

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор обеспечивающей
 Школы неразрушающего
 контроля и безопасности
 _____ Д.А. Седнев
 «__» _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Методы анализа и расчета электронных схем

| | | | |
|---|---|---------|------------|
| Направление подготовки/ специальность | 11.03.04 Электроника и наноэлектроника | | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Прикладная электронная инженерия | | |
| Специализация | Промышленная электроника | | |
| Уровень образования | высшее образование - бакалавриат | | |
| Курс | 4 | семестр | 8 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 3 | | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | | 11 |
| | Практические занятия | | 11 |
| | Лабораторные занятия | | 22 |
| | ВСЕГО | | 44 |
| | Самостоятельная работа, ч | | 64 |
| | ИТОГО, ч | | 108 |

| | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|--|
| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | Отделение Электронной инженерии |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|--|

| | | |
|---|--|------------------|
| Заведующий кафедрой- руководитель Отделения Руководитель ООП Преподаватель | | П.Ф. Баранов |
| | | В.С. Иванова |
| | | Д.Н. Огородников |

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенций | | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) | |
|-----------------|--|-----------------------------------|--|---|--|
| | | Код индикатора | Наименование индикатора достижения | Код | Наименование |
| ПК(У)-1 | Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | И.ПК(У)-1.2 | Применяет знания по математическому моделированию для получения моделей базовых электронных устройств общего назначения, в том числе с использованием ЭВМ. | ПК(У)-1.2В1 | Владеет опытом составления математических моделей электронных схем для их последующего анализа на ЭВМ. |
| | | | | ПК(У)-1.2У1 | Умеет осуществлять оценку чувствительности электронных схем к вариации величин их параметров. |
| | | | | ПК(У)-1.2З1 | Знает принципы и методы моделирования, анализа, синтеза и оптимизации электронных систем |
| ПК(У)-3 | Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | И.ПК(У)-3.6 | Решает задачи по расчету электронных схем и их анализу во временной и частотной областях на ЭВМ. | ПК(У)- 3.6В1 | Владеет опытом решения задач по анализу характеристик моделей электронных схем во временной и частотной областях на ЭВМ. |
| | | | | ПК(У)- 3.6У1 | Умеет рассчитывать характеристики и параметры электронных схем, используя различные математические методы. |
| | | | | ПК(У)- 3.6З1 | Знает особенности применения численных методов в практических расчетах |

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине | | Индикатор достижения компетенции |
|---|--|----------------------------------|
| Код | Наименование | |
| РД-1 | Применять знания по математическому моделированию для получения моделей базовых электронных устройств общего назначения. | И.ПК(У)-1.2 |
| РД-2 | Решать задачи по анализу характеристик моделей электронных схем во временной и частотной областях на ЭВМ. | И.ПК(У)-3.6 |
| РД-3 | Осуществлять оценку чувствительности электронных схем к вариации величин их параметров | И.ПК(У)-1.2 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|--|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Схемное моделирование | РД-1 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | — |
| | | Лабораторные занятия | 2 |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел 2. Метод узловых потенциалов | РД-1 РД-2 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 24 |
| Раздел 3. Направленные графы | РД-1 РД-2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | — |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 4. Метод переменных состояния | РД-1 РД-2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 5 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 12 |
| Раздел 5. Чувствительность электронных схем | РД-1 РД-2 РД-3 | Лекции | 1 |
| | | Практические занятия | — |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 14 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Схемное моделирование

Минимальный базовый набор (МБН) элементов, имеющих точное математическое описание, понятное для ЭВМ. Классификация схемных моделей по частотному принципу и диапазону изменения токов и напряжений. Оценка соответствия схемной модели объекту моделирования. Принципы получения, глобальной, локальной и модели линейного приращения.

Темы лекций:

1. Минимальный базовый набор элементов. Классификация схемных моделей.

Названия лабораторных работ:

1. Вводное занятие по пакету MathCAD.

Раздел 2. Метод узловых потенциалов

Система уравнений в алгебраическом и матричном виде в базисе узловых потенциалов. Алгоритм записи матрицы проводимостей для пассивных схем. Обобщенный метод узловых потенциалов. Декомпозиция, неавтономные многополюсники. Определение элементов полной матрицы проводимостей электронных компонентов. Алгоритм получения матрицы проводимостей активной схемы с управляемыми источниками. Представление схемы четырехполюсником и получение расчетных формул для

схемных функций.

Темы лекций:

1. Метод узловых потенциалов для пассивных цепей.
2. Обобщенный метод узловых потенциалов.

Темы практических занятий:

1. Анализ пассивных цепей методом узловых потенциалов.
2. Обобщенный метод узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники.

Названия лабораторных работ:

1. Метод узловых потенциалов. Пассивные цепи.
2. Исследование влияния отрицательной обратной связи на схемные функции усилителя с комплементарным транзистором.
3. Исследование схемы универсального фильтра в частотной области.
4. Моделирование операционных усилителей неавтономным многополюсником.

| |
|-------------------------------------|
| Раздел 3. Направленные графы |
|-------------------------------------|

Топологическое моделирование. Основные понятия и определения графов. Законы Кирхгофа в топологической форме. Матрица инцидентий графа цепи. Первый закон Кирхгофа. Матрица главных контуров. Второй закон Кирхгофа. Матрица главных сечений, первый закон Кирхгофа в обобщенной форме. Теоремы о связях топологических матриц между собой. Расчет переменных ветвей графа. Узловой анализ по направленному графу цепи.

Темы лекций:

1. Направленные графы.

Темы практических занятий:

1. Составление матрицы инцидентий, матрицы главных контуров и матрицы главных сечений.

| |
|---|
| Раздел 4. Метод переменных состояния |
|---|

Основные понятия и определения. Запись системы дифференциальных уравнений в нормальной форме. Выходные уравнения. Методы получения математической модели цепи системой уравнений переменных состояния, в том числе с помощью направленного графа цепи. Методы интегрирования уравнений переменных состояния. Явный и неявный методы Эйлера, использование дискретных резистивных моделей для конденсаторов и индуктивностей.

Темы лекций:

1. Метод переменных состояния.

Темы практических занятий:

1. Описание математической модели электрической цепи системой уравнений переменных состояния.
2. Решение уравнений переменных состояний.
3. Дискретные резистивные модели для конденсаторов и индуктивностей.

Названия лабораторных работ:

1. Пакет прикладных программ автоматизированного анализа электронных схем. Вводное занятие.

2. Исследование частотных и временных характеристик RC-цепи

Раздел 5. Чувствительность электронных схем

Основные определения и понятия. Многопараметрическая чувствительность. Многопараметрическая чувствительность наихудшего случая. Чувствительность к паразитным параметрам. Методы расчета чувствительности на ЭВМ. Расчет чувствительности в частотной области.

Темы лекций:

1. Определение чувствительности. Чувствительность схемных функций. Многопараметрическая чувствительность. Методы расчета чувствительности на ЭВМ.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование выпрямителя.
2. Усилитель на биполярном транзисторе.
3. Работа с библиотекой моделей.
4. Моделирование ключей.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, оформление отчетов по лабораторным работам;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Готов, Анатолий Филиппович. Математическое моделирование электронных схем: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Ф. Готов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ — 1 компьютерный файл (pdf; 4.2 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m040.pdf>
2. Готов, Анатолий Филиппович. Практикум по методам анализа и расчета электронных схем.— [Электронный ресурс] / А. Ф. Готов; Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 138 с. . —
Схема доступа: <https://docplayer.ru/54096996-Ministerstvo-obrazovaniya-rossiyskoy-federacii-tomskiy-politehnicheskii-universitet-praktikum-po-metodam-analiza-i-rascheta-elektronnyh-shem.html>
3. Миловзоров, Олег Владимирович. Электроника : учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 5-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт,

- 2013 — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-37.pdf>
4. Сабунин, Алексей Евгеньевич. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств [Электронный ресурс] / А. Е. Сабунин. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2010. — 432 с.: ил.. — Системы проектирования. — Библиогр.: с. 419.. — Схема доступа: <https://b-ok.cc/book/2419610/1ecec7>

Дополнительная литература

1. Глотов, Анатолий Филиппович. Методы анализа и расчета электронных схем : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Ф. Глотов; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.6 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m90.pdf>
2. Разевиг, В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 / В. Д. Разевиг. — Москва: Солон-Р, 2000. — 698 с.: ил.. — Библиогр.: с. 692-693.. — ISBN 5-93455-052-7.
3. Влах, Иржи. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем : пер. с англ. [Электронный ресурс] / И. Влах, С. Кишор. — Москва: Радио и связь, 1988. — 559 с.. — Схема доступа: https://www.studmed.ru/vlah-i-singhal-k-mashinnye-metody-analiza-i-proektirovaniya-elektronnyh-shem_31784042de1.html
4. Чуа, Леон Онк. Машинный анализ электронных схем. Алгоритмы и вычислительные методы : пер. с англ. бакалавров [Электронный ресурс] / Л. О. Чуа, П.-М. Лин. — Москва: Энергия, 1980. — 640 с.. — Схема доступа: <http://en.bookfi.net/book/724741>
5. Остапенко А.Г. Анализ и синтез линейных радиоэлектронных цепей с помощью графов. М. Радио и связь 1985, 346с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
2. <http://ecircuitcenter.com/circuits.htm>
3. <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/>
4. <http://www.scienceresearch.com>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Mathcad (сетевой ресурс)
2. NI Multisim (сетевой ресурс)

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

| № | Наименование специальных помещений | Наименование оборудования |
|----|---|--|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. | Комплект учебной мебели на 28 посадочных мест; Компьютер - 10 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |

| | | |
|----|---|--|
| | Томск, Ленина проспект, 30, строен.1, 210 | |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30, строен.1, 211 | Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Компьютер - 10 шт.; Принтер - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Промышленная электроника» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | Подпись | ФИО |
|------------------|---------|------------------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | | Д.Н. Огородников |

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол от «__» _____ 201__ г. №__).

Руководитель выпускающего подразделения,
к.т.н

_____/П.Ф. Баранов/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании ОЭИ ИШНКБ (протокол) |
|-----------------------------|--|--|
| 20___/___ учебный год | 1. Изменены реквизиты 2. Изменено содержание разделов рабочей программы дисциплины «...» 3. ... | От 00.00.2019 г. № _____ |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |