

М.Т. Греховой (Нижний Новгород, 7 мая 2007) / под ред. А.В.Кудрина, А.В. Якимова. – Н. Новгород: ТАЛАМ, 2007. – С.270-271

7. Тревис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. – М: ДМК Пресс, 2008. – 880 с.
8. Горелик Г.С. Колебания и волны. – 2-изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 1950. – 572 с.
9. Fradkina E.P. Short signals spectral estimation method // Тр. XII научн. конф. по радиофизике, посв. 90-летию со дня рождения М.М. Кобриной (Н. Новгород, 7 мая 2008 г.) / Под ред. А.В. Якимова, С.М. Грача. – Н. Новгород: ТАЛАМ, 2008. – С.316-317.

УДК 621.3.01+621.38

ББК 31.21+32.85

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «МИНИАТЮРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ МЭЛ-2», КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, MATHCAD И LABVIEW**

**B.A. Алексин, д.т.н., проф., зав. каф.**

Тел.: (495)-434-97-52; E-mail: alekhin@mirea.ru

**В.Д. Парамонов, к.т.н., доц.**

Тел.: (495)-434-97-52; E-mail: paramonov@mirea.ru

Кафедра Теоретических основ электротехники

Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики

(технический университет)

<http://www.toe.fvms.mirea.ru>

*The universal laboratory stand «Miniature electrotechnical laboratory MEL-2» has been developed, allowing to carry out more than 20 laboratory works on the electrical engineering and electronics. On basis MEL-2 the complex laboratory practical work combining analog researches with real devices and virtual devices on the basis of program LabVIEW, computer modelling of electric both electronic circuits and mathematical calculations in Mathcad has been created. The complex laboratory practical work has been introduced into educational process in MIREA and many high schools of Russia.*

Разработан универсальный лабораторный стенд «Миниатюрная электротехническая лаборатория «МЭЛ-2», позволяющий выполнять более 20 лабораторных работ по электротехнике и электронике. На основе МЭЛ-2 создан комплексный лабораторный практикум, сочетающий аналоговые исследования с реальными приборами и виртуальными приборами на основе программы LabVIEW, компьютерное моделирование электрических и электронных схем и математические расчеты в Mathcad. Комплексный лабораторный практикум внедрен в учебный процесс в МИРЭА и многих вузах России.

Ключевые слова: электротехника и электроника, комплексный лабораторный практикум, миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2, расчеты в Mathcad, виртуальные приборы LabVIEW.

Keywords: the electrical engineering and electronics, a complex laboratory practical work, miniature electrotechnical laboratory MEL-2, calculations in Mathcad, virtual devices LabVIEW.

### **Введение**

Электротехнические дисциплины с полным основанием можно считать фундаментальными общепрофессиональными дисциплинами высшего и среднего профессионального образования, для широкого круга направлений подготовки: электротехника, энергетика, приборостроение, автоматизация и управление, электроника и микроэлектроника, информатика и вычислительная техника, радиотехника, мехатроника и др. Действующие государственные стандарты

предполагают получение студентами знаний, навыков и умений по расчету электрических цепей, экспериментальному исследованию электрических схем с использованием реальных приборов, применению компьютерных программ для моделирования и расчета электрических и электронных схем.

В последние годы наметилась и реализуется на практике тенденция значительного сокращения числа учебных часов, выделенных на изучение электротехнических дисциплин, что отрицательно влияет на качест-

во обучения. Это обстоятельство накладывает особые требования к совершенствованию учебно-методического обеспечения образовательного процесса, использованию новых информационных технологий, модернизации лабораторного оборудования, обновлению приборного парка

лабораторий, применению новых методов обучения и контроля знаний студентов, высокому профессиональному мастерству преподавателей.

В данной статье изложены основные результаты разработки комплексного лабораторного практикума по электротехнике и электронике на кафедре теоретических основ электротехники МИРЭА для обеспечения необходимых условий качественного обучения студентов.

К 2000 году на кафедре возникли серьезные проблемы с материально-техническим обеспечением учебного процесса. Ежегодно обучение на кафедре проходят около 900 студентов очного отделения различных специальностей. Это определяет высокую нагрузку на лабораторное оборудование и лабораторные стенды, которые, как и на многих кафедрах, преподающих электротехнические дисциплины, приобретались или изготавливались более 20-30 лет назад. Большинство приборов и лабораторных стендов находились в состоянии практически полного износа и требовали проведения постоянных ремонтных работ. Практически не было возможностей заменять неисправные стрелочные приборы, так как их выпуск прекращен в связи с широким использованием цифровых измерительных приборов. В связи с этим была поставлена и решена задача полного обновления лабораторного оборудования, создания компьютерных классов, внедрения в учебный процесс новых информационных технологий. Эта работа проводилась планомерно и имела несколько этапов.

## 1. Создание первого компьютерного класса

Первый компьютерный класс был создан на кафедре в 2001 году. В нем были поставлены 17 лабораторных работ по теории

электрических цепей, изданные в трех частях как методические указания по компьютерному моделированию. Компьютерный класс позволил снизить нагрузки на аналоговую лабораторию и начать ее модернизацию. Техническое обслуживание компьютерного класса проводили студенты. В результате реализации первого этапа был обеспечен бесперебойный учебный процесс.

## 2. Разработка «Миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ»

Кафедра ТОЭ МИРЭА наряду с активным использованием компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем провела модернизацию аналоговой лаборатории и обновление приборного парка. Проведенный анализ рынка измерительных приборов, элементной базы активных и пассивных компонентов, возможностей приобретения корпусов, изготовления лицевых панелей и конструктивных элементов позволил сформировать концепцию модернизации и разработать «Миниатюрную электротехническую лабораторию МЭЛ» [1] с комплектом современных приборов, которая на одном наборном поле содержит все традиционные лабораторные работы по теории электрических цепей и аналоговой электронике.

В 2003-2004 году проведено изготовление новых лабораторных стендов и полностью заменено устаревшее лабораторное оборудование. Высокая стоимость корпусов для стендов и измерительных приборов, общая тенденция миниатюризации компонентов и аппаратуры определили главный принцип разработки нового лабораторного стендад: это универсальный лабораторный стенд, включающий все лабораторные работы, содержащий источники питания, современные электронные компоненты и встроенные измерительные приборы, которые выполнены на базе современных микросхем и микропроцессоров; лицевая панель стендад наглядна и запоминается студентами при многократной работе со стендадом.

В настоящее время в студенческом конструкторском бюро кафедры выпускаются лабораторные стендады МЭЛ-2.



V.A. Алехин



V.D. Парамонов

В целях снижения общей стоимости оборудования «Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ» содержит встроенный функциональный генератор, формирующий сигналы синусоидальной, прямоугольный и треугольной формы и имеющий плавную перестройку частоты в диапазоне от 20 Гц до 1 МГц, цифровой частотомер, работающий в том же диапазоне. МЭЛ-2 имеет два независимых регулируемых источника постоянного напряжения с напряжениями от 0 до 12 В, защитой от перегрузки и звуковой сигнализацией, дополнительные источники для питания электронных блоков и операционных усилителей. Имеется встроенный генератор трехфазных синусоидальных сигналов, встроенный фазометр, операционный усилитель с защитой от перегрузки для выполнения работ по активным фильтрам, два транзистора, диоды, стабилистрон, тиристор, нелинейная индуктивность. Внешними приборами являются двухканальный осциллограф и мультиметр, позволяющий измерять сопротивления, постоянные и переменные напряжения и токи в диапазоне частот до 500 Гц. При исследовании цепей на более высоких частотах измерения проводятся осциллографом.

МЭЛ-2 питается от сети переменного тока 220 В, 50 Гц, потребляемый ток 0,1 А. МЭЛ-2 выполнена в закрывающемся чемодане-кейсе со съемной крышкой. Масса изделия 6 кг. Габаритные размеры 43 x 35 x 15 см.

Функциональная схема МЭЛ-2 показана на рис. 2.

Наборное поле установлено в чемодане, выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя блок функционального генератора, блок генератора трехфазного напряжения, блок частотомера, блок фазометра, комбинированный блок источников постоянных напряжений.

Блок питания обеспечивает необходимые для внутреннего питания всех узлов электроники стабилизированные номиналы напряжений (+5 В, -5 В, +12 В, -12 В), а также имеет 2 гальванически развязанных регулируемых стабилизированных источника напряжения с выводами на лицевой панели. Все источники напряжений имеют само-

восстанавливающуюся защиту от коротких замыканий и перегрузки.

Функциональный генератор формирует в диапазоне от 20 Гц до 1 МГц сигналы синусоидальной, прямоугольной или треугольной формы, имеет грубую и плавную регулировку частоты, регулировку скважности, смещения и амплитуды.

Цифровой частотомер предназначен для измерения частоты периодического сигнала любой формы на выходе функционального генератора сигналов. Частотомер имеет 4-разрядный семисегментный индикатор. Диапазон измерения частоты составляет от 20 Гц до 1 МГц. Для обеспечения необходимой точности и соответствующего вывода на экран весь диапазон разбивается на поддиапазоны (такие же, как и у функционального генератора), на каждом из которых обеспечиваются своя точность и соответствующее отображение.

Встроенный фазометр работает в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц и обеспечивает измерения разности фаз синусоидальных сигналов с точностью 1-2%. Минимальная амплитуда входных сигналов 100 мВ.

Генератор трехфазного напряжения выполнен на микроконтроллере и цифроаналоговых преобразователях. Генератор формирует три напряжения с частотой 50 Гц, амплитудой 2 В, сдвинутые по фазе на 120°.

Операционный усилитель ОУ выполнен на микросхеме с защитой от перегрузки.

Таким образом, встроенные в лабораторный стенд источники питания, функциональный генератор, частотомер, фазометр, генератор трехфазного напряжения, операционный усилитель заменяют целый ряд дорогостоящих внешних приборов, выполнены на современной элементной базе, имеют достаточную точность и обеспечивают выполнение всех лабораторных работ при наличии внешнего двухканального осциллографа и двух недорогих мультиметров типа UT30. Причем электрические параметры элементов наборного поля, функционального генератора, генератора трехфазного напряжения и комбинированного блока источников постоянных напряжений взаимосвязаны и выбраны таким образом, что в качестве электрических элементов возможно применение миниатюрных низковольтных и слаботочных электронных компонентов.

Универсальный лабораторный стенд МЭЛ-2 позволяет выполнять более 20 лабораторных работ по теории электрических цепей и аналоговой электронике. При выполне-

нии работ элементы наборного поля, входы и выходы электронных блоков коммутируются соединительными проводами со штекерами. Источниками сигналов при выполнении работ являются комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор, генератор трехфазного напряжения. Измерение частоты функционального генератора выполняется блоком частотометра. Фазометр служит для измерения разности фаз гармонических сигналов при исследовании цепей гармонического тока и заменяет внешний дорогостоящий и дефицитный фазометр. Генератор трехфазного напряжения служит для моделирования и исследования трехфазных цепей при симметричных и несимметричных комплексных нагрузках и снимает необходимость подключения стенда МЭЛ-2 к трехфазной сети.

### Достоинства МЭЛ-2:

• Компактность и универсальность позволяют иметь всего 8-10 «кейсов» для лаборатории электротехники и электроники.

• Удобство хранения и обслуживания.

• Многократное зрительное восприятие типовых схем укрепляет знания.

• Возможность ускоренного выполнения циклов лабораторных работ на одном стенде.

• Возможность комбинированных комплексных исследований.

• Уникальные встроенные приборы значительно снижают стоимость комплекта лабораторного оборудования.

• Надежность наборного поля и контактов обеспечивают длительный срок эксплуатации.

• Рабочее место и внешние приборы можно использовать для проведения циклов лабораторных работ по другим дисциплинам при наличии других «кейсов».

В 2005-2008 годах МЭЛ-2 неоднократно демонстрировалась на ВВЦ в Москве на выставках НТМ (работа награждена медалью и грамотами), «Образовательная среда», 4-я Московская международная промышленная выставка-ярмарка (работа награждена дипломом). МЭЛ-2 запатентована как полезная модель. В 2008 году на выставке «Инновации и инвестиции» МЭЛ-2 также награждена дипломом.

Преподаватели кафедры и студенты достаточно быстро освоили методику проведения лабораторных занятий на МЭЛ. Эксплуатация новых стендов в течение 4 лет подтверждает их высокую надежность, положительное восприятие стендов студентами, повышение эффективности лабораторного практикума.

### 3. Содержание и структура лабораторного практикума по электротехнике и электронике

Лабораторный практикум содержит наиболее важные разделы электротехники и электроники. В каждом разделе даны краткие теоретические сведения, необходимые для подготовки к лабораторной работе, контрольные вопросы и задачи для предварительного опроса и допуска к работе, описание изучаемых схем, лабораторное задание, домашнее расчетное задание и примерные задачи для зачета. В теоретических разделах приведены листинги программ расчета электрических цепей в *Mathcad* [2]. При этом мы полагаем, что учащиеся знакомы с программой *Mathcad*, и даем лишь необходимые пояснения к листингам.

Лабораторный практикум по электротехнике и электронике содержит 23 лабораторные работы по теории электрических цепей и аналоговой электронике. Он включает в себя апробированные материалы ранее изданного лабораторного практикума по электротехнике [3] и нескольких методических указаний [4-7]. В настоящее время лабораторный практикум подготовлен к изданию в 2010 году и используется в электронной версии.

Первая часть практикума «Электротехника» содержит лабораторные работы:

1. Исследование линейной электрической цепи постоянного тока.

2. Исследование цепей переменного тока.

3. Исследование электрических цепей, содержащих магнитно-связанные катушки.

4. Исследование резонансных явлений в последовательном колебательном контуре.

5. Исследование резонансных явлений в параллельном колебательном контуре.

6. Исследование связанных колебательных контуров.

7. Исследование нелинейной феррорезонансной цепи.

8. Исследование четырехполюсника.

9. Исследование электрических фильтров типа «К».

10. Исследование переходных процессов в цепях с сосредоточенными параметрами R,L,C.

11. Исследование модели линии с распределенными параметрами.

12. Исследование трехфазных электрических цепей.

Вторая часть практикума «Электроника» содержит лабораторные работы:

13. Исследование характеристик и схем включения полупроводникового диода, стабилитрона, тиристора.

14. Исследование нелинейных электрических цепей постоянного тока.

15. Исследование выпрямителей на диодах.

16. Исследование характеристик биполярного транзистора и схем на его основе.

17. Исследование характеристик полевого транзистора и схем на его основе.

18. Операционные усилители в цепях постоянного и переменного тока.

19. Частотно-зависимые звенья с операционными усилителями.

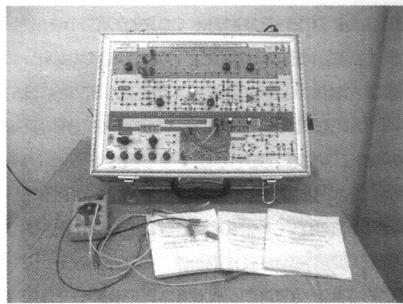


Рис.1. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2

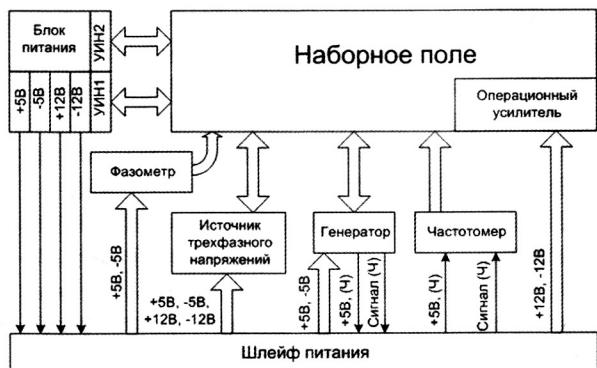


Рис.2. Функциональная схема МЭЛ-2

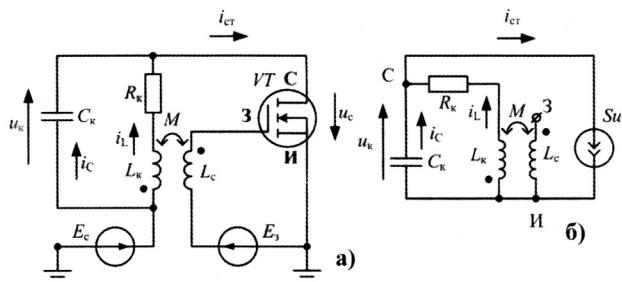


Рис. 3. Схема автогенератора на полевом транзисторе (а) и его схема замещения (б)

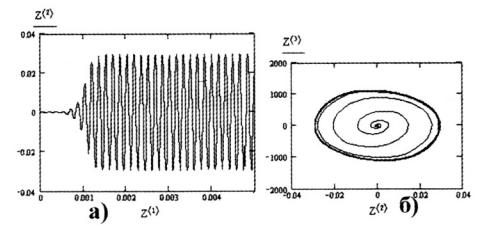


Рис.4. График тока в индуктивности (а) и фазовый портрет (б)

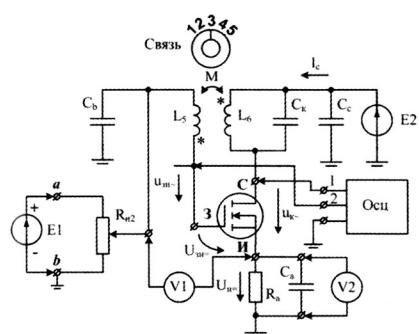


Рис. 5. Схема автогенератора на стенде МЭЛ

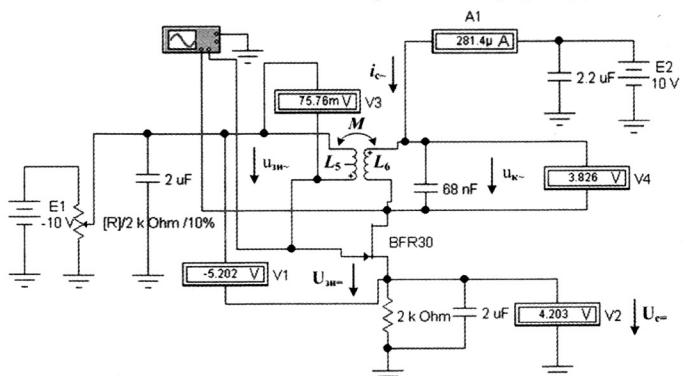


Рис. 6. Схема компьютерного моделирования автогенератора



Рис. 7. Устройство USB-9215А



Рис. 8. Лицевая панель виртуального вольтметра VIMEL-DC

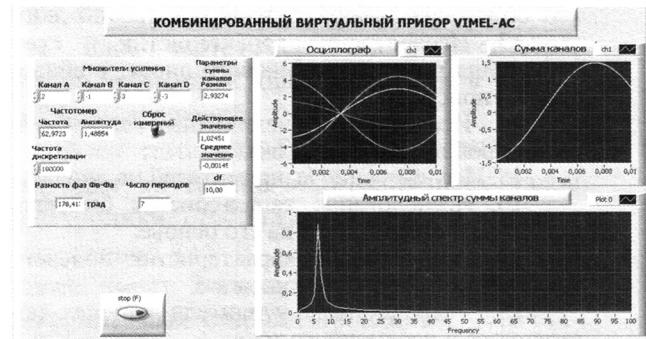


Рис. 9. Лицевая панель ВП VIMEL-AC

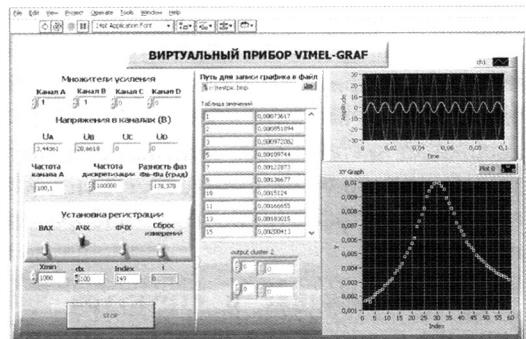


Рис. 10. Лицевая панель ВП VIMEL-GRAF

20. Исследование активных фильтров второго порядка.
21. Исследование автогенератора на полевом транзисторе.
22. Цифровые микросхемы (выполняется на компьютерах).
23. Изучение виртуальных приборов на основе программы *LabVIEW*

Состав лабораторного практикума в полном объеме достаточен для подготовки специалистов и бакалавров, обучающихся по направлениям: «Автоматизация и управление», «Мехатроника и робототехника», «Приборостроение», «Биомедицинская техника», «Оптотехника», «Электроника и микроэлектроника», «Радиотехника», «Проектирование и технология электронных средств», «Информатика и вычислительная техника», «Информационные системы» и др. Лабораторные работы по разделу «Электрические машины» из дисциплины «Общая электротехника» выполняются на компьютерах. Лабораторный практикум применим также в учреждениях среднего профессионального технического образования, ведущих подготовку по аналогичным направлениям.

Несмотря на несомненные удобства для студентов и преподавателей выполнения лабораторных работ на компьютерах, мы считаем необходимым рационально сочетать компьютерное моделирование и аналоговую лабораторию, так как знакомство с реальными приборами и электрическими схемами необходимо для будущего специалиста и предусмотрено требованиями государственных стандартов. Поэтому все лабораторные работы в практикуме представлены одновременно в двух вариантах выполнения: на стенде МЭЛ-2 и с использованием компьютерного моделирования в среде *Electronics Workbench 5.12 (EWB)*.

Для примера кратко рассмотрим содержание главы «Автогенераторы гармонических колебаний». В теоретической части дана упрощенная схема автогенератора с трансформаторной связью на полевом транзисторе и расчетная схема замещения (рис.3).

Дан вывод дифференциальных уравнений для тока в индуктивности контура автогенератора при нелинейной зависимости крутизны транзистора от напряжения на затворе. Приближенная зависимость крутизны от напряжения колебаний на затворе транзистора имеет вид:

$$S(u_3) = S_0 - bu_3^2,$$

где  $S_0$  – крутизна при нулевом напряжении на затворе.

Эти уравнения записаны в виде уравнений состояния:

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= y_2, \\ \frac{dy_2}{dt} &= \omega_0^2 \left[ \left[ S_0 - bM^2(y_2)^2 \right] My_2 - R_k C_k y_2 - y_1 \right], \quad (1) \end{aligned}$$

где  $y_1 = i_L(t)$ ,  $\frac{dy_1}{dt} = y_2$ ;  $M$ ,  $R_k$ ,  $C_k$  – параметры контура автогенератора.

Нелинейные дифференциальные уравнения (1) решаются в *Mathcad* с использованием функции *rfixed(y,x1,x2,m,F)*, которая реализует метод Рунге-Кутта четвертого порядка. Аргументами функции являются:  $y$  – вектор начальных условий размерности  $n$  ( $n$  – порядок дифференциального уравнения);  $x1$  и  $x2$  – граничные точки интервала, на котором ищется решение дифференциального уравнения (начальные условия, заданные в векторе  $y$  соответствуют значению решения в точке  $x1$ );  $m$  – число точек, в которых ищется приближенное решение;  $F$  – вектор, которым заданы производные дифференциального уравнения.

### Расчет автогенератора

**ORIGIN := 1**

$$\begin{aligned} L &:= 10^{-2} & C &:= 68 \cdot 10^{-9} & R &:= 10 & M &:= 10^{-3} \\ \omega &:= \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} & \omega &= 3.835 \times 10^4 \\ T &:= \frac{2 \cdot \pi}{\omega} & T &= 1.638 \times 10^{-4} \\ SO &:= 10^{-2} & b &:= 1 \cdot 10^{-2} \\ y &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0.5 \end{pmatrix} \\ F(t,y) &:= \begin{bmatrix} y_2 \\ \omega^2 \cdot \left[ SO - b \cdot M^2 \cdot (y_2)^2 \right] \cdot M \cdot y_2 - R \cdot C \cdot y_2 - y_1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$Z := rfixed(y, 0, 5 \cdot 10^{-3}, 1001, F)$$

На рис.4 показан график тока в индуктивности (а) и фазовый портрет (б).

В результате расчетов в *Mathcad* получен график тока в индуктивности  $i_L(t) = Z^{<2>}$ , показывающий процесс возникновения колебаний и переход в установившийся режим с амплитудой тока в индуктивности контура 0,03 А. По оси абсцисс отложено время  $t = Z^{<1>}$ . На фазовом портрете по оси абсцисс отложен ток в индуктивности  $i_L(t) = Z^{<2>}$ , а по оси ординат отложена производная тока  $\frac{di_L}{dt} = Z^{<3>}$ . В исследованном автогенераторе наблюдается мягкий режим самовозбуждения, фазовый порт-

рет имеет вид раскручивающейся спирали с устойчивым предельным циклом.

В лабораторном задании представлены две схемы: для исследования автогенератора на стенде МЭЛ-2 (рис.5) и для компьютерного моделирования автогенератора (рис.6). Описания лабораторных работ изложены сразу для двух методов исследования. Порядок выполнения работ, как правило, одинаковый. Дополнительные пояснения по управлению реальными и виртуальными приборами даны в тексте.

Комплексный лабораторный практикум организован следующим образом. Первые два занятия проводятся в компьютерном классе и дают студентам первые представления о компьютерном моделирование электрических схем. У многих студентов появляется интерес и желание установить программу на домашних компьютерах и использовать ее при изучении электротехники. Третье и четвертое лабораторные занятия проводятся в аналоговой лаборатории. В аналоговой лаборатории студенты знакомятся с реальными измерительными приборами, учатся проводами собирать электрические схемы, проводить измерения, оценивать точность экспериментов. Причем, первоначальное знакомство с EWB дает возможность студентам с разрешения преподавателей в случае пропуска занятий в аналоговой лаборатории выполнить лабораторную работу на домашнем компьютере.

В аналоговой лаборатории кафедры имеются компьютеризированные рабочие места. Кроме того, студенты часто приносят на занятия ноутбуки. В этом случае мы предлагаем студентам в качестве домашней подготовки выполнить лабораторную работу на компьютере, а в аналоговой лаборатории повторить наиболее важные пункты на стенде МЭЛ-2 и сравнить полученные результаты. В некоторых вузах практикуется одновременное выполнение лабораторных работ на стендах МЭЛ-2 и на компьютерах и сравнение результатов.

Во втором семестре кафедра снова сочетает компьютерные и аналоговые лабораторные работы.

### 4. Лабораторный практикум в дистанционном обучении

При дистанционном обучении студентов наиболее эффективными становятся широко распространенные в настоящее время компьютерные лабораторные практикумы и компьютерные расчеты электрических цепей. В связи с этим наш комплексный лабо-

раторный практикум может успешно применяться в дистанционном обучении.

Для студентов МИРЭА, обучающихся дистанционно, лабораторный и расчетный практикум по электротехнике и электронике включает в себя наиболее важные разделы теории электрических цепей и электроники: линейные цепи постоянного тока, линейные цепи гармонического тока, магнитно-связанные цепи, переходные процессы, полупроводниковые диоды, стабилитроны и тиристоры, биполярные и полевые транзисторы, цифровые микросхемы.

Все лабораторные работы выполняются студентами на домашних компьютерах в среде *Electronics Workbench 5.12*. Эта программа широко распространена и доступна в Интернете. Для удобства студентов на сайте дистанционного обучения университета размещены все программы исследуемых схем в *EWB* и расчетные программы в *Mathcad*. Студенты дистанционного обучения выполняют также расчетные задания, используя программы в *Mathcad* и проверяя правильность расчетов компьютерным моделированием схем в *EWB*, решают разнообразные электротехнические задачи, примеры которых даны в лабораторном практикуме. На консультациях студенты знакомятся со стендами МЭЛ-2 и участвуют в демонстрационном выполнении одной или двух лабораторных работ.

В 2008 году первая группа студентов дистанционного обучения успешно освоила учебные материалы по теории электрических цепей. Студенты сдавали зачеты и экзамены в компьютерном классе, проявили свои знания программы *Electronics Workbench 5.12*, использовали эту программу для контроля правильности решения расчетных заданий.

### 5. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2 с виртуальными приборами на основе программы LabVIEW

Дальнейшим развитием применения современных информационных технологий в электротехническом образовании является изучение студентами высокопроизводительной и весьма перспективной среды программирования *LabVIEW*, позволяющей, в частности, самостоятельно создавать виртуальные приборы и снимать измерения с экрана компьютера. Глава 18 лабораторного практикума содержит краткие сведения о *LabVIEW* и описания созданных нами трех виртуальных приборов (VIMEL-DC, VIMEL-

AC, VIMEL-GRAF), которые позволяют, используя средство сбора данных (например, аналого-цифровой преобразователь компании National Instruments), выполнять все лабораторные работы на стендах МЭЛ в компьютеризированном варианте, проводя измерения и регистрацию результатов на компьютере.

Детальное изучение и практическое освоение *LabVIEW* потребуют от студентов значительных усилий. Поэтому в курсе «Электротехника и электроника» вряд ли удастся научить студента самостоятельно программировать виртуальные приборы. Наша цель – дать первое представление об этой области техники и возбудить интерес к самостоятельному изучению *LabVIEW*. Необходимая для начального ознакомления литература приведена в библиографическом списке лабораторного практикума. Хорошее знание среды программирования *LabVIEW* дает инженеру мощный и высокопроизводительный инструмент для разработок и исследований современной техники.

Анализируя средства сбора данных фирмы National Instruments (DAQ- устройства), мы отдали предпочтение устройству ввода с подключением к порту USB компьютера. Это позволяет расположить DAQ-устройство непосредственно в чемодане лабораторного стенда, не требует разборки компьютера для установки плат на шины PCI, позволяет работать с ноутбуками. В лабораторном стенде МЭЛ-2 на наборном поле имеются специальные гнезда (4 входа и общая точка), к которым изнутри подключены входы DAQ-устройств.

Мы исследовали работу двух DAQ-устройств: USB-9215A (четырехканальный АЦП с параллельным вводом и частотой дискретизации 100 кГц) и USB-9201 (8-канальный АЦП с последовательным вводом и частотой дискретизации 500 кГц). Предпочтение было отдано устройству USB-9215A. Диапазон входных напряжений АЦП составляет +/-10В, разрешение 16 бит. USB-9215A имеет блок программного сопряжения с USB-портом (USB carrier).

Измеренные данные отображаются на лицевой панели спроектированных нами трех комбинированных виртуальных приборов (ВП) (VIMEL-DC, VIMEL-AC, VIMEL-GRAF). Для ввода оцифрованных данных в виртуальный прибор был использован экспресс-ВП DAQmx Assistant.

При частоте дискретизации 100 кГц наши виртуальные приборы позволяют ис-

следовать сигналы с частотами до 10-15 кГц, что вполне достаточно для выполнения всех лабораторных работ (в работе № 11, где требуются частоты до 200 кГц, в измерительной цепи применяется пиковый детектор).

Рассмотрим назначение и возможности виртуальных приборов.

### *Виртуальный вольтметр постоянных напряжений VIMEL-DC*

На рис. 8 показана лицевая панель VIMEL-DC. В каждом канале усиление можно регулировать множителями. Причем множители могут быть положительные или отрицательные. Это позволяет вычислить сумму или разность напряжений в каналах, которая отображается индикатором «Сумма». В практикуме приведена блок-диаграмма VIMEL-DC, диалоговое окно экспресс-ВП DAQmx Assistant с требуемыми установками, методика запуска программы измерений.

### *Комбинированный виртуальный прибор VIMEL-AC*

Виртуальный прибор VIMEL-AC (рис.9) предназначен для исследования переменных напряжений произвольной формы. «Множители усиления» устанавливают требуемые значения усиления в каналах и позволяют изменять фазу сигналов на 180°. 4-канальный осциллограф отображает форму напряжений в каналах. Второй осциллограф отображает сумму напряжений в каналах. Частоту дискретизации следует установить такой же, как в экспресс ВП DAQmx Assistant.

VIMEL-AC позволяет измерять:

- частоту сигнала в канале A;
- амплитуду сигнала в канале A;
- разность фаз сигналов в каналах B и A;
- размах суммарного сигнала;
- действующее и среднее значения суммарного сигнала;
- амплитудный спектр суммы каналов.

При измерении спектров шаг по частоте устанавливается значением  $df$ . На рис. 9 синусоидальные сигналы имеют частоту 62,9723 Гц, и спектральная составляющая амплитудного спектра суммы расположена на частоте 10 Гц x 6,3 дел = 63 Гц.

### *Виртуальный прибор VIMEL-GRAF*

Виртуальный прибор VIMEL-GRAF (рис.10) предназначен для графической регистрации вольтамперных характеристик (ВАХ), амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и фазо-частотных характеристик (ФЧХ) электрических цепей и электронных

схем. Результаты измерений изображаются в виде графика на двухкоординатном плоттере XY Graf, регистрируются в численном виде в таблице значений в файле с:\MeasureFile и рисуются программой Paint в файле с:\testpic.bmp.

Для освоения работы с виртуальными приборами в практикуме даны упражнения.

### Заключение

Разработанный на кафедре Теоретических основ электротехники МИРЭА универсальный лабораторный стенд «Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2» с методически обоснованной структурой наборного поля и оригинальными встроенными приборами послужил аппаратной основой для создания комплексного лабора-

торного практикума по дисциплине «Электротехника и электроника».

Лабораторный практикум включает в себя 23 лабораторные работы, которые выполняются на стенде МЭЛ-2 и на компьютерах в среде *Electronics Workbench 5.12*. Для расчетов электрических цепей и электронных схем разработан комплект учебных компьютерных программ в *Mathcad*. На основе программы *LabVIEW* разработаны три виртуальных прибора для обучения студентов современным технологиям измерений.

Комплексный лабораторный практикум внедрен в МИРЭА, в других образовательных учреждениях высшего и среднего профессионального образования и может быть использован в дистанционном обучении.

### Литература

1. Алехин В.А., Парамонов В.Д. Лабораторный стенд по электротехнике. Патент РФ на полезную модель №53056. - Приоритет 20.10.2005.- МПК G09B 25/00 (2006.01).- Опубликовано 27.04.2006.- Б.И. №12.- 2 с.
2. Алехин В.А. Комплект программ для лабораторного практикума по электротехнике «Электрические цепи» // Компьютерные учебные программы по электротехническим дисциплинам: Каталог программ, рекомендованных Научн.-метод. советом по электротехнике и электронике Министерства образования и науки РФ / Под ред А.Е. Краснопольского, Ю.Е. Бабичева, Л.Х. Зайнутдиновой, М.А. Польского; ФГОУ ВПО «АГТУ». – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2006. – 40 с.
3. Алехин В.А. Электротехника. Лабораторный практикум с использованием Миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ, компьютерного моделирования, *Mathcad*: – М.: МИРЭА, 2008. – 224 с.
4. Алехин В.А. Расчет электрических цепей в *Mathcad*: Методич. указ. по выполнению контр. и курс. работ на компьютерах. – М.: МИРЭА, 2006, № 0568. – 36 с.
5. Алехин В.А. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ. Часть 4. Основы аналоговой электроники: Методич. указ. по выполнению лабор. работ. – М.: МИРЭА, 2007, № 0645. – 32 с.
6. Алехин В.А. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ. – Ч. 5. Цифровые микросхемы. Методич. указ. по выполнению лабор. работ. – М.: МИРЭА, 2007, № 0719. – 28 с.
7. Алехин В.А. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ с виртуальными приборами LabVIEW. – Ч. 6. Методич. указ. по выполнению лабор. работ. – М.: МИРЭА, 2007, № 0791. – 16 с.

УДК 004.94  
ББК В 22 74.263.2

## ИННОВАЦИОННЫЙ ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ\

**В.В. Андреев, к.ф.-м.н., доц.**

Тел.: (495) 955-08-27; E-mail: vvandreev@mail.ru

**Валенсия Манрике Оскар, асп.**

Тел.: (495) 955-09-27; E-mail: aits@inbox.ru

**А.В. Калашников, асп.**

Тел.: (495) 955-09-23; E-mail: avkalashikov@inbox.ru

**М.А. Корнеева, студ.**

Тел.: (495) 955-09-24; E-mail: aits@inbox.ru

**А.М. Умнов, к.ф.-м.н., доц.**

Тел.: (495) 955-08-29; E-mail: a.umnov96@gmail.com

**Д.В. Чупров, ст. препод.**

**Кафедра Экспериментальной физики**

Тел.: (095) 955-07-59; E-mail: chu\_d@mail.ru

**Российский университет дружбы народов**

<http://www.aitc.sci.pfu.edu.ru>