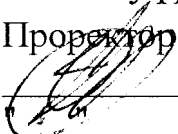


Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ"

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

В.Р. Стемпицкий
_____ 2023

ПРОГРАММА
вступительного экзамена
по специальности 05.09.05 «Теоретическая электротехника»

Минск 2023

СОСТАВИТЕЛИ:

Шилин Леонид Юрьевич, д.т.н., профессор, декан ФИТиУ,
Журавлёв Вадим Игоревич, к.т.н., зав. кафедрой ТОЭ,
Свито Игорь Леонтьевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры ТОЭ,
Петровский И.И., к.т.н., доцент кафедры ТОЭ

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретических основ электротехники учреждения образования
«Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники» (протокол № 17 от «17» 04 2023 г.)

Заведующий кафедрой
теоретических основ электротехники



В.И. Журавлёв

Ученый секретарь



С.В. Батюков

I. Цель и задачи программы

Целью программы вступительного экзамена по специальности 05.09.05 «Теоретическая электротехника» является оценка способности экзаменуемого к самостоятельному исследованию связанных с системным анализом электромагнитных процессов, созданию математических моделей для количественной оценки параметров электромагнитных явлений в различных электрических цепях и их применению для решения проблем радиоэлектроники, автоматики, вычислительной техники, при разработке электротехнических устройств, отвечающих современным требованиям.

Задачей программы является повышение образовательного уровня соискателей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.05 и унификация требований к экзаменуемым по данной специальности.

Квалификационные требования к уровню знаний экзаменуемого. Экзаменуемый по специальности 05.09.05 должен

знать:

- свойства и методы анализа линейных и нелинейных электрических цепей;
- методы синтеза линейных и нелинейных электрических цепей;
- свойства и методы анализа магнитных цепей;
- методы анализа и синтеза линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных, стационарных и нестационарных систем управления;
- современный комплекс программных и аппаратных средств для решения задач в сфере автоматизации проектирования линейных, нелинейных и магнитных цепей;
- принципы построения электрических машин различных типов;

уметь:

- использовать методы расчета электрических цепей;
- составлять и анализировать схемы замещения электротехнических устройств и систем;
- выполнять экспериментальные исследования процессов в электрических и магнитных цепях;
- использовать современные программные и технические средства автоматизации проектирования линейных, нелинейных и магнитных цепей.

В основу программы–минимум положены дисциплины:

1. Теория электрических цепей.
2. Основы автоматизированного проектирования электрических цепей.
3. Теоретические основы электротехники.

II. Содержание программы

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Электрическое и магнитное поле в теории электрических цепей. Уравнения Максвелла. Научные абстракции, применяемые в инженерной теории электрических цепей, их практическое значение и границы применимости. Активные и пассивные элементы электрических цепей. Активные и пассивные электрические цепи. Физические явления в электрических цепях. Цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами.

Параметры электрических цепей. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Условно-положительные направления тока и 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.

Законы электрических цепей. Узловые и контурные уравнения электрических цепей. Полная система уравнений электрических цепей. Дифференциальные уравнения процессов в цепях с сосредоточенными параметрами. Анализ и синтез – две основные задачи теории электрических цепей.

Тема 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

Расчет при последовательном и параллельном соединении участков цепи. О расчете сложных электрических цепей. Эквивалентные преобразования в электрических цепях.

Методы узловых напряжений и контурных токов. Топологические методы. 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 постоянного тока.

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 L и G , 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.

Расчет цепей при наличии взаимной индукции. Индуктивно связанные элементы электрической цепи. Трансформатор с линейными характеристиками. Идеальный трансформатор. Цепи, связанные через электрическое поле.

Баланс мощностей в цепи синусоидального тока. Проблемы расчета установившихся режимов сложных электрических цепей. Топологические методы расчета и анализа цепей. Топологические формулы для расчета определителей и алгебраических дополнений матриц узловых проводимостей. Топологическая формула для расчета схемных функций. Применение сигнальных графов для расчета электрических цепей.

Тема 4. 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. Краткая характеристика и полоса пропускания индуктивно связанных контуров. Частотная характеристика и полоса пропускания индуктивно связанных контуров. Добротность контура. Коэффициент передачи, расстройка. Избирательность и полоса пропускания. Практическое значение резонанса в электрических цепях.

Тема 5. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ

Многофазные цепи и системы, их классификация. Понятие о трехфазных источниках питания. Расчеты трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах. Симметричные составляющие трехфазной системы величин. Применение метода симметричных составляющих к расчету трехфазных цепей.

Тема 6. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ И МНОГОПОЛЮСНИКИ

Различные виды уравнений пассивного четырехполюсника. Системы параметров четырехполюсника и их взаимосвязь. Эквивалентные схемы замещения четырехполюсников. Характеристические параметры. Схемные функции и частотные характеристики. Способы соединений. Передаточные функции согласованных схем. Синтез четырехполюсников. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Обратные связи. Четырехполюсник с активными элементами. Электрические фильтры типа "к" (ФНЧ, ФВЧ, ПВ, РФ, мостовые схемы фильтров, фильтры с пьезоэлектрическим резонатором). Понятие о фильтрах типа "m". Структурные схемы. Вопросы устойчивости в электрических цепях с обратной связью. Многополюсники. Применение матриц и графов для описания многополюсников.

Тема 7. 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. Схемные функции в

операторной форме. Импульсные и переходные характеристики цепей, их связь со схемной функцией.

Частотный метод расчета. Преобразование Фурье непериодических функций времени – спектральное представление непериодических функций. Частотные характеристики и их применение к расчету переходных процессов. Связь между частотными и временными характеристиками. Связь преобразования Фурье с преобразованием Лапласа.

Расчеты при воздействии ЭДС произвольной формы. Интеграл свертки и его применение при анализе переходных процессов. Аналитические и численные методы решения уравнений состояния электрических цепей. Применение дискретных схем замещения динамических цепей при использовании неявных методов численного интегрирования.

Тема 8. РАСЧЕТ 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. О составе высших гармоник при наличии симметрии форм кривых тока или напряжения. Ряд Фурье в комплексной форме. Коэффициенты и случаи симметрии несинусоидальных токов или напряжений. Изохронизм и биения, модулированные колебания.

Тема 9. 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 10. ЭЛЕМЕНТЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ

Общие понятия об нелинейных элементах и свойствах цепей. Определение, классификации нелинейных элементов: нелинейные пассивные и активные элементы, нелинейные двухполюсники и многополюсники; инерционные и безынерционные нелинейные элементы; нелинейные реактивные элементы. Характеристики нелинейных элементов; статические и дифференциальные параметры.

Реальные и идеальные нелинейные элементы; их физические и математические модели.

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. Идеи линеаризации. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов: кусочно-линейная, степенная, сплайнами. Простейшие графические и графоаналитические методы, итерационные методы. Аналитический метод, метод гармонического баланса и др.

Цепи с нелинейными индуктивностями – катушками с ферромагнитным сердечником. Метод эквивалентных синусоид. Эквивалентные параметры и схемы замещения катушки и трансформатора. Резонансные явления в нелинейных цепях. Феррорезонансы напряжения и тока. Цепи с вентильными преобразователями как электрические цепи с нелинейными активными и пассивными элементами, а также как цепи с дискретно и периодически изменяющимися параметрами.

Особенности колебательных процессов в нелинейных электрических цепях. Вопросы устойчивости колебательного режима в цепях, содержащих линейные реактивные элементы и нелинейное сопротивление, подключаемые к источнику постоянного напряжения. О выборе эквивалентной схемы для рассмотрения вопроса об устойчивости. Возбуждение автоколебаний в нелинейной системе с обратной связью. Релаксационные колебания.

Переходные процессы в нелинейных электрических цепях и методы их расчета. Изображение процессов на фазовой плоскости. Метод изоклин для построения фазовых траекторий и расчета переходных процессов. Метод медленно изменяющихся амплитуд. Применение ЭВМ для расчета процессов в нелинейных цепях.

Тема 11. СИНТЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Задача синтеза электрических цепей. Неоднозначность решения задач синтеза и проблемы выбора решения. Энергетическая теорема теории цепей и фундаментальные свойства схемных функций цепей.

Положительная вещественная функция, её свойства. Свойства входных функций пассивных двухполюсников. Методы синтеза пассивных двухполюсников. О синтезе передаточных функций четырехполюсника. Применение теории синтеза электрических цепей к расчету фильтров и линий задержки. Методика синтеза активных электрических цепей.

Тема 12. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Классификация электрических машин. Трансформатор. Кривые намагничивания ферромагнитных материалов. Катушка с магнитопроводом в цепи переменного тока. Идеализированный трансформатор. Режим холостого хода. Намагничивающий ток и ток холостого хода. Формы токов и напряжений. Правило неизменности потока. Работа под нагрузкой. Векторная диаграмма. Реальный трансформатор. Преобразование сопротивлений. Приведенный трансформатор. Схема замещения трансформатора. Энергетическая диаграмма. КПД трансформатора. Габаритная мощность. Расчет трансформатора.

Асинхронные машины. Устройство и принцип работы асинхронного двигателя. Частота вращения. Скольжение. Уравнения напряжений статора и ротора. Ток ротора. Уравнение токов асинхронного двигателя. Схема замещения и векторная диаграмма.

Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Электромагнитный вращающий момент. Механические характеристики асинхронного двигателя. Формула Клосса. Регулирование частоты вращения. Частотное регулирование. Регулирование изменением скольжения.

Синхронные машины. Принцип действия синхронного генератора. Реакция якоря. Уравнение напряжений фазы синхронного генератора. Электромагнитный момент и угловая характеристика синхронного генератора.

Синхронные двигатели. Особенности, область применения, принцип действия. Пуск синхронного двигателя. Угловая и механические характеристики синхронного двигателя. Влияние тока возбуждения на cos синхронного двигателя. U-образная характеристика синхронного двигателя. Синхронные шаговые двигатели. Сравнение синхронных и асинхронных двигателей.

Машины постоянного тока. Устройство и принцип действия. Противо-ЭДС якоря. Схема замещения якоря. Электромагнитный момент. Реакция якоря. Коммутация. Энергетическая диаграмма и КПД двигателя

постоянного тока. Способы питания обмотки возбуждения. Механические характеристики двигателей постоянного тока. Регулирование частоты вращения. Универсальные коллекторные двигатели.

Тема 12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ЭВМ

Процесс проектирования электрических цепей. Операции, процедуры и этапы проектирования. Параметры и переменные электрических цепей. Методы расчета электрических цепей на ЭВМ. Матричные уравнения линейных электрических цепей. Математические модели элементов схем. Представление математических моделей элементов в программах АПЭЦ. Модели двухполюсных элементов. Модели распределенных RC- и RLC-структур. Модели элементов и функциональных узлов в виде эквивалентных схем. Элементы оперативного макро моделирования.

Литература

ОСНОВНАЯ

1. Батура М.П. Основы теории электрических цепей: Учеб. – метод. пособие М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А.П. Курулёв. – Минск: БГУИР», 2018. – 247 с.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Учебник для СПО. – 2022, 592 с.
3. Батура М.П. Теория электрических цепей : учебник / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А.П. Курулёв. – 3-е изд., перераб. – Минск, 2015.
4. К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. Теоретические основы электротехники. В 3т. Т.1-3 / СПб., 2003–2020.
5. Зевеке Г.В. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В.Страхов. М., 1989.
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи / Л.А. Бессонов. М., 2007.
7. Атабеков Г.И. Основы теории цепей / Г.И. Атабеков. СПб., 2006.
8. Коваленко В.М. Применение MathCad в электротехнических расчётах / В.М. Коваленко, И.Л. Свито. – Минск, 2008.
9. Курулёв А.П. Синтез электрических цепей / А.П. Курулёв. – Минск, 2017.
10. Мурзен Ю.М. Электротехника / Ю.М. Мурзен, Ю.И. Волков. Питер, 2007.
11. Новгородцев А.Б. Теоретические основы электротехники / А.Б. Новгородцев. Питер, 2006.
12. Рекус Г.Г. Основы электротехники и электроники в задачах и решениях / Г.Г. Рекус. М., 2005.

13. Курулёв А.П. Теория электрических цепей. Неустановившиеся процессы в электрорадиотехнических цепях / А.П. Курулёв, М.П. Батура, А.П. Кузнецов. – Минск, 2003.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

14. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей / М.Р. Шебес, Н.В. Каблукова. М., 1991.
15. Теория электрических цепей. Сборник задач. В 4 ч. Ч. 1-4: учеб. – методические пособия / А.П. Курулёв, И.Л. Свито, В.М. Коваленко, И.И. Петровский. – Минск, 2017–2022.
16. Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники: Сборник задач / Н.В. Коровкин [и др.]. СПб., 2006.