**Nazwa przedmiotu:**

Magazynowanie energii i ogniwa paliwowe

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Michał Marzantowicz

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Zarządzanie Bezpieczeństwem Infrastruktury Krytycznej

**Grupa przedmiotów:**

Kierunkowe

**Kod przedmiotu:**

-

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

3 ECTS
30h wykład + 15h ćwiczenia laboratoryjne + 15h projekt + 3h konsultacje + 5h przygotowanie do sprawdzianu + 4h bieżące przygotowanie do wykładu, prace domowe + 5h przygotowanie do laboratorium + 5h studia literaturowe + 3h przygotowanie sprawozdań z laboratoriów + 5h przygotowanie projektu i prezentacji = 90h

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2,1 ECTS
30h wykład + 15h ćwiczenia laboratoryjne + 15h projekt + 3h konsultacje = 63h

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2 ECTS
15h ćwiczenia laboratoryjne + 15h projekt + 3h konsultacje + 5h przygotowanie do sprawdzianu + 4h bieżące przygotowanie do wy-kładu, prace domowe + 5h przygotowanie do laboratorium + 5h studia literaturowe + 3h przygotowanie sprawozdań z laboratoriów + 5h przygotowanie projektu i prezentacji = 60h

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 15h |
| Projekt: | 15h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowa wiedza z zakresu fizyki i chemii. Przedmioty Fizyka lub Podstawy Fizyki na studiach 1 stopnia.

**Limit liczby studentów:**

- od 25 osób do limitu miejsc w sali audytoryjnej (wykład) - od 25 osób do limitu miejsc w sali laboratoryjnej (laboratorium) - od 25 osób do limitu miejsc w sali laboratoryjnej (projekt)

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie z aktualnymi istotnymi zagadnieniami dotyczącymi magazynowania i konwersji energii, a w szczególności ogniw elektrochemicznych, w tym ogniw paliwowych.

**Treści kształcenia:**

A. Wykład:
1. Energia. Pojęcia podstawowe. Źródła energii. Magazynowanie i konwersja energii – rys historyczny i przegląd najważniejszych aktualnie stosowanych metod. Zjawiska fizyczne, procesy chemiczne wykorzystywane w urządzeniach do magazynowania energii. Nośniki energii. Wytwarzanie paliw płynnych i gazowych ze źródeł odnawialnych. Rola czynników technicznych, ekonomicznych i ekologicznych w rozwoju urządzeń i instalacji do magazynowania energii.
2. Rozproszone źródła i magazyny energii, model energetyki oparty na mikroźródłach i mikrosieciach. Ekonomiczne aspekty przetwarzania i magazynowania energii. Elektromobilność. Omówienie aktualnej sytuacji prawnej i politycznej na rynku energii w Polsce i na świecie.
3. Elektrochemiczne metody konwersji energii. Podstawy fizyczne i chemiczne działania ogniw. Reakcje elektrodowe. Klasyfikacja ogniw. Zarys historii ogniw. Ogniwa elektrochemiczne I i II rodzaju. Parametryzacja ogniw: siła elektromotoryczna, zgromadzony ładunek i energia. Stan naładowania i żywotność ogniw. Łączenie ogniw w zespoły - baterie. Zarządzanie baterią – BMS. Bezpieczeństwo użytkowania ogniw, aspekty ekologiczne i ekonomiczne.
4. Elementy i materiały do zastosowania w ogniwach. Właściwości elektryczne materiałów elektrodowych i elektrolitów. Rodzaje elektrod. Przewodnictwo jonowe i elektronowe materiałów do ogniw. Kryteria doboru materiałów elektrodowych i elektrolitów, stabilność elektrochemiczna. Pozostałe elementy ogniwa: elektrody rozprowadzające ładunek, separatory, obudowa.
5. Ogniwa ze stałymi elektrodami - przegląd rozwiązań wykorzystywanych praktycznie, m.in. cynkowo-węglowe, alkaliczne, srebrowe, ołowiowe. Ogniwa litowe: podział względem stosowanych materiałów elektrodowych i elektrolitów. Problematyka bezpieczeństwa ogniw Li-ion. Przykłady zastosowań. Alternatywy: ogniwa sodowe, metale dwuwartościowe.
6. Ogniwa z ciekłymi elektrodami – baterie przepływowe. Budowa i zasada działania, przegląd technologii, zastosowania w magazynowaniu energii.
7. Superkondensatory. Opis właściwości złącza elektroda/elektrolit i modele zjawisk występujących na tym złączu. Charakterystyka właściwości fizykochemicznych materiałów stosowanych w superkondensatorach i pseudokondensatorach. Modele elektryczne superkondensatorów. Opis wybranych sposobów zastosowania superkondensatorów do przetwarzania i magazynowania energii.
8. Ogniwa paliwowe. Rodzaje ogniw paliwowych. Zasady działania. Analiza procesów fizykochemicznych zachodzących w poszczególnych klasach ogniw. Właściwości fizyczne materiałów używanych jako anody, katody i elektrolity. Metody pomiarowe używane w badaniach materiałów i procesów zachodzących w ogniwach paliwowych.
9. Zagadnienia konstrukcyjne dotyczące ogniw paliwowych. Przegląd głównych parametrów technicznych i eksploatacyjnych poszczególnych klas ogniw paliwowych. Paliwo stosowane w różnych typach ogniw paliwowych. Zagadnienia konwersji paliwa. Magazynowanie wodoru –przegląd metod.
10. Problem skali poszczególnych typów ogniw paliwowych, ze szczególnych uwzględnieniem urządzeń miniaturowych i przenośnych do zasilania elektroniki użytkowej oraz ogniw średniej wielkości do napędu pojazdów elektrycznych. Aspekty ekologiczne zastosowania ogniw paliwowych
C. Laboratorium:
1. Model energetyki oparty na ogniwie paliwowym:
a) badanie charakterystyki elektrolizera typu PEM i wyznaczanie sprawności wytwarzania gazowego wodoru
b) badanie charakterystyki ogniwa paliwowego typu PEM
2. Superkondensatory jako metoda magazynowania energii
3. Badanie charakterystyki ogniwa litowo-jonowego
4. Pakiety ogniw litowo jonowych i układy zarządzania pakietem
5. Cienkowarstwowe ogniwa słoneczne
D. Projekt:
Projekty w formie case study – dla każdego zespołu studenckiego określone oddzielne zadanie (magazyn energii), następnie w dwóch turach spotkań oceniany jest projekt roboczy, oraz finalny z prezentacją oraz szczegółowym projektem w formie drukowanej.
Specyfikacje case study będą oparte na realnych instalacjach lub aktualnie realizowanych projektach. Po zakończeniu projektu omawiane będą podobieństwa i różnice rozwiązania zaproponowanego przez zespół studencki i rozwiązania istniejącego/realizowanego.

**Metody oceny:**

A. Wykład:
1. Ocena formatywna: Prace domowe w formie zadań zespołowych
2. Ocena sumatywna: Sprawdzian końcowy
C. Laboratorium:
1. Ocena formatywna: Oceniane przygotowanie, wykonanie i sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia
2. Ocena sumatywna: Ocena łączna na podstawie sumy punktów z poszczególnych ćwiczeń
D. Projekt:
1. Ocena formatywna: Oceniane są projekt roboczy, finalny i prezentacja
2. Ocena sumatywna: Ocena łączna na podstawie sumy punktów
E. Końcowa ocena z przedmiotu: średnia arytmetyczna z trzech ocen (wykład, laboratorium, projekt)

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Obowiązkowa:
1. Pistoia G., 2009 Battery Operated Devices and Systems, Amsterdam: Elsevier,
2. Sørensen B., 2012 Hydrogen and Fuel Cells. Emerging technologies and applications, Amsterdam: Elsevier
3. Huggins R., 210 Energy Storage, Hamburg: Springer
4. Breeze P., 2018 Energy Storage Technologies, Cambridge: Academic Press
Uzupełniająca:
1. Komarnicki P., Lombardi P., Styczynski Z., 2017 Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids, Hamburg: Springer
2. Burheim O., 2017 Engineering Energy Storage, Cambridge: Academic Press
3. Chwiejduk D., Jaworski M., 2018 Energetyka odnawialna w budownictwie. Magazynowanie Energii. Warszawa: PWN
4. Czerwiński A., 2005 Akumulatory, baterie, ogniwa, Warszawa: WKŁ

**Witryna www przedmiotu:**

http://adam.mech.pw.edu.pl/~marzan/

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka B2\_W02:**

Ma ugruntowaną i aktualną wiedzę na temat zagadnień magazynowania i konwersji energii. Zna zastosowania urządzeń do magazynowania energii.

Weryfikacja:

Sprawdzian, prace domowe

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_W05:**

Ma pogłębioną wiedzę na temat problemów technicznych, ekonomicznych, ekologicznych i prawnych związanych z wykorzystaniem metod elektrochemicznych do magazynowania i konwersji energii.

Weryfikacja:

Sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_W12:**

Zna zjawiska fizyczne i procesy chemiczne wykorzystywane w poszczególnych typach urządzeń do magazynowania energii.

Weryfikacja:

Sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_W14:**

Ma podstawową wiedzę na temat konstrukcji układów do przetwarzania i magazynowania energii, opartych na ogniwach elektrochemicznych.

Weryfikacja:

Sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka B2\_U03:**

Umie dobrać odpowiedni sposób magazynowania ener-gii do danego zastosowania. Potrafi krytycznie ocenić wady i zalety poszczególnych metod magazynowania energii w danym zastosowaniu

Weryfikacja:

Sprawdzian, prace domowe

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_U04:**

Potrafi wskazać celowość coraz powszechniejszego stosowania zaawansowanych urządzeń do magazynowania i konwersji energii. Umie zidentyfikować czynniki techniczne, ekonomiczne i ekologiczne uzasadniające potrzebę upowszechnienia urządzeń i instalacji do magazynowania energii. Umie wskazać aktualne tendencje w dziedzinie wytwarzania i stosowania urządzeń do magazynowania energii.

Weryfikacja:

Sprawdzian, prace domowe

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_U05:**

Potrafi w jakościowy i ilościowy sposób określać możliwość zastosowania materiałów jako elementów urządzeń do magazynowania energii. Potrafi określać i obliczać na podstawie danych lub wyników eksperymentalnych parametry elektrochemicznych urządzeń do magazynowania energii. Umie dobrać optymalne materiały i elementy do określonego typu urządzenia.

Weryfikacja:

Sprawdzian, prace domowe

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_U17:**

Potrafi wyciągać wnioski z wyników przeprowadzonych badań i krytycznie określić źródła błędów i niepewności wyznaczonych wartości.

Weryfikacja:

Sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka B2\_K02:**

Ma świadomość konieczności stałego monitorowania szybkiego zmieniającego się stanu wiedzy w zakresie magazynowania i konwersji energii. Umie samodzielnie i w niewielkim zespole pracować nad rozwiązaniami problemów związanych z tematyką magazynowania i konwersji energii.

Weryfikacja:

Prace domowe

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_K03:**

Potrafi pracować w zespole przy realizacji określonego zadania. Potrafi dzielić się obowiązkami i jest odpowiedzialny za swoją część przygotowanego raportu. Potrafi krytycznie weryfikować poprawność wyników i roz-wiązań przedstawionych przez innych członków zespołu

Weryfikacja:

Sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka B2\_K05:**

Wskazując ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty magazynowania energii potrafi wykazać istotną rolę tej problematyki dla rozwoju społeczeństwa. Dba o rzetelność i bezpieczeństwo proponowanych rozwiązań.

Weryfikacja:

Prace domowe, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**