

SYLABUS**DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2026- 2030***(skrajne daty)*

Rok akademicki 2029/2030

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Optymalizacja, trwałość i diagnostyka systemów fotowoltaicznych
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Kierunek studiów	Zarządzanie, materiały i technologie w energetyce
Poziom studiów	Studia I stopnia
Profil	Ogólnoakademicki
Forma studiów	Stacjonarna
Rok i semestr/y studiów	rok IV, sem. 7
Rodzaj przedmiotu	przedmiot specjalnościowy - Fotowoltaika i ogniwa cienkowarstwowe
Język wykładowy	Język polski
Koordinator	dr Mariusz Bester
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr Mariusz Bester

* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
7	15					15			3

1.2. Sposób realizacji zajęć

- zajęcia w formie tradycyjnej
- zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)

Wykład - egzamin

Zajęcia projektowe – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Student przystępujący do realizacji przedmiotu powinien posiadać:

1. Podstawową wiedzę z zakresu elektrotechniki i elektroniki, obejmującą prawa obwodowe, parametry elementów elektrycznych oraz zasady działania podstawowych układów elektronicznych.
2. Znajomość podstaw fizyki, w szczególności w zakresie zjawisk elektromagnetycznych, półprzewodników oraz oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią.
3. Podstawowe umiejętności z zakresu matematyki inżynierskiej, w tym analizy funkcji, elementów rachunku różniczkowego i całkowego oraz podstaw algebry liniowej, niezbędne do analizy charakterystyk i modeli systemów PV.

3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

3.1 Cele przedmiotu

C1	Zapoznanie studentów z zasadami projektowania, optymalizacji oraz eksploatacji systemów fotowoltaicznych, ze szczególnym uwzględnieniem efektywności energetycznej, niezawodności i trwałości instalacji PV.
C2	Ukształtowanie umiejętności analizy i oceny stanu technicznego systemów fotowoltaicznych, w tym identyfikacji mechanizmów degradacji, uszkodzeń oraz stosowania metod diagnostycznych i monitoringu.
C3	Przygotowanie studentów do samodzielnego rozwiązywania problemów inżynierskich związanych z funkcjonowaniem systemów PV, obejmujących dobór technologii, ocenę opłacalności oraz wdrażanie rozwiązań optymalizacyjnych i serwisowych.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych ¹
EK_01	Posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu elektrotechniki i elektroniki stosowanej w systemach fotowoltaicznych, obejmującą budowę i zasadę działania elementów oraz układów elektronicznych i elektroenergetycznych (modułów PV, falowników, układów zabezpieczeń i monitoringu), a także zna procesy zachodzące w cyklu życia systemów fotowoltaicznych, w tym etapy projektowania, eksploatacji, degradacji, diagnostyki, modernizacji i recyklingu.	Wo4
	Zna w zaawansowanym stopniu metody analizy właściwości i jakości materiałów stosowanych w	Wo7

¹ W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

	systemach fotowoltaicznych, w tym właściwości fizycznych, mechanicznych, elektrycznych i eksploatacyjnych, oraz rozumie ich wpływ na trwałość, sprawność i niezawodność modułów oraz pozostałych elementów instalacji PV, ze szczególnym uwzględnieniem procesów degradacji i starzenia.	
EK_o3	Zna współczesne rozwiązania technologiczne w zakresie wytwarzania, eksploatacji i modernizacji systemów fotowoltaicznych jako elementów systemów energetycznych, w tym odnawialnych źródeł energii i technologii niskoemisyjnych, oraz rozumie zasady integracji PV z systemami magazynowania energii, przesyłu i dystrybucji energii oraz systemami zarządzania energią, z uwzględnieniem aspektów optymalizacji, trwałości i diagnostyki.	Wo8
EK_o4	Zna zagadnienia związane z oddziaływaniem systemów fotowoltaicznych na środowisko, w tym zasady ich poprawnej eksploatacji, mechanizmy degradacji oraz możliwości ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów stosowanych w instalacjach PV, a także rozumie znaczenie tych aspektów w kontekście zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym.	W10
EK_o5	Rozumie dylematy współczesnej cywilizacji związane z rozwojem nowoczesnych technologii energetycznych, w tym systemów fotowoltaicznych i zaawansowanych materiałów, oraz ich wpływem na zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego i ochronę środowiska, a także potrafi ocenić konsekwencje techniczne, ekonomiczne i ekologiczne wdrażania technologii PV w kontekście zrównoważonego rozwoju.	W14
EK_o6	Potrafi analizować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy techniczne związane z systemami fotowoltaicznymi, w tym dobór technologii modułów i falowników, ocenę wpływu degradacji materiałów na wydajność systemu, projektowanie układów optymalizacji mocy oraz diagnozowanie nieprawidłowości w pracy instalacji PV. Ponadto potrafi proponować rozwiązania optymalizacyjne i modernizacyjne, uwzględniające aspekty eksploatacyjne, energetyczne i środowiskowe.	Uo1
EK_o7	Potrafi samodzielnie pozyskiwać informacje dotyczące systemów fotowoltaicznych z różnych źródeł, w tym z literatury specjalistycznej, artykułów naukowych, raportów branżowych oraz baz danych technicznych. Umie selekcjonować, analizować i interpretować zgromadzone dane, integrować je z posiadaną wiedzą	Uo2

