

WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY**KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa przedmiotu w języku polskim **Przemysłowe systemy magazynowania energii**
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 OEN110057
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 | 15 |

| Forma zajęć - laboratorium | | Liczba godzin |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| 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 | 15 |

| Forma zajęć - projekt | | Liczba godzin |
|------------------------------|--|----------------------|
| 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 | 15 |

| Forma zajęć - seminarium | | Liczba godzin |
|---------------------------------|--|----------------------|
| 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 | 15 |

| STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | |
|---|--|
| 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)

| | | |
|---|--------------------------|---|
| Oceny (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)

| | | |
|---|--------------------------|--|
| Oceny (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)

| | | |
|---|--------------------------|---|
| Oceny (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)

| | | |
|---|--------------------------|--|
| Oceny (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