

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-OBEGIKL-0154	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Fotowoltaika i magazyny energii		
			w j. angielskim	Photovoltaics and Energy Storage		
Przynależność do grupy przedmiotów	przedmioty specjalnościowe					
Kierownik przedmiotu	Michał Marzantowicz	Prowadzący zajęcia	M. Marzantowicz, A. Czudek			
Jednostka realizująca	Wydział Fizyki	Dyscyplina naukowa	nauki chemiczne; nauki fizyczne; automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne; inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka; inżynieria materiałowa; inżynieria chemiczna			
Poziom kształcenia	kształcenie doktorantów	Semestr studiów	letni			
Język zajęć	polski/angielski					
Forma zaliczenia:	Zaliczenie na ocenę	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	45	Sumaryczna liczba ECTS	3	
Minimalna liczba uczestników	10	Maksymalna liczba uczestników	20	Dostępność dla studentów I lub II stopnia	Tak/Nie	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytorijne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	3		3		
	łącznie w semestrze	24		21		
Przewidywany termin realizacji zajęć	dzień tygodnia	czwartek		Miejsce prowadzenia zajęć	budynek	numer sali
	godziny	17 do 20			Gmach Fizyki	113

1. Wymagania wstępne

brak

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest zapoznanie uczestników z aktualnie stosowanymi technologiami pozyskiwania energii słonecznej w instalacjach fotowoltaicznych oraz magazynowania energii metodami elektrochemicznymi. Przedmiot ma przygotować uczestników do projektowania rozwiązań pozyskiwania i magazynowania energii dostosowanych do wymogów i specyfiki różnorodnych projektów, od systemów magazynowania przeznaczonych dla indywidualnego użytkownika do układów dedykowanych dla przemysłu, elektromobilności i energetyki.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

Pozyskiwanie, magazynowanie i konwersja energii: Analiza potrzeb, perspektywy rozwoju, aspekty ekonomiczne i społeczne.

Podstawy projektowania ogniw fotowoltaicznych. Konwersja promieniowania słonecznego, limit Shockley-Queissera. Typy ogniw fotowoltaicznych (konwencjonalne, cienkowarstwowe, trzeciej generacji). Możliwe zastosowania ogniw fotowoltaicznych, warunki pracy i wymagania stawiane ogniowom. Dobór materiałów pod względem położenia pasm, stałej sieci, współczynnika absorpcji.

Ogniwa i charakteryzacja. Laboratoryjne metody otrzymywania warstw oraz ogniw. Metody charakteryzacji ogniw fotowoltaicznych: optyczna i elektryczna charakteryzacja warstw materiałów, prototypowych ogniw oraz modułów. Mikroskopia SEM w trybie EBIC i EBSD, badanie składu atomowego: SIMS oraz XRF.

Technologie przemysłowe. Przeskalowanie modułu. Komercyjne metody wytwarzania wielkopowierzchniowych modułów: ogniwa krzemowe, cienkowarstwowe, organiczne. Pomiary wytrzymałościowe i degradacyjne. Wpływ czynników zewnętrznych na degradację modułów, najczęstsze przyczyny awarii instalacji.

Elektrochemiczne metody magazynowania energii: ogniwa wielokrotnego ładowania ze stałymi elektrodami, baterie przepływowo, ogniwa paliwowe, superkondensatory. Porównanie charakterystyki, parametry fizyczne i ekonomiczne, ocena dojrzałości technologii, dostępność, surowce krytyczne, perspektywy rozwoju. Problemy specyficzne dla danej technologii (np. transport wodoru dla ogniw paliwowych). Kwestia trwałości i okresu użytkowania magazynów energii.

Elementy magazynu energii: współpraca ze źródłami OZE, siecią energetyczną, odbiornikami lokalnymi. Przekształniki napięcia, regulatory. Systemy zarządzania pakietami ogniw BMS. Systemy zarządzania przepływem energii EMS.

Ocena zasobów energii i potrzeb energetycznych: miejsce instalacji fotowoltaicznej, dane meteorologiczne (naziemne i satelitarne). Profil zużycia energii, moc szczytowa, możliwości optymalizacji i prognozowania zużycia energii. Instalacje on-grid i off-grid, oraz „gotowe na off-grid”.

Projektowanie i parametryzacja: dobór parametrów technicznych instalacji fotowoltaicznej i magazynu energii do potrzeb.

Bilans ekonomiczny systemów pozyskiwania i magazynowania energii: koszt wytworzenia instalacji fotowoltaicznej i magazynu, koszty magazynowania energii - uwarunkowania światowe i specyficzne dla Polski

Ćwiczenia projektowe

Projekty w formie case study – dla każdego zespołu studenckiego określone oddzielne zadanie (instalacja fotowoltaiczna+ magazyn energii), następnie w kilku turach spotkań oceniany jest projekt roboczy, oraz finalny z prezentacją oraz szczegółowym projektem w formie drukowanej.

Specyfikacje zadań do case study będą pochodzić zarówno od prowadzących, jak i od uczestników (po akceptacji).

Prezentacja i projekt mają obejmować zarówno aspekty techniczne i technologiczne, jak i ekonomiczne rozwiązania. Po zakończeniu projektu omawiane będą podobieństwa i różnice rozwiązania zaproponowanego przez zespół studencki, oraz rozwiązań najczęściej stosowanych.

4. Efekty uczenia się

Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SZD	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
WO2	Ma podstawową wiedzę z zakresu znaczenia pozyskiwania i gromadzenia energii dla rozwiązania podstawowych problemów rozwoju cywilizacyjnego	SD_W1	Ocena projektu teoretycznego
WO2	Ma podstawową wiedzę z zakresu zasady działania, doboru materiałów, metod produkcji i charakteryzacji modułów fotowoltaicznych.	SD_W3	Ocena projektu teoretycznego

W03	Ma podstawową wiedzę z zakresu zasad działania elektrochemicznych metod magazynowania energii, ich charakterystyki, ograniczeń stosowania oraz trwałości rozwiązań.	SD_W3	Ocena projektu teoretycznego
W04	Zna podstawowe kryteria projektowania instalacji fotowoltaicznych oraz elektrochemicznych magazynów energii – techniczne, prawne i ekonomiczne.	SD_W4	Ocena prezentacji
Umiejętności			
U01	Umie krytycznie ocenić opłacalność inwestycji w system fotowoltaiczny z magazynem energii biorąc pod uwagę czynniki ekonomiczne, funkcjonalne i ekologiczne.	SD_U1, U2, U3	Ocena prezentacji
U02	Na podstawie zdobytej wiedzy oraz literatury (książki, artykuły naukowe, internet, specyfikacje techniczne) jest w stanie dobrać odpowiednią technologię fotowoltaiczną i magazynowania energii do danego zastosowania oraz uwarunkowań lokalnych	SD_U1, U2, U3	Ocena prezentacji
U03	Potrafi krytycznie ocenić zarówno zalety, jak i wady rozwiązania.	SD_U2; SD_U5	Ocena prezentacji
Kompetencje społeczne			
K01	Potrafi pracować w zespole, wytwarzając kreatywne i innowacyjne rozwiązania.	SD_K4	Ocena prezentacji
K02	Potrafi dowodzić słuszności przyjętych założeń, przyjmuje konstruktywną krytykę.	SD_K1	Ocena prezentacji
K03	Dbą o rzetelność przedstawionych rozwiązań, trwałość i wpływ rozwiązań na środowisko. Rozumie rolę pozyskiwania i magazynowania energii w zapewnieniu lepszych warunków życia dla społeczeństwa.	SD_K3; SD_K5	Ocena prezentacji

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

Ocena wystawiana na podstawie sumy punktów uzyskanych z krótkiego projektu teoretycznego (przygotowanie indywidualnie na zajęciach) oraz z oceny projektu praktycznego (przygotowanie w zespołach dwuosobowych w ciągu semestru, z prezentacją wyników pod koniec zajęć)

Z oceny projektu teoretycznego maksymalnie 30 punktów.

Z oceny projektu praktycznego maksymalnie 70 punktów.

Uczestnicy mogą dodatkowo otrzymywać punkty (maksymalnie 10) za ponadprogramową aktywność w trakcie zajęć.

Oceny: 0-49 2.0; 50-59 3.0; 60-69 3.5; 70-79 4.0; 80-89 4.5; 90-100 5.0

6. Literatura

Literatura podstawowa:

[1] Photovoltaic System Design and Practice, H. Haeberlin, 2012 (dostępna online przez BG)

[2] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE. Photovoltaics Report, updated: 27 August 2018. (publikacja online)

[3] Robert Huggins, Energy Storage, Springer 2010

- [4] Paul Breeze, Energy Storage Technologies, Academic Press 2018
 [5] Odne Burheim, Engineering Energy Storage, Academic Press 2017
 [6] D. Chwiejduk, M. Jaworski, Energetyka odnawialna w budownictwie. Magazynowanie Energii. PWN 2018

Literatura uzupełniająca:

- [1] Przemysław Komarnicki, Pio Lombardi, Zbigniew Styczynski, Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids, Springer 2017
 [2] Design and Simulation of Photovoltaic System; Berlin 2013; PVSol Manual; publikacja dostępna online
 [3] Rynek Fotowoltaiki w Polsce; Warszawa 2020, IEO: publikacja dostępna online

7. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**		
Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	45
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	
3	Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	60
4	godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	
Sumaryczny nakład pracy studenta		105
Liczba punktów ECTS		3

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy studenta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)

8. Informacje dodatkowe	
Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	1
Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	2