**Nazwa przedmiotu:**

Przekładnie CVT sterowane elektrycznie

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Arkadiusz Hajduga

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

352

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 31, w tym:
a) wykład -15 godz.;
b) ćwiczenia laborat. - 15 godz.;
c) konsultacje - 1 godz.;
2) Praca własna studenta - 50 godzin, w tym:
a) 20 godz. – studia literaturowe;
b) 10 godz. – przygotowywanie się studenta do kolokwiów;
c) 10 godz. – przygotowywanie się studenta do ćwiczeń;
d) 10 godz. – wykonanie raportów.
3) RAZEM –81 godz.

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

1.5 punkty ECTS – liczba godzin kontaktowych - 31 w tym:
a) wykład -15 godz.;
b) ćwiczenia laborat. - 15 godz.;
c) konsultacje - 1 godz.;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkty ECTS – 35 godz., w tym:
1) udział w ćwiczeniach laboratoryjnych– 15 godz.;
2) 10 godz. – przygotowywanie się do ćwiczeń laboratoryjnych;
3) 10 godz. – opracowanie wyników obliczeń, przygotowanie raportów.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Znajomość zagadnień z przedmiotów :
Maszyny elektryczne, Akumulacja energii w pojazdach, Napędy pojazdów / Teoria ruchu pojazdów elektrycznych.

**Limit liczby studentów:**

zgodnie z zarządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Student, który zaliczył przedmiot posiada wiedzę o rodzajach przekładni mechanicznych CVT oraz ich wpływie na parametry energetyczne napędu pojazdu. Potrafi dobrać zakres przełożeń przekładni CVT oraz algorytm sterowania, wynikający z analizy charakteru obciążenia i warunków pracy napędu, przy spełnieniu kryterium minimalizacji zużycia energii. Student ma wiedzę na o doborze materiałów stosowanych do budowy przekładni CVT, jak i technologii wytwarzania elektrycznych układów wykonawczych do zmiany przełożenia przekładni. Potrafi przeprowadzić pomiary oraz przedstawić graficznie wyniki w postaci charakterystyki przekładni CVT oraz uzasadnić otrzymane wyniki.

**Treści kształcenia:**

Wykład 1) Rola przełożeń mechanicznych w układzie napędowym.
2) Wpływ zastosowania przekładni mechanicznej na parametry energetyczne układu napędowego.
3) Przekładnia Continous Variable Transsmmision – definicja, idea działania i podstawowe cechy w napędzie elektrycznym i hybrydowym.
4) Rodzaje przekładni CVT.
5) Materiały stosowane w budowie przekładni CVT,
6) Metoda doboru zakresu przełożeń w pojazdach z napędem elektrycznym i hybrydowym,
 i) proces napędzania pojazdu,
 ii) proces hamowania odzyskowego.
7) Metody sterownia zmianą przełożenia przekładni CVT
 i) na drodze mechanicznej,
 ii) na drodze hydraulicznej,
 iii) na drodze elektrycznej.
8) Algorytm sterowania zmianą przełożeń w napędzie elektrycznym i hybrydowym - minimalizacja konsumpcji energii.
9) Precyzyjne sterowanie przełożeniem przekładni CVT - silniki krokowe.
10) Rola i praca zespołu silnik krokowy – reduktor w układzie sterownia napędu elektrycznego lub hybrydowego – analiza sygnałów wykonawczych i sprzężeń zwrotnych w celu prawidłowej pracy napędu – wyznaczenie warunków sterowania przekładnią CVT.
11) Układ rzeczywisty zmiany przełożenia przekładni CVT za pomocą silnika krokowego.
12) Układ sterownia silnikiem krokowym.
13) Przekładnia planetarna o dwóch stopniach swobody jako przykład przekładni CVT sterowanej elektrycznie – realizacja
 zmiany przełożenia.
Laboratorium: 1. Wyznaczenie zakresu przełożeń przekładni CVT w zależności od zastosowania i konfiguracji napędu.
2. Badanie wpływu przełożenia przekładni CVT na energetyczne parametry napędu hybrydowego i elektrycznego.
3. Wyznaczenie algorytmu sterowania przekładnią CVT dla zadanych warunków pracy.
4. Laboratoryjne, porównawcze badania charakterystyki przełożeń przekładni CVT
5. Badania przekładni planetarnej, jako przekładni CVT sterowanej elektrycznie.
6. Wyznaczenie sprawności przekładni planetarnej o dwóch stopniach swobody dla wybranego cyklu jazdy..

**Metody oceny:**

Wykład:
Zaliczany jest na podstawie 2 kolokwiów w formie pisemnej. Student może otrzymać ocenę pozytywną po uzyskaniu pozytywnych ocen z obu kolokwiów.
Laboratorium:
Przed rozpoczęciem ćwiczenia sprawdzane jest merytoryczne przygotowanie studentów poprzez krótki sprawdzian pisemny. Każde ćwiczenie jest zaliczane na podstawie pozytywnej oceny ze sprawdzianu oraz poprawnie wykonanego sprawozdania, przyjętego i ocenionego przez prowadzącego dane ćwiczenia. W czasie wykonywania ćwiczenia możliwe jest sprawdzenie praktycznej wiedzy studentów nt. metod pomiarów wielkości fizycznych.
Ocena końcowa ustalana jest na podstawie ocen końcowych z kolokwiów i laboratorium, przy czym ocenie z kolokwiów nadaje się większą wagę tj, ok. 60-65% oceny końcowej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Antoni Szumanowski, Hybrid Electric Power Train Engineering and Technology: Modeling, Control, and Simulation, IGI Global, 2013
2. Antoni Szumanowski, Układy napędowe z akumulacją energii, PWN, 1990.
3. Witold Grzegorzek, Przekładnie o ciągłej zmianie przełożenia (CVT) w układach napędowych pojazdów, WPK, 2011;
4. Marian Dudziak, Przekładnie cięgnowe, WN PWN, 1997

**Witryna www przedmiotu:**

http://www2.simr.pw.edu.pl/imrc/polski/

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę podstawową i potrafi opisać budowę, zasadę działania wybranych przekładni CVT

Weryfikacja:

Kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W05, K\_W08, K\_W16, K\_W17, K\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę nt. wpływu przełożenia na właściwości energetyczne napędu elektrycznego i hybrydowego

Weryfikacja:

Kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W13, K\_W17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę o ograniczeniach w doborze materiałów stosowanych do budowy przekładni CVT oraz technologii wytwarzania elektrycznych układów wykonawczych zmianą przełożenia przekładni CVT.

Weryfikacja:

Kolokwium,
Rozmowa dopuszczająca do wykonania ćwiczenia laboratoryjnego
Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W09, K\_W11, K\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę podstawową nt. zasad sterowania zmianą przełożenia przekładni CVT przy wykorzystaniu różnych aktuatorów

Weryfikacja:

Kolokwium, Rozmowa dopuszczająca do wykonania ćwiczenia laboratoryjnego Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W08, K\_W13, K\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę podstawową dotyczącą zasad przenoszenia momentu obrotowego przez różne typy przekładni CVT

Weryfikacja:

Kolokwium, Rozmowa dopuszczająca do wykonania ćwiczenia laboratoryjnego Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W02, K\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Posiada wiedzę podstawową dotyczącą rodzajów i zasady działania silnika krokowego.

Weryfikacja:

Kolokwium, Rozmowa dopuszczająca do wykonania ćwiczenia laboratoryjnego Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03, K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka :**

Zan i potrafi stosować zasady dotyczące pomiaru wielkości elektrycznych i mechanicznych

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Potrafi dobrać zakres przełożeń przekładni CVT w zależności od zadanych warunków obciążeniowych.

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U02, K\_U07, K\_U09, K\_U24

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Potrafi dokonać obliczeń odpowiednich wielości i na tej podstawie wykreślić charakterystyki

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U10, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka :**

Zna i potrafi stosować zasady budowania modeli obliczeniowych napędu z przekładnią CVT oraz potrafi przeprowadzić proste badania symulacyjne

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U02, K\_U07, K\_U09, K\_U10, K\_U12, K\_U23

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka :**

Potrafi pracować i współdziałać w grupie przy realizacji ćwiczeń laboratoryjnych i opracowywaniu sprawozdania, przyjmując w niej różne role.

Weryfikacja:

Ocena sposobu wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń i ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**