

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-55-87/уч

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 07-2019 и учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций», регистрационные номера: № I 43-1-27/уч. от 06.02.2019, № I 43-1-08/уч. от 06.02.2019, № I 43-1-54/уч. от 05.04.2019.

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-07-26/уч

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №5 от 04.06.2020); УДз-113-18у

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.

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

Цель изучения дисциплины - формирование необходимых знаний основ теории переходных процессов в системах электроснабжения, физики происходящих явлений при неустановившихся режимах и методов их количественной оценки.

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 энергетики и энергоснабжения.

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 "Переходные процессы в системах электроснабжения" взаимосвязана с такими учебными дисциплинами как «Математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения», «Потребители электроэнергии», «Электроснабжение промышленных предприятий».

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-6. Владеть методами расчета электрических цепей постоянного и переменного тока, знать устройство, принцип действия, методы расчета и схемы обмоток электрических машин постоянного и переменного тока и трансформаторов.

БПК-7. Знать устройство, принцип работы, методы расчета, проектирования и определения эксплуатационных характеристик энергетических установок.

Формы получения высшего образования: дневная, заочная сокращённая.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Дневное отделение

Специальность	1-43 01 07
Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	34
Лабораторные занятия (часов)	17
Практические занятия (часов)	17
Всего аудиторных занятий (часов)	68
Общее количество часов	120
Трудоёмкость, зач.ед.	3
Формы текущей аттестации	
Экзамен	5 семестр
Зачёт	-
Дифференцир. зачёт	-

Заочное отделение

Специальность	1-43 01 07 сокращённая форма
Курс	2,3
Семестр	4,5
Лекции (часов)	6
Лабораторные занятия (часов)	4
Практические занятия (часов)	4
Всего аудиторных занятий (часов)	14
Общее количество часов (дневн. отд.)	120
Трудоёмкость, зач.ед.	3
Формы текущей аттестации	
Тестирование	5 семестр
Экзамен	5 семестр
Зачёт	-
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 аperiodической 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. Электромагнитные переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью. Режимы нейтралей электрических сетей. Сети с изолированными нейтралями. Сети с компенсированными нейтралями. Расчет однофазного (простого) замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Токи замыкания на землю. Сети с резонансно заземленными нейтралями. Длительно допустимый ток замыкания на землю. Резистивное заземление нейтрали.

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. Расчет тока КЗ по индивидуальному изменению.

Модуль 2. Расчет токов КЗ при однократной несимметрии

Тема 6. 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 7. 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.

Тема 8. 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 расчетах токов КЗ.

Тема 9. 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.

Модуль 3. Электромеханические переходные процессы

Тема 10. Общие сведения об электромеханических переходных процессах.

Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Понятие простейшей системы. Структурная схема системы. Угловая характеристика мощности. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простейшей электрической системе. Понятие о статической и динамической устойчивости.

Тема 11. Статическая устойчивость электрической системы. Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Задачи и методы исследования. Анализ и расчёты статической устойчивости. Устойчивость простейшей системы. Устойчивость в многомашинной системе. Обеспечение статической устойчивости. Области статической устойчивости. Запас устойчивости. Нормирование запаса статической устойчивости. Технические средства для обеспечения статической устойчивости.

Тема 12. Динамическая устойчивость электрической системы. Метод площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости. Понятие о динамической устойчивости системы. Схемы замещения при коротких замыканиях. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Метод последовательных интервалов. Практическое применение методов определения динамической устойчивости.

Тема 13. Устойчивость нагрузки.

Общая характеристика узлов нагрузки систем электроснабжения. Представление нагрузки при расчётах статической устойчивости. Характеристики синхронных и асинхронных двигателей. Статические характеристики нагрузки. Малые и большие возмущения в системах электроснабжения. Процесс опрокидывания двигателей. Влияние загрузки и внешнего сопротивления на устойчивость асинхронного двигателя. Критерии устойчивости комплексной нагрузки. Опрокидывание группы асинхронных двигателей. Общая характеристика самозапуска электродвигателей. Разгон электродвигателей при самозапуске. Ресинхронизация синхронных двигателей.

Тема 14. Повышение устойчивости электрических систем. Противоаварийные мероприятия в электроэнергетической системе. Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования специальности 1-43 01 07)

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	2						Опрос
2.	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	4	2		1			Защита ПР, ЛР
3.	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	2	4		6			Защита ПР, ЛР
4.	Электромагнитные переходные процессы в сетях с незаземлённой нейтралью	1						Опрос
5.	Практические методы расчета токов короткого замыкания	4	2					Защита ПР
6.	Однократная поперечная несимметрия	4	2		6			Защита ПР, ЛР
7.	Однократная продольная несимметрия	2	2					Защита ПР
8.	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях	4	2		4			Защита ПР, ЛР
9.	Методы и средства ограничения токов КЗ	1						Опрос
10.	Общие сведения об электромеханических переходных процессах	2						Опрос
11.	Статическая устойчивость электрической системы	2	1					Защита ПР
12.	Динамическая устойчивость электрической системы	2	1					Защита ПР
13.	Устойчивость нагрузки	2	1					Защита ПР
14.	Повышение устойчивости электрических систем	2						Опрос
Итого		34	17		17			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная сокращенная форма получения образования специальности 1-43 01 07)

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	1						Экзамен, тест
2	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	2	2					Экзамен, тест, сдача ПЗ
3	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ				4			Экзамен, тест, защита ЛР
4	Электромагнитные переходные процессы в сетях с незаземлённой нейтралью							Экзамен, тест
5	Практические методы расчета токов короткого замыкания							Экзамен, тест
6	Однократная поперечная несимметрия	2	2					Экзамен, тест, сдача ПЗ
7	Однократная продольная несимметрия							Экзамен, тест
8	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях	1						Экзамен, тест
9	Методы и средства ограничения токов КЗ							Экзамен, тест
10	Общие сведения об электромеханических переходных процессах							Экзамен, тест
11	Статическая устойчивость электрической системы							Экзамен, тест
12	Динамическая устойчивость электрической системы							Экзамен, тест
13	Устойчивость нагрузки							Экзамен, тест
14	Повышение устойчивости электрических систем							Экзамен, тест
Итого		6	4		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. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: /И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А.Старшинов и др. /Под редакцией И.П. Крюčkова и В.А.Старшинова. -М.: Издательский центр «Академия», 2005. -416 с.
3. Силюк С.М., Свита Л.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Мн.: Технопринт, 2000.-262с.
- 4.Веников, В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : учебник для ст-ов электроэнергет. спец. вузов / В.А. Веников. - 4-е изд., перераб. и доп.. - Москва ; Высшая школа, 1985. - 536 с.
5. Калентионок, Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем : учеб. пособие для вузов / Е.В. Калентионок. - Минск : Техноперспектива, 2008.- 375 с.

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.rui/index.php?page=book&id=275810> - ISBN 978-5-7996-1254-2. - Текст: электронный.

12. Виноставский, В.Н. Переходные процессы в системах электропитания. Учебник для ВУЗов специальности 10.04. "Электроснабжение" / В.Н. Виноставский, Г.Г. Пивняк. - Киев : Вища школа, 1989. - 426 с.

13. Жданов, И.С. Вопросы устойчивости электрических систем / И.С. Жданов. - Москва : Энергия, 1978. - 456 с.

14. Ульянов, С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах / С.А. Ульянов. - Москва : Энергия, 1968.- 726 с.

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.

3. Токочаков, В.И. Устойчивость электроэнергетических систем : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студ. спец. 1-43 01 02 - "Электроэнергетические системы и сети" / В.И. Токочаков, В.В. Кротенок ; кафедра "Электроснабжение". - Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014.

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. Составление расчетной схемы и схемы замещения. Определение сопротивлений элементов схемы замещения.
2. Точное и приближенное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах. Преобразование схем и определение результирующего сопротивления короткозамкнутой цепи.
3. Система относительных единиц. Точное и приближенное приведение в относительных единицах.
4. Расчёт сверхпереходного и ударного тока КЗ. Влияние и учёт нагрузки при КЗ. Расчет тока КЗ по типовым кривым.
5. Расчет несимметричных КЗ. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.
6. Расчет токов и напряжений при продольной несимметрии. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при продольной несимметрии. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.
7. Расчет токов КЗ в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления электрической дуги.
8. Расчет токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ.
9. Оценка статической устойчивости СЭС.
10. Правило площадей при оценке динамической устойчивости.
11. Оценка устойчивости узла нагрузки.

Вопросы к экзамену

1. Особенности электромагнитных переходных процессов, причины их возникновения.
2. Назначение расчётов электромагнитных переходных процессов и предъявляемые к ним требования.
3. Короткие замыкания и их виды.
4. Уровни токов короткого замыкания и динамика их изменения в электрических сетях.
5. Основные допущения, принимаемые при исследованиях и расчётах токов короткого замыкания.
6. Порядок определения токов короткого замыкания.
7. Выбор расчётных условий. Расчётные схемы цепей короткого замыкания и параметры их элементов.
8. Схемы замещения короткозамкнутой цепи и приведение параметров её элементов к базисным условиям.
9. Точный и приближённый метод приведения параметров короткозамкнутой цепи к базисным условиям.
10. Система относительных единиц. Преобразование схем замещения.
11. Переходный процесс в простейшей трёхфазной цепи. Анализ протекания переходного процесса.
12. Действующее значение тока короткого замыкания.
13. Ударный ток короткого замыкания.
14. Расчёт начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания.
15. Расчёт апериодической составляющей тока короткого замыкания.
16. Расчёт ударного тока короткого замыкания.
17. Учёт и влияние нагрузки в начальный момент времени переходного процесса.
18. Учёт системы электроснабжения при расчётах токов короткого замыкания.
19. Расчёт установившегося режима короткого замыкания.
20. Режимы нейтралей электрических сетей.
21. Сети с изолированными нейтралями.
22. Сети с компенсированными нейтралями.
23. Расчёт однофазного (простого) замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.
24. Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих.
25. Сопротивления различных последовательностей элементов системы электроснабжения.
26. Схемы замещения отдельных последовательностей. Выбор граничных условий.
27. Двухфазное короткое замыкание.

28. Однофазное короткое замыкание.
29. Двухфазное короткое замыкание на землю.
30. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения.
31. Сравнение токов при различных видах короткого замыкания.
32. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей при обрывах.
33. Обрыв одной фазы.
34. Обрыв двух фаз.
35. Несимметрия от включения сопротивлений.
36. Аналитический метод расчёта переходного процесса.
37. Двойное замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью.
38. Обрыв фазы с однофазным коротким замыканием.
39. Особенности расчёта токов короткого замыкания в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ.
40. Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ.
41. Учёт изменения активного сопротивления проводников при коротких замыканиях.
42. Несимметричные короткие замыкания за трансформатором.
43. Переходные процессы при коротких замыканиях на стороне выпрямителя.
44. Учет РПН трансформаторов при расчёте токов короткого замыкания.
45. Качество электромагнитных переходных процессов.
46. Способы ограничения мощностей и токов короткого замыкания.
47. Технические средства ограничения токов короткого замыкания.
48. Оптимизация и координация уровней токов короткого замыкания в системах электроснабжения.
49. Электромеханические переходные процессы: основные понятия и определения .
50. Классификация электромеханических переходных процессов.
51. Понятие простейшей системы. Структурная схема системы.
52. Угловая характеристика мощности.
53. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простейшей электрической системе.
54. Понятие о статической и динамической устойчивости.
55. Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Задачи и методы исследования.
56. Анализ и расчёты статической устойчивости.
57. Устойчивость простейшей системы.
58. Устойчивость в многомашинной системе.
59. Обеспечение статической устойчивости. Области статической устойчивости.

60. Запас устойчивости. Нормирование запаса статической устойчивости.
61. Технические средства для обеспечения статической устойчивости.
62. Метод площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости.
63. Понятие о динамической устойчивости системы. Схемы замещения при коротких замыканиях.
64. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей.
65. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
66. Метод последовательных интервалов.
67. Практическое применение методов определения динамической устойчивости.
68. Общая характеристика узлов нагрузки систем электроснабжения. Представление нагрузки при расчётах статической устойчивости.
69. Характеристики синхронных и асинхронных двигателей.
70. Статические характеристики нагрузки.
71. Малые и большие возмущения в системах электроснабжения.
72. Процесс опрокидывания двигателей.
73. Влияние загрузки и внешнего сопротивления на устойчивость асинхронного двигателя.
74. Критерии устойчивости комплексной нагрузки. Опрокидывание группы асинхронных двигателей.
75. Общая характеристика самозапуска электродвигателей. Разгон электродвигателей при самозапуске.
76. Ресинхронизация синхронных двигателей.
77. Противоаварийные мероприятия в электроэнергетической системе. Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем.

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 экзамену.
- Все необходимые материалы для тестирования находятся на учебном портале ГГТУ им. П.О. Сухого по электронному адресу <http://www.edu.gstu.by> в соответствующем разделе для курса "Переходные процессы в системах электроснабжения".

Библиотека ГГТУ им. П.О. Сухого

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