



Утвърдил:

Декан

Дата

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

Факултет: Физически

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

„Безжични мрежи и устройства“

Магистърска програма: (код и наименование)

Ф	З	Б	2	7	2	1	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---

„Безжични мрежи и устройства“

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина:

--	--	--	--

 (код и наименование)

„Микровълнови измервания в комуникациите“

Преподавател: доц. д-р Пламен И. Данков

Асистент: докторант Калоян Златков

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	30
	Семинарни упражнения	0
	Практически упражнения	30
Обща аудиторна заетост		60
Извънаудиторна заетост	Подготовка за лабораторни упражнения и изработване на протоколи от измерванията от лабораторните упражнения	30
	Запознаване с действаща измерителна апаратура	20
	Подготовка на разширени записки на въпрос от конспекта	20
	Подготовка за тест	10
	Проучване на литература и application notes	10
Обща извънаудиторна заетост		90
ОБЩА ЗАЕТОСТ		150
Кредити аудиторна заетост		2
Кредити извънаудиторна заетост		3
ОБЩО ЕКСТ		5

№	Формиране на оценката по дисциплината	% от оценката
1.	Писмен тест по въпроси от конспекта (по жребий);	30
2.	Самостоятелно подготвена в къщи „паметна записка“ (до 3-5 стр. разширено конспектиране) на една тема от конспекта по жребий	30
3.	Представени и защитени устно протоколи от лабораторните	30

	упражнения при индивидуална или колективна работа в лабораторията.	
4.	Окончателен изпит – събеседване по всичките три предишни форми на оценяване и окончателно оформяне на общата оценка – до ± 0.5 т.	10

Анотация на учебната дисциплина:

Курсът се базира на общи познания на студентите по електродинамика, основи на електрониката микровълнова физика, техника и комуникации от бакалавърската степен. Независимо от това, всяка разглеждана тема се предшества от кратко експозе на основните понятия и величини, използвани в нея, което улеснява усвояването на новия материал. Получените познания и, особено, умения за измервания ще са много полезни за всеки, който ще има експериментални задачи в своята работа.

В програмата са включени: лекции (30 часа) и лабораторни упражнения (30 часа). Лекционният курс обхваща преглед на съвременните методи и апаратура за измерване на основните величини в обхвата на микровълните (300 MHz – 300 GHz), използвани в комуникациите: мощност, честота и дължина на вълната, спектри на модулирани сигнали, качествен фактор на резонатори, S-параметри и импеданси на устройства, шумови характеристики и пр. Разгледани са важните за съвременните комуникации антенни измервания и измерванията за електромагнитна съвместимост (ЕМИ- и ЕМС- измервания). Специално място се отделя и на основните микровълнови методи за измерване на параметрите на веществата. Във всяка от разглежданите теми се отговаря на следните въпроси: каква величина се измерва, с каква апаратура и по каква схема, по какъв метод и как се обработват и интерпретират резултатите от измерването.

Лабораторните упражнения, придружаващи лекциите, дават възможности на всеки студент да се запознае работи самостоятелно с достатъчно съвременна апаратура и методи за измерване в см- и mm- обхвати на дължина на вълната. Особено полезна за тях е работата им със скаларни и векторни анализатори на вериги и спектроанализатори в см-обхват, които не са достъпни за учебна работа в общите лабораторни курсове.

Предварителни изисквания:

За да се посещават този курс студентите трябва да са слушали общи курсове от бакалавърското ниво: електродинамични курсове; разпространение на електромагнитни вълни, обработка на сигнали, електроника, измервания в електрониката.

Очаквани резултати:

След успешното завършване на курса се очаква всеки студент да може:

- Да разбира и свободно да коментира основните понятия в областта на микровълновата измерителна техника и методи;
- Да познава основните величини, които подлежат на измерване в микровълновия обхват, апаратурата за тази цел и поне 2-3 измерителни метода;
- Да може да извършва основни измервания в микровълновата област – на мощност, честота, S-параметри, спектри и др.
- Да може да преценява как може да се измери произволно микровълново устройство – пасивно или активно.

Учебно съдържание

I. Лекции:

№	Тема:	Хорариум
1	Микровълнови измервания в комуникациите. Съвременна микровълнова лаборатория.	6
2	Измерване на микровълнова мощност и ниво на сигнала	3
3	Измерване на честота, дължина на вълната и качествен фактор.	3
4	Измерване на спектри на микровълнови сигнали	6

5	Измерване на S-параметри на микровълнови устройства	3
6	Измерване на шум в микровълновия обхват	3
7	Антенни измервания в микровълновия обхват	3
8	Специфични измервания и практически изисквания в безжични комуникационни системи	3
Общо		30

II. Лабораторни упражнения:

№	Тема:	Хорариум
	<p>Лабораторните занятия се провеждат с помощта на преподавателя с уникална апаратура, по голямата част от която не е достъпна за учебни цели в бакалавърската степен на обучение.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уводно. Запознаване със съвременна микровълнова лаборатория: източници, основно оборудване и методи за измерване. 2. Измерване на микровълнова мощност чрез ватметри с термисторни и термоелектрични датчици. Измерване на импулсна микровълнова мощност. 3. Измерване на честота чрез микровълнови хетеродинни и цифрови честотомери. Пертурбационно измерване на параметри на диелектрици. 4. Измерване на спектри с микровълнов спектроанализатор: измерване на FM-сигнали от ефира и на хармонични на микровълнов осцилатор (CW). 5. Измерване на Q-фактор на планарни резонатори. 6. Измерване на комплексни импеданси и адмитанси на микровълнови устройства с помощта на вълноводна измерителна линия. Диаграма на Смит. 7. Панорамно измерване на внасяни и обратни загуби на вълноводни микровълнови устройства чрез скаларен анализатор на вериги с аналогова обработка на сигнала. 8. Измерване на коефициент на шум на микровълнов транзисторен усилвател и смесител. 9. Определяне на коефициент на усилване на микровълнови антени в ст-обхват. 10. Неразрушаващо измерване на параметрите на цилиндрични керамични резонатори и на плоски подложки с помощта на скаларен анализатор на вериги с цифрова обработка на сигнала. 11. Настройка на параметрите на микролентов изолатор с помощта на скаларен анализатор на вериги с цифрова обработка на сигнала. 12. Изследване на открити диелектрични структури в mm-обхват на дължина на вълната. 13. Антенни измервания в безехова камера и "near-field" камера. 14. Измервания на 5-битов фазорегулатор с векторен анализатор на вериги. 15. Финално. 	По 2 ч.
Общо		30

Конспект по Микровълнови комуникационни устройства и системи

1. Микровълнови измервания в комуникациите. (2 теми)

(1.1) Видове измервания в комуникациите в обхвата на микровълните (0.3–300 GHz). Основно оборудване на съвременна микровълнова лаборатория. Микровълнови измерителни генератори: сигнал-генератори, sweeper-генератори, синтезатори на честота; (1.2) Особености и физични принципи на детекторите за микровълнови сигнали. Допълнително оборудване за микровълнови измервания. Микровълнови системи за измерване

2. Измерване на микровълнова мощност и ниво на сигнала. (2 теми)

(2.1) Средна, импулсна и пикова мощност на микровълнови сигнали. Единици за измерване на абсолютна и относителна мощност. Принципи на работа и сравнение между основните датчици за

микровълнова мощност: калориметрични, болометрични, термисторни, термоелектрични, диодни и пр. (2.2) Принципни схеми и методи за измерване на микровълнова мощност: малка, средна, голяма и импулсна

3. Измерване на честота, дължина на вълната и качествен фактор. (3 теми)

(3.1) Резонансни вълномери. Хетеродинни методи: метод на "нулевите биения", интерполация, суперхетеро-диниране. (3.2) Цифрови честотомери: основни принципи на измерване на честота в микровълновия обхват - прескалиране (делене на честота), преобразуване надолу, трансфер на честота, хармонично смесване. Еталони за честота. Съвременни честотомери/таймери (измерване тип "modulation domain"); приложения. (3.3) Качествен (Q-) фактор на резонансни структури в микровълновия обхват. Директен метод за измерване на "ехо-резонатори". Косвени методи за измерване на Q-фактор на резонаторите: като двуполусници и като четириполусници. Фазов метод. Метод на сравнението с образцов резонатор.

4. Измерване на спектри на микровълнови сигнали. (3 теми)

(4.1) Спектри на микровълнови сигнали и необходимост от измерването им; принципи на измерване от тип "time-domain" и "frequency-domain". Суперхетеродинни спектро-анализатори - принцип на работа и конкретен пример. Разширяване на честотния обхват на спектроанализаторите. (4.2) Основни параметри на съвременните спектроанализатори: разделителна способност, стабилност, чувствителност, динамичен обхват и пр. (4.3) Основни измервания с микровълнови спектроанализатори – на мощност, честотни спектри, параметри на модулирани сигнали (AM, FM, импулсни) и др.

5. Измерване на S-параметри на микровълнови устройства. (2 теми)

(5.1) Понятие за S-параметри и свързани с тях величини. Методи за измерване на комплексни S-параметри и импеданси на многополусници. Принцип на панорамното измерване (network analysis) на S-параметри на микровълнови устройства. Скаларни и векторни анализатори на вериги. Конкретна принципна схема на скаларен анализатор на вериги (*hp* 8456A): генератор, устройства за разделяне на сигналите, детекция, принципи на обработка и възпроизвеждане на данните за измерваните S-параметри. (5.2) Особенности и измерване с векторни анализатори на вериги. Сравнителни характеристики на съвременни анализатори на вериги и работа с тях; калибровки, основни приложения. (5.3) TDR измервания – принципи и реализация. Какво се измерва с TDR метод? Основни приложения.

6. Измерване на шум в микровълновия обхват. (2 теми)

(6.1) Видове шум в микровълновите устройства. Характеристики на шума: шумова мощност, коефициент на шум, шумова температура. Генератори на шум. Измерване на коефициент на шум: метод на тангенциалното ниво, методи с използване на генератори на шум, измерител на коефициент на шум; панорамен модулационен метод; измерване на коефициент на шум с помощта на спектроанализатор. (6.2) Фазов шум и честотна стабилност на микровълновите осцилатори. Измерване на характеристиките на фазовия шум.

7. Антени измервания в микровълновия обхват. (2 теми)

(7.1) Избор и начини на реализация на типа на околната среда при антенните измервания: "свободно пространство" и "отразяващо пространство". Измерване на коефициент на усилване и насочено действие, диаграма на насоченост, поляризация на сигнала от антената. (7.2) Определяне на местоположението, трасето на разпространение на сигнала и насочване на антени за комуникациите. Понятие за ЕМІ- и ЕМС-измервания: системи за комплексно тестване в "безехови камери". Измервания тип "near field" и интерпретация на резултатите. Пределно допустими норми за облъчване на човека с микровълнова мощност

8. Специфични измервания и практически изисквания в безжични комуникационни системи (2 теми)

(8.1) Елементи на безжична система: приемник, предавател, среда. Модели за определяне на загубите в средата: открито пространство, градска среда, офис-среда. Енергетичен баланс на безжична система (Link budget). (8.2) Честотно планиране. Определяне на загубите в системата – планиране, експериментално определяне. Практически изисквания при изграждане на безжични и мобилни системи. Полеви измервания

Библиография

Основна:

- [1] П. Данков, "Микровълнови измервания" – онлайн лекции: <http://elearning-phys.uni-sofia.bg/~dankov/Master%20Course%20Microwave%20Measurements/>
- [2] П. Данков, "Микровълнови интегрални схеми в лабораторията", Херон Прес, 2006 г. (учебник)
- [3] T. S. Lavergetta, "Handbook of Microwave Testing", Artech House Inc., 1981 (ново издание 2000 г.)
- [4] C. W. Sayere, "Complete Wireless Design", McGraw-Hill TELECOM, 2001, Ch. 9, 10
- [5] Hewlett & Packard, Application Notes: AN 64-1, AN 57-1, AN150-1, AN 200 etc.

Допълнителна:

- [6] C. W. Sayre, "Complete Wireless Design", McGraw-Hill, 2001
- [7] I. Bahl, P. Bhartia, "Microwave Solid State Circuit Design", Wiley, N.Y., 1988 (ксерокопие)
- [8] D. K. Misra, "Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design", Wiley & Sons, 2001
- [9] А. М. Чернушенко и др. "Конструкция СВЧ устройств и екранов" (для ВУЗов), "Радио и связь", 1983 г.

При преподавателя има още актуални материали по всички теми от курса.

Дата: март 2013 г.

Съставил:

/...../

(доц. д-р Пламен И. Данков)