**Nazwa przedmiotu:**

Silniki trakcyjne i ich źródła energii

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Andrzej Wolff, ad., Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Zakład Budowy i Eksploatacji Środków Transportu

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Transport

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

100 godz., w tym: praca na wykładach 27 godz., praca na ćwiczeniach 9 godz., studiowanie literatury przedmiotu 25 godz., wykonanie prac zespołowych w zakresie ćwiczeń 15 godz., przygotowanie się do egzaminu 20 godz., konsultacje 2 godz. (w tym konsultacje w zakresie ćwiczeń 1 godz.), udział w egzaminie 2 godz.

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

1,5 pkt. ECTS (40 godz., w tym: praca na wykładach 27 godz., praca na ćwiczeniach audytoryjnych 9 godz., konsultacje 2 godz., udział w egzaminie 2 godz.)

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

0,5 pkt ECTS (16 godz. w tym: konsultacje w zakresie ćwiczeń 1 godz., wykonanie prac zespołowych w zakresie ćwiczeń 15 godz.)

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 45h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Brak.

**Limit liczby studentów:**

Wykład: 100 osób, ćwiczenia audytoryjne: 30 osób.

**Cel przedmiotu:**

Wykład:
Zapoznanie się z budową i funkcjonowaniem głównych rodzajów współczesnych silników trakcyjnych.
Ćwiczenia audytoryjne:
Zdobycie umiejętności samodzielnego przeprowadzania symulacji komputerowych wybranych procesów pracy silników trakcyjnych oraz obliczeń wybranych części silnika.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Termodynamika silnika wewnętrznego spalania: Równanie stanu gazu. I zasada termodynamiki. Pojęcie entropii gazu. Przemiany gazowe: izochoryczna, izobaryczna, izotermiczna, izentropowa. Politropa uogólniona. II zasada termodynamiki. Obiegi gazowe silników: Carnot’a, Otto, Diesel’a i Sabathe’go. Procesy wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja i promieniowanie. Sprężarki tłokowe i wirnikowe. Obiegi rzeczywiste oraz procesy pracy tłokowych silników spalinowych z zapłonem iskrowym (ZI) oraz samoczynnym (ZS). Wskaźniki pracy silnika. Charakterystyki silników: prędkościowa, obciążeniowa, ogólna oraz regulacyjne.
Budowa i funkcjonowanie silnika wewnętrznego spalania: Wytwarzanie mieszanki w silnikach ZI. Proces wtrysku paliwa w silnikach ZS. Zastosowanie doładowania w silnikach ZI oraz ZS. Skład spalin i ich toksyczność. Sposoby zmniejszania zawartości substancji toksycznych w spalinach silników ZI (katalityczne dopalanie spalin, układ recyrkulacji spalin). Zadymienie i toksyczność spalin silników ZS. Mechanika układu tłokowo-korbowego i rozrządu. Systemy smarowania oraz chłodzenia silników.
Budowa i funkcjonowanie napędu elektrycznego z baterią akumulatorów: Zadania i podział akumulatorów. Silniki pojazdów elektrycznych. Układy sterowania. Przykładowe rozwiązania pojazdów elektrycznych.
Budowa i funkcjonowanie napędu elektrycznego z ogniwami paliwowymi (wodorowymi): Zasada działania ogniw paliwowych. Rodzaje ogniw paliwowych. Zastosowanie ogniw paliwowych. Przykład seryjnie produkowanego pojazdu (Toyota Mirai).
Budowa i funkcjonowanie hybrydowego napędu spalinowo-elektrycznego: Akumulatory mechaniczne, hydroakumulatory i akumulatory elektrochemiczne. Rodzaje hybrydowych układów napędowych. Schematy przepływu energii w wybranych fazach pracy napędu. Przykłady konstrukcji napędów hybrydowych.
Ćwiczenia audytoryjne:
Obliczenia silników trakcyjnych (z wykorzystaniem gotowych programów komputerowych dostarczonych przez prowadzącego albo arkuszy kalkulacyjnych tworzonych przez studentów) dot. następujących zagadnień: obiegu pracy silnika, obciążeń mechanicznych układu tłokowo-korbowego silnika, wyrównoważenia pracy silnika, doboru parametrów napędu elektrycznego dla wybranego pojazdu.

**Metody oceny:**

Wykład:
I część egzaminu ma formę pisemną stanowiącą albo test składający się, z co najmniej kilkunastu pytań zamkniętych, albo sprawdzian obejmujący kilka pytań otwartych (zwykle 3 do 4) weryfikujący osiągnięte przez studenta efekty uczenia się. Wymagane jest udzielenie poprawnych odpowiedzi na poziomie co najmniej 51%. Egzamin pisemny trwa ok. 60 minut. Warunkiem przystąpienia do części ustnej egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny z części pisemnej. Część ustna egzaminu obejmuje wyjaśnienia studenta dot. odpowiedzi w części pisemnej plus co najmniej 2 pytania otwarte. Wymagane są poprawne odpowiedzi na poziomie co najmniej 51%. Brak uzyskania pozytywnej oceny z części pisemnej, albo ustnej egzaminu oznacza jego niezaliczenie. Ocena końcowa egzaminu jest średnią z pozytywnych ocen uzyskanych z części pisemnej i ustnej.
Ćwiczenia audytoryjne:
Zaliczenie (zwykle 2-3) zespołowych prac domowych. W przypadku wykrycia błędnych rozwiązań, prace zespołowe są poprawiane. Uzupełnieniem każdej pracy pisemnej są odpowiedzi ustne studentów, świadczące o wkładzie każdego członka zespołu w wykonanie pracy domowej. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych jest uzyskanie pozytywnych ocen z przedłożonych prac domowych i odpowiedzi ustnych.
Ocena zintegrowana:
Oceną zintegrowaną jest wartość średnia z dwóch ocen: oceny z egzaminu i oceny z ćwiczeń audytoryjnych.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1) Informator techniczny Bosch: Napędy hybrydowe, ogniwa paliwowe i paliwa alternatywne, WKŁ 2010;
2) Kneba Z., Makowski S.: Zasilanie i sterowanie silników, WKŁ, Warszawa 2004;
3) Merkisz J., Pielecha I.: Alternatywne napędy pojazdów, Wydawnictwa Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006;
4) Mysłowski J.: Doładowanie silników. WKŁ, Warszawa 2002;
5) Rokosch U.: Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów. WKŁ, Warszawa 2007;
6) Rychter T., Teodorczyk A.: Teoria silników tłokowych, seria podręczników, WKŁ, Warszawa 2006;
7) Schmidt Torsten: Pojazdy hybrydowe i elektryczne w praktyce warsztatowej. Budowa, działanie, podstawy obsługi, WKŁ 2019.
8) Wajand J.A., Wajand J.T.: Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe, WNT, Warszawa 2000;
9) Wiśniewski S.: Termodynamika techniczna, WNT, Warszawa 2012;
Literatura uzupełniająca:
1) Górzyński J.: Termodynamika. Wykłady i zadania z rozwiązaniami, Oficyna Wydawnicza P.W., Warszawa 2014;
2) Informator Techniczny Bosch: Układy wtryskowe paliwa. Wydanie 2000/2001;
3) Luft S.: Podstawy budowy silników. WKŁ, Warszawa 2006;
4) Merkisz J., Pielecha J., Radzimiński S.: Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej. WKŁ, Warszawa 2012;
5) Wrzesiński Z.: Termodynamika. Zbiór zagadnień i zadań z rozwiązaniami, Oficyna Wydawnicza P.W., Warszawa 2014;
6) Zając P.: Silniki pojazdów samochodowych, tom 1: Podstawy budowy oraz główne zespoły i układy mechaniczne, WKiŁ, Warszawa 2012;
7) Zając P.: Silniki pojazdów samochodowych, tom 2: Układy zasilania, chłodzenia, smarowania, dolotowe i wylotowe, WKiŁ, Warszawa 2010.

**Witryna www przedmiotu:**

www.wt.pw.edu.pl

**Uwagi:**

O ile nie powoduje to zmian w zakresie powiązań danego przedmiotu z efektami uczenia się w treściach kształcenia mogą być wprowadzane na bieżąco zmiany związane z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć naukowych.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Ma uporządkowaną podbudowaną teoretycznie wiedzę o procesach zachodzących w silnikach trakcyjnych (napęd spalinowy, elektryczny, hybrydowy). Zna charakterystyki silników trakcyjnych i zależności między wskaźnikami pracy silnika. Ma wiedzę o budowie i funkcjonowaniu układów silnika. Zna przyczyny zanieczyszczenia środowiska przez pojazdy samochodowe i możliwości jego ograniczenia.

Weryfikacja:

Egzamin pisemny i ustny. Wymagane jest udzielenie odpowiedzi na poziomie ocenionym na co najmniej 51% na pytania otwarte w zakresie tego efektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_W10, Tr1A\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, I.P6S\_WK

**Charakterystyka W02:**

Zna trendy rozwojowe budowy układów silnika.

Weryfikacja:

Egzamin pisemny i ustny. Wymagane jest udzielenie odpowiedzi na poziomie ocenionym na co najmniej 51% na pytania otwarte w zakresie tego efektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_W09, Tr1A\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W03:**

Zna podstawowe metody obliczeniowe rozwiązywania zagadnień dotyczących procesów pracy silnika.

Weryfikacja:

Ćwiczenia audytoryjne – zaliczenie zespołowych prac domowych. Uzupełnieniem każdej pracy pisemnej są odpowiedzi ustne studentów, świadczące o wkładzie każdego członka zespołu w wykonanie pracy domowej. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych jest uzyskanie pozytywnych ocen z przedłożonych prac domowych i odpowiedzi ustnych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_W12, Tr1A\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, I.P6S\_WK

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Potrafi pozyskać informacje z literatury dotyczące silników trakcyjnych (napęd spalinowy, elektryczny, hybrydowy).

Weryfikacja:

Egzamin pisemny i ustny. Wymagane jest udzielenie odpowiedzi na poziomie ocenionym na co najmniej 51% na pytania otwarte w zakresie tego efektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U02:**

Posiada umiejętność przedstawiania schematycznego układów silnika i prezentowania charakterystyk silnika.

Weryfikacja:

Egzamin pisemny i ustny. Wymagane jest udzielenie odpowiedzi na poziomie ocenionym na co najmniej 51% na pytania otwarte w zakresie tego efektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_U03, Tr1A\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UK, P6U\_U, I.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U03:**

Potrafi stosować odpowiednie metody analityczne i symulacyjne do analizowania procesów fizycznych zachodzących w silnikach trakcyjnych. Umie interpretować wyniki obliczeń i wyciągać wnioski.

Weryfikacja:

Ćwiczenia audytoryjne – zaliczenie zespołowych prac domowych. Uzupełnieniem każdej pracy pisemnej są odpowiedzi ustne studentów, świadczące o wkładzie każdego członka zespołu w wykonanie pracy domowej. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych jest uzyskanie pozytywnych ocen z przedłożonych prac domowych i odpowiedzi ustnych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr1A\_U22, Tr1A\_U11, Tr1A\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o