

## KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| Kod modułu                       |                          |
| Nazwa modułu                     | <b>Teoria sterowania</b> |
| Nazwa modułu w języku angielskim | <b>Control theory</b>    |
| Obowiązuje od roku akademickiego | <b>2016/2017</b>         |

## A. USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

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

## B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

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

| Forma prowadzenia zajęć | wykład    | ćwiczenia | laboratorium | projekt   | Inne |
|-------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------|
| w semestrze             | <b>30</b> |           | <b>15</b>    | <b>15</b> |      |

### C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cel modułu</b> | <p>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 – zasada Hamiltona-Bellmana, zasada maksimum (minimum) Pontriagina, programowanie dynamiczne, sprowadzanie zadań sterowania optymalnego do programowania matematycznego. Przytaczane są problemy liniowo-kwadratowe ze szczególnym uwzględnieniem optymalnej metody LQR.</p> <p>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.</p> |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Symbol efektu | Efekty kształcenia                                                                                                                                                                                                           | Forma prowadzenia zajęć<br>(w/c/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<br>Projekt                         | K_W01                               | T2A_W01                            |
| W_03          | Definiuje oraz wyjaśnia pojęcia sterowalności, osiągalności i obserwowalności układów sterowania.                                                                                                                            | Wykład                                    | K_W02                               | T2A_W03<br>T2A_W04                 |
| W_04          | Definiuje proces identyfikacji oraz opisuje metody identyfikacji parametrów układu sterowania.                                                                                                                               | Wykład                                    | K_W03                               | T2A_W01<br>T2A_W03<br>T2A_W04      |
| W_05          | Wymienia oraz wyjaśnia rodzaje charakterystyk częstotliwościowych układów sterowania (układów ciągłych oraz układów dyskretnych).                                                                                            | Wykład                                    | K_W02                               | T2A_W03<br>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<br>Projekt                         | K_W02                               | T2A_W03<br>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<br>Projekt                         | K_W02                               | T2A_W03<br>T2A_W04                 |
| W_08          | Definiuje pojęcie regulatora oraz opisuje struktury regulatorów: P, PD i PID.                                                                                                                                                | Wykład<br>Projekt                         | K_W02                               | T2A_W03<br>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<br>T2A_W04                 |
| W_10          | Tłumaczy ideę sterowania optymalnego oraz wyjaśnia zasadę działania regulatora liniowo – kwadratowego (przytacza przykłady).                                                                                                 | Wykład<br>Projekt                         | K_W02                               | T2A_W03<br>T2A_W04                 |
| W_11          | Definiuje układy sterowania minimalno – czasowego (zasada Bellmana) oraz wyjaśnia zasadę maksimum Pontriagina.                                                                                                               | Wykład                                    | K_W02                               | T2A_W03<br>T2A_W04                 |
| W_12          | Zna zasadę działania filtru Kalmana oraz jego połączenia z regulatorem LQR zwanego regulatorem LQG.                                                                                                                          | Projekt                                   | K_W02                               | T2A_W03<br>T2A_W04                 |

|      |                                                                                                                                                                                                        |                                   |       |                                                                               |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| U_01 | Konstruuje oraz wyświetla charakterystyki częstotliwościowe oraz charakterystyki czasowe układów sterowania.                                                                                           | Laboratorium<br>Wykład            | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| U_02 | Określa kryteria stabilności układów sterowania.                                                                                                                                                       | Laboratorium<br>Wykład<br>Projekt | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| U_03 | Projektuje układy automatycznego sterowania.                                                                                                                                                           | Laboratorium<br>Wykład<br>Projekt | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| U_04 | Projektuje regulator liniowo – kwadratowy (LQR) oraz wybiera odpowiedni typ tego regulatora w układach optymalnego sterowania.                                                                         | Laboratorium<br>Wykład<br>Projekt | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| U_05 | Projektuje układy minimalno – czasowe (wyznacza sterowania dla zaprojektowanego układu).                                                                                                               | Laboratorium<br>Wykład            | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| U_06 | Projektuje obserwator stanu dla zadanego układu sterowania.                                                                                                                                            | Projekt                           | K_U10 | T2A_U09<br>T2A_U011<br>T2A_U18<br>T2A_U19<br>InzA_U02<br>InzA_U07<br>InzA_U08 |
| K_01 | Rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się i podnoszenia swoich kompetencji zawodowych w zakresie teorii sterowania.                                                                 | Laboratorium<br>Wykład<br>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<br>Wykład<br>Projekt | K_K02 | T2A_K02                                                                       |

## Treści kształcenia:

### 1. Treści kształcenia w zakresie wykładu

| Nr wykładu | Treści kształcenia           | Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu |
|------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1          | <b>Wiadomości podstawowe</b> | W_01                                          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|    | Podstawowe definicje i określenia najważniejszych pojęć odnoszących się do teorii sterowania.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |
| 2  | <b>Modelowanie układów sterowania w przestrzeni stanów</b><br>Podstawowe zagadnienia związane z modelowaniem (zmienne stanu, modelowanie, model, stan układu itd.). Opis modelu zmiennych stanu układów ciągłych oraz układów dyskretnych. Charakterystyka skokowa i impulsowa układu sterowania.                                                                                                                                                   | W_02         |
| 3  | <b>Sterowalność, osiągalność i obserwowalność układów sterowania</b><br>Definicja pojęcia oraz rodzaje sterowalności (warunki konieczne i wystarczające sterowalności). Zagadnienie osiągalności i obserwowalności układów sterowania. Przykłady układów sterowania.                                                                                                                                                                                | W_03         |
| 4  | <b>Metody identyfikacji parametrów układów sterowania</b><br>Zagadnienie identyfikacji (definicja, etapy: wybór struktury modelu, wyznaczanie wartości parametrów modelu, weryfikacja modelu układu sterowania). Metody identyfikacji parametrów układu sterowania.                                                                                                                                                                                 | W_04         |
| 5  | <b>Charakterystyki częstotliwościowe układów sterowania</b><br>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). Związek między charakterystykami czasowymi a częstotliwościowymi. | W_05<br>U_01 |
| 6  | <b>Metody badania stabilności układów sterowania o złożonej strukturze.</b><br>Algebraiczne kryteria stabilności (kryterium Routha i kryterium Hurwitza), określenie warunków koniecznych oraz dostatecznych stabilności układu sterowania. Częstotliwościowe kryteria stabilności (kryterium Nyquista i kryterium Michajłowa). Pojęcie zapasu stabilności.                                                                                         | W_06<br>U_02 |
| 7  | <b>Badanie stabilności układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym</b><br>Stabilność układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym z wykorzystaniem kryterium Nyquista oraz kryterium Michajłowa. Pojęcie układu stabilnego asymptotycznie.                                                                                                                                                                                                             | W_06<br>U_02 |
| 8  | <b>Stabilność liniowych stacjonarnych układów sterowania</b><br>Badanie stabilności liniowych stacjonarnych układów sterowania według metody Lapunowa.                                                                                                                                                                                                                                                                                              | W_07         |
| 9  | <b>Stabilność nieliniowych stacjonarnych układów sterowania</b><br>Teoria Lapunowa badania stabilności układów nieliniowych. Metody badania stabilności układów nieliniowych sterowania: metoda pośrednia i bezpośrednia Lapunowa. Metoda doboru funkcji Lapunowa – metoda Krasowskiego.                                                                                                                                                            | W_07         |
| 10 | <b>Struktury regulatorów P, PD i PID</b><br>Pojęcie oraz rodzaje regulatorów. Struktury regulatorów P, PD, PID (równanie oraz transmitancja regulatorów).                                                                                                                                                                                                                                                                                           | W_08         |
| 11 | <b>Liniowe układy automatycznego sterowania z czasem ciągłym</b><br>Definicja oraz struktura układu automatycznej regulacji z przykładami czasem ciągłym. Funkcje oraz stabilność układu automatycznej regulacji. Przykłady UAR.                                                                                                                                                                                                                    | W_09<br>U_03 |
| 12 | <b>Liniowe układy automatycznego sterowania z czasem dyskretnym</b><br>Metody projektowania układów sterowania cyfrowego. Dyskretny model liniowy, przekształcenie „Z”, stabilność systemów cyfrowych.                                                                                                                                                                                                                                              | W_09<br>U_03 |
| 13 | <b>Układy sterowania optymalnego</b><br>Idea sterowania optymalnego. Metody projektowania sterowania optymalnego (regulatory liniowo – kwadratowe LQR, LQG).                                                                                                                                                                                                                                                                                        | W_10<br>U_04 |
| 14 | <b>Układy sterowania minimalno-czasowego</b><br>Zagadnienie sterowania optymalnego minimalno – czasowego. Zasada maksimum Pontriagina oraz dostateczność zasady Pontriagina. Funkcja wartości i równanie Bellmana.                                                                                                                                                                                                                                  | W_11<br>U_05 |
| 15 | <b>Przykłady układów sterowania optymalnego</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | W_10<br>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             | Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych układów sterowania.                                     | W_05<br>U_01                                  |
| 2             | Badania komputerowe wyznaczania charakterystyk czasowych układów sterowania.                           | U_01                                          |
| 3             | Badanie stabilności układów sterowania w Matlabie-Simulinku.                                           | W_06<br>W_07<br>U_02                          |
| 4             | Projektowanie układów automatycznego sterowania z wykorzystaniem programowania skryptowego w Matlabie. | W_09<br>U_03                                  |
| 5             | Projektowanie układów automatycznego sterowania z wykorzystaniem Simulinka w pakiecie Matlab.          | W_09<br>U_03                                  |
| 6             | Dobór regulatorów typu LQR w optymalnych układach sterowania.                                          | W_10<br>U_04                                  |
| 7             | Wyznaczanie sterowań w układach minimalno-czasowych.                                                   | W_11<br>U_05                                  |
| 8             | 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<br>W_07<br>U_02                          |
| 2           | Wyznaczyć zapas stabilności zadanego układu sterowania.           | W_06<br>W_07<br>U_02                          |
| 3           | Zaprojektować regulator PID zadanego układu sterowania.           | W_02<br>W_08<br>U_03                          |
| 4           | Zaprojektować regulator optymalny LQR.                            | W_10<br>U_04                                  |
| 5           | Zaprojektować obserwator stanu zadanego układu sterowania.        | U_06                                          |
| 6           | Zaprojektować optymalny regulator LQG zadanego układu sterowania. | W_12                                          |
| 7           | Zaliczenie przedmiotu                                             |                                               |

### 5. Charakterystyka zadań w ramach innych typów zajęć dydaktycznych

#### Metody sprawdzania efektów kształcenia

| Symbol efektu | Metody sprawdzania efektów kształcenia<br>(sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.)                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| W_01          | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wyjaśnić podstawowe definicje z zakresu teorii sterowania (automatyka, sterowanie, obiekty sterowania, układ sterowania itd.). Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo potrafi dokonać podziału układów sterowania, podać ich przykłady oraz wyjaśnić zasadę działania w sposób bardziej szczegółowy. |
| W_02          | <b>Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student aby uzyskać ocenę dobrą, potrafi zamodelować prosty układ sterowania w przestrzeni stanu (na podstawie równania różniczkowego, opisującego model układu sterowania student potrafi: zdefiniować macierz stanu, macierz wejść, macierz wyjść i macierz transmitancji,                |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | zapisać transmitancję operatorową układu itd.). Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student potrafi zamodelować bardziej złożony układ sterowania oraz wyjaśnić etapy jego modelowania.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| W_03 | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wyjaśnić zagadnienie sterowalności, osiągalności oraz obserwowalności układów sterowania wraz z podaniem kryteriów związanych z tymi zagadnieniami. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo potrafi zbadać sterowalność, obserwowalność i osiągalność podanego układu sterowania.                                                                                                                                                                                       |
| W_04 | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, student powinien przytoczyć definicję oraz opisać etapy identyfikacji układu sterowania. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien wymienić oraz opisać rodzaje metod identyfikacji parametrów układu sterowania.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| W_05 | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien zdefiniować pojęcie charakterystyk częstotliwościowych. Student potrafi opisać oraz rozróżnia różne rodzaje charakterystyk częstotliwościowych. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo potrafi na podstawie transmitancji danego układu sterowania, wyznaczyć dowolną charakterystykę częstotliwościową.                                                                                                                                                               |
| W_06 | <b>Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wymienić oraz wyjaśnić podstawowe metody badania stabilności układów sterowania o złożonej strukturze oraz układów ze sprzężeniem zwrotnym. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien potrafić zbadać stabilność układu sterowania z wykorzystaniem dowolnej metody.                                                                                                                              |
| W_07 | <b>Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wyjaśnić metodę badania stabilności liniowych układów sterowania według Lapunowa oraz opisać metodę badania stabilności według Lapunowa – Krasowskiego (układy nieliniowe stacjonarne). Student potrafi wymienić warunki, dla których układ będzie stabilny asymptotycznie. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien potrafić zbadać stabilność prostego układu, stosując drugą metodę Lapunowa. |
| W_08 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien zdefiniować pojęcie regulatora. Student powinien znać podstawowe typy regulatorów oraz dla każdego typu przedstawić i opisać równanie oraz transmitancję. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student powinien dodatkowo umieć dopasować odpowiedni typ regulatora do funkcji, jaką ma pełnić np. w urządzeniu.                                                                                                              |
| W_09 | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien zdefiniować liniowy układ automatycznego sterowania z czasem ciągłym oraz z czasem dyskretnym. Student powinien przedstawić schemat układu automatycznej regulacji. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo potrafi wyjaśnić funkcje, pełniące przez elementy UAR oraz podać przykłady zastosowań tego typu układów.                                                                                                                                                    |
| W_10 | <b>Egzamin, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wyjaśnić zasadę działania regulatora średnio – kwadratowego oraz opisywać zasadę działania układów sterowania optymalnego. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo potrafi omówić zasadę doboru parametrów regulatora liniowo – kwadratowego.                                                                                                                                                            |
| W_11 | <b>Egzamin</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien przedstawić schemat układu sterowania minimalno – czasowego i dokonać jego krótkiej charakterystyki. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien zaprezentować oraz wyjaśnić zasadę Bellmana oraz zasadę maksimum Pontriagina.                                                                                                                                                                                                                                     |
| W_12 | <b>Zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wyjaśnić zasadę działania oraz sposób modelowania filtra Kalmana w połączeniu z regulatorem LQR z użyciem pakietu Matlab. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien wykorzystać regulator LQG do sterowania układem regulacji o złożonej strukturze.                                                                                                                                                       |
| U_01 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań</b><br>Student, aby uzyskać ocenę dobrą, powinien wykorzystywać podstawowe polecenia w celu napisania prostego skryptu do przeprowadzenia analizy i syntezy układów w dziedzinie częstotliwości. Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo tworzy rozbudowane                                                                                                                                                                                                     |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | skrypty, analizuje otrzymane wyniki oraz poprawia ewentualnie powstałe błędy.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| U_02 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby otrzymać ocenę dobrą, buduje proste skrypty, w celu przebadania stabilności układu sterowania. Student wykorzystuje do pisania skryptów m.in. poleceń: <i>margin</i> , <i>rlocfind</i> , <i>round</i> . Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo buduje bardziej rozbudowane skrypty, analizując przy tym powstałe wyniki oraz wykorzystuje twierdzenie Kudrewicza. |
| U_03 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby otrzymać ocenę dobrą, używa poznanych funkcji (m.in. <i>place</i> , <i>rlocus</i> ) w celu zaprojektowania układu automatycznej regulacji, gdzie regulator opisany jest w postaci macierzowo – wektorowej. Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo buduje bardziej rozbudowane skrypty.                                                                            |
| U_04 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań, zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student, aby otrzymać ocenę dobrą, potrafi budować proste skrypty w celu zaprojektowania regulatora liniowo – kwadratowego, wykorzystując przy tym m.in. polecenia <i>canon</i> oraz <i>lqr2</i> . Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student posiada szerszą wiedzę z zakresu projektowania regulatorów liniowo – kwadratowych.                                                             |
| U_05 | <b>Egzamin, zaliczenie laboratoriów na podstawie wykonywanych zadań</b><br>Student, aby otrzymać ocenę dobrą, buduje podstawowy układ minimalno – czasowy regulacji. Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo wykorzystuje większą ilość funkcji, dzięki którym tworzy bardziej rozbudowane skrypty, podczas projektowania układu minimalno - czasowego.                                                                                                                                                                   |
| U_06 | <b>Zaliczenie projektu na podstawie otrzymanej pracy projektowej</b><br>Student na ocenę dobrą, potrafi zaprojektować obserwator stanu dla prostego układu regulacji. Aby otrzymać ocenę bardzo dobrą, student posiada umiejętność projektowania obserwatora stanu dla wybranego (również złożonego) układu regulacji.                                                                                                                                                                                                               |
| K_01 | <b>Obserwacja postawy studenta podczas ćwiczeń laboratoryjnych</b><br>Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student powinien rozumieć potrzebę ciągłego uzupełniania wiedzy z zakresu podstaw informatyki i na bieżąco ją wzbogacać. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student powinien dodatkowo wyróżniać się pod tym względem na tle grupy.                                                                                                                                                                                               |
| K_02 | <b>Obserwacja postawy studenta podczas ćwiczeń laboratoryjnych</b><br>Aby uzyskać ocenę dobrą, student powinien mieć świadomość ważności posiadanej wiedzy. Powinien rozumieć pozatechniczne aspekty i skutki działalności w obszarze podstaw informatyki. Aby uzyskać ocenę bardzo dobrą, student dodatkowo powinien umieć identyfikować powiązania pomiędzy różnymi zagadnieniami z zakresu podstaw informatyki. Powinien ponadto wskazywać sposoby rozwiązywania zadań niestandardowych.                                          |

**D. NAKŁAD PRACY STUDENTA**

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

**E. LITERATURA**

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykaz literatury | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Greblicki W., Teoretyczne podstawy automatyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.</li> <li>2. Kaczorek T., Teoria sterowania i systemów, PWN, Warszawa, 1999.</li> <li>3. Mazurek J., Vogt H., Zydanowicz W., Podstawy automatyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.</li> <li>4. Pełczewski W., Teoria sterowania. Ciągłe stacjonarne układy liniowe, WNT, Warszawa, 1980.</li> <li>5. Söderström T., Stoica P., Identyfikacja systemów, WNT, Warszawa, 1997.</li> <li>6. Amborski K., Marusak A., Teoria sterowania w ćwiczeniach, PWN, Warszawa, 1978.</li> <li>7. Brzózka J., Ćwiczenia z automatyki w Matlabie i Simulinku, Wydawnictwo</li> </ol> |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | <p>Mikom, Warszawa, 1997.</p> <p>8. Thaler G. J., Pastel M. P., Nieliniowe układy automatycznego sterowania analiza i projektowanie, WNT, Warszawa, 1965.</p> <p>9. Wiszniewski A. i in., Podstawy automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2000.</p> <p>10. Zalewski A., Cegiela R., Matlab — obliczenia numeryczne i ich zastosowania, Wydawnictwo Nakom, Poznań, 1997.</p> <p>11. Żuchowski A., Metoda doboru nastaw regulatora PID uwzględniająca postulowany zapas stabilności modułu i fazy, Pomiary Automatyka Kontrola, str. 11—13, Nr 1/2004.</p> |
| Witryna WWW modułu/przedmiotu |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |