

# Учебный комплекс по электротехнике и электронике с использованием моделирования в программной среде TINA

*Создан учебный комплекс по электротехнике и электронике, содержащий электронный конспект лекций по электротехнике, электронный курс лекций по электротехнике, новый компьютерный лабораторный практикум по электротехнике и электронике, расчетный практикум по электротехнике и электронике. Все электронные учебные пособия используют моделирование электрических цепей и электронных схем в новой эффективной программе TINA. Учебный комплекс успешно используется в учебном процессе на очном и дистанционном обучении.*

**Ключевые слова:** электротехника и электроника, учебный комплекс, программа моделирования TINA, электронные учебные пособия, миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2.

## EDUCATIONAL COMPLEX ON ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONICS BASED ON MODELING IN PROGRAM TINA

*The educational complex on the electrical engineering and electronics has been developed. It contains a course of lectures and lecture notes in the electronic form, a new computer laboratory practical work and practical training. All electronic manuals are based on modeling of electric and electronic circuits in the new effective program TINA. The educational complex is being successfully used in educational process on internal and distant learning.*

**Keywords:** the electrical engineering and electronics, educational complex, electronic manuals, modeling program TINA, miniature electrotechnical laboratory MEL-2.

### Введение

Электротехнику и электронику с полным основанием относят к фундаментальным общепрофессиональным дисциплинам высшего и среднего профессионального образования. Изучение электротехники и электроники в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами предусматривает практическое освоение студентами экспериментальных методов исследования электрических цепей и электронных схем, формирование компетенций, умений и навыков расчета электрических цепей и электронных схем.

В условиях значительного сокращения числа учебных часов, выделенных на изучение электро-

технических дисциплин, особые требования предъявляются к совершенствованию учебно-методического обеспечения образовательного процесса, использованию новых информационных технологий, применению новых методов обучения и контроля знаний студентов.

Для преподавания электротехнических дисциплин в МГТУ МИРЭА используются мультимедийные образовательные технологии с применением компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем в лекционном процессе и на лабораторно-практических занятиях.

Традиционно в лабораторных практикумах вузов применяют программы Electronics Workbench и современные лицензионные версии программы Multisim. Необходи-

мость приобретения лицензионного программного обеспечения для обучения студентов создает определенные 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 расчетных заданий;

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



**Владимир Александрович Алевин,**  
д.т.н., профессор МИРЭА  
Тел.: (495) 434-97-52  
Эл. почта: [alekhin@mirea.ru](mailto:alekhin@mirea.ru)  
Московский государственный  
технический университет  
радиотехники, электроники и  
автоматики (МГТУ МИРЭА)  
<http://www.mirea.ru>

**Vladimir A. Alekhin,**  
Dr.Sci.Tech., Professor of MIREA  
Tel.: (495) 434-97-52  
E-mail: [alekhin@mirea.ru](mailto:alekhin@mirea.ru)  
Moscow State Technical University of  
Radio engineering, Electronics and  
Automation (MIREA)  
<http://www.mirea.ru>

– лицензионные программы требуют оплаты и периодического продления сроков лицензии.

Для решения этих проблем была поставлена задача поиска бесплатной, общедоступной и эффективной программы моделирования электрических цепей и электронных схем в учебном процессе.

Эта задача потребовала реализации следующего подхода для правильного выбора программы.

Необходимо было:

– проверить возможности бесплатной программы в реализации типовых компьютерных лабораторных практикумов по электротехнике и электронике;

– 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 проведенных исследований и многолетнего педагогического опыта сделан вывод о целесообразности применения для преподавания электротехники и электроники программы компьютерного моделирования TINA-TI компаний Texas Instruments и DesignSoft. Эффективность этой программы подтверждает созданный автором учебный комплекс по электротехнике и электронике. Экономический эффект от замены платного лицензионного программного обеспечения эквивалентной и даже более перспективной бесплатной программой может быть весьма существенным.

В данной статье показана реализация подхода к выбору эффективной учебной программы компьютерного моделирования на примере создания учебного комплекса по электротехнике и электронике.

Учебный комплекс является развитием и дополнением разра-

ботанного ранее и внедренного в учебный процесс комплексного лабораторного практикума по электротехнике и электронике [1], зарегистрирован в виде электронных изданий, размещен на сайте <http://www.toe-mirea.ru> и содержит следующие учебные ресурсы:

1. Электротехника. Электронный конспект лекций по 14 темам в виде комплекта из 450 слайдов и схем для моделирования [2].

2. Электротехника. Курс лекций с использованием компьютерного моделирования в программной среде TINA [3].

3. Электротехника и электроника. Компьютерный лабораторный практикум в программной среде TINA-8 [4].

4. Сборник задач по теории электрических цепей [5].

5. Электроника. Практические занятия с использованием компьютерного моделирования в программе TINA [6].

6. Расчет электрических цепей в Mathcad [7].

Успешное использование в учебных ресурсах моделирования в среде TINA подтверждает правильность принятого подхода к обоснованию выбора программы компьютерного моделирования для учебных целей.

## **1. Сравнительный анализ программ компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем и обоснование выбора программы TINA**

Наиболее мощной системой автоматизированного проектирования, позволяющей виртуально смоделировать работу различных аналоговых и цифровых устройств, включая микроконтроллеры, считается программный пакет Proteus VSM. Программа состоит из двух модулей: редактора электронных схем с последующей имитацией их работы и редактора печатных плат. Кроме этого, Proteus VSM может создать трехмерную модель печатной платы. Программа платная и не имеет полного русификатора.

Программа Micro-Cap известна с 1982 г., постоянно совершенствуется и развивается. Эта профессиональная программа аналогового, цифрового и смешанного моделирования и анализа электронных устройств средней степени сложности популярна среди разработчиков, преподавателей и студентов. Алгоритм работы включает в себя создание электрической цепи в графическом редакторе, задание параметров анализа и изучение полученных данных. Программа самостоятельно составляет уравнения цепи и проводит моментальный расчёт. Все номиналы и параметры элементов могут быть как неизменными, так и зависящими от температуры, времени, частоты, состояния схемы, параметров других компонентов. Проектирование печатных плат не предусмотрено. Объем библиотек недостаточен. Программа платная.

Традиционно в лабораторных практикумах вузов применяют программы Electronics Workbench и Multisim. Программа NI Multisim компании National Instruments имеет простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов, копирующих реальные аналоги. Библиотека элементов содержит более 2000 SPICE-моделей компонентов. Версия Multisim Education предназначена для учебных заведений и включает в себя обучающие курсы, подготовленные аппаратные решения и рабочие учебники. Программа платная, русификатора не имеет.

OrCAD – одна из лучших программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, предоставляющая дизайнерам широкие возможности разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат. Программный

пакет OrCAD имеет все необходимое для выполнения различных этапов процесса разработки: входное проектирование, функциональное моделирование, синтез, размещение, трассировка, моделирование задержек, генерация элемента. Основным недостатком OrCAD является его высокая стоимость.

В последние годы появилась новая эффективная программа компьютерного моделирования TINA. TINA-8 и следующая версия TINA-9 Industrial являются мощным инструментом для моделирования аналоговых и цифровых схем, позволяют проводить исследование схем при изменении параметров, оптимизацию, выполнять частотный и спектральный анализ, исследовать переходные характеристики и т.д. Предшественником программы TINA являются известные программы Micro-CAP и Design Lab. TINA-8 Design Suite содержит интегрированную часть для проектирования печатных плат.

Программа разрабатывалась совместными усилиями сотрудников компаний Texas Instruments и DesignSoft. Являясь одной из крупнейших компаний-производителей электронных устройств, микросхем и полупроводниковых элементов, Texas Instruments выкупила права на данный софт, дополнив библиотеки компонентов своей продукцией. Венгерская компания DesignSoft занимается созданием высокотехнологичных образовательных и инженерных программ в области физики, электроники, архитектурного проектирования, 3D-графики и мультимедиа. Ее продукция переведена на многие языки и нашла применение более чем в пятидесяти странах мира.

Рассмотрим основные особенности программы TINA-8 применительно к компьютерному моделированию электрических цепей и

электронных схем. Главное меню программы (рис. 1) достаточно информативно. Каждое подменю содержит большой набор элементов, полупроводниковых приборов, логических и цифровых схем, оптоэлектронных компонентов и т.д.

Подменю «Инструменты» содержит, в частности, команды «выбор управляемого объекта для изменения параметров или оптимизации» и «выбор цели оптимизации или изменения установок». Библиотеки полевых транзисторов содержат до 200 наименований по каждому типу.

TINA-8 представляет широкий набор видов сигналов источников напряжения и источников тока.

Сборка цепей происходит достаточно просто. Компоненты выбираются из панели компонентов и их символы перемещаются мышью на требуемые позиции. Компоненты можно поворачивать и зеркально отображать. Значения параметров могут лежать в пределах  $10^{-12}$ – $10^{+12}$ . Программа TINA-8 автоматически присваивает этикетку каждому компоненту и отображает численное значение его параметра. Проводники устанавливают короткозамкнутое соединение между двумя контактами компонентов. Для создания проводника можно воспользоваться курсором, протянув проводник от одного компонента до другого. Курсор действует как пишущее перо. Можно пользоваться пишущим карандашом. Он позволяет начинать проводник в любом месте рабочего поля.

TINA-8 позволяет проводить различные виды анализа цепей. По сравнению с Electronics Workbench и Multisim программа TINA-8 имеет следующие преимущества:

1. Результаты на постоянном и переменном токе представляются в виде таблиц напряжения в узлах, на всех элементах, токов во всех эле-

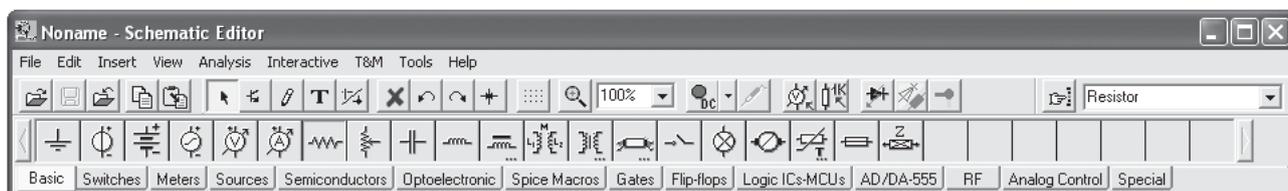


Рис. 1. Главное меню программы TINA-8

ментах, других напряжений. Причем на переменном токе вычисляются амплитуды и фазы.

2. Во всех узлах можно поместить напряжению специальным щупом.

3. Программа TINA-8 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. Изменяемое значение параметра компонента может быть любым численным параметром.

4. Легко получают амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики цепей. Анализ передаточных характеристик позволяет в режиме AC Analysis|AC Transfer Characteristic получить амплитудно-частотные характеристики и фазо-частотные характеристики, а также, используя Symbolic Analysis, – аналитическое выражение передаточной функции

5. 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

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

7. Предусмотрен режим оптимизации, позволяющий выбрать оптимальные параметры цепи для достижения поставленной цели. Целевые отклики цепи (напряжение, ток, сопротивление или мощность) должны наблюдаться измерителями, предварительно установленными на нужных позициях. Неизвестные параметры цепи будут определены автоматически тогда, когда цепь выдаст целевой выходной результат.

8. В программе имеется ряд виртуальных приборов (мультиметр, осциллограф, функциональный генератор, графопостроитель и др.),

не уступающие по возможностям приборам программы Multisim. Используя в главном меню подменю T&M, можно поместить реальные приборы на рабочее поле, автоматически заменяя генератор и окна анализа. Выполнив установку параметров приборов, можно немедленно увидеть результаты, как в реальной лаборатории.

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

TINA-8 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.

Для исследованной цепи TINA-8 позволяет спроектировать печатную плату и изготовить макет реального устройства.

Таким образом, профессиональная программа TINA-8 объединяет в себе функциональные возможности программ Proteus VSM, Micro-Cap и Multisim, позволяет проводить исследование и сквозное проектирование электронных устройств с аналоговыми, цифровым и микропроцессорными элементами. Участие компаний Texas Instruments и DesignSoft гарантирует дальнейшие разработки и широкое внедрение этого программного обеспечения.

Следовательно, возможности и преимущества профессиональных лицензионных версий программы TINA могут быть успешно использованы выпускниками в практической деятельности.

В самостоятельной работе студентов и в компьютерных классах используется упрощенная бесплатная студенческая версия программы TINA-TIV9. В этой версии отсутствуют некоторые опции (оптимизация схемы, анализ цифровых схем, векторные диаграммы, символический анализ, формат 3D и др.). Тем не менее эта программа вполне достаточна для решения всех учебных задач, легко и с

интересом осваивается студентами и позволяет при необходимости перейти к более совершенной программе TINA-8.

Студенческая версия переведена на несколько языков, в том числе на русский. Программу TINA-TIV9 можно свободно получить на сайте <http://www.ti.com/tool/tina-ti>.

## 2. Пример использования моделирования в среде TINA в электронном конспекте лекций по электротехнике

Мультимедийный электронный конспект лекций (ЭКЛ) по электротехнике состоит из 14 лекций, включает в себя комплект из 50 схем для моделирования и содержит более 450 слайдов, в которых текстовые и графические материалы сочетаются с компьютерным моделированием электрических цепей в среде TINA. Содержание ЭКЛ соответствует образовательным программам обучения бакалавров по направлениям подготовки «Мехатроника и робототехника», «Приборостроение», «Управление в технических системах».

Рассмотрим содержание ЭКЛ.

Лекция 1. Элементы электрических цепей и их свойства (22 слайда).

Лекция 2. Алгебраические методы расчета электрических цепей (45 слайдов).

Лекция 3. Преобразования электрических цепей (11 слайдов).

Лекция 4. Электрические цепи при гармонических токах и напряжениях (44 слайда).

Лекция 5. Цепи с взаимной индукцией (30 слайдов).

Лекция 6. Четырехполюсники (48 слайдов).

Лекция 7. Переходные процессы в линейных электрических цепях (54 слайда).

Лекция 8. Операторный метод расчета переходных процессов (25 слайдов).

Лекция 9. Применение интегралов Дюамеля к расчету переходных процессов (21 слайд).

Лекция 10. Электрические цепи при периодических негармонических токах и напряжениях (25 слайдов).

Три случая переходного процесса в цепи второго порядка¶  
 Дифференциальное уравнение:  $\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} u_c = 0$ ¶  
 Характеристическое уравнение:  $p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC} = 0$ ¶  
 Обозначим  $\delta = \frac{R}{2L}$ ,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ , получим:  $p^2 + 2\delta p + \omega_0^2 = 0$ ¶  
 Корни:  $p_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$ ¶  
 Аперриодический процесс:  $\delta > \omega_0$ ,  $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\sqrt{\frac{10^{-3}}{10^{-9}}} = 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$ ¶  
 Критический процесс:  $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ¶  
 Колебательный процесс:  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ¶

Рис. 2. Слайд с формулами переходного процесса в RLC-цепи

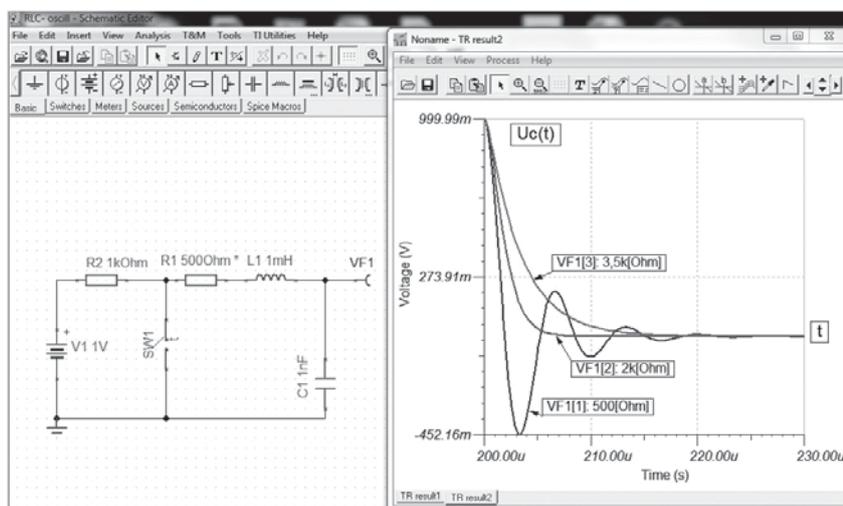


Рис. 3. Моделирование переходного процесса в RLC-цепи

Лекция 11. Трехфазные цепи (12 слайдов).

Лекция 12. Нелинейные цепи постоянного и переменного тока (20 слайдов).

Лекция 13. Магнитные цепи (13 слайдов).

Лекция 14. Электрические машины (79 слайдов).

Чтение лекций проводится в аудитории с мультимедийным проектором. Слайды с теоретическим материалом (рис. 2) иллюстрируются моделированием процессов в программе TINA (рис. 3). Студенты в реальном времени наблюдают работу в программе. В цепи (рис. 3) проведен многовариантный анализ. Резистор R1 сделан управляемым объектом и моделирование проведено для трех его значений (500 Ом, 2 кОм, 3,5 кОм).

Высококачественная и точная графика, наглядная экспериментальная проверка теоретических положений и методов расчета, возможность быстрой смены параметров цепи и обсуждения ожидаемых результатов позволяет заинтересовать студентов и проводить интерактивные занятия.

Комплект слайдов и схем размещен в коллективном почтовом ящике и использовался студентам в ноутбуках и смартфонах, как это происходит в мобильных обучающих системах.

Успешная апробация электронного конспекта лекций в учебном процессе подтвердила возможность эффективного использования программы TINA в мультимедийных лекциях.

### 3. Пример использования моделирования в среде TINA-8 в курсе лекций по электротехнике

Для самостоятельного изучения электротехники студентами, на основе слайдов электронного конспекта лекций и схем моделирования написано учебное пособие «Электротехника. Курс лекций с использованием компьютерного моделирования в программной среде TINA» [3]. Структура курса лекций полностью соответствует ЭКЛ. В пособии достаточно подробно изложен теоретический материал, приведены схемы для моделирования электрических цепей. Для углубленного усвоения материала студентам рекомендуется проводить экспериментальные исследования на моделях в программе TINA. Кроме того, пособие содержит более 100 задач с решениями. Достоинством этих задач является простота вычислений благодаря удачному подбору числовых значений. Задачи будут полезны для самоподготовки студентов и проведения практических занятий.

Сочетание изучения теоретического материала с компьютерным исследованием электрических цепей в среде TINA способствует лучшему пониманию курса и подтверждает эффективность применения программы.

### 4. Пример использования программы TINA-8 в компьютерном лабораторном практикуме по электротехнике и электронике

Лабораторный практикум является важной составляющей образовательных программ по электротехническим дисциплинам. В МИРЭА ранее был создан комплексный лабораторный практикум по электротехнике и электронике с использованием миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ, компьютерного моделирования в программе Electronics Workbench, Mathcad и LabVIEW [8]. Все работы в комплексном практикуме можно выполнить на реальном аналоговом стенде МЭЛ или на компьютере.

Новый компьютерный лабораторный практикум по электротехнике и электронике [4] использует программу TINA и содержит 14 лабораторных работ, совпадающих по содержанию и схемам с работами на стендах МЭЛ.

Содержание лабораторного практикума:

1. Исследование линейной электрической цепи постоянного тока.

2. Исследование цепей переменного тока.

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

4. Исследование четырехплюсников.

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

6. Исследование трехфазных электрических цепей.

7. Исследование полупроводниковых диодов, стабилитронов и тиристоров.

8. Исследование нелинейных цепей постоянного тока.

9. Исследование выпрямителей на полупроводниковых диодах.

10. Исследование характеристик биполярного транзистора и усилителя на биполярном транзисторе.

11. Исследование характеристик полевого транзистора и усилителя на полевом транзисторе.

12. Электрические цепи с операционными усилителями.

13. Исследование автогенератора гармонических колебаний.

14. Исследование цифровых микросхем.

На рис. 4 приведен пример многовариантного анализа выходных характеристик полевого транзистора. Обширная библиотека электронных компонентов позволяет получать для них различные вольтамперные характеристики.

На рис. 5 показано исследование искажений выходного сигнала в усилителе на биполярном транзисторе.

Численное значение нелинейных искажений можно получить в режиме анализа Фурье.

Сделав управляемым объектом блокировочную емкость  $C1$ , исследуем зависимость формы ампли-

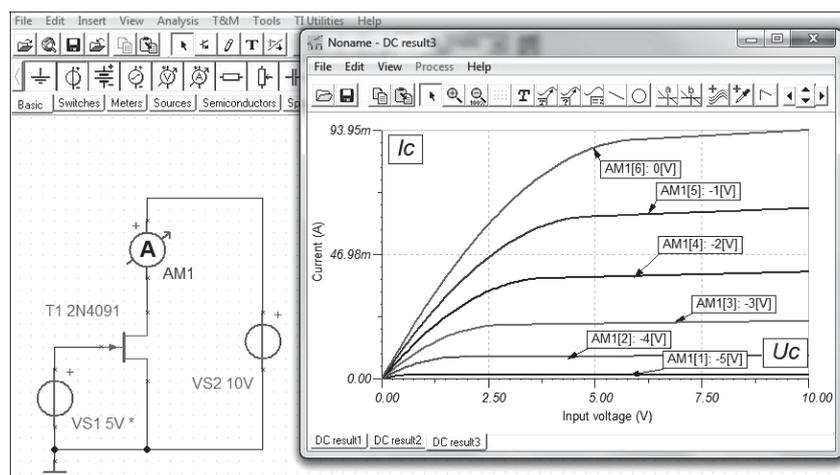


Рис. 4. Выходные характеристики полевого транзистора

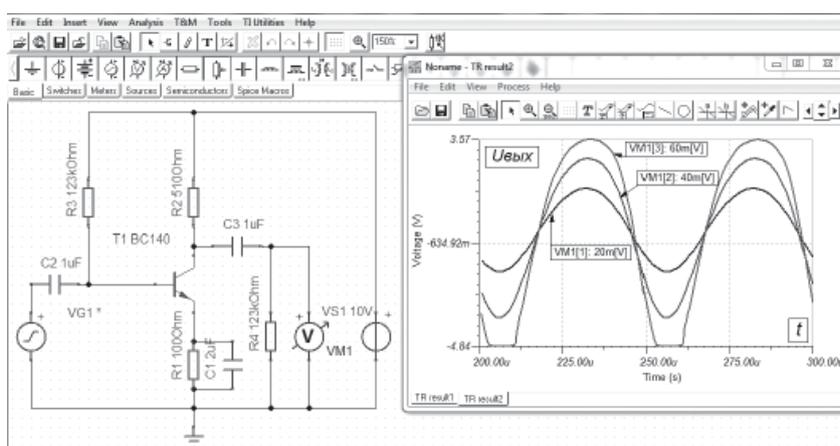


Рис. 5. Исследование искажений выходного сигнала в усилителе на биполярном транзисторе

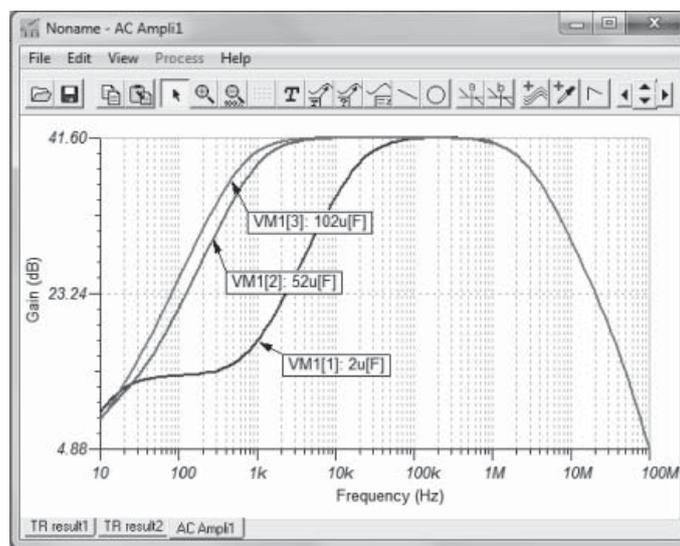


Рис. 6. Влияние блокировочной емкости в эмиттере на форму АЧХ

тудно-частотных характеристик от значения этой емкости (рис. 6).

Многолетний опыт использования программы TINA подтверждает высокую точность и скорость мо-

делирования электрических цепей и электронных схем. Студенты уже на первом занятии успешно работают с программой. Лабораторный практикум из четырех занятий по-

зволяет изучить основные режимы программы, виртуальные приборы, методы отображения результатов исследований, многовариантный анализ, анализ Фурье и т.п.

Это подтверждает целесообразность использования программы TINA в лабораторном практикуме по электротехнике и электронике.

### 5. Сборник задач по теории электрических цепей

В сборник включены задачи с «удобными» числами по разделам:

1. Электрические цепи постоянного и гармонического тока.
2. Цепи с магнитной связью.
3. Цепи негармонического тока.
4. Трехфазные цепи.
5. Четырехполюсники.
6. Классический метод расчета переходных процессов.
7. Операторный метод расчета переходных процессов.
8. Применение интегралов Дюамеля к расчету переходных процессов.

Задачи были составлены для проведения аудиторных практических занятий со студентами. Все вычисления, как правило, проводятся без калькуляторов.

Сборник задач полезен для студентов при изучении методов преобразования и расчета линейных электрических цепей. Подобные задачи включены в зачетные и экзаменационные билеты.

Студентам рекомендуется проверять правильность решения задач путем моделирования цепей в программе TINA. Это особенно полезно при выполнении курсовой работы по электротехнике. Моделирование позволяет быстро получить искомые правильные результаты и подтвердить их математическими расчетами.

### 6. Пример использования моделирования в среде TINA в практических занятиях по электронике

Составлен комплект учебных материалов для проведения 10 практических занятий по электронике с использованием моделирования в программе TINA [6].

Каждое практическое занятие содержит комплект слайдов, схем для моделирования и проводится с мультимедийным проектором.

Содержание практических занятий:

1. Нелинейные цепи (11 слайдов).
2. Диоды и стабилитроны (36 слайдов).
3. Биполярные транзисторы (28 слайдов).
4. Эмиттерный повторитель (14 слайдов).
5. Полевые транзисторы (35 слайдов)
6. Операционные усилители (23 слайда)
7. Автогенераторы (25 слайдов).

8. Модуляция и демодуляция (34 слайда).

9. Источники питания (27 слайдов)

10. Цифровые микросхемы (31 слайд).

Рассмотрим фрагмент занятия по биполярным транзисторам. Студенты в программе TINA для заданного типа транзистора строят графики передаточной и выходной характеристики, выполняют графический расчет рабочей точки и крутизны в режиме покоя (рис. 7).

Затем проводим моделирование усилителя (рис. 8) и проверяем совпадение результатов.

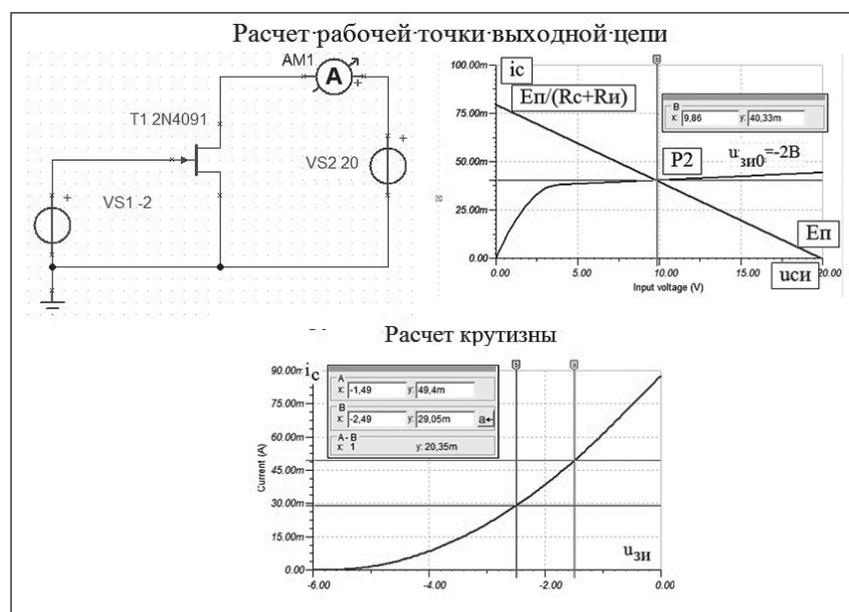


Рис. 7. Графический расчет усилителя в режиме покоя

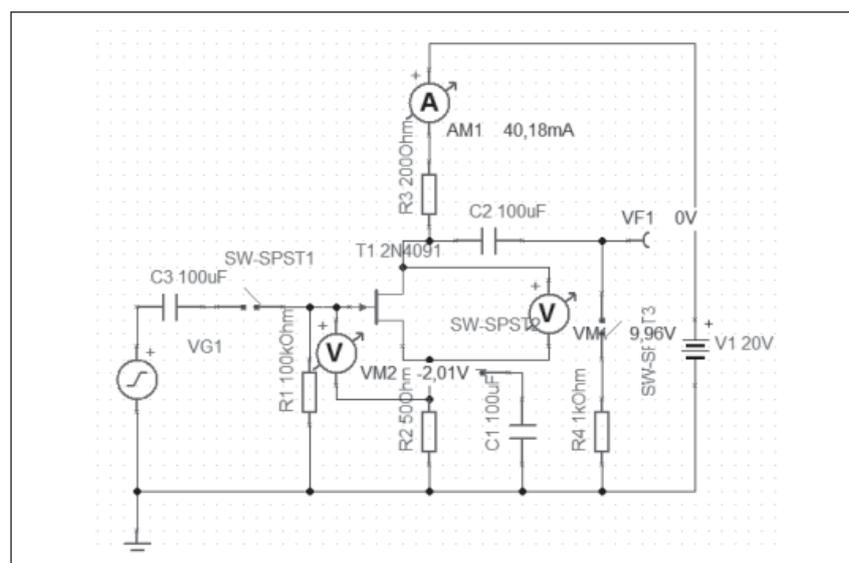


Рис. 8. Моделирование усилителя в режиме покоя

Достоинством предложенной методики является следующее:

- библиотека программы TINA содержит большое количество транзисторов и построение их характеристик очень просто;

- курсоры программы позволяют измерять координаты любого графика;

- нагрозочные прямые можно строить графическими инструментами программы;

- программа позволяет оптимизировать параметры схемы для получения нужного режима работы;

- моделирование схемы подтверждает правильность расчетов.

Таким образом, показана целесообразность применения программы TINA в практических занятиях по электронике.

## 7. Расчет электрических цепей в Mathcad

В курсовой работе по электротехнике и электронике студенты выполняют расчеты сложных цепей постоянного и гармонического тока методами контурных токов и узловых напряжений, рассчитывают переходные процессы. Мы рекомендуем использовать для вычислений Mathcad. В [7, 8] представлено более 20 программ для расчетов курсовых работ, практических и лабораторных заданий. В [8] Mathcad использован для математического моделирования процессов в длинных линиях, электрических фильтрах, нелинейных цепях, автогенераторах и т.п.

Изучение студентами программы Mathcad в курсе электротехники и электроники помогает им выполнять расчетные задания по другим дисциплинам.

## 8. Апробация учебного комплекса на очном и дистанционном обучении

В лабораторном практикуме по электротехнике и электронике программа TINA используется с 2009 г. Студенты очного и дистанционного обучения без затруднений осваивают моделирование для выполнения лабораторных работ и проверки расчетных заданий. Отчеты по ла-

бораторным работам оформлены на компьютерах, содержат скриншоты схем и результатов экспериментов. На первом занятии студенты изучают сборку схем и основные команды программы. На следующих занятиях рекомендуется использовать комплект готовых схем. Это значительно ускоряет выполнение лабораторных работ и увеличивает объем изученного материала. Программу TINA студенты устанавливают на домашних компьютерах, используя сайт компании Texas Instruments или получив программу у преподавателя.

Доступность и бесплатность студенческой версии является большим преимуществом программы TINA.

В 2012–2013 гг. лабораторный практикум был использован для повышения квалификации сотрудников предприятий. За 12 учебных часов было выполнено 10 лабораторных работ по электротехнике и электронике. Слушатели освоили программу TINA и выразили удовлетворение занятиями.

С 2012 г. лекционные занятия на очном отделении проходят в мультимедийном классе с использованием слайдов электронного конспекта лекций и моделирования. По электронной почте через коллективный почтовый ящик студенты получают материалы конспекта и могут отправлять на проверку задания. На аудиторных занятиях студенты часто пользуются личными ноутбуками и смартфонами.

В настоящее время электронные учебные материалы размещены на сайте <http://www.toe-mirea.ru/>.

В 2014 г. проведены практические занятия по электронике с использованием электронного ресурса [6] для студентов очного обучения. Можно отметить заинтересованность студентов в освоении программы, активность в обсуждении возникающих вопросов, качественное выполнение и оформление лабораторных работ и расчетных заданий.

Успешно справились с изучением дисциплины студенты дистанционного обучения. Программа TINA используется в дистанционном лабораторном практикуме и курсовых работах.

Таким образом, подтверждена целесообразность и перспективность применения программы TINA в учебном процессе.

## Заключение

Показан подход к выбору бесплатной общедоступной программы компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем для использования в мультимедийном учебном комплексе по электротехнике и электронике. На основе сравнительного анализа известных программ сделан вывод о целесообразности применения программной среды TINA компаний Texas Instruments и DesignSoft, профессиональная версия которой объединяет в себе функциональные возможности лучших программ других компаний, позволяет проводить исследование электронных устройств с аналоговыми, цифровым и микропроцессорными элементами и проектировать печатные платы. В самостоятельной работе студентов и в компьютерных классах используется упрощенная бесплатная студенческая версия программы TINA-TIV9.

Создан учебный комплекс по электротехнике и электронике с использованием программной среды TINA, включающий следующие электронные образовательные ресурсы: 450 слайдов электронного конспекта лекций, электронный курс лекций по электротехнике, компьютерный лабораторный практикум из 14 лабораторных работ по электротехнике и электронике, сборник задач, комплект слайдов для практических занятий по электронике, комплекты схем для моделирования электрических цепей и электронных схем.

Учебный комплекс успешно использован в очном и дистанционном обучении и подтвердил эффективность и экономическую целесообразность применения программной среды TINA.

Основные материалы учебного комплекса размещены на сайте <http://www.toe-mirea.ru> и могут быть использованы студентами и преподавателями.

## Литература

1. *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.
2. *Алехин В.А.* Электротехника. Электронный конспект лекций с использованием компьютерного моделирования в среде TINA [Электронное издание]. – Режим доступа: <http://db.infoereg.ru/deposit/catalog/mat.asp?id=295577>.
3. *Алехин В.А.* Электротехника. Курс лекций с использованием компьютерного моделирования в среде TINA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.toe-mirea.ru/disc.html>.
4. *Алехин В.А.* Электротехника и электроника. Компьютерный лабораторный практикум в программной среде TINA-8. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 208 с.
5. *Алехин В.А.* Сборник задач по теории электрических цепей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.toe-mirea.ru/disc.html>.
6. *Алехин В.А.* Электроника. Практические занятия с использованием компьютерного моделирования в программе TINA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.toe-mirea.ru/disc.html>.
7. *Алехин В.А.* Расчет электрических цепей в Mathcad. Методические указания по выполнению контрольных и курсовых работ на компьютерах. – М.: МИРЭА, 2006. – 36 с.
8. *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.