

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.В. Савина

« 31 » 05 20 18 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

Направление подготовки *13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"*

Направленность *Электроэнергетика*
(профиль)
образовательной
программы

Квалификация выпускника – *бакалавр*
Программа подготовки – *прикладной бакалавриат*
Год набора *2018*
Форма обучения *очная*

Курс *третий*

Семестр *шестой*

Лекции *36 (акад. час)*

Экзамен *6 семестр 27 (акад. час.)*

Практические занятия *36 (акад. час.)*

Самостоятельная работа *45 (акад. час.)*

Общая трудоемкость дисциплины *144 (акад. час.), 4 (з.е.)*

Курсовая работа

Семестр *6*

Составитель *А.Н. Козлов, доцент, канд. тех. наук*

Факультет *энергетический*

Кафедра *энергетики*

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики
« 30 » 05 2018 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой  Н.В. Савина

Рабочая программа одобрена на заседании УМС направления подготовки 13.03.02- «Электроэнергетика и электротехника»

« 30 » 05 2018г., протокол № 12

Председатель  Ю.В. Мясоедов
(подпись, И.О.Ф.)

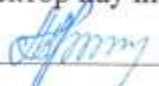
СОГЛАСОВАНО
Начальник учебно-методического управления

 Н.А. Чалкина
« 30 » 05 2018г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедры

 Н.В. Савина
« 30 » 05 2018г.

СОГЛАСОВАНО
Директор научной библиотеки

 Л.А. Проказина
« 30 » 05 2018г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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.

Основными задачами 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, четко представлять особенности протекания электромеханических процессов в системах электроснабжения и в асинхронных режимах электроэнергетических систем;

- 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.

Изучение основ электромеханических переходных процессов базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах «Электрические машины», «Математические задачи в энергетике» (раздел «Методы численного интегрирования»), «Электромагнитные переходные процессы в ЭЭС».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО:

Дисциплина «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрена Федеральным государственным образовательным стандартом подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» в качестве обязательной дисциплины вариативной части учебного плана.

Базовыми для данной дисциплины являются курсы «Высшая математика» (раздел «Дифференциальное и интегральное исчисление»), «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Математические задачи электроэнергетики» (раздел «Методы численного интегрирования»), «Электроэнергетические системы и сети» (разделы «Конструкция воздушных и кабельных линий», «Схемы замещения ВЛ и КЛ»), «Электромагнитные переходные процессы в ЭЭС».

В свою очередь данная дисциплина является основой для изучения дисциплин «Диспетчерское и технологическое управление», «Эксплуатация электрооборудования», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способности использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3);
- способности рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- **знать** физику переходных электромеханических процессов в синхронных и асинхронных машинах (ОПК-3), основные допущения и методы анализа статической и динамической устойчивости электрических систем (ОПК-3), теоретическое обоснование классификации основных мероприятий по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости электрических систем (ПК-6);

- **уметь** применять способ площадей и методы численного интегрирования уравнения движения генератора при анализе динамической устойчивости с учетом различных способов регулирования возбуждения, как для простых, так и для сложных электрических систем (ПК-6);

- **иметь навыки** применения метода малых колебаний при анализе статической устойчивости (ОПК-3, ПК-6).

4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

Разделы	Компетенции	
	ОПК-3	ПК-6
<i>Модуль 1 «Статическая устойчивость электрической системы»</i>	+	+
<i>Модуль 2 «Динамическая устойчивость электрической системы»</i>	+	+
<i>Модуль 3 «Метод малых колебаний»</i>	+	+
<i>Модуль 4 «Переходные процессы в узлах нагрузки»</i>	+	+
<i>Модуль 5 «Понятие результирующей устойчивости энергосистемы»</i>	+	+

5. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы, **144** академических часа.

№ п/п	Модуль дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в акад. часах)				Формы текущего контроля
				Лк.	Пр.	Лб.	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<p>Модуль 1 «Статическая устойчивость электрической системы»</p> <p>1.1 Введение</p> <p>1.2 Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП.</p> <p>1.3 Уравнение механического движения ротора генератора.</p> <p>1.4 Угловые характеристики мощности</p>	6	1 2 3 4	2 2 2 2			2 3	Посещение лекций. Экспресс-опрос (тест). Отчеты по выполнению практических работ.
2	<p>Модуль 2 «Динамическая устойчивость электрической системы»</p> <p>2.1 Понятие динамической устойчивости</p> <p>2.2 Способ площадей, допущения и область применения.</p> <p>2.3 Метод последовательных интервалов.</p>		5 6,7 8,9	2 4 4	6 6 6		4 4 4	Посещение лекций. Отчеты по выполнению практических и лабораторных работ.
3	<p>Модуль 3 «Метод малых колебаний»</p> <p>3.1 Задачи и методы исследования статической устойчивости ЭЭС</p> <p>3.2 Виды нарушения устойчивости ЭЭС</p> <p>3.3 Регулирование возбуждения, его задачи</p>		10 11 12	2 2 2	2		2	Посещение лекций. Экспресс-опрос (тест). Отчеты по выполнению практических работ.
4	<p>Модуль 4 «Переходные процессы в узлах нагрузки»</p> <p>4.1 Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС. Задачи исследования</p> <p>4.2 Практические критерии для узлов комплексных нагрузок</p>		13 14	2 2	2 4		2 2	Посещение лекций. Экспресс-опрос (тест). Отчеты по выполнению практических и

Продолжение таблицы структуры дисциплины

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4.3 Поведение нагрузки при больших возмущениях		15	2	4		4	лабораторных работ.
5	Модуль 5 «Понятие результирующей устойчивости энергосистемы» 5.1 Асинхронные режимы в ЭЭС 5.2 Причины и характер изменения частоты в ЭЭС 5.3 Определение динамических характеристик частоты в системе.		16	2				Посещение лекций. Экспресс-опрос (тест).
	Выполнение и защита курсовой работы – 6 семестр						18	Выполнение и защита курсовой работы

**6. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

6.1 ЛЕКЦИИ

Семестр 6

Модуль 1 «Статическая устойчивость электрической системы»

Тема 1.1. Введение. Место дисциплины в учебном плане. Объем (в часах) лекций, практических и лабораторных занятий. Отчетность. Рекомендуемая литература. 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 1.2. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа ЭМПП. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного турбогенератора и гидрогенератора при анализе ЭМПП. Уравнение переходного процесса в обмотке возбуждения генератора.

Тема 1.3. Уравнение механического движения ротора генератора. Векторная диаграмма простейшей электрической системы. Выражения для мощностей через различные ЭДС генератора.

Тема 1.4. Угловые характеристики мощности. Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления, при учете активных сопротивлений и проводимостей в схеме замещения и для идеализированной системы – без потерь.

Модуль 2 «Динамическая устойчивость электрической системы»

Тема 2.1. Понятие динамической устойчивости. Причины и характер больших возмущений в электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости.

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

Тема 2.2. Способ площадей, допущения и область применения. Способ площадей, допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания и критического угла.

Представление процесса на фазовой плоскости. Обобщение способа площадей на схему двух станций.

Тема 2.3. Метод последовательных интервалов. Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов. Составление циклограммы и порядок расчета электромеханического переходного процесса в простейшей системе.

Учет электромагнитных переходных процессов. Влияние демпфирования. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения генератора. Особенности расчета переходных процессов в сложной системе.

Модуль 3 «Метод малых колебаний»

Тема 3.1. Задачи и методы исследования статической устойчивости ЭЭС. 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.

Тема 3.2. Виды нарушения устойчивости ЭЭС. Нарушения устойчивости в виде сползания, самораскачивания и самовозбуждения и способы их подавления.

Тема 3.3. 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.

Модуль 4 «Переходные процессы в узлах нагрузки»

Тема 4.1. 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. Лавина напряжения - причина возникновения и средства подавления. Общие принципы построения практических критериев.

Тема 4.2. Практические критерии для узлов комплексных нагрузок. Статические характеристики и регулирующие эффекты мощности нагрузок по напряжению.

Тема 4.3. 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.

Модуль 5 «Понятие результирующей устойчивости энергосистемы»

Тема 5.1. 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.

Тема 5.2. Причины и характер изменения частоты в ЭЭС. 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.

Тема 5.3. Определение динамических характеристик частоты в системе. Лавина частоты и способы ее предотвращения. Автоматическая частотная разгрузка, мероприятия по обеспечению требуемого уровня частоты в ЭЭС. Динамические свойства электроэнергетических систем.

Семестр 6

Выполнение и защита курсовой работы.

6.2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

На практических занятиях решают задачи по оценке устойчивости простейшей электроэнергетической системы при различных возмущениях. В рамках часов отведенных на эти занятия, могут быть выполнены работы из следующего перечня:

№№ п/п	Тема практической работы	Продолжительность, акад. час.
1	2	3
1	Составление схемы замещения и определение параметров исходного режима для различных видов АВР.	4
2	Векторная диаграмма синхронного генератора	4
3	Статическая устойчивость. Пределы мощности и пределы устойчивости	4
4	Определение предельного угла отключения короткого замыкания	4
5	Определение площадок ускорения и торможения, критического угла, запаса динамической устойчивости	4
6	Метод последовательных интервалов для системы с нерегулируемым генератором	4
7	Уточненный расчет методом последовательных интервалов - для системы с регулируемым генератором	4
8	Управление динамическим переходом за счет отключения части генераторов	4
9	Управление динамическим переходом за счет использования импульсной разгрузки паровой турбины	4
10	Управление динамическим переходом за счет использования электрического торможения гидроагрегата	4
11	Статическая устойчивость нагрузки	4
12	Динамическая устойчивость нагрузки	4
13	Ручное и дистанционное подключение к сети синхронного генератора	4
14	Определение угловых характеристик $P = f(\delta)$, $Q = f(\delta)$, $U = f(\delta)$ синхронного генератора	4
15	Работа автономной электрической системы.	4

Продолжение таблицы тем практических занятий

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
16	Определение предельного времени отключения короткого замыкания	4
17	Определение предельного времени восстановления напряжения на шинах асинхронного электродвигателя	4
18	Оценка устойчивости ЭЭС при успешном и неуспешном АПВ	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

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.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
1	<i>Модуль 1 «Статическая устойчивость электрической системы»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	5
2	<i>Модуль 2 «Динамическая устойчивость электрической системы»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	12
3	<i>Модуль 3 «Метод малых колебаний»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	2
4	<i>Модуль 4 «Переходные процессы в узлах нагрузки»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	8
5	<i>Модуль 5 «Понятие результирующей устойчивости энергосистемы»</i>	-	-
	<i>Семестр 6</i>	Выполнение и защита курсовой работы.	18

7.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов по дисциплине

1. Электромеханические переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию / А. Н. Козлов, В. А. Козлов; АмГУ, Эн. ф.. - 3-е изд., испр. . - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 136 с

Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7747.pdf

2. Лизалек Н.Н. Динамические свойства энергосистем при электромеханических колебаниях. Структурная организация движений и устойчивость [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лизалек Н.Н., Тонышев В.Ф. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 212 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45086>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Строев, Владимир Андреевич. Исследование переходных процессов и устойчивости сложных регулируемых электроэнергетических систем [Текст]: учеб.

7.2. 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 ниже. Обязательным приложением к пояснительной записке является один лист графической части.

7.2.1. Вариант задания на курсовую работу по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»:

Курс: третий
Направление: 13.03.02
Группа: 542062
Студент:

Вариант 01

Срок сдачи курсовой работы на проверку: апреля 20.... 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 ($U_c = const$).

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 $E'_q = const$;
- 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: $t_{c.з.} = 0$, $t_{o.в.} = 0,1$ с; выключатель Q2 (со стороны Т2) – второй ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.} = 0,05$ с, $t_{o.в.} = 0,1$ 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?

Руководитель курсовой работы _____ Козлов А.Н.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры и т.д.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 16 академических часов

- при чтении лекций:

Номер модуля, темы, лекции	Обсуждаемые вопросы	Используемые приемы интерактивного обучения	Количество акад. часов
1	2	3	4
Модуль 1, тема 1.4	Определение угловых характеристик мощности через собственные и взаимные сопротивления.	Лекция с разбором конкретных ситуаций	2
Модуль 2, Тема 2.3, лекция 1	Составление циклограммы и порядок расчета электромеханического переходного процесса в простейшей системе.	Лекция с разбором конкретных ситуаций	2
Модуль 4, Тема 4.3	Пуск АД, работа при толчкообразной нагрузке на валу, при резких снижениях напряжения на зажимах.	Лекция с разбором конкретных ситуаций	2

Номер модуля, темы, лекции	Обсуждаемые вопросы	Используемые приемы интерактивного обучения	Количество акад. часов
Модуль 5, Тема 5.3	Лавина частоты и способы ее предотвращения. Динамические свойства электроэнергетических систем.	Лекция с разбором конкретных ситуаций	2

- при выполнении практических занятий:

Тема практического занятия	Используемые приемы интерактивного обучения	Количество акад. часов
Уточненный расчет методом последовательных интервалов - для системы с регулируемым генератором	Разбор конкретных ситуаций	2
Управление динамическим переходом за счет использования импульсной разгрузки паровой турбины	Разбор конкретных ситуаций	2
Определение предельного времени отключения короткого замыкания	Разбор конкретных ситуаций	2
Оценка устойчивости ЭЭС при успешном и неуспешном АПВ	Разбор конкретных ситуаций	2

Задание студентам для подготовки к выполнению практического занятия или лабораторной работы имитирует реальное событие; с преподавателем обсуждаются цели работы и ход ее выполнения; при защите работы – обсуждение и анализ полученных результатов; обсуждение теоретических положений, справедливость которых была установлена в процессе выполнения практического занятия или лабораторной работы.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах».

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- экспресс-опрос лектора по итогам изучения модулей курса с помощью промежуточных тестов (образцы тестовых заданий для экспресс-опроса приведены ниже);
- выполнение и защита отчетов по практическим занятиям.

9.1. Подготовка конспектов по темам на самостоятельное изучение

- 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

9.2. Экзаменационные вопросы

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

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

а) основная литература:

1. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 153 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/CD886D50-C8F3-4582-AB8D-D32E0CF35D1B.

2. Воропай, Н.И. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. И. Воропай. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2013. – 151 с.
Перейти: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7102.pdf

б) дополнительная литература:

1. Электромеханические переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : сборник задач / Д.В. Армеев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 127 с. — 978-5-7782-1388-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45200.html>

2. Куликов, Юрий Алексеевич. Переходные процессы в электрических системах [Текст]: Учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ / Ю.А. Куликов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та; М.: Мир: АСТ, 2003. – 284 с.

3. Строев, Владимир Андреевич. Исследование переходных процессов и устойчивости сложных регулируемых электроэнергетических систем [Текст]: учеб. пособие: лаборатор. практикум / В.А. Строев, Н.Г. Филиппова, Т.И. Шелухина. – М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2003. - 68 с.

4. Воропай Н.И. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: метод. указания к практ. занятиям / Н. И. Воропай; АмГУ, Эн. ф. – Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. – 100 с. –
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7078.pdf .

5. Электромеханические переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию / А. Н. Козлов, В. А. Козлов; АмГУ, Эн. ф.. - 3-е изд., испр. . - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 136 с
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7747.pdf

6. Веников, Валентин Андреевич. Переходные электромеханические процессы в электрических системах [Текст]: учеб.: доп. Мин. высш. образ. / В. А. Веников. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 415 с.

7. Лизалек Н.Н. Динамические свойства энергосистем при электромеханических колебаниях. Структурная организация движений и устойчивость [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лизалек Н.Н., Тонышев В.Ф. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 212 с. –
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45086>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Перечень программного обеспечения (обеспеченного лицензией)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	Windows 7 Pro – DreamSparkPremiumElectronicSoftwareDelivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года

№	Перечень программного обеспечения (свободно распространяемого)	Реквизиты подтверждающих документов (при наличии)
1	Mozilla	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 https://www.mozilla.org/en-US/MPL/
2	Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html На условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html
3	Firefox	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 https://www.mozilla.org/en-US/MPL/
3	WinDjView	бесплатное распространение по лицензии GNU GPL http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.htm
4	LibreOffice	бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	ЭБС ЛАНЬ http://e.lanbook.com/	Электронно-библиотечная система, включающая в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. В пакете Инженерно- Технические науки содержится коллекция Издательского дома МЭИ
2	ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
3	ЭБС ЮРАЙТ https://www.biblio-online.ru/	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.

г) сайты работодателей – предприятий и организаций региона

Наименование сайта	Краткая характеристика
1	2
http://www.drsk.ru/	Акционерное общество «Дальневосточная распределительная сетевая компания» (АО «ДРСК») осуществляет деятельность по передаче и транспортировке электрической энергии по распределительным сетям на территории Амурской области, Хабаровского края, Еврейской автономной области, Приморского края, Южного района республики САХА (Якутия).
http://www.burges.rushydro.ru/	<p>Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» – «Бурейская ГЭС» (сокращенное наименование – Филиал ПАО «РусГидро» – «Бурейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007 (протокол №38).</p> <p>Основные функции в Дальневосточной энергосистеме: выдача мощности и выработка электроэнергии; принятие неравномерной нагрузки; участие в регулировании основных параметров энергосистемы; обеспечение аварийного резерва, как кратковременного по мощности, так и длительного – по энергии; резкое повышение надежности функционирования всей энергосистемы региона.</p>
http://www.zges.rushydro.ru/	<p>Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» – «Зейская ГЭС» (сокращенное наименование – Филиал ПАО «РусГидро» – «Зейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007 (протокол №38).</p> <p>В Дальневосточной энергосистеме Зейская ГЭС осуществляет следующие функции: выдача мощности и выработка электроэнергии; регулирование частоты; прием суточных и недельных неравномерностей нагрузки по энергосистеме; аварийный резерв, как кратковременный по мощности, так и длительный по энергии</p>

1	2
http://www.soups.ru/index.php?id=rdu_amur	<p>Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Амурской области» (Амурское РДУ) осуществляет функции оперативно-диспетчерского управления объектами электроэнергетики на территории Амурской области, а также Алданского и Нерюнгринского районов (улусов) Республики Саха (Якутия) и входит в зону операционной деятельности Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока.</p>
http://www.dvec.ru/amur-blag/	<p>Публичное акционерное общество «Дальневосточная энергетическая компания» (ПАО «ДЭК») образовано путем слияния региональных энергосистем Дальнего Востока и осуществляет деятельность на территории Приморья, Хабаровского края, Амурской области, ЕАО.</p> <p>Филиал «Амурэнергосбыт» поставляет электроэнергию потребителям на территории Амурской области.</p>
http://www.fsk-ees.ru/	<p>Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью (ЕНЭС) с целью ее сохранения и развития.</p> <p>Амурское ПМЭС (Амурское предприятие магистральных электрических сетей) – предприятие, входящее в состав филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Востока и осуществляющее эксплуатацию линий электропередачи (ЛЭП) и подстанций (ПС) напряжением 220 кВ и сверхвысокого напряжения (500 кВ) в Амурской области и на юге Республики Саха (Якутия).</p>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основные виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»:

1. Самостоятельная работа с лекционным материалом.
2. Самостоятельное изучение разделов, тем и отдельных вопросов программы дисциплины с использованием рекомендованной литературы и Интернет-ресурсов.
3. Подготовка к практическим занятиям.
4. Подготовка рефератов.
5. Подготовка к экзамену.

Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 1–2 часа ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 2 часов работы перерыв - 20-25 минут.

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. Для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать.

Несколько общих советов по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями.

1. Конспект лекций по каждой дисциплине должен быть в отдельной тетради.
2. Конспект должен легко восприниматься зрительно. Выделяйте заголовки, отделите один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.
3. При прослушивании лекции обращайтесь внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «итак», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты.
4. Не пытайтесь записывать каждое слово лектора. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения.
5. Используйте общепринятую аббревиатуру. Придумайте собственную систему сокращений, аббревиатур и символов, удобную только вам.
6. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Методические рекомендации по работе с лекционным материалом

1. Внимательно прочитайте конспект лекции.
2. Дополните конспект материалом из учебных пособий, учебников, типовой лекции (типовые лекции представлены в локальной сети).
3. Выделите основные физические понятия, рассмотренные на лекции.
4. Основные определения выучите наизусть.
5. Проанализируйте вывод основных формул, самостоятельно повторите выводы.
6. Отметьте неясные и трудные для себя вопросы и попытайтесь разобраться в них с помощью учебных пособий.
7. Обязательно обратитесь за консультацией к преподавателю, чтобы получить ответы на непонятые вопросы.

Практические занятия проводятся для того, чтобы студент получил навыки в решении вопросов оценки устойчивости вращающихся машин и электроэнергетических систем. На первом занятии целесообразно устроить входной контроль, на последнем – комплексную проверку качества знаний студентов.

При изложении кратких теоретических сведений рекомендуется систематизировать и обобщить материал, выделив при этом главные моменты. В процессе изложения материала целесообразно вовлекать студентов в его анализ, активизировать процесс мышления студентов за счет средств интенсивного обучения.

Блиц-опрос студентов или небольшая самостоятельная работа по теме практического занятия позволят лучше усвоить ход решения задач, понять их сущность.

При решении задач можно использовать разные формы. Например, преподаватель, решая задачу на доске, поясняет ее и привлекает к работе всю группу путем вопросов, постоянно подводя студентов к правильному решению.

Другая форма решения задач - самостоятельная работа студентов под контролем

преподавателя с пояснением наиболее трудных моментов. Возможно решение задачи на доске студентом, но в этом случае преподаватель руководить процессом решения и вовлекает в работу всю группу.

Как правило, защита индивидуальных домашних заданий должна проводиться во внеаудиторное время, а на практическом занятии следует показать типовые ошибки, проанализировать результаты выполнения и защиты индивидуальных заданий, отметить лучшие и худшие из них, предложить студентам в виде деловой игры принять решение по устранению замечаний.

В конце практического занятия преподаватель называет тему следующего, указывает разделы теоретического материала, которые студент должен освоить для наиболее эффективного решения задач, выдает домашнее задание.

Реферат может быть подготовлен по заданной теме на основе двух-трех источников, либо большого количеством книг, статей, справочной литературы материалов деловых и научно-популярных газет и журналов, Интернета. В реферате должны присутствовать характерные компоненты: раскрытие содержания основных концепций; цитирование мнений некоторых специалистов по данной проблеме; текстовые дополнения. Точка зрения студента обязательна при написании реферата и оформляется с помощью терминов: «на наш взгляд», «считаем, что».

Основные формы контроля знаний, предусмотренные рабочей программой дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», это экзамен.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и один качественный, вопросы подбираются из различных разделов и тем, изучаемых в семестре. Время подготовки к ответу на экзамене составляет 30-40 минут.

При ответе на вопросы билета студент должен продемонстрировать знание теоретического материала и умение применить его анализе качественного вопроса, изложение материала должно быть четким, кратким и аргументированным. Ответ на экзамене оценивается в баллах.

На подготовку к экзамену выделяется, как правило, от 3 до 5 дней. В течение этого времени студент можете только повторить и систематизировать изученный материал, но не выучить его.

Для успешной сдачи экзамена рекомендуется соблюдать несколько правил:

1. Подготовка к экзамену должна проводиться систематически, в течение всего семестра.
2. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена.
3. Каждый вопрос следует проработать по конспекту лекций, по учебнику или учебному пособию.
4. После повтора каждого вопроса нужно, закрыв конспект и учебники, самостоятельно вывести формулы, воспроизвести иллюстративный материал с последующей самопроверкой.
5. Все трудные и не полностью понятые вопросы следует выписывать на отдельный лист бумаги, с последующим уточнением ответов на них у преподавателя на консультации.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

Занятия по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий

семинарского типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки **13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата)**.

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций. Для проведения лабораторных и практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются технологические схемы, температурные карты, модели процессов. Практические работы проводятся с использованием стационарного и переносного компьютерных классов кафедры энергетики.

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»
направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
направленность (профиль) образовательной программы: Электроэнергетика

В соответствии с учебным планом для заочной формы обучения предусмотрено

Год набора 2018

Экзамен 3 курс, 9 академических часов

Лекции 4 (академических часов)

Практические занятия 4 (академических часов)

Самостоятельная работа 127 (академических часов)

Курсовая работа 3 курс

Общая трудоемкость дисциплины 144 (академических часов), 4 (з.е.)

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1	Уравнение механического движения ротора генератора, угловые характеристики мощности, виды нарушения устойчивости ЭЭС	3	2	2	16	Выполнение и защита практической работы
2	Динамическая устойчивость электрической системы	3			16	
3	Способ площадей, метод последовательных интервалов	3			18	
4	Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС.	3	2	2	16	Выполнение и защита практической работы
5	Практические критерии для узлов комплексных нагрузок	3			16	
6	Поведение нагрузки при больших возмущениях	3			18	
7	Выполнение и защита курсовой работы	3			27	Защита курсовой работы
	ИТОГО	3			127	Экзамен (9 академических часов)

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Уравнение механического движения ротора генератора, угловые характеристики мощности, виды нарушения устойчивости ЭЭС	Проработка лекционного материала. Выполнение и защита практических работ	16
2	Динамическая устойчивость электрической системы		16
3	Способ площадей, метод последовательных интервалов		18
4	Переходные процессы в узлах нагрузки ЭЭС.		16
5	Практические критерии для узлов комплексных нагрузок		16
6	Поведение нагрузки при больших возмущениях		18

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
7	Выполнение и защита курсовой работы	Выполнение курсовой работы и ее защита	27