



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Modulacje cyfrowe [S1Teleinf1>MCYFR]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Teleinformatyka

Rok/Semestr  
2/4

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obieralny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
0

Inne (np. online)  
0

Ćwiczenia  
15

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wesolowski  
krzysztof.wesolowski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu podstaw telekomunikacji, teorii sygnałów i rachunku prawdopodobieństwa. Powinien posiadać umiejętność wykonywania obliczeń za pomocą aparatu matematycznego z zakresu analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa oraz pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji. Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawczą, kreatywność, kulturę osobistą, szacunek dla innych ludzi

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu: podstaw teoretycznych modulacji cyfrowych stosowanych w systemach teleinformatycznych. 2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania podstawowych problemów obliczeniowych związanych z modulacjami cyfrowymi stosowanymi w systemach teleinformatycznych. 3. Kształtowanie u studentów umiejętności pozyskiwania wiedzy nt. wdrażanych aktualnie rozwiązań modulacji cyfrowych w systemach teleinformatycznych

### Przedmiotowe efekty uczenia się

## Wiedza:

1. Potrafi wyznaczyć podstawowe parametry modulacji cyfrowych oraz parametry warstwy fizycznej systemów teleinformatycznych stosujących te modulacje
2. Potrafi przeanalizować działanie odbiorników sygnałów z modulacjami cyfrowymi oraz zaprojektować zasadnicze bloki nadajnika i odbiornika w systemach teleinformatycznych

## Umiejętności:

1. Ma wiedzę o doborze sygnałów elementarnych oraz formacie symboli danych dla transmisji cyfrowej w pasmie podstawowym, strukturach optymalnego odbiornika synchronicznego i niesynchronicznego, technikach modulacji cyfrowych
2. Ma wiedzę z zakresu struktur odbiorników optymalnych dla pasmowej transmisji cyfrowej oraz wyznaczania prawdopodobieństwa błędu dla modulacji cyfrowych
3. Posiada podstawową wiedzę na temat zastosowań omówionych technik modulacji cyfrowych we współczesnych i przyszłościowych systemach teleinformatycznych

## Kompetencje społeczne:

1. Potrafi dostrzec i sformułować kierunki rozwoju cyfrowych systemów telekomunikacyjnych z modulacjami cyfrowymi, zarówno w aspekcie badań podstawowych, jak i całych systemów

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) w zakresie ćwiczeń:

- na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę wiedzy wykazanej na egzaminie. Egzamin polega na rozwiązaniu czterech zadań/problemów o charakterze teoretyczno-obliczeniowym. Zadania są punktowane w zakresie od 0 do 3 punktów. Do otrzymania oceny 3.0 niezbędne jest zdobycie minimum siedmiu (7) punktów,
- w przypadku konieczności weryfikacji wiedzy z wykładów za pomocą systemu teleinformatycznego (przypadek nauczania on-line): realizacja testu wielokrotnego wyboru (indywidualne losowanie przez każdego studenta 20 pytań spośród ponad 60 z losowym układem wyboru odpowiedzi)

b) w zakresie ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę merytoryczną wykonywania zadanych do indywidualnego rozwiązania problemów
- ocenianie ciągle, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne)
- ocenę uzyskaną na sprawdzianie kończącym
- uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć ćwiczeniowych

## Treści programowe

Zajęcia w ramach modułu prowadzone są w postaci wykładu (30 godzin) oraz ćwiczeń audytoryjnych (15 godzin)

Wykłady:

1. Powtórzenie wiadomości wstępnych niezbędnych w dalszej części kursu

Własność ortogonalności i jej zastosowania, zbiory funkcji ortogonalnych, podstawowe elementy rachunku prawdopodobieństwa i procesów stochastycznych,

2. Transmisja cyfrowa w pasmie podstawowym jako wprowadzenie do modulacji cyfrowych  
Przedstawienie własności widmowych ciągu danych w paśmie podstawowym, kształtowanie własności widma gęstości mocy poprzez dobór kształtu sygnałów elementarnych i dobór formacie symboli danych, twierdzenie Nyquista, unikanie interferencji międzysymbolowej przez dobór kształtu impulsu elementarnego, optymalny odbiór synchroniczny sygnałów binarnych i wielowartościowych, prawdopodobieństwa błędów dla podstawowych typów odbiorników i sygnałów elementarnych

3. Modulacje cyfrowe nośnej sinusoidalnej

Odbiór synchroniczny i optymalny odbiór niesynchroniczny, przegląd modulacji dyskretnych nośnej sinusoidalnej wraz z odpowiednimi odbiornikami: ASK, FSK, PSK, różnicowa modulacja fazy DPSK, modulacja QAM, modulacje z ciągłą fazą - CPM, modulacje wielotonowe - modulacja OFDM, przykłady metod synchronizacji częstotliwości i fazy nośnej, detektor Viterbiego - przykład detekcji

sekwencyjnej

4. Transmisja sygnałów cyfrowych za pomocą sygnałów wieloczęstotliwościowych

Podstawowe własności sygnału OFDM, dobór parametrów sygnału OFDM na podstawie dostępnego pasma, własności fizycznych kanału transmisyjnego i wymagań na szybkość transmisji, realizacja nadajnika i odbiornika z wykorzystaniem pary IFFT/FFT. Przykładowy projekt systemu OFDM

Ćwiczenia audytoryjne:

Ćwiczenia obejmują wybrane problemy cyfrowych systemów telekomunikacyjnych takie jak:

1. Wprowadzenie do elementów cyfrowego systemu telekomunikacyjnego.
2. Kody blokowe - omówienie, tworzenie słów kodowych, zdolności korekcyjne, wyznaczenie syndromu.
3. PAM - wartościowość modulacji, kompromis pomiędzy liczbą bitów na symbol i średnią energią na symbol.
4. Widma gęstości mocy sygnałów modulacji cyfrowej w pasmie podstawowym - widmo impulsu podniesionego cosinusa, relacje czasowo-częstotliwościowe przy modyfikacji współczynnika opadania impulsu.
5. Modulacja kwadraturowa amplitudy, kodowanie różnicowe modulacji PSK i QPSK - przebiegi w dziedzinie czasu, metody odbioru takich sygnałów.
6. Sygnały OFDM -- dobór parametrów systemu na przykładzie systemu LTE

### Metody dydaktyczne

1. wykład: prezentacja multimedialna, uzupełniana aktualnymi przykładami i dodatkowymi wyjaśnieniami na tablicy, w przypadku wykładu on line na platformie informatycznej - opcjonalne nagrania wykładów i ich udostępnianie w dydaktycznym systemie informatycznym uczelni, podobnie dla wersji PDF prezentacji
2. ćwiczenia audytoryjne: rozwiązywanie zadań

### Literatura

Podstawowa:

Wesołowski K., Podstawy cyfrowych systemów telekomunikacyjnych, WKŁ, 2003

Zieliński. T., Korohoda, P., Rumian R., Cyfrowe przetwarzanie sygnałów w telekomunikacji, PWN, 2014

Wesołowski K., Systemy radiokomunikacji ruchomej, WKŁ, 2000

Uzupełniająca:

1. S. Haykin, Systemy telekomunikacji analogowej i cyfrowej, WKŁ, 1998

2. B. P. Lathi, Modern Digital and Analog Communication Systems, Oxford University Press, 2010

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|  | Godzin | ECTS |
|--|--------|------|
| Łączny nakład pracy  | 90     | 3,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem  | 49     | 2,00 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 41     | 1,00 |