**Nazwa przedmiotu:**

Magazynowanie Energii i Ogniwa Paliwowe

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Michał Marzantowicz

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FTFZM-MSP-3MEO

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1. godziny kontaktowe – 51 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 30 h
 b) obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych – 15 h
 c) uczestniczenie w konsultacjach – 3 h
 d) uczestniczenie w egzaminie – 3 h
2. praca własna studenta – 50 h; w tym
 a) przygotowanie do egzaminu – 16 h
 b) bieżące przygotowanie do wykładu – 6 h
 c) przygotowanie do laboratorium– 12 h
 d) studia literaturowe – 6 h
 e) przygotowanie sprawozdań z laboratoriów – 10 h
Razem w semestrze 101 h, co odpowiada 3 pkt. ECTS

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

1. obecność na wykładach – 30 h
2. obecność na laboratoriach – 15 h
3. uczestniczenie w konsultacjach – 3 h
4. egzamin – 2h
Razem w semestrze 50 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1. zajęcia laboratoryjne – 15 h
2. opracowanie sprawozdań z laboratorium – 10 h
Razem w semestrze 25 h, co odpowiada 1 pkt. ECTS

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

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

**Wymagania wstępne:**

Nanostruktury, Strukturalne i termiczne metody badania materiałów

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie, także praktyczne, z aktualnymi istotnymi zagadnieniami dotyczącymi magazynowania i konwersji energii. Przedstawienie aktualnego stanu technologii ogniw elektrochemicznych, w szczególności ogniw paliwowych.

**Treści kształcenia:**

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
.
Laboratorium:

1. Ogniwa paliwowe. Badanie charakterystyki elektrolizera PEM. Wyznaczanie sprawności elektrolizera i określanie ilości energii zmagazynowanej w postaci wodoru i tlenu. Badanie charakterystyki ogniwa paliwowego typu PEM. Wyznaczanie oporu wewnętrznego, sprawności ogniwa paliwowego oraz określenie optymalnych warunków pracy ogniwa.
2. Superkondensatory, Badanie procesu ładowania i rozładowania superkondensatora, wyznaczanie pojemności zgodnie z normą IEC. Samorozładowanie superkondensatorów. Opór wewnętrzny superkondensatora. Działanie zespołu superkondensatorów, funkcje układu zarządzania BMS.
3. Ogniwa litowe 1. Przygotowanie elektrod i elektrolitu, składanie celki.
4. Ogniwa litowe 2 Badanie charakterystyki ogniwa – krzywe ładowania i rozładowania, określanie zgromadzonego ładunku.

**Metody oceny:**

Ocena z przedmiotu jest wystawiana na podstawie łącznej ilości punktów zdobytych na egzaminie (składającym się z 2 pisemnych części) i ćwiczeniach laboratoryjnych, z uwzględnieniem wymogu obecności na wszystkich ćwiczeniach laboratoryjnych.
Na ocenę składają się punkty uzyskane z egzaminu oraz punkty uzyskane na ćwiczeniach laboratoryjnych, w proporcjach 70:30 egzamin:laboratorium. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest 50% możliwych punktów. Skala ocen końcowych z przedmiotu: <50 pkt – 2; 50-60 – 3; 61-70 – 3,5; 71-80 – 4; 81-90 – 4,5; 91-100 – 5.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa
1. G.Pistoia, „Battery Operated Devices and Systems”, Elsevier, 2009
2. B.Sørensen, „Hydrogen and Fuel Cells. Emerging technologies and applications”, Elsevier 2012;
3. A.Czerwiński, Akumulatory, baterie, ogniwa, WKŁ 2005
4. Literatura uzupełniająca
5. Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, Zbigniew Styczynski, Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids, Springer 2017
6. Robert Huggins, Energy Storage, Springer 2010
7. Paul Breeze, Energy Storage Technologies, Academic Press 2018
8. Odne Burheim, Engineering Energy Storage, Academic Press 2017
9. D. Chwiejduk, M. Jaworski, Energetyka odnawialna w budownictwie. Magazynowanie Energii. PWN 2018

**Witryna www przedmiotu:**

Materiały dostępne na stronie http://adam.mech.pw.edu.pl/~marzan/ oraz na stronie www.if.pw.edu.pl/~mwas

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt OPME\_W01:**

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

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

**Efekt OPME\_W02:**

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

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

**Efekt OPME\_W03:**

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

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03, FT2\_W07

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05, X2A\_W05, T2A\_W06

**Efekt OPME\_W04:**

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

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt OPME\_U01:**

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

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U01, FT2\_U11

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U03, T2A\_U01, X2A\_U04, T2A\_U12

**Efekt OPME\_U02:**

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:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U08, FT2\_U11, FT2\_U13

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U08, X2A\_U04, T2A\_U12, X2A\_U08, T2A\_U14

**Efekt OPME\_U03:**

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:

egzamin
sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U01, FT2\_U11

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U03, T2A\_U01, X2A\_U04, T2A\_U12

**Efekt OPME\_U04:**

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

Weryfikacja:

sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U17

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U02, T2A\_U18

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt OPME\_K01:**

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:

egzamin, sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K06, T2A\_K02

**Efekt OPME\_K02:**

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 rozwiązań przedstawionych przez innych członków zespołu.

Weryfikacja:

sprawozdania z laboratoriów

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K02, T2A\_K03

**Efekt OPME\_K03:**

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:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K06

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K04, T2A\_K07