

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

«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 09 » 2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Электрические аппараты»**

Направление подготовки: 13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»

профиль подготовки: Электроснабжение

уровень высшего образования: **бакалавриат**

форма обучения: **очная**

| Семестр | Трудоёмкость,<br>Зач.ед./час. | Лекций,<br>час. | Практич.<br>занятий,<br>час. | лаб.<br>работ,<br>час. | СРС,<br>час. | форма<br>промежуточной<br>аттестации<br>(экз./зачет) |
|---------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------|--------------|--|
| Пятый   | 5/180                         | 36              | 36                           |                        | 81           | Экз. (27 час.)                                       |
| Шестой  | 4/144                         | 36              | 18                           |                        | 90           | Зачёт  |
| Итого   | 9/324                         | 72              | 54                           |                        | 171          | Экз.(27 час.)<br>Зачёт                               |

г. Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Электрические аппараты» являются изучение основополагающих основ теории, конструкции и эксплуатационных характеристик электрических и электронных аппаратов, которые применяются в электрических системах, схемах электроснабжения промышленных предприятий и при автоматизации производственных процессов и электропривода.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электрические аппараты» относится к дисциплинам базовой части профессионального цикла и входит в модуль для профиля «Электроснабжение». Дисциплина логически и содержательно - методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

Дисциплины математического и естественно – научного цикла формируют необходимые для изучения основ электротехники и электроники, способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; способности к математическому анализу и моделированию процессов в схемах электроснабжения, способность и готовность понимать актуальность совершенствования систем электроснабжения с применением электрических аппаратов в экономическом и экологическом аспекте.

В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения систем электроснабжения **знания** основных понятий и законов и теории электрических аппаратов; методов и средств электрических измерений, элементной базы современной электроники. Приобретают **умения** применять технологии современного аппаратостроения; выполнять измерения электрических величин; собирать и налаживать схемы простых электротехнических и электронных устройств с аппаратами защиты и

управления. **Овладевают** программными средствами для решения задач электроснабжения.

Важную роль в изучении дисциплины «Электрические аппараты» играют производственные практики (экскурсии), в ходе которых студенты знакомятся с электрическими схемами электроснабжения технологических и управляющих систем промышленных предприятий.

### **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения ОПОП

| Код формируемых компетенций   | Уровень освоения компетенций | Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций   |
|---|------------------------------|--|
| ОПК-3.Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей, электрических аппаратов и электрических машин | Освоены полностью            | <p>ИД-1.Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока.</p> <p>ИД-2.Использует методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока.</p> <p>ИД-3.Применяет знания теории электромагнитного поля и цепей с распределёнными параметрами.</p> <p>ИД-4.Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.</p> <p>ИД-5.Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и электрических машин, использует знания их</p> |

|  |                   |  |
|--|-------------------|--|
|  |                   | режимов работы и характеристик.<br>ИД-6.Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.   |
| ПК1Способен применять методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования объектов профессиональной деятельности |                   | ИД-1.Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений.<br>ИД-2.Обосновывает выбор целесообразного решения.<br>ИД-3.Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений.<br>ИД-4.Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации. |
| ПК2Способен обосновывать выбор целесообразного решения при проектировании объектов профессиональной деятельности                       | Освоены полностью | ИД-1.Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования объектов ПД.<br>ИД-3.Демонстрирует понимание взаимосвязи задач эксплуатации и проектирования.   |

#### 4.ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

| № | Наименование тем дисциплины   | Семестр | Недели семестра | Виды учебной работы и трудоёмкость в часах |          |         |        | Объём учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%) | Формы текущего и промежуточной аттестации |
|---|---|---------|-----------------|--|----------|---------|--------|--|---|
|   |   |         |                 | лекции                                     | лаб. раб | Практк. | С.р.с. |  |   |
| 1 | Введение в курс. Общие сведения о современных электростанциях и подстанциях. Тенденции их развития. | 5       | 1-2             | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   |   |
| 2 | Основное электрооборудование электрических станций и подстанций. Общий обзор.                       | 5       | 3-4             | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   |   |
| 3 | Синхронные генераторы. Виды синхронных генераторов, принцип действия, конструктивные особенности.   | 5       | 5-6             | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   | 1-й рейтинг контроль                      |
| 4 | Силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Принцип действия, конструктивные исполнения.           | 5       | 7-8             | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   |   |
| 5 | Синхронные и статические компенсаторы. Устройство и принцип действия. Назначение.                   | 5       | 9-10            | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   |   |
| 6 | Электрические аппараты до и выше 1 кВ. Принцип работы и особенности конструктивных исполнений.      | 5       | 11-12           | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   | 2-й рейтинг - контроль                    |
| 7 | Выключатели, короткозамкатели и разъединители высокого напряжения.                                  | 5       | 13-14           | 4  |          | 4       | 9      | 4/50   |   |

|                  |  |   |       |    |    |    |    |       |                        |
|------------------|--|---|-------|----|----|----|----|-------|------------------------|
| 8                | Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Область применения. Схемы включения.                           | 5 | 15-16 | 4  |    | 4  | 9  | 4/50  |                        |
| 9                | Распределительные устройства. ЗРУ, КРУ, ОРУ и их применение на объектах электроснабжения.                      | 5 | 17-18 | 4  |    | 4  | 9  | 4/50  | 3-й рейтинг - контроль |
| Всего за семестр |  |   |       | 36 | 36 | 36 | 81 | 36/50 | Экзамен                |
| 10               | Введение в курс. Назначение и классификация аппаратов.   | 6 | 1     | 2  |    |    | 2  | 1/50  |                        |
| 11               | Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования к ним.   | 6 | 2-4   | 6  |    | 2  | 10 | 4/50  |                        |
| 12               | Выключатели высокого напряжения. Воздушные выключатели. Элегазовые выключатели. Электромагнитные выключатели.  | 6 | 5-6   | 4  |    | 4  | 12 | 6/75  | 1й рейтинг-контроль    |
| 13               | Современные силовые выключатели напряжением 6-330 кВ. Масляные выключатели. Вакуумные выключатели. Реклоузеры. | 6 | 7-8   | 4  |    | 2  | 12 | 3/50  |                        |
| 14               | Разъединители, отделители, короткозамыкатели.  | 6 | 9     | 2  |    | 2  | 10 | 3/75  |                        |
| 15               | Комплектные распределительные устройства 105кВ 5кВ. Герметизированные комплектные РУ.                          | 6 | 10-11 | 4  |    | 2  | 10 | 3/50  |                        |
| 16               | Защитные и токоограничивающие аппараты. Измерительные трансформаторы.  | 6 | 12    | 2  |    | 2  | 10 | 3/75  | 2й рейтинг-контроль    |
| 17               | Силовые конденсаторы. Основных   | 6 | 13-15 | 6  |    | 2  | 14 | 6/75  |                        |

|                     |  |   |       |    |  |    |     |       |                     |
|---------------------|--|---|-------|----|--|----|-----|-------|---------------------|
|                     | арактеристики силовых конденсаторов. Конструкции и области применения силовых конденсаторов. |   |       |    |  |    |     |       |                     |
| 18                  | Диагностика высоковольтных выключателей. Перспективы развития коммутационных аппаратов.      | 6 | 16-18 | 6  |  | 2  | 10  | 6/75  | 3й рейтинг-контроль |
| Всего за семестр    |  |   |       | 36 |  | 18 | 90  | 38/70 | Зачёт               |
| Итого по дисциплине |  |   |       | 72 |  | 54 | 171 | 74/59 | Экзамен зачёт       |

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Пятый семестр

Тема 1 Введение в курс. Общие сведения о современных электростанциях и подстанциях. Тенденции их развития.

Содержание темы. Развитие электроэнергетики и электромашиностроения. План ГОЭЛРО. Основные принципы отечественной электроэнергетики: плановый характер её развития; централизованная выработка электроэнергии; сооружение электрических станций на местных и низкокалорийных видах топлива и мощных гидро- и теплоэлектростанций; развитие атомной энергетики; создание и развитие мощных электроэнергетических систем, связанных для совместной работы линиями передачи высокого напряжения.

Тема 2 Основное электрооборудование электрических станций и подстанций. Общий обзор.

Содержание темы. Основные компоненты системы производства электроэнергии на электростанциях: генераторы; системы возбуждения; системы охлаждения; Тема 3 Синхронные генераторы. Виды синхронных генераторов, принцип действия, конструктивные особенности.

Содержание темы. Назначение генераторов, типы и конструкция. Охлаждение.

Тема 4 Силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Принцип действия, конструктивные исполнения.

Содержание темы. Основные элементы конструкции трансформаторов. Физические условия работы трансформаторов. Режимы работы трансформаторов.

Измерительные трансформаторы. Автотрансформаторы.

Тема 5. Синхронные и статические компенсаторы. Устройство и принцип действия. Назначение.

Содержание темы. Компенсаторы. Конструкция. Применение. Особенности.

Тема 6. Электрические аппараты до и выше 1 кВ. Принцип работы и особенности конструктивных исполнений.

Содержание темы. Классификация. Назначение. Область применения.

Тема 7. Выключатели, короткозамыкатели и разъединители высокого напряжения.

Содержание темы. Особенности конструкции и применение. Разновидности.

Тема 8. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Область применения.

Схемы включения.

Содержание темы. Назначение. Конструктивные исполнения. Разновидности.

Тема 9. Распределительные устройства. ЗРУ, ОРУ, КРУ и их применение на электростанциях и подстанциях.

Содержание темы. Назначение. Конструктивное исполнение. Эксплуатация.

Шестой семестр.

Тема 10. Введение в курс. Назначение и классификация аппаратов.

Содержание темы. Назначение и классификация аппаратов. Область применения.

Принцип действия. Род тока. Исполнение по степени защиты от воздействия окружающей среды. Конструктивные особенности.

Тема 11. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования к ним.

Содержание темы. Условия работы электрических аппаратов высокого напряжения.

Выбор аппаратов и параметров токоведущих устройств по длительному режиму.

Проверка электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих устройств по току короткого замыкания.

Тема 12. Выключатели высокого напряжения. Воздушные выключатели. Элегазовые выключатели. Электромагнитные выключатели.

Содержание темы. Назначение выключателей высокого напряжения. Номинальные параметры выключателей. Классификация по способу гашения дуги: воздушный выключатель, элегазовый выключатель, масляный выключатель, вакуумный выключатель, газогенерирующий выключатель, электромагнитный выключатель.

Тема 13. Современные силовые выключатели напряжением 6-330 кВ. Масляные выключатели. Вакуумные выключатели. Реклоузеры.



Содержание темы. Конструкция и принцип действия масляных выключателей.

Конструкция и принцип действия вакуумных выключателей. Принципы гашения дуги. Особенности реклоузеров и их преимущества перед обычными аппаратами.

Тема 14. Разъединители, отделители, короткозамыкатели.

Содержание темы. Разъединители, их конструктивные разновидности и особенности использования. Отделители короткозамыкатели. Область применения и функциональное применение.

Тема 15. Комплектные распределительные устройства 105 кВ. Герметизированные комплектные РУ.

Содержание темы. Предназначение комплектных распределительных устройств. Закрытые и открытые распределительные устройства. Основные элементы комплектных распределительных устройств.

Тема 16. Защитные токоограничивающие аппараты. Измерительные трансформаторы.

Содержание темы. Общие требования, номинальные параметры и характеристики защитных и токоограничивающих аппаратов. Высоковольтные предохранители и их разновидности.

Тема 17. Силовые конденсаторы. Основные характеристики силовых конденсаторов. Конструкции и области применения силовых конденсаторов.

Содержание темы. Применение конденсаторов для коррекции коэффициента мощности. Современные конденсаторы семейства РСР, РСС, РСН и их конструктивные особенности. Основы коррекции коэффициента мощности.

Контакты для конденсаторов.

Тема 18. Диагностика высоковольтных выключателей. Перспективы развития коммутационных аппаратов.

Содержание темы. Износостойкость электрических аппаратов. Защитные характеристики аппаратов: термическая стойкость, коммутационная износостойкость, механическая износостойкость.

#### **Содержание практических занятий по дисциплине**

1. Выбрать дугогасящий реактор для компенсации емкостного тока сети 10 кВ, присоединённой к шинам подстанции (схема подстанции даётся).
2. Выбрать ошиновку в цепи генератора и сборные шины 10 кВ по заданным токам короткого замыкания (исходные данные в задании).
3. Выбрать сборные шины 110 кВ и токоведущие части от сборных шин до выводов трансформатора связи по условиям примера 2.

4. Выбрать кабель к электродвигателю собственных нужд мощностью 550 кВт;  $U_{ном}=6\text{кВ}$ ;  $I_{ном}=74\text{А}$  (схема задана).
5. Выбрать сечение кабеля в линии, присоединённой к шинам 10,5 кВ через реактор РБ-10-400-0,35;  $I_{ном}=200\text{А}$ ;  $I_{макс}=310\text{А}$ ;  $x_r=0,35\text{ Ом}$ .  
Кабель прокладывается в кабельном полуэтаже закрытого распределительного устройства (схема задана).
6. Выбрать выключатель Q2 и разъединитель QS1 в цепи трансформатора связи T2 (схема и данные в задании);
7. Выбрать трансформаторы тока для присоединения измерительных приборов в цепи трансформатора собственных нужд 10 МВА на стороне 6,3 кВ (схема задана).  
Ударный ток КЗ равен 27 кА, интеграл Джоуля  $V_k=135\text{ кА}^2\text{с}$ .
8. Выбрать мощность трансформатора связи, если на ТЭЦ установлены три генератора ТВФ-63,  $U_{ном}=10,5\text{ кВ}$ ,  $\cos\phi=0,8$ . Нагрузка на генераторном напряжении  $P_{нmax}=65\text{ МВт}$ ,  $P_{нmin}=50\text{ МВт}$ ,  $\cos\phi=0,9$ , остальная мощность выдаётся в энергосистему по линиям 110 кВ. Расходы на собственные нужды принять 10%.
9. Выбрать мощность трансформаторов на узловой подстанции 220/110/35/10кВ.  
Расчётные нагрузки:  $P_{110}=114\text{ МВт}$ ,  $\cos\phi=0,9$ ;  $P_{35}=43\text{ МВт}$ ,  $\cos\phi=0,8$ ;  $P_{10}=27\text{ МВт}$ ,  $\cos\phi=0,85$ .

Тема 1. Расчёт токоведущей шины.

Тема 2. Расчёт коммутирующих контактов.

Тема 3. Расчёт дугогасительного устройства постоянного тока.

Тема 4. Расчёт дугогасительного устройства переменного тока.

Тема 5. Расчёт электромагнитов.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Электрические аппараты» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1 Для текущего контроля успеваемости применяется рейтинг-контроль, проводимый в форме тестирования на 6-й, 12-й и 18-й неделе в пятом и шестом семестрах.

6.2 В ходе самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты имеют возможность использовать:

- ❖ Рабочую программу дисциплины;
- ❖ Тексты лекций;
- ❖ Методические указания по изучению теоретического материала и по выполнению практических работ;
- ❖ Задания для рейтинг-контроля;
- ❖ Учебную литературу;

## **ЗАДАНИЯ ПО РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЮ**

### **Пятый семестр**

#### Рейтинг-контроль № 1

- 1.Какие типы электрических станций вы знаете?
- 2.Основные типы синхронных генераторов.
- 3.Номинальные параметры и условия работы генераторов.
4. Комплектные распределительные устройства электростанций и подстанций.
- 5.Системы охлаждения синхронных генераторов электростанций.
- 6.Аппараты ограничения тока и напряжения.
- 7.Возбуждение синхронных генераторов электростанций.
- 8.Выключатели и разъединители в электростанциях и подстанциях.
- 9.Режимы работы синхронных генераторов.
- 10.Реклоузеры. Область применения,конструкция.

#### Рейтинг-контроль № 2

- 1.Объясните назначение главных элементов трансформатора, применяемых на электростанциях и подстанциях.
- 2.Принцип действия синхронных генераторов гидроэлектростанций.
- 3.На каком физическом явлении основано действие трансформатора?

4. Особенности конструкции турбо- и гидрогенераторов.
5. Назовите варианты схем соединений трансформатора.
6. Конструктивные особенности изоляции синхронных генераторов.
7. Объясните понятие групп трансформаторов.
8. Синхронные компенсаторы. Область применения.
9. Опишите конструкцию трансформатора.
10. Особенности конструкции асинхронных двигателей собственных нужд электростанций.

#### Рейтинг-контроль № 3

1. В чём особенности гашения электрической дуги в воздушных выключателях?
2. В чём состоит принцип обратимости электрических машин?
3. В чём особенности гашения дуги в элегазе?
4. Как правильно включить синхронный генератор на параллельную работу с сетью?
5. Конструкция воздушного выключателя.
6. Почему целесообразно совместно использовать токовую отсечку и максимальную токовую защиту?
7. Электромагнитные выключатели.
8. Какие требования предъявляются к устройствам релейной защиты?
9. Вакуумные выключатели.
10. Каково назначение релейной защиты?

#### Шестой семестр

##### Рейтинг-контроль № 1

1. В чём отличие понятий «номинальный ток» и «номинальный ток отключения»?
2. Способы распространения теплоты в электрических аппаратах.
3. В чём особенности гашения электрической дуги в воздушных выключателях?

4. Термическая стойкость электрических аппаратов.
5. Электромагнитные явления в электрических аппаратах.
6. Нагрев контактов.
7. Режимы работы контактов.
8. Электродинамические усилия в электрических аппаратах.
9. Магнитные пускатели. Назначение, принцип действия.
10. Электрическая дуга.

#### Рейтинг-контроль № 2

1. В чём заключается модульное построение конструкций воздушных выключателей на напряжение выше 220 кВ?
2. Каково назначение контакторов и пускателей, чем они различаются?
3. В чём особенности гашения дуги в элегазе?
4. Назовите достоинства и недостатки бесконтактных коммутационных аппаратов?
5. В чём достоинство газовых ячеек КРУ?
6. Почему разъединителем нельзя отключить ток нагрузки?
7. Назовите основные этапы процесса гашения дуги в масляных выключателях.
8. Каково назначение масла в масляных баковых и маломасляных выключателях?
9. Какова особенность гашения дуги в электромагнитном выключателе?
10. В чём заключаются достоинства вакуумных выключателей по сравнению с масляными и воздушными?

#### Рейтинг-контроль № 3

1. Каковы достоинства вакуумной дугогасительной камеры в сравнении с масляными и электромагнитными?
2. Что понимают под электрическими характеристиками конденсатора?
3. С какой целью используются вентильные разрядники и ОПН в РУ?

4. Перечислите основные элементы конструкции конденсатора и укажите их название.
5. Какова роль разъединителей в схемах РУ?
6. Какие способы гашения дуги применяются в аппаратах 1 кВ и выше?
7. С какой целью используется реактор в цепи?
8. Дугогасительные системы.
9. Назовите основные области применения силовых конденсаторов.
10. Какую защиту осуществляет магнитный пускатель?

### **Вопросы к СРС**

#### **Пятый семестр**

1. Значение электротехнической подготовки для специалистов. Основные термины и определения электротехники, активные и пассивные компоненты.
2. Электротехнические устройства постоянного и переменного тока и электрические цепи.
3. Генерирующие и приёмные устройства. Условные графические обозначения электротехнических устройств постоянного и переменного тока.
4. В чём состоит принципиальное различие в технологическом процессе КЭС и ТЭЦ?
5. Каково принципиальное различие в электрической части КЭС и ТЭЦ?
6. Чем отличается синхронный компенсатор от синхронного генератора?
7. Какой эффект даёт применение в энергосистемах быстродействующих устройств релейной защиты и отключающих аппаратов?
8. Какие типы проводников применяются в следующих цепях ТЭЦ: а) сборные шины; б) цепь генератора; в) цепь трансформатора связи со стороны ВН и НН; г) цепь линии 6-10 кВ; д) цепи линий 35-110 кВ?
9. Какие типы проводников применяются в блочных КЭС в основных

электрических цепях?

10. Каково назначение контакторов и пускателей, чем они различаются?
11. Назовите достоинства и недостатки бесконтактных коммутационных аппаратов.
12. Почему разъединителем нельзя отключить ток нагрузки?
13. Каково назначение масла в масляных баковых и маломасляных выключателях?
14. В чём заключаются достоинства вакуумных выключателей в сравнении с масляными и воздушными?
15. Для какой цели применяются измерительные преобразователи?
16. Какими преимуществами обладают ЗРУ по сравнению с ОРУ?
17. Какие типы выключателей устанавливаются в закрытых распределительных устройствах 35 кВ и выше?
18. Системы возбуждения синхронных генераторов.
19. Чем отличаются КРУ для внутренней и для наружной установки?
20. Какие типы выключателей применяются в КРУ?
21. В чём преимущества КРУ перед ЗРУ?
22. Назовите конструктивные особенности КРУ с элегазовой изоляцией (КРУЭ). Их преимущества перед КРУ с воздушной изоляцией.
23. Какова область применения комплектных трансформаторных подстанций (КТП)?
24. В чём заключается особенность конструкции ОРУ с гибкой ошиновкой по сравнению с ОРУ, имеющим жёсткую ошиновку?
25. Какова область применения открытых токо-проводов, комплектных токо-проводов и кабельных соединений между генераторами, силовыми трансформаторами и ЗРУ 6 – 10 кВ?
26. Каково назначение главных щитов управления (ГЩУ), центральных щитов управления (ЦЩУ)? Объясните их расположение на электростанциях разного типа.
27. На каких электростанциях предусматриваются блочные щиты управления (БЩУ)?

28. Какие элементы входят в состав энергетической системы?
29. Какие виды электроустановок входят в состав электроэнергетической системы?
30. С какой целью производится секционирование сборных шин распределительных устройств?
31. Каково назначение секционных и линейных реакторов?
32. В чём состоит принцип обратимости электрических машин?
33. Опишите конструкцию синхронной машины.
34. Каково чередование полюсов синхронной машины?
35. От чего зависит частота генерируемого напряжения синхронной машины? Назовите частоты вращения синхронных машин в Европе и США.
36. Объясните принцип действия синхронной машины.
37. Что такое угонная частота вращения синхронного генератора?
38. Объясните особенности способов охлаждения турбо- и гидрогенераторов
39. Охарактеризуйте задачи и структуру систем возбуждения синхронных машин.
40. Изобразите характеристики синхронных генераторов, работающих на автономную нагрузку.
41. Как правильно включить синхронный генератор на параллельную работу с сетью?
42. Что означает статическая устойчивость синхронного генератора?
43. В чём назначение синхронных генераторов?
44. Объясните назначение главных элементов трансформатора.
45. На каком физическом явлении основано действие трансформатора?  
Что такое коэффициент трансформации?
46. Объясните понятия групп трансформатора.



47. Трансформаторы. Назначение. Устройство и принцип действия.
48. Электрические машины постоянного тока. Устройство и принцип действия.  
Область применения.
49. Асинхронные электрические машины. Устройство и принцип действия.  
Область применения.
50. Синхронные электрические машины. Устройство и принцип действия.  
Область применения.
51. Параллельная работа трансформаторов.
52. Регулирование напряжения трансформаторов.
53. Нагрузочная способность трансформаторов.

### **Шестой семестр**

1. Значение электротехнической подготовки для специалистов в области электроэнергетики и электроснабжения.
2. Переходный процесс при нагреве и охлаждении аппаратов.
3. Охарактеризуйте процесс нагрева элементов конструкции электрических аппаратов.
4. Активные потери энергии в аппаратах.
5. Контактторы и магнитные пускатели.
6. Режимы нагрева и термическая стойкость электрических аппаратов.
7. Нагрев контактов. Режимы работы контактов. Материалы контактов.
8. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов. Ток электродинамической стойкости. Ударный ток короткого замыкания.
9. Электродинамические усилия в электрических аппаратах.
10. Электрическая дуга и дугогасительные системы.
11. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним.
12. Воздушные выключатели высокого напряжения.
13. Элегазовые выключатели высокого напряжения.

14. Масляные выключатели высокого напряжения.
15. Электромагнитные выключатели высокого напряжения.
16. Вакуумные выключатели высокого напряжения. Реслоузеры.
17. Коммутационные аппараты: предохранители, разъединители, короткозамыкатели, отделители.
19. Комплектные распределительные устройства (КРУ).
20. Защитные и ограничивающие аппараты (предохранители, токоограничивающие реакторы).
21. Защитные и ограничивающие аппараты (разрядники, нелинейные ограничители перенапряжений).
22. Герметизированные комплектные распределительные устройства на основе элегаза.
23. Силовые конденсаторы. Основные характеристики.
24. Электротехнические материалы, применяемые в силовых конденсаторах.
25. Силовые конденсаторы. Конструкция и область применения.
26. Особенности гашения электрической дуги в воздушных выключателях.
27. Объясните понятия: «номинальный ток» и «номинальный ток отключения».
28. Принцип модульного построения конструкции воздушных выключателей на напряжение выше 220 кВ?
29. Гашение дуги в элегазе.
30. В чём достоинства элегазовых ячеек КРУ?
31. Гашение дуги в масляных выключателях. Основные этапы процесса.
32. Особенности гашения дуги в электромагнитном выключателе.
33. Каковы достоинства вакуумных дугогасительных камер в сравнении с масляными и электромагнитными?
34. Какова роль разъединителей в схемах РУ?
35. Цель использования реактора в цепи.
36. Какие способы гашения дуги применяются в аппаратах свыше 1 кВ?
37. Почему разъединителем нельзя отключить ток нагрузки?
38. Каково назначение масла в масляных баковых и маломасляных выключателях?
39. Дугогасительный модуль. Конструкция, применение.

40. Что такое электрическая прочность вакуумного промежутка?
41. Механизмы масляных выключателей.
42. Режим газового пузыря в масляном выключателе.
43. Режим газового дутья в масляном выключателе.
44. Восстановление напряжения на выключателе.
45. Выключатели с газонаполненным отделителем.
46. Маломасляный выключатель.
47. Баковые выключатели.
48. Разъединители внутренней установки.
49. Разъединители наружной установки.
50. Назначение и выбор шунтирующих элементов.
51. Основные виды приводов к выключателям переменного тока высокого напряжения.

### **Темы рефератов по дисциплине**

#### **Пятый семестр**

1. Электрическая энергия, её особенности и область применения.
2. Этапы развития энергомашиностроения.
3. Синхронные генераторы. Конструкция, принцип действия.
4. Турбогенераторы.
5. Гидрогенераторы.
6. Системы возбуждения синхронных генераторов.
7. Синхронные двигатели. Конструкция, принцип действия.
8. Синхронные компенсаторы. Конструкция, принцип действия.
9. Асинхронные двигатели. Конструкция, принцип действия.
10. Принцип работы и устройство трансформаторов.
11. Автотрансформаторы.
12. Конструкция трёхфазного трансформатора.
13. Режимы холостого хода и короткого замыкания трансформаторов.
14. Работа трансформаторов под нагрузкой.

15. Параллельная работа трансформаторов.
16. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
17. Коммутационные и защитные аппараты высокого напряжения. Общий обзор.
18. Условия работы аппаратов высокого напряжения.
19. Воздушные выключатели высокого напряжения.
20. Элегазовые выключатели высокого напряжения.
21. Масляные выключатели высокого напряжения.
22. Электромагнитные выключатели высокого напряжения.
23. Вакуумные выключатели высокого напряжения.
24. Разъединители, отделители, короткозамыкатели.
25. Комплектные распределительные устройства высокого напряжения.
26. Защитные токоограничивающие аппараты.
27. Силовые конденсаторы.
28. Электроника в электроэнергетике.
29. Релейная защита. Структурная схема релейной защиты.
30. Токовые защиты.
31. Общая характеристика кабельных линий.
32. Изоляторы и линейная арматура.
33. Электротехнические материалы. Проводниковые материалы.
34. Электротехнические материалы. Изоляционные материалы.
35. Распределительные щиты и щиты управления.
36. Открытые распределительные устройства.
37. Закрытые распределительные устройства.
38. Щиты распределительных устройств.
39. Силовые кабели.
40. Система измерений на электростанциях и подстанциях.

### **Шестой семестр**

1. Электрические аппараты высокого напряжения. Назначение и классификация.

2. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования к ним.
3. Выключатели высокого напряжения.
4. Воздушные выключатели. Конструкция. Дугогасительные устройства.
5. Элегазовые выключатели. Свойства элегаза. Конструкция выключателей. Дугогасительные устройства.
6. Масляные выключатели. Принцип действия. Конструкция.
7. Электромагнитные выключатели. Принцип действия. Конструкция.
8. Вакуумные выключатели. Конструкция. Область применения.
9. Разъединители, отделители, короткозамыкатели.
10. Комплектные распределительные устройства внутренней установки.
11. Комплектные распределительные устройства наружной установки.
12. Защитные и токоограничивающие аппараты.
13. Силовые конденсаторы. Основные характеристики. Электротехнические материалы.
14. Приводы к выключателям переменного тока высокого напряжения.
15. Приводы к разъединителям.
16. Разрядники. Общие сведения. Трубчатые разрядники. Вентильные разрядники. Разрядники постоянного тока.
17. Нагрев электрических аппаратов. Способы передачи тепла в аппаратах.
18. Нагрев электрических аппаратов в установившихся и переходных режимах.
19. Нагрев аппаратов при коротком замыкании. Допустимая температура и термическая стойкость.
20. Электрические контакты. Режимы работы. Конструкция. Материалы.
21. Дуга постоянного тока в электрическом аппарате.
22. Дуга переменного тока в электрическом аппарате.
23. Способы гашения электрической дуги.
24. Высоковольтные предохранители.
25. Реакторы. Принцип действия. Конструкция. Сдвоенные реакторы.
26. Ограничители перенапряжений.
27. Коммутационные аппараты 1 кВ и выше.

- 28.Комплектные распределительные устройства высокого напряжения.
- 29.Открытые распределительные устройства.
- 30.Назначение и выбор шунтирующих элементов.
31. Реклоузеры.

**Пятый семестр. Вопросы к экзамену.**

- 1.Какие физические законы лежат в основе работы электрооборудования электростанций?
- 2.Комплектные распределительные устройства 10 – 35 кВ.
- 3.На каких законах электротехники основан принцип действия генераторов электростанций?
- 4.Герметизированные комплектные распределительные устройства на основе элегаза (КРУЭ).
- 5.Генерирующие и приёмные устройства в системах электроснабжения.
- 6.Защитные аппараты.
- 7.Конструкции синхронных генераторов.
- 8.Токоограничивающие аппараты.
- 9.Виды охлаждения синхронных генераторов.
- 10.Силовые конденсаторы. Основные характеристики.
- 11.Системы возбуждения генераторов.
- 12.Электротехнические материалы применяемые, в силовых конденсаторах
- 13.Водяное охлаждение генераторов.
- 14.Конструкции и области применения силовых конденсаторов.
- 15.Синхронные двигатели.
- 16.Устройства гашения дуги элегазовых выключателей.
- 17.Синхронные компенсаторы реактивной мощности.
- 18.Силовая электроника в электроэнергетике.
- 19.Принцип обратимости электрических машин.
- 20.Открытые распределительные устройства.
- 21.Принцип работы и устройство трансформатора.
- 22.Закрытые распределительные устройства.

23. Автотрансформаторы.
24. Релейная защита. Структурная схема релейной защиты.
25. Конструкции трансформаторов.
26. Распределительные щиты и щиты управления.
27. Изоляция в трансформаторах.
28. Токовые защиты.
29. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
30. Общая характеристика кабельных линий.
31. Реакторы. Назначение и виды.
32. Изоляторы и линейная арматура.
33. Способы охлаждения трансформаторов.
34. Электротехнические материалы. Проводниковые материалы.
35. Назначение и классификация аппаратов высокого напряжения.
36. Электротехнические материалы. Изоляционные материалы.
37. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним.
38. Силовые кабели. Особенности конструкции.
39. Воздушные выключатели высокого напряжения.
40. На каком физическом явлении основано действие трансформатора? Что такое коэффициент трансформации?
41. Элегазовые выключатели высокого напряжения.
42. Трёхфазный трансформатор. Конструкция, принцип действия.
43. Масляные выключатели высокого напряжения.
44. Режимы холостого хода и короткого замыкания.
45. Электромагнитные выключатели высокого напряжения.
46. Асинхронные двигатели собственных нужд электростанций.
47. Вакуумные выключатели высокого напряжения.
48. Параллельная работа трансформаторов.
49. Разъединители. Отделители. Короткозамыкатели.

50. Электрические машины постоянного тока. Устройство и принцип действия.

### **Шестой семестр. Вопросы к зачёту.**

1. Значение электротехнической подготовки для специалистов в области электроэнергетики и электроснабжения.
2. Комплектные распределительные устройства 10 -35 кВ.
3. Переходный процесс при нагреве и охлаждении аппаратов.
4. Герметизированные комплектные распределительные устройства на основе элегаза (КРУЭ).
5. Охарактеризуйте процесс нагрева элементов конструкции электрических аппаратов.
6. Защитные и ограничивающие аппараты (предохранители, токоограничивающие реакторы).
7. Активные потери в аппаратах.
8. Защитные и ограничивающие аппараты (разрядники, нелинейные ограничители перенапряжений).
9. Особенности гашения электрической дуги в воздушных выключателях.
10. Силовые конденсаторы. Основные характеристики.
11. Гашение дуги в элегазе.
12. Какие способы гашения дуги применяются в аппаратах свыше 1 кВ.?
13. Контактторы и магнитные пускатели.
14. Почему разъединителем нельзя отключить ток нагрузки?
15. Режимы нагрева и термическая стойкость электрических аппаратов.
16. Дугогасительные устройства элегазовых выключателей.
17. Нагрев контактов. Режимы работы контактов. Материалы контактов.
18. Электродинамические усилия в электрических аппаратах.
19. В чём достоинства элегазовых ячеек КРУ?
20. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов. Ток электродинамической стойкости. Ударный ток короткого замыкания.
21. Электрическая дуга и дугогасительные устройства.
22. Принцип модульного построения конструкции воздушных выключателей на напряжение выше 220 кВ.



23. Коммутационные аппараты: предохранители, разъединители, короткозамыкатели, отделители.
24. Гашение дуги в масляных выключателях. Основные этапы процесса.
25. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним.
26. Гашение дуги в масляных выключателях.
27. Объясните понятия «номинальный ток» и «номинальный ток отключения».
28. Назначение и выбор шунтирующих элементов.
29. Особенности гашения дуги в электромагнитном выключателе.
30. Разъединители наружной установки.
31. Каковы достоинства вакуумных дугогасительных камер в сравнении с масляными и электромагнитными?
32. Разъединители внутренней установки.
33. Какова роль разъединителей в схемах РУ?
34. Баковые выключатели.
35. Назначение и классификация аппаратов высокого напряжения.
36. Дугогасительный модуль. Конструкция, применение.
37. Режимы аппаратов высокого напряжения.
38. Маломасляный выключатель.
39. Воздушные выключатели высокого напряжения.
40. Цель использования реактора в цепи.
41. Элегазовые выключатели высокого напряжения.
42. Выключатели с газонаполненным отделителем.
43. Масляные выключатели высокого напряжения.
44. Восстановление напряжения на выключателе.
45. Электромагнитные выключатели высокого напряжения.
46. Что такое электрическая прочность вакуумного промежутка?
47. Вакуумные выключатели высокого напряжения.
48. Режим газового дутья в масляном выключателе.

49.Разъединители, отделители, короткозамыкатели.

50.Механизмы масляных выключателей.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор,<br>название, вид издания,<br>издательство  | Год<br>изд. | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ   |   |
|--|-------------|---|---|
|  |             | Количество<br>экземпляров<br>изданий в<br>библиотеке<br>ВлГУ в<br>соответствии<br>с ФГОС ВО | Наличие в электронной<br>библиотеке ВлГУ  |
| 1  | 2           | 3   | 4   |
| Основная литература  |             |   |   |
| 1.Промышленные<br>теплоэнергетические установки и<br>системы: учеб.пособие для<br>вузов./Б.В.Сазанов,В.И.Ситас.-<br>Москва, Изд.дом МЭИ.   | 2014        |   | <a href="http://www.snudent&lt;br/&gt;library.ru/book/MPEI&lt;br/&gt;221.html">http://www.snudent<br/>library.ru/book/MPEI<br/>221.html</a> |
| 2.В.А.Шахнин, Электроснабжение<br>технических объектов, зданий и<br>сооружений. Учеб. пособие;<br>Влад.гос.ун-т.Владимир. ООО<br>«Аркаим». 96с. ISBN 978-5-93767-<br>073-1 (библ.ВлГУ) | 2014        | 50  |   |

|   |      |  |   |
|---|------|--|---|
| 3. Передача и распространение электрической энергии: учебное пособие/А.А.Герасименко, В.Т.Федин.-М.: КНОРУС.. 648с. ISBN 978-5-406-03226-8 (библ.ВлГУ)                              | 2014 |  |   |
| Дополнительная литература   |      |  |   |
| .Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2-х т.д ред. Аметистова Е.В.: М.: Изд.дом МЭИ.,  | 2011 |  | <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/book/MPEI_83.html">http://www.studentlibrary.ru/book / book/MPEI 83.html</a> |
| Электрооборудование электрических станций и подстанций:/ Л.Д.Рожкова, Л.К.Корнеева, Т.В.Чиркова. – 2-е изд.- М.:Изд.Центр «Академия», –448 с. ISBN 978-5-4468-0290-6 ( библ. ВлГУ ) | 2013 |  |   |

## 7.2. Internet-ресурсы.


1. Программный комплекс MathCad.
2. Программный комплекс ComsolMultiphysics.


Internet-ресурсы:

[ru.wikipedia.org.stoom.ru](http://ru.wikipedia.org.stoom.ru)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия по дисциплине проводятся в специализированной лаборатории электротехники и электроники кафедры Эт Эн, в которой имеются натурные образцы оборудования, наглядные пособия и плакаты.

Рабочую программу составил доцент кафедры ЭТЭн  Афонин В.И.

Рецензент: Главный инженер ООО «КПП»  К.М.Рыбаков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электротехника и Электроэнергетика»



Протокол № 1 от 04.09.19 года

Зав. Кафедрой  /Н.П.Бадаев/

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно - методической комиссии направления «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 1 от 04.09.19 года

Председатель комиссии  /Н.П.Бадаев/

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.20 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*Желез*

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины «Электрические аппараты»

| Номер изменения | Внесены изменения в части рабочей программы | Исполнитель | Основание (номер и дата протокола заседания кафедры) |
|-----------------|---|-------------|--|
|                 |   |             |  |
|                 |   |             |  |

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_