

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В МАГИСТРАТУРУ
ПО НАПРАВЛЕНИЮ
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Санкт-Петербург

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Электрический привод

Понятие и структура электропривода. Основные требования к электроприводу. Кинематическая и расчетная схемы механической части электропривода. Определение момента инерции и массы элементов кинематической схемы электропривода. Приведение инерционных масс, моментов, усилий и коэффициентов жесткости к одному валу.

Классификация сил и моментов, действующих на механическую систему. Разгон одномассовой механической системы. Реверс одномассовой механической системы. Структура электропривода постоянного тока с двигателем независимого возбуждения и разомкнутой системой управления.

Структурная схема. Естественные механическая и электромеханическая характеристики электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и разомкнутой системой регулирования. Характеристики при введении сопротивления в цепь якоря, при изменении потока возбуждения, изменении ЭДС преобразователя, от которого питается двигатель. Влияние односторонней проводимости преобразователя. Механическая и электромеханическая характеристики электропривода с двигателем последовательного возбуждения.

Тормозные режимы электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Реверс электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения при пассивном и активном моменте нагрузки. Возникновение рекуперативного торможения при регулировании скорости. Двухзонное регулирование скорости электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Ограничение тока якоря в электроприводе с двигателем независимого возбуждения.

Выражения для моментов асинхронного двигателя, полученные на основании Т-образной и Г-образной схем замещения асинхронного двигателя. Построение механических характеристик асинхронного двигателя на основании выражений для момента. Механические характеристики электропривода с асинхронным двигателем при изменении напряжения питания. Механические характеристики электропривода с асинхронным двигателем при введении добавочного сопротивления в цепь ротора.

Частотное регулирование скорости электропривода с асинхронным двигателем. Закон частотного регулирования, обеспечивающий постоянство критического момента. Законы частотного регулирования, обеспечивающие требуемую зависимость критического момента от скорости.

Векторное математическое описание электропривода с асинхронным двигателем. Неподвижная и вращающаяся системы координат. Преобразование координат. Структурная схема асинхронного двигателя во вращающейся системе координат при ориентации вектора потокосцепления ротора по оси вещественных величин.

Машина двойного питания. Принцип работы асинхронно-вентильного каскада.

Раздел 2. Электрические машины

Явление электромагнитной индукции. Взаимодействие тока в проводнике с магнитным полем. Принцип обратимости электрической машины (ЭМ).

Устройство и принцип действия машины постоянного тока (МПТ). Конструктивная схема магнитной системы МПТ и порядок расчета магнитной цепи. Кривая намагничивания МПТ. Обмотка якоря МПТ. Магнитный поток в воздушном зазоре. ЭДС обмотки якоря. Напряжение между соседними коллекторными пластинами. Понятие реакции обмотки якоря. Линейная нагрузка якоря. Поперечная МДС обмотки якоря.

Продольная МДС обмотки якоря. Понятие коммутации. Уравнение коммутации. Линейная и криволинейная коммутации. ЭДС, индуцируемые в коммутируемой секции. Способы улучшения коммутации.

Генераторы постоянного тока. Классификация генераторов. Генератор независимого возбуждения и его характеристики. Генератор параллельного возбуждения и его характеристики. Генератор смешанного возбуждения и его характеристики. Тахогенератор.

Электромагнитный момент двигателя постоянного тока (ДПТ).

Двигатели параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Схемы двигателей и пуск. Электромагнитный момент двигателя.

Устройство и принцип действия трансформатора (ТР). ЭДС обмоток ТР. Векторная диаграмма ТР при холостом ходе. Работа ТР при нагрузке. Векторная диаграмма сложения МДС обмоток ТР. Рассеяние обмоток ТР. Электрическая схема замещения ТР с магнитной связью. Приведенный ТР. Эквивалентная схема замещения ТР с электрической связью. Векторная диаграмма ТР при нагрузке. Опыт короткого замыкания ТР. Внешняя характеристика ТР. Автотрансформаторы.

Устройство и принцип действия синхронной машины СМ. Векторные диаграммы неявнополюсного и явнополюсного синхронных генераторов.

Характеристики синхронного генератора. Электромагнитная мощность СМ. Работа синхронного двигателя при постоянном возбуждении и переменной мощности; при постоянной мощности и переменном возбуждении. Способы пуска синхронных двигателей. Синхронный компенсатор.

Устройство асинхронной машины АМ. Принцип действия АМ. Уравнения АМ. Приведение обмотки ротора АМ к обмотке статора. Эквивалентная схема замещения АМ. Генераторный режим АМ. Векторные диаграммы АМ. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя (АД). Электромагнитный вращающий момент. Максимальный электромагнитный момент. Пусковой момент и пусковой ток АД. Пуск АД с фазным ротором.

Способы пуска АД с короткозамкнутым ротором. АД с двойной беличьей клеткой на роторе. АД с глубокими пазами на роторе. Многоскоростные АД. Рабочие характеристики АД. Характеристики холостого хода. Характеристики короткого замыкания. Характеристики при различных нагрузках.

Раздел 3. Системы управления электроприводами

Определение СУЭП. Классификация, основные и вспомогательные функции СУЭП. Управление двигателями при питании от сети. Типовые узлы автоматического управления двигателями постоянного тока. Типовые узлы управления двигателями переменного тока. Типовые узлы защиты двигателей и схем управления.

Одноконтурная система управления скоростью ДПТ за счет управления напряжением на якорной обмотке. Система подчиненного регулирования. Система двухзонного регулирования скорости.

Применение преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Применение преобразователя частоты с непосредственной связью. Система частотного управления с ОС по ЭДС статора и скорости двигателя. Система векторного управления. Система регулирования скорости путем введения добавочной ЭДС в роторную цепь. Система управления АД с воздействием на добавочное сопротивление в роторной цепи. Система управления с воздействием на напряжение статора.

Общие вопросы управления электроприводами с синхронной машиной. Система управления синхронного электропривода с суммирующим усилителем.

Раздел 4. Силовая полупроводниковая электроника

Преобразователи параметров электрической энергии, их назначение, области применения, классификация, краткая история развития. Силовые полупроводниковые приборы, их основные типы, параметры и характеристики, режимы работы.

Однофазный мостовой неуправляемый выпрямитель при работе на емкостную нагрузку. Трехфазный неуправляемый выпрямитель со средней точкой и основные соотношения. Трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель и основные соотношения. Однофазная двухполупериодная управляемая схема выпрямления со средней точкой при работе активную и индуктивную нагрузку. Регулировочная характеристика. Однофазная управляемая мостовая схема выпрямления при работе на активную и индуктивную нагрузку. Регулировочная характеристика. Однофазная мостовая схема выпрямления с неполным числом управляемых вентилях (в анодной/катодной группе). Однофазная мостовая схема выпрямления с неполным числом управляемых вентилях (в фазе). Трехфазная управляемая схема выпрямления со средней точкой при работе на активную и индуктивную нагрузку. Регулировочная характеристика. Трехфазная управляемая мостовая схема выпрямления при работе на активную и индуктивную нагрузку. Регулировочная характеристика.

Однофазный мостовой параллельный инвертор тока. Принцип его работы. Характеристики параллельного инвертора, баланс мощности, углы опережения, коммутации, запираания параллельного инвертора тока. Выпрямители 3-фазного переменного тока, основные типы схем, способы повышения эквивалентного числа фаз.

Коммутация вентилях, её влияние на характеристики преобразователей, зависимость $\phi = f(\alpha)$. Работа m -фазных нулевых тиристорных преобразователей на разные типы нагрузки. Инверторный режим работы тиристорных преобразователей, его особенности. Регулировочные и внешние характеристики тиристорных преобразователей. Реверсивные тиристорные преобразователи, их назначение, области применения, силовые схемы, способы управления. Системы управления тиристорных преобразователей, их типы, структура, параметры и характеристики. Расчёт параметров и выбор элементов тиристорных преобразователей.

Непосредственные преобразователи частоты, их принципы действия, классификация, силовые схемы, основные параметры. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока.

Однофазные автономные инверторы напряжения (АИН), их принципы действия, силовые схемы, способы регулирования, основные параметры.

Трёхфазные АИН, их силовые схемы, принципы действия, основные параметры. Способы регулирования выходного напряжения трёхфазных АИН. Автономные инверторы тока (АИТ), их особенности. Трёхфазный АИТ и его работа. Автономные инверторы резонансного типа, их силовые схемы, основные свойства.

Раздел 5. Теоретическая Электротехника

Общая характеристика классического метода анализа переходных процессов в динамических цепях. Анализ переходных процессов в разветвленных цепях 1-го порядка. Анализ переходных процессов в цепях высокого порядка по уравнениям состояния. Свободный процесс в последовательном RLC-контуре (случаи апериодического, колебательного и критического режимов). Свободный процесс в идеальном LC-контуре.

Определение реакции при воздействии кусочно-линейной формы (метод последовательного дифференцирования, разложение на простейшие составляющие). Определение реакции при воздействии произвольной формы (интеграл свертки и интеграл Дюамеля).

Законы Кирхгофа в комплексной форме. Комплексные вольтамперные характеристики элементов цепи. Последовательная и параллельная RLC-цепи в установившемся синусоидальном режиме. Мощность в установившемся синусоидальном режиме. Энергетические характеристики элементов цепи. Мощность в комплексной форме. Баланс мощностей.

Резонанс в электрических цепях (резонанс токов, резонанс напряжений, общее условие резонанса в цепи). Комплексная функция произвольного двухполюсника. Частотные характеристики цепи. Частотные характеристики последовательного и параллельного RLC-контуров.

Законы Кирхгофа и схемы замещения элементов в операторной форме. Расчет переходных процессов в цепях операторным методом. Передаточная функция цепи и ее связь с дифференциальным уравнением, импульсной, переходной и частотными характеристиками цепи.

Периодические сигналы. Тригонометрические формы ряда Фурье. Ряд Фурье в комплексной форме. Дискретные спектральные характеристики периодического сигнала. Использование преобразования Лапласа для расчета коэффициентов ряда Фурье и спектра периодического сигнала. Анализ установившихся периодических режимов в цепях. Мощность в установившемся периодическом режиме. Действующие значения токов и напряжений.

Прямое и обратное преобразования Фурье. Связь преобразования Лапласа с односторонним преобразованием Фурье. Спектральные

характеристики апериодического сигнала (на примере прямоугольного импульса). Частотные характеристики с точки зрения спектров. Ширина спектра и ее связь с длительностью и крутизной сигнала. Классификация фильтров по типу избирательности. Условие не искажения сигнала цепью.

Основные понятия и определения индуктивно-связанных цепей. Особенности расчета цепей с магнитными связями во временной и в частотной областях, а также в области изображений по Лапласу. Последовательное и параллельное соединения индуктивно-связанных элементов. Эквивалентное исключение индуктивных связей. Трансформатор в линейном режиме.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проходит в форме теста из 50 вопросов. Шкала оценивания 100-балльная. Каждый правильный ответ оценивается в 2 балла. Тестирование проводится в дистанционном формате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. -СПб.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат, 1982.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник для вузов. - М.: Издательский центр "Академия", 2006.
4. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов. - М.: Издательский центр "Академия", 2007.
5. Водовозов В.М. Теория и системы электропривода: Учебное пособие. СПб.:Изд - во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2004.
6. Копылов И.Л. Электрические машины: Учебник для вузов. - М. Высшая школа, 2006г.
7. Вольдек А.И. Электрические машины: Учебник для вузов. -Л.: Энергия, 1978.
8. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. М.: Энергия, 1980.
9. Ермолин Н.П. Электрические машины малой мощности: Учебное пособие. -Высш.школа, 1967.
10. Розанов Ю.К. Электрические и электронные аппараты. Учебник в 2-х томах. - СПб., Академия, 2010.

11. Чунихин А.А. Электрические аппараты: Учебник для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1988.
12. Шопен Л.В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики: Учебник для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1986.
13. Розанов Ю.К. Силовая электроника: Учебник для вузов. - М.Академия, 2009
14. Блинов Ю.И., Васильев А.С., Никаноров А.Н. и др. Современные энергосберегающие электротехнологии. Учебное пособие. Издво, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000
15. Полеводов, Мартынов МУ по курсовому проектированию по курсу «Источники питания ЭТУ». - СПб, ЛЭТИ. 2002.
16. Основы теоретической электротехники / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Е. Б. Соловьева, Э. П. Чернышев, А. И. Белянин. — 2-е изд., стер. — СПб: Лань, 2022. — 592 с.
17. Справочник по основам теоретической электротехники / Под редакцией Ю. А. Бычкова, В. М. Золотницкого, Э. П. Чернышева, А. Н. Беянина, Е. Б. Соловьевой.— СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 368 с.: ил.
18. Введение в теоретическую электротехнику. Курс подготовки бакалавров / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Е. Б. Соловьева, Э. П. Чернышев. – СПб.: Издательство «Лань», 2021.— 288 с.: ил.
19. Сборник задач по основам теоретической электротехники / Под ред. Ю. А. Бычкова, В. М. Золотницкого, Э. П. Чернышева, А. Н. Беянина, Е. Б. Соловьевой. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 400 с.: ил.
20. Горбачев Г.Н, Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1988.
21. Г.П. Мосткова и др. Полупроводниковые выпрямители - М., Энергоатомиздат, 1972.

**Председатель экзаменационной комиссии по направлению
«Электроэнергетика и электротехника»**

Т.П. Козулина