



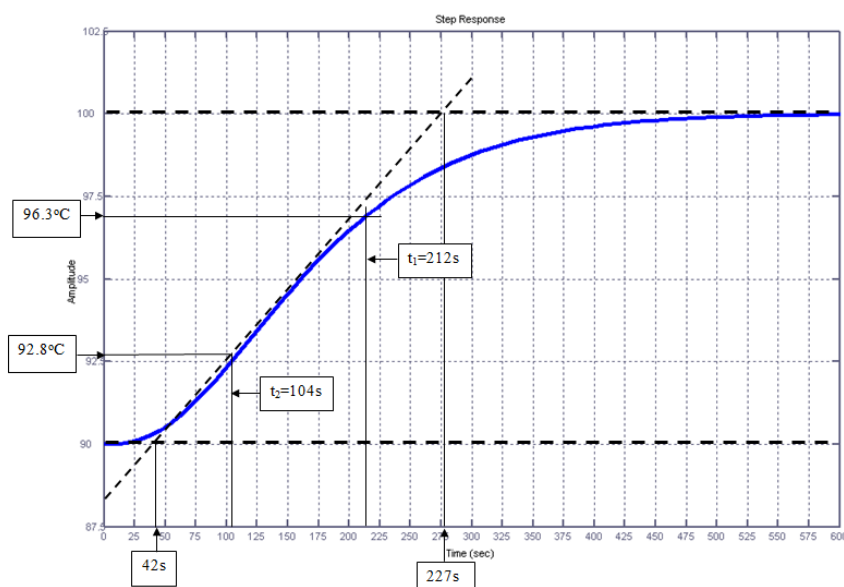
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI
INSTYTUT AUTOMATYKI I INFORMATYKI
KIERUNEK AUTOMATYKA I ROBOTYKA
STUDIA STACJONARNE I STOPNIA

PRZEDMIOT : : LABORATORIUM PODSTAW AUTOMATYKI

9. Dobór nastaw regulatorów typu PID metodą charakterystyk skokowych

Tak jak wzmocnienie jest miarą czułości procesu w stanie ustalonym, tak stała czasowa oraz czas martwy są wyznacznikami dynamiki procesu. Stała czasowa mówi nam ile czasu potrwa zanim po zmianie sygnału wejściowego na proces osiągnie on nowy stan ustalony. Czas martwy pokazuje ile czasu minie między zmianą sygnału wejściowego procesu a reakcją na wyjściu procesu.

Istnieje kilka prostych metod, które z powodzeniem mogą zostać wykorzystane do identyfikacji stałej czasowej i czasu martwego. Pierwsza z nich została zaproponowana przez Zieglera i Nicholasa. Nazywa się ona metodą „stycznej”. Dwie inne metody to metoda „stycznej i punktu” oraz metoda „dwóch punktów”. Te dwie metody dają bardziej powtarzalne wyniki niż metoda „stycznej”. Do wyznaczenia omawianych parametrów potrzebny będzie wykres odpowiedzi układu na wymuszenie skokowe. Przykładowy taką odpowiedź przedstawia rysunek 1.



Rys. 1 Przykładowa odpowiedź układu dynamicznego na wymuszenie skokowe.

Metoda „stycznej”:

Metoda stycznej wymaga wrysowania stycznej do linii odpowiedzi na skok w miejscu największego nachylenia bądź w punkcie przegięcia, tak jak pokazuje rysunek 4. Stała czasowa jest wtedy zdefiniowana jako dystans na osi czasu pomiędzy punktem w którym styczna przecina początkowy stan ustalony i punkt w którym przecina nowy stan ustalony. Czas martwy jest dystansem na osi czasu pomiędzy wykonaniem skoku na wejściu procesu a punktem w którym styczna przecina początkowy stan ustalony. Podstawowym problemem tej metody jest jej mała powtarzalność spowodowana wrysowywaniem stycznej do przebiegu odpowiedzi. Powoduje to otrzymywanie różnych wartości stałej czasowej i czasu martwego. Inny problem stanowi błąd stałej czasowej. W tej metodzie otrzymuje się większą stałą czasową niż w rzeczywistości co w rezultacie daje mniej odporne strojenie regulatora na zakłócenia.

Metoda „punktu i stycznej”:

Metoda ta różni się od metody stycznej sposobem estymacji stałej czasowej, przy czym czas martwy jest identyfikowany w ten sam sposób. W metodzie tej konieczne jest określenie punktu, w którym odpowiedź układu osiąga 63.2 % całej zmiany w stanie ustalonym. Punkt ten jest zaznaczony na rysunku 1 jako t_1 . Tak więc stała czasowa jest okresem czasu pomiędzy punktem w którym styczna przecina początkowy stan ustalony a punktem w którym odpowiedź osiąga 63.2 % końcowego stanu ustalonego, czyli jest obliczana jak następuje:

$$T = t_1 - t_0$$

gdzie T jest stałą czasową a t_0 czasem martwym.

Metoda „stycznej i punktu” estymuje krótszą stałą czasową co w efekcie daje bardziej konserwatywne strojenie regulatora niż w metodzie „stycznej”. Mimo wszystko czas martwy i stała czasowa zależą od tego jak dobrze narysowana jest styczna do przebiegu odpowiedzi układu. Dlatego Dr. Smith zaproponował metodę „dwóch punktów”, która nie wymaga zastosowanie stycznej.

Metoda „dwóch punktów”:

Metoda ta korzysta z punktu 63.2 % zastosowanego w poprzedniej metodzie. Drugi punkt określa się podobnie, tylko że należy wyznaczyć czas dla którego sygnał osiąga 28,3% stanu ustalonego. Ten punkt jest zaznaczony na rysunku 1 jako t_2 . Smith zaproponował prostą estymację parametrów procesu za pomocą następujących wzorów:

$$T = 1.5(t_1 - t_2)$$

$$t_0 = t_1 - T$$

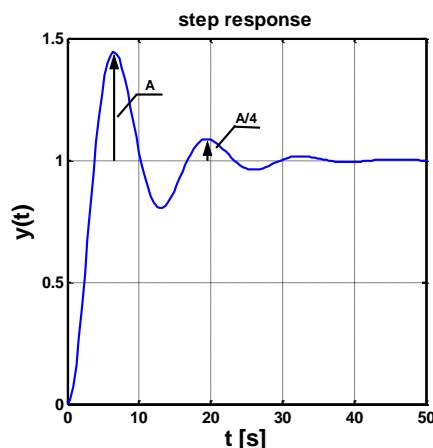
Powód, dla którego stosowane w tej metodzie dwa punkty muszą być umieszczone w regionie największego nachylenia jest unikanie powstawania dużych błędów wyznaczenia t_1 i t_2 wynikających z niedokładności wskazania punktów 28.3 i 63.2 %. Porównując do dwóch poprzednich metod, ta metoda w rezultacie daje dłuższy czas martwy oraz krótszą stałą czasową. Dodatkowo otrzymywane wyniki są powtarzalne i nie jest wymagane rysowanie stycznej. Cecha ta jest szczególnie ważna gdy dane są przechowywane w komputerze w postaci sygnału próbkowanego. W tym wypadku czasy t_1 i t_2 mogą być łatwo interpolowane a

rysowanie odpowiedzi w ogóle nie jest wymagane. W rzeczywistości łatwo napisać program, który będzie automatycznie wyznaczał parametry obiektu:

```
[Y,x,czas]=step(licz,mian,0:0.001:15);
p1=632/1000*Y(length(Y)); %punkt 63,2% Y
p2=283/1000*Y(length(Y)); %punkt 28,3% Y
for i=1:1:length(Y)
    if Y(i)>=p1
        if (Y(i)-p1)<abs(Y(i-1)-p1)
            id_1=i;
            break;
        else
            id_1=i-1;
            break;
        end
    end
end
for i=1:1:length(Y)
    if Y(i)>=p2
        if (Y(i)-p2)<abs(Y(i-1)-p2)
            id_2=i;
            break;
        else
            id_2=i-1;
            break;
        end
    end
end
t_p1=czas(id_1);
t_p2=czas(id_2);
T=1.5*(t_p1-t_p2); %zastępcza stała czasowa
L=t_p1-T; %zastępcze opóźnienie
```

Strojenie regulatora typu PID na podstawie QDR (Quarter – Decay Ratio)

Metoda QDR strojenia regulatora typu PID została opracowana przez Zieglera i Nicholasa. Nazwa metody (Quarter – Decay Ratio) pochodzi od szczególnego rodzaju odpowiedzi układu na skok wartości zadanej bądź to zakłócenia. Odpowiedź układu na takie zaburzenie charakteryzuje się tym, że każda następna oscylacja ma amplitudę 4 razy mniejszą od poprzedniej. Ilustruje to Rys. 2



Rys. 2 Graficzna interpretacja metody QDR.

Formuły obliczania nastaw regulatora PID bazują na parametrach obiektu: wzmocnienie K_p , stała czasowa T i opóźnienie L , które można estymować różnymi metodami. W ćwiczeniu należy wykorzystać metodę dwóch punktów.

W celu wyznaczenia nastaw regulatora typu PID według reguły QDR należy skorzystać ze wzorów z Tabeli 1:

Typ regulatora	K_c	T_i	T_d
P	$K_c = \frac{T}{K_p L}$	---	---
PI	$K_c = \frac{0.9T}{K_p L}$	$T_i = 3.33L$	---
PID	$K_c = \frac{1.5T}{K_p L}$	$T_i = 2.5L$	$T_d = 0.4L$

Tabela 1. Nastawy QDR regulatorów PID.

Z powyższej tabeli można wyciągnąć następujące wnioski:

- Wzmocnienie regulatora jest odwrotnie proporcjonalne do wzmocnienia procesu K_p . Dopóki wzmocnienie procesu jest reprezentowane przez iloczyn wszystkich elementów pętli oprócz kontrolera (np. pozycjoner, zawory, czujniki pomiarowe) to oznacza to, że odpowiedź pętli zależy od wzmocnienia pętli, to jest iloczynu wzmocnień tych elementów. Oznacza to także, że jeżeli wzmocnienie jakiegokolwiek z tych elementów zmieni się z powodu kalibracji, przeskalowania lub nieliniowości to odpowiedź pętli także się zmieni. Należy wtedy ponownie nastroić regulator.
- Szybkość odpowiedzi kontrolera, która jest określona przez czas całkowania i różniczkowania musi być dopasowana do szybkości odpowiedzi procesu. Formuły QDR dopasowują te szybkości odpowiedzi poprzez powiązanie parametrów strojenia z czasem martwym procesu.

Zadanie 1.

Napisać w Matlabie skrypt obliczający nastawy regulatorów P, PI oraz PID przy pomocy metody QDR dla obiektu o transmitancji:

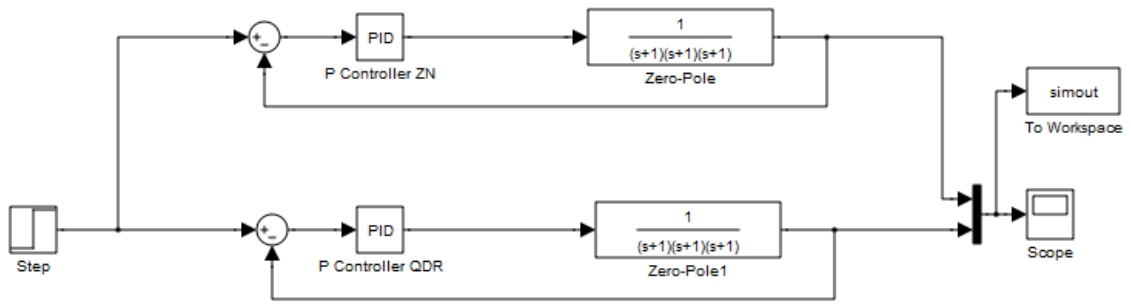
$$G(s) = \frac{1}{(s + 1)^3}$$

W tym celu należy wykorzystać skrypt przedstawiony powyżej oraz Tabelę 1. Narysować na wykresie odpowiedź skokową ze skryptu i zaznaczyć punkty t_1 i t_2 z metody dwóch punktów.

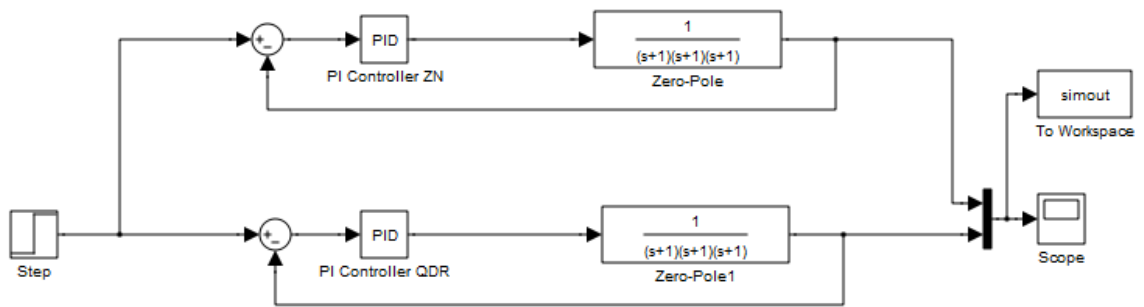
Zadanie 2.

Porównaj wynik regulacji P, PI oraz PID z nastawami obliczonymi metodą Zieglera-Nicholsa oraz metodą QDR bazującą na odpowiedzi skokowej modelu typu lag-delay obiektu z zadania 1 za pomocą następujących układów zbudowanych w SIMULINKu (patrz również LAB 08):

a)



b)



c)

