



POLITECHNIKA OPOLSKA
KATEDRA MECHANIKI I PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN

Symulacja systemów mechatronicznych

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

**Modelowanie układu regulacji
z regulatorem PID w module LabVIEW
Control Design and Simulation**

Opracował: Dr hab. inż. Roland Pawliczek

Opole 2022

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zachowaniem się układu regulacji z regulatorem typu PID, metodami doboru nastaw regulatora oraz badaniem ich wpływu na pracę układu.

2. Regulator proporcjonalno-całkująco-różniczkujący PID

Regulatory PID należą do najbardziej uniwersalnych. Człon P regulatora natychmiast wzmacnia odchyłkę regulacji tworząc sygnał sterujący. Człon I zmienia sygnał tak długo, aż odchyłka regulacji wyzeruje się. Człon D reaguje na zmiany wartości odchyłki w czasie (dla ustalonej wartości odchyłki człon D nie reaguje).

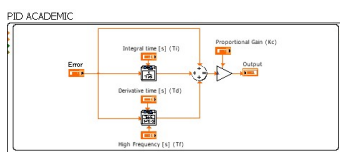
$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right),$$

gdzie K_p – wzmacnienie członu proporcjonalnego, T_i – stała czasowa całkowania, T_d – stała czasowa różniczkowania.

W wyniku sumowania sygnałów wyjściowych tych regulatorów uzyskuje się regulator uniwersalny, likwidujący bardzo dobrze zarówno zakłócenia krótko- jak i długotrwałe. Nie zaleca się jednak stosowania go w układach z silnymi szumami (krótkie, losowe zakłócenia np. przy regulacji poziomu cieczy), ze względu na możliwość wzmacniania tych szumów.

W zastosowaniach można spotkać różne konfiguracje regulatora PID różniące się między sobą postacią równań regulatora oraz interpretacją parametrów (nastaw) regulatora:

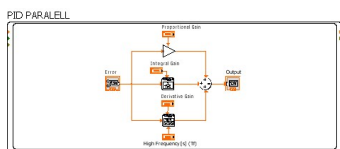
PID Academic:



$$K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

PID Academic

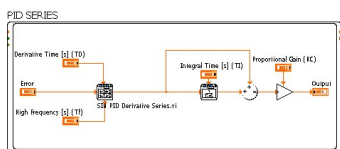
PID Parllel:



$$K_c + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

PID Parallel

PID Series:



$$K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) (1 + T_d s)$$

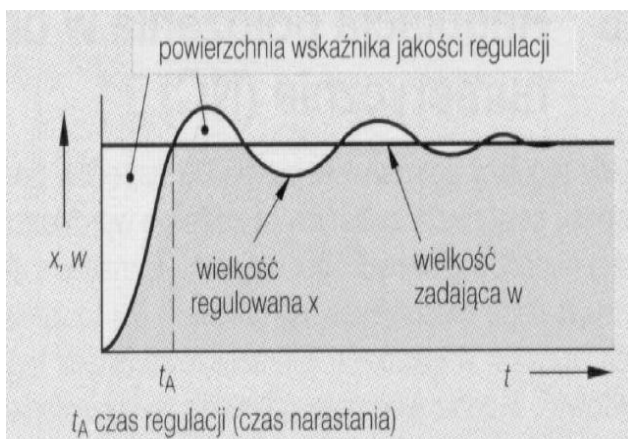
PID Series

przy czym

$$K_C = K_p \quad K_i = \frac{K_C}{T_i} \quad K_d = K_C \cdot T_d$$

3. Pobór nastaw regulatora PID

Od układu regulacji oczekuje się jak najszybszego osiągnięcia nowej wartości zadanej przez wartość rzeczywistą sygnału, pojawienie się jak najmniejszych przeregulowania i szybkie wytlumienie ewentualnych oscylacji w układzie:



czas narastania (regulacji) t_A – czas od chwili wymuszenia do chwili uzyskania wartości zadanej po raz pierwszy

czas ustalania t_U – czas od chwili podania wymuszenia do chwili uzyskania uchybu o wartości 10% wielkości zadanej

powierzchnia wskaźnika jakości regulacji – jest miarą jakości regulacji

Rys. Przebieg sygnału w układzie regulacji

Należy tak dobrać parametry regulatorów, aby powierzchnia wskaźnika regulacji była jak najmniejsza. Zbyt duże wartości wzmocnienia K_P i zbyt krótkie stałe czasowe całkowania T_I prowadzą do niestabilnej pracy układu regulacji. Tabela 1 przedstawia ogólny opis wpływu poszczególnych parametrów regulatora PID na odpowiedź zamkniętego układu regulacji.

Tabela 1. Wpływ parametrów regulatora PID na odpowiedź układu regulacji

	Czas narastania	Przeregulowanie	Czas ustalania	Uchyb w stanie ustalonym
K_P	Zmniejszenie	Zwiększenie	Mała zmiana	Zmniejszenie
K_I	Zmniejszenie	Zwiększenie	Zwiększenie	Eliminacja
K_D	Mała zmiana	Zmniejszenie	Zmniejszenie	Mała zmiana

Sterowanie proporcjonalne z nastawą K_P ma wpływ na zmniejszanie czasu narastania i będzie zmniejszało uchyb w stanie ustalonym, lecz nigdy nie będzie go eliminowało. Sterowanie całkujące z nastawą K_I ma wpływ na eliminowanie uchybu w stanie ustalonym, lecz pogarsza odpowiedź w stanie przejściowym. Sterowanie różniczkujące z nastawą K_D ma wpływ na zwiększenie stabilności układu, zmniejszając przeregulowanie i poprawiając odpowiedź przejściową.

Do doboru nastaw regulatora PID może być wykorzystana metoda eksperymentalna Zieglera i Nicholasa. Metoda ta opiera się na wyznaczaniu odpowiedzi układu regulacji na granicy stabilności i jej podstawą jest określenie krytycznego wzmocnienia, przy którym układ wpada w oscylacje o stałej amplitudzie. Wzmocnienie to może być znalezione eksperymentalnie, wymaga się wówczas zwiększania wzmocnienia w układzie zamkniętym aż na wyjściu pojawią się oscylacje o stałej amplitudzie. Jest to w niektórych zastosowaniach praktycznych bardzo niebezpieczna operacja. Jednak z wykorzystaniem symulacji komputerowych metoda ta może być skutecznie weryfikowana.

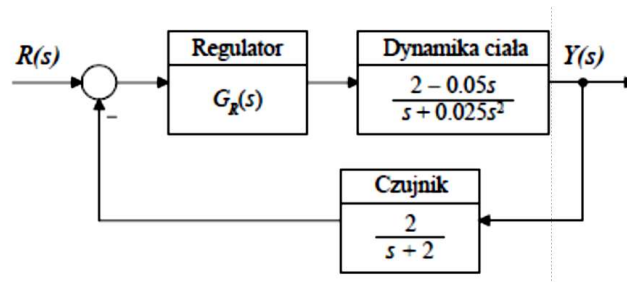
W celu wyznaczenia nastaw należy wykorzystać wzmocnienie K_P układu regulacji. Można to uzyskać wstawiając bardzo duże wartości czasu $T_I = \infty$ ($K_I = 0$) i $T_D = 0$ ($K_D = 0$). Następnie należy postępować według następujących kroków:

1. wybiera się regulator P i zmienia się wartość wzmocnienia K_P tak długo, aż wystąpią oscylacje niegasnące $\rightarrow K_{PKR}$
2. mierzy się okres tych oscylacji T_{OSC}
3. oblicza się nastawy regulatora:

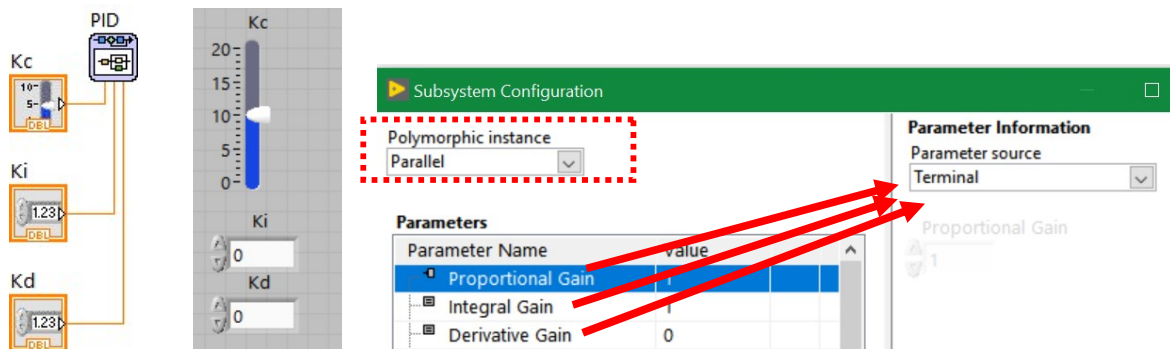
regulator P	$K_P = 0,50K_{PKR}$	
regulator PI	$K_P = 0,45K_{PKR}$	$T_I = 0,85T_{OSC}$
regulator PID	$K_P = 0,60K_{PKR}$	$T_I = 0,50T_{OSC}$ $T_D = 0,12T_{OSC}$

4. ZADANIE

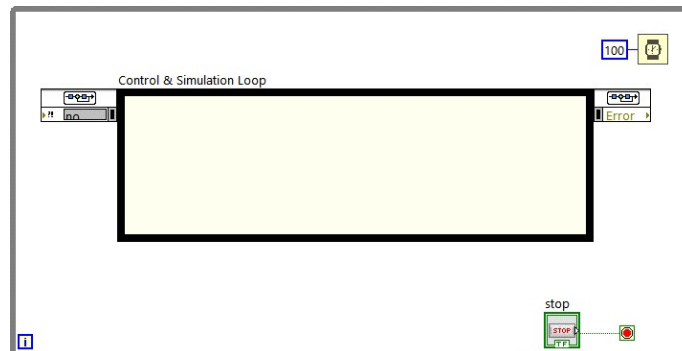
Wykorzystując moduł symulacyjny opracować program do symulacji układu regulacji w postaci:



Wskazówka: dla ułatwienia wyszukimania wzmocnienia krytycznego zaleca się ustawić *Parameter source=Terminal I* wygenerować kontrolki dla nastaw



a pętlę symulacyjną zamieścić w głównej pętli sterującej z czasem opóźnienia 100 ms :



W sprawozdaniu należy zamieścić:

1. Kod programu (Block Diagram)
2. Wyznaczoną wartość wzmocnienia krytycznego K_{pkr} oraz obliczone wartości nastaw dla regulatora typu P, PI, oraz PID.
3. Wygenerować i zapisać wykresy odpowiedzi skokowej dla układu regulacji z regulatorem P, PI oraz PID.
4. Opisać różnice i sformułować główne wnioski dotyczące wyników symulacji.