



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(УГГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

С.А. Упров

28 октября 2022 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания
по предмету

«Электроэнергетика и электротехника»

для поступающих на программы магистратуры
2023-2024 учебный год

Екатеринбург

1 Общие сведения

Программа предназначена для подготовки и проведения вступительных испытаний профильной направленности для поступления в магистратуру по направлению *Электроэнергетика и электротехника* для обучения по основной образовательной программе *Электротехнические комплексы и системы горных и промышленных предприятий*.

Программа составлена на основе примерной основной образовательной программы (ООП) высшего образования по направлению подготовки бакалавров *Электроэнергетика и электротехника*, разработанной учебно-методическим объединением вузов по образованию в области электроэнергетики и электротехники (утверждена 06.04.2010 г. ректором ГОУ ВПО МЭИ (ТУ) Серебрянниковым С.В.).

Программа составлена с опорой на следующие дисциплины направления *Электроэнергетика и электротехника*, связанные с описанием общих закономерностей преобразования, накопления, передачи и использования электрической энергии и электротехнической информации, принципами и средствами управления электротехническими комплексами и системами горного и промышленного назначения:

общие дисциплины направления – теоретические основы электротехники, электрические машины, силовая электроника, электрические и электронные аппараты;

модуль Электроэнергетика – электрооборудование для электроснабжения горных и промышленных предприятий;

модуль Электротехника – автоматическое управление электроприводом, электрический привод, системы управления электроприводов.

2 Критерии оценки уровня подготовки поступающих в магистратуру

Вступительные испытания проводятся в форме компьютерного тестирования. Программа случайным образом выбирает 20 тестовых заданий. Каждое из заданий содержит вопрос и варианты ответов. Правильным является только один вариант ответа.

Уровень знаний и умений абитуриента оценивается по 100-бальной шкале. Все тестовые задания имеют одинаковый «вес» в баллах, который составляет $100/20 = 5$ баллов. Задача абитуриента – правильно ответить на все вопросы тестовых заданий и набрать, таким образом, максимальное количество баллов из 100 возможных.

Интерпретация качества знаний не представлена в связи с тем, что вступительные испытания проводятся в форме компьютерного тестирования.

3 Структура и содержание материала вступительного испытания

1. Теоретические основы электротехники

1.1. Основные понятия и законы

Предмет теоретической электротехники, основные этапы развития электротехники, отечественная электротехническая школа. Характеристика задач теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. *Электромагнитное поле* как особый вид материи, две его составляющие – *электрическое поле*, *магнитное поле*. Параметры и интегральная форма основных уравнений электромагнитного поля. Энергия, силы и механические проявления электрического и магнитного полей. Электрическое напряжение и электродвижущая сила. *Электрический ток*, виды электрического тока. *Магнитный поток* и

его непрерывность. Электрические и магнитные цепи. Научные абстракции, используемые в теории *электрических цепей*. Линейные и нелинейные цепи, *цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами*. Схемы электрических и магнитных цепей. Понятие о *топологии схем электрических и магнитных цепей*. *Графы и топологические матрицы схем электрических и магнитных цепей*. Законы электрических и магнитных цепей. Полные системы уравнений электрических и магнитных цепей. *Установившиеся и переходные процессы* в электрических и магнитных цепях. Анализ, синтез и диагностика как основные задачи теории электрических и магнитных цепей.

1.2. Теория линейных электрических цепей

Электрические и электронные цепи в системах передачи, распространения и преобразования энергии и информации. *Активные и пассивные цепи. Двухполюсники и многополюсники*. Управляемые источники. Индуктивно связанные элементы. Методы расчета электрических цепей при установившихся синусоидальных и постоянных токах – *метод эквивалентного генератора, метод контурных токов и узловых напряжений, методы эквивалентных преобразований электрических цепей, комплексный метод*. Мощности в цепях синусоидального и постоянного токов. Баланс мощностей. *Численные методы* решения уравнений цепей при установившихся процессах. Точные и итерационные методы. *Метод Гаусса*, разложение матриц на треугольные сомножители. Условие сходимости итерационных методов.

Многофазные цепи. Расчет симметричных и несимметричных режимов работы трехфазных цепей. *Метод симметричных составляющих*.

Многополюсники, матрицы и основные уравнения четырехполюсников. Характеристическое сопротивление и коэффициент передачи. Схемы замещения взаимных и невзаимных четырехполюсников. Соединения четырехполюсников. Особенности формирования уравнений цепей, содержащих многополюсные компоненты.

Электрические цепи при *несинусоидальных периодических напряжениях и токах*. *Гармонический анализ* периодических функций. Действующие значения мощности и токов, напряжений, электродвижущих сил. *Состав высших гармоник* при симметрии форм кривых напряжений и токов. Мощности в цепях с несинусоидальными напряжениями и токами. Резонансные явления. *Частотные характеристики цепей* и методы их расчета. Элементы теории *фильтров*. Полоса пропускания и избирательность фильтра.

Переходные процессы в линейных цепях. Анализ переходных процессов во временной и частотной областях. Использование *интегралов Дюамеля, Лапласа, Фурье* при расчете переходных процессов, передаточные функции цепи. *Классический метод расчета. Метод переменных состояний*. Расчет процессов при наличии в цепи емкостных контуров и индуктивных сечений. Проблемы и методы численного решения уравнений состояния. Понятие о жесткости уравнений состояния. Сведение задач расчета переходных процессов к расчету резистивных цепей – метод дискретных схем замещения. Машинное формирование уравнений дискретных схем на основе метода поэлементного вклада. Аналитическое решение уравнений состояния. Определение составляющих решения уравнений состояния электрических цепей – свободной, принужденной, установившейся и переходящей. Численная обработка матричных функций аналитических решений уравнений состояния.

Цифровые электрические и электронные цепи, Z-преобразование, уравнения состояния в Z-области, передаточные функции цифровых систем в Z-области.

Синтез линейных электрических цепей. Проблемы аппроксимации и схемной реализации. Необходимые и достаточные условия схемной реализации. Фундаментальные свойства схемных функций цепей. Синтез передаточных функций четырехполюсников.

Диагностика линейных электрических цепей. Диагностика резистивных многополюсников методом узловых сопротивлений. Диагностика резистивных цепей по частям. Погрешности измерений при решении задач диагностики.

Цепи с распределенными параметрами. Уравнения длинных линий, их решение для установившихся синусоидальных колебаний. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.

1.3. Теория нелинейных электрических цепей

Установившиеся процессы в нелинейных цепях. Методы расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и напряжениях. *Нелинейные цепи переменного тока* и методы их расчета. Анализ установившихся процессов в нелинейных цепях переменного тока. Формирование алгебраических уравнений нелинейных резистивных электрических цепей и численные методы их решения.

Переходные процессы в нелинейных цепях. Основные методы анализ нелинейных электрических цепей – *метод возмущений, метод гармонического баланса.* Частотные свойства нелинейных цепей. *Фазовая плоскость. Метод переменных состояния.* Численные методы решения нелинейных уравнений состояния. *Методы неявного интегрирования.* *Дискретные модели* нелинейных реактивных элементов и их применение к расчету динамических режимов.

Автоколебания. Почти гармонические колебания. Релаксационные колебания. Устойчивость. Простейшие энергетические состояния. Машинный расчет периодических и автоколебательных режимов.

1.4. Теория электромагнитного поля

Векторы и основные уравнения электромагнитного поля. *Полная система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.* *Граничные условия.* Энергия и энергетические преобразования в электромагнитном поле. Теорема Умова-Пойнтинга.

Статические поля. Основные уравнения статических электрического и магнитного полей. *Уравнение Пуассона и Лапласа. Метод зеркальных изображений.* Емкость, емкостные и потенциальные коэффициенты. Краевые задачи и методы их решения. *Метод разделения переменных. Метод интегральных уравнений.* Численные методы решения краевых задач – метод сеток, метод конечных элементов. Энергия и силы в электростатическом поле.

Стационарные электрические и магнитные поля. Основные уравнения поля. *Дифференциальная форма законов Ома, Ленца-Джоуля, Кирхгофа.* Подобие статических и стационарных полей. Скалярный и векторный магнитные потенциалы. Потокосцепление. Собственная и взаимная индуктивности. Расчет индуктивностей. Метод участков. Особенности применения метода интегральных уравнений. Энергия и силы в магнитном поле.

1.5. Основная литература

1. К.С. Демирчан, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровин, В.Л. Чечурин. Теоретические основы электротехники. Т. 1, 2, 3, 4. –СПб.: Издательство, 2002.

2. Л.Р. Нейман, К.С. Демирчан. Теоретические основы электротехники. Т. 1, 2. –Л.: Энергоиздат, 1981.

3. Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. Основы линейной теории электрических цепей. –М.: Высшая школа, 1989.

4. П.А. Ионкин, А.И. Даревский, Е.С. Кухаркин, В. Г. Миронов. Теоретические основы электротехники. Т. 1, 2. –М.: Высшая школа, 1976.

5. Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. –М.: Гардарики, 2002.

1.6. Дополнительная литература

1. К.С. Демирчан, П.А. Бутырин. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. –Мю: Высшая школа, 1988.

2. К.С. Демирчан, В.А. Чечурин. Машинные расчеты электромагнитных полей. –М.: Высшая школа, 1986.

3. Л. Чуа, Чен-Мин-Лин. Машинный анализ электронных схем (алгоритмы и вычислительные методы). –М.: Энергия, 1980.

2. Силовая электроника

2.1. Полупроводниковые приборы

Полупроводниковый диод, особенности его ВАХ. Температурные свойства параметров и характеристик диода. Разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды). Основные приемы конструирования и технологии изготовления диодов.

Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия биполярного транзистора, анализ процессов в базе транзистора – характер движения носителей, влияние электрического поля, распределение концентрации не основных носителей. Соотношение между токами электродов транзистора. Характеристики транзистора при включении по схемам с общей базой и общим эмиттером. Уравнение Эберса- Молла для статических ВАХ идеализированного транзистора. Мало сигнальная эквивалентная схема транзистора, влияние температуры, частоты и нагрузки на параметры эквивалентной схемы. Ключевой режим биполярного транзистора. Режим отсечки и насыщения. Анализ переходных процессов в транзисторе методом заряда. Конструирование биполярных транзисторов и элементы технологии их производства. Параметрические особенности биполярных транзисторов на большие мощности.

Устройство и принцип действия *биполярных транзисторов с изолированным затвором* (БТИЗ). Схема замещения и ВАХ БТИЗ, электрические и температурные параметры схемы замещения, требования к управляющим сигналам. Особенности использования БТИЗ в технических устройствах и области их безопасной работы. Особенности IGBT и IGCT.

Устройство, принцип действия и ВАХ *полевых транзисторов* с управляющим р-п переходом. Транзисторы МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом. Схемы замещения, параметры и характеристики полевых транзисторов.

Оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор. Оптоэлектронные приборы повышенной яркости – светодиоды. Схемы включения оптоэлектронных приборов.

Тиристоры. Структура и физические процессы в тиристорах. ВАХ тиристора. Переходные процессы включения и выключения в не запираемых (одно операционных) тиристорах. Предельные и классификационные параметры тиристоров. Асимметрично запирающие и обратно проводящие тиристоры. Симисторы, фото- и оптронные тиристоры. Запираемые (двух операционные) тиристоры.

Интегральные и гибридные микросхемы. Схемотехника и конструкция, типовые логические микросхемы. Серия микросхем на биполярных и полевых транзисторах.

Электромагнитные элементы силовой электроники. Трансформаторы, дроссели, реакторы. Конструктивные особенности и принципы использования высокочастотных ферритовых электромагнитных элементов.

Электрорадиоизделия силовой электроники – конденсаторы, резисторы, светодиодные индикаторы.

Коммутационно-защитная аппаратура силовой электроники – быстродействующие предохранители, бесконтактные реле и коммутаторы, разъемы, провода и кабели.

2.2. Анализ электрических цепей с полупроводниковыми элементами

Электрические цепи и сигналы. Элементы электрических цепей (источники, потребители и накопители энергии), их параметры и характеристики. Электрическая схема и структурный граф цепи. Матрицы сечений и контуров, связь между ними. Коммутационные процессы в электрических цепях. Постоянные и гармонические токи и напряжения. Комплексная форма представления гармонического процесса в электрической цепи. Периодически изменяющиеся токи и напряжения, разложение сигнала на гармонические составляющие. Параметры и характеристики периодического тока. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры. Непериодические токи и напряжения. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов.

Установившиеся и переходные процессы в линейных цепях. Анализ установившихся режимов в резистивных цепях, исходные уравнения, способы их решения и проверки. Законы Кирхгофа, баланс мощностей. Гармонические и периодические режимы в линейных цепях с источниками, потребителями и накопителями энергии. Расчетные схемы с комплексными параметрами элементов. Активная, реактивная и полная мощность электрической цепи, мощность искажения. Законы коммутации и начальные условия, исходные алгебраические и дифференциальные уравнения состояния цепи. Классические методы решения дифференциальных уравнений (принужденный и свободный процессы в электрической цепи). Операторный метод анализа процессов в электрической цепи. Интегро-дифференциальные уравнения состояния цепи и ее эквивалентная операторная схема. Реакция электрической цепи на возмущение в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем алгебраических и дифференциальных уравнений состояний, методы аналитических и численных решений уравнений. Математическое моделирование электрических цепей.

Фильтрующие устройства в электрических цепях. Четырехполюсники, их схемы, уравнения преобразования энергии. Эквивалентная схема активного четырехполюсника. Характеристические параметры и условия согласования пассивного четырехполюсника с источником энергии и нагрузкой. Последовательный и параллельный LC-контур, их резонансные и частотные характеристики. LC-фильтры, их характеристические параметры в полосах пропускания и демпфирования сигналов. Пассивные и активные RC-фильтры, их передаточные функции и частотные характеристики.

Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях. Нелинейные цепи – ограничение и стабилизация тока и напряжения, выпрямление переменного тока, амплитудная модуляция гармонического сигнала. Цепи с управляемыми элементами – электронный усилитель, управляемый выпрямитель. Аналитические, графические и численные методы анализа переходных процессов в цепях с нелинейными элементами. Устойчивость режима постоянного тока в нелинейной цепи. Релаксационный генератор – электрическая схема генератора, условия существования устойчивого режима его работы. Условия возникновения гармонических колебаний в нелинейной цепи. Гармонический генератор – электрическая схема генератора, уравнения состояния и фазовый портрет.

2.3. Электронные цепи

Линейные усилители. Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики

усилителей. Устойчивость усилителя с обратной связью. Частотные и импульсные характеристики усилителей. Методы температурной стабилизации рабочего режима транзисторных усилителей. Операционные усилители. Использование операционных усилителей в схемах масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов. Активные фильтры на основе операционных усилителей и RC-цепей. Генераторы гармонических колебаний с RC- и LC-цепями.

Диодные ключи, ограничители и фиксаторы уровня напряжения.

Транзисторные насыщенные ключи на биполярных транзисторах. Ненасыщенные ключи. Траектория рабочей точки при переключении транзистора. Влияние на траекторию рабочей точки характера нагрузки (R, RL, L, RC). Области безопасной работы. Ключи на полевых транзисторах. Схемотехника ключей на большие мощности. Энергия, рассеиваемая в транзисторах при переключении, основные приемы отвода тепла.

Импульсные схемы и стабилизаторы напряжения. Компараторы, одновибраторы, мультивибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на основе дискретных компонентов, операционных усилителей и логических интегральных схем. Параметрические стабилизаторы напряжения. Линейные (в том числе интегральные) стабилизаторы. Регуляторы и стабилизаторы напряжения и тока на полупроводниковых элементах, работающих в ключевых режимах.

2.4. Преобразовательная техника

Основные схемы одно- и трехфазных выпрямителей. Работа однофазных выпрямителей на активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузки, на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность. Режим прерывистого тока. Трехфазный мостовой выпрямитель. Внешняя характеристика выпрямителя при различном числе одновременно работающих вентилях. Несимметричный (полу управляемый) выпрямитель, его регулировочная характеристика. Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей. Взаимодействие выпрямителя с источником переменного тока. Первичные токи многофазных выпрямителей. Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности. Явление вынужденного подмагничивания трансформатора в одно- и трехфазных трансформаторных выпрямителях, способы устранения эффекта подмагничивания. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей.

Инверторы, ведомые сетью, и преобразователи частоты. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная характеристика. Влияние анодных индуктивностей на работу инвертора, коэффициент его мощности, приемы повышения коэффициента мощности инвертора. Реверсивный преобразователь переменного-постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы преобразователя. Совместное и раздельное управление преобразователем. Особенности работы преобразователя на индуктивную нагрузку и индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Непосредственный преобразователь частоты. Одно- и многофазная схемы непосредственного преобразователя частоты, особенности его работы на активно-индуктивную нагрузку.

Импульсные преобразователи и регуляторы постоянного напряжения. Импульсные методы регулирования напряжения (тока) – широтно- и частотно-импульсное регулирование, метод позиционного слежения. Импульсные регуляторы I, II и III родов, их регулировочные характеристики. Транзисторные преобразователи напряжения с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы. Импульсные преобразователи постоянного напряжения на тиристорах с параллельной и последовательной двухступенчатой коммутацией.

Автономные инверторы и преобразователи на их основе. Автономные инверторы тока и напряжения, их сравнительная оценка. Автономный параллельный инвертор как пример инвертора тока, его внешняя характеристика. Стабилизация и регулирование выходного напряжения инвертора тока с помощью индуктивно-тиристорного компенсирующего устройства. Инвертор тока с отсекающими диодами. Одно- и трехфазные инверторы напряжения, особенности их работы на индуктивную нагрузку, роль отсекающих диодов. Инвертор напряжения с одноступенчатой (прямой) коммутацией (схема Мак-Муррея-Бедфорда). Инвертор напряжения с двухступенчатой (не прямой) коммутацией. Электрические процессы в коммутационных узлах при последовательной и параллельной коммутации. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и инверторов тока для частотно-управляемого электропривода. Параллельный и последовательный резонансные инверторы, токи и напряжения в инверторах при граничном режиме работы и в режиме с паузой. Резонансные инверторы с обратными диодами. Особенности работы тиристоров при принудительной коммутации – отпирание, запираение, коммутационные потери мощности, эффекты, связанные с изменением производных тока и напряжения в период коммутации. Преобразователи напряжения со звеном повышенной частоты.

Методы снижения коммутационных потерь в инверторах повышенной частоты – демпфирующие цепи, резонансная и квазирезонансная коммутация.

Методы улучшения спектрального состава выходного напряжения инверторов. Многофазные преобразователи со ступенчатой формой напряжения.

2.5. Системы управления преобразователями

Обработка информации. Количественная оценка информации. Виды сигналов. Характеристика аналоговых сигналов – спектры и функции распределения. Передача информации модулированными сигналами с гармоническим и импульсным носителями. Кодирование цифровых сигналов, виды цифровых кодов. Понятие о системах счисления, обратном и дополнительном кодах. Кодовые расстояния, избыточное кодирование, коды с обнаружением и исправлением ошибок. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал – код, частота – код.

Основы проектирования цифровых узлов и устройств. Коммутационные логические устройства. Логические функции, способы их описания, их реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства – принцип их действия и особенности использования. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров. Реверсивные счетчики. Емкость счетчика и управление ею. Регистры с последовательным и параллельным вводом и выводом информации. Автоматы на основе интегральных микросхем. Способы описания состояния автоматов, таблицы переходов и выходов. Кодирование входов, выходов и внутренних состояний автоматов. Противогоночное кодирование. Синтез узлов на основе типовых логических элементов. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Способы расширения адресного пространства и разрядности данных запоминающего устройства. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ. ПЗУ как многофункциональный логический элемент. Построение автоматов на основе программируемых ПЗУ с обратными связями.

Микропроцессорная техника систем управления. Программная реализация процедуры сбора, вычислительных операций над информацией и управления. Структура микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистрали данных, адреса управления. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд.

Переходы – выполнение подпрограмм, стек, прерывания и обработка прерываний, прямой доступ к памяти. Однокристалльные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристалльные микро-ЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

2.6. Основная литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л. К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы. -М.: Высшая школа, 1981 г.
2. Челноков В.Е., Евсеев Ю. А. Физические основы работы силовых полупроводниковых приборов. -М.: Энергия, 1975 г.
3. Толстов Ю. Г., Теврюков А.А. Теория электрических цепей. -М.: Высшая школа, 1971 г.
4. Матханов П.Н. основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. -М.: Высшая школа, 1977 г.
5. Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника. -М.: Высшая школа, 1982 г.
6. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. -М.: Энергия, 1977 г.
9. Руденко В. С., Сенько В. И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. -М.: Высшая школа, 1981 г.
10. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. -М.: Высшая школа, 1982 г.
11. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В. И. Теоретические основы информационной техники. -М.: Энергия, 1972 г.
12. Алексеенко А. Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. -М.: Радио и связь, 1982 г.
13. Микропроцессоры. Кн. 1, архитектура и проектирование микро-ЭВМ, организация вычислительных процессов. Под ред. Л. Н. Преснухина. - М.: Высшая школа, 1986 г.

2.7. Дополнительная литература

1. Епифанов Г. К. Физические основы микроэлектроники. -М.: Сов. радио, 1975 г.
2. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники. -М.: Радио и связь, 1980 г.
3. Теоретические основы электротехники. Под ред. П.А. Ионкина, т. 1. 2. -М.: Высшая школа, 1976 г.
4. Матханов П.Н. основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. -М.: Высшая школа, 1981 г.
5. Гольденберг Л.М. Импульсные устройства. -М.: Радио и связь, 1981 г.
6. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. -М.: Мир, 1982 г.
7. Полупроводниковые выпрямители. Под ред. Ф. И. Ковалева и Г.И. Мостковой. -М.: Энергия, 1978 г.
8. Розанов Ю. И. Основы силовой преобразовательной техники. -М.: Энергия, 1979 г.
9. Силовая электроника. Под ред. Р. Лампе, пер. с нем. -М.: Энергоиздат, 1987 г.
10. Бахтиаров Г. Д., Малинин В.В., Школин В.П. Аналого-цифровые преобразователи. -М.: Сов. радио, 1980 г.
11. Ефимов И. Е. и др. Микроэлектроника. -М.: Высшая школа, 1987 г.

3. Электрические машины

3.1. Методы исследования электрических машин с позиций теории цепей

Электромеханическое преобразование энергии и физические законы, на которых оно основано.

Два подхода к описанию электромагнитных процессов в электрических машинах: с позиций теории поля и теории электрических цепей. Сравнительное сопоставление физического моделирования, аналитических и численных методов решения уравнений.

Обобщенная электрическая машина – математическая модель электрических машин всех типов. Допущения при записи уравнений обобщенной машины. Дифференциальные уравнения в различных системах координат. Уравнения Парка-Горева синхронной машины. Физический смысл параметров обобщенной машины – коэффициентов в дифференциальных уравнениях.

Уравнения установившегося режима работы асинхронных и синхронных машин. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы замещения. Основные характеристики двигателей и генераторов.

Электромагнитный момент обобщенной электрической машины, уравнение движения ротора. Статические и динамические механические характеристики электродвигателей. Способы измерения момента.

Временные и пространственные гармоники в электрических машинах, параметры высших гармоник. Методы расчета гармоник МДС и магнитной индукции в воздушном зазоре с учетом формы зубцовой зоны сердечников и нелинейных свойств магнитной цепи.

Исследование электрических машин при несинусоидальном и несимметричном напряжении. Управление электрическими двигателями от полупроводниковых преобразователей. Работа синхронного генератора на выпрямительную нагрузку. Вентильные двигатели. Особенности работы электрических машин при пульсирующем токе.

Многообмоточные электрические машины. Математические модели асинхронных двигателей с двойной беличьей клеткой и синхронных машин с демпферными обмотками. Учет влияния вихревых токов, гистерезиса и потерь в стали.

Математическое моделирование электрических машин с изменяющимися параметрами. Учет вытеснения тока в проводниках, насыщения и изменения момента инерции.

Несимметричные электрические машины. Способы математического описания и математические модели синхронных и асинхронных машин с магнитной и электрической несимметрией статора и ротора. Однофазные двигатели переменного тока.

Электрическая машина как элемент электромеханической системы. Математические модели электрических машин с учетом внешних элементов, включенных в цепи статора и ротора.

3.2. Потери и тепловые явления в электрических машинах

Виды потерь и физические причины их возникновения в электрических машинах. Методики расчета основных и добавочных потерь в машинах переменного и постоянного тока. КПД электрических машин и трансформаторов, способы его расчетного и экспериментального определения.

Физические процессы нагревания и охлаждения электрических машин и трансформаторов. Уравнения теплообмена и тепловые параметры. Методы расчета переходных и установившихся температур. Эквивалентные тепловые схемы замещения электрических машин.

Электроизоляционные материалы и классы их нагревостойкости. Зависимость срока службы изоляции от температуры и режимов работы электрических машин.

Системы косвенного и непосредственного охлаждения электрических машин и трансформаторов. Расчет системы охлаждения. Способы интенсификации охлаждения. Тепловые испытания электрических машин.

3.3. Трансформаторы

Трансформаторы как электромагнитные преобразователи энергии.

Физические процессы в трансформаторе. Магнитные системы и обмотки трансформаторов, группы соединения обмоток.

Основные уравнения и схема замещения трансформатора. Параметры трансформаторов, методы их определения.

Параллельная работа трансформаторов. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах.

Классификация трансформаторов, их специальные типы.

3.4. Основная литература

1. И. П. Копылов. Электрические машины. –М.: Логос, 2000.
2. А. В. Иванов-Смоленский. Электрические машины. –М.: энергия, 1980.
3. Д.А. Бут. Бесконтактные электрические машины. –М.: высшая школа, 1976.
4. Ф. М. Юферов, И. Л. Осин. Электрические машины автоматических устройств. –М.: Изд-во МЭИ, 2003.
5. И. П. Копылов. Математическое моделирование электрических машин. –М.: Высшая школа, 2001.
6. М. В. Антонов. Технология производства электрических машин. –М.: Энергоатомиздат, 1993.

3.5. Дополнительная литература

1. А. И. Борисенко, В. Р. Данько, А. И. Яковлев. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. –М.: Энергия, 1974.
2. Проектирование электрических машин. /Под ред. И. П. Копылова. –М.: Высшая школа, 2002.
3. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах. /Под ред. А. В. Иванова-Смоленского. –М.: энергоатомиздат, 1986.

4. Электрические аппараты

4.1. Основные понятия и законы

Принципы построения макроскопических моделей электромеханических систем электрических аппаратов. Элементы, фазовые переменные, компонентные и топологические уравнения электрической, магнитной, механической и тепловой подсистем. Составление эквивалентных схем.

Методы анализа электромагнитных полей. Законы электромагнитного поля. Дифференциальные уравнения для параметров поля. Численные методы (метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод интегральных уравнений) и программное обеспечение для расчетов полей электромагнитных систем. Методы расчетов параметров

макромоделей (ЭДС, индуктивностей, силовых характеристик) на основе анализа электромагнитного поля.

Магнитные материалы, применяемые в электрических аппаратах и машинах. Магнитные характеристики материалов. Методы и средства измерений магнитных полей, испытаний магнитных материалов и изделий из них.

Электродинамические силы в электрических аппаратах. Методы их расчета. Использование электродинамических сил. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.

Источники теплоты в электрических аппаратах. Методы анализа. Способы снижения потерь в электрических аппаратах. Теплопередача в окружающее пространство. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Расчет коэффициентов теплопередачи. Задачи стационарной и нестационарной теплопроводности в электрических аппаратах. Нестационарный режим нагрева и остывания электрических аппаратов.

Контакты электрических аппаратов. Модели контактирования. Ом-вольтная характеристика контактов и сваривание контактов. Стационарный нагрев контактов в токопроводе. Одномерная модель неоднородного токопровода с контактами и распределение температур в нем.

Электрическая дуга отключения. Вольтамперные характеристики стационарной и нестационарной дуги. Распределение потенциалов в дуге. Условия гашения электрической дуги в цепи постоянного тока. Шунтирование дуги. Условия гашения дуги переменного тока. Начальная прочность межконтактного промежутка после прохождения тока через нуль. Восстанавливающаяся прочность и восстанавливающееся напряжение. Влияние собственной частоты сети на процессы гашения дуги. Одночастотный и двухчастотный контуры – модели сети.

Электромеханические аппараты автоматики. Основные виды. Характеристики.

Электрические аппараты распределения энергии низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.

Электрические аппараты управления низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.

Электрические аппараты высокого напряжения. Основные виды. Виды выключателей высокого напряжения. Особенности конструкций, методов гашения дуги и эксплуатации.

Реакторы. Конструкции. Использование. Работа реакторов в комплекте с силовыми электронными коммутаторами.

Ограничители перенапряжений и разрядники. Устройство, характеристики. Особенности эксплуатации.

Испытания электрических аппаратов высокого напряжения. Статические (силовые электронные и магнитно-полупроводниковые) аппараты. Основные виды аппаратов, их функции и классификация. Сравнительный анализ статических и электромеханических аппаратов и области их рационального применения.

Силовые электронные ключи. Особенности коммутации электронных ключей. Статические и динамические режимы работы ключей. Области безопасной работы и защита электронных ключей.

Пассивные компоненты и охладители силовых электронных приборов. Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу конденсаторов и реакторно-трансформаторного оборудования.

Системы управления силовыми электронными аппаратами. Обобщенные структурные схемы. Основные функциональные узлы и элементная база.

Микропроцессоры в управлении электрическими и электронными аппаратами. Структура и функции микропроцессора, микроконтроллера и примеры их применения в различных аппаратах.

Статические коммутационные аппараты постоянного и переменного токов. Функциональные возможности и области рационального применения. Гибридные коммутационные аппараты.

Статические регуляторы постоянного тока. Примеры импульсного регулирования параметров электрической энергии. Основные схемы импульсных регуляторов постоянного тока. Тиристорные регуляторы постоянного тока.

Статические регуляторы переменного тока. Тиристорные регуляторы переменного тока с естественной и искусственной коммутацией. Применение силовых транзисторов в регуляторах переменного тока. Регуляторы реактивной мощности.

Магнитно-полупроводниковые аппараты. Дроссели насыщения и основные способы подмагничивания. Магнитно-полупроводниковые ключи.

Феррорезонансный стабилизатор напряжения и тока. Принцип действия, характеристики и области применения.

4.2. Основная литература

1. Электрические и электронные аппараты. Учебник для вузов / под ред. Ю. К. Розанова. 2-е изд., испр. И доп. –М.: Информэлектро, 2001.

2. Электрические аппараты высокого напряжения. /Г. Н. Александров, В. В. Борисов и др. /Под ред. чл.-корр. РАН Г. Н. Александрова. Изд. 2-е. –СПб.: Издание СПбГТУ, 2000.

3. Основы теории электрических аппаратов. /И.С. Таев, Б. К. Буль, А.Г. Годжелло и др. /Под ред. И.С. Таева. –М.: Высшая школа. 1987.

4.3. Дополнительная литература

1. А.А. Чунихин. Электрические аппараты. Общий курс. –М.: Энергоатомиздат, 1988.

2. Г.В. Буткевич. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. –М.: Госэнергоиздат, 1970.

3. Ю. К. Розанов. Основы силовой электроники. –М.: Энергоатомиздат, 1992.

4. Л. В. Шопен. Бесконтактные электрические аппараты автоматики. –М.: Энергоатомиздат, 1986.

5. П. Четти. Проектирование ключевых источников электропитания. –М.: Энергоатомиздат, 1990.

6. Г.В. Могилевский. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения. –М.: Энергоатомиздат, 1986.

5. Теория электропривода

5.1. Основные понятия и законы

Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты).

Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.

Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный и спектральный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с использованием компьютерных технологий.

Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода. Примеры формирования оптимальных переходных процессов при разгоне и торможении электропривода с учетом процессов в рабочем механизме.

Обобщенный алгоритм компьютерного моделирования линейных или не линейных систем автоматизированного электропривода; представление и обработка результатов моделирования.

Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения.

Основные характеристики приборных систем электроприводов.

Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.

Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя. Основные этапы эскизного и рабочего проектирования электропривода.

5.2. Основная литература

1. Ильинский Н. Ф., Козаченко В. Ф. Общий курс электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Башарин А.В., Постников Ю. В. Примеры расчета автоматизированного привода на ЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1998.

5.3. Дополнительная литература

1. Ильинский Н. Ф. Основы электропривода. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергоиздат, 1981.

6. Автоматическое управление электроприводом

6.1. Основные понятия и законы

Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы.

Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.

Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Применение методов вариационного исчисления и пакетов прикладных программ для ПЭВМ.

Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности

построение систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями. Системы с машинами двойного питания. Структура управления специальными приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т. д.). Управление электроприводами с линейными двигателями.

Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами. Защита от перегрузок и аварийных режимов.

Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления. Алгоритмы адаптации в электроприводах.

Надежность и техническая диагностика электроприводов.

6.2. Основная литература

1. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М., Изд. центр «Академия», 2005–300 с.

2. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебн. – М., Изд. центр «Академия», 2006–272 с.

3. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы. Л.: Энергоатомиздат, 1985.

4. Лукас В.А. Теория управления техническими системами: учеб. пособие для вузов. изд. УГГУ, 2005. –677 с.

6.3. Дополнительная литература

1. Ильинский Н. Ф. Основы электропривода. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергоиздат, 1981.

3. Башарин А.В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат, 1982.

4. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. /О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И. С. Кузнецов и др. М.: Энергоатомиздат, 1983.

5. Справочник по автоматизированному электроприводу. /Под ред. В. А. Елисеева и А.В. Шинянского. М.: Энергоиздат, 1983.

6. Поздеев А.А. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно регулируемых асинхронных электроприводах. Чебоксары.: Изд-во Чувашского государственного университета, 1998.

7 Системы управления электроприводов

Назначение, классификация и структурная схема систем управления электроприводов. Принципы построения систем управления электроприводов – регулируемые переменные, обратные связи, типовые структуры систем управления.

Логические переменные, их свойства, операции над ними. Синтез комбинационных дискретных систем управления электроприводов с использованием законов алгебры логики. Синтез комбинационных дискретных систем управления электроприводов по картам Карно.

Конечные автоматы – определение, математическое описание, диаграммы и таблицы переходов и выходов, пример описания СУЭП в форме конечного автомата. Структурный синтез конечных автоматов. Программирование конечных автоматов на языке релейных (лестничных) диаграмм.

Структура системы управления с суммирующим усилителем, принципы настройки контуров регулирования и ограничения выходных координат. Структура подчиненного регулирования системы управления электроприводом, типовые объекты регулирования, принципы настройки контуров и ограничения выходных координат.

Системы управления скоростью электропривода постоянного тока – структура и расчет.

Способы ограничения тока (момента) электродвигателя в электроприводе.

Непрерывные системы управления положением механизма.

Математическое описание асинхронного электродвигателя в неподвижной и вращающейся системах координат. Преобразование координат в векторной системе управления.

Законы скалярного управления асинхронным электродвигателем. Классическая и векторная широтно-импульсная модуляция. Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем. Замкнутые системы скалярного управления.

Принцип векторного управления электроприводом переменного тока с ориентацией по вектору основного потокосцепления. Принцип векторного управления электроприводом переменного тока с ориентацией по вектору потокосцепления ротора. Функциональная структура системы векторного управления. Алгоритмическая структура системы векторного управления.

Система векторного управления синхронным двигателем.

Математическое описание вентильного электродвигателя. Система управления вентильным двигателем.

7.1. Основная литература

1. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М., Изд. центр «Академия», 2005–300 с.

2. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. учебн. – М., Изд. центр «Академия», 2006–272 с.

7.2. Дополнительная литература

3. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами – Л. Энергоиздат, 1982–392 с.

4. Герман-Галкин С. Г. компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. Учебное пособие. СПб., Корона принт, 2001. 320 с.

5. Лукас В. А. Теория управления техническими системами. Компактный учеб. курс для вузов. – 3-е издание. – Екатеринбург: изд-во УГГГА, 2002. 675 с.

6. Ключев В. И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001 г.

7. Острём К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. – М. : Мир, – 1987–480 с.

8. Электрооборудование для электроснабжения горных и промышленных предприятий

8.1. Основные понятия и законы

Классификация источников, приемников 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 расчета электрических сетей и систем электрооборудования.

Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения. 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. Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью.

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

Технико-экономические расчеты в системах электроснабжения и использование для этих целей современных компьютерных технологий. Теория интерполяции и аппроксимации; методы приближения функций в расчетах по электротехническим комплексам и системам.

Теория надежности и техническая диагностика в электроснабжении и преобразовании электрической энергии. Теория малых выборок, и ее использование в практике расчетов.

Компенсация реактивной мощности. Основные направления развития компенсирующих устройств.

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

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

Электрический баланс в системах электроснабжения промышленных предприятий. Методика расчета потерь мощности в системах электроснабжения. Нормирование энергопотребления.

8.2. Основная литература

1. Федоров А. А. Основы электроснабжения предприятий. М.: Энергия, 1980.
2. Электрификация горного производства [Текст]. Учебник для вузов. В 2 т. Т.1. / Под ред. Л. А. Пучкова и Г. Г. Пивняка.- М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007.- 511 с.

3. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]. Учебник для вузов / Б. И. Кудрин.- 2-е изд.- М.: Интермет Инжиниринг, 2006.- 672 с.

8.3. Дополнительная литература

1. Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Высшая школа, 1990.

2. Крючков, И. П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст]: учебное пособие /под ред. И. П. Крюčkова, В. А. Старшинова. – М. Академия, 2008.- 411 с.

3. Карякин, Р.Н. Заземляющие устройства промышленных электроустановок. Справочник электромонтажника [Текст]: Р. Н. Карякин, В. И. Солнцев / под. ред А.Д. Смирнова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-191 с.

4. Пример тестовых заданий в билете

1. В цепи переменного тока возможен резонанс токов, если она содержит участок: 1) с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора; 2) с последовательным соединением катушки и конденсатора; 3) с параллельным соединением резистора и конденсатора; 4) с последовательным соединением катушки и резистора.

2. Электрическое поле, во всех точках которого векторы напряженности одинаковы, называется: 1) идеальным; 2) не однородным; 3) однородным; 4) симметричным.

3. Какой способ соединения источников позволяет увеличить напряжение?

1) Последовательное соединение; 2) Параллельное соединение; 3) Смешанное соединение; 4) Никакой.

4. Особенностью последовательного соединения является: 1) Одинаковое сопротивление; 2). Одинаковая мощность; 3). Одинаковое напряжение; 4). Одинаковый ток.

5. Замкнутой системой управления (системой с обратной связью) называют систему, у которой управляющее воздействие формируется: 1) в соответствии с законом изменения задающего воздействия; 2) в соответствии с законом изменения возмущающего воздействия; 3) в результате сравнения задающего воздействия и сигнала обратной связи; 4) в соответствии с законами изменения задающего и возмущающего воздействий; 5) в результате сравнения задающего воздействия, возмущающего воздействия и сигнала обратной связи.

6. Укажите правильно записанную формулу суммы потерь в электромеханическом преобразователе энергии

1. ~~$$\sum \Delta p = \Delta p_3 + \Delta p_m + \Delta p_{мех} + \Delta p_d$$~~

2. ~~$$\sum \Delta p = \Delta p_3$$~~

3. ~~$$\sum \Delta p = \Delta p_3 + \Delta p_m$$~~

4. ~~$$\sum \Delta p = \Delta p_m + \Delta p_d$$~~

5. ~~$$\sum \Delta p = \Delta p_m + \Delta p_{мех}$$~~

где Δp_3 – электрические потери в обмотках, Δp_m - магнитные потери в магнитопроводе, $\Delta p_{мех}$ – механические потери, Δp_d – добавочные потери.

7. Какому основному требованию должна соответствовать трехфазная обмотка машины переменного тока? 1) Создавать неподвижное в пространстве и во времени магнитное поле; 2) Создавать вращающееся в пространстве круговое магнитное поле; 3) Создавать пульсирующее магнитное поле; 4) Создавать в воздушном зазоре магнитное поле, изменяющееся по прямоугольному закону; 5) Создавать в воздушном зазоре магнитное поле, изменяющееся по треугольному закону.

8. Рассчитать номинальное фазное напряжение при соединении фазных обмоток низшего напряжения в звезду и известном номинальном линейном напряжении 400 В. Ответ: 1) 400 В; 2) 692,8 В; 3) 230,9 В; 4) 800 В; 5) 200 В.

9. По какому признаку все электроприемники разделяются ПУЭ на отдельные категории? 1) по стоимости электроприемников; 2) по габаритным размерам; 3) по весовым показателям; 4) по надежности электроснабжения; 5) по назначению электроприемников.

10. Частотное управление асинхронным электродвигателем предполагает использование в качестве подчиненного управляющего воздействия: а) напряжение статора; б) частоту напряжения статора; в) ток статора; г) потокосцепления статора.

11. Какой электрический аппарат применяется для защиты от токов короткого замыкания? Ответ: 1) реле утечки; 2) автоматический выключатель; 3) разъединитель; 4) устройство защитного отключения; 5) разрядник.

12. Основной регулируемой координатой (переменной) в электроприводе является: 1) электрическая мощность; 2) частота вращения вала двигателя; 3) ток электродвигателя; 4) электромагнитный момент электродвигателя; 5) напряжение, подаваемое на электродвигатель.

13. В структуре с подчиненным регулированием координат передаточную функцию регулятора внешнего контура выбирают: 1) используя передаточную функцию замкнутого внутреннего контура; 2) без учета передаточной функции внутреннего контура; 3) используя передаточную функцию разомкнутого внутреннего контура.

14. Желаемый закон регулирования при частотном управлении поддерживает постоянным: 1) электромагнитный момент двигателя; 2) пусковой момент двигателя; 3) критический момент двигателя; 4) коэффициент загрузки по эффективному моменту; 5) стопорный момент двигателя; 6) момент отсечки.

15. В системе векторного управления электроприводом с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора количество контуров обратной связи составляет: 1) два; 2) три; 3) четыре; 4) пять.

16. В системе векторного управления основными каналами управления являются каналы: 1) потокосцепление и электромагнитный момент; 2) проекции тока статора на оси x , y ; 3) потокосцепление и частота вращения ротора; 4) потокосцепление и напряжение статора; 5) потокосцепление и ток статора.

17. Какое определение имеет коэффициент мощности электроприемников? Ответ: 1) отношение полной мощности к установленной мощности; 2) отношение активной мощности к реактивной мощности; 3) отношение реактивной мощности к активной мощности; 4) отношение активной мощности к полной мощности; 5) отношение потребляемой активной мощности к установленной активной мощности.

18. К низковольтным электрическим аппаратам не относят: 1) автоматический выключатель; 2) отделитель; 3) пускатель; 4) предохранитель; 5) рубильник.

19. Суммарные потери в электроприводе во время установившегося режима складываются: 1) из потерь в двигателе и потерь в активных сопротивлениях во всех элементах электропривода; 2) из потерь в двигателе и механических потерь во всех элементах электропривода; 3) из механических потерь и потерь в стали; 4) из потерь на возбуждение и потерь в стали.

20. Рассчитайте электромагнитный момент асинхронного двигателя. Известно: электромагнитная мощность $P_{ЭМ} = 100$ кВт, число полюсов $2p = 2$, частота сети $f_1 = 50$ Гц. Ответ: 1) 63,69 Н·м; 2) 318,47 Н·м; 3) 95,54 Н·м; 4) 127,38 Н·м; 5) 3,18 Н·м.