

## Temat ćwiczenia nr 2:

### Własności eksploatacyjne (wskaźniki jakości) układów regulacji.

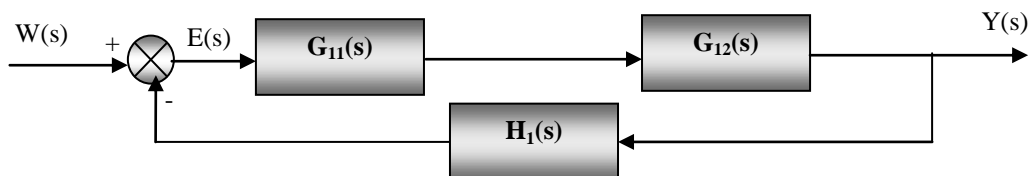
Celem ćwiczenia jest: zbadanie wpływu zakłóceń w układzie regulacji na jego własności eksploatacyjne tj. uchyb statyczny, przeregulowanie oraz czas regulacji przy dwóch zadanych odchyleniach regulacji  $dr1$  i  $dr2$ .

**Zadanie należy wykonać w czasie zajęć laboratoryjnych i wysłać dokumentację z przebiegu ćwiczenia (wypełniony szablon do ćwiczenia nr 2) na UPEL (wyłącznie ta praca będzie podstawą do oceny tego ćwiczenia).**

**Zaliczenie punktów 2.1, 2.2, 2.3 i 2.4** wymaga wykonania symulacji układu złożonego z elementów wygenerowanych przez skrypt na UPEL bez oraz z uwzględnieniem zakłóceń we wskazanych miejscach w układzie, w pakiecie MATLAB/Simulink, wykreślenia charakterystyk skokowych, odczytania własności eksploatacyjnych i przesłania wypełnionego szablonu do ćwiczenia nr 2 (plik pdf) przez zadanie *Ćwiczenie nr 2* na UPEL (w trakcie trwania zajęć). Wszystkie zakłócenia mają charakter skoku jednostkowego o amplitudzie  $A_z$  wygenerowanej losowo w skrypcie na UPEL i do układu „wchodzą” ze znakiem „-”. Wymuszenie jest skokiem o amplitudzie równej 1.

#### 2.1. Wyznaczenie własności eksploatacyjnych układu, na który nie działają żadne zakłócenia.

W pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 2.1. Transmitancje elementów układu zostaną wygenerowane losowo w zakładce *Ćwiczenie nr 2 – wskaźniki jakości regulacji* (fragment skryptu już napisany)



Rys.2.1. Schemat blokowy układu regulacji.

Zakładamy, że sygnałem wmuszającym jest sygnał skokowy o amplitudzie równej 1.

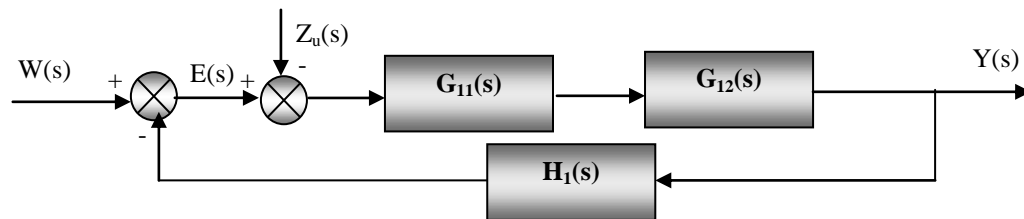
W ramach realizacji tego etapu ćwiczenia należy przeprowadzić symulację i dla wygenerowanych transmitancji  $G11(s)$ ,  $G12(s)$ ,  $H1(s)$  i odchylen regulacji  $dr1$  i  $dr2$  a następnie wyznaczyć (uzupełnić wiersz nr 1 w tabeli 2.1):

- $es$  – uchyb statyczny;
- $k$  – przeregulowanie (wyrażone w %);
- $tr1$ ,  $tr2$  – czasy regulacji odpowiednio dla odchylenia regulacji  $dr1$  i  $dr2$ .

#### 2.2. Wyznaczenie własności eksploatacyjnych układu, na który działa zakłócenie przed obiektem.

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 2.2 (transmitancje elementów wchodzących w skład układu, odchylenia regulacji  $dr1$  i  $dr2$  oraz sygnał wymuszający mają być identyczne jak w punkcie 2.1. Zakłócenie ma być

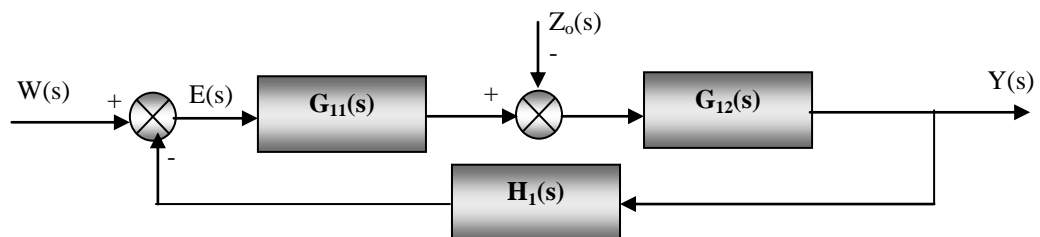
skokiem jednostkowym o amplitudzie  $A_z$  wygenerowanym w skrypcie na UPEL). Odczytane wartości wpisać do tabeli 2.1 (wiersz nr 2).



Rys.2.2. Schemat blokowy układu regulacji.

### 2.3. Wyznaczenie własności eksploatacyjnych układu, na który działa zakłócenie w obiekcie.

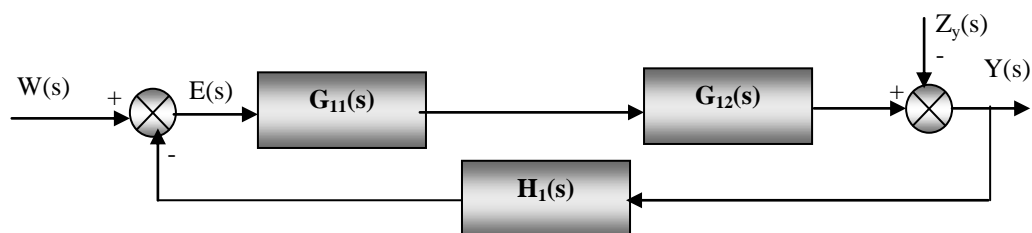
Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 2.3 (transmitancje elementów wchodzących w skład układu, odchylenia regulacji  $dr1$  i  $dr2$  oraz sygnał wymuszający mają być identyczne jak w punkcie 2.1. Zakłócenie ma być skokiem jednostkowym o amplitudzie  $A_z$  wygenerowanym w skrypcie na UPEL). Odczytane wartości wpisać do tabeli 2.1 (wiersz nr 3).



Rys. 2.3. Schemat blokowy układu.

### 2.4. Wyznaczenie własności eksploatacyjnych układu, na który działa zakłócenie za obiektem.

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 2.4 (transmitancje elementów wchodzących w skład układu, odchylenia regulacji  $dr1$  i  $dr2$  oraz sygnał wymuszający mają być identyczne jak w punkcie 2.1. Zakłócenie ma być skokiem jednostkowym o amplitudzie  $A_z$  wygenerowanym w skrypcie na UPEL). Odczytane wartości wpisać do tabeli 2.1 (wiersze nr 4).



Rys.2.4. Schemat blokowy układu regulacji.

## 2.5. Opracowanie wyników

W celu zaliczenia ćwiczenia nr 2 należy wypełnić (w trakcie trwania ćwiczeń) zamieszczony na UPEL szablon. Wyznaczone wielkości należy zapisać w tabeli 2.1. i na ich podstawie sformułować wnioski dotyczące wpływu miejsca występowania zakłóceń w układzie na własności eksploatacyjne tego układu. Plik z wypełnionym szablonem należy umieścić jako odpowiedź na zadanie *Ćwiczenie nr 2* na UPEL (w czasie trwania laboratorium).

Tabela 2.1.

Lp.	Az=			$G_{11}(s) =$  $G_{12}(s) =$  $H_1(s) =$							
				$e_s$	c0	c1	k[%]	dr1	$t_{r1}$	dr2	$t_{r2}$
1.	-	-	-								
2.	x	-	-								
3.	-	x	-								
4.	-	-	x								

c0 – maksymalna amplituda,  
c1 – następna amplituda po maksymalnej.

### Zasady tworzenia schematów w Symulinku:

1. Uruchomić pakiet Matlab.
2. Uruchomić Simulink pisząc słowo simulink w oknie komend Matlaba lub naciskając na pasku odpowiedni przycisk (ten najbardziej kolorowy).
3. Na monitorze powinno pojawić się okno, w którym klikając (lewa część okna) na *Continuous*, *Discontinuities*, *Discrete* itd. w prawej części okna wyświetlane są symbole dostępnych w danej grupie elementów.
4. W ćwiczeniu będą wykorzystywane następujące elementy:
  - z *Continuous* (elementy liniowe): *TransferFcn* (transmitancja operatorowa mająca dwa parametry – wektor odpowiadający wielomianowi licznika transmitancji oraz wektor odpowiadający wielomianowi mianownika transmitancji. **Uwaga:** przez wektor

odpowiadający wielomianowi rozumie się wektor współczynników wielomianu przy kolejnych potęgach wielomianu. Np. wielomianowi  $4s^4 - 3s^3 + s + 8$  odpowiada wektor [4,-3,0,1,8].

- z *Math Operations* (funkcje matematyczne): *Sum* (sumator)
  - *Signal Routing* (sygnały „kierowania ruchu”): *Mux* (multiplexer).
  - *Sinks* (urządzenia wyjściowe): *Scope* (oscylloskop). Po wykonaniu symulacji otwiera się nowe okno z przebiegami sygnałów. Najważniejsze informacje to: naciśnięcie przycisku z lornetką powoduje autoskalowanie, kliknięcie prawym klawiszem wewnątrz okna powoduje rozwinięcie menu, gdzie można wybrać np. *Axes properties* (parametry osi) i np. zawęzić obszar obserwacji na wykresie.
  - *Sources* (źródła): *Step* (skok jednostkowy). Najważniejsze parametry to: *Step time* – czas, po którym ma nastąpić skok (opóźnienie), *Initial value* – wartość, od której następuje skok, *Final value* – wartość, do której następuje skok.
5. Aby utworzyć schemat układu należy przycisnąć na pasku w oknie simulinka pierwszy przycisk (tworzenie nowego modelu). Na monitorze powinno otworzyć się nowe okno „untitled”.
  6. Następnie należy okna: Simulink’a i untitled przesunąć na monitorze w ten sposób, aby oba jednocześnie były widoczne.
  7. Do okna untitled należy przeciągnąć z okna Simulinka wszystkie potrzebne do budowania schematu elementy (patrz punkt 4).
  8. Jeżeli jakiś elementów powinno być kilka (np. sumatorów), to można w oknie untitled „rozmnażać” już przeciągnięte elementy przez przeciąganie ich **prawym klawiszem** w inne miejsce w tym oknie.
  9. Kolejnym krokiem jest ustawienie elementów w kolejności zgodnej ze schematem blokowym układu regulacji z ćwiczenia (blozki nie powinny się stykać, muszą być między nimi przerwy). Na wyjściu układu powinien znaleźć się multiplexer, a za nim oscyloskop . Układ taki pozwoli na obserwowanie jednocześnie kilku sygnałów na jednym oscyloskopie (symulacja oscyloskopu wielokanałowego).
  10. Łączenie poszczególnych elementów polega na przeciąganiu myszy między odpowiednimi wypustkami w elementach (lewy klawisz wciśnięty). Połączyć można również wypustkę z linią (wygodniej jest wtedy zacząć łączenie od wypustki, niezależnie od kierunku sygnału). Linie można tworzyć etapami tzn. narysować odcinek, przerwać rysowanie, najechać myszą na koniec odcinka i kontynuować rysowanie (można w ten sposób uzyskać np. linię załamującą się pod kątem prostym).
  11. Do multipleksera (w wykonywanym ćwiczeniu) powinno doprowadzić się trzy sygnały: wejścia, wyjścia i uchybu (jeżeli ilość wejść jest za mała, należy dwa razy kliknąć na elemencie *Mux* (otworzy się okno z parametrami) i ustawić odpowiednią liczbę wejść.
  12. Błędnie wprowadzone elementy, linie można usunąć zaznaczając dany element i wciskając klawisz *Delete*.
  13. Każdy element ma parametry, które można ustawiać po podwójnym kliknięciu na danym elemencie (otworzy się wtedy okno z parametrami elementu).
  14. Czas symulacji definiuje się wybierając w oknie untitled, w menu opcję *Simulation*, a w niej parametry symulacji. Czas symulacji ustawia się w polu *Stop time*.
  15. Schemat dobrze jest zapamiętać (najlepiej na swoim dysku G:/ w katalogu Matlab- jeżeli nie ma to proszę utworzyć).

16. Symulację przeprowadza się wybierając w oknie (gdzie mamy schemat układu), w menu opcję *Simulation*, a w niej *Start*.

**Proponowana metoda odczytywania czasu regulacji przy zadanym odchyleniu regulacji.**

Po wykonaniu symulacji, w oknie, gdzie znajduje się przebieg sygnału wyjściowego należy zawęzić skalę na osi y (patrz punkt 4) w następujący sposób:  $y_{\min} = y_{\text{ust}} - \Delta r$  oraz  $y_{\max} = y_{\text{ust}} + \Delta r$ , gdzie  $y_{\text{ust}}$  - wartość ustalona sygnału wyjściowego,  $\Delta r$  – obliczone dla konkretnego przypadku odchylenie regulacji. Wiedząc, że  $\Delta r$  jest to amplituda oscylacji, poniżej której uznajemy, że oscylacje są na tyle małe, że można je pominąć, **czas regulacji** można wyznaczyć jako czas, po którym amplituda oscylacji przebiegu (u nas wyjściowego) ostatni raz osiągnęła wartość  $\Delta r$  (moment, po którym oscylacje będą zawierać się w naszym zawężonym przedziale).