



Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica

## **Sprawozdanie**

Sterowanie układów liniowych

Dobór regulatora

*Laboratorium 7*

**Borsuk Piotr**

**Nr albumu 416947**

**Technologie Przemysłu 4.0**

**Grupa nr 1**

**Rok akademicki 2023/2024**

## Wstęp teoretyczny

Metoda Zieglera-Nicholsa jest używana do doboru parametrów regulatora. Stosuje się reguły doboru bazujące na charakterystyce odpowiedzi skokowej układu zamkniętego.

Stosuje się następujące wzory:

$$KP = \frac{0.95 * T}{k * T_0} \quad (1.1)$$

$$KI = \frac{KP}{T_i} \quad (1.2)$$

$$T_i = 1.4 * T \quad (1.3)$$

$$Td = 0.45 * T_0 \quad (1.4)$$

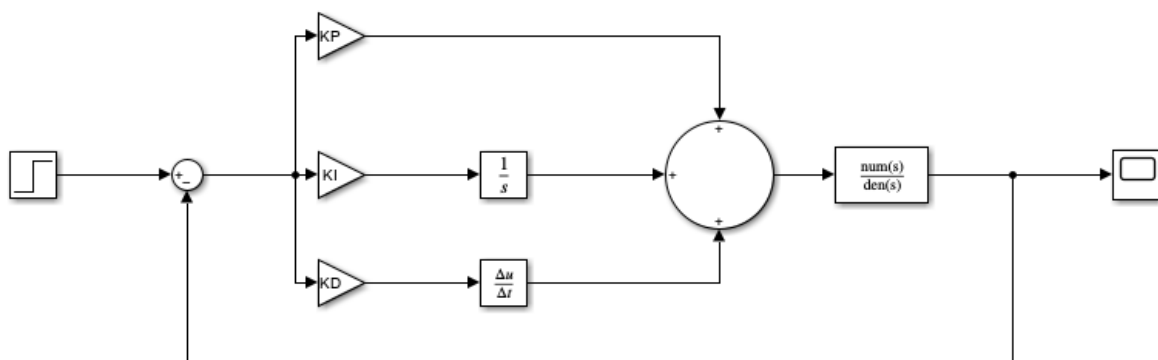
$$KD = Td * KP \quad (1.5)$$

- KP – wzmacnienie proporcjonalne
- KI – wzmacnienie całkowe
- KD – wzmacnienie pochodnej
- T – stała czasowa obiektu regulacji
- T<sub>0</sub> – stała czasowa obiektu regulacji w chwili początkowej
- T<sub>i</sub> – stała całkowania
- T<sub>d</sub> – czas pochodnej

### Schemat regulatora PID

Składa się z trzech podstawowych składowych: zwykajnego, całkującego i różniczkującego.

$$G_R = KP + \frac{KI}{s} + KDS = \frac{KD*s^2 + KP*s + KI}{s} \quad (1.6)$$



Schemat 1. Model Blokowy regulatora PID

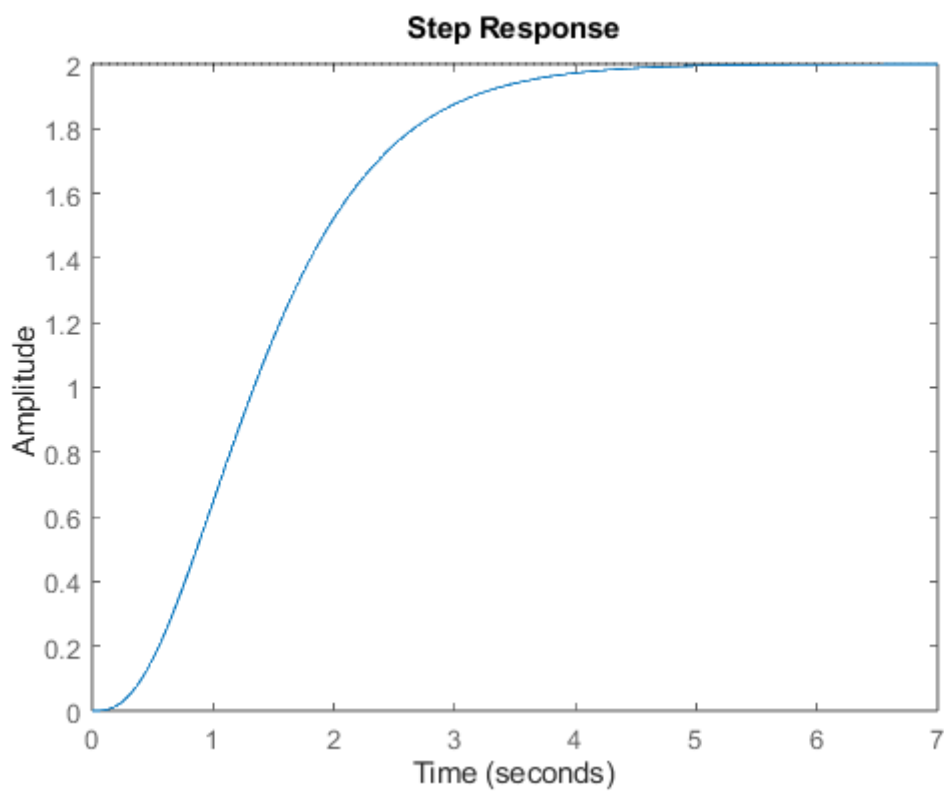
## Zadanie 1.

Zaimplementowano kod, żeby otrzymać odpowiedź skokową obiektu:

$$G(s) = \frac{16}{s^3 + 6s^2 + 12s + 8} \quad (2.1)$$

Kod:

```
clc  
clear  
step(16,[1,6,12,8])
```



Wykres 1. Odpowiedź skokowa

Odczytujemy z wykresu poziom  $k$  (amplitudy). Do wykresu wrysowujemy styczną do wykresu i odczytujemy następujące parametry:

- $T_0 = 0,4$  – styczna z osią  $x$
- $T_1 = 2,25$  – styczna z poziomem  $k$  (najwyższym)
- $k = 2$  – amplituda

Chcemy zmienić wartość amplitudy na 1 w celu skrócenia czasu odpowiedzi i obliczamy zmienne używając wzory metody Zieglera-Nicholsa.

```

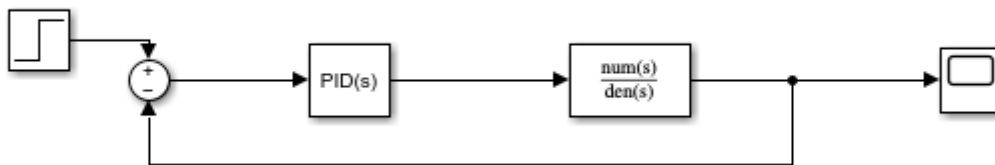
clc
clear
step(16,[1,6,12,8])
G0 = tf(16,[1 6 12 8]);

T0 = 0.4;
T1 = 2.25;
k = 2;
T = T1 - T0;
KP = (0.95*T)/(k*T0);
Ti = 1.4*T;
KI = KP/Ti;
Td = 0.45*T0;
KD=Td*T0;

```

## Zadanie 2.

Tworzymy schemat modelu w programie „Simulink”



Schemat 2. Model regulatora PID

Implementujemy kod, który pomaga ocenić, jak wprowadzenie regulatora PID zmienia charakterystykę odpowiedzi skokowej układu regulacji, porównując odpowiedzi skokowe z i bez regulatora PID.

```

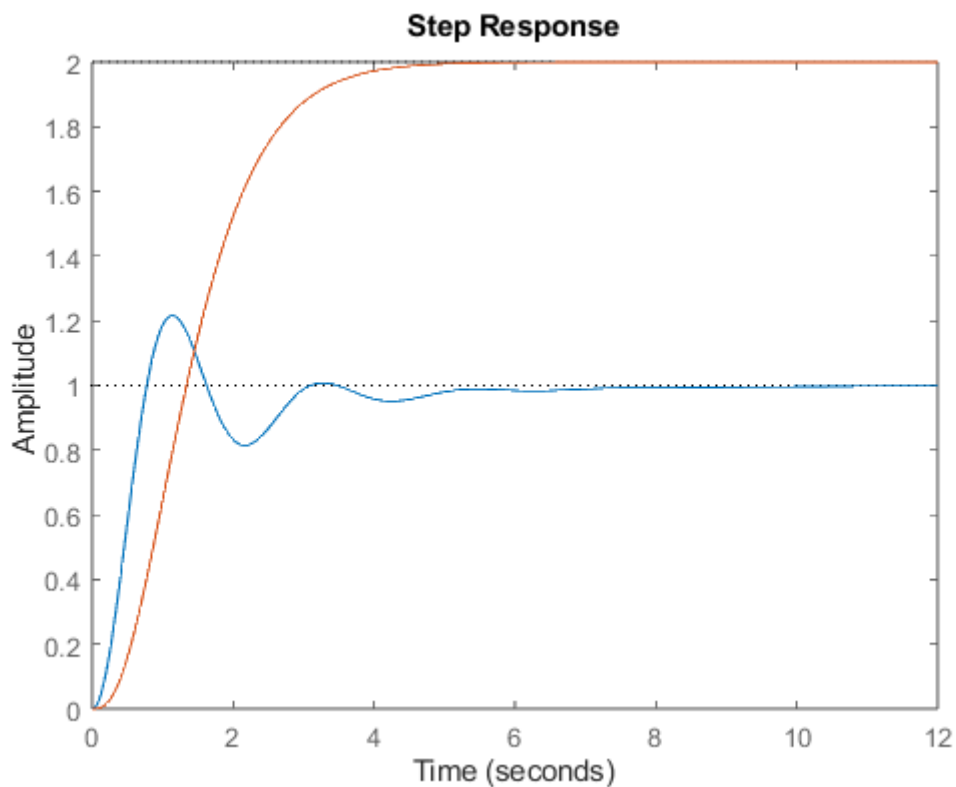
clc
clear
step(16,[1,6,12,8])
G0 = tf(16,[1 6 12 8]);

t0 = 0.4;
t1 = 2.25;
k = 2;
t = t1 - t0;
kp = (0.95*t)/(k*t0);
ti = 1.4*t;
ki = kp/ti;
td = 0.45*t0;
kd=td*kp;
GR = tf([kd kp ki], [1 0]);

G1 = series(GR,G0);
G2 = feedback(G1,1);
step(G2)
hold on

```

step(G0)

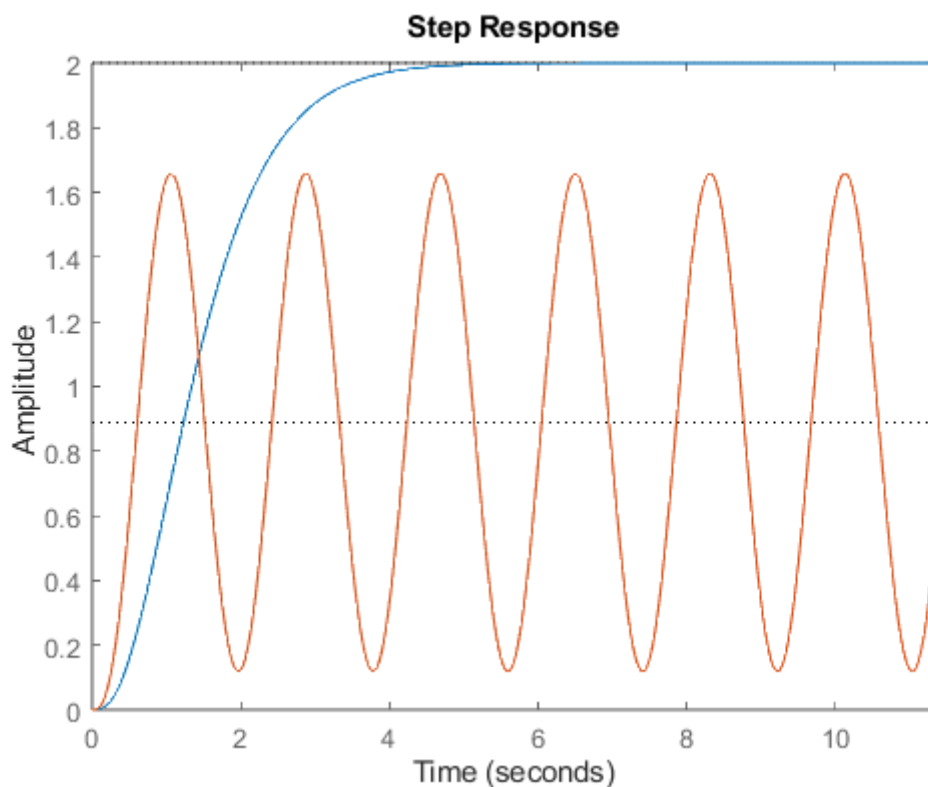


Wykres 2. Odpowiedź skokowa systemu otwartego oraz zamkniętego po dostosowaniu regulatora PID.

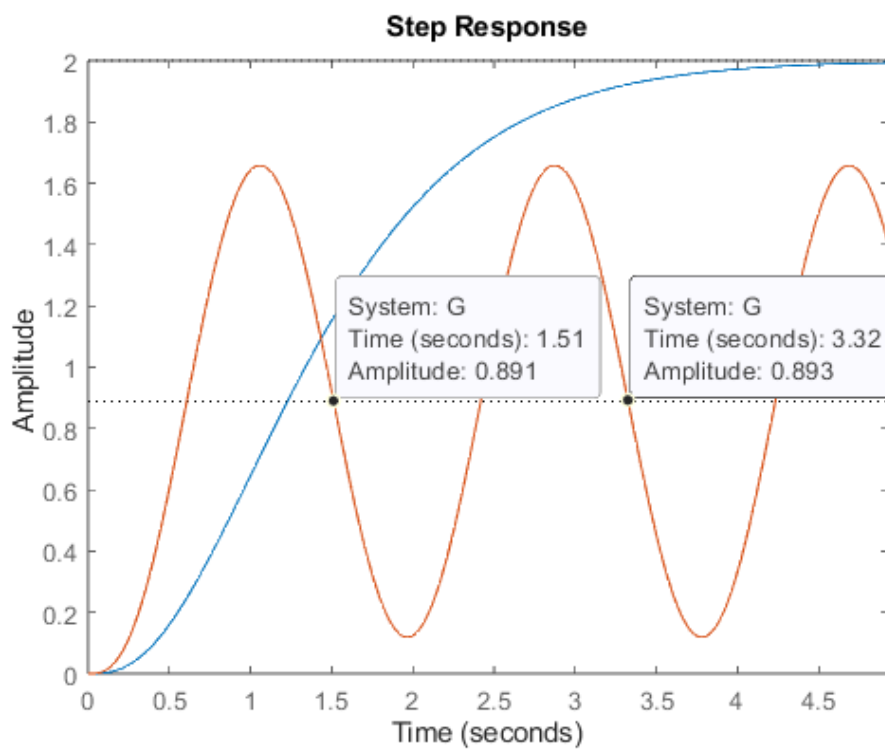
Obiekt łączymy ze wzmacniaczem (członem proporcjonalnym) i zmieniamy tak długo, aż odpowiedź obiektu stanie się oscylacyjna, niegasnąca.

```
clc
clear
close all

k=4;
GR=tf(k, 1);
GO=tf(16, [1 6 12 8]);
G1=series(GR, GO);
G=feedback(G1,1);
step(G0)
hold on
step(G)
```



Wykres 3. Odpowiedź skokowa systemu otwartego oraz systemu zamkniętego sprzężeniem zwrotnym.



Wykres 4. Odpowiedź skokowa systemu zamkniętego sprzężeniem zwrotnym gdy obiekt 'GO' jest regulowany przez regulator proporcjonalny 'GR' o współczynniku 'k'.

Odczytujemy z wykresu współczynnik wzmocnienia krytycznego  $K_{kr} = 4$ , natomiast czas krytyczny oscylacji  $T_{kr} = 1.81$ .

Zmieniamy regulator k na regulator PID

$$KP = 0.6 * kkr \quad (2.2)$$

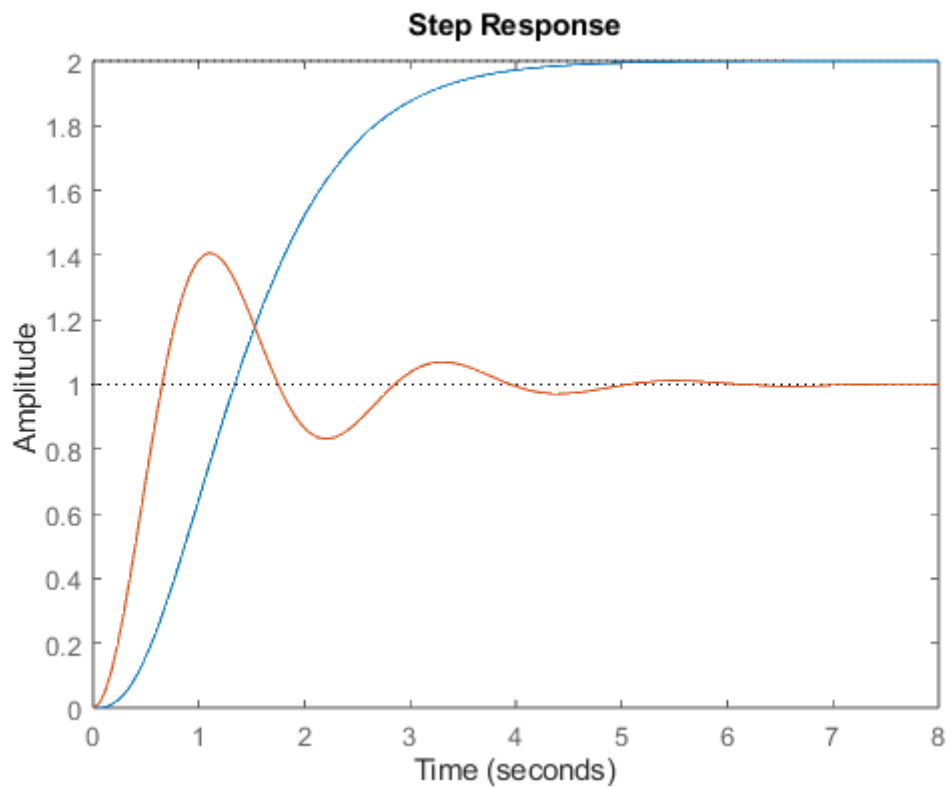
$$KI = \frac{KP}{0.5} * Tkr \quad (2.3)$$

$$KD = 0.125 * Tkr * KP \quad (2.4)$$

```
clc
clear
close all

kkr=4;
Tkr=1.81;
kp = 0.6*kkr;
ki=kp/(0.5*Tkr);
kd=0.125*Tkr*kp;

GO=tf(16, [1 6 12 8]);
GR=tf([kd kp ki], [1 0]);
G1=series(GR, GO);
G=feedback(G1,1);
figure
step(GO)
hold on
step(G)
```



Wykres 4. Wykres skokowy przy użyciu drugiej metody Zieglera – Nicholisa

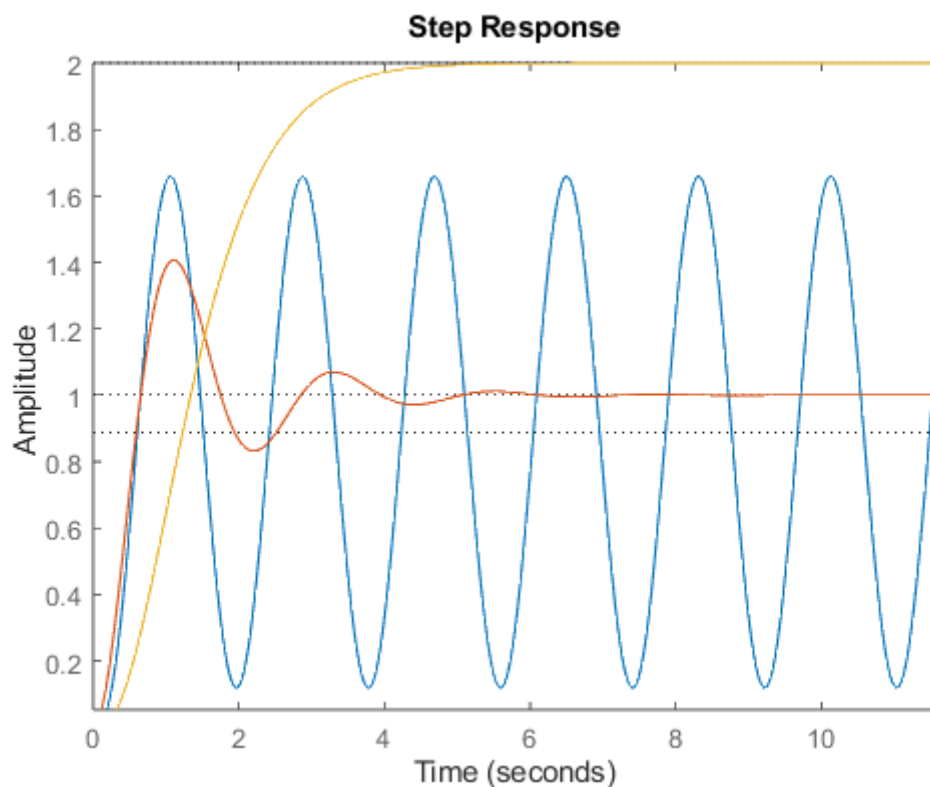
Zaimplementowano kod porównujący wykresy:

```
clc
clear
step(16,[1,6,12,8])
k=4;
Tkr = 1.81;
GO = tf(16,[1 6 12 8]);
GK = tf(k, 1);
G1 = series(GK, GO);
G2 = feedback(G1, 1);
step(G2)

kp = 0.6 * k;
ki = kp/(0.5*Tkr);
kd = 0.125* Tkr*kp;

GR = tf([kd kp ki], [1 0]);
G1 = series(GR,GO);
G2 = feedback(G1,1);
step(G2)
hold on
step(GO)
```





Wykres 5. Porównanie wszystkich wykresów.

### Wnioski

Przy użyciu kodu MATLAB analizowaliśmy wpływ regulatora PID na układ regulacji, szczególnie poprzez generowanie odpowiedzi skokowych i porównanie zachowań systemu z i bez regulatora PID.

Eksperymentalne strojenie regulatora PID może być konieczne, ponieważ dostosowanie parametrów zależy od konkretnego systemu i jego charakterystyk.