




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

Н.И. Игнатьев
(подпись)

УТВЕРЖДАЮ
Директор Департамента энергетических систем

К.А. Штым
(подпись)
22 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Организация и управление инжинирингом электроэнергетических систем
Форма подготовки: очная

курс 1 семестр 1
лекции 18 час.
практические занятия 54 час.
лабораторные работы не предусмотрены
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.
зачет не предусмотрен
экзамен 1 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. №147.
Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от 22 декабря 2021 г. №3.

Директор департамента	К.А. Штым
Составители: доцент	К.М. Иванов
ст. преподаватель	Н.И. Игнатьев

Владивосток
2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является подготовка магистрантов к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода, умения строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлении их качественного и количественного анализа, формирование у специалиста:

- умения составлять расчетные схемы и рассчитывать параметры схем замещения электрической системы;
- умения анализировать устойчивость системы в различных режимах ее работы;
- навыков расчетов по выбору параметров, обеспечивающих сохранение устойчивости электроэнергетических систем.

Задачи дисциплины:

- изучение основ теории электромеханических переходных процессов в электрических системах;
- анализ физических явлений и процессов, происходящих как в отдельных элементах электрических систем, так и при их совместной работе;
- приобретение практических навыков оценки устойчивости в электроэнергетических системах.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

Наименование категории (группы) профессиональных компетенций	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательская	ПК-5 – Способен к анализу процессов распределения и потребления электроэнергии	ПК-5.1 – Определяет критерии анализа процессов распределения и потребления электроэнергии
		ПК-5.2 – Анализирует процессы распределения и потребления электроэнергии в определённом

		режиме энергетических систем
		ПК-5.3 – Предлагает мероприятия по оптимизации процессов распределения и потребления электроэнергии энергетических систем

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.1 – Определяет критерии анализа процессов распределения и потребления электроэнергии	Знает правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, определяющие параметры объектов профессиональной деятельности
	Умеет определять критерии моделирования объектов профессиональной деятельности
	Владеет навыками определения критериев моделирования объектов профессиональной деятельности
ПК-5.2 – Анализирует процессы распределения и потребления электроэнергии в определённом режиме энергетических систем	Знает порядок управления режимами работы энергосистемы, принципы моделирования объектов профессиональной деятельности
	Умеет создавать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
	Владеет навыками создания моделей объектов энергетики с целью изучения режимов работы и эксплуатационного состояния элементов электроэнергетической системы
ПК-5.3 – Предлагает мероприятия по оптимизации процессов распределения и потребления электроэнергии энергетических систем	Знает критерии оценки эффективности моделей объектов профессиональной деятельности
	Умеет оценивать эффективность управляющих воздействий при изменении эксплуатационного состояния или технологического режима работы линий электропередачи, оборудования, устройств; прогнозировать электроэнергетический режим энергосистемы при изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий электропередачи, оборудования и устройств
	Владеет навыками анализа эффективности созданных моделей объектов профессиональной деятельности

II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часов). Форма обучения – очная.

Структура дисциплины, виды учебных занятий и работы обучающегося представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Виды учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации
ОК	Онлайн-курс

Таблица 4 – Структура дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Конт роль	
1	Раздел 1. Основные положения устойчивости электроэнергетической системы	1	8	-	22				экзамен
2	Раздел 2. Влияние возмущающих воздействий на устойчивость электроэнергетической системы	1	10	-	32	-	45	27	
Итого:		1	18	-	54	-	45	27	экзамен

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)

Раздел 1. Основные положения устойчивости электроэнергетической системы (8 часов)

Тема 1. Электромагнитная и электромеханическая модели системы. Устойчивость простейшей электрической системы (6 часов)

Уравнения Парка-Горева. Уравнения электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения и поперечной демпферной обмотке. Уравнение движения ротора синхронной и асинхронной машин. Уравнения сети. Схемы замещения элементов системы. Теорема Ляпунова. Характеристическое уравнение. Анализ корней характеристического уравнения. Сползание режима. Самораскачивание. Предел статической устойчивости.

Тема 2. Автоматические регуляторы возбуждения пропорционального и сильного действия. Метод площадей (2 часа)

Назначение регулятора возбуждения. Автоматический регулятор возбуждения. Сравнительный анализ автоматических регуляторов возбуждения разного типа. Причины и характер больших возмущений.

Обоснование метода площадей. Определение размаха колебаний и проверка устойчивости при набросе нагрузки.

Раздел 2. Влияние возмущающих воздействий на устойчивость электроэнергетической системы (10 часов)

Тема 3. Влияние короткого замыкания на динамическую устойчивость. Статические характеристики мощности асинхронных двигателей, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (4 часа)

Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
Численные методы интегрирования уравнения движения ротора.
Определение предельного времени отключения короткого замыкания.
Статические характеристики мощности асинхронных двигателей.
Критическое скольжение и напряжение двигателя, работающего в сложной электрической системе. Лавина напряжения при наличии асинхронной нагрузки. Влияние компенсирующих устройств на устойчивость узлов нагрузки.

**Тема 4. Резкие изменения режима в системах электроснабжения.
Процесс нарушения синхронной работы генераторов, с использованием
метода активного обучения «лекция-беседа» (4 часа)**

Наброс момента на вал: синхронного двигателя; асинхронного двигателя. Перерывы питания в системе электроснабжения. Расчеты допустимого времени действия возмущений в системе электроснабжения. Пуск: синхронного двигателя; асинхронного двигателя; определение времени пуска. Упрощенная методика расчета самозапуска двигателей по остаточному напряжению. Возникновение асинхронного режима. Параметры элементов электрических систем при асинхронных режимах. Выпадение из синхронизма, асинхронный ход: опасные последствия асинхронного режима; способы ликвидации асинхронного режима.

**Тема 5. Восстановление синхронной работы генераторов.
Изменение частоты и мощности в энергосистеме (2 часа)**

Вхождение в синхронизм асинхронно работающих генераторов. Ресинхронизация энергосистем. Меры повышения: динамической устойчивости; результирующей устойчивости. Виды регулирования частоты и их взаимодействие. Характеристики системы при изменении частоты. Автоматическая частотная разгрузка. Восстановление баланса мощности в отделившихся частях энергосистемы. Понятие живучести и надежности.

Аварии в электрических системах. Мероприятия по улучшению устойчивости систем.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (54 часа)

**Раздел 1. Основные положения устойчивости
электроэнергетической системы (22 часа)**

**Занятие 1. Определение собственных и взаимных проводимостей
между узлами схем замещения электрической системы (4 часа)**

1. Активно-индуктивный характер проводимости.
2. Активно-емкостной характер проводимости.
3. Собственные проводимости.
4. Взаимные проводимости.

**Занятие 2. Характеристики зависимости активной и реактивной
мощности от угла электропередачи при различных схемах замещения, с
использованием метода активного обучения «семинар-дискуссия» (4
часа)**

1. Характеристика активной мощности.
2. Характеристика реактивной мощности.
3. Расчёт характеристик мощности в простейшей схеме.

**Занятие 3. Анализ поведения системы после возмущающих
воздействий с помощью интегрирования уравнения движения ротора по
методу последовательных интервалов, с использованием метода
активного обучения «семинар-дискуссия» (4 часа)**

1. Уравнение движения ротора.

2. Метод последовательных интервалов.
3. Оценка устойчивости системы на основании характера переходного процесса.

Занятие 4. Анализ статической устойчивости простейшей нерегулируемой системы с учетом демпферного момента, с использованием метода активного обучения «семинар-дискуссия» (4 часа)

1. Уравнение электромагнитной мощности с учётом демпферного момента.
2. Метод Эйлера.
3. Оценка устойчивости системы при наличии коэффициента демпфирования.

Занятие 5. Оценка запаса статической устойчивости, с использованием метода активного обучения «семинар-дискуссия» (2 часа)

1. Коэффициент запаса статической устойчивости.
2. Расчёт коэффициента запаса в простейшей схеме.
3. Анализ зависимости коэффициента запаса от напряжения и сопротивления электропередачи.

Занятие 6. Определение параметров АРВ пропорционального действия (4 часа)

1. Назначение АРВ.
2. Корректор напряжения.
3. Токовое компаундирование.

Раздел 2. Влияние возмущающих воздействий на устойчивость электроэнергетической системы (32 часа)

Занятие 7. Определение предельного угла и предельного времени отключения короткого замыкания, с использованием метода активного обучения «семинар-дискуссия» (4 часа)

1. Динамическая устойчивость.
2. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
3. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.

Занятие 8. Линеаризация угловой характеристики мощности на отрезке движения по аварийной характеристике и аналитическое решение уравнения движения ротора (4 часа)

1. Операторный метод решения дифференциальных уравнений.
2. Линеаризация угловой характеристики мощности на отрезке движения по аварийной характеристике.
3. Аналитическое решение уравнения движения ротора.

Занятие 9. Оценка предела устойчивости станции, связанной с системой соизмеримой мощности, с использованием метода активного обучения «семинар-дискуссия» (6 часов)

1. Предел устойчивости станции.
2. Математическая модель станции, связанной с системой соизмеримой мощности.
3. Расчёт устойчивости станции, связанной с системой соизмеримой мощности.

Занятие 10. Расчёт допустимого времени перерыва питания в системе электроснабжения (6 часов)

1. Перерыв питания асинхронного двигателя.

2. Перерыв питания синхронного двигателя.
3. Расчёт допустимого времени перерыва питания.

Занятие 11. Упрощенный расчет самозапуска двигателей по остаточному напряжению (4 часа)

1. Самозапуск асинхронных двигателей.
2. Расчёт остаточного напряжения.
3. Оценка допустимости самозапуска.

Занятие 12. Характер изменений электрических параметров при асинхронном режиме (4 часа)

1. Виды асинхронных режимов.
2. Электромагнитный момент при несинхронной скорости вращения генератора.
3. Опасные последствия асинхронных режимов.

Занятие 13. Влияние баланса активной мощности на частоту в энергосистеме (4 часа)

1. Частотные характеристики нагрузки.
2. Характеристика регулятора скорости турбины.
3. Лавина частоты.

Самостоятельная работа (72 часа)

Раздел 1. Основные положения устойчивости электроэнергетической системы (20 часов)

1. Подготовка письменного задания.
2. Решение индивидуальных домашних заданий.
3. Подготовка к устному опросу и тестированию.

Раздел 2. Влияние возмущающих воздействий на устойчивость электроэнергетической системы (25 часов)

1. Подготовка письменного задания.
2. Решение индивидуальных домашних заданий.
3. Подготовка к устному опросу и тестированию.

Подготовка к экзамену (27 часов)

1. Повторение пройденного в рамках дисциплины материала.
2. Подготовка к промежуточной аттестации в соответствии с вопросами к экзамену.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» включает в себя:

- характеристику заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

В вариантах ИДЗ по оценке статической устойчивости задаётся схема сложной сети с двумя генераторами и системой, параметры элементов сети, отключаемый элемент для создания ремонтной схемы, параметры исходного режима электропередачи, величины возмущения режима.

Для выполнения задач ИДЗ студентам выдаются методические указания по анализу статической устойчивости энергосистемы.

В вариантах ИДЗ по оценке динамической устойчивости задаётся схема сложной сети с двумя генераторами и системой, параметры элементов сети, отключаемый элемент для создания ремонтной схемы, параметры исходного режима электропередачи, вид и место короткого замыкания.

Для выполнения задач ИДЗ студентам выдаются методические указания по анализу динамической устойчивости энергосистемы.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде письменного отчета, содержащего полный расчёт искомых параметров, графики и эквивалентные схемы, получаемые в процессе их преобразования.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами.

Материал представляется в следующей последовательности:

- задание на ИДЗ;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты ИДЗ. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки в расчётах или в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Таблица 5 – Контроль достижения целей курса

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Основные положения устойчивости электроэнергетических систем	ПК-5.1 – Определяет критерии анализа процессов распределения и	Знает правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, определяющие параметры объектов профессиональной деятельности	Устный опрос, выполнение ИДЗ, тестирование	Экзамен. Вопросы 1-18 перечня типовых экзаменационных вопросов

	энергетической системы	потребления электроэнергии	<p>Умеет определять критерии моделирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>Владеет навыками определения критериев моделирования объектов профессиональной деятельности</p>		
2	Раздел 2. Влияние возмущающих воздействий на устойчивость электроэнергетической системы	<p>ПК-5.2 – Анализирует процессы распределения и потребления электроэнергии в определенном режиме энергетических систем</p> <p>ПК-5.3 – Предлагает мероприятия по оптимизации и процессов распределения и потребления электроэнергии энергетических систем</p>	<p>Знает порядок управления режимами работы энергосистемы, принципы моделирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>Умеет создавать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности</p> <p>Владеет навыками создания моделей объектов энергетики с целью изучения режимов работы и эксплуатационного состояния элементов электроэнергетической системы</p> <p>Знает критерии оценки эффективности моделей объектов профессиональной деятельности</p> <p>Умеет оценивать эффективность управляющих воздействий при изменении эксплуатационного состояния или технологического режима работы линий электропередачи, оборудования, устройств; прогнозировать электроэнергетический режим энергосистемы при изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий</p>	Устный опрос, выполнение ИДЗ, тестирование	Экзамен. Вопросы 19-42 перечня типовых экзаменационных вопросов

			электропередачи, оборудования и устройств		
			Владеет навыками анализа эффективности созданных моделей объектов профессиональной деятельности		

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Кудряков А.Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник / Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 263 с. - Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/70289.html>

2. Аксютин В.А. Переходные процессы в электрических цепях : учебное пособие / Аксютин В.А.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 112 с. - Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/91302.html>

3. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : учебно-методическое пособие к курсовому проектированию / . — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2017. — 136 с. - Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/103937.html>

Дополнительная литература

1. Гамазин С.И., Садыкбеков Т.А., Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой, Алма-Ата: Издательство «Гылым», 1991. - 302 с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:710842&theme=FEFU>

2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: «Высшая школа», 1985. - 536 с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:381656&theme=FEFU>

3. Веников В.А., Зуев Э.Н., Портной М.Г., Электрические системы. Управление переходными режимами электроэнергетических систем: учебник для вузов. Под ред. В.А. Веникова.– Москва: Высшая школа, 1982. - 247 с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:663599&theme=FEFU>

4. СО 153-34.20.576-2003. Методические указания по устойчивости энергосистем. – М.: Министрстро энергетики РФ, 2003. - 10 с. - Режим доступа: <http://so-ups.ru/fileadmin/files/laws/orders/pr277-300603me.pdf>

5. Хрущев Ю.В., Заповодников К.И., Юшков А.Ю., Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие, Томск: Томский политехнический университет, 2012. - 154 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10327

6. Чебан В.М., Ландман А.К., Фишов А.Г., Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях: учебное пособие для вузов, Москва: Высшая школа, 1990. - 144 с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:412770&theme=FEFU>

7. Бугров В.Г. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения: Учебное пособие для специальности 100400 "Электроснабжение". - Тверь: ТГТУ, 2005. - 115 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/616/58616>

8. Математическое описание и математическое моделирование переходных процессов в электрических системах. Вычислительные методы анализа : учебное пособие / [В. П. Кычаков] ; Иркутский государственный технический университет, Иркутск : Изд-во Иркутского технического университета, 2008. – 286 с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:414391&theme=FEFU> (1 экз)

9. Денисова А.В. Применение оперативного метода и метода переменных состояния для расчёта переходных процессов: Учебное пособие, Санкт-Петербург, НИУ ИТМО, 2012. - 105 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/638/78638>

10. Вайнштейн Р.А. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: Учебное пособие, Томск, издательство Томского политехнического университета, 2010. - 115 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/962/73962>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Россети ФСК ЕЭС : официальный сайт. – Москва, 2007. – Текст. Изображение : электронные. – URL: <http://www.fsk-ees.ru>.

2. АО Системный оператор Единой энергетической системы : официальный сайт. – Москва, 2005. – Текст. Изображение : электронные. – URL: <http://so-ups.ru>.

3. Энергетика : оборудование, документация: [сайт]. – Текст. Изображение : электронные. – URL: <http://forca.ru>.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks,

информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» отводится 72 часа аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), метода активного обучения «дискуссия».

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель дает методику расчёта коэффициента запаса статической устойчивости, численные методы расчёта электромеханических переходных процессов, методику определения допустимой по условиям динамической устойчивости продолжительности различных видов коротких замыканий. На основании полученных знаний студенты выполняют индивидуальные расчётные задания по указанным методикам. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию. После выполнения заданий студент защищает его преподавателю в назначенное время.

- **самостоятельная работа** в виде подготовки письменных отчётов и решения индивидуальных расчётных заданий.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Кабинет научно-исследовательской работы студентов и магистров Департамент энергетических систем, ауд. Е550	Анализатор показателей качества электрической энергии АПКЭ-1, Определитель места повреждения "ИМФ-3Р", Источник постоянного напряжения GW Instek GPR-25H30D, Трассодефектоискатель "Сталкер -75-02", Виброанализатор "Корсар ++", Измеритель напряженности поля промышленной частоты "ПЗ-50В", Инфракрасный термометр (пирометр) "Fluke 576" Учебный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» НТЦ-01.00.000, Учебный лабораторный стенд «Электрические машины» НТЦ-03.00, Учебный	--

	<p>лабораторный стенд «Теоретические основы электротехники» НТЦ-06.200, Микропроцессорный комплекс противоаварийной автоматики (резервированный) с комплектом адаптированных «МКПА», Микропроцессорный комплекс противоаварийной автоматики «МКПА. Резервный шкаф», цифровое устройство передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики «УПК-Ц», Лабораторный стенд «Электрические измерения» НТЦ-08</p>	
<p>Компьютерный класс, Департамент энергетических систем, ауд. Е524, Е525</p>	<p>Моноблок Lenovo C360 19,5 (1600x900), Core i3-4160T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 500GB HDD 7200 SATA, DVDRW, GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse, Win10(64-bit),1-1-1 Wty</p>	<p>– AutoCAD 2017 – трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Project Expert 7 Tutorial – учебная версия программы, иллюстрирующая все возможности версии Holding. Представляет собой обучающий тренажер по инвестиционному проектированию и бизнес планированию для студентов, изучающих финансы и экономику. Обладает всеми функциональными возможностями Holding, но исключая возможность коммерческого использования. Так, отсутствует экспорт данных в форматы Word, Excel, HTML, файлы txt;</p>
<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p>	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения</p>	<p>– Mathcad Prime 3.1 – стандартное отраслевое средство математического представления и расчетов, которое помогает учащимся вести практический цифровой</p>

	<p>плоскопечатных текстов, сканирующими и читающими машинами, видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>	<p>блокнот расчетов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – SOLIDWORKS 2017 – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения; – Консультант – законодательство РФ кодексы и законы в последней редакции. Удобный поиск законов кодексов приказов и других документов; – Техэксперт Клиент – Специализированные продукты для специалистов, включающие в себя крупнейшие подборки нормативных документов и справочной информации, а также целый комплекс уникальных сервисов и услуг; – 7Zip 9.20 – свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – Acrobat Reader DC – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – Microsoft Office 365 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.).
--	---	---

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств включает в себя:

- шкалу оценивания уровня сформированности компетенций с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенциям (таблица 7);
- методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины;
- перечень типовых экзаменационных вопросов;
- критерии выставления оценки студенту на экзамене (таблица 8);
- типовые индивидуальные расчётные задания;
- критерии оценки выполнения индивидуальных заданий;
- примеры тестовых заданий;
- критерии оценки выполнения тестирования.

Таблица 7 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-5 - Способен к анализу процессов распределения и потребления электроэнергии	знает (пороговый)	правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, определяющие параметры объектов профессиональной деятельности; порядок управления режимами работы энергосистемы, принципы моделирования объектов профессиональной деятельности; критерии оценки эффективности моделей объектов профессиональной	знать правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, определяющие параметры объектов профессиональной деятельности; порядок управления режимами работы энергосистемы, принципы моделирования объектов профессиональной деятельности; критерии оценки	способность использовать правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, определяющие параметры объектов профессиональной деятельности; порядок управления режимами работы энергосистемы, принципы моделирования объектов профессионально

		деятельности	эффективности моделей объектов профессиональной деятельности	и деятельности; критерии оценки эффективности моделей объектов профессиональной деятельности
	умеет (продвинутый)	определять критерии моделирования объектов профессиональной деятельности; создавать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; оценивать эффективность управляющих воздействий при изменении эксплуатационного состояния или технологического режима работы линий электропередачи, оборудования, устройств; прогнозировать электроэнергетический режим энергосистемы при изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий электропередачи, оборудования и устройств	уметь определять критерии моделирования объектов профессиональной деятельности; создавать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; оценивать эффективность управляющих воздействий при изменении эксплуатационного состояния или технологического режима работы линий электропередачи, оборудования, устройств; прогнозировать электроэнергетический режим энергосистемы при изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий электропередачи, оборудования и устройств	способность определять критерии моделирования объектов профессиональной деятельности; создавать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; оценивать эффективность управляющих воздействий при изменении эксплуатационного состояния или технологического режима работы линий электропередачи, оборудования, устройств; прогнозировать электроэнергетический режим энергосистемы при изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий электропередачи, оборудования и устройств
	владеет (высокий)	навыками определения критериев моделирования объектов профессиональной	владеть навыками определения критериев моделирования объектов профессионально	уровень владения навыками определения критериев моделирования объектов

		деятельности; навыками создания моделей объектов энергетики с целью изучения режимов работы и эксплуатационного состояния элементов электроэнергетическ ой системы; навыками анализа эффективности созданных моделей объектов профессиональной деятельности	й деятельности; навыками создания моделей объектов энергетики с целью изучения режимов работы и эксплуатационног о состояния элементов электроэнергетич еской системы; навыками анализа эффективности созданных моделей объектов профессионально й деятельности	профессионально й деятельности; навыками создания моделей объектов энергетики с целью изучения режимов работы и эксплуатационног о состояния элементов электроэнергетич еской системы; навыками анализа эффективности созданных моделей объектов профессионально й деятельности
--	--	--	--	---

**Методические рекомендации, определяющие
процедуру оценивания результатов освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в форме контрольных мероприятий (устных опросов, защиты индивидуальных домашних заданий, контрольной работы в формате тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану видом промежуточной аттестации по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

В экзаменационном билете один вопрос связан с расчётом устойчивости параллельной работы энергосистем и оценивается в 3 балла. Второй вопрос связан с устойчивостью узлов нагрузки и асинхронными режимами и оценивается в 2 балла.

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Основные понятия и определения курса.
2. Взаимные и собственные проводимости, методы их расчета.
3. Определение токов.
4. Определение мощностей.
5. Максимальные и предельные нагрузки.
6. Принцип действия синхронной машины.
7. Уравнение движения ротора.
8. Автоматическое регулирование возбуждения (основные понятия).

9. АРВ пропорционального действия.
10. АРВ сильного действия.
11. Физическая сущность статической устойчивости.
12. Теорема Ляпунова.
13. Анализ статической устойчивости простейшей нерегулируемой системы без учета демпфирования колебаний.
14. Анализ статической устойчивости простейшей системы с учетом демпфирования колебаний.
15. Анализ статической устойчивости простейшей нерегулируемой системы с учетом электромагнитных переходных процессов.
16. Анализ статической устойчивости простейшей системы при наличии АРВ пропорционального действия.
17. Анализ статической устойчивости простейшей системы при наличии АРВ сильного действия.
18. Метод площадей.
19. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
20. Влияние форсировки возбуждения на динамическую устойчивость.
21. Влияние регулятора скорости на динамическую устойчивость.
22. Качественный анализ электромеханического переходного процесса при больших возмущениях.
23. Метод Эйлера при численном решении нелинейного уравнения движения ротора.
24. Определение предельного времени отключения короткого замыкания.
25. Статические и динамические характеристики узлов нагрузки.
26. Характеристики асинхронного двигателя при малых изменениях режима.
27. Лавина напряжения при наличии асинхронной нагрузки.
28. Определение допустимого времени перерыва питания асинхронного двигателя.

29. Определение допустимого времени наброса момента на вал асинхронного двигателя.

30. Определение допустимого времени перерыва питания синхронного двигателя.

31. Определение допустимого времени наброса момента на вал синхронного двигателя.

32. Пуск асинхронного двигателя, определение времени пуска.

33. Самозапуск двигателей.

34. Электромагнитные моменты синхронных машин в асинхронном режиме.

35. Причины асинхронного режима.

36. Определение среднего скольжения установившегося асинхронного режима.

37. Опасные последствия асинхронного режима.

38. Деление системы.

39. Ресинхронизация генератора.

40. Характеристики регулятора скорости турбины.

41. Лавина частоты.

42. Меры повышения устойчивости.

Таблица 8 – Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил требования, предъявляемые к электроэнергетической системе, умеет оценить полученные результаты расчёта согласно требованию обеспечения устойчивости энергосистемы, владеет методикой расчёта и оценки устойчивости параллельной работы генераторов.

76-85	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил требования, предъявляемые к системе электроснабжения, способен рассчитать переходные процессы в электроэнергетической системе, правильно применяет теоретические положения при оценке устойчивости энергосистем.
61-75	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, но не усвоил методику расчётов переходных процессов в электроэнергетической системе, допускает неточности, испытывает затруднения при оценке устойчивости энергосистем.
0-60	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, с большими затруднениями выполняет оценку устойчивости энергосистем и расчёт режимов. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Типовые индивидуальные расчётные задания

Задание 1. Исследование статической устойчивости простейшей нерегулируемой системы. Получение зависимостей изменения угла положения ротора синхронной машины во времени при малых возмущениях режима, анализ полученных характеристик и формулировка математических критериев статической устойчивости нерегулируемой системы.

Программа работы:

Все вычисления производятся в программе электронных таблиц Excel.

- Произвести расчет $\delta(t)$ в районе δ_{p1} при движении, начиная с точки $\delta_{0,1}$ возле δ_{p1} .
- Произвести расчет $\delta(t)$ в районе δ_{p2} при движении, начиная с точки $\delta_{0,2} > \delta_{p2}$.
- Определить величины равновесных углов δ_{p1} и δ_{p2} и рассчитать корни характеристического уравнения p_1 и p_2 для каждого из этих углов.
- На первом графике построить зависимость δ_{a1} от времени.

- На втором графике построить зависимость δ_{a2} от времени.
- Для δ_{a1} на третьем графике в координатах (δ, s) построить фазовую траекторию, соответствующую движению начиная с точки δ_{01} вблизи δ_{p1} .
- Для δ_{a2} на четвертом графике в координатах (δ, s) построить фазовую траекторию, соответствующую движению при $\delta_{02} > \delta_{p2}$.

Отчет должен содержать:

- Принципиальную схему системы, схему ее замещения, векторную диаграмму и характеристическое уравнение.
- Предварительный расчет всех необходимых параметров.
- Расчет корней характеристического уравнения для каждого случая.
- Части расчетных таблиц (первые 30 строк).
- Графики зависимостей $\delta(t)$ (в градусах) для каждого случая и фазовые траектории (см. выше).
- Выводы по проделанной работе: а) оценить устойчивость каждого режима и характер переходного процесса (колебательный или апериодический) по виду зависимостей $\delta(t)$ и по корням характеристического уравнения (по теореме Ляпунова); б) сформулировать критерий апериодической устойчивости.

Задание 2. Исследование статической апериодической устойчивости электропередачи. Построение моментно-угловых характеристик и определение предельных по условиям статической апериодической устойчивости значений передаваемой мощности при различных способах регулирования возбуждения синхронных генераторов.

Программа работы:

- Рассчитать и построить на одном графике характеристики мощности генератора без АРВ $P_c = \varphi(\delta)$ для случаев, когда генератор работает: 1) через одну линию; 2) через две линии; 3) через две линии и пониженном

напряжении сети U_c (80% от первоначального уровня); 4) через одну линию при наличии промежуточной нагрузки $Z_{н}$.

- Рассчитать и построить на втором графике характеристики мощности генератора при наличии регулирования возбуждения пропорционального и сильного действия. На этом же графике показать характеристику мощности генератора без АРВ для этого же варианта.

- Для варианта 2 на третьем графике построить зависимости E_q от угла δ при различных видах АРВ, а также без регулирования возбуждения.

- Также рассчитать и построить на четвёртом графике зависимость напряжения U_T на выводах генератора от текущего угла δ при различных видах АРВ и без регулирования возбуждения.

- Определить пропускную способность схемы и коэффициенты запаса статической устойчивости во всех вариантах и проанализировать полученные результаты.

Отчет должен содержать:

- Принципиальную схему электропередачи с указанием параметров элементов схемы замещения.

- Расчёт собственных и взаимных проводимостей для каждого случая.

- Зависимости $P_c = f(\delta)$, построенные в соответствии с пунктами а и б программы работы, с указанием значений всех величин.

- Зависимости $E_q = f(\delta)$ и $U_T = \psi(\delta)$, построенные в соответствии с пунктами в и г программы работы.

- Определение предельных значений характеристик мощности и расчёт коэффициентов запаса статической устойчивости во всех вариантах.

- Пояснения полученных результатов и выводы по работе: а) влияние числа параллельных линий на пропускную способность электропередачи; б) зависимость предела передаваемой мощности от уровня напряжения сети; в) влияние промежуточного отбора мощности на внешний вид угловой характеристики мощности; г) степень повышения предела передаваемой

мощности при различных видах АРВ; д) характер изменения E_q и U_T в зависимости от текущего режима (угла δ) при различных видах регулирования возбуждения.

Задание 3. Исследование динамической устойчивости простейшей системы. Определение значения предельно допустимой по условиям устойчивости длительности коротких замыканий, на основании которых необходимо провести сравнительную оценку опасности замыканий в зависимости от их вида и места возникновения аварии.

Программа работы:

- Рассчитать взаимные проводимости y_{12} и максимальные мощности P_m для доаварийного, аварийного (трехфазное КЗ) и послеаварийного режимов (P_{m1} , P_{m2} и P_{m3}).

- Задать $P_T = P_{m2} + (P_{m3} - P_{m2})/2$, а также $\delta_0 = \delta_p = \arcsin(P_T / P_{m1})$.

- Определить предельные время $t_{пр.от}$ и угол $\delta_{пр.от}$ (из массива) отключения трёхфазного короткого замыкания.

- По графику зависимости $\delta = f(t)$, соответствующему $t_{пр.от}$, определить углы δ_{min} и δ_{max} .

- Рассчитать $\delta_{пр.от}$ и сравнить его величину с определенным выше значением.

- Рассчитать $\delta_{кр}$ в послеаварийном режиме и сравнить его величину с δ_{max} .

Отчет должен содержать:

- Принципиальную схему, схему замещения и её основные параметры.
- Расчёты взаимных проводимостей y_{12} и максимальных электромагнитных мощностей P_m для каждого режима.

- Зависимость $\delta = f(t)$, соответствующую $t_{пр.от}$.

- Определение величины $\delta_{пр.от}$ из массива.

- Определение по графику величины δ_{min} .

- Расчет $\delta_{кр}$, и сравнение его с δ_{max} , полученного из графика.
- Графики угловых характеристик мощностей с площадками торможения A_T и ускорения A_y на стадии увеличения угла δ .
- Графики угловых характеристик мощностей с площадками торможения A_T и ускорения A_y на стадии снижения угла δ .

Критерии оценки выполнения индивидуальных заданий

✓ 100-86 баллов – если ответ показывает глубокое и прочное усвоение требований, предъявляемых к электроэнергетической системе, умение оценить полученные результаты расчёта согласно требованию обеспечения устойчивости энергосистемы, владение методикой расчёта и оценки устойчивости параллельной работы генераторов.

✓ 85-76 баллов – усвоение требований, предъявляемых к системе электроснабжения, способность рассчитать переходные процессы в электроэнергетической системе, правильное применение теоретических положений при оценке устойчивости энергосистем.

✓ 75-61 балл – поверхностные знания только основного материала, но незнание методики расчётов переходных процессов в электроэнергетической системе, допускает неточности, затруднения при оценке устойчивости энергосистем.

✓ 60-50 баллов – незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в определениях, большие затруднения выполняет при оценке устойчивости энергосистем и расчёт режимов.

Примеры тестовых заданий

1.Какой допускается аварийный режим, если система обладает результирующей устойчивостью?

- а. кратковременный асинхронный режим
- б. кратковременный режим лавины напряжения

- в. кратковременный режим лавины частоты
- г. длительный режим короткого замыкания
- д. кратковременный режим опрокидывания асинхронного двигателя

2. Что определяет собственная проводимость ветви?

- а. модуль и фазу тока в данной ветви от действия ЭДС в другой ветви
- б. модуль и фазу тока в другой ветви от действия ЭДС в данной ветви
- в. модуль и фазу тока в данной ветви от действия ЭДС в этой ветви
- г. модуль и фазу напряжения в начале данной ветви
- д. модуль и фазу напряжения в конце данной ветви

3. Что определяет взаимная проводимость ветви?

- а. модуль и фазу напряжения в данной ветви от действия ЭДС в разомкнутой ветви
- б. модуль и фазу напряжения в конце данной ветви
- в. модуль и фазу тока в данной ветви от действия ЭДС в этой ветви
- г. модуль и фазу тока в данной ветви от действия ЭДС в другой ветви
- д. модуль и фазу напряжения в начале данной ветви

4. Какой характер носит зависимость электромагнитной (синхронной) мощности от угла электропередачи δ ?

- а. линейный
- б. синусоидальный
- в. экспоненциальный
- г. логарифмический
- д. квадратичный

5. Какой характер носит зависимость реактивной мощности от угла электропередачи δ ?

- а. экспоненциальный

- б. кубический
- в. линейный
- г. квадратичный
- д. косинусоидальный

6. Чем определяется максимальная мощность электропередачи?

- а. ограничениями по динамической устойчивости
- б. ограничениями по термической стойкости
- в. ограничениями по электродинамической стойкости
- г. ограничениями по статической устойчивости
- д. ограничениями по термической и электродинамической устойчивости

7. Если максимальная мощность электропередачи равна 200 МВт, а предельная – 500, то чему равна пропускная способность электропередачи?

- а. 200 МВт
- б. 300 МВт
- в. 350 МВт
- г. 500 МВт
- д. 700 МВт

8. Какие моменты воздействуют на ротор генератора?

а. вращающий электромагнитный момент и тормозящий момент турбины

б. вращающий синхронный момент и тормозящий асинхронный момент

в. вращающий электромагнитный момент и тормозящий механический момент

г. вращающий синхронный момент и тормозящий механический момент

δ. вращающий момент турбины и тормозящий электромагнитный момент

9. В каком случае появляется асинхронный момент?

- а. если угол δ является положительным
- б. если скорость вращения ротора не равна скорости вращения поля статора
- в. если угол δ равен нулю
- г. если угол δ является отрицательным
- д. если скорость вращения поля статора равна скорости ротора

10. Чему пропорционально ускорение ротора?

- а. вращающему моменту
- б. сумме вращающего и тормозящего моментов
- в. разности вращающего и тормозящего моментов
- г. тормозящему моменту
- д. квадрату вращающего момента

11. При каких корнях характеристического уравнения система не устойчива согласно теореме Ляпунова?

- а. если хотя бы один корень имеет положительную вещественную часть
- б. если все корни имеют отрицательную мнимую часть
- в. если хотя бы один корень имеет отрицательную вещественную часть
- г. если все корни имеют отрицательную вещественную часть
- д. если хотя бы один корень имеет отрицательную мнимую часть

12. При каких корнях характеристического уравнения система устойчива согласно теореме Ляпунова?

- а. если хотя бы один корень имеет отрицательную мнимую часть

- б. если все корни имеют отрицательную вещественную часть
- в. если хотя бы один корень имеет положительную вещественную часть
- г. если все корни имеют отрицательную мнимую часть
- д. если все корни имеют положительную мнимую часть

13. Что такое сползание режима?

- а. колебательное нарушение устойчивости
- б. нарушение устойчивости из-за избытка реактивной мощности
- в. снижение напряжения при уменьшении генерируемой реактивной мощности
- г. повышение напряжения при увеличении генерируемой реактивной мощности
- д. аperiodическое нарушение устойчивости

14. Как согласно методу площадей должны соотноситься между собой работа ускорения и работа торможения?

- а. работа ускорения должна быть больше работы торможения
- б. работа торможения должна быть больше работы ускорения
- в. работа торможения должна быть равна работе ускорения
- г. работа ускорения должна быть больше работы торможения при малой величине напряжения
- д. работа торможения должна быть больше работы ускорения при большой величине напряжения

15. Между характеристиками каких мощностей строятся площадки ускорения и торможения?

- а. между характеристиками активной и реактивной мощностей
- б. между характеристиками синхронной и асинхронной мощностей

в. между характеристиками мощности турбины и асинхронной мощности

г. между характеристиками асинхронной и реактивной мощностей

д. между характеристиками электромагнитной мощности и мощности турбины

16. В каком случае на генераторе будет наблюдаться работа ускорения?

а. если реактивная мощность превышает активную мощность

б. если синхронная мощность превышает асинхронную мощность

в. если асинхронная мощность превышает мощность турбины

г. если мощность турбины превышает электромагнитную мощность

д. если активная мощность превышает реактивную мощность

17. Какой переходный процесс наблюдается после большого возмущения, если динамическая устойчивость была сохранена?

а. постоянное нарастание угла δ

б. нарастающие колебания угла δ

в. постоянное уменьшение угла δ

г. затухающие колебания угла δ

д. постоянство угла δ

18. Какой переходный процесс наблюдается после большого возмущения, если динамическая устойчивость не была сохранена?

а. постоянство угла δ

б. нарастающие колебания угла δ

в. колебания угла δ с постоянной амплитудой

г. затухающие колебания угла δ

д. постоянное нарастание угла δ

19. Что наблюдается при падении напряжения сети ниже критического значения?

а. характеристика электромагнитной мощности будет ниже механической мощности

б. скольжение станет отрицательным

в. реактивная мощность станет больше механической мощности

г. механическая мощность станет больше реактивной мощности

д. характеристика электромагнитной мощности будет выше механической мощности

20. Что наблюдается при торможении асинхронного двигателя?

а. снижение потребляемого тока

б. увеличение потребляемой реактивной мощности

в. увеличение напряжения

г. увеличение потребляемой активной мощности

д. увеличение механической мощности

Критерии оценки выполнения тестирования

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по вопросам устойчивости энергосистем в соответствии с учебной программой.

Структура тестов. В каждом из указанных разделов выделяется по несколько тем, в соответствии с которыми формируются тесты. К каждому вопросу дается по пять ответов, один из которых правильный.

По каждому разделу студенту выдаётся по одному билету. В каждом билете по 10 вопросов. Каждый правильный ответ соответствует одному баллу. Тест (билет) считается пройденным, если суммарное количество баллов не менее шести.

Для ответа на все вопросы студенту предоставляется 15 минут.