

**WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY****KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa przedmiotu w języku polskim	<b>Przemysłowe systemy magazynowania energii</b>
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Industrial energy storage systems
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	Odnawialne Źródła Energii
Specjalność (jeśli dotyczy):	Przemysłowe instalacje OZE
Poziom i forma studiów:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	W09OZE-SI2357
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15	15	15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		30	60	30
Forma zaliczenia	Egzamin		zaliczenie na ocenę	zaliczenie na ocenę	zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	1		1	2	1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		1	2	1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5		0.75	1.5	0.75

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Wiedza i umiejętności z zakresu termodynamiki i wymiany ciepła
2. Elementarna wiedza i umiejętności z zakresu elektrochemii
3. Elementarna wiedza i umiejętności z zakresu elektrotechniki

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 – Zaznajomienie z metodami i technologiami akumulacji ciepła i chłodu pod kątem odzysku ciepła odpadowego i jego wykorzystania
- C2 – Zapoznanie studentów z metodami i technologiami magazynowania energii elektrycznej w instalacjach przemysłowych
- C3 – Wykształcenie umiejętności sporządzania charakterystyk ładowania i rozładowywania magazynów ciepła oraz wyznaczania ich pojemności cieplnej
- C4 – Wykształcenie umiejętności sporządzania charakterystyk pracy oraz wyznaczania pojemności akumulatorów energii elektrycznej

C5 – Nabycie przez studentów umiejętności doboru metod i technologii magazynowania ciepła w zależności od skali  
 C6 – Nabycie przez studentów umiejętności projektowania magazynów ciepła w zależności od technologii akumulacji  
 C7 – Nabycie przez studentów umiejętności doboru metod i technologii akumulacji energii elektrycznej w zależności od skali  
 C8 – Nabycie przez studentów umiejętności projektowania akumulatorów energii elektrycznej  
 C9 – Nabycie przez studentów umiejętności wykonywania symulacji pracy magazynów ciepła oraz energii elektrycznej  
 C10 - Nabycie przez studentów umiejętności przygotowania prezentacji multimedialnych oraz wystąpienia publicznego z zakresu magazynowania energii oraz rozwiązań technicznych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 – posiada wiedzę dotyczącą metod magazynowania ciepła w instalacjach przemysłowych

PEU\_W02 – posiada wiedzę dotyczącą metod akumulacji energii elektrycznej w instalacjach przemysłowych

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 – potrafi przeprowadzać pomiary na stanowisku laboratoryjnym, służące do sporządzania charakterystyk ładowania i rozładowywania magazynów ciepła oraz wyznaczania ich pojemności cieplnej

PEU\_U02 – potrafi wykonać pomiary na stanowisku laboratoryjnym, służące do sporządzania charakterystyk pracy oraz wyznaczania pojemności akumulatorów energii elektrycznej

PEU\_U03 – potrafi dokonać doboru metody i technologii magazynowania ciepła w zależności od skali oraz parametrów źródła ciepła

PEU\_U04 – potrafi projektować magazyny ciepła w różnych technologiach, współpracujące z różnymi źródłami zasilania

PEU\_U05 – potrafi dokonać doboru metody i technologii akumulacji energii elektrycznej w zależności od skali oraz parametrów źródła energii

PEU\_U06 – potrafi projektować akumulatory energii elektrycznej w różnych technologiach, współpracujące z różnymi źródłami zasilania

PEU\_U07 – potrafi opracować dokumentację techniczną projektowanego akumulatora

PEU\_U08 – potrafi przygotować prezentację multimedialną na temat akumulatorów energii oraz wygłosić referat związany z akumulatorami energii

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 – potrafi brać aktywny udział w merytorycznej dyskusji naukowej zarówno w roli prezentującego jak i aktywnego słuchacza

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1-2	Wprowadzenie do zagadnień związanych z konwersją energii oraz jej magazynowaniem. Podstawy bilansu energetycznego. Magazynowanie energii – cel i znaczenie.	3

Wy3–6	Przegląd najważniejszych metod i technologii magazynowania energii w różnych formach.	8
Wy7–8	Znaczenie magazynowania energii w kontekście źródeł odnawialnych. Kluczowe zagadnienia dotyczące modelowania, projektowania i optymalizacji systemów magazynowania energii.	4
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Zajęcia wprowadzające, zapoznanie z przepisami BHP, formą realizacji zajęć oraz warunkami zaliczenia	1
La2–5	Badanie procesu ładowania i rozładowywania magazynów energii w różnych technologiach.	8
La6–7	Pomiary właściwości termofizycznych materiałów do akumulacji ciepła	4
La8	Zajęcia odróbkowe	2
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1	Wprowadzenie, omówienie sposobu realizacji warunków zaliczenia kursu. Przydzielenie zadań projektowych studentom.	1
Pr2	Metodyka projektowania zintegrowanych systemów magazynowania energii elektrycznej oraz ciepła. Przypomnienie niezbędnych zagadnień podstawowych.	2
Pr3–Pr7	Omówienie procedury kompleksowego projektowania magazynów ciepła i/lub energii elektrycznej na przykładzie demonstracyjnym. Dyskusja i konsultacje dotyczące realizacji indywidualnych zadań projektowych.	8
Pr8	Rozliczenie opracowanych zadań projektowych	2
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Se1	Wprowadzenie, przedstawienie sposobu realizacji warunków zaliczenia kursu. Przydzielenie tematów referatów studentom. Omówienie dobrych praktyk w zakresie wizualizacji i prezentacji wyników.	1
Se2–8	Prezentacje referatów przez studentów na przydzielone tematy. Merytoryczna dyskusja naukowa pomiędzy słuchaczami a osobą prezentującą.	14
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>	
N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem prezentacji multimedialnej N2. Wykonanie pomiarów na stanowisku laboratoryjnym w podgrupach lub indywidualnie N3. Prezentacja projektu N4. Prezentacje zagadnień przygotowanych przez studentów na seminarium N5. Dyskusja problemowa w trakcie seminarium N6. Konsultacje N7. Praca własna studenta	

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (WYKŁAD)**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P	PEU_W01...02	Egzamin

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (LABORATORIUM)

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1...F6	PEU_U01...02	Oceny formujące wystawiane za poszczególne ćwiczenia laboratoryjne, na podstawie oddanych sprawozdań
$P = \frac{\sum_{i=1}^{i=6} F_i}{i}$		

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (PROJEKT)

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P	PEU_U03...08	Prezentacja projektu

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (SEMINARIUM)

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_U03...08	Prezentacje wybranych zagadnień wygłaszane przez studentów
F2	PEU_K01	Aktywność w merytorycznej dyskusji pomiędzy osobą prezentującą a słuchaczami
$P = \frac{80 \cdot F1 + 20 \cdot F2}{100}$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

1. A.G. Ter-Gazarian, *Energy Storage for Power Systems*, 2nd Edition, The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom, 2011
2. Alfred Rufer, *Energy Storage Systems and Components*, Taylor & Francis Group, 2018
3. Riccardo Amirante, Egidio Cassone, Elia Distaso, Paolo Tamburrano, Overview on recent developments in energy storage: Mechanical, electrochemical and hydrogen technologies, *Energy Conversion and Management* 132 (2017) 372–387
4. IRENA (2017), *Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
5. IEA-ETSAP and IRENA Technology Policy Brief E18, *Electricity Storage Technology Brief*, April 2012
6. IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E17, *Thermal Energy Storage Technology Brief*, January 2013

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

1. H.P. Garg, S. C. Mullick, A. K. Bhargava, *Solar Thermal Energy Storage*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1985
2. P. Pardo, A. Deydier, Z. Anxionnaz-Minvielle, S. Rougé, M. Cabassud, P. Cognet, A review on high temperature thermochemical heat energy storage, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32 (2014) 591–610
3. T. Tietze, P. Szulc, D. Smykowski, A. Sitka, Kryteria doboru materiału zmiennofazowego do akumulacji energii termicznej, *Przemysł Chemiczny* 97/9 (2018), s. 1523–1526
4. P. Szulc, D. Smykowski, T. Tietze, K. Wójs  
Modelling of thermal and flow processes in a thermal energy storage unit with a phase-change material, *Proceedings of the 14th International Scientific Conference: Computer Aided Engineering* / Eugeniusz Rusiński, Damian Pietrusiak (Eds.). Cham: Springer
5. D. Smykowski, Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w akumulatorze ciepła z materiałem zmiennofazowym, *Rynek Energii*. 2017, nr 5, s. 23-28
6. B. Pytlik, D. Smykowski, P. Szulc, The Impact of Baffle Geometry in the PCM Heat Storage Unit on the Charging Process with High and Low Water Streams, *Energies* 2022, 15(24), 9349

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

dr inż. Daniel Smykowski, daniel.smykowski@pwr.edu.pl