

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И САПР ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ**

Методические указания по самостоятельной работе  
для студентов направления  
«Электроника и микроэлектроника»  
(Специальность – Электронные приборы и устройства)

2012

## **Шандаров Евгений Станиславович**

Математические модели и САПР электронных приборов и устройств : методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (Специальность – Электронные приборы и устройства) / Е.С. Шандаров. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 11 с.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» (Специальность – Электронные приборы и устройства) по курсу «Математические модели и САПР электронных приборов и устройств».

© Шандаров Евгений Станиславович, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой ЭП  
\_\_\_\_\_ С.М. Шандаров  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И САПР  
ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ**

Методические указания по самостоятельной работе  
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»  
(Специальность – Электронные приборы и устройства)

Разработчик  
\_\_\_\_\_ Е.С. Шандаров  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

## Содержание

1 Введение.....	5
Раздел 1 Введение .....	5
1.1 Содержание раздела .....	5
Раздел 2 Процесс проектирования .....	5
2.1 Содержание раздела .....	5
Раздел 3 Классификация САПР .....	6
3.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 4 МО автоматизированного проектирования (АПР).....	6
4.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 5 Автоматизация схмотехнического проектирова-ния .....	6
5.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 6 МО процедур синтеза проектных решений .....	6
6.1 Содержание раздела .....	6
7 Лабораторные занятия .....	6
Заключение .....	9
Список литературы .....	10

## **1 Введение**

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

Цель дисциплины состоит в изучении методологии автоматизированного проектирования, проектных процедур синтеза и анализа математических моделей, применении ПК для решения научно-технических задач на базе математического и программного обеспечения САПР.

В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть аппаратным и программным обеспечением САПР, ясно представлять алгоритмы, положенные в основу используемого программного обеспечения САПР, уметь решать задачи, связанные с анализом технических объектов (электронных приборов), а также грамотно использовать все возможности ПК.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении общеобразовательных дисциплин (высшая математика, физика), дисциплин «Персональные компьютерные средства», «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов и устройств», «Твердотельные приборы и устройства».

### **Раздел 1 Введение**

#### **1.1 Содержание раздела**

Цель и предмет автоматизации проектирования (АП). История развития САПР. Основные особенности построения САПР. Аспекты и иерархические уровни проектирования

### **Раздел 2 Процесс проектирования**

#### **2.1 Содержание раздела**

Стадии и этапы проектирования. Принципы итерационности проектирования, совместимости, типизации и развития. Нисходящее и восходящее проектирование. Внешнее и внутреннее проектирование. Типовые маршруты и процедуры проектирования. Подходы к верификации. Классификация проектных процедур. Принципы построения маршрутов проектирования. Примеры маршрутов проектирования. Режимы проектирования в САПР.

## **Раздел 3 Классификация САПР**

### **3.1 Содержание раздела**

Состав и структура САПР. Математическое обеспечение (МО) САПР. Техническое обеспечение (ТО) САПР. Программное обеспечение (ПО) САПР. Лингвистическое обеспечение САПР. Информационное обеспечение САПР. Методическое обеспечение САПР. Организационное обеспечение САПР

## **Раздел 4 МО автоматизированного проектирования (АПР)**

### **4.1 Содержание раздела**

Требования к математическим моделям. Классификация ММ. Функциональные ММ. Непрерывные ММ. Дискретные математические модели. Методика получения ММ элементов. Многовариантный анализ. Анализ чувствительности. Статистический анализ.

## **Раздел 5 Автоматизация схемотехнического проектирования**

### **5.1 Содержание раздела**

Формы представления моделей элементов схем. Математические модели компонентов базовых эквивалентных схем. Понятие о многополюсниках. Зависимые источники. Преобразования Тевенина и Нортона. Нормирование элементов схемы. Формирование уравнений на основе метода узловых потенциалов. Модели компонентов электронных схем. Макромодели

## **Раздел 6 МО процедур синтеза проектных решений**

### **6.1 Содержание раздела**

Классификация процедур структурного синтеза. Решение задач структурного синтеза. Дедуктивные системы. Подходы к постановке задач параметрической оптимизации. Постановка задач оптимизации при внутреннем проектировании. Постановка задач оптимизации при внешнем проектировании. Содержание методов оптимизации в САПР. Методы безусловной оптимизации. Методы условной оптимизации. Методы дискретной оптимизации

## **7 Лабораторные занятия**

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Лабораторные работы проводятся фронтальным методом индивидуально для каждого студента. При подготовке к лабораторной работе студент должен руководствоваться индивидуальным заданием. По мере освоения методов

студентам могут поручаться индивидуальные работы в плане фрагментов научно- поисковых работ.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение вычислительного эксперимента и обработка результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с программами, методами и схемами вычислений. Исходя из возможностей ЭВМ и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод расчета и проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- задача;
- методика вычислений и проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению вычислительного эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с ЭВМ, уточняют порядок выполнения работы. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение вычислительного эксперимента в компьютерном зале. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые расчеты, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения вычислительного эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

В экспериментах, когда это важно, всегда следует ставить пробные вычислительные опыты, которые преследуют несколько целей:

- студент «знакомится» с данным вычислительным экспериментом.

В каждом эксперименте своя методика и связанные с нею определенные, часто повторяющиеся операции, и студенту необходимо поупражняться или попрактиковаться в их выполнении. Первые несколько расчетов почти всегда менее надежны или менее ценны, чем последние, и обычно удается сэкономить время, если в начальный период работы затратить часть его на то, чтобы найти наилучшие способы проведения расчетов и записи результатов;

- проверяется работа отдельных функций и опций в ЭВМ;
- определяется соответствующий интервал граничных значений для каждой из величин, рассчитываемых в данном вычислительном эксперименте;
- оцениваются возможные ошибки в различных величинах.

В ходе пробного опыта следует провести некоторые предварительные измерения и составить план с указанием величин, которые необходимо рассчитать, и оценить время, необходимое на расчет.

Прежде чем, приступить к систематическим вычислениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, систему, под которой работает ЭВМ. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций и методических указаний.

В каждом вычислительном эксперименте очень важно сразу же записывать все сделанное. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. При проведении и записи результатов расчетов хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на ЭВМ.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание; краткое изложение методики, схемы вычислений; таблицы; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами расчетов, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.



- 1 Выпрямители
- 2 Диодные ограничители и диодные формирователи
- 3 Операционный усилитель
- 4 Исследование биполярного транзистора
- 5 Задание рабочей точки в транзисторном каскаде
- 6 Работа транзисторного каскада в режиме малого сигнала
- 7 Исследование эквивалентной схемы полевого транзистора
- 8 Моделирование комплексных функций радиоэлектронного усилителя
- 9 Логические схемы и функции
- 10 Исследование дешифраторов
- 11 Триггеры
- 12 Счётчики

### **Заключение**

В итоге изучения тем студент должен твердо, как минимум знать следующие вопросы.

1. Основные особенности построения САПР
2. Аспекты и иерархические уровни проектирования. Процесс и принципы проектирования
3. Типовые процедуры и маршруты проектирования, принципы их построения. Классификация проектных процедур.
4. Техническое обеспечение САПР. Состав технических средств. Уровни технического обеспечения.
5. Программное обеспечение САПР. Свойства и структура ПО. Общесистемное ПО. Специализированное ПО.
6. Лингвистическое обеспечение САПР
7. Информационное обеспечение САПР. Базы данных. Понятие СУБД. База знаний.
8. Методическое и организационное обеспечения САПР. Пользователи САПР. Режимы проектирования в САПР.
9. Математическое обеспечение САПР. Математические модели. Классификация ММ. Преобразования ММ.
10. Автоматизация схемотехнического проектирования. Дедуктивные системы. ММ элементов электронных схем.
11. Анализ электрических цепей. Метод узловых потенциалов. Метод контурных токов.
12. Классификация процедур структурного синтеза. Подходы к решению задач структурного синтеза. Постановка задач параметрической оптимизации. Методы оптимизации.

## Список литературы

1. Основы компьютерного моделирования наносистем / Ибрагимов И.М., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. – М.: Изд-во «Лань», 2010.- 384 с. ISBN978-5-8114-1032-3: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=156](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=156)
2. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 736 с. ISBN 978-5-8114-1063-7 [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=650](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=650)
3. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем / Петров М.Н., Гудков Г.В. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 464 с. ISBN 978-5-8114-1075-0 [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=661](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=661)
4. Основы автоматизированного проектирования [Текст] : учебник для вузов / Е. М. Кудрявцев. - М. : Академия, 2011. - 304 с. - ISBN 978-5-7695-6004-0
5. Компьютерное моделирование и проектирование: учебное пособие / Ю. Р. Саликаев.- Томск: ТУСУР, 2012. - 95 с. Препринт. Режим доступа.: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
6. Численные методы в примерах и задачах : Учебное пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 2-е изд., стереотип. - М. : Высшая школа, 2006. - 479 с. - (Прикладная математика для вузов). - ISBN 5-06-004763-6
7. Численные методы : Учебное пособие для вузов / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников ; ред. : А. И. Кибзун. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2006. - 398 с. ISBN 5-9221-0737-2
8. Основы численных методов : Учебник для вузов / Валентин Михайлович Вержбицкий. - М. : Высшая школа, 2002. - 848 с. - ISBN 5-06-004020-8
9. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем : / И. Влаха, К. Сингхал ; пер.: А. Ф. Обьедков, Н. Н. Удалов, В. М. Демидов ; ред. пер. А. А. Туркина. - М. : Радио и связь, 1988. - 560 с. - ISBN 5-256-00054-3
10. Mathcad для студента / А. М. Половко, И. В. Ганичев. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 336 с. - ISBN 5-94157-596-3
11. Mathcad 12 для студентов и инженеров / В. Ф. Очков. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 457 с. - ISBN 5-94157-289-1
12. Компьютерное моделирование и проектирование. Часть 1: методические указания к лабораторным работам / Ю.Р. Саликаев; Томск: ТУСУР, 2012. - 40 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
13. Компьютерное моделирование и проектирование. Часть 2: методические указания к лабораторным работам / Е.Ю. Агеев; Томск: ТУСУР, 2012. - 77 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Учебное пособие

Шандаров Е.С.

Математические модели и САПР  
электронных приборов и устройств

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л.                      Препринт  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40