

**Wydział Elektroniki PWr****KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa w języku polskim: **Metody matematyczne automatyki i robotyki**Nazwa w języku angielskim: **Mathematical methods of automation and robotics**Kierunek studiów: **Automatyka i Robotyka**Stopień studiów i forma: **II stopień, stacjonarna**Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy/kierunkowy**Kod przedmiotu: **AREU004**Grupa kursów: **TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	<b>30</b>	<b>30</b>			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	<b>180</b>				
Forma zaliczenia	<b>egzamin</b>	<b>Zaliczenie na ocenę</b>			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	<b>X</b>				
Liczba punktów ECTS	<b>6</b>				
Liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	<b>0</b>				
Liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	<b>4</b>				

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Zna podstawowe pojęcia i metody analizy matematycznej i algebry.
2. Zna pojęcia i metody mechaniki analitycznej i robotyki.
3. Posiada znajomość elementów teorii układów dynamicznych i teorii sterowania.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Zdobyć wiedzy o wybranych metodach matematycznych współczesnej automatyki i robotyki
- C2. Zapoznanie się z paradygmatem transformacji i równoważności
- C3. Zdobyć wiedzy na temat własności i równoważności funkcji
- C4. Zdobyć wiedzy o własnościach i równoważności układów dynamicznych
- C5. Zdobyć wiedzy na temat własności i równoważności układów sterowania przez sprzężenie zwrotne
- C6. Zdobyć wiedzy na temat syntezy algorytmów sterowania układów linearyzowalnych, odsprzęgalnych i różniczkowo-płaskich
- C7. Zdobyć wiedzy na temat wykorzystania postaci normalnych do syntezy algorytmów sterowania

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA, osoby która zaliczyła kurs

z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 – zna filary analizy nieliniowej: twierdzenie o funkcji odwrotnej, twierdzenie o istnieniu i jednoznaczności trajektorii układu dynamicznego, twierdzenie Frobeniusa i twierdzenie o odwzorowaniach zwężających

PEK\_W02 – zna pojęcie równoważności funkcji i postaci normalnych

PEK\_W03 – zna pojęcie i własności układu dynamicznego

PEK\_W04 – zna definicję równoważności układów dynamicznych i podstawowe twierdzenia o równoważności

PEK\_W05 – zna pojęcie i własności afinicznego układu sterowania

PEK\_W06 – zna pojęcie równoważności układów sterowania przez sprzężenie zwrotne

PEK\_W07 – zna metody syntezy algorytmów sterowania przy wykorzystaniu linearyzacji lub odsprzęgania przez statyczne sprzężenie zwrotne

PEK\_W08 – zna metody syntezy algorytmów sterowania przy wykorzystaniu linearyzacji przez dynamiczne sprzężenie zwrotne

PEK\_W09 – zna pojęcie układu różniczkowo-płaskiego i jego znaczenie dla syntezy algorytmów sterowania

PEK\_W10 – zna zastosowanie postaci normalnych do syntezy algorytmów sterowania

z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 – potrafi posługiwać się filarami analizy nieliniowej

PEK\_U02 – potrafi skorzystać z twierdzenia o funkcji uwikłanej w kontekście kinematyki manipulatorów

PEK\_U03 – potrafi skorzystać z twierdzeń o immersjach, submersjach i funkcjach Morse'a, rozumie pojęcie osobliwości kinematyki manipulatorów

PEK\_U04 – potrafi zbadać własności układów dynamicznych

PEK\_U05 – potrafi skorzystać z twierdzeń o równoważności układów dynamicznych, rozumie ich związek z I Metodą Lapunowa

PEK\_U06 – potrafi posługiwać się nawiasem Liego jako narzędziem analizy nieliniowych układów sterowania

PEK\_U07 – potrafi skorzystać z twierdzeń o linearyzacji i odsprzęganiu przez sprzężenie zwrotne, rozumie znaczenie tych metod dla sterowania manipulatorem

PEK\_U08 – potrafi wykorzystać własność różniczkowej płaskości przy sterowaniu robotem mobilnym

PEK\_U09 – potrafi wykorzystać postacie normalne do syntezy algorytmów sterowania robotów

PEK\_U10 – potrafi zastosować poznane metody matematyczne do syntezy algorytmów sterowania różnych układów automatyki i robotyki

z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 – ma świadomość znaczenia wyszukiwania informacji oraz jej krytycznej analizy

PEK\_K02 – potrafi oceniać argumenty, racjonalnie tłumaczyć i uzasadniać własny punkt widzenia z wykorzystaniem wiedzy przedmiotowej

PEK\_K03 – rozumie znaczenie metod matematycznych w automatyce i robotyce

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Funkcje gładkie, twierdzenie o funkcji odwrotnej, dyfeomorfizm	2
Wy2	Algorytm Newtona	2
Wy3	Twierdzenie o funkcji uwikłanej	2
Wy4	Równoważność funkcji, postacie normalne	2

Wy5	Układ dynamiczny, twierdzenie o istnieniu i jednoznaczności, twierdzenie o odwzorowaniach zwięzających	2
Wy6	Stabilność układów dynamicznych	2
Wy7	Równoważność układów dynamicznych, twierdzenia o linearyzacji	2
Wy8	Afiniczny układ sterowania, nawias Liego, dystrybucje	2
Wy9	Całkowalność dystrybucji: twierdzenie Frobeniusa	2
Wy10	Równoważność przez sprzężenie zwrotne	2
Wy11	Linearyzacja przez statyczne sprzężenie zwrotne	2
Wy12	Odsprężanie we/wy, dynamika zerowa	2
Wy13	Linearyzacja przez dynamiczne sprzężenie zwrotne	2
Wy14	Różniczkowa płaskość	2
Wy15	Nieliniowe postacie normalne	2
	<b>Suma godzin</b>	<b>30</b>

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba Godzin
Ćw1	Równoważność liniowych układów sterowania: postać kanoniczna Brunovsky'ego	2
Ćw2	Normy macierzowe	2
Ćw3	Twierdzenie o funkcji odwrotnej i funkcji uwikłanej	2
Ćw4	Immersje, submersje, funkcje Morse'a	2
Ćw5	Równoważność układów dynamicznych	2
Ćw6	Badanie stabilności układów dynamicznych	2
Ćw7	Układy gradientowe i hamiltonowskie	2
Ćw8	Układy sterowania: definicja i własności nawiasu Liego	2
Ćw9	Równoważność przez sprzężenie zwrotne i linearyzacja	2
Ćw10-11	Badanie warunków linearyzacji, równania równoważności	4
Ćw12	Stopień różniczkowy wyjścia, odsprężanie we/wy, dynamika zerowa	2
Ćw13	Badanie różniczkowej płaskości	2
Ćw14	Nieliniowe postacie normalne	2
Ćw15	Kolokwium	2
	<b>Suma godzin</b>	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład tradycyjny
2. Ćwiczenia obliczeniowe
3. Konsultacje
4. Praca własna – rozwiązywanie przykładowych zadań
5. Praca własna – samodzielne studia literaturowe

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca)	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
---	--------------------------	---

(na koniec semestru)		
F1	PEK_W01 ÷ PEK_W10;	egzamin
F2	PEK_W01 ÷ PEK_W10; PEK_U01 ÷ PEK_U10;	aktywność na ćwiczeniach, kolokwium
$P=0.4*F1+0.6*F2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] M. Golubitsky, V. Guillemin „Stable Mappings and Their Singularities”, Springer-Verlag, New York, 1974
- [2] R. Abraham, J. E. Marsden, T. Ratiu „Manifolds, Tensor Analysis, and Applications”, Springer-Verlag, New York, 1988
- [3] V. I. Arnold „Geometrical Methods in the Theory of Ordinary Differential Equations”, Springer-Verlag, New York, 1983
- [4] S. S. Sastry „Nonlinear Systems”, Springer-Verlag, New York, 1999
- [5] A. M. Bloch „Nonholonomic Mechanics and Control”, Springer-Verlag, New York, 2003
- [6] H. Nijmeijer, A. J. van der Schaft „Nonlinear Dynamical Control Systems”, Springer-Verlag, New York, 1990
- [7] H. Sira-Ramirez, S. K. Agrawal „Differentially Flat Systems”, Marcel Dekker, New York, 2004

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] Ph. Hartman „Ordinary Differential Equations”, J. Wiley, New York, 1964
- [2] H. K. Khalil „Nonlinear Systems”, Prentice-Hall, New Jersey, 2000
- [3] R. Murray, Z. Li, S. S. Sastry „A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation”, CRC Press, Boca Raton, 1994
- [4] A. Isidori „Nonlinear Control Systems”, Springer-Verlag, New York, 1995
- [5] V. Jurdjevic „Geometric Control Theory”, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1997

### OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Krzysztof Tchoń, 71 320 3271; krzysztof.tchon@pwr.wroc.pl

## MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU **Metody matematyczne automatyki i robotyki** Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Automatyka i Robotyka**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
PEK_W01	K2AIR_W08, K2AIR_W01, K2AIR_W05	C1, C7	Wy1-Wy5 Wy9	1,3,4,5
PEK_W02	K2AIR_W08	C2, C3	Wy4	1,3,4,5
PEK_W03	K2AIR_W08	C4	Wy5	1,3,4,5
PEK_W04	K2AIR_W08	C2, C4	Wy6-Wy7	1,3,4,5
PEK_W05	K2AIR_W08	C5	Wy8-Wy9	1,3,4,5
PEK_W06	K2AIR_W08	C2, C5	Wy10	1,3,4,5
PEK_W07	K2AIR_W08, S2ARR_W01,	C6	Wy11-Wy12	1,3,4,5

	S2ARR_W05			
PEK_W08	K2AIR_W08, S2ARR_W01, S2ARR_W05	C6	Wy13	1,3,4,5
PEK_W09	K2AIR_W08, S2ARR_W01, S2ARR_W05	C6	Wy14	1,3,4,5
PEK_W10	K2AIR_W08, K2AIR_W05, S2ARR_W01, S2ARR_W05	C1, C5-C7	Wy10-Wy15	1,3,4,5
PEK_U01	K2AIR_U05, S2ARR_U08	C1	Ćw3-Ćw4, Ćw9	2,3,4
PEK_U02	K2AIR_U05	C1, C3	Ćw3	2,3,4
PEK_U03	K2AIR_U05	C2, C3	Ćw4	2,3,4
PEK_U04	K2AIR_U05	C4	Ćw5-Ćw7	2,3,4
PEK_U05	K2AIR_U05	C2, C4	Ćw5	2,3,4
PEK_U06	K2AIR_U05	C2, C5	Ćw8	2,3,4
PEK_U07	K2AIR_U05	C6	Ćw9-Ćw12	2,3,4
PEK_U08	K2AIR_U05	C6	Ćw13	2,3,4
PEK_U09	K2AIR_U05	C2, C7	Ćw14	2,3,4
PEK_U10	K2AIR_U05, K2AIR_U01, S2ARR_U02, S2ARR_U08	C2, C6, C7	Ćw9-Ćw15	2,3,4
PEK_K01-PEK_K03	K2AIR_U05 K2AIR_W09, S2ARR_W08	C6, C7	Wy1-Wy15, Ćw1-Ćw15	1,2,3,5