

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.С. Гуц / Д.С. Гуц /
«10» марта 2023 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по научной специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Красноярск 2023

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы
по техническим наукам

Введение

Программа составлена с опорой на дисциплины направления «Электроэнергетика и электротехника, связанные с особенностями анализа общих закономерностей преобразования, накопления, передачи и использования электрической энергии и электротехнической информации, принципами и средствами управления действующими и создаваемыми электротехническими комплексами промышленного, транспортного, бытового и специального назначения.

Электромеханические преобразователи энергии

Общие положения механики электромеханических систем. Электромеханические свойства электрогенераторов постоянного и переменного тока.

Математическое описание трансформатора, коэффициент трансформации, основные уравнения трансформатора. Приведенный трансформатор, расчет параметров, схема замещения. Холостой ход и короткое замыкание трансформатора, характеристики в режимах холостого хода и короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения из опытов холостого хода и короткого замыкания. Потери и КПД трансформатора. Изменение вторичного напряжения при нагрузке.

Схемы и группы соединения обмоток. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Параллельная работа трансформаторов при нарушении условий включения.

Высшие гармонические в кривых намагничивающего тока, магнитного потока и ЭДС трансформатора. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Переходные режимы в трансформаторе.

Многообмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы, трансформаторы числа фаз, поворотные и синусно-косинусные трансформаторы.

Математическое описание и режимы работы асинхронной машины. Векторная диаграмма и схема замещения асинхронной машины. Энергетическая диаграмма, потери и КПД асинхронного двигателя. Электромагнитный момент и механическая характеристика. Пуск в ход асинхронного двигателя. Характеристики асинхронного двигателя в режимах холостого хода, короткого замыкания и нагрузки.

Регулирование частоты вращения вала и торможение асинхронного двигателя. Индукционный регулятор. Асинхронный генератор. Однофазные асинхронные двигатели. Сельсины.

Математическое описание синхронного генератора. Реакция якоря, продольные и поперечные оси машины. Параметры синхронной машины,

режимы холостого хода и короткого замыкания, характеристики синхронного генератора. Векторные диаграммы синхронного генератора.

Параллельная работа синхронных генераторов. Условия включения генераторов на параллельную работу. Электромагнитная и синхронизирующая мощности синхронных машин, угловые характеристики, устойчивый режим работы генератора. V-образные характеристики генератора, их связь с угловыми характеристиками. Регулирование активной и реактивной мощности синхронного генератора, работающего параллельно с сетью.

Способы пуска, рабочие характеристики синхронного двигателя. Реактивный двигатель, синхронный компенсатор, специальные двигатели. Колебания частоты вращения синхронных машин при параллельной работе. Понятие о динамической устойчивости.

ЭДС генератора постоянного тока. Условия самовозбуждения генераторов. Реакция якоря. Характеристики генераторов постоянного тока. Основные уравнения двигателя постоянного тока, пуск в ход. Энергетическая диаграмма, потери и КПД. Характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения условие устойчивой работы. Способы регулирования частоты вращения вала двигателя и его торможение.

Вопросы теории электрических аппаратов

Обмотки электромагнитов, катушки токовые и напряжения. Контактные аппараты постоянного и переменного тока, магнитные пускатели. Автоматические выключатели низкого напряжения, быстродействующие автоматы.

Электромагнитные и тепловые реле тока и напряжения. Распределение магнитного потока, схема замещения и расчёт магнитных цепей электромагнитов постоянного тока. Магнитные цепи переменного тока, комплексное магнитное сопротивление, экранирующий контур, особенности расчёта. Магнитные цепи с постоянными магнитами, особенности расчёта.

Электродинамические усилия (ЭДУ) в проводниках переменного сечения, на переменном токе, Сила тяги электромагнитов постоянного и переменного тока, тяговая характеристика. Динамика срабатывания электромагнитов постоянного и переменного тока, электродинамическая стойкость аппаратов.

Электрические контакты, переходное сопротивление, нагрев и сваривание контактов. Нагрев электрических аппаратов, источники тепла, теплоотдача, длительный нагрев, термическая стойкость. Электрическая дуга, основные процессы, вольтамперная характеристика дуги постоянного и переменного тока, способы гашения дуги.

Современные способы управления электротехническими комплексами и системами

Основы теории обобщённого электромеханического преобразователя энергии. Уравнения обобщённой электрической машины.

Электромеханические свойства электродвигателей постоянного и переменного тока. Математическая модель электромеханических систем с

электродвигателями разных типов. Уравнения Парка-Горева для асинхронного и синхронного двигателя.

Динамические нагрузки в упругой двухмассовой системе. Ограничение упругого момента. Взаимное влияние механической и электрической частей электропривода.

Регулирование координат электроприводов постоянного и переменного тока: управляемый преобразователь – двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель.

Системы подчиненного регулирования параметров электромеханической системы. Системы управления электроприводом с нечеткой логикой. Синтез фаззи-регуляторов.

Принцип векторного управления асинхронным двигателем. Типовые структурные схемы его реализации.

Программные системы управления электроприводами, замкнутые по положению исполнительного органа.

Преобразователи переменного напряжения в постоянное и постоянного в переменное. Частотно– и широтно-импульсные преобразователи. Схемы выпрямления. Характеристики управляемых выпрямителей. Принципы анализа процесса коммутации в управляемых выпрямителях. Ограничение зоны прерывистых токов. Основные типы инверторов. Векторное формирование напряжения на нагрузке. Тиристорные инверторы напряжения. Способы коммутации тиристоров. Однополярная и двухполярная схема ШИМ. Работа ШИМ на активную и реактивную нагрузки.

Методы построения астатических наблюдателей состояния и нагрузки. Метод пространства состояний. Обратная связь по состоянию.

Синтез модальных и полиномиальных регуляторов. Наблюдатели состояния полного порядка. Астатические наблюдатели состояния и нагрузки с астатизмом повышенного порядка.

Математические модели систем управления электроприводом в пространстве состояний.

Электротехнические комплексы систем распределения электроэнергии и электроснабжения

Классификация источников, приёмников и преобразователей электрической энергии. Электрические нагрузки и закономерности изменения их во времени (по отраслям). Использование теории случайных процессов для представления основных параметров нагрузки. Основы теории прогнозирования и динамики потребления электрической энергии. Тяговые подстанции и их принципиальные особенности; типы тяговых подстанций электротранспорта.

Принципы расчёта электрических сетей и систем электроснабжения.

Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах

электроснабжения (по отраслям). Сокращение числа трансформации и выбор числа трансформации. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.

Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты. Принципы автоматического повторного включения.

Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов (по отраслям). Электромагнитная совместимость приёмников электрической энергии с питающей сетью.

Средства улучшения показателей качества электроэнергии. Компенсация реактивной мощности в электроприводах и системах электроснабжения.

Использование современных компьютерных технологий в расчётах систем электроснабжения. Теория интерполяции и аппроксимации; методы приближения функций в расчётах по электротехническим комплексам и системам. Теория надёжности и техническая диагностика в электроснабжении и преобразовании электрической энергии (по отраслям). Теория малых выборок, и её использование в практике расчётов.

Компенсация реактивной мощности. Основные направления развития компенсирующих устройств. Особенности компенсации реактивной мощности в электротехнологических установках.

Заземление электроустановок, молниезащита промышленных, транспортных и сельскохозяйственных сооружений, жилых и культурно-бытовых зданий.

Допустимые перегрузки элементов преобразовательных подстанций в системах электроснабжения; прогнозирование перегрузок.

Электрический баланс в системах электроснабжения городов, объектов сельского хозяйства, промышленных предприятий и подвижных объектов. Методика расчёта потерь мощности в системах электроснабжения. Нормирование энергопотребления.

Электротехнические комплексы технологических установок

Классификация электротехнологических установок. Примеры электротермического оборудования, конструкции, применяемые нагревательные элементы, рабочие температуры, напряжения, мощности.

Электронагрев. Области применения. Классификации и области применения индукционных канальных и тигельных печей. Особенности плавки различных металлом и сплавов.

Основные элементы индукционных печей. Индукционный нагрев. Достоинства и недостатки. Циркуляция металла. Расчет тепловой энергии, необходимой для расплавления металла. Производительность. Коэффициент полезного действия. Расчет мощности.

Расчет частоты питающего напряжения в установках индукционного нагрева и индукционных печах. Выбор преобразователя частоты и электропечного трансформатора.

Индукционные линейные установки с жидкометаллическим рабочим телом. Магнитогидродинамический насос, дозатор, перемешиватель.

Диэлектрический нагрев. Принцип действия. Область применения.

Магнитная гидродинамика и ее практические применение. Основные уравнения магнитной гидродинамики. Особенности взаимодействия электромагнитных, тепловых и гидродинамических полей.

Вектор Пойтинга в металлическом полупространстве. Активные и реактивные мощности.

Численные методы расчета электромагнитных полей. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов.

Средства, методы и особенности численного решения задач магнитной гидродинамики.

Электролиз алюминия и меди.

Типы регуляторов, используемые в системе управления электрических печей.

2. Рекомендуемая литература

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2 томах. М.: Издательский дом МЭИ, 2004.
2. Гольдберг О.Д. Электромеханика: учеб. для студ. вузов / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 512 с.
3. Пантелеев В.И. Электрические машины и микромашины: учебное пособие/ – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2022. – 276 с.
4. Электрические и электронные аппараты: учебник для студ. высш. учеб. заведений. В 2 т. Т.1. Электромеханические аппараты / [Е.Г. Акимов и др.]; под. ред. А.Г. Годжелло, Ю.К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.;
5. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводами. – М.: «Академия», 2005. – 304 с.
6. Белов М.П., Новиков В.Л., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: «Академия», 2004. – 576 с.
7. Онищенко Г.Б. Теория электропривода – М.: ООО «Образование и исследование», 2013. – 352 с.
8. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов - Москва: Издательский дом МЭИ, 2015. - 374 с.
9. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления: учебное пособие/ - 4-е изд. перераб. и доп. – СПбю: Профессия, 2003. – 747 с.
10. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов вузов- 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 670 с.
11. Вольдек А.И. Индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом. – М.: Энергоатомиздат. 1984. 124 с.
12. Болотов А.В. Электротермические установки. – Алма-Ата: «Мектеп». 1983. 335с.

13. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. М.: Энергоатомиздат. 1981.
14. Слухоцкий А.С. Установки индукционного нагрева. – Л.: Энергоатомиздат. 1981. 328 с.
15. Альтгаузен А.П. Электротермическое оборудование. – М.: Энергия. 1980. 416 с.
16. Немков В.С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева. – Л.: Энергоатомиздат. 1980. – 280 с.
17. Тремясов В.А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 163 с.

Программу разработали:

д-р техн. наук, профессор В.И Пантелеев



д-р техн. наук, профессор В.Н.Тимофеев



д-р техн. наук, доцент М.Ю. Хацаюк



Директор Политехнического института



М.В. Первухин