**Nazwa przedmiotu:**

Napędy elektromechaniczne urządzeń mechatronicznych 2

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jakub Wierciak, dr inż. Maciej Bodnicki, dr inż. Ksawery Szykiedans, mgr inż. Karol Bagiński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

NM-2

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych 32, w tym:
• udział w ćwiczeniach projektowych – 15 godz.
• udział w ćwiczeniach laboratoryjnych – 15 godz.
• konsutacje – 2 godz.
2) Praca własna studenta - 45 godz.
• przygotowanie do ćwiczeń projektowych - 15 godzin,
• wykonanie obliczeń, przeprowadzenie doboru napędu, opracowanie sprawozdań 15 godzin,
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 15 godzin
RAZEM: 77 godzin= 3 punkty ECTS

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

1,5 punktu ECTS- Liczba godzin kontaktowych 32, w tym:
• udział w ćwiczeniach projektowych – 15 godz.
• udział w ćwiczeniach laboratoryjnych – 15 godz.
• konsutacje – 2 godz

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

3 punkty ECTS – 77 godzin, w tym:
• udział w ćwiczeniach projektowych – 15 godz.
• udział w ćwiczeniach laboratoryjnych – 15 godz.
• konsultacje – 2 godz.
• przygotowanie do ćwiczeń projektowych - 15 godzin,
• wykonanie obliczeń, przeprowadzenie doboru napędu, opracowanie sprawozdań 15 godzin,
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 15 godzin.

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

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

**Wymagania wstępne:**

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

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Praktyczna znajomość technik badawczych stosowanych przy wyznaczaniu funkcjonalnych charakterystyk elektrycznych układów napędowych. Umiejętność prawidłowego doboru napędu do określonych zastosowań statycznych i dynamicznych przy wykorzystaniu katalogowych danych podzespołów funkcjonalnych.

**Treści kształcenia:**

Projektowanie

2. Dobór mikrosilników prądu stałego do zastosowań statycznych. Dobór napędu bezpośredniego: zastosowanie warunku na minimalny moment, wyznaczenie prądu, wyznaczenie napięcia zasilania, sprawdzenie stanu cieplnego mikromaszyny. Dobór napędu z przekładnią: wybór przekładni, obliczenie przełożenia, obliczenie zredukowanych obciążeń, wybór silnika, obliczenie parametrów zasilania, sprawdzenie cieplnego stanu silnika.
3. Dobór mikrosilnika prądu stałego do układu pozycjonującego. Dobór napędu przy trójkątnym profilu prędkości: wyznaczenie przyspieszenia kątowego, obliczenie momentu napędowego, dobór silnika, wyznaczenie prądu, obliczenie ustalonej temperatury wirnika i jego rezystancji, wyznaczenie napięcia sterującego i maksymalnej prędkości silnika. Dobór napędu przy trapezowym profilu prędkości: wyznaczenie przyspieszenia kątowego oraz drogi przyspieszania i hamowania; obliczenie drogi i czasu pracy ustalonej, sprawdzenie warunku cieplnego.
4. Dobór silników skokowych do mechanizmów o pracy ciągłej. Dobór silnika do napędzanego mechanizmu w rozruchowym obszarze pracy: zastosowanie warunku na minimalny moment, wyznaczenie granicznej częstotliwości rozruchu, określenie przebiegu charakterystyki rozruchowej, dobór sterownika. Analiza wpływu obciążenia bezwładnościowego na granice obszaru rozruchowego.
Dobór silnika do pracy w obszarze synchronicznym: zastosowanie warunku na minimalny moment, dobór sterownika z funkcjami rozpędzania i hamowania.
5. Dobór silnika skokowego do układu pozycjonującego. Redukcja obciążenia do wałka silnika. Dobór silnika do mechanizmu w aspekcie czasu i dokładności pozycjonowania. Czasowe profile pozycjonowania. Praktyczny dobór silnika na podstawie katalogu szybkich silników tarczowych. Obliczenie częstotliwości granicznej, określenie sposobu sterowania. Dobór sterownika.
Laboratorium
1. Wyznaczanie statycznych charakterystyk elektromagnesów prądu stałego. Zapoznanie z problematyką badań mechanicznych charakterystyk statycznych elektromagnesów szybkiego działania. Poznanie metod wyznaczania charakterystyk statycznych. Wykonanie przykładowych badań.
2. Badanie dokładności pozycjonowania i wyznaczanie charakterystyki kątowej momentu statycznego silnika skokowego. Przeprowadzenie pomiarów dokładności pozycjonowania wirnika i wyznaczenie charakterystyki kątowej momentu statycznego przykładowego silnika skokowego. Ocena wpływu parametrów konstrukcyjnych silnika i parametrów zasilania na błędy skoku i przebieg charakterystyki kątowej momentu.
3. Wyznaczanie obciążeniowych charakterystyk mikrosilnika prądu stałego. Poznanie budowy mikrosilnika prądu stałego z wirnikiem bezrdzeniowym oraz metod wyznaczania jego charakterystyk obciążeniowych. Studenci zapoznają się z zastosowaniem hamulca Prony’ego do obciążania silnika badanego w ćwiczeniu.
4. Badanie dynamicznych właściwości mikrosilników elektrycznych prądu stałego. Poznanie metod wyznaczania dynamicznych charakterystyk mikrosilników elektrycznych oraz praktyczne wykorzystanie skokowej odpowiedzi silnika do obliczenia masowego momentu bezwładności jego wirnika. Studenci podejmują próbę oszacowania błędu zastosowanej metody.
5. 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 oraz wyznaczenie cieplnych stałych czasowych i oporów cieplnych dwuelementowego modelu takiego silnika. Porównanie uzyskanych wyników z obliczeniami materiałowymi.
5. Dobór elektromagnesu prądu stałego
Analiza mechanizmu rozdzielacza mechanicznego. Wyznaczenie wymaganych sił i częstotliwości pracy. Obliczenie współczynnika ED. Dobór elektromagnesu do napędzanego mechanizmu na podstawie charakterystyk katalogowych. Obliczenie prędkości zwory w chwili uderzenia o rdzeń.

**Metody oceny:**

Ćwiczenia projektowe oceniane są na podstawie sprawozdań opracowywanych przez studentów w domu.
Ćwiczenia laboratoryjne oceniane są na podstawie krótkiego sprawdzianu przed rozpoczęciem wykonywania ćwiczenia, przebiegu ćwiczenia i sprawozdania opracowywanego w trakcie ćwiczenia.
Końcowa ocena z przedmiotu jest średnią z obu części z równymi współczynnikami wagowymi równymi 0,5.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Acarnley P. P.: Stepping Motors: a guide to modern theory and practice. Peter Peregrinus Ltd. New York, 1982.
2. Hering M.: Termokinetyka dla elektryków. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1980.
3. Jaszczuk W., Wierciak J., Bodnicki M.: Napędy elektromechaniczne urządzeń precyzyjnych. Ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 2000.
4. Kenjo T., Nagamori C.: Dvigateli postojannogo toka s postojannymi magnitami. Énergoatomizdat. Moskva, 1989.
5. Owczarek J. i in.: Elektryczne maszynowe elementy automatyki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983
6. Sochocki R.: Mikromaszyny elektryczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1996.
7. Wróbel T.: Silniki skokowe, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1993.
8. Praca zbiorowa pod red. W. Oleksiuka: Konstrukcja przyrządów i urządzeń precyzyjnych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1996.
9. Praca zbiorowa pod redakcją W. Jaszczuka: Mikrosilniki elektryczne. Badanie właściwości statycznych i dynamicznych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa, 1991.
10. API Portescap. Miniature High Performance Motors & Peripheral Components for Motion Solutions. Katalog, 1999.
11. Danaher Motion. Portescap Specialty Motors. Katalog mikrosilników, miniaturowych przekładni i enkoderów. April 2005 (www.DanaherMotion.com)
12. BÜHLER: Product Range: DC PM Motors; DC PM Gearmotors: Actuators and Special Drives. Buehler Motor GmbH. D-90459 Nuernberg. (www.buehlermotor.de)
13. FAULHABER: Miniature Drive Systems. Faulhaber Group. D-71101 Schönaich (www.faulhaber.de)
14. HARTING: Elektromagnete. Harting Elektronik GmbH. D-4992 Espelkamp
15. MAXON. Programm 05/06. Katalog mikrosilników. Maxon Motor AG, CH-6072 Sachseln (www.maxonmotor.com)
16. MIKROMA. Katalog mikromaszyn elektrycznych. (www.mikroma.com)
17. MINIMOTOR. Technologies driving the future. Miniature drive systems. Katalog podzespołów napędowych. (www.minimotor.ch)
18. PORTESCAP: Product selector and engineering guide. Version 2.0. Katalog silników na płycie CD; (www.DanaherMotion.com)
19. THOMSON AIRPAX MECHATRONICS: Product selector and engineering guide. Katalog silników na płycie CD; (www.thomsonmotors.com)

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Przedmiot NEM2 występuje wyłącznie jako rozszerzenie i uzupełnienie wykładu "Napędy elektromechaniczne urządzeń mechatronicznych" (NEM1) - nie istnieje jako przedmiot samodzielny.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NEM2\_W01:**

Zna podstawowe metody wyznaczania mechanicznych charakterystyk napędów elektrycznych

Weryfikacja:

Sprawdzian przed ćwiczeniami laboratoryjnymi

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka NEM2\_U01:**

Potrafi zestwić aparaturę laboratoryjną i przeprowadzić badania zgodnie z zadanym programem

Weryfikacja:

Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10, K\_U13

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

**Charakterystyka NEM2\_U02:**

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

Weryfikacja:

Sprawozdanie z ćwiczenia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U05, K\_U11, K\_U13

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

**Charakterystyka NEM2\_U03:**

Potrafi poprawnie interpretować dane katalogowe elektrycznych urządzeń napędowych

Weryfikacja:

Sprawozdania z ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U04

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

**Charakterystyka NEM2\_U04:**

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

Weryfikacja:

prawozdania z ćwiczeń, praca dyplomowa

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U21

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka NEM2-K01:**

Potrafi dokonać podziału zadań w ramach zespołu prowadzącego badania laboratoryjne

Weryfikacja:

Przebieg ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR