

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

С.Г. Прохоренко

«08» июля 2022 г.



Регистрационный № УД – 11602/уч.

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И СИГНАЛОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1 - 31 03 01

Математика (по направлениям)

Направление специальности:

1 - 31 03 01 - 04

**Математика (научно-конструкторская
деятельность)**

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2021, типового учебного плана № G31-1-011/пр-тип. от 31.03.2021 и учебного плана № G31-1-018/уч. от 25.05.2021.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.Е. Бухтояров, доцент кафедры математической кибернетики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

М.И. Вашкевич, доцент кафедры электронных вычислительных средств Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой математической кибернетики Белорусского государственного университета
(протокол № 10 от 25.05.2022);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 29.06.2022).

Заведующий кафедрой
математической кибернетики _____ А. Л. Гладков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Жизнь современного общества практически невозможна без хорошо развитой электрической связи. Телефония, радиовещание, телевидение, радиоэлектроника, обработка и передача данных, спутниковая навигация — далеко не полный перечень электронных устройств и систем, широко используемых в нашей жизни. Но современная связь обеспечивается совокупностью электротехнических и электронных устройств различной сложности, состоящих из элементов, к которым приложены электрические напряжения или протекают электрические токи. Сколь угодно сложные электронные устройства, в конечном счете, состоят из разнообразных электрических цепей, обладающих вполне определенными свойствами. Таким образом, чтобы разрабатывать, изготавливать или эксплуатировать различную аппаратуру связи, следует, прежде всего, знать процессы, происходящие в электрических цепях при различных условиях, а также законы, которым подчиняются эти процессы. Многие из этих законов изучаются в дисциплине «Теория электрических цепей и сигналов».

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является систематическое изучение теории и методов анализа электрических цепей и сигналов, овладение методами математического описания сигналов и явлений в электронных устройствах, повышение уровня профессиональной компетентности студентов в области электронных средств обработки информации.

Развивающей целью учебной дисциплины является формирование у студентов навыков анализа электрических схем и цепей обработки сигналов.

Воспитательной целью учебной дисциплины является формирование у студентов математической и технической культуры, а также стремления к получению знаний в области электроники и схемотехники.

Основными задачами, решаемыми в рамках изучения дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов», являются изучение физико-математических основ построения электронных устройств обработки информации и приобретение навыков проектирования схем в специализированных программах.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к модулю «Математическая электроника» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами.

Изложение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Введение в специальность», «Дискретная математика и теория графов», «Физические основы электроники». В свою очередь знания, полученные при ее изучении, являются основой для

последующего изучения дисциплин «Схемотехника», «Системотехника аппаратно-программных систем», а также ряда специальных дисциплин.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» должно обеспечить формирование следующих универсальных, базовых профессиональных и специализированных компетенций.

универсальные компетенции:

- УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;
- УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;
- УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;
- УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

базовые профессиональные компетенции:

- БПК-4. Применять теоретические знания и навыки в самостоятельн~~ой~~ исследовательской деятельности;

специализированные компетенции:

- СК-8. Применять при проектировании аппаратно-программных систем знания об их электрических и схемотехнических особенностях функционирования.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные понятия и определения электрических цепей;
- законы электрических цепей;
- основные свойства, характеристики и параметры простейших цепей;
- методы анализа и расчета электрических цепей;
- свойства, параметры, характеристики частотно-избирательных цепей;

уметь:

- проводить анализ, расчет электрических цепей;
- рассчитывать частотные характеристики цепей
- использовать ЭВМ для моделирования и расчета характеристик электрических цепей;

владеть: аналитическими методами и программами анализа и расчета электрических цепей.

Структура учебной дисциплины

Учебная программа по дисциплине «Теория электрических цепей и сигналов» предназначена для студентов очной формы получения высшего

образования по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

Всего на изучение учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» отведено 108 часов в 3-м семестре, в том числе 72 аудиторных часа, из них: лекции – 36 часов, лабораторные занятия – 12 часов, практические занятия – 18 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основные понятия и законы теории цепей

Тема 1.1. Ток, напряжение, энергия и мощность в цепи.

Ток; заряд; мгновенное значение; направление тока; ампер; кулон; напряжение; потенциал; падение напряжения; разность потенциалов; цепь; проводник; двухполюсник; ветвь; полярность напряжения; согласованная полярность; мощность; энергия; вольт; ватт; джоуль; пассивный элемент; активный элемент; баланс мощностей, закон сохранения энергии; несогласованная полярность; узел.

Тема 1.2. Резистивный элемент и его характеристики.

Резистивный элемент; резистор; закон Ома; сопротивление; проводимость; ом; сименс; вольт-амперная характеристика R элемента; энергетические характеристики R -элемента; мощность; энергия.

Тема 1.3. Идеализированные источники электрической энергии.

Источник напряжения (ИН); генерирование электромагнитной энергии; напряжение тока ИН, согласованная, несогласованная и логичная полярность ИН; V АХ источника напряжения и его дифференциальное сопротивление; короткозамкнутый элемент (КЗ) и его свойства; ИН как элемент бесконечной мощности; нарушение ЗНК при КЗ источника напряжения; источник тока (ИТ); полярность напряжения ИТ; логичная полярность ИТ; ВАХ ИТ; холостой ход (ХХ) — разорванный участок цепи и его свойства; ИТ как элемент бесконечной мощности; нарушение ЗТК при ХХ источника тока.

Тема 1.4. Индуктивный элемент цепи и его характеристики.

Индуктивный элемент; запасание энергии магнитного поля: согласованная полярность L -элемента; генри; вольт-амперная характеристика L -элемента; энергетические характеристики L -элемента.

Тема 1.5. Емкостный элемент цепи и его характеристики.

Емкостный элемент; заряд C -элемента: электрическое поле; фарада; вольт-амперная характеристика C -элемента; ток емкостного элемента; C -элемент в цепи постоянного тока; энергетические характеристики C -элемента, запасание энергии электрического поля конденсатора.

Тема 1.6. Законы Кирхгофа.

1.6.1. Закон токов Кирхгофа (ЗТК): ЗТК для узлов и сечений цепи как закон сохранения зарядов в цепи; главное следствие ЗТК; ЗТК при последовательном соединении элементов, число независимых уравнений ЗТК: составление независимых уравнений ЗТК.

1.6.2. Закон напряжений Кирхгофа (ЗНК) как закон сохранения энергии в цепи; главное следствие ЗНК; ЗНК в при параллельном соединении элементов;

определение напряжения между узлами цепи; число независимых уравнений ЗНК; составление независимых уравнений ЗНК.

Раздел 2. Анализ резистивных цепей.

Тема 2.1. Эквивалентные преобразования структуры цепи

Эквивалентное преобразование; эквивалентная схема; простейшие эквивалентные преобразования; эквивалентное преобразование источников; элементарно непробозуемый источник.

Тема 2.2. Анализ резистивных цепей сложной структуры

2.2.1. Метод независимых уравнений Кирхгофа: число независимых уравнений; неизвестные МУК.

2.2.2. Метод наложения.

2.2.3. Метод узловых напряжений (МУН): метод узловых потенциалов; базисный увел; определение токов при использовании МУН; собственная и взаимная проводимости; узловой ток; вырожденные уравнения МУН

2.2.4. Метод контурных токов (МКТ): контурные токи; определение токов ветвей в МКТ; собственное и взаимное сопротивление; контурное напряжение; вырожденные уравнения МКТ; преобразование элементарно непробозуемых источников.

Тема 2.3. Теоремы об эквивалентных источниках

Метод эквивалентных истопников (МЭН); теорема Тевенена об эквивалентном источнике напряжения; эквивалентное (внутреннее) сопротивление источника; выходное сопротивление цепи; сопротивление нагрузки; метод эквивалентного источника напряжения (МЭИН); теорема Нортонa об эквивалентном источнике тока; метод эквивалентного источника тока (МЭИТ). связь между напряжением холостого хода нагрузки и током ее короткого замыкания; связь между напряжением и током эквивалентных источников.

Раздел 3. Анализ линейных цепей при синусоидальных воздействиях.

Тема 3.1. Основные понятия синусоидальных напряжений и токов

Периодические сигналы; гармонические сигналы; сигналы синусоидальной формы; синусная и косинусная формы записи; параметры сигналов: амплитуда, мгновенная фаза, начальная фаза, угловая частота, циклическая частота, период; разность фаз (фазовый сдвиг) напряжения и тока пассивного ДП; разметка оси времени (оси фаз); действующее значение синусоидального сигнала; среднее значение; энергетическая трактовка действующего значения; среднее выпрямленное значение; эффективное значение.

Тема 3.2. Метод комплексных амплитуд

Представление гармонических (синусоидальных) сигналов с помощью вращающихся векторов и комплексных величин; комплексная форма записи гармонических колебаний; комплексное мгновенное значение; комплексная амплитуда; оператор вращения; комплексное действующее значение; комплексное электрическое сопротивление (проводимость); комплексная форма записи ЗТК, ЗНК и закона Ома; комплексные сопротивления пассивных элементов; амплитудные и фазовые соотношения между напряжением и током R-, L- и C- элементов, метод комплексных амплитуд (МКА); комплексная схема замещения.

Тема 3.3. Комплексные функции цепи

Комплексная входная (передаточная) функция; передаточная функция по напряжению (току); комплексное входное сопротивление (проводимость); амплитудно-частотная, фазочастотная и амплитудно-фазовая характеристики; логарифмический масштаб; бел; децибел; полоса пропускания цепи.

Тема 3.4. Частотные характеристики RL – и RC – цепей

Частотные характеристики RC- (RL-) цепи по напряжению на R (L, C).

Тема 3.5. Резонанс в колебательном контуре

Резонанс; многообразие признаков резонанса в пассивном ДП; последовательный (параллельный) колебательный контур; резонансная частота последовательного (параллельного) колебательного контура; характеристическое сопротивление; добротность; полоса пропускания; комплексные передаточные функции последовательного колебательного контура по напряжению на R,L,C.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Основные понятия и законы теории цепей	8						[1, 4]	
1.1	Ток, напряжение, энергия и мощность в цепи.	2							Устный опрос
1.2	Резистивный элемент и его характеристики.	1							Экспресс-опрос
1.3	Идеализированные источники электрической энергии.	1							Экспресс-опрос
1.4	Индуктивный элемент цепи и его характеристики.	1							Экспресс-опрос
1.5	Емкостный элемент цепи и его характеристики.	1							Экспресс-опрос
1.6	Законы Кирхгофа.	2							Коллоквиум
2	Анализ резистивных цепей	12	6		4		2		Контрольная работа № 1 теме 2
2.1	Эквивалентные преобразования структуры цепи	2						[1, 2]	Устный опрос
2.2	Анализ резистивных цепей сложной структуры							[3, 4, 5]	
	2.2.1. Метод независимых уравнений Кирхгофа	2	2						Защита практической работы
	2.2.2. Метод наложения.	2	2						Защита практической работы
	2.2.3. Метод узловых напряжений	2			2				Защита лабораторной работы
	2.2.4. Метод контурных токов	2			2				Защита лабораторной работы
2.3	Теоремы об эквивалентных источниках	2	2				2	[1, 5]	Защита практической работы
3	Анализ линейных цепей при синусоидальных воздействиях	16	12		8		4		Контрольная работа № 2 теме 3

3.1	Основные понятия синусоидальных напряжений и токов	4	4					[1, 4]	Защита практических работ.
3.2	Метод комплексных амплитуд	4	2		4		4	[1, 4, 5]	Защита практической работы. Защита лабораторной работы.
3.3	Комплексные функции цепи	2	2					[1, 5]	Защита практической работы
3.4	Частотные характеристики RL – и RC – цепей	4	2		4			[1]	Защита практической работы. Защита лабораторной работы.
3.5	Резонанс в колебательном контуре	2	2					[1, 5, 6]	Защита практической работы. Коллоквиум
	ИТОГО	36	18		12		6		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Батура, М. П. Теория электрических цепей : учебник для студ. учреждений высш. образования по напр. спец. "Радиоэлектронная техника", "Компоненты оборудования", "Связь" / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулев ; под общ. ред. А. П. Курулёва. - 3-е изд., перераб. - Минск : Вышэйшая школа, 2015. - 606 с.
2. Теория электрических цепей. Сборник задач : учеб.-метод. пособие : в 4 ч. / [авт.: А. П. Курулёв и др.] ; М-во образования РБ, УО "БГУИР", Фак. информационных технологий и управления, Каф. теоретических основ электротехники. - Минск : БГУИР, 2017–2022.
3. Бакалов, В. П. Теория электрических цепей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 – "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" квалификации (степени) "бакалавр" / В. П. Бакалов, Б. И. Крук ; под ред. В. П. Бакалова. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2020. - 537 с.

Перечень дополнительной литературы

4. Бычков Ю.А., Золотницкий В.М., Чернышев Э.П. Основы теории электрических цепей. – СПб., 2002. – 464 с.
5. Сборник задач и практикум по основам теории электрических цепей / Бычков, Ю.А.; Золотницкий, В.М.; Чернышев, Э.П. и др. – СПб., 2005. – 304 с.
6. Попов В.П. Основы теории цепей. – М., 1985. – 496 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

С целью текущего контроля знаний студентов предусматривается проведение устных опросов, экспресс-опросов, коллоквиумов, контрольных работ, защит практических и лабораторных работ.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Теория электрических цепей и сигналов» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

Итоговая отметка формируется на основе:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012 г.).
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189-ОД).
3. Критериев оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо

Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Рекомендуемые весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

- устный и экспресс-опросы – 7 %;
- защита практических работ – 70 %;
- коллоквиумы – 8 %;
- контрольные работы – 15 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Рекомендуемый вес отметки по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационной отметки – 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 2. Анализ резистивных цепей.

Тема 2.3. Теоремы об эквивалентных источниках. (2 ч)

Задание. Теорема об эквивалентном источнике напряжения. Теорема об эквивалентном источнике тока.

Форма контроля – защита практической работы по задаче 1.1.7 из [5].

Раздел 3. Анализ линейных цепей при синусоидальных воздействиях.

Тема 3.2. Метод комплексных амплитуд. (4 ч)

Задание. Построение векторной диаграммы для сложной электрической цепи. Векторные диаграммы для реактивных элементов цепей.

Форма контроля – защита практических работ по задачам 1.3.1 – 1.3.4 из [5].

Примерная тематика контрольных работ

- Контрольная работа № 1. «Анализ резистивных цепей»: построение и решение системы уравнений для резистивной цепи по: методу независимых уравнений Кирхгофа; методу контурных токов; методу узловых напряжений. Нахождение токов и напряжений методом наложения.

- Контрольная работа № 2. «Анализ линейных цепей при синусоидальных воздействиях»: построение и решение системы уравнений для схемы с реактивными элементами по: методу независимых уравнений Кирхгофа; методу контурных токов; методу узловых напряжений. Построение временных графиков. Построение векторных диаграмм.

Примерная тематика практических занятий и практических работ

1. Анализ простейших резистивных цепей (задачи 1.1.1, 1.1.2 из [5])
2. Метод наложения (задача 1.1.3 из [5])
3. Система независимых уравнений Кирхгофа (задача 1.1.5 из [5])
4. Метод контурных токов (задача 1.1.6 из [5])
5. Метод узловых напряжений (задача 1.1.6 из [5])
6. Основы метода комплексных амплитуд (задача 1.3.1 из [5])
7. Реактивные элементы при гармоническом воздействии (задача 1.3.2 из [5])
8. Применение метода комплексных амплитуд для расчета цепей (задачи 1.3.3, 1.3.5, 1.3.7 и 1.3.9 из [5])
9. Использование векторных диаграмм для расчета цепей при гармоническом воздействии (задача 1.3.4 из [5])

Примерная тематика лабораторных занятий и лабораторных работ

1. Моделирование в MicroCap резистивной цепи (задача 1.1.6 из [5])
2. Построение в MicroCap частотных характеристик цепи (на основе задачи 1.3.5 из [5])
3. Построение в MicroCap частотных характеристик RC- и RL- цепей.
4. Нахождение при помощи моделирования в MicroCap токов и напряжений в цепях с реактивными элементами при гармоническом воздействии (на основе задачи 1.3.9 из [5])

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;

- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

Наиболее эффективной предполагается следующая форма реализации эвристического подхода: решение сложных схематических и топологических задач разбиваются на этапы, после чего обучаемые подводятся к самостоятельному определению действий на этапах.

При организации образовательного процесса используется также *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решение практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной теме дисциплины;
- выполнение домашнего задания;
- проведение научно-исследовательских работ для выполнения практических и лабораторных заданий;
- подготовка к участию в научных и научно-практических конференциях и конкурсах.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Ток и напряжения в цепи. Баланс мощностей.
2. Идеализированные источники напряжения. Баланс мощностей.
3. Пассивные элементы цепей.
4. Резистивный элемент цепи. Его энергетические и частотные характеристики.
5. Емкостной элемент цепи. Его энергетические и частотные характеристики.
6. Индуктивный элемент цепи. Его энергетические и частотные характеристики.

7. Теоремы об эквивалентных источниках.
8. Метод комплексных амплитуд.
9. Векторная диаграмма.
10. Метод контурных токов.
11. Метод узловых напряжений.
12. Метод независимых уравнений Кирхгофа.
13. Метод наложения.
14. Частотные характеристики двух- и четырехполюсников.
15. Передаточная функция цепей. Частотные характеристики цепей.
16. Частотные характеристики RC-цепи по напряжению на C.
17. Частотные характеристики RC-цепи по напряжению на R.
18. Частотные характеристики RL-цепи по напряжению на L.
19. Частотные характеристики RL-цепи по напряжению на R.
20. Резонанс напряжений в электрической цепи
21. Резонанс токов в электрической цепи

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
на ____/____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры математической кибернетики (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
доктор физ.-мат. наук, профессор

А.Л. Гладков

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
доктор физ.-мат. наук, доцент

С.М. Босяков