



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

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол №7 от 16.04.2024

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор института Электроэнергетики  
и электроники

Ившин И.В.

28 октября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы расчета послеаварийных и ремонтных режимов электрических схем

Направление  
подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль)

Электроэнергетические системы и сети

Квалификация

бакалавр

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Программу разработали:

Ст. преподаватель

Галиев Р.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика Электроэнергетические системы и сети, протокол № 8 от 21.10.2020

Заведующий кафедрой В.В. Максимов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Электроэнергетические системы и сети, протокол № 8 от 21.10.2020

Заведующий кафедрой В.В. Максимов

Программа одобрена на заседании методического совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 3 от 28.10.2020

Зам. директора ИЭЭ

Ахметова Р.В.

Программа принята решением Ученого совета института Электроэнергетики и электроники протокол № 4 от 28.10.2020

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

Целью освоения дисциплины является формирование базы знаний и умений для расчета нормальных и аварийных режимов электрических сетей произвольной конфигурации.

Задачами дисциплины являются:

- Научить студента формировать необходимый перечень исходных данных, обучить методикам формирования схем замещения участков электрической сети в разных режимах;

- Научить студента пользоваться различными математическими методами (итерационные методы, методы матричного исчисления и т.д.) для расчета режимов (нормального и после-аварийного) произвольного участка электрической сети.

- Научить студента применять основные законы электрических цепей (Закон Ома, Законы Кирхгофа, методы контурных токов и др.) для расчета режимов электрических схем.

- Научить обучающегося использовать современные методы САПР и специализированное программное обеспечение - для моделирования и последующего расчета режимов произвольного участка электрической сети.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)

<p>ПК-2 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-2.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные понятия, формулы и законы теоретических основ электротехники</li> <li>- Основные принципы и законы функционирования высоковольтного оборудования, его функциональные характеристики</li> <li>- Классификации основного электрооборудования</li> <li>- Основные классификации электрических схем</li> <li>- Схематические изображения основных категорий электрооборудования на принципиальной однолинейной схеме и схеме замещения</li> <li>- Методы операционного и матричного исчисления, алгоритмы методов операционного исчисления и матричного моделирования</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использовать основные законы теоретических основ электротехники, моделировать различные участки электрической сети посредством схем замещения</li> <li>- Разрабатывать принципиальные схемы, схемы замещения (в том. числе и методом графов), рассчитывать максимальные и послеаварийные режимы работы участков электрической сети разной топологии</li> <li>- Применять разделы высшей математики, матричной алгебры и методы итерационного исчисления - для расчетов режимов сетей произвольной конфигурации</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Способен использовать современные компьютерные программы расчета режимов электроэнергетических систем</li> <li>- Демонстрирует навыки владения разделами</li> </ul>
--	---	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Методы расчета послеаварийных и ремонтных режимов электрических схем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ОПК-2	Высшая математика Физика	

ОПК-3	Современные способы производства электроэнергии Теоретические основы электротехники	
ПК-2		Математические методы расчета режимов работы воздушных линий электроустановок энергетического оборудования подстанции при техническом обслуживании и ремонте

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

1. Основные законы теоретических основ электротехники;
2. Основные единицы высоковольтного оборудования, его функциональные характеристики, номинальные параметры и электрические схемы, а также, схематические изображения отдельных категорий оборудования на принципиальной схеме и схеме замещения;
3. Методы операционного и матричного исчисления, базовые понятия данных разделов математики.
4. Разделы физики, объясняющие принцип электро-магнитного взаимодействия.
5. Современные методы компьютерного моделирования.

Уметь:

1. Применять основные законы теоретических основ электротехники.
2. Составлять принципиальные и схемы замещения (в том. числе и графы однолинейных схем) для последующего расчета участка
3. Применять разделы высшей математики, матричной алгебры и методы итерационного исчисления - для расчетов режимов сетей произвольной конфигурации.

Владеть:

1. Владеть современными программами компьютерного моделирования.

### **3. Структура и содержание дисциплины**

#### **3.1. Структура дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (ЗЕ), всего 108 часов, из которых 42 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 16 часов, занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 24 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 66 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 1 час. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 4 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ,</b> в том числе:	42	42
Лекционные занятия (Лек)	16	16
Лабораторные занятия (Лаб)	12	12
Практические занятия (Пр)	12	12
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	66	66
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)		
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	За	За

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации						Сдача зачета / экзамена
<b>Раздел 1. Схемы замещения электрических систем и их элементы</b>														
1. Правила формирования электрических схем замещения	7	4	4	4		30			42	ПК-2.2 -32, ПК-2.2 -31, ПК-2.2 -У2, ПК-2.2 -33, ПК-2.2 -У3, ПК-2.2 -В1, ПК-2.2 -У1	Л1.1, Л2.1, Л2.5, Л2.4	Дкл, Пр., Тест	Зачет	25
<b>Раздел 2. Матричные методы моделирования участка электрической сети</b>														

2. Матричные методы для формирования исходных данных расчета. Матрицы, описывающие конфигурацию и состояние исходной расчетной сети	7	4	2	4					10	ПК-2.2 -33, ПК-2.2 -У1, ПК-2.2 -У3, ПК-2.2 -В1, ПК-2.2 -У2	Л1.1, Л2.2, Л2.4, Л2.3	Дкл, Пр., Тест	Зачет	25	
<b>Раздел 3. Уравнения узловых напряжений</b>															
3. Уравнения узловых напряжений для участков электрической сети.	7	4	2	4		15			25	ПК-2.2 -33, ПК-2.2 -У3, ПК-2.2 -У1, ПК-2.2 -31, ПК-2.2 -32, ПК-2.2 -У2, ПК-2.2 -В1	Л1.1, Л2.2, Л2.3, Л2.6, Л2.1	Дкл, Пр., Тест	Зачет	25	
<b>Раздел 4. Итерационные методы расчета электрических цепей</b>															
4. Итерационный методы для расчета режимов электрических сетей	7	4	4			21	1		1	31	ПК-2.2 -31, ПК-2.2 -33, ПК-2.2 -У1, ПК-2.2 -У3, ПК-2.2 -32, ПК-2.2 -У2	Л1.1, Л2.6, Л2.1, Л2.3	Дкл, Пр., Тест	Зачет	25
<b>ИТОГО</b>		16	12	12		66	1		1	108				100	

### 3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Основные понятия, термины и определения структурных элементов электрической сети. Правила составления расчетных схем замещения участков электрической сети	4
2	1.Понятие собственных и взаимных проводимостей. Матрица собственных и взаимных проводимостей узлов 2.Матрица соединений ветвей и узлов.	4
3	1.Уравнения узловых напряжений.Правила составления Уравнений узловых напряжений. 2.Методы решения УУН при разном наборе исходных данных. Примеры решения УУН для систем с небольшим количеством узлов.	4
4	1.Итерационный методы. Основные понятия и определения. 2.Итерационный метод Ньютона для расчета установившегося режима электрических сетей 3.Итерационный метод Гаусса для расчета режимов электрических сетей	4
Всего		16

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Задачи и методы, определяющие параметры электрической схемы, на основе основных законов теории электрических цепей: Первый и второй законы Кирхгофа, Закон Ома, метод симметричных составляющих. Решение задач в алгебраической и матричной формах представления уравнений	4
2	Описание схем замещения с помощью матриц соединения узлов и ветвей, матриц полных сопротивлений. Математические операции с матрицами.	2
3	Решение задач на составление УУН с небольшим количеством узлов	2
4	Расчет режима простой электрической сети с использованием итерационных методов и матричной алгебры	4

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час.
1	Описание топологии участка распределительной сети 10 кВ с помощью матриц соединения узлов и ветвей, матрицы полной проводимости. Ввод исходных данных в программное обеспечение «Электростенд»	4
2	Расчет участка распределительной сети 10 кВ с помощью программного обеспечения «ElectroStend», использующего итерационные методы исчисления и разделы матричной алгебры.	4



3	Дистанционное измерение параметров электрического режима участка распределительной сети 10 кВ с помощью программного обеспечения "Конфигуратор Меркурий" (бесплатная версия). Сравнение рассчитанных (в лабораторной работе № 2) и измеренных параметров режима электрической сети.	4
Всего		12

### 3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем. 2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических комплексов и систем. 3. Способы задания исходных данных. Обобщенные параметры схем. 4. Решение обобщенного уравнения состояния электрической системы. Расчет параметров установившегося режима методом контурных токов.	Изучение материала по указанной теме	30
2	1. Обобщенные параметры схем (параметры узлов и ветвей электрической схемы). 2. Расчет параметров установившегося режима методом контурных токов. 3. Основные понятия операционного исчисления	Изучение материала по заданной теме	15
3	Системы линейных уравнений. Поиск их решений методами Крамера, Гаусса, Ньютона.	Изучение материалов по заданной теме	21
Всего			66

## 4. Образовательные технологии

При реализации дисциплины "Методы расчета послеаварийных и ремонтных режимов электрических схем" по образовательным программам бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии:

- электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>

## 5. Оценивание результатов обучения

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

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Характеристики сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.2	Знать Основные понятия, формулы и законы теоретических основ электротехники	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеются незначительные ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеются ошибки	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

		<p>Основные принципы и законы функционирования высоковольтного оборудования, его функциональные характеристики; классификации основного электрооборудования; основные классификации электрических схем; схематические изображения основных категорий электрооборудования на принципиальной однолинейной схеме и схеме замещения</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеются незначительные ошибки</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеются ошибки</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>Методы операционного и матричного исчисления, алгоритмы методов операционного исчисления и матричного моделирования</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеются незначительные ошибки</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеются ошибки</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>Уметь</p>				
		<p>Использовать основные законы теоретических основ электротехники, моделировать различные участки электрической сети посредством схем замещения</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но есть некоторые недочеты</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>

		<p>Разрабатывать принципиальные схемы, замещения (в том числе и методом графов), рассчитывать максимальные и после-аварийные режимы работы участков электрической сети разной топологии</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены основные задачи отдельными несущественными недочетами, выполнены задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены основные задачи негрубыми ошибками, выполнены задания в полном объеме, но есть некоторые недочеты</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>Применять разделы высшей математики, матричной алгебры и методы итерационного исчисления - для расчетов режимов сетей произвольной конфигурации</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены основные задачи отдельными несущественными недочетами, выполнены задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены основные задачи негрубыми ошибками, выполнены задания в полном объеме, но есть некоторые недочеты</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>
<p>Владеть</p>						
		<p>Способен использовать современные компьютерные программы расчета режимов электроэнергетических систем</p>	<p>Продемонстрированы навыки решения сложных задач моделирования без ошибок и недочетов</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач некоторыми недочетами</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач некоторыми недочетами</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>Демонстрирует навыки владения разделами матричной алгебры и итерационного исчисления</p>	<p>Продемонстрированы навыки решения сложных задач моделирования без ошибок и недочетов</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач некоторыми недочетами</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач некоторыми недочетами</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки</p>

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости 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-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Потапов Леонид Алексеевич.	Теоретические основы электротехники: краткий курс	Учебное пособие	СПб. : Лань	2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/76282">https://e.lanbook.com/book/76282</a>	
2	Герасименко Алексей Алексеевич.	Передача и распределение электрической энергии	учебное пособие для вузов	М. : Кнорус	2014	<a href="https://www.book.ru/book/915111/">https://www.book.ru/book/915111/</a>	

#### Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Константинов В.Н.,	Математическое моделирование режимов работы электроэнергетических систем	Учебное пособие	Казань: КГЭУ	2014		39
2	Идельчик В. И.	Электрические системы и сети	Учебник для вузов	М.: Энергоатомиздат	1989		54

## 6.2. Информационное обеспечение

### 6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Электронная библиотека ФГБОУ ВО	<a href="https://lib.kgeu.ru">https://lib.kgeu.ru</a>
3	ЭБС BOOK.RU	<a href="https://book.ru/book">https://book.ru/book</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Научная электронная	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
3	eLIBRARY.RU	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	ИСС «Кодекс» «Техэксперт»	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>

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

№ п/п	Наименование программного обеспечения	описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	Energy CS V.3 (эквивалент)	ПО для моделирования и расчета режимов электрических сетей произвольной конфигурации	договор №85/2008 от 20.08.2008, лицензиар ЗАО "СиСофт Казань", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - не установлено.
3	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010	Пакет офисных приложений	тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд»
4	ПО «Конфигуратор Меркурий»	ПО для дистанционного опроса микропроцессорных счетчиков «Меркурий»	свободная лицензия, тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.



5	ПО «Electrostend»	ПО для расчета режима участка электрической сети и управления лабораторным стендом "	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	Компас-3D V18 Проектирование в строительстве и архитектуре	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования	договор 231/20 от 3.08.2020, лицензиар - ООО "Аскон-кама консалтинг", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<p>Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран, демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия (указывается при наличии по данной дисциплине).</p> <p>1. Windows 7 Профессиональная (Pro): договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>3. Компас-3D V18 Проектирование в строительстве и архитектуре, договор 231/20 от 3.08.2020, лицензиар - ООО ""Аскон-кама консалтинг"", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>4. Браузер Chrome, свободная лицензия, тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p>
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	<p>Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран и др.</p> <p>1. Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК): договор №ПО-ЛИЦ №0000/2014 от 27.05.2014, лицензиар - ЗАО «ТаксНет Сервис», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p>

3	Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа	<p>Доска аудиторная, экран, проектор, лабораторный стенд "Автоматический учет электроэнергии", компьютер с монитором.</p> <p>1. Windows 7 Профессиональная (Pro): договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>3. Компас-3D V18 Проектирование в строительстве и архитектуре, договор 231/20 от 3.08.2020, лицензиар - ООО "Аскон-кама консалтинг", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p>
4	Самостоятельная работа обучающегося	Компьютерный класс с выходом в Интернет	<p>Специализированная учебная мебель на 46 посадочных мест, моноблок (13 шт.), технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран, видеокамеры, программное обеспечение.</p> <p>1. Windows 7 Профессиональная (Pro): договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p> <p>3. Компас-3D V18 Проектирование в строительстве и архитектуре, договор 231/20 от 3.08.2020, лицензиар - ООО ""Аскон-кама консалтинг"", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p>

## **8. 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://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 крупно шрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, 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.

## 9. 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 уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;
- формирование эстетической картины мира;
- 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.

*Физическое воспитание:*

- формирование ответственного отношения к своему здоровью, потребности в здоровом образе жизни;
- формирование культуры безопасности жизнедеятельности;
- формирование системы мотивации к активному и здоровому образу жизни, занятиям спортом, культуры здорового питания и трезвости.

*Профессионально-трудовое воспитание:*

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;
- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

*Экологическое воспитание:*

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу;

## Структура дисциплины по заочной форме обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		4
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	16	16
Лекционные занятия (Лек)	4	4
Лабораторные занятия (Лаб)	4	4
Практические занятия (Пр)	4	4
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	4,5	4,5
Контактные часы во время аттестации (КПА)	0	0
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС), в том числе:	87,5	87,5
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)	4	4
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	За	За



## **Лист внесения изменений**

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины с 2021/2022 учебного года

В программу вносятся следующие изменения:

1. РПД дополнена разделом 9 «Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися».

Программа одобрена на заседании кафедры–разработчика «16» июня 2021г., протокол №39.

Зав. кафедрой

В.В. Максимов

Программа одобрена методическим советом института ИЭЭ «22»июня 2021г., протокол №11.

Зам. директора ИЭЭ

Р.В. Ахметова



КГЭУ

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

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Методы расчета послеаварийных и ремонтных режимов электрических схем

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
подготовки

Направленность (профиль) Электроэнергетические системы и сети

Квалификация бакалавр

г. Казань, 2020

Оценочные материалы по дисциплине Методы расчета послеаварийных и ремонтных режимов электрических схем - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций ПК-2.

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

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: индивидуальный и (или) групповой опрос (устно или письменно); защита лабораторных работ; коллоквиумы; защиты письменных домашних заданий; контроль выполнения самостоятельной работы обучающихся (устно), др.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 4 курс, 7 семестр. Форма промежуточной аттестации зачет.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

## 1. Технологическая карта

### Семестр 7

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы			
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично
				не зачтено	зачтено		
				низкий	ниже среднего	средний	высокий
Текущий контроль успеваемости							
1	Выполнение практического задания:  1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем. 2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических комплексов и систем.	(ПЗ)	ПК-1	0-4	4-6	6 - 7	7-8

1	<p>Выполнение практического задания:</p> <p>1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем.</p> <p>2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических их комплексов и систем.</p>	(ПЗ)	ПК-1	0-4	4-6	7-7	7-8
1	<p>Глоссарий:</p> <p>1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем.</p> <p>2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических их комплексов и систем.</p> <p>3. Способы задания исходных данных.</p>	(Глс)	ПК-1	0-4	4-6	6-7	8-10
1	<p>Собеседование:</p> <p>1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем.</p> <p>2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических их комплексов и систем.</p> <p>3. Способы задания исходных данных.</p>	(Сбс)	ПК-1	0-6	6-7	7-8	8-10

1	<p>Собеседование:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обобщенное изображение электрических схем. Аналитическое представление схем.</li> <li>2. Теория графов применительно к расчету электроэнергетических комплексов и систем.</li> <li>3. Способы задания исходных данных.</li> </ol>	(Рфр)	ПК-1	0-6	7 - 7	7- 9	9 - 10
2	<p>Тестовые задания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Обобщенные параметры схем (параметры узлов и ветвей электрической схемы).</li> <li>2. Расчет параметров установившегося режима методом контурных токов.</li> <li>3.Основные понятия итерационного исчисления</li> </ol>	(Тест)	ПК-1	0-9	9-10	10-12	12-14
2	<p>Тестовые задания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Обобщенные параметры схем (параметры узлов и ветвей электрической схемы).</li> <li>2. Расчет параметров установившегося режима методом контурных токов.</li> <li>3.Основные понятия итерационного исчисления</li> </ol>	(Рфр)	ПК-1	0-6	6 - 7	7 - 9	9 - 10

2	Основные понятия итерационного исчисления	Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	ПК-1	0-5	5-7	7 - 9	9-10
2	Обобщенные параметры схем (параметры узлов и ветвей электрической схемы).	ПЗ	ПК-1	0-4	4 -6	6 - 8	8 - 10
3	Системы линейных уравнений. Поиск их решений методами Крамера, Гаусса, Ньютона.	Сбс	ПК-1	0-6	6 - 7	7 - 8	8 - 10
Всего баллов				0 - 54	55-69	70-84	85-100

## 2. 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	Оценочные материалы
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам / разделам дисциплины
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы,	Вопросы по темам/разделам

	связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	дисциплины, представленные в привязке к компетенциям, предусмотренным РПД
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Темы рефератов
Глоссарий (Глс)	Словарь терминов	Тематика глоссария
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

### 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

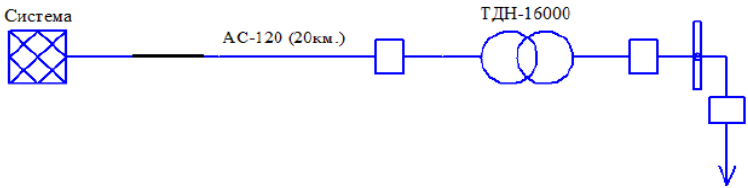
<b>Наименование оценочного средства</b>	Собеседование (Сбс) для раздела 1
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Темы собеседования к данному разделу:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование теория графов при составлении электрической схемы замещения. Понятие «Направленный граф».</li> <li>2. Перечень исходных параметров для вычисления узловых напряжений электрической сети произвольной конфигурации определенным итерационным методом.</li> <li>3. Пассивные элементы схем замещения. Электрические параметры пассивных элементов.</li> <li>4. Параметры узлов и ветвей в схемах замещения участков электрической сети.</li> <li>5. Собственная проводимость и взаимная проводимость узла. Матрица собственных и взаимных проводимостей узлов</li> <li>6. Активные элементы схем замещения. Электрические параметры пассивных элементов.</li> <li>7. Источники электрической мощности в электрических сетях разного назначения.</li> </ol>
Критерии оценки и шкала	<p>1. Знание материала</p> <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме,

оценивания в баллах <sup>1</sup>	<p><i>предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</i></p> <p><b>2. Последовательность изложения</b></p> <p><input type="checkbox"/> <i>содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>путаница в изложении материала – 0 баллов;</i></p> <p><b>3. Владение речью и терминологией</b></p> <p><input type="checkbox"/> <i>материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</i></p> <p><b>4. Применение конкретных примеров</b></p> <p><input type="checkbox"/> <i>показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</i></p> <p><b>5. Уровень теоретического анализа</b></p> <p><input type="checkbox"/> <i>показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</i></p> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<b>Наименование оценочного средства</b>	Глоссарий (Глс) - для раздела 1 СРС
Представление и содержание оценочных материалов	<p><i>Итерационный метод</i> - численный метод решения математических задач, приближённый метод решения системы линейных алгебраических уравнений. Суть такого метода заключается в нахождении по приближённому значению величины следующего приближения (являющегося более точным). Метод позволяет получить значения корней системы с заданной точностью в виде предела последовательности некоторых векторов (итерационный процесс);</p> <p><i>Матрица инцидентий 1 порядка или матрица соединения узлов и ветвей</i> - Показывает взаимосвязь между узлами и ветвями исходного графа. Это - прямоугольная матрица число строк которой определяется числом узлов сети, а число столбцов - числом ветвей;</p> <p><i>Электрическая схема</i> представляет собой графическое изображение электрической цепи. Она показывает, как осуществляется соединение элементов в рассматриваемой электрической цепи;</p> <p><i>Ветвь</i> – участок цепи состоящий из одного или нескольких элементов вдоль которого</p>

<sup>1</sup> В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС



	<p>ток один и тот же;</p> <p><i>Узел</i> – место соединения трёх и более ветвей;</p> <p><i>Электрической нагрузкой</i> какого-либо элемента сети называется мощность, которой нагружен данный элемент сети. Например, если по кабелю передается мощность 120 кВт, то нагрузка кабеля равна тоже 120 кВт. Точно так же можно говорить о нагрузке на шины подстанции или на трансформатор;</p> <p><i>Однолинейная схема</i> - это технический документ (чертеж схемы) отображающий наличие коммутационного и прочего оборудования распределительного щита, пути их подключения, группы и виды потребителей которые подключены от данного оборудования и многие другие технические характеристики питающей и распределительной сети.</p> <p><i>Теория графов</i> — раздел дискретной математики, изучающий свойства графов. В общем смысле граф представляется как множество вершин (узлов), соединённых рёбрами Теория графов находит применение, например, в геоинформационных системах (ГИС). Существующие или вновь проектируемые дома, сооружения, кварталы и т. п. рассматриваются как вершины, а соединяющие их дороги, инженерные сети, линии электропередачи и т. п. — как рёбра.</p> <p><i>Параметры электрического режима</i> - к параметрам режима относятся: значения частоты, токов в ветвях, напряжений в узлах, фазовых углов, полной, активной и реактивной мощностей электропередачи, а также значения, характеризующие не симметрию трехфазной системы напряжений или токов и не синусоидальность изменения напряжения и токов в течение периода основной частоты.</p> <p><i>Электрическая схема замещения</i> - Схемой электрической цепи называется ее графическое изображение с использованием обозначений идеальных элементов.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p><i>1. Знание материала</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>3. Владение речью и терминологией</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>4. Применение конкретных примеров</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>5. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<b>Наименование оценочного средства</b>	Практическое задание (ПЗ) раздела 1
Представление и содержание оценочных материалов	 <p><i>На основании выше-представленной схемы участка электрической сети - составить граф схемы замещения, задать направление протекания электрического тока, разбить участок электрической сети на узлы и ветви для последующих расчетов!</i></p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>1. Применение конкретных примеров</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> </ul> <p>полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0</p> <p>3. Умение применять полученные знания на практике с целью решения конкретных задач</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике – 4 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике в большинстве вопросов задачи – 3 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение применять полученные знания с помощью преподавателя – 2 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> слабое или полное отсутствие умения применять полученные знания с помощью преподавателя – менее 2 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 8</b></p>
<b>Наименование оценочного средства</b>	Реферат (Рфр) для раздела 1

<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Тематика Рефератов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные параметры узлов и ветвей электрической цепи</li> <li>2. Использование теории графов при составлении электрической схемы замещения. Понятие «Направленный граф»</li> <li>3. Матрица инцидентий первого порядка (М). Правила составления для произвольной конфигурации сети. Правила составления матрицы инцидентий первого порядка</li> <li>4. Линейные и нелинейные элементы в электрических цепях.</li> <li>5. Понятие «схема замещения» участка электрической сети. Замкнутые и разомкнутые электрические сети.</li> <li>6. Статическая устойчивость электроэнергетической системы</li> <li>7. Линейные и нелинейные уравнения установившегося режима.</li> <li>8. Линейные и нелинейные элементы в электрических цепях</li> <li>9. Система уравнений узловых напряжений для цепи переменного тока.</li> <li>10. Аналитическое представление схем.</li> <li>11. Способы задания исходных данных.</li> <li>12. Обобщенные параметры схем</li> <li>13. Понятие матрицы и определителя.</li> <li>14. Операции над матрицами.</li> <li>15. Свойства матриц и определителей.</li> </ol>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знание материала <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>2. Последовательность изложения <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>3. Владение речью и терминологией <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>4. Применение конкретных примеров <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>5. Уровень теоретического анализа <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> </li> </ol> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>

<p><b>Наименование оценочного средства</b></p>	<p>Практическое задание (ПЗ) раздела 1</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p><b>Пример 1.</b> Описать следующую схему с помощью матриц инцидентий</p>  <p><i>Методика решения:</i></p> <p>Первая матрица <b>М</b> – матрица соединений в узлах. Это таблица, каждая строка которой отвечает одному из узлов схемы, за исключением балансирующего, а каждый столбец – одной из ее ветвей. В клетках проставляется «0», если ветвь не связана с узлом, которому соответствует строка. Если ветвь связана с узлом, то в клетке ставится «+1» или «-1». «+1» – если узел является началом ветви; «-1» – если ветвь входит в узел. Вторая матрица инцидентий <b>Н</b> – матрица соединений в контурах. Это таблица, строки которой отвечают независимым контурам направленного графа схемы, а столбцы – ветвям. Если та или иная ветвь входит в контур, то на пересечении соответствующих строки и столбца ставится «+1» или «-1». «+1» – если направление ветви совпадает с направлением обхода контура. Если ветвь не входит в контур, то в матрице <b>Н</b> на пересечении строки и столбца записывается «0».</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение конкретных примеров <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>2. Уровень теоретического анализа <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> </ul> </li> </ol> <p>полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Умение применять полученные знания на практике с целью решения конкретных задач <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике – 4 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике в большинстве вопросов задачи – 3 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение применять полученные знания с помощью преподавателя – 2 баллов;</li> </ul> </li> </ol>

	<p>□ слабое или полное отсутствие умения применять полученные знания с помощью преподавателя – менее 2 баллов;  <b>Количество баллов: максимум – _8_</b></p>
<p><b>Наименование оценочного средства</b></p>	<p>Тест (Тест) раздел 2</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>1.Метод расчета установившегося режима с помощью матрицы узловых сопротивлений называется</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методом Гаусса</li> <li>• методом Ньютона</li> <li>• методом Ньютона-Рафсона</li> <li>• методом Монте-Карло V1</li> </ul> <p>2.Установившиеся режимы электрической системы могут описываться:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• линейными уравнениями</li> <li>• нелинейными уравнениями</li> <li>• нелинейными и линейными уравнениями</li> <li>• постоянными величинами</li> </ul> <p>3.Ветви, не связанные с узлом нейтрали называются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продольными</li> <li>• поперечными</li> </ul> <p>4.Если схема электрической цепи содержит контуры, то она называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• комбинированной</li> <li>• нелинейной</li> <li>• замкнутой</li> <li>• разомкнутой</li> </ul> <p>5.Ветвью электрической цепи называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• участок цепи из последовательно соединенных элементов, вдоль которого в любой момент времени ток имеет одно значение</li> <li>• любая часть графа</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> <li>• любой участок цепи</li> </ul> <p>6.Узлом электрической цепи называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• точка соединения двух и более ветвей</li> <li>• любая часть графа</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> <li>• точка соединения двух и более элементов</li> </ul> <p>7.Контуром называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• участок цепи, образованный последовательным соединением ветвей, так что начало первой ветви совпадает с концом последней</li> </ul>

- любая часть графа
- среди приведенных вариантов ответа правильного нет
- несколько ветвей

8. Нагрузка имеет схему замещения в виде:

- задающего тока
- сопротивления  $Z$
- источника напряжения
- источника тока, равного взятому с обратным знаком току нагрузки  $I$
- 

9. Состояние линейной электрической цепи не описывается уравнениями законов:

- Ома
- Ньютона
- Ньютона-Рафсона
- Кирхгофа

10. Состояние электрической цепи, состоящей из линейных элементов, в установившемся режиме описывают уравнениями

- Ома и Кирхгофа
- Гаусса-Зейделя
- Парка-Горева

11. Первый закон Кирхгофа формулируется следующим образом:

- сумма ЭДС равна нулю
- алгебраическая сумма падений напряжения на ветвях контура равна нулю
- алгебраическая сумма токов в узле равна нулю
- разность токов в узле равна нулю

12. Второй закон Кирхгофа формулируется следующим образом:

- разность токов в узле равна нулю
- алгебраическая сумма токов в узле равна нулю
- алгебраическая сумма падений напряжения в ветвях контура равна нулю
- разность падения напряжения в ветвях контура равна нулю

13. Второй закон Кирхгофа определяет:

- сопротивления в каждой ветви
- баланс токов в каждом узле
- ЭДС в каждой ветви
- баланс напряжений в контурах

14. Конфигурацию схемы замещения электрической системы можно отобразить в виде:

- Графа
- Алгоритма
- Программы
- Контура

	<p>15. Схема замещения электрической системы обычно является</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• связанным текстом</li> <li>• несвязанным графом</li> <li>• несвязанным текстом</li> <li>• связанным графом</li> </ul> <p>16. Графом называется –</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• множество вершин (узлов) и ребер (ветвей), соединяющих некоторые (или все) пары вершин</li> <li>• участок цепи, образованный последовательным соединением ветвей, так что начало первой ветви совпадает с концом последней</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> </ul> <p>17. Граф является направленным, если:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• его ребра имеют фиксированные направления</li> <li>• в нем можно выбрать путь, соединяющий любые две вершины</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> </ul> <p>18. Для направленного графа могут быть определены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• матрица соединений ветвей в узлах</li> <li>• матрица соединений ветвей в независимые контуры</li> <li>• количество ребер</li> <li>• количество контуров</li> <li>• первая матрица инцидентий</li> <li>• вторая матрица инцидентий</li> </ul> <p>19. Первой матрицей инцидентий называется</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• матрица соединений ветвей в узлах</li> <li>• матрица соединений ветвей в независимые контуры</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> <li>• обратная матрица</li> </ul> <p>20. Второй матрицей инцидентий называется</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• матрица соединений ветвей в независимые контуры</li> <li>• матрица соединений ветвей в узлах</li> <li>• среди приведенных вариантов ответа правильного нет</li> <li>• диагональная матрица</li> </ul>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>1. Знание материала</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Последовательность изложения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> <li>3. Владение речью и терминологией <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>4. Применение конкретных примеров <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>5. Уровень теоретического анализа <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 6 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 4 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 14</b></p>
<b>Наименование оценочного средства</b>	Реферат (Рфр) для раздела 2
Представление и содержание оценочных материалов	<p><b>Тематика Рефератов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет параметров установившегося режима методом контурных токов.</li> <li>2. Расчет параметров установившегося режима методом узловых напряжений.</li> <li>3. Матрицы инцидентий первого порядка</li> <li>4. Системы уравнений установившихся режимов электрических систем.</li> <li>5. Уравнение состояния цепей</li> <li>6. Системы линейных уравнений</li> <li>7. Уравнения законов Кирхгофа и Ома в матричной форме</li> <li>8. Учет слабой заполненности матриц, методы эквивалентирования сети</li> <li>9. Система уравнений узловых напряжений для цепи переменного тока.</li> <li>10. Особенности расчетов сложных электрических сетей</li> <li>11. Аналитическое представление конфигурации расчетной схемы сети.</li> <li>12. Определение напряжений в узлах схемы</li> <li>13. Зависимости активной и реактивной мощности от напряжения</li> <li>14. Основные параметры качества электрической энергии. Оценка ущерба от отклонения параметров качества электроэнергии от номинального значения.</li> </ol>
<b>Критерии</b>	1. Знание материала



<p>оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Последовательность изложения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>3. Владение речью и терминологией</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> <p>4. Применение конкретных примеров</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>5. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<p><b>Наименование оценочного средства</b></p>	<p>Отчет по лабораторной работе (ОЛР) раздел 2</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p><b>Основные термины и определения, формирование блока исходных данных для расчета сети итерационным методом, использование программного обеспечения «ElectoStend».</b></p> <p><b>Цели и задачи:</b> изучить основные термины и определения дисциплины, научиться формировать блок исходных данных для расчета режима участка сети, провести расчет участка распределительной сети 10 кВ на ПО «ElectoStend».</p> <p><b>Основные понятия и определения</b></p> <p><i>ЭВМ</i> – электронно-вычислительная машина;</p> <p><i>Итерационный метод</i> - численный метод решения математических задач, приближённый метод решения системы линейных алгебраических уравнений. Суть такого метода заключается в нахождении по приближённому значению величины следующего приближения (являющегося более точным). Метод позволяет получить значения корней системы с заданной точностью в виде предела</p>

последовательности некоторых векторов (итерационный процесс);

*Центр питания (ЦП)* - распределительное устройство низкого напряжения (НН) понизительной подстанции энергосистемы, к которым присоединены распределительные сети данного района;

*Матрица инцидентов 1 порядка или матрица соединения узлов и ветвей* - Показывает взаимосвязь между узлами и ветвями исходного графа. Это - прямоугольная матрица число строк которой определяется числом узлов сети, а число столбцов - числом ветвей;

*Электрическая схема* представляет собой графическое изображение электрической цепи. Она показывает, как осуществляется соединение элементов в рассматриваемой электрической цепи;

*Ветвь* – участок цепи состоящий из одного или нескольких элементов вдоль которого ток один и тот же;

*Узел* – место соединения трёх и более ветвей;

*Электрической нагрузкой* какого-либо элемента сети называется мощность, которой нагружен данный элемент сети. Например, если по кабелю передается мощность 120 кВт, то нагрузка кабеля равна тоже 120 кВт. Точно так же можно говорить о нагрузке на шины подстанции или на трансформатор;

*Трансформаторный пункт (ТП)* - это подстанция с первичным напряжением, равным 35 кВ, 10 кВ или 6 кВ, которая питает напряжением 230 и 400 В непосредственно приемники электроэнергии;

*Силовой трансформатор* – электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической мощности одного напряжения в другое;

*Измерительный трансформатор напряжения (ТН)* – предназначен для понижения высокого напряжения (ВН) до стандартного значения 100 или  $100\sqrt{3}$  В для отделения вторичных цепей от высоковольтных;

*Измерительный трансформатор тока (ТТ)* – предназначен для понижения первичного тока ( $I_1$ ) до значений, удобных для подключения контрольно-измерительной (КИА) аппаратуры и устройств, и систем релейной защиты и автоматики.

*Электрическая подстанция (ПС)* — электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления и распределения;

*Параметры электрического режима* – это показатели, которыми характеризуется электрический режим:

- частота,
- активная и реактивная мощность в элементах системы,
- напряжение в различных точках сети и у потребителей,
- величины токов,

- величины углов расхождения векторов ЭДС и напряжения.

*Рассчитать электрический режим* - значит определить токи, напряжения, мощности и др. параметры, которыми характеризуется текущий режим электрической сети;

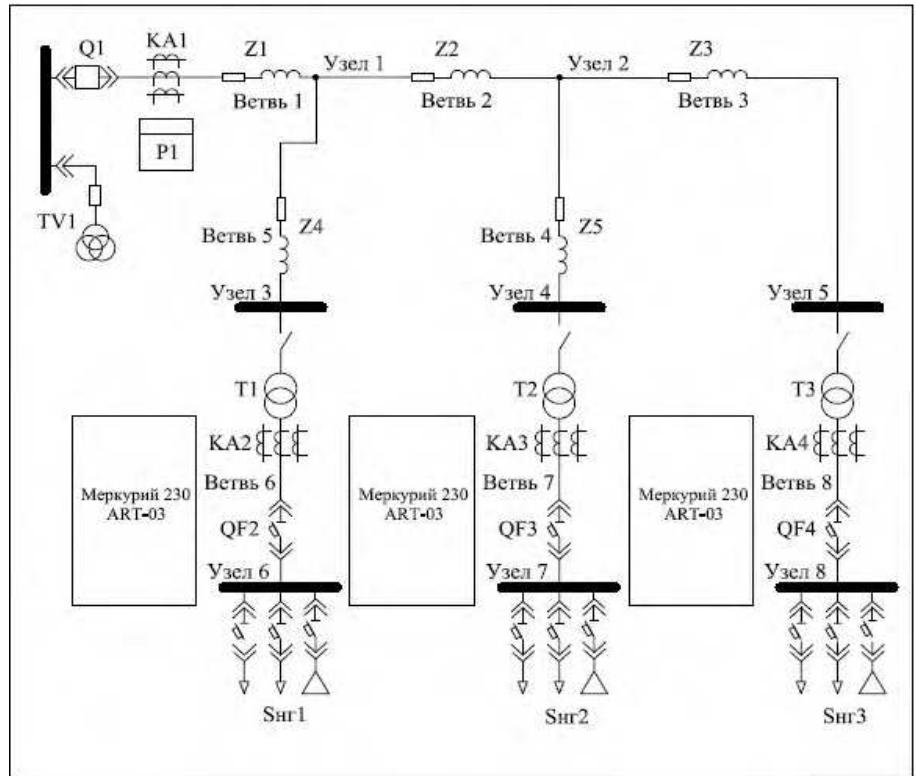


Рис. 2. Электрическая схема исследуемого участка сети

Рассматриваемая сеть (рис.2) состоит из ЦП (шины НН подстанции 110/10 кВ), трех понизительных ТП с силовыми трансформаторами  $T_1$ - $T_3$  и нагрузками  $S_{нг1}$ - $S_{нг3}$  соответственно. ТП связаны с ЦП несколькими участками ВЛ-10 кВ.

Мощности трансформаторов  $T_1$ - $T_3$  соответственно равны 630 кВА, 400 кВА, 250 кВА. Номиналы трансформаторов не могут меняться, так как являются частью электрической схемы лабораторного стенда, на котором выполняются лабораторные работы данного курса.

*Массив исходных данных* для расчета режима сети итерационным методом включает в себя следующий перечень:

- модуль напряжения в отдельных точках рассчитываемого участка сети, а именно, напряжение в центре питания (ЦП) -  $U_{цп}$ ;
- номинальное напряжение исследуемого участка сети - 10 кВ;
- мощности нагрузок всех потребительских ТП, входящих в исследуемый участок сети -  $S_{нг1}$ - $S_{нг3}$ ;
- электрические параметры элементов сети - активные и реактивные сопротивления ЛЭП и трансформаторов,  $S_{xx}$  и  $S_{ном}$  силовых трансформаторов и т.д.;
- топология рассматриваемого участка сети, описанная при помощи матрицы

соединений ветвей и узлов.

#### **Описание схемы лабораторной установки**

Схема лабораторной установки состоит из электрического стенда, моделирующего участок распределительной сети (Рис.2), персонального ЭВМ, подключенного к стенду через преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232.

На ЭВМ имеется предустановленное программное обеспечение для управления электрическим стендом и расчета режима электрической схемы - «ElectoStend».

#### **Задание на выполнение лабораторной работы**

1. Ознакомиться с основными понятиями и определениями.
2. Законспектировать краткие теоретические сведения
3. Выполнить расчет участка сети согласно руководству по проведению лабораторной работы
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Составить отчет о проведенной лабораторной работе.
- 6.

#### **Описание схемы лабораторной установки**

Схема лабораторной установки состоит из электрического стенда, моделирующего участок распределительной сети (Рис.2), персонального ЭВМ, подключенного к стенду через преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232.

На ЭВМ имеется предустановленное программное обеспечение для управления электрическим стендом и расчета режима электрической схемы - «ElectoStend».

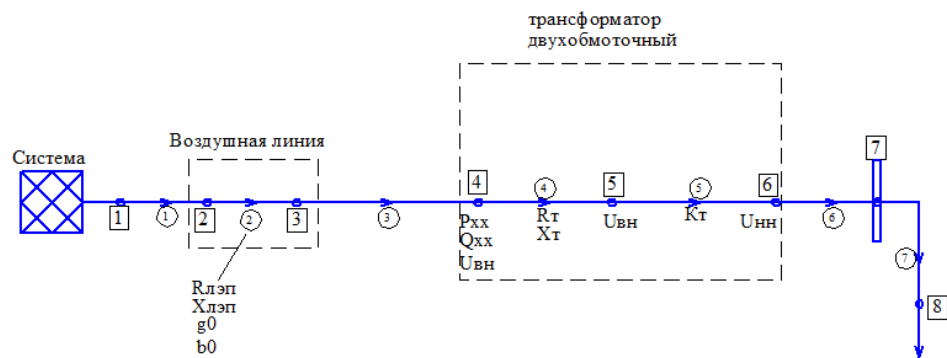
#### **Требования по оформлению отчета**

1. Переписать название и цель лабораторной работы
2. Законспектировать краткие теоретические сведения и перерисовать электрическую схему исследуемого участка сети.
3. Выполнить расчет участка сети согласно руководству по проведению лабораторной работы
4. Переписать результаты расчета.
5. Ответить на контрольные вопросы

#### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «итерационные методы расчета»

	<p>2. Что значит рассчитать режим электрической сети.</p> <p>3. Какие значения могут принимать члены матрицы соединения узлов и ветвей.</p> <p>4. Опишите блок исходных данных, необходимый для расчета режима участка сети итерационным методом.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>1. Знание материала</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> </ul> <p>полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0</p> <p>3. Умение применять полученные знания на практике с целью решения конкретных задач, практических заданий и лабораторных работ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике – 6 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике в большинстве вопросов задачи – 4 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение применять полученные знания с помощью преподавателя – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> слабое или полное отсутствие умения применять полученные знания с помощью преподавателя – менее 2 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – <u>10</u></b></p>
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>Практическое задание (ПЗ) раздела 2</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>На основании выше-представленной схемы участка электрической сети - составить граф схемы замещения, задать направление протекания электрического тока, разбить участок электрической сети на узлы и ветви для последующих расчетов!</p> <p>Составить матрицу инцидентий 1 порядка и матрицу полных проводимостей</p> <p>Составить вектор-столбцы параметров для каждого узла и каждой ветви для представленной схемы участка электрической сети</p> <p>Схема замещения направленного графа имеет вид:</p>



Общее количество узлов = 8, общее количество ветвей = 7

U, узловые напряжения	Б, фаза узловых напряжений	Qнагр, мвар	Pнагр, мВт
115	0	0	0
115	0	0	0
115	0	0	0
115	0	0.019	0.112
115	0	0	0
11	0	0	0
11	0	0	0
11	0	10	5
Параметры Ветвей схемы			
R, ом	X, ом	Kтг	Z, ом
0	0	1	0.000001
0.251_20	0.269_20	1	5.02 + 5.38i
0	0	1	0.000001
4.39	86.79	1	4.39 + 86.79i
0	0	115/11	0.000001
0	0	1	0.000001
0	0	1	0.000001

Для элементов матрицы Z задать сопротивление ветвей выключателей, ОРУ и т.д.  $Z = 10^{-6}$ , чтобы избежать деления на ноль в алгоритмах для ЭВМ.

	<p style="text-align: center;"><u>Формирование матрицы полных проводимостей Y:</u></p> $\text{diag}\left(\frac{1}{Z}\right) = \begin{pmatrix} 1 \times 10^6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.093 - 0.099i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \times 10^6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.001 - 0.011i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \times 10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \times 10^6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \times 10^6 \end{pmatrix}$ <p style="text-align: right;">Диа мат соп</p> <p>1 матрица инцидентий</p> $M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -10.454545 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>1. Применение конкретных примеров</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> </ul> <p>полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0</p> <p>3. Умение применять полученные знания на практике с целью решения конкретных задач</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике – 4 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике в большинстве вопросов задачи – 3 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> показано умение применять полученные знания с помощью преподавателя – 2 баллов;</li> <li><input type="checkbox"/> слабое или полное отсутствие умения применять полученные знания с помощью преподавателя – менее 2 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – <u>8</u></b></p>
<p><b>Наименование оценочного средства</b></p>	<p>Собеседование (Сбс) для раздела 3</p>

<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Темы собеседования к данному разделу:</li> <li>2. Итерационный метод решения узлового уравнения</li> <li>3. Решение нелинейных уравнений узловых напряжений методом Гаусса</li> <li>4. Решение нелинейных уравнений узловых напряжений методом Зейделя.</li> <li>5. Уравнения законов Кирхгофа и Ома в матричной форме</li> <li>6. Системы линейных уравнений. . Поиск их решений методами Крамера, Гаусса, Ньютона.</li> <li>7. Основные понятия операционного исчисления.</li> <li>8. Операции над матрицами.</li> <li>9. Системы линейных уравнений.</li> <li>10. Обобщенное изображение электрических схем.</li> </ol>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах<sup>2</sup></p>	<p><i>1. Знание материала</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>3. Владение речью и терминологией</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>4. Применение конкретных примеров</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>5. Уровень теоретического анализа</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>Практическое задание (ПЗ) раздела 3</p>

<sup>2</sup> В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС



Представление  
и содержание  
оценочных  
материалов

**Пример 2** (3.34). Выполним два итерационных шага по методу Гаусса для уравнений узловых напряжений в форме баланса токов при переменных  $U_a, U_r$  для системы на рис.2, используя следующие данные: 1,2 –генераторные узлы, 3-нагрузочный, сопротивления линий следующие:  $Z_{12} = 10 + j20; Z_{13} = 15 + j30; Z_{23} = 10 + j25 \Omega$ . Узел 1 балансирующий и базовый, его напряжение  $\dot{U}_2 = \dot{U}_a = 115 \text{ e}^{\text{j}0} \text{ kV}$ .

Заданные трехфазные мощности в узлах 2 и 3, соответственно равных, МВА:

$$\dot{S}_3 = P_3 + jQ_3 = -46.1880 - j23.0940;$$

$$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2 = 28.8675 + j17.3205.$$

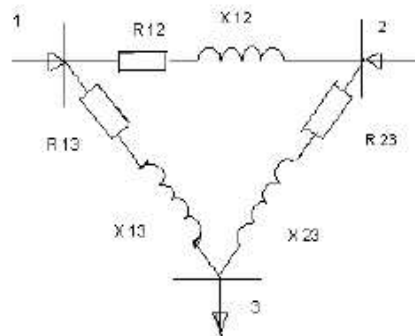


Рис.2. Схема замещения сети из трех узлов с активно-индуктивными связями

**Решение:**

По заданным сопротивлениям ветвей вычисляем их проводимости, См. по формулам:

$$Y_{lj} = -\frac{1}{Z_{lj}}; Y_{kk} = -\sum Y_{lj}$$

$$Y_{22} = -(Y_{12} + Y_{23}); Y_{33} = -(Y_{13} + Y_{23});$$

$$Y_{12} = -0,02 + j0,04; Y_{13} = -0,0133 + j0,0267; Y_{23} = g_{23} - jb_{23} = 0,0138 + j0,0345.$$

$$Y_{22} = g_{22} - jb_{22} = 0,0338 - j0,0745; Y_{33} = g_{33} - jb_{33} = 0,0271 + j0,0612.$$

Матрица  $Y_0$  для трехузловой сети

$$Y_0 = G_0 - jB_0$$

где

$$G_0 = \begin{bmatrix} g_{22} & g_{32} \\ g_{23} & g_{33} \end{bmatrix}; B_0 = \begin{bmatrix} b_{22} & b_{32} \\ b_{23} & b_{33} \end{bmatrix}.$$

Для схемы на рис. 2 матрица проводимостей

$$Y_6 = \begin{vmatrix} 0,0338 & -0,0138 \\ -0,0138 & 0,0271 \end{vmatrix} - j \begin{vmatrix} 0,0745 & -0,0345 \\ -0,0345 & 0,0612 \end{vmatrix}.$$

Вектор  $Y_6 \dot{U}_6$  – вектор-столбец,  $k$ -й элемент которого равен,  $Y_{ka} \dot{U}_a$ .

Для данной схемы с учетом задания напряжения в базовом узле  $U_6 = 115$  кВ

$$Y_6 \dot{U}_6 = \begin{vmatrix} (g_{21} - jb_{21}) \dot{U}_a \\ (g_{31} - jb_{31}) \dot{U}_a \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (0,02 - j0,04) \cdot 115 \\ (0,0133 - j0,0267) \cdot 115 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2,3 - j4,6 \\ 1,5292 - j3,0705 \end{vmatrix}.$$

Установившийся режим данной сети описывается системой двух комплексных уравнений

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} (g_{22} - jb_{22}) \cdot (g_{23} - jb_{23}) \\ (g_{32} - jb_{32}) \cdot (g_{33} - jb_{33}) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} (U_{a2} + jU_{r2}) \\ (U_{a3} + jU_{r3}) \end{vmatrix} = \\ & = \begin{vmatrix} \frac{P_2 - jQ_2}{U_{a2} - jU_{r2}} \\ \frac{P_3 - jQ_3}{U_{a3} - jU_{r3}} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} (g_{2a} - jb_{2a}) \cdot (U_{aa} + jU_{ra}) \\ (g_{3a} - jb_{3a}) \cdot (U_{aa} + jU_{ra}) \end{vmatrix} \end{aligned}$$

или при разделении на действительные и мнимые части (при  $U_{ra} = 0$ ,  $\dot{U}_a = U_{aa} = U_a$ ).

$$\left. \begin{aligned} g_{22}U_{a2} + g_{23}U_{a3} + b_{22}U_{r2} + b_{23}U_{r3} &= \frac{P_2 U_{a2} + Q_2 U_{r2}}{U_{a2}^2 + U_{r2}^2} - g_{2a} U_a; \\ g_{32}U_{a2} + g_{33}U_{a3} + b_{32}U_{r2} + b_{33}U_{r3} &= \frac{P_3 U_{a3} + Q_3 U_{r3}}{U_{a3}^2 + U_{r3}^2} - g_{3a} U_a; \\ -b_{22}U_{a2} - b_{23}U_{a3} + g_{22}U_{r2} + g_{23}U_{r3} &= \frac{P_2 U_{r2} - Q_2 U_{a2}}{U_{a2}^2 + U_{r2}^2} + b_{2a} U_a; \\ -b_{32}U_{a2} - b_{33}U_{a3} + g_{32}U_{r2} + g_{33}U_{r3} &= \frac{P_3 U_{r3} - Q_3 U_{a3}}{U_{a3}^2 + U_{r3}^2} + b_{3a} U_a. \end{aligned} \right\}$$

Подставим в эту систему значения проводимостей и мощностей в узлах:

$$\begin{cases} +0,0745U_{r2} - 0,0345U_{r3} + 0,0338U_{a2} - 0,0138U_{a3} = \frac{28,8675U_{a2} + 17,3205U_{r2}}{U_{a2}^2 + U_{r2}^2} + 2,3; \\ -0,0345U_{r2} + 0,0612U_{r3} - 0,0138U_{a2} + 0,0271U_{a3} = \frac{-46,188U_{a3} - 23,094U_{r3}}{U_{a3}^2 + U_{r3}^2} + 1,5295; \\ +0,0338U_{r2} - 0,0138U_{r3} - 0,0745U_{a2} + 0,0345U_{a3} = \frac{28,8675U_{r2} - 17,3205U_{a2}}{U_{a2}^2 + U_{r2}^2} - 4,6; \\ -0,0138U_{r2} + 0,0271U_{r3} + 0,0345U_{a2} - 0,0612U_{a3} = \frac{-46,188U_{r2} + 23,094U_{a3}}{U_{a3}^2 + U_{r3}^2} - 3,0705. \end{cases} \quad (7)$$

*Первый шаг.*

Начальные приближения, кВ  $U_{a2}^{(0)} = U_{a3}^{(0)} = 110$ ;  $U_{r2}^{(0)} = U_{r3}^{(0)} = 0$ .

Подставим их в правые части уравнений (7) и получим

$$\begin{cases} +0,0745U_{r2} - 0,0345U_{r3} + 0,0338U_{a2} - 0,0138U_{a3} = 2,5624; \\ -0,0345U_{r2} + 0,0612U_{r3} - 0,0138U_{a2} + 0,0271U_{a3} = 1,1096; \\ +0,0338U_{r2} - 0,0138U_{r3} - 0,0745U_{a2} + 0,0345U_{a3} = -4,7575; \\ -0,0138U_{r2} + 0,0271U_{r3} + 0,0345U_{a2} - 0,0612U_{a3} = -2,8606. \end{cases} \quad (8)$$

Приведем систему уравнений (8) к эквивалентной с треугольной матрицей:

$$\begin{aligned} U_{r2}^{(1)} - 0,4631U_{r3}^{(1)} + 0,4537U_{a2}^{(1)} - 0,1852U_{a3}^{(1)} &= 34,3946; \\ U_{r3}^{(1)} + 0,042U_{a2}^{(1)} + 0,458U_{a3}^{(1)} &= 50,8009; \\ U_{a2}^{(1)} - 0,4438U_{a3}^{(1)} &= 66,9244; \\ U_{a3}^{(1)} &= 109,8543; \end{aligned} \quad (9)$$

Из системы (9) последовательно определяем значения  $U_{a2}^{(1)}, U_{r3}^{(1)}, U_{r2}^{(1)}$ , кВ:

$$\left. \begin{aligned} U_{r3}^{(1)} &= -4,3708; & U_{a3}^{(1)} &= 109,8543; \\ U_{r2}^{(1)} &= 0,2325; & U_{a2}^{(1)} &= 115,6777. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Первый шаг решения нелинейной системы уравнений (3.107) закончен. Результаты расчетов примера 3.8 и первого шага примера 3.34 совпадают.

*Второй шаг.*

Подставим (3.110) в правые части (3.107) и получим линейную систему уравнений узловых напряжений во втором шаге:

$$\left. \begin{aligned} 0,0338U_{a2}^{(2)} + 0,0745U_{r2}^{(2)} - 0,0138U_{a3}^{(2)} - 0,0345U_{r3}^{(2)} &= \frac{28,8675 \cdot 115,6777 + 17,3205 \cdot 0,2325}{(115,6777)^2 + (0,2325)^2} + 2,3; \\ -0,0745U_{a2}^{(2)} + 0,0338U_{r2}^{(2)} + 0,0345U_{a3}^{(2)} - 0,0138U_{r3}^{(2)} &= \frac{28,8675 \cdot 0,2523 - 17,3205 \cdot 115,6777}{(115,6777)^2 + (0,2325)^2} - 4,6; \\ -0,0138U_{a2}^{(2)} - 0,0345U_{r2}^{(2)} + 0,0271U_{a3}^{(2)} + 0,0612U_{r3}^{(2)} &= \frac{-46,188 \cdot 109,8543 - 23,094 \cdot (-4,3708)}{(109,8543)^2 + (-4,3708)^2} + 1,5295; \\ 0,0345U_{a2}^{(2)} - 0,0138U_{r2}^{(2)} - 0,0612U_{a3}^{(2)} + 0,0271U_{r3}^{(2)} &= \frac{-46,188 \cdot (-4,3708) + 23,094 \cdot 109,8543}{(109,8543)^2 + (-4,3708)^2} - 3,0705; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{aligned} 0,0338U_{a2}^{(2)} + 0,0745U_{r2}^{(2)} - 0,0138U_{a3}^{(2)} - 0,0345U_{r3}^{(2)} &= 2,5498; \\ -0,0745U_{a2}^{(2)} + 0,0338U_{r2}^{(2)} + 0,0345U_{a3}^{(2)} - 0,0138U_{r3}^{(2)} &= -4,7492; \\ -0,0138U_{a2}^{(2)} - 0,0345U_{r2}^{(2)} + 0,0271U_{a3}^{(2)} + 0,0612U_{r3}^{(2)} &= 1,1181; \\ 0,0345U_{a2}^{(2)} - 0,0138U_{r2}^{(2)} - 0,0612U_{a3}^{(2)} + 0,0271U_{r3}^{(2)} &= -2,8439. \end{aligned} \right. \quad (12)$$

Приведем систему (3.112) к эквивалентной с треугольной матрицей:

$$\left. \begin{aligned} U_{r2}^{(2)} - 0,4631U_{r3}^{(2)} + 0,4537U_{a2}^{(2)} - 0,1852U_{a3}^{(2)} &= 34,2255; \\ U_{r3}^{(2)} + 0,0420U_{a2}^{(2)} + 0,4580U_{a3}^{(2)} &= 50,6726; \\ U_{a2}^{(2)} - 0,4438U_{a3}^{(2)} &= 66,8587; \\ U_{a3}^{(2)} &= 109,4993. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Из системы (3.113) последовательно определим значения  $U_{a2}^{(2)}, U_{r3}^{(2)}, U_{r2}^{(2)}$ , кВ:

$$\left. \begin{aligned} U_{r3}^{(2)} &= -4,3272; U_{a3}^{(2)} = 109,4993; \\ U_{r2}^{(2)} &= 0,2882; U_{a2}^{(2)} = 115,4545. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Второй итерационный шаг решения нелинейной системы уравнений (7) закончен. Расчет установившегося режима сети на рис.2 на ЭВМ сошелся с точностью по напряжениям  $\epsilon = 0,001$  кВ за пять шагов. Значения неизвестных на каждом шаге приведены в таблице 2:

Таблица 2.

Результаты расчетов примера 2

№ итерации	$U_{r2}$ , кВ	$U_{r3}$ , кВ	$U_{a2}$ , кВ	$U_{a3}$ , кВ
1	0,2612	-4,3361	115,7184	109,9981
2	0,2766	-4,1019	115,4138	109,6616
3	0,2697	-4,1296	115,4181	109,6534
4	0,2708	-4,1277	115,4167	109,6499
5	0,2708	-4,1277	115,4167	109,6499

Критерии  
оценки и шкала  
оценивания  
в баллах

- Применение конкретных примеров
  - показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;
  - приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;
  - неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;
- Уровень теоретического анализа
  - показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;
  - обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;
  - полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0
- Умение применять полученные знания на практике с целью решения конкретных задач

	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике – 4 баллов;</li><li><input type="checkbox"/> показано умение самостоятельно применять полученные знания на практике в большинстве вопросов задачи – 3 баллов;</li><li><input type="checkbox"/> показано умение применять полученные знания с помощью преподавателя – 2 баллов;</li><li><input type="checkbox"/> слабое или полное отсутствие умения применять полученные знания с помощью преподавателя – менее 2 баллов;</li></ul> <p><b>Количество баллов: максимум – _8_</b></p>
--	---

#### **4. Оценочные материалы промежуточной аттестации**

Недифференцированный зачет по результатам набранных баллов за семестр.