

## Laboratorium Automatyki i Regulacji Automatycznej 1 AiRA 1 21: Stabilność UAR

Stabilność układu automatycznej regulacji jest warunkiem koniecznym aby układ mógł być zastosowany praktycznie.

*Układ nazywamy **stabilnym** jeśli przy dowolnych warunkach początkowych po doprowadzeniu do wejścia dowolnego **skończonego sygnału wymuszającego** na wyjściu układu otrzymujemy **skończony sygnał odpowiedzi**.*

Definiuje się również stabilność asymptotyczną.

*Układ nazywamy **stabilnym asymptotycznie** jeśli przy dowolnych warunkach początkowych **po ustaniu wymuszenia** sygnał wyjściowy **dąży do zera** przy czasie obserwacji dążącym do nieskończoności.*

Rozważmy układ opisany transmitancją operatorową

$$G(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0} \quad (1)$$

Równanie charakterystyczne uzyskujemy przyrównując do zera mianownik transmitancji

$$a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 = 0 \quad (2)$$

Warunkiem koniecznym stabilności układu jest aby części rzeczywiste wszystkich pierwiastków równania charakterystycznego (inaczej biegunów transmitancji) były mniejsze od zera.

Graficzna interpretacja mówi, że wszystkie bieguny transmitancji operatorowej układu muszą leżeć w lewej półpłaszczyźnie zmiennej zespolonej  $s$ .

Do określenia stabilności układu nie jest konieczna znajomość wartości biegunów transmitancji (pierwiastków równania charakterystycznego) a jedynie znak ich części rzeczywistej.

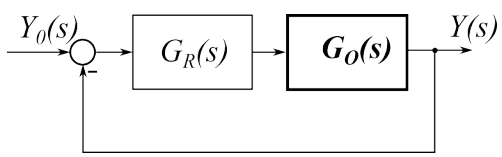
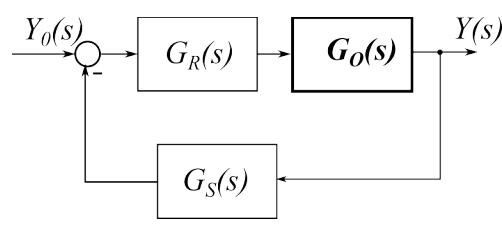
Metody badania (kryteria) stabilności

1. Kryteria analityczne: Hurwitza, Routha
2. Kryteria analityczno/graficzne: Nyquista

pozwalają zbadać stabilność bez wyznaczania wartości pierwiastków równania charakterystycznego.

Zadania do wykonania

Dla układu/układów podanych przez prowadzącego

<p>A)</p> 	<p>1) <math>G_O(s) = \frac{3}{s^3 + 4s^2 + 7s + 4}</math> <sup>(6E*)</sup></p> <p>2) <math>G_O(s) = \frac{2}{s^3 + 3s^2 + 7s + 5}</math> <sup>(6F*)</sup></p>
<p>B)</p> 	<p>1) <math>G_O(s) = \frac{2}{s^2 + 3s + 4}</math>, <math>G_S(s) = \frac{1}{s + 1}</math></p> <p>2) <math>G_O(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 5}</math>, <math>G_S(s) = \frac{1}{s + 1}</math></p>
$G_R(s) = k_p$	

1. Wyznaczyć graniczną wartość wzmocnienia regulatora  $k_{pkr}$  wykorzystując kryterium Hurwitza/Nyquista
2. Zbudować w LabVIEW układ do symulacji oraz testowania stabilności
  1. Wykorzystać bloki CD Construct Transfer Function Model, CD Construct PID Model (Control & Simulation → Control Design → Model Construction)
    1. do obiektu  $G_O$  dodać zadajniki: licznika i mianownika
    2. regulator  $G_R$  ustawić w tryb Academic oraz dodać przynajmniej jeden zadajnik  $K_p$
  2. przy pomocy CD Series (Control & Simulation → Control Design → Model Interconnection) połączyć szeregowo regulator i obiekt
  3. Na bazie uzyskanego w poprzednim punkcie układu otwartego utworzyć układ zamknięty przy pomocy
    1. CD Unit Feedback (Control & Simulation → Control Design → Model Interconnection) dla układu o sztywnym sprzężeniu zwrotnym
    2. CD Feedback (Control & Simulation → Control Design → Model Interconnection) dla układu zawierającego w pętli sprzężenia dodatkowy blok  $G_S$
  4. Wartości biegunów układu zamkniętego można uzyskać różnymi metodami
    1. Sposób pośredni
      1. dokonać konwersji modelu transmitancyjnego do postaci ZPK przy pomocy bloku CD Convert To Zero-Pole-Gain Model (Control & Simulation → Control Design → Model Conversion) podłączonego do wyjścia modelu
      2. dane zwracane przez konwerter modeli w postaci klastra rozpakować przy pomocy Unbundle By Name → (Cluster, Class & Variant)

3. do pola zero-pole-gain(s) dołączyć domyślny wskaźnik
2. Sposób bezpośredni 1 (wartości biegunów)
  1. do wyjścia modelu podłączyć blok CD Poles (Control & Simulation → Control Design → Dynamics Characteristics)
  2. dodać do jego wyjść domyślne wskaźniki
3. Sposób bezpośredni 2 (wartości biegunów oraz prezentacja graficzna)
  1. do wyjścia modelu podłączyć blok CD Pole-Zero Map (Control & Simulation → Control Design → Dynamics Characteristics)
  2. dodać do niego domyślne wskaźniki
5. Dla układu otwartego wykreślić ch-kę Nyquista
  1. do wyjścia układu podłączyć CD Nyquist (Control & Simulation → Control Design → Frequency Response)
  2. do wyjścia dodać domyślny wskaźnik
  3. Opcjonalnie do terminala Frequency Range bloku CD Nyquist można podłączyć stałą (Create → Constant) i zdefiniować zakres pulsacji dla jakich sporządzana jest charakterystyka  $(0, +\infty)$  zamiast standardowego zakresu  $(-\infty, +\infty)$
6. Dla układu otwartego wykreślić ch-ki Bodego: amplitudową i fazową
  1. do wyjścia układu podłączyć CD Bode (Control & Simulation → Control Design → Frequency Response)
  2. do wyjścia dodać domyślne wskaźniki
3. Wykonać symulacje dla wartości  $k_p$  równej
  1.  $0,75 k_{pkr}, 0,95 k_{pkr}, k_{pkr}, 1,05 k_{pkr}$
  2. lub/i innych podanych przez prowadzącego
4. Zaobserwować a następnie zanotować/naszkcicować w poniższej tabeli
  1. W kolumnie Bieguny zanotować wartości biegunów układu zamkniętego
  2. W kolumnie Ch-k skokowa/ Ch-ka Nyquista naszkicować
    1. charakterystykę skokową układy zamkniętego
    2. charakterystykę Nyquista ze szczególnym uwzględnieniem jej przebiegu w okolicy punktu  $(-1, j0)$

W powyższych punktach można zamieścić zrzut fragmentu ekranu
3. Na charakterystyce
  1. Bodego fazowej odczytać pulsację odcięcia fazy  $\omega_p$  dla której układ wprowadza przesunięcie fazy o  $\pi/2$  ( $180^\circ$ ) a następnie na charakterystyce amplitudowej odczytać wartość wzmocnienia  $Lm(\omega_p)$ .
  2. Bodego amplitudowej odczytać pulsację odcięcia wzmocnienia  $\omega_g$  dla której układ ma wzmocnienie równe 1 a następnie na charakterystyce fazowej odczytać wartość przesunięcia fazowego  $\varphi(\omega_g)$ .

Do realizacji powyższych punktów należy wykorzystać kursory

KAiM

Lp.	$k_p$	Bieguny	Ch-ka skokowa/Ch-ka Nyquista	Ch-ky Bodego
1				
2				

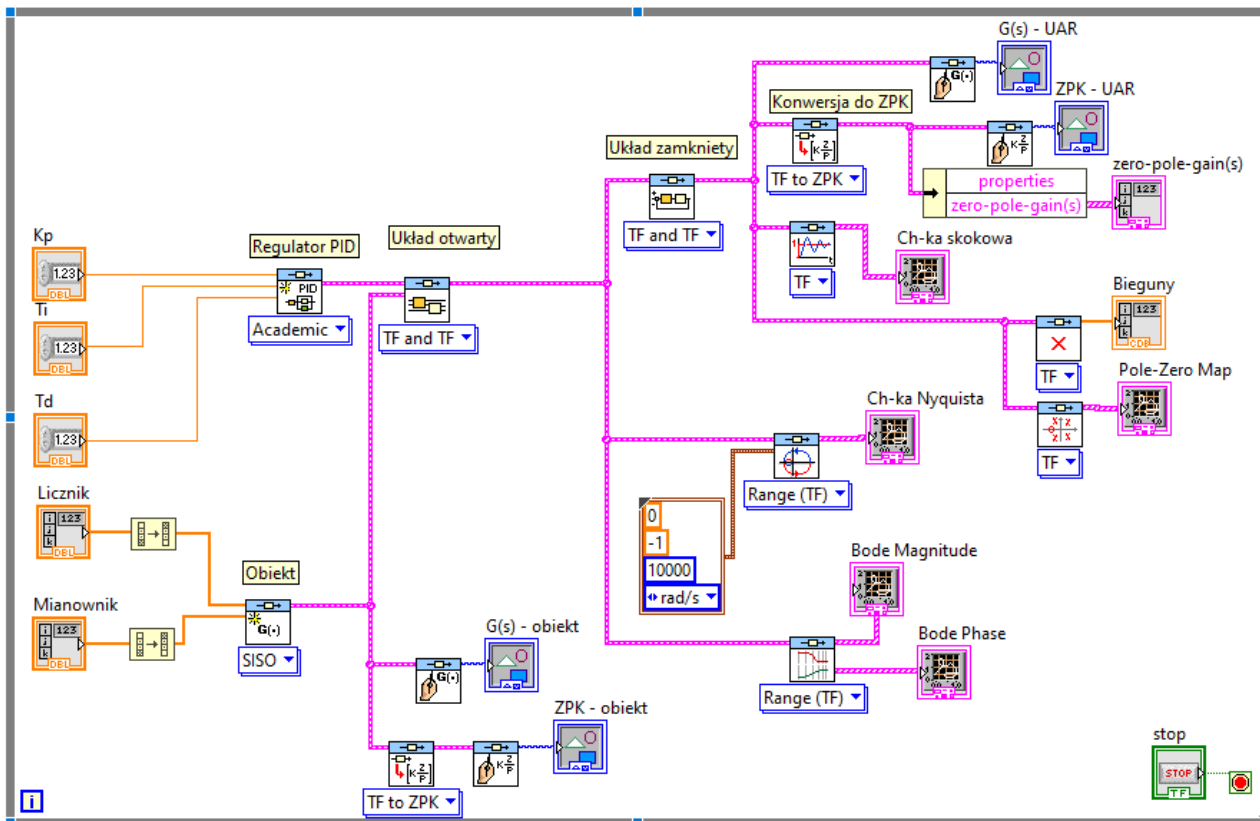
KAiM

Lp.	$k_p$	Bieguny	Ch-ka skokowa/Ch-ka Nyquista	Ch-ky Bodego
3				
4				

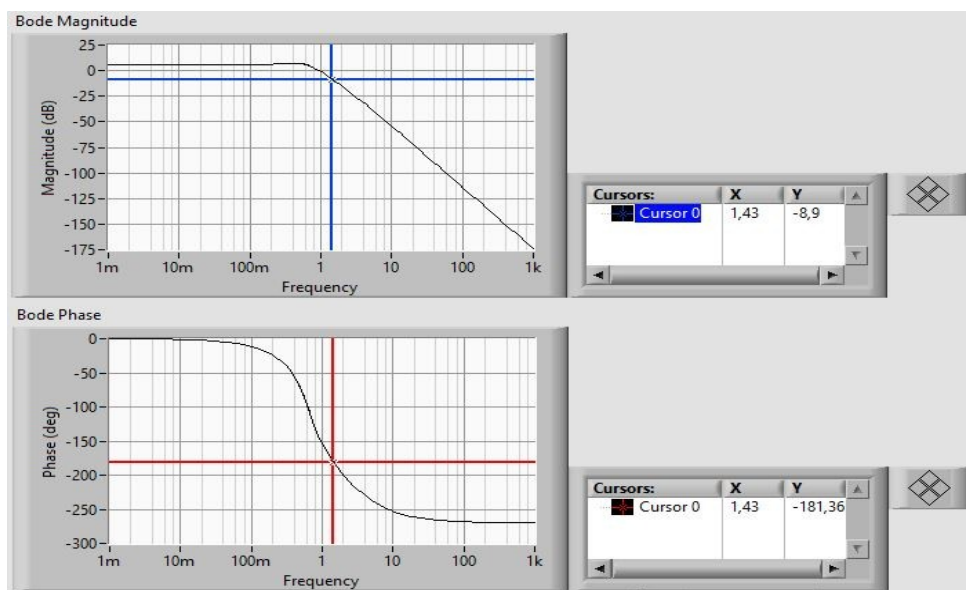
Wnioski w sprawozdaniu powinny zawierać między innymi odpowiedzi na poniższe pytania

Jak w poszczególnych badanych przypadkach

1. zmienia się odpowiedź skokowa układu?
2. zmieniają się wartości biegunów?
3. zmienia się przebieg charakterystyki Nyquista układu otwartego?
4. zmienia się przebieg charakterystyk Bodego?



Rys. 1: Wygląd okna Block diagram



Rys. 2: Wykorzystanie kursorów