

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

по научной работе

Комаров И.И.

«___» _____ 2025 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.2. Электроника, фотоника, приборостроение
и связь

Научная специальность – 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие
системы»

Москва, 2025

1. Основы метрологии

Предмет и задачи метрологии. Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

Средства измерений. Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

Эталоны. Общие понятия. Государственные эталоны — первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталон-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

Методы и принципы измерений. Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

Общие требования к измерениям. Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений.

Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравно точные измерения.

Погрешности измерений, Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимост результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режимах. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.

Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных.

Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличного от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределениях. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

2. Методы и средства измерений электрических и магнитных величин

Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

3. Основы аналоговой схемотехники

Понятие операционный усилитель (ОУ). Структурная схема операционного усилителя. Назначение каскадов операционного усилителя. Передаточное уравнение ОУ.

Принцип работы операционного усилителя в цепях отрицательной обратной связи. Достоинства и недостатки применения отрицательной обратной связи для построения решающих усилителей. Влияние конечного коэффициента усиления ОУ на погрешность коэффициента передачи решающего усилителя.

Основные параметры ОУ. Понятие ЭДС смещения и её влияние на погрешность преобразования решающего усилителя. Нормирование ЭДС смещения. Влияние температуры на ЭДС смещения. Понятие входного тока ОУ и его влияние на погрешность преобразования решающего усилителя. Нормирование входного тока

ОУ. Понятие коэффициента ослабления синфазного сигнала и его влияние на погрешность преобразования решающего усилителя. Нормирование коэффициента ослабления синфазного сигнала ОУ и его зависимость от частоты входного сигнала. Понятие коэффициента усиления ОУ и его влияние на погрешность преобразования решающего усилителя. Нормирование коэффициента усиления ОУ и его зависимость от частоты входного сигнала и входного дифференциального напряжения.

Понятие входного шума. Спектральная плотность шума и расчёт СКЗ шума по её спектральной плотности. Эквивалентная полоса пропускания ОУ и её расчёт по техническому описанию ОУ. Расчёт погрешности преобразования решающего усилителя от входного шумового напряжения и входного шумового тока ОУ.

Расчет погрешности РУ, вызванный отклонением значений параметров элементов ООС от номинального значения. Принципы суммирования погрешностей РУ.

Особенности работы ОУ с ООС в динамике. Критерий устойчивости работы ОУ. Графический метод анализа устойчивости РУ.

Понятие дифференциального и инструментального усилителей. Основная область применения, достоинства и недостатки. Основные схемы построения дифференциальных и инструментальных усилителей. Влияние выбранного подхода к построению на конечные параметры устройства. Составляющие погрешности инструментального усилителя. Расчет погрешности, вызванной неидеальностью решающих усилителей.

Аналоговый интегратор - фильтр нижних частот первого порядка. Функциональная схема, принцип работы, частотные характеристики. Аналоговый дифференциатор - фильтр верхних частот первого порядка (усилитель переменных сигналов). Функциональная схема, принцип работы, частотные характеристики. Генератор прямоугольных импульсов на основе RC-цепочки. Функциональная схема, принцип работы. Однополупериодный выпрямитель. Функциональная схема, принцип работы. Генератор синусоидальных сигналов на основе моста Вина. Функциональная схема, принцип работы. Принцип выбора элементов нелинейной ООС.

Стабилизаторы напряжения питания. Назначение, классификация. Линейные стабилизаторы напряжения питания: функциональная схема, принцип работы, основные параметры, достоинства и недостатки. Импульсные (на емкости) инвертирующие стабилизаторы напряжения питания: функциональная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Импульсные (на индуктивности) понижающие стабилизаторы напряжения питания: функциональная схема, принцип работы, достоинства и недостатки.

4. Основы цифровой обработки сигналов

Сигналы реальных электрических сетей. Основные параметры. Шумы реальных электрических сетей. Явление фликера реальных электрических сетей.

Дискретное преобразование Фурье. Способы реализации ДПФ. Эффект «растекания спектра» и способы снижения его влияния. Применение окон для устранения эффекта растекания спектра. Способы реализации ДПФ в пакете Simulink.

Понятие цифровой фильтрации. Виды цифровых фильтров. Сравнение фильтров с рекурсивной и нерекурсивной импульсными характеристиками. Реализация цифровых фильтров в Simulink и Matlab. Способы организации (структуры) цифровых фильтров. Частотная характеристика фильтра скользящего среднего и СИС-фильтра. Каскадное соединение звеньев фильтров. Способы снижения максимальной неравномерности и затухания АЧХ фильтров данного типа.

Понятие аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Основные архитектуры построения АЦП, их достоинства и недостатки. Идеальная функция передачи АЦП. Явление погрешности квантования. Явление нелинейности функции передачи АЦП. Классификация подходов к представлению нелинейности. Их достоинства и недостатки. Параметры интегральная и дифференциальная нелинейность и их взаимосвязь.

5. Основы измерений электрических величин цифровыми методами

Особенности построения измерительных каналов средств измерения электрических параметров. Выбор структурных элементов и их назначение.

Понятие среднеквадратического значения (СКЗ). 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.

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.

Классификация методов измерения СКЗ. Метод «по трем точкам» («по трем отсчетам»). Влияние погрешности измерения отсчетов на погрешность измерения СКЗ данным методом. Метод по первой и второй производным входного сигнала. Метод ступенчатого восстановления входного сигнала. Метод кусочно-линейного восстановления входного сигнала. Метод кусочно-параболического восстановления входного сигнала. Метод, основанный на фильтрации квадрата отсчетов входного сигнала. Частотная характеристика фильтра скользящего среднего и СИС-фильтра. Метод, основанный на дискретном преобразовании Фурье; эффект «растекания спектра» и способы его снижения.

Влияние аддитивной, мультипликативной и нелинейной составляющих погрешности отсчетов на погрешность измерения СКЗ. Метод «наихудшего случая» оценки влияния нелинейности функции преобразования измерительного канала на погрешность измерения СКЗ. Влияние аддитивной, мультипликативной

и нелинейной составляющих погрешности отсчетов на спектр сигнала и погрешность измерения СКЗ методами измерения во временной и частотной областях.

Классификация методов измерения частоты. Метод по переходам входного сигнала через нуль. Метод по первой и второй производным входного сигнала. Метод «по трем точкам» («по трем отсчетам»). Метод квадратурной демодуляции. Требования, предъявляемые к выходным фильтрам демодулятора. Частотная характеристика фильтра скользящего среднего и СИС-фильтра. Методы интегрирования и интервального интегрирования. Метод, основанный на применении ДПФ и уточнении положения максимума спектра. Комбинированный метод, основанный на скользящем ДПФ и пересечении нуля входным сигналом. Метод по приращению мгновенной фазы входного сигнала.

Классификация методов измерения активной мощности. Метод «по трем точкам» («по трем отсчетам»). Метод, основанный на аппроксимации напряжения и тока полиномом нулевого порядка. Метод, основанный на аппроксимации сигнала мгновенной мощности. Измерение активной мощности с помощью ДПФ входных сигналов. Способы снижения эффекта «растекания спектра». Погрешность измерения активной мощности данным методом. Способы борьбы с эффектом «растекания спектра». Применение оконных функций для задач измерения СКЗ, фазы, активной, реактивной и полной мощности. Измерение активной мощности с помощью ДПФ входных сигналов.

Классификация методов измерения реактивной мощности. Метод временного сдвига. Метод энергетического баланса. Методы предварительного интегрирования и предварительного дифференцирования. Применение спектрального анализа для измерения реактивной мощности. Метод интервального интегрирования. Применение фильтрации как метода измерения реактивной мощности.

Литература

1. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии: Учебное пособие. / К. К. Ким, [и др.]. – СПб.: Питер, 2010. – 368 с. - ISBN 978-5-469-01090-6.
2. Аналого-цифровое преобразование. / Ред. У. Кестер. пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1016 с. - ISBN 978-5-94836-146-8.
3. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005 – 992 с. (электронная версия www.iit.my1.ru)
4. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьёва Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов. // - СПб: «БХВ-Петербург», 2005 - 768 с.
5. Датчики измерительных систем: В 2 кн. Кн.1.: пер. с фр. / Ж. Аш. – М.: Мир, 1992. – 480 с. - ISBN 5-03-001641-4. (электронная версия www.iit.my1.ru).

6. Датчики измерительных систем: В 2 кн. Кн.2.: пер. с фр. / Ж. Аш . – М.: Мир, 1992 . – 424 с. (электронная версия www.iit.mtu1.ru).
7. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. / – СПб.:«Питер», - 758 с., 2011.

«Согласовано»

Директор ИВТИ
к.т.н., доцент

Вишняков С.В.