

1 Założenia

Obiekt sterowania:

$$G_p(s) = \frac{e^{-2s}}{1 + 15s} \quad (1)$$

Wymagania:

$$\begin{aligned} ks &= 12 \\ Tn &= 15 \\ Ts &= 2 \end{aligned} \quad (2)$$

Otrzymana transmitancja wzorcowa:

$$G_{ref}(s) = \frac{12}{5.455s + 1} \quad (3)$$

2 Dyskretyzacja

Po dyskretyzacji metodą ZOH (zero-order hold) otrzymano transmitancje dyskretne:

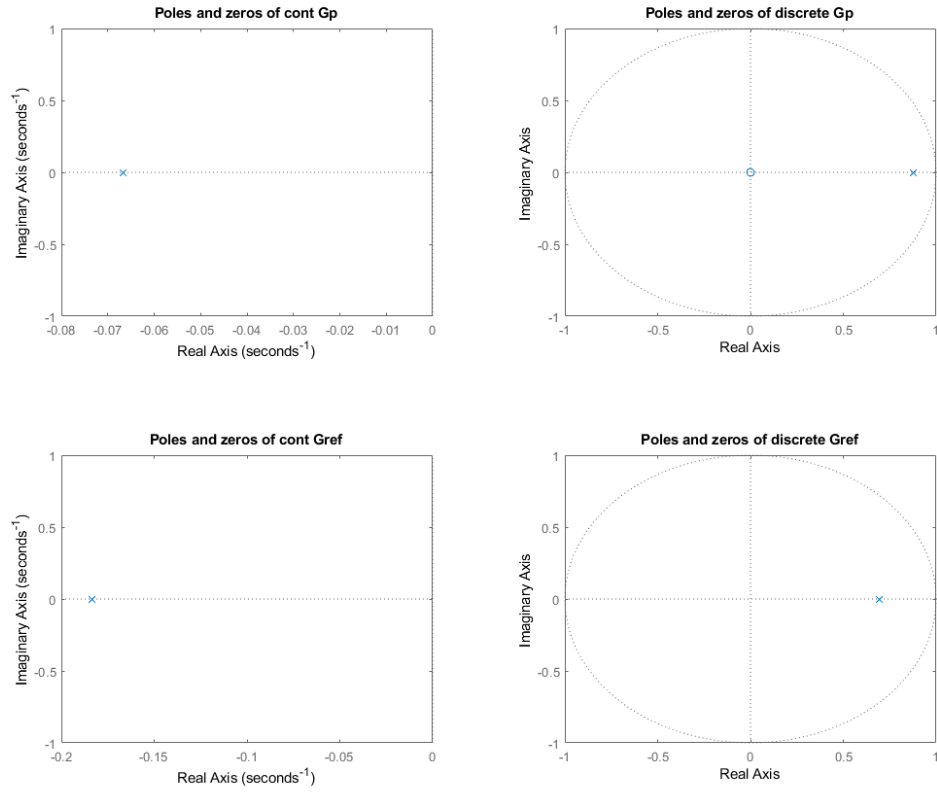
$$\begin{aligned} G_p(q^{-1}) &= q^{-2} \frac{0.1248}{1 - 0.8752q^{-1}} \\ G_{ref}(q^{-1}) &= q^{-1} \frac{3.684}{1 - 0.693q^{-1}} \end{aligned} \quad (4)$$

Stąd:

$$\begin{aligned} A &= 1 - 0.8752q^{-1} \\ B &= 0.1248 \\ A_m &= 1 - 0.693q^{-1} \\ B_m &= 3.684 \end{aligned} \quad (5)$$

Więc zera i bieguny:

- obiekt, transmitancja ciągła: zera: brak, biegun: -0.0667
- obiekt, transmitancja dyskretna: zero: $0 + j0$, biegun: 0.8752
- transmitancja wzorcowa, ciągła: zera: brak, biegun: -0.1833
- transmitancja wzorcowa dyskretna: zero: brak, biegun: 0.6930



Rysunek 1: Zera i bieguny układów

3 Wielomiany sterownika pole placement i odpowiedź układu dyskretnego

W celu uzyskania parametrów wzorcowego układu wykorzystano sterownik z pozycjonowaniem biegunów (ang. pole placement). Został on wybrany, gdyż umożliwia, w stosunkowo łatwy sposób, modyfikację układu, tak by uzyskać uzyskać on właściwości układu zadanego.

Równanie diofantyczne:

$$\begin{aligned} A_m(q^{-1})A_0(q^{-1}) &= A(q^{-1})F(q^{-1}) + q^{-k}G(q^{-1}) \\ (1 - 0.693q^{-1}) \times 1 &= (1 - 0.8752q^{-1})(1 + f_1q^{-1}) + q^{-2}g_0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} F(q^{-1}) &= 1 + 0.1821q^{-1} \\ G(q^{-1}) &= 0.1594 \end{aligned} \quad (7)$$

Stąd wielomiany R , S , T :

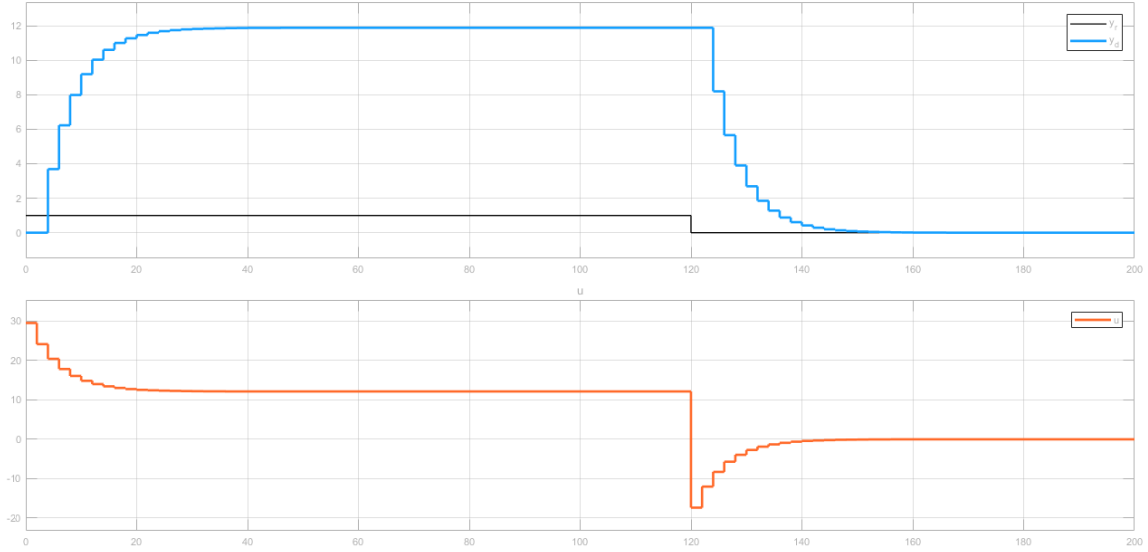
$$\begin{aligned} S(q^{-1}) &= G(q^{-1}) = 0.1594 \\ R(q^{-1}) &= B(q^{-1})F(q^{-1}) = 0.1248(1 + 0.1821q^{-1}) = 0.1248 + 0.0227q^{-1} \\ T(q^{-1}) &= A_0(q^{-1})B_m(q^{-1}) = 1 \times 3.684 = 3.684 \end{aligned} \quad (8)$$

I transmitancje:

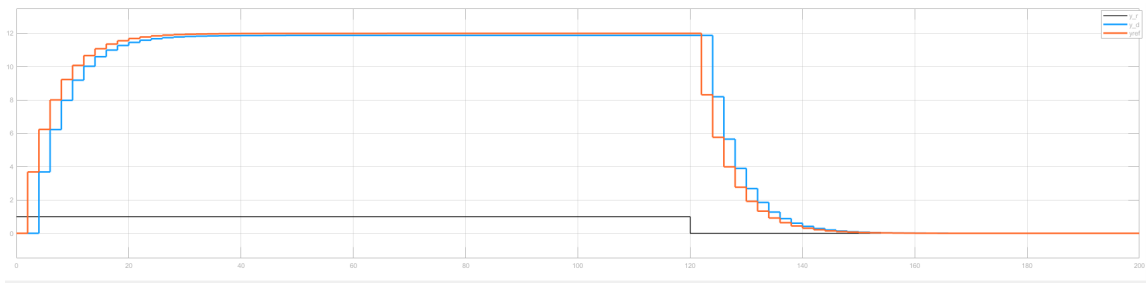
$$\begin{aligned} \frac{T(q^{-1})}{R(q^{-1})} &= \frac{3.684}{0.1248 + 0.0227q^{-1}} = \frac{3.684z}{0.1248z + 0.0227} \\ \frac{B(q^{-1})}{A(q^{-1})}q^{-k} &= q^{-2} \frac{0.1248}{1 - 0.8752q^{-1}} = z^{-2} \frac{0.1248z}{z - 0.8752} \\ \frac{S(q^{-1})}{R(q^{-1})} &= \frac{0.1594}{0.1248 + 0.0227q^{-1}} = \frac{0.1594z}{0.1248z + 0.0227} \end{aligned} \quad (9)$$

Wszystkie symulacje przeprowadzono przy pomocy programu Simulink.

Otrzymana odpowiedź jest bliska oczekiwanej. Wzmocnienie statyczne jest prawidłowe, czas narastania nieco dłuższy niż wymagany. Czas jest nieco dłuższy z racji na opóźnienie transportowe - na rys. 3 widać, że sygnał uzyskany przy użyciu sterownika różni się od odpowiedzi skokowej zadanego układu jedynie opóźnieniem.



Rysunek 2: Sygnał wyjściowy i Sygnał sterujący - obiekt dyskretny

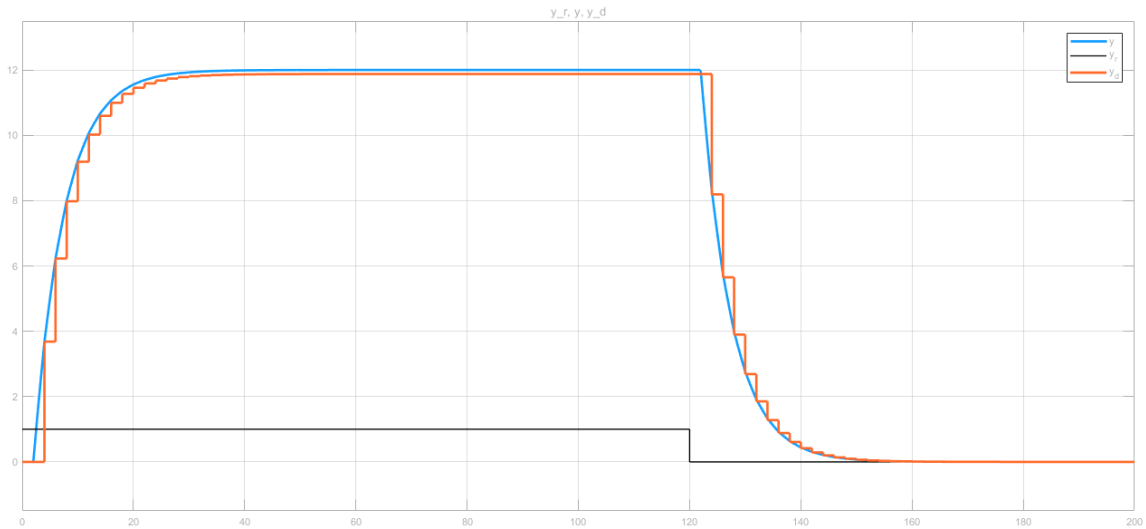


Rysunek 3: Sygnał wyjściowy obiektu dyskretnego, razem z sygnałem pożądanego układu

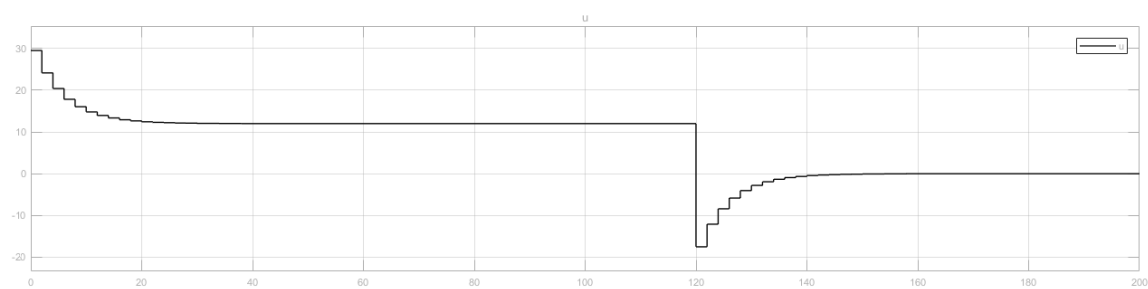
4 Odpowiedź dla czasu ciągłego

4.1 Brak szumu pomiarowego

Na rys. 4 widać, że zaprojektowany sterownik działa poprawnie również dla układu ciągłego. Na wykresie przedstawiono, dla odniesienia, przebieg sygnału dyskretnego z rys. 2. Sygnał ciągły niewiele się od niego różni, a pomiędzy chwilami próbkowania nie ma niepożądanych oscylacji.



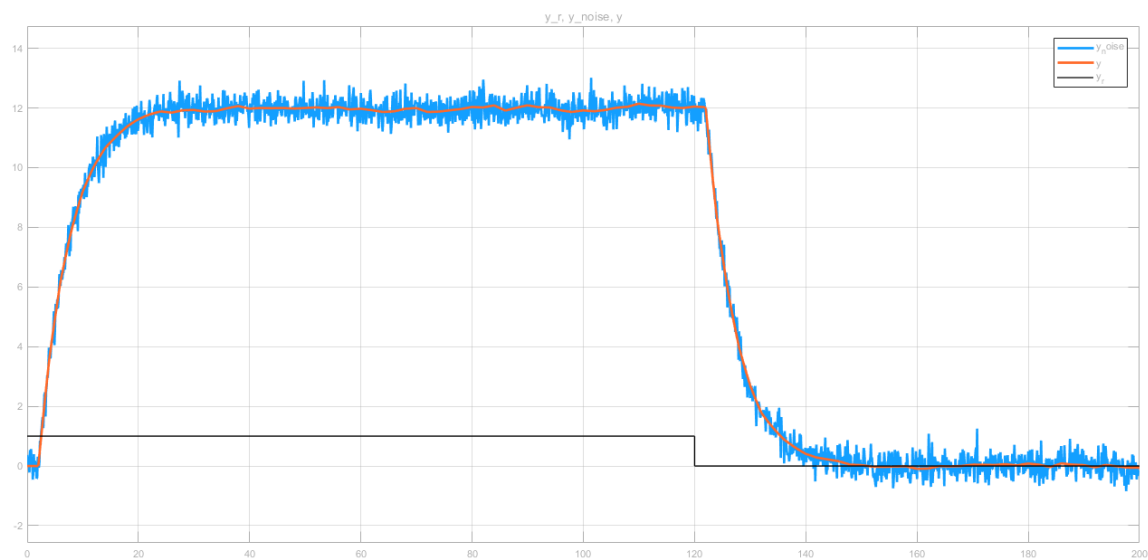
Rysunek 4: Sygnał wyjściowy - obiekt ciągły (i dyskretny dla odniesienia)



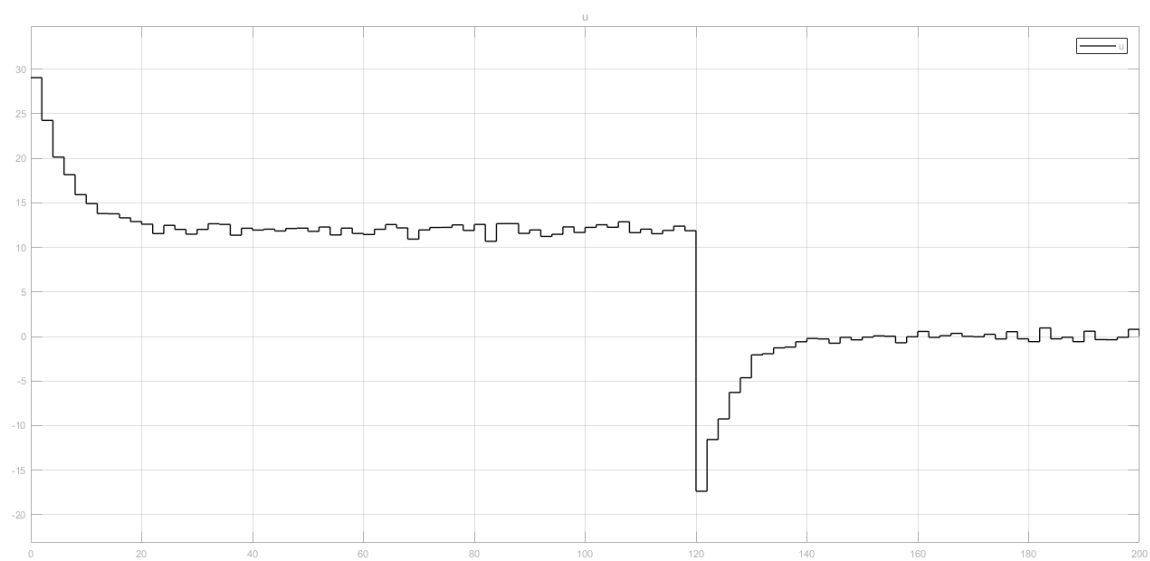
Rysunek 5: Sygnał sterujący - obiekt ciągły

4.2 Obecność szumu pomiarowego

Odpowiedź układu na pobudzenie, przy obecności szumu pomiarowego o rozkładanie normalnym i wariancji $\delta_n = 0.1$ przedstawiono na rys. 6. Szum nie wpływa znacząco na działanie obiektu.



Rysunek 6: Sygnał wyjściowy - obiekt ciągły z zakłóceniami



Rysunek 7: Sygnał sterujący - obiekt ciągły z zakłóceniami