

**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: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Магистерская программа: Электроэнергетические системы и сети

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**  
**И СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИКИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Дисциплина блока 1 части, формируемой участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.В.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 6</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 16 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 16 часов</b>
<b>Аудиторные консультации по курсовым проектам (работам)</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 132 часа</b>
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>2 семестр - 20 часов</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>2 семестр - 20 часов</b>
<b>курсовые проекты (работы)</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>экзамен</b>	<b>2 семестр - 2,5 часа</b>
<b>Контроль:</b> <b>экзамен</b>	<b>2 семестр - 33,5 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики,

к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой

Энергетики, д.т.н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети

Доцент кафедры Энергетики,

к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение устройства и методов проектирования релейной защиты и противоаварийной системной автоматики, применяемых в энергосистемах.

**Задачами дисциплины** являются:

- изучение современной элементной базы технических устройств релейной защиты (РЗ) и системной автоматики (СА);
- приобретение навыков анализа схем РЗ, противоаварийной и системной автоматики;
- приобретение навыков расчета уставок устройств РЗ и автоматики для обеспечения безопасной работы элементов электроэнергетических систем.

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 участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1 Осуществляет сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования энергообъектов	<b>знать:</b> – принцип действия основных защит элементов электроэнергетической системы <b>уметь:</b> – анализировать схемы РЗ и СА – применять знания принципов действия защит для выбора рациональной конфигурации комплектов РЗ и СА – оценивать эффективность и селективность выбранной РЗ
	ПК-1.2 Проводит расчеты и эксперименты в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации и обрабатывает полученные результаты	<b>знать:</b> – основные нормативные документы, регламентирующие работу устройств РЗ и СА <b>уметь:</b> – использовать нормативный и справочный материал, необходимый для расчета уставок при проектировании РЗ и СА – пользоваться методикой расчета уставок основных и вспомогательных защит элементов ЭЭС, устройств системной и противоаварийной автоматики

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

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Магистр 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль: Электроэнергетические системы и сети).

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах бакалавриата: «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Переходные процессы», «Релейная защита электроэнергетических систем», «Режимы работы и эксплуатация электрических систем».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

### **знать:**

- основы электротехники;
- принципы действия основных РЗ электроэнергетических систем;

### **уметь:**

- анализировать режимы электроэнергетических систем;
- рассчитывать нормальные и аварийные режимы электроэнергетических систем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной 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	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								СР	Контроль	Содержание самостоятельной работы
				Контактная						СР	Контроль			
				Лк.	Пр.	Лаб.	КПР	ИККП	ПА					
1	Цифровые устройства релейной защиты элементов электроэнергетических систем	75	2	6	13	10	-	-	-	46	-	[1] гл. 1-8, 10, 12, 14, 15 [5] с. 5-25 [6] с. 4-17, 26-44, 45-64 [8] с. 45-80		
2	Устройства системной автоматики, выполняемые на микропроцессорной элементной базе	50	2	6	2	6	-	-	-	36	-	[1] гл. 9, 11, 13, 17-18 [3] с. 4-9 [8] с. 18-25, 65-77 [9] с. 121-138 [6] с. 65-85		
3	Устройства противоаварийной автоматики	35	2	4	1	-	-	-	-	30	-	[1] гл. 19 [2] с. 4-6 [3] с. 5-13 [5] с. 96-122, с. 167-170 [9] с. 78-86		
	РГР	20	2	-	-	-	-	-	-	20	-	[4] гл. 5-10 [10] гл. 3-4 [11] стр. 21-30 [9] гл. 3-8		
	Экзамен	36	2	-	-	-	-	-	2,5	-	33,5	Согласно программе экзамена		
	Итого:	216	-	16	16	16	-	-	2,5	132	33,5			

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### **1. Цифровые устройства релейной защиты элементов электроэнергетических систем**

Принципиальные отличия защит элементов энергосистем выполненных на электромеханической электронной и микропроцессорной элементной базе. Основные элементы цифровой релейной защиты. Вспомогательные функции. Методика определения уставок микропроцессорной защиты.

#### **2. Устройства системной автоматики, выполняемые на микропроцессорной элементной базе**

Автоматика пуска и включения на параллельную работу синхронных генераторов. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности синхронных генераторов. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности синхронных генераторов. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности в электрических сетях. Ближнее резервирование, дальнее резервирование, УРОВ. Эффективность устройств РЗ и СА, выполненных на микропроцессорной элементной базе.

#### **3. Устройства противоаварийной автоматики**

АПНУ, АЛАР на новой элементной базе. Автоматика предотвращения недопустимых изменений режимных параметров. Признаки асинхронного режима.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты (1 час).
2. Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием (4 часа).
3. Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и автотрансформаторов, особенности расчета уставок микропроцессорных защит трансформаторов (4 часа).
4. Расчет уставок основных и дополнительных защит синхронных генераторов (2 часа).
5. Расчет уставок релейной защиты блока генератор- трансформатор от многофазных коротких замыканий (2 часа).
6. Схемы АПВ. Согласование с РЗ (1 час).
7. Схемы АВР, АЧР. Согласование с РЗ (1 час).
8. Виды противоаварийной автоматики (1 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения для релейной защиты (1 час).
2. Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием (2 часа).
3. Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и автотрансформаторов, особенности расчета уставок микропроцессорных защит трансформаторов (3 часа).
4. Расчет уставок основных и дополнительных защит синхронных генераторов (2 часа).
5. Расчет уставок релейной защиты блока генератор- трансформатор от многофазных коротких замыканий (2 часа).
6. Схемы АПВ. Согласование с РЗ (2 часа).
7. Схемы АВР, АЧР. Согласование с РЗ (2 часа).
8. Виды противоаварийной автоматики (2 часа).

### **3.5. Рефераты учебным планом не предусмотрены**

### **3.6. Темы расчетных заданий (РГР)**

Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем (по вариантам)

### **3.7. Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен**

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

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции и индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Формы контроля
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
– принцип действия основных защит элементов электроэнергетической системы	ПК-1.1	X	X	X	X	X	Тест №1, Контрольная работа № 1,2 РГР
– основные нормативные документы, регламентирующие работу устройств РЗ и СА	ПК-1.2	X	X	X	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
<b>Уметь:</b>							
– анализировать схемы РЗ и СА	ПК-1.1	X	X	X	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
– применять знания принципов действия защит для выбора рациональной конфигурации комплектов РЗ и СА		X	X	X	X	X	РГР
–оценивать эффективность и селективность выбранной РЗ		X			X	X	Тест №1, Контрольная работа № 1,2 РГР
– использовать нормативный и справочный материал, необходимый для расчета уставок при проектировании РЗ и СА	ПК-1.2	X	X	X	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
– пользоваться методикой расчета уставок основных и вспомогательных защит элементов ЭЭС, устройств системной и противоаварийной автоматики		X	X	X	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)		75	50	35	20	36	

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ)**

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

– тестирование:

1. Методика определения уставок микропроцессорной защиты
2. Устройства системной автоматики
3. Устройства противоаварийной автоматики

– контрольные работы:

1. Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием
2. Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и генераторов

– оценки хода и правильности выполнения РГР.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине:**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (модуля) – экзамен;  
В приложение к диплому выносится оценка за освоение дисциплины.

Оценка за освоение дисциплины, определяется на основании учебного рейтинга студента по модулю:

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе обучения студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды предусмотренного программой контроля, безупречно ответил не только на все основные Тесты билета, но и на дополнительные Тесты зачета/ экзамена в рамках основной программы модуля, правильно выполнил практическое задание.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, предусмотренную программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил более половины видов предусмотренного программой контроля, ответил на все Тесты билета зачета/ экзамена, правильно выполнил практическое задание, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Студент выполнил не менее половины видов предусмотренного программой контроля, допустил погрешность в ответе на теоретические Тесты и/ или при выполнении практических заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнил практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнил другие практические задания из того же раздела модуля.

Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.



Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Студент выполнил менее половины видов предусмотренного программой контроля, не ответил на все Тесты билета зачета/ экзамена и дополнительные Тесты, и неправильно выполнил практическое задание.

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

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

1. Кривенков В.В. Релейная защита и автоматика энергосистем: учебное пособие / В.В. Кривенков, под ред. А.Ф. Дьякова. – М.:Издательство МЭИ, 2012. – 164 с.– Режим доступа:[https://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5007](https://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5007)
2. Дьяков, А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. — Электрон.текстовые дан. — М. :Издат. дом МЭИ, 2010. — 336 с. — Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/72351#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/72351#book_name)
3. Овчаренко, Н. И. Автоматика энергосистем [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Н. И. Овчаренко. — Электрон.текстовые дан. — М. :Издат. дом МЭИ, 2016. — 476 с. — Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/72192#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/72192#book_name)
4. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Ю. А. Ершов [и др.]. — Электрон.текстовые дан. — Красноярск : СФУ, 2012. — 68 с. — Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=363895&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=363895&sr=1)
5. Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок [Электронный ресурс] / М. А. Юндин. — 2-е изд., испр. - Электрон.текстовые дан. — СПб. : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1802>
6. Щеглов, А. И. Построение схем релейной защиты [Электронный ресурс] : учеб.пособие / А. И. Щеглов. – Электрон.текстовые дан. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. - 90 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228882>
7. Глазырин, В. Е. Расчет релейной защиты понижающих автотрансформаторов на базе микропроцессорных шкафов [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. Е. Глазырин, В. А. Давыдов, А. И. Щеглов. – Электрон.текстовые дан. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. - 91 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228829>
8. Богданов, А.В. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах / А.В. Богданов, А.В. Бондарев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет, Кумертауский филиал ОГУ. – Оренбург : ОГУ, 2016. – 82 с. : схем., табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481747>
9. Пигарев, Л.А. Микропроцессорные системы автоматического управления / Л.А. Пигарев ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Кафедра электроэнергетики и электрооборудования. – Санкт-Петербург :СПбГАУ, 2017. – 179 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480402>

10. Федотов, В.П. Проектирование микропроцессорных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор / В.П. Федотов, Л.А. Федотова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 225 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276026>

11. Зенина, Е. Г. Расчет токов короткого замыкания в программном комплексе RastrWin3 : метод.пособие / Е. Г. Зенина, А. В. Стрижиченко, В. О. Гончарук. - Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2017. – 20 с.

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

MicrosoftOfficeWord, ExceliPowerPoint.

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

1. Полнотекстовые внутривузовские издания НТБ МЭИ:<http://opac.mpei.ru/>
2. ЭБС Издательства "Лань": <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru>
4. Информационно-справочная система ГАРАНТ

#### **5.4 Лицензионное программное обеспечение:**

- 1.Mathcad 15
2. RastrWin 3
3. ПакетMicrosoftOffice

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

Для обеспечения освоения дисциплины используются мультимедийные средства и компьютерный класс кафедры.

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование релейной защиты и системной автоматики

(название дисциплины)

### 2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест 1. «Методика определения уставок микропроцессорной защиты»  
 КМ-2 Тест 2. «Устройства системной автоматики»  
 КМ-3 Тест 3. «Устройства противоаварийной автоматики»  
 КМ-4 Контрольная работа 1. «Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием»  
 КМ-5 Контрольная работа 2. «Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и генераторов»  
 КМ-6 РГР «Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем»

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	Экз
1	Цифровые устройства релейной защиты элементов электроэнергетических систем		+			+	+	+	+
2	Устройства системной автоматики, выполняемые на микропроцессорной элементной базе			+				+	+
3	Устройства противоаварийной автоматики				+			+	+
	Минимальный балл за КМ		2	2	2	8	8	18	20
	Максимальный балл за КМ		3	3	3	10	10	21	40

**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: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Магистерская программа: Электроэнергетические системы и сети**

**Квалификация (степень) выпускника: магистр**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные средства контроля усвоения знаний, умений и  
владения (опытом, навыком) по дисциплине**

**Б1.В.05 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ  
И СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИКИ**

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>		
– принцип действия основных защит элементов электроэнергетической системы	ПК-1.1.	Тест №1, Контрольная работа № 1,2 РГР
– основные нормативные документы, регламентирующие работу устройств РЗ и СА	ПК-1.2.	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
<b>Уметь:</b>		
– анализировать схемы РЗ и СА	ПК-1.1.	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
– применять знания принципов действия защит для выбора рациональной конфигурации комплектов РЗ и СА		РГР
–оценивать эффективность и селективность выбранной РЗ		Тест №1, Контрольная работа № 1,2 РГР
– использовать нормативный и справочный материал, необходимый для расчета уставок при проектировании РЗ и СА	ПК-1.2.	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР
– пользоваться методикой расчета уставок основных и вспомогательных защит элементов ЭЭС, устройств системной и противоаварийной автоматики		Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2 РГР

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### А) Для текущего контроля успеваемости:

- Тест №1. Тема – Методика определения уставок микропроцессорной защиты.
- Тест №2. Тема – Устройства системной автоматики.
- Тест №3. Тема – Устройства противоаварийной автоматики.

#### Содержание оценочных средств:

##### Тест №1.

Тема: Методика определения уставок микропроцессорной защиты.

Тест состоит из 2 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта контрольных вопросов, выносимых на тестирование:

##### Контрольные вопросы:

1. Характеристики реле сопротивления. Область применения направленных реле сопротивления.
2. Ток точной работы реле и его определение.
3. Как определяется максимальное сопротивление срабатывания пускового направленного реле сопротивления?
4. Как определяется время срабатывания многоступенчатой дистанционной защиты?
5. Опишите работу схемы многоступенчатой дистанционной защиты.

6. Принцип действия дистанционной защиты.

7. Опишите алгоритм действия мгновенной токовой отсечки. От каких токов отстраивается мгновенная токовая отсечка, а какие токи она должна чувствовать? Каково назначение мгновенной токовой отсечки? Назовите её основные достоинства и недостатки.

8. Что такое зона действия отсечки? Какими параметрами электрической сети определяется величина зоны чувствительности – приведите, используя полученные данные в лабораторной работе, зависимость тока КЗ от длины линии и покажите на ней зону действия отсечки.

9. По каким критериям определяется чувствительность мгновенной токовой отсечки, используемой для защиты линии?

10. Каковы особенности применения мгновенной токовой отсечки в воздушных и кабельных линиях электропередачи?

11. Описать алгоритм действия реле с независимой от тока выдержкой времени.

12. Описать алгоритм действия реле с зависимой от тока выдержкой времени.

13. Провести сопоставление характеристик реле с независимой и зависимой от тока выдержкой времени. Отметить достоинства и недостатки.

По результатам тестирования выставляется:

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено не менее (60...80)% заданий;

### **Тест №2.**

Тема: Устройства системной автоматики.

Тест состоит из 2 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта контрольных вопросов, выносимых на тестирование:

#### Контрольные вопросы:

1. Каковы технологические условия автоматического пуска гидрогенераторов?
2. Чем отличается автоматическое управление нормальным и ускоренным пуском гидрогенераторов?
3. Объяснить действие схемы реализации сигнала нормального пуска гидрогенератора.
4. Объяснить действие схемы реализации сигнала нормального пуска гидрогенератора.
5. Какие известны способы включения синхронных генераторов на параллельную работу и в каких условиях они применяются?
6. Какие процессы происходят в генераторе при его самосинхронизации?
7. Какова роль асинхронного и вращающего моментов генератора в процессе его самосинхронизации?
8. В чем состоят условия точной автоматической синхронизации генератора?
9. В чем состоят особенности автоматического регулирования частоты вращения турбин синхронных генераторов?
10. Какие алгоритмы автоматического регулирования частоты вращения существуют и чем они различаются?
11. Почему при наличии АРЧ турбин необходимы автоматические регуляторы мощности синхронных генераторов?
12. В чем состоит основная задача автоматических регуляторов активной мощности синхронных генераторов?
13. Почему главным для турбогенераторов является автоматическое регулирование мощности, а для гидрогенераторов – частоты промышленного тока?
14. Почему необходимо автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности электрической станции?
15. Какие управляемые источники реактивной мощности применяются на электростанциях и подстанциях магистральных электропередач?
16. Каково назначение и в чем особенности автоматического регулирования коэффициента трансформации трансформаторов и автотрансформаторов?
17. Как производится переключение ответвлений от обмотки высшего напряжения трансформатора со стороны его нейтрали без разрыва цепи тока (под нагрузкой)?
18. Какие требования предъявляются к автоматике повторного и резервного включений?
19. Почему необходимы временные задержки действия автоматических устройств повторного и резервного включений, снижающие их эффективность?
20. Почему автоматические устройства повторного и резервного включений должны действовать, как правило, однократно?

По результатам тестирования выставляется:

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено не менее (60...80)% заданий;

**Тест №3.**

Тема: Устройства противоаварийной автоматики.

Тест состоит из 2 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта контрольных вопросов, выносимых на тестирование:

Контрольные вопросы:

1. Какие противоаварийные управляющие воздействия вырабатывает автоматика предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ)?
2. Чем различаются противоаварийные управляющие воздействия АПНУ, необходимые для сохранения динамической и статической устойчивости?
3. Какой из режимных параметров электроэнергетической системы определяет наступление асинхронного режима?
4. Как изменяется угол сдвига фаз между напряжениями по концам линии электропередачи после наступления асинхронного режима?
5. Как изменяется скольжение генераторов и активная мощность линии электропередачи в асинхронном режиме?
6. Как и на какие объекты действует автоматика ликвидации асинхронного режима?

По результатам тестирования выставляется:

- 3 балла, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 2 балла, если правильно выполнено не менее (60...80)% заданий;

**Содержание оценочных средств:****Контрольная работа №1.**

Тема: Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием.

Время выполнения 45 минут.

Пример 1 варианта задания:

Выполнить расчет уставок дистанционной защиты. Данные для расчета уставок дистанционной защиты, установленной на подстанции ТП1 (рис. 1.1), приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета уставок дистанционной защиты

Параметры	Данные по вариантам	
	1	2
$Z_{\pi 1}$ , Ом	5,5	4,5
$t_{1-1}$ , с	0,1	0,3
$Z_{\pi 2}$ , Ом	8,4	7,2
$I_{K(W2) \min}$ , А	11000	11500
$I_{K(W1) \max}$ , А	15000	17000
$I_{K(W1) \min}$ , А	-	10000
$U_{РАБ \min}$ , В	$0,9 \cdot U_H$	$0,95 \cdot U_H$
$I_{РАБ \max}$ , А	900	850
$\varphi_{MЧ}$ , °	65	65
$\varphi_H$ , °	55	55
$Z_{K \max}$ , Ом	12,4	13,0
$t_{1-2}$ , с	1,0	1,0
$K_{ТА}$	750	750
$K_{TV}$	1100	1100
$K_{СЗП}$	3	3
$K_B$	0,85	0,85
$U_H$ , кВ	110	110

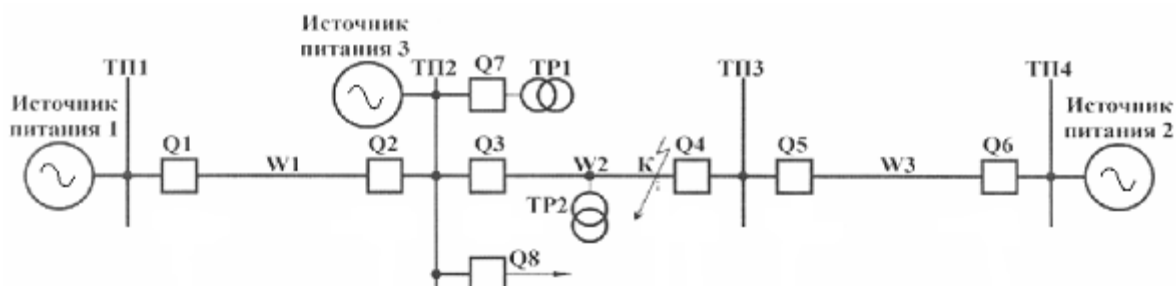


Рис. 1.1. Участок распределительной сети

По результатам контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 60% заданий.

### Контрольная работа №2 (вариант 1).

Тема: Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и автотрансформаторов.

Время выполнения 45 минут.

Пример 1 варианта задания:

- 1) Рассчитать дифференциальную защиту трансформатора на основании исходных данных (таблица 2.1).
- 2) Рассчитать максимальную токовую защиту и токовую защиту с пуском по напряжению.

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчетов

Вариант	Тип трансформатора	Напряжение обмоток, кВ			Схема соединения обмоток			Номинальная мощность, кВА
		$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	
1	ТДТНЭ-20000/110-Б	115	27,5	11	Y	$\Delta$	$\Delta$	20000
2	ТДТН-16000/110У1	115	38,5	11	Y	Y	$\Delta$	16000
3	ТДНТ-25000/110-69	115	38,5	27,5	Y	Y	$\Delta$	25000
4	ТДТН*-40000/110У1	115	27,5	11	Y	$\Delta$	$\Delta$	40000

По результатам контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 60% заданий.

### Контрольная работа №2 (вариант 2).

Тема: Расчет уставок основных и дополнительных защит синхронных генераторов.

Время выполнения 45 минут.

Пример 2-го варианта задания:

Задание (состав защит по выбору преподавателя):

- 1) Рассчитать продольную дифференциальную защиту генератора.
- 2) Рассчитать поперечную дифференциальную защиту генератора.
- 3) Рассчитать защиту от замыканий на землю в обмотке статора генератора.
- 4) Рассчитать защиту обмотки ротора генератора от перегрузок.
- 5) Рассчитать защиту генератора от потери возбуждения.

Исходные данные: На защищаемой ГРЭС установлено шесть генераторов номинальной мощностью по 320 МВт. Имеются связи с системами на напряжениях 220 и 500 кВ. Связь с системой 220 кВ осуществляется четырьмя линиями по 150 км. Связь с системой 500 кВ – четырьмя линиями по 400 км. Считать, что сопротивления систем равны нулю (системы



бесконечной мощности). К распределительному устройству 220 кВ подключены также восемь ЛЭП нагрузки длиной по 120 км. Суммарная мощность, передаваемая по этим линиям, 800 МВт. Установленные на станции генераторы типа ТВВ-320-2ЕУ3. Основные параметры определить по справочнику. Обмотка статора выполнена с двумя параллельными ветвями. В нейтрали генератора трансформаторы тока установлены в каждой ветви.

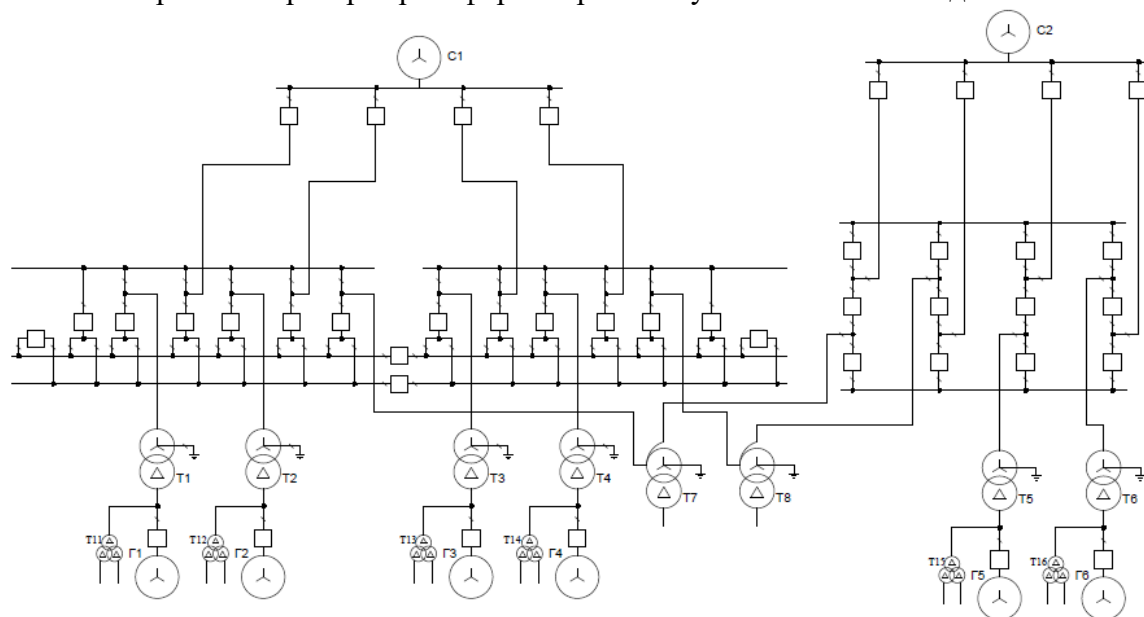


Рис.3.1 Упрощенная электрическая схема станции

По результатам контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 60% заданий.

### Расчетное задание

Тема: Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем (по вариантам)

#### I. Выполнить:

Для электроэнергетической системы (ЭЭС), принципиальная схема которой представлена на рис. К.1, рассчитать характерные аварийные режимы, параметры которых будут использованы в расчетах уставок устройств релейной защиты (РЗ) и автоматики объекта ЭЭС. Выбрать типы РЗ, рассчитать уставки и коэффициенты чувствительности. Результаты расчетов представить в виде типовых таблиц «Перечень уставок защит», сопроводить поясняющими графиками и схемами оперативных и логических цепей защит.

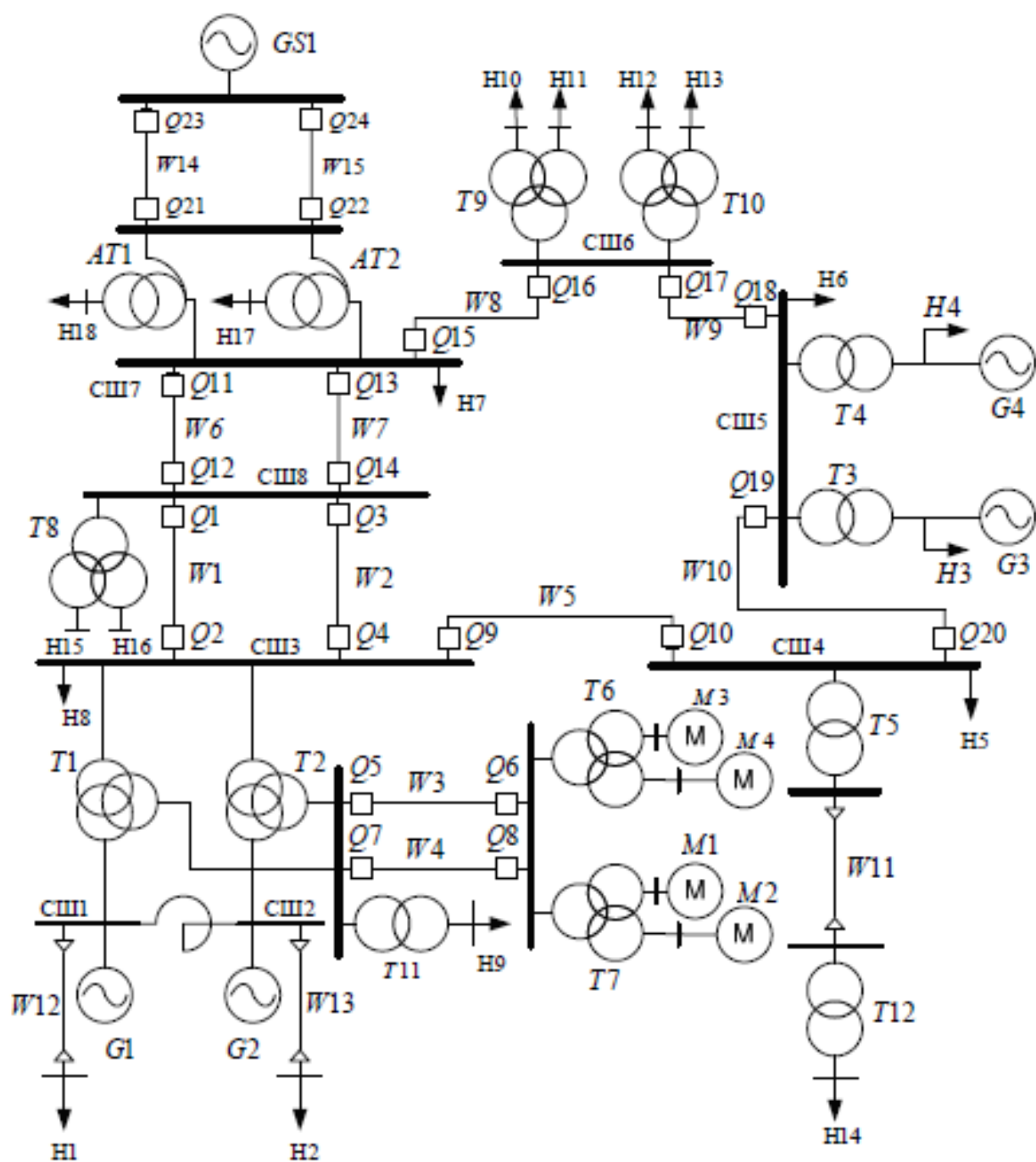


Рис. К.1. Принципиальная схема ЭЭС

II. Исходные данные для задания:

### Варианты задания

№ варианта	Защищаемый объект ЭЭС	№ варианта	Защищаемый объект ЭЭС
1	Генераторы G1, G2	14	Линии электропередачи W6, W7
2	Блоки генератор–трансформатор G3-G3, G4-G4	15	Линия электропередачи W8
3	Трансформаторы T1, T2	16	Линия электропередачи W9
4	Трансформатор T5	17	Линия электропередачи W10
5	Трансформаторы T6, T7	18	Линия электропередачи W11
6	Трансформатор T8	19	Линии электропередачи W12, W13
7	Трансформаторы T9, T10	20	Линии электропередачи W14, W15
8	Трансформатор T11	21	Асинхронные двигатели M1, M3
9	Трансформатор T12	22	Синхронные двигатели M2, M4
10	Автотрансформаторы AT1, AT2	23	Секции шин СШ1, СШ2
11	Линии электропередачи W1, W2	24	Системы шин СШ3
12	Линии электропередачи W3, W4	25	Системы шин СШ4
13	Линия электропередачи W5	26	Системы шин СШ5

#### III. Технология выполнения задания:

1. Составление схем замещения прямой, обратной, нулевой последовательности для расчетных точек короткого замыкания в максимальном и минимальном режиме работы.
2. Расчет аварийных токов и остаточного напряжения на ЭВМ в объеме, необходимом для расчета уставок РЗА
3. Выбор трансформаторов тока и напряжения
4. Расчет параметров основных и резервных защит. Проверка чувствительности защит.

Минимальный объем расчетного задания 15-20 страниц печатного текста шрифт 14 Times New Roman, интервал 1,5.

IV. *Срок выполнения работы:* в течение модуля (контрольные точки определяются преподавателем).

#### V. Дополнительные сведения

Расчетное задание выполняется на компьютере в машинописной/рукописной форме.

По результатам расчетного задания выставляется:

- 21 балл, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 20 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 19 баллов, если правильно выполнено не менее 70% заданий;
- 18 баллов, если правильно выполнено не менее 60% заданий.

#### Промежуточная аттестация

##### Экзамен

Проводится в письменной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. В билете 2 вопроса. Время на подготовку ответа – 60 минут.

##### Примерный перечень вопросов к экзаменационным билетам:

1. Характеристики срабатывания дистанционной защиты и ее основные параметры.
2. Методика расчета I ступени дистанционной защиты.
3. Методика расчета II ступени дистанционной защиты.
4. Методика расчета III ступени дистанционной защиты.
5. Выбор выдержек времени, расчет реальных сопротивлений на зажимах и построение временных характеристик дистанционной защиты.
6. Расчет токовой отсечки от междуфазных коротких замыканий на ЛЭП с двусторонним питанием.
7. Принцип действия токовой и токовой направленной защиты нулевой последовательности от коротких замыканий на землю линий электропередачи.

8. Трансформаторные фильтры тока и напряжения нулевой последовательности: принцип действия, схемы включения, особенности применения.
9. Структурная схема защиты со ступенчатой характеристикой выдержки времени.
10. Схемы включения реле токовой направленной и ненаправленной защиты нулевой последовательности.
11. Методика расчета I ступени ТЗНП.
12. Методика расчета II ступени ТЗНП.
13. Методика расчета III ступени ТЗНП.
14. Методика расчета IV ступени ТЗНП.
15. Особенности и принцип действия микропроцессорных защит сборных шин электростанций и подстанций.
16. Методика расчета микропроцессорной дифференциальной защиты шин.
17. Назначение, экономическая эффективность, область применения и классификация АПВ.
18. Основные технические требования к устройствам АПВ.
19. Расчет уставок АПВ линии с односторонним питанием.
20. Трехфазные АПВ линии с двусторонним питанием.
21. Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты: ускорение действия релейной защиты до и после АПВ.
22. АПВ с ожиданием и улавливанием синхронизма.
23. Особенности АПВ шин и трансформаторов.
24. Назначение АВР, область применения.
25. Требования к устройствам АВР, основные принципы выполнения.
26. Пуск устройств АВР, варианты выполнения пусковых органов, способы обеспечения однократности действия АВР.
27. Расчет уставок АВР.
28. Необходимость и способы резервирования действия РЗ и выключателей.
29. Особенности резервирования с помощью УРОВ по сравнению с резервированием РЗ.
30. Принципы выполнения УРОВ.
31. Особенности выполнения реле для УРОВ. Выбор уставок реле УРОВ.
32. Повышение эффективности дальнего резервирования УРОВ.

### **Критерии выставления оценки на письменном экзамене:**

За каждый ответ на вопрос билета

От 18 до 20 баллов 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.

От 14 до 27 баллов 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.

От 10 до 13 баллов 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.

Менее 10 баллов 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 экзаменационной программы.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов

