

# KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA

**Wykładowca: dr inż. Marek Łoboda**  
**Katedra Wysokich Napięć i Aparatów Elektrycznych,**  
**Wydział Elektryczny**  
**Politechnika Warszawska**

## ZAKRES WYKŁADU

Przedmiot „Kompatybilność elektromagnetyczna” (EMC) ma charakter wprowadzenia do głównych problemów z tej tematyki i obejmuje szereg specyficznych zagadnień opisujących przede wszystkim złożoność zjawisk charakteryzujących źródła zakłóceń elektromagnetycznych oraz i mechanizmów ich oddziaływania na instalacje nn oraz połączone z nimi systemy, urządzenia i. aparaty. Znaczna część wykładu jest poświęcona metodyce ograniczania wpływu zakłóceń oraz omówieniu środków i urządzeń służących do redukcji prądów i napięć zakłóceń. Specjalną uwagę zwrócono na wymagania norm międzynarodowych oraz europejskich, dotyczące zakresu i metodyki badań urządzeń w zakresie odporności na zakłócenia elektromagnetyczne. Całość wykładu jest ukierunkowana w taki sposób, że większy akcent jest położony na tzw. kompatybilność środowiskową niż na kompatybilność związaną z budową urządzeń elektronicznych.

Wykład w wymiarze 15 h w semestrze obejmuje następujące zagadnienia:

1. Wprowadzenie do zagadnień EMC, podstawowe określenia oraz jednostki. Podstawowe zależności elektromagnetyzmu w dziedzinie czasu i częstotliwości, sygnały wąsko- i szerokopasmowe. Pole elektromagnetyczne bliskie i pole dalekie.
2. Źródła, klasyfikacja i parametry zakłóceń (zaburzeń) elektromagnetycznych. Źródła naturalne - wyładowania piorunowe oraz wyładowania elektrostatyczne (ESD), źródła sztuczne (zakłócenia zamierzone i niezamierzone) generowane przez urządzenia i systemy elektroenergetyczne oraz telekomunikacyjne, typowe impulsy elektromagnetyczne (LEMP, SEMP), zasięgi ich oddziaływania oraz charakterystyka częstotliwościowa .
3. Mechanizmy rozprzestrzeniania się zakłóceń, ich oddziaływanie na instalacje oraz urządzenia oraz metodyka ograniczania ich wpływu. Modele sprzężeń przewodzonych (impedancyjnych), elektrycznych (pojemnościowych), magnetycznych (indukcyjnych) i elektromagnetycznych (promieniowanych). Sprzężenia obwodów elektrycznych, rola parametrów obwodów. Sygnały zakłócające wspólne i różnicowe.
4. Środki i urządzenia ograniczające zakłócenia elektromagnetyczne. Redukcja emisji, ekranowanie (rodzaje i ich skuteczność), optymalizacja topologii obwodów i instalacji, ograniczniki przepięć (ochrona stopniowana), filtry, ekranowanie.
5. Badania i pomiary w zakresie EMC. Metodyka badań oraz kryteria oceny odporności urządzeń na zakłócenia. Aktualny stan norm i niektóre wymagania normatywne

**Pytania egzaminacyjne do wykładu "Kompatybilność elektromagnetyczna"  
Studia inżynierskie dzienne (I stopień) sem. V.**

**Pytania do sprawdzianu zaliczeniowego I części wykładu "Kompatybilność  
elektromagnetyczna i ochrona przepięciowa systemów informatycznych"  
Kierunek informatyka, studia magisterskie, sem. IX.**

**Część I - Podstawowe definicje i charakterystyka źródeł zakłóceń elektromagnetycznych**

1. Definicja kompatybilności elektromagnetycznej i związane z nią inne podstawowe definicje oraz określenia (EMC, zaburzenia, odporność, priorytet środków ochrony i in.).
2. Model rozprzestrzeniania się oraz oddziaływania zaburzeń (zakłóceń) elektromagnetycznych, ich klasyfikacja i podstawowe parametry.
3. Wyładowania elektrostatyczne (ESD), charakterystyka oraz sposoby oddziaływania na obiekty techniczne, oraz sposoby przeciwdziałania negatywnym skutkom tych wyładowań.
4. Charakterystyka wyładowań atmosferycznych i impulsowego pola wyładowań piorunowych (LEMP) jako źródła zaburzeń (zakłóceń) naturalnych.
5. Charakterystyka zakłóceń spowodowanych pracą systemów elektroenergetycznych i urządzeń elektrycznych (zakłócenia sztuczne).

**Część II - Mechanizmy rozprzestrzeniania się zakłóceń**

6. Klasyfikacja i rodzaje mechanizmów rozprzestrzeniania się zakłóceń (sprzężeń) elektromagnetycznych.
7. Mechanizm sprzężeń przewodzonych (rezystancyjnych, impedancyjnych) oraz przykłady środków zaradczych ograniczających wpływ sprzężeń przewodzonych.
8. Charakterystyka mechanizmu sprzężeń pojemnościowych (elektrycznych) i zróżnicowane przypadki tego mechanizmu.
9. Mechanizm sprzężenia indukcyjnego (magnetycznego), możliwości występowania tego mechanizmu oraz środki przeciwdziałania zakłóceniom oddziaływującym w wyniku sprzężeń indukcyjnych.
10. Mechanizm rozprzestrzeniania się zakłóceń (sprzężenia) wskutek propagacji pola elektromagnetycznego (promieniowania) i środki przeciwdziałania.

### **Część III - Pasywne urządzenia ograniczające wpływ zakłóceń elektromagnetycznych**

11. Filtry jako pasywne elementy przeciwzakłóceńowe (podstawowe parametry i sposoby wyznaczania ich charakterystyk, cechy konstrukcyjne).
12. Ograniczniki przepięć jako pasywne elementy przeciwzakłóceńowe - rodzaje i charakterystyczne parametry.
13. Ekranowanie i osłony, zasady i skuteczność ekranowania w zależności od cech oddziaływującego pola elektromagnetycznego, rodzaje ekranów i dobór materiałów na ekrany.

### **Część IV – Badania w zakresie EMC**

14. Systematyka i rodzaje badań odporności urządzeń elektronicznych na zakłócenia elektromagnetyczne. oraz kryteria oceny odporności.
15. Zasady metod badawczych odporności urządzeń elektronicznych na zakłócenia elektromagnetyczne przewodzone i promieniowane, klasyfikacja środowiska elektromagnetycznego ze względu na możliwość oddziaływania różnych rodzajów zaburzeń (zakłóceń).

### **Wykaz literatury polskojęzycznej do wykładu „Kompatybilność Elektromagnetyczna”**

1. M. Łoboda – Konspekt wykładu „ Kompatybilność elektromagnetyczna instalacji i urządzeń elektrycznych i elektronicznych”.
2. A. Charoy: Kompatybilność elektromagnetyczna – Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych. Tom I –IV, WNT Warszawa – 1999- 2000.
3. W. Machczyński: Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej. Wyd. Politechniki Poznańskiej
4. T. Więckowski: Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Oficyna Wydawnicza politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 2001.
5. Dyrektywy UE dotyczące Kompatybilności Elektromagnetycznej (89/336/ EEC) oraz Niskiego Napięcia (73/23/EEC0 dostępne na stronie internetowej: [www.oznaczenie-ce.pl](http://www.oznaczenie-ce.pl)
6. Seria norm PN-IEC 61000, dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej - aktualny stan normalizacyjny dostępny na stronie internetowej: [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl).