

Нови смер на ЕТФ !

Смер за микроталасну технику Одсека за телекомуникације и информационе технологије образује студенте за област-струку Телекомуникације. У оквиру те основне струке, **Смер за микроталасну технику** пружа знања за подробније разумевање система, а посебно за пројектовање склопова, који раде на учестаностима до неколико стотина GHz.

Смер се бави направама и склоповима који су заступљени у мобилној телефонији, радиорелејним везама, сателитској и кабловској телевизији, радарима, W-LAN системима и инфраструктурама бежичног Интернета, антенским системима, ултрабрзим рачунарским матичним плочама и чиповима.

Настава на **Смеру за микроталасну технику** обухвата теоријске основе функционисања, принципе и методе пројектовања, рачунарске симулације и практичан рад, укључујући конкретне реализације микроталасних склопова.

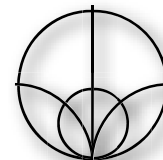
Инжењер Телекомуникација, **Смер микроталасна техника**, има широк спектар могућих радних места, почев од великих система као што су Телеком Србија, мобилни оператери, радио и ТВ дифузија, затим института као што је ИМТЕЛ, па све до малих и средњих предузећа која се баве пројектовањем и имплементацијом бежичних система, Интернет провајдингом, бежичним локалним мрежама, усмереним радио везама, e-business инфраструктуром, и слично.

План, програм и начин извођења наставе на Смеру су усклађени са трендом и искуством узорних европских и америчких школа, а предмети се полажу кроз домаће задатке, пројекте и тестове, који су комбиновани са елементима класичног испита.

За додатна обавештења о Смеру, заинтересовани су увек добродошли да се обрате наставницима смера:

Др *Антоније Ђорђевић*, редовни професор, дописни члан САНУ
edjordja@etf.bg.ac.yu

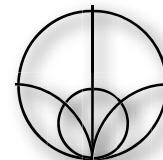
Др *Бранко Колунџија*, редовни професор, Fellow IEEE
kol@etf.bg.ac.yu



СМЕР МИКРОТАЛАСНА ТЕХНИКА
Одсек за телекомуникације и информационе технологије

НАСТАВНИ ПЛАН

5. семестар				
	Предмет	Статус	Часови (П + В + Л)	Кред
1.	Обрада сигнала I	О	3+1+1	6
2.	Телекомуникације II	О	3+2+1	6
3.	Телекомуникационе мреже	О	3+1+1	6
4.	Микроталасна техника *	Осмер	3+1+1	6
<i>Бира се један предмет из следеће групе</i>				
5.	Дигитална електроника	Исмер	3+1+1	6
5.	Оптоелектроника	Исмер	3+1+1	6
5.	Аналогна електроника	Исмер	3+1+1	6
5.	Математика V	Исмер	3+1+1	6
5.	Одабрана поглавља из електроенергетских система	Исмер	3+1+1	6
5.	Системи аутоматског управљања	Исмер	3+1+1	6
5.	Електроакустика	Исмер	3+1+1	6
5.	Рачунарске основе и примена Интернета	Исмер	3+1+1	6
5.	Електротехнички материјали	Исмер	3+1+1	6
5.	Објектно-оријентисано програмирање	Исмер	3+1+1	6
Укупно				30
6. семестар				
	Предмет	Статус	Часови (П + В + Л)	Кред
1.	Телекомуникације III	О	3+2	6
2.	Радио комуникације	О	3+1+1	6
3.	Телекомуникациони системи	О	3+1+1	6
4.	Антене и простирање	Осмер	3+1+1	6
<i>Бира се један предмет из следеће групе</i>				
5.	Завршни рад	Исмер		6
5.	Софтверски алати у микроталасној техници	Исмер	3+1+1	6
5.	Софтверски алати за пројектовање антена	Исмер	3+1+1	6
5.	Оптичке телекомуникације	Исмер	3+1+1	6
5.	Обрада сигнала II	Исмер	3+1+1	6
5.	Дигитална телекомуникациона кола	Исмер	3+1+1	6
5.	Базе података	Исмер	3+1+1	6
5.	Напајање у телекомуникацијама	Исмер	3+1+1	6
5.	Простирање оптичких таласа	Исмер	3+1+1	6
Укупно				30



7. семестар				
	Предмет	Статус	Часови (П + В + Л)	Кред
1.	Радио системи	О	3+1+1	6
2.	Микроталасна пасивна кола	Осмер	3+2	6
3.	Микроталасна електроника	Осмер	3+2	6
4.	Микроталасна мерења	Осмер	3+1+1	6
<i>Бира се један предмет из следеће групе</i>				
5.	Широкопојасне телекомуникационе мреже	Исмер	3+1+1	6
5.	Комутациони системи	Исмер	3+1+1	6
5.	Приступне телекомуникационе мреже	Исмер	3+1+1	6
5.	Симулација телек. система	Исмер	3+1+1	6
5.	Основи економије	Исмер	3+1+1	6
5.	Телевизија	Исмер	3+1+1	6
5.	Адаптивна обрада сигнала	Исмер	3+1+1	6
5.	Системи усмерених радио веза	Исмер	3+1+1	6
5.	Електроакустика	Исмер	3+1+1	6
Укупно				30
8. семестар				
	Предмет	Статус	Часови (П + В + Л)	Кред
1.	Теорија информација и кодови у тел.	Осмер	3+1+1	6
2.	Електромагнетска компатибилност	Осмер	3+1+1	6
<i>Бира се један предмет из следеће групе</i>				
3.	Софтверски алати у микроталасној техници	Исмер	3+1+1	6
3.	Софтверски алати за пројектовање антена	Исмер	3+1+1	6
3.	Бежичне мреже	Исмер	3+1+1	6
3.	Пројектовање телек. мрежа	Исмер	3+1+1	6
3.	TDM системи преноса	Исмер	3+1+1	6
3.	Протоколи у телек. мрежама	Исмер	3+1+1	6
3.	Јавни мобилни системи	Исмер	3+1+1	6
3.	Интернет програмирање	Исмер	3+1+1	6
3.	Моделирање и симулација у тел. системима	Исмер	3+1+1	6
3.	Поузданост у тел. системима	Исмер	3+1+1	6
3.	Регулатива у телекомуникацијама	Исмер	3+1+1	6
4.	Дипломски рад	О		12
Укупно				30

* Црвеном бојом су означени предмети специфични за микроталасну технику.

Предавачи на овим предметима су:

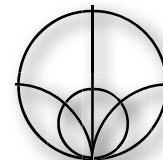
Проф. Антоније Ђорђевић

Проф. Бранко Колунџија

Доц. Владимир Петровић

Доц. Дејан Тошић

Доц. Милан Илић



ANTENE I PROSTIRANJE

Semestar: VI

Fond časova: 3+1+1

Predajne antene: Blisko i daleko polje predajnih antena. Karakteristična funkcija zračenja (efektivna dužina antene, polarizacija antene, teorema o translaciji, fazni centar). Snaga zračenja (intenzitet zračenja, otpornost zračenja, otpornost gubitaka, efikasnost). Ulazna impedansa. Sekundarni parametri (direktivnost, dobitak, širina glavnog snopa zračenja).

Prijemne antene: Teorema reciprociteta (indukovana EMS). Efektivna površina antene. Temperatura šuma antene. Uticaj zemlje na karakteristike antene (faktor lika).

Metode analize i sinteze antena: analitičke (asimptotske) tehnike, (sinusna aproksimacija struja duž tankih žičanih antena, geometrijska optika, fizička optika). Numeričke metode (MoM, FEM, FDTD). Tehnike prilagođenja antena. Antenska merenja.

Osnovni tipovi antena: Elementari električni dipol (Hercov dipol). Elementarna strujna kontura (magnetski dipol). Hajgensov radijator. Tanke žičane antene (polutaladni dipol).

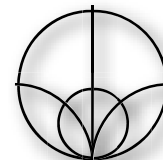
Antenski nizovi: Teorema o multiplikaciji karakteristika. Linearni uniformni antenski nizovi. Sinteza neuniformnih antenskih nizova. Superdirektivni nizovi.

Antene u obliku zračćih površi: Princip ekvivalentnih struja. Pravougaoni uniformno ozraćeni otvor. Levak antene. Antene sa parabolićnim reflektorom. Antene soćiva. Proreznne antene.

Prostiranje radiotalasa: Slabljenje u slobodnom prostoru. Površinski talas. Prostorni talas. Uticaj atmosfere na prostiranje. Difrakcija talasa. Uticaj jonosfere na prostiranje.

Literatura:

1. *Antene i prostiranje radiotalasa*, M. B. Dragović, Akademska misao, 2003.
2. *Antenna theory: analysis and design*, C. Balanis, Wiley, 1996.
3. *WIPL-D: Electromagnetic modeling of composite metallic and dielectric structures; software and user manual*, B. M. Kolundžija, J. S. Ognjanović, and T. K. Sarkar, Artech House, Norwood, 2000.



ЕЛЕКТРОМАГНЕТСКА КОМПАТИБИЛНОСТ

Семестар VIII, 3+1+1

Циљ курса је да пружи практична знање из области електромагнетске компатибилности и интерференције. Идентификују се извори сметњи и њихов утицај на електронске системе. Обрађују се практична решења за отклањање ових проблема.

Увод. Електромагнетско окружење и компатибилност. Основне дефиниције. (3)

Извори електромагнетске интерференције. Природни и вештачки извори. Удари грома. Електростатичка пражњења. Електромагнетски импулс нуклеарне експлозије. Преношење сметњи проводним путевима. Преношење сметњи зрачењем. Компромитијуће електромагнетско зрачење. (9)

Продирање сметњи. Интерни и екстерни проблеми електромагнетске компатибилности. Електромагнетска суцептибилност. Интегритет сигнала. (9)

Ојачавање имуности на сметње. Уземљење и спајање. Оклапање. Паразитне резонанције. Филтрирање. Каблови, конектори и компоненте. Поступци пројектовања. (9)

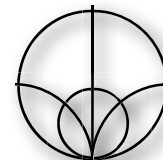
Рачунарска симулација проблема електромагнетске компатибилности. (3)

Прописи и стандарди. (3)

Испитивање електромагнетске компатибилности. Методе мерења. Мерење сметњи које се преносе проводним путевима и зрачењем. Мерење отпорности на сметње. Мерна опрема. Мерна места. (6)

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Keiser, *Principles of Electromagnetic Compatibility*, Boston: Artech House, 1987.
2. H. W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, New York: J. Wiley, 1976.
3. V. Prasad Kodali, *Engineering Electromagnetic Compatibility*, New York: IEEE Press, 2001.



МИКРОТАЛАСНА ТЕХНИКА

Семестар V, 3+1+1

Курс представља увод у микроталасну технику и антене. Излажу се принципи водова и таласовода. Представљају се примери једноставних микроталасних компоненти и кола, као и њихова примена. Обухваћени су прелазни режими на водовима и вишепроводнички водови. Уводе се параметри расејања. Дају се основни појмови о антенама, антенским низовима и расејачима.

Увод. Подела микроталасних учестаности. Основне особине микроталаса. Примене микроталаса. (3)

Простирање вођених електромагнетских таласа. ТЕМ, ТЕ, ТМ и хибридни таласи. Снага и слабљење. (6)

Водови. Једначине телеграфичара. Основни параметри. Стојећи таласи. Смитов дијаграм. Основна кола за прилагођење и трансформатори импедансе. Анализа водова методима теорије поља. Класични водови (двожични и коаксијални). Планарни водови (микротракасти, тракасти, копланарни). Компоненте у техници водова. Прелазни режими и рефлектометрија у временском домену. Вишепроводнички водови. Пренос брзих дигиталних сигнала. (6)

Таласоводи. Правоугаони таласоводи. Кружни таласоводи. Резонатори. Таласоводне компоненте. (6)

Параметри расејања. Дефиниција и основне особине. Прилагођења, ослабљивачи, померачи фазе, делитељи снаге, усмерени спрежњаци, нересипрочне компоненте. (6)

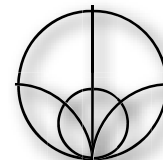
Увод у микроталасне полупроводничке компоненте. Диоде. PIN диоде. Диоде са тачкастим спојем. Шотки диоде. Тунел диоде. Диоде са брзим опоравком. Варактори. Ган диоде. Лавинске диоде. Биполарни транзистори. Транзистори са ефектом поља. Микроталасна интегрисана кола. (6)

Увод у микроталасне цеви. Клистриони. Магнетрони. Цеви са прогресивним таласом. (3)

Зрачење електромагнетских таласа. Основни принципи и Херцов дипол. Предајне и пријемне антене. Жичане антене са синусном расподелом струје. Антенски низови. Зрачење из отвора. Микроталасне антене. Расејачи и радарска једначина. (6)

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Ђорђевић, *Електромагнетика за рачунарску технику*, ЕТФ, Београд, 2001.
2. Б. Д. Поповић, *Електромагнетика*, Грађевинска књига, Београд, 1980.
3. А. Р. Ђорђевић, *Микроталасна техника*, ауторизоване белешке за предавања.
4. R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, New York: McGraw-Hill, 1996.



MIKROTALASNA ELEKTRONIKA

Semestar VII, 3+1+1

Kurs pokriva upoznavanje sa osnovnim aktivnim mikrotalasnim komponentama. Proučavaju se mikrotalasne cevi i poluprovodnički elementi. Osnovna tema kursa je analiza i dizajn mikrotalasnih pojačavača i oscilatora pomoću parametara rasejanja.

Mikrotalasne cevi. Triode. Klitroni. Magnetroni. Cevi sa progresivnim talasom. Amplitroni i tvajstroni. (6)

Mikrotalasni poluprovodnički elementi. Pin diode. Diode sa tačkastim spojem i šotki diode. Varaktor diode. Diode sa naglim oporavkom. Tunel diode. Gan diode. Lavinske diode. Bipolarni tranzistori. Tranzistori sa efektom polja. Tranzistori sa velikom pokretljivošću elektrona. Maseri. (6)

Ekvivalentne šeme elemenata. (6)

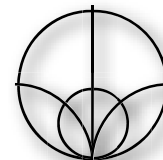
Pojačavači. Stabilnost. Pojačanje. Šum. Nelinearna izobličenja. Proračun pojačavača pomoću parametara rasejanja. Malošumni i širokopojasni pojačavači. Pojačavači snage. (15)

Oscilatori. Mešači. Umnožači učestanosti. Sintetizatori učestanosti. Modulatori. (6)

Mikrotalasna integrisana kola. (3)

Literatura:

1. D. Pozar, *Microwave Engineering*, New York: Wiley, 2004.
2. R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, New York: Wiley-IEEE Press, 2000.
3. G. Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design*, New York: Prentice Hall, 1997.
4. S. A. Maas, *Nonlinear Microwave and RF Circuits*, Norwood: Artech House, 2003.



MIKROTALASNA I ANTENSKA MERENJA

Cilj predmeta je sticanje praktičnih saznanja u vezi sa mikrotalasnim i antenskim merenjima. Slušaoci se kroz rad sa instrumentima i ostalom mernom opremom obučavaju za sveukupan postupak merenja – od povezivanja uzorka i instrumenta do izrade samostalnih aplikacija za akviziciju podataka.

Merna oprema. Analizatori spektra (ROHDE&SCHWARZ). Analizatori mreža (HP 8510B). Kablovi, adapteri i konektori (3,5 mm, 7 mm, N, SMA, BNC, F). Kalibracioni setovi (3,5 i 7 mm). Standardni interfejsi (GPIB, VXI, RS-232). (6)

Akvizicija podataka. Drajveri za merne instrumente (VISA, IVI). Programski paketi namenjeni radu sa mernim instrumentima (LabWidows/CVI, LabVIEW, Measurement Studio). Izrada samostalnih aplikacija za akviziciju podataka (C++, VisualBASIC, Delphi, Matlab). (12)

Merenje spektra signala. (3)

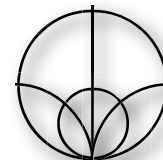
Mikrotalasna merenja. Merenje koeficijenta stojećih talasa. Merenje učestanosti. Merenje snage. (6)

Merenje s-parametara analizatorom mreža. Pasivna mikrotalasna kola. Greške pri merenju. Kalibracija. (3)

Antenska merenja. Ispitni prostori (anehoične sobe, otvoreni merni prostori). Snimanje dijagrama zračenja. Merenje dobitka. Određivanje karakteristika antene merenjem u bliskom polju. (9)

Merenje intenziteta elektromagnetskog polja. (3)

1. *Introduction to Microwave Theory and Measurements*, A.L. Lance; McGraw-Hill, New York, 1964.
2. *Practical Microwaves*, T.S. Laverghetta; Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
3. *Foundation for Microwave Engineering*, R.E. Collin; 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1996.
4. *IEEE Standard Test Procedures for Antennas*, The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc, New York, 1979.
5. Various Application Notes.



MIKROTALASNA PASIVNA KOLA

Semestar VII, 3+1+1

Pregled struktura za vođenje EM talasa: vodova i talasovoda.

Modelovanje diskontinuiteta. Konektori i adapteri. Konstrukcija pasivnih RF komponenti (R,L,C). Parazitski efekti, zračenje i nelinearnost.

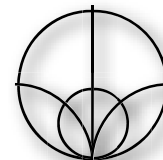
Konstrukcija i projektovanje mikrotalasnih podsistema: završnih opterećenja, pomičnih kratkih spojeva i završnih opterećenja, atenuatora, pomerača faze, usmerenih spreznjaka (hibridni spoj, magično T, hibridni prsten), delitelja snage i kombajnera, struktura za prilagođenje (transformator impedanse), rezonatora, izolatora, žiratora i cirkulatora.

Filtri (pregled). Elementi metoda za analizu pasivnih mikrotalasnih sklopova.

Matrični parametri pasivnih mikrotalasnih kola. Rešavanje linearnih RF i mikrotalasnih kola pomoću S-parametara. Primeri simulacija mikrotalasnih kola pomoću računara ("RFSim99", "TLine", "SPICE"). Simboličko rešavanje mikrotalasnih kola pomoću računara ("Mathematica").

Literatura/References:

1. *Microwave Engineering*, D.M. Pozar; 3rd Ed., John Wiley & Sons, 2005.
2. *Foundations for Microwave Engineering*, R.E. Collin; 2nd Ed., McGraw-Hill, 1992.
3. *Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems*, Volume I: *Passive Circuits and Systems*, R.Gilmore, L.Besser; Artech House, 2003.



SOFTVERSKI ALATI U MIKROTALASNOM INŽENJERSTVU

Semestar VIII, 3+1+1

Cilj kursa je upoznavanje sa softverskim alatima koji se koriste pri projektovanju mikrotalasnih kola. Kurs je osmišljen kao povezivanje teorijskih znanja i praktičnih problema u mikrotalasnoj tehnici, kroz korišćenje profesionalnih softverskih alata.

Uvod. Istorijski razvoj projektovanja mikrotalasnih kola pomoću računara (CAD). (3)

Softverski koji se koriste u mikrotalasnoj tehnici; Touchstone, LINPAR, MATPAR, Microwave Office (MWO), Zeland Suite v10 (IE3D), CST Microwave studio, Agilen ADS, Concerto. Kratak opis teorije na kojoj se zasnivaju programi. (6)

Optimizacioni algoritmi kao standardni alat pri projektovanju mikrotalasnih kola i sklopova pomoću računara – pregled algoritama koji se najčešće sreću u okviru softverskih paketa. (3)

Uvod u modelovanje mikrotalasnih struktura pomoću paketa Microwave Office (MWO). (3)

Prvi zadatak – projektovanje mikrotalasnog pojačavača pomoću paketa Microwave Office. (3)

Uvod u modelovanje pasivnih mikrotalasnih struktura pomoću paketa Zeland. (3)

Drugi zadatak – projektovanje pasivnog mikrotalasnog filtra pomoću paketa Zeland. (6)

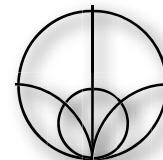
Touchstone standard za razmenu podataka između različitih softverskih paketa. Efikasno korišćenje različitih softverskih paketa u okviru istog projekta. (3)

Uvod u modelovanje pasivnih mikrotalasnih struktura pomoću paketa LINPAR. (3)

Treći zadatak – projektovanje višeslojnih struktura (LTCC) pomoću paketa LINPAR, MWO i Zeland. (6)

LITERATURA

1. Antonije R. Djordjević, Miodrag B. Baždar, Tapan K. Sarkar, Roger F. Harrington *LINPAR for Windows: Matrix Parameters for Multiconductor Transmission Lines, Software and User's Manual*, Version 2.0 Boston, Artech House 1999.
2. A. R. Djordjević, M. B. Bazdar, G. Vitošević, T. K. Sarkar, R. F. Harrington, *MATPAR Scattering Parameters of Microwave Networks with Multiconductor Transmission Lines*, Norwood, MA: Artech House, 1990.
3. Microwave Office version 5.51, 2004. <http://www.appwave.com/>
4. Zeland Software v10. <http://www.zeland.com/>
5. Sonnet CST Microwave Studio <http://www.sonnetusa.com/>
6. Agilent ADS 2004. <http://eesof.tm.agilent.com/>
7. Vector Fields Concerto 2004. <http://www.vectorfields.com>
8. Eagleware SuperStar/GENESYS v6.5, 2004. <http://www.eagleware.com/>



SOFTVERSKI ALATI ZA PROJEKTOVANJE ANTENA I RASEJAČA

Semestar IX, 3+2 (ili 2+3)

Cilj predmeta je da upozna slušaoca sa vodećim svetskim softverskim alatima za 3D elektromagnetsko modelovanje i da ga obuča za samostalno projektovanje antena i rasejača.

1. **Uvod.** Značaj softverskih alata u projektovanju antena i rasejača. Kratak istorijat.
2. **Opšti principi elektromagnetskog modelovanja.**
3. **Numeričke metode za analizu antena i rasejača.** Metoda momenata (MoM). Metoda konačnih elemenata (FEM). Metode konačnih razlika (TLM, FDTD). Metode visokih frekvencija (PO, GO). Hibridne metode.
4. **Pregled softverskih alata za analizu antena i rasejača:** NEC, MiniNEC, SuperNEC, WireZeus, AWAS, OSU code, FEKO, IE3D, HFSS, WIPL-D.
5. **Upoznavanje sa programskim paketom AWAS.**
6. **Upoznavanje sa programskim paketom WIPL-D.**
7. **Napredne tehnike modelovanja antena i rasejača.**
8. **Ispitivanje i poboljšanje kvaliteta rezultata analize.**
9. **Specifičnosti pri modelovanju rasejača.**
10. **Specifičnosti pri modelovanju pojedinih klasa antena I:** žičane antene, helikoidalne antene i levak antene.
11. **Specifičnosti pri modelovanju pojedinih klasa antena II:** reflektorske antene i mikrostrip antene.
12. **Optimizacija:** opšti principi optimizacije, metode, pregled softvera.
13. **Projektovanje antena i rasejača u programskim paketima AWAS i WIPL-D.**
14. **Projekat**

Napomena: Za svaku nastavnu jединicu predviđena su tri časa predavanja.

Literatura:

1. A.R. Djordjević, M.B. Bazdar, V.V. Petrović, D.I. Olćan, T.K. Sarkar, R.F. Harrington, *AWAS for Windows: Analysis of Wire Antennas and Scatterers, Software and User's Manual*, Version 2.0 Boston, Artech House 2002.
2. B.M. Kolundžija, J.S. Ognjanović, and T.K. Sarkar, *WIPL-D: Electromagnetic Modeling of Composite Metallic and Dielectric Structures, Software and User's Manual*, Boston: Artech House, 2000.