

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Цифровая энергетика»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/Т.Р. Змызгова/  
«01» октября 2022 г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

### Режимы нейтралей

(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Электроснабжение**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2022



Рабочая программа дисциплины «Режимы нейтралей» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение), утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2022 года;
- для заочной формы обучения «30» августа 2022 года

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» «30» сентября 2022 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил  
доцент



С.В. Титов

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной  
деятельности



И.В. Григоренко



## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	16	16
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	-	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>76</b>	<b>76</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	58	58
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		8
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	4	4
Лабораторные работы	2	2
Практические занятия	-	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка контрольной работы	18	18
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	66	66
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>



## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Режимы нейтралей» относится к учебным дисциплинам Блока 1, вариативная часть формируемой участниками образовательных отношений учебной программы (Б1. В10).

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Электроника;
- Теоретические основы электротехники.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для изучения дисциплины «Энергетические системы», «Релейная защита».

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Целью освоения дисциплины «Режимы нейтралей» является: изучение состояния трехфазных цепей в аварийных ситуациях в зависимости от способов соединения транзитных и питающих электрических линий, потребителей электрической энергии, их выбора, методов получения в зависимости от требований ПУЭ применительно к технологическому процессу данного производства, пожаро- и электробезопасности и надежности электрообеспечения потребителей.

Задачами дисциплины являются:

- приобретение студентами знаний по управлению состоянием и свойств электрических цепей при различных способах подключения нейтрали трехфазных цепей;
- ознакомление с методами выбора компенсации емкостного тока при однофазных замыканиях на землю;
- выявление возможных перспективных способов компенсации емкостного тока однофазного короткого замыкания на землю;
- приобретение знаний по рациональному выбору режимов нейтрали в зависимости от класса напряжения;
- изучение особенностей конструкций дугогасящих катушек.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-5).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать электрические процессы, протекающие в трехфазных цепях при различных аварийных ситуациях, методы анализа состояния трехфазных электрических цепей при различных видах потребителей и режимах работы потребителей электрической энергии и питающих линий в электроэнергетике (для ПК- 5);



- Уметь сделать выбор режима нейтрали трехфазных электрических сетей на основе анализа требований ПУЭ, с учетом класса напряжения и электро- и пожаробезопасности потребителей электрической энергии (для ПК-5);

- Владеть методами компенсации емкостного тока при однофазных коротких замыканиях на землю питающих линий (для ПК-5);

- Владеть методами оценки основных свойств электрических цепей в аварийных ситуациях и обоснования выбора дугогасящих мероприятий и устройств (для ПК-5).

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Учебно-тематический план Очная форма обучения (5 семестр)

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Введение	2	-	-
	2	Режимы нейтрали электрических сетей низкого напряжения.	2	-	-
	3	Режимы нейтрали электрических сетей среднего напряжения.	4	-	6
		Рубежный контроль №1	-	-	2
Рубеж 2	4	Режимы нейтрали электрических сетей высокого напряжения.	4		4
	5	Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий.	4	-	2
		Рубежный контроль №2	-	-	2
<b>Всего:</b>			<b>16</b>		<b>16</b>

##### Заочная форма обучения (7 семестр)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Введение	-	-	-
2	Режимы нейтрали электрических сетей низкого напряжения.	1	-	-
3	Режимы нейтрали электрических сетей среднего напряжения.	1	-	2
4	Режимы нейтрали электрических	1	-	-



	сетей высокого напряжения.			
5	Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий.	1	-	-
<b>Всего:</b>		<b>4</b>	<b>-</b>	<b>2</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий

### **Тема 1. Введение.**

Цель, задачи и значение дисциплины «Режимы нейтралей». Основные понятия и определения. Параметры систем электроснабжения определяющие выбор режима нейтрали для различных групп классов напряжения (НН, СН, ВН). Влияние режимов нейтрали на требования аппаратной части СЭС и электробезопасность. Вида аварийных режимов их классификация и влияние на электрические сети.

### **Тема 2. Режимы нейтрали электрических сетей низкого напряжения.**

Режимы нейтрали электрических сетей напряжением до 1000 В переменного и постоянного тока. Виды режимов нейтрали по ПУЭ для низкого напряжения и их обоснование.

### **Тема 3. Режимы нейтрали электрических сетей среднего напряжения.**

Режимы нейтрали электрических сетей напряжением от 6 до 35 кВ. Электрическая сеть с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор. Параметры режимов короткого замыкания, указывающие на необходимость применения компенсирующих устройств. Конструкции и характеристики дугогасящих реакторов. Недостатки сетей с компенсированной нейтралью. Применение резистивно заземленной нейтрали в сетях среднего класса напряжения.

### **Тема 4. Режимы нейтрали электрических сетей высокого напряжения.**

Режимы нейтрали электрических сетей напряжением 110 кВ и выше. Применение эффективно заземленной нейтрали для классов напряжения 110 и 150 кВ. Применение глухо заземленной нейтрали для СЭС классов напряжения 220 кВ и выше. Ограничения по применению эффективно заземленной нейтрали для классов напряжения 110 – 150- кВ.

### **Тема 5. Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий.**

Режимы нейтрали электрических сетей СЭС промышленных предприятий. Рекомендуются и перспективные режимы нейтрали электрических сетей. Перечень предприятий, использующих электроснабжение средних и высоких классов напряжения.

## 4.3. Практические занятия отсутствуют.



#### 4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			Очная форма обучения	Заочная форма обучения
3	Режимы нейтрали электрических сетей среднего напряжения.	Моделирование работы энергосистемы в режиме с глухозаземленной нейтралью	4	-
		Моделирование работы энергосистемы в режиме с изолированной нейтралью	4	2
4	Режимы нейтрали электрических сетей высокого напряжения.	Моделирование работы энергосистемы в режиме эффективнозаземленной нейтрали	4	
5	Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий.	Исследование влияния числа дугогасящего реактора на ток однофазного замыкания на землю	4	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>2</b>

#### 4.5. Контрольная работа

(для обучающихся заочной формы обучения)

Контрольная работа по дисциплине «Режимы нейтралей» выполняется в форме расчетной работы. В состав которой входит задача, посвященная теме «Расчет параметров трехфазной электрической сети в нормальном и аварийном режимах».

Задания приведены в методических указаниях по выполнению контрольной работы для заочников. Задания выполняются согласно варианта.

Номер варианта выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки, если номер зачетной книжки превышает 50, то необходимо от номера зачетной книжки отнять число 50.

*Требования к оформлению контрольной работы.*

Контрольная работа оформляется аккуратно, компьютерный набор шрифт - Times New Roman кегль 14 или 12. Она должна содержать: титульный лист установленного образца, содержание, текст задания, решенные задания и список источников. Векторные диаграммы чертятся с соблюдением выбранных масштабов тока и напряжения.

*Расчетное задание*

Значение параметров трехфазной цепи у всех одинаковые, а расчетная схема определяется по последними двумя цифрами номером зачетной книж-



ки студента.

**Трёхфазные цепи синусоидального переменного тока  
среднего напряжения**

В трёхфазную сеть переменного тока включен приемник энергии, соединенный по схеме «звезда» с компенсацией емкостных токов ОЗЗ.

Дано:  $U_n = 10 \text{ кВ}$ .

$$R_{a1} = 4 \text{ Ом}; R_{a2} = 5 \text{ Ом}; R_{b1} = 2 \text{ Ом}; R_{b2} = 6 \text{ Ом};$$

