

# Проблемы образования и подготовки специалистов в области радиотехнических и телекоммуникационных систем

DOI 10.24412/2221-2574-2023-3-75-82

УДК 4.85

## КОМБИНИРОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ В КУРСЕ «МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ» СТУДЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

**Макаров Александр Васильевич**

магистрант кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».

E-mail: [m-snake@rambler.ru](mailto:m-snake@rambler.ru)

**Романов Дмитрий Николаевич**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».

E-mail: [radon81@mail.ru](mailto:radon81@mail.ru)

**Жиганов Сергей Николаевич**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».

E-mail: [s\\_zh\\_72@mail.ru](mailto:s_zh_72@mail.ru)

Адрес: 602264, Российская Федерация, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

**Аннотация:** В статье рассмотрена возможность использования виртуальных лабораторных работ в процессе обучения студентов радиотехнических направлений подготовки. Целью данной работы является исследование возможности и особенностей использования специализированного программного обеспечения — виртуальных лабораторных работ — при изучении курса «Метрология и радиоизмерения» на примере изучения генератора сигналов и цифрового осциллографа. В ходе исследования было определено понятие виртуальной лабораторной работы, определены задачи, выполняемые данным программным обеспечением, сформулированы требования к программным комплексам, реализующим выполнение лабораторной работы. В качестве примера была разработана виртуальная лабораторная работа по теме «Измерение параметров сигналов на виртуальном и цифровом осциллографах», которая удовлетворяет всем выдвинутым требованиям, решает поставленные перед ней задачи.

**Ключевые слова:** информационные технологии в образовании, виртуальная лабораторная работа, математическая модель, радиоизмерения, виртуальные приборы.

### Введение

Один из основополагающих учебных курсов в подготовке специалистов радиотехнических направлений — «Метрология и радиоизмерения», поскольку неотъемлемым элементом современного технического производства являются радиоизмерения различных параметров и характеристик электронных аналоговых и цифровых схем, а также измерение неэлектрических величин электрическими и цифровыми методами. Лабораторные работы являются обязательной частью курса, позволяют студентам

изучить существующие методы радиоизмерений и получить навыки работы с современными контрольно-измерительными приборами. В настоящее время существует несколько направлений построения измерительной техники и автоматизированных информационно-измерительных комплексов, которые должен знать или, по крайней мере, иметь представление, выпускаемый вузом технический специалист.

Первое направление основано на использовании необходимых измерительных приборов с заданным функционалом и объединение их в

единый информационно-измерительный комплекс, управляемый специализированной ЭВМ, благо большинство современных измерительных приборов имеют стандартный интерфейс обмена данными и командами управления. Этот подход требует написания программы управления и интерфейса взаимодействия с пользователем. Используемые измерительные приборы, как правило, могут быть разных производителей, ограниченные лишь необходимыми точностными параметрами. Производители подобной аппаратуры в последнее время стараются создавать свою собственную «измерительную среду», предлагают набор своего оборудования с необходимым программным обеспечением для проведения типовых измерений, но при этом каждый измерительный прибор системы является законченным самостоятельным устройством, обеспечивающим заданные метрологические характеристики.

Вторым направлением построения измерительных приборов является использование устройств, подключаемых непосредственно к портам ввода-вывода ЭВМ, при этом измерительная информация поступает непосредственно в управляющую программу и может быть доступна пользователю. Устройства поставляются, как правило, с необходимым программным обеспечением и могут быть легко интегрированы в общую измерительную систему. Сложности применения такого подхода возникают в случае построения измерительных комплексов с большим количеством измерительного оборудования и для получения измерительного комплекса приходится использовать либо стандартную плату расширения для подключения к ЭВМ, либо делать её самим.

Третьим направлением в области радиоизмерений является применение комплексных контрольно-измерительных приборов, построенных по модульному принципу на базе универсальных шасси под управлением программы, написанной на одном из специализированных языков программирования. Ярким производителем такой контрольно-измерительной

аппаратуры является компания National Instruments, которая объединяет измерительные приборы при помощи универсальной шины PXI и использует для написания управляющих программ пакет LabView [1, 2]. На отечественном рынке в последнее время активно продвигает этот подход компания «Информтест», производящая модульные приборы в стандартах PXIe и AXIe, и разрабатывающая собственную программную среду для создания управляющих программ [3]. Особенностью таких устройств является то, что в единый измерительный комплекс объединяются необходимые для проведения совокупности измерений приборы: задающие генераторы, осциллографы, спектроанализаторы, мультиплексоры, АЦП и ЦАП, различные датчики. Комплекс работает под управлением универсального микропроцессора, обмен измерительной информацией осуществляется по внутренней высокоскоростной шине данных. Такой подход в построении измерительных комплексов позволяет быстро создавать виртуальные лицевые панели измерительных приборов, оснащённые необходимым функционалом, обеспечивающим заданный по техническим условиям набор необходимых измерительных операций. Результатом автоматизации того или иного измерительного процесса при помощи подобной измерительной аппаратуры является так называемая виртуальная лаборатория. Методы работы с подобными системами рассмотрены в работах авторов [4–6].

Модульные измерительные системы не один год применяются на промышленных предприятиях для проведения измерений, стали необходимым инструментом метрологов и выпускники радиотехнических специальностей наряду с необходимыми знаниями и навыками работы с измерительными приборами, построенным и по различным принципам, в своей профессиональной деятельности должны научиться работать с подобными устройствами.

Необходимые компетенции специалистов радиотехнического профиля подготовки прописаны в федеральных государственных образо-

вательных стандартах. В частности, в ФГОСе высшего образования по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника» (уровень бакалавриата), утверждённом приказом министра образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. N 179 в монтажно-наладочной деятельности выпускником выделены две компетенции: участие в проверке, наладке, регулировке и оценке состояния оборудования и настройке программных средств, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем; участие в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов деталей, узлов, систем и изделий радиотехнических устройств и систем, которые непосредственно связаны с применением современного контрольно-измерительного оборудования и информационно-измерительных систем.

Целью данной работы является описание методики формирования компетенций у выпускников радиотехнического направления подготовки работы с современными измерительными приборами модульного типа на примере разработанной лабораторной работы, содержащей виртуальные элементы «Исследование цифрового осциллографа».

#### **Описание структуры разработанной виртуальной лаборатории и решаемые ею задачи**

Виртуальные лабораторные комплексы в сфере метрологии и радиоизмерений дают возможность для более глубокого исследования и анализа сигналов различной сложности, построения необходимых реализаций измерительных сигналов, оценки значений величин в контрольных точках, что позволяет объединить изучение методов измерений с необходимыми пояснениями и наглядным представлением полученных результатов. Рассмотрим методику формирования навыков работы с измерительным комплексом на примере изучения студентами цифрового осциллографа.

В качестве физического лабораторного стенда в лабораторной работе используется шасси

NI PXIe-1085, содержащее встраиваемые контрольно-измерительные приборы. Измеряемые сигналы и их численные величины могут отображаться либо с помощью идущих в комплекте виртуальных приборных панелей, либо с помощью виртуальных приборов, созданных с помощью программной оболочки LabView [7–9]. Таким образом, с точки зрения отображения интерфейса контрольно-измерительного прибора разница между встраиваемым и программно-эмулируемым устройством отсутствует.

В работе в качестве измерительных приборов используются: генератор NIPXIe-5442; осциллограф NIPXI-5105, управление системой осуществляется при помощи встроенного персонального компьютера с операционной системой Windows, отображение результатов осуществляется на внешнем мониторе. Разработанная лабораторная работа преследует следующие цели обучения:

1. Изучение назначения, методов измерения формы радиосигналов, принципа действия и структурной схемы применяемого цифрового электронного осциллографа.

2. Приобретение практических навыков написания управляющей программы в среде LabView и использования осциллографа для исследования формы электрических сигналов и измерения их параметров.

Первым этапом выполнения лабораторной работы, осуществляемым, как правило, студентами самостоятельно на этапе подготовки, является изучение существующих методик проведения измерений, с которыми можно ознакомиться при помощи имеющейся литературы, например в [10–12]. К лабораторной работе студент должен изучить необходимый теоретический материал, подготовить формы для заполнения результатами экспериментов согласно своему варианту задания на работу.

Одним из важных факторов при проведении работ является персонализация задания на лабораторную работу. В том случае, когда измерения проводятся с помощью дискретных контрольно-измерительных приборов, получить

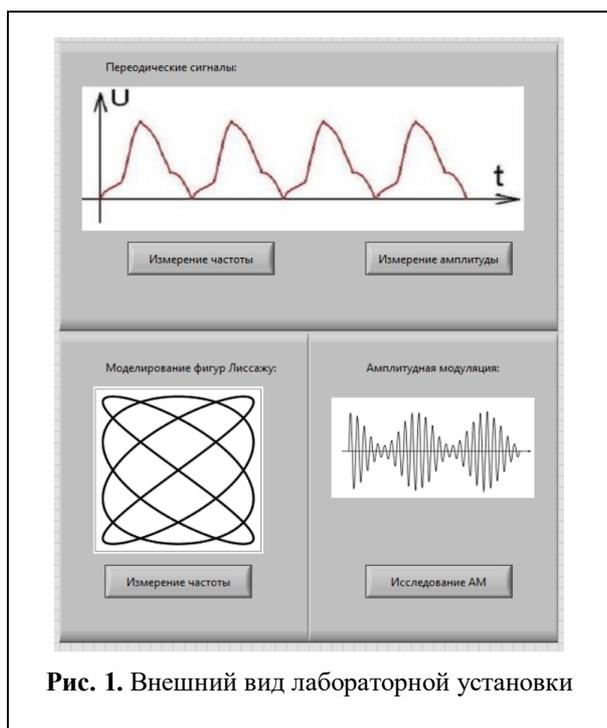


Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки

условия для оценки физических величин, которые имели бы действительно неизвестные для студентов значения — затруднительно. Это связано с тем, что параметры измеряемых сигналов задаются самими же студентами с помощью генераторов стандартных сигналов. Индивидуальность каждого задания можно реализовать с помощью виртуальных оболочек. Например, в начале выполнения работы студент вводит свой вариант. Значение варианта управляет значением частоты и амплитуды сигнала, позволяя получить уникальный набор характеристик, который даже приблизительно не известен обучающемуся. Такой подход неизбежно ведёт к увеличению времени, затрачиваемому преподавателем на оценку правильности действий студента. Поэтому лабораторная работа с элементами виртуализации должна иметь инструментарий для автоматизированной проверки правильности полученных значений той или иной измеряемой величины. Подобный подход и был реализован в этой лабораторной работе.

После ответа успешного допуска студент может приступить непосредственно к выполнению лабораторной работы. Внешний вид лабораторной установки при проведении работы

«Исследование цифрового осциллографа» приведён на рис. 1.

### Выполнение лабораторной работы

Перед началом выполнения практической части студенты должны подсоединить на шасси модуль генератора и модуль цифрового осциллографа. Поскольку в процессе выполнения лабораторной работы взаимодействие будет осуществляться между генератором, осциллографом и управляющей ЭВМ по высокоскоростной шине данных, то дополнительных соединений не требуется.

Для реализации заявленных целей обучения лабораторная работа состоит из выполнения нескольких практических этапов.

#### 1. Наблюдение периодического сигнала и измерение его амплитуды и частоты

При помощи используемого генератора студенту необходимо сформировать радиосигнал заданной частоты и амплитуды и получить его реализацию при помощи осциллографа. Для этого студент может использовать, встроенные в приборы программные средства, либо написать программу самостоятельно в среде LabView. Инструкции по работе с программным обеспечением и возможный код программы приведены в методических указаниях к лабораторной работе. Стартовый вид виртуального прибора для выполнения первой части работы должен иметь вид, показанный на рис. 2.

После выбора номера варианта, типа сигнала и установки амплитуды напряжения сигнала при помощи органов управления (рис. 3) необходимо сформировать гармоническое колебание. При помощи кнопок управления осциллографа необходимо добиться удобного отображения (рис. 4).

По графику, показанному на рис. 4 студенту необходимо определить амплитуду сигнала и его период, а затем рассчитать значение его частоты.

На этом этапе решается несколько методических задач: получение навыков работы с изме-

рительными приборами; написание программы управления измерительными приборами, либо получение навыков работы со встроенным программным обеспечением и определение параметров сформированного радиосигнала.

## 2. Наблюдение периодического сигнала и измерение его амплитуды, периода и частоты следования

На этом этапе студенту необходимо сформировать один из встроенных в генератор периодических сигналов. Для этого необходимо в соответствующем меню выбрать заданную форму сигнала и задать его амплитуду (рис. 5). По полученному графику периодического сигнала необходимо определить значение амплитуды сигнала, его длительность и период.

Здесь реализуются такие же, как и на предыдущем этапе методические задачи.

## 3. Моделирование фигур Лиссажу

На этом этапе лабораторной работы студенты должны понять метод измерения частоты сигнала на основе кратного соотношения частот сигналов измерительного и задающего генератора, которые подаются в канал X и Y осциллографа. Получаемые при этом на экране осциллографа фигуры называются фигурами Лиссажу. Для получения фигуры Лиссажу студенту необходимо задать параметры сигналов, подаваемых на каналы X и Y осциллографа, с помощью соответствующих органов управления, (рис. 6).

За счёт изменения частоты, амплитуды и фазы сигналов студенты могут проследить, как изменяется график результирующего сигнала, что позволяет дополнительно изучить графический метод определения амплитуды, фазы и частоты измерительного сигнала. На рис. 7 приведены результирующие изображения фигур при разных соотношениях амплитуд, частот и фаз сигналов, подаваемых в разные каналы осциллографа.

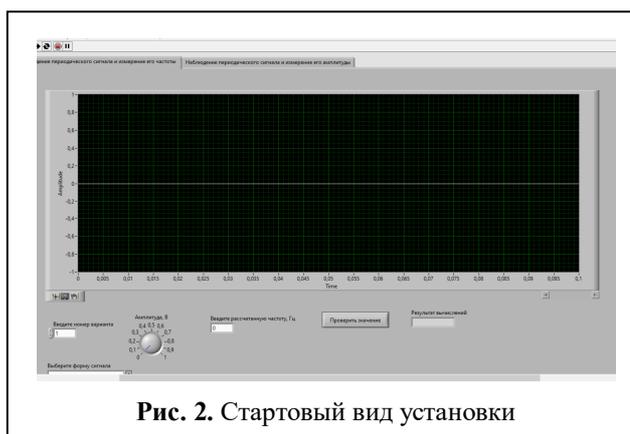


Рис. 2. Стартовый вид установки

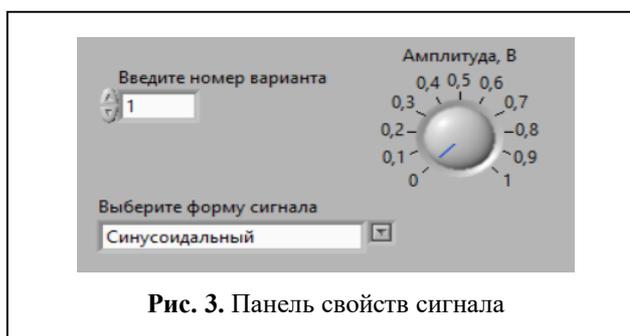


Рис. 3. Панель свойств сигнала

## 4. Получение амплитудно-модулированного сигнала и расчёт его параметров.

Четвёртым этапом лабораторной работы является формирование сигнала с амплитудной модуляцией при помощи задающего генератора и отображение результата при помощи осциллографа. Для этого студенту необходимо задать параметры несущего и модулирующего сигнала с помощью органов управления, приведённых на рис. 8.

В результате должна получиться реализация АМ-сигнала, приведённая на рис 9. Студенту необходимо определить значение несущей ча-

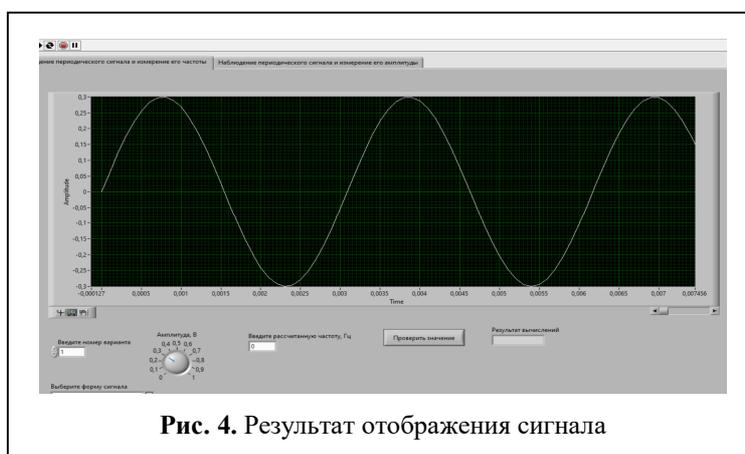


Рис. 4. Результат отображения сигнала

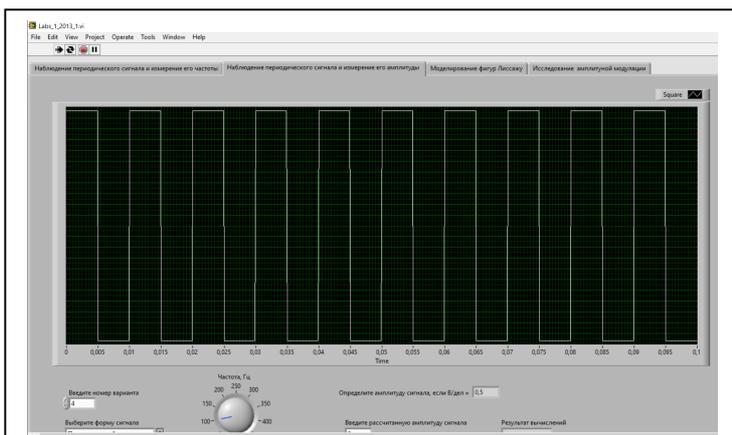


Рис. 5. Формирование периодического сигнала

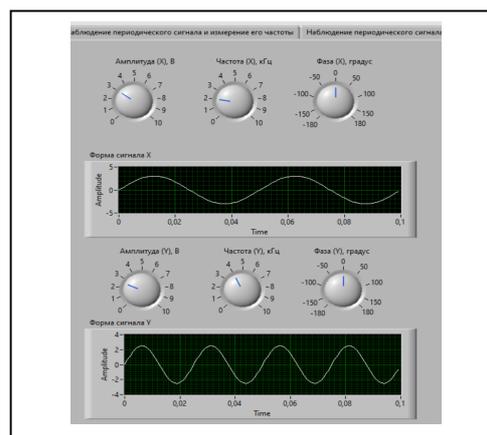


Рис. 6. Органы управления каналами X и Y осциллографа

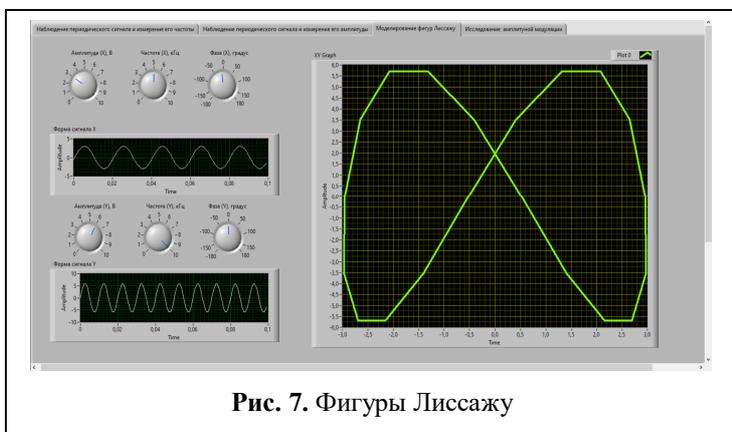


Рис. 7. Фигуры Лиссажу

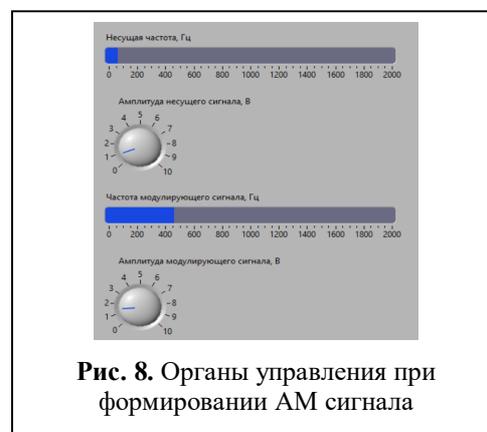


Рис. 8. Органы управления при формировании АМ сигнала

стоты сигнала, модулирующей частоты и индекса амплитудной модуляции, и сравнить полученные значения с заданными.

### 5. Получение спектра периодического и амплитудно-модулированного сигнала

На последнем этапе лабораторной работы студентам необходимо при помощи встроенной функции быстрого преобразования Фурье получить амплитудный спектр заданного периодического сигнала и АМ-сигнала, и по полученному спектру определить основные параметры сформированных сигналов и сравнить их с параметрами, рассчитанными на соответствующих этапах лабораторной работы. На рис. 10 приведены полученные результаты работы.

### 6. Завершение работы

После выполнения работы студенты составляют отчет с полученными результатами, листингами управляющих программ и выводами по работе.

В заключении студент должен защитить свою лабораторную работу на текущем занятии, если он успеет подготовить отчет согласно требованиям, приведённым в методических указаниях, либо на следующем занятии. Подготовиться к защите по данной лабораторной работе студенту помогут контрольные вопросы, охватывающие рассматриваемые в работе вопросы и приведённые так же в методических указаниях.

### Заключение

Построенная лабораторная работа позволяет решать методические вопросы обучения студентов радиотехнических направлений для реализации требований образовательных стандартов на новом уровне, поскольку: с одной стороны наглядно решаются чисто методические вопросы изучения методов измерений, в частности осциллографических методов измерения параметров сигналов; с другой стороны обеспечивается получение практических навыков и

умений по работе с современной измерительной аппаратурой, с третьей стороны осуществляется изучение и практическая реализация управляющих программ измерительных приборов. При выполнении работы у студентов проявляется интерес к изучению модульной измерительной аппаратуры и написанию управляющих программ, а также формируются необходимые навыки работы с этими приборами. В этих работах происходит не только изучение методов измерений и органов управления измерительных приборов, но и средств визуализации результатов и методов их обработки.

Комплекс подобных лабораторных работ позволит не только рассмотреть основные методы измерений, применяемых на радиотехническом производстве, но создавать автоматизированные измерительные системы на базе модульных приборов.

### Литература

1. Сайт фирмы NI [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ni.com/ru-ru.html> (дата доступа 20.06.2023).
2. Сайт представительства NI в РФ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.bbrc.ru/brendy/national\\_instruments/](https://www.bbrc.ru/brendy/national_instruments/) (дата доступа 20.06.2023).
3. Сайт фирмы «Информтест» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.informtest.ru/catalog/nositeli\\_moduley\\_pxie/](https://www.informtest.ru/catalog/nositeli_moduley_pxie/) (дата доступа 20.06.2023).
4. *Омариев А.Н., Романов Д.Н., Жиганов С.Н.* Разработка программно-аппаратного комплекса для проверки работоспособности АЦП в тракте цифрового приемника // Радиолокационная техника: устройства, станции, системы РЛС`2015 АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов». 2015. С. 64–66.
5. *Mikheev K.V., Romanov D.N., Smirnov M.S.* Automatic System for Modeling of Forming, Receiving and Processing Radar Signal // 2018 14th International Scientific-Technical Conference APEIE – 44894. Pp. 421–425.
6. *Романов Д.Н., Михеев К.В.; Пальманов В.А.*

Поступила 11 февраля 2023 г.

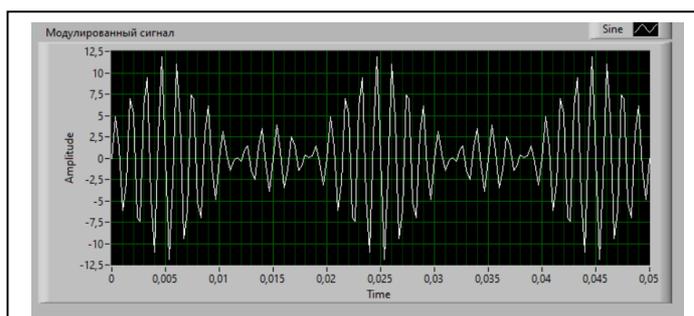


Рис. 9. Результирующий АМ-сигнал

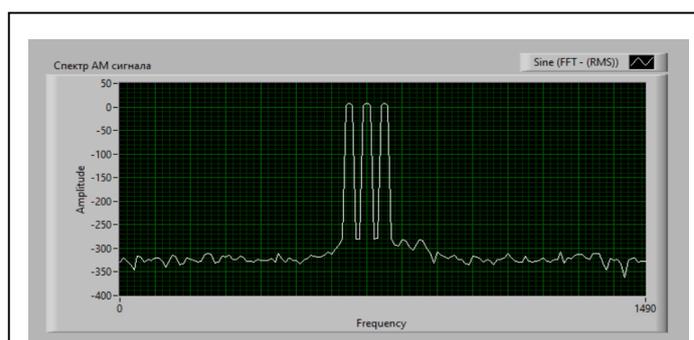


Рис. 10. Амплитудные спектры периодического и АМ-сигналов

Разработка информационно-измерительной системы, формирующей траектории движения воздушных объектов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2018. №3. С. 26–32.

7. *Трэвис Д.* LabVIEW для всех. М: Книга по Требованию. 2011. 904 с.

8. *Жарков Ф., Каратаев В., Никифоров В., Панов В.* Использование виртуальных инструментов LabVIEW. М: Радио и связь, 1999. 268 с.

9. *Федосов В., Нестеренко А.* Цифровая обработка сигналов в LabVIEW. М.: ДМК Пресс. 2007. 471 с.

10. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учеб. / Под общ. ред. *Б.Н. Тихонова*. М.: Горячая линия — Телеком, 2007. 374 с.

11. *Ким К.К., Анисимов Г.Н., Барбарович В.Ю., Литвинов Б.Я.* Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2008. 368 с.

12. *Нефедова В.И., Сугова А.С.* Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учеб. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2005. 599 с.

English

COMBINED LABORATORY WORKS IN METROLOGY AND RADIO MEASUREMENTS FOR RADIO-ENGINEERING STUDENTS

**Aleksandr Vasilyevich Makarov** — Master's Degree Student, Murom Institute (branch) "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs".

E-mail: [m-snake@rambler.ru](mailto:m-snake@rambler.ru)

**Dmitry Nikolaevich Romanov** — PhD, Associate Professor, Radio Engineering Department, Murom Institute (branch) "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs".

E-mail: [radon81@mail.ru](mailto:radon81@mail.ru)

**Sergey Nikolaevich Zhiganov** — PhD, Associate Professor, Radio Engineering Department, Murom Institute (branch) "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs".

Address: 602264, Russian Federation, Vladimir region, Murom, Orlovskaya St., 23.

*Abstract:* The article looks into the possibility of using virtual laboratory works for radio-engineering students' training. This work is aimed at the research into possibility and usage features of dedicated software - virtual laboratory works while studying academic course Metrology and Radio Measurements by the example of studying a signal generator and a digital oscilloscope. The concept of virtual laboratory work was defined during the research, there were defined tasks performed by this software, and the requirements for software systems that implement laboratory work were stated. A virtual laboratory work was developed on the subject Digital Oscilloscope Research as an example, which meets all the requirements and solves the tasks assigned to it. This work objective is to describe the methods for competence development among radio-engineering graduates to operate with today's modular-type measuring instruments using the example of developed laboratory work Digital Oscilloscope Research comprising virtual elements. Virtual laboratory packages in the area of metrology and radio measurements enable a more in-depth research and signal analysis of varying complexity, to make necessary implementations of measuring signals, to estimate values in checkpoints, which enable to combine the study of measurement methods with the necessary explanations and a visual representation of the results obtained. The developed laboratory work enables to solve methodical issues in teaching radio-engineering students to implement the requirements of educational standards at a new level. There are clearly addressed issues of studying measurement methods, in particular oscillographic methods for measuring signal parameters. There are learned practical skills and abilities in working with today's measuring equipment and the practical implementation of control software for measuring instruments.

*Keywords:* information technologies in education, virtual laboratory work, mathematical model, radio measurements, virtual instruments.

### References

1. NI company website [Electronic Source]. URL: <https://www.ni.com/ru-ru.html> (Access Date 20.06.2023).
2. Website of the NI representative office in the RF [Electronic Source]. URL: [https://www.bbrc.ru/brendy/national\\_instruments/](https://www.bbrc.ru/brendy/national_instruments/) (Access Date 20.06.2023).
3. Informtest website [Electronic Source]. URL: [https://www.informtest.ru/catalog/nositeli\\_moduley\\_pxie/](https://www.informtest.ru/catalog/nositeli_moduley_pxie/) (Access Date 20.06.2023).
4. *Omariev A.N., Romanov D.N., Zhiganov S.N.* Development of a hardware and software complex for testing the operability of the ADC in the digital receiver path. Radar equipment: devices, stations, radar systems`2015 JSC AO MZ RIP. 2015. Pp. 64–66.
5. *Mikheev K.V., Romanov D.N., Smirnov M.S.* Automatic System for Modeling of Forming, Receiving and Processing Radar Signal // 2018 14th International Scientific-Technical Conference APEIE – 44894. Pp. 421–425.
6. *Romanov D.N., Mikheev K.V., Palmanov V.A.* Development of an information and measurement system that forms the trajectories of air objects. Radioengineering and telecommunication systems. 2018. No.3. Pp. 26–32.
7. *Travis D.* LabVIEW for everyone. M: Book on Demand. 2011. 904 p.
8. *Zharkov F., Karataev V., Nikiforov V., Panov V.* Using LabVIEW virtual tools. Moscow: Radio i Svaz', 1999. 268 p.
9. *Fedosov V., Nesterenko A.* Digital signal processing in LabVIEW. Moscow: DMK Press. 2007. 471 p.
10. Metrology and electrical and radio measurements in telecommunication systems: Textbook. Ed. by *B.N. Tikhonov*. Moscow: Goryachaya Liniya — Telekom, 2007. 374 p.
11. *Kim K.K., Anisimov G.N., Barbarovich V.Yu., Litvinov B.Ya.* Metrology, standardization, certification and electrical measuring equipment: Textbook. St. Petersburg: Piter, 2008. 368 p.
12. *Nefedova V.I., Sigova A.S.* Metrology and electro-radio measurements in telecommunication systems: Textbook, 3rd ed., reprint. and additional Moscow: Vyshaya Shkola, 2005. 599 p.