

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя  
приемной комиссии  
М.В. Румянцев

7 сентября 2017 г.

**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания в магистратуру**  
**в форме письменного экзамена**

**Направление 13.04.02**  
**«Электроэнергетика и электротехника»**  
**(политехнический институт)**

Красноярск 2017

## Содержание программы

(по дисциплине «Электроэнергетика и электротехника»)

### Теоретические основы электротехники

1. Двухполюсные элементы схем замещения электрических цепей и их параметры.
2. Связь между напряжениями и токами двухполюсных элементов схем замещения электрических цепей.
3. Законы Кирхгофа и их применение в расчетах электрических цепей.
4. Комплексный (символический) метод расчета установившихся режимов линейных электрических цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
5. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
6. Активная, реактивная и полная мощности при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах. Коэффициент мощности.
7. Метод контурных токов.
8. Метод узловых потенциалов (напряжений).
9. Метод наложения.
10. Эквивалентные преобразования линейных цепей.
11. Индуктивно связанные элементы (катушки), их согласное и встречное включение и одноименные зажимы.
12. Особенности записи второго закона Кирхгофа в линейных цепях с индуктивно связанными элементами для мгновенных и комплексных значений напряжений и токов. Схема и уравнения трансформатора в линейном режиме.
13. Резонансные явления в линейных электрических цепях.
14. Симметричный режим линейных трехфазных цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами при соединении нагрузки звездой и треугольником.
15. Понятие о методе симметричных составляющих в трехфазных цепях. Составляющие напряжений и токов прямой, обратной и нулевой последовательности.
16. Представление периодических негармонических (несинусоидальных) напряжений и токов в виде тригонометрического ряда Фурье. Действующие значения периодических напряжений и токов.
17. Активная, реактивная и полная мощности при периодических негармонических (несинусоидальных) напряжениях и токах. Коэффициент мощности.
18. Высшие гармоники в трехфазных цепях.
19. Возникновение переходных процессов и законы коммутации. Начальные условия.
20. Сущность классического метода расчета переходных процессов в линейных электрических цепях. Принужденные и свободные составляющие.
21. Корни характеристического уравнения и их влияние на характер переходных процессов в линейных электрических цепях. Постоянная времени.
22. Характеристики нелинейных элементов. Инерционные и безынерционные нелинейные элементы.
23. Магнитные цепи – понятие и законы Кирхгофа.
24. Резонансные явления в нелинейных цепях (феррорезонанс).
25. Уравнения однородных цепей с распределенными параметрами (длинных линий) при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах. Прямые (падающие) и обратные (отраженные) волны.
26. Однородная линия без искажений.
27. Уравнения однородных линий без потерь при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах.

28. Определение и применение законов электромагнитного поля – электромагнитной индукции, полного тока, Кулона, Ампера, уравнений Максвелла, теоремы Гаусса, граничных условий, вектора Пойнтинга.

### Литература

1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 1. – СПб.: Питер, 2003. – 463 с.
2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 2. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.
3. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 3. – СПб.: Питер, 2003. – 377 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1996. – 638 с.
5. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.Д., Страхов С.В. Основы теории цепей. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. – М.: Высшая школа, 1978. – 231 с.
7. Теоретические основы электротехники. Том 1. Основы теории линейных цепей / под ред. П.А. Ионкина. – М.: Высшая школа, 1976. – 544 с.
8. Теоретические основы электротехники. Том 2. Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля / под ред. П.А. Ионкина. – М.: Высшая школа, 1976. – 383 с.
9. Иванова С.Г. Расчет линейных электрических цепей / С.Г. Иванова, Ю.С. Перфильев. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003г.
10. Собочинский, Л.К. Введение в теорию электромагнитного поля: учеб. Пособие / Л.К. Собочинский. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001г.
11. Лыбзиков Г.Ф. Теоретические основы электротехники. Линейные четырехполюсники / Г.Ф. Лыбзиков, С.П.Тимофеев// Методические указания к лабораторной работе. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010 г. -24 с.
12. Лыбзиков Г.Ф. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Г.Ф. Лыбзиков, С.П.Тимофеев// Методические указания к лабораторным работам. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010 г. -56 с.

