

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

**В. И. Гнатюк**

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов направления подготовки бакалавров  
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 621.3 (076)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»

И. Е. Кажекин

**Гнатюк, В. И.**

Электротехника, электроника и автоматизация: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по направлению подгот. 20.03.02 Природообустройство и водопользование / В. И. Гнатюк. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 29 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по изучению дисциплины «Электротехника, электроника и автоматизация» для обучающихся по направлению подготовки бакалавров подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование. В учебно-методическом пособии представлен тематический план дисциплины, методические рекомендации по изучению каждой темы, а также вопросы для самостоятельной работы.

Список лит. – 8 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Электротехника, электроника и автоматизация» рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10; методической комиссией института рыболовства и аквакультуры 08.06.2023 г., протокол № 14

УДК 621.3 (076)

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Тематический план занятий.....	6
2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов.....	23
3. Контроль освоения дисциплины.....	26
Рекомендуемая литература.....	28

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехника, электроника и автоматизация» входит в образовательную программу 20.03.02 Природообустройство и водопользование.

Целью изучения дисциплины является знакомство обучающихся с основными теоретическими сведениями в области электротехники и принципами работы электротехнических и электронных устройств, а также устройств автоматизации.

Основные задачи дисциплины состоят в изучении основных законов электротехники и базовых расчетов электрических цепей, понимании принципов работы основных видов электротехнического оборудования.

При изложении дисциплины «Электротехника, электроника и автоматизация» предполагается знание студентами разделов физики: электричество и магнетизм; разделов высшей математики: алгебра и геометрия, дифференциальные уравнения, теория функции комплексного переменного.

В соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование обучаемые должны:

*Знать:* нормативно-техническую документацию по проектированию зданий и их основных инженерных систем; электрические и магнитные цепи, основные определения, топологические параметры и методы расчета электрических цепей; анализ и расчет цепей переменного тока; электрические машины и электромагнитные устройства, используемые при электроприводе и автоматизации мелиоративных, водохозяйственных, природоохранных систем и сооружений.

*Уметь:* применять знания в области электротехники, электроники, автоматизации при проектировании здания или его инженерных систем; составить схему замещения электрической цепи производственного участка; определить среднее значение коэффициента мощности и выбрать способ его повышения; выбрать электроизмерительный прибор и пользоваться им;

пользоваться каталогом на машины и аппараты; выбрать способ регулирования, обосновать закон регулирования и определить приемлемый тип устройства автоматического регулирования; использовать методы проектирования элементов электротехнического оборудования и автоматизации; дать оценку экономической эффективности электрификации и автоматизации технологических процессов природообустройства.

*Владеть:* навыком выбирать электротехнические и электронные данные для проектирования зданий и их основных инженерных систем; устройством, принципом работы и основными характеристиками датчиков, преобразователей, усилителей исполнительных и регулирующих органов; оперировать электротехническими средствами при измерении основных параметров природных процессов с учетом метрологических принципов.

Дисциплина изучается в течение 5 семестра. Учебным планом предусмотрены лекции, лабораторные работы и практические занятия. Форма аттестации – зачет с оценкой. Контроль текущей успеваемости осуществляется по результатам выполнения практических заданий, лабораторных работ и тестовых заданий.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и контрольные вопросы для практических занятий;
- задания для выполнения лабораторных работ;
- тестовые задания по дисциплине.

# 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 процессов в линейной цепи с последовательно соединенными элементами  $R$ ,  $L$  и  $C$  классическим методом. Резонанс напряжений.
9. Анализ электрических процессов в линейной цепи с параллельно включенными элементами  $R$ ,  $L$  и  $C$  классическим методом. Резонанс токов.

Предусмотрены лекционные, практические и лабораторные занятия.

Темы практических занятий:

Тема 1. Основные методы расчета электрических цепей.

Тема 2. Расчет однофазных цепей синусоидального тока.

Тема 3. Резонансные явления в цепях переменного тока.

Темы лабораторных работ:

Лабораторная работа №1 «Измерение токов и напряжений приборами непосредственного отсчета в цепи постоянного тока, измерение сопротивлений методом амперметра и вольтметра». Цель работы: получение навыков измерений основных электрических величин.

Лабораторная работа №2. «Исследование нелинейной электрической цепи постоянного тока». Цель работы: получение представления о свойствах нелинейных электрических цепей, о методах их описания и расчета.

Лабораторная работа №3. «Исследование электрической цепи синусоидального тока с активно-реактивными сопротивлениями. Резонансы напряжений и токов». 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 напряжение приемника есть величина практически постоянная. Такой источник называется источником напряжения. Если внутреннее сопротивление намного больше, чем сопротивление приемника, тогда ток источника практически не зависит от сопротивления приемника. 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 их  $m$  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 часть приложенного напряжения падает на сопротивлении  $r$  ( $ir$ ), а остальная часть расходуется на компенсацию возникающей в  $L$  э.д.с. самоиндукции (т.е.  $-e_L$ ). Численно величина э.д.с. равна  $\omega LI$ . Так как  $\omega L$  выражается в омах, то величина  $x_L = \omega L$  называется реактивным индуктивным сопротивлением, а произведение  $x_L I$  называют индуктивным падением напряжения.

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.

Предусмотрены лекционные, практическое и лабораторное занятия.

Практическое занятие: Тема 4. Расчет трехфазных цепей.

Лабораторная работа № 4 «Исследование трёхфазной цепи при соединениях нагрузки звездой и треугольником». Цель работы: опытная проверка основных соотношений для цепи для цепи трехфазного переменного тока 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 предусмотрены лекционное и практическое занятия.

Практическое занятие: тема 5. Электрические измерения.

*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 процентах, 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. Начертите схему включения ваттметра, предназначенного для измерения активной мощности, потребляемой приемником.
3. В каких случаях возникает уравнивающий ток?
4. Объясните, почему сопротивление амперметра должно быть мало, а сопротивление вольтметра – велико?
5. Какой из погрешностей оценивается точность измерительного прибора?
6. Для чего служит шунт в амперметре?

***Тема 4. Катушка с ферромагнитным сердечником в цепи переменного тока***

*Ключевые вопросы темы:*

1. Электромагнитные процессы в катушке при переменном токе.
2. Потери в катушке с ферромагнитным сердечником.
3. Влияние кривой намагничивания на форму тока катушки.
4. Поток рассеяния.
5. Эквивалентная схема катушки с ферромагнитным сердечником

По данной теме предусмотрены лекционное и лабораторное занятия.

Лабораторная работа №5. Исследование катушки с ферромагнитным сердечником. Цель работы: исследование влияния ферромагнитного сердечника на вольтамперную характеристику, параметры и форму тока катушки индуктивности.

#### *Методические рекомендации по теме*

При подключении катушки с ферромагнитным сердечником к источнику переменного тока в электрической цепи и в магнитопроводе возникают явления, принципиально отличающиеся от наблюдаемых на постоянном токе. Прежде всего, это определяется кривой намагничивания ферромагнитного материала, которая характеризуется не только нелинейностью, но и гистерезисом.

Потери в единице объема магнитопровода пропорциональны площади петли гистерезиса и частоте перемагничивания.

Другим источником потерь являются вихревые токи. Материал сердечника является проводником, находящимся в переменном магнитном поле. Поэтому в нём индуцируется ЭДС, под действием которой возникают токи, вызывающие нагрев магнитопровода. Мощность потерь от вихревых токов пропорциональная второй степени толщины листов, из которых изготовлен сердечник. Для уменьшения потерь все магнитопроводы устройств, работающих на переменном токе, изготавливаются из изолированных друг от друга листов, толщина которых выбирается в зависимости от частоты. Чем выше частота, тем тоньше должны быть листы, чтобы уменьшением толщины компенсировать увеличение удельных потерь с ростом частоты.

Вследствие нелинейности кривой намагничивания при приложении к катушке синусоидального напряжения кривая тока существенно отличается от синусоиды. Анализ электрической цепи в этом случае можно выполнить разложением этой кривой в ряд Фурье или путём её замены эквивалентной синусоидой. Обычно при расчётах пользуются эквивалентной синусоидой, так как гармонический анализ существенно усложняет задачу.

В реальной катушке часть магнитных линий поля, возбуждаемого обмоткой, замыкается по воздуху, минуя магнитопровод, и образует магнитный поток рассеяния. Воздушная среда, по которой замыкается этот поток, обладает очень малой магнитной проницаемостью по сравнению с ферромагнетиком сердечника. Поэтому и величина потока рассеяния незначительна и составляет единицы или доли процента от потока магнитопровода.

При полном описании электромагнитных процессов в катушке кроме ЭДС потока рассеяния нужно учесть её активное сопротивление и связанные с ним потери электрической энергии.

Если часть магнитопровода (ярмо) выполнена подвижной таким образом, что при её перемещении изменяется воздушный зазор, то при увеличении зазора его индуктивность уменьшается, в результате этого ток в цепи возрастает. Таким образом, перемещением ярма магнитопровода катушки можно регулировать ток в её цепи.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Чем определяется величина магнитного потока, создаваемого катушкой?
2. Каковы причины несинусоидальности тока катушки?
3. Какова физическая природа потерь в катушке с ферромагнитным сердечником, и от чего зависит величина различных составляющих потерь?
4. Как на схеме замещения отражаются процессы преобразования энергии в магнитопроводе?
5. Поясните, как можно регулировать ток в цепи катушки перемещением ярма её магнитопровода?

## ***Тема 5. Электрические трансформаторы***

*Ключевые вопросы темы:*

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

По данной теме предусмотрены лекционные, практическое и лабораторное занятия.

Практическое занятие: Тема 6. Трансформаторы.

Лабораторная работа №6 «Исследование однофазного трансформатора».

Цель работы: освоить методы исследования трансформатора в различных режимах и рассчитать его параметры.

*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  $E_1$  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.

*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 6. 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.

По данной теме предусмотрены лекционные, практические и лабораторные занятия.

Темы практических занятий:

Тема 7. Асинхронные электродвигатели.

Тема 8. Электрические машины постоянного тока.

Темы лабораторных работ:

Лабораторная работа №7. Исследование асинхронного электродвигателя. Цель работы: ознакомление с принципом работы асинхронного двигателя и его основными характеристиками.

Лабораторная работа №8. Исследование электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения. Цель работы: ознакомление с принципом работы электродвигателя постоянного тока и его основными характеристиками, изучение способов регулирования частоты вращения.

*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.

*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 7. Электропривод производственных механизмов и 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. Тепловые процессы в электротехнических установках.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

#### *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.

*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 8. Электрооборудование и электроснабжение***

*Ключевые вопросы темы:*

1. Система электроснабжения промышленных объектов.
2. Потребители электроэнергии в системах электроснабжения.
3. Источники электроснабжения.

4. Напряжения электрических сетей.

5. Электрическое освещение.

6. Методы расчета при проектировании освещения: метод удельной мощности; метод коэффициента использования; точечный метод.

По данной теме предусмотрено лекционное занятие.

*Методические рекомендации по теме.*

Система электроснабжения производственных объектов 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 производственных объектов чаще всего являются электроприемники как часть технологической установки: станки различного назначения, землеройные машины, строительно-монтажные и грузовые краны, в которых электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую; электрические печи, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую; установки электрического освещения для внутреннего и наружного освещения, в которых электрическая энергия преобразуется в световую и тепловую.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что представляет собой система электроснабжения производственных объектов?

2. Что понимают под приемниками или потребителями электрической энергии?

3. Что является источниками электроснабжения?

4. Какова величина напряжения, применяемого на производственных объектов до 1 кВ?

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. При изучении дисциплины студентам целесообразно выполнять следующие рекомендации.

1. Изучение электротехники связано с определенными трудностями, поскольку практически всегда процессы, происходящие в электрических цепях и устройствах, нельзя наблюдать визуально. В лучшем случае их можно оценить по показаниям приборов. Поэтому большое значение имеет развитие технического воображения, позволяющего на основе понимания математических закономерностей представлять электротехнические процессы так же явственно, как если бы они были доступны восприятию с помощью органов чувств. В первую очередь необходимо научиться представлять себе, как распределяются напряжения на элементах, как растекаются токи в разветвленной электрической цепи, как располагаются в пространстве и как взаимодействуют электрические и магнитные поля.

2. Понимание закономерностей, действующих в электротехнике, успешное выполнение анализа процессов и их расчет требует знания математического аппарата. Первоочередное значение имеют такие разделы математики, как векторная алгебра, комплексные числа, дифференцирование и интегрирование функций одной и нескольких переменных, ряды Фурье, дифференциальные уравнения.

3. При изучении электрических и магнитных цепей главное внимание следует уделять разбору происходящих в них физических процессов. Простого запоминания формул, характеристик, уравнений недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений.

4. Изучение дисциплины должно вестись систематически. Нельзя приступать к изучению последующих разделов, не усвоив предыдущих. Для теоретической подготовки следует использовать только рекомендованные,

проверенные временем и изданные в авторитетных издательствах учебники и учебные пособия.

5. Самостоятельная работа студента ведется с использованием учебников, учебных пособий и задачников. Читая и конспектируя тот или иной раздел учебника, необходимо твердо усвоить основные определения электрических величин и понятий и те закономерности, которыми определяется связь и зависимость одних величин от других. Формулировки законов надо знать на память. После усвоения соответствующих понятий и закономерностей следует решить примеры и задачи, закрепляя тем самым проработанный теоретический материал.

6. В ходе изучения настоятельно рекомендуется выполнить рукописное изложение пройденного материала: записать в тетрадь определения, выводы формул, начертить схемы, графики. Хорошим методом контроля усвоения материала являются ответы на вопросы для самоконтроля.

7. Понимание теоретического материала и умение применить его для решения конкретных технических вопросов возможно только в результате решения задач. После усвоения теории по какой-то теме нужно разобрать приведенные в учебном издании решения задач, относящихся к этой теме, и самостоятельно решить несколько задач. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний.

8. Важную роль играют лабораторные занятия. Опыты, проводимые на лабораторном оборудовании, дают возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, теория которых излагается в учебниках и на лекциях. Поэтому студент должен активно участвовать в выполнении всех лабораторных работ. Самостоятельная работа студента при выполнении лабораторных работ заключается в следующем:

- просмотр перед выполнением работы теоретического материала по конспектам и учебникам, повторение основных методов расчета и расчетных соотношений;
- выполнение отчета по лабораторной работе;

– подготовка к защите отчета с использованием контрольных вопросов, приведенных в методических материалах к лабораторной работе.

9. В самостоятельной работе студент использует, помимо рекомендуемой печатной литературы, указанной в разделе 3, локальные электронные методические материалы, представленные в ЭИОС: учебно-методическое пособие по практическим занятиям, учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ.

### 3. КОНТРОЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### *4.1 Тестовый контроль освоения дисциплины*

Одним из средств текущего контроля успеваемости являются тестовые задания по дисциплине. Каждый вариант теста содержит 15 вопросов. К каждому вопросу приводится четыре варианта ответов, из которых только один является правильным.

По итогам выполнения тестовых заданий выставляется оценка в соответствии со следующими критериями:

- при правильных ответах на 84–100% заданий выставляется оценка «отлично»;
- при правильных ответах на 68–83% заданий выставляется оценка «хорошо»;
- при правильных ответах на 51–67% заданий выставляется оценка «удовлетворительно»;
- при правильных ответах на менее 50% заданий выставляется оценка «неудовлетворительно».

#### *4.2 Форма проведения зачета и оценивание его результатов*

Зачет проводится по результатам текущего контроля успеваемости.

Зачет выставляется по результатам текущего контроля успеваемости. Учитываются результаты выполнения практических заданий, лабораторных работ и тестовых заданий. Оценка на зачете выставляется в соответствии с четырехбалльной шкалой (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно) как усредненная по различным видам текущего контроля.

К зачету допускаются студенты, успешно выполнившие практические задания, выполнившие и защитившие все лабораторные работы, предусмотренные программой обучения, и имеющие положительные результаты тестирования.

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материала дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание основного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, однако допустивший непринципиальные погрешности в ответах и при выполнении аттестационных заданий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему принципиальные пробелы в знаниях учебного материала, допустившему грубые ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, И. И. Электротехника: учеб. пособие / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург [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.
8. Электротехника: учеб. / В.Г. Герасимов, Х.Э. Зайдель, В.В. Коген-Далин. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 1985. - 480 с.

Локальный электронный методический материал

Виктор Иванович Гнатюк

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,8. Печ. л. 1,8.

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