

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

Б1.В.05

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Электромагнитные и электромеханические переходные процессы
в электроэнергетических системах**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)
Электроснабжение

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 7 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр | 4 | Итого |
|------------------------------|------------|------------|
| Форма контроля | Экзамен | |
| Вид занятий | | |
| Лекции | 4 | 4 |
| Лабораторные | 4 | 4 |
| Практические | 8 | 8 |
| Руководство: курсовые работы | | |
| Промежуточная аттестация | 0,35 | 0,35 |
| Контактная работа | 16,35 | 16,35 |
| Самостоятельная работа | 227 | 227 |
| Контроль | 8,65 | 8,65 |
| Итого | 252 | 252 |

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 2026 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Электроснабжение и электротехника»

(протокол заседания № 2 от «10» сентября 2020 г.)

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – дать теоретические знания в области электромагнитных и электромеханических переходных процессов, а также практические навыки расчета параметров режимов коротких замыканий и обрывов фаз; оценки и анализа статической и динамической устойчивости в электроэнергетических системах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Теоретические основы электротехники», «Математические задачи электроэнергетики и электротехники», «Техника высоких напряжений».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Системы электроснабжения промышленных предприятий», «Системы электроснабжения городов», «Электротехнологические установки».

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 и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах, системы единиц и схемы замещения ЭЭС, допущения и порядок расчёта переходных процессов; |
| | | Уметь: составлять схемы замещения ЭЭС, рассчитывать параметры элементов и параметры аварийных режимов |
| | | Владеть: методами расчета электромагнитных и электромеханических переходных процессов при аварийных режимах |
| ПК-3 Способен применять знание особенностей характеристик элементов электрических сетей, способов производства и использования электрической энергии в профессиональной деятельности | ПК-3.1 Демонстрирует знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем | Знать: технологии моделирования электрических элементов для исследования различных электрофизических процессов |
| | | Уметь: обрабатывать, анализировать и представлять результаты измерений, оценивать достоверность решений, принимаемых по их результатам |
| | | Владеть: базовыми навыками моделирования электрических элементов для исследования различных электрофизических процессов |

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. Системы еди- ниц и схемы за- мещения ЭЭС | Лек. | 1.1. Предмет и содержание дисциплины. Назначение расчетов коротких замыканий в ЭЭС. Основные допущения и расчётные условия. 1.2. Системы единиц – относительные и именованные. Вывод типовых формул. 1.3. Схемы замещения – правила составле- ния. Преобразование схем замещения. | 3 | 0,5 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 1 | 3 | 1 | - | - | 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. | 3 | 22 | - | - | |
| 2. Анализ режи- мов трёхфазного короткого замы- кания в ЭЭС | Лек. | 2.1. Анализ симметричного КЗ в цепи, пи- таемой источником бесконечной мощно- сти. Полный ток КЗ и его составляющие. Ударный ток КЗ. 2.2. Расчет режимов КЗ с номинальным напряжением ниже 1 кВ. 2.3. Трёхфазные КЗ в цепи, питаемой ис- точником конечной мощности. Параметры синхронного генератора при разных режи- мах КЗ. Установившийся и сверхпереход- | 3 | 0,5 | - | - | |

| 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) |
|--|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | | ный режим КЗ. 2.4. Влияние АРВ генераторов на режимы КЗ. | | | | | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 2 | 3 | 1 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Лаб. | Лабораторная работа № 1 | 3 | 2 | - | - | Опрос на лаборатор- ных занятиях по теоретическому ма- териалу. 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. | 3 | 32 | - | - | |
| 3. Практические методы расчета режимов трех- фазного КЗ | Лек. | 3.1. Метод расчётных кривых. Допущения и порядок расчёта. 3.2. Выбор оборудования по стойкости к токам КЗ. 3.3 Практические методы расчёта трехфаз- ных КЗ на стороне ниже 1 кВ. | 3 | 0,5 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 3 | 3 | 1 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения |

| 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) |
|--|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | | | | | | | 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. | 3 | 25 | - | - | |
| 4. Анализ несимметричных коротких замы- каний | Лек. | 4.1 Виды несимметричных аварий. Метод симметричных составляющих для анализа НКЗ. 4.2. Схемы различных последовательностей и правила их построения. 4.3. Правило эквивалентности прямой последовательности. Сравнение тяжести КЗ. 4.4. Векторные диаграммы и комплексные схемы замещения для случаев НКЗ. | 3 | 0,5 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 4 | 3 | 2 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |
| | Лаб. | Лабораторная работа № 2 | 3 | 2 | - | - | Опрос на лабораторных занятиях по теоретическому материалу. Выполнение и защита лабораторных работ |
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и | 3 | 25 | - | - | |

| 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) |
|--|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | | учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | | | | | |
| 5. Практические методы расчета несимметричных КЗ | Лек. | 5.1. Метод расчетных кривых для случая НКЗ. Ударный ток НКЗ. НКЗ в сетях ниже 1000 В. Переходный процесс в нагрузках при несимметричных КЗ. 5.2. Метод расчета простого замыкания. Компенсированные сети. | 3 | 0,5 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 5 | 3 | 1 | - | - | 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. | 3 | 25 | - | - | |
| 6. Анализ и расчет продольной несимметрии и сложных аварий | Лек. | 6.1. Обрывы фаз и методы их расчета. Комплексные схемы замещения и векторные диаграммы при обрывах. 6.2. Сложные виды аварий – анализ и расчёт. 6.3. Программное обеспечение для анализа переходных процессов в ЭЭС. | 3 | 0,5 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 6 | 3 | 1 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения |

| 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) |
|--|---------------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | | | | | | | 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. | 3 | 25 | - | - | |
| 7. Общие понятия об устойчивости ЭЭС | Лек. | 7.1. Общие понятия об устойчивости ЭЭС. 7.2. Основные допущения и расчётные условия. 7.3. Запас статической устойчивости (СУ) и их нормы. Назначение расчетов устойчивости ЭЭС. | 3 | 0,25 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 7 | 3 | 0,5 | - | - | 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. | 3 | 18 | - | - | |
| 8. Методы анализа статической устойчивости ЭЭС | Лек. | 8.1. Векторная диаграмма электропередачи. Критерии статической устойчивости (СУ). Идеальный предел мощности. Предельный угол СУ. 8.2. Влияние эффекта явнополюсности синхронной машины на СУ. Векторная диаграмма, угловые характеристики явно- | 3 | 0,25 | - | - | |

| 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) |
|--|---------------------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | | полюсного генератора. 8.3. Виды и влияние АРВ синхронного ге- нератора на СУ. Векторные диаграммы режима регулирования возбуждения. | | | | | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 8 | 3 | 0,5 | - | - | 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. | 3 | 18 | - | - | |
| 9. Методы ана- лиза динамиче- ской устойчиво- сти ЭЭС и её элементов | Лек. | 9.1. Динамическая устойчивость (ДУ) электростанции, работающей на шины бесконечной мощности. Отключение цепи двухцепной линии. Правило площадей. За- пас ДУ. 9.2. Схемы замещения при коротком замы- кании. Аварийные угловые характери- стики. Предельный угол отключения аварии. 9.3. Динамическая устойчивость узлов нагрузки. Пуск СД и АД. наброс нагрузки на СД и АД. Самозапуск АД и СД. | 3 | 0,25 | - | - | |
| | Пр. | Решение задач по модулю 9 | 3 | 1 | - | - | Оценка решения практических задач и проверка усвоения материала |

| 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) |
|---|---------------------------------|---|---------|------------|-------|----------------|---|
| | Ср. | Изучение конспектов лекций. Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. | 3 | 18 | - | - | |
| 10. Методы со- хранения устой- чивости сложных ЭЭС | Лек. | 10.1. Средства повышения устойчивости ЭЭС. АПВ линий. АРВ и форсировка возбуждения генераторов. Регулирование мощности турбин. Системная автоматика – отключение части генераторов, электрическое торможение, частотная разгрузка, деление системы. 10.2. Системные аварии и их последствия. Лавинные процессы – меры предотвращения и ликвидация последствий. | 3 | 0,25 | - | - | |
| | Ср. | Подготовка к итоговому тестированию (экзамену) | 3 | 19 | - | - | |
| | | Контроль | 3 | 8,65 | - | - | |
| | ПА | Сдача экзамена | 3 | 0,35 | - | - | |
| Итого: | | | | 252 | | | |

5. Образовательные технологии

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», 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 практически 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 тем, 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 |
| 6 | ПК-3 (ПК-3.1) | 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. 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.

7.2.2. 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 сопротивления 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.

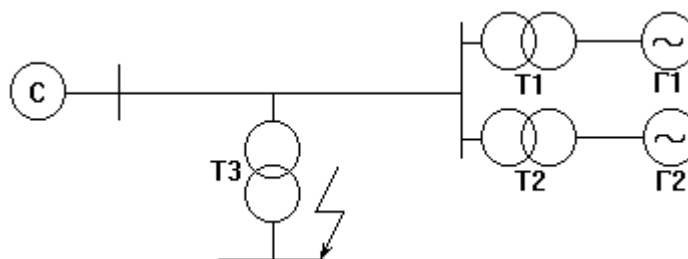
7.2.3. Задачи для контрольных работ:

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 .

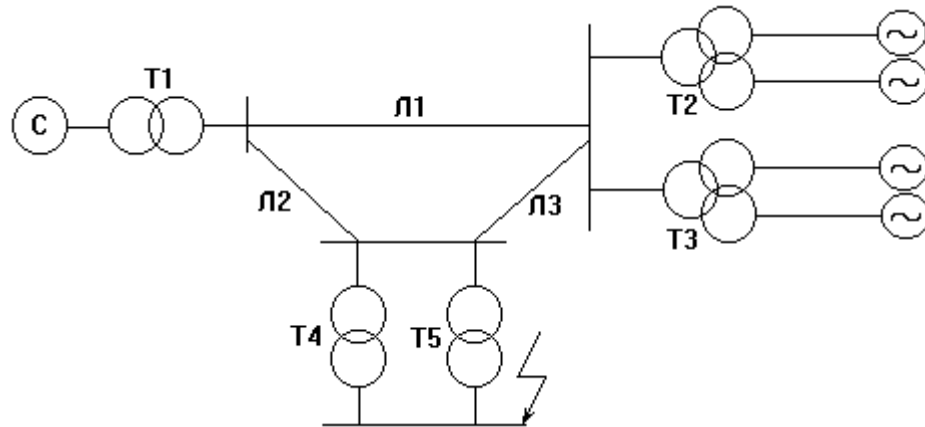
2. Расчёт трёхфазных токов короткого замыкания от шин бесконечной мощности.

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

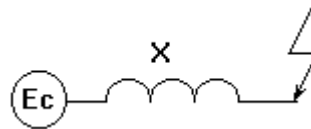


- 2.2. Построить расчётную схему и преобразовать её к виду, удобному для расчёта токов

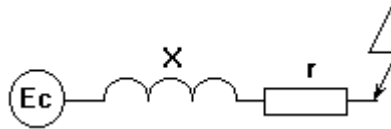
трехфазного к.з.



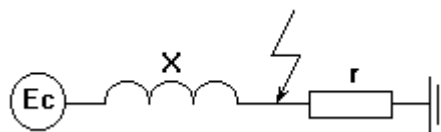
2.3. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з. если доаварийный режим - холостой ход, $E_{cm}=1$, $x=1$, для $\varphi=0$ и $\pi/2$.



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

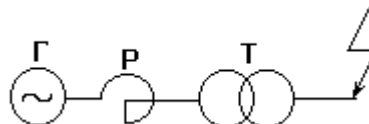


2.5. Построить во времени ток переходного процесса после 3-фазного к.з., если $E_{cm}=\sqrt{2}$, $X=1$, $r=1$, для $\varphi = -\pi/4$ и $\varphi = \pi/4$.



3. Расчёт трёхфазных коротких замыканий от источников конечной мощности.

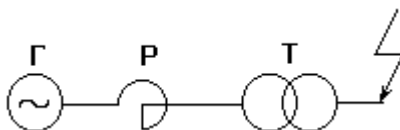
3.1. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры элементов схемы:

| <u>Г</u> | <u>Р</u> | <u>Т</u> |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| $S_H=50 \text{ MVA}$ | $U_H=10 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2=10/110 \text{ кВ}$ |
| $U_H=10 \text{ кВ}$ | $I_H=3 \text{ кА}$ | $S_H=100 \text{ MVA}$ |
| $x''_d=0.20$ | $x_p=15\%$ | $u_K=0.1$ |

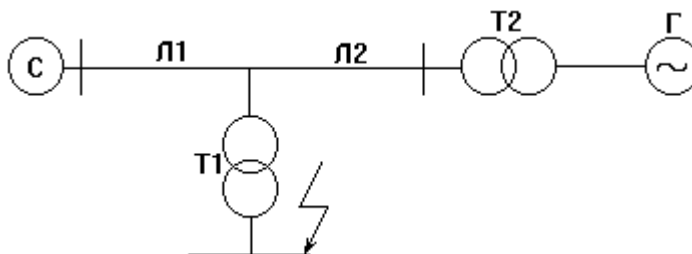
3.2. Методом расчётных кривых определить переходный процесс в точке к.з. при трёхфазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

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

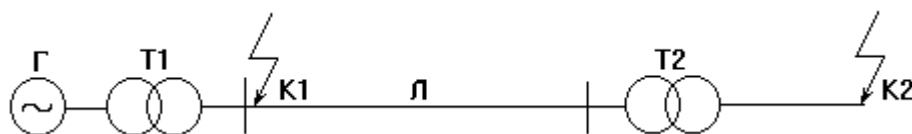
3.3. Рассчитать сверхпереходный и ударный ток в точке двухфазного к.з. в схеме:



Параметры схемы:

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

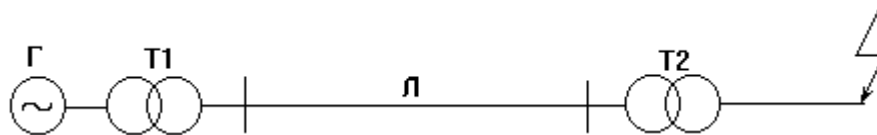
3.4. Определить сверхпереходный и установившийся ток трёхфазного к.з. в точке к.з. схемы при наличии и отсутствии АРВ.



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 $K=3$ | | | |

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

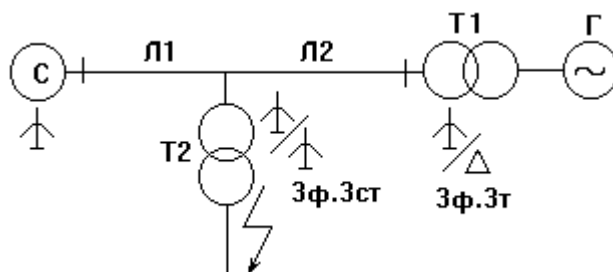


Параметры схемы:

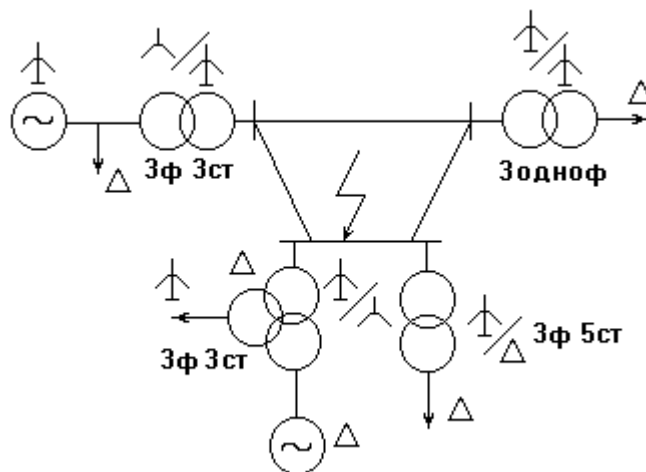
| Г | Т1 | Т2 | Л |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $S_H = 50 \text{ МВА}$ | $U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$ | $U_1/U_2 = 110/35 \text{ кВ}$ | $X_0 = 0.40 \text{ Ом/км}$ |
| $x''_d = 0.200$ | $u_K = 8\%$ | $u_K =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

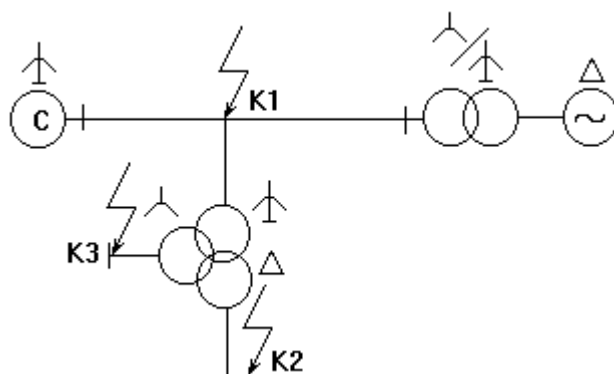
4.1. Построить схемы прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов $t = 0$ и $t = \infty$ (АРВ нет).



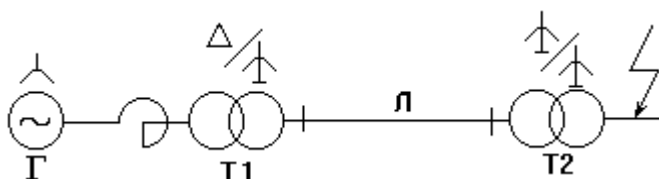
4.2. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



4.3. Построить схему нулевой последовательности для схемы:



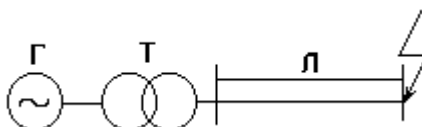
4.4. Рассчитать сверхпереходный и установившийся ток в точке к.з. при однофазном к.з. в схеме:



Параметры схемы:

| Г | Р | T1 | T2 | Л |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ | $10/110 \text{ кВ}$ | $10/110 \text{ кВ}$ | $U_H = 110 \text{ кВ}$ |
| $x''_d = 0,10$ | $I_H = 10 \text{ кА}$ | $u_K = 10 \%$ | $u_K = 10 \%$ | $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ |
| АРВ - нет | $x_p = 5 \%$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | $\ell = 50 \text{ км}$ |
| $x_d = 2,00$ | | | | $X_{0(0)} = 1,2 \text{ Ом/км}$ |

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

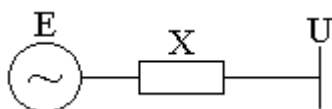


Параметры схемы:

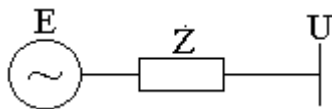
| Г | T | Л |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $P_H = 80 \text{ MVA}$ | $S_H = 100 \text{ MVA}$ | 2 цепи |
| $\cos \varphi_H = 0,80$ | $u_K = 10 \%$ | $U_H = 110 \text{ кВ}$ |
| $x''_d = 0,150$ | $U_1/U_2 = 10/110 \text{ кВ}$ | $X_0 = 0,45 \text{ Ом/км}$ |
| | | $\ell = 60 \text{ км}$ |

5. Угловые характеристики

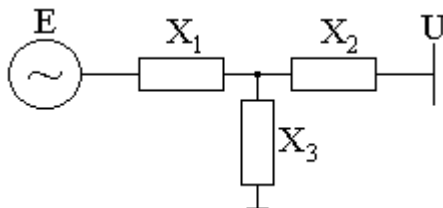
2.1. В схеме $E=2$; $U=1$; $X=1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? С каким углом он работает? Каков запас его устойчивости?



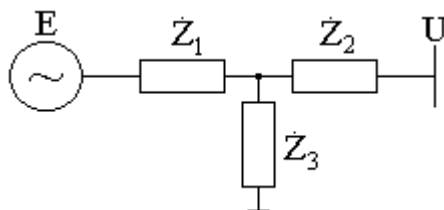
2.2. В схеме $E = 2$; $U = 2$; $Z = 1 + j1$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, работающий с углом $\delta_0 = 75^\circ$? Какую мощность он передает? Каков запас его устойчивости?



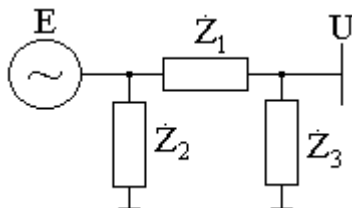
2.3. В схеме $X_1 = X_2 = X_3 = 1$; $E = 2$; $U = 1.5$. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, передающий мощность $P_0 = 1$? Каков запас его устойчивости?



2.4. В схеме $E = 1$; $U = 1$; $Z_1 = j1$ – индуктивность; $Z_2 = -j1$ – ёмкость; $Z_3 = 1$ – активное сопротивление. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Устойчив ли генератор, работающий с углом $\delta_0 = 120^\circ$? Какую мощность он передает? Каков запас его статической устойчивости?



2.5. В схеме $E = 1$; $U = 1$; $Z_1 = j1$ – индуктивность; $Z_2 = 1$ – активное сопротивление; $Z_3 = 1$ – активное сопротивление. Рассчитать и построить угловую характеристику. Определить идеальный предел мощности, предельный по устойчивости угол. Какой угол имеет генератор, передающий мощность $P_0 = 2$?



Краткое описание и регламент выполнения

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

Критерии оценки:

- 5 баллов выставляется, если студент решил все задачи правильно;
- 4 балла, если студент решил все задачи, возможно, с незначительными ошибками;

- 3 балла, если студент решил задачи частично;
- 2 балла, если решены не все задачи;
- 1 балл, если решены не все задачи, в решении имеются ошибки.

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

Тема курсовой работы: «Расчет электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах» (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

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|--|
| 1 | Проблема переходных процессов (ПП) в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные виды, особенности и влияние переходных процессов в ЭЭС. |
| 2 | Электромагнитный переходный процесс в ЭЭС. Причины возникновения и следствия. Назначения расчетов ПП. Основные допущения. Расчетные условия. |
| 3 | Понятия о системах единиц – именованные и относительные. Вывод типовых формул для расчетов режимов КЗ с номинальным напряжением ниже 1 кВ. |
| 4 | Схемы замещения отдельных элементов ЭЭС. Построение и преобразование результирующей схемы замещения (КЗ на стороне ниже 1 кВ). Учет коэффициентов трансформации |
| 5 | Использование системы относительных единиц в расчетах переходных процессов. Вывод типовых формулы для расчетов режимов КЗ с напряжением выше 1 кВ. |
| 6 | Преобразование схем замещения. Свертывание и развертывание расчетных схем. Типовые формулы. Упрощающие приемы. Ток КЗ свернутой схемы. |
| 7 | Трехфазное КЗ в неразветвленной трехфазной цепи, питаемой шиной бесконечной мощности. Векторная диаграмма и система уравнений. Вынужденная и свободная составляющие тока трехфазного КЗ. |
| 8 | Апериодическая слагающая тока КЗ, ее начальное значение, постоянная времени затухания. Сверхпереходный ток КЗ. Ударный ток КЗ – типовая формула |
| 9 | Полный ток трехфазного КЗ, его мгновенное и действующее значения. Действующее значения сверхпереходного и установившегося тока. |
| 10 | Эквивалентная постоянная времени затухания апериодических слагающих трехфазного тока КЗ. Методы их точного и приближенного расчета. |
| 11 | Синхронный генератор (СГ): основные характеристики и векторная диаграмма. Синхронный генератор в первый момент трехфазного КЗ. |
| 12 | Синхронные, переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления. Сверхпереходный режим КЗ - схема замещения и векторные диаграммы. |
| 13 | Установившийся режим трехфазного КЗ синхронного генератора. Его параметры, векторная диаграмма и схема замещения. |
| 14 | Влияние АРВ на режим установившегося КЗ. Основные виды АРВ генератора. Переходный процесс в синхронном генераторе при трехфазном КЗ. |
| 15 | Апериодическая слагающая тока трехфазного КЗ в цепи, питаемой источником конечной мощности. Постоянная времени ее затухания. Ударный ток КЗ. |
| 16 | Элементы нагрузки ЭЭС и систем электроснабжения. Их влияние на ПП при трехфазном КЗ. Обобщенная нагрузка – характеристики и учет. |
| 17 | Расчет сверхпереходного, ударного и установившегося тока трехфазного КЗ от обобщенной нагрузки. Учет составляющих тока КЗ во времени. |
| 18 | Метод расчетных кривых – основные допущения. Методика расчета переходного процесса при трехфазных КЗ в разветвленных сетях выше 1 кВ. |
| 19 | Расчёт ударных токов КЗ в разветвленных цепях ЭЭС с номинальным напряжением выше 1 кВ (по методу расчетных кривых). |
| 20 | Расчет сверхпереходных и ударных токов трехфазного КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ. |
| 21 | Расчет полного тока КЗ в цепях с номинальным напряжением ниже 1 кВ. Тепловой спад тока. Ударный ток КЗ. Учет подпитки от мелких АД. |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|---|
| 22 | Классификация несимметричных КЗ и аварий Основные допущения и расчетные условия, применяемые при расчетах несимметричных КЗ. |
| 23 | Использование метода симметричных составляющих для анализа несимметричных КЗ. Установившийся и сверхпереходный режимы несимметричного КЗ. |
| 24 | Параметры воздушных и кабельных линий для токов различных последовательностей. |
| 25 | Параметры нагрузки ЭЭС для токов различных последовательностей при несимметричном КЗ |
| 26 | Схемы прямой и обратной последовательностей Правила построения |
| 27 | Правила построения схемы нулевой последовательности |
| 28 | Влияние конструкции магнитопровода двухобмоточных трансформаторов на схемы нулевой последовательности. |
| 29 | Влияние групп соединения двухобмоточных трансформаторов на схемы нулевой последовательности. |
| 30 | Автотрансформаторы и трехобмоточные трансформаторы в схеме нулевой последовательности |
| 31 | Комплексные схемы замещения несимметричных КЗ и их назначение в практических расчетах. Неметаллические НКЗ. |
| 32 | Однофазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма |
| 33 | Двухфазное КЗ. Симметричные составляющие тока и напряжения в точке КЗ. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма |
| 34 | Двухфазное КЗ на землю. Расчетные выражения. Фазные токи и напряжения. Векторная диаграмма |
| 35 | Правило эквивалентности прямой последовательности. Типовые формулы для расчета НКЗ различных видов |
| 36 | Сравнение видов КЗ по тяжести. Коэффициент тяжести аварии. |
| 37 | Расчет переходного процесса НКЗ во времени. Метод расчетных кривых – алгоритм расчёта и особенности его применения при НКЗ |
| 38 | Однофазное КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Векторная диаграмма и схема замещения. Емкостной ток и его компенсация |
| 39 | Расчет однофазного КЗ в системах электроснабжения с изолированной нейтралью. Критический ток простого КЗ. Режимы перекомпенсации и недокомпенсации. |
| 40 | Виды продольной несимметрии. Правило эквивалентности прямой последовательности для продольной несимметрии. Расчетные выражения |
| 41 | Обрыв одной фазы. Векторные диаграммы. Граничные условия. Применение метода симметричных составляющих. Расчет |
| 42 | Обрыв двух фаз. Векторные диаграммы и граничные условия. Применение метода симметричных составляющих. |
| 43 | Комплексные схемы замещения и их использование для расчета продольной несимметрии. |
| 44 | Современные методы расчетов переходных режимов в ЭЭС. Использование промышленных программных пакетов для расчета и анализа КЗ и других аварий |
| 45 | Статическая и динамическая устойчивость. |
| 46 | Электромеханический переходный процесс в ЭЭС. Причины возникновения и следствия. Назначения расчетов таких ПП. Основные допущения. |
| 47 | Статическая устойчивость (СУ) ЭЭС. Практические критерии СУ. Практическая устойчивость. |
| 48 | Сверхпереходные и синхронные параметры СГ. Векторная диаграмма и угловая ха- |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|---|
| | характеристика нормального режима явнополюсного генератора. |
| 49 | Угловые характеристики СГ при замещении его сверхпереходными параметрами. Предельный угол по условиям сохранения СУ. |
| 50 | Виды и влияние АРВ синхронного генератора на СУ. Регуляторы сильного и пропорционального действия. |
| 51 | Понятие о статической устойчивости и неустойчивости нагрузки. Действительный предел мощности. Критерии устойчивости нагрузки. |
| 52 | Динамическая устойчивость (ДУ) электропередачи. Отключение и включение цепи двухцепной линии. Правило площадей. Запас ДУ. |
| 53 | Аварийные угловые характеристики. Правило площадей для случая трёхфазного КЗ. Сравнение тяжести аварий. |
| 54 | Предельный угол выбега ротора генератора. Предельный угол отключения аварии. Вывод расчетной формулы. |
| 55 | Динамические характеристики нагрузки. Динамическая устойчивость синхронной нагрузки. АРВ синхронного двигателя. |
| 56 | Пуск СД. Групповой выбег синхронных и асинхронных двигателей. Анализ влияния на динамическую устойчивость ЭЭС. |
| 57 | ДУ асинхронной нагрузки. Пуск АД. Влияние внешнего сопротивления на режим пуска двигателя. |
| 58 | Наброс нагрузки на СД и АД. Толчкообразная нагрузка ЭЭС и её влияние на динамическую устойчивость ЭЭС. |
| 59 | АРВ и форсировка возбуждения генераторов – влияние на динамическую устойчивость ЭЭС. |
| 60 | Сложные системные аварии, их последствия и меры предотвращения. Примеры протекания аварий в РФ и мире. |

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; |

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|---------|---|-------------------------|---|
| | | | 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 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 | Сенько В. В. | Электромеханические переходные процессы. Динамическая устойчивость | Учебное пособие | 2011 | Репозиторий ТГУ |
| 2 | Пилипенко В. Т. | Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах | Учебно-методическое пособие | 2014 | ЭБС «IPRbooks» |
| 3 | Хрущев Ю. В. | Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах | Учебник | 2012 | ЭБС "IPRbooks" |
| 4 | Кузнецов В.Н. | Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах | Практикум | 2016 | Методический кабинет кафедры |
| 5 | Кузнецов В.Н. | Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах | Лабораторный практикум | 2016 | Методический кабинет кафедры |

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. |
| 2 | Лаборатория «Моделирование электрических | Экран, столы ученические двухместные, |

| № 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 |
|----------|--|--|
| | систем. Внутривзаводское электроснабжение 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) | 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) | Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет |