

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Цифровые технологии в электроэнергетике**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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-ZhelbakovIgN-f73624c

(подпись)

И.Н.

Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем

ИД-3 Разрабатывает структуру протоколов метрологической аттестации средств измерений

ИД-4 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 техническим заданием 11. Проводит обработку из

2. ПК-2 Способен применять фундаментальные научные методы при исследовании, анализе, моделировании и проектировании аналитических информационных систем

ИД-1 Осуществляет обработку измерительной информации, проводит анализ и структурирование данных

ИД-2 Проводит расчет и проектирование первичных преобразователей, предназначенных для измерения различных физических величин

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

### БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	10	12	14	16
Термины и определения. Основные понятия							

Основные параметры сигналов в электроэнергетике	+					
Основные понятия для параметров электрических сетей	+					
Основные принципы построения измерительных каналов	+					
Первичные измерительные преобразователи тока	+					
Цифровые методы измерения СКЗ						
Цифровые методы измерения СКЗ	+					
Цифровые методы измерения частоты						
Взаимосвязь частоты и основных параметров сигналов электрических сетей		+				
Цифровые методы измерения частоты		+				
Цифровые методы измерения активной мощности						
Связь СКЗ, полной мощности и активной мощности			+			
Цифровые методы измерения активной мощности			+			
Принципы измерения реактивной мощности.						
Принципы измерения реактивной мощности				+		
Применение цифровой обработки сигналов в средствах измерения электрической мощности и энергии						
Типы цифровых фильтров					+	
Влияние характеристик фильтров на методические погрешности измерения СКЗ, частоты и параметров мощности					+	
Спектральный анализ						+
Вес КМ:	15	15	15	15	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Анализ технического задания		+			
Выбор метода измерения требуемого параметра		+			

Разработка структурной схемы		+		
Выбор элементной базы		+		
Разработка принципиальной схемы			+	
Разработка программного обеспечения				+
Метрологический расчет			+	
Оформление работы и подготовка презентации				+
Вес КМ:	20	30	35	15

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	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	Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
ПК-1	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,	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	Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа) Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа) Контрольная работа №1 (Контрольная работа) Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

	<p>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 техническим заданием 11. Проводит обработку из</p>	<p>моделирования проводить анализ частотных характеристик цифровых систем</p>	
ПК-2	<p>ИД-1<sub>ПК-2</sub> Осуществляет обработку измерительной информации, проводит анализ и структурирование данных</p>	<p>Знать: методы измерения параметров электрической мощности и энергии силовых электрических сетей методы измерения среднего квадратического значения силовых электрических сетей методы измерения частоты силовых электрических сетей Уметь: ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к их параметрам</p>	<p>Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа) Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа) Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)</p>

ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Проводит расчет и проектирование первичных преобразователей, предназначенных для измерения различных физических величин	Знать: принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств классификацию и назначение функциональных аналоговых узлов и устройств информационно-измерительной техники	Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)
------	--	---	--



## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Лабораторная работа №1

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в компьютерном классе кафедры ДИТ. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студентов бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности. По результатам проводится защита на знание основных понятий и терминов и решение типовых задач.

#### Краткое содержание задания:

Пользуясь математическими пакетами Matlab и Simulink, разработать программы генерации двух полигармонических сигналов - напряжения и тока. Указываются СКЗ основной гармоники входного сигнала, коэффициенты гармоник, форма и параметры фликера и параметры шума. В генераторах реализовать блоки определения параметров выходных сигналов: СКЗ, частота, начальная фаза, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность. По результатам выполнения задания составляется отчет. Для проверки достоверности необходимо сравнить результаты исполнения обеих программ.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: понятия основных параметров электроэнергетики	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Понятие комплексной мощности. Связь комплексной мощности со спектрами напряжения и тока.</li><li>2. Понятие фликера, математическое описание фликера. Параметры кратковременная доза фликера и долговременная доза фликера.</li><li>3. Понятие интегармоник, субгармоник. Связь параметров интегармоник и фликера. Понятие супрагармоник и их параметры.</li><li>4. Понятие комплексной мощности. Связь комплексной мощности, активной мощности, реактивной мощности и полной мощности для случая синусоидального и полигармонического напряжения и тока.</li></ol>
Знать: методы измерения среднего квадратического значения силовых электрических сетей	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определение СКЗ для синусоидальных и полигармонических сигналов. Связь СКЗ и полной мощности</li><li>2. Классификация методов измерения СКЗ. Указать достоинства и недостатки, возможность измерения СКЗ полигармонического сигнала для каждого из рассмотренных методов.</li><li>3. Методы, основанный на аппроксимации квадрата отсчетов входного сигнала. Сравнительный анализ, достоинства и недостатки, особенности реализации.</li></ol>
Знать: классификацию и назначение функциональных	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные элементы измерительных каналов напряжения и тока. Назначение элементов, порядок</li></ol>

<p>аналоговых узлов и устройств информационно-измерительной техники</p>	<p>подключения, влияние на погрешность измерения параметров мощности, частоты и СКЗ.</p> <p>2. Назначение аналогового фильтра в измерительных каналах напряжения и тока. Принципы подбора параметров фильтров, ограничения на ширину полос пропускания и заграждения, минимальное затухание в полосе заграждения и неравномерность в полосе пропускания. Влияние параметров фильтров на погрешность измерения параметров мощности, частоты и СКЗ.</p> <p>3. Назначение масштабирующего устройства в измерительных каналах напряжения и тока. Принципы подбора параметров масштабирующего устройства, виды масштабирующих устройств. Влияние параметров масштабирующих устройств на погрешность измерения параметров мощности, частоты и СКЗ.</p> <p>4. Назначение аналого-цифровых преобразователей (АЦП) измерительных каналов напряжения и тока. Влияние параметров АЦП на погрешность измерения параметров мощности, частоты и СКЗ.</p>
<p>Знать: принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств</p>	<p>1. Назовите основные элементы структурных схем измерительных каналов.</p> <p>2. Основные функции цифрового вычислительного устройства (ЦВУ). Требования, предъявляемые к ЦВУ при разработке измерительных каналов.</p> <p>3. Параметры аналого-цифровых преобразователей, влияющие на быстродействие и точность измерительных каналов напряжения, тока и параметров мощности.</p>
<p>Уметь: ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к их параметрам</p>	<p>1. С помощью программы Simulink разработать генератор синусоидального сигнала и белого шума.</p> <p>2. С помощью программы Simulink разработать генератор синусоидального сигнала, искаженного фликером синусоидальной формы.</p> <p>3. С помощью программы Simulink разработать генератор полигармонического сигнала (первая и третья гармоники) и постоянного смещения нуля.</p> <p>4. С помощью программы Matlab разработать генератор полигармонического сигнала (первая и пятая гармоники) и постоянного смещения нуля.</p> <p>5. С помощью программы Simulink разработать программу расчета номинального значения активной мощности (известны амплитудные и фазовые значения напряжения и тока).</p> <p>6. С помощью программы Matlab разработать программу расчета номинального значения реактивной мощности (известны амплитудные и фазовые значения напряжения и тока).</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

## **КМ-2. Лабораторная работа №2**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в компьютерном классе кафедры ДИТ. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студентов бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности. По результатам проводится защита на знание основных понятий и терминов и решение типовых задач.

### **Краткое содержание задания:**

Пользуясь математическими пакетами Matlab и Simulink, разработать программы измерения среднеквадратического значения (СКЗ) указанным методом.

Программу моделирования метода измерения частоты для Matlab оформить в виде подпрограммы-функции, для Simulink в виде маскируемой подсистемы.

Получить зависимость погрешности исследуемого метода от:

- относительного отклонения частоты входного сигнала;
- начальной фазы входного сигнала;
- время измерения входного сигнала.

Проанализировать влияние входного шума, фликера и гармоник входного напряжения на погрешность измерения СКЗ исследуемым методом.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы измерения частоты силовых электрических сетей	1.Метод по второй производной входного сигнала (модификация с дополнительным измерением частоты). Основная идея метода измерения, особенности реализации в цифровых системах. Погрешность измерения частоты для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние инструментальных составляющих погрешности. 2.Метод по трем мгновенным значениям входного сигнала. Основная идея метода измерения, особенности реализации в цифровых системах. Погрешность измерения частоты для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние инструментальных составляющих погрешности. 3.Метод по переходам сигнала через нуль. Основная
---	--

	<p>идея метода измерения, особенности реализации в цифровых системах. Погрешность измерения частоты для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p> <p>4.Метод по переходам сигнала через нуль с предварительным интегрированием. Основная идея метода измерения, особенности реализации в цифровых системах. Погрешность измерения частоты для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p> <p>5.Метод по переходам сигнала через нуль с предварительным скользящим преобразованием Фурье. Основная идея метода измерения, особенности реализации в цифровых системах. Погрешность измерения частоты для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. Лабораторная работа №3**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в компьютерном классе кафедры ДИТ. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студентов бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности. По результатам проводится защита на знание основных понятий и терминов и решение типовых задач.

**Краткое содержание задания:**

Пользуясь математическими пакетами Matlab и Simulink, разработать программы измерения активной мощности указанным методом.

Программу моделирования метода измерения активной мощности для Matlab оформить в виде подпрограммы-функции, для Simulink в виде маскируемой подсистемы.

Получить зависимость погрешности исследуемого метода от:

- относительного отклонения частоты входного сигнала;
- начальной фазы входного сигнала;
- время измерения входного сигнала.

Проанализировать влияние входного шума, фликера и гармоник входного напряжения на погрешность измерения активной мощности исследуемым методом.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы измерения параметров электрической мощности и энергии силовых электрических сетей</p>	<p>1.Метод ступенчатого интегрирования мгновенной мощности. Погрешность измерения активной мощности для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние отклонения частоты входного сигнала на погрешность измерения. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p> <p>2.Метод низкочастотной фильтрации мгновенной мощности. Погрешность измерения активной мощности для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние отклонения частоты входного сигнала на погрешность измерения. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p> <p>3.Метод измерения активной мощности, основанный на преобразовании Фурье напряжения и тока. Принцип расчета активной мощности по его комплексной мощности, погрешность измерения реактивной мощности для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние эффекта “растекания спектра”.</p> <p>4.Метод кусочно-линейного интегрирования мгновенной мощности. Погрешность измерения активной мощности для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние отклонения частоты входного сигнала на погрешность измерения. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p> <p>5.Интегрирования мгновенной мощности на основе аппроксимации полиномом второго порядка. Погрешность измерения активной мощности для случая синусоидального и полигармонического сигналов. Влияние отклонения частоты входного сигнала на погрешность измерения. Влияние инструментальных составляющих погрешности.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-4. Лабораторная работа №4**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в компьютерном классе кафедры ДИТ. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студентов бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности. По результатам проводится защита на знание основных понятий и терминов и решение типовых задач.

#### **Краткое содержание задания:**

Пользуясь математическими пакетами Matlab и Simulink, разработать программы измерения реактивной мощности указанным методом.

Программу моделирования метода измерения частоты для Matlab оформить в виде подпрограммы-функции, для Simulink в виде маскируемой подсистемы.

Получить зависимость погрешности исследуемого метода от:

- относительного отклонения частоты входного сигнала;
- начальной фазы входного сигнала;
- время измерения входного сигнала.

Проанализировать влияние входного шума, фликера и гармоник входного напряжения на погрешность измерения реактивной мощности исследуемым методом.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять моделирование цифровых средств измерения параметров электроэнергии с применением современных программ имитационного моделирования	1.С помощью программы Simulink реализовать метод предварительного интегрирования 2.С помощью программы Simulink реализовать метод предварительного временного сдвига 3.С помощью программы Simulink реализовать метод, основанный на дискретном преобразовании Фурье напряжения и тока 4.Реализовать преобразователь Гильберта с помощью программы Matlab. Получить частотных и временные характеристики разработанного преобразователя. 5.С помощью программы Matlab реализовать метод предварительного дифференцирования
--	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-5. Контрольная работа №1

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты бригады реализуют задание путем разработки программ на Matlab и Simulink. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студента бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности.

#### Краткое содержание задания:

1. Используя заданные параметры, создать фильтр заданного типа. Частоту дискретизации выбрать самостоятельно.
2. Сравнить параметры полученных фильтров (порядок и значения коэффициентов передачи), получить зависимости для АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики. Полученные данные представить в виде скриншотов.
3. В частотной области оценить значения коэффициента передачи для всех полос пропускания заграждения и переходных полос.
4. Получить значения нулей и полюсов фильтра. Построить график нулей и полюсов на комплексной плоскости.
5. Выполнить разложение фильтра на элементарные звенья. Получить значения коэффициентов элементарных звеньев (sos-матрица).

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: источники возникновения инструментальных и методических погрешностей	1.Цифровой фильтр Чебышева первого рода. Основные особенности, сравнение частотных и временных характеристик с другими типами фильтров, особенности реализации. 2.Цифровой фильтр Баттерворта. Основные особенности, сравнение частотных и временных характеристик с другими типами фильтров, особенности реализации. 3.Эллиптический цифровой фильтр. Основные особенности, сравнение частотных и временных характеристик с другими типами фильтров, особенности реализации.
Уметь: проводить оценку метрологических характеристик проектируемых схем	1.Для двух цифровых фильтров, параметры которых указаны ниже в таблице выполнить расчет погрешности измерения активной мощности основной спектральной компоненты частотой 50 Гц. Измеряемый сигнал - синусоидальный, единичные амплитуды, фазовый сдвиг между током и напряжением $\pi/6$ . 2.Для цифрового фильтра, параметры которого указаны ниже, выполнить расчет погрешности

	<p>измерения СКЗ в случае применения метода низкочастотной фильтрации. Рассматриваемый фильтр используется в качестве выходного фильтра измерительного преобразователя СКЗ. Измеряемый сигнал - синусоидальный, частота равна 50 Гц,, единичная амплитуд, начальная фаза <math>\pi/4</math>.</p> <p>3.Для цифрового фильтра, параметры которого указаны ниже, выполнить расчет погрешности измерения активной мощности в случае применения метода низкочастотной фильтрации.</p> <p>Рассматриваемый фильтр используется в качестве выходного фильтра измерительного преобразователя активной мощности. Измеряемый сигнал - синусоидальный, частота равна 50 Гц,, единичные амплитуды, фазовый сдвиг между током и напряжением <math>\pi/6</math>.</p>																																																
<p>Уметь: проводить анализ частотных характеристик цифровых систем</p>	<p>1.С помощью программы Matlab/Simulink реализовать цифровой фильтр, параметры которого указаны ниже. Построить графики АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики.</p> <p>Таблица 1. Параметры фильтра</p> <table border="1" data-bbox="746 902 1369 965"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номер</th> <th rowspan="2">Тип фильтра</th> <th colspan="4">Параметр</th> </tr> <tr> <th><math>f_{\text{резон}}</math> КГц</th> <th><math>f_{\text{защит}}</math> КГц</th> <th><math>A</math>, дБл</th> <th><math>R</math>, дБл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>ФНЧ, БИХ, Чебышева 1го рода</td> <td>10</td> <td>50</td> <td>0.01</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>2.С помощью программы Matlab/Simulink реализовать цифровой фильтр, параметры которого указаны ниже. Построить графики АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики.</p> <p>Таблица 1. Параметры фильтра</p> <table border="1" data-bbox="746 1133 1369 1196"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номер</th> <th rowspan="2">Тип фильтра</th> <th colspan="4">Параметр</th> </tr> <tr> <th><math>f_{\text{резон}}</math> КГц</th> <th><math>f_{\text{защит}}</math> КГц</th> <th><math>A</math>, дБл</th> <th><math>R</math>, дБл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.</td> <td>ФВЧ, БИХ, Баттерворта</td> <td>0.3</td> <td>0.1</td> <td>0.5</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.С помощью программы Matlab/Simulink реализовать цифровой фильтр, параметры которого указаны ниже. Построить графики АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики.</p> <p>Таблица 1. Параметры фильтра</p> <table border="1" data-bbox="746 1357 1369 1420"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номер</th> <th rowspan="2">Тип фильтра</th> <th colspan="4">Параметр</th> </tr> <tr> <th><math>f_{\text{резон}}</math> КГц</th> <th><math>f_{\text{защит}}</math> КГц</th> <th><math>A</math>, дБл</th> <th><math>R</math>, дБл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.</td> <td>ФВЧ, БИХ, эллиптический</td> <td>50</td> <td>20</td> <td>0.5</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Номер	Тип фильтра	Параметр				$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл	1.	ФНЧ, БИХ, Чебышева 1го рода	10	50	0.01	20	Номер	Тип фильтра	Параметр				$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл	2.	ФВЧ, БИХ, Баттерворта	0.3	0.1	0.5	40	Номер	Тип фильтра	Параметр				$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл	3.	ФВЧ, БИХ, эллиптический	50	20	0.5	30
Номер	Тип фильтра			Параметр																																													
		$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл																																												
1.	ФНЧ, БИХ, Чебышева 1го рода	10	50	0.01	20																																												
Номер	Тип фильтра	Параметр																																															
		$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл																																												
2.	ФВЧ, БИХ, Баттерворта	0.3	0.1	0.5	40																																												
Номер	Тип фильтра	Параметр																																															
		$f_{\text{резон}}$ КГц	$f_{\text{защит}}$ КГц	$A$ , дБл	$R$ , дБл																																												
3.	ФВЧ, БИХ, эллиптический	50	20	0.5	30																																												

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*



## КМ-6. Контрольная работа №2

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты бригады реализуют задание путем разработки программ на Matlab и Simulink. Задание выдается общее на бригаду из 2х человек. Один из студента бригады реализует задание на Matlab, другой на Simulink. Полученные результаты сравниваются для проверки достоверности.

### Краткое содержание задания:

Создать блок выполнения дискретного преобразования Фурье на основе реализации алгоритмом Герцеля. Параметры входного сигнала, длительность выполнения измерения, частота дискретизации и отклонение частоты входного сигнала задается индивидуально. Определить погрешность измерения СКЗ основной спектральной компоненты программными средствами. Сравнить полученные значения погрешности с погрешностью, получаемой при применении стандартной функции (блока - для Simulink) fft. Снизить погрешность, связанную с эффектом “растекания спектра” путем подстройки времени измерения. Получить временные диаграммы выходного сигнала преобразователя до и после подстройки.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять разработку цифровых систем измерения параметров электроэнергии	<ol style="list-style-type: none"><li>1.С помощью программы Matlab реализовать ДПФ используя алгоритма быстрого преобразования Фурье.</li><li>2.С помощью программы Matlab реализовать ДПФ используя алгоритма Герцеля.</li><li>3.С помощью программы Matlab реализовать ДПФ используя прямую реализацию ДПФ.</li><li>4.С помощью программы Simulink продемонстрировать эффект “растекания спектра” и возникающую погрешность выбранной спектральной компоненты.</li><li>5.С помощью программы Simulink реализовать блок автоматической подстройки времени измерения для снижения эффекта “растекания спектра”.</li></ol>
---	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

1. Сигналы реальных электрических сетей. Основные параметры. Шумы реальных электрических сетей. Явление фликера реальных электрических сетей.
2. Классификация методов измерения реактивной мощности. Метод временного сдвига.

МЭИ	Экзаменационный билет № 1 Кафедра Диагностических информационных технологий	Утверждаю: Зав. кафедрой
	Дисциплина: СИЭМЭ	XX XX XX
	Институт: ИВТИ	
1. Сигналы реальных электрических сетей. Основные параметры. Шумы реальных электрических сетей. Явление фликера реальных электрических сетей. 2. Классификация методов измерения реактивной мощности. Метод временного сдвига.		

### Процедура проведения

Билет включает в себя два теоретических вопроса. Решение задач не предусмотрено. Студент получает билет, письменно отвечает на вопросы в течение 45 минут. Далее короткая дискуссия по результатам ответа на вопросы билета.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Разрабатывает структуру протоколов метрологической аттестации средств измерений

### Вопросы, задания

1. Измерение активной мощности с помощью ДПФ входных сигналов. Эффект «растекания спектра» и способы снижения его влияния. Способы реализации ДПФ в пакете Simulink.
2. Классификация методов измерения активной мощности. Измерение активной мощности с помощью ДПФ входных сигналов. Влияние аддитивной, мультипликативной погрешностей и погрешности линейности мгновенных отсчетов на спектр сигнала и погрешность измерения активной мощности данным методом.
3. Классификация методов измерения СКЗ. Метод, основанный на дискретном преобразовании Фурье. Основные погрешности, связанные в дискретным преобразованием Фурье. Эффект «растекания спектра» и способы его снижения.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дайте определение аддитивной составляющей погрешности

Ответы:

- а) на зависит от значения входного измеряемого сигнала

- б) пропорциональна значению входного измеряемого сигнала
- в) характеризуется нелинейной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала
- г) характеризуется случайной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала

Верный ответ: а)

2. Дайте определение мультипликативной составляющей погрешности

Ответы:

- а) не зависит от значения входного измеряемого сигнала
- б) пропорциональна значению входного измеряемого сигнала
- в) характеризуется нелинейной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала
- г) характеризуется случайной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала

Верный ответ: б)

3. Дайте определение погрешности линейности

Ответы:

- а) не зависит от значения входного измеряемого сигнала
- б) пропорциональна значению входного измеряемого сигнала
- в) характеризуется нелинейной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала
- г) характеризуется случайной зависимостью от значения входного измеряемого сигнала

Верный ответ: в)

4. Для случая применения метода временного сдвига для измерения реактивной мощности назовите основные составляющие погрешности

Ответы:

- а) дискретность блока задержки, выполняющего временной сдвиг
- б) отклонение частоты входного сигнала от номинального значения
- в) наличие во входном сигнале неосновных гармоник и шумов
- г) инструментальные составляющие, связанные с неидеальностью АЦП

Верный ответ: а) и б)

5. Для случая применения метода по переходам сигнала через нуль для измерения частоты назовите основные составляющие погрешности

Ответы:

- а) неидеальность аппроксимации сигнала вблизи его перехода через нуль
- б) отклонение частоты входного сигнала от номинального значения
- в) наличие во входном сигнале неосновных гармоник и шумов
- г) инструментальные составляющие, связанные с неидеальностью АЦП

Верный ответ: в)

6. Для случая применения метода низкочастотной фильтрации для измерения активной мощности назовите способы снижения статической погрешности

Ответы:

- а) применение фильтра с меньшей неравномерностью полосы пропускания
- б) расширение полосы пропускания
- в) сужение полосы заграждения
- г) подстройка основной частоты режекции под текущее значение частоты входного сигнала

Верный ответ: а) и г)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-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 техническим заданием 11. Проводит обработку из

### Вопросы, задания

1. Классификация методов измерения реактивной мощности. Метод временного сдвига.
2. Классификация методов измерения частоты. Метод квадратурной демодуляции. Требования, предъявляемые к выходным фильтрам демодулятора. Частотная характеристика фильтра скользящего среднего и СИС-фильтра.
3. Классификация методов измерения частоты. Метод, основанный на аппроксимации мгновенной фазы входного сигнала.
4. Классификация методов измерения частоты. Комбинированный метод, основанный на скользящем ДПФ и пересечении нуля входным сигналом.
5. ДПФ как дискретная фильтрация. Алгоритм Герцеля.
6. Дискретное преобразование Фурье. Определение. Свойства ДПФ. Матрица ДПФ.
7. Классификация методов измерения частоты. Методы интегрирования и интервального интегрирования.
8. Классификация методов измерения частоты. Метод квадратурной демодуляции. Требования, предъявляемые к выходным фильтрам демодулятора. Частотная характеристика СИС-фильтра.
9. Классификация методов измерения частоты. Метод, основанный на применении ДПФ и уточнении положения максимума спектра.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дайте определение активной мощности синусоидального сигнала ( $U_m$ ,  $I_m$  - амплитудные значения напряжения и тока,  $\phi$  - фазовый сдвиг между напряжением и током)

Ответы:

- a)  $P = 0.5 * U_m * I_m * \sin(\phi)$
- б)  $P = U_m * I_m$
- в)  $P = 0.5 * U_m * I_m * \cos(\phi)$
- г)  $P = 0.5 * U_m * I_m$

Верный ответ: в)

2. Дайте определение реактивной мощности синусоидального сигнала ( $U_m$ ,  $I_m$  - амплитудные значения напряжения и тока,  $\phi$  - фазовый сдвиг между напряжением и током)

Ответы:

- a)  $Q = 0.5 * U_m * I_m * \sin(\phi)$
- б)  $Q = U_m * I_m$
- в)  $Q = 0.5 * U_m * I_m * \cos(\phi)$
- г)  $Q = 0.5 * U_m * I_m$

Верный ответ: а)

3. Дайте определение полной мощности синусоидального сигнала ( $U_m$ ,  $I_m$  - амплитудные значения напряжения и тока,  $\phi$  - фазовый сдвиг между напряжением и током)

Ответы:

- a)  $S = 0.5 * U_m * I_m * \sin(\phi)$

- б)  $S = U_m \cdot I_m$
- в)  $S = 0.5 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos(\phi)$
- г)  $S = 0.5 \cdot U_m \cdot I_m$

Верный ответ: г)

4. Дайте определение частоты сигнала ( $\phi$  - мгновенное значение фазы)

Ответы:

- а)  $f = d(\phi) / (2 \cdot \pi \cdot dt)$
- б)  $f = \phi / t$
- в)  $f = \phi \cdot t$
- г)  $f = 2 \cdot \pi \cdot d(\phi) / (dt)$

Верный ответ: а)

5. Дайте определение СКЗ полигармонического сигнала, состоящего из  $N$  спектральных компонент с амплитудными значениями, равными  $U_{m,i}$

Ответы:

- а)  $U = \sqrt{\sum(U_{m,i}^2)}$
- б)  $U = \sqrt{\sum(U_{m,i}^2)} / \sqrt{2}$
- в)  $U = \sum(U_{m,i}^2)$
- г)  $U = \sum(U_{m,i}^{1/2})$

Верный ответ: б)

6. Укажите метод, предназначенный для измерения частоты только синусоидальных сигналов.

Ответы:

- а) по переходам сигнала через нуль
- б) по второй производной входного сигнала
- в) по приращению фазы
- г) квадратурной демодуляции

Верный ответ: б)

7. Расположите методы измерения реактивной мощности по увеличению точности измерения (входной сигнал - синусоидальный)

- 1) интегрирования
- 2) временного сдвига
- 3) интегрирования-дифференцирования

Ответы:

- а) 213
- б) 312
- в) 231
- г) 123

Верный ответ: а)

8. Укажите метод измерения реактивной мощности, предназначенный для измерения реактивной мощности отдельных гармоник

Ответы:

- а) интегрирования
- б) дифференцирования
- в) интегрирования-дифференцирования
- г) спектрального анализа

Верный ответ: г)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Осуществляет обработку измерительной информации, проводит анализ и структурирование данных

### **Вопросы, задания**

1. Среднее квадратическое значение. Определение СКЗ во временной и частотной области для синусоидального и полигармонического сигналов. Понятие полной мощности. Определение во временной и частотной области для синусоидального и полигармонического сигналов.
2. Понятие активной мощности. Определение во временной и частотной области для синусоидального и полигармонического сигналов. Понятие реактивной мощности. Определение во временной и частотной области для синусоидального и полигармонического сигналов.
3. Преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье. Связь спектров аналогового и дискретного сигналов.
4. Классификация методов измерения реактивной мощности. Методы предварительного интегрирования и метод предварительного дифференцирования.
5. Классификация методов измерения частоты. Метод по переходам входного сигнала через нуль.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Укажите метод, предназначенный для измерения СКЗ только синусоидального сигнала  
Ответы:  
а) по трем точкам  
б) низкочастотной фильтрации  
в) квадратурной демодуляции  
г) усреднения квадратов отсчетов  
Верный ответ: а)
2. Укажите метод, предназначенный для измерения СКЗ полигармонического сигнала  
Ответы:  
а) по трем точкам  
б) низкочастотной фильтрации  
в) по производной входного сигнала  
г) по амплитудному значению входного сигнала  
Верный ответ: б)
3. Укажите метод, предназначенный для измерения активной мощности только синусоидального сигнала  
Ответы:  
а) по трем точкам  
б) низкочастотной фильтрации  
в) спектрального анализа  
г) усреднения квадратов отсчетов  
Верный ответ: а)
4. Укажите метод, предназначенный для измерения активной мощности полигармонического сигнала  
Ответы:  
а) по трем точкам  
б) по полной мощности и фазову сдвигу между сигналами  
в) по амплитудным и фазовым значениям напряжения и тока  
г) усреднения квадратов отсчетов  
Верный ответ: г)

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Проводит расчет и проектирование первичных преобразователей, предназначенных для измерения различных физических величин

#### **Вопросы, задания**

1. Сигналы реальных электрических сетей. Основные параметры. Шумы реальных электрических сетей. Явление фликера реальных электрических сетей.
2. Рекурсивные фильтры. Формы реализации дискретных фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров.
3. Нерекурсивные фильтры. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров.
4. Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
5. Цифровые фильтры. Принципы цифровой фильтрации. Разновидности цифровых фильтров. Функция передачи. Частотные характеристики.
6. Особенности построения измерительных каналов СИ ЭМиЭ.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Укажите метод, предназначенный для измерения частоты полигармонических сигналов.

Ответы:

- а) по трем точкам
- б) по второй производной входного сигнала
- в) по приращению входного сигнала
- г) спектрального анализа

Верный ответ: г)

2. Укажите метод, предназначенный для измерения реактивной мощности только синусоидального сигнала

Ответы:

- а) временного сдвига
- б) преобразователя Гильберта
- в) спектрального анализа
- г) квадратурной демодуляции

Верный ответ: а)

3. Укажите метод, предназначенный для измерения реактивной мощности полигармонического сигнала

Ответы:

- а) интегрирования
- б) дифференцирования
- в) интегрирования-дифференцирования
- г) спектрального анализа

Верный ответ: г)

4. Расположите измерительные преобразователи измерительного канала СИ “Vb” в порядке преобразования входного сигнала

- 1) датчик
- 2) аналого-цифровой преобразователь
- 3) масштабирующее устройство
- 4) аналоговый фильтр
- 5) цифровое вычислительное устройство

Ответы:

- а) 2, 1, 4, 3, 5
- б) 1, 3, 4, 2, 5
- в) 1, 4, 3, 2, 5
- г) 1, 2, 3, 4, 5

Верный ответ: б) и в)

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***



**Для курсового проекта/работы:**

**2 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:*

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***