**Nazwa przedmiotu:**

Projektowanie układów mikrofalowych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Wojciech Wojtasiak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

PUM

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

- udział w wykładach: 15 x 3 godz. = 45 godz.,
- przygotowanie do kolejnych wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i dodatkowej literatury, próba rozwiązania miniproblemów sformułowanych na wykładzie): 20 godz.
- udział w konsultacjach 3 godz. (zakładamy, że student korzysta z konsultacji dotyczących wykładu 3 razy w semestrze),
- udział w zajęciach laboratoryjnych 5 x 3 godz. = 15 godz.
- przygotowanie do kolejnych laboratoriów (przejrzenie materiałów do laboratorium, rozwiązanie miniproblemów sformułowanych w materiałach przygotowujących do laboratorium, udział w konsultacjach przedlabolatoryjnych): 5 x 2 + 4= 14 godz.
- przygotowanie do kolokwiów (rozwiązanie zadań przedkolokwialnych, udział w konsultacjach przedkolokwialnych): 3 x 8 godz. + 5 godz. = 28 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi zatem: 45 + 20 + 3 + 14 + 15 + 28 = 125 godz., co odpowiada ok. 5 punktom ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

- udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
- udział w konsultacjach 3 godz. (zakładamy, że student korzysta z konsultacji dotyczących wykładu 3 razy w semestrze)
- udział w zajęciach laboratoryjnych 5 x 3 godz. = 15 godz.
- przygotowanie do kolokwiów (udział w konsultacjach przedkolokwialnych): 5 godz.
Razem: 30+3+15+5= 53 godz. co odpowiada ok. 2 punktom ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

- udział w zajęciach laboratoryjnych 5 x 3 godz. = 15 godz.
- przygotowanie do kolejnych laboratoriów (rozwiązanie miniproblemów sformułowanych w materiałach przygotowujących do laboratorium) 5 x 2+4 = 14 godz.
Razem: 15+14= 29 godz. co odpowiada ok. 1 punktowi ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 45h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wymagane przedmioty poprzedzające: TMO, MR, SYGM, PR
Zalecane przedmioty poprzedzające: SRKO, PRAD, PRIR

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

- zapoznanie studentów z zasadą działania oraz z konstrukcją, technologią, metodyką projektowania głównych podzespołów mikrofalowych bloków radiowych nowoczesnych systemów radiokomunikacyjnych, radionawigacyjnych i przemysłowych;
- ukształtowanie umiejętności analizy i projektowania wybranych pasywnych oraz półprzewodnikowych i lampowych układów mikrofalowych bloków radiowych;
- nabycie umiejętności korzystania z danych katalogowych i not aplikacyjnych podzespołów mikrofalowych oraz formułowania warunków technicznych;
- opanowanie umiejętności posługiwania się zaawansowaną mikrofalową aparaturą pomiarową i oprogramowaniem wspomagającym projektowania układów i bloków funkcjonalnych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
- Warunki zaliczenia. Architektura bloków radiowych w powszechnie stosowanych systemach telekomunikacyjnych, radionawigacyjnych i radiolokacyjnych. Podstawowe bloki funkcjonalne mikrofalowych torów nadawczych i odbiorczych. Idea programowalnego systemu radiowego SDR. - 2 godz.
- Opis układów mikrofalowych. Obwodowe i falowe formy opisu układów radioelektronicznych o parametrach skupionych i rozłożonych. Opis obwodowy i falowy obwodów mikrofalowych. Transformacja impedancji przez odcinek jednorodnej i niejednorodnej linii długiej.
- Prowadnice falowe. Falowody prostokątny i kołowy, linia współosiowa, linie paskowe: symetryczne i niesymetryczne linie paskowe i falowód koplanarny. Linie paskowe sprzężone. Metody wyznaczania parametrów konstrukcyjnych linii transmisyjnych o zadanej impedancji falowej lub charakterystycznej.
- Metody analizy i syntezy mikrofalowych układów pasywnych. Metoda pobudzeń w fazie i w przeciwfazie. Analiza układów mikrofalowych metodą kolejnych dekompozycji. Podstawowe tożsamości obwodowe. Zagadnienie dopasowania impedancji za pomocą współmiernych i niewspółmiernych transformatorów schodkowych. Przykłady zastosowań.
- Podstawowe pasywne podzespoły bloków radiowych. Obciążenia dopasowane, tłumiki, sprzęgacze kierunkowe, dzielniki mocy, filtry, zwrotnice – dupleksery, przyrządy nieodwracalne (cyrkulatory ferrytowe).
- Teoria filtrów. Funkcje specjalne: Butterworth'a, Czebyszewa i całki eliptyczne. Metody projektowanie współosiowych, paskowych i falowodowych filtrów i zwrotnic mikrofalowych. Przełączane filtry kierunkowe. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych filtrów stosowanych w urządzeniach nadawczych i odbiorczych.
- Dzielniki sygnałów i sprzęgacze kierunkowe. Projektowanie sprzęgaczy zbliżeniowych, typu Lange'a, gałęziowych i pierścieniowych. Algorytmy projektowania wielosekcyjnych dzielników typu Wilkinson'a i 3dB dzielnika dużej mocy Gysel'a. Przykłady zastosowań dzielników i sprzęgaczy w torach nadawczo-odbiorczych i w wieloelementowych szykach antenowych.
- Mikrofalowe przyrządy półprzewodnikowe i lampowe. Materiały półprzewodnikowe stosowane w technologii mikrofalowych diod i tranzystorów mikrofalowych. Budowa i właściwości diod (Schottky, PIN, waraktor, Gunna, lawinowa i ładunkowa) i tranzystorów (Si-BJT, MESFET, HEMT, HBT, LDMOSFET). Konstrukcja, zasada działania i zastosowania lamp mikrofalowych – magnetron, LFB, amplitron.
- Symulacje elementów aktywnych. Symulator obwodów mikrofalowych. Modelowanie wybranych elementów aktywnych (PIN, waraktor, tranzystor MESFET, HEMT) z uwzględnieniem zagadnienia termicznego.
- Detektor, mieszacz, ogranicznik i przełącznik. Konstrukcja i charakterystyki układów detekcji, przemiany częstotliwości, zabezpieczania i kontroli, stosowanych w blokach radiowych.
- Generacja sygnałów mikrofalowych. Generatory VCO i CCO – quasi-liniowy model dwójnikowy, algorytm projektowania. Wysokostabilne, programowalne źródła sygnałów mikrofalowych (PLL/DDS). Projekt syntezera z mikrokontrolerem.
- Wzmacnianie sygnałów mikrofalowych. Konstrukcje wzmacniaczy nadawczych i odbiorczych – struktury, parametry, analiza wymagań, wybór elementu aktywnego. Podejście małosygnałowe i z wykorzystaniem nieliniowego modelu tranzystora.
- Techniki realizacji urządzeń nadawczych i odbiorczych. Montaż mikrofalowych elementów aktywnych. Technika falowodowa i hybrydowa..

Laboratorium:
Ćwiczenia laboratoryjne odbywają się równolegle z wykładem i służą pogłębieniu wiedzy przekazanej podczas wykładu oraz zdobyciu umiejętności praktycznych w obsłudze aparatury pomiarowej. W ramach przygotowania do laboratorium studenci wykonują zadania projektowe, które następnie realizują w trakcie ćwiczeń. Program ćwiczeń obejmuje 5 3-godzinnych ćwiczeń:
1. Pomiar macierzy rozproszenia [S] tranzystorów – w obudowach i chipów (on-wafer). Kalibracja wektorowego analizatora sieci. Samodzielne przygotowanie ćwiczenia: wyznaczenie parametrów kalibratorów TRL.
2. Modelowanie tranzystora z wykorzystaniem zmierzonych w poprzednim ćwiczeniu macierzy [S] przy pomocy symulatora ADS. Samodzielne przygotowanie plików z modelem tranzystora do implementacji w środowisku ADS.
3. Badania wzmacniaczy: niskoszumnego i nadawczego. Optymalizacja punktu pracy tranzystora i modyfikacja struktury badanych układów dla spełnienia założonych wymagań. W ramach przygotowania do ćwiczenia: analiza architektury wzmacniaczy.
4. Pomiary parametrów syntezera PLL/DDS. Projekt optymalnego filtru pętli PLL.
5. Badanie bloku radiowego systemu punkt-wielopunkt IRT2000, modułu N/O radaru APAR lub łącza zrealizowanego w technice SDR. W czasie przygotowania do ćwiczenia: zdefiniowanie założeń projektowych wybranych bloków funkcjonalnych dla zadanych parametrów torów radiowych badanych urządzeń.

**Metody oceny:**

1. Zaliczenie przedmiotu, to minimum 50% punktów z egzaminu i ocena minimum 3 z każdego z ćwiczeń laboratoryjnych.
2. Każde ćwiczenie rozpoczyna się sprawdzianem wstępnym. Na końcową ocenę składa się wynik kolokwium, stopień samodzielnego przygotowania materiałów do ćwiczenia oraz wykonanie zadań laboratorium
3. Udział laboratorium w końcowej ocenie wynosi 30%.
4. Pozostałe 70% przypada na wynik z egzaminu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura:
1. Rosłoniec S.: Liniowe obwody mikrofalowe - Metody analizy i syntezy, WKiŁ, Warszawa 1999
2. Galwas B.: Miernictwo mikrofalowe, WKiŁ, Warszawa 1985
3. Galwas B.: Mikrofalowe generatory i wzmacniacze tranzystorowe, WKiŁ, Warszawa 1991
4. Dobrowolski J.: Projektowanie mikrofalowych wzmacniaczy z tranzystorami MESFET, WNT, Warszawa 1991.
5. Matthaei G., Young L., Jones E.: Microwave filters, impedance - matching networks and coupling structures, Mc Graw Hill, NY 1994

**Witryna www przedmiotu:**

www.elka.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

posiada wiedzę nt. obwodowego i falowego opisu układów mikrofalowych w dziedzinie częstotliwości dla pobudzenia sinusoidalnego;

Weryfikacja:

kolokwium1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W02, K\_W04, K\_W06, K\_W09, K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka W2:**

zna budowę, zasadę działania i podstawowe charakterystyki mikrofalowych tranzystorów Si-BJT, MESFET, HEMT, HBT, LDMOSFET, diod oraz wybranych lamp

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W06, K\_W07, K\_W09, K\_W10, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka W3:**

zna konstrukcję, zasadę działania i główne parametry takich układów funkcjonalnych jak sprzęgacz, dzielnik mocy, tłumik, filtr, cyrkulator, wzmacniacz, generator, syntezer, detektor, przełącznik, ogranicznik;

Weryfikacja:

kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W06, K\_W07, K\_W09, K\_W10, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka W4:**

wie jak zamodelować diodę i tranzystor mikrofalowy na podstawie macierzy rozproszenia [S] zmierzonych w odpowiednio wybranych punktach pracy w środowisku typowego symulatora obwodów b.w.cz.;

Weryfikacja:

laboratorium nr 2, kolokwium 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W09, K\_W10, K\_W14, K\_W04, K\_W06, K\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka W5:**

zna schematy funkcjonalne bloków nadawczych i odbiorczych systemów TDD i FDD, potrafi zaproponować rozwiązania układowe i systemowe takich urządzeń

Weryfikacja:

kolokwium 2, labolatorium5,

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W06, K\_W07, K\_W09, K\_W10, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

posiada umiejętność posługiwania się mikrofalową aparaturą pomiarową - w zakresie zaawansowanym wektorowym analizatorem obwodów i analizatorem widma

Weryfikacja:

kolokwium 1, laboratorium nr 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U07, K\_U10, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o

**Charakterystyka U2:**

rozróżnia pracę mało- i wielkosygnałową elementu aktywnego i zna metody analizy obu rodzajów pracy

Weryfikacja:

Kolokwium 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U07, K\_U10, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o

**Charakterystyka U3:**

potrafi zaprojektować wybrane, prezentowane w trakcie wykładu, układy i urządzenia mikrofalowe wspomagając się odpowiednim oprogramowaniem

Weryfikacja:

Kolokwium 2, laboratorium nr 3 i 4

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09, K\_U10, K\_U13, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K1:**

student, który zaliczył przedmiot potrafi pracować indywidualnie i w zespole oraz określić priorytety niezbędne do realizacji postawionych przed nim i grupą zadań

Weryfikacja:

labolatorium 1-5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**