



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Podstawy energetyki cieplnej [S1Energ2>PEC]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Energetyka

Rok/Semestr  
2/3

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
15

Inne (np. online)  
0

Ćwiczenia  
15

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

dr inż. Radosław Jankowski  
radoslaw.jankowski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

- Student podstawowe wiadomości z zakresu podstaw termodynamiki, mechaniki płynów. -Ma świadomość konieczności poszerzania swoich kompetencji, gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu. Świadomość potrzeby poszerzania swoich kompetencji w zakresie pracy inżyniera.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie z układami pracującymi w energetyce cieplnej oraz osiągnięcie umiejętności opracowania założeń niezbędnych dla projektowania lub modernizacji układów w obszarze energetyki cieplnej. Dotyczy to takich urządzeń jak turbiny, sprężarki, wymienniki ciepła oraz układów OZE. Praktyczne zapoznanie się z budową silników cieplnych oraz poszczególnych układów w systemach energetyki.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Ma podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą mechanikę, termodynamikę, mechanikę płynów. W tym wiedzę niezbędną do zrozumienia złożonych metod i technologii wytwarzania, magazynowania i dostarczania energii z uwzględnieniem źródeł niestabilnych.
2. Ma usystematyzowaną wiedzę z zakresu źródeł energii, w tym źródeł odnawialnych energii wiatru,

wody, słońca, biomasy i geotermalnej, zna i rozumie zjawiska, procesy i czynniki pozwalające na konwersję energii ze źródeł odnawialnych na energię elektryczną i ciepło, a także wpływ ich stosowania na stan środowiska.

3. Zna i rozumie zasady i regulacje prawne dotyczące budowy, poprawnej eksploatacji, montażu i demontażu maszyn, urządzeń instalacji i sieci energetycznych, a także procesy zachodzące w cyklu życia urządzeń energetycznych, przez co wie, jak planować niezbędne zmiany w zakresie obowiązujących norm i aktów prawnych.

4. Posiada zaawansowaną wiedzę dotyczącą wybranych faktów, obiektów i zjawisk oraz dotyczących ich metod i teorii wyjaśniających złożone zależności między nimi, stanowiących podstawową wiedzę w zakresie podstaw elektroenergetyki oraz zna i rozumie sposób funkcjonowania krajowego systemu energetycznego.

Umiejętności:

1. Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł oraz integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, oceny, krytycznej analizy i syntezy w celu postawienia odpowiednich wniosków oraz sformułowania i wydawania opinii określających warunki i technologie montażu zarówno typowych, jak i nietypowych urządzeń i instalacji energetycznych.

2. Potrafi opracowywać założenia i dokumentację dotyczącą wykonania prototypów urządzeń i instalacji energetycznych lub innych zadań inżynierskich z wykorzystaniem właściwych metod i narzędzi; potrafi przygotować tekst zawierający analizę i omówienie otrzymanych wyników z realizacji tego zadania.

3. Potrafi wykorzystać poznane metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne oraz modele matematyczne i symulacje komputerowe do analizy i oceny działania elementów i układów energetycznych, a także opracowywania planów zapewnienia ciągłości wytwarzania energii w różnych stanach pracy urządzeń i instalacji energetycznych oraz bezpieczeństwa energetycznego.

4. Potrafi dobrać technologię, zaprojektować i wykonać system dostarczania energii (zgodnie z zadaną specyfikacją uwzględniającą parametry pracy urządzeń, instalacji i sieci energetycznych) w sposób minimalizujący negatywny wpływ na otoczenie, a także porównać zaproponowane rozwiązanie projektowe ze względu na zadane kryteria użytkowe i ekonomiczne z alternatywnymi rozwiązaniami; potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych i ocenić te rozwiązania.

Kompetencje społeczne:

1. Ma świadomość znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych, rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się i podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych, zasięga opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu oraz przyjmuje odpowiedzialność za podejmowane decyzje związane z pracą w zawodzie energetyka, w tym również za bezpieczeństwo oraz skutki oddziaływania na otoczenie.

2. Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności pełnionej roli zawodowej we wspólnie realizowanych działaniach na rzecz podnoszenia bezpieczeństwa i jakości pracy, podnoszenia jakości wytwarzanych produktów i świadczonych usług oraz zadań wykonywanych w procesach związanych z energetyką.

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana poprzez egzamin końcowy trwający około 90 minut, składający się z dwóch części każda po 3 do 4 pytań różnie punktowanych w zależności od stopnia ich trudności. Na ocenę pozytywną konieczne jest uzyskanie 50% punktów z każdej części zaliczenia.

Umiejętności nabyte w ramach zajęć ćwiczeniowych weryfikowane są podstawie kolokwium zaliczeniowego, składającego się z 3 do 4 zadań różnie punktowanych w zależności od stopnia ich trudności. Próg zaliczeniowy: 50% punktów.

Umiejętności nabyte w ramach zajęć laboratoryjnych weryfikowane są podstawie sprawozdań z zajęć oraz rozmów (możliwe są krótkie kolokwia wejściowe). Próg zaliczeniowy: 50% punktów. Zagadnienia omawiane są najpierw na tablicy a następnie realizowane w grupach - ćwiczenia praktyczne.

## Treści programowe

a1) Wprowadzenie do energetyki cieplnej oraz charakterystyka systemów energetycznych, - charakterystyka czynników roboczych stosowanych w obiegach cieplnych

a2) Przepływ ciepła: pojęcia, prawa, równania, właściwości termodynamiczne materiałów,

- b) Zastosowanie teorii podobieństwa do opisu zjawisk przepływu ciepła, liczby kryterialne ,
- c) Rodzaje wymienników ciepła, zjawiska w wymiennikach ciepła, metody obliczeń,
- d) Turbiny cieplne (ogólna charakterystyka, podział, zasada działania),
- e) Analiza sprawność obiegu:
  - wpływ zmiany  $p$ ,  $T$  w punktach charakterystycznych;
  - wpływ: podgrzewu regeneracyjnego, liczby wymienników, przegrzewu międzystopniowego na sprawność obiegu;
  - koszty inwestycyjne, kapitałowe;
  - sprawność turbiny, zależność sprawności obiegu od sprawności turbiny.
- f) Obieg siłowni parowych, kogeneracja i trigeneracja;
- g) Obiegi turbogazowe: metody podnoszenia sprawności obiegów turbo-gazowych;
- b) Kotły przemysłowe: podział, budowa, zasada działania, urządzenia pomocnicze,
- c) Odnawialne źródła energii: ogólna charakterystyka, zastosowanie, wady, zalety,
- d) Aspekty ekologiczne inwestycji w energetyce: decyzja środowiskowa, pozwolenie zintegrowane, pozwolenie na budowę,
- e) Ochrona środowiska w energetyce, akty prawne: IED, MCP, konkluzje BAT, RMŚ,

## Tematyka zajęć

I cz

1. Przepływ ciepła: pojęcia, prawa, równania, właściwości termodynamiczne materiałów
2. Zastosowanie teorii podobieństwa do opisu zjawisk przepływu ciepła
3. Rodzaje wymienników ciepła, zjawiska w wymiennikach ciepła, metody obliczeń
4. Turbiny cieplne (ogólna charakterystyka, podział, zasada działania)
5. Wpływ zmiany parametrów termodynamicznych pary na sprawność obiegu przy założeniach:
  - wpływ zmiany  $p_1$ ,  $T_1$  i  $p_2$  na sprawność obiegu
  - Wpływ podgrzewu regeneracyjnego na sprawność obiegu
  - Wpływ liczby wymienników na sprawność
  - Koszty inwestycyjne, kapitałowe
  - Wpływ przegrzewu międzystopniowego na sprawność obiegu
  - Sprawność turbiny, zależność sprawności obiegu od sprawności turbiny
6. Obiegi turbogazowe
  - metody podnoszenia sprawności ob. T-G
7. Obieg siłowni energetycznych, kogeneracja i trigeneracja

II cz.

1. Wprowadzenie do energetyki cieplnej (pojęcia podstawowe, paliwa kopalne) + Charakterystyka systemów energetycznych – jeden wykład;
2. Kotły przemysłowe: podział, budowa, zasada działania, urządzenia pomocnicze – dwa wykłady;
3. Odnawialne źródła energii (ogólna charakterystyka, wady zalety) – dwa wykłady;
4. Aspekty ekologiczne inwestycji w energetyce (decyzja środowiskowa, pozwolenie zintegrowane, pozwolenie na budowę) – jeden wykład;
5. Ochrona środowiska w energetyce (akty prawne: IED, MCP, konkluzje BAT, RMŚ).

## Metody dydaktyczne

1. Wykład: tablicowy z prezentacją multimedialną.
2. Ćwiczenia: rozwiązywanie zadań na tablicy.
3. Zajęcia laboratoryjne: omawianie teorii i założeń do zajęć na tablicy oraz wykonywanie zadań podanych przez prowadzącego.

## Literatura

Podstawowa:

1. S. Perycz - Turbiny parowe i gazowe, Wyd. Pol. Gdańskiej, 1982
2. J. Szargut, A. Ziębiak: Podstawy energetyki cieplnej, PWN, Warszawa 1998;
3. T. Chmielniak - Technologie energetyczne, Wyd. Pol. Śląskiej, 2004
4. R. Domański: Magazynowanie energii cieplnej, PWN, Warszawa, 1990.
5. R. Janiczek - Eksploatacja elektrowni parowych, WNT W-wa 1980,
6. S. Wiśniewski, Termodynamika Techniczna
7. S. Wiśniewski, Wymiana ciepła

Uzupełniająca:

1. T. Chmielniak - Turbiny ciepłne, Wyd. Pol. Śląskiej, 2004
2. S. Kruczek: Kotły. Konstrukcja i obliczenia, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2001;
3. P. Orłowski, Kotły parowe w energetyce przemysłowej. Zagadnienia eksploatacyjne, WNT, Warszawa 1976;
4. G. Wielgosiński, R. Zarzycki - Technologie i procesy ochrony powietrza, PWN, 2018.
5. Analysis of heat flow in a tube bank of a condenser considering the influence of air / Magda Joachimiak (WMRiT), Damian Joachimiak (WMRiT), Piotr Krzyślak (WMRiT) // Archives of Thermodynamics - 2017, vol. 32, no. 3, s. 119-134
6. Novel Method of the Seal Aerodynamic Design to Reduce Leakage by Matching the Seal Geometry to Flow Conditions / Damian Joachimiak (WiSiE) // Energies - 2021, vol. 14, no. 23, s. 7880-1-7880-16
7. Uszczelnienia bezdotykowe - badania, modelowanie i optymalizacja / Damian Joachimiak (WiSiE) / red. Anna Liberek (WPP) - Poznań, Polska : Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2021 - 172 s.
8. Experimental and numerical analysis of the gas flow in the axisymmetric radial clearance / Damian Joachimiak (WiSiE), Andrzej Frąckowiak (WiSiE) // Energies - 2020, vol. 13, no. 21, s. 5794-1-5794-13
9. Thermodynamic Analysis of Gas Turbine Systems Fueled by a CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub> Mixture; Laith Mustafa, Rafał Ślefarski, Radosław Jankowski; Sustainability; 2024, vol. 16, iss. 2, s. 1-15

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	132	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	62	2,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	70	2,50