

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля»

Факультет приборостроения, электротехнических  
и биотехнических систем

Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Тарасенко О.В.  
«18» \_\_\_\_\_ 2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Качество электроэнергии»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем  
электропитания»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

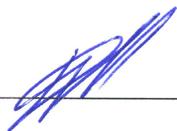
Рабочая программа учебной дисциплины «Качество электроэнергии» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. – 42 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Качество электроэнергии» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 147.

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Парсентьев О.С.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики «04» апреля 2023 г., протокол № 4

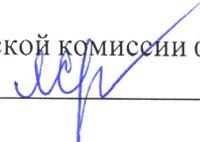
Заведующий кафедрой электроэнергетики  Половинка Д.В.

Переутверждена: «  »    20   г., протокол №   

Согласована (для обеспечивающей кафедры):

Переутверждена: «  »    20   года, протокол №   

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем «18» апреля 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов прочной теоретической базы по анализу, расчету качества электрической энергии в электроэнергетических системах; изучения влияния качества электрической энергии на режимы работы электротехнического оборудования, усвоение практических методов расчета и анализа режимов работы энергосистемы с учетом качества электрической энергии; формирование знаний по основам теории, изучение общих вопросов повышения качества электроэнергии, вопросы эксплуатации и оптимизации систем электроснабжения предприятий; изучение студентами общих вопросов повышения качества электроэнергии, влияния качества электроэнергии на работу электроприемников, контроля за качеством электроэнергии промышленных установок; методы повышения качества электроэнергии, скидки и надбавки к тарифу за качество электроэнергии.

#### Задачи:

- овладение методами, применяемыми для расчета показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения, их нормализации, контроля и управления;
- ознакомить обучающихся с действующими отечественными и зарубежными нормами стандартов на качество электрической энергии;
- дать представление о причинах возникновения специфичных режимов работы электрических сетей, обусловленных изменением показателей качества электроэнергии;
- показать каким образом изменение показателей качества электрической энергии влияет на работу других электроприемников, как определять источники искажения качества электроэнергии;
- дать представление о том, кто несет ответственность за нарушение норм качества электроэнергии (КЭ) при функционировании оптовых и розничных рынков энергии и мощности;
- ознакомить обучающихся со способами, схемными решениями и техническими средствами, применяемыми для нормализации показателей качества электроэнергии (ПКЭ), а также методами и способами управления качеством электроэнергии;
- изучение влияния низкого качества электроэнергии на электроустановки и системы электроэнергетики, видов и средств контроля и управления качеством электроэнергии, основных методов и способов достижения нормируемых показателей качества электроэнергии;
- сформировать профессиональные навыки по решению проблемы качества электроэнергии при проектировании и эксплуатации объектов систем электроэнергетики.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «*Качество электроэнергии*» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: **знания об** влиянии качества электроэнергии на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики, нормировании показателей качества электроэнергии (ПКЭ), методах расчета ПКЭ; современных схемных решениях и технических средствах улучшения ПКЭ, методике их выбора, принципах и способах управления качеством электроэнергии; **умения** определять источники искажения качества электроэнергии (КЭ) и пользоваться действующими ГОСТами в области качества электроэнергии; рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности; выполнять расчеты кондуктивных помех в проектируемых системах электроснабжения; применять нормативно-правовые документы для решения задач обеспечения качества электроснабжения, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой; **навыки** использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы; выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; выбора технических средств, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии; расчетов кондуктивных помех и выбора современных средств повышения качества электроэнергии в этих системах; навыками применения нормативно-правовых документов в своей профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Безопасность жизнедеятельности», «Теоретические основы электротехники», «Электроснабжение», «Эксплуатация систем электроснабжения» и служит основой для освоения дисциплин «Оптимизация проектирования и эксплуатации систем электроснабжения предприятий и городов».

Дисциплина «Качество электроэнергии» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.04.02 Энергетика и электротехника, а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы – магистерской диссертации.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-4 Способен определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов профессиональной деятельности	<p>ПК-4.1. Знает режимы работы объектов профессиональной деятельности</p> <p>ПК-4.2. Умеет рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>ПК-4.3. Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p><b>знать:</b> влияние качества электроэнергии на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики; нормирование показателей качества электроэнергии (ПКЭ); методы расчета ПКЭ; современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ, методики их выбора; принципы и способы управления качеством электроэнергии.</p> <p><b>уметь:</b> определять источники искажения КЭ и пользоваться действующими ГОСТами в области качества электроэнергии; рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности; выполнять расчеты кондуктивных помех в проектируемых системах электроснабжения; применять нормативно-правовые документы для решения задач обеспечения качества электроснабжения, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета с его публичной защитой.</p> <p><b>владеть:</b> навыками использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы; выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; выбора технических средств, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии; расчетов кондуктивных помех и выбора современных средств повышения качества электроэнергии в этих системах; навыками применения нормативно-правовых документов в своей профессиональной деятельности.</p>

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>144</b> <b>(4 зач. ед)</b>		<b>144</b> <b>(3 зач. ед)</b>
<b>Обязательная контактная работа (всего)</b> <b>в том числе:</b>	<b>72</b>		<b>12</b>
Лекции	24		8
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия	24		6
Лабораторные работы	24		6
Курсовая работа (курсовой проект)	-		-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i> )	-		-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>72</b>		<b>124</b>
Форма аттестации	зачёт		зачёт

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### Семестр 3(2)

**Тема 1. Введение. Предмет «Качество электрической энергии». Качество электрической энергии в современной России.** Качество электрической энергии в электрических сетях 110 – 220 кВ России. Качество электрической энергии в сетях 0,4; 6 и 35 кВ энергосистемы Забайкальского края. Результаты оценки качества электрической энергии в сетях 110 кВ в «МРСК Сибири» Эмиссия гармоник тока бытовыми электроприборами. Роль энергосберегающих технологий в жизни человека и экологической безопасности.

**Тема 2. Воздействие низкого качества электрической энергии на работу систем электроснабжения.** Понятие качества электрической энергии. Количественным характеристикам допустимых уровней помех в системе электроснабжения. Показатели качества электрической энергии (ПКЭ). Отклонение напряжения, колебание напряжения, несимметрия напряжений в трехфазной системе, несинусоидальность формы кривой напряжения.

**Тема 3. Режимы и параметры систем электроснабжения, их влияние на качество электрической энергии.** Режимы и параметры систем электроснабжения их влияние на качество электрической энергии. Показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ). ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Классификация электромагнитных помех и их влияние на работу электрооборудования и технологические процессы передачи и преобразования энергии приемниками электрических сетей общего назначения.

**Тема 4. Управление технологическими процессами передачи, распределения и использования электрической энергии, которое позволяет повышать качество электрической энергии.**

Организационные и технические мероприятия для повышения ПКЭ в процессе передачи, распределения и использования электрической энергии. Оценка качества электрической энергии в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта электроустановок в системах электроснабжения.

**Тема 5. Система менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9001-2000.**

Требования ИСО 9001-2000. Введение в менеджмент качества. Требования к системе менеджмента качества (СМК). Процессный подход в СМК. Определение договорных и технических условий между субъектами рынка в части качества электрической энергии. Алгоритм заключения договорных условий между субъектами рынка в части обеспечения требуемых показателей качества электрической энергии в сетях общего назначения. Алгоритм присоединения потребителя к сети энергоснабжающей организации.

**Тема 6. Контроль и анализ качества электрической энергии в сетях общего назначения.**

Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ Р 53333-2008. Представление результатов измерений. Требования ГОСТР 51317.4.7 и ГОСТ Р 51317.4.30 к средствам измерений показателей качества электрической энергии. Методика выполнения измерений. Средства измерений ПКЭ. Технические характеристики и порядок работы с приборами. Измерители «Ресурс-UF», «Ресурс-UF.OI», «Ресурс-UF2», «Ресурс-UF2M» и «Ресурс-UF2MB». Приборы «Ресурс-ПКЭ». Счётчики «Ресурс-Е4». Программное обеспечение для работы с приборами.

**Тема 7. Основы организации систем непрерывного мониторинга качества электроэнергии.**

Основы организации непрерывного контроля (определения) качества электроэнергии. Основные подходы к организации автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) с контролем показателей качества электрической энергии. Примеры организации АИИС.

**Тема 8. Способы и средства улучшения качества электрической энергии путем изменения параметров электрической сети. Регулирование частоты. Регулирование напряжения. Симметрирование трехфазной системы напряжения. Снижение несинусоидальности напряжения. Снижение колебаний напряжения.**

**Тема 9. Технические решения для повышения качества электрической энергии, совершенствования электроустановок и технологий технического обслуживания и ремонта в системах электроснабжения. Регуляторы активной и реактивной мощности в системе тягового электроснабжения железной дороги.**

**Тема 10. Сертификация электрической энергии.** Требования к организации-субъекту электроэнергетики при сертификации электрической энергии. Процедура сертификации по заданной методике. Система управления качеством электрической энергии в ПАО «МРСК Волги» К вопросу создания единой системы обеспечения качества электрической энергии на примере энергосистемы Санкт-Петербурга.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
		<b>Семестр 3(2)</b>		<b>Семестр 5(3)</b>
1.	Введение. Предмет «Качество электрической энергии». Качество электрической энергии в современной России. Качество электрической энергии в электрических сетях 110 – 220 кВ России. Качество электрической энергии в сетях 0,4; 6 и 35 кВ энергосистемы Забайкальского края.	3		2
2.	Воздействие низкого качества электрической энергии на работу систем электроснабжения. Понятие качества электрической энергии. Количественным характеристикам допустимых уровней помех в системе электроснабжения. Показатели качества электрической энергии (ПКЭ).	3		
3.	Режимы и параметры систем электроснабжения, их влияние на качество электрической энергии. Режимы и параметры систем электроснабжения их влияние на качество электрической энергии. Показатели и нормы качества электрической энергии. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.	4		2
4.	Управление технологическими процессами передачи, распределения и использования электрической энергии, которое позволяет повышать качество электрической энергии. Организационные и технические мероприятия для повышения ПКЭ в процессе передачи, распределения и использования электрической энергии.	2		
5.	Система менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9001-2000. Требования ИСО 9001-2000. Введение в менеджмент качества. Требования к системе менеджмента качества (СМК). Процессный подход в СМК. Определение договорных и технических условий между субъектами рынка в части качества электрической энергии.	2		2

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
6.	Контроль и анализ качества электрической энергии в сетях общего назначения. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ Р 53333-2008. Представление результатов измерений.	2		
7.	Основы организации систем непрерывного мониторинга качества электроэнергии. Основные подходы к организации автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) с контролем показателей качества электрической энергии.	2		
8.	Способы и средства улучшения качества электрической энергии путем изменения параметров электрической сети. Регулирование частоты. Регулирование напряжения. Симметрирование трехфазной системы напряжения.	2		
9.	Технические решения для повышения качества электрической энергии, совершенствования электроустановок и технологий технического обслуживания и ремонта в системах электроснабжения.	2		2
10.	Сертификация электрической энергии. Требования к организации-субъекту электроэнергетики при сертификации электрической энергии. Система управления качеством электрической энергии в ПАО «МРСК Волги» К вопросу создания единой системы обеспечения качества электрической энергии на примере энергосистемы Санкт-Петербурга.	2		
<b>Итого:</b>		<b>24</b>		<b>8</b>

#### 4.4. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1	Вводное занятие. Техника безопасности. Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи	3		
2	Встречное регулирование напряжения	3		2
3	Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	3		
4	Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	3		2
5	Снижение генерации высших гармоник	3		

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
	тока путем замены трехпульсного выпрямителя на шестипульсовый в схеме питания нагрузки постоянным током			
6	Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства	3		
7	Измерение параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06 Просмотр и оформление результатов измерений параметров и показателей качества электроэнергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06	3		2
8	Определение дополнительных потерь активной электроэнергии от токов высших гармоник и несимметрии напряжения в трехфазном асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором методом непосредственной нагрузки	3		
<b>Итого:</b>		<b>24</b>		

#### 4.5. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очная форма	Очная форма
		<b>Семестр 3(2)</b>		<b>Семестр 5(3)</b>
1	Основные способы улучшения показателей качества электроэнергии.	3		
2	Устройство средства измерений показателей качества электроэнергии. Алгоритмы измерений и метрологические характеристики средства измерений показателей качества электроэнергии. Устройство фликерметра. Расчет отклонений напряжения. Определение дозы фликера на шинах распределительного устройства.	3		2
3	Расчет фильтрокомпенсирующего устройства для подстанции, питающей промышленные нагрузки. Снижение уровня высших гармоник с помощью увеличения кратности пульсации напряжения выпрямителей.	3		
4	Расчет коэффициентов несимметрии токов по	3		2

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очная форма	Очная форма
	обратной последовательности для трансформатора звезда-треугольник и трансформатора с эффектом Скотта в схеме трехфазно-двухфазного преобразования. Определение коэффициентов несимметрии напряжений для сталеплавильных печей. Расчет коэффициентов несимметрии.			
5	Выбор ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство.	3		
6	Проверка выполнения требований ГОСТ 13109-97 на шинах распределительного устройства отклонения напряжения от номинального.	3		
7	Конденсаторные батареи для регулирования напряжения. Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи. Причины и последствия несимметрии напряжения, методы снижения несимметрии. Продольно-емкостная компенсация. Расчет и экспериментальная проверка продольно-емкостной компенсации.	3		2
8	Расчет высших гармоник. Расчет параметров силового трансформатора выпрямительной установки. Организация автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и мониторинга КЭ.	3		
<b>Итого:</b>		<b>24</b>		<b>6</b>

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
			Семестр 3(2)		Семестр 5(3)
1.	Режимы работы электрических сетей. Требования к показателям качества электрической энергии. Общая характеристика медленных изменений напряжения. Отрицательные и положительные отклонения напряжения. Результаты оценки качества электрической энергии в сетях 110 кВ в «МРСК Сибири». Эмиссия гармоник тока бытовыми электроприборами. Роль энергосберегающих технологий в жизни человека и экологической безопасности	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
2.	Отклонение напряжения, колебание напряжения, несимметрия напряжений в	подготовка к практическим	6		10

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
	трехфазной системе, несинусоидальность формы кривой напряжения.	занятиям, тестирование			
3.	Совместимость технических средств электромагнитная. Классификация электромагнитных помех и их влияние на работу электрооборудования и технологические процессы передачи и преобразования энергии приемниками электрических сетей общего назначения.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
4.	Оценка качества электрической энергии в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта электроустановок в системах электроснабжения. Способы управления отклонением напряжения в электрических сетях. Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников. Отклонение частоты. Баланс активной и реактивной мощностей в энергосистеме.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
5.	Алгоритм заключения договорных условий между субъектами рынка в части обеспечения требуемых показателей качества электрической энергии в сетях общего назначения. Алгоритм присоединения потребителя к сети энергоснабжающей организации. Способы управления частотой в системах электроснабжения. Быстрые изменения напряжения в системах электроснабжения. Способы снижения колебаний напряжения в электрических сетях. Не симметрия трёхфазной системы напряжений. Виды не симметрии токов и напряжений. Показатели, их влияние на работу ЭП.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
6.	Методика выполнения измерений. Средства измерений ПКЭ. Технические характеристики и порядок работы с приборами. Измерители «Ресурс-UF», «Ресурс-UF.01», «Ресурс-UF2», «Ресурс-UF2М» и «Ресурс-UF2МВ». Приборы «Ресурс-ПКЭ». Счётчики «Ресурс-Е4». Программное обеспечение для работы с	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		12

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
	приборами. Системы автоматизированного управления несимметричными режимами в электрических сетях. Не синусоидальность трёхфазной системы напряжений. Способы управления несинусоидальными режимами в системах электроснабжения. Случайные события в электрических сетях.				
7.	Примеры организации АИИС. Способы и технические средства снижения перенапряжений в системах электроснабжения. Предпосылки формирования подхода к качеству электроснабжения.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
8.	Общая характеристика быстрых изменений напряжения. Причины возникновения. Показатели, характеризующие быстрые изменения напряжения. Влияние быстрых изменений напряжения на работу электроприемников. Способы минимизации быстрых изменений напряжения. Общая характеристика медленных изменений напряжения. Причины возникновения. Снижение несинусоидальности напряжения.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
9.	Регуляторы активной и реактивной мощности в системе тягового электроснабжения железной дороги. Показатели, характеризующие медленные изменения напряжения. Влияние медленных изменений напряжения на работу электроприемников. Определение отклонения напряжения в удаленной точке электрической сети. Способы и технические средства управления медленными изменениями напряжения. Причины возникновения отклонения частоты в электроэнергетических системах.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
10.	Характеристика установившихся режимов работы электрических сетей.	подготовка к практическим	6		10

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
	Требования к отклонениям частоты в синхронизированных и изолированных системах электроснабжения. Влияние отклонения частоты на работу электроприемников. Способы и технические средства для управления балансом активной мощности в системах.	занятиям, тестирование			
11.	Причины возникновения несимметрии трёхфазной системы напряжений в электрических сетях. Показатели качества, характеризующие не симметрию трёхфазной системы напряжений. Влияние не симметрии напряжений и токов на дополнительные потери и качество электрической энергии. Влияние не симметрии напряжений на работу электроприемников. Способы и технические средства управления несимметричными потоками в электрических сетях.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		12
12.	Причины возникновения не синусоидальности напряжений в электрических сетях. Показатели качества, характеризующие не синусоидальность трёхфазной системы напряжений. Влияние не синусоидальности напряжений и токов на дополнительные потери и качество электрической энергии. Влияние не синусоидальности напряжений на работу электроприемников.	подготовка к практическим занятиям, тестирование	6		10
<b>Итого:</b>			<b>72</b>		<b>124</b>

**4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Качество электроэнергии» не предполагаются учебным планом.**

## **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов,

системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспекты лекций, методические указания к практическим занятиям, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям;

– технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие. В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература**

1. Карташев И.И., Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / Карташев И.И. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01355-7 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013557.html> – Режим доступа: по подписке.

2. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике : учебник для вузов / Дьяков А.Ф., Максимов Б.К. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01114-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011140.html> – Режим доступа: по подписке.

3. Кудрин Б.И., Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие / Кудрин Б.И. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01209-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012093.html> – Режим доступа : по подписке.

### **б) дополнительная литература**

1. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник Т.2: Электротехнические изделия и устройства / Герасимова В.Г. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01174-4 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011744.html>. – Режим доступа: по подписке.

2. Лейзгольд Д.Ю., Ромодин А.В., Трушников К.П. Показатели качества электрической энергии как индикаторы эффективности управления электропотреблением // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 11-7. - С. 1501-1506 URL: <http://www/fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35795>

3. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии [Электронный ресурс]: руководство / Ю.С. Железко. — Электрон.

дан. – Москва: ЭНАС, 2016. – 456 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104575>.

4. Федеральная служба государственной статистики Росстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>.

5. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года.

URL: <http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf>.

6. Центральное Диспетчерское управление (ЦДУ) ЕЭС России  
<http://www.cdu.tlektra.ru/>

7. Служба релейной защиты и автоматики ЦДУ ЕЭС России  
<http://www.cdu.elektra.ru/rza/>

8. Объединенное Диспетчерское Управление энергосистемами Востока  
<http://www.oduv.ru/>

9. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учеб. пособие [Текст] / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 89 с. - Режим доступа:

[http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/espp/literatura/Tab/kach\\_ee.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/espp/literatura/Tab/kach_ee.pdf).

10. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин -2-е изд.- Ростов н/Д: Красноярск : издательские проекты, 2008. – 720 с.

11. Арунянц Г.Г. Автоматизированные системы управления электроснабжением / Г.Г. Арунянц – Калининград: «КГТУ», 2014 – 209 с.

12. Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок / Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. – М.: Из-во МЭИ, 2009 – 287 с.

13. Савина Н.В. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. - Благовещенск: Изд-во АмГУ. 2006. – 120 с.

14. Управление качеством электроэнергии / под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Изд-во МЭИ. 2006. – 320 с.

15. Эксплуатация электроустановок энергоснабжающих организаций в вопросах и ответах / Авт.-сост. П. Ю. Балаков / под ред. Е. И. Пащенко. – М.: МИЭЭ, 2006 г. – 64 с.

16. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / И. В. Жежеленко - М.: Энергоатомиздат, 2010. – 375 с.

17. Савина Н.В. Качество электрической энергии в системах энергоснабжения [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Савина - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. – 168 с.

18. Управление качеством электроэнергии [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов ; под ред. Ю. В. Шарова. – М.: Изд-ий дом МЭИ, 2008. – 355 с.

19. Суднова В.В. Качество электроэнергии. – М.: Энергосервис, 2000. – 86 с.

20. Курбацкий В.Г. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость технических средств в электрических сетях. – Братск: БрГТУ, 1999. – 220 с.

21. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат. 2000. – 331 с.

22. Жежеленко И.В. Саенков Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат. 2000. – 252 с.

23. Висящев А.Н. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах: в 2-х частях. – Иркутск, 1997.– Ч.1–91с., Ч.2 – 92с.

24. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат. 1968. – 168 с.

25. Жежеленко И.В., Божко В.М. Рабинович М.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. К.: Техника. 1981.– 160 с.

26. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат.1994. – 272 с.

27. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии в системах электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат. 1987. – 336 с.

28. Борисов В.П., Вагин Г.Я. Электроснабжение электротехнологических установок. К.: Наукова думка, 1985. – 184 с.

29. Повышение эффективности ДСП/под ред. Минеева Р.В. М.: Энергоатомиздат. 1990. – 112 с.

30. Смелянский М.Я. Влияние ДСП на системы электроснабжения. М.: Энергия. 1975.– 193с.

### **Дополнительная литература**

#### **в) методические рекомендации:**

1. Конспект лекций по дисциплине «Качество электрической энергии» для студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника».– Луганск: ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В.Даля», 2021. – 123 с.

2. Конспект лекций по дисциплине «Качество электрической энергии» для студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника». Часть 2 (Лекции 1-16).– Луганск: ЛГУ им. В.Даля, 2023. – 199с.

3. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Качество электрической энергии» для студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника».– Луганск: ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля», 2023. – 51с.

#### **г) интернет-ресурсы:**

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Пантелеев В.И., Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах / Пантелеев В.И. - Красноярск : СФУ, 2009. - 194 с. - ISBN 978-5-7638-1924-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763819243.html> – Режим доступа: по подписке.

Шведов Г.В., Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение : учебное пособие для вузов / Шведов Г.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01218-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012185.html> – Режим доступа : по подписке.

## 7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» предполагает использование специализированной лаборатории (ауд. 22, ЛКЦ «Протон») и академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

### Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Качество электроэнергии»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности и компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-4 Способен определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов профессиональной деятельности	<b>Пороговый</b>	<b>знать:</b> влияние качества электроэнергии на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики; нормирование показателей качества электроэнергии (ПКЭ); методы расчета ПКЭ; современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ, методики их выбора; принципы и способы управления качеством электроэнергии.
Основной		<b>Базовый</b>	<b>уметь:</b> определять источники искажения КЭ и пользоваться действующими ГОСТами в области качества электроэнергии; рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности; выполнять расчеты кондуктивных помех в проектируемых системах электроснабжения; применять нормативно-правовые документы для решения задач обеспечения качества электроснабжения, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой.
Заключительный		<b>Высокий</b>	<b>владеть:</b> навыками использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы; выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; выбора технических средств, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии; расчетов кондуктивных помех и выбора современных средств повышения качества электроэнергии в этих системах; навыками применения нормативно-правовых документов в своей профессиональной деятельности.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
1	ПК-4	Способен определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знает режимы работы объектов профессиональной деятельности	Тема 1. Введение. Предмет «Качество электрической энергии». Качество электрической энергии в современной России.	3
			ПК-4.2. Умеет рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности	Тема 2. Воздействие низкого качества электрической энергии на работу систем электроснабжения.	3
			ПК-4.3. Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности	Тема 3. Режимы и параметры систем электроснабжения, их влияние на качество электрической энергии.	3
				Тема 4. Управление технологическими процессами передачи, распределения и использования электрической энергии, которое позволяет повышать качество электрической энергии.	3
				Тема 5. Система менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9001-2000.	3
				Тема 6. Контроль и анализ качества электрической энергии в сетях общего назначения.	3
				Тема 7. Основы организации систем непрерывного мониторинга качества электроэнергии.	3
				Тема 8. Способы и средства улучшения качества электрической энергии путем изменения параметров электрической сети.	3
				Тема 9. Технические решения для повышения качества электрической энергии, совершенствования электроустановок и технологий технического обслуживания и ремонта в системах электроснабжения.	3
				Тема 10. Сертификация электрической энергии.	3

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	<b>ПК-4</b> Способен определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знает режимы работы объектов профессиональной деятельности	<p><b>знать:</b></p> <p>влияние качества электроэнергии на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики; нормирование показателей качества электроэнергии (ПКЭ); методы расчета ПКЭ; современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ, методики их выбора; принципы и способы управления качеством электроэнергии.</p>	<p>Тема 1. Введение. Предмет «Качество электрической энергии». Качество электрической энергии в современной России.</p> <p>Тема 2. Воздействие низкого качества электрической энергии на работу систем электроснабжения.</p> <p>Тема 3. Режимы и параметры систем электроснабжения, их влияние на качество электрической энергии.</p> <p>Тема 4. Управление технологическими процессами передачи, распределения и использования электрической энергии, которое позволяет повышать качество электрической энергии.</p>	практические задания и контрольные работы (заочная форма обучения)
		ПК-4.2. Умеет рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности	<p><b>уметь:</b></p> <p>определять источники искажения КЭ и пользоваться действующими ГОСТами в области качества электроэнергии; рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности; выполнять расчеты кондуктивных помех в проектируемых системах электроснабжения; применять нормативно-правовые документы для решения задач обеспечения качества электроснабжения, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой.</p>	<p>Тема 5. Система менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9001-2000.</p> <p>Тема 6. Контроль и анализ качества электрической энергии в сетях общего назначения.</p> <p>Тема 7. Основы организации систем непрерывного мониторинга качества электроэнергии.</p> <p>Тема 8. Способы и средства улучшения качества электрической энергии путем изменения параметров электрической сети.</p> <p>Тема 9. Технические решения для повышения качества электрической энергии, совершенствования электроустановок и технологий технического</p>	практические задания и контрольные работы (заочная форма обучения)

	<p>ПК-4.3. Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p><b>владеть:</b>  навыками использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы; выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; выбора технических средств, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии; расчетов кондуктивных помех и выбора современных средств повышения качества электроэнергии в этих системах; навыками применения нормативно-правовых документов в своей профессиональной деятельности.</p>	<p>обслуживания и ремонта в системах электроснабжения.    Тема 10. Сертификация электрической энергии.</p>	<p>практические задания (заочная форма обучения)</p>
--	--	---	--	--

## Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

### Тестовые задания по дисциплине «Качество электроэнергии»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Качество электроэнергии» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине.

Вопросы базового уровня позволяют студенту определить умения: оценить влияние качества электроэнергии на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики; составлять расчетные схемы замещения для расчета и нормирования показателей качества электрической энергии; применить современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ, методики их выбора; применить способы управления качеством электроэнергии.

Вопросы высокого уровня диагностируют владение студентом навыками: анализа характеристик и показателей качества электрической энергии, возникающих в элементах электроэнергетической системы в результате аварий, сбоев, нарушений в работе и недоотпуска электрической энергии; анализа физических явлений в элементах электроэнергетической системы; использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы; выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; выбора технических средств, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии; расчетов кондуктивных помех и выбора современных средств повышения качества электроэнергии в этих системах; навыками применения нормативно-правовых документов в своей профессиональной деятельности.

### Тесты контроля знаний студентов по теме «Качество электроэнергии».

1. Научное направление, задачей которого является сокращение расхода материальных, трудовых и энергетических ресурсов в процессе производства продуктов для общества называется:
  1. Энергосбережением.
  2. Повышением производительности труда.
  3. Ресурсосбережением.
2. К природным ресурсам, которые используются для производства продуктов, относятся:
  1. Управленческий и вспомогательный персонал.
  2. Специалисты и рабочие.
  3. Материальные и энергетические ресурсы.
3. Люди, обладающие необходимым физическим развитием, знаниями и практическим опытом работы являются:
  1. Рабочие.
  2. Специалисты, управленческий и вспомогательный персонал.
  3. Трудовые ресурсы.
4. На перевозочный процесс железных дорог расходуется:
  1. 5% производимой в России электрической энергии.

2. 10% производимой в России электрической энергии.
3. 15% производимой в России электрической энергии.
5. На энергетическое обеспечение железной дороги расходуется:
  1. 60 млрд. рублей в год.
  2. 30 млрд. рублей в год.
  3. 5 млрд. рублей в год.
6. Энергосбережение, сокращение порчи и неисправностей локомотива в перевозочном процессе достигается:
  1. На этапе разработки локомотива.
  2. В процессе эксплуатации локомотива.
  3. На этапе технического обслуживания и ремонта локомотива.
  4. Повышаются эксплуатационные показатели, энергетическая эффективность и электромагнитная совместимость тягового электроподвижного состава за счет:
    1. Совершенствования фазоимпульсных способов управления.
    2. Применения четырех квадрантных 4-qS преобразователей.
    3. Управления входным электрическим сопротивлением тягового привода.
  5. Причиной снижения энергетической эффективности в электрических цепях с реактивными элементами является:
    1. Смещение по фазе мгновенного значения тока относительно мгновенного значения напряжения.
    2. Образование реактивной мощности.
    3. Сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии.
  6. Баланс мощности в электрических цепях синусоидального тока:
    1.  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$  ;
    2.  $S > \sqrt{P^2 + Q^2}$  ;
    3.  $S < \sqrt{P^2 + Q^2}$  ;
  7. В балансе мощностей в электрических цепях синусоидального тока полная мощность:
    1. S.
    2. P.
    3. Q.
  8. В балансе мощностей в электрических цепях синусоидального тока активная мощность:
    1. S.
    2. P.
    3. Q.
  9. В балансе мощностей в электрических цепях синусоидального тока реактивная мощность:
    1. S.
    2. P.
    3. Q.
  10. Единица измерения полной мощности:
    1. В·А.
    2. Вт.
    3. Вар.
  11. Единица измерения активной мощности:
    1. В·А.
    2. Вт.
    3. Вар.
  12. Единица измерения реактивной мощности:
    1. В·А.
    2. Вт.

3. Вар.

**13.** Вся электрическая энергия, поступающая в технологическую установку, характеризуется:

1. Полной мощностью.
2. Активной мощностью.
3. Реактивной мощностью.

**14.** Электрическая энергия, необратимо преобразованная в иной вид энергии, характеризуется:

1. Полной мощностью.
2. Активной мощностью.
3. Реактивной мощностью.

**15.** Электрическая энергия, затраченная на энергообмен, характеризуется:

1. Полной мощностью.
2. Активной мощностью.
3. Реактивной мощностью.

**16.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, под символом  $P$  понимается:

1. Активная мощность основной гармоники напряжения и тока.
2. Мощность сдвига.
3. Мощность искажения.

**17.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, под символом  $Q$  понимается:

1. Активная мощность основной гармоники напряжения и тока.
2. Мощность сдвига.
3. Мощность искажения.

**18.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, под символом  $T$  понимается:

1. Активная мощность основной гармоники напряжения и тока.
2. Мощность сдвига.
3. Мощность искажения.

**19.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, полная мощность рассчитывается по формуле:

1.  $S = U \cdot I$ .
2.  $P = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$ .
3.  $Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi$ .

**20.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, активная мощность рассчитывается по формуле:

1.  $T = \sqrt{U_1^2 \cdot \sum_{k=2}^n I_k^2}$ .
2.  $P = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$ .
3.  $Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$ .

**21.** В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ ,

который изучается в учебных учреждениях, мощность сдвига рассчитывается по формуле:

1.  $T = \sqrt{U_1^2 \cdot \sum_{k=2}^n I_k^2}$ .
2.  $P = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$ .
3.  $Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$ .

22. В балансе мощностей на входе полупроводниковых преобразователей  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}$ , который изучается в учебных учреждениях, мощность искажения рассчитывается по формуле:

$$1. T = \sqrt{U_1^2 \cdot \sum_{k=2}^n I_k^2}.$$

$$2. P = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1.$$

$$3. Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1.$$

23. Баланс мощностей, в котором учитывается сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии реактивными элементами и коммутационным оборудованием:

$$1. S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}.$$

$$2. S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

$$3. \sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

24. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , которым учитывается сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии реактивными элементами и коммутационным оборудованием под символом  $S$  понимается:

1. Полная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.
2. Часть полной мощности на входе полупроводникового регулятора мощности во время непроводящего состояния силовых полупроводниковых приборов (СПП).
3. Реактивная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.

25. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , которым учитывается сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии реактивными элементами и коммутационным оборудованием под символом  $Q$  понимается:

1. Полная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.
2. Часть полной мощности на входе полупроводникового регулятора мощности во время непроводящего состояния силовых полупроводниковых приборов (СПП).
3. Реактивная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.

26. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , которым учитывается сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии реактивными элементами и коммутационным оборудованием под символом  $Q$  понимается:

1. Полная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.
2. Часть полной мощности на входе полупроводникового регулятора мощности во время непроводящего состояния силовых полупроводниковых приборов (СПП).
3. Реактивная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности.

27. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , полная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности рассчитывается по формуле:

$$1. S = U \cdot I.$$

$$2. \Delta S = \sqrt{\sum_{k=0}^n U_{pk}^2 \cdot I_k^2}.$$

$$3. P = U_0 \cdot I_0 + \sum_{k=1}^n U_{ck} \cdot I_k.$$

28. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , часть полной мощности на входе полупроводникового регулятора мощности во время непроводящего состояния силовых полупроводниковых приборов (СПП) рассчитывается по формуле:

$$1. \Delta S = \sqrt{\sum_{k=0}^n U_{pk}^2 \cdot I_k^2}.$$

$$2. P = U_0 \cdot I_0 + \sum_{k=1}^n U_{ck} \cdot I_k.$$

$$3. Q = \pm \sqrt{\sum_{k=1}^n U_{ck}^2 \cdot I_k^2 \cdot \sin^2 \varphi_k}.$$

29. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , реактивная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности рассчитывается по формуле:

30. В балансе мощностей  $\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , активная мощность на входе полупроводникового регулятора мощности рассчитывается по формуле:

$$1. \Delta S = \sqrt{\sum_{k=0}^n U_{pk}^2 \cdot I_k^2}.$$

$$2. P = U_0 \cdot I_0 + \sum_{k=1}^n U_{ck} \cdot I_k.$$

$$3. Q = \pm \sqrt{\sum_{k=1}^n U_{ck}^2 \cdot I_k^2 \cdot \sin^2 \varphi_k}.$$

31. Повышаются эксплуатационные показатели, энергетическая эффективность и электромагнитная совместимость тягового электроподвижного состава за счет:

1. Применения четырехквadrантных 4-qS преобразователей.
2. Совершенствования фазо-импульсных способов управления.
3. Управления входным электрическим сопротивлением тягового привода.

32. Причиной снижения энергетической эффективности в электрических цепях с реактивными элементами является:

1. Образование реактивной мощности.
2. Смещение по фазе мгновенного значения тока относительно мгновенного значения напряжения.
3. Сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии.

33. Энергетический кодекс РФ в настоящее время:

1. Находится в стадии разработки.
2. Уже разработан.
3. Уже действует.
4. Частично действует.

34. Отличительной чертой электроэнергетики является:

1. Одновременность её генерирования и потребления.
2. Низкая частота ее потребления.
3. Сложность ее выработки.
4. Сложность расчета потребления.

35. На базе научных достижений электроэнергетики созданы:

1. Электротехническая промышленность и энергетическое машиностроение.
2. Электротехническая и лесодобывающая промышленность.
3. Практически все виды промышленности в РФ.
4. Новые изобретения в области недропользования.

36. Тарифы на товары и услуги естественных монополий индексируются:

1. В соответствии с законом.
2. Постановлением Правительства Российской Федерации.

3. Приказом Минэнерго России.

4. Указом Президента РФ.

**37.** Краеугольным камнем государственной энергетической политики и ее правового регулирования является:

1. Принцип энергосбережения и повышения энергетической эффективности
2. Принцип расширения энергоснабжения.
3. Принцип энергосбережения.
4. Принцип теплосбережения

**38.** Одним из основных пунктов энергосервисного договора является:

1. Требуемая величина экономии энергетических ресурсов, обеспечиваемая исполнителем.
2. Способ обеспечения исполнения договора.
3. Форс – мажорные обстоятельства.
4. Способ оплаты.

**39.** Энергосервисный договор является:

1. Возмездным.
2. Безвозмездным.
3. Может быть и тем и другим.
4. Частично возмездным.

**40.** Главная цель энергосервисного договора:

1. Комплексная реализация мер по повышению энергоэффективности объекта.
2. Обогащение поставщика энергии.
3. Расширение зоны оказания энергетических услуг.
4. Увеличение цены на энергоносители.

**41.** Энергетическая стратегия России разработана на период:

1. До 2035 года.
2. До 2200 года.
3. До 2020 года.
4. До 2050 года.

**42.** Одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности в экономической сфере на долгосрочную перспективу является:

1. Энергетическая безопасность.
2. Энергетическое развитие.
3. Расширение зоны энергоснабжения.
4. Энергетическая блокада.

**43.** Необходимыми условиями обеспечения национальной и глобальной энергетической безопасности являются:

1. Разработка и международный обмен перспективными энергосберегающими технологиями.
2. Национализация энергоснабжения.
3. Приватизация энергоснабжения.
4. Сотрудничество с международными организациями.

**44.** Энергетическая стратегия нужна:

1. Чтобы компании (бизнес) понимали, какие цели государство ставит перед отраслью, какие направления стремится развивать и что оно будет предпринимать для этого.
2. Для ответа на вопрос нужно ли энергетическое право в целом.
3. Чтобы планировать и контролировать деятельность компаний.
4. Для повышения цены на энергоресурсы

**45. Государство:**

1. Несет ответственность за энергетическую безопасность общества.
2. Не несет ответственность за энергетическую безопасность общества.
3. Несет ответственность за энергетическую безопасность общества в случае чрезвычайных ситуаций.
4. Несет ответственность за энергетическую безопасность общества, если иное не указано в законе.

46. В обозримом будущем спрос на энергоресурсы ожидается:

1. В Южной Америке.
2. В Австралии.
3. В Африке.
4. В Новой Зеландии.

47. На единицу ВВП РФ тратит:

1. В 5 - 6 раз больше, чем развитые европейские страны.
2. В 12 - 13 раз больше, чем развитые европейские страны.
3. В 30 - 50 раз больше, чем развитые европейские страны.
4. Не больше, чем развитые европейские страны.

48. Энергетическая безопасность - это:

1. Состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства и экономики от угроз надежному топливо- и энергообеспечению.

2. Состояние защищенности страны и экономики от угроз надежному топливо- и энергообеспечению.

3. Состояние защищенности граждан, общества от угроз надежному топливо- и энергообеспечению.

4. состояние инфраструктуры и объектов по обеспечению общества энергоресурсами

49. Энергетическое право:

1. Самостоятельная отрасль права.
2. Подотрасль гражданского права.
3. Институт гражданского права.
4. Институт международного права.

50. Каким федеральным законом дано определение земель энергетики?

1. Градостроительным кодексом Российской Федерации.
2. Земельным кодексом Российской Федерации.
3. Федеральным законом "Об электроэнергетике"
4. Жилищным Кодексом Российской Федерации.

51. Коэффициент нелинейных искажений формы тока на входе управляемых выпрямителей рассчитывается с помощью формулы:

1.  $P/S$ .

2.  $P_{вых}/P_{вх}$ .

3.  $\frac{0,9 \cdot \cos(\alpha/2)}{\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}}$ .

52. Коэффициент полезного действия устройств рассчитывается с помощью формулы:

1.  $P/S$ .

2.  $P_{вых}/P_{вх}$ .

3.  $\frac{0,9 \cdot \cos(\alpha/2)}{\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}}$ .

53. Коэффициент мощности электрооборудования рассчитывается с помощью формулы:

1.  $P/S$ .

2.  $P_{вых}/P_{вх}$ .

3.  $\frac{0,9 \cdot \cos(\alpha/2)}{\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}}$ .

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

### Теоретические вопросы к зачету

1. Дать определение понятия качество электрической энергии.
2. Назвать показатели качества электрической энергии (ПКЭ).
3. Назвать нормативы (ПКЭ).
4. Раскрыть понятие отклонения напряжения.
5. Пояснить сущность отклонения напряжения.
6. Изобразить векторную диаграмму напряжений и токов в простейшей электрической сети с сопротивлением  $Z = R + jX$ .
7. Понятие математического ожидания установившегося отклонения напряжения  $M(\delta U_y)$ .
8. Влияние отклонения напряжения на работу асинхронных электродвигателей.
9. Каким образом изменяется зависимость скольжения асинхронного двигателя от напряжения?
10. Как зависит вращающий момент, ток в обмотке ротора, ток в обмотке статора от напряжения?
11. Назвать основные характеристики асинхронных трехфазных двигателей и их зависимость от отклонения напряжения.
12. Как зависит активная мощность асинхронных трехфазных двигателей от отклонения напряжения?
13. Как зависит реактивная мощность асинхронных трехфазных двигателей от отклонения напряжения?
14. Как зависит скольжение асинхронных трехфазных двигателей от отклонения напряжения?
15. Как зависит ток в обмотках статора асинхронных трехфазных двигателей от отклонения напряжения?
16. Пояснить зависимость производительности технологического оборудования предприятий и качества продукции от отклонения напряжения.
17. Пояснить влияние отклонения напряжения на осветительные установки.
18. Как зависят электрические характеристики источников излучения от отклонения напряжения?
19. Как зависят светотехнические характеристики источников излучения от отклонения напряжения?
20. Как зависит срок службы источников излучения от отклонения напряжения?
21. Назовите необходимое количество источников излучения для эксплуатации при отклонениях напряжения?

22. Назвать методы снижения отклонения напряжения в системах электроснабжения.
23. Перечислить способы регулирования напряжения на предприятиях.
24. Пояснить способ регулирования напряжения изменением добавочного напряжения.
25. Пояснить способ регулирования напряжения изменением продольной и поперечной составляющей падения напряжения.
26. Пояснить способ регулирования напряжения изменением напряжения в питающей сети.
27. Пояснить способ регулирования напряжения изменением схемы электрической сети.
28. Как изменяется напряжение трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН).
29. Как изменяется напряжение трансформаторами с регулированием напряжения переключением без возбуждения (ПБВ).
30. Как выполняется расчет экономической эффективности устройств регулирования напряжения?
31. Нормализация отклонений напряжения в сетях освещения.
32. Понятие и показатели колебания напряжения.
33. Пояснить размах изменения напряжения.
34. Как вычисляется частота повторения изменения напряжения при периодических колебаниях напряжения?
35. Назвать предельно допустимые значения размаха изменения напряжения в точках электрической сети.
36. Понятие фликера и дозы фликера.
37. Пояснить влияние колебаний напряжения на работу электроприемников.
38. Назвать средства и способы снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения.
39. Пояснить несинусоидальные режимы работы систем электроснабжения.
40. Нормируемые показатели несинусоидальных режимов работы электроснабжения.
41. Пояснить коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.
42. Пояснить коэффициент n-ой гармонической составляющей кривой напряжения.
43. Нормально и предельно допустимые коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с разными напряжениями.
44. Нормально и предельно допустимые коэффициенты n-ой гармонической составляющей кривой напряжения в сетях с разными напряжениями.
45. Влияние высших гармоник на системы электроснабжения.
46. Влияние высших гармоник на работы электрических машин.
47. Потери активной мощности в трансформаторах от высших гармоник.
48. Потери мощности в конденсаторах от высших гармоник.
49. Влияние высших гармоник на качество изоляции.
50. Влияние высших гармоник на работу приборов учета электрической энергии.
51. Назвать основные источники высших гармоник в системе электроснабжения.
52. Гармонический состав высших гармоник при работе трехфазного мостового выпрямителя.
53. Влияние тиристорных регуляторов переменного напряжения на показатели качества электрической энергии.
54. Высшие гармоники при работе установок контактной и электродной сварки.
55. Высшие гармоники силовых трансформаторов оттока намагничивания.
56. Высшие гармоники при работе электродуговых сталеплавильных печей.
57. Высшие гармоник газоразрядных источников излучения.
58. Методы улучшения формы кривой тока в электрических сетях.
59. Снижение высших гармоник тока увеличением числа фаз полупроводниковых преобразователей.
60. Разработка преобразователей с регулируемым входным электрическим сопротивлением для повышения энергетической эффективности и электромагнитной совместимости.
61. Применение электрических сетей постоянного тока высокого напряжения для снижения

- потерь электрической энергии и повышения электромагнитной совместимости элементов системы электроснабжения.
62. Применение силовых энергетических фильтров для повышения качества электрической энергии в системах электроснабжения.
  63. Несимметрия напряжений в системах электроснабжения и причины ее возникновения.
  64. Влияние несимметрии напряжений и токов на работу электроприемников.
  65. Применение метода симметричных составляющих (метода Фортеस्कью) для оценки несимметрии напряжений и токов.
  66. Влияние несимметрии напряжений и токов на работу асинхронных трехфазных двигателей.
  67. Работа четырехпроводной электрической сети при несимметричной нагрузке.
  68. Работа трехпроводной электрической сети при несимметричной нагрузке.
  69. Мероприятия по снижению несимметрии напряжений в электрической сети.
  70. Снижение несимметрии напряжений в электрической сети с помощью несимметричной конденсаторной батареи.
  71. Симметрирование напряжения преобразователем числа фаз с использованием трансформатора Скотта.
  72. Симметрирование напряжения преобразователем числа фаз с использованием полупроводниковых преобразователей.
  73. Понятия о динамических характеристиках ПКЭ.
  74. Какими параметрами оценивается провал напряжения в электрических сетях?
  75. Какими параметрами оценивается импульс напряжения в электрических сетях?
  76. Какими параметрами оценивается временное перенапряжение в электрических сетях?
  77. Организационные мероприятия по управлению для обеспечения заданных требований к качеству электрической энергией (КЭ).
  78. Технические мероприятия по управлению для обеспечения заданных требований к качеству электрической энергией (КЭ).
  79. Параметры систем электроснабжения и их влияние на качество электрической энергии и эффективность работы электрооборудования, и технологические процессы передачи и преобразования электрической энергии.
  80. Причины ухудшения качества электрической энергии.
  81. Электротехнический и технологический ущерб от ухудшения качества электрической энергии.
  82. Показатели и нормы качества электрической энергии.
  83. Установившиеся отклонения напряжения.
  84. Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности.
  85. Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности.
  86. Коэффициент искажения несинусоидальности напряжения.
  87. Влияние отклонений напряжения на потери электрической энергии, работу электрооборудования и технологические процессы.
  88. Влияние несимметрии по нулевой последовательности на потери электрической энергии, работу электрооборудования и технологические процессы.
  89. Влияние несинусоидальности напряжений и токов на потери электрической энергии, работу электрооборудования и технологические процессы.
  90. Основные положения, термины и определения. Электрическая энергия.
  91. Электрическая энергия как продукт народного потребления.
  92. Классификация электромагнитных помех и их влияние на технологические процессы, содержащие электрооборудование.
  93. Требования ИСО 9001-2000.
  94. Требования к системе менеджмента качества электроэнергетики.
  95. Алгоритм заключения договорных условий между субъектами рынка в части качества электрической энергии.
  96. Алгоритм присоединения потребителя к сети энергоснабжающей организации.

97. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ Р 53333-2008.
98. Представление результатов измерений. Требования ГОСТР 51317.4.7 и ГОСТ Р 51317.4.30 к средствам измерений ПКЭ.
99. Методика выполнения измерений показателей качества электрической энергии.
100. Требования к техническим средствам, позволяющим определить качество электрической энергии.
101. Технические характеристики и порядок работы с приборами. Измерители «Ресурс-UF» и «Ресурс-UF.01». Измерители «Ресурс-UF2». Измерители «Ресурс-UF2М» и «Ресурс-UF2МВ». Приборы «Ресурс-ПКЭ». Счётчики «Ресурс-Е4». Программное обеспечение для работы с приборами.
102. Основы организации непрерывного контроля качества электроэнергии
103. Выбор пунктов контроля качества электрической энергии по нормативным требованиям.
104. Влияние параметров и режимов работы электрической сети на качество электрической энергии.
105. Примеры организации АИИС.
106. Методы и средства улучшения качества электрической энергии изменением режима системы электроснабжения: регулирование частоты.
107. Методы и средства улучшения качества электрической энергии изменением режима системы электроснабжения: регулирование напряжения.
108. Методы и средства обеспечения качества электрической энергии изменением параметров системы электроснабжения: симметрирование трехфазной системы напряжения.
109. Методы и средства обеспечения качества электрической энергии изменением параметров системы электроснабжения: снижение несинусоидальности токов и напряжений.
110. Методы и средства обеспечения качества электрической энергии изменением параметров системы электроснабжения: снижение колебаний напряжения.
111. Требования к организации - субъекту электроэнергетики при сертификации электрической энергии.
112. Процедура сертификации качества электрической энергии в сетях общего назначения.
113. Источники и уровни электромагнитных помех в сетях общего назначения.
114. Методика расчета установившихся отклонений напряжения.
115. Методика расчета коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности.
116. Методика расчета коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности.
117. Разделение систематических и случайных отклонений показателей качества электрической энергии
118. Обеспечение необходимого качества электрической энергии организационными мероприятиями.
119. Расчет молниезащиты по известным методикам.
120. Молния и защита от атмосферных разрядов.
121. Перенапряжения в электроустановках.
122. Защита от перенапряжений по известным методикам.

## Практические задания

1. Определить дозу фликера (ДФ) на шинах 10 кВ подстанции 1 после реконструкции – переноса резкопеременных нагрузок на шины подстанции 2 (рис. 1). Значения доз фликера на шинах подстанций соответственно  $P_{St1} = 3,78$ ,  $P_{St2} = 5,25$ . Мощности КЗ на шинах 10 кВ и 220 кВ составляют  $S_{к1} = 250$  МВ·А,  $S_{к2} = 380$  МВ·А,  $S_{к3} = 4000$  МВ·А. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций  $S_{п1} = 15$  МВ·А,  $S_{п2} =$

38 МВ·А. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что ДФ пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.

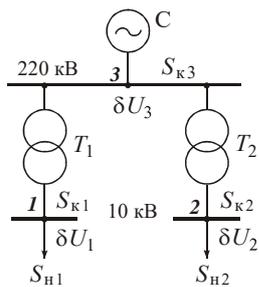


Рис. 1- Схема для расчета колебаний напряжения

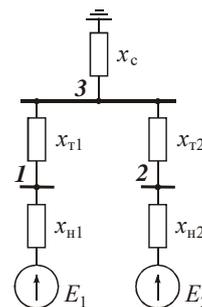


Рис. 2- Схема замещения для электросети рис. 1.

2. Определить ДФ на шинах 10 кВ подстанции 1 после реконструкции – переноса резкопеременных нагрузок на шины подстанции 2 (рис. 1). Значения доз фликера на шинах подстанций соответственно  $P_{St1} = 3,78$ ,  $P_{St2} = 5,25$ . Мощности КЗ на шинах 10 кВ и 220 кВ составляют  $S_{к1} = 500$  МВ·А,  $S_{к2} = 400$  МВ·А,  $S_{к3} = 5000$  МВ·А. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций  $S_{п1} = 25$  МВ·А,  $S_{п2} = 65$  МВ·А. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что ДФ пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.
3. Определить ДФ на шинах 10 кВ подстанции 1 после реконструкции – переноса резкопеременных нагрузок на шины подстанции 2 (рис. 1). Значения доз фликера на шинах подстанций соответственно  $P_{St1} = 3,78$ ,  $P_{St2} = 5,25$ . Мощности КЗ на шинах 10 кВ и 220 кВ составляют  $S_{к1} = 750$  МВ·А,  $S_{к2} = 500$  МВ·А,  $S_{к3} = 7500$  МВ·А. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций  $S_{п1} = 50$  МВ·А,  $S_{п2} = 75$  МВ·А. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что ДФ пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.
4. Определить ДФ на шинах 10 кВ подстанции 1 после реконструкции – переноса резкопеременных нагрузок на шины подстанции 2 (рис. 1). Значения доз фликера на шинах подстанций соответственно  $P_{St1} = 3,78$ ,  $P_{St2} = 5,25$ . Мощности КЗ на шинах 10 кВ и 220 кВ составляют  $S_{к1} = 1000$  МВ·А,  $S_{к2} = 750$  МВ·А,  $S_{к3} = 10000$  МВ·А. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций  $S_{п1} = 75$  МВ·А,  $S_{п2} = 100$  МВ·А. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что ДФ пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.
5. Определить ДФ на шинах 10 кВ подстанции 1 после реконструкции – переноса резкопеременных нагрузок на шины подстанции 2 (рис. 1). Значения доз фликера на шинах подстанций соответственно  $P_{St1} = 3,78$ ,  $P_{St2} = 5,25$ . Мощности КЗ на шинах 10 кВ и 220 кВ составляют  $S_{к1} = 1500$  МВ·А,  $S_{к2} = 1000$  МВ·А,  $S_{к3} = 15000$  МВ·А. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций  $S_{п1} = 100$  МВ·А,  $S_{п2} = 150$  МВ·А. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что ДФ пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.
6. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 185$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 15 МВ·А;  $U_{ном} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_0 = 3,1$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$  %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{ном БК} = 6,6$  кВ.
7. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 200$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 20 МВ·А;  $U_{ном} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_0 = 5,1$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$  %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{ном БК} = 6,6$  кВ.

8. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 225$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 25 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 7,6$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
9. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 250$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 37,5 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 10,1$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
10. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 315$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 45 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 12,1$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
11. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 500$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 55 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 15,1$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
12. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 750$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 75 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 17,5$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
13. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 1000$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 100 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 25,5$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
14. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 1500$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 125 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 37,5$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
25. Выбрать ФКУ для подстанции, питающей электролизное производство. Исходные данные: мощность КЗ  $S_k = 2000$  МВ·А; мощность 12-пульсного преобразователя 150 МВ·А;  $U_{\text{ном}} = 10,5$  кВ; оптимальное значение РМ  $Q_o = 50,5$  МВАр;  $K_{U(11)} = 5,8$  %;  $K_{U(13)} = 4,3$ %;  $K_U = 7,3$  %. Номинальное напряжение конденсаторов  $U_{\text{ном БК}} = 6,6$  кВ.
16. Однофазные электрические печи мощностью 3,0 и 5,0 МВА при  $\cos \varphi = 1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 180$  МВА. Определить значение  $K_{U2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
17. Однофазные электрические печи мощностью 5,0 и 7,0 МВА при  $\cos \varphi = 1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 200$  МВА. Определить значение  $K_{U2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
18. Однофазные электрические печи мощностью 9,0 и 11,0 МВА при  $\cos \varphi = 1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 225$  МВА. Определить значение  $K_{U2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
19. Однофазные электрические печи мощностью 13,0 и 15,0 МВА при  $\cos \varphi = 1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 250$  МВА. Определить значение  $K_{U2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
20. Однофазные электрические печи мощностью 17,0 и 20,0 МВА при  $\cos \varphi = 1$  подключены к

- электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 300$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
21. Однофазные электрические печи мощностью 22,0 и 25,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 315$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  22. Однофазные электрические печи мощностью 27,0 и 30,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 375$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  23. Однофазные электрические печи мощностью 35,0 и 37,5 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 450$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  24. Однофазные электрические печи мощностью 40,0 и 45,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 500$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  25. Однофазные электрические печи мощностью 50,0 и 55,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 6 кВ к  $S_k = 1000$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  26. Однофазные электрические печи мощностью 60,0 и 75,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 10 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 10 кВ к  $S_k = 1500$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  27. Однофазные электрические печи мощностью 75,0 и 100,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 10 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 10 кВ к  $S_k = 2000$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  28. Однофазные электрические печи мощностью 100,0 и 125,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 20кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 20 кВ к  $S_k = 5000$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  29. Однофазные электрические печи мощностью 100,0 и 125,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 27 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 27 кВ к  $S_k = 7500$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  30. Однофазные электрические печи мощностью 100,0 и 150,0 МВА при  $\cos \varphi=1$  подключены к электросети 35 кВ на линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{BC}$ . На шинах напряжением 35 кВ к  $S_k = 1500$  МВА. Определить значение  $K_{U_2}$  и, в случае необходимости, рассчитать параметры СУ.
  31. В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик:  $M(U)=400$  В;  $\sigma(U)=10$  В. Закон распределения вероятностей - нормальный. Сделать вывод о соответствии (несоответствии) требованиям ГОСТ 13109-97 отклонений

напряжения от номинального  $U_n=380$  В.

32. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 0,4 кВ при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:  $K_i=1,6\%$ ;  $\sigma(K_i)=0,9\%$ ;  $K_{ip}=2,5\%$ ;  $\sigma(K_{ip})=2\%$ .
33. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при нормальном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $K_{2U} = 2\%$ ;  $\sigma(K_{2U}) = 0,1 \%$ ;  $K_{0U}=0,8 \%$ ;  $\sigma(K_{0U}) = 1,6 \%$ .
34. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при нормальном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $K_{2U} = 2,5\%$ ;  $\sigma(K_{2U}) = 1,0 \%$ ;  $K_{0U}=2,0 \%$ ;  $\sigma(K_{0U}) = 2,6 \%$ .
35. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при нормальном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $K_{2U} = 3\%$ ;  $\sigma(K_{2U}) = 2,1 \%$ ;  $K_{0U}=2,6 \%$ ;  $\sigma(K_{0U}) = 4,7 \%$ .
36. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $\Delta f = 0,1$  Гц;  $\sigma(\Delta f) = 0,1$  Гц.
37. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $\Delta f = 0,2$  Гц;  $\sigma(\Delta f) = 0,2$  Гц.
38. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $\Delta f = 0,15$  Гц;  $\sigma(\Delta f) = 0,25$  Гц.
39. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $\Delta f = 0,25$  Гц;  $\sigma(\Delta f) = 0,5$  Гц.
40. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ ГПП, если при равномерном законе распределения вероятностей получены следующие числовые характеристики:  $\Delta f = 0,375$  Гц;  $\sigma(\Delta f) = 0,55$  Гц.
41. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при подключении к шинам ПГВ напряжением 35 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:  $K_U=2\%$ ;  $\sigma(K_U)=1\%$ ;  $K_{2U} = 0,5 \%$ ;  $\sigma(K_{2U})= 1,5 \%$ . Закон распределения вероятностей этих ПКЭ - нормальный.
42. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при подключении к шинам ПГВ напряжением 27,5 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:  $K_U=2,5\%$ ;  $\sigma(K_U)=3\%$ ;  $K_{2U} = 4,5 \%$ ;  $\sigma(K_{2U})= 3,5 \%$ . Закон распределения вероятностей этих ПКЭ - нормальный.
43. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при подключении к шинам ПГВ напряжением 20 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:  $K_U=2,6\%$ ;  $\sigma(K_U)=1,7\%$ ;  $K_{2U} = 5,5 \%$ ;  $\sigma(K_{2U})= 3,5 \%$ . Закон распределения вероятностей этих ПКЭ - нормальный.
44. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при подключении к шинам ПГВ напряжением 15 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:  $K_U=4\%$ ;  $\sigma(K_U)=4,3\%$ ;  $K_{2U} = 4,7 \%$ ;  $\sigma(K_{2U})= 5,5 \%$ . Закон распределения вероятностей этих ПКЭ - нормальный.
45. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при подключении к шинам ПГВ напряжением 10 кВ ДСП. При их подключении результаты экспериментальных исследований ПКЭ следующие:  $K_U=5,3\%$ ;  $\sigma(K_U)=5,1\%$ ;  $K_{2U} = 6,5 \%$ ;  $\sigma(K_{2U})= 2,7 \%$ . Закон распределения вероятностей этих ПКЭ - нормальный.
46. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97, если при равномерном законе распределения вероятностей:  $K_{2U}=1\%$ ;  $\sigma(K_{2U})=0,7\%$ ;  $K_{0U}=0,8$ ;  $\sigma(K_{0U})=1,2$ .

47. В результате контроля качества электроэнергии на шинах 35 кВ подстанции получены при равномерном законе распределения следующие числовые характеристики:  $KU = 3,5 \%$ ,  $\sigma(KU) = 1\%$ ;  $K2U = 1,7 \%$ ,  $\sigma(K2U) = 0,8\%$
48. В результате контроля качества электроэнергии в точке общего присоединения получены следующие значения показателей КЭ при нормальном законе распределения:  $\delta U_y = 3,9\%$ ;  $\sigma(\delta U_y) = 1,5\%$ . Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97.
49. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:  $\Delta f = 0,15 \text{ Гц}$ ,  $\sigma(\Delta f) = 0,1 \text{ Гц}$ .
50. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97. Исходные данные:  $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U = 9,9 \text{ кВ}$ ,  $\sigma(U) = 0,1 \text{ кВ}$ , закон распределения - равномерный.
51. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97. Исходные данные:  $U_{ном} = 15 \text{ кВ}$ ,  $U = 14,9 \text{ кВ}$ ,  $\sigma(U) = 0,1 \text{ кВ}$ , закон распределения - равномерный.
52. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97. Исходные данные:  $U_{ном} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U = 19,8 \text{ кВ}$ ,  $\sigma(U) = 0,2 \text{ кВ}$ , закон распределения - равномерный.
53. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97. Исходные данные:  $U_{ном} = 27,5 \text{ кВ}$ ,  $U = 26,5 \text{ кВ}$ ,  $\sigma(U) = 0,5 \text{ кВ}$ , закон распределения - равномерный.
54. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97. Исходные данные:  $U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U = 34,7 \text{ кВ}$ ,  $\sigma(U) = 0,3 \text{ кВ}$ , закон распределения - равномерный.
55. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ при нормальном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:  $KU_7 = 3,1\%$ ;  $\sigma(KU_7) = 0,5\%$ ;  $KU_{13} = 2,8\%$ ;  $D(KU_{13}) = 1\%$ .
56. Определить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97 на шинах РП-6 кВ при следующих результатах экспериментального исследования:  $KU = 2\%$ ;  $D(KU) = 4 \%$   $U_5 = 1 \%$   $D(U_5) = 4 \%$ ;  $U_7 = 1 \%$ ;  $D(U_7) = 9$
57. Определить соответствие напряжения требованиям ГОСТ 13109-97, если в результате эксперимента получены следующие числовые характеристики при нормальном законе распределения вероятностей:  $U = 370 \text{ В}$ ;  $D(U) = 100 \text{ В}$
58. В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик:  $m(u) = 10,2 \text{ кВ}$ ;  $\sigma(U) = 0,2 \text{ кВ}$ . Закон распределения вероятностей - нормальный. Сделать вывод о соответствии качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97.
59. В результате эксперимента получены следующие оценки числовых характеристик:  $m(u) = 9,8 \text{ кВ}$ ;  $\sigma(U) = 0,4 \text{ кВ}$ . Закон распределения вероятностей - равномерный. Оценить соответствие качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97.
60. Проверить выполнение требований ГОСТ 13109-97 на шинах 10 кВ при равномерном законе распределения и следующих оценках числовых характеристик:  $KU_3 = 2,4\%$ ;  $\sigma(KU_3) = 0,7\%$ ;  $KU_5 = 4\%$ ;  $\sigma(KU_5) = 0,4\%$ .
61. Трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором единой серии 4А имеет номинальные данные, указанные для каждого варианта задания в табл. 1. К номинальным данным относятся:  
 $U_{1ном}$  – линейное напряжение питающей сети, В;  
 $f_1 = 50 \text{ Гц}$  – частота питающей сети, Гц;  
 $P_{2ном}$  – мощность на валу, кВт;  
 $n_{1ном}$  – синхронная частота вращения магнитного поля, об/мин;  
 $S_{ном}$  – скольжение ротора, о.е.;  
 $\eta_{ном}$  – КПД, о.е.;  
 $\cos \varphi_{ном}$  – коэффициент мощности, о.е.;  $m_i = I_{пуск} / I_{ном}$  – отношение начального пускового тока к номинальному току, о.е.;  $K_{п} = M_{пуск} / M_{ном}$  – отношение начального пускового момента к номинальному моменту на валу, о.е.;  $m_{max} = M_{max} / M_{ном}$  – отношение максимального к номинальному моменту, о.е..  
1. Определить номинальный  $M_{ном}$ , максимальный  $M_{max}$ , пусковой  $M_{пуск}$  моменты, номинальный  $I_1$ , пусковой ток  $I_{1пуск}$ , число пар полюсов обмотки статора и мощность на зажимах двигателя  $P_{1ном}$ .

2. Определить мощность КУ состоящего из статических конденсаторов, величину емкости для повышения  $\cos\varphi$  до  $\cos\varphi=0,94$ .

Таблица 1

Технические данные АД	Варианты задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Тип электродвигателя									
	4AA56B4	4AA63A4	4AA63B4	4A71A4	4A71B4	4AA80A4	4AA80B4	4A90L4	4A100S4	4A100L4
$U_{1ном}, В$	220	380	220	380	660	220	380	660	220	380
$P_{2ном}, кВт$	0,18	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4
$n_{1ном}, об/мин$	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
$s_{ном}, \%$	8,9	8	9	7,3	7,5	5,4	5,8	5,1	4,4	4,6
$\cos \varphi_{ном}$	0,64	0,68	0,68	0,7	0,72	0,75	0,77	0,8	0,82	0,84
$\eta_{ном}$	0,64	0,65	0,69	0,7	0,73	0,81	0,83	0,83	0,83	0,84
$m_i = I_{пуск}/I_{ном}$	3,5	4	4	4,5	5	5	6	6	6	6
$K_p = M_{пуск}/M_{ном}$	2,1	2	2	2	2	2	2	2,1	2	2
$K_m = M_{max}/M_{ном}$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4

Продолжение табл.1

Технические данные АД	Варианты задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Тип электродвигателя									
	4A112M4	4A132S4	4A132M4	4A160S4	4A160M4	4A180S4	4A180M4	4A200M4	4A200L4	4A225M4
$U_{1ном}, В$	660	220	380	660	220	380	660	220	380	660
$P_{2ном}, кВт$	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55
$n_{1ном}, об/мин$	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
$s_{ном}, \%$	3,6	2,9	2,8	2,3	2,2	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4
$\cos \varphi_{ном}$	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,9	0,9	0,91	0,93	0,92
$\eta_{ном}$	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$m_i = I_{пуск}/I_{ном}$	7	7	7,5	7	7	6,5	6,5	7	7	7
$K_p = M_{пуск}/M_{ном}$	2	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
$K_m = M_{max}/M_{ном}$	2,2	3	3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5

Окончание табл.1

Технические данные АД	Варианты задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Тип электродвигателя									
	4A25 0S4	4A250M4	4A28 0S4	4AA5 6A2	4AA56B2	4AA6 3A2	4AA 63B2	4A7 1A2	4A7 1B2	4A8 0A2
$U_{1ном}, В$	220	380	660	220	380	220	380	380	220	380
$P_{2ном}, кВт$	75	90	110	0,18	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5
$n_{1ном}, об/мин$	1500	1500	1500	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
$s_{ном}, \%$	1,2	1,3	2,3	8	7,5	8,3	8,5	5,9	6,3	4,2
$\cos \varphi_{ном}$	0,93	0,93	0,92	0,66	0,68	0,7	0,73	0,77	0,77	0,81
$\eta_{ном}$	0,9	0,9	0,9	0,76	0,77	0,86	0,86	0,78	0,78	0,85
$m_i = I_{пуск}/I_{ном}$	7	7	6	4	4	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5
$K_p = M_{пуск}/M_{ном}$	1,2	1,2	1,2	2	2	2	2	2	2	2,1
$K_m = M_{max}/M_{ном}$	2,3	2,3	2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6

62. Определить действующее  $U_2$  и амплитудное  $U_{2m}$  значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора, его коэффициент трансформации  $K$ , постоянную составляющую выпрямленного тока  $I_0$ , мощность  $P$ , выделяемую в сопротивлении нагрузочного резистора  $R_n$ . Выбрать из табл.2 полупроводниковые вентили для двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме. Выпрямленное напряжение  $U_0$  на нагрузочном резисторе  $R_n$ , напряжение питающей сети  $U_1$  в соответствии с вариантом выбирается из табл. 2.

Таблица 2

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U_0, В$	265	254	318	380	95	63,7	159	127	254	127	382	127	64
$U_1, В$	220	380	127	220	380	127	380	220	380	500	220	380	600
$R_n, Ом$	26,5	25,4	31,8	380	9,5	3,2	8	6,4	25,4	12,7	19	6,6	3,2

Варианты	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$U_0, В$	44	127	95	158	76	50	159	127	64	16	22	382
$U_1, В$	220	380	127	220	380	127	380	220	380	500	220	380
$R_n, Ом$	26,5	25,4	31,8	380	9,5	3,2	8	6,4	25,4	12,7	19	6,6

Технические параметры силовых диодов

Тип прибора	КД30 3М	КД20 6А	КД20 6Б	КД20 6В	2Д23 1А	2Д23 9А	2Д23 9Б	2Д24 5А	КД298 9А
$I_0, А$	10	1,0	1,0	1,0	10	20	20	10	20
$I_{max}, А$	10	10	10	10	10	20	20	10	20
$U_{max}, В$	420	400	500	600	150	100	150	400	600

Тип прибора	2Д25 1В	2Д25 2А	2Д29 9Б	КД29 89В	КД29 94А	2Д29 95В	2Д29 95Д	2Д29 95Ж	2Д299 7А
$I_0, А$	10	30	20	20	20	30	30	30	30
$I_{max}, А$	10	30	20	20	20	25	25	25	30
$U_{max}, В$	100	80	200	200	100	100	200	150	250

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)