

STEROWANIE PROCESAMI CIĄGLYMI - Ćwiczenia

Ćwiczenie 6: Projektowanie regulatora stanu

(a) Macierze A, B, C, D układu są następujące:

$$A = \begin{bmatrix} -6 & 1 & 0 \\ -11 & 0 & 1 \\ -6 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \ 0 \ 0], \quad D = 0$$

Wykorzystując funkcje MATLAB-a `eig` oraz `place` znajdź wartości własne układu otwartego oraz macierz wzmocnień K regulatora stanu taką, by bieguny układu zamkniętego były równe $-4, -5, -6$. Jeśli nie jest to możliwe, wyjaśnij powód i odpowiednio skoryguj zadane bieguny, a następnie wyznacz macierz K i sprawdź, czy spełnia nowe oczekiwania.

Wskazówka: Skorzystaj z funkcji `ctrbf` i wyznacz wartości własne podsystemu niesterowalnego.

(b) Obiekt sterowania jest opisany równaniami

$$\dot{x}(t) = A x(t) + B u(t) + F z(t), \quad y(t) = C x(t)$$

gdzie u jest sterowaniem, z – zakłóceniem. Macierze zapisane w MATLAB-ie są następujące.

$$A = [-3 \ -3 \ -1; 1 \ 0 \ 0; 0 \ 1 \ 0]; \quad B = [1; 0; 0]; \quad F = B; \quad C = [0 \ 0 \ 0.5];$$

Wyznacz transmitancję układu otwartego względem sterowania i względem zakłócenia. Jakie są zera i bieguny układu otwartego? Zaprojektuj układ sterowania z proporcjonalnym regulatorem stanu, zapewniający zerowy błąd ustalony względem wartości zadanej wyjścia y oraz czas regulacji i przeregulowanie przebiegów przejściowych po skokowej zmianie wartości zadanej równe, odpowiednio, $t_r = 2s$, $p\% = 20\%$. Czy zadane bieguny układu zamkniętego, zapisane w wektorze $p = [-7.5; -2.25 + 4.5*i; -2.25 - 4.5*i]$ spełniają teoretycznie postawione wymagania? Czy bieguny zespolone można uznać za dominujące? Wyznacz transmitancję układu zamkniętego względem wartości zadanej i względem zakłócenia. Jakie są zera i bieguny układu zamkniętego? Czy zera zmieniły się w stosunku do układu otwartego? Wyznacz i zarejestruj odpowiedzi skokowe układu otwartego i zamkniętego (instrukcje MATLAB-a przedstawiono dalej).

(c) Powtórz zadanie (b) zmieniając macierz C na $[0 \ 1 \ 0.5]$. Czy zmieni się tok rozumowania odnośnie do zadanego wektora p ? Zachowując poprzedni wektor p zobacz, co stanie się z macierzą wzmocnień regulatora, a co z odpowiedziami skokowymi i dlaczego? Aby uniknąć nadmiernego przeregulowania skompensuj zero układu otwartego, przyjmując jako wektor zadaných biegunów $p = [-0.5; -2.25 + 4.5*i; -2.25 - 4.5*i]$. Zarejestruj nowe odpowiedzi skokowe. Co stanie się z przebiegami, gdy wartość zera oszacujemy niedokładnie? Zaobserwuj to, zachowując podany wektor p i zakładając, że macierzą C jest: (i) $[0 \ 1 \ 0.6]$, (ii) $[0 \ 1 \ 0.4]$. Czym jest spowodowane wydłużenie się czasu regulacji? Czy byłaby dopuszczalna kompensacja zera leżącego w prawej półpłaszczyźnie? Jak zmienia się czas regulacji i przeregulowanie, jeśli wszystkie trzy bieguny układu zamkniętego zadamy w punkcie -1.5 ?

```

%projektowanie regulatora stanu
%model układu otwartego: dx/dt=A*x+B*u+F*z, y=C*x
%macierze modelu
A=[-3 -3 -1;1 0 0;0 1 0]; B=[1;0;0]; F=[1;0;0]; C=[0 0 0.5]; D=[0];
%transmitancja układu otwartego
[lou,mou]=ss2tf(A,B,C,D,1); %względem sterowania
[zou,pou,kou]=tf2zp(lou,mou);
[loz,moz]=ss2tf(A,F,C,D,1); %względem zakłócenia
[zoz,poz,koz]=tf2zp(loz,moz);
%bieguny układu otwartego
po=eig(A);
%zadane bieguny układu zamkniętego
p=[-7.5;-2.25+4.5*i;-2.25-4.5*i];
%p=[-0.5;-2.25+4.5*i;-2.25-4.5*i];
%p=[-1.5;-1.5;-1.5]; %potrzebna funkcja acker
%macierz wzmocnień regulatora stanu
K=acker(A,B,p);
%bieguny układu zamkniętego
Ac=A-B*K;
pz=eig(Ac);
%wzmocnienie N wartości zadanej w
L=[A B;C D]; P=[0;0;0;1]; nn=L\P; Nx=nn(1:3,:); Nu=nn(4,:);
N= Nu+K*Nx;
%równania układu zamkniętego: dx/dt=Ac*x+B*N*w+F*z, y=C*x
%transmitancje układu zamkniętego
[lzw,mzw]=ss2tf(Ac,B*N,C,D,1); %względem wartości zadanej
[zzw,pzw,kzw]=tf2zp(lzw,mzw);
[lzz,mzz]=ss2tf(Ac,F,C,D,1); %względem zakłócenia
[zzz,pzz,kzz]=tf2zp(lzz,mzz);
%odpowiedzi skokowe
t=0:0.05:10; tz=0:0.01:4;
you=step(lou,mou,t); yoz=step(loz,moz,t);
yzw=step(lzw,mzw,tz); yzz=step(lzz,mzz,tz);
subplot(221); plot(t,you); title('uo względem u');
subplot(222); plot(t,yoz); title('uo względem z');
subplot(223); plot(tz,yzw); title('uz względem w');
subplot(224); plot(tz,yzz); title('uz względem z');

```