	teoretyczną i praktyczną oraz wyciągać wnioski i formułować uzasadnione opinie w kontekście projektowania, eksploatacji, diagnostyki i optymalizacji instalacji PV.	
EK_o8	Potrafi właściwie posługiwać się specjalistyczną terminologią naukową i techniczną z zakresu fotowoltaiki, inżynierii materiałowej, nauk fizycznych i energetyki, w tym terminami dotyczącymi: charakterystyk elektrycznych modułów PV (I–V, MPP, PR), procesów degradacji i trwałości materiałów, systemów magazynowania energii i integracji PV z siecią, metod diagnostyki i monitoringu systemów energetycznych. Potrafi także stosować tę terminologię w analizie problemów technicznych, opracowywaniu dokumentacji projektowej, raportów diagnostycznych oraz prezentacjach wyników analiz i badań.	Uo6
EK_o9	Potrafi dokonać właściwego doboru materiałów i komponentów stosowanych w systemach fotowoltaicznych, uwzględniając ich właściwości fizyczne, elektryczne, mechaniczne oraz trwałość eksploatacyjną. Umie stosować metody kontroli jakości modułów, falowników i całych systemów PV, w tym: pomiary charakterystyk I–V, monitoring parametrów pracy, diagnostykę termograficzną i ocenę degradowania modułów. Ponadto potrafi przeprowadzić analizę efektywności energetycznej instalacji PV, uwzględniając parametry pracy, wpływ zacienienia, orientację i nachylenie modułów oraz straty eksploatacyjne.	Uo9
EK_10	Potrafi przygotować i ocenić rozwiązania projektowe systemów fotowoltaicznych, obejmujące dobór materiałów, modułów, falowników oraz układów energetycznych, w oparciu o zadane kryteria użytkowe takie jak sprawność, trwałość, niezawodność i bezpieczeństwo eksploatacji. Umie przeprowadzić wstępną ocenę ekonomiczną projektu, uwzględniając koszty inwestycyjne, eksploatacyjne oraz przewidywaną produkcję energii. Ponadto stosuje zasady zrównoważonego rozwoju, efektywności energetycznej oraz gospodarki o obiegu zamkniętym, analizując wpływ zastosowanych materiałów i technologii na środowisko i cykl życia systemu.	U11
EK_11	Potrafi przedstawiać konsekwencje wprowadzania nowych technologii w zakresie systemów fotowoltaicznych, zarówno w aspekcie technicznym, ekonomicznym, jak i środowiskowym, oraz świadomie ponosi odpowiedzialność za podejmowane decyzje	Ko3

	projektowe i eksploatacyjne. Rozumie wpływ wdrażanych rozwiązań na otoczenie, bezpieczeństwo energetyczne i zrównoważony rozwój, a także potrafi uzasadniać swoje decyzje i rekomendacje wobec zespołu projektowego, inwestorów i użytkowników systemów PV	
--	---	--

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
1. Wprowadzenie do systemów fotowoltaicznych
2. Podstawy fizyczne pracy ogniw fotowoltaicznych
3. Technologie modułów fotowoltaicznych
4. Projektowanie systemów PV – aspekty optymalizacyjne
5. Optymalizacja energetyczna pracy systemów PV
6. Trwałość systemów fotowoltaicznych
7. Mechanizmy degradacji i uszkodzeń
8. Diagnostyka systemów fotowoltaicznych
9. Metody pomiarowe w diagnostyce PV
10. Systemy monitoringu i analizy danych
11. Utrzymanie ruchu i serwis systemów PV
12. Bezpieczeństwo eksploatacji instalacji PV
13. Analiza ekonomiczna i środowiskowa
14. Studium przypadków (Case Studies)
15. Przyszłość systemów PV

B. Problematyka zajęć projektowych

Treści merytoryczne
1. Optymalizacja energetyczna instalacji fotowoltaicznej dla budynku mieszkalnego
2. Analiza trwałości i degradacji modułów fotowoltaicznych w warunkach klimatycznych Polski
3. Diagnostyka systemu fotowoltaicznego z wykorzystaniem analizy danych pomiarowych
4. Porównanie metod optymalizacji mocy w systemach PV: MPPT, optymalizatory i mikrofalowniki

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład problemowy z Prezentacją, zajęcia Projektowe

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
Ek_1	Kolokwium, egzamin	w
Ek_2	Dokumentacja projektowa	projekt
Ek_3	Kolokwium, egzamin	W
Ek_4	Egzamin	W
Ek_5	Egzamin	W
Ek_6	Dokumentacja projektowa, dyskusja	Projekt
Ek_7	Dokumentacja projektowa	Projekt
Ek_8	Egzamin, dokumentacja projektowa, dyskusja	W, projekt
Ek_9	Dokumentacja projektowa	projekt
Ek_10	Dokumentacja projektowa, dyskusja	Projekt
Ek_11	Obserwacja w trakcie zajęć	w, projekt

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Wykład

1. Aktywność na zajęciach – udział w dyskusjach, odpowiedzi na pytania prowadzącego, krótkie ćwiczenia teoretyczne.
2. Kolokwium śródsemestralne / test – sprawdzające opanowanie podstawowej wiedzy teoretycznej, w tym: zasady działania modułów PV i falowników, podstawy fizyki fotowoltaiki, procesy degradacji i trwałości modułów, podstawowe metody diagnostyki i monitoringu.
3. Egzamin końcowy / zaliczenie pisemne – obejmujący całość materiału wykładowego, w tym analizę zagadnień optymalizacji i oceny trwałości systemów PV.

WAGA OCEN:

- **KOLOKWIMUM ŚRÓDSEMESTRALNE – 30%**
- **EGZAMIN KOŃCOWY – 70%**

Projekt

1. Wykonanie projektu / ćwiczenia projektowego w zespole lub indywidualnie, obejmującego: projekt instalacji PV lub diagnostykę istniejącego systemu, dobór komponentów i materiałów, analizę efektywności energetycznej i ocenę ekonomiczną.
2. Raport projektowy / sprawozdanie laboratoryjne – poprawnie opracowany, zawierający: opis problemu, cele projektu, przyjęte założenia, obliczenia i symulacje, wnioski i rekomendacje.
3. Prezentacja wyników projektu – omówienie rozwiązań, uzasadnienie przyjętych decyzji i analiza konsekwencji technicznych i środowiskowych.

4. Aktywność podczas zajęć praktycznych – udział w dyskusjach, konsultacje z prowadzącym, samodzielna praca przy analizach diagnostycznych lub symulacjach.

WAGA OCEN:

RAPORT PROJEKTOWY / SPRAWOZDANIE – 50%

PREZENTACJA PROJEKTU – 30%

AKTYWNOŚĆ I ZAANGAŻOWANIE – 20%

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny z harmonogramu studiów	30
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	2
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	35
SUMA GODZIN	77
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	3

** Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

1. Klugmann-Radziemska E., Fotowoltaika w teorii i praktyce, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2019.
2. Wiśniewski G., Michałowska-Knap K., Energetyka słoneczna. Podstawy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2012.
3. Pluta Z., Słoneczne instalacje energetyczne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2003.
4. Lewandowski W.M., Proekologiczne odnawialne źródła energii, WNT, Warszawa, 2017.

5. Szcherbowski R., Odnawialne źródła energii w systemach elektroenergetycznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2014.

Literatura uzupełniająca:

1. Chwieduk D., Energia słoneczna w budownictwie, Arkady, Warszawa, 2011.
2. Paska J., Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2015.
3. Tytko R., Eksploatacja urządzeń elektroenergetycznych, Wydawnictwo Uczelniane AGH, Kraków, 2010.

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej