**Nazwa przedmiotu:**

Mechatronic Systems

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jakub Wierciak, prof. dr inż. Michał Bartyś, dr inż. Maciej Bodnicki, dr hab. inż. Sergiusz Łuczak, dr inż. Marcin Adamczyk

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronics

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

MCS

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

7

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 83, w tym:
a) wykład - 30
b) projektowanie - 30
c) laboratorium - 15
d) konsultacje - 6
e) egzamin - 2
2) Praca własna studenta 110 w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 15
b) praca nad projektem, w tym przygotowanie prezentacji, dokumentacji i sprawozdania - 55
c) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 20
d) opracowanie sprawozdań 20
suma: 178(7 ECTS)

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 83, w tym:
a) wykład - 30
b) projektowanie - 30
c) laboratorium - 15
d) konsultacje - 6
e) egzamin - 2
suma: 83 (3,5 ECTS)

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

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

O charakterze praktycznym:
a) projektowanie - 30
c) laboratorium - 15
d) konsultacje - 4
b) praca nad projektem, w tym przygotowanie prezentacji, dokumentacji i sprawozdania - 55
d) opracowanie sprawozdań 20
suma: 124 (5 ECTS)

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw konstrukcji mechanicznych, podstaw techniki mikroprocesorowej, podstaw elektroniki, podstaw automatyki

**Limit liczby studentów:**

150

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów ze strukturami systemów mechatronicznych oraz sposobami postępowania przy projektowaniu takich systemów. Przekazanie umiejętności projektowania użytkowej struktury systemu mechatronicznego na podstawie wymagań odbiorcy oraz identyfikacji układów wykonawczych i pomiarowych na podstawie wymagań funkcjonalnych. Utrwalenie zasad dokumentowania prac projektowych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Ewolucja systemów technicznych
Rola człowieka w funkcjonowaniu systemów technicznych - systemy prymitywne, zmechanizowane, zautomatyzowane, optymalizujące. Definicja mechatroniki. Istotne cechy mechatroniki: kształtowanie charakterystyk, upraszczanie zespołów mechanicznych, nowe rozwiązania.
Struktury systemów mechatronicznych
Mechatronizacja. Podsystemowa struktura urządzenia mechatronicznego. Podsystemy: mechaniczny, elektroniczny, informatyczny. System rzeczowy i działaniowy. Funkcjonalna struktura systemu mechatronicznego. Układy wykonawcze i pomiarowe. Uniwersalny schemat urządzenia mechatronicznego. Wielopoziomowa architektura sterowania. Komunikacja. Poziomy automatyzacji. Adaptacja i samooptymalizacja. Cele systemów samooptymalizujących. Hierarchiczna struktura systemów mechatronicznych.
Metodyka projektowania systemów mechatronicznych
Etapy projektowania systemów mechatronicznych: analiza potrzeb użytkownika, analiza wymagań funkcjonalnych, opracowanie układów wykonawczych i pomiarowych, realizacja sterowania i diagnostyki, opracowanie podsystemów, budowa prototypu, uruchomienie.
Analiza funkcjonalna systemów
Analiza funkcji systemu. Modele i metody ustalania struktury funkcjonalnej. Identyfikacja układów wykonawczych i pomiarowych.
Układy pomiarowe urządzeń mechatronicznych
Pojęcia podstawowe. Przegląd mierzonych wielkości. Typy sygnałów w układach pomiarowych: analogowe, cyfrowe. Przetwarzanie sygnałów. Klasyfikacje sensorów, kryteria doboru. Wybrane techniki pomiarowe - podejście mechatroniczne. Sensory inteligentne. Ewolucja struktur zintegrowanych. Wykorzystywanie metody fuzji danych. Pomiary bezczujnikowe.
Układy wykonawcze urządzeń mechatronicznych
Definicje podstawowe. Rola i miejsce układów wykonawczych w systemach mechatronicznych. Kryteria doboru, stosowalności i oceny właściwości układów wykonawczych. Charakterystyki funkcjonalne wybranych elementów wykonawczych: mechanicznych, elektromechanicznych, elektromagnetycznych, piezoelektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych. Inteligentne urządzenia wykonawcze. Elektroniczne sterowniki urządzeń napędowych. Diagnostyka wbudowana i zdalna. Zagadnienia tolerowania uszkodzeń elementów wykonawczych. Omówienie konstrukcji i właściwości typowych elementów wykonawczych. Układy wykonawcze w automatyce i robotyce. Tendencje rozwojowe.
Integracja zespołów mechanicznych
Kategorie systemów mechatronicznych. Konstruowanie systemów wieloczłonowych. Korpusy i mechanizmy. Modelowanie 3D. Zakres dokumentacji technicznej. Projektowanie współbieżne: geneza i definicja. Cechy charakterystyczne. Czas i koszty w projektowaniu współbieżnym. Projektowania zorientowane.
Integracja zespołów optycznych i optoelektronicznych
Synteza zespołów optycznych i optoelektronicznych Opracowywanie konstrukcji układów optycznych. Konfiguracja optoelektronicznego toru pozyskiwania, przetwarzanie, przesyłania i zapisu informacji. Integracja podzespołów optyki klasycznej, mikrooptyki, optyki światłowodowej i elementów optoelektronicznych z układami mechanicznymi i elektronicznymi - wybrane metody montażu, justowania i kontroli podzespołów optycznych i optoelektronicznych. Dokumentacja techniczna.
Przemysłowe sieci komunikacyjne w integracji systemów automatyzacji i sterowania
Charakterystyka funkcjonalna sieci przemysłowych. Model warstwowy siei wirtualnej ISO/OSI. Topologie sieci. Procedury dostępu do sieci: Master-Slave, multimaster. Zasady arbitrażu sieciowego. Zagadnienie bezpieczeństwa komunikacji w sieci. Przykład zastosowania sieci HART w systemach automatyzacji.
Podstawy bezpieczeństwa funkcjonalnego
Definicje podstawowe. Ryzyko. Poziom ryzyka tolerowanego. Graf ryzyka. Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL). Niezawodność a bezpieczeństwo. Model warstwowy bezpieczeństwa. Warstwa SIS. Definicje wskaźników określających stopień bezpieczeństwa. Rola diagnostyki w bezpieczeństwie funkcjonalnym.
Zagadnienie iskrobezpieczeństwa konstrukcji
Podstawowe definicje. Strefy zagrożenia wybuchem. Klasyfikacja urządzeń. Obwody iskrobezpieczne. Poziomy iskrobezpieczeństwa. Ocena iskrobezpieczeństwa. Przykład.
Wybrane przykłady systemów mechatronicznych
Omówienie przykładów systemów mechatronicznych: automaty produkcyjne, mikroroboty, skomputeryzowane systemy pomiarowe, inteligentny przetwornik pomiarowy, inteligentny zespół wykonawczy automatyki przemysłowej.
Projektowanie:
Opracowanie użytkowej struktury systemu
Analiza użytkowych wymagań do systemu. Identyfikacja interfejsów: urządzenie – człowiek, urządzenie – inne systemy.
Analiza funkcji systemu
Opracowanie wykazu niezbędnych układów wykonawczych i pomiarowych. Analiza wykazu pod kątem możliwości zredukowania liczby układów. Sformułowanie wymagań technicznych dla układów. Analiza funkcji układów. Opracowanie wymagań technicznych dla układów wykonawczych i pomiarowych.
Opracowanie koncepcji układów
Przegląd znanych i własnych rozwiązań realizacji wybranych funkcji. Opracowanie schematów blokowych układów. Dobór podzespołów. Wykonanie obliczeń. Analiza katalogowych danych producentów podzespołów. Dobór elementów układów wykonawczych i pomiarowych. Przeprowadzenie badań symulacyjnych.
Opracowanie podsystemów
Synteza mechanicznych podzespołów układów wykonawczych i pomiarowych. Opracowanie koncepcji podsystemu mechanicznego. Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej. Synteza modułów programowych. Opracowanie wybranych algorytmów. Synteza układów elektronicznych. Opracowanie wybranych układów. Integracja systemu. Dyskusja na temat uzyskanych i możliwych efektów synergicznych.
Laboratorium:
1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Wyznaczanie sprawności szybko działającego układu napędzanego elektromagnesem prądu stałego. Zapoznanie studentów z problematyką badań dynamicznych charakterystyk elektromagnesów szybkiego działania. Zarejestrowanie odpowiedzi układu dźwigniowego napędzanego elektromagnesem. Wyznaczenie energii elektrycznej pobieranej przez elektromagnes podczas realizacji ruchu i oddawanej energii mechanicznej na podstawie odpowiedzi. Obliczenie sprawności przetwarzania energii przez elektromagnes. Zbadanie wpływu długości impulsu zasilającego na sprawność.

**Metody oceny:**

Wykład zaliczany na podstawie egzaminu.
Projektowanie zaliczane na podstawie 5 prezentacji, dokumentacji sprawozdania.
Laboratorium zaliczane na podstawie przygotowania, przebiegu ćwiczeń i sprawozdań.
Ocena z przedmiotu jest średnią ważoną:
wykład - waga 0,4,
projektowanie - waga 0,4,
laboratorium - waga 0,2.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Cho H. ed.: Opto-mechatronic Systems Handbook. CRC Press, Boca Raton, 2003
Cho H.: Optomechatronics: Fusion of optical and mechatronic engineering. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2005
Dokumentacja techniczna. Praktyczny poradnik. WEKA. Warszawa 2001
Gawrysiak M.: Mechatronika i projektowanie mechatroniczne. Politechnika Białostocka.
Rozprawy naukowe nr 44. Białystok 1997
Heimann B., Gerth W., Popp K.: Mechatronika. Komponenty, metody, przykłady.
Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2001
Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. WSiP. Warszawa 2004
Mrozek B., Mrozek Z.: MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika. Wyd. Helion. Gliwice 2004
Optomechanical Engineering Handbook. Ed. Aneks Ahmad. CRC Press LLC. Boca Raton 1999
Pelz G.: Mechatronic systems. Modelling and simulation with HDLs. John Wiley and Sons Ltd.
Chichester 2003
Praca zbiorowa pod red. W. Oleksiuka: Konstrukcja przyrządów i urządzeń precyzyjnych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1996.
Priest J. W.: Engineering Design for Producibility and Reliability. Marcel Dekker, Inc.
New York and Basel 1988
Schmid D. i inni: Mechatronika. REA. Warszawa 2002
Yoder P.R.: Opto-mechanical systems design. M. Dekker Inc., New York 1993

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka SYS\_W01:**

Zna podstawowe struktury systemów i urządzeń mechatronicznych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka SYS\_W02:**

Zna metodykę projektowania urządzeń mechatronicznych

Weryfikacja:

Egzamin, sprawozdanie z ćwiczeń projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka SYS\_W03:**

Zna struktury układów wykonawczych i pomiarowych urządzeń mechatronicznych

Weryfikacja:

Egzamin, prezentacje na ćwiczeniach projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka SYS\_W04:**

Zna specyfikę projektowania i wytwarzania układów optycznych wykorzystywanych w urządzeniach mechatronicznych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka SYS\_W05:**

Zna podstawowe pojęcia związane z bezpieczeństwem funkcjonalnym urządzeń oraz diagnostyką techniczną, a także wie, w jaki sposób można wpływać na zwiększenie niezawodności systemów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o

**Charakterystyka SYS\_W06:**

Zna aktualny stan i tendencje występujące w budowie systemów mechatronicznych

Weryfikacja:

Egzamin, praca dyplomowa

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o

**Charakterystyka SYS\_W07:**

Wie, na czym polega tolerowanie uszkodzeń i jakimi sposobami można je osiągnąć

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka SYS\_W08:**

Wie, na czym polega projektowanie współbieżne i jakie są skutki jego stosowania

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka SYS\_U01:**

Umie zaproponować użytkową strukturę urządzenia mechatronicznego na podstawie wymagań zamawiającego

Weryfikacja:

Prezentacja na ćwiczeniach projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, P7U\_U

**Charakterystyka SYS\_U02:**

Umie zidentyfikować niezbędne układy wykonawcze i pomiarowe na podstawie analizy funkcji urządzenia mechatronicznego

Weryfikacja:

Prezentacja na ćwiczeniach projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UK

**Charakterystyka SYS\_U03:**

Potrafi zaproponować struktury układów wykonawczych i pomiarowych oraz dobrać ich poszczególne elementy składowe na podstawie danych katalogowych

Weryfikacja:

Prezentacja na ćwiczeniach projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka SYS\_U04:**

Umie dokonać integracji urządzenia mechatronicznego przez właściwy dobór algorytmów sterowania, jednostki sterującej, podzespołów elektronicznych i struktury mechanicznej

Weryfikacja:

Prezentacja na ćwiczeniach projektowych, dokumentacja projektowa i sprawozdanie z ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka SYS\_K01:**

Zna podział zadań w procesie projektowania urządzeń i systemów mechatronicznych, dzięki czemu może podejmować zadania związane z koordynacją takich prac

Weryfikacja:

Prezentacje na ćwiczeniach projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KO, I.P7S\_KR