

Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой энергетики

Н.В. Савина

« » 2007г.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальностей: 140203 – «Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем»,
140204 – «Электрические станции»,
140205 – «Электроэнергетические системы и сети»,
140211 – «Электроснабжение»

форма обучения: **очная** (140203, 140204, 140205, 140211);
заочная (140205, 140211);
заочная ускоренная (140205, 140211).

Составители: к.т.н., доцент А.Н. Козлов,
д.т.н., проф. Н.Ш. Чемборисова

Благовещенск 2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета

А. Н. Козлов, Н.Ш. Чемборисова

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Электромеханические переходные процессы» для студентов очной формы обучения специальностей 140203 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140204 – «Электрические станции», 140205 – «Электроэнергетические системы и сети», 140211 – «Электроснабжение», а также заочной и заочной ускоренной формы обучения специальностей 140205 – «Электроэнергетические системы и сети» и 140211 – «Электроснабжение».

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной, заочной и заочной ускоренной форм обучения указанных специальностей для формирования специальных знаний о основных характеристиках режимов электрической системы и соотношениях между их параметрами, практических критериях устойчивости, способах анализа динамической и статической устойчивости, переходных процессах и устойчивости в узлах нагрузки; ознакомления с особенностями расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости.

Рецензент: В.И. Усенко, *доцент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники АмГУ, канд. техн. наук.*

ВВЕДЕНИЕ

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение вопросов электромеханических переходных процессов для специальностей 140203, 140204, 140205, 140211 следующим образом:

- для специальности 140205 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве основной профилирующей дисциплины специализации – шифр СД.02;

- для специальности 140203 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве основной профилирующей дисциплины специализации – шифр СД.08;

- для специальности 140204 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве второй части основной профилирующей дисциплины специализации - «Переходные процессы в электроэнергетических системах» – шифр СД.01;

- для специальности 140211 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве второй части основной профилирующей дисциплины специализации - «Переходные процессы в электроэнергетических системах» – шифр СД.03.

Анализ требований Государственных образовательных стандартов и утвержденных Минобразованием России *Примерных программ дисциплин «Электромеханические переходные процессы» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах», часть 2* для направления подготовки 650900 «Электроэнергетика» показал, что лекции по значительному числу разделов указанных дисциплин можно прочитать для всех специальностей в общем потоке. Эта возможность была реализована при разработке рабочих учебных планов специальностей – общий блок лекций читается для студентов очной формы обучения в седьмом семестре в объеме 32 часов. На этом для специальностей 140203, 140204 и 140211 изучение курса будет завершено, а для специальности 140205 в восьмом семестре предусмотрено продолжение подготовки – лекции по второй части курса в объеме 30 часов.

За основу при компоновке учебно-методического комплекса дисциплины взяты материалы, разработанные для специальности 140205, как наиболее полные.

Изучение электромеханических переходных процессов базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах: «Высшая математика» (раздел «Дифференциальное и интегральное исчисление»), «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Математические задачи энергетики» (раздел «Методы численного интегрирования»), «Электрические системы и сети» (разделы «Конструкция воздушных и кабельных линий», «Схемы замещения ВЛ и КЛ»), «Электромагнитные переходные процессы».

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;

- знать основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, знать об особенностях протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах;

- иметь практические навыки применения способа площадей и навыки численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыки применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости;

- знать теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем.

Согласование часов для указанных выше специальностей и форм обучения приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Часы, предусмотренные рабочими учебными планами для изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах», часть 2

Вид занятий	Очная форма обучения				Заочная форма обучения		Заочная ускоренная форма обучения	
	140203	140204	140205	140211	140205	140211	140205	140211
Семестр	7 8	7 8	7 8	7 8	5,6 курс	5 курс	3 год обуч.	3 год обуч.
Лекции	32 -	32 -	32 30	32 -	12	6	8	10
Практические занятия	16 -	16 -	16 15	16 -	8	4	6	6
Лабораторные работы	- -	- -	- -	- -	-	-	4	-
Самостоятельная работа	28	28	54	28	160	78	62	48
Контр. раб.: к-во, (сем)	-	-	-	-	1 (5)	1 (5)	1	1
Курсовое проектирование	- 30	- 30	- 30	- 30	5 сем.	5 сем.	30	30
Зачет (семестр)	-	-	- 8	7 -	5	5	-	-
Экзамен (семестр)	7 -	7 -	7 -	-	5	-	5 сем	6 сем
Всего часов	92	92	177	92	180	88	110	94
в т.ч. аудиторных	48	48	93	48	20	10	18	16

2.1.1. Программа дисциплины, соответствующая требованиям Государственного образовательного стандарта

- для специальности 140205:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Департамента образовательных
программ и стандартов профессионального
образования

_____ Л.С.Гребнев
" ____ " _____ 2001г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Рекомендуется Минобразованием России для направления подготовки специалистов 650900
- ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.
Специальность 100200 - Электроэнергетические системы и сети

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью изучения дисциплины является получение теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электрических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

Задачей изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными характеристиками режимов электрической системы и соотношениям между их параметрами, практическими критериями устойчивости, способом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости; ознакомление с особенностями расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости, при анализе переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также в асинхронных режимах, возникающих в системе.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;
- знать основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, знать об особенностях протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах;
- иметь практические навыки применения способа площадей и навыки численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыки применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости;
- знать теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	6
Аудиторные занятия	85	6
Лекции	51	6
Практические занятия (ПЗ)	17	6
Лабораторные работы (ЛР)	17	6
Самостоятельная работа	95	6
Типовой расчет	40	6
Подготовка к ПЗ и ЛР	55	6
Вид итогового контроля		Зачет Экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
1	Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости.	*	*	*
2	Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора.	*	*	*

Продолжение таблицы

3	Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.	*	*	
4	Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки.	*	*	*
5	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации.	*		

4.2. Содержание разделов дисциплины.

4.2.1. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости.

Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

4.2.2. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора.

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости. Обобщение способа площадей на схему двух станций.

Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

4.2.3. Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.

Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС. Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.

4.2.4. Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки.

Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности.

Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.

4.2.5. Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации.

Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима.

Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергетики. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе. Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.

Классификация мероприятий по обеспечению устойчивости ЭЭС.

5. Лабораторный практикум.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Статическая устойчивость электрической системы.
2	2	Динамическая устойчивость электрической системы
3	4	Устойчивость асинхронной нагрузки электрической системы.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая школа., 1985.
2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/ Под ред. В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1999
3. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.

б) дополнительная литература:

1. Зуев Э.Н., Строев В.А. Математическое описание элементов электрической системы. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах". - М: Изд-во МЭИ, 1983.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.

Расчетные компьютерные программы REGIM, MATHCAD.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные расчетные столы переменного тока.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки специалистов 650900 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА специальности 100200 - Электроэнергетические системы и сети.

Программу составила:
Федотова Н.В., доцент, МЭИ (ТУ).

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 100200 – Электроэнергетические системы и сети

Председатель Учебно-методического совета по специальности 100200-
Электроэнергетические системы и сети _____ Строев В.А.

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 650900 –
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
от " 15 "декабря 2000 г. _____ Протокол № 3

Председатель Учебно-методического совета
по направлению 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

_____ Жуков В.В.

Председатель Совета УМО по образованию в области
энергетики

_____ Аметистов Е.В.

- для специальности 140203:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента образовательных
программ и стандартов профессионального
образования

_____ Л. С. Гребнев

«__» _____ 2001г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Рекомендуется Минобразованием России для направления
подготовки 650900-ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,
специальности 210400 – РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью изучения дисциплины является получение теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электрических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

Задачей изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными характеристиками режимов электрической системы и соотношениям между их параметрами, практическими критериями устойчивости, способом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости; ознакомление с особенностями расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости, при анализе переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также в асинхронных режимах, возникающих в системе.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;
- знать основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, знать об особенностях протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах;
- иметь практические навыки применения способа площадей и навыки численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыки применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости;
- знать теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	110	8
Аудиторные занятия	51	8
Лекции	34	8
Практические занятия (ПЗ)	17	8
Самостоятельная работа	59	8
Типовой расчет	35	8
Подготовка к ПЗ	24	8
Вид итогового контроля		Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ
1	Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости	*	*
2	Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора	*	*
3	Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости	*	*
4	Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки	*	*
5	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации	*	

4.2. Содержание разделов дисциплины.

4.2.1. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости.

Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС.

Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

4.2.2. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора.

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости. Обобщение способа площадей на схему двух станций.

Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

4.2.3. Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.

Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС.

Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.

4.2.4. Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов на грузки.

Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.

4.2.5. Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации.

Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима.

Классификация мероприятий по обеспечению устойчивости ЭЭС.

5. Лабораторный практикум.

Не предусмотрен.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а). Основная литература:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая, школа., 1985.

2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/ Под ред. В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1999

3. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.

б). Дополнительная литература:

1. Зуев Э.Н., Строев В.А. Математическое описание элементов электрической системы. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах". - М: Изд-во МЭИ, 1983.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.

Расчетные компьютерные программы REGIM, MATHCAD.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные расчетные столы переменного тока.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

По усмотрению вуза.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 6509 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА подготовки инженеров специальности 2104 – РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Программу составила
Федотова Н.В., доцент , МЭИ (ТУ)

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 210400 – РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Председатель Учебно-методической комиссии по специальности
210400 – РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

_____ А. Ф. Дьяков

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 650900 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
от « 15 » декабря 2000 г. Протокол № 3

Председатель Учебно-методического совета
по направлению 650900 -ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

_____ В. В. Жуков

Председатель Совета УМО по образованию в области
энергетики

- для специальности 140204:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента образовательных
программ и стандартов профессионального образования

_____ Л.С. Гребнев

" ____ " _____ 2001 г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ

Рекомендуется Минобразованием России для направления
подготовки 650900- ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
специальности 100100- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины состоит в том, чтобы дать будущим специалистам в области электроэнергетики теоретические знания и привить практические навыки анализа различных переходных процессов как в энергетической системе в целом, так и в отдельных ее элементах.

Задачей изучения дисциплины является освоение студентами математических моделей различных элементов электроэнергетической системы – синхронных генераторов, асинхронных электродвигателей, трансформаторов и др., - отражающих особенности переходных процессов в этих элементах, методов исследования переходных процессов, практических методов расчета токов короткого замыкания, особенностей расчетов токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз, практических критериев устойчивости, способов анализа динамической и статической устойчивости, методов расчета переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также асинхронных режимов.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- иметь ясные представления о физике электромагнитных и электромеханических переходных процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и электроэнергетической системе в целом;
- уметь составлять расчетные схемы и соответствующие схемы замещения по отношению к токам прямой, обратной и нулевой последовательностей и определять параметры различных элементов этих схем разными методами;
- получить навыки расчетов переходных процессов при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз;
- знать методы анализа статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем, а также основные мероприятия по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости систем.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
Общая трудоемкость дисциплины	280	6	7
Аудиторные занятия	136	6	7
Лекции	68	6	7
Практические занятия (ПЗ)	34	6	7
Лабораторные работы (ЛР)	34	6	7
Самостоятельная работа	144	6	7
Курсовой проект (работа)	40	6	-
Расчетно-графические работы	60	6	7
Подготовка к ПЗ и ЛР	44	6	7
Вид итогового контроля		Зачет Экзамен	Зачет Экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
1	Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Составление схем замещения	*	*	
2	Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения	*	*	*
3	Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах	*	*	*
4	Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени	*	*	
5	Переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз	*	*	*
6	Статическая устойчивость электрической системы. Практические критерии устойчивости	*	*	*
7	Динамическая устойчивость электрической системы. Способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора	*	*	*
8	Метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учетом действия регулятора возбуждения	*	*	
9	Переходные процессы в узлах нагрузки системы. Устойчивость узлов нагрузки	*	*	*
10	Понятие результирующей устойчивости. Асинхронный режим. Изменения частоты в электрических системах	*	*	

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Составление схем замещения

Основные понятия. Причины возникновения переходных процессов. Требования к расчетам переходных процессов. Основные допущения, принимаемые при расчетах.

Составление схем замещения. Использование системы относительных единиц. Схемы замещения многообмоточных трансформаторов и сдвоенных реакторов.

4.2.2. Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения

Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в цепи без трансформаторов. Ударный ток КЗ. Методы определения ударного коэффициента. Особенности переходного процесса при КЗ в разветвленной цепи. Переходный процесс при включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой. Переходный процесс при КЗ за трансформатором.

4.2.3. Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах

Математическая модель синхронной машины, отражающая основные закономерности электромагнитных переходных процессов в машине. Линейные преобразования дифференциальных уравнений переходного процесса. Уравнения Парка-Горева.

Переходные процессы в синхронной машине без учета влияния демпферных контуров. Характеристическое уравнение и его корни. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов. Изменение тока якоря при трехфазном КЗ. Влияние системы возбуж-

дения на переходный процесс. Переходные процессы при гашении магнитного поля синхронной машины и неуспешном повторном включении на КЗ.

Переходные процессы в синхронной машине с учетом влияния демпферных контуров. Переходные процессы в контурах ротора при разомкнутой обмотке якоря. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов контуров ротора. Влияние на переходный процесс замкнутой обмотки якоря.

Особенности переходных процессов в асинхронных машинах.

4.2.4. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени

Расчет начального значения периодической составляющей тока КЗ от синхронной машины без учета и с учетом влияния демпферных контуров. Влияние асинхронных электродвигателей и комплексных нагрузок в начальный момент КЗ. Расчет периодической составляющей тока при удаленных КЗ. Расчет периодической составляющей тока трехфазного КЗ в произвольный момент времени методом типовых кривых и методом спрямленных характеристик.

Особенности расчетов токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В. Применение ЭВМ для расчета токов КЗ.

4.2.5. Переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз

Условия, при которых допустимо применение метода симметричных составляющих для анализа несимметричных режимов в трехфазных цепях, содержащих синхронные машины. Параметры электрических машин, трансформаторов (автотрансформаторов), обобщенных нагрузок, воздушных линий электропередач и кабелей по отношению к токам разных последовательностей.

Граничные условия и основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений при несимметричных КЗ и обрывах фаз. Векторные диаграммы напряжений и токов при несимметриях разного вида. Учет группы соединения трансформаторов (автотрансформаторов) при определении токов в разных ветвях и напряжений в произвольных точках расчетной схемы. Правило эквивалентности тока прямой последовательности при несимметричных режимах и его использование. Комплексные схемы замещения. Сравнение токов при несимметричных КЗ разного вида.

4.2.6. Статическая устойчивость электрической системы. Практические критерии устойчивости

Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

4.2.7. Динамическая устойчивость электрической системы. Способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электроэнергетической системе. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способы площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости.

Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

4.2.8. Метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учетом действия регулятора возбуждения

Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Анализ статической устойчивости простейшей системы с учетом автоматического регулятора возбуждения пропорционального действия и регулятора сильного действия.

4.2.9. Переходные процессы в узлах нагрузки системы. Устойчивость узлов нагрузки

Переходные процессы в узлах нагрузки системы. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения асинхронного двигателя. Изменение условий статической устойчивости асинхронного двигателя при его работе от источника соизмеримой мощности. Лавина напряжения – причина возникновения и средства подавления. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. Численное решение уравнения движения ротора асинхронного двигателя при больших возмущениях.

4.2.10. Понятие результирующей устойчивости. Асинхронный режим. Изменения частоты в электрических системах

Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима.

Изменения частоты в электроэнергетических системах. Требования к частоте. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей. Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка. Мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в системе.

5. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Переходные процессы в трансформаторе при включении в сеть с разомкнутой вторичной обмоткой и при коротком замыкании
2	3	Переходный процесс в синхронной машине без демпферных контуров при отключении и повторном включении на короткого замыкание
3	3	Переходный процесс в синхронной машине с демпферными контурами при коротком замыкании
4	5	Влияние трансформаторов и схем соединения их обмоток на токи нулевой последовательности
5	6	Статическая устойчивость электрической системы
6	7	Динамическая устойчивость электрической системы
7	9	Устойчивость асинхронной нагрузки

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

2. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: Учебник для вузов. М.: Энергия, 1970.
3. Веников В.А. Переходные электрохимические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985.
4. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/Под ред. В.А. Строева. М.: Высшая школа, 1999.
5. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов /Под ред. В.А. Строева. М.: Знак, 1996.
- б) дополнительная литература:
 1. Методы расчета токов короткого замыкания. Сборник задач/Под ред. И.П. Крючкова. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
 2. Зуев Э.Н., Строев В.А. Математическое описание элементов электрической системы. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах". М.: Изд-во МЭИ, 1983.
 3. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах: Учебное пособие для вузов. М.: Энергия, 1968.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Расчетные компьютерные программы GFAULTS, GUEXPERT, REGIM, MATHCAD.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированные стенды и расчетные столы переменного тока

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА подготовки инженеров специальности 100200 "Электрические станции".

Программу составили

Крючков И.П., профессор, МЭИ (ТУ)

Федотова Н.В., доцент, МЭИ (ТУ)

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 100100 – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Председатель УМК по специальности
100100 – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

В.А. Старшинов

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

от " 15 " декабря 2000 г.

Протокол № 3

Председатель совета УМС по
Направлению 650900- ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

В.В. Жуков

Председатель Совета УМО
по образованию в области
энергетики

Е.В. Аметистов

- для специальности 140211:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента образовательных
программ и стандартов профессионального
образования

Л.С.Гребнев

_____ 2001г.
" " _____

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рекомендуется Минобразованием России для направления подготовки
специалистов 650900 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.
Специальность 100400 - Электроснабжение

1. Цели и задачи дисциплины.

Цель изучения дисциплины состоит в получении знаний о взаимосвязанных электромагнитных и электромеханических переходных процессах в электроэнергетических системах (ЭЭС) и их основных элементах.

Задачей дисциплины является изучение физики переходных процессов, освоение основных методов расчета переходных процессов, методов анализа устойчивости электрических систем.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и представления о физике переходных процессов в синхронных и асинхронных машинах, трансформаторах, узлах комплексной нагрузки и энергосистеме в целом; знать методы расчетов токов короткого замыкания (КЗ), токов и напряжений при продольной несимметрии и сложных видах повреждений, методы анализа статической и динамической устойчивости ЭЭС с учетом действия систем автоматического регулирования и управления, а также электромеханических процессов в системах электроснабжения;
- уметь составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов; получить навыки практических расчетов различных видов КЗ, практического анализа устойчивости режимов электрических систем; освоить практические критерии выделения области устойчивых режимов и оценивания запасов устойчивости.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
Общая трудоемкость дисциплины	180	7	8
Аудиторные занятия	102	7	8
Лекции	68	7	8
Практические занятия (ПЗ)	34	7	8
Самостоятельная работа	78	7	8
Расчетная работа	50	7	8
Подготовка к ПЗ	28	7	8
Вид итогового контроля		Зачет Экзамен	Зачет Экзамен

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
1	Переходные электромагнитные процессы в синхронной машине.	*	*	
2	Практические методы расчета токов КЗ.	*	*	
3	Параметры элементов ЭЭС для токов различных последовательностей. Расчет переходных процессов при однократной несимметрии.	*	*	
4	КЗ в распределительных сетях и системах электроснабжения.	*	*	
5	Основные понятия о переходных электромеханических процессах в ЭЭС. Динамическая устойчивость.	*	*	
6	Статическая устойчивость электрической системы.	*	*	
7	Переходные процессы в узлах нагрузки.	*	*	
8	Асинхронные режимы в электрических системах.	*	*	

4.2. Содержание разделов дисциплины.

4.2.1. Переходные электромагнитные процессы в синхронной машине.

Переходные процессы при гашении магнитного поля и форсировке возбуждения. Дифференциальные уравнения переходных процессов в синхронной машине. Переходный процесс в синхронном генераторе при трехфазном КЗ. Расчет начальных значений периодической и апериодической составляющих тока трехфазного КЗ. Влияние системы возбуждения на переходный процесс.

4.2.2. Практические методы расчета токов КЗ.

Расчет тока КЗ в начальный момент времени от группы синхронных и асинхронных двигателей, от комплексной и обобщенной нагрузок. Метод типовых кривых. Учет действия токоограничивающих устройств. Программы расчетов для ЭВМ.

4.2.3. Параметры элементов ЭЭС для токов различных последовательностей. Расчет переходных процессов при однократной несимметрии.

Применение метода симметричных составляющих. Параметры обратной и нулевой последовательности различных элементов ЭЭС, составление схем прямой, обратной и нулевой последовательностей. Методы расчета несимметричных КЗ. Сравнение токов при КЗ различных видов. Продольная несимметрия и методы ее расчетов.

4.2.4. КЗ в распределительных сетях и системах электроснабжения.

Учет местных источников энергии и нагрузок. Особенности расчета токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ. Особенности схем замещения преобразовательных подстанций.

4.2.5. Основные понятия о переходных электромеханических процессах в ЭЭС. Динамическая устойчивость.

Классификация переходных процессов. Векторная диаграмма простейшей электрической системы с неявнополюсными и явнополюсными генераторами. Угловые характеристики мощности. Причины и характер больших возмущений. Уравнение движения ротора генератора. Метод площадей. Определение предельного угла отключения КЗ. Метод последовательных интервалов. Учет переходных электромагнитных процессов. Учет форсировки и АРВ генератора.

4.2.6. Статическая устойчивость электрической системы.

Практические критерии статической устойчивости. Математическое описание переходных процессов. Метод малых колебаний. Расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости и вид переходного процесса. Самораскачивание и самовозбуждение. Анализ статической устойчивости простейшей электрической системы с учетом электромагнитных переходных процессов и регуляторов возбуждения.

4.2.7. Переходные процессы в узлах нагрузки.

Статические и динамические характеристики нагрузки. Представление нагрузки эквивалентным асинхронным двигателем. Соизмеримость мощностей нагрузки и источника электроэнергии и ее влияние на устойчивость нагрузки. Практические критерии устойчивости нагрузки. Включение в нагрузку компенсирующих устройств и их влияние на устойчивость. Влияние частоты на устойчивость нагрузки. Устойчивость нагрузки, представленной эквивалентным асинхронным двигателем при больших возмущениях. Способы решения уравнения движения ротора эквивалентного двигателя.

4.2.8. Асинхронные режимы в электрических системах.

Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма и появление асинхронного хода. Необходимое условие синхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима. Последовательность операций при ресинхронизации. Практический критерий ресинхронизации.

5. Лабораторный практикум – не предусматривается.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2000.
2. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970.
3. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985.
4. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях: Уч. пособие для вузов/ Под ред. В.А.Строева. – М.: Знак, 1996.

б) дополнительная литература:

1. Крючков И.П. Переходные процессы в электрических системах. Практические методы расчета токов короткого замыкания. – М.: Изд-во МЭИ, 1993.
2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях: Уч. пособие для вузов./ Под ред. В.А.Строева. – М.: Высш. шк., 1983.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.

Расчетные компьютерные программы GFAULTS, GUEXPERT, математическая система MATHCAD.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Используются персональные компьютеры и специальное математическое обеспечение.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки специалистов 650900 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА специальности 100400 - Электроснабжение.

Программу составили:

Крючков И.П., профессор, МЭИ(ТУ)

Путятин Е.В., доцент, МЭИ(ТУ)

Гремяков А.А., доцент, МЭИ(ТУ)

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 100400 – Электроснабжение.

Председатель Учебно-методической комиссии по специальности 100400 Электро-снабжение

_____ Глазунов А.А.

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

от " 15 " декабря 2000 г.

Протокол № 3

Председатель Учебно-методического совета
по направлению 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

_____ Жуков В.В.

Председатель Совета УМО по образованию в области
энергетики

_____ Аметистов Е.В.

2.1.2. Рабочая программа дисциплины

- для специальности 140205, очная форма обучения

Федеральное агентство по образованию РФ
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УНР
Е.С. Астапова
личная подпись, И.О.Ф
" " _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Электромеханические переходные процессы» (часть 1, часть 2)

(наименование дисциплины)

для специальности 140205 «Электроэнергетические системы и сети»

(шифр и наименование специальности)

Курс 4 Семестр 7, 8

Лекции 32 + 30 (час.) Экзамен 7
(семестр)

Практические (семинарские) занятия 16 + 15 (час.) Зачет 8
(семестр)

Лабораторные занятия - (час.)

Курсовая работа – 8 семестр

Самостоятельная работа 54 (час.) КСР – 30 (час.) - 8 семестр

Всего часов 177, в т.ч. ауд. 93

Составители:

(часть 1) Козлов Александр Николаевич, доцент, канд. техн. наук

(часть 2) Чемборисова Наиля Шавкатовна, проф. докт. техн. наук

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании ГОС ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальности 140205. (части 1 и 2) За основу взята примерная программа дисциплины, составленная в МЭИ (ТУ) и утвержденная Департаментом образовательных программ и стандартов

(Государственного образовательного стандарта ВПО или типовой программы)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедр-

ры _____

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на заседании УМС _____
(наименование специальности)

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель _____
(подпись, И.О.Ф.)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от _____
протокол № _____.

Зав.кафедрой _____
подпись

СОГЛАСОВАНО
Начальник УМУ

Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО
Председатель УМС факультета

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

Часть первая

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение вопросов устойчивости и переходных электромеханических процессов для специальности 140205 следующим образом:

- для специальности 140205 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве основной профилирующей дисциплины специализации – шифр СД.02.

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электрических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными характеристиками режимов электрической системы и соотношениям между их параметрами, практическими критериями устойчивости, способом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости; ознакомление с особенностями расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости, при анализе переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также в асинхронных режимах, возникающих в системе.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;
- знать основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, знать об особенностях протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах;
- иметь практические навыки применения способа площадей и навыки численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыки применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости;
- знать теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем.

1.3. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам при изучении данной дисциплины

Изучение электромеханических переходных процессов базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах: «Высшая математика» (раздел «Дифференциальное и интегральное исчисление»), «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Математические задачи энергетики» (раздел «Методы численного интегрирования»), «Электрические системы и сети» (разделы «Конструкция воздушных и кабельных линий», «Схемы замещения ВЛ и КЛ»), «Электромагнитные переходные процессы» и является основой для изучения дисциплин «Автоматика электроэнергетических систем», «Оптимизация в электроэнергетических системах», «Эксплуатация электрических систем», «Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения».

2. ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС (32 ЧАСА)

Тема 1. Введение – 2 часа.

Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС.

Тема 2. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости – 6 часов.

Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

Тема 3. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора – 6 часов

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости. Обобщение способа площадей на схему двух станций.

Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

Тема 4. Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – 6 часов.

Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС. Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.

Тема 5. Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки – 6 часов.

Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению.

Поведение нагрузки при больших возмущениях. Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.

Тема 6. Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации – 6 часов.

Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима.

Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе. Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практических занятиях решают задачи по оценке устойчивости простейшей электроэнергетической системы при различных возмущениях. Должны быть рассмотрены:

3.1. Составление схемы замещения и определение параметров исходного режима для различных видов АВР.

3.2. Векторная диаграмма синхронного генератора.

3.3. Статическая устойчивость. Пределы мощности и пределы устойчивости.

3.4. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.

3.5. Определение площадок ускорения и торможения, критического угла, запаса динамической устойчивости.

3.6. Метод последовательных интервалов для системы с нерегулируемым генератором.

3.7. Уточненный расчет методом последовательных интервалов - для системы с регулируемым генератором.

3.8. Характеристики и устойчивость нагрузки.

4. КУРСОВАЯ РАБОТА

Целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков применения способа площадей и навыков численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыков применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости. Вариант задания приведен в приложении 1. Обязательным приложением к пояснительной записке является один лист графической части формата А1.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Включает изучение лекционного материала и литературы по дисциплине при подготовке к практическим занятиям а также активный поиск новой информации в Интернете по заданию лектора или руководителя практических занятий.

5.1. Темы индивидуальной работы студента

- Регуляторы возбуждения синхронных генераторов.
- Регуляторы скорости первичных двигателей.
- Способы повышения динамической устойчивости ЭЭС.
- Методы оценки устойчивости сложных ЭЭС.
- Управляемые линии электропередачи
- Гибкие линии электропередачи
- Вставки постоянного тока

6. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

В процессе изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- экспресс-опрос лектора по итогам изучения разделов курса;
 - выполнение контрольных работ по темам, рассмотренным на практических занятиях.
- Образцы тестовых заданий для экспресс-опроса приведены в приложении 2.

7. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Основные блоки вопросов по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в ЭЭС»

1. Понятие устойчивости работы электрической системы. Виды устойчивости
2. Характеристика мощности простейшей электрической системы.
3. Векторная диаграмма неявнополусного синхронного генератора
4. Векторная диаграмма явнополусного генератора
5. Характеристики мощности синхронного генератора, получаемые из векторной диаграммы.
6. Характеристика мощности простейшей системы с регулируемыми генераторами
7. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ без зоны нечувствительности
8. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ с зоной нечувствительности.
9. Практические критерии статической устойчивости.
10. Характеристика мощности при сложной связи генератора с приемной системой.
11. Устойчивость многомашинной системы
12. Оценка динамической устойчивости простейшей электрической системы
13. Уравнение движения ротора. Метод последовательных интервалов.
14. Способы повышения динамической устойчивости.
15. Электрическое торможение как способ повышения динамической устойчивости
16. Импульсная разгрузка как метод повышения динамической устойчивости
17. Регулирующий эффект нагрузки и его влияние на устойчивость
18. Влияние регулирующего эффекта нагрузки на устойчивость работы генератора
19. Понятие электрического центра системы
20. Устойчивость узлов нагрузки
21. Критерии устойчивости узлов нагрузки. Лавина напряжения
22. Характеристика элементов нагрузки
23. Процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях
24. Обеспечение устойчивости двигателей при набросе мощности
25. Пуск двигателей
26. Самозапуск двигателей

**8. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины
«Электромеханические переходные процессы», часть 1**

Номер недели	Номер темы	Вопросы изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Пр.	Лаб.		содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Седьмой семестр								
1	1	<i>Введение</i> - 2 часа Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	
2	2 2.1	<i>Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости</i> – 6 часов. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора – 2 ч.	3.1		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	1	
3	2.2	Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. – 2 ч			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
4	2.3	Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления. - 2 ч	3.2		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
5	3 3.1	<i>Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора</i> – 6 часов. Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Тест
6	3.2	Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. – 2ч	3.3		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
7	3.3	Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе. – 2 ч			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	4 4.1	<i>Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – 6 часов.</i> Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. – 2 ч.	3.4		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
9	4.2	Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
10	4.3	Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС. Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия. – 2 ч.	3.5		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
11	5 5.1	<i>Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки – 6 часов.</i> Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос Тест
12	5.2	Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. – 2 ч.	3.6		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
13	5.3	Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	6 6.1	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации – 6 ч. Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима. – 2 ч.	3.7		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
15	6.2	Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос Тест
16	6.3	Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС. – 2 ч.	3.8		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
Восьмой семестр								
1					Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева.	Выполнение КР	2	
2						Выполнение КР	2	
3						Выполнение КР	2	
4						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
5						Выполнение КР	2	
6						Выполнение КР	2	
7						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
8						Выполнение КР	2	
9						Выполнение КР	2	
10						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
11						Выполнение КР	2	
12						Выполнение КР	2	
13						Выполнение КР	2	Проверка листов графики
14						Выполнение КР	2	
15						Выполнение КР	2	Защита КР

9. ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283 с. - (Серия «Учебники НГТУ»).

Дополнительная:

4. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая. школа., 1985.

5. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/ Под ред. В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1999
6. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.
7. Зуев Э.Н., Строев В.А. Математическое описание элементов электрической системы. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах". - М: Изд-во МЭИ, 1983.

**Задание на курсовую работу по дисциплине «Электромеханические
переходные процессы в электрических системах»**

Курс: четвертый
 Специальность: 140205
 Группа: 143
 Студент: Анашкин Ю. В.

Вариант 01

Срок сдачи курсовой работы на
 проверку: 11 апреля 2005 г.

1. Для заданной схемы электропередачи определить запас статической устойчивости по пределу передаваемой мощности, при передаче от генератора в систему мощности P_n для следующих случаев:

- неявнополюсный генератор без АРВ ($X_d = X_q$);
- неявнополюсный генератор с АРВ пропорционального типа ($E'_q = const$);
- неявнополюсный генератор с АРВ СД ($U_e = const$).

2. Построить векторную диаграмму генератора в исходном режиме.

3. Выполнить расчет динамической устойчивости в соответствии с алгоритмом развития аварии при к.з. в заданной точке в следующей последовательности:

- рассчитать и построить угловые характеристики мощности нормального, аварийного и послеаварийного режимов при $E' = const$;
- произвести численный расчет и построить зависимость изменения угла δ и ускорения ротора a от времени (приближенный расчет);
- в случае нарушения устойчивости определить предельные угол и время отключения к.з., необходимые для сохранения устойчивости;
- при сохранении устойчивости определить коэффициент запаса динамической устойчивости;
- выполнить уточненный расчет динамического перехода с учетом реакции якоря и действия АРВ и построить зависимости δ , E'_q , E_q , E_{qe} от времени.

4. Проверить, будет ли устойчива нагрузка H после отключения выключателя $Q6$ и определить коэффициент запаса устойчивости по напряжению в случаях:

- отсутствия АРВ у генератора;
- генератор снабжен АРВ ПТ;
- генератор снабжен АРВ СД.

5. Определить допустимое время перерыва электроснабжения по условиям устойчивости эквивалентной асинхронной нагрузки.

Алгоритм развития аварии: В точке К2 – трехфазное кз, сопровождающееся отказом основной защиты – поперечной дифференциальной – с обеих сторон линии. В результате выключатель Q1 (со стороны Т1) отключен первой ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.} = 0$, $t_{O.B.} = 0,1$ с; выключатель Q2 (со стороны Т2) – второй ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.} = 0,05$ с, $t_{O.B.} = 0,1$ с. АПВ с контролем отсутствия напряжения - на Q2, $t_{АПВ} = 0,15$ с, $t_{B.B.} = 0,05$ с. АПВ с контролем наличия напряжения - на Q1, $t_{АПВ} = 0,1$ с, $t_{B.B.} = 0,05$ с. АПВ – успешное. Как и на какой стадии изменится развитие переходного процесса в случае неуспешного АПВ?

Тестовые задания для экспресс-опроса по дисциплине
«Электромеханические переходные процессы»

Вариант 1.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «статическая устойчивость»?
 - а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
 - б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
 - в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам режима?
 - а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
3. Можно ли для явнополюсной машины составить традиционную схему замещения с неизменными сопротивлением и ЭДС?
 - а) да;
 - б) нет;
 - в) затрудняюсь ответить.
4. С чем связан уровень частоты в системе?
 - а) с балансом реактивной мощности;
 - б) с балансом активной мощности;
 - в) затрудняюсь ответить.
5. Основное допущение при использовании метода последовательных интервалов?
 - а) на каждом интервале приращение угла δ неизменно;
 - б) в течение каждого интервала неизменно эквивалентное сопротивление системы;
 - в) в течение каждого интервала неизменно ускорение ротора, определенное в начале интервала.
6. В чем особенность регуляторов пропорционального действия – АРВ-ПД?
 - а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.
7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) критерий Михайлова;
 - б) метод D-разбиения;
 - в) критерий Гурвица.
8. Что такое «электрический центр системы»?
 - а) точка баланса активной мощности;
 - б) место подключения двух и более источников питания;
 - в) точка в системе, в которой напряжение при асинхронном ходе источников питания снижается до нуля.

Вариант 2.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «динамическая устойчивость»?
 - а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);

- б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
- в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам системы?
 - а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
 3. Какой параметр не меняется в первый момент изменения режима и служит связующим для режимов «до» и «после» возмущения?
 - а) E'_q ;
 - б) E_q ;
 - в) E' .
 4. С чем связан уровень напряжения в системе?
 - а) с балансом реактивной мощности;
 - б) с балансом активной мощности;
 - в) затрудняюсь ответить.
 5. В чем основная трудность определения изменения угла δ во времени?
 - а) необходим большой объем счетной работы;
 - б) уравнение движения ротора не имеет аналитического решения;
 - в) требуются тщательные графические построения.
 6. Почему мощность турбины при расчете электромеханических переходных процессов можно принимать неизменной?
 - а) это постоянство обеспечивает оперативный персонал турбинного и котельного цехов;
 - б) это обеспечивается высокой инерционностью ротора турбины;
 - в) постоянные времени регуляторов турбины заметно превышают время собственно переходного процесса.
 7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) метод D-разбиения;
 - б) критерий Гурвица;
 - в) критерий Михайлова.
 8. Какова причина опрокидывания двигателей нагрузки?
 - а) электрический момент двигателя становится меньше момента механизма;
 - б) в двигателе происходит короткое замыкание;
 - в) перегорают предохранители в цепи статора.

Вариант 3.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «результатирующая устойчивость»?
 - а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
 - б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
 - в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам процесса?
 - а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во

вращающихся машинах;
в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.

3. Какие параметры системы изменяются с изменением режима?
 - а) активные сопротивления и проводимости;
 - б) реактивные сопротивления и проводимости;
 - в) коэффициенты трансформации, постоянные времени.
4. Что такое «осуществимость режима»?
 - а) наличие баланса активной мощности;
 - б) наличие баланса реактивной мощности;
 - в) наличие обоих условий
5. Как определяется предельный угол отключения короткого замыкания?
 - а) из графических построений угловых характеристик системы;
 - б) из равенства площадей ускорения и торможения;
 - в) аналитическим решением уравнения движения ротора в общем виде.
6. В чем особенность регуляторов сильного действия – АРВ-СД?
 - а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.
7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) критерий Гурвица;
 - б) критерий Михайлова;
 - в) метод D-разбиения.
8. Представляет ли опасность для двигателя режим опрокидывания?
 - а) нет, режим аналогичен отключению машины от сети;
 - б) да, поскольку из-за перегрева обмоток двигатель выходит из строя;
 - в) затрудняюсь ответить.

Часть 2

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Функционирование электроэнергетической системы (ЭЭС) всегда сопровождается разного рода переходными процессами. Подобные процессы связаны в основном с изменениями текущего состояния системы: включение и отключение генераторов, трансформаторов, линий электропередач, изменение нагрузок и т.д. и реакцией на них регулирующих устройств, устройств релейной защиты и противоаварийного управления.

Обеспечение управления переходными процессами требует их анализа с помощью различных математических методов, позволяющих вести поиск оптимального управления элементами ЭЭС.

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение курса “Электромеханические переходные процессы (часть 2)” для специальности 140205

Государственный образовательный стандарт

СД 02. Электромеханические переходные процессы:

Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости; устойчивость узлов нагрузки; динамическая устойчивость электрической системы; понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма.

СД 03. Автоматика энергосистем:

Принципы построения систем автоматического управления в электроэнергетике; автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем; основные виды современных и перспективных автоматических устройств и систем управления в нормальных и аварийных режимах энергосистемы.

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов в области анализа электромеханических переходных процессов и влияния на них работы устройств регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты. изучение и практическое освоение методов исследования протекающих в электрических системах электромеханических процессов с точки зрения влияния их на ее устойчивость и способов управления этими процессами для повышения уровня устойчивости и экономичности функционирования энергосистемы в целом, а также надежности и качества электроснабжения потребителей.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является освоение студентами принципов и методов анализа электромеханических переходных процессов с учетом действия средств регулирования и управления

1.3 Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам при изучении данной дисциплины

Изложение содержания дисциплины базируется на математической и общей электротехнической подготовке и знаниях, полученных при изучении специальных дисциплин “Математические задачи энергетики”, “Переходные процессы в электрических системах”, “Электрическая часть станций и подстанций”, “Электрические сети и системы”, “Применение ЭВМ в энергетике”.

1.4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в

синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;

- знать основные методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем с учетом работы регуляторов, устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, знать об особенностях протекания электромеханических процессов с учетом условий региона и основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем;

- уметь разбираться в принципах действия и влиянии устройств регулирования и управления на электромеханические переходные процессы и послеаварийные установившиеся режимы работы электроэнергетических систем;

- иметь практические навыки применения математического моделирования переходных процессов и анализа складывающейся в энергосистеме схемно-режимной ситуации.

2. ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС (30 часов)

В лекционном курсе рассматриваются вопросы анализа аварийных режимов в ЭЭС, устойчивости установившихся режимов энергосистемы, задачи противоаварийного управления ее режимами, основы теории автоматического управления. Изучаются возможности автоматического управления режимами и основные способы воздействия на элементы энергосистемы в аварийных ситуациях. Дается сравнительная характеристика эффективности способов воздействия. Рассматриваются принципы организации и требования к системам противоаварийного управления, к диспетчерским тренажерам.

Тема 1. ЭЭС как объект противоаварийного управления.

Основные определения. Характер аварийных режимов в ЭЭС. Качество переходного режима. Задачи противоаварийного управления энергосистемой.

Тема 2. Устойчивость установившегося режима ЭЭС.

Общая характеристика устойчивости. Виды устойчивости. Поведение системы на границе области устойчивости. Методы оценки устойчивости применительно к задачам энергетики.

Тема 3. Динамическая устойчивость в ЭЭС и влияние на нее устройств противоаварийного управления.

Математические основы теории оптимального управления режимами энергосистем. Оценка влияния на устойчивость автоматического повторного включения линий, импульсной разгрузки генераторов, отключения части генераторов. Работа делительной автоматики в ЭЭС.

Тема 4. Регулирование частоты и мощности в ЭЭС.

Автоматическое регулирование частоты и мощности в ЭЭС. Анализ переходных режимов с учетом влияния АРЧМ. Управление режимами в темпе процесса. Регулирование реактивной мощности. Частотная разгрузка и ограничение напряжения в узлах системы. Влияние их работы на электромеханические процессы в ЭЭС.

Тема 5. Противоаварийное управление Зейской ГЭС.

Выбор характерных режимов для анализа работы устройств противоаварийного управления. Основные расчетные схемы. Принципы действия и уставки устройств противоаварийного управления.

Тема 6. Разбор системных аварий для анализа устойчивости и обучения персонала.

Разбор аварий в США и России. Оценка правильности действия автоматических устройств и учет человеческого фактора. Экономические последствия аварий.

Тема 7. Способы воздействия на элементы ЭЭС в аварийных ситуациях.

Средства противоаварийного управления энергосистемой. Сравнительная оценка эффективности и обоснование применения средств противоаварийного управления.

Тема 8. Организация автоматической системы противоаварийного управления.

Структура автоматической системы противоаварийного управления. Локальные устройства управления. Определение объема воздействия. Централизованные устройства управления. Алгоритмы организации адаптивной и неадаптивной централизованной системы управления. Иерархическая система противоаварийной автоматики. Алгоритмы ее организации. Координация на уровнях управления.

Тема 9. Диспетчерские тренажеры: виды, назначение, основные функции.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (15 часов)

На практических занятиях выполняются расчеты устойчивости, выбор способов воздействия на элементы и режимы ЭЭС, способов управления в аварийных ситуациях.

№ темы	Тема занятия	Число Часов
1.	Исследование устойчивости работы регулируемого генератора, работающего на ШБМ	2
2.	Определение динамической устойчивости системы с учетом АРВ и АПВ численными методами	2
3.	Оценка устойчивости ЭЭС после отключения части генераторов или их импульсной разгрузке.	2
4.	Исследование эффективности различных способов противоаварийного управления режимами ЭЭС	2
5.	Определение устойчивости послеаварийного режима с использованием упрощенного алгоритма расчета.	2
6.	Исследование устойчивости нагрузки по практическим критериям устойчивости, влияния компенсации реактивной мощности нагрузки на устойчивость нагрузки системы	2
7.	Выбор оптимального управляющего воздействия	3

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Включает изучение лекционного материала и соответствующей литературы при подготовке к практическим занятиям и выполнению курсовой работы, расчеты и их графическое оформление.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

В процессе изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы (часть 2)» предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- экспресс-опрос лектора по итогам изучения разделов курса;
- выполнение КСР и контрольных работ по темам, рассмотренным на практических занятиях.

По курсовой работе контроль три раза в семестр по пунктам: 1, 2, 3 – первая контрольная точка; 4, 5 – вторая контрольная точка; 6, 7 – третья контрольная точка.

По практическим занятиям контроль три раза в семестр по пунктам: 1, 2 – первая контрольная точка, 3, 4, 5 – вторая контрольная точка, 6, 7 – третья контрольная точка.

6. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ:

1. ЭЭС как объект противоаварийного управления. Задачи противоаварийного управления режимами ЭЭС.
2. Характер аварийных режимов в ЭЭС. Требования предъявляемые к режимам. Надежность. Живучесть ЭЭС. Переходные режимы ЭЭС. Качество переходного процесса.
3. Устойчивость установившегося режима ЭЭС. Виды устойчивости. Определение устойчивости по Ляпунову. Поведение системы на границе устойчивости. Методы оценки устойчивости в задачах энергетики.
4. Постановка задачи об анализе устойчивости ЭЭС. Устойчивость ЭЭС при малых возмущениях. Метод малых колебаний.
5. Анализ устойчивости ЭЭС по виду корней характеристического уравнения.
6. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Оценка статической устойчивости ЭЭС по упрощенным критериям устойчивости.
7. Оценка качества переходных процессов в ЭЭС.
8. Устойчивость ЭЭС при больших возмущениях. Методы оценки устойчивости системы при больших возмущениях.
9. Способы воздействия на элементы ЭЭС в аварийных ситуациях. Сравнительная характеристика и эффективность способов.
10. Способы воздействия на ЭЭС для повышения уровня статической устойчивости. Нормирование уровня устойчивости электроэнергетической системы.
11. Способы воздействия на ЭЭС для сохранения динамической устойчивости ЭЭС. Средства противоаварийного управления, применяемые для сохранения устойчивости.
12. Последствия нарушения устойчивости ЭЭС. Асинхронный ход. Результирующая устойчивость. Способы сохранения результирующей устойчивости.
13. Переходные процессы в узлах нагрузки в электрических системах при малых и больших возмущениях.
14. Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС. Критерии оптимального управления.
15. Оптимальное управление аварийными режимами ЭЭС как технико-экономическая задача.
16. Автоматические системы противоаварийного управления энергосистемой. Структура автоматической системы противоаварийного управления.
17. Иерархическая система противоаварийного управления режимами объединенной и единой систем управления. Алгоритмы ее организации.
18. Иерархическая структура системы противоаварийной автоматики ЕЭС России.
19. Диспетчерские тренажеры: виды, назначение.

В курсовой работе в соответствии с заданием выполняется расчет и анализ послеаварийных режимов системы, выбор требуемого способа воздействия при нарушении устойчивости, расчет оптимальных мест приложения управляющих воздействий.

Задания к курсовой работе: в четырехузловых схемах, просчитанных в курсовой работе по "Применение ЭВМ в энергетике":

1. Определить "слабые" узлы,
2. Создать двухузловой эквивалент с учетом "слабых" узлов,
3. Оценить динамическую устойчивость к расчетной аварии
4. Выбрать оптимальные управляющие воздействия, позволяющие ввести режим в

- допустимую область,
5. Рассчитать послеаварийный режим в полной схеме методом Ньютона и методом Стогта,
 6. Оценить статическую устойчивость послеаварийного режима по сходимости расчета, по полному и упрощенному якобиану,
 7. Выбрать подходящий метод расчета для целей противоаварийного управления,

Задания к практическим занятиям:

1. Приведены в учебно-методическом пособии "Управление переходными режимами в ЭЭС" (авторы Н.Ш. Чемборисова, В.А. Гаврилов, А.В. Пешков, 1998г.) вариант 1, стр. 28,30, 29,31.
2. Станция работает через ЛЭП на приемную систему неограниченной мощности. Необходимо в соответствии с вариантом задания проверить устойчивость системы, найти частоту и период собственных колебаний в различных режимах, построить зависимость изменения угла во времени.
Вариант задания: $x_d = 1.6$ о.е., $E_q = 1.1$ о.е., $U = 1$ о.е., $T_j = 10$ с, $\delta_0 = 60^\circ$.
3. На станции, работающей через дальнюю электропередачу на систему неограниченной мощности по условию обеспечения статической устойчивости, проводится настройка АРВ ПД, реагирующих на отклонение напряжения. В соответствии с вариантом найти область настроечных параметров, обеспечивающих статическую устойчивость регулируемой электрической системы.
Вариант задания: электрическая система работает в режиме $\delta_0 = 90^\circ$, $U_T = 1$ о.е., имеет следующие параметры: $x_d = 0.6$, $x_d' = 0.3$, $T_{d0} = 10$ с, $T_j = 15$ с, $x_c = 0.6$ о.е.
4. Асинхронный двигатель, находясь в неподвижном состоянии, запускается от генератора. В соответствии с вариантом выяснить, как при соизмеримой мощности двигателя и генератора будет изменяться характер переходного процесса в зависимости от момента сопротивления на валу двигателя и способа регулирования возбуждения генератора.
Вариант задания: $P_d = 30$ кВт, $P_T = 40$ кВт, $K_{соизм} = 0.85$.
5. Узел нагрузки представлен в виде эквивалентного асинхронного двигателя. В соответствии с вариантом выяснить влияние компенсации реактивной мощности на нагрузки на устойчивость нагрузки системы.
Вариант задания: параметры узла нагрузки: $R_2 = 0.01$, $r_2 = R_2/s$, $x_c = 0.5$ о.е., $x_s = 0.3$ о.е., $x_\mu = 4.5$ о.е.; $\cos \varphi = 0.89$ – компенсация отсутствует, $\cos \varphi = 1.0$ – соответствует компенсации нагрузки. Потребляемая эквивалентным двигателем при $U = 1.0$ о.е. активная мощность $P = 1.0$ о.е.
6. В соответствии с вариантом определить сохранится ли устойчивость передачи мощности при отключении одной из линий вследствие кз. В случае нарушения устойчивости выбрать необходимое воздействие при условии минимальности требуемого воздействия.
Вариант задания: Мощность турбины $P_T = 1.0$ о.е., угловые характеристики мощности генератора для нормального, аварийного и послеаварийного режима соответственно: $P_1 = 2.0$ о.е., $P_2 = 0.6$ о.е., $P_3 = 1.2$ о.е., момент инерции ротора генератора $T_j = 8$ с, время отключения кз $t_{кз} = 0.35$ с, время АПВ $t_{апв} = 0.35$ с.
7. Для электрической системы в соответствии с вариантом определить оптимальное управление электрическим торможением генератора при условии создания условий успешного трехфазного АПВ ЛЭП. В качестве критерия управления принять минимальное время достижения цели управления.

Задачу решить в общем виде с применением принципа максимума Понтрягина.

Контроль самостоятельной работы студентов:

1. По курсовой работе три раза в семестр по пунктам: 1, 2, 3 – первая контрольная точка; 4, 5 – вторая контрольная точка; 6, 7 – третья контрольная точка.
2. По практическим занятиям три раза в семестр по пунктам: 1, 2 – первая контрольная точка, 3, 4, 5 – вторая контрольная точка, 6, 7 – третья контрольная точка.

7. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины «Электромеханические переходные процессы», (часть 2)

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			практ.	лаб		содержание	час	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	<i>Тема 1 - 2 часа</i> ЭЭС как объект противоаварийного управления. Основные определения. Задачи противоаварийного управления энергосистемой.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
2	1	Характер аварийных режимов в ЭЭС. Качество переходного режима.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
3	2	<i>Тема 2 – 2 часа</i> Устойчивость установившегося режима ЭЭС. Общая характеристика устойчивости. Виды устойчивости. Поведение системы на границе области устойчивости. Методы оценки устойчивости применительно к задачам энергетики.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006. Основы расчетов переходных режимов. Чемборисова Н.Ш. Благовещенск: АмГУ, 2002		2	Выборочный опрос
4	3	<i>Тема 3 – 2 часа</i> Динамическая устойчивость в ЭЭС и влияние на нее устройств противоаварийного управления Математические основы теории оптимального управления режимами энергосистем. Оценка влияния на устойчивость автоматического повторного включения линий, импульсной разгрузки генераторов, отключения части генераторов. Работа делительной автоматики в ЭЭС.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002. Алгоритмизация решения задач АСУ в электроэнергетике. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Благовещенск: АмГУ, 2006		2	Выборочный опрос
5	4	<i>Тема 4 – 2 часа.</i> Регулирование частоты и мощности в ЭЭС. Автоматическое регулирование частоты и мощности в ЭЭС. Анализ переходных режимов с учетом влияния АРЧМ. Управление режимами в темпе процесса. Регулирование реактивной мощности. Частотная разгрузка и ограничение напряжения в узлах системы. Влияние их работы на электромеханические процессы в ЭЭС.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002.		2	Выборочный опрос
6	5	<i>Тема 5 – 2 часа.</i> Противоаварийное управление Зейской ГЭС. Выбор характерных режимов для анализа работы устройств противоаварийного управления. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
7	5	Основные расчетные схемы. Принципы действия и уставки устройств противоаварийного управления. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
8	6	<i>Тема 6 – 2 часа.</i> Разбор системных аварий для анализа устойчивости и обучения персонала. Разбор аварий в США и России. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	6	Оценка правильности действия автоматических устройств и учет человеческого фактора. Экономические последствия аварий. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002.		2	Выборочный опрос
10	7	Тема 7 – 2 часа. Способы воздействия на элементы ЭЭС в аварийных ситуациях. Средства противоаварийного управления энергосистемой. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002.		2	Выборочный опрос
11	7	Сравнительная оценка эффективности и обоснование применения средств противоаварийного управления. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
12	8	Тема 8 Организация автоматической системы противоаварийного управления. Структура автоматической системы противоаварийного управления. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		2	Выборочный опрос
13	8	Локальные устройства управления. Определение объема воздействия. Централизованные устройства управления. Алгоритмы организации адаптивной и неадаптивной централизованной системы управления. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.		1	Выборочный опрос
14	8	Иерархическая система противоаварийной автоматики. Алгоритмы ее организации. Координация на уровнях управления. 2 ч			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В., Дорошенко Е.И. Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002.		1	Выборочный опрос
15	9	Тема 9. Диспетчерские тренажеры: виды, назначение, основные функции. 2 ч.			Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Благовещенск: АмГУ, 2002.		1	Выборочный опрос

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Н.Ш.Чемборисова, А.В.Пешков, Е.И.Дорошенко Управление режимами электроэнергетических систем Благовещенск, АмГУ, 2006.
2. Методы решения задач электроэнергетики с использованием ЭВМ. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Благовещенск: АмГУ, 2002.
3. Основы расчетов переходных режимов. Чемборисова Н.Ш. Благовещенск: АмГУ, 2002.
4. Алгоритмизация решения задач АСУ в электроэнергетике. Чемборисова Н.Ш., Пешков А.В. Благовещенск: АмГУ, 2006.

Дополнительная

5. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш.школа, 1985.
2. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем./ Под ред. В.А. Веникова. М.: Высш. школа, 1989.
3. Противоаварийное управление ЭЭС./ Под ред. В.А. Совалова. М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Чебан В.М. и др. Управление режимами электроэнергетических систем в

аварийных ситуациях. М.: Высш. школа, 1990.

5. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Высш.школа, 1980.
6. Гуревич Ю.Е. и др. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Кошечев Л.А. Автоматическое противоаварийное управление в электро-энергетических системах. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
8. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. – М.: Энергия, 1979.

- для специальностей 140203, 140204, 140211, очная форма обучения

**Федеральное агентство по образованию РФ
Амурский государственный университет**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УНР

Е.С. Астапова

личная подпись, И.О.Ф

" " 200__г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Электромеханические переходные процессы»

для специальностей 140203 «Релейная защита и автоматизация ЭЭС»

140204 «Электрические станции»

140211 «Электроснабжение»

Курс 4

Семестр 7, 8

Лекции 32 (час.)

Экзамен 7 (140203, 140204)
(семестр)

Практические (семинарские) занятия 16 (час.)

Зачет 7 (140211)
(семестр)

Лабораторные занятия _____ - _____ (час.)

Курсовая работа – 8 семестр

Самостоятельная работа 28 (час.) КСР - 16

Всего часов 92, в т.ч. ауд. 48

Составитель Козлов Александр Николаевич, доцент, канд. техн. наук

(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании ГОС ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальностям 140203, 140204, 140211. За основу взята примерная программа дисциплины, составленная в МЭИ (ТУ) и утвержденная Департаментом образовательных программ и стандартов.

(Государственного образовательного стандарта ВПО или типовой программы)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедр-
ры _____

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на заседании УМС _____
(наименование специальности)

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель _____
(подпись, И.О.Ф.)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от _____
протокол № _____ .

Зав.кафедрой _____
подпись

СОГЛАСОВАНО
Начальник УМУ

Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО
Председатель УМС факультета

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой

(подпись, И.О.Ф.)
«__» _____ 200__ г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение вопросов устойчивости и переходных электромеханических процессов для указанных специальностей следующим образом:

- для специальности 140203 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусматривается в качестве основной профилирующей дисциплины специализации – шифр СД.08;
- для специальности 140204 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» в качестве второй части основной профилирующей дисциплины специализации - «Переходные процессы в электроэнергетических системах» – шифр СД.01;
- для специальности 140211 изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы» в качестве второй части основной профилирующей дисциплины специализации - «Переходные процессы в электроэнергетических системах» – шифр СД.03.

1.3. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электрических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

1.4. Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными характеристиками режимов электрической системы и соотношениям между их параметрами, практическими критериями устойчивости, способом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости; ознакомление с особенностями расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости, при анализе переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также в асинхронных режимах, возникающих в системе.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- получить теоретические знания и иметь ясное представление о физике переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и энергосистемы в целом;
- знать основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, знать об особенностях протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах;
- иметь практические навыки применения способа площадей и навыки численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыки применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости;
- знать теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем.

1.3. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам при изучении данной дисциплины

Изучение электромеханических переходных процессов базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах: «Вышая математика» (раздел «Дифференциальное и интегральное исчисление»), «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Математические задачи энергетики» (раздел «Методы численного интегрирования»), «Электрические системы и сети» (разделы «Конструкция воздушных и кабельных линий», «Схемы замещения ВЛ и КЛ»), «Электромагнитные переходные процессы» и является основой для изучения дисциплин «Автоматика электроэнергетических систем», «Оптимизация в электроэнергетических системах», «Эксплуатация электрических систем», «Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения».

2. ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС (32 ЧАСА)

Тема 1. Введение – 2 часа.

Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС.

Тема 2. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости – 6 часов.

Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

Тема 3. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора – 6 часов

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости. Обобщение способа площадей на схему двух станций.

Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

Тема 4. Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – 6 часов.

Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС. Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.

Тема 5. Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки – 6 часов.

Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению.

Поведение нагрузки при больших возмущениях. Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.

Тема 6. Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации – 6 часов.

Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима.

Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе. Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практических занятиях решают задачи по оценке устойчивости простейшей электроэнергетической системы при различных возмущениях. Должны быть рассмотрены:

3.1. Составление схемы замещения и определение параметров исходного режима для различных видов АВР.

3.2. Векторная диаграмма синхронного генератора.

3.3. Статическая устойчивость. Пределы мощности и пределы устойчивости.

3.4. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.

3.5. Определение площадок ускорения и торможения, критического угла, запаса динамической устойчивости.

3.6. Метод последовательных интервалов для системы с нерегулируемым генератором.

3.7. Уточненный расчет методом последовательных интервалов - для системы с регулируемым генератором.

3.8. Характеристики и устойчивость нагрузки.

4. КУРСОВАЯ РАБОТА

Целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков применения способа площадей и навыков численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем; навыков применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости. Вариант задания приведен в приложении 1. Обязательным приложением к пояснительной записке является один лист графической части формата А1.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Включает изучение лекционного материала и литературы по дисциплине при подготовке к практическим занятиям а также активный поиск новой информации в Интернете по заданию лектора или руководителя практических занятий.

5.1. Темы индивидуальной работы студента

- Регуляторы возбуждения синхронных генераторов.
- Регуляторы скорости первичных двигателей.
- Способы повышения динамической устойчивости ЭЭС.
- Методы оценки устойчивости сложных ЭЭС.
- Управляемые линии электропередачи
- Гибкие линии электропередачи
- Вставки постоянного тока

6. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

В процессе изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы» предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- экспресс-опрос лектора по итогам изучения разделов курса;
 - выполнение контрольных работ по темам, рассмотренным на практических занятиях.
- Образцы тестовых заданий для экспресс-опроса приведены в приложении 2.

7. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Основные блоки вопросов по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в ЭЭС»

1. Понятие устойчивости работы электрической системы. Виды устойчивости
2. Характеристика мощности простейшей электрической системы.
3. Векторная диаграмма неявнополюсного синхронного генератора
4. Векторная диаграмма явнополюсного генератора
5. Характеристики мощности синхронного генератора, получаемые из векторной диаграммы.
6. Характеристика мощности простейшей системы с регулируемыми генераторами
7. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ без зоны нечувствительности
8. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ с зоной нечувствительности.
9. Практические критерии статической устойчивости.
10. Характеристика мощности при сложной связи генератора с приемной системой.
11. Устойчивость многомашинной системы
12. Оценка динамической устойчивости простейшей электрической системы
13. Уравнение движения ротора. Метод последовательных интервалов.
14. Способы повышения динамической устойчивости.
15. Электрическое торможение как способ повышения динамической устойчивости
16. Импульсная разгрузка как метод повышения динамической устойчивости
17. Регулирующий эффект нагрузки и его влияние на устойчивость
18. Влияние регулирующего эффекта нагрузки на устойчивость работы генератора
19. Понятие электрического центра системы
20. Устойчивость узлов нагрузки
21. Критерии устойчивости узлов нагрузки. Лавина напряжения
22. Характеристика элементов нагрузки
23. Процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях
24. Обеспечение устойчивости двигателей при набросе мощности
25. Пуск двигателей
26. Самозапуск двигателей

**8. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины
«Электромеханические переходные процессы», часть 1**

Номер недели	Номер темы	Вопросы изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Пр.	Лаб.		содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Седьмой семестр								
1	1	<i>Введение</i> - 2 часа Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС). Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные режимы и процессы. Существо электромеханических переходных процессов (ЭМПП). Устойчивость ЭЭС.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	
2	2 2.1	<i>Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости</i> – 6 часов. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора. Уравнение механического движения ротора генератора – 2 ч.	3.1		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	1	
3	2.2	Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора. – 2 ч			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
4	2.3	Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления. - 2 ч	3.2		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
5	3 3.1	<i>Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора</i> – 6 часов. Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Представление процесса на фазовой плоскости – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Тест
6	3.2	Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. – 2ч	3.3		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
7	3.3	Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе. – 2 ч			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	4 4.1	<i>Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – 6 часов.</i> Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. – 2 ч.	3.4		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
9	4.2	Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
10	4.3	Регулирование возбуждения, его задачи. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на статическую устойчивость и режимные характеристики ЭЭС. Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия. – 2 ч.	3.5		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
11	5 5.1	<i>Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки – 6 часов.</i> Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос Тест
12	5.2	Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. – 2 ч.	3.6		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
13	5.3	Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	6 6.1	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации – 6 ч. Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации. Практические способы восстановления синхронного режима. – 2 ч.	3.7		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
15	6.2	Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе. – 2 ч.			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос Тест
16	6.3	Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС. – 2 ч.	3.8		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах	Подготовка к практическому занятию	2	Обсуждение задачи
Восьмой семестр								
1					Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева.	Выполнение КР	2	
2						Выполнение КР	2	
3						Выполнение КР	2	
4						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
5						Выполнение КР	2	
6						Выполнение КР	2	
7						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
8						Выполнение КР	2	
9						Выполнение КР	2	
10						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
11						Выполнение КР	2	
12						Выполнение КР	2	
13						Выполнение КР	2	Проверка листов графики
14						Выполнение КР	2	
15						Выполнение КР	2	Защита КР

9. ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283 с. - (Серия «Учебники НГТУ»).

Дополнительная:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая. школа., 1985.

2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/ Под ред. В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1999
3. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.
4. Зув Э.Н., Строев В.А. Математическое описание элементов электрической системы. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах". - М: Изд-во МЭИ, 1983.

Задание на курсовую работу по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электрических системах»

Курс: четвертый
 Специальность: 140205
 Группа: 146
 Студент: **Сергиенко Р.А.**

Вариант 01

Срок сдачи курсовой работы на
 проверку: 11 апреля 2005 г.

1. Для заданной схемы электропередачи определить запас статической устойчивости по пределу передаваемой мощности, при передаче от генератора в систему мощности P_n для следующих случаев:
 - неявнополюсный генератор без АРВ ($X_d = X_q$);
 - неявнополюсный генератор с АРВ пропорционального типа ($E'_q = const$);
 - неявнополюсный генератор с АРВ СД ($U_e = const$).
2. Построить векторную диаграмму генератора в исходном режиме.
3. Выполнить расчет динамической устойчивости в соответствии с алгоритмом развития аварии при к.з. в заданной точке в следующей последовательности:
 - рассчитать и построить угловые характеристики мощности нормального, аварийного и послеаварийного режимов при $E' = const$;
 - произвести численный расчет и построить зависимость изменения угла δ и ускорения ротора a от времени (приближенный расчет);
 - в случае нарушения устойчивости определить предельные угол и время отключения к.з., необходимые для сохранения устойчивости;
 - при сохранении устойчивости определить коэффициент запаса динамической устойчивости;
 - выполнить уточненный расчет динамического перехода с учетом реакции якоря и действия АРВ и построить зависимости δ , E'_q , E_q , E_{qe} от времени.
4. Проверить, будет ли устойчива нагрузка H после отключения выключателя $Q6$ и определить коэффициент запаса устойчивости по напряжению в случаях:
 - отсутствия АРВ у генератора;
 - генератор снабжен АРВ ПТ;
 - генератор снабжен АРВ СД.
5. Определить допустимое время перерыва электроснабжения по условиям устойчивости эквивалентной асинхронной нагрузки.

Алгоритм развития аварии: В точке К2 – трехфазное кз, сопровождающееся отказом основной защиты – поперечной дифференциальной – с обеих сторон линии. В результате выключатель Q1 (со стороны Т1) отключен первой ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.} = 0$, $t_{o.б.} = 0,1$ с; выключатель Q2 (со стороны Т2) – второй ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.} = 0,05$ с, $t_{o.б.} = 0,1$ с. АПВ с контролем отсутствия напряжения - на Q2, $t_{АПВ} = 0,15$ с, $t_{б.в.} = 0,05$ с. АПВ с контролем наличия напряжения - на Q1, $t_{АПВ} = 0,1$ с, $t_{б.в.} = 0,05$ с. АПВ – успешное. Как и на какой стадии изменится развитие переходного процесса в случае неуспешного АПВ?

Тестовые задания для экспресс-опроса по дисциплине
«Электромеханические переходные процессы»

Вариант 1.

9. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «статическая устойчивость»?
- а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
 - б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
 - в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
10. Что из нижеперечисленного относится к параметрам режима?
- а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
11. Можно ли для явнополюсной машины составить традиционную схему замещения с неизменными сопротивлением и ЭДС?
- а) да;
 - б) нет;
 - в) затрудняюсь ответить.
12. С чем связан уровень частоты в системе?
- а) с балансом реактивной мощности;
 - б) с балансом активной мощности;
 - в) затрудняюсь ответить.
13. Основное допущение при использовании метода последовательных интервалов?
- а) на каждом интервале приращение угла δ неизменно;
 - б) в течение каждого интервала неизменно эквивалентное сопротивление системы;
 - в) в течение каждого интервала неизменно ускорение ротора, определенное в начале интервала.
14. В чем особенность регуляторов пропорционального действия – АРВ-ПД?
- а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.
15. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
- а) критерий Михайлова;
 - б) метод D-разбиения;
 - в) критерий Гурвица.
16. Что такое «электрический центр системы»?
- а) точка баланса активной мощности;
 - б) место подключения двух и более источников питания;
 - в) точка в системе, в которой напряжение при асинхронном ходе источников питания снижается до нуля.

Вариант 2.

9. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «динамическая устойчивость»?
- а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);

- б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
- в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
10. Что из нижеперечисленного относится к параметрам системы?
- активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
11. Какой параметр не меняется в первый момент изменения режима и служит связующим для режимов «до» и «после» возмущения?
- E'_q ;
 - E_q ;
 - E' .
12. С чем связан уровень напряжения в системе?
- с балансом реактивной мощности;
 - с балансом активной мощности;
 - затрудняюсь ответить.
13. В чем основная трудность определения изменения угла δ во времени?
- необходим большой объем счетной работы;
 - уравнение движения ротора не имеет аналитического решения;
 - требуются тщательные графические построения.
14. Почему мощность турбины при расчете электромеханических переходных процессов можно принимать неизменной?
- это постоянство обеспечивает оперативный персонал турбинного и котельного цехов;
 - это обеспечивается высокой инерционностью ротора турбины;
 - постоянные времени регуляторов турбины заметно превышают время собственно переходного процесса.
15. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
- метод D-разбиения;
 - критерий Гурвица;
 - критерий Михайлова.
16. Какова причина опрокидывания двигателей нагрузки?
- электрический момент двигателя становится меньше момента механизма;
 - в двигателе происходит короткое замыкание;
 - перегорают предохранители в цепи статора.

Вариант 3.

9. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «результатирующая устойчивость»?
- Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
 - Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
 - Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
10. Что из нижеперечисленного относится к параметрам процесса?
- активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во

вращающихся машинах;
в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.

11. Какие параметры системы изменяются с изменением режима?
 - а) активные сопротивления и проводимости;
 - б) реактивные сопротивления и проводимости;
 - в) коэффициенты трансформации, постоянные времени.
12. Что такое «осуществимость режима»?
 - а) наличие баланса активной мощности;
 - б) наличие баланса реактивной мощности;
 - в) наличие обоих условий
13. Как определяется предельный угол отключения короткого замыкания?
 - а) из графических построений угловых характеристик системы;
 - б) из равенства площадей ускорения и торможения;
 - в) аналитическим решением уравнения движения ротора в общем виде.
14. В чем особенность регуляторов сильного действия – АРВ-СД?
 - а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.
15. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) критерий Гурвица;
 - б) критерий Михайлова;
 - б) метод D-разбиения.
16. Представляет ли опасность для двигателя режим опрокидывания?
 - а) нет, режим аналогичен отключению машины от сети;
 - б) да, поскольку из-за перегрева обмоток двигатель выходит из строя;
 - б) затрудняюсь ответить.

- Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплин «Электро-механические переходные процессы» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах», часть 2, для специальностей 140205, 140211, заочная форма обучения

Курсивом выделены темы, изучаемые студентами самостоятельно

Номер недели	Номер темы	Вопросы изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Пр.	Лаб.		содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Седьмой семестр								
1	1	<i>Введение</i>			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах		2	
2	2.1	<i>Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости</i>					4	
3	2.2	<i>Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора</i>					6	
4	2.3	<i>Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления. -2 ч</i>					6	
5	3.1	<i>Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора</i>					6	
6	3.2	<i>Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. – 2ч</i>	3.5				6	
7	3.3	<i>Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.</i>					4	
8	4 4.1	<i>Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости</i> Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. – 1 ч.					4	
9	4.2	<i>Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.</i>					4	
10	4.3	<i>Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.</i>					6	

Продолжение таблицы

Продолжение таблицы									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
11	5	Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. – 1 ч.	3.8		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах				
	5.1						4		
12	5.2	Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. .						6	
13	5.3	Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.						4	
14	6	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации.						4	
15	6.2	Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе.						6	
16	6.3	Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.					6		
Выполнение курсовой работы									
1					Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева.	Выполнение КР	2		
2						Выполнение КР	2		
3						Выполнение КР	2		
4						Выполнение КР	2		
5						Выполнение КР	2		
6						Выполнение КР	2		
7						Выполнение КР	2		
8						Выполнение КР	2		
9						Выполнение КР	2		
10						Выполнение КР	2		
11						Выполнение КР	2		
12						Выполнение КР	2		
13						Выполнение КР	2		
14						Выполнение КР	2		
15						Выполнение КР	2	Защита КР	

- Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплин «Электро-механические переходные процессы» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах», часть 2, для специальностей 140205, 140211, заочная ускоренная форма обучения

Курсивом выделены темы, изучаемые студентами самостоятельно

Номер недели	Номер темы	Вопросы изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Пр.	Лаб.		содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Седьмой семестр								
1	1	<i>Введение</i>			Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах		2	
2	2.1	<i>Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости</i>					4	
3	2.2	<i>Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора</i>					4	
4	2.3	<i>Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления. -2 ч</i>	3.4				2	
5	3.1	<i>Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора</i>					2	
6	3.2	<i>Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Учет электромагнитных переходных процессов. – 2ч</i>	3.5				2	
7	3.3	<i>Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.</i>					2	
8	4 4.1	<i>Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости</i> Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования. Основные допущения и области применения. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. – 2 ч.					2	
9	4.2	<i>Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.</i>					4	
10	4.3	<i>Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия. Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.</i>					4	

Продолжение таблицы

Продолжение таблицы								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	5	Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования. Статические и динамические характеристики нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД). Практический критерий статической устойчивости АД. Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности. – 2 ч.	3.8		Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах			
	5.1						2	
12	5.2	Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению. Поведение нагрузки при больших возмущениях. .					4	
	5.3	Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах. Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.					2	
13	6	Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, условие ресинхронизации.					2	
14	6.2	Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. Виды регулирования первичных двигателей. Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе.					4	
	6.3	Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.					4	
Выполнение курсовой работы								
1					Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева.	Выполнение КР	2	
2						Выполнение КР	2	
3						Выполнение КР	2	
4						Выполнение КР	2	
5						Выполнение КР	2	
6						Выполнение КР	2	
7						Выполнение КР	2	
8						Выполнение КР	2	
9						Выполнение КР	2	
10						Выполнение КР	2	
11						Выполнение КР	2	
12						Выполнение КР	2	
13						Выполнение КР	2	
14						Выполнение КР	2	
15						Выполнение КР	2	Защита КР

2.1.3. График самостоятельной работы студентов (очная форма обучения):

Номер недели	Содержание	Объем в часах	Форма контроля	Сроки контроля
Седьмой семестр				
1	2	3	4	5
1	Изучение материала лекции	1		
2	Подготовка к практическому занятию «Составление схемы замещения и определение параметров исходного режима для различных видов АРВ»	1		
3	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
4	Подготовка к практическому занятию «Векторная диаграмма синхронного генератора»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
5	Изучение материала лекции	2	Тест	На текущей неделе
6	Подготовка к практическому занятию «Статическая устойчивость»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
7	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
8	Подготовка к практическому занятию «Определение предельного угла отклонения КЗ»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
9	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
10	Подготовка к практическому занятию «Метод площадей»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
11	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос Тест	На текущей неделе
12	Подготовка к практическому занятию «Метод последовательных интервалов»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
13	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос	На текущей неделе
14	Подготовка к практическому занятию «Метод последовательных интервалов – уточненный расчет»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
15	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос Тест	На текущей неделе
16	Подготовка к практическому занятию «Характеристики и устойчивость нагрузки»	2	Обсуждение задачи	На текущей неделе
Восьмой семестр				
1	Выполнение КР	2		
2	Выполнение КР	2		
3	Выполнение КР	2		
4	Выполнение КР	4	Проверка расчетов	На текущей неделе
5	Выполнение КР	2		
6	Выполнение КР	2		
7	Выполнение КР	4	Проверка расчетов	На текущей неделе
8	Выполнение КР	2		
9	Выполнение КР	2		
10	Выполнение КР	4	Проверка расчетов	На текущей неделе
11	Выполнение КР	2		
12	Выполнение КР	2		
13	Выполнение КР	4	Проверка листов графики	На текущей неделе
14	Выполнение КР	6	Защита КР	

2.1.4. Методические рекомендации по проведению практических занятий.

Практическое занятие проводится по следующему плану:

- тема занятия доводится до сведения студентов заблаговременно, на занятия они должны прийти, проработав соответствующий раздел либо по материалам лекций, либо самостоятельно;
- путем выборочного опроса выясняется степень усвоения основных тре-

бований к соответствующему устройству автоматики и путей реализации этих требований; разбираются допущенные ошибки и неточности;

- в аудитории решается типовый пример;

- дается индивидуальная задача для самостоятельного решения.

При подготовке к занятиям рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.

2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях/ Под ред. В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1999

3. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283 с. - (Серия «Учебники НГТУ»).

4. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая. школа., 1985.

2.1.5. Методические рекомендации по проведению лабораторных работ.

Лабораторный практикум по данной дисциплине не предусмотрен.

2.1.6. Краткий конспект лекций.

Конспект лекций в электронную форму переводится в настоящее время, работа еще не завершена. В его основу положены материалы книг:

Л-1: Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283 с. - (Серия «Учебники НГТУ»).

Л-2: Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М: Высшая. школа., 1978.

Поэтому ниже для каждой лекции приведены только основные вопросы и ссылки на соответствующие разделы книг.

Введение - 2 часа

Основные понятия и определения электроэнергетических систем (ЭЭС).

Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими.

Суть электромеханических переходных процессов (ЭМПП).

Устойчивость ЭЭС

Л-1, с. 7-9, 169-173; Л-2, с. 11-23.

Раздел 2: Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости – 6 часов.

Лк-1.

Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП.

Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора.

Уравнение механического движения ротора генератора

Л-1, с. 13-28, 178-179; Л-2, с. 47-50.

Лк-2.

Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора.

Л-1, с. 179-187; Л-2, с. 140-149.

Лк-3.

Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.

Л-1, с. 187-193; Л-2, с. 63-65.

Раздел 3: Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближённого решения уравнения движения ротора генератора – 6 часов.

Лк-1.

Динамическая устойчивость. Причины и характер больших возмущений в электрической системе.

Задачи исследования динамической устойчивости.

Допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора.

Способ площадей, допущения и область применения.

Определение предельного угла отключения короткого замыкания.

Л-1, с. 215-225; Л-2, с. 79-100.

Лк-2.

Численное решение уравнения движения ротора генератора.

Метод последовательных интервалов.

Учет электромагнитных переходных процессов.

Л-1, с. 225-229; Л-2, с. 111-140.

Лк-3.

Влияние демпфирования.

Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора.

Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

Л-1, с. 229-231; Л-2, с. 93-100, 85-90.

Раздел 4: Метод малых колебаний; статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости – 6 часов.

Лк-1.

Статическая устойчивость ЭЭС. Задачи и методы исследования.

Основные допущения и области применения.

Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости.

Метод малых колебаний. Необходимые и достаточные условия статиче-

ской устойчивости.

Л-1, с. 193-204; Л-2, с. 140-149.

Лк-2.

Статическая устойчивость и малые колебания в нерегулируемой системе.

Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Л-1, с. 193-204; Л-2, с. 145-158.

Лк-3.

Регулирование возбуждения, его задачи.

Анализ статической устойчивости простейшей ЭЭС с учетом автоматического регулятора возбуждения (АРВ) пропорционального действия.

Статическая устойчивость ЭЭС с АРВ сильного действия.

Л-1, с. 193-204; Л-2, с. 158-191.

Раздел 5: Переходные процессы в узлах нагрузки системы, устойчивость узлов нагрузки – 6 часов.

Лк-1.

Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования.

Статические и динамические характеристики нагрузки.

Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя (АД).

Практический критерий статической устойчивости АД.

Изменение условий статической устойчивости АД при его работе от источника соизмеримой мощности.

Л-1, с. 204-212; Л-2, с. 191-208.

Лк-2.

Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления.

Общие принципы построения практических критериев. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок.

Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению.

Поведение нагрузки при больших возмущениях.

Л-1, с. 205-212; Л-2, с. 192-199, 201-208.

Лк-3.

Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах.

Численное решение уравнения движения ротора АД при больших возмущениях. Поведение АД нагрузки при коротких замыканиях.

Л-1, с. 208-212; Л-2, с. 208-243.

Раздел 6: Понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения

генератора из синхронизма, условие ресинхронизации – 6 ч.

Лк-1.

Асинхронные режимы в ЭЭС. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования.

Причины возникновения асинхронного режима.

Понятие результирующей устойчивости.

Процесс выпадения из синхронизма, необходимое условие ресинхронизации.

Практические способы восстановления синхронного режима.

Л-1, с. 252-257; Л-2, с. 303-340.

Лк-2.

Изменения частоты в электроэнергетических системах. Причины и характер изменения частоты.

Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии.

Виды регулирования первичных двигателей.

Статические характеристики нерегулируемых и регулируемых первичных двигателей в системе.

Л-1, с. 258-261; Л-2, с. 340-349.

Лк-3.

Определение динамических характеристик частоты в системе.

Лавина частоты и способы ее предотвращения.

Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС.

Л-1, с. 263-265; Л-2, с. 349-352.

2.1.7. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.

Изложены в учебном пособии: Методические указания по выполнению курсовой работы по курсу «Электромеханические переходные процессы в электрических системах», составитель *Степанов А.С.* – Благовещенск, 1989, 32с.

В настоящее время пособие перерабатывается, подготовлен электронный вариант: *Козлов А.Н., Степанов А.С. Электромеханические переходные процессы*: Пособие к решению задач и курсовому проектированию. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. Пособие находится в стадии апробации: записывается студентам на их носители с просьбой все: неясные моменты обсуждать с разработчиками пособия.

При выполнении курсовой работы можно также воспользоваться учебным пособием: **Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях**. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996. Это учебное пособие (электронный вариант) включено в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

2.1.8. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Лабораторный практикум по данной дисциплине не предусмотрен.

2.1.9. Методические указания к практическим занятиям

Изложены в учебном пособии: *Козлов А.Н., Степанов А.С. Электромеханические переходные процессы*: Пособие к решению задач и курсовому проектированию. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.- Электронный вариант. Пособие находится в стадии апробации: записывается студентам на их носители с просьбой: все неясные моменты обсуждать с разработчиками пособия.

При подготовке к практическим занятиям можно также воспользоваться учебным пособием: **Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях**. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996. Это учебное пособие (электронный вариант) включено в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

2.1.10. Методические указания к выполнению контрольных работ

Выполнение контрольных работ по данной дисциплине запланировано для студентов заочной и заочной ускоренной форм обучения. Методические указания изложены в учебном пособии:

Козлов А.Н., Степанов А.С. Электромеханические переходные процессы: Пособие к решению задач и курсовому проектированию. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. - Электронный вариант. Пособие находится в стадии апробации: записывается студентам на их носители с просьбой: все неясные моменты обсуждать с разработчиками пособия.

При решении контрольной работы можно также воспользоваться учебным пособием: **Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях**. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996. Это учебное пособие (электронный вариант) включено в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

2.1.11. Перечень программных продуктов

При выполнении индивидуальных заданий по практическим занятиям, подготовке пояснительных записок и листов графики по курсовой работе студентам рекомендуется пользоваться пакетами прикладных программ Microsoft Office Visio, Mathcad, Word, и др.

2.1.12. Методические указания по применению современных информационных технологий

Большое количество сложного иллюстративного материала – формул, графиков, алгоритмов – требует применения мультимедийного оборудования. В настоящее время идет комплектация альбома вспомогательного материала и иллюстраций и перевод в электронную форму, поэтому в настоящем издании

УМКД иллюстрации не приведены.

2.1.13. Методические указания по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний

1. Входной контроль. Проводится лектором на одном из первых занятий. Цель – оценить степень освоения разделов предыдущих дисциплин, необходимых при изучении читаемого курса.

Форма контроля – тестовые задания, разрабатываемые лектором.

Оценка не выставляется, т.к. основное назначение входного контроля – выявление пробелов и «слабых мест» у большей части аудитории и внесение соответствующих корректив в планы проведения лекционных и практических занятий.

2. Межсессионный контроль (контрольные точки). Проводится по результатам выполнения и защиты лабораторных работ, либо по результатам практических занятий. Если учебным планом лабораторные и практические занятия не предусмотрены, контрольная точка проставляется лектором на основании решения студентами тестовых заданий промежуточного контроля.

Критерии оценки:

«отлично» - студент работает в соответствии с рабочим учебным планом; все задания выполнены и защищены;

«хорошо» - студент работает в соответствии с рабочим учебным планом; задания своевременно выполнены, но частично - не защищены;

«удовлетворительно» - работа студента – не в полном соответствии с рабочим учебным планом: задания выполнены, но защиты не было;

«неудовлетворительно» - работа студента – не в полном соответствии с рабочим учебным планом: большая часть заданий не выполнена (в том числе и из-за пропусков);

«не аттестован» - при очень большом количестве пропусков занятий и практически полном невыполнении рабочего учебного плана.

3. Экзаменационный контроль.

3.1. Курсовые проекты и работы.

Защищаются перед специальной комиссией, выделенной кафедрой, с участием непосредственного руководителя проекта (работы) и рецензента.

Критерии оценки:

«отлично» - проект (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основные выводы по проекту (работе). Студент свободно ориентируется в вопросах, затронутых в проекте (работе); при наличии графической части – умеет «прочитать» чертеж и дать необходимые пояснения;

«хорошо» - проект (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основные выводы по проекту (работе), но при защите студент допускает неточности в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части;

«удовлетворительно» - проект (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основ-

ные выводы по проекту (работе), но при защите выявляется, что студент испытывает заметные затруднения и допускает серьезные неточности в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части;

либо проект (работа) выполнен с отступлениями от требований ГОСТ, с ошибками, отражающимися на основных выводах по проекту (работе), даже если на защите студент может объяснить, как следует исправлять допущенные ошибки;

«неудовлетворительно» - проект (работа) выполнен с грубыми ошибками, влияющими на основные выводы по проекту (работе), либо на защите студент не может объяснить, как следует исправлять допущенные ошибки, либо допускает грубые ошибки в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части. ***В любом случае проект возвращается на доработку.***

3.2. Экзамены.

На экзамены выносятся материал дисциплины за семестр. При необходимости в билеты могут включаться основные вопросы, рассмотренные в предыдущем семестре. Перечень вопросов, включаемых в билеты, доводится до сведения студентов до начала подготовки к экзамену.

В билеты включаются не менее двух вопросов по лекционной части курса и в обязательном порядке – хотя бы один вопрос по практической части, или задача.

Критерии оценки:

«отлично» - выполнены все задания билета; студент свободно ориентируется в теоретических и практических вопросах и правильно отвечает на дополнительные вопросы;

«хорошо» - выполнены все задания билета, но студент допускает неточности в ответах на теоретические и практические вопросы, в т.ч. и на дополнительные;

«удовлетворительно» - выполнено практическое задание билета. Ответы на теоретическую часть билета – неполные, с ошибками, но на дополнительные вопросы ответы – в принципе верные;

«неудовлетворительно» - не выполнено практическое задание билета, либо при ответах на теоретическую часть билета и дополнительные вопросы допущены грубые ошибки и неточности, показывающие, что студент имеет серьезные пробелы в освоении дисциплины.

4. Контроль остаточных знаний. Проводится по тестовым заданиям, разработанным кафедрой. Критерии оценки разрабатываются под каждый блок тестов, но общие рекомендации - следующие:

«отлично» - правильные ответа даны на 75% вопросов теста и более;

«хорошо» - правильные ответа даны на 60-75% вопросов теста;

«удовлетворительно» - правильные ответа даны на 50-60% вопросов теста;

«неудовлетворительно» - правильные ответа даны менее чем на 50% вопросов теста.

2.1.13. Комплекты заданий для лабораторных и практических работ

Лабораторный практикум для данной дисциплины не предусмотрен.

Задания для практических работ содержатся в учебном пособии: *Козлов А.Н., Степанов А.С. Электромеханические переходные процессы: Пособие к решению задач и курсовому проектированию.* – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. - Электронный вариант. Пособие находится в стадии апробации.

А также в учебном пособии:

Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.А.Строева. - М: Знак, 1996.



Это учебное пособие (электронный вариант) включено в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

2.1.14. Фонды тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине.

Тестовые задания для экспресс-опроса по дисциплине
«Электромеханические переходные процессы»

Вариант 1.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «статическая устойчивость»?
 - а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
 - б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
 - в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам режима?
 - а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
3. Можно ли для явнополюсной машины составить традиционную схему замещения с неизменными сопротивлением и ЭДС?
 - а) да;
 - б) нет;
 - в) затрудняюсь ответить.
4. С чем связан уровень частоты в системе?
 - а) с балансом реактивной мощности;
 - б) с балансом активной мощности;
 - в) затрудняюсь ответить.
5. Основное допущение при использовании метода последовательных интервалов?
 - а) на каждом интервале приращение угла δ неизменно;
 - б) в течение каждого интервала неизменно эквивалентное сопротивление системы;
 - в) в течение каждого интервала неизменно ускорение ротора, определенное в начале интервала.
6. В чем особенность регуляторов пропорционального действия – АРВ-ПД?
 - а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.
7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) критерий Михайлова;
 - б) метод D-разбиения;
 - в) критерий Гурвица.
8. Что такое «электрический центр системы»?
 - а) точка баланса активной мощности;
 - б) место подключения двух и более источников питания;
 - в) точка в системе, в которой напряжение при асинхронном ходе источников питания снижается до нуля.

Вариант 2.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «динамическая устойчивость»?

- а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
- б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
- в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.
2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам системы?
- а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
- б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
- в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.
3. Какой параметр не меняется в первый момент изменения режима и служит связующим для режимов «до» и «после» возмущения?
- а) E'_q ;
- б) E_q ;
- в) E' .
4. С чем связан уровень напряжения в системе?
- а) с балансом реактивной мощности;
- б) с балансом активной мощности;
- в) затрудняюсь ответить.
5. В чем основная трудность определения изменения угла δ во времени?
- а) необходим большой объем счетной работы;
- б) уравнение движения ротора не имеет аналитического решения;
- в) требуются тщательные графические построения.
6. Почему мощность турбины при расчете электромеханических переходных процессов можно принимать неизменной?
- а) это постоянство обеспечивает оперативный персонал турбинного и котельного цехов;
- б) это обеспечивается высокой инерционностью ротора турбины;
- в) постоянные времени регуляторов турбины заметно превышают время собственно переходного процесса.
7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
- а) метод D-разбиения;
- б) критерий Гурвица;
- в) критерий Михайлова.
8. Какова причина опрокидывания двигателей нагрузки?
- а) электрический момент двигателя становится меньше момента механизма;
- б) в двигателе происходит короткое замыкание;
- в) перегорают предохранители в цепи статора.

Вариант 3.

1. Какое из нижеприведенных определений отвечает понятию «результатирующая устойчивость»?
- а) Это способность системы восстанавливать после большого возмущения исходное состояние, или состояние, близкое к исходному (допустимое по условиям эксплуатации системы);
- б) Это способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения, или, если возмущение не снято – режим, близкий к исходному;
- в) Это способность системы после нарушения устойчивости и допустимого по условиям эксплуатации асинхронного хода восстанавливать синхронную работу.

2. Что из нижеперечисленного относится к параметрам процесса?
 - а) активная, реактивная, полная мощность, ток, напряжение, частота;
 - б) изменение электромагнитных явлений в электрических цепях, изменение механических явлений во вращающихся машинах;
 - в) полные, активные и реактивные сопротивления и проводимости элементов, коэффициенты трансформации, постоянные времени.

3. Какие параметры системы изменяются с изменением режима?
 - а) активные сопротивления и проводимости;
 - б) реактивные сопротивления и проводимости;
 - в) коэффициенты трансформации, постоянные времени.

4. Что такое «осуществимость режима»?
 - а) наличие баланса активной мощности;
 - б) наличие баланса реактивной мощности;
 - в) наличие обоих условий

5. Как определяется предельный угол отключения короткого замыкания?
 - а) из графических построений угловых характеристик системы;
 - б) из равенства площадей ускорения и торможения;
 - в) аналитическим решением уравнения движения ротора в общем виде.

6. В чем особенность регуляторов сильного действия – АРВ-СД?
 - а) затрудняюсь ответить;
 - б) работа этих регуляторов возможна только с запаздыванием и требует наличия зоны нечувствительности;
 - в) эти регуляторы могут реагировать на изменение режима практически без запаздывания.

7. Какой из приведенных ниже критериев позволяет определить зону возможного изменения параметров настройки регуляторов?
 - а) критерий Гурвица;
 - б) критерий Михайлова;
 - в) метод D-разбиения.

8. Представляет ли опасность для двигателя режим опрокидывания?
 - а) нет, режим аналогичен отключению машины от сети;
 - б) да, поскольку из-за перегрева обмоток двигатель выходит из строя;
 - в) затрудняюсь ответить.

2.1.16. Комплекты экзаменационных билетов

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

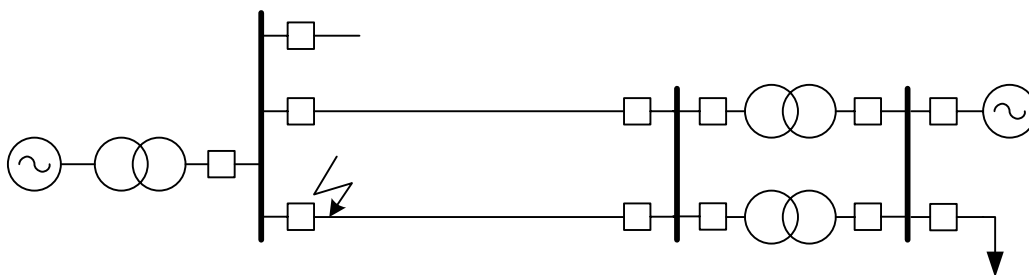
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Понятие устойчивости работы электрической системы. Виды устойчивости. Допущения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.
2. Векторная диаграмма явнополюсного генератора
3. В начале линии – см. рис. – произошло двухфазное КЗ. Отключение линии – одновременно с двух сторон. Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Изменится ли что-либо, если КЗ – трехфазное? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

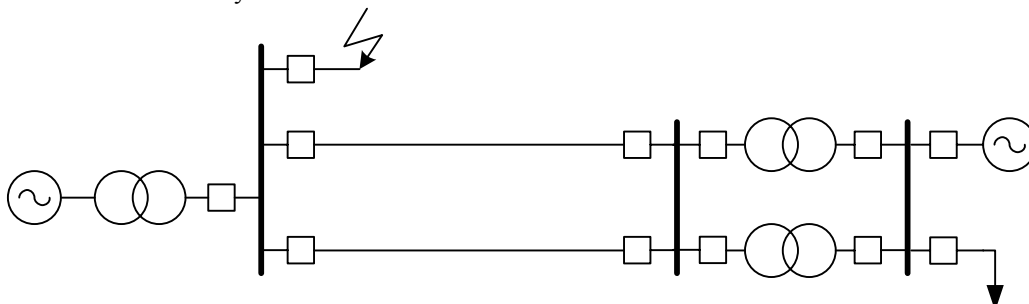
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Смысл практических критериев устойчивости.
2. Критерии устойчивости узлов нагрузки. Лавина напряжения.
3. На линии, находящейся под охранным напряжением – см. рис. – произошло однофазное КЗ; к моменту срабатывания защиты и подачи команды на выключатель КЗ перешло в трехфазное. Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадки ускорения и торможения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

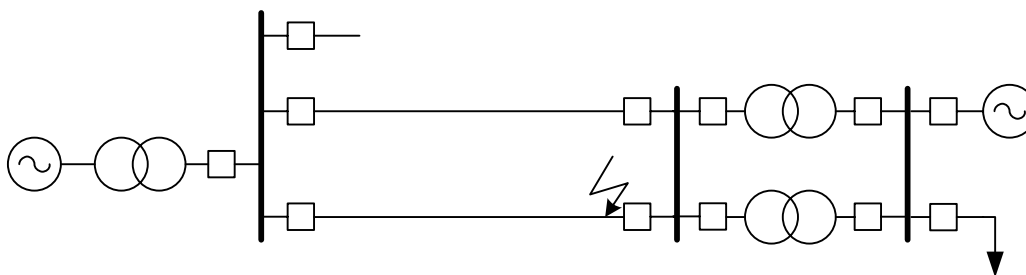
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Характеристика мощности при сложной связи генератора с приемной системой. Какими схемами замещения может представляться ЛЭП? От чего зависит выбор схемы замещения ЛЭП?
2. Устойчивость узлов нагрузки
3. В конце линии – см. рис. – произошло двухфазное КЗ, на которое реагируют штатные ступени дистанционной защиты. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Изменится ли что-либо, если КЗ – трехфазное? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

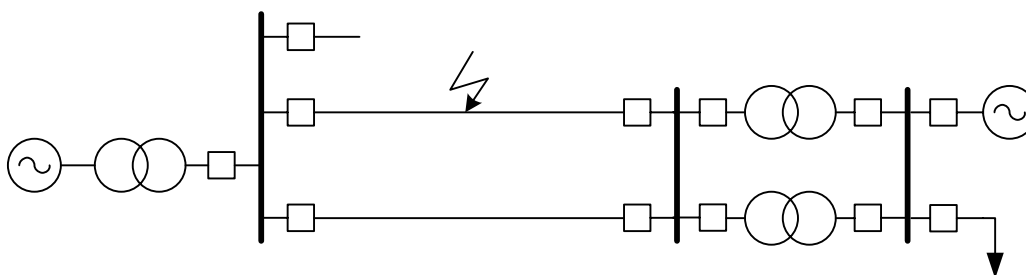
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Характеристика мощности простейшей системы с регулируемыми генераторами
2. Понятие электрического центра системы
3. В середине линии – см. рис. – произошло двухфазное КЗ, на которое реагируют штатные ступени дистанционной защиты. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

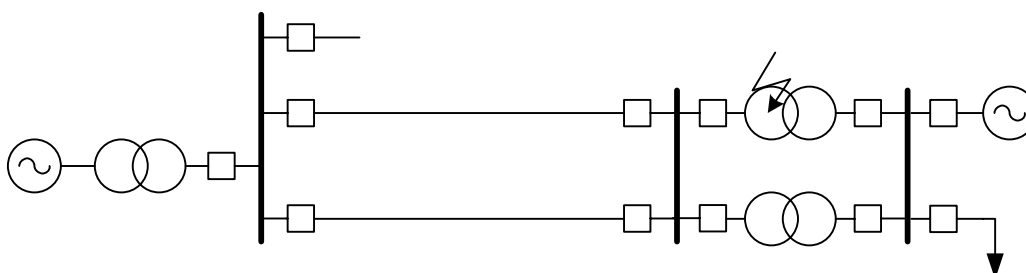
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ без зоны нечувствительности
2. Регулирующий эффект нагрузки и его влияние на устойчивость
3. На трансформаторе – см. рис. – сработала на отключение газовая защита. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Изменится ли что-либо, если КЗ отключит дифференциальная защита? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

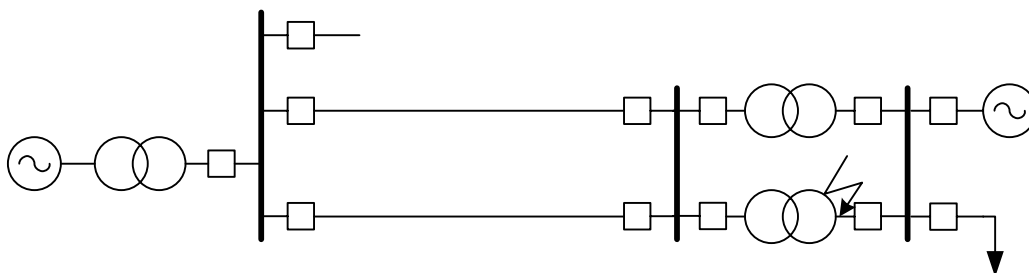
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Устойчивость работы генератора, имеющего АРВ с зоной нечувствительности.
2. Характеристика элементов нагрузки
3. На трансформаторе – см. рис. – сработала МТЗ. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Изменится ли что-либо, если КЗ отключит дифференциальная защита? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

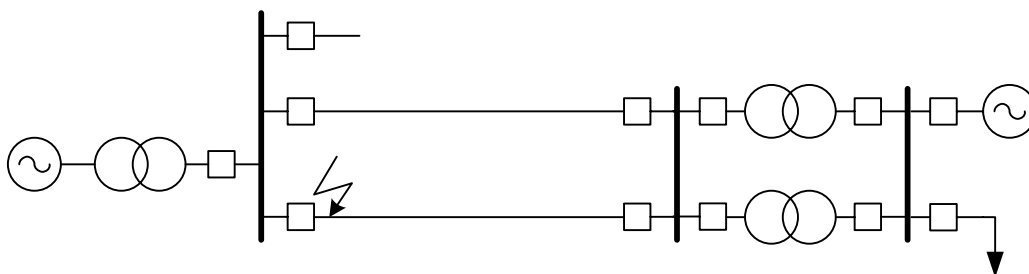
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Устойчивость многомашинной системы
2. Электрическое торможение как способ повышения динамической устойчивости.
3. В начале линии – см. рис. – произошло однофазное КЗ, на которое сработали соответствующие ступени ТЗНП. В каком порядке будут отключаться выключатели линии? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

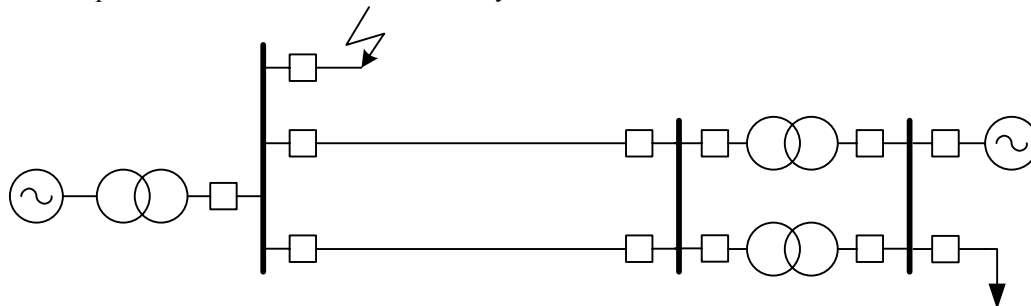
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Векторная диаграмма неявнополюсного синхронного генератора
2. Процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях.
3. На линии, находящейся под охранным напряжением – см. рис. – произошло однофазное КЗ. После его отключения произведено АПВ. Попытка АПВ - неудачная (КЗ не устранилось), линия осталась отключенной. Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадки ускорения и торможения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

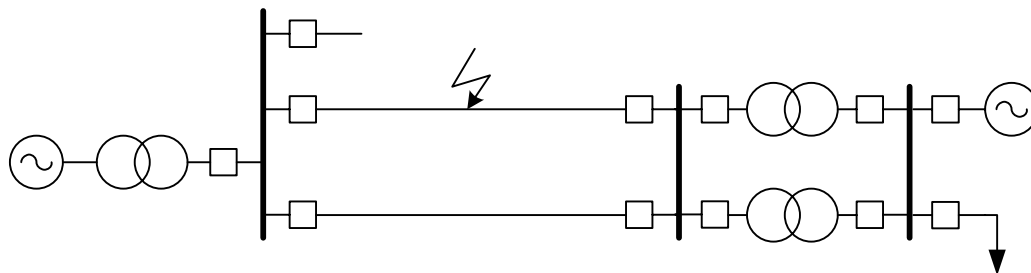
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Характеристики мощности синхронного генератора, получаемые из векторной диаграммы.
2. Импульсная разгрузка как метод повышения динамической устойчивости
3. В середине линии – см. рис. – произошло двухфазное КЗ; на приемной стороне – отказ основной защиты. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

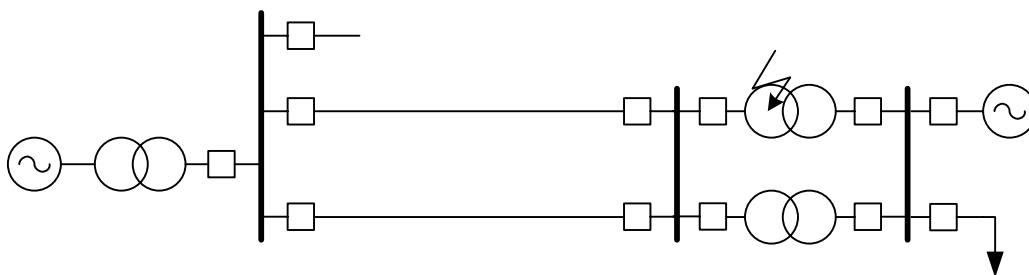
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

1. Практические критерии статической устойчивости. Как определяется запас статической устойчивости?
2. Уравнение движения ротора. Метод последовательных интервалов.
3. На трансформаторе – см. рис. – сработала дифференциальная защита. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Изменится ли что-либо, если КЗ отключит МТЗ? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

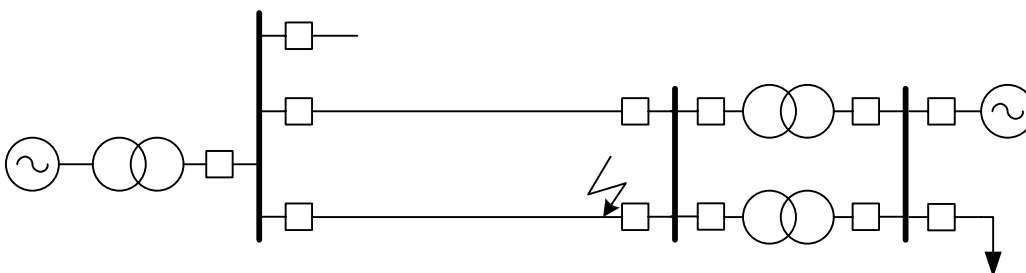
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

1. Оценка динамической устойчивости простейшей электрической системы
2. Обеспечение устойчивости двигателей при набросе мощности.
3. В конце линии – см. рис. – произошло двухфазное КЗ на землю; на выключателе приемной стороны - отказ основной защиты. Каков порядок отключения выключателей? Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадь ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

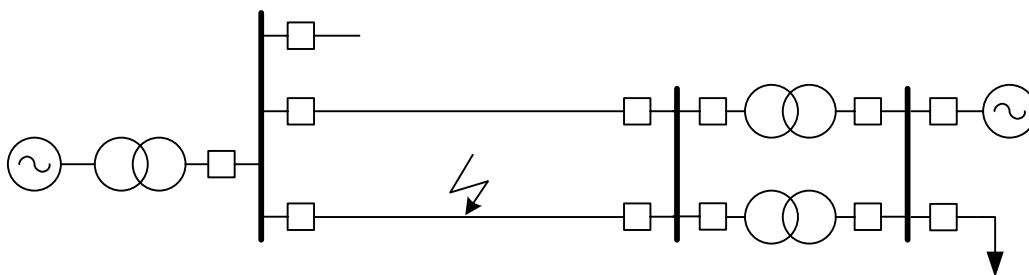
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Влияние регулирующего эффекта нагрузки на устойчивость работы генератора
2. Способы повышения динамической устойчивости.
3. В середине линии – см. рис. – произошло трехфазное КЗ. АПВ – неуспешное, линия осталась отключенной. Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадь ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

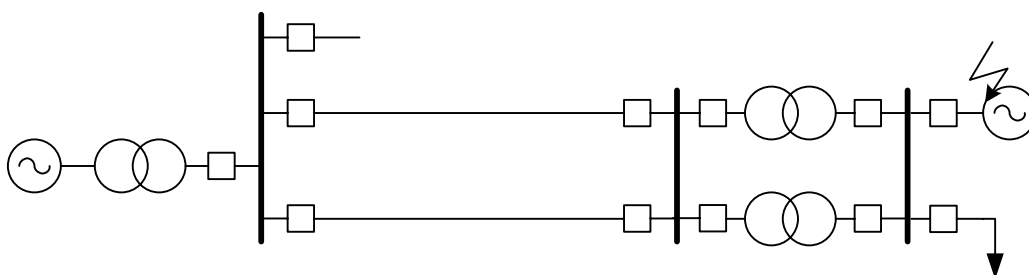
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

1. Общая формулировка правила площадей. Принимаемые допущения. Ограничения способа площадей
2. Какие задачи решает метод D-разбиения?
3. Из-за КЗ – см. рис. – отключается связь с системой. Отразится ли это на работе нагрузки? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

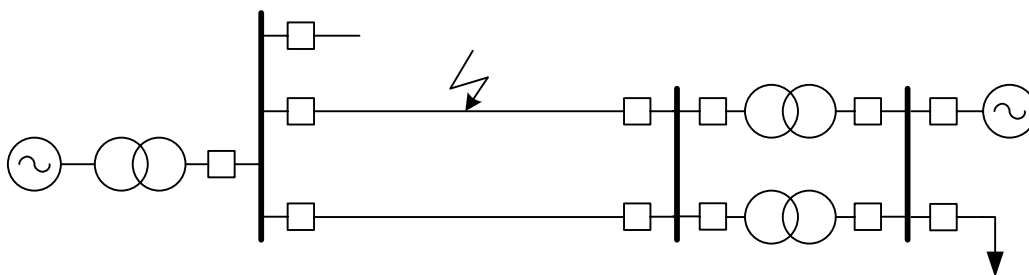
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

1. Почему E'_q не изменяется в первый момент изменения режима?
2. Основные допущения, принимаемые при использовании метода последовательных интервалов. Соображения о выборе величины интервала.
3. В середине линии – см. рис. – произошло трехфазное КЗ. При попытке отключения повреждения отказал выключатель на приемной стороне линии. Как выглядят характеристики мощности нормального и аварийного режимов и площадка ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

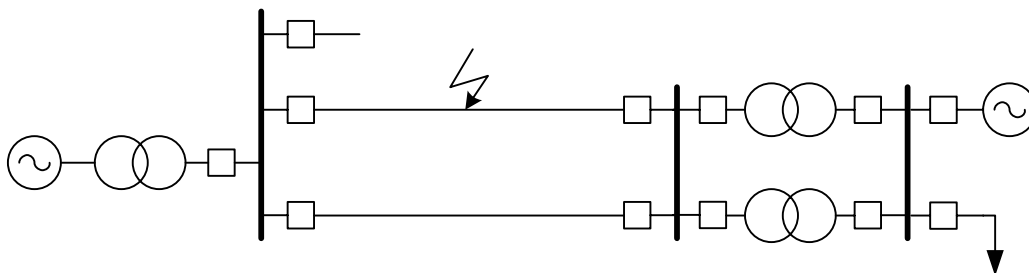
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

1. Что такое «аварийный шунт» и какую величину имеет он при различных авариях (КЗ)?
2. Какой характер имеют изменения угла и электрической мощности синхронного генератора при устойчивом переходе от одного режима к другому?
3. В середине линии – см. рис. – произошло трехфазное КЗ. При попытке отключения повреждения отказал выключатель на приемной стороне линии. Как ликвидировать КЗ? Как выглядят характеристики мощности нормального, аварийного и послеаварийного режимов и площадь ускорения в осях $P-\delta$? Ответ обоснуйте.



АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

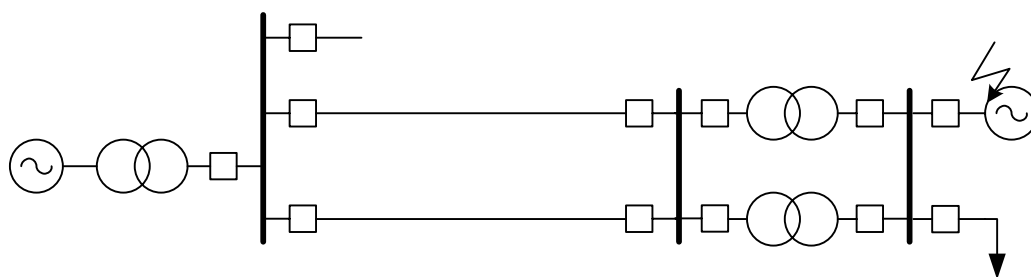
Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Электромеханические переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

1. Каковы причины «опрокидывания» асинхронных двигателей нагрузки? Как развивается этот процесс? Может ли он оказать влияние на режим системы?
2. Методы повышения динамической устойчивости (на примере простейшей системы).
3. Из-за КЗ – см. рис. – отключается связь с системой. Отразится ли это на работе нагрузки? Ответ обоснуйте.



2.1.17. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава

Вид нагрузки	Профессорско-преподавательский состав
Лекции	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Практические занятия	Козлова Е.В., ассистент
Лабораторные работы	-
Курсовая работа	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Зачет	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Экзамен	Козлов А.Н., к.т.н., доцент