

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В. В. Кибартас**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический  
материал по изучению дисциплины для студентов магистратуры  
по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Electrical Power Engineering and Electrical Engineering

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 631.371

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»  
М.С. Харитонов

**Кибартас, В. В.**

Проектирование электрических аппаратов: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины «Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов» для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical Power Engineering and Electrical Engineering / **В. В. Кибартас**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 22 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины содержится рекомендации по изучению теоретического материала и самостоятельной подготовке, дано описание видов текущего контроля, критерии оценок и условия допуска к промежуточной аттестации.

Табл. – 2, список литературы – 4 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10

УДК 631.371

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Калининградский  
государственный технический  
университет», 2023 г.

© Кибартас В.В., 2023 г.

## Оглавление

Введение .....	4
1 Тематический план дисциплины .....	7
2 Содержание дисциплины.....	7
Тема 1. Электродинамические силы в электрических аппаратах .....	7
Тема 2. Нагрев электрических аппаратов .....	8
Тема 3. Электрические контакты.....	9
Тема 4. Электрическая дуга.....	10
Тема 5. Электромагниты.....	11
3 Методические указания по самостоятельной работе студентов .....	12
Заключение.....	14
Библиографический список.....	15
Приложение № 1.....	16
Приложение № 2.....	19

## Введение

Дисциплина «Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов» обеспечивает формирование у обучающихся знаний, умений и навыков для планирования, организации и осуществления управления режимами работы объектов профессиональной деятельности с учетом показателей эффективности.

Целью освоения дисциплины является ознакомление обучающихся с основными методами и подходами, применяемыми при проектировании электрических аппаратов.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с теорией электрических аппаратов, общими требованиями, предъявляемыми к электрическим аппаратам;
- изучения устройств и принципа действия электрических аппаратов; параметры, технических характеристик электрических аппаратов;
- освоение методов проектирования электрических аппаратов;
- изучение методов расчета параметров электрических аппаратов.

По завершении изучения дисциплины «Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

Знать: основные подходы и методы проектирования электрических аппаратов.

Уметь: анализировать обобщенные варианты технических решений при проектировании электрических аппаратов.

Владеть: методами расчетов основных параметров, определяющих конструктивные, функциональные и эксплуатационные характеристики электрических аппаратов.

### *Текущая и промежуточная аттестация студентов*

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по темам практических работ.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в формах курсового проекта и экзамена, соответственно относятся:

- задания по курсовому проекту;
- вопросы к экзамену.

В приложении № 1 приведены задания и контрольные вопросы к практическим занятиям. В процессе практических занятий студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины. Практические занятия проводятся с целью углубить, систематизировать и закрепить полученные на лекциях знания, привить навыки поиска, обобщения и изложения учебного материала, сформировать навыки (умение) решать практические задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией электрических аппаратов.

Курсовой проект по дисциплине является составным элементом промежуточной аттестации по модулю «Electrical Apparatus / Электрические аппараты». Целью курсового проекта является практическое применение студентами теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины касательно основных типов электрических аппаратов, применяемых в области электроэнергетики и электротехники, особенностями их конструкции и эксплуатации, режимами работы, основными методами и подходами, применяемыми при проектировании электрических аппаратов. Задания и указания по выполнению курсового проекта по дисциплине приведены в соответствующем учебно-методическом пособии. Защита курсового проекта проводится в форме публичного выступления с докладом по результатам курсового проектирования. По итогам выполнения и защиты курсового проекта оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Промежуточная аттестация по дисциплине является составным элементом промежуточной аттестации по модулю «Electrical Apparatus / Электрические аппараты». Промежуточная аттестация по модулю проводится в форме экзамена. Экзамен проходит в форме ответа на экзаменационные вопросы, содержащиеся в экзаменационном билете. Перечень вопросов к экзамену приведен в фонде оценочных средств по модулю. Оценка за экзамен выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 1. Допуск студентов к экзамену осуществляется при условии выполнения и защиты всех практических заданий с учетом результатов текущего контроля успеваемости.

### *Критерии оценивания результатов освоения дисциплины*

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота зна-</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может	Обладает минимальным набором знаний, необходи-	Обладает набором знаний, достаточным для	Обладает полной знаний и системным взглядом

<b>ний в отношении изучаемых объектов</b>	научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	мым для системного взгляда на изучаемый объект	системного взгляда на изучаемый объект	на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

### *Структура учебно-методического пособия*

Структура учебно-методического пособия включает тематический план дисциплины, содержание каждой темы дисциплины, указания для самостоятельной работы студентов, библиографический список. По каждой теме дисциплины в учебно-методическом пособии приводятся: методические указания по проведению занятия, список рекомендуемой литературы и методические материалы к занятию. В приложении приведены контрольные вопросы по дисциплине.

## 1 Тематический план дисциплины

Темы занятий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Разделы и темы занятий по дисциплине

№ п/п	Темы занятий по дисциплине
1	<b>Тема 1.</b> Электродинамические силы в электрических аппаратах
2	<b>Тема 2.</b> Нагрев электрических аппаратов
3	<b>Тема 3.</b> Электрические контакты
4	<b>Тема 4.</b> Электрическая дуга
5	<b>Тема 5.</b> Электромагниты

Примечание: Чтение лекций осуществляется традиционным способом с использованием технических средств обучения.

## 2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Электродинамические силы в электрических аппаратах

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Методы расчета электродинамических усилий.
2. Силы между параллельными проводниками.
3. Динамическая стойкость аппарата.
4. Механический резонанс.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Перечислите методы расчета электродинамических усилий.
2. Динамические усилия между двумя проводниками, в витке и катушке.
3. Динамические усилия в однофазной и трёхфазной цепях переменного тока.
4. Как влияет механический резонанс на динамическую стойкость аппарата.
5. Перечислите, каким образом классифицируются электрические аппараты.
6. Поясните, какие требования предъявляются к электрическим аппаратам.

Рекомендуемая литература:

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

2. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учеб. пособие / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, И. С. Свириденко. - Москва: Высшая школа, 2001. - 512 с.

## **Тема 2. Нагрев электрических аппаратов**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Активные потери энергии в аппаратах.
2. Установившийся процесс нагрева.
3. Нагрев аппаратов в переходных режимах.
4. Нагрев аппаратов при коротком замыкании.
5. Термическая стойкость аппаратов.
6. Опытное определение температуры в электрических аппаратах.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Потери мощности в проводнике на постоянном и переменном токах.
2. Нагрев аппаратов в переходных режимах.
3. Термическая стойкость аппарата.
4. Отвод тепла от нагретых тел.
5. Привести примеры охлаждения электрических аппаратов.

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.



2. Сипайлова, Н. Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов: учебное пособие / Н. Ю. Сипайлова. — Томск: ТПУ, 2014. — 168 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

3. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учеб. пособие / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, Свириденко, И. С. - Москва: Высшая школа, 2001. - 512 с.

### **Тема 3. Электрические контакты**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Режимы работы контактов.
2. Материалы контактов.
3. Основные конструкции контактов.
4. Процессы замыкания и размыкания контактов.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Расскажите, какие вы знаете конструкции контактного узла.
2. Перечислите требования, которые предъявляются к контактными соединениям.
3. Перечислите, какие требования предъявляются к материалам для контактных соединений.
4. Поясните, каким образом возникает переходное сопротивление в контактах и от чего оно зависит.

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

2. Сипайлова, Н. Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов: учебное пособие / Н. Ю. Сипайлова. — Томск: ТПУ, 2014. — 168 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

3. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учеб. пособие / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, Свириденко, И. С. - Москва: Высшая школа, 2001. - 512 с.

4. Аверьянова, С. А. Теория гашения дуги в электрических аппаратах. Взаимодействие дуги отключения с газовым потоком в выключателях высокого напряжения: учебное пособие / С. А. Аверьянова. — Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2015. — 68 с. — ISBN 978-5-7422-4837-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система

#### **Тема 4. Электрическая дуга**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Коммутация электрической цепи.
2. Дуга постоянного тока.
3. Процессы горения и гашения дуги переменного тока.
4. Электрическая дуга, причины ее возникновения.
5. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Опишите, какими процессами сопровождается протекание дуги
2. Перечислите и опишите способы гашения дуги постоянного тока.
3. Перечислите и опишите способы гашения дуги переменного тока.
4. Приведите примеры гашения электрической дуги в различных аппаратах.

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

2. Сипайлова, Н. Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов: учебное пособие / Н. Ю. Сипайлова. — Томск : ТПУ, 2014. — 168 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

3. Аверьянова, С. А. Теория гашения дуги в электрических аппаратах. Взаимодействие дуги отключения с газовым потоком в выключателях высокого напряжения: учебное пособие / С. А. Аверьянова. — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2015. — 68 с. — ISBN 978-5-7422-4837-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система

## Тема 5. Электромагниты

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Магнитная цепь электромагнитов постоянного тока.
2. Магнитная цепь электромагнитов переменного тока.
3. Обмотки электромагнитов.
4. Магнитные материалы для электромагнитов постоянного и переменного тока.
5. Сила тяги электромагнитов.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Магнитная цепь электромагнита. Сила тяги электромагнита на постоянном токе.
2. Автоматическая форсировка электромагнита на переменном токе. Сила тяги электромагнита на переменном токе.
3. Дайте сравнительную характеристику электромагнитов на постоянном и переменном токе.

4. Динамическая характеристика электромагнита. Ускорение и замедление срабатывания и отпускания электромагнитов.

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

2. Сипайлова, Н. Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов: учебное пособие / Н. Ю. Сипайлова. — Томск: ТПУ, 2014. — 168 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

3. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учеб. пособие / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, Свириденко, И. С. - Москва: Высшая школа, 2001. - 512 с.

### **3 Методические указания по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, является одним из основных видов деятельности обучающихся. Самостоятельная работа студентов включает в себя изучение лекционного материала и первоисточников, подготовку ко всем видам аудиторных занятий, текущему контролю и промежуточной аттестации.

Целью самостоятельной работы является более глубокое изучение студентами отдельных вопросов дисциплины с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы обучающихся являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать научно-техническую, нормативную и справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы, используемыми при изучении дисциплины «Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов», являются:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником, конспектом лекции и иными информационными ресурсами);
- изучение и конспектирование рекомендуемых источников;

- работа с электронными информационными ресурсами (ЭИОС КГТУ) и ресурсами Internet;
- работа с компьютерными программами;
- получение консультаций по вопросам изучаемой дисциплины (аудиторно, в дни консультаций по расписанию; в любой доступной форме в электронной образовательной среде ЭИОС КГТУ и другими доступными способами);
- поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме;
- подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации обучающиеся могут воспользоваться электронной библиотекой Университета, где имеется возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки Университета, так и иных электронных библиотечных систем. Также студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе или воспользоваться читальным залом. Ответы на вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения), должны быть кратко законспектированы в тетради для лекций. При подготовке к лабораторным работам студентам рекомендуется изучить соответствующий лекционный материал, а также вопросы, выносимые для самостоятельного изучения.

## **Заключение**

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по изучению дисциплины «Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов». Объем сведений, рассматриваемых на аудиторных занятиях по данной дисциплине, обеспечивает формирование базового уровня знаний и умений студентов и предполагает значительный объем самостоятельной работы для более широкого и качественного освоения основных тем дисциплины.

В пособии содержатся рекомендации по изучению теоретического материала и самостоятельной подготовке. Знания, умения и навыки в соответствующем разделе электроэнергетики и электротехники, приобретенные в ходе изучения дисциплины, позволят будущим специалистам в дальнейшем успешно решать практические задачи в профессиональной деятельности.

## Библиографический список

1. Основы теории электрических аппаратов: учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
2. Сипайлова, Н. Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов: учебное пособие / Н. Ю. Сипайлова. — Томск: ТПУ, 2014. — 168 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
3. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования : учеб. пособие / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, Свириденко, И. С. - Москва: Высшая школа, 2001. - 512 с.
4. Аверьянова, С. А. Теория гашения дуги в электрических аппаратах. Взаимодействие дуги отключения с газовым потоком в выключателях высокого напряжения: учебное пособие / С. А. Аверьянова. — Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2015. — 68 с. — ISBN 978-5-7422-4837-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система

**ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Задание № 1 Изучение конструкции, характеристик теплового реле и аппаратуры защиты

Цель работы: Ознакомление с конструкцией и принципом действия тепловых реле и автоматических выключателей, их применением для защиты электроприводов от перегрузки.

Контрольные вопросы

1. Назначение и конструкция тепловых реле.
2. Устройство автомата тепловой защиты электрических цепей.
3. Что происходит с биметаллической пластинкой при ее нагревании?
4. Что представляет собой изгибная и температурная переходные характеристики биметаллической пластинки?
5. Назначение и конструкция автоматического выключателя.

Задание № 2 Изучение устройства, основных свойств и характеристик аппаратов защиты электропривода

Цель работы. Изучение устройства, основных свойств и характеристик элементов защиты электропривода и схемы реверсивного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи магнитного пускателя.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличительный признак асинхронного двигателя?
2. Каковы особенности работы магнитного пускателя при управлении асинхронным двигателем?
3. Для какой цели совместно с магнитными пускателями применяются тепловые реле?
4. Как можно изменить направление вращения ротора асинхронного двигателя?
5. В чем состоит неисправность, если при нажатии на кнопку SB1 двигатель включается, а после прекращения нажатия – отключается?
6. Приведите примеры реверсивного вращения электродвигателя?

Задание № 3 Изучение реле времени

Цель работы: Изучение устройства и принципа действия реле времени различных типов.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены реле времени?



2. Что называют временем срабатывания реле?
3. Какими методами осуществляется замедление срабатывания (отпускания) реле?
4. Что такое электромагнитное демпфирование, применяемое в реле времени с электромагнитной задержкой?
5. Чем определяется выдержка времени в электромагнитном реле времени с пневматической задержкой?
6. Чем определяется выдержка времени в электромеханическом реле часовым механизмом?
7. В чем состоит принцип действия электромеханического реле с часовым механизмом?
8. Для чего предназначены программные (моторные) реле времени?
9. Какие конструктивные отличия имеет моторное реле времени от часовых?
10. Как в моторных реле времени производится установка времени срабатывания контактных групп?
11. Как производится включение выбранного реле времени на лабораторной установке?
12. Приведите примеры промышленного использования реле времени.

#### Задание № 4 Изучение многоцепного командного прибора МКП

Цель работы: изучение аппаратуры циклового управления электрическими устройствами с помощью многоцепного командного прибора МКП.

##### Контрольные вопросы

1. Назначение многоцепного командного прибора.
2. В чем заключается принцип действия многоцепного командного прибора?
3. Для чего служат кулачки, установленные на программном барабане?
4. Как устанавливается длительность цикла работы и время включения (выключения) контактов?
5. Приведите примеры технологических процессов, где можно использовать многоцепной командный прибор.

#### Задание № 5 Изучение фотоэлектрических реле различных типов

Цель работы: Ознакомление с параметрами и изучение принципов действия и устройств фотодатчиков и фотореле различных типов.

##### Контрольные вопросы

1. Что представляют собой фотоэлементы?
2. Какие виды фотоэлементов вы знаете?

3. В чем состоит принцип работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом?
4. Какой вид имеет вольтамперная характеристика фоторезистора?
5. Какова зависимость вида характеристики от светового потока?
6. Какие приборы применяются для снятия характеристики фоторезистора?
7. Как изменяется сопротивление фоторезистора при попадании на него световых лучей?
8. На чем основывается принцип работы фотодиодов и фототранзисторов?
9. Приведите примеры промышленного использования фотодатчиков?

#### Задание № 6 Релейные элементы

Цель работы: Ознакомление с устройством и принципом действия электромагнитных реле различных типов; определение напряжения срабатывания и отпускания, изучение способов увеличения времени отпускания.

#### Контрольные вопросы

1. На чем основывается работа электромагнитного реле?
2. Чем отличается поляризованное реле от нейтрального?
3. Какую роль играет конденсатор при создании выдержки времени на отпускание реле?
4. За счет чего изменяется положение якоря поляризованного электромагнитного реле?
5. В чем заключаются усилительные свойства реле?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«DESIGN OF ELECTRICAL APPARATUS / ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»**

1. Назначение и классификация электрических аппаратов.
2. Требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.
3. Электромеханические аппараты автоматики.
4. Электромеханические аппараты управления.
5. Электромеханические аппараты распределительных устройств.
6. Электромеханические аппараты релейной защиты.
7. Допустимые и максимальные температуры электрических аппаратов в нормальном режиме.
8. Основные источники тепла в электрических аппаратах.
9. Допустимые температуры нагрева изолированных и неизолированных токоведущих частей электрических аппаратов.
10. Допустимые температуры нагрева изолированных и неизолированных токоведущих частей электрических аппаратов при коротких замыканиях.
11. Допустимые температуры нагрева нетокковедущих частей электрических аппаратов.
12. Понятия о видах теплообмена.
13. Нагрев токоведущих частей переменного сечения
14. Нагрев катушек электромагнита переменного тока.
15. Нагрев катушек электромагнита постоянного тока.
16. Процесс нагрева при коротком замыкании. Понятие о термической устойчивости.
17. Влияние размеров и формы сечения проводников на величину электродинамических усилий.
18. Определение электродинамических сил при наличии в контуре ферромагнитных частей.
19. Электродинамические силы при переменном токе в однофазной системе.
20. Электродинамические силы при переменном токе в трехфазной системе.
21. Электродинамическая устойчивость электрического аппарата.
22. Электродинамические усилия в витке, катушке и между катушками.
23. Электродинамические усилия при наличии ферромагнитных частей.
24. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.

25. Механический резонанс.
26. Электродинамические силы при переменном токе.
27. Процессы ионизации и деионизации дугового промежутка.
28. Характеристики электрической дуги.
29. Восстановление напряжения на дуговом промежутке при гашении дуги переменного тока.
30. Гашение дуги при отключении малых индуктивных и емкостных токов.
31. Устройства для гашения электрической дуги постоянного тока.
32. Устройства для гашения электрической дуги переменного тока.
33. Энергетический баланс электрической дуги.
34. Классификация и конструкция контактных соединений.
35. Сопротивление контакта и его составляющие.
36. Режим работы контактов.
37. Материалы контактов.
38. Конструкция твердометаллических контактов.
39. Жидкометаллические контакты.
40. Устойчивость контактов и контактных соединений при токах короткого замыкания.
41. Нагрев электрических контактов. Сваривание контактов.
42. Разомкнутое состояние контактов. Процесс замыкания контактов. Процесс размыкания контактов.
43. Эрозия контактов под действием малых токов. Износ контактов при больших токах.
44. Схема замещения электромагнитов постоянного и переменного тока.
45. Расчет магнитных цепей при постоянном токе без учета потоков рассеяния.
46. Расчет магнитной цепи методом участков.
47. Расчет магнитной цепи с помощью коэффициентов рассеяния.
48. Электромагнитные системы электрических аппаратов: классификация, основные определения.
49. Законы, используемые при расчетах магнитной цепи постоянного тока.
50. Законы, используемые при расчетах магнитной цепи переменного тока.
51. Особенности расчета магнитной цепи при переменном токе.
52. Магнитные проводимости воздушных зазоров.
53. Катушки магнитных систем: типы, основные параметры, способы включения.
54. Основные характеристики и параметры электромагнитов.
55. Сравнение электромагнитов постоянного и переменного токов.

56. Способы ускорения и замедления движения якоря при срабатывании и отпуске якоря электромагнита.

57. Тяговая сила и тяговые характеристики электромагнитов постоянного тока.

58. Тяговая сила электромагнита переменного тока.

59. Устранение вибраций якоря однофазных электромагнитов переменного тока.

60. Рабочий цикл электромагнитов.

Локальный электронный методический материал

Виктор Витаутасович Кибартас

DESIGN OF ELECTRICAL APPARATUS / ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,6. Печ. л. 1,4.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1