



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Odnawialne źródła energii [N2Eltech2>OZE]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Elektrotechnika

Rok/Semestr  
1/1

Studia w zakresie (specjalność)  
Sieci i automatyka elektroenergetyczna

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
niestacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
10

Laboratorium  
10

Inne (np. online)  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
10

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr inż. Grzegorz Trzmiel  
grzegorz.trzmiel@put.poznan.pl

dr hab. inż. Andrzej Tomczewski prof. PP  
andrzej.tomczewski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z fizyki, elektrotechniki i matematyki (na poziomie ogólnym). Umiejętność rozumienia i interpretowania przekazywanej na zajęciach wiedzy. Umiejętność efektywnego samokształcenia w dziedzinie związanej z wybranym kierunkiem studiów. Świadomość konieczności poszerzania swoich kompetencji, gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie studentów z konstrukcją, zasadą działania, możliwościami i zasadami projektowania systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii, w szczególności z zakresu: fotowoltaiki, energetyki wiatrowej, magazynów energii elektrycznej oraz systemów hybrydowych. Przedstawienie nowych możliwości w dziedzinie pozyskiwania energii elektrycznej za pomocą w/w technologii.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. posiada uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu odnawialnych źródeł energii,
2. zna i rozumie zjawiska i procesy, pozwalające na konwersję energii z wybranych źródeł OZE w energię elektryczną,
3. orientuje się w aktualnym stanie rozwoju OZE i trendach perspektywicznych w Polsce i na świecie.

#### Umiejętności:

1. potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł, analizować je i dokonywać interpretacji, wyciągać wnioski, uzasadniać opinie,
2. potrafi pracować samodzielnie i w zespole, posługiwać się właściwie dobranymi metodami i urządzeniami w zakresie parametrów i charakterystyk elektrycznych,
3. potrafi przeprowadzić niezbędne obliczenia projektowe, interpretować uzyskane wyniki, wyciągać wnioski.

#### Kompetencje społeczne:

1. potrafi pracować indywidualnie i współpracować w grupie,
2. ma świadomość ważności i zrozumienia pozatechnicznych aspektów i skutków działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana przez zaliczenie trwające ok. 45-60 minut, składające się z 10-15 pytań (testowych i otwartych), różnie punktowanych. Próg zaliczeniowy: 50% punktów. Zagadnienia, na podstawie których opracowywane są pytania, zostaną przesłane studentom drogą mailową z wykorzystaniem systemu uczelnianej poczty elektronicznej.

Umiejętności nabyte w ramach zajęć laboratoryjnych weryfikowane są na podstawie: ocen ze sprawozdań z wykonanych ćwiczeń. Ponadto do oceny końcowej z laboratoriów brane są pod uwagę: premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji postawionych problemów w danym obszarze zadań laboratoryjnych, aktywność na każdych zajęciach, premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami, ocena wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadania ćwiczeniowego.

Zajęcia projektowe oceniane są na podstawie aktywności podczas zajęć projektowych oraz wykonanego projektu zaliczeniowego zgodnego z wymaganiami podanymi przez prowadzącego zajęcia.

Dodatkowo student może zdobywać punkty dodatkowe za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za: proponowanie omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia, efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu, umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium oraz w zadaniu projektowym, uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych, staranność estetyczną opracowywanych zadań w ramach nauki własnej.

### Treści programowe

Program modułu obejmuje zagadnienia dotyczące budowy, zasady działania, współpracy i wykorzystania urządzeń generujących i magazynujących energię za pomocą odnawialnych źródeł energii oraz podstawy obliczeń opłacalności ekonomicznej stosowania źródeł OZE.

### Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Uwarunkowania prawne stosowania odnawialnych źródeł energii. Charakterystyka wybranych odnawialnych źródeł energii oraz urządzeń umożliwiających konwersję i magazynowanie energii z OZE, głównie w ujęciu prosumenckim: fotowoltaika (PV), energetyka wiatrowa (TW), magazyny energii elektrycznej, systemy hybrydowe. Koszty wytwarzania, przesyłu i rozdziału energii elektrycznej. Szacowanie uzysków energetycznych i czasu zwrotu inwestycji. Opis statystyczny energii wiatru i słonecznej. Modelowanie analityczne i numeryczne turbin wiatrowych i modułów PV (rozkład Weibulla, charakterystyka mocy turbin wiatrowych, model jednodiodowy i dwudiodowy fotoogniwa, symulacja MPP tracker'a). Typy i wykorzystanie danych pomiarowych prędkości wiatru i irradancji w szacowaniu energii uzyskiwanej z turbin wiatrowych i modułów PV. Analiza szeregów czasowych. Możliwości aplikacji w różnych dziedzinach. Zalety, wady, ograniczenia różnych rozwiązań układowych. Prezentowanie

innowacyjnych rozwiązań z dziedziny przedmiotu, stosowanych w najnowszych rozwiązaniach praktycznych.

Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia:

Zapoznanie się z budową, zasadą działania i charakterystykami pracy różnych rodzajów modułów fotowoltaicznych, turbin wiatrowych oraz układów hybrydowych w różnych konfiguracjach i warunkach pracy. Planowanie metodologii pomiarów, pomiary i obliczenia charakterystycznych parametrów w/w urządzeń.

Program zajęć projektowych obejmuje następujące zagadnienia:

Zajęcia dotyczą opracowania projektu hybrydowego systemu generacyjnego typu on-grid wykorzystującego moduły PV oraz turbiny wiatrowe. Realizowane zadania szczegółowe dotyczą:

- analizy założeń projektowych i ustalenia ogólnej struktury systemu
- analizy zasobów energetycznych w miejscu lokalizacji systemu generacyjnego oraz ustalenia jego mocy
- doboru sprzętu (moduły PV, turbiny, inwertery, układy optymalizatorów, zabezpieczenia, przewody, ochrona odgromowa i przepięciowa, monitoring)
- analizy ekonomicznej i wyznaczenia okresu zwrotu inwestycji
- opracowania dokumentacji projektowej, w tym miejsca montażu modułów PV oraz turbin wiatrowych
- wykorzystania oprogramowania przeznaczonego do analiz i projektowania systemów generacyjnych z OZE.

## Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacje multimedialne zawierające rysunki, schematy, zdjęcia, uzupełniane przykładami praktycznymi na tablicy, slajdach oraz programach komputerowych, co ułatwia powiązanie teorii z praktyką. Wykład uzupełniony dodatkowymi materiałami przekazywanymi studentom do samodzielnego studiowania. Wykorzystanie wiedzy studentów z innych przedmiotów, inicjowanie dyskusji, zadawanie pytań w celu zwiększenia aktywności i samodzielności studentów.

Laboratoria: praca zespołowa (pomiary) na fizycznych stanowiskach modelujących pracę odnawialnych źródeł energii w obszarze fotowoltaiki, energetyki wiatrowej, systemów hybrydowych we współpracy np. z magazynami energii i regulatorami ładowania.

Projekty: prezentacje multimedialne i zajęcia tablicowe zawierające niezbędne elementy (rysunki, wykresy, schematy, wzory) w procesie projektowania instalacji OZE z PV, TW, magazynami energii i pompami ciepła. Wykorzystanie dedykowanego oprogramowania w procesie obliczeń i weryfikacji. Bieżąca weryfikacja na zajęciach postępów studentów w zakresie przygotowywanych projektów z komentarzami umożliwiającymi właściwe kierowanie przebiegu prac.

## Literatura

Podstawowa:

1. Jastrzębska G., Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2013.
2. Wolańczyk F., Elektrownie wiatrowe, Wydawnictwo KaBe, Krosno, 2009.
3. Lewandowski W.: Proekologiczne źródła energii odnawialnej, WNT, Warszawa 2012.
4. Corkish R., Sproul A., and others, Applied Photovoltaics, 3rd Edition, Taylor&Francis eBooks, 2013.
5. Habberlin H, Photovoltaics system design and practice, Wiley, 2013.
6. Jenkins D., Renewable Energy Systems, Earthscan Expert, 2013.
7. White S., Solar Photovoltaic Basics, Taylor&Francis Ltd, 2015.

Uzupełniająca:

1. Paska J., Wytwarzanie energii elektrycznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
2. Lubośny Z, Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2013.
3. Kasprzyk L., Tomczewski A., Pietracho R., Mielcarek A., Nadolny Z., Tomczewski K., Trzmiel G., Alemany J., Optimization of a PV-Wind Hybrid Power Supply Structure with Electrochemical Storage Intended for Supplying a Load with Known Characteristics, Energies, vol. 13(22), 6143, 2020, <https://doi.org/10.3390/en13226143>
4. Głuchy D., Kurz D., Trzmiel G., The impact of shading on the exploitation of photovoltaic installations, Renewable Energy, vol. 153, p. 480-498, June 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.010>.
5. Trzmiel G., Analiza metod regulacji mocy w elektrowniach wiatrowych, Computer applications in electrical engineering vol. 89/2017, Poznan University of Technology Academic Journals Electrical Engineering, Poznań, 2017, str. 395-404.

6. Trzmiel G., Układy śledzące punkt maksymalnej mocy w inwerterach stosowanych w instalacjach fotowoltaicznych, Computer applications in electrical engineering vol. 87/2016, Poznan University of Technology Academic Journals - Electrical Engineering, Poznań, 2016, str. 23 - 36.
7. Trzmiel, G., Jajczyk, J., Kardas-Cinal, E., Chamier-Gliszczyński, N., Wozniak, W., Lewczuk, K. (2021). The Condition of Photovoltaic Modules under Random Operation Parameters. Energies, vol. 14(24), 8358, 2021.
8. Internet: specjalistyczna literatura tematu, karty katalogowe, normy.

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	105	4,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	30	1,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	75	3,00