

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.08

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовые коммутационные аппараты и средства защиты в электроснабжении

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)
Энергосбережение и энергоаудит

Форма обучения: очная

Год набора: 2018

Общая трудоемкость: 8 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр | 7 | Итого |
|--|------------|------------|
| Форма контроля | Зачет | |
| Вид занятий | | |
| Лекции | 50 | 50 |
| Лабораторные | 18 | 18 |
| Практические | 34 | 34 |
| Руководство: курсовые работы (проекты) | | |
| Промежуточная аттестация | | |
| Контактная работа | 103,35 | 103,35 |
| Самостоятельная работа | 149 | 149 |
| Контроль | 35,65 | 35,65 |
| Итого | 288 | 288 |

Рабочую программу составил(и):

доцент, доцент, к.т.н. Кузнецов В.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Электроснабжение и электротехника»

(протокол заседания № 2 от «12» сентября 2017 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – обучение студентов теоретическим знаниям в области силовых коммутационных аппаратов и электромагнитных переходных процессов, практическим навыкам анализа и расчета коротких замыканий, возникающих в системах электроснабжения промышленных предприятий и энергетических объектов, а также навыкам по выбору электрооборудования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Введение в профессию», «Современные энергетические системы и электронные преобразователи», «Электрооборудование источников питания, электрических сетей и предприятий».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Релейная защита систем электроснабжения», «Техническая диагностика электрооборудования систем электроснабжения», выполнение выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов | ПК-1.3 Выполняет выбор оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования систем электроснабжения объектов | Знать: физические основы электромагнитных переходных процессов в системах электроснабжения, системы единиц и схемы замещения СЭС, допущения и порядок расчёта коротких замыканий; методы анализа и сбора информации, правила работы с технической информацией по подбору оборудования |
| | | Уметь: составлять схемы замещения СЭС, рассчитывать параметры элементов и параметры аварийных режимов, выбирать необходимое оборудование |
| | | Владеть: методами расчета симметричных и несимметричных коротких замыканий и обрывов; навыками работы с лабораторными стендами и с информационной техникой |

4. Структура и содержание дисциплины

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|--|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|---|
| 1. Общие сведения о силовых коммутационных аппаратах и средствах защиты в электроснабжении | Лек. | 1.1. Предмет и содержание дисциплины. Назначение силовых коммутационных аппаратов (СКА). 1.2. Общие определения и классификация СКА. Условные обозначения на схемах. 1.3. Основные требования, предъявляемые к СКА и средствам защиты в электроснабжении. | 6 | 4 | - | - | |
| | Пр. | Основные требования, предъявляемые к СКА и средствам защиты в электроснабжении. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 6 | 15 | - | - | |
| 2. Типы силовых коммутационных аппаратов и средств защиты | Лек. | 2.1. Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Конструкция, принцип действия, назначение. 2.2. Высоковольтные выключатели, выключатели нагрузки, предохранители, реклоузеры. Назначение. Обозначения на схемах. Классификация. 2.3. Выключатели. Конструкция, принцип действия. Параметры. Процессы отключения цепей переменного тока. | 6 | 2 | - | - | |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|---|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | | 2.4. Токоограничивающие реакторы. Кон- струкция, принцип действия, назначение. | | | | | |
| | Пр. | Разъединители, отделители, короткозамы- катели. Высоковольтные выключатели, выключатели нагрузки, предохранители, реклоузеры. Выключатели. Токоограничи- вающие реакторы. | 6 | 3 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 6 | 25 | - | - | |
| 3. Выбор силовых коммутационных аппаратов и рас- чёт коротких за- мыканий | Лек. | 3.1. Общие вопросы выбора СКА. Нормативные документы и рекомендации. 3.2. Назначение расчетов коротких замыканий в СЭС. Основные допущения и расчётные условия. 3.3. Системы единиц – относительные и именованные. Вывод типовых формул. 3.4. Схемы замещения – правила составления. Преобразование схем замещения. | 6 | 6 | - | - | |
| | Пр. | Схемы замещения – правила составления. Преобразование схем замещения. | 6 | 3 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов | 6 | 20 | - | - | |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|--|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | | на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | | | | | |
| 4. Трёхфазные короткие замыка- ния | Лек. | <p>4.1. Анализ симметричного КЗ в цепи, питаемой источником бесконечной мощности. Полный ток КЗ и его составляющие. Ударный ток КЗ.</p> <p>4.2. Расчет режимов КЗ в именованных единицах (на стороне с номинальным напряжением ниже 1 кВ).</p> <p>4.3. Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Параметры синхронного генератора при разных режимах КЗ. Установившийся и сверхпереходный режим КЗ.</p> <p>4.4. Влияние АРВ генераторов на режимы КЗ.</p> <p>4.5. Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта.</p> <p>4.6. Выбор электрооборудования по условиям стойкости к токам КЗ.</p> <p>4.7. Учет изменения параметров проводников сети. Увеличение активного сопротивления проводников от их нагрева током короткого замыкания. Тепловой спад тока короткого замыкания.</p> <p>4.8. Практические методы расчёта трехфазных КЗ в установках напряжением до 1 кВ. Учет местных источников и нагрузок.</p> | 6 | 12 | - | - | |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|--------------------|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | Пр. | Анализ симметричного КЗ в цепи, питае- мой источником бесконечной мощности. Полный ток КЗ и его составляющие. Ударный ток КЗ. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Расчет режимов КЗ в именованных еди- ницах (на стороне с номинальным напря- жением ниже 1 кВ). | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой источ- ником конечной мощности. Параметры синхронного генератора при разных ре- жимах КЗ. Установившийся и сверхпере- ходный режим КЗ. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Практические методы расчёта трехфазных КЗ в установках напряжением до 1 кВ. Учет местных источников и нагрузок. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Лаб. | Лабораторная работа № 1. | 6 | 4 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по теоретическому ма- териалу. Выполнение и защи- та лабо-раторных ра- бот |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|--|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | Лаб. | Лабораторная работа № 2. | 6 | 4 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по тео- ретическому матери- алу. Выполнение и защи- та лабораторных ра- бот |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 6 | 25 | - | - | |
| 5. Несимметрич- ные короткие за- мыкания | Лек. | 5.1 Виды несимметричных аварий. Метод симметричных составляющих для анализа НКЗ. 5.2. Схемы различных последовательно- стей и правила их построения. 5.3. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для различ- ных элементов схемы. Влияние конструк- ции магнитопровода и групп соединения трансформаторов на схемы нулевой по- следовательности. 5.4. Правило эквивалентности прямой по- следовательности. Сравнение тяжести КЗ. 5.5. Метод расчетных кривых для случая НКЗ. Ударный ток НКЗ. НКЗ в сетях ниже 1 кВ. Переходный процесс в нагрузках при | 6 | 10 | - | - | |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|--------------------|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | | несимметричных КЗ. 5.6. Метод расчета простого замыкания. Компенсированные сети. | | | | | |
| | Пр. | Сопротивления прямой, обратной и нуле- вой последовательности для различных элементов схемы. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Правило эквивалентности прямой после- довательности. Сравнение тяжести КЗ.. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Пр. | Метод расчета простого замыкания. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Лаб. | Лабораторная работа № 4. | 6 | 4 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по тео- ретическому матери- алу. Выполнение и защи- та лабораторных ра- бот |
| | Лаб. | Лабораторная работа № 5. | 6 | 4 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по тео- ретическому матери- алу. Выполнение и защи- та лабораторных ра- |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|------------------------------|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | | | | | | | бот |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 6 | 25 | - | - | |
| 6. Продольная несимметрия | Лек. | 6.1. Обрывы фаз и методы их расчета. Комплексные схемы замещения и вектор- ные диаграммы при обрывах. 6.2. Сложные виды аварий. 6.3. Программное обеспечение для анали- за электромагнитных переходных процес- сов в СЭС. | 6 | 4 | - | - | |
| | Пр. | Обрывы фаз и методы их расчета. | 6 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Лаб. | Итоговое занятие. | 6 | 2 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по тео- ретическому матери- алу. Выполнение и защи- та лабораторных ра- бот |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим | 6 | 15 | - | - | |

| Модуль (раздел) | Вид учеб- ной ра- боты | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наиме- нование оценочного средства) |
|----------------------------|---------------------------------|--|---------|------------|-------|----------------|--|
| | | занятиям и лабораторным работам. | | | | | |
| 7. Примеры вы- бора СКА | Лек. | 7.1. Примеры выбора разъединителей. 7.2. Примеры выбора высоковольтных выключателей. | 6 | 4 | - | - | |
| | Пр. | Примеры выбора СКА | 6 | 4 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 6 | 25 | - | - | |
| | | Контроль | 6 | 35,65 | | | |
| | ПА | Сдача экзамена | 6 | 0,35 | - | - | |
| Итого: | | | | 252 | | | |

5. Образовательные технологии

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Силовые коммутационные аппараты и средства защиты в электроснабжении», используются следующие образовательные технологии:

- лекции с использованием мультимедийного оборудования;
- практические занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала;
- лабораторные занятия, которые позволяют приобрести практические знания и навыки работы с нормативной, методической, научно-технической и справочной литературой;
- индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам курса;
- выполнение курсовой работы;
- проведение семинара с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и практическим занятиям.

6. Методические указания по освоению дисциплины

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия темы, связанные с ними теоретические и практические вопросы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к практическим и лабораторным занятиям.

В ходе практических и лабораторных занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов. При подготовке к практическим и лабораторным занятиям обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- выполнить домашнее задание, рекомендованное преподавателем при изучении каждой темы занятия;
- подготовить бланк отчета по лабораторной работе.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой курса осуществляется в ходе практических занятий (устный опрос, решение задач, публичное выступление с докладом по выбранной теме, тестирование).

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

| Семестр | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|---------|--|---|
| 6 | ПК-1 (ПК-1.3) | Лабораторные работы 1-5 Задачи для контрольных работ по темам 1-5 Выполнение курсовой работы Тестовые задания № 1-500 Вопросы для экзамена № 1-60 |

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Опрос по теоретическому материалу

Краткое описание и регламент выполнения

Опрос по теоретическому материалу при выполнении практических заданий и обсуждение полученных результатов.

Критерии оценки:

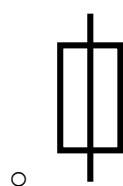
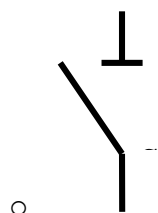
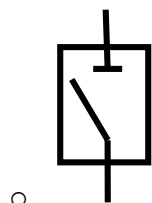
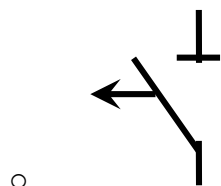
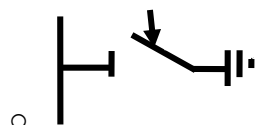
- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину вопросов;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше вопросов.

7.2.2. Типовые тестовые задания

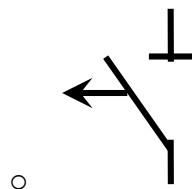
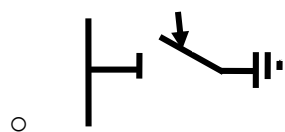
1. Устройство, у которого все или основное электрооборудование расположено на открытом воздухе подстанции:
 - КРУ
 - ЭУ
 - ЗРУ
 - ОРУ
 - РУ
2. Устройство, электрооборудование которого расположено в здании подстанции:
 - КРУ
 - ЭУ
 - ЗРУ
 - ОРУ
 - РУ
3. Достоинства применения ОРУ на подстанции:
 - установка более дорогого электрооборудования
 - сокращение сроков сооружения подстанции
 - уменьшение стоимости подстанции
 - более маневроспособны по сравнению с ЗРУ

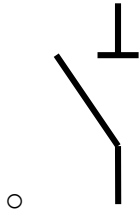
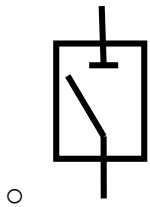
4. Чем обычно выполняется соединение трансформатора с РУ низкого напряжения?
- ☐ гибким проводом
 - ☐ пакетом шин
 - ☐ кабелем
5. Электроаппарат, работающий в блоке с короткозамыкателем:
- ☐ масляный выключатель
 - ☐ вакуумный выключатель
 - ☐ отделитель
 - ☐ разъединитель
 - ☐ реактор
6. Электроаппарат, предназначенный для отключения обесточенной цепи:
- ☐ отделитель
 - ☐ короткозамыкатель
 - ☐ разъединитель
 - ☐ элегазовый выключатель
 - ☐ предохранитель
7. Как отключается и включается отделитель?
- ☐ автоматически
 - ☐ вручную
 - ☐ отключается вручную, включается автоматически
 - ☐ отключается автоматически, включается в ручную
8. Электрический аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания в эл. цепи при повреждениях в трансформаторе:
- ☐ отделитель
 - ☐ короткозамыкатель
 - ☐ предохранитель
 - ☐ реактор
 - ☐ разрядник
9. Сколько полюсов короткозамыкателя применяют в электроустановках напряжением 35 кВ?
- ☐ один
 - ☐ два
 - ☐ три
 - ☐ один или два
 - ☐ два или три
10. Сколько полюсов короткозамыкателя применяют в электроустановках напряжением 110 кВ?
- ☐ один
 - ☐ два
 - ☐ три
 - ☐ один или два
 - ☐ два или три

11. Как обозначается на электрической схеме отделитель?



12. Как обозначается на электрической схеме короткозамыкатель?





13. Какой ток допускается отключать разъединителями?

- ☐ ток холостого тока силовых трансформаторов
- ☐ ток заземления нейтралей трансформаторов
- ☐ небольшой зарядный ток ВЛ
- ☐ небольшой зарядный ток КЛ

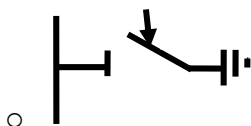
14. Чем снабжают разъединители во избежание ошибочных отключений токов нагрузки?

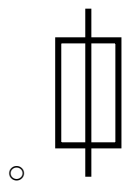
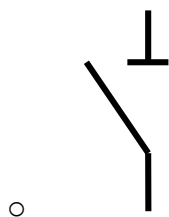
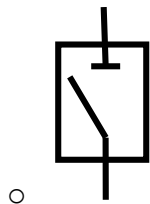
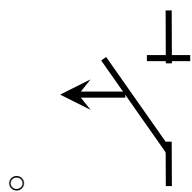
- ☐ червячным приводом
- ☐ заземляющими ножами
- ☐ установкой большого количества изоляторов
- ☐ блокировкой
- ☐ установкой в электрической схеме высоковольтного выключателя

15. Какие из перечисленных типов разъединителей относятся к разъединителям наружной установки?

- ☐ РВФ
- ☐ РВ
- ☐ РНДЗ
- ☐ РВРЗ

16. Как обозначается на электрической схеме разъединитель?





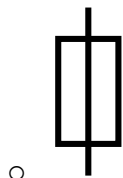
17. Как включают и отключают высоковольтные выключатели?


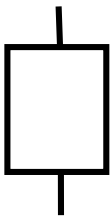
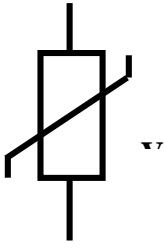
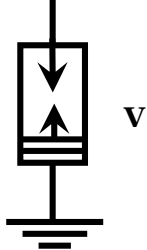
- ☐ вручную
- ☐ дистанционно
- ☐ автоматически
- ☐ вручную или автоматически

18. Что используют для гашения дуги в высоковольтных выключателях?

- ☐ масло
- ☐ вакуум
- ☐ элегаз
- ☐ магнитное поле

19. Как обозначается на электрической схеме масляный выключатель?



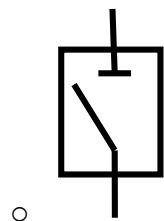
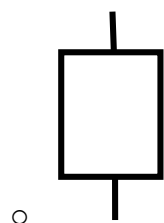
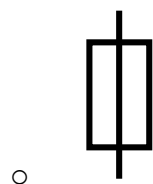
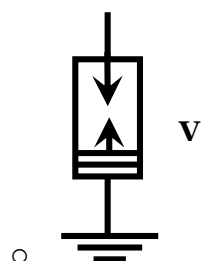
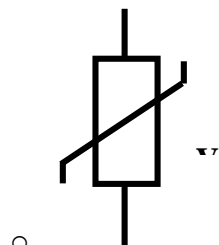
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

20. Электроаппарат, предназначенный для однократного отключения эл. цепи при коротком замыкании или перегрузке:
- ☐ короткозамыкатель
 - ☐ предохранитель
 - ☐ реактор
 - ☐ разрядник
 - ☐ выключатель
21. Для защиты чего применяют высоковольтные плавкие предохранители?
- ☐ трансформаторов небольшой мощности
 - ☐ электродвигателей
 - ☐ распределительных сетей
 - ☐ трансформаторов напряжения
22. На основании чего судят о перегорании предохранителя типа ПКН?
- ☐ по показаниям приборов
 - ☐ по указателю срабатывания
 - ☐ по подгоревшим контактам
 - ☐ по треснувшей трубке
 - ☐ по высыпавшемуся песку

23. На основании чего судят о перегорании предохранителя типа ПК?

- ☐ по показаниям приборов
- ☐ по указателю срабатывания
- ☐ по подгоревшим контактам
- ☐ по треснувшей трубке
- ☐ по высыпавшемуся песку

24. Как обозначается на электрической схеме предохранитель?



25. В каком режиме работает трансформатор напряжения?

- ☐ в режиме короткого замыкания
- ☐ в режиме холостого хода
- ☐ в режиме перегрузки
- ☐ в нормальном режиме
- ☐ в режиме недогрузки

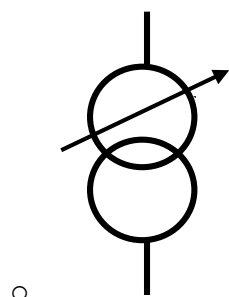
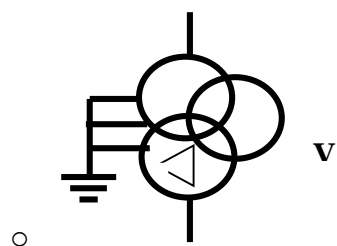
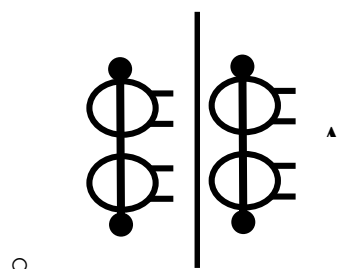
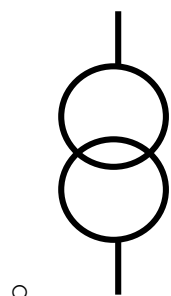
26. Величина тока на вторичной обмотке трансформатора тока:

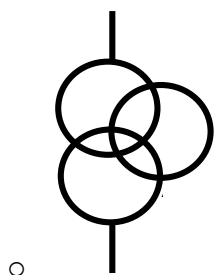
- ☐ 100 A
- ☐ 10 A
- ☐ 5 A
- ☐ 3 A
- ☐ 0,1 A

27. Величина напряжения на вторичной обмотке трансформатора напряжения:

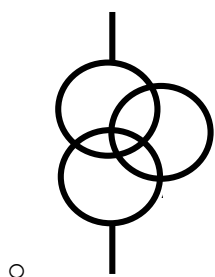
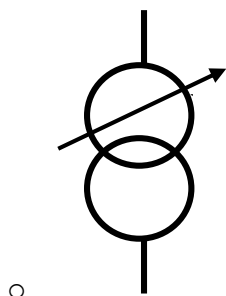
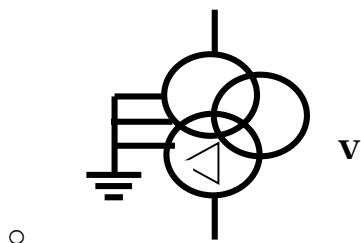
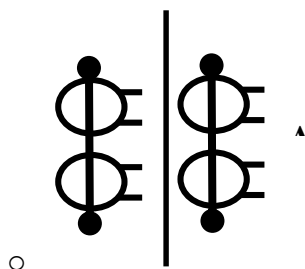
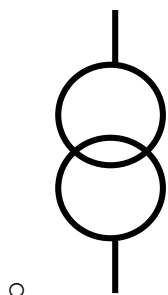
- ☐ 100 В
- ☐ 10 В
- ☐ 5 В
- ☐ 2 В
- ☐ 0,1 В

28. Как обозначается на электрической схеме трансформатор тока?

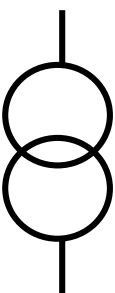
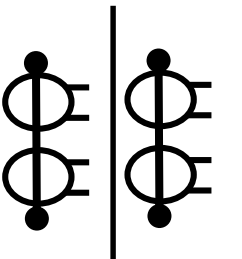
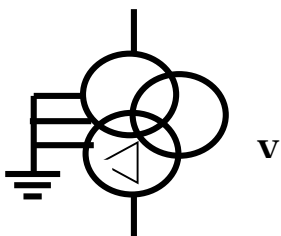
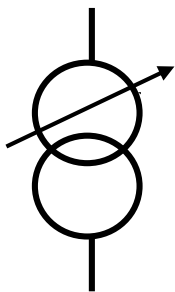
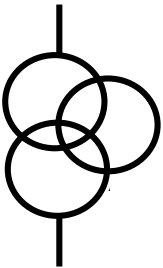




29. Как обозначается на электрической схеме трансформатор напряжения?



30. Как обозначается на электрической схеме силовой двухобмоточный трансформатор с РПН?

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

31. Чем комплектуется ЗРУ ГПП?

- ☐ отделителем и короткозамыкателем
- ☐ силовыми трансформаторами
- ☐ ячейками КСО
- ☐ ячейками КРУ
- ☐ ячейками КСО или КРУ

32. В каких случаях проектируются однострансформаторные цеховые подстанции?
- при наличии потребителей I категории
 - при наличии потребителей II категории
 - при наличии потребителей III категории
 - при наличии любой категории потребителей
 - в зависимости от местоположения подстанции
33. В каких случаях проектируются двухтрансформаторные подстанции?
- при преобладании потребителей I и II категории
 - при преобладании потребителей III категории
 - при наличии любой категории потребителей
 - в зависимости от местоположения подстанции
 - при наличии максимальной нагрузки
34. Назначение трансформаторного масла в многообъемных масляных выключателях.
- для изоляции токоведущих частей
 - для охлаждения токоведущих частей
 - для изоляции и охлаждения токоведущих частей
 - для изоляции токоведущих частей и гашения дуги
 - для гашения дуги
35. Электрический аппарат, предназначенный для включения и отключения электрической цепи под нагрузкой и в аварийном режиме, это:
- разъединитель
 - короткозамыкатель
 - высоковольтный выключатель
 - отделитель
 - разъединитель, короткозамыкатель, высоковольтный выключатель, отделитель
36. Электромагнитный замок устанавливается в разъединителях для:
- блокировки от случайных включений
 - устранения вибрации контактов
 - создания вжима контакта
 - создания предварительного контактного нажатия
 - надежного удерживания контактов во включенном положении при протекании токов короткого замыкания
37. Разъединители предназначены для:
- коммутации электрических цепей в нормальном режиме
 - защиты от перенапряжений
 - включения и отключения электрических цепей без нагрузки
 - быстрого отключения отдельных участков при возникших повреждениях
 - отключения участка цепи в бестоковую паузу
38. Короткозамыкатель предназначен для:
- ограничения токов короткого замыкания
 - защиты от токов короткого замыкания
 - создания искусственного короткого замыкания

- отключения электрической цепи без нагрузки
 - защиты от перенапряжения
39. С какими измерительными трансформаторами устанавливают высоковольтные предохранители?
- А) с трансформаторами напряжения
 - с трансформаторами тока земляной защиты
 - с трансформаторами тока
 - с силовыми трансформаторами
40. Допустимая перегрузка трансформатора в послеаварийном режиме при загрузке в нормальном режиме $0,6 \div 0,7$ должна быть не более:
- 20 %
 - 30 %
 - 40 %
 - 50 %
 - 100 %
41. Назначение трансформаторного масла в высоковольтном малообъемном выключателе.
- для гашения дуги
 - для изоляции токоведущих частей
 - для улучшения работы выключателя
 - для улучшения электрической связи
 - для охлаждения токоведущих частей
42. Электрический аппарат, предназначенный для переключения участков сети находящихся под напряжением и создания видимого разрыва, это:
- высоковольтный выключатель
 - отделитель
 - разъединитель
 - короткозамыкатель
 - предохранитель
43. Разъединители типа РЛНД по конструкции:
- рубящего типа
 - вертикально-поворотного типа
 - горизонтально-поворотного типа
 - подвешенного типа
 - катящегося типа
44. Отделитель отличается от разъединителя:
- наличием дугогасительной камеры
 - способностью отключать цепи под нагрузкой и в режиме короткого замыкания
 - контактами
 - пружинным приводом
 - ничем не отличается
45. В схемах ОРУ ГПП устанавливаются разрядники:
- вентильные

- фибровые
- текстолитовые
- винипластовые
- газогенерирующие

46. В каком режиме работает измерительный трансформатор тока?

- в режиме короткого замыкания
- в режиме холостого хода
- в режиме перегрузки
- в нормальном режиме
- в режиме недогрузки

47. Устройство РПН является:

- устройством регулирования напряжения без нагрузки
- промежуточным реле
- реле напряжения
- устройством регулирования напряжения под нагрузкой
- разъединителем наружной установки

48. Малообъемные масляные выключатели отличаются от многообъемных:

- размером бака
- объемом масла
- назначением трансформаторного масла
- изоляцией токоведущих частей

49. Для внутренних установок напряжением 6-10 кВ применяются разъединители

- рубящего типа
- вертикально-поворотного типа
- горизонтально поворотного типа
- подвесного типа
- катящего типа

50. Высоковольтные выключатели предназначены для:

- коммутации электрических цепей в нормальном режиме
- коммутации электрических цепей в нормальном режиме, а также автоматического отключения этих цепей в аварийных режимах
- создания видимого разрыва
- защиты от перенапряжений
- защиты от коротких замыканий

51. Трансформатор тока предназначен для питания:

- осветительных сетей
- потребителей собственных нужд
- измерительных приборов и средств релейной защиты
- силовой нагрузки
- бытовых электрических приборов

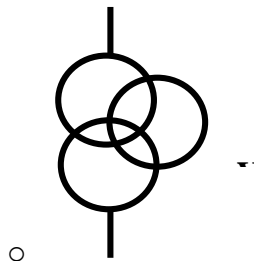
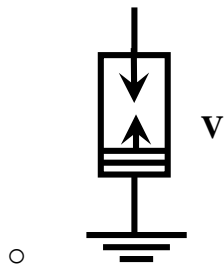
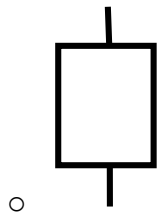
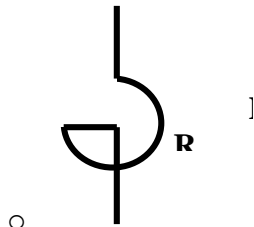
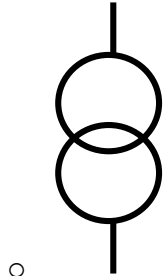
52. Metallургический эффект в предохранителях используется для:
- ☐ увеличения времени срабатывания предохранителя
 - ☐ ослабления дуги
 - ☐ уменьшения температуры плавкой вставки
 - ☐ увеличения температуры плавкой вставки
 - ☐ гашения дуги
53. В каких единицах производится расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В?
- ☐ в именованных
 - ☐ в относительных
 - ☐ в Амперах
 - ☐ в Омах
54. В каких единицах производится расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением выше 1000 В?
- ☐ в именованных
 - ☐ в относительных
 - ☐ в Амперах
 - ☐ в Омах
55. Виды коротких замыканий:
- ☐ двухфазные
 - ☐ однофазные
 - ☐ трехфазные
 - ☐ двойное замыкание на землю
56. Причины возникновения коротких замыканий.
- ☐ повреждение изоляции отдельных частей ЭУ
 - ☐ неправильные действия обслуживающего персонала
 - ☐ перекрытия токоведущих частей
57. Какие схемы составляются для расчета токов к.з.?
- ☐ расчетная схема
 - ☐ схема замещения
 - ☐ структурная схема
58. Какими базисными величинами задаются при расчете токов короткого замыкания?
- ☐ S_b и U_b
 - ☐ U_b и I_b
 - ☐ S_b и I_b
 - ☐ I_b и X_b
 - ☐ S_b и X_b
59. Реакторы предназначены:
- ☐ для защиты от перенапряжений
 - ☐ для защиты от токов к.з.
 - ☐ для ограничения токов к.з.
 - ☐ для защиты от токов перегрузки

- для отключения электрической цепи

60. Какие по конструкции бывают реакторы?

- вертикальной установки
- горизонтальной установки
- ступенчатой установки

61. Как обозначается на электрической схеме реактор?



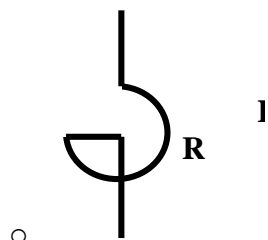
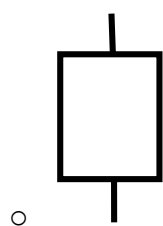
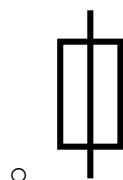
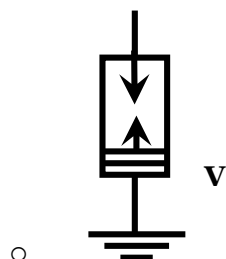
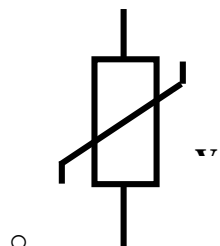
62. Какое условие не относится к выбору и проверке шин?

- проверка на нагрев
- проверка на динамическую устойчивость
- проверка на термическую устойчивость

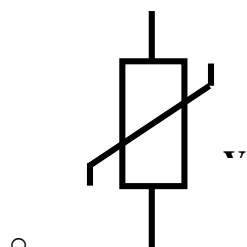
- выбор по экономической плотности тока
63. Какое условие не относится к условию выбора и проверки высоковольтного выключателя?
- по напряжению и току
 - по классу точности работы
 - по отключающей способности
 - на динамическую устойчивость
 - на термическую устойчивость
64. Для ограничения токов короткого замыкания предназначены:
- разрядники
 - разъединители
 - предохранители
 - реакторы
 - короткозамыкатели
65. Какое условие не относится к выбору и проверке ВЛ выше 1000 В?
- выбор по экономической плотности тока
 - проверка по току
 - проверка по потере напряжения
 - проверка на термическую стойкость
 - проверка по условиям коронирования
66. Ниже перечислены условия выбора и проверки проходных изоляторов. Какое условие верное?
- по напряжению, току
 - по напряжению, току, на динамическую устойчивость
 - по напряжению, на динамическую устойчивость
 - по току, на динамическую и термическую устойчивость
 - по напряжению, току, классу точности
67. Токоограничивающий реактор представляет собой:
- индуктивную катушку без сердечника
 - индуктивную катушку с сердечником
 - ящики активного сопротивления
 - реостат
 - конденсаторную батарею
68. Какое условие не относится к условиям выбора и проверки кабельной линии выше 1000 В?
- выбор по экономической плотности тока
 - проверка по току
 - проверка на динамическую стойкость
 - проверка на термическую стойкость
 - проверка по потере напряжения

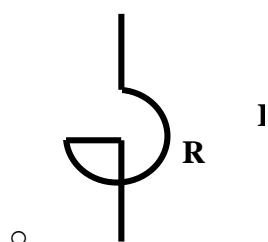
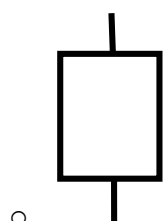
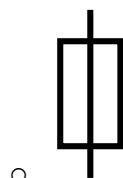
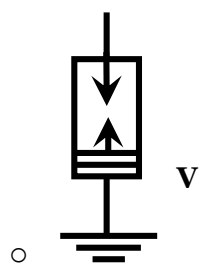
69. Ниже перечислены условия выбора и проверки разъединителя. Укажите в каком пункте допущена ошибка?
- ☐ по напряжению и роду установки
 - ☐ по току нагрузки
 - ☐ по отключающему току
 - ☐ на динамическую устойчивость
 - ☐ на термическую устойчивость
70. Электроаппарат автоматического действия, включающий или отключающий электрические цепи защиты и управления под действием импульсов, называется:
- ☐ автоматическим выключателем
 - ☐ реле
 - ☐ предохранителем
 - ☐ магнитным пускателем
 - ☐ контактором
71. Какой вид автоматизации используется на подстанциях, питающих потребителей I категории?
- ☐ АВР
 - ☐ АПВ
 - ☐ АЧР
 - ☐ АРТ
72. Основные требования, предъявляемые к устройствам автоматики?
- ☐ простота
 - ☐ надежность
 - ☐ быстрое действие
 - ☐ селективность
73. Расшифровать АЧР:
- ☐ автоматический частотный регулятор
 - ☐ автономное частотное реле
 - ☐ автоматическая частотная разгрузка
 - ☐ автоматическое реле частого использования
74. Электроаппарат, предназначенный для защиты электроустановок от перенапряжения:
- ☐ разрядник
 - ☐ ограничитель перенапряжения - ОПН
 - ☐ предохранитель
 - ☐ реактор
75. Расшифровать ОПН:
- ☐ ограничитель перенапряжения
 - ☐ одноразовый предохранитель наружной установки
 - ☐ однополюсный переключатель напряжения
 - ☐ определитель повышенного напряжения

76. Как обозначается на электрической схеме вентиляльный разрядник?



77. Как обозначается на электрической схеме ограничитель перенапряжения?





78. Какими выполняют разрядники?

- ☐ вентильные
- ☐ трубчатые
- ☐ газогенерирующие

79. Перенапряжения, возникающие в электроустановках:

- ☐ режимные
- ☐ коммутационные
- ☐ дуговые
- ☐ атмосферные

80. Разрядники в электрических схемах распределительных устройств служат для:

- ☐ защиты от перенапряжения
- ☐ ограничения токов короткого замыкания
- ☐ защиты электрооборудования от токов короткого замыкания
- ☐ заземления нейтрали трансформатора
- ☐ компенсации емкостных токов

Краткое описание и регламент выполнения

Задание выполняется письменно. Оценивается правильность выполнения задания и количество допущенных при выполнении задания ошибок.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину вопросов теста;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше вопросов теста.

7.2.3. Лабораторные занятия

Краткое описание и регламент выполнения

Лабораторная работа № 1. Расчет трехфазного КЗ на стороне ниже 1000 В (в цепи, питаемой источником бесконечной мощности).

Лабораторная работа № 2. Расчет трехфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Расчет трехфазного КЗ в сложной схеме ЭЭС. Метод расчетных кривых.

Лабораторная работа № 3. Расчет несимметричных аварий в ЭЭС, питаемой источником конечной мощности. Метод симметричных составляющих. Построение комплексной схемы замещения НКЗ и обрывов.

Лабораторная работа № 4. Моделирование и анализ переходных процессов для случая трехфазного КЗ на стороне ниже 1000 В.

Лабораторная работа № 5. Моделирование и анализ переходных процессов для случая несимметричных КЗ в ЭЭС. Построение векторных диаграмм НКЗ и обрывов.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент выполнил и защитил лабораторную работу;
- оценка «не зачтено» - если студент не выполнил и не защитил лабораторную работу.

7.2.4. Опрос на лабораторных занятиях по теоретическому материалу

Контрольные вопросы:

- 1.1. Как привести к базисной ступени сопротивление питающей сети?
- 1.2. Как привести к базисной ступени сопротивление линии?
- 1.3. Как рассчитать приведенное к базисной ступени реактивное сопротивление трансформатора?
- 1.4. Как рассчитать приведенное к базисной ступени активное сопротивление трансформатора?
- 1.5. Какие элементы аварийной цепи определяют, в основном, величину тока КЗ?
- 1.6. Опишите порядок вывода типовых формул для расчета токов КЗ на стороне ниже 1000В.
- 1.7. Приведите алгоритм расчета трехфазных токов КЗ на стороне ниже 1000В.
- 2.1. Сверхпереходный ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?
- 2.2. Переходный ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?
- 2.3. Установившийся ток КЗ – что это такое? Какими параметрами он определяется?

- 2.4. Какие паспортные параметры описывают синхронный генератор?
- 2.5. Почему генератор замещается сопротивлением по продольной оси?
- 2.6. Как влияет АРВ генератора на характер переходного процесса при КЗ?
- 2.7. Как изменяется $I_{nk}=f(T)$ по мере удаления точки КЗ от источника питания?
- 2.8. Дайте определение ударному току КЗ, от каких параметров схемы он зависит?
- 3.1. В чем суть метода симметричных составляющих? Какой порядок чередования фаз в системах прямой, обратной и нулевой последовательностей?
- 3.2. Как по известным симметричным составляющим фазы "А" построить векторные диаграммы токов и напряжения во всех фазах при НКЗ?
- 3.3. Как строятся схемы прямой, обратной и нулевой последовательностей при НКЗ?
- 3.4. Какими параметрами замещаются генератор для схем различных последовательностей?
- 3.5. Как замещаются параметры линий (ВЛ и КЛ) для схем различных последовательностей?
- 3.6. Какими параметрами замещены двухобмоточные трансформаторы в схемах нулевой последовательности в зависимости от точки КЗ. Почему?
- 3.7. Как оказывает влияние на схему нулевой последовательности автотрансформатор, трехобмоточный трансформатор? Укажите на схеме.
- 3.8. Правило эквивалентности прямой последовательности. Что такое «добавочное сопротивление»? Что характеризует коэффициент $m(n)$?
- 3.9. Правило эквивалентности тока прямой последовательности. Укажите расчетные формулы.
- 4.1. Как изменяется во времени слагающие тока КЗ при питании аварийной схемы источником бесконечной мощности?
- 4.2. Какие элементы аварийной цепи определяют в основном величину тока КЗ на стороне ниже 1000 В?
- 4.3. Амплитудное, мгновенное и действующие токи КЗ. Дайте определения.
- 4.4. Чем отличаются расчётные условия от допущений при анализе аварий в СЭС?
- 4.5. Чем обусловлено затухание периодической составляющей тока КЗ во времени (тепловой спад тока)?
- 4.6. Опишите понятие "источник бесконечной мощности (неизменного питания)".
- 5.1. Основные виды несимметричных нарушений нормальной работы и особенности их расчета?
- 5.2. Отличия расчетов несимметричного КЗ в сети напряжением выше 1000 В от несимметричного КЗ в сети напряжением ниже 1000 В?
- 5.3. Как по известным симметричным составляющим фазы "А" построить векторные диаграммы токов и напряжения во всех фазах при НКЗ?
- 5.4. Как влияет режим нейтрали двухобмоточных трансформаторов на сопротивления схемы нулевой последовательности?
- 5.5. Токи простых КЗ. В чём опасность токов простых КЗ? Порядок расчета и методы ограничения.
- 5.6. Продольная несимметрия. Как её моделируют и рассчитывают?
- 5.7. Почему сопротивление линии электропередачи для тока нулевой последовательности больше, чем для прямой? Что оказывает влияние на него?
- 5.8. Как влияют автотрансформаторы на суммарное сопротивление схемы нулевой последовательности?

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину контрольных вопросов;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше контрольных вопросов.

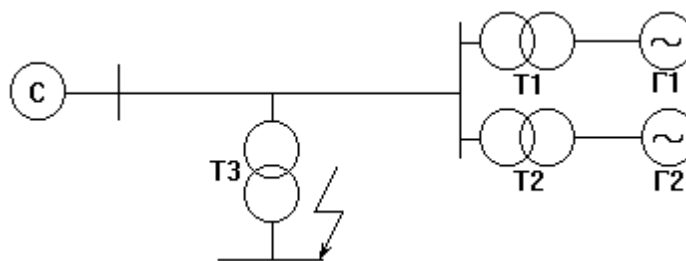
7.2.5. Задачи для контрольных работ:

1. Типовые формулы

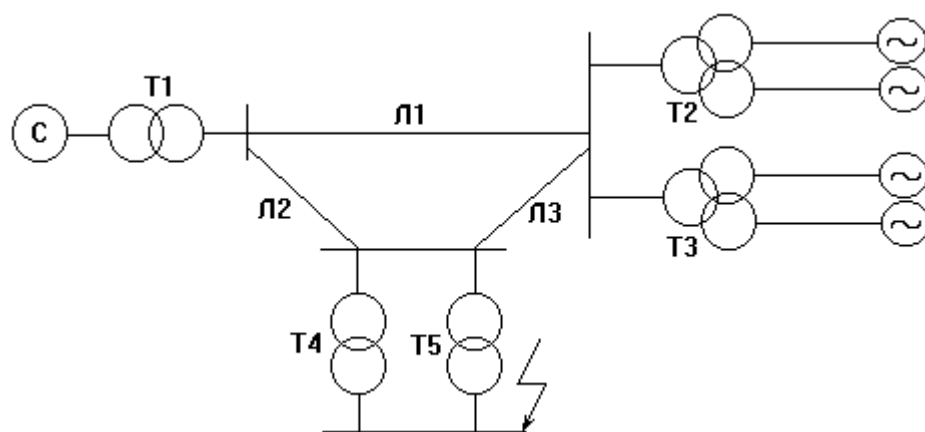
- 1.1. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в именованных единицах.
- 1.2. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в относительных единицах, при известных U_n , S_n .
- 1.3. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в относительных единицах, при известных U_n , I_n .
- 1.4. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в % к номиналу, при известных U_n , S_n .
- 1.5. Получить формулу для приведения к базисной ступени в именованных единицах сопротивления X , заданного в % к номиналу, при известных U_n , I_n .

2. Расчёт трёхфазных токов короткого замыкания от шин бесконечной мощности.

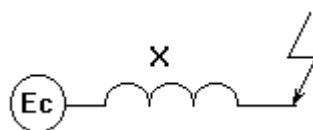
- 2.1. Построить и преобразовать к удобному для расчёта тока трёхфазного к.з. виду расчётную схему (нарисовать схему).



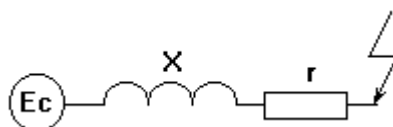
- 2.2. Построить расчётную схему и преобразовать её к виду, удобному для расчёта токов трехфазного к.з.



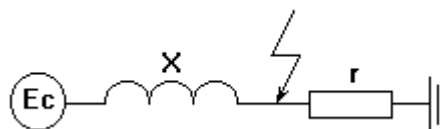
2.3. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з. если доаварийный режим - холостой ход, $E_{cm}=1$, $x=1$, для $\alpha=0$ и $\pi/2$.



2.4. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_c=\sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\alpha=0$ и $\alpha=\pi/2$.

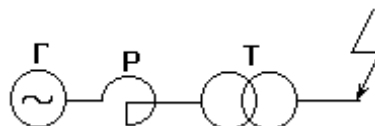


2.5. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_{cm}=\sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\alpha=-\pi/4$ и $\alpha=\pi/4$.



3. Расчёт трёхфазных коротких замыканий от источников конечной мощности.

3.1. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток при трёхфазном к.з. в схеме:

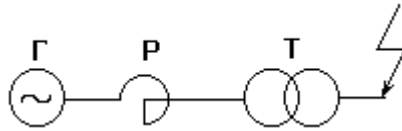


Параметры элементов схемы:

| \underline{r} | \underline{P} | \underline{T} |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| $S_H=50 \text{ MVA}$ | $U_H=10 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2=10/110 \text{ кВ}$ |
| $U_H=10 \text{ кВ}$ | $I_H=3 \text{ кА}$ | $S_H=100 \text{ MVA}$ |
| $x''_d=0.20$ | $x_p=15\%$ | $u_K=0.1$ |

3.2. Методом расчётных кривых определить переходный процесс в точке к.з. при трёхфазном

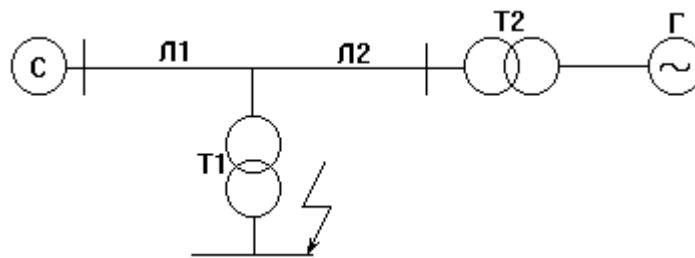
к.з. в схеме:



Параметры схемы:

| Г | Р | Т |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| ТГ с АРВ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$ |
| $x''_d = 0,144$ | $I_H = 10 \text{ кА}$ | $u_K = 10 \%$ |
| $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $x_p = 10\%$ | $S_H = 100 \text{ МВА}$ |

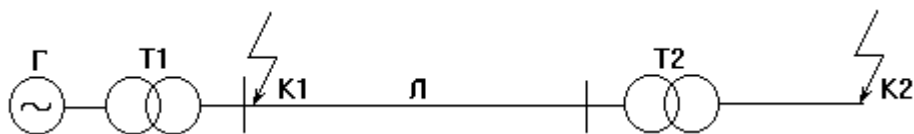
3.3. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток в точке двухфазного к.з. в схеме:



Параметры схемы:

| С | Л | Т1 | Т2 | Г |
|-----------|----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $x_C = 0$ | $X_0 = 0.45 \text{ Ом/км}$ | $110/10 \text{ кВ}$ | $100/35 \text{ кВ}$ | $P_H = 80 \text{ МВт}$ |
| | $\ell_1 = 40 \text{ км}$ | $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $S_H = 10 \text{ МВА}$ | $\cos \varphi_H = 0.80$ |
| | $\ell_2 = 60 \text{ км}$ | $u_K = 10\%$ | $u_K = 6\%$ | $x''_d = 0.15$ |
| | $U_H = 110 \text{ кВ}$ | | | |

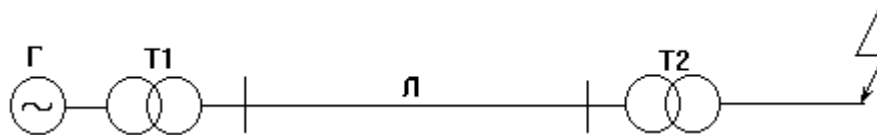
3.4. Определить сверхпереходный и установившийся ток трёхфазного к.з. в точке к.з. схемы при наличии и отсутствии АРВ.



Параметры схемы:

| Г | Т1 | Т2 | Л |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $U_1/U_2 = 110/220 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2 = 220/35 \text{ кВ}$ | $X_0 = 0.50 \text{ Ом/км}$ |
| $x''_d = 0.200$ | $u_K = 5 \%$ | $u_K = 10\%$ | $\ell = 106 \text{ км}$ |
| $x_d = 1.0$ | $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $S_H = 10 \text{ МВА}$ | $U_H = 220 \text{ кВ}$ |
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ | | | |
| АРВ К=3 | | | |

3.5. Методом расчётных кривых определить переходный процесс во времени при 3-фазном к.з. в схеме (для точки к.з.):

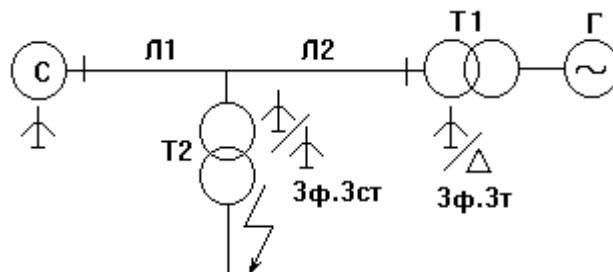


Параметры схемы:

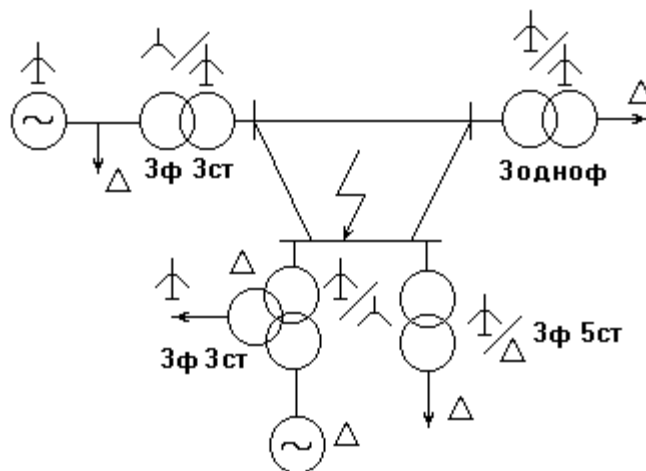
| Г | Т1 | Т2 | Л |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $S_H = 50 \text{ МВА}$ | $U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2 = 110/35 \text{ кВ}$ | $X_0 = 0.40 \text{ Ом/км}$ |
| $x''_d = 0.200$ | $u_K = 8\%$ | $u_K = 8\%$ | $\ell = 50 \text{ км}$ |
| ГГ с демпф. | $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $S_H = 100 \text{ МВА}$ | $U_H = 110 \text{ кВ}$ |
| АРВ - есть | | | |

4. Расчёт несимметричных коротких замыканий.

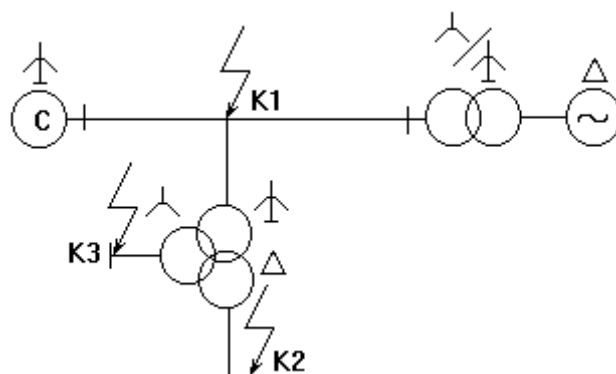
4.1. Построить схемы прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов $t = 0$ и $t = \infty$ (АРВ нет).



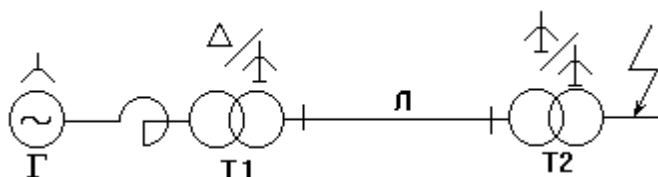
4.2. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



4.3. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



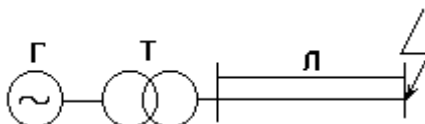
4.4. Рассчитать сверхпереходный и установившийся ток в точке к.з. при однофазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

| Г | Р | Т1 | Т2 | Л |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ | 10/110 кВ | 10/110 кВ | $U_H = 110 \text{ кВ}$ |
| $x_d'' = 0,10$ | $I_H = 10 \text{ кА}$ | $u_K = 10 \%$ | $u_K = 10 \%$ | $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ |
| АРВ - нет | $x_p = 5 \%$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $\ell = 50 \text{ км}$ |
| $x_d = 2,00$ | | | | $X_{0(o)} = 1,2 \text{ Ом/км}$ |

4.5. Рассчитать сверхпереходный ток в точке к.з. при 2-фазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

| Г | Т | Л |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $P_H = 80 \text{ MVA}$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | 2 цепи |
| $\cos \varphi_H = 0,80$ | $u_K = 10 \%$ | $U_H = 110 \text{ кВ}$ |
| $x_d'' = 0,150$ | $U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$ | $X_0 = 0,45 \text{ Ом/км}$ |
| | | $\ell = 60 \text{ км}$ |

7.2.5. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Тема курсовой работы: «Расчет симметричных и несимметричных коротких замыканий в системах электроснабжения и выбор выключателей» (выполняется по вариантам).

Критерии и нормы оценки курсовых работ

| Оценки | Критерии и нормы оценки |
|-----------|--|
| «отлично» | «Отлично» ставится, если студент выполнил все разделы курсовой |

| | |
|-----------------------|--|
| | работы правильно, сдал его в зачетную неделю и ответил при защите курсовой работы на все вопросы. |
| «хорошо» | «Хорошо» ставится, если студент выполнил разделы курсовой работы с несущественными неточностями, сдал курсовую работу в зачетную неделю и ответил при защите курсовой работы на все вопросы. |
| «удовлетворительно» | «Удовлетворительно» ставится, если студент выполнил разделы курсовой работы с некоторыми неточностями и затруднился в некоторых ответах при защите курсовой работы. |
| «неудовлетворительно» | «Неудовлетворительно» ставится, если студент не выполнил курсовую работу в срок. |

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 6

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|-------|---|
| 1 | Назначение и основные функции силовых коммутационных аппаратов. |
| 2 | Общие определения и классификация СКА. Условные обозначения на схемах. |
| 3 | Основные требования, предъявляемые к СКА и средствам защиты в электроснабжении. |
| 4 | Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Назначение. Обозначение на электрических схемах. Классификация. |
| 5 | Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Конструкция, принцип действия. |
| 6 | Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Параметры этих аппаратов. Условия выбора. |
| 7 | Отключение цепей переменного тока. Процессы, сопровождающие отключение цепей. Восстановление напряжения на контактах выключателя. |
| 8 | Высоковольтные выключатели. Назначение. Обозначение на электрических схемах. Классификация. |
| 9 | Высоковольтные выключатели. Параметры, характеризующие выключатели. Условия их выбора. |
| 10 | Масляные выключатели. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 11 | Маломасляные выключатели. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 12 | Воздушные выключатели. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 13 | Элегазовые выключатели. Свойства элегаза. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 14 | Электромагнитные выключатели. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 15 | Вакуумные выключатели. Конструкция, принцип действия. Достоинства и недостатки. |
| 16 | Выключатели нагрузки. Назначение. Обозначение на электрических схемах. Классификация. |
| 17 | Предохранители. Назначение. Обозначение на электрических схемах. Классификация. |
| 18 | Реклоузеры. Назначение. Область использования. Элементы конструкции. Преимущества использования реклоузеров на сельских линиях. |
| 19 | Токоограничивающие реакторы. Конструкция, принцип действия, назначение. |
| 20 | Общие вопросы выбора СКА. Нормативные документы и рекомендации. |
| 21 | Общие вопросы выбора СКА. Пример выбора СКА. |
| 22 | Причины и следствия КЗ. Задачи, вызывающие необходимость расчёта переходных процессов (ПП). |
| 23 | Основные допущения при расчёте КЗ. |
| 24 | Приведение величин напряжений, токов и сопротивлений к одной ступени напряжения. |
| 25 | Вывод типовых формул для расчетов режимов КЗ с номинальным напряжением |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|---|
| | ниже 1 кВ. |
| 26 | Порядок расчёта трёхфазного КЗ в цепи, питаемой источником бесконечной мощности, на ступени напряжением ниже 1 кВ. |
| 27 | Система относительных единиц. |
| 28 | Вывод типовых формулы для расчетов режимов КЗ с напряжением выше 1 кВ. |
| 29 | Правила составления схем замещения. Правила преобразование схем замещения. |
| 30 | Переходный процесс в простейшей трёхфазной цепи. Полный ток КЗ и его составляющие. |
| 31 | Апериодическая слагающая тока КЗ, ее начальное значение, постоянная времени затухания. |
| 32 | Сверхпереходный ток КЗ. |
| 33 | Ударный ток КЗ. |
| 34 | Эквивалентная постоянная времени затухания апериодических слагающих трехфазного тока КЗ. Методы их точного и приближенного расчета. |
| 35 | Установившийся режим трёхфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. |
| 36 | Параметры синхронного генератора при разных режимах КЗ. Синхронные, переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления. |
| 37 | Влияние АРВ генераторов на режимы КЗ. |
| 38 | Начальный момент трёхфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. |
| 39 | Установившийся режим трехфазного КЗ синхронного генератора. |
| 40 | Элементы нагрузки ЭЭС и систем электроснабжения. Их влияние на ПП при трехфазном КЗ. Обобщенная нагрузка – характеристики и учет. |
| 41 | Метод расчётных кривых. Допущения. Порядок расчёта. |
| 42 | Расчет сверхпереходных и ударных токов трехфазного КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ. |
| 43 | Расчет полного тока КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ. Тепловой спад тока. Ударный ток КЗ. Учет подпитки от мелких АД. |
| 44 | Метод симметричных составляющих для анализа несимметричных КЗ. |
| 45 | Схемы различных последовательностей и правила их построения. |
| 46 | Однофазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма. |
| 47 | Двухфазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма. |
| 48 | Двухфазное КЗ на землю. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма. |
| 49 | Правило эквивалентности прямой последовательности. |
| 50 | Сравнение КЗ по тяжести. Ударный ток НКЗ. |
| 51 | Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для различных элементов схемы (кроме трансформаторов). |
| 52 | Влияние групп соединений и конструкций двухобмоточных трансформаторов на схему нулевой последовательности. |
| 53 | Влияние групп соединений и конструкций трёхобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов на схему нулевой последовательности. |
| 54 | Правила построения схемы нулевой последовательности |
| 55 | Однократная продольная несимметрия. Сопротивление в одной фазе (обрыв одной фазы). |
| 56 | Однократная продольная несимметрия. Сопротивление в двух фазах (обрыв двух |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|---|
| | фаз). |
| 57 | Комплексные схемы замещения для несимметричных КЗ и однократной продольной несимметрии. |
| 58 | Однофазное КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Векторная диаграмма и схема замещения. Емкостной ток и его компенсация |
| 59 | Расчет однофазного КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Критический ток простого КЗ. Режимы перекомпенсации и недокомпенсации. |
| 60 | Современные методы расчетов переходных режимов в СЭС. Использование промышленных программных пакетов для расчета и анализа КЗ и других аварий |

7.3.2. Критерии и нормы оценки

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|---------|--|-------------------------|--|
| 6 | Экзамен (письменный опрос студентов по билетам) | «отлично» | Студент обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; при ответе продемонстрировал исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение; правильно сформулировал понятия и закономерности по вопросу. |
| | | «хорошо» | Студент обладает достаточно полным знанием программного материала; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности в формулировании понятий; правильно применены теоретические положения, подтвержденные примерами. |
| | | «удовлетворительно» | Студент имеет общие знания основного материала без усвоения некоторых существенных положений; формулирует основные понятия с некоторой неточностью; затрудняется в приведении примеров, подтверждающих теоретические положения. |
| | | «неудовлетворительно» | Студент не знает значительную часть программного материала; допустил существенные ошибки в процессе |

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|---------|---|-------------------------|---|
| | | | изложения; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения. |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|-------|---------------------|---|---|-------------|--|
| 1 | Вахнина В. В. | Системы электроснабжения | Учебно-практическое пособие | 2015 | Репозиторий ТГУ |
| 2 | Сазыкин В. Г. | Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах | Учебник | 2018 | ЭБС «IPRbooks» |

8.2. Дополнительная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|-------|---------------------|--|---|-------------|--|
| 1 | Кривова Л. В. | Выбор и обоснование оборудования, токоведущих частей и коммутационных аппаратов с применением вероятностных технологий | Монография | 2014 | ЭБС «IPRbooks» |
| 2 | Алиев И. И. | Электротехника и электрооборудование | Справочник | 2014 | ЭБС «IPRbooks» |
| 3 | Стрельников Н. А. | Электроснабжение промышленных предприятий | Учебное пособие | 2013 | ЭБС «IPRbooks» |

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

8.4. Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование ПО | Реквизиты договора (дата, номер, срок действия) |
|-------|--|--|
| 1 | Windows | Договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно |
| 2 | Office Standard | Договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно |
| 3 | Специальное программное обеспечение к лабораторным стендам | Договор № 61935138 от 28.05.2012г., срок действия - бессрочно |

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|-------|---|---|
| 1 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-211) | Проектор, экран; стол ученический (моноблок) двухместный, стол ученический (моноблок) трехместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная., экран, проектор, жалюзи |

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|----------|---|---|
| 2 | Лаборатория "Моделирование электрических систем. Внутриводское электро-снабжение и режимы". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (Э-210) | Экран, столы ученические двухместные, стулья ученические, стол преподавательский, стул преподавательский, доска ИНТЕРАКТИВНАЯ, комплект типового лабораторного оборудования , ПК лабораторные столы с оборудованием , жалюзи., проектор |
| 3 | Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401) | Стол ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет |