

Technika Regulacji
Sprawozdanie
Projekt 3 – Regulatory PID

Jakub Piekarek

Indeks 264202

Prowadzący mgr inż. Maciej Filiński

Kod grupy K00-39h

Czwartek 9¹⁵ – 11⁰⁰

Wydział Informatyki i
Telekomunikacji



1. Wprowadzenie

Celem tego sprawozdania jest analiza stabilności układu regulacji z wykorzystaniem regulatorów P i PI oraz dobór optymalnych nastaw regulatora PI. Przeprowadzono symulacje dla różnych punktów w celu porównania charakterystyk stabilnych i niestabilnych regulatorów. Wyniki i wnioski będą miały znaczenie dla oceny skuteczności regulatorów i doboru optymalnych nastaw.

Transmitancja dla obiektu inercyjnego:

$$K(s) = \frac{1}{(s-1)(s+2)(s+3)}$$

2. Obliczenia teoretycznych zakresów dla regulatorów

2.1. Regulator P (proporcjonalny)

Transmitancja regulatora P:

$$K_R(s) = kp$$

Transmitancja układu otwartego:

$$K_{ot} = \frac{kp}{(s-1)(s+2)(s+3)}$$

Transmitancja układu zamkniętego:

$$K_z = \frac{kp}{(s-1)(s+2)(s+3)kp}$$

Zakres stabilności:

$$H = \begin{bmatrix} 4 & -6 + kp & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & -6 + kp \end{bmatrix}$$

$$\Delta_1 = 4$$

$$\Delta_2 = 10 - kp$$

$$\Delta_3 = -kp^2 + 16kp - 60$$

zatem

$$\Delta_1 > 0 \rightarrow 4 > 0$$

$$\Delta_2 > 0 \rightarrow kp < 10$$

$$\Delta_3 > 0 \rightarrow 6 < kp < 10$$

Więc dla powyższych wyników poznany został zakres wartości kp dla których układ jest stabilny, $kp \in (6; 10)$.

2.2. Regulator PI (proporcjonalno-całkujący)

Transmitancja regulatora PI:

$$K_R(s) = k_p + \frac{k_i}{s}$$

Transmitancja układu otwartego:

$$K_{ot} = \frac{k_p + \frac{k_i}{s}}{(s-1)(s+2)(s+3)}$$

Transmitancja układu zamkniętego:

$$K_Z = \frac{k_p + \frac{k_i}{s}}{(s-1)(s+2)(s+3) + (k_p + \frac{k_i}{s})}$$

Zakres stabilności

$$H = \begin{bmatrix} 4 & -6 + kp & 0 & 0 \\ 1 & 1 & ki & 0 \\ 0 & 4 & -6 + kp & 0 \\ 0 & 1 & 1 & ki \end{bmatrix}$$

$$\Delta_1 = 4$$

$$\Delta_2 = 10 - k_p$$

$$\Delta_3 = -kp^2 + 16kp - 60 - 16ki$$

$$\Delta_4 = -16ki^2 - kp^2 * ki + 16kp * ki - 60ki$$

zatem

$$\Delta_1 > 0 \rightarrow 4 > 0$$

$$\Delta_2 > 0 \rightarrow k_p < 10$$

$$\Delta_3 > 0 \rightarrow 0 < -kp^2 + 16kp - 60 - 16ki$$

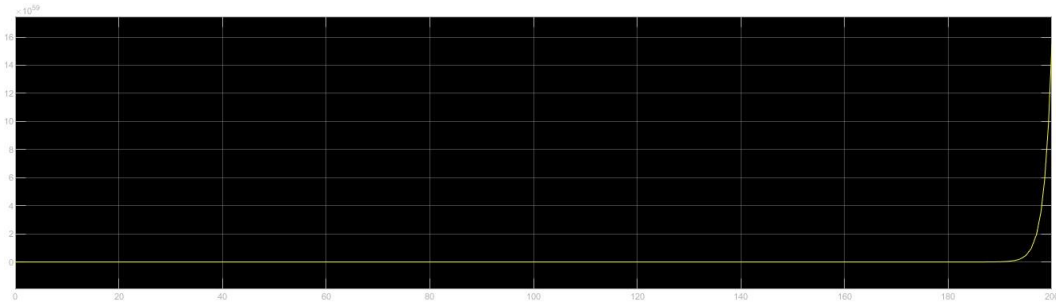
$$\Delta_4 > 0 \rightarrow ki * \Delta_3 > 0$$

$$ki < -\frac{1}{16}(k_p - 6)(k_p - 10)$$

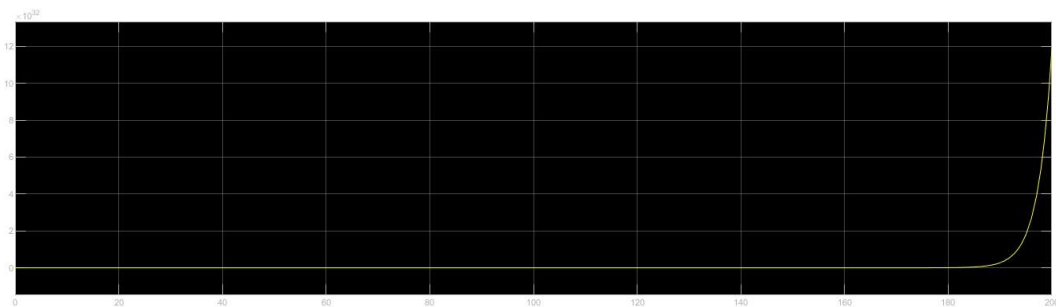
Więc dla powyższych wyników poznany został zakres wartości k_p i ki dla których układ jest stabilny, $k_p \in (6; 10) \wedge ki \in (0; \frac{1}{4})$.

3. Badanie wyznaczonych zakresów dla regulatorów

3.1. Wykresy dla punktów, gdzie regulator jest niestabilny (proporcjonalny)

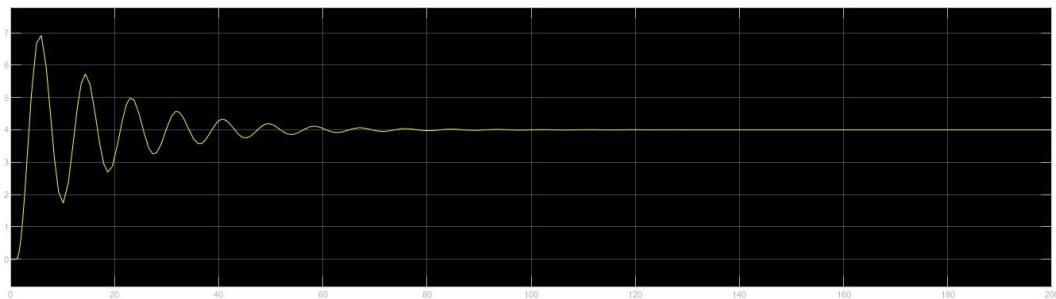


Rysunek 1 Regulator P - $K_p=3$

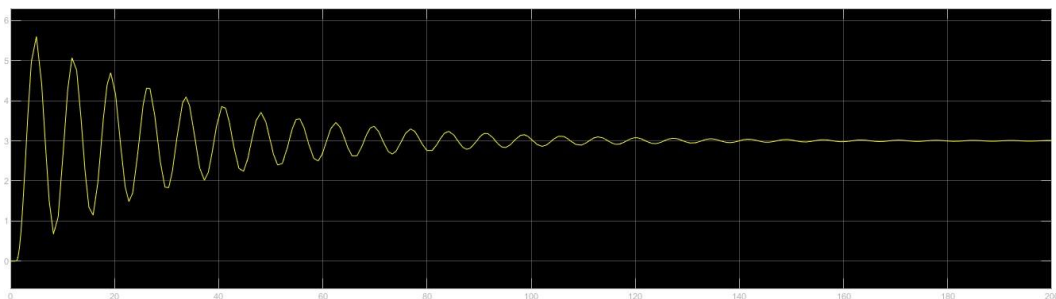


Rysunek 2 Regulator P - $K_p=5$

3.2. Wykresy dla punktów, gdzie regulator jest stabilny (proporcjonalny)

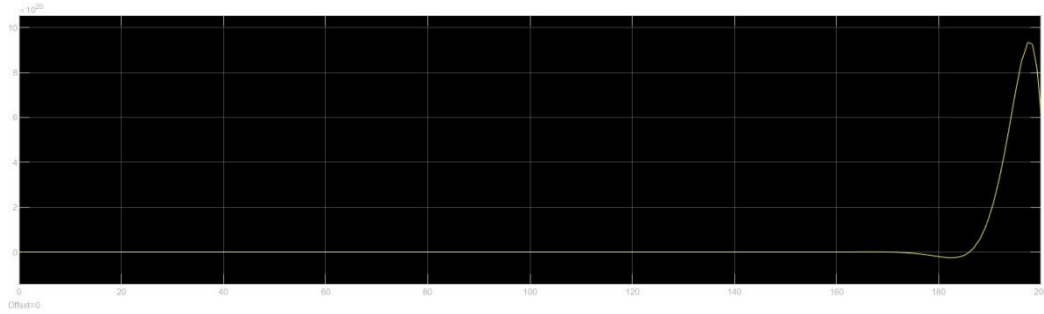


Rysunek 3 Regulator P - $K_p=8$

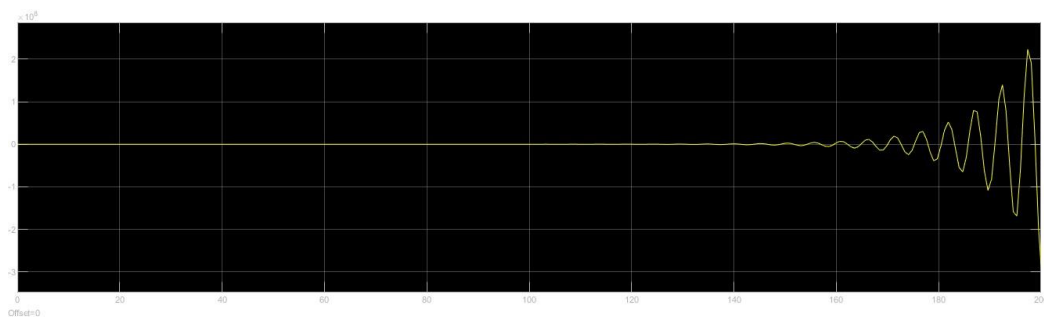


Rysunek 4 Regulator P - $K_p=9$

3.3. Wykresy dla punktów, gdzie regulator jest niestabilny (proporcjonalno-całkujący)

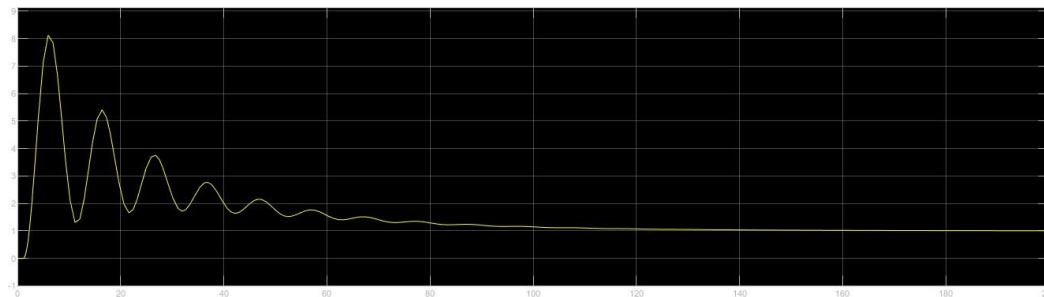


Rysunek 5 Regulator PI - $K_p=5$, $K_i=0.3$

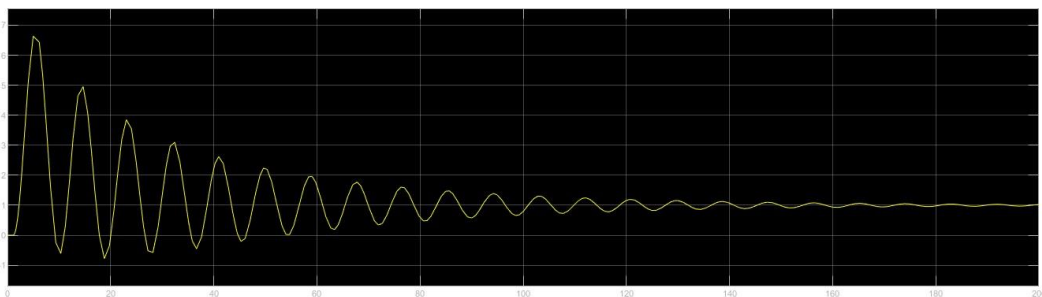


Rysunek 6 Regulator PI - $K_p=12$, $K_i=0.5$

3.4. Wykresy dla punktów, gdzie regulator jest stabilny (proporcjonalno-całkujący)



Rysunek 7 Regulator PI - $K_p=7.5$, $K_i=0.05$



Rysunek 8 Regulator PI - $K_p=8$, $K_i=0.15$

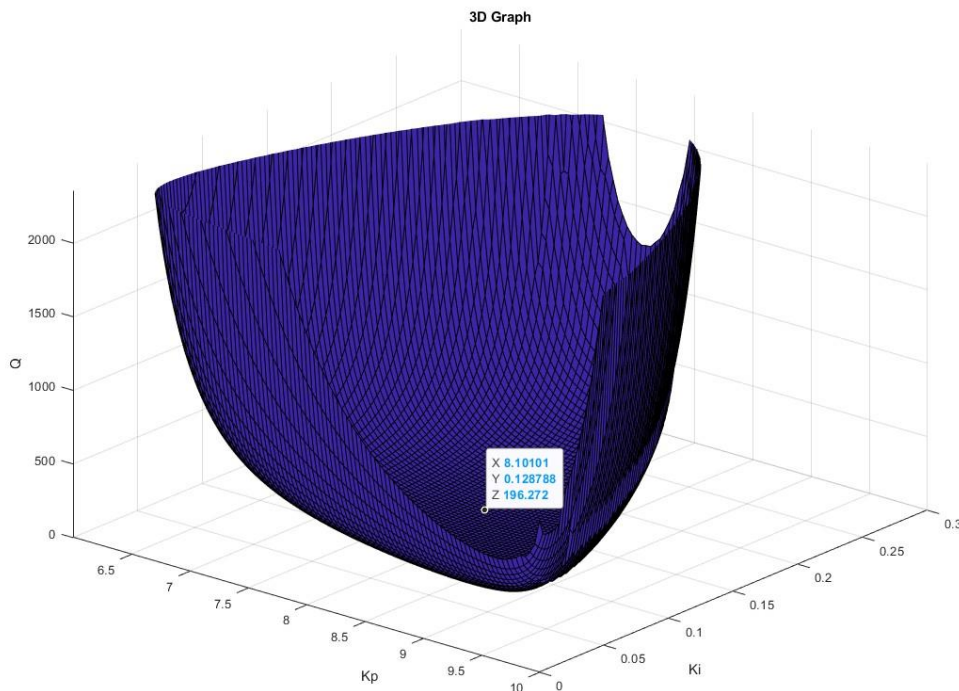
4. Ocena kryterium jakości

Dla regulatora PI należało dobrać takie nastawy, aby zminimalizować kryterium jakości opisanej równaniem:

$$Q(k_p, k_i) = \int_0^{\infty} \epsilon^2(t) dt$$

gdzie

$$\epsilon(t) = y^*(t) - y(t).$$



Rysunek 9 Wykres 3D dla kryterium jakości
Zaznaczony punkt jest najlepszym punktem regulacji regulatora PI, gdzie $K_p \approx 8.1$ oraz $K_i \approx 0.13$

5. Wnioski

- Dla obiektów o danej transmitancji z punktu widzenia regulacji istnieją zakresy, w których cały układ jest stabilny lub nie jest stabilny.
- Regulatory P i PI różnią się sposobem stabilizacji: regulator P stabilizuje się na różnych wartościach, podczas gdy regulator PI dąży do zera.
- Na podstawie wykresów, gdzie wartości zostały wybrane z przedziałów obliczonych, można stwierdzić, że obliczenia zostały poprawnie wykonane.
- Ocena kryterium jakości w projektowaniu układów regulacji to proces oceny i porównania różnych wskaźników, które mierzą, jak dobrze działa regulacja, aby wybrać najlepsze rozwiązanie.