

Развитие учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в программной среде TINA

Изучение электротехники, электроники и микроконтроллеров в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами предусматривает практическое освоение студентами экспериментальных методов исследования, формирование компетенций и навыков расчёта электрических цепей и электронных схем. Современное развитие информационных образовательных технологий, широкое использование студентами разнообразных компьютерных средств в условиях сокращения учебных часов на изучение дисциплин делает необходимым создание новых мультимедийных учебных комплексов с применением в лекционном процессе и на лабораторно-практических занятиях компьютерного моделирования электрических цепей, электронных схем и микроконтроллеров.

Целью проведённых исследований был сравнительный анализ различных программ компьютерного моделирования с точки зрения их доступности, простоты освоения и эффективности применения преподавателями и студентами в учебном процессе, а также создание и апробация учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с использованием выбранной среды моделирования.

Обсуждены проблемы, связанные с необходимостью приобретения лицензионного программного обеспечения и выполнен сравнительный анализ следующих программ компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем: NI Multisim, Micro-Cap, Proteus VSM, OrCAD, TINA.

Методом исследования было изучение этих программ моделирования и проектирования, написание учебных пособий и проведение учебных занятий со студентами с их использованием. Сделана оценка стоимости лицензий для применения программного обеспечения в компьютерных классах и на домашних компьютерах студентов.

В результате подтверждён вывод о целесообразности применения для преподавания электротехники и электроники бесплат-

ной студенческой программы компьютерного моделирования TINA-TI и облачной среды TINACloud компании DesignSoft.

Новый программный продукт TINACloud использует облачные интернет-технологии и может запускаться через браузер в любом месте мира без установки программы в компьютере. Этот сервис предлагает множество образовательных ресурсов и позволяет выполнять виртуальные исследования и лабораторные практикумы по электротехнике, электронике и микропроцессорной технике на ноутбуках, планшетах и других мобильных устройствах в любое время и в любом месте. Стоимость годовой студенческой лицензии составляет 12 Евро.

С использованием программ TINA и TINACloud был разработан учебный комплекс по электротехнике, электронике и микроконтроллерам, содержащий пять изданных учебных пособий, электронные конспекты лекций по электротехнике и электронике, компьютерные лабораторные практикумы по электротехнике, электронике и микроконтроллерам, мультимедийный практикум по электронике, видеоуроки.

Учебный комплекс успешно используется в учебном процессе на очном и дистанционном обучении, реализует концепции современного открытого и мобильного образования, основные материалы комплекса размещены в Интернете в открытом доступе на сайте «Электротехника и электроника. Учебные ресурсы для студентов и преподавателей» [URL:<http://www.toe-mirea.ru/>]. Учебный комплекс может быть использован в вузах и колледжах для обучения студентов по направлениям, связанным с электроникой, приборостроением, управлением в технических системах, робототехникой, радиотехникой, информатикой и вычислительной техникой и т.п.

Ключевые слова: электротехника, электроника, микроконтроллеры, учебный комплекс, программа моделирования TINA, облачная среда TINACloud, электронные учебные пособия

Vladimir A. Alekhin

Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia

Development of educational complex on electrical engineering, electronics and microcontrollers on modeling in TINA software

The study of electrical engineering, electronics and microcontrollers in accordance with federal state educational standards requires from students the practical mastering of experimental methods for the study of electrical circuits and electronic circuits, the formation of competences and skills in the calculation of electrical circuits and electronic circuits. The modern development of information educational technologies, the widespread use of a variety of computer facilities by students in reducing teaching hours for the study of disciplines make it necessary to create new multimedia training complexes, using computer simulation of electrical circuits, electronic circuits and microcontrollers

in the lecture process and in the laboratory and practical exercises. The purpose of the research was a comparative analysis of various computer simulation programs in terms of their accessibility, ease of development and efficiency of use by lecturers and students in the educational process, and the creation and testing of a training complex for the electrical engineering, electronics and microcontrollers using the selected modeling environment.

The problems associated with the need to purchase licensed software were discussed and a comparative analysis of the following computer modeling programs for electrical circuits and electronic circuits was

performed: NI Multisim, Micro-Cap, Proteus VSM, OrCAD, TINA. The research method included the study of these modeling and design programs, writing of teaching aids and conducting of training sessions with students. The cost of licenses for the software application in computer classes and on students' home computers was estimated. As a result, the conclusion was confirmed about the advisability of using the free student program of computer modeling TINA-TI and the TINACloud environment from DesignSoft for the teaching of electrical engineering and electronics.

The new software product TINACloud uses cloud-based Internet technologies and can be launched through the browser anywhere in the world without installing a program in the computer. This service offers many educational resources and allows students to carry out virtual research and laboratory practical work on electrical equipment, electronics and microprocessor technology on laptops, tablets and other mobile devices at any time and in any place. The cost of an annual student license is 12 Euros.

With the use of TINA and TINACloud programs, a training complex on electrical engineering, electronics and microcon-

trollers was developed. It contains five published training manuals, electronic lecture notes on electrical engineering and electronics, computer labs on electrical engineering, electronics and microcontrollers, a multimedia workshop on electronics, video tutorials.

This complex is being successfully used in the educational process for full-time and distance education, it also implements the concepts of modern open and mobile education, the basic materials of the complex are placed on the Internet on the website "Electrical engineering and electronics. Educational resources for students and teachers" [URL: <http://www.toe-mirea.ru/>].

The educational complex can be used in universities and colleges to teach students in areas related to electronics, instrument engineering, and management in technical systems, robotics, radio engineering, computer science and computer technology, etc.

Keywords: electrical engineering, electronics, microcontrollers, training complex, TINA modeling program, TINACloud environment, electronic training manuals.

Введение

Изучение электротехники, электроники и микроконтроллеров в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами предусматривает практическое освоение студентами экспериментальных методов исследования, формирование компетенций, умений и навыков расчета электрических цепей и электронных схем.

Эти требования обусловлены, в частности, тем, что современные тенденции развития электроники заключается в применении встраиваемых систем на основе систем на кристалле (System-on-Chip (SoC)) или (СБИС СнК). Такие SoC – решения обычно состоят из встроенного процессора (процессоров), встроенных памяти, аппаратных ускорителей, высокоскоростных коммуникационных интерфейсов и реконфигурируемой логики. Вследствие этого разработки таких радиоэлектронных систем становятся все более сложными, поскольку они предъявляют более жесткие требования к низкой стоимости, более высокой производительности, качеству продукции, безопасности. Разработчики используют сложные современные программные средства автоматизированного проектирования электронных систем, созданные известными компа-

ниями США: Synopsys, Mentor Graphics, Cadence, Altera и др. Освоение и применение этих программных сред требует многолетней упорной работы научно-производственных групп и коллективов.

