Марченко А. Л., Освальд С. В.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ

в среде MULTISIM + CD

Учебное пособие для вузов

ДМК Пресс
издательство
Москва, 2010

УДК 621.38
ББК 32.973.26.108.2
М30

Р е ц е н з е н т ы:
доктор технических наук, профессор *А. Е. Краснопольский* (МИСиС)
кандидат технических наук, профессор *Ю. Е. Бабичев* (МГГУ)

Марченко А. Л., Освальд С. В.
М30 Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 448 с. : ил.

ISBN 978-5-94074-593-8

В книге рассматриваются краткие теоретические сведения и расчетные формулы по темам 37 лабораторных работ, дано описание схем электрических цепей и устройств, сформулированы расчетные задания и задания на проведение экспериментов, даны рекомендации к выполнению экспериментов, обработке полученных данных и оформлению отчетов по работам с использованием электронной тетради лабораторного комплекса LabWorks.

Приведены схемы испытания электронных устройств, смоделированные в программной среде NI Multisim 10.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по неэлектротехническим направлениям подготовки бакалавров 550000 – технические науки и по неэлектротехническим направлениям подготовки дипломированных специалистов, 650000 – техника и технологии.

На **CD,** прилагаемом к книге, размещены демонстрационная версия NI Multisim 10, лабораторный комплекс LabWorks и комплект схемных файлов ко всем лабораторным работам.

УДК 621.38
ББК 32.973.26.108.2

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-593-8

© Марченко А. Л., Освальд С. В., 2010
© Оформление, ДМК Пресс, 2010

Содержание

Введение 6

Правила выполнения лабораторных работ 9

I. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ 11

Лабораторная работа 1 (Lr1)
Измерение электрических величин и параметров элементов электрических цепей 11
Лабораторная работа 2 (Lr2)
Мост постоянного тока 22
Лабораторная работа 3 (Lr3)
Линейная цепь с двумя источниками постоянного напряжения 26
Лабораторная работа 4 (Lr4)
Разветвленная цепь постоянного тока 32
Лабораторная работа 5 (Lr5)
Активный двухполюсник в цепи постоянного тока 39
Лабораторная работа 6 (Lr6)
Неразветвленные цепи синусоидального тока 45
Лабораторная работа 7 (Lr7)
Разветвленная цепь синусоидального тока 53
Лабораторная работа 8 (Lr8)
Резонансы в цепях синусоидального тока 61
Лабораторная работа 9 (Lr9)
Индуктивно связанные цепи 71
Лабораторная работа 10 (Lr10)
Пассивный четырехполюсник 79
Лабораторная работа 11 (Lr11)
Трехфазные цепи 88
Лабораторная работа 12 (Lr12)
Нелинейная цепь постоянного тока 99
Лабораторная работа 13 (Lr13)
Линейные цепи с зависимыми источниками энергии 108
Лабораторная работа 14 (Lr14)
Переходные процессы в неразветвленных электрических цепях 118
Лабораторная работа 15 (Lr15)
Магнитные цепи постоянного тока 128

Лабораторная работа 16 (Lr16)
Линейная электрическая цепь с периодической несинусоидальной ЭДС 137
Лабораторная работа 17 (Lr17)
Временные характеристики линейных электрических цепей 146

II. ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ 157

Лабораторная работа 18 (Lr18)
Однофазный трансформатор 157
Лабораторная работа 19 (Lr19)
Трехфазные асинхронные двигатели 169
Лабораторная работа 20 (Lr209
Двигатели постоянного тока 179

III. АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА 189

Лабораторная работа 21 (Lr21)
Полупроводниковые диод, стабилитрон и тиристор 189
Лабораторная работа 22 (Lr22)
Однофазные полупроводниковые выпрямители 205
Лабораторная работа 23 (Lr23)
Биполярные и полевые транзисторы 223
Лабораторная работа 24 (Lr24)
Простейшие транзисторные усилители 238
Лабораторная работа 25 (Lr25)
Электронные устройства на операционных усилителях 260
Лабораторная работа 26 (Lr26)
Аналоговые компараторы напряжения 274
Лабораторная работа 27 (Lr27)
Мультивибраторы 284
Лабораторная работа 28 (Lr28)
Генераторы синусоидальных колебаний 296

IV. ЦИФРОВЫЕ И АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА 310

Лабораторная работа 29 (Lr29)
Логические элементы и схемы 310
Лабораторная работа 30 (Lr30)
Преобразователи кодов 321
Лабораторная работа 31 (Lr31)
Цифровой компаратор 334

Лабораторная работа 32 (Lr32)
Триггеры 341
Лабораторная работа 33 (Lr33)
Регистры 352
Лабораторная работа 34 (Lr34)
Счетчики 362
Лабораторная работа 35 (Lr35)
Цифроаналоговый преобразователь 374
Лабораторная работа 36 (Lr36)
Аналого-цифровой преобразователь 382
Лабораторная работа 37 (Lr37)
Оптоэлектронные приборы и устройства 394

Приложение 1
ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС LABWORKS 403

Приложение 2
СРЕДА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ NI MULTISIM 10 415

Приложение 3
КАТАЛОГ СХЕМНЫХ ФАЙЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ 439

Программы, разработанные в среде Borland C++ Builder 6.0 443

Ответы на тестовые задания к лабораторным работам 444

Список литературы 446

ВВЕДЕНИЕ

Изучение общепрофессиональной дисциплины «Электротехника и электроника» в вузах эффективно лишь тогда, когда наряду с овладением основ теории студенты в условиях проведения лабораторного эксперимента знакомятся на практике с работой электрических цепей и устройств, источниками питания, осциллографом и измерительными приборами.

Основной задачей лабораторного практикума является приобретение студентами практических навыков подготовки и испытания электрических цепей и устройств, в частности приобретение навыков измерения электрических величин, обработки экспериментальных данных, построения временных и векторных диаграмм электрических величин и характеристик устройств, а также получение экспериментального подтверждения (с приемлемой точностью) теоретических положений, рассмотренных на лекциях.

Наряду с натурными экспериментами в настоящее время широкое распространение получили компьютерное моделирование и анализ схем электронных устройств в таких программных средах, как Electronics Workbench, DesignLab, Aplac, P-Spice, Micro-Logic, LabVIEW, NI Multisim и др.

На этапе начального освоения студентами моделирования электронных устройств наиболее приемлемым средством является, по нашему мнению, программная среда **NI Multisim 10** (в дальнейшем MS10) группы Electronics Workbench (входящей в корпорацию National Instruments), в библиотеке которой более 16 000 электронных компонентов, сопровождаемых аналитическими моделями, пригодными для быстрого моделирования. Особенностью среды MS10 является наличие контрольно-измерительных приборов, по внешнему виду и характеристикам приближенных к их промышленным аналогам.

Большое количество и разнообразие моделей аналоговых, цифровых или смешанных аналого-цифровых приборов и узлов, средств анализа и виртуальных приборов делает среду MS10 удобным инструментом *для визуализации и демонстрации* проявления многих фундаментальных явлений и процессов, происходящих в электрических устройствах.

Моделирование электрических схем устройств в дисплейном классе вуза или дома и визуализация результатов в виде осциллограмм, графиков характеристик, показаний виртуальных приборов способствуют лучшему пониманию принципов функционирования реальных схем управления и контроля технологическими процессами производства. Эксперименты на моделях дополняют и расширяют реальные физические эксперименты, так как позволяют исследовать аварийные режимы, недопустимые при натурных испытаниях устройств, замедлить или ускорить развитие электромагнитных процессов в электрических устройствах, что помогает более глубоко усвоить их сущность.

Количество и перечень лабораторных работ определяют электротехнические кафедры, руководствуясь примерной учебной программой дисциплины «Электротехника и электроника» и направлением подготовки специалистов.

Хорошая подготовка к лабораторной работе (изучение теоретического материала и выполнение расчетных заданий) – непременное условие эффективности ее выполнения, так как проведение любого эксперимента имеет смысл только в том случае, если экспериментатор отчетливо представляет себе цель эксперимента и характер ожидаемых результатов.

Студенты могут воспользоваться готовыми схемами испытания устройств, выполненными в среде MS10 и записанными на прилагаемом к книге компакт-диске, или самостоятельно собрать схему устройства на рабочем поле среды MS10 и, согласно индивидуальному заданию, установить параметры и режимы функционирования компонентов схемы.

Результаты выполнения расчетного задания и заданий на эксперимент обычно заносятся в типовой бланк отчета, состоящий из титульного листа (на котором указываются наименование кафедры, название и цель работы, фамилия студента и номер его группы), чертежей схем электрических цепей и устройств, исследуемых в лабораторной работе, таблиц для занесения результатов измерений и вычисленных параметров. В бланке отчета отводятся места для выполнения расчетов, построения диаграмм, графиков зависимостей электрических величин, для перечня использованных в работе приборов и выводов по работе.

В данном пособии в описании каждой лабораторной работы сформулирована ее цель, приведены основные расчетные соотношения между электрическими величинами и индивидуальные задания на моделирование электрических схем устройств, даны рекомендации к оформлению отчета. Описание работ и методические рекомендации к выполнению заданий, продублированные в программном комплексе LabWorks, даны в объеме, достаточном для проведения необходимых вычислений без обращения к другим источникам информации.

Полученные в результате расчетов и эксперимента числовые данные, а также скриншоты рисунков схем, осциллограмм и характеристик электронных устройств рекомендуется заносить в электронную тетрадь, программа которой автоматически запускается при щелчке мышью на кнопке «Эксперимент» меню пользовательского интерфейса комплекса LabWorks одновременно с запуском среды MS10. Оформлен-

ные отчеты хранятся в электронном виде в базе данных, при необходимости их можно распечатать на принтере.

Автоматизация рутинных операций при оформлении отчетов по работам позволяет студенту уделить больше внимания анализу полученных данных и лучше подготовиться к защите работ за отводимое в учебной программе время.

Предполагается, что, прежде чем приступить к моделированию схемы электрической цепи или устройства (войти в среду MS10), студент самостоятельно проработал лекционный материал по теме работы, изучил основные теоретические положения и расчетные соотношения, приведенные в описании работы, выполнил расчет параметров для их установки при моделировании схем устройств, инструкции работы со средами LabWorks и MS10. Для проверки этого предположения в комплекс LabWorks включена программа тестового контроля «на допуск» к моделированию схем.

К пособию прилагается *компакт-диск*, на котором записаны демонстрационная версия среды компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств MS10, программный лабораторный комплекс LabWorks, зарегистрированный в ВНТИЦ Федерального агентства по образованию Российской Федерации (номер государственной регистрации № 50200600397 от 22 марта 2006 г.), и комплект схемных файлов ко всем лабораторным работам.

Программа MS10 обязательно должна быть установлена до начала выполнения работ на диск персонального компьютера (с ОС Windows XP, Internet Explorer 6.x и выше, свыше 128 Мб оперативной памяти, CD-ROM, 1024x768). Выполнять виртуальные лабораторные работы в среде LabWorks можно непосредственно с компакт-диска.

Краткие описания и инструкции работы в средах LabWorks и MS10 даны соответственно в приложениях 1 и 2 пособия. Каталог схемных файлов электротехнических и электронных устройств приведен в приложении 3.

А. Л. Марченко написаны лабораторные работы Lr1–Lr37 и приложение 2; С. В. Освальд модернизировал программный лабораторный комплекс LabWorks, в который введен в формате HTML весь материал этой книги, и написал к нему руководство пользователя (приложение 1).

Авторы считают своим долгом выразить глубокую благодарность рецензентам рукописи пособия д. т. н., профессору А. Е. Краснопольскому (МИСиС) и к. т. н., профессору Ю. Е. Бабичеву (МГГУ) за полезные рекомендации и замечания, учтенные авторами при окончательной подготовке рукописи к изданию. Авторы благодарят также студентов МАТИ С. С. Воробьева и А. Г. Иванова за помощь в подготовке учебных материалов к записи на компакт-диски и руководителя инновационных программ корпорации National Instruments в России П. Р. Сепояна за оказанное содействие в издании этой книги.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Лабораторные работы проводятся в дисплейном классе или дома на персональном компьютере с использованием программного комплекса LabWorks и полнофункциональной или учебной версии среды NI Multisim 10 (MS10). Краткие описания и инструкции работы в средах LabWorks и MS10 даны соответственно в приложениях 1 и 2.

2. Каждая лабораторная работа состоит из двух частей: расчетной и экспериментальной, выполняемой в виртуальной лаборатории.

3. Прежде чем приступить к моделированию схем устройств, необходимо изучить теоретические сведения по теме лабораторной работы, учебные задания на проведение экспериментов, согласно варианту рассчитать параметры элементов схемы, а в некоторых работах рассчитать схему цепи.

4. При выполнении работ в дисплейном классе необходимо строго следовать методическим указаниям к конкретной лабораторной работе и выполнять вариант задания (на расчет и эксперимент), номер N которого совпадает с номером записи фамилии студента в учебном журнале группы.

5. Результаты измерений и расчетов рекомендуется заносить в закладки таблиц электронной тетради, а скриншоты схем устройств, осциллограмм и характеристик, снятых с окон характериографов, – вставлять на ее страницы. Программа электронной тетради запускается при щелчке мышью на кнопке **Эксперимент** меню программного комплекса LabWorks одновременно с запуском среды MS10 и выводится на экран дисплея поверх рабочего поля среды MS10.

6. После заполнения данными таблиц и внесения копий рисунков нужно щелкнуть мышью на кнопке **Сохранить отчет в формате MS Word** меню электронной тетради – шаблона отчета по работе, который конвертируется из формата языка HTML в формат редактора Word и выводится на экран дисплея. После оформления отчет сохраняется в базе данных и, при необходимости, может быть распечатан на принтере.

7. Полученные расчетные и экспериментальные данные и построенные диаграммы и графики характеристик электрических цепей и устройств комментируются (поясняются) с позиций известных теоретических положений.

8. Оформленный в электронном виде отчет заканчивается выводами по результатам работы и (согласно установленному на кафедре порядку) может (должен) быть представлен на бумажном носителе.

9. Выполненная в полном объеме лабораторная работа защищается. Перед защитой работы целесообразно ответить на вопросы тестовых заданий к лабораторной работе, то есть пройти самоконтроль. На защите уделить особое внимание соответствию рассчитанных и экспериментально полученных данных; объяснить их возможные расхождения.