



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**

Wydział Telekomunikacji,  
Informatyki i Elektrotechniki

Karta przedmiotu  
Techniki i systemy radiowo-fotoniczne

**1. Informacje podstawowe**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Kierunek studiów</b><br>elektronika i telekomunikacja<br><br>Specjalność: systemy i sieci telekomunikacji cyfrowej<br><b>Jednostka zarządzająca kierunkiem studiów</b><br>Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki<br><b>Poziom studiów</b><br>drugiego stopnia (mgr inż.)<br><b>Profil studiów</b><br>Profil ogólnoakademicki<br><b>Forma studiów</b><br>studia niestacjonarne |  | <b>Cykl kształcenia (nabór)</b><br>2024/25<br><b>Kod przedmiotu</b><br>05EITSISN.DI2D.0363.24<br><b>Języki wykładowe</b><br>polski<br><b>Obligatoryjność</b><br>Obligatoryjny specjalnościowy<br><b>Blok zajęciowy</b><br>Przedmioty specjalnościowe |                                   |
| <b>Wymagania wstępne</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  | Znajomość podstaw modulacji cyfrowych oraz optyki i fotoniki światłowodowej.                                                                                                                                                                         |                                   |
| <b>Przedmioty wprowadzające</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  | Cyfrowe modulacje i kodowanie, Technika światłowodowa i fotonika.                                                                                                                                                                                    |                                   |
| <b>Koordynator</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  | Zbigniew Zakrzewski                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |
| <b>Okres</b><br>Semestr 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | <b>Forma zaliczenia</b><br>Egzamin<br><br><b>Forma prowadzenia i godziny zajęć</b><br>Wykład: 9<br>Ćwiczenia projektowe: 9                                                                                                                           | <b>Liczba punktów ECTS</b><br>2.0 |

**2. Efekty uczenia się dla przedmiotu**

| Kod                           | Opis efektów uczenia się                                                                                                                                                               | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się | Odniesienie do charakterystyk PRK     |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Wiedza:</b>                |                                                                                                                                                                                        |                                                 |                                       |
| W1                            | Ma podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat zastosowań w systemach telekomunikacyjnych oraz zasad funkcjonowania systemów i układów radiowo-fotonicznych.                              | EIT_O2_K_W02                                    | P7S_WG P7S_WG_inż                     |
| W2                            | Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w zakresie koegzystencji technik radiowych i fotonicznych.                                                   | EIT_O2_K_W07                                    | P7S_WG                                |
| <b>Umiejętności:</b>          |                                                                                                                                                                                        |                                                 |                                       |
| U1                            | Potrafi projektować, modelować oraz analizować systemy oraz łączy teleinformatyczne i telekomunikacyjne wykorzystujące techniki radiowo-fotoniczne.                                    | EIT_O2_K_U07, EIT_O2_K_U13                      | P7S_UW, P7S_UW_inż, P7S_UW P7S_UW_inż |
| <b>Kompetencje społeczne:</b> |                                                                                                                                                                                        |                                                 |                                       |
| K1                            | Rozumie potrzebę pracy w zespole oraz jest przygotowany do sprawnego komunikowania się w celu terminowego wykonania przydzielonego zadania wchodzącego w skład realizowanego projektu. | EIT_O2_K_K05                                    | P7S_KO                                |

### 3. Treści programowe

| Lp. | Treści programowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Formy zajęć | Efekty uczenia się dla przedmiotu |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 1.  | Metody przenoszenia informacji cyfrowych do pasma kanału radiowego. Przenoszenie pasma podstawowego, pośredniego oraz radiowego do pasma fotonicznego. Modulatory, modemy oraz detektory fotoniczne stosowane jako transceivery radiowo-fotoniczne. Ocena zapotrzebowania na pasmo przenoszenia układów modulacyjnych. Bezpośrednia modulacja prądu lasera oraz modulacja zewnętrzna. Konstrukcje modemów optycznych. Zastosowanie światłowodów planarnych 1D i 2D w konstrukcji układów radiowo-fotonicznych. Przestrzajane układy filtrów optycznych i modemów radiowo-fotonicznych. Radiowe sieci dostępu pracujące w architekturze RoF. Układy integracji anten radiokomunikacyjnych z modemami RoF. Zastosowanie sieci xWDM w technice RoF. Metody sprzęgania światłowodów wielomodowych i jednomodowych z modułami antenowymi. Wpływ architektury sieci światłowodowej RoF na funkcjonalność technik dostępu i protokołów łącza danych stosowanych w interfejsach systemów bezprzewodowych. Zastosowanie światłowodów wielordzeniowych MCF w łączu RoF. Klasyfikacja technik A-RoF oraz D-RoF. Interfejsy CPRI oraz eCPRI. Zastosowanie technik radiowo-fotonicznych w mobilnych systemach następnych generacji. | Wykład      | W1, W2                            |

| Lp. | Treści programowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Formy zajęć          | Efekty uczenia się dla przedmiotu |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2.  | Modelowanie analogowych sygnałów zmodulowanych w pasmach fotonicznych. Model modemu optycznego przygotowanego do przenoszenia sygnałów radiowych wąsko- i szerokopasmowych. Projektowanie łącza RoF w domenę sieci dostępu stacjonarnego i mobilnego. Projektowanie systemu antenowego do zastosowań w sieci RoF. Modelowanie wykorzystania techniki RFoG w sieciach kablowych GPON/10GPON. Integracja systemu xWDM z wielointefrejsowymi systemami radiowymi. Modelowanie interfejsów D-RoF oraz A-RoF do zastosowań w sieciach fronthaul. Projektowanie światłowodowych sieci fronthaul oraz midhaul. Projektowanie sieci światłowodowych integrujących systemy inteligentnych anten aktywnych. Analiza potencjalnych zastosowań układów i systemów radiowo-fotonicznych w komunikacji mobilnej. Analiza metod przetwarzania sygnałów fotonicznych i radiowych przy wykorzystaniu układów mikrofalowo-fotonicznych. | Ćwiczenia projektowe | U1, K1                            |

#### 4. Metody prowadzenia zajęć, weryfikacji efektów uczenia się i warunki zaliczenia

| Forma zajęć          |                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |                |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|
| Wykład               | <b>Metody prowadzenia zajęć:</b>                                                                                                                                                                                                                                          |  |                |
|                      | Wykład, Dyskusja, Pokaz                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                |
|                      | <b>Metody (sposoby) weryfikacji:</b>                                                                                                                                                                                                                                      |  | <b>Udział:</b> |
|                      | Egzamin pisemny                                                                                                                                                                                                                                                           |  | 100%           |
|                      | <b>Warunki zaliczenia przedmiotu:</b>                                                                                                                                                                                                                                     |  |                |
|                      | Zdanie egzaminu pisemnego z wykładu po uzyskaniu min. 51% punktów z możliwością dodatkowej wypowiedzi ustnej jako uzupełnienia przeprowadzonego wcześniej egzaminu pisemnego.                                                                                             |  |                |
| Ćwiczenia projektowe | <b>Metody prowadzenia zajęć:</b>                                                                                                                                                                                                                                          |  |                |
|                      | Projekt, Praca w grupie                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                |
|                      | <b>Metody (sposoby) weryfikacji:</b>                                                                                                                                                                                                                                      |  | <b>Udział:</b> |
|                      | Udział w dyskusji                                                                                                                                                                                                                                                         |  | 20%            |
|                      | Raport                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 50%            |
|                      | Prezentacja                                                                                                                                                                                                                                                               |  | 30%            |
|                      | <b>Warunki zaliczenia przedmiotu:</b>                                                                                                                                                                                                                                     |  |                |
|                      | Przygotowanie projektu indywidualnego lub w zespołach 2-osobowych oraz regularność konsultacji według harmonogramu (średnia ocen z przebiegu konsultacji, przygotowanych raportów końcowych oraz z zespołowej/indywidualnej obrony projektu nie może być niższa niż 3,0). |  |                |

| Efekt uczenia się dla przedmiotu | Metody (sposoby) weryfikacji |        |             |                   |
|----------------------------------|------------------------------|--------|-------------|-------------------|
|                                  | Egzamin pisemny              | Raport | Prezentacja | Udział w dyskusji |

|    |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|
| W1 | x |   |   |   |
| W2 | x |   |   |   |
| U1 |   | x |   | x |
| K1 |   | x | x | x |

## 5. Literatura

### Literatura podstawowa

1. Galwas, B., 2018. Podstawy telekomunikacji optofalowej, wydawnictwo WWSI.
2. Fernando, X.N., 2014. Radio over Fiber for Wireless Communications: From Fundamentals to Advanced Topics , Wiley.
3. Gomes, N.J., Monteiro, P.P., Gameiro A., 2012. Next Generation Wireless Communications Using Radio over Fiber, Wiley.
4. Iezekiel, S., 2009. Microwave Photonics. Devices and Applications, Wiley.
5. Series G, Supplement 55. Study Group 15. 2021. Radio-over-fibre (RoF) technologies and their applications, ITU-T.

### Literatura uzupełniająca

1. Kaminow, I.P., Li, T., Willner, A.E., 2013. Optical Fiber Telecommunications, VI B, Systems and Networks, Elsevier.
2. G.9803. Study Group 15. 2018. Radio over fibre systems, ITU-T (+ Amd.1\_2019 i Amd.2\_2022).
3. Series G, Supplement 66. Study Group 15. 2020. 5G wireless fronthaul requirements in a passive optical network context, ITU-T.

## 6. Nakład pracy studenta - bilans godzin i punktów ECTS

| Aktywność studenta                                                                                        |                           | Obciążenie studenta<br>Liczba godzin |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Zajęcia prowadzone z bezpośrednim udziałem nauczyciela akademickiego lub innych osób prowadzących zajęcia | Wykład                    | 9                                    |
|                                                                                                           | Ćwiczenia projektowe      | 9                                    |
| Praca własna studenta                                                                                     | Konsultacje               | 2                                    |
|                                                                                                           | Przygotowanie do zajęć    | 10                                   |
|                                                                                                           | Studiowanie literatury    | 14                                   |
|                                                                                                           | Przygotowanie raportu     | 13                                   |
|                                                                                                           | Przygotowanie do egzaminu | 3                                    |
| <b>Łączny nakład pracy studenta</b>                                                                       |                           | <b>60</b>                            |
| <b>Liczba punktów ECTS</b>                                                                                |                           | <b>2</b>                             |

\* Godzina (dydaktyczna) oznacza 45 minut