

## Sterowanie procesami – projekt II, zadanie 40 (termin oddania: 3 VI 2024)

Obiekt regulacji jest opisany transmitancją:

$$G(s) = \frac{K_o e^{-T_o s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

gdzie  $K_o=3,4$ ,  $T_o=5$ ,  $T_1=1,7$ ,  $T_2=5,31$ . Proszę:

1. Wyznaczyć transmitancję dyskretną  $G(z)$ . Należy przy tym zastosować ekstrapolator zerowego rzędu i przyjąć okres próbkowania  $T_p=0,5s$ . Porównać odpowiedź skokową i współczynnik wzmocnienia statycznego transmitancji ciągłej i dyskretnej.
2. Na podstawie transmitancji dyskretnej wyznaczyć równanie różnicowe służące do obliczenia wielkości  $y(k)$  na podstawie sygnałów wejściowych i wyjściowych z chwil poprzednich

$$y(k) = \sum_{i=1}^n b_i y(k-i) + \sum_{i=1}^m c_i u(k-i)$$

3. Dla danego obiektu dobrać ciągły regulator PID metodą Zieglera–Nicholsa ( $K_r=0,6K_k$ ,  $T_i=0,5T_k$ ,  $T_d=0,12T_k$ , gdzie  $K_k$  – wzmocnienie krytyczne,  $T_k$  – okres oscylacji). Wyznaczyć parametry  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  dyskretnego regulatora PID.
4. Napisać program do symulacji cyfrowego algorytmu PID oraz algorytmu DMC w wersji analitycznej, bez ograniczeń. Należy przyjąć stałą trajektorię referencyjną dla całego horyzontu predykcji. Model z punktu drugiego proszę wykorzystać do wyznaczenia odpowiedzi skokowej i symulacji obiektu.
5. Dobrać parametry algorytmu DMC testując działanie układu regulacji dla skokowych zmian wartości zadanej, postępując w następujący sposób:
  - a) Na podstawie odpowiedzi skokowej określić horyzont dynamiki  $D$ . Następnie, należy założyć początkową wartości współczynnika  $\lambda$ , np.  $\lambda=1$  oraz długości horyzontów predykcji i sterowania takie same, jak horyzontu dynamiki ( $N_u=N=D$ ). Jeżeli regulator pracuje nieprawidłowo, proszę wydłużyć horyzont dynamiki.
  - b) Stopniowo skracać horyzont predykcji i wybrać jego docelową długość (przy  $N_u=N$ ).
  - c) Zbadać wpływ horyzontu sterowania na jakość regulacji (np. przyjmując kolejno  $N_u=1, 2, 3, 4, 5, 10, \dots, N$ ). Wybrać możliwie małą długość horyzontu sterowania.
  - d) Dla ustalonych horyzontów zbadać wpływ współczynnika  $\lambda$  na jakość regulacji i wybrać taką jego wartość, która zapewnia właściwy kompromis między szybkością regulacji a postacią sygnału sterującego.

Skomentować rezultaty uzyskane w każdym podpunkcie i zamieścić wyniki symulacji (co najmniej po jednym rysunku z trzema odpowiedziami dla podpunktów b), c) i d)).

6. Przy skokowej zmianie wartości zadanej porównać jakość regulacji cyfrowego algorytmu PID i algorytmu DMC dostrojonego w poprzednim punkcie. Wyznaczyć obszary stabilności obu algorytmów, tzn. krzywą  $K_o/K_o^{nom}$  w funkcji  $T_o/T_o^{nom}$ , przyjmując  $T_o/T_o^{nom} = \{1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2\}$ .
7. Napisać program do symulacji algorytmu GPC w wersji analitycznej, bez ograniczeń, bazującego na modelu z punktu drugiego.
8. Przyjmując wartości parametrów algorytmu GPC takie same, jak finalne, dobrane dla algorytmu DMC w punkcie 5d), porównać działanie algorytmów GPC i DMC:
  - a) przy skokowej zmianie wartości zadanej,

- b) przy skokowej zmianie niemierzalnego zakłócenia dodanego do wyjścia obiektu (i stałej wartości zadanej).
9. Wyznaczyć obszary stabilności algorytmu GPC, tzn. krzywą  $K_o/K_o^{nom}$  w funkcji  $T_o/T_o^{nom}$ , przyjmując  $T_o/T_o^{nom} = \{1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2\}$ .

**Uwagi:**

- a) Obliczenia należy wykonać w pakiecie MATLAB; nie należy korzystać z Simulinka.
- b) Sprawozdanie powinno zawierać opis przeprowadzonych eksperymentów, komentarz dotyczący otrzymanych wyników oraz wnioski.
- c) **Sprawozdanie (plik PDF) oraz wszystkie pliki zawierające dobrze skomentowane programy, zebrane w jednym archiwum, powinny być zamieszczone na serwerze Studia do dnia oddania włącznie. Rozmiar spakowanego archiwum nie powinien przekraczać 5 MB.**
- d) Za projekt można otrzymać do 25 punktów.
- e) **Oddanie sprawozdania po terminie wiąże się z odjęciem 1 punktu za każdy rozpoczęty dzień spóźnienia. Ze względu na koniec semestru wypadający w połowie czerwca, sprawozdanie należy dostarczyć najpóźniej do 13 czerwca.**