ИНЖЕНЕРНЫЕ И НАУЧНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ NATIONAL INSTRUMENTS – 2013

СБОРНИК ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ

russia.ni.com/nidays

NATIONAL INSTRUMENTS

ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция «Электроника и радиотехника» (стр. 1)

Секция «Стендовые испытания и многоканальные системы сбора данных» (стр. 56)

Секция «Промышленные системы мониторинга и АСУ ТП» (стр. 75)

Секция «Автоматизация научного эксперимента» (стр. 141)

Секция «Лабораторные практикумы и учебные стенды» (стр. 269)

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА»

АБСОЛЮТНАЯ КАЛИБРОВКА СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОГО ХАРАКТЕРИОГРАФА

М.А. Назаров, Э.В. Семенов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

1. Постановка задачи

Разработка и создание современных средств измерения характеристик нелинейных цепей в режимах, близких к режимам их функционирования, являются важным направлением в области развития измерительной техники [1]. В настоящее время нами разработан характериограф для измерения нелинейных вольт-амперных (ВАХ) и вольт-фарадных (ВФХ) характеристик элементов, цепей и устройств, работающих на коротких видеоимпульсах [2–3]. Общий вид сверхкороткоимпульсного характериографа показан на рис. 1.

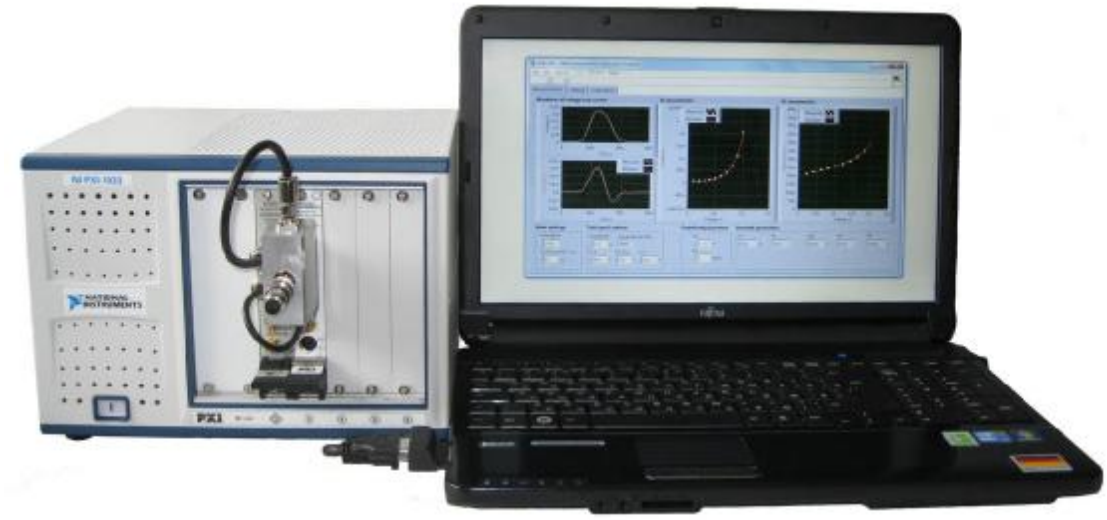


Рис. 1. Общий вид сверхкороткоимпульсного характериографа

Нелинейные свойства объектов проявляются по-разному в зависимости от формы тестового сигнала. По этой причине нужно точно знать форму тестового сигнала, а следовательно выполнить абсолютную калибровку регистрирующего устройства [4].

Система разрабатывается таким образом, что тестирующий сигнал с выхода цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) подается одновременно на исследуемый объект и на регистрирующее устройство. Поэтому в измерительной системе искажения тестового сигнала, которые вносит ЦАП, можно не учитывать, а форма тестового сигнала определяется регистрирующим устройством. Из вышеизложенного следует, что необходимо выполнить абсолютную калибровку только регистрирующего устройства.

Регистрирующее устройство вносит как линейные, так и нелинейные искажения. В данной работе рассматриваются только линейные искажения. Величина вносимых регистрирующим устройством линейных искажений была оценена в [5]. Специфика применяемых косвенных методов измерения ВАХ и ВФХ [2] такова, что для ряда задач линейные искажения сигналов регистрирующим устройством превышают допустимый порог. Поэтому необходимо скорректировать эти искажения.

Целью работы является коррекция линейных искажений формы сигнала, которые вносит регистрирующее устройство.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Аппаратная часть комплекса выполнена на базе платформы PXI компании National Instruments и включает шасси PXI-1033, генератор тестовых сигналов PXI-5412 и аналого-цифровой преобразователь PXI-5114. Программное обеспечение (ПО) UWB-CAP (UWB Characterization and Analysis Program) разработано нами в LabVIEW.

3. Описание решения

Алгоритм коррекции искажений показан на рис. 2, где Г – генератор тестового сигнала, РУ – регистрирующее устройство, ППФ и ОПФ – прямое и обратное преобразование Фурье, а $s_1(t)$ и $s_2(t)$ – входной сигнал регистрирующего устройства и отклик. Для коррекции линейных искажений найдем спектр отклика регистрирующего устройства $S_2(\omega)$ и домножим его на функцию, обратную передаточной регистрирующего устройства $1/H(\omega)$, которая была найдена в [5]. Возьмем обратное преобразование Фурье (ОПФ) и тем самым получим скорректированный сигнал во временной области $s_{корр}(t)$.

Теперь оценим эффективность коррекции. Для этого необходимо определить, насколько искажается скорректированный сигнал по сравнению с входным. Входным сигналом будем считать ранее зарегистрированный сигнал $s_2(t)$, форма которого точно известна. Для оценки коррекции найдем относительную невязку входного и скорректированного сигналов, которая определяется выражением:

$$\varepsilon(t) = [s_{корр}(t) - s_2(t)]/\max[s_2(t)], \quad (1)$$

где $\max[s_2(t)]$ – максимальное значение сигнала $s_2(t)$, $s_{корр}(t)$ – скорректированный сигнал. Алгоритм оценки относительной погрешности показан на рис. 3. В самом алгоритме коррекции (рис. 2) точность коррекции определяется точностью нахождения передаточной функции, поэтому для оценки коррекции (рис. 3) были найдены две передаточные функции для двух откликов регистрирующего устройства на единичный скачок по алгоритму, описанному в [5]. Домножив спектр ранее зарегистрированного сигнала на первую передаточную функцию РУ, получим спектр отклика $S_3(\omega)$ регистрирующего устройства на входной сигнал $s_2(t)$, $S_3(\omega) = S_2(\omega) \cdot H_1(\omega)$. Далее, домножив спектр отклика $S_3(\omega)$ на функцию, обратную передаточной РУ для второго измерения $1/H_2(\omega)$, и взяв обратное преобразование Фурье, получим скорректированный сигнал $s_{корр}(t)$. Далее находится относительная погрешность $\varepsilon(t)$ по формуле (1) для колоколообразного импульса длительностью 100 нс, показанного на рис. 4. На рис. 5 изображен график относительной погрешности для этого импульса без коррекции (кривая *1*) и после коррекции (кривая *2*) по алгоритму на рис 3.

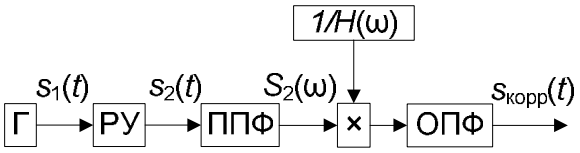


Рис. 2. Алгоритм коррекции искажений с использованием функции, обратной передаточной.

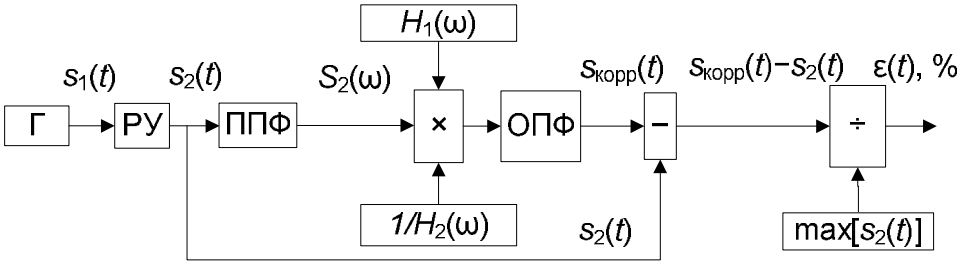


Рис. 3. Алгоритм оценки коррекции систематических искажений регистрирующего устройства

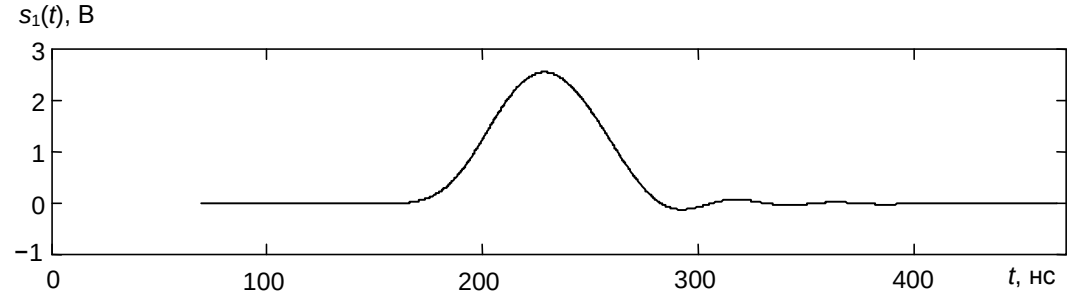


Рис. 4. Входной сигнал регистрирующего устройства

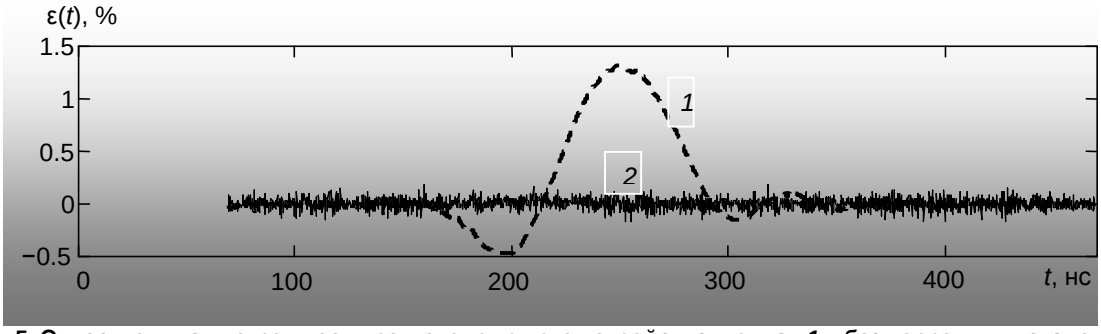


Рис. 5. Относительная погрешность регистрирующего устройства: кривая *1* – без коррекции искажений; кривая *2* – после коррекции искажений по алгоритму, показанному на рис. 2

Из рис. 5 видно, что с использованием коррекции систематическая погрешность уменьшается с 1.3 % (определено в [5]) до величин, незаметных на уровне шума, составляющего в данном случае не более 0.2 %. Увеличение уровня шума (случайной составляющей погрешности) – специфическая особенность коррекции с использованием обращения передаточной функции. Один из возможных подходов борьбы с этим эффектом – домножение обращенной передаточной функции на передаточную функцию фильтра нижних частот.

Функция, обратная передаточной, начиная с определенной частоты может иметь полюса, которые для корректного вычисления нужно исключить. Из этих соображений следует, что необходимо применить фильтр нижних частот, который должен отфильтровывать частоты, на которых появляются полюса. Кроме того, в системе короткоимпульсных измерений во временной области важно, чтобы используемый фильтр не затягивал фронт импульсного сигнала и не создавал выбросов на переходной характеристике. Этим требованиям удовлетворяют фазолинейные фильтры. Были рассмотрены два типа таких фильтров: фильтр Гаусса и фильтр типа «приподнятый косинус».

Передаточные функции этих фильтров определяются следующими выражениями. Для фильтра Гаусса:

$$H_3(\omega) = \exp(-\omega/\omega_s),$$

где ω_s – частота среза фильтра, ω – текущая частота. Для фильтра типа «приподнятый косинус»:

$$H_3(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{для } \omega < (1-\alpha)\omega_s/2 \\ \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\,\frac{\omega-(1-\alpha)\omega_s/2}{\alpha\omega_s}\right) & \text{для } (1-\alpha)\omega_s/2 < \omega < (1+\alpha)\omega_s/2, \\ 0 & \text{для } \omega > (1+\alpha)\omega_s/2 \end{cases}$$

где α – коэффициент «сглаженности» фильтра.

Скорректированный сигнал с использованием фильтра нижних частот определяется выражением: $s_{корр}(t) = F^{-1}[S_2(\omega)/H(\omega)\cdot H_3(\omega)]$ где $S_2(\omega)$ – спектр отклика регистрирующего устройства на входной сигнал $s_1(t)$, F^{-1} – обратное преобразование Фурье, $H(\omega)$ – передаточная функция регистрирующего устройства, $H_3(\omega)$ – передаточная функция фильтра нижних частот. На рис. 6 показаны форма отклика на входной сигнал без коррекции $s(t)$ и отклика с коррекцией при помощи фильтра Гаусса – $s_r(t)$ и фильтра типа «приподнятый косинус» – $s_{cos}(t)$.

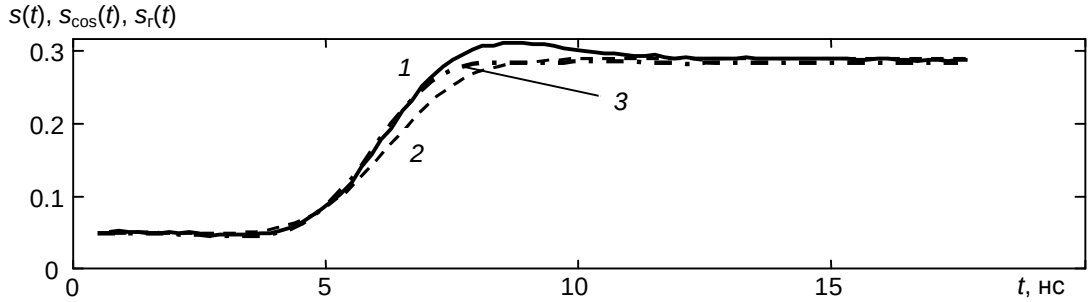


Рис. 6. Формы отклика регистрирующего устройства на единичный скачок: кривая 1 – без коррекции; кривая 2 – отклика, скорректированного при помощи фильтра Гаусса; кривая 3 – отклика, скорректированного при помощи фильтра типа «приподнятый косинус»

Из рисунка 6 видно, что фильтр типа «приподнятый косинус» лучше повторяет форму переднего фронта и не создает выбросов на переднем фронте. Его и будем использовать в дальнейшем.

Определим эффективность коррекции, которая получается при использовании фильтра типа «приподнятый косинус». Алгоритм определения относительной погрешности ε(*t*) показан на рис. 7. Алгоритм схож с алгоритмом, приведенным на рис. 2, только добавлен фильтр типа «приподнятый косинус». Зарегистрированный ранее колоколообразный импульс $s_2(t)$ длительностью 100 нс будем считать входным. Параметры фильтра типа «приподнятый косинус» были подобраны оптимально: α =0.91; $\omega_s = 2\pi\ 400 \cdot 10^6$ рад/с.

Коэффициент α выбирался таким образом, чтобы выброс сигнала на переходной характеристике практически отсутствовал (если уменьшить α, то будет выброс и осцилляции сигнала, а если увеличить, то фронт на переходной характеристике излишне затягивается). Критерий выбора частоты среза фильтра ω_s – примерное равенство систематической и случайной погрешностей.

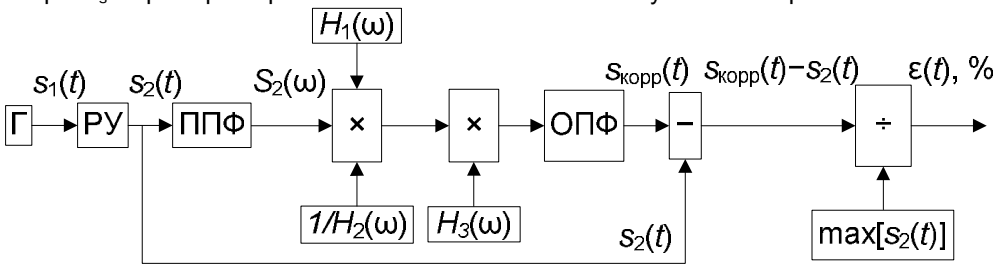


Рис. 7. Алгоритм определения относительной погрешности при использовании фильтра типа «приподнятый косинус»

Для оценки различия между входным сигналом и сигналом, искаженным регистрирующим устройством, найдем относительную погрешность, алгоритм определения которой показан на рис. 7. На рис. 8 показан график относительной погрешности. Из рисунка видно, что относительная погрешность регистрации сигнала при использовании фильтра типа «приподнятый косинус» составляет не более 0.04 %.

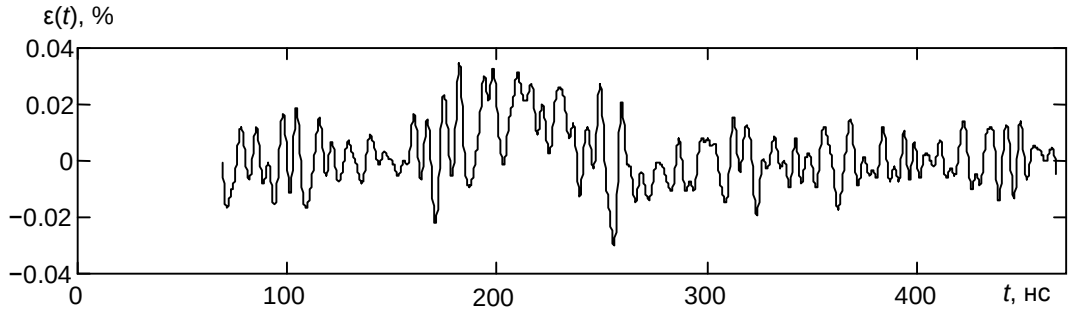


Рис. 8. График относительной погрешности ε(t) при коррекции с фильтром типа «приподнятый косинус» для колоколообразного импульса длительностью 100 нс

В результате работы была исследована абсолютная калибровка сверхкороткоимпульсного измерителя нелинейных характеристик цепей, которая применялась только для регистрирующего устройства. Исследовалась калибровка при помощи функции, обратной передаточной регистрирующего устройства, с применением одного из двух типов фильтров (Гаусса и фильтра типа «приподнятый косинус»).

В ходе работы установлено, что фильтр типа «приподнятый косинус» не уменьшает крутизну переднего фронта входного сигнала и не создает выброса на переднем фронте. Линейные искажения регистрирующего устройства при его применении составили не более 0.04 % для колоколообразного импульса длительностью 100 нс. Данная коррекция получилась эффективнее коррекции обычного домножения зарегистрированного сигнала на функцию, обратную передаточной (без использования фильтра случайная погрешность, определяемая шумами, составила около 0,2 %). В ходе коррекции удалось более чем на порядок снизить искажения зарегистрированного сигнала колоколообразной формы длительностью 100 нс (с 1.3 % до 0.04 %).

4. Перспективы внедрения и развития решения

Рассмотренная абсолютная калибровка сверхкороткоимпульсного измерителя нелинейных характеристик цепей позволит повысить его точность измерения вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик цепей.

Данный измеритель может быть полезен разработчикам систем, в которых используются цифровые и импульсные сигналы и предъявляются требования высокой точности моделирования, а также производителям полупроводниковых элементов. Измеритель позволяет определять характеристики в диапазоне длительностей тестовых сигналов от нескольких десятков нс. Платформа PXI позволяет простой заменой измерительных модулей реализовать измерения на тестовых сигналах и меньшей длительности. При этом модификации программного обеспечения практически не потребуется [3].

5. Список литературы

1. Экспериментальная установка для исследования характеристик нелинейности СВЧ-цепей в режиме сверхширокополосного импульсного воздействия / Лощилов А.Г., Семенов Э.В., Малютин Н.Д. // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2, Ч. 1. – С. 161-165.
2. Semyonov E.V. Ultra-short pulse meter of current-voltage and capacitance-voltage characteristics for Ni LabVIEW // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo): 22nd International Crimean Conference. – 2012. – P. 857–858.
3. Семенов Э.В. Программно-аппаратный комплекс для сверхкороткоимпульсной характеризации полупроводниковых элементов // Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments – 2012: Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва 6-7 декабря, 2012 г. – М.: ДМК-пресс, 2012.
4. Remley K. A. Practical applications of nonlinear measurements // Microwave Measurement Conference. – 2009. P. 1 – 15.
5. Назаров М.А., Семенов Э.В. Оценка систематической погрешности измерения формы импульсного сигнала регистрирующим устройством // Научная сессия ТУСУР–2013: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск. – В-Спектр, 2013: В 5 частях. Ч. 1. – С. 324-326.

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАТЧИКА НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ PXI

В.Ю. Антипов, В.В. Доронин, В.И. Куликов, Е.Г. Токарев

ОАО "МКБ "Факел", г. Химки

1. Постановка задачи

Современная радиоэлектронная аппаратура состоит из набора функциональных блоков, связанных друг с другом цифровым интерфейсом. Каждый такой блок должен проверяться на соответствие заданным требованиям на различных стадиях разработки, производства и эксплуатации аппаратуры. Для этих целей разработчиками соответствующих блоков создаётся специальная контрольно-проверочная аппаратура. В рамках доклада будет рассмотрен стенд для проверки СВЧ блока - радиолокационного датчика, работающего в двухсантиметровом диапазоне длин волн и являющегося функциональной частью более сложного изделия.

2. Предприятие, на котором внедрено решение

Контрольно-испытательный стенд был разработан и внедрён в Машиностроительном конструкторском бюро «Факел» им. академика П.Д. Грушина. Работа по созданию стенда была осуществлена собственными силами с привлечением консультантов National Instruments за 9 месяцев, начиная от постановки задачи.

3. Описание решения

В ходе проверочных испытаний высокочастотного блока осуществляется подача питания, выдача команд и приём информации по протоколу MIL-STD 1553, подача СВЧ-сигналов, обработка и контроль поступающих аналоговых сигналов, измерение поступающей по кабелю СВЧ-мощности.

Структурная схема реализованного стенда изображена на рис. 1. В соответствии с перечнем проверок был подобран набор модулей PXI, позволяющий решать поставленные задачи. Контроль характеристик производится в следующем порядке.

1) На проверяемый СВЧ блок подаётся питание с помощью двух соединённых последовательно модулей NI PXI-4110. Последовательное соединение модулей позволяет получить требуемое значение напряжения. Также к модулям подключаются вспомогательные источники питания NI APS-4100 для обеспечения необходимой мощности.

2) Производится обмен данными по протоколу MIL-STD-1553. При этом PXI выступает в роли контроллера канала, а высокочастотный блок - в роли оконечного устройства. Для реализации обмена данными используется модуль AIT MIL-STD-1553.

3) Оценивается мощность сигнала, поступающего по кабелю от высокочастотного блока. Для этого сигнал заводится на измеритель мощности NI USB-5681, который через кабель USB подключается к контроллеру NI PXI-8133. Для оценки мощности производится усреднение выборки значений на интервале времени.

4) Производится проверка чувствительности радиочастотных входов СВЧ блока. По протоколу MIL-STD выдаётся набор команд для настройки высокочастотного блока в соответствии с определённой проверкой. На радиочастотные входы подаётся СВЧ сигнал определённого уровня, задаваемого программно. Сигнал поступает со специализированного СВЧ блока "Двухканальный переносчик частот". Далее с помощью двух восьмиканальных оцифровщиков NI PXI-5105 анализируются шестнадцать аналоговых сигналов на выходе контролируемого блока. По результатам обработки сигналов делается вывод о том, соответствует ли уровень подаваемого сигнала чувствительности высокочастотного блока. Если соответствует, то уровень подаваемого сигнала принимается за чувствительность. Если нет, тогда уровень подаваемого сигнала меняется на 1 дБ, и проверка повторяется.

5) Производится ряд проверок чувствительности радиочастотных входов при различных вариантах конфигурации высокочастотного блока. Для этого по протоколу MIL-STD выдаются наборы команд для настройки высокочастотного блока определённым образом, после чего производятся действия, описанные в предыдущем пункте.

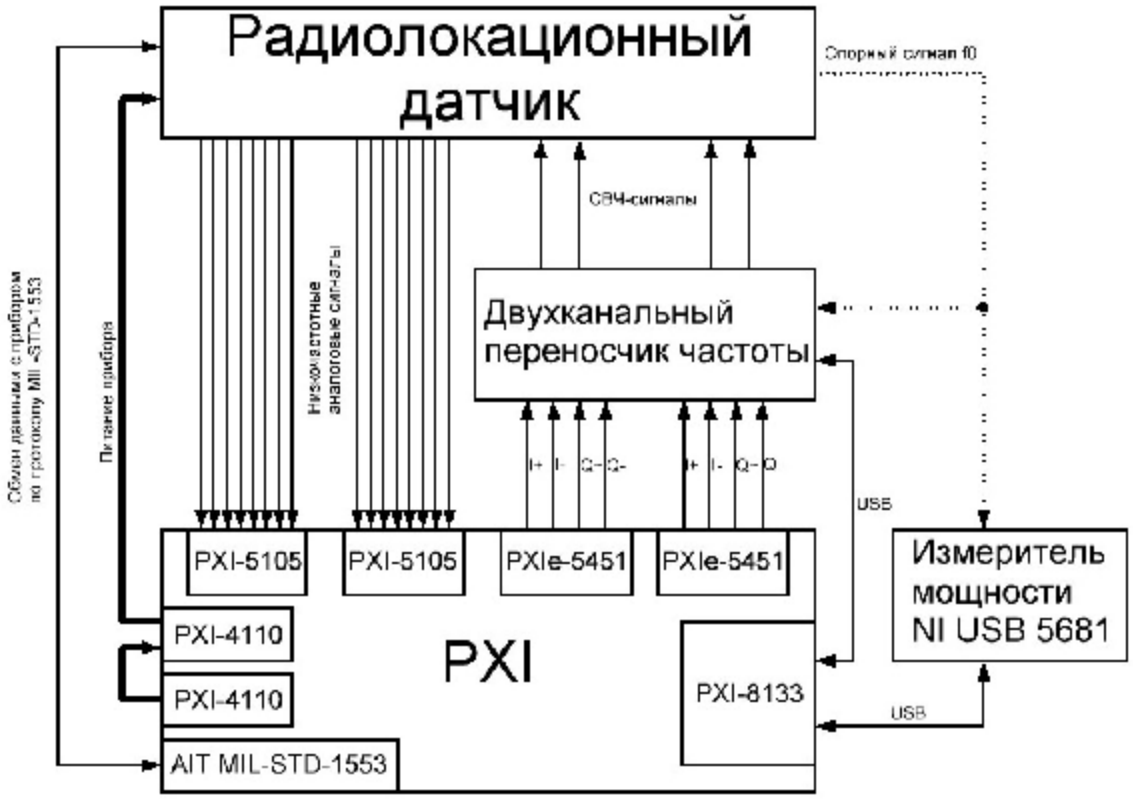


Рис. 1. Структурная схема контрольно-испытательного стенда

По результатам выполнения всех проверок принимается решение о исправности или неисправности высокочастотного блока.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Контрольно-испытательный стенд разработан на основе унифицированных блоков PXI с использованием специализированного СВЧ блока "Двухканальный переносчик частот". Основным звеном разработанного стенда является шасси NI PXIe-1075 с набором встроенных в него специализированных модулей: контроллером NI PXI-8133, источниками питания NI PXI-4110, интерфейсной платой AIT MIL-STD-1553, генераторами сигналов произвольной формы NI PXIe-5451, осциллографами NI PXI-5105 (Рис. 2). Помимо модулей PXI для измерения СВЧ мощности используется прибор NI USB-5681.

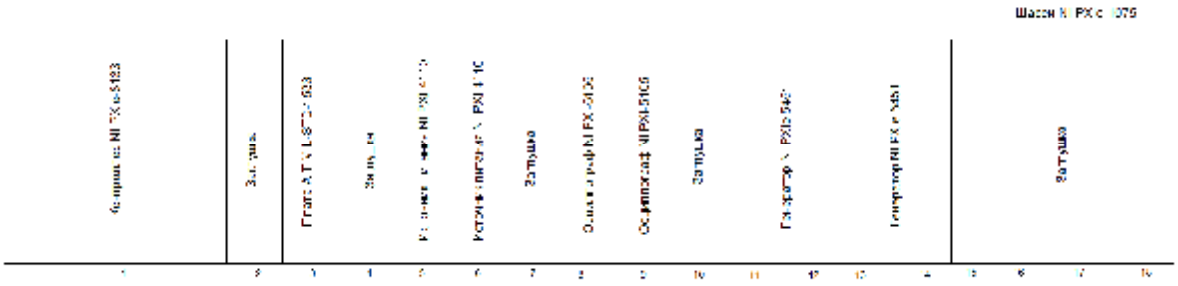


Рис. 2. Схема расположения модулей PXI

"Двухканальный переносчик частоты" представляет собой блок, который не входит в систему PXI и разрабатывался по отдельному техническому заданию. Такой блок не изготавливается серийно ввиду ряда специфических особенностей и требований к нему, не позволяющих унифицировать

указанный блок для применения в других задачах. Работа блока заключается в следующем. На него подается сигнал опорной частоты f0. Производится модуляция сигнала с помощью подаваемых на вход блока дифференциальных квадратурных составляющих. Восемь квадратурных составляющих генерируются двумя модулями NI PXIe-5451. Работой "Двухканального переносчика частоты" управляет контроллер NI PXIe-8133, передавая команды по кабелю USB. Результатом работы блока являются четыре модулированных СВЧ сигнала опорной частоты, подаваемые на входы радиолокационного датчика.

В ходе исследований основным применяемым программным продуктом была среда программирования NI LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench – среда разработки лабораторных виртуальных приборов).

5. Перспективы внедрения и развития решения

В ходе проведенных работ показана возможность самостоятельного быстрого создания автоматизированных контрольно-испытательных комплексов на основе принятой концепции использования унифицированных аппаратно-программных средств на базе модульной платформы PXI.

Самостоятельная разработка аппаратуры контроля имеет дополнительное преимущество, связанное с возможностью реализации на базе таких унифицированных модулей специальной имитирующей аппаратуры для использования в комплексных моделирующих стендах.

Преимуществами данного подхода так же являются: возможность гибкой конфигурации аппаратной части и самостоятельная программная настройка работы модулей в соответствии с предъявляемыми к системе требованиями. Для разработанного стенда был подобран набор модулей, позволяющий выполнить необходимые проверки в соответствии с методикой контроля аппаратуры. Был разработан программный комплекс, управляющий работой оборудования и реализующий алгоритмы проверки. Данный программный комплекс обладает удобным и интуитивно понятным интерфейсом, предназначенным для работы оператора.

В перспективе планируется реализация ряда проверочных стендов с подобной архитектурой для контроля различных приборов.

6. Список литературы

1. Тревис Дж. LabVIEW для всех. М.: Изд. ПриборКомплект, 2008.
2. Суранов А.Я. LabVIEW 8.2: Справочник по функциям. М.: ДМК Пресс, 2007.
3. PXI. Высокопроизводительная модульная платформа, предназначенная для создания автоматизированных и испытательных комплексов/ National Instruments Россия, СНГ, Балтия/ ni.com/russia, labview.ru.
4. Технологии National Instruments в ВЧ-приложениях/ National Instruments Россия, СНГ, Балтия/ ni.com/russia, labview.ru.
5. Антипов В.Ю., Доронин В.В., Куликов, В.И., Токарев Е.Г. Технология создания контрольно-проверочной аппаратуры и автоматизированных контрольно-испытательных станций для комплекса наземной отработки и серийного производства. // Полёт. 2013. МКБ "Факел" С. 97-104.

ПРЕЦИЗИОННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ ДВЕНАДЦАТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

О.А. Муравьев[1], В.Т. Ревин[2]

1. Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», Республика Беларусь, г. Минск
2. «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь, г. Минск

1. Постановка задачи

Рост производства планарных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем создает предпосылки для дальнейшего активного развития данной отрасли в части использования сверхвысоких и крайне высоких рабочих частот. Круг задач, решаемых при помощи данных схем, расширяется ежегодно.

Как следствие возникает необходимость создания средств контроля и метрологического обеспечения производства данных устройств.

Задача: Разработать систему для измерения комплексных параметров СВЧ цепей в диапазоне частот 25,86 – 37,5 ГГц. Обеспечить автоматизацию процессов калибровки, измерений с использованием двенадцати элементной модели погрешностей посредством технологий National Instruments.

2. Используемое оборудование

- Синтезаторы частоты миллиметрового диапазона длин волн.
- Преобразователь амплитуды и фазового сдвига.
- Преобразователь частоты на основе балансных смесителей.
- Устройство позиционирования и контактирования.
- Быстродействующая плата сбора данных M-серии NI PCI 6251.
- Программное обеспечение LabVIEW.

3. Описание решения

Обобщенная структурная схема измерительной системы приведена на рис. 1.

В измерительную часть системы входит генератор качающейся частоты (25,86 – 37,5 ГГц), состоящий из синтезатора частоты 8 – 12,5 ГГц, умножителя частоты на три, усилителя мощности, и p-i-n аттенюатора; измерительный СВЧ-тракт, условно разбитый на два функциональных элемента, устройства позиционирования и контактирования и устройства преобразования частоты.

Устройство преобразования частоты состоит из трех субгармонических смесителей, синтезатора частоты, являющегося источником гетеродинного сигнала, и двухканального преобразователя амплитуды и фазового сдвига.

Основой измерительного системы, определяющей ее принцип действия и функциональные возможности, является СВЧ измерительный тракт. В него входят направленные ответвители падающей, прошедшей и отраженной волн с подключенными к их вторичным каналам гармоническими смесителями, источник гетеродинного сигнала, подключенный к гетеродинным входам гармонических смесителей и преобразователь амплитуды и фазы, выполненный на основе микросхемы AD8302.

Выходной сигнал генератора сигналов качающейся частоты последовательно подается на входы первого, второго и третьего направленных ответвителей и полностью поглощается согласованной нагрузкой. При этом между выходом второго направленного ответвителя и входом третьего включаются волноводные зондовые головки волноводного или коаксиального типов.

Извлечение сигналов СВЧ, несущих информацию об измеряемых амплитудных и фазовых параметрах, осуществляется с помощью второго и третьего направленных ответвителей. В первом и втором гармонических смесителях осуществляется интерференция гетеродинного сигнала с немодулированными сигналами измерительного тракта. В результате на выходе первого гармонического смесителя выделяются сигналы промежуточной частоты U_{11c} или U_{22c}, а на выходе второго – U_{12c} или U_{21c} несущие информацию о реальной и мнимой составляющих соответствующего S-параметра. При этом выходные сигналы после преобразования частоты усиливаются усилителями промежуточной частоты, конструктивно встроенными в корпус смесителей.

Усиленные выходные сигналы смесителей поступают для дальнейшей обработки на входы преобразователя амплитуды и фазы, созданного на основе серийно выпускаемой микросхемы AD8302.

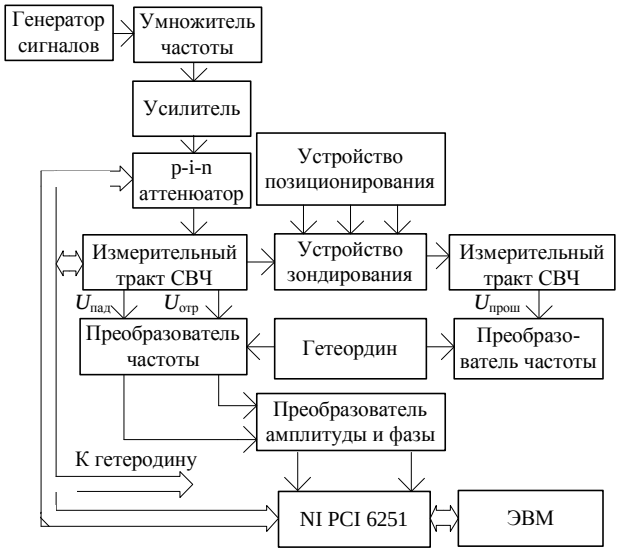


Рис. 1. Обобщенная структурная схема измерительного стенда

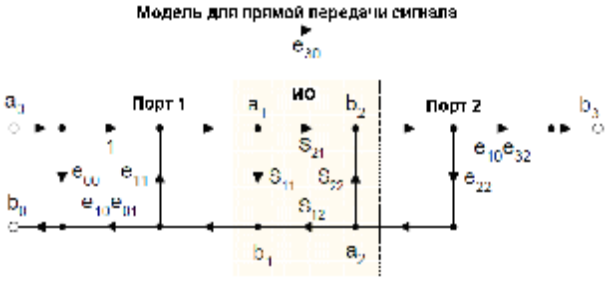


Рис. 2. Ориентированный граф измерения четырехполюсника для прямой передачи сигнала

Выходные напряжения преобразователя, пропорциональные фазовому сдвигу и коэффициенту передачи исследуемого устройства, одновременно снимаются с заземленной нагрузки, обрабатываются, преобразуются в цифровую форму и запоминаются в памяти ЭВМ.

Параметры измерительного и опорного канала СВЧ тракта определяется при калибровке измерительного стенда и учитывается при обработке результатов измерений путем введения поправок.

Процесс измерения четырехполюсника может быть смоделирован путем размещения мнимого адаптера погрешностей между портами испытуемого образца и портами идеального рефлектометра. Адаптер погрешностей содержит 6 параметров погрешности для передачи сигналов в прямом направлении и 6 в обратном.

Таким образом, при калибровке измерителя производится измерение параметров СВЧ тракта при последовательном подключении к нему мер «короткое замыкание», «согласованная нагрузка», «передача», «холостой ход». После получения массива измеренных значений параметров тракта определяются следующие составляющие результирующей погрешности: e_{00} – направленность; $e_{10}e_{01}$ – несовершенство АЧХ канала отраженного сигнала; $e_{10}e_{32}$ – несовершенство АЧХ канала прошедшего сигнала; e_{11} – рассогласование порта 1; e_{22} – рассогласование порта 2; e_{30} – утечки.

Исходя из ориентированного графа, приведенного на рисунке 2 можно получить выражения для измеряемых параметров S11M и S21M. Эти два выражения содержат все четыре S-параметра исследуемого объекта и 6 параметров погрешности для прямой передачи сигнала.

$$S_{11M} = \frac{b_0}{a_0} = e_{00} + (e_{10}e_{01})\frac{S_{11} - e_{22}\Delta_S}{1 - e_{11}S_{11} - e_{22}S_{22} + e_{11}e_{22}\Delta_S} \quad (1)$$

$$S_{21M} = \frac{b_3}{a_0} = e_{30} + (e_{10}e_{32})\frac{S_{21}}{1 - e_{11}S_{11} - e_{22}S_{22} + e_{11}e_{22}\Delta_S} \quad (2)$$

$$\Delta_S = S_{11}S_{22} - S_{21}S_{12} \quad (3)$$

Из выражений 1 – 3 можно получить математические зависимости, содержащие четыре S-параметра четырехполюсника и 12 параметров погрешностей. Если известны все 12 параметров погрешностей, могут быть найдены реальные S-параметры четырехполюсника.

После проведения калибровки и нахождения всех величин, влияющих на точность измерений в соответствии с двенадцати элементной моделью, реальные значения S-параметров измеряемого устройства определяются исходя из зависимостей 4 – 8.

$$S_{11} = \frac{\left(\frac{S_{11M} - e_{00}}{e_{10}e_{01}}\right)\left[1 + \left(\frac{S_{22M} - e'_{33}}{e'_{23}e'_{32}}\right)e'_{22}\right] - e_{22}\left(\frac{S_{21M} - e_{30}}{e_{10}e_{32}}\right)\left(\frac{S_{12M} - e'_{03}}{e'_{23}e'_{01}}\right)}{D} \quad (4)$$

$$S_{21}=\frac{\left(\frac{S_{21M}-e_{30}}{e_{10}e_{32}}\right)\left[1+\left(\frac{S_{22M}-e'_{33}}{e'_{23}e'_{32}}\right)(e'_{22}-e_{22})\right]}{D};\quad S_{12}=\frac{\left(\frac{S_{12M}-e'_{03}}{e'_{23}e'_{01}}\right)\left[1+\left(\frac{S_{11M}-e_{00}}{e_{10}e_{01}}\right)(e_{11}-e'_{11}\right]}{D} \qquad (5),(6)$$

$$S_{22}=\frac{\left(\frac{S_{22M}-e'_{33}}{e'_{23}e'_{32}}\right)\left[1+\left(\frac{S_{11M}-e_{00}}{e_{10}e_{01}}\right)e_{11}\right]-e'_{11}\left(\frac{S_{21M}-e_{30}}{e_{10}e_{32}}\right)\left(\frac{S_{12M}-e'_{03}}{e'_{23}e'_{01}}\right)}{D} \qquad (7)$$

$$D=\left[1+\left(\frac{S_{22M}-e'_{33}}{e'_{23}e'_{32}}\right)e'_{22}\right]\left[1+\left(\frac{S_{11M}-e_{00}}{e_{10}e_{01}}\right)e_{11}\right]-\left(\frac{S_{21M}-e_{30}}{e_{10}e_{32}}\right)\left(\frac{S_{12M}-e'_{03}}{e'_{23}e'_{01}}\right)e_{22}e'_{11} \qquad (8)$$

Автоматизация всех этапов проведения измерений достигнута благодаря использованию программного обеспечения, разработанного в среде графического программирования LabVIEW. Внешний вид измерительной системы и виртуальной компьютерной панели представлен на рис. 3.

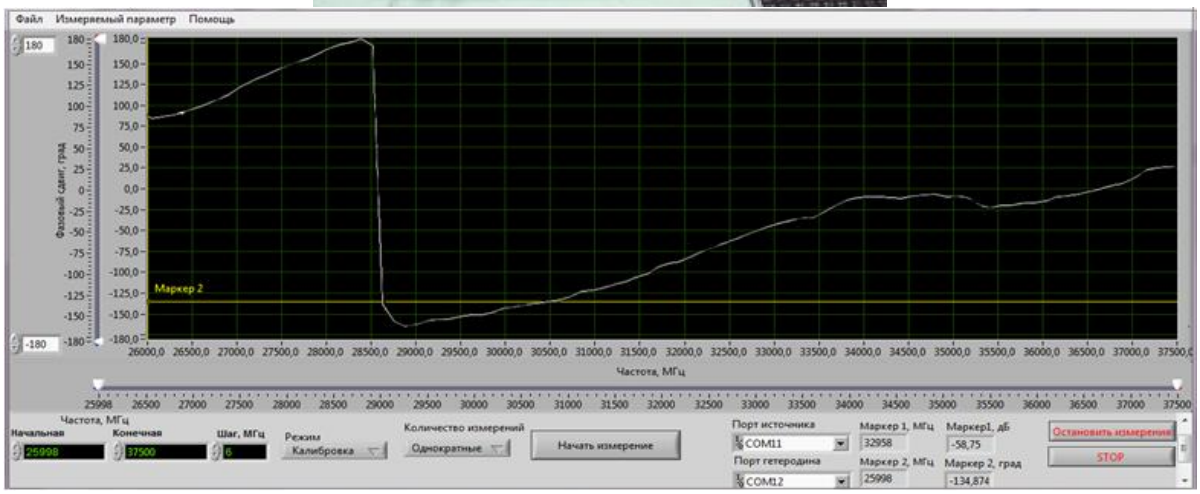


Рис. 3. Вид измерительной системы и ее виртуальной панели

4. Внедрение и его перспективы

Измерительный стенд применяется в настоящее время при производстве устройств СВЧ и КВЧ диапазонов в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники при выполнении научных исследований и контрактов.

5. Список литературы

1. Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
2. А.Я. Суранов. LabView 8.20: справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.
3. Daniel, John Edward, "Development of enhanced multiport network analyzer calibrations using non-ideal standards" (2005). Theses and Dissertations. Paper 2846.

ФАЗОКОГЕРЕНТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИЯ

В.В. Григорян, Г.Д. Хондкарян, А.Е. Реймерс, А.А. Кузанян, А.В. Галстян

ООО «Insol», Санкт Петербург

1. Постановка задачи

На сегодняшний день конфигурации с многоканальными приемопередающими антеннами используются в большинстве систем беспроводной связи. Это позволяет применять многолучевой принцип распространения и обработки радиоволн. Кроме того в большинстве радиолокационных комплексов широко используются антенные системы на основе фазированных решеток с схемами электронного управления диаграммой направленности антенн. Вышеописанные факторы привели к необходимости применения многоканальных когерентных по фазе радиоизмерительных систем.

Соблюдение когерентной работы многоканальных приемопередающих систем является важнейшим фактором, необходимым для формирования узкой диаграммы направленности многолучевых антенн и увеличения пропускной способности приемопередающих каналов. К фазовому рассогласованию между каналами может приводить целый ряд факторов. К наиболее важным можно отнести отсутствие когерентности при формировании гетеродинных сигналов, сигналов тактирования АЦП (ЦАП), сигналов запуска, а также разница в длине радиочастотных кабелей, соединяющих между собой компоненты системы. Основной целью при построении многоканальных радиоизмерительных комплексов становится обеспечение синфазной работы всех компонентов внутри системы и достижение минимальных значений межканального рассогласования при многолучевом приеме и формировании радиочастотных сигналов.

Работа посвящена созданию системы для фазокогерентных измерений и генераций.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Система успешно внедрена в НИИ «Вектор», г. Санкт-Петербург. «Созвездие», г. Воронеж и др.

3. Описание решения

Для лучшего понимания задачи сначала рассмотрим традиционный векторный анализатор сигналов. Данный анализатор имеет три аналоговых гетеродина в дополнение к одному цифровому гетеродину DDC. Сигналы аналоговых гетеродинов невозможно распределить. Так как существенный вклад в векторный анализатор дает ВЧ вход и тактовая частота 10 МГц, то лучше всего распределить тактовую частоту 10 МГц между анализаторами. Схема традиционного анализатора приведена на Рис..

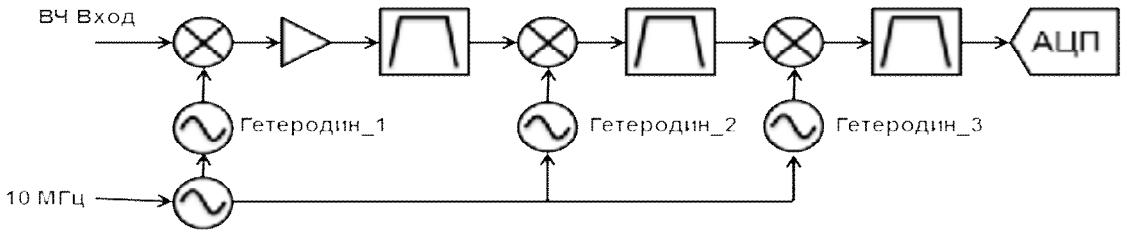


Рис. 1. Схема традиционного анализатора

При построении многоканальных систем данная схема оказывается малоэффективной так как в каждом приборе используется собственная схема формирования гетеродинных сигналов, которые синхронизированы лишь общим тактовым сигналом 10 МГц. Данный сигнал полностью не исключает фазовые нестабильности между каналами, возникающие из-за отсутствия в системе общего гетеродина.

Для решения вышеуказанной проблемы необходимо в векторном анализаторе (Рис. 1) синхронизировать АЦП (ADC) и DDC высокостабильным опорным сигналом (Shared Clocks), а также синхронизировать каналы промежуточной частоты с помощью подключения одного гетеродинного сигнала к смесителям каждого из каналов.

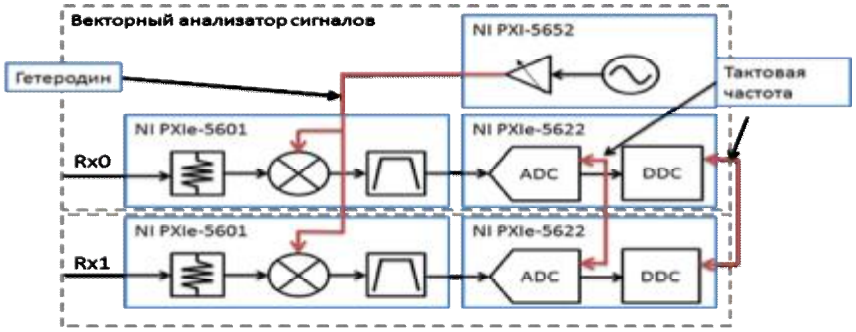


Рис. 1. Двухканальная конфигурация векторного анализатора радиочастотных сигналов

В векторном генераторе необходимо синхронизировать все ЦАП высокостабильным опорным сигналом, а перенос частоты осуществляется подключением одного гетеродинного сигнала к смесителям каждого из каналов (**Рис. 2**).

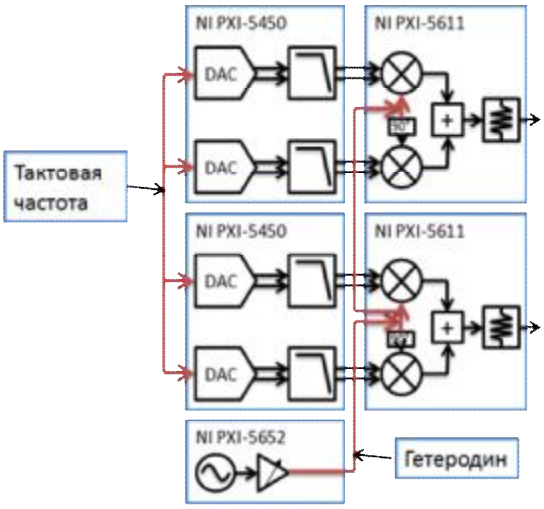


Рис. 2. Схема синхронизации когерентного двухканального генератора радиочастотных сигналов

Рассмотрим разность фаз между каналами в вышеописанном генераторе. На Рис. 3 представлено распределение разности фаз от времени для двухканального генератора. Синяя кривая демонстрирует распределение разности фаз от времени при синхронизации тактовой частотой 10 МГц. Красная кривая демонстрирует распределение разности фаз от времени при синхронизации как тактовой частотой, так и гетеродином.

Рис. 3. Распределение разности фаз от времени

На Рис. 4 представлена гистограмма фазового сдвига, построенная на основе графиков Рис. 3. Как видно из Рис. 4 гистограмма сигнала с использованием гетеродина (синяя линия) намного уже по сравнению с гистограммой сигнала с использованием только тактовой частоты 10 МГц.

Рис. 4. Гистограмма фазового сдвига

На основе вышесказанного было создано программное обеспечение (PCAG toolkit - подключаемый модуль LabVIEW), которое осуществляет фазокогерентное измерение и генерацию радиочастотных сигналов. На Рис. 5 представлен пример фазокогерентного анализа двух сигналов.

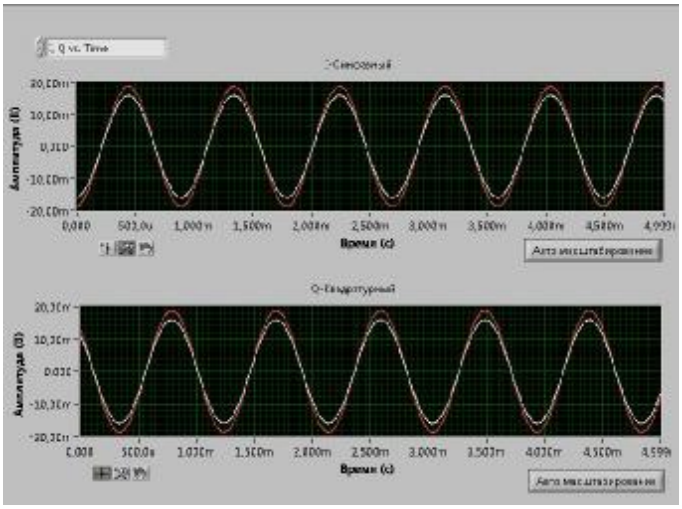


Рис. 5. Пример фазокогерентного анализа двух сигналов

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 12. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с векторными анализаторами радиочастотных сигналов и векторными генераторами сигналов.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Планируется улучшение уже созданного программного обеспечения и внедрения в более специфические отрасли ВЧ разработок.

6. Список литературы

1. Принципы построения когерентных радиоизмерительных систем.
2. Радиоизмерительная платформа National Instruments – функциональная гибкость и широта применений в форм-факторе PXI.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЯ ЗОНЫ ЗАХВАТА ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

В.В. Азарова[1], А.С. Бессонов[2], А.П. Макеев[1], Е.А. Петрухин[1]

1. ОАО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха», г. Москва
2. МГТУ МИРЭА, г. Москва

1. Постановка задачи

Одним из основных источников погрешности лазерного гироскопа (ЛГ) является обратное рассеяние на неоднородностях зеркал кольцевого резонатора. Это приводит к появлению области нечувствительности гироскопа при измерении малых скоростей вращений, которую принято называть «зоной захвата» или «зоной синхронизации встречных волн» [1]. При прямом измерении этой зоны, определяются значения частоты подставки, при которой появляется или исчезает режим биений [2]. Основной недостаток такого метода измерений связан с влиянием гистерезисных явлений, наблюдаемых при входе и выходе ЛГ из зоны захвата.

Этому недостатку не подвержены методы, основанные на измерении искажений частотной характеристики ЛГ, находящегося вне полосы захвата. На основе такого метода авторами доклада была построена автоматизированная установка измерения зоны захвата ЛГ, в которой применяется компьютерная обработка экспериментально измеренной частотной характеристики ЛГ. При обработке данных сначала находится аппроксимирующая функция, а потом по ней определяется зона захвата.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

ОАО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха».

3. Описание решения

Схема автоматизированной установки приведена на рис. 1. Блок формирования токов и напряжений БФТН формирует токи и напряжения, служащие для установки ЛГ в нужный режим работы. Напряжение $U_{пит}$ служит для питания лазера, а с помощью напряжений регулировки периметра $U_{рп1}$ и $U_{рп2}$ осуществляется настройка на необходимую моду, генерируемую кольцевым лазером.

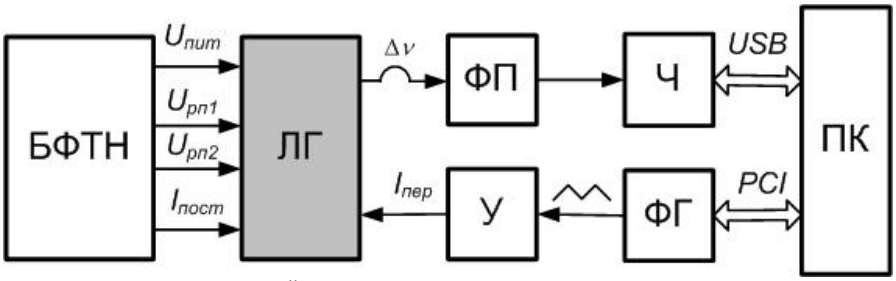


Рис. 1. Схема автоматизированной установки измерения частоты захвата лазерного гироскопа: БФТН – блок формирования токов и напряжений; ЛГ – лазерный гироскоп; ФП – фотоприемник; Ч – частотомер; ПК – персональный компьютер; У – усилитель; ФГ – функциональный генератор

Для снятия частотной характеристики ЛГ производится имитация вращения ЛГ. Она осуществляется путем создания продольного магнитного поля, для чего в зеемановские лазеры устанавливаются две катушки индуктивности [2]. В первой катушке пропускается постоянный ток $I_{пост}$, обеспечивающий постоянное смещение рабочей точки *pm* (см. рис. 2). Во второй катушке протекает ток треугольной формы $I_{пер}$, благодаря чему возникает соответствующее изменение магнитного поля и происходит сканирование частот встречных волн Зеемановского расщепления в диапазоне от Ω_1. до Ω_2:

$$\Omega = f(I_{\text{пост}}, I_{\text{пер}}).$$

Сигнал треугольной формы в установке вырабатывается функциональным генератором ФГ и затем подается на вход усилителя У, выход которого подключен к катушке ($I_{пер}$). ФГ представляет собой виртуальный генератор, который подключается к персональному компьютеру ПК с помощью шины PCI.

Значения токов через катушки подбираются так, чтобы ЛГ осуществлял вхождение в зону нелинейности (рис. 2), но до зоны захвата не доходил. Глубина вхождения в зону нелинейности,

предшествующую зоне захвата, должна быть достаточной для проведения регрессионного анализа и в нашем случае была определена эмпирически.

Во время сканирования оптический сигнал Δn с выходного смесителя ЛГ поступает на вход фотоприемника ФП, преобразуется в электрическую форму и подается на вход частотомера Ч, подключенного к ПК с помощью интерфейса USB. Частотомер измеряет частоту сигнала Δn через равные промежутки времени и передает данные в компьютер, где они собираются в массив и сохраняются в файл.

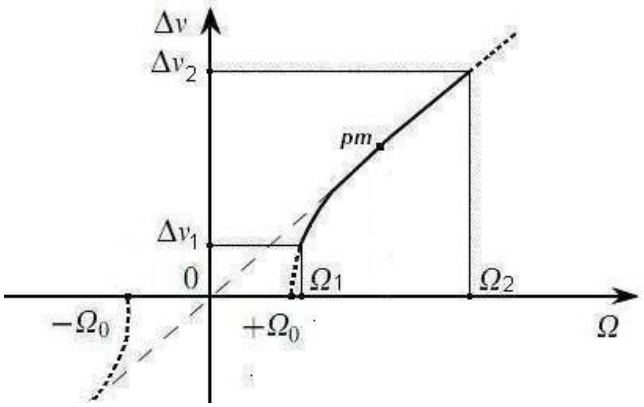


Рис. 2. Частотная характеристика лазерного гироскопа: Ω - частоты Зеемановского расщепления; Δn - измеренная частота биений; $\Omega_2 - \Omega_1$ - диапазон изменения частот Зеемановского расщепления при сканировании; $-\Omega_0$, $+\Omega_0$ - частоты захвата, определяющие зону захвата

После завершения сбора данных проводится их обработка. В программе сначала производится чтение файла и отображение данных на графическом экране. В существующей версии прикладной программы (рис. 3) участки роста и падения частоты выделяются на экране с помощью курсоров в ручном режиме, но в дальнейшем эту операцию предполагается автоматизировать. После выделения очередного участка нажимается кнопка «Обработать», вызывающая процедуру нелинейного регрессионного анализа.

Вид функции, которая описывает реальную характеристику ЛГ, включающую зоны линейности, нелинейности и зону захвата, априорно известен и имеет вид [1]:

$$\Delta n_{\text{м}}(\Omega) = a_2 \cdot \sqrt{(\Omega - a_0)^2 - a_1^2}\,, \qquad (1)$$

где a_0, a_1, a_2 - параметры функции. Параметры a_0 отражает смещение характеристики вдоль горизонтальной оси. Параметр a_1 пропорционален частоте захвата, а параметр a_2 имеет смысл коэффициента пропорциональности. После нахождения параметров частота захвата определяется как

$$\Omega_0 = a_2 \cdot a_1\,.$$

Заметим, что по выражению (1) фактически производится экстраполяция данных, и находится точка пересечения найденной функции с горизонтальной осью, соответствующая частоте захвата.

Для проведения регрессионного анализа был применен алгоритм Левенберга-Марквардта, реализованный в виртуальном приборе *Nonlinear Lev-Mar Fit.vi.*

Кроме частоты захвата в программе рассчитывается среднеквадратическое отклонение (СКО) модели и экспериментальных данных по следующей формуле:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}(\Delta n_{\text{эi}} - \Delta n_{\text{мi}})^2}\,,$$

где $\Delta n_{\text{эi}}$ - измеренная частота, $\Delta n_{\text{мi}}$ - частота, расчитанная по модели (1), *N* – количество измерений частоты. По СКО можно судить о качестве построенной модели.

Второй графический экран (рис. 3) служит для визуальной оценки правильности выполнения регрессионнного анализа. На экране отображаются экспериментальные данные анализируемого участка, и строятся график модели и график соответствующей идеальной характеристики, не имеющей зоны нелинейности. Измереннные значения частоты захвата на различных участках роста и падения частоты усредняются.

Рис. 3. Лицевая панель прикладной программы

Описанным образом сначала определяется частота захвата $+\Omega_0$, затем направление тока Iпост меняется и определяется частота $-\Omega_0$.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

В качестве функционального генератора был использован виртуальный генератор *NI 5401 PCI*, а в качестве частотомера – частотомер-счетчик *HP FCA 3000*, имеющий для подключения к компьютеру интерфейс USB.

Создание прикладной программы для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011 с использованием ее базовых средств, средств расширения *Curve Fitting* и программного интерфейса *NI VISA* [3]. Для управления виртуальным генератором применялась его штатная программа.

5. Перспективы внедрения и развития решения

В настоящее время в ОАО «НИИ «Полюс» создан экспериментальный экземпляр автоматизированной установки для измерения частоты захвата зеемановских ЛГ. Планируется повышение степени автоматизации установки. В новой версии программного обеспечения предполагается подключение базы данных для хранения результатов измерений и реализация функций, обеспечивающих генерацию протокола измерений.

После доработок будет создана серия аналогичных установок.

6. Список литературы

1. Панов М.Ф., Соломонов А.В., Филатов Ю.В. Физические основы интегральной оптики. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.

2. Синельников А.О., Ермак Е.М., Коржавый А.П. Особенности захвата частот в лазерном гироскопе с частотной подставкой на эффекте Зеемана. // Наукоемкие технологии. 2012. №10. С. 40-45.

3. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное. – М.: ДМК Пресс, 2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ АЭРОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНДА СРЕДСТВАМИ ГЛОНАСС С УЧЁТОМ ДИНАМИКИ ЕГО ПОЛЁТА

В.Г. Валеев, Н.В. Метенева, О.В. Плохих

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

1. Постановка задачи

Аэрологическое зондирование атмосферы проводится с целью получения информации о вертикальных профилях температуры, влажности, скорости и направлении ветра, а также о давлении воздуха на заданных уровнях. Процесс зондирования осуществляется приборами – радиозондами (РЗ), содержащими датчики параметров атмосферы, а также датчик координат РЗ, работающий по сигналам систем спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС.

В данной работе исследуется точность измерения высоты РЗ средствами GPS с учётом динамики полёта РЗ в процессе свободного подъёма.

Погрешность определения координат РЗ по сигналам GPS/ГЛОНАСС исследовалась ранее в [1] без учёта особенностей движения РЗ после его запуска. В то же время динамика движения РЗ в полёте может оказывать влияние на точность измерения его координат навигационным датчиком.

Исследование проводится методом полунатурного моделирования путём имитации движения РЗ с помощью программно-аппаратных средств **National Instruments.** Проводится тестирование навигационного приёмника, входящего в состав РЗ, в процессе реального движения РЗ после его запуска. При этом имитируется реальная траектория движения РЗ, зарегистрированная ранее наземными средствами сопровождения РЗ.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Уральский федеральный университет

3. Описание решения

Формирование файла, описывающего траекторию движения РЗ. Для моделирования работы приемника в движении задаем пользовательскую траекторию при помощи скриптов [2]. Для этого создаем файл в формате .txt, содержащий скрипт, описывающий движение (используются стандартные команды: begin, end, straight, arc, halt, waypoint). Для создания скрипта используем следующие данные: координаты в пространстве (широта, долгота, высота над уровнем моря (HAE)), скорость РЗ в точке с данными координатами. Используем данные, полученные с помощью системы радиозондирования атмосферы «Полюс». На основе полученных данных создаем скрипт, содержащий список путевых точек.

Имитация сигнала. Формирование навигационного сигнала GPS начинается с создания бинарного файла, определяющего структуру GPS сигнала. Для этого в среде LabVIEW открывается виртуальный прибор niGPS Write Waveform To File (Trajectory Script).vi и на его лицевой панели задаются файлы альманаха, эфемерид, траектории движения объекта. Задав таким образом условия приема, запускаем вышеупомянутый виртуальный прибор. После окончания его работы получаем бинарный файл, определяющий структуру GPS сигнала.

На следующем этапе осуществляется генерирование реального радиочастотного сигнала GPS в среде LabVIEW открывается виртуальный прибор niGPS Streaming From File.vi. На его лицевой панели задается путь к созданному бинарному файлу. После запуска виртуального прибора на выходе RF OUTPUT генератора сигналов NI PXIe-5672 получаем высокочастотный сигнал, имитирующий реальный сигнал [3].

Проведение испытаний.

Испытывался GPS приемник u-blox AEK-4H Antaris 4 SuperSence, входящий в состав аппаратуры РЗ. Исследовалась величина погрешности определения приемником высоты подъема РЗ. Погрешность оценивалась анализирующей программой u-Center.

Порядок проведения испытаний:

- Создаем файл в формате .txt, содержащий скрипт - траекторию движения РЗ;
- Генерируем GPS сигнал по методике, указанной выше;
- Оцениваем погрешность определения GPS приемником координат своего местоположения с помощью программы u-Center. Для отображения координат используем окно просмотра статистики.

Результаты испытаний.

На рис. 1 приведена зависимость высоты подъема радиозонда от времени движения, зарегистрированная навигационным приёмником РЗ. На рис. 2 представлен график, характеризующий погрешность определения высоты подъема РЗ.

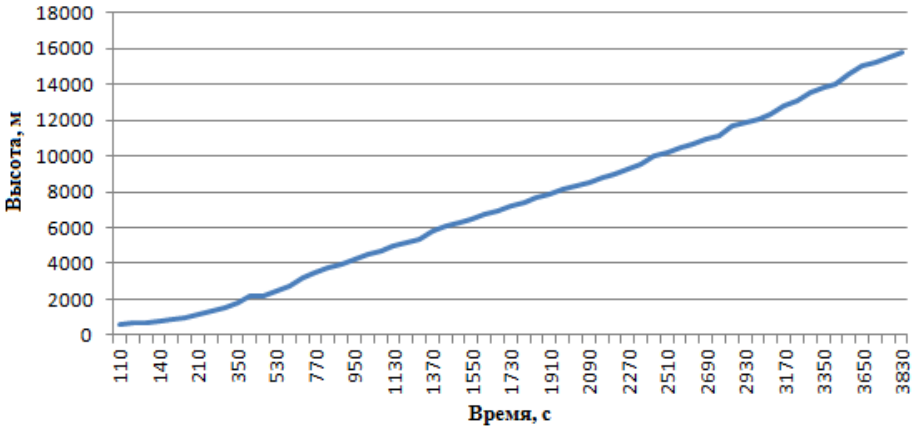


Рис. 1. Зависимость высоты подъема РЗ от времени движения

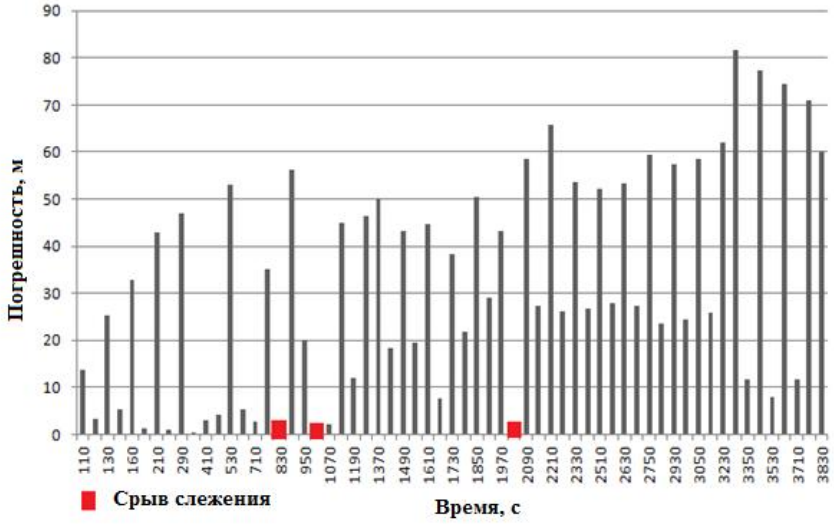


Рис. 2. Погрешность определения высоты подъема РЗ

Результаты исследования показывают, что с учётом динамики полёта РЗ ожидаемая погрешность измерения его высоты по сигналам GPS возрастает в 2-3 раза по сравнению с оценками, полученными в [1]. Это можно объяснить тем, что при движении РЗ в турбулентных потоках присутствуют участки движения с большим ускорением относительно навигационных космических аппаратов. На этих участках погрешность оценки координат РЗ возрастает.

Скачки погрешности могут быть вызваны и способом имитации движения РЗ. Это предположение требует проведение дополнительного исследования, которое будет выполнено в продолжении данной работы.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для имитации сигналов GPS, принимаемых навигационным приёмником РЗ в процессе его полёта по заданной траектории, используются следующие программно-аппаратные средства: высокочастотный генератор NI PXIe-5672, внешний накопитель данных NI HDD-8260, программная среда LabVIEW, библиотека функций GPS Simulation Toolkit для среды LabVIEW.

Испытательный стенд содержит: программно-аппаратный комплекс National Instruments PXI-GNSS, библиотеку функций GPS Simulation Toolkit для среды LabVIEW, анализирующую программу u-Center GPS Evaluation Software, текстовый редактор WordPad, промышленный образец GPS приемника u-blox AEK- 4H Antaris 4 SuperSence.

Имитированный сигнал GPS с выхода векторного генератора NI PXIe-5672 подается на антенный вход GPS приемника. Выход GPS приемника соединяется по USB интерфейсу с компьютером, на котором установлена анализирующая программа u-Center GPS Evaluation Software, используемая для формирования и отображения результатов испытаний.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Результаты работы представляют интерес для проектов создания систем аэрологического зондирования атмосферы с применением спутниковых навигационных технологий. В частности, они будут использованы при дальнейшем развитии системы аэрологического зондирования «Полюс», разработанной в Уральском федеральном университете.

Данная работа выполнена по проекту «Внедрение технологии дифференциальной ГЛОНАСС в хозяйственную деятельность Свердловской области», поддержанному РФФИ (РГНФ) и Правительством Свердловской области.

6. Список литературы

1. Валеев В.Г., Чермянинов Д.И. Точность навигации аэрологического зонда средствами ГЛОНАСС./ «Известия вузов России. Радиоэлектроника», №3, стр. 60-64, 2012.

2. Creating custom motion profiles (NI GPS Simulation Toolkit for LabVIEW) https://ni.adobeconnect.com/_a56821929/p62201670/?launcher=false&fcsContent=true&pbMode=normal

3. Официальный сайт National Instruments Россия www.russia.ni.com.

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОМЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ УСТРОЙСТВ СВЧ С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ

Д.Р. Фролов

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар

1. Постановка задачи

Известно, что наиболее полной характеристикой СВЧ-устройств принято считать их матрицу рассеяния, содержащую полный комплект S-параметров, для измерения которых создан целый класс радиоизмерительных приборов – анализаторов цепей. Однако, в случае прохождения сигнала через СВЧ-смеситель, возникают изменения во времени задержки этого сигнала, благодаря наличию реактивностей в нелинейном элементе смесителя, которые зависят от величины протекающего через нелинейный элемент тока. Эти изменения эквивалентны нелинейному сдвигу фаз, приводящему к существенным искажениям, вносимым СВЧ-смесителем в фазу выходного сигнала промежуточной частоты в процессе гетеродинного преобразования частоты. Нестабильность этого сдвига фаз определяет все погрешности и искажения, возникающие в процессе гетеродинного преобразования частоты. К таким искажениям относятся, например, возникновение сигналов ложных целей, образующиеся при линейно-частотной модуляции внутри радиоимпульса, искажения диаграммы направленности фазированной антенной решетки в процессе качания её луча, амплитудно-фазовые искажения радиосигналов несущих информацию, а также ряд других погрешностей. Именно по этой причине *главной проблемой нахождения S-параметров СВЧ-смесителя является задача определения сдвига фаз, вносимого данным СВЧ-смесителем в преобразуемый по частоте входной СВЧ-сигнал*. Но такой сдвиг фаз традиционными методами измерить невозможно, т.к. входной СВЧ-сигнал и выходной сигнал промежуточной частоты лежат в разных диапазонах частот.

Работа посвящена разработке и созданию действующего макета прибора, с помощью которого могут быть исследованы измерительные возможности нового перспективного способа определения сдвига фаз, вносимого СВЧ-смесителем при гетеродинном преобразовании входного сигнала в сигнал промежуточной частоты, основанного на измерении суммы и разности сдвигов фаз двух смесителей один из которых испытуемый, а другой вспомогательный, с последующим вычислением на основе полученных результатов истинного сдвига фаз каждого из этих СВЧ-смесителей [1].

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для создания предлагаемого прибора требуется векторный анализатор цепей, СВЧ-гетеродин, генератор промежуточных частот. Эти приборы должны быть связаны системой фазовой автоподстройки частоты. Для реализации данного проекта могут быть использованы готовые решения от National Instruments – 2 генератора сигналов PXI-5404, усилитель PXI-5690, блок переключателей PXIe-2790, анализатор цепей PXIe-5632, СВЧ-генератор PXIe-5673 (512 MB), АЦП PXI-5124 (512 MB).

3. Описание решения

Блок-схема устройства для измерения параметров СВЧ-устройств с преобразованием частоты приведена на рис. 1.

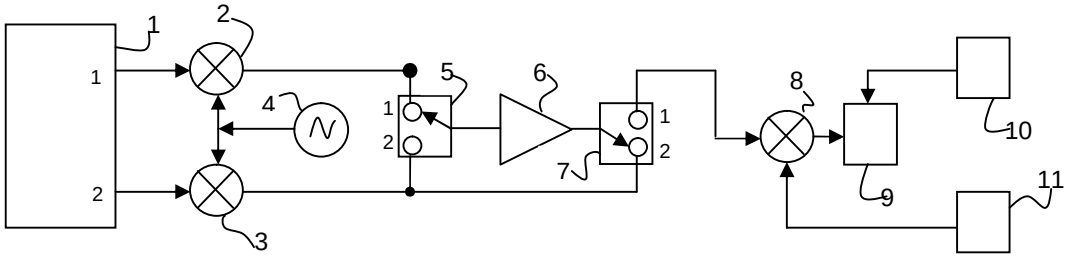


Рис. 1 Блок-схема системы для измерения параметров смесителей

Схема на рис. 1 состоит из векторного анализатора цепей 1 с выходными портами 1 и 2, испытуемого смесителя 2, опорного смесителя 3, СВЧ-генератора 4, первого 5, второго 7 переключателей, усилителя промежуточной частоты 6, смесителя промежуточной частоты 8, АЦП 9,

генератора второй промежуточной частоты 10, генератора первой промежуточной частоты 11. Реализация данной схемы на базе платформы NI PXI представлена на рис. 2.

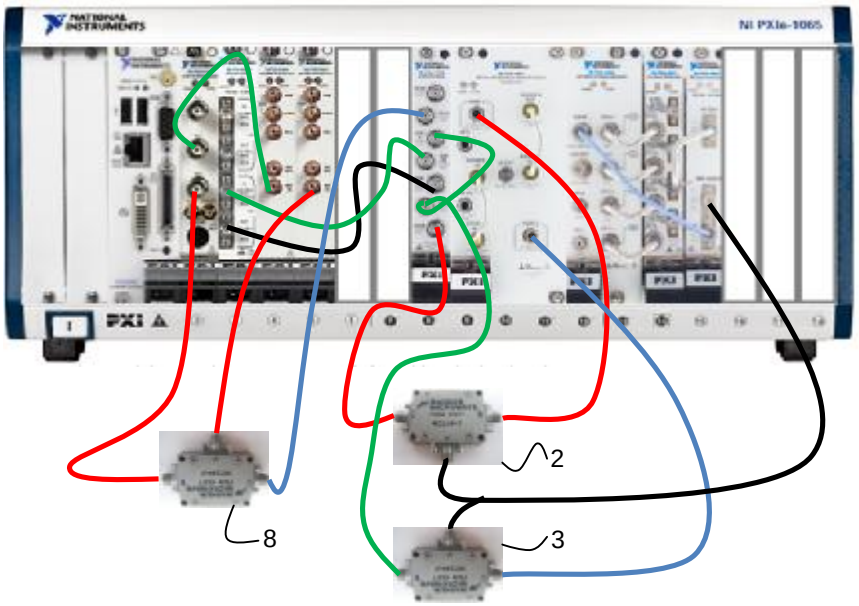


Рис. 2 Реализация системы для измерения параметров смесителей на базе NI PXI

Схемы на рис. 1 и рис. 2 работают следующим образом. Сначала анализатор цепей 1 включают в режим измерения параметра S21. Переключатель 5, переводят в первое положение, переключатель 7 – во второе положение. В этом случает сигнал с выхода испытуемого смесителя 2 через переключатели 5, 7 и усилитель 6 поступает на вход опорного смесителя 3. В испытуемом смесителе 2 происходит преобразование частоты вниз, а в смесителе 3 – преобразование частоты вверх. Рассмотрим процесс измерения действительного сдвига фаз испытуемого смесителя 2. Т. к. смесители питаются от одного и того же гетеродина, который синхронизирован с генератором анализатора цепей, последний измеряет суммарный сдвиг фаз между двумя смесителями в виде ЕФ=Ф2+Ф3+Ф6. Здесь, Ф2 – сдвиг фаз испытуемого смесителя, Ф3 – сдвиг фаз опорного смесителя, Ф6 – сдвиг фаз усилителя. Затем переключатель 7 переводят в первое положение. В этом случае сигнал промежуточной частоты с выхода усилителя 6 поступает на смеситель промежуточной частоты 8, в котором данный сигнал, смешиваясь с сигналом от генератора первой промежуточной частоты 11, преобразуется в сигнал второй промежуточной частоты. С выхода смесителя 8 сигнал второй промежуточной частоты поступает на АЦП 9, где сравнивается по фазе с постоянным образцовым сигналом такой же частоты, поступающим от генератора второй промежуточной частоты 10. Генераторы 10 и 11 синхронизированы. В АЦП регистрируется суммарный сдвиг фаз Ф'=Ф2+Ф6+Ф8-Ф10. Здесь, Ф8 – сдвиг фаз смесителя 8, Ф10 – фаза сигнала от генератора 10. Затем переключатель 5 переводят во второе положение, анализатор цепей 1 переводят в режим измерения параметра S12 и в АЦП регистрируют суммарный сдвиг фаз Ф"=Ф3+Ф6+Ф8-Ф10, аналогично, как это было сделано для смесителя 2. Производя вычитание полученных величин имеем разность: dФ=Ф'-Ф"=Ф2+Ф6+Ф8-Ф10-(Ф3+Ф6+Ф8-Ф10)=Ф2-Ф3. Далее производят решение двух уравнений ЕФ=Ф2+Ф3+Ф6 и dФ=Ф2-Ф3, откуда суммарный действительный сдвиг фаз испытуемого смесителя 2 и усилителя 6 находят в виде: Ф=Ф2+Ф6=(ЕФ+dФ)/2. Аналогичным образом измеряют модуль комплексного коэффициента передачи испытуемого смесителя.

4. Внедрение и его перспективы

Предлагаемая система отличается высокой точностью измерения сдвига фаз, т.к. в процессе измерений исключаются переключения и переподсоединений в СВЧ-трактах. Все переключатели работают на промежуточной, относительно низкой частоте, поэтому данное решение может составить конкуренцию известным системам для измерения параметров смесителей [2, 3.]

5. Список литературы

1. The Method for accurate measurements of absolute phase and group delay of frequency converters. Korotkov K.S., Frolov D.R., Levchenko A.S. // Microwave and Telecommunication Technology

(CriMiCo), 23nd International Crimean Conference, Sevastopol, 2013 IEEE catalog number: CFP13788. – pp.938-939

2. J. P. Dunsmore et al., “Method for characterizing frequency translation devices,” U.S. Patent 6 690 722, Feb. 10, 2004.

3. C. J. Clark et al., “Frequency translating device transmission response method,” U.S. Patent 5 937 006, Aug. 10, 1999.

АПАРАТУРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ИХ СЕРИЙНОМ ИЗГОТОВЛЕНИИ

А.В. Маслов, А.О. Панфилов

ФГУП «Всероссийский институт автоматики им. Н. Л. Духова», г. Москва

1. Постановка задачи

Преобразователи напряжения (ПН) являются одним из компонентов системы автоматики (СА), устанавливаемой на космические летательные аппараты. Работа преобразователей проходит в «жестких» условиях: пониженное давление и температура, воздействие радиации. В связи с этим к ПН предъявляются высокие требования по надежности и отказоустойчивости. Поэтому, в процессе изготовления ПН требуется контролировать большое количество параметров [1], таких как установившееся значение напряжения на пусковых конденсаторах, установившееся значение напряжения на выходе, время зарядки накопительных конденсаторов, токопотребление и др. Ранее контроль при изготовлении ПН производился вручную, что приводило к возникновению субъективных ошибок при обработке результатов измерений, а также к большим временным и материальным затратам при выполнении контрольных операций. В связи с этим возникла необходимость создания автоматизированного комплекса, позволяющего проводить проверку параметров серийно изготавливаемых ПН в автоматизированном режиме.

Работа посвящена созданию автоматизированного аппаратурно-измерительного комплекса (АИК) для контроля параметров ПН на основе применения языка разработки LabVIEW 8.6, компании National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработка специального программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялась в среде программирования NI LabVIEW 8.6. Для реализации АИК было использовано измерительное оборудование Agilent Technologies.

3. Описание решения

Разработка АИК велась в соответствии с [2] и состояла из следующих этапов: разработка архитектуры комплекса, разработка методик автоматизированного контроля и разработка рабочей программы (РП). Структурная схема АИК представлена на рис. 1

Рис. 1. Структурная схема АИК

Объект контроля – ПН с помощью технологического приспособления подключается к системе формирования внешних воздействий на объект контроля, которая формирует требуемые условия функционирования ПН. С помощью коммутационной системы на основе Agilent 34970A с модулями

Agilent 34901A и 34903A осуществляется подключение требуемого, в зависимости от текущей проверки, измерительного оборудования, состоящего из системы сбора данных Agilent 34970A, осциллографа Agilent DSO6014A и мультиметра Agilent 34401A к объекту контроля. Связь с персональным компьютером (ПК) и управление осуществляется по интерфейсной шине общего назначения GPIB (IEEE-488). Управление процессом проверки осуществляется РП, разработанной в среде программирования NI LabVIEW 8.6 (рис. 2) на основании [3].

Рис. 2. Лицевая панель РП проверки параметров ПН

Задачами, выполняемыми РП являются: инициализация подключенного ПН, конфигурирование схемы измерения, проведение измерений, контроль наличия ошибок в процессе измерений, формирование протокола по завершении проверки. РП содержит справочную подсистему с подробным описанием процесса проверки (рис.3) и блок ввода технических требований для ознакомления с техническими требованиями (контрольными допусками) для каждого типа ПН и его режима работы (рис. 4.)

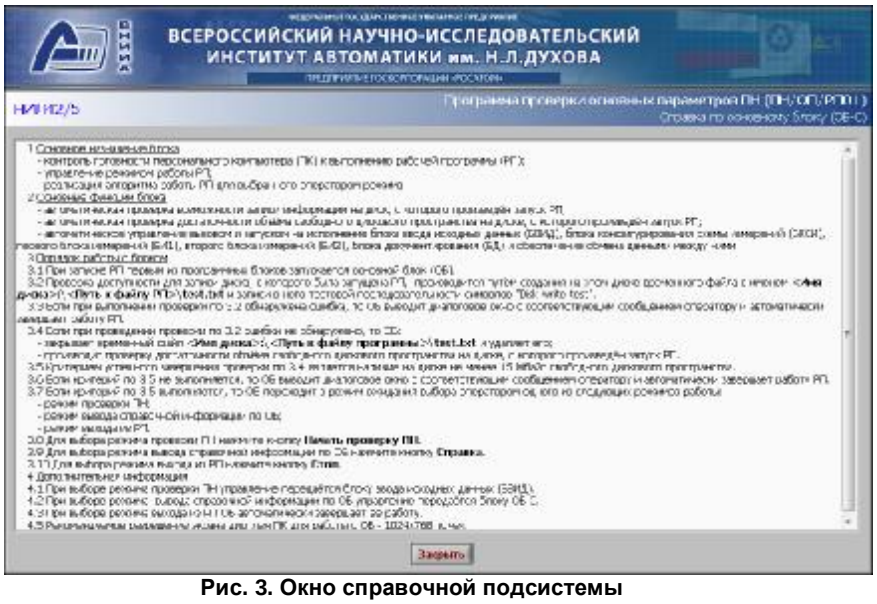


Рис. 3. Окно справочной подсистемы

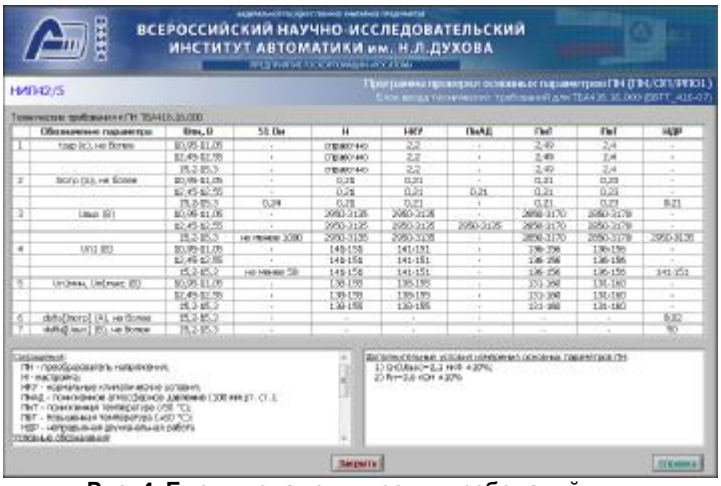


Рис. 4. Блок ввода технических требований

Исходя из данных о подключенном ПН, полученных на этапе инициализации (типа ПН, режима работы и режима проверки), происходит запуск необходимого измерительного блока (рис. 5).

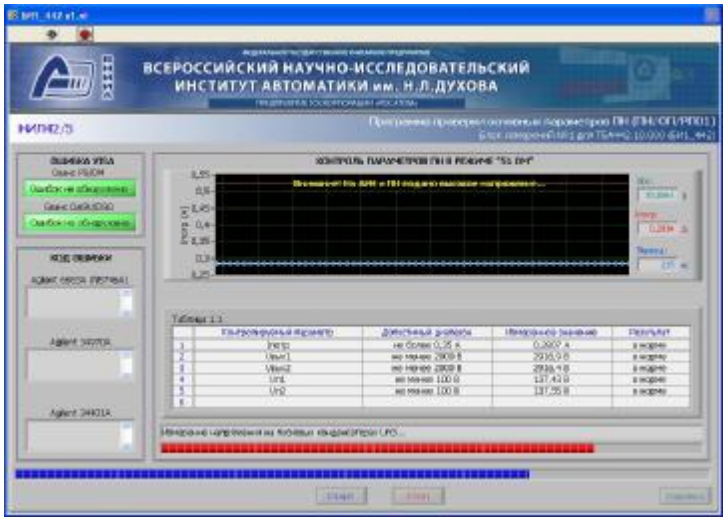


Рис. 5. Измерительный блок

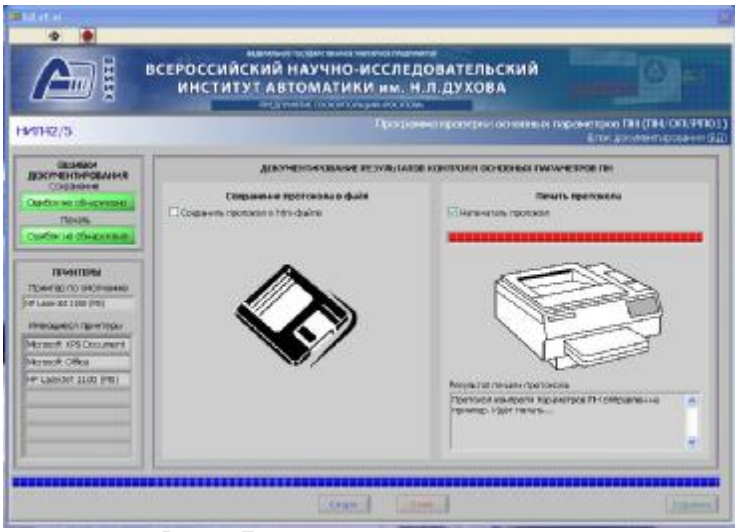


Рис. 6. Блок документирования.

По завершении проверки происходит формирование отчета в файле формата .htm и предоставляется возможность вывода протокола на печать на локальном принтере (рис. 6). Образец формируемого протокола приведен на рисунке 7.

Протокол контроля основных параметров ПН

АИК: К54.788 РП: ПН/ОП/РП01 Оператор: Иванов (табельный № 1234)
Тип ПН: ТБА416.16.000 Серийный номер ПН: №12345-678 (канал 1)
Дата/время начала проверки: 22.10.2012/9:17:46

Таблица 1 - Результаты контроля параметров ПН в режиме "51 Ом"

	Контролируемый параметр	Допустимый диапазон	Измеренное значение	Результат
1	Iпотр	не более 0,24 А	0,1719 А	в норме
2	Uвых	не менее 1000 В	1968,4 В	в норме
3	Uп1	не менее 50 В	96,46 В	в норме

Дата/время окончания проверки: 22.10.2012/9:21:28
Параметры ПН в режиме "51 Ом" соответствуют предъявляемым техническим требованиям.

Таблица 2 - Результаты контроля параметров ПН в режиме "Нормальные климатические условия"

	Контролируемый параметр	Допустимый диапазон	Измеренное значение	Результат
1	tзар гр (Uпн=11 В)	-	1,165 с	-
2	Iпотр (Uпн=11 В)	не более 0,21 А	0,1249 А	в норме
3	Uвых (Uпн=11 В)	2950-3135 В	3073,3 В	в норме
4	Uп1 (Uпн=11 В)	141-151 В	147,3 В	в норме
5	Uп1мин (Uпн=11,0 В)	138-155 В	145,86 В	в норме
6	Uп1макс (Uпн=11,0 В)	138-155 В	148,66 В	в норме

Рис. 7. Пример протокола контроля основных параметров ПН

4. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанный АИК успешно внедрен на производстве во ФГУП «ВНИИИА им. Н.Л.Духова» г. Москва. Ведется создание серии аналогичных комплексов.

5. Список литературы

1. А.О. Панфилов, Автоматизация параметрического контроля преобразователей напряжения специального назначения при их серийном изготовлении, Молодежный научно-технический вестник, №11, 2013.

2. Инструкция И Т42-13/02-2008 «Порядок разработки и аттестации специального программного обеспечения аппаратурно-измерительных комплексов для автоматизированного контроля параметров составных частей БА и их элементов, специальных электровакуумных приборов, специальных полупроводниковых приборов и микросхем».-ВНИИА, 2008.

3. Спецификация №Т42-13/04-2012 рабочей программы для автоматизированного контроля основных параметров преобразователей напряжения (ПН/ОП/РП01-1.1).-ВНИИА, 2012.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ GPS/ГЛОНАСС ПРИЕМНИКОВ

Ю.К. Евдокимов, Р.К. Сагдиев, Д.В. Шахтурин, Б.М. Валеев

Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ), Казань

1. Постановка задачи

В настоящее время, в связи с увеличением функциональности современного радиооборудования, ростом количества стандартов и протоколов связи, реализуемых в одном устройстве, возрастает уровень требований к системам радиоизмерений и тестирования таких устройств в условиях близких к реальным. К таким устройствам относятся приемо-вычислительные устройства (далее используется, в целях сокращения термин «приемники») спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС (РФ), GPS (США), Галилео (ЕС), Компас (КНР).

Спутниковые навигационные системы (СНС) являются специализированными информационно-измерительными системами, основной целью которых является определение координаты и скорости объекта. Однако, часто на объекте расположено радиооборудование, создающее значительные помехи для работы навигационного приемника. Актуальной задачей является исследование функционирования приемников СНС в условиях действия помех в различной радиопомеховой обстановке.

Перед потребителем встает задача сравнения навигационных параметров и помехоустойчивости различных приемников и выбора наиболее подходящей марки приемника.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для проведения испытаний сформирована высокоточная контрольно-измерительная система на основе модульной платформы PXI компании National Instruments (США). В состав PXI платформы вошли:

- модульный векторный генератор радиочастотных сигналов NI PXIe-5673;
- программируемый аттенюатор NI PXI-5695;
- модульный векторный анализатор сигналов NI PXIe-5663

Так же был использован векторный генератор/анализатор NI USRP-2920 для формирования сигналов помех.

Указанное оборудование работало под управлением программ в среде NI LabVIEW и, в частности, библиотек программ GPS toolkit и ГЛОНАСС toolkit.

3. Описание решения

Исследования приемников проведено путем формирования на PXI платформе сигналов, имитирующих навигационные спутники и подачи этих сигналов на вход приемников. При такой схеме исследований появляется возможность контролирования мощности сигнала на входе приемника, задания координат расположения объекта, а так же задания параметров движения объекта в динамическом режиме. Для формирования сигнала помехи использовался второй векторный генератор и объединение имитированного сигнала спутников и помехи на внешнем сумматоре.

Так же проводились измерения с использованием реальных сигналов спутников.

В работе были выполнены такие измерения как:

- измерения точности определение координат местоположения в стандартном режиме, в статических и динамических условиях работы, в лабораторных и натурных условиях,
- измерения времени получения первой обсервации,
- чувствительности приемника сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

Одна из иллюстраций результатов измерений показана в таблице.

Абсолютная погрешность измерений в плане при доверительной вероятности P = 0,67; период наблюдения 3 часа

Номер приемника	GPS с имитатором	GPS натурные	ГЛОНАСС с имитатором	ГЛОНАСС натурные
Приемник 1	±6,9 м	±16,9 м	±8 м	±9 м
Приемник 2	±2,5 м	±4,9 м	±15 м	±24,7 м;

Основной целью испытаний на помехоустойчивость являлось определение пороговых значений мешающих сигналов, действующих на входе приемника при приеме сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS, при которых обеспечивается нормальная работа в условиях различной радиопомеховой обстановки.

Проведены исследования помехоустойчивости приемников ГНСС ГЛОНАСС/GPS. При проведении испытаний имитировались типичные помехи, действующие на входе приемника ГНСС ГЛОНАСС/GPS:

– помеха в виде гармонических колебаний;

– шумоподобная помеха с ограниченным спектром – белый гауссовский шум, перенесенный на частоты ГНСС ГЛОНАСС, GPS;

– импульсные помехи – радиоимпульс (или пачка радиоимпульсов) на несущих частотах ГНСС ГЛОНАСС, GPS.

По результатам исследований и испытаний определены видов наихудших помех, вызывающих сбой и отказ работы приемников ГНСС ГЛОНАСС/GPS. Приемники более чувствительны к воздействию помех в виде гармонических колебаний, взаимодействующих с частотным спектром «дальномерного кода» в структуре сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS. Приемники ГНСС ГЛОНАСС/GPS практически не чувствительны к воздействию импульсных помех большой скважности.

В целом результаты испытаний показали, что глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС является более помехозащищенной, чем GPS.

4. Внедрение решения и его перспективы

Разработанные методики позволяют исследовать приемники глобальной навигации и сравнивать их между собой. Работа востребована предприятиями, разрабатывающими приемники ГНСС, а так же предприятиями, использующими на своих подвижных объектах навигационное оборудование среди большого числа радиоэлектронной аппаратуры.

АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ LABVIEW NI VISION ASSISTANT

А.В. Брагин, С.В. Ильин, Р.Р. Навлетов, Д.В. Пьянзин

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск

1. Постановка задачи

В настоящее время широко используется распознавание трехмерных объектов по их двумерным изображениям [1, 3, 5]. Одной из таких задач является распознавание и классификация изображений радиолокационных объектов. Целью данной работы являлся расчет информативных признаков для распознавания изображений самолетов Ве-200, МИГ-29, Су-47, Стелс, с применением среды LABVIEW NI VISION ASSISTANT.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Институт физики и химии, кафедра радиотехники.

3. Описание решения

Задача классификации состоит в отнесении объекта, заданного вектором информативных признаков $K=(k_1,\ldots, k_n)$, к одному из наперед определенных классов $\{d_1, d_2, d_3,\ldots, d_m\}$ т.е., состоит в выполнении отображения вида [1, 2]:

$$K = (k_1, k_2, .., k_n) \to y \in \{d_1, d_2, d_3, ..., d_m\}$$

Здесь y - выходной параметр классификатора. Классификатор может быть реализован, например, с помощью нейронных сетей или нечеткой логики [5].

В качестве информативных признаков указанных изображений радиолокационных объектов были использованы следующие коэффициенты: (компактности, округлости, удлинения, коэффициент, связывающий площадь с моментом инерции); угол линии (проходящей через центр массы частицы с самым низким моментом инерции); отношение ширины описывающего объект прямоугольника к его длине.

Для расчета данных информативных признаков использовалась среда LABVIEW NI VISION ASSISTANT [1, 4]. На рис. 1 приведены этапы обработки и расчета информативных признаков радиолокационных изображений.

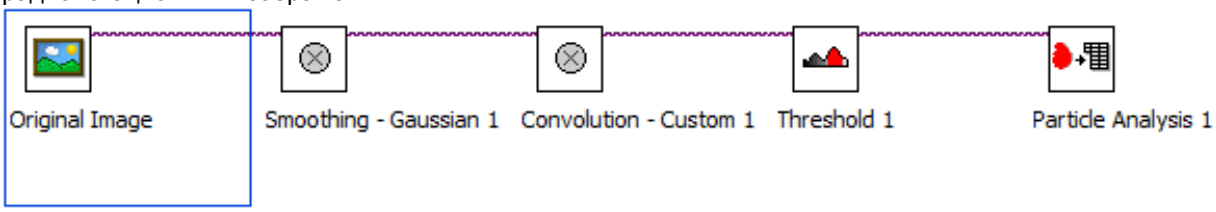


Рис.1. Этапы обработки изображения в среде LabVIEW NI Vision Assistant

Структура программы включает в себя:

1. Загрузку исходного изображения;
2. Сглаживание фильтром Гаусса (Smoothing - Gaussian);
3. Выделения границ объектов на изображении (Convolution-Highlight Details);
4. Бинаризация изображения (Threshold);
5. Расчет указанных информативных признаков (Particle Analysis).

В качестве исходных объектов для анализа использовались изображения двумерных проекций самолетов указанных типов, различных размеров и ориентаций. Для каждого типа самолета использовался набор из 300 вариантов его проекций, результаты диапазонов изменения коэффициентов форм идеальных объектов приведены в таблице 1.

Табл.Диапазоны изменения коэффициентов форм

№	Объект	Тип самолёта	Коэф. компактности	Коэф. округлости	Коэф. удлинения	Type Factor	Отношение	Ориентация
1.		Ве-200	0,214-0,229	2,301-2,512	1,79-1,846	0,436-0,458	0,988-0,989	97,1-103,4
2.		МИГ-29	0,38-0,41	1,77-1,95	2,122-2,152	0,756-0,775	0,744-0,757	94,9-96,4
3.		Су-47	0,474-0,5	1,82-1,94	2,73-2,78	0,71-0,73	0,545-0,55	89,4-90,2
4.		Стелс	0,44-0,48	1,55-1,73	2,79-2,95	0,8-0,82	0,616-0,628	89,4-90,9

Анализ признаков показал, что наиболее информативными являются: коэффициент удлинения, коэффициент связывающий площадь с моментом инерции, угол линии проходящей через центр массы частицы с самым низким моментом инерции и отношение ширины описывающего объект прямоугольника к его длине.

4. Используемое программное обеспечение National Instruments

Для расчета использовалось программное обеспечение LabVIEW NI Vision Assistant 8.2.1.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Полученные информативные признаки могут быть использованы для построения нечеткого классификатора или нейронной сети для распознавания радиолокационных объектов указанных типов. Кроме того полученная база данных может быть дополнена изображениями других типов радиолокационных объектов. Дальнейшей задачей является получение информативных признаков зашумленных изображений, соответствующая корректировка диапазонов изменения коэффициентов, кластеризация с целью получения функций распределения и построения нечеткого классификатора.

6. Список литературы

1. Ю.В. Визельтер и др. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEWIMAQVision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
2. Р.Ш. Загидуллин. LabVIEW в исследованиях и разработках. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 352 с.
3. Пытьев Ю.П. Методы морфологического анализа изображений – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 336 с.
4. А.Я. Суранов. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.
5. Татузов А.Л. Нейронные сети в задачах радиолокации.– М.: Радиотехника, 2009. – 432 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

М.И. Малето, Е.Ф. Певцов, А.В. Чуйко

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), г. Москва

1. Постановка задачи

Хотя в современных разработках тепловых приемников излучения в фокальной плоскости доминируют микроболометрические матрицы, параллельно, рядом исследовательских центров ведутся работы по созданию интегральных схем на основе пироэлектриков [1]. Это обусловлено рядом их преимуществ по сравнению с другими типами тепловых приемников. Среди них, в частности, следует выделить следующие: низкая стоимость, дифференциальный характер отклика (не требуется вычитание фона), радиационная стойкость, возможность электронной аналоговой коррекции неоднородности чувствительности за счет переполяризации сегнетоэлектриков, используемых в качестве детекторов излучения (параметрическая регулировка чувствительности).

Повышению интереса к пироэлектрическому эффекту способствовали также потребности развития физики сегнетоэлектриков, поскольку измерение пирокоэффициента является одним из наиболее надежных, чувствительных и информативных методов определения температурной зависимости спонтанной поляризации полярных диэлектриков [2].

Исследования электрофизических свойств диэлектриков требует проведения многократных измерений, в которых необходимо применять несколько приборов различного назначения. Повышение достоверности и производительности исследований обусловливает задачу создания автоматизированной установки, обеспечивающей комплексные измерения электрофизических свойств тонких диэлектрических пленок. Данная работа показывает, как использование концепции виртуальных измерительных средств National Instruments (NI) и среды программирования LabVIEW, решает эту задачу. Разработанный комплекс аппаратуры включает как стандартизованные измерительные средства, так и встраиваемые интерфейсные платы и позволяет проводить измерения вольт-фарадных, вольт-амперных, P-E и I-E характеристик, пироэлектрических коэффициентов в структурах с сегнетоэлектрическими, пироэлектрическими и диэлектрическими тонкими пленками. Особенностью данного измерительного комплекса является открытость архитектуры и простота программирования, что выгодно отличает его от аналогичных разработок, предназначенных для оснащения научно-исследовательских лабораторий и участков технологического контроля [3].

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для создания автоматизированной установки использовались следующие средства компании NI: 2 контроллера GPIB Controller for Hi-Speed USB, модуль NI USB-9162, модуль сбора данных NI 9211 и программное обеспечение LabVIEW. Нормированные метрологические характеристики комплекса обеспечиваются применением стандартных измерительных средств, соединенных с компьютером с помощью приборного бит-параллельного и байт-последовательного интерфейса обмена данными и сигналами управления. Для реализации интерфейса применяется плата PCI GPIB-PCIIa NI 488.2 (производство National Instruments, США) и соответствующие программные модули LabVIEW.

3. Описание решения

Измерительный комплекс состоит из трех функциональных модулей:

1) модуль измерений характеристик переключения поляризации
2) модуль измерений вольт-фарадных характеристик
3) модуль контроля вольт-амперных характеристик и исследований пироэлектрических свойств.

При измерениях переключения поляризации и диэлектрических характеристик исследуемый образец располагается на термостатируемой план-шайбе зондовой аналитической установки ЭМ6030, что позволяет задавать температуру образца в диапазоне от 30 до 200°С и поддерживать ее с погрешностью менее 1°С. К контактным площадкам исследуемого образца с помощью микрометрических манипуляторов подсоединяются зонды, подключенные к коммутационному блоку с герконовыми реле, обеспечивающими требуемую конфигурацию схемы измерений. К этому же блоку подключены измерительные приборы и узлы задания режимов измерения.

Такое исполнение обусловлено спецификой очень малых значений токов в диэлектриках, при контроле которых требуются специальные меры по экранированию образцов и первичных цепей измерения.

3.1. Контроль характеристик переключения поляризации

Схема модуля для контроля характеристик переключения поляризации тонких диэлектрических пленок представлена на рисунке 1, а пример интерфейса соответствующего виртуального прибора – на рисунке 2. В качестве аппаратных средств используются: ПК, осциллограф С9-8, зондовая установка, генератор сигналов Г3-118. Для регистрации петель сегнетоэлектрического гистерезиса используется классическая схема с эталонным конденсатором с которым последовательно соединен исследуемый образец с тонкой сегнетоэлектрической пленкой, с электродами образующими конденсаторную структуру. Обмен данными между осциллографом и ПК осуществляется по интерфейсу GPIB (каналу общего пользования).

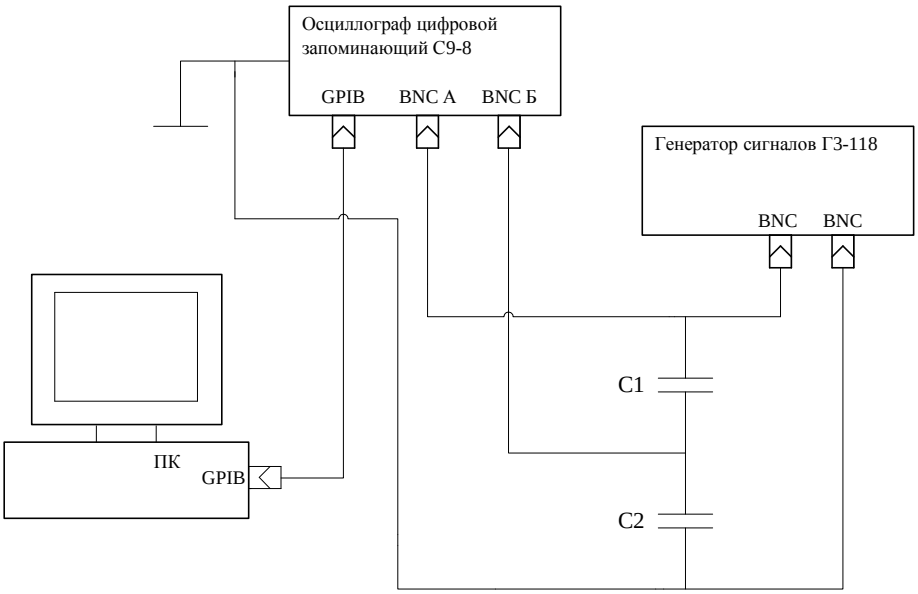


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для контроля характеристик переключения поляризации: С1-образец (конденсаторная структура с сегнетоэлектриком), С2 — эталонный конденсатор (0.1 мкФ)

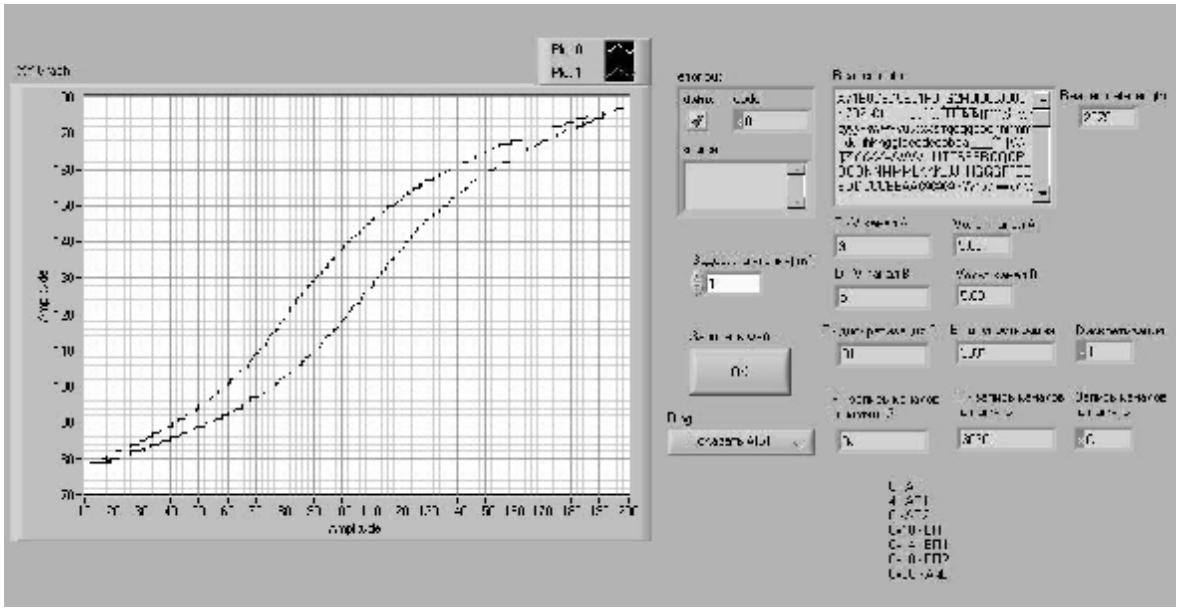


Рис. 2. Пример интерфейса панели виртуального прибора управления модулем контроля характеристик переключения поляризации

С осциллографа компьютером считываются 2080 байт данных, из которых первые 32 байта содержат информацию о настройках осциллографа, а остальные 2048 бит (2X1024) содержат данные разверток сигналов на экране осциллографа, подаваемых на каналы А и Б осциллографа.

Полученные результаты исследований характеристик переключения поляризации использовались, в частности, для определения SPICE-параметров модели сегнетоэлектрического конденсатора [4].

3.2. Измерения вольт-фарадных характеристик

Автоматизированный модуль для контроля вольт-фарадных характеристик тонких диэлектрических пленок включает: ПК, зондовую установку и измеритель LCR E7-12. В качестве управляющий программы также используется приложение LabVIEW. Обмен данными между осциллографом и ПК осуществляется по интерфейсу GPIB (каналу общего пользования). Развертка значений напряжений на электроды при измерениях четырехпроводной схеме осуществляется с помощью внутреннего источника измерителя LRC. Значения напряжения задаются из внешнего редактируемого текстового файла. Переключение полярности напряжений при измерениях осуществляется при помощи группы реле, управляемых с помощью LPT порта.

Интерфейс пользователя программы управления автоматизированной установкой для контроля вольт-фарадных характеристик изображен на рисунке 3.

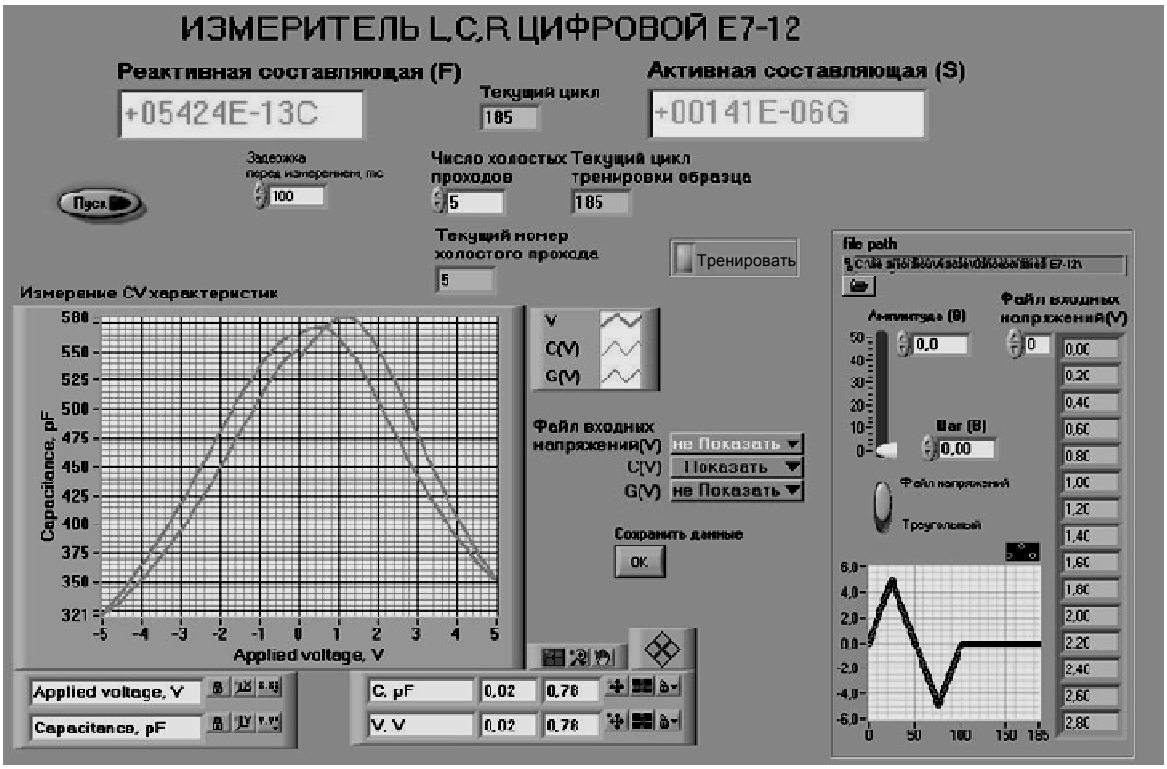


Рис. 3. Интерфейс виртуального прибора управления модулем контроля вольт-фарадных характеристик

С помощью элементов управления интерфейса пользователя программы можно осуществлять: 1) установку настроек измерителя LCR в режиме дистанционного управления; 2) ввод значений напряжения из текстового файла и с помощью задания амплитуды и шага пилообразной развертки напряжений; 3) сохранение результатов измерения.

Индикаторы интерфейса пользователя позволяют задавать исходные данные для проведения измерений и отображают результаты измерений, в частности, зависимостей емкости и проводимости от напряжения развертки.

3.3. Исследования пироэлектрических свойств

Функциональная схема модуля для исследования пироэлектрических свойств тонких диэлектрических пленок приведена на рисунке 4. Для исследований пироэлектрических свойств

применяется метод низкочастотной модуляции температуры, при котором температура образца изменяется по синусоидальному закону с определенной амплитудой T_0 и частотой f. По пироэлектрическому току короткого замыкания определяется соответствующее изменение заряда на поверхности пироэлектрического исследуемого образца и вычисляется значение пироэлектрического коэффициента:

$$p = \frac{I_0 \sin j}{2pfT_0A},$$

где I_0 - амплитуда тока; φ - фазовый сдвиг между температурой и током; А - площадь электродов пироэлектрического конденсатора.

При измерениях исследуемые структуры располагаются в специальной экранирующей камере. Изменение температуры образца осуществляется при помощи элемента Пельтье, ток через который задается соответствующим программным модулем LabVIEW с помощью программируемого источника тока LPS-304. Для контроля температуры образца применяется термопара. Для измерений малых пироэлектрических токов и вольт-амперных характеристик диэлектрических пленок используется универсальный электрометрический вольтметр В7-57/1, обеспечивающий предельную чувствительность по току 10^{-14}А. Цифровой запоминающий осциллограф GDS-820S, используется для индикации процесса измерения и передачи данных в ПК по интерфейсу GBIP.

В измерительной камере расположены: зонды для измерений пироэлектрического тока, элемент Пельтье, горячий (контактирующий с поверхностью исследуемой структуры) и холодный спаи термопары, а также блок преобразования сигналов термопары NI 9211. На наружной стенке измерительной камеры закреплен модуль преобразования интерфейса NI USB 9162.

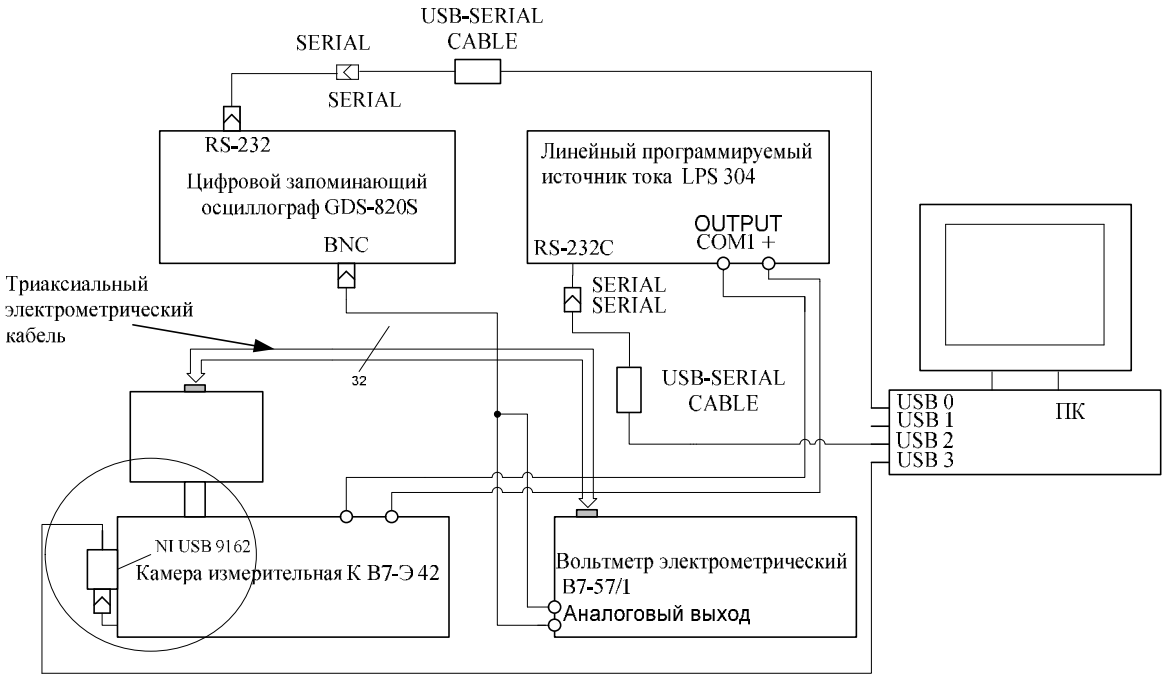


Рис. 4. Схема автоматизированной установки для контроля пироэлектрических свойств тонких диэлектрических пленок

Пример виртуального прибора панели управления модулем исследований пироэлектрических свойств представлен на рисунке 5, на котором изображены графики, полученные в результате измерения образца тонкой (0,15 мкм) сегнетоэлектрической пленки цирконата титаната свинца.

Исследования, выполненные на данном модуле позволили оптимизировать технологические операции формирования тонких пленок, предназначенных для применения в качестве детекторов излучения, и показали, что использование сегнетоэлектрических пленок позволяет проводить параметрическую подстройку коэффициентов преобразования излучения в электрические сигналы в многоэлементных приемниках инфракрасного излучения [5].

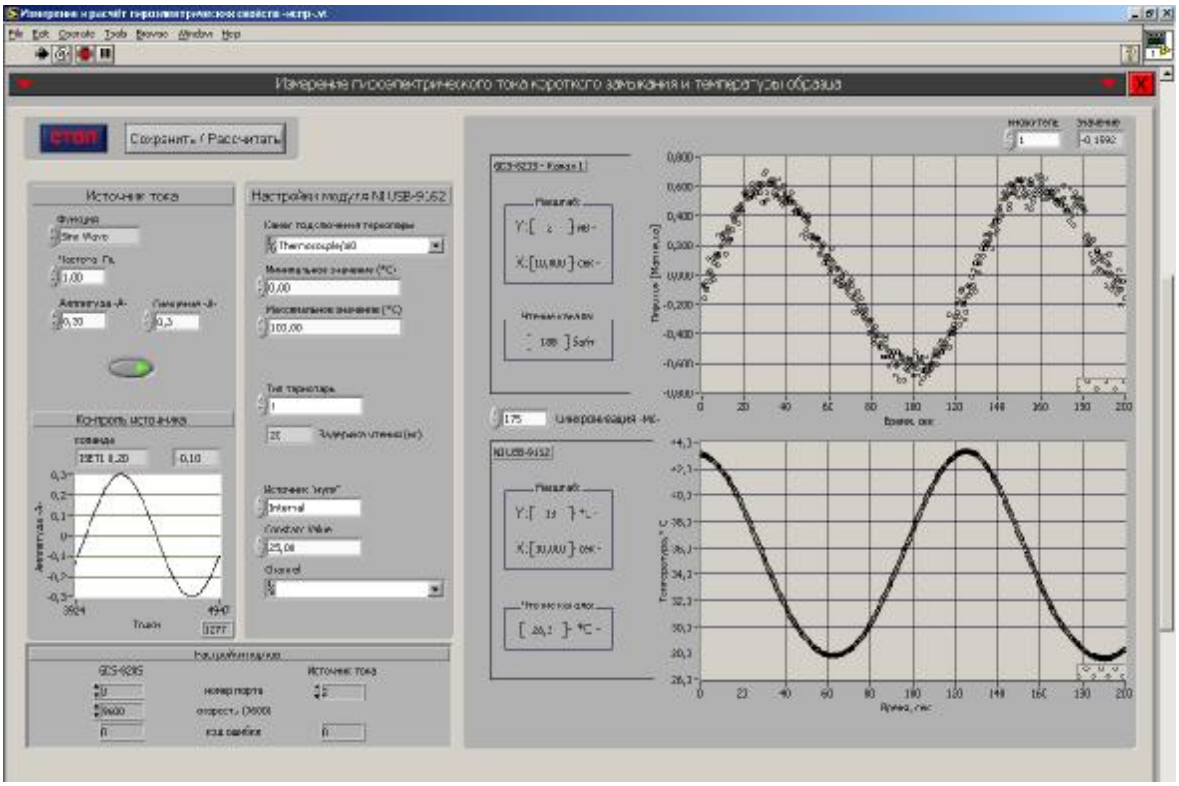


Рис. 5. Пример интерфейса виртуального прибора модуля контроля пироэлектрических свойств при измерениях образцов пленок цирконата-титаната свинца (ЦТС)

Таким образом, в результате выполненной работы на базе структурного подразделения МГТУ МИРЭА создан многофункциональный автоматизированный измерительный комплекс, который позволяет выполнять следующие исследования:

- определять значение пироэлектрического коэффициента методом низкочастотной температурной волны (период модуляции температуры задается в пределах от 0,1 до 50 с, амплитуда 1°...5°С, предел чувствительности по току 10^{-12} А, относительная погрешность измерений пироэлектрического коэффициента не более 20%);
- регистрировать сегнетоэлектрический гистерезис с выделением заряда переключения поляризации за счет вычитания заряда дифференциальной емкости "пустого" несегнетоэлектрического конденсатора (диапазон напряжений -200...+200В, частота развертки 0,01...10кГц, эталонная емкость 10...100 нФ, погрешность измерений поляризации не более 10%);
- определять значение остаточной поляризации по токам переключения при воздействии на образец образцу последовательности из двух пар разнополярных импульсов электрического напряжения (диапазон напряжений переключения -15...+15В, время нарастания импульса не более 0,1мкс, максимальная частота 500кГц, погрешность измерения поляризации не более 30%);
- измерять диэлектрические характеристики пленок при произвольно программируемой форме развертки приложенного к образцу напряжения (диапазон напряжения развертки до 200В, тестовый сигнал с амплитудой 100 мВ на частотах от 100 Гц до 100 МГц, погрешность измерения емкости и тангенса диэлектрических потерь не более 0,1%);
- измерять в том же диапазоне напряжений статические токи утечки (чувствительность по току 10^{-14} А, погрешность измерения не более 20%).

4. Выводы

Среда программирования LabVIEW и технологии, предлагаемые компанией National Instruments, представляют собой универсальные инструменты разработки систем сбора и обработки данных, в которых комбинируются внешние средства стандартизованные измерений и устройства, встроенные в ПК. Разработанный на их основе аппаратно-программный комплекс имеет характеристики, сходные с зарубежными аналогами (см. например, измерительный комплекс RT-6000, производитель Radiant Technologies, США [3]), но отличается большими функциональными возможностями, имеет открытую архитектуру и сравнительно низкую стоимость.

На разработанном оборудовании проведены комплексные исследования электрофизических свойств тонких сегнетоэлектрических пленок. В результате получены новые экспериментальные данные для структур на основе керамических пленок цирконата-титаната свинца и сополимеров винилиденфторида, предназначенных для многоэлементных пироэлектрических приемников излучения и для устройств сегнетоэлектрической энергонезависимой памяти. Полученные результаты позволили уточнить представления о физике процессов переключения поляризации и влиянии переходных слоев на свойства структур и приборов на основе активных диэлектрических материалов [2]. На основе комплекса поставлена лабораторная работа по изучению свойств сегнетоэлектрических тонких пленок [6].

5. Список литературы

1. Певцов Е.Ф., Чернокожин В.В. Матричные ИК-приемники для малогабаритных тепловизионных камер // Электронные компоненты. – 2001 г. – №1, 2, 3.
2. Maleto M.I., Pevtsov E.Ph., Sigov A.S., Svotina A.P. Polarization switching and dielectric properties of PZT structures // Integrated Ferroelectrics. – 2002. – V. 43. – P.129-134.
3. Ferroelectric Materials Testing & Integrated Ferroelectric Devices. Сайт компании / [Электронный ресурс]. – URL: http://www.indiamart.com/enquiry.html?q=radiant-technologies / (дата обращения: 28.10.2013).
4. Певцов Е.Ф., Малето М.И., Чуйко А.В. Определение параметров SPICE-модели гистерезиса в структурах с тонкими сегнетоэлектрическими пленками // Материалы IX н-техн. конф. «Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА» г. Звенигород. 01-03 дек. 2010 г.М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова. 2010. С.161-163.
5. Шнякин А.А., Певцов Е.Ф. Интегральная схема устройства считывания и обработки сигналов многоэлементного теплового приемника излучения // «Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА.». Материалы X научн.-техн. конф. молодых специалистов. г. Дубна. 12-14 октября 2011 г. – М.: МНТОЭРС им. А.С. Попова. – 2011. – С.131-134.
6. М.И. Малето, Е.Ф. Певцов, А.С. Сигов Учебно-научный практикум по автоматизации экспериментов кафедры физики конденсированного состояния // Открытое образование. – 2009 г. – №5. С. 58-66.

НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.Н. Пронин, К.В. Сапожникова
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», г. Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

В настоящее время все более широкое применение как в России, так и за рубежом получают компьютеризованные средства измерений и измерительные системы нового типа, называемые виртуальными.

Их высокая эффективность обусловлена тем, что такие средства и системы могут оперативно перестраиваться на

- измерение различных величин, значения которых меняются в широком диапазоне,
- на различные алгоритмы управления процессом измерений и обработки данных и т.д.

Перестройка обеспечивается путем замены или переключения только дополнительных технических средств, например, датчиков, усилителей и т.д., а также дополнительных программных средств при использовании одного и того же универсального компьютера. Управление процессом измерений и индикация результатов измерений осуществляется с помощью стандартных интерфейсов пользователя.

Виртуальные средства и системы позволяют существенно сократить затраты на закупку и обслуживание средств измерений и измерительных систем, необходимых для решения различных измерительных задач в образовании, в медицине, на транспорте, в научных исследованиях, на производстве и т.д., заменяя множество отдельных измерительных приборов и мер. Соответственно, сокращаются затраты человеческих и материальных ресурсов, связанных с производством, эксплуатацией и утилизацией.

Совокупность конфигурируемых вычислительных средств, объединенных общей сетью, нередко используют для параллельного решения различных задач многими пользователями. Такая организация работы с общими вычислительными средствами именуется "облачными вычислениями", "облачными сетями", "облачными системами".

Естественно, возможно построение специальной виртуальной измерительной системы, обеспечивающей эффективное и практически одновременное решение ряда измерительных задач многими пользователями с использованием в сети общих вычислительных средств. Примеры применения таких систем имеются.

К сожалению, применение виртуальных средств и систем для целей измерений до настоящего времени не поддерживается нормативными документами, что создает серьезные трудности для разработчиков и пользователей, приводит к необоснованным трудозатратам. Единой терминологии в этой области нет.

Даже определения терминов "виртуальное средство измерений" и "виртуальная измерительная система" на сегодня не являются однозначными.

В частности, виртуальными датчиками называют подпрограммы обработки данных физических датчиков, в ряде случаев - физические датчики в сочетании с вычислительным модулем, а иногда – модели датчиков. Виртуальным средством измерений нередко называют модель аппаратной и аппаратно-программной части измерительного алгоритма, а виртуальная система может включать как физические датчики, измерительные преобразователи и АЦП, так и модель объекта измерений, а также датчиков и измерительных каналов.

Серьезные проблемы возникают и при организации метрологического обеспечения виртуальных средств измерений (ВСИ) и виртуальных измерительных систем (ВИС).

2. Основные положения проекта ГОСТ Р

Известны международные документы в ранге руководств [1, 2], но они не учитывают специфику российской нормативной базы, связанной со сравнительно широкой сферой государственного регулирования обеспечения единства измерений. Здесь возникают особенные осложнения.

Рассматриваемой теме посвящен проект ГОСТ Р 8.ХХХ “ГСИ. Средства измерений и системы измерительные виртуальные. Общие положения”, разработанный во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева». Проект был разослан на отзыв в 37 предприятий и организаций, включая организации Росстандарта и такие предприятия, как «National Instruments», ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», ООО «Элметро-Групп», ЗАО «НПЦентр», НПП «ПАРК-ЦЕНТР», ЗАО «Санкт-Петербургский институт теплоэнергетики», ООО «Контрольно-измерительная и весовая техника» и многие другие. От многих организаций были получены отзывы, включающие замечания и

рекомендации. Все они были рассмотрены разработчиками, причем большинство из рекомендаций было учтено в окончательном тексте документа.

Проект стандарта был принят единогласно (в т.ч. компания «National Instruments», замечания которой в основном были приняты, проголосовала «за») и находится в стадии утверждения (должен быть утвержден в текущем году).

В этом стандарте приведены термины и определения, касающиеся ВСИ и ВИС, их особенности, требования к нормированию метрологических характеристик, программному обеспечению и процедуре утверждения типа ВСИ и ВИС.

В проекте стандарта сформулировано следующее определение:

“Виртуальное средство измерений - это средство измерений, реализованное на основе универсального компьютера и дополнительных программных и технических средств, в котором состав и порядок работы программных и технических средств могут быть изменены пользователем, причем для управления процессом измерений и/или отображения их результатов применяются стандартные интерфейсы пользователя”. По существу, это определение близко к приведенному в [3], которое в основном используется в промышленности.

Определение виртуальной измерительной системы аналогично.

В проекте стандарта подчеркнуто, что ВСИ и ВИС работают с реальными объектами и сигналами.

Дополнительные программные средства могут включать в себя:

- драйверы дополнительных технических средств;
- модули управления процессом измерений и/или отображения их результатов;
- модули процедур, обеспечивающих хранение, обработку, прием и передачу данных;
- модули процедур, обеспечивающих защиту результатов измерений, данных и программных средств и др.

Программное обеспечение таких средств и систем обычно реализуют с использованием универсальных программных средств объектного моделирования. В программное обеспечение в ряде случаев может быть встроено метрологическое автосопровождение, реализующее проверку метрологических характеристик, а также предусмотрено распараллеливание измерительных и иных задач, например, задач управления технологическим процессом.

Часть дополнительных программных средств целесообразно выделять в качестве метрологически значимого программного обеспечения в соответствии с рекомендациями [4]. К выделенной части относятся программы и программные модули, выполняющие функции сбора, передачи, обработки, хранения и представления измерительной информации, а также параметры, характеризующие тип средства измерений. Эта часть программных средств подлежит метрологическому обеспечению.

Дополнительные технические средства могут включать в себя датчики, вторичные измерительные преобразователи (фильтры, усилители, АЦП, ЦАП и т.п.), меры величин, контроллеры, модули для приема и передачи данных по каналам проводной и беспроводной связи и т.д.

В проект ГОСТ введено определение “облачной системы”, близкое к определению NIST [5]: “Система, обеспечивающая пользователей сетевым доступом к совместно используемой совокупности конфигурируемых вычислительных средств (например, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и/или обращениями к провайдеру”.

В Примечаниях к этому термину сказано, что облачная система может быть открытой, закрытой и смешанной. Открытая облачная система предоставляется для использования всем желающим. Закрытая облачная система создается для эксплуатации одной организацией или группой организаций только внутри этих организаций. Смешанная облачная система сочетает открытую и закрытую части.

В случае ВСИ и ВИС, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в проекте стандарта допущено использование только закрытых облачных систем, в которых постороннее вмешательство практически исключено.

В проекте ГОСТ сказано: ВСИ и ВИС, «предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, включая входящие в их состав при этом применении дополнительные технические средства и метрологически значимое программное обеспечение, подлежат обязательному утверждению типа”.

При этом предусмотрено, что при внесении изменений в метрологически значимое программное обеспечение ВСИ и ВИС «необходимо провести в сокращенном объеме повторные испытания в целях утверждения типа». Последнее положение заметно облегчает возможности модернизации такой аппаратуры.

3. Внедрение и его перспективы

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» имеет уникальный опыт работ в области проведения испытаний с целью утверждению типа многофункциональных компьютеризированных средств измерений и измерительных систем, включая виртуальные. Эти работы продолжаются.

Специалисты ВНИИМ готовы к сотрудничеству с заинтересованными предприятиями и организациями как в части разработки виртуальных средств измерений и виртуальных измерительных систем, так и в части проведения их испытаний, а также в направлении совершенствования необходимой нормативной документации.

4. Список литературы

1. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC)/WELMEC 7.2, Issue 5. http://www.welmecwg7.ptb.de/ Guides/WELMEC_Guide_7_2_ Issue5 _2011_May.pdf.
2. OIML D 31. Edition 2008. General requirements for software controlled measuring instruments– http://www.oiml.org/publications/D/D031-e08.pdf.
3. Winiecki W. Virtual instrument or measuring system?– home.mit.bme.hu/…/ Winiecki.PDF.
4. Рекомендации по метрологии МИ 2955—2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений.
5. Mell. P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. http://csrc.nist.gov/publications/ PubsSPs.html#800-145.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ ОКОННОГО СГЛАЖИВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СПЕКТРА СИГНАЛА В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЕ LABVIEW

А.А. Савочкин, А.А. Слободенюк

Севастопольский национальный технический университет, Украина, г.Севастополь

1. Постановка задачи

В современной инженерной практике находят широкое применение прикладные методики исследования сигналов и устройств с использованием спектрального анализа[1]. Спектральный анализ — это один из методов обработки сигналов, который позволяет характеризовать частотный состав измеряемого сигнала [2].

Существует большой количество вариантов построения устройств анализа спектра, однако в современных условиях все чаще анализатор спектра реализуется на основе цифровых методов обработки.

Одним из важных вопросов, который является общим для всех классических методов спектрального оценивания, является метод применения функции окна [2,3]. Обработка с помощью окна используется для управления эффектами, обусловленными наличием боковых лепестков, в спектральных оценках[3].

Целью данного исследования является определение особенностей цифрового спектрального анализа, разработка практической методики внедрения функций оконного сглаживания в спектральный анализ, реализация этой методики в виде программного приложения в среде LabView, а также проверка полученных характеристик экспериментально.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программная реализация данного проекта была выполнена с помощью NI LabVIEW 2011, набора модулей из стандартной библиотеки, операций цифровой обработки и анализа, а также модулей визуализации данных.

Практическое исследование и отработка выбранных решений выполнялись на ПК фирмы Acer с процессором Intel Atom n270 (частота 1,6 ГГц) с 32 битной операционной системой Windows 7, а также на ПК с процессором AMD Phenom II X4 Black Edition 965 (частота 3,4 ГГц) на основе 64 битной версии Windows 7.

Тестирование устройства выполнялось при подаче на вход звукового адаптера сигнала от лабораторного генератора Г3-102.

3. Описание решения

Цифровой осциллограф и анализатор спектра с применением функций оконного сглаживания, созданы в программной среде LabVIEW в виде программы, анализирующей сигналы, поступающие на линейный вход звуковой карты персонального компьютера (ПК). Рассматриваемый прибор был реализован с помощью специальных модулей (виртуальных приборов) [4].

На рис. 1 показана блок схема реализуемого прибора.

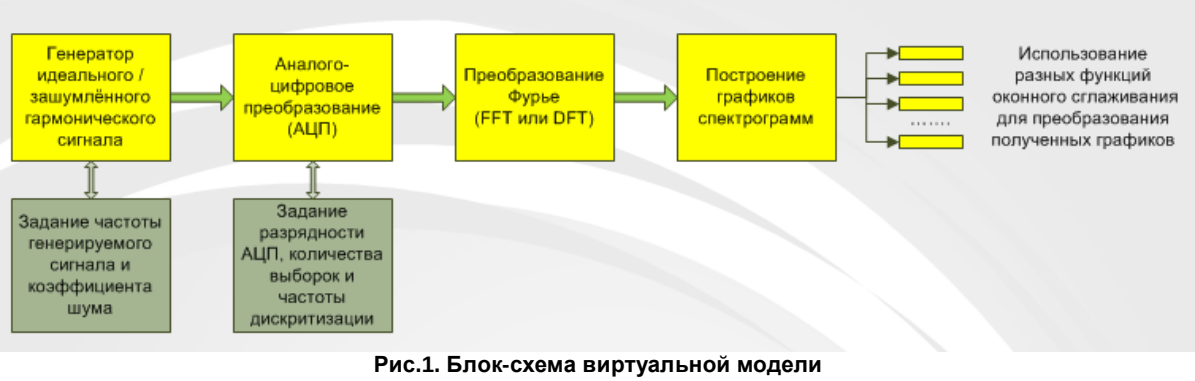


Рис.1. Блок-схема виртуальной модели

В инструментальной среде LabVIEW даже в базовой комплектации есть широкий набор модулей, связанных со спектральным анализом и функциями оконного сглаживания[5]. Функций окна большое множество, причём некоторые из них уже интегрированы в модули спектрального анализа. Возможно создание данных функций из набора простейших математических операций.

На рис. 2 изображена графико-модульная схема прибора, выполненная в среде программы.

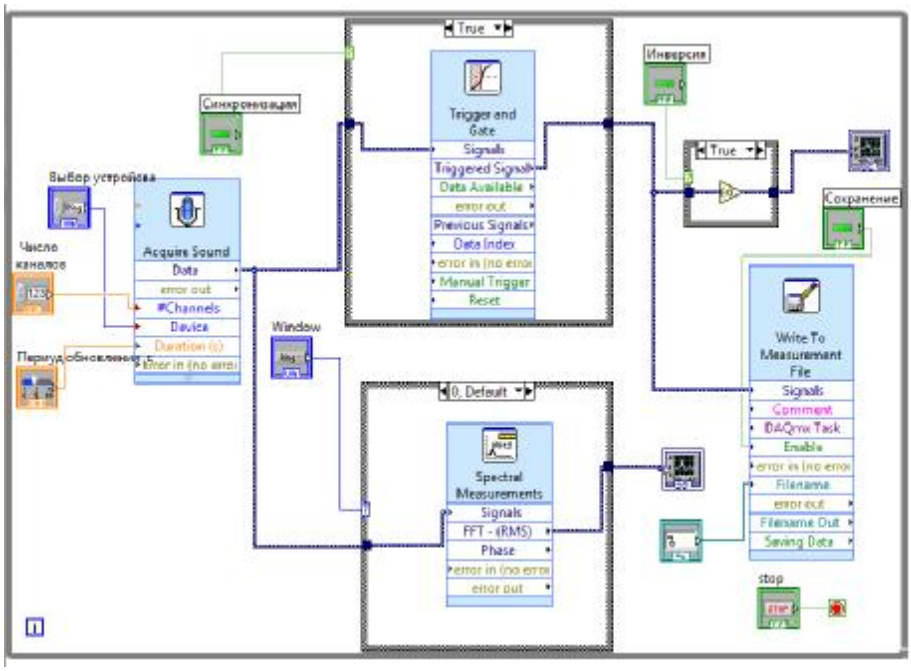


Рис. 2. Мнемограмма разработанного прибора

Программная реализация данного устройства выполнена на основе модулей Acquire Sound, Spectral Measurements, Trigger and Gate, и Write To Measurement File.

Acquire Sound — модуль (виртуальный прибор), предназначенный для сбора данных с линейного входа звуковой карты персонального компьютера (ПК) или с входа микрофона. Имеет возможность сбора данных с двух каналов (левого и правого).

Spectral Measurements — модуль, предназначенный для проведения непосредственно спектрального анализа. Во время анализа, опционально, возможно применение различных функций оконного сглаживания.

Trigger and Gate — модуль, который позволяет синхронизировать принимаемый сигнал по временной оси.

Write To Measurement File — модуль, позволяющий проводить запись полученных данных в файл.

На рис. 3 показан внешний вид лицевой панели разработанного устройства.

Рис. 3. Лицевая панель разработанного прибора

Операция инверсии сигнала в LabView может быть проведена как простейшее математическое действие: смена знака элементов потока данных на противоположный.

Обработанные данные выводятся на лицевую панель анализатора в виде двух графиков, верхний из которых — осциллограмма, нижний — энергетический спектр сигнала. Важно, что разработанный прибор позволяет производить обработку сигнала в реальном времени.

При выполнении работы использованы графические индикаторы программы, преобразования выполнялись с помощью простейших математических действий и элементов булевой алгебры. С помощью модульных функций производился ввод аналогового сигнала со звуковой карты, обработка с помощью функций окна и быстрого преобразование Фурье[6].

На рис. 3 показан случай подачи на вход прибора гармонических сигналов от измерительного генератора с частотой 5,5 кГц.

Динамический диапазон анализатора спектра составил около 80 дБ.

Таким образом, разработан прибор, выполняющий ряд измерительных функций в реальном времени и работающий на базе обычного ПК.

4. Внедрение и его перспективы

Данное решение может быть актуально для различных вузов технического направления при выполнении лабораторных работ либо научных исследований, а также на предприятиях в случае отсутствия высоких требований к точности измерений.

Возможно использование программы в лабораторном практикуме соответствующих учебных дисциплин направлений «Радиотехника» и «Телекоммуникационные системы».

В качестве развития проекта возможно применение разработанного анализатора спектра в качестве системы проверки качества различного оборудования, например по спектральным составляющим может быть определён износ автомобильного двигателя или движущихся компонентов различных станков или буровых установок.

5. Список литературы

1. Савочкин А.А. Особенности реализации низкочастотного анализатора спектра в среде графического программирования LabVIEW / А.А. Савочкин, А.А. Слободенюк, С.И. Олейник // IX - научно-практическая конференция «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». Сборник трудов конференции. — Москва, 2010. — С. 128 — 130.

2. Гутников В.С. Фильтрация измерительных сигналов/ В.С. Гутников. — Л.: Энергоатомиздат, 1990, — 192 с.

3. Марпл-младший С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл-младший. — М.: Мир, 1990. — 547 с.

4. Батоврин В.К. LabVIEW. Практикум по основам измерительных технологий / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В. Ф. Папуловский. — М.: ДМК пресс, 2005. — 208 с.

5. Трэвис Д. LabVIEW для всех / Д. Трэвис, Д. Кринг. 2008. — 880 с.

6. Евдокимов Ю.К. LabVIEW 8 для радиоинженера. От виртуальной модели до реального прибора / Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 400 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗА СПЕКТРОГРАММ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

А.М. Бобрешов, В.А. Степкин, Г.К. Усков

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

1. Постановка задачи

Активное развитие сверхширокополосных (СШП) технологий способствует улучшению многих параметров систем связи и радиолокации, построенных на их основе [1]. Однако при работе таких систем совместно с узкополосными может возникать ряд проблем с функционированием последних. Например, последовательности сверхкоротких (длительностью 1нс и менее) импульсов могут приводить к отказам традиционных нелинейных узлов и элементов [2]. Помимо этого, при пакетной передаче информации при помощи СШП импульсов, в мгновенном спектре передаваемого сигнала могут возникать составляющие с высокой амплитудой, способные привести к эффектам блокирования или интермодуляции в приемных узлах узкополосных систем. Задачу электромагнитной совместимости СШП и узкополосных устройств оказывается невозможным решить традиционными методами ЭМС. В настоящей работе предложена методика анализа спектрограмм СШП импульсных сигналов с целью определения возможности негативного влияния на узкополосные системы.

Работа в целом посвящена созданию автоматизированной системы построения и анализа спектрограмм сверхширокополосных импульсных сигналов на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments [3].

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Все исследования и разработки, касающиеся поставленной задачи, проводились на кафедре электроники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «ВГУ»). Полученные результаты и решения внедрены в образовательный процесс в качестве материалов, используемых для проведения лабораторных работ студентами старших курсов, а также подготовки выпускных квалификационных работ.

3. Описание решения.

Структурная блок-схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

Установка предназначена для построения и анализа спектрограмм принимаемого сигнала в реальном времени. Платформа NI PXI при помощи разработанного на базе языка LabView программного обеспечения управляет формированием тестовой импульсной последовательности. Генерируемые импульсы излучаются СШП антенной в пространство. С приемной антенны сигнал подается на стробоскопический осциллограф, результаты измерений с которого обрабатываются программным обеспечением на NI PXI.

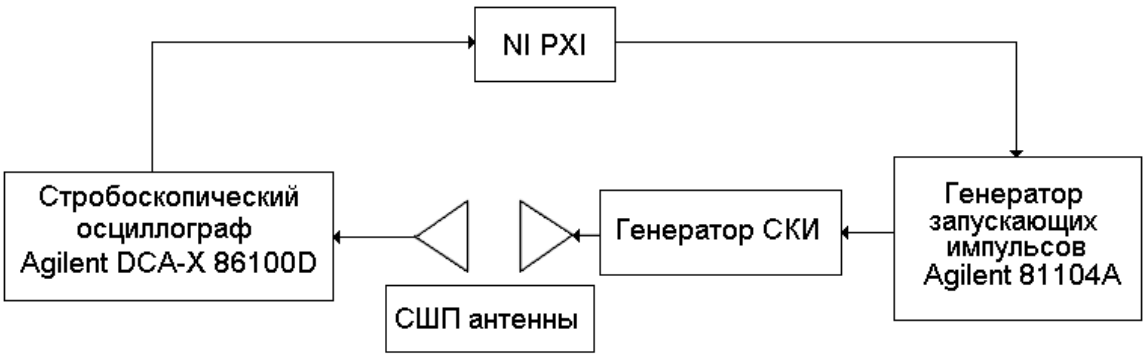


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного комплекса

Лицевая панель разработанного виртуального прибора (ВП) приведена на рисунке 2. ВП позволяет в реальном времени строить временную диаграмму сигнала, его мгновенный спектр, спектр одиночного импульса и спектрограмму принимаемой последовательности.

В эксперименте были рассмотрены конкретные узкополосные системы, работающие в диапазоне 440-470МГц. Было обнаружено, что если мощность спектральных составляющих последовательности импульсов превышает мощность гармонического сигнала на 32dB, работа узкополосной системы нарушалась.

Разработанный ВП позволяет прогнозировать подобные ситуации, путем измерения мощности отдельных спектральных составляющих. Спектрограмма в данном случае показывает в какие моменты временны и в каком частотном диапазоне возможно нарушение работы узкополосных систем.

Кроме того, в работе определялись значения максимальной мощности СШП импульсов с разными частотами следования при которой работу приемника можно считать корректной. Таким образом, зная исходный передаваемый сигнал, при помощи предложенного ВП можно прогнозировать совместную работу узкополосных и СШП устройств.

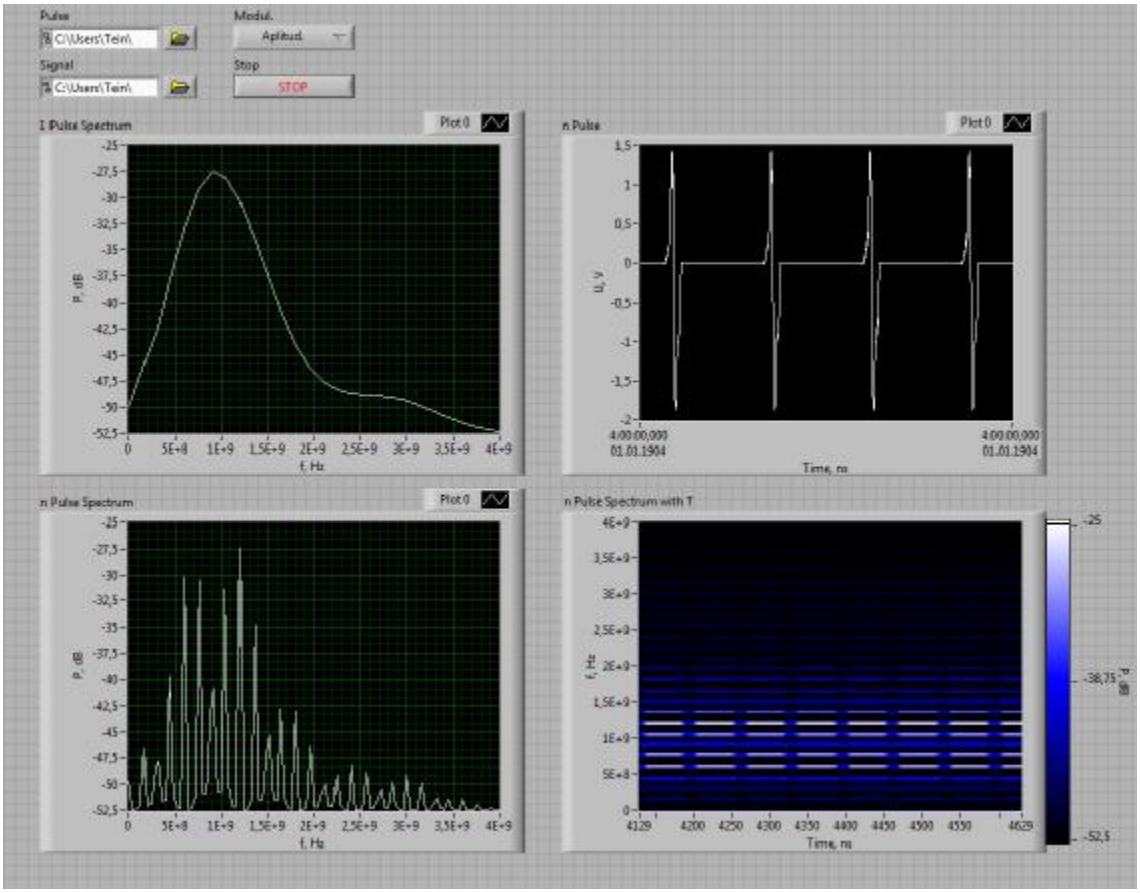


Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора для построения спектрограмм

Созданная автоматизированная система с успехом используется при проведении исследований. Замена приборов, требующих участия человека в процессе измерений на автоматизированный комплекс позволило ускорить процесс проведения испытаний.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.6. В качестве аппаратной части использовалась платформа PXI с подключенным модулем PXI-6115, содержащим высокоскоростные многоканальные АЦП, ЦАП и цифровую шину[3].

5. Перспективы внедрения и развития решения

Решение, предложенное авторами настоящего доклада, является первым шагом в разработке целостного аппаратно-программного комплекса для проведения исследований в области совместной работы сверхширокополосных и узкополосных устройств. В будущем планируется расширений

функциональных возможностей комплекса. Результаты работы планируется использовать в будущих научно-исследовательских работах, выполняемых на кафедре электроники ФГБОУ ВПО «ВГУ», в том числе в рамках конкурсов на получение грантов Минобрнауки РФ.

6. Список литературы

1. Taylor J.D. Introduction to Ultra-wideband Radar Systems, CRC press Boca Raton; Ann Arbor, London; Tokyo; New-York, 1995.

2. Бобрешов А. М., Коровченко И. С., Степкин В. А., Усков Г. К. Характеристики электромагнитной совместимости малошумящего усилителя на полевом транзисторе с затвором Шоттки при воздействии сверхкоротких импульсных помех, «Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника», - Киев, 2011 – С.41-46.

3. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ НА ВХОДНЫЕ МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ

А.М. Бобрешов, И.С. Коровченко, В.А. Степкин, Г.К. Усков

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

1. Постановка задачи

В настоящее время сверхкороткие импульсные сигналы находят широкое применение во многих областях радиоэлектроники, прежде всего, это сверхширокополосная локация и связь, системы электромагнитного противодействия, рефлектометрия и т.п. [1-3]. Эти сигналы обладают большой информационной емкостью и позволяют повысить скрытность передачи информации. Однако определенные их виды могут выступать и в роли помех. В связи с этим возникает задача исследования электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств в присутствии сигналов такого типа. Как отмечается в литературе [2,3], наиболее опасными с точки зрения воздействия на радиоэлектронную аппаратуру являются последовательности сверхкоротких импульсов, которые могут приводить к ухудшению функциональных характеристик элементов и узлов радиоэлектронной аппаратуры. Известно, что одним из наиболее уязвимых к воздействию помех узлов радиоэлектронной аппаратуры является малошумящий усилитель (МШУ) [2], который зачастую стоит сразу же после приемного тракта.

Работа входного МШУ приемника определяется совокупностью параметров, которые непосредственно связаны с его основными функциями. Такими примерами могут служить коэффициенты усиления и шума, рабочие напряжения и токи. Настоящая работа в посвящена созданию автоматизированной системы для оценки воздействия сверхкоротких импульсных сигналов на полевые транзисторы и малошумящие усилители на их основе с применением оборудования «PXI» фирмы National Instruments [4].

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Все исследования и разработки, касающиеся поставленной задачи, проводились на кафедре электроники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «ВГУ»). Полученные результаты и решения внедрены в образовательный процесс в качестве материалов, используемых для проведения лабораторных работ студентами старших курсов, а также подготовки выпускных квалификационных работ.

3. Описание решения

Обратимые эффекты в полупроводниковой структуре транзисторов рассматривались при воздействии СКИ отрицательной полярности по его входным цепям. Степень воздействия зависит от конструктивных и технологических параметров полупроводниковой структуры транзистора, а также временны́х и энергетических характеристик импульсной последовательности.

В качестве измеряемого оценочного параметра был выбран ток стока, величина которого однозначно связана с толщиной активного слоя канала транзистора. Методика исследования стойкости элементной базы была реализована с помощью автоматизированного измерительного комплекса (АИК), блок-схема которого представлена на рисунке 1.

Предлагаемый автоматизированный измерительный комплекс предназначен для исследования работы полупроводниковых электронных устройств в условиях воздействия импульсных помех сверхкороткой длительности. Исследования проводятся в рабочем режиме полупроводниковых приборов в присутствии сверхкоротких импульсных помех, которые подаются непосредственно на выводы устройства контактным способом. В ходе эксперимента регистрируются основные функциональные параметры прибора, затем проводится анализ изменения этих параметров вследствие воздействия СКИ [3].

Основными частями АИК являются: 1 – испытательный модуль (МШУ); 2 – генератор сверхкоротких видеоимпульсов; 3 – генератор запус-кающих импульсов Agilent 81104A; 4 – генераторы гармонического СВЧ сигнала; 5 – амплитудный детектор; 6 – стробоскопический осциллограф Agilent DCA-X86100 с модулем 86112A; 7 – измерительная установка National Instruments.

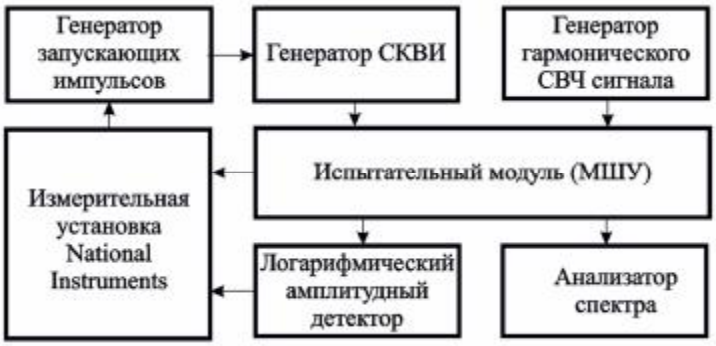


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного комплекса

Измерения начинаются с определения статических характеристик транзистора без импульсных воздействий. Сюда входят вольтамперные характеристики, зависимость коэффициента усиления от напряжения затвор-исток, амплитудно-частотная характеристика МШУ. Затем выставляется начальное значение амплитуды воздействующих СКИ, и начинается цикл измерений эффектов воздействия СКИ. В начале каждого шага измеряется исходное значение тока стока, с помощью которого определяется время окончания процессов восстановления функциональных характеристик транзистора. Затем производится регистрация временных зависимостей тока стока транзистора во время и после воздействия импульсной последовательности. После восстановления тока стока до исходного значения производится переход на другой период следования импульсов, и испытания продолжаются уже с ним. Для управления периодом следования СКИ используется измерительная установка National Instruments и генератор запускающих импульсов Agilent 81104A. Когда все заданные периоды использованы, цикл измерений завершается. Затем производится изменение амплитуды СКИ, и цикл начинается вновь. Все полученные результаты сохраняются в отдельных файлах и могут быть использованы для анализа и представления результатов в удобной форме. Лицевая панели виртуального прибора представлена на рисунке 2.

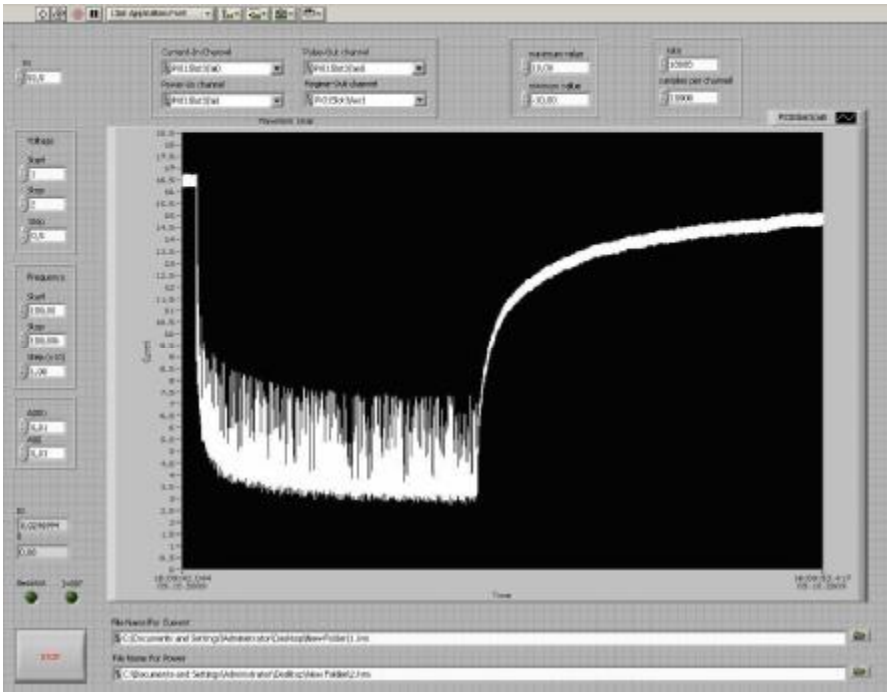


Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора для построения спектрограмм

Принципиальная схема испытательного модуля и его фотография показаны на рисунке 3. Для имитации условий эксплуатации транзистора была использована типовая схема усилителя с общим истоком. Напряжения смещения транзистора задаются внешними источниками на входах $E_{см}$ и $E_{пит}$.

Разъем $U_{вч\_вх}$ представляет собой пятидесятиомный вход СВЧ диапазона, предназначенный для подачи полезного сигнала и контактного импульсного воздействия.

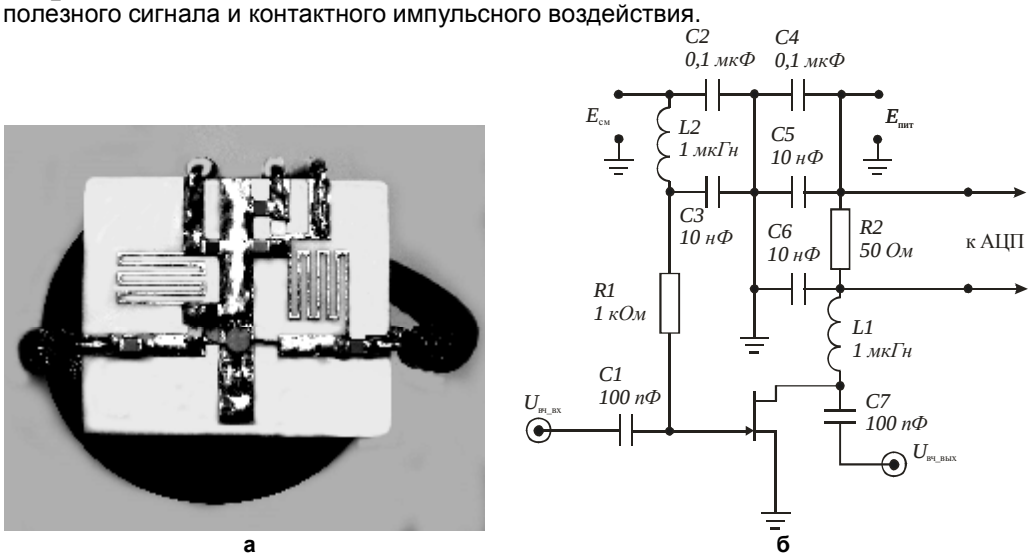


Рис. 3. а – фотография, б – принципиальная схема испытательного модуля

В АИК одновременно с величиной тока стока I_c может регистрироваться и мощность полезного сигнала на выходе усилителя с помощью логарифмического детектора мощности на основе микросхемы AD8319.

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что для одних образцов транзисторов эффекты проявляются сильнее, чем для других. Это объясняется тем, что различие технологических параметров подложек оказывает влияние на характеристики ПТШ именно при импульсном воздействии.

Применение АИК вместо набора настольных приборов позволило существенно сократить время, затрачиваемое на проведение измерений.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.6. В качестве аппаратной части использовалась платформа PXI с подключенным модулем PXI-6115, содержащим высокоскоростные многоканальные АЦП, ЦАП и цифровую шину [3].

5. Перспективы внедрения и развития решения

Решение, предложенное авторами настоящего доклада, является одним из основных в разработке аппаратно-программного комплекса для отбора радиоэлектронных стойких полупроводниковых элементов СВЧ диапазона по критериям стойкости к сверхширокополосным импульсным помехам. Полученные результаты были использованы при разработке методов выявления латентных технологических дефектов полупроводниковой элементной базы приемопередающей бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России" на 2007-2013 годы.

6. Список литературы

1. Taylor J.D. Introduction to Ultra-wideband Radar Systems [Text] / James D. Taylor. – CRC press Boca Raton; Ann Arbor, London; Tokyo; New-York, 1995.

2. Бобрешов А. М., Коровченко И. С., Степкин В. А., Усков Г. К. Характеристики электромагнитной совместимости малошумящего усилителя на полевом транзисторе с затвором Шоттки при воздействии сверхкоротких импульсных помех, «Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника» - Киев, 2011 – С.41-46.

3. Бобрешов А.М., Иванцов А.В., Коровченко И.С., Степкин В.А., Усков Г.К. Автоматизированный измерительный стенд для оценки стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию сверхкоротких импульсных помех, Радиотехника, – 2011. –№8. – С. 54–57.

4. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments.

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИИ РАДИОИНТЕРФЕЙСОВ С ПОМОЩЬЮ NI USRP 292X

Д.И. Белорусов

ООО «РИКОМ», г. Москва

1. Постановка задачи

Благодаря развитию элементной базы, идеология программируемого радио (англ. software define radio - SDR) за последние несколько лет получила широкое развитие не только среди радиолюбителей-энтузиастов, но и нашла применение при разработке различных прикладных систем.

До недавнего времени, основным фактором, сдерживающим применение технологии в промышленности, была доступность аппаратной базы, а именно готовых инструментов в виде векторных генераторов и приемников сигналов. С появлением на рынке линейки трансиверов National Instruments серии USRP, путь от идеи и алгоритма до практической реализации значительно сократился. National Instruments предложила комплексное решение: SDR трансивер и программные библиотеки, которые можно с одинаковой эффективностью использовать как при программировании как на C++, так и на LabView.

Использование трансивера NI USRP в качестве базового инструмента для генерации сигналов позволило провести ряд успешных экспериментов по созданию точных копий группового сигнала орбитальной группировки GPS и эмулятора сигналов базовой станции стандарта GSM.

Необходимо отметить, что NI USRP позволяет осуществлять синтез сигналов в программном виде в среде LabView или C++, с возможностью для последующей реализации кода на встроенной ПЛИС, что значительно упрощает процесс разработки.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

При разработке обоих решений применялся трансивер программируемого радио NI USRP 2920. Проект эмулятора BTS основан на open-source продукте OpenBTS.

3. Описание решений.

3.1 Имитатор сигнала GPS.

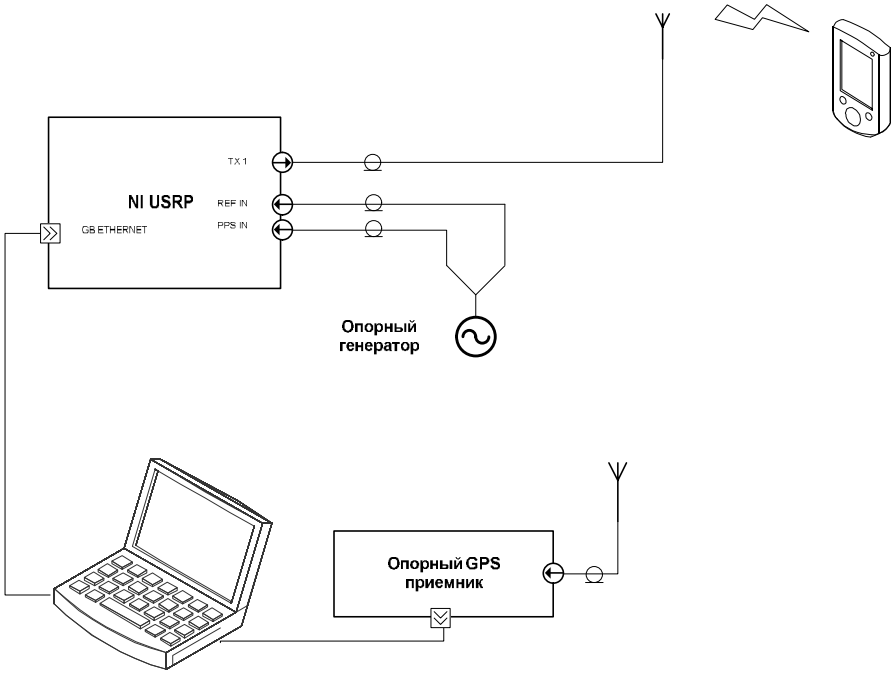


Рис.1. Блок схема стенда имитатора сигнала GPS

Задача создания группового навигационного сигнала GPS L1 (далее GPS) предполагала формирование радиосигнала модулированного навигационной информацией с нескольких псевдоспутников GPS идентичных реальному GPS сигналу настолько, чтобы стандартный

навигационный приемник определял заданную при синтезе сигнала координату с точностью не хуже общесистемной.

Первоначально была решена задача обратная навигационной, т.е. по известной координате приемника необходимо было рассчитать местоположение псевдоспутников орбитальной группировки. После этого было воспроизведено расхождение показаний часов псевдоспутников эквивалентное их удаленности от имитируемой точки. Синтез навигационной информации был осуществлен на основе модифицированного суперкадра GPS, полученного с опорного GPS приемника, а формирование радиосигнала сигнала было реализовано с помощью NI USRP.

Необходимые требования по частотной стабильности радиосигнала были выполнены за счет использования внешнего генератора опорной частоты.

В результате был получен радиосигнал с фазоразностной модуляцией, по которому навигационный приемник, так же как и по реальному GPS сигналу, может поканально измерить показания часов псевоспутников, оценить доплеровский сдвиг частоты и выделить навигационную информацию.

3.2 Эмулятор базовой станции GSM.

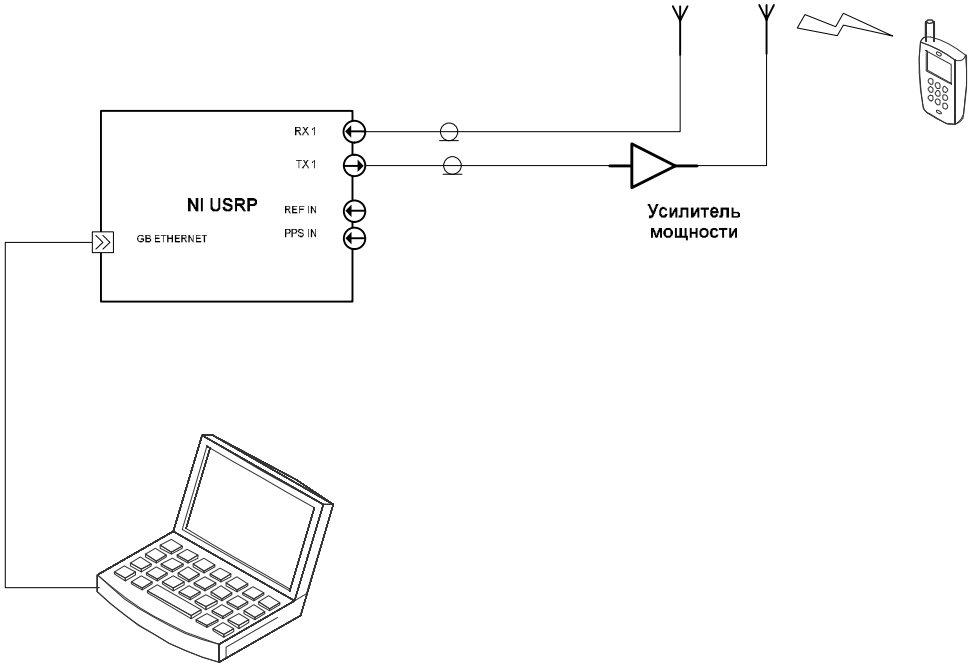


Рис.2. Блок схема стенда эмулятора базовой станции GSM

Задача создания эмулятора базовой станции GSM состояла в том, чтобы зарегистрировать обычный мобильный терминал стандарта GSM (далее MS), который находится в состоянии "свободен" (idle), на эмуляторе базовой станции (далее BTS) и открыть для него канал передачи трафика, аналогичный каналу реальной BTS системы GSM.

Поставленная задача решалась с помощью формирования сигналов, идентичных сигналам downlink канала реальной базовой станции, с уровнем сигнала заведомо большим, чем у окружающих BTS. При этом эмулятор формирует в downlink канале логический канал управления с широковещательной информацией (BCCH), который идентичен каналу, передаваемому с реальной базовой станции GSM.

Приняв такой сигнал, MS посылает по каналу CCCH на эмулятор BTS запрос на предоставление канала. Эмулятор BTS, с помощью трансивера NI USRP принимает запрос и осуществляет процедуру установления соединения с MS с эмуляцией DCCH канала и выдачей MS идентификатора TMSI. На этом процедура установления соединения по физическому каналу завершается и MS настраивается на логический канал передачи трафика с BTS (TCH).

4. Внедрение и его перспективы

Основным направлением внедрения выполненных решений является создание испытательного стенда для проверки и настройки GPS\GSM трекеров. Такое решение позволит существенно

упростить процесс тестирования трекеров, поскольку не требует использования реального канал GSM и позволяет работать с сигналом GPS внутри помещения.

Дальнейшее применение NI USRP планируется для создания сигналов радиоинтерефейсов downlink канала базовой станции UMTS и сигнала базовой станции стандарта LTE. Зарубежный опыт создания таких сигналов позволяет надеяться на получение положительных результатов. Так известным программистом Фабрисом Белларом (Fabrice Bellard) на базе оборудования аналогичного NI USRP создана базовая станция поддерживающая стандарт LTE Release 8 с полнодуплексным FDD, на полосе от 1,4 МГц до 20 МГц [2].

5. Список литературы

1. А. А. Поваляев, Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирование измерений и определение относительных координат, М.: Радиотехника, 2008.

2. http://habrahabr.ru- "Базовая станция 4G LTE на обычном ПК".

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИЕМНО-ПЕРЕДАЮЩИХ МОДУЛЕЙ АФАР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ PXIE

С.Г. Эйрамджян, С.Г. Арзоян, А.А. Багдасарян

Российско-Армянский (Славянский) Университет, РА, Ереван

1. Постановка задачи

Цель работы: модернизация системы управления и измерительной части автоматического комплекса тестирования приемо-передающих модулей активной фазированной антенной решетки (АФАР) [1].

В работе рассматривается возможность замены измерительной сверхвысокочастотной (СВЧ) измерительной аппаратуры, а также систем коммутации автоматического комплекса тестирования модулей АФАР описанной в работах [1, 2]. В качестве измерителя амплитуды и фазы вместо амплифазометра, описанного в работах [1, 2], предлагается использовать векторный анализатор цепей, с помощью которого измеряется параметр S21 и выявляются соответственно амплитуда и фаза измеренного сигнала.

2. Описание решения

Комплекс автоматического тестирования позволяет измерение в любой промежуток времени всех необходимых параметров посредством измерения амплитуды и фазы волны, излучаемой отдельными элементами модулей [2].

Использование устройств компании National Instruments и платформы PXI/PXIe, перечисленные в П.2. настоящей работы, позволяет заменить измерительные устройства, описанные в работе [2] нижеследующим образом (рис.1):

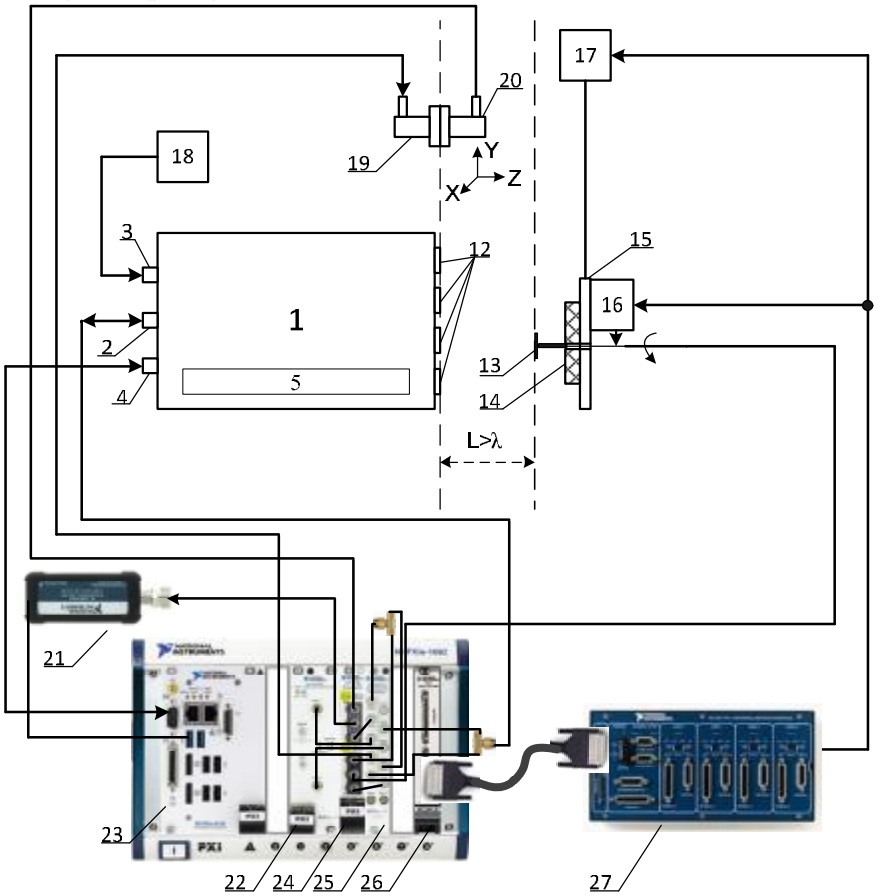


Рис. 1. Комплекс для тестирования приемо-передающих модулей АФАР

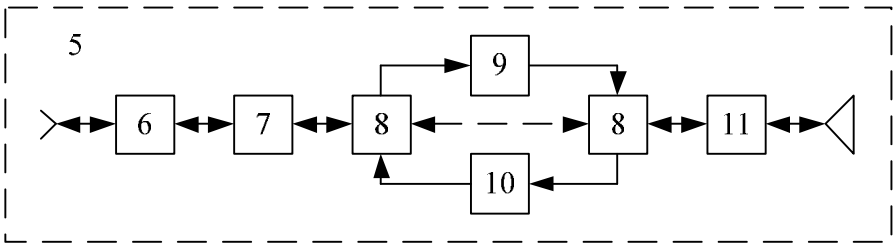


Рис.2. Состав ячейки - 5 модуля АФАР - 1 рис.1

Где: 1 - модуль, 2 - сигнальный разъем модуля, 3 - разъем модуля для подачи питающих напряжений, 4 - управляющий разъем модуля для подачи управляющих напряжений, 5 - приемо-передающие ячейки, 6 - электронно-управляемый дискретный аттенюатор, 7 - электронно-управляемый дискретный фазовращатель, 8 - синхронно-работающие переключатели для переключения ячейки на режим передачи или приема сигнала, 9 - цепочка усилителей мощности для режима передачи сигнала, 10 -цепочка малошумящих усилителей для режима приема сигнала, 11 - квадратурный мост, 12 - излучатель волны круговой поляризации каждой ячейки, 13 - измерительная антенна (ИА) линейной поляризации в виде полуволнового вибратора или открытого конца одномодового прямоугольного волновода, 14 - поглощающий щит электромагнитной энергии, 15 - диэлектрический держатель, 16 - привод поворота измерительной антенны на 90º, 17 - привод линейного Y - перемещения диэлектрического держателя, 18 - блок питания модуля, 19 - неподвижный калибрующий коаксиально-волноводный переход, 20 - съемный измерительный коаксиально-волноводный переход, 21 - измеритель мощности, 22 – векторный анализатор цепей, 23 - контроллер, 24 - Двойной однополюсный переключатель (SPDT), 25 - Двойной мультиплексор 1x4, 26 - Двухосевой контроллер управления серво/шаговыми двигателями, 27 - Универсальный двухосевой интерфейс управления серво/шаговыми двигателями NI UMI-7772, L - продольное (вдоль оси Z) расстояние между плоскостью расположения излучателей (12) модуля (1) и плоскостью расположения измерительной антенны (13), λ-длина рабочей волны АФАР. В зависимости от диапазона рабочих частот, в качестве ИА 13 применяется либо полуволновой вибратор, либо открытый конец прямоугольного волновода.

Алгоритм для автоматического управления комплексом аппаратуры тестирования модулей активных фазированных решеток и обработки данных посредством компьютера с целью определения характеристик всех составных узлов (активных и пассивных) и поляризационных характеристик излучающих элементов [3] осуществлен в среде программирования LabVIEW [4].

3. Используемое оборудование и программное обеспечение от компании National Instruments

В данной работе для автоматизации процесса тестирования высокочастотных узлов использовалось следующее оборудование National Instruments, в частности:

- 8-и слотовое гибридное шасси NI PXIe-1082,
- Контроллер NI PXIe-8135,
- Векторный анализатор цепей (Vector Network Analyzer) NI PXIe-5630,
- Двойной однополюсный переключатель (SPDT) NI PXI-2599,
- Двойной мультиплексор 1x4 NI PXIe-2543,
- Двухосевой контроллер управления серво/шаговыми двигателями NI PXI-7342,
- Универсальный двухосевой интерфейс управления серво/шаговыми двигателями NI UMI-7772,
- Измеритель СВЧ мощности USB-5681.

В качестве программного обеспечения использовалась среда LabVIEW 2012, а также соответственные драйверы вышеперечисленных устройств: NI-VNA, NI-Switch, NI-Motion Assistant, NI568x Meter - USB Driver for LabVIEW.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанные методы и аппаратура на основе программно-аппаратного обеспечения компании National Instruments на стадии изготовления активной фазированной решетки позволяют:

1) обеспечить полную аттестацию приемо-передающих модулей решетки по всем необходимым параметрам;

2) выявить не соответствующие техническим условиям исходные сборочные единицы на каждом этапе с целью их исключения из процесса дальнейшей сборки в более крупную единицу;

3) автоматизировать процесс тестирования;

4) ускорить процесс разработки и отладки программного обеспечения;

5) обеспечить компактность решения с возможностью создания портативных комплексов для тестирования модулей АФАР.

Отмеченное способствует экономии времени и средств в процессе производства и юстировки, автоматического тестирования приемно-передающих модулей АФАР, что приводит к снижению их стоимости.

5. Список литературы

1. В.Г Аветисян, М.В Маркосян, А.А Оганесян, С.Г Эйрамджян, Тестирование модулей активной фазированной антенной решетки. Сообщение 1: Методика тестирование// Известия НАН Ра и ГИУА. Сер ТН.-2007.-Т.LX,N# 3.-С.516-522.
2. С.Г Эйрамджян. "Разработка методов и средств измерений параметров приемно-передающий модулей активных фазированных решеток телекоммуникационных устройств"/ Диссертация кандидата технических наук, Ереван, 2008.
3. С.Эйрамджян, "Алгоритм Управления и Обработки Данных для Аппаратного Комплекса Тестирования Модулей Активной Фазированной Антенной Решетки", Годичная научная конференция ГИУА, 19-23 Ноября, 2007, Ереван, Сб. материалов -Т.2. - С. 535-539.
4. http://russia.ni.com/labview.

СЕКЦИЯ «СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ И МНОГОКАНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ»

СИСТЕМА АНАЛИЗА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ВОЗНИКАЮЩИХ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ LABVIEW

А.В. Голенищев-Кутузов, И.Е. Синюгин, Г.Д. Марданов

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

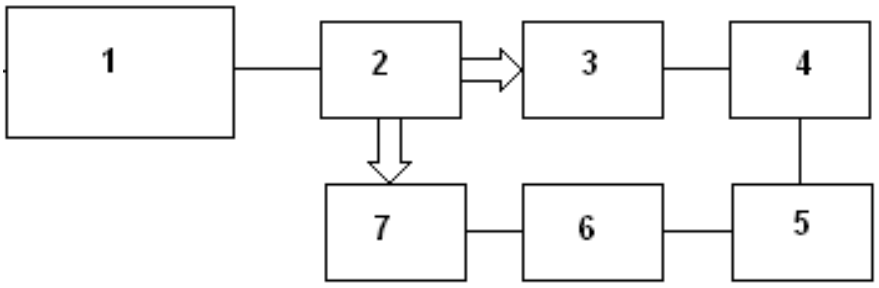
1. Постановка задачи

Основным вопросом, на который должна ответить измерительная система является возможность или невозможность дальнейшей безопасной эксплуатации высоковольтного оборудования. Одним из таких методов является метод контроля на основе компьютерного анализа ряда параметров частичных разрядов (ЧР) возникающих задолго до полного пробоя изоляции. Этот метод позволяет выявлять дефекты изоляции на самых ранних стадиях их возникновения, отслеживать их развитие, оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации оборудования.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Данная система состоит из следующих элементов и устройств:

1. Установка контроля и диагностики диэлектриков УКД-70, позволяющая плавно изменять подаваемое напряжение переменного тока частотой 50Гц на диагностируемый изолятор в диапазоне от 0 до 50кВ (действующее значение).
2. Изолятор с системой электродов.
3. Параболическая антенна подключённая к прибору SDT270.
4. Усилитель.
5. Персональный компьютер с установленным лицензионным пакетом LabVIEW 8.2 и устройством ввода- вывода NI SCXI-1302.
6. Приемник.
7. Электромагнитный датчик.



Блок-схема системы для исследования пробоя модельных образцов и реальных изоляторов

3. Описание решения

Стендовые исследования на созданной лабораторной установке (рис.) позволяют определить основные параметры частичных разрядов электротехнического фарфора и высокополимерных материалов и сформировать теоретическую и экспериментальную базу для контроля высоковольтных изоляторов в рабочих условиях.

Измерительный тракт системы составляют: электромагнитный датчик (ЭД) и ультразвуковой датчик (УД), регистрирующие вызванные ЧР импульсы тока в цепи разрядной ячейки; устройство амплитудной регистрации ЧР выполненное с использованием программного пакета LabVIEW 8.2 и персонального компьютера, осуществляющего управление процессом измерения, отображением данных о ЧР.

Расстояние от ультразвукового и электромагнитного датчиков до изолятора должно составлять 3-5 метров. До начала измерений на персональном компьютере должна быть установлена программа LabVIEW 8.2 с запущенным виртуальным прибором (ВП) для измерения параметров ЧР. После подачи высокого напряжения на экране компьютера наблюдается сигнал с датчиков, амплитуда шума входного сигнала не должна превышать уровень в 100 мВ (задаётся приемником антенны), а максимальная амплитуда ЧР ограничивается на уровне 3 В в настройках инструмента DAQ Assistant. Виртуальным прибором производится подсчет импульсов ЧР одновременно по превышению ими определенных пороговых амплитуд в течение 18 секунд и отображается на рабочей панели виртуального прибора. После чего по полученным данным строятся графики зависимостей амплитуды ЧР от приложенного напряжения.

Проведя ряд измерений, выбор был остановлен на частоте 411,9 МГц, с полосой пропускания 110 кГц и амплитудной модуляцией сигнала. Для всех измерений с электромагнитного датчика частота приема и уровень сигнала оставались неизменными, коэффициент шумоподавления равнялся нулю. Для акустического датчика используется ультразвуковой диапазон 40кГц. С приемника электромагнитного датчика AR5000A (чувствительность составляет от 0,14 мкВ до 1,25 мкВ) и с приёмника ультразвукового датчика SDT270 сигнал поступает на вход ai8 разъема кабеля SCXI – 1302, и далее на плату сбора данных NI PCI – 6221.

Работа ВП для регистрации ЧР с помощью ультразвукового датчика.

Для регистрации ультразвуковых колебаний использовался ультразвуковой датчик (параболическая антенна), сигнал с которого поступал на прибор SDT270. С выхода прибора сигнал поступает на плату сбора данных NI PCI – 6221 и затем на вход компьютера, где с помощью инструмента DAQ Assistant осуществляется разложение сигнала по фазам и амплитуде, результат отображается на индикаторе FFT-(Peak) в диапазоне 0 – 40 кГц. Так же сигнал поступает на ВП для дальнейшего разделения его по фазам. В условиях сравнения выбрана опция Greater (больше). ВП регистрирует все импульсы с амплитудой, большей определенного заданного значения. Цифровым регулятором на лицевой панели ВП устанавливается амплитуда детектирования ЧР прибором сравнения. С выхода Result при превышении входным сигналом заданного порогового напряжения поступает единичный импульс с амплитудой 1 В., далее эти отдельные импульсы поступают на счетчик, который производит подсчет импульсов по каждому заданному значению пороговой амплитуды. Сумма в счетчиках выводится с помощью цифровых индикаторов sum1…sum4. Инструментом Elapsed Time (истекшее время) устанавливаем время работы ВП, по истечении которого останавливается подсчет импульсов ЧР. На лицевой панели ВП отображаются результаты измерений, время подсчета импульсов и четыре графических индикатора: счетные импульсы поступающие на вход счетчика, отфильтрованный сигнал, входной сигнал, распределение по частоте и амплитуде входного сигнала. Также на лицевой панели задаются пороговые амплитуды детектирования ЧР.

Работа ВП для регистрации ЧР с помощью электромагнитного датчика

Для работы с платой служит инструмент DAQ Assistant. В инструменте устанавливаются назначения выводов платы, в этом приборе они служат для измерения напряжения, ограничение входного сигнала в пределах ±3В, устанавливается частота обращения к плате и число выборок. С аналогового выхода data устройства DAQ Assistant получаем аналоговый сигнал эквивалентный сигналу с приемника. Далее сигнал поступает на инструменты FFT, Formula и Amplitude and Level Measurements. Инструмент FFT производит распределение входного сигнала по частоте и амплитуде, результат отображается на графическом индикаторе. Инструмент Amplitude and Level Measurements производит определение постоянной составляющей входного сигнала, которая далее в инструменте Formula из входного сигнала. Это необходимо для удаления незначительного дрейфа входного сигнала. С выхода Result инструмента Formula получаем переменный сигнал, привязанный к нулевому значению напряжения. Этот сигнал для наглядности отображается на графическом индикаторе Radio. Постоянный уровень шумов оценивается с помощью прибора Amplitude and Level Measurements 2 и отображается на индикаторе Mean (DC). Это необходимо для оценки уровня радиочастотных помех и для коррекции уровня пороговой амплитуды в счетчиках. Аналогично с ВП для регистрации акустических сигналов ЧР сигнал поступает на четыре подключенных параллельно элемента сравнения. В условиях сравнения выбрана опция Greater (больше). ВП регистрирует все импульсы с амплитудой, большей определенного заданного значения. Цифровым регулятором на лицевой панели ВП устанавливается амплитуда детектирования ЧР прибором сравнения. С выхода Result при превышении входным сигналом заданного порогового напряжения поступает единичный импульс с амплитудой 1 В., далее эти отдельные импульсы поступают на счетчик, который производит подсчет импульсов по каждому заданному значению пороговой амплитуды. Сумма в счетчиках выводится с помощью цифровых индикаторов sum1…sum4. Инструментом Elapsed Time (истекшее время) устанавливаем время работы ВП, по истечении которого останавливается подсчет

импульсов ЧР. На лицевой панели ВП отображаются результаты измерений, время подсчета импульсов и два графических индикатора: входной сигнал, распределение по частоте и амплитуде входного сигнала. Также на лицевой панели задаются пороговые амплитуды детектирования ЧР.