## Основы электроснабжения

1. Классификация потребителей электрической энергии по категориям надежности электроснабжения, требование к электроснабжению потребителей.
2. Классификация окружающей среды в производственных помещениях.
3. Выбор материала жилы проводника, его изоляции и способа прокладки в помещениях с указанной окружающей средой.
4. Классификация структуры электрических сетей по конструктивным признакам.
5. Выбор напряжения электрической сети по технико-экономическим критериям.
6. Режимы работы электроприемника.
7. Выбор воздушного автоматического выключателя.
8. Выбор плавкого предохранителя.
9. Выбор сечения жилы проводника по условию допустимого нагрева.
10. Назначение основного электротехнического оборудования цеха и подстанций.
11. Условно-графическое обозначение основного электротехнического оборудования цеха и подстанций на схемах.
12. Упрощенные методы определения эффективного числа электроприемников.
13. Определение расчетной электрической нагрузки.
14. Определение параметров графиков электрических нагрузок.
15. Определение номинального тока электроприемников по паспортным данным.
16. Определение тока группы электроприемников.
17. Теоретические основы принципа размещения компенсирующих устройств в распределительных сетях промышленных предприятий.
18. Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь.
19. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Причины искажений токов и напряжений в распределительных сетях и влияние этих искажений на работу электроприемников.
20. Методы оценки технико-экономических показателей и надежности схем электроснабжения промышленных предприятий.

## Литература

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 4-й выпуск (с изм. и доп., по состоянию на 1 мая 2006 г.). – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2006. – 854 с., ил.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 352 с.
3. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 320 с.
4. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Справочник: Учебное пособие.-М.: ФОРУМ: ИНФРА-М,2006.-480 с.-(Высшее образование).
5. Электроснабжение: Учеб. Пособие по курсовому и дипломному проектированию: В 2 ч. Ч.1, Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Е.Ю. Сизганова, Ю.П.Попов. Красноярск: ИПЦ, 2005, 136 с.

6. Электроснабжение: Учеб. Пособие по курсовому и дипломному проектированию: В 2 ч. Ч.2, Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Е.Ю. Сизганова, Ю.П. Попов. Красноярск: Сиб.федер.ун-т, 2007.

7. Электроснабжение. Учеб. Пособие по практическим занятиям/ Л.С. Синенко, Ю.П.Попов, Е.Ю. Сизганова. Красноярск, Сиб.федер.ун-т, 2007.

## Электроэнергетические системы и сети

### Модуль 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И КОНСТРУКЦИЯХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

- 1.1. Основные понятия и определения. Классификация электрических сетей.
- 1.2. Классификация электрических сетей по степени надёжности электроснабжения.
- 1.3. Общая характеристика и элементы воздушных линий электропередачи.
- 1.4. Кабельные линии электропередачи.
- 1.5. Провода, изоляция и арматура воздушных линий.

### Модуль 2. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

- 1.1. Схемы замещения воздушных линий электропередачи. Определение параметров схемы замещения.
- 1.2. Воздушная линия электропередачи с расщеплённой фазой.
- 1.3. Особенности определения погонных параметров кабельных линий.
- 1.4. Параметры схемы замещения двухобмоточных и трёхобмоточных трансформаторов.
- 1.5. Автотрансформатор. Особенности соединения обмоток. Понятие типовой мощности.

### Модуль 3. РАСЧЁТЫ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

- 1.1. Потери мощности в элементах электрической сети.
- 1.2. Графики нагрузки и их характеристики.
- 1.3. Задание нагрузок при расчётах установившихся режимов.
- 1.4. Расчёты режимов линии по известным параметрам нагрузки и по известным параметрам источника.
- 1.5. Расчёты режимов линии по известной мощности нагрузки и напряжению источника.
- 1.6. Расчёт режима линии на холостом ходу. Векторная диаграмма.
- 1.7. Расчёт режима электрической сети с разными номинальными напряжениями.
- 1.8. Падение и потеря напряжения.
- 1.9. Расчёт режима кольцевой сети. Однородная сеть.
- 1.10. Расчёт потокораспределения в сети с двухсторонним питанием.
- 1.11. Потери электрической энергии и методы их расчёта. Мероприятия по снижению потерь.

### Модуль 4. БАЛАНСЫ МОЩНОСТЕЙ

- 1.1. Баланс активной мощности и его связь с частотой. Первичное и вторичное регулирование частоты.
- 1.2. Баланс реактивной мощности. Основные источники и потребители реактивной мощности.

### Модуль 5. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

- 1.1. Регулирование напряжения в энергосистеме. Особенности различных КУ как устройств для регулирования напряжения.
- 1.2. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов.
- 1.3. Принципы регулирования напряжения в распределительных сетях. Встречное регулирование напряжения.

### Модуль 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

- 1.1. Основные технико-экономические показатели. Определение капитальных вложений на сооружение сети и ежегодных издержек на её эксплуатацию.
- 1.2. Основные типы понижающих подстанций. Выбор схем присоединений подстанций к электрической сети.
- 1.3. Критерий выбора оптимального варианта проектируемой сети.
- 1.4. Выбор номинального напряжения сети.
- 1.5. Выбор сечения проводов и их проверка по техническим ограничениям.

## Литература

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии /А. А. Герасименко, В. Т. Федин. Ростов-на-Дону, ФЕНИКС, Красноярск, Издательские проекты, 2006. 718 с.
2. Герасименко, А. А. Электроэнергетические системы и сети (конспект лекций) / А. А. Герасименко, Т. М. Чупак Е. С. Кинёв, Красноярск, ИПК СФУ, 2008. – 273 с.
3. Поспелов Г.Е., Лычев П.В., Федин В.Т. Электрические системы и сети: Учебник. – Мн.: УП «Технопринт», 2004.
4. Лыкин А.В. Электрические систем и сети: Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.
5. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во ЭНАС, 2005.

## Электрическая часть электростанций

1. Типы электрических станций. Особенности электрических станций разного типа. Технологический процесс производства электрической энергии на тепловой электростанции.
2. Понятие о нейтрали электрических сетей. Режимы работы нейтрали в электрических сетях разного напряжения. Величины, характеризующие сети с разными режимами работы нейтрали, и их изменение в зависимости от степени заземления нейтрали.
3. Назначение систем охлаждения синхронных генераторов. Виды систем охлаждения и агенты (вещества), используемые для охлаждения. Какую систему охлаждения имеют генераторы малой, средней и большой мощности?
4. Назначение систем возбуждения синхронных генераторов. Типы и особенности систем возбуждения синхронных генераторов. Требования к системам возбуждения.
5. Назначение и способы. Законы изменения тока возбуждения при разных способах автоматического гашения поля генераторов. При каком способе меньше время гашения поля генератора?
6. Понятие о главной схеме электрических соединений. Основные факторы и требования при выборе схем.
7. Понятие о распределительном устройстве (РУ). Состав электрооборудования РУ и его назначение.
8. Типовые схемы электрических соединений на напряжении 6 - 10 кВ в РУ электростанций и подстанций. Работа схем в нормальном, ремонтном и аварийном режимах. Где применяется схема с резервной системой шин?
9. Типовые схемы электрических соединений на напряжении 110-220 кВ в РУ электростанций и подстанций. Работа схем в нормальном, ремонтном и аварийном режимах. Когда применяют схему с обходной системой шин?
10. Схемы 3/2 (полуторная), 4/3 выключателя на присоединение в РУ-500 кВ, имеющие повышенную надежность.
11. Кольцевые схемы (многоугольников). Условия применения (число присоединений, уровень напряжения).
12. Процессы при отключении цепи переменного тока выключателем. В какой момент происходит гашение дуги переменного тока? При каком условии она вновь не загорается? Способы гашения дуги в электрических аппаратах. Чем определяется тип и конструкция высоковольтного выключателя?
13. Типы выключателей: масляные (маломасляные, баковые); воздушные; элегазовые и др., их обозначение, основные конструктивные элементы, область применения. Величины (параметры) характеризующие выключатели.
14. Принцип работы измерительного трансформатора тока. Основные параметры, типы и конструкции.
15. Принцип работы измерительного трансформатора напряжения. Основные параметры, типы и конструкции, схемы соединения обмоток.
16. Термическое действие токов короткого замыкания. Условия выбора электрических аппаратов и проводников по термической стойкости.
17. Электродинамическое действие токов короткого замыкания. Условия выбора электрических аппаратов и проводников по электродинамической стойкости.
18. Способы ограничения токов короткого замыкания: схемные решения; деление сети (стационарное и автоматическое); токоограничивающие средства. В каких электроустановках возникает необходимость ограничения токов КЗ?



