



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол №7 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

Электроэнергетики и электроники

_____ Р.В. Ахметова

«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.01.03 Переходные электромеханические процессы

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация _____ Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
Кафедра релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем (далее РЗА)	доцент, к.т.н., доцент	Писковацкий Юрий Валерьевич

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра РЗА	18.05.2023	№23	_____ Зав. каф. РЗА, к.т.н., доц. Губаев Д.Ф.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Переходные электромеханические процессы» является формирование знаний в области методики расчетов электромеханических переходных процессов, исследования и анализа проблем при протекании нормальных и аварийных режимов в электроэнергетических системах, учета влияния устройств автоматического регулирования режима на условия устойчивости, повышения качества переходного процесса при действии противоаварийной автоматики и режимных мероприятий.

Задачами дисциплины являются:

ознакомить студентов с основными характеристиками режимов электроэнергетической системы и соотношениям между их параметрами;

ознакомить студентов с критериями устойчивости и стабилизации режимов;

ознакомить студентов с методом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости;

ознакомить студентов с методиками расчета устойчивости и переходных процессов в сложной энергосистеме с учетом действия регулирующих устройств (регуляторов возбуждения и скорости вращения турбин), а также анализа асинхронных режимов, возникающих в энергосистеме после нарушения устойчивости;

научить принимать конкретные решения по выбору методов и средств улучшения условий сохранения устойчивости и стабилизации режимов простых и сложных энергосистем.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-4 Способен участвовать в проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем	ПК-4.1 Использует справочную и нормативно-техническую документацию при проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Переходные электромеханические процессы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, входит в специализированный модуль 3.

Предшествующие дисциплины: «Теоретические основы электротехники», «Основы релейной защиты», «Электрические машины» «Электроэнергетические системы и сети», «Противоаварийная и сетевая автоматика».

Последующие дисциплины: «Автоматизация электроэнергетических систем», «Релейная защита электроэнергетических систем».

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр		
			6	7	8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180		180	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	101		101	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,38	50		50	
Лекции	0,94	34		34	
Практические занятия	0,44	16		16	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,61	130		130	
Проработка учебного материала	0,61	22		22	
Курсовой проект	2	72		72	
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36		36	
Промежуточная аттестация:				Э	
				КП	

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр		
			7	8	9
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180		180	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	72		72	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,5	18		18	
Лекции	0,33	12		12	
Практические занятия	0,17	6		6	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,5	162		162	
Проработка учебного материала	2,25	81		81	
Курсовой проект	2	72		72	
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9		9	
Промежуточная аттестация:				Э	
				КП	

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1.	20	6		4	4	ТК1	ПК-4.1 З
Раздел 2.	22	8		4	4	ТК1	ПК-4.1 З ПК-4.1 В
Раздел 3.	22	8		4	4	ТК2	ПК-4.1 З ПК-4.1 В
Раздел 4.	16	4		2	4	ТК2	ПК-4.1 З ПК-4.1 У ПК-4.1 В
Раздел 5.	12	4			2	ТК3	ПК-4.1 З ПК-4.1 У ПК-4.1 В
Раздел 6.	16	4		2	4	ТК3	ПК-4.1 З
Курсовой проект	72				72	ОМ кп	ПК-4.1 З ПК-4.1 У ПК-4.1 В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ПК-4.1 З ПК-4.1 У ПК-4.1 В
ИТОГО	180	34		16	130		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах. Математическое описание электроэнергетической системы и её элементов.

Тема 1.1. Основные понятия и определения: энергетическая система, электроэнергетическая система (ЭЭС). Элементы ЭЭС. Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные процессы и устойчивость в ЭЭС, их характеристика. Математическое описание различных переходных процессов и задачи управления ими. Общие понятия об устойчивости ЭЭС.

Тема 1.2. Уравнения электромагнитных переходных процессов в обмотках статора синхронного генератора. Преобразование Парка-Горева. Упрощение уравнений Парка-Горева для анализа электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Представление генератора как элемента электрической цепи. Уравнение электромагнитного переходного процесса в обмотке возбуждения синхронного генератора.

Тема 1.3. Упрощение уравнения синхронного генератора и его векторные диаграммы. Уравнение движения ротора генератора. Электромагнитный момент генератора. Понятие «шины бесконечной мощности» ЭЭС. Векторная диаграмма. Выражения для активной и

реактивной мощности на шинах генератора. Область существования установившихся режимов и область статической устойчивости простейшей ЭЭС. Практический критерий статической устойчивости. Мощность генератора в сложной ЭЭС.

Раздел 2. Статическая устойчивость ЭЭС

Тема 2.1. Статическая устойчивость электроэнергетических систем. Определение устойчивого состояния равновесия по Ляпунову. Линеаризация дифференциальных уравнений переходных процессов. Характеристическое уравнение, его корни. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Понятие о стандартных программах и заложенных в них критериях устойчивости. Составление линеаризованных уравнений переходных процессов для системы «станция - шины» при не учёте электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора.

Тема 2.2. Анализ статической устойчивости нерегулируемой ЭЭС с учетом электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения и асинхронной мощности. Условия самовозбуждения и самораскачивания. Необходимые условия устойчивости. Виды нарушения статической устойчивости. Критерии устойчивости. Критерий Гурвица.

Тема 2.3. Параметрическое самораскачивание. Требования к регулированию возбуждения генераторов электростанций. Принципиальная схема АРВ пропорционального действия. Характеристическое уравнение простейшей системы с безынерционным АРВ пропорционального действия.

Тема 2.4. Учет влияния постоянной времени на условие самораскачивания. Влияние гибкой обратной связи, охватывающей возбудитель, на его инерционность. АРВ сильного действия. Статическая устойчивость простейшей системы с АРВ, реагирующим на отклонение напряжения и скорость вращения ротора генератора. Возможные виды нарушения статической устойчивости и меры по их предотвращению.

Раздел 3. Динамическая устойчивость ЭЭС

Тема 3.1. Понятие динамическая устойчивость ЭЭС. Определение, основные допущения при расчетах. Метод площадей.

Тема 3.2. Аналитическое определение максимального угла выбега ротора. Определение запаса динамической устойчивости по методу площадей. Определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания в простейшей ЭЭС.

Тема 3.3. Основы методов численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Метод последовательных интервалов – основные допущения, вычислительная схема. Обобщение метода последовательных интервалов на сложную ЭЭС.

Тема 3.4. Расчеты динамической устойчивости в простой ЭЭС при учете электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения

генератора. Учет релейной форсировки возбуждения. Понятие о стандартных программах расчета переходных процессов.

Раздел 4. Устойчивость нагрузки

Тема 4.1. Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Уравнение движения асинхронного двигателя. Практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя.

Тема 4.2. Лавина напряжения. Предотвращение лавины напряжения средствами РЗА. Устойчивость узла нагрузки при больших возмущениях: пуск двигателя, резко переменная нагрузка на валу, короткие замыкания, затянутые КЗ.

Раздел 5. Асинхронный ход в ЭЭС

Тема 5.1. Причины возникновения асинхронного хода в ЭЭС, его влияние на работу генератора и режимы системы. Условия ресинхронизации.

Тема 5.2. Асинхронный ход по межсистемной связи. Характеристики режима при асинхронном ходе. Мероприятия по ликвидации асинхронного хода в ЭЭС.

Раздел 6. Мероприятия по улучшению устойчивости ЭЭС

Тема 6.1. Мероприятия по обеспечению устойчивости ЭЭС. Основные мероприятия по улучшению устойчивости ЭЭС.

Тема 6.2. Дополнительные и режимные мероприятия по улучшению устойчивости ЭЭС, предусматривающие изменение параметров электроэнергетического оборудования, применение дополнительных устройств автоматического управления, а также непосредственное воздействие на режим ЭЭС.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем.
2. Статическая устойчивость и характеристики мощности электроэнергетических систем.
3. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем.
4. Устойчивость нагрузки электроэнергетических систем.
5. Повышение устойчивости электроэнергетических систем.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6. Курсовой проект

Содержание курсового проекта:

1. Составление схемы замещения и расчет ее параметров
2. Расчет статической устойчивости двухмашинной энергосистемы
 - 2.1. Расчет статической устойчивости двухмашинной энергосистемы с генераторами, снабженными АРВ пропорционального действия

2.2. Расчет статической устойчивости двухмашинной энергосистемы с генераторами, снабженными АРВ сильного действия

3. Расчет предельного угла и времени отключения КЗ для одномашинной системы

4. Расчет устойчивости динамического перехода

5. Обоснование мероприятий по повышению статической устойчивости системы.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-4	ПК-4.1	знать:				
		влияние систем автоматического регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем	Демонстрирует уверенное знание теории в части: влияния систем автоматического регулирования на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и	Демонстрирует хорошее (с небольшими поправками) знание теории в части: влияния систем автоматического регулирования на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические	Имеет представление (наличие грубых ошибок и неточностей формулировок) знание теории в части: влияния систем автоматического регулирования на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические	Проявляет очень слабое знание теории в части: влияния систем автоматического регулирования на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические

		<p>средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости энергоэлектрических систем.</p>	<p>ических систем; технические способы и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости энергоэлектрических систем.</p>	<p>энергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости энергоэлектрических систем.</p>	<p>и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости энергоэлектрических систем.</p>
<p>уметь:</p>					
	<p>производить анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике; рассчитывать параметры электромеханических переходных процессов; выбирать средства улучшения условий статической и динамической устойчивости энергоэлектрической системы</p>	<p>Уверенно выполняет анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. Уверенно рассчитывает параметры электромеханических переходных процессов, выбирает средства улучшения условий статической и</p>	<p>Достаточно уверенно, с небольшими поправками выполняет анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. Достаточно уверенно рассчитывает параметры электромеханических переходных</p>	<p>С грубыми ошибками и замечаниями выполняет анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. С грубыми ошибками и замечаниями рассчитывает параметры электромеханических</p>	<p>Не выполняет анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. Не рассчитывает параметры электромеханических переходных процессов, не выбирает средства улучшения условий статической</p>

			динамической устойчивости электроэнергетической системы.	ых процессов, выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.	переходных процессов, выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.	ой и динамической устойчивости электроэнергетической системы.
		владеть:				
		терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем	Уверенно владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетических систем; методами анализа режимов	Достаточно уверенно (с несущественными поправками) владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетических систем; методами анализа режимов	Очень слабо и неуверенно владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов	Практически не владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов

			энергетического оборудования и систем.	ических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем.	работы электроэнергетического оборудования и систем.	работы электроэнергетического оборудования и систем.
--	--	--	--	---	--	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

5.1.1. Основная литература

1. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. - Москва : Юрайт, 2021. - 153 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-02713-6. - Текст : непосредственный.

2. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев, М. В. Пираторов; под ред. И. П. Крюčkова. - 2-е изд., стер. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2021. - 411 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785383014509.html>. - ISBN 978-5-383-01450-9: ~Б. ц. - Текст: электронный.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Динамическая устойчивость проектируемых электроэнергетических систем и систем электроснабжения : учебное пособие / сост. Р. У. Галеева. - Казань : КГЭУ, 2019. - 120 с. - URL: https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html. - ~Б. ц. - Текст : электронный.

2. Моделирование переходных процессов в системах электроснабжения : учебное пособие / А. А. Братолобов, А. С. Кривчикова. - Иваново : ИГЭУ, 2018. - 105 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/7447>. - ~Б. ц. - Текст : электронный.

3. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / Р. Г. Хузяшев, О. В. Наумов. - Казань : КГЭУ, 2018. - 90 с., 1796 Кб. - URL: https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html. - ~Б. ц. - Текст : электронный.

4. Переходные электромеханические процессы в электрических системах

: учебное пособие для вузов / В. А. Веников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1978. - 415 с. : ил. - Текст : непосредственный.

5. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах / Л. Д. Стернинсон. - М. : Энергия, 1975. - 216 с. : ил. - 1.15 р. - Текст : непосредственный.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Портал «Открытое образование». <http://npoed.ru>

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. <http://window.edu.ru>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

2. Федеральный образовательный портал «Экономика, социология, менеджмент». <http://ecsocman.hse.ru/>

3. справочная система «Консультант Плюс» <http://consultant.ru/>

4. справочно-правовая система по законодательству РФ <http://garant.ru/>

5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. <http://fgosvo.ru>

7. Электронная библиотека диссертаций (РГБ). <https://diss.rsl.ru/>

8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. <http://elibrary.ru>

9. Официальный сайт Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации. <http://duma.gov.ru/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО «СофтЛайнТрейд» №2011.25486 от 28.11.2011. Неискл. право. Бессрочно
2	Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО «СофтЛайнТрейд» №225/10 от 28.01.2010. Неискл. право. Бессрочно
3	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия. Неискл. право. Бессрочно
4	Браузер Firefox	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия. Неискл. право. Бессрочно
5	OpenOffice	Пакет офисных приложений	Свободная лицензия. Неискл. право. Бессрочно
6	1С: Предприятие 8 Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях	"ПО для автоматизации бухгалтерского и управленческого учётов, экономической и организационной	ООО "БИТ Бизнес решение" №21/000608 от 05.2010 Неискл. право. Бессрочно

		деятельности предприятия"	
7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия. Неискл. право. Бессрочно

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические работы	Учебная аудитория для проведения практических занятий Д-124	Доска аудиторная, компьютер в комплекте с монитором, проектор, стенд лабораторный «Характеристики электромагнитных реле», установка ЭУ5000.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются

следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования.

Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными

возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.02.01.03 Переходные электромеханические процессы

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(профиль) Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Семестр 7. Курсовой проект

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
1. Составление схемы замещения и расчет ее параметров.	ТК1	15	0-15					15-30	15-30
2. Расчет статической устойчивости двухмашинной энергосистемы.	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
3. Расчет предельного угла и времени отключения КЗ для одномашинной системы. 4. Расчет устойчивости динамического перехода. 5. Обоснование мероприятий по повышению статической устойчивости системы.	ТК3					25	0-15	25-40	25-40
Промежуточная аттестация	ОМ								0-45
Защита курсового проекта									0-45

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-4	ПК-4.1	<p>знать:</p> <p>влияние систем автоматического регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем;</p>	Демонстрирует уверенное знание теории в части: влияния систем автоматического	Демонстрирует хорошее (с небольшими поправками) знание теории в	Имеет представление о наличии грубых ошибок и неточностей формулировок) знание	Проявляет очень слабое знание теории в части: влияния систем автоматического

		<p>технические способы и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем</p>	<p>регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем.</p>	<p>части: влияния систем автоматического регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем.</p>	<p>теории в части: влияния систем автоматического регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем.</p>	<p>регулирования режима на условия устойчивости электроэнергетических систем; технические способы и средства улучшения условий статической, динамической и результирующей устойчивости электроэнергетических систем.</p>
<p>уметь:</p>						
<p>производить анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике; рассчитывать параметры электромеханических переходных процессов; выбирать средства улучшения</p>	<p>Уверенно выполнять анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. Уверенно рассчитывает параметр</p>	<p>Достаточно уверенно, с небольшими поправками выполнять анализ, поиск и использования научно-технической</p>	<p>С грубыми ошибками и замечаниями выполнять поиск и использования научно-технической информации по</p>	<p>Не выполняет анализ, поиск и использования научно-технической информации по тематике. Не рассчитывает параметр</p>		

		<p>условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы</p>	<p>ы электромеханических переходных процессов, выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.</p>	<p>информации по тематике. Достаточно уверенно рассчитывает параметры электромеханических переходных процессов, выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.</p>	<p>тематике. С грубыми ошибками и замечаниями рассчитывает параметры электромеханических переходных процессов, выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.</p>	<p>ы электромеханических переходных процессов, не выбирает средства улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.</p>
<p>владеть:</p>						
		<p>терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами</p>	<p>Уверенно владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применения полученн</p>	<p>Достаточно уверенно (с несущественными поправками) владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетической системы.</p>	<p>Очень слабо и неуверенно владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыками применен</p>	<p>Практически не владеет терминологией в области переходных режимов и устойчивости электроэнергетических систем; навыкам и применен</p>

		анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем	ой информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем.	ергетических систем; навыками применения полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем.	ия полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем.	ия полученной информации при проектировании и электроэнергетических систем; методами анализа режимов работы электроэнергетического оборудования и систем.
--	--	---	--	---	---	---

Промежуточная аттестация в форме экзамена

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение и защиту практических задач в семестре; выполнение тестовых заданий с долей правильных ответов выше 85%; полные и содержательные ответы на экзамене (теоретическое и практическое задание). При этом студент показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободно владеет монологической речью, ответы логичны и последовательны.

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение практических задач в семестре; выполнение тестовых заданий с долей правильных ответов выше 70%; полные и содержательные ответы на экзамене (теоретическое и практическое задание). При этом студент показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободно владеет

монологической речью, ответы логичны и последовательны. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение практических задач в семестре; выполнение тестовых заданий с долей правильных ответов выше 55%.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент не выполнил практические задачи в семестре, выполнил тестовые задания с долей правильных ответов ниже 55%.

Промежуточная аттестация в форме защиты курсового проекта

Выполнение курсового проекта призвано выявить способности студентов на основе полученных знаний самостоятельно решать конкретные практические задачи или проводить исследование по одному из разделов (модулей), изучаемых по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, а также направлено на формирование соответствующих компетенций студента.

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и сносно отвечает на большинство поставленных вопросов по теме работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на поставленные вопросы по теме работы.

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы проектов

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-4 Способен участвовать в проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, индикатор ПК-4.1 Использует справочную и нормативно-техническую документацию при проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

Конспектирование учебного материала.

Перечень разделов:

Раздел 1. Общие сведения об электромеханических переходных процессах в электрических системах. Математическое описание электроэнергетической системы и её элементов.

Раздел 2. Статическая устойчивость ЭЭС.

Практическое задание (ПЗ)

На рис. 1.1 приведена принципиальная схема электрической системы. Для одного из заданных вариантов (табл. 1.1 и 1.2) требуется составить схему замещения системы и определить ее параметры.

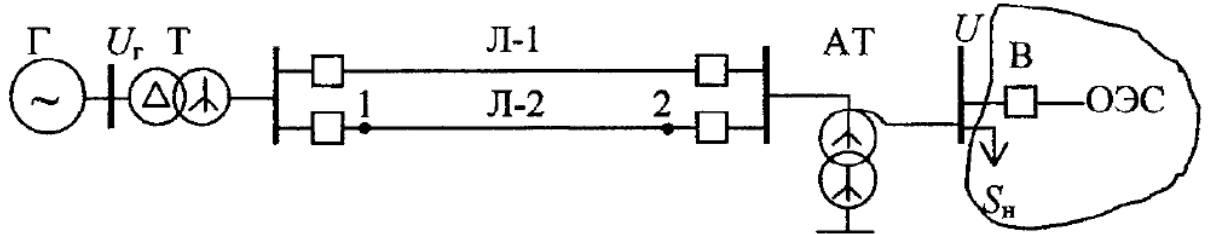


Рис. 1.1. | Схема электрической системы

Параметры элементов электрической системы

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{нг}$, МВт	60	200	300	100	150	200	300	160	100	60
$\cos\varphi_{нг}$	0,8	0,9	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85
$U_{нг}$, кВ	10,5	13,8	20	15,75	10,5	15,75	20	18	10,5	6,3
Количество блоков, n	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2
x_d , %	200	210	186	210	220	197	210	240	190	161
x'_d , %	32	30	27	35	32,9	29	26	29	28	28
x_2 , %	28	27	22	30	28	25	21	26	24	22
$S_{нг}$, МВ·А	80	250	400	125	200	250	400	200	125	80
n_T	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2
K_T	121/ 10,5	242/ 13,8	330/ 20	242/ 15,75	120/ 10,5	242/ 15,75	330/ 20	242/ 18	120/ 10,5	120/ 6,3
$S_{нАТ}$, МВ·А	125	300	400	125	240	300	400	240	125	125
$n_{АТ}$	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K_{AT}	330/ 115	330/ 242	787/ 330	330/ 242	347/ 115	347/ 242	787/ 330	347/ 242	330/ 121	330/ 121
$U_{к, в-с}$	10	11	8	9	10	7	7,6	8	9	10
U , кВ	330	330	750	330	330	330	750	330	330	330
$U_{нлз}$, кВ	110	220	330	220	110	220	330	220	110	110
x_0 , Ом/км	0,42	0,41	0,32	0,40	0,41	0,42	0,33	0,41	0,43	0,42
$P_{нз}$, МВт	55	180	250	195	140	190	480	300	190	110
Вид КЗ	$K^{(2)}$	$K^{(1,1)}$	$K^{(1)}$	$K^{(2)}$	$K^{(1,1)}$	$K^{(2)}$	$K^{(1,1)}$	$K^{(2)}$	$K^{(1,1)}$	$K^{(2)}$
Место КЗ	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
Длительность КЗ ($t_{отк}$), с	0,30	0,2	0,16	0,25	0,34	0,24	0,16	0,2	0,35	0,32

Значения коэффициентов характеристического уравнения

№ варианта	a_0	a_1	a_2	a_3
1	0,2	1,55	4,0	0,52
2	0,3	1,45	3,8	0,53
3	0,4	1,35	3,6	0,55
4	0,5	1,25	3,4	0,58
5	0,6	1,15	3,3	0,59
6	0,7	1,05	3,2	0,6
7	0,8	1,0	3,1	0,62
8	0,9	0,95	3,0	0,64
9	1,0	0,85	2,8	0,66
10	1,1	0,75	2,6	0,68
11	1,2	0,65	2,4	0,70
12	1,3	0,55	2,2	0,71
13	1,4	0,45	1,78	0,72
14	1,5	0,35	1,61	0,74
15	1,6	0,25	1,56	0,75
16	0,1	1,72	6,0	0,76
17	0,2	1,62	5,7	0,78

№ варианта	a_0	a_1	a_2	a_3
18	0,3	1,52	5,3	0,80
19	0,4	1,42	5,1	0,82
20	0,5	1,32	4,7	0,84
21	0,6	1,22	4,3	0,86
22	0,7	1,12	4,1	0,88
23	0,8	0,91	3,9	0,9
24	0,9	0,81	3,7	0,91
25	1,0	0,71	3,4	0,93
26	1,1	0,63	3,1	0,94
27	1,2	0,53	2,9	0,95
28	1,3	0,43	2,8	0,96
29	1,4	0,21	2,6	0,97
30	1,5	0,15	2,3	0,98
31	0,8	1,22	3,8	0,66
32	0,9	1,12	3,6	0,68
33	1,0	0,91	3,4	0,70
34	1,1	0,81	3,3	0,71

Исходные данные по длинам линий и постоянной механической инерции генераторов

Первая буква фамилии	Последняя цифра номера варианта										T_{j0}, c
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	$l = l_1 = l_2, км$										
А, Б, В	120	420	520	160	200	300	410	250	60	110	4
Г, Д, Е,	125	430	530	180	195	290	400	260	65	120	5
Ж, З, И	130	440	540	190	190	280	390	270	70	130	6
К, Л	135	450	560	200	185	270	380	280	75	140	7
М, Н, О	140	460	580	210	170	260	370	290	80	150	8
П, Р, С	145	470	600	220	175	250	360	300	85	160	9
Т, У, Ф	150	480	620	230	160	240	350	310	90	170	10
Х, Ц, Ч, Ш	155	490	640	240	155	230	340	315	95	180	11
Щ, Э, Ю, Я	160	500	650	250	150	220	330	320	100	190	12

На рис. 1.3 представлена схема замещения электрической системы. Требуется определить собственные и взаимные сопротивления электростанций методов преобразования схемы сети.

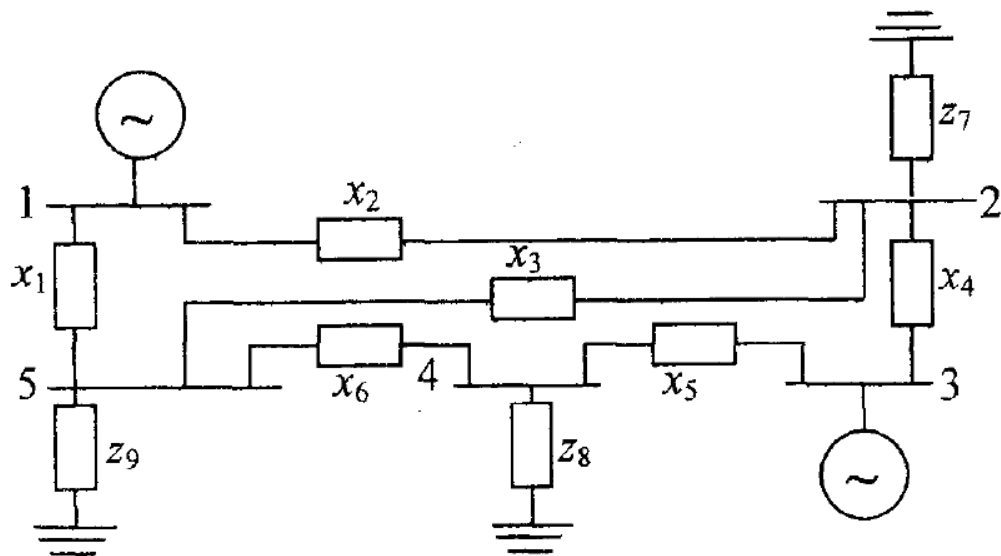


Рис. 1.3. Схема замещения электрической системы

Параметры элементов схемы замещения электрической системы

№ варианта	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	z_7	z_8	z_9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,55	0,38	0,41	0,75	0,39	0,45	2,00+j0,40	1,85+j0,39	2,60+j0,75
2	0,20	0,25	0,15	0,35	0,22	0,19	5,10+j3,18	3,27+j1,74	2,64+j2,67
3	0,30	0,80	0,24	0,50	0,30	0,25	3,20+j1,80	3,31+j2,50	3,20+j2,40
4	0,40	0,50	0,15	0,18	0,39	0,15	1,30+j0,51	0,33+j0,13	2,14+j1,40
5	0,58	0,25	0,32	0,19	0,16	0,40	2,14+j1,06	1,74+j0,85	2,18+j1,20
6	0,62	0,50	0,90	0,47	0,30	0,70	4,21+j2,01	1,22+j0,60	2,10+j0,92
7	1,20	0,35	0,65	0,81	0,40	0,20	0,30+j0,27	2,30+j1,60	1,80+j1,50
8	0,27	0,19	0,45	0,90	0,41	0,35	4,38+j2,73	4,90+j3,05	2,71+j2,30
9	1,04	0,30	0,58	0,14	0,27	0,40	2,10+j1,50	2,49+j2,01	2,10+j1,90
10	0,51	0,60	0,32	0,24	0,80	0,20	3,02+j1,88	4,90+j3,05	5,43+j4,78
11	0,70	0,53	0,27	0,31	0,45	0,64	5,70+j3,00	2,38+j1,92	0,48+j0,26
12	0,22	0,22	0,17	0,18	0,55	0,86	0,52+j0,17	0,46+j0,34	0,33+j1,30
13	0,32	0,24	0,65	0,26	0,47	0,30	1,80+j1,45	2,60+j2,10	3,10+j1,60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	0,19	0,32	0,17	0,10	0,44	0,54	1,50+j0,58	3,65+j2,94	0,47+j0,37
15	0,14	0,62	0,29	0,19	0,19	0,40	2,28+j1,11	1,58+j0,73	2,60+j1,27
16	0,31	0,50	0,35	0,18	0,26	0,22	3,45+j1,60	2,60+j1,20	4,30+j4,30
17	0,15	0,24	0,31	0,52	0,45	0,35	0,52+j0,25	2,70+j2,30	1,40+j0,85
18	0,64	0,20	0,46	0,30	0,14	0,65	3,32+j1,61	1,22+j0,60	3,70+j2,60
19	0,28	0,35	0,52	0,70	0,14	0,30	1,17+j0,85	2,10+j1,50	0,64+j0,48
20	0,40	0,50	0,24	0,12	0,35	0,25	4,10+j1,96	1,28+j0,96	2,30+j1,60
21	0,61	0,26	0,31	0,17	0,33	0,24	3,65+j1,70	2,60+j1,26	1,31+j1,34
22	0,55	0,35	0,28	0,64	0,32	0,16	4,50+j2,20	0,40+j0,30	2,14+j1,05
23	0,25	0,42	0,31	0,12	0,86	0,44	0,40+j0,20	5,00+j2,00	2,00+j1,80
24	0,35	0,18	0,42	0,24	0,78	0,54	0,60+j0,30	5,30+j2,30	2,20+j2,00
25	0,45	0,72	0,53	0,33	0,73	0,24	0,80+j0,40	4,30+j2,00	2,40+j1,10
26	0,52	0,32	0,63	0,17	0,61	0,44	0,90+j0,40	4,10+j2,00	2,60+j1,30
27	0,65	0,23	0,71	0,43	0,52	0,34	1,20+j0,60	3,00+j1,50	2,80+j1,40
28	0,75	0,54	0,21	0,72	0,48	0,64	1,60+j0,80	3,50+j1,70	1,80+j1,60
29	0,27	0,63	0,36	0,53	0,38	0,74	1,80+j0,90	3,80+j1,90	3,30+j3,00
30	0,48	0,28	0,48	0,61	0,22	0,84	4,20+j2,00	4,10+j2,00	2,30+j2,20
31	0,42	0,50	0,24	0,55	0,17	0,18	2,30+j1,60	4,39+j2,73	1,25+j0,60
32	0,54	0,25	0,15	0,25	0,65	0,19	4,90+j3,15	2,10+j1,54	2,10+j1,54
33	0,76	0,30	0,32	0,35	0,17	0,47	2,49+j2,01	3,12+j1,88	1,48+j0,96
34	0,29	0,35	0,90	0,45	0,29	0,81	4,95+j3,05	5,71+j3,00	2,64+j1,26

В электрической системе (рис. 1.9) требуется вычислить собственные и взаимные проводимости схемы. Расчет выполнить:

- 1) методом преобразований цепи;
- 2) методом единичных токов.

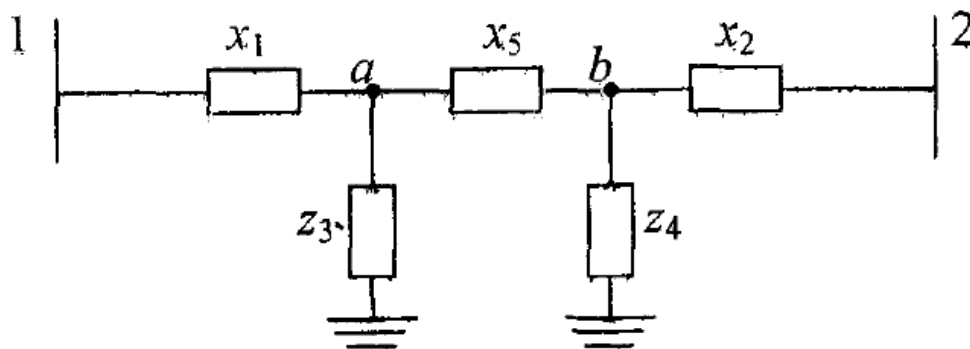


Рис. 1.9. Схема замещения электрической системы

Исходные данные к схеме системы, приведенной на рис. 1.9

№ варианта	x_1	x_2	z_3	z_4	x_5
1	2	2	4	6	2
2	1	4	5	8	4
3	3	5	4	2	6
4	5	1	2	4	7
5	2	4	3	5	6
6	1	3	6	2	6
7	3	1	2	8	5
8	4	2	1	3	9
9	5	6	2	4	7
10	7	6	2	3	7
11	9	10	4	3	9
12	6	1	3	8	3
13	10	2	2	7	4
14	3	8	5	3	5
15	4	6	4	2	2
16	8	6	6	4	7
17	5	3	3	4	3

№ варианта	x_1	x_2	z_3	z_4	x_5
18	4	7	7	4	6
19	8	1	1	5	5
20	2	4	4	2	4
21	5	4	4	3	7
22	9	2	2	5	6
23	3	9	9	4	2
24	4	8	8	8	3
25	4	1	1	6	10
26	3	6	6	3	1
27	1	3	2	7	2
28	9	5	4	2	6
29	10	6	1	4	3
30	7	5	6	8	2
31	5	4	8	10	3
32	2	3	2	3	6
33	1	2	4	4	2
34	3	5	5	8	1

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-4 Способен участвовать в проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, индикатор ПК-4.1 Использует справочную и нормативно-техническую документацию при проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

Конспектирование учебного материала.

Перечень разделов:

Раздел 3. Динамическая устойчивость ЭЭС

Раздел 4. Устойчивость нагрузки

Практическое задание (ПЗ)

Для электрической системы (см. рис. 1.1) с генераторами без АРВ, с АРВ ПД и АРВ СД требуется:

1. Построить угловые характеристики мощности.
2. Графически определить пределы передаваемой мощности.
3. Рассчитать коэффициенты запаса статической устойчивости.

Параметры системы взять из задачи 1.1.

По значениям параметров, определенным в задаче 2.1, требуется построить векторную диаграмму рассматриваемой системы.

На шины генераторного напряжения электрической системы (см. рис. 1.1) включена нагрузка $S_H = P_H + jQ_H$. В ОЭС передается мощность $S_0 = P_0 + jQ_0$. Схема замещения рассматриваемой системы представлена на рис. 2.4. По заданному варианту нагрузки $5^*_{н}$ и мощности S_0 (табл. 2.1) требуется:

1. Вычислить собственную и взаимную проводимость генераторов станции.
2. Записать уравнение и построить угловую характеристику мощности системы.

Параметры X_d и x_c взять из решения задачи 1.1, а U в относительных единицах принять равным 1,0.

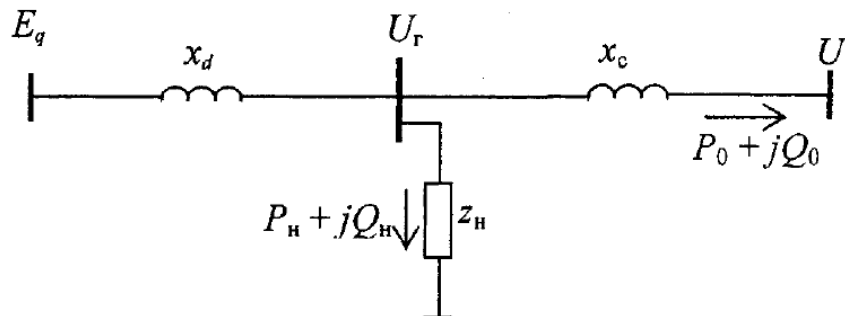


Рис. 2.4. Схема замещения системы

В электрической системе (рис. 1.1) возникает КЗ вблизи шин на линии Л-2 в точке 1 или 2. Релейной защитой данная линия отключается. Требуется:

1. Определить параметры схемы замещения системы в аварийном и послеаварийном режимах.
 2. Построить динамические характеристики мощности системы.
 3. Рассчитать максимально допустимые угол и время отключения КЗ.
- Параметры элементов и режимы системы взять из задач 1.1. и 2.1.

Таблица 2.1

Значения нагрузки системы и мощности, передаваемой в ОЭС

№ варианта	$P_{н\prime}$ МВт	$Q_{н\prime}$ Мвар	$P_{о\prime}$ МВт	$Q_{о\prime}$ Мвар
1	160	80	40	20
2	200	100	100	50
3	220	110	80	40
4	100	50	40	20
5	300	150	100	50
6	400	200	200	100
7	180	90	80	40
8	140	70	60	30

№ варианта	$P_{н\prime}$ МВт	$Q_{н\prime}$ Мвар	$P_{о\prime}$ МВт	$Q_{о\prime}$ Мвар
18	120	60	80	40
19	60	30	40	20
20	30	15	30	15
21	100	50	100	50
22	160	80	140	70
23	140	70	160	80
24	40	20	100	50
25	200	100	200	100

Окончание табл. 2.1

№ варианта	$P_{н\prime}$ МВт	$Q_{н\prime}$ Мвар	$P_{о\prime}$ МВт	$Q_{о\prime}$ Мвар
9	80	40	20	10
10	40	20	20	10
11	140	70	60	30
12	220	110	100	50
13	180	90	120	60
14	120	60	20	10
15	340	170	60	30
16	500	250	100	50
17	200	100	60	30

№ варианта	$P_{н\prime}$ МВт	$Q_{н\prime}$ Мвар	$P_{о\prime}$ МВт	$Q_{о\prime}$ Мвар
26	200	100	400	200
27	80	40	180	90
28	100	50	100	50
29	60	30	40	20
30	20	10	40	20
31	190	95	110	55
32	130	65	70	35
33	150	75	90	45
34	170	85	100	50

Параметры элементов схемы к задаче 2.5

№ варианта	Генератор					Трансформатор		Линия				
	$S_{нг}$ МВ·А	$U_{нг}$ кВ	x_d	x_q	x_d'	$S_{нт}$ МВ·А	$x_{т\prime}$ Ом	$U_{нл}$ кВ	l км	x_0 Ом/км	$r_0 \cdot 10^{-2}$ Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$ См/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	710	15,75	1,5	0,9	0,47	750	38,0	750	800	0,32	2,2	4,0
2	624	15,75	1,6	0,91	0,42	710	42,0	750	750	0,31	2,1	4,0
3	590	15,75	1,57	0,93	0,41	620	48,0	750	700	0,30	2,0	4,0
4	353	15,75	1,67	1,01	0,47	417	53,5	750	750	0,29	1,9	4,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	306	15,75	1,65	0,97	0,42	333	65,0	750	600	0,28	1,8	4,0
6	264	15,75	1,07	0,73	0,35	333	65,0	750	550	0,32	1,7	4,0
7	206	15,75	1,02	0,67	0,33	240	69,0	750	500	0,31	1,6	4,0
8	190	15,75	1,1	0,75	0,38	210	72,0	750	450	0,30	1,5	4,0
9	176	13,8	1,02	0,68	0,35	210	72,0	750	400	0,29	1,4	4,0
10	128	13,8	0,96	0,64	0,28	150	84,0	750	380	0,28	1,3	4,0
11	710	15,75	1,5	0,9	0,47	740	21,2	500	600	0,32	3,0	3,7
12	624	15,75	1,6	0,91	0,42	680	23,4	500	580	0,31	2,9	3,7
13	590	15,75	1,57	0,93	0,41	633	25,6	500	560	0,30	2,8	3,7
14	353	15,75	1,67	1,01	0,47	417	28,7	500	540	0,29	2,7	3,7
15	306	15,75	1,65	0,97	0,42	417	28,7	500	520	0,28	2,6	3,7
16	264	15,75	1,07	0,73	0,35	333	34,6	500	500	0,32	2,5	3,7
17	206	15,75	1,02	0,67	0,33	333	34,6	500	480	0,31	2,4	3,7
18	190	15,75	1,1	0,75	0,38	210	57,8	500	460	0,30	2,3	3,7
19	176	13,8	1,02	0,68	0,35	210	57,8	500	440	0,29	2,2	3,7
20	128	13,8	0,96	0,64	0,28	133	92,5	500	400	0,28	2,0	3,7
21	710	15,75	1,5	0,9	0,47	1000	13,8	330	600	0,35	6,0	3,4
22	624	15,75	1,6	0,91	0,42	630	29,0	330	580	0,34	5,5	3,5
23	590	15,75	1,57	0,93	0,41	630	29,0	330	560	0,33	5,0	3,6
24	353	15,75	1,67	1,01	0,47	400	33,0	330	540	0,32	4,5	3,4
25	306	15,75	1,65	0,97	0,42	400	33,0	330	520	0,31	4,0	3,5
26	264	15,75	1,07	0,73	0,35	250	52,9	330	500	0,30	3,5	3,6
27	206	15,75	1,02	0,67	0,33	250	52,9	330	480	0,29	3,0	3,4
28	190	15,75	1,1	0,75	0,38	200	66,0	330	460	0,3	4,0	3,5
29	176	13,8	1,02	0,68	0,35	200	66,0	330	440	0,31	5,0	3,6
30	128	13,8	0,96	0,64	0,28	135	105	330	400	0,32	6,0	3,4
31	715	15,75	1,04	0,90	0,24	1000	13,8	330	410	0,34	4,3	4,5
32	620	15,75	1,09	0,95	0,35	630	29,0	330	455	0,31	5,2	5,7
33	174	15,75	1,18	0,89	0,41	210	57,8	330	470	0,32	2,9	3,4
34	314	15,75	1,43	0,94	0,29	333	34,6	330	435	0,30	3,4	4,4

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-4 Способен участвовать в проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, индикатор ПК-4.1 Использует справочную и нормативно-техническую документацию при проектировании релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

Конспектирование учебного материала.

Перечень разделов:

Раздел 5. Асинхронный ход в ЭЭС

Раздел 6. Мероприятия по улучшению устойчивости ЭЭС

Практическое задание (ПЗ)

В схеме сети, приведенной на рис. 3.9, в начале линии включается нагрузка, равная R_n (см. табл. 1.1). Определить максимальный размах качаний

угла генератора после включения нагрузки, принимая для нее коэффициент мощности, равный единице.

Параметры схемы сети и исходного режима взять из задачи 3.1.

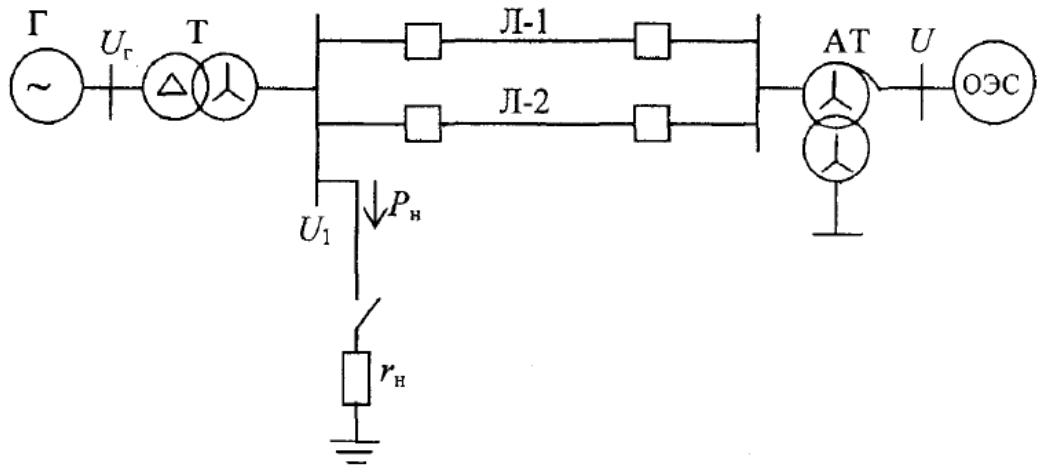


Рис. 3.9. Схема исследуемой сети

В схеме, приведенной на рис. 1.1, на линии Л-2 в точке 1 или 2 возникает двухфазное КЗ. В момент времени t_0 оно переходит в трехфазное, а затем, в момент времени t_2 , поврежденная линия отключается.

Требуется определить, сохранится ли динамическая устойчивость, если моменту времени t_1 соответствует угол 50° , t_2 - угол 70° .

Параметры элементов и режимы системы взять из задач 1.1, 2.1, 3.1.

К шинам мощной электроэнергетической системы с номинальным напряжением 110 кВ через трансформатор и линию подключены n однотипных асинхронных двигателей (рис. 4.4, а).

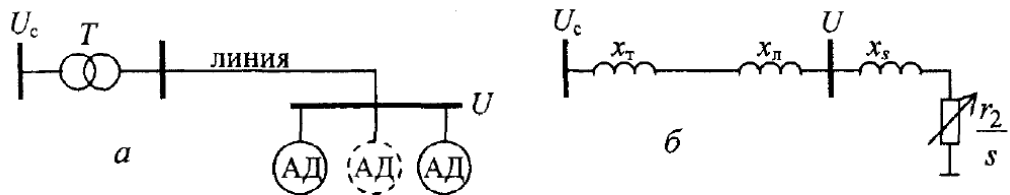


Рис. 4.4. Схемы системы электроснабжения:
а – принципиальная; б – расчетная

Таблица 4.1

Параметры системы электроснабжения

№ варианта	Двигатели					Линия		Трансформатор	
	$P_{н},$ МВт	$P_0,$ МВт	$\cos\varphi_0$	b_M	$n,$ шт.	$x_0,$ Ом/км	$l,$ км	$S_{нт},$ МВ·А	$U_{к},$ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,4	0,4	0,8	1,6	14	0,38	2	6,3	8,0
2	0,4	0,35	0,82	1,7	12	0,39	2,5	10	18,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0,6	0,6	0,84	1,8	10	0,40	3,0	16	9,0
4	0,6	0,55	0,86	1,9	8	0,41	3,5	25	9,5
5	0,8	0,8	0,88	2,0	6	0,42	4,0	32	10,0
6	0,8	0,7	0,9	2,1	4	0,43	5,0	4,0	10,5
7	0,5	0,5	0,81	2,2	13	0,44	2,2	32	11,0
8	0,5	0,45	0,83	2,3	11	0,45	2,6	25	8,0
9	0,7	0,65	0,85	2,4	9	0,46	3,2	16	8,5
10	0,7	0,7	0,87	2,5	7	0,47	3,7	10	9,0
11	0,9	0,8	0,89	2,4	5	0,38	4,8	6,3	9,5
12	0,3	0,3	0,91	2,3	14	0,39	2,3	32	10,0
13	0,4	0,45	0,92	2,2	13	0,40	2,7	25	10,5
14	0,5	0,5	0,91	2,1	12	0,41	2,9	16	11,0
15	0,6	0,55	0,9	2,0	11	0,42	3,3	10	9,0
16	0,7	0,7	0,89	1,9	10	0,43	3,7	6,3	9,5
17	0,8	0,75	0,88	1,8	9	0,44	4,1	32	10,0
18	0,8	0,8	0,87	1,7	8	0,45	4,3	25	10,5
19	0,9	0,85	0,86	1,6	7	0,46	4,5	16	11,0
20	1,0	0,9	0,85	1,5	6	0,47	4,7	10	8,0
21	1,0	1,0	0,84	1,6	5	0,38	5,1	6,3	8,5
22	1,2	1,1	0,83	1,7	4	0,39	5,5	32	9,0
23	0,9	0,85	0,82	1,8	5	0,40	5,3	25	9,5
24	0,8	0,8	0,81	1,9	7	0,41	4,9	16	10,0
25	0,7	0,7	0,8	2,0	8	0,42	4,7	10	10,5
26	0,7	0,65	0,82	2,1	9	0,43	4,2	6,3	11,0
27	0,6	0,6	0,84	2,2	10	0,44	3,9	32	8,0
28	0,6	0,5	0,86	2,3	11	0,45	3,8	25	8,5
29	0,5	0,5	0,88	2,4	12	0,46	3,1	16	9,0
30	0,5	0,45	0,9	2,5	13	0,47	2,4	10	9,5
31	0,6	0,58	0,88	2,4	8	0,33	3,7	6,3	8,5
32	0,4	0,4	0,87	2,3	9	0,35	4,1	6,3	9,1
33	0,3	0,29	0,86	2,2	10	0,36	4,3	4,0	9,5
34	0,8	0,76	0,85	2,1	11	0,38	4,5	10	9,3

Асинхронный двигатель подключен к шинам, напряжение которых может медленно снижаться. Параметры схемы замещения двигателя приведены в табл. 4.2. Для данного двигателя и исходных мощностей $P_0 = 1$ и $P_0 = 0,5$ требуется:

1. Построить зависимости реактивных мощностей намагничивания Q_m , рассеивания Q_s и потребляемой двигателем Q_{Σ} при изменении напряжения от номинального значения до нуля.
2. Сопоставить Q_{Σ} , построенные при различных исходных активных мощностях.

Параметры асинхронного двигателя

№ варианта	x_μ	x_s	r_2
1	1,0	0,20	0,02
2	1,1	0,21	0,03
3	1,2	0,22	0,04
4	1,3	0,23	0,05
5	1,4	0,24	0,06
6	1,5	0,25	0,02
7	1,6	0,26	0,03
8	1,7	0,27	0,04
9	1,8	0,28	0,05
10	1,9	0,29	0,06
11	2,0	0,30	0,02
12	2,1	0,31	0,03
13	2,2	0,32	0,04
14	2,3	0,33	0,05
15	2,4	0,34	0,06
16	2,5	0,35	0,02
17	2,6	0,36	0,03

№ варианта	x_μ	x_s	r_2
18	2,7	0,37	0,04
19	2,8	0,38	0,05
20	2,9	0,39	0,06
21	3,0	0,4	0,02
22	3,1	0,41	0,03
23	3,2	0,42	0,04
24	3,3	0,43	0,05
25	3,4	0,44	0,06
26	3,5	0,45	0,02
27	3,6	0,46	0,03
28	3,7	0,47	0,04
29	3,8	0,48	0,05
30	4,0	0,49	0,06
31	3,9	0,50	0,04
32	4,1	0,51	0,05
33	4,2	0,52	0,06
34	4,3	0,53	0,02

Тесты (приведён пример тестовых заданий)

Задание № 1

Отметьте правильные ответы

Самозапуск – это процесс

1. восстановления нормальной работы двигателей после ее кратковременного нарушения, вызванного исчезновением питания или коротким замыканием;
2. перехода двигателей из неподвижного состояния в состояние вращения с нормальной скоростью;
3. перехода двигателей из состояния вращения с нормальной скоростью в состояние останова.

Задание № 2

Отметьте правильные ответы

Самозапуск электродвигателя осуществим если средний асинхронный момент двигателя

1. больше момента сопротивления механизма;
2. меньше момента сопротивления механизма;
3. равен моменту сопротивления механизма.

Задание № 3

Отметьте правильные ответы

Результирующая устойчивость – это способность системы восстанавливать исходный режим или режим близкий к исходному

1. при малых возмущениях и малых изменениях скорости;
2. при больших возмущениях и малых изменениях скорости;
3. при больших возмущениях и больших изменениях скорости.

Задание № 4

Отметьте правильные ответы

Для асинхронных режимов характерно периодическое изменение вектора угла между несинхронными ЭДС

1. от нуля до 360° с частотой скольжения;
2. от нуля до 180° с частотой скольжения;
3. от 180° до 360° с частотой скольжения;

Задание № 5

Отметьте правильные ответы

Вращающий момент синхронного генератора при асинхронном ходе включает

1. синхронный момент
2. асинхронный момент
3. синхронный и асинхронный моменты

Задание № 6

Отметьте правильные ответы

При несинхронной работе

1. ЭДС генератора зависит от скольжения
2. ЭДС генератора не зависит от скольжения

Задание № 7

Отметьте правильные ответы

Условие успешной ресинхронизации

1. скольжение $S = 0$ и $M_{\text{сн}}(\text{момент синхронный}) > M_{\text{т}}(\text{момент турбины})$;
2. скольжение $S = 0$ и $M_{\text{сн}}(\text{момент синхронный}) < M_{\text{т}}(\text{момент турбины})$;
3. скольжение $S = 0$ и $M_{\text{сн}}(\text{момент синхронный}) = M_{\text{т}}(\text{момент турбины})$;

Задание № 8

Отметьте правильные ответы

Статическая устойчивость - это способность системы восстанавливать исходный режим или режим близкий к исходному

1. при малых возмущениях и малых изменениях скорости (верно)

2. ПРИ БОЛЬШИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ И МАЛЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ СКОРОСТИ;
3. при больших возмущениях и больших изменениях скорости.

Задание № 9

Отметьте правильные ответы

Практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя

1. $\frac{\partial P}{\partial s} > 0$;
2. $\frac{\partial P}{\partial s} < 0$;
3. $\frac{\partial P}{\partial \delta} > 0$;

Задание № 10

Отметьте правильные ответы

Для расчета статической устойчивости синхронная машина без АРВ вводится в схему замещения

1. ЭДС E'_q и реактивностью x'_d ;
2. ЭДС E_q и реактивностью x_d .
3. ЭДС E_q и реактивностью x_q .

Задание к курсовой работе

1. Расчет статической устойчивости двухмашинной энергосистемы

Для заданной двухмашинной электрической системы (рис.1) построить угловые характеристики мощности, определить пределы передаваемой мощности от станции «А» и «Б», коэффициенты запаса статической устойчивости обеих станций в исходном режиме, относительный угол между ЭДС ($\delta_{12\text{пред}}$), соответствующий пределу статической аperiodической устойчивости. Расчеты выполнить для двух случаев:

- а) генераторы станций «А» и «Б» снабжены регуляторами пропорционального действия;
- б) генераторы станций «А» и «Б» снабжены регуляторами сильного действия.

2. Расчет предельного угла и времени отключения КЗ для одномашинной системы

Для станции «А», работающей на шины неизменного напряжения и частоты ($U_n = \text{const}$, $\omega = \text{const}$), рассчитать предельные по условию сохранения

динамической устойчивости угол и время отключения двухфазного КЗ на землю, происходящего на одной из цепей ЛЭП на расстоянии от начала.

3. Расчет устойчивости динамического перехода системы

Для станции «А», работающей на шины неизменного напряжения и частоты ($U_n = \text{const}$, $\omega = \text{const}$), провести расчет и оценить устойчивость динамического перехода при следующих условиях: одна из цепей ЛЭП находится в ремонте, а в заданной точке рабочей цепи ЛЭП происходит однофазное КЗ на землю, которое отключается через $\Delta t_{\text{кз}} = 0,2$ с и далее с интервалом $\Delta t = 0,4$ с после отключения КЗ происходит успешное ОАПВ ранее поврежденной фазы.

4. Обоснование мероприятий по повышению статической устойчивости системы (исследовательская часть)

Обосновать мероприятия, повышающие предел передаваемой мощности по условиям статической устойчивости на 20% для станции «А» (снабженной регуляторами сильного действия), работающей через одноцепную ЛЭП на шины неизменного напряжения и частоты ($U_n = \text{const}$, $\omega = \text{const}$).

Примечания:

1. Активными сопротивлениями генераторов, трансформаторов и ЛЭП пренебречь.

2. Действие АРВ учесть приближенно: для АРВ пропорционального типа генераторы вводятся в схему замещения как $E' = \text{const}$ и $X_f = X_d'$, для АРВ сильного действия - $U_f = \text{const}$ и $X_f = 0$.

3. Нагрузку учесть приближенно, заменив ее сопротивлением $Z_n = R_n + jX_n$.

4. Принять погонное индуктивное сопротивление прямой последовательности ЛЭП $X_1 = 0,4$ (Ом/км).

В схеме нулевой последовательности принять:

а) для одной цепи ЛЭП $X_0 = 3,5X_1$;

б) взаимное индуктивное сопротивление нулевой последовательности между цепями 1 и 2 двухцепной ЛЭП $X_{1-2} = 3 \times 0,66X_1$ (при КЗ на двухцепной ЛЭП).

5. На шинах нагрузки в исходном режиме принять $U_H=110$ кВ, $\cos\varphi_0=0,97$ для всех соединений.

Таблица 1 Параметры элементов системы

№ элемента	ГЕНЕРАТОРЫ							
	Рном, МВт	cosφ, от.ед.	Un, кВ		Xd, от.ед.	Xd', от.ед.	X2, от.ед.	Tj, с
1,2, 3	300 500	0,85 0,85	20 20		1,7 2,2	0,26 0,4	0,21 0,33	7 9
№ элемента	Трансформаторы Т1, Т2, Т3				Трансформатор Т4			
	Sn, МВА	Uк, %	Unн, кВ	Unв, кВ	Sn, МВА	Uк, %	Unн, кВ	Unв, кВ
1, 2, 3	400 630	11 12,5	20 20	242 121	630	13	121	220

Таблица 2

Загрузка генераторов (100- №по списку)/100*Рном	Длина ЛЭП L (км)	Место КЗ (Lk/L)
(100- №по списку)/100*Рном	100+ №по списку	100- 2*№по списку

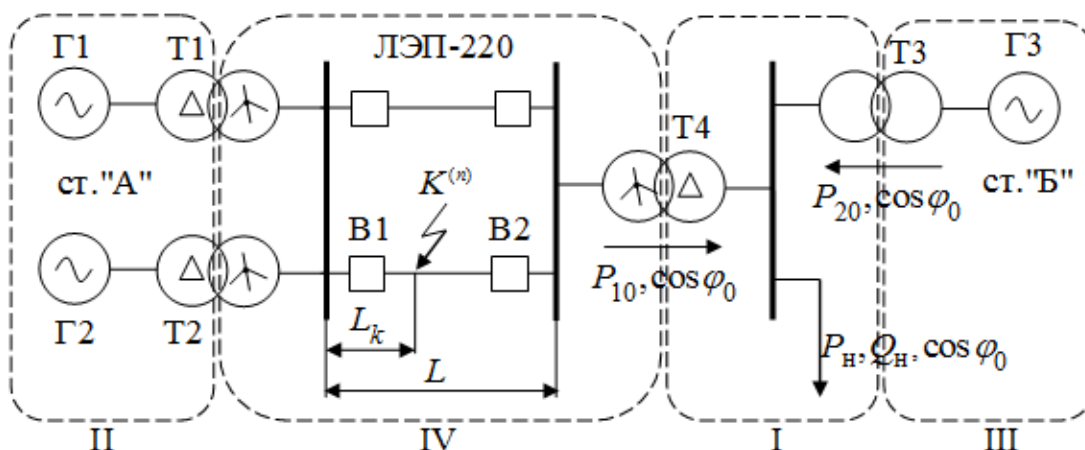


Рис.1. Однолинейная схема исследуемой системы

Для промежуточной аттестации:

Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, представлены в виде экзаменационных билетов. Билеты формируются по следующим экзаменационным вопросам:

1. Практический критерий устойчивости асинхронного двигателя.
2. Самораскачивание. Условия возникновения.
3. Самовозбуждение. Условия возникновения, причины.
4. Статические характеристики нагрузки. Влияние частоты.
5. Параметры элементов электрических систем при асинхронных режимах.

6. Классификация электромеханических переходных процессов по характеру возмущений, изменений мощности и скорости.

7. Схемы замещения основных силовых элементов электрической системы.

8. Собственные и взаимные проводимости электрической системы. Способ преобразований, метод единичных токов.

9. Синхронная работа генератора без АРВ. Определение ЭДС генератора

10. Применение способа площадей для изучения относительного движения роторов генераторов.

11. Пуск двигателя. Условие успешного пуска. Схемы пуска.

12. Практический критерий устойчивости простейшей электрической системы

13. Мероприятия режимного характера по улучшению качества переходного процесса.

14. Наброс нагрузки на синхронный двигатель. Условия устойчивой работе двигателя при набросе нагрузки.

15. Наброс нагрузки на асинхронный двигатель. Условия устойчивой работе двигателя при набросе нагрузки.

16. Простейшая оценка динамической устойчивости электрической системы.

17. Простейшая оценка динамической устойчивости электрической системы. Определение устойчивости переходного режима.

18. Статические характеристики нагрузки. Влияние частоты.

19. Косвенный критерий статической устойчивости простейшей электрической системы.

20. Пуск асинхронных двигателей.

21. Практический критерий статической устойчивости двух станций, работающих на общую нагрузку. Определение коэффициента запаса устойчивости.

22. Исследование статической устойчивости комплексной нагрузки.

23. Математическая модель синхронной машины.

24. Основные допущения, принимаемые при исследовании динамической устойчивости.

25. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.

26. Определение предельного угла отключения КЗ для системы, состоящей из двух станций и промежуточных нагрузок.

27. Анализ динамической устойчивости.

28. Практический критерий статической устойчивости асинхронного электродвигателя соизмеримого по мощности с мощностью станции.

29. Способ площадей при исследовании устойчивости двух станций, работающих на общую нагрузку. Определение коэффициента запаса устойчивости.

30. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности

31. Векторная диаграмма синхронной машины. Угловые характеристики мощности нерегулируемых и регулируемых генераторов.
32. Асинхронный ход синхронных машин. Этапы протекания асинхронного режима.
33. Влияние демпфирования на динамическую устойчивость электрической системы.
34. Простейшая оценка динамической устойчивости электрической системы.
35. Устойчивость многомашинной системы по условиям текучести режима.
36. Метод малых колебаний. Анализ статической устойчивости нерегулируемой системы.
37. Использование метода площадей при исследовании влияния форсировки возбуждения на качания генераторов.
38. Метод малых колебаний. Критерий Гурвица.
39. Точная синхронизация, самосинхронизация .
40. Анализ статической устойчивости при пропорциональном регулировании возбуждения. Структурная схема регулятора.
41. Анализ статической устойчивости при сильном регулировании возбуждения. Структурная схема регулятора.
42. Методы решений дифференциального уравнения относительного движения ротора генератора. Численное интегрирование.
43. Метод последовательных интервалов при исследовании динамической устойчивости простейшей системы.
44. Параметры элементов электрических систем при асинхронных режимах.
45. Изменение активной и реактивной мощности при изменении частоты системы.
46. Методы решений дифференциального уравнения относительного движения ротора генератора. Аппроксимация синусоиды прямыми.
47. Асинхронный ход генератора.
48. Переходные процессы при включении синхронного генератора.
49. Дополнительные устройства для улучшения качества переходного процесса.
50. Метод малых колебаний. Связь между корнями характеристического уравнения и видом переходного процесса.