

WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim:	Badanie maszyn hydraulicznych
Nazwa przedmiotu w języku angielskim:	Investigation of hydraulic machinery
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	Mechanika i Budowa Maszyn
Specjalność (jeśli dotyczy):	Maszyny i Urządzenia Energetyczne
Poziom i forma studiów:	II stopień, niestacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	Wybieralny / specjalnościowy
Kod przedmiotu:	W09MBE-NM00016
Grupa kursów:	Nie

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	9		18	9	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		60	30	
Forma zaliczenia	egzamin		zaliczenie na ocenę	zaliczenie na ocenę	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2		2	1	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		2	1	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadających zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1		1,5	0,75	

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość zagadnień związanych z mechaniką płynów.
2. Znajomość podstaw działania maszyn przepływowych.
3. Umiejętność posługiwania się arkuszem kalkulacyjnym.
4. Umiejętność posługiwania się programami CAD 3D.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 – Zapoznanie studenta z podstawowymi wiadomościami z zakresu eksploatacji, obsługi i badań:
- jednostopniowej pompy wirowej,
 - pompy metodą termodynamiczną,
 - pomp pracujących w układzie szeregowym/równoległym.
- C2 - Zapoznanie studenta z różnymi typami przyrządów do pomiaru: wydajności ciśnienia, mocy, prędkości obrotowej i temperatury.
- C3 – Nabycie umiejętności doboru metod i przyrządów do pomiarów maszyn hydraulicznych.
- C4 – Nabycie umiejętności przygotowania i prowadzenia pomiarów maszyn hydraulicznych.
- C5 – Nabycie umiejętności analizy wyników, niepewności pomiarowych i wyciągania wniosków.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

W wyniku przeprowadzonych zajęć student powinien być w stanie:

- PEK_W01 – ocenić z jakim typem zagadnienia pomiarowego spotka się podczas ćwiczeń laboratoryjnych, zna metodykę badań energetycznych pomp.
- PEK_W02 – zna metody i potrafi ocenić niepewność prowadzonych pomiarów.
- PEK_W03 – zna cechy charakterystyczne kawitacji i zna metodykę prowadzenia badań kawitacyjnych
- PEK_W04 – zna zasadę działania przyrządów do pomiaru ciśnień oraz zna przyrządy i metody pomiarów prędkości miejscowych w płynie.
- PEK_W05 – zna zasadę działania przyrządów do pomiaru przepływu.
- PEK_W06 – posiada wiedzę o metodyce pomiaru turbin wodnych oraz posiada wiedzę o metodyce analizy sprawności pompy wirowej.
- PEK_W07 – posiada wiedzę dotyczącą możliwości wykorzystania metod CFD do badań maszyn hydraulicznych.

Z zakresu umiejętności:

W wyniku przeprowadzonych zajęć student powinien być w stanie:

- PEK_U01 – zaplanować pomiary, dobrać metodykę oraz przyrządy pomiarowe i przeprowadzić badania powszechnie stosowanych maszyn hydraulicznych,
- PEK_U02 – określić zależności niezbędne do wyznaczenia wymaganej charakterystyki maszyny hydraulicznej,
- PEK_U03 – sporządzić charakterystyki energetyczne stało- i zmiennie-obrotowe, charakterystykę bezwymiarową, nadwyżki antykawitacyjnej, charakterystykę muszlową, bezwymiarowej,
- PEK_U04 – poprawnie interpretować otrzymane wyniki doświadczeń, przekładać je na praktyczne zastosowanie,
- PEK_U05 – rozumieć i posiadać umiejętności z zakresu badań podstawowych zjawisk towarzyszących pracy maszyn hydraulicznych
- PEK_U06 – przeprowadzić analizę zjawisk:
- wpływu średnicy d_2 wirnika na parametry energetyczne pompy wirowej,
 - wpływu lepkości pompowanej cieczy na parametry energetyczne pompy wirowej,
 - wpływu gęstości pompowanej cieczy na parametry energetyczne pompy wirowej,
 - sprawności cząstkowych pompy wirowej,
- PEK_U07 – przeprowadzić pomiary optyczne (skan 3D) części przepływowej wybranej maszyny hydraulicznej.
- PEK_U08 – potrafi zastosować modelowanie numeryczne do oceny zjawisk występujących w maszynach przepływowych.

TREŚCI PROGRAMOWE

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Układ pomiarowy. Obliczenia parametrów. Ogólne zasady i metody badania pomp, klasyfikacja badań, bilans energetyczny pomp i układów.	2
Wy2	Normy dotyczące badań maszyn hydraulicznych, niepewności, pomiarów, analiza statystyczna, interpretacja wyników.	2
Wy3	Kawitacja. Metody badań kawitacyjnych pomp. Pomiary ciśnień i pomiary prędkości średnich.	2
Wy4	Pomiary przepływu. Analiza sprawności pompy wirowej.	2
Wy5	Zastosowanie symulacji CFD do badań hydraulicznych maszyn przepływowych. Zaliczenie	1

	Suma godzin	9
--	-------------	---

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
Lab.1	Instrukcja BHP. Wstęp do zagadnienia. Omówienie regulaminu. Sposób zaliczenia. Badania energetyczne jednostopniowej pompy wirowej.	2
Lab.2	Wyznaczenie charakterystyki przepływu pomp pracujących w układzie szeregowym.	2
Lab.3	Wyznaczenie charakterystyki przepływu pomp pracujących w układzie równoległym.	2
Lab.4	Wyznaczanie charakterystyk energetycznych jednostopniowej pompy wirowej dla różnych lepkości cieczy.	2
Lab.5	Wyznaczanie charakterystyk energetycznych jednostopniowej pompy wirowej dla różnych gęstości cieczy.	2
Lab.6	Wyznaczenie charakterystyki antykawitacyjnej nadwyżki wysokości ciśnienia metodą dławieniową lub próżniową.	2
Lab.7	Wpływ średnicy wirnika na charakterystyki energetyczne pompy wirowej.	2
Lab.8	Badania energetyczne turbiny Peltona/ Francisa.	2
Lab.9	Analiza sprawności jednostopniowej pompy wirowej.	2
	Suma godzin	18

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Wprowadzenie do CFD. Ogólne zapoznanie się z pakietem Ansys CFD.	2
Pr2	Przygotowanie modeli i ich dyskretyzacja. Siatki obliczeniowe.	2
Pr3	Przeprowadzenie symulacji numerycznych prostego elementu hydraulicznego.	2
Pr4	Modelowanie przepływu w pomie odśrodkowej. Charakterystyka pompy.	2
Pr5	Zaliczenie	1
	Suma godzin	9

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
<p>N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem slajdów, animacji, prezentacją oprogramowania, prezentacją budowy przyrządów pomiarowych oraz metod pomiarowych.</p> <p>N2. Ćwiczenia laboratoryjne poprzedzone wstępem teoretycznym z wykorzystaniem tradycyjnej formy prowadzenia zajęć: tablica, pokaz slajdów i prezentacji. Badania prowadzone są na stanowiskach dydaktycznych o zróżnicowanej tematyce badawczej. Laboratorium zaprojektowano tak, aby zapoznać studentów z możliwie największą liczbą metod pomiarowych maszyn hydraulicznych. Do tego celu wykorzystuje się tradycyjne metody pomiarowe oraz nowoczesną aparaturę badawczą np. LDA.</p> <p>N3. Zajęcia projektowe poprzedzone wstępem teoretycznym z wykorzystaniem. Projekty prowadzone są na indywidualnych stanowiskach komputerowych z wykorzystaniem oprogramowania Ansys CFD.</p> <p>N4. Praca własna:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie się do ćwiczeń na podstawie dostępnej literatury, - samodzielne wykonanie badań i sprawozdania zawierającego literaturową analizę badanego zjawiska/maszyny, wykonanie obliczeń, analizy błędów, wyciągnięcie wniosków, - porównanie wyników doświadczeń z danymi producentów, literaturą, - wykorzystywane programy MathCad/Excel/Epanet/Autocad/Catia/SolidEdge/Ansys CFD. <p>N5. Konsultacje.</p>

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK Wy1-PEK Wy7	Egzamin pisemny.
F2	PEK Lab1-PEK Lab15	Kartkówki, odpowiedź ustna, sprawozdania
F3	PEK Pr1-PEK Pr8	Kartkówki, odpowiedź ustna, sprawozdania
$P1 = 0,5 \cdot F1 + 0,3 \cdot F2 + 0,2 \cdot F3$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] W. Jędral - Pompy wirowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014.
- [2] A. Korczak, J. Rokita - Pompy i układy pompowe, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 1997.
- [3] Sz. Łazarkiewicz, A.T. Troskołański - Pompy wirowe, WNT, Warszawa 1973.
- [4] M. Skowroński - Układy pompowe, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
- [5] M. Stępniewski - Pompy, WNT, Warszawa 1985.
- [6] Plutecki J., Rohatyński R., Wajda A. - Ćwiczenia laboratoryjne z pomp, Skrypt PWr Wrocław 1974.
- [7] Plutecki J. Ćwiczenia laboratoryjne z maszyn hydraulicznych", Skrypt PWr Wrocław 1982.
- [8] K.Kraśkiewicz - Pompy i układy pompowe. Laboratorium, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [9] Pompy Pompownie - czasopismo użytkowników pomp
- [10] I.J.Krassik - Pump Handbook, The McGraw Hill 2008, New York 2008
- [11] J.F.Gulich - Centrifugal Pumps, Springer, Verlag Berlin Heidelberg 2008
- [12] PN-65/M-44002 Pompy wirowe i wyporowe. Wytyczne pomiarów wielkości charakterystycznych.
- [13] PN-85/M-44005 Pompy wirowe. Pomiary wielkości charakterystycznych.
- [14] PN-81/M-44006 Pompy wirowe. Badania odbiorcze wielkości charakterystycznych. Klasa B i C. PN-86/M-44015 Pompy. Ogólne wymagania i badania
- [15] PN-EN 14343 Obrotowe Pompy wyporowe. Badania parametrów odbiorczych.
- [16] PN-EN ISO 9906 Pompy wirowe - Badania odbiorcze parametrów hydraulicznych - Klasy dokładności 1 i 2.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Przemysław Szulc, przemyslaw.szulc@pwr.edu.pl