19. Собственные нужды ТЭС, состав механизмов собственных нужд тепловой электростанции, их привод. Источники питания (рабочие и резервные) системы собственных нужд.

20. Автотрансформаторы. Принципиальное отличие автотрансформатора от трансформатора. Какими мощностями характеризуется автотрансформатор? Режимы работы автотрансформаторов.

21. Типы проводников, применяемых в первичных цепях электростанций и подстанций. Выбор сечения проводников. Как выбирается сечение сборных шин?

22. Условия выбора и проверки электрических аппаратов и проводников.

### **Литература**

1. Крючков, И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов и др.; Под ред. И.П. Крючкова и В.А. Старшинова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.– 416 с.

2. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

3. Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок: учеб. пособие для вузов/ Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов – М.: Изд. МЭИ, 2004. – 288 с.

4. Коваленко, И.В. Электроэнергетика. Производство электроэнергии: учеб. пособие / И.В. Коваленко, А.А. Егонский. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 176 с.

## Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

1. Назначение и требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты и автоматики. Структурная схема устройств релейной защиты.
2. Особенности работы трансформаторов тока в схемах защиты. Погрешности, порядок выбора.
3. Схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле в максимальных токовых защитах.
4. Максимальная токовая защита. Принцип действия, обеспечение селективности, расчет параметров.
5. Токовые ступенчатые защиты. Принцип действия, обеспечение селективности, расчет параметров.
6. Максимальные токовые направленные защиты. Принцип действия, расчет параметров.
7. Принцип выполнения дистанционных защит. Характеристики измерительных органов дистанционных защит. Поведение защиты при качаниях в энергосистеме.
8. Принцип действия продольной и поперечной дифференциальной защиты линий. Расчет параметров, область применения.
9. Дифференциальная защита трансформаторов. Назначение, принцип работы, причины возникновения и способы устранения повышенных значений токов небаланса дифзащиты трансформаторов.
10. Типы защит и характеристика защит трансформаторов от внешних замыканий.
11. Принцип выполнения дифференциальной защиты шин.
12. Выполнение защит электродвигателей от внутренних повреждений
13. Назначение и классификация АПВ. Расчет параметров АПВ линий с односторонним питанием.
14. Особенности применения АПВ на линиях с двухсторонним питанием. Выполнение несинхронного АПВ, АПВ с ожиданием синхронизма.
15. Согласование действия защиты и АПВ. Ускорение защиты до и после АПВ.
16. Работа релейной защиты и АПВ на линиях с ответвлениями.
17. Назначение АВР, область применения, варианты выполнения пусковых органов.
18. Назначение и правила выполнения автоматической частотной разгрузки.
19. Способы и технические средства регулирования напряжения в электрических сетях.
20. Способы включения генераторов на параллельную работу, их достоинства и недостатки.

## Литература

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. М.: Энергия, 2003.
2. Ершов Ю. А., Халезина О.П. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учеб.-метод. пособие - Красноярск: СФУ, 2012.-51с.
3. Басс Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие для вузов.- М.:МЭИ,2002.- 295с.
4. Овчаренко Н.И. Автоматика электроэнергетических систем: учеб. пособие. – М: изд-воНЦЭНАС,2007с.
5. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 336 с.

## Электротехническое материаловедение

1. Процессы намагничивания и перемангничивания ферро- и ферромагнетиков.
2. Влияние температуры, частоты и напряженности магнитного поля на величину магнитной проницаемости ферро- и ферромагнетиков.
3. Виды и возможности снижения потерь магнитной энергии в ферро- и ферромагнетиках.
4. Типы магнитного состояния вещества. Классификация и области применения магнитных материалов.
5. Магнитные материалы, используемые в областях: а) промышленных, б) звуковых, в) высоких, г) сверхвысоких частот.
6. Классификация и область применения проводниковых материалов
7. Влияние температуры, примесей, механических деформаций на величину электропроводности металлических проводников.
8. Контактная разность потенциалов в проводниковых материалах.
9. ТермоЭДС в проводниках, материалы для термопар
10. Материалы для разрывных и скользящих контактов. Требования, предъявляемые к ним.
11. Влияние температуры и напряженности электрического поля на величину электропроводности полупроводников.
12. Термоэлектрические эффекты и эффект Холла в полупроводниках.
13. Механизмы образования свободных носителей зарядов в собственном, донорном и акцепторном полупроводниках.
14. Классификация и область применения диэлектрических материалов
15. Процессы поляризации и диэлектрических потерь в неполярных диэлектриках.
16. Процессы поляризации и диэлектрических потерь в полярных диэлектриках.
17. Влияние температуры и увлажнения на величину электропроводности диэлектриков.
18. Механизмы пробоя газообразных жидких и твердых диэлектриков.

