Politechnika Warszawska

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-0BEGIKL-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	zimowy		
Język zajęć	polski				
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 audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	3		3		
	łącznie w semestrze	24		21		

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 ogniwom. 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 przepływowe, 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. Przekształtniki 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
W02	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	SD_W3	Ocena projektu teoretycznego

	energii, ich charakterystyki, ograniczeń stosowania oraz trwałości rozwiązań.		
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 konkstruktywną krytykę.	SD_K1	Ocena prezentacji
K03	Dba 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 (dostepna 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] Przemyslaw 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 Maual; 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