Разработанная в настоящее время система представления данных, предусматривает возможность регистрации большого количества импульсов ЧР и их интегральное распределение по амплитудам. Из этой характеристики определяются такие параметры как средний кажущийся заряд, максимальный кажущийся заряд, частоты следования импульсов ЧР и средний ток ЧР. Анализ различных экспериментальных данных показал, что наиболее эффективным представлением данных являются амплитудно-фазовые диаграммы (АФД) сигналов ЧР. Наиболее важными характеристиками сигналов ЧР являются временные зависимости различных характеристик импульсов ЧР в пределах одного периода высокого напряжения. Именно, так

называемые, “фазовые распределения” параметров ЧР позволяют в принципе определять тип источника сигналов ЧР. Наиболее точно фазовые распределения параметров ЧР можно осуществлять путем разбиения периода переменного напряжения на ряд временных интервалов. Накопление информации о частичном разряде позволит разработать математическую модель разрядов. Создание базы данных позволит описать развитие дефектов в изоляторах под действием частичных разрядов и прогнозировать дальнейшую безаварийную службу изолятора.

4. Внедрение и его перспективы

Как показали предварительные испытания данной системы вполне возможно измерять параметры ЧР в различных видах полимерной и керамической изоляции, определяя места возникновения дефектов и степень их влияния на рабочее состояние и остаточный ресурс.

5. Список литературы

1. А.Я. Суранов LabVIEW 8.2. Справочник по функциям – М: ДМК Пресс. 2007. 536с.
2. А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов, Д.Ф. Губаев, А.Ю. Черномашенцев, Л.И. Евдокимов «Частичные разряды в полимерных изоляторах». Казань: Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010. №7-8. С. 76-83.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕНДОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Р.Л. Барашкин, В.В Южанин, О.Д. Антипов, С.А. Зуев, В.С. Северенко, А.В. Чувилин

РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Маркодельгрупп, г.Москва

1. Постановка задачи

В настоящее время доля **трудноизвлекаемых** запасов нефти значительно выросла и составляет около 65%. Доля активных запасов нефти в балансе большинства нефтяных компаний продолжает снижаться, а эксплуатация новых месторождений существующими технологиями позволяют только компенсировать падение добычи на старых месторождениях. Применяемые методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации притока для трудноизвлекаемых запасов не позволяют значительно увеличить эффективность выработки запасов. Поэтому разработка технологий, позволяющих повысить эффективность разработки нефтяных месторождений и добычу нефти в осложнённых условиях, является актуально задачей.

Работа посвящена разработке систем управления стендами, предназначенными для исследования установок погружных насосов в условиях, приближенных к скважинным по давлению, температуре, пенистости, вязкости, газосодержанию, дисперсности газовой фазы. Стенды позволяют моделировать условия эксплуатации реальной скважины, оборудованной полнокомплектным насосным оборудованием, в условиях:

- повышенного содержания солей – С-Соль (рис.1а);
- подачи газожидкостной смеси (вода-масло-воздух) – С-ГЖС (рис.1б);
- повышенных температур, до 250С – С-Термо (рис.1в);
- распространения энергии упругих волн в пласте – С-ВСВ (рис.1г).

Рис. 1 а. Стенд для моделирования повышенного содержания солей

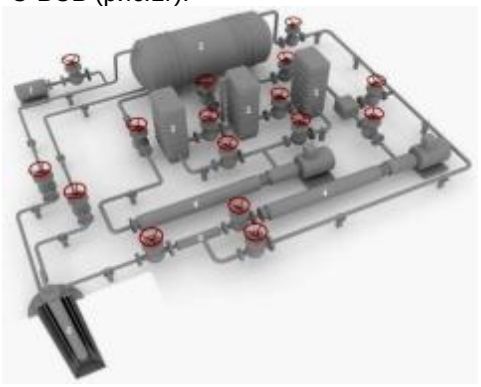


Рис. 1 б. Стенд для моделирования ГЖС

Рис. 1 в. Стенд для моделирования повышенных температуру

Рис. 1 г. Стенд для моделирования распространения упругих волн

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Созданные системы управления разработаны и внедрены на базе ЗАО «Новомет-Пермь» совместно с РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина.

3. Описание решения

Структурная схема системы управления стендом С-Соль, приведена на рис. 2. Системы управления остальных трех стендов имеют аналогичную архитектуру, отличие состоит в количестве аналоговых и дискретных входов/выходов, и в типах интерфейсов подключения станций управления двигателями насосов.

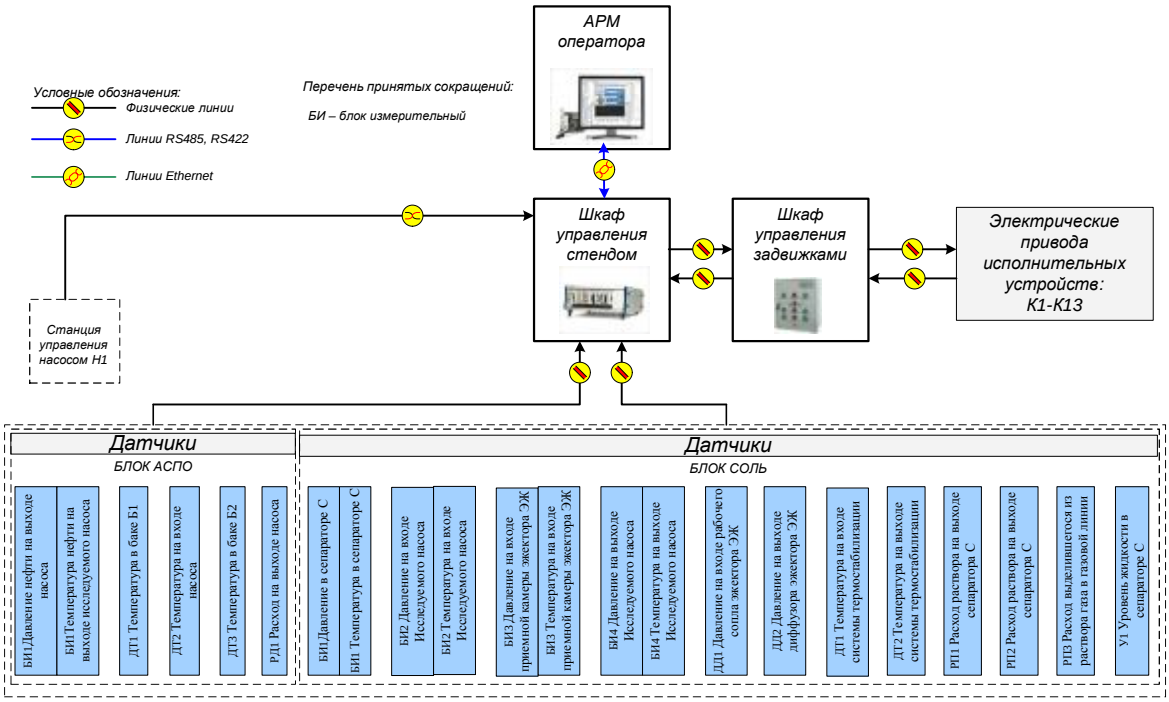


Рис. 2. Структурная схема системы управления стенда для моделирования повышенного содержания солей

Сводные параметры объектов управления приведены в табл. К аналоговым входам систем управления подключены датчики давления, температуры, расхода, вибрации, потенциометры исполнительных устройств. К дискретным входам – концевики и муфты исполнительных устройств, датчики положения, уровнемеры. Дискретными выходами управляются исполнительные устройства. По протоколам промышленных сетей Modbus или Profibus подключены станции управления частотно-регулируемыми приводами насосов.

Сводная таблица измеряемых и регулирующих параметров объектов управления

Параметр системы управления	С-Соль	С-ГЖС	С-Термо
Аналоговых входов (шт.)	26	56	20
Дискретных входов (шт.)	39	60	36
Дискретных выходов (шт.)	26	60	24
Устройств промышленной сети (шт.)	1	2	1

Основные функции системы управления:

- сбор данных с объекта управления (температура, давление, расход, уровень, вибрация, степень открытия исполнительного устройства, характеристики частотно-регулируемого привода);
- хранение и отображение параметров работы стенда, индикация текущего состояния объекта, формирование отчетов испытаний, построение графиков зависимостей параметров в интерфейсе оператора (рис.3);
- управление объектом в соответствии с выбранным режимом работы (рис.4а);
- аварийный мониторинг и аварийный останов объекта управления (рис.4б).

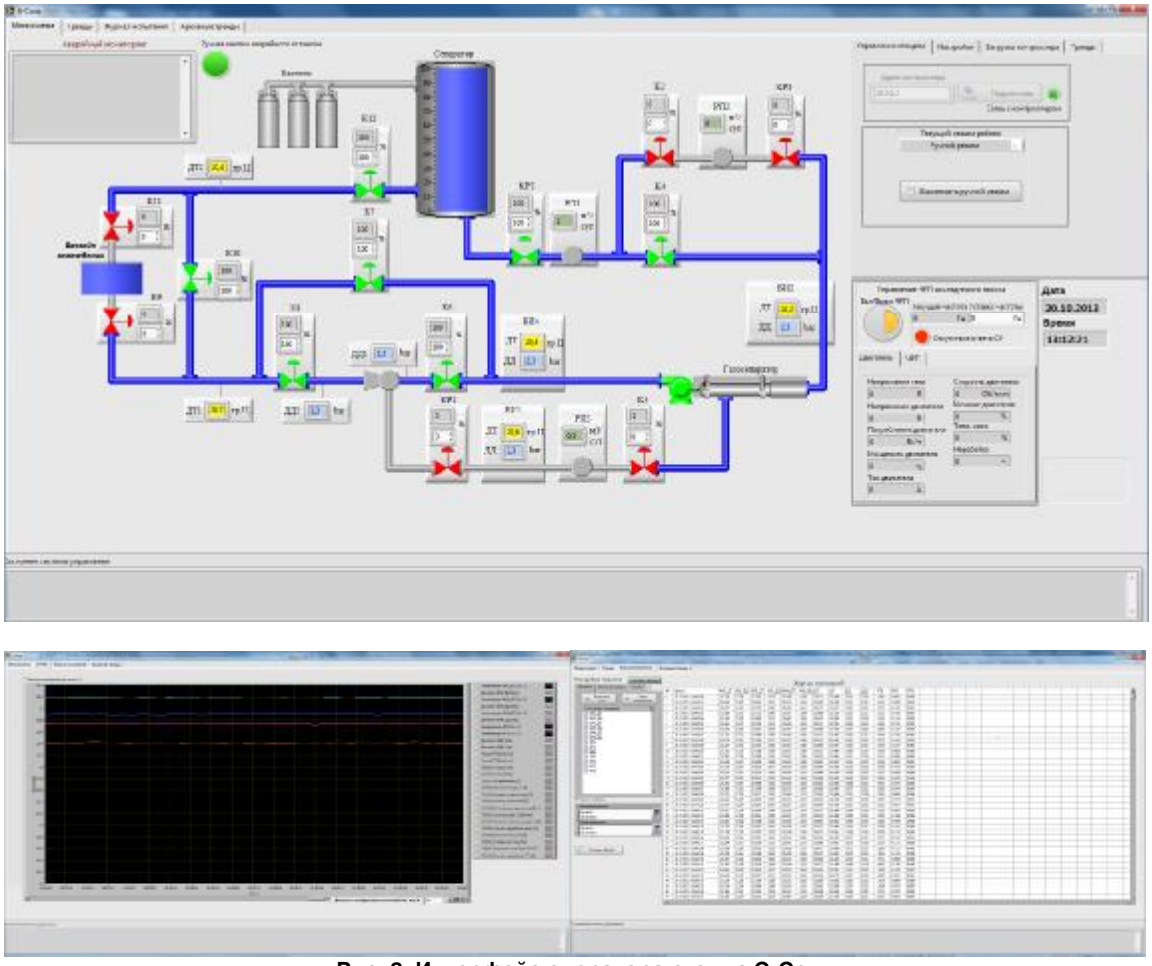


Рис. 3. Интерфейс оператора стенда С-Соль

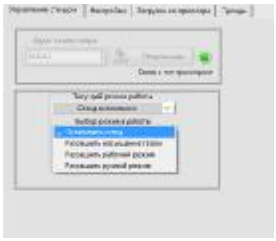


Рис. 4 а. Режимы работы стенда

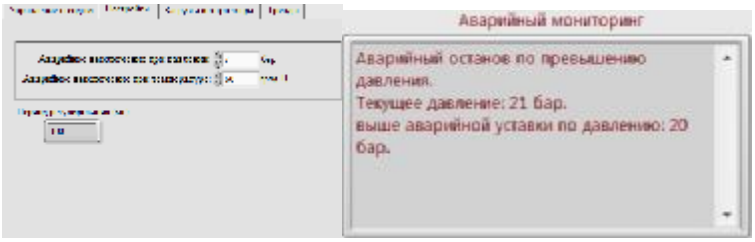


Рис. 4 б. Аварийные уставки и аварийный останов стенда

Система управления разрабатывалась с учетом особенностей создания приложений с помощью модуля LabVIEW Real-Time и имеет соответствующую архитектуру, состоящую из: хост программы и целевой программы.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Системы управления разработаны на базе контроллеров NI PXI-8109 и модулей NI PXI-6239, NI PXI-4462, NI PXI-6511, NI PXI-2569, NI-6221, PXI PROFIBUS, установленных в шасси NI PXI-1044. В качестве среды разработки использовалось NI LabVIEW 2012.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Стенды с разработанными системами управления предназначены для исследования характеристик установок погружных насосов производителей насосного оборудования для нефтяной отрасли в условиях, близким к параметрам эксплуатации осложнённых нефтяных скважин.

АВТОМАТЕЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА УДАР ПОСТОРОННИМИ ПРЕДМЕТАМИ НА БАЗЕ ПРОДУКТОВ КОМПАНИИ NATIONAL INSTRUMENTS

С.Б. Петров, А.Ю. Мазуров, А.В. Баженин, В.С. Никифоров, К.В. Моргачев

«Научно-испытательный центр Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова – филиал Федерального государственного унитарного предприятия Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова», г. Лыткарино

1. Постановка задачи

Безопасность полётов определяется не только технической надёжностью и исправностью двигателей, планера и систем навигации, но и факторами риска столкновения с посторонними предметами, такими как птицы, фрагменты льда, град, фрагменты корпуса самолета или шасси и др. Поэтому возникает необходимость проведения экспериментальных исследований (стендовых испытаний) с целью определения стойкости элементов корпуса самолета, остекления кабины и двигателей при столкновении с посторонними предметами, и, в случае необходимости, доработки их конструкции. В связи с этим на базе стенда Т-15/10 Научно-испытательного центра Центрального института авиационного моторостроения им. Баранова была создана стендовая система испытаний элементов авиационной техники на удар посторонними предметами. Одной из подзадач при построении системы являлась организация сбора данных с датчиков, преобразования исходных сигналов, их визуализация и сохранения результатов. Для ее реализации были использованы продукты компании National Instruments.

2. Описание решения

Проведение испытаний по столкновению планера с посторонним предметом (птицей) осуществляется за счет выстрела посторонним предметом (птицей) по планеру из пневматической пушки. При этом важно максимально точно сымитировать реальные условия столкновения и с максимальной детализацией и точностью получить результаты этого столкновения.

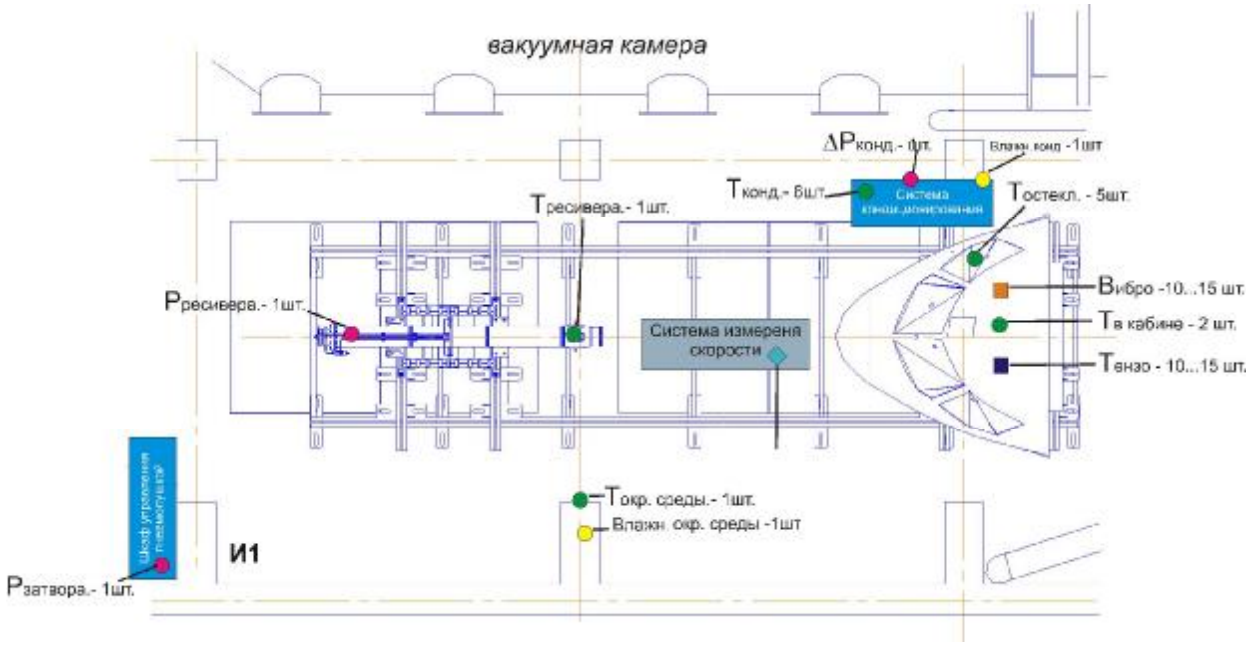


Рис. 1. Места отбора измеряемых параметров

Наиболее важные параметры, характеризующие выстрел: давление в ресивере пушки и скорость полета постороннего предмета, которым выстрел осуществляется (см. рис. 1). Измерение скорости осуществляется системой, основанной на оптико-механическом принципе измерения скорости, разработанной в НИЦ ЦИАМ им. Баранова. Измеренная скорость из нее поступает в систему сбора данных по цифровому интерфейсу RS232. А измерение давления в ресивере осуществляется с

помощью стандартного датчика давления, который передает полученные данные по аналоговой линии в плату NI PXIe-6238, с помощью которой производится оцифровка сигнала. Затем из крейта данные передаются в компьютер-сервер, в котором производится преобразование данных в физическую величину, сохранение данных и ряд дополнительных вычислений, после чего данные визуализируются и оператор стенда принимает решение о выстреле. Кроме этого аналогичным способом происходит фиксация давления в затворе пушки, давления в воздушной системе стенда, давления в воздушных каналах системы захолаживания остекления кабины самолета, относительной влажности в зоне стрельб и в системе захолаживания, температуры в ресивере пушки, температур в зоне стрельб, кабине самолета, воздушных каналах системы захолаживания, в системе захолаживания и остекления кабины самолета (см. рис. 2). А так же выполняется измерение виброускорения и тензодеформации во время выстрела. Процесс выстрела фиксируется с помощью скоростной видеосъемки. Надо заметить, что камеры имеющие ограничения по времени записи из-за ограниченности объема буфера начинают процесс видеозаписи по сигналу из блока синхронизации. Сигнал синхронизации формируется при нажатии оператором стенда кнопки “Выстрел”. В этот момент происходит фиксация временной метки по статическим параметрам, начало фиксации динамических параметров и видеозаписи. Остановка видеозаписи и динамических параметров производится автоматически или по сигналу оператора. Фиксация статических параметров идет в течение всего времени эксперимента в силу того, что для этих параметров крайне важной является предыстория. Предполагается так же осуществлять управление электромагнитными клапанами подачи воздуха в системы стенда с помощью оборудования National Instruments.

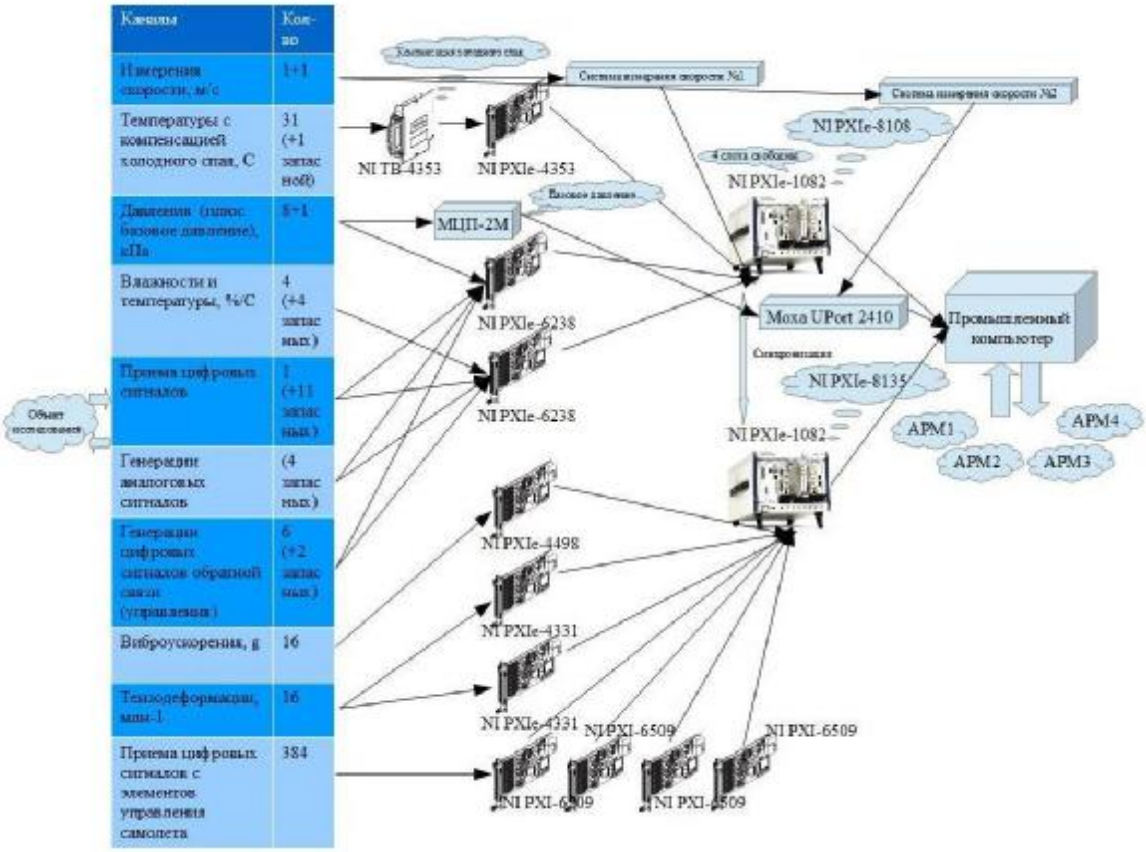


Рис. 2. Функциональная схема информационной системы стенда

Скриншоты экрана системы рабочего места начальника стенда показаны на рис. 3 и 4.

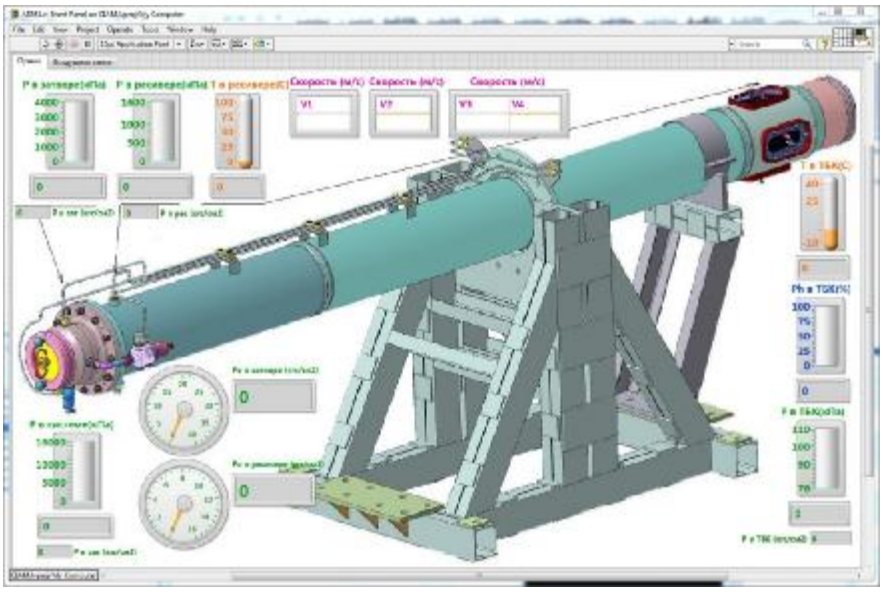


Рис. 3 Основной экран системы, на котором отображаются ключевые параметры

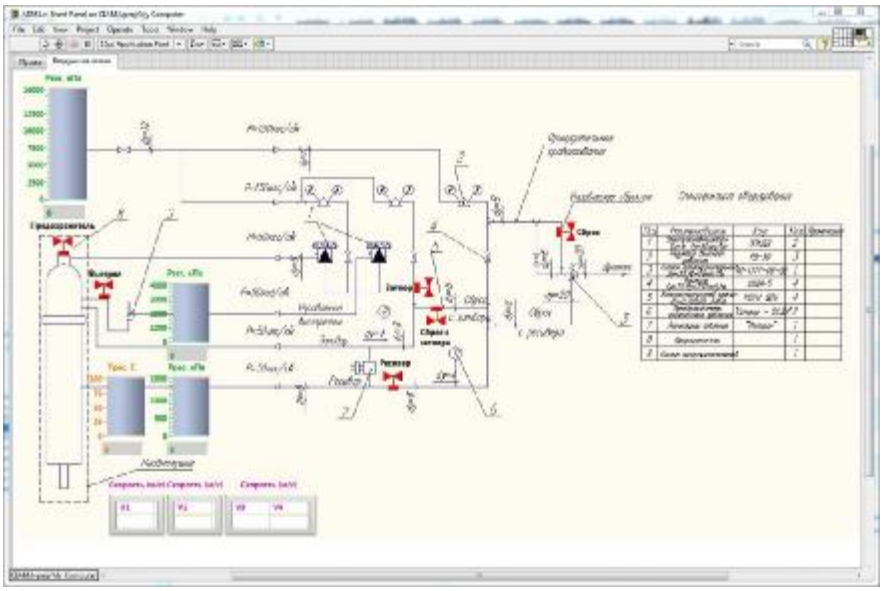


Рис. 4 Экран управления системами стенда с отображением ключевых параметров

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации АИИС стенда Т-15/10 были использованы:

- шасси NI PXIe-1082;
- контроллер NI PXIe-8108 под управлением NI Real-Time System;
- плата для регистрации параметров по каналам температуры NI PXIe-4353 с клемником NI TB-4353;
- 2 универсальные токовые платы NI PXIe-6238 с клемниками;.
- преобразователь COM->USB Moxa UPort 2410;
- манометр цифровой прецизионный МЦП-2М;
- датчики давления, температуры, влажности, скорости;
- компьютер в промышленном корпусе под управлением Windows 7 Pro x64.

А так же система скоростной видеозаписи и обзорного наблюдения и система сбора динамических параметров. В связи с этим готовится к внедрению модуль сбора динамических параметров, включающий:

- шасси NI PXIe-1082;
- контроллер NI PXIe-8135 под управлением NI Real-Time System;
- плату для регистрации параметров по каналам виброускорения NI PXIe-4498 с клемником;
- 2 платы NI PXIe-4331 с клемниками;
- датчики виброускорения и тензодеформации.

Кроме того планируется организация сбора данных с потолочных панелей кабины самолета, в связи с чем готовится внедрение 4 плат NI PXI-6509.

Для организации разработки программного обеспечения АИИС Т-15/10 выла выбрана среда разработки NI LabView 2012 с опцией NI LabView Real-Time.

4. Перспективы внедрения и развития решения

В данный момент идет процесс переаттестации стенда в связи с увеличением измеряемых параметров и улучшения их характеристик. Ранее на стенде осуществлены испытания решетки вертолетного двигателя компании Мотор СИЧ, лобового стекла поезда “Сапсан”. Идут работы по проведению испытаний планера и кабины самолета МС-21, проведение испытаний в интересах ГСС. Планируются дальнейшие работы по улучшению характеристик стенда.

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС5К

А.В. Гуляев, А.В. Исаев

ДВГУПС, г. Хабаровск

1. Постановка задачи

Для привода вентиляторов и компрессоров на отечественных электровозах переменного тока 2ЭС5К и 3ЭС5К используются трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Система асинхронных вспомогательных машин обеспечивает нормальное функционирование электровоза в целом. В настоящее время работа этих машин сопровождается недопустимо высоким уровнем аварийности. Из анализа отказов видно, что в большинстве случаев возникновение аварийной ситуации связано с перегревом обмоток и возгоранием изоляции электродвигателя.

Необходимо выяснить причины возникновения таких потерь, которые приводят к таким перегревам, в связи с этим требуется произвести полевые испытания электродвигателя и определить температурные режимы работы. Для контроля температурного режима асинхронного электродвигателя работающего в качестве вспомогательного привода на подвижном составе необходимо разработать многоканальный высокоскоростной измерительный комплекс.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра «Электроподвижной состава»

3. Описание решения

В ДВГУПС разработан мобильный многоканальный измерительный комплекс позволяющий исследовать режимы работы асинхронных двигателей в процессе эксплуатации их на электровозе. Основу комплекса составляют устройства сбора данных ni wls 9163 укомплектованные аналогово-цифровыми преобразователями NI 9205. Внешний вид и комплектация измерительного комплекса представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Рис. 1. Внешний вид измерительного комплекса

Комплекс обеспечивает выполнение следующих функций:

- контроль нагрева асинхронного двигателя;
- контроль температуры окружающей среды;
- контроль токов всех асинхронных вспомогательных машин
- оперативную обработку получаемых данных;
- доступ к результатам наблюдений в режиме реального времени;
- запись данных в цифровом виде, в двоичные файлы данных с расширением tdms.;

Рис. 2. Комплектация измерительного комплекса

Устройства сбора данных NI WLS 9163 опрашивают аналогово-цифровые преобразователи с частотой дискретизации 10 кГц и передают данные на компьютер по интерфейсу Ethernet. Многоканальные модули C-серии NI 9205 подключаются через плату согласования сигналов к датчикам тока напряжения и температуры. На электровозе 2ЭС5К работает 5 3-х фазных асинхронных электродвигателей. Каждый двигатель оборудуется тремя датчиками тока RTCS1000, тремя датчиками напряжения RTVSM025A и датчиком температуры Pt100 подключенным через нормализатор. Сохранённые данные в файла с расширением tdms, обрабатываются средствами LabVIEW, с помощью разработанной специализированной программы, интерфейс программы представлен на рисунке 3.

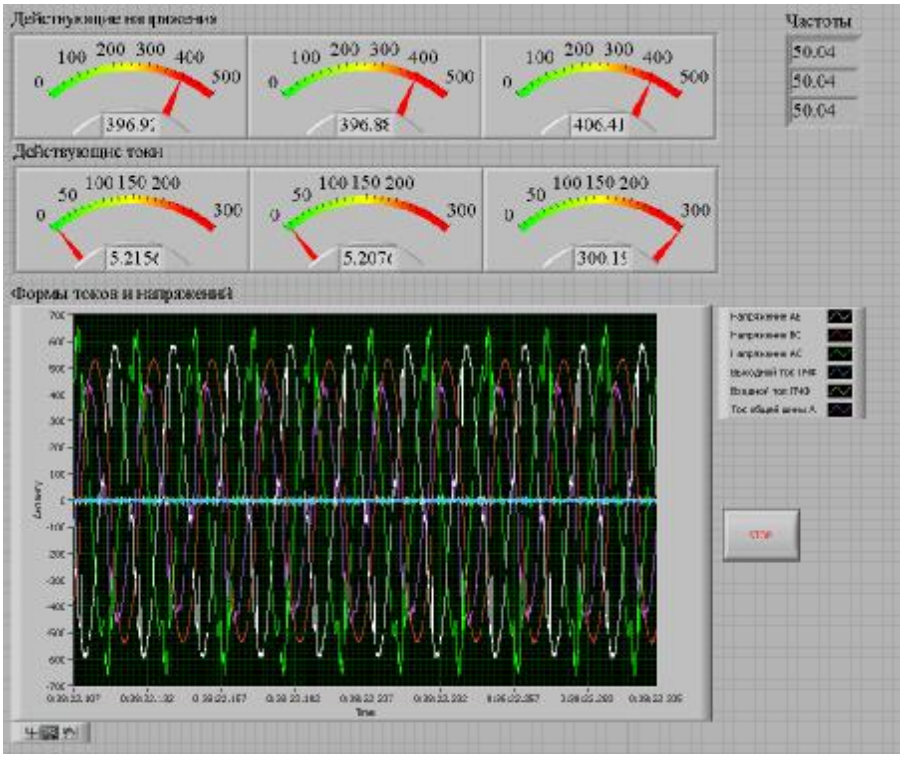
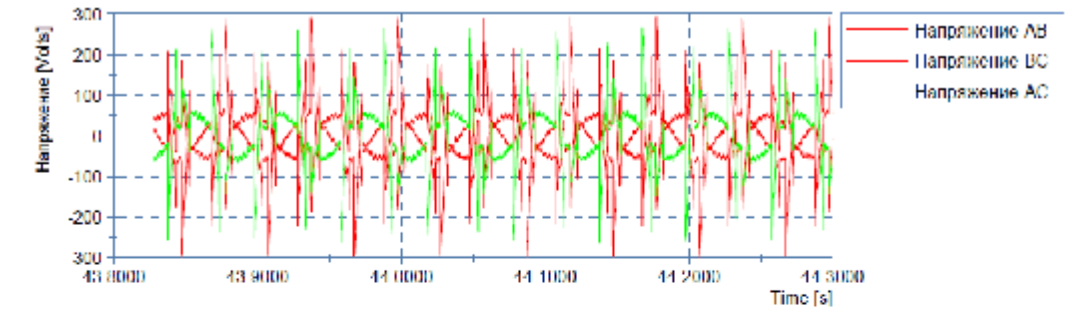


Рис. 3. Обработка данных в LabVIEW

При анализе данных возникает необходимость составления отчётных документов. Они должны быть удобной формы представления и составляться в максимально короткое время с минимальными затратами труда. Для автоматизации формирования отчета используется инструментальная среда поиска и управления данными, математического и графического анализа, и представление данных в отчете – NI DIAdem. Для отображения информации в нужной форме созданы шаблоны представления информации. По окончании формирования отчётного документа программа визуализирует готовый отчет в формате «PDF». На рисунке 4 представлен фрагмент сформированного в NI Diadem отчета.



Гармоники напряжения AB

C 1 по 10	C 11 по 20	C 21 по 30	C 31 по 40
66.695	28.607	12.944	8.827
0.645	1.145	0.294	0.811
40.505	9.472	12.171	4.456
0.867	1.767	2.741	0.743
33.719	9.291	2.241	5.621
1.511	2.918	1.523	0.728
23.177	12.268	4.713	1.421
0.724	2.427	2.620	1.151
47.769	5.235	12.070	0.447
0.682	2.144	1.547	0.648

Гармоники напряжения BC

C 1 по 10	C 11 по 20	C 21 по 30	C 31 по 40
67.297	15.941	10.223	9.352
0.661	1.615	2.634	0.874
2.685	13.389	4.477	7.133
1.065	1.609	2.526	0.652
27.639	1.180	3.192	3.997
0.363	2.402	1.830	0.602
38.472	4.903	1.762	3.629
0.649	2.359	2.338	0.504
12.984	14.214	2.632	4.120
0.618	2.892	1.441	0.749

Гармоники напряжения AC

C 1 по 10	C 11 по 20	C 21 по 30	C 31 по 40
67.331	25.128	13.382	7.194
0.640	0.344	2.923	0.387
35.649	5.989	7.858	6.002
1.001	0.799	0.646	0.438
31.919	8.220	0.965	1.655
1.683	0.969	0.654	0.657
28.195	11.135	6.534	4.075
0.900	0.792	0.660	0.791
43.165	10.817	11.481	4.549
0.428	0.843	0.391	0.337

Гармонические составляющие напряжения

Страница 53 из 107

Рис. 4. Формы напряжений в момент пуска двигателя

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Среда графического программирования – LabVIEW 2012
Программное обеспечение – NI Diadem
Устройства сбора данных – NI WLS 9163
Модули С-серии – NI9205

5. Перспективы внедрения и развития решения

Использование устройств сбора данных NI WLS 9163 позволило создать компактный, мобильный и эффективный многоканальный комплекс для контроля разнородных параметров. Применение данного комплекса в опытных поездках позволяет исследовать реальные режимы работы асинхронных двигателей.

6. Список литературы

1. Федосов В. П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW/ под редакцией В.П. Федосова. – Москва.: ДМК Пресс, 2007. 472 с.
2. Блюм П. LabVIEW: стиль программирования. Пер. с англ. под ред. Михеева П. – Москва.: ДМК Пресс, 2009. 400 с.

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦИФРОВКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ФОТОДЕТЕКТОРОВ

М.В. Графов[1,2]

1. ООО «Авконт», г. Балашиха
2. НИУ МЭИ, Институт Радиотехники и Электроники

1. Постановка задачи

С увеличением требований к разрешающей способности рентгеновских сканирующих систем, неизбежно возрастание количества фотодетекторов и динамического диапазона измерений. Увеличение количества фотодетекторов приводит к такому же увеличению числа каналов измерений. Увеличение динамического диапазона требует увеличения разрядности АЦП, применяемых при оцифровке токов фотодетекторов. Ограниченность по времени преобразования и передачи информации накладывает жесткие требования на быстродействие систем оцифровки сигналов и их передачи. Все эти факторы, в совокупности противоречивые, требуют от разработчика данных систем применения современных быстродействующих устройств оцифровки, обработки и дальнейшей передачи измеренных величин по скоростным интерфейсам связи. Решение такого типа задач не всегда возможно только одним классом цифровых устройств, как например программируемая логика или микропроцессоры и микроЭВМ, но почти всегда возможно в случае совместного применения этих устройств. Семейство cRio, имеющее широкие возможности для ввода-вывода первичной информации с различных датчиков и стандартные интерфейсы связи, а также устройство программируемой логики и микропроцессор, взаимодействующие между собой по скоростной шине, идеально подходит для построения систем сбора и передачи информации. Работа посвящена разработке автономной системы сбора информации для оцифровки комбинированных фотодетекторов с использованием семейства устройств cRio фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011 с модулями NI LabVIEW Real Time и NI LabVIEW FPGA. Для реализации системы была использована платформа NI cRio с шасси cRio-9011, контроллером реального времени NI 9024 и модулями цифрового ввода-вывода NI 9401.

3. Описание решения

Структурная схема системы сбора информации на cRio приведена ниже, на рис. 1.

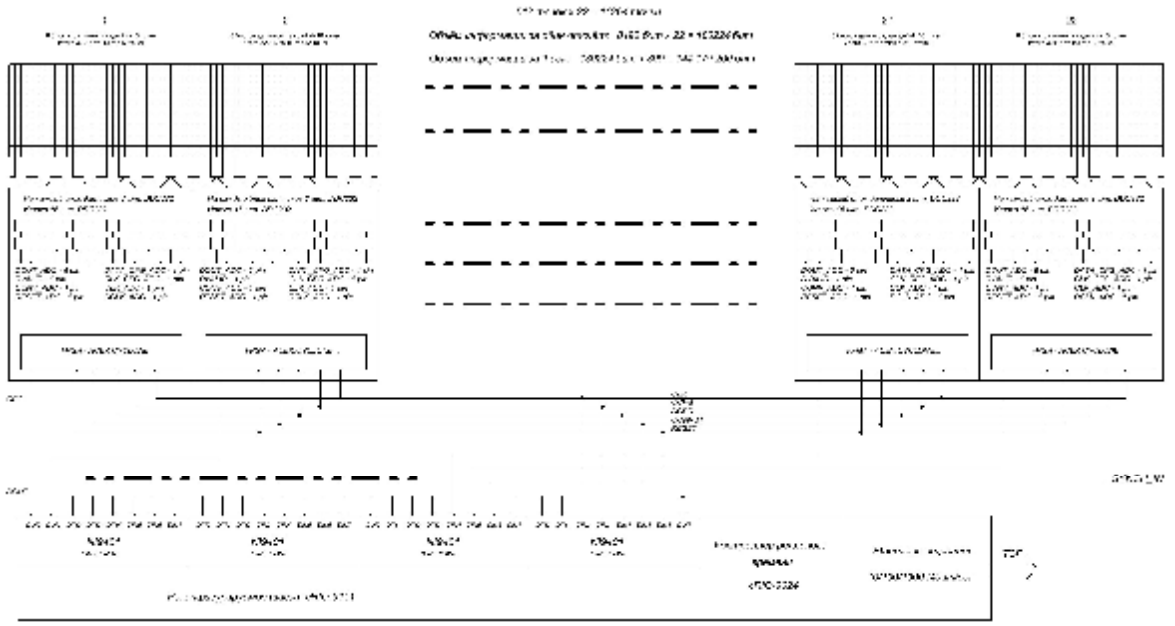


Рис. 1. Структурная схема системы сбора информации на cRio

Удобство построения систем сбора информации, на базе cRio заключается в том, что cRio содержит в себе микросхему программируемой логики FPGA, контроллер реального времени и различные контроллеры для интерфейса пользователя – Ethernet, USB, COM. Программируемая логика более подходит для задач быстродействующего ввода-вывода цифровой информации, упорядочивания, предварительной её обработки и формирования сигналов управления. Микропроцессоры – для решения сложных вычислительных задач, организации интерфейса пользователя и формирования стандартных интерфейсов для связи с внешними устройствами.

Исходными данными для разработки системы сбора является количество каналов измерения, требуемая разрядность и частота взятия отсчётов. Исходя из этих данных, можно определить объёмы и необходимую скорость передачи информации. В данной системе количество каналов измерения 11264, каждый из каналов представлен 16 разрядной величиной, число отсчётов в секунду 800. Таким образом, объём информации за один отсчёт составляет 180224 бит, а за секунду необходимо считать из АЦП и передать по стандартному интерфейсу 144179200 бит, что соответствует скорости передачи (полезной информации) 137,5 Мбит/сек! Приведённые цифры, указывают на факт необходимости значительной производительности системы. Понятно, что исходя из стоимости и габаритов, ни какая из конфигураций cRio не сможет иметь число входов по количеству датчиков, т.е. 11264! Поэтому, первичный сбор информации и управление АЦП осуществляют специальные контроллеры, реализованные на базе FPGA ACEX 1к30, которые передают на вход cRio информацию в последовательном виде. Исходя из геометрии задачи и скоростных возможностей ввода с Rio, весь массив датчиков разбит на 22 блока, по 512 каналов каждый. Таким образом, с каждого из таких блоков поступает поток данных в 8192 бит за каждый отсчёт.

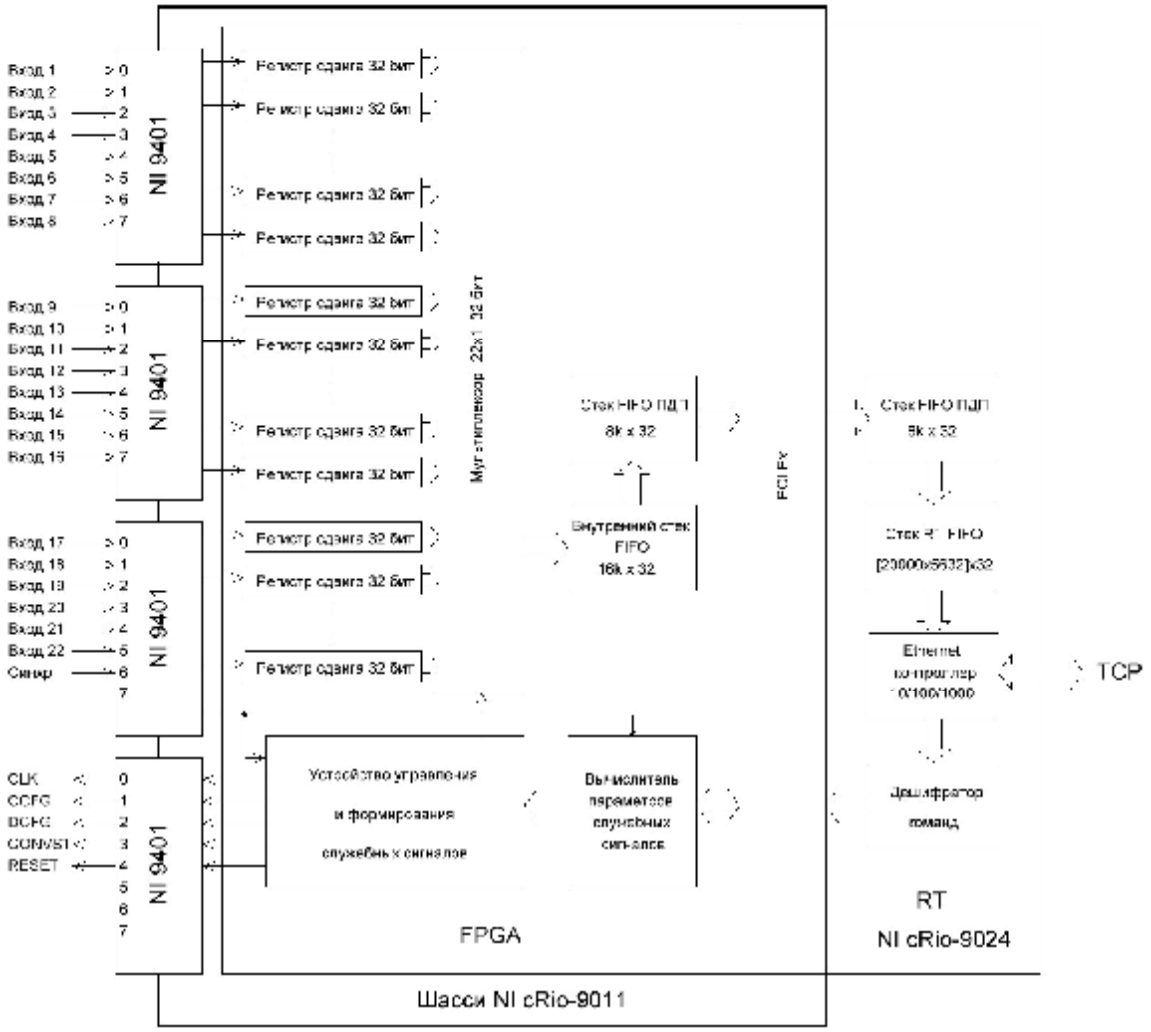


Рис. 2. Блок-схема программно-аппаратных средств в системе сбора в cRio

Для ввода информации используются 3 модуля цифрового ввода – вывода типа NI 9401. Тактовая частота чтения выходных регистров составляет 8 МГц. Четвёртый модуль используется для вывода, т.е. для управления блоками оцифровки. Модули ввода-вывода подключены в шасси cRio-9011 к входам FPGA. Входная последовательность преобразуется регистрами сдвига в слова разрядностью 32 и записываются в стек FIFO объёмом в два отсчёта. Из этого стека информация переписывается в стек FIFO прямого доступа к памяти. Наличие двух стеков необходимо для согласования темпов поступления отсчётов и считывания их в память из стека. Режим ПДП наиболее оптимален для передачи больших объёмов информации из FPGA в RT модуль, так как минимально задействует ресурсы процессора. Передача информации между FPGA и RT осуществляется через шину PCI Exp. В RT модуле информация записывается в стек большого объёма RT FIFO, откуда поступает в Ethernet контроллер для передачи в хост устройство, запрашивающее информацию. Стек RT FIFO необходим для исключения потерь информации при передаче и согласования скоростей считывания из FIFO ПДП и записи в Ethernet контроллер. Стек RT FIFO организован как хранилище для хранения 20000 элементов, где каждый из элементов представляет собой массив из 5632 элемента разрядностью 32. Таковая организация позволяет избежать лишних преобразований при вводе описания в LabView при перезаписи из стека FIFO ПДП в RT FIFO. В случае чтения из стека RT FIFO данные передаются на вход функции TCP Write, которая оперирует строковыми данными, что так же удобно, так как преобразование 32 разрядных величин в строки происходит достаточно просто. Для управления предусмотрена система команд пользователя. Команды управления представляют собой строковые последовательности, которые расшифровываются в RT модуле и устанавливают необходимые переменные.

4. Внедрение и его перспективы

Настоящая система сбора информации была разработана и успешно применяется в серийно выпускаемых ООО «Авконт» устройствах сканирования. Благодаря применению программируемых устройств, данная система может быть легко реконфигурируема для любых других систем сбора информации с различными исходными данными.

5. Список литературы

1. http://www.ni.com/compactrio/ – раздел на сайте National Instruments.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЖЕНИЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ СТАТИЧЕСКОЙ И РЕСУРСНОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РКТ

А.И. Гайворонский, А.В. Стародумова, А.С. Тимошин, Д.А. Данилова, К.В. Жигачев, Е.В. Васюков

ФГУП ЦНИИмаш, 141070, г. Королев М.О., ул. Пионерская, 4, (495) 513-57-42, griffin86@mail.ru

1. Постановка задачи

Наземные статические и повторно-статические (ресурсные) испытания являются этапами комплексной отработки прочности конструкций изделий ракетно-космической техники (РКТ). При этом эффективность испытаний в значительной мере определяется автоматизацией процесса управления работой стенда при проведении экспериментов, что в свою очередь требует применения современных программно-аппаратных средств.

Актуальность разработки методов автоматизации при управлении гидравлическим стендовым оборудованием (в частности системой нагружения) обусловлена необходимостью повышения качества прочностного эксперимента в части обеспечения высокой точности реализации заданных нагрузок, стабильности работы системы нагружения, синхронности воздействия силовых факторов на объект, предупреждения аварийности и многого другого.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В обеспечение выполнения требований к качеству и надежности отработки ресурсной прочности современных изделий РКТ в отделе исследований статической прочности ФГУП ЦНИИмаш разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система управления (АСУ) нагружением испытываемых конструкций. Разработанная АСУ способна осуществлять управление ходом эксперимента в ручном, автоматическом режимах, а также по циклограмме. Аппаратная часть АСУ реализована на базе модульной аппаратуры PXI/cRIO, специальное программное обеспечение (СПО) разработано специалистами отдела статиспытаний (в среде программирования LabVIEW с модулем LabVIEW FPGA).

3. Описание решения

Автоматизированная система управления предназначена для формирования и передачи соответствующих управляющих импульсов с цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) на электрический вход сервоклапанов системы нагружения.

Основные характеристики АСУ:

- количество каналов управления – 24;
- количество независимых программ нагружения – 24;
- дискретность представления данных ЦАП – 16 бит;
- диапазон аналогового сигнала ЦАП – от 0 до 20 мА;
- максимальная частота дискретизации – 100 кГц.

Для измерения и регистрации параметров нагружения, а также рабочих параметров АСУ была адаптирована и применена аппаратная архитектура штатного измерительно-вычислительного комплекса ИВК-11 [1]. В 2010 году комплекс ИВК-11 прошел процедуру утверждения типа и внесен в Государственный реестр средств измерения (Свидетельство № 39186).

Автоматизированное регулирование величины фактической нагрузки обеспечивается путем создания замкнутого силового контура с использованием обратной связи с объектом регулирования посредством измерения сигнала с чувствительного элемента (датчика силы) и передачи данных по сети на систему управления нагружением.

4. Внедрение и его перспективы (на примере ресурсных испытаний МЛМ)

В настоящее время система применяется для статических и ресурсных испытаний натурных конструкций изделий разработки КБ отрасли. В 2012 году АСУ была адаптирована для ресурсных испытаний в обеспечение отработки ресурсной (усталостной) прочности многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) Международной космической станции.

В обеспечение подготовки к ресурсным испытаниям МЛМ были определены настройки контура управления по давлению, при которых происходит быстрое (практически без задержек относительно сигнала управления) изменение давления в исполнительном органе (сервоклапане) на требуемую величину, что в свою очередь обеспечивает возможность перехода к нагружению по циклограмме на

требуемой частоте. Аналогично, путем настройки контура регулирования силы была обеспечена требуемая точность воспроизводимого циклического режима.

В ходе испытаний были реализованы 4 режима знакопеременного циклического нагружения объектов испытаний (ОИ) - кронштейнов (мест крепления) навесного оборудования на корпусе МЛМ. Работы проводились в течение 7 месяцев, что соответствует более 600 000 циклов суммарной наработки.

Особая роль при воспроизведении заданных режимов нагружения отводилась обеспечению мер безопасности ОИ. В части безопасности ресурсных испытаний АСУ включала несколько групп защиты ОИ от несанкционированного нагружения:

- индикация потенциальной опасности по показаниям датчиков давления в канале нагружения и величине рабочих параметров АСУ (токи управления);
- применение автономных устройств поддержания текущих значений сигналов управления при отключении СПО верхнего уровня (на основе ПЛИС);
- наличие встроенных программных ограничителей сигнала управления по максимальной расчетной величине нагрузки;
- аварийный сброс нагрузок по всем каналам (в режиме оператора).

Обработка эксперментальных данных осуществлялась в автоматизированном режиме по итогам каждого включения (рабочей смены). СПО АСУ для обработки полученных данных позволяло оценивать количество «зачетных» (т.е. укладывающихся в заданную точность) циклов от их общего числа, частоту нагружения и статистическую обработку (вычисление значений математического ожидания, дисперсии и т.п.). Пример реализации АСУ знакопеременного режима нагружения (на частоте 1 Гц) и типовые результаты обработки экспериментальных данных (по нагрузкам) приведены на рисунках 1 и 2 соответственно.

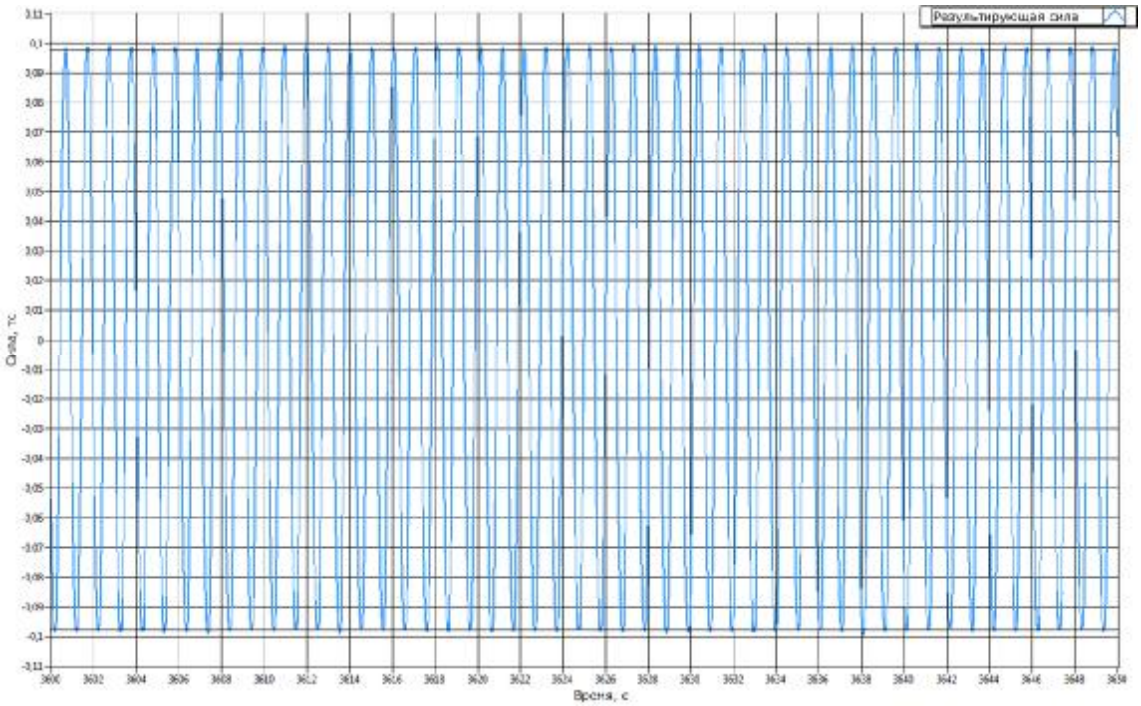


Рис. 1. График изменения знакопеременной циклической нагрузки
(показана выборка 50 циклов на режиме № 1)

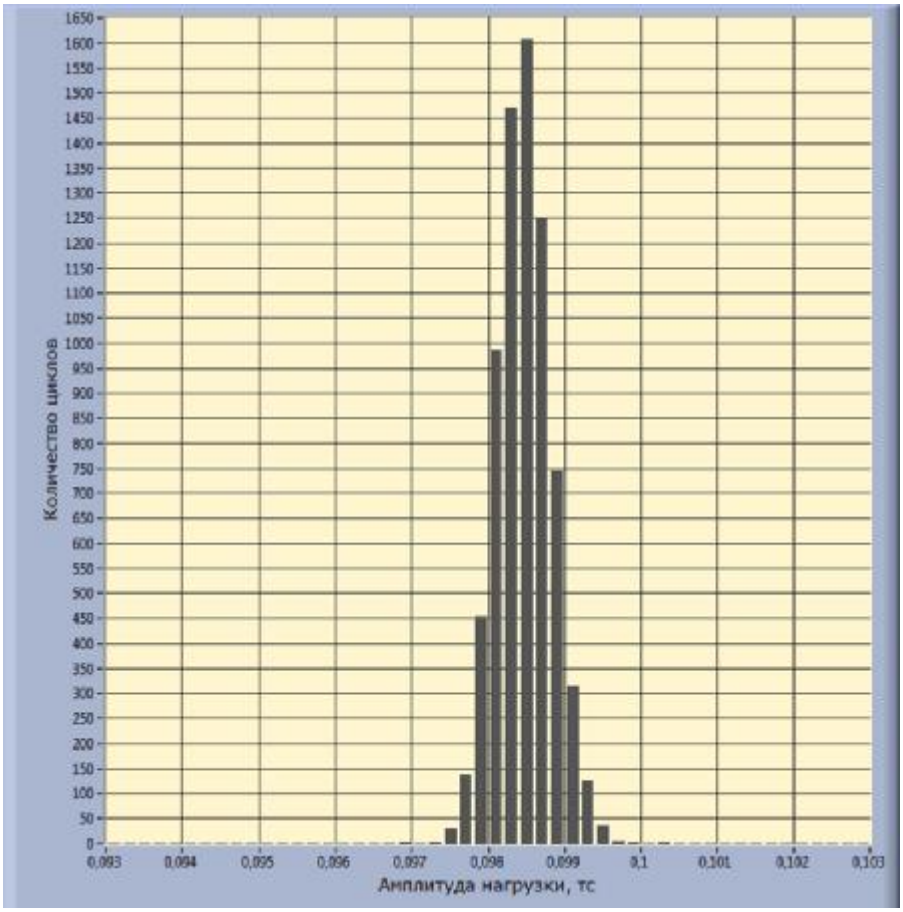


Рис. 2. Распределение частот попадания значений в заданный интервал, соответствующий $F_{зад}$ = ± 0,0978 тс, т.е. реальная погрешность фактической силы составляла порядка 1 %

Таким образом, благодаря автоматизации процессов подготовки и проведения нагружения (при взаимодействии АСУ с измерительным комплексом ИВК-11 и системами обеспечения испытаний) и постэкспериментальной обработки данных, а также реализации методов обеспечения безаварийности, в установленные сроки после цикла зачетных статических испытаний были успешно проведены ресурсные испытания изделия МЛМ.

5. Список литературы

1. Стародумова А.В., Тимошин А.С. Тезисы доклада «Измерительно-вычислительный комплекс ИВК-11 для исследования прочности конструкций при статических и повторно-статических (ресурсных) испытаниях». Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments – 2011. Сборник трудов X международной научно-практической конференции. – М.: ДМК-Пресс, 2011 г.

2. Стародумова А.В., Забудкин В.В. Тезисы доклада «Разработка, создание и исследование метода автоматизированного управления гидравлическими силонагружающими системами при экспериментальной отработке статической и ресурсной прочности конструкций изделий РКТ». Сборник материалов IV Общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь, техника, космос» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, 2012 г.

СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АСУ ТП»

“VISION BASED” СОРТИРОВЩИК АГРОПРОДУКТОВ

Д.Г. Заргарян, Р.А. Симонян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян

ИРФЭ Институт Радиофизики и Электроники, РА, г. Аштарак

1. Постановка задачи

В данной работе представлена цифровая система, которая выявляет физические параметры (размер, цвет, пигменты и т.д.) агропродуктов[1]. Основываясь на недостатки существующих систем (габариты, цена и т.д.) была разработана система VisionBased на основе программы LabView. Эта система продуктивна с точки зрения скорости выполнения работы, точности, гибкого программного интерфейса, и самое важное система будет доступна для всех.

Целью данной работы является создание такой системы, которая будет в состоянии решить выше описанные задачи с минимальными затратами. За основу была взята программная система LabVIEW и существующие алгоритмы в библиотеке.

Новаторство работы состоит в том, что система VisionBased не требует дорогостоящих профессиональных камер, так как она берет и обрабатывает изображение снятой даже 1.2Mpix–ой компьютерной камерой, делает цифровую обработку, оценку, сортировку и запоминает результат на компьютере с большой скоростью (рис. 1).

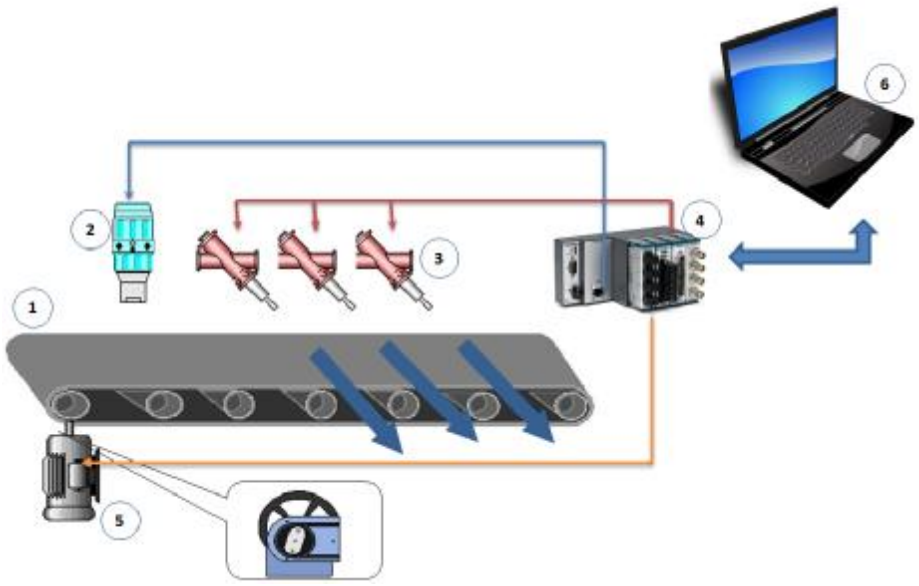


Рис. 1. Сортировщик: 1 - конвейерная лента, 2 - камера NI 1754, 3 - лопатки сортировщика, 4 - cRIO+ NI 9476, 5 – мотор, 6 - Компьютер

Ниже представлен наиважнейший пункт данной системы, метод и математический расчет обнаружения контура.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 12 с модулем NI LabVIEW Real Time. Для реализации системы была использована платформа NI cRIO с контроллером реального времени NI cRIO-9076, Smart камера NI 1754, 32 канальный цифровой вход/выход NI 9476, для контроля лопатки сортировшика.

3. Описание решения

Метод начальной обработки: На практике при обнаружении контура используется сглаживание рисунка, обычно фильтром Гаоса. Методы обнаружения контура различаются используемыми фильтрами сглаживания и методами расчета четкости контура [2, 3].

Обобщенным методом для поиска переходов является обработка изображения с помощью скользящег окна, который из себя представляет квадратную матрицу.

Элементы матрицы принято называть коэффициентами. Применение данной матрицы в локальной местности называется пространственная фильтрация [3]. Схема последней приведена на рисунке 2.

Процесс основан на передаче фильтра окна от одной точки изображения на другую. Для каждой точки (x,y) результат фильтрации рассчитывается с помощью заранее приведенных связей. При линейной пространственной фильтрации результат дается суммой произведений коэффициентов фильтра и соответствующих значений пикселей того сегмента, который закрыт фильтром.

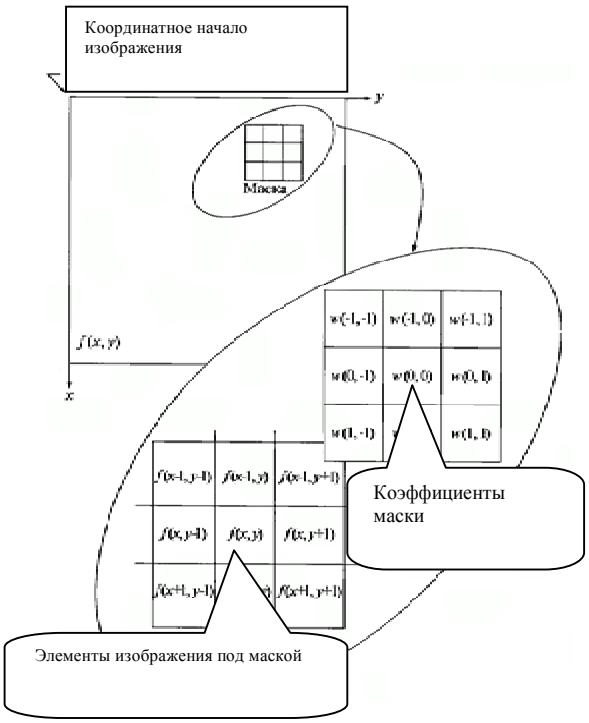


Рис. 2. Квадратная матрица

При размеров окна 3 x 3, который показан на рисунке 6, в точке (x, y) результат линейной фильтрации R рассчитывается следующим образом:

$$R = w(-1,-1)f(x-1,y-1) + w(-1,0)f(x-1,y) + \cdots + w(0,0)f(x,y) + \cdots + w(1,0)f(x+1,y) + w(1,1)f(x+1,y+1)$$

При обнаружении падения яркости используются дискретные аналоги первой и второй степени производной. Производная первой степени однородной f(x) функции решается разницей значений соседних элементов.

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x)$$

Производная второй степени решается разницей соседних значений производной первой степени.

$$\frac{d^2f}{dx^2} = f(x+1) + f(x-1) + 2f(x)$$

Расчет производной первой степени цифрового изображения основан на разных дискретных приближениях двумерного градиента. На точке (x,y) градиент изображения f(x,y) является вектором.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} Gx \\ Gy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix}$$

При обнаружении контура модуль этого вектора играет важную роль, его обозначают ∇f.

$$\nabla f = |\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

∇f величину часто называют градиентом. Величина вектора градиента так же важная характеристика. Угол сформированный вектором ∇f на точке (x,y) и осью x обозначим α(x,y).

$$\alpha(x,y) = arctg\left(\frac{Gx}{Gy}\right)$$

Отсюда легко вычислить направление границы, которая в данной точке вертикальна направления градиента вектора. А градиент изображения можно рассчитать определив df/dx и df/dy величины частных производных на всех точках [4].

В среде LabVIEW есть несколько инструментов для обработки цифровых изображений (Vision Assistant). В частности в LabVIEW есть один отдельный раздел, который содержит все классические алгоритмы для обработки изображения, такие как фильтрация, распознавание и т.д. При использовании инструмента Vision Assistant, а так же фильтрацию, цифровую обработку, обнаружение контура были получены результаты приведенные на рисунке 8.

4. Внедрение и его перспективы

С помощью использования данного метода обнаружения контура агропродукта можно достичь высоких и четких результатов. На рисунке 3 размеры фруктов (лимон, апельсин) даны в пикселях, так как система не калибрована, и несмотря на этот фактор система безошибочно определяет цвет фрукта, наличие пигментов. Время измерения составляет 25мс, а погрешность диаметра фрукта всего 0,1%. Ведутся опыты для ускорения процесса измерения, создания базы данных для фруктов с разными формами, так как данная система рассчитана только для относительно круглых форм фруктов, а так же исследуется влияние света на результаты.

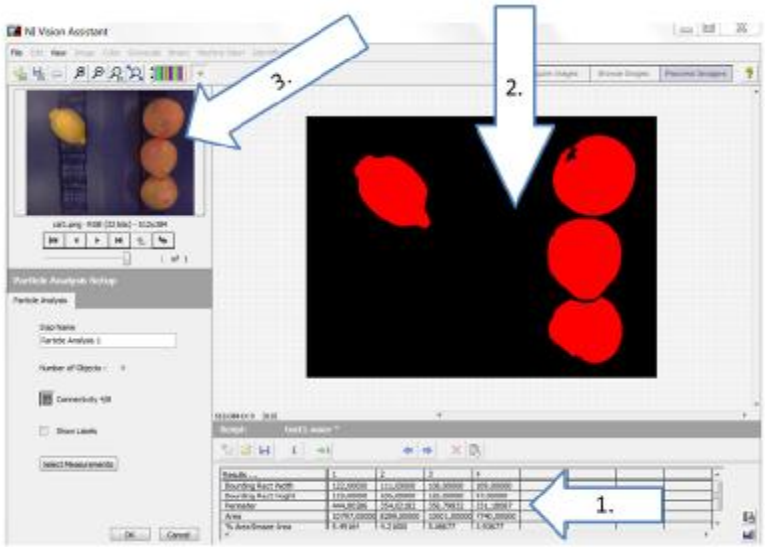


Рис. 3. 1 - таблица значений; 2 - окно цифровой обработки; 3 - образец изображения

5. Список литературы

1. Real-time nondestructive citrus fruit quality monitoring system:development and laboratory testing M. Yamakawa1, L. R. Khot2, R. Ehsani2*, N. Kondo1 (1. Division of Environmental Science and Technology, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto, Japan; 2. University of Florida, IFAS, Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, Florida, 33850, USA).
2. G.P. Moreda , J. Ortiz-Canavate , F.J. Garcia-Ramos and M. Ruiz-Altisent.
3. Departamento de Ingenieria Rural, Universidad Politecnica de Madrid, 28040 Madrid,Spain.
4. Escuela Politecnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza, 22071 Huesca,Spain.
5. www.wikipedia.org, www.habrahabr.ru, http://wiki.ellectu.net, ni.com.

КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТУРЫ NATIONAL INSTRUMENTS

О.Б.Скворцов[1,2]

1. ООО «Диамех 2000», Москва
2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва

1. Постановка задачи

В настоящее время стандартными средствами измерения вибрации от National Instruments являются специализированные модули сбора данных, такие как например NI USB 4431, работающие под управлением пакета LabVIEW [1]. Такие решения предполагают использование датчиков вибрации с встроенной электроникой и интерфейсом IEPE (ICP, piezotron, izotron и т.п.) [2]. Представляет интерес оценить возможность использования и других видов датчиков вибрации с средствами сбора данных фирмы National Instruments.

2. Предприятия на которых внедрены решения

В ИМАШ РАН и на фирме Диамех для контроля вибрации. Используется существенно широкая номенклатура аппаратурных средств и, в частности, датчиков вибрации, позволяющая расширить круг решаемых задач, для решения которых используется измерение вибрации.

3. Описание решения

Основное достоинство датчиков с интерфейсом IEPE (ускорения, скорости, микрофонов, пульсаций давления и динамических сил) является подключение внутренней электроники по двухпроводной схеме. При этом сигнал от датчика передается по тому же проводу, по которому передается и постоянный ток питания величиной от 2 до 10 мА. Такие датчики получили наиболее широкое распространение, а их массовое производство обеспечивает относительно низкую их стоимость. Тем не менее суммарная стоимость датчиков, подключаемых к модулю сбора данных часто оказывается определяющей в стоимости всей измерительной системы. Кроме того, при некоторых измерениях датчики такого типа либо не подходят по их характеристикам, либо малодоступны по цене и возможному времени поставки. Ниже рассмотрены некоторые возможности использования модулей сбора данных с другими типами датчиков. Наиболее очевидным решением является использование внешних согласующих устройств, например, усилителей заряда, которые позволяют подключать пьезоэлектрические датчики к модулям сбора, входы которых конфигурируются как входы по напряжению. Такой путь требует использования дополнительных узлов, часто имеющих значительную стоимость.

В промышленном оборудовании сравнительно часто используются датчики с интерфейсом 4-20 мА. Недостатком таких датчиков является сравнительно большое потребление мощности и требование использования внешнего источника питания, например, с напряжением +24 Вольта, но подключение к стандартным модулям, имеющим вход по напряжению, не представляет труда, поскольку достаточно подключение параллельно входу резистора – приемника тока. Например, для модуля NI USB 4431 такой резистор может быть подключен через тройник в виде терминального резистора непосредственно к входному разъему BNC.

Широкое распространение получили датчики вибрации MEMs типа. Такие датчики с аналоговым интерфейсом имеют выход по напряжению, что позволяет подключать их непосредственно к входам модулей сбора данных, например NI USB 6009 или 6220. Стоимость за канал, учитывая низкую стоимость датчиков, в этом случае оказывается весьма умеренной. Малое потребление и низкое напряжение питание позволяет использовать для их питания напряжение +5В, выведенное на разъем модулей сбора данных. К сожалению на настоящее время такие датчики низкой стоимости уступают датчикам пьезоэлектрического типа по уровню собственных шумов. Поскольку выходной сигнал таких датчиков зависит от напряжения питания, для снижения влияния от изменения последнего на плату датчика желательно установить для питания датчика высокостабильный источник опорного напряжения. Другая группа MEMs датчиков имеет выходной цифровой интерфейс SPI или I^2C. В этом случае сбор данных легко можно организовать, используя модуль NI USB – 8451. Использование усилителя мощности P82B715 шины I^2C позволяет подключать большое количество датчиков на расстоянии более 60 метров по одной шине. Сравнительный анализ использования пьезоэлектрических и MEMs датчиков, представленный например, в [3], показывает, что в ряде случаев предпочтение может быть отдано пьезоэлектрическим датчикам. Например, такие датчики

имеют более низкие собственные шумы. Существующие MEMs датчики с низким уровнем шума [4] имеют стоимость более высокую, чем стоимость аналогичных пьезоэлектрических датчиков.

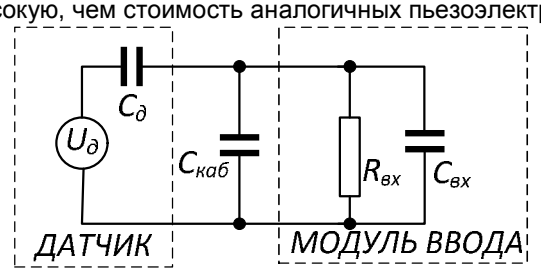
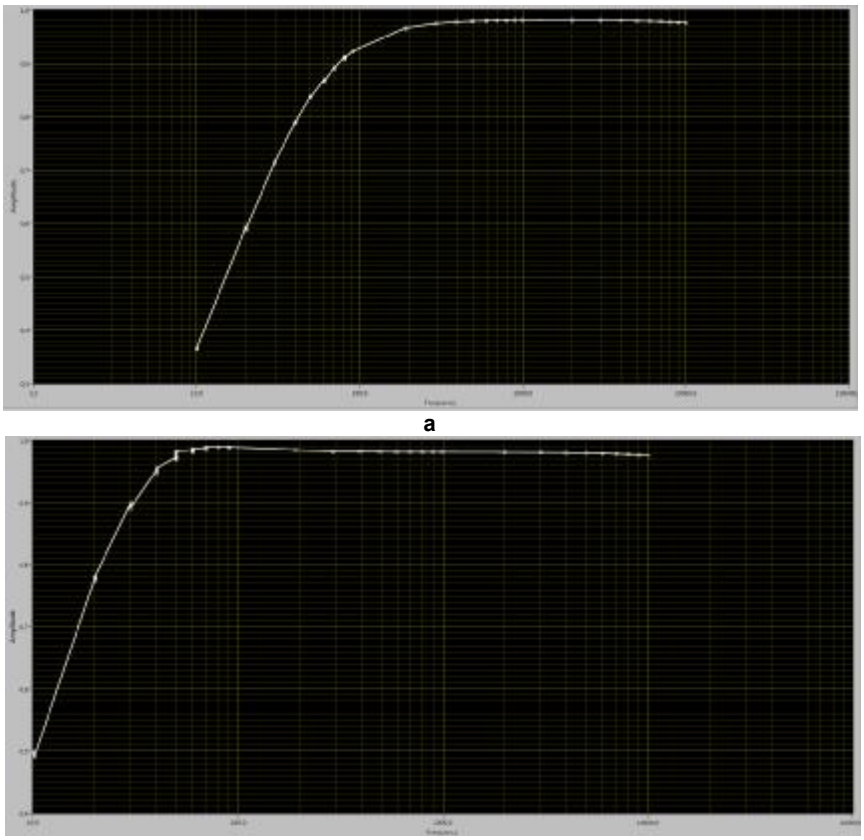


Рис. 1.

В некоторых случаях представляет интерес подключение пьезоэлектрических датчиков непосредственно к входу модуля сбора данных. Такой модуль в этом случае можно рассматривать как предусилитель напряжения [5]. В этом случае входную цепь в виде датчика и входа модуля можно представить эквивалентной схемой, показанной на рис.1.

Параметры элементов эквивалентной схемы приведены для различных модулей ввода и датчиков в таблице.

ДАТЧИК		МОДУЛЬ СБОРА ДАННЫХ							
ТИП	*Сд* (пФ)	USB 4431		USB 6009		PCI 6220		PCI 4462	
		Свх	*Rвх*	*Свх*	*Rвх*	*Свх*	*Rвх*	*Свх*	*Rвх*
АП22	633	130 пФ	200 КОм	100 пФ	144 КОм	100 пФ	>10 ГОм	220 пФ	1 МОм
МВ43-5Г	5600								
4370(B&K)	1200								
СПП-15	52000								



а

б

Рис.2. АЧХ без коррекции (а) и с коррекцией полосовым фильтром с центральной частотой пропускания 20 Гц (б)

Моделирование и аналитические расчеты показывают, что из-за значительного разброса параметров амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) каналов имеют существенные различия. Модули с высоким входным сопротивлением, например, PCI 6220, обеспечивают хорошую линейность АЧХ в широком диапазоне частот, начиная от долей герца, что подтверждается и прямым измерением для датчиков, устанавливаемых на калибровочное устройство. Модули сбора с интерфейсом USB имеют сравнительно низкое входное сопротивление и для них характерен значительный спад в области низких частот. В этом случае работа на линейном участке АЧХ возможна на частотах выше 0,5-1 КГц, особенно, если используются высокочастотные датчики с малой собственной емкостью. В ряде случаев это может рассматриваться как преимущество, например, если измерение вибрации связано с контролем импульсных ударных процессов [6].

Существенный спад АЧХ в области низких частот при использовании модулей с относительно низким входным сопротивлением может быть отчасти скомпенсирован использованием на входе канала полосового фильтра и сумматора. Как видно из рис. 2 и 3. Использование такого фильтра реализуемого программой в среде LabVIEW, позволяет расширить линейную часть АЧХ в область низких частот с 300 до 20 Гц (по уровню -3 дБ). Возможности такого расширения ограничиваются ухудшением соотношения сигнал/шум в области нижних частот. Аппаратная реализация такой коррекции хотя и позволяет сократить потери в соотношении сигнал/шум, но менее эффективна, чем использование специальных согласующих устройств, например, усилителя заряда.

Использование модуля сбора как усилителя напряжения вместо внешнего усилителя заряда повышает чувствительность к емкости соединительного кабеля $C_{каб}$, но, поскольку в процессе измерений в большинстве случаев используют один кабель, данное ограничение несущественно.

Прямое подключение пьезоэлектрических датчиков к входам модулей сбора данных позволяет расширить номенклатуру используемых датчиков за счет высокотемпературных, высокочастотных, для которых аналоги с встроенной электроникой отсутствуют, а также низкочастотных сейсмических пьезоэлектрических датчиков, встроенный усилитель которых может вносить дополнительный шум и ограничивать динамический диапазон. Исключение внешнего согласующего усилителя, стоимость которого в некоторых случаях может превышать как стоимость датчика, так и модуля сбора позволяет сократить затраты на измерительное оборудование, что особенно важно при проведении многоканальных измерений.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Модули сбора данных USB 4431, USB 6009, PCI 6220, USB 8451, датчики вибрации АС102, АС-136 (фирма СТС), АП20, АП21 и АП22 (фирма ГлобалТест), МВ43-5Г (фирма Виброприбор), СПП-15 (фирма Пьезоприбор), акселерометр 4370 и датчик силы 8201 (фирма Брюль & Къер), калибратор D9100 (фирма PCB). Программное обеспечение LabVIEW 2010.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Описанные решения могут быть использованы при построении систем мониторинга и вибрационного контроля, диагностики, а также при проведении научных исследований и при построении систем автоматической защиты от повышенной вибрации.

6. Список литературы

1. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabView. Справочник функций системы NI Sound and Vibration LabVIEW. М., ДМК Пресс, 2010, 1296 с.
2. Sound and Vibration Related Sensor Vendors for Dynamic Signal Analyzers (DSA). http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/6AE715A6CD678FB286256791004C558C
3. Thanagasundram S. and Schlindwein F. S. Comparison of integrated micro-electrical-mechanical system and piezoelectric accelerometers for machine condition monitoring. Proc. IMechE Vol. 220 Part C: J. Mechanical Engineering Science. p.1135-1146.
4. Speller K. E. and Pham Hai. Creating an Efficient Test System for an Applied MEMS Accelerometer. National Instruments, 2002, 2p, http://www.ni.com/pdf/csma/us/361810a01/
5. Serridge M., Licht T.R. Piezoelectric accelerometers and vibration preamplifiers. Theory and application handbook. Brüel & Kjær, November, 1987, 150 p.
6. Троицкий О.А., Правоторова Е.А., Скворцов О.Б. Проектирование и создание стенда для искусственной вибрации металлических образцов, создаваемой пинч-эффектом действия импульсного тока. VII Международная конференция «Микромеханизмы пластичности, разрушения и сопутствующих явлений» (MPFP-2013) 17-21 июня 2013 года, Тамбов. Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. Том 18, вып.4, 2013, стр.1691-1692.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОСТРУКЦИЙ

Р.М.Галаган[1], А.В. Сумленный[2]

1. НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев
2. Институт электросварки им. Е.О. Патона, Украина, г. Киев

1. Постановка задачи

В реальных условиях эксплуатации металлические конструкции поддаются не только статическим, динамическим и циклическим нагрузкам, но и влиянию разных за степенью агрессивности коррозионных сред, которые приводят к изменению геометрических характеристик конструкций и физико-механических характеристик металла. Кроме того, в элементах и узлах конструкций всегда присутствуют дефекты, полученные при изготовлении, транспортировке, монтаже и эксплуатации, которые способствуют появлению локальных зон концентрации напряжений, наиболее опасные из которых могут привести к разрушению конструкции.

Для диагностики напряженного состояния конструкций применяют различные подходы и методы контроля: метод мауровых полос, сеток и реплик; голографическая и лазерная спекл-интерферометрия; оптически чувствительные покрытия; рентгеновский метод; магнитные методы (измерение шумов Баркгаузена, измерение коэрцитивной силы, метод магнитной анизотропии, метод магнитной памяти металла); методы тензометрии (механические тензометры, оптические тензометры, струнные тензометры, емкостные датчики, электротензометры); метод акустоупругости. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки.

Для изучения физико-механических характеристик твердых тел широко применяются акустические методы, связанные с распространением упругих колебаний. По параметрам распространения упругой волны можно судить о некоторых физических свойствах и техническом состоянии твердых тел. Преимуществом акустических методов (по сравнению с рентгеновскими и магнитными) является высокая проникающая способность ультразвуковых колебаний.

Акустический метод измерения напряжений в твердых телах основан на использовании закономерностей распространения упругих волн в предварительно напряженных телах. Этот метод позволяет раздельно определить главные напряжения не только в моделях, но и непосредственно в конструкциях без дополнительных процедур разгрузки. Он обладает достаточно высокой разрешающей способностью, обеспечивает оперативность контроля, позволяет проводить измерения не только поверхностных напряжений, но и напряжений, действующих внутри материала [1].

Задачей исследований является разработка прибора с использованием технологий National Instruments, позволяющего реализовать метод акустоупругости.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Среда программирования NI LabVIEW 2011.

3. Описание решения

Основным параметром ультразвуковой волны, позволяющим определить механическое напряжения является скорость её распространения. Однако скорость – величина, не измеряемая непосредственно. Скорость рассчитывается по известной формуле:

$$C = \frac{2h}{t} \tag{1}$$

где h – толщина объекта контроля, t – время распространения ультразвуковой волны.

С помощью ультразвукового дефектоскопа непосредственно измеряется лишь время пробега t ультразвука в объекте контроля (ОК). Толщина объекта h должна быть измерена другим способом, например с помощью механического штангенциркуля. Очевидно, что как время t, так и толщина h измеряются со своими погрешностями, что приводит к увеличению суммарной погрешности контроля. В работе [2] предложено использовать совмещенный датчик, позволяющий реализовать методику измерений скорости ультразвука без необходимости измерять толщину ОК (рис. 1). Совмещенный датчик состоит из двух ультразвуковых преобразователей 1 и 2. В качестве излучателя используется преобразователь 1. Отраженные колебания принимаются обеими преобразователями.

Уравнения для определения скорости ультразвука для двух акустических трактов:

$$C = \frac{2h}{t_1} \tag{2}$$

$$C = \frac{\sqrt{(2h)^2 + B^2}}{t_2} \quad (3)$$

где t_1 – задержка приема колебаний первым преобразователем,
t_2 – задержка приема колебаний вторым преобразователем,
B – расстояние между преобразователями (строго фиксированное),
h - толщина ОК.

Из уравнений (2) и (3) выразим искомую скорость через измеряемые параметры t_1, t_2 и фиксированный размер B:

$$C = \frac{B}{\sqrt{t_2^2 - t_1^2}} \quad (4)$$

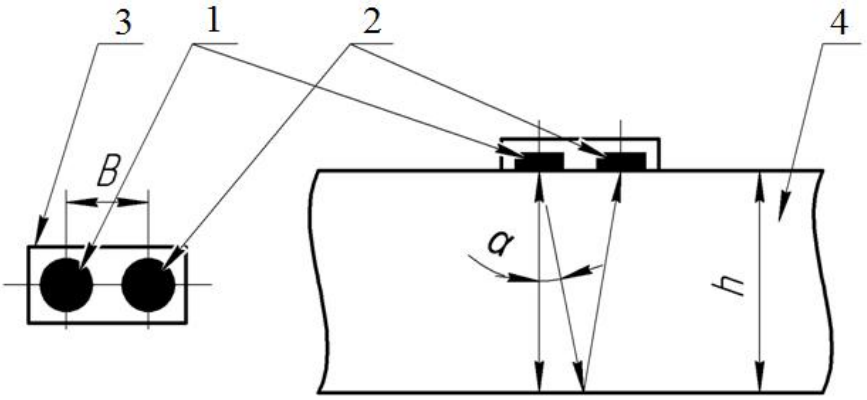


Рис. 1. Схема измерения: 1 – излучатель-приемник колебаний, 2 – приемник колебаний, 3 – корпус преобразователя, 4 – ОК

Структурная схема разрабатываемого двухканального прибора представлена на рис. 2. Основным управляющим элементом является программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС). Данные на компьютер передаются через преобразователь UART/USB.

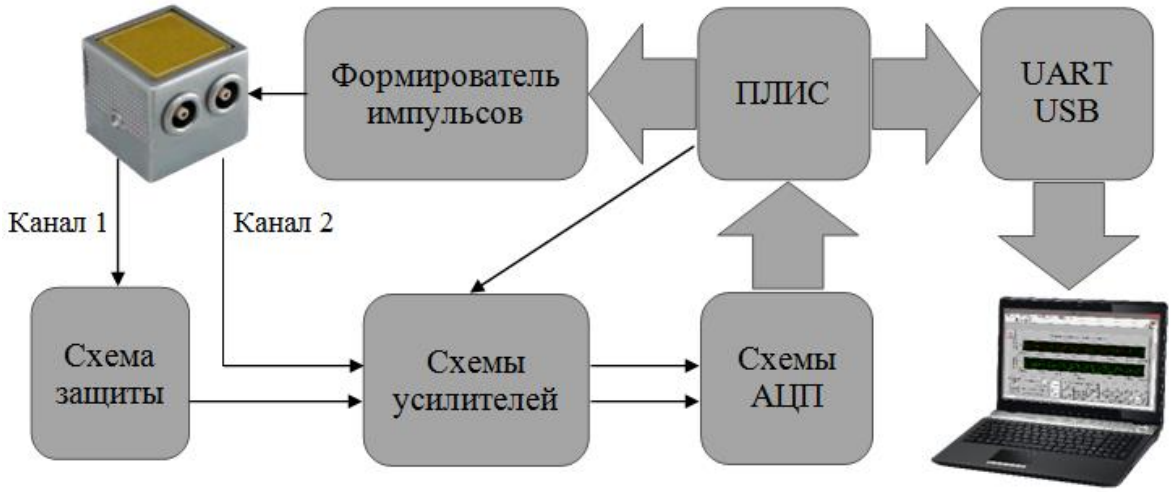


Рис. 2.Структурная схема прибора для измерения скорости ультразвука и диагностики напряженного состояния конструкций

Механические напряжения в твёрдых телах обуславливают незначительное изменение скорости ультразвука. Это значит, что изменение времени пробега ультразвуковых колебаний в ОК также будет незначительным. Для достоверного определения механических напряжений точность измерения временных интервалов необходимо обеспечить на уровне 0,01%, что достичь с помощью амплитудных методов измерения невозможно. Поэтому предложено использовать фазовые измерения, которые являются более помехозащищёнными и точными. При этом измеряемым

параметром является кумулятивный фазовый сдвиг, включающий целое число фазовых циклов и сам фазовый сдвиг между опорным и принятым сигналами.

На рис. 3 представлена часть лицевой панели виртуально прибора, реализующего фазовые измерения временных интервалов [3].

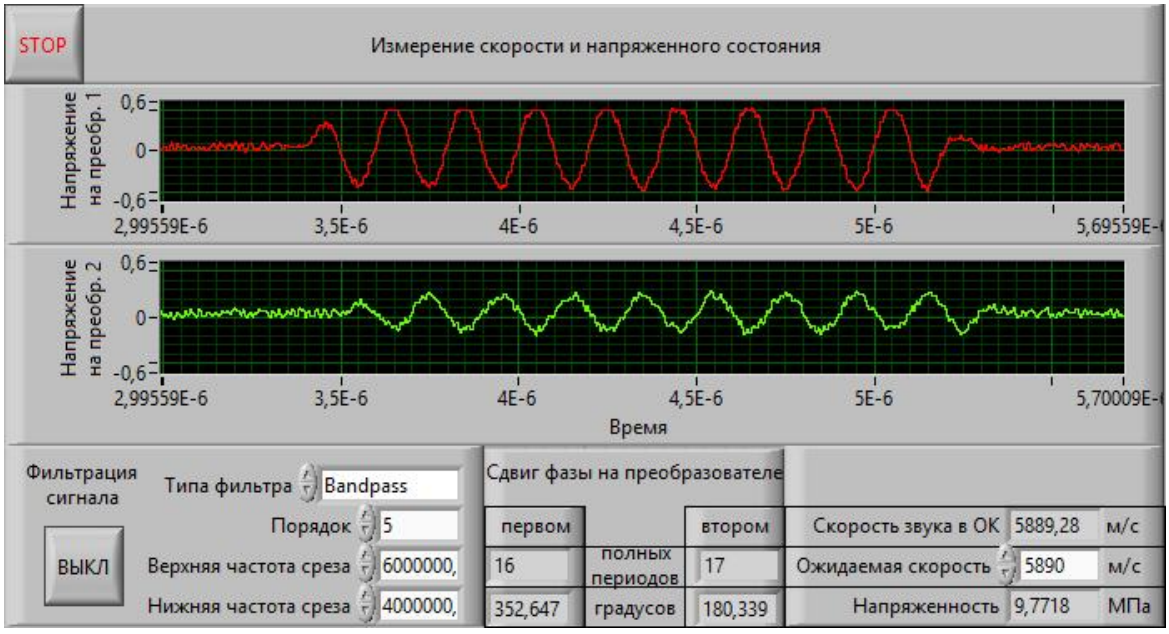


Рис. 3. Передняя панель прибора

На передней панели разработанного VI (рис. 3) выведены графические окна для отображения принятых каждым преобразователем сигналов, что позволяет определить, принимается ли необходимый сигнал в заданном временном интервале. С помощью цифрового фильтра подавляются помехи, возникающие в процессе контроля. С учётом повышенных требований к точности измерений в алгоритме работы прибора применяется компенсация задержек, обусловленных фильтрацией сигналов. Алгоритм работы программы предусматривает автоматический выбор необходимых стробов и расчёт сдвига фазы принятого сигнала относительно опорного. На лицевой панели в соответствующих полях можно указать скорость звука в материале при ненагруженном состоянии, после чего программа подсчитает ориентировочную напряженность в контролируемом материале.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанное средство фазовых измерений временных интервалов может быть использовано для прецизионного измерения скорости ультразвука в материалах и объектах, что в совокупности со схемотехническим решением позволит определять напряжённое состояние конструкций и прогнозировать их ресурс. Прибор может быть использован для проведения неразрушающего контроля в таких областях промышленности, как: машиностроение, приборостроение, строительство, нефтегазовая отрасль и т.п.

5. Список литературы

1. Никитина Н.Е. Преимущества метода акустоупругости для неразрушающего контроля механических напряжений в деталях машин / Н.Е. Никитина, С.В. Казачек // Вестник научно-технического развития. – Москва. – 2010. - № 4(32). – С. 18-28.

2. Маєвський С.М. Вимірювання фазової швидкості ультразвуку як спосіб визначення напружень та утоми конструкційних матеріалів / С.М. Маєвський // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – Киев. – 2009. – № 3. – С. 51-55

3. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabView: учеб. пособие / В.П. Федосов, А.К. Нестеренко– М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ С МОДЕЛИРОВАНИЕМ РАБОТЫ ГИДРОПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.В. Пилипенко, А.П. Пилипенко

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК», г. Орел

1. Постановка задачи

Значительное количество технологических процессов обработки давлением выполняется на гидропрессовом оборудовании, которое может быть интегрировано с адаптивными системами управления. Особенностью гидравлических прессов является наличие в цилиндрах и трубопроводах больших объемов рабочей жидкости, вследствие чего при их работе возникают динамические процессы колебания давления жидкости в гидросистеме. Вследствие упругой деформации в системах гидравлических прессов затрудняется выполнение операций с резким сбросом нагрузки, так как при этом происходит гидравлический удар в трубках, сотрясение пресса, нарушение уплотнений. Внедрение адаптивных систем управления, способных учитывать и уменьшать динамические процессы колебания, в устаревшее гидропрессовое оборудование позволяет сократить затраты на переоснащение производства, а также добиться повышения качества продукции и энергоэффективности технологических процессов. В современных экономических условиях для промышленных предприятий наиболее актуальным является выпуск конкурентоспособной продукции с минимальными затратами. Производство изделий и деталей методами формоизменяющих операций характеризуется экономичностью расходования металла, возможностью получать детали высокой точности с заданными механическими свойствами. При обеспечении оптимальных параметров работы оборудования, в частности, за счет использования адаптивных систем управления технологическим оборудованием, достигается значительное увеличение показателей энергоэффективности производства. Поэтому разработка автоматизированных систем управления гидравлическими прессами для увеличения энергоэффективности и долговечности гидропрессового оборудования, достигаемого за счет автоматизированного управления работой гидросистемы, электропривода, главного исполнительного механизма, на основе адаптивных алгоритмов, позволяющих диагностировать и отслеживать работу систем во время выполнения технологического процесса в интерактивном режиме и вырабатывать корректирующие управляющие воздействия, является актуальной задачей.

Целью работы является увеличение энергоэффективности и долговечности гидропрессового оборудования за счет внедрения автоматизированной системы управления его работой на основе адаптивных алгоритмов.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 7 с модулями NI LabVIEW Real Time, NI vision и т.д. Для реализации системы был использован процессорный модуль фирмы National Instruments серии CompactRIO с аналоговыми и цифровыми модулями ввода\вывода.

3. Описание решения

Были проведены патентные исследования работы гидравлического оборудования, адаптивных алгоритмов, систем автоматизированного и автоматического управления технологическими процессами обработки металлов давлением (ОМД). Для оптимизации системы управления гидропрессовым оборудованием необходимо совершенствовать имеющиеся математические модели, внедрять новые методы управления различными технологическими процессами в ОМД.

Для расчета динамических процессов можно принять схему пресса с управляемым седельчатым клапаном или золотником на сливной магистрали из возвратной полости, которые можно представить в виде дросселя переменного сечения. Сечение дросселя и частота оборотов двигателя гидронасоса меняются в зависимости от необходимости внесения изменений в работу системы.

При принятых допущениях процессы движения ползуна и станины пресса в технологических процессах формоизменения описываются системами дифференциальных уравнений (1) первого порядка, включающих уравнения движения ползуна, уравнения изменения давления жидкости в напорной и сливной магистралях пресса, первые производные пути ползуна по времени, уравнение напора насоса, а также уравнение движения и производная пути по времени станины.

$$\begin{cases} M_1\frac{dv_1}{dt} = p_1F_1 - p_2F_2 - P_д; \\ M_2\frac{dv_2}{dt} = p_2F_2 - p_1F_1 - x_2c_2 + P_д; \\ \frac{dp_1}{dt} = \alpha_1\left(\frac{dQ_{абс}}{dt} - F_1\frac{dx_1}{dt} + F_1\frac{dx_2}{dt}\right); \\ \frac{dp_2}{dt} = \alpha_2\left(F_2\frac{dx_1}{dt} - F_2\frac{dx_2}{dt} - q_2\right); \\ \frac{dx_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dQ_{абс}}{dt} = Q_п - \left(\frac{\pi d_п^2}{4} * \frac{dx3}{dt} + \mu_{др} * S_{др}(\theta) * \sqrt{\frac{2}{\rho}|p_п|} * p_п - k_{ут} * p_п\right); \\ \frac{dx_3}{dt} = R_{вал} * sin\theta * tg\omega - R_{вал} * cos\theta * \frac{1}{cos^2\gamma} - R_{вал} * tg\beta * cos\theta * \omega \end{cases} \quad (1)$$

где M_1 – масса ползуна с присоединенными деталями; M_2 – масса станины; $x_1 v_1 t_1$ – перемещение, скорость и время движения ползуна; $x_2 v_2$ – перемещение и скорость станины; c_2, – коэффициент жесткости фундаментных болтов; $P_д$ – сопротивление деформации вырубаемого материала; $F_1 F_2$ – площадь поршня рабочей и возвратной полостей; $Qп$ – геометрическая подача поршня; $p_п$ – давление в поршне; $R_{вал}$ – радиус поршня; $k_{ут}$ – коэффициент утечки; $p_1 p_2$ – давление жидкости в рабочей и возвратной полостях цилиндра; $Q_{АБС}$ – подача насоса; $\alpha_1 \alpha_2$ – коэффициент жесткости напорной и сливной гидромагистралях пресса; q_2 – удельный расход жидкости через дроссель; γ – угол наклона диска; x_3 – перемещение поршня в гидронасосе; ω – угловая скорость вала; $Q_{ут}$ – утечки из поршневой камеры; θ – угол разворота распределителя; β – дополнительный угол в плоскости, перпендикулярной плоскости, образованной кинематической нейтралью и ее проекцией на опорную плоскость; $d_п$ – диаметр поршня; $S_{др}(\theta)$ – площадь окна дросселирования.

Произведенные исследования позволили получить графики сопротивления деформации при различных технологических процессах. В математической модели после модернизации (1) сопротивление деформации $P_д$ представлено в виде уравнений кривых, таких как уравнение (2) для технологического процесса валкой штамповки, что также позволяет повысить точность расчетов.

$$p(x) := \frac{253.362 * x - 86.3363 * x^2 - 14.6373 * x^3 + 10.9418 * x^4 - 1.81233 * x^5 + 0.141545 * x^6 - 0.00434566 * x^7}{2.82589 + 11.199 * x - 6.45885 * x^2 + x^3} \quad (2)$$

Для реализации системы автоматизированного управления гидропрессовым оборудованием, основанной на адаптивных алгоритмах, позволяющих учитывать результаты моделирования работы гидравлического пресса при процессах ОМД, выбрана среда графического программирования LabVIEW. Преимущество использования графического языка программирования LabVIEW в моделировании заключается в наличии виртуальных приборов, позволяющих решать дифференциальные уравнения во времени, близком к реальному, например, методом Рунга-Кутта второго порядка.

На основании проведенных исследований результатов компьютерного моделирования были выявлены параметры, требующие контроля и управления, и разработан подход к автоматизации оборудования. В соответствии с этими требованиями разработана общая (рис. 1) и функциональная схемы [1] автоматизированной системы управления технологическим процессом формоизменения, выполняемом на гидропрессовом оборудовании, включающая основные элементы и их связи.

Рис. 1. Общая схема системы управления установкой

Разработанная система управления позволяет производить контроль всех требуемых параметров, а также выполнять корректирующие воздействия. Помимо этого, в программе

предусмотрено несколько режимов отображения и возможность вносить корректирующие коэффициенты в математическую модель прямо во время работы системы.

Система управления включает в себя следующие программы: компьютерного моделирования работы гидравлического пресса [2], управления гидравлическим прессом [3], позиционирования заготовки на основе машинного зрения [4], а также управления вспомогательными микроконтроллерными модулями Ardruino [5]. Все программы были разработаны в среде графического программирования LabVIEW. Получены 7 свидетельств о регистрации ПО для ЭВМ.

Лицевая панель программы разработана в виде шести перелистываемых вкладок, что позволяет полностью контролировать работу на каждом этапе в отдельности. На главной вкладке (рис. 2) с использованием базы данных материалов выбираются основные параметры. Здесь же находится панель графиков, которые и представляют решение математической модели и параметры работы гидравлического пресса. На следующих вкладках вынесены графики для каждого параметра в отдельности, панель управления гидравлическим прессом, панель позиционирования заготовки, выводится решение системы в виде массива, а также дифференциальные уравнения с подставленными известными значениями и корректирующими коэффициентами.

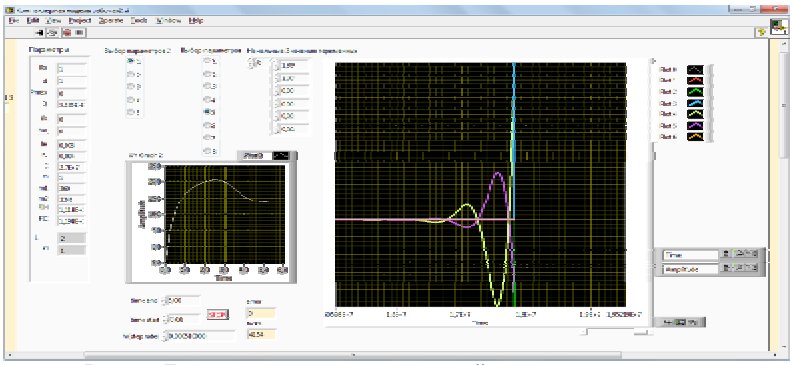


Рис. 2. Главная вкладка на лицевой панели программы

Разработанная система управления технологическим процессом может быть использована и для любых моделей прессов и технологических операций с формоизменением. Программа позволяет проанализировать работу реального пресса и учесть много важных параметров, присущих индивидуально каждому прессу. Анализ устойчивости и качества управления проектируемой системы был проведен по частотным критериям оценки, который показал, что система устойчива и обеспечивает необходимое качество регулирования. Внедрение адаптивных систем управления на основе имитационного моделирования позволит увеличить энергоэффективность технологических процессов и уменьшить износ оборудования за счет управления параметрами работы гидравлического пресса.

4. Внедрение и его перспективы

Результаты работы внедрены в учебный процесс и используются при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Математические модели в расчетах на ЭВМ» и «Модели решения профессиональных задач на ЭВМ», а также внедрены на предприятие ОАО «Карачевский завод «Электродеталь» (Акт о внедрении). Часть результатов исследований представлена в отчетах по работам, проводимых в рамках Государственного контракта № 8978 Р/14005 «Разработка средств автоматизации процессов вакуумной сушки и обработки металлов давлением» от 19.04.2011, Государственного контракта № 11151 «Развитие теории автоматического управления нестационарным технологическим процессом деформирования» и Государственного контракта №01201150457 «Развитие теории управляемого комплексного деформирования».

5. Список литературы

1. А.В. Пилипенко, Информационные системы и технологии, №4/ 66, стр. 115-119, 2011.
2. А.В. Пилипенко, В.Г. Абашин, А.П. Пилипенко, Промышленные АСУ и контроллеры, №8, стр. 26-33, 2013.
3. А.В. Пилипенко, А.П. Пилипенко, Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, № 6-2(296), стр. 58-64, 2012.
4. А.В. Пилипенко, Промышленные АСУ и контроллеры, № 4, стр. 63-69, 2013.
5. А.В. Пилипенко, О.В. Пилипенко, А.П. Пенькова, Промышленные АСУ и контроллеры, № 9, стр. 50-54, 2012.

ОБЪЕДИНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПОМОЩЬЮ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АСУ ТП НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «СМЕШИВАЮЩЕГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (СППВ)»

Д.В. Лебедев

ЗАО ИНПК «РЭТ», г. Москва

1. Постановка задачи

В ОАО «ВТИ» в рамках НИОКР по обоснованию проекта энергоблока с реакторной установкой «БРЕСТ-ОД-300» на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем проводятся исследования процесса теплообмена на модели смешивающего подогревателя питательной воды высокого давления (СППВ). Подогрев питательной воды необходим для предотвращения затвердевания свинца в межтрубном пространстве парогенератора перспективного реактора для АЭС с РУ БРЕСТ-ОД-300. Существующая стендовая установка предназначена для изучения работы СППВ и разработки математической модели процесса теплообмена при конденсации пара на струях воды при высоком давлении.

Целью данной работы являлась разработка новой АСУ с использованием современных цифровых технологий, которая бы позволила автоматически поддерживать требуемые режимы работы стендовой установки, иметь повышенную помехозащищенность, архивировать результаты измерений с высокой скоростью и иметь удобный интерфейс оператора.

2. Выбор оборудования

Основными критериями при выборе датчиков и органов управления стенда (нижний уровень АСУ) были параметры измеряемой среды. Например, пар на входе в стенд имеет параметры P=25МПа, t=525°C. А поскольку необходимо было измерять еще и уровень внутри модели СППВ (P=15МПа, t=350°C) при переменных параметрах паровой фазы над поверхностью, выбор производителей датчиков значительно уменьшился. В результате были выбраны датчики швейцарской фирмы Endress+Hauser.

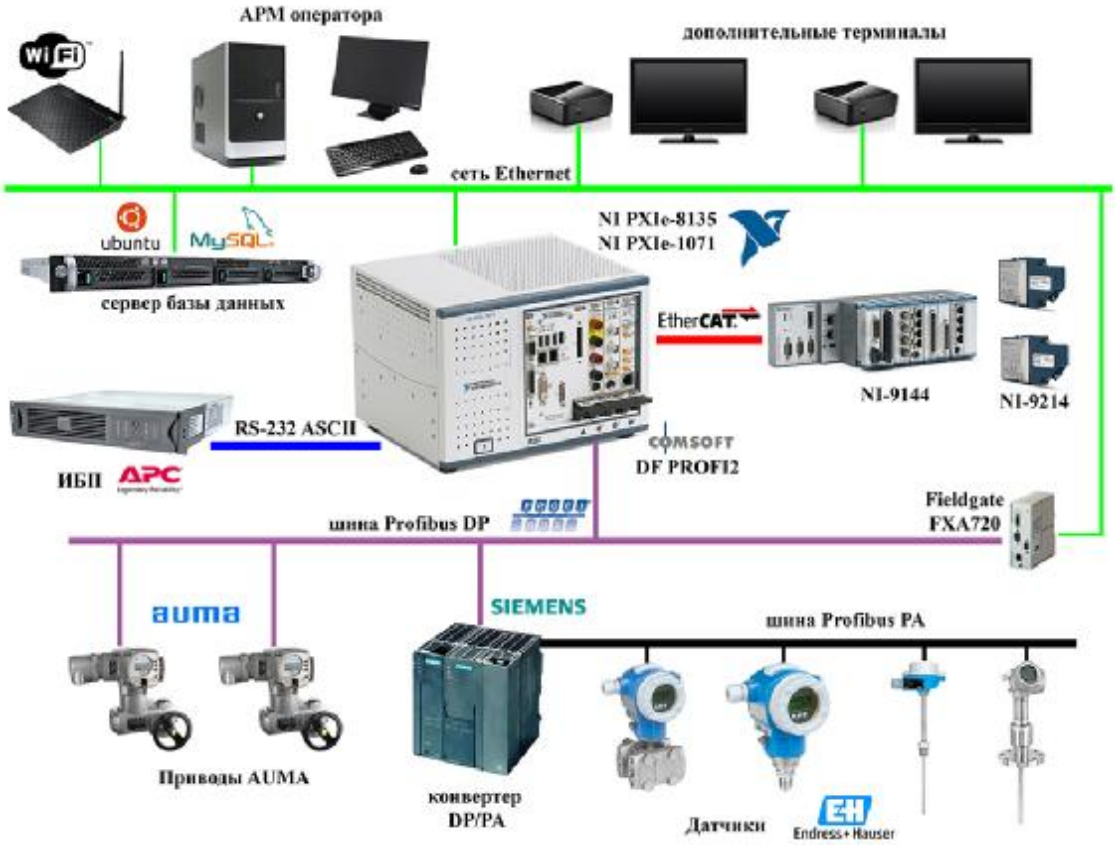
Критерием выбора способа передачи измеряемых величин от датчиков (от нижнего к среднему уровню АСУ) стала плохая помеховая обстановка в месте размещения стенда СППВ. Было решено по возможности отказаться от аналоговых датчиков и применить датчики с цифровой шиной Profibus PA. В качестве регулирующих органов были выбраны клапаны чешской фирмы LDM с электроприводами AUMA, управляемыми по шине Profibus DP.

Обычно в качестве контроллеров среднего уровня АСУ применяются ПЛК. Они собирают данные с нижнего уровня (датчиков) и передают их в системы верхнего уровня (SCADA, АРМ оператора, OPC серверы). В данной работе предпринята попытка объединения среднего и верхнего уровня АСУ в одном устройстве, реализующем и обмен с устройствами на полевой шине, и интерфейс оператора.

Для реализации данной концепции как нельзя лучше подходят технологии National Instruments [1]. В качестве базовой системы была выбрана платформа PXI с LabView Real-Time. Для связи с полевой шиной модуль NI PXI-PROFIBUS Interface от Comsoft. Поскольку данный модуль имеет интерфейс Profibus DP, а выбранные датчики Profibus PA, был применен конвертер полевой шины от Siemens. Для архивирования измеренных значений в реальном времени был применен отдельный сервер с ОС Linux и базой данных MySQL.

Кроме того, заказчиком была поставлена задача измерения распределения температуры внутри модели СППВ с периодом 200 мс. Внутри модели уже были установлены 70 термопар типа ХК (тип L по ГОСТ Р50431-92) и заменить их было невозможно. Для измерения сигналов с термопар была выбрана платформа NI CompactRIO с шасси EtherCAT NI-9144 и модулями NI-9214 C-серии. Это позволило средствами встроенного в шасси ПЛИС осуществить пересчет показаний термопар типа ХК в температуру “на лету” и обеспечило высокую скорость передачи данных средствами EtherCAT. Кроме того, размещение шасси в непосредственной близости от объекта измерения существенно увеличило помехозащищенность измерения температуры.

Еще одна особенность устройств с полевой шиной Profibus – возможность удаленной диагностики и настройки. Для этого был применен коммуникационный шлюз E+H Fieldgate FXA720 (Profibus DP/V1 Master Class II). Программное обеспечение, поставляемое производителем Profibus устройств, может быть установлено на АРМ оператора или любой другой ПК в сети Ethernet. У пользователя появляется возможность удаленной “на лету” настройки и диагностики любого устройства на полевой шине. При этом циклический обмен данными между датчиками и базовым контроллером PXI не прерывается и работа всей АСУ в целом не нарушается. Структурная схема АСУ приведена на рис.



Структурная схема АСУ стендовой установки с моделью СППВ

3. Используемое программное обеспечение

- NI LabView, LabView Real-Time - основная система программирования для PXIe-8135;
- NI LabView FPGA, Xilinx 13.4 Compilation Tool – для программирования ПЛИС шасси CompactRIO EtherCAT NI-9144
- Comsoft Configurator II – для программирования модуля PXI DF PROFI2
- Endress+Hauser FieldCare, Auma FDT-DTM – для удаленной настройки и диагностики устройств на шине Profibus через коммуникационный шлюз FXA720.
- Mozilla Firefox с NI LabView 2012 Netscape plugin – в качестве “тонкого клиента” на АРМ оператора и дополнительных терминалах.

4. Описание структуры программного обеспечения

Поскольку была выбрана стратегия объединения среднего и верхнего уровня АСУ ТП в одном устройстве на основе контроллера NI PXI с Real-Time ОС, то программное обеспечение логически разделено на две подсистемы – сервисы (средний уровень) и модули интерфейса оператора (верхний уровень).

Подсистема сервисов запускается при старте контроллера и выполняет функции обмена с датчиками, исполнительными механизмами, расчета параметров, регулирования и обмена с сервером базы данных. Функционально она делится не следующие модули:

- Сервис обмена с устройствами на шине Profibus - 26 датчиков, 4 привода;
- Сервис обмена с шасси CompactRIO на шине EtherCAT – 70 термопар типа ХК;
- Сервис расчета параметров – вычисление текущих параметров среды (вода, пар);
- Сервис расчета расходов – вычисление текущего массового расхода среды;
- Сервис автоматического регулирования – 7 ПИД-регуляторов;
- Сервис обмена с базой данных – циклическая запись (чтение) на сервер с СУБД MySQL;
- Сервис обмена с ИБП – циклическое чтение состояния и параметров с APC Smart UPS;
- Сервис диагностики – аккумулирование диагностической информации.

Подсистема интерфейса оператора использует технологию NI Remote Panel. Она представляет собой набор виртуальных инструментов и набор HTML файлов на диске PXI контроллера. Когда

оператор открывает HTML файл виртуального инструмента, NI Remote Panel Server запускает его и выводит в браузер пользователя. Реализованы следующие модули интерфейса:

- Главный модуль управления – мнемосхема стенда, показания датчиков и т.д.;
- Модуль распределения температуры – показания термопар в виде 2D распределения;
- 6 модулей графиков – изменение параметров стенда в зависимости от времени;
- Модуль СУБД – управление базой данных MySQL;
- Модуль диагностики – выдача диагностической информации оператору.

Такая структура подсистемы интерфейса оператора позволяет использовать в качестве АРМ оператора любое устройство с браузером Internet Explorer или Mozilla Firefox и соответствующим плагином от National Instruments. Например, в данной работе использован обычный ПК в качестве основного АРМ оператора и два терминала Intel NUC с двумя 40” ЖК ТВ. Следует отметить, что модули интерфейса имеют возможность повторного запуска (reentrant). Это позволяет нескольким операторам одновременно управлять одним и тем же модулем.

Связь между подсистемами сервисов и интерфейса осуществляется посредством механизма Shared Variables. Подсистема сервисов работает независимо от того, подключен в данный момент оператор или нет.

5. Отдельные решенные задачи

Для расчета расходов через сужающие устройства разработаны расчетные модули LabView:

- Расчет параметров воды и пара согласно формулам IF97 «Международной ассоциации свойств воды и пара (IAPWS)» 10 параметров [2];
- Расчет расхода через различные сужающие устройства согласно ГОСТ 8.586-2005 [3].

С помощью стандартных функций ПИД-регуляторов LabView реализовано регулирование расходов среды на 4 трубопроводах с возможностью авто-настройки. Дополнительно реализовано регулирование еще 3 параметров стенда при помощи каскадирования ПИД-регуляторов.

Для архивирования измеренных величин применен отдельный сервер с ОС Linux Ubuntu Server 12.04 и СУБД MySQL Server 5.5. Распространенная сегодня СУБД MySQL от Oracle имеет открытый протокол, легко реализуемый при помощи стандартных функций LabView для работы с TCP, в том числе в системах с Real-Time ОС. Запись в базу данных осуществляется циклично, с настраиваемым периодом. Кроме измеренных значений, сохраняются также расчетные, метки абсолютного времени с точностью до 1 мс и признаки достоверности каждого записываемого значения. Достигнутый период записи 50 мс. Количество записываемых параметров 119 величин типа Double (4 байта). Также был реализован режим “Воспроизведение”. В этом режиме измеренные величины с датчиков “подменяются” величинами, прочитанными из базы данных с цикличностью, определяемой метками времени.

Дополнительно было разработано программное обеспечение для экспорта измеренных значений из базы данных MySQL в Microsoft Excel, а также создания резервных копий (дампов) MySQL сервера. Экспорт данных в Excel используется разработчиками стенда СППВ для дальнейшего анализа и построения его математической модели.

Для структурирования интерфейса оператора средствами языка HTML был написан веб-узел АСУ и размещен в папке веб-сервера PXI контроллера. Код для вызова виртуальных инструментов через NI Remote Panel был интегрирован в страницы этого веб-узла. Реализована удобная навигация при помощи выпадающего меню на JavaScript.

6. Достигнутые результаты

Гибкость технологий National Instruments позволила объединить промышленные средства измерения (датчики с шиной Profibus) с технологиями, обычно применяемыми в ИТ-индустрии, такими как веб-интерфейс, ОС Linux и СУБД MySQL. Показана возможность реализации функций среднего и верхнего уровня иерархии АСУ ТП в одном устройстве под управлением NI LabView Real-Time.

Использование платформы CompactRIO позволило проводить высокоскоростные (70 каналов за 14 мс) измерения температуры непосредственно у объекта, что существенно снизило влияние помех. Такие скорости не востребованы в стандартных АСУ, но необходимы в экспериментальных стендах.

7. Список литературы

1. http://www.ni.com – оборудование, форум, база знаний, community, developer zone.
2. http://www.iapws.org/ - “Международная ассоциация свойств воды и пара”, формулы IF-97.
3. ГОСТ 8.586–2005 – Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств, части 1-5.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ MATHSCRIPT RT

Д.Н. Бутусов, В.С. Андреев

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

Программные средства, входящие в состав среды NI LabVIEW, позволяют синтезировать дискретные и аналоговые модели динамических систем с требуемыми временными и частотными характеристиками в различных формах представления, а также автоматически генерировать по ним целевой код под множество аппаратных платформ. Это существенно сокращает трудоемкость процесса проектирования устройств управления и обработки сигналов [3]. Однако при увеличении порядка синтезируемой передаточной функции возникают негативные эффекты, связанные как с алгоритмическими недостатками модулей пакета, так и с недостатками применяемого математического аппарата z-преобразования. Модель, полученная с помощью дискретного преобразования Лапласа, при малых шагах дискретизации не приближается к непрерывному прототипу, а становится неустойчивой [6]. То же самое происходит при существенном увеличении порядка передаточной функции. Известен подход, позволяющий добиться устойчивости дискретных моделей высокого порядка путем разделения их на последовательно соединенные звенья 2го порядка (т.н. Second-Order Sections) [3]. Однако такой способ декомпозиции не решает проблему роста времени запаздывания, а также ограничивает возможности по распараллеливанию вычислительного процесса при реализации синтезированных моделей на аппаратных платформах, предполагающих параллелизм вычислений. Кроме того, разделение на последовательные звенья 2го порядка – трудоемкая операция, требующая вычисления корней передаточной функции. Представляется целесообразным декомпозировать модель динамической системы, представленную в виде передаточной функции, представив ее в виде суммы передаточных функций одного порядка с последующей дискретизацией звеньев по способу замены непрерывного интегратора цифровым, предложенному в работе [2]. Такой подход позволит более эффективно моделировать динамические системы, описываемые передаточными функциями высоких порядков, а также упростит аппаратную реализацию численных моделей динамических систем на целевых платформах с поддержкой параллельных вычислений. Ожидаются также положительные эффекты в области снижения группового запаздывания модели и уменьшения разброса значений коэффициентов передаточной функции, что благотворно повлияет на инструментальную погрешность при реализации с фиксированной точкой.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Кафедра систем автоматизированного проектирования факультета компьютерных технологий и информатики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», научно-исследовательский институт командных приборов (ФГУП НИИ КП).

3. Описание решения

Любая передаточная функция является правильной рациональной дробью. В соответствии со свойствами рациональных функций ее можно представить в виде суммы элементарных звеньев (1), что широко используется при аналитическом интегрировании.

$$H(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \sum_{i-1}^{k} \frac{r_i}{(s - p_i)} \qquad (1)$$

где B и A – многочлены с вещественными коэффициентами, причем степень B меньше степени A.

Коэффициенты p_i – вещественные или комплексные. Комплексные коэффициенты образуют сопряженные пары. Коэффициент r_i – вещественная постоянная. Поскольку аппаратная реализация вычислительного алгоритма с использованием комплексных чисел затруднительна, необходимо привести звенья к виду, когда они не содержат комплексных коэффициентов. Перемножим звенья первого порядка с комплексно-сопряженными коэффициентами pi, и получим звенья в виде передаточных функций второго порядка вида:

$$H_i(s) = \frac{l_i s + r_i}{s^2 + m_i * s + p_i} \qquad (2)$$

где li, ri, mi, pi – вещественные числа.

Таким образом, с помощью описанного алгоритма любую передаточную функцию можно представить в виде суммы отдельных передаточных функций, порядок которых не превышает второго (3). При этом все коэффициенты суммы являются вещественными числами, что важно при аппаратной реализации численных моделей таких систем.

$$H(s) = \sum_{i=1}^{n} H_i(s) \qquad (3)$$

где Hi(s) – передаточная функция с вещественными коэффициентами либо первого порядка (1), либо второго порядка (2).

При реализации математической модели в форме (3) рост порядка передаточной функции будет оказывать незначительное влияние на общее время вычислений при реализации на платформах, поддерживающих параллельные вычисления, таких как ПЛИС или многоядерные системы, поскольку каждое интегрирующее звено из общей суммы может вычисляться независимо от остальных. Таким образом, можно достичь повышения характеристик модели путем увеличения порядка передаточной функции, при этом избегая роста временных затрат на вычисления за счет параллельной структуры.

Рассмотрим описанный подход на примере параллельной реализации эллиптического фильтра в среде LabVIEW с использованием функций языка MathScript. Основными способами математического описания фильтров в средах MATLAB и LabVIEW являются передаточная функция (Transfer Function, tf) и набор нулей полюсов и коэффициента передачи (Zero-Pole-Gain, zpk). Синтезируем искомый фильтр в обеих формах и проанализируем результаты. Параметры синтезируемого фильтра следующие: порядок передаточной функции – 9; величина пульсаций АЧХ в полосе пропускания – 0,001 дБ; подавление сигнала в полосе задерживания – 50 дБ; частота среза – 1,22 Гц; вид фильтра – фильтр нижних частот; тип передаточной функции – непрерывная (s-область);

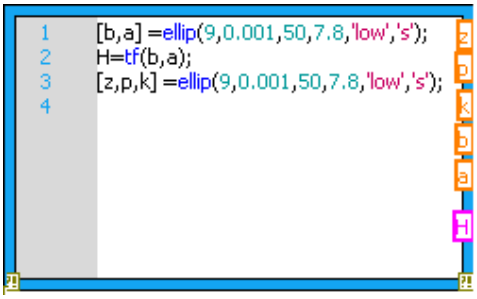


Рис. 1. Синтез эллиптического фильтра в MathScript Node в форме передаточной функции (tf) и набора нулей и полюсов (zpk)

Передаточная функция синтезированного фильтра выглядит следующим образом (4):

$$\frac{0{,}192939S^8 + 145{,}675S^6 + 33787{,}8S^4 + 3{,}11113 * 10^6 S^2 + }{S^9 + 24{,}8317S^8 + 466{,}97S^7 + 5963{,}23S^5 + 60373{,}1S^5 + 474624S^4 + 2{,}93918 * 10^6 S^3 + } \qquad (4)$$
$$\frac{+9{,}97145 * 10^7}{+1{,}39547 * 10^7 S^2 + 1{,}65209 * 10^7 S + 9{,}97145 * 10^7}$$

Получим амплитудно-частотную характеристику синтезированного эллиптического фильтра средствами модуля Control Design (рис.2).

Целесообразно автоматизировать процесс перехода от стандартного математического описания фильтра к описанию в форме (3). Для этого необходимо программно реализовать два алгоритма преобразования для каждой формы представления фильтра (tf и zpk). На рисунке 3 показан узел MathScript Node, содержащий текст программы для перехода от формы описания фильтра в виде нулей, полюсов и коэффициента усиления к массиву передаточных функций первого и второго порядка, сумма которых эквивалентна исходной передаточной функции фильтра.

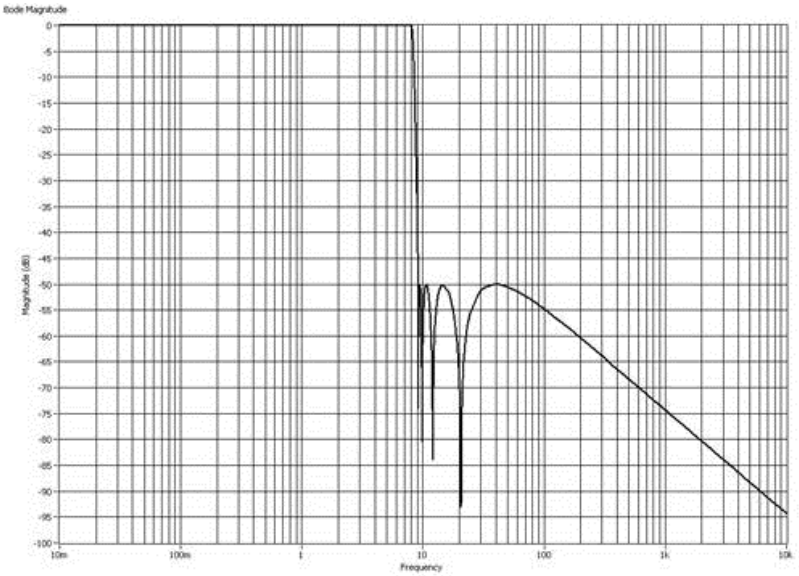


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика синтезированного эллиптического фильтра 9 порядка

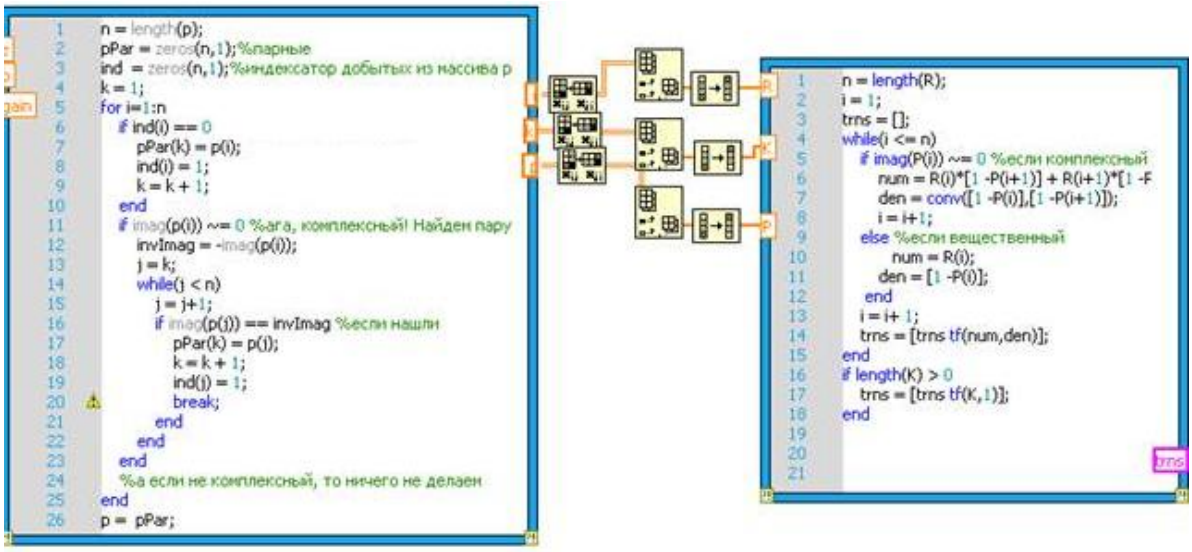


Рис 3. Переход от представления в виде нулей и полюсов к набору параллельных звеньев в Mathscript Node

Общий вид полученной суммы звеньев представлен в выражении (5). Обратим внимание на то, что порядок коэффициентов в этих звеньях существенно меньше, чем коэффициентов в исходной передаточной функции (4), что подтверждает сделанные выше предположения.

$$H(s) = \frac{14{,}2618}{S + 6{,}78067} + \frac{-15{,}3998S - 6{,}97511}{S^2 + 10{,}162S + 52{,}2705} + \frac{-1{,}39453S - 72{,}4776}{S^2 + 5{,}11543S + 61{,}4499} + \frac{3{,}08042S + 8{,}89451}{S^2 + 2{,}15735S + 66{,}6542} + \frac{-0{,}35494S + 5{,}23091}{S^2 + 0{,}577364S + 68{,}6879} \quad (5)$$

Для оценки эквивалентности сделанного преобразования полученные звенья были вновь объединены в одну передаточную функцию с помощью блока Add Model модуля Control Design и сопоставлены с исходной передаточной функцией. Коэффициенты двух передаточных функций различаются лишь в 14 знаке после запятой, что позволяет говорить о достаточной степени эквивалентности преобразования. Проанализируем полученную параллельную структуру фильтра (5) во временной и частотной области средствами Simulation Module (рис.4).

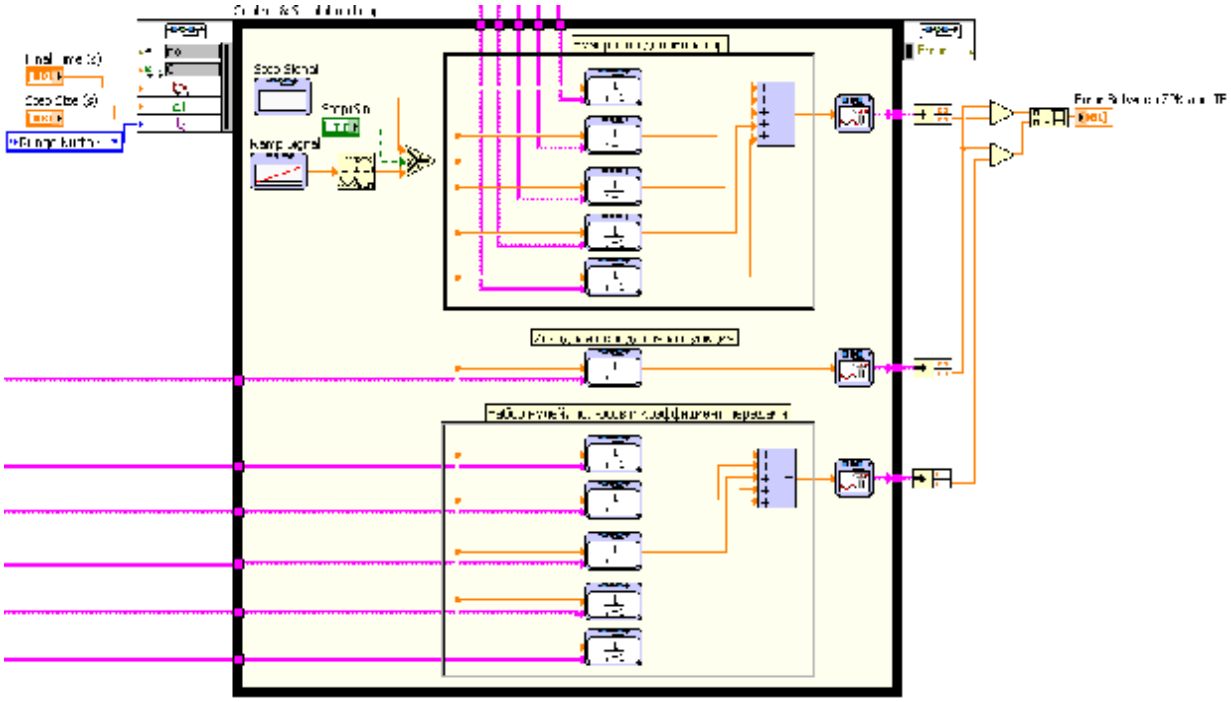


Рис. 4. Фрагмент блок-диаграммы компьютерного эксперимента по сравнительному анализу модели системы в виде единой передаточной функции и параллельных звеньев

На рисунке 5 приводятся погрешности параллельной модели эллиптического фильтра (5) во временной области для вариантов перехода к параллельным звеньям от передаточной функции высокого порядка и от представления в виде нулей и полюсов синтезированного фильтра.

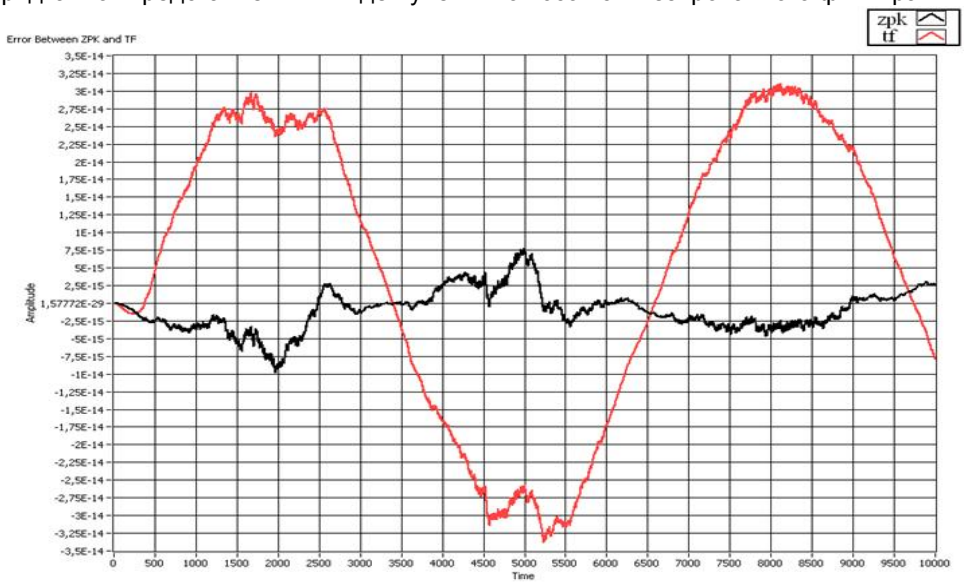


Рис. 5. Погрешности параллельных структур, полученных декомпозицией различных исходных моделей фильтра, относительно его же последовательной реализации

Из рисунка 5 видно, что погрешность, получаемая при декомпозиции модели фильтра, синтезированного в форме нулей и полюсов несколько меньше погрешности декомпозиции фильтра, синтезированного в виде передаточной функции. Это объясняется неточностью нахождения корней полиномов передаточной функции при разбиении на сумму параллельных звеньев, в то время как форма zpk изначально представляет собой набор искомых корней. В то же время отметим, что в настоящий момент известны способы более точного нахождения корней передаточной функции, нежели тот, что реализован в функции Residue языка MathScript, а также тот факт, что широко

распространенный подход разбиения передаточной функции на последовательные звенья второго порядка (SOS) также обладает таким недостатка.

Для перехода к цифровой реализации синтезированного фильтра необходимо заменить полученные непрерывные звенья первого и второго порядка на цифровые процессоры, основанные на численных методах интегрирования. При этом представляется целесообразным использовать численные методы, ориентированные на аппаратную реализацию, т.е. обладающие малым числом действий, выполняемых на каждом шаге интегрирования, и подразумевающие распараллеливание вычислительного процесса. На рис. 6 приведена полученная структура цифрового фильтра. В качестве метода выбрана аппаратно-ориентированная модификация метода Симпсона, обеспечивающая 3й порядок точности.

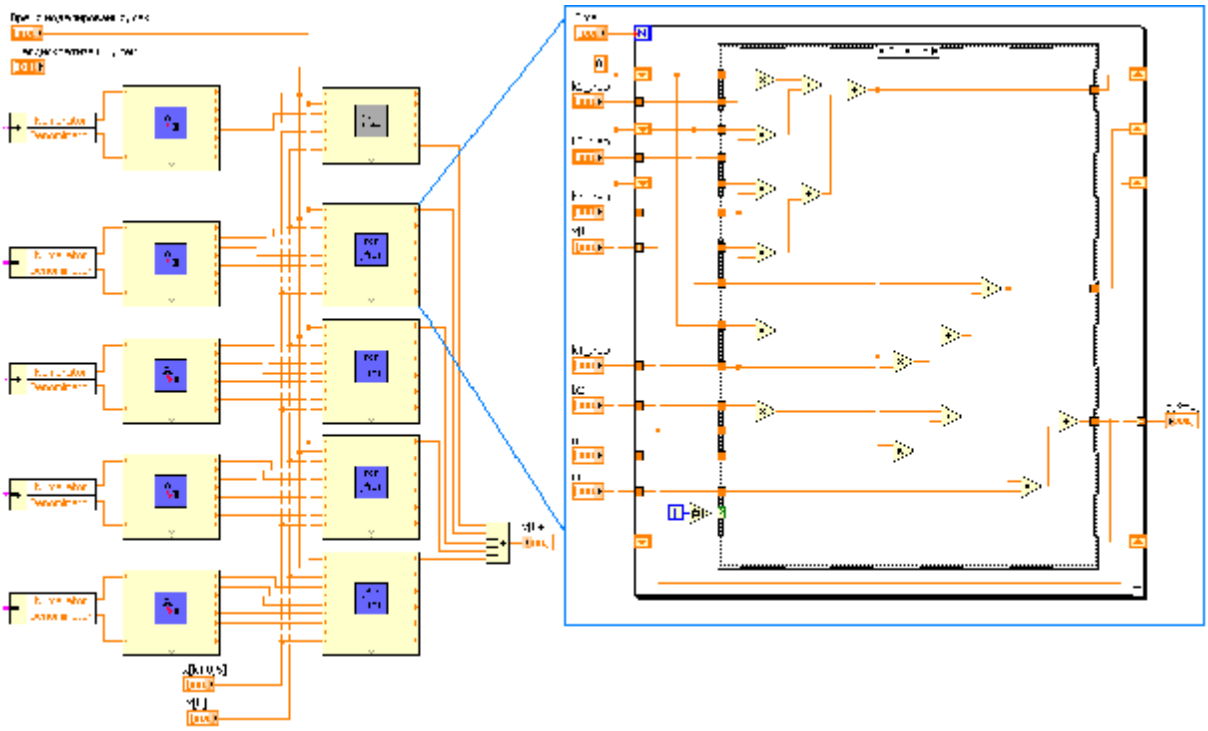


Рис. 6. Структура цифрового фильтра после замены непрерывных звеньев 2го порядка на дискретные и пример блок-диаграммы интегрирующего процессора

Сравнительный анализ дискретных моделей в частотной области приведен на рисунке 7. При увеличении графика АЧХ в области частоты среза видно, что модель, полученная способом z-преобразования, не обеспечивает заданных характеристик для колебаний в полосе пропускания, а также начинает ослаблять сигнал, не доходя до частоты среза. На практике это означает, что порядок дискретного фильтра, полученного таким способом, потребуется увеличить для достижения заданных частотных и точностных характеристик, что повлечет за собой все негативные эффекты, о которых говорилось выше. АЧХ модели, полученной описываемым в настоящей работе способом, практически полностью (с точностью до h^3, где h – шаг дискретизации) совпадает с аналитической частотной характеристикой исходной s-системы (рис.2). Отсюда можно сделать вывод, что замена непрерывных звеньев цифровыми интегрирующими процессорами, построенными на основе метода высокого порядка точности, практически всегда обеспечивает адекватный переход к оптимальной цифровой модели.

Для перехода к аппаратной реализации с фиксированной точкой необходимо выполнить операцию масштабирования для каждого из интегрирующих процессоров. Целесообразно автоматизировать этот трудоемкий процесс, равно как и сам процесс построения параллельных интегрирующих структур в среде LabVIEW. Алгоритмическому и программному обеспечению, обеспечивающему эти процедуры, будут посвящены следующие работы авторов.

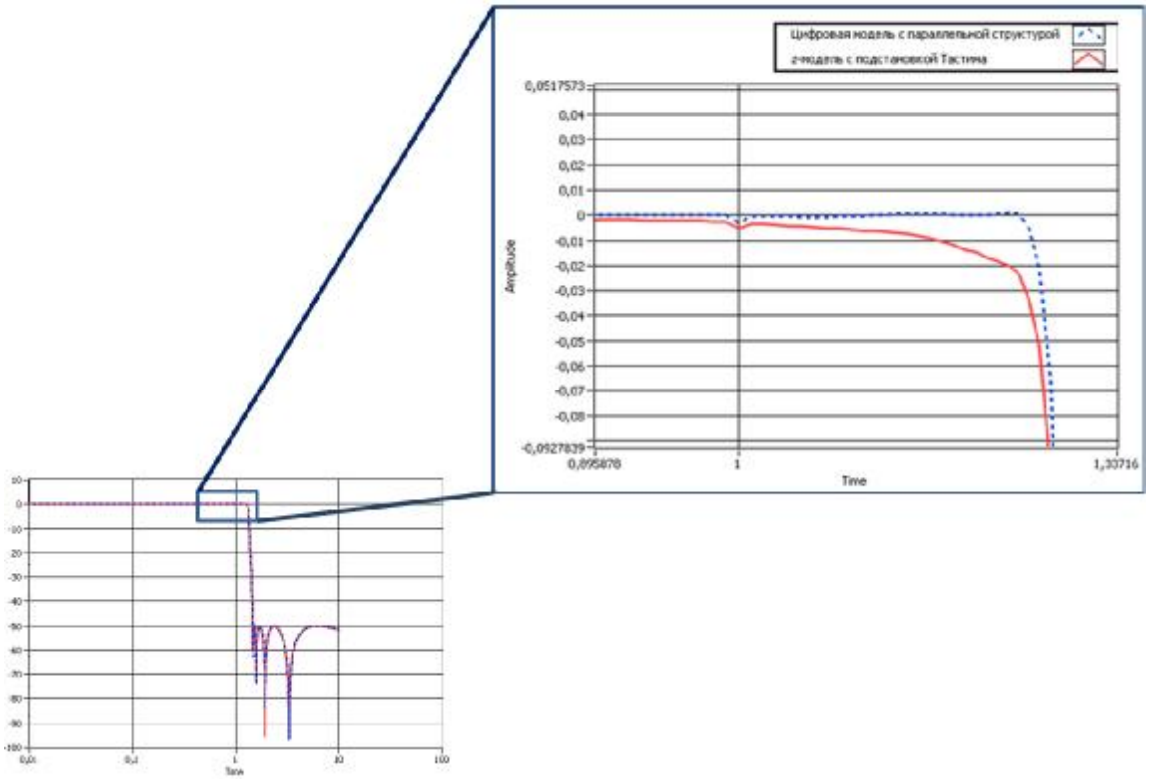


Рис. 7. Сравнение АЧХ дискретной модели, полученной с помощью z-преобразования, и АЧХ дискретной модели на основе параллельных интегрирующих структур

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Среда разработки виртуальных приборов NI LabVIEW 2012. NI Control Design & Simulation Module. Модуль Mathscript RealTime.

5. Внедрение и его перспективы

Описанный способ декомпозиции моделей динамических систем применялся при разработке моделей цифрового регулятора в НИР «Построение цифрового корректирующего контура системы стабилизации», выполненной совместно УНЦ КТИ кафедры САПР СПбГЭТУ и научно-исследовательским институтом командных приборов (ФГУП НИИ КП), показав при этом свою эффективность по сравнению с классическими способами синтеза цифровых моделей систем управления. В качестве перспектив внедрения можно указать возможность добавления разработанных авторами MathScript-функций, реализующих параллельную декомпозицию моделей динамических систем, в стандартный набор функций данного модуля. Отметим, что конкурирующие продукты, такие как MATLAB / Simulink, пока не обладают подобными функциональными возможностями, предлагая лишь декомпозицию на последовательно соединенные звенья второго порядка (Second-Order Sections).

6. Список литературы

1. Бутусов, Д.Н. Автоматизация проектирования встраиваемых систем / Текст диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 2012. - 184 с.

2. Бутусов Д. Н., Жуков К. Г. Реализация цифровых фильтров методом совместного интегрирования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – С.: СПбГПУ, 2009. – № 6. – С. 26-34.

3. Кехтарнаваз Н., Ким М. Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW: Пер. с английского под ред. д-ра техн. наук, проф. В. К. Макухи. – М.: Издат. дом «Додэка - XXI», 2007.

4. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – Изд. 2-е, испр. – М.: Техносфера, 2009.

5. Newman M. J., Holmes D. G. Delta operator digital filter for high performance inverter applications // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2003. – Vol.18. – No.1. – Part 2.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯКР УСТАНОВКЕ

М.Ф. Садыков, Р.А. Хуснутдинов, А.А. Тиркия

1. Постановка задачи

В настоящее время любой физический эксперимент осуществляется при широком использовании современных, интеллектуальных высокотехнологичных систем: компьютеры, аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи, программы управления и автоматизации, современные интеллектуальные измерительные приборы и системы и многое другое. Однако производители таких интеллектуальных устройств закладывают в них определенный набор функции, который в большинстве случаев не возможно значительно изменить.

Нами разрабатывается ЯКР установка детектирования взрывчатых и запрещенных веществ. Для проведения экспериментов появилась необходимость формирования радиочастотных импульсов. С этой целью в графической среде LabVIEW была разработана программа управления генератором, позволяющая с помощью него формировать радиочастотный импульсы с заданными параметрами.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 12.0.

3. Описание решения

Структурная схема системы на рис. 1.

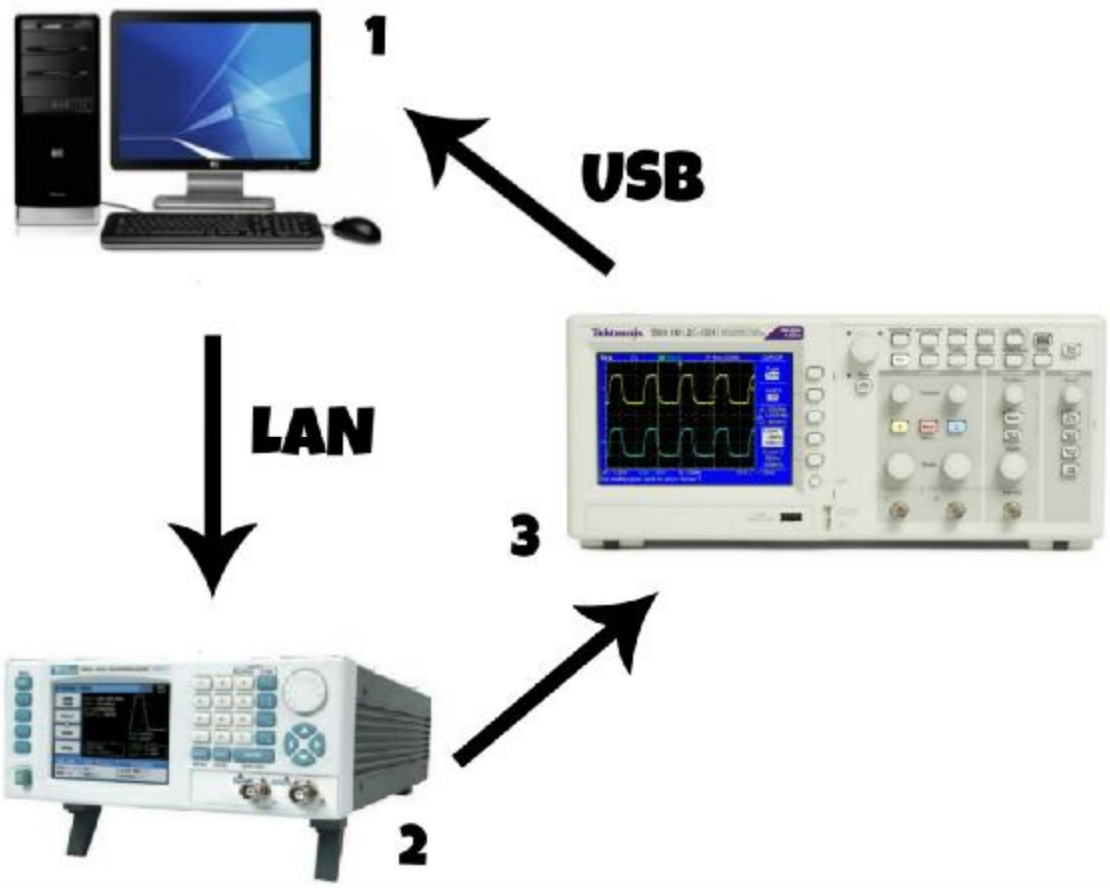


Рис. 1. Структурная схема системы: 1 - ПК; 2- задающий генератор; 3- осциллограф

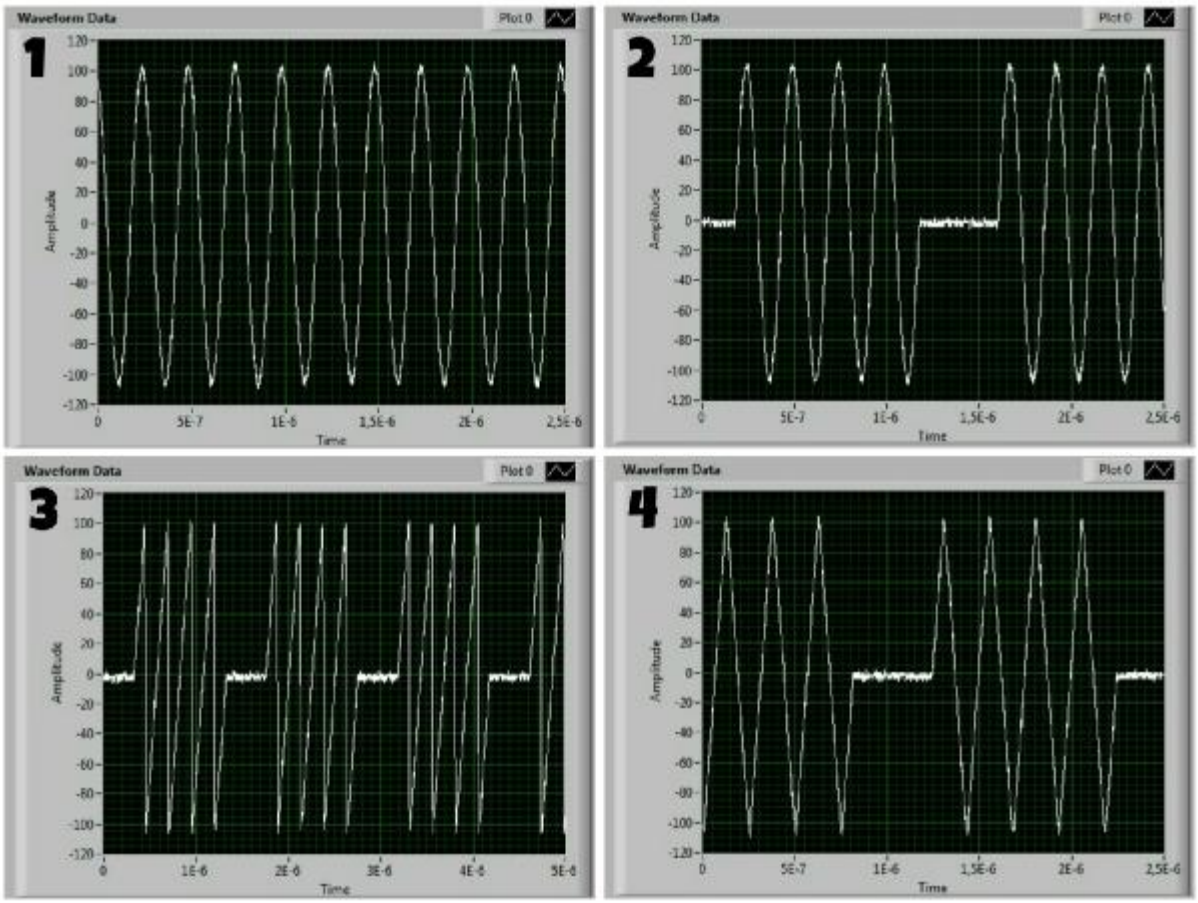


**Рис. 2. Виды сигналов: синусоидальный сигнал -1;
импульсный сигнал с синусоидальным заполнением – 2; импульсный сигнал с пилообразным заполнением – 3; импульсный сигнал с треугольным заполнением – 4**

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система внедрена в КФТИ, г.Казань. Данная система используется в ЯКР установке детектирования взрывчатых и запрещенных веществ.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДОПЛЕРОВСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДОВ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ

И.А.Владимиров[1], С.И. Муякшин[2]

1. *ООО «ДСП-СОФТ», г. Нижний Новгород*
2. *ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород*

1. Постановка задачи

Двухфазные потоки в виде смеси жидкости и газа (пара) встречаются в разных областях техники: в добыче нефти и газа, в химической и пищевой промышленности, в энергетике. Для измерения расхода фаз в таких потоках используются различные физические принципы. Несмотря на обилие патентов и немалое количество готовых и опытных устройств, в данной области приборостроения еще не оформились устоявшиеся технические решения. Поэтому разработчиками предлагаются все новые и новые способы и устройства. В статье представлена система для определения расхода фаз газожидкостной смеси, основанная на использовании метода ультразвукового измерения скорости неоднородностей с помощью эффекта Доплера. За счет применения оригинального метода ввода ультразвука в поток и комплексного подхода к обработке сигналов [1], эта система способна проводить измерения при различных режимах двухфазного течения: от «пузырькового», когда в потоке движутся мелкие газовые пузырьки, до «снарядного», когда по трубе движутся чередующиеся протяженные газовые полости и жидкие перемычки.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Ультразвуковой доплеровский расходомер, описываемый в данной работе, применяется для выполнения лабораторных, курсовых и дипломных работ по акустике и радиофизике на кафедре радиотехники ННГУ им. Н.И. Лобачевского, а также используется как наглядное пособие в процессе изучения студентами и магистрантами радиофизического факультета спецкурса «Дистанционное зондирование объектов окружающей среды».

3. Описание решения

Измерительная система (рис.1, рис.2.а) состоит из вертикального измерительного патрубка (1), с установленным на его внешней стенке ультразвуковым преобразователем (2), усилителя пачек импульсов (3), формирователя пачек импульсов (4), высоковольтного источника питания (5), 2-х канального приемника – синхронного квадратурного детектора (6), платы АЦП NI USB-6251 (7) и компьютера (8).

Рис. 1. Гидроканал с датчиками и шасси с модулями системы сбора и обработки данных

Модули (3-6) разработаны компанией ООО «ДСП-СОФТ» специально для создания и конструирования ультразвуковых систем с широким, выбираемым пользователем диапазоном возможностей. Модули выполнены в стандарте NI SCXI и уставливаются в шасси NI SCXI. Их подробное описание приведено в статье [2]. Для создания программного обеспечения использована среда программирования NI LabVIEW 8.5 [3].

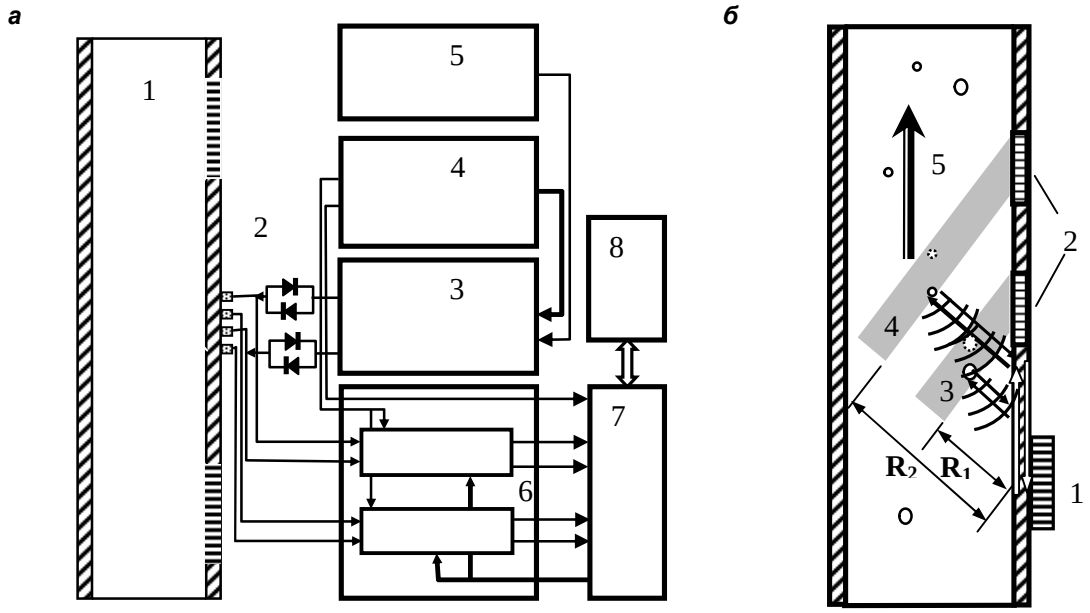


Рис. 2. а - блок-схема измерительной системы, б- бесконтактный ввод ультразвука в поток

Формирователь предназначен для управления многоканальными усилителями одиночных импульсов или импульсных последовательностей. Имеет 8 каналов формирования пачек импульсов со скважностью 2. Период следования, частота заполнения, задержка импульсов и их число в пачке в каждом канале могут задаваться независимо. Конструктивно формирователь выполнен в виде модуля SCXI. Управление от компьютера осуществляется через порт USB. Программа управления написана в среде LabVIEW. Квадратурный приемник предназначен для усиления и преобразования узкополосных входных сигналов в синфазную и квадратурную составляющие. Каждый из 4-х каналов приемника имеет дифференциальные входы. Конструктивно приемник выполнен в виде модуля SCXI. Источник питания предназначен для питания импульсных усилителей. Он выполнен в виде модуля SCXI и питается от штатного источника питания шасси SCXI. Управление от компьютера через интерфейс USB

В доплеровской системе применяется бесконтактный способ ввода ультразвука в поток, основанный на трансформации антисимметричной волны Лэмба, возбуждаемой в стенке трубы с помощью накладной ФАР, параметры которой для этого подобраны специальным образом, в продольную звуковую волну в жидкости [4]. При этом в жидкости одновременно формируются два симметричных луча. Рис.2.б иллюстрирует этот способ (показан только один луч) в случае, когда в потоке содержится небольшое количество неоднородностей, например, в виде пузырьков газа малых размеров.

Датчик (1) возбуждает в стенке трубы импульс изгибной волны (2), бегущий (как вверх, так и вниз) со скоростью C_f. Эксперимент показывает, что изгибная волна распространяется по стенке трубопровода на расстояние, в несколько раз превышающее длину преобразователя. Эта волна будет излучать в жидкость звуковую волну (3,4) (ее скорость C_s), фронт которой, образует со стенкой трубы угол $\theta=\arcsin(C_s/C_f)$. Таким образом, датчик и возбужденный участок трубы играют роль распределенного электроакустического преобразователя. На приеме за счет специальных приемов обработки данных формируются два независимых наклонных луча. В зависимости от задержек приема $t_1 < t_2$, соответствующий импульсный объем (или иначе «элемент дальности») будет перекрывать сечение трубы либо частично (3), либо полностью (4). Доплеровское смещение частоты (ДСЧ) сигнала, рассеянного одиночной неоднородностью, определяется соотношением: $\Delta f=2\cdot f_0\cdot V\cdot\sin(\theta)/C_s$ (V – скорость рассеивателя относительно антенны, f_0 – частота заполнения импульса). Поскольку $\sin(\theta)=C_s/C_f$, то доплеровский сдвиг $\Delta f =2\cdot f_0\cdot V/ C_f$ не зависит от скорости звука в среде.

Для выделения доплеровского сдвига частоты в системе используется широко распространенный в радио - и акустической локации когерентно-импульсный метод обработки эхосигналов [5]. Сигналы, относящиеся к определенным элементам дальности, подвергались спектральному анализу со скользящим окном. Перед вычислением спектра из анализируемого участка сигнала вычиталось среднее значение. Для спектров по нижепредставленным формулам вычислялись их интегральные характеристики: энергия En, средняя частота спектра F_d и ширина ΔF. Здесь: S_n - отсчеты спектра; $\delta f=F_r/N$ – частотное разрешение, F_r – частота квантования (в данном случае – частота повторения импульсов), N – число отсчетов в спектральном окне. Экспериментально измеряя зависимости интегральных характеристик от номера «элемента дальности» или от времени (при выбранном «элементе дальности»), мы получим соответственно профили этих характеристик или их временные зависимости.

$$En = \sum_{n=-N/2}^{N/2} |S_n|^2 \qquad F_d = df \cdot \frac{\sum_{n=-N/2}^{N/2} n \cdot |S_n|^2}{En} \qquad \Delta F = \sqrt{df^2 \cdot \left(\frac{\sum_{n=-N/2}^{N/2} n^2 \cdot |S_n|^2}{En} \right) - F_d{}^2}$$

Физический смысл этих величин очевиден: энергия характеризует количество и рассеивающую способность неоднородностей, переносимых потоком; средняя частота - некоторый усредненный доплеровский сдвиг; ширина – разброс скоростей неоднородностей, т.е. степень турбулизации потока, а также время их жизни в потоке. Наличие нескольких независимых величин, вычисляемых по одному и тому же сигналу, позволяет определить различные параметры потока: расход жидкости Q_f и расход газа Q_g.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.5. Для реализации системы использовалась платформа NI SCXI-1000 совместно с устройством сбора данных NI USB-6251.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Представленная в статье ультразвуковая доплеровская система измерения расходов проходит в настоящее время испытания на сертифицированном проливном стенде ООО «АЗМИП», с целью ее дальнейшего усовершенствования и вывода в серийное производство.

6. Список литературы

1. В.И.Косарев, Л.Н.Мухин,С.И.Муякшин и др. Способ определения расхода компонентов двухфазного потока и система для его осуществления // Патент на изобретение № RU 2339915 C1. Опубликовано 2008.11.27 Бюл. № 33.

2. С.И.Муякшин, А.А.Штернов. Функциональные модули в стандарте NI SCXI для ультразвуковых контрольно-измерительных систем // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». М.: РУДН, 2007 г., с.51-58.

3. Дж. Трэвис, Дж.Кринг. LabVIEW для всех – М.: ДМК Пресс, 2008-880 с.

4. С.И.Муякшин, В.А.Односевцев, И.Я.Орлов. О возможности использования изгибных волн при создании акустических преобразователей для систем неразрушающего контроля // Изв. Вузов, Радиофизика, т. 43, № 12, 2000.- с.1100-1108.

5. Р.Довиак, Д.Зрнич. Допплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения -Л., Гидрометеоиздат, 1988 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНО-ТИРИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

А.А. Асабин, И.В. Белянин, А.Б. Лоскутов, А.И.Чивенков

«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

1. Постановка задачи

Развитие энергетики в передовых странах мира диктует необходимость развития технологии Smart Grid (интеллектуальная сеть), где отдельные точки распределения электроэнергии обладают возможностями не только передачи и трансформирования электроэнергии, но и управления энергетическими потоками. Построение интеллектуальных сетей предполагает применение новейших технологий, позволяющих адаптировать характеристики используемого оборудования в зависимости от режимной ситуации. Такая концепция развития требует от разработчиков концентрации усилий направленных на внедрение информационно - диагностических систем, а также систем активного взаимодействия между источником электроэнергии и конечным потребителем. Актуальность поставленной задачи привела к появлению и принятию в 2010 году концепции технологической платформы “Интеллектуальная энергетическая система России”.

Научно-исследовательские работы в указанном направлении ведутся при содействии Министерства Образования и Науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы». Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева рамках этой программы получил грант на выполнение опытно-конструкторских работ по созданию интеллектуальной подстанции. Для обеспечения возможности регулирования и распределения энергетических потоков в этой подстанции использован трансформаторно-тиристорный регулятор напряжения и мощности с расщепленной первичной обмоткой трансформатора и ключами однонаправленного тока (ТТРНМ ОТ). Управление таким силовым модулем осуществляет технологическая система управления (ТСУ).

В свою очередь ТСУ должна выполнять следующие задачи:

- измерение мгновенных значений токов и напряжений;
- определение действующих значений токов и напряжений;
- расчёт потребляемой и отдаваемой мощности;
- формирование импульсов управления тиристорами;
- формирование сигналов аварийных режимов;
- хранения накопленной информации для последующей обработки;
- связь с внешней ААСУ (активно-адаптивная система управления).

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011 с модулями NI LabVIEW Real Time и NI LabVIEW FPGA. Для реализации системы была использовано шасси NI cRIO-9076 с интегрированным контроллером реального времени 400 МГц. Решение измерительных и управленческих задач решается с помощью модулей NI9201, NI9401, NI9205. Индикация режимов работы осуществляется с помощью внешней Touch панели, с встроенной OS Windows 5.0 CE.

3. Описание решения

Структура программного обеспечения на рис. 1

Для каждой фазы ТТРНМ ОТ используется собственное шасси NI cRIO-9076 для которого создано программное обеспечение управления фазой. Программные блоки структуризированы на библиотеки элементов, ПО FPGA и ПО Host, ПО Touch Panel. Все элементы ПО связаны между собой. Связь осуществляется посредством буферов FIFO, глобальных и локальных переменных. В качестве внешних транспортных устройств используется локальная Ethernet сеть и интерфейс RS-485. Иерархия системы управления подразумевает обработку цифровых измерений и выработку сигналов управления на уровне FPGA. В свою очередь на контроллер Host возложены задачи по формированию команд управления FPGA, передаче информации на индикационную панель и на верхний уровень ААСУ.

Рис. 1. Структура программного обеспечения

На рис.2 показана структура проекта. К достоинствам LabVIEW несомненно следует отнести возможность строить структуру внятно описывающую весь проект.

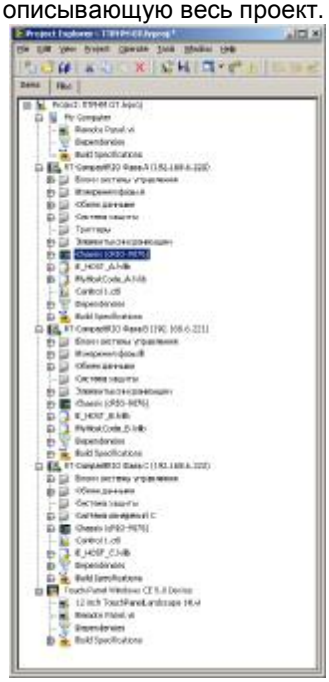


Рис. 2. Структура проекта

Специфика задачи управления ТТРНМ ОТ состоит в том, что несмотря на низкую частоту в 50Гц, при коммутации силовых тиристоров требуется высокая точность определения углов управления, где один электрический градус составляет 55 микросекунд. Учитывая уровень коммутируемых мощностей в сотни киловольтампер, точность углов сказывается на надежности всей установки в целом. На рис.3 показаны временные диаграммы датчиков высокого напряжения для определения углов управления с помощью двухуровневых компараторов на FPGA.

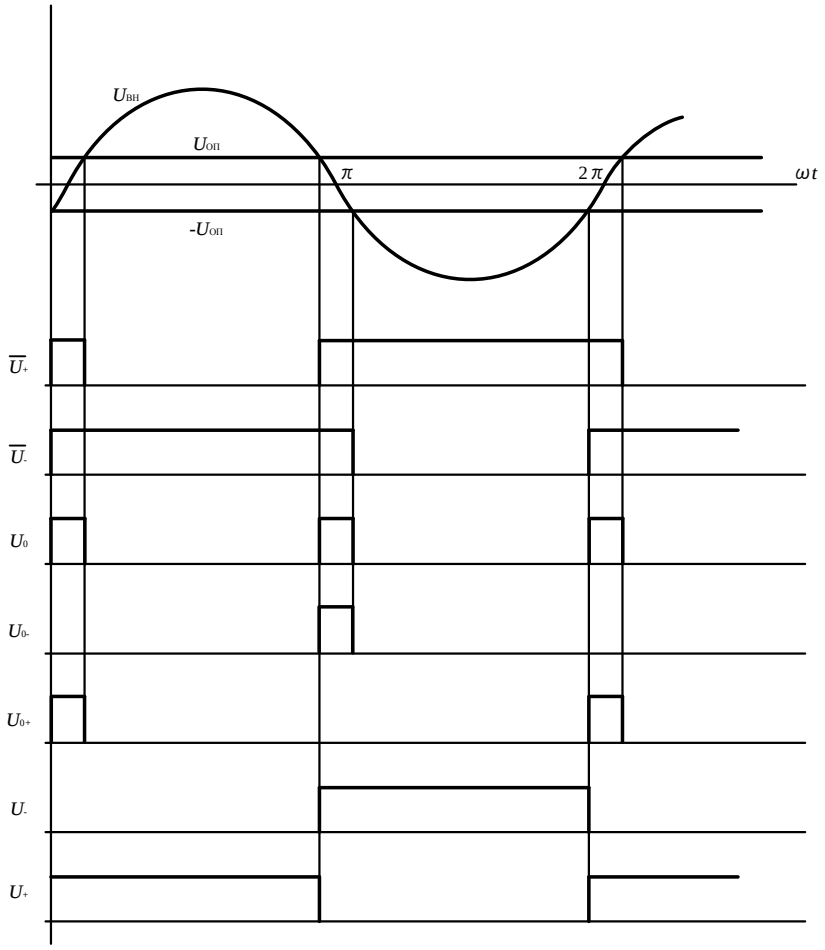


Рис. 3. Диаграммы датчиков высокого напряжения

Кроме того в алгоритмы управления заложены следующие режимы:

- управление синфазное используемое при симметричной нагрузке;
- управление пофазное, позволяющее симметрировать выходные токи и напряжения;
- управление дискретное с точностью в 5% переключением отводов обмоток трансформатора;
- управление плавное на основе алгоритма двухзонного регулирования[1];
- управление местное непосредственно с пульта управления в зоне трансформаторной подстанции;
- управление удаленное через систему ААСУ;
- управление ручное;
- управление автоматическое с установкой заданных параметров.

Система защиты ТТРНМ ОТ выдает сигнал управления на отключение высоковольтного выключателя в следующих случаях:

- внешнее короткое замыкание;
- короткое замыкание одной ступени;
- отсутствие напряжения синхронизации любой из фаз;
- открытие дверей шкафа управления;
- превышение заданных параметров системы контроля состояния трансформатора.

На рис.4 приведена структурная схема ТСУ

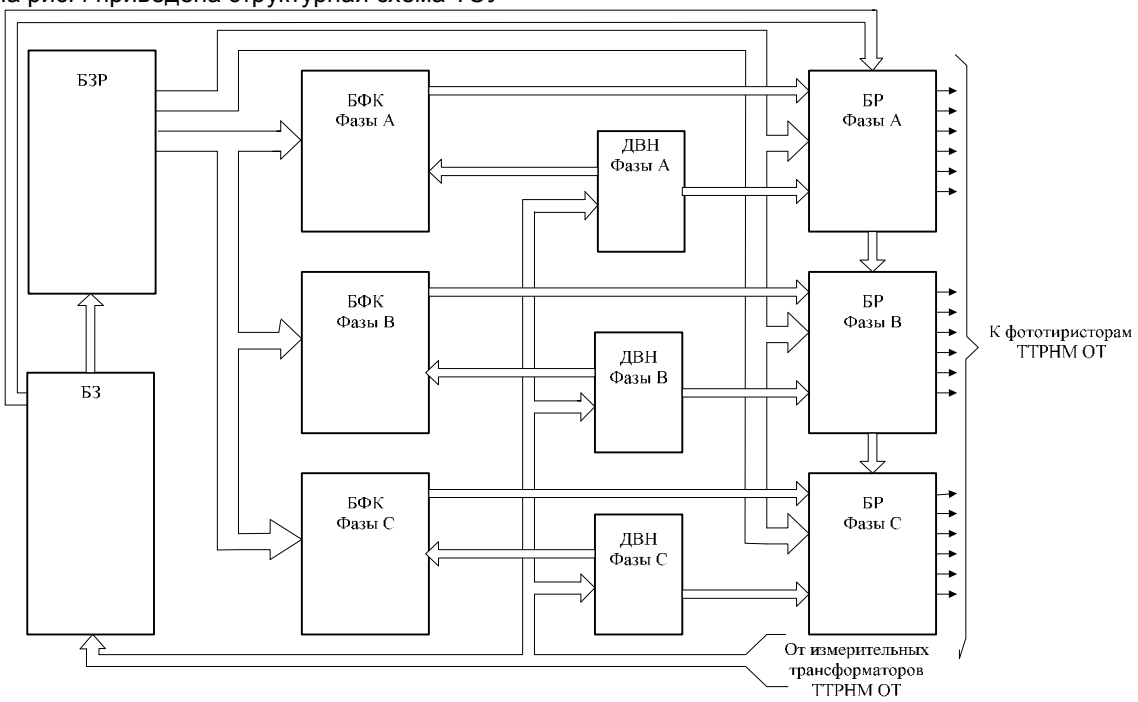


Рис. 4. Структурная схема технологической системы управления

В данной схеме присутствует блок задания режимов (БЗР) и блок защиты (БЗ). Решение о установках при регулировании принимают блоки формирования команд (БФК). Сигналы синхронизации вырабатывают датчики высокого напряжения (ДВН). Регулирование и углы управления силовыми тиристорами осуществляют блоки регулирования (БР).

На рис.5 показан фрагмент панели управления программы контроллера

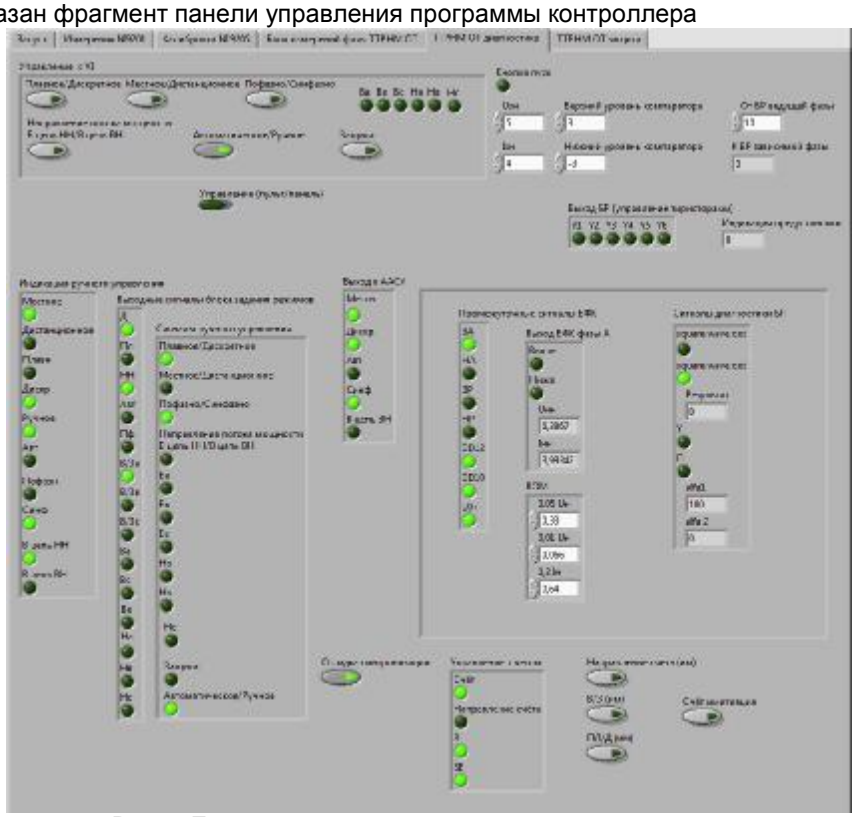


Рис. 5. Панель управления программы контроллера

На рис.6. фрагмент программы контроллера модуля измерений.

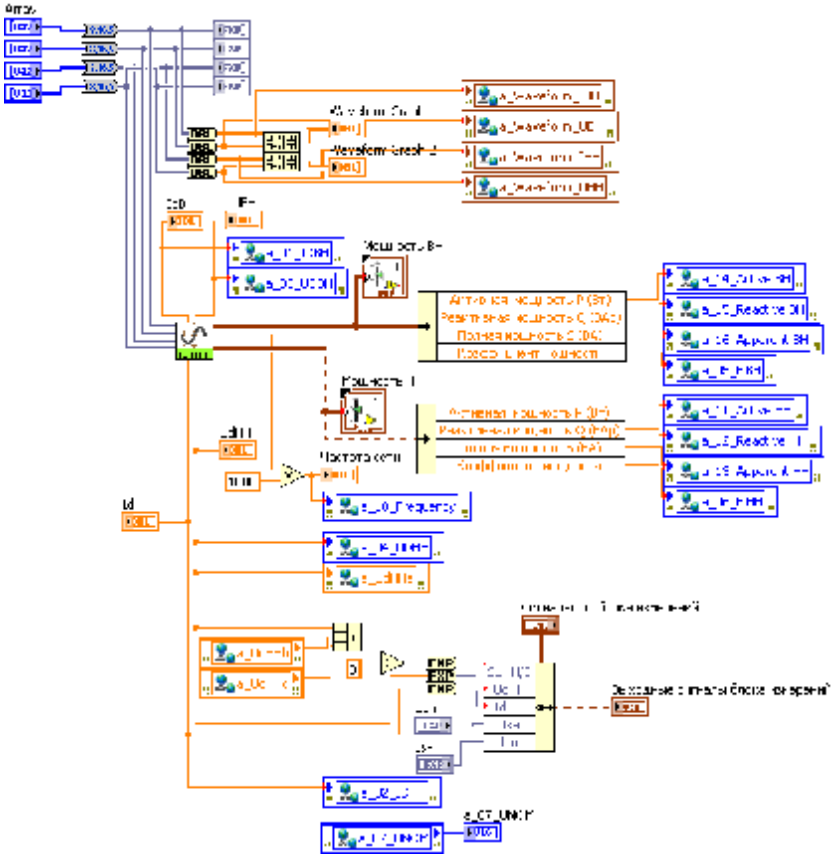


Рис. 6. Модуль измерений

В настоящий момент идут наладочные работы по пуску созданной установки. Общие выводы делать рано, но уже сейчас можно сказать, что выбор платформы CompactRIO позволил в сжатые сроки разработать сложную многофункциональную систему управления.

4. Внедрение и его перспективы

Работы по созданию интеллектуальных сетей в России требуют разработки новых подстанций. На данном этапе выполнена опытно-конструкторская разработка. На рис. 7,8.9 приведены фотографии трансформатора с расщеплённой обмоткой, внешнего и внутреннего вида шкафа управления.

Рис. 7. Трансформатор с расщеплённой обмоткой

Рис. 8. Внешний вид шкафа ТСУ

Рис. 9. Внутренний вид шкафа управления

Дальнейшее развитие планируется на уровне передачи реализованных идей в проектные организации для создания конструкторской документации и серийного выпуска ТТРНМ ОТ.

5. Список литературы

1. Асабин А.А. Патент на изобретение RU №2398342 C1, опубл. 27.08.2010.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.П. Пилипенко[1], А.В. Пилипенко[2]

1. ФГБОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК», г. Орел
2. ОАО «Карачевский завод «Электродеталь», г. Карачев

1. Постановка задачи

Любые промышленные и производственные предприятия стремятся выжить в борьбе за конкурентоспособность и достичь главной цели – извлечение прибыли, и для достижения своей цели многие управляющие и директора предприятий стремятся внедрить автоматизированные системы управления производством и/или технологическим оборудованием с целью повышения производительности, уменьшения связанного капитала и операционных расходов. Однако, как показывает всероссийская и международная практика, внедрение автоматизированных систем управления производством не всегда является панацеей, а наоборот может ускорить банкротство предприятия. Если учесть, что внедрение таких систем по стоимости обходится в суммы более чем шестизначные, а по времени затягивается на несколько лет, то открывается совсем другая картина, призывающая к поиску другого решения. Другой способ решить поставленные задачи заключается в усовершенствование существующей, не автоматизированной, системы управления производством, на основе анализа полной информации об эффективности всех технологических процессов и используемом технологическом оборудовании.

Целью данной работы является повышение производительности, уменьшение связанного капитала и операционных расходов, за счет внедрения автоматизированной системы анализа эффективности использования технологического оборудования на всех участках и цехах производственного предприятия.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW с модулями NI LabVIEW Real Time и т.д. Для реализации системы был использован процессорный модуль фирмы National Instruments серии CompactRIO с аналоговыми и цифровыми модулями ввода\вывода.

3. Описание решения

Анализ технологической документации и поиск по научно-технической литературе выявил, что для достижения цели перед системой ставятся следующие задачи:

1. Сбор, обработка, хранение и представление информации:
   - о количестве используемого технологического оборудования на участках в цехах;
   - о качестве работы технологического оборудования;
   - о количестве изготовленных изделий или произведенных операций;
   - об установленной оснастке на технологическом оборудовании;
   - о количестве бракованных изделий;
   - об износе технологического оборудования и оснастки
   - о результативности труда операторов технологического оборудования.
2. Автоматическая генерация отчетов и резервное копирование на удаленный сервер.
3. Чтение файлов отчетов и вывод обновленных данных в специализированных индивидуальных интерфейсах, установленных у мастеров участков и начальников цехов.
4. Выдача рекомендаций по техническому обслуживанию оборудования и оснастки.
5. Интеграция с автоматизированной системой управления производством.

Для реализации системы выбрана среда графического программирования LabVIEW, т.к. программы, разработанные в LabVIEW, отличаются простотой и наглядностью. LabVIEW - специализированная среда разработки программного обеспечения для инженеров, операторы в которой представляются в виде графических блоков, привычных для любого инженера по автоматизации, а наборы виртуальных приборов, элементов управления и отображения информации позволяют разработать эргономичный интерфейс с оконным режимом для каждого цеха и участка.

Система включает в свой состав программную и аппаратную части.

Программная реализация состоит из двух компонентов:

1. В PC-контроллерах цехов отвечающих за снятие данных с оборудования, обработку информации и формирование отчетов.

2. В компьютерах мастеров и начальников цехов интерфейс оператора, который отображает информацию по их участкам и технологическим процессам.

Аппаратная часть включает следующие элементы:

1. PC - контроллер – неттоп или ПК и устройства сбора данных компании National Instruments.
2. Конвертеры COM – USB.
3. Концентраторы USB.
4. Персональные компьютеры.
5. Электронные компоненты: операционные усилители, трансформаторы, реле и т.д.

В соответствии с описанной концепцией разработана общая схема автоматизированной системы контроля эффективности использования технологического оборудования (рис. 1).

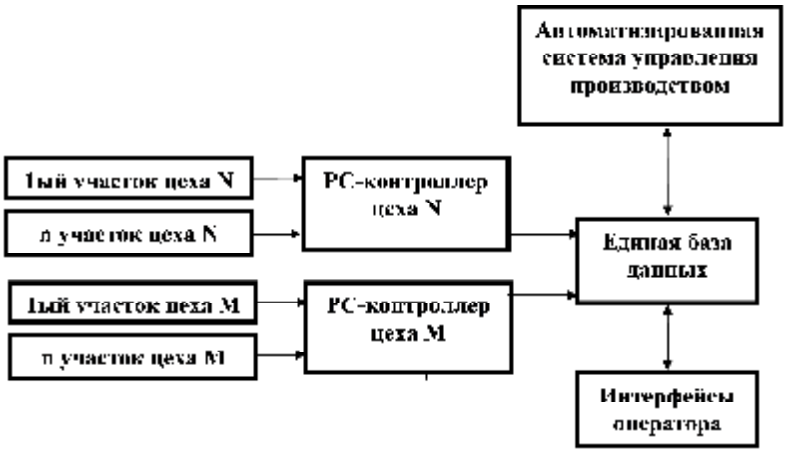


Рис. 1. Общая схема системы

Аппаратная часть подключается к технологическому оборудованию одним из двух способов, в зависимости от гарантийных обязательств выставленных производителем и особенностей оборудования. Первый способ основывается на протоколах обменах данными и интерфейсах установленных на технологическом оборудовании, например Modbus, DCON, RS-232 и т.п. Второй способ базируется на подключении к датчикам и концевым преобразователям технологического оборудования. Программа, разработанная для PC-контроллеров, производит сбор информации с технологического оборудования; производит первичную обработку данных и перевод в физические величины; создает запросы для ftp – сервера с помощью встроенного ftp-клиента windows на обновление и создание управляющих файлов, в которых находится информация по приоритетному оборудованию, времени обновления, нормам и технологическим параметрам и т.п.; сравнивает собранную информацию с нормами из файла; производит привязку оборудования к перечисленной оснастке с датой замены и ремонта из файлов; рассчитывает количество произведенных изделий; формирует и отправляет на ftp-сервер отчет.

Программа, устанавливаемая на компьютеры мастеров участков и начальников цехов также разработана на LabVIEW и работает по средствам ftp-запросов и обмена управляющими и информационными файлами. Такой модульный принцип позволяет разграничить возможности системы и не привязывать предприятие к одному специалисту, разрабатывающему эту систему, а также при необходимости информацию с таких файлов на ftp-серверах можно использовать во всех информационных системах предприятия. Копирование на удаленный сервер реализуется посредством ftp-запросов, отправляемых через встроенный в Windows ftp - клиент, для вызова которого существует подпрограмма System Exec.vi (рис. 2). Программа интерфейса открывает информационные файлы, получает и выводит обработанную информацию, запускает счетчики износа, производит вычисления по эффективности и анализ простоя оборудования на участках, формирует информационные запросы и информационные файлы о замене оснастки, а также определяет качество труда операторов методом сравнения с нормачасами.

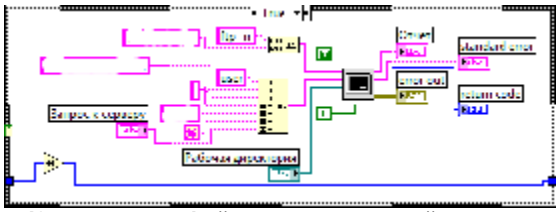


Рис. 2. Копирование файлов на удаленный сервер

Программа интерфейса начальника цеха (рис. 3) предоставляет информацию по каждому участку в открывающихся диалоговых окнах при нажатии на кнопку нужного участка. По условию открывается участок термопластавтоматов и выводится самая необходимая информация, остальная же информация может быть сформирована в *.txt файл при нажатии кнопки «Создать отчет». Обновление информации происходит автоматически по установленной задержке, но может быть произведено при нажатии кнопки обновления.

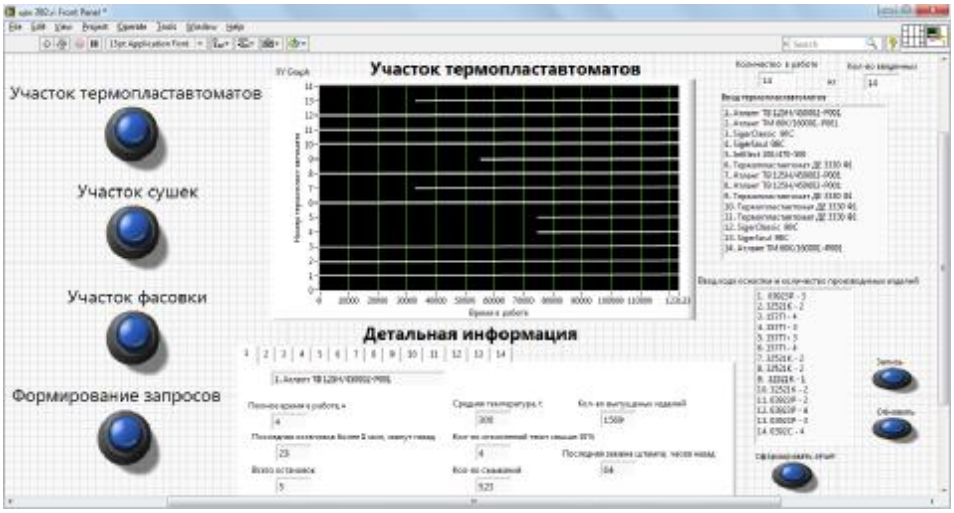


Рис. 3. Лицевая панель программы интерфейса начальника цеха

Система позволяет проанализировать работу участков и цехов, а также учесть много важных параметров, присущих индивидуально каждому технологическому процессу. Использование автоматизированной системы контроля эффективности использования технологического оборудования позволяет: вести учет использования оборудования, повысить контроль на участке и вести отчеты о выполнении технологических операций, уменьшить простой оборудования, получать информацию о количестве выпущенных изделий, получать информацию о замене и износе оснастки, подключить технологическое оборудование к системе управления производством. Внедрение автоматизированной системы контроля эффективности использования технологического оборудования занимает от нескольких месяцев до полугода, а представляемая системой информация при верном управлении начальников цехов и мастеров участков, позволяет повысить производительность, уменьшить связанный капитал и операционные расходы.

4. Внедрение и его перспективы

Результаты работы внедрены в учебный процесс и используются при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Теория автоматического управления» и «Автоматизация технологических процессов и производств», а также внедряются на предприятие ОАО «Карачевский завод «Электродеталь». Часть результатов исследований представлена в отчетах по работам, проводимых в рамках Государственного контракта № 11151 «Развитие теории автоматического управления нестационарным технологическим процессом деформирования».

5. Список литературы

1. А.Я. Суранов, LabVIEW 7: справочник по функциям. Москва.: ДМК Пресс, 2005. 512 с.
2. А.В. Пилипенко, Промышленные АСУ и контроллеры, № 4, стр. 63-69, 2013.
3. N.B. Gorbachev, XVI International Technology Institute/ New Computer in Education.:Troisk, June, 28-29, 2005., 95-96 s.

НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДВОДНОГО БУКСИРУЕМОГО АППАРАТА НА БАЗЕ COMPACTRIO

Д.А.Ченский, А.Г. Ченский

ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск

1. Постановка задачи

Озеро Байкал самое большое пресноводное озеро мира. Для изучения морфологии дна и поиска газовых гидратов, необходимо буксировать за кораблем гидролокатор бокового обзора. Гидролокатор позволяет получить теневую картину донной поверхности. По данным гидролокатора на озере Байкал найдено более 10 грязевых вулканов, в нескольких из них находятся газовые гидраты. Для построения точной карты с гидролокатора бокового обзора необходимо точно знать координаты буксируемого аппарата. Навигационная система позволяет измерять наклонную дальность и выводить данные на компьютер, так же записывать данные в файл. Система считывает данные с GPS, данные глубины прибора и измеряет наклонную дальность. По всем перечисленным параметрам вычисляет координаты буксируемого аппарата.

2. Оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение для решения поставленной задачи было выполнено в среде программирования NILabVIEW 13. Для реализации комплекса было использовано следующее оборудование:

- платформа NIcRio9101;
- контроллер 9012;
- АЦП 9205;
- Приемник GPS/ГЛОНАСС;
- Приемные и передающие антенны;
- Усилители.

3. Описание решения

Навигационная система, выполненная на cRIO, позволяет определять координаты буксируемого подводного аппарата. Для измерения координат буксируемого аппарата необходимо знать координаты корабля, наклонную дальность до подводного аппарата и его глубину. Координаты корабля определяются системой GPS/ГЛОНАСС с внесением дифференциальных поправок, что позволяет достичь, точность не менее 15 см. Наклонная дальность рассчитывается от времени между посылкой и приемом сигнала с подводного аппарата. На буксируемом аппарате установлена передающая антенна, которая отсылает посылку частотой 18 кГЦ. Одновременно с отправкой посылки с буксируемого аппарата по кабель тросу, передается синхросигнал, который запускает счетчик. На судне установлена приёмная антенна. Остановка счетчика выполняется по приходу сигнала, на приемную антенну, которая находится на корабле. После этого рассчитывается наклонная дальность до буксируемого аппарата. По кабель тросу передается измерительные данные аппарата, а так же показания датчика глубины. По полученным данным производится расчет положения подводного буксируемого аппарата.

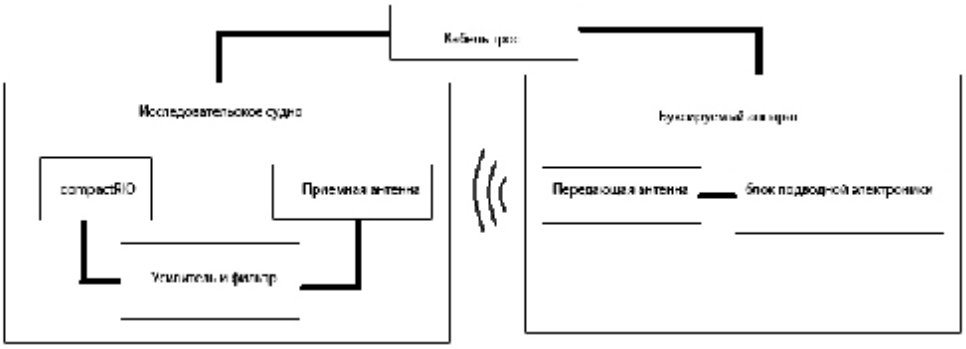


Рис. 1. Блок схема, навигационной системы

Рис. 2. Буксируемый аппарат гидролокатор бокового обзора

Для вычисления координат используется GPS, установленная на корабле. По показаниям наклонной дальности и глубины, вычисляется положение гидролокатора. Для измерения наклонной дальности, на буксируемом аппарате установлен передатчик, на корабле приемник звукового сигнала частотой 18 кГц.

4. Внедрение и его перспективы

Дополнение к гидроакустической системе поиска и мониторинга газовых гидратов (государственный контракт № 16.525.11.5013).Применение данной системы, возможно для любых буксируемых подводных аппаратов, после установки приемных и передавших антенн и усилителей.

5. Список литературы

1. Бреховских Л.М. Акустика океана / Наука,1982.
2. Что такое CompactRIO [Электронный ресурс] / LabVIEW– режим доступа http://www.labview.ru/products/articles/307/1688, свободный.
3. Баран Е.Д. LabVIEWFPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы./ Москва ДМК Пресс,2009.
4. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabVIEW / Москва ДМК Пресс, 2010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИБРИДНОЙ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОНОБЛОЧНОЙ ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ С ВОВЛЕЧЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СРЕДЕ LABVIEW

С.К. Кумызбаева[1], В.В. Стояк[1], К.Е. Рахимов[2]

1. Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи», г. Алматы

2. Казахский национальный технический университет имени К. Сатпаева, г. Алматы

1. Постановка задачи

При проектировании гибридной автоматизированной системы энергоснабжения (далее ГАСЭ) на основе моноблочной тригенерационной установки (далее МТГУ) и возобновляемых источников энергии необходимо произвести качественный анализ эффективности включения каждого источника энергоснабжения в систему. Поэтому стоит задача разработки программы моделирования процесса работы МТГУ, с помощью которой производится расчет энергетических балансов и технических характеристик оборудования МТГУ и ГАСЭ с целью оптимизации выбора оборудования МТГУ и ГАСЭ. Программа моделирования реализована в среде графического программирования LabView 8.5 фирмы National Instruments.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи» (далее АУЭС), научно-исследовательский сектор, лаборатория «Нетрадиционные возобновляемые источники энергии и интенсивное энергоснабжение» (далее НВИЭИЭ)

3. Описание решения

Понятие гибридной системы, ее состав. Специфика возобновляемых источников энергии.

ГАСЭ представляет собой комбинацию из генерирующих мощностей на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ): фотоэлектрических панелей (ФЭП), солнечных коллекторов (СК), ветровых генераторов (ВГ), гидро-электростанций (микроГЭС), а также моноблочную (модульную) тригенерационную установку (МТГУ) с аккумуляторной станцией (АКБ) и баком аккумулятором (БА). Конструкция МТГУ представляет собой тепловой двигатель, электрический генератор, компрессионный и/или абсорбционный тепловой насос, геотермальный коллектор и/или другой источник низкопотенциального тепла, т.е. систему тепло -,холодо – и электроснабжения и необслуживаемую систему автоматического управления.

Эффективность выработки энергии ВИЭ варьируется, т.к. каждый элемент ВИЭ обладает индивидуальными специфическими условиями выработки энергии[1]. Наличие встроенного МТГУ позволяет не зависеть от погодных и других природных и климатических условий (продолжительное отсутствие достаточного количества ветра, солнца), при этом расход горюче-смазочного материала будет минимальным.

Тепловая нагрузка зависит от времени года: максимально в зимние периоды и минимально в летние, ГВС же приблизительно одинаково(см рисунок 1) Электрическая нагрузка изменяется в зависимости от суточного времени, но не от времени года(см. рисунок 2).

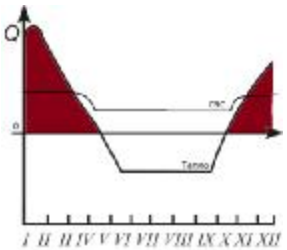


Рис. 1. Потребления тепловой энергии и ГВС в течение года

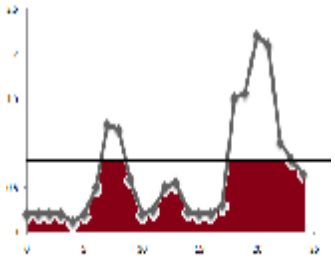


Рис. 2. Потребление электрической энергии за сутки

Данные по энергопотреблению необходимы для расчета параметров оборудования, бака аккумулятора тепловой энергии и аккумуляторной станции электрической энергии.

Оптимизация выбора оборудования ГАСЭ

Разработка экспертной исследовательской системы оптимизации выбора оборудования для электро- и теплоснабжения необходима для получения оптимального набора оборудования при

минимальной стоимости и максимальной мощности выработки энергии. Предполагается, что Программа станет доступной для больших групп пользователей, в том числе нетехнических лиц, принимающих решения.

При работе в Программе пользователь определяет необходимое оборудование ГАСЭ и его количество (см. рисунок 3), загружает исходные данные: по солнечной радиации, скорости ветра, наличии водоемов (рек, озер, морей). Или, опираясь на территориальные условия размещения ГАСЭ, закладывает данные по широте, долготе местности и высоте относительно уровня моря(см. рис. 4).

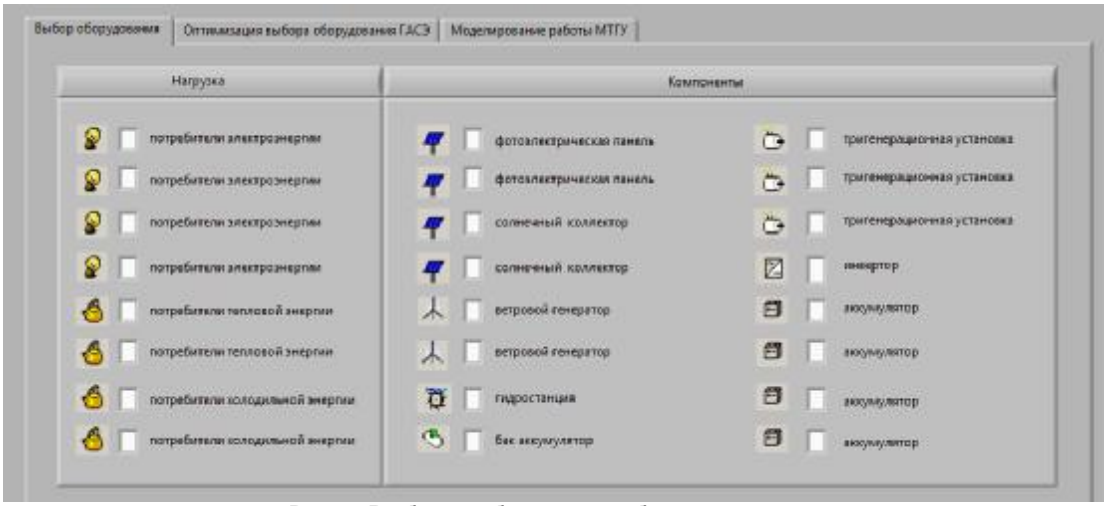


Рис. 3. Выбор необходимого оборудования

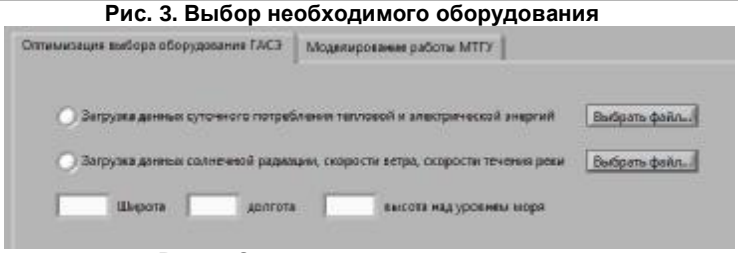


Рис. 4. Загрузка исходных данных

Программа выдает расчеты с учетом выбранного оборудования и сообщает о тех единицах оборудования, которые не целесообразно включать в систему.

При оптимизации выбора оборудования МГТУ и ГАСЭ используется метод линейного программирования[2]:

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{1}$$

При условиях:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i,\ i = 1,2,\dots,m; \tag{2}$$

$x \ge 0, j = 1,2,\dots,n.$

По двум критериям:

1) Оптимизация мощности оборудования:

$$\sum_{j=1}^{n} N_i^{\ni} x_{oб} \le b^{\ni н}, \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} N_i^{T} x_{oб} \le b^{Tн}, \tag{4}$$

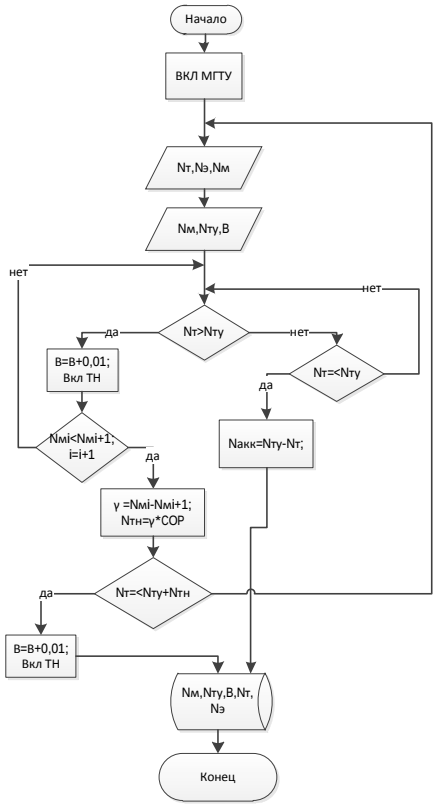
2) Оптимизация стоимости оборудования:

$$\sum_{j=1}^{n} S_i x_{oб} \le b^{Sн}, \tag{5}$$

Моделирование и оптимизация режимов работы МГТУ

Расчетные и аналитические данные Программы «*оптимизации выбора оборудования ГАСЭ*» используются при моделировании и оптимизации режимов работы МТГУ и ГАСЭ. АСУ Программы содержит: АСУ ТП электро-, тепло- и хладоснабжение; САУ системы оптимизации работы МТГУ; САУ

оптимизации выбора оборудования МТГУ; САУ оптимизации выбора оборудования ГАСЭ и верхний уровень управления от ЭВМ; АСУ беспроводной передачи сигнала.



Программа «оптимизации выбора оборудования ГАСЭ» предназначена для компьютерного моделирования, которая упрощает задачу проектирования распределенной генерации, выполняет расчеты энергетического баланса для каждой конфигурации системы. Позволяет оценить стоимость и наличие энергетических ресурсов, экономическую и техническую возможность и учитывать изменения в технологии. Обеспечивает строго хронологическое моделирование и оптимизацию модели, является относительно простым и легким в использовании, что позволяет адаптироваться к широкому спектру проектов. Для крупных систем энергоснабжения, Программа может служить инструментом обзора, который позволяет сравнить стоимость и целесообразность различных конфигураций, обеспечить моделирование технических характеристик. Разрабатываемый программный комплекс является универсальным инструментом при проектировании энергоснабжения жилищных хозяйств и промышленных предприятий на основе нетрадиционных источников энергии. Предполагает быстрые, легкие и качественные – моделирование и расчет разрабатываемой энергосистемы, включая технические особенности каждой энергосистемы.
При моделировании процесса работы МТГУ (алгоритм программы изображен на рисунке 5) данные об электрической и тепловой нагрузках Nэ иNт соответственно, фиксируются (см. рисунок 6) и их значения подаются на МТГУ.

Рис. 5. Алгоритм программы «Моделирование процесса работы МТГУ»

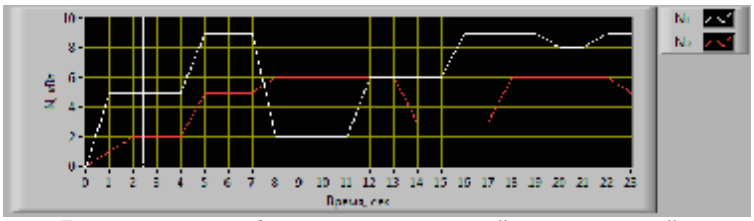


Рисунок 6 – Данные по потреблению электрической Nэ и тепловой Nт мощности

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде графического программирования NI LabVIEW 8.5 с модулем NI LabVIEW Real Time. Для реализации системы была использована платформа NI cFP с контроллером реального времени NI cFP-2020 и NI cFP-1808.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Программы успешно внедряется в рабочий процесс лаборатории «НВИЭИЭ» АУЭС

6. Список литературы

1. Болотов А., Болотов С., Школьник В., Цацин Д., Бакенов К. Ветроэнергетика автономная, системная, масштабы, инновации, Журнал Энергетика, №3 (42), (2012).
2. Терехов Л.Л. Экономико-математические методы, «Статистика», (359), 1972.

СТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ «NATIONAL INSTRUMENTS» В МНОГОФАЗНОМ РАСХОДОМЕРЕ «DIP»

С.В. Шумилин, В.Н. Шумилин, А.В. Филиппов, И.В. Филиппова

«Петролеум Технолоджи», Ульяновск

На территории РФ действуют основной документ, определяющий порядок учета добытой нефти [1]:

ГОСТ Р 8.615-2005 «Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования»

Документ подразумевает постоянное применение средств измерения на каждой скважине в соответствии с выбранным режимом работы. Но сложилось устойчивое мнение специалистов, что выполнение требований указанных документов невыполнимо :

1. Измерения с применением сепараторов ограничены по производительности и стоимости;
2. Измерения бессепарационным методом ограничены стоимостью и сложностью.

Принято считать, что в настоящее время не существует многофазных расходомеров с приемлемой стоимостью от 10 до 50 тысяч долларов и без ограничений по свойствам многофазной жидкости (сырой нефти).

Компания «Петролеум Технолоджи» (Ульяновск) разработала принципиально новый способ и устройство измерения многофазной жидкости на основе анализа пассивно-акустических колебаний (вибрации) трубопровода по которому перекачивается указанная жидкость. Многофазный расходомер DIP – устройство для бессепарационного измерения расхода газа, нефти и воды на устье нефтедобывающей скважины.

Преимущества:

- соответствует требованиям ГОСТ Р 8.615-2005;
- не имеет ограничений по свойствам потока;
- не требует врезки в трубопровод;
- не требует постоянного доступа к лаборатории;
- не требует присутствия обслуживающего персонала;
- мобильность, модульность и масштабируемость системы;
- стоимость около $10 000 за единицу.

Относительная погрешность измерения каждой фазы ± 2%

Рис.1. Внешний вид расходомера, установленного на устье скважины

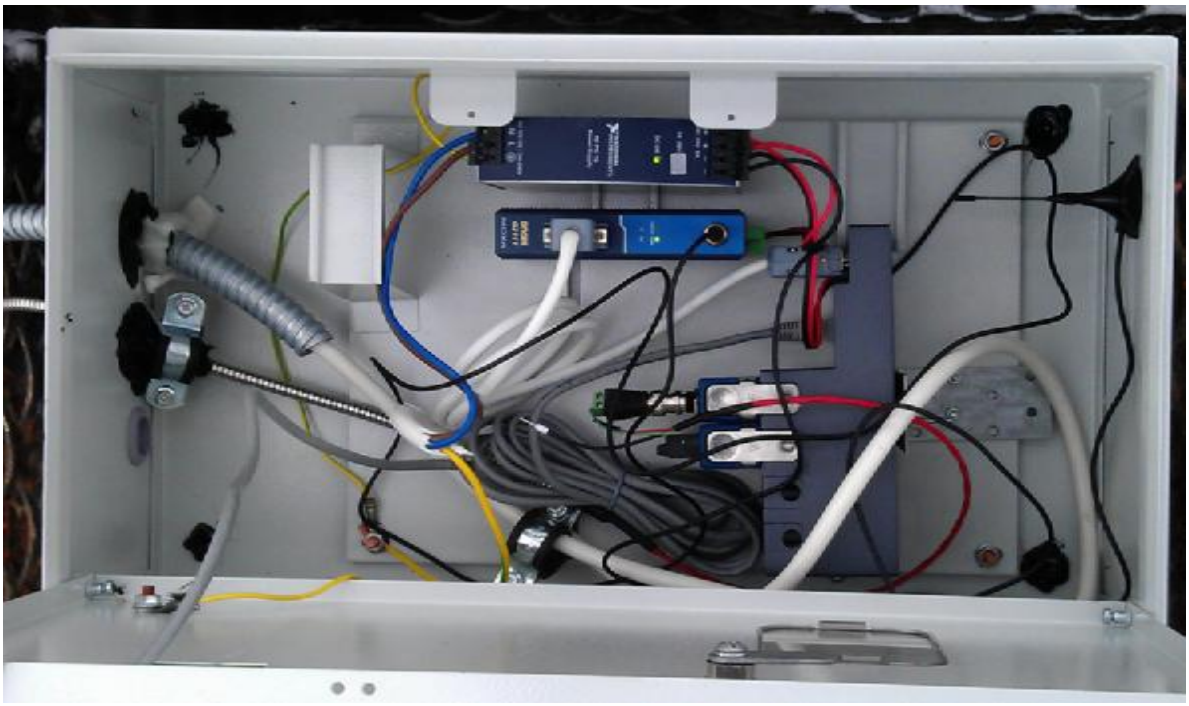


Рис.2. Расположение блоков National Instruments в монтажном ящике

Рис.3. Установка датчика вибрации на трубопроводе (вид на задвижку и манометр)

Рис.4. Установка датчика вибрации на трубопроводе (вид на ГЗУ)

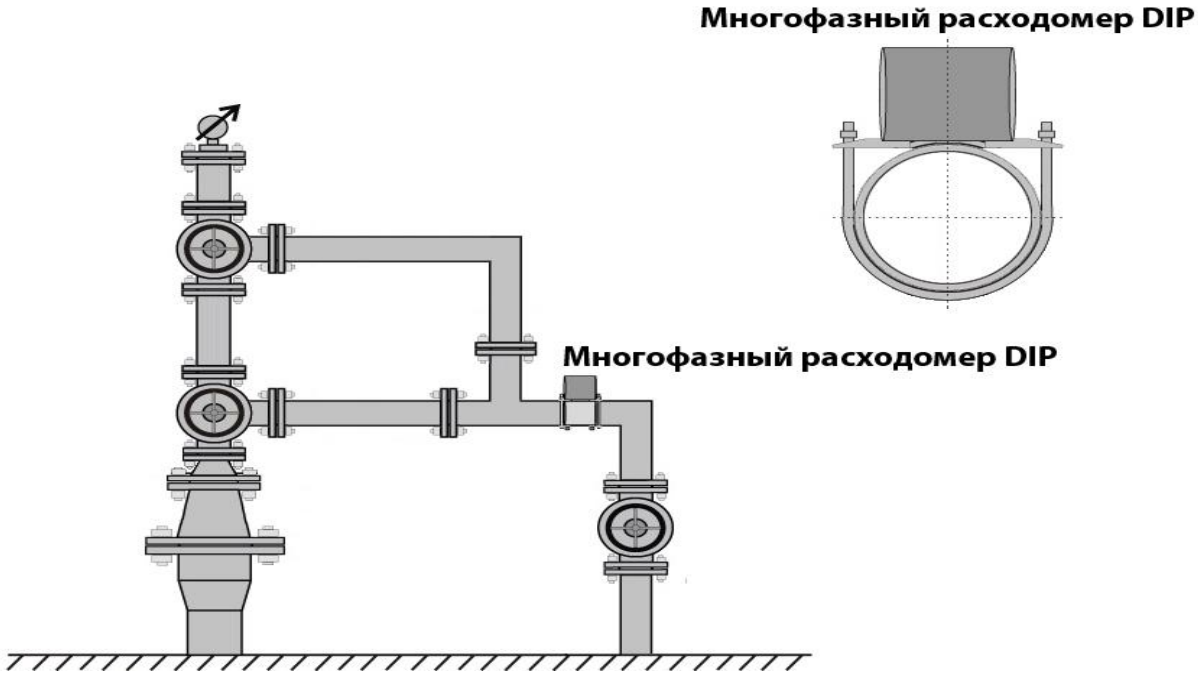


Рис. 5. Схема крепления многофазного расходомера DIP на устье скважины

Рис. 6. Схема передачи данных от многофазного расходомера DIP

Проведенные стендовые испытания:

- исследования на соответствие требованиям ГОСТ Р 8.615-2005 на Государственном эталоне ГЭТ 195-2011 во ФГУП "ВНИИР";
- испытания на водопроливной установке в ООО "ЦМР" (ОАО "Татнефть");
- исследование многофазного расходомера на стенде в "Технопарк БашГУ".

Проведенные полевые испытания:

- тестовые испытания в производственных условиях на нефтедобывающих и разведочной скважинах ООО "ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь" (г. Когалым);
- испытания на нефтегазовой скважине ОАО "Татнефть";
- испытания на газоконденсатной скважине 4060 (Севернефть, Н. Уренгой);
- испытания на нефтегазовой скважины 5 (Комнедра, Усинск).

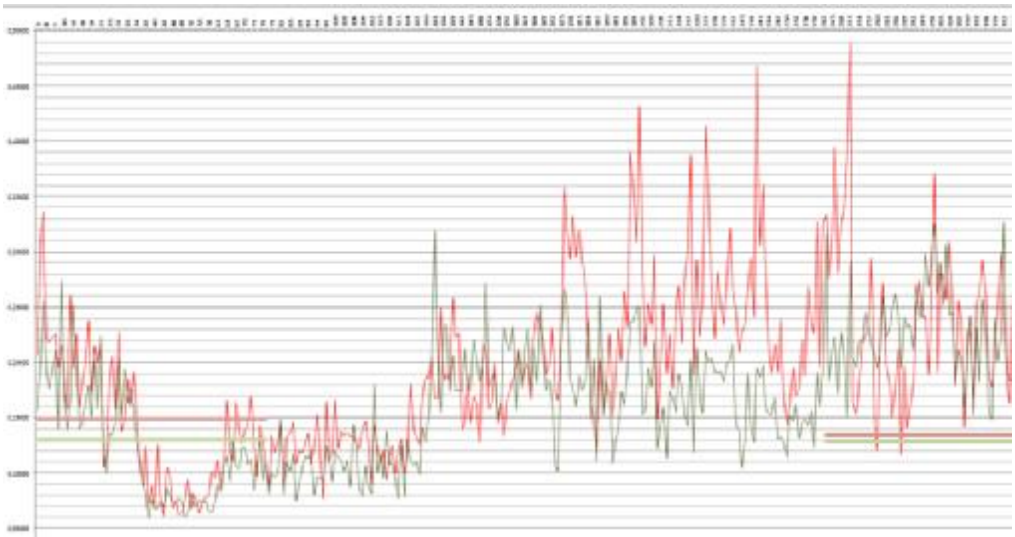


Рис.7. Запись ежесекундного изменения состава многофазной жидкости (нефть-вода) на основании измерений многофазным расходомером DIP. Пример записи измерений многофазной жидкости на нефтегазовой скважине 9247 (Лукойл –Западная Сибирь)

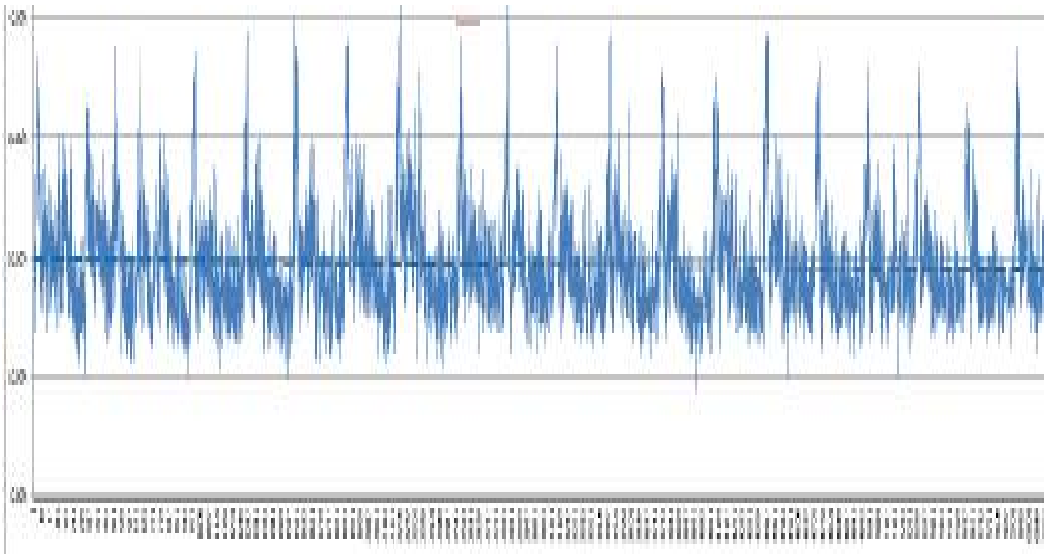


Рис. 8. Запись ежесекундного изменения обводненности многофазной жидкости на основании измерений многофазным расходомером DIP

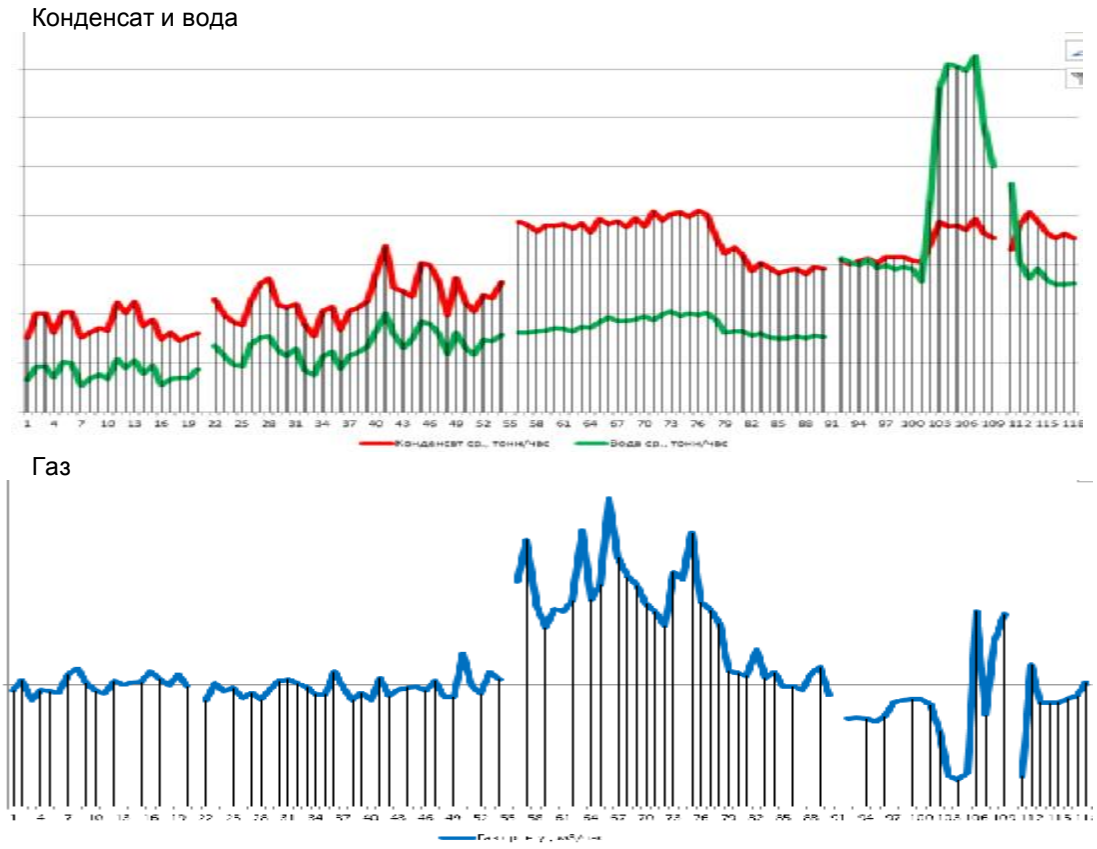


Рис.9. Пример записи дебита газоконденсатной скважины 4060 (Севернефть, Н. Уренгой)

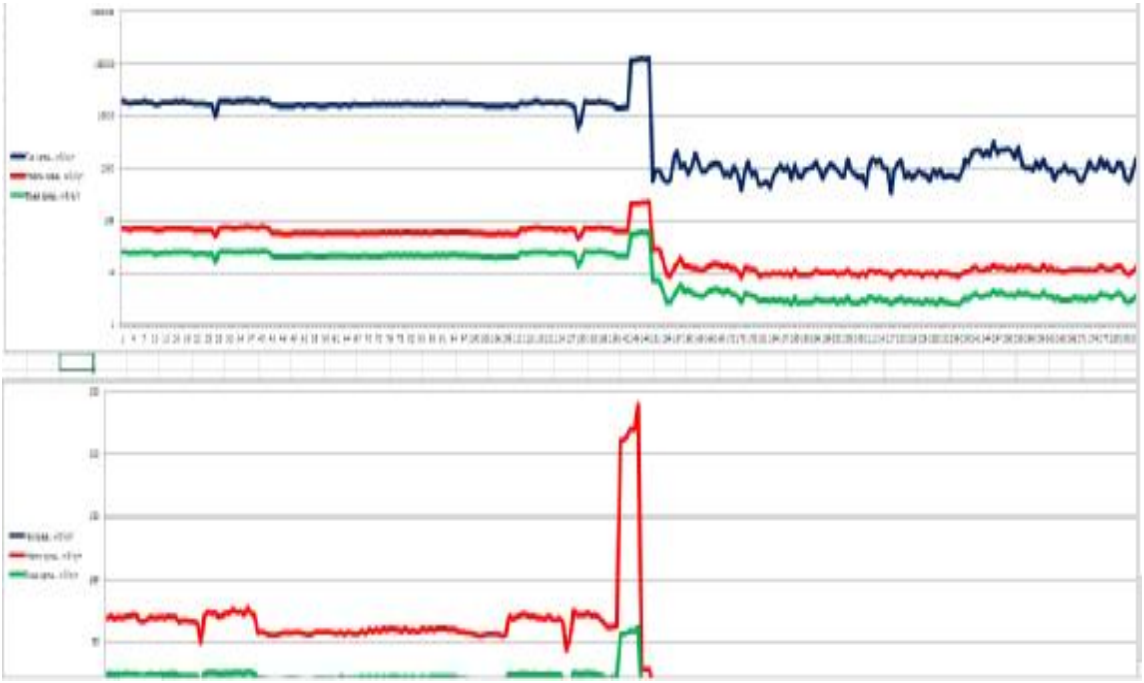


Рис.10. Пример записи дебита нефтегазовой скважины 5 (Комнедра, Усинск)

Табл. 1. Технические характеристики элементовмногофазного расходомера DIP

Датчик вибраций	
Тип датчика	накладной (не требует остановки работы скважины, не требует врезки в трубопровод, не требует зачистки поверхности трубы).
Место крепления	устье скважины, манифольд или АГЗУ
Способ крепления	хомуты или магниты
Тип корпуса	металлический или пластиковый
Степень защиты корпуса	IP65, корпус обеспечивает защиту от: доступа к внутренней электронике руками, проволокой и инструментом; попадания внутрь твёрдых предметов и пыли; водяных струй с любого направления.
Ш*Г*В, вес корпуса	50мм*50мм*50мм, 100гр.
Способ передачи данных	коаксиальный кабель в пластиковой или металлической оболочке с BNC-коннектором
Частота получения информации	до 5кГц

Табл.1.1.

Контроллер	
Место крепления	площадка (рядом с местом крепления датчика вибраций)
Способ крепления	хомуты или болтовые соединения
Тип корпуса	металлический или пластиковый
Ш*Г*В, вес корпуса	200мм*100мм*100мм, 500гр.
Способ передачи данных	проводной (RS-232, RS-485, Ethernet или USB) - кабель в пластиковой или металлической оболочке; беспроводной (радио, Wi-Fi или GPRS) - металлическая антенна длиной от 100мм до 3000мм
Степень защиты корпуса	IP65, корпус обеспечивает защиту от: доступа к внутренней электронике руками, проволокой и инструментом; попадания внутрь твёрдых предметов и пыли; водяных струй с любого направления.
Расход электроэнергии	Режим работы 900 mW макс. Режим сна 25 μW макс.

	Тепловое разложение (при 70 °C) Режим работы 930 mW макс. Режим сна 25 µW макс.
Использование в опасных зонах	U.S. (UL) Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, AEx nA IIC T4 Canada (C-UL) Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, Ex nA IIC T4 Europe (DEMKO) Ex nA IIC T4
Стандарты безопасности	IEC 61010-1, EN 61010-1 UL 61010-1, CSA 61010-1
Электромагнитная совместимость	EN 61326 (IEC 61326): Class A emissions; Basic immunity EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions ICES-001: Class A emissions
Сертификаты соответствия CE	2006/95/EC; Директива по низковольтным устройствам 2004/108/EC; Директива по электромагнитной совместимости
Окружающая среда	Рабочая температура (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2) –40 до 70 °C Температура хранения (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2) –40 до 85 °C Рабочая влажность (IEC 60068-2-56) 10 до 90% Влажность при хранении (IEC 60068-2-56) 5 до 95% Максимальная высота 2000 м. Уровень загрязнения (IEC 60664) 2

Табл.1.2.

Дата-центр	
Надежность	Tier 3 (N+1)
Охрана	круглосуточная
Энергопотребление	до 8 кВА (два независимых энерговвода)
Производительность	Процессор 8000 МГц Память 8192 МБ Жесткий диск 50 ГБ Интернет канал 40 Мбит/с
Место размещения	Технопарк в сфере высоких технологий «ИТ-парк» Республика Татарстан, г. Казань, ул. Петербургская, 52

Табл.1.3.

Автоматизированное рабочее место	
Производительность	Процессор от 500 МГц Память от 256 МБ Жесткий диск от 1 ГБ Интернет канал от 1 Мбит/с
Место размещения	По выбору заказчика

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЭС И ДРУГИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЛОКАЛЬНОЙ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТИ (МИНИЭЭС)

А.С. Минасян

"Битлис-МЕН" ООО, Ереван, Республика Армения

1. Постановка задачи

За последнее десятилетие в передовых странах мира начала развиваться технология Smart Grid (интеллектуальная сеть). В настоящее время существуют десятки пилотных проектов.

Ведущая роль, при модернизации электроэнергетики, отводится электрической сети как структуре, которая должна обеспечить надежную связь генерации и потребителя. Новейшие технологии, применяемые в сетях, обеспечивающие адаптацию характеристик оборудования к режимной ситуации, активное взаимодействие с генерацией и потребителями, позволяют создать эффективно функционирующую систему, в которую встраиваются современные информационно-диагностические системы, а также системы автоматизации управления элементами.

Речь идет о создании *Интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС).* Все субъекты данной системы принимают активное участие в процессах передачи и распределения электроэнергии.

Благодаря ИЭС, электрическая сеть из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активный элемент. Параметры и характеристики сети изменяются в реальном времени, в зависимости от режимов работы энергосистемы.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, Кафедра Микропроцессорных средств автоматизации.

3. Описание решения

Система предназначена для имитации работы сети линий электропередач, к которой подключены модели внешних генераторов, потребители и реальные измерительные контроллеры.

Система обеспечивает аппаратный ввод-вывод тока и напряжения (трехфазный сигнал, адаптированный для низковольтных измерительных систем) и допускает включение до 12 внешних узлов (генераторов и потребителей). Схема подключения оборудования показана на Рис. 1:

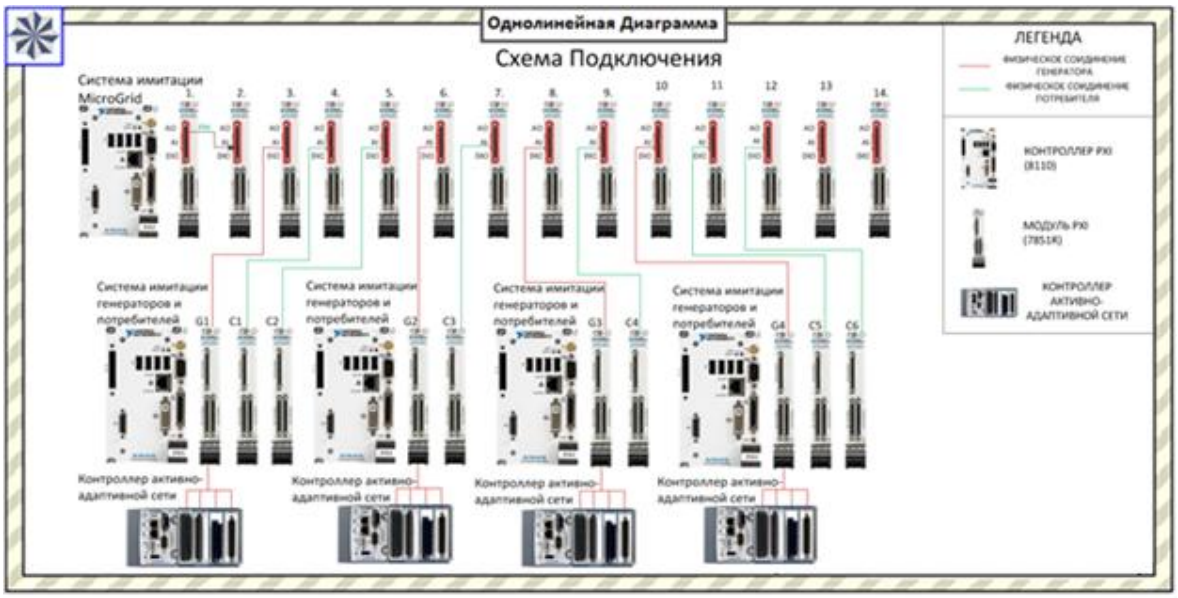


Рис. 1.

Имитация линий электропередачи осуществляется при помощи математической модели, исполняемой на контроллере PXI. Программное обеспечение математических моделей должно обеспечивать (Рис. 2):

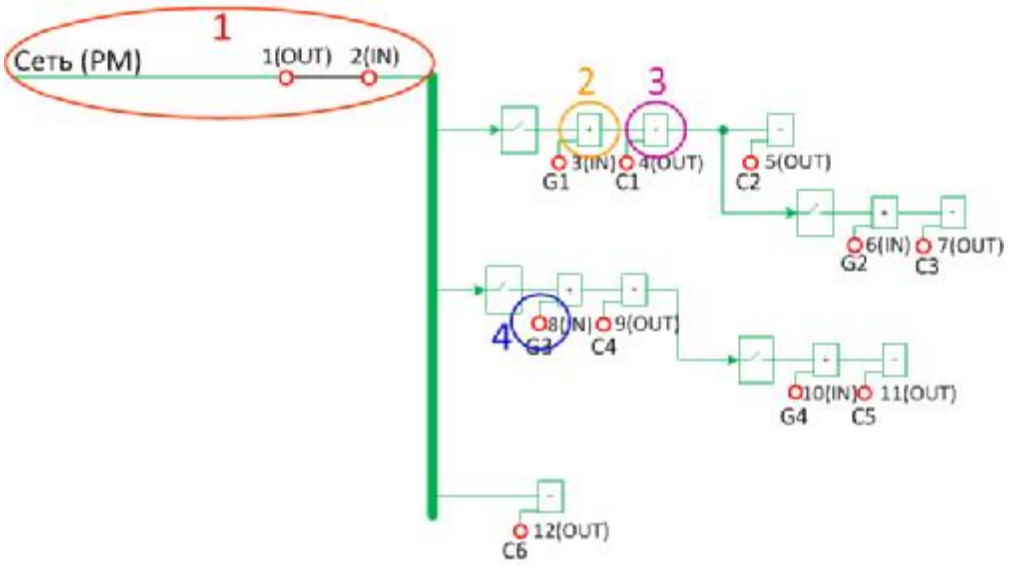


Рис. 2. 1 - получение входных параметров сети, 2 - логическое сложение энергии производимой генератором, 3 - логическое вычитание энергии использованной потребителями, 4 - обмен данными: генерация и сбор синусов, ввод-вывод цифровых сигналов, 5 - распределение требуемой энергии от генераторов, 6 - потери энергии во время передачи по высоковольтным линиям

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

К аппаратным имитационным интерфейсам относятся следующие модули: NI PXI-7851R, NI 9205, NI 9403, NI 9263, NI 9485.

Системы аппаратной имитации генераторов и потребителей включают по одному модулю NI PXI-7851R.

PXI-система включает одну систему аппаратной имитации генераторов, а также одну или две системы аппаратной имитации потребителей.

Система аппаратной имитации интеллектуального контроллера локальной ААС включает в себя:

- 4-ех слотовое шасси cRIO- 9113
- Котроллер NI cRIO-9024,
- а также следующие модули: NI 9205, NI 9403, NI 9263, NI 9485.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

В основе концепции лежат:

- Принцип аппаратного полунатурного моделирования (Hardware-in-the-loop, HIL);
- Технология ПЛИС для аппаратной реализации математических моделей и ввода-вывода сигналов в реальном времени;
- В качестве аппаратной базы выступают платформы NI PXI и NI CompactRIO, допускающие прозрачный переход от полунатурного моделирования к разработке прототипа, а также внедрение готовых изделий измерительной и управляющей автоматики;
- Результатом проекта является среда ААС (МиниЭЭС). Модели генераторов и потребителей просты. Они нужны только для выполнения программы. Пользователь может изменить программу среды, а также усложнить модель в будущем.

6. Список литературы

1. 'Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью' - Москва 2012 год.

2. 'ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ' – 2012.

3. Электрические машины: Учебное пособие / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов 2 том – Москва 1987.

Электрические машины: Учебное пособие / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский 2 том – Ленинград 1972.

СИСТЕМА АППАРАТНОЙ ИМИТАЦИИ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРОВ ГЭС В ЛОКАЛЬНОЙ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТИ (МИНИЭЭС)

А.С. Минасян

"Битлис-МЕН" ООО, Ереван, Республика Армения

1. Постановка задачи

Система предназначена для имитации работы генераторов электроэнергии ГЭС, при проведении полунатурных испытаний измерительной (выходная напряжения, полная мощность и т.п.), управляющей (переключатель) и защитной автоматики (предохранитель) в составе локальной ААС электроснабжения.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, Кафедра Микропроцессорных средств автоматизации.

3. Описание решения

Система рассматривает следующие 3 события:

- Пуск генератора. С помощью входных параметров ГЭС (скорость вращения, вращающий момент и т.д.) пользователь может регулировать параметры (частота, амплитуд и т.д.) выходного напряжения генератора до тех пор, пока выходные параметры напряжения генератора совпадут с параметрами сети.

- Синхронизация и параллельная работа с сетью. После запуска генератора, происходит синхронизация генератора с сетью. После чего генератор подключается к сети и продолжает работать параллельно с сетью. В этом случае возможны две ситуации:

    a. Требуемая мощность больше чем мощность генератора. В этой ситуации система имитации линий электропередачи заполняет разницу с помощью внешней сети.

    b. Требуемая мощность меньше чем мощность генератора. В этой ситуации срабатывает защита. Активное сопротивление преобразовывает излишек мощности в тепловую мощность.

- Работа генератора в автономном режиме. Кроме первых двух режимов, генератор также может работать в автономном режиме (генератор подключен к потребителю и отключен от сети).

Система обеспечивает аппаратный вывод генерируемого тока и напряжения (трехфазный сигнал, адаптированный для низковольтных измерительных систем), а также аналоговые и дискретные входы для подключения внешнего управляющего контроллера.

Система поддерживает аппаратную имитацию синхроний турбогенератор ГЭС: Пуск генератора, Синхронизация и параллельная работа с сетью, Работа генератора в автономном режиме.

Интеллектуальные контроллеры ААС объединяются в централизованную SCADA-систему управления распределением электроэнергии и выполняют следующие функции:

- Измерение следующих параметров: Синус напряжения, Синус тока, Среднеквадратическое значение напряжения, Среднеквадратическое значение тока, Частота, Активная, реактивная и полная мощности, Коэффициент мощности, Векторная диаграмма, Полный коэффициент гармоник (THD), Расход электроэнергии

- Управление генераторами: синхронизация генераторов с сетью электроснабжения

- Подключение генератора к сети

- Управление средствами релейной защиты ААС

Последние 3 функции совместно называются микропроцессорное управление.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

К аппаратным имитационным интерфейсам относятся следующие модули: NI PXI-7851R, NI 9205, NI 9403, NI 9263, NI 9485,

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

В основе концепции лежат:

- Принцип аппаратного полунатурного моделирования (Hardware-in-the-loop, HIL);

- Технология ПЛИС для аппаратной реализации математических моделей и ввода-вывода сигналов в реальном времени;

- В качестве аппаратной базы выступают платформы NI PXI и NI CompactRIO, допускающие прозрачный переход от полунатурного моделирования к разработке прототипа, а также внедрение готовых изделий измерительной и управляющей автоматики;

- Результатом проекта является среда ААС (МиниЭЭС). Модели генераторов и потребителей просты. Они нужны только для выполнения программы. Пользователь может изменить программу среды, а также усложнить модель в будущем.

- Пакет продукта включает в себя исходный код программного обеспечения с комментариями для того, чтобы заказчик в дальнейшем смог развивать модели генераторов и потребителей. Пакет не содержит документации.

6. Список литературы

1. 'Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью' - Москва 2012 год

2. 'ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ' – 2012

3. Электрические машины: Учебное пособие / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов 2 том – Москва 1987

4. Электрические машины: Учебное пособие / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский 2 том – Ленинград 1972

ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЙ МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПОЛНОКУПОЛЬНОЙ ПАНОРАМНОЙ ВИДЕОСЪЕМКИ С ИНТЕРАКТИВНЫМ ПРОСМОТРОМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

С.Е. Васильев, И.М. Филиппов, И.П. Дмитриев, Кэс.А. Огонеров, Кюн.А. Огонеров

СВФУ имени М.К. Аммосова, Республика Саха (Якутия), г. Якутск

1. Постановка задачи

Создание полного эффекта присутствия у наблюдателя (оператора, игрока, зрителя) является одной из наиболее сложных задач в визуальных практиках игровой и киноиндустрии, а также в тренажерах и системах удаленного управления. От эффекта присутствия зависит реалистичность восприятия той или иной информации, а также адекватное реагирование оператора или игрока на критически важную информацию. Во время рабочего сеанса наблюдатель инстинктивно стремится повернуть голову в нужную сторону, но не может это сделать из-за отсутствия соответствующей системы, либо ему приходиться «поворачивать» экран мышкой или джойстиком. Это противоречит рефлексам и повседневной практике человека, и поэтому вызывает дискомфорт и утомление, повышает вероятность совершения ошибок при управлении удаленным рабочим местом. В тренажерах традиционная система зачастую оказывается неприемлемой, так как не вырабатывает необходимых умений и навыков.

Человек, обладая панорамным зрением, имеет возможность поворотом головы произвольно менять ракурс наблюдения. Поэтому планетарии и full-dome системы в наибольшей степени соответствуют визуальной модели реального мира. Панорамная полнокупольная видеосъемка позволяет почти решить эту проблему. Необходимо «только» правильно выполнить визуализацию и демонстрацию контента. Расширить возможности удаленного наблюдателя можно перемещением видеоблока в пространстве. В случае дистанционного управления мобильными объектами корректное и оперативное представление информации является необходимым элементом системы.

Была поставлена задача разработки аппаратно-программного мобильного комплекса с дистанционным управлением, оснащенного системой полнокупольной панорамной видеосъемки в режиме офф-лайн и он-лайн, с возможностью демонстрации многоракурсного видео на плоском дисплее, цилиндрическом и полнокупольном экранах, а также интерактивном режиме в реальном времени посредству видеошлема индивидуального просмотра. В докладе представлены некоторые результаты работы.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Аппаратно-программный комплекс MobiPano разработан сотрудниками и студентами физико-технического института Северо-Восточного федерального университета (кафедра радиофизики и электроники, кафедра методики преподавания физики). Экспериментальный образец комплекса изготовлен и испытан малым инновационным предприятием – компанией «Многомерные технологии».

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 SP1 с модулями Real Time, FPGA, Robotics, FRC, Ar.Drone. Для реализации системы панорамной видеосъемки использована платформа NI CRIO с модулями NI9201, NI9403, NI9471, шасси NI RocK, шлем индивидуальный 3D Sony HMZ-T1.

4. Описание решения

Объект исследования и разработки – аппаратно-программный комплекс для создания эффекта присутствия на основе мобильной панорамной видеосъемки. Эта задача решается объединением ряда технологий и устройств: панорамного видеоблока с трансляцией видеопотока в режиме реального времени; вычислительного блока для создания панорамного видеопотока и управляющих команд шасси; наголовного шлема с гироскопом, позволяющим определить положение головы оператора; дистанционно управляемого мобильного шасси, на которое устанавливается видеоблок и другое оборудование.

Структурная схема системы мобильного комплекса панорамной съемки представлена на рис. 1.

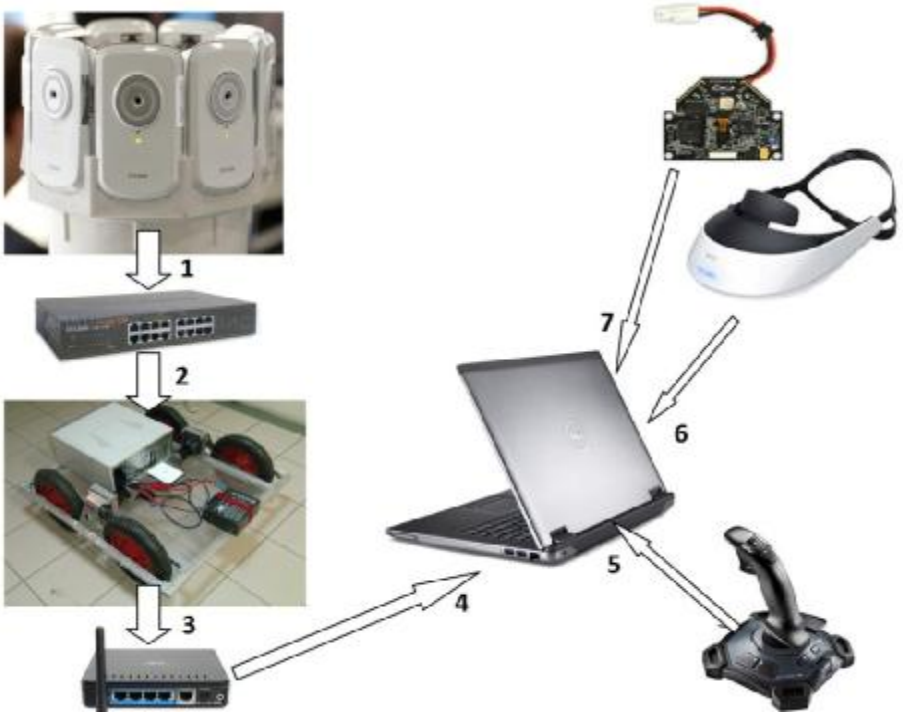


Рис. 1. Структурная схема системы: 1 – панорамный видеоблок из 9 камер; 2 – Ethernet концентратор; 3 – мобильное шасси NI RocK с вычислительным блоком CRIO; 4 – WiFi маршрутизатор, передающий видеопоток и команды для мобильного шасси; 5 – джойстик для управления шасси NI RocK; 6 – шлем индивидуальный 3D Sony HMZ-T1; 7 – плата Ar.Drone

Для «сшивания» видеопотоков и определения пространственных координат оператора была использована среда разработки LabVIEW 2012 SP1 (пример программы показан на рис. 2.) [1, 2].

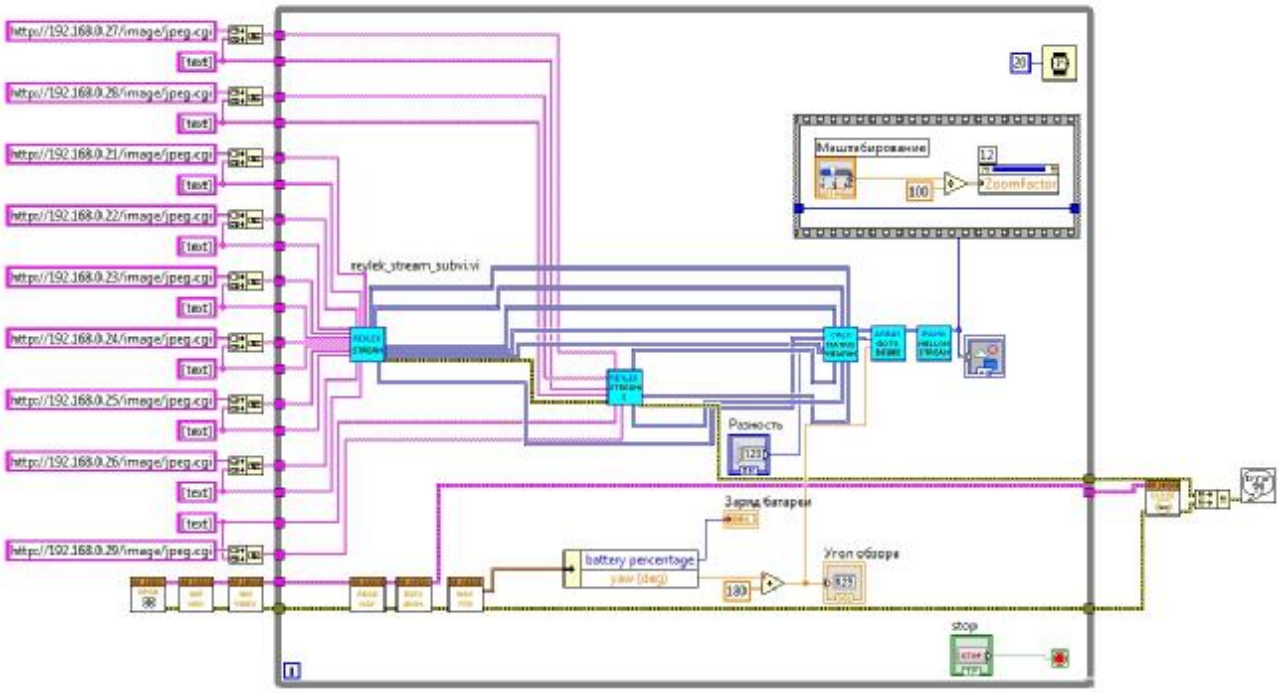


Рис. 2. Фрагмент программы в среде разработки LabVIEW 2012 SP1

Видеопоток с 9 камер захватывается посредством запросов к камерам по 80 порту, после чего прочитанный кадр отправляется в потоке в SubVI Reylek Stream и Reylek Stream2 где происходит

преобразование изображения в 24-битную матрицу. Над девятью 24-битными матрицами производятся математические операции по реализации контентенации. Для оптимальной работы необходимо согласовать координаты панорамы и углы поворота шлема оператора непосредственно через гироскоп платы Ar.Drone. Плата Ar.Drone подключается по WiFi, связь реализуется по TCP соединению. Плата Ar.Drone инициализируется при помощи библиотеки Ar,Drone LabVIEW Tool Kit, подключаются датчики, в базовой конфигурации, производится контроль заряда батареи, устанавливаются углы при помощи трехосного гироскопа. Производится балансировка и чувствительности к поворотам оператора. Данные гироскопа определяют кадры (фактически ракурсы съемки), куда направлен взгляд оператора – соответствующий видеопоток при помощи SubVI Pano Mellon Stream выводится на дисплеи шлема Sony HMZ-T1 (рис. 3).

Рис. 3. Шлем индивидуальный в системе панорамного обзора в реальном времени дистанционно управляемого мобильного комплекса

Для создания мобильности видеоблока производится настройка шасси на базе CRIO [3], соединение оборудование к одной подсети. Подключая библиотеку FIRST Robotics Competition [4-6], через модуль NI9403 реализуется PWM сигнал, для управления NI RocK, производится запуск базового DriverStation и управление NI RocK (рис. 4).

5. Перспективы внедрения и развития решения

Экспериментальные образцы комплекса, на которых были отработаны основные технические и программные решения, опробованы при видеосъемке различных событий.

Предполагается, что комплекс в различных модификациях будет востребован в индустрии развлечений, при видеосъемке full-dome презентаций, при трансляции мероприятий, в мобильных системах наблюдения, роботизированных системах удаленного управления, тренажерах и играх.

Развитие аппаратно-программного комплекса планируется в нескольких направлениях. Необходимо использовать роботизированные шасси, адаптированные для различных условий эксплуатации. Необходимо записывать и эффективно воспроизводить многоканальный звук, подобрать оптимальные видеокамеры, использовать стереоскопические видеосистемы, оптимизировать программные решения обработки и передачи видеопотоков.

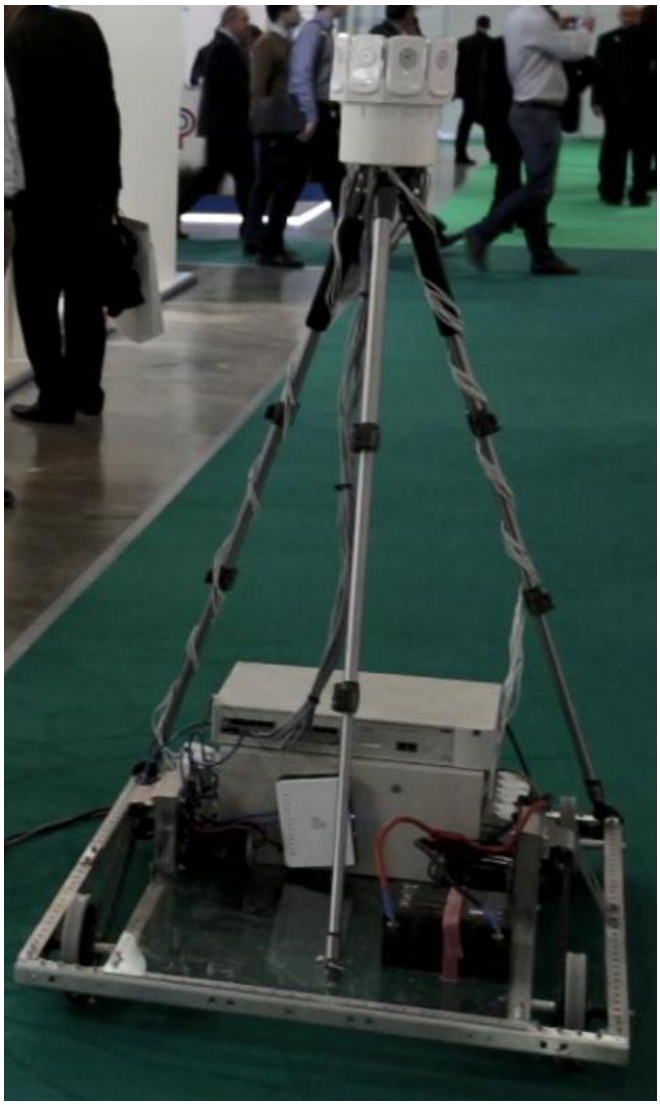


Рис. 4. Экспериментальный образец мобильного комплекса полнокупольной панорамной видеосъемки с дистанционным управлением и интерактивным просмотром в реальном времени

Объединение с другими технологиями из смежных областей позволит расширить возможности системы. В частности, в нашем коллективе разработана и испытывается технология дополненной реальности (Augmented Reality), в которой в реальном времени реализована конвергенция стереоскопического видео и виртуальных 3D объектов в стереоскопическом формате с расчетом карты глубин.

Все это в совокупности позволит добиться максимального эффекта присутствия.

6. Список литературы

1. http://wpilib.screenstepslive.com.
2. http://www.ni.com – NI Developer Zone.
3. http://www.ni.com/crio/ – раздел на сайте National Instruments.
4. http://www.usfirst.org/roboticsprograms/frc.
5. Getting Started with the 2012 FRC Control System.
6. LabVIEW Robotics Programming Guide for the FIRST Robotics Competition.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ С ТЕРРИТОРИАЛЬНО УДАЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ LABVIEW

Ю.И. Волков, А.В. Суханов

НИУ "МИЭТ", г. Зеленоград

1. Постановка задачи

Актуальность разработки программно-аппаратного комплекса обусловлена тем, что сбор и анализ данных с территориально удаленных датчиков позволяет осуществлять мониторинг данных в реальном масштабе времени. Анализ данных с территориально удаленных датчиков через интернет позволяет проводить мониторинг в режиме реального времени на максимальном удалении от центрального сервера.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 с модулем NI LabVIEW Internet Toolkits. Для реализации мониторинговой системы требуется подключённый к интернету центральный высокопроизводительный сервер с установленным MySQL базой данных, а также несколько блоков обработки информации с установленным микроконтроллером PIC18F67J60 и датчиком магнитного поля. Среда программирования для микроконтроллеров MicroChipMPLABIDE 8.21.

3. Описание решения

Мониторинговый комплекс для сбора данных состоит из определенного количества удаленных датчиков магнитного поля, а также центрального высокопроизводительного сервера, на который установленвиртуальный прибор на основе технологийNILabVIEW 2012. Данный программный комплекс позволяет вести сбор и анализ полученной информации через интернет, сраспределенных датчиков магнитного поля в реальном масштабе времени.

Рис. 1. Блок обработки информации анизотропного магниторезистивного датчика

Блок обработки информации представляет собой интеллектуальный цифровой датчик с интерфейсом Ethernet, разъем 8P8C скоростью 100Мбит/с. Основу микросервера на удаленном блоке составляет программа микроконтроллера PIC18F67J60 с TCP/IP стеком. Данный стек в памяти микроконтроллера позволяет работать с протоколами всех уровней модели OSI. Для обеспечения передачи актуальных данных с анизотропного магниторезистивного датчика в интернет используется механизм CGI в памяти микроконтроллера.

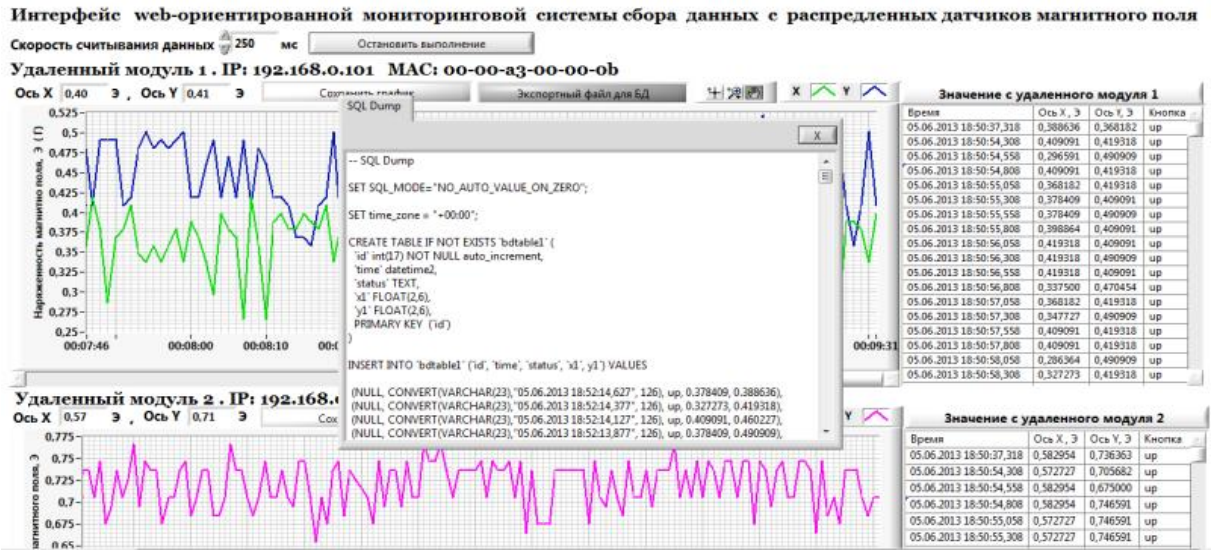


Рис.2. Интерфейс пользователя виртуального прибора в среде LabVIEW 2012

Для сбора информации стерриториально удаленных распределенных датчиков магнитного поля используется виртуальный прибор в среде LabVIEW, который установлен на центральном сервере вместе с MySQL базой данных. В основу виртуального прибора заложена библиотека Internet Toolkits для работы с сетевым протоколом SOAP и HTTP. В основу программы включена библиотека с возможность создавать GET и POST запросы к удаленному микросерверу.

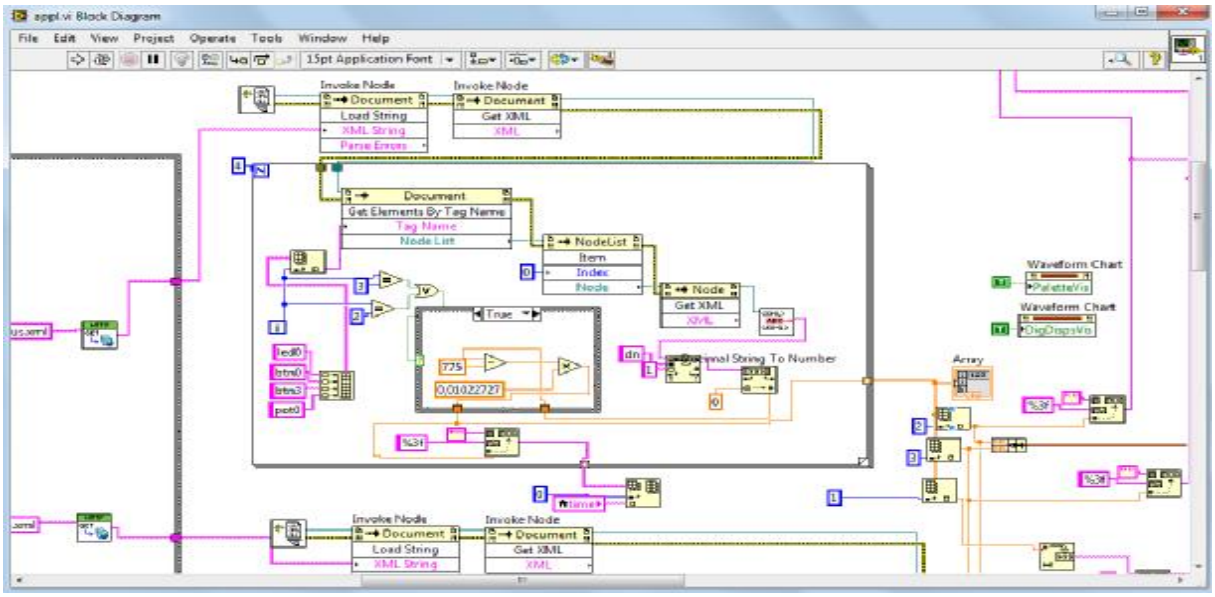


Рис 3. Блок-диаграмма виртуального прибора

Программа позволяет асинхронно считывать значения в XML-формате, которое генерируется CGI приложением на микросервере, обрабатывать их и отображать в цифровом и графическом виде с возможностями масштабирования. Виртуальный прибор также позволяет проводить экспорт полученных данных в реляционные базы данных поддерживаемых SQL dump, а также генерировать отчеты с полученными данными на графики в JPG-формате.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанный виртуальный прибор позволяет проводить мониторинг удаленных датчиков магнитного поля с минимальными временными задержками. Программно-аппаратный комплексс

виртуальными прибором LabVIEWпозволяет проводить анализ полученных данных, а также снижает стоимости функционирования АСУ ТП вследствие удаленного управления. Части программно-аппаратного комплекса использованы при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в НПК «Технологический центр» МИЭТ.

5. Список литературы

1. Тим Уилмсхерст .Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры. МК-Пресс, 543 с ил. , 2008
2. К. Тавернье. PIC-микроконтроллеры. Практика применения: пер.с фр., М.: ДМК Пресс, 2004. 272 с.
3. Ю.М. Мурзин, Ю.И. Волков, учебное пособие «Электротехника». – М.: Питер, 223 с.ил., 2007
4. Тревис Дж., «LabVIEW для всех», Москва: ДКМ Пресс, 544 с.ил, 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА COMPACTRIO ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ

А.Н. Савоськин [1], И.И. Гарбузов [1], В. Аненков [2]

1. МИИТ
2. National Instruments Russia

Для решения задач по исследованию процессов сцепления колеса с рельсом электровоза ВЛ10 (рис. 1, *а*) было выполнено одновременное измерение сил, передающихся от колеса на раму тележки и перемещение колесных пар относительно рамы тележки. Силы измерялись с помощью тензодатчиков (рис. 1, *б*), установленных на кронштейнах корпуса буксы, а перемещения с помощью прогибомеров индукционного типа (рис. 1, *в*). Измерения этих величин выполнялись с помощью контроллера CompactRIO 9014 оборудованного модулями типа NI9237 и NI9215. Кроме того, с помощью одного из каналов блока NI9215 фиксировались импульсы синхронизации, поступающие от отдельной измерительной системы, регистрирующей обороты колеса и скольжение колесной пары по рельсу.

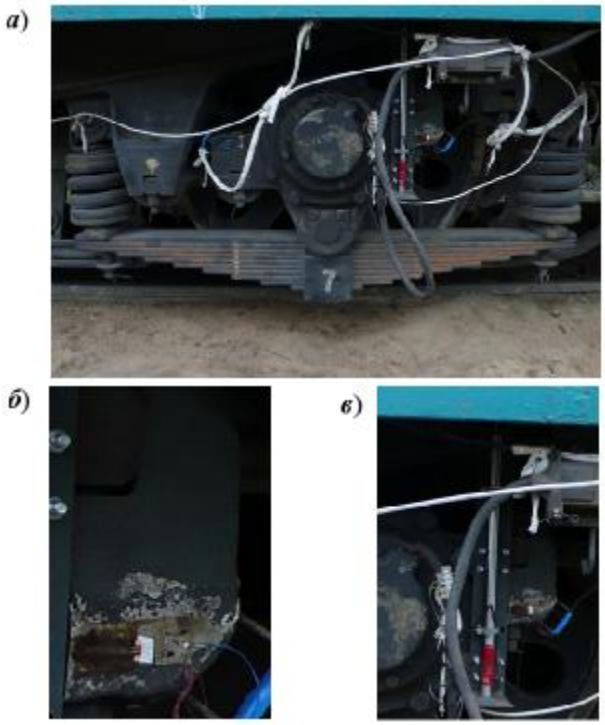


Рис.1. Буксовый узел электровоза ВЛ10-1526 (*а*) оборудованный тензодатчиками (*б*) и прогибомером индукционного типа (*в*)

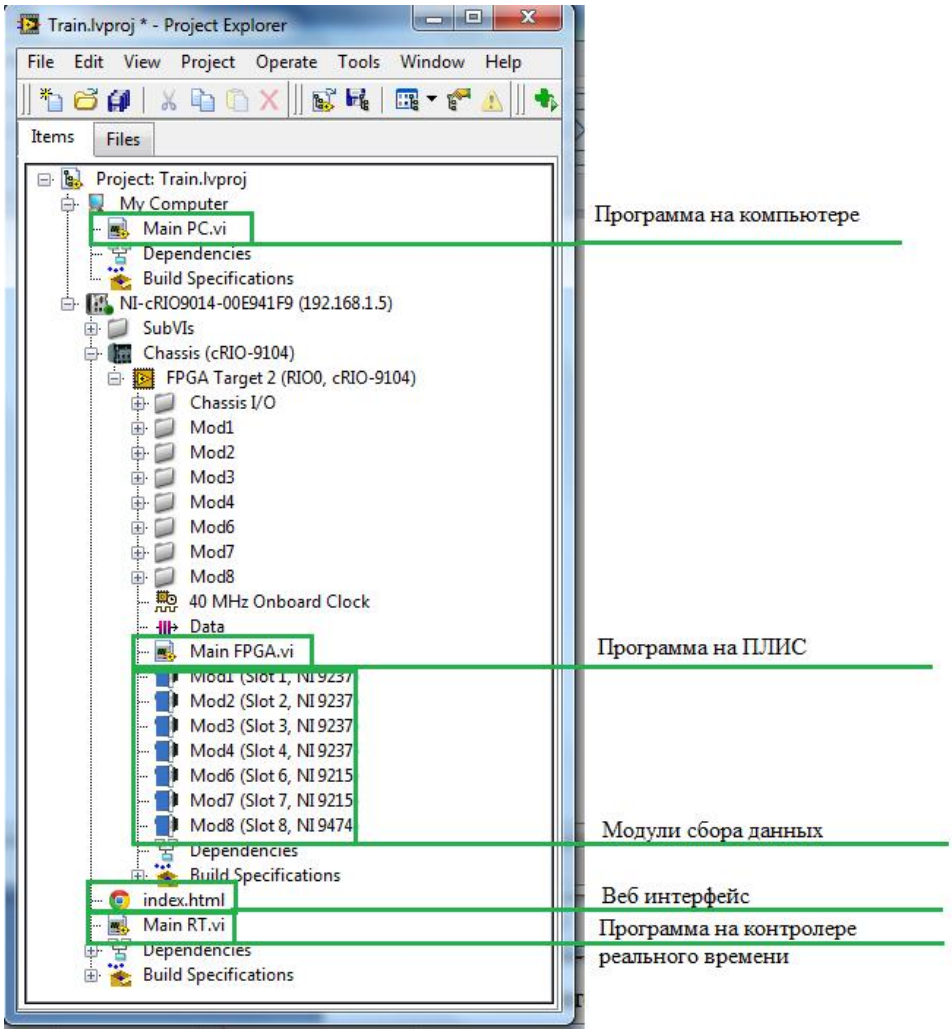
Для сбора и обработки данных в программной среде LabView была составлена программа для микроконтроллера CompactRIO.

Проект в LabVIEW предстовляет из себя трехуровневую систему.

Самый низкий уровень в иерархии проекта –FPGA, служит для сбора данных, синхронизации 32 каналов, обработки GPS метки синхронизации, усреднения данных по каждому каналу в промежутке между двумя метками синхронизации и передачи массива данных на верхний уровень (контролер реального времени).

На уровне контролера реального времени происходит считывание данных собранных на FPGA, сортировка и запись собранных значения на флешпамять, также передача массива усредненных данных на уровень компьютера под управлением Windows. Кроме этого на контролере запушен веб интерфейс обеспечивающий доступ к контролеру с компьютера.

На уровне происходит управление и диагностика работы контролера через веб интерфейс, а также архивация усредненных значений.



Испытательные поездки были выполнены на участках Покров – Петушки и Поточино – Санино Московской Железной дороги. По результатам испытательных поездок были записаны осциллограммы перемещений колесной пары относительно рамы тележки (рис. 2, *а*, *б*) и сил передающихся от колеса на раму тележки (рис. 2, *в*, *г*).

На осциллограмме перемещений левого буксового узла третьей колесной пары (рис. 2, *а*) видно, что он совершает колебания, амплитуда которых, в основном не превышает 0,5*мм*. Максимальное перемещение составило 1,1*мм*; минимальное 0,1*мм*. Аналогичная картина наблюдается на осциллограмме перемещений правого буксового узла третьей колесной пары (рис. 2, *б*).

На осциллограммах сил, передающихся от колесной пары на раму тележки (рис. 2, *в*, *г*), видно, что в режиме тяги силы в кронштейне буксового узла возрастают: левого на 1,2%, правого – на 1,1%.

В настоящее время проводится анализ полученных результатов совместно с отраслевым центром внедрения ОАО «РЖД».

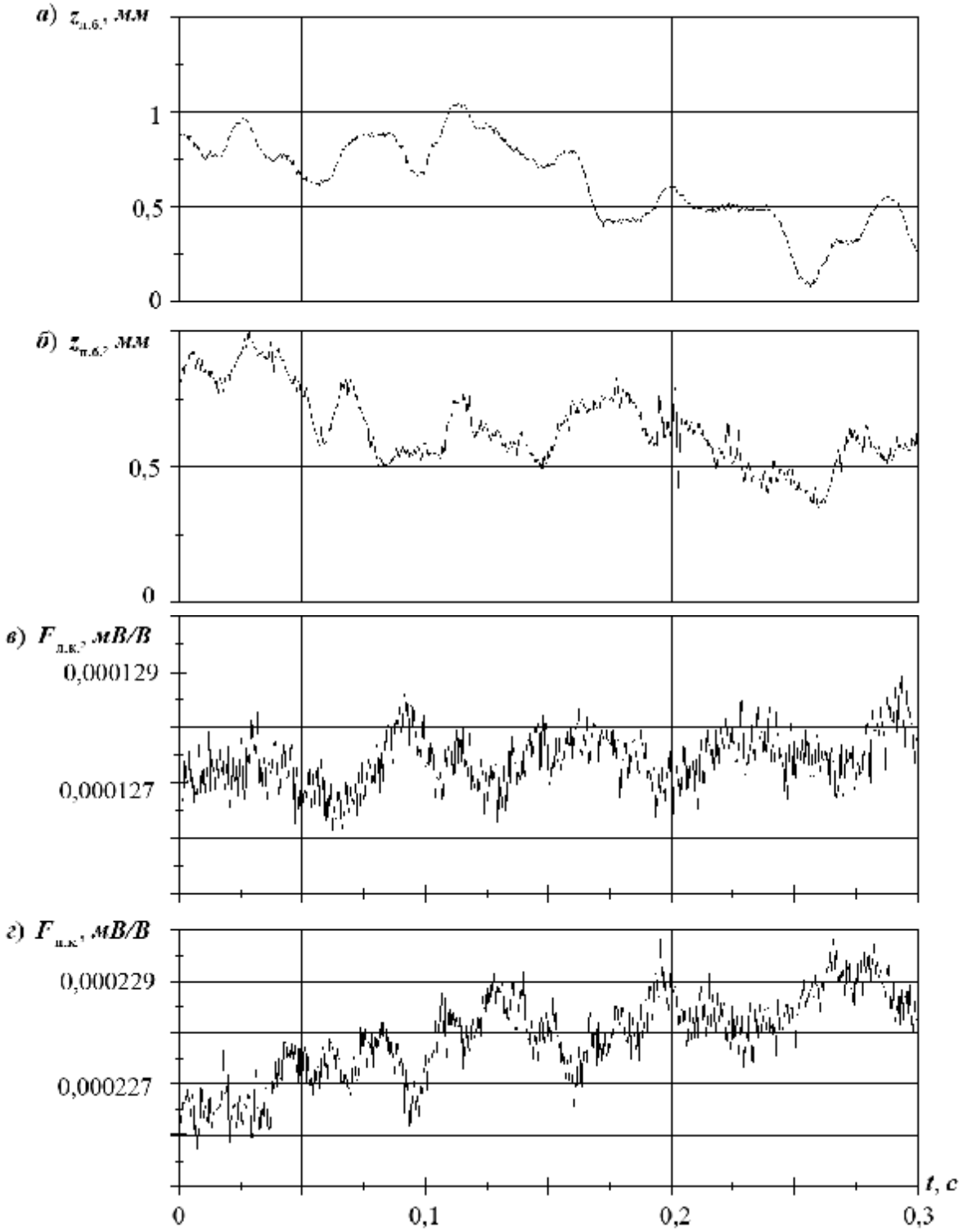


Рис. 2. Осциллограммы по результатам поездки: *а* – перемещения левого буксового узла третьей колесной пары, *мм*; *б* – перемещения правого буксового узла третьей колесной пары, *мм*; *в* – силы, передающееся от колесной пары на раму тележки через левый кронштейн, *мВ/В*; *г* – силы, передающееся от колесной пары на раму тележки через правый кронштейн, *мВ/В*

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО КОПИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТУРЫ NATIONAL INSTRUMENTS

М.В.Ватуев

ОАО ИНТЦ «Искра», Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа

1. Постановка задачи

Электрохимическая обработка (ЭХО) основана навысокоскоростном размерном анодном растворении металла под действием тока электролиза высокой плотности. Главные преимущества ЭХО — это отсутствие износа электрода-инструмента, а также термического и силового повреждения обработанной поверхности детали совместно с высокими показателями качества последней.

Существующие технологии создания систем управления станков ЭХО предполагают высокую стоимость оборудования и повышенные требования к квалификации инженеров-программистов, что вызывает интерес к возможности применения комплекса SbRIO под управлением пакета LabVIEW для создания системы управления станком ЭХО.

С учетом специфики производства ОАО ИНТЦ «Искра», наиболее интересна реализация двух координатного станка для обработки лопаток компрессоров ГТД.

2. Предприятия на которых внедрены решения

В ОАО ИНТЦ «Искра» создан макет системы управления станком ЭХО на базе одноплатного встраиваемого контроллера NI Single-Board RIO. Предприятие занимает ведущие позиции в области производства шкафов управления для электрохимических и электроэрозионных станков в России. Инновационные и оригинальные алгоритмы обработки позволяют получать показатели качества обработки, на порядок выше, чем у аналогичных систем, в том числе и зарубежных производителей.

3. Описание решения

В рамках решения поставленной задачи реализована циклограмма синхронизированного движения для приводов подачи СПШ20, позволяющая проводить измерения координат детали и позиционирование электродов инструментов на межэлектродных зазорах порядка 10-500 мкм, с ошибкой не более 2 мкм. Управление приводами осуществляется по протоколу Step/Dir.

Осуществляется слежение за сигналами аппаратных средств защиты и автоматики, в том числе обработка короткого замыкания электрода инструмента и обрабатываемой детали.

Для создания человеко-машинного интерфейса применяется сенсорная панель оператора, обмен данными с контролером осуществляется по протоколу ModBus RTU

На данном этапе проектирования реализован алгоритм непрерывной электрохимической обработки, в дальнейшее предполагается реализовать импульсный режим, совместно с вибрацией электродов инструментов.

Структурная схема макета, его внешний вид и лицевые панели виртуальных приборов представлена на последующих рисунках.

Рис. 1. Внешний вид макета

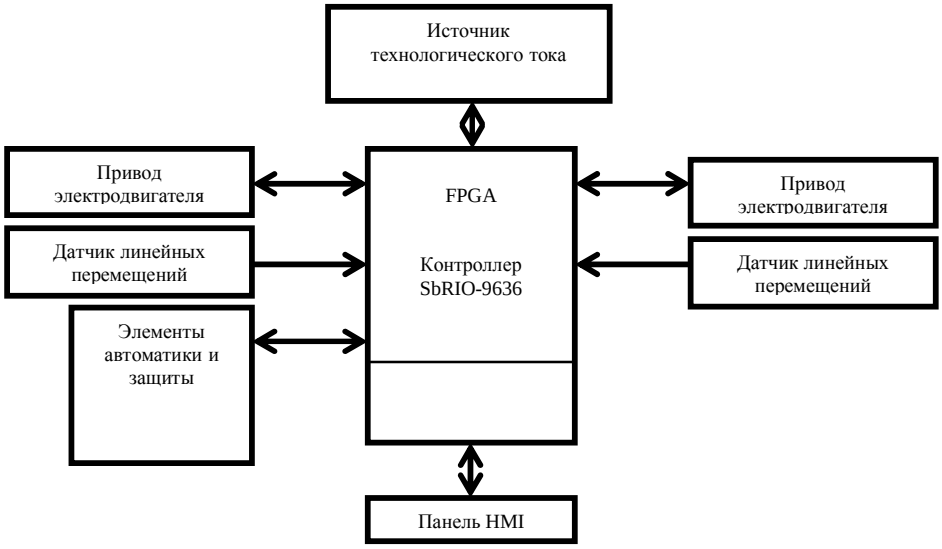


Рис. 2. Структурная схема системы управления станком ЭХО

а **б**

Рис. 3. Лицевая панель ВП для ядра контроллера (а) и для ПЛИС (б)

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Одноплатный встраиваемый контроллер NI Single-Board RIO 9636, интегрированные сервоприводы СПШ 20 фирмы «Сервотехника», инкрементные преобразователи линейных перемещений ЛИР-7-1-0120 фирмы «СКБИС», широкая номенклатура аппаратурных средствзащиты и автоматики, источник технологического тока собственной разработки фирмы ОАО ИНТЦ «Искра». Для создания человеко-машинного интерфейса используется панель оператора eMT-3070 фирмы Weintek. Программное обеспечение: «LabVIEW 2011», «Мотомастер», «EasyBuilder».

5. Перспективы внедрения и развития решения

Проведенные предварительные испытания показали удовлетворительные результаты по возможности создания систем управления станков ЭХО на базе оборудования National Instruments. Следует отметить высокую гибкость к изменениям алгоритмов управления, простоту реализации и легкость расширения функциональных возможностей.

В дальнейшем предполагается создание прототипа шкафа управления станка ЭХО и дальнейшая проверка возможностей рассмотренного оборудования National Instruments в реальных промышленных условиях на базе Уфимского моторостроительного производственного объединения.

6. Список литературы

1. Пейч Л.И., Точилин Д.А., Поллак Б.П. / LabView для новичков и специалистов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.: ил.

2. Попилов Д.Я. / Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов: Справочник – 2-е изд., перераб.и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 400 с., ил.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТИ

А.Б. Петроченков[1], К.А. Один[1], Д.А. Даденков[1]

1. ФГБОУ ВПО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614013, г. Пермь, Пермский край, проф. Поздеева 7, (*342*) *239-18-21, pab@msa.pstu.ru*

1. Постановка задачи

Концепция локальной активно-адаптивной сети (ААС) заключается в объединении электроэнергетической сети, потребителей и производителей энергии в единую автоматизированную систему, которая в реальном времени позволяет отслеживать и контролировать каждый отдельный компонент сети [1]. Реализация концепции активно-адаптивных сетей позволит повысить надёжность и безопасность систем передачи и распределения электроэнергии [2]. Организация активно-адаптивной сети является масштабной технической задачей, связанной с последовательным внедрением ряда технологий: системы сбора данных, для осуществления мониторинга качества электрической энергии и систем релейной зашиты; системы передачи данных для объединения нескольких систем сбора данных в единую сеть; системы синхронизации измерений на удаленных объектах энергетической сети для формирования единой контрольно-измерительной системы. Разработанный программно-аппаратный комплекс полунатурного моделирования локальной активно-адаптивной сети является универсальным решением, с помощью которого можно решать различные задачи. Одним из преимуществ рассматриваемого комплекса является возможность использования средств имитационного моделирования на этапе проектирования. Использование моделей позволяет заменить натурные эксперименты электроэнергетических систем компьютерными исследованиями, снизить уровень неопределенности объектов, отработать комплексные связи и зависимости, проверить решения на соответствие требованиям и стандартам.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

ФГБОУ ВПО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, электротехнический факультет, кафедра микропроцессорных средств автоматизации ООО «Битлис-МЕН».

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

Система аппаратной имитации линий электропередачи включает в себя [3]: 18-ти слотовое шасси NI PXI 1045, контроллер NI PXI-8110, монитор Rackmount, 14 модулей NI PXI-7851R. Система аппаратной имитации линий электропередач размещается в серверной стойке.

Системы аппаратной имитации генераторов и потребителей включают [3] по одному модулю NI PXI-7851R. Для четырех систем аппаратной имитации генераторов и для шести систем аппаратной имитации потребителей используются [3]: четыре 8-ми слотовых шасси NI PXI 1042Q, контроллер NI PXI-8110, монитор с разрешением Full HD. Каждая PXI-система включает одну систему аппаратной имитации генераторов, а также одну или две системы аппаратной имитации потребителей.

Система аппаратной имитации интеллектуального контроллера локальной ААС включает в себя [3]: 4-ех слотовое шасси cRIO-9113, котроллер NI cRIO-9024, а также следующие модули: NI 9205, NI 9403, NI 9263, NI 9485.

Работу комплекса обеспечивает комплекс программного обеспечения, реализованный в среде программирования компании National Instruments LabVIEW [3]. Все модели и интерфейсы АРМ созданы с помощью данного инструментария. Программное обеспечение комплекса состоит из следующих проектов: NES (network emulation system) - проект для сервера системы имитации ААС; CES (component emulation system) – проект для системы имитации генераторов и потребителей; RTU (remote terminal unit) - проект для контроллеров локальной ААС; MCS (main communication server) - проект для сервера сбора данных; OWS (operation work station) - проект для автоматизированных рабочих мест.

4. Описание решения

В основе рассматриваемого программно-аппаратного комплекса заложены: принцип аппаратного полунатурного моделирования (Hardware-in-the-loop); технология программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) для аппаратной реализации математических моделей и ввода-вывода сигналов в реальном времени; в качестве аппаратной базы используются платформы NI PXI и NI CompactRIO, позволяющие выполнять прозрачный переход от полунатурного моделирования к разработке прототипа, а также внедрению готовых изделий измерительной и управляющей автоматики.

Архитектура аппаратного комплекса полунатурного моделирования локальной ААС представлена на рис. 1.

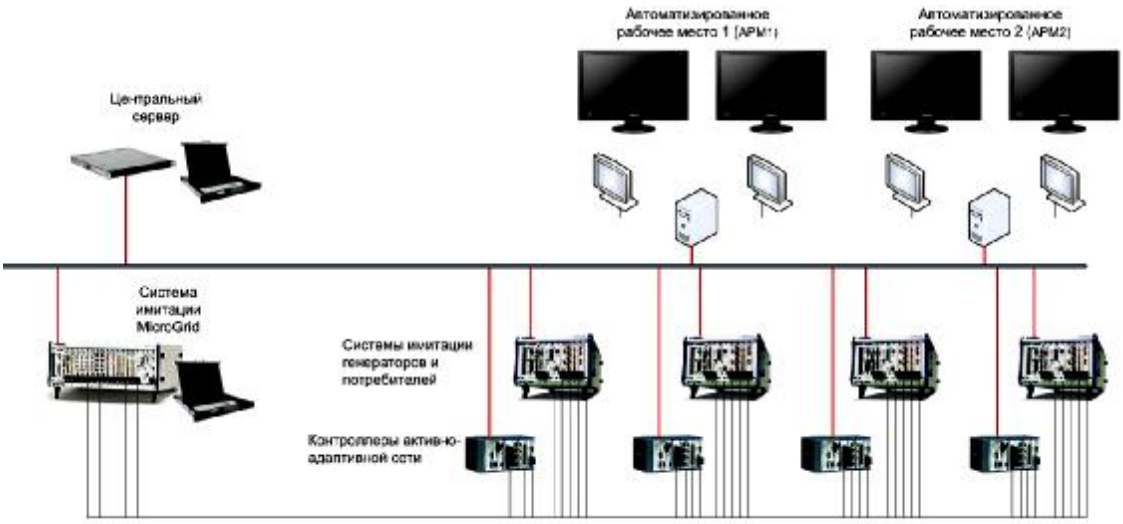


Рис. 1. Архитектура программно-аппаратного комплекса

Архитектура комплекса полунатурного моделирования представляет собой двухуровневую систему.

Первый Физический уровень – это уровень имитации активно-адаптивной сети. Он построен на контроллерах, которые содержат модели генераторов, потребителей, линии электропередач. Оборудование, используемое на этом уровне, является высокопроизводительным и позволяет выполнять сложные вычисления, а среда передачи имеет большую пропускную способность. Физический уровень состоит из трех подсистем: система имитации генераторов и потребителей; контроллеры активно-адаптивной сети; система имитации ААС. Система имитации генераторов и потребителей представляет собой контроллеры с установленными математическими моделями. Комплекс имеет базовый набор моделей генераторов и потребителей, например, такие как: турбогенератор, ветряной генератор, батарея солнечных элементов, батарея топливных элементов, электропривод. Генераторы сети – вырабатывают электрическую энергию, которая передается через систему имитации ААС. Эта система моделирует линию электропередачи с существующими в ней потерями. Контроллеры активно-адаптивной сети позволяют производить замеры основных показателей генераторов и потребителей (токи в каждой фазе, напряжения, потребляемая или генерируемая мощность и т.д.) и передают эти данные в следующий уровень – информационный, на центральный сервер.

Второй информационный уровень системы обеспечивает реализацию системы мониторинга, диспетчеризации и управления. Его составляющие: центральный сервер; автоматизированные рабочие места.

Центральный сервер необходим для сбора и хранения информации о внештатных ситуациях в системе, учета количества и качества вырабатываемой и потребляемой электроэнергии моделями потребителей и генераторов. Сервер выполняет следующие функции:

1. Объединение интеллектуальных контроллеров и АРМ. На сервере установлено программное обеспечение, осуществляющее сбор данных с контроллеров. АРМ имеет свое программное обеспечение, позволяющее считать данные, хранящиеся на сервере.

2. Ведение базы данных SCADA-системы. На сервере имеется база данных, которая содержит все параметры, считываемые с моделей генераторов и потребителей (сила тока в каждой фазе, напряжение, потребляемая или генерируемая мощность и т.д.)

3. Генерация и хранение отчетов. В базе данных, помимо параметров генераторов и потребителей, имеются и данные об авариях и других внештатных ситуациях.

4. Обработка тревог и событий. Отдельная СУБД – MS SQL позволяет генерировать тревоги и события в сети, на которые система должна адекватно реагировать.

5. OPC, DNP3 коммуникация. Сервер сбора данных для чтения параметров с контроллеров использует специализированное программное обеспечение – OPC-сервер KEPServerEX. OPC-сервер считывает эти параметры и передает их по сети Ethernet по протоколу DNP3.

6. Обработка и хранение конфигураций системы. Сервер хранит конфигурацию сети, параметры, которые необходимо считывать с контроллеров, а также позволяет редактировать модель сети: например добавлять генераторы или потребители.

На рис.2 представлен экран оператора АРМ со схемой электроэнергетической системы (ЭЭС).

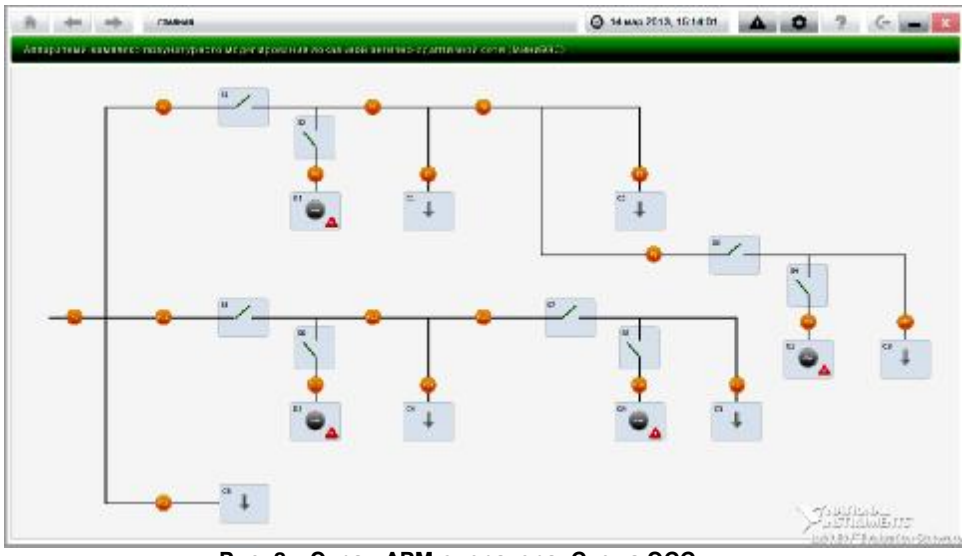


Рис. 2 – Экран АРМ оператора. Схема ЭСС.

5. Внедрение и его перспективы

Внедряемый на кафедре микропроцессорных средств автоматизации программно-аппаратный комплекс полунатурного моделирования локальной активно-адаптивной сети позволит получить:

- практическое знакомство и опыт работы с микропроцессорным оборудованием, первичными измерительными преобразователями и программным обеспечением компании *National Instruments*.
- опыт проведения настройки, отладки и программирования современных микропроцессорных контроллеров с целью реализации сложных математических моделей в системе реального времени.

Указанные возможности позволят провести целый ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области построения и управления электроэнергетическими системами.

Кроме этого, внедрение рассматриваемого комплекса благотворно повлияет на подготовку молодых специалистов, которые познакомятся с элементами, архитектурой, принципами построения и управления в современных системах электроснабжения.

6. Список литературы

1. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть - новое качество ЕЭС России. // Энергоэксперт – 2009. – №4. – С. 28-34.

2. Ледин С.С., Интеллектуальные сети Smart Grid — будущее российской энергетики. // Автоматизация & IT в энергетике – 2010. №11. – С. 4-8.

3. Раздел технической документации National Instruments [Электронный ресурс] http://russia.ni.com/datasheet (дата обращений 03.11.2013)

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ NI ДЛЯ СОЗДАНИЯ IT - ОБУЧАЮЩИХ ТРЕНАЖЕРОВ

С.В. Бердников[1], И.Д. Горбачев[2]

1. *Бюджетное учреждение здравоохранения Орловской области "Орловская областная клиническая больница", Орловская область, г. Орел*
2. ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

1. Постановка задачи

В работе рассмотрены вопросы применения технологий NI на примере создания IT-обучающих устройств для тренировки и укрепления дыхательных мышц спортсменов, здоровых людей и лиц, страдающих заболеваниями сердечно сосудистой и дыхательной систем.

Научные исследования [POWERbreathe International Ltd., Великобритания] позволили подтвердить эффект улучшения физического состояния людей, систематически тренирующих дыхательные мышцы. Оказалось, что применение специальных тренажеров повышает выносливость спортсменов в среднем на 26%. В 2006 году эти тренажеры были рекомендованы для лечения больных с сердечной и легочной недостаточностью, болезнью Паркинсона и других хронических заболеваний.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2010.

3. Описание решения

Хронические заболевания представляют актуальную медико-социальную проблему во всем мире и требуют новых организационно-технологических решений для их профилактики и лечения. Это связано с высокой стоимостью госпитализации хронических больных и лечения. Несмотря на разработку мировых и национальных рекомендаций, эффективность таких решений недостаточна. В этой связи исследована стратегия управляемого амбулаторного самоконтроля больных, физико - и терапевтического лечения пациентов с ХСН. Доказана ее недостаточная эффективность в отсутствии грамотного обучения и амбулаторного самоконтроля состояния пациентов. Эти обстоятельства требуют поиска новых подходов к профилактике и лечению с использованием современных IT-технологий.

Рис. 1. IT-обучающий тренажер с беспроводной системой измерения динамики изменения давления вдоха и выхода

Особенности контингента больных чаще всего обусловлены плохим их самочувствием, рассеянием внимания и невозможностью самоконтроля, в т. ч. и со стороны тренера и лечащего врача. В мире существует более 40 дыхательных методик, которые необходимо осваивать под руководством опытного тренера. При этом отсутствует объективная оценка качества и эффективности выполнения тренировок, документирование получаемых и оперативной передачи

данных. В то же время, компьютер и информационные технологии в большинстве стран уже стали инструментами повседневной деятельности людей (в РФ более 70 млн. активных пользователей). Перечень областей их применения практически не ограничен и связан только с созданием измерительных устройств и программного контекста конкретных задач для домашнего компьютера. Одной из них может служить использование обычного (домашнего) компьютера для ежедневных измерений и регистрации параметров состояния (пульс, частота и глубина дыхания), назначаемая пожилым людям и лицам со слабым здоровьем, находящимся на стационарном или домашнем лечении и восстанавливающим форму спортсменам. В свою очередь, создание специальных тренажеров с IT связано с многократным повышением их стоимости и непроизводительным затратам ресурсов. Функциональная схема компьютерной программы работы IT-тренажера в среде LabVIEW показана на рис 2.

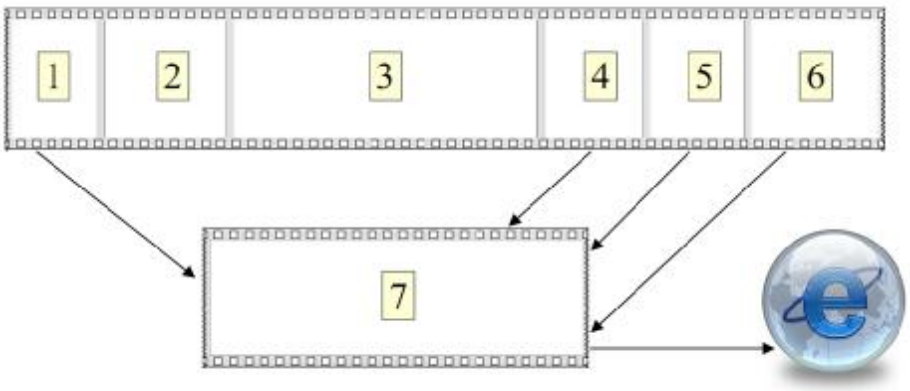


Рис. 2. Функциональная схема работы системы в виде пронумерованной структуры последовательностей с последующей и расшифровкой их функций

Программа состоит из отдельных блоков, обеспечивающих:

1. регистрацию даты проведения и ввод исходных данных, определяющих режим и продолжительность тренировки;
2. введение параметров (пульс, давление), контролируемых до начала упражнений с помощью тонометра;
3. запуск режима тренировки с таймером звукового и светового сигналов, синхронизирующих частоту дыхания и глубину вдоха. Одновременно здесь отображаются в реальном масштабе времени осциллограммы давления, которые позволяют пациенту самостоятельно контролировать правильность выполнения упражнений, количество ошибок и корректировать свои действия. По завершению работы блока автоматически подается сигнал о завершении тренировки и определяется качество выполнения предписанной программы дыхательных упражнений;
4. измерение параметров состояния после завершения тренировки;
5. последовательную запись выходных данных блоков;
6. измерение параметров состояния через 12 часов после завершения тренировки;
7. заполнение электронного журнала состояния пациента, определение динамики показателей, эффективности тренировок по заданной выборке и отправка полученных данных лечащему врачу.

В случае самоконтроля программа выводит на экран компьютера осциллограммы (рис. 3) других контролируемых показателей и обеспечивает пациенту возможность непрерывного визуального наблюдения и выдерживания рекомендованного темпа и интенсивности выполнения упражнения, заданного времени и сохранение показателей до и после начала лечебной процедуры. Возможен также постоянный и профессиональный анализ оценки эффективности тренировок, наращивание исследуемых биометрических показателей, таких как непрерывное определение пульса, содержания кислорода в крови, артериального давления, изменения объёма грудной клетки и т. п. Все эти данные также могут быть использованы для консультаций лечащим специалистом.

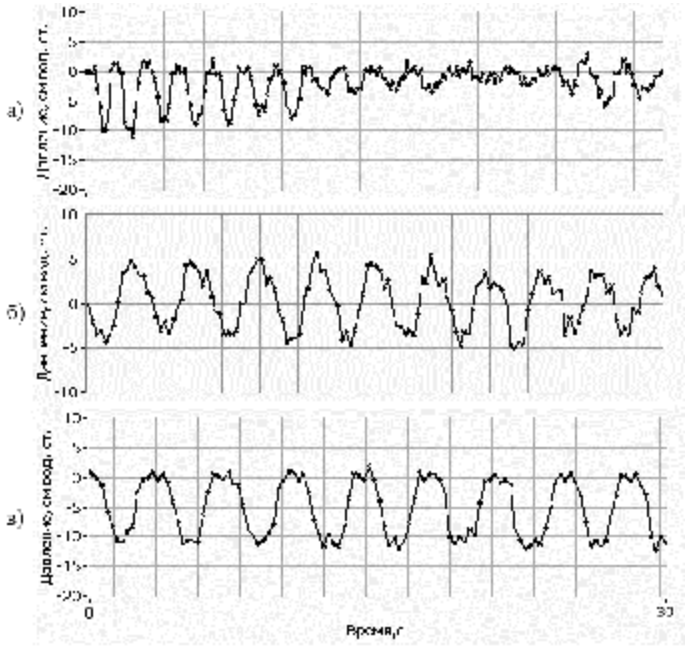


Рис. 3. Характерные осциллограммы давления вдоха и выдоха: а - поверхностное дыхание в бодрствовании и покое, б - дыхание через базовый тренажер, в - дыхание через инновационный тренажер с IT-обучающей системой

4. Внедрение и его перспективы

Основные результаты исследования сводятся к следующему:

- использование IT-обучающего тренажера сокращает сроки обучения правильной методике дыхания;
- эффективность выполнения тренировок повышается с 70% практически до 100%;
- усвоенные навыки рациональной работы дыхательных мышц (темп, глубина дыхания) сохраняются в течение длительного времени, что обеспечивает снижение нагрузки на сердечно-сосудистую систему, повышение функции выброса и рабочего объема легких;
- важнейшим достоинством IT-обучающих тренажеров состоит в их простоте и универсальности, а также возможности применяться вместе с другими видами лечения;

Дальнейшие перспективы работы связаны с организацией производства доступных IT-обучающих тренажеров.

5. Список литературы

1. http://www.powerbreathe.com/powerbreathe-in-research - раздел сайта POWERbreathe International Ltd., Великобритания.

2. Бердников С.В. Клиническая и экономическая эффективность различных стратегий ведения пациентов с выраженной хронической сердечной недостаточностью. Автореферат. – Орёл, 2013.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЭКСПРЕСС ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

Р.Р. Закиева, М.Ф. Садыков

ФГБОУ ВПО «Казанский Государственный Энергетический Университет» (КГЭУ), Республика Татарстан, Казань

1. Постановка задачи

В соответствии с поручением В.В. Путина (7 мая №597) и распоряжением Министра науки РФ Д. Ливанова (от 25 июня 2012г. №2627-р), с сентября 2013г заработная плата повысятся более чем в два раза. Так, оклады преподавателей и ассистентов выросли в 1,8 и 1,7 раза соответственно, а профессоров и доцентов – в 2,4 и 2,2 раза. Администрация ВУЗов приняла ряд решений, в соответствии с которыми будет некоторое сокращение кадров преподавательского состава и тем самым, объем нагрузки преподавателя увеличивается, и в результате, увеличивается и число обучающихся, приходящегося на одного преподавателя. При этом предъявляются более жесткие требования к составляющим обучения, среди которых важное внимание уделяется и проверке знаний. Программное обеспечение для экспресс тестирования студентов существенно облегчает эту работу. Тестирование обеспечивает обратную связь на лекциях и позволяет оценивать ответы учащихся, насколько студенты поняли содержание занятия, усвоили новую информацию. Преподаватель не только проводит эффективное тестирование, но и экономит время.

Подобные программы должны обладать следующими свойствами:

- автоматизация тестирования;
- высокая скорость выполнения функции;
- объективность результатов;
- исключение «человеческого фактора»;
- достоверность результатов;
- сохранение, накопление данных, формирование отчетов и статистических данных;

Удовлетворять следующим требованиям:

- определение «проблемных зон»;
- определение рейтинга каждого студента;

Создана компьютерная программа: «Instant testing for training» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011617140 от 13.09.2011г., используемая для экспресс тестирования остаточных знаний обучающихся. Для формирования банков тестовых заданий необходимо создать дополнительное приложение, которое будет конвертировать базы данных в данную программу.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Одним из наиболее удачных решений в направлении разработки универсальных систем автоматизации является подход компании “National Instruments” (NI) – технология виртуальных приборов на основе среды графического программирования. В качестве управляющей программы используется язык графического программирования LabView 8.5. В эту систему интегрировано множество различных функций, облегчающих работу с аппаратурой.

3. Описание решения

Тестирование проходит следующим образом: у респондента имеется номер телефона. Перед лекцией преподаватель заранее зашифровывает 3 цифры (например, номер телефона **9274253368**, *0123456789* зашифрованные коды 01234X6XX9, то есть студент должен ответить на 5,3 и 6 вопросы и отправить 3 цифры с ответами на номер который укажет преподаватель в виде SMS). После чего, программа обрабатывает данные и выставляет соответствующие баллы.

Уникальность программы для экспресс тестирования студентов «Instant testing for training» состоит в том, что для её использования в учебном процессе не нужен компьютерный класс. Её можно использовать в любом предметном кабинете, который оснащен одним компьютером или ноутбуком, модемом и экраном.

Преимущества программ:

- конкурентоспособная цена (стоимость системы тестирования дешевле компьютерного класса устройств с пультовыми управлениями);
- доступность;
- удобный инструмент для балльно-рейтинговой системы;
- не требуется выхода в интернет;
- не требуется создание компьютерных классов;

- не требуется установка приложений на мобильные устройства;
- нет необходимости в смартфонах и планшетах.

На рисунке 1 мы можем увидеть пример вопросов экспресс тестирования.

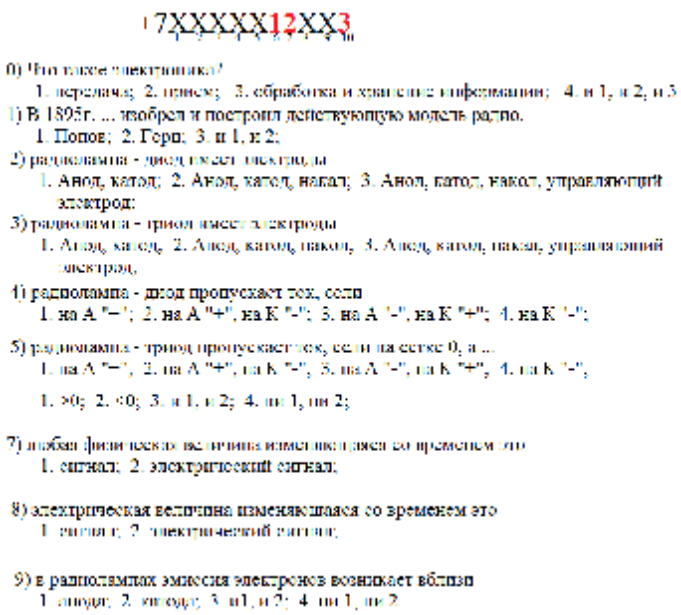


Рис.1. Пример вопросов

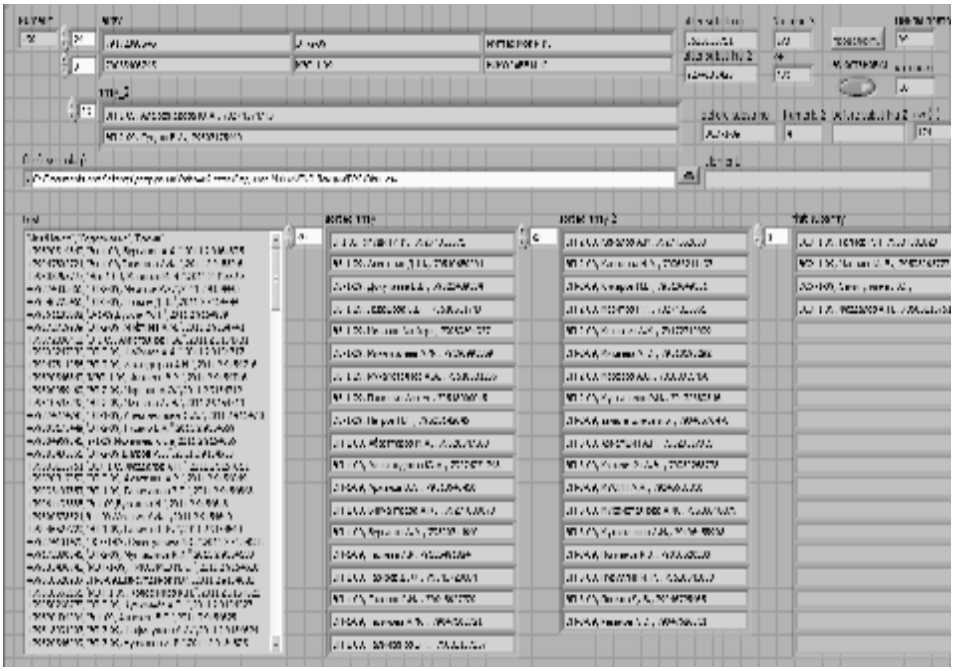


Рис. 2. Анализ списка учащихся на примере группы ЭП-3-09

Программа дает возможность быстро протестировать студентов и получить результаты мгновенно в режиме реального времени. На рисунке 3 можно увидеть, как программа производит проверку ответов учащихся группы ЭС-1-08 КГЭУ.

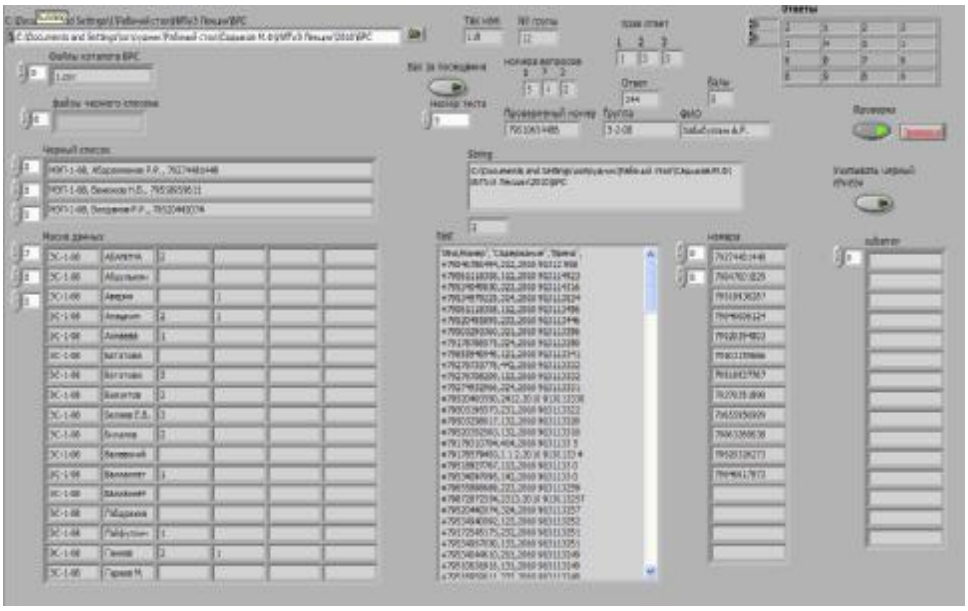


Рис. 3. Проверка ответов студентов

На рисунке 4 наглядно видно результаты тестирования студентов. Детальные отчеты помогают преподавателю анализировать ответы учащихся и наиболее полно и объективно оценить уровень их знаний.

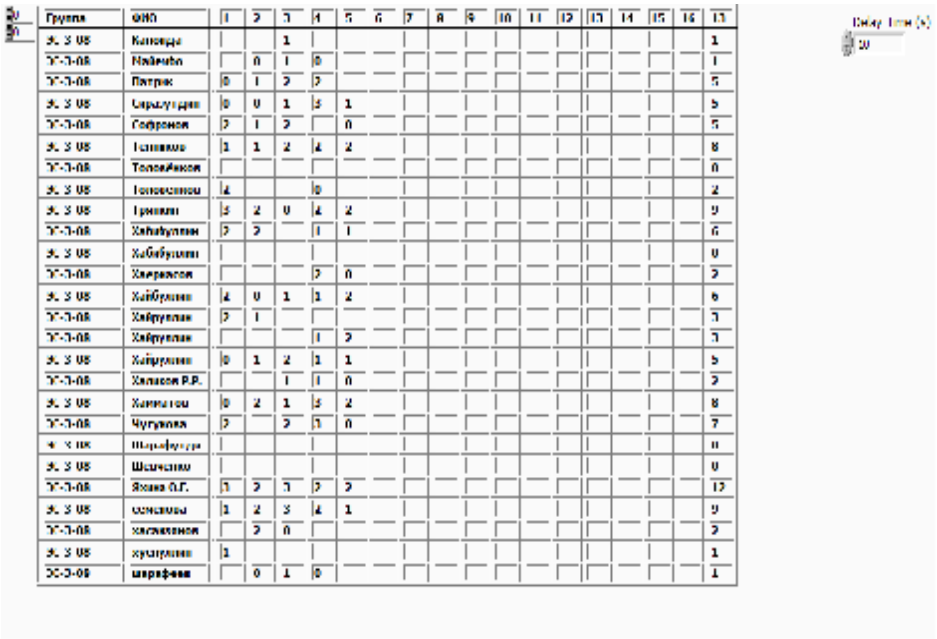


Рис. 4. Результаты тестирования за пять отвеченных вопросов

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная программа успешно внедрена в ФГБОУ ВПО «Казанский Государственный Энергетический Университет». Планируется создание приложения, которое будет конвертировать базы данных тестов из других программ в программу «Instant testing for training».

5. Список литературы

1. Подымов В.Н. Оценивание знаний // Вестник КГЭУ, 2009. №3. С.89-98.
2. Устынюк Ю.А. Можно ли сесть в уходящий поезд // Химия и жизнь, 1988. №8.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЕНОК

Ю.В. Федотов, Р.О. Степанов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

1. Постановка задачи

На сегодняшний день тонкопленочные покрытия используются в различных областях науки и техники: при производстве оптических деталей (просветление оптики, создание интерференционных фильтров), в микроэлектронике (в планарно-эпитаксиальной технологии), при создании защитных покрытий и т.д.

При этом наблюдается тенденция ужесточения требований к точности изготовления интерференционных покрытий с заданными оптическими характеристиками. Удовлетворение этих требований возможно только при наличии детальной информации о комплексном показателе преломления пленок, используемых в покрытии. Практика показывает, что физические свойства оптических пленок (в особенности ультратонких) сильно зависят от технологии и условий их изготовления, причем доскональное воспроизведение условий на различном напылительном оборудовании практически невозможно. В этой связи возникает задача определения комплексного показателя преломления ультратонких пленок, получаемых на каждом конкретном производстве. Решение указанной задачи требует разработки специального программного обеспечения для определения оптических характеристик образцов пленок на поверхности подложек по результатам измерений коэффициентов пропускания и отражения исследуемого образца в некотором спектральном диапазоне.

В настоящее время существует несколько коммерческих комплексов программного обеспечения для определения оптических характеристик пленок на поверхности по результатам спектрофотометрических измерений, например [1-3]. Данные программные комплексы позволяют решать широкий круг задач по определению характеристик пленок и разработке оптических покрытий. Однако они не позволяют гибко решать проблемы, возникающие при обработке экспериментальных данных различной природы, особенно полученных в сложных зачастую неидеальных условиях.

При определении оптических характеристик ультратонких пленок важным является вопрос устойчивости получаемого решения обратной задачи, определяющий корректность получаемых результатов. Проблема оценки устойчивости решения обратной задачи определения оптических характеристик пленок по результатам многоспектральных спектрофотометрических измерений не является до конца решенной на сегодняшний день.

В связи с этим актуальной являлась задача разработки программного обеспечения определения оптических характеристик ультратонких пленок, с возможностью оценки устойчивости получаемого решения и гибкого изменения программного кода.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение определения оптических характеристик ультратонких пленок было разработано в среде графического программирования NI LabVIEW 2010, позволяющей быстро и высокоэффективно создавать комплексные приложения [4, 5].

3. Описание решения

Для описания оптических характеристик пленок на подложке использовался матричный метод [6], позволяющий гибко учитывать возможные отклонения от идеального случая, такие как негомогенность слоев, шероховатость переходов между слоями, наличие «толстых» слоев.

Задача определения оптических характеристик пленок по результатам многоспектральных измерений сводится к задаче решения системы нелинейных трансцендентных уравнений следующего вида [7]:

$$\begin{cases} R(\vec{x},\vec{z}_1) = R_{\text{изм}}(\vec{z}_1) \\ R(\vec{x},\vec{z}_2) = R_{\text{изм}}(\vec{z}_2) \\ \vdots \\ R(\vec{x},\vec{z}_N) = R_{\text{изм}}(\vec{z}_N) \end{cases} \quad (1)$$

где $\vec{x}$ – вектор неизвестных переменных. В вектор неизвестных переменных могут входить толщины слоев многослойной системы, показатели преломления и поглощения или параметры их дисперсионной модели, параметры шероховатости, негомогенности слоев и т.д.; $\vec{z}_i$ – *i*-тый вектор независимых параметров, при которых проводилось *i*-тое спектрофотометрическое; $R(\vec{x},\vec{z}_i)$ – функционал коэффициента отражения (пропускания) многослойной системы, зависящий от вектора

неизвестных переменных $\vec{x}$, и вектора независимых параметров $\vec{z}_i$, рассчитываемый на оснеове матричного метода; $R_{изм}(\vec{z}_i)$ – результат *i*-того измерения коэффициента отражения (пропускания) многослойной системы полученного для вектора независимых параметров $\vec{z}_i$; *N* - число независимых измерений.

Решение системы (1) является некорректно поставленной математической задачей, так как из-за влияния шумов измерения не каждой правой части системы уравнений, полученной в результате измерений, может быть найден вектор $\vec{x}$ неизвестных параметров, обращающий все уравнения системы в тождества. Выходом в данной ситуации является использование метода подбора квазирешения [8]. Применение метода подбора квазирешения позволяет свести задачу решения системы (1) к задаче поиска минимума функционала невязки следующего вида:

$$F = \frac{1}{N}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(R(\vec{x},\vec{z}_i) - R_{изм}(\vec{z}_i)\right)^2} \quad (2)$$

В последнее время метод определения параметров многослойной системы на основе поиска минимума функционала получил наибольшее распространение [9]. Однако и в такой постановке задача может оказаться некорректной. Так при некоторых характеристиках исследуемой многослойной системы решаемая задача может оказаться неустойчивой, более того, квазирешение может быть не единственно.

Для оценки устойчивости получаемого решения и оценки влияния погрешности измерений на результат определения параметров многослойной системы использовался оригинальный метод, основанный на свойствах метода подбора квазирешения. Разработанный метод, заключается в следующем: в компоненты вектора найденного решения последовательно вносятся возмущения. При этом возмущенный компонент вектора решения считается известным, и квазирешение ищется для оставшихся компонент вектора. Операция повторяется с целью построения зависимости остаточной невязки (значения функционала (2) в точке минимума) от величины возмущения. За величину погрешности определения *i*-того неизвестного параметра принимается максимальная величина возмущения δx_i, при котором выполняется неравенство:

$$F_{min}(\delta x_i) \leq F_{min}(\delta x_i - 0) + \delta_{изм}$$

где $F_{min}(\delta x_i)$ – величина остаточной невязки при внесении возмущения δx_i в *i*-тый неизвестный параметр; $F_{min}(\delta x_i = 0)$ – величина остаточной невязки без возмущения; $\delta_{изм}$ – погрешность измерений.

Внешний вид главного окна разработанного программного обеспечения определения оптических характеристик пленок представлен на рис. 1.

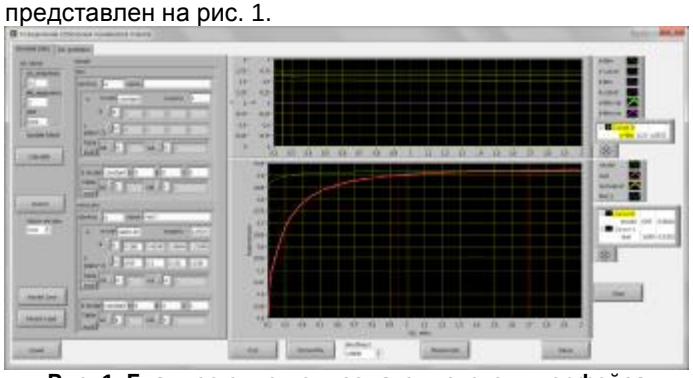


Рис. 1. Главное окно пользовательского интерфейса

Разработанное специальное программное обеспечение позволяет решать следующие основные задачи:

- Осуществлять работу со встроенным банком данных оптических характеристик материалов пленок и подложек.
- Проводить предварительную обработку результатов измерения спектров пропускания.
- Осуществлять уточнение оптических параметров материала подложки по результатам измерения спектра пропускания чистой подложки.
- Решать обратную задачу определения толщины и оптических характеристик пленок на подложке.
- Проводить оценку устойчивости полученного решения и вычислять оценку погрешности
- Осуществлять математическое моделирование спектра пропускания системы пленка-подложка, с целью поверки работоспособности и эффективности используемых в программном обеспечении методов и алгоритмов.

Для решения обратной задачи определения толщины и оптических характеристик пленок на подложке реализовано использование двух алгоритмов оптимизации: метода последовательного квадратичного программирования (Constrained Nonlinear Optimization VI), и метода дифференциальной эволюции (Global Optimization VI).

Разработанное программное обеспечение использовалось для определения оптических характеристик алмазоподобных пленок на подложках из различных материалов.

В качестве примера иллюстрирующего функционирование разработанного программного обеспечения ниже приведены результаты определения параметров алмазоподобной пленки на подложке из BaF_2. На рис. 2 представлены спектры пропускания чистой подложки и подложки с нанесенной на нее пленкой измеренные на спектрометре PerkinElmer Lambda 950. Найденные зависимости показателя преломления и показателя поглощения материала пленки представлены на рисунке 3. Найденная толщина пленки составила 93 нм. Пунктирной линией на рисунке 2 показан спектр пропускания системы пленка-подложка, рассчитанный на основе полученных оптических параметров пленки.

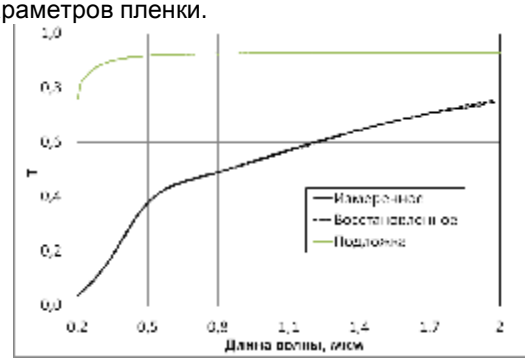


Рис. 2. Измеренные и восстановленные спектры пропускания алмазоподобной пленки на подложке из BaF2

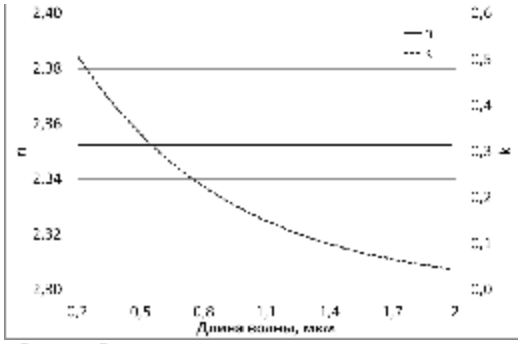


Рис. 3. Результат определения оптических характеристик пленки на подложке из BaF2

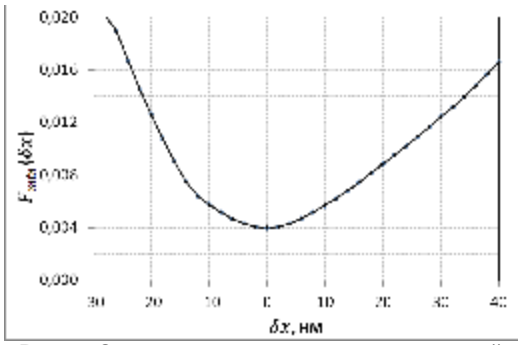


Рис. 4. Зависимость величины остаточной невязки от величины возмущения

На рис. 4 приведена зависимость величины остаточной невязки $F_{min}(\delta x_i)$ для данной системы пленка–подложка от величины возмущения вносимого в параметр - толщина пленки. Из рисунка видно, что при величине погрешности измерения пропускания равной 0,007 погрешность определения толщины данной пленки составляет -18÷+25 нм.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанное программное обеспечение используется в учебном процессе и в научно-исследовательских работах, проводимых на кафедре «Лазерные и оптико-электронные системы» МГТУ им. Баумана.

5. Список литературы

1. http://www.optilayer.com/products-and-services/optichar - раздел на сайте OptiLayer
2. http://www.semiconsoft.com/html/download/brochure/TFCompanion_brochure2008.pdf - брошюра на сайте SemiconSoft, Inc
3. http://www.ftgsoftware.com/fsindex.htm - - раздел на сайте FTG Software Associates
4. Дж. Тревис. LabVIEW для всех. Пер. с англ. - М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. - 544 с.
5. П. Блюм. LabVIEW: стиль программирования. - Пер. с англ. под ред. П. Михеева. М.: ДМК Пресс, 2008. - 400 с.
6. C. Katsidis, D.I. Siapkas, Applied optics, Vol. 41, N. 19, P. 3978–3987, 2002.
7. T. Babeva, S. Kitova, I. Konstantinov, Applied optics, Vol. 40, N. 16, P. 2675–2681, 2001.
8. А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. Методы решения некорректных задач.- М.: Наука, 1979.- P. 288.
9. A. V Tikhonravov et al., Applied optics, Vol. 41, N. 13, P. 2555–2560, 2002.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ И ВЫВОДА ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЯХ В СРЕДЕ LABVIEW

В.С. Попов, О.Г. Петросян

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Многие области науки и техники используют данные удельного электрического сопротивления чистых металлов. В частности, эти данные широко используются в компьютерной, космической отраслях, при создании новых композитных материалов и даже в исследованиях элементарных частиц.

Целями создания алгоритма являлись:

1. Построение графиков и вывод электронных таблиц зависимости удельного электрического сопротивления чистых металлов от температуры с заданной дискретностью по температуре.
2. Исследование возможности многомерной аппроксимации данных удельного электрического сопротивления различных металлов в зависимости не только от температуры, но и от, например, относительной атомной массы металла, посредством полученных графиков.

График удельного электрического сопротивления чистых металлов с изменением температуры в общем случае имеет три области:

1. Область сверхпроводимости (для некоторых металлов) при крайне низких температурах (менее 10 К), в которой электрическое сопротивление отсутствует (равняется нулю при современной точности измерений); область сверхпроводимости не была охвачена в рамках данной работы.
2. Область твёрдого состояния металла при температурах выше критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние, в этой области изменение удельного электрического сопротивления может быть приближённо описано с помощью как линейных, так и нелинейных формул.
3. Область жидкого состояния металла, в которой необходима аппроксимация имеющихся данных ввиду разнообразного изменения удельного электрического сопротивления при изменении температуры для жидких металлов.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Кафедра «Информационные системы и телекоммуникации» МГТУ им. Н. Э. Баумана.

3. Описание решения

3.1 Особенности удельного электрического сопротивления металлов в твёрдом и жидком состояниях

График изменения удельного электрического сопротивления в зависимости от температуры для кадмия приведён на рис. 1 (график для участка сверхпроводимости не приводится). Участок для твёрдого состояния построен путём расчётов по формулам (2) и (3), участок для жидкого состояния построен по экспериментальным данным.

Следует заметить, что изменение удельного сопротивления в твёрдом состоянии при температурах выше критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние линейно не на всём промежутке температур, при низких температурах наблюдается нелинейность данной зависимости [1].

В жидком состоянии графики для различных металлов могут различаться в гораздо большей степени. Некоторые эксперименты показывают, что в кадмии и цинке при росте температуры удельное сопротивление сначала уменьшается, увеличиваясь в дальнейшем, при этом на графике для жидкого состояния образуется минимум. Напротив, графики зависимости удельного электрического сопротивления от температуры для золота, серебра, меди, магния, теллура, индия, алюминия и некоторых других металлов в жидком состоянии линейны. [2] Кроме того, у некоторых металлов (например, у висмута) при переходе в жидкое состояние наблюдается не увеличение, а уменьшение удельного сопротивления по сравнению с удельным сопротивлением при больших температурах в твёрдом состоянии.

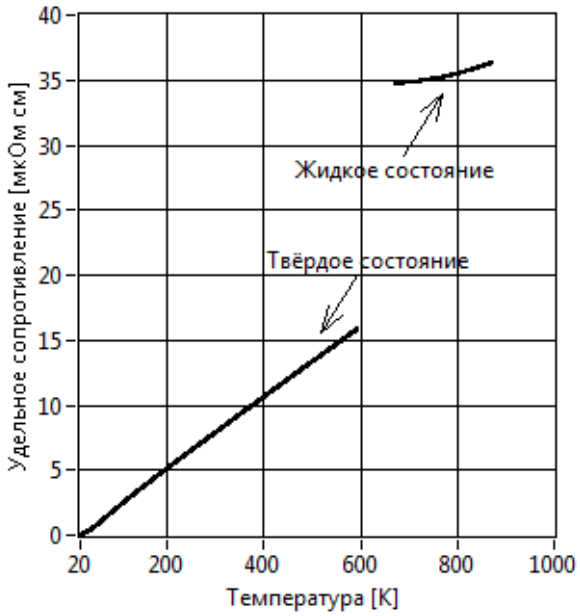


Рис. 1. График изменения удельного электрического сопротивления в зависимости от температуры для кадмия, созданный в LabVIEW

Для расчёта удельного электрического сопротивления в твёрдом состоянии часто приводится следующая формула линейной зависимости:

$$r_t = r_0(1+a\,t)\,, \tag{1}$$

где r_t – удельное электрическое сопротивление при температуре t градусов Цельсия, r_0 – удельное электрическое сопротивление при нуле градусов Цельсия, a – температурный коэффициент сопротивления, t – температура в градусах Цельсия.

Более точный расчёт можно произвести посредством использования следующих формул [3]:

$$r_T = 1,056\frac{T}{\Theta}F(\frac{\Theta}{T}) \tag{2}$$

$$r_T = r_0\frac{r_T}{r_0}\,, \tag{3}$$

где r_T – приведённое сопротивление при температуре T градусов Кельвина, r_T – удельное электрическое сопротивление при температуре T градусов Кельвина, r_0 – приведённое сопротивление при нуле градусов Цельсия, r_0 – удельное электрическое сопротивление при нуле градусов Цельсия, T – температура в градусах Кельвина, Θ – характеристическая температура металла, $F(\frac{\Theta}{T})$ – табличная функция [3].

Для жидкого состояния были найдены таблицы зависимости удельного сопротивления от температуры. В программе данные аппроксимируются, после чего алгоритм вычисляет данные удельного сопротивления для выбранной дискретности по температуре.

3.2 Исходные данные

Исходными данными для алгоритма являются следующие таблицы:

1. Таблица удельного сопротивления при нуле градусов Цельсия и характеристической температуры металлов.
2. Таблица значений функции F при различных отношениях температур Θ и T (рис. 2) [3].

Таблица значений функции F(Характеристическая температура/T) для различных отношений (Характеристическая температура/T)

0	1	1,5	0,8848	...	36	0,0002963
0,1	0,9994	1,6	0,8704	...	38	0,0002387
0,2	0,9978	1,7	0,8554	...	40	0,0001944
0,3	0,995	1,8	0,8398	...	44	0,0001328
0,4	0,9912	1,9	0,8238	...	48	0,00009375
0,5	0,9862	2	0,8073	...	50	0,00007964
0,6	0,9803	2,1	0,7905	...	52	0,00006806
0,7	0,9733	2,2	0,7733	...	56	0,00005061
0,8	0,9653	2,3	0,7559	...	60	0,00003841
0,9	0,9563	2,4	0,7383	...	64	0,00002967
1	0,9465	2,5	0,7205	...	68	0,00002328
1,1	0,9357	2,6	0,7026	...	70	0,00002073
1,2	0,9241	2,7	0,6846	...	72	0,00001852
1,3	0,9118	2,8	0,6666	...	76	0,00001492
1,4	0,8986	2,9	0,6486	...	80	0,00001215

График функции F

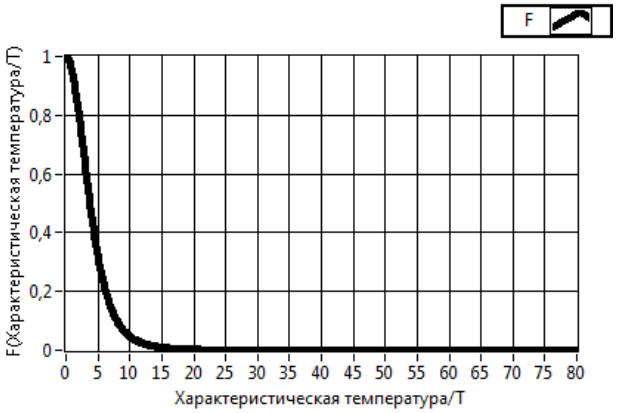


Рис. 2. Таблица и график для функции $F(\frac{\Theta}{T})$, предназначенной для расчётов удельного электрического сопротивления с помощью нелинейной математической модели (2), (3)

3. Таблица температур плавления и кипения металлов.
4. Таблица удельного электрического сопротивления жидких металлов в зависимости от температуры (рис. 3). Данные в таблице указаны не для всех металлов; дискретность полученных из литературы данных различна; количество заполненных данными ячеек для металлов различно: для золота и меди в таблице существует только по две пары (температура; удельное электрическое сопротивление), а для калия – уже 29 таких пар.
5.

Таблица удельного электрического сопротивления жидких металлов в зависимости от температуры

Металл	Температура, градусы Цельсия																						
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	..
Алюминий														74,7		76,2		77,7		79,2		80,6	..
Висмут						131,9		137,6		143,3		149		154,7		160,4		166,1		171,8			
Золото																						91,8	..
Индий						36,7		39,3		41,9		44,4		47		49,6		52,2		54,7			
Калий								49,7		45,2		40,7											
Калий	15,54	18,6	21,71	24,91		28,25	31,81	35,56	39,53	43,97	48,64	53,65	59,06	64,85	71,05	77,72	84,88	92,59	100,91	109,99	119,89	130,8	..
Медный														27,7		28,2		28,7					
Медь																						21,2	..
Натрий	9,09	11,5	13,37	15,32		17,36	19,53	21,83	24,27	26,86	29,63	32,55	35,68	39,01	42,57	46,37	50,45	54,81	59,49	64,51	69,89	75,63	..
Олово						40,7		52,2		54,7		57,2		59,6		62,1		64,5		67,6		69,5	..
Рубидий	22,67	27,01	31,51	36,18	40,95	45,82	50,85	56,12	61,78	67,86	74,53	81,81	89,8	98,53	108,02	118,31	129,46	141,54	154,69	169,13	185,19	203,16	..
Свинец								98,2		102,9		107,6		112,4		117,1		121,8		126,3			
Серебро																				17,6		18,4	..
Сурьма														111,4		118,1		120,8		125,1			
Таллий								75,2		79,1		81,9		84,8		87,7							
Цезий	68,9	44,24	30,67	36,44	62,21	68,06	74,01	80,4	87,13	94,35	102,16	110,67	119,98	130,22	141,52	153,98	167,69	182,68	198,98	216,76	236,17	257,62	..
Цинк										35,9		36,2		36,4		36,2							

Рис. 3. Таблица удельного электрического сопротивления [10^{-8} Ом·м] жидких металлов в зависимости от температуры [°C] (построено в LabVIEW по данным [2])

Первые две таблицы из приведённого списка необходимы для получения данных удельного сопротивления металлов в твёрдом состоянии, третья и четвёртая таблицы необходимы для аппроксимации данных и изменения дискретности данных удельного сопротивления металлов в жидком состоянии.

3.3 Алгоритм

В созданном алгоритме можно выделить следующие логические блоки:

1. Чтение данных из электронных таблиц формата CSV, преобразование данных в массивы, вывод данных в табличной форме на лицевую панель виртуального прибора, настройка списка металлов (рис. 4, 5).

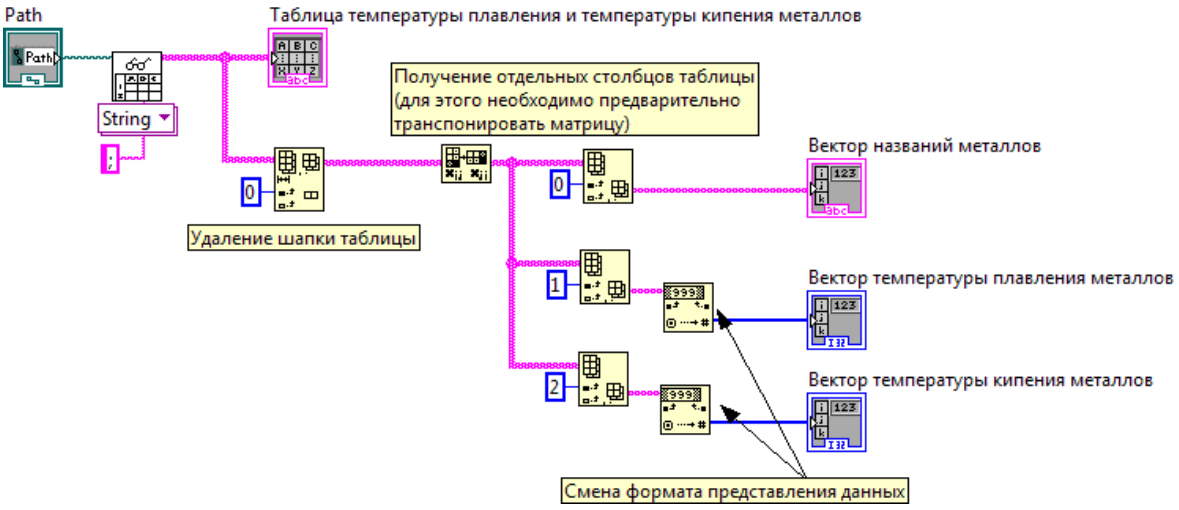


Рис. 4. Один из виртуальных подприборов для считывания табличных данных формата CSV, используемый на блок-диаграмме основного виртуального прибора

Для считывания данных из файлов формата CSV используется виртуальный прибор Read From Spreadsheet File.vi. После работы Read From Spreadsheet File.vi необходимо дополнительно обработать табличные данные, преобразованные в двумерный строковый массив: например, удалить шапку таблицы, транспонировать массив, выделить отдельные строки или столбцы, выполнить приведение типов (см. рис. 4).

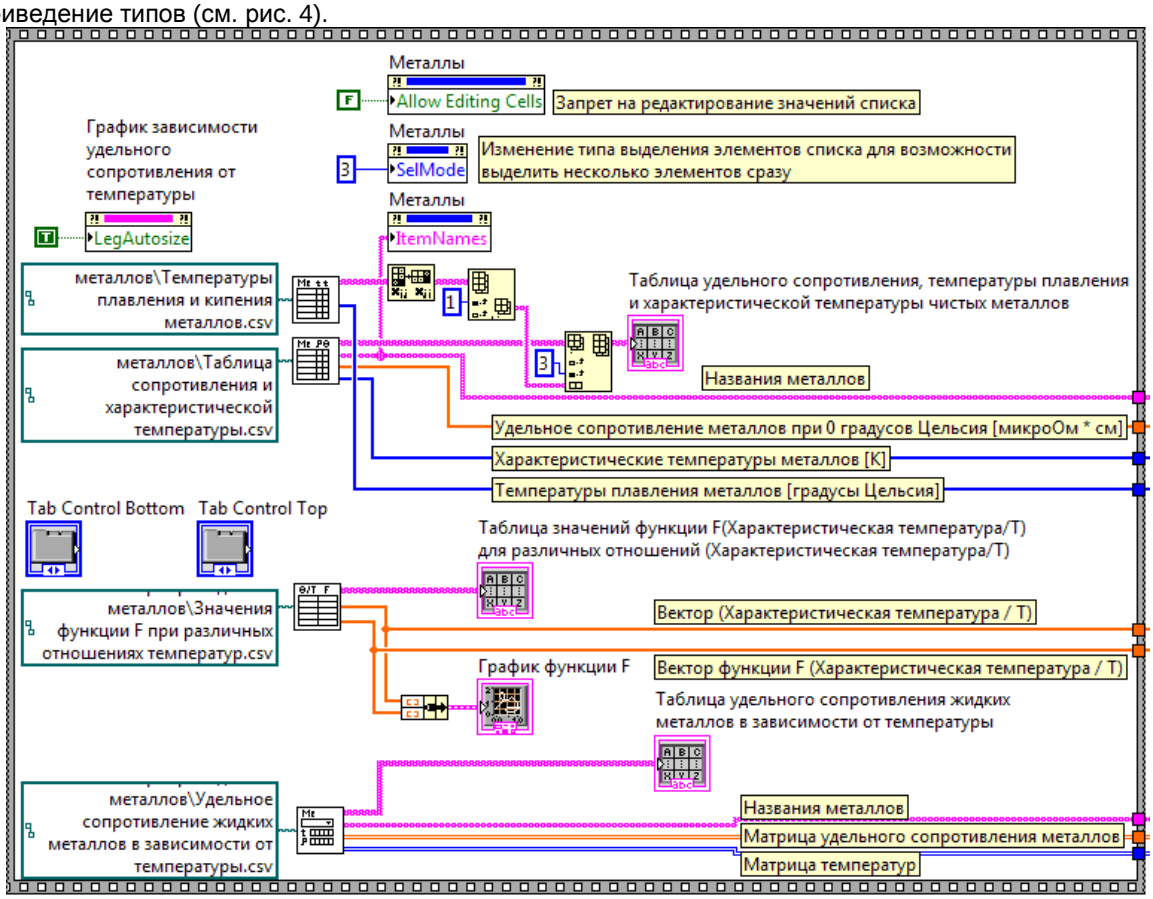


Рис. 5. Чтение табличных данных из файлов формата CSV, вывод табличной информации на лицевую панель, настройка списка металлов – запрет редактирования элементов списка и разрешение выделения сразу нескольких элементов. Чтение табличных данных осуществляется виртуальными приборами, разработанными для каждого типа таблиц (рис. 4)

2. Вычисление удельного электрического сопротивления для выбранных металлов с указанным шагом по температуре для твёрдого состояния с использованием математической модели (формулы (2) и (3)) (рис. 6).

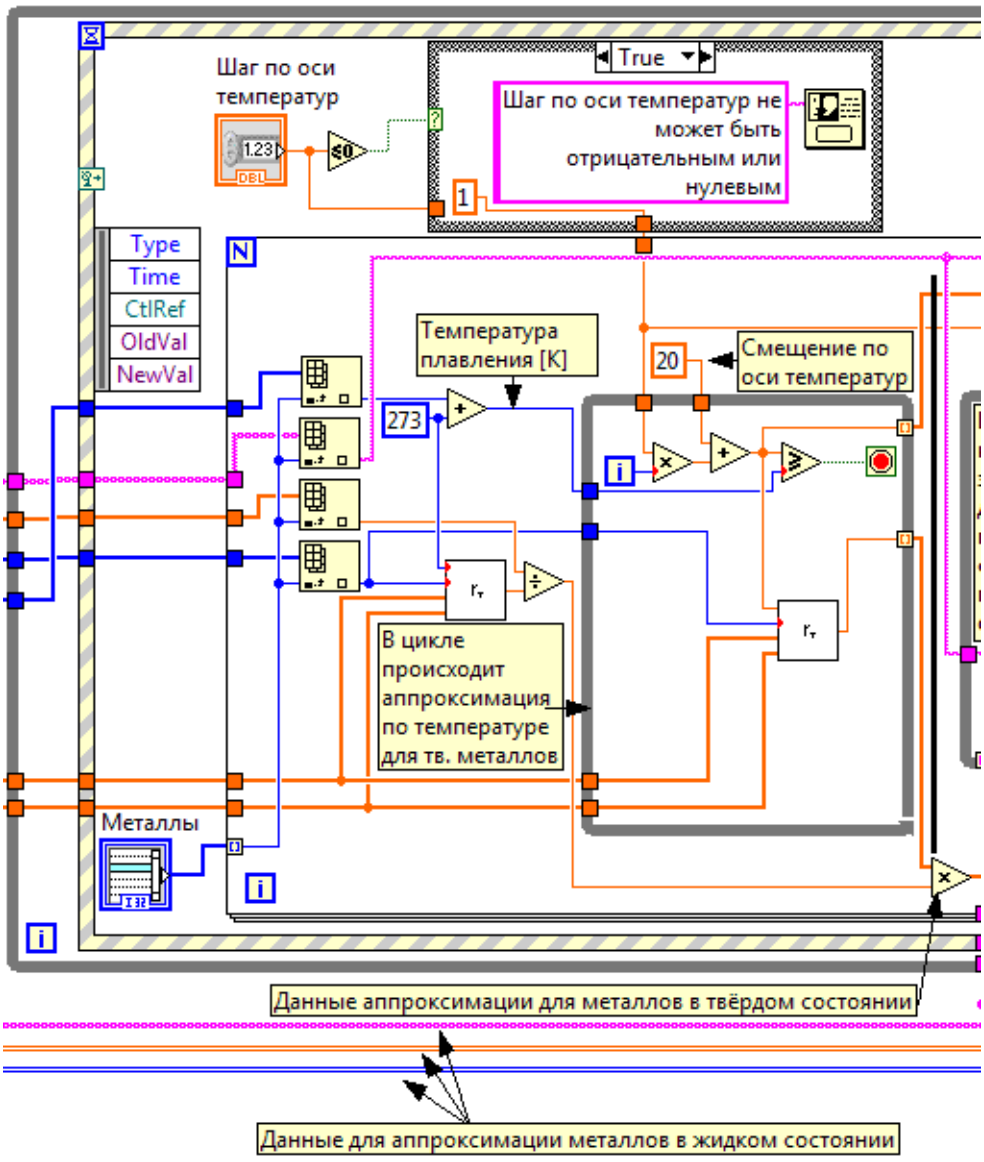


Рис. 6. Часть алгоритма программы, реализующая расчёт удельного электрического сопротивления для твёрдого состояния металлов

Массив Металлы (см. Рис. 6, внизу слева) вмещает в себя номера выбранных элементов списка металлов. Массив индексируется в структуре For Loop, внутри которой для каждого выбранного металла происходит расчёт значений удельного электрического сопротивления в температурном диапазоне от 20 Кельвинов до температуры кипения (при наличии данных удельного электрического сопротивления для жидкого состояния) или до температуры плавления (при отсутствии упомянутых данных). По значению элемента массива с помощью виртуальных приборов Index Array (слева) определяются такие параметры как: температура плавления металла, название металла, удельное сопротивление при нуле градусов Цельсия, характеристическая температура. Далее виртуальный прибор для расчёта приведённого сопротивления вычисляет значение r_0 (см. формулу (2)), после чего в структуре While Loop вычисляются значения r_T для различной температуры T до температуры плавления металла с шагом по температуре, заданным пользователем. После указанных вычислений

вектор значений r_T перемножается на постоянное в рамках конкретного металла значение дроби $\frac{r_0}{r_0}$ для получения вектора значений r_T по формуле (3).

3. Вычисление удельного электрического сопротивления для выбранных металлов с указанным шагом по температуре для жидкого состояния с использованием табличных данных путём их аппроксимации (если таковые данные имеются для выбранного металла) (рис. 7).
4.

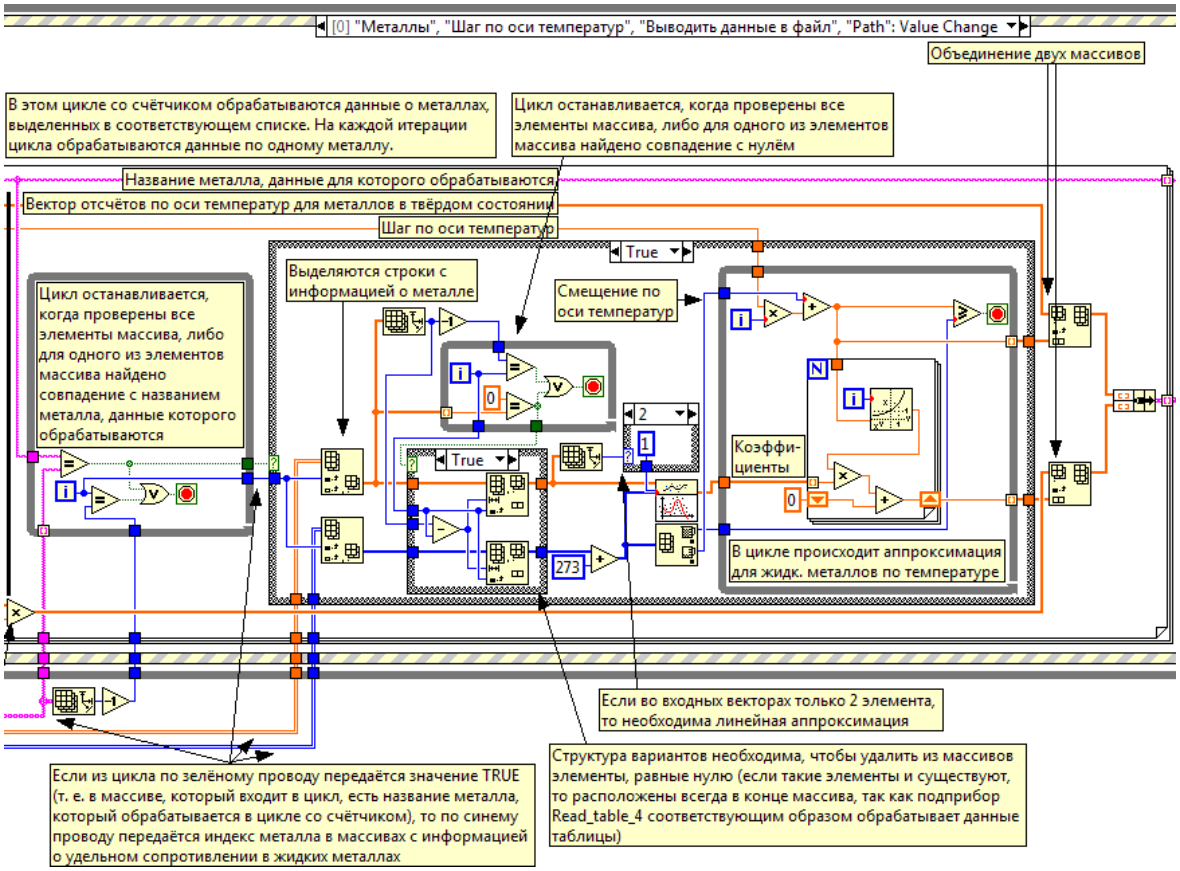


Рис. 7. Аппроксимация данных удельного электрического сопротивления для жидкого состояния металлов

Структура While Loop (см. рис. 7, слева) обеспечивает проверку существования данных удельного электрического сопротивления для жидкого состояния рассматриваемого металла; в случае наличия таких данных на входе Case Selector структуры Case, вмещающей в себя другие структуры, появляется значение True, а значение счётчика структуры While Loop показывает номер строки для обрабатываемого металла в двумерных массивах удельного электрического сопротивления жидких металлов. Далее в структуре Case Selector происходит индексация двумерных массивов данных удельного электрического сопротивления жидких металлов, т.е. выборка одномерных массивов с информацией для конкретного металла. В одном из полученных одномерных массивов содержится информация об удельном электрическом сопротивлении для жидкого состояния металла, в другом – поэлементно соответствующие первому массиву данные температуры; таким образом, элементы этих двух одномерных массивов образуют пары (температура; удельное электрическое сопротивление). После процесса выборки нужных одномерных массивов следует процесс удаления хвоста в обоих массивах, состоящего из нулевых элементов, так как количество отсчётов удельного электрического сопротивления различается для металлов, а сами данные хранятся в двумерном массиве. Завершает обработку данных для жидкого состояния металлов получение коэффициентов для аппроксимации удельного электрического сопротивления и, собственно, получение отсчётов с указанным интервалом по температуре. Границами для аппроксимации служат минимальная и максимальная из тех температур, для которых существуют отсчёты удельного электрического сопротивления в исходных таблицах. При наличии только двух отсчётов для аппроксимации

программа проводит аппроксимацию посредством полинома второго порядка, а при наличии большего количества отсчётов – полиномом третьего порядка.

По окончании получения данных удельного электрического сопротивления с указанным шагом по температуре как для твёрдого, так и для жидкого (при наличии данных) состояния производится объединение двух указанных массивов данных.

5. Экспорт данных указанной дискретности в файл электронных таблиц формата CSV (comma separated values – значения, разделённые запятыми), вывод графиков, настройка графика и легенды.

3.4 Недостатки используемого подхода и пути к совершенствованию алгоритма

Ведерников М. В. [1] отмечает, что для некоторых переходных и редкоземельных металлов наблюдается сильное замедление, почти прекращение роста сопротивления при высоких температурах в твёрдом состоянии, что не может быть показано используемой математической моделью (формулы (2), (3)).

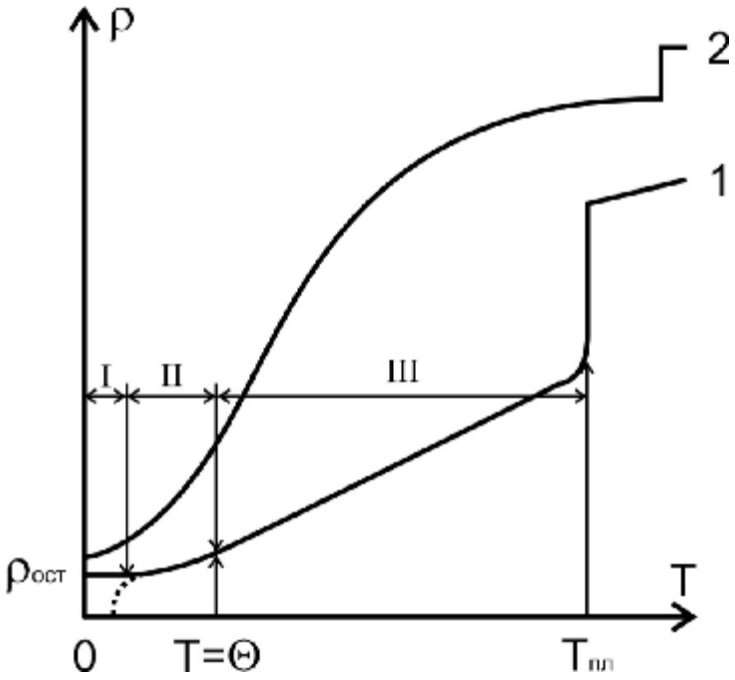


Рис. 8. Типичные температурные зависимости удельного электросопротивления металлов [1]

На рис. 8 область I соответствует области сверхпроводимости для металлов, переходящих в сверхпроводящее состояние (переход показан пунктиром), и области остаточной проводимости $r_{ОСТ}$ для других металлов. Ширина этой области не превышает 10 градусов Кельвина. Область II соответствует быстрому росту электрического сопротивления, после которого следует область линейной зависимости III для большого количества металлов (кривая 1 на рис. 8). Для многих металлов, у которых зависимость $r = f(T)$ соответствует кривой 1 (см. рис. 8), отмечены слабые отступления от линейной зависимости в области III. Для некоторых переходных и редкоземельных металлов наблюдается сильное замедление, почти прекращение роста сопротивления при высоких температурах (кривая 2 на рис. 8) [1].

Некоторые металлы, такие как железо, никель и хром имеют особые точки магнитного разупорядочения [1], особо выраженные на графиках зависимости их удельного сопротивления от температуры (рис. 9). Используемая математическая модель (формулы (2) и (3)) не отражает эту существенную особенность. Имеет смысл замена математической модели на табличные данные удельного сопротивления или доработка самой математической модели.

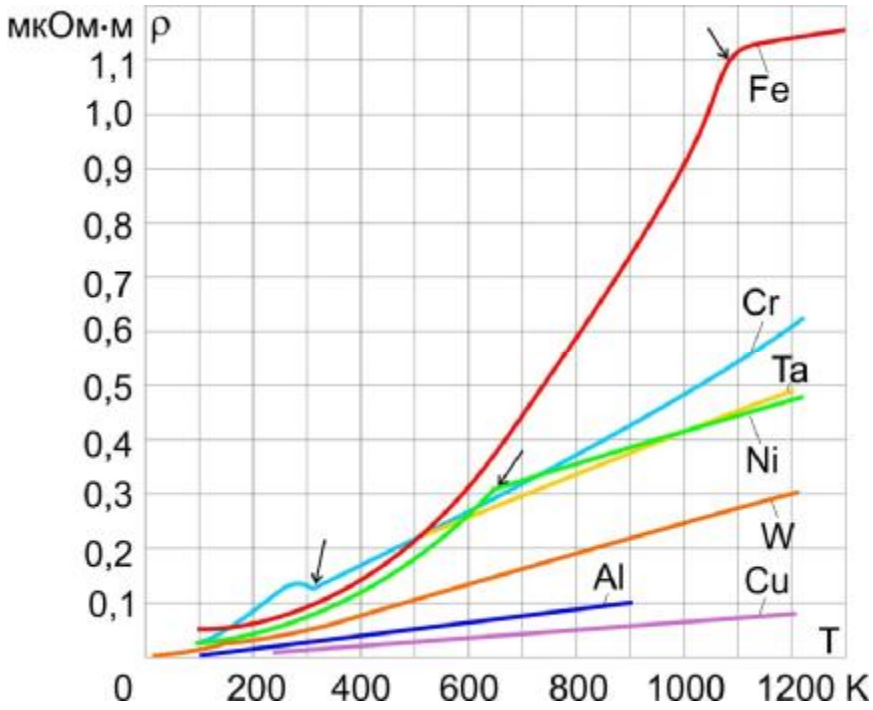


Рис. 9. Зависимость удельного электрического сопротивления от температуры для некоторых чистых металлов [1]: для ферромагнитных никеля и железа и антиферромагнитного хрома стрелками указаны точки магнитного разупорядочения

В то же время необходимо отметить, что поиск данных зависимости удельного электрического сопротивления от температуры затруднителен ввиду частого применения на практике довольно грубых математических моделей (формулы (1), (2), (3)), а в публикациях на указанные и смежные темы чаще встречаются графики удельного сопротивления металлов, нежели табличные данные. Хочется отметить, что данные экспериментов, приводимые в различных литературных источниках, зачастую имеют довольно сильные расхождения из-за различной постановки эксперимента и использования металлов разной степени чистоты: ведь на удельное сопротивление довольно сильное влияние оказывает присутствие примесей, а получение металлов высокой чистоты является дорогим процессом.

3.5 Возможность многомерной аппроксимации данных

В период работы над проектом возможность многомерной аппроксимации данных, в том числе с целью прогноза значений удельного электрического сопротивления при выборке пар (температура; удельное электрическое сопротивление) только некоторых металлов для получения указанных пар для металлов вне списка, не выявлена, что указывает на большое количество параметров, влияющих на изменение удельного электрического сопротивления с ростом температуры для конкретного металла.

3.6 Выводы

1. Был создан набор виртуальных приборов для построения графиков и вывода электронных таблиц зависимости удельного электрического сопротивления чистых металлов от температуры с заданной дискретностью по температуре для твёрдого и жидкого состояний при температурах, лежащих в диапазоне от 20 градусов Кельвина до температур кипения или плавления металлов (в зависимости от наличия или отсутствия данных удельного электрического сопротивления для жидкого состояния).
2. Возможность многомерной аппроксимации данных в процессе работы над проектом не выявлена.
3. Погрешности аппроксимации в рамках разработанного виртуального прибора и существующих данных зависимости удельного электрического сопротивления от температуры для различных металлов малы.

4. Используемый подход, разделяющий как обработку информации для твёрдого и жидкого состояний металлов, так и источники данных для этих состояний (теоретические и экспериментальные), полностью зарекомендовал себя.
5. Были обнаружены и изложены пути для совершенствования как предлагаемого алгоритма, так и используемой математической модели описания удельного электрического сопротивления металлов в твёрдом состоянии.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

National Instruments LabVIEW 8.5, National Instruments LabVIEW 2011.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий и т.п.

Решение может быть усовершенствовано на кафедре «Информационные системы и телекоммуникации» МГТУ им. Н. Э. Баумана и внедрено, помимо кафедры, в качестве стенда для обучения физике и химии в широком диапазоне организаций, а также в качестве инструмента для расчёта удельного электрического сопротивления металлов в твёрдом и жидком состояниях при решении инженерных задач.

6. Список литературы

1. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. – Т. 3. – 3-е изд., перераб. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 728 с.: ил.
2. Металлические расплавы и их свойства. Арсентьев П. П., Коледов Л. А., М., «Металлургия», 1976, 376 с.
3. Физические величины: Справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М.; Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПИД - РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛАЗЕРНОГО МОДУЛЯ LFO-550

М.Ф. Садыков[1,2], Д.А. Иванов[1,2], Р. Закиева[2]

1. ФГБУН «Казанский физико-технический институт им.Е.К.Завойского КазНЦ РАН», г. Казань
2. ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

1. Постановка задачи

В наших экспериментах мы используем многомодовый лазерный диод LFO-550 [1] с мощностью непрерывного излучения 500 мВт в спектральном диапазоне 1,52÷1,58 мкм, изготовленный на основе InGaAsP/InP гетероструктур с градиентными волноводами. Лазерный диод выпускается со встроенным фотодиодом обратной связи, термохолодильником и коллимирующей микролинзой.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Решение внедрено в лаборатории Физического приборостроения КФТИ КазНЦ РАН.

3. Описание решения

Диапазон рабочих температур используемого лазерного диода составляет 0 ÷ 40 ^{0}C. Для поддержания оптимальной работы устройства используется встроенный термохолодильник, представляющий из себя термоэлемент с эффектом Пелтье. Во время работы температура лазерного диода непрерывно меняется в зависимости от генерируемого излучения. Для поддержания характеристик излучения на одном уровне необходимо зафиксировать температуру лазерного диода в определенном интервале. С этой целью была создана программа на языке Labview с использованием пид-регулирования (рис. 1, рис. 2).

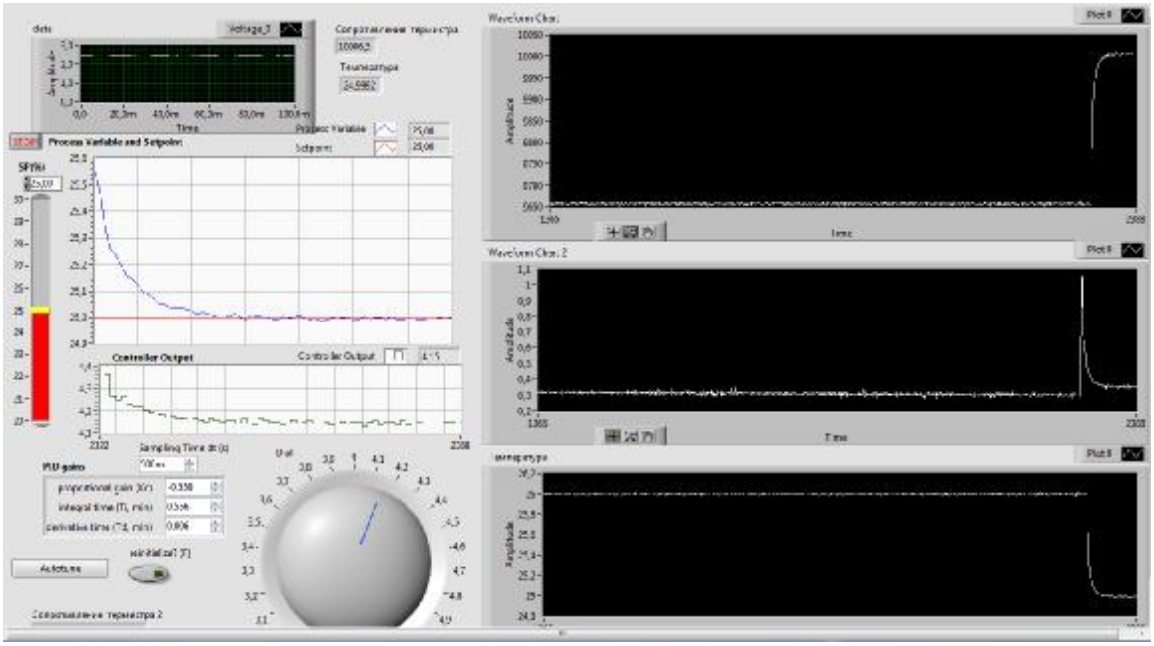


Рис. 1. Лицевая панель программы

Программа реализована по стандартному алгоритму пид-регулирования, где в качестве обратной связи подается информация о величине сопротивления термостора. Величина температуры определяется пересчетом из сопротивления термистора. Для этого была аппроксимирована кривая зависимости температуры термистора от его сопротивления.

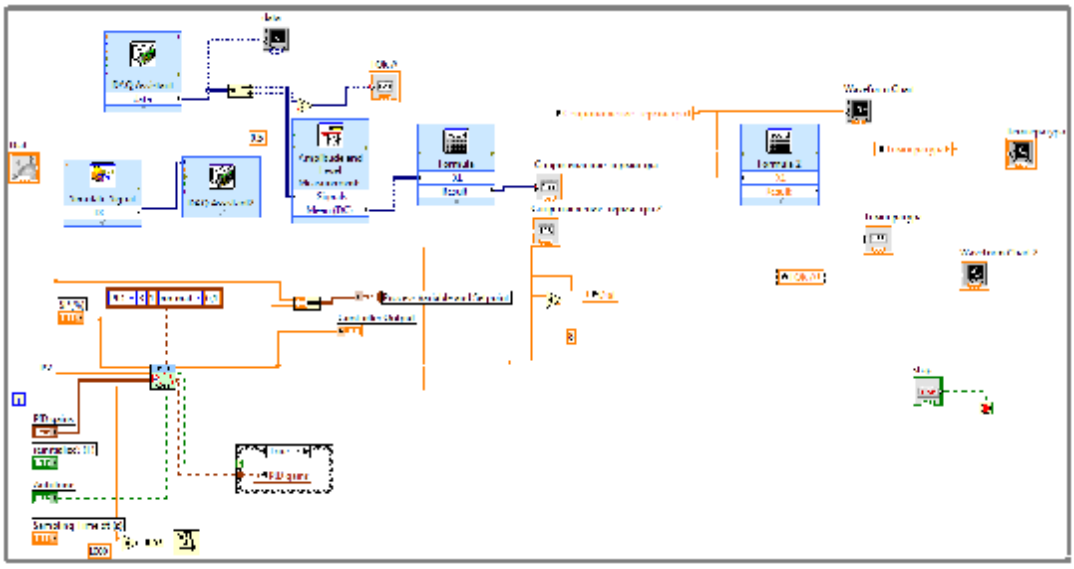


Рис. 2. Блок-диаграмма

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Для реализации решения было использовано оборудование NI PCI-6221 и LabView 2012 Full.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Решение может быть внедрено на предприятиях и в организациях, использующих лазерные модули со встроенным терморегулированием.

6. Список литературы

1. Описание (datasheet) электронного компонента «LFO-550» производства ФТИ-Оптроник, http://www.fti-optronic.com/pdfs/LFO-550.pdf.
2. Ю.С. Магда LabVIEW. Практический курс для инженеров и разработчиков. ДМК Пресс, 2012 г, 208 с.
3. Дж. Трэвис, Дж. Кринг LabVIEW для всех. ДМК Пресс, 2011 г, 912 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ ОГИБАЮЩЕЙ ТОКОВОГО СИГНАЛА МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНЫХ МАКСИМУМОВ

С.В. Василенко, Ю.Е. Ульянова, Ю.Н. Елжов, Р.Г. Бабенко, В.И. Сиротина

«НИИ АЭМ» (ВИТИ НИЯУ МИФИ) 347360, г. Волгодонск

1. Постановка задачи

Во многих случаях диагностика состояния электроприводной арматуры энергоблоков атомных станций основывается на анализе формы токового сигнала [4, 5]. Это связано с тем, что для регистрации таких сигналов могут использоваться относительно недорогие, мобильные измерительные комплексы, что важно при массовом обследовании арматуры. Важно и то, что ряд параметров, получаемых в результате анализа, регламентируется технической документацией на арматуру, что делает прогноз более обоснованным.

Токовый сигнал электроприводной арматуры представляет собой гармонику частотой 50 Гц, амплитуда которой меняется во времени в соответствии с фазами рабочего цикла привода. Значения диагностических параметров такого сигнала определяются по его огибающей. От качества преобразования сигнал огибающая существенным образом зависит точность определения параметров токового сигнала, а следовательно, и точность диагноза. В данной работе предлагается алгоритм выделения огибающей, в минимальной степени искажающий её амплитудные и фазовые характеристики.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.5.

3. Описание решения

Метод основывается на предположении, что токовый сигнал электропривода арматуры является результатом амплитудной модуляции несущей гармоники частотой 50 Гц сигналом, несущим информацию о работе привода — огибающей:

$$I(t) = Y(t)\cos(\omega_0(t) + \varphi_0),$$

где *I(t)* - токовый сигнал; *Y(t)* — огибающая токового сигнала; ω_0 - несущая частота, равная 100 π; φ_0 - фаза несущей.

Для выделения огибающей предлагается метод локальных максимумов, заключающийся в том, что оцифрованный временной сигнал $I_i=I(t_i)$ детектируется и подвергается процедуре прореживания. Прореживание заключается в отборе из исходного сигнала точек (X_k, Y_k), являющихся его пиковыми значениями:

$$\begin{cases} X_k = t_i \\ Y_k = |I_i| \end{cases}, \text{ если } |I_i| > |I_{i-1}| \text{ и } |I_i| \geq |I_{i+1}|$$

На рисунке 1 приведён результат применения метода локальных максимумов для выделения огибающей сигнала.

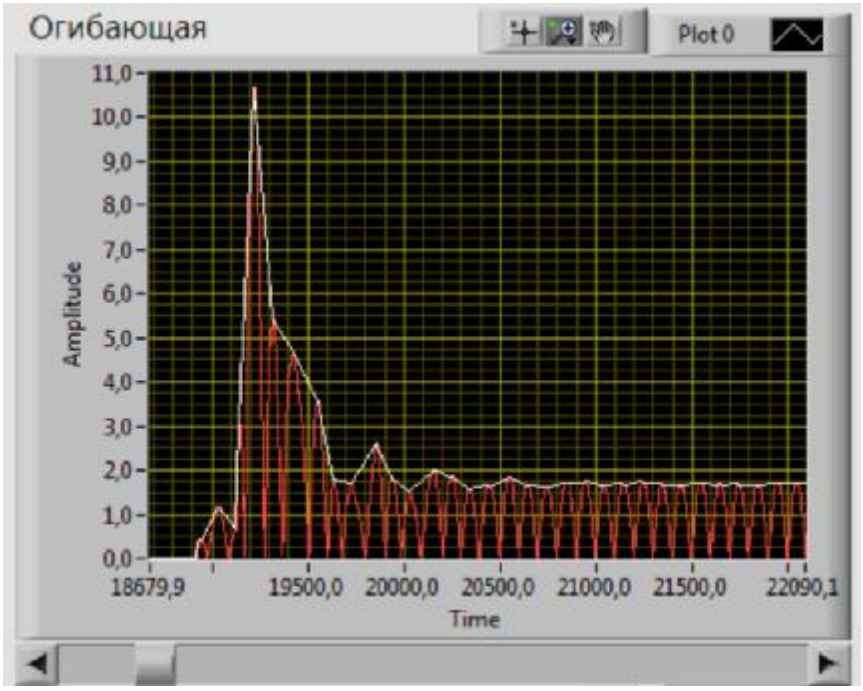


Рис. 1. Построение огибающей сигнала с помощью метода локальных максимумов

Метод локальных максимумов был использован для разработки программы расчёта токо-временных характеристик электроприводной арматуры. На рисунке 2 представлен пример расчёта параметров токового сигнала открытия электроприводной арматуры. На рисунке 3 приведена блок-схема реализации метода локальных максимумов в среде программирования NI LabVIEW 8.5.

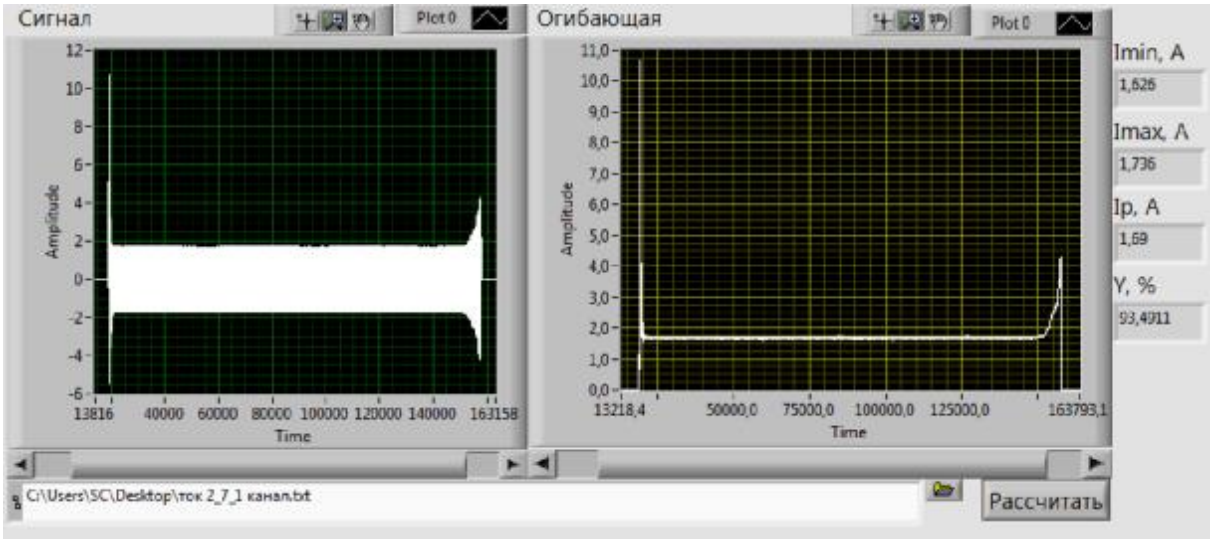


Рис. 2. Программа расчёта параметров тока открытия электроприводной арматуры

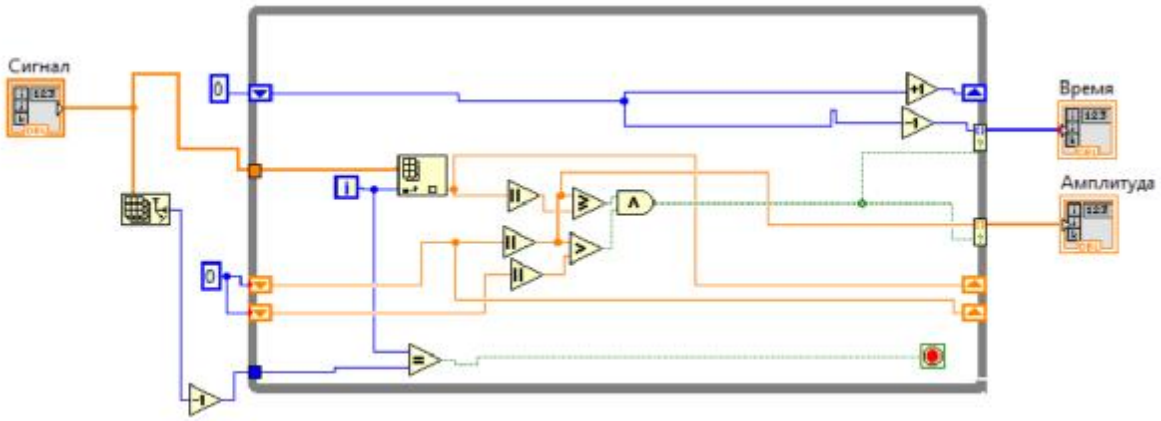


Рис. 3. Блок-схема расчёта огибающей сигнала

Предлагаемый метод обладает рядом преимуществ [1]:

1) он не вносит амплитудных и фазовых искажений в форму огибающей, так как точки огибающей являются подмножеством точек исходного оцифрованного сигнала;

2) существенно повышает скорость обработки больших массивов данных, так как не использует сложных математических преобразований;

3) сжимает данные: огибающая имеет примерно в m/2 раз меньше точек, чем исходный сигнал. В частности, для частоты дискретизации 1000 Гц коэффициент сжатия равен 10.

Следует отметить, что огибающая, полученная таким способом, имеет неравномерную временную шкалу, что в некоторых случая может затруднить дальнейшую обработку. Кроме этого, в качестве ограничений метода предполагается отсутствие в модулирующем сигнале значимых гармоник с частотами, превышающими 50 Гц.

4. Внедрение и его перспективы

Описанный алгоритм реализован в программе обработки результатов измерений, которая используется НИИ «Атомного и энергетического машиностроения» при обследовании состояния электроприводной арматуры.

5. Список литературы

1. Елжов Ю.Н. Алгоритм выделения огибающей токового сигнала // Известия высших учебных завдений. Северо-Кавказский регион. Технические науки – 2009 – Специаль ный выпуск – с. 15-17

2. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400с.

3. Суранов А. Я. LabVIEW 7: справочник по функциям. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 512 с.

4. Адаменков А. К., Поваров В. П., Шарапов С. В. Диагностика элскгроприводной арматурь с использованием комплекса ПКДС-01// Изв вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. Состояние и перспективы строительства и безопасной эксплуатации Волгодонской АЭС,— 2006.— С. 23-27.

5. Методика оценки технического состояния электроприводной арматуры / О.Ю Пугачева, Н.Л. Трембицкая, В.Н. Никифоров, Е.А. Пугачева // Изв. вузов. Сев.-Кавк регион. Техн. науки. Состояние и перспективы строительства и безопасной эксплуатации Волгодонской АЭС,— 2006.- С. 65-71.

6. Сергиенко А. Б. Цифровая обработке сигналов.— СПб.: Питер, 2003.— 608 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

А.В. Светлов, М.Ю. Паршуков, В.В. Комаров, Е.В. Сапунов

Пензенский государственный университет, Региональный Центр технологий National Instruments, г. Пенза

1. Постановка задачи

Операционные усилители (ОУ), являющиеся важнейшими элементами современной аналоговой схемотехники, обладают множеством параметров, определяющих возможные области их применения. Частотные параметры ОУ, такие как частота полной мощности, частота среза, частота единичного усиления, а также запас по фазе на частоте единичного усиления, характеризуют возможность использования ОУ для преобразования широкополосных, например импульсных, сигналов. Измерение частотных параметров необходимо для составления паспорта конкретного экземпляра ОУ; в некоторых случаях в паспорт включаются АЧХ ОУ как при включенной коррекции частотной характеристики, так и без нее. Для составления макромодели конкретного экземпляра ОУ для Spice-совместимых программ схемотехнического моделирования, в том числе MultiSim, требуется произвести измерение частоты единичного усиления (*unity gain frequency* – f_0) и запаса по фазе на частоте единичного усиления (*phase margin – phi*).

Актуальная задача разработки средств автоматизированного измерения частотных параметров ОУ может быть успешно решена с применением технологий и программных продуктов National Instruments.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Пензенский государственный университет, кафедра «Радиотехника и радиоэлектронные системы»

3. Описание решения

Для измерения частотных параметров ОУ используется описанный в [1] аппаратно-программный комплекс (АПК), в котором алгоритмы управления процессами измерения и обработки полученных результатов реализованы в среде графического программирования LabVIEW 10.

В состав аппаратной части комплекса входит генератор прямого цифрового синтеза (DDS), при помощи которого осуществляется формирование тестовых сигналов. Данный генератор обладает высоким разрешением по частоте, возможностью быстрой перестройки частоты без разрыва фазы выходного гармонического сигнала, а также высокой точностью установки значения частоты путем подачи управляющего кода. Такие свойства генератора позволяют реализовать методы измерения частотных параметров ОУ с приемлемыми для практики затратами времени.

Для оценки равенства входного и выходного сигналов в АПК применен дифференциальный амплитудный детектор, позволяющий исключить влияние неравномерности АЧХ DDS генератора. Сигналы с выходов дифференциального амплитудного детектора поступают на компаратор, осуществляющий сравнение двух сигналов.

Реализованные в LabVIEW алгоритмы управления работой АПК позволяют исключить участие оператора в измерительном процессе при определении всех перечисленных в разделе 1 частотных параметров ОУ. Возможно также автоматизированное измерение с заданным разрешением и построение АЧХ ОУ.

В качестве иллюстрации рассмотрим процесс измерения частоты единичного усиления ОУ f_0. Согласно ГОСТ [2] возможно измерение частоты единичного усиления ОУ двумя методами в зависимости от характера спада его частотной характеристики. Если ОУ имеет спад АЧХ в области высоких частот 20 дБ на декаду, то измерение рекомендуется производить на фиксированной частоте ниже f_0 с последующим определением частоты единичного усиления путем экстраполяции. Данный метод обладает высокой производительностью даже при ручной реализации измерительного процесса, т.к. требует от оператора всего нескольких действий с последующим расчетом. Однако, если спад частотной характеристики ОУ на высоких частотах не равномерный и его крутизна отличается от 20 дБ на декаду, то применение расчетного метода даст неверный результат. К числу ОУ, имеющих такие АЧХ, относятся широко распространенные OP27, LT1128, LM318, AD797 и др. Например, при измерении частоты единичного усиления ОУ LT1128 вместо фактического значения 5,2 МГц применение расчетного метода дает значение 23 МГц (методическая погрешность более 300% !).

Представляется целесообразным применение второго рекомендованного ГОСТ [2] метода с плавным изменением частоты тестового сигнала и определении частоты, на которой коэффициент усиления ОУ по напряжению будет равен единице, т.е. соблюдается равенство входного и выходного напряжений. Такой метод является универсальным и может применяться для ОУ с любой формой АЧХ в области высоких частот, однако ручная реализация этого метода весьма трудоемка, чем и обусловлена необходимость автоматизации измерений.

Начальное значение частоты, с которой должен начинаться поиск частоты единичного усиления, равняется минимально возможному допустимому (паспортному) значению этой частоты $f_{\text{мин}}$. Если на частоте $f_{\text{мин}}$ коэффициент усиления ОУ $K<1$, принимается решение о несоответствии данного ОУ требованиям технических условий, и дальнейшее исследование его характеристик бессмысленно.

Максимальные значения частоты единичного усиления у лучших (по данному критерию) экземпляров ОУ могут на порядок и более превышать минимально допустимое значение $f_{\text{мин}}$. Поэтому, в целях сокращения временных затрат, шкала приращения частоты при поиске частоты единичного усиления должна быть неравномерной. Процесс поиска целесообразно организовать следующим образом. Начиная со значения $f_{\text{мин}}$, частота тестового сигнала последовательно удваивается до тех пор, пока вследствие спада амплитудно-частотной характеристики ОУ не начнет выполняться условие $K<1$. Частота, на которой это происходит, принимается за верхнюю границу диапазона поиска. После этого начинается итерационный процесс уточнения искомого значения частоты единичного усиления с постепенным сужением диапазона поиска методом половинного деления. На основе описанного подхода разработан алгоритм управления процессом измерения частоты единичного усиления.

Из базы данных, сформированной для используемых на предприятии ОУ, программой выбирается минимально возможное паспортное значение частоты единичного усиления $f_{\text{мин}}$, а также вводится предварительно заданное пользователем разрешение по частоте Δf, с которым будет производиться измерение частоты единичного усиления f_0. Для ОУ общего применения приемлемо разрешение 0,1 МГц, поскольку при f_0, например, равной 20 МГц, относительная погрешность оценки с таким разрешением составит 0,5%. Остановка итерационного процесса измерения частоты единичного усиления ОУ при достижении заданного разрешения позволяет существенно сократить затраты времени на измерение. Не имеет смысла полностью использовать высокую разрешающую способность генератора, тогда как значительно больший вклад (единицы процентов) в погрешность измерения вносят нестабильности порога срабатывания компаратора и коэффициентов передачи амплитудных детекторов. На первом шаге ($i=1$) за начальное значение частоты тестового сигнала принимается значение $f_i = f_{\min}$.

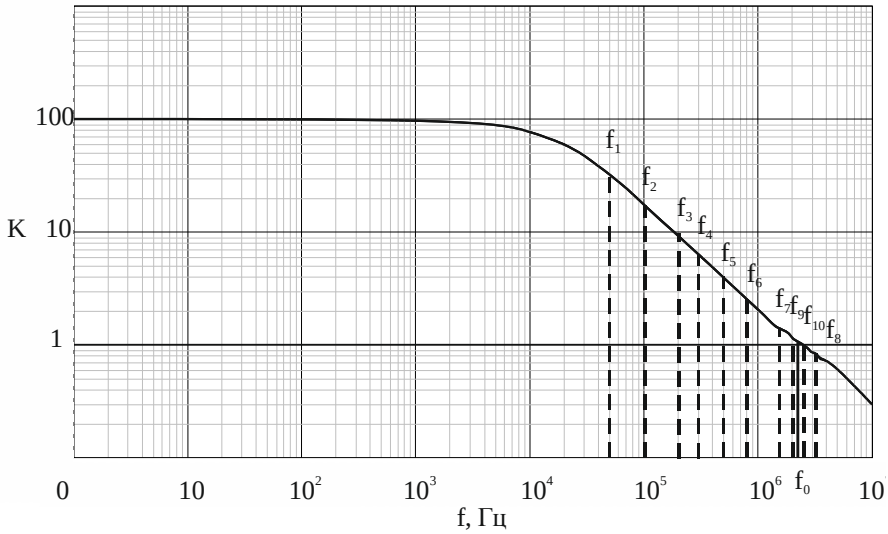
Генератору подается управляющая команда на формирование тестового сигнала с частотой f_i. Производится проверка состояния компаратора, сравнивающего входное и выходное напряжения ОУ. Если на данной частоте коэффициент усиления измерительной схемы с ОУ $K \geq 1$ и выходное напряжение ОУ имеет амплитуду, не меньшую амплитуды напряжения на его входе, то состояние компаратора не изменяется и знак его выходного напряжения $\operatorname{sgn}(U_{\text{к}})>0$. В этом случае проводится оценка коэффициента усиления ОУ на удвоенной частоте тестового сигнала. Номер шага процесса поиска частоты увеличивается на единицу, а частота генератора удваивается.

Процедура удвоения частоты тестового сигнала циклически повторяется до тех пор, пока вследствие спада амплитудно-частотной характеристики ОУ не начнет выполняться условие $K<1$, а выходное напряжение ОУ не станет меньше входного. При этом состояние компаратора изменяется и знак его выходного напряжения $\operatorname{sgn}(U_{\text{к}})<0$. Частота, на которой это происходит, является верхней границей диапазона частот, в котором осуществляется поиск частоты единичного усиления ОУ.

Уточнение значения частоты единичного усиления ОУ осуществляется методом половинного деления, для чего создан итерационный цикл определения среднего значения f_n диапазона частот с нижней граничной частотой f_{i-1} и верхней граничной частотой f_i при последовательном сужении этого диапазона сверху и снизу. Каждое следующее измерение выполняется на частоте f_n, значение которой больше нижнего значения f_{i-1} частоты на половину интервала между верхним f_i и нижним f_{i-1} значениями частот: $f_n = f_{i-1} + \frac{f_i - f_{i-1}}{2}$.

Данный итерационный цикл уточнения значения искомой частоты единичного усиления ОУ в соответствии с условием $\frac{f_i - f_{i-1}}{2} < \Delta f$ останавливается при уменьшении половины интервала частот $\frac{f_i - f_{i-1}}{2}$ до заданного значения Δf разрешения по частоте. Последнее найденное значение f_n принимается за частоту единичного усиления ОУ f_0.

Процесс поиска частоты единичного усиления иллюстрируется графиком (рис.) снятой по точкам в автоматизированном режиме АЧХ исследуемого ОУ КР544УД1Б (аналог uA740). Отмечены частоты $f_1 - f_{10}$, соответствующие каждой итерации алгоритма поиска, а также искомое значение частоты единичного усиления, равное 2,42 МГц.



Поиск частоты единичного усиления ОУ КР544УД1Б

Измерения таких частотных параметров, как частота среза и частота полной мощности также можно автоматизировать с применением предложенного алгоритма. Отличие будет заключаться в условиях срабатывания компаратора напряжения.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Использованы среда графического программирования National Instruments LabVIEW 10, плата обработки.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Автоматизация процесса измерения частотных параметров ОУ позволяет сократить длительность измерительного процесса, а также исключить из него участие оператора. Разработанные алгоритмы и программы, составленные в LabVIEW, применяются при измерении динамических параметров ОУ в составе АПК, описанного в [1] и подготавливаемого к внедрению на предприятиях приборостроения.

6. Список литературы

1. Комаров В.В., Паршуков М.Ю., Сапунов Е.В., Светлов А.В. Измерение динамических параметров операционных усилителей с применением цифровых формирователей сигналов // Надежность и качество – 2013: труды Международного симпозиума: в 2-х т.– Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – Том 2 . – С. 62 – 65.

2. ГОСТ 23089.13-86. Метод измерения частоты среза и частоты единичного усиления ОУ.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧАЕМЫХ РАДИОПОМЕХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

О.А. Муравьев[1], В.Т. Ревин [2]

1. Научно-производственное республиканское унитарное предприятие, «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», Республика Беларусь, г. Минск
2. «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь, г. Минск

1. Постановка задачи

Введение технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 020/2011) создает предпосылки для модернизации существующих испытательных центров, а также созданию новых подходов к проведению испытаний в целях оценки соответствия.

Технический регламент по электромагнитной совместимости содержит обязательные для соблюдения требования к электромагнитной совместимости электротехнических и радиоэлектронных изделий с целью обеспечения их безопасного функционирования при совместном применении.

При этом должен быть обеспечен уровень требований, который гарантирует защиту пользователей от возможных опасностей при разработке, изготовлении, упаковке, эксплуатации продукции, как изготавливаемой в республике, так и ввозимой из-за рубежа.

Задача: с использованием имеющегося оборудования разработать измерительную систему для проведения измерений излучаемых радиопомех в рамках ТНПА, включенных в перечень ТР ТС 020/2011, обеспечить возможность использования системы для оценки затухания измерительной площадки.

2. Используемое оборудование

- Анализатор спектра радиопомех E7402A;
- Измеритель радиопомех SMV-8.5;
- Устройство управления антеннами;
- Антенна измерительная ETS-Lindgren 3142C;
- Генератор аналоговых сигналов Agilent N5181A;
- Электронный аттенюатор;
- Быстродействующая плата сбора данных M-серии NI PCI 6251;
- Программное обеспечение, разработанное в среде LabVIEW.

3. Описание решения

Для выполнения поставленной задачи необходимо было разделить ее на два этапа. Первым этапом явилась разработка конфигурации измерительной системы, представленной на рисунке 1 и используемой при аттестации измерительной площадки.

При проведении аттестации измерительной площадки генератор сигналов подключают к передающей антенне кабелем определенной длины. Передающую антенну располагают на высоте h_1 и выбирают необходимую поляризацию. Уровень сигнала на выходе генератора сигналов поддерживают постоянным. Используется схема расположения приемной и передающих антенн, представленная на рисунке 2. Открытая измерительная площадка проверяется путем экспериментального определения затухания площадки $A_э$ и сравнения его с теоретическими (расчетными) значениями $A_т$ для идеальной площадки.

Приемную антенну монтируют на мачте, позволяющей производить сканирование по высоте от 1 до 4 метров, на расстоянии R от передающей антенны и подключают к измерительному приемнику или анализатору спектра с помощью кабеля подходящей длины. Выбирают ту же поляризацию, что и у передающей антенны.

При сканировании приемной антенной в частотной точке по высоте фиксируют максимальное показание измерительного приемника Uизм и рассчитывают затухание площадки Аэ по формуле:

$$A_э = U_{ген} – K_{каб} – K_{ан}т – U_{изм},$$

где $U_{ген}$ – уровень сигнала генератора; $K_{каб}$ – суммарное затухание кабелей, подключенных к приемной и передающей антеннам, $K_{ант}$ – коэффициент калибровки антенн; $U_{изм}$ – измеренный приемником уровень сигнала.

При разнице теоретического и измеренного затухания площадки менее ± 4 дБ на ней могут проводиться измерения излучаемых радиопомех от технических средств (ТС).

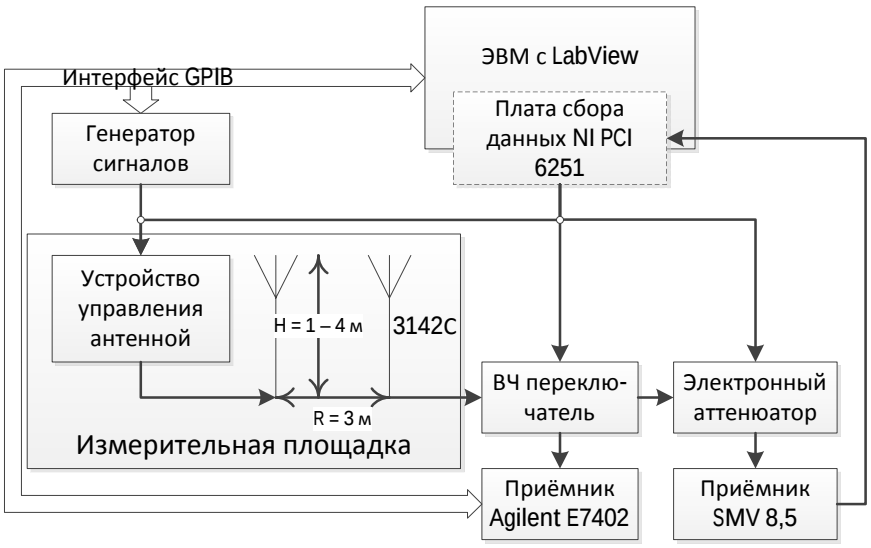


Рис. 1. Конфигурация измерительной системы при аттестации измерительной площадки

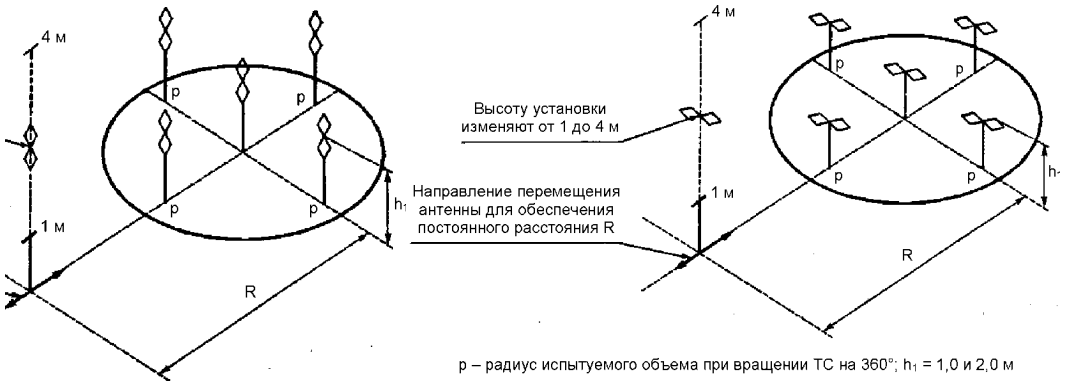


Рис. 2. Расположение антенн при измерении затухания альтернативной площадки

Вторым этапом явилась разработка структуры измерительной системы, представленной на рисунке 3 и применяемой непосредственно для проведения измерений излучаемых радиопомех.

Измерение излучаемого поля осуществляют с применением антенны, устанавливаемой таким образом, чтобы расстояние между проекциями на землю центра антенны и ближайшей к антенне границы технического средства соответствовало измерительному расстоянию в 3, 10 либо 30 м. Граница ТС определяется воображаемой линией, описывающей простую геометрическую фигуру, окружающую ТС. Все соединительные и внутрисистемные кабели ТС располагают внутри этой линии.

Следует быть внимательным при измерениях на расстоянии 3 м на частотах около 30 МГц из-за возможных влияний ближнего поля при испытании крупногабаритного оборудования.

Высоту антенны над пластиной заземления изменяют от 1 до 4 м до получения максимального отсчета измерительного прибора на каждой частоте измерений.

Азимут антенны по отношению к ТС изменяют во время испытаний для выявления максимальных показаний по величине напряженности поля РП. Допускается вращение ТС. Если на практике это невозможно, то ТС оставляют неподвижным и измерения проводят вокруг ТС. Для выявления максимальных показаний по напряженности поля РП во время измерений изменяют также поляризацию антенны.

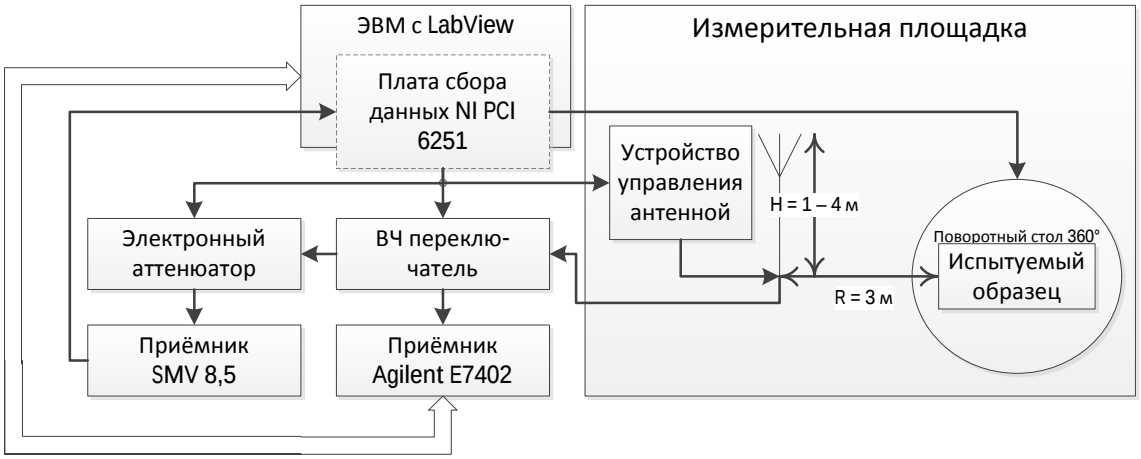


Рис. 3. Конфигурация измерительной системы при проведении измерений

В обоих описанных схемах измерений плата сбора данных NI PCI 6251 совместно с ПК и программным обеспечением, разработанным в среде программирования LabView, выступают как средства управления структурными узлами измерительной системы, регистрации измерительной информации и формирования протокола измерений.

Алгоритм работы системы представлен на рисунке 4.

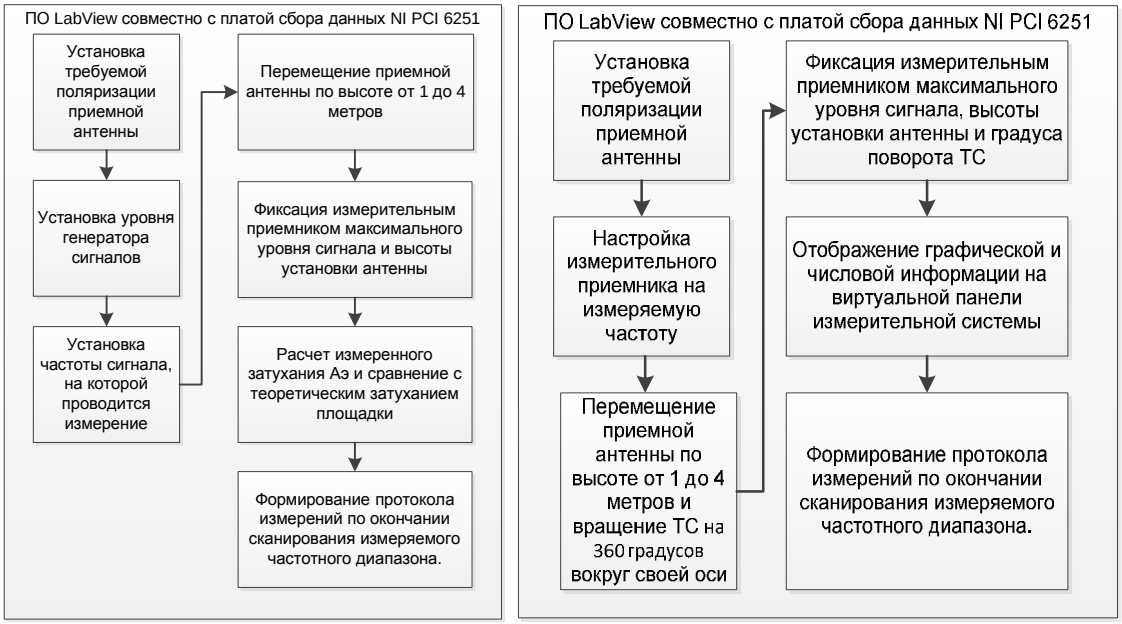


Рис. 4. Алгоритм функционирования измерительной системы

4. Внедрение и его перспективы

Ручные измерения, как при оценке параметров измерительной площадки, так и при оценке самих технических средств требуют больших временных затрат. Приведенная в докладе автоматизированная система позволяет сократить время испытаний в несколько раз и не требует значительных вложений материальных средств при наличии оборудования, имеющего возможность управления процессом измерения и передачи измерительной информации другим системам.

5. Список литературы

1. А.Я. Суранов. LabView 8.20: справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с
2. CISPR 16-1-4 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiate disturbance measurements.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА LABVIE НА УРОКАХ ФИЗИКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА

Л.Г. Белиовская

Государственное бюджетное образовательное учреждение «Лицей 1557», г. Москва

Информатизация образования, происходящая на современном этапе развития общества, открывает новые возможности и перспективы развития системы образования в целом. Использование информационных и коммуникационных технологий в системе образования изменяет дидактические средства, методы и формы обучения, влияет на педагогические технологии, тем самым преобразуя традиционную образовательную среду в качественно новую – ИКТ-насыщенную образовательную среду.

Организация педагогической деятельности в условиях ИКТ-насыщенной образовательной среды предполагает соответствующие изменения во взаимодействии между главными субъектами образовательного процесса учащимися и педагогами. Изменяются цели, методы, средства, связанные с распространением новых способов работы с информацией, совершенствуются традиционные дидактические средства и появляются новые.

Я.Каменский впервые в истории дидактики указал на один из принципов, которым надо руководствоваться в обучении – принцип сознательности и активности. Внедрение ИКТ в обучение наряду с положительными аспектами вносит и некоторые негативные факторы при реализации принципа активности. У учащихся ослабляется способность к самостоятельному творческому мышлению, так как для компьютерных обучающих программ свойственна «дигитализация» – приспособление мышления человека к определенным правилам и моделям, ориентация на формальные логические структуры, замена многозначности на формальную однозначность. Так как ученик получает знания, опосредованные сознанием разработчиков программ, отсутствует прямое исследование действительности. Создатели программ стремятся сделать свой материал простым и нетрудоемким, и это приводит к развитию пассивности усвоения информации.

Во многом решить перечисленные проблемы информатизации образования помогает проведение лабораторных работ и экспериментов на уроках естественнонаучного направления. Для этого надо знать «как» и уметь работать руками. Реализовать методику сенсорного развития интеллекта на фоне повсеместного исчезновения в школах мастерских трудового воспитания стало крайне проблематично без применения робототехники и мехатроники. Сертифицированные для использования в школе наборы конструкторов, уже давно широко используются в предметной области технологии. Познакомимся с возможностями применения конструкторов в самостоятельном физическом эксперименте на уроках и во внеурочной деятельности в школе.

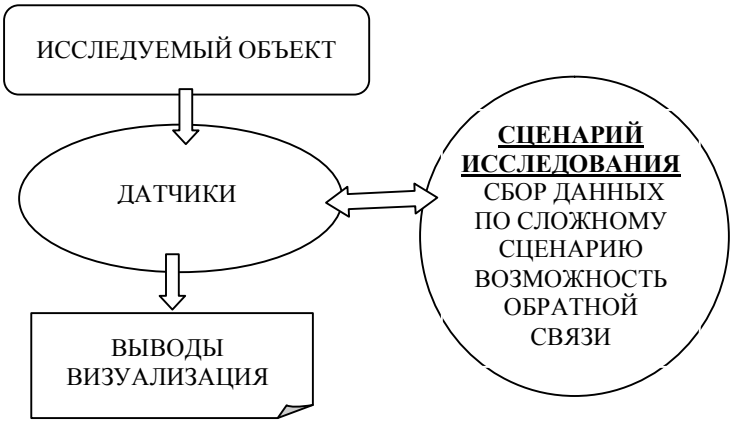
Оговоримся сразу, что эта деятельность предъявляет дополнительные требования к ИКТ компетенции учителя предметника. Здесь становится важным не столько высокий уровень владения персональным компьютером, как знание основ программирования и конструирования. Это не так сложно, как может показаться вначале. Существуют подробные и понятные инструкции по сборке несложных роботов, необходимых для проведения экспериментов. А предлагаемый инженерный язык программирования, имеющий графический интерфейс, позволит, не вдаваясь в подробности, получать восхитительные результаты уже на ранних стадиях его изучения и использования.

Рассмотрим подробнее особенности этой Hi-Tech – такой увлекательной деятельности.

Традиционная методика проведения исследования при демонстрационном эксперименте на уроках физики хорошо известна. С помощью датчиков проводятся замеры исследуемых характеристик поля. Как правило, замеры проводятся в нескольких точках, в большинстве случаев случайным образом размещенных в пространстве. В таком эксперименте можно говорить лишь о качественных характеристиках процессов.

Краткая схема исследования при демонстрационном эксперименте

Если попробовать использовать в эксперименте роботизированные тележки и установки с возможностью позиционирования в пространстве, то можно получить более детальное описание исследуемого физического процесса. В этом случае надо написать несложную программу перемещения робота в пространстве, и возможно, запрограммировать обратную связь поведения робота в зависимости от показаний датчиков. Появляется необходимость в проработанном сценарии проведения исследования.



Краткая схема робототехнического исследования

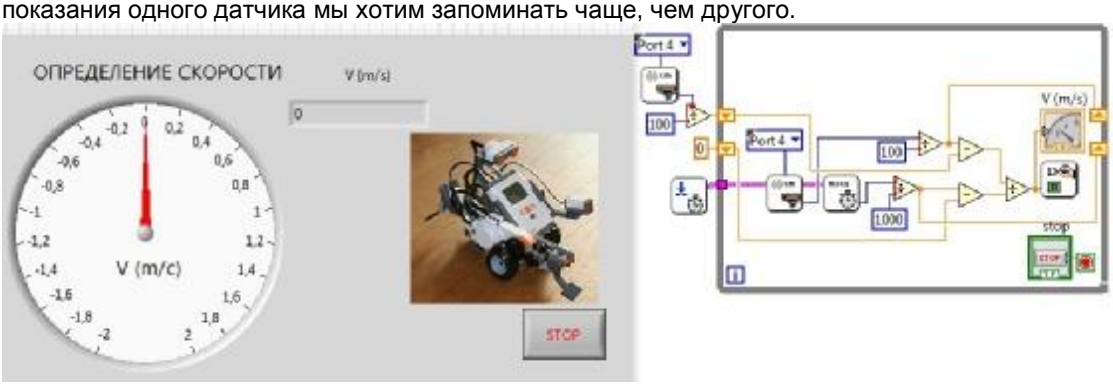
Технология робототехнических исследований основана на использовании конструктора, например, конструктора LEGO **EV3 Mindstorms Educational** или интеллектуальных конструкторов **Fischertechnik** с контроллером **ROBO TX**. В комплект LEGO **EV3** входит 32-битовый микроконтроллер ARM7 AT91SAM7S256 с графическим жидкокристаллическим дисплеем, беспроводный канал Bluetooth, скоростной порт USB; четыре порта входа для подключения датчиков, три порта выхода для подключения активных устройств (моторов, лампочек, гудков), громкоговоритель с аудиоканалом 8 бит квантование. Прилагаются штатные датчики, набор которых довольно разнообразен. Конструкции роботов могут быть очень сложные или предельно простые. Все зависит от выделяемого на эксперимент времени и желания школьника конструировать и модифицировать конструкцию робота. Во многих экспериментах можно использовать самоходную тележку унифицированной конструкции. Можно один раз собрать робота и потом проводить с его помощью серию разнообразных экспериментов. Заметим также, что данный конструктор уже давно успешно используется во многих американских университетах на младших курсах в экспериментальной работе. Уже более пяти лет многие школы России оснащены этим оборудованием, кафедры робототехники и автоматизации многих российских технических ВУЗов проводят со студентами лабораторные работы на этом оборудовании, и у родителей, думающих об образовании своих детей, уже сформировалась замечательная традиция приобретать эти конструкторы в качестве новогодних подарков. Более пяти лет ЦИТУО ведет подготовку педагогов для работы с этим оборудованием, проводит защиту проектов. Можно с уверенностью сказать, что этот робототехнический конструктор имеет методическую поддержку.

Остановимся на выборе среды программирования. Предлагается использовать инженерную среду графического программирования LabVIEW фирмы National Instruments. Выбор этой современной среды программирования неслучаен. LabVIEW является фактическим стандартом автоматизации эксперимента в современной науке и производстве. Это язык программирования высокого уровня позволяет составлять программы с сокращенными временными затратами и минимальной подготовкой программистов-школьников. Он нагляден и понятен т.к. имеет графический интерфейс, и вся программа представляется в виде схемы. Как учитель информатики, замечу, что все виды алгоритмических структур легко и быстро постигаются в этой среде программирования. Она современна и очень нравится учащимся.

Мы кратко обсудили вопросы конструирования и программирования автономного робота. Как же нам может помочь робот при проведении экспериментов?

Прежде всего – это автоматизация эксперимента для повышения точности измерений. Имея робота, оснащенного моторами с энкодерами, датчиками угла поворота, мы сможем снимать показания с датчиков в множестве точках пространства, сохранять эти измерения, обрабатывать их, строить графики изменения физических величин в удобном виде, выводить несколько графиков на одно окно. При всем при этом можно быть уверенным, что показания будут сниматься с постоянным, заданным дискретом по времени или по пространству. За этим будет следить компьютер. И мы сможем регулировать и быстро изменять все параметры сбора данных.

Вторая важная особенность робототехнических экспериментов – синхронизация измерений показаний нескольких датчиков. Робот сможет считывать показания одновременно с нескольких (штатный режим до четырех, но возможно увеличение до 16) датчиков. Причем, режим считывания показаний у каждого датчика может быть задан независимо. Например, показания одного датчика мы хотим запоминать чаще, чем другого.



Пример программы определения скорости движения по датчику расстояния

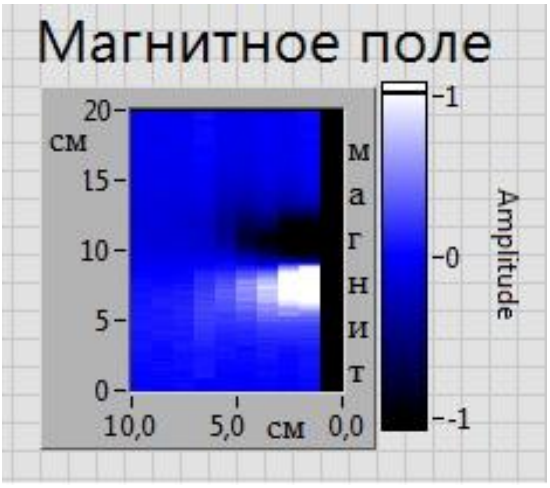
Мы можем запрограммировать более сложный режим запоминания показаний датчиков.

Если движение робота можно запрограммировать, то можно осуществлять и пространственное исследование поля, а более точное позиционирование датчика в пространстве позволит строить изолинии характеристик полей физических величин, а это уже серьезный эксперимент.

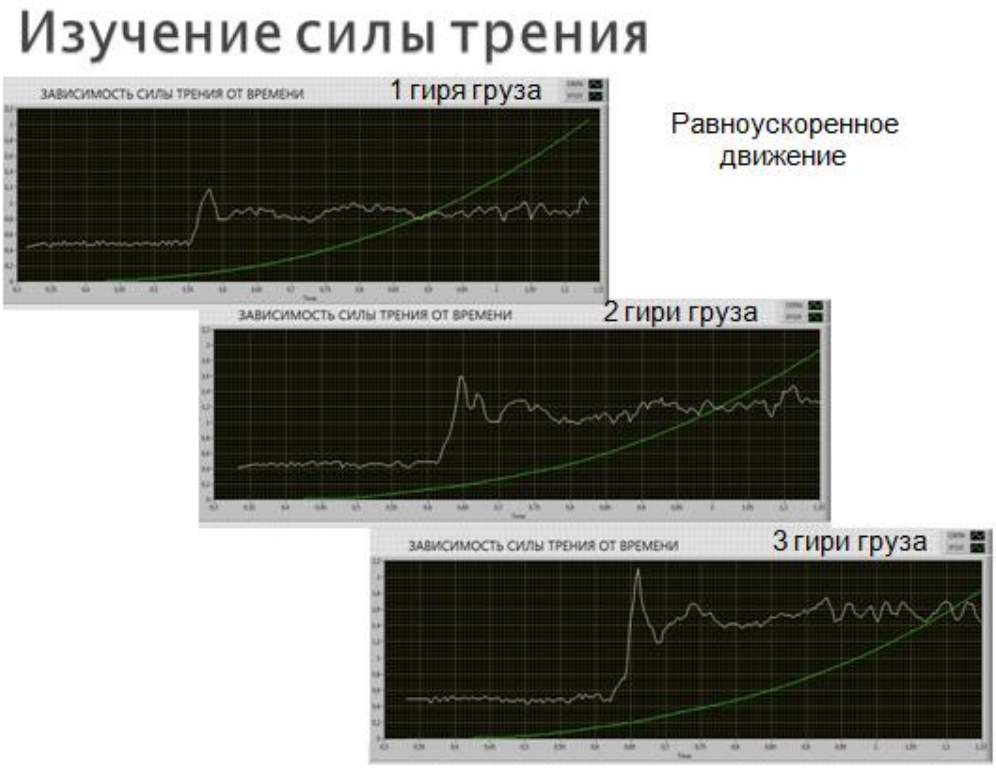
Для увеличения точности измерений при робототехническом эксперименте можно

использовать более точные и профессиональные датчики – датчики Верньер (Viernier). С помощью адаптера Vernier NXT эти датчики подключаются к роботизированным устройствам LEGO **EV3 Mindstorms Educational**. Насчитывается более 30-ти таких датчиков, предназначенных для измерения различных параметров, начиная от температуры и силы и заканчивая уровнем освещенности, интенсивностью ИК-учения и значением pH. По размеру данное устройство немного больше акустического датчика LEGO. Как правило, с одной его стороны находится разъем для LEGO **EV3**. Внутри находится несколько схем формирования сигнала. Отметим, что по сравнению со штатными датчиками LEGO **EV3 Mindstorms Educational** эти датчики имеют более широкий диапазон измерения величин и высокую точность. Поэтому датчики Верньер позволяют проводить более тонкие измерения. В среде программирования LabVIEW имеется специальная палитра функций работы с Верньер датчиками, это не усложняет программирование роботов с датчиками Верньер при проведении экспериментов.

Магнитное поле полоскового магнита зависимость от расстояния



Изображение значений модуля 2D магнитного поля в псевдоцвете



В заключение сделаем некоторые выводы.

В школьной практике известны применения цифровых лабораторий Архимед и других аналогов, но возможность изменения сценария проведения экспериментов, изменения способов визуализации, изменения формы написания отчета не является в достаточной степени гибкой и наглядной.

Конструирование экспериментальной установки, работа по позиционированию робота, доработка сценария исследования программирование обработки данных и поведения робота – все эти составляющие роботизированного исследования позволяют проводить прямое исследование действительности, применяя дидактический принцип сознательности и активности. Использование робототехнического моделирования – это способ поднять интерес к экспериментальной работе, развития творческих способностей учащихся, формирования мотивации к инженерному труду и творчеству.

Перечень лабораторных работ по физике в 9-10 классах по учебникам Г.Я. Мякишев «Физика 10», Г.Я. Мякишев «Физика 11» и А.В.Перышкин, Е.М.Гутник «Физика 9»

Законы взаимодействия и движения тел

1. Прямолинейное равномерное движение тела. Перемещение. Скорость.
2. Измерение ускорения тела при равноускоренном движении
3. Измерение перемещения тела при равноускоренном движении
4. Свободное падение тел
5. Изучение второго закона Ньютона
6. Проверка второго закона Ньютона в терминах импульса.

Электромагнитное поле

1. Изучение неоднородного 2D магнитного поля полосового магнита.
2. Изучение однородного 2D магнитного поля внутри
3. Изучение 3D магнитного поля Земли
4. Изучение 3D магнитного поля полосового магнита
5. Изучение 3D магнитного поля подковообразного магнита
6. Изучение явления электромагнитной индукции
7. Генератор переменного тока.

Силы в природе и движения тел

1. Сила упругости Измерение жесткости пружины
2. Сила трения Измерение силы трения покоя Измерение коэффициента трения скольжения

Дифракция и интерференция света

Исследование 2D поля интенсивности света.

В ГБОУ лицее 1557 в рамках дополнительного образования ведется курс «Робототехнический эксперимент по физике на LabVIEW в школе с использованием интеллектуальных конструкторов fischertechnik»:

1. Введение. Как мы будем работать.
2. Описание оборудования fischertechnik
   2.1 Строительные элементы
   2.2 Программируемый контроллер ROBO TX
3. Основы программирования в инженерной среде LabVIEW.
4. Эксперименты по теме «Законы взаимодействия и движения тел».
5. Эксперименты по теме «Электромагнитное поле».
6. Эксперименты по теме «Силы в природе и движения тел».
7. Проведение самостоятельного физического исследования.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ ЛОПАТОК ТУРБИН

Р.Ш. Загидуллин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Проведение лабораторных работ в режиме удаленного доступа не всегда обеспечивается возможностью установки полнофункциональной среды LabVIEW на компьютере стенда, малые ресурсы машины не всегда обеспечивают размещение даже ядра системы.

Для решения задач управления и контроля исполняемых файлов, созданных в LabVIEW и выполняемым удаленно, необходимо помнить, что на удаленном компьютере есть только установленный LabVIEW Run-Time Engine. На удаленном компьютере, таким образом, нет установленной среды LabVIEW в полном смысле этого слова.

Существует возможность удалённо управлять компьютерным прибором, представленным в виде исполняемого файла на удалённом сервере, где отсутствует как установленная среда LabVIEW. Компьютеры клиента способны и видеть, и управлять лицевым панелями компьютерных приборов (VI) на компьютере сервера.

Работа посвящена вопросам обеспечения доступа к лабораторному стенду удаленного доступа даже при наличии только исполняемого файла на компьютере экспериментального стенда.

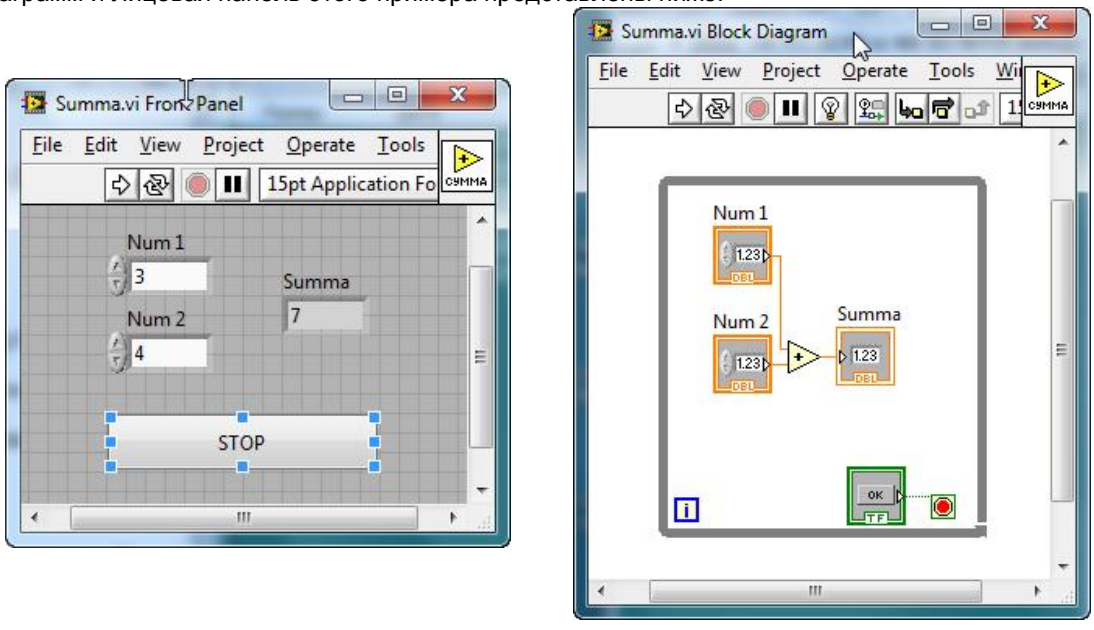
2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011, в лабораторной работе может быть использовано аппаратное обеспечение myDAQ и ELVIS II и возможности интеграции с Multisim 12 и NI.

3. Описание решения

Как уже было отмечено, если эти VI выполнены в виде исполняемого файла, то для правильного их функционирования на удалённом компьютере-сервере должны быть выполнены определённые шаги по их настройке.

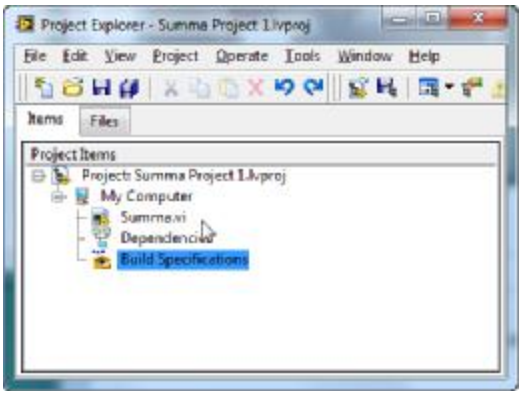
В качестве только примера решения задачи рассмотрим VI для суммирования двух чисел. Панель диаграмм и Лицевая панель этого примера представлены ниже:

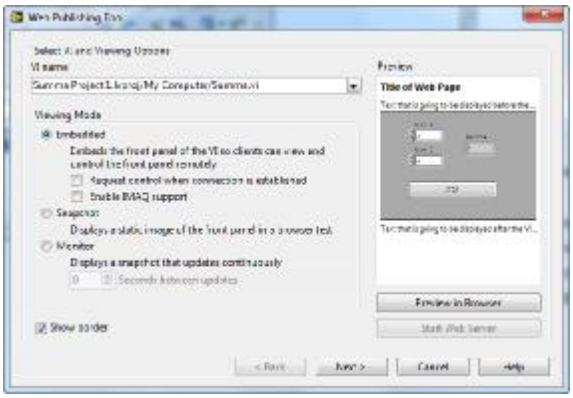


Панель диаграмм и лицевая панель примера

Решение поставленной задачи обеспечивается последовательностью шагов:

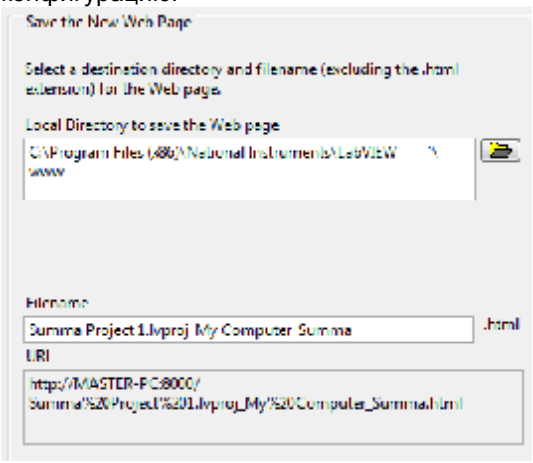
1. Либо до создания VI, либо уже после создания этого VI создаётся LabVIEW проект
2. В него включаются файлы VI, требуемые для решения задачи.
3. Далее формируется Web страница для VI: • Tools > Web Publishing Tool...

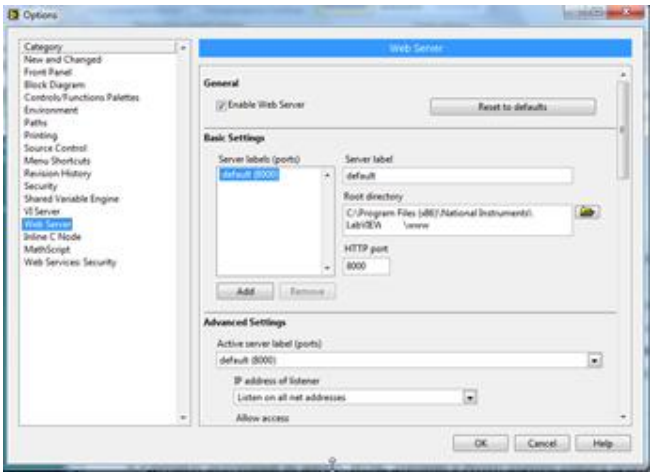




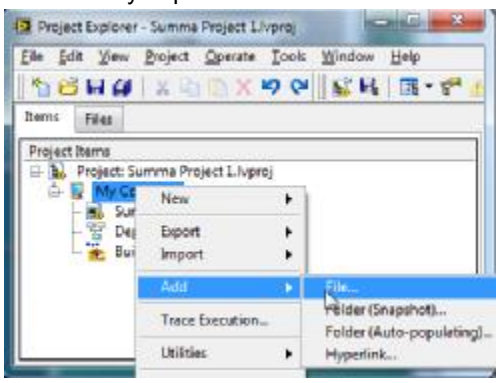
- конфигурировать решение можно и в варианте Viewing Mode, и как Embedded Snapshot или Monitor, далее нажимается экранная кнопка Next.
- в случае необходимости можно отредактировать элементы Document title; Header; Footer, далее нажимается экранная кнопка Next.
- Полученный HTML документ будет сохранен в папке

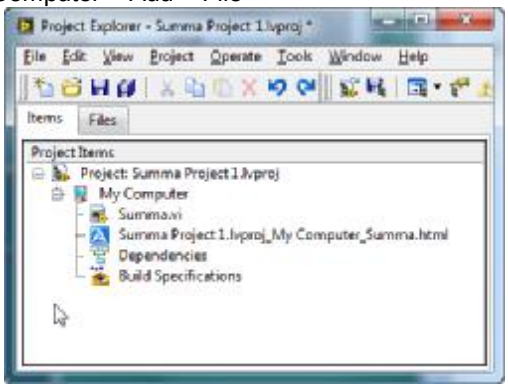
Эти данные будут необходимы позже. WWW сервер в данном решении имеет следующую конфигурацию:

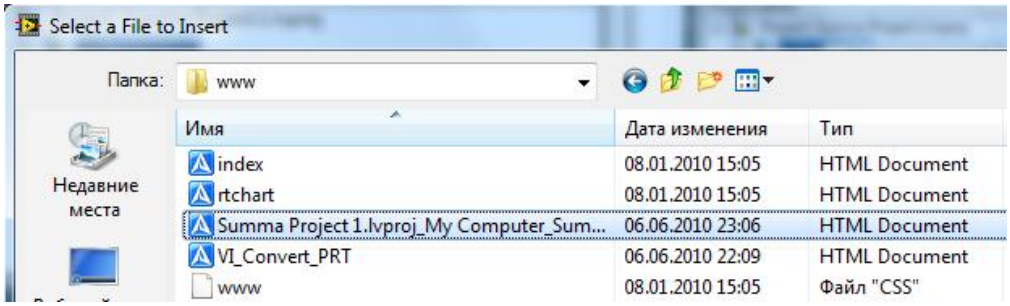




4. Далее необходимо добавить в проект, полученный на шаге 3 HTML документ в Project Explorer кликнув правой кнопкой мышки и выбрав My Computer > Add > File

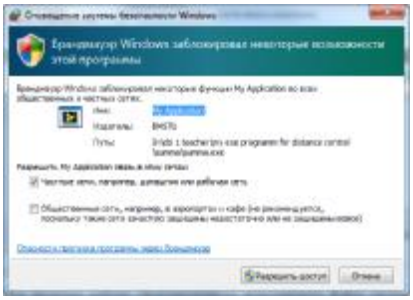




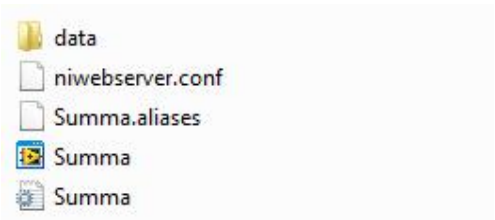


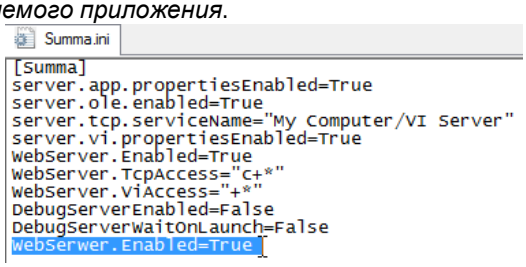
5. После выполненных шагов можно построить и приложение (исполняемый exe файл), щелкая правой кнопкой мыши и выбирая Build Specifications > New»Application. В процессе получения выполняемого файла в свойствах приложения необходимо выбрать Source Files категорию. В ней поместить исходную VI в группу Startup Vis, а сформированный HTML в группу Always Included. Затем нажать экранную кнопку Build

При проверке работы сформированного исполняемого файла система (в качестве примера использована Windows 7), Брандмауэр Windows, может задать вопрос о доступе, на который нужно ответить утвердительною



6. Сделав все это можно скопировать полученные файлы проекта исполняемого модуля в выбранную на удалённом компьютере папку. *Примечание: на удалённом компьютере должно быть установлено приложение LabVIEW Run-Time Engine, версия которого должна соответствовать версии, используемой при формировании исполняемого приложения.*





Файл nlwebserver.conf предназначен для доступа к новых функциональным возможностям, определяемых web сервером LabVIEW, в версии выше LabVIEW 8.6. Для решения задачи удаленного управления необходимо открыть файл nlwebserver.conf на удаленном компьютере в текстовом редакторе и модифицировать его.

Во втором разделе с меткой Directives that apply to the default server имеется тэг DocumentRoot. В нем необходимо заменить значение по умолчанию C:/Program files/National Instrumens/LabVIEW 8.6/www новым значением, которое укажет место HTML файла (Summa Project 1.lvproj_My Computer_Summa.html). *Примечание: только не включайте имя HTML файла в путь.*

```
#
# Directives that apply to the default server
#
ServerName default
DocumentRoot "$LVSERVER_ROOT/../../www"
Timeout 60
AddHandler LVAuthHandler
AddHandler LVSnapshotHandler .snap
AddHandler LVRFPHandler
AddHandler LvExec
AddHandler espHandler
AddHandler dirHandler
AddHandler espHandler .esp
AddHandler copyHandler
DirectoryIndex index.html
KeepAlive on
KeepAliveTimeout 60
```

На компьютере сервер

```
#
# Directives that apply to the default server
#
ServerName default
DocumentRoot "d:\DO 1 Teacher\My EXE Programm for distance control\Summa\data\"
Timeout 60
AddHandler LVAuthHandler
AddHandler LVSnapshotHandler .snap
AddHandler LVRFPHandler
AddHandler LvExec
AddHandler espHandler
AddHandler dirHandler
AddHandler espHandler .esp
AddHandler copyHandler
DirectoryIndex index.html
KeepAlive on
KeepAliveTimeout 60
```

8. Запустить приложение на выполнение.

Примечание: запуск приложения на удаленном компьютере предполагает полностью закрытую среду LabVIEW на локальном компьютере.

9. Открыть Web-браузер на локальном компьютере (компьютере клиента) и укажите URL, который был получен на шаге 3. Если Вы не выполняете выполнимое на своей машине развития, замените название компьютера развития в URL с названием целевого компьютера. Вы можете теперь видеть и управлять удалённым прибором LabVIEW.

10. Проверку правильности работы полученного решения можно провести и на локальном компьютере. Для этого запускается исполняемый файл, а в адресной строке вводится адрес локального компьютера:

Примечание:иногда может появиться сообщение This page cannot be displayed? Здесь можно рекомендовать изменить URL

http://TargetComputerHame/VIname.html

на

http://TargetComputerIPAddress/VUname.html.

Кроме этого надо проверить, что фаервол разрешает доступ к порту, который определяет LabVIEW Web server, в рассмотренном примере это порт 8000

Может быть и следующее сообщение - Remote Panel Connection Refused by Specified Server?

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система мониторинга успешно внедрена в учебный процесс МГТУ им. Н.Э Баумана..

5. Список литературы

1. Multisim, LabVIEW и Signal Express. Практика автоматизированного проектирования электронных устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 366 с.: ил. (ISBN 978-5-9912-0022-6. УДК 621.37/. 39.001.63 ББК 32.844-02 З-14).
2. Р.Ш.Загидуллин, В.В. Новиков. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА Седьмая научно-практическая конференция “Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments”, с. 394-400.
3. Загидуллин Р.Ш. Антипов В.Ю. ОБЪЕДИНЕНИЕ LABVIEW 2009 И MOODLE ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УДАЛЁННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА ОБОРУДОВАНИИ NI PXI. Инженерные, научные и образовательные приложении на базе технологии National Instruments — 2011: Сборник трудов X международной научно-практической конференции. Москва 8-9 декабря 2011 г. — М.: ДМК-пресс, 2011, страницы 309-310.

ЦИКЛОЗАДАЮЩИЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ МАГНИТОВ

Н.А. Блинов, А.М.Донягин, А.Г. Зорин

ОИЯИ, г. Дубна

1. Постановка задачи

Запрограммировать циклозадающий блок с обратной связью интегрированный в общую систему управления токами питания магнитов «из того, что есть».

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

ОИЯИ, г.Дубна, Московская область, ЛФВЭ

3. Описание решения

- Циклозадающая аппаратура и блокировки:

Циклозадающая аппаратура - это блок National Instruments (блок NI) с ноутбуком и общий блок циклозадающей аппаратуре. Блок NI собран на базе шины NI PXI-1042 и включает в себя контроллер NI PXI-8101, генерирующие плату NI PXI-4461 и плату для измерения сигналов NI PXI-6132. На ноутбуке установлено программное обеспечение LabView 2001 с модулем DAQmx.

- Силовая часть и система охлаждения:

Силовая часть включает в себя трансформаторы преобразования 380В переменного тока в 36В постоянного, два наборных блока батарей, уравнивающие реакторы, систему эвакуации энергии, систему питания и ситему датчиков и блокировок, которые контролируют такие параметры как фазный сдвиг, заряд батарей и работу системы охлаждения.

- Циклозадающий блок и система блокировок:

- Генерация опорных сигналов и измерение тока через изолирующие усилители осуществляется блоком "<National Instruments">, который включает в себя:

- шину NI PXI-1042;
- контроллер NI PXI-8101, через который осуществляется управление блоком в целом;
- плата NI PXI-4461, которая выдает аналоговый опорный сигнал и строб, в принципе, может мерить сигнал обратной связи;

- плата NI PXI-6132, многофункциональный блок, в котором используется четыре измерительных канала.
- роутер asus RT-N56U, который управляет локальной сетью и нужен для передачи данных или по кабелю, или через wi-fi.

Блок NI передает опорные сигналы с амплитудой от 0 до 10В и строб 9В циклозадающей аппаратуре. В свою очередь, циклозадающая аппаратура обрабатывает сигналы от датчиков.

Далее или цикл подается в силовую часть и магниты, или включаются блокировки.

Циклозадающий блок, учитывая состояние системы защиты и заряда батарей, включает силовую часть, которая может выдавать на магнит до 12кА при 36В. Обратная связь осуществляется следующем образом: через изолирующий усилитель блок NI измеряет напряжение шунта от 0 до 10В.Силовая часть и система охлаждения:

Силовая часть включает в себя трансформаторы преобразования 380В переменного тока в 36В постоянного, два наборных блока батарей, уравнивающие реакторы, систему эвакуации энергии, систему питания и ситему датчиков и блокировок, которые контролируют такие параметры как фазный сдвиг, заряд батарей и работу системы охлаждения.

- На сегодняшний день в режиме реального времени можно менять 15 параметров опорной трапеции не прерывая работу все системы:

основные параметры:
- время паузы;
- время подъема;
- время длительности плато;
- время спуска;
- амплитуда трапеции;
- амплитуда строба;
- сдвиг нуля;
- количество рабочих циклов;

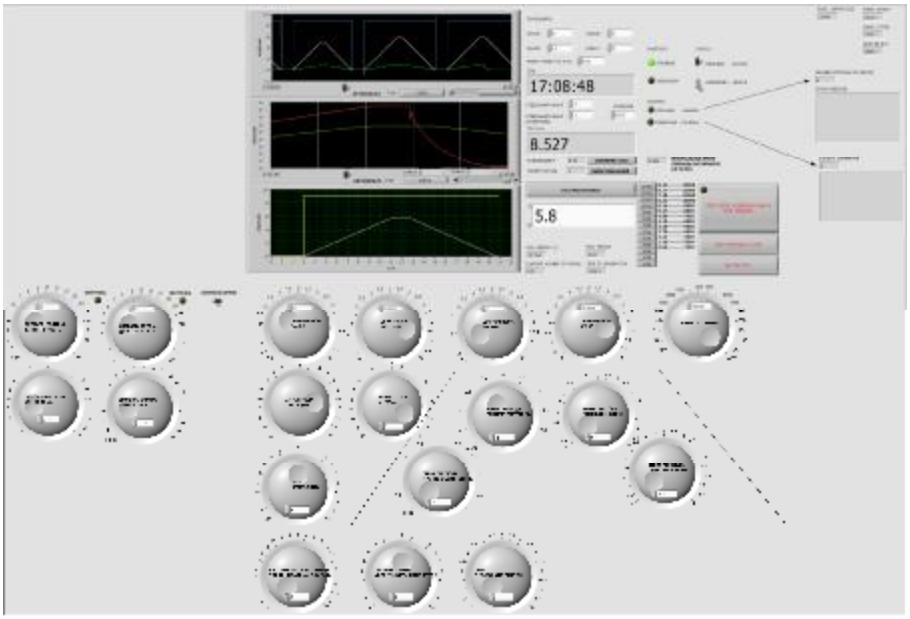
режим генерации опорных сигналов, переключатель "<СКОРОСТЬ/ВРЕМЯ">:
- ручное изменение параметров;
- изменение амплитуды трапеции с сохранением скорости возрастания и убывания тока;

переходы по параболе, "<скругление"> углов:
- время перехода по параболе при подъеме, подножие;
- время перехода по параболе при подъеме, выход на плато;
- время перехода по параболе при спуске, спуск с плато;
- время перехода по параболе при спуске, выход на ноль;

автоматическое изменение амплитуды трапеции в цикле:
- шаг, на который возрастает амплитуда;
- число циклов, через которое возрастает амплитуда;
- верхняя планка амплитуды (от 0В до 10В).

дополнительные возможности:
- останавливать/запускать генерацию опорных сигналов без остановки измерений;
- останавливать/запуск измерения без остановки генерации сигналов;
- на осциллограммах переключать каналы.

Также присутствует возможность записи в файл поданного опорного сигнала и принятого сигнала с шунта.



4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments
NI-PXI 8101, ni-pxi 4461, ni-pxi 6132 на шине ni-pxi 1042.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.
Возможное управление силовыми цепями.

ОТБРАКОВКА И ПОДБОР СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ГРУППОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА БАЗЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АДИП-6, ОСНОВАННОГО НА ТЕХНОЛОГИЯХ КОМПАНИИ NATIONAL INSTRUMENTS

Н.Н. Беспалов[1,2], М. В. Ильин[1,2], С.С. Капитонов[1,2], С.В. Лебедев[3]

1. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск
2. Научно-инженерный Центр «РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА – МГУ», г. Саранск
3. Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

1. Постановка задачи

Групповое соединение силовых полупроводниковых приборов (СПП) используется во многих устройствах силовой электроники. Вследствие нестабильности технологического процесса производства СПП наблюдается вариация значений их параметров. Это приводит к различию тепловых режимов работы приборов при их групповом соединении, что служит причиной неравномерного распределения прямого тока (при параллельном соединении) и обратного напряжения (при последовательном соединении) по приборам группы. С целью повышения надёжности устройств силовой электроники на основе группового соединения СПП требуется обеспечить равномерное распределение прямого тока и обратного напряжения по СПП вентильного плеча путём выравнивания тепловых режимов работы отдельных приборов. Для выравнивания тепловых режимов работы приборов группы следует осуществлять их подбор по комплексу экспериментально полученных значений электрических, тепловых и электротепловых параметров в состоянии высокой проводимости (СВП), поскольку в данном состоянии на СПП выделяется наибольшая мощность за период питающего напряжения [1].

Для определения значений электрических, тепловых и электротепловых параметров СПП в СВП и осуществления отбраковки потенциально ненадёжных приборов и их подбора для группового соединения разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) АДИП-6, выполненный на базе оборудования компании National Instruments с использованием программной среды LabVIEW.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

1) Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, кафедра электроники и наноэлектроники;

2) Национальный исследовательский университет «МИЭТ», кафедра микроэлектроники;

3) Малое инновационное предприятие ООО «Научно-инженерный Центр «РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА – МГУ».

3. Описание решения

Разработанный комплекс позволяет определять значения следующих параметров и характеристик СПП:

1. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) СПП в СВП при различных температурах их полупроводниковой структуры (ПС). На основе полученной ВАХ определяются:

– импульсное напряжение $U_{F(T)M}$.

– пороговое напряжение $U_{(TO)}$, при T_j от –40 ^{0}C до +190 ^{0}C;

– дифференциальное сопротивление r_T, при T_j от –40 ^{0}C до +190 ^{0}C.

2. Зависимость переходного теплового сопротивления переход-корпус Z_{thjc}, на основе полученной зависимости определяется значение теплового сопротивления переход-корпус в установившемся режиме R_{thjc}.

3. На основе характеристик и значений параметров, полученных в ходе измерения, оцениваются значения:

– предельного среднего тока $I_{F(T)(AV)}$ до 1250 А;

– неповторяющегося ударного тока $I_{F(T)SM}$ длительностью 10 мс.

Все значения электрических, тепловых и электротепловых параметров определяются за один испытательный цикл. Весь цикл испытания и измерения не превышает 3-5 минут для каждого испытуемого СПП. Базовой является методика определения теплового сопротивления R_{thjc}. В процессе измерительного цикла данной методики измеряются электрические информационные параметры и температура корпуса испытуемого прибора. Затем определяются производные от информативных параметров параметры ВАХ, а также их функциональные зависимости от температуры ПС T_j.

Разработанный АПК позволяет определять значения электрических, тепловых и электротепловых параметров и характеристик и на основе полученных результатов осуществлять отбраковку потенциально ненадёжных приборов и подбор СПП для группового последовательного соединения.

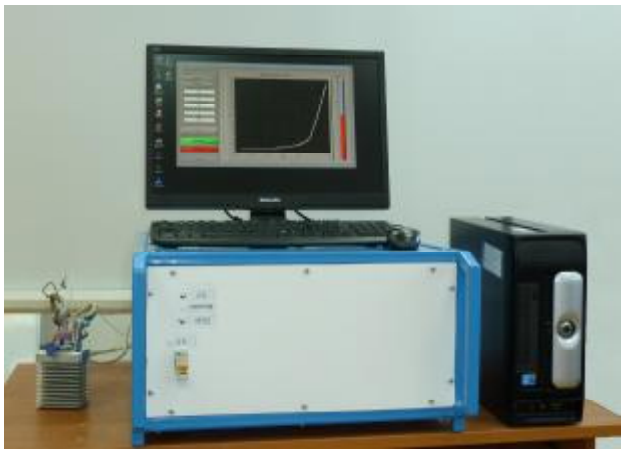


Рис. 1. Внешний вид аппаратно-программного комплекса

Внешний вид АПК представлен на рис. 1. С помощью разработанного АПК проведены отбраковка и подбор СПП для группового последовательного соединения. Для этого предварительно взята выборка силовых диодов Д161-200 в количестве 10 штук и с помощью АПК АДИП-6 определенны реальные значения основных электрических параметров в СВП, а также тепловых и электротепловых параметров. На основе этих данных с помощью программы, разработанной в среде LabVIEW, проведено моделирование схемы последовательного группового соединения трёх диодов Д161-200 (рис. 2) при различных комбинациях приборов из представленной выборки. При моделировании использовался режим постоянного тока, задаваемого источником напряжения $U1$. Ток через группу приборов ограничивался резистором R_H на уровне 70 А. Расчёты производились с учётом применения стандартного для данного типа СПП радиатора ОА-002. Начальная температура всех элементов конструкции СПП и окружающей атмосферы выбрана равной 40 ºС.

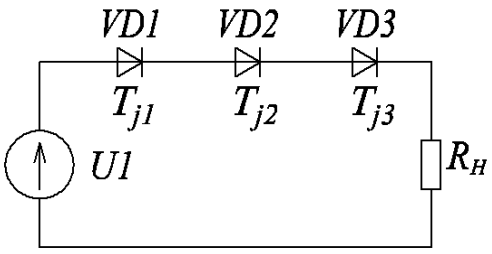
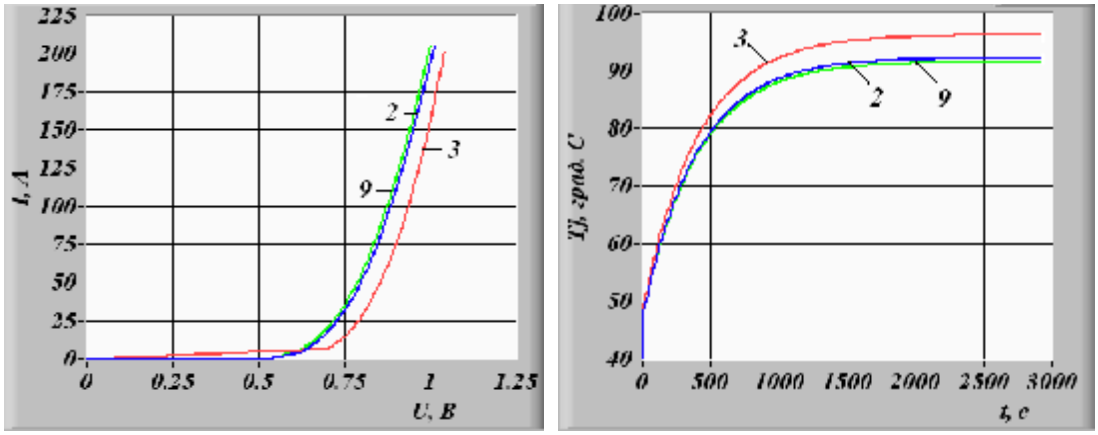


Рис. 2. Схема для моделирования последовательного соединения трёх силовых диодов

На рис. 3 представлены зависимости для худшего сочетания СПП, поскольку здесь достигается наибольшее расхождение их вольтамперных характеристик (ВАХ) в СВП и температур их ПС T_j в установившемся режиме.

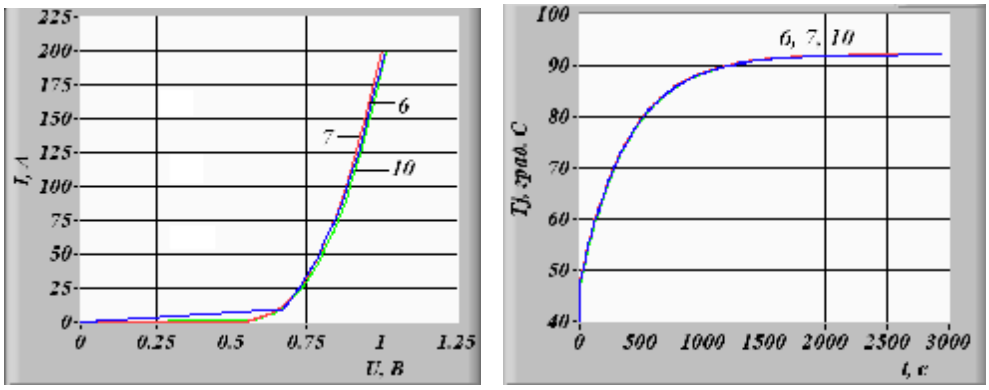
Данная группа состоит из приборов с порядковыми номерами 2, 3 и 9. Эти диоды имеют наиболее различающиеся значения параметров ВАХ. Как видно из рис. 3*а*, ВАХ этих приборов имеют существенное расхождение, которое с увеличением температуры ПС T_j только растёт. Это приводит к увеличению разности значений мощности потерь, выделяющейся на приборах, и, соответственно, температур их ПС. Максимальная разность температур ПС СПП в установившемся режиме составила ΔT_j = 4,65 ºС.



а *б*

Рис. 3. Результаты моделирования последовательного соединения трёх диодов с порядковыми номерами 2, 3 и 9: а - ВАХ СПП в СВП в установившемся тепловом режиме; б - температуры ПС в течение переходного процесса

На рис. 4 изображены результаты моделирования лучшего сочетания приборов из всех возможных вариантов, когда значение ΔT_j минимально.



а *б*

Рис. 4. Результаты моделирования последовательного соединения трёх диодов с порядковыми номерами № 6, № 7, № 10: *а* - ВАХ СПП в СВП после завершения переходного процесса; *б* - температуры ПС в течение переходного процесса

Представленная группа включает в себя приборы с порядковыми номерами 6, 7 и 10. Данные приборы имеют наиболее близкие значения параметров ВАХ. Как видно из рис. 4*б*, это приводит к тому, что температуры ПС T_j приборов вентильного плеча становятся почти равными в установившемся тепловом режиме работы. Максимальная разность температур ПС СПП при этом составила ΔT_j = 0,11 °С. Данное соединение является наиболее оптимальным сочетанием для трёх приборов данной выборки, которое можно рекомендовать к применению в последовательной цепи.

Таким образом, с помощью оборудования компании National Instruments и программной среды LabVIEW удалось реализовать:

– методы и работающий на их основе АПК типа АДИП-6 для определения значений электрических, тепловых и электротепловых параметров и характеристик СПП в СВП;

– методы отбраковки потенциально ненадёжных приборов;

– метод подбора СПП для группового соединения по комплексу значений их электрических, тепловых и электротепловых параметров в СВП.

4. Используемое оборудование и ПО

1) шасси NI cDAQ-9174;
2) АЦП NI 9217, 9223;
3) ЦАП NI 9263;
4) цифровой порт NI 9401;
5) среда графического программирования LabVIEW 2012.

5. Внедрение и развитие решения

Данная аппаратура может применяться на следующих стадиях жизненного цикла СПП:

– на этапе разработки приборов для определения значений их основных параметров и характеристик в СВП;

– на этапе серийного выпуска СПП для проведения сплошного контроля и отбраковки потенциально ненадёжных приборов;

– на этапе изготовления устройств силовой электроники на основе СПП подобная аппаратура позволит контролировать и подбирать приборы для группового соединения по комплексу значений параметров и вести дополнительно отбраковку потенциально ненадёжных приборов;

– на этапе эксплуатации силовых СПП в составе устройств силовой электроники для периодического диагностирования состояния приборов по определенному комплексу параметров и характеристик и отбраковки потенциально ненадёжных приборов.

6. Список литературы

1. Беспалов Н. Н., Капитонов С. С. Моделирование зависимости величины суммарной мощности потерь силовых полупроводниковых приборов в состоянии высокой проводимости от величин электрофизических параметров их полупроводниковой структуры // Технологи инновациийн залуу судлаачдын нийгэмлэг. Эрдэм шинжилгээний бага хурлын эмхэтгэл «Khurel Togoot-2011. – Улан-Батор, 2011. – P. 178-180.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

М.О. Малютин, В.С. Андреев, Д.Н. Бутусов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

Развитие систем цифровой обработки сигналов сталкивается с рядом недостатков, присущим наиболее распространенным видам математического и алгоритмического обеспечения, лежащего в основе построения таких систем. Проблема устойчивости цифровых систем является важнейшей при их разработке. Одним из способов решения данной проблемы является повышение степени эквивалентности между непрерывной системой и ее дискретным отображением. Применяемые в инструментальных пакетах моделирования численные методы интегрирования высокого порядка обеспечивают большую степень эквивалентности между непрерывной системой и ее дискретной моделью в широком диапазоне шагов дискретизации, нежели z-преобразование. В то же время, цифровые системы, построенные на основе численных методов интегрирования, имеют существенное число машинных операций на каждом шаге дискретизации, при этом сами вычисления носят рекуррентный характер. Данные недостатки делают такой способ получения цифровых моделей динамических систем трудоемким процессом и существенно ограничивают его применение при аппаратной реализации. В работе [1] предлагается методика распараллеливания вычислительного процесса при моделировании динамических систем за счет параллельной декомпозиции исходной математической модели на звенья 1 и 2го порядка, а также отмечается целесообразность автоматизации процесса построения цифровых систем на основе данного подхода. Настоящая работа посвящена созданию программных средств, предназначенных для автоматизированного построения цифровых систем обработки сигналов на базе аппаратно-ориентированных численных методов интегрирования.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Рассматриваемая система разработана в среде NI LabVIEW 2012 с использованием подсистемы VI Scripting, позволяющей программно создавать и запускать новые виртуальные приборы, а также изменять и дополнять уже существующие.

3. Описание решения

Система автоматизированного построения цифровых систем обработки сигналов с параллельной структурой (далее САП ЦОС) позволяет осуществлять автоматический переход от математического описания в виде передаточной функции или набора нулей, полюсов и коэффициента передачи к виртуальному прибору среды LabVIEW, реализующему введенную математическую модель выбранным численный метод при заданном шаге интегрирования. Разработанная САП решает следующий круг задач:

- Составляет набор параллельных звеньев 1 и 2 порядка путем декомпозиции передаточной функции динамической системы или по набору нулей, полюсов и коэффициента передачи
- Производит автоматический расчет коэффициентов, входящих в цифровые модели типовых звеньев динамических систем;
- Формирует структуру из виртуальных подприборов, реализующих цифровые модели звеньев для выбранного метода интегрирования и шага дискретизации в количестве, необходимом для построения параллельной цифровой модели исходной системы;
- Создает виртуальный прибор, реализующий параллельную цифровую модель исходной системы.

Отличительной особенностью разработанной САП является то, что она представляет собой виртуальный прибор, не требующий изменения его структуры или кода при использовании. Таким образом, разработчик, применяющий созданную САП, может рассматривать ее как часть программного окружения среды LabVIEW, в том числе встраивая разработанную САП в состав своих виртуальных приборов. Структурная схема САП показана на рис.1.

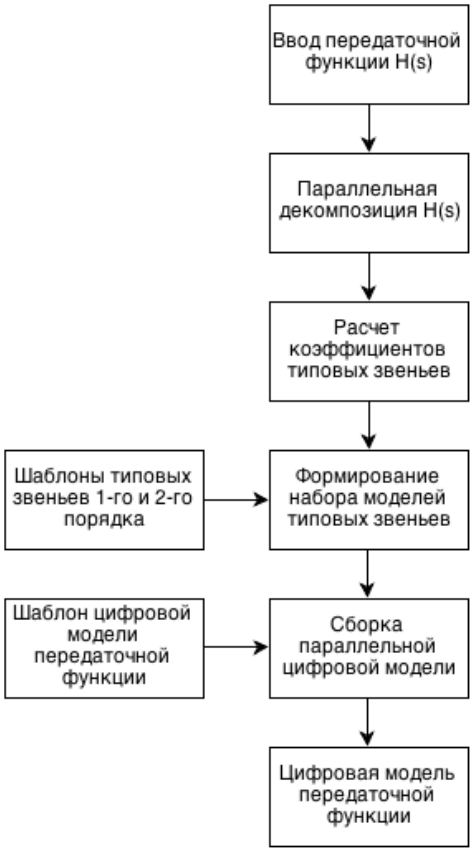


Рис.1. Структурная схема системы автоматического программирования

Структура, созданной САП является модульной. Все части САП являются самостоятельными подприборами, реализующими основные этапы автоматизации программирования. Это придает системе гибкость и позволяет легко ее расширять, не затрагивая основные алгоритмы, например, путем добавления звеньев на базе новых аппаратно-ориентированных методов. Основой модуля САП является виртуальный прибор, исполняемый в среде LabVIEW. Взаимодействие пользователя с модулем реализовано через лицевую панель, показанную на рис. 2.

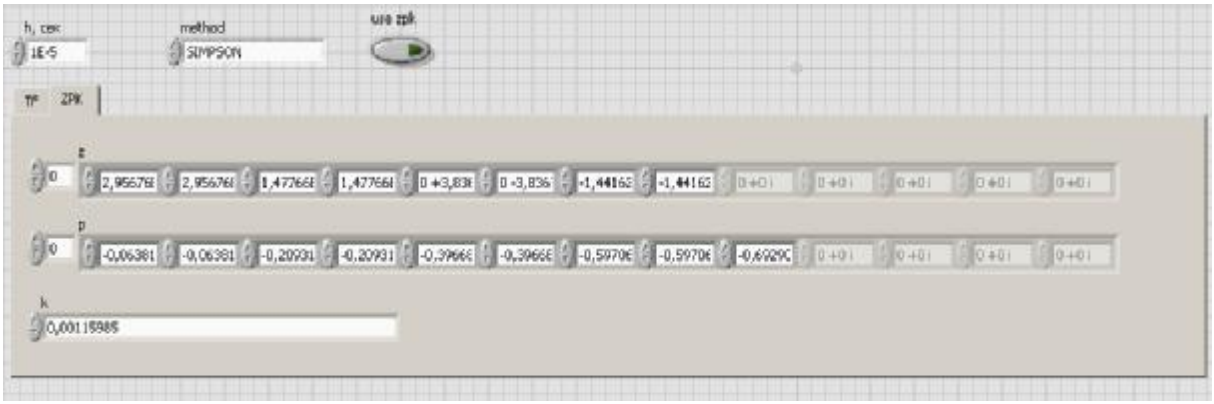


Рис. 2. Лицевая панель основного виртуального прибора САП

Пользователь может выбрать шаг дискретизации системы, численный метод, которым будет реализована цифровая модель и одну из форм описания – передаточную функцию в виде нумератора и деноминатора, или же набор нулей и полюсов исходной системы. После чего в соответствующих полях посимвольно вводится выбранное математическое описание динамической системы. После нажатия кнопки запуска происходит автоматическая генерация виртуального прибора, содержащего параллельную цифровую модель исходной динамической системы. Созданный виртуальный прибор и все его подприборы сохраняются в папке Target, которая

расположена в той же директории, что и модуль САП. После сохранения сгенерированный прибор автоматически открывается, обеспечивая возможность его мгновенного тестирования и сохранения в нужную пользователю директорию.

Если пользователь захочет использовать модуль САП в составе другого виртуального прибора, то он может поместить его непосредственно на блок-диаграмму. После чего следует подать необходимые ему входные параметры и данные на входные терминалы виртуального прибора САП. Внешний вид САП, помещенной на блок-диаграмму в качестве подприбора, приведен на рис. 3.

На рис. 3 представлена блок-диаграмма виртуального прибора, использующего разработанный модуль САП, как подприбор.

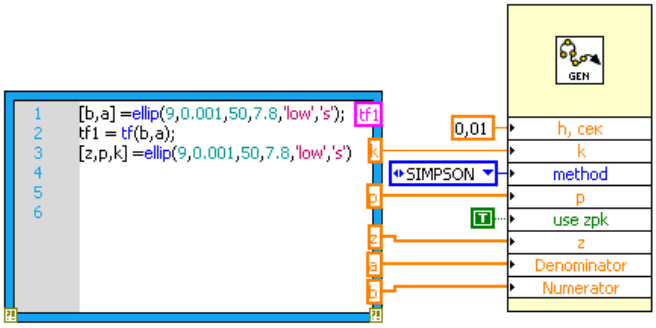


Рис. 3. Блок-диаграмма виртуального прибора, использующего модуль САП как подприбор

На рисунке 4 приведен результат выполнения САП – параллельная структура цифровой модели эллиптического фильтра 9 порядка, построенная автоматически по синтезированному в узле Mathscript математическому описанию исходной системы.

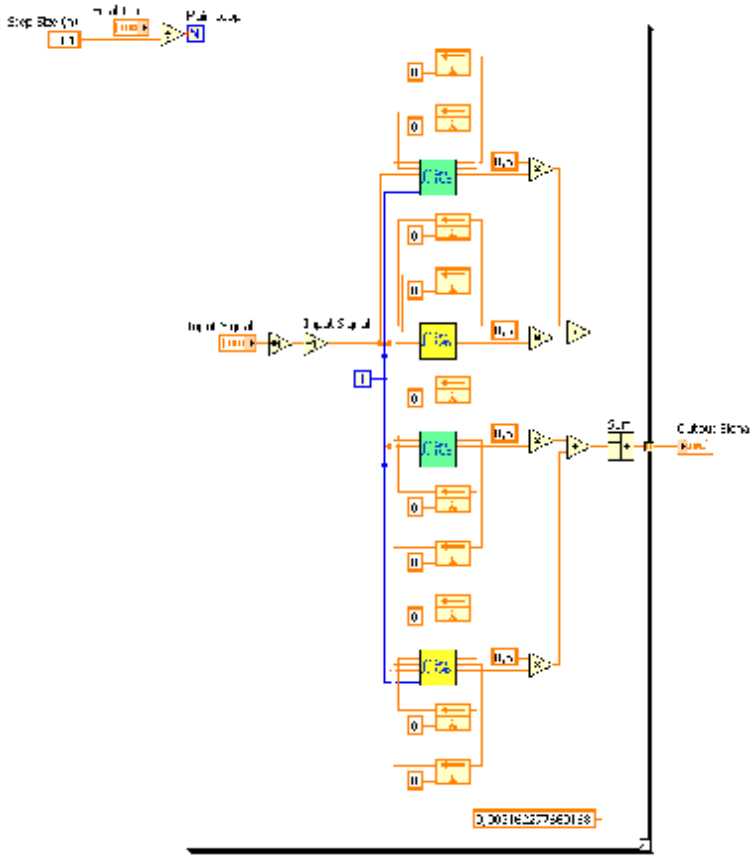


Рис. 4. Блок-диаграмма сгенерированного VI цифрового фильтра с параллельной структурой

На рисунке 5 приведена лицевая панель полученного виртуального прибора с результатами его выполнения при подаче на вход единичного воздействия.

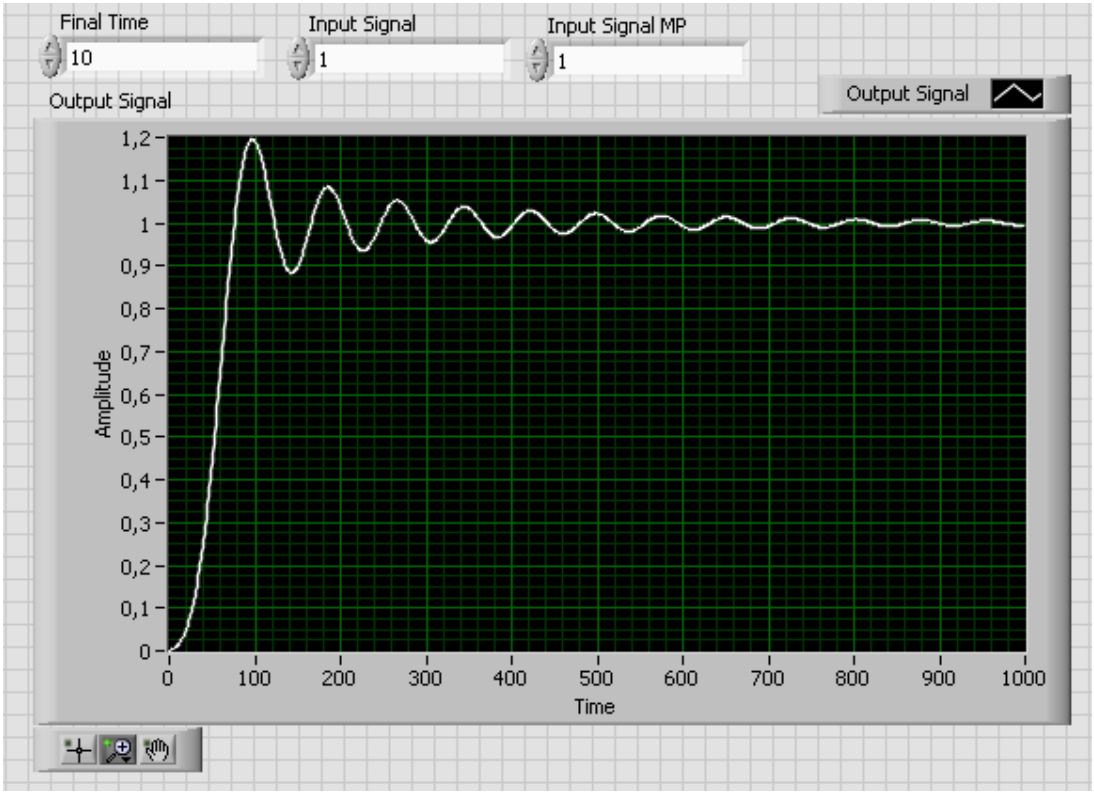


Рис. 5. Лицевая панель автоматически сгенерированного виртуального прибора, реализующего цифровой эллиптический фильтр 9 порядка

Верификация построенной цифровой модели осуществляется подачей единичного входного воздействия с последующим сравнением с реакцией на единичное воздействие исходной модели динамической системы. Также проведено сравнение амплитудно-частотной характеристики синтезированной цифровой модели с аналитической АЧХ исходной системы, показавшее высокую (до величины h^3) степень эквивалентности моделей.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система автоматизированного построения цифровых систем обработки сигналов с параллельной структурой успешно используется в исследовательской и педагогической деятельности учебно-научного центра "Компьютерные технологии инжиниринга" СПбГЭТУ. Система апробирована в процессе разработки прототипа цифрового корректирующего контура на базе ПЛИС по заказу ФГУП "НИИ Командных приборов". В дальнейшем планируется расширить возможности системы для возможности автоматического масштабирования и получения целочисленных моделей проектируемой цифровой системы.

5. Список литературы

1. Бутусов Д.Н., Андреев В.С, Красильников А.В. Архитектура параллельных высокопроизводительных устройств обработки сигналов // Современные проблемы науки и образования. №5, 2013 г.

2. Тревис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное – Москва.: ДМК Пресс, 2011. – 904 с.

3. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabView. – Москва.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.

4. LabVIEW 2012 Help, http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361J-01/, дата обращения: 20.09.2013.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

О.В. Шиндор[1], Ю.К. Евдокимов[2]

1. ЧФ КНИТУ-КАИ, г. Чистополь
2. КНИТУ-КАИ, г. Казан

1. Постановка задачи

Среди многочисленных методов технической диагностики особое место уделяется вибрационной диагностике, эффективность методов которой обусловлена высокой чувствительностью характеристик колебательных процессов к изменению параметров технического состояния. Для выявления дефектов в процессе эксплуатации оборудования используются методы функциональной диагностики, которые используют вибрацию, возникающую в процессе работы оборудования в обычном режиме.

Наибольшая трудность в вибрационной диагностике возникает при определении информативных диагностических параметров и выделении их из вибрационного сигнала. В функциональной диагностике максимальный результат достигается применением самых сложных методов анализа вибрации. Среди классических методов обработки вибрационных сигналов стоит отметить: метод измерения общего уровня вибрации, метод пик-фактора, спектральный анализ, спектр огибающей высокочастотной вибрации, кепстральный анализ. Как правило, совокупное использование нескольких методов анализа позволяют достичь желаемого результата в диагностике оборудования.

Альтернативным методом обработки нестационарных сигналов с характерными особенностями является вейвлет-преобразование. Основным достоинством, которого является возможность локализации во времени характера изменения анализируемого сигнала. Тогда как классический спектральный анализ позволяет лишь определить частотный состав сигнала.

Работа посвящена разработке автоматизированной системы обработки вибродиагностических данных на основе вейвлет-анализа

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.5 с модулем NI LabVIEW Advanced Signal Processing и интеграцией Matlab.

3. Описание решения

Система обработки вибродиагностических данных позволяет использовать способ, получивший наибольшее распространение – спектральный анализ в сравнении с вейвлет-преобразованием. Структурная схема автоматизированной системы приведена на рис. 1.

Рассмотрим возможности системы на основе анализа вибрации железа статора гидрогенератора ГА-7 Нижнекамской ГЭС. Для исследования использовались данные, полученные до и после ремонта гидрогенератора. Согласно РД 34.31.303-96 вибрация стальных конструкций статора гидрогенератора содержит составляющую частоты 100 Гц и полигармоническую низкочастотную составляющую, которая представляет собой четыре, пять низших гармонических составляющих. Максимальная анализируемая частота в спектральном анализе определяется величиной частоты Найквиста. Вейвлет-преобразование позволяет анализировать сигнал на более высоких частотах, которая в данном случае будет определяться центральной частотой вейвлетобразующей функции. Что является одним из основных параметров при выборе анализирующего вейвлета наряду с характером изменения сигнала. Предлагается для выделения локальных особенностей сигнала использовать непрерывное вейвлет-преобразование (НВП), позволяющее наиболее полно и четко представить и проанализировать содержащуюся в сигнале информацию [1]. В системе предусмотрена возможность анализа данных с помощью оконного преобразования Фурье.

На рис. 2 приведены форма и спектр сигнала вибрации гидрогенератора до и после ремонта откуда видно, что характерными являются частоты 50, 100, 150 Гц и др, кратные частоте вращения вала. В настоящее время на гидроэлектростанциях оценка вибрационного состояния стальных конструкций статора генератора производится по размаху виброперемещения на частоте 100 Гц и по низкочастотной вибрации [2], получаемая с помощью спектрального анализа. Возможности вейвлет-преобразования позволяют расширить диагностику и мониторинг состояния вращающегося оборудования, так как мы можем точно определить в какой момент времени появления новой составляющей, что необходимо при диагностике зарождающихся дефектов.

Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы

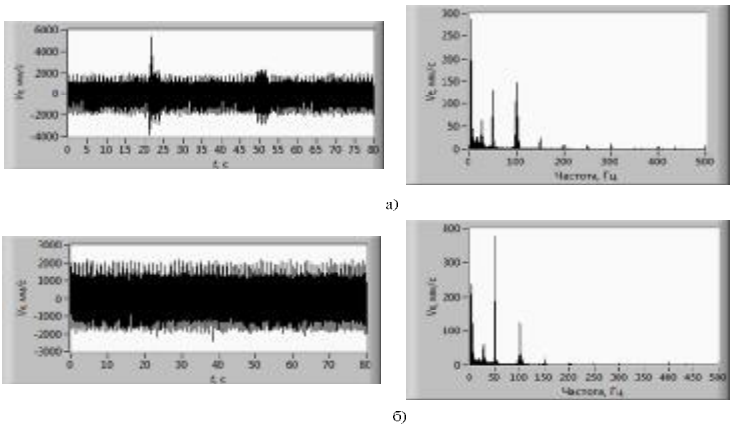


Рис. 2. Форма и спектр сигнала вибрации гидрогенератора ГА-7 до ремонта (а) и после – (б)

На рис. 3 приведен вейвлет-спектр вибрационного сигнала гидрогенератора до ремонта, третьей координатой в данном случае является величина коэффициентов. Простейший анализ формы сигнала (рис. 2 (а)) указывает на наличие моментов времени с кратковременным изменением уровня вибрации. Картина вейвлет-коэффиентов позволяет определить частотный характер этих изменений, что позволяет локализовать дефект оборудования. Для данного разложения использовался вейвлет Морле с центральной частотой f_0=0,8125 Гц, масштабный коэффициент *a* менялся в диапазоне от 1 до 32 таким образом, диапазон анализируемых частот от 812,5 Гц до25,39 Гц.

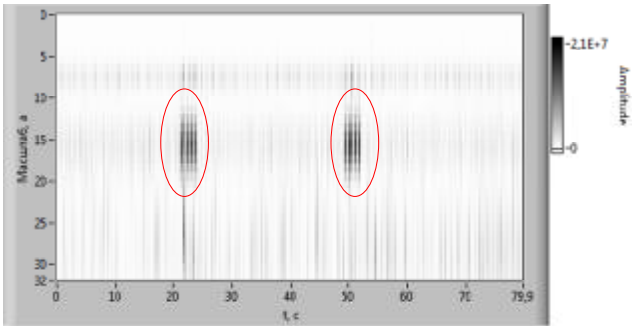


Рис. 3. Вейвлет-спектр вибрационного сигнала гидрогенератора ГА7 до ремонта

Зависимость модуля вейвлет-коэффициентов от времени для масштабного коэффициента a=15 приведена на рис 4. Подобный способ визуализации картины вейвлет-коэффициентов является более наглядным и может использоваться для случая слежения за величиной вейвлет-коэффициентов на определенной частоте.

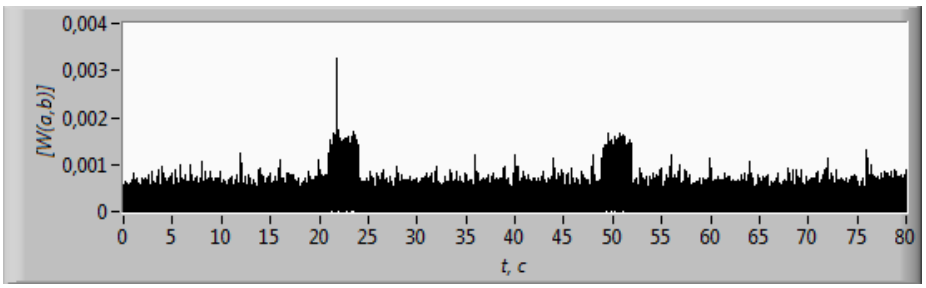


Рис. 4. Модуль вейвлет-коэффициентов a=15, вейвлет Морле

Для анализа низкочастотной вибрации гидрогенератора удобно использовать сумму абсолютных значений вейвлет-коэффициентов по масштабному коэффициенту *a*. Пороговая обработка коэффициентов вейвлетного преобразования позволяет определить степень изменения уровня вибрации, при мониторинге оборудования реализуется возможность локализации моментов изменения состояния оборудования (рис. 5).

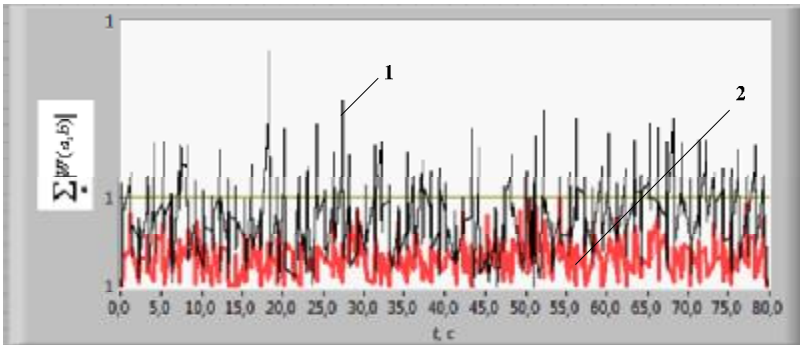


Рис. 5. Сумма абсолютных значений вейвлет-коэффициентов по масштабному коэффициенту *a*

На рис. 5 представлены результаты пороговой обработки коэффициентов непрерывного вейвлет-преобразования до (1) и после (2) ремонта гидрогенератора. По уменьшению общего уровня вейвлет-коэффициентов после ремонта можно судить о снижении общего уровня низкочастотной вибрации и соответсвенно о качестве выполненных ремонтных работ.
Созданная автоматизированная система позволяет выполнять задачи диагностирования и монитронга вращающегося оборудования, тогда как имеющиеся системы предназначены как привило для решения одной из этих задач.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система обработки данных предполагается использовать для диагностики состояния гидрогенераторов и гидроагрегатов, также может применяться в учебном процессе при изучении возможностей вейвлет-преобразования.

5. Список литературы

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. –Т. 166, №11. – С. 1145 – 1170.
2. РД 34.31.303-96. Методические указания по эксплуатационному контролю вибрационного состояния конструктивных узлов гидрогенераторов. – М.: РАО «ЕЭС России», 1996. – 17 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ЦИФРОВЫМ РЕГИСТРАТОРОМ СПЕКТРОМЕТРА LIS

А.О.Стрекаловский[1], В.Д. Каманин[1], Ю.В. Пятков[1,2], О.В. Стрекаловский[1], В.Е. Жучко[1]

1. Объединенный институт ядерных исследований, Дубна
2. Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Москва

1. Постановка задачи

В Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова Объединенного института ядерных исследований для поиска редких мод ядерного деления в практику физического эксперимента внедряются высокоскоростные многоканальные регистраторы. В настоящее время на двухплечевом времяпролетном спектрометре ЛИС[1], который представляет из себя набор различных детекторов для регистрации заряженных частиц, возникающих в ходе спонтанного деления атомов мишени из ^{252}Cf, параллельно "стандартной" аналоговой (зарядо-цифровые и время-цифровые кодировщики) электронике используется 16-канальный регистратор DT5742[2] фирмы CAEN. Частота оцифровки 5ГГц. Данная работа посвящена особенностям разработки программного обеспечения для сбора, хранения и предварительной обработки данных, получаемых с регистратора DT5742.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение для управления регистратором DT5742, а так же программы для предварительной обработки накопленной информации реализованs в среде программирования NI LabVIEW v.12. При этом использовались поставляемые вместе с модулем DT5742 библиотеки CAENVme, CAENDigitizer и CAENComm фирмы CAEN.

3. Программное обеспечения для работы с регистратором DT5742

В спектрометре ЛИС источник ^{252}Cf расположен в центре вакуумной камеры. Фрагменты спонтанного деления регистрируются с помощью PIN-детекторов и специальных детекторов временной отметки на основе микроканальных пластин. Под событием понимается набор значений сигналов от всех детекторов, принадлежащих к одному акту деления. Соответствующие событию оцифрованные с помощью модуля DT5742 сигналы с детекторов сохраняются в формате *.TDMS, причем в качестве номера группы служит номер регистрируемого события. Такой подход позволяет иметь однозначное соответствие для осциллограммы сигналов с детекторов и восстановленными физическими параметрами для частиц, соответствующих одному и тому же событию.

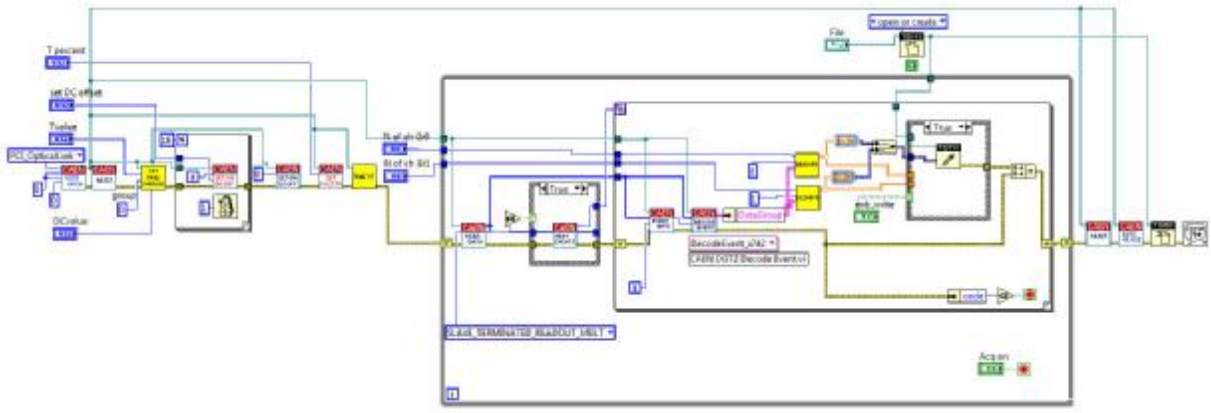


Рис.1. Вид панели диаграмм программы LISREAD

Для управления регистратором DT5742 предназначена программа LISREAD, служащая для подготовки устройства к работе и потоковой записи получаемых данных на диск. Особенности работы устройства DT5742 определяются используемыми микросхемами DRS4[3]. В этой схеме исследуемый сигнал подается с помощью быстрых ключей на цепочку из 1024 встроенных в чип конденсаторов, которые последовательно подключаются к входу на 200пс, запоминая на конденсаторах соответствующие этому моменту значения напряжения входного сигнала. Цепочка из конденсаторов закольцована и процесс переключения с частотой 5 ГГц продолжается до тех пор, пока не появится сигнал на специальном триггерном входе блока. При этом сохраненная на момент

прихода триггерного сигнала форма сигнала как бы “замораживается” и оцифровывается быстрыми АЦП в буферную память блока. Используя библиотеки фирмы CAEN перед запуском циклического чтения данных устанавливается способ связи с персональным компьютером, уровень смещения DCoffset для сигнальных и триггерного входов, задается уровень срабатывания триггера, задается позиция начала вывода осциллограммы относительно триггера. Функция “подготовка” отвечает за обязательную калибровку каналов блока DT5742. Процесс декодирования данных из буфера для записи в формате TDMS заметно замедляет скорость, но достигаемые загрузки на уровне 700 событий в секунду достаточны для наших исследований.

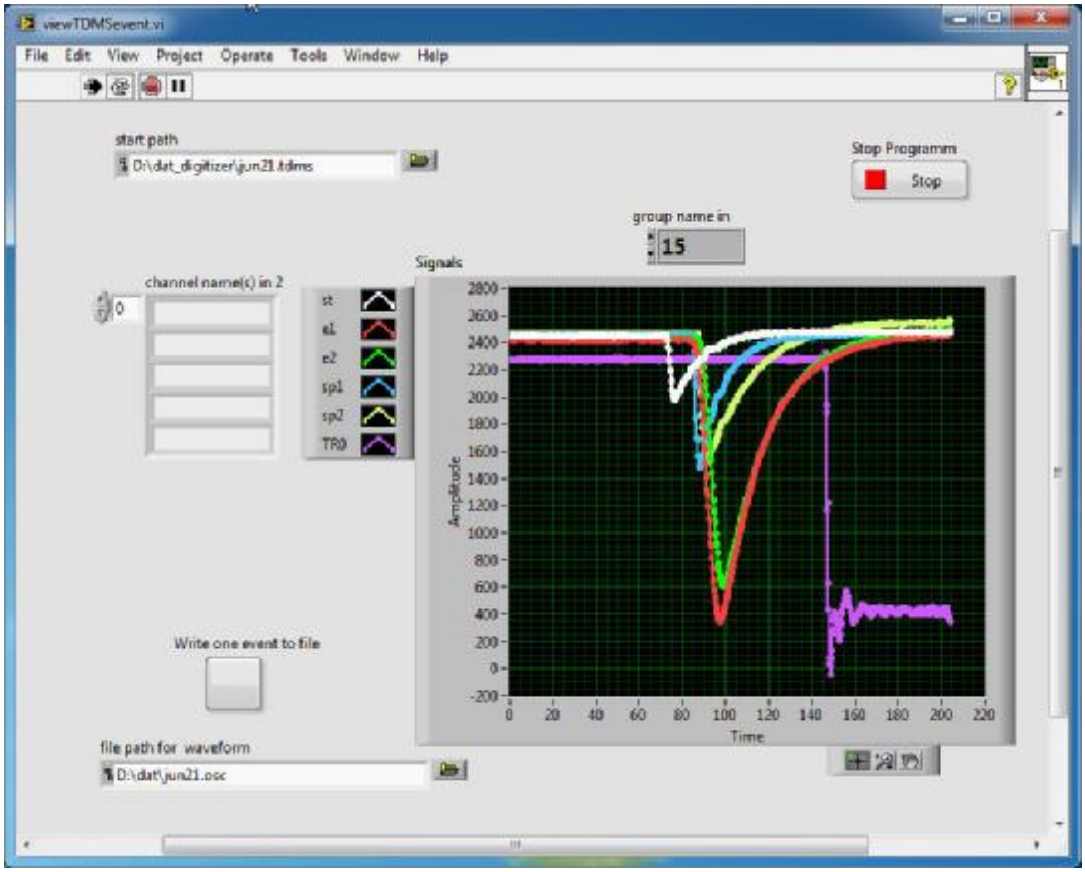


Рис. 2. Панель оператора для программы ViewTDMSevent

Форма зарегистрированных сигналов может быть просмотрена в окне программы ViewTDMSevent, панель оператора которой приведена на рис.2. По номеру события можно выбрать для просмотра как весь набор осциллограмм для этого события, так и выделить осциллограммы для отдельных детекторов с последующей записью в виде отдельного файла формата *.csv. Для реализации этой программы использована структура типа “событие”, позволяющая эффективно использовать процессор. Вывод очередной порции данных из файла TDMS, имеющего в наших экспериментах размер несколько ГБ, происходит при вводе нового значения номера события.

Для предварительного анализа данных и получения из набора осциллограмм физических величин служит программа LISoffLine, позволяющая восстановить энергию, время пролета, массу зарегистрированных частиц и построить одномерные и двумерные спектры распределений. Определение энергии по форме импульса разбивается на несколько шагов: определение нулевой линии, выделение начала и окончания измеряемого сигнала, вычисление интеграла под огибающей сигнала, который соответствует значению энергии, выделяемой при остановке частицы в детекторе. При измерении времени пролета частицы достаточно определить разность между моментом появления сигнала с детектора старт и моментом появления сигнала с интересующего детектора. Программным образом реализован алгоритм привязки со следящим порогом, при котором за точку отсчета принимается точка, соответствующая уровню, составляющая 30 процентов от максимальной амплитуды сигнала.

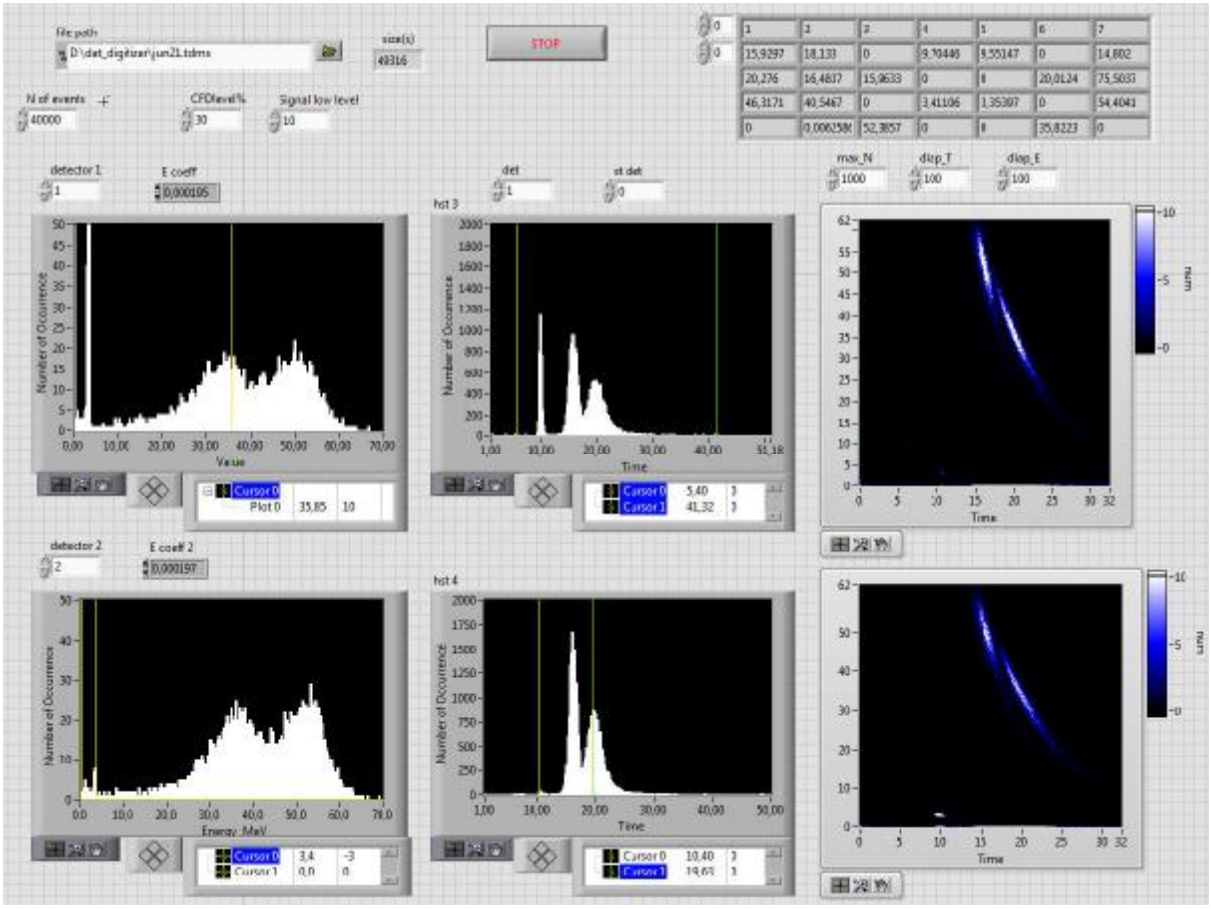


Рис.3. Вид панели оператора для предварительной обработки данных

Вид панели оператора программы LISoffLine приведен на рис.3, а упрощенная диаграмма на рис.4. Программа событие за событием считывает данные из TDMS файла и вычисляет значение энергии и времени пролета частиц для каждого детектора, накапливая данные в двумерном массиве. При этом на экране отображаются необходимые одномерные и двумерные распределения, позволяющие сделать заключение о правильности набираемой информации. Полученные физические значения сохраняются в виде CSV-файла и применяются для дальнейшей обработки.

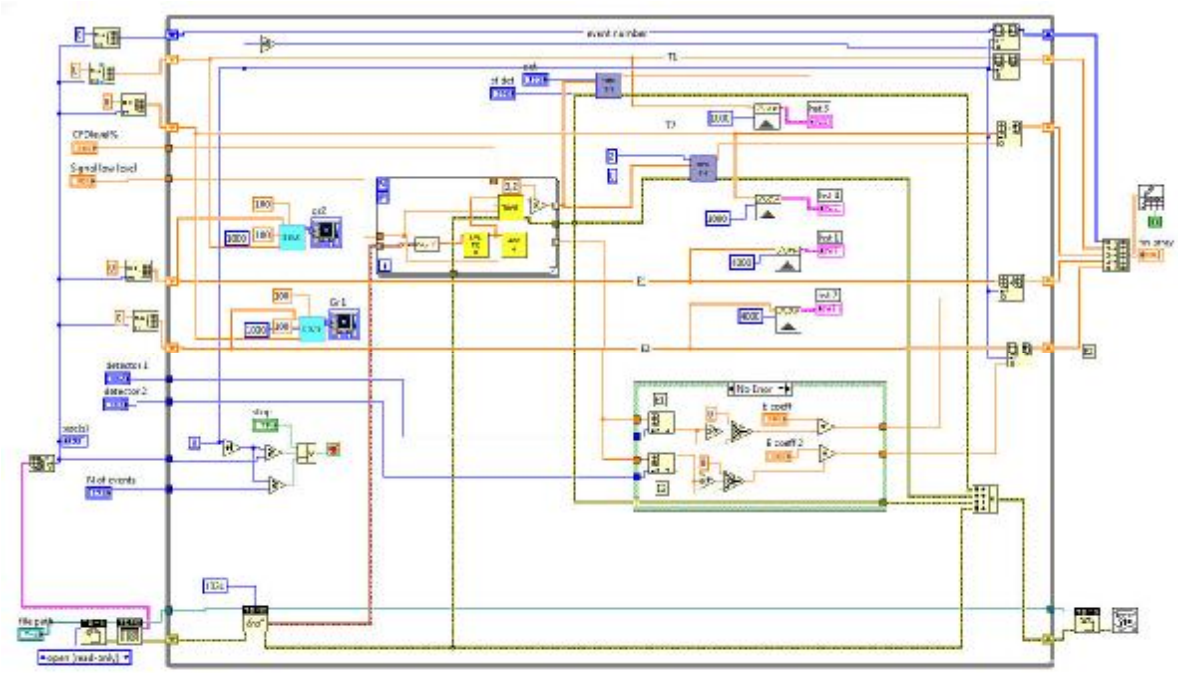


Рис. 4. Диаграмма программы LISoffLine

4. Внедрение и его перспективы

Разработанное программное обеспечение успешно внедрено в ЛЯР ОИЯИ и применяется для исследования механизма спонтанного деления ^{252}Cf на спектрометре LIS.

Применение многоканальных высокоскоростных регистраторов в экспериментах по ядерному делению позволяет существенно упростить схему сбора данных. Поскольку сохраняется полная информация о форме сигнала, можно в дальнейшем применять различные методы обработки, пробуя разные фильтры, методы интерполяции и т.п. Анализ формы сигналов позволяет обнаружить наложенные импульсы, выделить наводки и случайные совпадения, которые не могут быть разделены классическим аналоговым методом, что является исключительно важным в экспериментах, нацеленных на поиск редких событий.

5. Список литературы

1. O. V. Strekalovsky, D. V. Kamanin, A. A. Aleksandrov, et al. Use of the DT5742 Digitizer in the Double-Arm Time-of-Flight Energy Spectrometer LIS. 24th International Symposium on Nuclear Electronics and Computing NEC-2013. 9-16 September 2013, Varna, Bulgaria.
2. http://www.caen.it.
3. http://drs.web.psi.ch.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОДЕ.

Н.А. Губин, А.Г. Ченский

ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск

1. Постановка задачи

Байкал – самое глубокое озеро в мире. Байкал входит в десятку самых больших озер в мире а так же, крупнейший природный резервуар пресной воды. Его средняя глубина около 730 метров, максимальная – 1642 метров, а площадь составляет 31 722 км².

В озере обитает около 2600 видов и подвидов водных животных, более половины которых являются эндемиками, то есть обитают только в этом водоёме. Также по данным гидролокатора на озере Байкал найдено более 10 грязевых вулканов, в нескольких из них находятся газовые гидраты(кристаллические соединения, образующиеся при определённых термобарических условиях из воды и газа). Интерес, проявляемый в настоящее время к газовым гидратам, в первую очередь обусловлен значительными ресурсами природного газа, находящегося в земной коре в газогидратной форме. Величина этих запасов как минимум в несколько раз превосходит ресурсы традиционного газа, что позволяет считать газовые гидраты одним из перспективных нетрадиционных источников углеводородного сырья.

Несмотря на столь большую значимость озера до сих пор изучена лишь малая часть всего дна Байкала. Известно что дно Байкала имеет ярко выраженный рельеф. Вдоль всего побережья Байкала в большей или меньшей степени развиты прибрежные мелководья (шельфы) и подводные склоны; выражено ложе трёх основных котловин озера; есть подводные банки и даже подводные хребты. Котловина Байкала делится на три котловины: Южную, Среднюю и Северную, отделённые друг от друга двумя хребтами — Академическим и Селенгинским. Наиболее выразителен Академический хребет, протянувшийся от острова Ольхон к Ушканьим островам, которые являются его самой высокой частью. Протяжённость его около 100 км, максимальная высота над дном Байкала 1848 м. Толщина донных отложений в Байкале достигает около 6 тыс. метров, и, как установлено гравиметрической съёмкой, в Байкале затоплены одни из высочайших гор на Земле, высотой более 7000 м.

Для построения точной карты рельефа дна при помощи многолучевого эхолота(МЛЭ) необходимо учитывать изменение скорости звука в воде т.е. необходимо выполнить две задачи.

1) измерения скорости звука в воде в реальном времени
2) измерения профиля скорости звука в воде

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение для решения поставленной задачи было выполнено в среде программирования NILabVIEW 13. Для реализации системы был использован miniSVS – (Sound Velocity Sensors) а также Sea-Bird SBE 37-SMP подключаемые к ПК посредством RS-232.

3. Описание решения

Необходимым условием получения качественных материалов при съемке рельефа дна является точное знание вертикального профиля скорости распространения звука в воде. Для решения этой задачи нам необходимо измерить скорость звука погрузив miniSVS в воду при этом если во время погружения на определенную глубину мы будем производить замеры мы получим информацию об изменение скорости звука от давления. При этом значение давления будет соответствовать определенной глубине. При большем давлении скорость звука возрастает, то есть чем глубже, тем скорость звука больше. Также скорость звука увеличивается в более солёной и более тёплой воде. Для измерения минерализации (количества примесей соли) воды, а также температуры вместе с измерителем скорости погружается SBE 37-SMP. Передача данных осуществляется через последовательный канал RS232 (для кабелей, длиной до 200 метров)/RS485 (для кабелей длиной до 1000 метров) на персональные компьютер с согласующей программой написанный посредством LabView структурная схема показана на рис. 1.

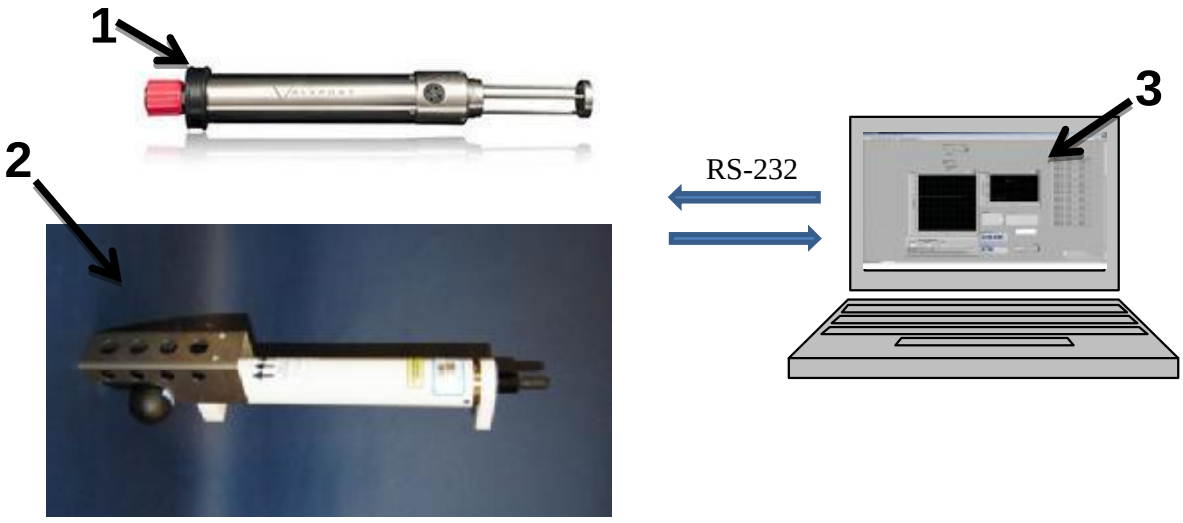
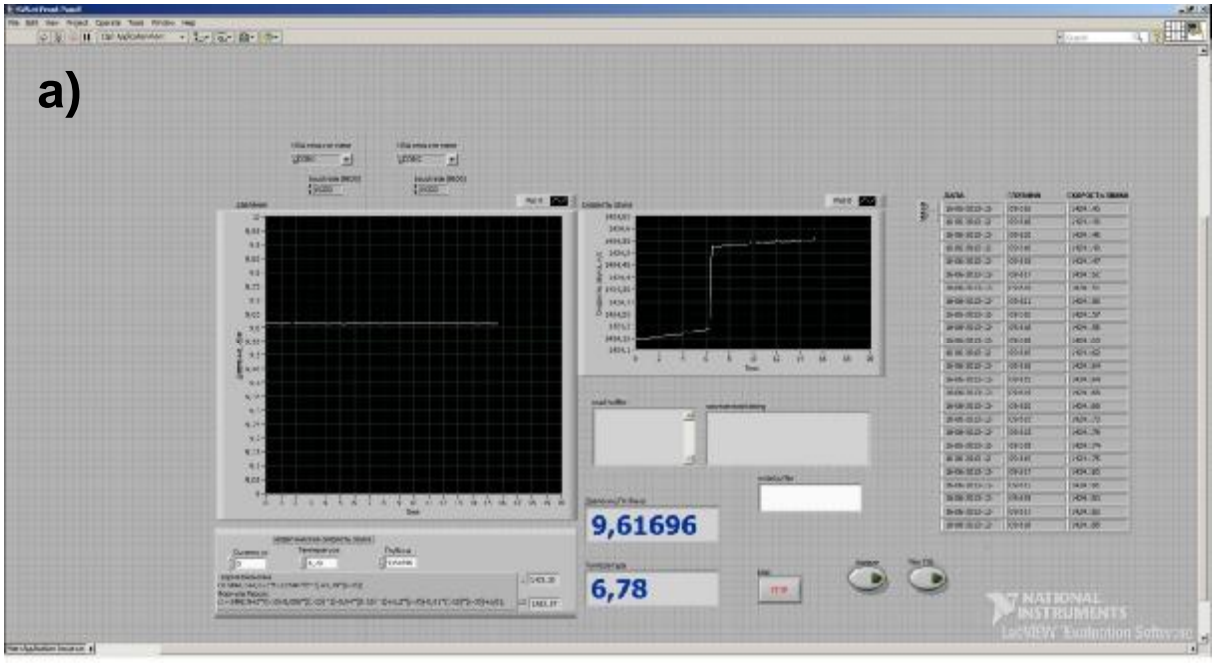


Рис. 1. Структурная схема системы: 1 - miniSVS; 2- SBE 37-SMP; 3 – ПК

В написанном программном обеспечении происходит сопоставление данных полученных с miniSVS и SBE 37-SMP после чего происходит расчет изменений скорости звука для больших глубин. Данное ПО позволяет сохранить полученные данные по изменениям скорости звука в любой удобной форме, тем самым позволяя вносить поправки в данные получаемые с многолучевого эхолота либо профилографа. Также имеется возможность сравнить полученные данные с теоретическими значениями изменения скорости звука полученными согласно теории Вильсона и формулой Лероя.



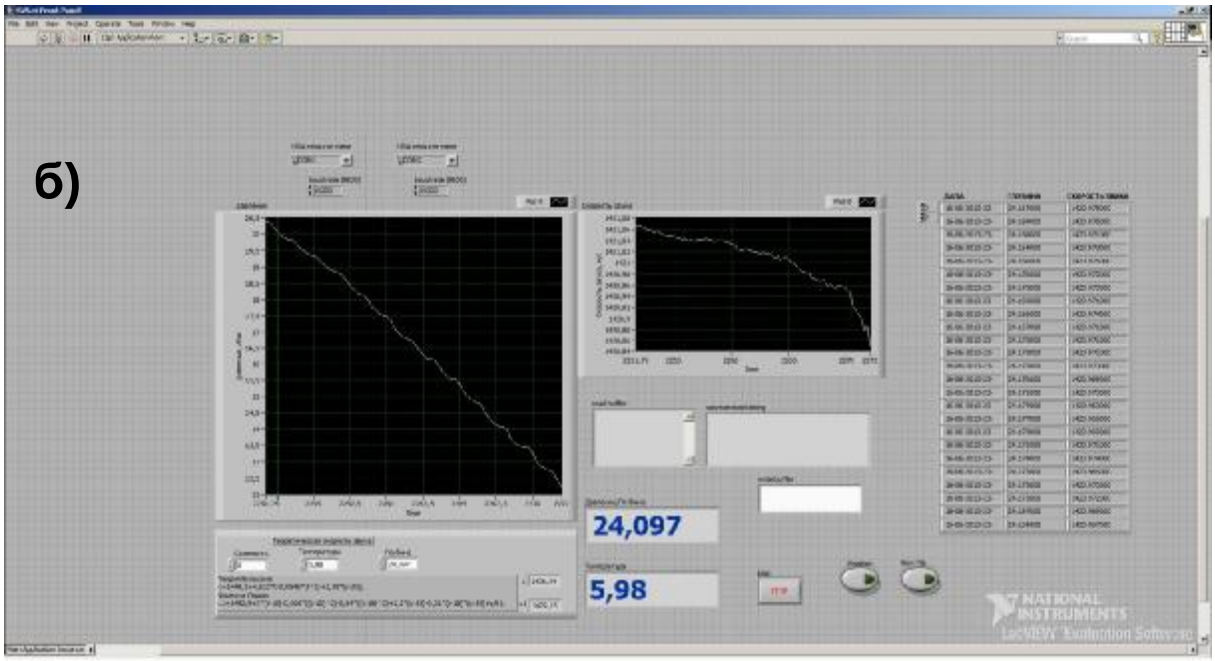


Рис. 2 Фронтальная панель программы написанной в LabView с разными показаниями: а - удерживание измерителя на глубине 9 метров; б - подъем измерителя с глубины 24 метра

ДАТА	ГЛУБИНА	СКОРОСТЬ ЗВУКА
16-06-2013-12-	09.616	1424.146
16-06-2013-12-	09.618	1424.146
16-06-2013-12-	09.620	1424.148
16-06-2013-12-	09.616	1424.149
16-06-2013-12-	09.615	1424.147
16-06-2013-12-	09.617	1424.151
16-06-2013-12-	09.619	1424.151
16-06-2013-12-	09.621	1424.156
16-06-2013-12-	09.616	1424.157
16-06-2013-12-	09.616	1424.158
16-06-2013-12-	09.618	1424.163
16-06-2013-12-	09.619	1424.162
16-06-2013-12-	09.616	1424.164
16-06-2013-12-	09.615	1424.164
16-06-2013-12-	09.619	1424.168
16-06-2013-12-	09.620	1424.165
16-06-2013-12-	09.615	1424.173
16-06-2013-12-	09.615	1424.178
16-06-2013-12-	09.619	1424.174
16-06-2013-12-	09.619	1424.175
16-06-2013-12-	09.617	1424.180
16-06-2013-12-	09.613	1424.181
16-06-2013-12-	09.619	1424.180
16-06-2013-12-	09.617	1424.182
16-06-2013-12-	09.616	1424.185

ДАТА	ГЛУБИНА	СКОРОСТЬ ЗВУКА
16-06-2013-23-	24.167000	1420.978000
16-06-2013-23-	24.169000	1420.975000
16-06-2013-23-	24.168000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.164000	1420.973000
16-06-2013-23-	24.166000	1420.976000
16-06-2013-23-	24.170000	1420.972000
16-06-2013-23-	24.173000	1420.970000
16-06-2013-23-	24.169000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.166000	1420.974000
16-06-2013-23-	24.167000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.172000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.173000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.172000	1420.970000
16-06-2013-23-	24.170000	1420.969000
16-06-2013-23-	24.171000	1420.970000
16-06-2013-23-	24.177000	1420.969000
16-06-2013-23-	24.177000	1420.968000
16-06-2013-23-	24.173000	1420.968000
16-06-2013-23-	24.171000	1420.971000
16-06-2013-23-	24.174000	1420.974000
16-06-2013-23-	24.172000	1420.966000
16-06-2013-23-	24.173000	1420.970000
16-06-2013-23-	24.172000	1420.972000
16-06-2013-23-	24.167000	1420.969000
16-06-2013-23-	24.169000	1420.967000

Рис. 3 Пример полученных данных

Созданная автоматизированная система успешно позволяет снизить уровень погрешности при получение данных и построении рельефа дна при помощи многолучевого эхолота, профилографа и гидролокатора бокового обзора

4. Внедрение и его перспективы

Уменьшение погрешность данных, получаемых любым прибором за счет распространения звука в воде путем отслеживания изменений скорости звука под влиянием, давление, температуры и солёности воды.

5. Список литературы

1. SBE 37-SMP-IDO[Электронный ресурс] / SeaBirdElectronics – MicroCATC-T-DO – Режим доступа :http://www.seabird.com/products/ spec_sheets/37smpidodata.htm , свободный.
2. Байкал [Электронный ресурс] / Википедия – Свободная энциклопедия – Режим доступа http://ru.wikipedia.org/wiki/%C1%E0%E9%EA%E0%EB , свободный.
3. Valeport MiniSVS [Электронный ресурс] /Seatronics – Режим доступа :http://www.seatronics-group.com/assets/uploads/resources/2011/2/2b32a596-2aeb-493f-a296-4051d328da26.pdf, свободный.
4. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabVIEW / Москва ДМК Пресс, 2010.

ТЕРМОНЕЛИНЕЙНЫЙ РЕФЛЕКТОМЕТР

С.А. Артищев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

1. Постановка задачи

Одним из факторов, определяющим работоспособность электрических цепей является качество контактных соединений. Представляет интерес контроль и диагностика контактных соединений для обеспечения своевременного выявления дефектов электрических контактов. В работе [1] показано, что применение нелинейной рефлектометрии с учетом термоэлектрических эффектов, приводящих к изменению сопротивления электрического контакта, позволяет идентифицировать некачественные электрические контакты. Метод заключается в воздействии на объект исследования видеоимпульсными сигналами и приеме сигналов-откликов. Если при этом через контакт пропустить постоянный электрический ток, то изменение сигнала-отклика (по сравнению с сигналом-откликом холодного контакта) будет соответствовать изменению сопротивления контакта. В данном случае изменение сопротивления говорит о наличии нелинейных свойств контакта, а разность сигналов-откликов является характеристикой нелинейности [2]. В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований, которые отражают перспективы использования разработанного метода термонелинейной рефлектометрии. Однако на сегодняшний день, данный метод реализован лишь с помощью обычных лабораторных измерительных приборов, что усложняет процесс измерения.

В данной работе рассматривается возможность создания измерительного комплекса, реализующего метод термонелинейной рефлектометрии, для контроля сопротивления контактных соединений в электрической цепи.

2. Внедрение решения

Разработанный термонелинейный рефлектометр используется в подразделении ТУСУРа СКБ «Смена». Работа была поддержана Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы «УМНИК», государственный контракт № 10790р/16924 от 13.08.2012.

3. Описание решения

Некачественный электрический контакт необходимо нагреть, чтобы в нем проявлялись нелинейные термоэффекты. Поэтому в качестве тестового сигнала применяется пара видеоимпульсов, один из которых имеет постоянное смещение, предназначенное для нагрева объекта. С помощью блока ЦАП формируется буфер тестового сигнала. Сформированный сигнал поступает в блок коммутации, к которому подключен объект исследования. Через блок коммутации подключается источник тока, который в определенный момент обеспечивает нагрев объекта исследования постоянным электрическим током. С помощью блока АЦП происходит регистрация как тестовых сигналов (1 канал), так и сигналов-откликов (2 канал). Структурная схема описанного измерительного комплекса представлена на рисунке 1.

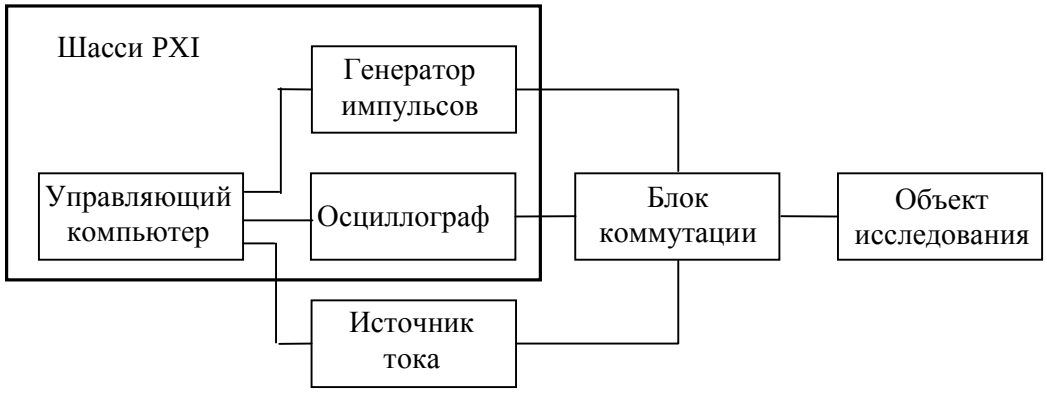


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса

На данном этапе разработки используется внешний источник тока. Однако предполагается в дальнейшем заменить его модулем PXI. На рисунке 2 представлена фотография собранного измерительного комплекса с подключенным объектом исследования. В качестве объекта исследования в данном случае рассматривается образец некачественного контакта, представляющего собой контактное соединение кабеля с разъемом BNC, причем кабель касается разъема, но не прижимается к нему.

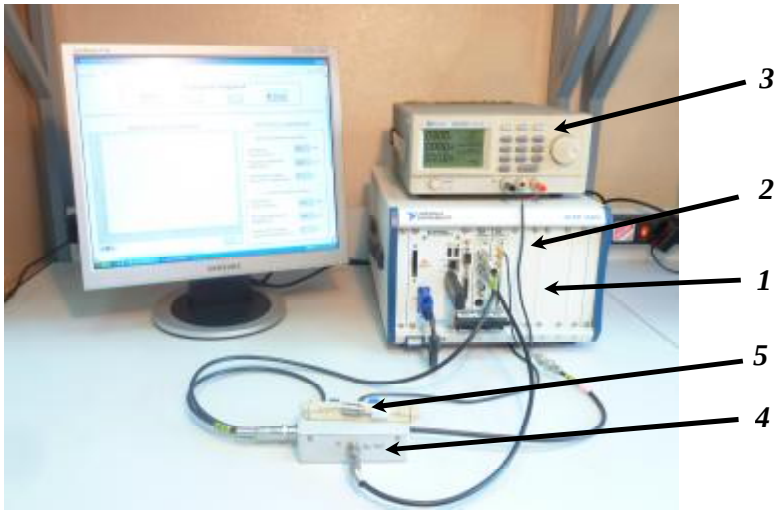


Рис. 2. Внешний вид измерительного комплекса: 1 – генератор тестовых сигналов, 2 – осциллограф, 3 – источник тока, 4 – блок коммутации, 5 – исследуемый образец

На рисунке 3 представлен интерфейс программного обеспечения разработанного в среде программирования NI LabVIEW. Зарегистрированные сигналы-отклики обрабатываются и в качестве результата измерений выводится термонелинейная рефлектограмма, которая отражает характер и величину изменения сопротивления контакта. По методике, описанной в работе [1], из полученной рефлектограммы производится восстановление собственных параметров электрического контакта: площадь контактной поверхности либо ее изменение (в зависимости от наблюдаемого эффекта – уменьшения или увеличения сопротивления).

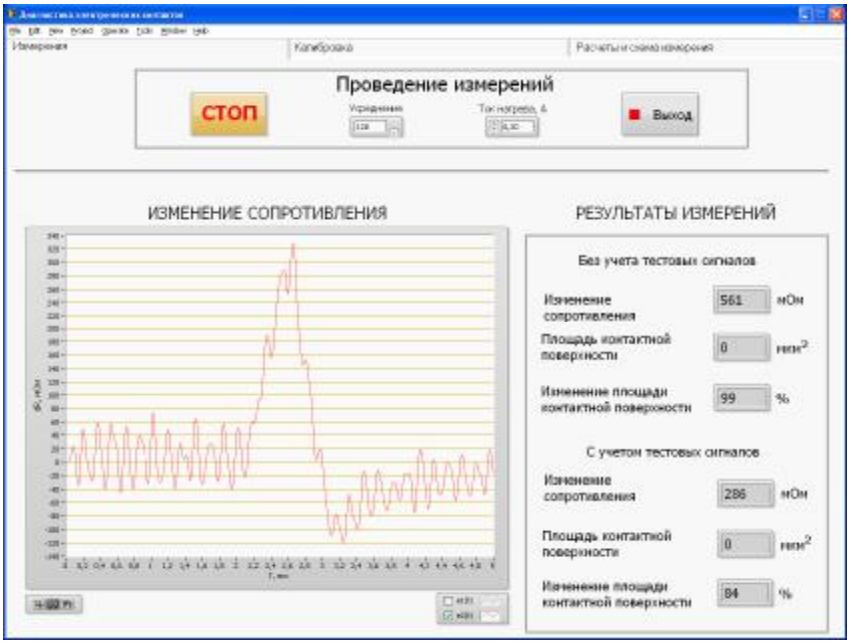


Рис. 3. Изменение сопротивления некачественного контакта

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 11. Для реализации измерительного комплекса была использована платформа NI PXI-1042Q с контроллером NI PXI-8196, блоком ЦАП NI PXI-5142 и блоком АЦП NI PXI-5114.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Область применения разрабатываемого комплекса определяется сферой использования электрических цепей, которые, так или иначе, содержат разъемные соединения. Наиболее значимыми являются предприятия авиационной, космической и автомобильной отрасли, так как именно здесь к качеству электрических контактных соединений предъявляются требования высокой надежности, прочности и износоустойчивости.

Стоит отметить, что в конечной реализации термонелинейного рефлектометра испытываемую линию предполагается подключать к блоку коммутации, который может быть выполнен в виде модуля PXI. Разработка такого модуля является следующим этапом работы.

6. Список литературы

1. Артищев С. А. Диагностика качества электрических контактов методом нелинейной видеоимпульсной рефлектометрии с учетом термоэлектрических эффектов / С.А. Артищев, Э.В. Семенов // Изв. вузов. Физика. – 2013. – № 9. – С. 60 – 65.

2. Артищев С. А. Нелинейная модель электрического контакта для термонелинейного рефлектометра. / С.А. Артищев, Э.В.Семенов // Изв. вузов. Физика. – 2013г. – №8/3. ¬– С. 72– 74.

ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР С ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫМ ЗАПУСКОМ РЕЖИМА СИНХРОНИЗАЦИИ МОД ИЗЛУЧЕНИЯ

Д.А. Раднатаров[1], С.А. Хрипунов[1], А.В. Иваненко[1,2], С.М. Кобцев[1,2], С.В. Кукарин[1,2]

1. Новосибирский Государственный Университет, г. Новосибирск,
2. ООО "Техноскан - Лаб", г. Новосибирск

1. Постановка задачи

Для генерации ультракоротких лазерных импульсов в волоконных лазерах используется эффект нелинейной эволюции поляризации излучения при его распространении в оптоволокне. Этот метод в сравнении с другими позволяет получить лучшие энергетические характеристики и предоставляет бóльшую свободу в настройке параметров выходного излучения (возможность изменения формы и длительности импульса, формы оптического спектра) [1]. Однако существует проблема применения этого метода, связанная с тем, что внешние воздействия на оптоволокно могут приводить к изменению поляризации излучения, распространяющегося в оптоволокне, и к срыву режима синхронизации мод излучения. Повторный запуск режима синхронизации мод требует подстройки поляризации излучения лазера. В ручном режиме (с помощью вручную управляемого контроллера поляризации) процедура настройки оптимальной поляризации излучения лазера является нетривиальной задачей, решение которой не всегда под силу пользователям таких лазеров.

В данной работе описан разработанный нами алгоритм автоматического запуска режима синхронизации мод волоконного лазера, реализованный в программной среде NI LabVIEW 2012.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработка программного алгоритма для решения задачи автоматического запуска режима синхронизации мод волоконного лазера осуществлялась в среде NI LabVIEW 2012 с использованием виртуальных инструментальных драйверов. Для практической реализации алгоритма были использованы следующие приборы и компоненты:

1. Осциллограф Tektronix MSO70604C;
2. Анализатор РЧ спектра Tektronix RSA 3408A;
3. Оптический анализатор спектра Oykogawa AQ6375
4. Жидкокристаллическая волновая пластинка Thorlabs LCC 1111B с контроллером LCC25.

3. Описание решения

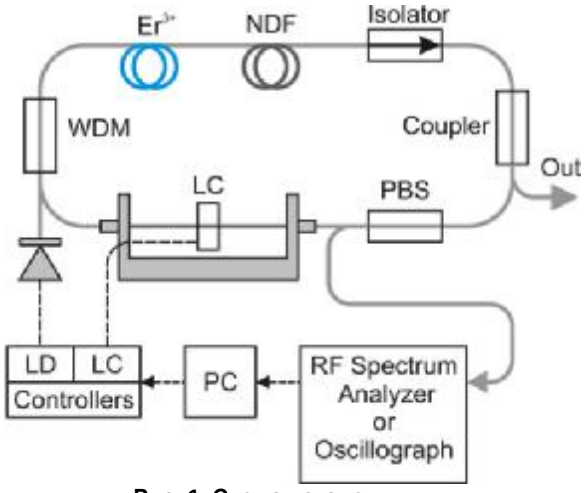


Рис. 1. Схема установки

Схема экспериментальной установки представлена на Рис. 1. Кольцевой резонатор лазера содержит: волоконный объединитель (WDM), 2 м активного волокна, допированного ионами эрбия, 20 м волокна с нормальной дисперсией на длине волны 1,55 мкм (NDF), оптический изолятор, волоконный ответвитель (Coupler), поляризационный делитель (PBS) и ЖК пластину (LC). Все элементы соединены между собой одномодовым оптическим волокном (SMF28), суммарной длиной 5 м. Поскольку активное волокно и другие волоконные элементы резонатора имеют аномальную дисперсию на длине волны 1,55 мкм в резонатор было добавлено специальное волокно Metro Core с хроматической дисперсией на длине волны 1.55 мкм β_2=6 пс^2. Добавление NDF-волокна позволило обеспечить положительную суммарную внутрирезонаторную дисперсию (~ 1 пс^2).

Накачка волоконного лазера осуществлялась на длине волны излучения 980 нм с максимальной мощностью 400 мВт и вводилась через волоконный объединитель в сердцевину активного одномодового оптического волокна. Выходное излучение выводилось из резонатора лазера через через волоконный ответвитель, обеспечивающий отвод 10% излучения.

В качестве поляризационно-селективного элемента используется поляризационный ответвитель (PBS), излучение с выхода которого используется для анализа режима генерации лазера. Это излучение подается на фотодетектор, с которого сигнал поступает на вход анализатора радиочастотного (РЧ) спектра. РЧ спектр программно анализируется, в результате этого анализа формируются управляющие сигналы для ЖК пластины и диода накачки.

Ключевым элементом разработанного лазера является ЖК пластина, которая использовалась в качестве контроллера поляризации излучения лазера. Ранее [2] было показано, что для реализации всех возможных состояний поляризации с помощью дискретных фазовых элементов требуется как минимум три таких элемента – два четвертьволновых фазовых элемента и один полуволновой (Q-H-Q комбинация). В данной работе в качестве контроллера поляризации внутрирезонаторного излучения использовалась одиночная ЖК пластина, которая позволяла управлять состоянием поляризации излучения в определённых пределах, достаточных для запуска режима синхронизации мод излучения. Для задания этих пределов можно было использовать дополнительные управляемые вручную фазовые элементы, но в нашем случае возможность использования одного фазового элемента для необходимой настройки состояния поляризации излучения обеспечивалась за счет макро-масштабных манипуляций с резонаторным волокном при его укладке (изменение радиуса укладки и т.д.).

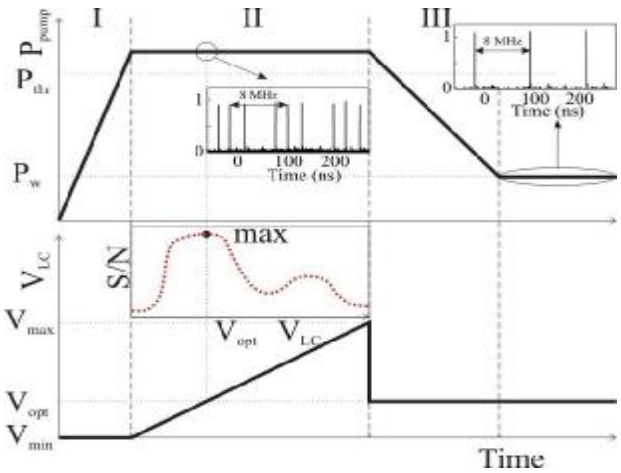


Рис. 2. Временные диаграммы алгоритма программно-управляемого старта режима согласования мод; пунктирная линия - значение отношения амплитуд сигнала к шуму в зависимости от управляющего напряжения ЖК пластины

Используемая ЖК пластина позволяла изменять значение волновой задержки от 0 до 0,6λ, при этом изменение управляющего напряжения не превышало 4 V.

На рис. 2 схематически показано взаимное изменение мощности диода накачки P_{pump} и управляющего напряжения ЖК пластины V_{LC} в зависимости от времени после запуска алгоритма программно-управляемого старта.

Анализ качества режима синхронизации мод осуществлялся с помощью радиочастотного анализатора спектра, регистрирующего гармоники межмодовых биений частот выходного излучения. В настоящей работе анализ спектра межмодовых биений осуществлялся в области частот вблизи 160 МГц.

Начальная фаза I алгоритма на рис. 2 соответствует увеличению мощности излучения накачки до тех пор, пока не запустится режим синхронизации мод излучения.

Для данного лазера пороговое значение мощности излучения накачки P_{thr}, при котором режим синхронизации мод запускался при любой волновой задержке жидкокристаллического элемента, составлял 250 мВт. При превышении этого порогового значения в общем случае запускался нестабильный многоимпульсный режим синхронизации мод. Далее в центральной фазе II алгоритма напряжение на жидкокристаллической пластине устанавливалось оптимальным (V_{opt}). На рис. 2 показано полное изменение напряжения на жидкокристаллическом элементе для иллюстрации изменения амплитуды пика радиочастотного спектра межмодовых биений от напряжения (пунктирная линия), однако в рабочем алгоритме увеличение напряжения VLC можно остановить при достижении значения V_{opt}. Далее в фазе III алгоритма мощность излучения накачки уменьшась до тех пор, пока многоимпульсный режим синхронизации мод не переходил в одноимпульсный. В данном лазере это соответствовало мощности излучения накачки 50 мВт, средняя мощность выходного излучения лазера составляла при этом 2.5 мВт.

На рис. 3 приведёны характерные РЧ спектры межмодовых биений частот выходного излучения лазера в области вблизи 160 МГц. Верхний спектр в отличие от нижнего имеет лучшее соотношение сигнал/шум и соответствует более стабильному режиму синхронизации мод излучения. Нахождение оптимального управляющего напряжения V_{opt} для ЖК пластины осуществлялось с помощью непрерывного измерения соотношения сигнал/шум РЧ спектра в процессе настройки поляризации излучения с помощью ЖК пластины.

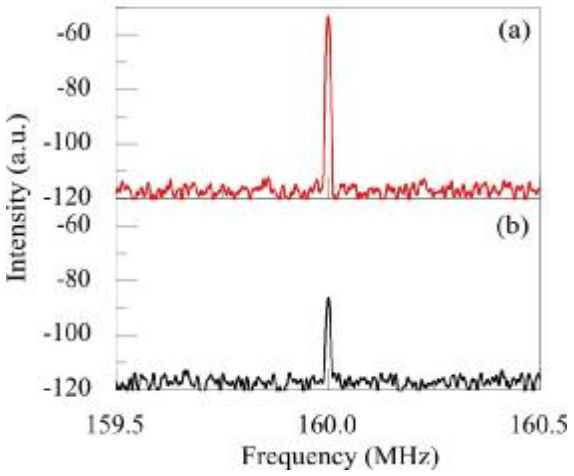


Рис. 3. Радиочастотный спектр межмодовых биений частот выходного излучения лазера в области вблизи 160 МГц

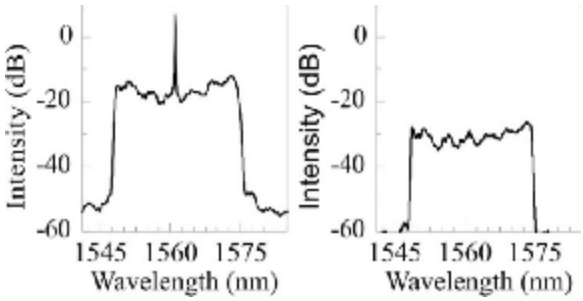


Рис. 4. Слева - оптический спектр выходного излучения при мощность накачки Pthr; справа - спектр выходного излучения при мощности накачки Pw

Уменьшение мощности излучения накачки в фазе III алгоритма сопровождалось также изменением спектра выходного излучения лазера. При мощности излучения накачки $P > P_{thr}$ в спектре излучения наблюдался центральный пик, соответствующий непрерывному излучению лазера и неполной синхронизации мод (рис. 4, левый). На правом рис. 4 приведён спектр выходного излучения лазера при уменьшенной мощности излучения накачки, соответствующей полной синхронизации мод излучения и стабильному одноимпульсному режиму синхронизации [3].

В установившемся режиме синхронизации мод лазер генерирует импульсы с частотой следования 8 МГц. В ходе исследования спектра межмодовых биений с помощью быстрого InGaAs фотодетектора и широкополосного радиочастотного анализатора спектра выявлено высокое отношение сигнал/шум (до 70 дБ) в гребенке межмодовых биений и высокая стабильность частоты повторения импульсов.

В данной работе впервые продемонстрирован волоконный эрбиевый лазер с автоматическим программно-управляемым запуском режима пассивной синхронизации мод на основе эффекта нелинейной эволюции состояния поляризации излучения. Предложенный и успешно экспериментально апробованный алгоритм автоматического запуска стабильного одноимпульсного режима синхронизации мод открывает новые перспективы практического использования волоконных лазеров, в которых синхронизация мод излучения достигается за счет нелинейной эволюции состояния поляризации излучения.

Разработанный лазер обеспечивал стабильный запуск режима синхронизации мод даже в случае наличия механических возмущений, приводящих к срыву режима. Таким образом, предложенный алгоритм автозапуска стабильного одноимпульсного режима синхронизации мод волоконного лазера, реализованный в программной среде NI LabVIEW 2012, позволит создать надёжные волоконные лазеры ультракоротких импульсов, устойчивые по отношению к внешним возмущениям.

4. Перспективы внедрения

Разработанный алгоритм принят для внедрения ООО «Техноскан – Лаб» (www.tekhnoscan.ru).

5. Список литературы

1. S.V. Smirnov, S. M. Kobtsev, S.V. Kukarin and S.K.Turitsyn, *Mode-Locked Fibre Lasers with High-Energy Pulses* (Laser Systems for Applications, InTech, 2011), Chapter 3.

2. E. Collett, *Polarization Controllers*, (Polarized Light In Fiber Optics, The PolaWave Group, 2003), Chapter 9.

3. S. Smirnov, S. Kobtsev, S. Kukarin, and A. Ivanenko, "Three key regimes of single pulse generation per round trip of all-normal-dispersion fiber lasers mode-locked with nonlinear polarization rotation," Optics Express 20, 27447–53 (2012).

ИМИТАТОР СИГНАЛОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

А. В. Батюнин, В.А. Воробьёв, С.Ю. Обудовский, С.А. Швыкин, Ю.А. Кащук

Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

1. Постановка задачи

Сооружаемый в настоящее время во Франции Международный термоядерный экспериментальный токамак-реактор ИТЭР должен продемонстрировать физическую возможность и технологическую реализуемость термоядерной энергетики. Ряд ключевых параметров термоядерной плазмы может быть измерен методами нейтронной диагностики. В частности, измерение полного выхода термоядерных нейтронов является единственным прямым методом измерения термоядерной мощности реактора, поскольку остальные продукты термоядерного синтеза удерживаются в плазме и используются для нагрева и поддержания термоядерной реакции. В конечном итоге, прямые измерения термоядерной мощности будут характеризовать реализуемость и успешность проекта ИТЭР в целом. Ключевая роль в измерениях полного нейтронного выхода отводится мониторам нейтронного потока.

Нейтронная диагностика должна обеспечить временное разрешение 1 мс и погрешность измерений не более 10% и обеспечивать измерение термоядерной мощности ИТЭР в диапазоне 100 кВт - 500МВт (т.е. 3×10^{16} - 5×10^{20} нейтронов/сек и выше для Д-Т и 3×10^{14} - 5×10^{18} для Д-Д нейтронов или динамический диапазон системы – 7 порядков). Детектирующие элементы одного из мониторов (диверторного) будет размещен под куполом дивертора. Напряженные условия эксплуатации предопределили выбор ионизационной камеры деления в качестве детектирующего элемента этой диагностики. Причем для перекрытия всего динамического диапазона используется большое количество камер с различной чувствительностью.

Для настройки аппаратуры и отработки алгоритмов обработки сигналов камер деления, требуется мощный источник нейтронов, причем, в настоящее время, для этих целей может быть использован только реактор, обладающим сравнимыми нейтронными потоками с предполагаемыми потоками на реакторе ИТЭР, но с отличающимся энергетическим спектром. Однако для настройки системы данный метод не является оптимальным по причине сложности и высокой стоимости использования. В связи с этим возникла задача имитирования работы камеры деления.

Работа посвящена созданию имитатора сигналов камеры деления, работающего в широком динамическом диапазоне, позволяющем существенно упростить настройку разрабатываемого для мониторов нейтронного потока оборудования на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 с пакетом NI-FGEN. Для реализации системы была использовано шасси NI PXIe-1082, интерфейсный модуль PXIe-8375, генератор сигналов произвольной формы NI PXIe-5451 (2 дифференциальных канала, 16-Бит, 400 Мвыб./сек, 512 Мбайт, максимальная частота дискретизации 135 MHz)[5].

3. Описание решения

Блок-схема рабочей станции имитатора представлена на рис.1. В качестве примера, указано подключение тестируемого предусилителя.

В состав станции входят следующие компоненты: персональный компьютер с необходимым программным обеспечением, шасси NI PXIe-1082, подключенное к компьютеру, генератор произвольного сигнала NI PXIe-5451 в составе шасси.

Пользователь управляет имитатором с помощью интерфейса пользователя, предоставляющим пользователю возможности по созданию сигнала и по управлению генератором. Программное обеспеченье выполнено в среде LabView. Ниже последовательно описаны компоненты рабочей станции имитатора.

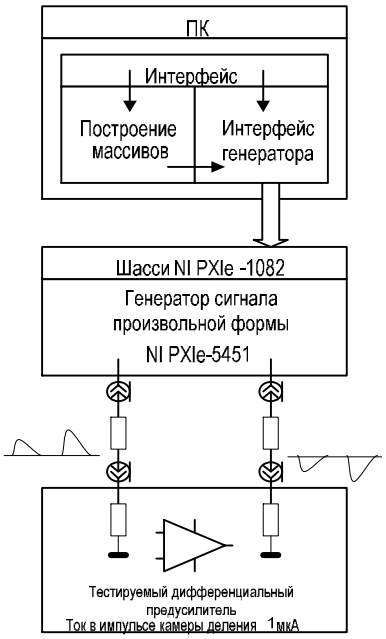


Рис. 1. Принципиальная схема рабочей станции имитатора камеры деления

Алгоритмы построения массивов

В соответствии с особенностями физических процессов, происходящих в камерах деления и при прохождении сигналов камеры по линии связи и предварительного усиления, нами была использована следующая модель: форма одиночного импульса, амплитудное распределение сигналов и временное распределение сигналов считаются независимыми параметрами. В этой модели задача моделирования сигнала камеры деления разбивается на три подзадачи: моделирование формы одиночного импульса, временного распределения и амплитудного распределения. Каждая из подзадач решалась отдельно, а результат их совместного разрешения – массив, моделирующий сигнал камеры деления, записывался в файлы. Для работы с полученным смоделированным сигналом была написана программа в среде LabView, управляющая работой генератора произвольного сигнала NI PXIe-5451, что позволяет имитировать работу камеры деления.

Пользователь выбирает уровни загрузки и шумов моделируемого сигнала, а также амплитудный спектр и форму одиночного импульса. Затем для каждого полезного и шумового сигналов определяется их амплитуда. Массив, моделирующий форму импульса, нормированный на свое максимальное значение, умножается на амплитуду. Решается задача моделирования временного распределения, т.е. этот импульс добавляется каким-то образом к массиву, моделирующему сигнал камеры деления. Затем операция повторяется для следующего импульса, пока не будет исчерпано количество импульсов.

Моделирование формы импульса.

Для моделирования формы импульса предлагается использовать аппроксимированный стандартными функциями сигнал камеры деления, теоретически рассчитанные формы импульса, или выбрать свою собственную аппроксимацию сигнала камеры. Т.о. создана библиотека стандартных форм импульсов.

Цена временного деления составляет 10 нс, что позволяет аппроксимировать сигнал камеры 10-30 точками. Это позволяет моделировать отдельный импульс с точностью, достаточной для сохранения соотношений длительностей переднего и заднего фронтов импульса и общий вид формы сигнала камеры.

Моделирование временного распределения импульсов.

Временное распределение должно иметь пуассоновский характер. Весь временной промежуток делится на промежутки с одинаковой загрузкой (всего предоставлено 10 окон с выбираемой пользователем, фиксированной загрузкой и фиксированной длительности), причем временные отрезки должны быть кратны 1 мс. Эти временные промежутки, в свою очередь, делятся на промежутки длительностью в 1 мс. Цена одного деления на каждом временном промежутке равна 10 нс, т.е. массивы, соответствующие 1 мс имеют размеры 10^5 точек.На каждом временном промежутке длительностью 1 мс рассчитывается количество импульсов по указанной пользователем загрузке, и это количество импульсов распределяются по временному промежутку случайным образом.

Моделирование амплитудного распределения импульсов.

Для моделирования амплитудного распределения необходимо произвести аппроксимацию амплитудного спектра камеры деления. Причем аппроксимация шумовой компоненты и полезного сигнала должны осуществляется раздельно, т.к. шум камеры не зависит от загрузки.

Получение амплитуды происходит с помощью выбрасывания случайного числа, имеющего определенную плотность распределения для шумов и для полезного сигнала. Шум моделируется с помощью распределения Гаусса, а полезная компонента сигнала с помощью суммы двух распределений Гаусса, взятых с весами. Для этого моделирования написана специальная подпрограмма. Затем, в соответствии с модельным спектром, разыгрываются амплитуды. Эти амплитуды и используются в дальнейшем для каждого импульса. Причем пользователь имеет возможность модифицировать спектр, подбирать оптимальную аппроксимацию моделируемого спектра.

Моделирование выходного сигнала имитатора.

Как было указано выше, построение массива, моделирующего сигнал, происходит следующим образом: весь массив разбивается на массивы, размеры которых соответствуют 1 мс, т.е. 10^5 точек при цене одного деления 10 нс. Далее в случайные точки на массиве добавляются импульсы, форма которых одинакова, а амплитуда получена из моделирования амплитудного распределения. Затем эти массивы сшиваются. Т.о. получается набор массивов с разными загрузками. Эти массивы записываются в файлы. Ограничение по времени используемого сигнала памятью генератора (используемый генератор NI PXIe-5451 имеет память 512 МБайт, что эквивалентно 1.5 сек).

Программа, строящая массив данных, который моделирует работу нейтронной камеры деления, интегрирована в программу-имитатор. Помимо этой программы, программное обеспеченье имитатора обеспечивает загрузку данных массивов в память генератора и управление выходным сигналом. Ниже приведено описание основных компонентов интерфейса данного программного обеспеченья.

Интерфейс пользователя.

Построение массивов

Эта часть программного обеспечения предоставляет возможность пользователю управлять основными параметрами массива, моделирующего работу ионизационной камеры деления.

Пользователь имеет возможность выбора формы импульса из списка стандартных форм:

- Теоретический сигнал
  Это сигнал камеры деления, рассчитанный теоретически [4]. Пользователь может менять параметры сигнала в зависимости от используемой камеры деления.
- Гауссиана
  Позволяет использовать функцию гаусса в качестве импульса. При этом пользователь может выбирать длительность импульса по основанию.
- Стандартный сигнал
  Аппроксимированный импульс камеры деления, измеренный на выходе предусилителя. Позволяет моделировать сигнал после прохождения сигналом этих элементов конструкции.
- Дельта-импульс
  Треугольный импульс с длительностью по основанию 10 нс.
- Пользовательская форма
  Позволяет пользователю загрузить из текстового файла свою аппроксимацию сигнала камеры деления с минимальной частотой дискретизации 10 нс.

Кроме выбора формы пользователю предоставлена возможность управлять при моделировании амплитудным спектром сигнала, выбирая параметры аппроксимирующих функций (функция Гаусса для шумового импульса и сумма двух взвешенных функций Гаусса для нейтронной компоненты). Для подбора оптимальной аппроксимации пользователь имеет возможность загружать моделируемый, предварительно снятый, спектр нейтронной камеры деления. При этом пользователь должен сам определить исходную загрузку шумового сигнала по времени сбора данных, по постоянной составляющей сигнала, определяемой шумами, и по его аппроксимации. См. рис. 2 (слева).

Наконец, пользователь может выбирать параметры 10 временных интервалов, такие, как длительность и загрузка на интервале. А также фиксированную на всем моделируемом сигнале загрузку шумовой компоненты сигнала (выше указывалось, что шумовая компонента сигнала не зависит от загрузки).

После выбора параметров, пользователь должен выбрать папку, куда будет осуществляться запись файлов с моделируемым сигналом и данными по загрузке, форме и амплитудному распределению импульсов. Эта часть интерфейса пользователя приведена на Рис.2 (справа)

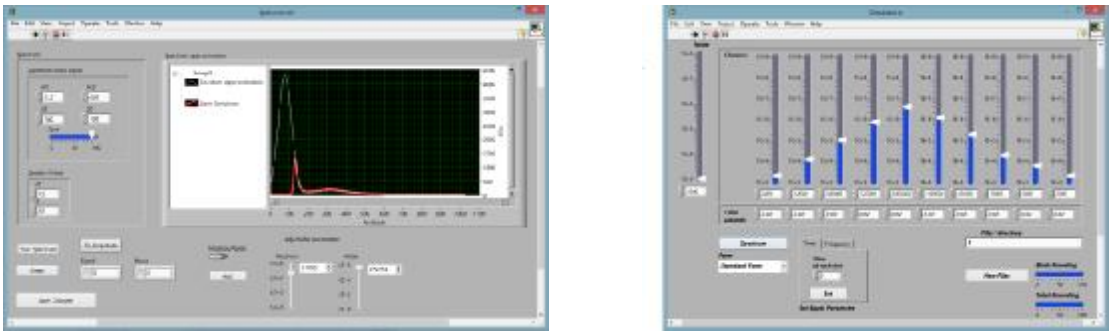


Рис. 2. Панель управления амплитудным спектром спектром сигнала (слева) и интерфейс пользователя: генерирование массивов (справа)

Генерирование сигнала.

Построенный массив данных загружается в память генератора в виде последовательности сигналов с фиксированной загрузкой из указанной директории. Затем пользователь выбирает амплитуду напряжения выходного сигнала для подбора параметров подключения имитатора.

Пользователь может запускать и прекращать генерацию сигнала, менять в процессе амплитуду сигнала, осуществлять однократный пуск.

Также, для настройки работы счетного канала предусмотрена возможность генерации прямоугольных импульсов, моделирующих действие компаратора с заданным пользователем уровнем. В данном случае реализация этого режима осуществляется программным способом, т.е. сигнал просто сравнивается с заданным уровнем, а затем записывается в память генератора. Т.е. для переключения между этими режимами необходимо вновь загружать данные в память генератора.

В процессе генерации, для удобства работы пользователя, отображаются выбранные на этапе генерации массива форма импульса, график загрузки и амплитудный спектр сигнала, что позволяет легко понять, каковы основные характеристики сигнала.

Эта часть интерфейса представлена на Рис.3.

Имитатор сигнала нейтронной камеры деления позволяет смоделировать ее сигнал в условиях, предполагаемых при работе токамака-реактора ИТЭР. Более того, т.к. в настоящее время не существует аналогичных по интенсивности постоянных источников быстрых нейтронов, а работа на сопоставимых источниках тепловых нейтронов – реакторах является дорогой и трудоемкой, то данный прибор позволяет существенно упростить и ускорить настройку и испытания измерительной аппаратуры. Разработанный прибор позволяет генерировать смоделированный сигнал камеры деления в широком диапазоне легко варьируемых параметров. При этом у пользователя не только имеется априорная информации о сигнале имитатора, но и имеется сам генерируемый массив данных, что, при необходимости, позволяет получить о нем дополнительную информацию.

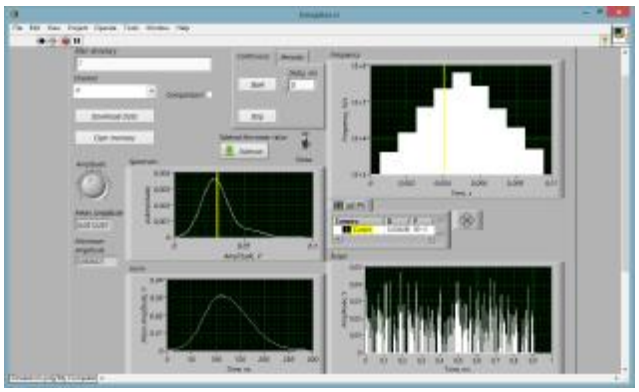


Рис. 3. Интерфейс пользователя: управление генератором NI PXIe-5451

При наличии таких входных параметров, как форма импульса и амплитудный спектр, прибор имеет возможность моделировать различные режимы работы нейтронной камеры деления, причем есть возможность осуществлять переход между режимами плавно, что позволяет исследовать условия перехода из одного режима регистрации в другой и условия их сшивки. Также, вследствие того, что скачки между различными режимами могут быть сделаны очень короткими (порядка частоты

дискретизации в 10 нс) есть возможность исследовать процессы, возникающие в регистрирующей аппаратуре в быстрых переходных процессах, например, при резком изменении нейтронного потока. Однако это свойство обходится простым заданием более пологого профиля загрузки. При этом характерное время изменения загрузки равно 1 мс. Т.о. имеются широкие возможности по изучению временных характеристик системы регистрации с их последующей настройкой. Выполнив несложные преобразования программного обеспеченья можно модифицировать эти характеристики, однако, требования к нейтронной диагностики ИТЭР, допускают временное разрешение системы мониторов нейтронного потока порядка 1 мс, что позволяет исследовать разработанный прибор в его текущей модификации.

Наличие возможности компарирования программным способом и генерации сигнала, который уже представляет собой результат этой операции над сигналом, позволяет настраивать работу счетчика.

Т.о. пользователь имеет возможность подключения имитатора в разные участки схемы регистрации при правильном моделировании формы импульса и амплитудного распределения импульсов.

Примеры выходных сигналов имитатора приведены на Рис. 6 и 7.

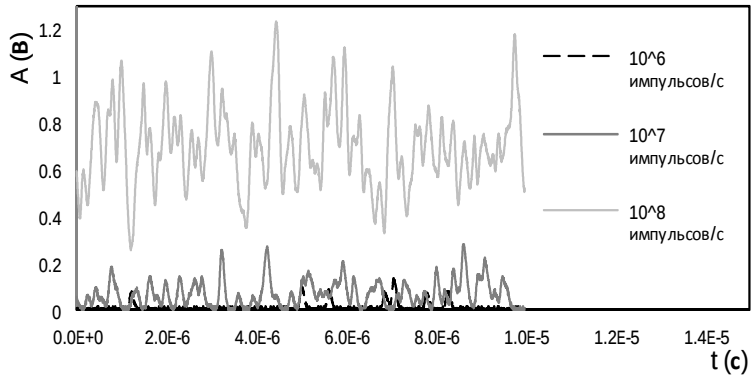


Рис. 6. Выходной сигнал имитатора камеры деления при разных частотах следования импульсов

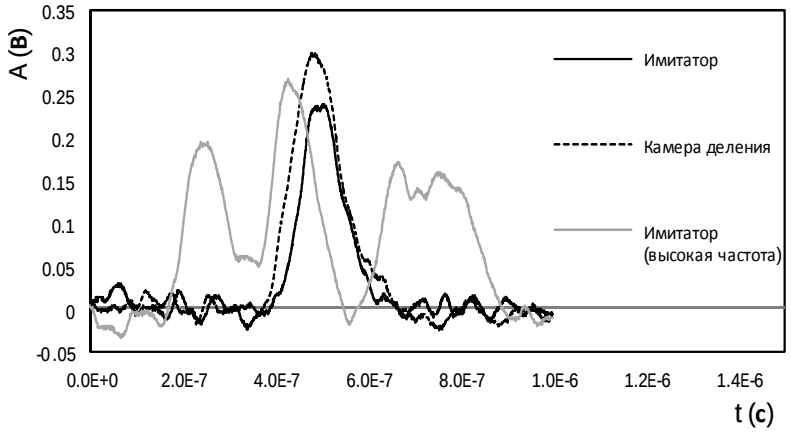


Рис. 7 Выходной сигнал камеры деления и имитатора камеры деления при различных загрузках. Причем график (Имитатор(высокая частота)) соответствует высокой частоте следования импульсов, которую можно получить только с использованием высокоинтенсивных источников нейтронного излучения

4. Внедрение и его перспективы

Имитатор сигналов камеры нейтронного деления позволяет генерировать сигнал с известными временными и амплитудными характеристиками, а также формой одиночного импульса. Применение имитатора сигнала нейтронной камеры деления позволяет исследовать следующие характеристики приборов системы регистрации мониторов нейтронного потока ИТЭР:

- Искажение формы одиночного сигнала камеры деления,
- Искажение формы амплитудного спектра камеры деления,
- Временное разрешение системы,

- Переходные процессы при резких изменениях загрузки (с характерным временем 10 нс, при скачках в загрузке до 5 порядков – от 10^3 до 10^8),
- Переходные процессы при плавных (с характерным временем 1 мс) изменениях загрузки,
- Переходные процессы при переходах из одного режима регистрации в другой, условия переключения между режимами,
- Загрузочные характеристики системы в разных режимах при различных конфигурациях оборудования.

Детальное изучение временных характеристик системы и условий перехода от одного режима к другому существенно упростит и ускорит конфигурацию измерительного оборудования.

5. Список литературы

1. G.F. Knoll, «Radiation Detection and Measurement» in Wiley, 3th ed. 2000, p. 816.
2. Ross, S. M., «Stochastic Processes» in *Wiley*, 1996, p. 510.
3. KFKI-RegTron, Instrumentation &Mesuring Co. Ltd, H-1121 Budapest, «Fission Chamber Simulator NFA-09.07».
4. Малышев Е.К., Засадыч Ю.Б., Стабровский С.А. «Газоразрядные детекторы для контроля ядерных реакторов», Москва: Энергоатомиздат, 1991, 160 с.
5. www.ni.com.

ОБРАБОТКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С АКУСТООПТИЧЕСКИХ ВИДЕОСПЕКТРОМЕТРОВ

А.В. Перчик

НОЦ "Фотоника и ИК-техника" МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Акустооптические видеоспектрометры применяются в различных областях науки и техники. В медицине видеоспектрометры могут быть использованы для поиска инородных тканей при исследовании поверхности кожи или эндоскопическом исследовании. Таким образом могут быть обнаружены, например, раковые опухоли и определены их границы. При исследовании микропрепаратов под микроскопом, оборудованным акустооптическим видеомонохроматором можно выделить объекты, отличающиеся по спектру, а, следовательно, имеющие другое происхождение, например, в препаратах крови или гистологических препаратах тканей. Подобные исследования могут проводиться in-vivo, например, в задачах исследования капилляров, или эндоскопических исследованиях, что накладывает требования на быстродействие регистрирующей аппаратуры.

Подобные спектральные изображающие системы могут быть использованы в задачах криминалистики для определения подлинности и типа различных объектов, например типа чернил и красок, их возраста, типа бумаги и т.д.

Видеоспектрометры широко применяются в системах дистанционного зондирования при установке на подвижный носитель, например, при исследовании с воздуха полей можно судить о времени созревания урожая, наличии болезней растений, при исследовании леса на основе спектральных данных можно сделать прогноз возможных лесных пожаров, косвенно из сравнения спектральных характеристик различных областей, покрытых однородной растительностью можно судить об изменении экологической обстановки.

Исследования вод Мирового океана позволяют определить ареал распространения планктона, определить его тип, а по этим данным судить о биопродуктивности данного региона и, косвенно, о наличии загрязнений.

Работа посвящена созданию автоматизированной системы регистрации обработки и хранения спектральных изображений.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде графического программирования NI LabVIEW 2011 с использованием примеров работы с драйверами камеры Imaging Source для LabView. В работе использовалась монохромная CCD камера DMK 51BU02.H от Imaging Source на матрице Sony ICX274AL.

В качестве перестраиваемого фильтра применен акустооптический фильтр видимого диапазона серии АВМ производства А-Оптика, имеющего следующие параметры:

Спектральный диапазон	440 – 760 нм
Полоса пропускания	1-3 нм
Двойная монохроматизация излучения	

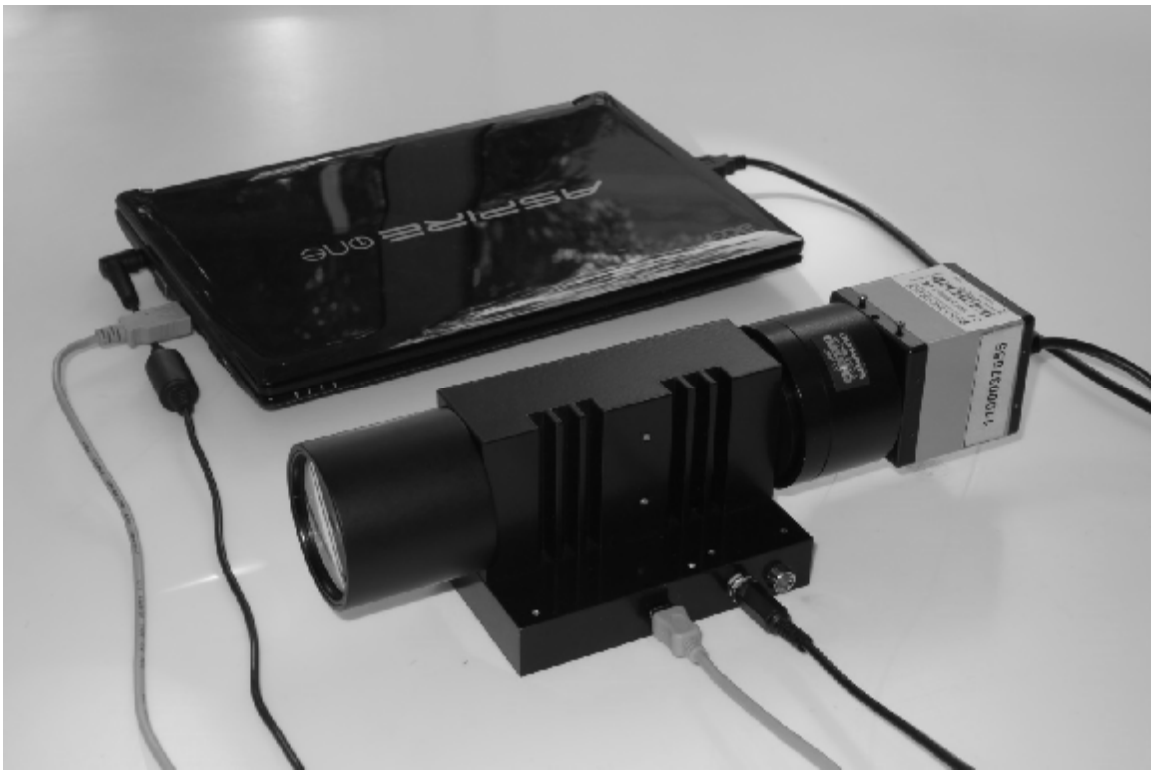
3. Описание решения

На основе акустооптического фильтра были собраны две установки: установка для мониторинга удаленных объектов (рис.) и установка для исследования микропрепаратов на основе микроскопа Zeiss Axio Imager M2m.

Гиперспектральное изображение (гиперспектральный куб данных) формируется путем последовательного получения двумерного распределения яркости объекта (изображений) на разных длинах волн. При формировании куба данных учитываются аберрации, вносимые оптической системой и акустооптическим фильтром, для чего производят масштабирование изображений на разных длинах волн перед включением в куб данных.

Программное обеспечение позволяет вывести спектр объекта в любой точке (спектральная координата куба). Гибкость системы LabView позволяет быстро модифицировать код программного обеспечения для реализации различных алгоритмов обработки гиперспектрального изображения, например, поиска и оконтуривания участков изображения, имеющих заданные особенности по спектральной координате.

Для оптимизации хранения гиперспектральных данных разработан алгоритм, основанный на хранении разностной информации изображений на соседних длинах волн, диапазон такой разности гораздо меньше диапазона отдельного изображения, что позволяет более эффективно применять алгоритмы компрессии без потерь.



Акустооптический спектрометр для мониторинга удаленных объектов

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система обработки спектральных изображений успешно используется при проведении спектральных исследований в НОЦ “Фотоника и ИК-техника” МГТУ им. Н.Э. Баумана, планируется создание лабораторной работы для студентов оптических специальностей.

5. Список литературы

1. В.И. Пустовойт, В.Э. Пожар, Е.А. Отливанчик, С.В. Боритко, А.В. Перчик Современные средства и методы акустооптической спектрометрии // Успехи современной радиоэлектроники №8 М:2007, с.48-56.
2. Пожар В.Э., Пустовойт В.И. Возможности создания новых систем видения на основе акустооптических видеоспектрометров // Радиотехника и электроника, 1996. Т. 41. В. 10. С.1272-1278.
3. Перчик А.В., Пожар В.Э., Пустовойт В.И., Шурыгин А.В. Акустооптические спектральные приборы для задач экологии // Вестник МГТУ имени Н.Э. Баумана серия "Приборостроение" Спецвыпуск СП-09 2012, с.137-146.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А.В. Мухаметзянов, Т.Я. Бекешев, К.Б. Митковский, В.Н. Илюхин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)», г. Самара

1. Постановка задачи

Летающие объекты всегда завораживали человека, подталкивая его к различным исследованиям и разработкам. На данный момент наиболее динамично развивающимся направлением на пересечении робототехники и летательных аппаратов является разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Актуальность исследований обусловлена потребностью в беспилотных летательных аппаратах по всему миру: в военной промышленности и в гражданской области: сельское хозяйство, инспектирования строительных площадок, нефтегазовый сектор, МЧС, сектором безопасности и т.д.

Главной задачей данной работы является верификация математической модели (1) малогабаритного беспилотного летательного аппарата, для построения системы управления. Функциями данной системы управления являются реализация автономного взлета и посадки, контроля положения в режиме зависания в воздухе, а также прохождение заданной траектории.

$$w(s) = \frac{K_m \cdot i_a(s) - t_f - t_l}{J_m \cdot s} \quad (1)$$

Математическая модель, описывает динамику одного двигателя летательного аппарата в воздухе. Математическая модель реализована в среде MATLAB/SIMULINK (см. рисунок 1), используется для настройки параметров системы управления БПЛА и моделирования алгоритмов управления.

Разработка программного обеспечения для решения поставленной задачи выполнена в среде программирования NI LabVIEW 2011.

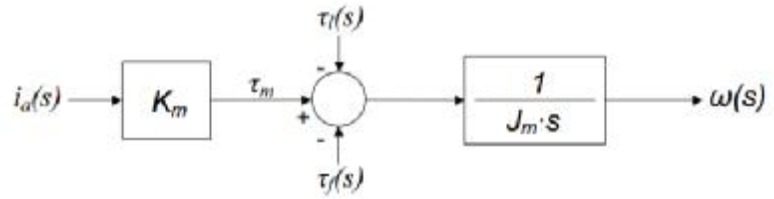


Рис. 1. Математическая модель MATLAB/SIMULINK

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

- Модуль NI LabVIEW Real Time;
- NI LabVIEW FPGA;
- Контроллер cRIO-9023;
- Шасси cRIO-9116;
- Модуль аналогового ввода NI 9215;
- Модуль аналогового ввода NI 9221;
- Модуль дискретного вывода NI 9474.

3. Описание решения

Для верификации математической модели двигателя БПЛА разработан стенд на основе работы[3].

Данный экспериментальный стенд предназначен для верификации коэффициентов математической модели двигателя БПЛА, а также для оценки её корректности. Стенд показан на рисунке 2. В его состав входят: бесколлекторный двигатель 1, тахометр 2, груз 3, «рука» ротора 4, установка стола (платформа) 5, весы 6, блок питания 7,нить 8.

В результате эксперимента необходимо определить угловую скорость, требуемую для обеспечения подъемной силы с одного ротора. Для определения угловой скорости теоретически был посчитан общий вес квадрокоптера, который составил 1080г (без двигателей и винтов). Для эксперимента выбран груз весом в 2 кг.

В процессе эксперимента оценивается полезная грузоподъемность двигателя с винтом. Когда измеряемая величина весов уменьшилась от начального веса в 2 кг до величины в 1.73 кг (взято из источника [3]), условие зависания выполняется. Увеличение угловой скорости вращения винта достигается увеличением подаваемого напряжения на мотор. Во время эксперимента платформой NI compactRIO постоянно регистрируются такие данные как: ток, напряжение, частота вращения винта, вес груза и время.

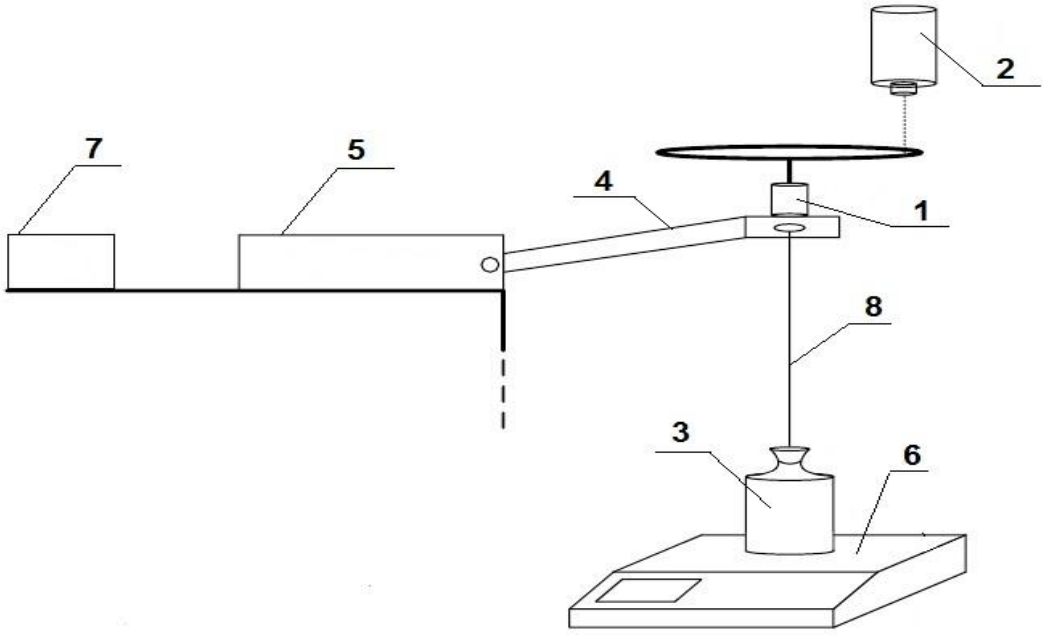


Рис. 2. Экспериментальный стенд для верификации математической модели БПЛА:
1 - бесколлекторный двигатель, 2 - тахометр, 3 - груз, 4 - «рука» ротора, 5 - установка стола (платформа), 6 – весы, 7 – блок питания, 8 – нить

4. Внедрение и его перспективы

Разработка стенда планируется к внедрению в учебный процесс в «Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)». Планируется создание и тестирование линейки БПЛА.

5. Список литературы

1. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы: Учебное пособие для вузов. - СПб.: Питер, 2005.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – К.: Высшая школа, 1989.
3. Andersen M.B., Binderup O., Gislason S., Haukrogh J. Draganflyer X-Pro Modelling and Control. Aalborg University, 2006.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ЭТАЛОНА ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ И МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Р.А. Панасенко, А.В. Кролевецкий

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

1. Постановка задачи

Эталон поглощенной дозы (ПД) и мощности поглощенной дозы (МПД) фотонного излучения (ФИ) является высокоточной установкой, позволяющей осуществить хранение и передачу размеров единиц ПД и МПД образцовым и высокоточным рабочим средствам измерений. Комплекс аппаратуры, входящий в установку, должен обеспечивать необходимую точность измерений.

Чтобы добиться высокой точности термостатирования, было необходимо создать автоматизированную информационно-измерительную систему для эталона.

Эта задача оказалась достаточно сложной в связи с требованием обеспечить высокоточное регулирование температуры в рабочей камере эталона (с точностью до 0,1°К). Поэтому при реализации системы было решено применить ПИД-регулирование.

Работа заключалась в создании автоматизированной информационно-измерительной системы, позволяющей осуществлять контроль заданных параметров и управлять отдельными системами эталона.

2. Предприятие, на котором внедрено решение

Система успешно внедрена на ОАО «ПЗ Сигнал», г. Обнинск.

3. Описание решения

Основой эталона ПД и МПД ФИ является калориметр. Он предназначен для определения энергии, поглощенной в нем под действием ионизирующего излучения. Калориметр состоит из оболочки и поглотителя – все эти элементы выполнены из графита и имеют цилиндрическую форму. Поглотитель размещен внутри оболочки. В поглотитель вмонтированы чувствительные элементы – термосопротивления, а в оболочку, помимо термосопротивлений, так же вмонтирован проволочный нагреватель. Вся конструкция располагается в вакуумируемой камере. Под действием излучения поглотитель калориметра нагревается. Зная величину, на которую изменилась температура поглотителя, можно определить величину поглощенной энергии.

В связи с тем фактом, что поглотитель нагревается на малую величину, необходимо осуществить его термостатирование и вакуумирование для уменьшения теплопотерь. Термостатирование осуществляется по ПИД-алгоритму.

NI CompactDAQ с модулями NI 9265, NI 9208 и NI 9477 подключен к установке и персональному компьютеру, как это показано на рисунке 1. Такая схема выбрана с расчетом на удаленное управление оборудованием, так как при испытаниях, согласно технике безопасности, оператору запрещено находиться в непосредственной близости от установки.

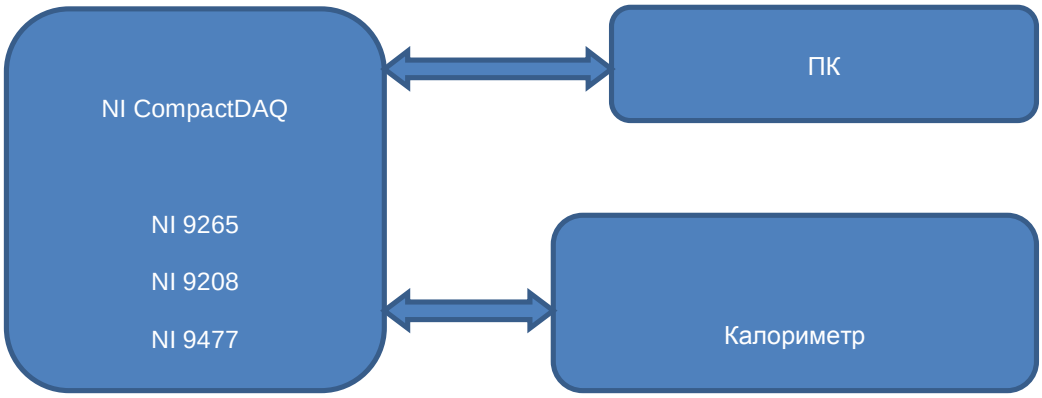


Рис. 1. Структурная схема установки

Программное обеспечение, созданное в NI LabVIEW, осуществляет сбор данных, их последующую математическую обработку по алгоритму ПИД-регулирования, выдачу управляющих

воздействий на нагреватель оболочки калориметра, удаленное установление уставки, хранение информации о ходе эксперимента и формирование отчета об испытаниях [1],[2]. Кроме того, имеется возможность термостатирования по профилю для компенсации температурного дрейфа. Программа также позволяет выполнять автонастройку ПИД-составляющих, что значительно упрощает работу с установкой. Коэффициенты, как и профиль термостатирования, задаются в системных настройках и хранятся в отдельном *.ini-файле.

Созданная автоматизированная система позволила успешно заменить существующее решение на базе настольных приборов и существенно улучшить точность регулирования. Требуемая точность терморегулирования достигнута.

Как показала серия испытаний, оборудование National Instruments успешно функционирует и обеспечивает работоспособность эталона поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы фотонного излучения.

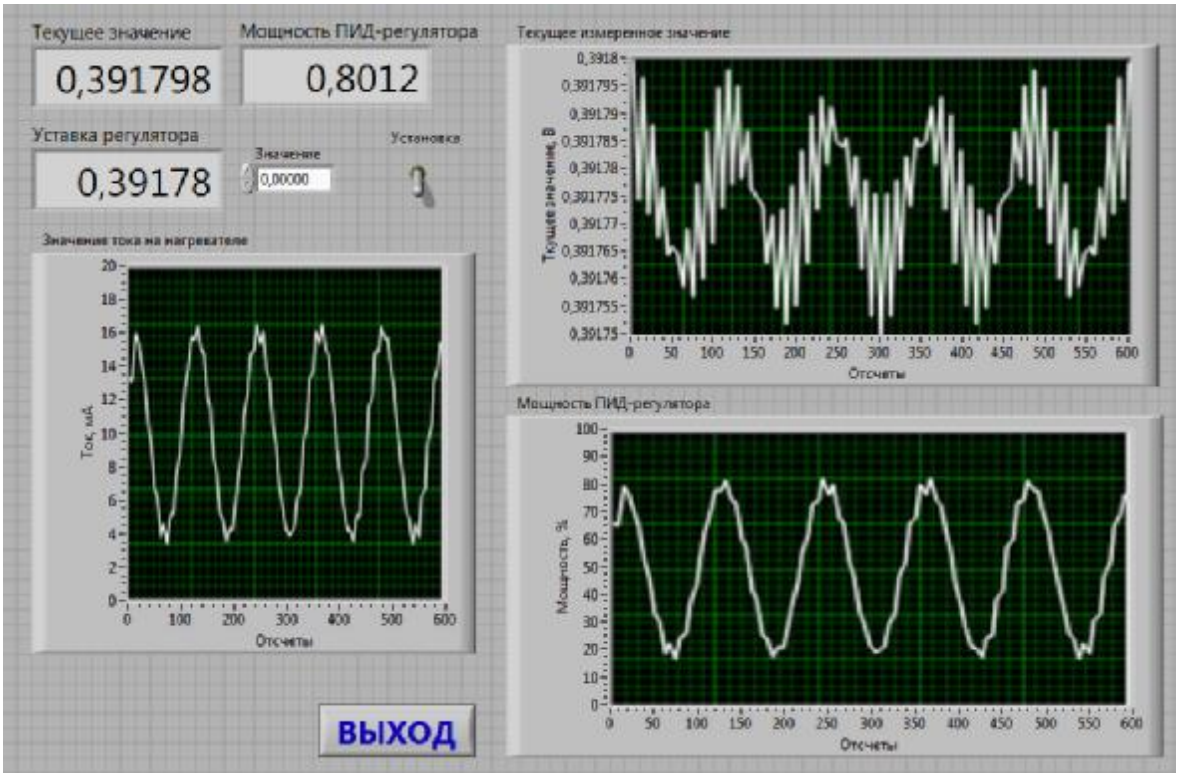


Рис. 2. Главное окно программы

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

В качестве системы сбора данных использовалась платформа от National Instruments: CompactDAQ с набором модулей NI 9265, NI 9208 и NI 9477. Для написания программного обеспечения установки использовалась хорошо зарекомендованная среда LabVIEW версии 8.6.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Система успешно внедрена на ОАО «ПЗ Сигнал», г. Обнинск. Планируются работы по увеличению функционала системы.

6. Список литературы

1. П. Блюм. LabVIEW. Стиль программирования. – М.: ДМК Пресс, 2008.
2. Дж.Трэвис, Дж.Кринг. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс, 2008.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОБЪЕМНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В МОНОКРИСТАЛЛЕ ГЕМАТИТА

В.В. Мошкин[1], А.В. Мошкина[1], В.Л. Преображенский[2]

1. МГТУ МИРЭА, г. Москва
2. ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, Москва

1. Постановка задачи

Гематит (α-Fe_2O_3) относится к высокотемпературным антиферромагнетикам с анизотропией типа «легкая плоскость», для которых характерно сильное взаимное влияние упругой и магнитной подсистем. Это позволяет, эффективно управляя акустическими свойствами материалов данного класса с помощью внешнего магнитного поля, наблюдать нелинейные, в том числе и параметрические, явления. [1, 2]. Параметрическое возбуждение резонансных колебаний легко реализуется при сравнительно малой мощности воздействия и достаточно хорошо изучено в магнитоакустических резонаторах, выполненных в виде тонких пластин круглой и прямоугольной формы. В данной работе приводятся результаты исследования спонтанной параметрической генерации объемных звуковых волн в монокристалле гематита.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Научный центр волновых исследований.

3. Описание решения

Исследования проводились на образце из монокристалла гематита в форме прямоугольной пластины толщиной 1,4 мм и сторонами 9,3 мм и 34,0 мм. Плоскость пластины совпадает с базисной плоскостью кристалла, в которой расположен его магнитный момент, ориентирующийся параллельно проекции на эту плоскость вектора напряженности внешнего магнитного поля. Кристаллографическая ось второго порядка (U_2) монокристалла направлена параллельно длинной стороне пластины, а кристаллографическая ось третьего порядка (C_3) перпендикулярна плоскости пластины.

При проведении экспериментов образец в специальном держателе из оргстекла помещался между полюсами электромагнита так, чтобы напряженность постоянного магнитного поля была направлена параллельно короткой стороне пластины. Параметрическое возбуждение в образце ультразвуковых волн осуществлялось путем воздействия на него мощным импульсным высокочастотным магнитным полем частотой 44 МГц, направленным вдоль длинной стороны образца и создаваемым катушкой из медного провода диаметром 0,9 мм, намотанной на держателе. Ультразвуковые колебания на частоте 22 МГц, равной половине частоты сигнала возбуждения, регистрировались с помощью ультразвукового пьезоэлектрического сдвигового преобразователя из ниобата лития ($LiNbO_3$), приклеенного с помощью салола (фенил-салицилат) к торцу пластины вдоль короткой стороны так, чтобы поляризация преобразователя была параллельна базисной плоскости кристалла. На рис. 1 показана ориентация кристаллографических осей второго (U_2) и третьего (C_3) порядков монокристалла гематита, векторов напряженности постоянного ($H_=$) и переменного ($h_\sim$) магнитных полей, волнового вектора (k) и направления поляризации (u) звуковой волны, воспринимаемой пьезоэлектрическим преобразователем.

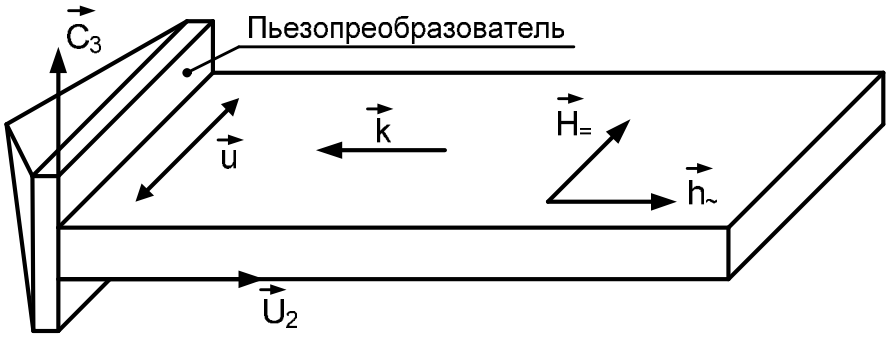


Рис. 1. Геометрия эксперимента

На рис. 2 показан держатель с помещенным в него образцом, а на рис. 3 – внешний вид экспериментальной установки в сборе.

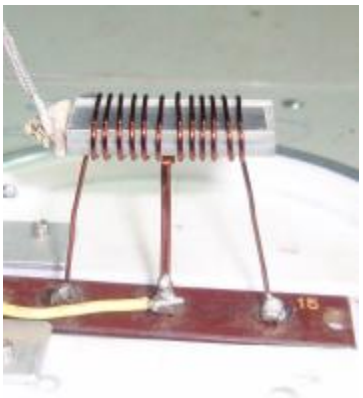


Рис. 2. Держатель с образцом

Рис. 3. Внешний вид экспериментальной установки

На рис. 4 приведена структурная схема экспериментальной установки. Генератор 1 служит источником высокочастотных радиоимпульсов, которые, пройдя через высоковольтный усилитель 2, поступают на катушку электромагнитной накачки 3 и создают в образце 4 высокочастотное магнитное поле. Постоянное подмагничивающее поле в образце создается с помощью электромагнита 5 и регулируется с помощью источника питания 6. Генерируемые в образце ультразвуковые колебания регистрируются приемным пьезопреобразователем 7, с которого электрический сигнал поступает на осциллограф 8. Генератор и осциллограф подключены к персональному компьютеру 9 по интерфейсу USB 2.0, а источник питания - по интерфейсу RS-232C.

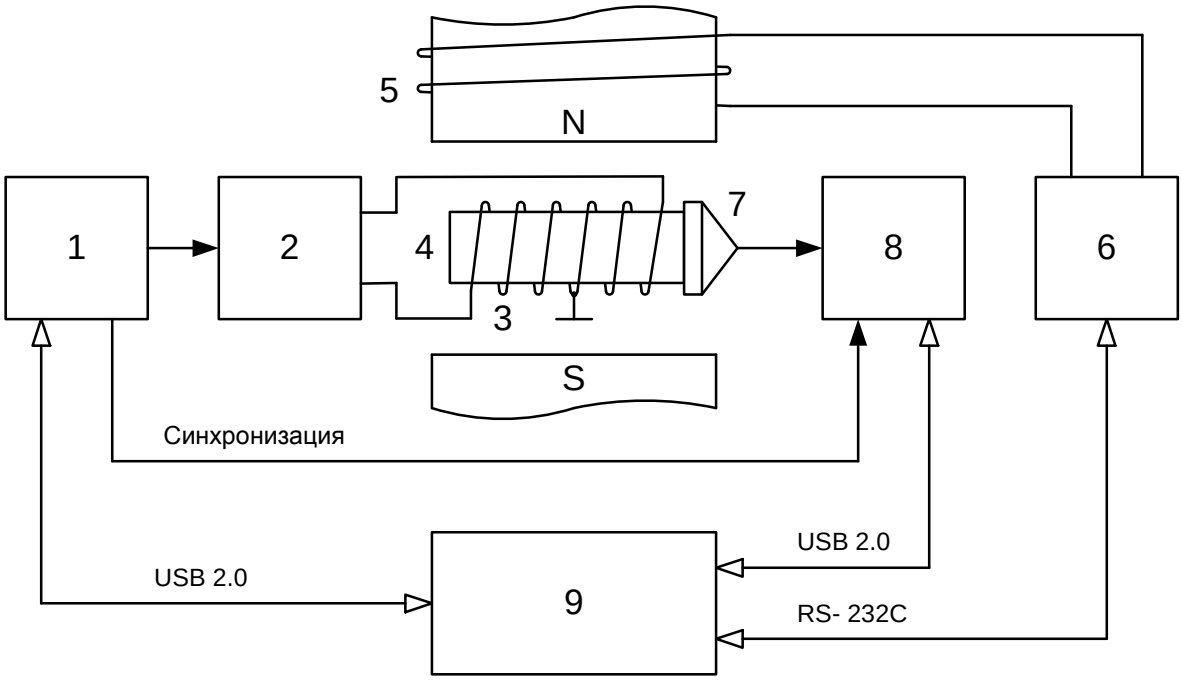


Рис. 4. Структурная схема экспериментальной установки

Управление режимами работы экспериментальной установки, а также считывание измерительной информации из осциллографа в персональный компьютер и ее последующая обработка осуществлялись с помощью программного обеспечения, разработанного в среде LabVIEW.

Исследования проводились с целью изучения структуры генерируемых в образце ультразвуковых колебаний, а также определения зависимости порогового значения амплитуды сигнала накачки от напряженности постоянного магнитного поля.

В ходе эксперимента на катушку электромагнитной накачки подавались прямоугольные радиоимпульсы с частотой заполнения 44 МГц, длительностью 8,5 мкс и амплитудой, регулируемой от 0,7 кВ до 2,5 кВ. Напряженность постоянного подмагничивающего поля изменялась в диапазоне от 0 до 1,4 кЭ. При этом генерируемые в образце ультразвуковые колебания принимались пьезоэлектрическим преобразователем и регистрировались с помощью цифрового осциллографа.

На рис. 5 показан вид регистрируемого сигнала. Следует отметить, что во время действия импульса накачки на цепи подключения пьезопреобразователя к осциллографу действует мощная электромагнитная наводка от катушки возбуждения на частоте 44 МГц. Это проявляется на осциллограмме в виде импульса большой амплитуды, который препятствует наблюдению сигналов малой амплитуды на частоте около 22 МГц, соответствующих акустическим колебаниям в образце. Поэтому при обработке из исходной осциллограммы вырезался фрагмент длительностью 10 мкс, следующий за моментом окончания импульса накачки (интервал между курсорами «А» и «В» на рис. 5) и подвергался цифровой фильтрации с помощью полосового БИХ фильтра 10 порядка с полосой пропускания от 18 МГц до 26 МГц, что соответствует полосе пропускания пьезопреобразователя. Результат такой обработки показан на рис. 6.

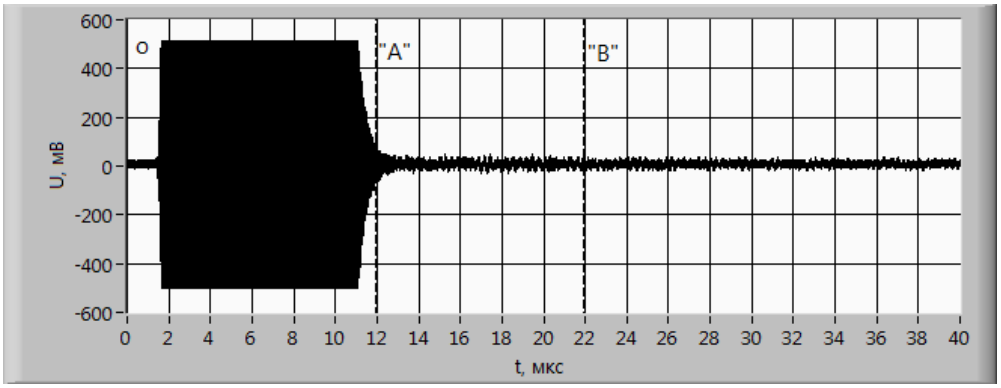


Рис. 5. Вид регистрируемого сигнала

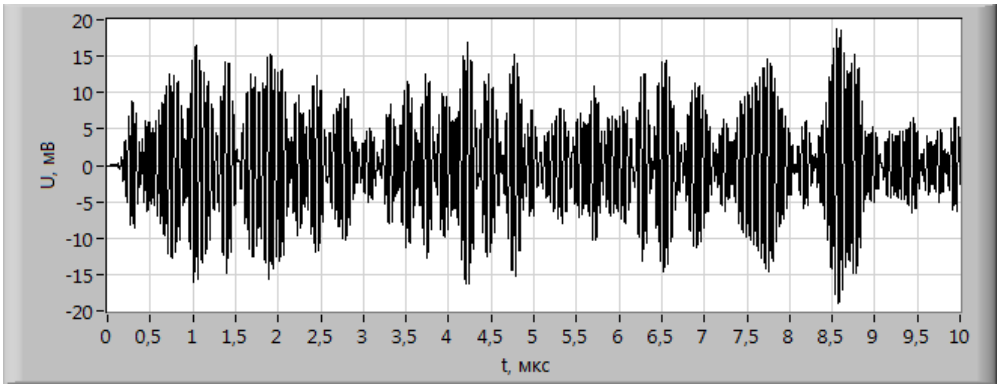
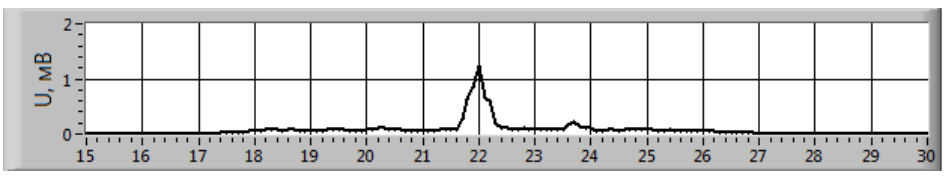


Рис. 6. Вид сигнала после обработки

Из рис.6 следует, что при спонтанной параметрической генерации акустические колебания имеют сложную многомодовую структуру. На рис. 7 представлен результат быстрого преобразования Фурье (БПФ) для сигналов, измеренных при разных значениях постоянного подмагничивающего поля и амплитуде сигнала накачки U_H = 2,2 кВ. Видно, что структура спектра сигнала существенно зависит от напряженности постоянного магнитного поля. При этом с увеличением напряженности магнитного поля ширина спектра уменьшается, и режим колебания приближаются к одномодовому.

H=1,4 кЭ 

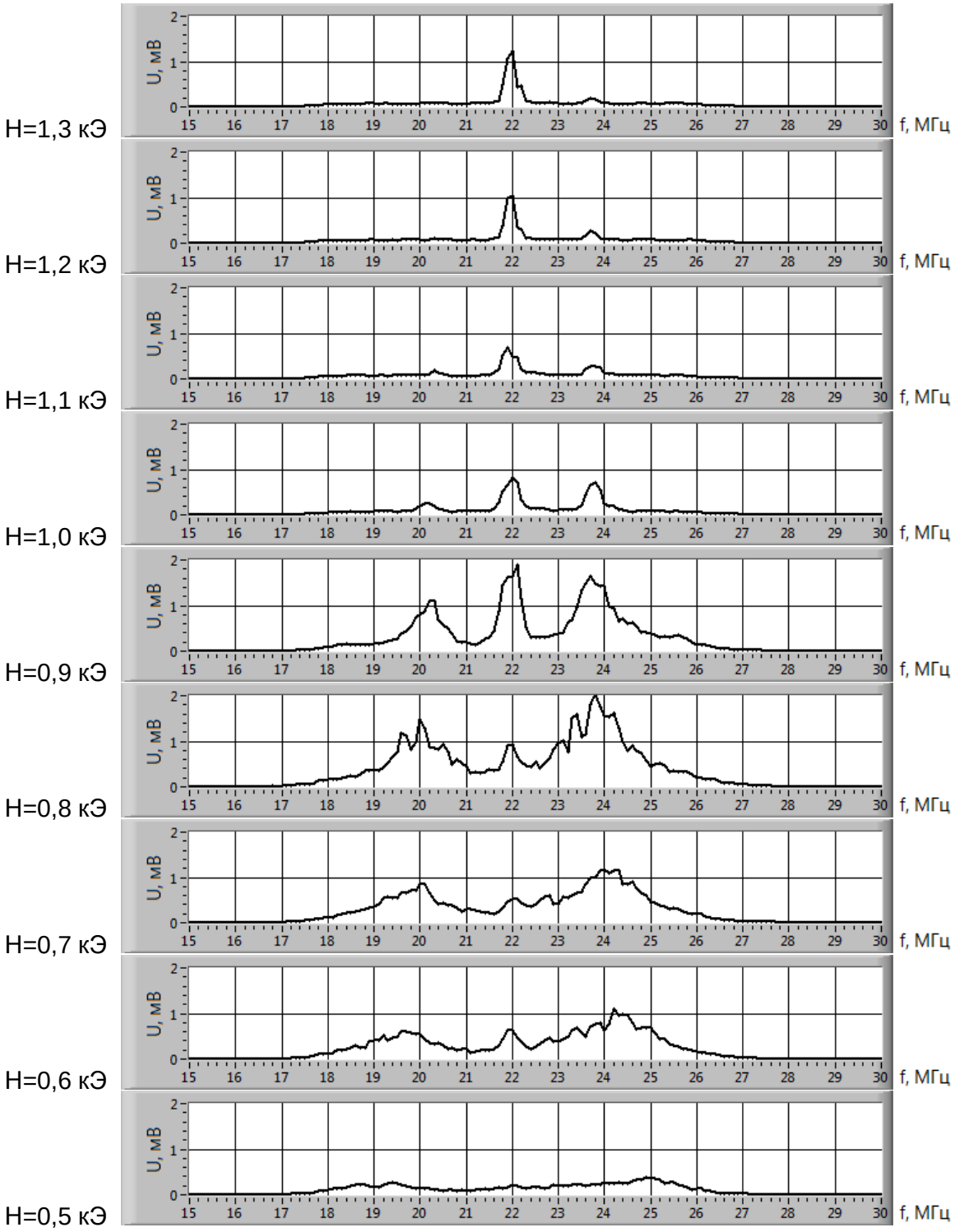


Рис. 7. Вид спектра сигнала при изменении напряженности постоянного магнитного поля

Для определения порога параметрической генерации амплитуда сигнала накачки уменьшалась от 2,5 кВ до 0,7 кВ с шагом 0,1 кВ при неизменной напряженности постоянного магнитного поля. Для каждого измеренного сигнала вычислялся его спектр. Значение порога определялось по исчезновению в сигнале спектральных линий, амплитуда которых превышает уровень шумов, как показано на рис. 8. Экспериментально полученная зависимость порога генерации от напряженности постоянного магнитного поля приведена на рис. 9.

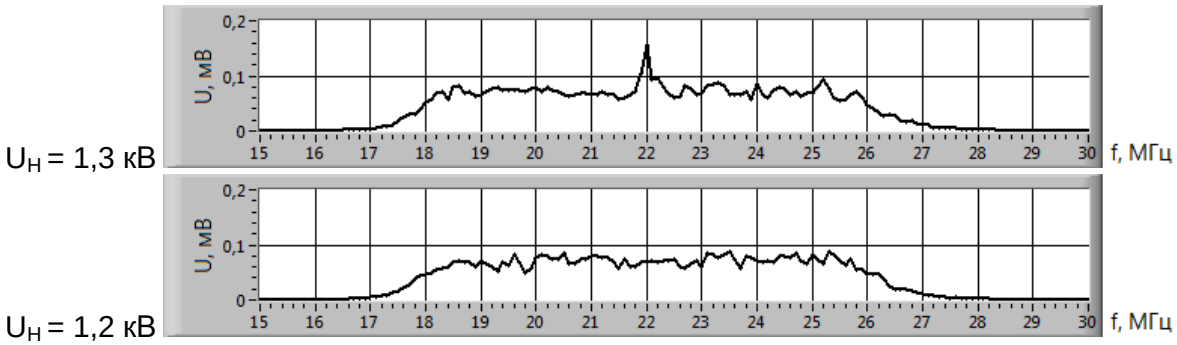


Рис. 8. Изменение спектра сигнала при переходе уровня накачки через пороговое значение при напряженности постоянного магнитного поля H=1,2 кЭ

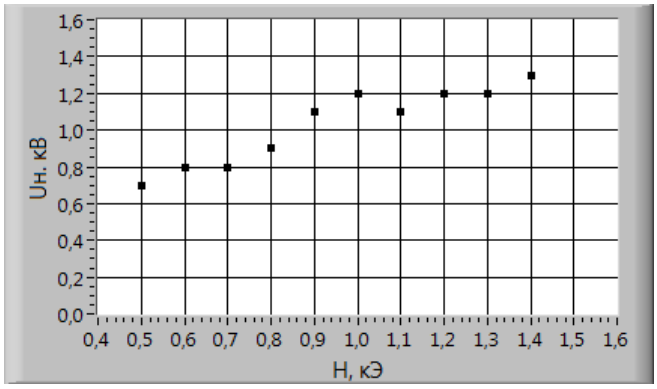


Рис. 9. Зависимость порога генерации от напряженности постоянного магнитного поля

Полученные результаты являются основой для определения оптимальных условий при проведении дальнейших исследований нелинейных магнитоакустических эффектов, связанных с параметрическими процессами в магнитоупорядоченных материалах.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Генератор сигналов специальной формы AFG3102.
Цифровой осциллограф DPO4032.
Программируемый источник питания PSH-6006A.
Среда графического программирования LabVIEW 2010.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанная установка и методика исследований используется в лаборатории Научного центра волновых исследований Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук при исследовании нелинейных явлений в магнитоупорядоченных материалах.

6. Список литературы

1. В.И. Ожогин, В.Л. Преображенский. Ангармонизм смешанных мод и гигантская акустическая нелинейность антиферромагнетиков // УФН. -1988. - Т. 155, Вып.4. - с. 593-621.
2. V.I. Ozhogin, ; V. L. Preobrazhenskii. Nonlinear dynamics of coupled systems near magnetic phase transitions of the «order-order» type. Journal of Magnetism and Magnetic Materials vol. 100, Issue 1-3 November, 1991, p. 544-571.

LABVIEW В ИССЛЕДОВАНИИ ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТОПОЛОГИИ СЕТЕЙ И СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

З.А. Азмайпарашвили, И.М.Чхеидзе, Н.К. Отхозория, М.Л. Нарчемашвили

Грузинский технический университет, Грузия, г. Тбилиси

1. Постановка задачи

С научно-техническим прогрессом неразрывно связано развитие и применение компьютерных технологий в исследовании и диагностировании технического состояния динамических систем. Фрактальным технологиям в этом плане принадлежит одно из главенствующих мест [1].

Для диагностики технических объектов и систем чаще всего используются временные ряды, которыми фиксируются изменения контролируемых параметров с течением времени [2].

Информационные свойства распределенных в топологическом смысле сетей (компьютерных, сотовых и т.д.) существенно зависят от геометрии, способа размещения узлов, расстояния между ними. Одной из фундаментальных характеристик сетей является их топологическая характеристика, называемая фрактальной размерностью [2, 3].

В работе [2] предложена методика моделирования и синтеза больших сетей,основанная на применении функции плотности узлов и описываемая степенной функцией с фрактальной размерностью. Эта функция согласуется с законом Зипфа о распределении населения вокруг городских центров. Значения показателя степени фрактальности сетевого графика приведены и в работе [3].

Роль программных средств, подобных LabVIEW в научных исследованиях и автоматизации экспериментов весьма велика. Эффективность использования среды LabVIEW в научных исследований состоит в том, что оставаясь в рамках этой среды, можно разработать как математическую модель объекта, так и снабдить эту модель экспериментальными данными с помощью аппаратных средств ввода-вывода, сопряженнх с реальным объектом. Пользователь может использовать LabVIEW и как средство программирования, не требующуго знаний программного языка высокого уровня, и как инструментарий для автоматизации научного и технического экспериментов.

Целью настоящей работы являлось вычисление фрактальной размерности на основании корреляционной функции для моделирования топологии множества распределенных объектов и анализа временных рядов и описание возможности использования LabVIEW как среды программирования на примере исследования фрактальных свойств распределенных сетей и случайных процессов.

2. Описание решения

Огромное количество реальных процессов имеет фрактальную структуру. Фракталы нашли применение для описания нелинейных динамических систем, в которых дробная размерность является признаком фрактальности – странного аттрактора. Странный аттрактор является пределом и целью движения хаотической системы [2,3].

В общем случае любое гладкое *n*-мерное многообразие в *n*-мерном евклидовом пространстве имеет размерность D_E (целое число). Следовательно, фрактальная размерность, отличная от целочисленной, характеризует геометрические объекты с более сложной структурой. Известно несколько видов оценивания фрактальной размерности [2], но вычисление фрактальной размерности на практике производится на основании корреляционной размерности

$$D_C = \lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\ln C(\varepsilon)}{\ln \varepsilon}, \qquad (1)$$

где $C(\varepsilon)$ – корреляционная функция.

$C(\varepsilon)$ вычисляется, как правило, как отношение количества точек *n*, попарные расстояния между которыми меньше ε , к квадрату общего числа точек N.

$$C(\varepsilon) = \frac{n}{N^2} \qquad (2)$$

ε- размер геометрической структуры, которой покрывается множество точек.

Расстояние между точками $P_1(x_1, y_1)$ и $P_2(x_2, y_2)$ определеяется, обычно, как

$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

Следовательно, в начале нужно подсчитать число точек *n*, расстояние между которыми не превышает $d \leq \varepsilon$ ε – задается .На пример: ε=0.1,0.2 ,0.3…

Для моделирования рассчета фрактальной размерности совокупности множества точек, нами генерировались последовательности равномерно и нормально распределенных величин. Все эти операции выполнялись в среде LabVIEW. Вычисление корреляционной размерности осуществлялось виртуальным прибором (ВП), на лицевой панели которого размещены следующие органы управления:N-количество точек,которые случайным образом генерируются в области квадрата; ε-начальное значение размерности; Δ ε-приращение значения размерности; n-количество шагов приращений.. На рис 1. представлена блок-диаграмма вычисления размерности для равномерно распределенных точек.

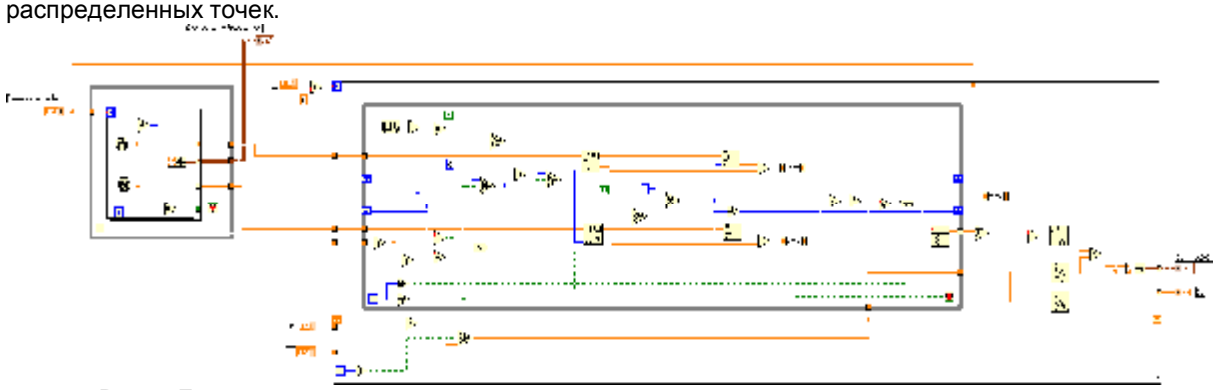


Рис. 1. Блок-диаграмма вычисления размерности для равномерно распределенных точек

Координаты точек формировались генераторами случайных чисел выше приведенных законов распределения и располагались по осям квадрата, максиальная сторона которого равна максимальному значению сгенерированных случайных чисел. Топология совокупности точек для равномерно, нормально распределенных точек представлена на рис.2а, рис.2б, На рис. 3а, рис.3б изображены полученные соответствующие этой топологии распределения корреляционной размерности.

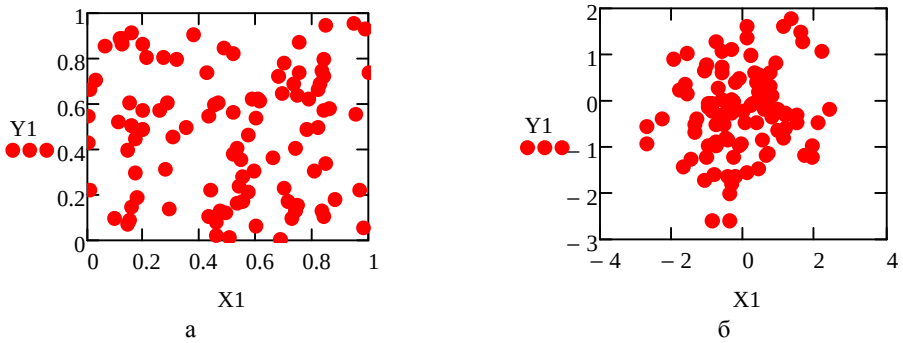


Рис. 2. Топология совокупности точек: а - для равномерно распределенных точек, б -для нормально распределенных точек

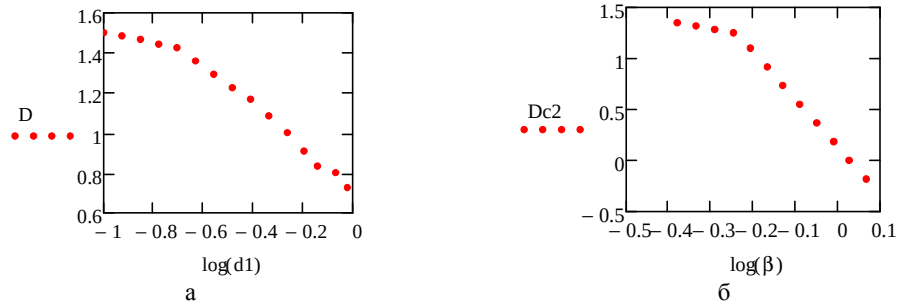


Рис.3. Распределение фрактальной размерности: а - равномерное распределение, б - нормальное распределение

Описанный выше метод оценки коррелационной размерности очевиден, когда имеется сеть узлов.

Но если хотим определить размерность временного ряда, описывающего поведение реального процесса,когда число полученных значений превышает тысячи, этот вышеприведенный метод представляется мало эффективным.

Исследование временных рядов базирующйся на идее, использования корреляционной функции свидетельствует о том, что удовлетворительную геометрическую картину поведения системы [4] можно получить, если вместо переменных, входящих в исходную систему, использовать так называемые векторы задержек наблюдаемой $z_i = \{x_i, x_{i+1}, \ldots x_{i+m-1}\}$. Впервые данный подход к анализу временных рядов был математически обоснован в работе Ф.Такенса. [2,3]

Следует отметить, что фрактальная размерность, которая является показателем извилистости и сложности процесса,может меняться для отдельных частей процесса. Это вызовет и изменение значений корреляционной функции. В качестве исходного сигнала нами рассмотрен сигнал,моделирующий броуновское движение.Как известно[4],эта модель используется как показатель персистентности и антиперсистентности процесса. Для броуновского процесса D=1,5.При D<1,5 случайный процесс персистентен,т.е в нем присутствует детерминированная составляющая-память. Если же D>1,5 ,то процесс антиперсистентент т.е полностью не предсказуем.

В LabVIEW программной среде есть возможность определения корреляции готовыми корреляционными функциями. Известно также, что описание поведения динамической системы возможно последовательностью значений процесса с задержкой [4]. Это дало право определить зависимость логарифма корреляционной функции в зависимости от задержки простым образом. Результаты приведены на рис.4

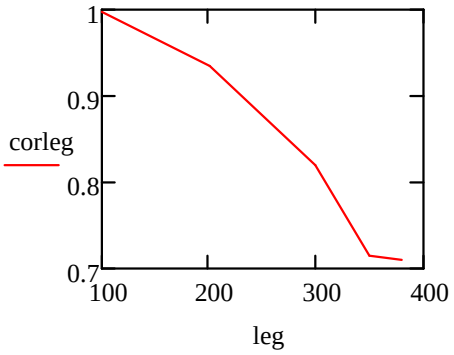


Рис.4 Зависимость логарифма корреляционной функции от задержки

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что с возрастанием задержки значение корреллляционной функции уменьшается, а следовательно, уменьшается и фрактальная размерность. На рис.5 представлена блок-диаграмма ВП вычисления корреляционной функции,где в качестве отправной точки использованы шаблоны ВП LabVIEW

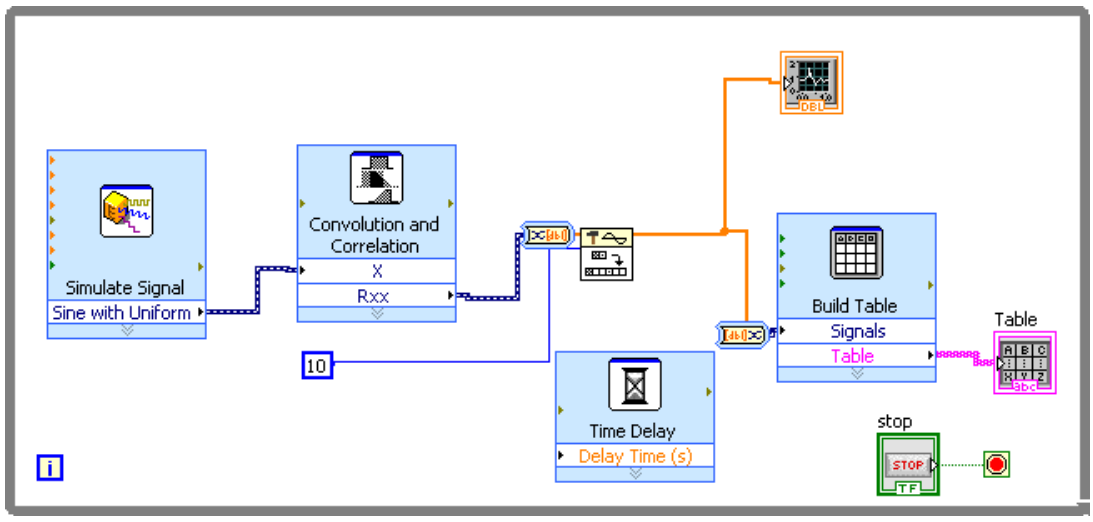


Рис.5. Блок-диаграмма ВП вычисления корреляционной функции

3. Результаты

В результате проведенных исследований можно заключить:

1) Численные эксперименты и расчеты фрактальной размерности совокупности множества точек, размещенных на плоскости, и представляющих узлы информационной сети, показали что:

- Фрактальная размерность меньше эвклидовой $D_c<D_E$, где D_E – эвклидова размерность $D_E=2$.
- Распределение корреляционной размерности в зависимости от ε, показало, что с возрастанием ε, фрактальная размерность ($D_c\to0$) совокупностьи точек уменьшается. Это означает как бы стягивание совокупности точек в одну большую точку. При уменьшении ε ($\varepsilon\to0$) размерность множества точек увеличивается, стремясь к значению D_E. Эксперименты проводились для разных законов распределения случайных чисел.

2) Реализация составленных алгоритмов и моделирование в среде LadVIEW намного упростило вычесление фрактальной размерности для временных рядов. Результаты оценки фрактальной размерности получены на примере моделирования броуновского движения.

4. Список литературы

1. Р.Ш.Загидуллин. “LabVIEW в исследованиях и разработках” ‘Москва” Горячая линия”-Телеком.2005,351с.
2. Е.Федер. «Фракталы» Москва, Изд. «Мир», 1991, 249 с.
3. В. Бутаков, А Граковский «Оценка уровня стохастичности временных рядов произвольного происхождения при помощи показателя Херста.» Computer Modelling and New Technologies, 2005, vol 9, #2, 27-32.
4. Евдокимов Ю.К., Шахтурин Д.В. Фрактальный характер топологии сложных сетей. Материалы IV международной конференции “Методы и средства управления технологическими процессами ” Саранск: Изд-во Мордов ун-та, 2007, 244-251.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧАСТОТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

А.В. Белугин, Д.А. Федин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», Российская Федерация, г. Архангельск

1. Постановка задачи

На данный момент студенты, аспиранты и сотрудники кафедры общей физики для электрофизических свойств льда и мерзлых ВДС используют прибор белорусского производства «Измеритель иммитанса Е7-20».

В ходе проведения экспериментов, стало понятно, что использование прибора накладывает ряд ограничений на проводимые исследования. К ним можно отнести: диапазон установки напряжений и диапазон установки рабочей частоты. Данные диапазоны не дают полной картины частотных зависимостей, при проведении исследований, следовательно, первым и основным требованием к разрабатываемой системе, стало увеличение данных рабочих характеристик.

С другой стороны у прибора отсутствует возможность автоматического сбора данных. Т.е. экспериментатор, при проведении исследований, должен непременно следить за их выполнением и вручную задавать параметры измерений в случае длительных экспериментов. В большинстве случаев крайне важно помимо определения частотных зависимостей объектов, изучать и температурные зависимости электрофизических свойств исследуемого образца. Возможности используемого прибора не позволяют этого сделать. В результате требуется установка дополнительных устройств и синхронизация их работы с прибором Е7-20 в ручном режиме. Что значительно усложняет эксперимент и увеличивает время его проведения. Поэтому вторым требованием при проектировании новой системы, стало уменьшение человеческого фактора при проведении исследований, автоматизация процесса сбора данных.

Третьим требованием при постановке задачи в проектировании новой системы стало создание максимально удобного и понятного интерфейса, минимизация действий оператора использующего установку.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Область научных исследований в настоящее время сильно расширяется в сторону арктических широт. Основным местом проведения подобных исследований, является Северный Арктический Федеральный Университет им. М.В. Ломоносова (далее САФУ). Огромный потенциал данного направления исследований, обуславливает количество студентов, аспирантов, преподавателей и ученых, занятых в работе над этой приоритетной научной областью. Каждое структурное подразделение занимает свою нишу исследований, кафедра общей физики института естественных наук и биомедицины (ИЕНБ), также проводит ряд важнейших научных исследований и экспериментов направленных на развитие арктического региона.

К одним из таких исследований, относится изучение частотных зависимостей мерзлых влагосодержащих дисперсных сред (ВДС), в состав которых входит лед. Как известно лед преобладает в арктическом регионе, что доказывает важность проводимых исследований.

На данный момент студенты, аспиранты и сотрудники кафедры общей физики для электрофизических свойств льда и мерзлых ВДС используют прибор белорусского производства «Измеритель иммитанса Е7-20». В ходе проведения экспериментов, стало понятно, что использование данного прибора накладывает ряд ограничений на проводимые исследования. К ним можно отнести: диапазон установки напряжений и диапазон установки рабочей частоты. Данные диапазоны не дают полной картины частотных зависимостей, при проведении исследований, следовательно, первым и основным требованием к разрабатываемой системе, стало увеличение данных рабочих характеристик.

С другой стороны у прибора отсутствует возможность автоматического сбора данных. Т.е. экспериментатор, при проведении исследований, должен непременно следить за их выполнением и вручную задавать параметры измерений в случае длительных экспериментов. В большинстве случаев крайне важно помимо определения частотных зависимостей объектов, изучать и температурные зависимости электрофизических свойств исследуемого образца. Возможности используемого прибора не позволяют этого сделать. В результате требуется установка дополнительных устройств и синхронизация их работы с прибором Е7-20 в ручном режиме. Что значительно усложняет эксперимент и увеличивает время его проведения. Поэтому вторым

требованием при проектировании новой системы, стало уменьшение человеческого фактора при проведении исследований, автоматизация процесса сбора данных.

Третьим требованием при постановке задачи в проектировании новой системы стало создание максимально удобного и понятного интерфейса, минимизация действий оператора использующего установку.

3. Описание решения

Вся система построена на следующем оборудовании National Instruments:

- Шасси NI PXI-1042Q;
- Встроенный контроллер NI PXI-8108;
- Функциональный генератор NI PXI-5406;
- Быстродействующий цифровой преобразователь NI-PXI-5152;
- Прибор цифрового ввода-вывода NI PXI-6552;
- Высокоточный программируемый цифровой мультиметр NI PXI-4072;
- Источник питания NI PXI-4110.

Общая принципиальная схема системы представлена на рисунке 1.

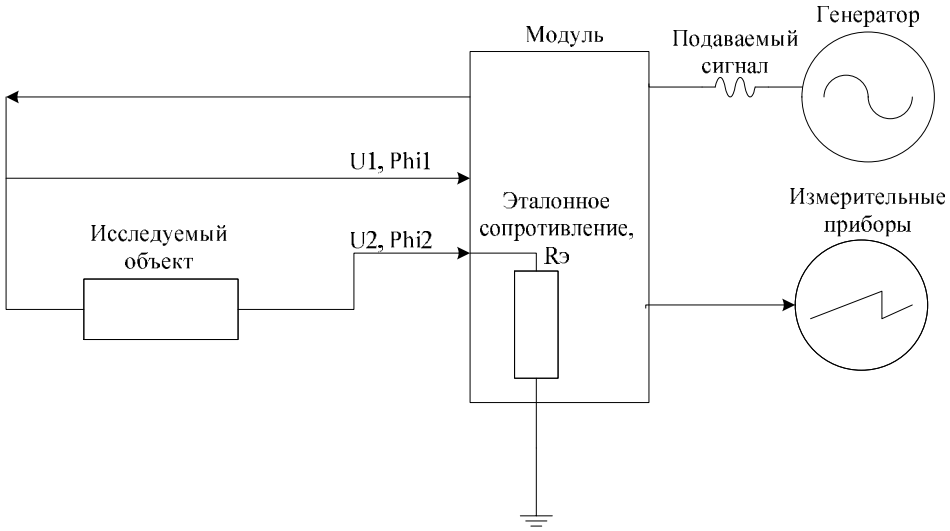


Рис. 1. Общая схема работы системы

Сигнал от генератора подается на разработанный модуль, проходит через операционный усилитель, после согласования сопротивлений попадает на исследуемый объект, после прохождения объекта измененный сигнал снова проходит через модуль, для уменьшения сопротивления. Входное сопротивление сигнала на осциллографе не может превышать 50 Ом, а сопротивление сигнала после объекта может быть достаточно высоким. Для уменьшения сопротивления, создана схема повторителя напряжения, после прохождения, которого сигнал будет обладать требуемым сопротивлением. В результате за один такт мы получаем сигнал до прохождения исследуемого объекта и после.

Зная значения сигнала до и после прохождения образца, можно определить коэффициент передачи k, который находится как отношения напряжения на входе к напряжению на выходе. Зная, что сопротивление образца с эталонным сопротивлением образует делитель напряжения, выразим коэффициент передачи:

$$\dot{k} = \frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \frac{R_э}{Z + R_э} = \frac{(Re(U_1)Re(U_2) + Im(U_1)Im(U_2)) + j(Re(U_2)Im(U_1) - Re(U_1)Im(U_2))}{Re(U_2)^2 + Im(U_2)^2}, (1)$$

Исходя из полученных данных можно вывести искомое комплексное сопротивление исследуемого образца:

$$\dot{Z} = \frac{\dot{k}}{R_э} - R_э, (2)$$

Зная комплексное сопротивление, можно получить его действительную и мнимую части

$$Z.Re = Z * \cos(\Delta\varphi), (3)$$
$$Z.Im = Z * \sin(\Delta\varphi). (4)$$

Зная полное сопротивление $\dot{Z}$ (импеданс), можно выразить полную проводимость (адмиттанс), это величина обратная импедансу [6].

$$\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}}, (5)$$

Действительная и мнимая составляющие адмиттанса связаны с составляющими импеданса следующим образом:

$$G - \frac{R}{R^2 + X^2}, (6)$$

где G – действительная часть адмиттанса, а B – мнимая.

При измерениях используются две эквивалентные схемы обсчета: последовательная и параллельная.

- Последовательная

$$R_{экв} = R, (7)$$
$$X_{экв} = X, (8)$$

- Параллельная:

$$R_{экв} = \frac{X^2 + R^2}{R}, (9)$$
$$X_{экв} = \frac{X^2 + R^2}{X}, (10)$$

Нас интересует только действительная часть адмиттанса, для определения удельной электропроводности вещества. При использовании последовательной эквивалентной схемы, удельную электропроводность вещества можно выразить следующим образом [7]:

$$\sigma = \frac{GL}{S}, (11)$$

На основе выведенного алгоритма, в среде LabVIEW была спроектирована программа. Интерфейс, которой представлен на рисунке 2.

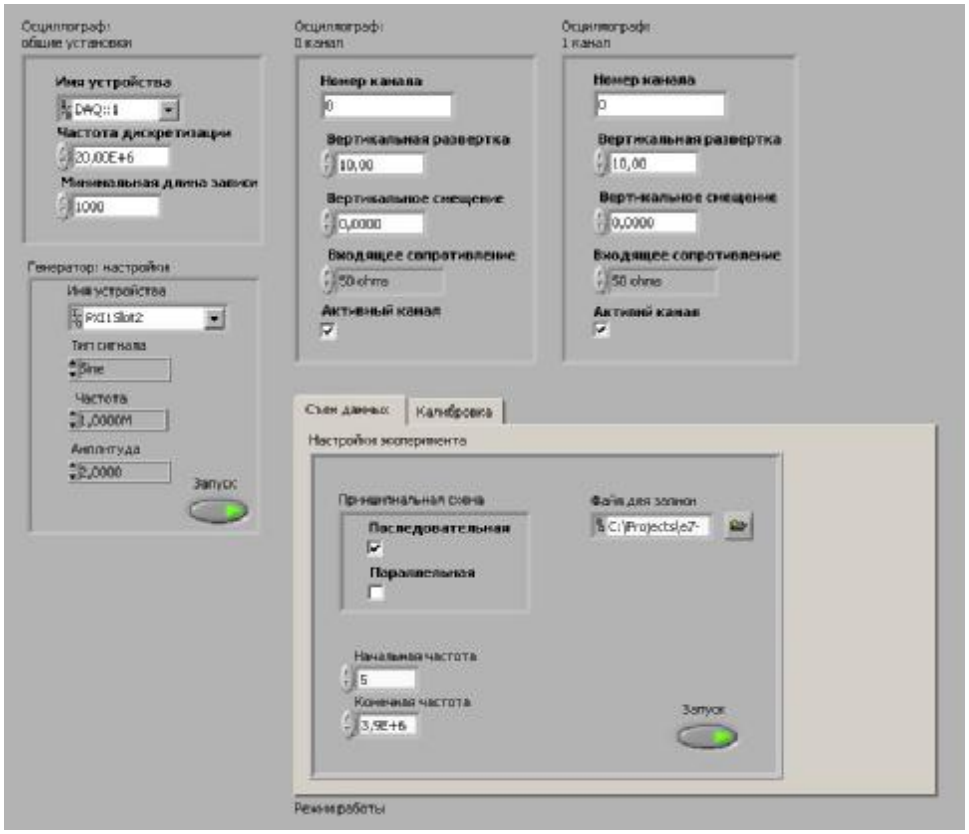


Рис. 2. Основной интерфейс программы

Программа позволяет работать в двух режимах, режиме сбора данных и в режиме каллибровки. Режим каллибровки служит для настройки подключаемого модуля.

Разработанная программа позволяет производить сбор данных по удельной проводимсоти веществ.

При проведеннии сравнительных испытаний с автоматизируемым прибором Е7-20 были получены данные представленные на рисунке 3:

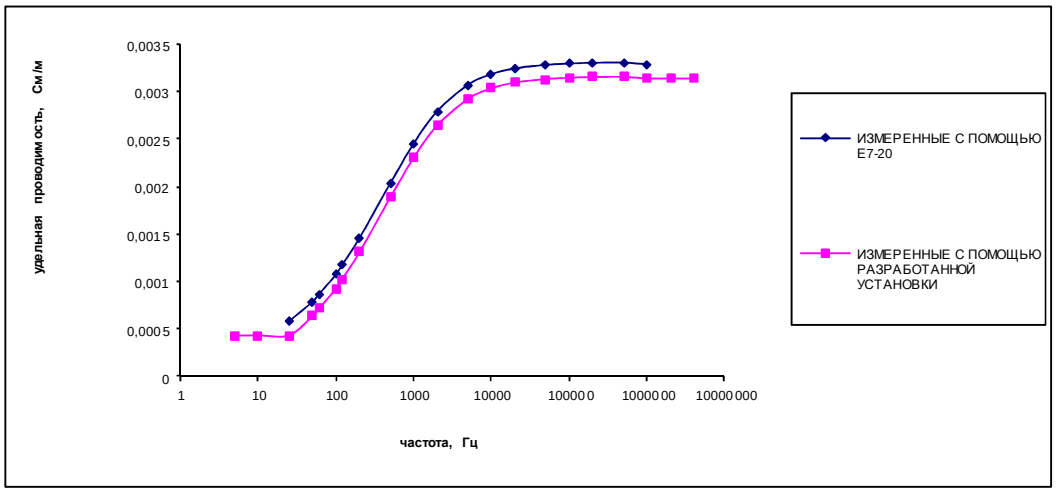


Рис.3. Сравнительные графики частотной зависимости удельной проводимости дистиллированной воды

Из графиков видно, что значения, полученные с помощь собранной установки, лежат ниже, чем значения, полученные с помощью прибора Е7-20, однако расхождение является не значительным. Так же график показывает, что диапазон частот у разработанной установки шире, чем у измерителя иммитанса Е7-20.

Хочется отметить, что полученные зависимости по характеру напоминают зависимости, приведенные в работе [9]. Поэтому можно считать полученные данные достоверными. Однако установка требует испытаний в области отрицательных температур.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

1. Шасси NI PXI-1042Q;
2. Встроенный контроллер NI PXI-8108;
3. Функциональный генератор NI PXI-5406;
4. Быстродействующий цифровой преобразователь NI-PXI-5152;
5. Прибор цифрового ввода-вывода NI PXI-6552;
6. Высокоточный программируемый цифровой мультиметр NI PXI-4072;
7. Источник питания NI PXI-4110;
8. Программная среда LabVIEW 2010;

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Программно-аппаратный комплекс позволит полностью заменить измеритель иммитанса Е7-20, также позволил следующим образом расширить его функционал:

1. Увеличено количество измеряемых величин;
2. Повышена эргономичность проведения экспериментов;

Данный ПАК позвлил усовершенствовать процесс проведения лабораторных, дипломных работ и научных исследований на кафедре общей физики Института Естественных наук и биомедицины С(А)ФУ.

6. Список литературы

1. ОАО "МНИПИ". ИЗМЕРИТЕЛЬ ИММИТАНСА Е7-20 Руководство по эксплуатации УШЯИ.411218.012 РЭ. 2004.
2. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А. И. Аналоговая и цифровая электроника /полный курс/. Москва : Горячая Линия - Телеком, 2000.
3. Касаткин А. С., Немцов М. В. Электротехника: Учебник для вузов. Академия , 2005.
4. National Intstruments. Основы LabVIEW 1 учебное пособие. 2009.
5. Маэно, Н. Наука о льде.: Мир, 1988.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВАХ НАНОСТРУКТУР В СУБТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ

А.А. Алексанян, Н.А. Волчков, В.А. Дравин, А.Л. Карузский, А.В. Переспоронин, А.М. Цховребов, С.С. Шмелёв

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва

1. Постановка задачи

Наноструктуры на основе резонансно-туннельных диодов (РТД) занимают в настоящее время одно из ведущих направлений, связанных с созданием монолитных интегрированных схем (МИС) высокого быстродействия и продвижением твердотельной электроники в сторону субтерагерцовых и терагерцовых частот. Широко используемые в микроволновой технике генераторы Ганна и детекторные элементы на основе диодов Шоттки ограничены с высокочастотной стороны частотами порядка сотни гигагерц. РТД структуры, обладающие временами переходных электронных процессов, сопоставимыми с быстродействием лучших сверхпроводящих приборов, свободны от этого ограничения [1,2]. Исследования изменений токовых характеристик в РТД под воздействием СВЧ излучения позволяют получить данные об инерционности электронных процессов и оценить времена жизни носителей заряда и переключения между устойчивыми токовыми состояниями в таких системах. Такого рода оценки представляют особый интерес с точки зрения использования РТД для генерации и детектирования суб-ТГц и ТГц излучения, а также в качестве многофункциональных активных элементов в МИС различного применения. Наиболее выраженными резонансными характеристиками обладают РТД на основе соединений типа GaAs/AlGaAs, в том числе структуры InGaAs/InAlAs, выращенные на подложке InP, в которых достигнуты оптимальные значения отношения токов пик/долина и получена генерация в терагерцовом диапазоне [3,4].

В настоящее время автоматизация научного эксперимента, в том числе, автоматизация измерений вольтамперных характеристик (ВАХ) РТД в условиях СВЧ воздействия, является, фактически, необходимым элементом работы по созданию любой новой экспериментальной установки или модернизации уже существующей. Спецификой работ по автоматизации научного эксперимента является часто возникающая потребность использования в нём, наряду с современным оборудованием измерительных приборов, с даты выпуска которых прошло достаточно много времени. Такие приборы могут не обладать современными интерфейсами обмена данными, что существенно осложняет задачу автоматизации. Кроме того, при постановке экспериментальной исследовательской задачи нередко обнаруживается необходимость использования в установке уникальных, сконструированных исследователями приборов.

Данная работа посвящена опыту применения программного обеспечения, разработанного на базе среды графического программирования LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, среда разработки лабораторных виртуальных приборов) компании National Instruments, для автоматизации управления при проведении научных экспериментов и сбора данных с различных приборов, как отечественных так и импортных, имеющих интерфейс стандарта канала общего пользования (КОП (GPIB)), с целью упрощения программирования за счёт его графической унификации в пакете LabVIEW.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для организации интерфейса обмена используется плата PCI-1670 компании Advantech. Эта плата полностью соответствует стандартам КОП IEEE 488.1 и 488.2 и спецификации компьютерной шины PCI 2.1.

Основныые используемые в измерениях приборы также имеют цифровой интерфейс IEEE-488 (GPIB) и подключены к компьютеру, оснащенному платой сопряжения Advantech PCI-1670, что позволяет автоматизировано считывать показания приборов и управлять ходом эксперимента. Для снятия показаний приборов, управления экспериментом и обработки экспериментальных данных используется графическая среда разработки программ LabVIEW 7 Express компании National Instruments.

3. Описание решения

Основные приборы, такие как СВЧ генератор РГ4-14 (диапазон частот 78,33÷118,1 ГГц) (или Г4-161, диапазон частот 129,2÷142,8 ГГц), цифровой вольтметр В7-43 (чувствительность 10 мкВ), универсальный СВЧ прибор – переносчик частоты РЧ5-29 (диапазон частот 25÷150 ГГц), соединяются общей шиной интерфейса КОП (GPIB) как показано на рис. 1. Основные параметры настройки приборов доступны для изменения пользователю (рис. 2).

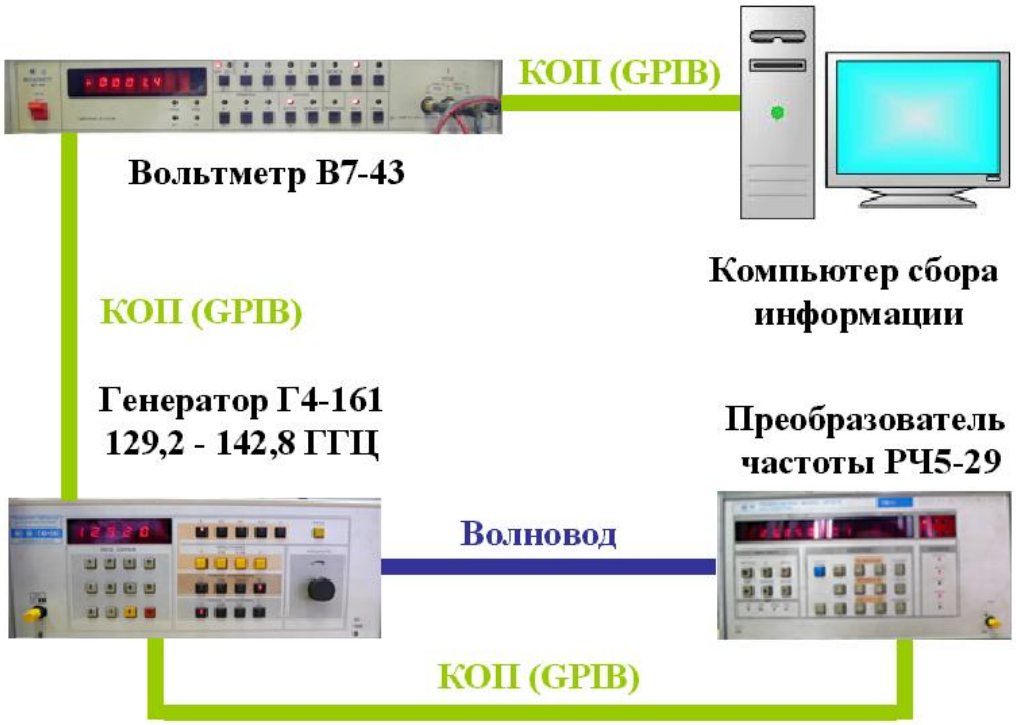


Рис. 1. Схема канала связи приборов

При изменении параметров меняются строки инициализации приборов в соответствии с технической документацией. Эти строки содержат информацию о настройках приборов (в понятном для оборудования виде) и записываются в приборы при нажатии кнопки инициализации «Пуск». При установке флага в поле «Сохранить в файл?» все измерения сохраняются в файл.

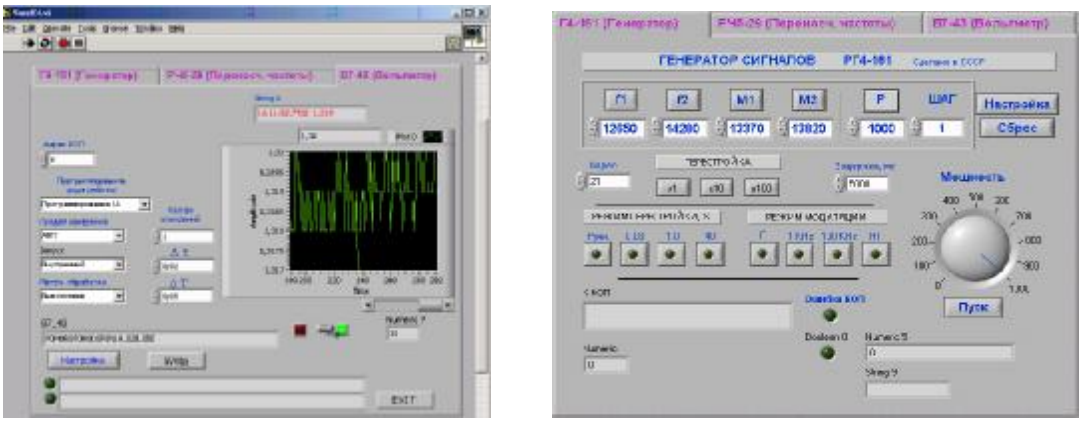


Рис. 2. Основные органы настройки режимов работы приборов

Файл имеет расширение *.dat и может быть обработан программами MS Excel, LibreOffice Calc, Origin и т.п.

Все основные органы настройки режимов работы приборов задаются через HMI интерфейс (Human machine interface, виртуальная "лицевая панель" прибора), который реализован на LabVIEW 7 с использованием библиотеки виртуальных подприборов Advantech - lvgpib50.llb. Вид органов настройки режимов работы показан на рис. 2.

Файл имеет следующий формат:

3-12-2012
Настройки вольтметра: F0M0R0T0H0D0P0N1A.02B.05E
Настройки генератора: FL07833FH11810ML09160MH10480PW01000R0T4
Настройки переносчика: FRA0BN3R2

3-12-2012 12:57:22.868 1.397 78.377024
3-12-2012 12:57:23.28 1.398 78.378208
.....
3-12-2012 13:20:22.842 1.398 78.377949
3-12-2012 13:20:23.52 1.399 78.377823

На рис. 3 приведён пример калибровочной кривой генератора РГ4-14.

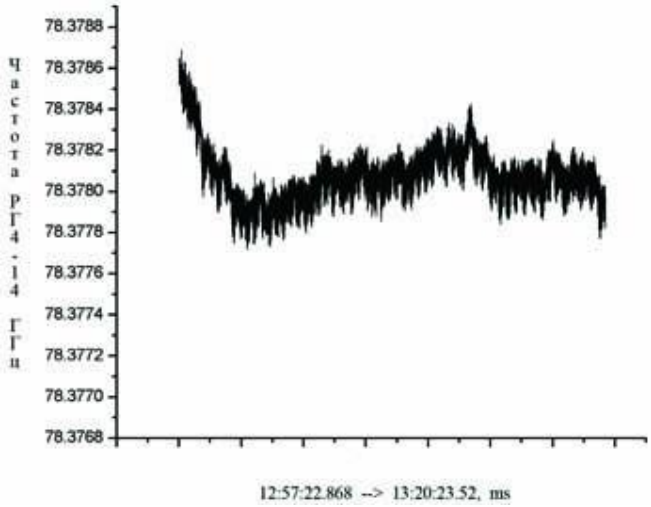


Рис. 3. Результат калибровки

Следующим примером демонстрации возможностей LabVIEW является подключение к компьютеру двух приборов Agilent 34410 (чувствительность 1 мкВ), один из которых будет измерять напряжение в цепи, а другой – ток (рис. 4) при измерении стационарных ВАХ РТД.

Рис. 4. Схема соединения приборов

Настройка и управление приборами осуществляется с помощью стандартных команд языка SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments, стандартный набор команд для программирования приборов). Фрагмент блок диаграммы приведен на рис. 5

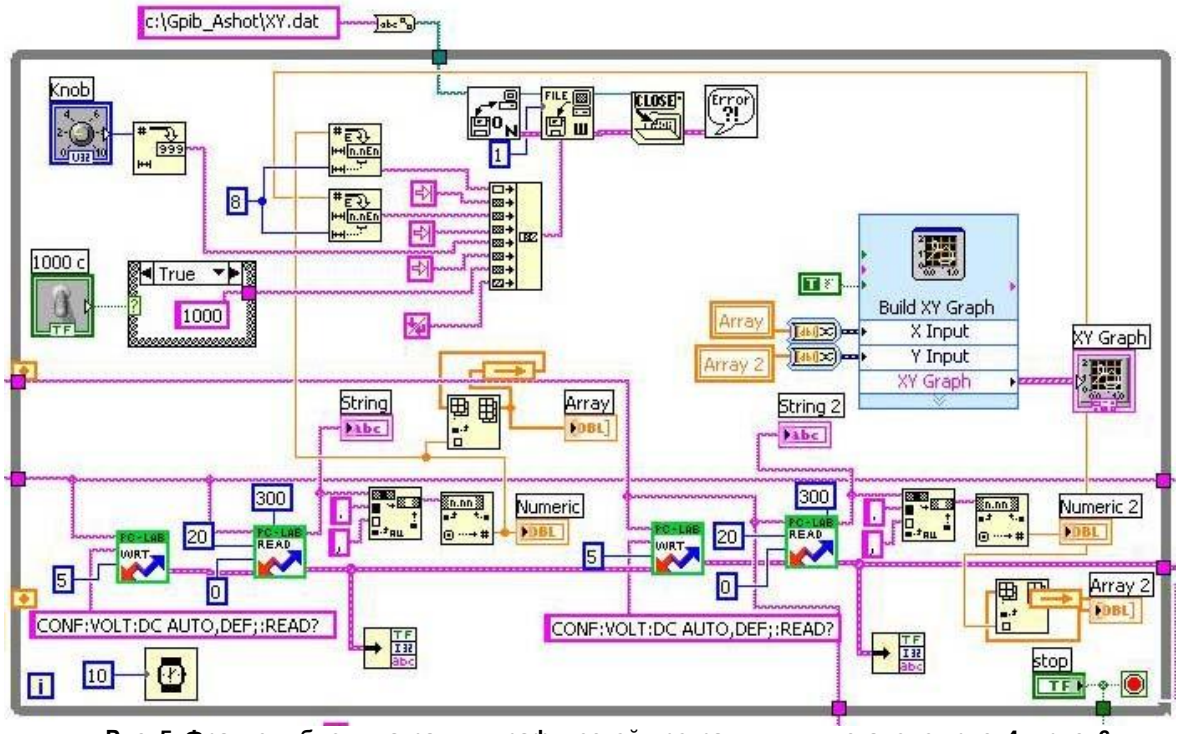


Рис. 5. Фрагмент блок диаграммы графической программы для установок рис. 4 и рис. 6

4. Внедрение и перспективы

С целью апробации экспериментального измерительного комплекса, созданного с применением программного обеспечения NI LabVIEW, выполнены экспериментальные исследования влияния переменного СВЧ поля с частотой $f_{СВЧ} = 129{,}2$ ГГц на вольтамперные характеристики (ВАХ) резонансно-туннельных структур.

Исследуемый образец РТД помещался в стандартный корпус высокочастотного транзистора с керамической крышкой и измерялся в корпусированном виде путём совмещения с открытым концом СВЧ волновода 1,6х0,8 мм^2 генератора Г4-161.

Схема базовой экспериментальной установки для измерений статических ВАХ в переменном СВЧ поле приведена на рисунке 6 [5]. Электрическая часть установки состояла из разработанного в нашей лаборатории источника питания постоянного тока и двух цифровых вольтметров Agilent 34410 (чувствительность 1 мкВ) (рис. 6), при измерении стационарных ВАХ РТД. один из которых регистрировал напряжение, прикладываемое к контактным площадкам РТД, а второй использовался для определения тока в цепи путем измерения падения напряжения на сопротивлении $R_{ток} = 0{,}33$ Ом, включенным в цепь последовательно с образцом. Показания измерительных приборов поступали на плату сбора данных и сохранялись в компьютере.

На рис. 7 и 8 (рис. 7 демонстрирует вид экрана компьютера в процессе измерения) представлены измеренные при комнатной температуре ВАХ РТД. Зависимость тока через РТД от приложенного напряжения, как видно из приведенных ВАХ, в целом носит типичный N-образный характер. Вольтамперные характеристики, исследуемого образца, являются асимметричными по отношению к знаку приложенного напряжения смещения. В случае положительного напряжения смещения, область отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП) находится в районе $V_{dc} \approx 0{,}7 \div 0{,}9$ В. В области ОДП наблюдается резкий спад тока, обусловленный возникновением токовой неустойчивости и переключением системы из одного устойчивого токового состояния в другое устойчивое токовое состояние.

При отрицательном напряжении смещения, в начале области ОДП (при $V_{dc} \approx -1{,}2 \div -1{,}3$ В) также наблюдается резкий спад тока, с прохождением области токовой неустойчивости и промежуточной устойчивой токовой ветви ВАХ, характеризующейся в среднем отрицательным постоянным дифференциальным сопротивлением в интервале напряжений $U \approx -1{,}4 \div -1{,}7$ В. Зависимость тока от напряжения на рассматриваемом участке может быть аппроксимирована суммой двух зависимостей,

одна из которых линейна, а вторая является гармонической функцией напряжения, что хорошо видно на приведённой на рис.8 врезке. При дальнейшем увеличении абсолютного значения приложенного к структуре напряжения смещения, в области U ≈ -1,7 В система переключается в устойчивое токовое состояние.

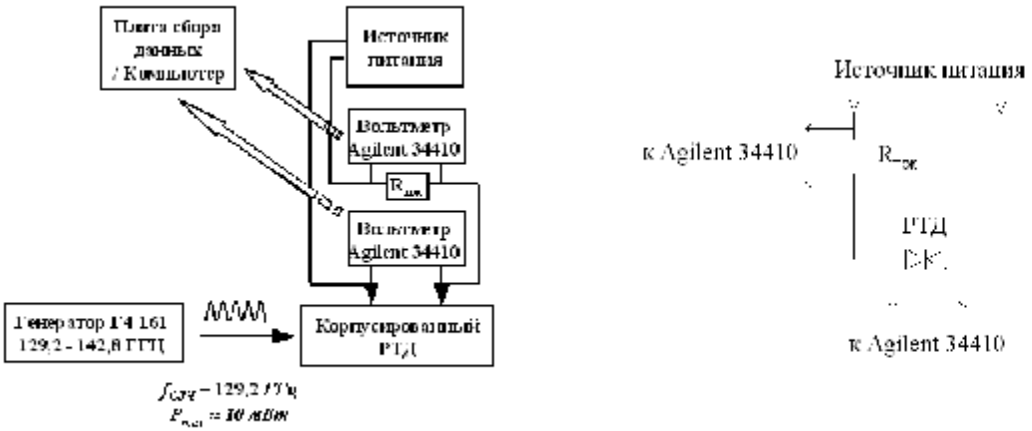


Рис. 6. Базовая экспериментальная установка для измерений статических ВАХ в переменном СВЧ поле

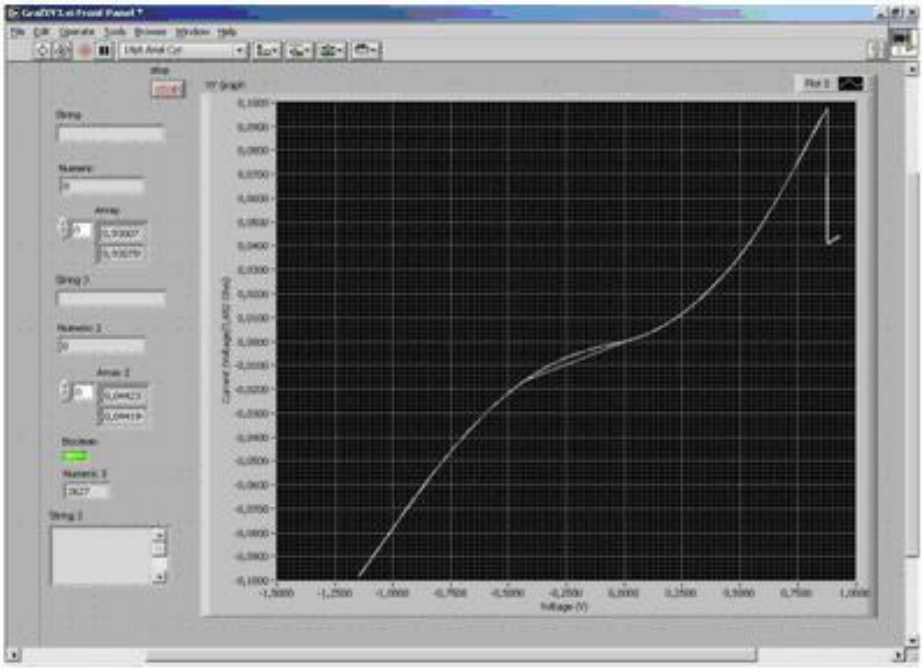


Рис. 7. Вольтамперная характеристика резонансно-туннельного диода

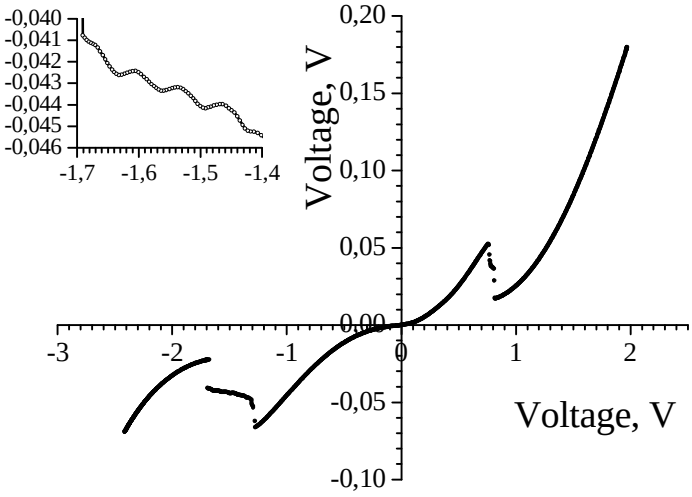


Рис. 8. Измеренные при комнатной температуре ВАХ РТД. На врезке подробно представлен участок ВАХ в области отрицательного дифференциального сопротивления

Изменение ВАХ РТД под воздействием СВЧ поля ($f_{СВЧ}$ = 129,2 ГГц) малой мощности в интервале напряжений U ≈ -1,4÷-1,7 В показано на рис. 9.

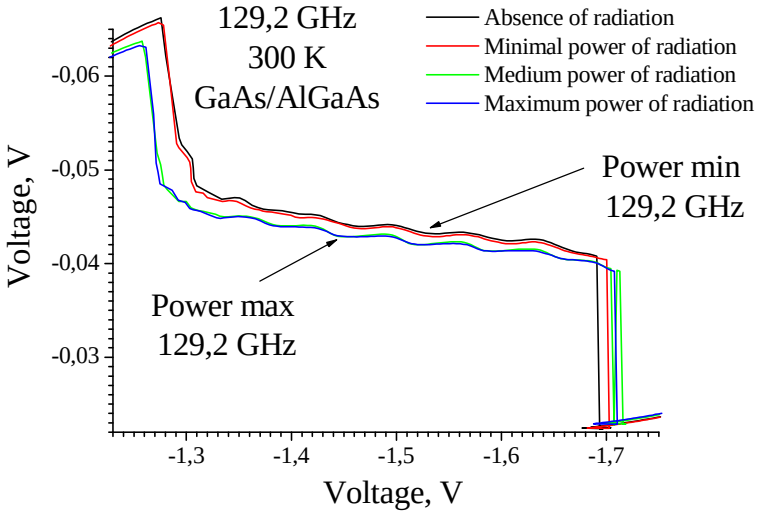


Рис. 9. Измеренные при комнатной температуре ВАХ РТД. при воздействии на структуру излучения с частотой $f_{СВЧ}$ = 129,2 ГГц различной СВЧ мощности

Видно, что вид токовых характеристик меняется в соответствии с уровнями мощности СВЧ излучения на РТД структуре $P_{СВЧ}$ = 0 ÷ 10 мкВт согласно оценкам из данных работы [5].

Разработанная система СВЧ и ВАХ измерений успешно внедрена в ФИАН.

5. Список литературы

1. Sollner T.C.L.G., Goodhue W.D., Tannenwald P.E. et al. Resonant tunneling through quantum wells at frequencies up to 2.5 THz // Appl. Phys. Lett. 1983. V.43. №.6. P.588–590.

2. Scott J.S., Kaminski J.P., Wanke M. et al. Terahertz frequency response of an In0.53Ga0.47As/AlAs resonant tunneling diode // Appl. Phys. Lett. 1995. V.64. P.1995–1997.

3. Suzuki S., Asada M., Teranishi A. et al. Fundamental oscillation of resonant tunneling diodes above 1 THz at room temperature // Appl. Phys. Lett. 2010. V.97. P.2242102-1–242102-3.

4. Feiginov M., Sydlo C., Cojocari O. et al. Resonant tunnelling diode oscillators operating at frequencies above 1.1 THz // Appl. Phys. Lett. 2011. V.99. P.233506-1–233506-3.

5. Карузский А.Л., Пересторонин А.В., Волчков и др. Нелинейные свойства двух- и трёхбарьерных резонансно-туннельных структур в суб-ТГц диапазоне // Вестник НИЯУ “МИФИ”. 2012. Т.1. №2. С.146–154.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Ю.М. Туз, А.А. Мосолаб

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина, г. Киев

1. Постановка задачи

В современной практике ультразвукового неразрушающего контроля, для контроля изделий из металлов, широко применяются дефектоскопы-томографы на основе ультразвуковых фазированных антенных решеток пьезоэлектрических преобразователей (ФАР ПЭП). Разрешающая способность таких систем зависит как от параметров электронного блока, так и от собственных параметров ФАР. Актуальной задачей является измерение пространственно-временных характеристик (ПВХ) линейных ФАР ПЭП с повышенной точностью. Сложность данной задачи состоит в достижении наименьшего влияния методических и инструментальных погрешностей. К методическим погрешностям относятся погрешности связанные с изменением толщины контактной жидкости при перемещении точечного пьезоэлектрического преобразователя (ТПЭП) и дискретизация измерительной поверхности за счет шага перемещения ТПЭП. К инструментальным погрешностям можно отнести межканальную неидентичность блока излучения, погрешности измерения параметров сигнала в приемном тракте, неточность механизма перемещения ТПЭП и механизма ориентации ФАР ПЭП. Для повышения точности измерения ПВХ предложен метод измерения на основе принципа суперпозиции [1]. Данный метод лишен инструментальной погрешности, которая возникает за счет межканальной неидентичности блока излучения, поскольку, для его реализации используется один канал излучения с известными параметрами, а формирование ПВХ выполняется с помощью цифровой обработки в памяти компьютера.

Работа посвящена созданию установки, которая реализует метод измерения ПВХ линейных ФАР ПЭП на основе суперпозиции с применением оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 9.0. Для реализации приемного тракта установки была использована платформа NI PXI с цифровым осциллографом NI PXI-5411 и генератором NI PXI-5122. Для моделирования аналоговой части приемного тракта применялась среда промышленного проектирования SPICE – NI Multisim 11.0.

3. Описание решения

Структурная схема измерительной установки представлена на рис. 1.

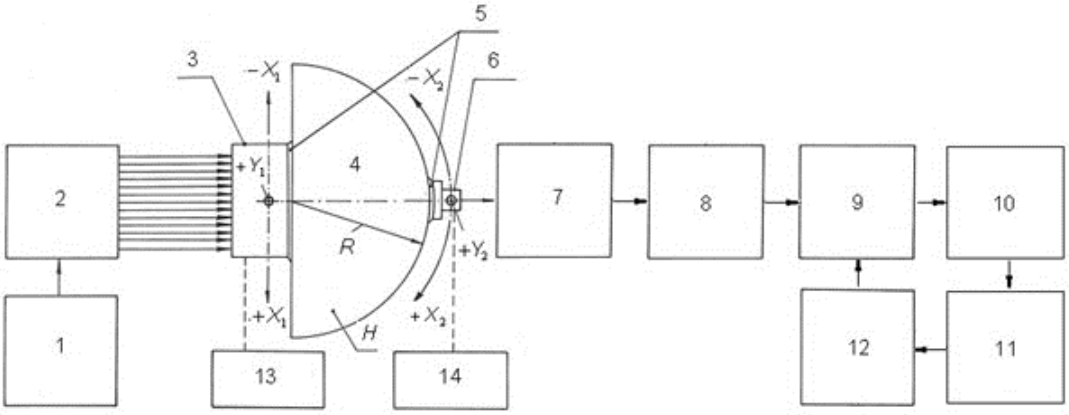


Рис. 1. Структурная схема установки

Где: 1 - генератор радиоимпульсов; 2 – аналоговый переключатель; 3 – линейная ФАР ПЭП; 4 – имитатор рабочей среды и акустическая нагрузка; 5 – контактна жидкость; 6 – точечный пьезоэлектрический преобразователь (ТПЭП); 7 – амплитудный ограничитель; 8 – предварительный усилитель; 9 – широкополосный усилитель с управляемым коэффициентом усиления; 10 – цифровой

осциллограф NI PXI-5411; 11 – ПК; 12 - NI PXI-5122; 13 – механическое устройство ориентации и фиксации ФАР ПЭП; 14 – механическое устройство для перемещения ТПЭП.

Объект исследования – линейная ФАР ПЭП (3) расположена на плоскопараллельной поверхности имитатора рабочей среды (4), который выполнен в форме стального полуцилиндра. На каждый такт измерения, с помощью генератора радиоимпульсов (1) через аналоговый переключатель (2), подается электрический радиоимпульс заданной амплитуды и частоты на отдельный элемент ФАР ПЭП, который преобразовывает его в акустический сигнал и излучает этот сигнал в имитатор среды. ТПЭП, который находится на равноудаленном расстоянии принимает и преобразовывает акустический сигнал в электрический. В приемном тракте, в который входит амплитудный ограничитель (7), предварительный усилитель (8), широкополосный усилитель (9), цифровой осциллограф (10) и генератор (12), происходит масштабное и аналого-цифровое преобразование принятого сигнала. Отсчеты цифровых сигналов сохраняются в памяти компьютера. Для каждого элемента ФАР ПЭП выполняется описанный такт измерения. Весь цикл измерений повторяется для каждого положения ТПЭП при его перемещении вдоль дуги полуцилиндра.

Перед разработкой прототипа аналоговой части приемного тракта было проведено моделирование в среде NI Multisim [2]. SPICE модель аналоговой части приемного тракта представлена на рис.2. Коэффициент усиления приемного тракта управляется с помощью генератора NI PXI-5122. Такое решение позволяет плавно регулировать и настраивать параметры приемного тракта во время измерений.

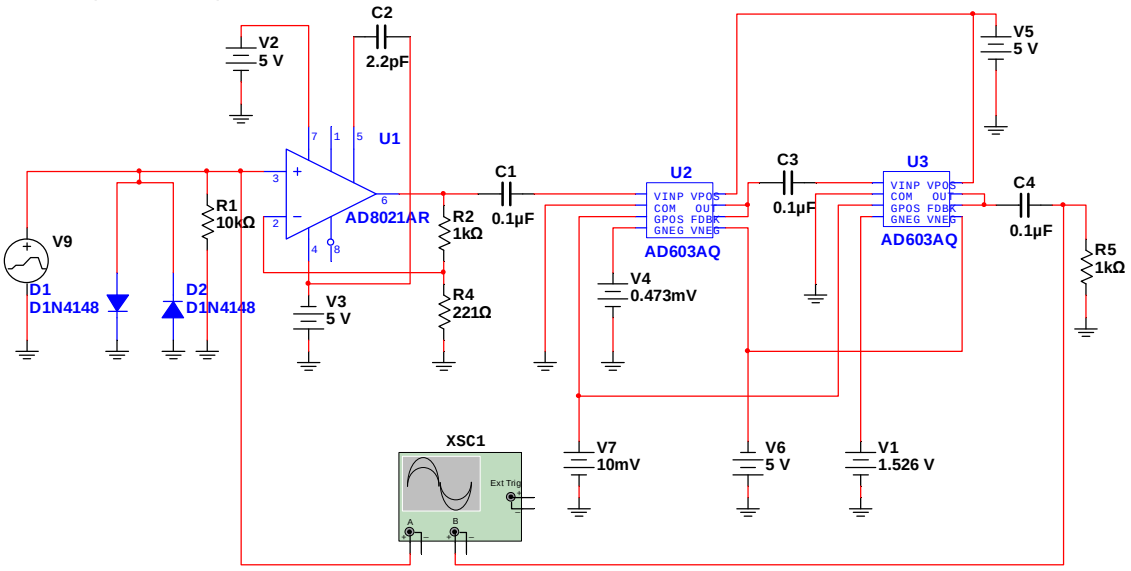


Рис. 2. SPICE модель аналоговой части приемного тракта

По окончанию измерений полученные данные используются для построения импульсных характеристик направленности в среде Matlab. Пример измеренной временной характеристики и импульсной характеристики направленности для контактной 12-ти элементной линейной ФАР ПЭП представлены, соответственно, на рис. 3 и рис. 4.

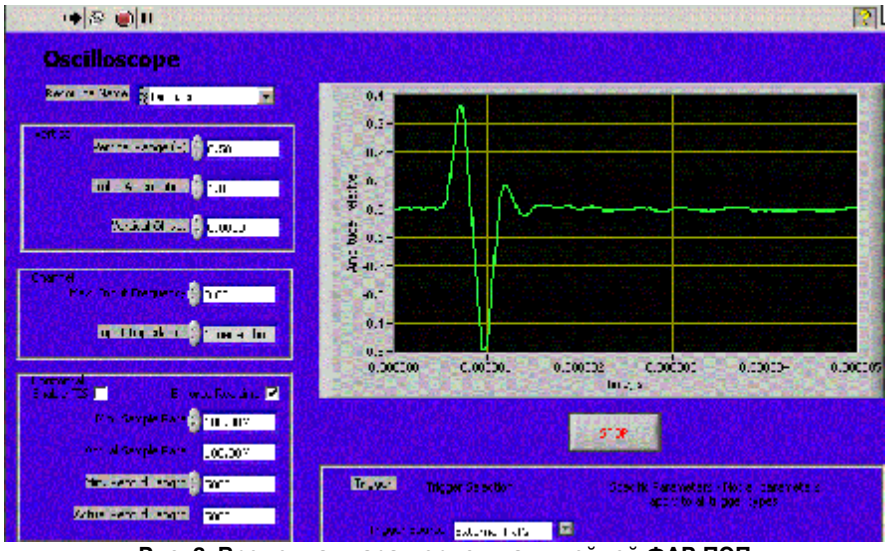


Рис. 3. Временная характеристика линейной ФАР ПЭП

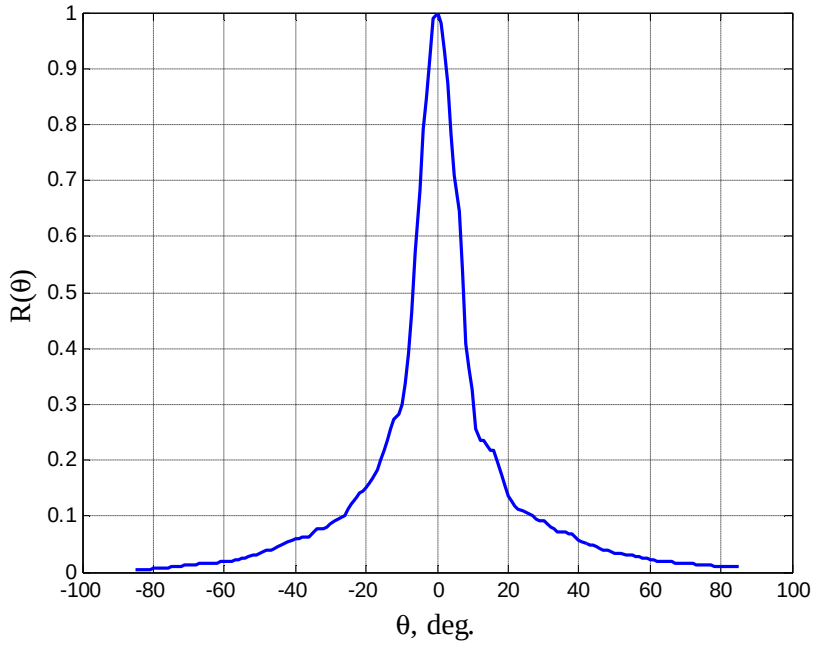


Рис. 4. Импульсная характеристика направленности линейной ФАР ПЭП

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная измерительная установка внедрена в НИИ АЭИ НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев.

5. Список литературы

1. Туз Ю.М. Вимірювання просторово-часових характеристик лінійних фазованих антенних решіток п'єзоперетворювачів на основі принципу суперпозицій / Ю.М. Туз, О.П. Красковський, О.О. Мосолаб // XI Міжнародна науково-технічна конференція „Приладобудування: стан і перспективи": тези доповідей. – Київ: НТУУ „КПІ", 2013. – С.232-233.

2. Туз Ю.М. Прийомний тракт систем вимірювання просторово-часових характеристик фазованих антенних решіток п'єзоперетворювачів в режимі випромінювання / Ю.М. Туз, О.П. Красковський, О.О. Мосолаб // IX Міжнародна науково-технічна конференція „Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки ": збірник доповідей. Ч.2.– Київ: НТУУ „КПІ", 2013. – С.539-544.

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ И АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ НА СВЧ (3 - 20 ГГЦ)

А.П. Шамшин

Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков

1. Постановка задач

Создание автоматизированного комплекса для проведения измерений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, исследования дисперсии *ε* и *tgδ* чистых и примесных сегнетоэлектрических кристаллов на СВЧ в широком температурном диапазоне (77 – 400 К) с использованием микроконтроллерного модуля Arduino Duemilanove Mega ATmega1280-16AU USB 1280 на базе Atmel AVR, библиотеки виртуальных приборов NI LabVIEW Interface for Arduino Toolkit (LIFA) и LabVIEW 2010**.**

Ранее мы сообщали о методе цилиндрического щелевого резонатора [1], с помощью которого было проведено исследование температурной зависимости комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот 3 - 20 ГГц кристаллов лития аммония сульфата $LiNH_4SO_4$. Полученные результаты объясняются через кроссовер от резонансного к релаксаторному типу. Наблюдаемое уширение линий диэлектрических потерь можно объяснить тем, что в случае наличия локального случайного поля, появляющегося при дисторсии и развороте тетраэдрических групп сульфат и литий ионов, связанные с ними диполи воспринимают частоты решеточных колебаний, зависящие от распределения резонансных частот осцилляторов.

Средства сопряжения с компьютером измерителей КСВН и ослабления Р2-57, Р2-114, Р2-61, Р2-67 и др., управления задатчика температуры криостата ранее разработанной установки к сегодняшнему дню несколько устарели. С учётом возможностей современных микроконтроллеров было решено модернизировать имеющееся оборудование. Чтобы максимально упростить апгрейд использовался готовый микроконтроллерный модуль Arduino Duemilanove Mega ATmega1280.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено

Академия внутренних войск МВД Украины, кафедра фундаментальных дисциплин.

3. Описание решения

Автоматизированная измерительная установка представляет собой ряд панорамных измерителей КСВН с соответствующими волноводными линиями, позволяющими проводить измерения в диапазоне частот 3 - 20 ГГц: Р2-57, Р2-114, Р2-61, Р2-67, волноводной вставки с цилиндрическим щелевым резонатором, термостата, системы регулирования и стабилизации температуры, ноутбука, используемого в качестве устройства управления, сбора, обработки данных и графического представления экспериментально получаемых зависимостей *ε*(Т) и *tg*δ(Т). Ноутбук подключался к панорамным измерителям через блок КОП (канал общего пользования, соответствующий стандарту IEEE-488 или шине GPIB), входящего в комплект Р2-114, через преобразователь интерфейсов (конвертер) на базе Arduino Mega. Данный блок позволяет производить АЦП по двум каналам с последующей буферизацией данных, что дает возможность подключения его к разъемам "Цифровой блок" и "Выход на самописец" измерителей КСВН Р2-57; Р2-61 и Р2-67. С целью повышения точности измерений использовался также 16-битный АЦП со временем преобразования 10 мкс.

При измерениях можно воспользоваться методом сравнения изменения резонансной частоты исследуемого вещества, относительно вещества, диэлектрическая проницаемость которого известна. Очевидно, размеры исследуемого и эталонного образца должны быть если не одинаковыми, то более - менее равными. После калибровки щелевого резонатора на образцах с известными значениями *ε* и *tg*δ по уходу резонансной частоты и изменению добротности определялось значение диэлектрической проницаемости и тангенса потерь исследуемого кристалла. Тангенс угла диэлектрических потерь определяется по изменению ненагруженной добротности при замене калибровочного диэлектрика исследуемым сегнетоэлектриком

$$tgd = \frac{1}{x}\left(\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_0}\right),$$

где Q_0 – ненагруженная добротность волновода с калибровочным диэлектриком; ξ – коэффициент включения цилиндрического резонатора.

Частота минимума провала изменяется с изменением температуры. Точность определения этой частоты определяет точность диэлектрических измерений *ε* и *tg*δ. Особенно важно четко измерить нижнюю точку провала, но имеющийся блок КОП довольно медлителен (2 мс).

Температурные измерения ε и $tg\delta$ проводились с помощью анализа кривой провала коэффициента прохождения D. Уход по частоте минимума провала соответствует изменению ε и $tg\delta$ с температурой. Изменение полуширины кривой $D(f)$ позволяет определить зависимость $tg\delta(T)$.

Исследование провала с помощью цифрового осциллографа (полоса 200 МГц, частота выборки 1 GSa/s) показывает, что его ширина составляет порядка 75 мс (75 МГц). При 8 битном разрешении осциллографа ширина «минимума» провала порядка 2 мс, т.е. 2,7 %. Запись кривой прохождения с помощью 16 битного АЦП снижает неопределенность в нахождении минимума до 0,5 мс. Т.к. охлаждение и нагрев образца происходит достаточно медленно со скоростью 0,1 К/мин в области фазовых переходов (ФП) и 0,5 К/мин вдали от ФП, то полученный массив значений ε и $tg\delta$ сглаживался по 7 точкам с помощью интерполяционных полиномов, обеспечивающих получение уточненного значения ε по заданному значению ε_i и ряду близлежащих значений, известных со случайной погрешностью [2] (Рис.1).

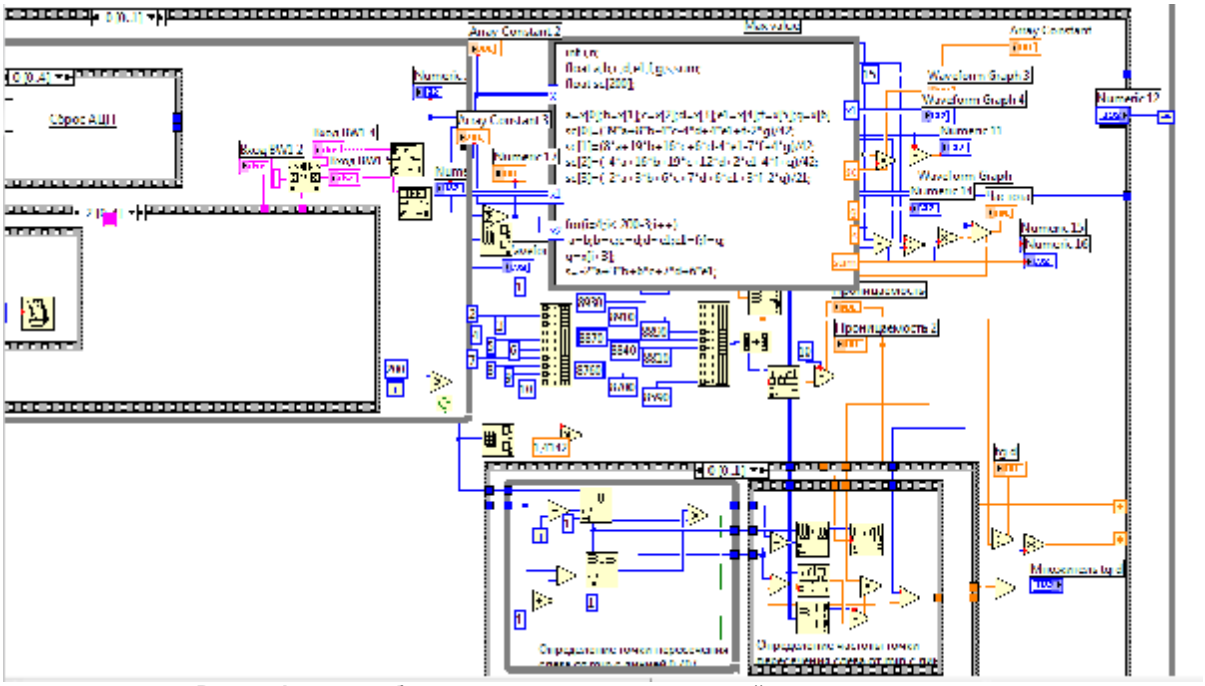


Рис. 1. Фрагмент блок – диаграммы, реализующей сглаживание данных

На рисунке 1 также видна привязка измеряемого значения ε к градуировочной кривой в области 8 ГГц (блок СВЧ №5, волновод сечением 23*10 мм). Измерение в других частотных диапазонах требует соответствующей градуировки для каждого блока СВЧ и волноводного сечения и подбора щелевого резонатора.

Микроконтроллерный модуль Arduino Duemilanove Mega выполняет роль преобразователя интерфейсов. С его помощью осуществлена связь по каналу общего пользования с измерителем Р2-114 и USB входом ноутбука (GPIB – USB). Также на Arduino Mega выполняется чтение данных температуры, измерение которой производится медь - константановой термопарой, термоЭДС которой измеряет вольтметр В7- 21А. Из согласующего устройства вольтметра данные в формате 1 – 2 – 4 – 8 поступают на цифровые входы 22 – 42 Arduino Mega, а затем читаются программой на LabView в ноутбуке.

На рисунке 3 представлены результаты температурных СВЧ исследований кристалла ЛАС в области ФП *II* – *III* [3]. Как видно из рисунка с увеличением частоты от 3 до 17 ГГц происходит постепенное уменьшение ε в области перехода. При этом значения ε в сегнетоэлектрической фазе больше, чем в сегнетоэластической фазе. Величина ε во всем исследуемом частотном диапазоне остается приблизительно одинаковой, слабо меняясь с частотой вдали от области перехода.

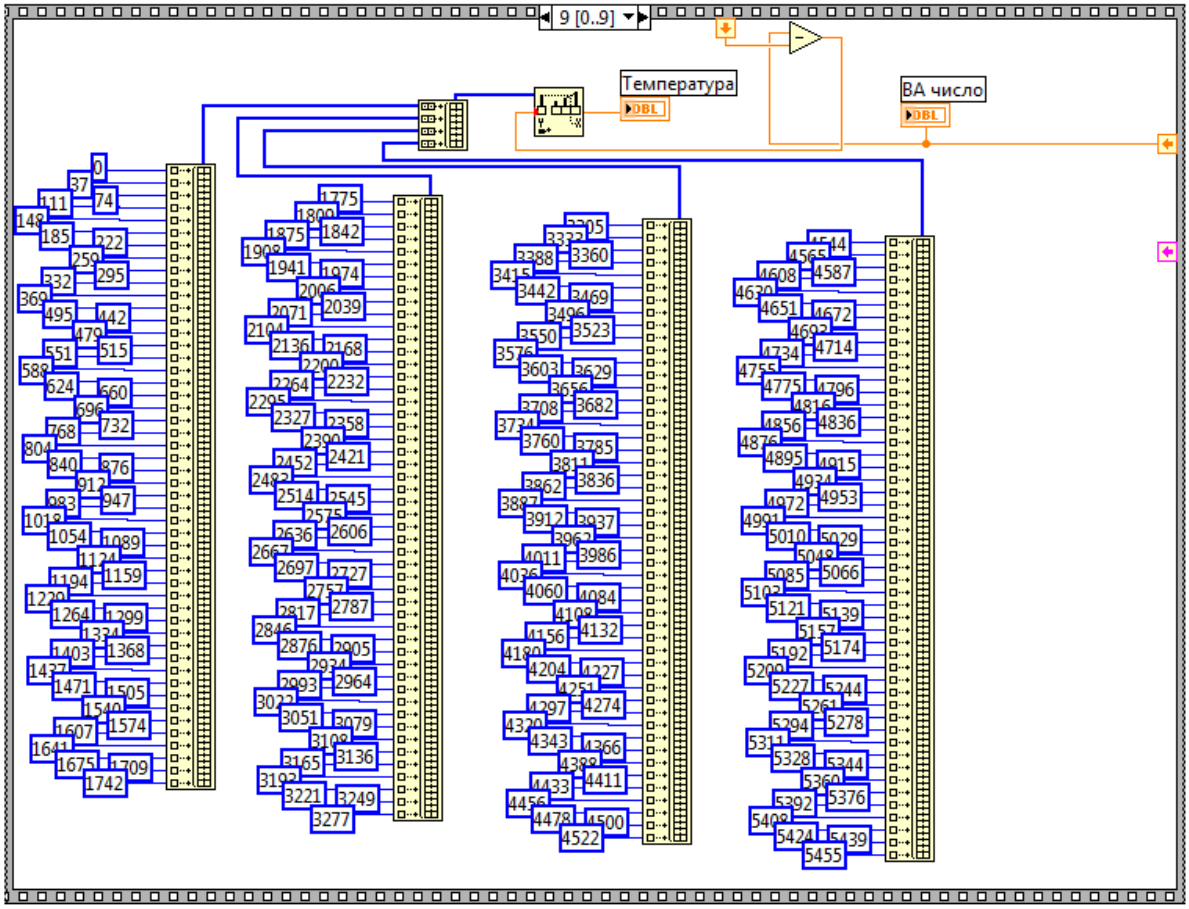


Рис. 2. Фрагмент блок – диаграммы, реализующей измерение температуры медь - константановой термопарой. Видна зависимость ТЭДС термопары от температуры в мкВ для отрицательных температур. Свободные спаи термопары при 0,01 °С

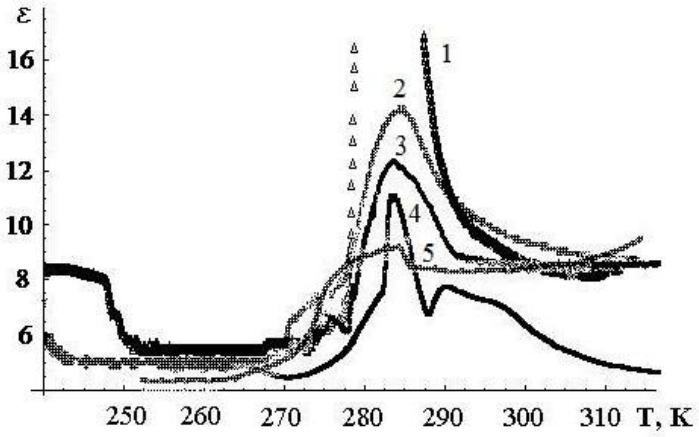


Рис. 3. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости кристалла LiNH4SO4 на частоте: 1- 1 кГц; 2 – 3,2 ГГц; 3 – 6 ГГц; 4- 10 ГГц; 5 – 17 ГГц

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Набор измерителей КСВН и ослабления серии Р2, вольтметр универсальный В7-21А, микроконтроллерный модуль Arduino Duemilanove Mega ATmega1280-16AU USB 1280 на базе Atmel AVR, библиотеки виртуальных приборов NI LabVIEW Interface for Arduino Toolkit (LIFA) и LabVIEW 2010.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанный измерительный комплекс СВЧ диапазона позволяет измерять:

диэлектрическую проницаемость ε изотропных, анизотропных, полярных и неполярных, чистых и примесных кристаллов диэлектриков в широком температурном диапазоне с точностью не хуже 1 %; тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ с точностью не хуже 3 %; на основе микроконтроллерного модуля Arduino Duemilanove Mega ATmega1280-16AU USB 1280 на базе Atmel AVR создано устройство сопряжения и преобразования интерфейсов, обеспечивающее обмен информацией между узлами комплекса и ноутбука и позволяющее совместно с разработанным программным обеспечением автоматизировать процесс измерений ε, $tg\delta$ и температуры.

Использование широкодиапазонного измерителя иммитансов *RLC E*7 – 20 (диапазон рабочих частот: 25 Гц - 1МГц) и инфранизкочастотного измерителя ε и $tg\delta$, созданного с использованием принципов [4], позволяет исследовать дисперсию ε и $tg\delta$ в диапазоне 10^{-2} – 10^{10} Гц в интервале температур 77 – 400 К.

6. Список литературы

1. Коваленко А.Г., Шамшин О.П. Пристрій для вимірювання параметрів діелектриків. //Патент на винахід №78053, номер заявки 20041210670, дата публікації 15.02.2007, Бюл.№2.

2. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ. М.: Наука, 1989 – 240 с.

3. А. П. Шамшин. Диэлектрические свойства кристалла $LiNH_4SO_4$ в диапазоне СВЧ. Известия РАН, Серия физическая. Т. 74, N 9, С. 1307-1309, 2010.

4. А.А. Белов, В.В. Бонч-Бруевич. Инфранизкочастотный диэлектрический спектрометр. ПТЭ –- № 3, С. 170 – 172, 1991.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЧИТЫВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В.Е. Махов[1], Е.А.Захаренко[2],

1. Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург
2. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

Одним из способов решения проблемы учета и контроля изделий из металлов является применение кодирования информации и нанесения ее непосредственно на поверхность детали или изделия. Традиционные методы маркировки обладают рядом недостатков, связанных с негативным воздействием на материал (ударный, электрохимический, механический, окрашивание), возможностью потери информации или подделке ее, возможностью изготовления контрафактной продукции.

Автоматизированный учет особенно актуален для ответственных производств металлургической, машиностроительной, энергетической и других отраслей. В настоящее время, наиболее широкое применение для автоматизированного учета получило штриховое кодирование. С помощью штрих кодов сбор и запись информации становятся более быстрыми и точными процессами.

Чаще всего штрих код наносится на промежуточные носители - упаковку, тару, этикетки, документы. Непосредственное штрих кодирование, особенно металлических изделий, практически не применяется. До последнего времени это было связано с отсутствием средств нанесения штрих-кода непосредственно на материал изделия. С разработкой технологии лазерной маркировки появилась реальная возможность решить эту проблему.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

ИНЦ "МетаЦвет" при Северо-Западном государственном заочном техническом университете (СЗТУ).

3. Описание решения

Развитие лазеров в диапазонах с ультракороткими импульсами открывает новые сферы применения и возможности для прецизионной обработки материалов [1]. Технология обработки ультракороткими лазерными импульсами широко используются для производства и создания, сложных 2-х и 3-х мерных микро- и нано структур в металлах.

В настоящее время, с целью закрепления за изделием подробной идентификационной и технологической информации, в ИНЦ "МетаЦвет" разрабатываются методы кодирования информационных полей с высокой плотностью записи, позволяющие записывать большие объемы информации на малой площади поверхности металла. Информационное поле наносится посредством импульсного воздействия лазерным излучением непосредственно на поверхность металла, что позволяет применять этот метод для идентификации деталей и узлов машин, работающих в экстремальных условиях (повышенной радиации, высоких температурах, агрессивных средах и т.п.).

Разработанная технология позволяет получить нано структурированных поверхностных слоев металлических изделий и формирования цветного изображения путем образования специализированных структур с заданными колориметрическими характеристиками при лазерном облучении металлической поверхности. На поверхности металле можно получить цветной логотип, содержащийся в метке, в виде голограммы с уникальной игрой цветов. При этом сохраняется высокая устойчивость метки к эксплуатационным условиям (кроме случаев разрушения маркируемых деталей на глубину лазерной обработки). Конечной целью технологии лазерной обработки является получение отпечатков оптимальной формы, размера и взаимного расположения, пригодных для оптического считывания и декодирования.

В ходе исследований было установлено, что оптимальным диаметром отпечатка является 100 мкм. При диаметрах отпечатков 70 - 80 мкм, они наползают друг на друга, при диаметре 90 мкм отпечатки касаются друг друга. В этом случае при сканировании поверхности и распознавании отпечатков существует опасность к неточному определению местоположения отдельных отпечатков.

Проделанный анализ лазерной технологии обработки металла показывает, что структура поверхности металла в области отпечатков имеет сложные оптические свойства. При формировании изображения поверхности металла необходимо учитывать не только индикатрису рассеяния точек

поверхности металла, но также их объемные свойства отпечатка, эквивалентные микро линзам. Существующие оптические сканеры не способны регистрировать изображения информационных полей на поверхности металла малой площади с большим объемом информации.

Основной трудностью считывания изображений являются оптические свойств металла в области отпечатка. Поэтому для считывателя информационных полей требуется разработка специальной оптической схемы, например, работающих по принципу угловой фильтрации отраженных пучков лучей [2]. Помимо этого необходимо рассмотреть вопрос использования объективов и сенсоров высокого разрешения. Наряду с этим, в процессе считывания и декодирования необходимо иметь возможность гибкого использования алгоритмов обработки и анализа изображения [3], в том числе в условиях дефектов поверхности, механической нестабильности объекта контроля. Оптическое изображение, полученное с поверхности металла, в отличие от обычного изображения плоской поверхности, имеет более сложную структуру. Существующие методы технического зрения анализа и декодирования такой структуры изображения не эффективны, в том числе методы, построенные на базе компьютерных технологий машинного зрения.

На рис. 1 представлены макеты экспериментальных установок, для исследования процесса регистрации нано структурированных информационных полей на металле.

Рис. 1. Макет экспериментальной установки:
1 - объект исследования, 2 - юстировочный узел, 3 - кольцевой осветитель,
4 - макро объектив, 5 - цифровая камера Canon EOS 6D, 6 - рейтер

Эффективность использования в оптической системе кольцевого осветителя и кольцевой апертурой объектива демонстрируется на рис. 2.

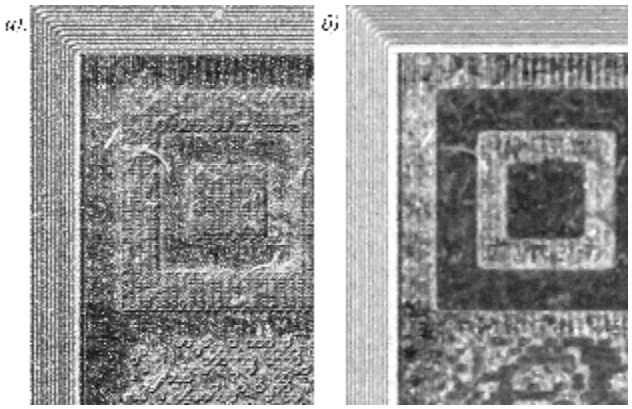


Рис. 2. Фрагмент изображения штрих- кода:
а - при обычном освещении; б - кольцевой осветитель

При обычном осветителе (рассеянный свет) видны элементы кратерной структуры отпечатков (рис. 2 а), в то время как при использовании принципа угловой фильтрации конусных пучков лучей

(рис. 2 б) каждый отпечаток регистрируются в виде темных полей. Кроме того, происходит фильтрация дефектов поверхности металла (царапины).

На рис. 3 представлен упрощенный скрипт обработки и декодирования штрих кода, в приложении NI Vision Assistant.

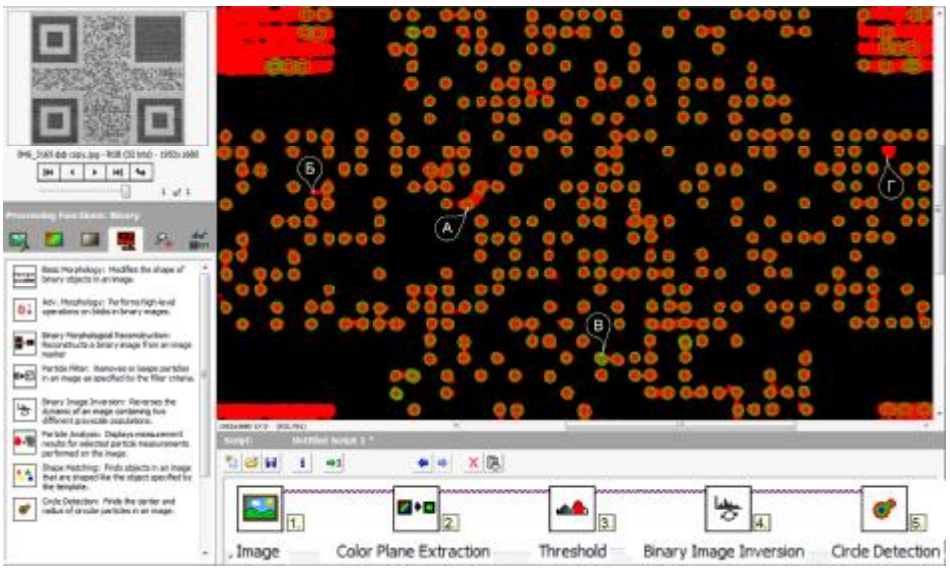


Рис. 3. Окно приложения NI Vision Assistant: а - окно предварительного просмотра; б - политра функций; в - результат декодирования; г - скрипт обработки и измерения

Использованная функция измерения 5 (Circle Detection), нахождения вписанных окружностей $R_{min}<R<R_{max}$, позволяет точно определяет координаты кластеров отпечатков при наличии дефектов, приводящих к соприкосновение кластеров "А", артефактов "Б". В некоторых случаях геометрия кластера позволяет вписать несколько окружностей ("В"), что не приводит к ошибке распознавания, так как их координаты будут мало отличаться. Возможен пропуск обнаружения отпечатка ("Г"), который вызван открытостью кластера. Изменение настроек функции (R_{min}, R_{max}) или введение дополнительных функций обработки бинарных изображений (например, закрытие кластера) устраняет подобного рода дефекты. Параллельное использование функций с различными параметрами позволяет повысить надежность распознавания координат отпечатков, в результате создать информационный массив штрих кода, при этом форма поверхности, расфокусировка, угол визирования оказывает меньшее влияние на надежность распознавания, чем стандартные алгоритмы распознавания.

4. Внедрение и его перспективы

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.B37.21.1095 «Исследование процесса наноразмерного нанесения и считывания битовой зашифрованной информации с поверхности изделий из различных материалов для защиты их от подделок, паспортизации и идентификации». Разработанная методика предполагается использовать в разработку считывателя штрих кодов на металлах.

5. Список литературы

1. Zavestovskaya I.N., Eliseev P.G., Krokhin O.N., Men'kova N.A. Analysis of the nonlinear absorption mechanisms in ablation of transparent materials by high-intensity and ultra short laser pulses, Appl. Phys. A (2008) 92: pp. 903 – 906.

2. Махов В.Е., Потапов А.И. Анализ эффективности оптического метода контроля капилляров. Теоретические основы оптического контроля капилляров // Справочник. Инженерный журнал. 2013. № 7. С. 48 –56.

3. Махов В.Е. Алгоритмы определения координат световых меток в оптическом приборе. Вопросы радиоэлектроники. Серия «техника телевидения», вып. 1.– СПб.: ФГУП НИИТ, 2011. – С. 113 – 121.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ КАМЕР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ В СИТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

В.Е. Махов[1], О.С.Репин[2]

1. Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург
2. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

В последнее время в научных экспериментальных исследованиях и промышленных приложениях все большую актуальность приобретает применение систем технического зрения, которые обеспечивают высокую надежность и производительность получения результатов контроля.

На практике существуют принципиальные ограничения применения систем технического зрения, связанные с недостаточным разрешением сенсора изображения. Несмотря на значительные успехи в разработке твердотельных сенсоров высокого разрешения, их использование в автоматизированных системах контроля в настоящее время не нашли широкого применения, что связано с ограниченностью пропускной способностью каналов передачи информации от регистратора.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Решение внедрено в Петербургском "Лазерном центре".

3. Описание решения

В настоящее время большие возможности в построении автоматизированных систем технического зрения представлены в решениях фирмы National Instruments. Использование этих средств позволяет создавать приложения для автоматизированного контроля изделий и технологических процессов в режиме реального времени. Выбор аппаратных средств системы определяет информационные возможности системы (быстродействие, разрешающую способность). Программная часть измерительной системы определяет коммуникационные возможности и эффективность выделения доминантной информационной составляющей. Основным ограничением объема информации, получаемой в единицу времени системой контроля, является физическое разрешение сенсора изображения, которое требует в задачах идентификации и измерений создания оптимальных алгоритмов выделения тех или иных информационных составляющих. Недостатком используемых в автоматизированных системах контроля регистраторов является сравнительно невысокого разрешение матричных фотоприемников.

Едино разовый объем получаемой информации, определяемый разрешением сенсора, в ряде случаев может оказаться недостаточным как для измерительных задач, так и в задачах идентификации структурных элементов двухмерных изображений. К таким задачам в первую очередь относятся - контроль и идентификация дефектов изделий [1, 2]. Повышение разрешающей способности системы контроля можно решить аппаратно (много матричные регистраторы, сканирование поля зрения) или программно, реализуя средства локального анализа Фурье в серии изображений. Однако, все это приводит к значительному снижению быстродействия, более того в ряде случаев такой подход оказывается на практике неприемлем ввиду механической нестабильности объекта контроля [3]. Одним из ярких примеров необходимости использования сенсоров высокого разрешения является, перспективное в последнее время направление искусственного кодирования большого объема информации в изображении (штрих коды), в том числе наносимых на поверхность металла. Такие задачи требуют применение соответствующих регистраторов считывания и информационных полей и алгоритмов достоверного их декодирования, которая может быть решена только на базе сенсоров высокого разрешения.

В последнее время разработаны сенсоры высокого разрешения (более 40 Мпикс), которые нашли массовое применение в цифровых камерах (ЦК). Среди цифровых камер с сенсором высокого разрешения можно выделить серию ЦК фирмы Canon, Nikon, Sony с отделяемой оптикой. Такие камеры изначально реализует возможности проводного и беспроводного управления ЦК, получение изображений непосредственно с компьютерной системы, что определяет возможность их применения в экспериментальных исследованиях и создании на их базе промышленных систем технического зрения. Очевидно, что такие системы могут успешно использоваться в фотограмметрии, трехмерной реконструкции, для повышения точности контроля протекания технологических процессов, автоматизированного контроля партии продукции и дефектоскопии.

Указанные ЦК имеют собственную аппаратную, микропроцессорную и микропрограммную структуру, которая не совместима с другими средствам построения автоматизированных систем контроля, например на базе технологий НИ. Для работы в режиме управления ЦК, передачи

потокового видеоизображения, они используют собственное интерфейсное с компьютером программное обеспечение.

Неизбежным вопросом использования ЦК с сенсорами высокого разрешения в системах контроля является возможность их коммуникаций с программным обеспечением обработки и анализа изображения. Повышение разрешения сенсора приводит к увеличению получаемого объема информации, что ограничивает работу измерительной системы в режиме реального времени. Создание автоматизированных контрольно-измерительных систем с ЦК высокого разрешения позволит расширить круг задач, решаемых системами технического зрения. Несмотря на принципиальную возможность модификации штатного микропрограммного и интерфейсного обеспечения ЦК, нецелесообразно от него отказываться на стадии экспериментальных исследований и создания прототипа системы контроля. Поэтому наряду с разработкой алгоритма работы считывателя, необходимо объединить полезные штатные функции ЦК, такие как электронное управление фокусировкой, стабилизация изображения, управление осветителем, с разрабатываемыми алгоритмами обработки изображения. В дальнейшем работа считывателя и измерителя могут в большей степени объединяться в едином программном поле посредством вызова функций считывателя или разработкой собственных приложений, используя недокументированные функции ЦК, модификация прошивок и командных файлов.

Для решения поставленной задачей предлагается общая структурная схема системы контроля на базе технологии НИ с возможностью использования в качестве регистраторов изображения модулей цифровых камер с сенсорами высокого разрешения (рис. 1).

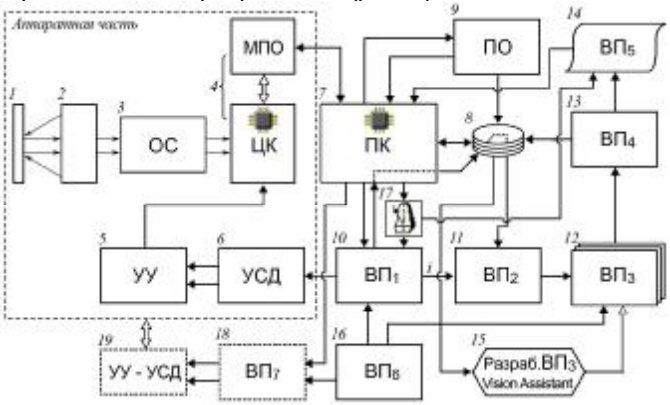


Рис. 1. Структурная схема системы контроля

Предлагаемая структурная схема модульная, что позволяет использовать ее основные элементы для всех указанных ранее видов контроля. Структурная схема системы контроля содержит базовую аппаратную часть, включающую в себя: объект контроля 1, осветительное устройство 2, оптическую систему 3, цифровую камеру 4. Система содержит также устройство управления ЦК 5, устройство сбора данных (УСД - устройство ввода - вывода аналоговых и цифровых сигналов) 6, компьютерную систему (ПК) 7, внешний накопитель 8. Предполагается, что цифровая камера должна иметь проводной (высокоскоростной USB) или беспроводной (Wi-Fi) интерфейс с компьютером, интерфейс дистанционного управления (с контактом типа N3 для ЦК Canon), беспроводной контроллер (LC-5, для ЦК Canon) или дистанционный контроллер RC-6 (для ЦК Canon). Указанным требованиям отвечают многие цифровые камеры, в том числе серия ЦК фирмы Canon (например, EOS 5D, EOS 6D и т.д.).

Программная часть реализуется в виде функциональных модулей: внутреннего и внешнего программного обеспечения цифровой камеры (ПО) 4 и 9, виртуального прибора управления съемкой цифровой камеры $ВП_1$ 10, модуля получения и отображения текущего изображения $ВП_2$ 11, модуля обработки и анализа изображения $ВП_3$ 12, модуля измерения $ВП_4$ 13, модуля формирования и отображения результата измерения $ВП_5$ 14. Интерактивная разработка скрипта для обработки изображения, анализа и измерения, с последующим созданием фрагментов блок диаграммы $ВП_3$ производится в приложении NI Vision Assistant 15. Получение изображений в заданные моменты времени, анализ и выбор алгоритма обработки изображения обеспечивается модулем автоматизации $ВП_6$ 16.

Данная структурная схема позволяет модульно добавлять функции контроля и управления объектами исследования 18, 19 (рис. 1), технологическими режимами или управление цифровой камерой (автоматизация контроля) в программном поле среды NI LabVIEW, что является актуальным для получения объективных данных работы алгоритмов анализа, для различных объектов в технологическом процессе или ходе экспериментальных исследований.

Упрощенный фрагмент блок диаграммы (БД) ВП регистрации изображения с помощью ЦК, его анализа и проведение измерений представлен на рис. 2. Первый цикл (*а*) реализует программное тактирование получения серии изображений, второй (*б*) - ручной режим управления. По завершению программного тактирования (Кнопка "Stop T"), система переходит в режим ручного управления. Управление затвором камеры реализуется цифровыми шинами УСД (6, рис. 1), коммутирующих сигналы дистанционного управления затвором ЦК. Счетчик итераций цикла "i" передается в третий параллельный цикл (*в*), где происходит считывание последнего изображения с внешнего диска и его отображение на мониторе ВП. Таким образом, для отображения текущего изображения, возможно, использовать собственный интерфейс ВП (аналогичный режиму LIVE VIEW ЦК) с некоторой задержкой. Далее в алгоритме ВП реализуются необходимые функции обработки изображения (*г*) и измерений (*д*).

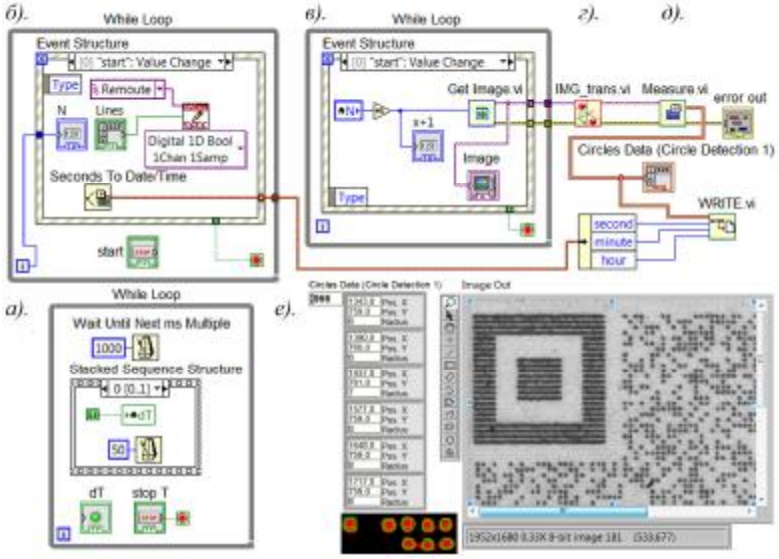


Рис. 2. Фрагмент виртуального прибора контроля: а-д - фрагменты блок диаграммы ВП; е - фрагмент лицевая панель отображения результатов контроля и отображения изображения

При таком подходе к построению системы контроля, монитор $ВП_2$ статически отображает полученное изображение до момента его обновления, что является немаловажным фактором визуализации результатов контроля в задачах с динамической сценой. Момент получения изображения и работу осветителя можно связать с триггерным событием, например как в задаче контроля сведения цветов на станках рулонной печати [3], обеспечивая неподвижность отображения изображения движущегося (вращающегося) объекта контроля.

4. Внедрение и его перспективы

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.B37.21.1095 «Исследование процесса наноразмерного нанесения и считывания битовой зашифрованной информации с поверхности изделий из различных материалов для защиты их от подделок, паспортизации и идентификации». Разработанная методика предполагается использовать в разработку считывателя штрих кодов на металлах.

5. Список литературы

1. Махов В.Е., Палаев А.Г., Потапов А.И. Автоматизация контроля качества сварных швов, получаемых по ультразвуковой технологии. // Изв. Вызов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 5. С. 75 – 81.

2. Makhov V.E., Potapov A.I. Automatic system for testing and identification of diamond. 10th European Conference on Non-Destructive Testing. Moscow. June 7-11, 2010. Part 2. 2nd edition. M.: Publishing house Spektr, 2010. – pp. 268 – 269.

3. Махов В.Е., Репин О.С. Исследование возможностей систем видеоконтроля на базе решений фирмы National Instruments на станках рулонной печати. Современное Машиностроение. Наука и образование: материалы 2-й Международной научно-практической конференции / под ред. М.М. Радкевича и А.Н.Евграфова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – С. 500 – 510.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ В КОГЕРЕНТНОМ СВЕТЕ

В.Е. Махов

Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

Автоматизированные измерительные системы весьма актуальны для различных отраслей промышленности. Широкое распространение получили системы технического зрения, позволяющие проводить контроль геометрических параметров. Традиционные осветительные устройства не позволяют получить гелиоцентрических пучков лучей, поэтому требуют применение оптических проектирующих систем, которые вносят систематическую ошибку в результаты измерения. Одним из способов решения этих проблем могло бы являться применение когерентных источников света.

Использование когерентных источников света в системах технического зрения ранее практически не применялось, что было связано с ярко выраженными явлениями интерференции и дифракции, а также наличию когерентного шума в изображении. Существуют трудности автоматизированной обработки таких оптических изображений. При решении задачи измерений в условиях спекл- шума появляется возможность построения безлинзовых измерительных систем для технологического контроля.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Решение внедрено в Петербургском институте машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) на на кафедре "Автоматизация технологических комплексов и процессов" (АТКиП).

3. Описание решения

В измерительных контурных задачах используется лишь малая доля выборки видеосигнала, причем любые дефекты изображения и шум существенно влияют на погрешность определения положения контура контролируемого объекта [1]. Существуют методы измерений на основе их вейвлет- представления, которые позволяют повысить точность определения взаимного положения границ теневого изображения в несколько раз [2], в том числе в условиях расфокусировки оптической системы [3], механической нестабильности объекта контроля [4]. В то же время, аберрации оптических систем вносят систематическую погрешность при неточном позиционировании объекта контроля.

Развитие лазеров дало возможность получать высоко когерентные плоскопараллельные пучки лучей, что открыло новые сферы их применения в измерительной технике. Параметры спекл- шума хорошо исследованы теоретически и согласуются с экспериментальными данными [5]. Для оптических систем, формирующих изображение, относительное отверстие D/f' лежит в интервале $1/1.2$ до $1/45$. Если оптическая система освещается светом от He-Ne лазера (l =632.8 нм), то спеклы будут иметь размер от 1 до 34 мкм.

Экспериментальные исследования по измерению линейных размеров в условиях спекл- шума проводились на макете установке с лазерным осветителем (рис. 1). В качестве источника света использовался He-Ne лазер 1 ЛГН-208Б (мощность 1 мВт) закрепленный струбциной 2 к призме юстировочного столика на рейтере. Для уменьшения габаритов и обеспечения юстировки использовались зеркальные модули 3 и 4, установленные на столиках 5 и 6. Телескопическая система 7, закрепленная в юстировочном устройстве 8 на рейтере 9, обеспечивала расширения исходного пучка лучей лазера в плоскопараллельный или расходящийся пучок лучей. В телескопической системе использовались микро объективы микроскопа (20^{X}x0.40, 40^{X}x0.65) с коллимирующим объективом (f' = 50 мм), что обеспечивало расширение пучка луча лазера в k = 6, 12 раз. Расширенный пучок лучей проектировался на матовый экран 10, расположенный в кассетном столике 11, который перемещался в рейтере 12. За экраном располагался цилиндрический объект контроля 13 (шпилька d = 3 мм). Все элементы устанавливались на стальном основании 14, имеющим резиновые амортизаторы. В оптической проектирующей системе использовался макро объектив 15 (Nikon AF-S 60 mm f/2.8 G ED Micro AF), кольцевой экран 16, удлинительные кольца 17 (KENKO Extension Tube DG Canon 12, 20, 36 мм). Регистрация изображения осуществлялась цифровой камерой (ЦК) 18 (Canon EOS 50D, Canon EOS 6DWG, Canon EOS M). ЦК закреплялась на площадке 19 (GIOTTOS MH621) штативной головке 20 (GIOTTOS MH1300), которая перемещалась на мини рейтере 21 по мини рельсу 22. Мини рельс закреплялся струбциной 23 на юстировочном столике 24. В отсутствии матового экрана 10 (при установке в кассету 11 набора ослабляющих светофильтров НС9, НС8) установка позволяла исследовать теневое изображение на сенсоре камеры без проектирующего объектива 15.

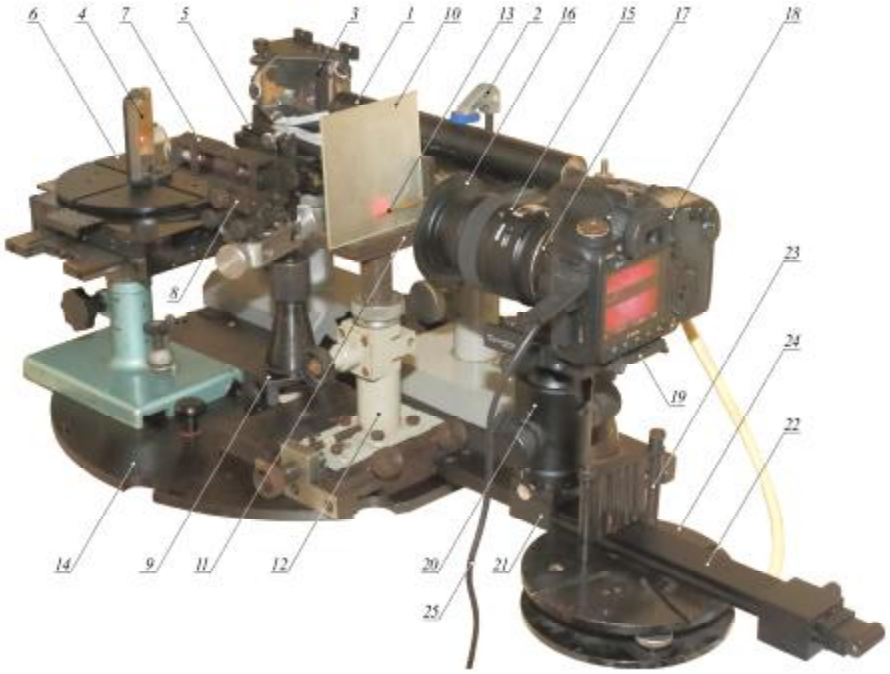


Рис. 1. Макет экспериментальной установки с лазерным осветителем

В ходе экспериментальных исследований были получены изображения контролируемого изделия 13 на фоне диффузно рассеянного экраном 10 когерентного плоскопараллельного пучка лучей при разных относительных отверстиях проектирующего объектива *f'/D* (2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32) и разных экспозициях T_v от 0.6" до 1/1600" (с шагом 1/3 ступени). Уменьшение относительного отверстия приводит к увеличению размеров спеклов, видимому повышению контраста границ теневого изображения. В то же время увеличение экспозиции T_v изменяет не только характер спекл-шума в изображении, но также характер отображения и положение границы теневого изображения. Размер и параметры структурированного шума сенсора изображения не соответствует спекл- шуму светового поля. Поэтому для оценки шума приемника изображения, регистрирующего спекл- шум, предлагается алгоритм анализа бинарных кластеров, полученный из исходного изображения. Алгоритм реализован функциями модуля технического зрения NI IMAQ Vision в приложении NI Vision Assistant.

Применение алгоритмов измерения, в том числе на базе НВП [1, 4] в условиях структурированного шума в изображении без усреднения светового поля невозможны. Предварительно необходимо выделить доминантную информационную составляющую границы изображения на фоне структурированного шума. Вейвлет- декомпозиция сигналов предоставляет возможность осуществлять фильтрацию по частотным составляющим сигналов. Предлагается использовать для выделения доминантной информационной составляющей кратномасштабный анализ (multiresolution analysis). Для проведения исследований разработан исследовательский виртуальный прибор.На первом этапе изображение, считанное с диска (IMAQ ReadFile), переводилось в изображение градации серого по красному каналу (IMAQ ExtractSingleColorPlane). Далее, из полученного изображения выделялся сигнал вдоль заданной линии профиля (IMAQ ROIProfile). Использована экспресс функция реконструкции (Multiresolution Analysis). В измерительной части ВП использовалась функция НВП (WA Continuous Wavelet Transform.vi), функция определения координат максимумов коэффициентов НВП (WA Multiscale Peak Detection.vi).

Результаты исследований показали, усреднение в соседних линиях профиля практически не влияет на результат реконструкции и измерения. Максимальная эффективность от усреднения достигается при увлечении расстояния между выбранными линиями профилей в изображении на характерный размер структуры шума. На рисунке 2 представлены графики исходного сигнала (*а*), реконструированного сигнала (*б*) коэффициентов НВП (*в*) для сигнала в одной линии профиля распределения освещенности и усредненного сигнала по двум выбранным линиям профиля.

Из графика рис. 2*а* видно, что в распределении освещенности исходного сигнала в строке изображения (n = 355) трудно выделить границу теневого изображения, в реконструированном сигнале (рис. 2*б*) в области границ изображения кривая имеет плавный длинный наклон, а в светлой области остались низкочастотные осцилляции от влияния структурированного шума. После

усреднения по двум удаленным друг от друга строкам n_1 и n_2, амплитуда осцилляций реконструированной кривой распределения освещенности значительно падает.

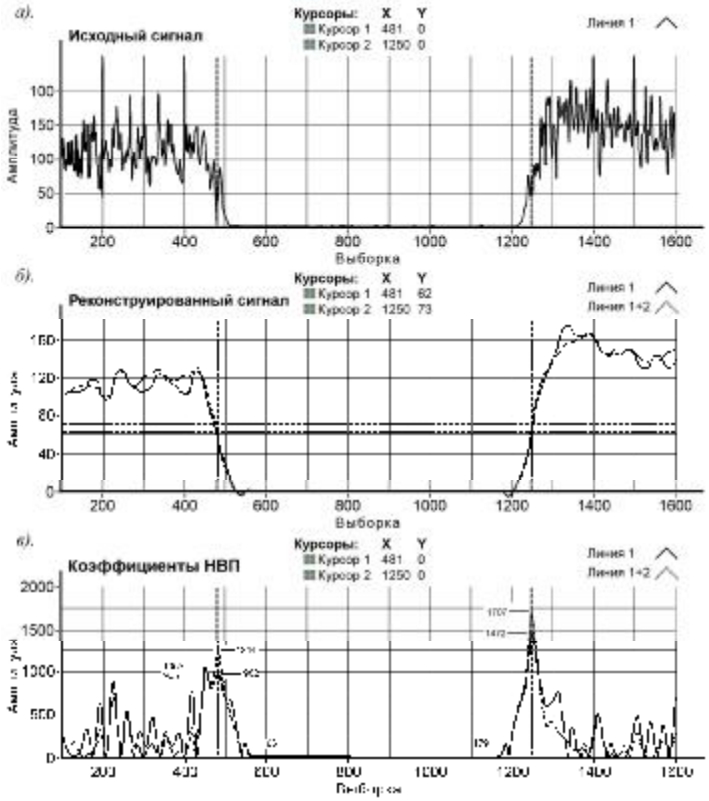


Рис. 2. Графики сигналов вдоль линии профиля n = 355, усредненный вдоль двух линий профиля n_1 = 355 и n_2 = 369: а - реконструированный сигнал; *б* - коэффициенты НВП

Из графиков коэффициентов НВП (рис. 2*в*) видно, что максимумы кривых в обоих случаях с точностью 1 пиксель связаны с границами теневого изображения. Представленные графики соответствуют одному из неблагоприятных случаев. В случае сигнала по одной линии профиля, идентификация первой границы затруднительна, так как имеется больший максимум кривой коэффициентов НВП, порожденный шумовой составляющей. Характерной особенностью является то, что шумовые максимумы расположены с внешней стороны границ изображения. При усреднении освещенности по двум линиям, идентификация границы изображения становится более очевидной.

Исследования показали, что используя метод вейвлет реконструкции сигнала возможно проведение измерений линейных размеров методом НВП по распределению освещенности в теневом изображении лишь в одной выбранной линии профиля изображения.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная методика внедрена в учебный процесс ПИМаш на кафедре "Автоматизация технологических комплексов и процессов" (АТКиП).

5. Список литературы

1. Махов В. Е., Потапов А. И. Использование алгоритма непрерывного вейвлет-преобразования в системах технического зрения // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54, № 9. С. 10 – 15.
2. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование алгоритмов вейвлет анализа для построения оптических измерительных систем // Контроль. Диагностика. 2013. № 1. С. 12 – 21.
3. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование вейвлет- анализа для диагностики системы технического зрения // Контроль. Диагностика. 2011. №9. С. 11 – 18.
4. Махов В.Е., Потапов А.И. Исследование измерительной оптической системы в условиях механической нестабильности объекта контроля // Контроль. Диагностика. 2013. № 2. С. 12 – 23.
5. Франсон М. Оптика спеклов. – М.: Мир, 1980. – 171 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ О МИКРОКЛИМАТЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Б.А. Ассанович, А.В. Артимович

УО «Гродненский университет имени Янки Купалы», г. Гродно

1. Постановка задачи

Беспроводные автоматизированные системы сбора данных (ССД) в настоящее время являются общедоступным средством получения экспериментальной информации, и связано это, в первую очередь, с широким распространением персональных компьютеров и микроэлектронной реализацией измерительных датчиков и беспроводных интеллектуальных устройств. Системы сбора данных применяются в научных исследованиях, управлении производственными процессами, мониторинге в промышленности, медицине, метеорологии, космонавтике и других областях человеческой деятельности. Их реализацию упрощает существование большого количества измерительных датчиков для получения данных о температуре, освещенности, давлении и т.д. Перспективными элементами беспроводных систем с малым потреблением энергии являются элементы выпускаемые компаниями Texas Instruments, Microchip, которые позволяют адаптировать уже известные решения на основе низкоскоростной сети ZigBee [1]. Однако часто практические задачи требует более простой и быстро настраиваемой ССД. Системы сбора данных, построенные па основе компьютера, позволяют собирать и обрабатывать данные в одном и том же месте и часто с помощью одного и того же программного обеспечения. Широкие возможности для сбора и обработки данных предоставляются программами MatLab, LabView.

Работа посвящена созданию автоматизированной ССД для мониторинга микроклимата помещений с использованием беспроводной сети. Реализуемая система будет выполнять измерение температуры и давления в смежных помещениях в радиусе порядка 300 метров и при помощи приемопередатчика передавать их на главный модуль, подключенный к персональному компьютеру. Проект данной системы предполагался как учебный, однако его реализация может найти инженерное применение.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Реализация беспроводной ССД выполнена на основе применения Pic-контроллеров широкого применения 16F876 компании Microchip [2] и приемопередатчиков TRF6900 фирмы Texas Instruments [3], а также программного обеспечения компании National Instruments.

3. Описание решения

Система сбора данных представляет собой группу распределённых по помещёниям модулей передатчиков, осуществляющих температурные измерения. Модуль сбора данных осуществляет запросы на станции расположенные в помещениях. Структурная схема системы показана на рис. 1.

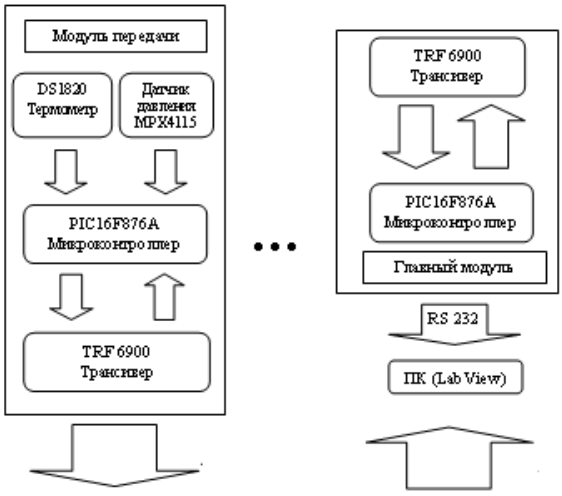


Рис. 1. Структурная схема ССД

На рис.1 показан один главный модуль (справа) и один модуль сбора и передачи данных. Однако, на практике количество станций сбора и передачи данных может составлять сотни единиц, что определяется диапазоном применяемых адресов.

Опрос распределённых модулей осуществляется методом адресного запроса как показано на рис.2. Структура адресного запроса включает в себя флаг и адрес запрашиваемого модуля. Модуль начинает принимать данные только после прихода комбинации бит соответствующих его флагу. После приёма запроса происходит проверка адреса запроса. Модуль начинает дальнейшую работу, если адрес в запросе совпадает с адресом модуля, иначе запрос считается ошибочным. Отправив запрос, главный модуль ожидает ответа, начинающегося уникальной комбинацией бит – соответствующих его флагу. Осуществление запроса представляет собой передачу пакета данных в последовательном виде. Структура пакета имеет свою специфику, заключающуюся в наличии перед информационными битами обучающей последовательности. Обучающая последовательность необходима для корректной работы приёмопередатчика.

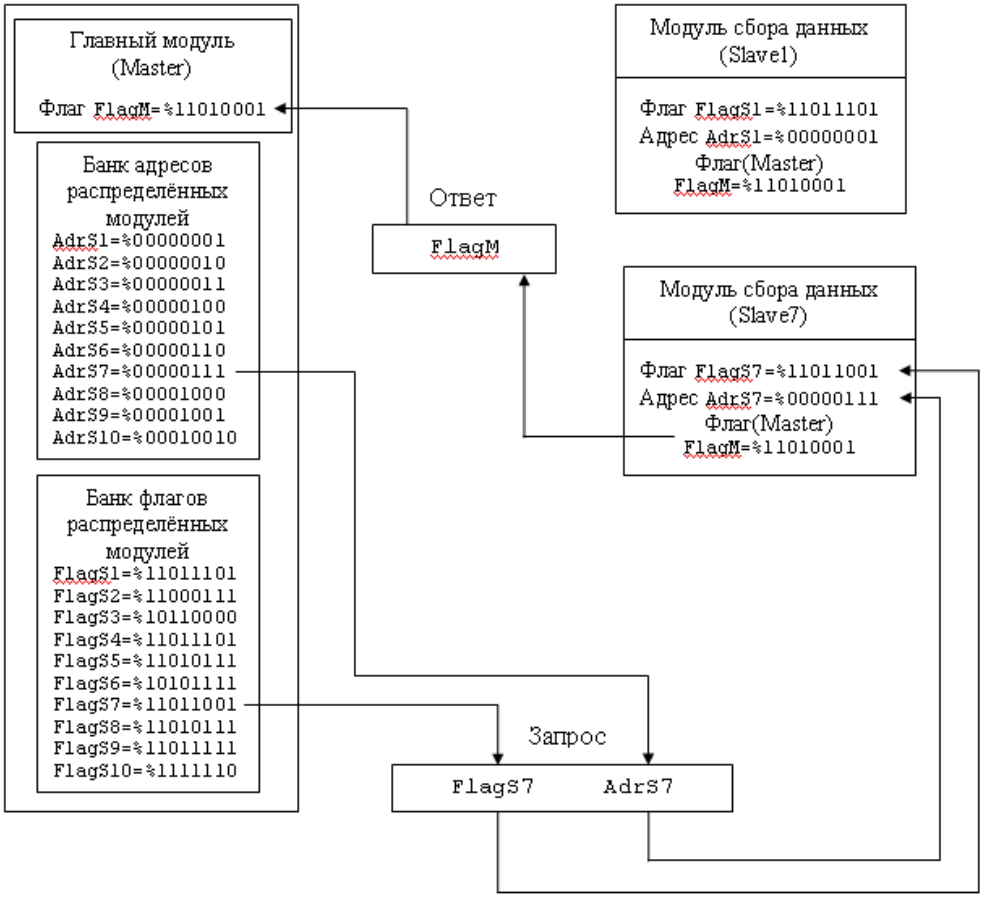


Рис. 2. Опрос распределённых модулей ССД

Приемопередатчик TRF6900 - это однокристальное устройство, предназначенное для использования в качестве недорогого ЧМ передатчика с возможностью быстрой перестройки частоты. Устройство выпускается в 48-выводном корпусе PQFP и разработано для работы в качестве многоканального передатчика в режимах частотной модуляции и частотной манипуляции в диапазонах ISM 868 и 915 МГц. Однокристальный передатчик работает с низким напряжением питания (3.3 В) и специально разработан для обеспечения малого энергопотребления.

В качестве термометра в ССД используется цифровой датчик DS18B20c программируемым разрешением, от 9 до 12–bit, которое может сохраняться в EEPROM памяти прибора. DS18B20 обменивается данными по 1-Wire шине и при этом может быть как единственным устройством на линии так и работать в группе. Диапазон измерений от –55°C до +125°C и точностью 0.5°C в диапазоне от –10°C до +85°C. DS18B20 использует исключительно 1-Wire протокол – при этом формируется соединение, которое осуществляет коммуникацию на шине, используя всего один управляющий сигнал. Основные функциональные возможности DS18B20 - его температурный преобразователь. Разрешающая способность температурного преобразователя может быть

изменена пользователем и составляет 9, 10, 11, или 12 битов, соответствуя приращениям (дискретности измерения температуры) 0.5 °C, 0.25°C, 0.125°C, и 0.0625°C, соответственно. В качестве измерителя давления используется датчик Motorola MPX4115, который имеет диапазон измеряемого давления - 15 - 115 кПа, выходной сигнал - 0.2 - 4.8V и является аналоговым датчиком, требующим АЦП. Преобразование получаемых данных, управление и связь с программой на компьютере осуществляет котроллер PIC16F876A. Выбор подобного микроконтроллера связан с наличием возможностей для разработки и отладки микропрограмм. Для упрощения его программирования и сокращения временных затрат при разработке ССД использовался язык Бейсик и среда программирования Proton. Для отладки работы отдельных модулей и общего протокола обмена данными в ССД использовалась среда Proteus (рис. 3).

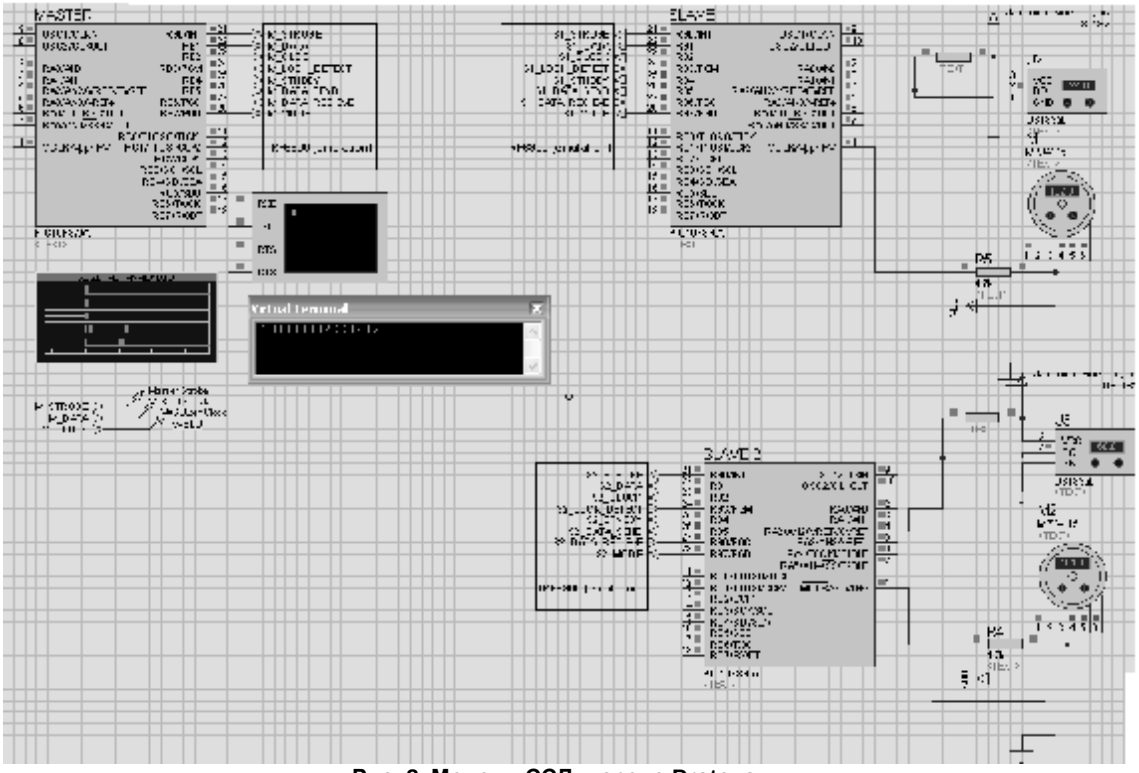


Рис. 3. Модель ССД в среде Proteus

После проведения тестирования рабочей модели был создан макет системы на основе реальных измерительных датчиков, подключенных к 2-м контроллерам PIC16F876A, а также модуля управления на контроле PIC16F876A, подключенного через преобразователь уровней ADM3202 к COM-порту ПК с установленной программой LabView 8.0, позволяющей легко конфигурировать параметры порта (рис 4).

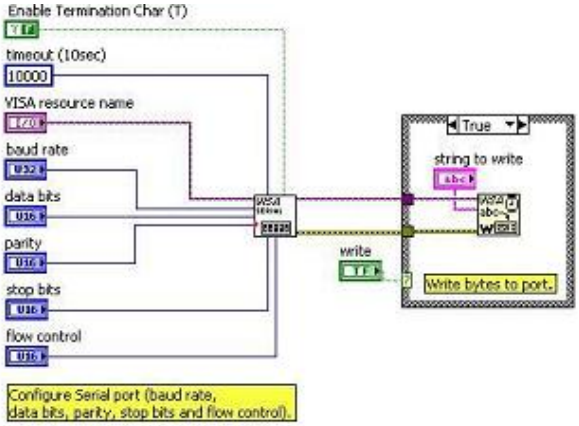


Рис 4. Конфигурирование COM-порта в LabView

На нынешнем этапе разработки ССД ведется в среде в LabView реализация генератора отчетов о полученных от модулей данных.

4. Внедрение и его перспективы

Созданная система сбора данных в процессе отладки была реализована в виде компьютерной модели, а затем в виде аппаратного комплекса, состоящего из главного модуля и 2-х распределённых в пространстве модулей. Планируется введение расширенного протоколирования и наращивание количества модулей системы.

5. Список литературы

1. http://www.ti.com/lsds/ti/wireless_connectivity/zigbee/ – раздел на сайте Texas Instruments.
2. PIC16F87x. Техническая документация по однокристальным 8-разрядным микроконтроллерам компании Microchip Technology Incorporated. – М.: ООО «Микро-Чип», 2002.
3. TRF6900. Техническая документация 2001, Texas Instruments.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СОВМЕСТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПУЛЬСА И ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Кирюхин, А.В. Алпатов

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

1. Постановка задачи

В последние годы в сфере изучения психофизиологических показателей человека бурно развивается раздел научных исследований, связанных с оценкой эмоционального состояния человека.

У человека, переживающего эмоцию, можно зафиксировать изменение электрической активности мышц лица [1, 2, 3]. Некоторые изменения наблюдаются при этом и в электрической активности мозга, в функционировании кровеносной и дыхательной систем [3]. Пульс разгневанного или испуганного человека может на 40-60 ударов в минуту превышать нормальный [4]. Столь резкие изменения соматических показателей при переживании человеком сильной эмоции указывают на то, что в этом процессе задействованы практически все нейрофизиологические и соматические системы организма. Эти изменения неизбежно сказываются на восприятии, мышлении и поведении индивида, и в крайних случаях могут приводить к соматическим и психическим нарушениям. Эмоция активирует вегетативную нервную систему, которая в свою очередь воздействует на эндокринную и нервно-гуморальную системы. Какой бы ни была эмоция, переживаемая человеком, – мощной или едва выраженной – она всегда вызывает физиологические изменения в его организме, и эти изменения порой столь серьезны, что их невозможно игнорировать. Результаты последних исследований в области нейрофизиологии позволяют предположить, что эмоции и настроение влияют даже на иммунную систему, снижают сопротивляемость болезням [5].

Исследования, проводимые за рубежом, касаются различных аспектов анализа эмоций человека. Это совместная оценка психофизиологических показателей, таких как пульс, электрокардиограмма, электродермальная активность, температуры тела, электроэнцефалограммы, видеоизображения мимической картины лица, при воздействии разного рода стимулов: музыкальных произведений, видеофрагментов различной длительности, графических изображений и др. Одним из наиболее распространенных показателей эмоционального состояния человека является его пульс, а также видеоизображение лица.

Согласно последним исследованиям многочисленных авторов эмоции имеют три основные размерности:

1. Валентность
2. Возбуждение
3. Контроль (доминирование)

Валентность характеризуется непрерывным значением эмоционального ответа или состояния, которые находится в пределах от приятного или позитивного, до неприятного или негативного. В свою очередь возбуждение характеризуется непрерывной шкалой, которая лежит в пределах от напряженного или волнующего состояния до спокойного или умиротворенного. Таким образом, возбуждение характеризует интенсивность эмоции, а валентность ее тип. Третье измерение – контроль (доминирование) особенно полезно при распознавании эмоциональных состояний, имеющих аналогичные валентность и возбуждение(например, ярость и горе) и колеблется от «не управляемая» до «полностью управляемая». Следовательно, весь диапазон человеческих эмоций может быть представлен как набор точек в трехмерном пространстве с вышеперечисленными координатными осями. На самом деле не все точки данного пространства могут существовать в реальности [6].

Работа посвящена созданию программно-аппаратного комплекса для регистрации пульса и видеоизображения лица человека для последующей оценки эмоционального состояния человека.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2010 с модулем NI LabVIEW Real Time. Для реализации системы было использовано устройство сбора данных (УСД) National Instruments USB-6008 и USB-камера Microsoft HD-5000 Lifecam.

3. Описание решения

Сигнал пульсовой волны, регистрируемый с тела человека (пальца руки, мочки уха) с помощью фотоплетизмографа, усиливается и поступает на аналоговый вход УСД NI USB-6008. Одновременно с регистрацией пульсовой волны происходит регистрация видеоизображения лица человека с помощью USB-камеры 3. На программном уровне регистрация пульсовой волны реализована с помощью инструмента DAQ Assistant, а регистрация видео осуществляется с помощью библиотеки IMAQ. Необходимость усиления сигнала подтверждается невысокой разрядностью АЦП, используемого в УСД – 10 бит и низким уровнем сигнала с датчика [7]. В результате усиления сигнал за счет подстройки коэффициента усиления имеет необходимую амплитуду и форму. Такой сигнал позволяет с высокой точностью определять пиковые значения амплитуды и на их основе вычислять мгновенное значение пульса человека. Определение пиковых значений происходит за счет функции пик-детекции на основе вейвлет-преобразования. Пороговое значение подбирается автоматически, как усредненное значение пульсовой волны за один период. Во время регистрации сигналов имеется возможность запись сигналов в файлы текстового вида и видеоизображения формата AVI, для пульса и видеоизображения лица соответственно.

Структурная схема комплекса приведена на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема комплекса: 1 - пульсометр; 2- устройство сбора данных NI USB-6008; 3- USB-камера

Лицевая панель программы приведена на рис.2.

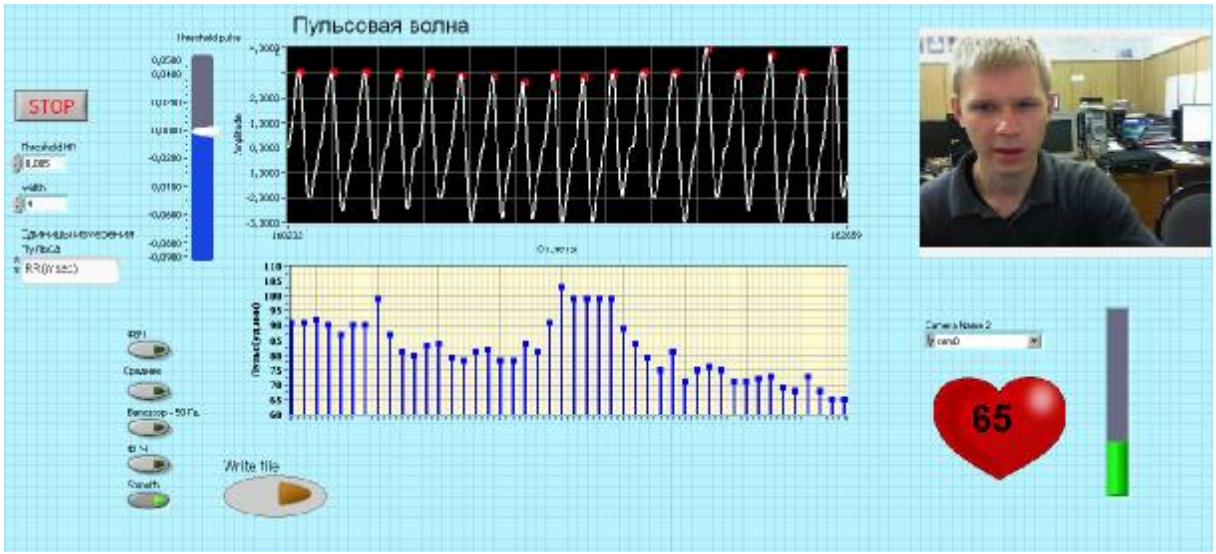


Рис. 2. Лицевая панель программы регистрации пульса и видеоизображения лица человека

В ходе проведения экспериментов с использованием данного комплекса испытуемому предъявлялись различные стимулы: графические изображения, видеофрагменты разного типа эмоциональной нагрузки.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система используется для накопления экспериментальных данных на кафедре Биомедицинской и полупроводниковой электроники. После сбора экспериментальных данных, планируется провести исследования по анализу кривой пульсовой волны на предмет нахождения в ней контрольных точек. Данные точки помогут определить моменты реакции сердечного ритма на эмоциональные воздействия.

5. Список литературы

1. Schvartz G. E., Fair P. L., Greenberg P. S., Mandel M. R., Klerman J. L. Facial expression and depression: An electromyographic study. – Psychosomatic Medicine, 1974. – V.36. – p. 458.
2. Klerman G. Depression and adaption.-In: R.Friedman & M.Katz (Eds.). The psychology of depression: Contemporary theory and research. – Washington, Winston & Sons, 1974. – P. 127-156.
3. Симонов П. В. Высшая нервная деятельность человека: мотивационно-эмоциональные аспекты. – М., Наука, 1975.
4. Rusalova R., Izard C. E., Simonov P. V. Comparative analysis of mimical and autonomic components of man's emotional state. – Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1975. – 46(9). – P. 1132 – 1134.
5. Marx J. L. «Anxiety peptide» found in the brain. – Science, 1985. – V.227. – p.934.
6. Hanjalic A., Xu L.Q. Affective video content representation and modeling // IEEE transactions on multimedia, V.7. – N. 1. – 2005.
7. Руководство пользователя и технические характеристики USB-6008/6009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/daq/ni_usb_6008_6009.pdf (дата обращения 24.10.2013).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИММИТАНСА ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ 7-500 К

А.В. Ермачихин, В.Г. Литвинов

Рязанский государственный радиотехнический университет (ФГБОУ ВПО «РГРТУ»), г. Рязань

1. Постановка задачи

Для исследования полупроводниковых структур в современных электрофизических лабораториях часто применяют измерительные комплексы, состоящие из различных приборов. Чем сложнее комплексы и чем больше информации об образцах необходимо сохранить, тем больше риск возникновения ошибки из-за человеческого фактора. Поэтому существует необходимость в создании автоматизированных измерительно-аналитических комплексов.

Метод измерения адмитанса и импеданса позволяет получать профили распределения основных носителей заряда в базе диода Шоттки, p-n-перехода, в квантово-размерной структуре вблизи слоев квантовой ямы или квантовых точек. Можно определить величину разрыва энергетических зон, энергетические уровни размерного квантования носителей заряда в квантовой яме, концентрацию носителей заряда в подзонах размерного квантования, величину встроенного электрического поля и профиль дна зоны проводимости или потолка валентной зоны [1, 2].

Измерительно-аналитический комплекс построен на базе криостата замкнутого цикла Janis CCS-400/204n [3], управляемого температурным контроллером LakeShore 335 [4], и RLC измерителем Agilent E4980A с Option 001 [5]. Комплекс имеет множество измерительных параметров (Cp-D, Cp-Q, Cp-G, Cp-Rp; Cs-D, Cs-Q, Cs-Rs; Lp-D, Lp-Q, Lp-G, Lp-Rp, Lp-Rdc; Ls-D, Ls-Q, Ls-Rs, Ls-Rdc; R-X; Z-θd, Z-θr; G-B; Y-θd, Y-θr; Vdc-Idc) в широком диапазоне температур (7-500К).

2. Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ)

Разработанное программное обеспечение внедрено в измерительный комплекс спектроскопии иммитанса для исследования полупроводниковых микро- и наноструктур, используемый в лаборатории электрофизических измерений в региональном центре зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп).

3. Описание решения

Программное обеспечение комплекса реализовано в среде инженерно-графического программирования LabVIEW с использованием библиотек Agilent E4980.lvlib и Lake Shore 335.lvlib, что позволило снизить временные затраты на разработку управляющей программы для измерительного комплекса. Кроме того, имеются широкие возможности для представления результатов эксперимента в той или иной форме и их математической обработки.

На рисунке 1 представлена блок-диаграмма программы, которая управляет комплексом, изменяет температуру, снимает, обрабатывает и сохраняет результаты измерений в файл.

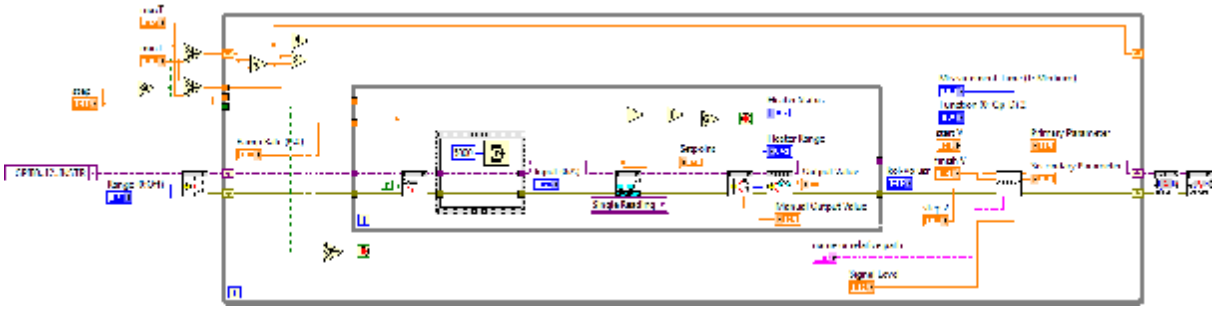


Рис. 1. Блок-диаграмма виртуального прибора (ВП)

На рисунке 2 представлена блок-диаграмма виртуального подприбора (ВПП), который управляет RLC измерителем Agilent E4980A.

На рисунке 3 представлена блок-диаграмма ВПП, который проверяет наличие заданного файла данных, если файл отсутствует, то создает его, а также в зависимости от выбранного измерения и количества частот создает необходимые подписи для графиков.

На рисунке 4 представлена блок-диаграмма ВПП, который отвечает за измерение:

- установка необходимых амплитуды и частоты измерительного сигнала;
- изменение постоянного напряжения смещения на образце;
- запись данных в файл;
- вывод данных в виде графиков на лицевую панель ВП.

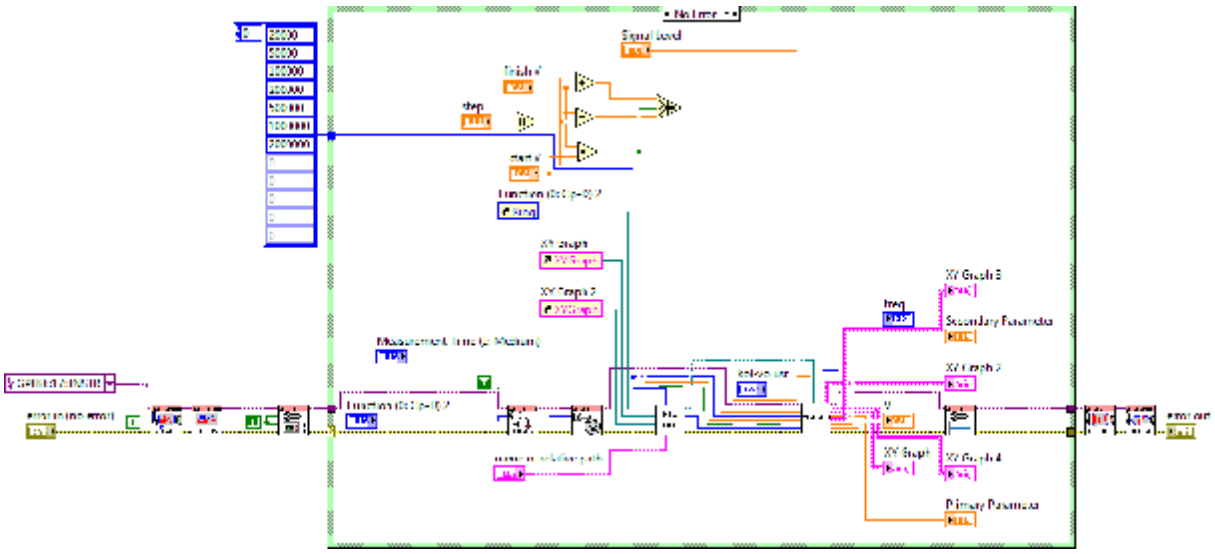


Рис. 2. Блок-диаграмма ВПП, управляющего Agilent E4980A

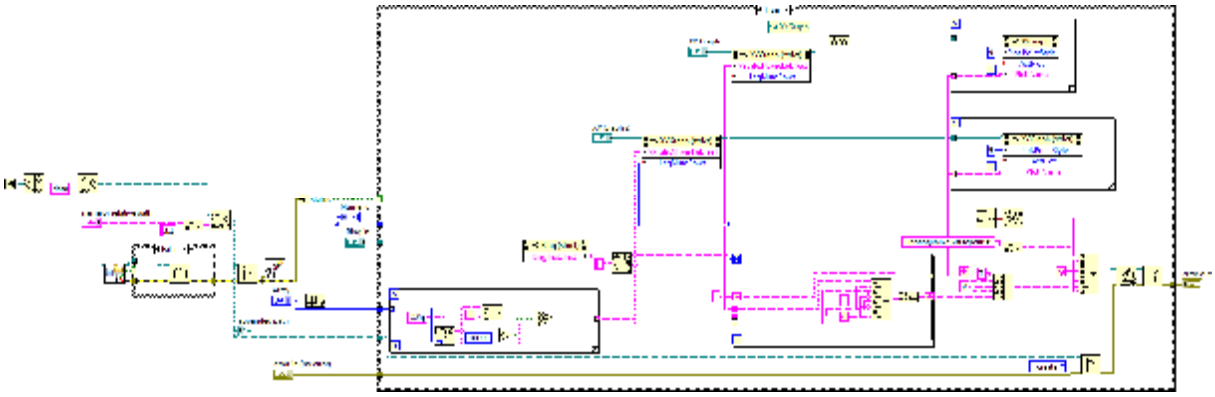


Рис. 3. Блок-диаграмма ВПП, создающего новый файл для записи

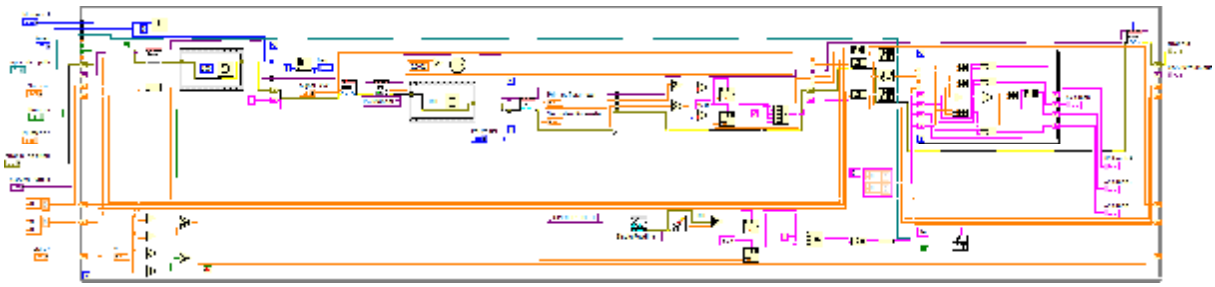
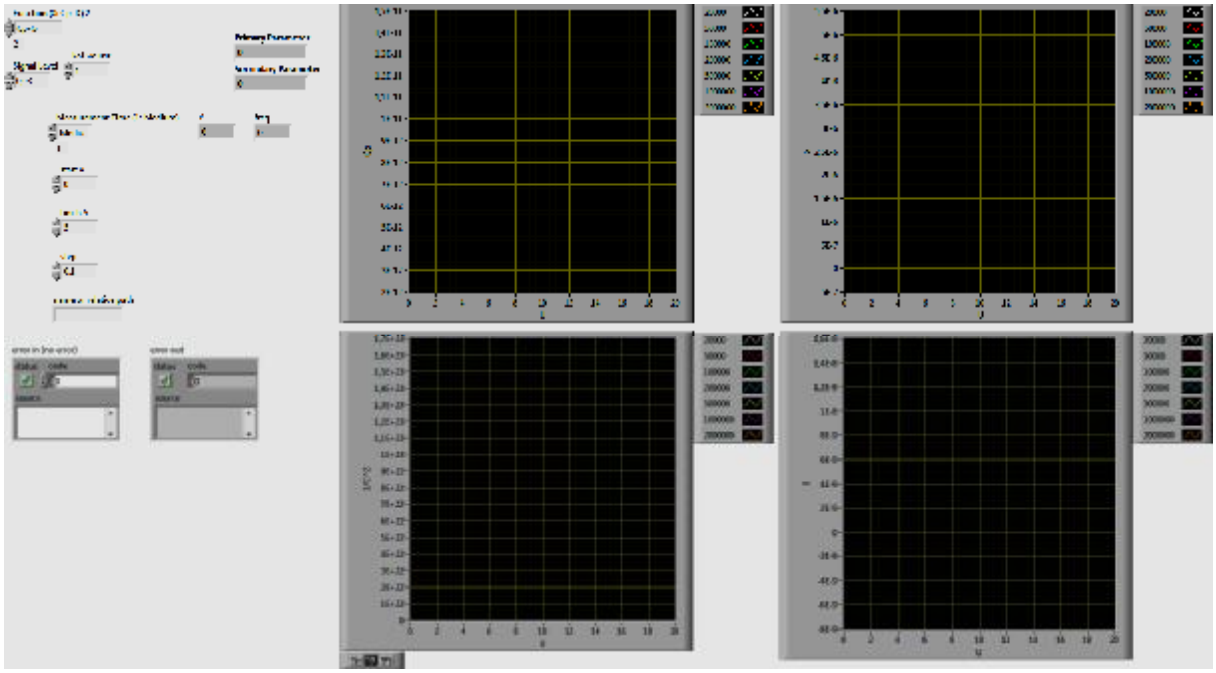


Рис. 4. Блок-диаграмма ВПП, осуществляющего снятие, вывод и запись данных

На рисунке 5 показаны лицевые панели виртуальных приборов, которые видно при работе с измерительно-аналитическим комплексом, лицевые панели остальных ВПП не отображаются при нормальной работе.

а



б

Рис. 5. Лицевые панели виртуальных приборов:
а – ВП, блок-диаграмма которого изображена на рисунке 1, б – на рисунке 2

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Высокопроизводительный GPIB интерфейс для PCI NI PCI-GPIB, LabVIEW 2012, библиотеки Agilent E4980.lvlib и Lake Shore 335.lvlib.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанное программное обеспечение управляет измерительным комплексом спектроскопии иммитанса, что позволяет исключить возникновение ошибки связанной с «человеческим фактором».

Данная программа является показателем удобства высокоуровневых языков программирования. При использовании библиотек управления приборами для инженера-разработчика отпадает необходимость «общаться» на «низком» уровне с интерфейсами приборов и персонального компьютера. Это заметно сокращает время, требуемое на написание управляющей программы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ и стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (СП-5135.2013.5), в НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе с использованием оборудования РЦЗМкп при ФГБОУ ВПО «РГРТУ».

6. Список литературы

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: в 2-х кн. Кн. 1: пер. с англ. 2-е перераб. и доп. изд. М.: Мир, 1984. 456 с.
2. Зубков В.И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса. СПб.: ООО «Техномедия». Изд-во «Элмор», 2007. 220 с.
3. http://www.janis.com/
4. http://www.lakeshore.com/
5. http://www.home.agilent.com/

АВТОМАТИЗИРОВАНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА КЕРРА

О.С. Трушин, А.Н. Куприянов

Ярославский филиал Физико-технологического института РАН, г. Ярославль

1. Постановка задачи

Многослойные магниторезистивные структуры лежат в основе многих современных применений спинтроники (датчиков слабых магнитных полей, ячеек магнитной памяти MRAM). Получение и исследование таких структур предполагает контроль их качества на всех этапах технологического процесса. Важнейшей функциональной характеристикой многослойной магниторезистивной структуры является петля гистерезиса, описывающая процессы перемагничивания слоев во внешнем магнитном поле. Форма петли гистерезиса содержит информацию о качестве многослойной структуры[1]. Для измерения этой характеристики бесконтактным способом широко используется магнитооптический эффект Керра[2,3].

Данная работа посвящена описанию автоматизированного стенда для измерения магнитных характеристик пленочных структур методом магнитооптического эффекта Керра с использованием платы сбора данных фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.6. Для реализации системы была использована плата сбора данных NI PCI-6221 [4].

3. Описание решения

Для получения петли гистерезиса проводились измерения экваториального эффекта Керра. Оптическая схема эксперимента представлена на рис.1.

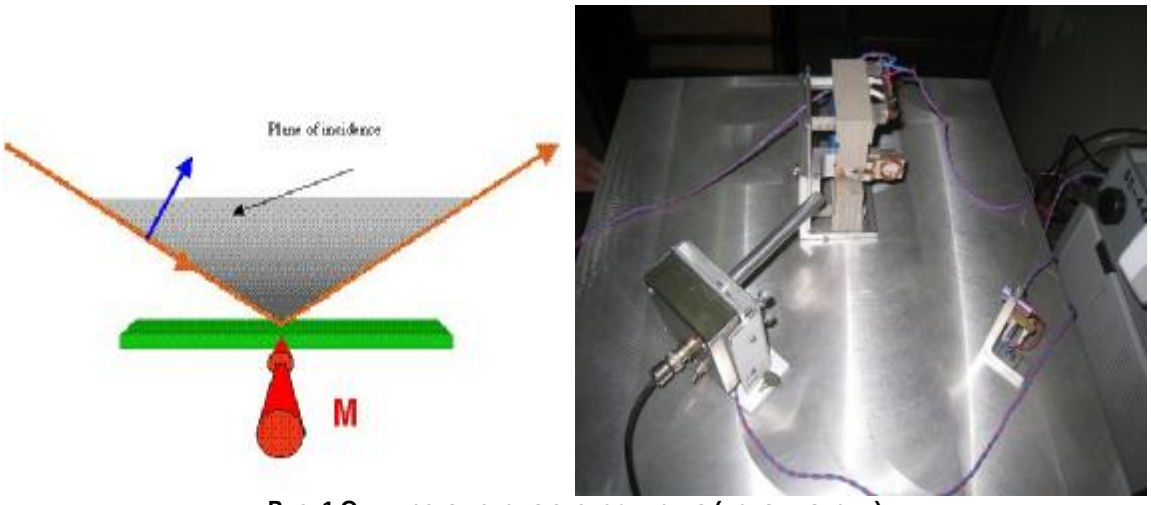


Рис. 1 Оптическая схема эксперимента (левая панель)

Здесь вектор намагниченности пленки (M) направлен перпендикулярно рисунку. Волновые векторы падающего излучения и отраженного лучей лежат в плоскости рисунка. Плоскость поляризации совпадает с плоскостью падения. На правой панели представлена фотография оптической части стенда. Здесь слева направо расположены основные элементы оптической схемы: фотоприемник с предусилителем; катушка с сердечником, создающая магнитное поле (в разрез сердечника помещен держатель образцов); лазерный модуль.

Падающий луч должен быть плоско поляризован. При этом плоскость поляризации должна быть параллельна плоскости падения (P – волна). В качестве источника света используется лазерный модуль. Для снижения влияния шумов основные оптические элементы смонтированы на тяжелом оптическом столе, покоящемся на резиновых опорах для усиления виброзащиты. Фотоприемник с предварительным усилителем собственной разработки. Сигнал с приемника поступает на плату сбора данных NI PCI-6221[3]. Туда же (но по второму каналу) поступает сигнал с катушки, создающей

магнитное поле на образце. На катушку подается переменное напряжение частотой 33 Гц. Упрощенная диаграмма стенда представлена на рис. 2

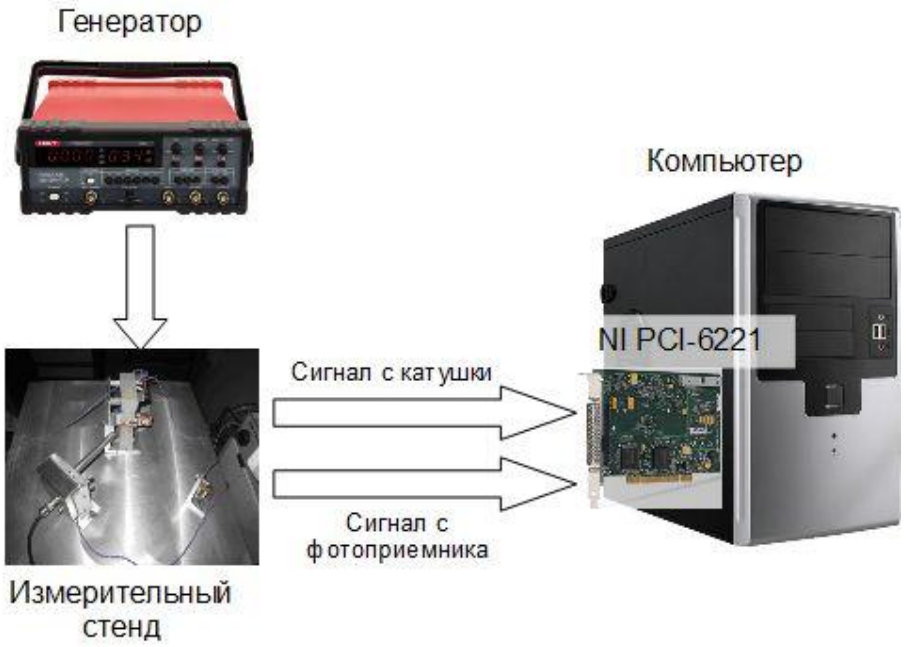


Рис. 2. Упрощенная диаграмма стенда

Для фильтрации случайных шумов использован метод арифметического среднего. В основе этого метода лежит закон больших чисел. Проводится многократная запись сигнала полученного по одному каналу (700 раз) и затем результаты этих измерений суммируются. Случайные шумы при этом взаимно уничтожаются. Синхронизация получаемых сэмплов производится по сигналу второго канала (сигнал с катушки индуктивности) с помощью ВП Trigger and Gate. По окончании работы система выдает петлю гистерезиса на экран и в текстовый файл. Блок-схема проекта представлена на рис.3.

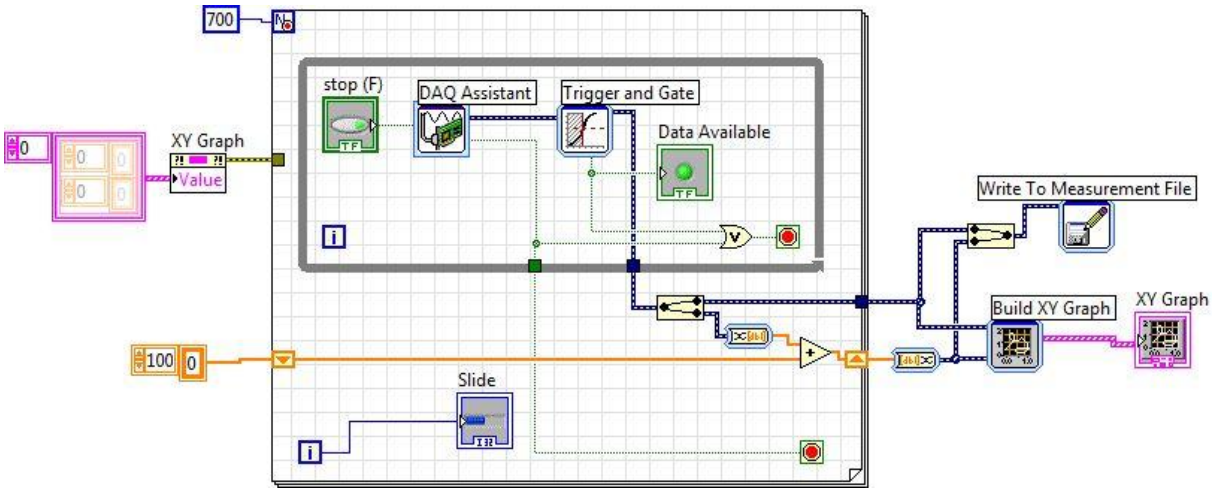


Рис.3 Блок-схема проекта LabVIEW

На рис.4 представлен вид экрана с изображением полученной петли гистерезиса. На этом рисунке виден характерный излом петли, типичный для трехслойной спин-вентильной структуры. Этот излом является свидетельством независимого переключения магнитных слоев.

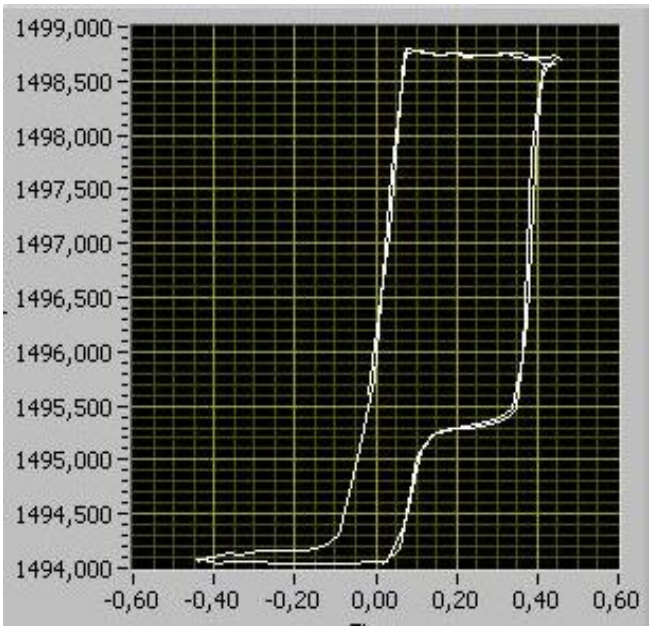


Рис. 4. Пример петли гистерезиса для спин-вентильной структуры после усреднения по 700 измерениям. По оси абсцисс (X) отложена величина пропорциональная магнитному полю - B(в условных единицах), по оси ординат (Y) величина пропорциональная намагниченности образца (M) -эффект Керра (в условных единицах)

Созданный автоматизированная стенд показал высокую чувствительность и надежность. Проведена верификация стенда путем сравнения данных полученных на одном и том же образце на собственном стенде и на коммерческом микроскопе Керра (фирмы AVECO). Результаты сравнения показали хорошее согласие получаемых данных.

Введение стенда в эксплуатацию позволило существенно ускорить процесс экспресс контроля образцов.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система успешно внедрена в Ярославском филиале ФТИАН РАН , г. Ярославль.

5. Список литературы

1. О.С. Трушин, В.В. Наумов, Н.И. Барабанова, В.Ф. Бочкарев Влияние технологических факторов на микромагнитные состояния магнитных наноструктур – Изв. РАН, сер. Физическая, № 1, 2014.
2. А.К. Звездин, В.А. Котов Магнитооптика тонких пленок – М: Наука, 1988.
3. В.А. Буравихин, В.Н. Щелковников, В.П. Карабанова Практикум по магнетизму – М: Высшая школа 1979.
4. http://www.ni.com/pci/ – раздел на сайте National Instruments.

АСНИ УНИКАЛЬНОГО РТУТНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ МГД ТЕПЛООБМЕНА

И.А. Беляев[1], С.Г. Крылов[2], В.С. Загорский[2]

1. ЗАО «ЦАТИ», Москва 2. НИУ «МЭИ», Москва

1. Постановка задачи

Концепция дальнейшего развития атомной энергетики России [1] предусматривает, наряду со строительством водо-водяных реакторов на тепловых нейтронах (ВВЭР), создание быстрых реакторов нового поколения с натриевым теплоносителем (типа БН), с тяжелым металлом в качестве теплоносителя – свинцом (БРЕСТ) или эвтектикой свинца и висмута (СВБР), а также, с высокой степенью вероятности, термоядерных реакторов с жидкометаллическим охлаждением.

Поэтому есть потребность в надёжных опытных данных о процессах гидродинамики и теплообмена жидких металлов (ЖМ) в условиях, адекватных реальным условиям в указанных перспективных ядерных энергоустановках (ЯЭУ). Современные потребности таковы [2], что необходимы данные не только об интегральных характеристиках (коэффициентах сопротивления и теплоотдачи), но также о локальных характеристиках – полях скорости, температуры, статистических характеристиках турбулентных пульсаций. Эта информация нужна не только для проектирования теплообменников, но, в неменьшей степени, для верификации расчетных компьютерных кодов.

Поэтому в научной среде сохраняется интерес к жидким металлам как теплоносителям и рабочим средам. Работа посвящена созданию автоматизированной системы измерения полей температуры и закономерностей теплообмена при течении ртути в экспериментальном канале на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с контроллером NI PXI-8106, применены следующие модульные приборы: высокоскоростные прецизионные вольтметры NI PXI-4071, плата измерения термопар SCXI-1130, коммутатор SCXI-1102.

3. Описание решения

Экспериментальный стенд оснащен автоматизированной системой (АСНИ) на базе аппаратуры National Instruments, Hewlett Packard. С помощью измерительных и управляющих каналов установка связана с приборными стойками, на которых расположены коммутаторы, вольтметры. Приборная стойка оборудования Hewlett Packard связана через магистраль приборного интерфейса КОП (GPIB) с PXI системой National Instruments.

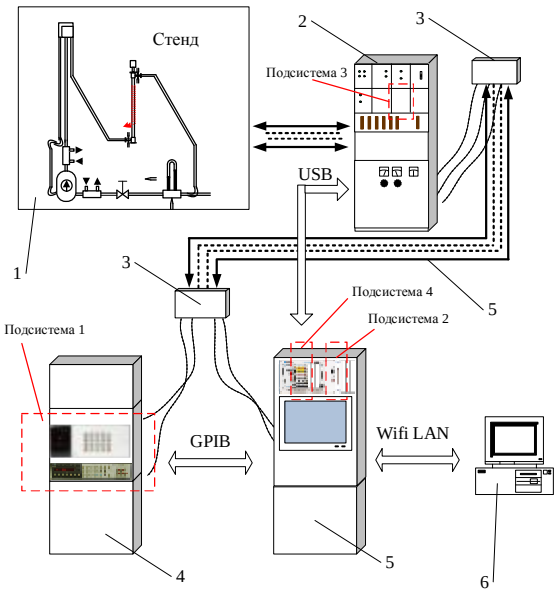
Проведение эксперимента осуществляется под управлением PXI-контроллера через автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, посредством которого оператор может обращаться к приборам, контролировать их работу, обрабатывать сигналы, полученные с измерительных каналов экспериментальной установки. Предусмотрен удаленный доступ к АРМ оператора по сети LAN и WIFI. Вторичная обработка опытных данных, их анализ и графическая иллюстрация выполняется в ходе эксперимента с использованием специально разработанного пакета прикладных программ.

АСНИ стенда (рисунок 1) можно условно разделить на четыре подсистемы. *Подсистема 1* служит для измерений напряжений и токов питания нагревателей, *подсистема 2* предназначена для измерений температур и тепломеров стенда, *подсистема 3* обслуживает координационный механизм зонда и *подсистема 4* обеспечивает зондовые измерения.

Все четыре подсистемы собраны на базе шасси PXI-1050 с контроллером NI PXI 8106**.**

Первая подсистема представляет собой вольтметр HP 3455A с коммутатор платой 44421A в составе крейта HP 3497A, к которому подключены 5 измерительных линий. Система обособлена ввиду того, что измеряемые величины имеют высокое напряжение, а измерительные линии нагревателей гальванически связаны с РНО-250-10. Питание обеспечивается от средней точки. Оборудование соединено с PXI по шине GPIB.

Подсистема 2 представляет модуль SCXI-1102 с коннекторным блоком SCXI-1303, подключенный в PXI - крейт через модуль NI PXI 6259.



1 – Экспериментальный стенд;2 – Стойка коммутации сигналов; 3 – Измерительно-управляющий тракт;4 – Стойка оборудования Hewlett Packard;5 – Стойка оборудования National Instrumnents; 6 – Дистанционный компьютер.

Рисунок 1 -. Схема АСНИ.

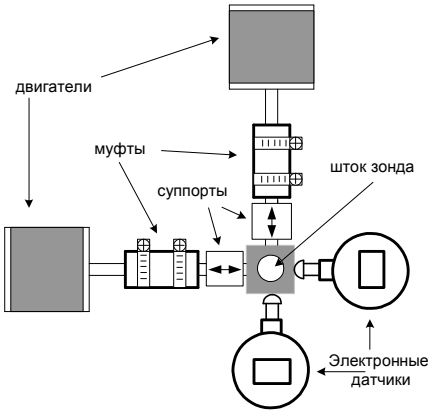


Рисунок 2 - Схема контроля перемещения штока шарнирного зонда.

Снимаются показания температуры входа, выхода, дифманометра сужающего устройства, воздуха, а также показания тепломеров и их температур. Всего каналов измерения 16-18 в зависимости от количества тепломеров. Температурная компенсация обеспечивается холодными спаями, помещёнными в нулевой термостат ТН-3М.

Модуль SCXI-1102 предназначен для измерения температур термоэлектрическими преобразователями, он поверяется в серии экспериментов при помощи специализированного программного обеспечения по показаниям эталонного термометра сопротивления ЭТС-100/2. Тепломеры градуируются в серии специальных экспериментов.

Подсистема 3 реализована на базе платы USB-6009. Управление 2 шаговых двигателей (рисунок 2) обеспечивается контроллерами управляемыми TTL сигналами. Обратная связь обеспечивается при помощи цифровых измерительных головок. Плата NI USB-6009 связана с PXI USB-кабелем. Все это позволяет достичь неплохой производительности при умеренных затратах.

Точность позиционирования штока зонда – 0,04 мм

Точность позиционирования зонда – 0,04 мм

Четвертая подсистема использует скоростной высокоточный вольтметр NI-PXI 4071. Осуществляется цифровая фильтрация сигнала [3]. Используется фильтр Баттерворда с бесконечной импульсной характеристикой 15 порядка из пакета программ LabView. Частота среза перенастраиваемая. Передаточная функция АЧХ для частоты среза 18 Гц приведена на рисунке 3.

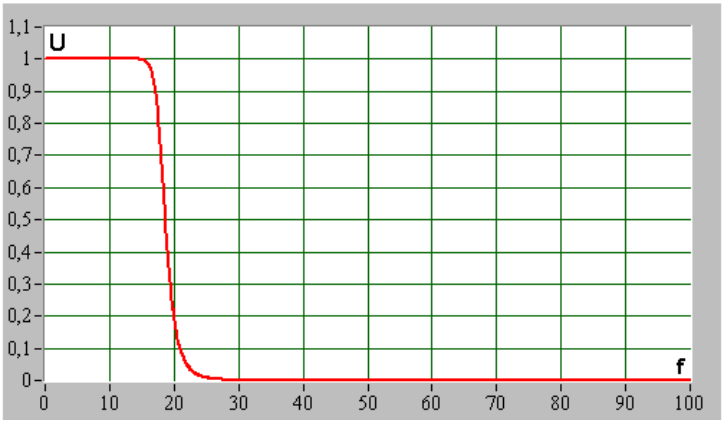


Рисунок 3 - Передаточная функция цифрового фильтра для частоты среза 18 Гц.

Реализованная в программной среде LabView *программа* позволяет автоматизировано проводить эксперимент. В работе программы задействуются все 4 подсистемы.

В автоматическом режиме решаются следующие задачи:

- подготовка к эксперименту,
- измерение сохранение и анализ режимных параметров,
- перемещение зонда по заданной траектории

- зондовые измерения.

Подготовка к эксперименту. При запуске программы в автоматическом режиме производится измерение сопротивлений термопар зонда, проверка целостности измерительных линий, работоспособности реле коммутатора. По запросу оператора производится самокалибровка вольтметров NI PXI 4071. При выходе на режимные параметры программно реализована возможность ожидания стабилизации режимных параметров до относительного изменения не более 5% в течении 5 минут.

Измерение сохранение и анализ режимных параметров. В ходе эксперимента с интервалом не менее 10 минут опрашиваются показания подсистемы силовых параметров, с интервалом не менее 5 минут опрашиваются показания подсистемы режимных параметров.

При отклонении параметров более чем на 5% от начальных срабатывает оповещение оператора. При отклонении более чем на 10% автоматическое проведение эксперимента приостанавливается до указания оператора. При выходе за установленные допустимые пределы срабатывает аварийное отключение нагревателей.

Данные об обеспечении стабильности параметров выводятся в файл. В файле сохраняются напряжения на нагревателях, напряжения на сопротивлениях последовательных нагревателям, температуры термопар входа выхода, выхода. температура в местах закладки тепломеров, показания тепломеров, расход рассчитанный по тепловому балансу, расход рассчитанный по показаниям дифманометра сужающего устройства, а также рассчитанные для свойств взятых по средней между входом и выходом температуре производные от этих параметров критерии подобия.

Перед началом автоматических зондовых измерений создается файл, в котором сохраняются режимные параметры на момент начала эксперимента.

Зондовые измерения. В ходе зондовых измерений при каждом перемещении положения термопары зонда на новую точку измерения происходит измерение температур на входе/выходе из экспериментального участка, записывается 45 секундная осциллограмма показаний термопары зонда. В каждой точке траектории происходит запись:

- Осциллограмма электрического сигнала (нефильтрованный сигнал).
- Осциллограмма температуры (фильтрованный сигнал).
- Сохраняются данные о времени начала измерения в формате ЧЧ. ММ. СС, координатах штока зонда, координатах зонда, средней температуре входа, средней температуре выхода, средней температуре термопары зонда, интенсивности пульсаций температуры термопары зонда, безразмерной температуре термопары зонда.

В настоящее время исследования проводятся в кольцевом канале с винтовым ребром, схема которого представлена на рисунке 4. Примеры полученных профилей температуры показаны на рисунке 5.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система успешно внедрена в НИУ МЭИ. В настоящее время с использованием системы проводятся научно исследовательские работы по заказу ОАО «НИКИЭТ». Система применяется для подготовки специалистов в технике проведения экспериментов с жидкометаллическими теплоносителями.

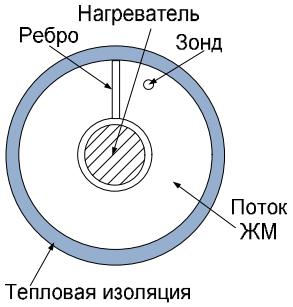


Рисунок 4- Схема кольцевого канала с винтовым ребром.

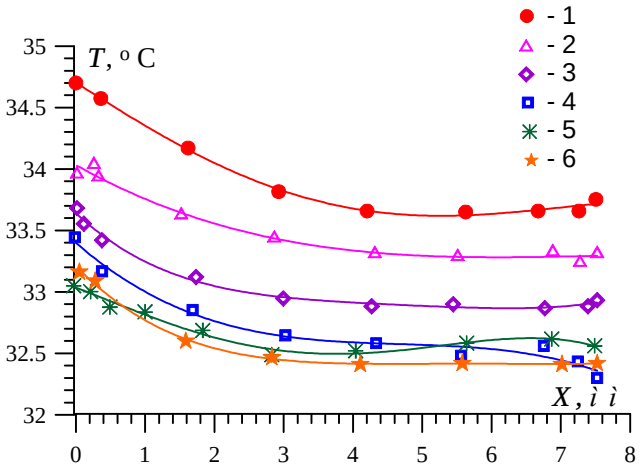


Рисунок 5 - Распределение температуры по радиусу кольцевого зазора для углов в градусах: 1) φ=30, 2) 70, 3) 100, 4) 130, 5) 155, 6) 190.

СЕКЦИЯ «ЛАБОРАТОРНЫЕ ПРАКТИКУМЫ И УЧЕБНЫЕ СТЕНДЫ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛОГОВЫХ ФИЛЬТРОВ В ПРОГРАММНЫХ СРЕДАХ LABVIEW И MULTISIM

Б.Р. Касимова, Д.Е. Баксултанов

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана

1. Постановка задачи

На сегодняшний день широкое применение получили электрические фильтры, трудно найти радиотехническое устройство, в котором не использовались бы электрические фильтры. В настоящее время существует множество самых различных принципов реализации частотно-избирательных устройств, широкое применение получили *LC*-фильтры. Эти фильтры используются в очень широком диапазоне частот – вплоть до гигагерц. Методика расчета большинства фильтров основывается на расчете *LC* фильтров. Даже в основе проектирования цифровых фильтров лежат расчеты *LC* фильтров.

Работа посвящена созданию автоматизированной системы измерения характеристик фильтра на основе применения программного продукта LabVIEW и Multisim фирмы National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 10 и в средt моделирования электронных схем NI Multisim.

3. Описание решения

Главное меню программы на рис. 1.

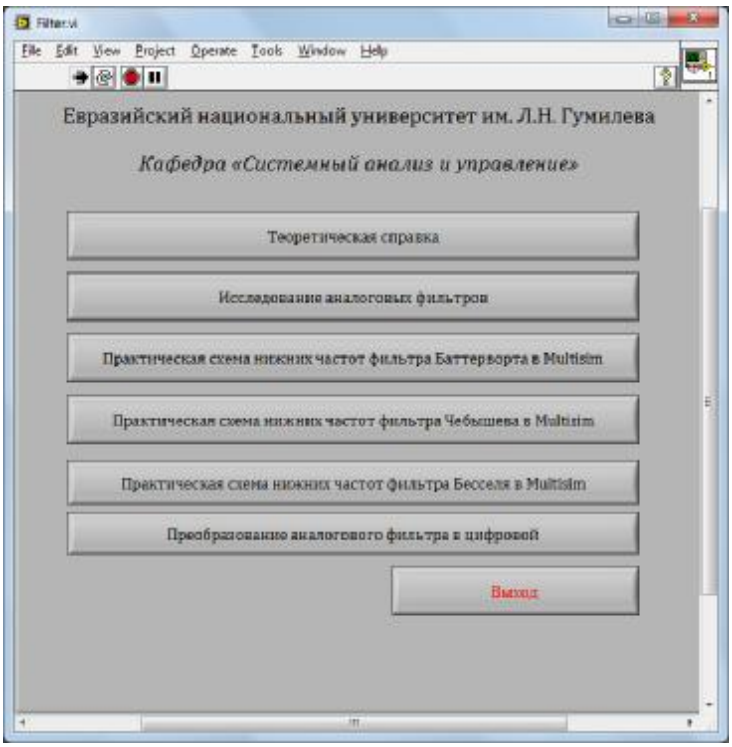


Рис. 1. Главное меню программы

Экспериментальная установка представляет собой программный комплекс LabVIEW. Программная реализация содержит: необходимый теоретический материал для исследования фильтров, практические схемные реализации фильтров нижних частот Баттерворта, Чебышева и Бесселя, подпрограмму для исследования аналоговых фильтров, подпрограмму для перехода от аналогового фильтра в цифровой.

Данная программа по коэффициентам числителя и знаменателя передаточной функции фильтра строит модель в пространстве состояний и осуществляет полный спектр измерений временных, частотных, динамических характеристик и реализовывает преобразование аналогового фильтра в цифровой.

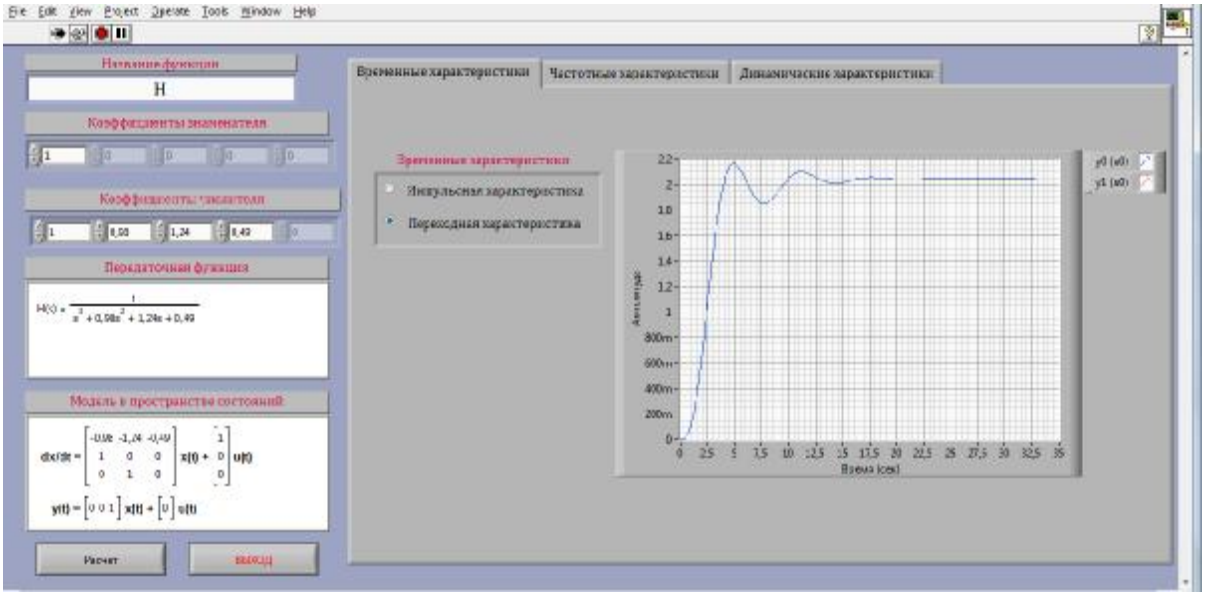


Рис. 2. Исследование аналоговых фильтров (ФНЧ Чебышева)

Раздел «Теоретическая справка» содержит все необходимые теоретические сведения, формулы для расчетов и методические рекомендации по проектированию фильтров.

Подпрограмма «Исследование аналоговых фильтров» по заданным коэффициентам полиномов числителя и знаменателя строит передаточную функцию фильтра. По заданной передаточной функции производится полный анализ проектируемого фильтра.

Рис. 3. Преобразование аналогового фильтра в цифровой

Подпрограмма «Преобразование аналогового фильтра в цифровой» по передаточной функции аналогового фильтра получает соответствующую передаточную функцию цифрового фильтра. Как было сказано выше, в основе проектирования цифровых фильтров лежат расчеты *LC* фильтров.

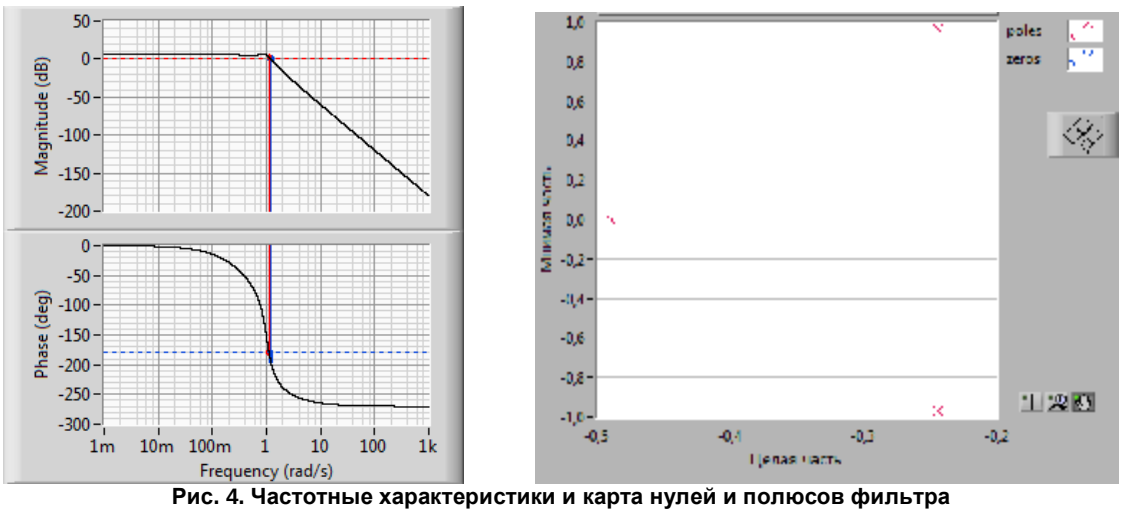


Рис. 4. Частотные характеристики и карта нулей и полюсов фильтра

На основе интеграции LabVIEW и NI Multisim практические схемы фильтров Чебышева, Баттерворта и Бесселя реализованы в Multisim и собраны в одну программу.

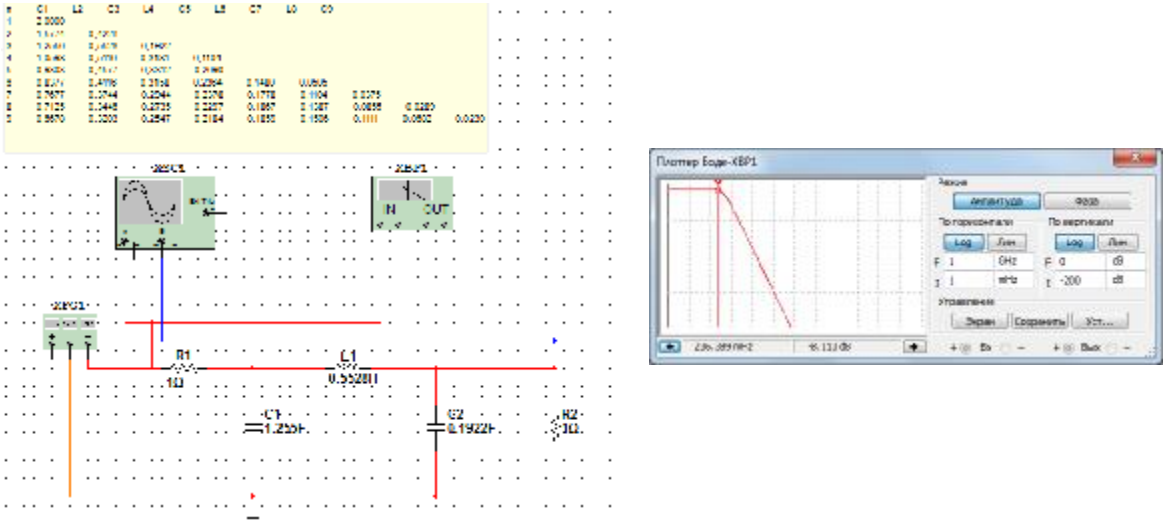


Рис. 5. Практическая схема фильтров нижних частот Бесселя

Созданная программная среда успешно заменила существующую систему на базе реальных измерительных приборов. Это позволило существенно ускорить процесс проведения исследований и применяется студентами специальности «Автоматизация и управление».

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система измерений характеристик фильтра внедрена в учебный процесс на кафедре «Системный анализ и управление» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г.Астана. Планируется создание экспериментального стенда.

5. Список литературы

1. Analog and digital filters: design and realization. Lam H. Prentice-Pall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 1989 p.
2. Компьютерное моделирование электрических фильтров. Касимова Б.Р., Баксултанов Д.Е. LAP Lambert Academic Publishing, Германия., 2013. 88 с.
3. http://www.che.utexas.edu/course/che360/documents/labview_tutorial.pdf

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНВЕРТОРОВ

Н.В. Белов, В.Е. Черемухин, Д.В. Жматов, В.П. Горкин

Московский институт энергобезопасности энергосбережения, г. Москва

1. Постановка задачи

В учебном курсе «Промышленная электроника» изучаются инверторы – преобразователи напряжения постоянного тока в переменное напряжение заданной величины и частоты. В практической реализации нашли применение схемы двух типов инверторов: «чистый синус» и «модифицированный синус». При изучении принципов преобразования и сравнения характеристик инверторов важно совместить наглядность и возможность измерения параметров входных и выходных токов и напряжений. С этой целью требуются разнообразный парк приборов как для визуализации процессов преобразования, так и измерения токов, напряжений и характеристик формы сигнала. В докладе представлен вариант виртуального многофункционального измерителя параметров инверторов на основе применения программного обеспечения LabVIEW и оборудования фирмы National Instruments.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Московский институт энергобезопасности энергосбережения, кафедра Электротехники и электроники

3. Описание решения

С помощью инверторов возможно получение выходного напряжения, удовлетворяющего стандартам на качество электроэнергии в энергетике, согласно ГОСТ 54149-2010 [1]. Блок-схема инвертора приведена на рис. 1.

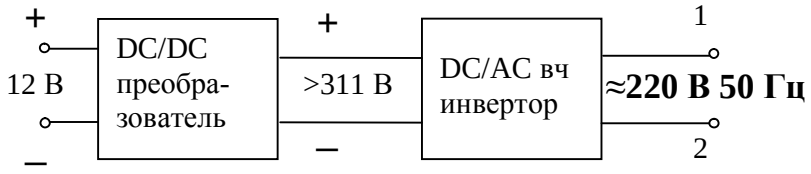


Рис. 1. Блок-схема инвертора с синусоидальным выходным напряжением

Источник энергии постоянного тока подключается на вход высокочастотного преобразователя постоянного напряжения. Выходное напряжение инвертора может быть различным в зависимости от конструкции, однако оно должно быть выше амплитудного напряжения сети, то есть выше 311 В. Выходное напряжение преобразователя поступает на высокочастотный инвертор (DC/AC), представляющий собой управляемый понижающий импульсный преобразователь. Данный преобразователь может устанавливать на своем выходе напряжение по сигналу от схемы управления в диапазоне от нуля до напряжения питания, то есть до напряжения больше 311В. Высокочастотный инвертор обычно содержит два таких канала по мостовой схеме, таким образом, напряжение между их выходами может достигать от -311 В до +311 В, как и в сети 220 В. Схема управления подает особый сигнал на каждый канал высокочастотного преобразователя, изменяющийся во времени таким образом, что выходное напряжение каждого канала высокочастотного преобразователя изменяется по синусоидальному закону с частотой 50 Гц, и смещено по фазе на 180 градусов между каналами. Напряжение же между выходами представляет собой синусоиду без постоянной составляющей амплитудой 311В. Изменение формы выходного напряжения в зависимости от величины входного напряжения не происходит вследствие того что либо DC/DC преобразователь либо высокочастотный инвертор исполняются стабилизированными, то есть выходное напряжение не зависит от входного.

Лабораторная установка рис. 2 состоит из двух инверторов («чистый синус» и «модифицированный синус») мощностью по 350 Вт каждый, нагрузки инвертора, в качестве которой используются коммутируемые лампы накаливания. Источником энергии является аккумуляторная батарея 12 В; 45 Ач. Для исследования характеристик инвертора разработан многофункциональный виртуальный измерительный прибор на основе 8 канального устройства сбора данных *USB*-6009 с блоком согласования сигналов и программы для персонального компьютера в программной среде *LabVIEW*.

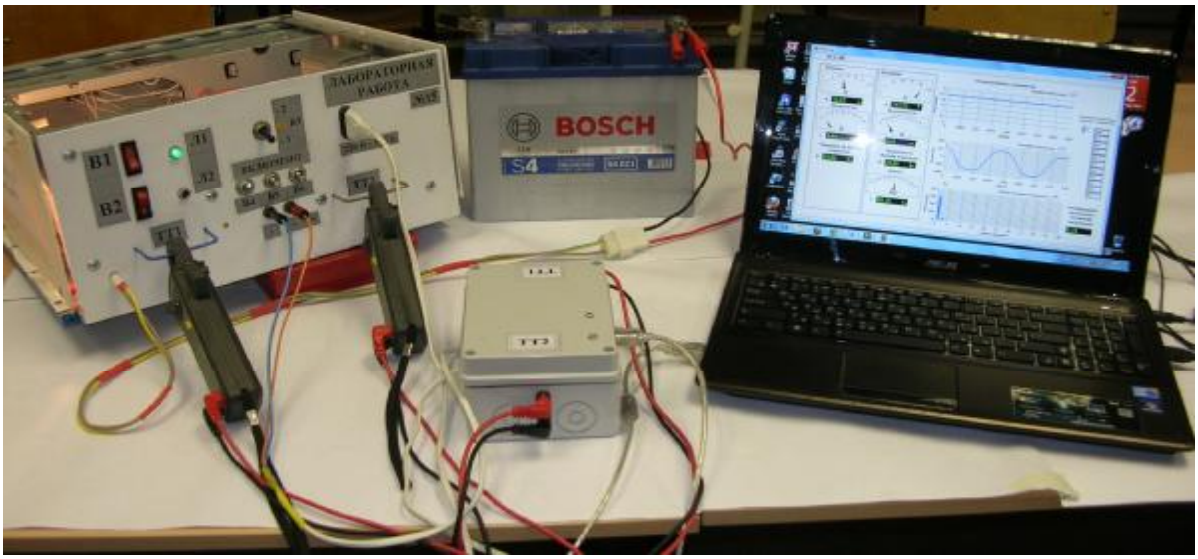


Рис. 2. Общий вид лабораторного стенда

Блок согласования входного и выходного напряжения инверторов представляет собой резистивный делитель, преобразующий уровни напряжений до величин, соответствующих уровням сигналов устройства сбора данных *USB*-6009 (±10 В). С помощью токовых клещей-адаптеров АТА-2504, подключаемых к соответствующей петле входного и выходного провода, измеряется потребляемый инвертором ток от аккумуляторной батареи и ток нагрузки.

Виртуальный измерительный прибор выполнен на персональном компьютере в программной среде *LabVIEW*. Панель виртуального измерительного прибора приведена на рис. 3. Виртуальные измерительные приборы (вольтметры и амперметры в левой части приборной панели) отображают входные и выходные токи и напряжения инвертора. Ваттметры измеряют мощность потребляемую инвертором от источника постоянного напряжения и активную мощность, потребляемую нагрузкой инвертора. Частотомер – частоту напряжения переменного тока на выходе инвертора.

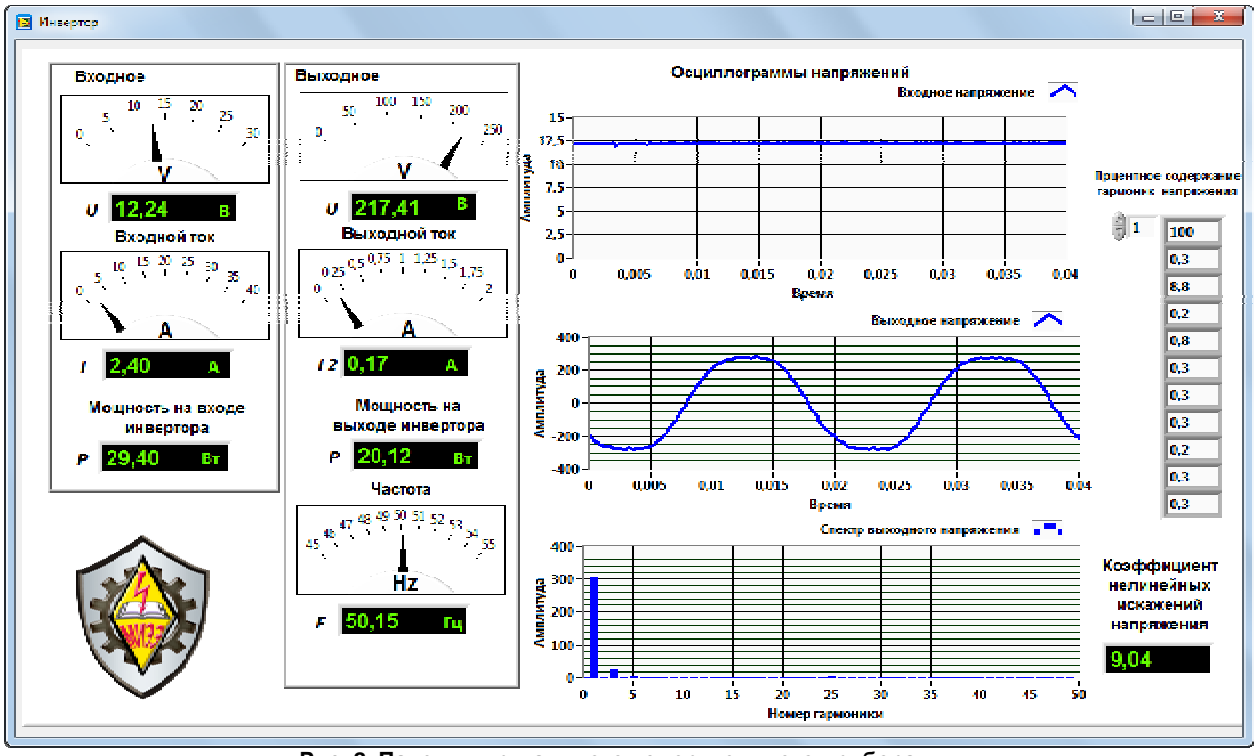


Рис. 3. Панель виртуального измерительного прибора

Виртуальный измерительный прибор рис. 4 позволяет регистрировать осциллограммы входного и выходного напряжения, а так же определять гармонический состав напряжения на выходе инвертора до 50-ой гармоники. Процентное содержание гармоник можно просматривать в окне в правой части панели виртуального прибора. Виртуальный прибор рассчитывает коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения по формуле

$$K = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{N} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100\%$$

$U_{(n)}$ - действующее значение *n*-ой гармонической составляющей напряжения, В;

n - номер гармоники;

N - число гармоник;

$U_{(1)}$ - действующее значение первой гармонической составляющей напряжения, В.

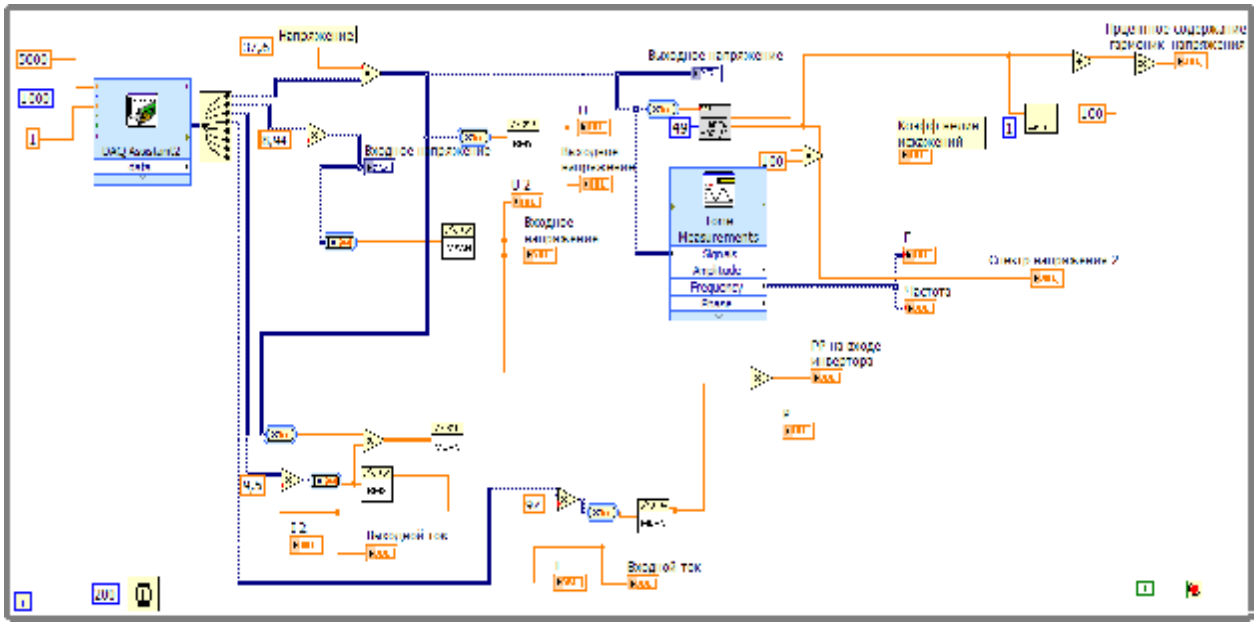


Рис.4. Блок-диаграмма виртуального прибора

4. Используемое оборудование и ПО National Instruments

Устройство сбора данных – NI USB 6009
Среда графического программирования – LabVIEW 2009
Библиотека компонентов Electrical Power Measurement NI
Тулкит для создания отчетов Report Generation Toolkit for Microsoft Office

5. Перспективы внедрения и развитие решения

Лабораторный стенд используется в Московском институте энергобезопасности и энергосбережения при изучении курса «Промышленная электроника» для подготовки бакалавров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

6. Список литературы

1. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М. : Стандартинформ, 2010.
2. Д.В.Жматов, В.Е.Черемухин. Информационно-измерительный комплекс для анализа и регистрации параметров сети электроснабжения.//Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments – 2011: Сборник трудов X международной научно-практической конференции – М.: ДМК-пресс, 2011.
3. Суранов А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

СПЕКТРОМЕТР ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

С.В. Бутаков

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск

Тангенс угла диэлектрических потерь tgδ является одним из важных параметров диэлектриков и электроизоляционных материалов, позволяющий оценить материал по величине удельных диэлектрических потерь мощности. Величина tgδ не зависит от размеров и формы изоляционного материала, определяется видом и структурой материала, характеризуя потери мощности при работе изоляции на переменном напряжении [1]. Измерение tgδ электроизоляционных материалов при различных частотах и в широком диапазоне температур, в том числе при отрицательных температурах, является важной задачей. Особенно актуальна эта задача при оптимальном выборе по потерям мощности материалов, работающих в экстремальных условиях в электроэнергетических установках и высокочастотном оборудовании. Существует множество измерителей tgδ при разных частотах и температурах: измерители на промышленной частоте 50 Гц (Тангенс-2000, Тангенс-3М, Вектор-2.0 М и др.), мостовые схемы переменного тока на частотах от десятых долей герца до 100 кГц (мост переменного тока Р5083 на частотах от 0,1 до 100 кГц), резонансные методы на высоких частотах от 100 кГц до 100 МГц (Concept 40 компании NOVOCONTROL Technologies на частотах от 3 мкГц до 20 МГц в диапазоне температур -160 ... +400 ˚С), волновые методы на сверхвысоких частотах от 100 МГц до 100 ГГц. Промышленные измерители tgδ на высоких частотах достаточно дороги для использования в учебном процессе при выполнении лабораторных работ. К тому же они, как правило, не позволяют строить спектр tgδ в заданном диапазоне частот.

С помощью оборудования компании National Instruments, среды программирования LabVIEW, лабораторной станции NI ELVIS II с макетной платой был разработан спектрометр tgδ, работающий в диапазоне частот от 5 Гц до 5 МГц. Этот диапазон частот был выбран исходя из возможностей функционального генератора, встроенного в LabVIEW. К макетной плате подключается датчик, который представляет собой конденсатор, между обкладками которого помещается образец диэлектрика. Выполнен датчик на основе микрометра, позволяет надёжно прижимать электроды к диэлектрику и одновременно измерять расстояние между ними. В качестве изоляционных материалов при измерении применялись образцы гетинакса, дерева, фторопласта-4, коллекторного слюдопласта. Датчик подключается к макетной плате, на которой собирается измерительная цепь. Цепь представляет собой последовательное соединение резистора R_1 и датчика и подключается к источнику синусоидального сигнала – функциональному генератору FGEN. Частота генератора в процессе измерения изменяется в заданном диапазоне с выбираемым шагом. Резистор R_1 служит для измерения тока в цепи и выбирается достаточно большого значения для увеличения измеряемого на нём напряжения U_1, так как последовательно с ним включен диэлектрик, ток в цепи мал и определяется в основном сопротивлением диэлектрика. В работе использовался резистор R_1 = 4,7 кОм. С целью упрощения вычислений диэлектрик представлен последовательной схемой замещения резистора сопротивлением R_c и конденсатора с емкостным сопротивлением X_c. Для определения tgδ измеряются три напряжения: напряжение источника U, напряжение на резисторе U_1 и напряжение на датчике U_c (рис. 1). На рис. 2 изображена фотография измерительного стенда.

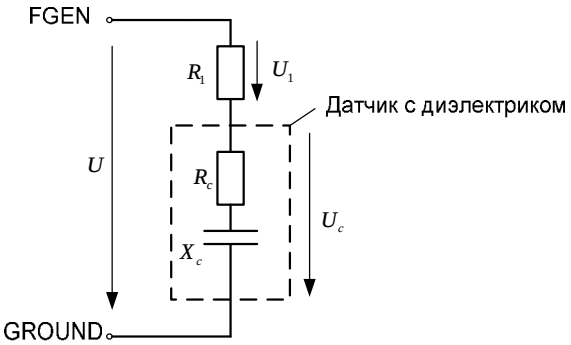


Рис. 1. Схема измерительной цепи

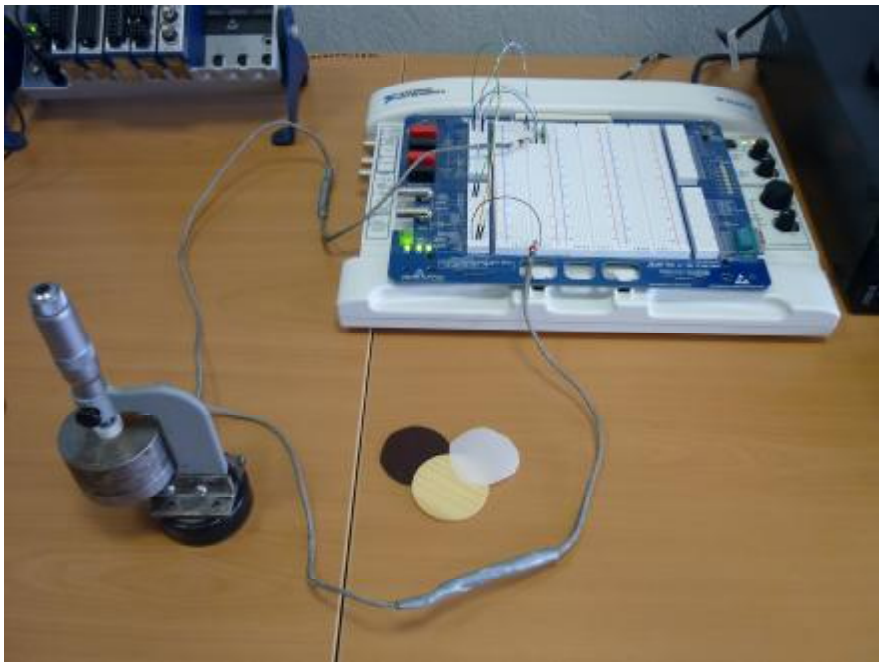


Рис. 2. Фотография измерительного стенда

Программа строит спектр в виде графика зависимости tgδ от частоты в заданном диапазоне. Также задаётся число точек для измерения в выбранном частотном диапазоне, т.е. шаг построения спектра. Одна точка строится приблизительно одну секунду, так как функциональному генератору необходимо время для изменения частоты, и для уменьшения погрешности измерения берётся усреднение по большому числу выборок (точек). В работе частота выборки равна 500000. По измеренным значениям напряжений U, U_1 и U_c программой рассчитывается tgδ. Согласно рис. 1. тангенс угла диэлектрических потерь определяется по формуле

$$tgd = \frac{R_c}{X_c}. \qquad (1)$$

Выражая сопротивления R_c и X_c через измеренные напряжения и сопротивление R_1, формула (1) принимает следующий вид

$$tgd = \frac{\frac{U^2}{U_1^2} - \frac{U_c^2}{U_1^2} - 1}{\sqrt{4\left(\frac{U_c^2}{U_1^2}\right) - \left(\frac{U^2}{U_1^2} - \frac{U_c^2}{U_1^2} - 1\right)^2}}. \qquad (2)$$

Так как tgδ выражается через отношения напряжений, уменьшается погрешность измерения, вызванная высокой частотой сигнала на выходе функционального генератора. На рис. 3 представлен фрагмент блок-диаграммы программы по построению спектра tgδ, а на рис. 4 – лицевая панель с примером построенного спектра для коллекторного слюдопласта в частотном диапазоне от 230 кГц до 350 кГц.

Таким образом, используя оборудование National Instruments, построен прибор для получения спектра tgδ электроизоляционных материалов в регулируемом частотном диапазоне от 5 Гц до 5 МГц, позволяющий определять частотный минимум по потерям мощности в изоляции, который можно использовать при проведении лабораторных работ со студентами и в исследовательской деятельности. В дальнейшем предполагается дополнить прибор обработчиком ошибок, уменьшить до минимума погрешности измерения, вызванные высокочастотными сигналами, в том числе используя коаксиальные кабели.

Имеется возможность подключить измеритель к датчику в виде плоского конденсатора с электродами большой площади (20 х 20 $см^2$), а также к термостату с регулируемой температурой для изучения температурной зависимости частотного спектра tgδ исследуемого электроизоляционного материала.

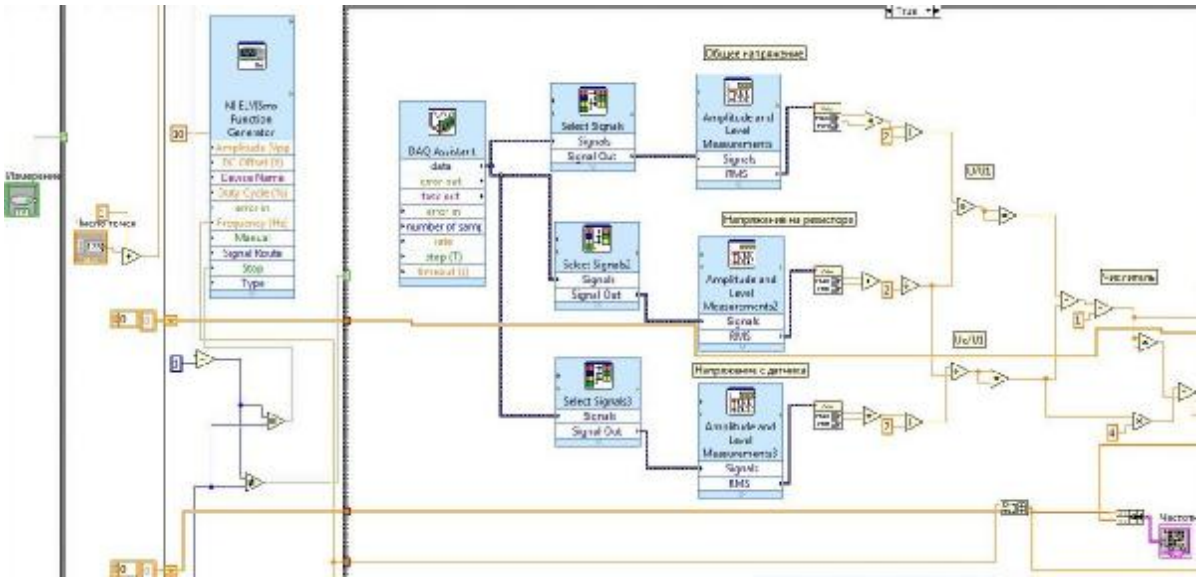


Рис. 3. Фрагмент блок-диаграммы

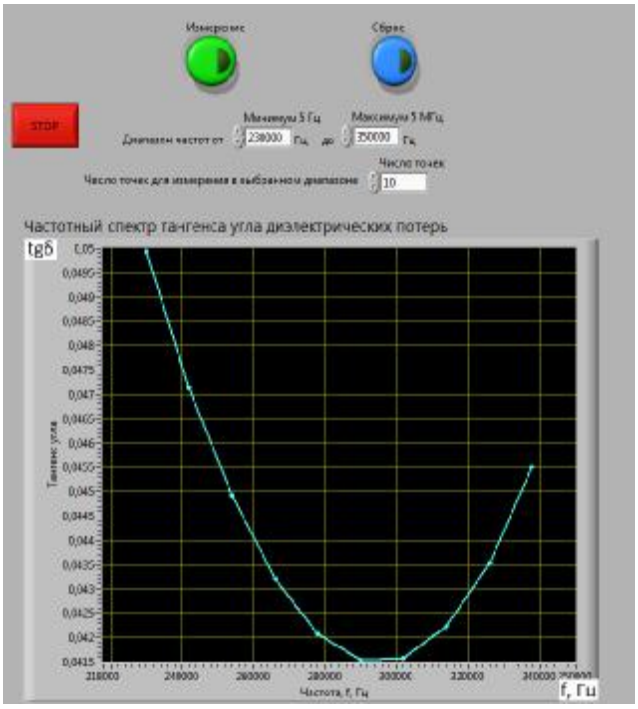


Рис. 4. Лицевая панель

1. Список литературы

1. Алиев И. И. Электротехнические материалы и изделия. Справочник / И. И. Алиев, С. Г. Калганов. – М.: ИП Радио Софт, 2005. – 352 с.

СОВМЕСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА СБОРА И ОБРАТИМОГО СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДЕ LABVIEW И В СИСТЕМЕ MULTISIM

С.В. Левонюк

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

1. Постановка задачи

В связи со сложностью современных объектов управления необходимо контролировать большое количество параметров данных объектов. При этом объем поступающей измерительной информации оказывается значительным. В то же время основная доля данной информации является избыточной, поэтому актуальной становится задача сжатия данных. Основной интерес представляет обратимое сжатие на основе апертурных интерполяционных и экстраполяционных алгоритмов нулевого и первого порядков, в результате которого исходные сигналы могут быть в дальнейшем восстановлены как функции времени с заданной погрешностью.

В данном докладе рассматривается использование среды LabVIEW и системы Multisim для моделирования устройства сбора и обратимого сжатия измерительной информации. Моделирование позволяет проверить корректность разработанной схемы устройства, оценить эффективность используемого алгоритма сжатия данных, а также контролировать погрешность сжатия-восстановления измерительной информации.

Моделирование выполнялось в рамках опытно-конструкторской работы Федеральной космической программы России.

2. ВУЗ, кафедра и предприятие, на которых внедрено решение

Южный Федеральный университет, кафедра «Информационных измерительных технологий и систем» и научно-исследовательский центр ракетных и космических технологий Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.

3. Описание решения

Моделирование проводилось в два этапа. На первом этапе использовалась система Multisim для разработки и отладки как компонентов устройства сбора и сжатия, так и устройства в целом. На рис.1 приведена структура устройства сбора и сжатия данных, используемого при моделировании.

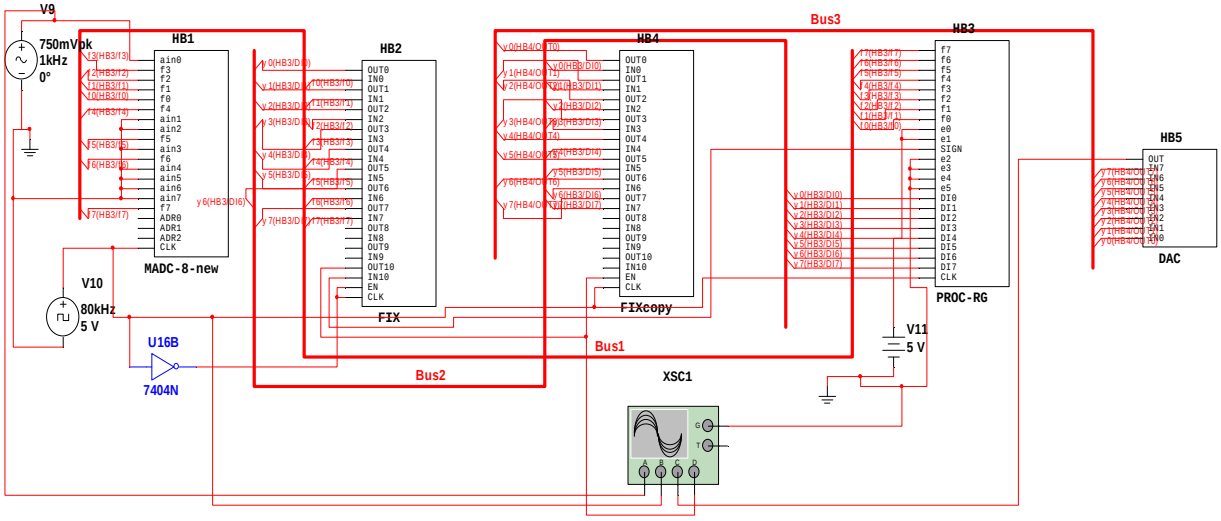


Рис.1. Структура устройства сбора и обратимого сжатия данных

Устройство содержит многоканальный АЦП (MADC) для сбора данных, многоканальный конвейерный процессор сокращения избыточности измерительной информации (PROC-RG), а также фиксаторы (FIX) для временного хранения данных. Для формирования входного сигнала устройству использовался генератор Multisim. Восстановление сжатых данных выполнялось с помощью ЦАП (DAC). Визуальный контроль сжатия-восстановления проводился с помощью осциллографа Multisim. Для обработки информации применялись апертурные интерполяционные и экстраполяционные

алгоритмы обратимого сжатия. Компоненты устройства сбора и сжатия при моделировании были представлены как иерархические блоки Multisim.

На втором этапе выполнялось совместное моделирование с использованием LabVIEW и Multisim [1].

Совместное моделирование предоставляет более широкие возможности по формированию входных сигналов для тестируемого устройства (включая реальные измерительные сигналы), а также позволяет получить численные характеристики результатов сжатия, например, оценить погрешность сжатия-восстановления данных.

На рис.2 приведена структура прибора LabVIEW для исследования устройства сбора и сжатия данных.

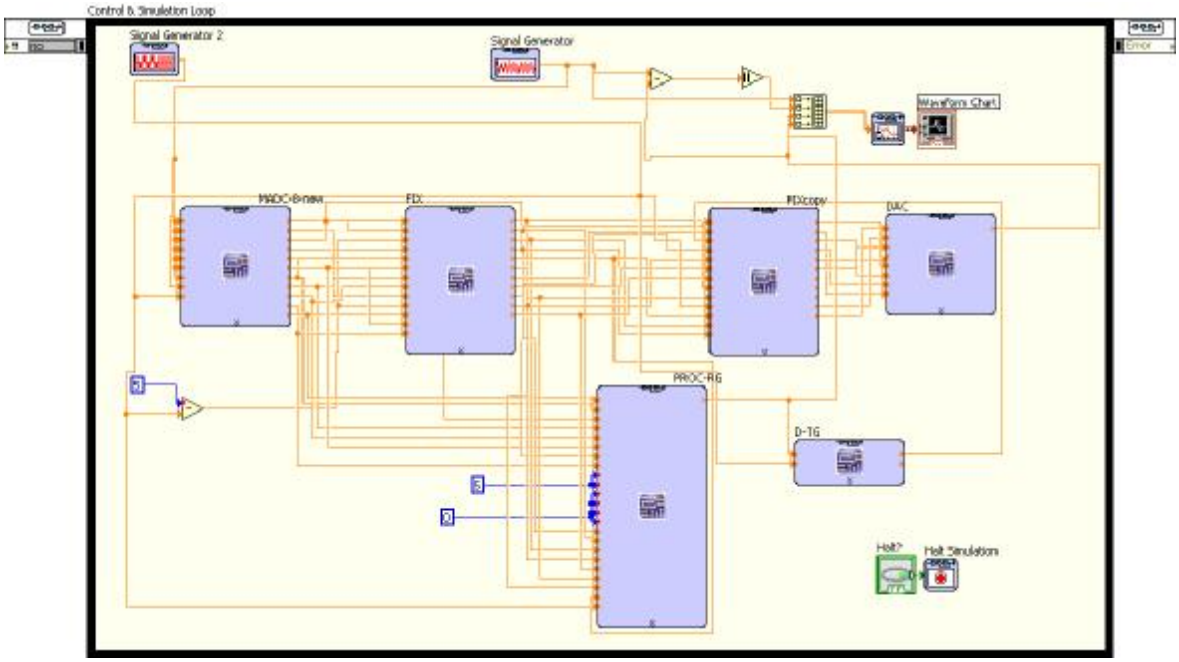


Рис. 2. Структура прибора LabVIEW для исследования устройства сжатия

Компоненты устройства сбора и сжатия представлены как виртуальные субприборы. Для задания входного сигнала устройству использовался генератор LabVIEW (Signal Generator), а для контроля результатов обработки восстановленные после сжатия данные сравнивались со входным сигналом (производился расчет погрешности сжатия-восстановления).

На рис.3 представлены временные диаграммы входного сигнала (синусоида), восстановленного после сжатия сигнала (ступенчатая кривая), а также погрешность сжатия-восстановления данных.

Данный подход позволил исследовать работу устройства, подавая на его вход сигнал, сформированный в LabVIEW, а также выполнять с помощью LabVIEW анализ результатов обработки.

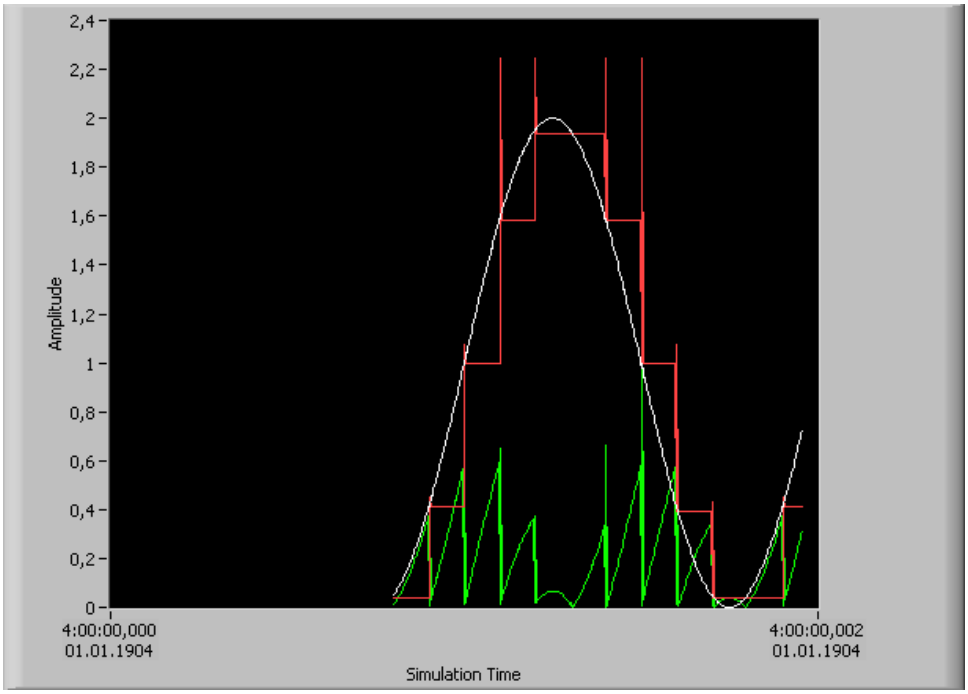


Рис.3. Временные диаграммы при исследовании устройства сжатия

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Для проведения моделирования использовалась среда LabVIEW (версия 2011) и моделирующая программа Multisim (версия 12.0) корпорации National Instruments.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанное устройство сбора и сжатия измерительной информации предполагается использовать в составе бортовой телеизмерительной аппаратуры. Тестирование изготовленных устройств планируется проводить с использованием платформы PXI.

6. Список литературы

1. Multisim 12 User Guide. NI Corporation. 2012.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

А.М. Пилипенко, Ф.А. Цветков

Южный федеральный университет, г. Таганрог

1. Постановка задачи

Анализ частотных характеристик является важнейшим разделом рабочих программ дисциплин «Основы теории цепей» и «Теория электрических цепей». Данные дисциплины являются базовыми в учебных планах подготовки бакалавров по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Лабораторный практикум по теории цепей обязательно содержит несколько работ, целью которых является экспериментальное исследование частотных характеристик реальных электрических цепей. Проведение измерений амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и фазочастной характеристики (ФЧХ) с помощью традиционных радиоизмерительных приборов – генератора, вольтметра и осциллографа – достаточно длительный и трудоемкий процесс, требующий определенных навыков работы с перечисленными приборами. Стоимость современных векторных анализаторов цепей превышает миллион рублей [1], поэтому оснащение учебных лабораторий такими приборами в достаточном количестве возможно только при наличии значительного финансирования.

Настоящая работа посвящена созданию учебной лабораторной установки с приемлемыми техническими характеристиками и стоимостью для проведения автоматических измерений частотных характеристик различных электрических цепей с помощью программно-аппаратных средств National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.2 с модулем NI-DAQ. Для реализации лабораторной установки была использована специализированная плата ввода/вывода NI PCI-6251, 68-штырьковый кабель серии E, рабочая станция и макетная плата NI ELVIS.

3. Описание решения

Структурная схема лабораторной установки для измерения частотных характеристик приведена на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

На рис. 2 показана макетная плата NI ELVIS с расположенными на ней электрическими цепями. Для проведения лабораторных работ на макетной плате были размещены четыре простейшие цепи (последовательные *CR*-, *RC*-, *LR*- и *RL*-цепи) и параллельный колебательный контур (простой или сложный, с различными сопротивлениями нагрузки R_1 и R_2). Для исключения влияния каскадов NI ELVIS на параметры исследуемых цепей на макетной плате также были размещены входные цепи, через которые напряжения с входа и выхода исследуемой цепи подаются на входы измерительных приборов NI ELVIS (ACH1 и ACH2). Входные цепи представляют собой два повторителя напряжения, реализованные на микросхеме AD823. К входу каждого повторителя подключен резистор сопротивлением 1 МОм для исключения перегрузки повторителей и обеспечения нулевого напряжения на их входах при отсутствии входного напряжения. Постоянное напряжение питания операционных усилителей величиной ± 15 В обеспечивается блоком питания NI ELVIS. Для исключения влияния переменных напряжений на блок питания к его зажимам подключены два блокировочных конденсатора емкостью 100 нФ. Для проверки результатов эксперимента на макетной плате предусмотрена возможность подключения внешних измерительных приборов к входу и выходу исследуемой цепи.

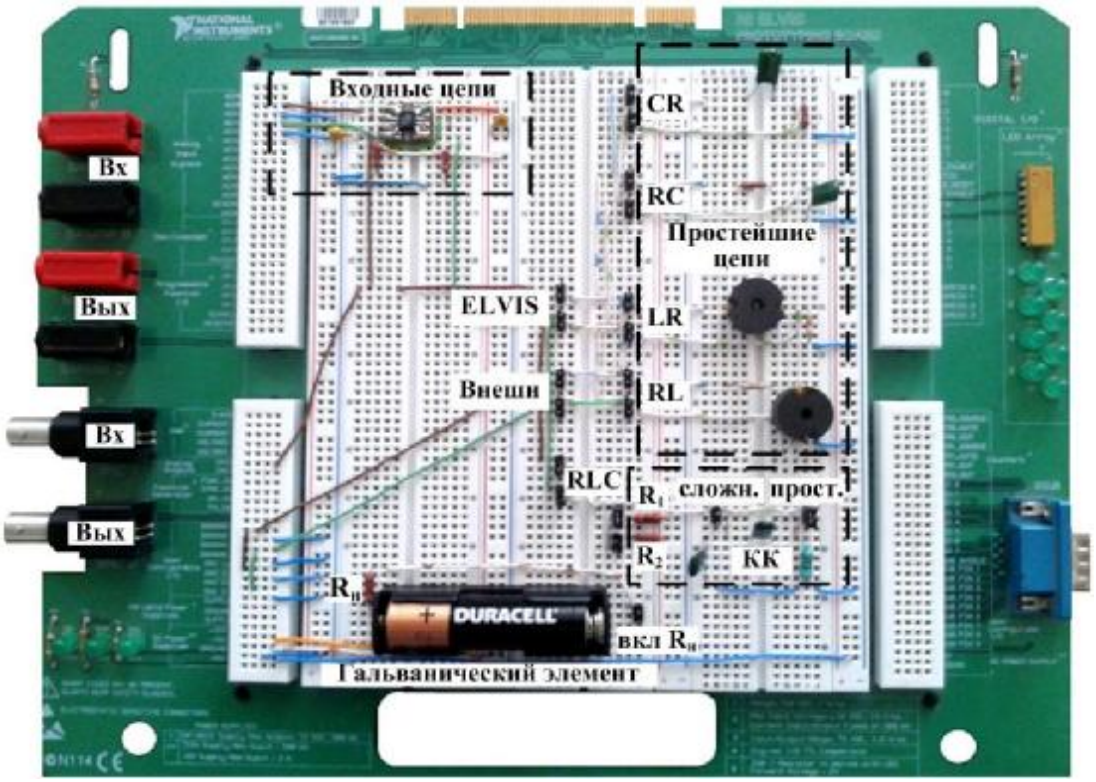


Рис. 2. Макетная плата NI ELVIS

В разработанной измерительной системе комплект приборов NI ELVIS используется совместно с программой «*Измеритель АЧХ-ФЧХ.vi*» (виртуальным прибором), выполненной в среде LabVIEW. Лицевая панель виртуального прибора «*Измеритель АЧХ-ФЧХ.vi*» при исследовании частотных характеристик простейших цепей приведена на рис. 3, а при исследовании частотных характеристик колебательного контура – на рис. 4.

На лицевой панели виртуального прибора размещены цифровые индикаторы, экспериментальные графики и управляющие элементы. Цифровые индикаторы отображают текущее значение частоты воздействия, амплитуды напряжений на входе и выходе исследуемой цепи ($U_{m\,\text{вх}}$ и $U_{m\,\text{вых}}$), значения АЧХ и ФЧХ. На экспериментальных графиках отображаются временные диаграммы входного и выходного напряжений, АЧХ и ФЧХ. На графиках АЧХ и ФЧХ имеются маркеры синего и красного цвета соответственно. Маркеры позволяют выбрать интересующую точку на графике АЧХ или ФЧХ и определить ее координаты (X и Y), которые отображаются справа от графика. С помощью управляющих элементов задается амплитуда воздействующего гармонического напряжения ($U_{m\,\text{ист}}$); количество точек измеряемых частотных характеристик; максимальная и минимальная частоты диапазона измерений ($F_{\max}$ и $F_{\min}$); способ изменения частоты воздействия (линейная или логарифмическая сетка частот).

Принцип работы измерителя частотных характеристик заключается в следующем. Процесс измерений реализован в виде цикла. Количество циклов равно числу измеряемых точек. На каждом шаге цикла вычисляется массив отсчетов гармонической функции длительностью 0,05 с, с заданной частотой и амплитудой. Частота гармонической функции вычисляется следующим образом:

$$f_i = F_{\min} + (i-1)\cdot \Delta F \quad \text{(в случае линейной сетки);}$$

$$f_i = f_{i-1}\cdot 10^{\frac{\lg(F_{\max}/F_{\min})}{N-1}} \quad \text{(в случае логарифмической сетки),}$$

где $i = 1 \ldots N$; $\Delta F = (F_{\max} - F_{\min})/N$; $f_0 = F_{\min}$; N – количество измеренных точек.

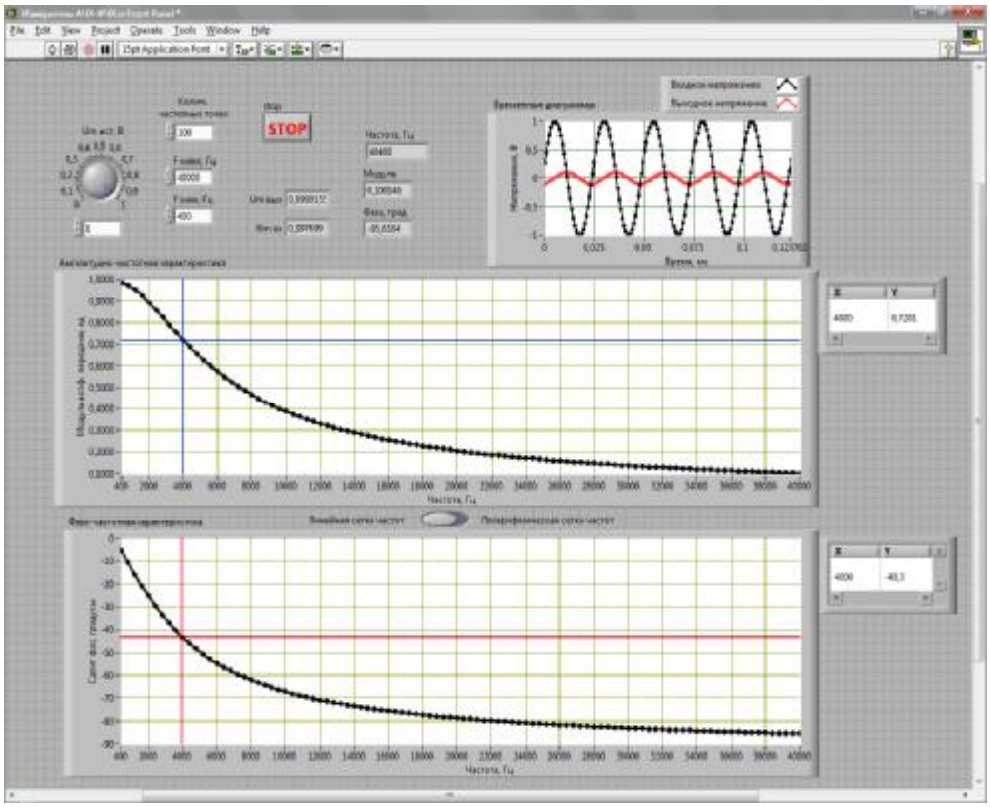


Рис. 3. Лицевая панель виртуального прибора при исследовании частотных характеристик простейших цепей

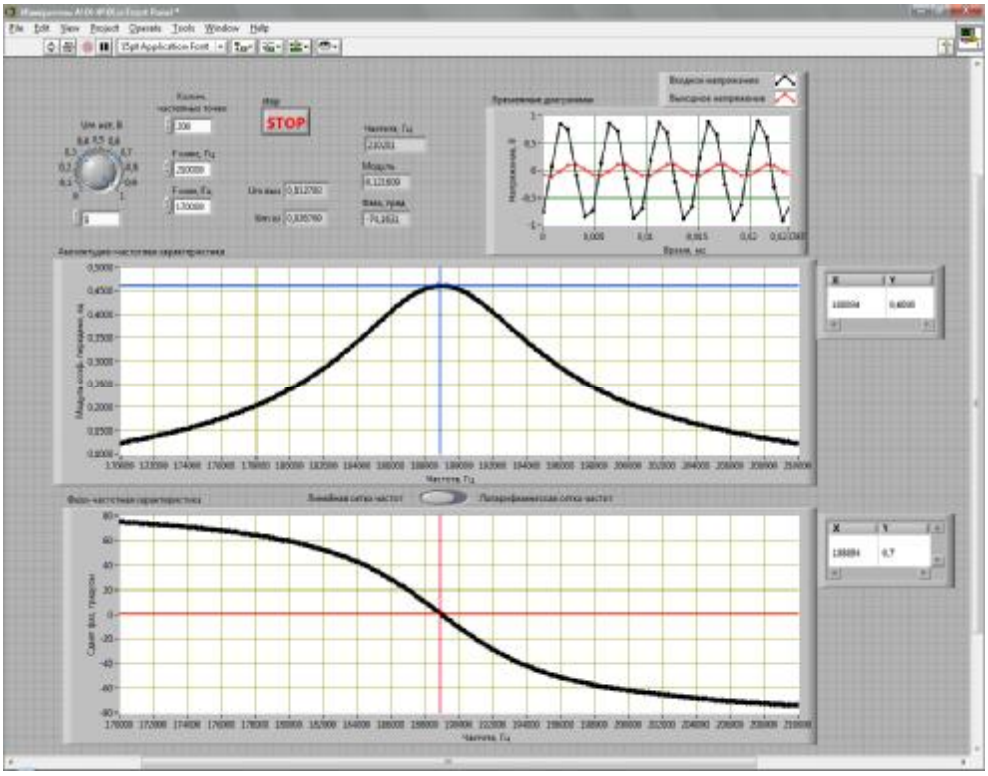


Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора при исследовании частотных характеристик простого колебательного контура

Частота дискретизации отсчетов гармонической функции F_d = 1,25 МГц. Дискретные отсчеты поступают на плату PCI-6251, преобразуются в аналоговый сигнал и выводятся на вход исследуемой цепи через выход DAC0 макетной платы NI ELVIS. Одновременно с этим через плату ввода/вывода осуществляется последовательный ввод двух массивов измеренных напряжений с аналоговых входов ACH1 и ACH2 макетной платы NI ELVIS (аналоговые входы ACH1 и ACH2 соединены соответственно с входом и выходом исследуемой цепи, частота дискретизации – также 1,25 МГц). Для сигналов, полученных с входа и выхода исследуемой цепи, вычисляются амплитуда и начальная фаза с помощью встроенных функций программы LabVIEW. Затем вычисляется отношение амплитуд, равное АЧХ и разность начальных фаз – ФЧХ. В процессе выполнения цикла измерений получаем совокупность частот и соответствующих им значений АЧХ и ФЧХ, которые отображаются на графиках.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что максимальная относительная погрешность измерения частотных характеристик не превышает 2% в диапазоне частот от 50 Гц до 300 кГц.

Представленный в данной работе измеритель частотных характеристик позволяет с одной стороны исследовать реальные цепи (в частном случае простейшие цепи и колебательные контуры), с другой стороны упрощает процесс измерений и делает его очень наглядным (построение частотной характеристики цепи происходит в реальном времени по точкам). Данное обстоятельство особенно важно для изучения теории электрических цепей, где приоритетное значение имеет именно исследование характеристик цепей и сигналов, а не изучение измерительных приборов.

4. Внедрение и перспективы развития

Разработанная измерительная система используется в учебном процессе на кафедре теоретических основ радиотехники Южного федерального университета [2]. Планируется увеличение рабочего диапазона частот измерителя за счет применения более высокоскоростной платы ввода/вывода. Также предполагается применение разработанной системы для исследования частотных характеристик более сложных цепей – пассивных и активных фильтров, усилителей, длинных линий.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (СП-398.2012.5).

5. Список литературы

1. http://www.vebion.ru/catalog/metricaldevices/1019/ – раздел на сайте ООО «ВЕБИОН».
2. Пилипенко А.М., Цветков Ф.А. Лабораторный практикум по теории электрических цепей. Часть I: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 48 с.

СТЕНД ДЛИ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ТЕРМОПАР

Н.Н. Прибылов, Е.И. Прибылова

Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
г. Воронеж

1. Постановка задачи

Сегодня можно говорить о появлении отдельных программных продуктов, работающих в режиме электронных тренажеров, когда студент в той или иной степени контролирует ход виртуального эксперимента. По нашему мнению этот подход наиболее оправдан, поскольку при сравнительно небольших временных и финансовых затратах достигается ожидаемый эффект – активная форма обучения, когда устанавливается обратная связь между субъектом обучения и предметом изучения.

Реализация натурной лабораторной работы по определению коэффициента термоЭДС не вызывает больших трудностей, но, как показывает практика, перечень используемых контактных пар металлов и сплавов весьма ограничен. В последнее время широкое распространение находят дешёвые термопары, входящие в комплект бытовых тестеров типа М830. При проведении занятий студенты зачастую воспроизводят одни и те же результаты в течение семестра, что подталкивает их к банальному списыванию результатов, полученных предшественниками. Использование криогенных или высоких температур при изучении явлений термоЭДС также является большой редкостью. На практике чрезвычайно трудно реализовать изучение свойств термопар на основе дорогостоящих металлов и сплавов. Кроме этого, ограниченный температурный диапазон проведения реальных измерений может привести к упрощённому восприятию термопары как линейного датчика температуры.

Виртуальный лабораторный стенд для изучения свойств термопар "ТермоЭДС.vi" предназначен для проведения лабораторных работ по курсу "Физика" для студентов дневной и заочной форм обучения. Основная цель разработки состоит в обеспечении:

возможности ознакомиться со свойствами и рекомендуемыми температурными диапазонами применения стандартных промышленных термопар;

многовариантности индивидуальных заданий для самостоятельного изучения термоэлектрических явлений студентами;

возможности оценить метрологические характеристики реальных и различных термопар.

Программный код обеспечивает эмуляцию реального эксперимента. Это достигается введением в цикл выполнения переключателей и регуляторов, доступных пользователю во время работы. Изменяя состояние регулятора мощности виртуального нагревателя, студент может регулировать скорость его разогрева и даже достичь ручной стабилизации температуры горячего спая. Температура холодного спая может выбираться из нескольких вариантов, что потребует отдельных и новых вычислительных усилий. Измерительный виртуальный микровольтметр воспроизводит эффект переполнения цифрового табло и снабжён индикатором переполнения. Для усиления эффекта достоверного восприятия виртуального опыта обеспечена возможность автономного включения измерительного прибора и изменения частоты обновления его показаний, которые преднамеренно "зашумлены". Объём, с помещённым в нём горячим спаем термопары, изменяет свой цвет в зависимости от текущей температуры от чёрного до красного.

Все манипуляции с регуляторами приводят к инерционной реакции элементов измерительной установки: можно выключить питание нагревателя и температура начнёт плавно падать до достижения исходного значения. Это значение комнатной температуры принимается случайным в момент запуска программы и сохраняется до остановки программы. Если забыть выключить программу с включенным нагревателем, то температура в печке достигнет предельного для заданного положения регулятора значения.

На Воронежском филиале МИИТ на кафедре Физики и химии РОАТ уже около десяти лет ведутся работы по созданию подобных тренажёров. Частично их описания можно увидеть в работах [1-2]. Все, ранее созданные программные продукты, передавались в РОАТ и предлагались для использования в сети филиалов

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 7.0.

3. Описание решения

Лабораторный стенд разработан в среде графического программирования LabVIEW для использования в учебном процессе по курсу "Физика". Целью разработки являлось расширение перечня изучаемых термопар и получение реальных представлений об их свойствах.

Для его включения необходимо запустить программу "ТермоЭДС.vi". Внешний вид появляющейся фронтальной панели зависит от характера завершения работы программы предшествующим пользователем и может несколько различаться: представленный на рис.1 вариант соответствует аккуратному окончанию работы - все внутренние устройства выключены.

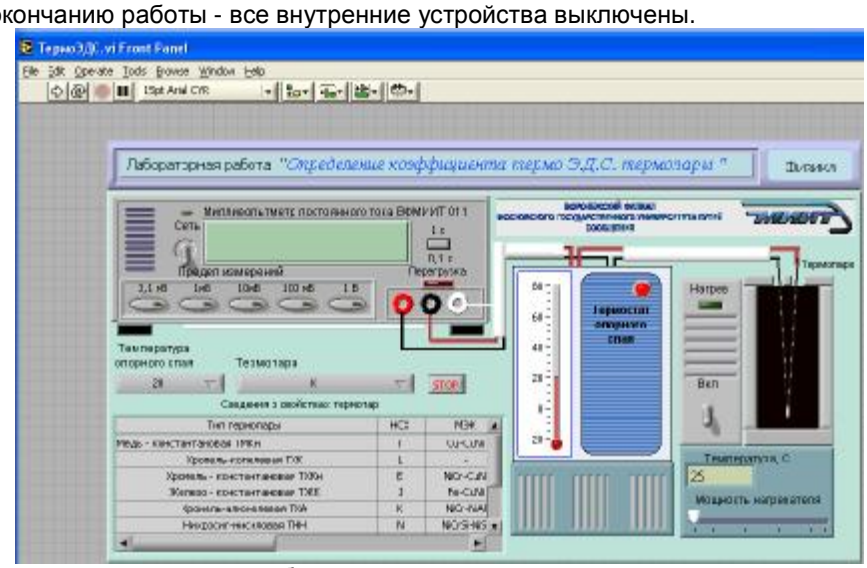


Рис. 1. Стенд содержит три основных блока: милливольтметр, термостат опорного спая и нагреваемый объём с размещённым в нём рабочим спаем термопары

Рис. 2 отображает другое завершение работы – её выполнение было прервано без отключения блоков стенда. Рисунок позволяет видеть, что проводилось изучение свойств другой термопары, температура холодного спая задана 0° С, а о степени разогрева печи можно судить по её цвету. Белая стрелка верхнего меню означает, что на экране не более чем фотография, в которой, правда, можно осуществлять некоторые манипуляции.

Стремясь добиться максимальной достоверности проводимых измерений, мы воспроизвели не самый удобный тип цифрового милливольтметра с индикатором перегрузки и переключателем пределов измерений и кнопочным переключателем периодичности отображения значения напряжения на входе.

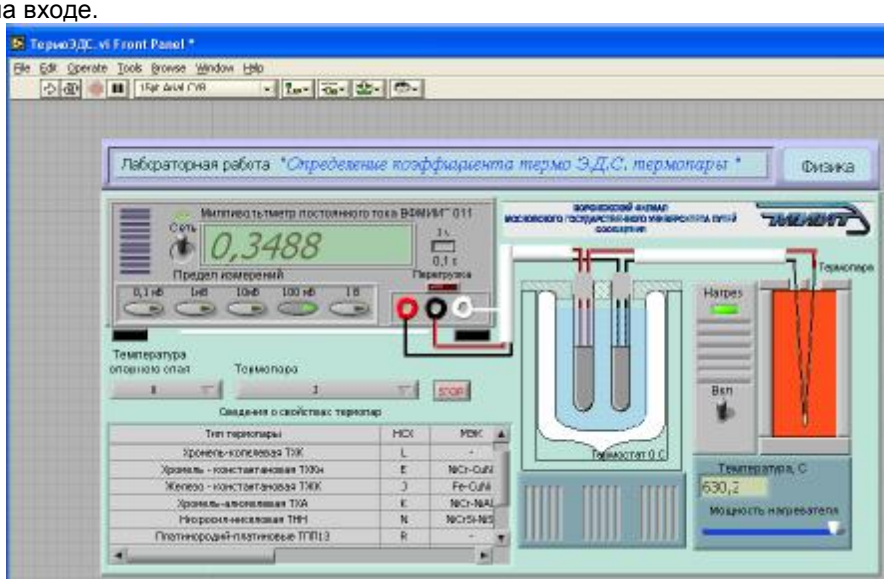


Рис. 2. Термостатирования нагретого спая температуры не происходит, но пользователь имеет возможность регулятором мощности нагревателя влиять на динамику изменения температуры или даже стабилизировать её в ручном режиме

В распоряжении пользователя имеется возможность задавать температуру холодных концов термопары и выбирать её тип. Варианты предлагаемых значений показаны на Рис. 3. Имея ввиду

подготовку будущих инженеров транспорта, мы сочли целесообразным дополнить фронтальную панель справочной информацией об используемых в работе термопарах. Помимо названий и принятых условных обозначений термопар в таблице можно получить сведения об их химическом составе и рекомендуемых температурных интервалах использования. Сведения о свойствах термопар сравнительно обширны, поэтому для знакомства с содержанием таблицы придётся использовать элементы горизонтальной и вертикальной прокрутки.

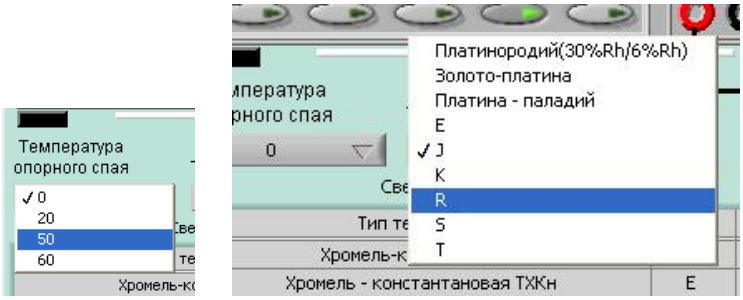


Рис. 3. Четыре значения температуры холодных концов и девять типов термопар позволяют поставить тридцать шесть индивидуальных заданий по единственной лабораторной работе.

Лабораторный стенд воспроизводит реальные характеристики термопар, что делает условным понятие постоянной термо- Э.Д.С. термопары.

Значения термо-Э.Д.С. аппроксимированы полиномиальными зависимостями вида

$$e = \sum_{i=0}^{n} a_i \left(t_г - t_x\right)^i ,$$

где $t_г$ и t_x –температуры горячего и холодного спаев термопары в ^{o}C, коэффициенты a_i и порядок полинома n взяты из ГОСТ 50431-92 «Термопары», где приведены вид и порядок полинома, а также коэффициенты полиноминальной аппроксимации зависимости выходного напряжения термопар от температуры для каждого типа термопар.

С одной стороны это существенно расширяет потенциальный круг индивидуальных заданий – можно определять коэффициент термоЭДС термопары для заданного диапазона температур, с другой – даёт более объективные представления о её метрологических характеристиках, что конечно выходит за рамки курса физики, но может представлять интерес при изучении разделов метрологии.

4. Список литературы

1. Прибылов Н.Н., Прибылова Е.И. Повышение степени восприимчивости виртуальных лабораторных работ. Физическое образование в вузах Т. 16, № 2, 2010, с.95-102.

2. Прибылов Н.Н., Прибылова Е.И. Использование возможностей мультимедийных компьютеров для проведения виртуальных лабораторных работ. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments: Сб труд.// Междунар. науч.-практ. конф.. Москва, 3-4 декабря, 2010г.- М.: Изд-во РУДН. с.39-41.

ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УЩЕРБОВ, ВЫЗВАННЫХ РАЗЛИВОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Н.Н. Прибылов, Е.И. Прибылова

Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), г. Воронеж

1. Постановка задачи

Проведение оценки любых экологических ущербов, вызванных хозяйственной деятельностью человека, требует обращения к большому объёму справочного материала и на стадии первоначального освоения процедуры вызывает определённые трудности. Сжатый график учебных занятий стимулирует привлечение современных компьютерных технологий.

Существует ряд прикладных программ, выполняющих вычисление экологических ущербов, однако их применение в учебном процессе сопряжено с известными трудностями. Во-первых, на приобретение даже сравнительно недорогих прикладных программ средства выделяются неохотно, во-вторых, законодательство изменяется весьма динамично - методики устаревают и отменяются и, главное, они плохо поясняют процедуру проведения вычислений. К сказанному следует добавить непрерывное изменение учебных планов.

Устранение ряда перечисленных проблем возможно, если программа создаётся самим пользователем. Такие возможности предоставляет нам среда графического программирования LabVIEW. Ниже приводится описание учебно-демонстрационной программы для определения ущербов, вызванных разливом нефтепродуктов.

Методы оценки факторов воздействия на окружающую природную среду, а также методы оценки ущерба окружающей природной среде, используемые в программе, основаны на действующих методиках [1-3].

Основными факторами, определяющими величину ущерба, наносимого окружающей природной среде при разливах нефти и нефтепродуктов, являются:

количество вылившейся нефти и распределение ее по компонентам окружающей среды;

площадь и степень загрязнения земель;

площадь и степень загрязнения водных объектов;

количество углеводородов, выделившихся в атмосферу.

Дополнительный ущерб природной среде наносится ввиду гибели растительности и животных, связанной с разливом нефтепродуктов.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 7.0.

3. Описание решения

На Рис.1 приведена рабочая панель программы. Она выполнена с использованием элементов Tab Control в виде четырёх вкладок, из которых самой насыщенной элементами является первая, посвящённая загрязнению почвы. В левой части панели находятся инструменты задания исходных данных – вид нефтепродуктов, их масса, пролитая на землю, характер почвы на месте происшествия, сведения о глубине проникновения их в грунт, категория пострадавшей при аварии земли, необходимые метеорологические сведения.

Справа размещён элемент Text&Pict Ring, позволяющий предоставить пользователю возможность ознакомиться с используемыми руководящими материалами и убедиться, что программа не ошибается с определением повышающих коэффициентов, отображаемых на панели в центре панели. «Сухой остаток» от работы этой части программы отображается в нижнем индикаторе.

Нефтепродукты, разлитые на почве и попавшие в воду, испаряясь, загрязняют воздух, что приводит к ухудшению его качества. За внешне простой задачей стоит использование большого числа табличных данных, отражающих количество испарённых с единичной поверхности лёгких углеводородов в зависимости от температуры, толщины нефтяного пятна и времени.

Поскольку наша программа не преследует целей коммерческого использования, она не содержит ожидаемой итоговой вкладки с возможностью экспорта итоговых результатов во внешние приложения.

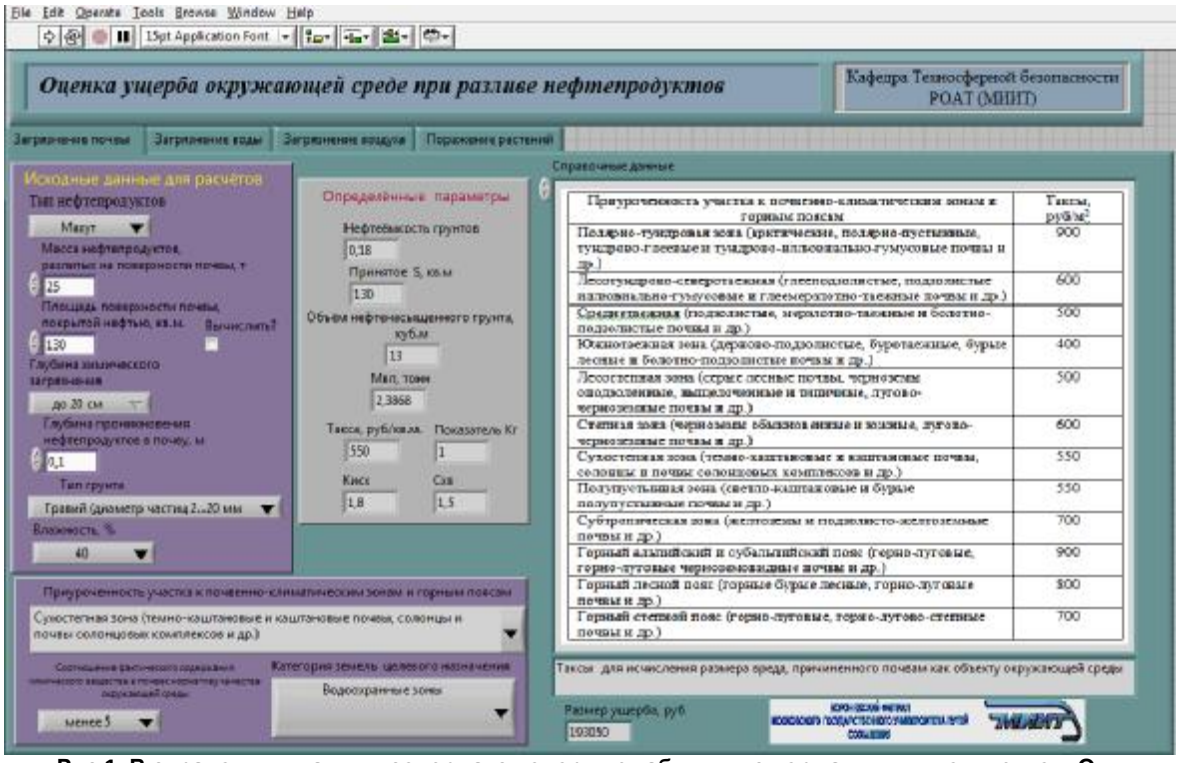


Рис.1. В справочных данных содержатся опорные таблицы из нормативных документов. Они необходимы исключительно в учебных целях

Рис.2 отражает панель для определения ущерба от загрязнения водной поверхности.

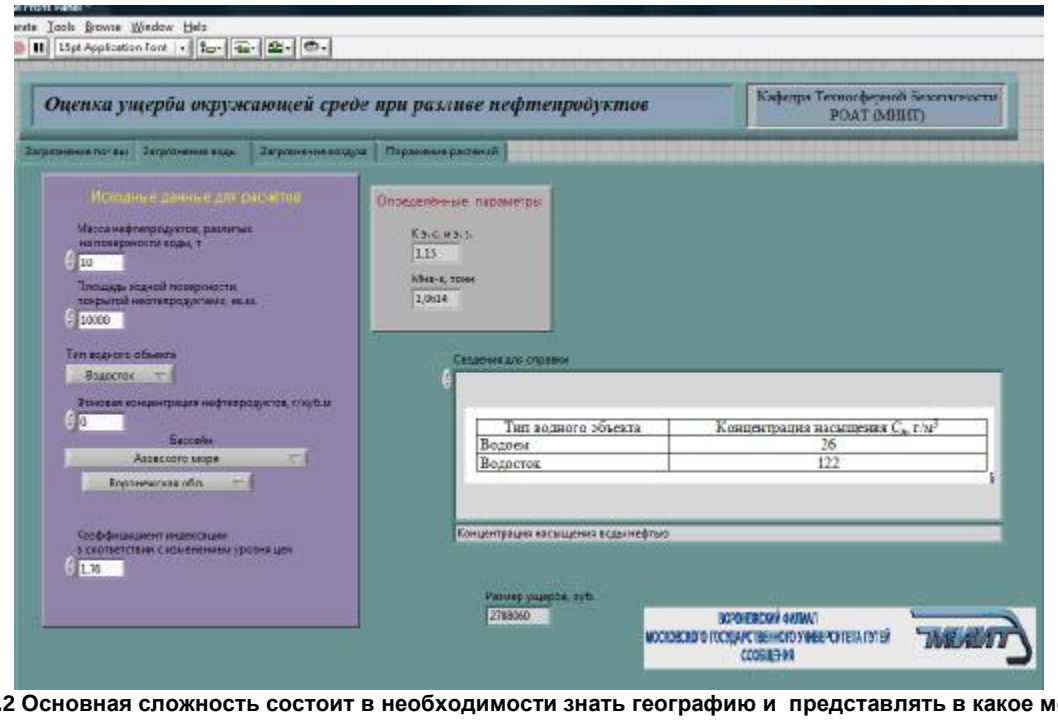


Рис.2 Основная сложность состоит в необходимости знать географию и представлять в какое море, возможно, потекут нефтепродукты

Дополнительный ущерб, нанесённый окружающей среде, высчитывается на вкладке, представленной на Рис.4. Ввиду того, что многообразие тарифов восстановительной стоимости деревьев велико, мы воспользовались табличной формой представления исходных данных.

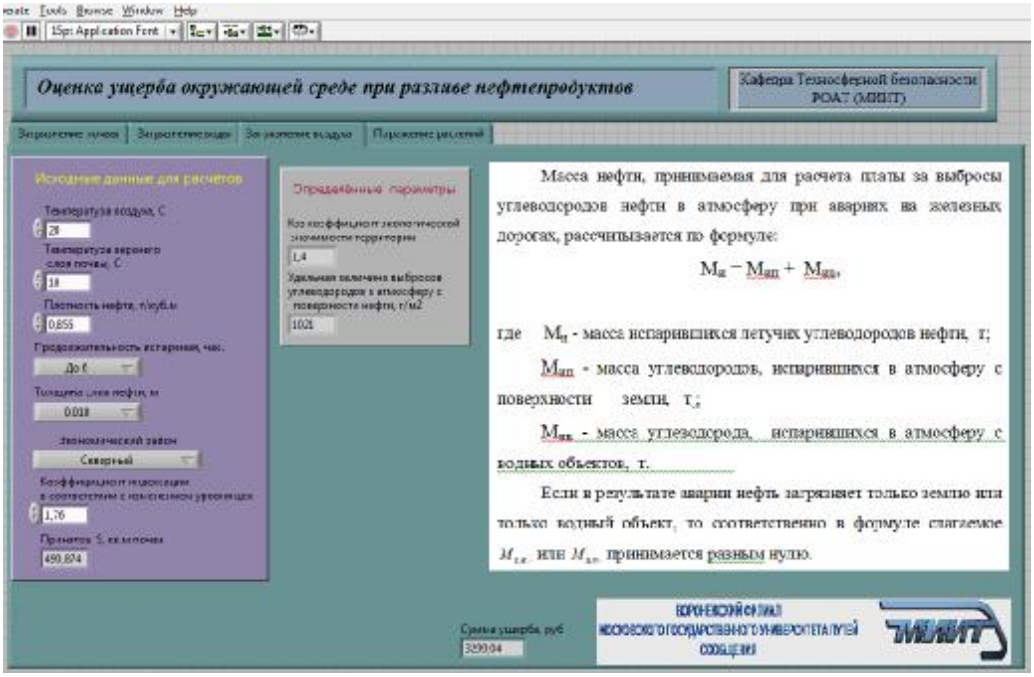


Рис.3 Площадь залитой нефтепродуктами почвы программно берётся с первой вкладки, площадь покрытой нефтью воды - со второй

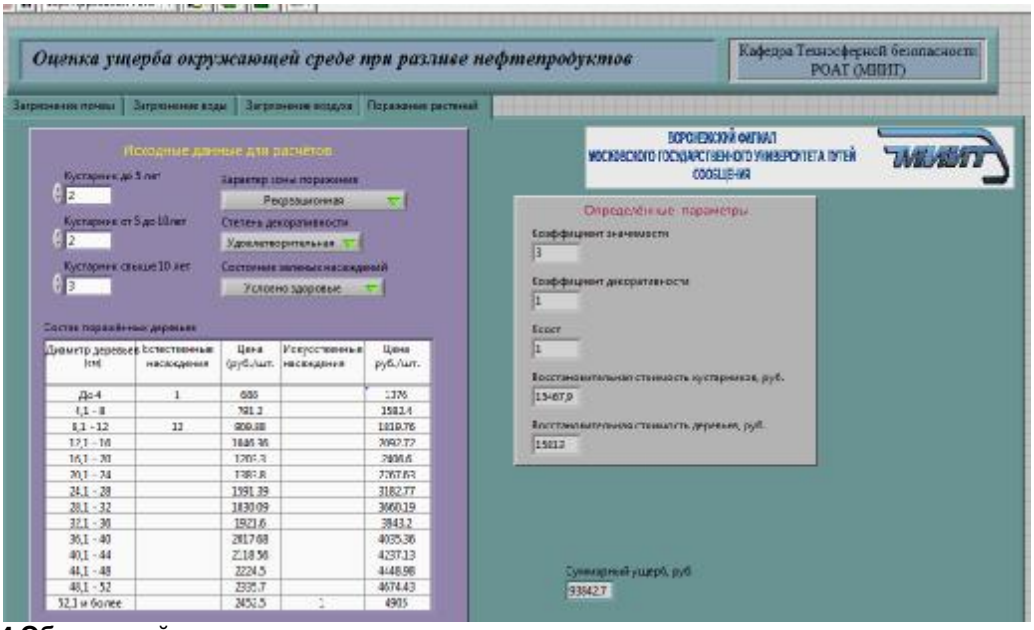


Рис.4 Обучающийся вносит в задающие элементы сведения о месте аварии, количестве и качестве пострадавших кустарников и деревьев и после запуска программы получает как промежуточные, так и окончательный результаты

4. Список литературы

1. Инструктивно - методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды. Утверждены Минприроды РФ 26.01.93.

2. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утверждена Минтопэнерго 01.11.1995.

3. Приказ Минприроды РФ от 08.07.2010 № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды».

АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИМУЛЯТОРОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ДЕМОНСТРИРУЮЩИХ КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ МИКРОЧАСТИЦ

А.Л. Неустроев, Т.Н. Романова, Б.Г. Скуйбин

МГТУ им.Н.Э.Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

В работе [1] К. Йенсон впервые экспериментально наблюдал дифракцию одиночных электронов на одной и нескольких щелях в плоском экране. По опросу журнала Physics World [2] эксперимент [1] вошел в число десяти самых красивых экспериментов за всю историю физики.

Эксперимент К. Йенсона был развит в работах [3,4]. Авторам [3,4] удалось визуализировать динамику формирования дифракционной картины по мере увеличения количества дифрагированных электронов. В результате поглощения каждого дифрагированного электрона на регистрирующем устройстве возникала точка. При малом количестве дифрагированных электронов (10 – 100 шт.) точки в плоскости регистрирующего устройства располагались хаотически. По мере увеличения количества дифрагированных электронов до нескольких тысяч из отдельных хаотически расположенных точек формировалась упорядоченная дифракционная картина, состоящая из чередующихся эквидистантных светлых и темных полос.

В последующие годы был выполнен ряд экспериментов по исследованию динамики формирования дифракционных картин одиночных фотонов [5,6] и одиночных молекул [7] после прохождения ими одной или нескольких щелей в экране. Результаты этих экспериментов аналогичны результатам работ [3,4]: по мере увеличения количества дифрагированных микрочастиц из отдельных хаотически расположенных точек на регистрирующем устройстве формируется упорядоченная дифракционная картина, состоящая из чередующихся эквидистантных светлых и темных полос.

Значимость экспериментов [3-7] состоит в том, что в них максимально ярко проявляется фундаментальный принцип квантовой физики – корпускулярно-волновой дуализм микрообъектов. В пределах каждого из экспериментов [3-7] каждый отдельно взятый электрон, фотон или молекула сначала проявляет волновые, а затем корпускулярные свойства. Каждый отдельный электрон, фотон или молекула распространяется в пространстве как волновой пакет, что подтверждается наличием интерференционной картины, но при взаимодействии с регистрирующим устройством происходит пространственная локализация каждого волнового пакета и каждый электрон, фотон или молекула поглощаются как корпускула, оставляя на регистрирующем устройстве след в виде одиночной точки.

Натурная демонстрация экспериментов типа [3-7] в рамках учебного курса квантовой физики проблематична из-за их технической сложности. Возможной альтернативной натурному эксперименту является имитационное компьютерное моделирование. Наблюдавшаяся в [3-7] динамика формирования дифракционных картин из отдельных случайных точек дает основания полагать, что итоговую упорядоченную дифракционную картину из эквидистантных темных и светлых полос можно получить как усредненный результат большого количества случайных взаимодействий отдельных микрочастиц с дифрагирующим объектом, а для создания компьютерного симулятора экспериментов [3-7] использовать генераторы случайных чисел.

В настоящей работе создан алгоритм генерации и на его основе реализована компьютерная программа, позволяющая имитировать на экране монитора в динамическом режиме эксперименты из работ [3-7]. Созданная программа так же позволяет строить гистограммы, рассчитывать числовые характеристики генерируемых случайных последовательностей и сравнивать их с характеристиками теоретического распределения микрочастиц в стационарной дифракционной картине.

2. Используемое оборудование

Для реализации системы была использована платформа NI PXI с контроллером реального времени NI PXI-8196 и многофункциональным устройством NI PXI-6122.

3. Описание решения

При разработке алгоритма генерации использовалась комбинация методов обратного преобразования, композиции и принятия-отклонения фон Неймана. Программная реализация разработанного алгоритма была выполнена на языке C#. В качестве входного генератора псевдослучайных чисел, равномерно распределенных на отрезке [0,1], использован класс System.Random из библиотеки .NET Framework 4.5. С помощью созданной программы равномерно распределенные псевдослучайные числа преобразовываются в множество точек с координатами (Y,Z), где псевдослучайные числа Y и Z имеют плотность распределения, соответствующую

плотности распределения микрочастиц в стационарной дифракционной картине. Случайные точки с координатами (Y,Z) в динамическом режиме отображаются на экране монитора, моделируя динамику формирования дифракционной картины в экспериментах [3-7]. Пользовательский интерфейс созданной программы позволяет задавать количество щелей в экране, их ширину, длину волны микрочастиц, количество дифрагированных микрочастиц, скорость генерации микрочастиц и строить график плотности распределения микрочастиц в дифракционной картине.

На рис.1,2 представлены скриншоты, демонстрирующие работу компьютерного симулятора экспериментов [3-7] в частном случае двухщелевой дифракции одиночных электронов. Одиночные электронные волны падают на экран с двумя щелями. Часть электронной волны проходит через первую щель, а другая часть – через вторую щель. За экраном эти части электронной волны интерферируют между собой. При взаимодействии с регистрирующим устройством суммарная электронная волна локализуется и оставляет на регистрирующем устройстве след в виде отдельной точки. Согласно принципу неопределенности Гейзенберга, при взаимодействие электронов с дифрагирующим объектом направление их импульса изменяется случайным образом. Поэтому, при малом количестве дифрагированных электронов точки на экране распределены хаотически (рис.1). По мере увеличения количества дифрагированных электронов из отдельных случайных точек формируется упорядоченная дифракционная картина, состоящая из эквидистантных светлых и темных полос (рис.2). Представленная на рис.1,2 динамика формирования дифракционной картины визуально хорошо соответствует результатам экспериментов [3-7].

Для исследования качества созданного компьютерного симулятора в работе использованы несколько методов тестирования: графическое сравнение эмпирической (гистограмма) и теоретической плотностей распределения случайных точек; сравнение теоретических и эмпирических значений числовых характеристик распределения случайных точек; тестирование распределения случайных точек с использованием статистических критериев согласия. Все тесты показали хорошее количественное совпадение плотности распределения генерируемых случайных точек с теоретической плотностью распределения микрочастиц в стационарной дифракционной картине. Это позволяет заключить, что разработанный симулятор дает возможность не только качественно, но и количественно, моделировать результаты экспериментов [3-7].

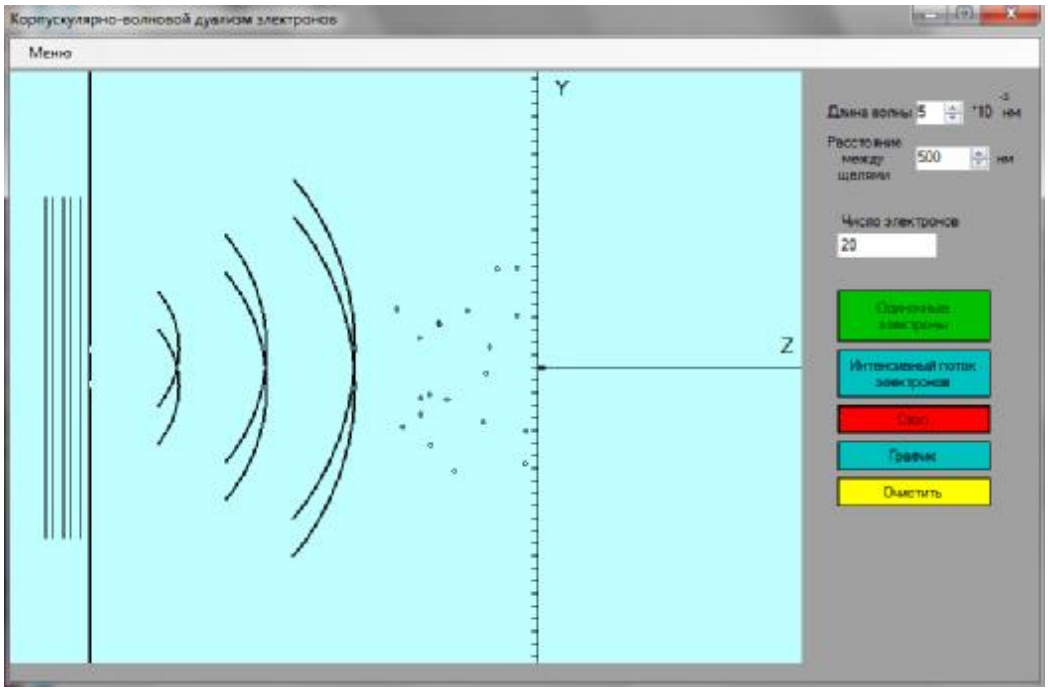


Рис. 1. Дифракционная картина для 20-ти дифрагированных электронов

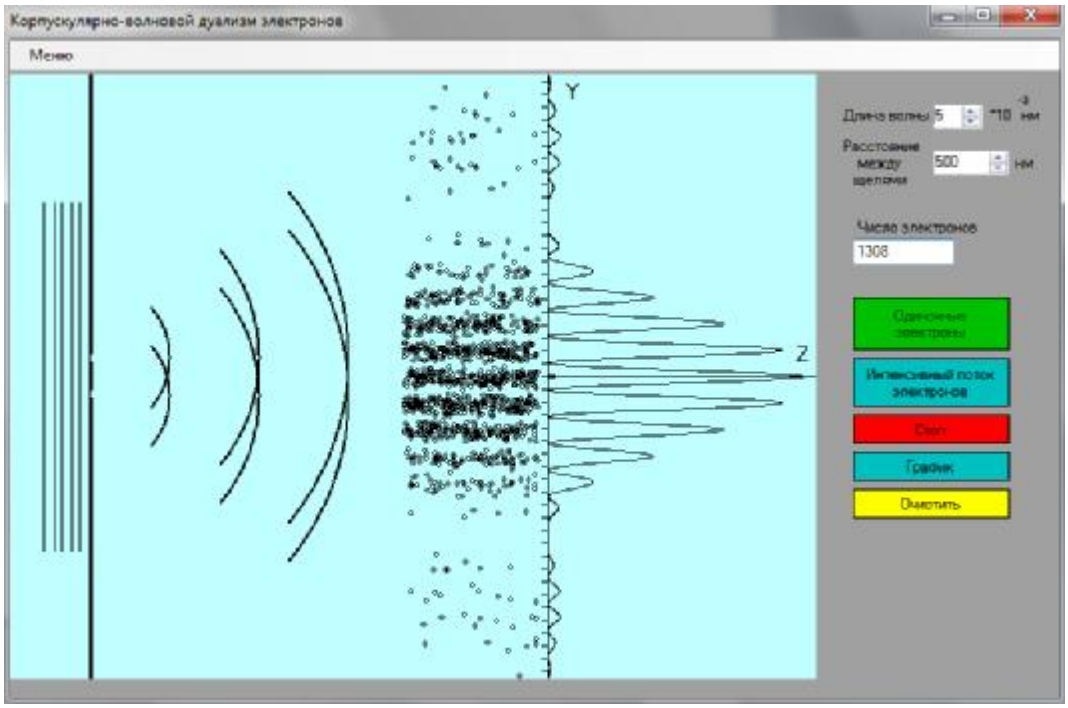


Рис. 2. Дифракционная картина для 1308 дифрагированных электронов и график теоретической плотности стационарного распределения дифрагированных электронов

4. Внедрение и его перспективы

Разработанный компьютерный симулятор используется в МГТУ им. Баумана в процессе преподавания курса квантовой физики. Исследуется возможность переноса разработанной программы в среду программирования LabView.

5. Список литературы

1. Jonsson C. Electron Diffraction at Multiple Slits. American Journal of Physics, 1974, v. 42, № 1, pp. 4-11.
2. Crease R. P. The most Beautiful Experiment. Physics World, 2002, v. 15, № 9, pp. 19-20.
3. Merly P. G., Missiroli G. F., Pozzi G. On the statistical aspect of electron interference phenomena. American Journal of Physics, 1974, v. 44, № 3, pp. 306-307.
4. Tonomura A., Endo J., Matsuda T., Kawasaki T., Ezawa H. Demonstration of single-electron buildup of an interference pattern. American Journal of Physics, 1989, v. 57, № 2, pp. 117-120.
5. Garcia N., Saveliev I. G., Sharonov M. Time-resolved diffraction and interference: Young's interference with photons of different energy as revealed by time resolution. Philosophical Transaction of the Royal Society A, 2002, v. 360, № 5, pp. 1039-1059.
6. Dimitrova T. L., Weis A. The wave-particle duality of light: A demonstration experiment. American Journal of Physics, 2008, v. 76, № 2, pp. 137-142.
7. 7. Juffmann T., Milic A., Mullneritsch M, et. al. Real-time single-molecule imaging of quantum interference. Nature Nanotechnology, 2012, v. 7, № 5, pp. 297-300.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Д.А. Есиков, М. Ситников, Е. Сутырин

ГБОУ школа-интернат «Интеллектуал», г. Москва

1. Постановка задачи

Практическое использование солнечных батарей требует учета особенностей их работы в ситуации быстро меняющихся внешних условий (освещенности и температуры), что сопровождается изменениями их вольтамперных характеристик (ВАХ). Типичная ВАХ солнечного элемента (СЭ) представлена на Рис.1. На кривой мощности (как произведения напряжения на ток СЭ) существует тоска, при которой мощность, отдаваемая СЭ, максимальна. При изменении внешних условий ВАХ меняет свою форму, максимум на кривой мощности сдвигается и солнечная батарея перестает работать в оптимальном режиме. Поэтому все промышленные установки в той или иной форме реализуют алгоритм поиска оптимальной рабочей точки.

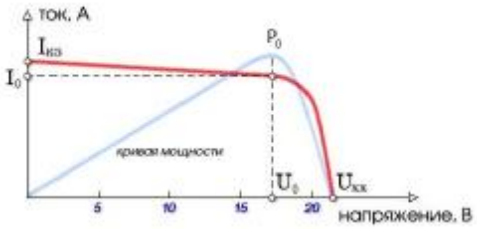


Рис. 1. Типичная вольтамперная характеристика и кривая мощности солнечного элемента

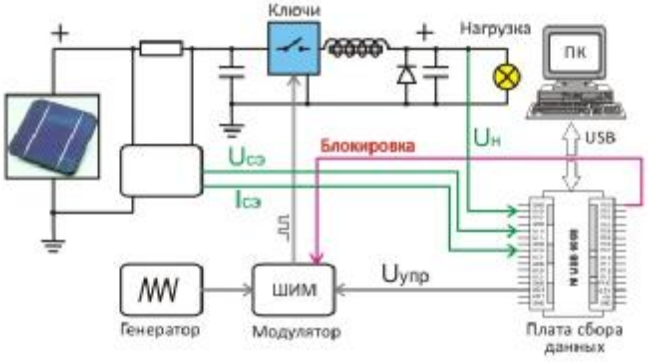
В предлагаемой работе, выполненной в лаборатории экспериментальной физики школы "Интеллектуал" [1], описывается создание прототипа эффективного электронного преобразователя на базе инструментальных средств и программного обеспечения National Instruments. Реализованный школьниками проект является продолжением цикла работ по изучению работы СЭ [2]

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Устройство сбора данных NI USB-6008 в составе универсальной лабораторной платформы мини-Элвис [3], программная среда LabVIEW 2010 EDU.

3. Описание решения

Преобразователь, выполненный по традиционной схеме [3], представлял собой управляемый компьютером преобразователь напряжения и состоял из схемы измерения напряжения и тока СЭ, управляемой напряжением схемы ШИМ с ключевыми каскадами на HEXFET транзисторах (частота преобрзования около 40 кГц) и устройства сбора данных.



а б

Рис. 2. Блок-схема (а) и внешний вид (б) управляемого преобразователя.

Прототип был собран на разработанной ранее в лаборатории платформе мини-Элвис [4]. Преобразователь подключался либо к установленной на крыше школы солнечной батарее (максимальной мощностью 20 Вт), либо к ее имитатору. В качестве нагрузки использовался коммутируемый набор 12В галогенных лампочек (мощностью 10-20 Вт). Все емкости преобразователя характеризовались низкими потерями на частоте работы ШИМ.

ЦАП формировал управляющее напряжение $U_{УПР}$ для модулятора, задавая тем самым коэффициент преобразования или, иначе, положение рабочей точки преобразователя. Измерялись

ток ($I_{СЭ}$) и напряжение ($U_{СЭ}$) и рассчитывалась отбираемая мощность ($P_{СЭ} = I_{СЭ} \times U_{СЭ}$) солнечного элемента. В преобразователе было реализовано несколько алгоритмов управления рабочей точкой:

- Ручной режим
- Поиск оптимальной рабочей точки путем построения полной ВАХ (сервисный режим)
- Поиск оптимальной рабочей точки методом "возмущений и наблюдения" (штатный режим).

В последнем случае принудительно вносились небольшие изменения положения рабочей точки и отслеживались соответствующие изменения мощности, после чего происходила коррекция текущего положения. Наблюдалась устойчивая работа как электроники, так и алгоритма управления практически во всем диапазоне мощностей, за исключением сумерек, когда мощность СЭ становилась ниже порога в 1 Вт. Для того, чтобы обеспечить автономную и бесперебойную работу преобразователя на протяжении нескольких суток в алгоритм была внесена возможность периодического сервисного **Сброса** параметров поиска рабочей точки с последующим поиском уже на основе полной вольтамперной характеристики и переходом в штатный режим.

Управляющая программа была написана в LabVIEW 2010 (Рис.3), ее интерфейс содержал несколько вкладок. На вкладке **Управление** отображались электрические параметры солнечной батареи (ток, напряжение, мощность), напряжение на нагрузке, положение рабочей точки. Вкладка **Измерение ВАХ** использовалась при построении вольтамперной характеристики СЭ. На вкладке **Настройки** задавались параметры, характеризующие особенности электронной части преобразователя, алгоритма его работы во всех режимах. Настройки программы автоматически загружались из конфигурационного файла при запуске и выгружались в него при остановке.

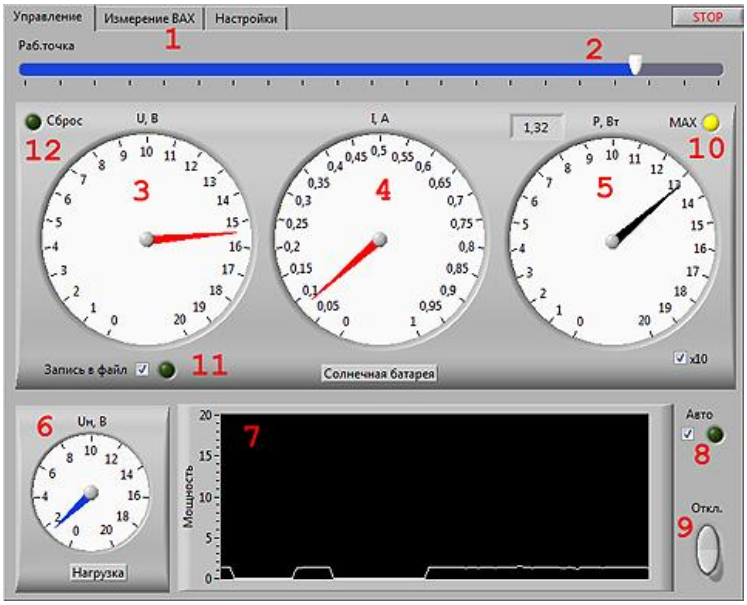


Рис. 3. Панель управления преобразователем

Режимы работы (1); управление рабочей точкой (2); напряжение (3), ток (4) и мощность (5) СЭ; напряжение на нагрузке (6); монитор отбираемой мощности (7); включение и индикация режима стабилизации максимума отбираемой мощности (8); блокировка работы преобразователя (9): индикатор максимальной мощности (10); вывод информации в файл (11): индикация сервисного режима **СБРОС**.

Программа позволяла записывать телеметрическую информацию в файл, что было использовались при испытаниях системы. Было проведено ряд экспериментов по суточному мониторингу работы преобразователя, результаты которых представлены на Рис.4. Периодические провалы мощности на графиках связаны с периодическим переходом преобразователя в сервисный режим. В условиях московского региона в условиях переменной облачности для устойчивой работы преобразователю достаточно было переходить в сервисный режим 1-2 раза в час.

Рис. 4. Результаты суточного мониторинга вырабатываемой преобразователем мощности

4. Внедрение и его перспективы

На основе созданного прототипа предполагается разработать серию модулей, подключаемых к NI myDAQ, для ознакомления школьников с принципами генерации и утилизации энергии солнечных батарей. В 2013 г. работа школьников была представлена на международный конкурс Google Science Fair.

5. Список литературы

1. http://andyworld.info/labview - веб-сайт лаборатории экспериментальной физики ГБОУ школы-интерната "Интеллектуал".

2. А.Д.Есиков. Лабораторный стенд для исследования вольтамперных характеристик солнечных элементов. Труды конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». Москва, 2010, с.31-33.

3. Tim Nolan . Arduino Peak Power Tracker Solar Charger http://www.timnolan.com/index.php?page=arduino-ppt-solar-charger

4. Д.А. Есиков. Платформа мини-Элвис. Труды конференции «Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments - 2012». Москва, 2012, с.229-230.

ШКОЛЬНАЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА: ЭФФЕКТ МАГНУСА

Д.А. Есиков, Л. Луканин

ГБОУ школа-интернат «Интеллектуал», г. Москва

1. Постановка задачи

Рассмотрена возможность и описан опыт создания аэродинамической трубы (АДТ), позволяющего проводить количественные эксперименты по аэродинамике в школьной лаборатории [1]. К системе предъявлялись следующие требования:

- минимальная стоимость, простота конструкции, доступность материалов и комплектующих,
- модульность и универсальность конструкции, допускающие использование разнообразных объектов и схем измерений,
- полная автоматизация измерений и управления в АДТ.

В ходе эксперимента по исследованию эффекта Магнуса были проведены испытания установки.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В качестве компрессора в АДТ использовался полупромышленный стружкопылесос "Корвет-402" с антистатическим воздушным трактом ∅100 мм. Скорость потока контролировалась цифровым анемометром с USB-интерфейсом Mastech MS6252B. Привод объекта (2 строенных 9-12V электромотора из конструкторов Lego) управлялся USB-контроллером двигателей постоянного тока Pololu SMC 18v7 [2]. Управление системой и регистрация сигналов с датчиков осуществлялась устройством сбора данных NI myDAQ и программой, написанной на LabVIEW 2010 EDU.

3. Описание решения

Каркас трубы был сварен и стального профиля сечением 15мм и обшит панелями из прозрачного оргстекла. Воздух в АДТ подавался сверху вниз и попадал в рабочую область сечением 30x30 см^2 через тракт из стандартных вентиляционных коробов. Аэродинамические весы представляли собой маятниковый подвес, усилие с верхнего конца которого передавалось на тензометрический датчик. На нижнем конце крепились объекты исследования на унифицированных посадочных местах (Рис.1). В рабочей области было размещено регулируемое сопло и диффузор. При мощности компрессора в 350 Вт максимальная скорость потока при полном сечении АДТ составляла около 5 м/сек.

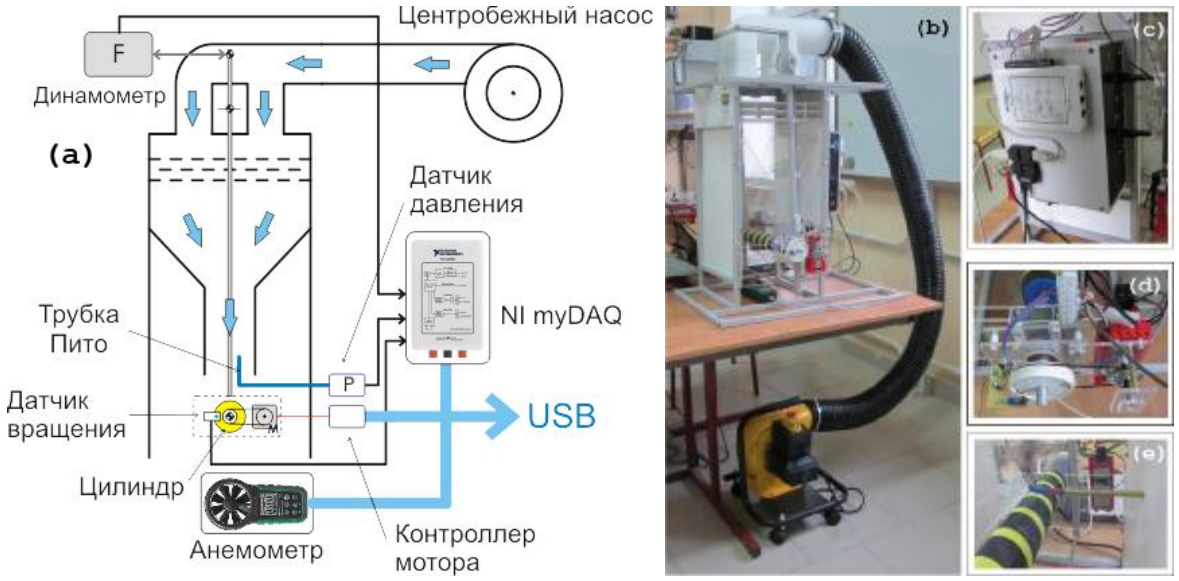


Рис. 1. Структурная схема (a) и внешний вид (b) аэродинамической трубы; контроллер и myDAQ (c); привод цилиндра (d): объект и трубка Пито (e)

При такой конструкции АДТ не занимала много места на столе, позволяла достаточно быстро менять объекты и, самое главное, позволила повысить точность измерений, решив проблему с балансировкой. При общей массе подвеса и объекта в несколько килограммов, чувствительность весов составляла доли грамма.

В качестве датчика весов использовался аналоговый динамометр компании Vernier, входящий в состав школьной лаборатории "Архимед" [3]. Датчик подключался к системе сбора данных myDAQ через управляемый налоговый коммутатор с возможность подключения дополнительных тензометрических или иных датчиков, в т.ч. дифференциального датчика давления трубки Пито, измеряющего скорость потока в непосредственной близости от объекта. На выходе из АДТ скорость потока можно было контролировать с помощью цифрового анемометра. При модернизации системы мы планируем добавить релейный канал включения двигателя воздушного насоса и канал механической регулировки скорости потока.

При изучении эффекта Магнуса в качестве объекта был выбран вращающийся цилиндр. Цилиндр крепился на конце маятникового подвеса на валу сервоприводов, вращающих его в диапазоне скоростей 0-30 об/сек. Скорость вращения измерялась оптическим датчиком, подключенным к счетному входу myDAQ.

Все компоненты системы измерений и управления АДТ имели USB- интерфейс и подключались к компьютеру через отдельный USB-hub. Контроллеры и анемометр распознавались операционной системой как виртуальные COM-порты, через которые постоянно шел обмен данными. myDAQ работал под управлением стандартного DAQmx драйвера. Консоль управления была написана в LabVIEW 2010, и обеспечивала полный контроль за работой установки и проведением эксперимента.

Рис. 2. Панель управления аэродинамической трубой

1- выбор вкладок: **Управление** или **Настройка**; 2- шкала аэродинамических весов (единица измерений - грамм-сила); 3- установка нуля весов; 4- индикатор сигнала, поступающего с тензометрического датчика; 5- панель управления приводом цилиндра; 6- кнопка включения реверса привода; 7- индикатор частоты вращения цилиндра;8- панель индикации цифрового анемометра; 9 - панель дифференциального датчика давления и трубки Пито, измеряющих скорость потока: 10- кнопка СТОП; 11-число измерений при заданных параметрах (рассчитывается среднее значение и стандартное отклонение **Силы**, **Скорости** потока и **Частоты** вращения цилиндра; 12- запись результатов в файл протокола.

Особенностью подсистемы обмена информации с USB-компонентами АДТ, являлись автоматический поиск соответствующих им COM-портов по названиям контроллеров и передача данных в фоновом режиме. Для настройки параметров трубы и измерительной системы, калибровки каналов и датчиков, выбора схемы эксперимента использовалась специальная вкладка **Настройки** (рис.2). Параметры трубы автоматически при запуске системы загружалась из внешнего конфигурационного файла, куда они в последующем записывалась при ее остановке.

При измерении подъемной силы (с целью скомпенсировать биения привода и колебания аэродинамических весов из-за несбалансированности вращающегося цилиндра) результаты измерений усреднялись за время 0,5 сек. Программа автоматически вела протокол измерений, фиксируя все основные параметры эксперимента.

На установке учеником 8-го класса Л.Луканиным была выполнена проектная работа "Экспериментальное исследование эффекта Магнуса". Для вращающегося цилиндра следствием формулы Релея является линейная зависимость подъемной силы ($F_{МАГН}$) от частоты вращения цилиндра (n), линейной скорости вращения ($V_{ЛИН}$) и скорости набегающего потока ($V_{поток}$).

$$F_{МАГН} = r\,(2pR)^2 L \cdot n \cdot V_{поток},$$
$$V_{ЛИН} = 2pR \cdot n,$$

где L-длина цилиндра, а R- его радиус. Описываемый эффект наблюдался на практике (см. Рис.3). Была проведена серия экспериментов по измерению силы Магнуса в зависимости от частоты вращения цилиндра при нескольких скоростях потока.

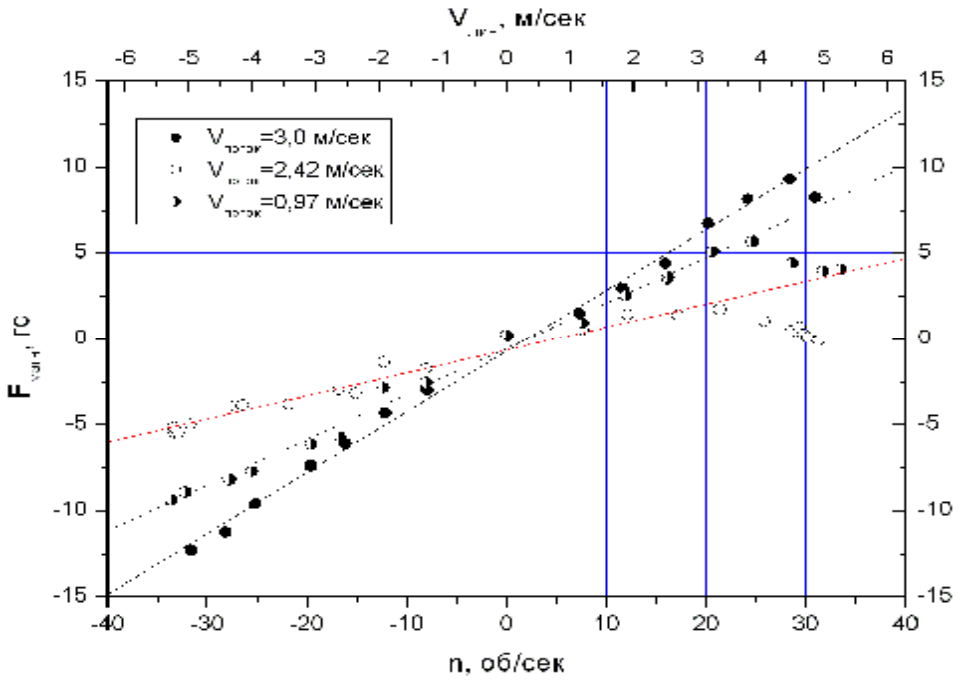


Рис. 3. Измерение силы Магнуса для различных скоростях потока и частоты вращения цилиндра

4. Внедрение и его перспективы

Планируется дальнейшая модернизация АДТ с увеличением функциональных возможностей установки. Предполагается использование двухосевых тензометрических датчиков, разработка системы визуализации воздушных потоков с постановкой новых экспериментов по аэродинамике. Установка будет использоваться как при демонстрациях аэродинамических эффектах на уроках физики, так и при выполнении экспериментальных работ в рамках проектной деятельности в школе.

5. Список литературы

1. http://andyworld.info/labview - веб-сайт лаборатории экспериментальной физики ГБОУ школы-интерната "Интеллектуал".
2. http://www.pololu.com/catalog/product/1373.
3. http://www.int-edu.ru/page.php?id=937.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

С.Г. Хан, Е. Ложкина

Алматинский университет энергетики и связи, Казахстан, г. Алматы

1. Постановка задачи

Инерциальная навигация — метод навигации (определения координат и параметров движения различных объектов — судов, самолётов, ракет и др.) и управления их движением, основанный на свойствах инерции тел, являющийся автономным, т.е. не требующим наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов. Сущность инерциальной навигации состоит в определении ускорения объекта и его угловых скоростей с помощью, установленных на движущемся объекте приборов и устройств (акселерометров, гироскопических устройств и ЭВМ), а по этим данным — местоположения (координат) этого объекта, его курса, скорости, пройденного пути и др., а также в определении параметров, необходимых для стабилизации объекта и автоматического управления его движением. Преимущества методов инерциальной навигации состоят в автономности, помехозащищенности и возможности полной автоматизации всех процессов навигации.

Актуальность проекта заключается в том, что навигация играет важную роль в решении задач управления космическими летательными аппаратами (КЛА). Задача обеспечения высокой точности, с которой должно осуществляться управление, может быть решена с помощью автоматизированных устройств, находящихся на борту КЛА – все эти вопросы входят в курс обучения студентов специальности «Космическая техника и технологии».

Целью работы является разработка лабораторной работы по оценке метрологических характеристик датчика навигации на стенде «Инерциальная навигация» для студентов специальности «Космическая техника и технологии» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» в среде графического программирования LabVIEW и обработка данных с помощью программного обеспечения DIAdem компании National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Программное обеспечение NI DIAdem и NI LabView 8.5.

3. Описание решения

В работе представлены описание лабораторного стенда «Инерциальная навигация» и технические характеристики датчика угловой скорости LY530ALH компании STMicroelectronics, входящих в информационно-измерительную систему оценки метрологических характеристик датчика инерциальной навигации (рис.1).

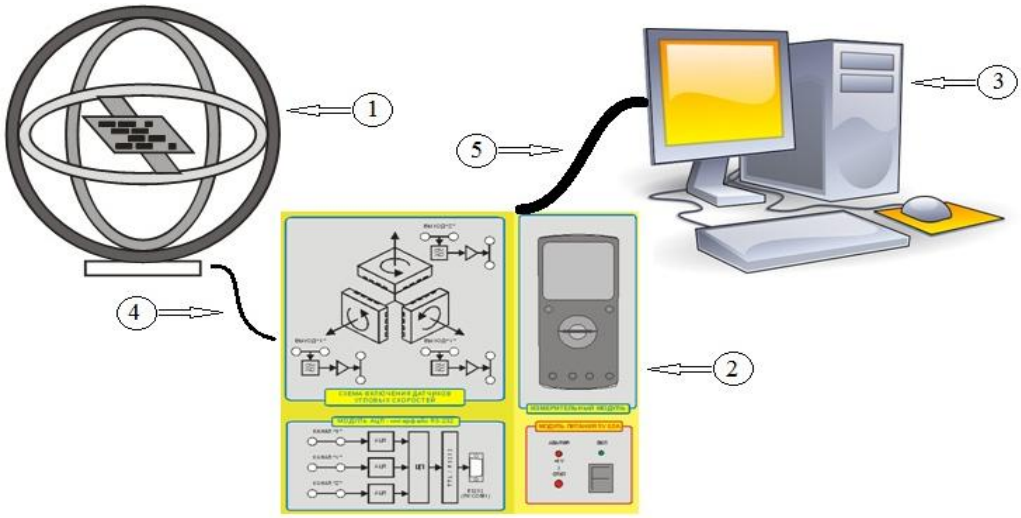


Рис. 1. Структурная схема стенда «Инерциальная навигация»

Лабораторный стенд «Инерциальная навигация» (рис. 1) включает в себя:

1 – поворотную платформу (гироскоп);
2 – лицевую панель стенда «Инерциальная навигация»;
3 – персональный компьютер;
4 – соединяющие провода;
5 – кабель для передачи данных по интерфейсу RS232 (COM-порт).

Лабораторная работа «Исследование метрологических характеристик датчика инерциальной навигации», выполняется с помощью специально разработанного в среде графического программирования LabVIEW программного обеспечения «Гироскоп» (рис. 2). В нем данные отображаются в числовом и графическом виде, а затем проводится их статистическая обработка.

Датчик угловой скорости LY530ALH обеспечивает измерение угловой скорости в пространстве (по осям X,Y,Z) и вывод аналогового сигнала по напряжению, пропорциональный изменению угловой скорости.

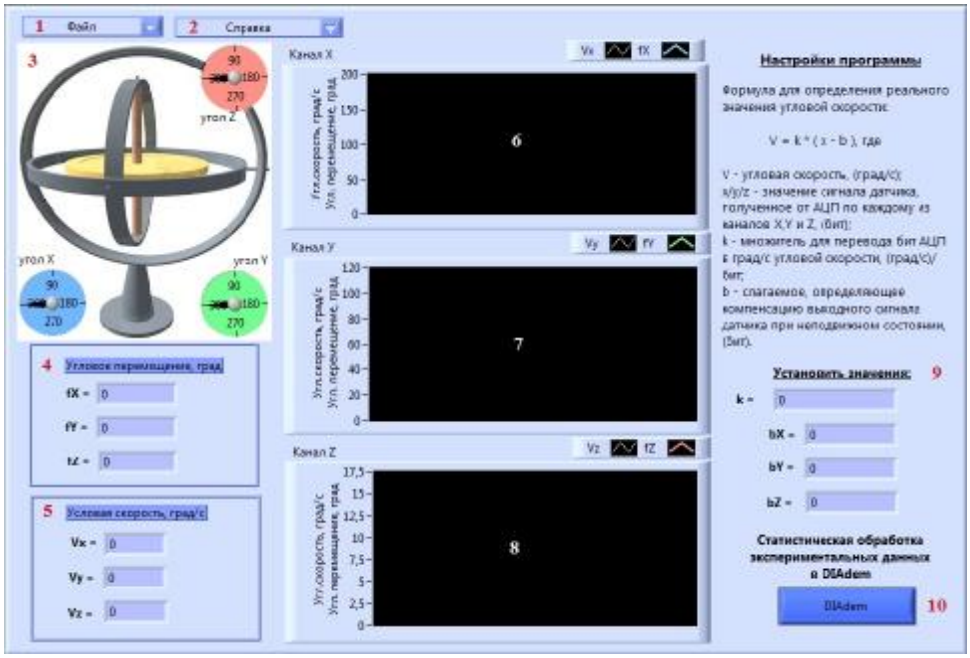


Рис. 2. Интерфейс программы «Гироскоп»

Интерфейс программы «Гироскоп» для выполнения лабораторной работы состоит из следующих компонентов:

1) файл – кнопка меню имеет возможности: Сохранить (результаты эксперимента в Excel) и Выход (из программы);
2) справка – кнопка меню для вывода информации о программе;
3) значения угловых перемещений относительно осей X,Y,Z;
4) числовые значения угловых перемещений по осям X,Y,Z;
5) числовые значения угловых скоростей относительно осей X,Y,Z;
6) текущие показания с датчика по каналу X;
7) текущие показания с датчика по каналу Y;
8) текущие показания с датчика по каналу Z;
9) область настройки коэффициентов;
10) Diadem – кнопка для перехода в среду Diadem, статистической обработки результатов эксперимента и создания отчета.

Методика выполнения лабораторной работы состоит из нескольких этапов для двух режимов «без усиления и фильтрации» и «с усилением и фильтрацией» по осям X,Y,Z:

1) Настройка коэффициентов начального положения датчика;
2) Оценка метрологических характеристик датчика;
3) Теоретический расчет абсолютной погрешности;
4) Сравнительный анализ полученных результатов.

Например, выполним оценку метрологических характеристик датчика в режиме «без усиления и фильтрации». На данном этапе выполнения лабораторной работы необходимо в программе «Гироскоп» установить начальные настроечные коэффициенты для режима «без усиления и

фильтрации» (рис. 3), затем провести эксперимент и статистическую обработку с помощью программного обеспечения DIAdem (рис. 4). Значение угловой скорости относительно осей X,Y,Z равно нулю, так как многократные измерения проводятся в установившемся положении поворотной платформы (гироскопа).

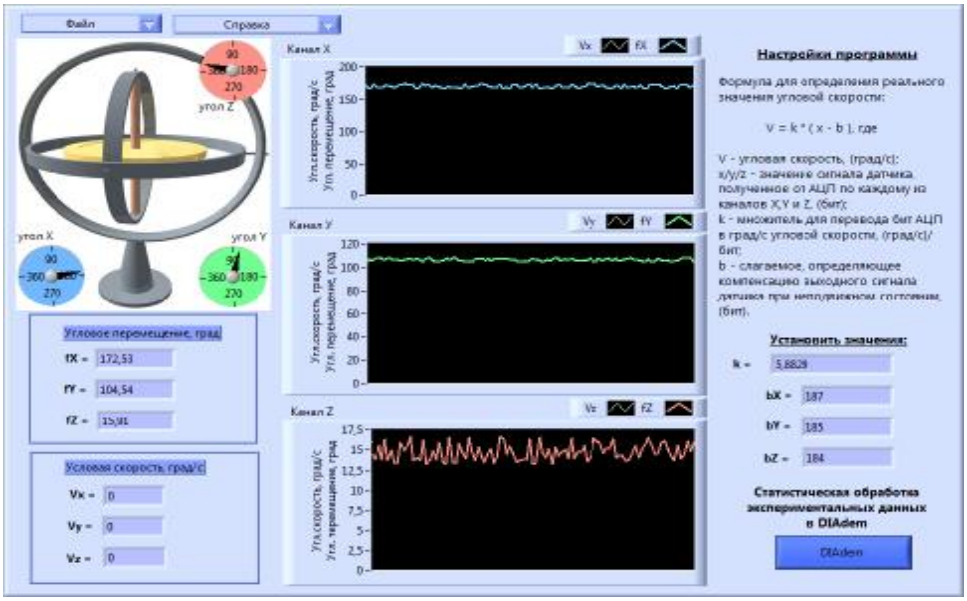


Рис. 3. Окно программы при работе в режиме «без усиления и фильтрации»

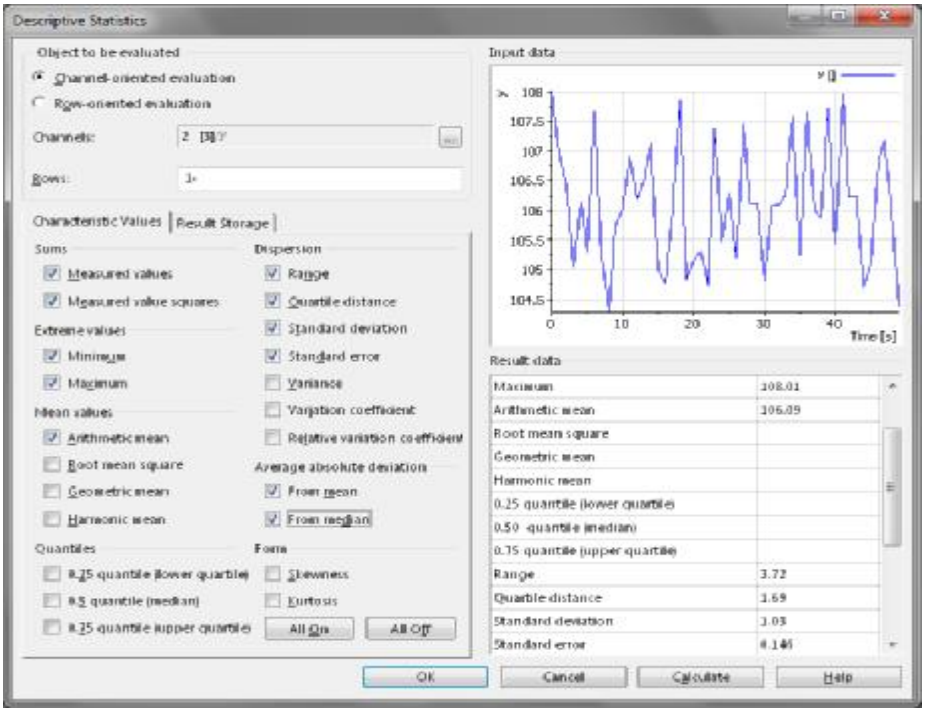


Рис. 4. Статистическая обработка результатов в ПО DIAdem. Функция Descriptive Statistics

Результат многократных измерений углового перемещения относительно оси У в режиме «без усиления и фильтрации»

$$fY = y_{ср} \pm k\Delta = 106.09 \pm 2.1*0.146 = 106,1 \pm 0,3\ °;\ 0,95.$$

4. Внедрение и его перспективы

Данная лабораторная работа «Исследование метрологических характеристик датчика инерциальной навигации» внедрена в учебный процесс Алматинского университета энергетики и связи для студентов специальности «Космическая техника и технологии» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

В дальнейшем предполагается использование ПО DIAdem для обработки данных различных объектов исследования кафедры «Инженерная кибернетика» АУЭС.

5. Список литературы

1. Ложкина Е.Е., Хан С.Г. Разработка виртуальной лабораторной работы «Калибровка датчика магнитного поля» для студентов специальности «Космическая техника и технологии». XIX Международная научно-методическая конференция «Современное образование: содержание, технологии, качество».- СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013.-Т.1.- С.118-120.
2. Ложкина Е.Е., Хан С.Г. Технологии National Instruments в задачах обработки данных. IX Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Развитие общества и инновационные технологии в образовании и экономике: новые взгляды и решения» посвященная 20-летию Независимости Республики Казахстан, г.Алматы, 2012.
3. Ложкина Е.Е., Хан С.Г. Применение технологий National Instruments при разработке виртуальной лабораторной работы «Геомагнитная навигация». V Республиканская студенческая научно-практическая конференции по математике, механике и информатике, г. Астана, 2013 – 152-154 с.
4. Кузовков Н. Т., Салычев О. С. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. М.: Машиностроение, 1982.
5. Обработка и анализ данных, генерация отчетов DIAdem. National Instruments. Май 2008г.
6. Технического описания датчика LY530ALH.
7. Техническое описание стенда «Инерциальная навигация».
8. Хан С.Г. Метрология и измерения. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения специальности 5В0702 - Автоматизация и управление.- Алматы: АУЭС, 2010.- 46 с.

ОБУЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА В ОБЩЕМ ФИЗИЧЕСКОМ И СПЕЦИАЛЬНОМ ПРАКТИКУМАХ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ LABVIEW

Н.Г. Ананьева, А.А. Демидов

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

1. Постановка задачи

Компьютерный сбор и обработка данных требуют высокого уровня программирования, знания основ цифровой техники. Появилась потребность в специалистах-физиках, способных программировать и создавать системы, сопряженные с компьютерами без помощи специалистов-программистов. Кроме того, на кафедре идет большая педагогическая работа и необходим иллюстрационный материал, в том числе, для домашней подготовки студентов.

2. ВУЗ, кафедра, на котором внедрено решение

Для решения этих задач на кафедре общей физики МГУ имени М.В.Ломоносова был выбран графический язык программирования LabVIEW компании National Instruments. И с 2008 года проходят занятия со студентами 1 и 4 курсов с использованием LabVIEW 8.5 и DAQ NI USB-6009.

3. Описание решения

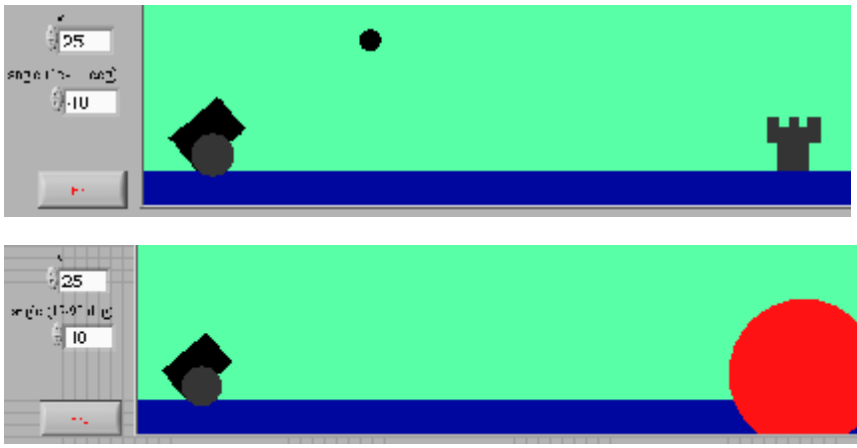
Начальный уровень программирования LabVIEW очень быстро осваивается студентами, знакомыми с ОС Windows, и первокурсники на первом же занятии создают свои ВП и проводят на них измерения и исследования. На первом курсе студенты выполняют 1 задачу (5 академических часов) с использованием системы LabVIEW [1]. Целью задачи является знакомство с работой цифровой измерительной аппаратуры (работой АЦП). В задаче надо создать вольтметр – его следует собрать из готовых узлов и стандартных программ. Затем студенты проводят контрольные измерения известного напряжения (реального – не модельного), оценивают погрешность, исследуют простейшие статистические закономерности на основе полученных результатов: влияние объема выборки на величину погрешности, соотношение случайной погрешности измеряемой величины и приборной погрешности. Закрепить полученные навыки можно создав еще один прибор – омметр, используя источник питания, два вольтметра и дополнительное (известное) сопротивление.

На четвертом курсе студенты программируют на LabVIEW уже более серьезно - у них есть для этого достаточная научная подготовка. Эта работа происходит на спецпрактикуме кафедры общей физики "Автоматизация эксперимента (на базе LabVIEW)" [2]. Цель практикума: познакомить студентов с автоматизированным сбором данных и сопряжением экспериментальных установок с компьютером.

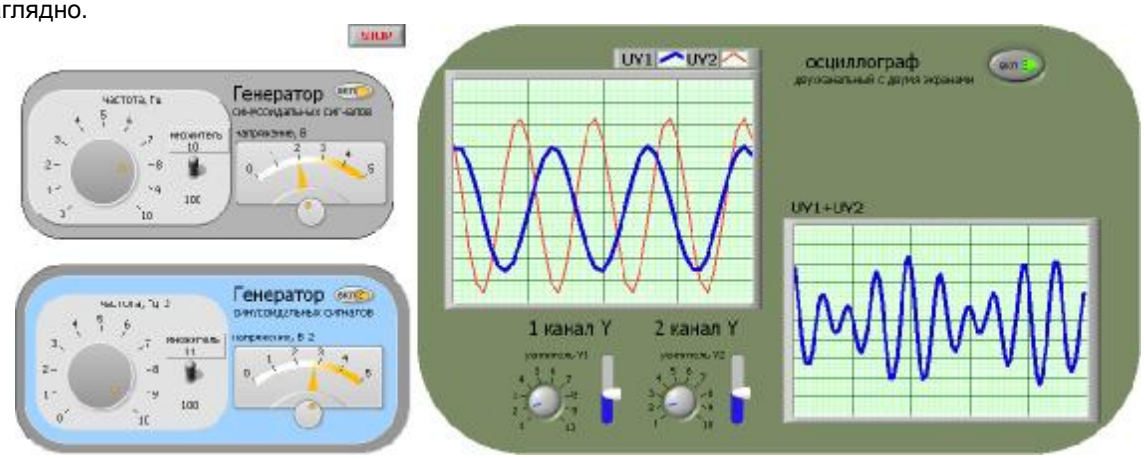
На первых пяти занятиях студенты изучают язык LabVIEW на конкретных небольших задачах. Например, создать виртуальный генератор, фильтр, получить спектр сигналов, считать изображение из файла, обработать его (например, убрать "снег" - битые пиксели).

На следующих занятиях проходит самостоятельная работа студентов по изготовлению экспериментальных установок, их сопряжению с компьютером, обработкой полученных данных или по созданию иллюстративных ВП. На последнем занятии - защита работ и результатов.

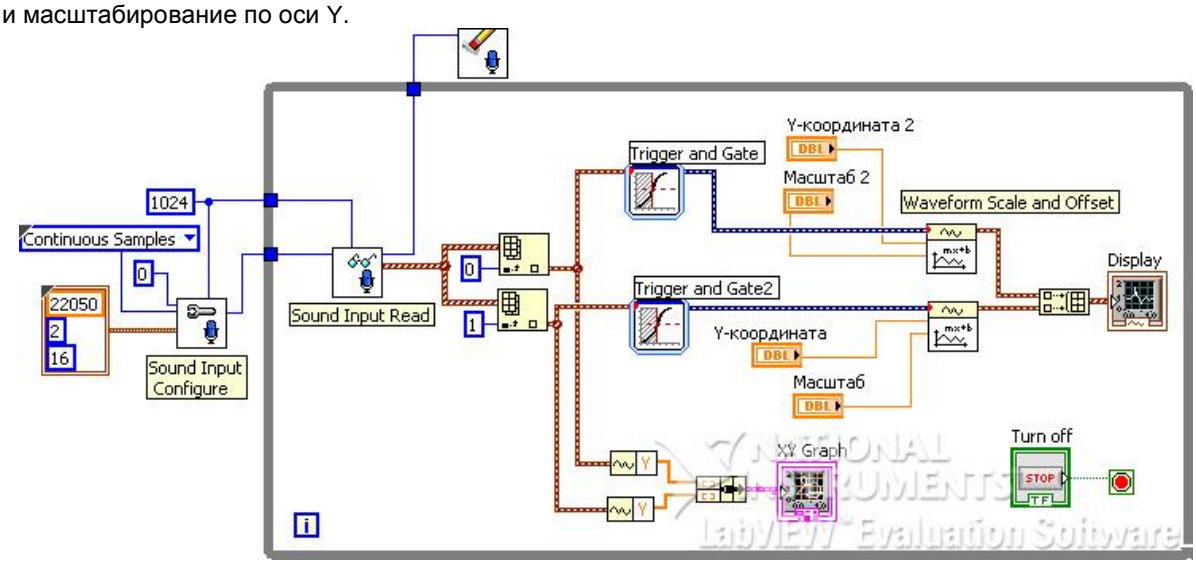
В рамках самостоятельной работы студентами 4-го курса были созданы различные программно-аппаратные комплексы. В частности, были сделаны: автоматизированная установка исследования поляризации света, устройство для определения положения маятника с двумя степенями свободы, программа для обработки фотографий с интерферометра Фабри-Перо, АЦП (на МК) с подключением к параллельному порту, ВП работы с датчиками для измерения температуры, освещенности, потока воздуха и др. Некоторые проекты создавались для демонстрации физических явлений (для студентов 1 курса или школьников). Например, доска Гальтона (изучение биномиального и нормального распределения), модель колебаний математического маятника, и др. Ниже приведен пример, выполненный в виде игры, иллюстрирующий движение в поле силы тяжести. Ядро вылетает из пушки, если правильно подобрать прицельные параметры, то можно поразить мишень. Мишень-башня меняет свое положение при каждом запуске программы. Скорость движения ядра на картинке замедленна, и можно наблюдать полет ядра.



Еще один простой пример ВП, который можно использовать в обучении школьников и студентов 1 курса – двухканальный осциллограф с двумя экранами. На первом экране отображаются 2 сигнала, на второй экран можно выводить либо сумму этих двух сигналов (наблюдать, например, биения при сложении гармонических сигналов близких частот) либо фигуру Лиссажу. С двумя экранами это очень наглядно.



Если к такому чисто демонстрационному осциллографу добавить считывание сигнала со звуковой карты, то получится простейший домашний осциллограф на ПК. Реальные аналоговые сигналы (не более 5 В) можно подавать на линейный вход звуковой карты, используя стандартный провод для микрофона. В программе имеется набор регуляторов, которые позволяют задавать сдвиг и масштабирование по оси Y.



4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Обе группы задач, для первого и четвертого курсов, реализованы в одном практикуме. Его основу составляют рабочие места, оборудованные персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть. Рабочие места комплектуются дополнительными приборами (генераторы НЧ, источники постоянных напряжений), датчиками и учебными платами, конфигурацию которых можно оперативно менять в зависимости от требуемого учебного уровня.

В качестве аппаратного интерфейса для ввода / вывода аналоговых и цифровых данных используется **Устройство сбора данных (DAQ) фирмы National Instruments для шины USB** NI USB-6009 14-Bit, 48 kS/s Multifunction Data Acquisition. Это недорогое решение, которое дает быстродействие, достаточное для учебных целей и для автоматизации широкого круга измерений в учебной физической лаборатории.

5. Перспективы внедрения и развития решения

К достоинствам этого метода обучения работе с измерительными приборами следует отнести его наглядность для современных студентов и широкие возможности по автоматической обработке экспериментальных данных. Использование ВП в домашней подготовке дает возможность студентам познакомиться с работой измерительных приборов и экспериментальных установок. Поэтому мы планируем поместить ряд демонстрационных проектов (выполненных студентами 4 курса) на сайте с методическими описаниями лабораторных работ. Можно использовать ВП – «модели экспериментов» и в предварительной беседе преподавателя со студентами (допуске) перед выполнением лабораторной работы.

6. Список литературы

1. Киров С.А., Ананьева Н.Г. Физические измерения в системе LabVIEW. М. ООП Физич. ф-т МГУ, 2011 г.
2. Харабадзе Д.Э., Ананьева Н.Г. Знакомство с программированием в среде LabVIEW. Основы цифровой обработки сигналов. Сопряжение компьютера с экспериментальной установкой. М. ООП Физич. ф-т МГУ, 2010 г.

ПЕЧЬ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВА, КАК ОБЪЕКТ ВИРТУАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

М.В. Колистратов

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», Москва

1. Постановка задачи

Разработка виртуального тренажера дающего возможность изучения принципа управления плавильным агрегатом на примере новейшей печи комбинированного нагрева.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

НИТУ МИСиС

3. Описание решения

Печь комбинированного электронагрева (разработана проф., д.т.н. Фарнасовым Г.А.) представляет собой плавильный агрегат, который позволяет проводить нагрев металла методом сопротивления и с помощью электрической дуги. На пульте управления данной печью соответственно вынесены органы управления, относящиеся к различным типам нагрева. Данный пульт был смоделирован в графическом пакете и на основании полученного изображения были созданы элементы управления и индикаторы для лицевой панели ВП, соответствующие реальным элементам управления на пульте печи (рис. 1).

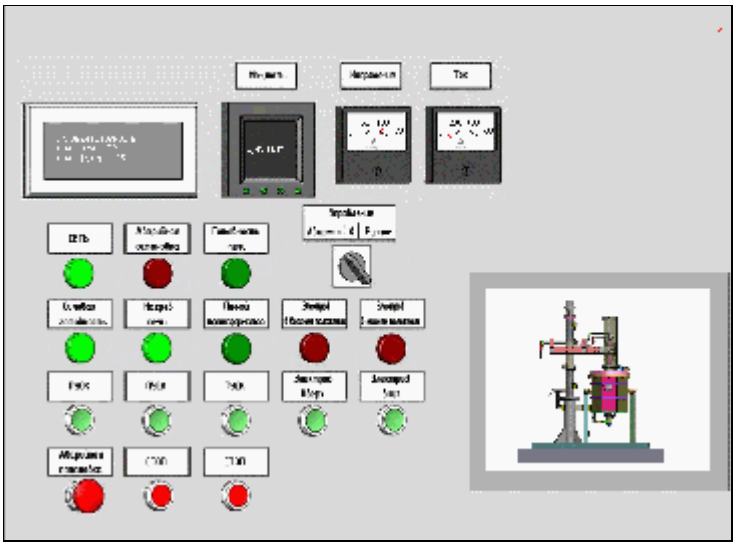


Рис. 1. Пульт управления печи

При реализации программного кода была заложена многовариантность работы печи в зависимости от нажатия кнопок на пульте управления. Кроме того, в код программы было заложено отслеживание неправильных действий оператора в ручном режиме управления печью, которые могут привести к возникновению аварийных и внештатных ситуаций, таких как обрыв дуги, перегрев питающего трансформатора вследствие длительного состояния короткого замыкания при зажигании дуги, повреждение электрода при контакте с шихтой и т.п.

Пользователю предлагается провести ряд плавок при различных режимах работы печи:

- плавка только сопротивлением;
- плавка только дугой;
- плавка одновременно сопротивлением и дугой.

На основании полученных результатов рассчитывается производительность и затраты на электроэнергию при каждом режиме плавки.

В момент проведения плавки на пульте показывается изображение управляемой печи для визуального контроля плавки (видно поднятие и опускание электрода).

Кроме непосредственно заявленной печи в состав тренажерного комплекса вошли следующие модули:

- видео;
- расчет параметров различных плавильных агрегатов
- электронный учебник;
- модуль для тестирования.

Модуль «видео» содержит в себе видеофайлы сборки разборки 3D моделей основных узлов печи, перемещение различных узлов относительно друг друга, непосредственная работа печи. Т.к. накоплен большой массив видеофайлов, то встала необходимость структурировать эти файлы и сделать некоторое управление для выбора нужного файла. Программа просмотра была написана на LabVIEW с использование технологии ActiveX (рис.2). В созданной программе реализованная возможность выбора узла, при этом на лицевой панели становятся активными кнопки, сигнализирующие о наличии или отсутствии необходимого видеофайла в папке с программой.

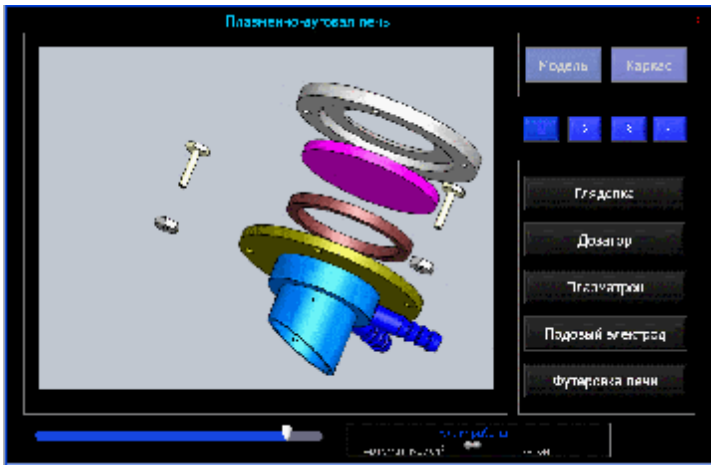


Рис. 2. Программа просмотра видео

Модуль «расчет параметров различных плавильных агрегатов» включает в себя программы расчета электрических, механических и тепловых свойств выбранного типа печи. Пользователю необходимо внести исходные данные и программа проведет интересующий расчет. Пример одной из программ представлен на рисунке 3.

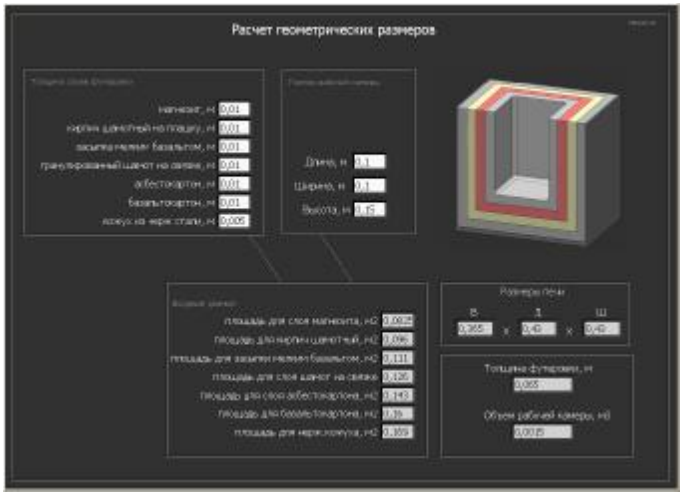


Рис. 3. Программа расчета геометрических размеров для печи сопротивления

Модули «учебник» и «модуль для тестирования» созданы и скомпилированы с помощью сторонних программных средств.

С помощью LabVIEW все модули данного тренажерного комплекса были собраны в единую сборку и с помощью Application Builder, входящего в состав LabVIEW, был создан установщик

(Installer), что позволило в дальнейшем устанавливать и запускать данный продукт без наличия среды графического программирования LabVIEW на локальном компьютере.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Среда графического программирования LabVIEW 2009.

5. Список литературы

1. Фарнасов Г.А. Электротехника, электроника, электрооборудование: Учебник для вузов. – М.: «ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 2000. – 392 с.

2. Трэвис Д., LAbVIEW для всех, М.:ДМК Пресс, 2004 – 544 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ НА БАЗЕ NI ELVIS II

М.Л. Веселовский, А.А. Иванов, А.В. Пономарев

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск

1. Постановка задачи

Платформа National Instruments NI ELVIS II со встроенными 12 наиболее используемыми приборами помогает быстро развить практические навыки у студентов. Данная платформа обладает возможностями мощного сбора данных и USB-интерфейсом, позволяет работать совместно с NI LabVIEW, что делает ее идеальным решением для обучения электротехническим дисциплинам. Большинство лабораторных работ, выполняемых на кафедре «Теоретическая электротехника» ОмГУПС, реализовано с помощью NI ELVIS II [1], но исследование трехфазных цепей в настоящий момент не реализовано.

Симметричной трехфазной системой называется электрическая цепь, в которой действуют три ЭДС одной и той же частоты, с одинаковой амплитудой, сдвинутые друг относительно друга по фазе на 120° и создаваемые общим источником электромагнитной энергии [2]. Создание симметричной трехфазной системы на платформе NI ELVIS является сложной задачей в силу того, что на самой установке нет трех независимых источников питания, которые можно было бы использовать для генерации питающего напряжения.

Настоящая работа посвящена созданию автоматизированной лабораторной установки, которая, во-первых, генерирует трехфазный сигнал, а, во-вторых, программно снимает показания фазных, линейных токов и напряжений.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Решение осуществлялось с помощью установки NI ELVIS II и программного обеспечения NI ELVISmx. Проектирование цепей проводилось с использованием программы для моделирования электрических схем Electronics Workbench 5.12.

3. Описание решения

Для подачи сигнала на установку предлагается использовать ВП генератор сигналов произвольной формы (ARBITRARY WAVEFORM GENERATOR – ARB), который использует только две линии аналогового вывода (AO <0..1>) [3]. На эти выводы подаются фазные напряжения U_A и U_C. Фазное напряжение U_B может быть получено путем сдвига напряжения U_A, подаваемого с нулевой начальной фазой, на угол $j = -120°$. Для этой цели используется две интегрирующие RC-цепочки сдвигающие напряжение на 60°. Используя фазочастотную характеристику RC-цепи можно рассчитать её номиналы:

$$j = -\mathrm{arctg}(2pfRC)$$

При прохождении сигнала через последовательно соединенные RC-цепи входное напряжение уменьшается, поэтому требуется усилить выходной сигнал до начального значения. Компенсация потерь напряжения осуществляется с помощью неинвертирующего операционного усилителя, схема которого изображена на рис.1, а пример реализации на плате NI Elvis – на рис.2.

Результат работы такой схемы отображен на рис.3.

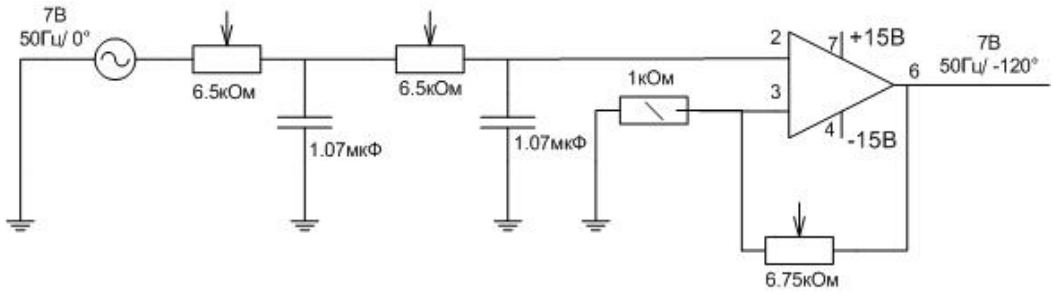


Рис. 1. Схема RC-цепей, реализующая сдвиг фазы на –120°, с неинвертирующим операционным усилителем

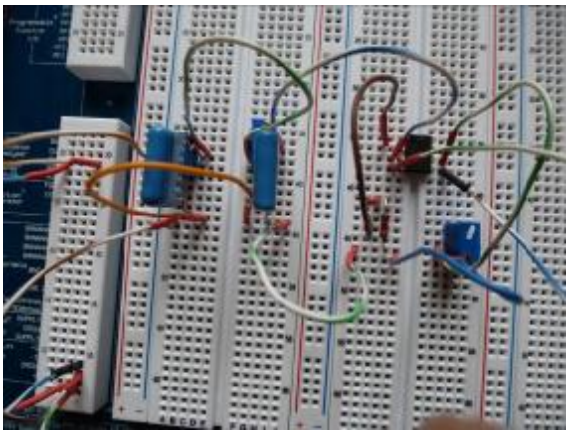


Рис. 2. Схема для сдвига фазного напряжения U_A на –120º, собранная на платформе NI Elvis

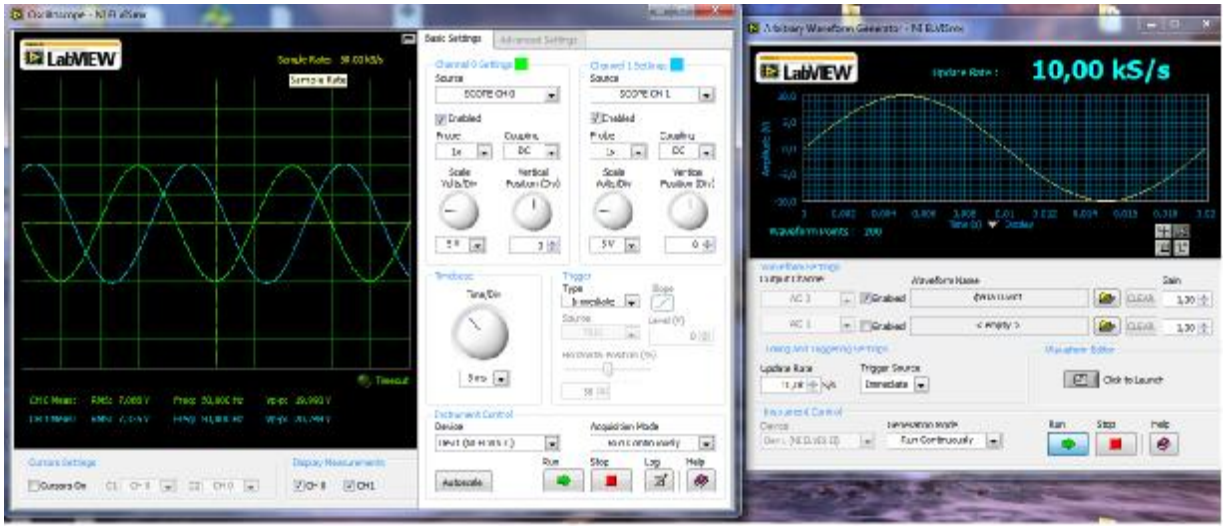


Рис. 3. Окно генератора синусоидального сигнала U_A и осциллограмма с напряжениями на входе (U_A, зеленый график) и выходе фазосдвигающей цепи (U_B, синий график)

Использование второго канала ARB позволило получить симметричный трехфазный источник.

После этого к источникам была подключена нагрузка звездой и треугольником (рис.4) и измерены такие характеристики как: действующие фазные, линейные токи и напряжения, ток в нейтральном проводе и напряжение смещения.

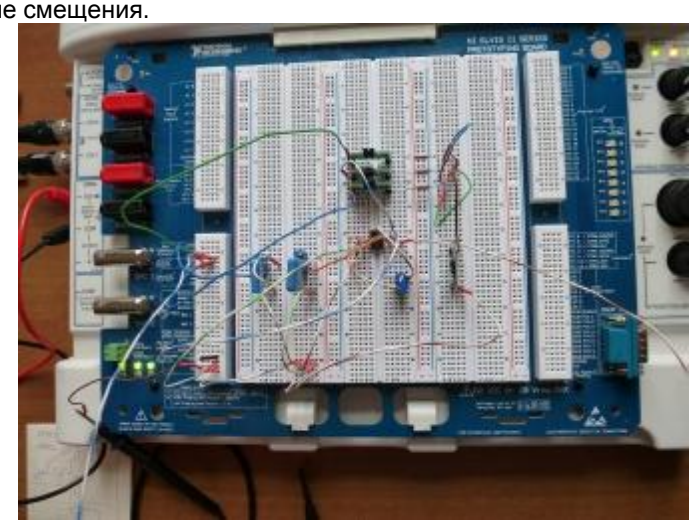


Рис. 4. Собранная схема на установке

В итоге тестирования собранной схемы получены следующие результаты.

При симметричной нагрузке собранной по схеме «звезда с нейтральным проводом» фазные напряжения оказались равными 6,8 ± 0,1 В, линейные напряжения U_{AB}, U_{BC} и U_{CA} – 11,9 ± 0,1 В. Фазные токи равны 7,6 ± 0,1 мА, а ток в нейтральном проводе – 0,1 мА.

В дальнейшие планы входит создание действующей макетной платы данной схемы, которая позволит в удобной форме выполнять лабораторные работы по исследованию трехфазных цепей. Эта плата будет взаимодействовать с созданным ВП и будет позволять программно снимать все характеристики схемы.

4. Внедрение и его перспективы

Использование установки NI ELVIS II во время выполнения лабораторных работ поможет более наглядно представить процессы в цепи, намного удобнее снимать измерения, моделировать различные режимы работы цепи, а так же управлять симметричностью источника.

5. Список литературы

1. Исследование несинусоидальных режимов работы линейных электрических цепей с использованием комплекса NI ELVIS / Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments – 2012: Сборник трудов XI международной научно-практической конференции / Ведерников А. В, Ковалева Т. В., Комякова О. О., Пашкова Н. В., Пономарев А. В., Уткина А. В. / ДМК Пресс. Москва, 2012. С. 326 – 328.

2. Теоретические основы электротехники / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. СПб: Питер, 2003. Т. 1. 462 с.

3. National Instruments / Учебный курс NI ELVIS II.

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.В. Светлов, И.В. Ханин, С.С. Шигуров, В.С. Мещеряков

Пензенский государственный университет, г. Пенза

1. Постановка задачи

Среди современных телекоммуникационных средств наиболее стремительно развиваются сети сотовой радиотелефонной связи. Их внедрение позволило решить проблему экономичного использования выделенной полосы радиочастот путем передачи сообщений на одних и тех же частотах, но в разных зонах (сотах) и увеличить пропускную способность телекоммуникационных сетей. Необходимое специализированное оборудование для тестирования и настройки сети имеется у операторов сотовой связи. Однако оборудование является высокоточным, технологичным и дорогостоящим. Поэтому операторы проводят обучение молодых специалистов, непосредственно под руководством ведущих инженеров бригад. Это довольно дорогостоящая во всех аспектах работа, так как есть риск выхода из строя оборудования, а также потеря времени у квалифицированного специалиста.

Для обучения молодых специалистов принципам функционирования сетей сотовой связи, предлагается использовать разработанный специализированный стенд. Разработанный стенд – довольно дешевое решение, основанное на технологиях National Instruments, с использованием доступных комплектующих.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Пензенский государственный университет, кафедра «Радиотехника и радиоэлектронные системы».

3. Описание решения

В качестве основы для стенда используется персональный компьютер с подключенным к нему USB-модемом. В качестве управляющей программы используется модуль, написанный в среде LABVIEW.

Сбор измерительной информации производится модемом, подключенным к USB порту компьютера. Предлагается использовать модемы производителя HUAWEI, как наиболее распространенные, хотя можно использовать и модемы ZTE. Использование продукции этих двух фирм рекомендуется в связи с дешевизной и широкой распространенностью. Однако при использовании таких модемов необходимо использовать внешнюю штыревую антенну для того, чтобы получить круговую диаграмму направленности антенны.

В операционной системе модемы, подключенные к USB-порту, определяются, как виртуальные COM-порты. Первый порт называется User interface − он отвечает за предачу управляющих последовательностей модему в формате AT-комманд, используя кодировку ASCII, данные комманды сертифицированы и стандартизированы сообществом 3GPP. Существуют также и определенные команды, разрабатываемые и поддерживаемые различными производителями модемов, например, специализированные команды ZTE начинаются как AT^ZXXX, где в место XXX ставится требуемая команда. Ознакомиться с такими командами обычно можно в руководствах по разработке программного обеспечения, либо в техничекой документации на модемы.

Второй порт называется Diagnostic Mode − данный порт является служебным, через него осуществляется смена программного обеспечения модема, а также прием-передача специальных команд в шестнадцатеричном виде. Описание данных команд зависит от модели набора системной логики и от производителя модема, например, в подавляющим большинстве модемов HUAWE находятся наборы системной логики Qualcomm.

Работа основной программы начинается с открытия инструментарием VISA двух потоков, причем каждый поток взаимодействует с отдельным COM-портом.

Первый поток открывает User interface модема, по которому передаются AT команды. В данном случае эти команды используются для перевода модема из сети 3G в сеть 2G и обратно, это необходимо для выбора оптимального режима передачи данных, а также для выбора диапазона, в котором производится контроль сети.

Команда представляет собой буквенно-символьное сочетание вида:

AT^SYSCFG=13,1,3FFFFFFF,2,4,

где первая позиция – режим сотовой сети;

вторая позиция – порядок перевыбора сотовой сети;

третия позиция – цифро-символьная комбинация, диапазон работы;

четвертая позиция – роуминг;

пятая позиция – домен работы (CS,PS).

Вычисление уровня сигнала от сервисной ячейки происходит посредством команды AT+CSQ, в качестве ответа приходит два числа, первое − это уровень сигнала, второе − это качество принимаемого сигнала.

Далее с помощью команды-запроса AT+CREG получается информация о контроллере локальной зоны (Local Area Controller) и идентификаторе соты (Cell ID).

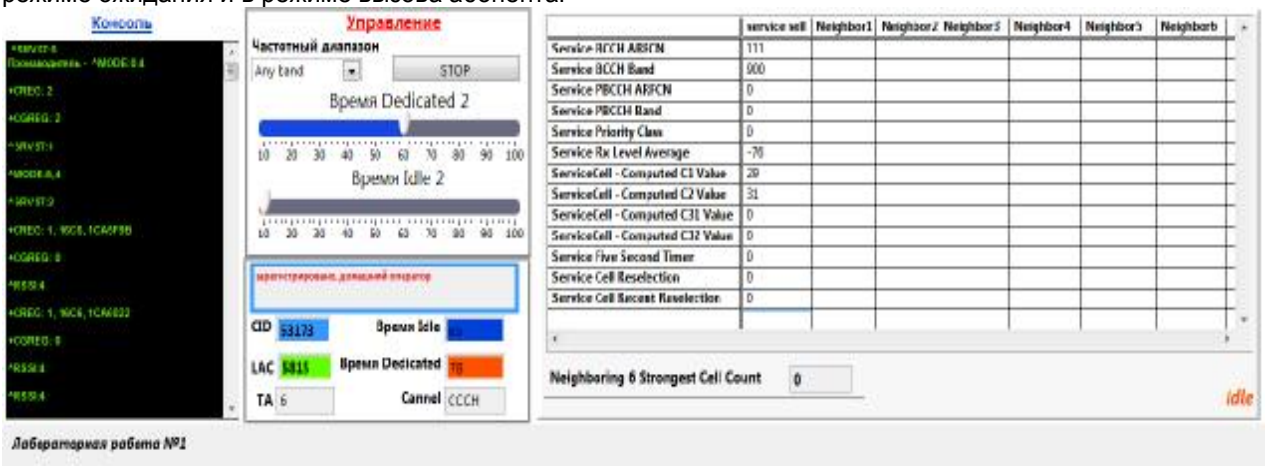
Второй поток открывает Diagnostic Mode, по которому передаются контрольные команды и возвращаются ответы. Запросы Diagnostic Mode представляют собой шестнадцатеричные последовательности, которые дешифруются с помощью специальных алгоритмов. В результате этих запросов получается информация о следующих параметрах:

– о расстоянии до базовой станции мобильного терминала системы;

– об уровне несущих до 6-ти соседних сот;

– об абсолютном значении частоты канала (ARFCH (BCCH/TCH)).

Лицевая панель стенда представлена на рис.1. На лицевой панели отображена консоль для наблюдения за ходом отправки команд, органы управления, а также собранная информация о сотовой сети. Стенд позволяет выбирать частотный диапазон, время пребывания радиомодуля в режиме ожидания и в режиме вызова абонента.



Лицевая панель стенда

Собранная информация отображается в табличном виде, список параметров представлен на рис.

Исследование сотовой сети с использованием разработанного стенда позволяет понять основные принципы функционирования сотовой сети, такие как: эстафетная передача абонента, пеленг абонента, критерии в выборе обслуживающей соты мобильным телефоном, так как не всегда обслуживающая сота имеет больший уровень сигнала. С помощью стенда проводится исследование качества связи при различных погодных и технологических условиях, будь то снег, дождь или бетонные перекрытия в строении. Стенд позволяет приобрести первичные навыки работы в сетях без использования сложного измерительного оборудования, что весьма ценно в учебном процессе в вузах при изучении телекоммуникационных систем.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Комплекс программ создан с использованием пакета LabView 9.0 Full dev system.

5. Внедрение и развитие решения

Данная система используется на кафедре «Радиотехника и радиоэлектронные системы» Пензенского государственного университета для обучения студентов по дисциплине «Телекоммуникационные системы».

Основным преимуществом такого стенда является использование стандартных и дешевых комплектующих, что позволяет оснастить лабораторию несколькими такими стендами. Также стоит отметить, что такой стенд легко модифицируется под исследования сетей LTE.

6. Список литературы

1. Тревис Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс, 2004.
2. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: справочник по функциям. – М.:ДМК Пресс, 2007.

LABVIEW - ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО КУРСУ ФИЗИКИ

Н.Н. Прибылов[1], Е.И.Прибылова[1], З.Л.Шулиманова [2]

1. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), г. Воронеж

2. Российская открытая академия транспорта МИИТ, г.Москва

1. Постановка задачи

При подготовке учебного пособия по физике мы столкнулись с необходимостью включения в текст иллюстративного материала. Обычная практика создания рисунков, отражающих общие закономерности, привела к тиражированию иллюстраций, слабо отражающих реальные экспериментальные данные. В связи с этим мы поставили перед собой цель создать средствами LabVIEW ряд программ, позволяющих получать иллюстративный материал, опирающийся на достоверные данные и не содержащий непреднамеренных искажений. Потребность в экспорте изображений для дальнейшего применения в текстовых файлах определили специфический дизайн диаграмм – они выполнены преимущественно в белой раскраске. Помимо этого файлы используются в качестве иллюстративного материала при проведении занятий.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 7.0.

3. Описание решения

3.1 Демонстрация изотерм Ван-Дер-Ваальса

Сравнительно простая зависимость давления газа P от величины занимаемого им объёма V определяется его индивидуальными параметрами a, b:

.

На Рис.1 представлена фронтальная панель программы, позволяющей представить набор изотерм для выбранного из списка газа при назначенных пользователем температурах.

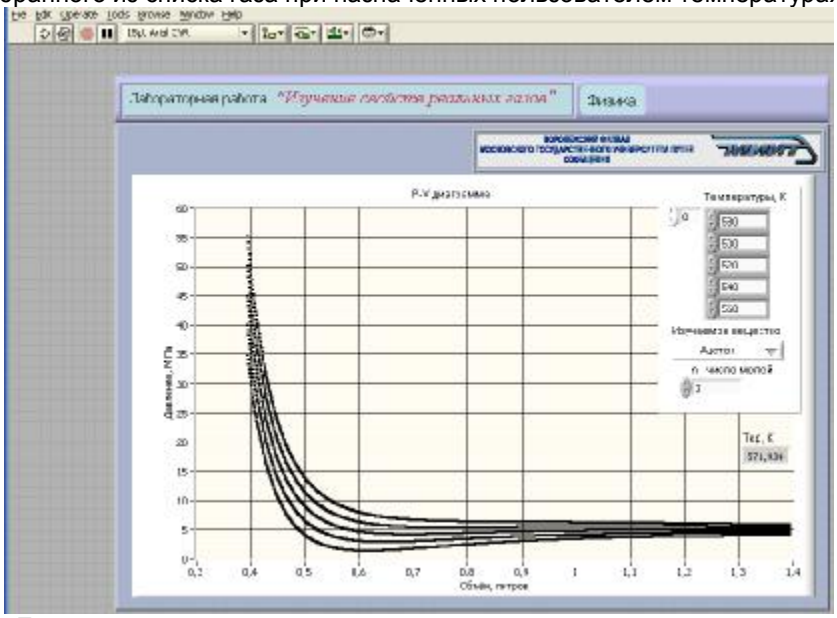


Рис. 1. Пять изотерм паров ацетона рассчитаны для интервала температур 500-580 К

Сравнивая эти зависимости, опирающиеся на реальные данные, с предлагаемыми в учебникам иллюстрациями, можно усомниться в правильности наших вычислений, но те же самые наблюдения, сделанные в значительно более узком температурном диапазоне, представлены на Рис. 2 и демонстрируют нам солидарность учебников и виртуального эксперимента.

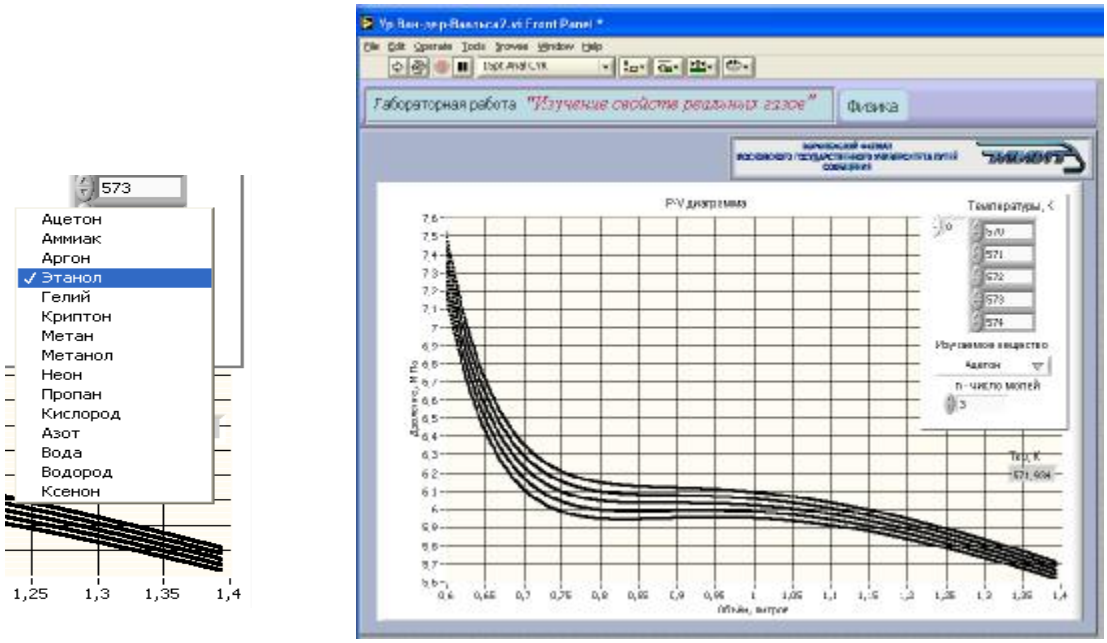


Рис.2. Определить оптимальные условия проведения наблюдений без знания критической температуры весьма сложно. Именно поэтому на графике выставлена панель для её вычисления

Перечень газов, поведение которых можно иллюстрировать с помощью программы содержит пятнадцать наименований. Меняя вещество, пользователь сможет убедиться в существовании криогенных газов.

Основной же результат, по нашему мнению, будет достигнут после того, как ему удастся самостоятельно "подобраться" к критической температуре. Сопоставление своих усилий с усилиями дотошных физиков – экспериментаторов прошедших веков порождает трепетное уважение к замечательным учёным. Температура перестаёт быть просто параметром, а становится решающим фактором, изменяется цена долей градуса!

Пользователь может назначить практически любое разумное число температур. Элемент определения размера массива заданных температур задаст количество циклов "по счёту" и изотермы будут отображены на P-V – диаграмме.

Программный код представлен на Рис. 3.

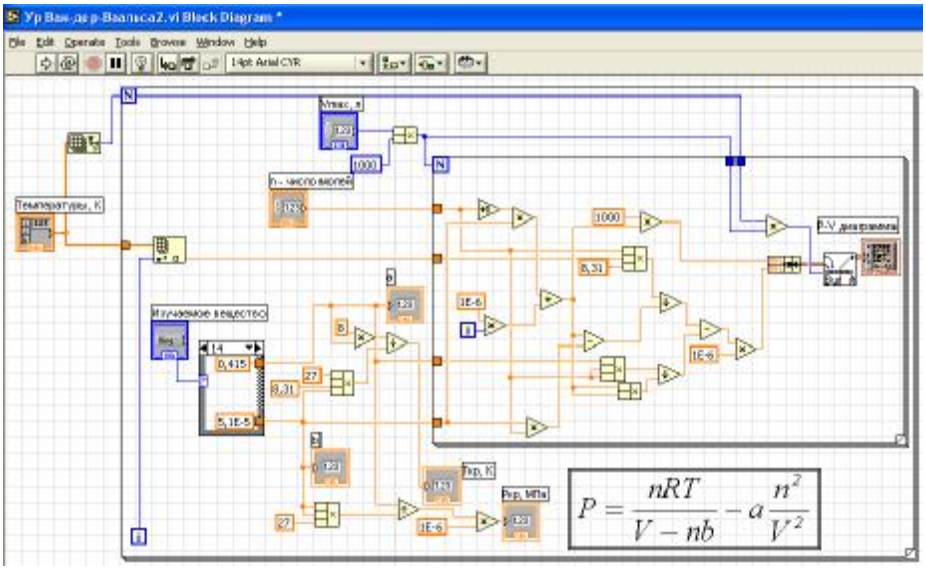


Рис. 3. Язык графического программирования, используемый в программной оболочке LabVIEW, [1] интуитивно понятен большинству пользователей

3.2. Иллюстрация распределения Максвелла

Распределение молекул по скоростям встречается в ряде задач и вызывает известные вычислительные трудности. Программа позволяет для назначенных молекул построить распределение и вычислить вероятность обнаружения молекул в заданном интервале температур. Применение целесообразно при разработке вариантов заданий и проверки решений.

Фронтальная панель представлена на Рис. 4.

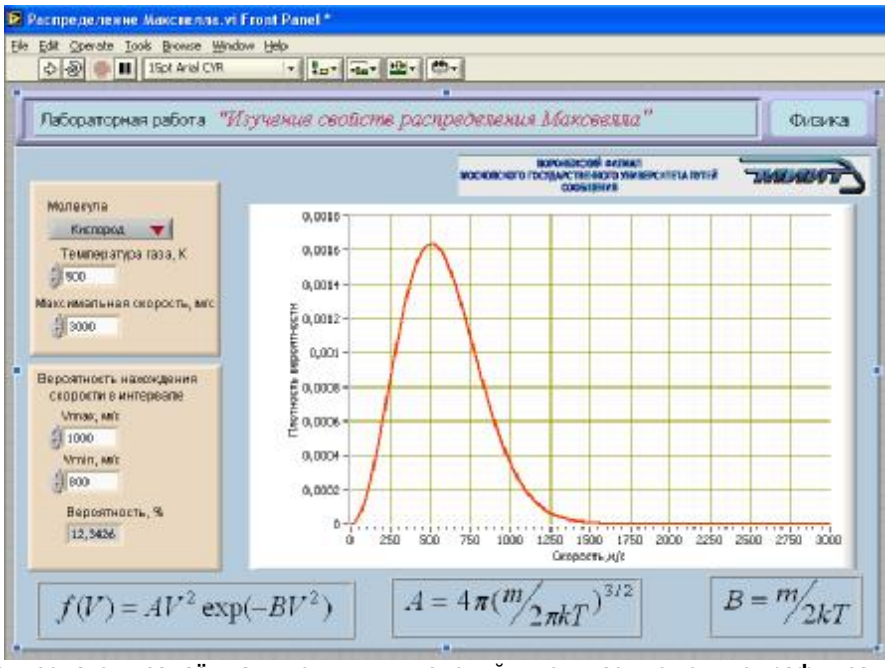


Рис. 4. Пользователь задаёт данные для вычислений и получает не только график зависимости плотности вероятности, но и вероятность нахождения значений скорости в заданном диапазоне. Размещённые в рамках формулы напоминают о физике и несут образовательную нагрузку

Программный код показан на Рис.5. Вычисление плотности вероятности ведётся в цикле "по счёту" для одного из семи видов молекул. Вероятность нахождения в интервале определяется численным интегрированием путём суммирования в сдвиговом регистре. Проверка правильности вычислений достаточно очевидна: в интервале скоростей от нуля до максимального значения, превышающего скорость звука вероятность рана 100%.

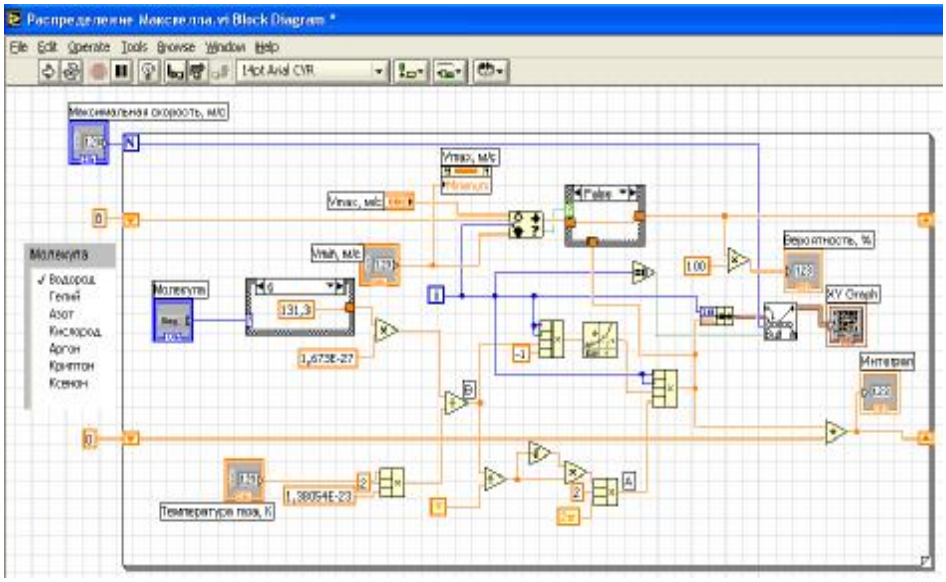


Рис. 5. Перечень атомов и молекул имеет семь наименований, но он может быть легко расширен по желанию заказчика

3.3.Демонстрация дифракционной картины Фраунгофера

Демонстрации дифракции на узкой щели с применением полупроводниковых лазеров теперь сравнительно легко осуществимы, но всё-таки требую затемнения части аудитории. На Рис. 6 представлены результаты работы программы, позволяющие иллюстрировать явление с помощью проектора. Предусмотрено не только приблизительное изменение цвета светофильтров, картины интерференции, но и случайное смещение центрального максимума. Распределение интенсивности определяется соотношением, приведённым на панели. Чтобы эта программа стала лабораторной работой, достаточно спрятать за номером варианта один из назначаемых параметров и использовать линейки.

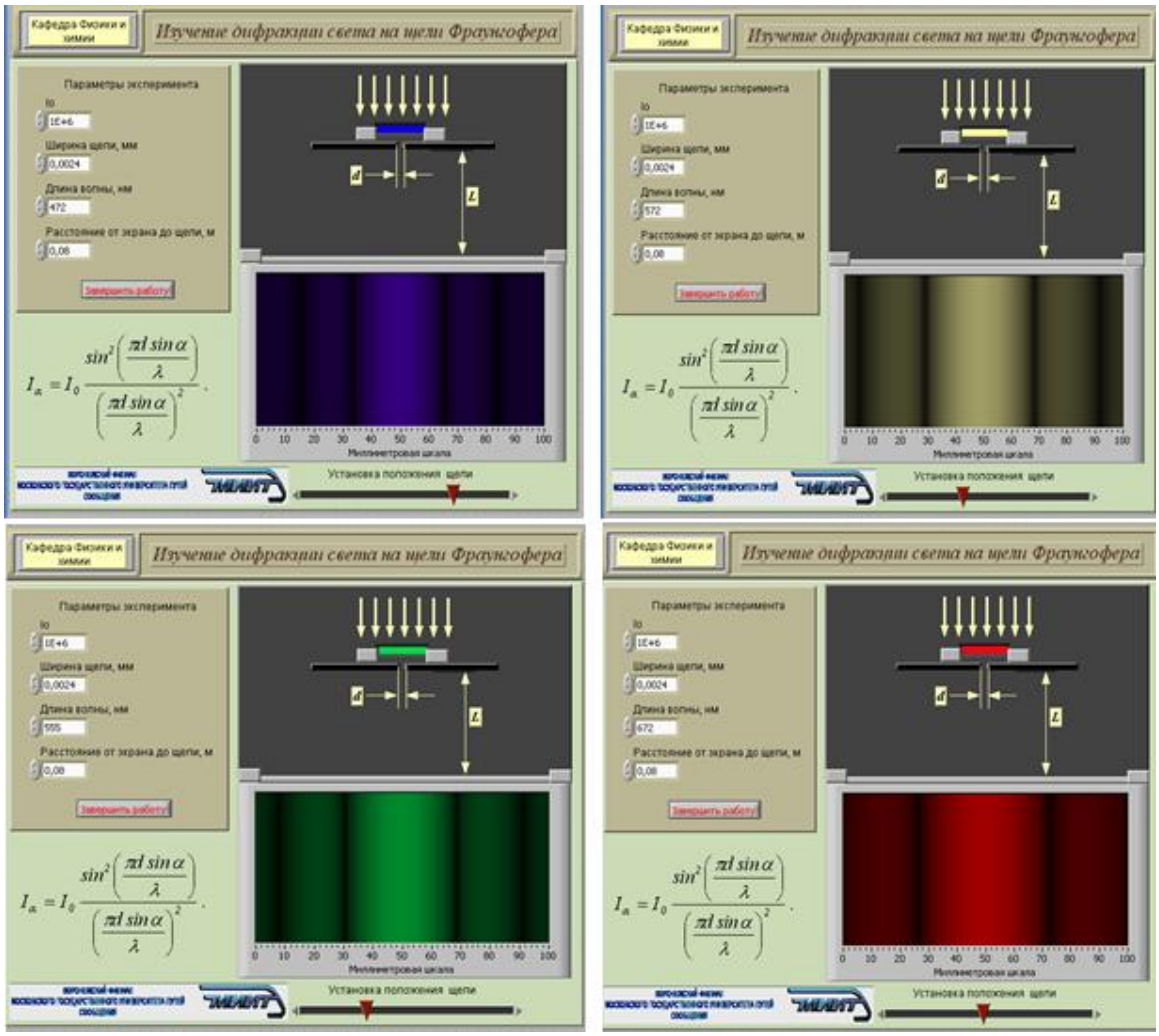


Рис. 6. В демонстрационном опыте раньше менялись светофильтры. Теперь можно использовать лазеры, но приобретение четырёх разноцветных лазеров довольно дорого

4. Внедрение и его перспективы

Описанные материалы используются при чтении лекций студентам заочной формы обучения в Российской открытой академия транспорта МИИТ и на филиалах МИИТ.

5. Список литературы

1. Пейч Л.И., Точилин Д.А., Поллак Б.П. LabVIEW для новичков и специалистов. М.: Горячая линия – Телеком, 2004.-384 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ NI ELVIS

А. В. Гуляев, Ю. М. Кулинич

ДВГУПС, г. Хабаровск

1. Постановка задачи

Дисциплина «Электронная и преобразовательная техника» имеет существенное значение в общеинженерной подготовке студентов. Изучение принципов построения и действия полупроводниковых приборов и микроэлектронных схем; аналоговых, импульсных цифровых, микропроцессорных и преобразовательных устройств, используемых в различных автоматизированных системах, является неотъемлемой частью в комплексе знаний, получаемых в процессе обучения студентами технических высших учебных заведений.

Использование в учебном процессе лабораторной станции NI ELVIS и программного обеспечения LabVIEW для выполнения лабораторных работ позволяет в автоматизированном режиме производить сбор и обработку информации и в удобном для студента виде отображать экспериментальные данные. В настоящее время для образовательной платформы NI ELVIS производятся различные модули для выполнения лабораторных работ, для исследования элементов аналоговой электроники: диоды, транзисторы, тиристоры и т.д., а также простейшие цифровые компоненты: логические элементы, триггеры, счетчики, и т.д. Такие модули подключаются к макетной плате с помощью 10-штырьковой разъемной рейки. И используют все 8 цифровых линий порта 0 модуля ввода-вывода соединенных непосредственно с 8 линиями цифрового ввода Digital Input макетной платы в режиме работы лабораторной станции NI ELVIS «BYPASS». Однако для подключения более сложных лабораторных модулей требуется большее количество линий передачи данных. Например, цифровой сумматор-вычитатель (сумматор К155ИМ3) имеет два 4-разрядных входа для приема двух четырехразрядных двоичных чисел, а к арифметико-логическому устройству (АЛУ) типа КР531ИК2 еще добавляется 3-разрядный вход для выбора режима его работы и вход для определения выполняемой операции, следовательно, для входных сигналов потребуется 11 линий передачи информации. Таким образом, для работы с АЛУ потребуется 17 линий Digital Input (вместе с выходными сигналами).

Требуется разработать унифицированные лабораторные модули, работающие в режиме транзитной передачи.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра «Электроподвижной состава»

3. Описание решения

Для детального изучения принципа работы электронных компонентов и выполняемых на их основе устройств в ДВГУПС разработан комплекс лабораторных работ, необходимых для исследования сложных цифровых компонентов и устройств: цифрового сумматора-вычитателя, арифметико-логического устройства, оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), а также генератора линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН), аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователя (АЦП-ЦАП). При этом в модуле АЦП-ЦАП используется PIC-контроллер 16F873.

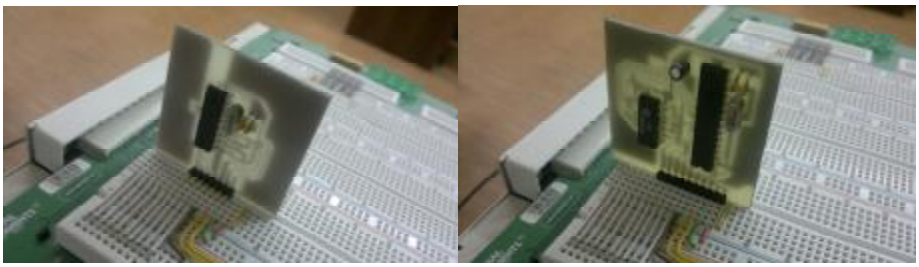


Рис. 1. Модули лабораторных работ ГЛИН и АЦП-ЦАП

При выполнении лабораторной работы необходимо укомплектовать макетную плату лабораторной станции NI ELVIS соответствующими модулями и запустить разработанное в LabVIEW

программное обеспечение. Лабораторная работа выполняется в соответствии с указаниями учебного пособия. Внешний вид лабораторного стенда представлен на рисунке 2.

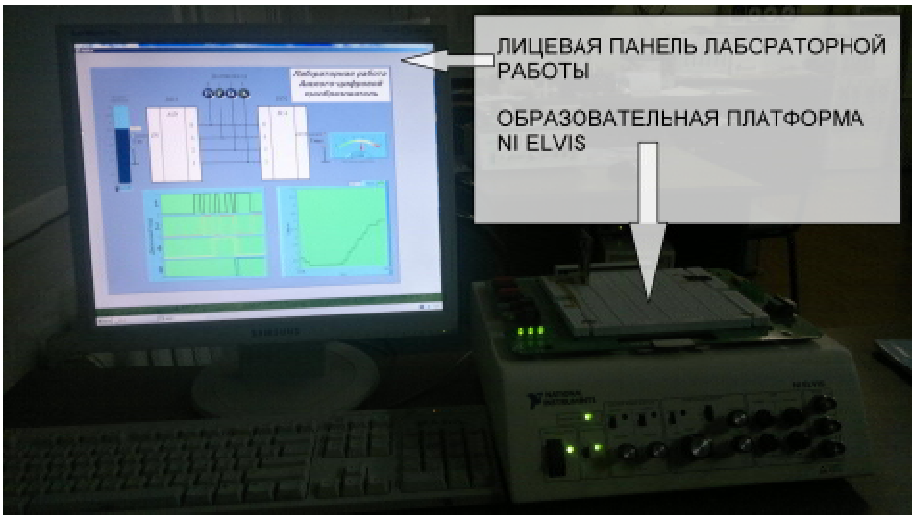


Рис. 2. Внешний вид лабораторного стенда

Для использования минимального числа линий передачи данных между лабораторным модулем и базовой станцией NI ELVIS предложен способ задания входного кода, при котором 11 требуемых цифровых линий заменяется 1 цифровой линией. На пример для схемы исследования АЛУ на экране компьютера (рисунок 3) задаются два двоичных 4-разрядных числа *A* и *B*, над которыми выполняются арифметические или логические операции, указанные в двоичном 3-разрядном коде, указанном на входе *E* АЛУ (выбор режима).

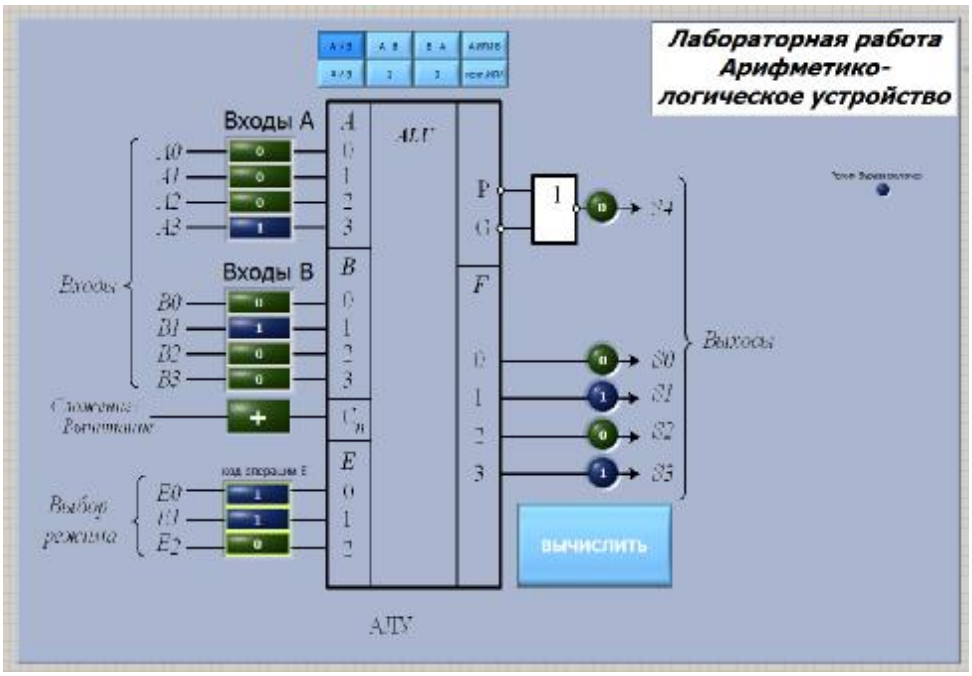


Рис. 3. Лицевая панель лабораторной работы АЛУ

Заданные значения размещаются в 11-разрядном двоичном числе в формате, показанном на рисунке 4.

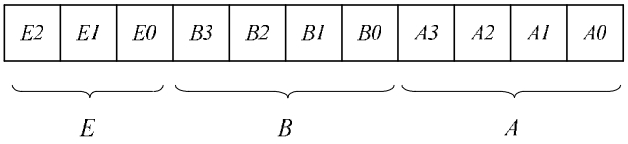


Рис. 4. Представление исходных данных на входе АЛУ

Сформированный двоичный код преобразуется в десятичное число. По цифровой линии базовой станции NI ELVIS на вход модуля АЛУ передается последовательность тактовых импульсов частотой 50 кГц, равных заданному десятичному числу. Таким образом, 11-разрядный двоичный код (2048 импульсов) передается на модуль АЛУ за время 0,04 с. В лабораторном модуле АЛУ импульсный сигнал преобразуется в двоичный код на входах АЛУ, который соответствует набранному на экране компьютера исходному коду.

Такой подход позволяет значительно упростить конфигурацию стенда, т.е. передавать двоичный код на различные входы цифровых устройств по одной линии в режиме работы лабораторной станции NI ELVIS «BYPASS»

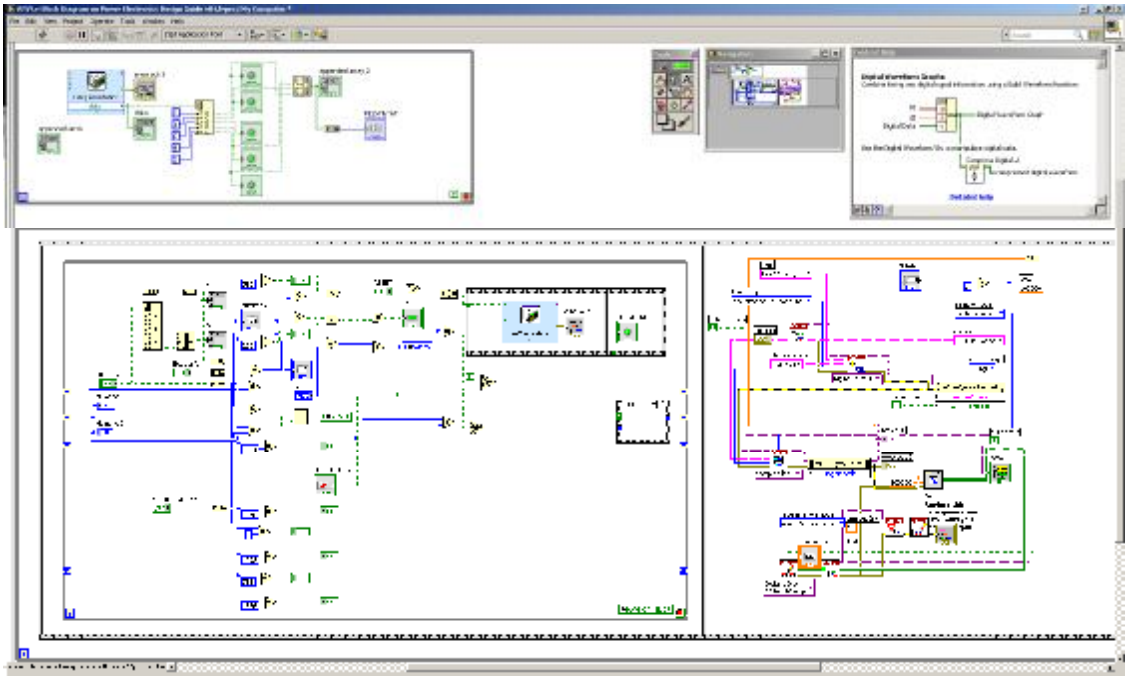


Рис. 5. Фрагмент программного кода для лабораторной работы по исследованию АЛУ

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Образовательная платформа макетирования и прототипирования – NI ELVIS.
Среда графического программирования – LabVIEW 2012

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанный программно-аппаратный комплекс отвечает всем современным требованиям технологии обучения, готов к тиражированию и может поставляться в различные высшие учебные заведения. Широкие возможности станции NI ELVIS обеспечивают эффективное изучение студентами элементов цифровой схемотехники. Применение лабораторной станции NI ELVIS в совокупности с разработанными программным обеспечением и аппаратными средствами позволят создать многофункциональный комплекс лабораторных работ по изучению программирования и архитектуры микропроцессоров.

6. Список литературы

1. Чье Ен Ун, Ю. М. Кулинич, А. В. Гуляев, ВЕСТНИК ТОГУ, № 3, 2013.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ В РАМКАХ УЧЕБНОГО КУРСА «ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

А.В. Гуляев, Ю.А. Давыдов

ДВГУПС, г. Хабаровск

1. Постановка задачи

При проведении лабораторных работ по дисциплине «Тяговые электрические машины» необходимо научить студентов практике использования знаний конструкций, свойств и характеристик тяговых электрических машин при их техническом обслуживании, ремонте и испытаниях в локомотивном депо. Лабораторные работы по названной дисциплине призваны углубить теоретические знания студентов, познакомить их с устройством тяговых электрических машин, принципом действия, схемой и методами их испытания, а также практическим навыкам работы с испытательной станцией.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра «Электроподвижной состава»

3. Описание решения

При испытаниях тяговых электрических машин применяют два метода: непосредственной и взаимной нагрузки. Когда используется метод непосредственной нагрузки, двигатель соединен с генератором через муфту и подключен к источнику постоянного напряжения. Вырабатываемая генератором электрическая энергия преобразуется в тепловую и рассеивается на нагрузочном резисторе. Степень нагрузки определяется величиной сопротивления нагрузочного резистора и током возбуждения генератора. В связи с существенными, непроизводственными затратами электроэнергии при методе непосредственной нагрузки в локомотивных депо используют метод взаимной нагрузки испытуемых машин, при котором генератор соединенный механически с двигателем отдает ему вырабатываемую энергию. Для обучения студентов создан виртуальный стенд обеспечивающий студентам понимание реальных процессов работы испытательной станции.

Виртуальный лабораторный стенд представляет собой математическую модель испытательной станции тяговых двигателей по методу взаимной нагрузки (рисунок). По методу взаимной нагрузки две однотипные машины двигатель Д и генератор Г соединяют между собой механически муфтой и электрически. В связи с тем, что генератор последовательного возбуждения Г не может устойчиво работать при параллельном соединении с другим генератором (ЛГ) его обмотка возбуждения включена в цепь двигателя. Кроме испытываемых машин (Д и Г), на изображенной схеме есть еще 4 электрические машины: вольтодобавочная машина (ВДМ) – генератор с независимым возбуждением, приводимый в вращение асинхронным двигателем АД2 и линейный генератор (ЛГ – генератор с независимым возбуждением, приводимый во вращение асинхронным двигателем АД1).

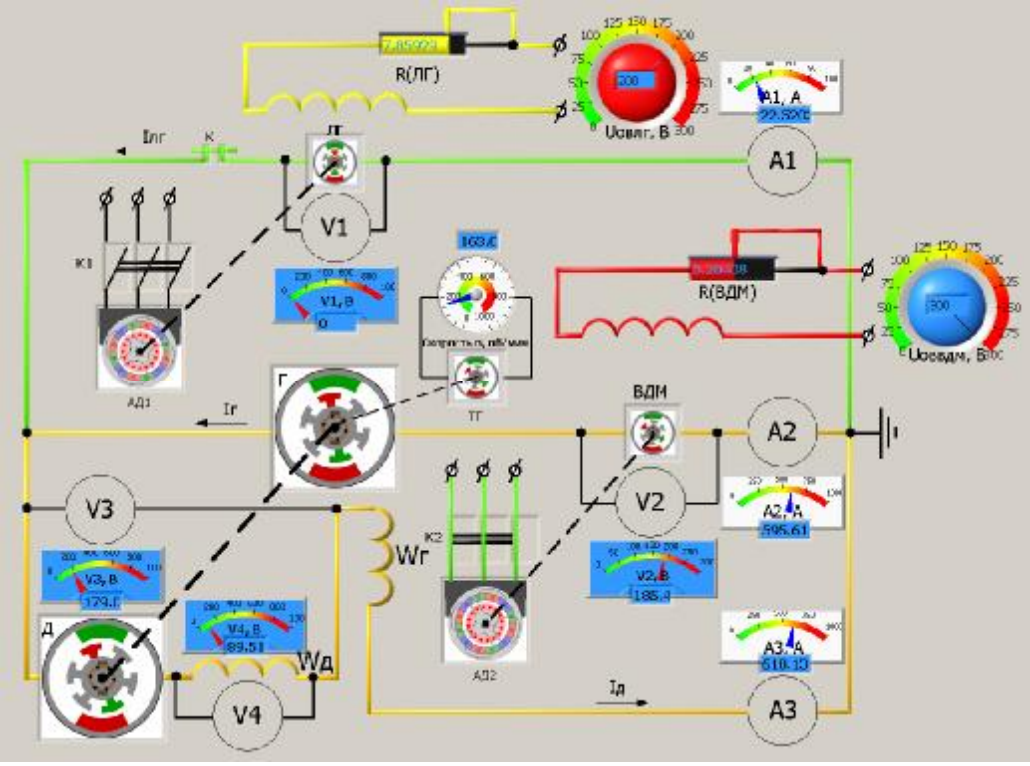
При таком подключении машин генератор Г создает механическую нагрузку на валу двигателя и в свою очередь, питает двигатель электрической энергией. При этом в двигателе Д и генераторе Г возникают механические, магнитные, добавочные и электрические потери, которые компенсируются ВДМ и ЛГ. Причем ВДМ компенсирует электрические потери, а ЛГ – магнитные, механические и добавочные. Ток в обмотках возбуждения ЛГ и ВДМ регулируется с помощью реостатов $R_{(ВДМ)}$ и $R_{(ЛГ)}$. Скорость вращения двигателя и генератора измеряется специальной микромашиной – тахогенератором ТГ.

Работа математической модели может быть описана следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} E_Д = E_{ЛГ} - I_Д\left\{r_{ЛГ}\left[1 - \dfrac{C_{пД}\Phi_Д - 0.04}{C_{пГ}\Phi_Г}\right] - (r_Д - r_{В\text{-}})\right\} \\ I_Д = \dfrac{E_{ВДМ}}{\dfrac{C_{пД}\Phi_Д - 0.04}{C_{пГ}\Phi_Г}(r_Г + r_{ВДМ}) + (r_Д + r_{ВГ})} \\ C_{пД}\Phi_Д = C_{пГ}\Phi_Г = f(I_Д) \end{cases}, \quad (1)$$

где $E_Д$ – ЭДС двигателя, $E_{ЛГ}$ – ЭДС линейного генератора, $I_Д$ – ток двигателя, $r_{ЛГ}$ – сумма сопротивлений всех обмоток линейного генератора (кроме обмотки возбуждения), $C_{пД}$ и $C_{пГ}$ – конструкционные постоянные двигателя и генератора, $\Phi_Г$ и $\Phi_Д$ – магнитные потоки двигателя и

генератора, $r_д$ – сумма сопротивлений всех обмоток двигателя, $r_{ВГ}$ – сопротивление обмотки возбуждения генератора, r_- - сумма сопротивлений всех обмоток генератора (кроме обмотки возбуждения), $r_{ВДМ}$ - сумма сопротивлений всех обмоток вольтодобавочной машины (кроме обмотки возбуждения), $E_{ВДМ}$ – ЭДС вольтодобавочной машины.



Мнемосхема испытательной станции

Следует заметить, что полученная система уравнений составлялась с учетом однотипности двигателя и генератора. В этом случае справедливо последнее уравнение системы. Вместе с тем, такое ограничение не является принципиальным.

При составлении системы уравнений (1), кроме электрических, были учтены также магнитные, механические и добавочные потери в двигателе и генераторе. Функция изменения момента, зависящего от перечисленных потерь в одной из машин по данным [1] может быть записана в следующем виде

$$M_{тд} = 0{,}02I_д. \qquad (2)$$

С не влияющими на результат допущениями, считалось, что потери момента двигателя и генератора в результате действия механических, магнитных и добавочных потерь равны.

Значения величин пропорциональных магнитному потоку $C_{пд}$, $Ф_д$ и $C_{пГ}Г$ определялись в соответствии с функцией

$$C_п Ф = \begin{cases} \frac{T}{K}\ln\left(\frac{I}{N}\right), при\ I < 760\ А \\ \frac{M}{K}arctg\left(\frac{I}{N}\right), при\ I \geq 760А \end{cases}, \qquad (3)$$

где T, K, N, M – это коэффициенты, характеризующие параметры кривой намагничивания реального двигателя.

ЭДС линейного генератора и вольтодобавочной машины вычислялись по известным математическим выражениям. Решение предложенной системы уравнений (1) осуществляется методом Ньютона-Рафсона.

Возможны три режима работы данной схемы, кардинально отличающиеся друг от друга:

1) ВДМ отключена, контактор К замкнут, ЛГ включен;
2) ВДМ включена, контактор К разомкнут, ЛГ отключен;
3) ВДМ включена, контактор К замкнут, ЛГ включен.

При первом режиме работы ток линейного генератора будет протекать как по цепи двигателя так и по цепи генератора. Причем направлен он будет в одну и ту же сторону. Отсюда следует, что вращающий момент тоже будет направлен у обеих машин в одну сторону. Следовательно, нагрузки от генератора на двигатель не создается. Машины будут вращаться на холостом ходу. Такой режим при нарастании напряжения может привести к разносному вращению электрических машин, что предопределяет его недопустимость.

При втором режиме работы схемы асинхронный двигатель вращает ВДМ и на обмотку возбуждения подано напряжение от независимого источника питания.

Мощность ВДМ в данном режиме определяется по формуле

$$P_{ВДМ} = 2(I_д^2 r_д + I_д \Delta U_Щ) \quad . \qquad (4)$$

Из уравнения (8) видно, что
1) Ток в контуре создает ВДМ;
2) Мощность ВДМ равна сумме электрических потерь в обеих испытуемых машинах;
3) Вращения якорей машин не будет.

Если при работе в третьем режиме

$$U_{ЛГ} > I_д r_д + \Delta U_Щ \quad , \qquad (5)$$

то ток в цепи двигателя увеличится, а в цепи генератора уменьшится на величину тока линейного генератора $I_{ЛГ}$. В связи с этим $M_д > M_г$, и машины начнут вращаться. Так как токи в генераторной и двигательной ветви схемы направлены в разные стороны, то моменты $M_д$ и $M_г$ направлены встречно. По мере увеличения частоты вращения двигателя будет возрастать ЭДС генератора до достижения машинами установившегося режима. В этом режиме $M_д = M_г$, а уравнение электрического равновесия может быть представлен системой (1).

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Среда графического программирования – LabVIEW 2012

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанная модель испытательной станции позволяет выполнять следующие лабораторные работы:

- Испытание тяговых машин методом взаимной нагрузки;
- Расчет и построение скоростной характеристики тягового электродвигателя;
- Расчет и построение характеристик вращающего момента и КПД тягового двигателя.

Гибкие возможности программирования с помощью программного обеспечения LabVIEW, позволяют просто и быстро модифицировать готовый программный код для расширения возможностей модели испытательной станции, что дает возможность выполнять более сложные лабораторные работы по исследованию коммутации тягового двигателя, нагреванию и охлаждению обмоток двигателя и определению сопротивлений обмоток двигателя.

6. Список литературы

1. Курочка А. Л. Испытание тяговых машин и аппаратов электрических локомотивов и тепловозов. – М.: Транспорт, 1959.
2. Захарченко Д. Д. Тяговые электрические машины: Учебник для вузов ж.д. транспорта /Д. Д. Захарченко, Н. Д. Ротанов. – М.: Транспорт, 1991.
3. Кацман М. М. Электрические машины; Учебник для учащихся электротехнических специальных техникумов. – М.: Высшая школа, 1990.
4. Бочаров В. И. Тяговые электрические машины. Магистральные электровозы / В. И. Бочаров, Г. В. Василенко, А. Л. Курочка и дрю – М.: Транспорт, 1992.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫМ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМ С АВТОКОРРЕКЦИЕЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ, САМОКОНТРОЛЕМ И ДИАГНОСТИКОЙ В СРЕДЕ LABVIEW

М.Н. Селуянов

НТЦ «Альтаир» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

1. Постановка задачи

Разработка отказоустойчивых ЦАП с самоконтролем особенно важна для обеспечения безопасности сложных радиоэлектронных систем, в которых опасный отказ в ЦАП оборачивается внушительным ущербом. При разработке отказоустойчивых цифро-аналоговых устройств возникает потребность в их моделировании с образовательной целью. В данном случае задача состоит в том, чтобы дать студентам представление о перспективных отказоустойчивых ЦАП с автокоррекцией погрешностей, самоконтролем, диагностикой, с визуализацией работы виртуальных моделей ЦАП в среде LabVIEW.

2. Вуз, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), базовая кафедра «морское радиоприборостроение».

3. Описание решения

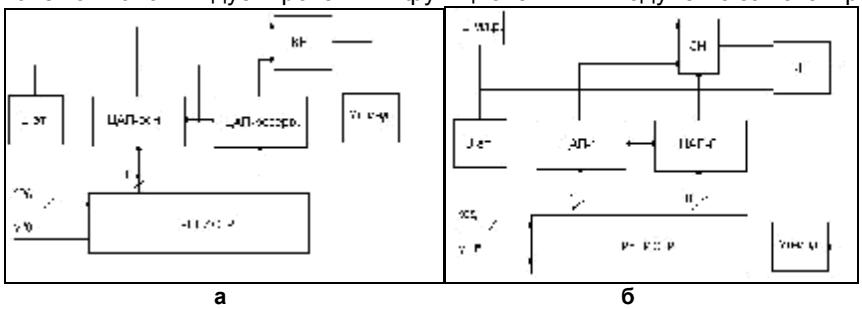
Практикум предназначен для изучения виртуальных отказоустойчивых цифро-аналоговых преобразователей.

Практикум включает следующие виртуальные лабораторные работы:

1. Цифро-аналоговый преобразователь с самоконтролем;
2. Цифро-аналоговый преобразователь с автокоррекцией погрешностей одного знака;
3. Цифро-аналоговый преобразователь с автокоррекцией погрешностей двух знаков;
4. Цифро-аналоговый преобразователь высокой готовности;
5. Цифро-аналоговый преобразователь высокой готовности с самоконтролем и диагностикой.

Предложенные виртуальные структуры ЦАП позволяют визуально наблюдать их работу и осуществлять автоматический самоконтроль, диагностику, резервирование и автокоррекцию статических погрешностей ЦАП при имитационном моделировании отказов.

В некоторых радиоэлектронных устройствах применяется метод дублирования ЦАП со сравнением выходных сигналов (рис.1а). Однако этот метод не позволяет обнаруживать в основном и дублирующем ЦАП одинаковых неисправностей. Поэтому целесообразным является применение парафазного ЦАП с самоконтролем [1]. В структурной схеме (рис.1б) прямой код поступает на преобразователь ЦАП-1, где преобразуется в напряжение постоянного тока U_1. Обратный код поступает в преобразователь ЦАП-0, где преобразуется в напряжение $U_2 = U_{эт} - U_{мл.р.} - U_1$. Эти два напряжения U_1 , U_2 и напряжение, равное величине младшего разряда $U_{мл.р.}$, поступают на аналоговый сумматор (СМ), выход которого подсоединен к первому входу компаратора (КН), второй вход – к источнику эталонного напряжения постоянного тока. При неработоспособном состоянии ЦАП-0 и (или) ЦАП-1 на выходе компаратора КН выходное напряжение будет иметь уровень U отличный от нуля, а индикатор в устройстве логики и индикации неисправностей (Ул-инд.) высветит сигнал «не годен». На рис. 2…5 приводятся фрагменты из серии виртуальных ЦАП высокой готовности на основе компоновки дублированных функциональных модулей с самоконтролем.



а **б**

Рис. 1. Структурные схемы ЦАП: с дублированием и самоконтролем (а) и парафазного с самоконтролем (б)

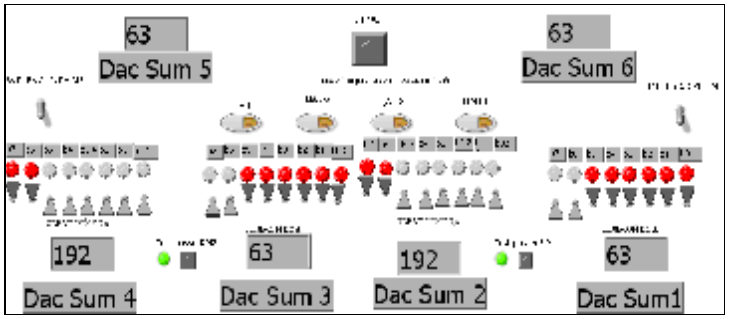


Рис. 2. Лицевая панель виртуального ЦАП высокой готовности при работоспособном состоянии двух модулей

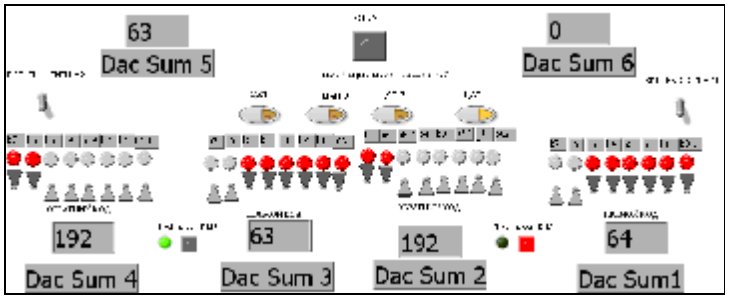


Рис. 3. Лицевая панель виртуального ЦАП высокой готовности при работоспособном состоянии одного модуля

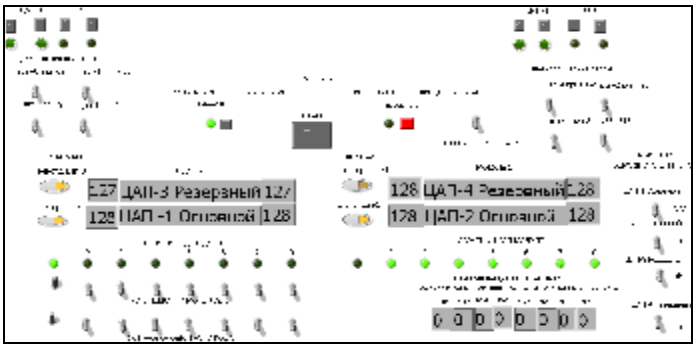


Рис. 4. Лицевая панель виртуального ЦАП высокой готовности с самоконтролем и диагностикой при работоспособном состоянии одного модуля

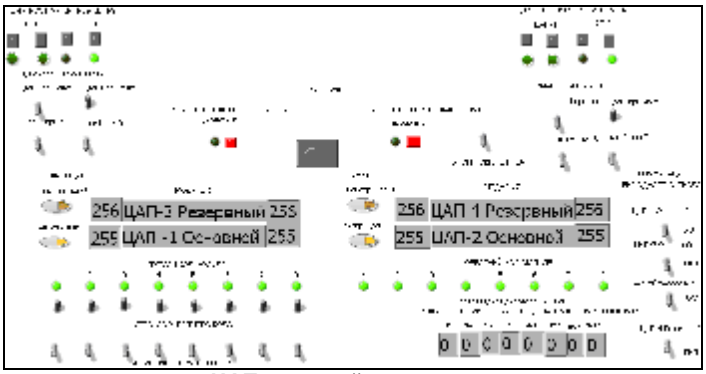


Рис. 5. Лицевая панель виртуального ЦАП высокой готовности с самоконтролем и диагностикой при неработоспособном состоянии двух модулей

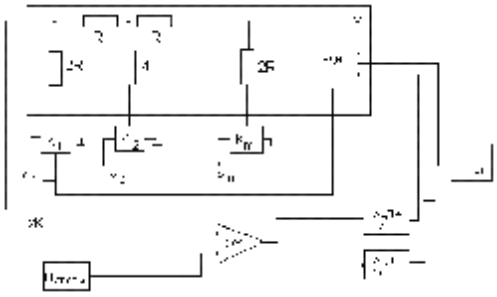
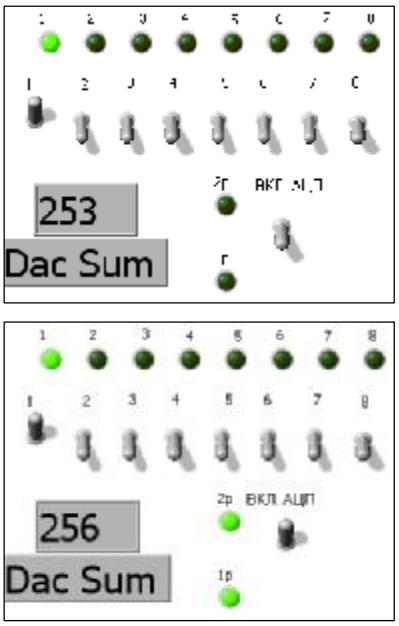


Рис. 6. Функциональная схема ЦАП с автокоррекцией погрешностей старшего разряда

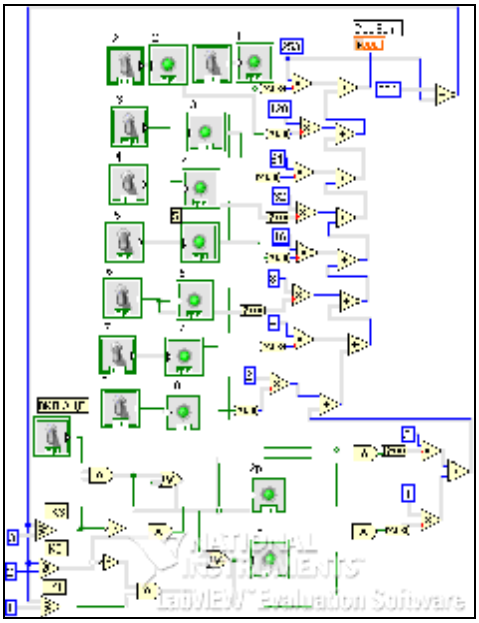
Для коррекции погрешностей ЦАП (рис.6) введем операционный усилитель, 2-разрядный АЦП, выходной код которого будет управлять дополнительно введенным делителем напряжения (УДН).

Для виртуальной модели ЦАП (рис.7) для имитации ошибки в старшем разряде измененим уровень с 256 мВ на 253 мВ. При этом суммарная ошибка составит 3 мВ. Для выделения этой ошибки воспользуемся операционным усилителем в режиме вычитания сигналов. Далее при помощи 2-разрядного АЦП произведем кодирование ошибки с последующей автокоррекцией погрешности старшего разряда с учетом «весовых» коэффициентов дополнительного делителя напряжения. Таким образом, после автокоррекции выходной сигнал будет равен 256 мВ.

а



б



в

Рис.7.Лицевая панель виртуального ЦАП без автокоррекции (а), с автокоррекцией (б), блок-диаграмма виртуального ЦАП с автокоррекцией (в)

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленных задач осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011.

5. Перспективы внедрения и развитие решения

Практикум прошел апробацию на базовой кафедре «морское радиоприборостроение» в МГТУ МИРЭА и может быть использован как на рабочем месте, так и в режиме удаленного доступа.

6. Список литературы

1. Селуянов М.Н. Лабораторный практикум по цифро-аналоговым и аналого-цифровым устройствам в среде LabVIEW: Учебное пособие/ Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)» - М., 2012. – 152с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕШИФРАТОРОВ»

А.А. Лобачев, С.В. Карбовский

МГТУ им. Н.Э.Баумана.

1. Постановка задачи

В процессе обучения студентов различным дисциплинам применяется практика выполнения лабораторных практикумов. В основном, они относятся к одному из двух видов:

- готовый макет лабораторной работы – от студента требуется пошагово выполнить работу, предложенную в методических указаниях; минусом таких макетов является их неуниверсальность, невозможность их усовершенствования и трудоемкость ремонта;
- моделирование - этот вид лабораторных работ, в свою очередь, не требует никаких аппаратных затрат, но при этом не отражает реальных процессов в собранных схемах, при данном подходе не возможно оценить все аспекты функционирования реальной схемы.

В данном проекте предлагается скомбинировать оба способа выполнения лабораторных работ. Безусловно, это требует аппаратных затрат, однако можно выявить и ряд плюсов:

§ выполненная работа может быть модернизирована;

§ она может быть переделана под другую работу, с использованием одних и тех же элементов;

§ появляется возможность сравнить данные, полученные при моделировании и физической реализации, в рамках одной лабораторной работы;

§ возможна реализация удаленного доступа, что позволит сэкономить время студентов и преподавателей, а так же снизить нагрузку на лаборатории;

§ возможна реализация автоматизации анализа данных по успеваемости и связи комплекса с информационной системой университета контроля текущей успеваемости.

Идея использования удаленных ресурсов актуальна и для процесса обучения. Сейчас технологии дистанционного обучения применяются различными образовательными учреждениями по всему миру. Благодаря развитию современной вычислительной техники области применения такого обучения могут быть самыми различными. В качестве примера, наиболее значимого для выполнения данной курсовой работы, можно привести область схемотехники. Специализированное программное обеспечение, вычислительные аппаратные комплексы, сетевые телекоммуникационные технологии дали возможность создавать измерительные установки, доступ к которым можно осуществлять удаленно.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Платформа NI ELVIS II, плата DE FPGA Board, Multisim, Labview.

3. Описание решения

Лабораторная работа нового образца выглядит так:

1. Студент моделирует схему в программе NI Multisim и проводит ее анализ;
2. Студент в программе NI Multisim переносит схему на модель лабораторной станции NI ELVIS II;
3. Студент собирает схему из реальных элементов, и анализирует правильность её сборки и работы, используя NI LabVIEW и виртуальные приборы NI ELVIS II

Дорабатываются методические указания к данным лабораторным работам.

4. Внедрение и его перспективы

Система проходит тестирование. В ближайшее время планируется внедрение.

5. Список литературы

1. Методические указания к л/р по схемотехнике.
2. Тревис Д. LabVIEW для всех.
3. Суранов А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007.
4. http://labview.ru/
5. NIELVISII Учебный курс.
6. LabVIEW. Вводный курс.
7. http://ni.com/
8. Отладочнаяплата NI Digital Electronics FPGA Board. Руководство по эксплуатации.
9. B.Paton. Введение в NI Elvis.

КУРС ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ВИРТУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ РОБОТОТЕХНИКИ

В.Ю. Островский[1], А.В. Красильников[1], А.В. Жариков[1], Е.В.Сорокин[1], П.А. Суворов[1]

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург

1. Постановка задачи

Современное инженерное образование представляет собой комплексный процесс формирования набора навыков и компетенций, необходимых будущему специалисту в выбранной сфере профессиональной деятельности. Одним из недостатков сложившегося университетского подхода к образованию является раздробленность образовательного процесса на отдельные слабосвязанные друг с другом дисциплины. В то же время практический опыт зарубежных ВУЗов и анализ наиболее успешно решенных актуальных инженерных задач показывают, что их решение часто лежит на границе областей технического знания. Вопрос междисциплинарного взаимодействия особенно актуален в случае разработки систем, сочетающих в себе узлы различной физической природы. Ярким примером таких систем являются объекты робототехники. При их разработке необходимы знания в области электротехники, механики, вычислительной математики, программирования, теории проектирования, встраиваемых систем, теории управления и другие. В процессе модернизации системы образования возникают задачи создания методического обеспечения и учебных курсов дисциплин, основанных на системном подходе к разработке разнородных технических систем. Одним из важных видов учебно-методического обеспечения дисциплин, закрепляющим полученные теоретические навыки на практике, являются лабораторные работы. На кафедре САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в рамках дисциплины «Компьютерные технологии виртуализации» разработан цикл лабораторных работ по модельному проектированию встраиваемых систем подвижных технических объектов и бортовых систем обработки сигналов. В настоящем докладе данный цикл описан на примере лабораторных работ, объединенных в блок «Проектирование гусеничного робота с бортовой сенсорной системой на основе датчиков различной физической природы».

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Кафедра систем автоматизированного проектирования факультета компьютерных технологий и информатики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ».

3. Описание решения

Процесс разработки гусеничного робота можно представить в виде нескольких этапов: проектирование системы управления электромеханической частью, проектирование подсистемы энергопитания, синтез конфигурации сенсорной системы на основе датчиков различной физической природы, применение беспроводных технологий передачи данных для решения задачи телеметрии. В ходе описываемых лабораторных работ студенты разбиваются на бригады и поочередно выполняют указанные этапы, образуя тем самым интегрированный коллектив разработчиков: при этом отрабатываются и закрепляются не только профессиональные навыки, но и принципы работы в команде. Известно, что стоимость и время проектирования реальных объектов увеличиваются вследствие ошибок, допущенных на ранних этапах проектирования, но выявленных лишь на этапе тестирования прототипа [3, 4]. Одним из путей решения данной проблемы является быстрое прототипирование и тестирование систем робота в виде HIL-процесса (Hardware In the Loop), поэтому на ранних этапах разработки используется подключение прототипов узлов робота к управляющему компьютеру с помощью устройств DAQ для отладки и устранения допущенных ошибок.

На первом этапе работы решается задача построения системы управления гусеничным шасси робота. Управление двигателями постоянного тока гусеничной платформы реализовано с помощью программных ШИМ-генераторов, выходной сигнал которых передается на входы схемы драйвера двигателя при помощи подключения к управляющему компьютеру через плату сбора данных NI-6251 и защищенный коннектор SCB-68. Виртуальный прибор управления создается в среде LabVIEW на хост-компьютере, и, согласно техническому заданию, реализует движение вперед и назад с точным дискретным заданием скорости движения и плавный поворот платформы с хода (без остановки), обеспечивая пересчет коэффициентов скоростей вращения гусениц левого и правого борта. Питание контроллера, двигателей и датчиков обеспечивается за счет аккумуляторов двух типов с выходными напряжениями 7.2-11 В и 5 В, при этом схема питания включает конвертор уровней 3.3 - 5В.

На этапе проектирования сенсорной подсистемы создаются виртуальные приборы для решения задач калибровки датчиков, управления механической частью сенсорной системы и визуализации полученных данных о внешней среде. В состав бортовой сенсорной подсистемы входят

ультразвуковой (Maxbotix LV-MaxSonar-EZ3) и инфракрасный (Sharp GP2Y0A02YK) дальномеры, а также шаговый электродвигатель с угловым перемещением 1,8°/шаг (200 шагов/оборот). На рис.1 представлена лицевая панель виртуального прибора управления активным элементом сенсорной подсистемы и визуализации получаемой информации об окружающем пространстве информации.

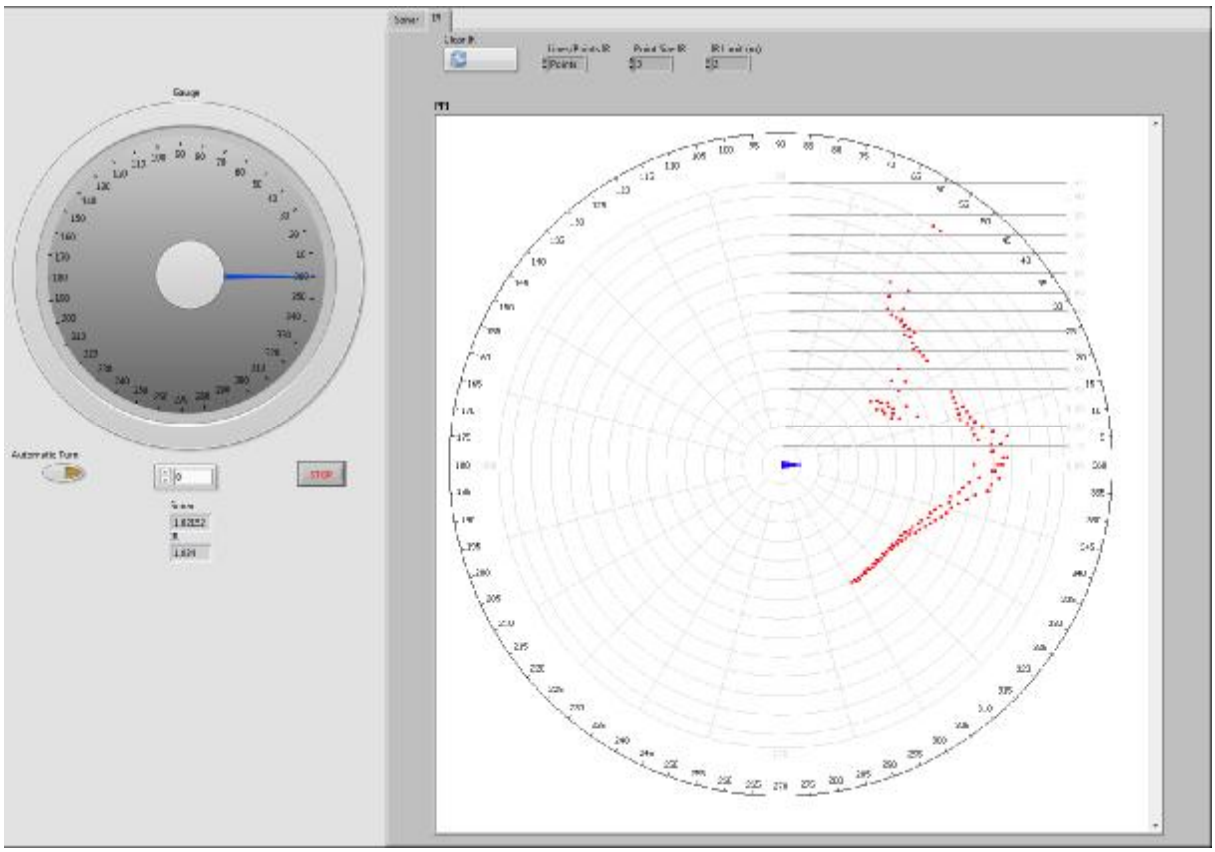


Рис. 1. Лицевая панель прибора управления сенсорной системой

На лицевой панели можно выделить следующие основные элементы: специализированный круговой индикатор (Plane Position Indicator, PPI), отображающий окружающее робот пространство в виде проекции на плоскость сканирования, дальномерную сетку и текущее направление сканирующего блока, индикаторы измеряемого значения дальности до препятствия, элемент управления сканирующим блоком, размеченный в углах поворота, кнопку очистки индикатора и элементы управления способом визуализации полученной роботом информации. Возможно отображение получаемой информации об окружающей среде в виде точек, обозначающих дальность до объекта в заданном секторе сканирования, с регулировкой размера точки, а также в виде прямых, соединяющих эти точки, с различными способами интерполяции. Имеются две вкладки, для каждого из типов применяемых датчиков. В ходе работы студенты осваивают принципы калибровки датчиков, узнают слабые и сильные стороны каждого их типа, учатся принимать, обрабатывать и объединять сигналы датчиков различной физической природы в одну картину окружающего мира.

На рисунке 2 отражены основные этапы модельного проектирования сенсорной системы подвижного робота с применением принципов HIL и SIL (Software-in-the-loop). Первоначально вся структура робота представлена в виде моделей, соединенных между собой программно. По мере того, как создаются прототипы подсистем робота, они заменяют в структуре моделирования соответствующие им части общей модели.

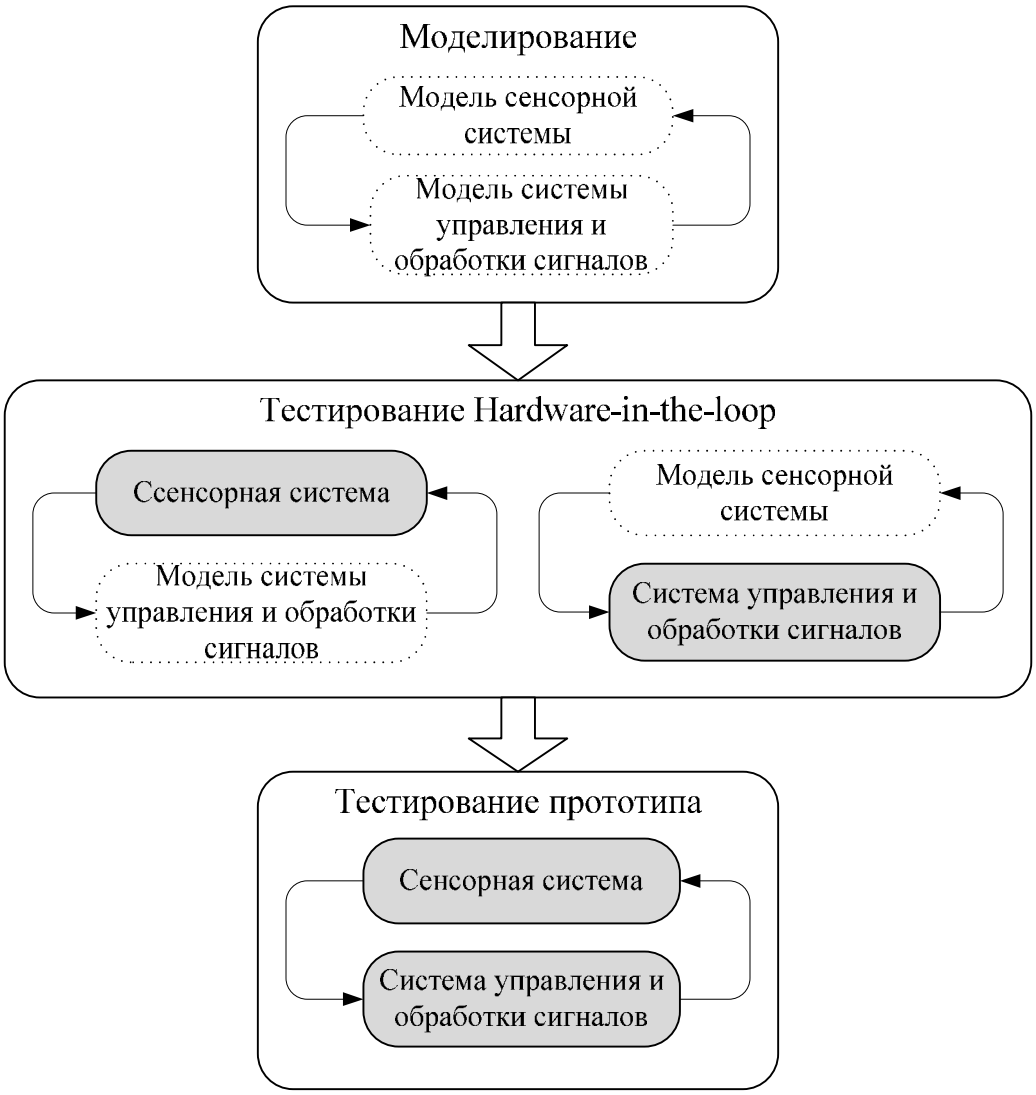


Рис. 2. HIL-процесс на примере модельного проектирования сенсорной подсистемы робота

Бортовым вычислителем выступает встраиваемая платформа Raspberry PI на базе 32-разрядного микропроцессора архитектуры ARM с установленной операционной системой Linux. Дистанционное управление подвижной платформой основывается на технологии беспроводной локальной сети и состоит из Wi-Fi роутера, Wi-Fi модуля, подсоединяемого к бортовому вычислителю по стандарту USB. Программная часть представляет собой ряд виртуальных приборов среды LabVIEW, реализующих соединение хост-компьютера и встраиваемой системы управления по локальной сети, формирование и выдачу пакетов команд управления моторами шасси и активного элемента сенсорной подсистем согласно разработанному протоколу передачи данных, прием пакетов с информацией об окружающем робот пространстве от сенсорной подсистемы, а также визуализацию данной информации. На рисунке 3 представлена структурная схема всей системы управления объектом проектирования - гусеничным роботом с бортовой сенсорной системой.

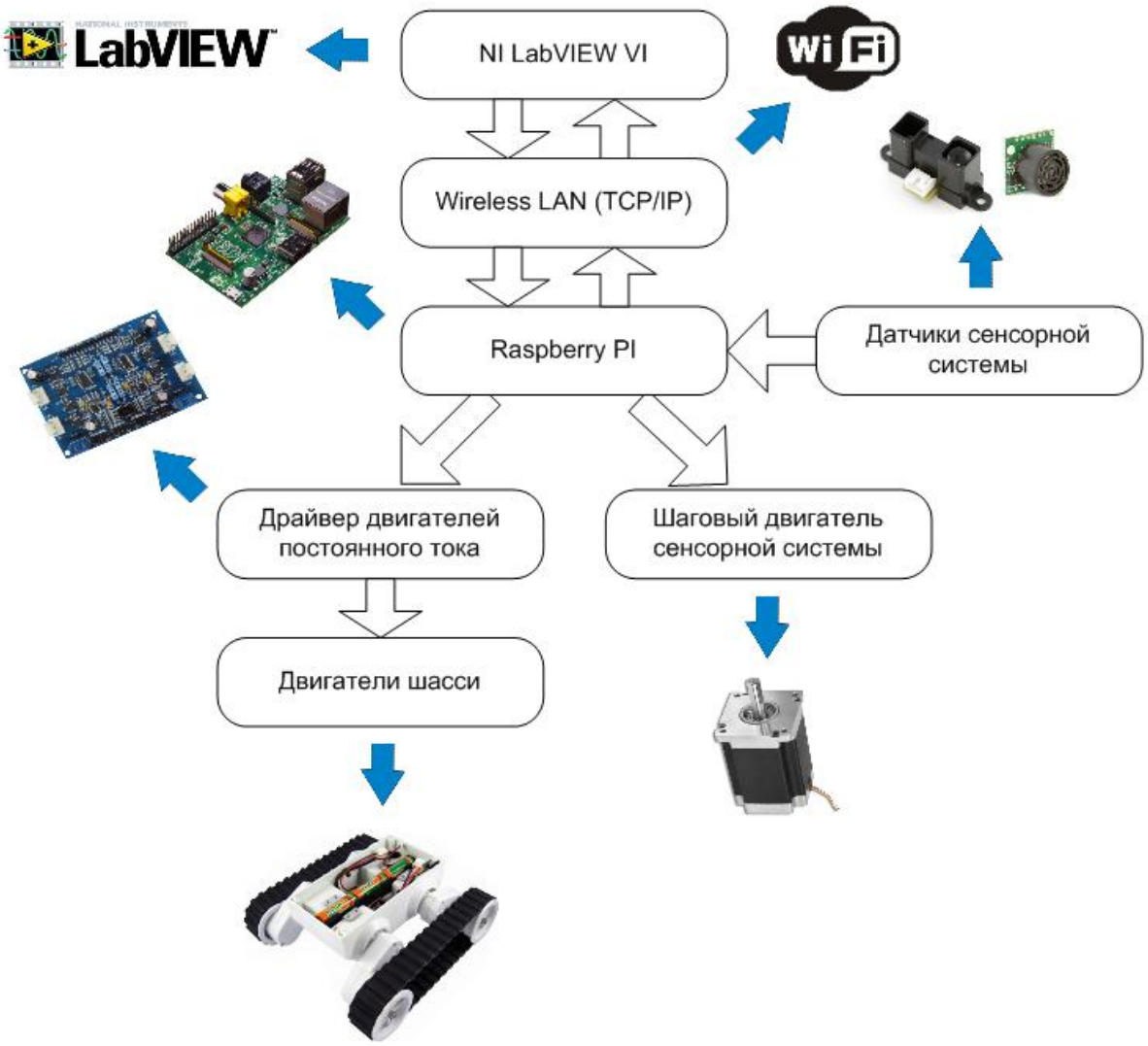


Рис. 3. Схема управления гусеничным роботом с бортовой сенсорной системой

Конечным этапом работы является композиция созданных подсистем объекта проектирования в единое целое, проводится финальная отладка системы, настройка сетевых параметров и параметров сенсорной подсистемы, калибровка датчиков и узлов системы управления. Завершается цикл лабораторных работ написанием объединенного отчета. Каждый из участников проекта отвечает за содержание определенной части отчета. Отчет составляется согласно ГОСТ ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе».

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Интерфейс прибора управления и алгоритмы системы управления выполнены в виде виртуального прибора системы NI LabVIEW 2012. Для моделирования двигателей постоянного тока применяется NI Simulation Module. Отладка электромеханической части и сенсорной системы производится с использованием платы сбора данных NI DAQ 6251 и защищенного коннектора SCB-68 с 68-пиновым экранированным кабелем. Для реализации беспроводного LAN-соединения применяются встроенные средства работы с сетью среды NI LabVIEW.

5. Внедрение и его перспективы

Разработанное учебно-методическое обеспечение успешно внедрено в учебный процесс бакалаврских дисциплин «Компьютерные технологии виртуализации» и «Автоматизация проектирования встраиваемых систем на микроконтроллерах» по направлению «Информатика и вычислительная техника» на кафедре систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ и применяется в проектах учебно-научного центра «Компьютерные технологии инжиниринга».

Предлагается широкое внедрение изложенных в настоящем докладе подходов в учебный процесс дисциплин технических специальностей, связанных с разработкой систем управления и робототехникой.

6. Список литературы

1. Бутусов Д.Н. Лабораторный практикум по дисциплине «Компьютерные технологии виртуализации» / Д.Н. Бутусов, К.Г. Жуков // Сборник материалов XV Международной Конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество», секция Инновационные процессы в Российской образовательной системе, с. 87.

2. Бутусов Д.Н. Автоматизация проектирования встраиваемых систем: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Автоматизация проектирования встраиваемых систем» / сост. Д. Н. Бутусов, В. С. Андреев. – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 2012. – 41 с.

3. Бутусов, Д.Н. Автоматизация проектирования встраиваемых систем / Текст диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 2012. - 184 с.

4. Жуков, К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabView - М., “ДМК Пресс”, 2011. – 688 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ СВЯЗИ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ

А.А. Романов, Е.В. Мурашев

Тверской государственный университет, г. Тверь

1. Постановка задачи

С развитием информационного общества наметилась тенденция смещения образования в сторону дистанционных технологий. Для студентов становятся доступны учебные материалы от лучших преподавателей со всего мира. Многие курсы совершенно бесплатны и денежный вопрос возникает только на стадии получения сертификатов о прохождении. Широко известны такие программы как «MIT OpenCourseWare» от Массачусетского технологического института. Аналогичные образовательные ресурсы есть и у других ведущих университетов. Обычно в доступ выкладываются лекции, домашние задания, контрольные материалы.

На пути более широкого распространения форм дистанционного образования возникает ряд проблем. Одной из которых является невозможность обучения без выполнения лабораторных работ, особенно по техническим специальностям. Компьютерные работы с моделированием физических явлений решают эту проблему лишь отчасти. Модель никогда не может полностью заменить реальный объект исследований.

Работа посвящена созданию удаленного лабораторного практикума по передаче информации через электрические линии связи. Главной особенностью такого практикума должна стать возможность выполнения лабораторных работ по сети Internet. Это не модельные эксперименты. Все лабораторные работы должны выполняться на реальном оборудовании и реальных линиях связи.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с модулями PXI-5402 (генератор сигналов), PXI-5114 (осциллограф), PXI-4072 (вольтметр), PXI-6250 (многофункциональный блок ввода-вывода).

3. Описание решения

Структурная схема системы мониторинга на рис. 1.

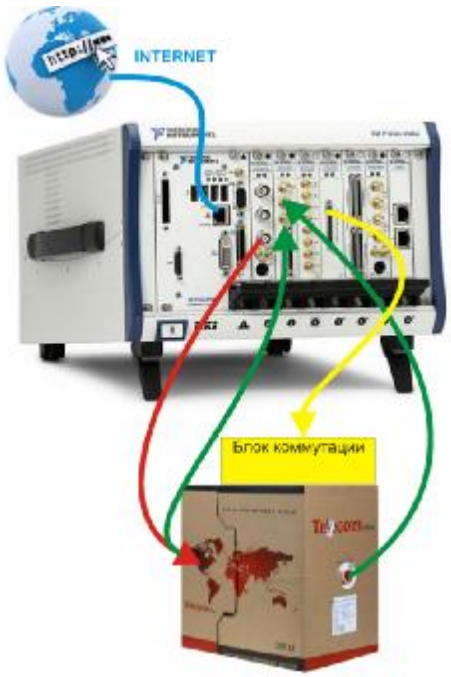


Рис. 1. Структурная схема системы

В качестве объекта исследования выступает стандартная катушка витай пары UTP5. Четыре пары такого кабеля могут коммутироваться различным образом с помощью бистабильных реле,

управляемых через многофункциональный блок ввода-вывода PXI-6250. Возможно подключение различных неоднородностей и нагрузок на линии связи.

В начало линии подается сигнал с генератора PXI-5402. Этот сигнал формируется путем прямой записи тестовой последовательности напрямую в память блока, что позволяет вырабатывать не только стандартные формы.

На вход и выход линии подключаются вольтметр и осциллограф (PXI-4072 и PXI-5114) для контроля уровня и формы.

Возможные варианты использования.

Изучение физических свойств линий связи с неоднородностями.

- Рефлектометрия (отражения в линиях связи).
- Амплитудно-частотные характеристики.
- Фазовые характеристики.
- Перекрестные влияния.

Передача сигналов.

- Прохождение прямоугольных импульсов и межсимвольная интерференция.
- Различные виды модуляций.

4. Пример 1. Отражения в линиях передачи данных

Использован генератор PXI-5402 подключенный в начало линии через резистор. Для получения коротких прямоугольных зондирующих импульсов применялась возможность загрузки тестовой последовательности напрямую в память блока. Форма эхосигнала наблюдалась осциллографом PXI-5114 в начале линии.

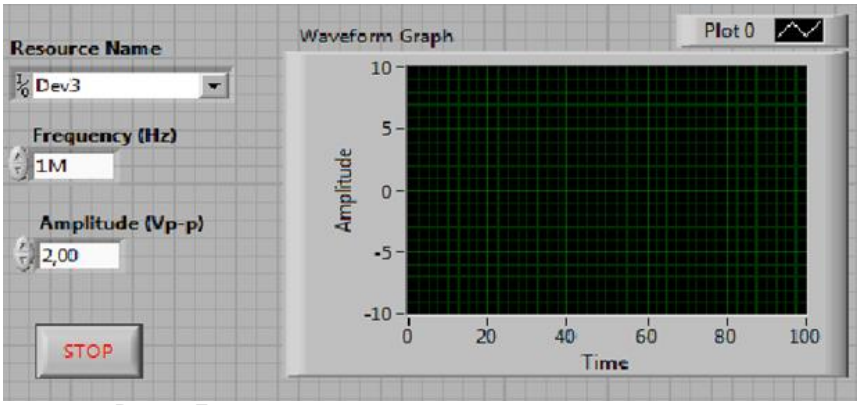


Рис. 2. Лицевая панель соответствующего инструмента

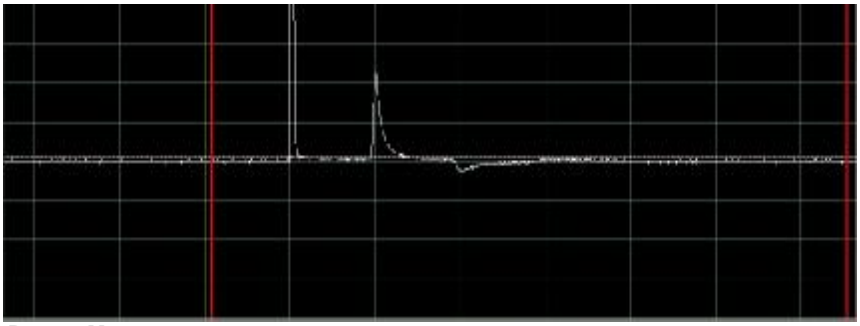


Рис. 3. Множественные эхосигналы от разрыва линии на расстоянии 200м

5. Пример 2. Затухание в линии с неоднородностями волнового сопротивления

Использован генератор PXI-5402 в режиме формирования синуса. Амплитуда сигнала в начале и конце линии измерялась вольтметром PXI-4072.

Рис. 4. Неравномерность затухания в линии с неоднородностями

Для более удобного выполнения лабораторных работ была выбрана для передачи данных служит Web сервер и инструмент WEB Publishing Tool, которые входят в любой из вариантов поставки LabVIEW Basic, Full Development System или Professional.

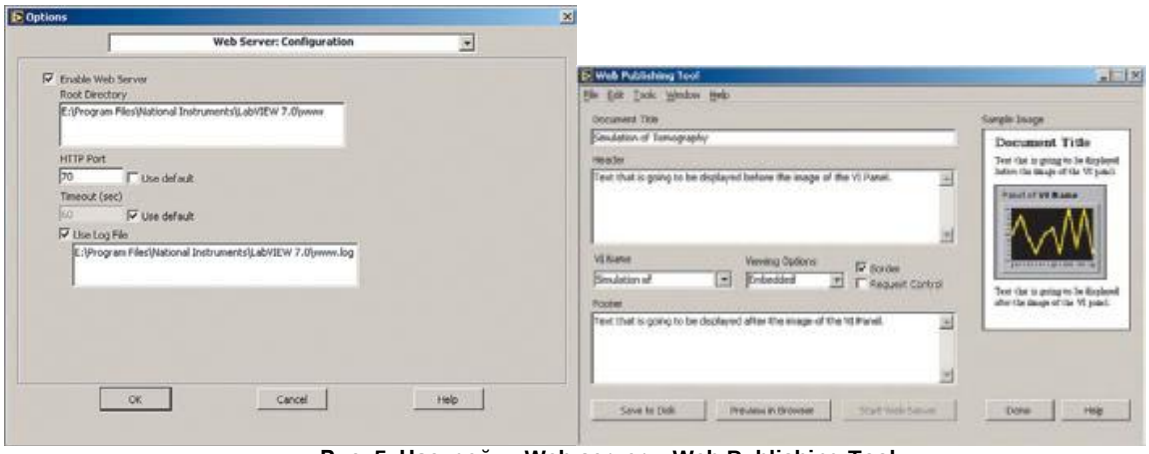


Рис. 5. Настройки Web server и Web Publishing Tool

6. Внедрение и его перспективы

Разработанная система проходит испытания в лабораторном практикуме на физико-техническом факультете Тверского госуниверситета. После решения ряда организационных вопросов связанных с порядком доступа комплекс будет доступен для обучения через сеть Internet для студентов других вузов.

7. Благодарности

Авторы выражают благодарность за методическую поддержку коллективу ООО «СВЯЗЬПРИБОР».

8. Список литературы

1. Былина М.С., Глаголев С.Ф., Кочановский Л.Н. Измерения параметров электрических кабелей связи. – СПб.: Издание Санкт-Петербургского Государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2002.
2. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ORACLE VIRTUALBOX И СРЕДЫ LABVIEW В ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМАХ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

Р.Ш. Загидуллин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Проведение лабораторных работ с использованием среды LabVIEW позволяет реализовать как локальный, так и удаленный доступ к стендам. Сами студенты могут быть снабжены как аппаратным решением (ELVIS II, myDAQ и так далее), так и специальный Toolkit – NI LabVIEW Multisim Connectivity Toolkit. Но при этом существует ограничение для пользователей – пользователь монопольно занимает лабораторный стенд на все время проведения работы. То есть при ограничении числа компьютеров в лабораторном зале, существуют ограничения и на число работающих одновременно пользователей.

Работа посвящена созданию решения состоящего в том, что для расширения возможностей удаленной лабораторной работы на компьютере лаборатории устанавливается программное обеспечение VirtualBox for Windows на виртуальную машину которого размещается как сама система LabVIEW, так и среда Multisim 12.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2011 обеспечения проведения лабораторных работ. Для реализации системы была использована платформа ELVIS II, myDAQ и Toolkit – NI LabVIEW Multisim Connectivity. Компьютер входил в локальную сеть лаборатории и имел выход в Интернет через роутер D-Link DI-808HV.

3. Описание решения

Машина, на которой развертывалось решение – Intel® Pentium(K) 4 CPU 3.20GHz, с установленной памятью 4.00 ГБ, 32-разрядная операционная система. В качестве решения для проведения лабораторных работ использовалось

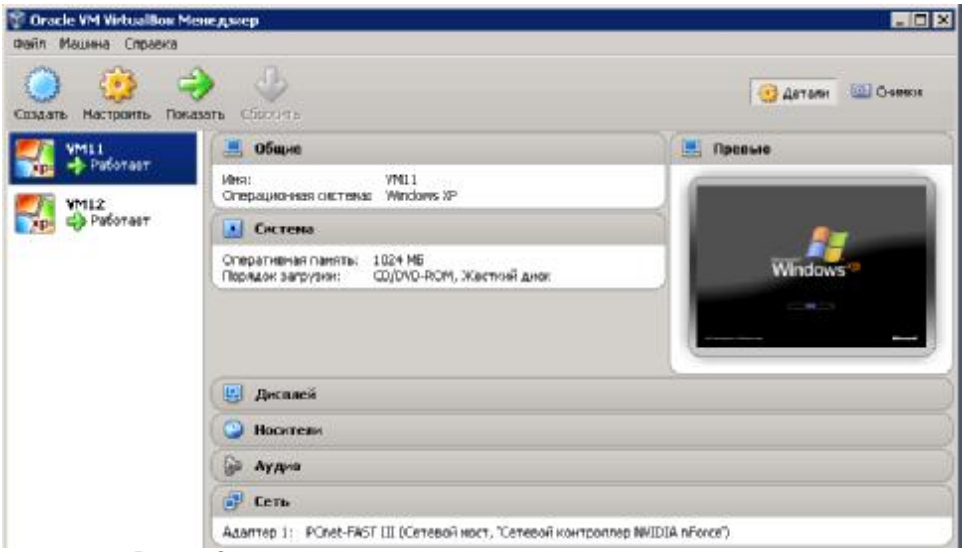


Рис. 1. Сведения о размещенных двух виртуальных машинах

Виртуальная машина VirtualBox Версии 4.2.12. Всего на компьютере было установлено, в разных варианта до 3 виртуальных машин, которые использовались для обслуживания 2 платформа ELVIS II и встроенные решения с использованиеv программы проведения лабораторных практикумов как удаленного, так и локального доступа. Ниже показаны лицевые панели для проведения лабораторных работ как в режим с аппаратным решением для исследования характеристик полупроводникового диода, так и в режиме NI LabVIEW Multisim Connectivity моделирования работы стенда для исследования вольтамперных характеристик биполярного транзистора

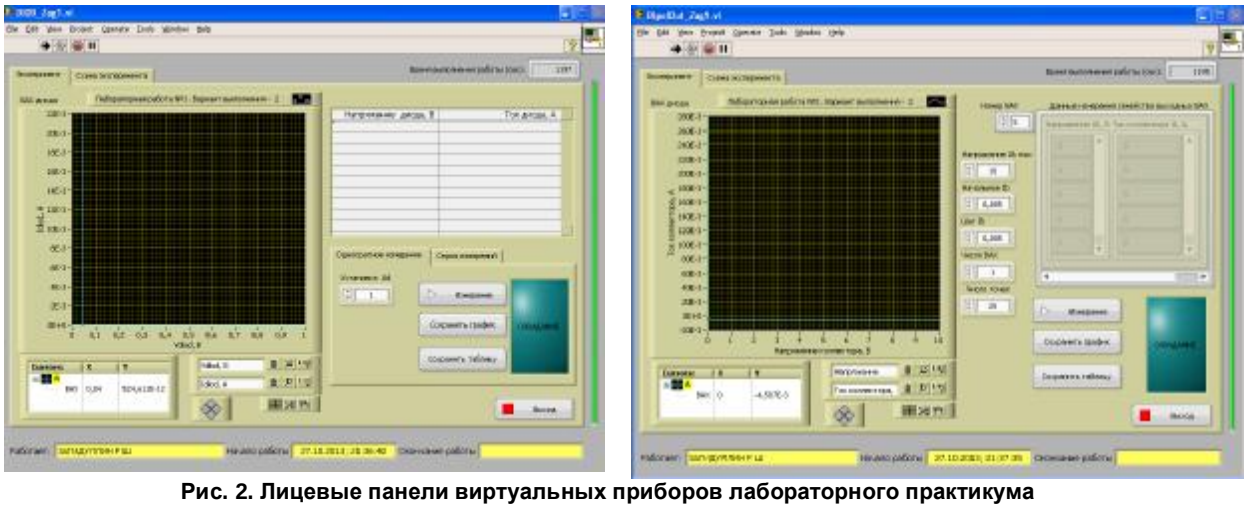


Рис. 2. Лицевые панели виртуальных приборов лабораторного практикума

Была опробована работа системы в реальной нагрузке, то есть когда на один компьютер входили пользователи как при работе с реальной аппаратурой ELVIS II, так и при работе с моделью лабораторного стенда. Поскольку система выдавала для каждой машины свои IP адреса, то на одной машине реально обеспечивать работу до 4 студентов одновременно в режиме удаленного доступа. Возможности NI LabVIEW Multisim Connectivity практически нельзя было внешне отличить от режима работы реального стенда. Увеличение числа виртуальных машин свыше 5 приводило к замедлению отклика программы для пользователя и реально приходилось ограничивать число одновременно работающих виртуальных машин только тремя.

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система внедрена в учебный процесс МГТУ им. Н.Э. Баумана, она позволило значительно расширить возможности лаборатории при проведении занятий в режиме удаленного доступа к стенда.

5. Список литературы

1. Р.Ш. Загидуллин, В.В. Новиков. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА Седьмая научно-практическая конференция “Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments”, с. 394-400.
2. Загидуллин Р.Ш. Антипов В.Ю. ОБЪЕДИНЕНИЕ LABVIEW 2009 И MOODLE ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УДАЛЁННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА ОБОРУДОВАНИИ NI PXI. Инженерные, научные и образовательные приложении на базе технологии National Instruments — 2011: Сборник трудов X международной научно-практической конференции. Москва 8-9 декабря 2011 г. — М.: ДМК-пресс, 2011, страницы 309-310.
3. Гультяев А. К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном (+CD). — СПб.: Питер,2006 —224 с: ил.

РАЗМЕЩЕНИЕ УДАЛЁННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS В ИНТЕРНЕТЕ ПРИ ПОМОЩИ ПЛАТФОРМЫ УДАЛЁННЫХ И ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ LABICOM.NET

И.Е. Титов

Labicom.net/МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Удалённые лаборатории становятся всё более важным инструментом инженерного образования. От качества лабораторий, в том числе и удалённых, во многом зависит квалификация выпускаемых специалистов. Однако бюджеты лабораторий всегда ограничены, и задачу повышения качества их образовательных услуг можно решать за счёт внедрения готовой инфраструктуры удалённых лабораторий, что позволяет концентрировать ресурсы на повышении качества самой работы.

Всё большее число удалённых лабораторий создаются на основе программного и аппаратного обеспечения компании National Instruments. Среда разработки и язык программирования LabVIEW дают возможность создавать сложные многопоточные приложения без специального образования и за минимальное время, что идеально подходит преподавателям и инженерам ВУЗов, начинающим проект удалённой лаборатории и не имеющим в команде профессиональных разработчиков ПО. LabVIEW позволяет создавать приложения не только для операционных систем общего назначения (таких как Windows, MacOS, Linux), но также для систем реального времени, и даже ПЛИС.

Однако программа управления и лабораторное оборудование являются необходимыми, но недостаточными условиями реализации проекта удалённой лаборатории. Другим неотъемлемым компонентом удалённых лабораторий являются сетевая инфраструктура и интернет-сервисы, обеспечивающие их работу. Помимо серверов платформа удалённых лабораторий должна предоставлять балансировку нагрузки, систему резервирования времени, SSL-сертификаты, систему динамической генерации контента, сервис аналитики и т.д. В идеале, платформа удалённых лабораторий должна позволять интегрировать программное обеспечение National Instruments, чтобы можно было внедрять новые технические и педагогические решения в максимально короткие сроки.

Работа посвящена созданию платформы удалённых лабораторий, реализующей указанные выше требования.

2. Описание решения

Платформа удалённых и виртуальных лабораторий Labicom.net позволяет размещать удалённые лаборатории в Интернете. Labicom.net предоставляет ряд специализированных серверов [1]. Техническая реализация обмена данными предполагает использование специализированных сетевых протоколов [1]. Ключевой особенностью удалённых лабораторий платформы является использование только стандартных портов, использующихся в сети Интернет. Это значит, что разработчикам удалённых лабораторий не нужно открывать порты, изменять сетевую конфигурацию локальных сетей, настраивать сетевые экраны и т.д. Статическое содержимое передаётся по протоколу HTTPS, динамическое – по протоколу обмена данными в реальном времени web sockets, медиаданные (потоковое видео с веб-камер экспериментального стенда) – по специализированному протоколу передачи медиа данных.

Большая часть оборудования лаборатории подключена к управляющему компьютеру при помощи драйверов NI VISA. Характерным примером удалённой лаборатории является удалённая лазерная лаборатория в МГТУ им. Н.Э. Баумана [2], [3]. В состав лабораторного комплекса входят источник питания квантрона, система охлаждения, осциллограф, измерители энергии лазерного излучения, блок управления рабочими режимами лазера, устройство смены пассивного затвора, внутрирезонаторная диафрагма переменного диаметра, ослабляющие фильтры, web-камеры. Архитектура лабораторного сервера RLL позволяет «на лету» изменять конфигурацию оборудования при помощи LV OOP (объектно-ориентированного программирования в LabVIEW), таким образом реализуя при помощи классов оборудования слой абстракции аппаратного обеспечения (hardware abstraction layer)

Клиентская часть RLL предоставляется платформой Labicom.net и представляет собой интерактивное интернет-приложение, выполняющееся в web-браузере на компьютере пользователя. Так как с точки зрения пользователя клиентская часть это обычная web-страница, то лаборатория становится кроссплатформенной и доступна на любом типе устройств.

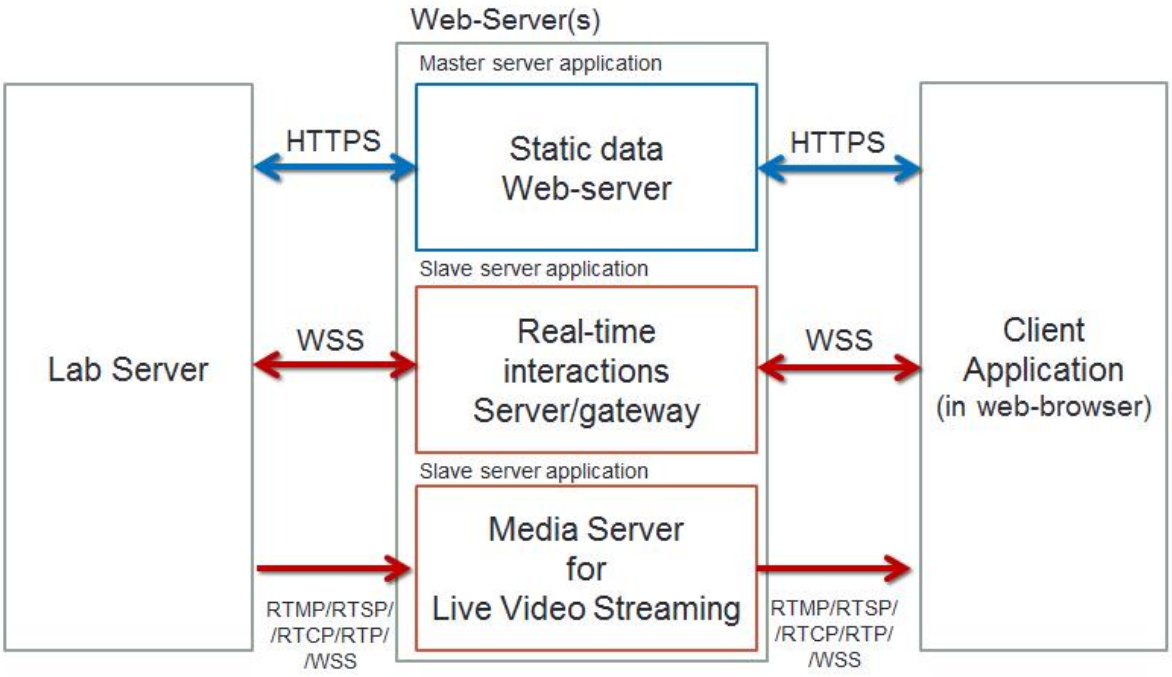


Рис. 1. Специализированные сервера и сетевые протоколы, используемые в организации обмена данными в удалённых лабораториях платформы Labicom.net

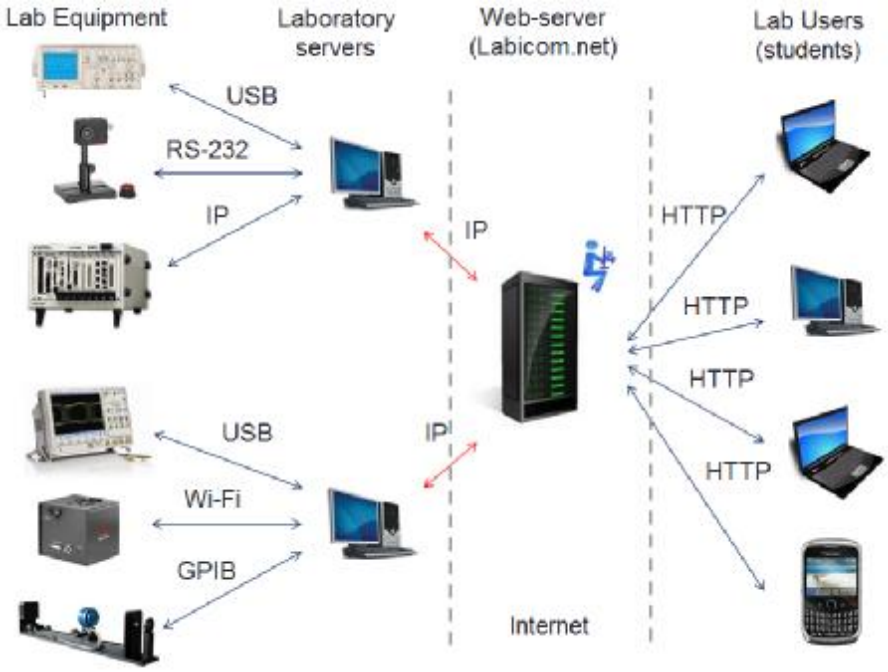


Рис. 2. Сетевая архитектура удалённых лабораторий Labicom.net

Labicom.net даёт возможность не только сделать лабораторию доступной глобально, но и предоставляет готовую инфраструктуру для её размещения: систему резервации лабораторного времени, бесплатный хостинг, защищённый канал передачи данных (SSL-сертификат) и т.д.

Таким образом, персонал удалённой лаборатории получает возможность уделять больше времени педагогической составляющей и тратить намного меньше времени на техническую. При этом повышается качество как педагогической так и технической составляющих удалённых лабораторий.

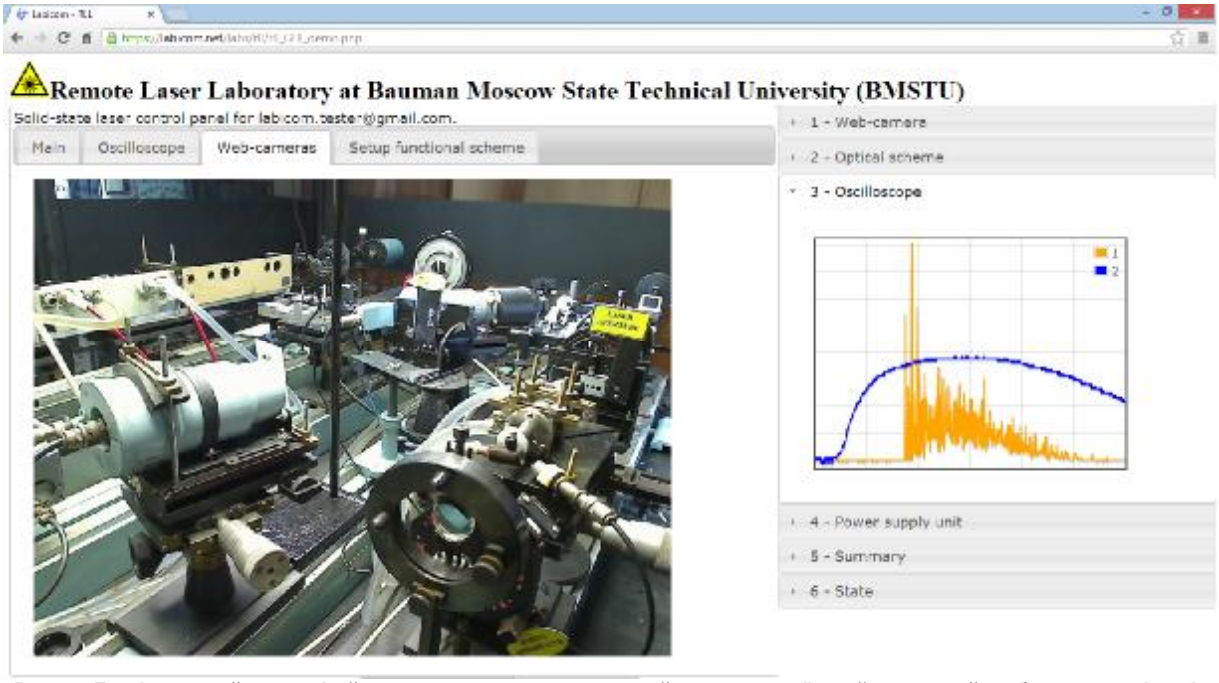


Рис. 3. Графический интерфейс пользователя клиентской части удалённой лазерной лаборатории (RLL) МГТУ им. Н.Э. Баумана

3. Используемое программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в том числе в среде программирования NI LabVIEW 2012. Также для организации обмена данными в некоторых удалённых лабораториях используется плагин WebPager [4], который позволяет автоматически преобразовывать лицевые панели LabVIEW в код веб-страницы.

4. Внедрение и его перспективы

Описываемая выше платформа Labicom.net внедряется в учебные процессы ряда высших учебных заведений, в том числе МГТУ им. Н.Э. Баумана. Платформа позволяет подключать удалённые лаборатории в университетах по всему миру, а также обучать студентов по всему миру.

Удалённые лаборатории являются важным элементом в инженерном on-line образовании. Их высокое качество и гибкость применения достигаются, в том числе за счёт использования языка программирования LabVIEW и аппаратного обеспечения компании National Instruments.

5. Список литературы

1. Титов И.Е. “Labicom.net – The on-line laboratories platform: optimal solution for deploying cost-effective remote and virtual laboratories ”, IEEE Xplore, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE, Берлин, 13-15 марта 2013, стр. 1137-1140, http://dx.doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530251

2. Igor Titov, Olga Smirnova, Alexander Glotov, Alexander Golovin “Remote Laser Laboratory: Lifebuoy for Laser Engineering Curriculum (A Safe and Cost-Effective Solution for Hazardous Lab Environment)”, International Journal of Online Engineering (iJOE), Vol 8, No 2 (2012), http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v8i2.1761

3. Igor Titov, Olga Smirnova, Alexander Glotov, Alexander Golovin “Remote Laser Laboratory: First Demonstration (Worldwide substitution for laser engineering lab)”, International Journal of Online Engineering (iJOE) – Volume 8, Special Issue 1: "exp.at'11", February 2012, http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v8iS1.1891

4. Титов И.Е., Титов Е.В. “Labicom.net – Putting your laboratory online in less than five minutes with WebPager tool: Automatic generation and real-time control of a LabVIEW based laboratory server from pluginless HTML page.”, Proceedings of the International Conference on Remote Experimentation (ExpAT’2013), Коимбра, Португалия, 18-20 сентября 2013, стр. 181-184

WEBPAGER – ПЛАГИН LABVIEW ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛИЦЕВОЙ ПАНЕЛИ НА ВЕБ СТРАНИЦЕ

И.Е. Титов

Labicom.net/МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Среда разработки и язык программирования LabVIEW предоставляет разработчикам систем сбора данных и систем управления возможности многопоточного программирования и тесной интеграции с большим количеством оборудования. LabVIEW позволяет создавать программное обеспечение как для операционных систем общего назначения (Windows, MacOS, Linux), так и для систем реального времени и ПЛИС.

В связи со значительным увеличением количества мобильных компьютеров (планшетных компьютеров, смартфонов) возрастает количество задач, требующих взаимодействия разрабатываемой системой с конечным пользователем через Интернет. Для реализации такого функционала в экосистеме LabVIEW существует несколько средств. Однако, как будет показано ниже, каждое из них имеет существенный недостаток, существенно ограничивая область применения такого решения.

Remote Panels – позволяют размещать лицевую панель в браузере. Для их использования не требуется дополнительного программирования, однако конечные пользователи должны устанавливать плагин для браузера и LabVIEW Run-time Engine определённой версии. Другими существенными недостатками данной технологии являются: необходимость открывать порты, решать проблему большого интернет-траффика, и при этом решение не будет кросс-платформенным.

Web UI Builder – предоставляет среду разработки на основе технологии Microsoft Silverlight, предоставляющую упрощённую версию LabVIEW для программирования веб-интерфейса лицевой панели. Однако данное средство тоже имеет недостатки. Конечным пользователям необходимо устанавливать плагин Silverlight, разрабатывать тонкий клиент, открывать порты, и решение не кросс-платформенно.

Data Dashboard – позволяет сделать современный интерфейс, доступный на устройствах под управлением Android и iPad. Недостатками данного решения является необходимость открывать порты, программирование возможно только с планшета, ограниченная кросс-платформенность, невозможно использовать безопасный (зашифрованный) протокол, выбор элементов интерфейса сильно ограничен.

Web Services – позволяет обмениваться данными по протоколу RESTful (HTTP), предоставляя кросс-платформенное решение. Однако Web Services требуют разработки, нужно открывать порты и решать проблему траффика.

Работа посвящена созданию плагина WebPager [1], призванного решить все указанные выше проблемы. Данный плагин является программным обеспечением платформы удалённых и виртуальных лабораторий Labicom.net [2].

2. Описание решения

WebPager – это плагин для LabVIEW, позволяющий размещать лицевую панель в браузере на любом устройстве (персональные компьютеры, устройства под управлением Android и iPad и т.д.) При использовании WebPager у разработчика есть возможность разместить лицевую панель в интернете без каких-либо изменений в коде LabVIEW, «в один клик». При необходимости у разработчиков есть доступ ко всем опциям плагина через API, предоставляя возможность программного управления работой ПО. WebPager использует протокол web sockets для передачи данных с минимальным траффиком и минимальной задержкой. Для его использования конечным пользователям не нужно устанавливать в браузеры какие-либо плагины, или устанавливать LabVIEW Run-time engine. Для работы WebPager ни разработчику, ни пользователю не нужно открывать порты или конфигурировать сервер. Полученная веб-страница является кросс-платформенной по своей сути, т.к. может быть просмотрена любым современным браузером с поддержкой стандарта HTML5. WebPager позволяет также создавать при помощи CSS элементы и эффекты, которых невозможно достичь при помощи лицевых панелей LabVIEW.

Рис. 1. Синхронизация лицевой панели LabVIEW и веб-страницы при помощи плагина WebPager. Слева – лицевая панель LabVIEW, справа – веб-страница, автоматически сгенерированная WebPager'ом. На рисунке представлены наиболее часто используемые элементы управления и индикаторы

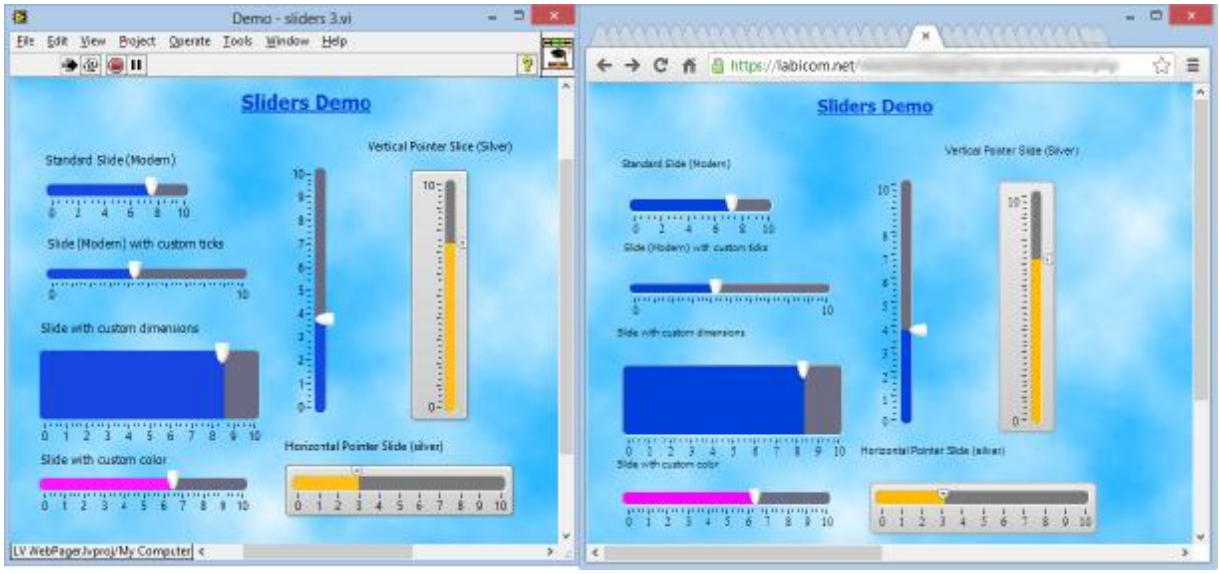


Рис. 2. Слайдеры (ползунки), с сохранением стилей, цветов, размеров и т.д. Слева – лицевая панель LabVIEW, справа – веб-страница, сгенерированная WebPager'ом

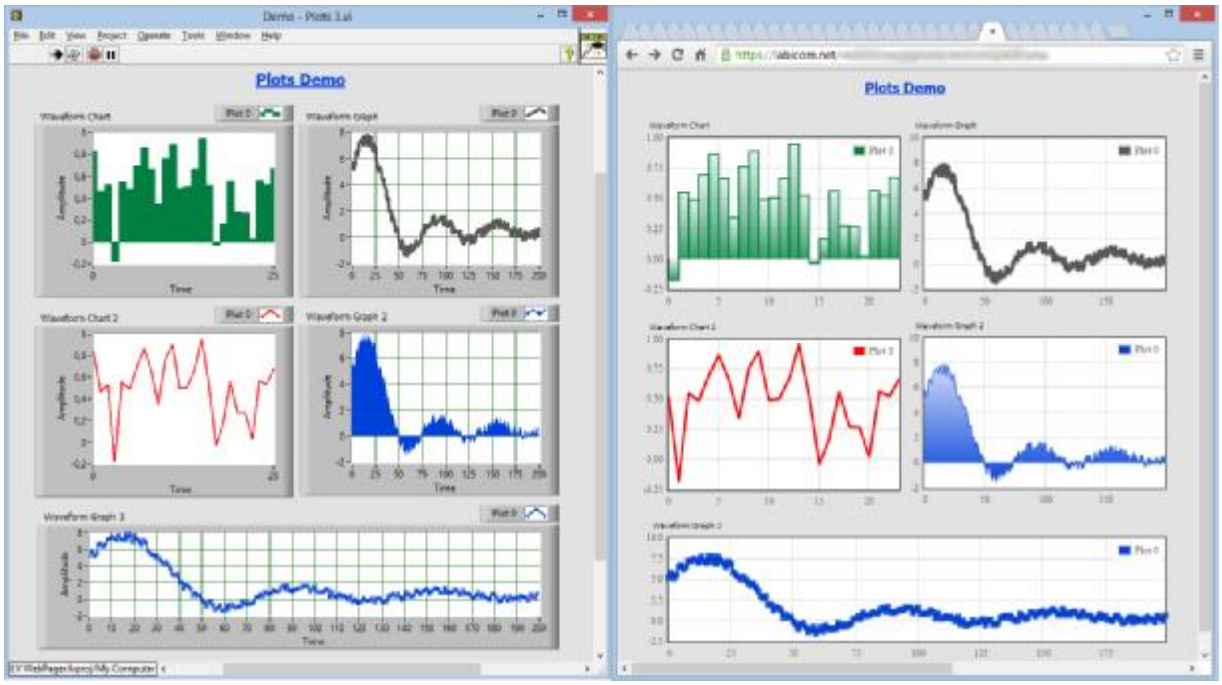


Рис. 3. Графики (Waveform Chart и Waveform Graph) с сохранением цветов, стилей, типов и т.п. Слева – лицевая панель LabVIEW, справа – веб-страница, сгенерированная WebPager'ом

На всех этапах данные, передающиеся при помощи WebPager зашифрованы (SSL). Статические данные передаются по протоколу HTTPS (443 порт).

3. Используемое программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в том числе в среде программирования NI LabVIEW 2012.

4. Внедрение и его перспективы

WebPager позволяет любое приложение LabVIEW контролировать удалённо через сеть Интернет при помощи современного веб-браузера.

5. Список литературы

1. Титов И.Е., Титов Е.В. "Labicom.net – Putting your laboratory online in less than five minutes with WebPager tool: Automatic generation and real-time control of a LabVIEW based laboratory server from pluginless HTML page.", Proceedings of the International Conference on Remote Experimentation (ExpAT'2013), Коимбра, Португалия, 18-20 сентября 2013, стр. 181-184

2. Титов И.Е. "Labicom.net – The on-line laboratories platform: optimal solution for deploying cost-effective remote and virtual laboratories ", IEEE Xplore, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE, Берлин, 13-15 марта 2013, стр. 1137-1140, http://dx.doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530251

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ПРИВОДА

А.В. Гуляев, А.А. Азаров

ДВГУПС, г. Хабаровск

1. Постановка задачи

В настоящее время в мире современной тенденцией развития железнодорожного транспорта является применение асинхронного электропривода и характеризуется широким спектром предлагаемых технических и алгоритмических решений. На современном этапе развития систем автоматизированного электропривода наиболее часто используемыми являются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД). Это обусловлено рядом преимуществ, основные из которых:

- простота конструкции, и, следовательно, простота технического обслуживания;
- возможность получения регулировочных характеристик, идентичных характеристикам двигателя постоянного тока;
- возможность получения высоких показателей качества регулирования.

Для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором применяется ряд установившихся методов, которые значительно отличаются по стоимости, качеству регулирования и сложности аппаратно-программного исполнения. Также, при разработке того или иного способа управления АД могут быть использованы специфические способы уточнения базовых принципов регулирования. Определение способа управления для систем приводов, работающих в различные условиях, является важной задачей, позволяющей создавать экономически выгодные электроприводы переменного тока с требуемыми показателями.

При этом возникает проблема выбора оптимального способа управления. Для реализации систем автоматизированного управления электроприводом, используют инвертор с программируемым логическим контроллером (ПЛК). В современных комплектных приводах есть возможность выбора закона управления, в зависимости от технологических требований. Существует большое количество способов управления: тиристорное регулирование напряжения, скалярное частотное управление или, различные алгоритмы векторного управления. При этом, чем проще закон управления, тем меньшим количеством численных значений параметров привода нужно располагать. Поэтому в современных комплектных приводах организуют различные уровни доступа к параметрам. Например, в Micromaster 440 фирмы Siemens таких уровней доступа пять: от нулевого до четвертого [1]. Причем для уровня 0 – простого ввода в эксплуатацию, достаточно знать номинальные данные АД. Для точной настройки при уровне 4 – экспертном уровне, необходимо знать значения всех внутренних параметров АД: активные сопротивления обмоток статора Rs и ротора Rr, индуктивность намагничивания Lm, индуктивность рассеяния σLs и электромеханическая постоянная времени Tm [1].

Требуется разработать систему управления асинхронным электроприводом для применения на подвижном составе. Система управления электроприводом должна идентифицировать первоначальные (перед пуском привода) параметры АД, контролировать изменение температуры АД, изменение величины момента статического сопротивления или момента инерции и в соответствии с алгоритмом управления производить корректировку работы асинхронного электродвигателя.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра «Электроподвижной состава».

3. Описание решения

В учебно-испытательном центре тягового подвижного состава при кафедре «Электроподвижной состав» на лабораторном уровне реализованы различные системы управления АД (рисунок 1). Лабораторный стенд включает в себя два асинхронных двигателя с генераторной и вентиляторной нагрузкой, силовой инвертор, устройства управления, датчики скорости, тока и напряжения.

Наиболее простой способ управления АД реализован с помощью системы сбора данных и управления процессами NI CompactDAQ 9178 укомплектованной модулями С-серии: аналогового вывода NI 9263, аналогового ввода NI 9234 и цифрового ввода/вывода NI 9401. Для управления АД модулем NI 9263 генерируется импульсный сигнал на 3х каналах, который подается на полумостовой драйвер IR2104 с одним входом. Драйвер производит управление открытием/закрытием IGBT транзисторов 4BC30FD. Высокоскоростной модуль NI 9401 настроен для цифрового ввода и используется для определения скорости вращения ротора электродвигателя посредством инкрементального энкодера dks40. Модульная система cDAQ 9178 позволяет создать простую систему регулирования АД. Однако система «Компьютер – cDAQ 9178», работающая по интерфейсу

USB, отличается низкой производительностью, что затрудняет создание более эффективной и сложной системы регулирования, например с использованием метода широтно-импульсной модуляции.

Рис. 1. Лабораторный стенд «Системы управления АД»

Для решения задачи применения сложной системы управления АД используется платформа RT Single-Board RIO GPIC. В контроллер загружается модель силовой части инвертора и электродвигателя. Использование такой платформы позволяет создавать сложные системы регулирования асинхронных двигателей для работы с различными видами нагрузки. Плата GPIC имеет микросхему FPGA, необходимую для создания высокоскоростных систем регулирования. Специализированное программное обеспечение NI LabVIEW control design and simulation module предоставляет готовые решения для FPGA, что значительно упрощает поиск оптимального алгоритма управления электродвигателем. Программные пакеты electrical power suite и Power Electronics IP Core Library – это готовые средства для энергетических измерений, решения для многоканальных ПИД регуляторов и векторного регулирования для всех типов двигателей. В лабораторном стенде при работе платформы RT Single-Board RIO GPIC с Chassis sbRIO-9606 используются предоставляемый компанией National Instruments проект для работы с платой GPIC – Power Electronics Design Guide (рисунок 2).

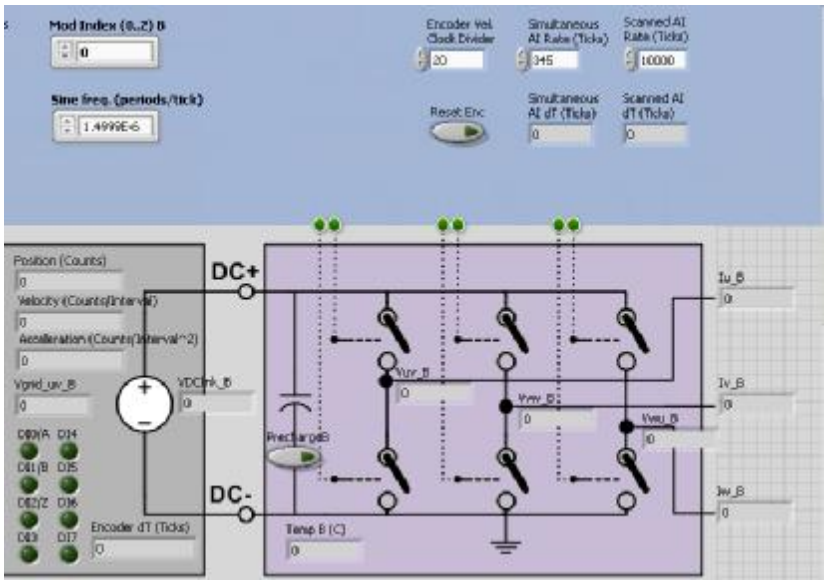


Рис. 2. Лицевая панель программы FPGA для управления инвертором

В данной технической реализации управляющие импульсы поступают на независимый драйвер верхнего и нижнего плеча IR2101 с двумя входами.

Также в ДВГУПС разработана система управления АД на основе контроллера CompactRIO-9074. Особенностью аппартно-программной реализации системы является то, что двигатель управляется по алгоритму широтно-импульсной модуляции с помощью полумостового драйвера IR2104 с одним входом. Благодаря такому подходу система управления становится более надежной на аппаратном уровне и при этом значительно сокращается программный код, за счет уменьшения количества каналов генерирующих сигнал широтно-импульсной модуляции и отсутствия настройки временной задержки (т.к. она реализована в драйвере), что позволяет в значительной степени экономить ресурсы программируемой логической интегральной схемы контроллера CompactRIO.

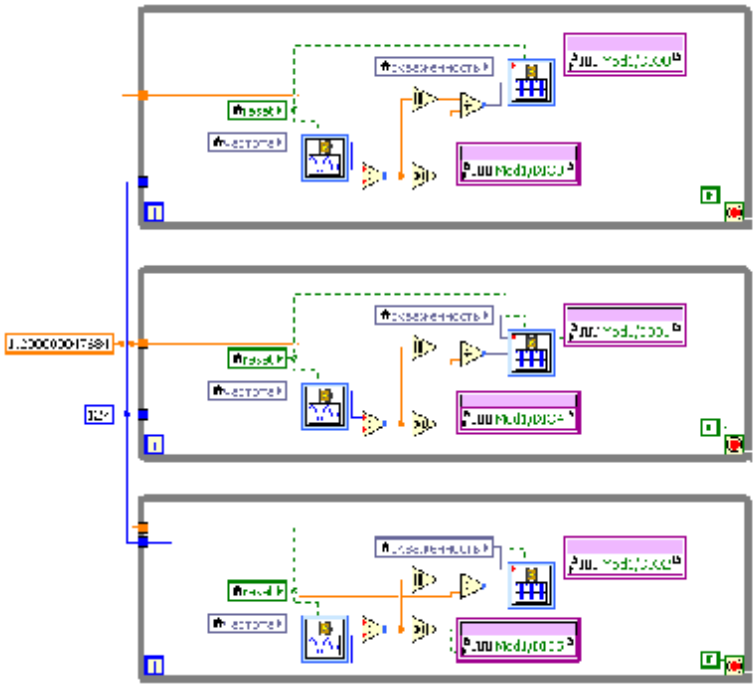


Рис. 3. Фрагмент программного кода исполняемого на FPGA CompactRIO-9074

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Среда графического программирования – LabVIEW 2012
Программное обеспечение – NI SCOPE Soft Front Panel
Платформа RT Single-Board RIO GPIC – Chassis sbRIO-9606
Контроллер – NI CompactRio-9074
Модули C-серии – NI 9401, NI 9234, NI 9263
2х канальный цифровой преобразователь – NI USB-5132
Система сбора данных и управления процессами – NI CompactDAQ 9178

5. Перспективы внедрения и развития решения

Использование платформы Single-Board RIO GPIC и модульных систем CompactDAQ и CompactRIO позволило в короткие сроки создать комплексный стенд для эффективного изучения систем управления АД различной сложности. Разработанный программно-технический комплекс планируется использовать при проектировании асинхронного вспомогательного и тягового привода используемого на подвижном составе.

6. Список литературы

1. Малтабар А. Н. Исследование способов параметрического управления асинхронным электроприводом на базе преобразователя частоты Micromaster 440 / Реферат по теме магистерской работы.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫПОЛНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Ю.К. Евдокимов, А.Ю. Кирсанов, А.Ш. Салахова, М.В. Петровская

Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ), Казань

1. Постановка задачи

Внедрение дистанционной формы обучения по инженерным дисциплинам требует решения достаточно большого количества задач, связанных с обеспечением дистанционного доступа к измерительному оборудованию лаборатории через сети общего пользования, контроля доступа удаленных студентов, информационной и методической поддержки, оценки уровня остаточных знаний и др. К основным особенностям, созданной в КНИТУ-КАИ системы дистанционных лабораторий [1] относятся:

1) выполнение лабораторных экспериментов с использованием физических установок;

2) допуск к выполнению практической части по результатам контроля знаний;

3) многопользовательский режим работы;

4) возможность параллельного подключения к системе нескольких лабораторий для увеличения пропускной способности.

Так как дистанционные лабораторные работы выполняются студентом самостоятельно, то требуется также оценивать качество выполнения практической части (правильность выбора измерительных приборов, соблюдение методики измерений, правильность задания исходных данных и т.д.). В работе была поставлена задача создания системы мониторинга работы дистанционных студентов для оценки качества выполнения практической части лабораторного практикума.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для автоматизации измерений на уровне лаборатории было использовано оборудование NI: станция NI-ELVIS II и платы NI PCI-6251. Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabVIEW с использованием Data Socket-сервера.

3. Описание решения

Программное и методическое обеспечение, необходимое для выполнения дистанционных лабораторных практикумов, а также информационная и техническая поддержка доступны на сайте Центра дистанционных автоматизированных учебных лабораторий КНИТУ-КАИ [2], где также реализована система регистрации, позволяющая получить доступ к дистанционной лаборатории.

Система представляет собой трехуровневую архитектуру: удаленный пользователь (клиент); главный сервер; измерительный уровень (дистанционные лаборатории). Возможности этой системы главным образом определяются программным обеспечением главного сервера.

Программное обеспечение для дистанционного доступа и выполнения лабораторных работ (клиентское ПО) реализует приложение Distant Lab 2 [2], которое обеспечивает: соединение с сервером системы через сеть интернет или локальную сеть; монтаж экспериментальной установки из исследуемой схемы и измерительных приборов на наборном поле; задание параметров сигналов; формирование запросов на измерение, обработку и представление результатов.

Оценка качества выполнения дистанционной лабораторной работы осуществляется на основании статистики работы студента, а именно:

1) последовательности выполнения соединений исследуемой в работе электрической схемы с измерительными приборами;

2) исходных данных для измерений, поступающих в каждом запросе на измерение.

В качестве критериев оценки используются:

1) результаты прохождения тестирования;

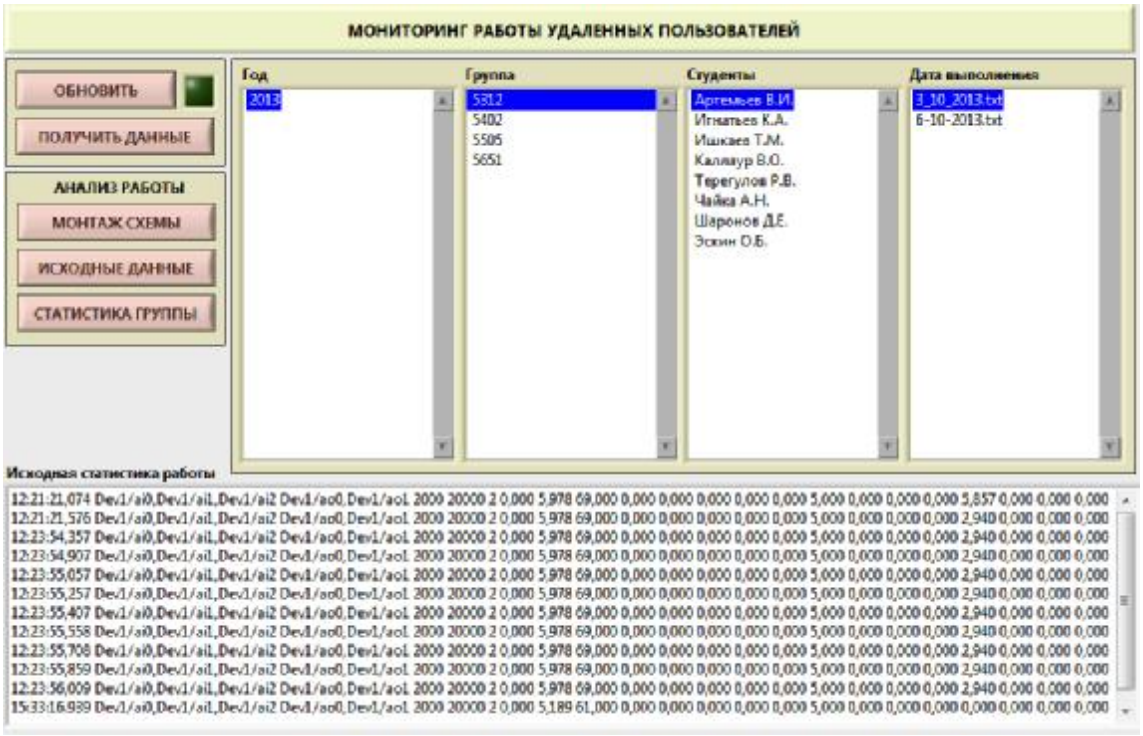
2) оценка качества выполнения практической части;

3) время выполнения практической части.

Анализ значений исходных данных реализуется следующим образом. Каждое задание в практической части лабораторной работы разбивается на подпункты (отдельные измерения). Для каждого отдельного измерения определятся тип исследуемой схемы и значения параметров сигналов (или диапазоны допустимых значений), при которых обеспечивается правильность измерений. В результате формируется таблица образцовых (эталонных) значений исходных данных.

При поступлении в систему запроса на измерение от удаленного пользователя, заданные им значения параметров сигналов сравниваются с таблицей образцовых значений. По результатам сравнения формируется отчет о ходе и правильности выполнения студентом лабораторной работы, позволяющий далее оценить качество работы студента и понимания им выданного исследовательского задания.

Лицевая панель программного обеспечения, позволяющего преподавателю выполнять анализ работы студентов, показан на рис.



Пользовательский интерфейс преподавателя

4. Внедрение решения и его перспективы

Созданные дистанционные лаборатории и система дистанционного управления внедрены в КНИТУ-КАИ. Созданная система мониторинга позволяет вести учет статистики и хронометраж работы каждого студента, а также осуществлять оперативный анализ качества выполнения практической части с детализацией в хронологическом порядке последовательности эксперимента, порядка монтажа и исследования электрической схемы, задаваемых исходных данных и оценку их корректности.

Система прошла апробацию в учебном процессе на кафедре Радиоэлектроники и информационно-измерительной техники, а также в филиале КНИТУ-КАИ в г. Лениногорске. В настоящее время открыт доступ к дистанционным лабораторным практикумам для студентов КНИТУ-КАИ [2].

5. Список литературы

1. Евдокимов Ю.К., Кирсанов А.Ю. Обзор научно-исследовательских работ центра дистанционных автоматизированных учебных лабораторий КНИТУ-КАИ // Сборник трудов X Международной научно-практической конференции «Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий NI – 2011». Москва, Россия. 8-9 декабря, 2011. – 297-299 с.

2. Сайт Центра дистанционных автоматизированных учебных лабораторий, раздел дистанционных лабораторных практикумов: http://www.kai.ru/univer/labview/distant_lab.php

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИМУЛЯТОР ИНТЕРФЕРОМЕТРА МАЙКЕЛЬСОНА

В.В. Криволапов, С.Л. Григоренко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

1. Постановка задачи

Интерферометр Майкельсона (рис. 1.) – установка, предназначенная для измерения длины когерентности источника волн. Установка может использоваться как для исследовательской деятельности, так и для обучения студентов в области оптики и лазерной техники.

Рис. 1. Интерферометр Майкельсона

На рисунке 2 отображена схема интерферометра Майкельсона. В нём световой луч испускается источником (S) и проходит через линзу. После луч делится полупрозрачным зеркалом (P1) на 2 части, каждая из которых отражается своим зеркалом (M1 и M2). После отражения лучи возвращаются на разделяющее зеркало и снова делятся на 2 части. По одной части от каждого из лучей попадает на экран (T) и эти части интерферируют.

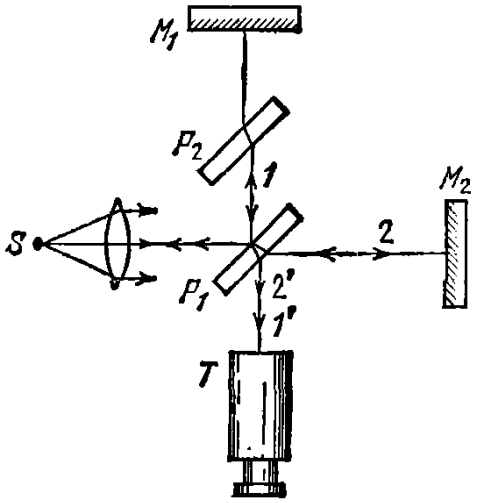


Рис. 2. Элементы интерферометра Майкельсона

Настройка интерферометра и вообще любой экспериментальной установки – очень долгий и трудоемкий процесс. Симулятор экспериментальной установки позволяет перед началом эксперимента найти такие исходные данные, которые будут соответствовать желаемым результатам; и уже после этого приниматься за настройку установки. Также он позволяет проверить гипотезы, которые не могут быть проверены экспериментально (например, разность плеч зеркал порядка сотен метров).

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В эксперименте используется красный гелий-неоновый лазер, так как его длина когерентности достаточно удобна для измерения (несколько десятков сантиметров). Для измерения видности интерференционной картины используется платформа NI PXI.

3. Описание решения

Физическая постановка задачи:

Уравнение колебаний напряженности электрического поля плоской волны, излучаемой атомом [1]:

$$E = E_0(t) * \cos(\omega(t) * t + \varphi(t) - \varphi(x)) \quad (1)$$

В данной работе полагаем $E_0(t)$ постоянным ввиду малой зависимости от времени (была проведена серия экспериментов, которая показала, что данный параметр за малое время, необходимое для прохождения установки, почти не изменяется).

В то же время изменения $\omega(t) + \varphi(t)$ можно свести к изменению только одного параметра [1]: $\varphi(t)$ Тогда получаем уравнение:

$$E = E_0 * \cos(\omega * t + \varphi(t) - \varphi(x)) \quad (2)$$

Фазовый сдвиг ведёт себя хаотически [1], поэтому в (2) присутствует функция $\varphi(t)$, которая изменяется хаотическим образом с течением времени.

Если есть два колебания равных частот

$$\begin{cases} E_1 = E_0 * \cos(\omega * t + \varphi_1 - \varphi(x)) \\ E_2 = E_0 * \cos(\omega * t + \varphi_2 - \varphi(x)) \end{cases} \quad (3)$$

То их суммарная энергия будет равна

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (4)$$

Это верно и для мгновенных значений реального волнового уравнения.

Тогда интенсивность света

$$I \cong nE^2, \quad (5)$$

где n – коэффициент оптической проницаемости среды.

Запишем выражение для видности [1]:

$$\gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (6)$$

Краткий алгоритм решения:

1) Будем считать атомы лазера идеальными точечными источниками.
2) Будем считать, что у нас есть 2 мнимых источника, образованных от 1 реального, одинаковые по всем параметрам, кроме фаз (их разность зависит от разности плеч зеркал).
3) Зная сдвиг фазы одной волны относительно другой, получить энергию, падающую на каждую точку экрана.
4) Рассчитаем среднее значение интенсивности I в каждой точке экрана как среднее арифметическое интенсивностей интерференций излучений всех атомов.
5) Нормировать I относительно максимально возможного значения интенсивности интерференции (5).
6) Построить интерференционную картину, зная значения интенсивности для каждой точки экрана.
7) Рассчитать видность по формуле (6) и вывести результаты

Результаты работы программы «Компьютерный симулятор интерферометра Майкельсона» при различных исходных параметрах:

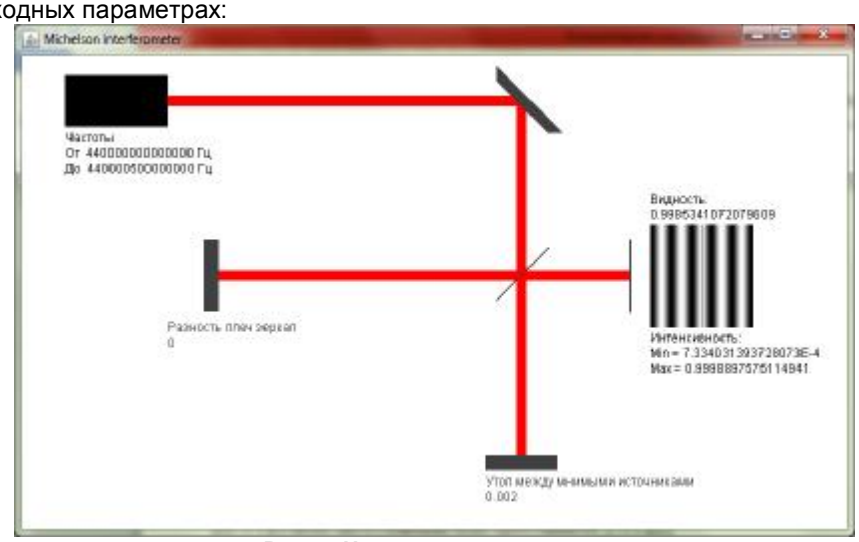


Рис. 3. Нулевая разность плеч

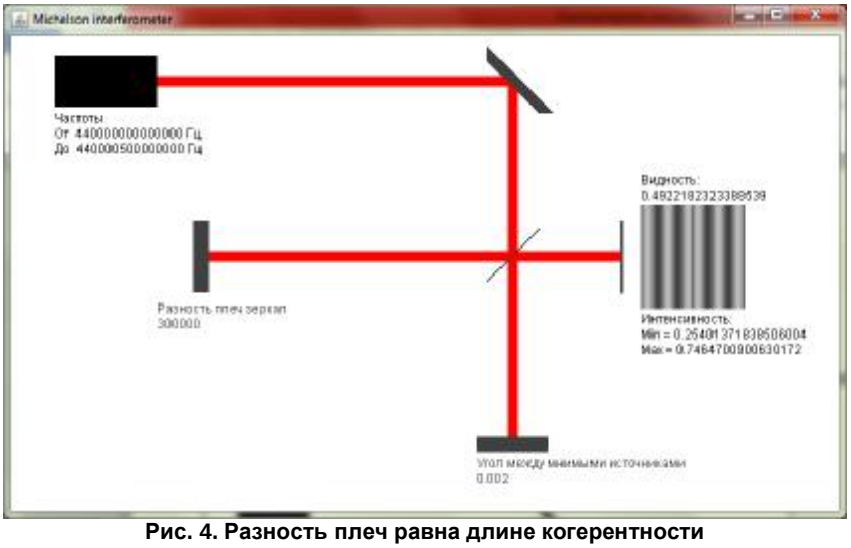


Рис. 4. Разность плеч равна длине когерентности

Рис. 5. Разность плеч больше длины когерентности

На одинаковых наборах данных в эксперименте и симуляции были получены достаточно схожие результаты.

4. Внедрение и его перспективы

Программа была протестирована и используется в Студенческой Экспериментальной Лаборатории Физики кафедры Фундаментальных Наук (ФН-4) МГТУ им. Н.Э. Баумана для проведения лабораторных работ и практикумов.
В будущем планируется доработка программы – добавление новых функций, изменение программы под нужды эксперимента (в том числе, перевод программы на язык LabVIEW для более тесной интеграции с платформой PXI).

5. Список литературы

1. О.С. Литвинов, В.С. Горелик. Электромагнитные волны и оптика. Москва, изд. МГТУ, 2006 г.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СТЕНД «УМНЫЙ ДОМ»

К.Ю. Юхин

ГБОУ СПО Колледж связи №54, г. Москва

1. Постановка задачи

Сегодня многим предприятиям приходится замораживать инвестиции в новое оборудование и продолжать работать на старых, часто выработавших существенную часть ресурсах и производственных мощностях. При этом возникает необходимость минимизации экономических потерь из-за брака, простоев оборудования, устранения последствий аварийных отказов и сокращения расходов на текущие и плановые ремонты, объем которых часто неоправданно завышается.

В данной ситуации выходом является необходимость введения в регламенты по обслуживанию оборудования техническую диагностику. Однако на большинстве предприятий, которые разворачивают деятельность в этом направлении, нет специалистов, готовых ее организовать при минимуме затрат и максимуме экономической эффективности. Даже если на предприятии есть развитая служба неразрушающего контроля и контроля качества выпускаемой продукции, ее специализация не предполагает глубокого знания средств производства и особенностей его диагностики.

Практическую помощь предприятия могут получить, обратившись к специалистам нового направления в науке и технике, получившего на западе название «Мониторинг состояния и диагностика машин и оборудования» и занимающегося вопросами поддержания работоспособного состояния эксплуатируемых машин и оборудования между крупными ремонтами. В начале своего развития, в девяностые годы прошлого столетия, оно существовало в рамках научно-технического направления «Неразрушающий контроль» и включало в себя вопросы наблюдения за состоянием машин и оборудования без разборки, но затем начало расширяться и дополнительно заниматься вопросами организации и совершенствования обслуживания техники не по регламенту, а по фактическому состоянию.

В последние годы практическое внедрение достижений этого направления дает настолько хорошие экономические результаты, что стало в развитых странах естественной частью деятельности каждого современного предприятия, которая обычно ведется в соответствии выпущенными в начале 21 века международными стандартами ISO по направлению «Condition monitoring and diagnostics of machines», то есть «Контроль и состояние диагностики машин».

Ключевым элементом в применении указанных технологий являются квалификация и опыт лиц, выполняющий измерения и интерпретирующих их результаты.

Современные профессии требуют высококвалифицированных рабочих, имеющих в качестве базовых, знания, относящиеся к уровню инженерных для внедрения технологии диагностики оборудования, на которое приходится максимальное число внезапных отказов на производственных предприятиях, транспорте и в городском хозяйстве.

Основной задачей на первоначальном этапе является подготовка квалифицированных специалистов в учебных заведениях начального и среднего профессионального уровня.

Однако, современное образовательное учреждение на сегодняшний день должно ставить задачи не только по реализации учебных программ и подготовке специалистов, но и по привлечению современной молодежи к процессу творческого мышления и поиску новых решений на базе имеющегося материала. Именно эта часть была упущена и пока не восстановлена в образовательном процессе. Вопросы внедрения и поиска новых решений, безусловно, рассматриваются в ВУЗах и НИИ, однако именно тот слой специалистов, который выпускают средне-профессиональные учебные учреждения, оказывается не вовлеченным в творческий процесс технического развития.

Для реализации данной задачи необходимо вовлекать студентов независимо от уровня подготовки и объема, изучаемых ими технических дисциплин с одной стороны, и использовать уже имеющееся лабораторное оборудование при создании наглядных стендов самими студентами. Опуская сложность освоения, и используя готовые решения, появляется возможность рассматривать лабораторное и промышленное оборудование в новом ракурсе.

2. Место внедрения решения - ГБОУ СПО Колледж связи №54 г. Москва

Структура подготовки современных специалистов систем диспетчерского мониторинга и контроля ГБОУ СПО Колледж связи №54 г. Москвы включает в себя развивающее моделирование для привлечения молодежи к изучению средств автоматизации.

3. Описание решения

В 2010 году была разработана концепция лабораторных систем мониторинга и контроля в результате чего в качестве первичной системы получения и обработки сигналов были выбраны системы сбора данных NI CompactDAQ[1]. На основе оборудования используемого в лаборатории «Технологий телеизмерений и телеуправления» студенты изучают процессы сбора и обработки данных, мониторинга и контроля физических процессов с помощью образцов промышленного оборудования.

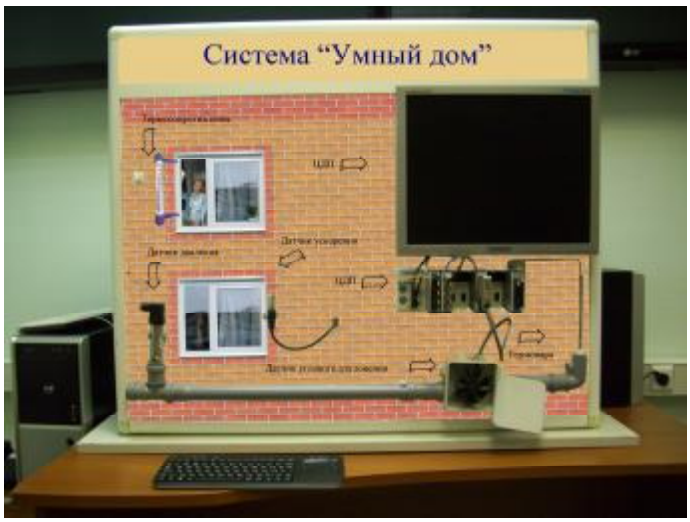
Разработанный ранее учебно-методический комплекс «Измерение сигналов с помощью датчиков технологических параметров» был реализован на базе лабораторного стенда, отражающего концепцию «Умный дом» с точки зрения студентов, обучающихся по профессии «Оператор диспетчерской службы».

Таблица реализации функций датчиков технологических параметров.

№ практикума	Наименование раздела, занятия	Наименование датчика	Наименование альтернативного метода изучения.
1	«Измерение температуры промышленными датчиками (термопарой)»	Термопара	Измерение температуры в магистрали ГВС жилого дома.
2	«Измерение температуры промышленными датчиками (термосопротивлением)»	Терморезистор	Измерение температуры окружающей среды жилого дома.
3	«Измерение давления»	Датчик избыточного давления	Измерение давления в магистрали ГВС жилого дома.
4	«Измерение ускорения»	Аналоговый датчик ускорения	Система охранной сигнализации и вредных вибраций.
5	«Измерение углового отклонения»	Квадратурный энкодер	Измерение температуры в магистрали ГВС жилого дома.

Для наглядности и простоты освоения развивающий комплекс на базе систем промышленного программирования был выполнен в виде функционального макета жилого дома.

Лабораторный стенд «Умный дом»



Заинтересованность молодежи в наглядных моделях позволит с использовать данный стенд на вводных и ознакомительных занятиях как со студентами, так и со слушателями курсов, осваивающих оборудование National Instruments.

[1] Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments - 2012. Сборник трудов конференции, стр. 334-337

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2009 SP1. Для реализации системы были использованы системы сбора данных на основе контроллера типа NI cDAQ 9178 с модулями расширения NI-9211 и термопарой J-типа, модулем расширения NI 9219 и двухконтактным термосопротивлением (RTD), модулем расширения NI 9219 и датчиком давления ОВЕН ПД100-ДИ, модулем расширения NI 9234 и аналоговым датчик ускорения, модулем NI 9411 и Quad Encoder NEMA 23, 1000 Counts/Rev.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Стенды, непосредственно создаваемые студентами, безусловно лишены коммерческого будущего, однако подобная задача перед ними и не ставиться. В тоже время, следует отметить, что решения и идеи, используемые при создании таких стендов могут быть использованы в дальнейшем в лабораторно-практическом оборудовании специализированными предприятиями для дальнейшего продвижения их как в учебные заведения, так и в учебные центры производственных предприятий. В свою очередь методические разработки и материал возможно использовать при создании обучающих программ следующего поколения как отправные точки. Несомненно, что применение новых методов обучения путем средств моделирования послужит дополнительным стимулом для молодежи в освоении современной автоматики.

6. Список литературы

1. LabVIEW для всех Д. Тревис, ДМК ПРЕСС, 2011
2. Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments.
3. Основы современных систем сбора данных: курс лекций, В.П. Михеев.
4. Измерения в LabVIEW. National Instruments.
5. http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/daq/lang/ru/pg/1/sn/n17:daq/ - раздел на сайте National Instrumens.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ НАБОР НА БАЗЕ BIOLOID STEM

А.О. Панфилов

ООО «Экзамен-Технолаб», г. Москва

1. Постановка задачи

Компания ООО «Экзамен-Технолаб» предлагает образовательные робототехнические модули, предназначенные для проведения занятий в классах изучения основ робототехники, информатики, досугового образования в начальной и средней школе. Каждый модуль – это продукт, разработанный специально для учебных целей, и предназначен в первую очередь для применения в рамках программ начального и среднего образования, во внеклассной работе с учащимися, а так же для оснащения учебных технопарков.

Образовательные робототехнические модули наглядно демонстрируют различные междисциплинарные основы робототехники, механики, информационных систем и устройств, разработки алгоритмов и программного обеспечения.

В состав модулей входят: наборы образовательных материалов и методик, специально адаптированное программное обеспечение, всевозможные конструкционные и соединительные элементы, привода, программируемые контроллеры, сенсорные устройства, датчики и многое другое.

Наборы образовательных материалов и методик содержат: методические указания для преподавателя по проведению занятий; руководства по сборке и программированию на различных языках программирования, в том числе руководства по программированию в программной среде LabVIEW; руководства по проведению лабораторных работ и экспериментов; примеры программ.

Данная работа посвящена разработке образовательного робототехнического набора на базе Bioloid Stem с использованием языка разработки LabVIEW 2012 компании National Instruments.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработка образовательного робототехнического набора велась на основе набора Bioloid Stem, корейской компании Robotis с использованием языка разработки LabVIEW 2012 с пользовательскими инструментариями zigbee sdk и dinamixel sdk, предлагаемыми компанией Robotis [2].

3. Описание решения

С помощью основной программы разработанной на LabVIEW 2012 обучаемый может получить полное представление о функционале и возможностях робота, взаимодействуя с ним посредством как как проводного (USB) так и беспроводного (Zigbee) интерфейса (рис. 1). С использованием обоих интерфейсов позволяется выполнять настройку и обмен данными с сервоприводами, производить опрос датчиков, подключенных к контроллеру (IR сенсоры, и т.п.) и управлять роботом с помощью виртуального пульта управления (рис. 2). К программе прилагается руководство по ее использованию, в котором подробно расписаны и прокомментированы шаги по взаимодействию с роботом.

Рис. 1. Окно выбора интерфейса

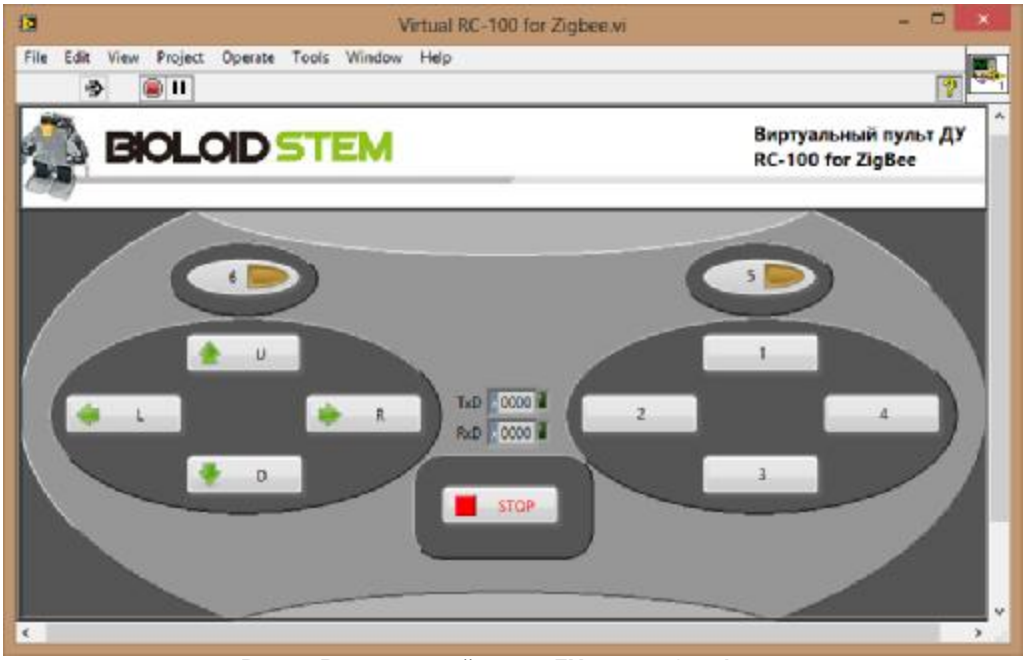


Рис. 2. Виртуальный пульт ДУ RC-100 for ZigBee

Помимо знакомства с набором, предлагается выполнение четырех практических работ, в процессе которых обучаемый познакомится с основами программирования на языке LabVIEW, научится производить обмен данными с контроллером по беспроводному интерфейсу и опрашивать подключенные к контроллеру сенсоры. В методических указаниях, предлагаемых к каждой практической работе подробно изложен процесс ее выполнения и подробно приведены комментарии к разрабатываемому коду на языке LabVIEW в соответствии с [1]. Примеры таких практических работ изображены на рисунках 3 - 4 .

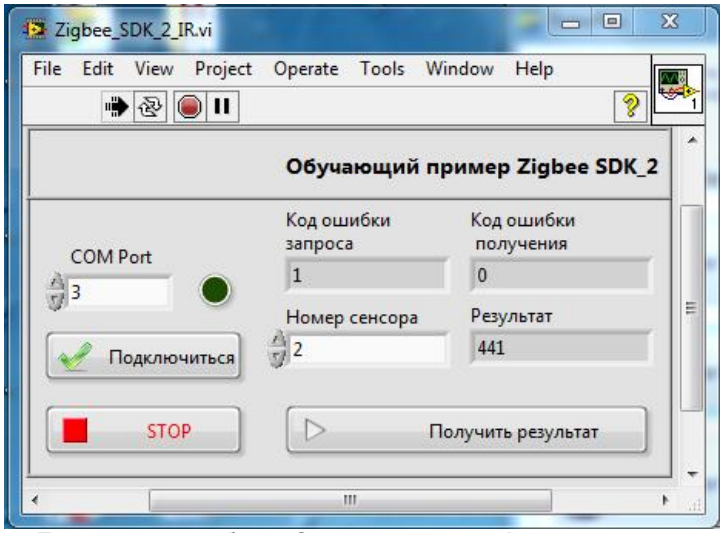


Рис. 3. Практическая работа «Опрос массива инфракрасных сенсоров»

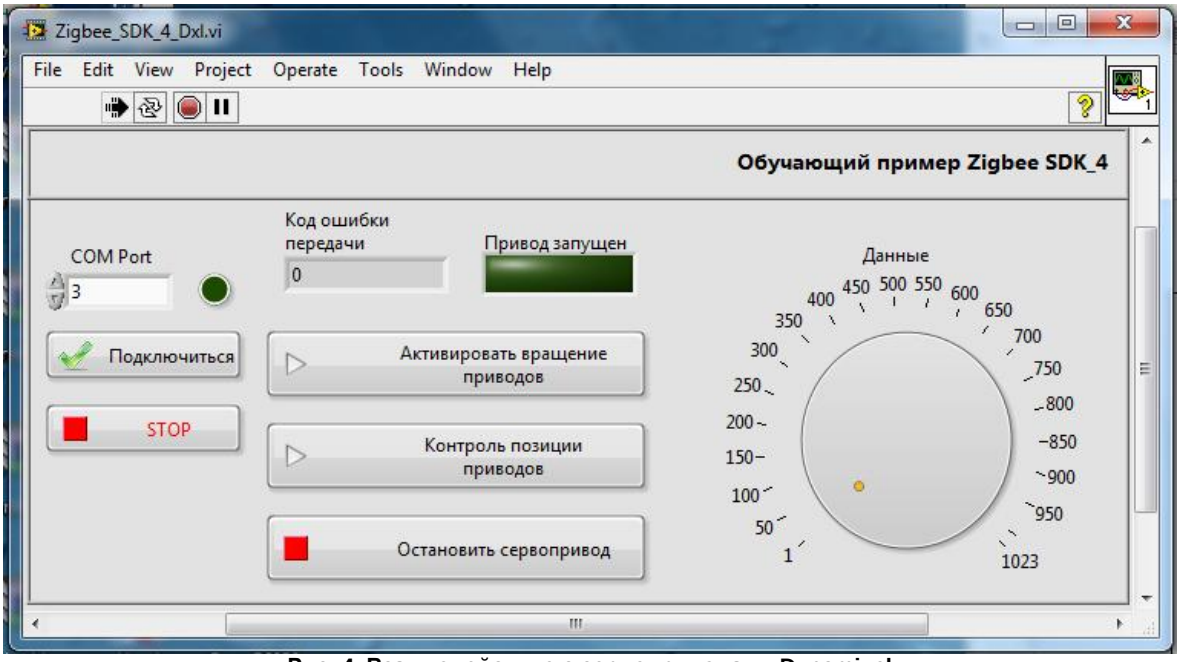


Рис. 4. Взаимодействие с сервоприводами Dynamixel

По выполнении всех четырех практических работ, обучаемый приобретает достаточно навыков по взаимодействию с роботами Bioloid, что позволяет ему разрабатывать свои программы управления, на основе имеющихся примеров.

4. Внедрение и его перспективы

В настоящее время набор планируется использовать для ознакомления студентов первых курсов кафедры «Робототехнические системы» (РК10) МГТУ им. Н.Э.Баумана с основами программирования в LabVIEW и взаимодействия с роботами Bioloid. Ведется разработка серии подобных наборов.

5. Список литературы

1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех, —М.Ж: "ДМК Пресс", 2011.
2. http://support.robotis.com/en/ - раздел на сайте Robotis.
3. RJ Gross. Robotis Dynamixel Actuators in LabVIEW – статья на сайте National Instruments.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МЕТРОЛОГИИ С МОДЕЛИРОВАНИЕМ ИЗМЕРЕНИЙ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ NI LABVIEW

С.А. Литвинов, Н.А. Яковенко

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Краснодар

1. Постановка задачи

Метрология, как наука об измерениях, является одной из основных дисциплин, изучаемых в процессе подготовки бакалавров (специалистов) технических направлений в системе высшего профессионального образования. В свою очередь, изучение дисциплины предполагает приобретение студентами практических умений и навыков, получаемых в ходе выполнения лабораторного практикума. Практические навыки работы с современными средствами измерений, используемыми в выбранной области деятельности – бесценный опыт для будущего специалиста. Однако, в процессе освоения дисциплины методически важна возможность изучения отдельных, абстрагированных аспектов такого сложного процесса, как получение результатов измерений. Такую возможность предоставляет моделирование средств и процессов измерений в среде программирования NI LabVIEW. Для обеспечения качества подготовки будущего специалиста оптимальным представляется сочетание возможности практического изучения как отдельных, «чистых» аспектов процесса измерений, воспроизводимых виртуальными приборами, так и получение навыков работы на реальных приборах, в ситуациях, когда специалист сталкивается со всем комплексом проблем одновременно – от нестабильности объекта измерений до возможной неисправности используемого средства измерений.

Работа посвящена созданию «виртуальной» части лабораторного практикума по метрологии для студентов физико-технического факультета КубГУ по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» с моделированием процессов и средств измерений в среде программирования NI LabVIEW 8.6.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Кубанский государственный университет, физико-технический факультет, кафедра оптоэлектроники.

3. Описание решения

Лабораторный практикум по метрологии включает в себя 5 лабораторных работ:

1. Оценка числовых характеристик случайных и систематических погрешностей на основе эксперимента.
2. Виды распределений случайных погрешностей измерений. Определение доверительного интервала и доверительной вероятности по результатам многократных измерений при нормальном законе распределения погрешностей.
3. Оценка результатов при малом числе измерений. Распределение Стьюдента.
4. Классификация, способы обнаружения и устранения систематических погрешностей.
5. Представление результатов измерений, содержащих систематическую и случайную составляющие погрешности.

Каждая работа содержит теоретическое описание в формате html, разработанное на базе учебников и нормативных документов [1-4], практическое задание, выполняемое в среде NI LabVIEW, расчетное задание, контрольные вопросы, перечень рекомендуемой литературы и тест.

Первая лабораторная работа посвящена ознакомлению студентов с классификацией погрешностей измерений по характеру их проявления в результатах измерений. В практической части приведены два виртуальных прибора (рис. 1), один эталонный, другой исследуемый. Приборы включаются параллельно для измерения одной физической величины. Погрешность, определяемая как разность показаний исследуемого и эталонного приборов, в заданиях принимает характер случайной, постоянной систематической, закономерно изменяющейся систематической или является их суперпозицией. Студенту предлагается классифицировать вид погрешности и оценить её числовые характеристики.

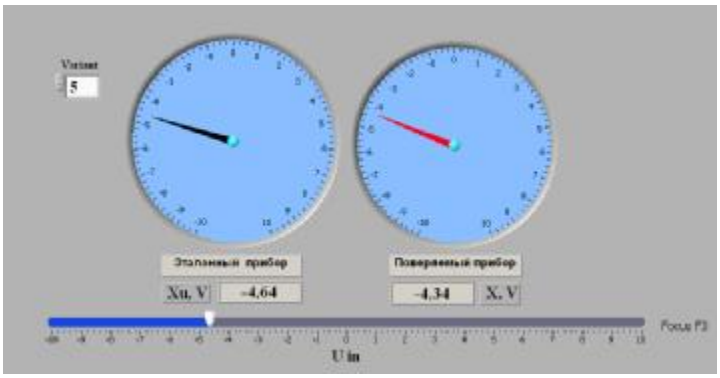


Рис. 1. Виртуальные приборы для демонстрации классификации погрешностей по характеру проявления в результатах измерений

В следующей работе студенты знакомятся с видами распределений случайных погрешностей результатов измерений. В практической части представлены виртуальные приборы, отображающие случайные погрешности измерений, распределенные по разным законам, на диаграмме и гистограмме с накоплением. Погрешности, формируемые генератором случайных чисел, могут быть распределены по законам равномерной плотности, треугольному и нормальному (рис. 2). В задании требуется определить характеристики распределений: математическое ожидание, стандартное отклонение, границы распределения. Для погрешности, распределенной по нормальному закону, студенты практически исследуют связь размера случайной погрешности с вероятностью её возникновения.

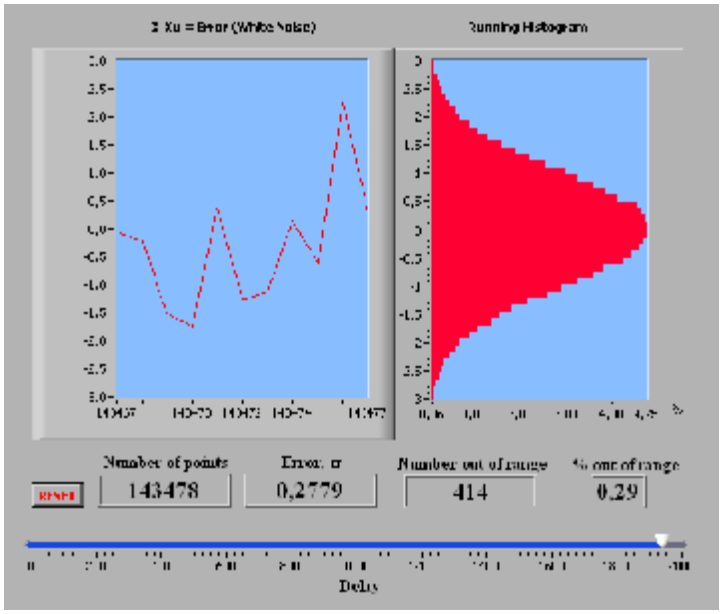


Рис. 2. Виртуальный прибор для демонстрации случайной погрешности измерений, распределенной по нормальному закону

Третья работа посвящена распределению характеристик распределения среднего арифметического результатов измерений. В практическом задании приведен виртуальный прибор, отображающий диаграмму и гистограмму случайной погрешности, а также гистограмму среднего арифметического значения погрешности при количестве усредняемых результатов от 2 до 20 (рис. 3). В предлагаемом приборе случайная величина может быть распределена по закону равномерной плотности, треугольному и нормальному законам. Студенты практически исследуют взаимосвязь характеристик распределения усредняемой величины (стандартного отклонения и границ распределения) и её среднего в зависимости от числа усредняемых. Работа также иллюстрирует некорректность применения математического аппарата Стьюдента для определения доверительного

интервала среднего величины, распределенной по закону равномерной плотности, при количестве усредняемых меньшем или равном 3.

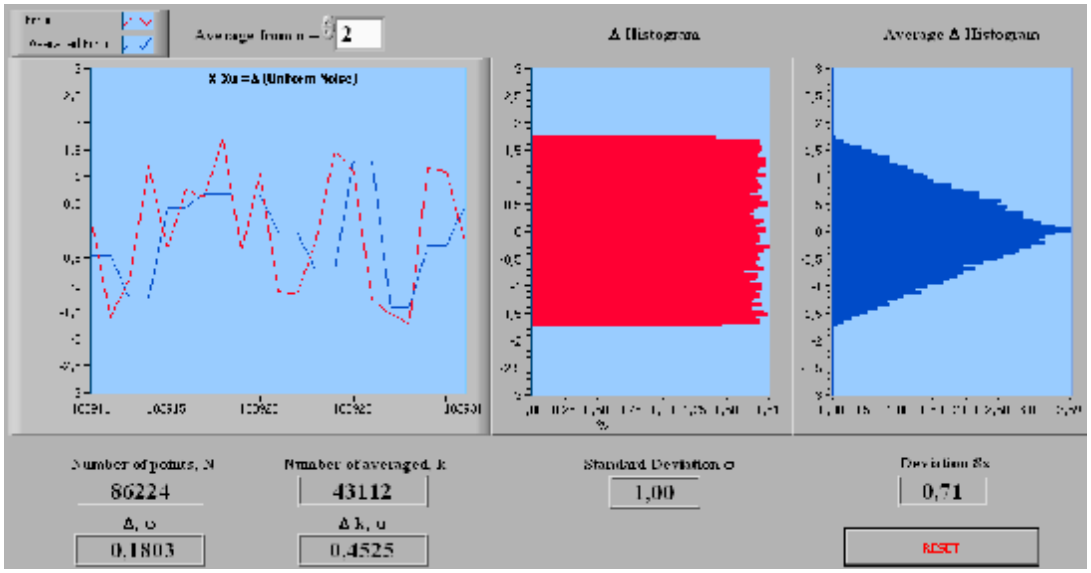


Рис. 3. Виртуальный прибор, отображающий диаграмму и гистограмму случайной погрешности, а также гистограмму среднего арифметического значения погрешности при количестве усредняемых результатов от 2 до 20

Следующая лабораторная работа посвящена причинам возникновения и классификациям систематических погрешностей. В практической части студентам предлагаются два виртуальных прибора, один эталонный, другой исследуемый, включенных параллельно для измерения одной и той же величины (рис. 4). Задание состоит в определении размеров аддитивной и мультипликативной составляющих систематической погрешности исследуемого прибора, расчете и введении поправки и поправочного коэффициента, проверке погрешности исследуемого прибора после настройки.

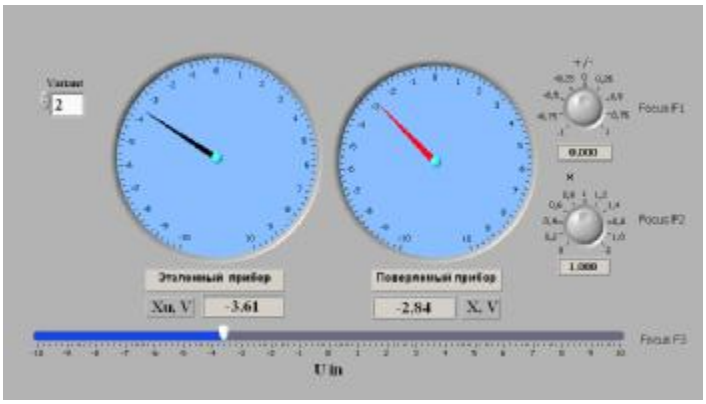


Рис. 4. Виртуальный прибор для определения размеров аддитивной и мультипликативной составляющих систематической погрешности, расчета и введения поправок

Заключительная работа «виртуальной» части лабораторного практикума по метрологии посвящена определению доверительного интервала результата измерения величины, распределенной по нормальному закону, с учетом погрешности средства измерений, распределенной по закону равномерной плотности. Виртуальный прибор в практической части иллюстрирует форму суперпозиционного распределения результата измерения в зависимости от взаимного соотношения стандартных отклонений распределений погрешностей (рис.5). Студентам предлагается экспериментально исследовать связь дисперсии результата измерения с дисперсиями погрешностей измеряемой величины и средства измерений.

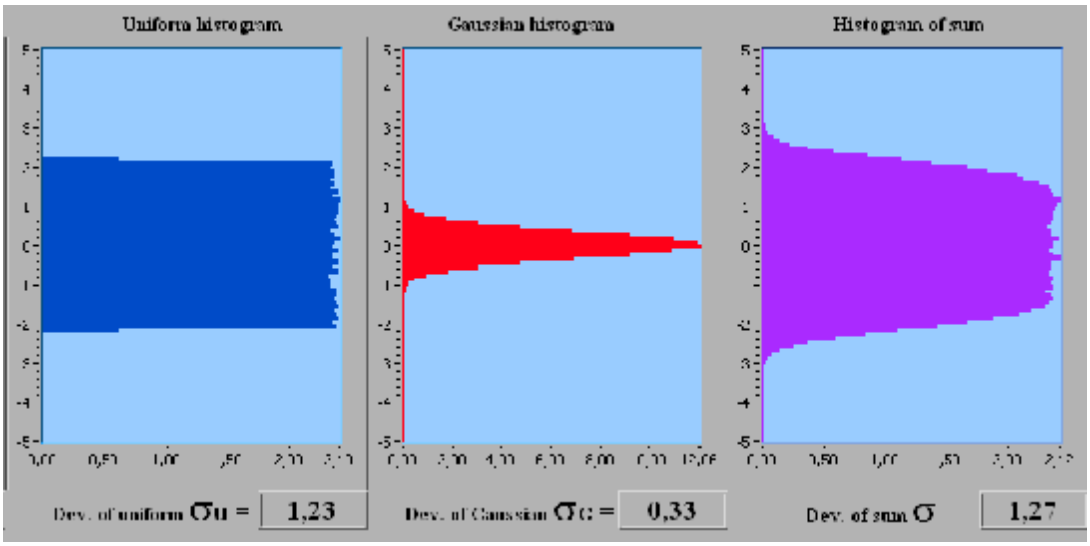


Рис. 5. Виртуальный прибор, иллюстрирующий форму суперпозиционного распределения результата измерения в зависимости от взаимного соотношения дисперсий погрешностей

Разработанная «виртуальная» часть лабораторного практикума по метрологии дополняет лабораторный практикум на реальных средствах измерения, что позволяет практически продемонстрировать студентам отдельные принципы теории измерений и погрешностей в виде, свободном от факторов, обычно сопутствующих реальным измерениям и затрудняющих понимание отдельных аспектов.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Компьютерный класс из 10 ПК IBM PC с ОС Windows XP и программным обеспечением NI LabVIEW 8.6. 10-User Teaching License.

5. Перспективы внедрения и развития решения – отрасли, названия предприятий, и т.п.

Разработанный лабораторный практикум используется на физико-техническом факультете КубГУ при изучении дисциплины «Метрология». Планируется расширение списка дисциплин и факультетов, в курсе преподавания которых будут использоваться лабораторный практикум.

6. Список литературы

1. Сергеев А.Г., Терегеря В. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов вузов. - М. : Юрайт, 2011.
2. В.И. Нефедов. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах :[В. И. Нефедов и др.] ; под ред. В. И. Нефедова, А.С. Сигова. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2006.
3. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005. Часть 1. Основные положения и определения.
4. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). «МЕТРОЛОГИЯ. Основные термины и определения» с Изменением № 1 от 2005 г. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005.

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РАМКАХ СПЕЦИАЛЬНЫХ КУРСОВ ПО МЕХАТРОНИКЕ

В.О. Тюрин, А.С. Галичев, Р.Н. Поляков

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел

Мехатронная система - совокупность нескольких мехатронных модулей и узлов, синергетически связанных между собой для выполнения конкретной функциональной задачи. В нашем случае мехатронная система является объединением собственно электромеханических компонентов с силовой электроникой, которые управляются с помощью различных микроконтроллеров, ПК или других вычислительных устройств. При этом система в истинно мехатронном подходе, несмотря на использование стандартных компонентов, строится как можно более монолитно. Мы старались объединить все части системы воедино без использования лишних интерфейсов между модулями. В частности, применяя современные информационно-измерительные технологии на базе программно-аппаратных средств National Instruments и промышленные первичные преобразователи контролируемых в ходе эксперимента величин. Это уменьшает массу и размеры системы, повышает ее надёжность и дает некоторые другие преимущества.

Формирование знаний по элементной базе машин, понимания процессов, происходящих в них, выявлению причин потери работоспособности деталей и закрепление критериев расчета невозможно без проведения лабораторных занятий. Особенно это необходимо при изучении таких инженерных дисциплин, как «Детали машин и основы конструирования», «Основы мехатроники и робототехники», «Конструирование мехатронных модулей», «Проектирование мехатронных модулей» и др., а также в школах при изучении базового курса предмета «Физика». Наглядная демонстрация таких физических процессов, как предельная нагрузка разрушения, трение, изменение температуры позволяет достичь большего эффекта запоминания и понимания.

В настоящее время школы и технические ВУЗы имеют возможность создания и модернизации своей лабораторной базы за счет средств различных программ Министерства образования и науки РФ, а также собственных средств. Рынок лабораторного оборудования по техническим дисциплинам достаточно насыщен, но в направлении базовых инженерных дисциплин можно отметить продукцию ООО «Русучприбор», ООО РНПО «Росучприбор» и ООО «НТЦ Метамеханика», которая для проектирования и конструирования производимых лабораторных установок привлекает студентов и аспирантов кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». Так в рамках курсового проекта по дисциплине «Конструирование мехатронных модулей» студентами было спроектированно несколько лабораторных установок (рисунок 1).

Для каждой лабораторной установки разработан комплекс лабораторных работ, позволяющий школьникам и студентам ещё больше углубиться в изучение физических процессов.

«Мехатронный модуль для экспериментальных исследований на усталость» позволит:

1) изучить теоретические особенности аппаратных и программных средств лабораторной установки, а также исследовать принципы построения информационно-измерительных системы;

2) ознакомиться с методом определения предела выносливости материала;

3) исследовать влияния на его усталостную прочность концентрации напряжений.

«Лабораторная установка для исследования коэффициента сухого трения» позволит:

1) провести комплексное теоретическое и экспериментальное исследование коэффициента сухого трения;

2) изучить теоретические положения о коэффициенте трения;

3) провести эксперименты с различными парами материалов;

4) вычислить коэффициенты трения экспериментальным путем, и сравнить их с табличной величиной.

«Мехатронный модуль для управления перемещениями» позволит:

1) изучить теоретические особенности аппаратных и программных средств лабораторной установки, а также исследовать принципы построения информационно-измерительных системы;

2) провести комплексное теоретическое и экспериментальное исследование датчика углового перемещения (энкодера);

3) изучить системы автоматики технологической установки, выбрать технические средства, определить динамические свойства объекта регулирования и расчитать настройки регулятора.

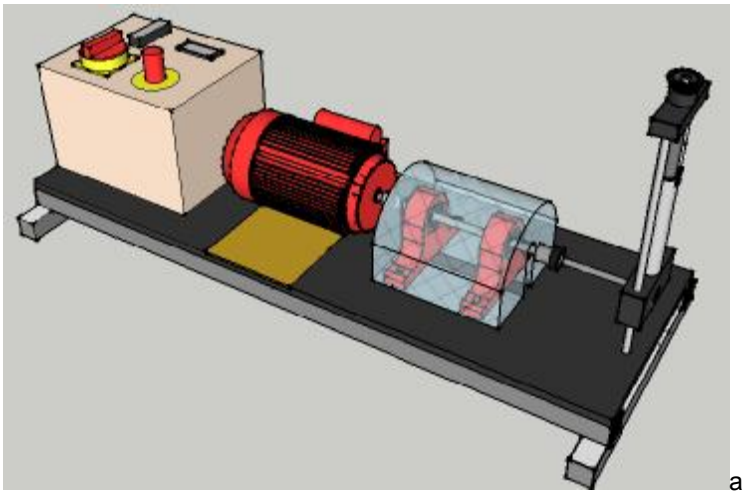
Также в разработке кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» находятся еще несколько лабораторных установок, в частности: «Мехатронный модуль для управления температурой», которая позволит обучающимся:

1) изучить принципы построения информационно-измерительных систем по сбору и обработки информации;

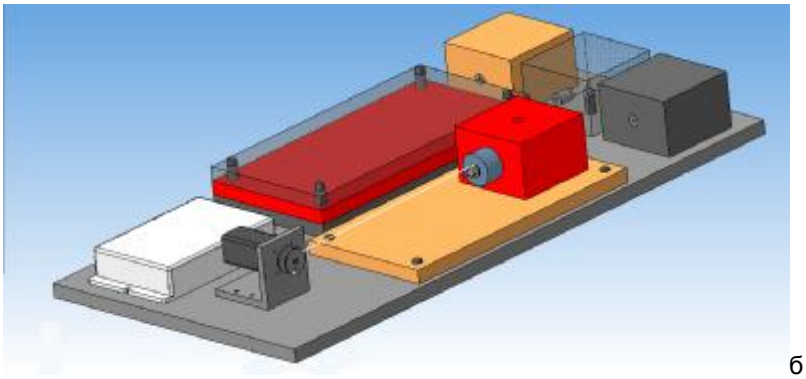
2) изучить принципы автоматизации тепловых процессов;

3) изучить системы управления и контроля температурой в установке.

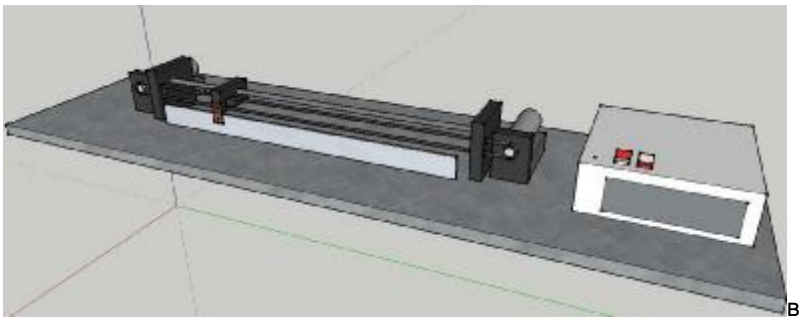
Одним из главных преимуществ спроектированных лабораторных установок будет применение современных информационно-измерительных технологий на базе программно-аппаратных средств National Instruments и промышленных первичных преобразователей контролируемых в ходе эксперимента величин.



а



б



в

Рис. 1. Спроектированные лабораторные установки: а - «Мехатронный модуль для экспериментальных исследований на усталость»; б - «Лабораторная установка для исследования коэффициента сухого трения»; в - «Мехатронный модуль для управления перемещениями»

Для лабораторной установки «Мехатронный модуль для экспериментальных исследований на усталость» были подобраны следующие компклетующие информационно-измерительной системы и системы управления (табл.).

Комплектующие информационно-измерительной системы и системы управления мехатронного модуля

Название	Поставщик	Кол-во, шт
АЦП/ЦАП NI 6052E PCI	National Instruments	1

Реконфигурируемый модуль согласования NI SC-2345	National Instruments	1
Модуль согласования по току SCC-CI20 (0..20мА)	National Instruments	1
Модуль для тензометрических измерений SCC-SG24	National Instruments	1
Электродвигатель АИР56 А2	ООО Компания ТЕХНО	1
Частотный преобразователь E2MINI	ЗАО «НТЦ Приводная Техника»	1
Датчик силы Dacell CWW-200	ЗАО «Техдиагностик – Сибирь»	1
Датчик перемещения Pepperl+Fuchs IA6-12GM50-IU-V1	ООО «Прософт»	1
Муфта Rotex DKM	ЗАО «НТЦ Приводная Техника»	1

Структура информационно-измерительной системы для лабораторной установки «Мехатронный модуль для экспериментальных исследований на усталость» представлена на рисунке 2. Основным элементом информационно-измерительной системы является аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), служащий для оцифровки информации, поступающей с первичных преобразователей, установленных на роторной системе. Связь и питание датчиков осуществляется посредством соединительных кабелей, согласующих устройств, стабилизированных источников питания. Неотъемлемым элементом является персональный компьютер с программным обеспечением, включающим LabView Run-Time Engine, последнее, являясь инструментом по регистрации, обработке, организации хранения данных эксперимента, не позволяет разрабатывать собственные приложения, а представляет собой необходимый элемент для функционирования имеющихся программ. LabVIEW development system выступает основным ядром и инструментом по разработке автоматизированных систем сбора данных, управления экспериментом, техническими процессами.

Рис. 2. Структура информационно-измерительной системы лабораторной установки «Мехатронный модуль для экспериментальных исследований на усталость»

Описанные выше экспериментальные установки составляют лишь часть универсального учебно-научного лабораторного комплекса по мехатронике, который будет включать в себя более 15 единиц оборудования, которые позволят полностью охватить объем лабораторных занятий по специальным дисциплинам при подготовке бакалавров по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника»

В основу разрабатываемых экспериментальных установок будут положены следующие базовые принципы: малогабаритность, позволяющая обеспечить удобство в эксплуатации и приемлемую стоимость изготовления экспериментальных установок; модульность; вариабельность, предполагающая возможность установки на базовый элемент необходимого испытуемого узла или

изменение конструктивной конфигурации в зависимости от постановки задач лабораторной работы; применение компьютерных информационно-измерительных систем, позволяющая автоматизировать управление, сбор и обработку экспериментальных данных. Выполнение данных принципов позволит создать конкурентоспособное учебное оборудования для подготовки высококвалифицированных инженеров XXI века. Внедрение разработанного оборудования в учебном процессе школ и образовательных учреждений высшего профессионального образования РФ позволит поднять качество профессионального инженерного образования за счет улучшения конструкторской подготовки, развития навыков исследовательской деятельности и творческого подхода.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА СТЕДАХ NI ELVIS И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

А.А. Кузнецов, М. А. Кузнецова, Н. И. Лийв.

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

1. Постановка задачи

Оборудование и технологии National Instrument позволяют исследовать процессы, быстро изменяющиеся во времени, к которым можно отнести переходные процессы в линейных электрических цепях. Изучение таких процессов входит в программу подготовки большинства специальностей и направлений подготовки бакалавров технических вузов. эксперименте выполняется измерение параметров заряда и разряда конденсатора в схемах, содержащих различное включение R, L элементов. Стандартный набор виртуальных приборов Elvis MX позволяет при помощи курсорных измерений детально исследовать характер переходных процессов. На заключительном этапе сравниваются графики построенные по аналитическим выражениям и осциллограммы полученные в эксперименте.

Описывается лабораторная работа по теоретическим основам электротехники, выполненная в виде печатной платы разработанной для стендов NI Elvis II, содержащая электрические цепи с наборами R, L, C и коммутационных элементов.

Исследуется точность измерения параметров электрических цепей, являющихся исходными данными для выполнения проверочных расчетов. Приводятся выходные параметры, по которым оценивается адекватность эксперимента и математической модели.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для проведения натурного эксперимента использованы компьютерные лабораторные станции NI ELVIS II и виртуальные приборы NI ELVISmx Instrument Launcher. Разработано программное обеспечение для построения графика переходного процесса по исходным данным в среде NI LabVIEW 2010 и MathCAD 15. В качестве образцового использовался измеритель АМ-3001 (АКТАКОМ).

3. Описание решения

Макеты разработаны таким образом, что каждый из них реализует различную топологию схем, содержащие пассивные элементы, как показано на рис. 1. Предусмотрена возможность изменения номинальных значений элементов схемы. Таким образом, при изучении предложенной темы, можно получить большое количество индивидуальных схем, переходные процессы в которых протекают как в апериодическом, так и колебательном режимах.

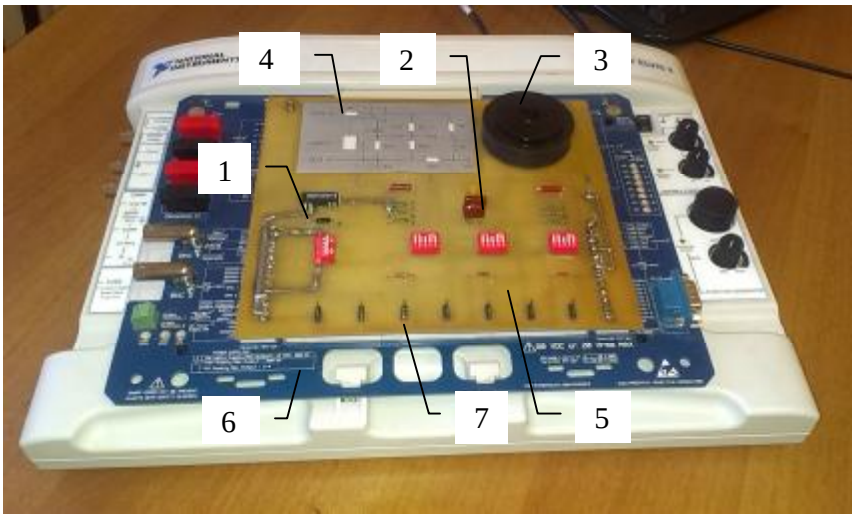


Рис. 1. Внешний вид макета для исследования переходных процессов

Где:1 – герконовое реле; 2 – набор емкостей; 3 – катушка индуктивности; 4 – изображение исследуемой схемы; 5 – переключатели значения емкостей, резисторов и входных сигналов; 6 – измерительные клеммы; 7 – шунты для измерения токов.

Заряд и разряд конденсатора осуществляется при переключении контактов реле постоянного тока, управляемого прямоугольными импульсами, вырабатываемыми функциональным генератором (FGEN). Контроль входного напряжения и наличия прямоугольных импульсов осуществляется при помощи светодиодов (LED0, LED7).

При помощи курсорных измерений в режиме виртуального осциллографа (Oscillocope) определяются такие параметры, как период следования прямоугольных импульсов, время переходного процесса, период свободных колебаний, амплитуды затухающих колебаний, регистрируются осциллограммы переходного процесса напряжения на конденсаторе и токов в различных ветвях (рис. 2). Кроме напряжения на конденсаторе можно измерить ток в индуктивности и токи в других ветвях схемы при помощи шунтов Rш1, Rш2, Rш3.

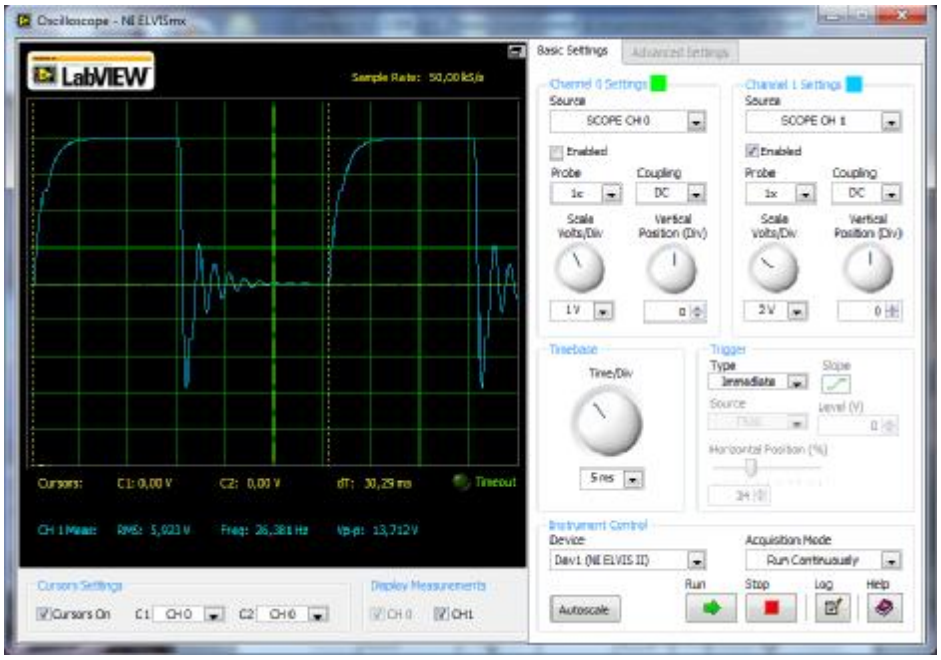


Рис. 2. Осциллограмма изменения напряжения на конденсаторе

В режиме виртуального мультиметра (DMM), как показано на рис. 3, измеряются напряжение постоянного тока на входе схемы, значения резисторов, индуктивности и емкости, участвующих в эксперименте и последующем расчете.

Значения задающих параметров измерялись также при помощи образцового R, L, C-метра типа АМ-3001 (АКТАКОМ) и определены значения погрешностей измерения. При выполнении теоретических расчетов переходных процессов и построении графиков изменения токов и напряжений, необходимо убедиться в правильности определения параметров переходных процессов. На результирующем графике построено семейство напряжений на конденсаторе при возможном случайном разбросе задающих параметров схемы. Правильность теоретических расчетов в этом случае определяется при попадании расчетной зависимости в границы экспериментальных значений с учетом возможного разброса значений исходных параметров.

В экранных формах расчетного режима программы LabView отображается топология исследуемой схемы, наименование цепей для подключения входного напряжения и управляющих импульсов, вводятся численные значения всех элементов, напряжения на входе схемы и частоты срабатывания электромеханического реле. В результате расчета в выходном окне отображаются численные значения параметров переходного процесса и графики, построенные в том же масштабе, что и осциллограмма эксперимента (рис. 4).

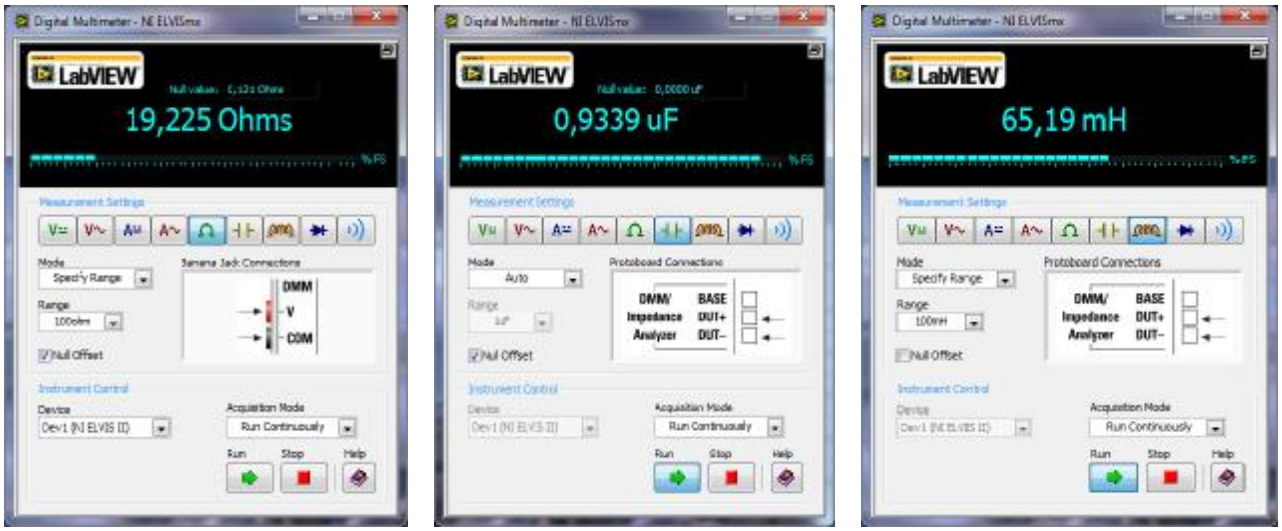


Рис. 3. Измерение параметров элементов средствами NI ELVISmx

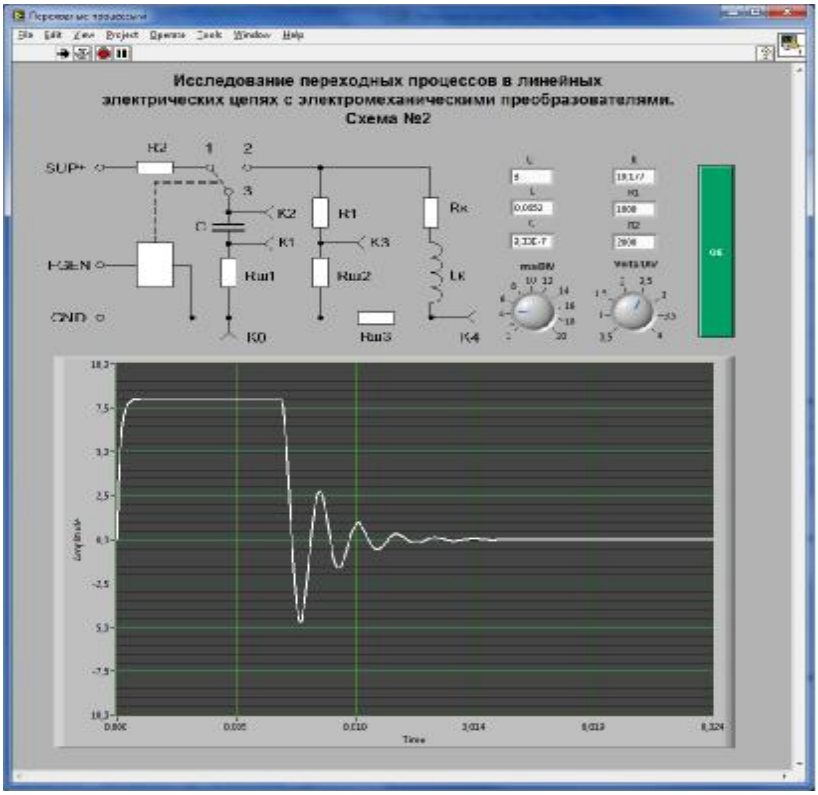


Рис. 4. Окно программы LabVIEW с расчетным графиком переходного процесса

На рис. 5 показано семейство расчетных зависимостей переходного процесса с возможным изменением исходных данных.

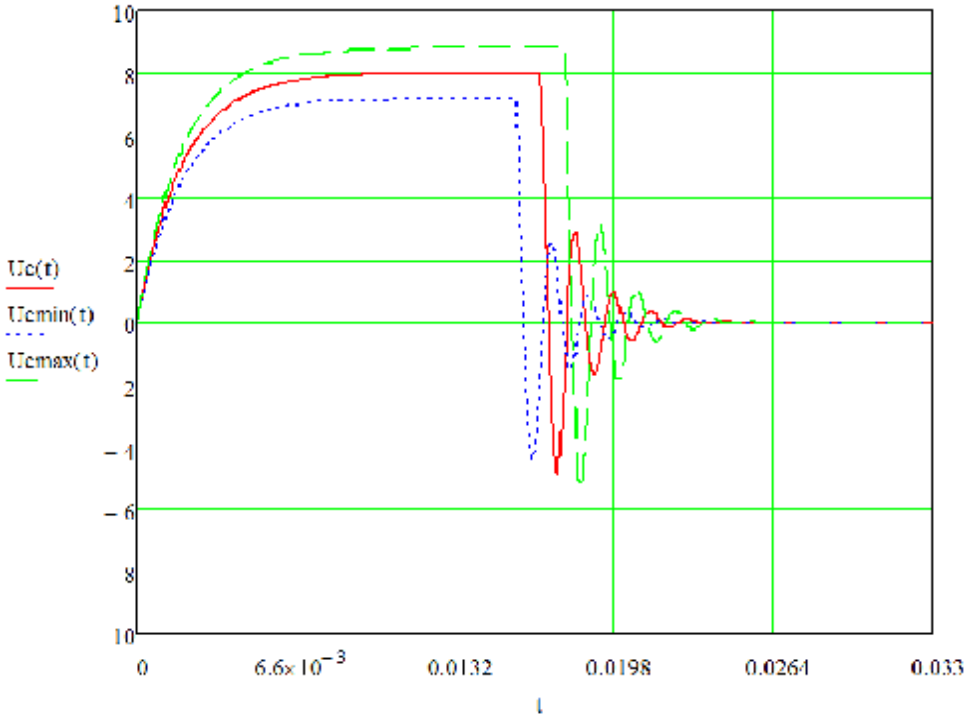


Рис. 5. Окно программы MathCAD с семейством расчетных зависимостей переходного процесса

4. Внедрение и его перспективы

Представленные результаты используется в учебном процессе в Омском государственном университете путей сообщения при выполнении лабораторных работ для студентов электротехнических специальностей и направлений подготовки бакалавров при изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники».

Представленные исследования существенно облегчают работу преподавателя при оценке качества выполненных расчетов студентами. Полученные результаты также могут быть использованы на практике при подтверждении адекватности данных, полученных экспериментальным путем.

5. Список литературы

1. В. Н. Зажирко, А. Г. Зверев, Т. В. Ковалева, А. А. Кузнецов, Н. В. Пашкова, А. Ю. Тэттэр Компьютерное моделирование в дисциплинах «Теоретические основы электротехники» и «Электротехника». Учебное пособие для вузов / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск. 2006. 89 с.
2. Джеффри Т. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. 544 с,
3. А. А. Кузнецов, А. Г. Зверев, К. А. Бураченко, В. С. Власов, И. Л. Корнейчук. Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях с электромеханическими коммутационными элементами //Сборник трудов XI международной научно-практической конференции «Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments - 2012». – М.: ДМК Пресс, 2012. – с. 231-233.

ВОЗМОЖНОСТИ МОДУЛЯ FUZZY LOGIC TOOLKIT ПРИ ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КВАДРОКОПТЕРА И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ

Б.В. Рябошапко

ЮФУ ФВТ, Ростов-на-Дону

1. Постановка задачи

В ходе участия в конкурсе, объявленном компанией ЗАО «КРОК инкорпорейтед» в сентябре 2012 года, командой АВАТАР, капитаном которой был автор этой статьи, была разработана концептуальная модель дрона. В основе этой модели лежала идея бионического подхода автономного адаптивного управления, предложенная Ждановым А.А. в работах [1, 2]. Такая модель поведения была способна, по-нашему мнению, выполнить миссию конкурса. Согласно регламенту конкурса КРОК «Кубок конструкторов» роботы должны пролететь по полю из точки старта через препятствия до точки посадки, там совершить посадку и вернуться в стартовую точку (рис. 1). При возвращении зона препятствия меняет свое положение. Условия проведения соревнований уточнялись и изменялись на сайте http://www.robots.croc.ru.

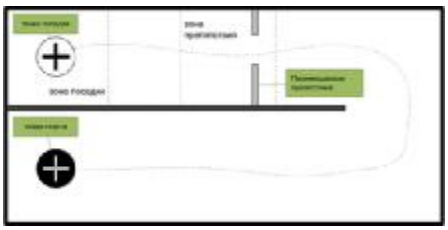


Рис. 1. Полигон для проведения испытаний

В рамках данной статьи требовалось решить две задачи:

разработка дискретной модели автономного определения траектории движения дрона при выполнении миссии;

разработка косвенных методов построения базы знаний.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для выполнения поставленной частной задачи миссии осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2010 с использованием модулей NI PID and Fuzzy Logic Toolkit.

3. Описание решения

Для практической реализации концептуальной модели автономного искусственного интеллекта была выбрана четырехлопастная схема квадрокоптера. Была изготовлена механическая конструкция из стекловолокна, определен состав силовой электроники, двигателей и блока датчиков. На рис. 2 показаны последний вариант дрона, который представлялся на четвертом фестивале науки Юга России в сентябре 2013 года в Ростове-на-Дону и блок ультразвуковых и инфракрасных датчиков, которые использовались при решении поставленной задачи.

Рис. 2. Квадрокоптер и его система управления

Задачей блока датчиков является обеспечение системы управления квадрокоптера информацией о положении центра масс в пространстве игрового поля (стен, пола, верхнего ограждения), об

относительном положении квадрокоптера и препятствий, точки взлета и точки посадки, составляющими вертикальной и горизонтальной скоростей, ориентацией платформы в пространстве, тяги каждого двигателя, уровня зарядки аккумуляторной батареи.

Ультразвуковые сенсоры были выбраны двух типов: URM37 V3.2 с диапазоном от 4 до 500 см, точностью 1 см и обзором до 15 град. и HR-SR 04 для Andnino с диапазоном от 4 до 150 см. Каждый из этих сенсоров будет выполнять свои функции в алгоритме управления полетом дрона. Инфракрасные дальномеры обеспечивали дублирование работы ультразвуковых сенсоров. На шасси были установлены 4 концевых выключателя. Задачей этих выключателей было определение факта взлета и посадки квадрокоптера.

Движение дрона на полигоне можно классифицировать как автономное движение в динамически неопределенной среде. В рамках данной статьи предлагается решение первой задачи на основе математической модели геометрии простого движения с реализацией алгоритма нечетко-логического управления средствами LabVIEW. Такого класса задачи относятся к теории дифференциальных игр – сложной и разветвленной дисциплине, вобравшей в себя многие специальные разделы математики [3].

Общая структура нечетко-логической системы управления показана на рис. 3.

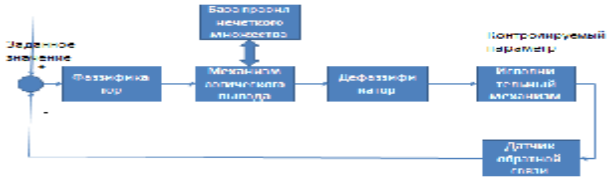


Рис. 3. Общая структура нечетко-логической системы управления

Она содержит:

- Блок фаззификации;
- Блок логического вывода;
- Базу знаний;
- Блок дефаззификации;
- Исполнительный механизм;
- Датчик обратной связи.

Концептуальная постановка задачи моделирования. Размеры игрового поля известны. Движение плоское. Объект рассматривается как материальная точка. Измерительными параметрами являются сигналы от четырех ультразвуковых датчиков, расположенных на дроне по осям связанной системы координат (O_1, x_1, y_1), которые должны выдавать дальности до препятствий $D_1, \dots, D_4$ (диапазон от 4 до 500 см для выбранного типа датчиков). Начало координат совпадает с центром масс квадрокоптера. Управляемыми параметрами являются: **КУРС** – угол между продольной осью дрона (ось O_1x_1) и осью O_Cx_C стартовой системы координат и **СКОРОСТЬ.** Лингвистическая переменная **КУРС** определяет степень рассогласования (угол рыскания) между осями связанной (O_1,x_1) и стартовой системы координат (O_c, x_c). Начало стартовой СК находится в центре стартового круга, а ось xc направлена параллельно боковым ограждениям полигона в сторону движения квадрокоптера.

Мы будем рассматривать лишь подкласс движений по ломанным с конечным числом вершин. Это означает, что весь процесс управления будет дискретным и состоять из следующих этапов на каждом шаге:

1) Получение информации от четырех датчиков $D_1, \dots, D_4$ в точке $x_i, y_i (i = 0,1, \dots . m)$
2) Определение с помощью нечеткого алгоритма значения управляющего параметра КУРС.
3) Определение с помощью нечеткого алгоритма значения управляющего параметра СКОРОСТЬ.
4) Мгновенное выполнение вычисленной команды КУРС и движение с вычисленным параметром СКОРОСТЬ в течение времени t_i.
5) Определение нового положения по формулам $x_{i+1} = x_i + V_{x_i} t_i, y_{i+1} = y_i + V_{y_i} t_i, i = 0, \dots, m$.
6) Переход к пункту 1.

Решение задачи осуществлялось с использованием аппарата нечеткой логики в среде LabVIEW. Fuzzy Logic Toolkit обладает достаточно простым и хорошо продуманным интерфейсом, позволяющим осуществлять первый этап исследования и построения нечетких моделей – этап

фаззификации [4, 5]. Процедура преобразования входных параметров в нечеткие множества $X = \{(x, \mu_Y(x))\}$ с определением взаимосвязи между конкретными значениями вектора входных x и значениями функции принадлежности (в дальнейшем, Membership Function – MF).

При построении MF используется два множества, одно из которых множество термов $T_i' = (t_1, t_2, \dots, t_m)$, где m – количество термов, а другое – универсальное множество $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Нечеткое множество T_i', которым описывается лингвистический терм t_i, где i=1,2,…,m на универсальном множестве X представляется в виде

$$T_i' = \left(\frac{\mu_{t_i}(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_{t_i}(x_2)}{x_2}, \dots, \frac{\mu_{t_i}(x_n)}{x_n}\right).$$

Далее необходимо определить степени принадлежностей элементов множества X к элементам множества T, то есть определить $\mu_{t_i}(x_j)$ для всех $i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$.

Для лингвистических переменных **ДАЛЬНОСТЬ 1 (D1), …, ДАЛЬНОСТЬ 4 (D4)** определены пять термов ***{Very Small (VS), Small (S), Normal (N), Large (L), Very Large (VL)}.***

Для лингвистической переменной **КУРС** были определены термы: ***{Very Little Right (VLR), Very Little Left (VLL), Little Right (LR), Little Left (LL), Right, Left, Big Right (BR), Big Left(BL), Very Big Right (VBR), Very Big Left (VBL)}.*** И для лингвистической переменной **СКОРОСТЬ** были определены термы: ***{Very Little Speed (VLS), Little Speed (LS), Normal Speed (NS), Big Speed (BS), Max Speed (MS)}.***

Для построения MF для различных термов T_i' используют прямые и косвенные методы [ ]. В модуле Fuzzy Logic Toolkit используются прямые методы, представленные очень удобным интерфейсом, который позволяет вводить имена лингвистических переменных (Lingvistic Variable – LV), указывать диапазоны универсальных множеств X входных переменных и Y – выходных переменных, имена термов, выбирать вид MF (треугольную (Triangle), трапецевидную (Trapezoid), дельта-функцию (Singleton), сигмоидальную (Sigmoud), гауссову (Gaussian) и построенную разработчиком). Можно выбирать цвета из палитры для различных термов. Удобно осуществлять коррекцию построенных термов с помощью мыши.

К сожалению, прямые методов построения баз знаний нечеткой системы обладают существенными недостатками, не позволяющими напрямую использовать знания экспертов при построении MF для множества термов входных и выходных переменных. Из анализа результатов исследований и решения практических задач, связанных с необходимостью обрабатывать информацию, известно, что прямые методы в основном используются в качестве вспомогательных, т. к. характеризуются большой долей субъективизма [4, 6, 7].

В статье предлагается подход позволяющий использовать косвенные методов построения функций принадлежности на основе экспертного оценивания: на статистической обработке мнений группы экспертов и способ парных сравнений, выполняемых одним экспертом.

Программа, реализующая построение функции принадлежности, основанная на статистической обработке мнений группы экспертов, разработана в среде LabVIEW. Она может быть использована для построения функций принадлежности на основе информации полученной от одного или нескольких (до 12) экспертов. Лицевая панель содержит элементы настройки, формы для заполнения экспертами, визуально-графические элементы и таблицы полученных данных. На рис. 4 приведен пример функции принадлежности **СКОРОСТЬ** на основе статистической обработки мнений группы экспертов.

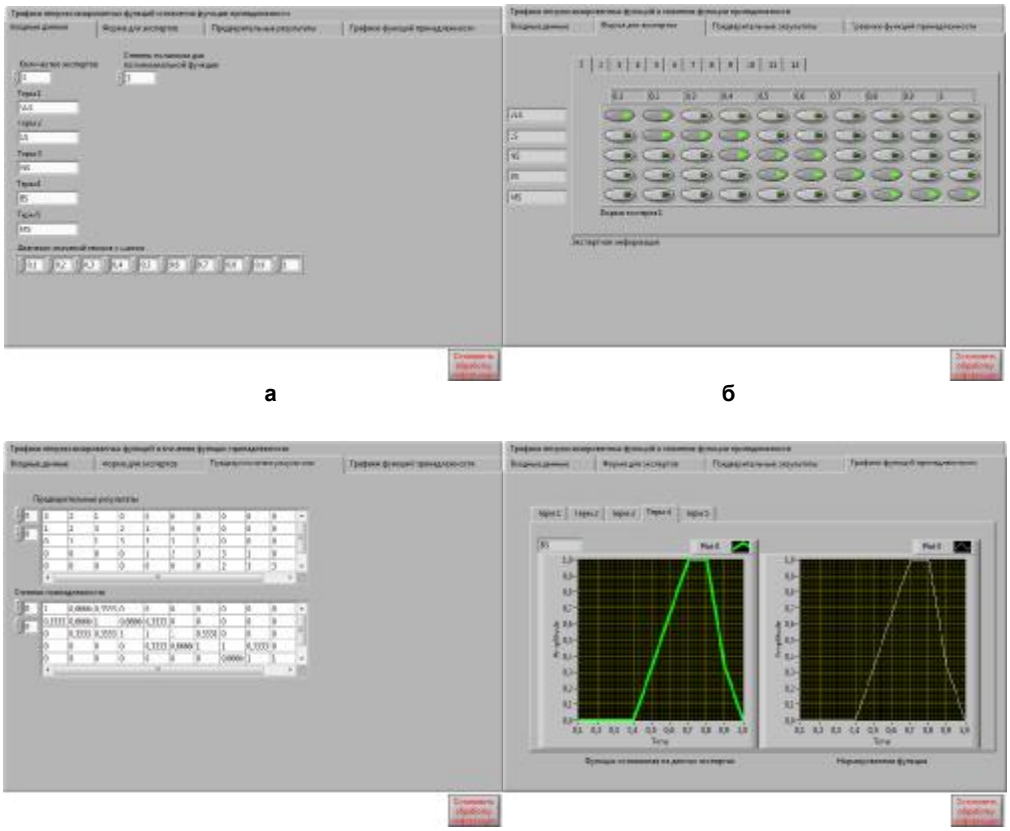
Рассмотрим содержание вкладок:

На вкладке «Входные данные» содержаться формы для заполнения инженером перед началом опроса экспертов. Это такие данные как количество экспертов, словестные описания термов, диапазон значений термов (по умолчанию от 10 до 100 с шагом 10), степень полиномиальной функции (рис. 4а). Для нашего примера диапазон нормированной скорости был выбран в интервале от 0 до 1 (MS). Дело в том, что абсолютную скорость квадрокоптера измерить пока не удалось. Число экспертов равно 3.

Следующая вкладка предназначена для заполнения её экспертами. Она содержит в себе поле ответов, для каждого из экспертов отдельное, а также информационные поля, где отображаются значения термов и их словестные описания (рис. 4б).

Вкладка «Предварительные результаты» является информационной вкладкой и предназначена для отслеживания инженером предварительной информации. Она содержит две таблицы со значениями: «Предварительные результаты» и «Степень принадлежности» (рис. 4 в).

Вкладка «Графики функций принадлежности» содержит 5 вкладок для каждого терма соответственно, а они в свою очередь содержат 2 табло, отображающих вид функций принадлежности полученных на основе экспертной информации, и вид нормированной функции принадлежности (рис. 4г).



а б в г

Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора для построения принадлежности лингвистической переменной СКОРОСТЬ на основе статистической обработки мнений группы экспертов

Метод, который лег в основу предлагаемой методики, изложен в [5]. Также, в среде LabVIEW был разработан ВП, в основе которого лежит способ парных сравнений, выполняемых одним экспертом [6]. Сравнительный анализ полученных результатов косвенной экспертизы и прямой экспертизы показал потенциальную возможность комплексного применения этих методов в модуле Fuzzy Logic Toolkit после соответствующей доработки.

Вторым этапом нечеткого управления является этап построения нечеткой базы знаний вида «Если – То», определяющих взаимосвязь между входами ($D_1, \dots, D_4$) и выходами (КУРС, СКОРОСТЬ) объекта. Реализация этого этапа осуществлялась средствами инструмента Fuzzy System Designer модуля Fuzzy Logic Toolkit и Rules. В качестве механизма дефаззификации использовался Center of Area (метод центра тяжести), который характерен для алгоритма нечеткого вывода Мамдани [4, 5, 6]. Во вкладке Test System меняем значения входных лингвистических переменных в режиме реального времени, отслеживая изменение выходной переменной. В окне Input/Output relationship строится усеченная модель функции.

На рис.5 приведена лицевая панель ВП, реализующая модель нечетко-логического алгоритма управления в простой геометрической задаче определения траектории движения.

Рис. 5. Лицевая панель ВП, реализующего модель нечетко-логический алгоритм управления

Моделирование осуществляется путем ввода четких данных дальностей $D_1, \ldots, D_4$ до препятствий. После запуска ВП на логических индикаторах загораются индикаторы, соответствующие термам входных и выходных лингвистических переменных, четкие значения параметров КУРС и СКОРОСТЬ, составляющие скорости по осям стартовой системы координат. Далее программа определяет следующую точку измерения согласно алгоритму и т.д. Результаты моделирования показали вполне удовлетворительные результаты.

4. Внедрение и его перспективы

Результаты внедрены в учебный процесс при чтении дисциплины «Интеллектуальные информационно-измерительные системы» в ЮФУ на кафедре «Информационно-измерительная техника и технологии». По данному направлению написано и защищено пять дипломных проектов.

Что касается непосредственно нечетко-логической системы управления, то здесь предполагается выполнить следующее:

- Доработка математической модели геометрии простого движения с реализацией алгоритма нечетко-логического управления средствами LabVIEW;
- Разработка математической модели, учитывающая динамику квадрокоптера в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений;
- И, самое главное, практическая реализация алгоритма управления квадрокоптером на основе платы NI Single Board RIO-9631[8, 9], которая станет главным вычислительным узлом робота и которая станет управлять остальным его оборудованием. Эксперименты с этой платой уже проводятся в рамках работы студенческого научного общества ЮФУ ФВТ.

5. Список литературы

1. От моделей поведения к искусственному интеллекту/ Под ред. В.Г. Редько. Изд. 2-е.- М.: КомКнига, 2010.
2. Автономный искусственный интеллект/А.А. Жданов. 2-е изд. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013.
3. Петросян Л.А., Ричсиев Б.Б. Преследование на плоскости. – М.: Наука, 1991.
4. Емельянов С. Г., Титов В.С., Бобырь М.В. Автоматизированные нечетко-логические системы управления: Монография.-М.: ИНФРА-М, 2011.
5. Рутковский Лешек Методы и технологии искусственного интеллекта/Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия –Телеком, 2010.
6. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
7. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Радио и связь, 1981.
8. www.ni.com/singleboard - встраиваемые системы Single Board RIO компании National Instruments.
9. National Instruments Tutorial. PID Control Toolset User Manual. 2001. – 180 с.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КАМЕРОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE»

З.В. Абдулина, М.В. Ибрагимова, С.Г. Хан

Алматинский университет энергетики и связи, Казахстан, г. Алматы

1. Постановка задачи

Развитие и распространение беспроводной связи обусловлено постоянным стремлением к экономии, к повышению эффективности и к получению конкурентного преимущества. Беспроводная автоматизированная система управления зданиями обладает многими достоинствами по сравнению с проводными системами. Монтаж беспроводной системы обычно обходится дешевле, и ее архитектура во многих случаях обладает большей совместимостью. Ввод беспроводных систем в эксплуатацию требует меньше времени, так как беспроводное оборудование упрощает задачу обнаружения проблем и их своевременного устранения. Так же с помощью новых беспроводных решений становится возможным добавлять новые точки измерения там, где раньше это было невозможно или требовало больших затрат на внедрение.

Целью данной работы является разработка системы автоматического управления с использованием беспроводной технологии ZigBee на базе модулей XBee [1].

В данной статье рассмотрен практический пример использования беспроводной технологии при разработке лабораторного стенда «САУ температурной камерой с использованием беспроводной технологии ZigBee».

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW2012 со специальным приложением Labview Interface For Arduino (LIFA).

Для реализации системы был использован учебный стенд «Температурная камера», контроллер реального времени Arduino Mega 2560, беспроводные модули XBee.

3. Описание решения

В практической части настоящей работы в качестве объекта исследования выбран учебный стенд «Температурная камера», который предназначен для обучения студентов специальности «Автоматизация и управления» принципам построения современных систем автоматизированного управления технологическими процессами. Температура воздуха в камере зависит от накала лампы и работы вентилятора. Температура измеряется аналоговым температурным датчиком LM335. В качестве контроллера используется контроллер Arduino Mega 2560. Используемое оборудование представлено на рис. 1.

Рис. 1. Используемое оборудование: 1 - ПК; 2 - USB - кабель; 3 - модули XBee; 4 - Arduino Mega 2560; 5 - лабораторный стенд "Температурная камера"

Для реализации беспроводного управления были выбраны модули XBee, работающие по стандарту 802.15.4/ZigBee [2]. Спецификация ZigBee позволяет реализовывать беспроводное сетевое решение, основанное на едином глобальном стандарте, с поддержкой скоростей передачи до 250 Кбит/с, с нелицензированной частотой работы 2,4 ГГц, крайне низким энергопотреблением,

обеспечивающее защиту информации и надежность системы. ZigBee хорошо подходит для уровня связи по коммуникационным сетям обмена данными.

Передача данных между модулем XBee и Arduino происходит через последовательную шину UART (или универсальный асинхронный приёмопередатчик).

Согласно принципиальной схеме (рис.2) в качестве контроллера используется Arduino [3], поэтому для бесперебойной и совместной работы Labview с контроллером необходимо согласовать связь между ними. Для решения данной проблемы сотрудниками компании National Instruments было разработано специальное приложение для работы Labview с Arduino под названием Labview Interface For Arduino (LIFA) [4, 5].

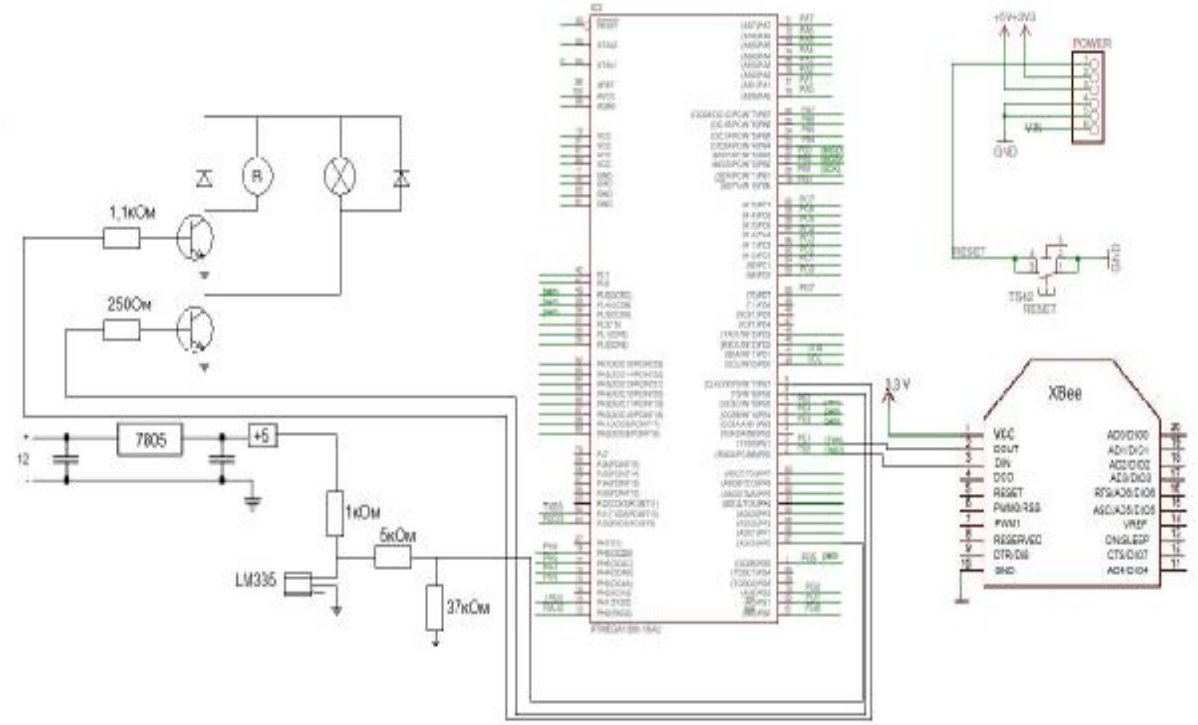


Рис. 2. Принципиальная схема подключения модуля XBee и контроллера с температурной камерой

С помощью приложения LIFA можно легко взаимодействовать с микроконтроллером Arduino через LabVIEW, то есть управлять или получать данные от микроконтроллера. После того как информация получена в LabVIEW, обрабатывать ее можно уже используя сотни встроенных в LabVIEW библиотек, разрабатывать различные алгоритмы для управления Arduino.

Используя среду графического программирования LabVIEW2013 [6], разработан интерфейс пользователя (рис.3) для работы с данным лабораторным стендом.

В элементе управления «Температура заданная» – задается требуемая температура. В элементе отображения «Температура с датчика» регистрируется текущая температура воздуха в камере. Ниже расположен блок настройки параметров ПИД-регулятора (PID gains). В нем задаются коэффициент усиления (proportional gain), время интегрирования (integral time), время дифференцирования (derivative time). Так как дифференциальная составляющая для решения задач автоматизации тепломассообменного процесса в данной работе не используется, она задается равной нулю. В правой части интерфейса «График температуры» отображает текущее значение температуры с датчика (нижняя кривая), которая стремится к заданной температуре. Индикатор «Управляющий сигнал на лампу», показывающий выходное воздействие регулятора на исполнительный механизм – лампу накаливания 0-255 (255 - 12 В). Ниже графика - кнопка включения вентилятора [5].

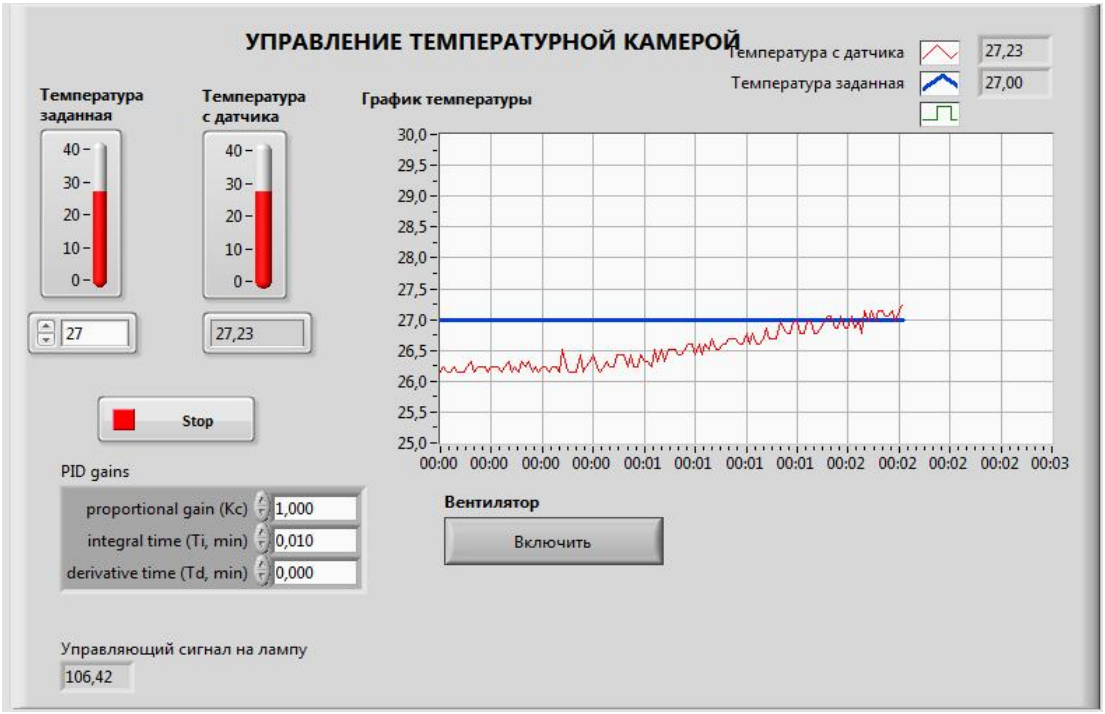


Рис. 3. Интерфейс лабораторного стенда

Блок - диаграмма программы управления представлена на рис. 4.

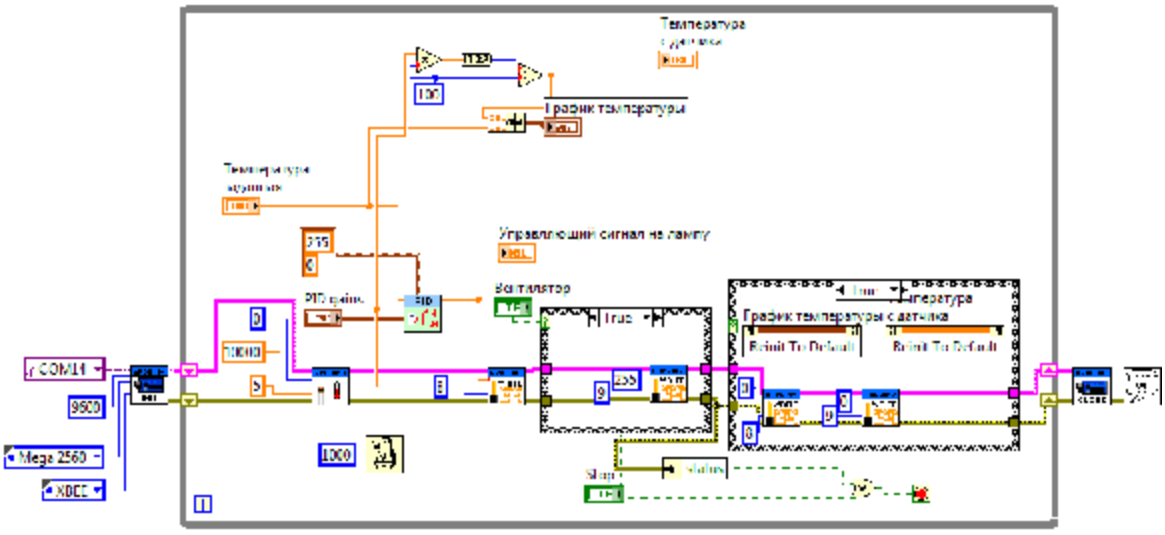


Рис. 4. Блок- диаграмма программы управления

4. Внедрение и его перспективы

Данный лабораторный стенд «САУ температурной камерой с использованием беспроводной технологии ZigBee» внедряется в учебный процесс Алматинского университета энергетики и связи (АУЭС) для студентов специальности «Автоматизация и управления» для обучения принципам построения современных систем автоматизированного управления технологическими процессами.

В дальнейшем предполагается использование беспроводной технологии ZigBee для различных объектов исследования кафедры «Инженерная кибернетика» АУЭС.

5. Список литературы

1. Product Manual - XBee - XBee-PRO ZB OEM RF Modules - Сайт: www.digi.com.
2. Олег Пушкарёв «Выбор беспроводной технологии: советы начинающему разработчику», ВСN№3, 2010.
3. http://arduino.ru.
4. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/nid/209835 - сайт National Instruments, LIFA.
5. Robert Faludi - Building Wireless Sensor Networks with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing - USA, 2010.
6. http://www.labviewportal.eu/ - портал LabVIEW.

РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

С.Г. Хан, М.В. Ибрагимова

Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

1. Постановка задачи

Беспроводные сети привлекают внимание пользователей и разработчиков с момента своего появления массой преимуществ, которыми они обладают по сравнению с "классическими" проводными сетями. Это и гибкая архитектура, и снижение затрат при монтаже. В некоторых ситуациях прокладка проводных линий вообще невозможна по технологическим или организационным причинам. В этих случаях связь без проводов решает массу проблем. *Беспроводные системы сбора данных, управления и автоматизации* и им подобные стали реальностью благодаря технологиям беспроводных сетей малого радиуса действия и появлению на рынке наборов микросхем, радиомодулей и модемов, а также развитого программного обеспечения, поддерживающего стандартные протоколы управления и передачи данных.

Работа выполнялась в рамках НИР в учебно-научной лаборатории (УНЛ) «Энергосбережение и нетрадиционные возобновляемые источники энергии». В данной лаборатории разработаны автоматизированные системы экспериментальных исследований (АСЭИ) различных нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), также были разработаны лаборатории удаленного доступа в учебных целях с применением WEB-технологий. Следующим этапом исследований в лаборатории является задача разработки беспроводных систем мониторинга комбинированной системы энергоснабжения жилых помещений и фермерских хозяйств для отдаленных районов Казахстана, включающей среди прочих НВИЭ солнечную теплогенерирующую установку (СТУ).

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2010, NI MAX.

Для реализации системы использована платформа NI WSN с 2 беспроводными термопарными модулями NI WSN 3212, модулем NI WSN 3202, шлюзом NI 9792.

3. Описание решения

Платформа NI WSN применяется в создании простой, автономной сети беспроводного мониторинга или полностью интегрированное проводное и беспроводное решение по измерению, с доступом ко всему объему платформ NI через среду разработки LabVIEW.

Для большинства приложений WSN можно создать базовую сетевую архитектуру, в которой разнообразные узлы измерения собирают данные из окружающего мира и передают эти наблюдения на шлюз, как показано на рис.1 [1].

Рис. 1. Базовая сетевая архитектура WSN

Можно соединить узел ввода WSN Ethernet с компьютером под управлением Windows или контроллером в режиме реального времени LabVIEW Real-Time controller, как показано на рис.1. Компьютер под управлением Windows может быть, как настольным ПК, так и встроенным ПК,

управляющим LabVIEW под Windows. Это означает, что можно с легкостью добавить беспроводные возможности регистрации данных к любой системе, основанной на Windows. Присоединение к контроллеру реального времени под управлением LabVIEW Real-Time, такому как NI CompactRIO или другим программируемым контроллером автоматизации (ПКА), позволяет разместить беспроводные измерения наряду с проводными измерениями или приложениями управления. Используя программное обеспечение LabVIEW на хост-компьютере, можно осуществлять сбор, обработку, анализ, и представление результатов измерений сенсорной сети.

Беспроводная система мониторинга солнечной теплогенерирующей установки (рис.2) была построена на основе технологии Zigbee [2]. Начальным этапом проектирования данной системы являлся выбор аппаратных средств, необходимых для передачи и принятия сигнала.

Для сбора данных о температуре СТУ использовали 2 беспроводных термопарных модуля NI WSN 3212 (один устанавливается на теплоизолированном трубопроводе у выхода из солнечного коллектора, а другой - у входа в бак-аккумулятор); для сбора данных с режимов работы теплового насоса использовали модуль NI WSN 3202, которые могут работать как от внешнего питания, так и питаться от аккумуляторной батарейки. Собранные данные с температурных датчиков передаются модулями на шлюз NI 9792. Шлюз NI WSN Ethernet координирует процесс коммуникации между узлами измерений и принимающим контроллером в беспроводной сенсорной сети National Instruments. Переменные в свою очередь могут передавать данные по протоколу Ethernet на устройства, которые осуществляют человеко-машинный интерфейс (HMI)-например, это удаленные компьютеры, планшеты, различные мобильные устройства.

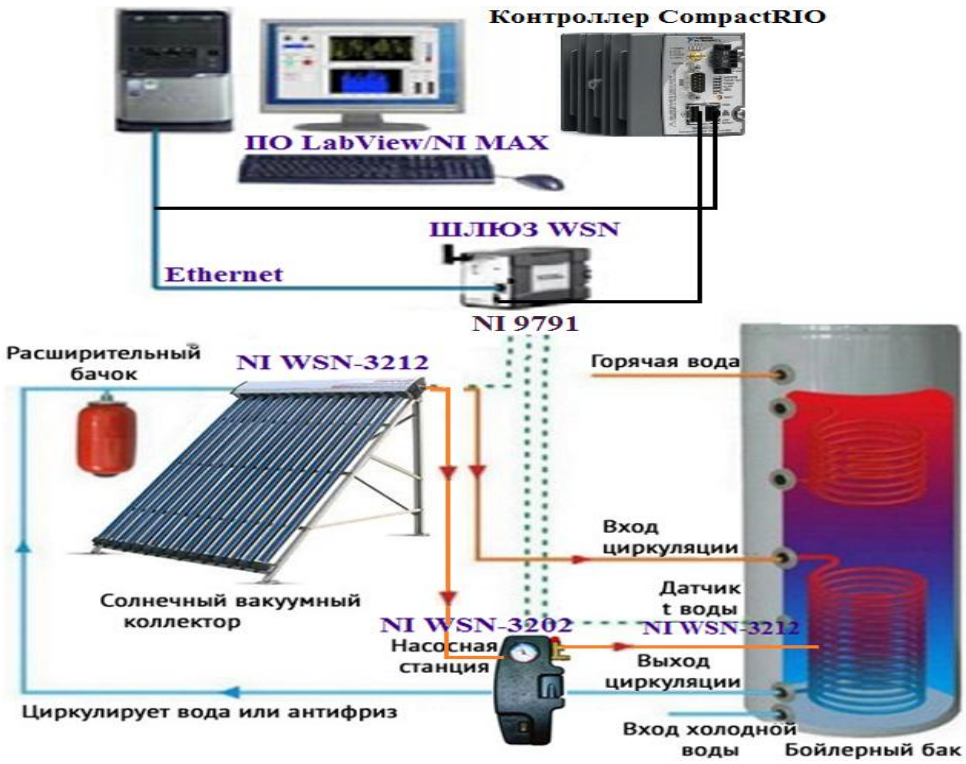


Рис. 2. Беспроводная система мониторинга СТУ

Так как модули производятся самой компанией National Instruments, то конфигурируются и настраиваются при помощи ПО LabVIEW и MAX [2] (рис. 3). Все коммуникации между LabVIEW/MAX модулями производятся через шлюз NI 9792. В MAX можно увидеть сервер в разделе Remotesystems, развернув категорию на значке сервера, появляется список модулей, которые обнаружил шлюз. Там их можно конфигурировать/прошивать и т.д. Для того, чтобы измерить сигнал модулем, надо перетянуть в проекте иконку измерительного канала на блок-диаграмму LabVIEW. Модули используют протокол ZigBee, настроить в плане протокола нельзя ничего, все прошито и фиксировано, в LabVIEW нет доступа к низкоуровневым функциям протокола. На мониторе компьютера, с установленной средой NI LabVIEW 2010, демонстрируются текущие результаты измерений.

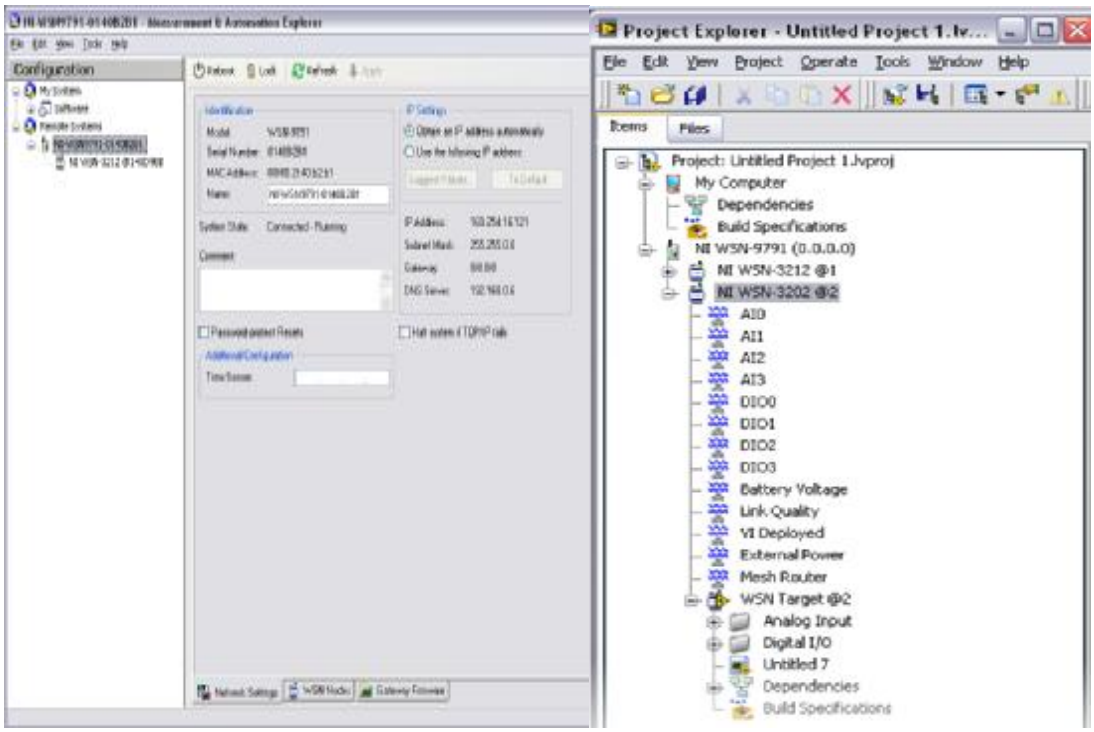


Рис. 3. Программирование беспроводной системы мониторинга СТУ

4. Внедрение и его перспективы

Разработанная беспроводная система мониторинга СТУ внедрена в УНЛ «Энергосбережение и НВИЭ» Алматинского университета энергетики и связи.

Аналогично построенная система может быть внедрена также на пространственно распределенных объектах, где требуется непрерывное наблюдение за критичными параметрами и оперативное аварийное оповещение удаленного оператора в УНЛ НВИЭ.

5. Список литературы

1. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/nid/209835 - сайт National Instruments, LIFA;
2. Д.Панфилов. Введение в беспроводную технологию Zigbee стандарта 802.15.4 // Электронные компоненты. - №12. – 2004.
3. Lab VIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н.А. – М:. ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ФИРМЫ NATIONAL INSTRUMENTS В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ КАФЕДРЫ ЭТ И ЭМ ПНИПУ

Э.В. Любимов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь

1. Введение

Технический прогресс на современном этапе развития человеческого общества предъявляет повышенные требования к процессу подготовки специалистов в технических вузах. Возрастающая роль компьютера в науке и технике должна адекватно соответствовать его роли в качестве важного вспомогательного средства в техническом образовании. При этом противоречие между информационной насыщенностью профильных дисциплин и дефицитом аудиторного времени, который особенно ярко выражен при внедряемой в России двухуровневой системе высшего образования «бакалавр – магистр», можно разрешить путем внедрения в учебный процесс современных компьютерных технологий.

2. Методология и результаты

В основу методологии обсуждаемой проблемы положен более чем десяти летний опыт и результаты, полученные автором по применению различных версий программных продуктов: Mathcad, MATLAB с приложением Simulink, AutoCAD, Power Point, а в последние годы Multisim (Electronics Workbench®) и LabVIEW™ фирмы National instruments™ в учебном и учебно-исследовательском процессе при подготовке инженеров, бакалавров, магистров и аспирантов по специальности электромеханика в Пермском национальном исследовательском политехническом университете. При этом использована также информация, собранная автором во время его командировок, в технические университеты Германии, Австрии, Франции и США [1-3].

В данной работе обсуждаются результаты применения программно-аппаратных средств фирмы National instruments™ на лекциях, практических и лабораторных занятиях, выполнения курсовых и дипломных проектов, а также при поведении исследований в процессе подготовки диссертаций на соискание ученой степени магистра и кандидата технических наук.

Лекции по специальным дисциплинам для электромехаников изобилуют формулами, графиками и рисунками. Как показывает практика, для экономии времени и лучшего восприятия данный лекционный материал, помимо печатного издания, целесообразно оформить в Power Point в виде динамичной электронной презентации. Такая структура при присоединении к компьютеру проектора или интерактивной доски позволяет во время чтения лекции выдавать информацию на экране большого формата порциями, использовать анимацию с виртуальных моделей электрических, магнитных и электронных цепей и устройств, демонстрировать видеоролики работающих машин и механизмов, которые могут быть хорошим дополнением привязки к теории практического материала. Особый эффект от анимации и от видеороликов получается при чтении разделов лекций, в которых объясняется принцип действия какого-либо устройства или технология изготовления электрических аппаратов или машин. Вышеизложенные принципы автор реализовал при чтении курсов лекций «Теоретические основы электротехники», «Электротехника с основами электроники», «Компьютерные технологии в электромеханике». На слайдах лекций данных курсов используется анимация с виртуальных моделей электрических, магнитных и электронных цепей и устройств, реализованных в среде Multisim и моделей электрических аппаратов и машин в среде Simulink. В качестве примера на рис.1 приведен скриншот, поясняющий принцип действия цифроаналогового преобразователя, упрощенная виртуальная модель которого реализована в среде Multisim.

Для обучения студентов приемам, методам и возможностям проведения электротехнических расчетов с применением программных продуктов Mathcad и Multisim разработано 10 программных комплексов:

«Расчет и моделирование электрических цепей постоянного тока» («CD_Circuit.exe») [4];

«Расчет и моделирование линейных однофазных электрических цепей синусоидального тока» («AC_Circuit.exe») [5];

«Расчет и моделирование линейных электрических цепей с взаимной индукцией» («MC_Circuit.exe»);

«Расчет и моделирование линейных четырехполюсников» («TP_Network.exe»);

«Расчет и моделирование трехфазных цепей» («TPH_Circuit.exe»);

«Расчет и моделирование линейных цепей несинусоидального тока» («NSC_Circuit.exe»);

«Расчет и моделирование переходных процессов в линейных цепях» («Transient_LC.exe»);

«Расчет и моделирование цепей с распределенными параметрами» («DP_Circuit.exe»);

«Расчет и моделирование нелинейных цепей» («NL_Circuit.exe»),
«Расчет и моделирование магнитных цепей"» («M_Circuit.exe»).

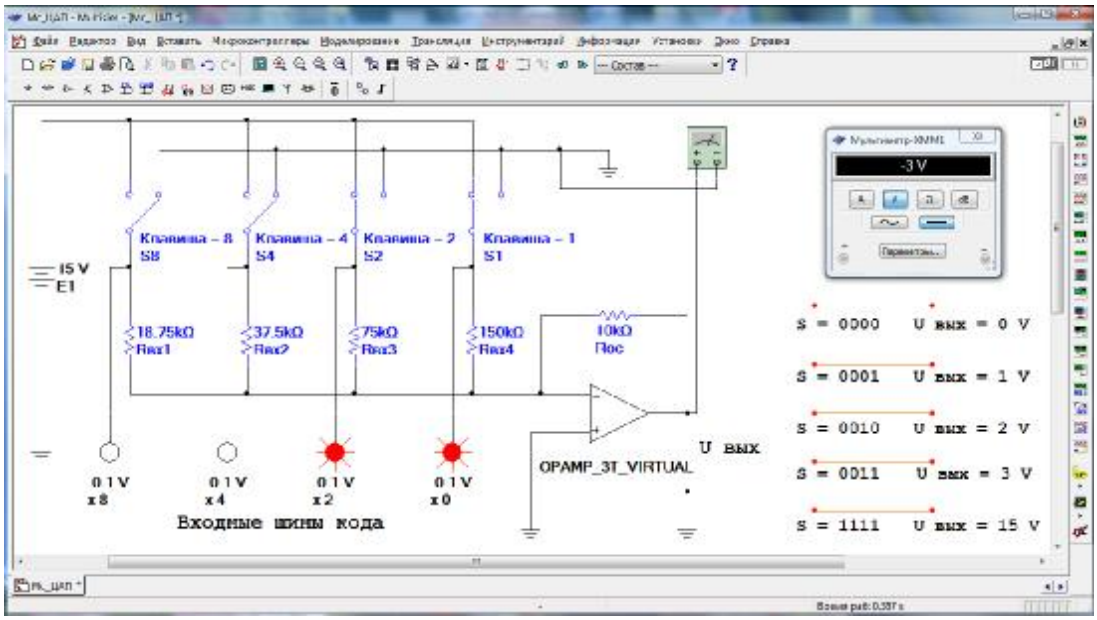


Рис. 1. Упрощенная виртуальная модель цифроаналогового преобразователя

На программные комплексы «CD_Circuit.exe» и «AC_Circuit.exe» получены свидетельства о государственной регистрации. Остальные находятся в стадии рассмотрения. В каждом программном комплексе Mathcad используется для расчетов цепей различными методами, а Multisim - для проверки правильности расчетов на составленных виртуальных моделях цепей. На рис.2 приведено главное окно программного комплекса «CD_Circuit.exe», в котором можно обратиться к любому контрольному примеру метода расчета или виртуальной модели цепи путем нажатия соответствующей кнопки щелчком левой клавиши мыши. Для работы комплексов требуется предварительная установка на компьютере программ Mathcad 14 и Multisim 10.1 или выше.

Применение программных комплексов позволяет на разных стадиях учебного процесса организовать индивидуальную интерактивную работу студента на компьютере, при которой он большую часть времени занимается самостоятельно. Это может быть работа по индивидуальным заданиям, которые выдаются студентам на дом. К такой работе можно также отнести групповые занятия, проводимые в компьютерном классе под наблюдением преподавателя, где реализуется принцип «делай как я».

Отличительной особенностью использования указанных программных продуктов для учебного процесса является то, что они позволяют сравнительно быстро, наглядно и элегантно решать расчетные, аналитические, графические задачи и задачи моделирования без кодирования алгоритмов, т. е. в естественном их представлении, а также представлять результаты расчетов в разнообразных формах. Это в свою очередь дает возможность сконцентрировать основное внимание студентов при выполнении индивидуальных заданий на изучаемую дисциплину, а не на технику программирования. По мнению автора, навыки по использованию таких программных продуктов как MathCAD, AutoCAD и Multisim студенты технических вузов должны приобретать при изучении курса информатики.

В качестве дополнения к программным комплексам в издательстве Наука и техника города Санкт-Петербург вышла книга автора, обложка которой приведена на рис.3 [6],. Книга состоит из 11 глав, в которой в краткой форме приведены сведения из теории, даны методические указания по методам расчета и моделирования. Кроме того, в книге содержится 3300 вариантов задач по 33 темам, включая контрольные примеры по каждой теме. На прилагаемом к книге DVD-диске записаны программы всех контрольных примеров, которые любой студент может при желании в процессе самостоятельной работы изменить и адаптировать для решения задачи своего варианта. Кроме того, на диске содержатся дистрибутивы 30-дневных версий пакетов MathCAD и Multisim и видеоуроки через интернет. По мнению автора, указанные книга + DVD-диск будут полезны и востребованы студентами вузов электротехнических специальностей всех форм обучения, в том числе студентами

новой формы обучения – дистанционного интернет-образования, а также преподавателями ведущими курс ТОЭ и слушателями курсов повышения квалификации.

Рис. 2. Главное окно программного комплекса «CD_Circuit.exe»

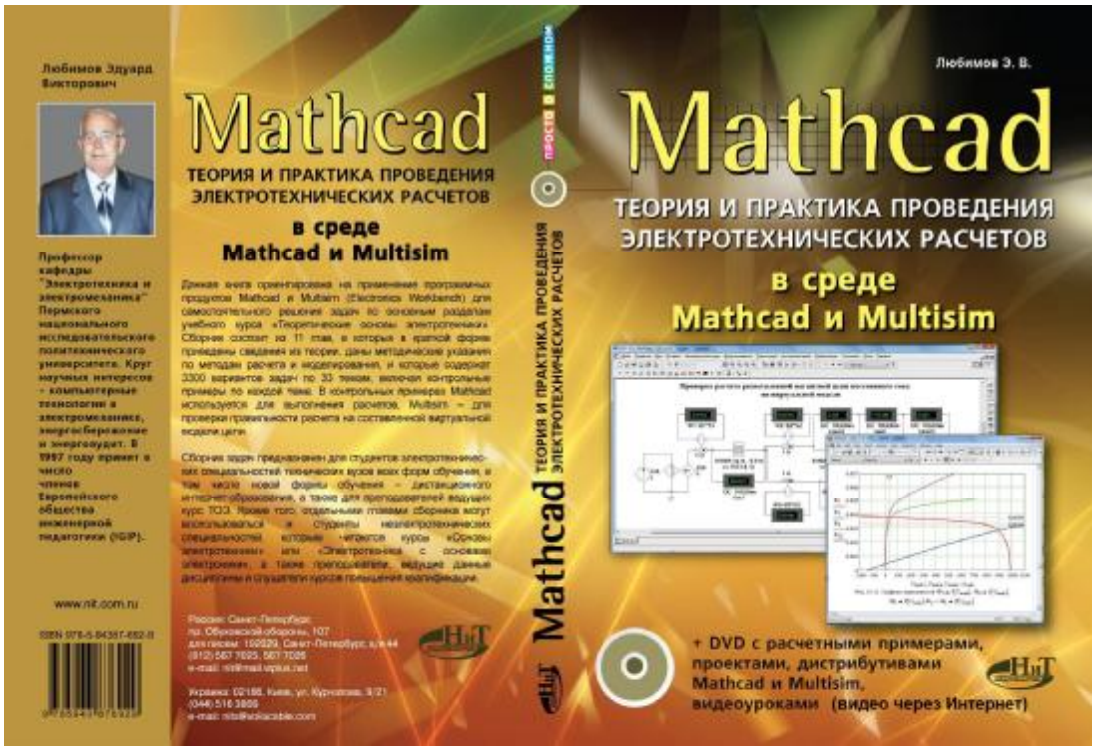


Рис. 3. Обложка книги

Чтобы продемонстрировать разнообразие задач реализуемых в среде Multisim, которые могут быть выданы по индивидуальным заданиям студентам, на рис. 4, 5 приведены фрагменты курсовых

работ по исследованию бинарного счетчика импульсов и исследованию трехфазного частотного преобразователя.

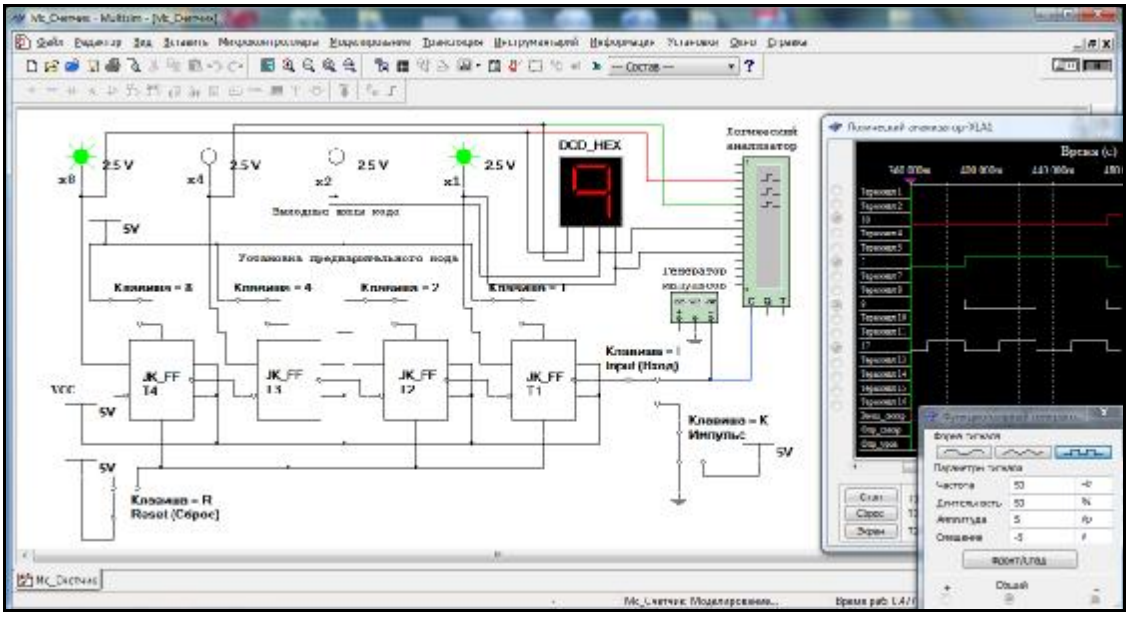


Рис. 4. Виртуальная модель бинарного счетчика импульсов

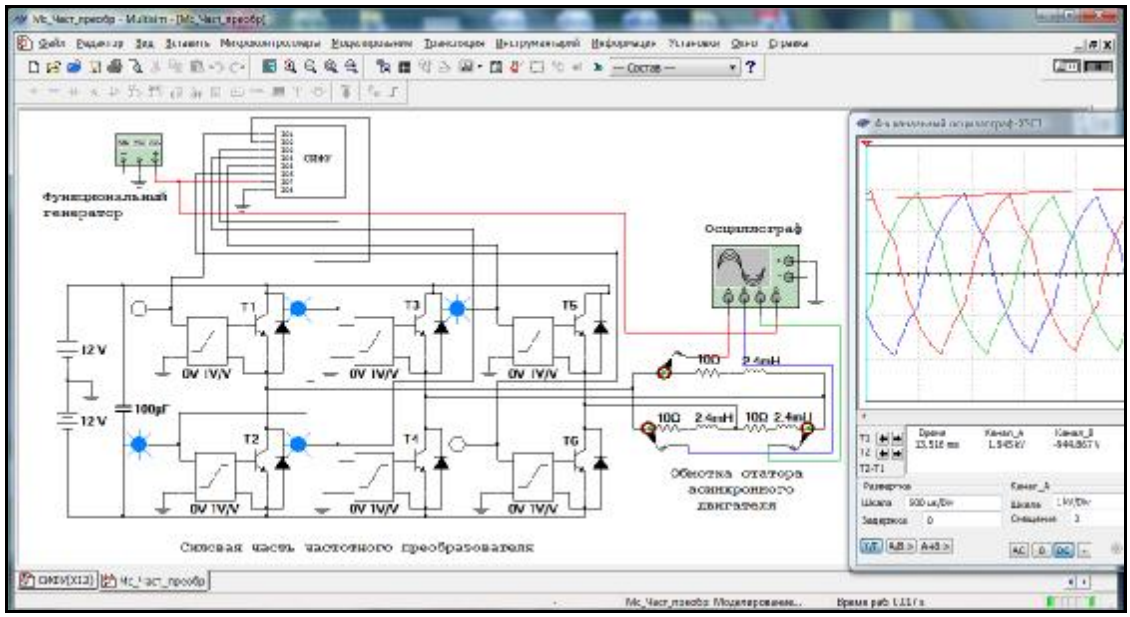


Рис. 5. Виртуальная модель частотного преобразователя

Лабораторные занятия в лабораториях электрических цепей, электроники, электрических машин и автоматизированного привода кафедры ЭТ и ЭМ проводятся на учебных компьютеризированных лабораторных стендах разработки ООО «Учебная техника» г. Челябинск. На стендах используются платы входа-выхода аналоговых и дискретных сигналов и виртуальные приборы, реализованные в среде LabVIEW™ фирмы National instruments™.

В настоящее время автору поручено на кафедре руководство научным направлением: «Разработка мобильных испытательно-диагностических станций электрических машин переменного тока на базе использования программно-аппаратных средств фирмы National instruments™». К научным исследованиям привлекаются студенты-дипломники, магистранты и аспиранты. В начале исследования проводились на учебном компьютеризированном лабораторном стенде с макетами машин мощность 50 Вт (рис. 6) [7].

Рис. 6. Проверка работоспособности комплекса программ на учебном компьютеризированном лабораторном стенде

Для более углубленных исследований со стандартными электрическими машинами переменного тока и отладки разработанных алгоритмов и программ в 2012 году был разработан специальный стенд [8].

В состав стенда входят (рис. 7, 8):

– асинхронный короткозамкнутый двигатель АИР72В2 с номинальными паспортными данными: $P_н$ = 1,1 кВт, $U_н$ = 380 В, $I_н$ = 2,5 А,$n_н$ = 2990 об/мин, $\eta_н$ = 78,5 %, $\cos\varphi_н$ = 0,8;

– автомобильный синхронный генератор Г273 с данными: $P_{макс}$ = 780 Вт, $U_н$ = 28 В, I = 20 А при n = 1100 об/мин, I = 28 А при n = 2200 об/мин, $I_{возб.\ макс}$ = 3,4 А;

– блок управления стендом и регулирования тока возбуждения синхронного генератора;

– блок нагрузки синхронного генератора;

– мобильная испытательная станция, которая в свою очередь состоит из:

– ноутбука промышленного класса под управлением операционной системы Windows;

– набора программного обеспечения для проведения опытов;

– платы сбора данных NI USB-6210 (16 аналоговых входов, 4 цифровых входа, 4 цифровых выхода, два 32-битных счетчика, питание от шины USB);

– кросс-коннектора, состоящего из блока стандартных датчиков тока и напряжения с гальванической развязкой на основе элементов Холла и блока питания датчиков.

Станция позволяет:

– производить снятие и построение рабочих характеристик асинхронного двигателя (зависимостей потребляемой активной мощности из сети, тока статора, момента, скольжения, коэффициента мощности и КПД от мощности на валу, т. е. $P_1(P_2)$, $I_{ст}(P_2)$, $M(P_2)$, $s(P_2)$, $\cos\varphi(P_2)$, $\eta(P_2)$) в ручном и автоматическом режимах;

– производить снятие и построение характеристик синхронного генератора (характеристики холостого хода $E_г(I_{возб.})$; потерь холостого хода $\Delta P_{хх}(U_{ст}^2)$, короткого замыкания $I_{ст}(I_{возб.})$, потерь короткого замыкания $\Delta P_{кз}(I_{ст}^2)$, зависимости КПД от активной мощности нагрузки генератора $\eta(P_{г2})$, угловой характеристики $P_{г2}(\Theta)$) в ручном и автоматическом режимах;

– автоматизировать процесс проведения опыта внезапного симметричного короткого замыкания синхронного генератора;

– управлять всем процессом испытаний;
– производить расчет статических и динамических параметров машин (потери, КПД машин, индуктивные сопротивления и постоянные времени синхронного генератора);
– заносить результаты испытаний для сохранения в базу данных;
– автоматически формировать отчет о результатах испытаний.

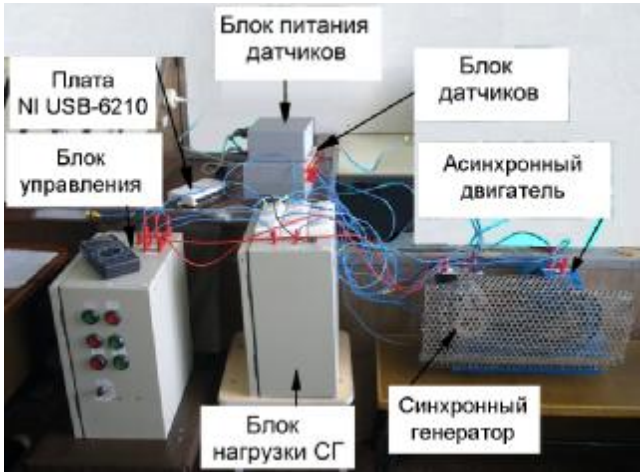


Рис. 7. Внешний вид стенда

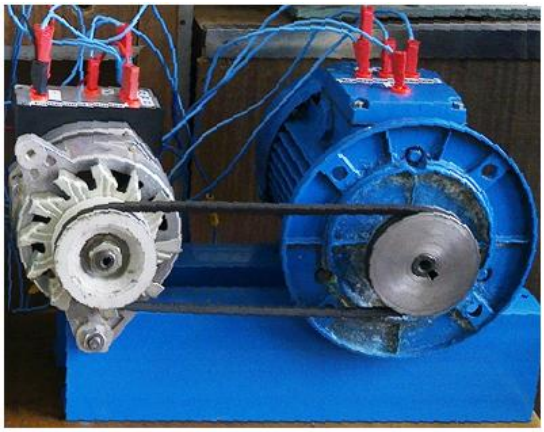


Рис. 8. Испытуемые машины (защитный кожух снят)

Программное обеспечение мобильной станции представляет кросс-платформенное приложение, реализованное на основе программной среды LabVIEW®, которое способно работать под управлением любой операционной системы (системы семейства Windows®, Linux, Mac OS X и Sun Solaris), поддерживающей программы-драйверы NI-DAC и Run-time engine.

К настоящему времени разработан комплекс программ, которые оформлены в виде виртуальных приборов, позволяющих в автоматическом режиме снимать и строить характеристики машин, определять по характеристикам необходимые статические и динамические параметры. В качестве примера на рис. 9 приведена фронтальная панель виртуального прибора, на которой изображены полученные в автоматическом режиме рабочие характеристики $P_1(P_2)$, $I_{ст}(P_2)$, $M(P_2)$, $s(P_2)$, $\cos\varphi(P_2)$, $\eta(P_2)$ испытуемого асинхронного двигателя.

С 2006 года по вышеуказанному научному направлению мы сотрудничаем с Гладышевым С. П., профессором кафедры электротехники и вычислительной техники филиала Мичиганского университета в городе Дирборн, США. В конце 2011 года аспирант Исцелемов Д. А. проходил 3-х месячную научную стажировку в филиале Мичиганского университета. Сдал квалификационный экзамен и получил сертификат на право программирования в среде LabVIEW®. В 2012 году результаты совместных исследований были представлены в докладе на Всемирном Конгрессе Транспортных Средств, в городе Детройт, США [9].В настоящее время аспиранты Исцелемов Д. А. и Беляев Н. А. работают над завершением диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Для контроля знаний студентов, по мнению автора, целесообразно использовать традиционные формы проведения коллоквиумов, зачетов и экзаменов. Может быть использован и тестовый контроль, например, для оценки уровня освоения методов и приемов решения электротехнических задач. Но для объективной оценки знаний данный контроль должен производиться письменно, с обязательным предъявлением конкретных решений, а не путем выбора правильного ответа среди неправильных ответов. В этой связи заслуживает внимания форма письменного тестового контроля знаний, проводимая на кафедре электротехники и вычислительной техники филиала Мичиганского университета в городе Дирборн. Фрагмент такого теста приведен на рис. 10.

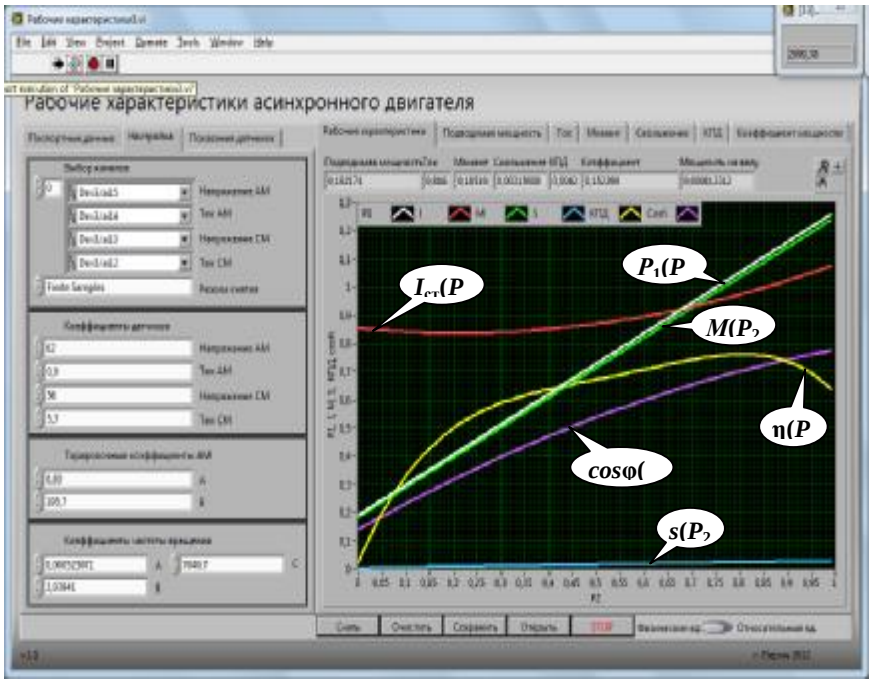


Рис. 9. Рабочие характеристики асинхронного двигателя АИР72В2

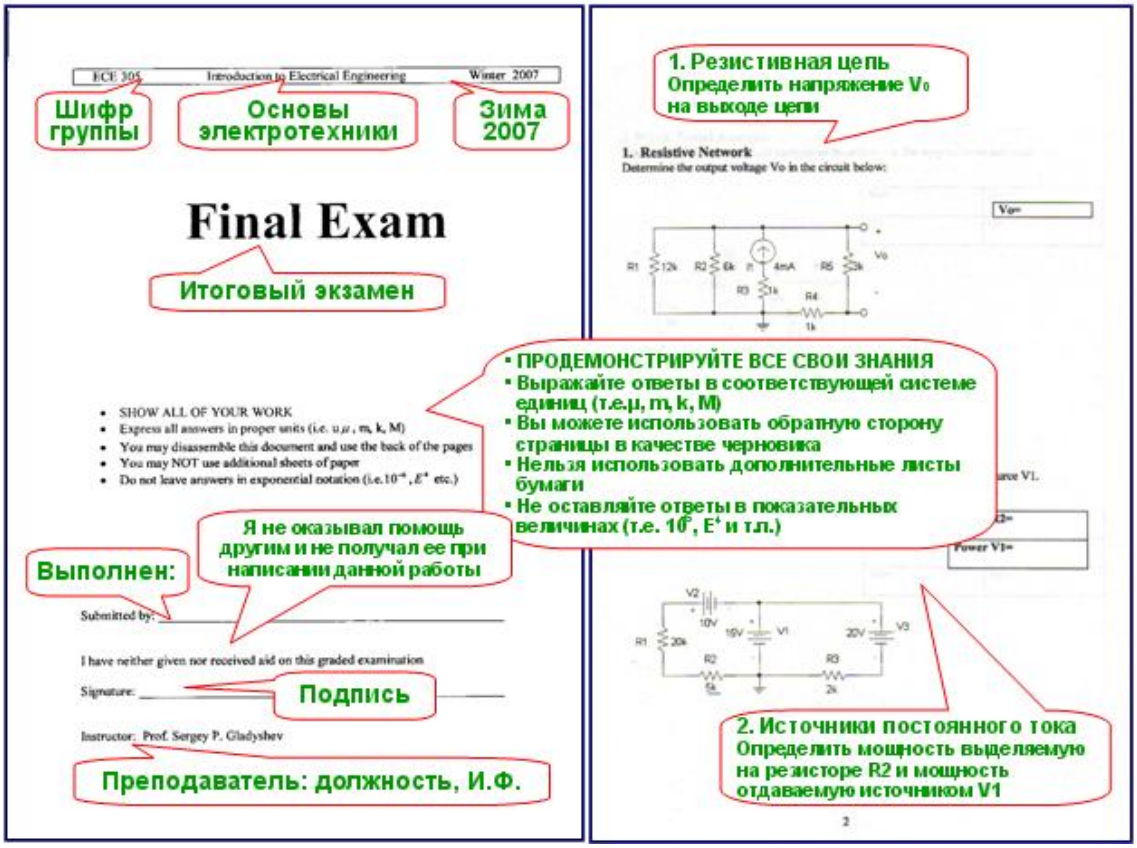


Рис. 10. Фрагмент теста по курсу «Основы электротехники», проводимого на кафедре электротехники и вычислительной техники филиала Мичиганского университета в городе Дирборн, США

3. Заключение

Использование в образовательном процессе подготовки бакалавров, магистров и аспирантов технических вузов современных компьютерных технологий и мультимедийных средств, к числу которых относятся программно-аппаратные средства фирмы National instruments™, позволяет снять остроту противоречия между информационной насыщенностью учебных дисциплин и дефицитом аудиторного времени. Такие методы обучения в разумном сочетании с традиционными методами отвечают требованиям качества подготовки технического специалиста XXI века. Однако внедрение подобных методов и форм обучения требует определенных инвестиций по техническому и программному оснащению учебного процесса и трудовых затрат на разработку соответствующего методического обеспечения.

4. Список литературы

1. Lyubimov E. Computer aids application in the training course: «Automated design systems for electrical machines». Unique and Excellent Ingenieurausbildung im 21. Jahrhundert / E. Lyubimov // Referate des 29. Internationalen Symposiums «Ingenieurpädagogik 2000». – B.44. – Leuchtturm-Verlag, 2000. – P. 739-742.
2. Любимов Э. В. Компьютерные технологии при подготовке инженеров-электромехаников / Э. В. Любимов // Referate des 31. Internationalen Symposiums «Ingenieur des 21. Jahrhunderts» / Das Sankt-Petersburger staatliches Bergbauinstitut (Technische Universität). – Bd. 47. – 2003. – P. 450-455.
3. Любимов Э. В. Новые аспекты применения компьютерных технологий при подготовке инженеров-электромехаников / Э. В. Любимов // Энергетика, инновационные направления в энергетике, CALS-технологии в энергетике: матер. II Всеросс. науч.-техн. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 157-165.
4. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013615759 от 19.06.2013. Программный комплекс «Расчет и моделирование электрических цепей постоянного тока» («CD_Circuit.exe»). Правообладатель: ПНИПУ. Автор: Любимов Э. В.
5. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013619702 от 14.10.2013. Программный комплекс «Расчет и моделирование линейных однофазных электрических цепей синусоидального тока» («AC_Circuit.exe»). Правообладатель: ПНИПУ. Автор: Любимов Э. В.
6. Любимов Э. В. Mathcad. Теория и практика проведения электротехнических расчетов в среде Mathcad и Multisim (книга + DVD) – СПб.: Наука и Техника, 2012 – 400 с.
7. Исцелемов Д. А., Любимов Э. В., Нургатин Р. Ф. Комплекс программ для автоматизации испытаний синхронных турбомашин // Электротехника. 2010. №6. С.27-32.
8. Любимов Э. В., Исцелемов Д. А., Беляев Н. А., Юшков М.Э., Матвеев Е.А. Демонстрационный стенд мобильной испытательной станции электрических машин переменного тока // Энергетика. Иновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: материалы VI международной научно-технической интернет-конференции, Пермь, 1 — 30 ноября 2012 г. —Издательство ПНИПУ, 2012. С.193 — 204.
9. Lyubimov E., Gladyshev S., Istselemov D., Belyaev N.. Software for Testing Alternators of Heavy - Duty Trucks and Cars, SAE 2012 World Congress, April 24-26 Detroit, Michigan, USA, SAE International 2012-01-0022.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ МОДУЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЛОГИЙ NATIONAL INSTRUMENTS

О.А. Черных, А.В. Комиссарова

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Институт радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

1. Постановка задачи

Проект посвящен созданию цикла лабораторных работ по изучению методов модуляции.

В настоящее время студенты получают достаточно большие объемы теоретических знаний, которые не всегда могут правильно использовать в практической работе. Цель лабораторного практикума связать теоретические знания с практическими навыками работы с современным оборудованием. Отличительная особенность курса в том, что все работы производятся на недорогом и доступном оборудовании.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

В созданном лабораторном практикуме используются программно-аппаратные средства фирм National Instruments и Analog Device.

- Многофункциональные платы сбора данных DAQ NI PCI-6251 и PCI-6259, соединительный модуль BNC-2120;
- Отладочный модуль Analog Device CN-0285 с генератором и модулятором сигналов;
- NI LabVIEW и Modulation Toolkit.

Структурная схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

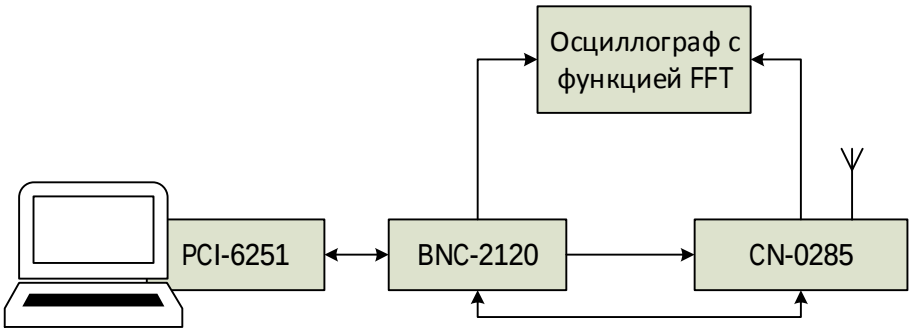


Рис. 3 Структурная схема лабораторной установки

3. Описание решения

Лабораторный практикум состоит из трех модулей. Студенты до начала прохождения данного курса должны овладеть навыками программирования в среде NI LabVIEW. В практикуме студентам предлагается создать приложения с использованием пакета Modulation Toolkit, который позволяет создавать сигналы с различными видами модуляции. Поддерживаются аналоговая модуляция и демодуляция AM, FM, PM, а так же цифровые виды модуляции ASK, FSK, PSK, MSK, PAM, QAM, CPM. Пакет рассчитан на работу с ВЧ векторными анализаторами и генераторами сигналов, поэтому выходной сигнал с функций модуляции представлен в форме понятной этим приборам и в своем составе не содержит информации о несущей частоте. Для того чтобы использовать данный сигнал с DAQ платами PCI-6251 и PCI-6259 его необходимо провести через функцию MT Upconvert Baseband (Real).vi которая переносит сигнал на несущую частоту, пример использования функций амплитудной модуляции и переноса на несущую частоту представлен на рис. 2. DAQ устройства работают с сигналами низкой частоты, соответственно несущая частота должна быть не более 500 кГц.

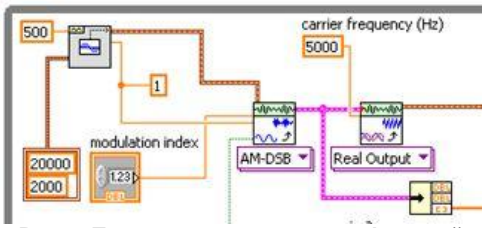


Рис. 4 Пример использования функций

После того как сигнал сформирован студенты могут приступить к изучению спектров сигналов с различными типами модуляции. То что сигнал сформирован на низкой частоте, дает преимущество в том для его анализа не требуется дорогого высокочастотного оборудования. Для анализа достаточно обычного переносного осциллографа с функцией FFT, который даст возможность увидеть сигнал во временной и частотной областях. Можно использовать для анализа сигналов ту же DAQ плату, с предварительно созданным приложением осциллографа, как показано на рис. 3. Графики полученные с помощью осциллографа представлены на рис.4.

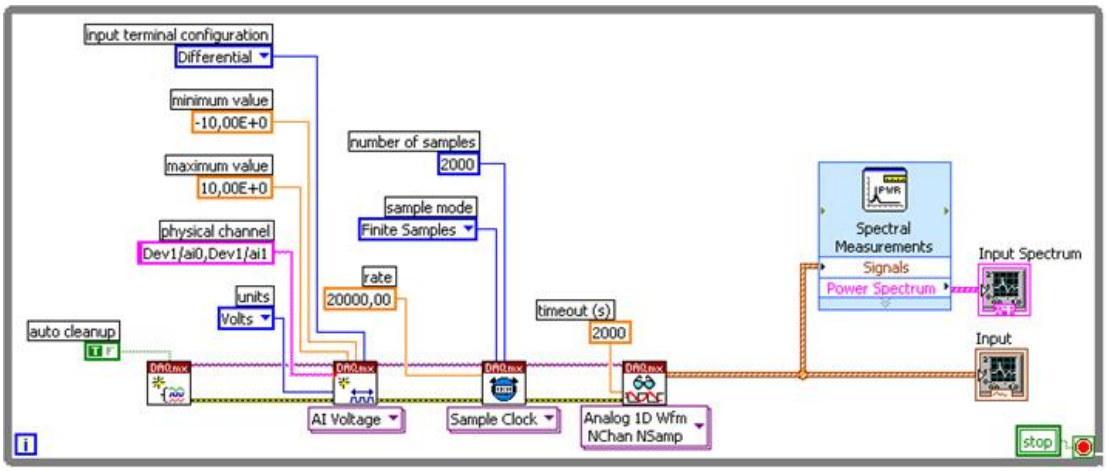


Рис. 5 Пример приложения для анализа сигналов

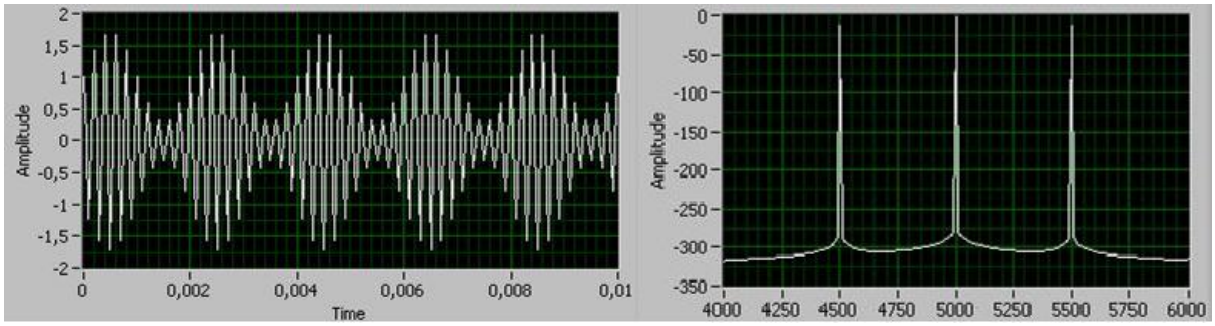


Рис. 6 Пример AM сигнала

На Рис. 5 пример кода приложения созданного студентами для генерации AM сигнала. Информационный сигнал генерируется с помощью Sine Waveform.vi, при этом задаются следующие параметры: частота сигнала 500 Гц, амплитуда 1 В, частота генерации 20000 отсчетов/с, количество генерируемых отсчетов 2000. Комплексная огибающая модулированного сигнала формируется посредством MT Modulate AM.vi, этом задается амплитуда информационного сигнала и индекс модуляции. Затем полученная огибающая переносится на несущую частоту 5 кГц при помощи MT Upconvert Baseband (Real).vi. также из комплексной огибающей выделяются синфазная и квадратурная составляющие сигнала. Наконец, в зависимости от положения тумблера (signal or envelope?), на выход подаются либо I и Q составляющие, либо модулированный сигнал.

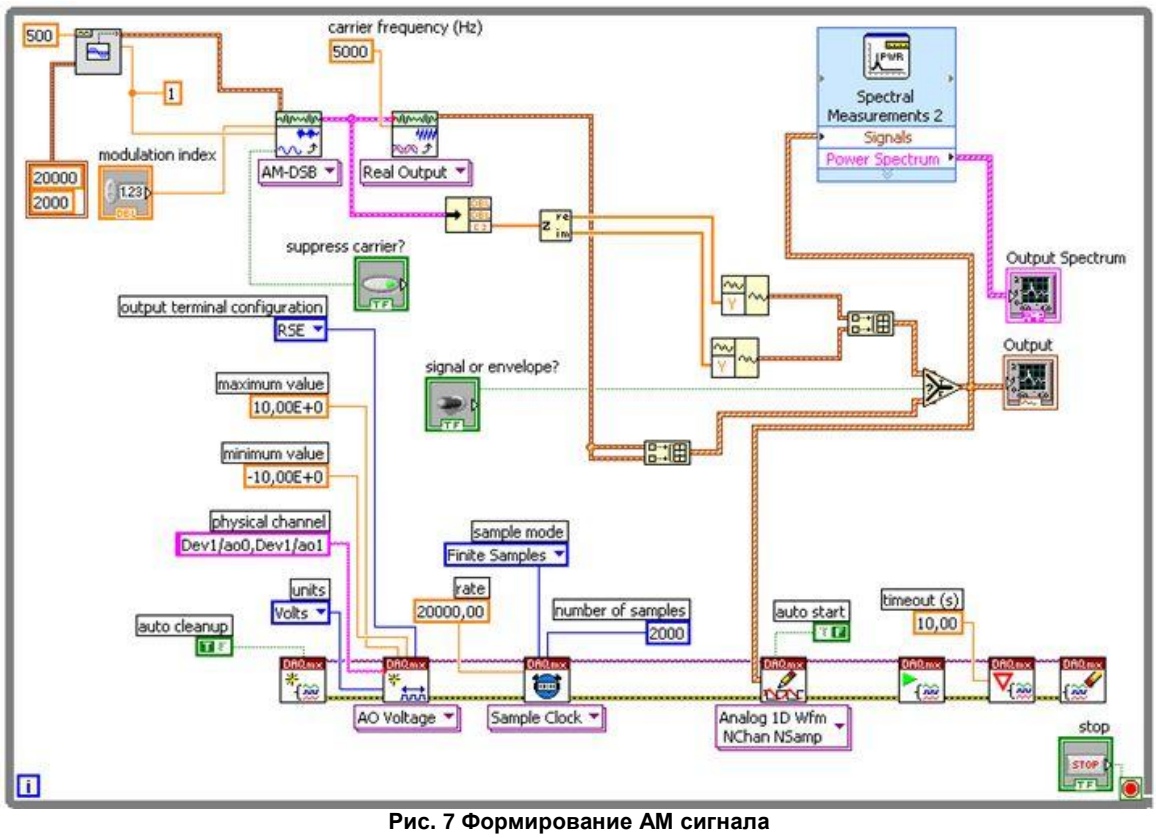


Рис. 7 Формирование AM сигнала

На завершающем этапе прохождения курсу, когда студенты научатся работать с модулированным сигналом и получать различные виды модуляции с помощью пакета Modulation Toolkit, предлагаем вывести квадратурные составляющие сигнала с DAQ платы и подключить их в отладочному модулю модулятора. Отладочный модуль Analog Device CN-0285 в стандартной комплектации рассчитан на работу на частоте 1,8ГГц, изменив параметры фильтра можно настроить его на любую частоту до 4ГГц. Внешний вид схема модуля показаны на Рис. 6.

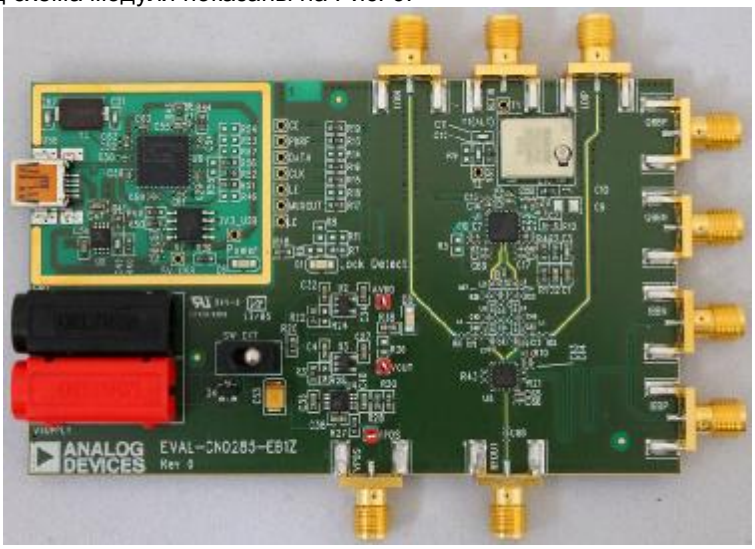


Рис. 8 Отладочный модуль Analog Device CN-0285

Студенты после выполнения всех работ лабораторного практикума углубляют свои теоретические знания по теории сигналов, и получают опыт работы с современными технологиями и оборудованием.

4. Перспективы внедрения и развития решения.

Лабораторный практикум внедрен в учебный процесс на кафедре Технологии и средств связи, Уральского федерального университет. Планируется создание курса дистанционного обучения для студентов и использование полученных результатов в курсах повышения квалификации.

5. Список литературы

1. Материалы курса «Разработка ВЧ приложений», National Instrumets.
2. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И.. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW.– М.: ДМК Пресс, 2007.–400с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРАКТИКУМОВ НА ПРИМЕРЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

Н.В. Астраханцев, Я.И. Солер

Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ), Иркутск

1. Постановка задачи

Консервативность учебных практикумов в технических университетах во многом связана со значительными трудозатратами по их модернизации даже в условиях финансирования по программе национальных исследовательских университетов. Отсутствие возможности оплаты работ по внедрению новых комплектующих и начальному периоду эксплуатации автоматизированных установок понуждает университеты к приобретению дорогостоящего аналитического оборудования и станков (главным образом, импортных) в стандартной комплектации; учебные лаборатории, созданные несколько десятилетий назад усилиями инициативных преподавателей, остаются вне зоны модернизации, постепенно теряют работоспособность и не соответствуют задачам подготовки инженеров для современного производства.

Один из путей решения этой проблемы – модернизация учебных и исследовательских стендов с сохранением силовой конфигурации и датчиков, преобразующих механические параметры в электрические сигналы, идя по пути замена аналоговых средств обработки этих сигналов стандартными недорогими АЦП и ЦАП-контроллерами с реализацией обработки данных, управления и интерфейса пользователя в программной среде LabVIEW.

Такая модернизация согласует лабораторное оборудование с современным стандартам обучения, требует минимальной переделки методичек к работам, многократно повышает информативность классического оборудования, позволяет организовать дистанционное обучение.

Работа посвящена созданию измерительной системы с дистанционным доступом на базе широко распространенного в заводских ОТК и лабораториях технических вузах профилографа.

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

Измерительная система внедрена в трёх экземплярах: в ОАО ИркутскНИИхиммаш, где используется для анализа состояния уплотняющих поверхностей аппаратов высокого давления, и в ИрГТУ на кафедре «Технологии машиностроения» для проведения практикумов при подготовке специалистов (151001.65), бакалавров (151900.62) и магистров (151900.68).

3. Описание решения

В качестве основы измерительной системы использовался «Профилограф-профилометр модели 252» производства московского завода «Эталон» (рис. 1) [1].

Рис. 1. Профилограф-профилометр после модернизации

У этого прибора в ходе многолетней службы вышел из строя расчетный блок; исправным сохранился только измерительный блок с функцией записи профилограммы на бумажную ленту, так что дальнейшая эксплуатация прибора считалась нецелесообразной. Нами при помощи VI «Запись» (рис. 2) и АЦП, который был подключен к выходу измерительного блока параллельно самописцу,

реализованы регистрация и сохранение файла профиля исследуемого образца в базе данных под именем, задаваемым 4-х уровневой системой идентификации (организация, объект, место, точка); в файле фиксируется также вспомогательная информация: фамилия оператора, комментарии. Скорость перемещения алмазной иглы и усиление по вертикали может вводиться автоматически путём подключения модуля дискретного ввода к дополнительным панелькам переключателей измерительного блока. Расчетный блок прибора был удален как ненужный. Для повышения достоверности измерений на каждом образце записывается несколько профилограмм, которые сохраняются в одном листе базы данных.

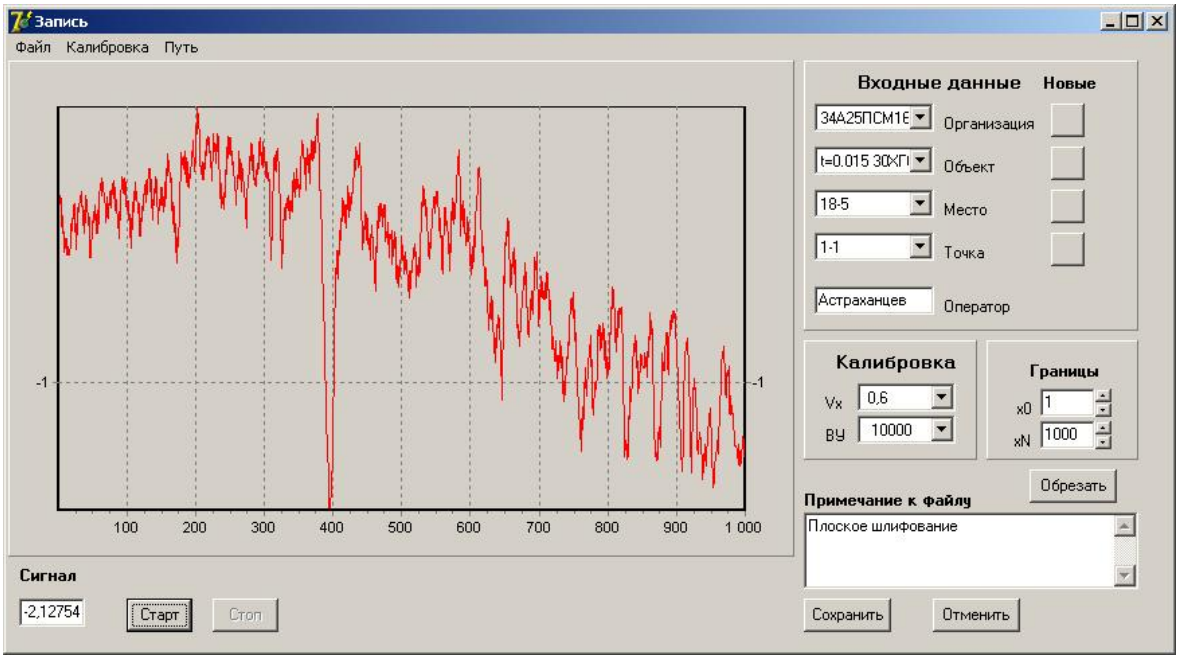


Рис. 2. Вид лицевой панели после записи поперечной профилограммы образца, обработанного плоским шлифованием. Размеры по осям в микрометрах

Дальнейшая обработка проводится при помощи VI «Обработка» (рис.3). Оператор выбирает на записанной профилограмме опорную длину из ряда по ГОСТ 2789-73 [2], а также степень полинома для компенсации кривизны поверхности методом наименьших квадратов. Результаты отработки по ГОСТ и международной системе записываются в базу данных. Для каждой профилограммы может быть сохранено несколько файлов «обработок» на различных опорных длинах и вариантах удаления кривизны.

Итоговый отчет формируется вызовом программы «Профилометр» (рис.4). Для выбранной точки выводится список файлов профилограмм и соответствующий список «обработок» для каждой профилограммы. Студент выбирает из этих списков результаты «обработок», которые были выполнены по одинаковому методу (общие: опорная длина и степень полинома сглаживания), и по ним автоматически формируется итоговый отчет (рис.5). Этот отчет включает параметры шероховатости (R_a, R_z, и др.) для каждой «обработки» и их усредненные значения для всех профилограмм, снятых в «одной точке» детали, а также усредненную кривую T_p - относительной опорной длины профиля, где p - значения уровня сечения профиля в процентах, которая характеризует свойства уплотнительных поверхностей при контактном сжатии. Кстати, для получения этой кривой на профилометре типовой комплектации требуется выполнить не менее 10-20 проходов иглы даже без учета усреднения по нескольким проходам. Т.е производительность модернизированной системы возрастает на порядок даже без учета затрат времени на ручную обработку и построение графиков для отчета о выполненной лабораторной работе или сертификата ОТК.

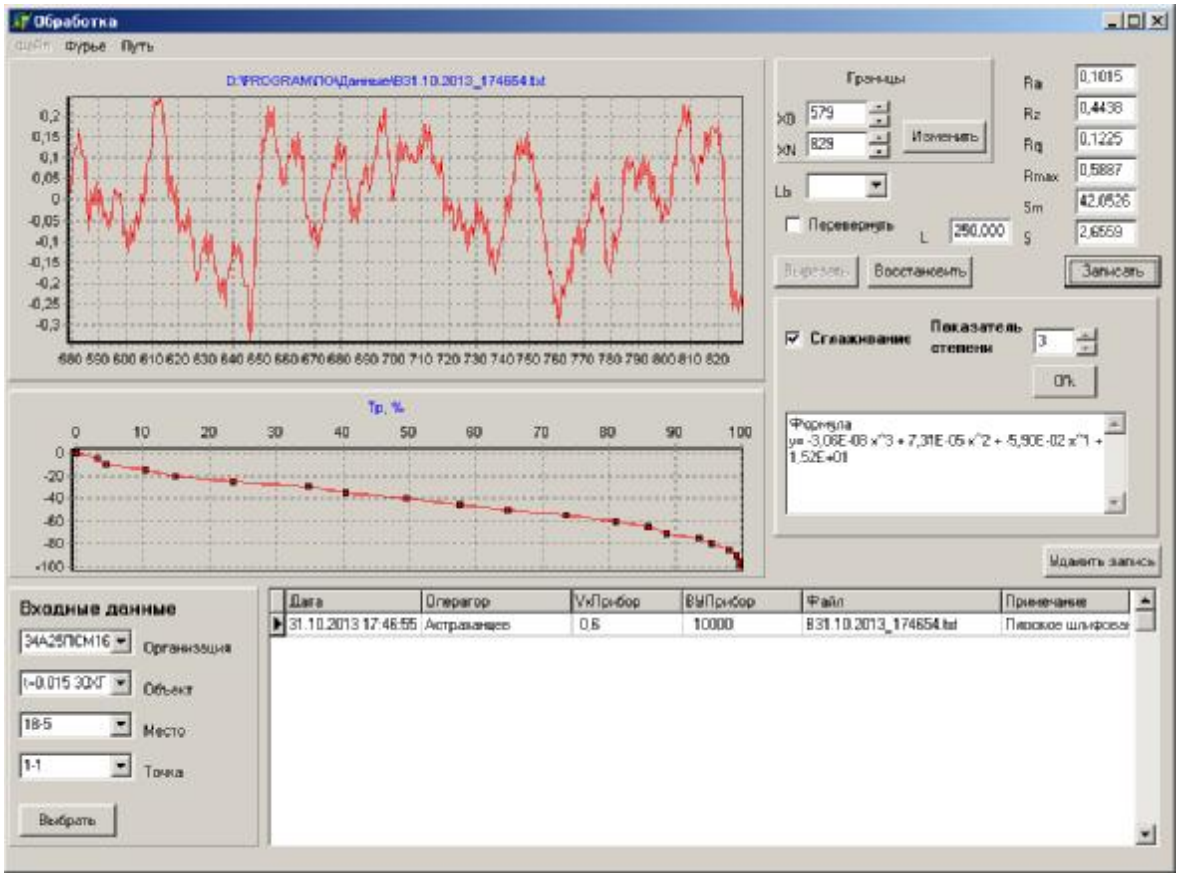


Рис. 3. Результат обработки фрагмента профилограммы на опорной длине 0,25 мм по ГОСТ 2789

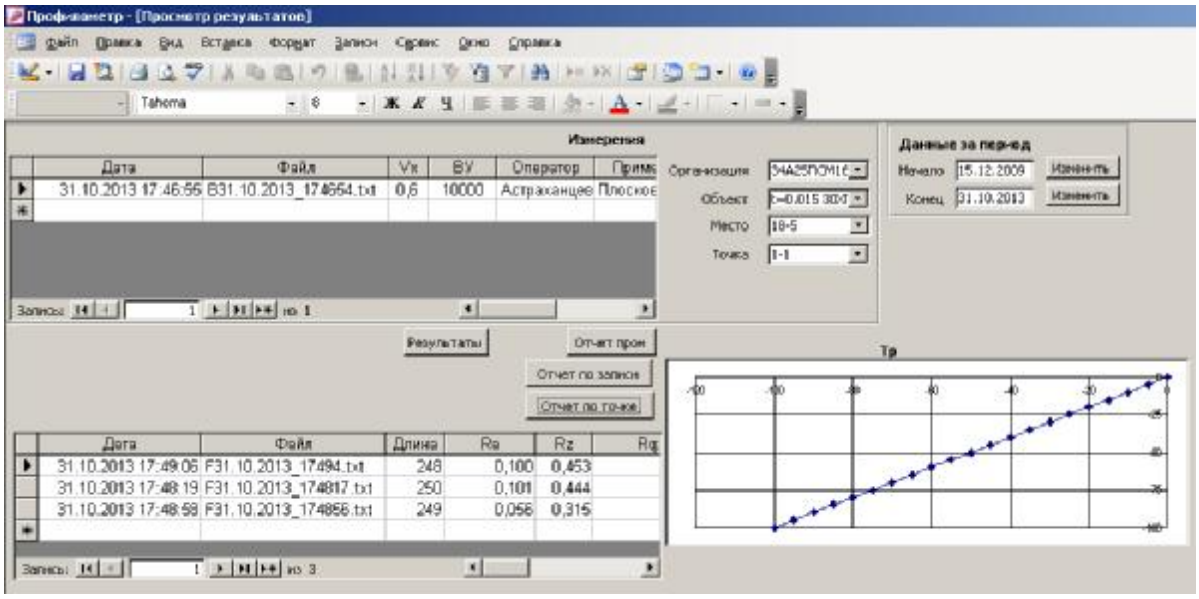


Рис. 4. Окно формирования итогового отчёта по нескольким записям и «обработкам», выполненным для одной «точки» на исследуемой детали

Результаты измерения

Организация	34А25ПСМ16К5А		
Объект	t=0.015 30ХГСНА ВД		
Место	18 5	Дата	31.10.2013
Сумма	1-4	Оператор	Астраханцев

№	Длина	Ra	Rz	Rq	RMax	S	Sm	Степень						
1	248	0,[illegible]	0,453	0,121	0,553	3,224	63,333	3	0,020	0,053	0,033	0,153	0,198	0,274
									0,359	0,427	0,524	0,589	0,665	0,742
								0,513	0,883	0,907	0,945	0,96	0,972	0,983
2	250	0,[illegible]	0,444	0,122	0,553	2,253	42,053	3	0,032	0,044	0,104	0,148	0,236	0,243
									0,401	0,795	0,575	0,740	0,776	0,812
								0,53	0,888	0,932	0,953	0,98	0,992	0,993
3	249	0,253	0,316	0,073	0,433	2,405	8,820	3	0,008	0,012	0,024	0,044	0,096	0,159
									0,389	0,702	0,554	0,567	0,767	0,827
								0,71	0,916	0,944	0,972	0,90	0,900	0,955
Средние		0,[illegible]	0,404	0,106	0,525	2,762	37,062		0,020	0,007	0,074	0,115	0,077	0,270
									0,351	0,442	0,551	0,534	0,73	0,794
								0,547	0,090	0,925	0,957	0,970	0,907	0,950

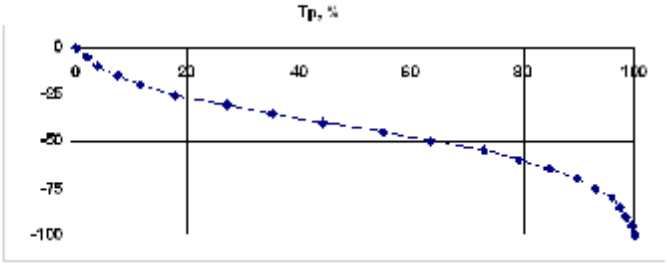


Рис. 5. Форма итогового отчета, сформированного измерительной системой

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Модернизация производилась в условиях жесткой экономии средств заказчиков. Поэтому в качестве оборудования использовалась популярная серия I-70XX – одноканальный АЦП I-7012. Программы регистрации и обработки профилограмм создавались в программной среде LabVIEW.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Выполненная разработка может быть рекомендована для модернизации всего парка профилометров, сохранившихся в заводских и учебных лабораториях технических учебных заведений, причем с весьма низкими затратами. Опыт, накопленный в процессе эксплуатации системы, будет использован при модернизации других измерительных практикумов при обучении машиностроителей, например компьютеризация динамометра для измерения сил резания.

Работа выполнена с использованием оборудования и других ресурсов Центра коллективного пользования приборами «Байкальский центр нанотехнологий» на базе НИУ ИрГТУ.

6. Список литературы

1. Исследования и изобретательство в машиностроении: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / М.Ф. Пашкевич, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, Л.М Кожуро, В.М.Пашкевич; Под общ. Ред. М.Ф.Пашкевича. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2005. - 287 с.: ил. (глава15, http://www.bru.mogilev.by/students/material/researches/glava15.htm)
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

И.М. Филиппов, Н.И. Алексеев, Н.М. Соловьева, А.А. Алексеев.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Амосова», г. Якутск

1. Постановка задачи

Современное образование требует, чтобы в каждом учебном заведении занятия по техническим дисциплинам, таким как физика, электроника, робототехника, сопровождались интерактивными методами и средствами обучения.

Интерактивная многофункциональная образовательная платформа должна обладать широкими и гибкими аппаратными и программными возможностями, способными полноценно и качественно обеспечить образовательный процесс.

Предлагаемый проект, нацелен на решение вышеизложенной задачи, и представляет собой многофункциональную образовательную платформу, в виде единого набора-конструктора, позволяющей создавать разнообразные модели роботов, проводить интерактивные опыты и эксперименты по физике, химии, электронике с использованием виртуальных приборов, а также изучать основы программирования, разрабатывать и прототипировать различные радиоэлектронные устройства (рис.1).

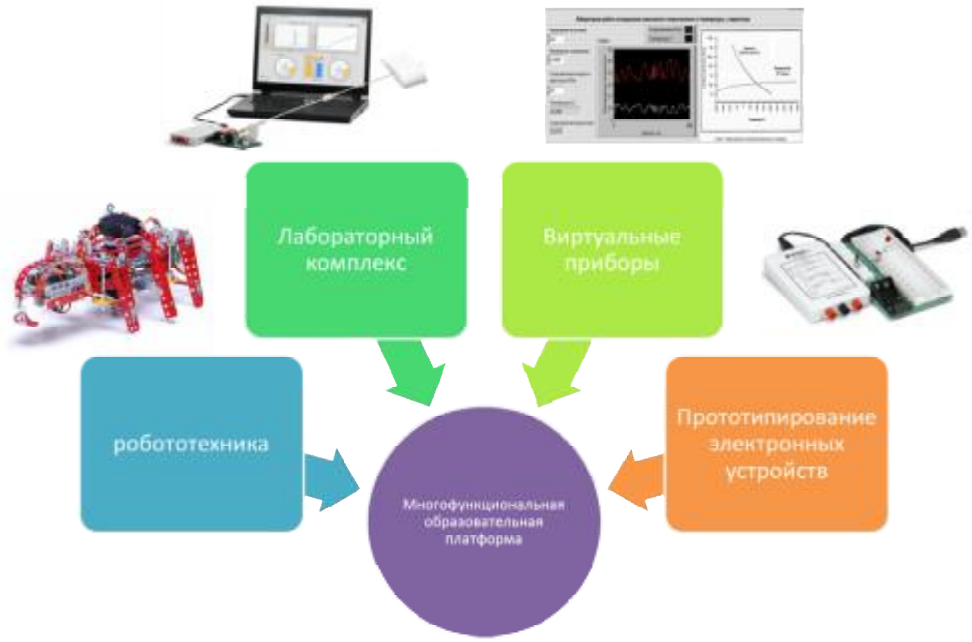


Рис. 1. Многофункциональная образовательная платформа объединяет в едином комплексе несколько образовательных направлений

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Аппаратно-программный комплекс платформы основан на Arduino - совместимой микроконтроллерной платой с открытой архитектурой, свободно распространяемой средой разработки ArduinoIDE [3] и виртуальных приборов, разработанных в среде графического программирования NI LabVIEW 2012 SP1 [4].

3. Описание решения

Предлагаемая нами платформа (см. рис.2) включает в себя единый Arduino - совместимый контроллер (1) и комплекс датчиков (2) и моторов, позволяющие:

- в творческой форме, ознакомиться с основами робототехники, самостоятельно разрабатывая различные модели роботов (3);
- использовать, кроме прилагаемых в наборе, различные датчики сторонних производителей, расширяя возможности платформы и давая творческую свободу пользователю;
- проводить интерактивные опыты и эксперименты по естественным предметам (4);
- изучать, прототипировать и тестировать электронные устройства (5);

- управлять проектами с компьютера (6) и обрабатывать данные виртуальными приборами NI LabVIEW (7).

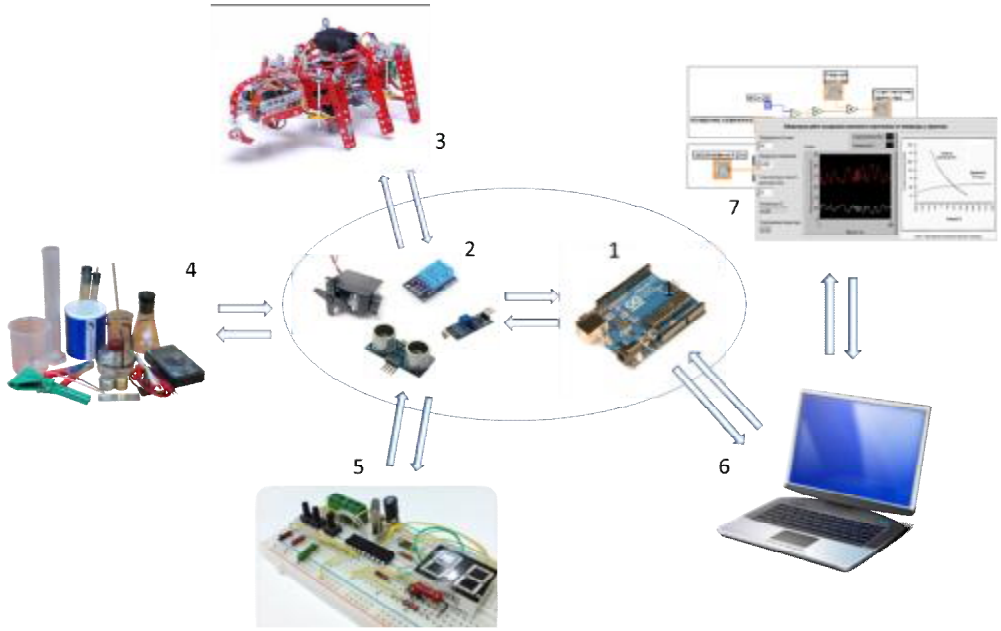


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия компонентов платформы (пояснения в тексте)

Образовательная платформа представляет собой набор-конструктор, включающий в базовой комплектации: микро-ЭВМ (контроллер), мотор-редуктор, сервомоторы, датчики, радиоэлектронные компоненты, макетную плату, комплект стандартных металлических деталей, программное обеспечение и руководство по эксплуатации.

Платформа основана на Arduino-совместимом контроллере, имеет открытую архитектуру и возможность работы с большинством дополнительных плат (шилдов) для Arduino, что также расширяет решаемые платформой задачи.

Программное обеспечение представлено средой разработки Arduino IDE, набором необходимых библиотек, примерами программ (скетчей) и виртуальными приборами, разработанными в среде LabVIEW. Виртуальные приборы необходимы для визуализации и контроля проводимых лабораторных экспериментов по естественным дисциплинам (рис.3). Все программы имеют открытый код, что позволяет пользователю модифицировать и изменять их.

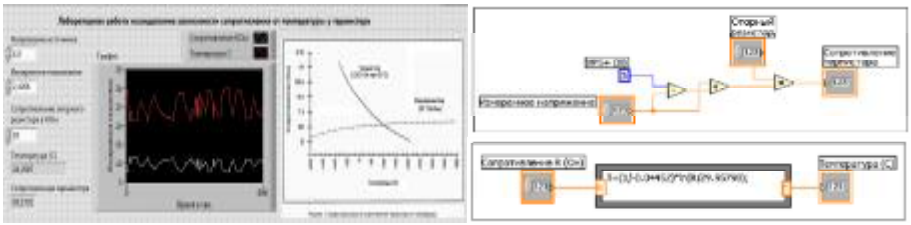


Рис. 3. Пример виртуального прибор, показывающий зависимость сопротивления термистора от температуры

Используя данный набор - конструктор пользователь сможет самостоятельно модифицировать электронную схему и код программ, подключать к платформе, кроме прилагаемых датчиков, другие разнообразные датчики, радиоэлектронные компоненты и исполнительные механизмы. Это дает пользователю полную свободу творчества.

4. Внедрение и его перспективы

Платформа внедрена в образовательный процесс студентов, обучающихся по направлению 050100.62 Педагогическое образование (профиль Физика), в дальнейшем будет использоваться в учебном процессе для студентов, обучающихся по направлению 140100.65 Теплоэнергетика и теплотехника 140800.62 Ядерные физика и технологии 140400.62 Электроэнергетика и электротехника и других технических направлений, также в общеобразовательные учреждения Республики Саха (Якутия). Набор-конструктор непрерывно модернизируется и расширяет свои возможности.

5. Список литературы

1. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : учебное пособие / С.В. Мищенко, А.Г. Дивин, В.М. Жилкин, С.В. Пономарев, А.Д. Свириденко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007.
2. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Lab VIEW 7/ Под.ред. Бутырина П. А. -М.: ДМК Пресс, 2005.
3. http://arduino.cc
4. http://labviewhacker.com

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДАТЧИКА АКСЕЛЕРОМЕТРА

А.А. Сульдин, В.В. Перлюк, Омаир Аль-Хатим

Россия, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Саудовская Аравия, Researcher Center of Science of aviation technology

1. Постановка задачи

Измерение линейных ускорений является одной из составляющих решения задач в различных областях техники. Обширная номенклатура областей использования данных об ускорениях привела к модернизации приборов для их измерения и необходимости создания систем их калибровки и испытания, а также недорогих учебных калибровочных систем.

Существующее оборудование для задания линейных ускорений является малопригодным для учебных целей ввиду высокой стоимости и больших габаритов.

В докладе предлагается вариант учебного стенда для калибровки и определения динамических характеристик аналоговых микромеханических акселерометров.

2. Описание процесса задания тестовых воздействий

Испытуемый датчик располагается на подвижной платформе так, что его ось чувствительности направлена к центру платформы. Для этого система крепления имеет возможность поворота датчика в нужную сторону. Система крепления датчика изображена на рисунке 1.

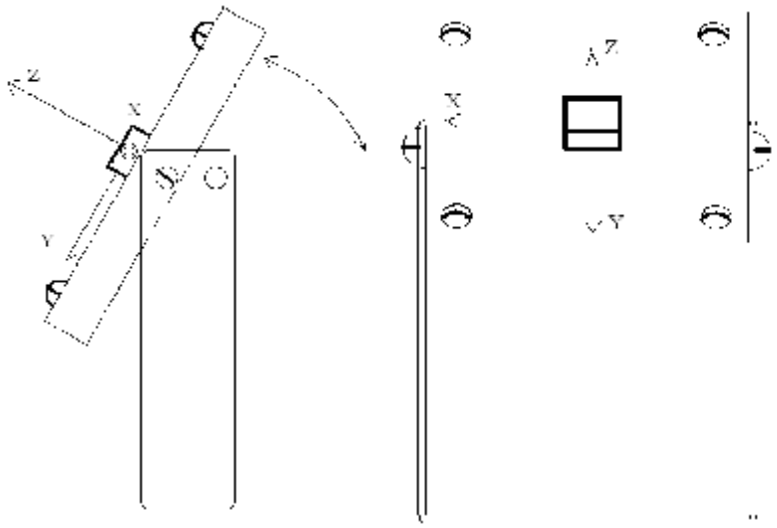


Рис. 1. Система крепления датчика

Датчик расположен на определенном расстоянии R от центра платформы (Рисунок 2). Это расстояние записано в память вычислителя. По краям платформы нанесены метки. При вращении оптическая пара инфракрасный светодиод - фототранзистор регистрирует чередование меток. Сигнал поступает на вычислитель, где рассчитывается значение ускорения по формулам (1) и (2).

$$a = \frac{V^2}{R} \tag{1}$$

где a – ускорение, м/с², V – линейная скорость, м/с, R – расстояние от датчика до центра платформы, м

$$V = \frac{2pR}{w} \tag{2}$$

где W – частота вращения, об/с

$$w = \frac{m}{n} \tag{3}$$

где m – Число меток, посчитанных за единицу времени, n – общее число меток

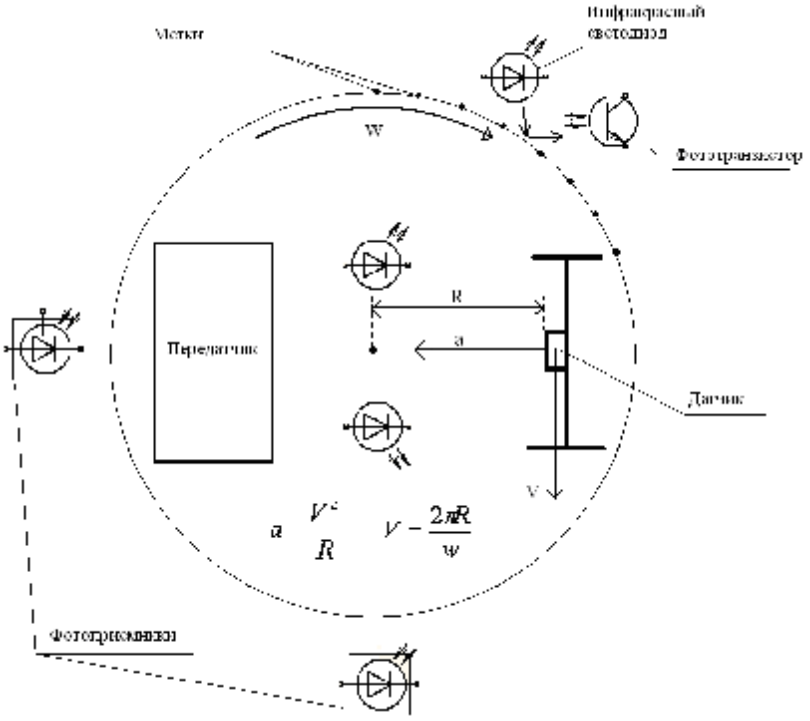


Рис. 2. Схема расположения компонентов на платформе

Фотоприемники и передающие светодиоды расположены таким образом, чтобы обеспечивать постоянное пересечение секторов приема и секторов передачи для бесперебойного поступления сигнала с платформы на неподвижную часть установки.

3. Структура и состав испытательного стенда

Структурная схема испытательного стенда представлена на рисунке 3.

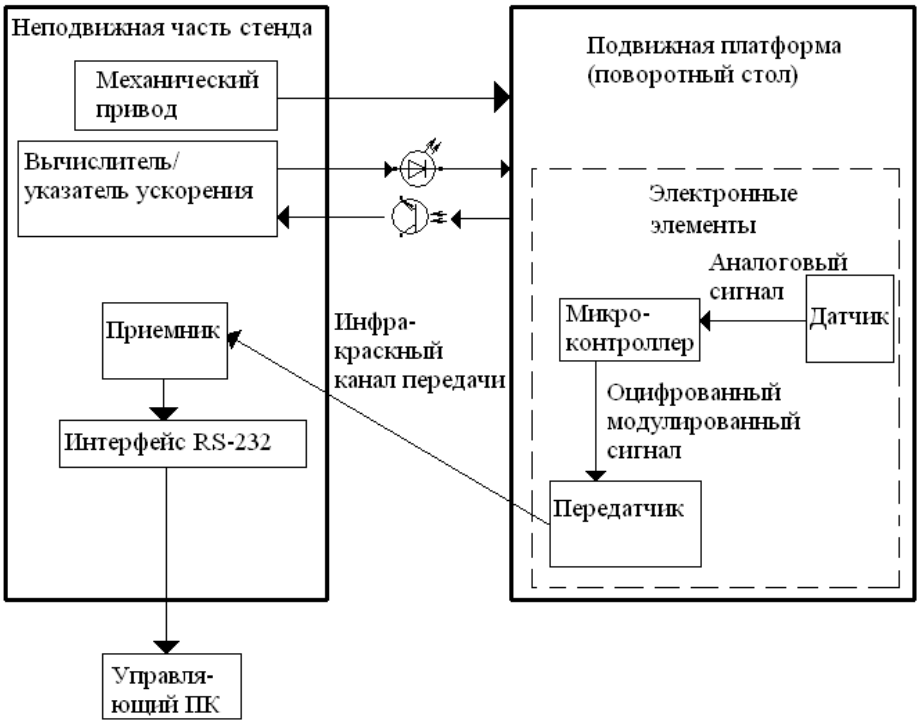


Рис. 3. Структурная схема установки

В состав системы входят: управляющий компьютер с установленной программной средой ”Labview” и имеющий в наличии COM порт, учебный стенд со смонтированным на нем акселерометром. Объектом проверки является микромеханический датчик линейных ускорений.

Объект проверки подключается к учебному стенду с помощью проводов и зажимов. Учебный стенд подключается к компьютеру кабелем через COM порт. На ПК установлено разработанное в ”Labview” специальное программное обеспечение, обеспечивающее проверку датчика. С помощью ПК осуществляется контроль данных, получаемых от установки.

4. Описание работы испытательного стенда

Механический привод приводит в движение подвижную платформу с изменяемой скоростью вращения, которая задает ускорение. Датчик, закрепленный на подвижной платформе, передает сигнал в виде уровня напряжения на аналогово-цифровой преобразователь микроконтроллера. Тот же микроконтроллер обеспечивает перевод результатов преобразования (код АЦП) в формат протокола UART и формирование частотно модулированного сигнала для подачи его на передатчик. Приемник, установленный на неподвижной части стенда принимает сигнал от передатчика и отправляет его в аппаратный интерфейс RS-232 для преобразования в соответствующий формат (согласования напряжений). Далее данные поступают через COM порт на компьютер, где происходит преобразование кода АЦП в значение напряжения и его отображение установленной программной средой LABVIEW.

Одновременно вычислитель/указатель ускорения считывает при помощи оптронного датчика данные о скорости вращения платформы и вычисляет задаваемое ей ускорение, после чего выводит данные об ускорении на индикатор. Затем оператор фиксирует значение ускорения на индикаторе и значение снимаемого напряжения.

Стенд имеет два основных режима работы.

В первом режиме для калибровки используется центробежное ускорение, регулируемое скоростью вращения платформы. Постепенно увеличивая ускорение платформы и снимая значения напряжения на датчике, можно построить характеристику датчика. При помощи системы крепления можно менять направление воздействия ускорения – сонаправлено или противоположно направлено оси чувствительности.

Во втором режиме калибровка производится методом четырех – точечного переворота. Метод заключается в выравнивании измерительной оси датчика либо сонаправлено, либо перпендикулярно вектору силы тяжести. Это достигается благодаря конструкции системы крепления, позволяющей вращать закрепленный датчик вокруг своей оси.

Для того чтобы минимизировать ошибки используются несколько измерений в одном положении и вычисляется среднее значение.

Достоинством данного метода является простота, отсутствие специального оборудования и, как следствие, низкая стоимость. Главный недостаток – снижение точности при увеличении диапазона измерений датчика выше 20g. Неэффективен для датчиков ударной перегрузки (High-g).

5. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Внешний вид лицевой панели виртуального прибора изображен на рисунке 4: 1 – Элементы байтового массива передаваемых данных; 2 – код аналогово-цифрового преобразователя; 3 – напряжение, снимаемое с датчика; 4 – график зависимости напряжения от времени; 5 – действительное значение ускорения; 6 – кнопка записи в таблицу значений; 7, 16 – Кнопки сброса (очищают таблицы), 8 – таблица для записи значений; 9 – кнопка записи в файл; 10 – индикатор существования файла с выбранным именем; 11 – кнопка выбора стартовой директории; 12 – кнопка выбора режима запись/дописывание в файл; 13 – таблица с результатом вычисления чувствительности датчика методом четырех - точечного переворота; 14 – таблица для записи исходных данных для вычисления чувствительности методом четырех – точечного переворота; 15 – запись в таблицу 14; 17 – выпадающее меню выбора COM – порта; 18 – тумблер, меняющий порядок следования элементов массива для обработки.

Программа состоит из следующих функциональных блоков, оформленных в отдельные циклы: блок считывания данных с COM – порта (нижняя часть диаграммы), блок записи результатов измерения в таблицу (левый верхний угол диаграммы), блок вычисления и записи результатов измерения методом четырех – точечного переворота (центральная часть диаграммы), блок записи в файл (правый верхний угол диаграммы). Рассмотрим их более подробно.

Считывание данных с COM – порта производится при помощи специальных инструментов VISA. VISA Configure serial port инициализирует последовательный порт. На этот элемент подаются константы для настройки порта: скорость обмена (2400 бод/с), количество стоповых бит (0), номер порта (VISA resource name), контроль четности (отсутствует), время таймаута (одна секунда). VISA

open открывает сессию для порта, поступающего с VISA resource name. VISA Read производит считывание указанного количества байт (2 байта).

Далее он складывается со значением первого элемента и в результате получается код АЦП, который выводится на табло и умножается на шаг дискретизации (5 вольт – максимальное значение напряжения, 1024 – количество значений, которое может выдать десяти – разрядный АЦП). Полученное значение напряжения выводится на график зависимости от времени и умножается на 1000 для получения значения в милливольтах, которое выводится на табло и одновременно поступает на следующие блоки для записи результата измерения.

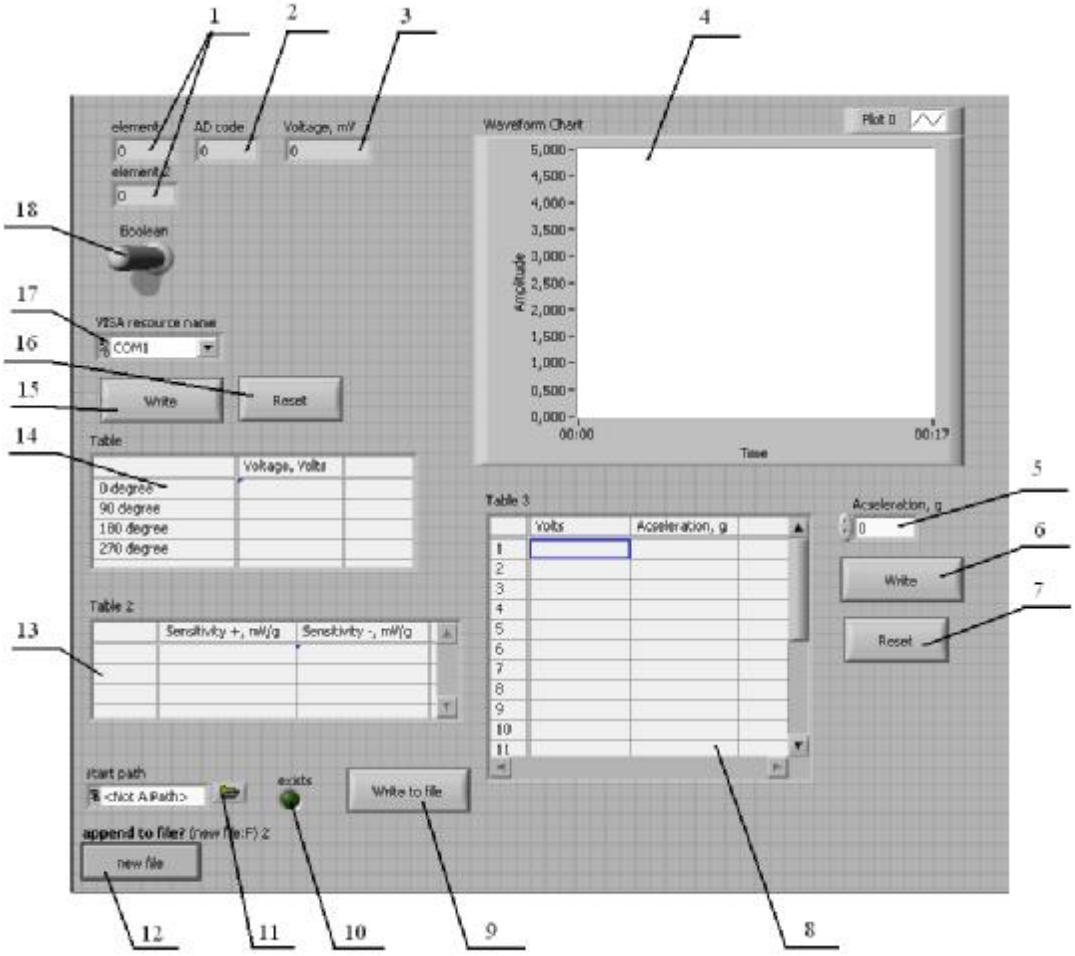


Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора

Общий вид блок – диаграммы изображен на рисунке 5

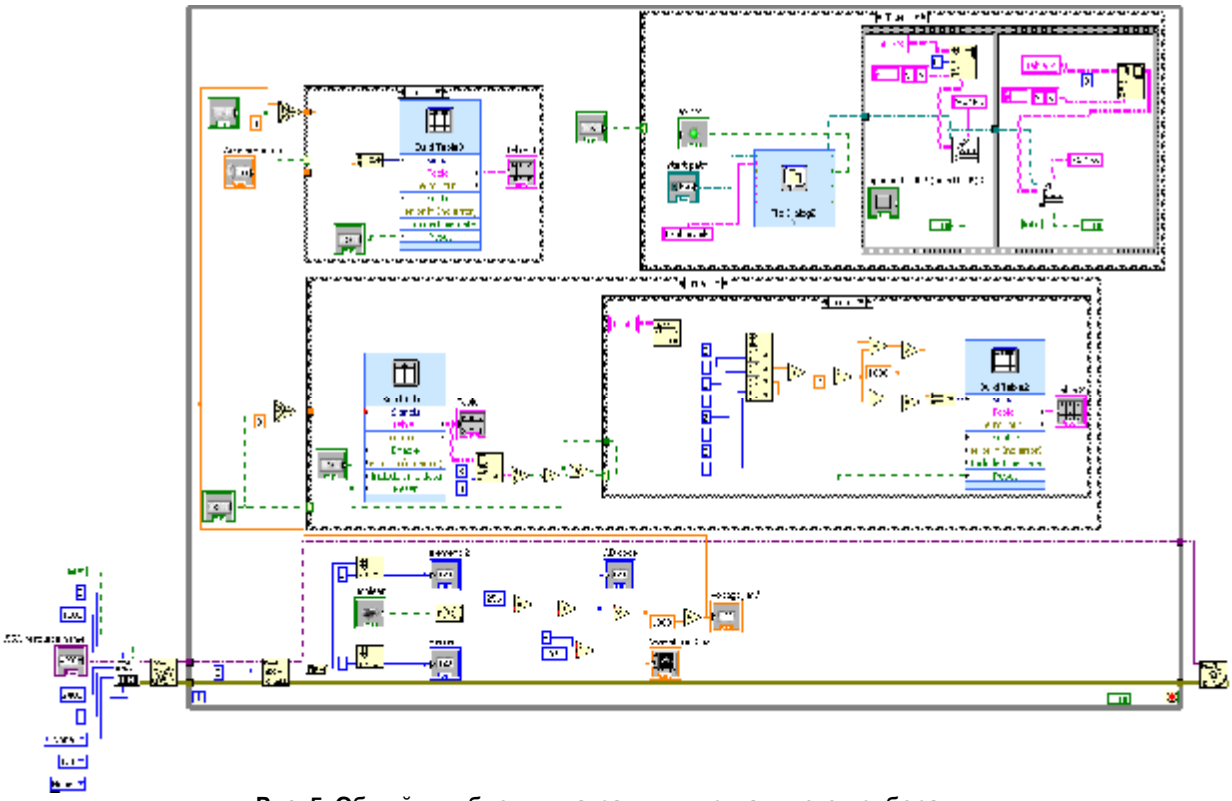


Рис. 5. Общий вид блок – диаграммы виртуального прибора

6. Перспективы внедрения и развитие решения

В ближайшее время планируется использование испытательного стенда в учебном процессе Государственного университета аэрокосмического приборостроения в дисциплинах, связанных с проектированием и моделированием бортовых каналов измерения. Также предполагается использование стенда в задачах разработки бортового комплекса управления сверхмалого беспилотного летательного аппарата.

7. Список литературы

1. Перлюк В.В, В.Н.Фенога, А.В.Соболев, И.В.Разухин. Опыт применения технологий NI Labview в учебной лаборатории технической эксплуатации авиационного оборудования. Журнал Мир авионики, N1. 2010, с. 24-26.
2. Перлюк В.В. В.Н.Фенога, Омаир Аль Хатим. Полунатурный автоматизированный лабораторный комплекс для исследований аппаратуры автопилота – 2012. Материалы 11 международной научно- практической конференции Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments -2012/ с.350-353.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ LABVIEW В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ПРИБОРАМ

Л.Г. Кулагина, А.А. Потапов, Л.В. Ахметвалеева

КГЭУ, Казань

1. Постановка задачи

Внедрение новых информационных технологий в учебный процесс для технических специальностей, где существенное место занимают лабораторные занятия, предполагает разработку виртуальных лабораторий по базовым техническим курсам. Особенно актуально применение таких лабораторных комплексов при дистанционном обучении. Проведение виртуальных лабораторных работ помогает освоить технику проведения эксперимента, приобрести навыки систематизации наблюдений, интерпретации данных и формулирования выводов, дает возможность расширения числа выполняемых лабораторных работ[1].

2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение

На кафедре «Промышленная электроника» Казанского государственного энергетического университета создан виртуальный практикум по основам аналоговой электроники для учебных курсов «Физические основы электроники», «Электроника и микропроцессорная техника» и «Твердотельная электроника» на базе среды программирования NILabVIEW. Данные дисциплины являются базовыми в подготовке бакалавров, специалистов и магистров по направлениям подготовки приборостроение; электротехника, электромеханика и электротехнологии.

3. Описание решения

В лабораторных работах исследуются параметры выпрямительных диодов, стабилитронов, туннельных диодов, варикапов, тиристоров и симисторов, зависимости характеристик исследуемых приборов от температуры. При создании виртуальных лабораторных работ использовались стандартные элементы LabView и графические изображения структурных узлов и блоков[2]. Графический интерфейс лабораторной работы имитирует реальную панель управления исследуемого прибора. В базе данных имеется широкая номенклатура исследуемых реальных приборов, что дает возможность проводить сравнительный анализ работы и характеристик диодов, изготовленных из разных полупроводниковых материалов. В качестве примера на рисунке 1 приведена передняя панель лабораторной работы «Исследование ВАХ варикапа».

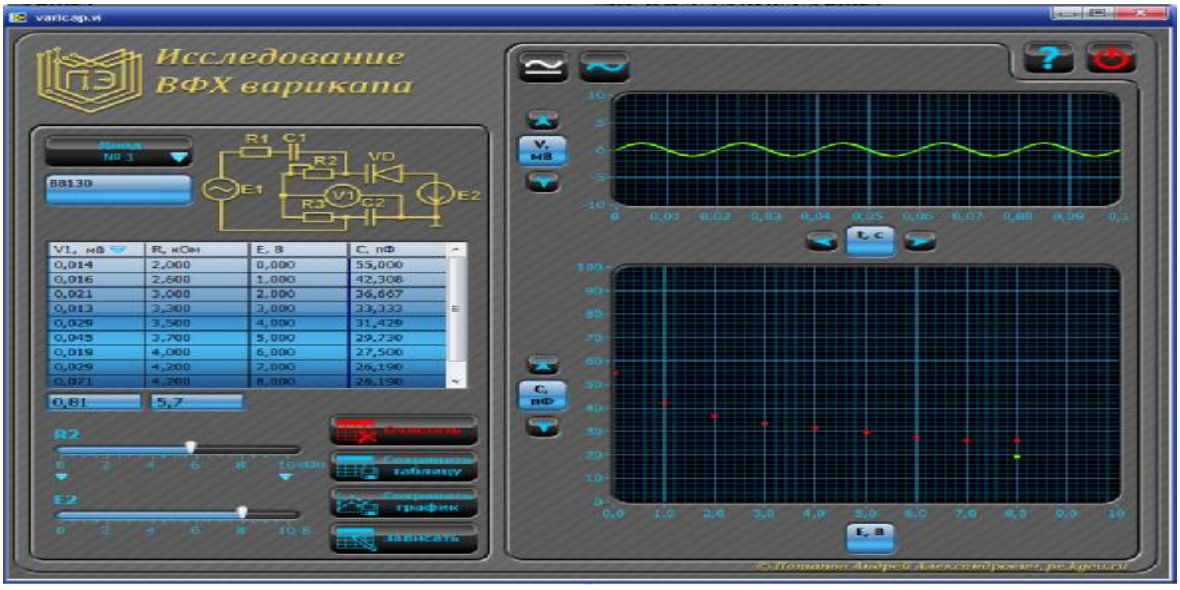


Рис. 1. Лицевая панель лабораторной работы «Исследование ВАХ варикапа»

На лицевой панели лабораторной установки отображены принципиальная электрическая схема измерения, элементы настройки и управления. С помощью элементов управления можно выбрать необходимые масштабы напряжения (вольты, милли- или микровольты). На графике элементы управления позволяют изменять масштаб измерения емкости и обратных напряжений. Имеется возможность отображать результаты измерений в виде таблицы. Для измерения емкости варикапа применяется измерительная схема, содержащая четырехплечий мост.

Аналогичные решения приведены на рисунках 2 и 3, показаны панели лабораторных работ «Исследование ВАХ туннельного диода» и «Исследование ВАХ тиристора».

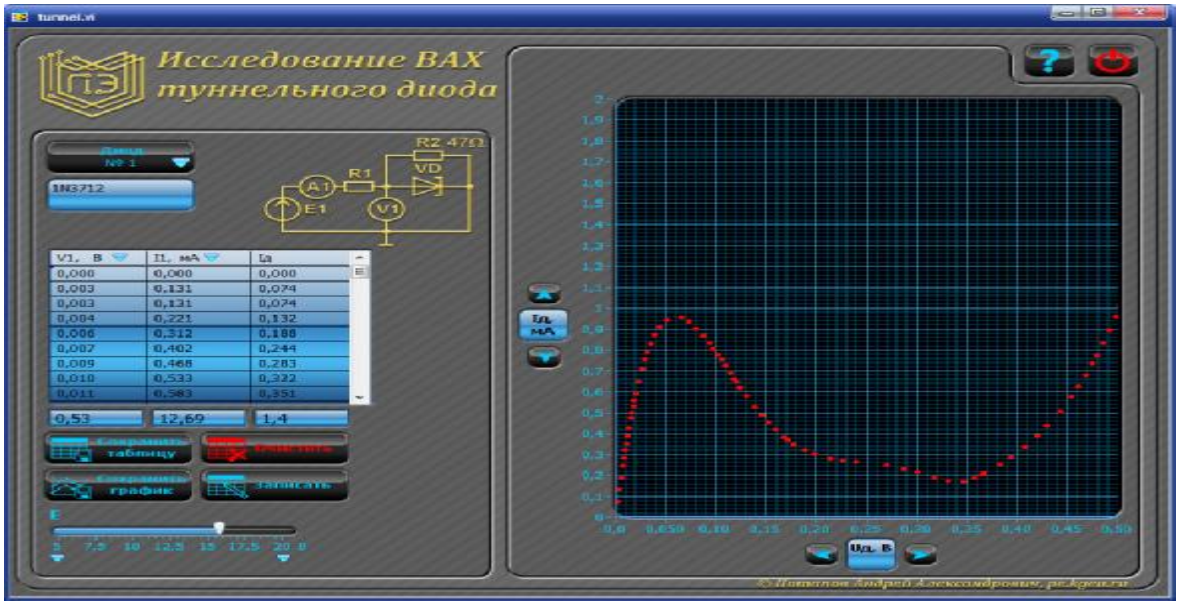


Рис. 2. Лицевая панель лабораторной работы «Исследование ВАХ туннельного диода

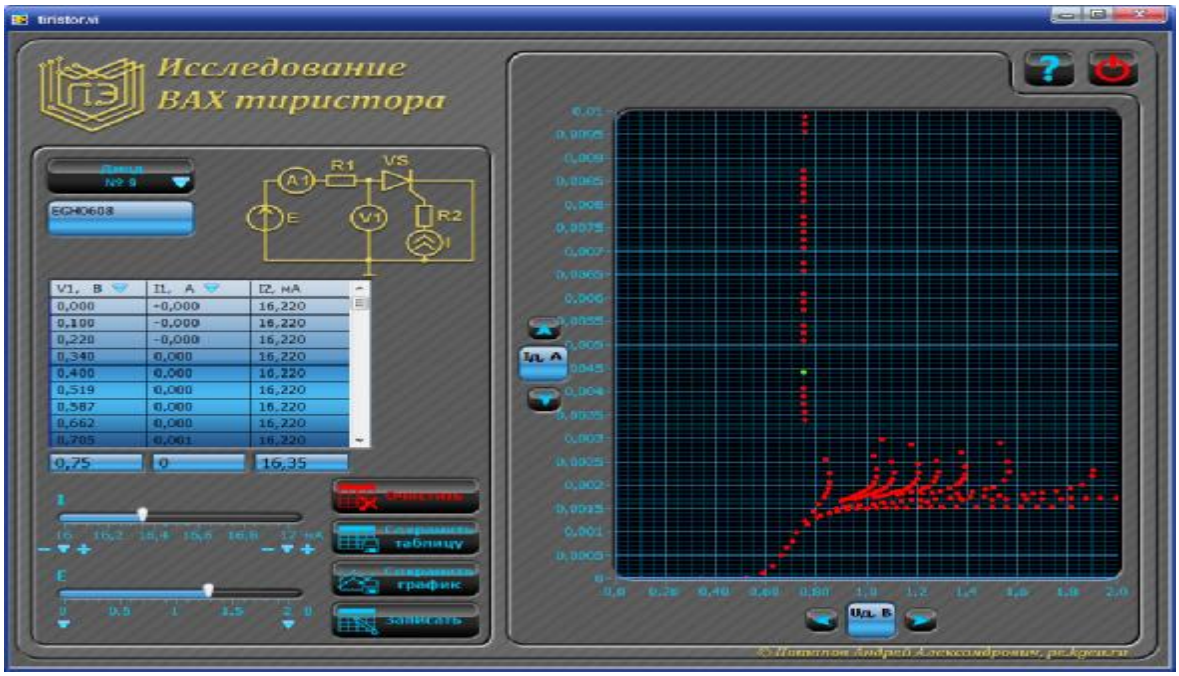


Рис. 3. Лицевая панель лабораторной работы «Исследование ВАХ тиристора»

Выпадающий список «Диод» содержит большое количество исследуемых приборов различных марок и из разных полупроводниковых материалов.

4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработанный виртуальный лабораторный практикум выполняется в среде программирования National Instrument LabView 8.2.

5. Перспективы внедрения и развития решения

Разработанные виртуальные лабораторные работы были апробированы в учебном процессе. Лабораторный практикум показал свою эффективность и может использоваться для получения практических умений и навыков при подготовке бакалавров, специалистов и магистров специальностей, связанных с электроникой и измерительной техникой, дает возможность расширения числа выполняемых лабораторных работ, позволяет создавать виртуальные компьютерные панели с близкими к реальным органами управления. исследовать приборы реальных марок и из разных полупроводниковых материалов. В настоящее время предполагается более широкое использование виртуального лабораторного практикума в дистанционном обучении.

6. Список литературы

1. Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. М.: ДМК Пресс, 2007, 400с.

2. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В., Папуловский В.Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: Учебн. пос. – М.: ДМК Пресс. 2005.-208с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ АДАПТИВНЫМ ШАГАЮЩИМ РОБОТОМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГАЗОПРОВОДОВ

М.Б.Игнатьев, Я.А.Липинский, А.А.Литовкин, В.В.Перлюк

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

1. Постановка задачи

Самые различные трубы являются основой современной цивилизации – это и водопроводы, и канализация, и нефтепроводы, и газопроводы и химические производства и энергетика [1,2,3]. Трубы изнашиваются, подвергаются коррозии и деформациям и нуждаются в контроле и диагностике для предотвращения аварий. Существует большой арсенал средств для решения этой проблемы, который нуждается в улучшении. Решение этой проблемы возможно лишь в условиях обеспечения информационной безопасности. Предлагаемый нами и запатентованный автономный адаптивный шагающий робот создан для диагностики состояния труб газопроводов без отключения подачи газа. Робот перемещается внутри трубы в потоке газа, откуда и черпает энергию[4,5]. Робот может перемещаться внутри трубы на многие километры, он не связан проводами с оператором, результаты диагностики сообщаются оператору по беспроводной системе связи.

Внешний вид действующего рабочего макета робота, на котором отрабатывались алгоритмы управления, представлен на рис. 1.

1- ветротурбина: 2 - распоры – “ноги” заднего кольца; 3 - распоры – “ноги” среднего кольца; 4 - распоры – “ноги” переднего кольца; 5 – камера для визуального контроля внутренней поверхности трубы; 6 – переднее кольцо; 7 – среднее кольцо; 8 – заднее кольцо; 9 – каркас робота с установленным внутри механизмом перемещения внутреннего кольца и электронной системой управления движением робота.

При создании этого робота были предложены следующие новые технические решения:

Во-первых, это проблема энергообеспечения. Чаще всего для контроля и диагностики трубопроводов используют энергию, поступающую по электрическим кабелям, что существенно ограничивает их возможности. Мы предложили использовать поток газа для получения необходимой электроэнергии с помощью оригинальной ветротурбины, а в качестве исполнительных устройств использовать оригинальные электромагниты на основе сильных постоянных магнитов, что и позволило нам обеспечить необходимый энергетический баланс. Большинство различных трубопроводов заполнено различными жидкостями, но на период ремонта они освобождаются от жидкостей и туда в качестве энергоносителя может подаваться сжатый воздух, из потока которого наш робот может черпать энергию.

Во-вторых, это проблема адаптации робота при перемещении робота внутри трубы к различным выступам, изгибам и деформациям. Это проблема решена нами путем использования принципа адаптивного шагания. У робота девять ног, башмачки которых поочередно втягиваются или вытягиваются вплоть до соприкосновения со стенками трубы. Активизированные электромагниты ног играют роль магнитных пружин, что и обеспечивает адаптацию к различным выступам, деформациям и изгибам.

В-третьих, это проблема диагностики состояния трубы. На теле робота имеется возможность закреплять различные диагностические устройства, закреплены вэб-камеры с полупроводниковыми светодиодами для освещения внутренней поверхности трубы. Возможно закрепление 6 таких вэб-камер для полного осмотра внутренней поверхности трубы. Вместо вэб-камер можно установить ультразвуковые генераторы и приемники для диагностики тела трубы.

В-четвертых, это проблема передачи информации человеку-оператору. Она решена с помощью использования беспроводной передачи, ведь труба – это хороший волновод.

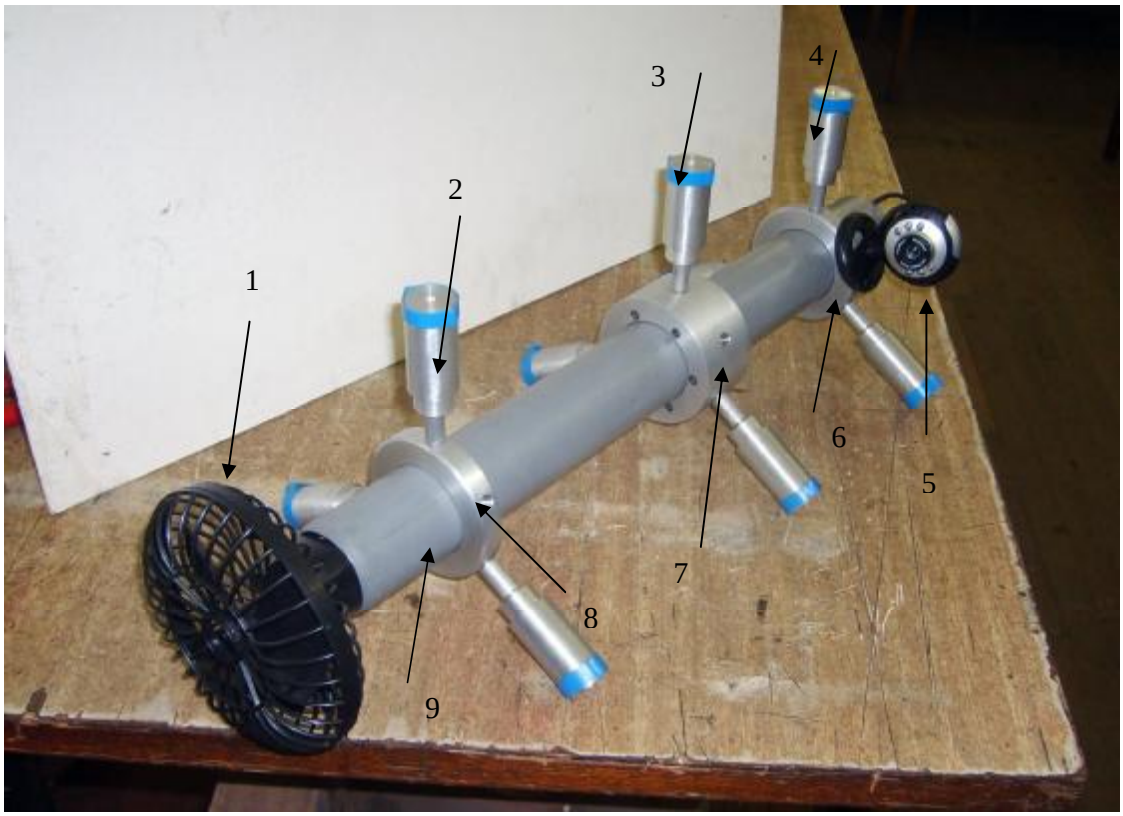


Рис. 1. Внешний вид действующего макета автономного адаптивного шагающего робота для диагностики газопроводов

2. Описание решения

Для обеспечения управления перемещением робота внутри трубопровода используется принцип последовательного втягивания- вытягивания до соприкосновения с внутренней поверхностью трубопровода двух групп “ног”- распорок, закрепеленных на неподвижных переднем и заднем кольце, а также на подвижном среднем кольце. При этом, движение осуществляется путем выполнения следующего цикла:

1) выдвижение и фиксация “ног” – распорок неподвижных колец (заднего и переднего);
2) втягивание “ног” – распорок подвижного кольца (среднего);
3) перемещение подвижного кольца в направлении, соответствующему заданному направлению перемещения робота до момента срабатывания одного из концевых датчиков, установленных на неподвижных кольцах;
4) выдвижение и фиксация “ног” – распорок подвижного кольца (среднего);
5) втягивание “ног” – распорок подвижного неподвижных колец (заднего и переднего);
6) перемещение подвижного кольца в направлении, противоположному заданному направлению перемещения робота до момента срабатывания одного из концевых датчиков, установленных на неподвижных кольцах;

Электрические сигналы, используемые для реализации такого принципа управления приведены в таблице. Все они являются дискретными. Сигналы, поступающие из системы управления на исполнительные элементы робота служат для включения соответствующих электромагнитов, управляющих перемещением распоров- “ног”, а также для перемещение среднего кольца. Сигналами, поступающими на систему управления от робота являются состояния концевых датчиков, закрепленных на неподвижных кольцах робота в момент касания их подвижным средним кольцом.

Для управления макетом робота с помощью управляющего компьютера разработан виртуальный прибор, обеспечивающий отработку режимов перемещения робота с аппаратной имитацией работы реального оборудования. Важнейшим элементом является пульт управления перемещением робота. Богатые возможности библиотечных элеемнтов среды Labview позволяют добиться достаточно адекватного соответствия между созданным с их помощью виртуального прибора и реальным аппаратным устройством.

Структура информационных сигналов системы управления роботом

Назначение канала данных	Направление передачи данных	Разъем на устройстве USB-6008
Задний концевой выключатель	От робота	Digital P0.0
Передний концевой выключатель	От робота	Digital P0.0
Управляющая обмотка электромагнитов распоров – “ног” переднего и заднего кольца	К роботу	Digital P1.0
Управляющая обмотка электромагнитов распоров - “ног” среднего кольца	К роботу	Digital P1.1
Управляющий сигнал перемещения среднего кольца назад	К роботу	Digital P1.2
Управляющий сигнал перемещения среднего кольца вперед	К роботу	Digital P1.3

Созданный в среде Labview виртуальный прибор в будущем планируется использовать как ядро специального программного обеспечения, обеспечивающего работу бортового приборного оборудования робота на всех этапах его работы. Созданный полунатурный макет системы управления позволил существенно ускорить процесс проведения испытаний, а также отработать ранее недоступные в лабораторных условиях режимы работы [6,7]. Внешний вид панели управления виртуальным прибором представлен на рис.2

На этом экране оператор имеет возможность с помощью переключателя “направление движения” задавать направление движения робота или останавливать его. На индикаторе “Координата” выводятся координаты текущего положения робота, определенные с учетом заданного числа циклов для пройденного пути внутри трубопровода. Оператор также может контролировать текущее положение подвижного среднего кольца по индикатору “Смещение”, а также наблюдать за текущим состоянием сигналов на исполнительных элементах и концевых выключателях. Соответствующие состояния данной панели при выполнении цикла движения робота вперед и назад представлены на рис.3 и 4 .

Рис. 2. Панель управления и контроля оператором механизма движения робота К1 – состояние “ног- распорок” заднего кольца, К2 – состояние “ног- распорок” среднего кольца, К4 – состояние “ног- распорок” переднего кольца; К3 и К4 – состояние исполнительного механизма перемещения среднего кольца, D1 – концевой выключатель, закрепленный на заднем кольце, D2 – концевой выключатель, закрепленный на переднем кольце

В качестве основной алгоритмической конструкции разработанного виртуального прибора используется структура последовательности Sequence, каждый фрейм которой соответствует

описанному выше циклу движения робота. Таким образом созданный макет адаптивного шагающего робота представляет собой оригинальный программно-аппаратный комплекс, позволяющий перемещаться внутри трубы газопровода и взаимодействовать с объектами. Он обеспечивает информационное погружение человека-оператора в среду внутри газопровода с целью его диагностики.

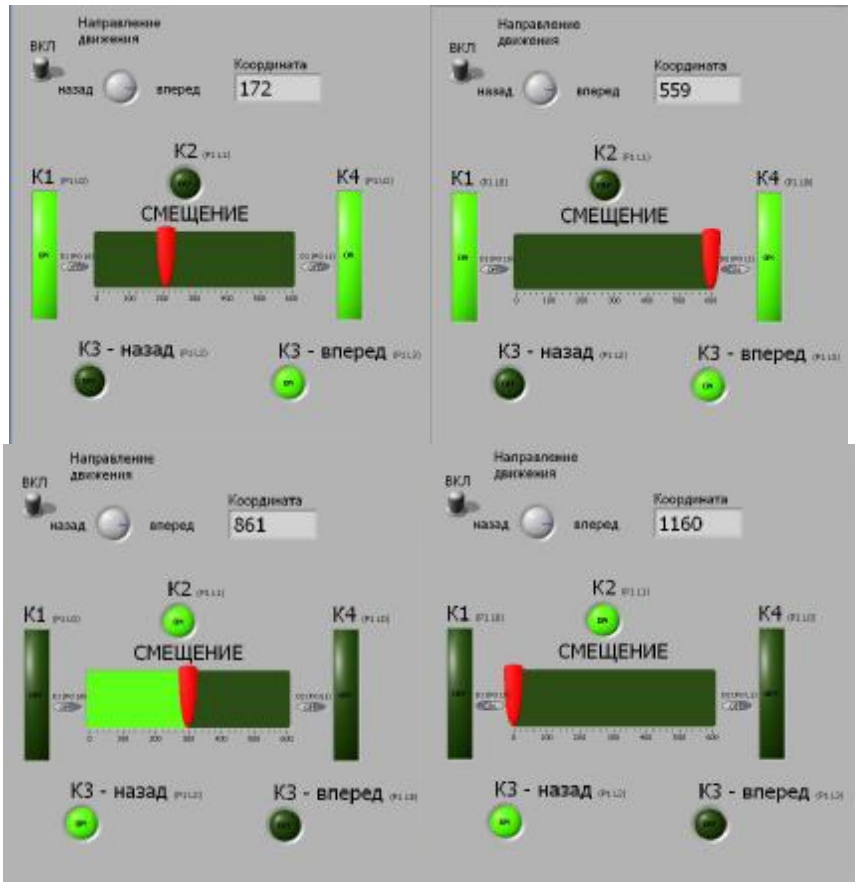


Рис. 3. Цикл движения робота вперед

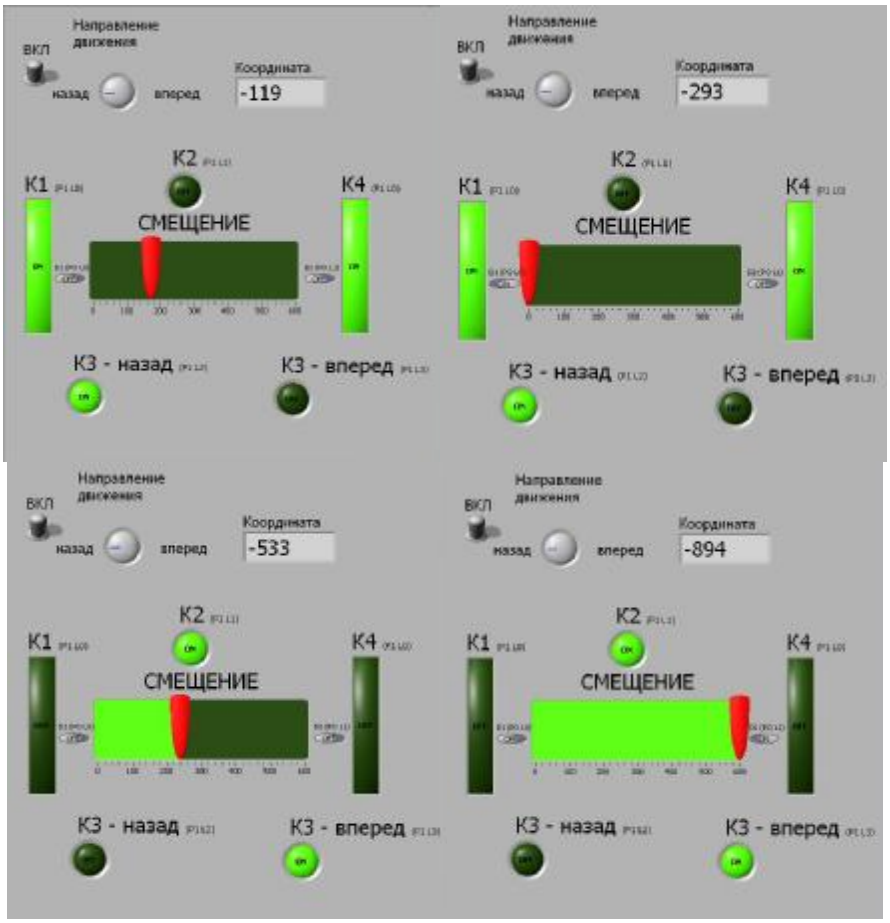
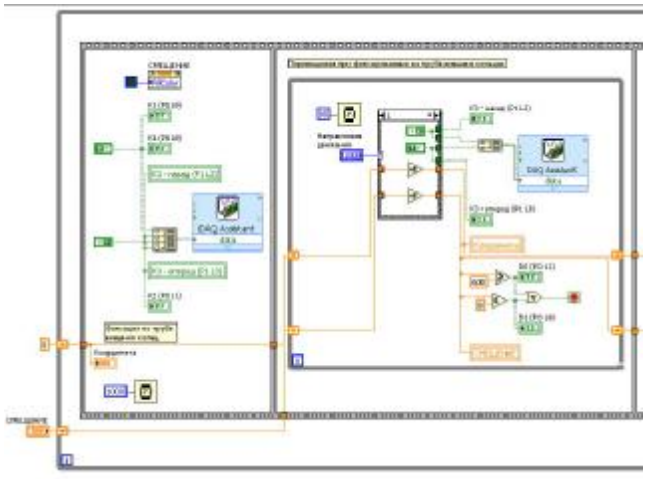
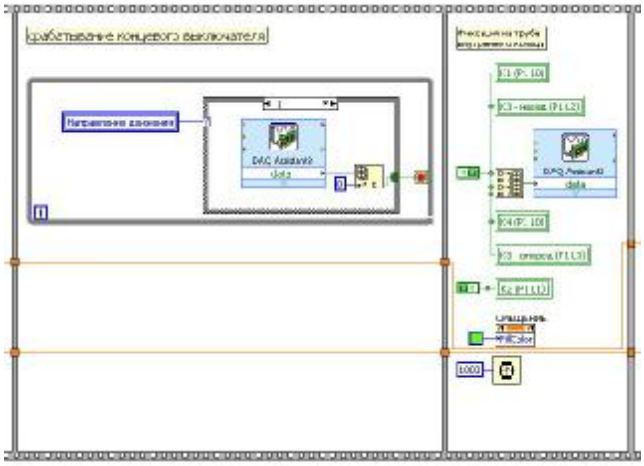


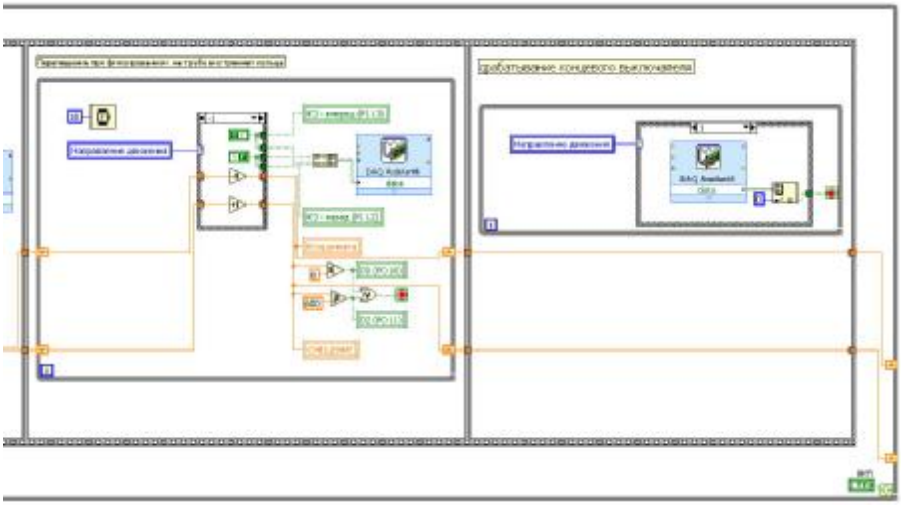
Рис. 4. Цикл движения робота назад



а) Этап движения с фиксированными “ногами” – распорками неподвижных колец робота



б) Этап выдвижения “ног” – распорок подвижного кольца и втягивания “ног” – распорок неподвижных колец робота

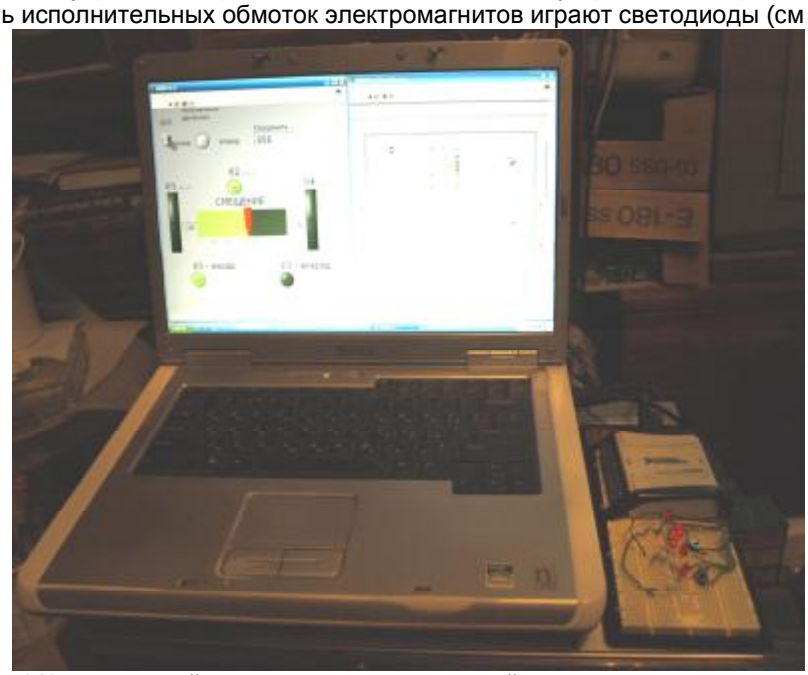


в) Этап движения с фиксированными “ногами” – распорками подвижного кольца робота

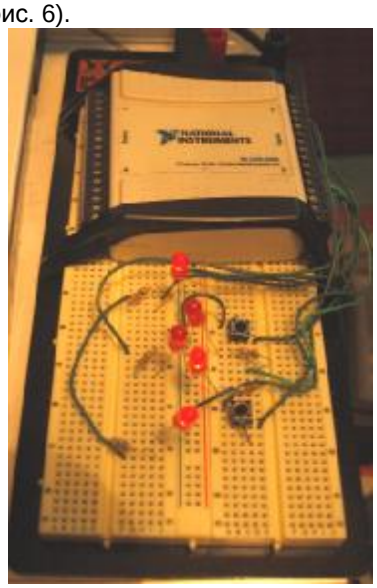
Рис. 5. Диаграмма виртуального прибора

3. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW-2013. Для отработки системы управления был разработан макет системы управления роботом с использованием устройства сбора данных NI USB-6008, в котором роль исполнительных обмоток электромагнитов играют светодиоды (см рис. 6).



а) Управляющий компьютер, подключенный к имитатору аппаратуры подвижной системы робота



б) Имитатор аппаратуры подвижной системы робота

Рис. 6 Состав макета системы управления роботом с использованием устройства сбора данных NI USB-6008

4. Перспективы внедрения и развитие решения, заключение

В настоящий момент проведен анализ целей и задач использования робота в индивидуальном и групповом режимах, на основе которого должны быть разработаны сценарии использования робота для диагностики газопроводов различных типов. Разработана архитектура, состав и режимы работы типового класса роботов, требования к аппаратному, информационному, телекоммуникационному и программному обеспечению, а также к объемно-пространственным характеристикам робота. Определен состав стандартных и специализированных программных и аппаратных модулей типового

класса роботов с возможностью индивидуального и группового режимов работы. Изготовлен экспериментальный образец робота, испытания которого подтвердили его работоспособность. Робот демонстрировался на Всемирной выставке в Ганновере в апреле 2013 года [2]. Автономный адаптивный шагающий робот существенно пополняет арсенал средств для диагностики газопроводов и повышает их безопасность [4].

В ближайшее время планируется установка на макете шагающего робота полезной нагрузки в виде двух веб- камер, снабженных источниками освещения, с целью проведения экспериментов по автоматической обработке видеоизображения внутренней поверхности трубы (см. рис 7).

Для решения этой задачи планируется организовать режим видеосъемки с наклоненным по отношению продольной оси робота падающим на внутреннюю поверхность трубы световым потоком. Это позволит в дальнейшем автоматизировать процесс распознавания дефектов трубы с использованием программного обеспечения, реализующего методы технического зрения на основании библиотек виртуальных инструментов Labview.

Также для обеспечения требуемого уровня диагностики состояния трубы планируется в состав бортового оборудования робота включить ультразвуковой датчик, включающий в себя генератор и приемник расположенные на торцах конструкции робота

Рис. 7. Пример выявленных дефектов трубы

5. Список литературы

1. Игнатьев М.Б. «Информационные технологии в микро-, нано- и оптоэлектронике», Санкт-Петербург, изд. ГУАП, 2008, 200 стр.
2. Игнатьев М.Б., Я.А.Липинский, Г.М.Герасимов, П.И.Макин «Автономный шагающий адаптивный робот для диагностики газопроводов» Информационный листок и каталог Всемирной выставке в Ганновере, апрель 2013.
3. Кутуков С.Е. «Информационно-аналитические системы магистральных трубопроводов» Москва, СИП РИА, 2002, 324 стр.
4. Игнатьев М.Б., Каравашкин М.Б., Мироновский Л.А., Никитин А.В. «Тренажерный робототехнический комплекс для диагностики магистральных газопроводов» Тренажерные технологии и симуляторы – 2003. Материалы 2-ой научн.-техн. конф. СПб, изд. СПбГПУ, 2003, стр.57-58.
5. Игнатьев М.Б., Кулаков Ф.М., Покровский А.М. «Алгоритмы управления роботами-манипуляторами» первое издание 1972, второе издание в США – 1973г, третье издание – 1977, изд. Машиностроение, Ленинград, 242 стр.
6. Перлюк В.В,, В.Н.Фенога,А.В.Соболев, И.В.Разухин. Опыт применения технологий NI Labview в учебной лаборатории технической эксплуатации авиационного оборудования. Журнал Мир авионики, N1. 2010 с/24-26.
7. Перлюк В.В. В.Н.Фенога, Омаир Аль Хатим. Полунатурный автоматизированный лабораторный комплекс для исследований аппаратуры автопилота – 2012. Материалы 11 международной научно- практической конференции Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments -2012/ с.350-353.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТА АЭРОМЕТРИЧЕСКОГО РАДИОЗОНДА

А.П. Медина, Ю.П. Иванов, В.В. Перлюк, Омаир Аль-Хатим

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Саудовская Аравия Researcher Center of Science of aviation technology

В докладе приводится описание алгоритма, позволяющего оценивать параметры полета летательного аппарата при потере сигнала. Алгоритм может иметь широкое применение, например, для поддержания временной работоспособности аэрометрических радиозондов, или для определения местоположения микроспутников в молодёжном проекте CanSat и другое. Для испытания системы в лабораторных условиях используется устройство сбора данных компании National Instruments MyDAQ. Для обобщения в работе будет рассматриваться информация о высоте полёта произвольного летательного аппарата, под которым может пониматься как радиозонд, микроспутник, так и другие устройства.

1. Постанова задачи

Рассмотрим систему, в которой для определения высоты полёта летательного аппарата используется два измерителя – радиовысотомер и баровысотомер. Комплексирование датчиков будет проводиться по схеме с фильтром разностного сигнала, рисунок 1.

$$\hat{Y} = Y_p - \hat{H}_p \quad (1)$$

где $\hat{Y}$ - оценка высоты полёта, Y_p - высота, которую показывает барометр, $\hat{H}_p$ – оценка погрешности баровысотомера.

На вход фильтра поступает разность погрешностей баровысотомера и радиовысотомера $H_p - H_r$, которая получается при вычитании одного сигнала из другого. Полученная разность может быть представлена в качестве стационарного случайного процесса. Погрешность радиовысотомера может быть представлена в качестве дискретного белого шума заданной интенсивности σ_w. Погрешность баровысотомера аппроксимируется марковским случайным процессом первого порядка с корреляционной функцией $K(i-j) = \sigma_n^2 * \exp(-\alpha * |i-j|)$, где σ_s – среднеквадратическое отклонение погрешности баровысотомера, i-j=1,2,3.. – разность между дискретами времени, α – параметр автокорреляции.

При выборе фильтра играет роль тот факт, что при потере сигнала одного из измерителей необходимо продолжать оценивать сигнал. При отказе радиовысотомера необходимо продолжать оценивать погрешность баровысотомера $\hat{H}_p$ на основании определённых в процессе фильтрации её характеристик. При отказе баровысотомера потребителю будет предоставлена информация с радиовысотомера. В таком случае погрешность оценивания сильно возрастёт, но так как надёжность баровысотомера гораздо выше, чем у радиовысотомера, то такая ситуация достаточно маловероятна. В докладе рассматривается алгоритм работы при отказе радиовысотомера, что гораздо более вероятно.

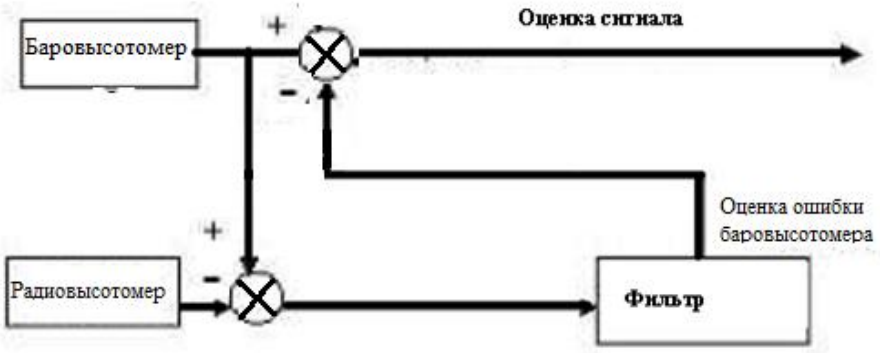


Рис. 1. Схема работы комплексной системы

2. Описание решения

Алгоритм финитно-спектральной фильтрации сигнала основан на представлении случайного сигнала на финитном интервале времени в виде частичной суммы ряда Карунена-Лоэва, который является частным случаем ряда Фурье. [1].

Как известно, разложение сигналов в ряд Фурье на финитном интервале времени T может быть представлено в виде следующей формулы:

$$H_{1,i} = \sum_{k=1}^{N} c_{k,i} \times \psi_k \quad (2)$$

где Ψ_k – ортонормальный полный базис Карунена-Лоэва применительно к корреляционной функции $K(i-j) = \delta^2{}_n * \exp(-\alpha|i-j|)$.

Предлагается разложить в ряд разностный сигнал.

$C_{i,k}$ k-ая–спектральная компонента представления случайного процесса.

Оптимальная оценка вектора спектрального разложения рассчитывается по следующей формуле [2]:

$$\hat{C}_{k_i} = A_{H_1 z[i]} * C_{z[i]} \quad (3)$$

где $C_{z[i]}$ вектор спектральных компонент полученных путём разложения разностного сигнала $z(t)=H_1[i] - H_2[i]$ по базису Карунена Лоэва ψ_k, $\hat{C}_{k_i}$ –вектор оптимальной по критерию среднего квадрата ошибки оценки вектора спектральных компонент Cx[i], $A_{H_1 z[i]}$ – оператор фильтра разностного сигнала оптимальной оценки определяется из следующего выражения [2]:

$$A_{H_1 z}[i] = K_{cH_1}[i] * K_{cz}[i]^{-1} \quad (4)$$

где K_{cH_1} – матрица корреляционных моментов спектрального разложения процесса $H_{1,i}$в ряд Фурье на интервале времени T по базису ψ_k,

K_{cz} - Матрица корреляционных моментов спектрального разложения разностного сигнала $H_{1,i} - H_{2,i}$в ряд Фурье на интервале времени T по базису ψ_k,

базис ψ_k является фиксированным для заданной корреляционной функции,

оператор оценки $A_{H_1 z[i]}$ определяется исходя из априорных данных о дисперсиях погрешостей измерителей.

Таким образом разностный сигнал представлен в виде суммы гармоник и полностью определяется вектором спектральных компонент $C_{z[i]}$. Зная средние значения данных компонент на интервале времени, предшествующем потере измерений, мы можем взять их в качестве предположительных спектральных компонент. Тогда алгоритм будет продолжать работу при отсутствии сигнала от радиовысотомера.

3. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW-2013. Для отработки системы обработки данных был разработан макет полунатурного моделирования сигналов, использующих аналоговый вход и выход системы сбора данных на базе модуля National Instruments MyDAQ. На приведенных ниже рисунках приведены панели управления и панели диаграмм при создании формирующего фильтра для генерирования сигнала погрешности баровысотомера.

1. Создание формирующего фильтра для генерирования сигнала погрешности баровысотомера.

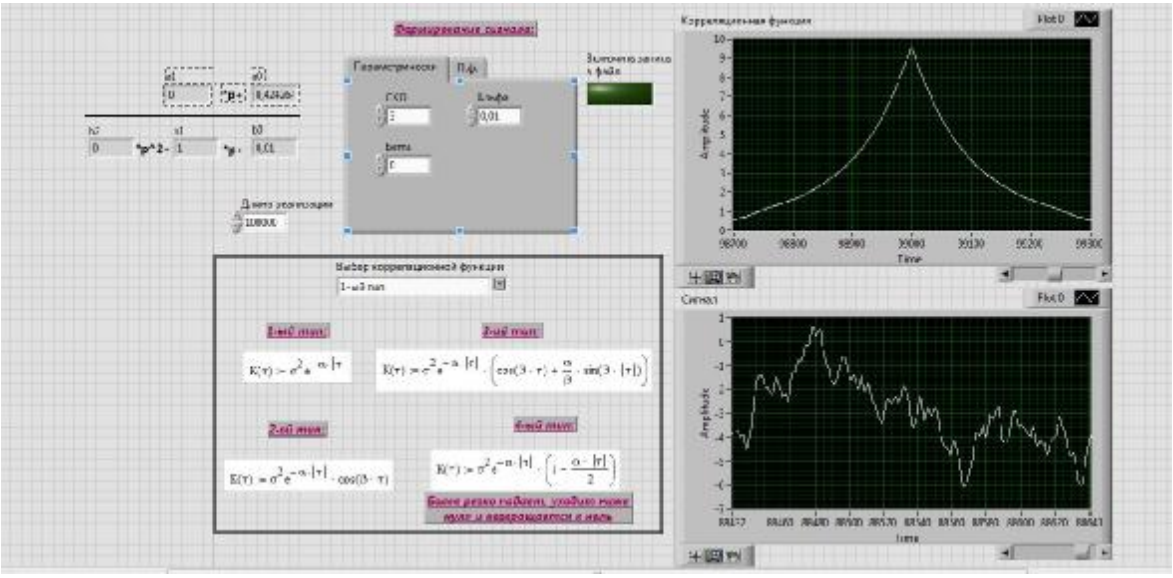


Рис. 2. Лицевая панель формирующего фильтра

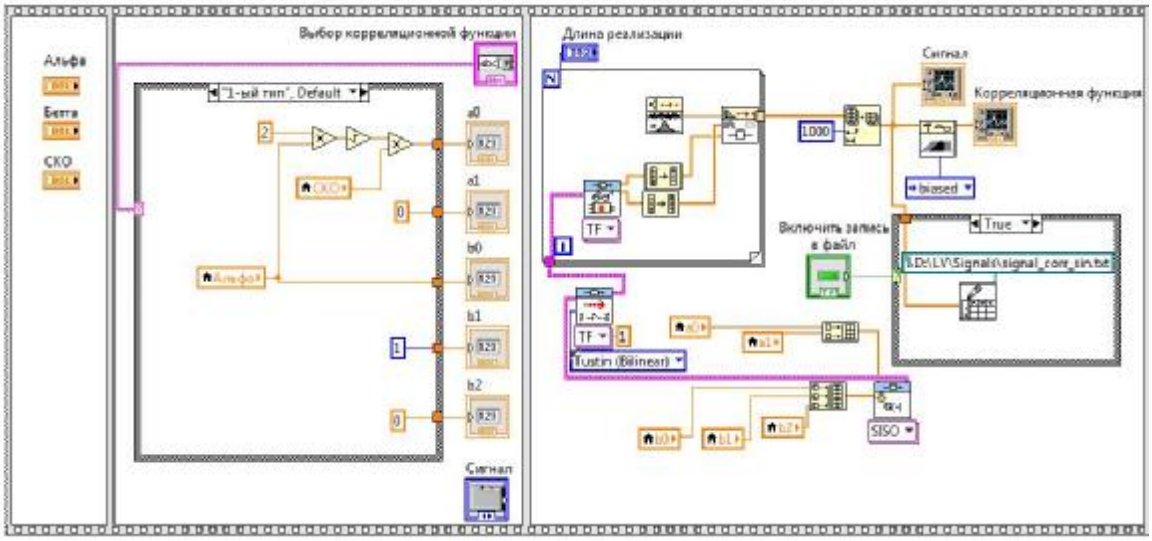


Рис. 3. Панель управления формирующего фильтра

4. Перспективы внедрения и развитие решения

В ближайшее время планируется использование испытательного стенда в учебном процессе Государственного университета аэрокосмического приборостроения в дисциплинах, связанных с проектированием и моделированием бортовых каналов измерения. Также предполагается использование стенда в задачах подготовки и проведения регионального чемпионата CanSat в Санкт-Петербурге в 2014 году

5. Список литературы

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Советское радио, 1975.
2. Перов В.П. Прикладная спектральная теория оценивания. – М.: Наука, 1982. – 431с.
3. Иванов Ю.П., Синяков А.Н,, Филатов И.В. Комплексирование информационно-измерительных устройств летательных аппаратов. Л., Машиностроение, 1984.
4. Перлюк В.В., В.Н.Фенога, А.В.Соболев, И.В.Разухин. Опыт применения технологий NI Labview в учебной лаборатории технической эксплуатации авиационного оборудования. Журнал Мир авионики, N1. 2010 с/24-26.

ПОРТАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ OPENBTS

Г.А. Овсепян, Д.Г. Заргарян, Г.Р. Мардоян

Еще в 1962г. американский философ и физик Томас Кун в своей работе “Структура научных революций” показал, что развитие науки (и технологии) происходит не эволюционно, а скачкообразно – в виде “революции”. Это развитие он охарактеризовал термином “изменение парадигмы”. Именно таким термином можно назвать появление в нашей жизни сотовой мобильной связи, роль которой трудно переоценить.

Однако, несмотря на столь бурное развитие и распространение технологии сотовой мобильной связи в течение последних двух десятилетий и опережающие темпы роста в этой области трафика пакетной передачи данных (IP и других технологий), в области голосового трафика, остаются “белые пятна”, которые нуждаются в решениях.

Так, например, по данным переписи 2010 года, в России насчитывается около 153 тыс. населенных пунктов, из которых 23,7% составляют пункты с численностью населения менее 10-ти человек, а 12.7% - пункты, где отсутствует постоянное население. Для обеспечения связи в таких местах оператору мобильной связи приходится устанавливать базовые станции, которые стоят, как минимум, от двух до трех и выше миллионов рублей каждая, не считая другие затраты. В условиях низкой окупаемости оператору просто невыгодно делать подобные капитальные вложения.

Однако имеются и другие области, где вышеприведенные затраты наряду с другими факторами ограничивают применение сотовой мобильной связи:

В гражданских самолетах запрещается использование сотовой связи по причине невозможности управления мощностью передатчиков самих мобильных телефонов (890…915 МГц), так как они работают на частотах, близких к навигационным (905,1…966,9 МГц), и могут создавать серьезные помехи для навигационных приборов.

В закрытых учреждениях информационная безопасность требует ограничения либо контролирования потока информации и в то же время телефонного доступа к сотрудникам.

А что делать при чрезвычайных ситуациях, когда из-за стихийного бедствия поражена сотовая сеть, и при выполнении аварийно-спасательных работ требуется система как для внутренней связи, так и для связи с внешним миром, которую можно было бы быстро развернуть?

Если к этому списку добавить отдаленные или труднодоступные нефтегазодобывающие и горнообогатительные, шахтные, рудниковые, освоенческие, экспедиционные и другие объекты просторов Сибири и арктических широт, большие морские корабли, на которых работают от 10-ти до несколько сотен человек, а также корпоративный сектор, то становится ясным, насколько актуален вопрос создания малобюджетной базовой станции мобильной связи второго поколения (МБСМС) – OpenBTS.

Предлагается система OpenBTS, которая реализована на базе продукции компании National Instruments USRP-2920 (Universal Software Radio Peripheral), представляющей собой SDR (Software Defined Radio) трансивер (Рис.1). Это система с миникомпьютером и специальной программой, которая управляет аппаратной частью приемопередатчика, а также обрабатывает передаваемые и принимаемые сигналы.

USRP выступает в роли трансивера, который принимает сигнал от мобильных терминалов, демодулирует его и передает I/Q компоненты сигнала миникомпьютеру для дальнейшей обработки. В обратном направлении компьютер (или мини-компьютер) формирует пакеты и выдает их передатчику через Ethernet порт. Передатчик, в свою очередь, модулирует полученные данные по GMSK и передает в эфир.

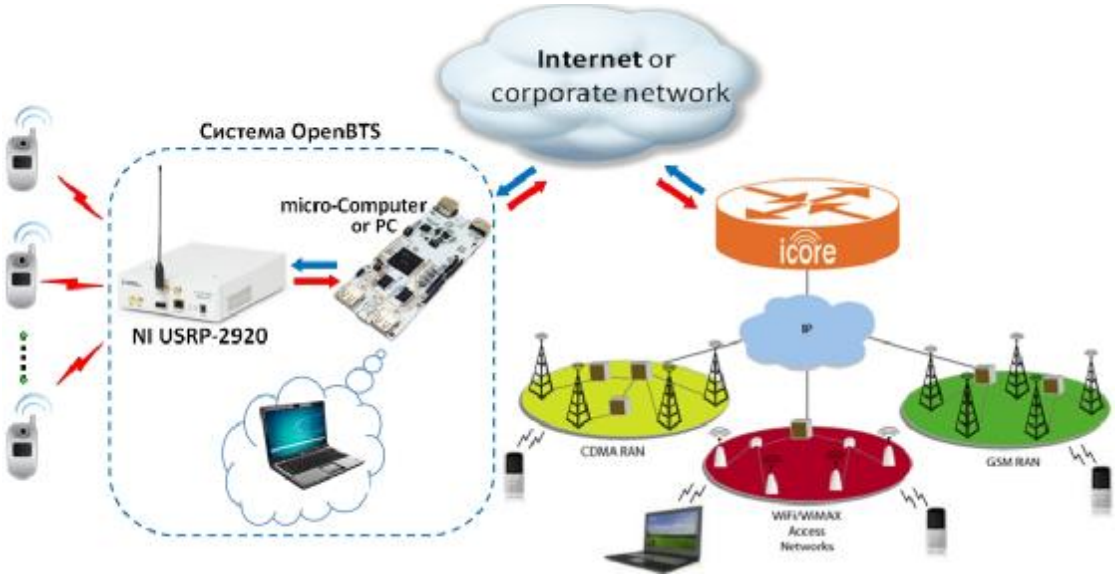


Рис.1

Программная часть реализована из нескольких модулей: “ближе” к передатчику стоит программный модуль OpenBTS, который упаковывает/распаковывает пакеты, контролирует излучаемую мощность как передатчика мобильного терминала, так и самого трансивера, формирует информацию в виде TDMA потоков, выполняет мониторинг качества приемопередачи, управляет сигнальной частью передачи и осуществляет шифрование данных по протоколу A5/x. По сути, модуль OpenBTS выполняет функции как базовой станции (BTS), так и контроллера базовых станций (BSC). Это означает, что в качестве клиентских терминалов могут быть использованы обычные телефоны стандарта 2G.

Распакованные пакеты передаются от модуля OpenBTS к модулю Asterisk*. Последний представляет собой коммутатор речевых потоков. В функции Asterisk* входят также:

- регистрация мобильных телефонов и привязка к телефонным номерам;
- доступ телефонов к разным сервисам и номерам;
- фильтрация звонков и приоритезация.

Все эти функции настраиваются с помощью специальных файлов – access-list-ов. В модуле Asterisk* мобильный терминал идентифицируется по специальному номеру IMSI, который прошивается в SIM карте. Так как Asterisk* имеет функции голосового шлюза, то можно сконфигурировать и перенаправить звонки во внешние голосовые серверы и, таким образом, связаться с абонентами внешних сетей. Являясь самой распространенной программой (софт-свич) с открытым исходным кодом, Asterisk* легко интегрируется со всеми биллинговыми системами операторов и провайдеров, предоставляющих сервис VoIP.

Так как номера в системе назначаются локально и привязываются к идентификаторам IMSI, то можно абоненту назначить номер с любым количеством цифр, что дает возможность иметь специальные номера в сети. Во внешнюю сеть коммутатор функционально отправляет лишь те звонки, у которых абонент-получатель не числится в локальном списке.

Связь с внешним миром реализуется по протоколу IP, тем самым облегчается интегрирование с операторскими сетями с IPGW (IP GateWay). Отметим, что по статистике 85% всех операторов связи уже перешли на IPGW.

В системе OpenBTS также реализована возможность передачи SMS сообщений. Для этого используется специальный модуль – SMQueue, который функционирует отдельно от голосового шлюза, однако контролируется биллинговой системой.

В табл. приведены сравнительные параметры с системой аналогичной архитектуры Femtocell:

Таблица

Система	Зона покрытия	Условия эксплуат.	Интегр. биллинг	Автоном-ность	Анализ качества	Интеграция с внешн. VoIP сетями
OpenBTS	До 35 км (стандарт GSM)	Indoor / outdoor	Есть	Есть	Есть	Есть
Femtocell	До 20 m	Indoor	Нет	Нет	Нет	Нет

К преимуществам системы OpenBTS относятся:

- низкая себестоимость и быстрая окупаемость;
- совместимость со стандартными терминалами и телефонами второго поколения;
- шифрование данных;
- работа в полностью автономном режиме (stand-alone);
- интеграция с внешними операторскими сетями;
- низкое энергопотребление;
- возможность динамического управления мощностью;
- IMS-готовое решение;
- возможность организации COPM-соединения;
- анализ качества звонков;
- быстрое развертывание.

К недостаткам относятся ограниченное количество одновременных звонков, наличие миникомпьютера (бескорпусного) и интеграция только с IP сетями.

Список литературы

1. Кун Т. Структура научных революций / Пер. с англ. – М.: ООО Издательство АСТ, 2003.- 298с.
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Населённые_пункты_в_России

ПРИМЕР КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С МОДЕЛИРОВАНИЕМ В СРЕДЕ NI MULTISIM 10

А.П.Барков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.В.И.Ульянова \Ленина

1. Постановка задачи

Студенты второго курса электротехнических специальностей в процессе изучения дисциплины Теоретическая электротехника изучают курс лекций, выполняют практические задания и лабораторные работы.

В процессе самостоятельной работы они осваивают классические методы расчёта электрических цепей. Итоговой работой по дисциплине является курсовой расчёт, который состоит из четырёх основных разделов анализа динамических цепей - анализ во временной области, операторный метод, спектральный и гармонический анализ в частотной области.

Для студентов только начинающих изучение работы электротехнических устройств огромный интерес представляет возможность реализации результатов, полученных самостоятельно расчётным путём, в виде работающего устройства.

На кафедре Теоретических основ электротехники разработан вариант курсового расчёта, где студенты выполняют расчётную часть с использованием программных средств, а результаты расчётов подтверждают на модели цепи своего индивидуального задания.

2. Используемое оборудование

Компьютерный класс кафедры ТОЭ. Программа Mathcad и Circuit Design Suite (Multisim 10).

3.Описание решения

Методические указания к курсовому расчёту состоят из двух частей:

- Индивидуального задания с примером расчёта и приложения.
- В приложении даны:

1. Электронная версия расчётов в среде Mathcad.
2. Электронная версия моделирования цепей в программе Multisim.

В расчёте требуется определить реакцию цепи *f2(t)* на заданное воздействие *f1(t)* в виде одиночного импульса и периодической последовательности, как показано на рис.1

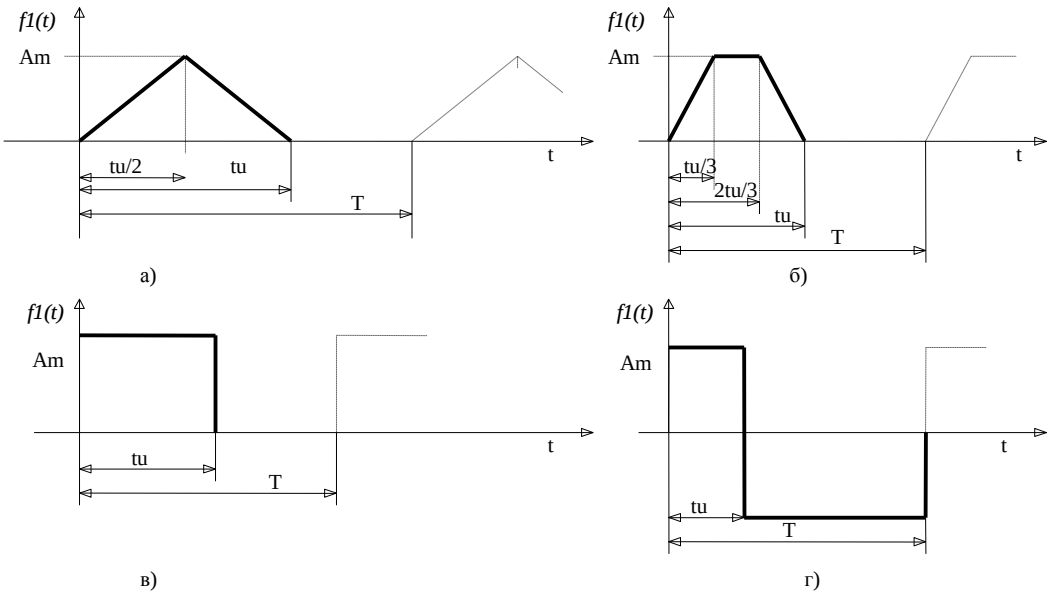


Рис. 1. Форма входных импульсов

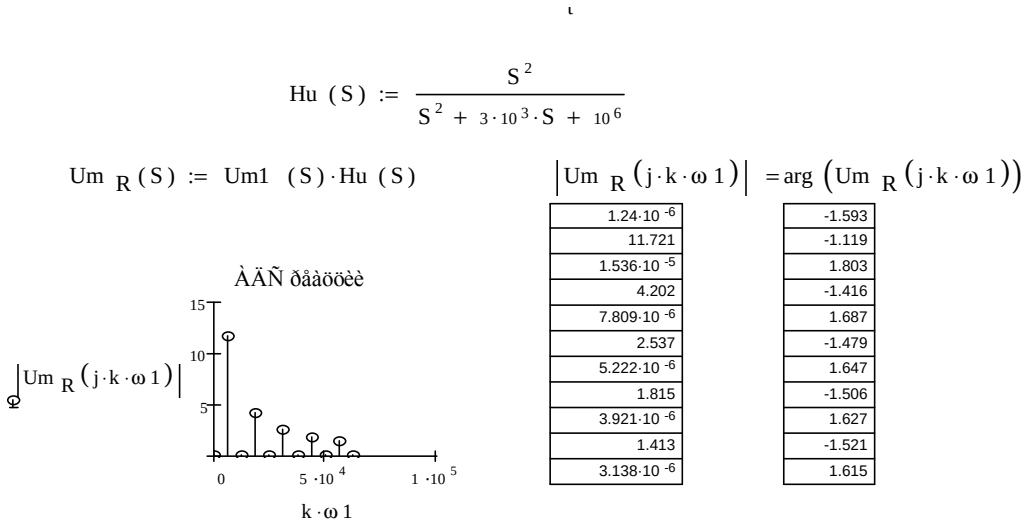
Схемы цепей заданы в виде рисунков. Электронные версии цепей набраны в программе Multisim с теми же параметрами элементов и источниками соответствующими вариантам задания.

Курсовой расчёт *не ставит* цель научить студентов работать с элементной базой программных средств Multisim. Основная задача состоит в подтверждении на практике основных теоретических положений курса и степень усвоения студентами пройденного материала. Однако самостоятельная работа с измерительными приборами и моделями цепей даёт определённый задел на будущее использование этих программных средств, как в процессе обучения, так и в дальнейшей работе по специальности.

Ниже на рис.2 приведён пример расчёта реакции на выходе цепи при воздействии периодического сигнала прямоугольной формы при аппроксимации его девятью гармониками ряда Фурье.

Для моделирования процессов студенты открывают электронную версию курсового расчёта и в схеме моделирования подключают цепь своего задания к группе измерительных приборов, скопировав её из Subcircuit (var 1,2,3,4), как показано на рис.3.

Текст руководства действий при моделировании приведён в окне на панели описания схемы.



Ряд Фурье выходного сигнала

$$t := 0, 0.00001 .. 2\cdot10^{-3}$$

$$u_R(t) := 11.72\cdot\cos(\omega 1\cdot t - 1.12) + 4.2\cdot\cos(3\cdot\omega 1\cdot t - 1.416) + 2.54\cdot\cos(5\cdot\omega 1\cdot t - 1.48) \ldots + 1.82\cdot\cos(7\cdot\omega 1\cdot t - 1.5) + 1.4\cdot\cos(9\cdot\omega 1\cdot t - 1.52)$$

Рис.2. Фрагмент курсового расчёта

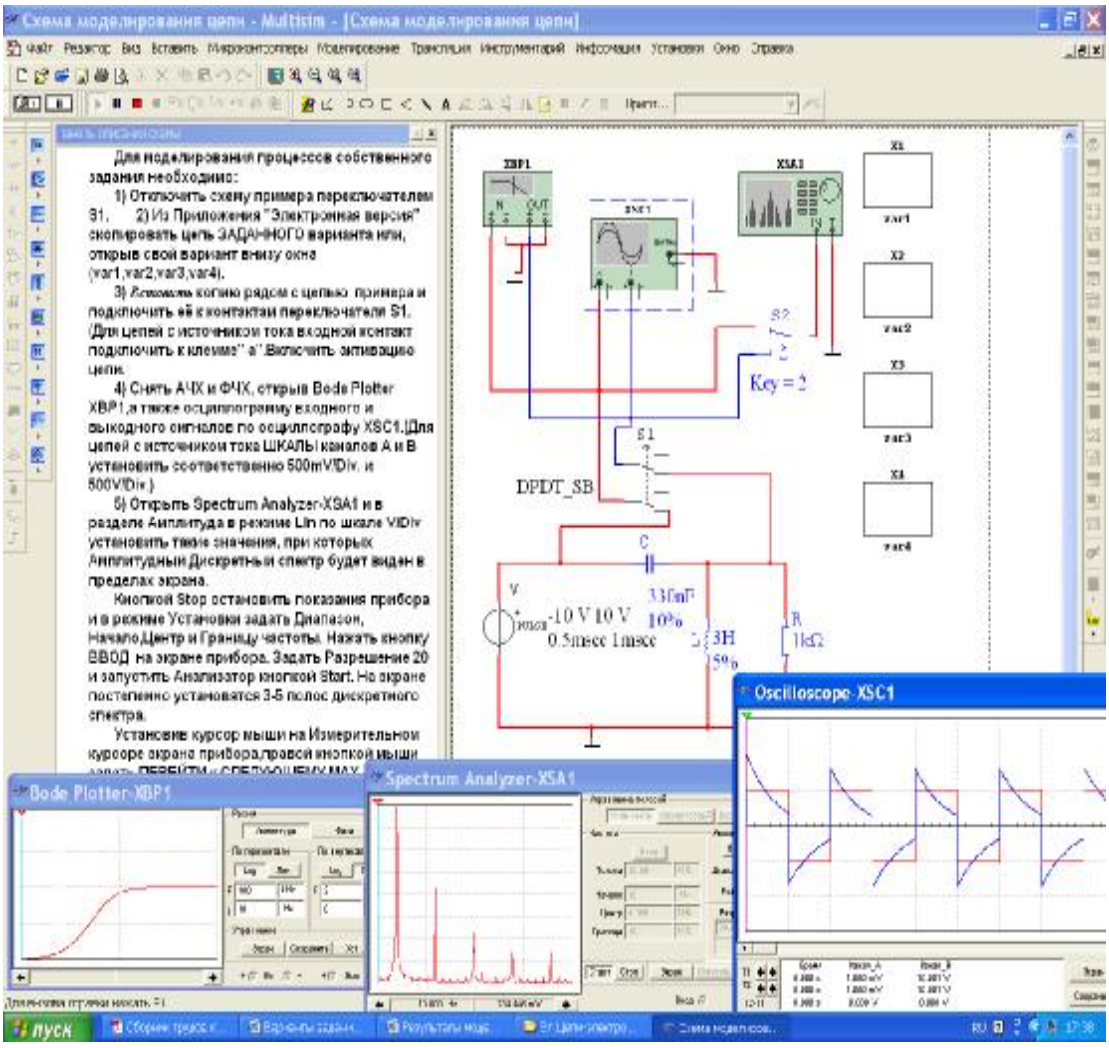


Рис. 3. Схема моделирования цепи

4. Внедрение и его перспективы

Этот вариант курсового расчёта вошёл в изданное в электронном виде руководство и используется студентами «Открытого факультета» вечерней формы образования, студентами факультета «Компьютерных технологий» и на «Электрофизическом» факультете.

Учебное пособие также доступно по следующей ссылке http://dl.dropbox.com/u/56775563/TOEKurs.pdf

5. Список литературы

1. Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев. Основы теоретической электротехники. СПб, издательство «Лань» 2008.

2. Р.И. Ивановский. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем MathCAD Pro.М. Высшая школа.2003.

Москва, 119361, ул. Озерная, д.42, офис 1201, тел.: +7 (495) 7836851, факс: +7 (495) 7836852, ni.russia@ni.com, russia.ni.com ▪ **Санкт-Петербург**, ул. Профессора Попова, д.23, литера Д, офис 207, +7 (812) 9514418 ▪ **Нижний Новгород, Киров** +7 (495) 7836851 ▪ **Саратов, Волгоград, Краснодар, Сочи, Ростов-на-Дону** +7 (495) 7836851 ▪ **Казань, Уфа, Оренбург, Самара** +7 (495) 7836851 **Екатеринбург, Челябинск, Тюмень, Пермь, Ижевск** +7 (495) 7836851 ▪ **Новосибирск** +7 (495) 7836851 ▪ **Владивосток, Хабаровск** +7 (495) 7836851 ▪ **Армения, Ереван** 0051, ул. Овсепа Эмина, д. 123, +374 (10) 219710 ni.armenia@ni.com, armenia.ni.com ▪ **Украина, Киев** +38 (068) 3942122, ni.ukraine@ni.com, ukraine.ni.com ▪ **Беларусь, Минск** +375 298710710, ni.belarus@ni.com, belarus.ni.com ▪ **Балтия, Рига, Вильнюс, Таллин** +370 65643429, ni.baltics@ni.com, ni.com ▪ **Казахстан, Алматы** +7 (495) 7836851, ni.kazakhstan@ni.com, kazakhstan.ni.com ▪ **Узбекистан, Ташкент** +7 (495) 7836851, ni.uzbekistan@ni.com, uzbekistan.ni.com