В учебных планах вузов краткое знакомство с отдельными программами названных выше компаний предусмотрено для магистров в дисциплинах по технологиям проектирования электронных устройств и систем средствами САПР. Однако, по нашему мнению целесообразно знакомить студентов с методами компьютерного схемотехнического проектирования, начиная со второго курса, при изучении электротехники, электроники и микроконтроллеров, используя для этого не самые сложные, но удобные в освоении, эффективные по скорости и точности моделирования программы. Опыт показывает, что изучив хотя бы одну программу, применяя её при изучении последующих курсов, студенты и выпускники вузов с интересом осваивают и успешно применяют более сложные программы в своей практической деятельности. Тем более, что современные программы схемотехнического проектирования используют PSpice модели электронных компонентов и имеют примерно одинаковый набор режимов моделирования.

В связи с этим актуальной задачей для высшего профессионального образования является формирование у студентов компетенций (знаний, умений, навыков) в области моделирования электронных устройств и систем уже при изучении дисциплин «Электротехника» и «Электроника» на втором курсе обучения.

Для решения этой задачи на основе многолетнего опыта было проведено сравнение нескольких популярных программных сред схемотехнического проектирования, обоснован выбор среды TINA, наиболее подходящей по нескольким показателям, и создан учебный комплекс по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в среде TINA. Основные материалы учебного комплекса размещены в открытом доступе в интернете, активно используются студентами МИРЭА и могут быть полезны преподавателям других вузов.

Выполненная работа актуальна ещё и потому, что современное развитие информационных образовательных технологий, широкое использование студентами разнообразных компьютерных средств в условиях сокращения учебных часов на изучение дисциплин делает необходимым создание новых мультимедийных учебных комплексов с применением в лекционном

процессе и на лабораторно-практических занятиях компьютерного моделирования электрических цепей, электронных схем и микроконтроллеров.

Традиционно в учебных курсах и лабораторных практикумах вузов применяли программы Electronics Workbench [1,2,3,4]. Несколько позже началось применение программ Micro-Cap и Multisim [5,6]. В те же годы были опубликованы учебные пособия по электротехнике, электронике и радиотехнике, где для исследования электрических цепей и электронных схем применялось математическое моделирование в программах Mathcad и MATHLAB [7,8]. В этих учебных пособиях изучались языки программирования и методы решения математических уравнений в задачах электротехники и электроники.

Компьютерное моделирование электрических цепей и электронных схем широко применяется и в зарубежной учебной литературе. Так в [9] использовано математическое моделирование для иллюстрации электрических процессов. Известный американский профессор Robert Boylestad, автор многих учебников по теории электрических цепей и электронике в [10] практически все изучаемые электронные схемы исследует моделированием в PSpice с использованием программы OrCAD.

Таким образом, применение компьютерного моделирования в курсах электротехники и электроники в настоящее время является актуальной задачей, решение которой возможно с использованием различных программных сред. Целью данной статьи является обоснование выбора наиболее подходящей среды с учётом многих факторов, определяющих такой выбор. При этом автор использует свой многолетний опыт применения компьютерного моделирования

в научных исследованиях и в учебном процессе для обоснования выводов и рекомендаций, которые публиковались в материалах многих конференций по вопросам образования и науки и в журнальных статьях.

Так в [11] рассмотрен комплексный лабораторный практикум с использованием миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ-2, компьютерного моделирования в среде Electronics Workbench, MathCad и LabVIEW [12].

В [13] были обсуждены проблемы, связанные с необходимостью приобретения лицензионного программного обеспечения и выполнен сравнительный анализ следующих программ компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем: NI Multisim, Micro-Cap, Proteus VSM, OrCAD, TINA.

На сегодняшний день существуют такие проблемы:

- лицензионное программное обеспечение можно использовать только в компьютерных классах с лимитированным количеством рабочих мест;

- нет возможности передавать лицензионные программные продукты неограниченному кругу студентов для установки на домашних компьютерах и ноутбуках при проведении дистанционного лабораторного практикума и выполнении домашних расчётных заданий;

- новое законодательство по охране авторских прав в интернете предусматривает строгие санкции за применение нелегальных программных продуктов;

- лицензионные программы требуют оплаты и периодического продления сроков лицензии.

К примеру, версия программы Multisim Education предназначена для учебных заведений и включает в себя обучающие курсы, подготовленные ап-

паратные решения и рабочие учебники. Программа платная, полного русификатора не имеет. Стоимость годовой лицензии для одного пользователя превышает 700 \$, для компьютерного класса на 25 мест — около 7000 \$.

Мощной системой автоматизированного проектирования, позволяющей виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств, включая микроконтроллеры, считается программный пакет Proteus VSM [14]. Программа состоит из двух модулей: редактора электронных схем с последующей имитацией их работы и редактора печатных плат. Кроме этого, Proteus VSM может создать трёхмерную модель печатной платы. Программа платная и не имеет полного русификатора. Эта программа была использована нами для моделирования микроконтроллеров. Интерфейс программы достаточно сложный для освоения студентами моделирования аналоговых устройств.

OrCAD — одна из лучших программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, предоставляющая дизайнерам широкие возможности разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат. Первые книги по OrCAD в России были написаны В.Д. Разевигом, однокурсником и хорошим знакомым автора данной статьи [15]. Примерно в то же время в переводе в России была опубликована книга Джона Коена [16]. Причем, в ранних версиях OrCAD отсутствовал графический интерфейс пользователя (graphical user interface — GUI), и схему цепи требовалось программировать на языке PSpice. Это существенно замедляло процесс обучения и исследования.

Последние версии OrCAD (16.6, 17.2) описаны в [17] и обучающих материалах к программам, опубликованным

компанией Cadence. Этот программный пакет OrCAD имеет всё необходимое для выполнения различных этапов процесса разработки: входное проектирование, функциональное моделирование, синтез, размещение, трассировка, моделирование задержек, генерация элемента. Основным недостатком OrCAD является высокая стоимость профессиональных версий. Кроме того, интерфейс для моделирования аналоговых схем достаточно сложный, в программе не предусмотрено моделирование микроконтроллеров. Компания Cadence предлагает бесплатные учебные версии программы OrCAD Capture CIS Lite, которые мы успешно применяем при обучении магистров технологиям САПР.

С середины 90-х годов успешно развивается эффективная программа компьютерного моделирования TINA [18]. В настоящее время компания DesignSoft выпустила очередную версию TINA-11, которая является мощным инструментом для моделирования аналоговых, цифровых схем, радиочастотных и смешанных электронных схем, позволяют проводить исследование схем при изменении параметров, оптимизацию, выполнять частотный и спектральный анализ, исследовать переходные характеристики и т.д. Библиотека содержит более 1000 моделей микроконтроллеров, которые можно программировать на ассемблере и на языке Си, моделировать, отлаживать в смешанных схемах. TINA Design Suite содержит интегрированную часть для проектирования печатных плат.

Программа разрабатывалась совместными усилиями сотрудников компаний DesignSoft и Texas Instruments. Являясь одной из крупнейших компаний-производителей электронных устройств, микросхем и полупроводниковых элементов, Texas Instruments

дополняет библиотеки компонентов своей продукцией и распространяет бесплатную образовательную версию программы TINA-Ti. Венгерская компания DesignSoft занимается созданием высокотехнологичных образовательных и инженерных программ в области физики, электроники, архитектурного проектирования, 3D-графики и мультимедиа. Её продукция переведена на многие языки и нашла применение более чем в пятидесяти странах мира.

По сравнению с Electronics Workbench и Multisim программа TINA имеет следующие преимущества:

1. Результаты на постоянном и переменном токе легко получаются в виде таблиц напряжения в узлах, на всех элементах, токов во всех элементах, других напряжений. Причём на переменном токе вычисляются амплитуды и фазы. Интерфейс программы достаточно простой и легко осваивается студентами.

2. Программа TINA имеет режим многовариантного анализа (Parameter stepping mode), в котором значение параметров выбранных компонентов варьируется на каждом шаге вычислений. В результате вычисляется и строится набор графиков, который иллюстрирует чувствительность цепи к изменению параметров компонентов.

3. Легко получаются амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики цепей, а используя Symbolic Analysis, можно получить аналитическое выражение передаточной функции

4. Удобно исследовать переходные характеристики цепей и получать их в виде графиков. Выбрав в главном меню Analysis|Transient Analysis, можно провести анализ переходных характеристик, зарегистрировать графики и получить в редакторе уравнений аналитическое выражение отклика.

5. Передаточные функции и переходные характеристики можно получить в виде аналитических выражений.

6. Предусмотрен режим оптимизации, позволяющий выбрать оптимальные параметры цепи для достижения поставленной цели.

7. В программе имеется ряд виртуальных приборов (мультиметр, осциллограф, функциональный генератор, графопостроитель и др.), не уступающие по возможностям приборам программы Multisim.

8. Схемы электрических и электронных цепей можно представить в формате 3D.

9. TINA включает в себя очень быстрый и мощный симулятор для цифровых схем, интегрированный симулятор цифровых микросхем, библиотеку с большим числом микроконтроллеров, которые можно тестировать, программировать и запускать в интерактивном режиме. Встроенный программатор позволяет модифицировать программы и наблюдать результаты.

По сравнению с Proteus VSM и OrCAD Capture CIS Lite программа TINA имеет значительно более простой интерфейс, который легко осваивается студентами. Кроме того, вся информация о созданном проекте заключена в одном файле, который можно переслать и открыть на другом компьютере для продолжения моделирования или проверки работы студентов. Проекты в Proteus и OrCAD имеют папку с несколькими файлами и их запуск на другом компьютере бывает затруднительным.

Возможность использования бесплатной и достаточно эффективной версии TINA-Ti делает эту программу весьма полезной для образования. Около 10 лет мы успешно применяем её в учебном процессе.

Для мобильного обучения компания DesignSoft предлагает новый программный продукт TINACloud [19], ко-

торый использует облачные интернет-технологии и может запускаться через браузер в любом месте мира без установки программы в компьютере. Этот сервис предлагает множество образовательных ресурсов и позволяет выполнять виртуальные исследования и лабораторные практикумы по электротехнике, электронике и микропроцессорной технике на ноутбуках, планшетах и других мобильных устройствах в любое время и в любом месте. Стоимость годовой студенческой лицензии составляет 12 Евро.

В [13] были использованы следующие подходы для обоснования выбора бесплатной, общедоступной и эффективной программы моделирования электрических цепей, электронных схем и микроконтроллеров в учебном процессе.

Необходимо было:

- проверить возможности бесплатной программы в реализации типовых компьютерных лабораторных практикумов по электротехнике, электронике и микроконтроллерам;
- сравнить скорость выполнения моделирования, наглядность представления результатов, перечень режимов работы, наличие виртуальных приборов в бесплатной программе и лицензионных аналогах;
- проверить эффективность программы при использовании в мультимедийных лекциях и практических занятиях;
- исследовать возможности и преимущества профессиональных лицензионных версий выбранной программы, которые могут быть использованы выпускниками в практической деятельности.

В результате продолженных автором в последние годы работ подтверждён вывод о целесообразности применения для преподавания электротехники и электроники программ компьютерного моделирования

TINA-TI и TINACloud компании DesignSoft. Эффективность этой программы подтверждает созданный автором учебный комплекс по электротехнике, электронике и микроконтроллерам для обучения бакалавров по направлениям подготовки 27.03.04 – «Управление в технических системах», 15.03.06 – «Мехатроника и робототехника», 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника».

В то же время существуют следующие проблемы, ограничивающие широкое внедрение в учебный процесс перспективной программы TINA:

- в нашей стране практически отсутствует учебная и учебно-методическая литература по электротехническим дисциплинам с использованием моделирования в среде TINA;

- размещённые на сайте компании DesignSoft руководства и обучающие материалы весьма полезные для освоения программы TINA не содержат теоретических сведений и не могут обеспечить учебный процесс по электротехнике, электронике и микроконтроллерам;

- за рубежом также отсутствуют учебники и учебные пособия с моделированием в среде TINA, а опубликованные статьи и доклады по проектированию электронных устройств не соответствуют требованиям к учебной литературе.

Для решения этих проблем была поставлена задача разработки достаточно полного учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в среде TINA, включающего в себя:

- мультимедийные учебные пособия по дисциплинам, содержащие теорию, практику и моделирование;
- лабораторные практикумы;
- мультимедийные практикумы;

- электронные интернет-ресурсы со свободным доступом, реализующие концепции открытого и мобильного образования;
- видеоуроки и пр.

В данной статье обсуждается содержание учебного комплекса, приведены примеры реализации этого комплекса и апробации многих учебных пособий и методик преподавания в учебном процессе.

1. Структура и содержание учебного комплекса

Структура учебного комплекса показана на рис. 1.

По дисциплинам «Электротехника» и «Электроника» комплекс включает в себя опубликованные в виде книг учебные пособия, электронные конспекты лекций в виде слайдов, размещённые на сайте автора (URL: <http://www.toemirea.ru>), опубликованные в виде книг лабораторные практикумы, электронные пособия для практических занятий, пять видеоуроков по моделированию в среде TINA.

По дисциплине «Микропроцессорные системы» комплекс содержит практикум, изданный в виде книги.

Подробные сведения об опубликованных печатных учебных пособиях можно найти на сайте издательства (URL: http://www.techbook.ru/book.php?id_book=958).

На лабораторных занятиях в компьютерных классах студенты используют электронные тексты учебных пособий и практикумов.

Отличительной особенностью комплекса является то, что на сайте издательства и на сайте автора размещены комплекты схем ко всем учебным пособиям и любую изучаемую схему можно загрузить в программу TINA и самостоятельно испытать её работу.

Рассмотрим кратко примеры использования программы TINA в учебных пособиях комплекса.



Рис. 1. Структура учебного комплекса

2. Примеры использования программы TINA в учебном пособии по электротехнике

По разделу постоянного тока моделированием подтверждаются эквивалентные преобразования источников тока и напряжения, теорема взаимности, теорема о компенсации, теорема об эквивалентном генераторе.

В разделе гармонических токов и напряжений важно наглядно показать фазовые сдвиги сигналов в различных цепях, резонансные явления, амплитудно-частотные (АЧХ) (рис. 2) и фазочастотные характеристики (ФЧХ). Следует отметить высокое качества графики в программе TINA.

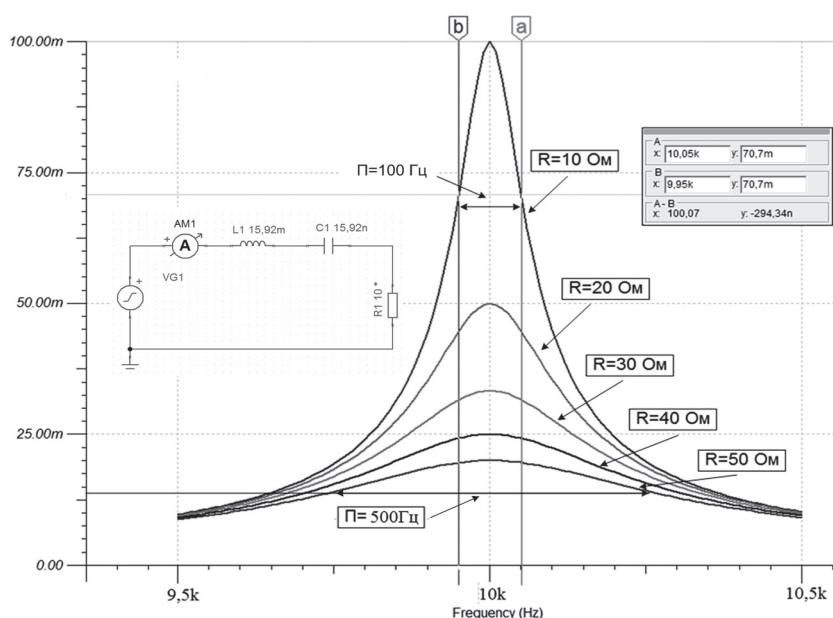


Рис. 2. АЧХ тока в колебательном контуре при различных потерях

3. Примеры использования программы TINA в учебном пособии по электронике

В разделах по полупроводниковым диодам, стабилитронам, биполярным и полевым транзисторам студенты должны изучить графический расчёт нелинейных полупроводниковых приборов по вольтамперным характеристикам (ВАХ). Однако, справочники по полупроводниковым приборам

в нашей стране в последние годы не выпускаются, в описаниях иностранных производителей вольтамперные характеристики отсутствуют. Связано это с тем, что современное проектирование электронных устройств использует технологии САПР или EDA (Electronic Design Automation), в которых ВАХ любого полупроводникового прибора из библиотеки САПР легко получается по Spice-модели. На рис. 3 по-

казано получение выходных ВАХ биполярного транзистора в программе TINA. Базовый ток изменяется источником тока IS1 от 250 мкА до 2 мА с шагом 250 мкА. Напряжение на коллекторе изменяется источником напряжения от 0 до 10 В. В режиме Analysis – AC Analysis – AC Transfer Characteristic сразу получаем семейство выходных ВАХ. Далее с помощью курсоров находим приращение кол-

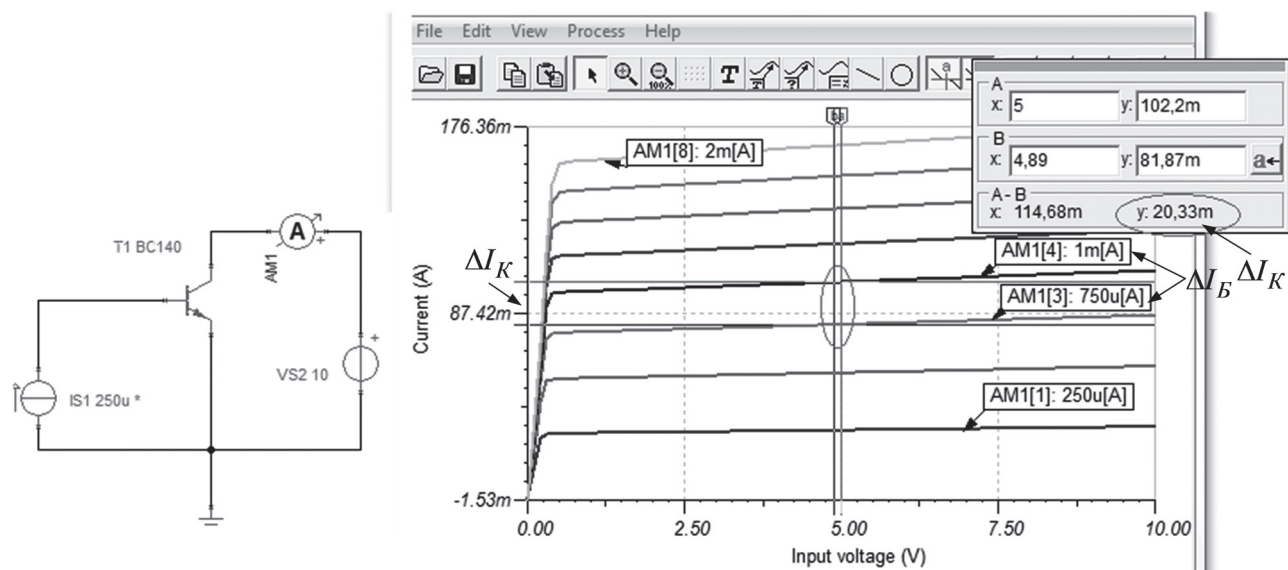


Рис. 3. ВАХ транзистора и определение $h_{21э}$

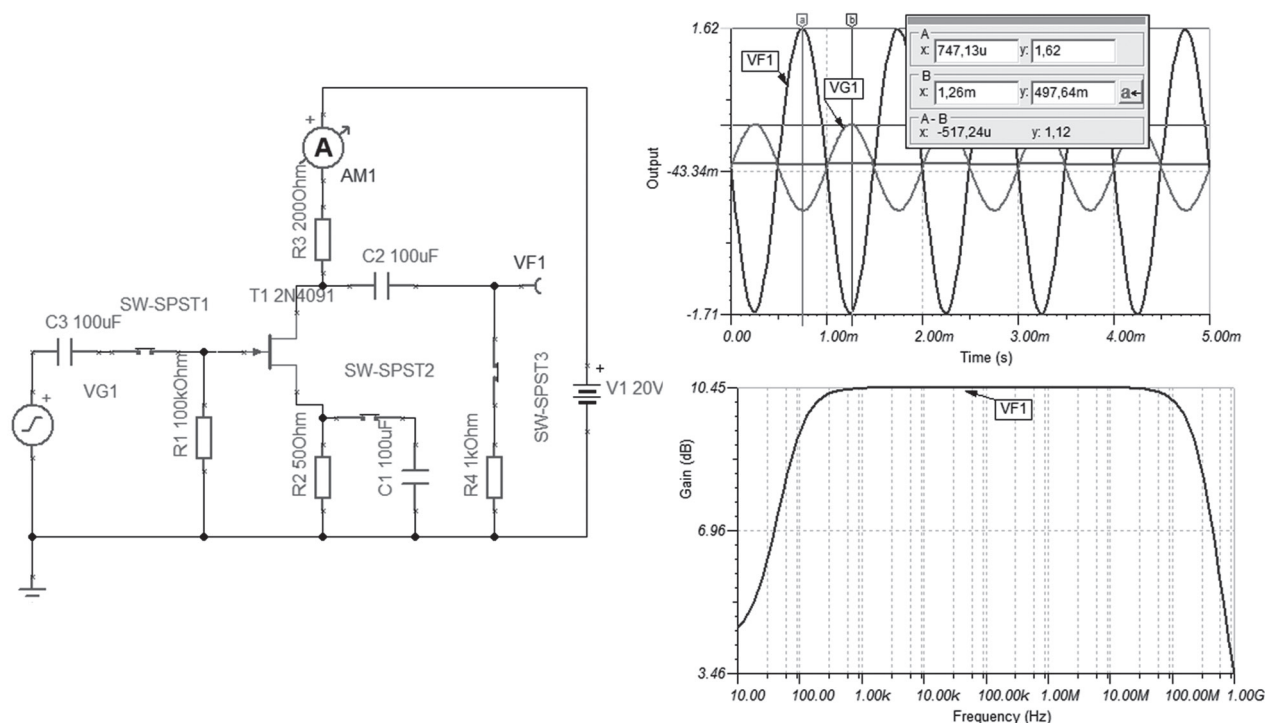


Рис. 4. Исследование усилителя на полевым транзисторе

литорного тока $\Delta I_K = 20,33 \text{ мА}$ при изменении базового $\Delta I_B = 250 \text{ мкА}$ и вычисляем коэффициент передачи тока базы в схеме с общим эмиттером $h_{21Э} = \Delta I_K / \Delta I_B = 81,32$.

Для усилителя на полевом транзисторе (рис. 4) получаем временные диаграммы напряжений на входе и выходе и логарифмическую АЧХ с хорошей линейностью в широком диапазоне частот.

Детально изучаются операционные усилители, автогенераторы, источники вторичного питания, линейные стабилизаторы и импульсные преобразователи напряжения, амплитудные и частотные модуляторы и демодуляторы.

В разделе по фазовой автоподстройке частоты (ФАПЧ) создана и испытана модель ФАПЧ и исследованы режимы захвата и удержания сигнала.

В разделах по цифровой схемотехнике, микропроцессорам и микроконтроллерам изучаются минимизация логических функций в программе TINA, ключевые схемы, серийные микросхемы цифровых логических элементов, триггеры, счётчики, регистры, запоминающие устройства, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, структура и функционирование микропроцессоров и микроконтроллеров.

4. Электронные конспекты лекций по электротехнике и электронике

На сайте автора в открытом доступе в виде слайдов размещены электронные конспекты лекций по электротехнике и электронике. На слайдах в более компактной форме изложены материалы рассмотренных выше учебных пособий. Там же размещены комплекты схем для моделирования. Эти электронные конспекты студенты в течение нескольких лет успешно используют для изучения дисциплин.

5. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде TINA-8

Первые методические указания для лабораторных работ с моделированием в среде TINA были выпущены в 2010 году, и лабораторный практикум прошёл длительную апробацию. В результате можно отметить, что все лабораторные работы весьма информативны, успешно выполняются студентами и качественно оформляются.

Комплексный лабораторный практикум организован так, что две первые лабораторные работы по цепям постоянного и гармонического тока студенты выполняют в компьютерном классе, знакомятся с программой TINA, изучают виртуальные приборы (осциллограф, мультиметр, генераторы сигналов и т.п.). Это позволяет студентам уже в первых самостоятельных расчётах использовать для проверки моделирование электрических цепей и даёт представление об устройстве реальных измерительных приборов.

Следующие две лабораторные работы по электротехнике (переходные процессы и выпрямительные диоды) выполняются в аналоговой лаборатории на стендах МЭЛ-2 по лабораторному практикуму [12].

По электронике все лабораторные работы выполняются в компьютерном классе. Это даёт студентам более глубокие знания об электронных приборах и схемах, так как получение вольтамперных и амплитудно-частотных характеристик происходит несравненно быстрее, чем на устаревших аналоговых приборах. Кроме того, целый ряд важных параметров (фазочастотные характеристики, нелинейные искажения, спектры Фурье и т.п.) вообще не удаётся измерить в обычных учебных лабораториях по электротехнике и электронике.

При оформлении лабораторных работ, выполнении расчетных заданий по электротехнике и электронике студенты эффективно используют видеоуроки, размещенные на сайте автора.

6. Лабораторный практикум по электротехнике, электронике и схемотехнике в облачной среде TINACloud

В последние годы широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) приводит к появлению новых систем обучения. Развитые ранее преимущественно для открытого и дистанционного образования (ОДО) мобильные обучающие системы (МОС) в последние годы стали активно использоваться и в очном обучении. МОС использует современные мобильные беспроводные устройства и высокоскоростной интернет.

Обучение становится своевременным, достаточным и персонализированным ("just-in-time, just enough, and just-for-me"). На первое место выходят такие дидактические принципы, как мультимедийность, структурированность или модульность, интерактивность, доступность.

Для мобильного обучения компания DesignSoft предлагает новый программный продукт TINACloud [19]. Этот сервис предлагает множество образовательных ресурсов. TINACloud по своим возможностям практически не уступает последней версии обычной программы TINA-10, но по стоимости лицензии значительно дешевле. Преподаватели смогут оценить возможности облачной среды в мобильном и дистанционном обучении.

TINACloud работает на большинстве операционных систем в компьютерах, а также на планшетах, на большинстве смартфонов, умных телеви-

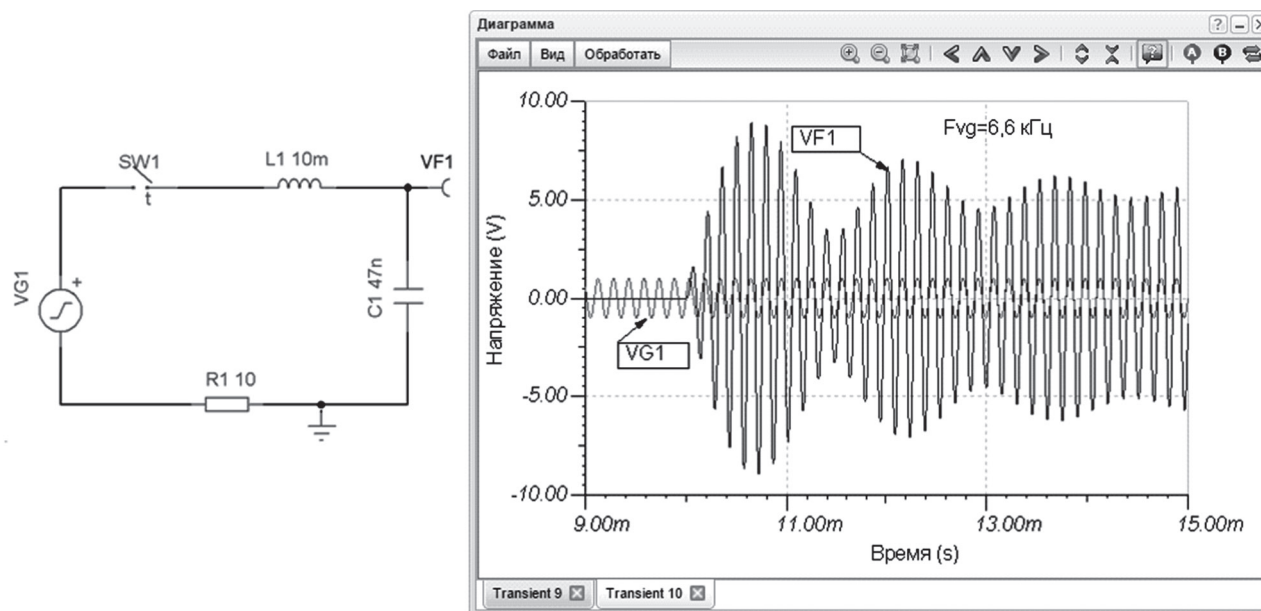


Рис. 5. Режим биений в переходном процессе

зорах и электронных книгах. TINACloud можно использовать в классе, дома, в любой точке мира, где есть Интернет.

Облачная среда TINACloud предоставляет услугу, называемую Software as a Service-SaaS, и предполагают доступ к приложениям как к сервису, то есть приложения провайдера запускаются в облаке и предоставляются пользователям по требованию как услуги. Другими словами, пользователь может получать доступ к ПО, развёрнутому на удалённых серверах компании DesignSoft, посредством Интернета, причём все вопросы обновления и лицензий на данное ПО регулируются поставщиком данной услуги.

На сервере DesignSoft работает высокопроизводительный, многоядерный движок. Каждый год электронные схемы становятся быстрее и более сложными и, следовательно, требуют больше вычислительной мощности для анализа их работы. Для выполнения этих требований TINACloud имеет возможность использовать набирающие популярность многопоточные процессоры, так что время исполнения TINACloud будет до 20 раз быстрее по сравнению с TINA-

8 и более ранними версиями. Конечно, полностью реализовать возможности TINACloud можно с высокоскоростным Интернетом.

Открывая TINACloud через Интернет, можно создать любую схему или загрузить готовую с сервера, выполнить более 20 режимов моделирования и получить результаты в окне диаграмм или в интерактивном режиме. TINACloud имеет уникальные образовательные инструменты для проверки знаний студентов. Преподаватель может создать тесты с несколькими вариантами ответов, решением проблем или задачами по устранению неисправностей и дистанционно контролировать и оценивать результаты.

В мультимедийном образовательном процессе TINACloud предоставляет преподавателю возможность с любого компьютера, подключённого к Интернету, проводить презентации моделирования процессов в электронных схемах.

Компания DesignSoft предоставила нам возможность бесплатной работы в TINACloud для создания нового лабораторного практикума [7] на основе изданного ранее. В этой работе участвовали студенты

МИРЭА, результаты выполненной работы докладывались на конференциях.

Разработанный автором лабораторный практикум по электротехнике, электронике и схемотехнике в облачной среде TINACloud содержит 14 лабораторных работ по электрическим цепям, аналоговой и цифровой электронике. Мы использовали русскоязычную версию TINACloud и учли изменения в графическом интерфейсе программы. Новый лабораторный практикум апробирован несколькими бригадами студентов. На рис. 6 показан фрагмент лабораторной работы по переходным процессам.

7. Практикум по микроконтроллерам в среде TINA

Традиционно при изучении микроконтроллеров составленную программу загружали с помощью программатора в реальную микросхему и проводили натурный эксперимент. Такие операции при отладке программы требуется проводить 20–30 раз. Существенное ускорение изучения даёт применение современных компьютерных программ

для программирования и интерактивного моделирования устройств на микроконтроллерах.

Программная среда TINA имеет достаточно большую библиотеку микроконтроллеров (более 1000) и позволяет программировать и моделировать устройства с микроконтроллерами. Начиная с версии TINA-10, программирование можно делать на языках ассемблера и Си. Составленная программа после компиляции загружается в микроконтроллер и работа устройства проверяется моделированием. Однако, более удобно использовать для программирования и отладки специализированные среды.

В практикуме по микроконтроллерам была поставлена задача познакомить студентов с несколькими интерактивными средами программирования и моделирования микроконтроллеров.

В учебном пособии изучаются популярные микроконтроллеры PIC16F84A и PIC16F877A компании Microchip Technology Incorporated, которые широко применяются в самых разнообразных электронных устройствах. Выбор этих микроконтроллеров обусловлен, в частности, тем, что Microchip предоставляет бесплатную интегрированную программную среду разработки микроконтроллеров MPLAB IDE, которая позволяет писать, отлаживать, оптимизировать текст программы, включает в себя редактор текста, симулятор и менеджер проектов, поддерживает работу эмуляторов, программаторов и других отладочных средств. Среда MPLAB IDE можно применять в компьютерных классах и на домашних компьютерах. Мы выбрали бесплатный компилятор MPLAB XC8 C COMPLIER также доступный для использования в компьютерном классе и дома.

Чтобы облегчить программирование на Си сопряже-

ния микроконтроллеров с внешними периферийными устройствами, целесообразно использовать среду mikroC PRO for PIC v.6.5.0 компании MikroElektronika. Этот мощный инструмент разработки программ для PIC микроконтроллеров относится к языкам высокого уровня. Он сконструирован, чтобы обеспечить программисту наименее трудоёмкие решения по созданию приложений для встраиваемых систем. Очень важно то, что программа mikroC PRO for PIC тоже является «условно бесплатной»: для бесплатного использования исполняемый HEX-файл не должен быть более 2кБайт. В наших примерах это выполняется.

Составленную и отлаженную в MPLAB IDE или mikroC программу мы испытывали в моделях микроконтроллерных устройств, используя интерактивные программные среды моделирования TINA и Proteus.

Практикум по микроконтроллерам PIC содержит 15 лабораторных работ, в которых изучаются основные функции микроконтроллеров и сопряжение с периферийными устройствами.

Практикум по микроконтроллерам был апробирован студентами при выполнении заданий по производственной практике.

8. Практические занятия с использованием моделирования в среде TINA

На аудиторных практических занятиях по электротехнике студенты осваивают решение простых задач из сборника задач по электротехнике. Занятия проходят в форме интерактивного обсуждения пошагового решения задачи с иллюстрацией промежуточных результатов на модели в среде TINA. После этого на каждом занятии студенты выполняют небольшую многовариантную контрольную работу.

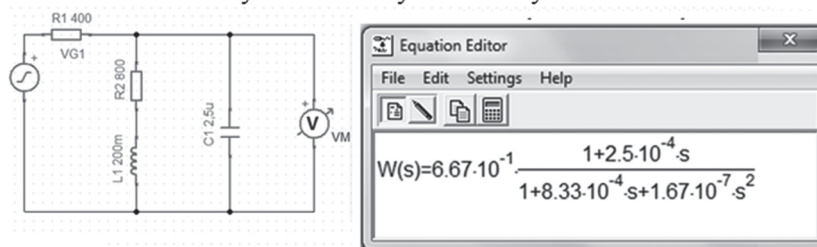
Самостоятельная домашняя работа студентов включает выполнение трёх заданий курсовой работы по электротехнике: расчёт цепей постоянного тока, расчёт установившегося режима синусоидального тока, расчёт переходного процесса в цепи второго порядка, определение передаточной функции и переходной характеристики цепи.

В каждом задании требуется выполнить моделирование в среде TINA и получить подтверждение результатов расчёта. В программе TINA-TI легко моделируются цепи постоянного и синусоидального тока, амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Использование профессиональных версий программы позволяет получить векторные

Для электрической цепи рассчитана передаточная функция:

$$K(p) = 0,666 \cdot \frac{1 + 2,5 \cdot 10^{-4} p}{1 + 8,33 \cdot 10^{-4} p + 1,67 \cdot 10^{-7} p^2}$$

Выполняем: Symbolic Analysis-Semi-symbolic AC Transfer:



Результаты совпадают.

Рис. 6. Пример вычисления передаточной функции в среде TINA

диаграммы для цепей синусоидального тока, аналитические выражения передаточных функций и переходных характеристик и т.д. На рис. 6 показан пример вычисления передаточной функции в среде TINA.

В практических занятиях по электронике используется мультимедийный практикум, который включает в себя 10 практических занятий с подробным объяснением методики выполнения расчётов и моделирования электронных схем в среде TINA.

9. Образовательные ресурсы среды TINACloud

TinaCloud содержит обучающую систему, которая позволяет проверить уровень знаний, пройдя тестирование или экзамен. Раздел E-learning включает в себя различные группы задач и упражнений:

1. Расчёт цепей постоянного тока с моделированием и проверкой полученных результатов. Здесь можно ознакомиться с задачами на оптимизацию нагрузки, методом эквивалентного генератора, законами Кирхгофа, управляемыми источниками, четырёхполюсниками и т.д.

2. Задачи на расчёт цепей переменного тока с проверкой результата и моделированием.

3. Цифровые схемы с демонстрацией временных диаграмм и логики.

4. Электронные схемы: транзисторные, на ОУ, диодные и пр.

5. Расчёт переходных процессов: цепи первого порядка и второго порядка, уравнения состояния.

Есть возможность проверить полученные навыки и знания. Для этого можно пройти, как обучающий тест, так и более строгий — экзаменационный. Тесты содержат различные темы, задания, советник. Задания в основном делятся на два типа:

— теоретические, где есть вопрос, нужно просто выбрать правильную формулу из предложенных вариантов ответа;

— второй тип: задания со схемами, в котором надо выполнить расчёт схемы и проверить моделированием.

Хотелось бы ещё раз подчеркнуть всю важность облачных технологий в обучении: студентам и преподавателям ничего не нужно скачивать на компьютер, облачная система работает без сбоев и достаточно быстро. К тому же, это хороший способ заинтересовать учащихся в век высокоскоростных информационных технологий и интернета.

Заключение

В результате многолетнего успешного применения в учебном процессе обоснована эффективность и целесообразность использования среды схемотехнического моделирования TINA для преподавания электротехники, электроники и микропроцессорной техники.

Бесплатная общедоступная программа TINA-TI и недо-

рогая студенческая версия облачной программы TINACloud были использованы для создания и развития учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам, включающего в себя: пять опубликованных в виде книг учебных пособий, электронные конспекты лекций, лабораторные практикумы, мультимедийные расчётные практикумы, видеоуроки и пр.

Основные материалы учебного комплекса размещены в открытом доступе на сайте «Электротехника и электроника. Учебные ресурсы для студентов и преподавателей» (URL: <http://www.toe-mirea.ru>), реализуют концепции открытого и мобильного образования и успешно применяются студентами дома и на аудиторных занятиях.

Учебный комплекс по электротехнике, электронике и микроконтроллерам может быть использован в вузах и колледжах для обучения студентов по направлениям, связанным с электроникой, приборостроением, управлением в технических системах, робототехникой, радиотехникой, информатикой и вычислительной техникой и т.п.

Изучение студентами компьютерного схемотехнического проектирования, начиная с курсов электротехники и электроники, будет способствовать формированию компетенций, необходимых для разработки современных электронных устройств и систем средствами САПР.

Литература

1. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. / Под общей ред. Д.И. Панфилова Т.1: Электротехника. М.: Додэка, 1999. С. 304.
2. Панфилов Д.И., Чепурин И.Н., Мионов В.Н., Обухов С.Г., Шитов В.А., Иванов В.С. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. / Под общей ред. Д.И. Пан-

References

1. Panfilov D.I., Ivanov V.S., Chepurin I.N. Elektrotehnika i elektronika v eksperimentakh i uprazhneniyakh. Praktikum na Electronics Workbench: In 2 vol. / Ed. D.I. Panfilova Vol.1: Elektrotehnika. Moscow: Dodeka, 1999. P. 304. (In Russ.)
2. Panfilov D.I., Chepurin I.N., Mironov V.N., Obukhov S.G., Shitov V.A., Ivanov V.S. Elektrotehnika i elektronika v eksperimentakh i uprazhneniyakh. Praktikum na Electronics Workbench: In 2 vol. Ed. D.I. Panfilova. Vol. 2: Ele-

- филова Том 2: Электроника. М.: Додэка, 2000. С. 288.
3. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. М.: Солон Р, 2000. С. 506.
 4. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный компьютеризированный практикум: Учебное пособие для средних профессиональных учебных заведений. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 154 с.
 5. Гаврилов Л.П., Соснин Д.А. Расчет и моделирование электрических цепей с применением ПК. Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. М.: Солон Пресс, 2004. 448 с.
 6. Марченко А. Л. Основы электроники. Учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко. М.: ДМК Пресс, 2008. 296 с.
 7. Каганов В.И. Радиотехника + компьютер + Mathcad. М.: Горячая линия Телеком, 2001. С. 416.
 8. Новгородцев А.Б. Расчет электрических цепей в MATHLAB: Учебный курс. СПб.: Питер, 2004. С. 250.
 9. J. David Irwin, R. Mark Nelms. Auburn University. Basic Engineering Circuit Analysis. Tenth Edition. Printed in the United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2011.p. 865.
 10. Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. Electronic Devices and Circuit Theory. Tenth Edition. Printed in the United States of America. New Jersey: Pearson Education, Inc. 2009. p. 372.
 11. Алехин В.А., Парамонов В.Д. Комплексный лабораторный практикум по электротехнике и электронике с использованием «Миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ-2», компьютерного моделирования, Mathcad и LabView // Открытое образование. 2009. № 5. С. 34–42.
 12. Алехин В.А. Электротехника и электроника: Лабораторный практикум с использованием миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ, компьютерного моделирования, Mathcad и LabVIEW: учебное пособие. М.: МИРЭА, 2010. 224 с.
 13. Алехин В.А. Учебный комплекс по электротехнике и электронике с использованием моделирования в программной среде TINA // Открытое образование. 2014. № 5. С. 4–12.
 14. Proteus Design Suite. ISIS Schematic Capture. Version 8.1 / URL: <http://labcenter.com>
 15. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. М.: Солон-Р, 2001. 519 с.
 16. Д. Кеон. OrCAD PSpice. Создание электрических цепей. Пер. с англ. А. Осипова. М.: Издательский дом ДМК-пресс. 2007. 628 с.
 17. Dennis Fitzpatrick. Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice. Printed and bound in the United Kingdom.: Kidlington, Oxford: Elsevier Ltd, 2012. p. 320.
 18. Электроника. Moscow: Dodeka, 2000. P. 288. (In Russ.)
 19. Karlashchuk V.I. Elektronnaya laboratoriya na IBM PC. Programma Electronics Workbench i ee primeneniye. Moscow: Solon R, 2000. P. 506. (In Russ.)
 20. Kaganov V.I. Radiotekhnicheskie tsepi i signaly. Laboratornyy komp'yuteri-zirovannyi praktikum: Uchebnoe posobie dlya srednikh professional'nykh uchebnykh za-vedeniy. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2004. 154 p. (In Russ.)
 21. Gavrilov L.P., Sosnin D.A. Raschet i modelirovaniye elektricheskikh tsepey s primeneniem PK. Uchebnoe posobie dlya studentov mashinostroitel'nykh vuzov. Moscow: So-lon Press, 2004. 448 p. (In Russ.)
 22. Marchenko A. L. Osnovy elektroniki. Uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: DMK Press, 2008. 296 p. (In Russ.)
 23. Kaganov V.I. Radiotekhnika + komp'yuter + Mathcad. Moscow: Goryachaya liniya Tele-kom, 2001. P. 416. (In Russ.)
 24. Novgorodtsev A.B. Raschet elektricheskikh tsepey v MATHLAB: Uchebnyy kurs. Saint-Petersburg: Piter, 2004. P. 250. (In Russ.)
 25. J. David Irwin, R. Mark Nelms. Auburn University. Basic Engineering Circuit Analysis. Tenth Edition. Printed in the United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2011.p. 865.
 26. Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. Electronic Devices and Circuit Theory. Tenth Edition. Printed in the United States of America. New Jersey: Pearson Education, Inc. 2009. p. 372.
 27. Alekhin V.A., Paramonov V.D. Kompleksnyy laboratornyy praktikum po elektrotekhnike i elektronike s ispol'zovaniem «Miniaturnoy elektrotekhnicheskoy laboratorii MEL-2», komp'yuternogo modelirovaniya, Mathcad i Lab-View. Otkrytoe obrazovanie. 2009. No. 5. P. 34–42. (In Russ.)
 28. Alekhin V.A. Elektrotekhnika i elektronika: Laboratornyy praktikum s is-pol'zovaniem miniaturnoy elektrotekhnicheskoy laboratorii MEL, komp'yuternogo modelirovaniya, Mathcad i Lab-View: uchebnoe posobie. Moscow: MIREA, 2010. 224 p. (In Russ.)
 29. Alekhin V.A. Uchebnyy kompleks po elektrotekhnike i elektronike s ispol'zo-vaniem modelirovaniya v programmnoy srede TINA. Otkrytoe obrazovanie. 2014. No. 5. P. 4–12. (In Russ.)
 30. Proteus Design Suite. ISIS Schematic Capture. Version 8.1 / URL: <http://labcenter.com>
 31. Razevig V.D. Sistema proektirovaniya OrCAD 9.2. Moscow: Solon-R, 2001. 519 p. (In Russ.)
 32. D. Keon. OrCAD PSpice. Sozdanie elektricheskikh tsepey. Tr. from Eng. A. Osi-pova. Moscow: Izdatel'skiy dom DMK-press. 2007. 628 p. (In Russ.)
 33. Dennis Fitzpatrick. Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice. Printed and bound in the United Kingdom.: Kidlington, Oxford: Elsevier Ltd, 2012. p. 320.

18. TINA. Design Suite. The Complete Electronics Lab for Windows. Quick Start manual. URL: <http://www.designsoftware.com> .
19. TinaCloud. URL: <http://www.tinacloud.com>

18. TINA. Design Suite. The Complete Electronics Lab for Windows. Quick Start manual. URL: <http://www.designsoftware.com>
19. TinaCloud. URL: <http://www.tinacloud.com>

Сведения об авторе

Владимир Александрович Алехин

*Д.т.н., профессор кафедры вычислительной техники
Московский технологический университет
(МИРЭА), Москва, Россия
Эл. почта: alekhin@mirea.ru
Тел.: (903) 711 22 77*

Information about the author

Vladimir A. Alekhin

*Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of
Computer Engineering
Moscow Technological University (MIREA)
E-mail: alekhin@mirea.ru
Tel.: (903) 711 22 77*