

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**


<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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 109,2 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>2 семестр - 7,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>2 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,4 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>2 семестр - 0,4 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шатохин А.А.
	Идентификатор	R0e68e98d-ShatokhinAA-1c3724c4

(подпись)

А.А. Шатохин

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

В.А. Барат

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIGN-f73624c4

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ элементной базы аналоговых измерительных устройств, принципов построения аналоговых и цифровых средств измерения электрической мощности и энергии и анализ их метрологических характеристик

### Задачи дисциплины

- освоение понятий активная, реактивная и полная мощность и энергия;
- изучение методов измерения активной, реактивной и полной мощности и энергии;
- реализация возможностей современной элементной базы с целью построения оптимальных схем;
- изучение принципов функционирования, построения и анализа схем функциональных аналоговых измерительных узлов и устройств;
- применение методик исследования схем в статическом и динамическом режимах для проверки правильности их работы.

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 осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Разрабатывает структуру протоколов метрологической аттестации средств измерений	знать: - источники возникновения инструментальных и методических погрешностей.  уметь: - проводить оценку метрологических характеристик проектируемых схем.
ПК-1 Способен осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Проводит расчет погрешностей 5. Разрабатывает схемотехнические и аппаратные решения для разработки информационных систем 6. Применяет технологии интернет вещей 7. Применяет современные модели развития бизнеса информационных технологий 8. Проводит расчет инвестиционных показателей проектов, связанных с развитием информационных технологий 9. Применяет принципы проектирования микропроцессорных систем и вычислительных систем 10. Осуществляет разработку аппаратных и программных средств различного назначения в соответствии с	знать: - понятия основных параметров электроэнергетики.  уметь: - выполнять разработку цифровых систем измерения параметров электроэнергии; - выполнять моделирование цифровых средств измерения параметров электроэнергии с применением современных программ имитационного моделирования; - проводить анализ частотных характеристик цифровых систем.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	техническим заданием 11. Проводит обработку из	
ПК-2 Способен применять фундаментальные научные методы при исследовании, анализе, моделировании и проектировании аналитических информационных систем	ИД-1ПК-2 Осуществляет обработку измерительной информации, проводит анализ и структурирование данных	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы измерения параметров электрической мощности и энергии силовых электрических сетей;</li> <li>- методы измерения среднего квадратического значения силовых электрических сетей;</li> <li>- методы измерения частоты силовых электрических сетей.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к их параметрам.</li> </ul>
ПК-2 Способен применять фундаментальные научные методы при исследовании, анализе, моделировании и проектировании аналитических информационных систем	ИД-2ПК-2 Проводит расчет и проектирование первичных преобразователей, предназначенных для измерения различных физических величин	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств;</li> <li>- классификацию и назначение функциональных аналоговых узлов и устройств информационно-измерительной техники.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные понятия и методы теоретических основ электротехники
- знать основные понятия и методы теории вероятностей
- знать устройство, основные физические процессы, характеристики и параметры полупроводниковых приборов и области их применения
- уметь проводить расчеты электрических схем
- уметь анализировать и представлять функции и отношения случайных величин
- уметь объяснять основные принципы действия элементов интегральных схем и принципы работы аналоговых и цифровых схем и устройств

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	Термины и определения. Основные понятия	29.9	2	10	3.5	-	-	0.4	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Разобрать сущность основных понятий курса: СКЗ, частота, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность для случая синусоидального и полигармонического входных сигналов.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 129-177</p>	
1.1	Основные параметры сигналов в электроэнергетике	7.1		2	1	-	-	0.1	-	-	-	4	-		
1.2	Основные понятия для параметров электрических сетей	7.1		2	1	-	-	0.1	-	-	-	4	-		
1.3	Основные принципы построения измерительных каналов	8.1		3	1	-	-	0.1	-	-	-	4	-		
1.4	Первичные измерительные преобразователи тока	7.6		3	0.5	-	-	0.1	-	-	-	4	-		
2	Цифровые методы измерения СКЗ	10.7		3	0.5	-	-	0.2	-	-	-	7	-		<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение методов измерения активной и полной мощности.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 37-53</p>
2.1	Цифровые методы измерения СКЗ	10.7		3	0.5	-	-	0.2	-	-	-	7	-		
3	Цифровые методы измерения частоты	20.3		4	4	-	-	0.3	-	-	-	12	-		<p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 13-24</p>
3.1	Взаимосвязь частоты и основных параметров сигналов электрических сетей	8.1	1	2	-	-	0.1	-	-	-	5	-			

3.2	Цифровые методы измерения частоты	12.2	3	2	-	-	0.2	-	-	-	7	-	
4	Цифровые методы измерения активной мощности	18.3	4	4	-	-	0.3	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 62-65
4.1	Связь СКЗ, полной мощности и активной мощности	8.1	1	2	-	-	0.1	-	-	-	5	-	
4.2	Цифровые методы измерения активной мощности	10.2	3	2	-	-	0.2	-	-	-	5	-	
5	Принципы измерения реактивной мощности.	11.2	3	1	-	-	0.2	-	-	-	7	-	
5.1	Принципы измерения реактивной мощности	11.2	3	1	-	-	0.2	-	-	-	7	-	
6	Применение цифровой обработки сигналов в средствах измерения электрической мощности и энергии	27.3	8	3	-	-	0.3	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение цифровых фильтров КИХ и БИХ типа. Реализация цифровых фильтров в программных пакетах Matlab и Simulink. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 381-450, 499-553, 737-782 [2], 683-752, 477-559 [5], 295-375, 376-442
6.1	Типы цифровых фильтров	7.1	1	1	-	-	0.1	-	-	-	5	-	
6.2	Влияние характеристик фильтров на методические погрешности измерения СКЗ, частоты и параметров мощности	9.1	3	1	-	-	0.1	-	-	-	5	-	
6.3	Спектральный анализ	11.1	4	1	-	-	0.1	-	-	-	6	-	
	Экзамен	34.2	-	-	-	-	0.3	-	-	0.4	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	28.1	-	-	-	16	-	4	-	0.4	7.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16.0</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2.0</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>75.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16.0</b>	<b>-</b>	<b>18.0</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>109.2</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Термины и определения. Основные понятия

#### 1.1. Основные параметры сигналов в электроэнергетике

Основные параметры напряжения. Основная спектральная составляющая и гармоники: значения частот, значения коэффициентов гармоник, значения начальных фаз. Шумы сигналов напряжения, их характеристики, математическая модель. Фликер сигналов напряжения, их характеристики, математическая модель.. Основные параметры тока. Основная спектральная составляющая и гармоники: значения частот, значения коэффициентов гармоник, значения начальных фаз. Шумы сигналов тока, их характеристики, математическая модель. Фликер сигналов тока, их характеристики, математическая модель..

#### 1.2. Основные понятия для параметров электрических сетей

Определение среднего квадратического значения. Случай синусоидального и полигармонического входного сигнала. Определения СКЗ во временной и частотной области.. Определение частоты сигнала. Случай синусоидального и полигармонического периодического сигналов. Влияние частоты на погрешность измерения параметров мощности и энергии.. Понятие электрической мощности и энергии. Определение активной мощности. Физическая интерпретация активной мощности. Активная мощность для сигналов синусоидальной и произвольной формы.. Определение полной мощности. Физическая интерпретация полной мощности. Действующее значение для сигналов синусоидальной и произвольной формы.. Определение реактивной мощности для сигналов синусоидальной формы. Физическая интерпретация реактивной мощности. Реактивная мощность для сигналов синусоидальной формы. Понятие энергетического баланса. Различие подходов к определению реактивной мощности сигнала произвольной формы: метод энергетического баланса, метод Будеану и через интегральный функционал. Понятие мощности искажений..

#### 1.3. Основные принципы построения измерительных каналов

Измерительный канал напряжения. Структурная схема, её компоненты и их взаимное расположение. Первичные преобразователи напряжения, масштабирующие устройства, аналоговые фильтры, аналого-цифровые преобразователи, цифровые вычислительные устройства. Основные источники погрешности и способы их снижения.. Измерительный канал тока. Структурная схема, её компоненты и их взаимное расположение. Первичные преобразователи тока, масштабирующие устройства, аналоговые фильтры, аналого-цифровые преобразователи, цифровые вычислительные устройства. Основные источники погрешности и способы их снижения.. Измерительные каналы параметров мощности. Построение измерительного канала параметров мощности на основе измерительных каналов напряжения и тока. Основные источники погрешности и оценка их коэффициентов влияния. Способы снижения дополнительной фазовой погрешности..

#### 1.4. Первичные измерительные преобразователи тока

Классификация первичных преобразователей тока. Резистивные шунты: принцип применения, достоинства и недостатки. Влияние паразитной индуктивности на угловую и фазовую погрешности преобразования. Трансформаторы тока: принцип работы, достоинства и недостатки. Влияние материала сердечника на нелинейность передаточной функции трансформатора тока. Катушки Роговского: принцип работы, достоинства и недостатки. Принципы интегрирования выходного сигнала: на собственной индуктивности, пассивное аналоговое интегрирование, активное аналоговое интегрирование, цифровое интегрирование. Магниторезистивные измерительные преобразователи.: принцип работы,



достоинства и недостатки. Использование мостов постоянного тока в качестве вторичных измерительных преобразователей..

## 2. Цифровые методы измерения СКЗ

### 2.1. Цифровые методы измерения СКЗ

Классификация методов измерения СКЗ. Достоинства и недостатки.. Сравнительный анализ методов, основанных на аппроксимации напряжения: алгоритмы измерения, вывод аналитических зависимостей (методом, учитывающим синусоидальную природу входных сигналов, и методом, основанным на аппарате вычислительной математики) методической погрешности измерения от параметров сигналов, частоты дискретизации и времени измерения. Методическая погрешность измерения в случае несинусоидальных токов и напряжений.. Методы, основанные на фильтрации квадрата входного сигнала. Принцип измерения. Методическая погрешность измерения. Влияние передаточной характеристики фильтров на динамическую погрешность измерения.. Измерение СКЗ методами по максимальному и минимальному значениям измеряемого сигнала и методом по трем точкам. Алгоритм измерения. Зависимость методической погрешности от отклонения частоты входного сигнала и времени измерения. Влияние синусоидальности измеряемого сигнала на погрешности измерения.. Измерение СКЗ методом по второй производной входного сигнала. Алгоритм измерения. Зависимость методической погрешности от отклонения частоты входного сигнала и времени измерения. Влияние синусоидальности измеряемого сигнала на погрешности измерения.. Измерение СКЗ методами спектрального анализа. Алгоритм измерения. Эффект "растекания спектра" и его влияние на погрешность измерения СКЗ. Зависимость методической погрешности от отклонения частоты входного сигнала и времени измерения. Влияние синусоидальности измеряемого сигнала на погрешности измерения..

## 3. Цифровые методы измерения частоты

### 3.1. Взаимосвязь частоты и основных параметров сигналов электрических сетей

Взаимосвязь частоты сигнала, СКЗ и параметров электрической мощности. Оценка влияние погрешности измерения частоты на погрешность измерения СКЗ и параметров электрической мощности..

### 3.2. Цифровые методы измерения частоты

Метод по переходам сигнала через нуль. Алгоритм измерения, источники погрешности, способы повышения точности. Оценка быстродействия и сложности практической реализации. Влияние формы сигнала на погрешность измерения. Модификации метода: с предварительной фильтрацией, использование оптимального уровня переходов, предварительной фильтрацией скользящим ДПФ.. Метод по второй производной входного сигнала. Алгоритм измерения, источники погрешности, способы повышения точности. Оценка быстродействия и сложности практической реализации. Влияние формы сигнала на погрешность измерения.. Метод анализа дискретного спектра сигнала. Алгоритм измерения, источники погрешности, способы повышения точности. Оценка быстродействия и сложности практической реализации. Влияние формы сигнала на погрешность измерения.. Метод квадратурной демодуляции. Алгоритм измерения, источники погрешности, способы повышения точности. Оценка быстродействия и сложности практической реализации. Влияние формы сигнала на погрешность измерения.. Метод анализа приращений фазы (фазор). Алгоритм измерения, источники погрешности, способы повышения точности. Оценка быстродействия и сложности практической реализации. Влияние формы сигнала на погрешность измерения..

#### 4. Цифровые методы измерения активной мощности

##### 4.1. Связь СКЗ, полной мощности и активной мощности

Понятия СКЗ, активной и полной мощности. Измерение полной и активной мощности посредством измерения СКЗ напряжения и тока. Взаимосвязь погрешности измерения СКЗ напряжения и тока и параметров активной и полной мощности..

##### 4.2. Цифровые методы измерения активной мощности

Классификация методов измерения активной мощности. Достоинства и недостатки.. Сравнительный анализ методов, основанных на аппроксимации дискретных сигналов тока и напряжения: алгоритмы измерения, вывод аналитических зависимостей (методом, учитывающим синусоидальную природу входных сигналов, и методом, основанным на аппарате вычислительной математики) методической погрешности измерения от параметров сигналов, частоты дискретизации и времени измерения. Методическая погрешность измерения в случае несинусоидальных токов и напряжений.. Сравнительный анализ методов, основанных на аппроксимации дискретного сигнала мгновенной мощности. Алгоритмы измерения. Вывод аналитических зависимостей (методом, учитывающим синусоидальную природу входных сигналов, и методом, основанным на аппарате вычислительной математики) методической погрешности измерения от параметров сигналов, частоты дискретизации и времени измерения. Методическая погрешность измерения в случае несинусоидальных токов и напряжений.. Измерение активной мощности методом по максимальному и минимальному значениям мгновенной мощности. Алгоритм измерения. Зависимость методической погрешности от отклонения частоты входного сигнала и времени измерения. Исследование влияния дополнительных гармоник спектров тока и напряжения на методическую погрешность измерения.. Метод измерения активной мощности, основанный на спектральном анализе тока и напряжения. Алгоритм измерения. Эффект "растекания спектра" и его влияние на погрешность измерения активной мощности. Зависимость методической погрешности от отклонения частоты входного сигнала, времени измерения; исследование влияния дополнительных гармоник спектров тока и напряжения на методическую погрешность измерения.. Методы, основанные на фильтрации сигнала мгновенной мощности. Принцип измерения. Методическая погрешность измерения. Влияние передаточной характеристики фильтров на статическую и динамическую составляющие погрешности измерения..

#### 5. Принципы измерения реактивной мощности.

##### 5.1. Принципы измерения реактивной мощности

Классификация методов измерения реактивной мощности.. Метод временной задержки. Алгоритм измерения. Методическая погрешность измерения для синусоидального и полигармонического входного сигнала. Дополнительная погрешность, вызванная отклонением частоты сигнала и временного сдвига.. Метод интегрирования. Алгоритм измерения. Методическая погрешность для синусоидального и полигармонического входных сигналов. Дополнительная погрешность, вызванная отклонением частоты сигнала. Дополнительная погрешность, вызванная неидеальностью интегратора.. Метод дифференцирования. Алгоритм измерения. Методическая погрешность для случая синусоидального и полигармонического входных сигналов. Дополнительная погрешность, вызванная отклонением частоты сигнала. Дополнительная погрешность, вызванная неидеальностью дифференциатора.. Метод интегрирования – дифференцирования. Алгоритм измерения. Методическая погрешность для случаев синусоидального и полигармонического входных сигналов. Дополнительная погрешность, вызванной отклонением частоты сигнала. Дополнительная погрешность, вызванной неидеальностью интегратора и дифференциатора..

Метод энергетического баланса. Алгоритм измерения. Методическая погрешность для случаев синусоидального и полигармонического входных сигналов. Зависимость погрешности измерения полной мощности вызванной погрешностями измерения активной и полной мощностей.. Метод измерения основанный на применении преобразователей Гильберта. Алгоритм измерения. Сравнительный анализ рекурсивных и нерекурсивных преобразователей Гильберта. Комбинированный фазовращатель на основе интегратора и рекурсивного преобразователя Гильберта.. Метод измерения, основанный на спектральном анализе тока и напряжения. Алгоритм измерения. Эффект "растекания спектра" и его влияние на погрешность измерения реактивной мощности. Зависимость методической погрешности измерения от частоты входного сигнала, частоты дискретизации, начальной фазы тока и напряжения, фазового сдвига между током и напряжением, времени наблюдения..

## 6. Применение цифровой обработки сигналов в средствах измерения электрической мощности и энергии

### 6.1. Типы цифровых фильтров

Основные требования к цифровым фильтрам, применяемым для измерения электрической мощности. Классификация цифровых фильтров.. КИХ-фильтры: определение, достоинства, недостатки, особенности реализации.. БИХ-фильтры: определение, достоинства, недостатки, особенности реализации. Методы расчета параметров. Структуры цифровых БИХ-фильтров. Способы обеспечения устойчивости.. Специальные фильтры. Комбинированные БИХ+КИХ фильтры: определение, достоинства, недостатки. Цифровой фильтр скользящего среднего. Цифровые интеграторы-гребенчатые фильтры..

### 6.2. Влияние характеристик фильтров на методические погрешности измерения СКЗ, частоты и параметров мощности

Методическая погрешность измерения СКЗ, в случае применения рассмотренных фильтров.. Методическая погрешность измерения частоты, в случае применения рассмотренных фильтров.. Методическая погрешность измерения параметров мощности, в случае применения рассмотренных фильтров..

### 6.3. Спектральный анализ

Взаимосвязь спектров аналогового и дискретного сигналов. Прямое и обратное ДПФ. Свойства ДПФ.. Алгоритмы реализации ДПФ: прямая реализация, алгоритм Герцеля, алгоритм быстрого преобразования Фурье. Достоинства и недостатки.. Эффект "растекания спектра" и его влияние на погрешности измерения спектра. Способы снижения эффекта "растекания спектра": применение оконных функций, подстройка числа отсчетов, подстройка частоты дискретизации. Достоинства и недостатки..

## **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

## **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Цифровые методы измерения частоты сигнала.;
2. Генерация сигнала сложной формы. Измерение СКЗ сигнала.;
3. Цифровые методы измерения реактивной мощности;
4. Цифровые методы измерения активной мощности.

### 3.5 Консультации

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 2 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 7	6, 8	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	30	35	15	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	50	85	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Анализ технического задания
2	Выбор метода измерения требуемого параметра
3	Разработка структурной схемы
4	Выбор элементной базы
5	Разработка принципиальной схемы
6	Разработка программного обеспечения
7	Метрологический расчет
8	Оформление работы и подготовка презентации

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6		
<b>Знать:</b>									
источники возникновения инструментальных и методических погрешностей	ИД-3ПК-1							+	Контрольная работа/Контрольная работа №1
понятия основных параметров электроэнергетики	ИД-4ПК-1	+							Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
методы измерения частоты силовых электрических сетей	ИД-1ПК-2			+					Лабораторная работа/Лабораторная работа №2
методы измерения среднего квадратического значения силовых электрических сетей	ИД-1ПК-2		+						Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
методы измерения параметров электрической мощности и энергии силовых электрических сетей	ИД-1ПК-2				+				Лабораторная работа/Лабораторная работа №3
классификацию и назначение функциональных аналоговых узлов и устройств информационно-измерительной техники	ИД-2ПК-2	+							Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств	ИД-2ПК-2	+							Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
<b>Уметь:</b>									
проводить оценку метрологических характеристик проектируемых схем	ИД-3ПК-1							+	Контрольная работа/Контрольная работа №1
проводить анализ частотных характеристик цифровых систем	ИД-4ПК-1							+	Контрольная

								работа/Контрольная работа №1
выполнять моделирование цифровых средств измерения параметров электроэнергии с применением современных программ имитационного моделирования	ИД-4ПК-1						+	Лабораторная работа/Лабораторная работа №4
выполнять разработку цифровых систем измерения параметров электроэнергии	ИД-4ПК-1						+	Контрольная работа/Контрольная работа №2
ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к их параметрам	ИД-1ПК-2	+						Лабораторная работа/Лабораторная работа №1

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
2. Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №2)

Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов : практический подход : пер. с англ. / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис . – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2004 . – 992 с. - ISBN 5-84590-710-1 .;
2. А. Оппенгейм, Р. Шафер- "Цифровая обработка сигналов", (3-е изд., испр.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2012 - (1048 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>;
3. Кончаловский, В. Ю. Цифровые измерительные приборы. Ч.1 / В. Ю. Кончаловский ; Ред. И. Н. Грацианский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1974 . – 74 с.;
4. Кончаловский, В. Ю. Цифровые измерительные приборы. Ч.2 / В. Ю. Кончаловский ; Ред. В. Ф. Семенов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1976 . – 82 с.;
5. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А. Б. Сергиенко . – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2006 . – 751 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 5-469-00816-9 .;
6. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники: [в 2 т.]. Т. 1 : учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин . – 5-е изд. – СПб. : Питер, 2009 . – 512 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 978-5-388-00410-9 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. Scilab;
7. Code Composer Studio.

## 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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
14. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
15. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
16. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>
17. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
18. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
19. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
20. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
21. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
22. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-530в, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер



Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-530а, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория по исследованию интерфейсов периферийных устройств»	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-530в, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
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	Е-430/4, Лаборатория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-308/1, Кладовая	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Цифровые технологии в электроэнергетике

(название дисциплины)

## 2 семестр

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

КМ-1 Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)

КМ-2 Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)

КМ-3 Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)

КМ-4 Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

КМ-5 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)

КМ-6 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	Термины и определения. Основные понятия							
1.1	Основные параметры сигналов в электроэнергетике		+					
1.2	Основные понятия для параметров электрических сетей		+					
1.3	Основные принципы построения измерительных каналов		+					
1.4	Первичные измерительные преобразователи тока		+					
2	Цифровые методы измерения СКЗ							
2.1	Цифровые методы измерения СКЗ		+					
3	Цифровые методы измерения частоты							
3.1	Взаимосвязь частоты и основных параметров сигналов электрических сетей			+				
3.2	Цифровые методы измерения частоты			+				
4	Цифровые методы измерения активной мощности							
4.1	Связь СКЗ, полной мощности и активной мощности				+			
4.2	Цифровые методы измерения активной мощности				+			
5	Принципы измерения реактивной мощности.							

5.1	Принципы измерения реактивной мощности				+		
6	Применение цифровой обработки сигналов в средствах измерения электрической мощности и энергии						
6.1	Типы цифровых фильтров					+	
6.2	Влияние характеристик фильтров на методические погрешности измерения СКЗ, частоты и параметров мощности					+	
6.3	Спектральный анализ						+
Вес КМ, %:		15	15	15	15	20	20

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Цифровые технологии в электроэнергетике

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 Выполнение разделов 1, 2

КМ-2 Выполнение разделов 3, 4

КМ-3 Выполнение разделов 5, 6

КМ-4 Выполнение разделов 7, 8

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Анализ технического задания		+			
2	Выбор метода измерения требуемого параметра		+			
3	Разработка структурной схемы			+		
4	Выбор элементной базы			+		
5	Разработка принципиальной схемы				+	
6	Разработка программного обеспечения					+
7	Метрологический расчет				+	
8	Оформление работы и подготовка презентации					+
Вес КМ, %:			20	30	35	15