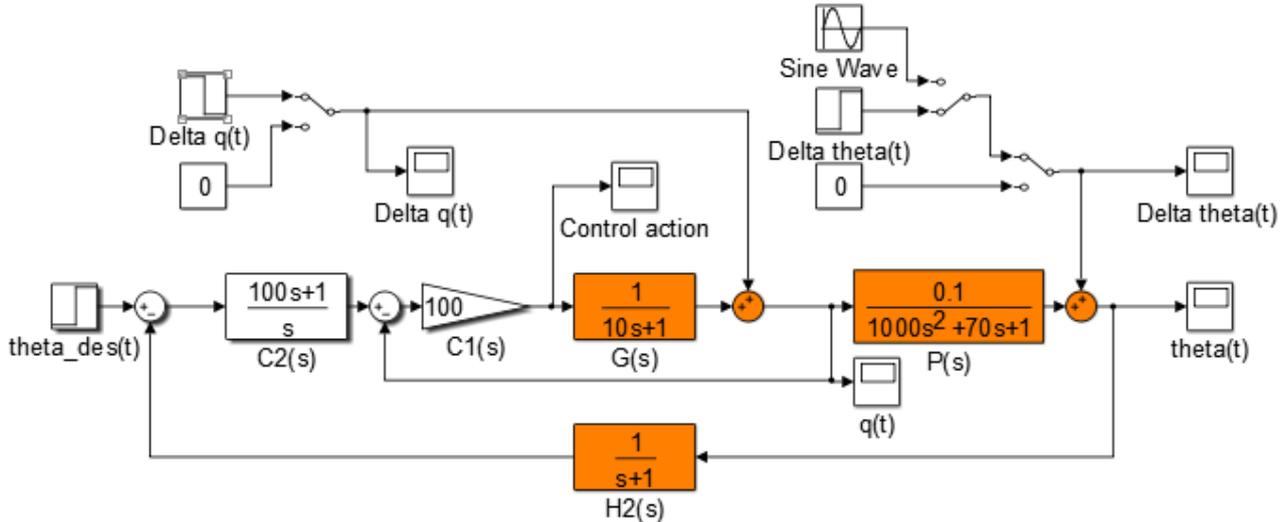


## Tutoraggio di Controlli Automatici 1 – n°1

Riferendosi al sistema di controllo della temperatura in un locale di piccole dimensioni discusso nella esercitazione precedente, e di seguito riportato:



Si richiede di generare un m-file MatLab che permetta di valutare:

1. Confrontare i diagrammi di risposta armonica ed indiciale delle f.d.t. I/U e D/U nell'ipotesi di trascurare o meno il loop di controllo interno di portata e si facciano le considerazioni del caso;
2. Verificare se sia possibile dare, una rappresentazione semplificata della f.d.t. I/U della mediante un sistema del secondo ordine;
3. Si valuti la stabilità del sistema a ciclo chiuso al variare del guadagno  $k_{C_2} \in [0, +\infty]$  del controllore di temperatura  $C_2(s)$  utilizzando sia i diagrammi Bode che di Nyquist nell'ipotesi di trascurare o meno il loop di controllo interno di portata;
4. Valutare i margini di guadagno e di fase del sistema, nonché la pulsazione critica ed il guadagno critico;
5. Si analizzino le caratteristiche modali del sistema a ciclo chiuso al variare del guadagno  $k_{C_2} \in [0, +\infty)$  del controllore di temperatura  $C_2(s)$  utilizzando il luogo delle radici

Successivamente, posti gli ingressi al sistema pari a  $\theta_{des}(t) = 30\delta_{-1}(t)$ ,  $\Delta q(t) = -100\delta_{-1}(t - 1000)$ ,  $\Delta\theta(t) = 5\delta_{-1}(t - 400)$  si richiede di

6. Modellare il sistema in analisi come riportato in figura e quindi simularne il comportamento per 1500 secondi. Si suggerisce la scelta di un solver a passo fisso con passo di integrazione pari a 0.01 secondi
7. Noti i diagrammi di risposta armonica delle f.d.t. D/U discuterne le proprietà di reiezione ai disturbi sia di tipo costante che sinusoidale.

[Bonus] Data la f.d.t. riportata di seguito, valutare analiticamente la fase del luogo delle radici nel punto  $s = +j$  e confrontare i risultati ottenuti disegnando il luogo su Matlab.

$$F(s) = \frac{s - 1}{(s + 1) \cdot (s^2 + 1)}$$



```
clc, clear all, close all
%% Controlli Automatici
%% Esercitazione 1, 2, 3 in Malab
%
% P(s) f.d.t. Ambiente da condizionare
P=tf(0.1,[1000 70 1]);
% G(s) f.d.t. Valvola per il controllo della Portata
G=tf(1,[10 1]);
% C1(s) f.d.t. Regolatore Proporzionale del Loop di Portata
C1=tf(100);
% H1(s) f.d.t. Sensore di Portata (es. Venturimetro)
H1=1;
% W1(s) f.d.t. Loop di Portata
W1=feedback(C1*G,H1);
% C2(s) f.d.t. Regolatore Loop di Temperatura
kc2=1;
C2=tf(kc2*[100 1],[1 0]);
% H1(s) f.d.t. Sensore di Temperatura
H2=tf(1,[1 1]);
%% 1. Confrontare i diagrammi di risposta armonica ed indiciale delle
% f.d.t. I/U e D/U nell'ipotesi di trascurare o meno il loop di controllo
% interno di portata e si facciano le considerazioni del caso;

% F.d.t. I/U
Wr=feedback(C2*W1*P,H2);
Wr_ap1=feedback(C2*P,H2);
figure(1)
    bode(Wr,Wr_ap1)
figure(2)
    step(Wr,Wr_ap1)
% F.d.t. Disturbo/Uscita
Wdt=feedback(1,C2*W1*P*H2);
Wdt_ap1=feedback(1,C2*P*H2);
figure(3)
    bode(Wdt,Wdt_ap1)
figure(4)
    step(Wdt,Wdt_ap1)

Wdq=1/(C1*G)*feedback(W1*P,C2*W1*P*H2);
Wdq_ap1=1/(C1*G)*feedback(P,C2*P*H2);
figure(5)
    bode(Wdq,Wdq_ap1)
figure(6)
    step(Wdq,Wdq_ap1)
%% 2. Verificare se sia possibile dare, una rappresentazione semplificata
% della f.d.t. I/U della mediante un sistema del secondo ordine;
[numWr,denWr]=tfdata(Wr,'v')
roots(numWr)
roots(denWr)
Wr_ap2=tf(1,conv([1/(-0.0245 + 0.0980i) -1],[1/(-0.0245 - 0.0980i) -1]))

figure(7)
    bode(Wr,Wr_ap1,Wr_ap2)
%% 3. Si valuti la stabilità del sistema a ciclo chiuso al variare del
% guadagno kc2 ?[0,+?] del controllore di temperatura C_2 (s)
% utilizzando sia i diagrammi Bode che di Nyquist nell'ipotesi di
% trascurare o meno il loop di controllo interno di portata;
% F.d.t. ad anello del loop esterno
F=C2*W1*P*H2;
F_ap1=C2*P*H2;
```



```
figure(8)
    bode(F,F_ap1)
figure(9)
    nyquist(F,F_ap1)

%% 4. Valutare i margini di guadagno e di fase del sistema, nonché la
% pulsazione critica ed il guadagno critico;

help margin
[Gm,Pm,omega_180,omega_t] = margin(F)

figure(10)
subplot(1,2,1)
    margin(F)
subplot(1,2,2)
    margin(F_ap1)

%% 5. Si analizzino le caratteristiche modali del sistema a ciclo chiuso
% al variare del guadagno k_(C_2) [0,+?) del controllore di temperatura
% C2(s) utilizzando il luogo delle radici

zpk(F)
kprimoF=0.1
zeriF=zero(F)
poliF=pole(F)
n=5;
m=1
phi=zeros(n-m,1)
% calcolo asintoti
for h=0:1:n-m-1
    phi(h+1)=(2*h+1)*180/(n-m);
end

phi

syms s

XD=solve('1/(s+0.01) - ( 1/s + 1/(s+10.1) +1/(s+1) + 1/(s+0.05)+ 1/(s+0.02)
)=0')

% Esempio utilizzo formula di taratura fissiamo s pari al punto di
% diramazione:
s=XD(3)
% il guadagno K tale per cui il luogo si trova nel punto di diramazione è
% per dettagli sulla seguente istruzione digitare
help prod % moltiplica tra loro gli elementi di un vettore
help abs % calcola il valore assoluto dell'argomento

K = prod(abs(s - poliF) )/(kprimoF*prod(abs(s-zeriF)))
% confrontare questo risultato sul luogo delle radici

figure(11)
    rlocus(F)

% Dal luogo delle radici è inoltre possibile notare che il punto
s=j*0.234
% appartiene al luogo. Dalla struttura del luogo si evince inoltre che il
% sistema è al limite di stabilità. Utilizzando la formula di taratura
% possiamo inoltre valutare il guadagno KC2 per il quale il sistema a ciclo
% chiuso sarà al limite di stabilità
K = prod(abs(s - poliF) )/(kprimoF*prod(abs(s-zeriF)))
% come si può notare il valore ottenuto è molto prossimo al margine di
```



```
% guadagno calcolato al punto 4  
Gm
```

```
%% [X] Esercizio bonus: Data la f.d.t.  
clear all  
Fnew=zpk([1],[-1 j -j],1)  
zeriF=zero(Fnew)  
poliF=pole(Fnew)  
% calcolare la fase iniziale del luogo nel punto s=+j  
s=j  
% attraverso la formula delle fasi del luogo:  
phase_rad= sum( rad2deg( phase( s - poliF ) ) + rad2deg( phase( s - zeriF ) ) )  
% come possiamo vedere la fase è 270° che coincide con la fase iniziale del  
% luogo delle radici  
figure(20)  
rlocus(Fnew)
```

---

Authors: Dr. Ing. Alessandro Piloni<sup>1</sup>.

E. Usai and A. Piloni are with the Department of Electrical and Electronic Engineering (DIEE), University of Cagliari, Cagliari 09123, Italy. E-mail addresses: {eusai,alessandro.piloni}@diee.unica.it



This work is licensed under the Creative Commons Attribuzione 3.0 Italia License.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/>.