

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого


О.Д. Асенчик

30.06. 2016

Регистрационный № УД-55-41/уч.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей

1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»

1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 02-2013, ОСВО 1-43 01 03-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальностей 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», регистрационные №№ I 43-1-21/уч. 17.09.2013, I 43-1-08/уч. 12.02.2014, и 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», регистрационные №№ I 43-1-19/уч. 17.09.2013, I 43-1-39/уч. 20.09.2013, I 43-1-44/уч. 21.09.2013.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

О.П. Каптуров, главный энергетик ОАО «Гомельтранснефть Дружба»;
В.С. Захаренко, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод» 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 № 12 от 17.05.2016);

Удэ-05-28/уч.

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 9 от 30.05.2016);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 02.06.2016);

УДз-078-18у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 28.06.2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Переходные процессы, часто возникающие в электроэнергетических системах и системах электроснабжения, оказывают существенное влияние на выбор структуры системы, пропускной способности линий электропередачи, средств управления, 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 и системах электроснабжения, знания которых необходимы для квалифицированного проектирования и эксплуатации.

Учебная программа разработана в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования первой ступени.

Целью изучения дисциплины является формирование необходимых знаний о теории электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и системах электроснабжения 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.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

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

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 экспериментально исследовать с целью обеспечения устойчивой работы потребителей электроэнергии.

Учебная дисциплина является одной из основных, в которых закладывается и формируется фундамент профессиональной подготовки инженеров-энергетиков.

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

Учебная программа разработана на основе компетентного подхода. Требования к формированию компетенций сформулированы в образовательных стандартах специальностей 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» и 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)».

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

- уметь применять базовые научно-теоретические 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;
- подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении лабораторных работ.

Изучение учебной дисциплины «Электромагнитные переходные процессы» рассчитано в соответствии с образовательными стандартами высшего образования первой ступени специальностей 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» и 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)». Всего часов по дисциплине составляет 180 часов. Аудиторных часов по дневной форме получения образования – 96 часов, по заочной форме получения образования – 20 часов. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4,5 зачетные единицы.

Форма получения высшего образования: дневная для специальностей 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» и 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», заочная полная и сокращенная для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)».

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

| | ДО | ЗО | ЗОс |
|------------------------------|----|-----|-----|
| Курс | 4 | 4 | 3 |
| Семестр | 7 | 7,8 | 5,6 |
| Лекции (часов) | 48 | 10 | 10 |
| Практические занятия (часов) | 32 | 6 | 6 |
| Лабораторные занятия (часов) | 16 | 4 | 4 |
| Всего аудиторных часов | 96 | 20 | 20 |

Формы контроля по учебной дисциплине:

| | ДО | ЗО | ЗОс |
|-----------------|----|----|-----|
| Экзамен | 7 | 8 | 6 |
| Курсовая работа | 8 | 8 | 6 |

Методы (технология) обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям 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 и практических занятиях.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Теоретические занятия чередуются с лабораторными и практическими занятиями. Используются информационные технологии, мультимедийный проектор, комплекс электронных тестов и 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.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1 Особенности переходных процессов в электроэнергетических системах

Раздел 1. Тема 1.1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах в системах электроснабжения.

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.

Раздел 1. Тема 1.2. Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов в системе электроснабжения.

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.

Раздел 2. Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях

Раздел 2. Тема 2.1. 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.

Раздел 2. Тема 2.2. 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

ние машины. Сверхпереходный ток.. 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.

Раздел 3. Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ в системе электроснабжения.

Раздел 3. Тема 3.1 Методы анализа переходных электромагнитных процессов.

Переходный процесс в простейшей трехфазной цепи. Анализ протекания переходного процесса. Ударный ток короткого замыкания. Переходный процесс при удалённом КЗ в трехфазной сети.

Раздел 3. Тема 3.2. Переходный процесс в электроэнергетической системе, питающейся от генератора без АРВ и с АРВ.

Переходный процесс в электроэнергетической системе, питающейся от генератора без АРВ. Переходный процесс в системе электроснабжения, питающейся от генератора с АРВ.

10

Раздел 3. Тема 3.3. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ.

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. Расчёт установившегося режима КЗ. Практический метод расчета переходного процесса трехфазного КЗ.

Раздел 4. Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью

Раздел 4. Тема 4.1. Сети с незаземленными нейтралями.

Основные понятия и определения. Рабочее заземление. Защитное заземление. Грозозащитное заземление. Сети с незаземленными нейтралями. Общая характеристика. Нормальный режим. Напряжения относительно земли при замыкании фазы на землю.

Раздел 4. Тема 4.2. Установившийся режим однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

Токи замыкания на землю. Длительно допустимый ток замыкания на землю. Резистивное заземление нейтрали.

Раздел 5. Однократная поперечная несимметрия

Раздел 5. Тема 5.1. Общие положения при расчете несимметричных КЗ.

Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих.

Раздел 5. Тема 5.2. Схемы замещения отдельных последовательностей. Сопротивления различных последовательностей элементов электроэнергетической системы.

Схемы замещения отдельных последовательностей. Сопротивления различных последовательностей элементов электроэнергетической системы. Выбор граничных условий. Двухфазное короткое замыкание. Однофазное КЗ. Двухфазное КЗ на землю.

Раздел 5. Тема 5.3. Правило эквивалентности прямой последовательности. Сравнение величины токов при различных видах КЗ. Указания к расчету переходного процесса при однократной поперечной несимметрии.

Раздел 6. Однократная продольная несимметрия

Раздел 6. Тема 6.1. Общие положения при расчете однократной продольной несимметрии

11

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.

Раздел 6. Тема 6.1. Правило эквивалентности прямой последовательности.

Правило эквивалентности прямой последовательности. Аналитический метод расчета переходного процесса при однократной продольной несимметрии.

Раздел 7. Сложные виды повреждений

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

Раздел 8. Расчет токов КЗ в особых условиях.

Раздел 8. Тема 8.1. Особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ.

Раздел 8. Тема 8.2. Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.

Раздел 8. Тема 8.3. Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ.

Раздел 8. Тема 8.4. Несимметричные КЗ за трансформатором.

Раздел 8. Тема 8.5. Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Учет РПН трансформаторов при расчётах токов КЗ.

Раздел 9. Методы и средства ограничения токов КЗ

Раздел 9. Тема 9.1. Классификация методов и средств 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.

Раздел 9. Тема 9.2. Токоограничивающие реакторы.

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.

Курсовая работа по дисциплине

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

Примерное содержание курсовой работы:

– расчеты токов при трехфазном в электрической системе при точном и приближенном приведении в именованных и относительных единицах;
- расчеты токов и напряжений при поперечной несимметрии при двухфазном и при однофазном и двухфазном коротких замыканиях на землю Построение векторных диаграмм токов и напряжений.

– расчеты токов и напряжений при продольной несимметрии при обрыве одной и двух фаз в трехфазной системе. Построение векторных диаграмм токов и напряжений.

Всего часов 40. Трудоемкость – одна зачетная единица

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

| 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 | Особенности переходных процессов | 6 | 4 | | | | | |
| 1.1 | Введение. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 1.2 | Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов | 4 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 2 | Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях | 6 | | | | | | |
| 2.1 | Общие положения анализа переходного процесса в неподвижных цепях | 2 | | | | | | Экзамен |
| 2.2 | Общие положения переходного процесса в подвижных магнитосвязанных цепях | 4 | | | | | | Экзамен |
| 3. | Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ | 6 | 4 | | | | | |
| 3.1 | Методы анализа переходных электромагнитных процессов | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 3.2 | Переходный процесс в системы, питающейся от генератора без АРВ и с АРВ | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 3.3 | Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ | 2 | | | | | | Экзамен |
| 4 | Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью | 4 | 2 | | 2 | | | |
| 4.1 | Сети с незаземленными нейтральями | 2 | 2 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--|-----------|-----------|---|----------|---|---|---------------------------------------|
| 4.2 | Установившийся режим однофазного замыкания на землю в сетях изолированной нейтралью | 2 | | | | | | Экзамен |
| 5 | Однократная поперечная несимметрия | 6 | 8 | | 6 | | | |
| 5.1 | Общие положения при расчете несимметричных КЗ | 2 | 2 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. Работ |
| 5.2 | Схемы замещения отдельных последовательностей. Сопротивления различных последовательностей элементов | 2 | 4 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. Работ |
| 5.3 | Правило эквивалентности прямой последовательности | 2 | 2 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |
| 6 | Однократная продольная несимметрия | 4 | 2 | | | | | |
| 6.1 | Общие положения при расчете однократной продольной несимметрии | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 6.2 | Правило эквивалентности прямой последовательности | 2 | | | | | | Защита практич. работ |
| 7. | Сложные виды повреждений | 2 | | | | | | Экзамен |
| 8 | Расчет токов КЗ в особых условиях | 10 | 10 | | 8 | | | |
| 8.1 | Особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ | 2 | 2 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |
| 8.2 | Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В | 2 | 2 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |
| 8.3 | Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 8.4 | Несимметричные КЗ за трансформатором | 2 | 2 | | 4 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|---|-------------|-------------|---|---|-------------|---|--------------------------------|
| 8.5 | Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Учет РПН трансформаторов при расчетах токов КЗ | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 9 | Методы и средства ограничения токов КЗ | 4 | 2 | | | | | |
| 9.1 | Классификация методов и средств ограничения токов КЗ. Схемные решения. Деление сети. Общие требования к токоограничивающим устройствам | 2 | | | | | | Экзамен |
| 9.2 | Токоограничивающие реакторы. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения. Оптимизация уровней токов КЗ. Координация уровней токов КЗ | 2 | 2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| | ИТОГО | 48 ✓ | 32 ✓ | | | 16 ✓ | | |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная полная и сокращенная форма получения образования)

| 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 | Особенности переходных процессов | 1 | | | | | | |
| 1.1 | Введение. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах | 0,5 | | | | | | Экзамен |
| 1.2 | Общие положения к расчету электромагнитных переходных процессов | 0,5 | | | | | | Экзамен |
| 2 | Переходный электромагнитный процесс в магнитосвязанных цепях | 0,5 | | | | | | |
| 2.1 | Общие положения анализа переходного процесса в неподвижных цепях | 0,2 | | | | | | Экзамен |
| 2.2 | Общие положения переходного процесса в подвижных магнитосвязанных цепях | 0,3 | | | | | | Экзамен |
| 3. | Переходный электромагнитный процесс при трехфазном КЗ | 1,5 | 2 | | | | | |
| 3.1 | Методы анализа переходных электромагнитных процессов | 0,5 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 3.2 | Переходный процесс в системы, питающейся от генератора без АРВ и с АРВ | 0,5 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 3.3 | Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ | 0,5 | 1 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 4 | Переходные процессы в сетях с незаземленной нейтралью | 0,5 | | | 2 | | | |
| 4.1 | Сети с незаземленными нейтральями | 0,2 | | | | | | Экзамен |
| 4.2 | Установившийся режим однофазного замыкания на землю в сетях изолированной нейтралью | 2 | | | 2 | | | Экзамен, защита лаборат. работ |
| 5 | Однократная поперечная несимметрия | 1,5 | 1 | | 2 | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|--|------------|----------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 5.1 | Общие положения при расчете несимметричных КЗ | 0,5 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 5.2 | Схемы замещения отдельных последовательностей. Сопротивления различных последовательностей элементов | 0,5 | 0,2 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 5.3 | Правило эквивалентности прямой последовательности | 0,5 | 0,3 | | 2 | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |
| 6 | Однократная продольная несимметрия | 1 | 1 | | | | | |
| 6.1 | Общие положения при расчете однократной продольной несимметрии | 0,5 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 6.2 | Правило эквивалентности прямой последовательности | 0,5 | 0,5 | | | | | Защита практич. работ |
| 7. | Сложные виды повреждений | 0,5 | | | | | | Экзамен |
| 8 | Расчет токов КЗ в особых условиях | 2 | 1 | | | | | |
| 8.1 | Особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ | 0,2 | | | | | | Экзамен |
| 8.2 | Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В | 1 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. Работ |
| 8.3 | Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ | 0,3 | | | | | | Экзамен |
| 8.4 | Несимметричные КЗ за трансформатором | 0,2 | 0,2 | | | | | Экзамен, защита лаб. и практич. работ |
| 8.5 | Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Учет РПН трансформаторов при расчетах токов КЗ | 0,3 | 0,3 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| 9 | Методы и средства ограничения токов КЗ | 1,5 | 1 | | | | | |
| 9.1 | Классификация методов и средств ограничения токов КЗ. Схемные решения. Деление сети. Общие требования к токоограничивающим устройствам | 0,5 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|---|-------------|------------|---|---|------------|---|--------------------------------|
| 9.2 | Токоограничивающие реакторы. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения. Оптимизация уровней токов КЗ. Координация уровней токов КЗ | 1 | 0,5 | | | | | Экзамен, защита практич. работ |
| | ИТОГО | 10 ✓ | 6 ✓ | | | 4 ✓ | | |

Библиотека ГГТУ им. П.О.Скуридина

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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. Расчет токов КЗ в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления электрической дуги. Домашнее задание №6.
7. . Расчет токов замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Расчет токов замыкания на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали Домашнее задание №7.
8. Метод симметричных составляющих. Схемы замещения обратной и нулевой последовательностей при нарушениях симметрии трехфазной цепи. Домашнее задание №8.
9. Расчет токов и напряжений при поперечной несимметрии по правилу эквивалентности прямой последовательности. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при несимметричных КЗ. Домашнее задание №9
10. Схемы замещения обратной и нулевой последовательностей при продольной несимметрии. Расчет токов и напряжений при продольной несимметрии. Домашнее задание №10
11. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при продольной несимметрии. Домашнее задание №11
12. Расчет токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ. Учет сопротивления электрической дуги. 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.

Примерный перечень лабораторных занятий

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

Простые замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

Двухфазное короткое замыкание.

Однофазное короткое замыкание.

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

Двухфазное короткое замыкание на землю.

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

Короткое замыкание на стороне выпрямленного тока.

Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Электромагнитные и электромеханические 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 различных видов КЗ.
5. Понятие о близких 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. Определение параметров элементов расчетной схемы в именованных и относительных единицах (генераторы, СЭС, трансформаторы, реакторы, воздушные и кабельные ЛЭП).
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 ОЕ.
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. Постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.
16. Характер протекания переходного при удалённом КЗ.
17. Переходный процесс в СЭС, питающейся от генератора без АРВ. Переходный процесс в СЭС, питающейся от генератора с АРВ.
18. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины. Влияние демпферных обмоток.
19. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ. Расчет апериодической составляющей тока КЗ. Расчет ударного тока короткого замыкания.
20. Учет и влияние нагрузки в начальный момент КЗ. Учет системы при расчетах токов КЗ. Система конечной и бесконечной мощности.
21. Установившейся режим КЗ генератора, параметры установившегося режима. Порядок расчета установившегося тока КЗ аналитическим методом.
22. Сети с незаземленными нейтралью. Общая характеристика. Основные понятия и определения. Рабочее заземление. Защитное заземление. Грозозащитное заземление. Нормальный режим. Напряжение смещения нейтрали, степень емкостной несимметрии сети.
23. 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.
24. Токи замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Учет сопротивления дуги.
25. Сети с резистивным заземлением нейтрали. Длительно допускаемый ток замыкания на землю.
26. Однократная поперечная несимметрия. Коэффициенты несимметрии и неуравновешенности системы. Общие положения при расчете несимметричных КЗ. Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Условия применения.
27. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при поперечной несимметрии. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов системы электроснабжения.
28. Двухфазное КЗ. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
29. Однофазное КЗ. Выбор граничных условий. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
30. Двухфазное КЗ на землю. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
31. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной поперечной несимметрии.

32. Расчет переходного процесса при однократной поперечной несимметрии. Порядок расчета несимметричных КЗ с помощью типовых кривых.
33. Однократная продольная несимметрия. Основные виды и основные уравнения.
34. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при однократной продольной несимметрии.
35. Разрыв одной фазы. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
36. Разрыв двух фаз. Основные соотношения, векторные диаграммы, схема замещения.
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 6-10-35 кВ. Учет сопротивления дуги.
41. Расчет токов трехфазных КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Принимаемые допущения. Максимальный и минимальный режимы. Учет сопротивления дуги.
42. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В
43. Особенности расчета несимметричных КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет токов однофазного КЗ в электроустановках напряжением до 1кВ. Особенности расчета токов двухфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
44. Расчет апериодической составляющей тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет ударного тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
45. Расчет периодической составляющей тока КЗ для произвольного момента времени в электроустановках напряжением до 1000 В.
46. 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.
47. Несимметричные КЗ на трансформатором. Влияние группы соединений трансформатора на ток симметричных и несимметричных КЗ.
48. Учёт РПН и ПБВ трансформаторов при расчётах токов КЗ

49. Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Общие положения. Промышленные схемы выпрямления тока.
50. Расчет тока КЗ на стороне выпрямленного тока при трехфазных схемах выпрямления.
51. Нагрев проводников током КЗ. Термический спад тока КЗ. Учет изменения активного сопротивления проводников при КЗ.
52. Классификация методов и средств ограничения токов КЗ. Общие требования к токоограничивающим устройствам.
53. Деление сети и схемные решения для ограничения токов КЗ
54. Способы ограничения токов КЗ. Токоограничивающие реакторы. Общие сведения. Токоограничивающие реакторы с линейной характеристикой. Схемы включения.
55. Способы ограничения токов КЗ. Токоограничивающие коммутационные аппараты.
56. Способы ограничения токов КЗ. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения
57. Способы ограничения токов КЗ Ограничение токов КЗ на землю.
58. Оптимизация уровней токов КЗ. Координация уровней токов КЗ.

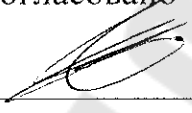

Основная литература

1. Евминов Л.И. Селиверстов Г.И. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008.-418с.
2. Евминов Л.И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: Учебное пособие для вузов. – Гомель, ГГТУ, 2003.-300с.
3. Евминов Л.И. Короткие и простые замыкания в распределительных сетях: Учебное пособие для вузов. – Гомель, ГГТУ, 2003.-104с.
4. ГОСТ 26522-85. Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1985
5. ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1988
6. ГОСТ Р 50270-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
7. ГОСТ Р 50254-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания, – М.: Изд-во стандартов, 1993.
8. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
9. ГОСТ 28895-91. Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева. – М.: Изд-во стандартов, 1992..

Дополнительная литература

10. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1970.
11. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. - М.: Энергия, 1968.
12. Силюк С.М., Свита Л.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Мн.: Технопринт, 2000.-262с

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название учебной дисциплины с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу |
|---|--------------------|---|---|
| Электрические сети | «Электроснабжение» | Согласовано  | № 12 от 17.05.2016 |
| Релейная защита и автоматика в электроэнергетических системах | «Электроснабжение» | Согласовано  | № 12 от 17.05.2016 |

Библиотека ГГТУ ИМЭП

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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. 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 электропитания. Расчет токов КЗ при применении токоограничивающих реакторов и трансформаторов с расщепленной вторичной обмоткой. Домашнее задание №16.

Примерный перечень лабораторных занятий

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

Простые замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

Двухфазное короткое замыкание.

Однофазное короткое замыкание.

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

Двухфазное короткое замыкание на землю.

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

Короткое замыкание на стороне выпрямленного тока

Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Электромагнитные и электромеханические 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 различных видов КЗ.
5. Назначение расчетов переходных процессов и требования к ним.
6. Основные допущения, принимаемые при расчетах переходных процессов.
7. 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.
8. Определение параметров элементов расчетной схемы в именованных и относительных единицах (генераторы, СЭС, трансформаторы, реакторы, воздушные и кабельные ЛЭП).
9. Учет нагрузки при определении токов КЗ в установившемся и сверхпереходном режимах. Учет сопротивления дуги в месте КЗ.
10. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов схем к базисным условиям в именованных единицах.
11. Система относительных единиц. Приближенное и точное приведение сопротивлений элементов к базисным условиям в ОЕ.
12. Преобразование схем замещения. Коэффициенты распределения токов.
13. Переходный электромагнитный процесс при внезапном трехфазном КЗ в простейшей цепи. Векторные диаграммы, дифференциальные уравнения.

14. Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.
15. Характер протекания переходного при удалённом КЗ.
16. Переходный процесс в СЭС, питающейся от генератора без АРВ. Переходный процесс в СЭС, питающейся от генератора с АРВ.
17. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины. Влияние демпферных обмоток.
18. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ. Расчет апериодической составляющей тока КЗ. Расчет ударного тока короткого замыкания.
19. Учет и влияние нагрузки в начальный момент КЗ. Учет системы при расчетах токов КЗ. Система конечной и бесконечной мощности.
20. Установившейся режим КЗ генератора, параметры установившегося режима. Порядок расчета установившегося тока КЗ аналитическим методом.
21. Сети с незаземленными нейтралью. Общая характеристика. Основные понятия и определения. Рабочее заземление. Защитное заземление. Грозозащитное заземление. Нормальный режим. Напряжение смещения нейтрали, степень емкостной несимметрии сети.
22. 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.
23. Токи замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Учет сопротивления дуги.
24. Однократная поперечная несимметрия. Коэффициенты несимметрии и неуравновешенности системы. Общие положения при расчете несимметричных КЗ. Метод симметричных составляющих. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Условия применения.
25. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при поперечной несимметрии. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности для элементов системы электроснабжения.
26. Двухфазное КЗ. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
27. Однофазное КЗ. Выбор граничных условий. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
28. Двухфазное КЗ на землю. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
29. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной поперечной несимметрии.
30. Расчет переходного процесса при однократной поперечной несимметрии. Порядок расчета несимметричных КЗ с помощью типовых кривых.
31. Однократная продольная несимметрия. Основные виды и основные уравнения.

32. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности при однократной продольной несимметрии.
33. Разрыв одной фазы. Основные соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений.
34. Разрыв двух фаз. Основные соотношения, векторные диаграммы, схема замещения.
35. Правило эквивалентности прямой последовательности при однократной продольной несимметрии.
36. Сложные виды повреждений. Разновидности. Граничные условия при двойном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.
37. Сложные виды повреждений. Разновидности. Граничные условия при однофазном КЗ с одновременным разрывом фазы в сети с глухозаземленной нейтралью.
38. Особенности расчета токов КЗ в установках напряжением 6-35 кВ. Учет сопротивления дуги.
39. Расчет токов трехфазных КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Принимаемые допущения. Максимальный и минимальный режимы. Учет сопротивления дуги.
40. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В
41. Особенности расчета несимметричных КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет токов однофазного КЗ в электроустановках напряжением до 1кВ. Особенности расчета токов двухфазного КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
42. Расчет апериодической составляющей тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В. Расчет ударного тока КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В.
43. 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.
44. Несимметричные КЗ на трансформатором. Влияние группы соединений трансформатора на ток симметричных и несимметричных КЗ.
45. Учёт РПН и ПБВ трансформаторов при расчётах токов КЗ
46. Переходные процессы при КЗ на стороне выпрямителя. Общие положения. Промышленные схемы выпрямления тока. Расчет тока КЗ на стороне выпрямленного тока при трехфазных схемах выпрямления.
47. Качество электромагнитных переходных процессов. Уровни токов КЗ.
48. Классификация методов и средств ограничения токов КЗ. Общие требования к токоограничивающим устройствам.
49. Деление сети и схемные решения для ограничения токов КЗ
50. Токоограничивающие реакторы. Общие сведения. Токоограничивающие реакторы с линейной характеристикой. Схемы включения.

51. Способы ограничения токов КЗ. Токоограничивающие коммутационные аппараты.
52. Способы ограничения токов КЗ. Трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения
53. Способы ограничения токов КЗ Ограничение токов КЗ на землю.
54. Оптимизация уровней токов КЗ. Координация уровней токов КЗ.

Основная литература

1. Евминов Л.И. Селиверстов Г.И. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008.-418с.
2. Евминов Л.И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: Учебное пособие для вузов. –Гомель, ГГТУ, 2003.-300с.
3. Евминов Л.И. Короткие и простые замыкания в распределительных сетях: Учебное пособие для вузов. –Гомель, ГГТУ, 2003.-104с.

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. Силюк С.М., Свита Л.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие для ВУЗов. – Мн.: Технопринт, 2000.-262с



Список литературы сверен А.И. (Тимова И.В.)

17 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 работ в течение семестра;
- тестирование, защита выполненных и оформленных лабораторных работ;
- проведение экзамена.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹ |
|---|------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Релейная защита и автоматика в электроэнергетических системах | Электроснабжение | Согласовано  | протокол № 12 от 17.05.2016 |
| Передача и распределение электроэнергии | Электроснабжение | Согласовано  | протокол № 12 от 17.05.2016 |

Библиотека ГГТУ ИМЭП