

Zad. 3.

Zaprojektuj układ regulacji stałowartościowej poziomu cieczy w dolnym zbiorniku (h_3) w układzie kaskady zbiorników przedstawionym na poniższym rysunku. Zastosuj regulator typu PID. Nominalny poziom cieczy w zbiorniku dolnym wynosi 11.5 m.

Specyfikacja

$$S_1 = 1 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 1.5 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 1.5 \text{ m}^2$$

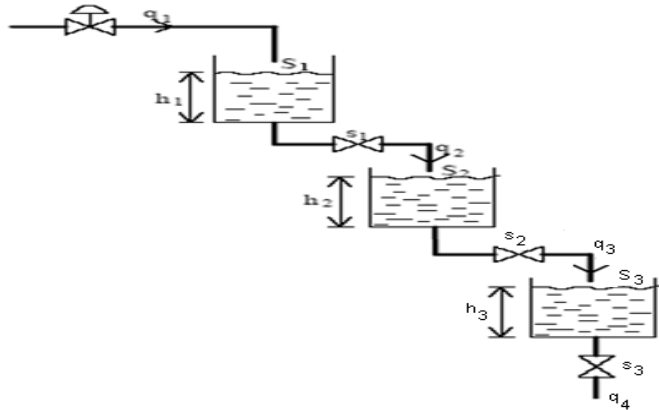
$$\bar{q}_1 = 0.3 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$\bar{h}_3 = 11.5 \text{ m.}$$

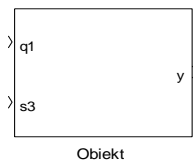
$$\bar{s}_1 = 0.02 \text{ m}^2$$

$$\bar{s}_2 = 0.03 \text{ m}^2$$

$$\bar{s}_3 = 0.02 \text{ m}^2$$



Sygnał sterujący generowany przez regulator [zakres $\langle 0, 1 \rangle$] odpowiada liniowo przepływowi q_1 [zakres $\langle 0, 1 \rangle$ m³/s]. Instalacja jest wyposażona w ciągły sygnał (y) pomiaru wysokości cieczy w zbiorniku dolnym [zakres $\langle 0, 10 \rangle$ V] odpowiadający liniowo wysokości cieczy (h_3) [zakres $\langle 0, 20 \rangle$ m]. Zawór wyjściowy s_3 może być sterowany w trybie ręcznym za pomocą sygnału s_3 [zakres $\langle 0, 1 \rangle$] odpowiadającemu liniowo polu przekroju otwarcia zaworu w zakresie $\langle 0, 1 \rangle$ m². Projektowany regulator nie ma wpływu na stopień otwarcia zaworu wyjściowego. Układ pomiarowo-sterujący pracuje z cyklem 1 sekunda. Eksperymenty dla obiektu mogą być przeprowadzone za pomocą poniższego bloku Simulink.



Wyznaczenia parametrów modelu transmitacyjnego należy dokonać za pomocą 2 punktów pomiarowych. Regulator należy dobrać na podstawie metody tabelarycznej. Należy zastosować „typowy” regulator stosowany dla przyjętego modelu obiektu (wykład).

W przypadku konieczności zastosowania regulatora PID, w projekcie Simulink należy zastosować blok z rzeczywistym różniczkowaniem. Na podstawie założonej wartości współczynnika $F=8$ należy wyznaczyć parametr N bloku PID z zależności: $N=F/Td$.

Główne wyniki prac poddawane ocenie:

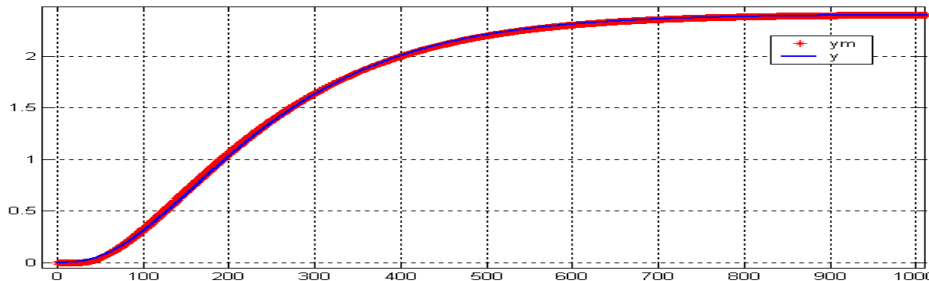
- 1) uzyskany wzór modelu transmitacyjnego obiektu – identyfikacja przeprowadzona dla 10% zwiększenia sygnału sterującego w punkcie pracy układu
- 2) wykres obrazujący porównanie wyników zarejestrowanej odpowiedzi obiektu i przyjętego modelu
- 3) wzór przyjętego regulatora (wskazanie zastosowanych wzorów z metody tabelarycznej) oraz wartości jego nastaw wyznaczone z metody tabelarycznej oraz przeliczone wartości nastaw dla bloku regulatora stosowanego w Simulink
- 4) projekt Simulink umożliwiający przeprowadzenie (w jednej symulacji w kolejności podanej poniżej) następujących eksperymentów dla układu regulacji automatycznej:
 - 4.1) doprowadzenie układu do punktu pracy
 - 4.2) skokowe zwiększenie wartości zadanej o 10% w stosunku do wartości odpowiadającej punktowi pracy
 - 4.3) wprowadzenie skokowej zmiany zakłócenia za pomocą otwarcia zaworu wyjściowego w zakresie o 10% większym niż w stanie nominalnym
- 5) dodatkowo oceniający może poprosić o pokazanie i omówienie wykorzystywanego do rozwiązania problemu programu dla pakietu Matlab

Wyniki do oceny – Zad 3

- 1) uzyskany wzór modelu transmitancyjnego obiektu - występuje punkt przeięcia ! Współczynnik dla punktu przeięcia = 0.2963 > 26% => model: **podwójna inercja z opóźnieniem**

$$G(s) = \frac{H3(s)}{Q1(s)} = \frac{80.2780}{(116.0606s + 1)^2} e^{-26.4879s}$$

- 2) wykres obrazujący porównanie wyników odpowiedzi obiektu i przyjętego modelu



- 3) wzór przyjętego regulatora oraz wartości jego nastaw wyznaczone z metody tabelarycznej oraz przeliczone wartości nastaw dla bloku regulatora stosowanego w Simulink

Metoda tabelaryczna – „bezpieczne nastawy”

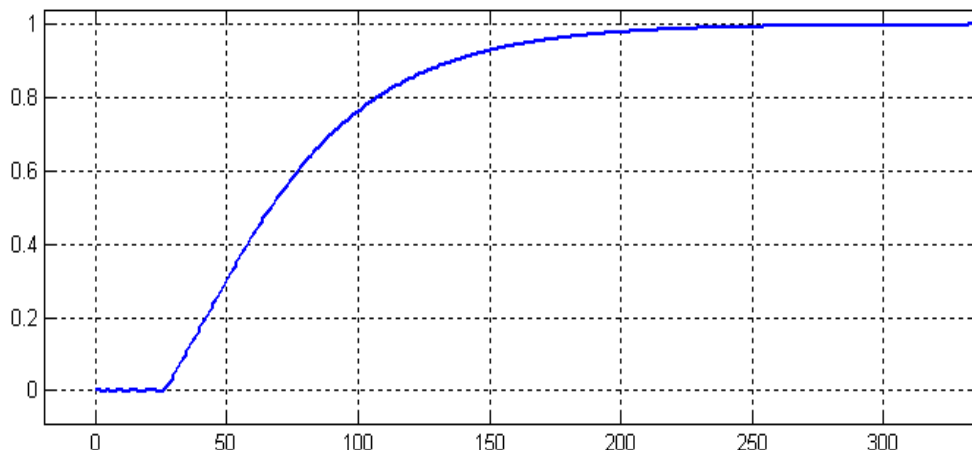
	Obiekt		Regulator	Nastawy			Czas regulacji t_r
	Nazwa	Transmitancja		k_p	T_i	T_d	
7	Podwójna inercja z opóźnieniem	$\frac{k_o}{(Ts+1)^2} e^{-\tau s}$	PID	$0.68 \frac{T}{k_o \tau}$	$2T$	$\frac{T_i}{4}$	7.2τ

$$PID = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) - k_p=0.0371, T_i=232.1212, T_d=58.0303, \quad tr=190 \text{ sek}$$

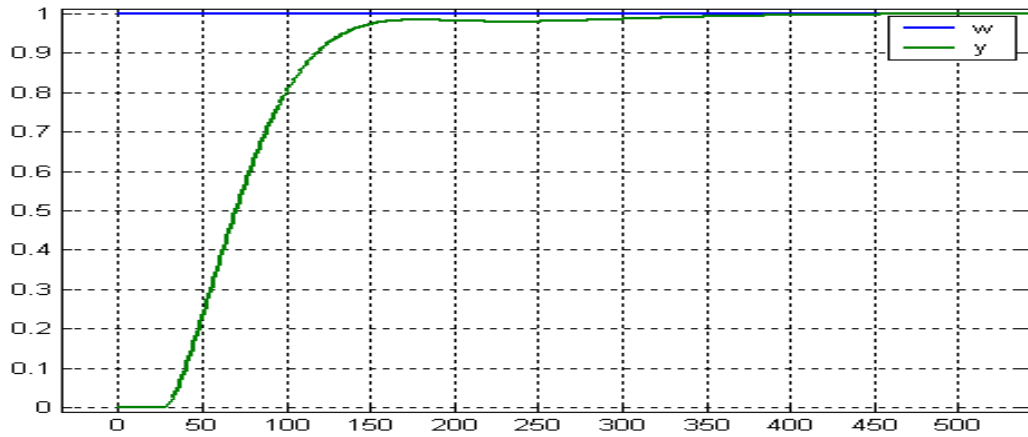
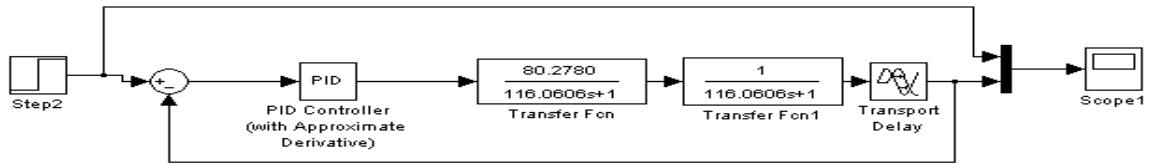
Simulink – blok z różniczkowaniem rzeczywistym ($F=8 \Rightarrow N=F/T_d$)

$$PID = P + \frac{I}{s} + \frac{Ds}{N^2 s + 1} - P=0.0371, I=1.5990e-004, D=2.1538, N=0.1379$$

Matlab – PID bez rzeczywistego różniczkowania



Simulink – PID z rzeczywistym różniczkowaniem



4) projekt Simulink umożliwiające przeprowadzenie (w jednej symulacji w kolejności podanej poniżej) następujących eksperymentów dla układu regulacji automatycznej:

- 4.1) doprowadzenie układu do punktu pracy
- 4.2) skokowe zwiększenie wartości zadanej o 10% w stosunku do wartości odpowiadającej punktowi pracy
- 4.3) wprowadzenie skokowej zmiany zakłócenia za pomocą otwarcia zaworu wyjściowego w zakresie o 10% większym niż w stanie nominalnym

