**Nazwa przedmiotu:**

Technika mikrofalowa

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Wojctech Wojtasiak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - podstawowe

**Kod przedmiotu:**

TMO

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

- udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.,
- przygotowanie do kolejnych wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i dodatkowej literatury, próba rozwiązania miniproblemów sformułowanych na wykładzie): 15 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: 30 + 15 + 3 + 15 + 14 + 28 = 105 godz., co odpowiada ok. 4 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:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

SYMSE - Sygnały, modulacje i systemy
ANL2 - Analiza 2
POFA - Pola i fale (E)

**Limit liczby studentów:**

36

**Cel przedmiotu:**

- zapoznanie studentów ze specyfiką opisu, projektowania i realizacji powszechnie stosowanych układów i urządzeń mikrofalowych w systemach łączności bezprzewodowej, radarowych i grzania mikrofalowego;
- ukształtowanie umiejętności analizy i projektowania wybranych pasywnych i aktywnych układów mikrofalowych;
- nabycie umiejętności korzystania z danych katalogowych i not aplikacyjnych podzespołów mikrofalowych;
- opanowanie umiejętności posługiwania się podstawową aparaturą pomiarową wykorzystywaną w pasmie mikrofal.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
- Warunki zaliczenia. Mikrofale - zdefiniowanie pojęć, podział na pasma i przykłady zastosowań (m.in. kuchenka mikrofalowa) - 2 godz.
- Obwodowy 1-wymiarowy model linii długiej w dziedzinie czasu i częstotliwości - pojęcie napięcia, prądu i mocy fali w linii długiej, rozwiązanie równań Telegrafistów dla pobudzenia sinusoidalnego. Rozkład amplitud. Współczynnik odbicia i fali stojącej. Transformacja impedancji - 2 godz.
- Wykres Smitha. Zagadnienie dopasowania, warunek dopasowania energetycznego i sposoby dopasowania zespolonej impedancji - 2 godz.
- Macierzowy opis liniowych N-wrotników mikrofalowych. Zespolone amplitudy napięcia fal padających i odbitych. Definicja macierzy rozproszenia [S] i transmisyjnej [T]. Klasyfikacja układów mikrofalowych (odwracalność, symetria stratność). Przykłady macierzy [S] prostych 2-wrotników. Graf przepływu sygnału - 2 godz.
- Podstawowe prowadnice falowe - konstrukcja, parametry, zastosowania: linie TEM (współosiowa), niesymetryczna linia paskowa, falowód koplanarny, falowody o metalowych ściankach (prostokątny i cylindryczny), rodzaje złącz i gniazd mikrofalowych - 2 godz.
- Metody pomiaru mocy mikrofalowej. Dioda Schottky'ego, detektor i mieszacz. Pomiar długości fali, częstotliwości modułu współczynnika odbicia i fali stojącej (WFS) oraz impedancji - linia pomiarowa ze szczeliną. - 2 godz.
- Pomiar wyrazów macierzy rozproszenia [S] - reflektometr, mostek kierunkowy, wektorowy analizator obwodów. Zagadnienie kalibracji analizatora obwodów. Analizator widma - zasada działania, budowa - 2 godz.
- Skupione elementy bierne RLC (SMD) i podzespoły pasywne - dopasowane obciążenia, tłumiki, dzielniki mocy, sprzęgacze kierunkowe. Metoda pobudzeń w fazie i w przeciwfazie w projektowaniu wybranych dwuwrotowych układów pasywnych. Zagadnienie zasilania DC mikrofalowych elementów aktywnych.- 3 godz.
- Dobroć. Filtry - klasyfikacja, techniki realizacji. Cyrkulatory - 2 godz.
- Dioda PIN, waraktor i układy przełączane. Modulatory amplitudy i fazy - analogowe i cyfrowe - 1 godz.
- Pojęcie szumu. Rodzaje szumów. Współczynnik i temperatura szumów. Czułość odbiornika - 1 godz.
- Tranzystory mikrofalowe (Si-BJT, MESFET, LDMOSFET, HBT, HEMT) – technologia, parametry i zastosowania. Punkt pracy. Model małosygnałowy. Analiza danych katalogowych tranzystorów - 2 godz.
- Wzmacniacze niskoszumne i nadawcze. Parametry i przegląd metod projektowania. Procedury projektowe obwodów wzmacniaczy ze względu na minimum szumów lub maksimum mocy wyjściowej - 2 godz.
- Warunki generacji. Przykłady konstrukcji generatorów mikrofalowych. Stabilność długo- i krótko terminowa. Pomiar poziomu szumów fazowych. Pętla fazowa PLL. Syntezer częstotliwości - 3 godz.

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 mocy i detekcja sygnału mikrofalowego. Linia pomiarowa ze szczeliną, Praca z analizatorem obwodów mikrofalowych oraz proces kalibracji. Zadanie w ramach przygotowania do ćwiczenia: projekt układu do pomiaru reflektancji lub strat odbicia dysponując sprzęgaczem reflektometrycznym, woltomierzem wektorowym lub dwoma miernika mocy oraz generatorem. Zaproponować procedurę kalibracji.
2.Dopasowanie impedancji. Schemat zastępczy elementów skupionych RLC SMD w zakresie mikrofalowym. Obwody zasilania DC układów mikrofalowych. W ramach przygotowania do ćwiczenia należy zaprojektować obwód dopasowujący zadaną impedancję oraz polaryzator spełniający założone wymagania.
3.Pomiar podstawowych parametrów diod PIN i waraktorów. Wyznaczyć małosygnałowy model zmierzonych diod. Przygotowanie do ćwiczenia obejmuje projekt jednodiodowego klucza – cyfrowego modulatora amplitudy o zadanej maksymalnej częstotliwości przełączania.
4.Małosygnałowe pomiary tranzystorów i wzmacniaczy mikrofalowych. Zadanie do samodzielnego rozwiązania: Na podstawie danych katalogowych tranzystora wyznaczyć prostą obciążenia optymalną dla maksymalnej mocy wyjściowej w warunkach pracy w klasie A.
5.Badanie parametrów generatorów mikrofalowych – pomiar poziomu szumów fazowych o odporności generatora na zmiany obciążenia tzw. pulling'u. W trakcie przygotowania do ćwiczenia należy wykreślić szacunkowy przebieg szumów fazowych generatora VCO/PLL dla podanych parametrów generatora odniesienia oraz wartości częstotliwości porównania i wyjściowej.

**Metody oceny:**

1. Zaliczenie przedmiotu, to minimum 50% punktów z egzaminu i ocena minimum 3 z każdego z ćwiczeń laboratoryjnych.
2. Udział laboratorium w końcowej ocenie wynosi 35%.
3. Pozostałe 65% przypada na wynik z egzaminu.
4. Skala ocen: <50% - 2, 51%-60% - 3, 61%-70% - 3.5, 71%-80% - 4, 81%-90% - 4.5, 91%>5

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1. Rosłoniec S. - Liniowe obwody mikrofalowe - Metody analizy i syntezy, WKiŁ, Warszawa 1991
2. Galwas B. - Miernictwo mikrofalowe, WKiŁ, Warszawa 1985
3. Mikrofalowe generatory i wzmacniacze tranzystorowe, WKiŁ, Warszawa 1991
4. Dobrowolski J. - Projektowanie mikrofalowych wzmacniaczy z
tranzystorami MESFET, WNT, Warszawa 1991.
Literatura uzupełniajaca:
1. Dobrowolski J. - Mikrofale, WPW, Warszawa 1991
2. 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:**

student, który zaliczył przedmiot posiada wiedzę nt. obwodowego opisu linii długiej w dziedzinie częstotliwości dla pobudzenia sinusoidalnego i umie wyznaczyć współczynnik odbicia i fali stojącej dla zadanej impedancji obciążenia i odniesienia oraz wykreślić rozkład amplitud prądu i napięcia w prowadnicy falowej;

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 1

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

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

**Charakterystyka W2:**

student, który zaliczył przedmiot zna budowę, zasadę działania i główne parametry detektora, mieszacza i przyrządów pomiarowych takich jak: mierniki mocy z sensorami kalorymetrycznymi, termistorowymi i termoelektrycznymi oraz analizatory obwodów i widma

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 2

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

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

**Charakterystyka W3:**

student, który zaliczył przedmiot wie jak opisać liniowy dwuwrotnik przy pomocy macierzy rozproszenia [S] oraz sformułować i rozwiązać graf przepływu sygnału kaskadowo połączonych kilku dwuwrotników obciążonych jednowrotnikiem;

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 2

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

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

**Charakterystyka W4:**

student, który zaliczył przedmiot zna konstrukcję, istotne parametry i technikę realizacji typowych, mikrofalowych układów pasywnych takich jak: elementy skupione RLC SMD, tłumiki stałe, dopasowane obciążenia, sprzęgacze (gałęziowy, pierścieniowy, z liniami sprzężonymi, reflektometryczny), dzielniki i sumatory mocy (3dB/kwadraturowy, Wilkinsona, 3dB/antyfazowy) i filtrów (układ pierwotny, rodzaje filtrów)

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 3

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

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

**Charakterystyka W5:**

student, który zaliczył przedmiot nabył podstawową wiedzę o materiałach półprzewodnikowych stosowanych w technologii mikrofalowych przyrządów aktywnych, zna budowę, zasadę działania, ważne parametry i przeznaczenie takich elementów aktywnych jak: dioda Schottky'ego, PIN, waraktor, tranzystory – Si-BJT, MESFET, HEMT, HBT

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 3 i 4

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

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

**Charakterystyka W6:**

student, który zaliczył przedmiot potrafi podać podstawowe struktury wzmacniaczy i generatorów mikrofalowych, opisać zasadę działania i parametry takich układów oraz zna procedury projektowe wzmacniaczy niskoszumnych i nadawczych oraz generatorów z wykorzystaniem podejścia małosygnałowego.

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 4 i 5

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

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

student, który zaliczył przedmiot potrafi zaprojektować obwód dopasowujący daną impedancję do impedancji linii odniesienia metodą graficzną z wykorzystaniem wykresu Smitha oraz obwód zasilania DC (polaryzator) elementu aktywnego

Weryfikacja:

egzamin

**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:**

student, który zaliczył przedmiot posiada umiejętność posługiwania się miernikami mocy oraz w zakresie podstawowym wektorowym analizatorem obwodów i analizatorem widma;

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 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:**

student, który zaliczył przedmiot umie zastosować metodę pobudzeń w fazie i w przeciwfazie w projektowaniu prostych mikrofalowych 2-wrotowych układów pasywnych i wyznaczyć model elementów RLC SMD;

Weryfikacja:

egzamin, labolatorium nr 3

**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 U4:**

student, który zaliczył przedmiot potrafi podać podstawowe struktury wzmacniaczy i generatorów mikrofalowych, opisać zasadę działania i parametry takich układów oraz zna procedury projektowe wzmacniaczy niskoszumnych i nadawczych oraz generatorów z wykorzystaniem podejścia małosygnałowego

Weryfikacja:

egzamin, laboratorium nr 4 i 5

**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

### 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:

labolatoria 1-5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**