

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ И.А. Старовойтова

Регистрационный № ТД-_____/тип.

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине

для специальности

1-36 04 02 Промышленная электроника

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛИ:

С.В.Батюков, старший преподаватель кафедры теоретических основ электротехники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук;

В.И.Журавлев, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук;

Н.А.Иваницкая, старший преподаватель кафедры теоретических основ электротехники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

А.П.Курулёв, профессор кафедры теоретических основ электротехники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Кафедра электротехники и систем электропитания учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» (протокол № 7 от 28.03.2022);

Д.С.Карпович, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой теоретических основ электротехники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 11 от 24.01.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 8 от 20.05.2022);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 10 от 04.04.2022)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Теория электрических цепей» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-36 04 02 Промышленная электроника в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I ступени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Теория электрических цепей» занимает основное место среди фундаментальных дисциплин, определяющих теоретический уровень профессиональной подготовки инженеров. Она занимает важное место в системе подготовки инженеров по радиоэлектронике, работающих в сфере разработки и эксплуатации систем и устройств промышленной электроники.

Предметом изучения учебной дисциплины «Теория электрических цепей» являются электромагнитные явления и их применение для решения проблем радиоэлектроники, автоматики, вычислительной техники при разработке электротехнических устройств, отвечающих современным требованиям.

Большую роль при решении перечисленных проблем предполагается отвести современным средствам вычислительной техники – персональным ЭВМ, что особенно важно в условиях быстро увеличивающегося объёма научно-технической информации. Это позволит освоить основы методов вычислительного эксперимента, что связано с развитием вопросов теории и разработок многочисленных алгоритмов электротехнических расчетов с применением ЭВМ.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Теория электрических цепей» заключается в развитии профессиональных навыков, высокой культуры исполнения заданий и творческого подхода к решению задач. В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: развитие всех позитивных творческих способностей инженера, умений формулировать и исследовать на должном научном уровне общетеоретические проблемы специальности, развивать и реализовывать свои знания в этой области инженерной практики.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний в области анализа, синтеза и расчета электрических цепей, а также в области современных методов моделирования электромагнитных процессов;

освоение навыков работы с современными информационно-измерительными средствами;

овладение методами постановки и решения задач в области анализа электрических цепей с применением современного программного обеспечения.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Теория электрических цепей» являются «Физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия».

В свою очередь учебная дисциплина «Теория электрических цепей» является базой для таких учебных дисциплин, как «Основы автоматизированного проектирования электрических цепей» (компонент учреждения высшего образования), «Компьютерное моделирование электронных устройств» (компонент учреждения высшего образования), «Преобразовательная техника и силовая электроника».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Теория электрических цепей» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: осуществлять расчет электрических цепей, составлять и анализировать схемы замещения электротехнических устройств для решения инженерных задач.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

свойства и методы анализа линейных и нелинейных электрических цепей;

методы синтеза линейных электрических цепей;

свойства и методы анализа магнитных цепей;

уметь:

использовать методы расчета и анализа электрических цепей;

составлять и анализировать схемы замещения электротехнических устройств и систем;

выполнять экспериментальные исследования процессов в электрических и магнитных цепях.

владеть:

навыками правильной математической формулировки задач, решаемых методами, излагаемыми в учебной дисциплине;

навыками применения средств и методов вычислительной техники при решении инженерных задач.

Типовая учебная программа рассчитана на 228 часов, из них – 112 аудиторных. Примерное распределение учебных часов по видам занятий: лекции – 48 часов, лабораторные занятия – 32 часа, практические занятия – 32 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Тема 1. Основные понятия и законы теории электрических цепей	2	2	-	-
Тема 2. Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при постоянном токе	12	6	4	2
Тема 3. Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальных токах	8	6	-	2
Тема 4. Методы расчета электрических цепей при установившихся синусоидальном и постоянном токах	16	6	4	6
Тема 5. Резонансные явления и частотные характеристики	8	2	4	2
Тема 6. Анализ цепей со взаимной индуктивностью	4	2	-	2
Тема 7. Анализ электрических цепей при периодических несинусоидальных ЭДС, напряжениях и токах	8	2	4	2
Тема 8. Четырехполюсники и многополюсники	10	4	4	2
Тема 9. Анализ трехфазных цепей	8	2	4	2
Тема 10. Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета	20	8	4	8
Тема 11. Электрические цепи с распределенными параметрами	10	4	4	2
Тема 12. Установившиеся процессы в нелинейных цепях и методы их расчета	6	4	-	2
Итого:	112	48	32	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Электрические и магнитные цепи. Элементы электрических цепей. Активные и пассивные электрические цепи. Физические явления в электрических цепях. Научные абстракции, принимаемые в теории электрических цепей, их практическое значение и границы применимости. Цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами.