## Литература

1. Колесов С.Н, Колесов И.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов. М.: Высшая школа. 2004. – 380 с.
2. Журавлева Л.В. Электроматериаловедение. М.:Изд. центр"Академия". 2000. – 312 с.
3. Тимофеев С.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. ИПЦ КГТУ. 2006. – 51 с.
4. Электротехнические и конструкционные материалы: учебное пособие / Под ред. В. А. Филикова. – М.: Мастерство, 2000. – 280 с.

## Электрические машины

1. Конструкция и принцип действия трансформатора.
2. Холостой ход однофазного двухобмоточного трансформатора (уравнения равновесия напряжений и токов, схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов).
3. Опыт короткого замыкания трансформатора (номинальное напряжение короткого замыкания, уравнения равновесия напряжений и токов, схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов).
4. Работа силового трансформатора при симметричной нагрузке (Т-образная схема замещения, уравнения равновесия напряжений и токов, векторная диаграмма напряжений и токов при различных характерах нагрузки, внешние характеристики при различных характерах нагрузки, зависимости КПД от величины нагрузки при различных характерах нагрузки).
5. Работа силового трансформатора при симметричной нагрузке (упрощенная схема замещения, векторная диаграмма при активно-индуктивном характере нагрузки).
6. Параллельная работа силовых трансформаторов (условия включения на параллельную работу, последствия включения без абсолютного соблюдения каждого в отдельности из условий).
7. Конструкция, принцип действия и режимы работы асинхронных машин. Скольжение.
8. Двигательный режим работы асинхронной машины (уравнения равновесия напряжений и токов, Т-образная схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов, рабочие характеристики).
9. Способы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (прямой реакторный автотрансформаторный, переключением Y/Δ).
10. Реостатный способ пуска асинхронных двигателей с фазным ротором.
11. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (критерии оценки способов регулирования, регулирование амплитудой напряжения питания, регулирование изменением числа полюсов, частотное регулирование при неизменной перегрузочной способности, частотное регулирование при неизменной механической мощности на валу).
12. Конструкция и принцип действия синхронных машин.
13. Характеристики трехфазного синхронного генератора (холостого хода, нагрузочная, внешняя и регулировочная при различных характерах нагрузки, короткого замыкания).
14. Параллельная работа трехфазного синхронного генератора с сетью (условия включения; контроль и обеспечение условий; синхронизация; U-образные характеристики).
15. Угловая характеристика активной мощности синхронных машин (неявнополюсной, невозбужденной явнополюсной, возбужденной явнополюсной для генераторного или двигательного режима работы).
16. Конструкция и принцип действия машин постоянного тока.
17. Характеристики генераторов постоянного тока независимого возбуждения (холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная, короткого замыкания).
18. Способы пуска двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.
19. Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.
20. Рабочие характеристики двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.

## Литература

1. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник 4-е изд., испр.-М.: Высшая школа, 2009. – 607 с., ил.
2. Игнатович В.М., Ройз Ш.С. Электрические машины и трансформаторы: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 178с.
3. Токарев Б.Ф. Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.

## Электрические и электронные аппараты

### 1. Основы теории электрических аппаратов

1.1. Электрические контакты Определение и классификация электрических контактов. Переходное сопротивление контактов. Факторы, влияющие на переходное сопротивление. Способы уменьшения переходного сопротивления. Контактное нажатие, раствор и провал контактов. Процессы, происходящие в контакте при замыкании, в замкнутом состоянии и при размыкании. Износ контактов и способы борьбы с ним. Требования, предъявляемые к материалам контактов. Материалы контактов. Конструкции контактов.

1.2. Электрическая дуга и дугогашение. Процессы ионизации и деионизации дугового промежутка. Вольтамперные характеристики дуги постоянного и переменного тока. Условия гашения дуги постоянного тока. Способы гашения электрической дуги. Процесс восстановления напряжения на межконтактном промежутке при активной и активно-индуктивной нагрузке. Дугогасительные устройства.

1.3. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов. Источники тепла в электрических аппаратах. Процессы отдачи тепла нагретым телом. Уравнение теплового баланса. Нагрев проводника в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах. Постоянная времени и установившаяся температура нагрева проводника. Нагрев проводника при коротком замыкании. Термическая устойчивость. Классы нагревостойкости изоляции.

1.5. Магнитные цепи электрических аппаратов. Определение и классификация магнитных цепей. Конструкции магнитных цепей электромагнитных механизмов. Магнитные потоки в магнитных цепях электромагнитов. Эпюры распределения магнитных потоков и магнитных напряжений в электромагнитах. Основные законы электротехники для магнитной цепи. Методы расчета магнитных проводимостей воздушных промежутков. Схемы замещения магнитных цепей постоянного и переменного тока. Задачи расчета магнитных цепей и суть методов их решения. Особенности расчета магнитных цепей переменного тока.

1.6. Тяговые силы и динамика электромагнитов. Уравнение энергетического баланса электромагнита. Методы расчета тяговых сил электромагнитов. Расчет тяговых сил электромагнитов переменного тока. Вибрация якоря электромагнита переменного тока и методы ее устранения. Тяговые и механические характеристики электромагнитных механизмов. Параметры срабатывания и отпускания электромагнитов. Коэффициент возврата и факторы, влияющие на его величину. Время срабатывания и время отпускания электромагнитов. Конструктивные и схемные методы изменения временных параметров электромагнитов.

### 2. Аппараты кинематической коммутации

2.1. Коммутационные устройства ручного управления. Перекидные переключатели (тумблеры) – особенности конструкции и области применения. Кнопочные выключатели – принцип действия и схематические возможности. Галетные переключатели – особенности конструкции и схематические возможности. Микропереключатели как базовый коммутирующий элемент кнопок, тумблеров, кнопочных, клавишных и поворотных переключателей. Выключатели-разъединители – назначение и области применения. Конструкция контактной и дугогасительной систем выключателей-разъединителей. Пакетные выключатели – конструкция и принцип действия. Автоматические выключатели – назначение, элементы конструкции. Расцепители автоматов. Характеристики автоматов.

2.2. Коммутационные аппараты дистанционного действия. Контактторы – определение и общая характеристика. Контактторы постоянного тока. Элементы конструкции: привод, контактная система, дугогасительная система. Контактторы переменного тока – принцип действия и особенности конструкции. Вакуумные контактторы. Магнитные пускатели. Магнитные пускатели взрывозащищенного исполнения.

2.3. Электрические реле. Классификация реле. Конструкция и принцип действия реле максимального тока. Промежуточное электромагнитное реле с задержкой на срабатывание. Электромеханические реле времени. Поляризованные реле. Магнитоэлектрические и электродинамические реле. Тепловые и температурные реле. Герметизированные магнитоуправляемые контакты (герконы). Реле на герконах. Способы управления герконом.

2.4. Электромагнитные муфты управления. Конструкция и принцип действия фрикционной муфты. Порошковая муфта сцепления. Индукционные муфты: асинхронная и гистерезисная.

2.5. Аппараты контролирующих функций. Одно- и двухтактные потенциометрические датчики. Емкостные датчики. Одинарно- и дифференциально-индуктивные датчики. Трансформаторные и дифференциально-трансформаторные датчики. Индукционные датчики.

2.6. Аппараты высокого напряжения: выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели. Конструкция полюса вакуумного выключателя. Конструкция и принцип действия вакуумной дугогасительной камеры. Особенности приводного механизма вакуумного выключателя. Высоковольтные разъединители – назначение и разновидности. Конструкция контактной системы разъединителя наружной установки. Высоковольтные отделители – назначение и особенности конструкции. Короткозамыкатели – назначение и области применения.

### **3. Аппараты статической коммутации**

3.1. Классификация силовых электронных аппаратов. Элементы силовой электроники. Диоды – конструкция, принцип действия, вольтамперная характеристика. Симисторы – структура и вольтамперная характеристика симистора. Управляемые вентили – тиристоры: конструкция, принцип действия, характеристики. Транзисторы – структура и классификация.

3.2. Силовые электронные аппараты низкого напряжения. Общие принципы создания силовых электронных аппаратов низкого напряжения. Принцип искусственной коммутации тиристоров. Быстродействующий тиристорный выключатель постоянного тока. Тиристорный контактор переменного тока. Комбинированные контактно-полупроводниковые аппараты. Параллельное соединение полупроводниковых приборов в силовых блоках аппаратов.

3.3. Силовые электронные аппараты высокого напряжения. Последовательное соединения полупроводниковых приборов в высоковольтных блоках. Комбинированные аппараты высокого напряжения. Комбинированные аппараты с токоограничением.

### **Литература**

1. Кляйн Р.Я. Электрические и электронные аппараты. Уч. пособие, ч.1 «Физические явления в электрических аппаратах». – Томск: ТПУ, 2010 г. – 145 с.

1. Кляйн Р.Я. Электрические и электронные аппараты. Уч. пособие, ч. II «Электромеханические аппараты». – Томск: Издательство ТПУ, 2009 г. – 161 с.

2. Кляйн Р.Я. Электрические и электронные аппараты. Уч. пособие, ч. III «Силовые электронные аппараты». – Томск: ТПУ, 2010 г. – 233 с.

4. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 752 с.

## Электрический привод

1. Понятие «Электропривод», функциональная схема и назначение элементов электропривода.
2. Основное уравнение движения электропривода и его анализ.
3. Приведение моментов нагрузки и инерции вращающихся масс к одной оси вращения.
4. Механические характеристики двигателей и механизмов, понятие жесткости механической характеристики.
5. Установившийся режим работы электропривода, устойчивость установившегося режима.
6. Расчетная и структурная схемы одномассовой системы электропривода.
7. Основные показатели регулирования скорости в электроприводе.
8. Схема включения и анализ процесса преобразования энергии в двигателе постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения в двигательном режиме работы электропривода.
9. Схема включения и анализ процессов преобразования энергии в ДПТ независимого возбуждения в режимах рекуперативного торможения и торможения противоключением.
10. Схема включения и анализ процесса преобразования энергии в ДПТ независимого возбуждения в режиме работы автономным генератором.
11. Схема и механические характеристики асинхронно-вентильного каскада.
12. Схема и механические характеристики системы «Тиристорный преобразователь – ДПТ независимого возбуждения».
13. Схема и механические характеристики системы генератор- ДПТ независимого возбуждения.
14. Схема и механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при шунтировании обмотки якоря.
15. Схема и механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения при шунтировании обмотки якоря.
16. Схема включения и механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения в режиме динамического торможения.
17. Схема и механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при импульсном регулировании добавочного сопротивления якоря.
18. Схема и механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при импульсном регулировании добавочного сопротивления обмотки возбуждения.
19. Схема и механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при импульсном регулировании напряжения на якоре.
20. Схема и механические характеристики системы тиристорный регулятор напряжения- асинхронный двигатель (АД).
21. Схема и механические характеристики системы преобразователь частоты- АД при постоянном статическом моменте.
22. Схема включения и анализ механических характеристик АД в режиме динамического торможения.
23. Анализ механических переходных режимов в электроприводах при постоянном динамическом моменте.
24. Анализ механических переходных режимов в электроприводах при линейной зависимости динамического момента от скорости.
25. Анализ механических переходных режимов в электроприводах при нелинейной зависимости динамического момента от скорости.
26. Последовательность выбора двигателя при продолжительном режиме работы.
27. Последовательность выбора двигателя при кратковременном режиме работы.



28. Последовательность выбора двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.
29. Методы проверки двигателя на нагрев.
30. Принципы реализации замкнутого электропривода.

#### **Литература**

1. Москаленко В.В., Электрический привод. – М: Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
2. Онищенко Г.Б. Электрический привод. – М: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
3. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов/ под ред. В.М. Терехова – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.

Руководители магистерских программ

А.А. Герасименко,  
канд. техн. наук, профессор  
В. И. Пантелеев,  
д-р техн. наук, профессор  
В.Н. Тимофеев,  
д-р техн. наук, профессор  
Ю.П. Попов,  
канд. техн. наук, профессор