

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-00BEFHI-0348	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Technologie magazynowania energii elektrycznej w skali systemowej		
			w j. angielskim	Technologies of electricity storage on a system scale		
Przynależność do grupy przedmiotów	przedmioty specjalnościowe					
Koordynator przedmiotu	Piotr Krawczyk, prof. dr hab. inż.,		Prowadząca zajęcia: dr inż. Aleksandra Dzido			
Jednostka realizująca	MEiL	Dyscyplina/y naukowa*	• Inżynieria Środowiska, górnictwo i energetyka, • Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne • Inżynieria mechaniczna • Inżynieria lądowa, geodezja i transport • Inżynieria chemiczna			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr	Letni			
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	15	Dostępność dla studentów	Tak	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	1		1	1	
	łącznie w semestrze	15		15	15	

* nie dotyczy warsztatu badacza

1. Wymagania wstępne

- Podstawowa wiedza w zakresie działania systemów elektroenergetycznych
- Podstawowa wiedza z zakresu matematyki
- Podstawowa wiedza z zakresu fizyki
- Podstawowa wiedza z zakresu chemii

2. Cele przedmiotu

1. Pozyskanie przez uczestnika nowej wiedzy w zakresie aktualnych technologii magazynowania energii elektrycznej na skalę systemową, ich zalet i ograniczeń, możliwości stosowania oraz opłacalności ekonomicznej.
2. Pozyskanie przez uczestnika nowej wiedzy w zakresie perspektywicznych technologii magazynowania energii elektrycznej na skalę systemową, wraz z obecnym stanem techniki.
3. Pozyskanie umiejętności obsługi programu Aspen Hysys lub podobnego, zwłaszcza na cele modelowania układów dedykowanych do magazynowania energii elektrycznej.
4. Rozwijanie kompetencji studentów w zakresie pracy grupowej, poprzez rozwiązanie realnego problemu techniki tj. doboru magazynu energii dla wytypowanego systemu.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

1. Wprowadzenie – czy magazyny energii są potrzebne? Uzasadnienie konieczności magazynowania energii we współczesnych i perspektywicznych systemach elektroenergetycznych, z uwzględnieniem różnych struktur mocy wytwórczych i uwarunkowań prawnych, w tym rynku mocy oraz ekonomicznych.
2. Technologie wodorowe – metody pozyskiwania wodoru z podziałem na technologie, uwarunkowania prawne, sposoby i wyzwania dotyczące magazynowania wodoru, zagospodarowanie wodoru w otoczeniu gospodarczym.
3. Koła zamachowe – przykłady magazynowania energii mechanicznej, sposoby i technologie wraz z głównymi zastosowaniami praktycznymi.

4. Baterie i superkondensatory – podstawy teoretyczne działania różnych typów baterii, ich możliwości, ograniczenia oraz zastosowania praktyczne.
5. Elektrownie szczytowo-pompowe – zasada działania, wady, zalety i możliwości praktycznego wykorzystania w systemie elektroenergetycznym
6. Magazynowanie energii w czynnikach fizycznych – technologia CAES (Compressed Air Energy Storage) i LAES (Liquid Air Energy Storage) – koncepcja, zasada działania i aktualny stan techniki.
7. Kolokwium
Ćwiczenia projektowe
Wykonanie projektu grupowego, polegającego na doborze magazynu energii do zaproponowanego systemu wytwórczego i ocenie jego współpracy z istniejącymi źródłami. Ocena opłacalności ekonomicznej funkcjonowania magazynu w aktualnych warunkach legislacyjnych. Prezentacja wykonanego projektu.
Laboratorium
1. Wprowadzenie do modelowania w programie Aspen Hysys – zapoznanie z możliwościami oprogramowania, w tym sposobów akwizycji i prezentacji danych oraz budowa prostego modelu sprężania i chłodzenia powietrza. 2. Funkcjonalność komponentu Spreadsheet – import/export danych, obliczenia, tworzenie materiału na podstawie danych zewnętrznych, prosty model pompy ciepła. 3. Tworzenie modelu układu LAES, optymalizacja struktury układu ze względu na sprawność magazynowania energii, dobór kluczowych parametrów pracy układu. 4. Model LAES - badanie wpływu wybranych parametrów układu na sprawność magazynowania energii. 5. Model układu CAES – budowa modelu, ocena wpływu głównych parametrów operacyjnych na sprawność magazynowania energii elektrycznej.

4. Efekty uczenia się			
Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SD PW	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie podstawowych metod magazynowania energii, w tym procesów fizycznych i chemicznych wykorzystywanych w omawianych technologiach.	SD_W2, SD_W3	Kolokwium, ocena projektów, aktywność w trakcie zajęć
W02	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie uwarunkowań technicznych zastosowań poszczególnych technologii magazynowania w zależności od struktury systemu wytwórczego i innych warunków lokalnych.	SD_W3, SD_W5	Kolokwium, ocena projektów, aktywność w trakcie zajęć
W03	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie podstawowych uwarunkowań ekonomiczno-prawnych związanych z funkcjonowaniem magazynu energii elektrycznej jako części systemu elektroenergetycznego.	SD_W4, SD_W5	Kolokwium, ocena projektów, aktywność w trakcie zajęć
Umiejętności			
U01	Potrafi klasyfikować sposoby magazynowania energii elektrycznej w funkcji głównych parametrów takich jak moc, pojemność itd.	SD_U1	kolokwium
U02	Potrafi wskazać proponowaną technologię dla konkretnego systemu energetycznego, uwzględniając warunki techniczne i ekonomiczno-prawne oraz zamodelować jego pracę dla wybranych warunków systemowych.	SD_U1, SD_U3	Ocena projektów
U03	Umie zbudować model głównych komponentów przykładowego magazynu energii w czynnikach fizycznych w programie Aspen Hysys.	SD_U1	Aktywność w trakcie zajęć

U04	Umie przeprowadzić krytyczną analizę wpływu głównych parametrów pracy układu na jego osiągi, w tym szczególnie na sprawność magazynowania	SD_U2	Aktywność w trakcie zajęć
U05	Umie krytycznie przeanalizować oraz zaprezentować wyniki swojej pracy np. poprzez opis lub prezentację ustną.	SD_U4, SD_U5	Ocena projektów
Kompetencje społeczne			
K01	Rozumie rolę i znaczenie magazynowania energii elektrycznej na skalę systemową w obecnych i perspektywicznych systemach.	SD_K2, SD_K4	ocena aktywności w trakcie zajęć, ocena projektów
K02	Rozumie możliwości wynikające z budowy i analizy wyników modelowania matematycznego.	SD_K1	ocena aktywności w trakcie zajęć
K03	Przestrzega etyki zawodowej pracownika naukowego.	SD_K5	ocena projektów

* 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

Zaliczenie na ocenę każdej z części: kolokwium z wykładu, aktywność na ćwiczeniach i projekt. Ocena wg skali: 3.0 (dostateczny), 3.5 (dość dobry), 4.0 (dobry), 4.5 (bardzo dobry), 5.0 (wyróżniający).

6. Literatura

Literatura podstawowa:

1. Materiały przygotowane przez nauczyciela akademickiego: prezentacje z wykładów, instrukcje do ćwiczeń.
2. Instrukcja programu Aspen Hysys.

7. Nakład pracy doktoranta 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.	10
3	Godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	25
4	godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy doktoranta		90
Liczba punktów ECTS		3

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy doktoranta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)