**Nazwa przedmiotu:**

Podstawowe układy radioelektroniczne

**Koordynator przedmiotu:**

Juliusz MODZELEWSKI

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

PURAD

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

130

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

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1

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

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

**Wymagania wstępne:**

Zaliczenie przedmiotów:
1. ELIU (Elementy i układy elektroniczne) - obowiązkowy
2. TOB (Teoria obwodów) - obowiązkowy
3. PR (Podstawy radiokomunikacji) - zalecany

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zasadami działania, właściwościami i metodami projektowania podstawowych układów elektronicznych stosowanych w radiokomunikacji w urządzeniach nadawczych i odbiorczych oraz w przyrządach pomiarowych przy częstotliwościach do kilkuset megaherców. Omówiono układy małej mocy: wzmacniacze szerokopasmowe i selektywne, mieszacze, generatory, układy syntezy częstotliwości PLL i DDS oraz układy dużej mocy: szerokopasmowe niestrojone wzmacniacze liniowe (asymetryczny klasy A i przeciwsobny klasy AB), rezonansowe wzmacniacze mocy klasy AB, B i C, rezonansowe wzmacniacze przełącznikowe klasy D i E. Omówiono również podstawowe elementy czynne i bierne układów w. cz., filtry i obwody rezonansowe, dopasowanie obciążenia, strojenie, chłodzenie, ekranowanie i uziemienie, a także ograniczenia obwodowych i polowych metod opisu układów w.cz.. Przedstawiono etapy procesu projektowania układów elektronicznych: projekt przy użyciu uproszczonych modeli elementów aktywnych i biernych, optymalizacja podczas symulacji komputerowych z użyciem modeli o większej dokładności, budowa układu doświadczalnego i jego optymalizacja eksperymentalna.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu:
Podstawowe właściwości wzmacniaczy w. cz.:
Podstawowe parametry wzmacniaczy w. cz. Wzmocnienie napięciowe, prądowe, mocy. Impedancja wejściowa i wyjściowa .
Aperiodyczne wzmacniacze sygnałów małej mocy w. cz.:
Aperiodyczne wzmacniacze w. cz. z tranzystorami polowymi i bipolarnymi, Wzmacniacze w układzie ze wspólnym emiterem (źródłem), bazą (bramką), kolektorem (drenem). Ujemne sprzężenie zwrotne we wzmacniaczach w. cz. Obliczanie wzmocnienia i częstotliwości granicznych dla wzmacniacza z tranzystorem JFET i bipolarnym. Wzmacniacze dławikowe, autotransformatorowe i transformatorowe. Wzmacniacz kaskodowy i wzmacniacz różnicowy.
Wzmacniacze rezonansowe LC sygnałów małej mocy:
Parametry i podstawowe układy wzmacniaczy selektywnych. Stabilność. Dopasowanie impedancji za pomocą obwodów rezonansowych. Projektowanie obwodów rezonansowych.
Przemiana częstotliwości:
Przemiana częstotliwości na elemencie nieliniowym. Mieszacze diodowe i tranzystorowe. Przemiana częstotliwości z układem mnożącym, mieszacze zrównoważone, mieszacz w układzie Gilberta.
Filtry:
Filtry LC dolnoprzepustowe i górnoprzepustowe. Filtry pasmowoprzepustowe szeroko- i wąskopasmowe. Obwód rezonansowy jako filtr pasmowoprzepustowy. Filtry z obwodami sprzężonymi. Metody projektowania filtrów górno- i dolnoprzepustowych.
Generacja przebiegów sinusoidalnych w. cz.:
Generatory LC ze sprzężeniem zwrotnym. Generatory dwójnikowe. Podstawowe układy generatorów. Stabilizacja częstotliwości.
Podstawowe parametry i charakterystyki wzmacniaczy mocy w. cz.:
Zastosowanie wzmacniaczy mocy w radiokomunikacji. Typowe wartości napięć, prądów i mocy w układach mocy w. cz. Bilans mocy we wzmacniaczu. Wzmocnienie mocy, sprawność i wydajność energetyczna. Amplitudowa charakterystyka przejściowa i częstotliwościowa. Zniekształcenia liniowe i nieliniowe.
Elementy aktywne wzmacniaczy mocy w. cz.:
Tranzystory mocy w. cz., ich parametry i modele matematyczne w różnych zakresach częstotliwości. Praca wielkosygnałowa elementu aktywnego a sprawność energetyczna i liniowość wzmacniacza.
Szerokopasmowy wzmacniacz mocy klasy A:
Przebiegi prądów i napięć. Charakterystyka robocza i jej ograniczenia. Amplitudowa charakterystyka przejściowa i amplitudowa charakterystyka sprawności energetycznej. Przyczyny ograniczenia przenoszonego pasma wzmacniacza transformatorowego. Transformatory szerokopasmowe. Projektowanie transformatorowego wzmacniacza klasy A o mocy 50W i paśmie 1MHz - 10MHz (przykład obliczeniowy).
Szerokopasmowy przeciwsobny wzmacniacz mocy klasy AB:
Przyczyny niskiej sprawności energetycznej wzmacniaczy klasy A. Klasa B i zasada pracy wzmacniacza przeciwsobnego. Transformatorowy wzmacniacz przeciwsobny. Zniekształcenia nieliniowe wzmacniacza klasy B z rzeczywistymi elementami aktywnymi. Klasa AB i zasady wyboru prądu spoczynkowego. Projektowanie transformatorowego wzmacniacza klasy AB o mocy 300W i paśmie 1MHz - 10MHz (przykład obliczeniowy).
Rezonansowe wzmacniacze mocy:
Zniekształcenia nieliniowe wzmacniacza mocy. Liniowy wzmacniacz szerokopasmowy z filtrem dolnoprzepustowym lub pasmowo-przepustowym a wzmacniacz rezonansowy. Ograniczenia szerokości pasma wzmacniaczy rezonansowych. Właściwości rezonansowych wzmacniaczy mocy klasy AB, klasy B i klasy C. Obwody rezonansowe wzmacniaczy mocy. Wzmacniacze przełącznikowe klasy D, klasy DE i klasy E. Projektowanie wzmacniacza sygnałów FM o mocy 150W i częstotliwości nośnej 100MHz (przykład obliczeniowy).
Zakres laboratorium:
1. Badanie wzmacniaczy selektywnych w. cz. i mieszacza. Pomiar wzmocnienia, charakterystyki we/wy wzmacniacza w. cz. i poziomu harmonicznych na wyjściu. Pomiar tłumienia sygnału lustrzanego mieszacza bez filtru i z filtrem. Pomiar charakterystyki przenoszenia filtru p.cz.. Pomiar charakterystyk we/wy wzmacniacza p. cz.
2. Badanie pętli PLL i układu DDS. Pomiary charakterystyki VCO i detektora fazy. Pomiary zakresu chwytania i trzymania. Charakterystyki dynamiczne pętli.
3. Badanie szerokopasmowych wzmacniaczy mocy na zakres fal krótkich. Pomiar amplitudowej charakterystyki przejściowej i charakterystyki sprawności energetycznej w funkcji napięcia wejściowego przy różnych częstotliwościach. Pomiar amplitudowej charakterystyki częstotliwościowej przy różnej mocy wyjściowej. Pomiar zniekształceń intermodulacyjnych.
4. Badanie rezonansowych wzmacniaczy mocy. Strojenie wzmacniaczy klasy C, klasy D i klasy E. Pomiar charakterystyki przejściowej i charakterystyki sprawności energetycznej w funkcji napięcia wejściowego wzmacniacza klasy C i klasy AB. Pomiar zależności napięcia wyjściowego i sprawności energetycznej od napięcia zasilania dla wzmacniaczy klasy C, klasy D i klasy E. Pomiar amplitudowej charakterystyki częstotliwościowej wzmacniaczy klasy C, klasy D i klasy E.

**Metody oceny:**

Przedmiot jest oceniany na podstawie sumy punktów uzyskanych:
- z dwóch kolokwiów wykładowych z notatkami (do 30 pkt. za każde kolokwium, oba kolokwia muszą być zaliczone na co najmniej 15 pkt., przewidziane jest kolokwium poprawkowe),
- w ramach laboratorium (do 10 pkt. za każde z czterech ćwiczeń, wszystkie ćwiczenia muszą być zaliczone na co najmniej 5 pkt.).
Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie łącznie powyżej 50 pkt.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych.
2. Z. Nosal, J. Baranowski, "Układy elektroniczne cz. I, Układy analogowe liniowe", WNT, Warszawa 2003.
3. J. Baranowski, G. Czajkowski, "Układu elektroniczne cz. II, Układy analogowe nieliniowe i impulsowe", WNT, Warszawa 2004.
4. J. Boksa, "Analogowe układy elektroniczne", Wyd. BTC, Warszawa2007.
5. M. Niedźwiedzki, M. Rasiukiwicz, "Nieliniowe elektroniczne układuanalogowe", WNT, Warszawa 1994.
6. M. Kazimierczuk, "RF Power amplifiers", John Wiley and Sons, 2008.
7. J. Izydorczuk, J. Konopacki, "Filtry analogowe i cyfrowe", Wyd.Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2003.
8. Dobrowolski, P. Komur, A. Sowiński, "Projektowanie i analiza wzmacniaczy małosygnałowych", Wyd. BTC, Warszawa 2005.
9. O. Limann, H. Pelka, "Radiotechnika. Poradnik", WKiŁ, Warszawa 1993.

**Witryna www przedmiotu:**

nie ma

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W\_01:**

Zna specyfikę i etapy projektowania układów w. cz. (projekt wstępny na podstawie uproszczonych modeli elementów aktywnych i biernych, optymalizacja zaprojektowanego układu podczas symulacji komputerowych z wykorzystaniem modeli dokładniejszych, budowa układu doświadczalnego i optymalizacja eksperymentalna)

Weryfikacja:

Kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_02:**

Zna zasadę działania oraz właściwości tranzystorowych wzmacniaczy napięciowych w. cz. (aperiodycznych i selektywnych)

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_03:**

Zna zasadę działania i podstawowe właściwości mieszaczy i generatorów sygnałów w. cz.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_04:**

Zna zasady działania i właściwości filtrów LC stosowanych w technice w. cz.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_05:**

Zna zasadę działania i podstawowe charakterystyki niestrojonego szerokopasmowego wzmacniacza mocy klasy A i klasy AB oraz przyczyny ograniczenia szerokości pasma tych wzmacniaczy

Weryfikacja:

kolokwium nr 2, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_06:**

Zna zasadę działania oraz podstawowe właściwości i charakterystyki wzmacniacza rezonansowego klasy AB, klasy B i klasy C

Weryfikacja:

kolokwium nr 2, kolokwium wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka W\_07:**

Zna zasadę działania i podstawowe charakterystyki wzmacniacza rezonansowego klasy D, klasy E i klasy DE

Weryfikacja:

kolokwium wstępne do ćwiczeń laboryjnych, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W06, K\_W09, K\_W11, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U\_01:**

Potrafi wykonać projekt wstępny i obliczyć podstawowe parametry tranzystorowego aperiodycznego wzmacniacza napięciowego w. cz.

Weryfikacja:

kolokwium nr 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U12, K\_U14, K\_U01, K\_U03, K\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.4.o, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, I.P6S\_UU

**Charakterystyka U\_02:**

Potrafi wykonać projekt dolno- lub górnoprzepustowego filtru LC o zadanych parametrach

Weryfikacja:

kolokwium nr 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U06, K\_U12, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, I.P6S\_UU, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.4.o

**Charakterystyka U\_03:**

Potrafi zaprojektować obwód rezonansowy LC i wykorzystać go do dopasowania impedancji w obwodach w. cz.

Weryfikacja:

kolokwium nr 1 i nr 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U12, K\_U14, K\_U01, K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.1.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.4.o, III.P6S\_UW.2.o, I.P6S\_UU

**Charakterystyka U\_04:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk układów stosowanych w technice w.cz.

Weryfikacja:

kolokwia wstępne do laboratorium, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o

**Charakterystyka U\_05:**

Potrafi wykonać projekt wstępny rezonansowego wzmacniacza mocy klasy AB oraz klasy B i klasy C (w układzie niesymetrycznym) o danej mocy wyjściowej, rezystancji obciążenia, częstotliwości roboczej, szerokości pasma oraz dolnej i górnej częstotliwości granicznej

Weryfikacja:

kolokwium nr 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U06, K\_U12, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, I.P6S\_UU, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.4.o

**Charakterystyka U\_06:**

Potrafi wykonać projekt wstępny szerokopasmowego niestrojonego wzmacniacza mocy klasy A (w układzie niesymetrycznym) i przeciwsobnego wzmacniacza klasy AB o danej mocy wyjściowej, rezystancji obciążenia oraz dolnej i górnej częstotliwości granicznej

Weryfikacja:

kolokwium nr 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U06, K\_U12, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, I.P6S\_UU, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.4.o

**Charakterystyka U\_07:**

Potrafi wykonać pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk wzmacniaczy mocy

Weryfikacja:

kolokwium wstępne do laboratorium, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS\_01:**

Zna poziomy napięć, prądów i mocy występujące w układach dużej mocy w. cz. oraz wynikające z nich zagrożenia dla istot żywych

Weryfikacja:

kolokwium wstępne do laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K02, K\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KR, I.P6S\_KO

**Charakterystyka KS\_02:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole

Weryfikacja:

sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka KS\_03:**

Ma świadomość wpływu sprawności energetycznej układów dużej mocy na środowisko

Weryfikacja:

kolokwium wstępne do laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K02, K\_K05, K\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KR, I.P6S\_KO