**Nazwa przedmiotu:**

Napędy urządzeń mechatronicznych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jakub Wierciak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

NUM

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

Wykład: 12h,
Projektowanie 10h,
Laboratorium: 12h,
Konsultacje: 5h,
Zapoznanie z literaturą i przygotowanie do sprawdzianów z wykładu: 15h,
Przygotowanie do zajęć laboratoryjnych: 15h,
Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych: 20h,
Obliczenia i opracowanie konstrukcji, wykonanie dokumentacji konstrukcyjnej 40h,
RAZEM 125 h (5 ECTS).

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

Wykład: 12h,
Projektowanie 10h,
Laboratorium: 12h,
Konsultacje: 5h,
RAZEM 40h (1,5 ECTS).

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

Projektowanie 10h,
Laboratorium: 12h,
Konsultacje: 5h,
Przygotowanie do zajęć laboratoryjnych: 15h,
Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych: 20h,
Obliczenia i opracowanie konstrukcji, wykonanie dokumentacji konstrukcyjnej 40h,
RAZEM 102h (4 ECTS).

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 180h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 180h |
| Projekt: | 150h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wymagana jest znajomość wybranych zagadnień z zakresu podstaw konstrukcji urządzeń precyzyjnych, podstaw elektrotechniki i elektroniki.

**Limit liczby studentów:**

24

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z podstawowymi rodzajami napędów elektrycznych stosowanych w urządzeniach mechatronicznych, zasadami ich doboru na podstawie danych katalogowych oraz metodami wyznaczania ich charakterystyk funkcjonalnych i cieplnych.

**Treści kształcenia:**

Napędy urządzeń mechatronicznych – ich podstawowe charakterystyki i obszary zastosowań. Struktura i rodzaje elektrycznych układów napędowych w aspekcie realizowanych funkcji: układy pozycjonujące, układy o pracy ciągłej, układy siłowe.
Układy napędowe z mikrosilnikami prądu stałego. Silniki prądu stałego: klasyczna konstrukcja i zasada działania. Przetwarzanie energii w silniku prądu stałego: stała momentu i stała napięcia. Odmiany konstrukcyjne silników prądu stałego: z komutacją stykową i bezstykową. Silniki z wirnikiem bezrdzeniowym. Typowe zastosowania każdej z odmian konstrukcyjnych. Matematyczne modele silników prądu stałego: statyczny i dynamiczny. Charakterystyki obciążeniowe. Profile prędkości przy pozycjonowaniu z użyciem silnika prądu stałego. Przebiegi prądu sterującego.
Napędy z elektromagnesami prądu stałego. Wyprowadzenie wzoru na siłę przyciągania elektromagnesu. Odmiany konstrukcyjne elektromagnesów i ich zastosowania. Elektromagnesy nurnikowe i klapkowe. Analiza działania układu napędzanego elektromagnesem prądu stałego na podstawie czasowych przebiegów ruchu zwory i prądu. Bilans energii i sprawność układu elektromechanicznego. Wpływ parametrów zasilania i obciążenia elektromagnesu na działanie napędu. Zjawiska towarzyszące wyłączaniu elektromagnesów i metody wpływania na przebieg tych zjawisk.
Napędy z silnikami skokowymi. Zasada działania silników skokowych. Konstrukcyjne odmiany silników skokowych: reluktancyjne, z magnesami trwałymi, hybrydowe. Budowa układu zasilania silników skokowych. Rodzaje komutacji: symetryczna i niesymetryczna, stało biegunowa i przemienno biegunowa. Sterowanie mikroskokowe. Rodzaje pracy silników skokowych: statyczna, quasistatyczna, kinematyczna, przyspieszona i opisujące je charakterystyki. Odpowiedź skokowa silnika. Metody tłumienia drgań wirnika. Charakterystyki graniczne: rozruchowa i pracy. Układy zasilania silników skokowych. Kluczowanie napięcia. Praca dynamiczna w otwartym układzie sterowania i ze sprzężeniem zwrotnym. Zastosowania napędów z silnikami skokowymi.
Napędy z silnikami prądu przemiennego. Silniki komutatorowe: budowa, charakterystyki i zastosowania. Silniki indukcyjne trójfazowe i jednofazowe. Silniki z kondensatorem rozruchowym i pracy. Pomocnicze uzwojenie zwarte. Charakterystyki silników indukcyjnych i ich zastosowania. Małe silniki synchroniczne. Zastosowania w urządzeniach precyzyjnych. Współczesne serwonapędy prądu przemiennego.
Projektowanie
1. Dobór mikrosilnika prądu stałego z przekładnią do pracy w warunkach ustalonych. Wyszukanie w katalogu przekładni zdolnej do przenoszenia wymaganego momentu. Wstępny dobór silnika napędowego na podstawie momentu zredukowanego. Obliczenie prądu pobieranego przez silnik i napięcia sterującego. Sprawdzenie warunku cieplnego.
2. Dobór mikrosilnika prądu stałego do układu pozycjonującego. Dobór napędu przy trójkątnym profilu prędkości. Wyznaczenie przyspieszenia kątowego przy przełożeniu przekładni wynoszącym 2. Oszacowanie wymaganego momentu napędowego, dobór silnika, skorygowanie momentu, wyznaczenie prądu, obliczenie ustalonej temperatury wirnika i jego rezystancji, wyznaczenie napięcia sterującego i maksymalnej prędkości silnika. Powtórzenie obliczeń i doboru dla przełożeń 3 i 4.
3. Dobór silnika skokowego do pracy w obszarze rozruchowym. Dobór silnika do napędu bezpośredniego. Wstępny dobór silnika na podstawie wymaganego momentu napędowego. Wyznaczenie granicznej częstotliwości rozruchu przy znanym obciążeniu inercyjnym. Określenie przebiegu charakterystyki rozruchowej. Sprawdzenie usytuowania punktu pracy. Ocena poprawności doboru. Powtórzenie doboru dla przypadku napędu z przekładnia redukcyjną.
4. Dobór elektromagnesu prądu stałego
Analiza mechanizmu rozdzielacza mechanicznego. Wyznaczenie wymaganych sił i okresu powtarzania operacji. Obliczenia cieplne. Korekcja współczynnika ED. Dobór elektromagnesu do napędzanego mechanizmu na podstawie charakterystyk katalogowych. Obliczenie prędkości zwory w chwili uderzenia o rdzeń. Opracowanie pełnego oznaczenia elektromagnesu.
Laboratorium
1. Wyznaczanie statycznych charakterystyk elektromagnesów prądu stałego. Zapoznanie studentów z problematyką badań charakterystyk elektromagnesów szybkiego działania. Poznanie metod wyznaczania charakterystyk. Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej metodą punktową z zadawaniem długości szczeliny powietrznej i pomiarem siły przyciągania zwory. Wyznaczenie zależności siły przyciągania od prądu elektromagnesu. Graficzne opracowanie charakterystyk.
2. Wyznaczanie obciążeniowych charakterystyk mikrosilnika prądu stałego. Poznanie budowy mikrosilnika prądu stałego z wirnikiem bezrdzeniowym oraz metod wyznaczania jego charakterystyk obciążeniowych. Pomiar parametrów biegu jałowego silnika. Wyznaczenie obciążeniowych charakterystyk silnika metodą punktową z wykorzystaniem hamulca Prony’ego. Pomiar maksymalnej mocy mechanicznej silnika. Opracowanie charakterystyk z wykorzystaniem specjalnego programu komputerowego.
3. Badanie dynamicznych właściwości mikrosilników elektrycznych prądu stałego. Poznanie metod wyznaczania dynamicznych charakterystyk mikrosilników elektrycznych. Zarejestrowanie prędkościowych odpowiedzi silnika prądu stałego na skok napięcia zasilającego dla dwóch różnych obciążeń inercyjnych. Wyznaczenie stałych czasowych odpowiedzi. Obliczenie masowego momentu bezwładności wirnika silnika na podstawie znajomości masowych momentów bezwładności i stałych czasowych. Oszacowanie błędu zastosowanej metody.
4. Badanie zjawisk cieplnych w mikrosilniku prądu stałego. Poznanie zjawisk cieplnych zachodzących w obciążonym silniku elektrycznym. Zarejestrowanie temperaturowych odpowiedzi wirnika i stojana mikrosilnika prądu stałego na skok mocy cieplnej wydzielającej się w jego wirniku. Wyznaczenie cieplnych stałych czasowych i oporów cieplnych dwuelementowego cieplnego modelu silnika przez analizę zarejestrowanych odpowiedzi. Obliczenie pojemności cieplnych wirnika i stojana maszyny na podstawie znajomości fizycznych cech elementów silnika. Porównanie wyników uzyskanych obydwiema metodami.

**Metody oceny:**

Wykład jest zaliczany na podstawie kolokwium w postaci testu wielokrotnego wyboru.
Projektowanie jest zaliczane w oparciu o sprawozdania z ćwiczeń obliczeniowych.
Laboratorium jest zaliczane na podstawie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Hering M.: Termokinetyka dla elektryków. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1980.
2. Jaszczuk W.: Elektromagnesy prądu stałego dla praktyków. BTC. Legionowo, 2014
3. Jaszczuk W., Wierciak J., Bodnicki M.: Napędy elektromechaniczne urządzeń precyzyjnych. Ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 2000.
4. Kenjo T.: Electric Motors and Their Controls. An Introduction. Oxford University Press. New York, 2003
5. Kenjo T., Nagamori C.: Permanent-Magnet and Brushless DC Motors. Oxford University Press. New York, 1985.
6. Praca zbiorowa pod red. W. Oleksiuka: Konstrukcja przyrządów i urządzeń precyzyjnych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1996.
7. Praca zbiorowa pod redakcją W. Jaszczuka: Mikrosilniki elektryczne. Badanie właściwości statycznych i dynamicznych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa, 1991.
8. API Portescap. Miniature High Performance Motors & Peripheral Components for Motion Solutions. Katalog, 1999.
9. Danaher Motion. Portescap Specialty Motors. Katalog mikrosilników, miniaturowych przekładni i enkoderów. April 2005 (www.DanaherMotion.com)
10. FAULHABER: Miniature Drive Systems. Faulhaber Group. D-71101 Schönaich (www.faulhaber.de)
11. HARTING: Elektromagnete. Harting Elektronik GmbH. D-4992 Espelkamp
12. MAXON. Programm 05/06. Katalog mikrosilników. Maxon Motor AG, CH-6072 Sachseln (www.maxonmotor.com)
13. MIKROMA. Katalog mikromaszyn elektrycznych. (www.mikroma.com)
14. Shinano Kenshi. Full line catalogue. Katalog silników elektrycznych.
(https://pdf.directindustry.com/pdf/shinano-kenshi/skc-full-line-catalog/32766-71389.html)
15. Kuhnke Linear Solenoids H-HD. Katalog elektromagnesów nurnikowych.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NUM\_W01:**

Zna podstawowe rodzaje napędów wykorzystywanych w urządzeniach mechatronicznych, w szczególności napędów elektrycznych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W14

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

**Charakterystyka NUM\_W02:**

Zna podstawowe charakterystyki funkcjonalne napędów elektrycznych stosowanych w urządzeniach mechatronicznych

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczające

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W14

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka NUM\_U01:**

Potrafi zestwić aparaturę laboratoryjną i przeprowadzić badania zgodnie z zadanym programem

Weryfikacja:

Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

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

**Charakterystyka NUM\_U02:**

Potrafi opracować wyniki przeprowadzonych badań i przedstawić je zgodnie z zasadami metrologii

Weryfikacja:

Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

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

**Charakterystyka NUM\_U03:**

Potrafi poprawnie interpretować dane katalogowe elektrycznych urządzeń napędowych

Weryfikacja:

Sprawozdania z ćwiczeń projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01

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

**Charakterystyka NUM\_U04:**

Umie prawidłowo dobierać napędy elektryczne: prądu stałego, skokowe i elektromagnetyczne do zastosowań statycznych i dynamicznych

Weryfikacja:

Sprawozdania z ćwiczeń projektowych, praca dyplomowa

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U04, K\_U21

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka NUM\_K01:**

Potrafi dokonać podziału zadań w ramach zespołu prowadzącego badania laboratoryjne

Weryfikacja:

Przebieg ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KO, I.P6S\_KR