Параметры электрических цепей. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Законы электрических цепей. Дифференциальные уравнения процессов в цепях с сосредоточенными параметрами. Анализ и синтез – две основные задачи теории электрических цепей.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

Условно-положительные направления тока и электро-движущей силы (ЭДС) в элементах цепи и напряжения на их зажимах. Источники ЭДС и источники тока. Схемы электрических цепей. Топологические понятия схемы электрической цепи. Граф цепи. Матрицы соединений, контуров, сечений и связь между ними. Узловые и контурные уравнения электрических цепей. Полная система уравнений электрических цепей.

Тема 3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКАХ

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующие и среднее значения периодических ЭДС, напряжений и токов. Комплексный метод. Векторные диаграммы. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением участков r , L и C . Синусоидальный ток в цепи с параллельным соединением участков g , L и C . Комплексные сопротивления и проводимость. Законы Кирхгофа и Ома в комплексной форме.

Активная, реактивная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Расчет мощности по комплексам напряжения и тока.

Эквивалентные параметры сложной цепи переменного тока, рассматриваемой в целом как двухполюсник. Схемы замещения двухполюсника при заданной частоте.

Тема 4. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ УСТАНОВИВШИХСЯ СИНУСОИДАЛЬНОМ И ПОСТОЯННОМ ТОКАХ

Расчет при последовательном и параллельном соединении участков цепи. Расчет сложных электрических цепей. Эквивалентные преобразования в электрических цепях. Методы узловых напряжений и контурных токов. Принцип наложения и взаимности и основанные на них методы расчета цепи. Теорема о компенсации. Линейные соотношения между напряжениями и токами. Оценка влияния изменения параметров на режим цепи. Метод эквивалентного генератора.

Баланс мощностей в цепи синусоидального тока. Проблемы расчета установившихся режимов сложных электрических цепей. Топологические методы расчета и анализа цепей.

Тема 5. РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Резонанс при последовательном и параллельном соединениях элементов цепи. Частотные характеристики последовательного и параллельного соединений, а также цепей, содержащих только реактивные элементы. Общий случай частотных характеристик цепей. Резонанс в индуктивно-связанных контурах. Добротность контура. Коэффициент передачи, расстройка. Избирательность и полоса пропускания. Практическое значение резонанса в электрических цепях.

Тема 6. АНАЛИЗ ЦЕПЕЙ СО ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТЬЮ

Расчет цепей при наличии взаимной индукции. Индуктивно связанные элементы электрической цепи. Трансформатор с линейными характеристиками. Идеальный трансформатор.

Тема 7. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ЭДС, НАПРЯЖЕНИЯХ И ТОКАХ

Расчеты мгновенных установившихся напряжений и токов в электрических цепях при действии периодических несинусоидальных ЭДС. Зависимость формы кривой тока от характера цепи при несинусоидальном напряжении. Активная мощность при периодических несинусоидальных токах и напряжениях. Особенности поведения высших гармоник в трехфазных цепях. Состав высших гармоник при наличии симметрии форм кривых тока или напряжения.

Тема 8. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ И МНОГОПОЛЮСНИКИ

Различные виды уравнений пассивного четырехполюсника. Системы параметров четырехполюсника и их взаимосвязь. Эквивалентные схемы замещения взаимных четырехполюсников. Характеристические параметры. Схемные функции и частотные характеристики. Способы соединений. Передаточные функции согласованных схем. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Электрические фильтры. Структурные схемы. Многополюсники.

Тема 9. АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ

Многофазные цепи и системы, их классификация. Понятие о трехфазных источниках питания. Расчеты трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах. Получение вращающегося магнитного поля. Симметричные составляющие трехфазной системы величин.

Тема 10. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Понятие о переходном процессе в линейной электрической цепи. Причины возникновения и сущность переходного процесса.

Классический метод расчета. Порядок составления и методы решения уравнений электрического равновесия электрической цепи. Переменные состояния. Свободный и принужденный режимы. Установившийся режим. Свободные частоты цепи. Определение постоянных интегрирования.

Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии. Переходные процессы в последовательной rLC -цепи при её включении на постоянное и синусоидальное напряжения. Переходные процессы при мгновенном изменении параметров участков цепи. Расчеты переходных процессов в сложной цепи. Применение вычислительных машин для расчетов установившихся режимов и переходных процессов в электрических цепях.

Операторный метод расчета. Основные положения операторного метода. Уравнения цепей в операторной форме. Расчет переходных и свободных токов операторным методом. Схемные функции в операторной форме. Импульсные и переходные характеристики цепей, их связь со схемной функцией.

Расчеты при воздействии ЭДС произвольной формы. Интеграл свертки и его применение при анализе переходных процессов. Аналитические и численные методы решения уравнений состояния электрических цепей.

Тема 11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Примеры цепей с распределенными параметрами. Уравнения линии с распределенными параметрами. Решение уравнений однородной линии при установившемся синусоидальном режиме. Моделирование однородной линии цепной схемой. Бегущие волны. Различные режимы работы. Условия для неискажающей линии. Линия без потерь. Режим работы однородной линии с активной и реактивной нагрузками. Измерительная линия.

Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами. Решение уравнений однородной неискажающей линии при переходном процессе. Прямая и обратная волны. Характер и происхождение волн в линиях. Отражение и преломление волн. Формирование импульсов с помощью линии.

Тема 12. УСТАНОВИВШИЕСЯ ПРОЦЕССЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и напряжениях. Графические расчеты цепей при последовательном, параллельном и смешанном соединениях элементов. Расчет сложной нелинейной цепи, графоаналитические и численные методы. Расчет разветвленных магнитных цепей.

Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Особенности периодических режимов в нелинейных цепях. Общая характеристика методов расчета. Соотношения задач анализа линейных и нелинейных цепей. Идеи линеаризации. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов: кусочно-линейная, степенная, сплайнами. Простейшие графические и графоаналитические методы, итерационные методы.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Батура, М. П. Основы теории электрических цепей : учебно-методическое пособие / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулёв ; под общ. ред. А. П. Курулёва. – Минск : БГУИР, 2018. – 247 с.
2. Теория электрических цепей : учебник для студентов вузов [утв. МО РБ] / под общ. ред. А. П. Курулёва. – 3-е изд., перераб. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 606 с.
3. Батура, М. П. Теория электрических цепей : учебник / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулёв. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2007. – 608 с.
4. Малинин, Л. И. Теория электрических цепей : учебное пособие для вузов / Л. И. Малинин, В. Ю. Нейман. – Москва : Юрайт, 2021. – 345 с.
5. Алгазин, Е. И. Теория электрических цепей : учебно-методическое пособие / Е. И. Алгазин [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : НГТУ, 2020. – 246 с.
6. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. – 11-е изд., испр. и доп. – Москва : Гардарики, 2006. – 701 с.
7. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей / Г.И. Атабеков. – СПб. : Лань, 2009. – 432 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

8. Мурзен, Ю. М. Электротехника : учебное пособие / Ю. М. Мурзен, Ю. И. Волков. – СПб. : Питер, 2007. – 443 с.
9. Новгородцев, А. Б. Теоретические основы электротехники / А. Б. Новгородцев. – Москва [и др.] : Питер, 2006. – 575 с.
10. Рекус, Г. Г. Основы электротехники и электроники в задачах и решениях / Г. Г. Рекус. – Москва : Высшая школа, 2005. – 343 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение типового расчета;
- выполнение предварительных расчетов для лабораторных работ;
- подготовка к практическим занятиям.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-36 04 02 Промышленная электроника в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Теория электрических цепей» рекомендуется экзамен.

Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

- защита типового расчета;
- защита лабораторной работы;
- тестирование.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на лабораторных и практических занятиях.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Исследование разветвленной цепи постоянного тока;
2. Исследование сложной цепи постоянного тока;
3. Исследование разветвленной цепи переменного тока;
4. Резонанс напряжений;
5. Исследование параллельного колебательного контура;
6. Исследование электрической цепи со взаимной индуктивностью;
7. Исследование линейной электрической цепи с периодическими несинусоидальными ЭДС;
8. Исследование четырехполюсника;
9. Исследование цепной схемы;
10. Амплитудно- и фазочастотные характеристики четырехполюсников;
11. Исследование электрических фильтров;
12. Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами;
13. Исследование пассивного четырехполюсника;
14. Исследование однородной линии в установившемся режиме;
15. Исследование трехфазной системы при соединении звездой;
16. Исследование трехфазной системы при соединении треугольником.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Элементы электрических цепей и их математические модели;
2. Условно-положительные направления токов и напряжений в электрической цепи. Основные понятия и законы электрических цепей;
3. Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальных токах;
4. Расчет цепей постоянного тока;
5. Расчет цепей синусоидального тока;
6. Мощность и энергия в линейной электрической цепи;
7. Электрические цепи со взаимной индуктивностью;
8. Резонансные явления в электрических цепях;
9. Трехфазные цепи и их расчет;
10. Расчет цепей при периодических несинусоидальных напряжениях и токах;
11. Расчеты переходных процессов в линейных цепях. Классический метод;
12. Расчеты переходных процессов в линейных цепях. Операторный метод;
13. Расчеты переходных процессов в линейных цепях. Интеграл Дюамеля;
14. Четырехполюсник и его свойства;
15. Фильтры;
16. Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимого оборудования, наглядных пособий и т.д.)

1. Пакет прикладных программ Orcad;
2. Пакет прикладных программ Mathcad;
3. Макеты для лабораторных работ:
 - «Исследование методом наложения цепи постоянного тока»;
 - «Исследование цепи постоянного тока методом узловых напряжений и методом эквивалентного генератора»;
 - «Исследование цепей синусоидального тока»;
 - «Исследование резонанса в одиночных колебательных контурах»;
 - «Исследование цепи с индуктивно-связанными катушками»;
 - «Исследование линейной электрической цепи с периодическими несинусоидальными ЭДС»;
 - «Исследование электрических фильтров»;
 - «Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами»;
 - «Исследование пассивного четырехполюсника»;
 - «Исследование трехфазной системы при соединении звездой»;
 - «Исследование трехфазной системы при соединении треугольником».