

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

**Н. В. Бочарова**

## **Электротехника и электроснабжение**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов бакалавриата  
по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 631.371

Рецензент

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

**Бочарова, Н. В.**

Электротехника и электроснабжение: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство – профиль подготовки: теплогазоснабжение и вентиляция; водоснабжение и водоотведение / **Н. В. Бочарова.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 21 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины представлен тематический план дисциплины, методические рекомендации по изучению каждой темы, а также вопросы для самостоятельной работы.

Табл. 1, список лит. –7 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 25.11.2022 г., протокол № 03

УДК 631.371

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Бочарова Н. В., 2022 г.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Тематический план занятий .....	8
Тема 1. Линейные электрические цепи постоянного тока. Электрические цепи переменного однофазного тока. ....	8
Тема 2. Трехфазные линейные электрические цепи переменного тока .....	10
Тема 3. Электрические измерения и приборы.....	12
Тема 4. Электрические трансформаторы .....	13
Тема 5. Электрические машины .....	14
Тема 6. Электропривод строительных машин .....	16
Тема 7. Электрооборудование и электроснабжение.....	17
2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов .....	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехника и электроснабжение» входит в состав основной профессиональной образовательной программы высшего образования бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (профиль подготовки: теплогазоснабжение и вентиляция, водоснабжение и водоотведение).

*Целью* освоения дисциплины «Электротехника и электроснабжение» является: формирование знаний в области теории и анализа электрических и цепей, рассматриваемых как модели реальных электротехнических устройств, используемых в строительных отраслях промышленности.

*Задачи дисциплины:*

- изучение методов расчета однофазных и трехфазных электрических цепей;
- изучение многообразных физических явлений и процессов, происходящих в электрических машинах;
- приобретение навыков правильного выбора измерительных устройств контроля электрических и неэлектрических параметров.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: основы теории электрических цепей; назначение и принцип действия трансформаторов и электрических машин; устройство электроприводов; средства измерения электрических и неэлектрических величин;

уметь: выбирать и использовать электрооборудование и средства механизации, применяемые на строительных объектах;

владеть: навыками правильного выбора измерительных устройств контроля электрических и неэлектрических параметров;

Дисциплина опирается на компетенции, знания, умения, навыки студентов, при изучении такой дисциплины как «Физика».

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:

- задания и контрольные вопросы для лабораторных занятий;
- тестовые задания по дисциплине;
- расчетно-графическая работа.

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Электротехника и электроснабжение» предусмотрены лабораторные занятия. Подготовку к лабораторной работе студенты должны начинать с повторения теоретического материала по теме и только после этого знакомиться с описанием лабораторной

работы, заканчивая разбором контрольных вопросов. В процессе подготовки необходимо начертить принципиальную схему лабораторной установки и подготовить таблицы для записи полученных данных в процессе выполнения работы. Готовность студента к выполнению лабораторной работы проверяется преподавателем путем опроса по содержанию выполняемой работы. Студенты, не подготовленные к выполнению лабораторной работы, не допускаются к выполнению работы, и при этом оставшееся до конца занятия время студент должен использовать для подготовки к данной лабораторной работе. Время на отработку пропущенной лабораторной работы согласовывается с преподавателем. Отчеты по лабораторным работам студенты представляют преподавателю в конце данного занятия и особых случаях в срок по указанию преподавателя. Зачет по лабораторной работе выставляется после представления отчета, его проверки и устранения замечаний. При проверке отчета преподаватель путем опроса устанавливает понимание студентом физических принципов и методики проведения лабораторной работы.

Тестовые задания используются для текущего контроля усвоения дисциплины. Каждый вариант тестов включает в себя 15 вопросов, на каждый из которых приведены четыре варианта ответов. «Зачтено» выставляется, если 50-100 % правильных ответов, «не зачтено» - менее 50 % правильных ответов.

В соответствии с учебным планом по дисциплине предусмотрена расчетно-графическая работа. В процессе работы над РГР студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины. Руководство по выполнению РГР осуществляется преподавателем кафедры энергетики, читающим соответствующую дисциплину, и заключается в консультациях, контроле качества и хода поэтапного выполнения работы студентом.

Целью расчетно-графической работы является обобщение знаний, полученных на лекционных и лабораторных занятиях, а также развитие у студентов навыков инженерной разработки и проектирования электроэнергетических систем.

В результате выполнения расчетно-графической работы студент должен:  
знать:

- назначение, устройство, принцип действия трансформатора;
- назначение, устройство, принцип действия асинхронного электродвигателя;

уметь:

- рассчитать токи в цепях питания электродвигателя;
- выбрать сечение кабеля;
- рассчитать общее освещение объекта;

- рассчитать суммарную мощность электроэнергии, потребляемую объектом;

- рассчитать мощность батареи конденсаторов, обеспечивающих заданную величину коэффициента мощности.

владеть:

- основами современных методов проектирования и расчета систем инженерного оборудования строительных объектов.

Критерии оценки РГР:

Оценка «отлично» выставляется, если РГР выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, соответствует заданию, полностью выполнены расчётная и графическая часть. При защите РГР студент демонстрирует знания по теме РГР и отвечает на все поставленные вопросы, РГР оформлена в соответствии с требованиями настоящих методических указаний.

Оценка «хорошо» выставляется, если РГР выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, но допущены погрешности в расчётах, которые не оказали кардинального влияния на конечный результат, имеются несущественные ошибки в графических построениях, студент допускает непринципиальные ошибки при ответе на отдельные вопросы при защите РГР.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если РГР выполнена по исходным данным в соответствии с вариантом, но при этом допущены неточности в расчётах и ошибки в графических построениях, которые студент осознает и может исправить при защите, студент затрудняется при ответе на два-три вопроса при защите РГР, нарушены требования к оформлению работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если содержание РГР частично или полностью не соответствует заданию, содержит принципиальные ошибки. При защите студент не может объяснить смысл представленных вычислений и построений, не отвечает на вопросы, предлагаемые к защите РГР. В этом случае РГР возвращается студенту для исправления ошибок.

Оценка, полученная за РГР, учитывается при выставлении экзаменационной оценки.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Система оценивания результатов экзамена включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 1 - Критерии оценивания устных ответов

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не могут научно-корректно	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для	Обладает набором знаний, достаточным для системного	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	системного взгляда на изучаемый объект	взгляда на изучаемый объект	объект
Работа с информацией	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
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	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

К экзамену допускаются студенты, которые выполнили и защитили задания по лабораторным работам, расчетно-графическую работу, а также по

результатам тестирования. Вопросы к экзамену и билеты утверждаются на заседании кафедры и подписываются заведующим кафедрой.

В данном учебно-методическом пособии представлены методические материалы по изучению дисциплины, включающие тематический план занятий с перечнем ключевых вопросов для каждой лекции, методическими указаниями и вопросами для самоконтроля, а также приводится список рекомендуемой литературы.

## **1. Тематический план занятий**

### **Тема 1. Линейные электрические цепи постоянного тока. Электрические цепи переменного однофазного тока.**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Электрические цепи постоянного тока.
2. Схемы замещения.
3. Основные параметры электрической цепи.
4. Закон Ома.
5. Законы Кирхгофа.
6. Основные понятия, термины, определения и символика.
7. Особенности преобразования электроэнергии.
8. Анализ электрических состояний линейной цепи с последовательно соединенными элементами  $r$ ,  $l$ , и  $c$  классическим методом. Резонанс напряжений.
9. Анализ состояний линейной цепи с параллельно включенными элементами  $r$ ,  $l$  и  $c$  классическим методом. Резонанс токов.

По данной теме предусмотрено лекционное и лабораторные занятия:

#### **Лабораторная работа №1**

«Исследование цепи со смешанным соединением приемников на постоянном и переменном токе»

#### **Цель работы:**

Опытная проверка основных соотношений для цепи со смешанным (последовательным и параллельным) соединением приемников при питании постоянным и переменным током.

#### **Лабораторная работа №2**

«Определение мощности в цепях переменного тока при различном характере сопротивлений»

#### **Цель работы:**

Исследование цепи с активными и реактивными потребителями и влияние их на загрузку генераторов, а также первичных двигателей генераторов.



## Лабораторная работа №3

### «Исследование последовательной цепи однофазного переменного тока»

#### Цель работы:

Экспериментальное исследование цепи, состоящей из последовательно включенных активного, индуктивного и емкостного элементов и получение резонанса напряжений в этой цепи путем изменения емкости.

#### Методические рекомендации по теме:

Следует хорошо понять принципиальное различие между источниками напряжения и источниками тока. Если внутреннее сопротивление источника намного меньше, чем сопротивление приемника, тогда  $E = I r_{\text{в}} + I r_{\text{п}} \approx I r_{\text{п}}$ . В этом случае  $U = U = I r_{\text{п}} = \text{const}$ , т.е. напряжение есть величина постоянная. Такой источник называется источником напряжения. Если внутреннее сопротивление намного больше, чем сопротивление приемника, тогда  $E = I r_{\text{в}} + I r_{\text{п}} \approx I r_{\text{в}}$ , т.е.  $I = E g_{\text{в}}$ . В этом случае ток источника не зависит от сопротивления и  $I = \text{const}$ . Такой источник называется источником тока. Одним из важных вопросов этого раздела является расчет распределения токов в разветвленных линейных цепях с несколькими источниками питания. Основным методом расчета является метод непосредственного применения законов Кирхгофа. Пусть цепь, которую нужно рассчитать, содержит  $m$  ветвей и  $n$  узлов. Так как по каждой ветви проходит свой ток, то число неизвестных токов равно числу ветвей и для определения их необходимо составить  $m$  уравнений. В результате получается система из  $m$  уравнений. Решение этой системы позволяет определить не только числовые значения токов, но и их действительные направления.

Одним из важных вопросов для раздела «Электрические цепи переменного тока. Однофазные цепи» является расчет цепей, в частности при смешанном соединении различного рода (активных и реактивных) сопротивлений. Все методы расчета линейных цепей постоянного тока могут быть применены для расчета сложных цепей синусоидального тока.

При включении в цепь индуктивности  $L$  говорят об индуктивном сопротивлении, индуктивном падении напряжения или индуктивной составляющей напряжения. В этих понятиях есть условность. При включении в цепь катушки, обладающей активным сопротивлением  $r$  и индуктивностью  $L$ , на переменное синусоидальное напряжение по 2-му закону Кирхгофа записывается так:  $u = ir + (-e_L)$ . Это объясняется следующим: часть напряжения от  $u$  падает на сопротивлении  $r$  ( $ir$ ), а остальная часть – на компенсацию возникающей в  $L$  э.д.с. самоиндукции (т.е.  $-e_L$ ). Численно же эта величина возникающей э.д.с. равна  $e_L = \omega LI$ . Т.к.  $\omega L$  выражается в Омах, то  $x_L = \omega L$  называется реактивным индуктивным сопротивлением, а  $x_L I$  называют индуктивным падением напряжения (по аналогии с произведением  $rI$ ).

Изучая явление резонанса, необходимо усвоить следующее. При резонансе напряжение и ток на зажимах цепи всегда совпадают по фазе. Настройка же цепи на резонанс зависит от схемы соединения индуктивности и емкости. Для последовательной цепи условием резонанса является равенство индуктивного и емкостного сопротивлений. Для цепи, содержащей параллельный контур, в одной из ветвей которого находится индуктивность, а другой – емкость, условием резонанса является равенство реактивных проводимостей.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Начертите схему электрической цепи, состоящей из источника, потребителя и соединительных проводов между ними. Обозначьте элементы схемы и напишите выражение закона Ома для всей цепи.

2. Сформулируйте законы Кирхгофа и запишите их математическое выражение.

3. Сформулируйте определение понятия действующего значения периодического синусоидального тока.

4. Напишите выражение для мгновенного значения тока в цепи, состоящей из соединенных последовательно активного и индуктивного элементов, если к зажимам цепи приложено синусоидальное напряжение, имеющего начальную фазу равную нулю.

5. В цепь включены последовательно две катушки и конденсатор. Действующее значение напряжения  $U$ . Напишите выражения для действующего значения тока и коэффициента мощности цепи. Постройте векторную диаграмму.

6. Определите условия для наступления в цепи резонанса напряжений и начертите для этого режима векторную диаграмму.

7. Напишите условие наступления резонанса токов, выраженное через сопротивления параллельных ветвей.

**Тема 2. Трехфазные линейные электрические цепи переменного тока**

**Ключевые вопросы темы:**

1. Основные понятия и определения трехфазных систем синусоидального тока промышленной частоты.

2. Симметричные режимы трехфазной цепи.

3. Анализ состояний трехфазных цепей при несимметричной нагрузке.

4. Использование трехфазных цепей.

5. Мощность электроприемников.

Предусмотрено лекционное и лабораторное занятие:

Лабораторная работа № 4

«Исследование цепи трехфазного переменного тока при соединении приемников «звездой»

Цель работы:

Опытная проверка основных соотношений для цепи для цепи трехфазного переменного тока при соединении приемников «звездой» как для равномерной, так и для неравномерной нагрузки фаз.

#### **Методические рекомендации по теме:**

В трехфазной цепи могут иметь место два режима: симметричный и несимметричный. При симметричном режиме напряжения на зажимах приемника образуют симметричную систему, а активные и реактивные сопротивления в фазах приемника (нагрузки) соответственно одинаковы; в противном случае имеет место несимметричный режим.

Расчет трехфазной цепи в симметричном режиме сводится к расчету одной фазы и производится аналогично расчету обычной цепи синусоидального переменного тока.

При несимметричном режиме трехфазной цепи для расчета ее также могут быть применены методы, используемые в расчете обычных цепей синусоидального переменного тока. Трехфазная цепь рассматривается как разветвленная цепь с тремя источниками питания.

В несимметричном приемнике, соединенном по схеме «звезда без нейтрального провода». Напряжения на зажимах фаз получаются неравными. Поэтому осветительную нагрузку нужно соединять либо по схеме «звезда с нейтральным проводом», либо по схеме «треугольник».

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. В трехфазную линию включены три приемника по схеме «треугольник». Начертите соответствующую схему и включите в нее электрические приборы для измерения линейных и фазных токов и напряжений.

2. Начертите такую же схему для приемников, соединенных по схеме «звезда» с нейтральным проводом.

3. Напишите выражения для мгновенных значений напряжений, образующих трехфазную симметричную систему (для фазы А принять начальную фазу напряжения равной нулю).

4. Напишите выражения для активной, реактивной и полной мощностей трехфазной системы.

5. Начертите векторную диаграмму векторов напряжений и токов для трехфазной системы, соединенной в «звезду», если в одну фазу включено активное сопротивление, в другую фазу – индуктивное сопротивление, а в третью фазу – емкостное.

6. Начертите векторную диаграмму векторов напряжений и токов для трехфазной системы, соединенной в «треугольник», если в одну фазу включено активное сопротивление, в другую фазу – индуктивное сопротивление, а в третью фазу – емкостное.

### **Тема 3. Электрические измерения и приборы**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Общие сведения, термины, определения.
2. Принцип построения электроизмерительных приборов.
3. Метрологические характеристики электроизмерительных приборов.
4. Методы измерения электрических величин: тока, напряжения, мощности.
5. Представление о цифровых электроизмерительных приборах.
6. Общие сведения об электрических измерениях неэлектрических величин.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

#### **Методические рекомендации по теме.**

Электроизмерительные приборы подразделяются на приборы непосредственной оценки и приборы, работающие по методу сравнения. К первой группе относятся наиболее распространенные приборы: амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики.

Приборы непосредственной оценки подразделяются на системы в зависимости от того, на каком принципе создается вращающий момент в электроизмерительном механизме. Наиболее употребительные системы: магнитоэлектрическая, электромагнитная, электромагнитная. Индукционная.

Качество (точность) электроизмерительного прибора оценивается приведенной основной погрешностью. Под ней понимают отношение абсолютной погрешности прибора к пределу измерения данного прибора.

Электроизмерительные приборы непосредственной оценки подразделяются на следующие классы точности: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0. Класс точности характеризуется допустимой приведенной основной погрешностью. Будучи выражена в %, эта погрешность соответствует классу точности.

Для различия систем приборов и для правильного их использования на них наносятся обозначения, указывающие систему прибора, класс точности, род тока, способ установки, напряжения испытания изоляции.

Для увеличения точности измерения следует выбирать прибор с таким пределом измерения, чтобы значение измеряемой величины лежало в правой части шкалы.

На ваттметрах у зажимов имеются обозначения «звездочка» или «плюс», служащие для того, чтобы отличать «начала» обмоток катушек от их «концов». Только при соблюдении определенных направлений токов в катушках стрелка будет отклоняться в нужную сторону. К зажимам с обозначением «звездочка» должны присоединяться провода, идущие к источнику питания, а не к нагрузке.

При несоблюдении этого условия стрелка будет стремиться отклониться влево, за нуль шкалы.

Измерение неэлектрических величин возможно при условии преобразования неэлектрических величин в электрические. Нужно усвоить принципы основных преобразователей (датчиков). На примере мостовой схемы следует усвоить принципы измерения неэлектрических величин.

Следует разобраться в принципиальных отличиях аналоговых измерительных приборов (непрерывного действия) от цифровых (дискретного действия).

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объясните сущность обозначений на приборе.
2. В чем различие между приборами электродинамической и ферродинамической систем?
3. Начертите схему включения ваттметра, предназначенного для измерения активной мощности, потребляемой приемником.
4. В каких случаях возникает уравнивающий ток?
5. Объясните, почему сопротивление амперметра должно быть мало, а сопротивление вольтметра – велико?
6. Какой из погрешностей оценивается точность измерительного прибора?
7. Для чего служит шунт в амперметре?

### **Тема 4. Электрические трансформаторы**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Основные понятия и принцип действия однофазного двухобмоточного трансформатора.
2. Уравнение электромагнитного равновесия однофазного трансформатора и его векторная диаграмма.
3. Схема замещения.
4. Разновидности трансформаторов и их использование: трехфазные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы..

#### **Методические рекомендации по теме.**

В работе трансформатора важную роль играет то положение, что при изменении нагрузки трансформатора в широком диапазоне магнитный поток может считаться практически неизменным. Напряжение на зажимах первичной обмотки уравнивается электродвижущей силой первичной обмотки и падением напряжения в первичной обмотке.  $E_1$  при номинальной нагрузке составляет  $(0.95 - 0.97) U_1$ . Увеличение тока даже в два раза может вызвать уменьшение  $E_1$  всего до  $(0.93 - 0.95)U_1$ . Поэтому практически изменение э.д.с. настолько незначительно, что она может считаться неизменной. Но  $E_1$  пропорциональна амплитудному значению магнитного потока. Отсюда и

вытекает сформулированное выше положение о неизменности магнитного потока. Основываясь на этом положении можно объяснить почему при изменении нагрузки трансформатора, а значит и тока во вторичной обмотке, одновременно изменяется ток в первичной обмотке. Положение о неизменности магнитного потока относится не только к трансформаторам. Но также и к машинам переменного тока – асинхронным и синхронным.

В трехфазных трансформаторах алгебраическая сумма мгновенных значений синусоидальных магнитных потоков в сердечнике равна нулю, поэтому необходимость в нейтральном стержне отпадает и трехфазный трансформатор выполняется в виде трехстержневого.

Теория трансформаторов полностью распространяется на автотрансформаторы и измерительные трансформаторы. Следует обратить внимание на область их применения и их особенности.

По данной теме предусмотрено лекционное и лабораторное занятие:

Лабораторная работа №5

«Испытание двухобмоточного однофазного трансформатора»

Цель работы:

Освоить методы испытаний трансформатора и рассчитать его параметры.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Назначение и принцип работы трансформатора.
2. Почему обмотки высшего и низшего напряжения размещают на одном стержне?
3. Какие потери в трансформаторе являются постоянными а какие переменными?
4. Как устроен трехфазный трансформатор?
5. Каковы достоинства и недостатки автотрансформатора?
6. Какие трансформаторы называют измерительными?

**Тема 5. Электрические машины**

**Ключевые вопросы темы:**

1. Машины постоянного тока. Характеристики машин постоянного тока.
2. Трехфазные асинхронные двигатели. Принцип действия асинхронного двигателя. Механические и рабочие характеристики асинхронного двигателя.
3. Синхронные машины.

**Методические рекомендации по теме.**

Особое внимание следует обратить на механические свойства двигателей постоянного тока. Только понимая эти свойства, можно решить вопрос о пригодности того или иного двигателя постоянного тока для привода определенного механизма. Лишь на основе этих свойств станет понятно, почему для привода металлорежущего станка применяется двигатель с параллельным

возбуждением, а для привода подъемного механизма – двигатель с последовательным возбуждением. В противоположность асинхронному двигателю двигатель постоянного тока всегда пускается в ход посредством пускового реостата, ограничивающего величину пускового тока. С другой стороны двигатель постоянного тока допускает плавное регулирование скорости, а асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором практически допускает лишь ступенчатое регулирование скорости вращения. Эти различия должны учитываться при выборе приводного двигателя для рабочего механизма.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, как правило, пускаются в ход прямым включением в сеть без применения специальных пусковых устройств. Хорошие пусковые свойства асинхронного двигателя объясняются тем, что при пуске в ход сопротивление обмотки намного больше, чем при нормальной работе. Нужно разобраться в причине этого явления. Изучая способы регулирования скорости вращения ротора, нужно отчетливо представлять себе вид механических характеристик, соответствующих различным способам регулирования.

Синхронная машина, присоединенная к сети, может работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя. В обоих режимах вращение ротора происходит с синхронной скоростью без каких-либо устройств для поддержания синхронизма. Изучение процессов, имеющих место в синхронной машине, существенно облегчается, если воспользоваться механической моделью. Трехфазная система токов в обмотке якоря создает вращающееся магнитное поле. Это поле может быть заменено полюсной системой, скользящей вдоль внутренней поверхности статора с постоянной скоростью, равной скорости вращения магнитного поля. Две вращающиеся полюсные системы ротора и воображаемая, эквивалентному вращающемуся магнитному полю, неподвижны одна относительно другой. Между ними возникают силы магнитного притяжения, которые могут быть представлены упругими связями, соединяющими обе системы. Благодаря этим связям достигается синхронность вращения ротора и магнитного поля. Если будет превышен предел нагрузки машины, то произойдет разрыв упругих связей. После этого скорость вращения ротора становится уже не зависящей от скорости вращения магнитного поля. Это явление называется выпадением из синхронизма. Работа синхронной машины в таком режиме невозможна. Упругие связи между двумя вращающимися полюсными системами могут появиться только в том случае, если обе системы вращаются синхронно, а их полюса располагаются надлежащим образом. По этой причине пуск синхронного двигателя не может быть произведен прямым включением в сеть. Синхронный двигатель пускается, как асинхронный, и только после достижения ротором скорости, близкой к синхронной, переводится

в синхронный режим. Усложнение процесса пуска является существенным недостатком синхронного двигателя.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объясните принцип работы машины постоянного тока в качестве генератора и двигателя.
2. Что такое коммутация в машине постоянного тока?
3. Напишите уравнения по второму закону Кирхгофа для машины постоянного тока, работающей в режиме генератора и в режиме двигателя.
4. Какие двигатели постоянного тока (с какой системой возбуждения) применяются в подъемно-транспортных механизмах.
5. Почему с увеличением механической нагрузки на вал асинхронного двигателя возрастает потребляемая из сети двигателем мощность?
6. Объясните принцип работы асинхронного двигателя.
7. Как осуществить изменение вращения ротора асинхронного двигателя?
8. Что называется механической характеристикой асинхронного электродвигателя?
9. Что понимают под скольжением асинхронного двигателя?
10. Опишите конструкцию синхронной машины.
11. В чем заключается явление реакции якоря синхронной машины?

## **Тема 6. Электропривод строительных машин**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Понятие об электроприводе.
2. Режимы работы электропривода: продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.
3. Механические характеристики электродвигателей.
4. Выбор электродвигателей для электроприводов: выбор мощности электродвигателя, работающего в продолжительном режиме; выбор мощности электродвигателя, работающего с переменной нагрузкой; выбор мощности электродвигателя для повторно-кратковременного режима.
5. Схемы управления электроприводами.
6. Регулирование скорости привода.
7. Электронагрев в строительном производстве.

### **Методические рекомендации по теме.**

Выбор мощности приводного двигателя связан с режимом его работы, который в свою очередь зависит от режима работы приводного механизма. Если на станке производится обточка вала большой длины и большого диаметра, то приводной двигатель работает в продолжительном режиме и с постоянной



скоростью. Если же нужно произвести несколько операций, например, при обработке небольшой детали, которую обтачивают снаружи и растачивают внутри, то приводной двигатель работает в повторно-кратковременном режиме или в продолжительном режиме с переменной нагрузкой. При разборе схем управления электродвигателем нужно помнить, что все элементы одного и того же аппарата обозначаются одинаково. В схемах управления приводными двигателями для их защиты применяются предохранители и тепловые реле или реле максимального тока. Первые служат для защиты от возможных коротких замыканий, а вторые для защиты от недопустимо больших перегрузок.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как определяется продолжительность пуска и торможения привода?
2. Какие номинальные режимы работы установлены для приводных двигателей?
3. Напишите выражение для постоянной времени нагрева и объясните физический смысл этой величины.
4. Начертите на общем графике три кривые нагрева двигателя: при номинальной нагрузке, при нагрузке значительно меньшей, чем номинальная, при нагрузке значительно большей, чем номинальная?
5. Объясните сущность метода эквивалентных значений тока, момента, мощности для выбора мощности двигателя.
6. Объясните сущность метода средних потерь для выбора мощности двигателя.

### **Тема 7. Электрооборудование и электроснабжение**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Система электроснабжения объектов строительства.
2. Потребители электроэнергии в системах электроснабжения строительного производства.
3. Источники электроснабжения.
4. Напряжения электрических сетей.
5. Электрическое освещение.
6. Методы расчета при проектировании освещения: метод удельной мощности; метод коэффициента использования; точечный метод.

#### **Методические рекомендации по теме.**

Система электроснабжения объектов строительства представляет собой совокупность электроустановок и устройств, предназначенных для производства, передачи и распределения электроэнергии, ее учета и контроля показаний качества. Наиболее распространенной схемой получения электроэнергии от районных электрических сетей региональной энергосистемы.

Потребителями электроэнергии в системах электроснабжения строительного производства чаще всего являются электроприемники как часть технологической установки: станки различного назначения, землеройные машины, строительско-монтажные краны, в которых электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую; электрические печи, установки прогрева бетона, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую; установки электрического освещения для внутреннего и наружного освещения, в которых электрическая энергия преобразуется в световую и тепловую.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что представляет собой система электроснабжения объектов строительства?
2. Что понимают под приемниками или потребителями электрической энергии?
3. Что является источниками электроснабжения?
4. Какова величина напряжения, применяемого на строительных площадках до 1кВ?
5. Какие рекомендации можно использовать при выборе напряжения?
6. На какие виды по своему функциональному назначению подразделяют освещение?

## **2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы. Подготовка к лабораторным занятиям заключается в изучении теоретического материала, только после этого можно приступить к выполнению лабораторных работ. После проработки теоретического материала, выполнения лабораторной работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

Выполнение РГР является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок.

Тестирование проводится на лекционных занятиях, каждый вариант теста включает в себя 15 вопросов.

## Заключение

1. После изучения какого-либо раздела по учебнику рекомендуется по памяти записать определения, выводы формул, начертить схемы, графики и ответить на вопросы для самопроверки. Такой метод даст возможность проверить усвоение материала и запомнить основные элементы прочитанного.

2. После усвоения теории по данной теме разобрать решения задач, относящихся к данной теме и самостоятельно решить несколько задач. Задачи можно брать из любого задачника по электротехнике. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний.

3. Такую же цель, но в ином плане, преследуют лабораторные занятия. Проводимые в электротехнической лаборатории несложные исследования дают возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, теория которых излагается в учебниках и на лекциях. Поэтому студенты должны активно участвовать в выполнении всех лабораторных работ.

4. При изучении теории электрических цепей и машин и методов решения задач главное влияние следует уделять разбору происходящих в них физических процессов. Простое запоминание формул, характеристик, уравнений недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений.

5. Изучение электротехники представляет некоторые трудности, так как о процессах, происходящих в различных электротехнических устройствах, можно судить по наблюдениям за показаниями измерительных приборов. Теория этих процессов излагается на математической основе, следовательно, изучение электротехники требует от студента свободно пользоваться аппаратом математики.

6. Следует иметь в виду, что все темы программы являются в равной мере важными. Как и в любой другой науке нельзя приступать к изучению последующих глав, не усвоив предыдущих. Теоретический материал каждой темы имеет существенное практическое значение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов, И. И. Электротехника : учеб. пособие / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев. - 6-е изд., стер. - СанктПетербург [и др.] : Лань, 2009. - 496 с. – ISBN 978-5- 8114-0523-7.
2. Белов, Н. В. Электротехника и основы электроники : учеб. пособие / Н. В. Белов. Ю. С. Волков. - Санкт-Петербург[и др.] : Лань, 2012. - 432 с. – ISBN 978-5-8114-1225-9.
3. Воробьев, А. В. Электротехника и электрооборудование строительных процессов : учеб. для студ. строит. спец. ВУЗов / А. В. Воробьев. - Москва : Изд-во Ассоц. строит. ВУЗов, 1995. - 343 с.
4. Глазенко, Т. А. Электротехника и основы электроники : учеб. пособие для ВУЗов / Т. А. Глазенко ; соавт. Прянишников В. А. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1996. - 207 с. – ISBN 5-06- 002266-8.
5. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники : учеб. / Л. А. Бессонов. - 11-е изд. - Москва : Юрайт, 2012. - 317 с. – ISBN 978-5- 9916-14 51-1
6. Касаткин, А. С. Электротехника : учеб. / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - 7-е изд., стер. - Москва : Высшая школа, 2002. - 542 с. – ISBN 5-06-003595-6.
7. Касаткин, А. С. Электротехника : учеб. пособие / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - 4-е изд., перераб. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 440 с. 6. Электротехника: учеб. / В.Г. Герасимов, Х.Э. Зайдель, В.В. КогенДалин. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высшая школа,1985. - 480 с

Локальный электронный методический материал

Наталья Владимировна Бочарова

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,5. Печ. л. 1,3.

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