



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

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
с изменениями  
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.02.07.09 Устойчивость в системах электроснабжения

---

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

---

Направленность(и) \* Электроснабжение  
(профиль(и))

---

Квалификация Бакалавр

---

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Электроснабжение промышленных предприятий	Ст. преподаватель	Галеева Р.У.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Электроснабжение промышленных предприятий	17.05.2023	28	Зав. кафедрой ЭПП, профессор, д.т.н. Ившин И.В.
Согласована	Электроснабжение промышленных предприятий	17.05.2023	28	Зав. кафедрой ЭПП, профессор, д.т.н. Ившин И.В.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.2023	9	Председатель УМС, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023	9	Председатель УМС, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.

### 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Устойчивость в системах электроснабжения» является развитие личностных качеств обучающихся, обеспечение фундаментальных знаний, умений и навыков в области устойчивого функционирования системы электроснабжения, которые выпускник способен продемонстрировать в условиях профессиональной деятельности после освоения ОП, формирование универсальных и профессиональных компетенций на основе гармоничного сочетания фундаментальной и профессиональной подготовки с использованием лучшего отечественного и мирового опыта в области устойчивости систем, особенностей научной школы института КГЭУ/кафедры ЭПП и потребностей рынка труда региона.

#### Задачами дисциплины являются:

воспитать профессиональную готовность к работе в коллективе и добросовестному выполнению работ, определяемых квалификацией; формировать способности в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, приобретению новых знаний с использованием современных информационных образовательных технологий.

#### Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий	ПК-2.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР: Проектирование электропитающих сетей систем электроснабжения (СМ2); Электрические машины (СМ1); Электроэнергетические системы и сети (СМ2), Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Системы электроснабжения промышленных объектов (СМ3); производственная практика (преддипломная).

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			8		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	32	32		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,7	24	34		
Лекции	0,3	12	12		
Практические (семинарские) занятия	0,2	6	6		

Лабораторные работы	0,2	6	6		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2	84	84		
Проработка учебного материала		7	7		
Курсовой проект		0	0		
Курсовая работа		0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации		0	0		
Промежуточная аттестация:			3		
			-		

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			5		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	21	21		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,3	12	12		
Лекции	0,1	4	4		
Практические (семинарские) занятия	0,1	4	4		
Лабораторные работы	0,1	4	4		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,6	92	92		
Проработка учебного материала		9	9		
Курсовой проект		0	0		
Курсовая работа		0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации		0	0		
Промежуточная аттестация:			3		
			-		

### 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
		лекций	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	27	4		2	21	ТК1	ПК-2.1
Раздел 2	27	4		2	21	ТК2	ПК-2.1
Раздел 3	28	2	3	2	21	ТК3	ПК-2.1
Раздел 4	26	2	3		21	ТК4	ПК-2.1
Зачет	0				0	<b>ОМ 1</b>	<b>ПК-2.1</b>
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>108</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>84</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Нормативно-техническая документация в области надежности и устойчивости систем. Практические критерии статической устойчивости.**

Тема 1.1. Требования надежности и устойчивости к ЭУ потребителей как элементам энергосистемы. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости.

Тема 1.2. Практические критерии оценки переходного процесса в электрических системах при малых возмущениях.

#### **Раздел 2. Переходные процессы в системах электроснабжения при больших возмущениях и малых изменениях скорости. Методы исследования.**

Тема 2.1. Практические критерии оценки переходного процесса при больших возмущениях. Метод площадей. Количественные показатели.

Тема 2.2. Переходные процессы при больших возмущениях. Метод последовательных интервалов. Анализ переходного процесса.

#### **Раздел 3. Переходные процессы в узлах нагрузки при малых возмущениях**

Тема 3.1. Протекание переходного процесса при малых возмущениях с учетом действия регулирующих устройств.

Тема 3.2. Переходные процессы в узлах нагрузки малых возмущениях. Определение критических параметров.

#### **Раздел 4. Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях. Мероприятия по повышению устойчивости электрической сети.**

Тема 4.1. Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях. Наброс нагрузки на электродвигатели.

Тема 4.2. Организационные и режимные мероприятия по повышению качества переходного процесса.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

1. Определение параметров режима и системы для определения предельных значений мощности.
2. Исследование статической устойчивости простейшей нерегулируемой электрической системы. Определение коэффициента запаса статической устойчивости.
3. Расчет устойчивости комплексной нагрузки. Определение коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению.
4. Наброс нагрузки на асинхронный двигатель. Определение критического скольжения электродвигателя при изменении режима напряжения.

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

1. Исследование статической устойчивости комплексной нагрузки
2. Исследование динамической устойчивости группы асинхронных электродвигателей. Самозапуск электродвигателей

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

*Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.*

## 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-2	ПК-2.1	знать: стандарты и методы анализа устойчивости в системе электроснабжения				
		Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок представляет стандарты и методы анализа устойчивости в СЭС	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько не грубых ошибок в знаниях стандартов и методов анализа устойчивости СЭС	Минимальный допустимый уровень знаний, слабо представляет стандарты и методы анализа устойчивости СЭС	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо представляет стандарты и методы анализа устойчивости в СЭС	

		<p>уметь: применять стандарты и процедуры системы менеджмента качества для сбора данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>			
	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания в полном объеме при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания но не в полном объеме сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	
<p>владеть: навыками сбора и анализа данных и оценки устойчивости для разработки отдельных разделов проектирования</p>					
	<p>Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании СЭС</p>	

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

1. Шабад В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. Учебное пособие. Москва: ИЦ «Академия». 2013. [https://fileskachat.com/view/32548\\_8cd0ea361f6a9d627d3b21013b4403cc.html](https://fileskachat.com/view/32548_8cd0ea361f6a9d627d3b21013b4403cc.html).
2. Бобров А. Э., Гиренков В. Н., Дяков А. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения : учеб. пособие / А. Э. Бобров, В. Н. Гиренков, А. М. Дяков. – Красноярск : Сиб. Федер. Ун-т, 2020. - 96 с.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Динамическая устойчивость проектируемых электроэнергетических систем и систем электроснабжения: учебное пособие / сост. Р.У. Галеева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2019. – 120 с.
2. Электромеханические переходные процессы для выбора оптимальных технических решений при проектировании систем электроснабжения капитального строительства: Практикум (лабораторный) / Сост.: Р.У. Галеева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – 32 с.
3. Федеральный закон РФ «Об электроэнергетике». № 35-ФЗ от 26.03. 2003 г. (ред. от 14.02.2024 г.) Доступ из справ. прав. системы Consultant plus.– 32 с.
4. Надёжность систем энергетики (сборник рекомендуемых терминов). – М.: ИАЦ «Энергия», 2007. – 192 с.
5. Приказ Минэнерго России от 03.08.2018 № 630. Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем» (с изменениями на 20 декабря 2022 года). [KazanskayaOA@minenergo.gov.ru](mailto:KazanskayaOA@minenergo.gov.ru). – 19 с.



6. ГОСТ Р 58058-2018 Национальный стандарт Российской Федерации. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Устойчивость энергосистем.  
<https://docs.cntd.ru/document/1200159889>.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.03.2018 № 244 «О совершенствовании требований к обеспечению надежности и безопасности электроэнергетических систем и объектов электроэнергетики и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». – М.: ООО «НПП ГАРАНТ-СЕРВИС», 2019. – 5 с.
8. ГОСТ -70450-2022. ЕЭС и изолированно работающие энергосистемы. ОТУ. АСТУ, ЦУС СО.2023 г.
9. Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 (ред. от 31.01.2024) "Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ".
10. СТО 17330282. 29.240. 001-2005. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем. – М.: 2008. – 49 с.
11. Приказ Министерства энергетики РФ от 6 декабря 2022 г. № 1286 “Об утверждении Методических указаний по проектированию развития энергосистем и о внесении изменений в приказ Минэнерго России от 28 декабря 2020 г. № 1195” (Приложение 04.12.2023 г.).
12. Устойчивость электрических систем: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Сост.: Р.У. Галеева, Р.С. Саитбаталова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 16 с.
13. Исследование устойчивости электроэнергетических систем с использованием математического моделирования: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Сост.: Р.У. Галеева, Р.С. Саитбаталова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 28 с.

## **5.2. Информационное обеспечение**

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

- 5.2.1. 1. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- 5.2.1. 2. *Энциклопедии, словари, справочники* <http://www.rubricon.com>
- 5.2.1. 3. *Портал "Открытое образование"* <http://npoed.ru>
- 5.2.1. 4. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru» <https://ibooks.ru/>
- 5.2.1. 5. Электронно-библиотечная система «book.ru»

- 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы
- 5.2.2. 1. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>
- 5.2.2. 2. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
- 5.2.2.3.Справочная правовая система «Консультант Плюс»<http://consultant.ru>
- 5.2.2. 3. Справочно-правовая система по законодательству РФ <http://garant.ru>
- 5.2.2. 4. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации <https://minenergo.gov.ru/opensata>
- 5.2.2. 5. Российская национальная библиотека <http://nlr.ru/>
- 5.2.2. 6.Мировая цифровая библиотека В <http://wdl.org>
- 5.2.2. 7.Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
- 5.2.2. 8. Russian Science Citation Index (RSCI) [clarivate.ru](http://clarivate.ru)

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

- 5.2.3. 1. Windows 7 Профессиональная (Starter)Пользовательская операционная система. ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 2. Браузер ChromeСистема поиска информации в сети интернетСвободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 3. OpenOffice. Пакет офисных приложений. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно.
- 5.2.3. 4. Adobe Acrobat. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 5. Adobe Flash Player. Подключаемый модуль для браузера и среды выполнения веб –приложений. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 6. 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	Учебная аудитория В-307 для	Специализированная учебная мебель,

занятия	проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лабораторный стенд НТЦ-10 «Электроснабжение промышленных предприятий» (6 комп.), учебное оборудование шкаф электротехнический (5 комп.), настенные учебные стенды по кабельной продукции (4 шт.), высоковольтный автоматический выключатель, макет муфты высоковольтной, экран, информационный стенд, камера IP в комплекте, учебные плакаты (4 шт) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория В-301	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: специализированная учебная мебель, технические средства обучения доска аудиторная, моноблок (15 шт.), мультимедийный проектор.
	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
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](http://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.

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины  
 Б1.В.ДЭ.02.07.09 «Устойчивость в системах электроснабжения»  
 на 2024 /2025 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 кафедра)
1	2	3	4	5	6
В соответствии с введением ГОСТ 34045-2023 01.07. 2023 г. «Электроэнергетические системы. ОДУ. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Нормы и требования»; Приказа Минэнерго РФ от 6 декабря 2022 г. N 1286 «Об утверждении методических указаний по проектированию развития энергосистем»; ГОСТ Р 71077-2023 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. ОДУ. Дистанционное управление. Правила применения защищенных протоколов при организации информационного обмена; ГОСТ Р 57114-2022. Национальный стандарт РФ. Электроэнергетические системы». 2023-02-01 для обеспечения дополнительных требований по и надежности энергопринимающих установок.					
в рабочую программу вносятся следующие изменения:					
1	РПД п.3.3	20.03.2024	Тема «Взаимосвязанные электромагнитные и электро-механические процессы в системах электроснабжения. Применение положений НТД об устойчивости систем электроснабжения» изменена на тему «Требования надежности и устойчивости к ЭУ потребителей как элементам энергосистемы. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости» Стр. 5 п.3.3. тема 1.1	_____  Сафин А.Р.	_____  Ахметова Р.В.
2	ОМ П.4	20.03.2024	В задание для ТК1 введены требования к режимам и устойчивости энергосистем		

3	РПД П.5.	20.03.2024	Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 (ред. от 31.01.2024) "Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ". ГОСТ Р 57114-2022. Национальный стандарт РФ. Электроэнергетические системы. ОДУ в ЭЭС и ОТУ. Термины и определения. 2023 г. Стр.8 -9. п.5.1.2		
---	-------------	------------	---	--	--





КГУ

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.02.07.09 Устойчивость в системах электроснабжения

Направление подготовки      13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и) \*      Электроснабжение  
(профиль(и))

Квалификация      Бакалавр

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине «Устойчивость в системах электроснабжения» предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

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

### 1. Технологическая карта Семестр 7

Наименование раздела	Формы	Рейтинговые показатели									
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	IV текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1.</b> «Нормативно-техническая документация. Практические критерии статической устойчивости»	<b>ТК 1</b>	15	0-5							15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос		6									
Защита практической работы		4									
Отчет по самостоятельной работе		5									
<b>Раздел 2.</b> «Переходные процессы в системах электроснабжения при больших возмущениях»	<b>ТК 2</b>			15	0-5					15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос				6							
Защита лабораторной работы				8							
Отчет по самостоятельной работе				1							
<b>Раздел 3.</b> «Переходные процессы в узлах нагрузки при малых возмущениях»	<b>ТК 3</b>					15	0-5			15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос						6					
Защита практической работы						4					
Отчет по самостоятельной работе						5					
<b>Раздел 4.</b> «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях. Мероприятия по повышению устойчивости»	<b>ТК 4</b>							15		15 - 20	15 - 20
									0-5		

Тест или письменный опрос								6			
Защита практической работы								4			
Отчет по самостоятельной работе								5			
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>	<b>О</b>										<b>0-40</b>
Задание промежуточной аттестации											0-10
В письменной форме по билетам											0-30

## 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-2	ПК-2.1	знать: стандарты и методы анализа устойчивости в системе электроснабжения	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок представляет стандарты и методы анализа устойчивости в СЭС	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько не грубых ошибок в знаниях стандартов и методов анализа устойчивости в СЭС	Минимальный допустимый уровень знаний, слабо представляет стандарты и методы анализа устойчивости СЭС	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо представляет стандарты и методы анализа устойчивости в СЭС
		уметь: применять стандарты и процедуры системы менеджмента качества для сбора данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения				

			Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания в полном объеме при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания но не в полном объеме сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения при сборе данных и оценки устойчивости при проектировании системы электроснабжения
владеть: навыками сбора и анализа данных и оценки устойчивости для разработки отдельных разделов проектирования						
			Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки при сборе данных, анализе и оценке устойчивости при проектировании системы электроснабжения

						набжения
--	--	--	--	--	--	----------

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий, глубокое понимание задачи получения данных, анализа устойчивости и ее оценки для принятия конструктивного решения при проектировании СЭС, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое) в семестре;

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий; понимание задачи получения данных, анализа устойчивости и ее оценки для принятия конструктивного решения при проектировании СЭС, ответы на вопросы билета (теоретическое) в семестре;

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий в семестре;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий в семестре.

### 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
Доклад (Дкл), сообщение (Сбщ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
Контрольная работа (КнтР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной

		работы, перечень требований к отчету
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
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

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

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Статическая устойчивость - это способность системы восстанавливать исходный режим или режим близкий к исходному	при малых возмущениях и малых изменениях скорости
	при больших возмущениях и малых изменениях скорости
	при больших возмущениях и больших изменениях скорости
	при малых возмущениях и больших изменениях скорости
Практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя записывается как	$\frac{\partial P}{\partial s} > 0$
	$\frac{\partial P}{\partial s} < 0$
	$\frac{\partial P}{\partial \delta} > 0$
	$\frac{\partial P}{\partial \delta} < 0$
Выполнение требований к устойчивости энергосистемы должно оцениваться на основании следующих показателей	минимального коэффициента запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемых сечениях
	минимального коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки
	минимального коэффициента запаса статической устойчивости по скольжению АД
Для расчета статической	Переходной ЭДС $E'_q$ и реактивностью $x'_d$ ;

устойчивости синхронная машина без АРВ вводится в схему замещения следующими параметрами	Синхронной ЭДС $E_q$ и реактивностью $x_d$ .
	Синхронной ЭДС $E_q$ и реактивностью $x_q$ .

### Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения

#### Тест

Вопрос	Варианты ответа
Количественным показателем запаса динамической устойчивости служит коэффициент, определяемый как	$Kз = \frac{F_{в.торм}}{F_{уск}}$
	$Kз = \frac{F_{торм}}{F_{уск}}$
	$Kз = \frac{F_{уск}}{F_{торм}}$
	$Kз = \frac{F_{уск}}{F_{в.торм}}$
Короткие замыкания рассматриваются при исследовании	статической устойчивости
	динамической устойчивости
	результатирующей устойчивости
	колебательной устойчивости
Динамическая устойчивость - это способность системы восстанавливать исходный режим или режим близкий к исходному	при малых возмущениях и малых изменениях скорости
	при больших возмущениях и малых изменениях скорости
	при больших возмущениях и больших изменениях скорости
	при малых возмущениях и больших изменениях скорости

### Для текущего контроля ТК3:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения

#### Тест

Вопрос	Варианты ответа
Текущность режима возникает при	большой величине продольной компенсации реактивного сопротивления
	неправильном выборе параметров автоматического регулирования скоростью АРС или автоматического регулирования возбуждением АРВ
	при подходе к предельным значениям мощности и угла

Компенсация реактивной мощности установкой батарей конденсаторов в узле нагрузки ведет к	улучшению статической устойчивости комплексной нагрузки
	ухудшению статической устойчивости комплексной нагрузки
	не влияет на статическую устойчивость комплексной нагрузки
Область устойчивой работы асинхронного двигателя находится	между синхронной скоростью $S_0$ и критическим скольжением $S_{кр}$ ;
	между критическим скольжением $S_{кр}$ и скольжением равным $S = 1$ ;
	между синхронной скоростью $S_0$ и скольжением равным $S = 1$

#### Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения

#### Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Самозапуск – это процесс..	восстановления нормальной работы двигателей после ее кратковременного нарушения, вызванного исчезновением питания или коротким замыканием
	перехода двигателей из неподвижного состояния в состояние вращения с нормальной скоростью
	перехода двигателей из состояния вращения с нормальной скоростью в состояние останова
Понижение частоты в системе предотвращается путем использования средств автоматизации	автоматической частотной разгрузки АЧР
	автоматического регулирования возбуждения АРВ
	автоматического регулирования напряжения АРН
	автоматического регулирования скорости АРС
Мероприятия режимного характера по улучшению качества переходного процесса включают	изменение параметров оборудования СЭС
	автоматическое управление системой электроснабжения
	автоматическое управление системой и изменение параметров оборудования СЭС
	изменение параметров оборудования и режима системы электроснабжения

#### Вопросы к комплексному заданию ТК1

1. Как классифицируются электромеханические переходные процессы?
2. Практические критерии статической устойчивости
3. Какие различают виды режимов электрических систем?
4. Схемы замещения основных элементов электрической системы.
5. Структурная схема генератора с АРВ пропорционального действия
6. Задачи управления переходными процессами
7. Мероприятия по улучшению качества переходного процесса
8. Методы исследования электромеханических переходных процессов.



9. Как производится простейшая оценка статической устойчивости?
10. Как влияют конструктивные изменения параметров трансформаторов на устойчивость системы и характер переходных процессов в ней?

### Задача 1

Требуется определить предел передаваемой мощности. Принять генератор не имеет автоматического регулятора тока возбуждения (АРВ).

#### Исходные данные:

Синхронная ЭДС генератора  $E_q = 1,84$  о.е.; сопротивление синхронное генератора  $X_d = 10,7$  о.е.; сопротивление трансформатора  $X_{T1*} = 0,8$  о.е.; сопротивление линии  $X_{лэ*} = 3$  о.е.; Напряжение системы  $U_c = 1$  о.е..

### Задача 2

Требуется определить коэффициент запаса  $K_z$  статической устойчивости по мощности с помощью практического критерия  $\partial P / \partial \delta$  для системы с генераторами, не снабженными автоматическими регуляторами возбуждения (АРВ).

#### Исходные данные:

Синхронная ЭДС генератора  $E_q = 2,19$  о.е.; сопротивление генератора  $X_d = 12,67$  о.е.; сопротивление трансформатора  $X_{T1*} = 0,84$  о.е.; сопротивление линии  $X_{лэ*} = 2,06$  о.е.; Напряжение системы  $U_c = 1$  о.е. Передаваемая мощность  $P_0 = 0,07$  о.е.

### Задача 3

Требуется определить коэффициент запаса  $K_z$  статической устойчивости синхронного двигателя (СД) по мощности.

#### Исходные данные:

ЭДС синхронного двигателя СД  $E_q = 1,5$  о.е.; сопротивление синхронное СД  $X_d = 1,45$  о.е.; напряжение на шинах СД  $U_{двном} = 1$  о.е.

### Задача 4

Требуется определить коэффициенты запаса  $K_z$  статической устойчивости асинхронного двигателя (АД) по напряжению  $U$  и по мощности  $P$ .

#### Исходные данные:

Сопротивление АД  $X_s = 0,3$  о.е; активная мощность  $P_{АД*} = 0,3$  о.е; напряжение на шинах АД  $U_{АД} = 1$  о.е.

### Задача 5

Требуется определить коэффициент запаса  $K^E_3$  статической устойчивости комплексной нагрузки КН с помощью практического критерия  $\partial E/\partial U > 0$  графическим способом построением зависимости ЭДС от напряжения  $E = f(U)$ .

**Исходные данные** для построения зависимости  $E = f(U)$  необходимо использовать изменения напряжения  $U_1 = 1$  о.е.;  $U_2 = 0,95$  о.е.;  $U_3 = 0,9$  о.е.;  $U_4 = 0,85$ ;  $U_5 = 0,8$ ;  $U_6 = 0,7$  и изменения ЭДС, соответствующие вышеуказанному изменению напряжения  $E_1 = 2,78$  о.е.;  $E_2 = 2,62$  о.е.;  $E_3 = 2,59$  о.е.;  $E_4 = 2,7$  о.е.;  $E_5 = 2,8$  о.е.;  $E_6 = 3,1$  о.е.

### Вопросы к комплексному заданию **ТК2**

1. Как проверить динамическую устойчивость при наличии трехфазного или пофазного автоматического повторного включения линии электропередачи?
2. Какой способ применяется при анализе динамической устойчивости?
3. Запишите условия сохранения устойчивости при понижении напряжения на шинах двигателя
4. Каковы общие требования при включении синхронного двигателя в сеть?
5. Как влияет продолжительность короткого замыкания на динамическую устойчивость?
6. Каков характер изменения угла  $\delta$  во времени при устойчивом и неустойчивом переходном процессе?
7. Как влияет вид короткого замыкания на динамическую устойчивость ЭЭС?
8. Каков алгоритм расчета устойчивости методом последовательных интервалов?
9. При каких допущениях используется метод площадей?
10. Как влияет автоматическое регулирование возбуждения СД на качество переходного процесса?

### Задача 1

Требуется определить идеальный предел передаваемой мощности. Принять генератор не имеет АРВ.

**Исходные данные:** синхронная ЭДС  $E_q = 1,63$  о.е.; напряжение системы  $U_c = 1$  о.е.; сопротивление генератора  $X_{d*} = 14,4$  о.е.; сопротивление трансформатора Т1  $X_{T1*} = 0,84$  о.е.; сопротивление трансформатора Т2  $X_{T2*} = 0,84$  о.е.; сопротивление линии Л  $X_{л*} = 1,81$  о.е..

### Задача 2

Определить напряжение на выводах асинхронного двигателя при пуске. Двигатель подключен к шинам распределительного устройства (РУ) через кабель.

**Исходные данные:** Относительный пусковой ток двигателя  $I_p = 5$  о.е.; напряжение на шинах РУ  $U = 1,05$  о.е.; относительное сопротивление кабельной линии  $X_{кл} = 0,1$  о.е..

### Задача 3

Определить предельный угол отключения короткого замыкания поврежденной цепи линии электропередачи.

**Исходные данные:** передаваемая мощность  $P_0 = 0,2$  о.е.; критический угол  $\delta_{кр} = 148,8^\circ$ ; начальный угол  $\delta'_0 = 21,6^\circ$ ; максимальная мощность в послеаварийном режиме  $P^{\text{II}}_m = 0,36$  о.е.; максимальная мощность в аварийном режиме  $P^{\text{III}}_m = 0,1$  о.е.

### Задача 4

Требуется определить приращение угла и угол в конце первого интервала при возникновении переходного процесса, вызванного коротким замыканием на линии.

**Исходные данные:** Электрическая мощность, отдаваемая генератором в первый момент после возникновения КЗ,  $P_{(0)} = 0,484$  о.е.; передаваемая мощность нормального режима  $P_0 = 1$ ; частота системы  $f = 50$  Гц; шаг интегрирования  $\Delta = 0,05$  сек; постоянная инерции генератора  $T_{jг} = 4$  сек; начальный угол  $\delta'_0 = 34^\circ$ .

### Задача 5

Требуется определить предельное время отключения поврежденной цепи при полном сбросе мощности генератора.

**Исходные данные:** постоянная инерции генератора  $T_{jг} = 5$  сек; предельный угол отключения  $\delta_{от.пр} = 112^\circ$ ; передаваемая мощность нормального режима  $P_0 = 1$ ; начальный угол  $\delta_0 = 25^\circ$ ; частота системы  $f = 50$  Гц.

### Вопросы к комплексному заданию *ТКЗ*

1. Из каких звеньев состоит устройство автоматического регулирования током возбуждения АРВ синхронного двигателя СД?
2. Как влияет АРВ на работу СД при коротком замыкании?
3. Запишите условия сохранения устойчивости при понижении напряжения на шинах генератора.
4. Как влияет автоматическое регулирование возбуждения СД на качество переходного процесса?
5. Каковы наиболее целесообразные условия использования того или иного метода при исследовании статической устойчивости?
6. Как по корням характеристического уравнения определить вид изменения угла  $\delta$ ?
7. Каков алгоритм расчета переходного процесса методом малых колебаний?

8. Как учесть влияние форсировки возбуждения при использовании метода малых колебаний?
9. Что такое самораскачивание, какими параметрами характеризуется?
10. Что такое самовозбуждение, какими параметрами характеризуется?

### Задача 1

Требуется определить максимальную электромагнитную мощность асинхронного двигателя  $P_m$ , работающего на шины неизменного напряжения.

**Исходные данные:** напряжение на шинах РУ  $U = 1$  о.е.; активное сопротивление двигателя  $R_2 = 0,02$  о.е.;  $X_s = 0,1$  о.е.; сопротивление кабельной линии  $X_{кл} = 0,05$  о.е..

### Задача 2

Найти предел передаваемой мощности синхронного двигателя, снабженного автоматическим регулятором возбуждения пропорционального действия.

**Исходные данные:** переходная ЭДС  $E_{q'} = 1,13$  о.е.; напряжение на шинах распределительного устройства  $U_c = 1$ ; переходное сопротивление  $X'd = 3,28$  о.е.; синхронное сопротивление  $X_d = 13,88$  о.е.; сопротивление кабельной линии  $X_{кл} = 1,81$  о.е.; предельный угол  $\delta_{пр} = 113,5^\circ$ .

### Задача 3

Требуется определить рабочее скольжение асинхронного двигателя (АД).

**Исходные данные:** напряжение на шинах двигателя  $U_{дв} = 1$  о.е.; активное сопротивление двигателя  $R_2 = 0,012$  о.е.; индуктивное сопротивление  $X_s = 0,125$  о.е..

### Задача 4

Требуется определить коэффициент запаса статической устойчивости асинхронного двигателя по скольжению

**Исходные данные:** напряжение на шинах двигателя  $U_c = 1$  о.е.; активное сопротивление двигателя  $R_2 = 0,01$  о.е.; индуктивное сопротивление  $X_s = 0,08$  о.е..

### Задача 5

Требуется определить модуль собственной проводимости первой станции в системе, состоящей из двух станций С1 и С2, работающих на общую нагрузку Н. Нагрузку Н представлена постоянным сопротивлением  $Z_n$

**Исходные данные:** сопротивление нагрузки  $Z_n = 10,73 + j6,11$ ; сопротивление первой станции до узла нагрузки  $jXd'_1 = j4,09$  о.е.; сопротивление второй станции до узла нагрузки  $jXd'_2 = j5,11$  о.е..

#### Вопросы к комплексному заданию *ТК4*

1. Каковы причины резких изменений режима в системах электроснабжения?
2. Чем вызывается наброс нагрузки на асинхронный двигатель?
3. Как представить асинхронный двигатель упрощенной схемой замещения при анализе динамических процессов в узле нагрузки?
4. Каковы условия динамической устойчивости асинхронного двигателя при набросе нагрузки?
5. Каким уравнением описывается движение двигателя при исследовании динамической устойчивости?
6. Как строится динамическая характеристика асинхронного двигателя?
7. По какому выражению будет определяться время наброса?
8. Какие процессы протекают при пуске двигателя?
9. Для чего применяется самозапуск?
10. Каковы основные отличия пуска от самозапуска асинхронного двигателя?

#### Задача 1

Требуется определить время, в течении которого допустимо увеличение механического момента синхронного двигателя от  $M_0$  до  $M^1$ .

**Исходные данные:** постоянная инерции двигателя  $T_j = 6$  сек; начальный угол  $\delta_0 = 13^\circ$ ; угол отключения  $\delta_{отк} = 120^\circ$ ; начальный механический момент  $M_0 = 1$  о.е.; увеличение механического момента  $M^1 = 1,5$  о.е.

#### Задача 2

Требуется определить значение электромагнитного момента асинхронного двигателя при снижении напряжения от  $U_0$  до  $U_1$ .

**Исходные данные:** максимальный момент двигателя  $M_{\max} = 3$  о.е.; скольжение  $s = 0,1$  о.е.; критическое скольжение  $s_{кр} = 0,3$  о.е.; напряжения:  $U_0 = 1$  о.е.;  $U_1 = 0,7$  о.е..

#### Задача 3

Найти ток несинхронного включения синхронной машины (СМ).

**Исходные данные:** напряжение системы  $U_1 = 1,05$ ; ЭДС СМ  $E_{см} = 1,23$  о.е.; сопротивление переходное СМ  $X'_d = 0,146$  о.е.; сопротивление системы  $X_c = 0,1$  о.е..

#### Задача 4

Требуется определить напряжение на зажимах асинхронного электродвигателя (АД) при самозапуске.

**Исходные данные:** напряжение источника питания  $U_1 = 1,05$  о.е.; активное сопротивление ротора АД  $R_2 = 0,018$ ; индуктивное сопротивление АД  $X_{дв} = 0,2$  о.е.; сопротивление трансформатора  $X_T = 0,5$  о.е.; сопротивление линии активное  $R_l = 0,5$  о.е.; индуктивное  $X_l = 0,5$  о.е..

**Для промежуточной аттестации:**

##### Задание 1

1. Схемы замещения основных силовых элементов электрической системы (Генератора, трансформатора, двигателя асинхронного и синхронного, воздушной и кабельной линий, комплексной нагрузки).
2. Метод малых колебаний. Анализ статической устойчивости нерегулируемой системы методом малых колебаний.

##### Задание 2

1. Анализ статической устойчивости Синхронного двигателя при сильном регулировании током возбуждения. Структурная схема регулятора.
2. Пуск асинхронного двигателя (АД) в ход. Условие успешного пуска АД. Схемы пуска асинхронного электродвигателя.

##### Задание 3

1. Практический критерий устойчивости по скольжению и напряжению асинхронного двигателя (АД).
2. Самораскачивание синхронной машины. Условия возникновения явления самораскачивания.

##### Задание 4

1. Простейшая оценка динамической устойчивости электрической системы. Определение устойчивости переходного режима. Метод площадей.
2. Самовозбуждение синхронной машины. Условия возникновения, причины.

##### Задание 5

1. Статические характеристики комплексной нагрузки. Влияние частоты и мощности реактивной.
2. Параметры элементов электрических систем при асинхронных режимах.

### **Задание 6**

1. Изменение активной и реактивной мощности при изменении частоты системы.
2. Практический критерий статической устойчивости асинхронного электродвигателя соизмеримого по мощности с мощностью станции.

### **Задание 7**

11. Простейшая оценка динамической устойчивости электрической системы.
2. Пуск асинхронных двигателей. Методы пуска. Уравнение движения при пуске и его интегрирование.

### **Задание 8**

1. Устойчивость многомашинной системы по условиям текучести режима.
2. Самозапуск асинхронных двигателей. Определение мощности самозапуска АД. Условие успешного самозапуска АД.

### **Задание 9**

1. наброс нагрузки на синхронный и асинхронный двигатель. Условия устойчивой работы двигателей при набросе нагрузки
2. Мероприятия для улучшения устойчивости, изменяющие параметры основного оборудования.

### **Задание 10**

1. Влияние включения в нагрузку батарей конденсаторов на статическую устойчивость узла нагрузки. Изменение реактивной мощности от напряжения на шинах нагрузки.
2. Дополнительные устройства для улучшения качества переходного процесса.