

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор ГГТУ
им. П.О. Сухого

_____ О.Д. Асенчик
07.07.2020

Регистрационный № УД-55-86/уч

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 03-2019 и учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», регистрационные номера: № I 43-1-07/уч. от 06.02.2019, № I 43-1-26/уч. от 06.02.2019, № I 43-1-34/уч. от 08.02.2019, № I 43-1-53/уч. от 05.04.2019, № I 43-1-39/уч. от 08.02.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.И. Евминов, доцент кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

Н.В. Грунтович, профессор кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Н. Галушко, заведующий кафедрой "Электротехника" учреждения образования "Белорусский государственный университет транспорта", кандидат технических наук, доцент;

А.В. Шаповалов, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология», учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого", кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №11 от 29.04.2020);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 8 от 26.05.2020); УДэф-07-25/уч

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №5 от 04.06.2020); УДз-112-18у

Научно-методическим Советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 25.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Переходные процессы часто возникающие в электроэнергетических системах оказывают существенное влияние на выбор структуры системы, пропускной способности линий электропередачи, средств управления, регулирования, релейной защиты и противоаварийной автоматики. Поэтому изучение переходных процессов является неотъемлемой частью общей фундаментальной подготовки инженеров-энергетиков.

Предметом изучения дисциплины являются переходные режимы электроэнергетических системах, знания которых необходимы для квалифицированного проектирования и эксплуатации электроэнергетических систем.

Цель изучения дисциплины - формирование необходимых знаний о теории электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и физике происходящих явлений при переходных режимах.

Общие цели подготовки специалистов:

- формирование и развитие социально-профессиональной, практико-ориентированной компетентности, позволяющей сочетать универсальные, базовые профессиональные, специализированные компетенции для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;
- формирование профессиональных компетенций для работы в области систем электроснабжения.

Задачей изучения дисциплины является приобретение студентами навыков и умений самостоятельно анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать переходные режимы с целью обеспечения устойчивой работы потребителей электроэнергии.

Учебная дисциплина "Электромагнитные переходные процессы" взаимосвязана с такими учебными дисциплинами как «Физика» и «Теоретические основы электротехники», «Математика», «Электрические машины», «Производство электроэнергии».

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- физику происходящих явлений при неустановившихся режимах в электроэнергетических системах;
- теорию электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах.

должен **уметь**:

- составлять схемы замещения элементов системы электроснабжения и рассчитывать их параметры, составлять для простейших схем уравнения переходного процесса.

должен **владеть**:

- навыками и умениями самостоятельно анализировать неустановившиеся режимы;
- навыками рассчитывать неустановившиеся режимы;

- навыками моделирования и исследования электромагнитных переходных процессов с целью обеспечения устойчивой работы потребителей электроэнергии.

В рамках учебной программы специалист должен обладать универсальными, базовыми профессиональными и специализированными компетенциями:

УК-5. Обладать базовыми навыками коммуникации в устной и письменной формах на белорусском и иностранных языках для решения задач межличностного взаимодействия и производственных задач.

БПК-1. Применять дифференциальное, интегральное и матричное исчисление для решения математических задач энергетики.

БПК-2. Обладать навыками теоретического и экспериментального изучения физических процессов в системе электроснабжения предприятий.

БПК-5. Обладать способностью предупреждать чрезвычайные обстоятельства и знать правила защиты от них, знать правила безопасной работы в электроустановках ввиду аспектов экологоэнергетической устойчивости производства.

БПК-7. Владеть навыками применения законов электротехники для исследования режимов работы электротехнологических установок.

БПК-8. Обладать способностью рассчитывать производство, передачу и распределение электроэнергии и энергоносителей среди потребителей.

СК-6. Обладать способностью рассчитывать токи короткого замыкания и результирующей устойчивости электроэнергетических систем.

Формы получения высшего образования: дневная, заочная полная и заочная сокращённая.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Дневное отделение

Специальность	1-43 01 03
Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	51
Лабораторные занятия (часов)	17
Практические занятия (часов)	34
Всего аудиторных занятий (часов)	102
Общее количество часов	178
Трудоёмкость, зач.ед.	3
Формы текущей аттестации	
Экзамен	-
Зачёт	5 семестр
Дифференцир. зачёт	-

Заочное отделение

Специальность	1-43 01 03 полная форма	1-43 01 03 сокращённая форма
Курс	3	2,3
Семестр	5,6	4,5
Лекции (часов)	10	10
Лабораторные занятия (часов)	4	4
Практические занятия (ча- сов)	6	6
Всего аудиторных занятий (часов)	20	20
Общее количество часов (дневн. отд.)	178	178
Трудоёмкость, зач.ед.	3	3
Формы текущей аттестации		
Тестирование	6 семестр	-
Экзамен	-	-
Зачёт	6 семестр	5 семестр
Дифференцир. зачёт	-	-

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Модуль 1. Особенности переходных процессов в электроэнергетических системах

Тема 1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах в электроэнергетических системах. Введение. Цели и задачи курса. Назначение исследований и расчетов переходных процессов и предъявляемые к ним требования. Влияние переходных процессов на экономичность, надежность и безопасность эксплуатации электроэнергетических систем. Основные понятия и определения. Системы тока и номинальные напряжения электроустановок. Причины возникновения и последствия переходных процессов. Виды повреждений в трехфазных системах. Близкие и удаленные КЗ.

Тема 2. Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе. Назначение расчетов. электромагнитных переходных процессов. Основные допущения, принимаемые при расчетах токов КЗ. Порядок определения токов КЗ. Выбор расчетных условий. Расчетные схемы цепей КЗ и параметры элементов. Схемы замещения короткозамкнутой цепи и приведение параметров ее элементов к базисным условиям. Определение параметров элементов расчетной схемы. Точный и приближенный методы приведения параметров короткозамкнутой цепи к базисным условиям. Система относительных величин. Преобразование схем замещения. Расчет токов в начальный момент КЗ.

Тема 3. Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ. Методы анализа переходных электромагнитных процессов. Переходный процесс в простейшей трехфазной цепи. Анализ протекания переходного процесса. Ударный ток короткого замыкания. Переходный процесс при удаленном КЗ в трехфазной сети. Переходный процесс в электроэнергетической системе, питающейся от генератора без АРВ. Переходный процесс в электроэнергетической системе, питающейся от генератора с АРВ. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ. Расчет апериодической составляющей тока КЗ. Расчет ударного тока короткого замыкания. Учет и влияние нагрузки в начальный момент КЗ. Учет электроэнергетической системы при расчетах токов КЗ.

Тема 4. Расчёт установившегося режима КЗ. Установившийся режим трехфазного короткого замыкания. Параметры генератора в установившемся режиме. Влияние и учёт нагрузки. Аналитический расчёт при отсутствии в схеме генераторов с АРВ. Аналитический расчёт при наличии в схеме генераторов с АРВ.

Тема 5. Практические методы расчета токов короткого замыкания. Расчет токов короткого замыкания с помощью расчетных кривых. Расчет действующего значения периодической составляющей тока КЗ от

синхронного генератора в произвольный (фиксированный) момент времени с использованием метода типовых кривых. Расчет тока КЗ по общему изменению. Расчёт тока КЗ по индивидуальному изменению.

Тема 4. Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью. Сети с незаземленными нейтральями. Основные понятия и определения. Рабочее заземление. Защитное заземление. Грозозащитное заземление. Сети с незаземленными нейтральями. Общая характеристика. Нормальный режим. Напряжения относительно земли при замыкании фазы на землю. Установившийся режим однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Токи замыкания на землю. Сети с резонансно заземленными нейтральями. Длительно допускаемый ток замыкания на землю. Резистивное заземление нейтрали.

Модуль 2. Расчет токов КЗ при однократной несимметрии

Тема 5. Однократная поперечная несимметрия. Общие положения при расчете несимметричных КЗ. Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Схемы замещения отдельных последовательностей. Сопротивления различных последовательностей элементов электроэнергетической системы. Выбор граничных условий. Двухфазное короткое замыкание. Однофазное КЗ. Двухфазное КЗ на землю. Правило эквивалентности прямой последовательности. Векторные диаграммы токов и напряжений. Сравнение величины токов при различных видах КЗ. Указания к расчету переходного процесса при однократной поперечной несимметрии.

Тема 6. Однократная продольная несимметрия. Общие положения при расчете однократной продольной несимметрии. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Разрыв одной фазы. Разрыв одной фазы. Основные соотношения. Векторные диаграммы токов и напряжений. Разрыв двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности. Аналитический метод расчета переходного процесса при однократной продольной несимметрии.

Модуль 3. Расчет токов КЗ в особых условиях. Ограничение токов КЗ.

Тема 7. Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях. Особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ. Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ. Несимметричные КЗ за трансформатором. Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Учет РПН трансформаторов при расчётах токов КЗ.

Тема 8. Методы и средства ограничения токов КЗ. Качество электромагнитных переходных процессов. Уровни токов КЗ. Классификация

методов и средств ограничения токов КЗ. Схемные решения. Деление сети. Общие требования к токоограничивающим устройствам. Токоограничивающие реакторы. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения. Токоограничивающие коммутационные аппараты. Ограничение токов КЗ на землю. Оптимизация уровней токов КЗ. Координация уровней токов КЗ.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования специальности 1-43 01 03)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Общие сведения об электромагнитных переходных процессах в электроэнергетических системах	4						Опрос
2.	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	8	2		1			Защита ПР, ЛР
3.	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	5	4		6			Защита ПР, ЛР
4.	Расчёт установившегося режима трехфазного короткого замыкания	4	4					Защита ПР
5.	Практические методы расчета токов короткого замыкания	4	2					Защита ПР
6.	Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью.	4			2			Защита ПР, ЛР
7.	Однократная поперечная несимметрия	6	8		6			Защита ПР, ЛР
8.	Однократная продольная несимметрия	6	8					Защита ПР
9.	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях	6	4		2			Защита ПР, ЛР
10.	Методы и средства ограничения токов КЗ	4	2					Опрос
Итого		51	34		17			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная полная форма получения образования специальности 1-43 01 03)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11.	Общие сведения об электромагнитных переходных процессах в электроэнергетических системах	0,5						Тест
12.	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	3						Тест
13.	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	0,5	2		2			Защита ПР, ЛР, тест
14.	Расчёт установившегося режима трехфазного короткого замыкания							Тест
15.	Практические методы расчета токов короткого замыкания							Тест
16.	Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью.							Тест
17.	Однократная поперечная несимметрия	4	4		2			Защита ПР, ЛР, тест
18.	Однократная продольная несимметрия							Тест
19.	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях	2						Тест
20.	Методы и средства ограничения токов КЗ							Тест
Итого		10	6		4			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 (Заочная сокращённая форма получения образования
 специальности 1-43 01 03)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21.	Общие сведения об электромагнитных переходных процессах в электроэнергетических системах	0,5						Опрос на зачете
22.	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	3						Опрос на зачете
23.	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	0,5	2		2			Защита ПР, ЛР
24.	Расчёт установившегося режима трехфазного короткого замыкания							Опрос на зачете
25.	Практические методы расчета токов короткого замыкания							Опрос на зачете
26.	Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью.							Опрос на зачете
27.	Однократная поперечная несимметрия	4	4		2			Защита ПР, ЛР
28.	Однократная продольная несимметрия							Опрос на зачете
29.	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях	2						Опрос на зачете
30.	Методы и средства ограничения токов КЗ							Опрос на зачете
Итого		10	6		4			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Евминов Л.И. Селиверстов Г.И. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010.-418с.
2. Евминов Л.И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: Учебное пособие для вузов. –Гомель, ГГТУ, 2003.-300с.
4. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: /И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А.Старшинов и др. /Под редакцией И.П. Крючкова и В.А.Старшинова. -М.: Издательский центр «Академия», 2005. -416 с.
5. Силюк С.М., Свита Л.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Мн.: Технопринт, 2000.-262с.

Дополнительная литература

1. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1970.
2. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. - М.: Энергия, 1968.
3. ГОСТ 26522-85. Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения. –М: Изд-во стандартов, 1985
- 4.ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1988
- 5.ГОСТ Р 50270-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. –М.: Изд-во стандартов, 1993.
6. ГОСТ Р 50254-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания, .-М.: Изд-во стандартов, 1993.
7. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
8. ГОСТ 28895-91. Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева.-М.: Изд-во стандартов, 1992.
9. РД 153-34.0-20527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования /Под редакцией Б.Н. Неклепаева/. -М.:, Издательство НЦ ЭНАС, 2002.-152с.
10. Пилипенко, ВТ. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие / ВТ. Пилипенко. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014. -

124 с. . схем., ил., табл. - Режим доступа: по подписке. - UR1. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330565> (дата обращения: 02.09.2020). - Текст: электронный.

11. Котова, Е.Н. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебно-методическое пособие / Е.Н. Котова, Т.Ю. Паниковская; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 217 с.: ил., табл., схем. - Режим доступа: по подписке. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275810> - ISBN 978-5-7996-1254-2. - Текст: электронный.

Учебно-методические материалы

1. Евминов, Л. И. Электромагнитные переходные процессы : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Л. И. Евминов. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009.

2. Евминов Л.И. Короткие и простые замыкания в распределительных сетях: Учебное пособие для вузов. –Гомель, ГГТУ, м/ук. 2752, 2003.-104с.

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ на стороне низшего напряжения понижающего трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_n-0 .

2. Простые замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

3. Двухфазное короткое замыкание

4. Однофазное короткое замыкание

5. Измерение электрических величин и снятие векторных диаграмм в системе электроснабжения с помощью вольтамперфазометра

6. Двухфазное короткое замыкание на землю

7. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ на стороне низшего напряжения понижающего трансформатора с соединением обмоток Δ/Y_n-11

8. Короткое замыкание на стороне выпрямленного тока.

Примерный перечень практических занятий

1. Общие указания к выполнению расчетов токов короткого замыкания.

2. Составление расчетной схемы и схемы замещения. Определение сопротивлений элементов схемы замещения.

3. Точное и приближенное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах. Преобразование схем и определение результирующего сопротивления короткозамкнутой цепи.

4. Система относительных единиц. Точное и приближенное приведение в относительных единицах.

5. Расчёт сверхпереходного и ударного тока КЗ. Влияние и учёт нагрузки при КЗ. Расчет тока КЗ по типовым кривым.

6. Расчёт установившегося тока КЗ. Учет электродвигателей и обобщенной нагрузки.

7. Метод симметричных составляющих. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при расчете поперечной несимметрии.

8. Расчет несимметричных КЗ. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.

9. Расчет токов и напряжений при продольной несимметрии. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при продольной несимметрии. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.

10. Расчет токов КЗ в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления электрической дуги.

11. Расчет токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ.

12. Расчет токов КЗ на стороне выпрямленного тока.

Вопросы к зачёту

1. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Основные понятия и определения (электрическая система, параметры режима, параметры системы, нормальные и аварийные переходные процессы).
2. Системы тока; номинальные и средние напряжения электроустановок. Область использования различных уровней напряжений в ЭЭС.
3. Причины возникновения и последствия переходных процессов в системах электроснабжения.
4. Виды повреждений и ненормальных режимов в трехфазных системах электроснабжения. Обозначения в схемах. Вероятность возникновения.
5. Понятие о неудаленных и удаленных коротких замыканиях.
6. Назначение расчетов переходных процессов и требования к ним.
7. Основные допущения, принимаемые при расчетах переходных процессов.
8. Составление расчетной схемы. Составление схемы замещения. Порядок определения токов КЗ (выбор расчетных условий). Выбор вида КЗ и момента времени от начала КЗ в зависимости от назначения расчета.
9. Порядок определения токов КЗ (выбор расчетных условий). Выбор вида КЗ и момента времени от начала КЗ в зависимости от назначения расчета.
10. Параметры элементов расчетной схемы в именованных и относительных единицах (генераторы, СЭС, трансформаторы, реакторы, воздушные и кабельные ЛЭП).
11. Учет нагрузки при определении токов КЗ в установившемся и сверхпереходном режимах. Учет сопротивления дуги в месте КЗ.
12. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов схем к базисным условиям в именованных единицах.
13. Система относительных единиц. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов к базисным условиям в ОЕ.
14. Преобразование схем замещения. Коэффициенты распределения токов.
15. Переходный электромагнитный процесс при внезапном трехфазном КЗ в простейшей цепи. Векторные диаграммы, дифференциальные уравнения.
16. Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.
17. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ. Расчет апериодической составляющей тока КЗ. Расчет ударного тока короткого замыкания.
18. Характер протекания переходного при удалённом КЗ.

19. Переходный процесс в СЭС, питающейся от генератора с АРВ.
20. Учет и влияние нагрузки в начальный момент КЗ. Учет системы при расчетах токов КЗ. Система конечной и бесконечной мощности.
21. Порядок расчета токов КЗ методом типовых кривых.
22. Учет системы при расчетах токов КЗ. Система конечной и бесконечной мощности.
23. Установившейся режим КЗ генератора, параметры установившегося режима. Порядок расчета установившегося тока КЗ аналитическим методом.
24. Сети с незаземленными нейтралями. Общая характеристика. Основные понятия и определения. Рабочее заземление. Защитное заземление. Грозозащитное заземление. Нормальный режим. Напряжение смещения нейтрали, степень емкостной несимметрии сети.
25. Установившийся режим однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Напряжение относительно земли при замыкании фазы на землю в сети с незаземленной нейтралью. Векторная диаграмма.
26. Токи замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Учет сопротивления дуги.
27. Сети с резонансно заземленными нейтралями. Длительно допускаемый ток замыкания на землю. Дугогасящие катушки, схемы включения, настройка ДГК, РУОМ.
28. Однократная поперечная несимметрия. Коэффициенты несимметрии и неуравновешенности системы. Общие положения при расчете несимметричных КЗ. Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Условия применения.
29. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при поперечной несимметрии.
30. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов системы электроснабжения.
31. Двухфазное КЗ. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
32. Однофазное КЗ. Выбор граничных условий. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
33. Двухфазное КЗ на землю. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
34. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной поперечной несимметрии.
35. Расчет переходного процесса при однократной поперечной несимметрии. Порядок расчета несимметричных КЗ с помощью типовых кривых.
36. Однократная продольная несимметрия. Основные виды и основные уравнения
37. Схемы прямой, обратной и нулевой последовательности при однократной продольной несимметрии.

38. Разрыв двух фаз. Основные соотношения, векторные диаграммы
39. Разрыв одной фазы. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
40. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной продольной несимметрии.
41. Особенности расчета токов КЗ в установках напряжением 6-10-35 кВ. Учет сопротивления дуги.
42. Расчет токов КЗ при поперечной несимметрии в установках до 1000 В. Учет сопротивления дуги.
43. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Принимаемые допущения. Максимальный и минимальный режимы. Учет сопротивления дуги.
44. Особенности расчета несимметричных КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет токов однофазного КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ. Особенности расчета токов двухфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
45. Расчет аperiodической составляющей тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет ударного тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
46. Расчет периодической составляющей тока КЗ для произвольного момента времени в электроустановках напряжением до 1000 В.
47. Учет синхронных и асинхронных электродвигателей при расчете токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Учет комплексной нагрузки при расчетах токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
48. Расчет тока КЗ на стороне выпрямленного тока при трехфазных схемах выпрямления.
49. Сложные виды повреждений. Разновидности.
50. Граничные условия при двойном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.
51. Граничные условия при однофазном КЗ с одновременным разрывом фазы в сети с глухозаземленной нейтралью.
52. Нагрев проводников током КЗ. Термический спад тока КЗ. Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ.
53. Учёт РПН и ПБВ трансформаторов при расчётах токов КЗ
54. Несимметричные КЗ на трансформатором. Влияние группы соединений трансформатора на ток симметричных и несимметричных КЗ.
55. Классификация методов и средств ограничения токов КЗ. Общие требования к токоограничивающим устройствам.
56. Основные технические средства ограничения токов КЗ.
57. Деление сети и схемные решения для ограничения токов КЗ

58. Токоограничивающие реакторы. Разновидности.. Общие сведения. Токоограничивающие реакторы с линейной характеристикой. Схемы включения.

59. Способы ограничения токов КЗ. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения

60. Способы ограничения токов КЗ Ограничение токов КЗ на землю.

61. Токоограничивающие коммутационные аппараты.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Основным средством, обеспечивающим самостоятельную работу студентов по дисциплине, является электронный курс, который должен быть доступен в сети Интернет.

Основные элементы электронного курса:

- тексты всех лекций в отдельных файлах;
- презентации по всем лекциям в отдельных файлах;
- тексты всех лабораторных работ в отдельных файлах;
- тексты всех практических занятий в отдельных файлах.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

- Список вопросов к зачёту.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Релейная защита и автоматика систем электроснабжения промышленных предприятий	Электроснабжение	нет	Протокол № 11 от 29.04.2020
Электроснабжение промышленных предприятий	Электроснабжение	нет	Протокол № 11 от 29.04.2020