

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


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	2 семестр - 109,2 часов;
в том числе на КП/КР	2 семестр - 7,7 часов;
Иная контактная работа	2 семестр - 4 часа;
включая: Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,4 часа;
Защита курсовой работы	2 семестр - 0,4 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов А.Н.
	Идентификатор	R3786f736-SerovAN-de3bc6a8

(подпись)

А.Н. Серов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIN-f73624c

(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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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"> - методы измерения параметров электрической мощности и энергии силовых электрических сетей; - методы измерения среднего квадратического значения силовых электрических сетей; - методы измерения частоты силовых электрических сетей. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к их параметрам.
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"> - принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств; - классификацию и назначение функциональных аналоговых узлов и устройств информационно-измерительной техники.

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><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Разобрать сущность основных понятий курса: СКЗ, частота, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность для случая синусоидального и полигармонического входных сигналов.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение методов измерения активной и полной мощности.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение цифровых фильтров КИХ и БИХ типа. Реализация цифровых фильтров в программных пакетах Matlab и Simulink. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	
	Всего за семестр	180.0	32	16.0	-	16	2.0	4	-	0.8	75.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	16.0	-	18.0		4		0.8	109.2		

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		
Знать:									
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
Уметь:									
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
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