

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

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого



О.Д. Асенчик

«06» 04 2015 г.

Регистрационный № УД-55-12/уч.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

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

2015 г.

Учебная программа по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой степени по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям) ОСВО-1-43 01 03-2013 и учебными планами специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям), рег. № I -43-1-19/уч. от 17 сентября 2013г; № I -43-1-39/уч. от 20 сентября 2013г; № I -43-1-44/уч. от 21 сентября 2013г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

Л.И. Евминов, доцент кафедры «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О. Сухого, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Алфёров, ассистент кафедры «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О. Сухого.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.С. Захаренко, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П.О. Сухого, кандидат технических наук, доцент;

О.П. Каптуров, главный энергетик ОАО «Дружба»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О. Сухого (протокол № 11 от 11.05.2015 г.);

Научно-методическим советом энергетического факультета ГГТУ им. П.О. Сухого

(протокол № 10 от 30.06.2015 г.);

*ЭЭ - 05 - 10/42*

Научно-методическим советом заочного факультета ГГТУ им. П.О. Сухого

(протокол № 5 от 4.06.15);

*УДЗ - 057 - 184*

Научно-методическим советом ГГТУ им. П.О. Сухого

(протокол № 5 от 01.07.2015)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Вступление.

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 в электроэнергетических системах, знания которых необходимы для квалифицированного проектирования и эксплуатации электроэнергетических систем.

Учебная программа по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» разработана в соответствии с требованиями учебного стандарта высшего образования первой ступени по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям).

### Цели и задачи учебной дисциплины.

Целью изучения дисциплины является формирование необходимых знаний о теории электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и физики происходящих явлений при переходных режимах.

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

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалистов, связи с другими учебными дисциплинами.

Учебная дисциплина «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» взаимосвязана с учебными дисциплинами «Физика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Передача и распределение электроэнергии».

### Требования к знаниям студентов после изучения дисциплины.

В процессе изучения дисциплины студент должен уметь увязывать физические явления при переходных процессах, знать области практического применения дисциплины и уметь определить техническую и экономическую целесообразность применения методов ограничения влияния переходных процессов на электроэнергетическую систему.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

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

уметь:

- составлять расчетные схемы цепей короткого замыкания;
- определять параметры элементов расчетных схем;

владеть:

- точными и приближенными методами приведения параметров короткозамкнутой цепи к базисным условиям;
- навыками и умениями самостоятельно анализировать неустановившиеся режимы;
- навыками рассчитывать неустановившиеся режимы;
- навыками и экспериментально исследовать с целью обеспечения устойчивой работы потребителей электроэнергии

Учебная программа разработана на основе компетентностного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям) ОСВО-1-43 01 03-2013.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

- уметь применять базовые знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию;
- пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой для контроля правильности и качества монтажных операций;
- подбирать соответствующие оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении лабораторных работ;

Основными методами обучения, отвечающими цели изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебной деятельности, реализуемые на лабораторных занятиях;
- коммуникативные технологии (дискуссии, учебные дебаты), реализуемые на лекционных занятиях.

Теоретические занятия чередуются с лабораторными занятиями. Используется учебный портал в сети Интернет, мультимедийный проектор, комплекс электронных тестов, стенды для выполнения лабораторных работ. Учебно-методическое обеспечение ориентировано на освоение студентами умения работать с научной и технической литературой.

При изучении дисциплины рекомендуется контролируемая самостоятельная работа в виде прохождения электронных тестов на учебном портале университета.

Общее количество часов, отводимое для изучения учебной дисциплины – 180 часов, в том числе аудиторных 96 часов для дневной формы обучения; 20 часов для заочной полной и сокращенной форм обучения. Трудоемкость учебной дисциплины – 4,5 зачетные единицы.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная полная, заочная сокращенная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам, формы текущей аттестации по учебной дисциплине приведены в таблице

Виды занятий и формы контроля	Дневное отделение	Заочное отделение (полная форма)	Заочное отделение (сокращенная форма)
Курс	4	4	3
Семестр	7,8	7,8	5,6
Лекции (часов)	48	10	10
Практические занятия (часов)	32	6	6
Лабораторные занятия (часов)	16	4	4
Экзамен (семестр)	7	8	6
Тестирование (семестр)	-	-	-
Курсовая работа (семестр)	8	8	6
Всего аудиторных часов	96	20	20

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Особенности переходных процессов в электроэнергетических системах

Тема 1.1 Введение Общие сведения об электромагнитных переходных процессах

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 короткие замыкания.

## Тема 1.2 Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе

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.

## Тема 1.3 Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях

Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях. Общие положения анализа переходного процесса в неподвижных магнитосвязанных цепях. Результирующая индуктивность и полное сопротивление двухобмоточного трансформатора в дифференциальной форме. Уравнение двухобмоточного трансформатора в операторной форме. Изменение свободных токов двухобмоточного трансформатора.

Общие положения переходного процесса в подвижных магнитосвязанных цепях. Понятие реактивностей синхронной машины в продольной и поперечной осях. Общие замечания для анализа начального момента внезапного нарушения режима. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины без демпферных обмоток. Характеристическое уравнение и его корни. Переходная ЭДС и переходное индуктивное сопротивление машины. Периодическая составляющая тока в начальный момент переходного процесса. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины с демпферными обмотками. Сверхпереходная ЭДС и сверхпереходное реактивное сопротивление машины. Сверхпереходный ток. Системы координат, используемые при анализе переходных процессов. Особенности расчета переходных процессов электродвигателей. Сверхпереходная ЭДС и сверхпереходное индуктивное сопротивление асинхронного двигателя. Влияние обобщенной нагрузки на протекание переходного процесса при коротких замыканиях. Расчетные параметры обобщенной нагрузки.

## Тема 1.4 Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ

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 электро-

энергетической 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. Расчет установившегося режима КЗ. Практический метод расчета переходного процесса трехфазного КЗ.

#### Тема 1.5 Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью

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 допустимый ток замыкания на землю. Резистивное заземление нейтрали.

### Раздел 2. Расчет токов КЗ при однократной несимметрии

#### Тема 2.1 Однократная поперечная несимметрия

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. Сравнение величины токов при различных видах КЗ. Указания к расчету переходного процесса при однократной поперечной несимметрии.

#### Тема 2.2 Однократная продольная несимметрия

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 2.3 Сложные виды повреждений

Сложные виды повреждений. Общие замечания. Общий путь решения. Двойное замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью. Однофазное КЗ с разрывом фазы.

## Раздел 3. Расчет токов КЗ в особых условиях. Ограничение токов КЗ

### Тема 3.1 Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях

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 3.2 Методы и средства ограничения токов КЗ

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.

### Характеристика курсовой работы

Цель курсовой работы – получение навыков расчетов токов при трехфазном и двухфазном коротких замыканиях, а также при однофазном и двухфазном замыканиях на землю в электрической системе для различных моментов времени; токов и напряжений при продольной несимметрии.

Курсовая работа необходима для приобретения навыков самостоятельной работы студентов, формирования способности самостоятельно и творчески решать научные, инженерно-технические, производственные задачи.

Курсовая работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием по расчету токов КЗ в электрической системе объемом 15-20 стр.

Общее количество часов, отводимое для выполнения курсовой работы, в соответствии с учебным планом составляет – 40 часов.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ  
КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ДНЕВНОЙ ФОРМЫ  
ОБУЧЕНИЯ**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1.	Особенности переходных процессов в электроэнергетических системах	22	12	4		
1.1	Введение Общие сведения об электромагнитных переходных процессах	2	2	-		Экзамен, тест
1.2	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	4	4	2		Экзамен, защита л/р, тест
1.3	Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях	8	-	-		Экзамен, тест
1.4	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	4	4			Экзамен, тест
1.5.	Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью	4	2	2		Экзамен, защита л/р, тест
2	Расчет токов КЗ при однократной несимметрии	12	8	8		
2.1	Однократная поперечная несимметрия	6	4	6		Экзамен, защита л/р, тест
2.2	Однократная продольная несимметрия.	4	4	2		Экзамен, защита л/р, тест
2.3	Сложные виды повреждений.	2	-	-		Экзамен, тест
3.	Расчет токов КЗ в особых условиях. Ограничение токов КЗ	14	12	4		
3.1	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях.	10	10	4		Экзамен, защита л/р, тест
3.2	Методы и средства ограничения токов КЗ	4	2	-		Экзамен, тест
	Всего	48✓	32✓	16✓		

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1.	Особенности переходных процессов в электроэнергетических системах	4,5				Экзамен, тест
1.1	Введение Общие сведения об электромагнитных переходных процессах	0,5				Экзамен, тест
1.2	Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе	1,5	2			Экзамен, тест
1.3	Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях	1				Экзамен, тест
1.4	Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ	0,5		2		Экзамен, защита л/р
1.5.	Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью	1				Экзамен, тест
2	Расчет токов КЗ при однократной несимметрии	3,5	2			Экзамен, тест
2.1	Однократная поперечная несимметрия	1,5				Экзамен, тест
2.2	Однократная продольная несимметрия.	0,5		2		Экзамен, защита л/р
2.3	Сложные виды повреждений.	1,5				Экзамен, тест
3.	Расчет токов КЗ в особых условиях. Ограничение токов КЗ	2				Экзамен, тест
3.1	Электромагнитные переходные процессы в распределительных сетях и особых условиях.	1,5	2			Экзамен, тест
3.2	Методы и средства ограничения токов КЗ	0,5				Экзамен, тест
	Всего	10	6	4		

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Евминов Л.И. Селиверстов Г.И. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: 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.
3. Евминов, Л.И. Электромагнитные переходные процессы: электронный учебно-методический комплекс дисциплины/Л.И. Евминов.- Гомель: ГГТУ, 2009. – 1 папка+1 электрон. опт. диск.

### Дополнительная литература

4. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1970.
5. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. - М.: Энергия, 1968.
6. 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.
7. Силюк С.М., Свита Л.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Мн.: Технопринт, 2000.-262с.
8. Методические указания №2752 Евминов Л.И. Короткие и простые замыкания в распределительных сетях: Учебное пособие для вузов. – Гомель, ГГТУ, 2003.-104с.
9. Евминов Л.И.. Практическое пособие по курсу " Электромагнитные переходные процессы" для студентов спец. 1-43 01 02 –Гомель: ГГТУ, 2014.
- 10.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.

*Список литературы сверен М.В. (Мороз С.К.)*

### Средства диагностики результатов учебной деятельности

Для оценки учебных достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- выполнение домашних заданий по всем темам практических занятий;
- проведение контрольных тестов в течение семестра;
- защита выполненных и оформленных лабораторных работ;
- проведение экзамена.

### 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  $\Delta/Y_n-11$ .
8. Короткое замыкание на стороне выпрямленного тока.

### Примерный перечень практических занятий

1. Общие указания к выполнению расчетов токов короткого замыкания. Составление расчетной схемы и схемы замещения. Определение сопротивлений элементов схемы замещения. Домашнее задание №1.
2. Точное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах к базисным условиям. Преобразование схем замещения. Определение результирующего сопротивления короткозамкнутой цепи. Домашнее задание №2
3. Система относительных единиц. Точное и приближенное приведение в относительных единицах. Домашнее задание №3
4. Расчёт сверхпереходного и ударного тока. Влияние и учёт нагрузки при КЗ. Расчёт тока трёхфазного КЗ с помощью типовых кривых. Домашнее задание №4
5. Расчет установившегося тока короткого замыкания. Учет электродвигателей и обобщенной нагрузки. Домашнее задание №5.
6. Метод симметричных составляющих. Схемы замещения обратной и нулевой последовательностей при нарушениях симметрии трехфазной цепи. Домашнее задание №6.
7. Расчет токов и напряжений при поперечной несимметрии по правилу эквивалентности прямой последовательности. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при несимметричных КЗ. Домашнее задание №7
8. Схемы замещения обратной и нулевой последовательностей при продольной несимметрии. Расчет токов и напряжений при продольной несимметрии. Домашнее задание №8
9. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при продольной несимметрии. Домашнее задание №9

10. Расчет токов КЗ в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления электрической дуги. Домашнее задание №10.

11. Расчет токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ. Учет сопротивления электрической дуги. Домашнее задание №11.

12. Расчет токов замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Расчет токов замыкания на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали. Домашнее задание №12.

13. Учет ПБВ и РПН при расчете токов КЗ. Несимметричные КЗ за трансформатором. Домашнее задание №13

14. Термический спад тока КЗ. Домашнее задание №14

15. Расчет токов и напряжений на стороне выпрямленного тока. Домашнее задание №15.

16. Методы и средства ограничения уровней токов КЗ в системах электроснабжения. Расчет токов КЗ при применении токоограничивающих реакторов и трансформаторов с расщепленной вторичной обмоткой. Домашнее задание №16.

Курсовая работа по дисциплине

Курсовая работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием по расчету токов КЗ в электрической системе объемом 15-20 стр.

Примерное содержание курсовой работы:

– расчеты токов при трехфазном и двухфазном коротких замыканиях, а также при однофазном и двухфазном замыканиях на землю в электрической системе для различных моментов времени;

– расчеты токов и напряжений при продольной несимметрии;

– анализ электромагнитных переходных процессов в электрической системе.

Примерный перечень контрольных вопросов  
для самостоятельной работы

1. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. Основные понятия и определения (электрическая система, система электроснабжения, параметры режима, параметры системы, нормальные и аварийные переходные процессы).

2. Системы тока; номинальные и средние напряжения электроустановок. Область использования различных уровней напряжений в электроэнергетических системах.

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. Порядок определения токов КЗ (выбор расчетных условий). Выбор вида КЗ и момента времени от начала КЗ в зависимости от назначения расчета.
9. Параметры элементов расчетной схемы в именованных и относительных единицах (генераторы, трансформаторы, реакторы, воздушные и кабельные ЛЭП, электроэнергетические системы конечной и бесконечной мощности).
10. Учет нагрузки при определении токов КЗ в установившемся и сверхпереходном режимах. Учет сопротивления дуги в месте КЗ.
11. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов схем к базисным условиям в именованных единицах.
12. Система относительных единиц. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов к базисным условиям в относительных единицах.
13. Преобразование схем замещения. Коэффициенты распределения токов.
14. Переходный электромагнитный процесс при внезапном трехфазном КЗ в простейшей цепи. Векторные диаграммы, дифференциальные уравнения.
15. Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Действующее значение ударного тока КЗ. Постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.
16. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины. Влияние демпферных обмоток.
17. Характер протекания переходного при удаленном КЗ. Удаленные и неудаленные КЗ.
18. Порядок расчета токов КЗ методом типовых кривых.
19. Сети с незаземленными нейтралью. Общая характеристика, нормальный режим. Напряжение смещения нейтрали, степень емкостной несимметрии сети.
20. Напряжение относительно земли при замыкании фазы на землю в сети с незаземленной нейтралью. Векторная диаграмма.
21. Токи замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Учет сопротивления дуги.
22. Сети с резонансно заземленными нейтралью. Длительно допускаемый ток замыкания на землю. Дугогасящие катушки, схемы включения, настройка ДГК, РУОМ.
23. Резистивное заземление нейтрали. Назначение, выбор параметров.
24. Однократная поперечная несимметрия. Коэффициенты несимметрии и неуравновешенности системы. Основные соотношения метода симметричных составляющих.

25. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Условия применения.
26. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов электроэнергетической системы.
27. Схемы прямой, обратной и нулевой последовательности при поперечной несимметрии.
28. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной поперечной несимметрии.
29. Однофазное КЗ. Основные соотношения, векторные диаграммы, схемы замещения.
30. Двухфазное КЗ. Основные соотношения, векторные диаграммы, схемы замещения.
31. Двухфазное КЗ на землю. Основные соотношения, векторные диаграммы, схемы замещения.
32. Порядок расчета несимметричных КЗ с помощью типовых кривых.
33. Однократная продольная несимметрия. Основные виды и основные уравнения
34. Схемы прямой, обратной и нулевой последовательности при однократной продольной несимметрии.
35. Разрыв одной фазы. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, схемы замещения.
36. Разрыв двух фаз. Схемы замещения, основные соотношения, векторные диаграммы.
37. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной продольной несимметрии.
38. Сложные виды повреждений. Разновидности. Граничные условия при двойном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.
39. Сложные виды повреждений. Разновидности. Граничные условия при однофазном КЗ с одновременным разрывом фазы в сети с глухозаземленной нейтралью.
40. Особенности расчета токов КЗ в установках напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления дуги.
41. Расчет токов КЗ при поперечной несимметрии в установках до 1000 В. Учет сопротивления дуги.
42. Расчет токов трехфазных КЗ в установках до 1000 В. Максимальный и минимальный режимы.
43. Расчет тока КЗ на стороне выпрямленного тока при трехфазных схемах выпрямления.
44. Нагрев проводников током КЗ. Термический спад тока КЗ.
45. Несимметричные КЗ на трансформатором. Влияние группы соединений трансформатора на ток симметричных и несимметричных КЗ.
46. Способы ограничения токов КЗ.
47. Классификация методов и средств ограничения токов КЗ
48. Деление сети и схемные решения для ограничения токов КЗ

49. Основные технические средства ограничения токов КЗ. Общие требования к токоограничивающим устройствам.

50. Токоограничивающие реакторы. Разновидности. Схемы включения. Выбор параметров.

51. Токоограничивающие коммутационные аппараты.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого



## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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)
1. Передача и распределение электроэнергии	Электроснабжение	Согласовано	№ 11 от 11.05.2015

Библиотека ГГТУ ИМ.Л.С.БЕЛОВА