

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им.П. О. Сухого


О.Д. Асенчик

09.12. 2015

Регистрационный № УД- 55-21 /уч.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

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

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 03-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 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 43-1-09/уч. 12.02.2014; I 43-1-44/уч. 21.09.2014.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.С. Захаренко, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;
О.П. Каптуров, главный энергетик ОАО «Гомельтранснефть «Дружба»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №3 от 02.11 2015 г.); *УОЗ-05-20/уч*

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №3 от 24.11 2015 г.);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №2 от 0.12, 2015 г.); *УОЗ-070-184*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №2 от 08.12, 2015 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Переходные процессы, часто возникающие в электроэнергетических системах, оказывают существенное влияние на выбор структуры системы, пропускной способности линий электропередачи, средств управления, регулирования, релейной защиты и противоаварийной автоматики. Поэтому изучение электромеханических 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.

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины «Электромеханические переходные процессы» состоит в формировании знаний о причинах возникновения электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах, физической стороне явлений, влияния на работу системы, методах анализа электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах организационных и технических мероприятий повышения устойчивости узлов нагрузки и энергосистемы в целом, обучить применению современных моделирующих программ на ЭВМ в практической деятельности инженера-энергетика.

Задачами дисциплины являются изучение: статической устойчивости простейшей электрической системы; практических критериев устойчивости; динамической устойчивости электрической системы, метода площадей, методов решения уравнения движения ротора генератора; статической устойчивости сложных энергосистем с учетом действия регуляторов скорости и возбуждения; переходных процессов в узлах нагрузки; асинхронных режимов; путей и средств повышения устойчивости электрических систем.

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

Учебная дисциплина «Электромеханические переходные процессы» взаимосвязана с учебными дисциплинами «Физика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины».

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины

Физические процессы, протекающие в элементах электроэнергетических систем в переходных режимах. Электромеханические переходные процессы в электрических системах. Средства и способы управления переходными процессами для обеспечения устойчивости. Практические расчеты и экспериментальные исследования электромеханических переходных процессов электроэнергетических систем.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- терминологию по электромеханическим переходным процессам в электроэнергетических системах;

- физическую сущность электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах;
- математические модели основных элементов электроэнергетической системы;
- критерии и виды устойчивости;
- методы оценки устойчивости электроэнергетических систем;
- мероприятия по обеспечению и повышению устойчивости;

уметь:

- выбирать модели и методы для оценки качества переходных процессов в электроэнергетических системах;
- выполнять расчеты устойчивости электроэнергетической системы, применяя традиционный ручной счет и специальные программные средства;
- давать инженерную оценку полученных результатов расчетов электромеханических переходных процессов;
- определять оптимальные мероприятия для обеспечения устойчивости при расчетных возмущениях в электроэнергетической системе;

владеть:

- методами оценки устойчивости электрических систем;
- методами оценки качества переходных процессов;
- методами расчёта запаса устойчивости систем.

Знания, навыки и умения, полученные при изучении данной дисциплины, используются студентами при выполнении курсовых и дипломного проектов.

Учебная программа разработана на основе требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» ОСВО-1-43 04 03-2013; учебных планов учреждения образования Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», регистрационные №№ I -43-1-19/уч. 17.09.2013, и I -43-1-09/уч. 12.02.2014.

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

Производственно-технологическая деятельность

- Используя показатели технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам, правилам и нормам.
- Владеть системным и сравнительным анализом; владеть исследовательскими навыками;
- Принимать участие в развитии автоматизированной системы управления системы электроснабжения для повышения качества и надежности электроснабжения потребителей, в составе группы специалистов.
- Выявлять причины повреждений электрооборудования и элементов электрических сетей, вести их учет, разрабатывать предложения по их предупреждению.

Проектно-конструкторская деятельность

- Разрабатывать перспективный план развития системы электроснабжения, выполнять технико-экономическое обоснование вариантов сооружения или реконструкции электрооборудования и системы электроснабжения, в составе группы специалистов по проектированию электрооборудования и систем электроснабжения или самостоятельно.
- Уметь применять базовые знания для решения теоретических и практических задач;
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- Анализировать эффективность электротехнологического оборудования и электросетевых конструкций в соответствии с технологическими особенностями предприятия;
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию; уметь работать самостоятельно;

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, программы 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.

Общее количество часов, отводимое для изучения учебной дисциплины – 165 часов, для дневной формы обучения аудиторных 80 часов, а для заочной полной формы обучения – аудиторных – 18 часов, и для заочной сокращенной формы обучения – аудиторных – 14 часов. Трудоемкость учебной дисциплины – 4,0 зачетные единицы.

Форма получения высшего образования – дневная, заочная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, семестрам, формы текущей аттестации по учебной дисциплине приведены в таблице 1.

Таблица 1

Виды занятий и формы контроля	Дневное отделение	Заочное полное	Заочное сокращенное
Курс	3	4, 5	2, 3
Семестр	6	8, 9	4, 5
Лекции (часов)	32	6	6
Практические занятия (часов)	32	8	4
Лабораторные занятия (часов)	16	4	4
Всего аудиторных часов	80	18	14
Экзамен (семестр)	6	9	5
Тестирование (семестр)			5

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Лекционные занятия

Раздел 1. Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах и системах электроснабжения

Тема 1.1. Введение в курс электромеханических переходных процессов в электрических системах и системах электроснабжения. Общая характеристика курса. Предмет изучения. Основные понятия и определения. Простейшее определение устойчивости.

Тема 1.2. Составление схемы замещения. Определение параметров элементов расчетной схемы. Точное и приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в именованных единицах. Приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в относительных единицах.

Тема 1.3. Классификация режимов. Общие сведения о режимах и электромеханических переходных процессах. Требования, предъявляемые к режимам. Осуществимость режима. Условия существования режима. Классификация переходных процессов. Условия и причины нарушения устойчивости

Тема 1.4. Трехфазная симметричная модель синхронной машины. Индуктивности синхронной машины. Упрощенная модель синхронной машины. Упрощенные уравнения асинхронного двигателя. Математические модели трансформаторов. Математические модели линий электропередач. Математические модели нагрузки

Методы моделирования электромеханических переходных процессов. Модели элементов электрических систем в расчетах установившихся и переходных режимов. Применение собственных и взаимных проводимостей и сопротивлений. Определение токов и мощностей в расчетной схеме. Основные допущения, принимаемые при анализе и расчетах. Трехфазная симметричная модель синхронной машины. Индуктивности синхронной машины. Упрощенная модель синхронной машины. Упрощенные уравнения асинхронного двигателя. Математические модели трансформаторов, ЛЭП, нагрузки.

Тема 1.5. Понятие простейшей системы (классическая модель). Структурная схема системы. Угловая характеристика мощности. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простейшей электрической системе. Понятия о статической и динамической устойчивости.

Раздел 2. Статическая устойчивость электрической системы и простейшие методы ее исследования

Тема 2.1. Понятие о статической устойчивости системы. Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Задачи и методы исследования. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Характеристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Векторная диаграмма и основные уравнения простейшей системы. Устойчивость простейшей системы. Устойчивость в многомашинной системе. Упрощенное представ -

ление генераторов в расчетах статической устойчивости

Тема 2.2. Обеспечение статической устойчивости энергосистем. Характеристики мощности генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения Действительный предел мощности Анализ и расчеты статической устойчивости. Области статической устойчивости. Запас устойчивости. Нормирование запаса статической устойчивости. Технические средства для обеспечения статической устойчивости энергосистем

Раздел 3. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем

Тема 3.1. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Метод площадей и вытекающие из него критерии устойчивости. Схемы замещения при КЗ.

Тема 3.2. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Метод последовательных интервалов.

Тема 3.3. Практическое применение методов определения динамической устойчивости. Аналитическое определение предельного времени отключения трехфазного КЗ. Определение предельного угла отключения КЗ.

Раздел 4. Устойчивость нагрузки электроэнергетических систем

Тема 4.1. Общие сведения о переходных процессах в узлах нагрузки. Общая характеристика узлов нагрузки систем. Представление нагрузки при расчетах статической устойчивости. Характеристики синхронных и асинхронных двигателей. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Первичный и вторичные критерии статической устойчивости нагрузки. Статические характеристики нагрузки. Малые и большие возмущения в системах. Процесс опрокидывания двигателей. Влияние загрузки и внешнего сопротивления на устойчивость АД. Лавина напряжения.

Тема 4.2. Влияние включения в нагрузку конденсаторов на устойчивость асинхронной нагрузки. Критерии устойчивости комплексной нагрузки. Опрокидывание группы АД. Самозапуск двигателей. Общая характеристика самозапуска. Разгон электродвигателей при самозапуске. Ресинхронизация синхронных двигателей. Влияние больших возмущений на режим нагрузки. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения.

Раздел 5. Асинхронные режимы в электроэнергетических системах

Тема 5.1. Общие сведения о переходных процессах в асинхронных режимах. Возникновение и общая характеристика асинхронных режимов. Параметры основных элементов при асинхронных режимах. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим. Последствия асинхронных режимов. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.

Раздел 6. Устойчивость сложных энергосистем

Тема 6.1. Общий подход к анализу устойчивости сложных систем. Метод малых

колебаний для оценки статической устойчивости электроэнергетической системы. Самораскачивание и самовозбуждение в электроэнергетической системе. Различные критерии для оценки статической устойчивости системы. Оценка динамической устойчивости сложных систем. Мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем

Раздел 7. Повышение устойчивости

Тема 7.1. Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем. Противоаварийные мероприятия в энергосистеме. Уменьшение индуктивных сопротивлений электрических машин. Увеличение постоянной механической инерции электрических машин.

Тема 7.2. Изменение параметров трансформаторов и вида их нейтралей. Изменение параметров линий электропередачи. Применение линий и вставок постоянного тока. Быстродействующие выключатели и защита. Продольная емкостная компенсация. Переключательные пункты на линиях электропередачи. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях. Электрическое торможение генераторов. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов. Отделение электростанций или части генераторов в аварийных режимах

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ДНЕВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1.	Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах и системах электроснабжения	10	10	4	
1.1.	Введение в курс устойчивости. Общая характеристика курса. Предмет изучения. Основные понятия и определения. Простейшее определение устойчивости.	2	2		Экзамен, тест
1.2	Составление схемы замещения. Определение параметров элементов расчетной схемы. Точное и приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в именованных единицах. Приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в относительных единицах.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
1.3	Классификация режимов. Общие сведения о режимах и электромеханических переходных процессах. Требования, предъявляемые к режимам. Осуществимость режима. Условия существования режима. Классификация переходных процессов. Условия и причины нарушения устойчивости.	2	2		Экзамен, тест
1.4	Методы моделирования электромеханических переходных процессов. Модели элементов энергосистемы в расчетах установившихся и переходных режимов. Применение собственных и взаимных проводимостей и сопротивлений. Определение токов и мощностей в расчетной схеме. Основные допущения, принимаемые при анализе и расчетах. Трехфазная симметричная модель синхронной машины. Индуктивности синхронной машины. Упрощенная модель синхронной машины. Упрощенные уравнения асинхронного двигателя. Математические модели трансформаторов. Математические модели линий электропередач. Математические модели нагрузки	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
1.5	Понятие простейшей системы (классическая модель). Структурная схема системы. Угловая характеристика мощности. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простейшей электрической системе. Векторная диаграмма и характеристики мощности явнополюсных машин	2	2		Экзамен, тест

2.	Статическая устойчивость электрической системы и простейшие методы ее исследования	4	4	2	
2.1	Понятие о статической устойчивости системы. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Векторная диаграмма и основные уравнения простейшей системы Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Задачи и методы исследования. Анализ и расчеты статической устойчивости. Устойчивость простейшей системы. Упрощенное представление генераторов в расчетах статической устойчивости.	2	2		Экзамен, тест
2.2	Обеспечение статической устойчивости энергосистем. Характеристики мощности генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения Действительный предел мощности Анализ и расчеты статической устойчивости. Области статической устойчивости. Запас устойчивости. Технические средства для обеспечения статической устойчивости энергосистем	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
3	Динамическая устойчивость электроэнергетических систем	6	6	4	
3.1	. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Метод площадей и вытекающие из него критерии устойчивости Схемы замещения при коротких замыканиях.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
3.2	Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Метод последовательных интервалов.	2	2		Экзамен, тест
3.3	Практическое применение методов определения динамической устойчивости. Аналитическое определение предельного времени отключения трехфазного КЗ. Определение предельного угла отключения КЗ.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
4	Устойчивость нагрузки электроэнергетических систем	4	4	2	
4.1	.Общие сведения о переходных процессах в узлах нагрузки. Общая характеристика узлов нагрузки систем. Представление нагрузки при расчетах статической устойчивости. Характеристики синхронных и асинхронных двигателей. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Первичный и вторичные критерии статической устойчивости нагрузки. Статические характеристики нагрузки. Малые и большие возмущения в системах. Процесс опрокидывания двигателей. Влияние загрузки и внешнего сопротивления на устойчивость АД. Лавина напряжения.	2	2		Экзамен, тест

4.2	Влияние включения в нагрузку конденсаторов на устойчивость асинхронной нагрузки. Критерии устойчивости комплексной нагрузки. Опрокидывание группы АД. Самозапуск двигателей. Общая характеристика самозапуска. Разгон электродвигателей при самозапуске. Ресинхронизация синхронных двигателей. Влияние больших возмущений на режим нагрузки. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
5	Асинхронные режимы в электроэнергетических системах	2	2		
5.1	Общие сведения о переходных процессах в асинхронных режимах. Возникновение и общая характеристика асинхронных режимов. Параметры основных элементов при асинхронных режимах. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим. Последствия асинхронных режимов. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.	2	2		Экзамен, тест
6	Устойчивость сложных систем	2	2		
6.1	Общий подход к анализу устойчивости сложных систем. Метод малых колебаний. Самораскачивание и самовозбуждение в системе. Различные критерии для оценки статической устойчивости системы Мероприятия по повышению устойчивости электроэнергетических систем	2	2		Экзамен, тест
7	Повышение устойчивости	4	4	4	
7.1	Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем. Противоаварийные мероприятия в энергосистеме. Уменьшение индуктивных сопротивлений электрических машин. Увеличение постоянной механической инерции электрических машин.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
7.2	Изменение параметров трансформаторов и режима работы их нейтралей. Изменение параметров линий электропередачи. Применение линий и вставок постоянного тока. Быстродействующие выключатели и защита. Продольная емкостная компенсация. Переключательные пункты на линиях электропередачи. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях. Электрическое торможение генераторов. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
	Всего	32	32	16	✓ ✓ ✓

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ПОЛНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах и системах электроснабжения Статическая устойчивость электрической системы и простейшие методы ее исследования				
1.1	Введение в курс устойчивости. Общая характеристика курса. Простейшее определение устойчивости системы. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Задачи и методы исследования. Анализ и расчеты статической устойчивости. Устойчивость простейшей системы.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
2	Динамическая устойчивость электроэнергетических систем				
2.1	. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Метод площадей и вытекающие из него критерии устойчивости Схемы замещения при коротких замыканиях.	2	4	2	Экзамен, защита л/р, тест
3	Повышение устойчивости				
3.1	Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем. Противоаварийные мероприятия в энергосистеме. Уменьшение индуктивных сопротивлений электрических машин. Изменение параметров трансформаторов и режима работы их нейтралей. Изменение параметров линий электропередачи. Применение линий и вставок постоянного тока. Быстродействующие выключатели и защита. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов	2	2		Экзамен, защита л/р, тест
Итого		6	8	4	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ЗАОЧНОЙ СОКРАЩЕННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах и системах электроснабжения Статическая устойчивость электрической системы и простейшие методы ее исследования				
1.1	Введение в курс устойчивости. Общая характеристика курса. Простейшее определение устойчивости системы. Понятие о статической устойчивости системы. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Качественная характеристика задач и критериев статической устойчивости. Анализ и расчеты статической устойчивости. Устойчивость простейшей системы.	2	2	2	Экзамен, защита л/р, тест
2	Динамическая устойчивость электроэнергетических систем				
2.1	. Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Метод площадей и вытекающие из него критерии устойчивости Схемы замещения при коротких замыканиях.	2	1	2	Экзамен, защита л/р, тест
3	Повышение устойчивости				
3.1	Классификация и описание мероприятий, повышающих устойчивость электроэнергетических систем. Противоаварийные мероприятия в энергосистеме. Уменьшение индуктивных сопротивлений электрических машин. Изменение параметров трансформаторов и режима работы их нейтралей. Изменение параметров линий электропередачи. Применение линий и вставок постоянного тока. Быстродействующие выключатели и защита. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов	2	1		Экзамен, защита л/р, тест
Итого		6	4	4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Характеристика мощности и статическая устойчивость генератора без АРВ в простейшей системе;
2. Влияние АРВ генераторов на параметры и статическую устойчивость электропередач;
3. Определение предельного угла отключения при КЗ в простейшей системе;
4. Определение предельного времени отключения при КЗ в простейшей системе;
5. Расчет динамической устойчивости нагрузки на ЭВМ. Расчет установившегося режима узла нагрузки на ЭВМ;
6. Моделирование устойчивости узла нагрузки при работе автоматики АВР и АПВ;
7. Анализ статической устойчивости электрической системы методом малых колебаний;
8. Анализ влияния длительности КЗ на динамическую устойчивость.

Примерный перечень практических занятий

1. Составление схемы замещения. Определение параметров элементов схемы замещения. Точное и приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в именованных единицах. Преобразование схем.
2. Приближенное приведение сопротивлений схемы замещения в относительных единицах. Преобразование схем.
3. Угловые характеристики мощности синхронных генераторов без АРВ. Расчет предельной мощности и запаса статической устойчивости. Построение векторных диаграмм.
4. Угловые характеристики мощности синхронных генераторов с АРВ. Влияние АРВ на статическую устойчивость. Расчет предельной мощности и запаса статической устойчивости. Построение векторных диаграмм.
5. Расчет динамической устойчивости электрической системы методом площадей. Определение предельного угла отключения КЗ.
6. Построение угловых характеристик мощности простейшей системы в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах для анализа динамической устойчивости при симметричном и несимметричном КЗ. Расчет сопротивления аварийного шунта КЗ.
7. Определение предельного времени отключения КЗ. Решение уравнения относительно движения ротора генератора по методу последовательных интервалов. Расчет запаса динамической устойчивости при заданном времени отключения КЗ.
8. Расчет устойчивости комплексной нагрузки по практическим критериям.
9. Статическая устойчивость, асинхронной нагрузки. Статическая устойчивость

синхронной нагрузки Статическая устойчивость комплексной нагрузки

10. Расчет самозапуска в узле нагрузки с асинхронными двигателями. Угловые характеристики мощности асинхронных электродвигателей.

11. Угловые характеристики мощности синхронных электродвигателей с АРВ. Влияние АРВ на статическую устойчивость. Расчет предельной мощности и запаса статической устойчивости.

12. Режимы самозапуска электродвигателей. Расчет самозапуска в узле нагрузки со смещенной нагрузкой.

13. Режимы пуска электродвигателей. Расчет времени выбега и пуска асинхронного двигателя.

14. Расчет пуска в узле нагрузки с асинхронными двигателями. Выбор группового реактора для снижения уровней пусковых токов.

15. Набросы нагрузки на асинхронные электродвигатели и синхронные электродвигатели. Расчет критического напряжения опрокидывания двигателя.

16. Расчет комплекса мероприятий повышающих устойчивость электроэнергетических систем путем установки дополнительного оборудования, изменения конфигурации схемы и настройки устройств релейной защиты и автоматики.

Основная литература

1. Калентионюк Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем: учебное пособие. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 476 с.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов. - 4-е изд. - М.: Высшая школа, 1985. - 536 с.
3. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / Под ред. Л.А. Жукова. - М: Энергия, 1979. - 456 с.

Дополнительная 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. - 418 с.
2. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях / Под ред. В.А. Веникова. - 2-е изд. - М.-Л.: Энергия, 1967. - 456 с.
3. Токочаков В.И. Устойчивость электрических систем. Практическое руководство и задания к контрольной работе по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» заочной формы обучения. - Гомель: ГГТУ, 2006. - 32 с.
4. Токочаков В.И. Устойчивость электрических систем. Практикум для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» дневной и заочной форм обучения. - Гомель: ГГТУ, 2007. - 57 с.

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения:

1. Электронные учебники по системам MathCAD, MathLAB.
2. Системы моделирования MathCAD, MathLAB.

Список литературы

сверен

А.В. (Тимова И.В.)

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 контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Основные понятия и определения: электроэнергетическая система и ее элементы. Классификация режимов. Требования к режимам. Общие понятия о параллельной работе электрических машин.
2. Причины возникновения и последствия электромеханических переходных процессов. Простейшее определение устойчивости. Классификация переходных процессов. Основные допущения, принимаемые при анализе и расчетах электромеханических переходных процессов.
3. Математическое моделирование переходных процессов. Схемы замещения и структурные схемы. Математические модели генераторов, линий электропередачи, трансформаторов, нагрузок в расчетах переходных процессов.
4. Моделирование неявнополюсных синхронных машин в расчетах устойчивости.
5. Применение собственных и взаимных проводимостей и сопротивлений в расчетах устойчивости. Определение токов и мощностей.
6. Простейшая математическая модель электрической системы. Уравнение движения. Механический момент. Электромагнитный момент.
7. Угловая характеристика мощности простейшей системы. Векторная диаграмма и основные соотношения. Анализ устойчивой и неустойчивой частей угловой характеристики мощности.
8. Влияние параметров системы и параметров режима на характеристику мощности. Повышение идеального предела передаваемой мощности.
9. Характеристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой.
10. Характеристики мощности генераторов с АРВ. Упрощенное представление генераторов в расчетах устойчивости.
11. Характеристика мощности явнополюсных синхронных машин.
12. Метод малых колебаний при анализе статической устойчивости.
13. Виды нарушения устойчивости нерегулируемой системы. Сползание режима, самораскачивание и самовозбуждение.
14. Понятие динамической устойчивости системы. Основные допущения при упрощенном анализе.
15. Динамическая устойчивость станции, работающей на шины бесконечной мощности. Правило площадей и вытекающие из него критерии устойчивости.
16. Оценка динамической устойчивости простейшей системы при различных коротких замыканиях в одноцепной (двухцепной) линии и действий автоматики (успешное или неуспешное АПВ (ОАПВ)).
17. Анализ динамической устойчивости при отключении короткого замыкания. Предельный угол отключения КЗ. Предельное время отключения.
18. Методика расчетов динамической устойчивости сложных электрических систем. Методы численного интегрирования.
19. Причины возникновения и характеристика асинхронных режимов. Последствия асинхронных режимов.

20. Способы пуска и синхронизации генераторов с энергосистемой.
21. Общая характеристика переходных процессов в узлах нагрузки. Большие и малые возмущения в узлах нагрузки.
22. Поведение двигателей при снижении напряжения. Лавина напряжения в узлах нагрузки.
23. Статистическая устойчивость узлов нагрузки. Первичный критерий устойчивости нагрузки.
24. Вторичные критерии устойчивости нагрузки.
25. Статическая устойчивость синхронного двигателя. Угловая характеристика мощности СД. Критерии устойчивости СД.
26. Изменение частоты системы и влияние на устойчивость нагрузки.
27. Лавина частоты в системе. Действие АЧР.
28. Представление нагрузки в расчетах устойчивости. Статические и динамические характеристики нагрузки.
29. Основные расчетные соотношения асинхронных двигателей. Схемы замещения и механическая характеристика АД.
30. Пуск крупных электродвигателей. Требования с СЭС по пуск крупных ЭД. Схемы пуска.
31. Определение времени пуска АД. Особенности пуска АД и СД.
32. Реакторный пуск электродвигателей. Выбор реактора.
33. Ток включения при самозапуске СД. Напряжение при включении СД. Допустимость несинхронного включения СД.
34. Разгон электродвигателей при самозапуске. Ресинхронизация синхронных двигателей.
35. Выбег двигателей при самозапуске ЭД. Гашение поля СД.
36. Самозапуск электродвигателей. Общая характеристика самозапуска. Автоматическое повторное включение и переключение питания.
37. Влияние самозапуска на систему электроснабжения. Требования к схемам питания. Влияние на релейную защиту и автоматику.
38. Нормативные требования устойчивости энергосистем.
39. Повышение устойчивости: конструктивное улучшение параметров элементов системы.
40. Дополнительные средства повышения устойчивости в энергосистеме.
41. Повышение устойчивости системы средствами автоматики.
42. Повышение устойчивости эксплуатационного характера.

Протокол согласования учебной программы по изучаемой учебной дисциплине с другими дисциплинами специальности

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)
Производство электроэнергии	Электроснабжение	Согласовано	№ 3 от 02.11.15
Потребители электроэнергии	Электроснабжение	Согласовано	№ 3 от 02.11.15

Зав. кафедрой "Электроснабжение"



Добродей А.О.