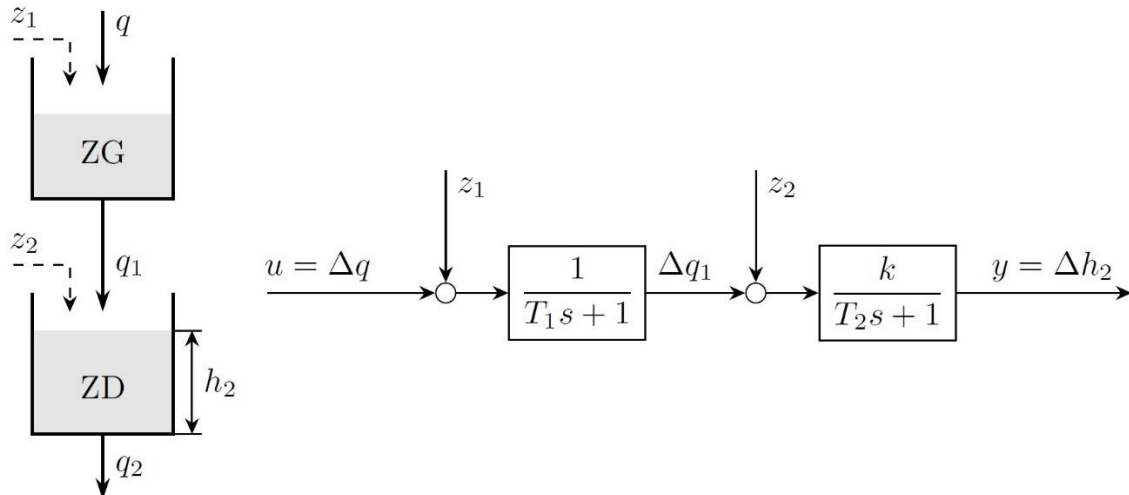


## STEROWANIE PROCESAMI CIĄGLYMI - Laboratorium

### Ćwiczenie 7: Symulacyjne badanie regulatora stanu z akcją całkującą

Rozważany jest układ połączenia kaskadowego dwóch zbiorników (rys. 7.1). Za pomocą dopływu  $q$  do zbiornika górnego (ZG) należy sterować poziomem  $h_2$  w zbiorniku dolnym (ZD). W układzie występują zakłócenia:  $z_1$  – dopływ do ZG niekontrolowany przez regulator,  $z_2$  – dopływ do ZD spoza ZG.



Rys. 7.1 Kaskada dwóch zbiorników: struktura obiektu i model zlinearyzowany

1. Na podstawie schematu blokowego z rysunku 7.1 utwórz model w przestrzeni stanu (z pominięciem zakłóceń) przyjmując  $x_1 = \Delta q_1$ ,  $x_2 = \Delta h_2$  oraz  $k = 200$ ,  $T_1 = 50$ ,  $T_2 = 150$ .
2. Zaprojektuj dla utworzonego modelu regulator stanu. Wyznacz wartości  $K_1$  i  $N$  dla sterowania  $u_1 = -K_1 x + Nw$ . Przyjmij podwójną wartość własną układu zamkniętego równą  $-0.2$ . Jakiego czasu regulacji należy oczekiwać?
3. Uzupełnij projekt regulatora o akcję całkującą. Przyjmij dodatkową wartość własną rozszerzonego układu równą  $-0.15$ . Wyznacz wzmocnienia  $K_2$  oraz  $K_i$  dla sterowania  $u_2 = -K_2 x - K_i x_i + Nw$ .
4. Wyznacz zera i bieguny transmitancji układu zamkniętego względem wielkości zadanej oraz względem zakłócenia  $z_1$ .
5. Zbuduj model symulacyjny układu regulacji z rysunku 7.2 pozwalający porównać efekty sterowań  $u_1$  i  $u_2$ . Zastosuj ustawienia symulacji:
  - *Stop time*: 150
  - *Type*: Fized-step
  - *Solver*: ode5
  - *Fixed-step size*: 0.01

Przyjmij konfigurację bloków Step z poniższej tabeli.

|                      | w | z1  | z2  |
|----------------------|---|-----|-----|
| <i>Step time</i>     | 0 | 50  | 100 |
| <i>Initial value</i> | 0 | 0   | 0   |
| <i>Final value</i>   | 1 | 0.2 | 0.1 |

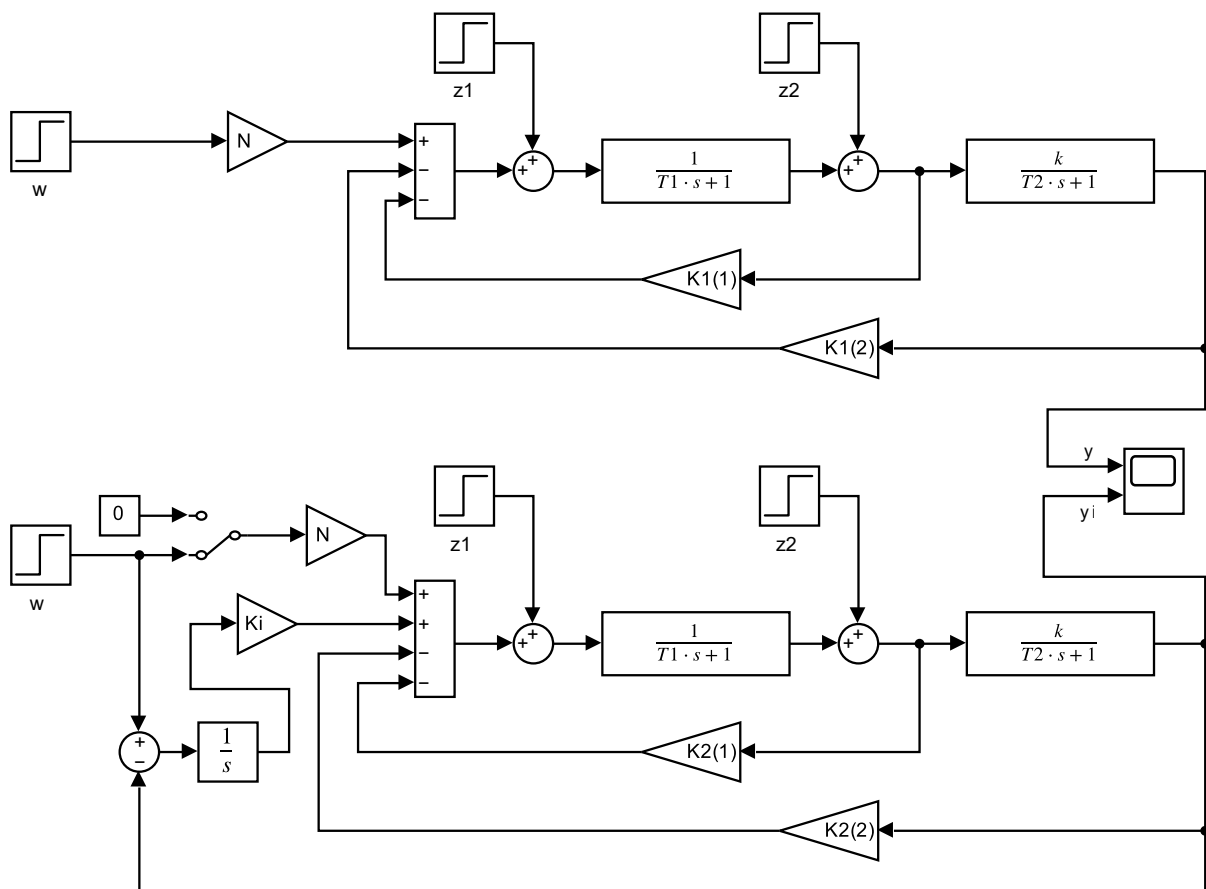
6. Określ, w jaki sposób dodanie akcji całkującej wpływa na działanie układu regulacji. Czy przy obecności akcji całkującej składnik sterowania  $Nw$  jest potrzebny do

uzyskania dokładności? Jaka jest jego inna rola w takim przypadku? – zweryfikuj na podstawie wyników symulacji oraz zer i biegunów transmitancji.

```

% parametry obiektu
T1=50; T2=150; k=200;
% model obiektu w przestrzeni stanu
A=[-1/T1 0;k/T2 -1/T2];
B=[1/T1;0]; C=[0 1]; D=0;
% projekt regulatora stanu
p=[-0.2;-0.2];
K1=acker(A,B,p);
Nxu=[A B;C D]\[0;0;1];
Nx=Nxu(1:2,:); Nu=Nxu(3,:);
N=K1*Nx+Nu;
% dodanie akcji całkującej
p=[p;-0.15];
Ai=[A [0;0]; C 0]; Bi=[B;0];
KKi=acker(Ai,Bi,p);
K2=KKi(:,1:2); Ki=KKi(:,3);
% transmitancje układu zamkniętego
Ac=[A-B*K2 -B*Ki;C 0];
Bc=[B*N;-1]; Cc=[C 0]; Dc=D;
[zw,pw,kw]=ss2zp(Ac,Bc,Cc,Dc); % względem wielkości zadanej
[zz,pz,kz]=ss2zp(Ac,[B;0],Cc,Dc); % względem zakłócenia z1

```



Rys. 7.2 Porównanie modeli symulacyjnych układów regulacji:  
(a) z regulatorem proporcjonalnym,  
(b) z dodaną akcją całkującą