(pieczęć jednostki organizacyjnej)

KARTA PRZEDMIOTU

1) **Nazwa przedmiotu**: Attitude and orbit control systems (w jęz. ang.)	2) **Kod przedmiotu:** FT-Isp-29C/6
3) **Karta przedmiotu ważna od roku akademickiego:**	2018/2019
4) **Forma kształcenia:**	studia stacjonarne
5) **Poziom kształcenia**:	studia I stopnia
6) **Kierunek studiów**:	FIZYKA TECHNICZNA
7) **Profil studiów:**	praktyczny
8) **Specjalność: -**	
9) **Semestr:**	6
10) **Jednostka prowadząca przedmiot:**	Instytut Fizyki CND
11) **Prowadzący przedmiot**:	Jakub Lisowski
12) **Przynależność do grupy przedmiotów:**	podstawowe i kierunkowe
13) **Status przedmiotu:**	obieralny
14) **Język prowadzenia zajęć:**	angielski
15) **Przedmioty wprowadzające oraz wymagania wstępne:** student powinien posiadać zaliczony trzysemestralny kurs fizyki ogólnej, dwusemestralny kurs matematyki, oraz kurs analizy wyników pomiarów.	
16) **Cel przedmiotu:** Przygotowanie studentów do pracy jako Attitude and Orbit Control Systems engineer	
17) **Efekty kształcenia:**[1]	

Nr	Opis efektu kształcenia	Metoda sprawdzenia efektu kształcenia	Forma prowadzenia zajęć	Odniesienie do efektów dla kierunku studiów
1.	Student zna i rozumie podstawowe prawa modelowania układów dynamicznych w kotekście podstawowych praw fizyki klasycznej	Zaliczenie/Egzamin	wykład	K1P_W12 (++)
2.	Student zna i rozumie metodologię projektowania układów sterowania orientacją satelity oraz zna i rozumie wybrane metody pomiarowe wykorzystywane w tym zakresie	Zaliczenie/Egzamin	wykład	K1P_W12 (++)
3.	Student potrafi analizować oraz rozwiązywać postawione zadania w zakresie modelowania czujników pomiarowych w oparciu o zdobytą wiedzę w języku polskim i angielskim	Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych	laboratorium	K1P_U01 (++)
4.	Potrafi samodzielnie opracować dokumentację zadania inżynierskiego związanego z kontrolą orbity lotu satelity	Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych	laboratorium	K1P_U09 (++)
5.	Potrafi wykorzystać doświadczenie zdobyte w trakcie wykonywania zaawansowanych ćwiczeń laboratoryjnych do symulacji pracy układu sterowania orientacją satelity oraz przewidzenia jego wydajności	Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych	laboratorium	K1P_U11 (+)
6.	Student potrafi zaplanować eksperyment przeprowadzany samodzielnie oraz w większym zespole badawczym	Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych	laboratorium	K1P_U15 (++)

Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
30	-	30	-	–

[1] należy wskazać ok. 5 – 8 efektów kształcenia

Treści kształcenia: (oddzielnie dla każdej z form zajęć dydaktycznych W./Ćw./L./P./Sem.)

Wykład/Lecture:

1. AOCS functions & architecture (2h):
    a. Listing of functions performed by a spacecraft Attitude and Orbit Control System
    b. Comparison of sensors and actuators.
    c. Presentation of a typical AOCS architecture.
    d. Typical control modes.
2. Modelling of dynamical systems (2h):
    a. Modelling of dynamical system with Transfer functions.
    b. State space description of dynamical models.
    c. Linearization around equilibrium.
3. Control theory fundamentals 1 (2h):
    a. Stability of linear time-invariant (LTI) systems.
    b. Modes, poles and zeros of dynamical system.
    c. Nyquist criterion and Bode criterion.
4. Control theory fundamentals 2 (2h):
    a. Feedback control.
    b. PID control and pole placement.
    c. Controllability.
5. Control theory fundamentals 3 (2h):
    a. Stability margins
    b. Frequency domain control design
6. Geometry of attitude and rotational dynamics (2h):
    a. Introduction of rotation matrices and quaternions.
    b. Singularities in attitude parametrization
    c. Rigid body kinematics.
    d. Euler equations describing rigid body dynamics.
7. Sensors modelling (2h)
    a. Gyroscopes.
    b. Sun sensors.
    c. Magnetometers
    d. Star-trackers
8. Attitude estimation 1 – deterministic methods (2h):
    a. Triad algorithm.
    b. Quest algorithm.
    c. Wahba's problem.
9. Modelling actuators (2h):
    a. Reaction wheels.
    b. Magnetorquers.
    c. Thrusters.
10. Environmental disturbances modelling (2h):
    a. Solar pressure.
    b. Gravity gradient.
    c. Magnetic dipole.
    d. Internal disturbances.
11. Introduction to Dynamic Filtering (2h)
    a. Linear Kalman Filter.
12. Dynamic filtering in nonlinear systems (2h)
    a. Extended Kalman Filter.
    b. Unscented Kalman Filter.
13. Attitude estimation 2 – dynamic filtering (2h):
    a. Attitude estimation with Kalman filter.
14. Performance metrics and pointing error budget (2h).
15. ESA standards regarding the control domain (2h).

Laboratorium/Laboratory

1. After lecture 2: Numerical simulation of linear (motion of 2-d point mass with friction) and nonlinear (pendulum + cart) systems. (2h)
2. After lecture 4: Stabilizing control design for inverted pendulum. (2h)
3. After lecture 5: Frequency domain control design. (2h)
4. After lecture 6: Rigid body dynamics modeling. (4h)
5. After lecture 7: Gyroscope assessment with Allan Variance. (2h)
6. After lecture 8: Estimating attitude using vector measurements. (2h)
7. After lecture 9:Control design with reaction wheels. (2h)
8. After lecture 9: Control design for executing delta-V, spin stabilization. (2h)
9. After lecture 10: Control design for magnetically controlled satellite. (2h)
10. After lecture 11: Tuning of the Kalman filter. (2h)
11. After lecture 13: Implementing a Kalman filter for attitude estimation. (4h)
12. After lecture 14: High precision attitude control in the presence of disturbances. (4h)

All excersises performed in numerical modeling environment: Matlab&Simulink or Python.

18) **Egzamin: tak**

19) **Literatura podstawowa:**

Schaub H., Analytical Mechanics of Space Systems
Murray R.M., Li Z., Sastry S., A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation
Wertz J.R., Spacecraft Attitude Determination and Control
Simon D., Optimal State Estimation
Astrom K.J., Murray R.M., Feedback Systems

20) **Literatura uzupełniająca:**

Sidi M., Spacecraft Dynamics & Control
Emirsajłow Z., Teoria Układów Sterowania cz. 1

21) **Nakład pracy studenta potrzebny do osiągnięcia efektów kształcenia**

Lp.	Forma zajęć	Liczba godzin kontaktowych / pracy studenta
1.	Wykłady	30 / 20
2.	Ćwiczenia	
3.	Laboratorium	30 / 35
4.	Projekt	
5.	Seminarium	
6.	Inne	5 / 5 konsultacje / przygotowanie do konsultacji
	Suma godzin:	65 / 60

23. Suma wszystkich godzin:	125
24. Liczba punktów ECTS:	5
25. Liczba punktów ECTS uzyskanych na zajęciach z bezpośrednim udziałem nauczyciela akademickiego:	3

26. Liczba punktów ECTS uzyskanych na zajęciach o charakterze praktycznym (laboratoria, projekty, ćwiczenia):	2
27. Uwagi: Zaliczenie na podstawie sprawozdań z części zajęć laboratoryjnych oraz okresowych wejściówek. Na ocene końcową będą składać się: - oceny z dwóch wejściówek z poprzednich zajęć (40 % oceny). - oceny z wybranych trzech sprawozdań z zajęć laboratoryjnych (60 % oceny).	

Zatwierdzono:

…….…. ……....

(data i podpis prowadzącego)

(*data i podpis Dyrektora/Kierownika podstawowej lub międzywydziałowej jednostki organizacyjnej)*

1 punkt ECTS – 25-30 godzin pracy studenta