**Nazwa przedmiotu:**

Technika emisji i odbioru

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Juliusz MODZELEWSKI

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Elektronika i Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty kierunkowe

**Kod przedmiotu:**

TEM

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1. udział w wykładzie - 30h.
2. udział w laboratorium - 12h.
3. samodzielne przygotowanie się do wykładów - 15h.
4. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych - 20h.
5. Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych - 20h.
6. przygotowanie do egzaminu - 25h.
7. konsultacje - 3h.

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

2

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

udział w laboratorium - 12h
przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych - 20h
Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych - 20h

52h = 2 ECTS

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Teoria sygnałów i modulacji (przedstawienie sygnałów w dziedzinie czasu i w dziedzinie częstotliwości, podstawowe rodzaje modulacji).
Układy elektroniczne (podstawowe układy wzmacniaczy małosygnałowych i wzmacniaczy mocy).

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z podstawowymi układami nadajników i odbiorników radiokomunikacyjnych, radiofonicznych i telewizyjnych oraz z ich właściwościami. Rozwiązania głównych bloków nadajników i odbiorników dla różnych zakresów częstotliwości, rodzajów modulacji i obszarów zastosowań . Podstawowe parametry nadajników i odbiorników oraz ich pomiary.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Podstawowe elementy systemu łączności radiowej. Uzasadnienie konieczności emisji sygnałów zmodulowanych o dostatecznie dużej mocy. Schemat blokowy nadajnika radiowego i funkcje podstawowych bloków. Podstawowe parametry bloków mocy nadajników radiowych. (2h.)
2. Nadajniki systemów radiowych z modulacją AM. Przebieg czasowy i widmo sygnału AM. Moc średnia i moc szczytowa sygnału AM. Sprawność energetyczna transmisji informacji przy użyciu modulacji AM. Definicja mocy nominalnej nadajnika AM. Istota dynamicznej modulacji AM. Wymagane moce wyjściowe, szerokości pasma sygnału informacyjnego i zmodulowanego oraz zakresy częstotliwości w systemach radiodyfuzji i radiokomunikacji z modulacją AM. Wymagane właściwości wzmacniaczy mocy sygnałów AM. Schematy blokowe nadajników AM (z modulatorem małej mocy i z modulatorem dużej mocy). (3h.)
3. Nadajniki jednowstęgowe (SSB). Widmo sygnału SSB i zysk energetyczny w stosunku do modulacji AM. Metody realizacji modulacji SSB. Definicja mocy nominalnej nadajnika SSB. Wymagane parametry wzmacniacza mocy sygnałów SSB. Definicja i sposób pomiaru zniekształceń nieliniowych wzmacniaczy mocy w. cz.. Schemat blokowy nadajnika SSB. Zakresy częstotliwości i moce nadajników radiokomunikacyjnych SSB. (2h.)
4. Nadajniki z modulacją FM. Widmo sygnału FM i sposób szacowania szerokości pasma tego sygnału. Wymagane właściwości wzmacniaczy mocy sygnałów z modulacją FM. Definicja mocy nominalnej oraz zakresy częstotliwości i wymagane moce nadajników radiodyfuzyjnych i radiokomunikacyjnych z modulacją FM. Ograniczenia emisji niepożądanych nadajników radiofonicznych UKF-FM. Wymagania dla wzmacniaczy mocy wielokanałowych systemów łączności (z podziałem częstotliwości) z modulacją FM i ze wspólnym wzmacniaczem mocy dla wszystkich kanałów. (2h.)
5. Nadajniki cyfrowych systemów radiokomunikacyjnych i radiodyfuzyjnych. Podstawowe rodzaje modulacji cyfrowych (2ASK, 2PSK, 2FSK) i ich ograniczenia. Metody redukcji szerokości widma sygnałów zmodulowanych sygnałem cyfrowym. Nadajniki telefonii GSM. Schemat blokowy nadajnika stacji ruchomej. Zasada pracy z zwielokrotnieniem częstotliwościowym (FDMA) i z zwielokrotnieniem czasowym (TDMA). Wymagana szybkość transmisji w szczelinie czasowej i szerokość pasma kanału łączności oraz wydajność widmowa zastosowanej modulacji cyfrowej. Zasada modulacji GMSK i sposób jej realizacji. Dodatkowe modulacje sygnału wyjściowego nadajnika systemu GSM (parametry impulsu w. cz. w szczelinie czasowej i regulacja mocy wyjściowej tego impulsu). Wymagane szerokości pasma nadajników stacji ruchomej i stacji bazowej. Wymagane właściwości wzmacniaczy mocy nadajników GSM (3h.)
6. Wzmacniacze mocy w. cz., ich podstawowe parametry i charakterystyki. Uproszczony model elementu aktywnego i istota pracy wielkosygnałowej. Wzmacniacze mocy w. cz. w nadajnikach radiowych (wzmacniacze sygnałów o stałej amplitudzie, sygnałów o modulowanej amplitudzie i modulatory dużej mocy). Wzmacniacze liniowe niestrojone klasy A i klasy AB (przeciwsobne) i ich podstawowe charakterystyki. Wady wzmacniaczy niestrojonych (ograniczenia sprawności energetycznej, skutki pojemności międzyelektrodowych elementów aktywnych i nieliniowości ich charakterystyk). Zasada działania rezonansowego wzmacniacza mocy i ograniczenia jego pasma. Możliwe klasy pracy wzmacniaczy rezonansowych (klasy „analogowe”: A, AB, B, C i przełącznikowe : D, DE, E) . Zasada działania wzmacniaczy liniowych o podwyższonej sprawności energetycznej (EER). (4h.)
7. Podstawowe zagadnienia związane z odbiorem fal radiowych. Podstawowe układy konstrukcyjne odbiorników radiowych (schematy blokowe). Odbiorniki bezpośredniego wzmocnienia, odbiorniki z przemianą częstotliwości pojedynczą i wielokrotną. Zalety i wady przemiany częstotliwości (2h).
8. Wzmacniacze wielkiej częstotliwości odbiorników radiowych. Szumy w układach w. cz. Zniekształcenia intermodulacyjne we wzmacniaczach w. cz.. Mieszacze diodowe, tranzystorowe (bipolarne, JFET, MOSFET) (2h).
9. Heterodyna w odbiornikach radiowych. Generatory LC i kwarcowe. Współbieżność strojenia heterodyny w odbiorniku z przemianą częstotliwości. Układy syntezy częstotliwości. Pętla PLL. Układ DDS. (4h).
10. Selektywność odbiornika. Filtry LC, ceramiczne, kwarcowe, Filtry z falą powierzchniową. Wzmacniacze pośredniej częstotliwości. Wzmacniacze-ograniczniki i wzmacniacze z regulacją wzmocnienia (2h).
11. Demodulacja (detekcja) sygnałów z modulacją amplitudy i częstotliwości. Demodulatory diodowe i tranzystorowe. Demodulatory częstotliwości diodowe i z układami scalonymi. Demodulacja sygnałów jednowstęgowych. Automatyczna regulacja wzmocnienia. Automatyczna regulacja częstotliwości. (2h).
12. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów w odbiornikach radiowych. Radio programowalne. Podstawowe układy konstrukcyjne odbiorników SDR. Sposoby realizacji wybranych bloków funkcjonalnych odbiorników SDR (2h).

Laboratorium:
Ćwiczenie l: Badanie rezonansowych wzmacniaczy mocy w.cz. klasy C i klasy AB.
Badanie wzmacniacza klasy C w różnych stanach pracy (pomiar parametrów energetycznych i zawartości harmonicznych w sygnale wyjściowym). Pomiar charakterystyki przejściowej oraz statycznej charakterystyki modulacji drenowej i zawartości harmonicznych w sygnale wyjściowym w funkcji napięcia zasilania dla wzmacniacza klasy C. Pomiary charakterystyki przejściowej i zawartości harmonicznych w sygnale wyjściowym w funkcji wysterowania dla wzmacniacza klasy AB.

Ćwiczenie 2: Badanie układów modulacji amplitudy na dużym poziomie mocy.
Badanie modulatora amplitudy w nowoczesnym układzie modulacji drenowej ze sterowanym stabilizatorem wysokosprawnym i rezonansowym wzmacniaczem mocy klasy D. Pomiar statycznej charakterystyki modulacji drenowej i sprawności energetycznej rezonansowego wzmacniacza mocy klasy D w funkcji napięcia zasilania . Pomiar charakterystyki przejściowej i zależności sprawności energetycznej od wysterowania dla stabilizatora sterowanego sygnałem m. cz. oraz pomiary jego charakterystyk częstotliwościowych. Pomiar charakterystyki dynamicznej kompletnego modulatora amplitudy i zależności jego sprawności energetycznej od wysterowania sygnałem m. cz. . Pomiar charakterystyk częstotliwościowych głębokości modulacji i sprawności energetycznej kompletnego modulatora.

Ćwiczenie 3: Badanie wzmacniaczy w. cz. i mieszaczy.
Badanie parametrów intermodulacyjnych wzmacniaczy w. cz.. Badanie właściwości mieszacza jednotranzystorowego i zrównoważonego. Pomiar tłumienia sygnału lustrzanego bez filtru i z filtrem w. cz..

Ćwiczenie 4: Badanie właściwości wzmacniaczy i filtrów p. cz. oraz demodulatorów AM i FM.
Pomiar charakterystyk we/wy wzmacniacza p. cz . z regulacją wzmocnienia i wzmacniacza-ogranicznika. Pomiar charakterystyki przenoszenia filtru p.cz.. Pomiary charakterystyki detektora diodowego dla modulacji amplitudy, pomiary charakterystyki przenoszenia demodulatora FM. Obserwacja zniekształceń w układach demodulacyjnych.

**Metody oceny:**

Ocena z przedmiotu TEM składa się z oceny z ćwiczeń laboratoryjnych (max. 40 punktów) i z egzaminu (max. 60 punktów).
Każde ćwiczenie laboratoryjne oceniane jest w skali 0 - 10 punktów. Ocena ta obejmuje:
- kolokwium wstępne (0 - 3 punkty),
- ocena udziału w wykonaniu ćwiczeniu (0 - 3 punkty),
- ocena sprawozdania wykonywanego w domu (0 - 4 punkty).
Wszystkie ćwiczenia muszą być zaliczone (ocena powyżej 5 punktów).
Egzamin jest pisemny bez notatek. Egzamin ustny odbywa się w przypadkach wątpliwych, np. gdy student poprawnie rozwiąże zadania z techniki nadawania a nie zaliczy zadań z techniki odbioru.
Skala ocen:
0 - 50 p. - 2
50+ - 60p. - 3
60+ - 70p. - 3,5
70+ - 80p. - 4
80+ - 90p. - 4,5
90+ - 100p. - 5

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1. Materiały pomocnicze do wykładu.
2. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych (ćwiczenia 1 - 4)
Literatura uzupełniająca:
1. Z. Nosal, J. Baranowski, „Układy elektroniczne, cz. I, Układy analogowe liniowe”, WNT, Warszawa 2003.
2. J. Baranowski, G. Czajkowski, „Układu elektroniczne, cz. II, Układy analogowe nieliniowe i impulsowe”, WNT, Warszawa 2004.
3. M. Niedźwiedzki, M. Rasiukiwicz: „Nieliniowe elektroniczne układu analogowe”, WNT, Warszawa 1994.
4. J. Boksa: „Analogowe układy elektroniczne”, Wyd. BTC, Warszawa 2007.
5. M. Kazimierczuk: „RF Power Amplifiers”, J. Wiley & Sons, Ltd. 2008.
6. S. Ryżko, J. Ebert: "Wzmacniacze rezonansowe i generatory mocy w. cz.”, WNT, Warszawa 1971.
7. M. Kazimierczuk, “Wysokosprawne źródła energii wielkiej częstotliwości”, Prace naukowe, Elektronika z. 66, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1984.
8. J. Lenkowski, „Technika odbioru radiowego”, WNT, Warszawa 1975.
9. W. Rotkiewicz, P. Rotkiewicz, B. Zaleski, „Technika odbioru radiowego, podstawowe układy wielkiej częstotliwości”, WNT, Warszawa 1973.
10. Izydorczyk, J. Konopacki, „Filtry analogowe i cyfrowe”, Wyd. Jacka Skulmierskiego, Gliwice 2003.
11. Dobrowolski, P. Komur, A. Sowiński, „Projektowanie i analiza wzmacniaczy małosygnałowych”, Wyd. BTC, Warszawa 2005.
12. O. Limann, H. Pelka, „Radiotechnika poradnik”, WKiŁ, Warszawa, 1993.

**Witryna www przedmiotu:**

www.elka.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka TEM\_W01:**

Zna rodzaje modulacji, wykorzystywane częstotliwości, szerokości pasma kanałów łączności oraz wartości emitowanej mocy dla wybranych analogowych i cyfrowych systemów radiodyfuzji i radiokomunikacji.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W02:**

Zna schematy blokowe nadajników wybranych analogowych i cyfrowych systemów radiodyfuzji i radiokomunikacji.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W03:**

Zna zasadę działania i właściwości wzmacniaczy mocy podstawowych klas (klasy A, AB, C, D, E) oraz modulatora amplitudy o dużej mocy wyjściowej stosowanych w nadajnikach radiowych.

Weryfikacja:

Kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W04:**

Zna zasadę konstrukcji odbiorników radiowych różnych rodzajów, technikę przemiany częstotliwości, konstrukcję mieszaczy, filtrów, wzmacniaczy i demodulatorów stosowanych w technice radiowej.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W04:**

Zna zasadę konstrukcji odbiorników radiowych różnych rodzajów, technikę przemiany częstotliwości, konstrukcję mieszaczy, filtrów, wzmacniaczy i demodulatorów stosowanych w technice radiowej.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W04:**

Zna zasadę konstrukcji odbiorników radiowych różnych rodzajów, technikę przemiany częstotliwości, konstrukcję mieszaczy, filtrów, wzmacniaczy i demodulatorów stosowanych w technice radiowej.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W05:**

Zna zasadę działania i właściwości generatorów LC i kwarcowych oraz układów syntezy częstotliwości PLL i DDS.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W05:**

Zna zasadę działania i właściwości generatorów LC i kwarcowych oraz układów syntezy częstotliwości PLL i DDS.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W06:**

Zna zasadę badania właściwości intermodulacyjnych wzmacniaczy małosygnałowych wysokiej częstotliwości

Weryfikacja:

Kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_W06:**

Zna zasadę badania właściwości intermodulacyjnych wzmacniaczy małosygnałowych wysokiej częstotliwości

Weryfikacja:

Kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka TEM\_U01:**

Potrafi dobrać optymalną klasę wzmacniacza mocy do sygnału z danym rodzajem modulacji i o danej mocy.
Egzamin

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U02:**

Potrafi obliczyć wymaganą moc maksymalną i średnią wzmacniacza końcowego nadajnika o danej mocy nominalnej dla wybranych analogowych i cyfrowych systemów radiodyfuzji i radiokomunikacji.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U03:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy mocy różnych klas i modulatora amplitudy o dużej mocy.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U03:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy mocy różnych klas i modulatora amplitudy o dużej mocy.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U03:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy mocy różnych klas i modulatora amplitudy o dużej mocy.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U04:**

Potrafi dobrać układ konstrukcyjny odbiornika i obliczyć podstawowe parametry techniczne jego bloków funkcjonalnych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U04:**

Potrafi dobrać układ konstrukcyjny odbiornika i obliczyć podstawowe parametry techniczne jego bloków funkcjonalnych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U05:**

Potrafi wybrać rodzaj układu syntezy częstotliwości i obliczyć współczynniki określające wartość generowanej częstotliwości.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U05:**

Potrafi wybrać rodzaj układu syntezy częstotliwości i obliczyć współczynniki określające wartość generowanej częstotliwości.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U06:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy małosygnałowych, mieszaczy, filtrów i demodulatorów stosowanych w konstrukcji układów odbiorczych.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U06:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy małosygnałowych, mieszaczy, filtrów i demodulatorów stosowanych w konstrukcji układów odbiorczych.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_U06:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy małosygnałowych, mieszaczy, filtrów i demodulatorów stosowanych w konstrukcji układów odbiorczych.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych i za sprawozdanie z tych ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka TEM\_K01:**

Zna poziomy napięć, prądów i mocy występujące w nadajnikach radiowych oraz wynikające z nich zagrożenia dla istot żywych.

Weryfikacja:

Egzamin, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_K02:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego i za sprawozdanie z tego ćwiczenia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_K02:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole.

Weryfikacja:

Ocena za wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego i za sprawozdanie z tego ćwiczenia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka TEM\_K03:**

Ma świadomość wpływu sprawności energetycznej i emisji niepożądanych nadajników radiowych na środowisko.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**