

**Zespół Autorski:**

*dr inż. Konrad Kielbasiński*

*dr inż. Jakub Jasiński*

**Kompatybilność Elektromagnetyczna Układów Zasilania (EMCZ)  
(Electromagnetic Compatibility of Power Supplies)**

**Poziom kształcenia:** *II stopień*

**Forma i tryb prowadzenia przedmiotu:** *stacjonarna*

**Kierunek studiów:** *Elektronika*

**Specjalność:** *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

**Klasy programowe:**

**Poziom przedmiotu:** *zaawansowany*

**Status przedmiotu:** *obieralny*

**Język przedmiotu:** *polski*

**Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):**

**Minimalny numer semestru:** *1*

**Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:**

**Limit liczby studentów:** *30*

**Powód zgłoszenia przedmiotu:** *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

**Cel przedmiotu:** *Celem przedmiotu jest nabycie przez studentów zaawansowanych umiejętności projektowania, symulowania oraz konstruowania układów zasilających w zgodzie z obecnie obowiązującymi przepisami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej. Wiedza z tego zakresu jest niezbędna do wprowadzenia układów zasilających do produkcji i legalnej sprzedaży na terenie Unii Europejskiej.*

**Treść kształcenia:**

**Informacje ogólne:** Suma punktów 100, w tym dwa kolokwia po 35 pkt każde oraz projekt 30 pkt. Warunkiem zaliczenia jest zdobycie łącznie co najmniej 51 pkt.

**Opis wykładu:** *(szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)*

Ogólna klasyfikacja zakłóceń elektromagnetycznych pod względem ich źródła pochodzenia, mocy, widma, koherentności z podziałem na przewodzone i promieniowane

Zagadnienia jakości energii w sieciach energetycznych jedno i trójfazowych z omówieniem pojęć: moc bierna, czynna, pozorna, tangens i kosinus przesunięcia fazowego prądu i napięcia, trójkąt mocy, współczynnik mocy, harmoniczne prądu i napięcia, współczynnik całkowity zniekształceń harmonicznym.

Porównanie typowych topologii zasilaczy takich jak buck, boost, flyback, half-bridge, full bridge pod względem odkształceń ich przebiegów prądowych i napięciowych od strony linii zasilającej oraz obiektu zasilanego.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Wpływ konstrukcji elementów biernych wykorzystywanych w układach zasilających takich jak kondensatory, dławiki, transformatory, w tym wielkości szczeliny powietrznej i jej umiejscowienia, kształtu rdzenia, sposobu nawijania, na poziom emisji zakłóceń.

Wpływ zastosowanych elementów czynnych, takich jak m.in. diody i tranzystory w tym ich pojemności pasożytniczych w tym złączowych i dyfuzyjnych na poziom emisji zakłóceń w typowych topologiach układów zasilania. Omówienie korzyści z zastosowania półprzewodników szeroko-przerwowych.

Sposoby ochrony wejść i wyjść zasilaczy przed skutkami przepięć, zapadów i krótkotrwałych przerw w zasilaniu m.in. poprzez przykładowe układy wykorzystujące odgromniki, diody transil i trisil, filtry linii zasilającej, układy miękkiego startu.

Omówienie wpływu sposobu wykonywania projektu PCB zasilaczy w tym wymiarów i technologii przelotek, szerokości i sposobu prowadzenia ścieżek, ich ekranowania i impedancji charakterystycznej na emisję zakłóceń oraz podatność na zakłócenia zewnętrzne.

Sposoby eliminacji zakłóceń przewodzonych. Omówienie pasywnych filtrów dolnoprzepustowych, środkowo zaporowych i filtrów rezonansowych

Konstrukcja ekranów przeciwzakłóceń. Omówienie skuteczności ekranowania w zależności od geometrii i doboru materiałów.

Bieżące wymogi i normy stawiane zasilaczom na przykładzie ich zastosowań. m.in. w oprawkach oświetleniowych.

### **Projekt:**

Zadaniem studenta jest wybór tematu projektu zaproponowanego przez prowadzącego lub złożenie własnej propozycji zaakceptowanej przez prowadzącego. Tematami projektów są obwody układów zasilających, których poprawność jest weryfikowana poprzez wyniki symulacji LTSpice i/lub pomiary układów fizycznie wykonanych przez studentów.

### **Egzamin: nie**

### **Literatura:**

1. J. L. Norman Violette, Donald R. J. White, Michael F. Violette, "Electromagnetic compatibility handbook", 1987.
2. Grzegorz Benysek, "Improvement in the quality of delivery of electrical energy using power electronics systems", 2007.
3. PN-EN 50160 – „Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych”.
4. PN-EN 55015 - „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne”.
5. PN-EN IEC 63129 - „Określenie charakterystyki prądu rozruchowego urządzeń oświetleniowych”.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

6. PN-EN 61000-3-2 - „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika mniejszy lub równy 16 A)”.

7. PN-EN 61000-3-3 - „Kompatybilność elektromagnetyczna - Dopuszczalne poziomy - Ograniczanie wahań napięcia i migotania światła powodowanych przez odbiorniki o prądzie znamionowym mniejszym lub równym 16 A w sieciach zasilających niskiego napięcia”.

8. PN-EN 61000-4-11 - “Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-11: Metody badań i pomiarów -- Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o znamionowym prądzie fazowym nie przekraczającym 16 A”.

**Oprogramowanie:** (wpisać używane oprogramowanie – o ile jest potrzebne)

Symulator obwodów elektronicznych LTSpice lub podobny.

Narzędzie do projektowania obwodu drukowanego (PCB), np. Eagle.

**Wymiar godzinowy zajęć:**

W	C	L	P	
2	-	-	1	(45)

**Wymiar w jednostkach ECTS:** 3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):**

1. liczba godzin kontaktowych – 45 godz., w tym
  - obecność na wykładach 30 godz.,
  - udział w konsultacjach 15 godz.,
2. praca własna studenta – 30 godz., w tym
  - przygotowanie do kolokwium 10 godz.,
  - wykonywanie zadań projektowych: 15 godz.,
  - przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 5 godz.

**Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.**

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:** 1.8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:** 0.6 pkt ECTS, co odpowiada - 15 godz. zadań projektowych

**Efekty kształcenia/uczenia się:**

Efekty kształcenia/uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
<b>WIEDZA</b>			

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów: - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, - modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	wykład	kolokwium	W04
Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	kolokwium	W05
Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do jednego z trzech następujących zakresów: - układy analogowe impulsowe i wielkiej częstotliwości.	wykład	kolokwium	W06
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	projekt	zaliczenie projektu	U01
Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	projekt	zaliczenie projektu	U05
Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	projekt	zaliczenie projektu	U07
Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów: - - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów	projekt	zaliczenie projektu	U08

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.			
Potrafi zaproponować ulepszenia (usprawnienia) istniejących rozwiązań technicznych w zakresie studiowanej specjalności.	projekt	zaliczenie projektu	U13
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekt	zaliczenie projektu	K01