Załącznik nr 7
do Zarządzenia Rektora nr 10/12
z dnia 21 lutego 2012r.

KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

Kod modułu	
Nazwa modułu	**Teoria sterowania**
Nazwa modułu w języku angielskim	**Control theory**
Obowiązuje od roku akademickiego	**2016/2017**

A. USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	**Automatyka i Robotyka**
Poziom kształcenia	**II stopień** *(I stopień / II stopień)*
Profil studiów	**ogólnoakademicki** *(ogólno akademicki / praktyczny)*
Forma i tryb prowadzenia studiów	**niestacjonarne** *(stacjonarne / niestacjonarne)*
Specjalność	**wszystkie**
Jednostka prowadząca moduł	**Katedra Automatyki i Robotyki**
Koordynator modułu	**prof. dr hab. inż. Zbigniew Koruba**
Zatwierdził:	

B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	**podstawowy** *(podstawowy / kierunkowy / inny HES)*
Status modułu	**obowiązkowy** *(obowiązkowy / nieobowiązkowy)*
Język prowadzenia zajęć	**polski**
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	**semestr drugi**
Usytuowanie realizacji przedmiotu w roku akademickim	**semestr letni** *(semestr zimowy / letni)*
Wymagania wstępne	**Mechanika ogólna, Podstawy automatyki** *(kody modułów / nazwy modułów)*
Egzamin	**Tak** *(tak / nie)*
Liczba punktów ECTS	**5**

Forma prowadzenia zajęć	**wykład**	**ćwiczenia**	**laboratorium**	**projekt**	**Inne**
w semestrze	**18**		**15**	**15**	

C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Cel modułu	Przedmiot zapoznaje studenta z metodami stabilności Lapunowa dla układów zarówno liniowych, jak i nieliniowych. Rozpatrywane są najbardziej znane kryteria stabilności absolutnej układów dynamicznych. Wiele uwagi poświęca się badaniom układów sterowanie w przestrzeni stanów. Przedstawiona jest metodyka rozwiązywania zadań sterowania optymalnego – m.in. przytaczane są problemy liniowo-kwadratowe ze szczególnym uwzględnieniem optymalnej metody LQR. Celem nauczania przedmiotu jest nabycie przez studenta umiejętności analizy stabilności liniowych i nieliniowych układów sterowania; formułowania i rozwiązywania zadań sterowania optymalnego; rozwiązywania liniowo-kwadratowych problemów sterowania.

Symbol efektu	Efekty kształcenia	Forma prowadzenia zajęć *(w/ć/l/p/inne)*	odniesienie do efektów kierunkowych	odniesienie do efektów obszarowych
W_01	Definiuje podstawowe pojęcia i określenia najważniejszych pojęć z zakresu teorii sterowania.	Wykład	K_W01	T2A_W01
W_02	Projektuje modele układów sterowania w przestrzeni stanów.	Wykład Projekt	K_W01	T2A_W01
W_03	Definiuje oraz wyjaśnia pojęcia sterowalności, osiągalności i obserwowalności układów sterowania.	Wykład	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_04	Definiuje proces identyfikacji oraz opisuje metody identyfikacji parametrów układu sterowania.	Wykład	K_W03	T2A_W01 T2A_W03 T2A_W04
W_05	Wymienia oraz wyjaśnia rodzaje charakterystyk częstotliwościowych układów sterowania (układów ciągłych oraz układów dyskretnych).	Wykład	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_06	Wymienia i wyjaśnia działania metod badania stabilności układów sterowania o złożonej strukturze (metoda Hurwitza, Routha, Michajłowa i Nyquista) oraz metod badania stabilności układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym.	Wykład Projekt	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_07	Przywołuje i wyjaśnia metodę analizy stabilności liniowych stacjonarnych układów sterowania według Lapunowa oraz metodę stabilności nieliniowych stacjonarnych układów sterowania (metoda Lapunowa-Krasowskiego).	Wykład Projekt	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_08	Definiuje pojęcie regulatora oraz opisuje struktury regulatorów: P, PD i PID.	Wykład Projekt	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_09	Definiuje pojęcie układu regulacji automatycznej oraz przywołuje najważniejsze parametry liniowych układów automatycznego sterowania z czasem ciągłym oraz czasem dyskretnym (metoda sterowania cyfrowego).	Wykład	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_10	Tłumaczy ideę sterowania optymalnego oraz wyjaśnia zasadę działania regulatora liniowo – kwadratowego (przytacza przykłady).	Wykład Projekt	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
W_11	Zna zasadę działania filtru Kalmana oraz jego połączenia z regulatorem LQR zwanego regulatorem LQG.	Projekt	K_W02	T2A_W03 T2A_W04
U_01	Konstruuje oraz wyświetla charakterystyki częstotliwościowe oraz charakterystyki czasowe układów sterowania.	Laboratorium Wykład	K_U10	T2A_U09 T2A_U011 T2A_U18 T2A_U19 InzA_U02

				InzA_U07 InzA_U08
U_02	Określa kryteria stabilności układów sterowania.	Laboratorium Wykład Projekt	K_U10	T2A_U09 T2A_U011 T2A_U18 T2A_U19 InzA_U02 InzA_U07 InzA_U08
U_03	Projektuje układy automatycznego sterowania.	Laboratorium Wykład Projekt	K_U10	T2A_U09 T2A_U011 T2A_U18 T2A_U19 InzA_U02 InzA_U07 InzA_U08
U_04	Projektuje regulator liniowo – kwadratowy (LQR) oraz wybiera odpowiedni typ tego regulatora w układach optymalnego sterowania.	Laboratorium Wykład Projekt	K_U10	T2A_U09 T2A_U011 T2A_U18 T2A_U19 InzA_U02 InzA_U07 InzA_U08
U_05	Projektuje obserwator stanu dla zadanego układu sterowania.	Projekt	K_U10	T2A_U09 T2A_U011 T2A_U18 T2A_U19 InzA_U02 InzA_U07 InzA_U08
K_01	Rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się i podnoszenia swoich kompetencji zawodowych w zakresie teorii sterowania.	Laboratorium Wykład Projekt	K_K01	T2A_K01
K_02	Ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności w obszarze teorii sterowania, w tym jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje.	Laboratorium Wykład Projekt	K_K02	T2A_K02

Treści kształcenia:

1. Treści kształcenia w zakresie wykładu

Nr wykładu	Treści kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu
1	**Wiadomości podstawowe. Charakterystyki częstotliwościowe układów sterowania** Podstawowe definicje i określenia najważniejszych pojęć odnoszących się do teorii sterowania. Przypomnienie wiadomości o regulacji uchybowej i sterowaniu zmiennymi stanu. Charakterystyki częstotliwościowe układów ciągłych (charakterystyki: amplitudowo – fazowa, amplitudowa, fazowa, logarytmiczna amplitudowa, logarytmiczna fazowa) oraz układów dyskretnych (dyskretna charakterystyki: amplitudowo – fazowa, fazowa, amplitudowa, logarytmiczna amplitudowa, logarytmiczna fazowa). Przykład w Matlabie	W_01 W_05 U_01
2	**Układy automatycznej regulacji – korektory i regulatory. Stabilność**	W_06

	liniowych i nieliniowych stacjonarnych układów sterowania Rodzaje korektorów: opóźniający, wyprzedzający, wyprzedzająco-opóźniający. Sposoby doboru parametrów regulatora. Stabilność jednowymiarowych nieliniowych stacjonarnych układów sterowania. Badanie stabilności liniowych stacjonarnych układów sterowania według metody Lapunowa. Warunki konieczne i wystarczające stabilności asymptotycznej. Kryteria stabilności, zapas stabilności. Teoria Lapunowa badania stabilności układów nieliniowych. I i II metoda Lapunowa.	W_07 W_08 U_02
3	**Modelowanie układów sterowania w przestrzeni stanu. Przekształcanie równań stanu. Metody opisu układów liniowych. Metody sterowania układami liniowymi stacjonarnymi z wykorzystaniem zmiennych stanu.** Podstawowe zagadnienia związane z modelowaniem (zmienne stanu, modelowanie, model, stan układu itd.). Nieliniowe równania stanu i wyjść w postaci wektorowej. Linearyzacja dynamiczna – linearyzacja układu nieliniowego. Zlinearyzowane, stacjonarne równania stanu i wyjść. Przekształcanie równań stanu przez podobieństwo. Metody opisu układów liniowych, stacjonarnych – postać kanoniczna sterowalności; postać kanoniczna obserwowalności; postać kanoniczna diagonalna; Jordana. Synteza sterowania zmiennymi stanu. Sterowanie układem liniowym proporcjonalnym sprzężeniem zwrotnym. Synteza sterowania metodą przesuwania (lokacji) biegunów. Przykład syntezy sterowania modalnego. Przykład syntezy proporcjonalnego sprzężenia zwrotnego.	W_02 W_03
4	**Sterowanie z wykorzystaniem obserwatora stanu** Definicja obserwatora stanu. Pojęcie obserwowalności. Projektowanie obserwatora stanu. Regulator z obserwatorem stanu jako układ dynamicznego sprzężenia zwrotnego. Pojęcie i właściwości kompensatora szeregowego. Estymacja zmiennych stanu: regulator + obserwator; przykład kompensatora dla wahadła o zmiennej długości ramienia.	W_03 U_04 U_05
5	**Układy sterowania optymalnego.** Jakość i optymalność układów sterowania. Sformułowanie zagadnienia optymalnego sterowania. Szczególne przypadki optymalizacji. Rozwiązanie zadania starowania optymalnego przy wykorzystaniu zasady minimum Pontriagina.	W_04 W_10 U_04
6	**Projektowanie układów sterowania optymalnego przy kwadratowym wskaźniku jakości** Sformułowanie problemu LQR o horyzoncie skończonym i nieskończonym. Równanie Riccatiego. Metody projektowania sterowania optymalnego (regulatory liniowo – kwadratowe LQR. Wybrane przykłady rozwiązania zadania sterowania optymalnego przy wykorzystaniu Matlaba.	W_05 W_10 W_11 U_01 U_04

2. Treści kształcenia w zakresie ćwiczeń

3. Treści kształcenia w zakresie zadań laboratoryjnych

Nr zajęć lab.	Treści kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu
1	Rozwiązywanie równań różniczkowych oraz wyznaczanie charakterystyk czasowych układów sterowania z wykorzystaniem programowania i funkcji Matlaba.	W_02 U_01

2	Analiza modeli dynamicznych oraz projektowanie układów automatycznego sterowania z wykorzystaniem funkcji i programowania w Matlabie/Simulinku.	W_02 W_09 U_03
3	Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych dla układów automatyki z wykorzystaniem programowania i funkcji Matlaba.	W_05 U_01
4	Badanie stabilności układów automatyki z wykorzystaniem programowania i funkcji Matlaba.	W_06 W_07 U_02
5	Zajęcia zaliczeniowe	

4. Charakterystyka zadań projektowych

Nr projektu	Charakterystyka zadania	Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu
1	Dokonać analizy stabilności zadanego układu sterowania.	W_06 W_07 U_02
2	Wyznaczyć zapas stabilności zadanego układu sterowania.	W_06 W_07 U_02
3	Zaprojektować regulator PID zadanego układu sterowania.	W_02 W_08 U_03
4	Zaprojektować regulator optymalny LQR.	W_10 U_04
5	Zaprojektować obserwator stanu zadanego układu sterowania.	W_03 U_04 U_05
6	Zaprojektować optymalny regulator LQG zadanego układu sterowania.	W_11
7	Zaliczenie projektu	

5. Charakterystyka zadań w ramach innych typów zajęć dydaktycznych

Metody sprawdzania efektów kształcenia

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia *(sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.)*
W_01	**Egzamin**
W_02	**Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej**
W_03	**Egzamin**
W_04	**Egzamin**
W_05	**Egzamin**
W_06	**Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej**
W_07	**Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej**
W_08	**Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań**
W_09	**Egzamin**
W_10	**Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej**
W_11	**Zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej**
U_01	**Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań**

U_02	Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej
U_03	Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej
U_04	Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej
U_05	Zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej
K_01	Obserwacja postawy studenta podczas ćwiczeń laboratoryjnych
K_02	Obserwacja postawy studenta podczas ćwiczeń laboratoryjnych

D. NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS		
	Rodzaj aktywności	**obciążenie studenta**
1	Udział w wykładach	**30 godzin**
2	Udział w ćwiczeniach	
3	Udział w laboratoriach	**15 godzin**
4	Udział w konsultacjach (2-3 razy w semestrze)	**6 godzin**
5	Udział w zajęciach projektowych	**15 godzin**
6	Konsultacje projektowe	
7	Udział w egzaminie	**6 godzin**
8		
9	**Liczba godzin realizowanych przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego**	**72 godziny** *(suma)*
10	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego** *(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)*	**2,4 ECTS**
11	Samodzielne studiowanie tematyki wykładów	**10 godzin**
12	Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń	
13	Samodzielne przygotowanie się do kolokwiów	
14	Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów	**13 godzin**
15	Wykonanie sprawozdań	
15	Przygotowanie do kolokwium końcowego z laboratorium	**15 godzin**
17	Wykonanie projektu lub dokumentacji	**25 godzin**
18	Przygotowanie do egzaminu	**15 godzin**
19		
20	**Liczba godzin samodzielnej pracy studenta**	**78 godzin**
21	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy** *(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)*	**2,6 ECTS**
22	**Sumaryczne obciążenie pracą studenta**	**150 godzin**
23	**Punkty ECTS za moduł** *1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta*	**5 ECTS**
24	**Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym** *Suma godzin związanych z zajęciami praktycznymi*	**83 godziny**
25	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym** *1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta*	**2,8 ECTS**

E. LITERATURA

Wykaz literatury	1. R. Klempka, B. Świątek, A. Garbacz-Klempka: Programowanie, algorytmy nuemryczne i modelowanie w Matlabie, Wydawnictwo AGH, 2017. 2. Z. Bubnicki: Teoria i algorytmy sterowania, Wydawnictwa Naukowe PWN, 2012. 3. J. Kobziński, P. Mosiołek: Projektowanie nieliniowych układów sterowania, Wydawnictwa Naukowe PWN, 2018. 4. W. Dąbrowski, A. Dzieliński, T. Kaczorek, R. Łopatka: Podstawy teorii sterowania, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2013. 5. A. Dębowski: Automatyka. Podstawy teorii, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2017. 6. Greblicki W., Teoretyczne podstawy automatyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.

	7. Kaczorek T., Teoria sterowania i systemów, PWN, Warszawa, 1999. 8. Mazurek J., Vogt H., Zydanowicz W., Podstawy automatyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002. 9. Pełczewski W., Teoria sterowania. Ciągłe stacjonarne układy liniowe, WNT, Warszawa, 1980. 10. Söderström T., Stoica P., Identyfikacja systemów, WNT, Warszwa, 1997. 11. Amborski K., Marusak A., Teoria sterowania w ćwiczeniach, PWN, Warszawa,1978. 12. Brzózka J., Cwiczenia z automatyki w Matlabie i Simulinku, Wydawnictwo Mikom, Warszawa, 1997. 13. Thaler G. J., Pastel M. P., Nieliniowe układy automatycznego sterowania analiza i projektowanie, WNT, Warszawa, 1965. 14. Wiszniewski A. i in., Podstawy automatyki. ´Cwiczenia laboratoryjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2000. 15. Zalewski A., Cegieła R.,Matlab — obliczenia numeryczne i ich zastosowania, Wydawnictwo Nakom, Poznań, 1997. 16. Żuchowski A., Metoda doboru nastaw regulatora PID uwzględniająca postulowany zapas stabilności modułu i fazy, Pomiary Automatyka Kontrola, str. 11—13, Nr 1/2004.
Witryna WWW modułu/przedmiotu	