

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г.**

**Волжском**

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии**

**Уровень образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**

**Рабочая программа дисциплины  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (ПРОФИЛЬ 1)**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1. «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>Б1.В.20</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	<b>8 семестр - 6</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	<b>216</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 16 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр–16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>8 семестр–16 часов</b>
<b>Консультации по курсовому проекту/ работе:</b>	
групповые	8 семестр – 16 часов
индивидуальные	8 семестр – 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр – 111,7 часа</b>
включая:	
РГР	
курсовые проекты (работы)	<b>8 семестр – 51,7 часа</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
экзамен	8 семестр – 2,5 часа
защита курсового проекта/работы	8 семестр – 0,3 часа
<b>Контроль:</b>	
экзамен	<b>8 семестр – 33,5 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.В. Стрижиченко

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.В. Стрижиченко

(расшифровка подписи)

**Согласовано:**

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является формирование знаний по вопросам проектирования электрических сетей.

**Задачами дисциплины является:**

- формирование теоретической базы, касающейся нормативно-технической документации, существующей в области проектирования электроэнергетических систем и сетей
- изучение методик проектирования и технико-экономического обоснования принятых решений при проектировании новых или развитии (реконструкции) существующих систем и сетей;
- усвоение, методик расчёта при выборе оборудования подстанций, а также расчёта и анализа различных режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1.Способен управлять технологическим оборудованием, выбирать серийное и проектировать новое оборудование	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных по заданной тематике, обосновывает выбор технологических решений	<b>знать:</b> –методы расчета установившихся режимов электрических сетей <b>уметь:</b> – производить расчет установившихся режимов электрических сетей
	ПК-1.2. Демонстрирует понимание технологических процессов, способов управления оборудованием и их взаимосвязь с задачами эксплуатации	<b>знать:</b> – условия обоснования и выбора варианта развития электрической сети <b>уметь:</b> – производить выбор и проверку проводов ВЛ и электрооборудования

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

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профили: Электроэнергетические системы и цифровые технологии).

Дисциплина базируется на знании дисциплин: «Теоретические основы электротехники», «Электрическая часть электростанций и подстанций», «Электроэнергетические системы и сети».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

### **знать:**

- виды подстанций и их особенности
- устройство, режимы работы силовых трансформаторов.

### **уметь:**

- анализировать графики нагрузки подстанций
- производить выбор и определять технико-экономические показатели силовых трансформаторов.

Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы для выполнения выпускной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт-роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании электрических сетей.Схема развития электрической сети ЭЭС	14	8	2	–	–	–	–	–	12	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с 265-271, [3] с 82-87.	
2	Расчёты режимов при проектировании развития электроэнергетических систем и сетей	44	8	4	8	16	–	–	–	12	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с 77-149, [2] с 31-40.	
3	Обоснование и выбор проводников линий электропередач	18	8	2	4	–	–	–	–	12	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы: [1] с 282-301.	
4	Выбор места размещения подстанции и схемы электрических соединений	16	8	4	–	–	–	–	–	12	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы: [1] с 301-327, [2] с 27-32.	
5	Технико-экономические критерии выбора варианта развития электрической сети	20	8	4	4	–	–	–	–	12	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы: [2] с. 271-279.	
6	Курсовой проект/работа	72	8	–	–	–	16	4	0,3	51,7	–	Согласно графику выполнения	
7	Экзамен	36	8	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетам согласно программе экзамена	
	<b>Итого:</b>	<b>216</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>111,7</b>	<b>33,5</b>		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### 3.2. Краткое содержание разделов

#### 8 семестр

##### 1. Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании электрических сетей. Схема развития электрической сети ЭЭС

Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании развития энергосистем и электрических сетей. Общие сведения о проектировании. Задание на проектирование. Проектная документация. Рабочая документация.

##### 2. Расчёты режимов при проектировании развития электроэнергетических систем и сетей

Обоснование развития электроэнергетических систем. Расчёты режимов при проектировании развития электроэнергетических систем и сетей. Применение специализированных программных комплексов при проектировании развития электроэнергетических систем.

##### 3. Обоснование и выбор проводников линий электропередач

Обоснование и выбор проводников линий электропередач. Механические нагрузки на провода воздушных линий. Расчет стрел провеса. Выбор изоляторов и линейной арматуры при проектировании воздушных линий.

##### 4. Выбор места размещения подстанции и схемы электрических соединений

Выбор места размещения подстанции и схемы электрических соединений. Выбор и проверка электрических аппаратов. Обоснование способов ограничения токов короткого замыкания.

##### 5. Технико-экономические критерии выбора варианта развития электрической сети

Основные технико-экономические показатели. Критерии принятия решения при проектировании электрических сетей.

### 3.3. Темы практических занятий

#### 8 семестр

1. Расчет схемы с одним источником питания (4 часа);
2. Расчет схемы с двумя источниками питания (4 часа);
3. Выбор проводов ВЛ и трансформаторов (4 часа);
4. Обоснование варианта развития энергосистемы (4 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

#### 8 семестр

1. Определение приведенной и расчетной нагрузки (2 часа);
2. Расчет режима разомкнутой сети в ПК RastrWin3 (2 часа);
3. Расчет режима замкнутой сети в ПК RastrWin3 (4 часа);
4. Расчет режима сети с двумя источниками питания в ПК RastrWin3 (4 часа);
5. Расчет режимов сетей с разными номинальными напряжениями в ПК RastrWin3 (4 часа)

### 3.5. РГР

РГР учебным планом не предусмотрены.

### 3.6 Тематика курсовых проектов/ курсовых работ

#### 8 семестр

Курсовая работа на тему «Проектирование районной электрической сети» (по вариантам)»

График выполнения курсовой работы:

Учебный день	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Зачетная
Раздел курсовой работы	1				2				3				4				Защита курсовой работы
Объем раздела, %	45				20				25				10				–
Выполненный объем нарастающим итогом, %	45				65				90				100				–

Номер раздела	Раздел курсовой работы
1	Расчет режимов вариантов развития сети
2	Обоснование выбора варианта развития электрической сети
3	Выбор схем РУ и трансформаторов на подстанциях
4	Обоснование выбора коммутационных аппаратов

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
– методы расчета установившихся режимов электрических сетей	ПК-1.1		X				X	Отчет по практическим работам № 1,2, экзамен, курсовая работа, экзамен
– условия обоснования и выбора варианта развития электрической сети	ПК-1.2	X				X	X	Тест 1, Отчет по практической работе 2, Контрольная работа № 4, курсовая работа, экзамен
<b>Уметь:</b>								
– производить расчет установившихся режимов электрических сетей	ПК-1.1		X				X	Контрольная работа 1, отчет лабораторных работ, курсовая работа, экзамен
– производить выбор и проверку проводов ВЛ и электрооборудования	ПК-1.2			X	X		X	Отчет по практическим работам № 3,4, Контрольные работы № 2,3, курсовая работа, экзамен



#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

**8 семестр**

– тестирование:

1. Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании электрических сетей;

– контрольные работы:

1. Расчёты режимов при проектировании электрических сетей

2. Выбор проводников линий электропередач

3. Выбор места размещения подстанции

4. Обоснование выбора варианта развития электрической сети

– отчеты лабораторных работ:

1. Определение приведенной и расчетной нагрузки;

2. Расчет режима разомкнутой сети в ПК RastrWin3;

3. Расчет режима замкнутой сети в ПК RastrWin3;

4. Расчет режима сети с двумя источниками питания в ПК RastrWin3;

5. Расчет режимов сетей с разными номинальными напряжениями в ПК RastrWin3.

– курсовая работа: «Проектирование районной электрической сети» (по вариантам)»

Балльно-рейтинговая структура дисциплины приведена в приложении А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

**8 семестр**

Экзамен.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В приложение к диплому выносится оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети : учебник : [16+] / А.В. Лыкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 363 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575236> (дата обращения: 30.11.2020). – Библиогр.: с. 329-332. – ISBN 978-5-7782-3037-8. – Текст : электронный.

2. Родыгина, С.В. Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения: передача, распределение, преобразование электрической энергии : [16+] / С.В. Родыгина ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 72 с. : табл., граф., схем.

– Режим доступа: по подписке. –

URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573854> (дата обращения: 30.11.2020). – ISBN 978-5-7782-3341-6. – Текст : электронный.

3. Лыкин, А.В. Распределительные электрические сети : учебное пособие : [16+] / А.В. Лыкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 115 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576415> (дата обращения: 30.11.2020). – Библиогр.: с. 87-88. – ISBN 978-5-7782-3537-3. – Текст : электронный.

4. Ярош, В. А. Электрические системы и сети. Курсовое проектирование : учебное пособие / В. А. Ярош, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-5161-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147106> (дата обращения: 30.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **5.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Microsoft Office
2. Mathcad 15
3. RastrWin3

## **5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

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

Лекции проводятся в учебных аудиториях, снабженных мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов (телевизор), средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с применением программного комплекса RastrWin3. Необходимое программное обеспечение: MicrosoftOffice, Mathcad 15.

[illegible]

# БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

(название дисциплины)

## 8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 соблюдение графика выполнения КР и качество оформления КР

Трудоемкость КР = 1 з.е.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ –1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
1	Расчет режимов вариантов развития сети		+			+
2	Обоснование выбора варианта развития электрической сети			+		+
3	Выбор схем РУ и трансформаторов на подстанциях				+	+
4	Обоснование выбора коммутационных аппаратов					+
Минимальный балл за КМ			15	15	15	15
Максимальный балл за КМ			25	25	25	25

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Программа бакалавриата: Электроэнергетические системы и цифровые технологии;  
Квалификация (степень) выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.В.20 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
– методы расчета установившихся режимов электрических сетей	ОПК-3.1	Отчет по практическим работам № 1,2, курсовая работа, экзамен
– условия обоснования и выбора варианта развития электрической сети	ОПК-4.1	Тест 1, Отчет по практической работе 2, Контрольная работа № 4, курсовая работа, экзамен
<b>Уметь:</b>		
– производить расчет установившихся режимов электрических сетей	ОПК-3.1	Контрольная работа 1, отчет лабораторных работ, курсовая работа, экзамен
– производить выбор и проверку проводов ВЛ и электрооборудования	ОПК-4.1	Отчет по практическим работам № 3,4, Контрольные работы № 2,3, курсовая работа, экзамен

## Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### Тест №1 «Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании электрических сетей»

1. Перечислите состав разделов проектной документации на строительство линии электропередач
2. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Пояснительная записка»?
3. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Проект полосы отвода»?
4. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Технологические и конструктивные решения линейного объекта»?
5. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта»?
6. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Проект организации строительства»?
7. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта»?
8. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Мероприятия по охране окружающей среды»?
9. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»?
10. Что согласно Постановлению Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» содержит раздел «Смета на строительство»?

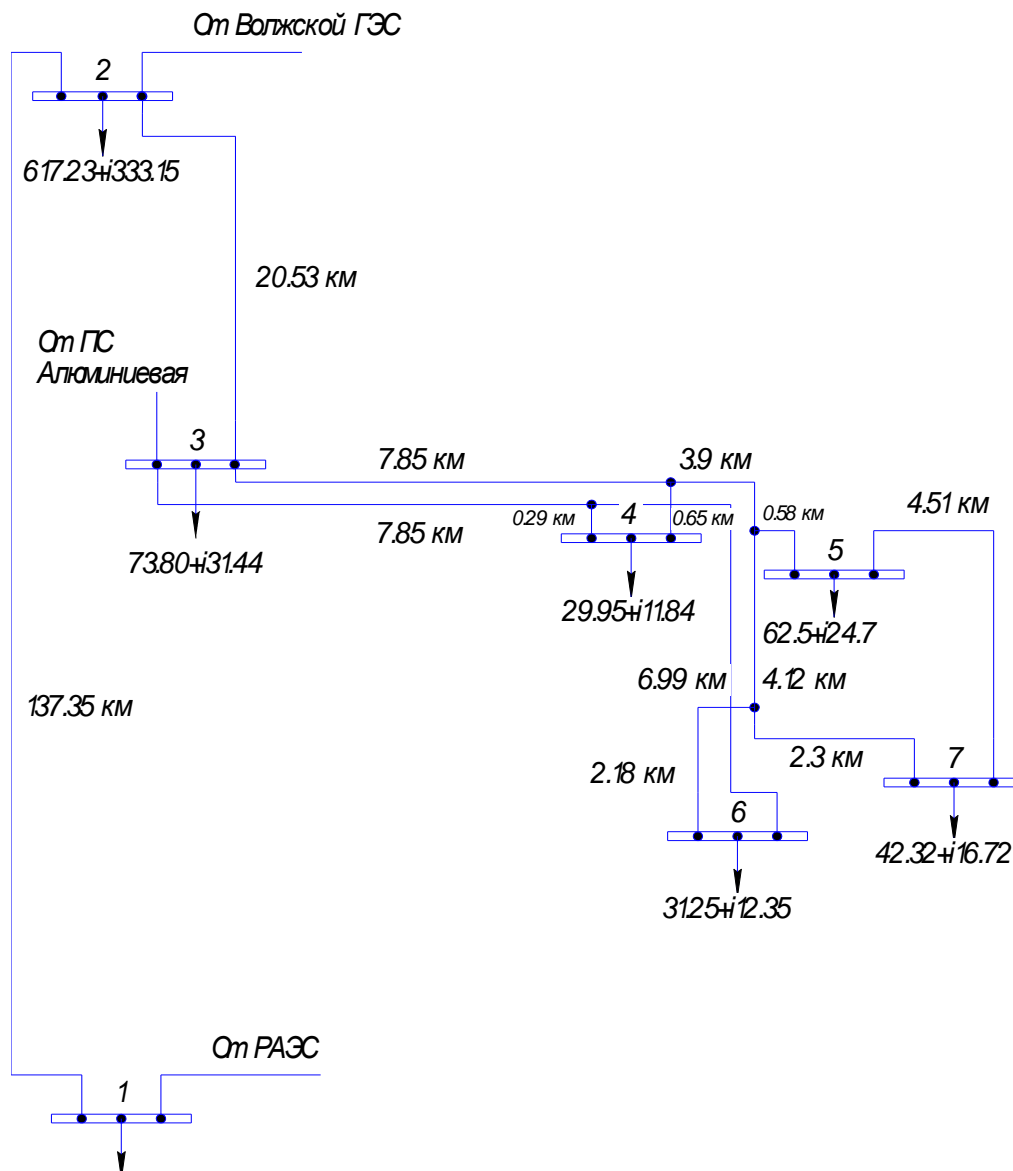
По результатам тестирования выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 4 балла, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### **Контрольная работа №1.**

**Тема: Расчёты режимов при проектировании электрических сетей**





Расчет перетоков мощности произвести, используя программный комплекс RastrWin3.

По результатам контрольной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 4 балла, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### Контрольная работа №2.

Тема: Выбор проводников линий электропередач

Выбор сечений проводов линий электропередачи производится по величине экономической плотности тока  $F_{ЭК}$ , мм<sup>2</sup>:

$$F_{ЭК} = \frac{I_{max} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_T}{j_{ЭК}},$$

где  $I_{max}$  – длительный ток по линии в нормальном режиме максимальных нагрузок, А;  
 $j_{ЭК}$  – экономическая плотность тока ( $j_{ЭК} = 1,1$  А/мм<sup>2</sup> при  $T_{max} = 4800$  ч);  
 $\alpha_1$  – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки в перспективе эксплуатации

линии ( $\alpha_1 = 1$  для линий напряжением 110-220 кВ и  $\alpha_1 = 0,9$  для линий напряжением 500 кВ);

$\alpha_T$  – коэффициент, учитывающий плотность графика нагрузки района ( $\alpha_T = 1,05$  при  $T_{max} = 4800$  ч,  $K_{max} = 1$ ).

Рассчитанное сечение проводов округляется до ближайшего стандартного.

Выбранное сечение подлежит проверке по нагреву при протекании тока в наиболее тяжелом послеаварийном режиме. При проверке ток в послеаварийном режиме сравнивается с допустимым.

По результатам контрольной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

### **Контрольная работа №3.**

Тема: Выбор места размещения подстанции

Дано: генплан 3х2 км с силовыми нагрузками цехов (1 кл. = 0,1 км)

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
$P$ , кВт	100	160	1000	400	25
$X$ , км	0,6	1,45	2,4	1,55	0,4
$Y$ , км	1,45	1,25	0,9	0,55	0,4
$\cos \phi$	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6

Требуется:

- определить координаты ЦЭН активных;
- определить координаты ЦЭН реактивных;
- нанести данные на ген план.

Решение:

- Наносятся на генплан центры электрических нагрузок (ЦЕН) каждого цеха (рис. 1), масштаб генплана  $m_T = 0,2$  км/см.
  - Определяются радиусы кругов активных и реактивных нагрузок, исходя из масштаба генплана.
  - Определяется масштаб активных ( $m_a$ ) нагрузок, исходя из масштаба генплана.
- Принимается для наименьшей нагрузки (Ц5) радиус  $R_{a5} = 0,1$  км, тогда

$$m_a = \frac{P_5}{\pi R_{a5}^2} = \frac{25}{3,14 \cdot 0,1^2} = 769 \text{ кВт/км}^2$$

Принимается  $m_a = 800 \text{ кВт/км}^2$ .

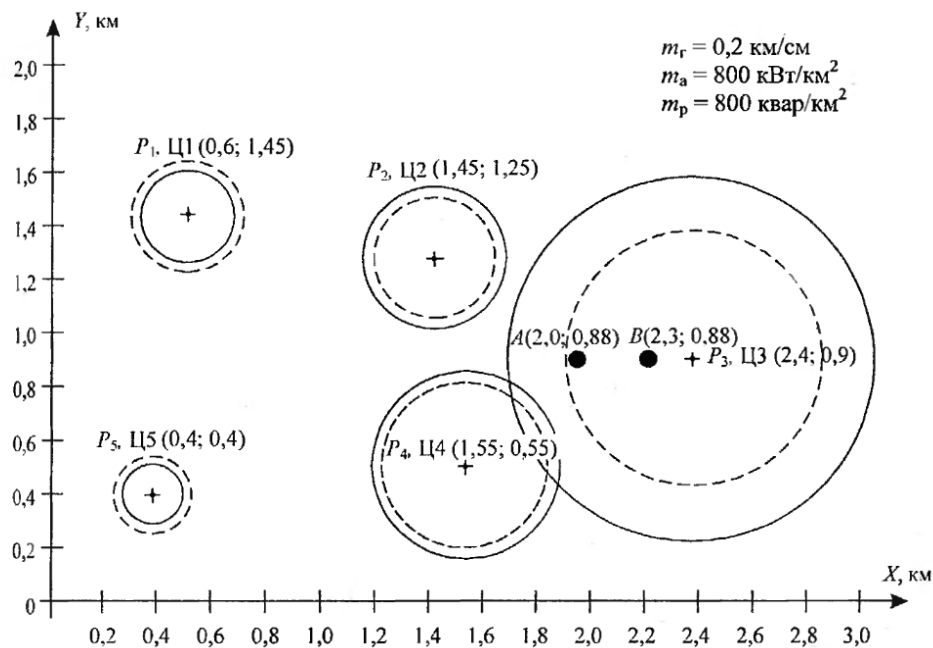
Определяется радиус для наибольшей нагрузки при принятом масштабе

$$R_{a3} = \sqrt{\frac{P_3}{\pi m_a}} = \sqrt{\frac{1000}{3,14 \cdot 800}} = 0,63 \text{ км}$$

Нанесение нагрузок на генплан в данном масштабе возможно, масштаб утверждается.

Определяются радиусы кругов для остальных нагрузок:

$$R_{ai} = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m_a}}; R_{ai} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{P_i}.$$



Картограмма нагрузок

Определяются реактивные нагрузки каждого цеха из соотношения

$$Q_i = P_i \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_i$  определяются по  $\cos \varphi_i$ .

Результаты заносятся в «Сводную ведомость нагрузок цехов».

Определяются радиусы кругов для реактивных нагрузок при том же масштабе, т.е. при  $m_p = 800 \text{ квар/км}^2$  по формуле

$$R_{pi} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{Q_i}.$$

Результаты заносятся в «Сводную ведомость нагрузок цехов».

Нагрузки кругами наносятся на генплан, активные – сплошной линией, реактивные – штриховой.

Определяются условные ЦЭН активной и реактивной:

$$X_{a0} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{100 \cdot 0,6 + 160 \cdot 1,45 + 1000 \cdot 2,4 + 400 \cdot 1,55 + 25 \cdot 0,4}{100 + 160 + 1000 + 40 + 25} = 2 \text{ км}$$

$$Y_{a0} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{100 \cdot 1,45 + 160 \cdot 1,25 + 1000 \cdot 0,9 + 400 \cdot 0,55 + 25 \cdot 0,4}{100 + 160 + 1000 + 40 + 25} = 0,88 \text{ км}$$

Вблизи точки  $A(2,0;0,88)$  располагают ГПП.

$$X_{p0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i X_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} = \frac{102 \cdot 0,6 + 141 \cdot 1,45 + 480 \cdot 2,4 + 300 \cdot 1,55 + 33 \cdot 0,4}{102 + 141 + 480 + 300 + 33} = 2,3 \text{ км.}$$

$$Y_{p0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} = \frac{102 \cdot 1,45 + 141 \cdot 1,25 + 480 \cdot 0,9 + 300 \cdot 0,55 + 33 \cdot 0,4}{102 + 141 + 480 + 300 + 33} = 0,88 \text{ км.}$$

Вблизи точки  $B(2,3;0,83)$  располагают ККУ или синхронный компенсатор (СК).

Составляется картограмма нагрузок для всего предприятия и наносятся

Сводная ведомость нагрузок цехов

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
$P$ , кВт	100	160	1000	400	25
$R_a$ , км	0,2	0,25	0,63	0,4	0,1
$\cos \varphi$	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6
$\operatorname{tg} \varphi$	1,02	0,88	0,48	0,75	1,33
$Q$ , квар	102	141	480	300	33

$R_p$ , км	0,22	0,25	0,44	0,35	0,11
------------	------	------	------	------	------

### Индивидуальные задания

Вариант	Ц1				Ц2				Ц3			
	P <sub>1</sub> ,кВт	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	cos φ	P <sub>2</sub> ,кВт	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	cos φ	P <sub>3</sub> ,кВт	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	cos φ
1	680	0,9	0,3	0,9	780	0,8	0,9	0,88	330	1	0,7	0,83
2	1150	1,2	0,4	0,91	480	0,4	0,8	0,82	1140	1	0,9	0,92
3	1090	0,3	0,3	0,89	330	0,2	0,7	0,96	770	0,8	1,3	0,89
4	470	1,1	0,2	0,79	110	0,1	0,5	0,83	1200	0,5	0,9	0,83
5	840	0,8	0,7	0,94	200	1,1	0,9	0,99	200	1,1	1,3	0,79
6	60	1,1	0,6	0,79	1150	1,1	0,8	0,86	230	0,7	0,9	0,77
7	490	0,5	0,6	0,89	830	0,8	0,6	0,79	170	0,5	1,1	0,91
8	170	0,8	0,3	0,91	590	0,2	0,5	0,79	990	0,1	0,4	0,94
9	1150	0,7	0,1	0,84	910	0,9	0,6	0,94	380	0,2	0,6	0,96
10	720	0,3	0,3	0,97	1160	0,1	0,7	0,88	1080	0,2	0,1	0,78
11	60	0,2	0,3	0,79	1160	0,1	0,2	0,82	1090	0,5	0,5	0,98
12	730	0,4	0,5	0,82	330	0,5	0,1	0,96	400	1	0,2	0,99
13	970	0,2	0,8	0,95	1080	0,3	0,8	0,89	1050	0,5	0,2	0,78
14	350	0,7	0,6	0,77	870	0,4	0,8	0,84	770	0,2	0,9	0,85
15	150	0,8	0,8	0,96	800	0,3	0,4	0,77	430	0,5	0,3	0,98

По результатам контрольной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

### Контрольная работа №4.

Тема: Обоснование выбора варианта развития электрической сети

Экономически более выгодной будет конфигурация сети, имеющая наименьшие приведённые затраты, которые определяются по формуле:

$$Z = E_n \cdot K + I,$$

Где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

1.5.1 Технико-экономическое обоснование выбора конфигурации сети для первого варианта схемы

Определим капитальные затраты на ВЛ:

$$K_{л\Sigma} = \sum_1^n K_{ли},$$

Определим капитальные затраты на участке линии электропередачи:

$$K_{л} = (A_{л} + B_{л} U_{норм}^2 + C_{л} F) \cdot k_{2020}$$

Определим капитальные затраты на подстанции:

$$K_{п\Sigma} = \sum_{i=1}^n (K_{ячi} + K_{три} + K_{куки}) + K_{п},$$

Где  $K_{ячi}$  – стоимость ячеек распределительных устройств;

$K_{три}$  – компенсирующих устройств;

$K_{п}$  – постоянная часть затрат;

$n$  – число подстанций, не рассматривая ПС принятую за источник питания. ( $n=6$ )

$$K_{т} = (A_{т} + B_{т} U_{ном}^2 + C_{т} S_{тном}) \cdot k_{2020},$$

Ежегодные эксплуатационные издержки на амортизацию и обслуживание сети:

$$I' = I_{л} + I_{ис} = \frac{a_{ал} + a_{ол}}{100} \cdot K_{л} + \frac{a_{ап} + a_{оп}}{100} \cdot K_{пс},$$

Где  $a_{ал}$  – амортизационные отчисления на линии электропередачи;

$a_{ол}$  – отчисления на обслуживание линий электропередачи;

$a_{ап}$  – амортизационные отчисления на подстанции.

Ежегодные затраты на возмещение потерь активной мощности и энергии:

$$Z_{пот} = Z'_{э} \cdot \Delta \mathcal{E}' + Z''_{э} \cdot \Delta \mathcal{E}'',$$

Определим величину переменных потерь электроэнергии:

$$\Delta \mathcal{E}' = \tau \cdot \sum P_{max},$$

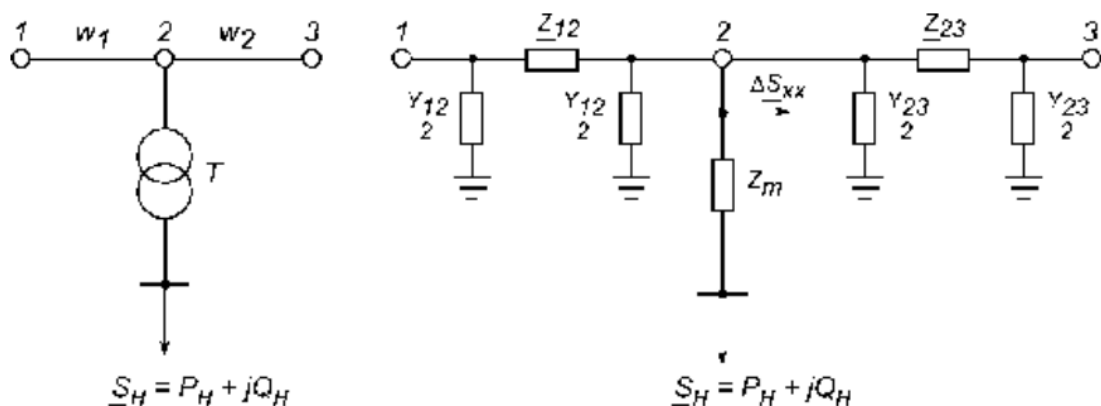
По результатам контрольной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

### Отчеты лабораторных работ

#### Отчет по ЛБ 1. Определение приведенной и расчетной нагрузки

Для участка сети, схема замещения которого приведена на рисунке, составить расчетную схему замещения и определить приведенную и расчетную мощности нагрузки в узле 2. Линия W1 протяженностью 70 км выполнена проводом марки АСК-95, вторая, W2 - АСК-120, имеет протяженность 50 км. Номинальное напряжение сети - 110 кВ. На подстанции, подключенной к узлу 2, установлен трансформатор типа ТРДН-40000 /110. Мощность нагрузки составляет  $24 + j18$  МВА.

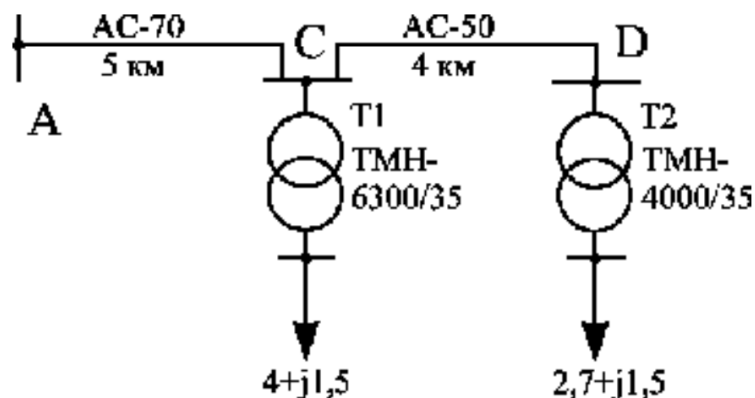


По результатам отчета лабораторной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

#### Отчет по ЛБ 2. Расчет режима разомкнутой сети в ПК RastrWin3

Рассчитать установившийся режим разомкнутой сети: а) при заданном напряжении в конце сети 34,2 кВ; б) при заданном значении напряжения источника питания 37 кВ. Нагрузка дана в МВА.

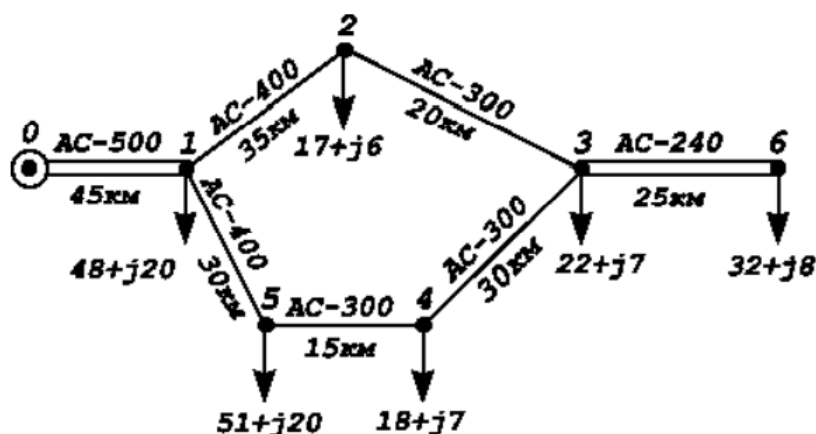


По результатам отчета лабораторной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

### Отчет по ЛБ 3. Расчет режима замкнутой сети в ПК RastrWin3

Рассчитать установившийся режим в схеме. В узлах задана приведенная нагрузка в МВА. Напряжение ИП  $242e^{j15}$  кВ.



По результатам отчета лабораторной работы выставляется:

- 6 баллов, если правильно выполнено 100 % задания.
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 85 % задания;
- 4 балл, если правильно выполнено не менее 70 % задания.

### Отчет по ЛБ 4. Расчет режима сети с двумя источниками питания в ПК RastrWin3

Рассчитать установившийся режим в сети, схема которой приведена на рисунке. В узлах задана приведенная нагрузка в МВА. Напряжения источников питания: первого  $236 \cdot e^{j18}$  кВ, второго  $240 \cdot e^{j20}$  кВ.



2. Проект организации строительства: требования к содержанию
3. Выбор конфигурации и номинального напряжения электрической сети
4. Выбор варианта электрической сети с учетом надежности электроснабжения
5. Этапы проектирования электрических сетей
6. Техничко-экономические показатели развития электроэнергетических систем
7. Критерии экономической эффективности развития электрической системы. Динамические приведенные затраты
8. Критерии экономической эффективности развития электрической системы. Статические приведенные затраты
9. Критерии экономической эффективности развития электрической системы. Метод динамических дисконтированных затрат
10. Критерии экономической эффективности развития электрической системы. Интегральные приведенные затраты
11. Учет критерия надежности при проектировании электрической системы
12. Учет критерия качества электроэнергии при проектировании электрической системы
13. Режимы работы в электроэнергетических системах
14. Экологический критерий и его учет при проектировании электрических сетей
15. Учет перспективы развития сети, технического перевооружения и безопасности эксплуатации при проектировании электрических сетей
16. Разработка балансов мощности при проектировании
17. Выбор проводников линий электропередачи по условиям экономичности
18. Расчеты установившихся режимов разомкнутых электрических сетей. Расчет по данным конца передачи
19. Расчеты установившихся режимов разомкнутых электрических сетей. Расчет по данным на передающем конце
20. Расчеты установившихся режимов простых замкнутых электрических сетей
21. Потери мощности в линиях и трансформаторах
22. Способы присоединения подстанций к электрической сети
23. Блочные схемы подстанций: область применения, достоинства, недостатки
24. Мостиковые схемы подстанций: область применения, достоинства, недостатки
25. Схема четырехугольника: область применения, достоинства, недостатки
26. Схемы подстанций со сборными системами шин: область применения, достоинства, недостатки
27. Схемы подстанций с двумя выключателями на линии: область применения, достоинства, недостатки

Критерии выставления оценки на устном экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить



правильный путь решения задачи из билета;

б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее;

в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела