**Nazwa przedmiotu:**

Kompatybilność elektromagnetyczna

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Paweł Kopyt

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

KE

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.,
2) udział w konsultacjach 3 x 1 godz. (zakładam, że student korzysta z 3 konsultacji w czasie semestru)
3) przygotowanie do kolokwium w czasie semestru 5 godz.
4) przygotowanie do egzaminu 7 godz.

Łącznie: 30 + 3 + 5 + 7 = 45 godz.

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

1

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

0

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

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

**Wymagania wstępne:**

1) Zaliczenie przedmiotu TMO (Technika Mikrofalowa) -- przedmiot poprzedzający;
2) Znajomość teorii pola elektromagnetycznego w stopniu podstawowym (w szczególności rozwiązania r. Maxwella dla nieograniczonej przestrzeni i wybranych prowadnic falowych, warunki brzegowe);
3) Znajomość podstawowych zagadnień techniki antenowej;

**Limit liczby studentów:**

45

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom następujących kompetencji:

1) Znajomość mechanizmów wzajemnego oddziaływania na siebie różnych urządzeń elektronicznych za pośrednictwem pól elektromagnetycznych oraz umiejętność przewidywania zagrożeń związanych z takim oddziaływaniem, zarówno w fazie projektowania urządzeń jak i w fazie ich eksploatacji;

2) wiedzę na temat systemu norm, określających dopuszczalny poziom zakłóceń elektromagnetycznych wytwarzanych przez urządzenia elektroniczne oraz metod określania zgodności z tymi normami drogą pomiarów oraz komputerowych symulacji elektromagnetycznych;

3) umiejętność przewidywania realnych zagrożeń, związanych z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych na człowieka i kompetentnego przeciwstawiania się w pracy zawodowej zarówno przypadkom niefrasobliwego niedostrzegania zagrożeń, jak i niepotrzebnego wzniecania paniki tam, gdzie takie zagrożenia realnie nie występują.

**Treści kształcenia:**

1) Wprowadzenie. Istota problemów kompatybilności we współczesnej elektronice. Naturalne środowisko elektromagnetyczne Ziemi;

2) Emisja sygnałów niepożądanych przez obwody elektroniczne. Modele w postaci prądów parzystych i nieparzystych. Promieniowanie przez pętle i pojedyncze przewody. Charakterystyki częstotliwościowe sygnałów emitowanych przez systemy cyfrowe. Emisja zakłóceń przez obwody zasilania. Wskazówki praktyczne dotyczące projektowania obwodów (wybór technologii oraz systemu płączeń) dla ograniczenia emisji zakłóceń.

3) Wrażliwość na indukowanie zakłóceń i możliwości jej zmniejszania. Analogie między emisją i odbiorem zakłóceń. Indukowanie zakłóceń w pętlach i pojedynczych przewodach. Różne poziomy zakłóceń w obciążeniu bliskim i dalekim. Wskazówki praktyczne dotyczące projektowania obwodów.

4) Przesłuchy w liniach wieloprzewodowych. Opis mechanizmu sprzężeń. Modele teoretyczne linii uwzględniające mechanizmy przesłuchów. Charakterystyki częstotliwościowe przesłuchów. Możliwości ograniczenia przesłuchów przez zastosowanie odpowiednich technologii.

5) Ekranowanie. Działanie odbijające i tłumiące ekranów i ich skuteczność. Wpływ strat w ekranie. Perforacje a skuteczność ekranowania. Prawidłowe uziemianie ekranów.

6) Ładunki elektrostatyczne i ich wpływ na funkcjonowanie urządzeń elektronicznych. Mechanizmy gromadzenia ładunków elektrostatycznych (w przyrodzie i w laboratorium). Mechanizmy wyładowań w atmosferze. Wyładowania pierwotne i wtórne w laboratorium. Kumulacja ładunku w ciele człowieka i jej skutki. Metody eliminacji wyładowań lub ograniczania ich wpływu na pracę urządzeń elektronicznych.

7) Zakłócenia przenoszone przez przewody. Zjawisko emisji zakłóceń przez zewnętrzną sieć energetyczną spełniającą rolę anteny. Metody ograniczania zakłóceń transmitowanych do sieci energetycznej. Możliwości pomiaru, sieci sztuczne. Rodzaje filtrów ograniczających emisję i ich zastosowanie. Pzykłady konstrukcji takich filtrów i ich strojenia. Zasilacze jako źródła zakłóceń. Szczególne cechy zasilaczy impulsowych.

8) Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na człowieka. Pojęcie SAR. Parametry elektryczne ciała ludzkiego. Absorpcja promieniowania w różnych zakresach częsotliwości. Aktualny stan wiedzy na temat szkodliwości promieniowania. Zagrożenia w środowisku pracy. Prezentacje wyników symulacji absorpcji promieniowania pochodzących od urządzeń radiokomunikacji ruchomej i radiostacji.

9) Pomiary szkodliwego promieniowania i wrażliwości na zakłócenia. Omówienie metod pomiaru. Pomiary w komorze TEM, GTEM, komorze bezechowej i innych typach komór. Otwarte poligony pomiarowe. Pomiary w środowisku naturalnym. Przegląd sprzętu pomiarowego koniecznego do badań. Wymagania na anteny pomiarowe.

10) Normy na kompatybilność elektromagnetyczną i ich egzekwowanie. Omówienie podstawowych norm. Różnice norm dla środowiska profesjonalnego i sprzętu powszechnego użytku. Sposoby egzekwowania zgodności z normami. Symulacyjne określanie zgodności urządzeń z normami.

**Metody oceny:**

1) Egzamin pisemny oceniany będzie w skali 0 - 95 p.

3) Warunki zaliczenia: co najmniej 51 punktów w sumie z egzaminu oraz z kolokwium.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

 1. T. Więckowski - Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych - Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2001
 2. C.R. Paul - Introduction to Electromagnetic Compatibility -, John Willey and Sons, 2006
 3. H.W.Ott - Electromagnetic Compatibility Engineering - John Wiley and Sons 2009

**Witryna www przedmiotu:**

Informacje nt. przedmiotu znajdują się na stronie WEiTI

**Uwagi:**

Brak dodatkowych uwag nt. przedmiotu

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka T2A\_W04+, T2A\_W05+, T2A\_W07+:**

wiedza o mechanizmach wzajemnego oddziaływania na siebie różnych urządzeń elektronicznych za pośrednictwem pól elektromagnetycznych oraz umiejętność przewidywania zagrożeń związanych z takim oddziaływaniem, zarówno w fazie projektowania urządzeń jak i w fazie ich eksploatacji

Weryfikacja:

kolokwium 1, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W14

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka T2A\_U09+, T2A\_U12+, T2A\_U18+:**

umiejętność przewidywania realnych zagrożeń, związanych z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych na człowieka i kompetentnego przeciwstawiania się w pracy zawodowej zarówno przypadkom niefrasobliwego niedostrzegania zagrożeń, jak i niepotrzebnego wzniecania paniki tam, gdzie takie zagrożenia realnie nie występują

Weryfikacja:

kolokwium 1, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka T2A\_K02+:**

Ma świadomość odpowiedzialności projektanta systemów elektronicznych ich wpływu na środowisko

Weryfikacja:

kolokwium 1, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

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

**Charakterystyka T2AK04+:**

Potrafi efektywnie pracować indywidualnie

Weryfikacja:

kolokwium 1, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

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