

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная


**Рабочая программа дисциплины**  
**КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 8 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 12 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 156,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 1,5 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Козлова Н.В.
	Идентификатор	R1f60927a-KozlovaNVI-eab6ee70

Н.В. Козлова


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пугачев Р.В.
	Идентификатор	Rf46e5256-PugachevRV-eb46307e

Р.В. Пугачев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.  
Шестопалова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование систематизированных знаний о современных методах анализа и управления качеством электроэнергии, приобретение студентами навыков определения показателей качества электроэнергии в системах электроэнергетики, а также выбора технических средств и схемных решений для его улучшения

### Задачи дисциплины

- Получение знаний в области стандартизации качества 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;
- Овладение методами расчета показателей качества электроэнергии в различных точках электроэнергетической системы и выбора средств и способов его нормализации;
- Формирование профессиональных навыков по решению проблемы качества электроэнергии при проектировании и эксплуатации объектов систем электроэнергетики.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен применять знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> умеет формировать прогнозы потребления электроэнергии и мощности	знать: - современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ; - методы расчета ПКЭ; - принципы и способы управления КЭ, в том числе и вопросы оптимизации КЭ.  уметь: - определять ущербы от пониженного качества электроэнергии; - определять источники искажения КЭ и пользоваться ГОСТом.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Гидроэнергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия и определения	28.75	7	1.5	-	2.5	-	0.45	-	0.3	-	24	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> работа ориентирована на самостоятельное изучение теоретического материала раздела</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.1 [2], п.1</p>
1.1	История развития требований к качеству электроэнергии	9.75		0.5	-	1	-	0.15	-	0.1	-	8	-	
1.2	Основные понятия и определения	9.25		0.5	-	0.5	-	0.15	-	0.1	-	8	-	
1.3	Показатели качества электроэнергии	9.75		0.5	-	1	-	0.15	-	0.1	-	8	-	
2	Нормирование и контроль качества электроэнергии	28.75		1.5	-	2.5	-	0.45	-	0.3	-	24	-	
2.1	Влияние качества электроэнергии на электроприемники и технологические установки	9.75	0.5	-	1	-	0.15	-	0.1	-	8	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> работа ориентирована на самостоятельное изучение теоретического материала раздела</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.2 [2], п.4 [4], стр. 235-258</p>	
2.2	Нормативно-правовое обеспечение проблемы качества электроэнергии	9.75	0.5	-	1	-	0.15	-	0.1	-	8	-		
2.3	Контроль качества электроэнергии	9.25	0.5	-	0.5	-	0.15	-	0.1	-	8	-		
3	Методы расчета	21.60	1.0	-	2	-	0.30	-	0.30	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b>	



														[4], стр. 155-167
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7		
	Всего за семестр	180.00	8.0	-	12.0	-	2.00	-	1.50	0.3	120.5	35.7		
	Итого за семестр	180.00	8.0	-	12.0	2.00		1.50	0.3		156.2			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Основные понятия и определения

1.1. История развития требований к качеству электроэнергии  
Электрическая дуга, Гальваническая батарея В.В. Петрова, Увеличения номинальных напряжений, Сооружение системы переменного тока.

1.2. Основные понятия и определения

Первая энергосистема, Создание электроэнергетических систем, Термины и определения.

1.3. Показатели качества электроэнергии

Характеристика электромагнитной среды, Пример расположения источников кондуктивных помех в ЭЭС и средств обеспечения КЭ, Основные показатели качества электроэнергии.

### 2. Нормирование и контроль качества электроэнергии

2.1. Влияние качества электроэнергии на электроприемники и технологические установки

Понятие КЭ. Актуальность проблемы КЭ. Характеристика КЭ на предприятиях и объектах, приравненных к ним. Влияние отклонений напряжения на работу асинхронных и синхронных двигателей, полупроводниковых преобразователей, электротермических установок, осветительных электроприемников. Влияние колебаний напряжения на здоровье человека, элементы систем электроэнергетики, потребителей электроэнергии, технологические установки. Влияние несимметрии напряжения на электрические машины, электрические сети, системы автоматики, релейной защиты, телемеханики, работу электротермических установок. Влияние несинусоидальности напряжения на электрооборудование, системы автоматики, релейной защиты, телемеханики, элементы систем электроэнергетики. Сущность электромагнитных помех и их влияние на объекты системы электроэнергетики, электронную и микропроцессорную технику, работу персональных компьютеров. Оценка ущерба от некачественной электроэнергии.

2.2. Нормативно-правовое обеспечение проблемы качества электроэнергии

Стандартизация в области качества электроэнергии. Международные, межгосударственные стандарты по качеству электроэнергии. Принципы нормирования КЭ. Номенклатура ПКЭ. Основные и дополнительные ПКЭ, их определение. Требования к ПКЭ, нормативные значения основных ПКЭ. Правовая основа взаимоотношений потребителей и энергоснабжающих организаций в области качества электроэнергии.

2.3. Контроль качества электроэнергии

Основные определения в области контроля качества электроэнергии. Принципы контроля, анализа и управления КЭ. Виды и периодичность контроля. Выбор пунктов контроля КЭ и контролируемых ПКЭ. Средства и системы контроля КЭ. Погрешности измерений ПКЭ. Представление и анализ результатов контроля КЭ. Определение неустоек за искажение качества электроэнергии.

### 3. Методы расчета показателей качества электроэнергии

3.1. Определение отклонений и колебаний напряжения

Определение возможного диапазона отклонений напряжения у потребителей. Определение предельно допустимых отклонений на шинах центра питания. Расчет

отклонений напряжения в расчетной точке сети. Методы расчета колебаний напряжения. Определение колебаний напряжения при работе ДСП. Расчет колебаний напряжения при работе сварочных установок, прокатных станов.

### 3.2. Расчет несинусоидальности и несимметрии напряжения

Определение ПКЭ, характеризующих несинусоидальность напряжений. Расчет значений токов высших гармоник, обусловленных различными источниками искажения. Составление схем замещения сети и их преобразования. Определение напряжений высших гармоник. Расчет высших гармоник в компенсирующих устройствах. Проверка возможности возникновения резонанса в сети на частотах высших гармоник. Расчет коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности. Оценка допустимости подключения специфичной нагрузки к сети энергоснабжающей организации.

## 4. Улучшение качества электроэнергии

### 4.1. Регулирование напряжения в сети

Регулирование напряжения. Способы и средства регулирования напряжения. Виды регулирования. Методы регулирования. Анализ режима напряжения в распределительной сети. Обеспечение выполнения закона встречного регулирования.

### 4.2. Ограничение колебаний напряжения

Схемные решения по ограничению колебаний напряжения. Технические средства, ограничивающие уровень колебаний: специальные синхронные компенсаторы, статические источники прямой компенсации и косвенной компенсации колебаний напряжения: СТАТКОМ, ТКРМ, СКУ, ИРМ, СТК и др. Выбор параметров технических средств, ограничивающих размах изменения напряжения.

### 4.3. Снижение несинусоидальности напряжения

Схемные решения. Силовые резонансные фильтры и алгоритм их выбора или проектирования. Расчет параметров силовых резонансных фильтров. Ненастроенные фильтры и выбор их параметров. Филтросимметрирующие и фильтрокомпенсирующие устройства. Комбинированные фильтры высших гармоник. Гибридные и активные фильтры.

### 4.4. Снижение несимметрии напряжения

Способы симметрирования, схемные решения по снижению несимметрии напряжения. Симметрирующие устройства: трансформаторного типа, схемы Штейнметца, емкостные, емкостно-индуктивные устройства и выбор их параметров.

## 5. Управление КЭ

### 5.1. Основные определения

Основные определения в области управления качеством электроэнергии. Организационные, методические и технические мероприятия по улучшению КЭ.

### 5.2. Принципы построения системы управления качеством электроэнергии

Принципы построения системы управления качеством электроэнергии. Определение ущербов от пониженного качества электроэнергии. Оптимизация ПКЭ.



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

1. Расчет несинусоидальных и несимметричных режимов;
2. Расчет отклонений напряжений в распределительных сетях предприятий и энергосистем. Расчет колебаний напряжения;
3. Снижение колебаний напряжения в электрических сетях;
4. Выбор параметров технических средств по снижению несимметрии напряжения в электрических сетях;
5. Выбор параметров технических средств по снижению несинусоидальности напряжения в электрических сетях;
6. Регулирование напряжения в электрических сетях. Выбор добавок напряжения при различных средствах регулирования напряжения;
7. Эксплуатационный контроль ПКЭ. Определение соответствия показателям качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Рассмотрение особенностей употребления основных понятий и определений качества электроэнергии.
2. Рассмотрение особенностей нормирования и контроля качества электроэнергии.
3. Рассмотрение особенностей методов расчета показателей качества электроэнергии.
4. Рассмотрение особенностей улучшения качества электроэнергии.
5. Рассмотрение особенностей управления качеством электроэнергии.

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
принципы и способы управления КЭ, в том числе и вопросы оптимизации КЭ	ИД-2ПК-1		+				Тестирование/Нормирование качества электроэнергии. Контроль качества
методы расчета ПКЭ	ИД-2ПК-1	+					Тестирование/Основные понятия качества электроэнергии
современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ	ИД-2ПК-1			+			Тестирование/Расчет показателей качества электроэнергии
<b>Уметь:</b>							
определять источники искажения КЭ и пользоваться ГОСТом	ИД-2ПК-1				+		Контрольная работа/Повышение качества электроэнергии
определять ущербы от пониженного качества электроэнергии	ИД-2ПК-1					+	Контрольная работа/Управление качеством электроэнергии

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

7 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Нормирование качества электроэнергии. Контроль качества (Тестирование)
2. Основные понятия качества электроэнергии (Тестирование)
3. Расчет показателей качества электроэнергии (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Повышение качества электроэнергии (Контрольная работа)
2. Управление качеством электроэнергии (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко. – М. : Энергия, 1977. – 128 с.;
2. Качество электроэнергии в электрических сетях и способы его обеспечения : учебное пособие по курсу "Передача и распределение электрической энергии" / А. П. Антипов, [и др.], Моск. энерг. ин-т (МЭИ) ; ред. В. Г. Федченко. – 1992. – 102 с.;
3. Розанов Ю.К., Бурман А.П., Шакарян Ю.Г. - "Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (384 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72311](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72311);
4. Управление качеством электроэнергии : учебное пособие для вузов по направлению 140200 "Электротехника" / И. И. Карташев, и др. ; ред. Ю. В. Шаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с. - ISBN 978-5-383-01074-7 ..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования	Ж-417 /2а, Помещение для	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и

и учебного инвентаря	инвентаря	курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
----------------------	-----------	--

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Качество электроэнергии

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные понятия качества электроэнергии (Тестирование)  
 КМ-2 Нормирование качества электроэнергии. Контроль качества (Тестирование)  
 КМ-3 Расчет показателей качества электроэнергии (Тестирование)  
 КМ-4 Повышение качества электроэнергии (Контрольная работа)  
 КМ-5 Управление качеством электроэнергии (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	Основные понятия и определения						
1.1	История развития требований к качеству электроэнергии		+				
1.2	Основные понятия и определения		+				
1.3	Показатели качества электроэнергии		+				
2	Нормирование и контроль качества электроэнергии						
2.1	Влияние качества электроэнергии на электроприемники и технологические установки			+			
2.2	Нормативно-правовое обеспечение проблемы качества электроэнергии			+			
2.3	Контроль качества электроэнергии			+			
3	Методы расчета показателей качества электроэнергии						
3.1	Определение отклонений и колебаний напряжения				+		
3.2	Расчет несинусоидальности и несимметрии напряжения				+		
4	Улучшение качества электроэнергии						
4.1	Регулирование напряжения в сети					+	
4.2	Ограничение колебаний напряжения					+	

4.3	Снижение несинусоидальности напряжения				+	
4.4	Снижение несимметрии напряжения				+	
5	Управление КЭ					
5.1	Основные определения					+
5.2	Принципы построения системы управления качеством электроэнергии					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20