



КГЭУ

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 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
Электроэнергетики и электроники

Р.В. Ахметова

«30» мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.09.03 Расчет и регулирование режимов электроэнергетических систем

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и) \*  
(профиль(и)) Электроэнергетические системы и сети

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЭСиС	профессор, д.т.н., доцент	Гарифуллин М.Ш.
ЭСиС	доцент, к.т.н., доцент	Воркунов О.В.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭСиС	17.05.2023	№32	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Максимов В. В.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

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

Целью освоения дисциплины «Расчет и регулирование режимов электроэнергетических систем» является получение необходимых знаний и умений в области расчета, а также управления режимами работы электрических сетей в условиях изменчивости внешних факторов.

Задачами дисциплины являются: изучение методов автоматизированного расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей; ознакомление с методами регулирования частоты в электрических сетях; формирование навыков выбора способа регулирования напряжения в электроэнергетических сетях.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.1. Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем
ПК-3. Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2. Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Б1.О.18 Теоретические основы электротехники; Б2.В.01(П) Производственная практика (технологическая); Б1.В.ДЭ.01.01.03 Противоаварийная и сетевая автоматика; Б1.В.ДЭ.01.01.01 Электроэнергетические системы и сети

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Б1.В.ДЭ.02.09.09 Оптимизация в электроэнергетических системах; Б2.В.02(Пд) 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)
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	2,75	99	99
АУДИТОРНАЯ РАБОТА		52	52
Лекции	0,5	18	18
Практические (семинарские) занятия	0,5	18	18

Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,56	128	128
Проработка учебного материала	0,56	20	20
Курсовой проект	2	72	72
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			КП-

**Для очно-заочной формы обучения**

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			8
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	1,97	71	71
АУДИТОРНАЯ РАБОТА		18	18
Лекции	0,22	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,17	6	6
Лабораторные работы	0,11	4	4
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,5	162	162
Проработка учебного материала	2,25	81	81
Курсовой проект	2	72	72
Курсовая работа	-	-	-
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	26	6	8	6	6	ТК1	ПК-3.2 З,У,В
Раздел 2	28	6	8	6	8	ТК2	ПК-3.2 З,У,В
Раздел 3	18	6	0	6	6	ТК3	ПК-1.1.3,У,В
Курсовой проект	72				72	ОМкп	ПК-3.2 З,У,В
Экзамен	36				36	<b>ОМ</b>	<b>ПК-1.1.3 ПК-1.1.У ПК-1.1.В ПК-3.2.3 ПК-3.2.У ПК-3.2.В</b>
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>128</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>128</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

Раздел 1. Расчеты установившихся режимов сложных электрических сетей.

Тема 1.1. Теория расчета установившихся режимов сложных электрических сетей с применением методов матричной алгебры.

Тема 1.2. Особенности учета параметров элементов энергосистемы при расчете режимов.

Раздел 2. Особые режимы электроэнергетических систем. Работа электрической сети в неполнофазных режимах.

Тема 2.1. Понятие об особых режимах энергосистем. Теория расчета несимметричных режимов методом симметричных составляющих, а также в фазных координатах.

Тема 2.2. Расчеты неполнофазных режимов электрических сетей. Использование PSCAD для расчета неполнофазных режимов.

Раздел 3. Регулирование режимов в электроэнергетических системах.

Тема 3.1. Регулирование частоты в электроэнергетических системах.

Тема 3.2. Регулирование напряжения в электрических сетях.

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

Раздел 1. Расчеты установившихся режимов сложных электрических сетей.

Тема 1.1. Матричные формы уравнений, описывающих установившиеся режимы электрической сети. Матрицы инцидентности. Матрицы токов, напряжений, сопротивлений и проводимостей. Способы представления нагрузки в схемах замещения.

Тема 1.2. Решение уравнений установившегося режима прямыми методами.

Тема 1.3. Нелинейные уравнения установившегося режима. Использование простой итерации для решения систем уравнений установившегося режима.

Раздел 2. Особые режимы электроэнергетических систем. Работа электрической сети в неполнофазных режимах.

Тема 2.1. Правила составления схем замещения при неполнофазных режимах.

Тема 2.2. Правила расчета параметров отдельных элементов электрической сети. Особенности учета схемы соединения обмоток трансформаторов.

Тема 2.3. Моделирование неполнофазных режимов в программном комплексе PSCAD.

Раздел 3. Регулирование режимов в электроэнергетических системах.

Тема 3.1. Расчет эквивалентного коэффициента статизма регуляторов скорости вращения турбин. Определение отклонения частоты в энергосистеме при изменении мощности нагрузки.

Тема 3.2. Регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов.

Влияние реактивной мощности потребителей на уровни напряжения в узлах электрической сети.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Лаб. 1. Моделирование и расчеты режимов электрических сетей в прикладных программах.

Лаб. 2. Исследование режима работы электрической сети с несимметричной нагрузкой.

Лаб. 3. Составление схем замещения и определение параметров несимметричного режима в программном комплексе.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Курсовой проект на тему:

«Расчет нормальных, аварийных и неполнофазного установившихся режимов в электроэнергетической системе».

Задание на проект содержит варианты схемы электрической сети, установленные мощности потребителей и генераторов в узловых точках, места возникновения неполнофазного режима работы линии электропередачи.

## 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-1	ПК-1.1	<p>знать:</p> <p>Принципы регулирования частоты и напряжения в электроэнергетических системах</p>	<p>Знает принципы первичного, вторичного и третичного регулирования частоты в энергетической системе. Знает способы управления уровнями</p>	<p>Знает основные правила поддержания заданных уровней частоты и напряжения в электрических сетях. Знает о влиянии на потребляемую в узловых</p>	<p>Допускает ошибки при описании влияния изменения частоты и напряжения на потребляемую в узлах активную и реактивную мощность.</p>	<p>Уровень знаний ниже минимального требования: не знает факторов, влияющих на изменение уровней напряжения и частоты в электроэне</p>

		напряжения в узловых точках электрической сети. Знает основные нормативные документы и отраслевые стандарты.	точках активную и реактивную мощности уровня напряжения и частоты в электрической сети, но может ошибаться в количественных оценках этого влияния.		ргетической системе
уметь:					
	Определять влияние различных факторов на изменение частоты в энергосистемах и уровней напряжения в узловых точках	Оценивает влияние различных технических мероприятий на величины напряжений в узлах и частоты в электрической сети. Может выбирать наиболее рациональные решения при различных режимах работы, включая техническое обслуживание и ремонт	Умеет выбирать способы регулирования частоты и напряжения в несложных электрических сетях, но делает ошибки для нестандартных режимов и схем	Делает ошибки при описании и выборе мероприятий, используемых для поддержания частоты и напряжения в электрических сетях	С грубыми ошибками может предложить мероприятия по восстановлению частоты или напряжения в электрической сети
владеть:					
	навыками использования методов регулирования частоты и напряжения для достижения требуемых параметров режима	Рассчитывает величину коэффициента статизма отдельных электростанций и энергосистемы в целом в динамическом и изменяющемся состоянии.	Может рассчитать уровень снижения частоты в простой электроэнергетической системе, но допускает ошибки при усложнении условий задачи. Может	Испытывает затруднения при расчете коэффициента статизма для отдельных энергетических объектов. Делает ошибки при моделировании и	Уровень владения методами регулирования частоты и напряжения в энергосистеме ниже минимальных требований. Делает грубые

			Использует наиболее оптимальные способы для восстановления номинальных уровней напряжения в узлах электрической сети.	смоделировать мероприятия для нормализации напряжения в электрической сети, но не всегда оптимальным способом	воздействий на энергосистему с целью восстановления уровней напряжения в узловых точках.	ошибки в расчетах, плохо анализирует исходные данные и получаемые результаты.
ПК-3	ПК-3.2	знать:				
		Принципы и методы расчета установившихся режимов электрических сетей	Знает уравнения, лежащие в основе методов расчета симметричных и неполнофазных режимов работы электрических сетей.	Знает основные принципы и методы, используемые при расчете режимов электрической сети, но допускает неточности при записи уравнений	Недостаточно хорошо знает основные уравнения и методы, используемые для расчета установившихся режимов электрической сети, но знает основные матрицы, используемые для расчетов	Уровень знаний ниже минимального требования : делает грубые ошибки в описании параметров электрической сети, не может выбрать метод для расчета режимов
		уметь:				
		Составлять расчетные схемы	Составляет комплексные схемы замещения для различных режимов работы электрических сетей: аварийные, неполнофазные, а также при техническом обслуживании и ремонтные	Умеет составлять схемы замещения для симметричных режимов работы сетей, но делает ошибки в схемах замещения, соответствующих неполнофазным режимам	Умеет подготавливать для расчетов различные матрицы параметров электрической сети, но делает ошибки при подготовке комплексных схем замещения	С грубыми ошибками составляет схемы замещения элементов электрической сети, вызывает сложность задача составления матриц соединений.
владеть:						
практическими приемами расчета установившихся режимов работы	Рассчитывает режимы электрических сетей с помощью	Может рассчитать режим электрической сети с	Испытывает сложности при использовании	Плохо сформировано умение использования		

		электрической сети и анализа полученных результатов	различных прикладных программ или математических пакетов. Грамотно анализирует полученные результаты, делает постобработку полученных при расчете данных	помощью прикладной программы и сделать базовый анализ полученных результатов. Допускает неточности при формировании выводов по результатам расчетов.	прикладных программ для расчета установившегося режима электрической сети. Делает ошибку при анализе полученных результатов расчета.	прикладных программ для расчета установившегося режима электрической сети. Анализ полученных результатов делается с грубыми ошибками.
--	--	---	--	--	--	---

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. Коротков В. Ф. Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах : учебник для вузов / Коротков В. Ф. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01210-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012109.html>.

2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети : учебное пособие / А. В. Лыкин. - М. : Логос, 2008. - 254 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-98704-055-8.

3. Герасименко, А. А., Передача и распределение электрической энергии : учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. — Москва : КноРус, 2022. — 645 с. — ISBN 978-5-406-08872-2. — URL: <https://book.ru/book/941748>. — Текст : электронный.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 592 с. : ил. - ISBN 5-283-01012-0.

2. Гарифуллин М.Ш. Расчет и регулирование режимов электроэнергетических систем : учебное пособие / М.Ш. Гарифуллин, В.К. Козлов. - Казань : КГЭУ, 2010. - 95 с.

3. Воркунов О.В. Расчет и регулирование режимов электроэнергетических систем : практикум / О.В. Воркунов, М.Ш. Гарифуллин, В.К. Козлов. - Казань : КГЭУ, 2017. - 68 с., 2568 КБ. - URL:

[https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_plus/index.html](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html).

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. <https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=486> . Курс на платформе LMS Moodle «Расчет и регулирование режимов электроэнергетических систем».

2. <https://www.so-ups.ru>. Официальный сайт акционерного общества «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»).

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

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

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

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
2	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет-Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
4	MathCAD 14 Full	Программное средство для выполнения разнообразных математических и технических расчетов.	ЗАО "СиСофт Казань" №CS 08/15 от 25.03.2008 Неискл. право. Бессрочно
5	Optima32.exe	Программа для режимов электроэнергетических систем	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 занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Ауд. Г-208, Г-212, Г-217.	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Основы проектирования электроэнергетических систем и сетей», Ауд. Г-113	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Учебные стенды «ГалСен».
	Компьютерный класс с выходом в Интернет Г-217	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	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
	Учебная аудитория для выполнения курсового проекта Г-217 (дисплейный класс)	Компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, 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;

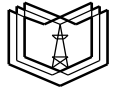
- формирование умения получать знания;

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

### 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	3.3	11.04.2024	В Раздел 2 Содержания дисциплины в Тему 2.2 добавлена информация об использовании PSCAD для расчета режимов		
2	3.4	11.04.2024	В Раздел 2 Практических занятий добавлена новая тема: Тема 2.3 «Моделирование неполнофазных режимов в программном комплексе PSCAD»		
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**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.02.09.03 Расчет и регулирование режимов электроэнергетических  
систем

г. Казань, 2023



**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-1	ПК-1.1	знать:				
		Принципы регулирования частоты и напряжения в электроэнергетических системах	Знает принципы первичного, вторичного и третичного регулирования частоты в энергетической системе. Знает способы управления уровнями напряжения в узловых точках электрической сети. Знает основные нормативные документы и отраслевые стандарты.	Знает основные правила поддержания заданных уровней частоты и напряжения в электрических сетях. Знает о влиянии на потребляемую в узловых точках активную и реактивную мощность уровня напряжения и частоты в электрической сети, но может ошибаться в количественных оценках этого влияния.	Допускает ошибки при описании влияния изменения частоты и напряжения на потребляемую в узлах активную и реактивную мощность.	Уровень знаний ниже минимального требования: не знает факторов, влияющих на изменение уровней напряжения и частоты в энергетической системе
уметь:						
Определять влияние различных факторов на изменение частоты в энергосистеме и уровней напряжения в узловых точках			Оценивает влияние различных технических мероприятий на величины напряжений в узлах и	Умеет выбирать способы регулирования частоты и напряжения в несложных электрических	Делает ошибки при описании и выборе мероприятий, используемых для поддержания частоты и	С грубыми ошибками может предложить мероприятия по восстановлению частоты

			частоты в электрической сети. Может выбирать наиболее рациональные решения при различных режимах работы, включая технической обслуживании и ремонт	их сетях, но делает ошибки для нестандартных режимов и схем	напряжения в электрических сетях	или напряжения в электрической сети
		владеть:				
		навыками использования методов регулирования частоты и напряжения для достижения требуемых параметров режима	Рассчитывает величину коэффициента статизма отдельных электростанций и энергосистемы в целом в динамическом и изменяющейся ситуации. Использует наиболее оптимальные способы для восстановления номинальных уровней напряжения в узлах электрической сети.	Может рассчитать уровень снижения частоты в простой электроэнергетической системе, но допускает ошибки при усложнении условий задачи. Может смоделировать мероприятия для нормализации напряжения в электрической сети, но не всегда оптимальным способом	Испытывает затруднения при расчете коэффициента статизма для отдельных энергетических объектов. Делает ошибки при моделировании и воздействий на энергосистему с целью восстановления уровней напряжения в узловых точках.	Уровень владения методами регулирования частоты и напряжения в энергосистеме ниже минимальных требований. Делает грубые ошибки в расчетах, плохо анализирует исходные данные и полученные результаты.
ПК-3	ПК-3.2	знать:				
		Принципы и методы расчета установившихся режимов электрических сетей	Знает уравнения, лежащие в основе методов расчета симметричных и неполнофазных режимов работы электрической	Знает основные принципы и методы, используемые при расчете режимов электрической сети, но допускает неточности при записи	Недостаточно хорошо знает основные уравнения и методы, используемые для расчета установившихся режимов электрической	Уровень знаний ниже минимального требования: делает грубые ошибки в описании параметров электрической сети,

			их сетей.	уравнений	ой сети, но знает основные матрицы, используемые для расчетов	не может выбрать метод для расчета режимов
уметь:						
	Составлять расчетные схемы	Составляет комплексные схемы замещения для различных режимов работы электрических сетей: аварийные, неполнофазные, а также при техническом обслуживании и ремонтные	Умеет составлять схемы замещения для симметричных режимов работы сетей, но делает ошибки в схемах замещения, соответствующих неполнофазным режимам	Умеет подготавливать для расчетов различные матрицы параметров электрической сети, но делает ошибки при подготовке комплексных схем замещения	С грубыми ошибками составляет схемы замещения элементов электрической сети, вызывает сложность задачи составления матриц соединений.	
владеть:						
	практическими приемами расчета установившихся режимов работы электрической сети и анализа полученных результатов	Рассчитывает режимы электрических сетей с помощью различных прикладных программ или математических пакетов. Грамотно анализирует полученные результаты, делает постобработку полученных при расчете данных	Может рассчитать режим электрической сети с помощью прикладной программы и сделать базовый анализ полученных результатов. Допускает неточности при формировании выводов по результатам расчетов.	Испытывает сложности при использовании прикладных программ для расчета установившегося режима электрической сети. Делает ошибку при анализе полученных результатов расчета.	Плохо сформировано умение использования прикладных программ для расчета установившегося режима электрической сети. Анализ полученных результатов делается с грубыми ошибками.	

### Критерии оценки за Экзамен

Оценка «отлично» выставляется за выполнение КП; тестовых заданий; лабораторных работ; глубокое понимание методов расчета и регулирования режимов электрических сетей; умение решать типовые задачи, рассмотренные на практических занятиях, знание принципов расчета несимметричные

режимы и умение составлять схемы замещения для расчета неполнофазных режимов, свободное владение методиками перевода величин токов и напряжений из системы симметричных составляющих в фазные и обратно.

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение КП; тестовых заданий; лабораторных работ; знание основных методов расчета и регулирования режимов электрических сетей; умение решать большинство типовых задач, рассмотренных на практических занятиях, умение с незначительными ошибками составлять схемы замещения для расчета неполнофазных режимов, знание основных соотношений для перевода величин токов и напряжений из системы симметричных составляющих в фазные и обратно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение КП; тестовых заданий; лабораторных работ; наличие общих знаний об основных методах расчета и регулирования режимов электрических сетей; умение решать большинство типовых задач, рассмотренных на практических занятиях, умение с незначительными ошибками составлять схемы замещения для расчета неполнофазных режимов.

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

### Критерии оценки за **КП**

Оценка **«отлично»** выставляется за полное выполнение всех разделов КП, понимание процесса и свободное владение методиками выбора всех видов используемого оборудования электрической сети, умения выводить и преобразовывать все используемые в КП выражения и соотношения, понимание принципов регулирования напряжения в узловых точках в аварийном режиме, умение составлять комплексные схемы замещения при неполнофазных режимах работы электрической сети, свободное владение методиками перевода величин токов и напряжений из системы симметричных составляющих в фазные и обратно.

Оценка **«хорошо»** выставляется за полное выполнение всех разделов КП, владение методиками выбора всех видов оборудования, знание основных используемых в КП выражений и соотношений, знание основных способов регулирования напряжения в узловых точках в аварийном режиме, незначительные ошибки при составлении комплексных схем замещения для неполнофазных режимов работы электрической сети, знание основных

соотношений для перевода величин токов и напряжений из системы симметричных составляющих в фазные и обратно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение всех разделов КП, но при этом слабое понимание результатов выполненной работы, наличие ошибок при составлении схемы замещения электрической сети в нормальных и неполнофазных режимах.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за неполное выполнение КП, непонимание результатов выполненной работы, наличие грубых ошибок при составлении схемы замещения электрической сети в нормальных и неполнофазных режимах.

### 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
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
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
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых 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

#### 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:

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3. Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2. Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

##### Тест. Раздел 1. Расчеты установившихся режимов сложных электрических сетей

Вопрос	Варианты ответа
S: Выбор сечения жилы провода определяется ...	+ : допустимой величиной тока + : падением напряжения + : механической прочностью провода - : длиной ЛЭП
S: Магистраль ВЛ, как правило, следует выполнять проводами неизменного сечения. Сечения фазных проводов магистрали ВЛ рекомендуется принимать не менее ### мм <sup>2</sup>	+ : 50
S: Сечение токоведущих проводников должно проверяться ...	+ : по условию нагрева при кз + : на термическую стойкость - : прочность при разрыве - : провес
S: При заданной мощности нагрузки потребителя или генератора узловой ток задается в следующем виде:	+ : $I_{k*}(U) = S_k^* / 3 U_k^*$ - : $I_{k*}(U) = S_k^* / 3 U_k$ - : $I_{k*}(U) = U_k^* / 3 S_k$ - : $I_{k*}(U) = U_k^* / 3 S_k^*$ - : $I_{k*}(U) = 3S_k / U_k$ - : $I_{k*}(U) = 3U_k / S_k^*$
Активные элементы схемы замещения электрической системы обозначаются как ...	+ : J - : E - : U - : не указываются в схеме
K пассивным элементам электрической системы относятся:	+ : трансформатор + : ЛЭП - : нагрузка электростанции + : устройство компенсации
Состояние линейной электрической цепи описывается уравнениями на основе законов ###	+ : Кирхгоф##\$# и Ом##\$# + : Ом##\$# и Кирхгоф##\$# + : Ом##\$# + : Кирхгоф##\$#
Для описания конфигурации сети вводятся ...	+ : матрица соединений в узлах + : матрица соединений в контурах - : матрица проводимостей - : матрица напряжений
При расчете нормальных установившихся режимов, в которых напряжение узлов не отличается значительно от напряжения балансирующего узла, нелинейность в процессе расчета проявляется ...	- : в зависимости от конфигурации сети + : слабо - : сильно - : вообще не проявляется
Достаточное условие сходимости метода простой итерации: каждый из диагональных элементов матрицы коэффициентов должен по модулю превышать сумму модулей ### элементов соответствующей строки или столбца этой матрицы	+ : недиагональ##\$# + : не диагональ##\$#
Закон Ома выглядит как:	- : $M \cdot I = J$

	+: $U_B = I_i \cdot z_i$ -: $N \cdot U_{BZ} = E_k$ -: $U_B = M_i \cdot U_\Delta$
Большая часть элементов матрицы проводимостей ###	+: 0 +: нул#\$# +: нол#\$#
Первая матрица соединений по узлам - матрица ### - служит для обобщенного аналитического представления схемы соединений узлов и ветвей в направленном графе	+: инцидент#\$# +: инцидент#\$#
Первый закон Кирхгофа для схемы в целом (записать заглавными латинскими буквами): ###	+: $M I = J$ +: $M^* I = J$
Наименьший связанный подграф, содержащий всю совокупность вершин графа, является его ...	-: хордой -: общей вершиной -: веткой +: деревом
Матрица соединений в контурах обозначается ...	-: M +: N -: J -: X
Для определения токов во всех ветвях схемы достаточно найти только ### токи, которые совпадают с токами в хордах схемы.	+: контурн#\$#
При равенстве количества ветвей и независимых узлов матрица соединений M будет###	+Квадратной
Число ### в замкнутой схеме равно сумме из числа независимых узлов и числа независимых замкнутых контуров	+: ветв#\$#
В разомкнутой схеме число ветвей равно числу независимых ...	+: узлов -: ветвей -: контуров -: уравнений Кирхгофа
К пассивным элементам электрической системы не относятся:	+: нагрузка электростанции +: устройства компенсации -: трансформаторы -: ЛЭП
В схеме замещения электрической системы нелинейным источникам тока соответствуют ...	+: генераторы с заданной мощностью. +: нагрузки потребителей, заданные статической характеристикой +: нагрузки потребителей, заданные постоянной мощностью -: сопротивления обмоток трансформатора -: заземленные нейтрали трансформаторов

### Требования к оформлению лабораторных работ

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: “Отчёт по лабораторной работе «Название работы», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)”. Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт, как правило, должен содержать следующие основные разделы:

1. Цель работы;
2. Теоретическая часть;
3. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики);
4. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

Теоретическая часть должна содержать минимум необходимых теоретических сведений о физической сущности исследуемого явления и его описание. Не следует копировать целиком или частично методическое пособие

(описание) лабораторной работы или разделы учебника.

Раздел «Результаты» включает в себя таблицы экспериментальных данных, графики, полученные при выполнении лабораторной работы. Рисунки, графики и таблицы нумеруются и подписываются заголовками.

Выводы не должны быть простым перечислением того, что сделано. Здесь важно отметить, какие новые знания о предмете исследования были получены при выполнении работы, к чему привело обсуждение результатов, насколько выполнена заявленная цель работы. Возможно, получены дополнительные формулы, данные, предложены оригинальные методики, – это должно быть отражено в выводах. Выводы по работе каждый студент делает самостоятельно.

При сдаче отчёта преподаватель может сделать устные и письменные замечания, задать дополнительные вопросы. Все ответы на дополнительные вопросы, новые расчёты, обсуждения выполняются студентом на отдельных листах, включаемых в отчёт (при этом в тексте основного отчёта делается сноска или другой значок, которому будет соответствовать новый материал). При этом письменные замечания преподавателя должны остаться в тексте для ясности динамики работы над отчётом. Объём отчёта должен быть оптимальным для понимания того, что и как сделал студент, выполняя работу. Обязательные требования к отчёту включают общую и специальную грамотность изложения, а также аккуратность оформления. После приёма преподавателем отчёт хранится на кафедре.

### **Вопросы по лабораторным работам 1, 2**

1. Как учитывается в матрице  $M$  обрыв ветвей?
2. Как учитываются сопротивления трансформаторов?
3. В каком случае матрица  $M$  будет квадратная?
4. На что влияет параметр «Номинальное напряжение»?
5. Как влияет Базисное напряжение на режим?
6. Как рассчитываются объединенные трансформаторами электрические сети, имеющие разные номинальные напряжения?
7. Как можно проверить сходимость итерационного процесса?
8. Как учитывается нелинейность узлового уравнения установившегося режима?
9. Как можно учесть емкостную составляющую ЛЭП при расчете в программе Optima?

### **Вопросы к собеседованию ТК1**

#### **Базовый уровень**

1. Какие матрицы соединения вы знаете?
2. Запишите матричную форму законов Кирхгофа и Ома
3. Какие из уравнений Кирхгофа в матричной форме необходимы для «прямого» расчета режима сети?
4. Запишите исходную форму записи узлового уравнения.
5. В чем преимущество итерационного метода от прямого расчета узлового

уравнения?

6. Как описывается нелинейная нагрузка?

**Продвинутый уровень**

1. Можно ли для описания электрической сети использовать ненаправленный граф схемы сети?

2. Как получить матрицу контурных ЭДС?

3. В чем недостаток «прямого» метода расчета?

4. В чем недостаток обращения матрицы узловых проводимостей при расчете узлового уравнения?

5. В чем отличие простой итерации от метода Ньютона?

6-1. Методы решения нелинейных уравнений.

6-2. Применение метода Зейделя для решения нелинейных уравнений узловых напряжений.

**Высокий уровень**

1. Из какой матрицы соединения можно восстановить конфигурацию электрической сети?

2. В чем отличие падения напряжения в ветях и падения напряжения в сопротивлениях ветвей?

3. Может ли «прямой» метод расчета режима сети использовать только первый закон Кирхгофа?

4. Докажите, что матрица узловых проводимостей всегда квадратная.

5. Как выбирается начальное приближение при итерационном решении узлового уравнения.

6. Как учесть нелинейность нагрузки в итерационном алгоритме узлового уравнения?

**Для текущего контроля ТК2:**

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3. Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2. Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

Тест. Раздел 2. Особые режимы электроэнергетических систем. Работа электрической сети в неполнофазных режимах.

Вопрос	Варианты ответа
S: Источники несимметрии в сетях:	-: синхронные компенсаторы +: тяговые подстанции переменного тока +: дуговые сталеплавильные печи +: электросварочные машины
S: Влиянием несимметрии в сетях являются:	+: возрастание потери электроэнергии от дополнительных потерь в нулевом проводе. -: обрывы линий электропередач -: быстрый выход оборудования из строя +: в электродвигателях возникают магнитные поля, вращающиеся встречно вращению ротора
S: Мероприятия по снижению несимметрии:	+: равномерное распределение нагрузки по фазам -: своевременный плановый ремонт оборудования

	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: применение симметрирующих устройств</li> <li>-: использование резервных источников активной мощности</li> </ul>
S: Сопротивления в фазах симметрирующего устройства подбираются таким образом, чтобы компенсировать ток ### последовательности, генерируемый нагрузкой как источником искажения.	+: обратн#\$#
S: При длительной работе ЛЭП с отключенным проводом ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: нарушается симметрия параметров режима</li> <li>-: искажаются синусоиды токов и напряжений в сети</li> <li>-: возникает нелинейность режима сети</li> <li>-: искажаются синусоиды, нарушается симметрия</li> </ul>
S: Если значительную часть нагрузки составляют выпрямительные установки ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: могут быть искажены синусоиды токов и напряжений</li> <li>-: нарушается симметрия параметров режима</li> <li>-: возникает нелинейность режима сети</li> <li>-: искажаются синусоиды и нарушается симметрия</li> </ul>
S: Различие сопротивлений в цепях отдельных фаз приводит к ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: несимметрии режима</li> <li>-: несинусоидальности режима</li> <li>-: нелинейности режима</li> <li>-: несимметрии и несинусоидальности режима</li> </ul>
S: Несимметричные режимы возникают при ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: удлинением циклом транспозиции ЛЭП</li> <li>-: значительной доле нагрузки выпрямительных установок</li> <li>-: наличие электроприемников с нелинейной вольт-амперной характеристикой</li> <li>+: сооружение линий без транспозиции</li> </ul>
S: Длительные неполнофазные режимы осуществляются для ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: повышения надежности электроснабжения</li> <li>+: уменьшения ущерба от недоотпуска энергии</li> <li>-: улучшения качества электроэнергии</li> <li>-: увеличения генерации реактивной мощности</li> </ul>
S: Удлинение цикла транспозиции на ВЛ ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: снижает количество аварийных выходов линии из работы</li> <li>-: увеличивает количество аварийных выходов линии из работы</li> <li>-: уменьшает степень несимметрии режима</li> <li>-: улучшает качественные показатели электроэнергии</li> </ul>
S: Режимы называют особыми, если ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: существенно нарушается симметрия параметров режима</li> <li>+: искажаются синусоиды токов и напряжений в сети</li> <li>-: частота в сети существенно снижается</li> <li>-: напряжение потребителей существенно ниже номинального значения</li> </ul>
S: К числу мероприятий по уменьшению степени несимметрии режима относятся:	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: отключение элемента сети, являющегося источником появления несимметрии</li> <li>+: сооружение резервных линий</li> <li>+: установка резервных групп трансформаторов</li> <li>+: уменьшение нагрузки сети, содержащей несимметричные элементы</li> <li>-: увеличение напряжения в сети</li> <li>-: уменьшение частоты</li> </ul>
S: Особые режимы, связанные с появлением высших гармоник тока и напряжения в электрической сети, приводят к ...	<ul style="list-style-type: none"> <li>+: искажению синусоид тока и напряжения</li> <li>-: искажениям угла сдвига фаз между фазными напряжениями</li> <li>-: перекосу фазных напряжений</li> <li>-: неравенству модулей фазных напряжений</li> </ul>
S: Несимметричные режимы возникают при сооружении линий без ###	+: транспозиц#\$#
S: При длительной работе ЛЭП с отключенным проводом нарушается симметрия параметров ###	+: режим#\$#

### **Требования к оформлению лабораторных работ**

Отчёт по лабораторным работам оформляется аналогично представленным выше требованиям для ТК1.

### **Вопросы по лабораторным работам 3, 4**

1. Общая характеристика особых режимов.
2. Уравнения несимметричных режимов в фазных координатах.
3. Уравнения несимметричных режимов в симметричных координатах.
4. Параметры элементов ВЛ и составление схем замещения при несимметричных режимах.
5. Параметры трансформаторов и нагрузок при несимметричных режимах.
6. Режим работы электрической сети с одной отключенной фазой.
7. Режим работы электрической сети с двумя отключенными фазами.
8. Симметрирующий эффект батареи статических конденсаторов.
9. Как учитывается схема соединений обмоток трансформаторов при составлении схем замещения при неполнофазном режиме?
10. Как учитывается схема соединений обмоток трансформаторов и коэффициент трансформации при расчете фазных значений токов и напряжений?
11. Для какой части электрической сети рассчитывается несимметричный режим?
12. Назовите основные причины несимметрии в электрических сетях?
13. Каким образом определяется степень несимметрии режима?

## **Вопросы к собеседованию ТК2**

### **Базовый уровень**

1. Причины искажения симметрии и синусоиды тока (напряжения) в электрических сетях?
2. В чем суть метода симметричных составляющих?
3. В чем отличие схем прямой, обратной и нулевой последовательностей друг от друга?
4. В чем основное отличие комплексных схем замещения для отключения одной и двух фаз?
5. Каким параметром характеризуется степень несимметрии тока и напряжения?

### **Продвинутый уровень**

1. В чем причина использования удлиненного цикла транспозиции проводов ЛЭП?
2. Основное преимущество метода симметричных составляющих?
3. Как влияет грозозащитный трос на сопротивление ВЛ в схеме нулевой последовательности?
4. Влияет ли заземление трансформаторов на составление схемы замещения нулевой последовательности?
5. Обоснуйте, могут ли быть одинаковыми емкости устанавливаемых батарей конденсаторов между фазами при симметрировании режима?

### **Высокий уровень**

1. В чем принцип расчета режима электрической сети при несинусоидальном токе?
2. Как осуществляется переход от фазных координат к симметричным?
3. Как учитывается сопротивление в нейтрали трансформатора в схеме нулевой

последовательности.

4. Как учитывается группа соединения обмоток трансформаторов при расчете несимметричного режима?

5. Как наиболее эффективно использовать общую емкость конденсаторных батарей в узле при симметрировании режима.

### **Типовые задачи:**

1. Рассчитать экономическую эффективность внедрения нового технологического процесса по нанесению полимерных порошковых композиций.

2.

### **Для текущего контроля ТКЗ:**

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.1. Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем

Тест. Раздел 3. Регулирование режимов в электроэнергетических системах.

Вопрос	Варианты ответа
Регулирование частоты в энергосистемах в основном осуществляется методом ### электростанции	+:ведущ#\$#
К числу режимных параметров качества электроэнергии не относятся:	-: частоту +: ЭДС -: давление пара -: напряжение
В нормальных режимах работы ЭЭС отклонение напряжения в сетях до 1 кВ не должно превышать ### %	+:5 +:пять
Снижение частоты приводит к росту ### нагрузки потребителей.	+: Q +: реактивной
Снижение частоты приводит к росту ... потребителей.	+: Q -: P -: U -: числа
В тех случаях, когда отсутствуют данные о величинах оптимальных напряжений, считают, что оптимальное напряжение равно ###	+:номинальн#\$# наяржен#\$# +:номинальн#\$#
Изменение баланса активных мощностей в системе в первую очередь сказывается на изменении ### в системе. +:\$f +:частот#\$#	
Рост реактивной нагрузки потребителей в первую очередь вызывает снижение ... во всех узловых точках.	+: U -: \$f -: S -: E
S: Результирующую астатическую характеристику регулятора скорости можно получить с помощью дополнительных устройств, называемых ### регулятором частоты	+:вторичн#\$#
В тех случаях, когда отсутствуют данные о величинах оптимальных напряжений, считают, что оптимальное напряжение равно ...	-: 1,1 от номинального напряжения -: 1,2 от номинального напряжения +: номинальному напряжению -: 0,9 от номинального напряжения

В тех случаях, когда отсутствуют данные о величинах оптимальных напряжений, считают, что оптимальное напряжение равно ## напряжению	+: номинальн#\$#
Изменение баланса активных мощностей в системе в первую очередь сказывается на изменении ...	+: частоты в системе -: напряжений во всех узловых точках -: баланса реактивных мощностей -: давления и температуры пара
Рост реактивной нагрузки потребителей в первую очередь вызывает ...	+: снижение напряжения во всех узловых точках -: снижение частоты во всей системе -: увеличение частоты во всей системе -: увеличение напряжения во всех узловых точках
Снижение реактивной мощности генераторов в первую очередь вызывает ...	+: снижение напряжения во всех узловых точках -: снижение частоты во всей системе -: увеличения частоты во всей системе -: увеличения напряжения во всех узловых точках

## Вопросы к собеседованию ТКЗ

### Базовый уровень

1. Назовите основные параметры, являющиеся качественными показателями режима.
2. К чему приводит недостаток располагаемой активной мощности станций для покрытия нагрузки системы и потерь активной мощности в сети?
3. Как изменяется активная мощность нагрузки энергосистемы при снижении (росте) частоты и напряжения?
4. Какие электростанции участвуют в первичном регулировании?
5. Как определяется коэффициент статизма?
6. Какие электростанции (энергоблоки) участвуют во вторичном регулировании частоты?
7. Допустим ли режим холостого хода для линий с напряжением ниже 110 кВ?
8. По каким принципам осуществляется регулирование напряжения в электрических сетях?
9. Поясните назначение и принцип работы РПН.

### Продвинутый уровень

1. Всегда ли совпадают оптимальные и номинальные значения параметров режима узловых точек энергосистемы?
2. Как должны распределяться источники реактивной мощности в энергосистеме?
3. Чем определяется угол наклона прямой, выражающей зависимость активной мощности энергосистемы от частоты?
4. Может ли участвовать в первичном регулировании частоты полностью загруженный агрегат при снижении частоты в энергосистеме?
5. В каком соотношении распределяется между агрегатами продолжительный наброс активной нагрузки, имеющих разные коэффициенты статизма регуляторов скорости.
6. В течение какого времени должны быть способны существенно изменить свою мощность электростанции, привлекаемые к оперативному вторичному регулированию.
7. Расскажите о методах и средствах регулирования напряжения на электростанциях
8. Сравните устройства РПМ и ПБВ, расскажите их принцип работы и основные отличия
9. В чем заключается принцип локального и централизованного регулирования напряжения?

### **Высокий уровень**

1. Как в первом приближении взаимосвязаны между собой величина отклонения параметра режима от оптимального уровня и ущерб, связанный с этим отклонением?
2. Как можно смягчить недостаток реактивной мощности располагая резервом активной мощности?
3. Как можно снизить дефицит активной мощности имея повышенный уровень напряжения в системе?
4. Почему реактивная нагрузка системы после значительного снижения, вызванного уменьшением уровня напряжения, вновь начинает увеличиваться при дальнейшем снижении напряжения в электрической сети?
5. Как устроен центробежный механический регулятор частоты?
6. Как можно получить результирующую астатическую (квазиастатическую) характеристику?
7. В чем суть третичного регулирования в энергосистеме?
8. По какому принципу выбирается номинальное напряжение обмоток силовых трансформаторов?
9. В чем заключается принцип встречного регулирования напряжения на шинах НН понижающих подстанций?
10. Какие устройства используют для дополнительной корректировки напряжения на шинах электрических станций?

### **Для промежуточной аттестации:**

Экзамен по билетам на основе перечня вопросов.

#### **Пример Задания 1**

Вопрос 1. Особенности расчетов сложных электрических сетей.

Вопрос 2. Режим работы электрической сети с одной отключенной фазой.

#### **Пример Задания 2**

Вопрос 1. Аналитическое представление конфигурации расчетной схемы сети.

Вопрос 2. Режим работы электрической сети с двумя отключенными фазами.

#### **Пример Задания 3**

Вопрос 1. Уравнения законов Кирхгофа и Ома в матричной форме.

Вопрос 2. Симметрирующий эффект батареи статических конденсаторов.

#### **Пример Задания 4**

Вопрос 1. «Прямой» метод расчета токораспределения в электрической сети.

Вопрос 2. Основные параметры качества электрической энергии. Оценка ущерба от отклонения параметров качества электроэнергии от номинального значения.

### **Пример Задания 5**

Вопрос 1. Определение напряжений в узлах схемы: особенности получения узлового уравнения установившегося режима.

Вопрос. 2. Влияние изменения баланса активной мощности на режим ЭЭС.

### **Пример Задания 6**

Вопрос 1. Расчеты токораспределения с помощью метода узловых напряжений.

Вопрос. 2. Влияние изменения баланса реактивной мощности на режим ЭЭС.

### **Пример Задания 7**

Вопрос 1. Матрица узловых проводимостей: вычисление, основные свойства, методы получения по внешнему виду сети без прямого вычисления

Вопрос. 2. Условия поддержания нормальных напряжений и частоты в электрических сетях.

### **Пример Задания 8**

Вопрос 1. Итерационный метод решения узлового уравнения.

Вопрос. 2. Зависимость активной и реактивной мощности от частоты и напряжения для различного типа потребителей

### **Пример Задания 9**

Вопрос 1. Особенности расчета режима электрической сети с использованием программы Optima. Начальное приближение итерационного расчета.

Вопрос. 2. Распределение набросов активной нагрузки между агрегатами.

### **Пример Задания 10**

Вопрос 1. Нелинейность узлового уравнения установившегося режима.

Вопрос. 2. Характеристики регуляторов скорости агрегатов. Коэффициент статизма.

## **Для Курсового проекта (ОМкп):**

### **Методические указания по выполнению курсового проекта**

В курсовой работе необходимо выполнить расчет нормального, аварийного и неполнофазного режимов работы электрической сети электроэнергетической системы заданного района. Расчеты выполняются с использованием программы "ОПТИМА32.exe", устанавливаемой на ПЭВМ. Все вычисления могут быть выполнены в дисплейном классе кафедры ЭСиС. По желанию студента ему может быть передана программа для выполнения индивидуальных расчетов, для чего следует в установленном порядке переписать программу на свою дискету. Исходные данные после их ввода

хранятся в файле "DATA.IBR". Результаты расчетов записываются в файл "report.doc", который должен быть отдельно запрошен для вывода результатов на экран или для их печати.

Значения мощности генерирующих источников вводятся со знаком "+", т.е. знак можно опускать; значения мощности узлов нагрузки вводятся со знаком "-".

Балансирующим и одновременно базисным узлом является подстанция "А" электрической сети входящая в состав объединенной электроэнергетической системы – рис. 1.

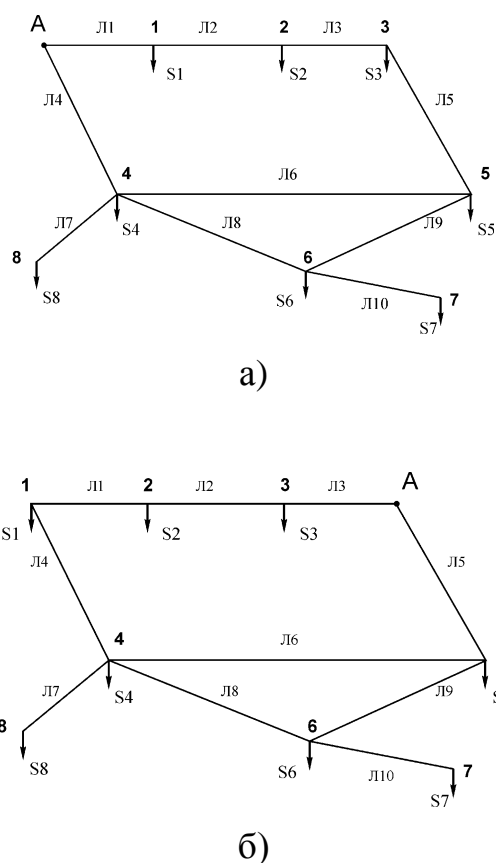


Рис. 1. Варианты схемы электрической сети

Источниками ЭДС учитывается изменение коэффициента трансформации у трансформаторов в симметричных режимах. При номинальных коэффициентах трансформации значения ЭДС равны нулю.

Нейтрали автотрансформаторов заземлены. На подстанциях потребителей установлены по два трансформатора, число заземленных нейтралей приведено в таблице исходных данных для расчета.

Выбор генератора точки А осуществлять по условию генерации мощности, необходимой для покрытия нагрузки потребителей за вычетом мощностей питающих узлов с учетом потерь мощности в ЭЭС. Наличие регулятора напряжения учитываются нулевыми значениями сопротивлений блока генератор-трансформатор.

Для расчета несимметричного режима выделенного участка электрической сети необходимо предварительно составить схему замещения для каждой

последовательности и рассчитать значения элементов схемы замещения. После чего необходимо с использованием программы "ОРТИМА32.exe" рассчитать результирующие сопротивления относительно места несимметрии для каждой последовательно в отдельности.

## **Требования к оформлению КП**

### Содержание пояснительной записки

1. Расчет приведенных параметров линий электропередачи к одной ступени напряжения.
2. Выбор мощности автотрансформаторов связи.
3. Расчеты режимов максимальной и минимальной нагрузок, а также режима аварийного отключения одной из ЛЭП при номинальном коэффициенте трансформации автотрансформаторов и заданных сечениях проводников.

### Содержание графической части курсового проекта: (два листа формата А3)

1. Схема замещения, параметры ее и режима работы электрической сети.
2. Схемы замещения каждой последовательности несимметричного режима работы сети.
3. Векторные диаграммы несимметричных токов и напряжений в месте разрыва и на зажимах генератора.

## **Перечень вопросов для защиты КП**

1. Объясните, как составляются первая и вторая матрицы соединений (инциденций) электрической сети.
2. В чем отличие простой итерации от метода Ньютона?
3. Как выбирается начальное приближение при итерационном решении узлового уравнения.
4. Как учесть нелинейность нагрузки в итерационном алгоритме узлового уравнения?
5. Как осуществляется переход от фазных координат к симметричным?
6. Как учитывается сопротивление в нейтрали трансформатора в схеме нулевой последовательности.
7. Как учитывается группа соединения обмоток трансформаторов при расчете несимметричного режима?
8. В чем отличие схем прямой, обратной и нулевой последовательностей друг от друга?
9. В чем основное отличие комплексных схем замещения для отключения одной и двух фаз?