

Вводная лекция

Предмет «**Метрология радиотехнических измерений**»

Лектор: к.т.н., **Алексеицев Сергей Александрович**

Место работы: **VII-**, E-mail: alekseytsev.94@mail.ru

Для студентов очного отделения

План лекции

- Структура курса
- БРС
- Цель курса
- Связь с другими курсами
- Литература
- Обзор лекций

Понятие метрологии

- Метрология – наука о методах и средствах измерений

Деятельность студента

- Лекции 36 часов
- лабораторные работы 112 часов
- РГЗ 22.75 часа
- Зачет 13.65 часов

Максимальный рейтинг

Вид занятий	Максимальное количество баллов
Лабораторная работа	20
РГЗ	30*2
Зачет	20
Всего	100

Принцип выставления оценки (РТ)

Количество баллов	Оценка
50 – 100	Зачтено
0 – 49	Не зачтено

Прим.: Если на зачете набрано менее 10 баллов, независимо от семестрового рейтинга, в итоге выставляется оценка «**НЕ зачтено**»

Цель курса

- Изучение методов и средств измерений параметров радиотехнических цепей и сигналов, методов анализа погрешностей измерений, основ стандартизации и сертификации

Базовые дисциплины (необходимые разделы)

- **Математика**
 - Дифференциальное и интегральное исчисление
 - Теория вероятностей
 - Математическая статистика
- **Основы теории электрических цепей**
 - Цепи постоянного тока (Законы Ома и Кирхгофа)
 - Цепи переменного тока (Символический метод расчета)
 - Переходные процессы

Базовые дисциплины (необходимые разделы)

- Радиотехнические цепи и сигналы (Общая теория связи)
 - Представление сигналов во временной и частотной области
 - Преобразование Фурье
 - Основные виды модуляции
 - Модуляторы и детекторы
 - Колебательные контуры
 - Дискретизация и квантование
 - Теорема Котельникова

Литература

- Метрология и радиоизмерения: учебник. Лютиков И.В., Фомин А.Н., Леусенко В.А. Красноярск: СФУ, 2012. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/book/128736>
- Данилин А.А., Лазаренко Н.С. Измерения в радиоэлектронике.- СПб.: Лань, 2017. - <https://e.lanbook.com/reader/book/89927/#4>
- Нефедов В.И. и др. , Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах.- М.: Высшая школа, 2012.
- Боридько С.И. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах.-М.: Горячая линия-Телеком, 2007.-374 с.
- Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- Питер, 2006.

Литература

- Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения. - Минск: Высшая школа, 1986.
- Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. - М. Энергия, 1986.
- Кушнир Ф.В., Савенко В.Г. Электрорадиоизмерения.- Л.: Энергия, 1975
- Егоров П.М. Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях.- М.: Издательский центр «Академия», 2015.

Методические указания

- № 2185. Основы метрологии и радиоизмерения. Рабочая программа, методические указания и задачи. 621.317.3 О-753
 - Задачи для РГЗ
 - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000023278
 - Варианты назначает преподаватель - на установочной лекции или по запросу по электронной почте yu.morozov@corp.nstu.ru
- № 2843. Основы метрологии и радиоизмерения. Методические указания к проведению лабораторных работ. 621.317.3 О-753
- № 3795. Метрология и радиоизмерения. Часть 2. Методические указания к лабораторным работам. 621.317 М 801
- № 4321 Метрология и радиоизмерения. Часть 3. Методические указания к лабораторным работам. 621.317 М 546
- № 4450 Метрология и радиоизмерения. Часть 4. Методические указания к лабораторным работам. 621.317 М 546
- № 4217 Метрология, стандартизация и сертификация. Практические упражнения. 006 М 546

Конспекты лекций

- Морозов Ю.В. Метрология и радиоизмерения. Конспект лекций 621.317.3 М-801
- Баран Е.Д., Морозов Ю.В. Измерения в LabVIEW. 681.518.3 Б 241

Интернет ресурс

- Курс в DiSpace

- <https://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/5672>

Основные вопросы

- Основы метрологии
- Радиотехнические измерения
- Стандартизация и сертификация
- Компьютеризация измерений

Основы метрологии

- правовые основы метрологии
- основные понятия и определения
- обеспечение единства измерений
- классификация измерений
- классификация погрешностей измерений
- способы обработки результатов измерений

Радиоизмерения

- Особенности радиоизмерений
- Методы измерения электрических величин
- Автоматизация радиоизмерений
- Стандартизация и сертификация в радиотехнике и технике связи

Особенности радиоизмерений

- Широкий диапазон измеряемых величин (10^{-9} В – 10^2 В)
- Широкий диапазон частот (0 Гц – 10 ГГц)
- Измерение неэлектрических величин носит вспомогательный характер
- Разнообразие методов и средств

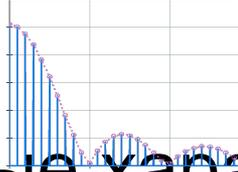
Измеряемые характеристики радиосигналов

- Напряжение/ток (U/I)

- Форма



- Спектр



- Временные характеристики (f , T , $\Delta\phi$)

- Характеристики шумов (m_x , σ_x , $f(x)$, $F(x)$)

- Мощность (P)

Измеряемые параметры цепей с сосредоточенными постоянными

- Для 2-полюсников
 - сопротивление R
 - емкость C
 - индуктивность L
 - добротность $Q = \omega L/R$
 - тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta = \omega CR$
- АЧХ
- ФЧХ
- Переходная характеристика

Измеряемые параметры цепей с распределенными постоянными

- КСВ
- длина волны (λ)
- затухание (β)
- коэффициент отражения (Γ)
- полное сопротивление нагрузки (Z)

Тестовое воздействие

- Измерение параметра цепи – задание воздействия и измерение реакции на него.
 - Постоянное напряжение (измерение R)
 - Гармоническое напряжение (измерение АЧХ)
 - Меандр (измерение ПХ)

Измеряемые неэлектрические величины

- расстояние (например, между максимумами стоячей волны)
- температура (например, температура жидкости в калориметре для измерения СВЧ мощности)

Измерение электрической величины

- Физический принцип
- Диапазон изменения
- Частотный диапазон
- Характеристики величины
- Методы и средства измерений
- Расчетные соотношения

Средства измерения физических величин

- Структурная схема
- Эквивалентные схемы входных цепей
- Метрологические характеристики

Основы стандартизации и сертификации

- Техническое регулирование
- Регламенты и стандарты
- Научные основы стандартизации
- Правовые основы стандартизации
- Основы сертификации

Состав РГЗ

- Статистическая обработка результатов многократных измерений
- Измерение напряжения (расчет добавочных сопротивлений, шунтов, входных сопротивлений вольтметров)
- Исследование формы (расчет полосы пропускания, масштабных коэффициентов, условий синхронизации)
- Анализ спектра (расчет полосы обзора, полосы пропускания, отображение спектра)
- Измерение частоты и периода (расчет погрешности дискретности, времени измерений)
- Измерение параметров электрических цепей

Структура РГЗ

- Титульный лист
- Задачи (номер, краткая запись условия, решения с пояснениями).

Выводы

- Метрология имеет междисциплинарный характер
- Все измерения имеют общие теоретические основы
- Измерения в радиотехнике разнообразны и опираются на новые достижения