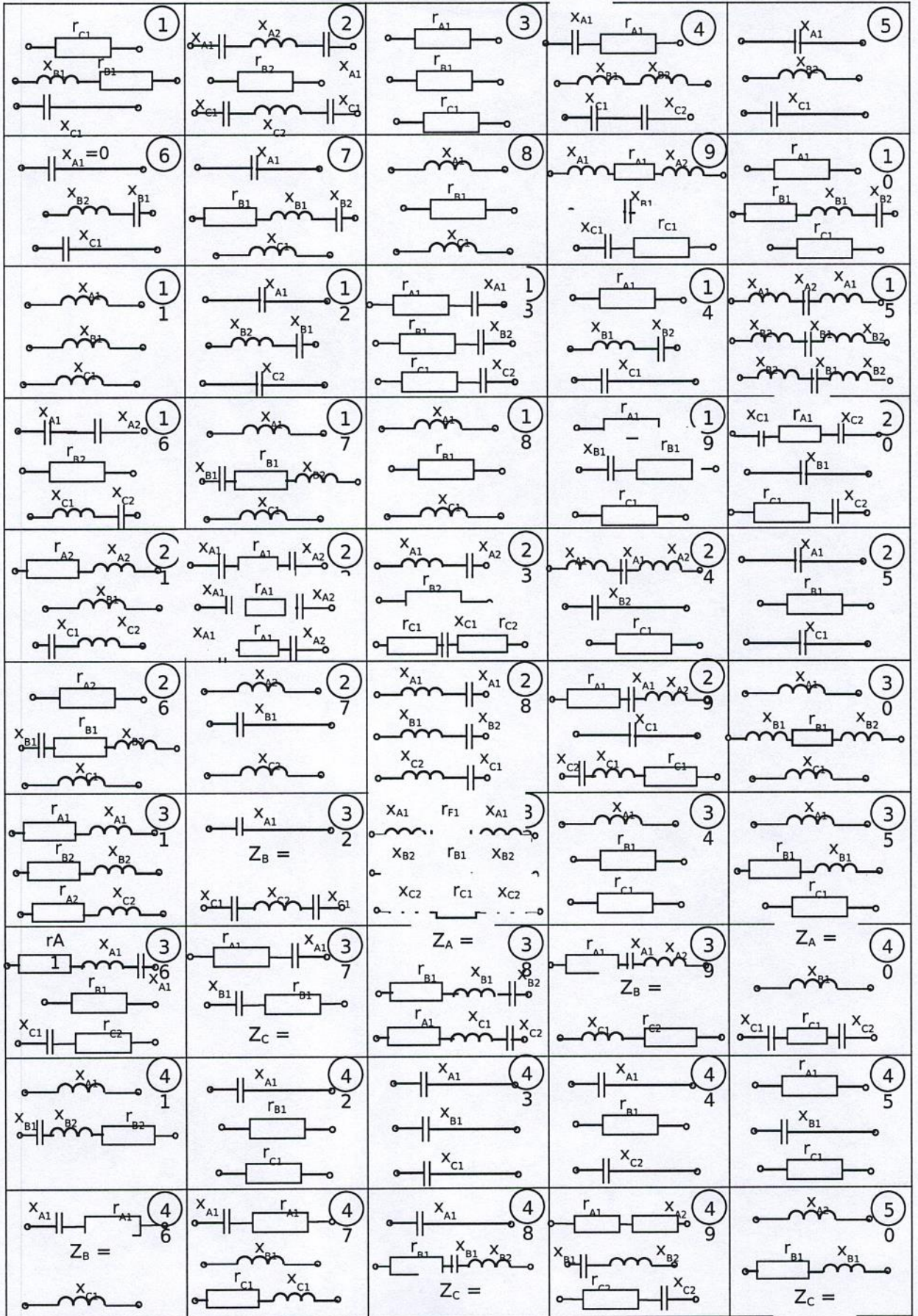
$$R_{c1} = 8 \text{ Ом}; R_{c2} = 3 \text{ Ом}; X_{a1} = 10 \text{ Ом}; X_{a2} = 4 \text{ Ом};$$

$$X_{b1} = 6 \text{ Ом}; X_{b2} = 5 \text{ Ом}; X_{c1} = 8 \text{ Ом}; X_{c2} = 20 \text{ Ом};$$

$$X_n = 2 \text{ Ом}; R_n = 1 \text{ Ом}.$$



# СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ У





Задание:

1. Начертить электрическую схему согласно варианту.
2. Определить:  $I_{\phi}$ ,  $U_{\phi}$ ,  $P_{\phi}$ ,  $S_{\phi}$ ,  $Q_{\phi}$ ,  $\phi_{\phi}$  для каждой фазы и определить ток нейтрального провода для нормального режима.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений и с ее помощью проверить правильность расчетов электрической цепи в нормальном режиме.
4. Определить:  $I_{\phi}$ ,  $U_{\phi}$ , для каждой фазы и определить ток нейтрального провода в аварийном режиме (при однофазном замыкании фазы А на землю).
5. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений и с ее помощью проверить правильность расчетов электрической цепи в аварийном режиме.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы.

Преподавателем запланировано применение на лабораторных занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов, а также взаимооценка и обсуждение результатов выполнения лабораторных работ.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), выполнение контрольной работы (для обучающихся заочной формы обучения), подготовку к зачету.



Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>46</b>	<b>64</b>
Применение трехфазных систем электроснабжения. Классификация аварийных режимов системы.	8	11
Режимы нейтрали в сетях напряжением ниже 1000В	8	11
Компенсированная нейтраль в системах электро- снабжения среднего класса напряжения.	8	11
Конструкции дугогасящих реакторов.	8	11
Режимы нейтрали в сетях напряжением среднего напряжения 3 – 35 кВ.	8	10
Режимы нейтрали в сетях напряжением свыше 110 кВ	6	10
<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 2 часа на каждое занятие)	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	-	-
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	<b>4</b>	-
<b>Выполнение контрольной работы</b>	-	<b>18</b>
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Всего:</b>	<b>76</b>	<b>102</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения).
2. Контрольная работа (для заочной формы обучения).
3. Отчеты студентов по лабораторным работам.
4. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, № 2 (для очной формы обучения).
5. Перечень вопросов к зачету.



## 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
1	Распределение баллов за семестр по видам учебной работы ( <i>доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии</i> ), сроки сдачи учебной работы (при необходимости)	<i>Распределение баллов за 6 семестр (для очной формы обучения)</i>					
		Вид УР:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет
		Балльная оценка:	<i>До 16</i>	<i>До 16</i>	<i>19</i>	<i>19</i>	<i>30</i>
Примечания:	<i>8 лекций по 2 балла</i>	<i>До 4-х баллов за лаб. работу (4 л.р.)</i>	<i>На 4 лабораторном занятии</i>	<i>На последнем лабораторном занятии</i>			
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачтено; ≥61 баллов - зачтено.					
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации по дисциплине за семестр обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контролей не менее 51 балла. В случае если обучающийся набрал менее 51 балла, то к аттестационным испытаниям он не допускается.</p> <p>Для получения зачета без проведения процедуры промежуточной аттестации обучающемуся необходимо набрать в ходе текущего и рубежных контролей не менее 61 балла. В этом случае итог балльной оценки, получаемой обучающимся, определяется по количеству баллов, набранных им в ходе текущего и рубежных контролей. При этом, на усмотрение преподавателя, балльная оценка обучающегося может быть повышена за счет получения дополнительных баллов за академическую активность.</p> <p>Обучающийся, имеющий право на получение оценки без проведения процедуры промежуточной аттестации, может повысить ее путем сдачи аттестационного испытания. В случае получения обучающимся на аттестационном испытании 0 баллов итог балльной оценки по дисциплине (модулю, практике) не снижается.</p> <p>За академическую активность в ходе освоения дисциплины, участие в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности обучающемуся могут быть начислены дополнительные баллы. Максимальное количество дополнительных баллов за академическую активность составляет 30.</p>					



		<p>Основанием для получения дополнительных баллов являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение дополнительных заданий по дисциплине; дополнительные баллы начисляются преподавателем;</li> <li>- участие в течение семестра в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности КГУ.</li> </ul>
4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 51 балла, обучающемуся необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра.</p> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежный контроль проводится в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей № 1, 2 состоят из 19 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет проводится по билетам. Билет состоит из 2 вопросов, на которые студент дает развернутый ответ. За правильный ответ на каждый вопрос студент максимально может получить 15 баллов. Время, отводимое студенту на билет для зачета, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

### 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета

#### Примеры тестовых заданий для рубежного контроля № 1



**1. Каких режимов нейтрали нет?**

1. Глухозаземленная нейтраль
2. Глухоизолированная нейтраль.
3. Эффективно заземленная нейтраль.
4. Изолированная нейтраль
5. Нейтраль заземленная через дугогасящий реактор.

**2. Что означают буквы I и T в обозначениях токоведущих проводников в зависимости от их конфигурации. Первая буква.**

1. I - изолированная нейтраль, T – отсутствует соединение с землей.
2. I - соединение с землей, T - непосредственное соединение с землей.

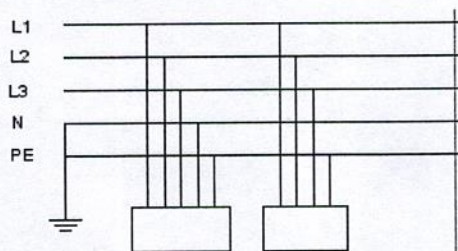
**3. I - токоведущие части изолированы от земли, T – прямая связь нейтрали с землей.**

4. I - заземленная нейтраль, T – изолированная нейтраль.

**3. Что означают буквы T и N в обозначениях токоведущих проводников в зависимости от их конфигурации. Вторая буква**

1. T – Отсутствует соединение с проводящих частей с землей, N- непосредственное соединение токопроводящих частей с землей.
2. T - непосредственное соединение с землей, N – соединение проводящих частей с с помощью PE или PE N – проводника.
3. T – изолированная нейтраль , N - соединение с проводящих частей с землей отсутствует,
4. T – заземленная нейтраль, N – изолированная нейтраль.

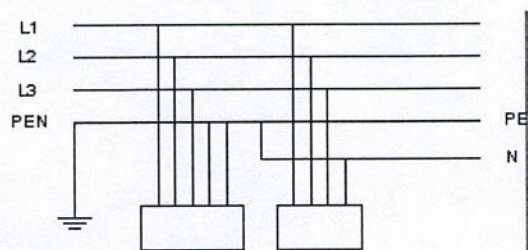
**4. Указать тип системы конфигурации сети.**



1. TN – S
2. TN – C – S
3. TN -C
4. TT
5. IT

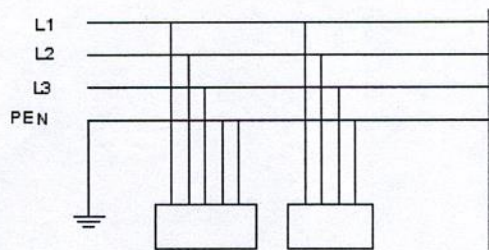


5. Указать тип системы конфигурации сети.



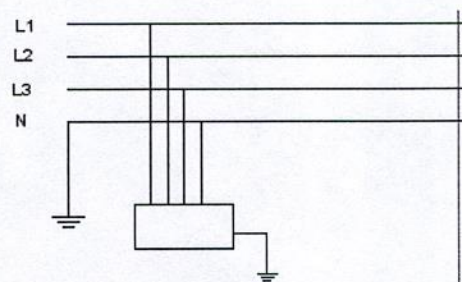
1. TN – S
2. **TN – C – S**
3. TN -C
4. TT
5. I T

6. Указать тип системы конфигурации сети.



1. TN – S
2. TN – C – S
3. **TN -C**
4. TT
5. I T

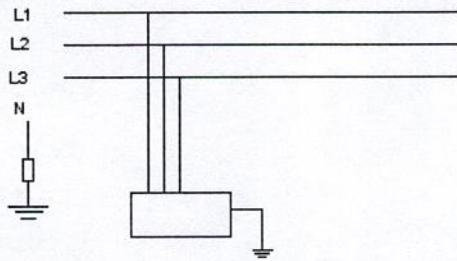
7. Указать тип системы конфигурации сети.



1. TN – S
2. TN – C – S
3. TN -C
4. **TT**
5. I T



8. Указать тип системы конфигурации сети.



1. TN – S
2. TN – C – S
3. TN -C
4. TT
5. IT

9. Ток однофазного короткого замыкания в аварийном режиме в системе с глухозаземленной нейтралью

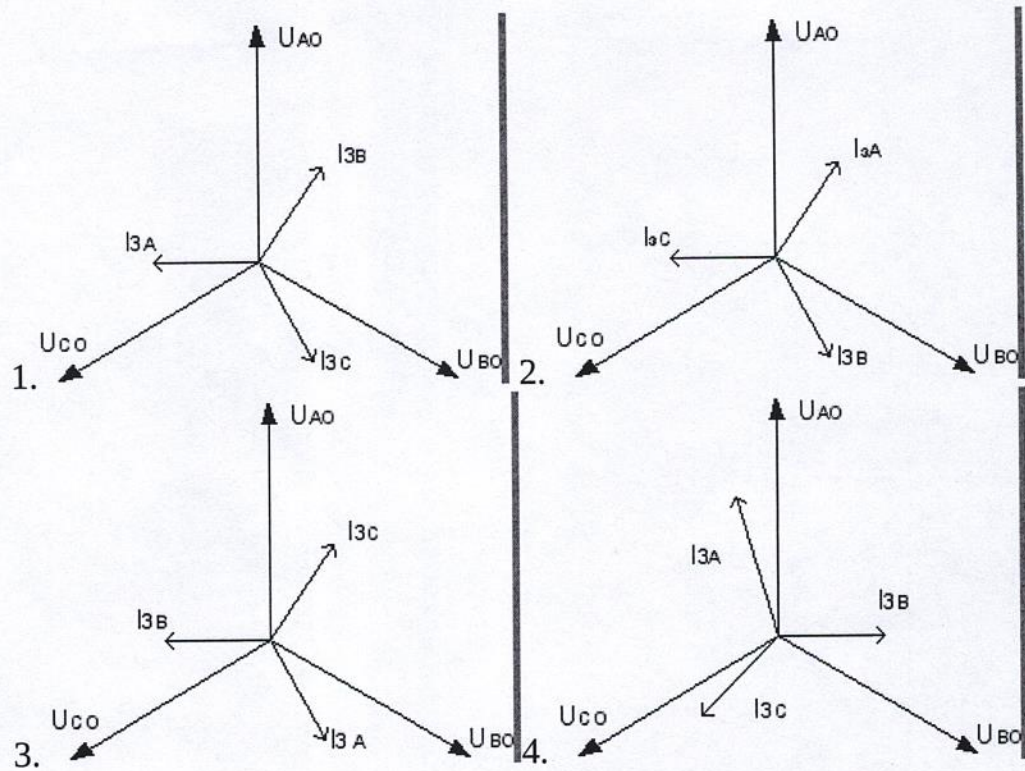
1.  $I_{окз} = U_{\phi} / Z_{тр} / 3 Z_{л}$
2.  $I_{окз} = P_{Н} / U_{\phi}$
3.  $I_{окз} = U_{\phi} / R_{л}$
4.  $I_{окз} = U_{\phi} / X_{л}$

10. Влияние повторного заземления  $R_{п}$  на величину напряжения на нейтрали  $U_{N}$  в аварийном режиме.

1. Чем больше сопротивление повторного заземления  $R_{п}$ , тем больше напряжение на нейтрали  $U_{N}$ .
2. Чем меньше сопротивление повторного заземления  $R_{п}$ , тем меньше напряжение на нейтрали  $U_{N}$ .
3. Чем больше сопротивление повторного заземления  $R_{п}$ , тем меньше напряжение на нейтрали  $U_{N}$ .
4. Сопротивление повторного заземления  $R_{п}$  не влияет на величину напряжения на нейтрали  $U_{N}$ .

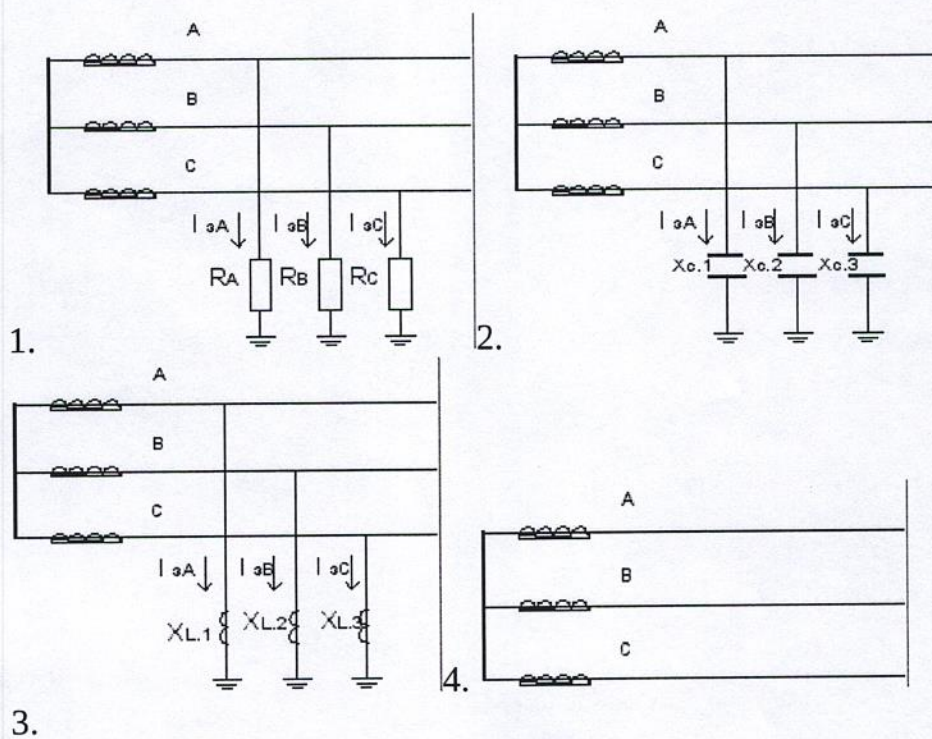
11. Векторная диаграмма сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.





Правильный ответ: 1

12. Схема замещения сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.



Правильный ответ: 2



## Примеры тестовых заданий для рубежного контроля № 2

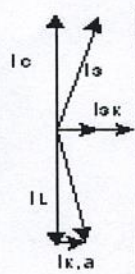
**1. Величина допустимого емкостного тока линии с изолированной нейтралью без компенсации.**

1. При  $U=6$   $I_3 < 30$ ; при  $U= 10$   $I_3 < 20$ ; при  $U=35$   $I_3 < 10$
2.  $U=6$   $I_3 < 10$   $U= 10$   $I_3 < 20$   $U=35$   $I_3 < 30$
3.  $U=6$   $I_3 < 20$   $U= 10$   $I_3 < 30$   $U=35$   $I_3 < 10$
4.  $U=6$   $I_3 < 15$   $U= 10$   $I_3 < 10$   $U=35$   $I_3 < 30$

**2. Формула приближенного расчета зарядного тока а) для воздушных линий, б) для кабельных линий.**

1. а)  $I = U/ X$  б)  $I = U/R$
2. а)  $I = UL/10$  б)  $I = UL/350$
3. а)  $I = U/R$  б)  $I = U/ X$
- 4 а)  $I = UL/350$  б)  $I = UL/10$

**3. Режим, показанный на векторной диаграмме**



1. До компенсации
2. Перекомпенсации
3. Недокомпенсации
4. Полной компенсации

**4. Параметры выбора дугогасящего реактора**

1.  $I_p$  и  $U_p$
2.  $S_p$  и  $U_n$
3.  $I_n$  и  $U_n$
4.  $S_p$  и  $I_n$

**5. Величина суммарной мощности дугогасящих реакторов**

1.  $S_p = U_n * I_3 \text{ макс.}$
2.  $S_p = 1,5 * U_n * I_3$
3.  $S_p = 1,25 * U_n * I_3 \text{ мин.}$
4.  $S_p = 1,25 * U_n * I_3 \text{ макс.}$



**6. Коэффициент замыкания на землю в сети с эффективно заземленной нейтралью**

1.  $K_z < 1,2$
2.  $K_z < 1,4$
3.  $K_z < 1,7$
4.  $K_z < 2,0$

**7. В каких сетях выбирается режим с изолированной нейтралью.**

1. В сетях напряжением до 1 кВ
2. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30А, 20А, 10А.
3. **В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30А, 20А, 10А.**
4. В сетях напряжением выше 110 кВ

**8. В каких сетях выбирается режим с эффективно заземленной нейтралью.**

1. В сетях напряжением до 1 кВ
2. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30А, 20А, 10А.
3. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30А, 20А, 10А.
4. **В сетях напряжением выше 110 кВ**

**9. В сетях работающих с компенсированной нейтралью токи замыкания на землю**

1. Больше, чем при изолированной нейтрали
2. Такие же, как при режиме работы с изолированной нейтралью
3. **Меньше, чем при изолированной нейтрали**
4. Одинаковые по модулю, но противоположного направления, по сравнению с режимом изолированной нейтрали
5. Одинаковые по направлению по сравнению с режимом изолированной нейтрали

**10. Заземляющие реакторы предназначены для**

1. ограничения токов межфазных КЗ в сетях с изолированной (компенсированной нейтралью)
2. **ограничения токов замыкания на землю в сети с изолированной (компенсированной) нейтралью**
3. увеличения токов замыкания на землю в сетях с изолированной (компенсированной) нейтралью
4. ограничению токов КЗ в сетях с заземленной нейтралью
5. увеличению токов КЗ в сетях с заземленной нейтралью



**11. Емкостной ток замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью равен**

1.  $I_C = \sqrt{3}\omega C_{фаз} U_{ном}$  ;

2.  $I_C = \frac{\sqrt{3}\omega C_{фаз}}{U_{ном}}$  ;

3.  $I_C = \frac{\sqrt{2}\omega C_{фаз}}{U_{ном}}$  ;

4.  $I_C = \sqrt{3}\omega C_{фаз} U_{ном}$  ;

5.  $I_C = \frac{\sqrt{2}\omega L_{фаз}}{U_{ном}}$

**12. В сети с изолированной нейтралью устанавливаются**

1. Токовые защиты от междуфазных КЗ
2. **Токовые защиты от однофазных КЗ**
3. Токовые защиты от междуфазных и однофазных КЗ
4. Токовые защиты от междуфазных КЗ и однофазных замыканий на землю
5. Только токовые защиты с блокировкой по напряжению

#### **Примерный список вопросов для зачета**

1. Обоснование рекомендуемых режимов нейтрали электрических сетей СЭС различного класса напряжений.

2. Преимущества и недостатки электрических сетей: с изолированной и компенсированной нейтралью; нейтралью, заземленной через высокоомный резистор; с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью.

3. Пояснить происхождение токов однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

4. Отрицательные факторы, проявляющиеся в электрической сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю.

5. Дугогасящие реакторы, используемые в электрических сетях с компенсированной нейтралью.

6. В чем заключается физическая суть компенсации емкостной и активной составляющей тока однофазного замыкания на землю?

7. Какой режим нейтрали и почему имеют электрические сети напряжением до 1000 В подземных электроустановок?

8. Конструктивные особенности трансформатора напряжения и трансформатора тока, позволяющие измерять соответственно напряжение и ток нулевой последовательности.

9. Как и с помощью каких элементов СЭС осуществляется общая и селективная сигнализация однофазных замыканий на землю.



10. Особенности конструктивного исполнения трансформаторов напряжения и тока нулевой последовательности.

11. Способы автоматической настройки дугогасящих реакторов.

12. Оборвалось заземление первичной обмотки ТН типа НТМИ (НАМИ). Как это отразится на его функционировании?

13. Две секции сборных шин напряжением 10 кВ питаются от трансформатора с расщепленными обмотками (во втором варианте две секции питаются от сдвоенного реактора); отразится ли появление однофазного замыкания на землю на одной из секций на функционирование другой секции?

14. Для СЭС ПП напряжением 10 кВ рассчитать ток однофазного замыкания на землю, дать оценку необходимости компенсации ёмкостных токов, выбрать тип дугогасящего реактора и определить принцип автоматического управления им.

15. Дать сравнительную оценку сетей с компенсированной и глухозаземлённой нейтралью.

16. На конкретных примерах показать области применения различных режимов нейтрали.

17. Причины возникновения феррорезонансных и коммутационных перенапряжений в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ; пути устранения или снижения; меры защиты

### **Примерные темы рефератов для неуспевающих**

1. Конструктивные особенности трансформатора напряжения и трансформатора тока, позволяющие измерять соответственно напряжение и ток нулевой последовательности.

2. Особенности конструктивного исполнения трансформаторов напряжения и тока нулевой последовательности.

3. Способы автоматической настройки дугогасящих реакторов.

4. Режимы нейтрали в сетях напряжением ниже 1000 В.

5. Дугогасящие реакторы, используемые в электрических сетях с компенсированной нейтралью.

### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.



## 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1. Основная учебная литература

1. Вайнштейн Р. А., Коломиец Н.В., Шестакова В.В. Режимы заземления нейтрали в электрических системах : учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, Н.В. Коломиец, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.– 118с.
2. Правила устройства электроустановок ПУЭ. 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2012. – 184 с.

### 7.2. Дополнительная учебная литература

1. Миронов И.А. Проблемы выбора режимов заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ / И.А. Миронов // Электро. –2006. –№ 5. –С. 32-36.
2. Веприк Ю.Н. Базовая модель электромагнитных переходных процессов в электрических системах с несимметрией. /Ю.Н.Веприк //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010, №2, с.37-42.
3. Виштибеев А.В. О необходимости и перевода электрических сетей 6 – 35 кВ на режим резистивного заземления нейтралей / А.В. Виштибеев // Проблемы энергетики. –2002. –№ 3.
4. Дергилев М.П. Неснижаемые кратности перенапряжений с сети 6-35 кВ с резистивным заземлением нейтрали / М.П. Дергилев, В.К. Обабков// Электротехника –2010 год. Перспективные виды электротехнического оборудования для передачи и распределения электроэнергии: VIII симпозиум, Моск. обл., 24–26 мая 2005 г.: сб. докл. –М.: ВЕИ,
5. Коновалов Е.Ф. Работа сетей напряжением 6–35кВ с различными способами заземления нейтрали / Е.Ф. Коновалов, Н.В. Дроздов, Т.В. Захарова // Энергетик. –2005. –№ 4. –С.40–41.
6. Целебровский Ю. Области применения различных систем заземления нейтрали. /Ю.Целебровский//Новости электротехники, № 5 (29), 2004.
7. Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6–35 кВ. –К.: НИИ Энергетики, 1998. –64 с.
8. Гуревич Ю.Е. Неотложные задачи надежности электроснабжения промышленных потребителей. /Гуревич Ю.Е., Кабиков К.В., Кучеров Ю.Н.// Электричество, 2005. –№ 1. – С. 2-9.
9. Обабков В.К. Многокритериальность показателя эффективности функционирования сетей 6–35 кВ и проблема оптимизации режимов заземления нейтрали // Режимы заземления нейтрали сетей 3–6–10–35 кВ: Доклады научно-технической конференции. – Новосибирск, 2000. – С. 33–41.
10. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 2-е изд., стер. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 328 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1863101. - ISBN 978-5-16-017612-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/>. – Режим доступа: по подписке.



11. Ополева, Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учебное пособие / Г.Н. Ополева. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 416 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-8199-0769-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1> – Режим доступа: по подписке.

12. Сибикин, Ю. Д. Современные электрические подстанции : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 417 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1861116. - ISBN 978-5-16-017560-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1> – Режим доступа: по подписке.

13, Ершов, А. М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ : учебное пособие для практических расчетов / А. М. Ершов. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 608 с. - ISBN 978-5-9729-0511-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/> – Режим доступа: по подписке.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения / Титов С.В. - Курган, 2016. – 8 с.

## **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	<a href="http://ru.wikipedia.org">http://ru.wikipedia.org</a>	Энциклопедия Википедия
2	<a href="http://dist.kgsu.ru">dist.kgsu.ru</a>	Система поддержки учебного процесса КГУ
3	<a href="http://dspace.kgsu.ru">http://dspace.kgsu.ru</a>	ЭБС КГУ
4	<a href="http://www.minprom.gov.ru">http://www.minprom.gov.ru</a>	Официальный сайт Министерства промышленности и энергетики РФ
5	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>	ЭБС «Консультант студента»

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP, Foxit Reader Pro версия 1.3.



## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя учебные лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием (стенды, плакаты, жидкокристаллический проектор для отображения программ виртуальных лабораторных работ и фильмов по тематике дисциплины, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

## **12. ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до сведения обучающихся.

**И**



Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Режимы нейтралей»**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
**13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Электроснабжение**

Трудоемкость дисциплины: 3 ЗЕ (108 академических часа)  
Семестр: 6 (очная форма обучения), 8 (заочная форма обучения)  
Форма промежуточной аттестации: зачет

Содержание дисциплины

Схемы включения трехфазных цепей. Зависимость изменения фазных и линейных напряжений в зависимости от способа включений (звезда, треугольник) в нормальном и аварийном режимах. Режимы нейтралей электрических сетей напряжением до 1000 В. Режимы нейтрали электрических сетей напряжением 6...35 кВ. Режимы нейтрали электрических сетей напряжением 110 кВ и выше. Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий.