

# CONTROLLI AUTOMATICI (01AKS, 02FSQ)

## Tipologia del compito dell'8/VII/2002

COGNOME: \_\_\_\_\_

N. MATRICOLA: \_\_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_

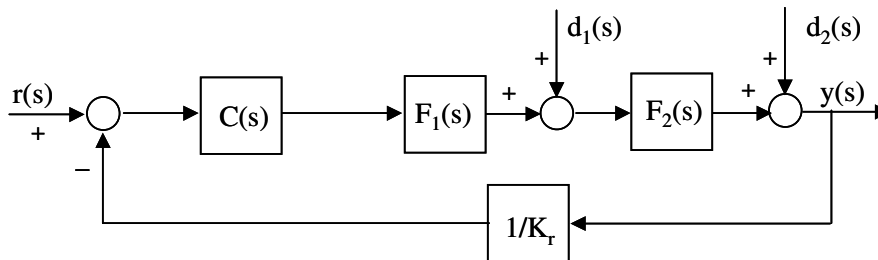
Laurea in: AUT ELN INF

Risolvere gli esercizi proposti riportando le risposte esclusivamente nel foglio allegato, seguendo le indicazioni in esso contenute.

### Esercizio 1 - Progetto di un controllore

Sia dato il sistema di controllo riportato in figura con:

$$F_1(s) = \frac{30}{s+15}, \quad F_2(s) = \frac{3s+3}{s^3+10s^2+24s}, \quad K_r = 1, \quad d_1(t) = 1, \quad d_2(t) = 4.$$



1.1) Progettare il controllore  $C(s)$  in modo che il sistema retroazionato soddisfi le seguenti specifiche:

- errore di inseguimento alla rampa unitaria  $r(t) = t$  in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.1, in assenza di disturbi;
- effetto del disturbo  $d_1(t)$  sull'uscita in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.05;
- effetto del disturbo  $d_2(t)$  sull'uscita in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.01;
- banda passante pari a circa 20 rad/s (la specifica è soddisfatta se l'errore commesso è inferiore in modulo al 10%);
- sovraelongazione massima della risposta al gradino unitario minore (o uguale) al 20%.

Riportare la funzione di trasferimento del controllore progettato sul foglio allegato nella forma fattorizzata in costanti di tempo:

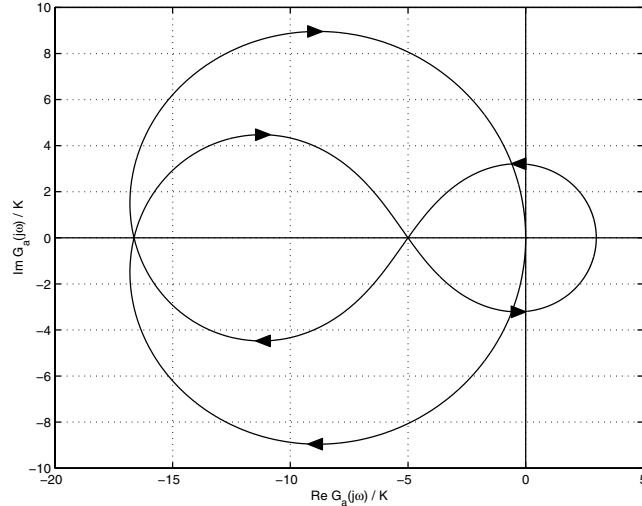
$$C(s) = \frac{K_c}{s^i} \frac{(1 + \tau_{z,1}s) \cdots}{(1 + \tau_{p,1}s) \cdots}$$

1.2) Dopo aver verificato che il sistema in catena chiusa così ottenuto soddisfi le specifiche richieste, valutarne:

- il tempo di salita;
- il picco di risonanza della risposta in frequenza;
- l'errore di inseguimento massimo in regime permanente a  $r(t) = \sin(0.2t)$ , in assenza di disturbi.

1.3) Discretizzare il controllore  $C(s)$  progettato, scegliendo opportunamente il passo di campionamento (motivare tale scelta). Determinare la funzione di trasferimento  $C(z)$ , specificando il metodo di discretizzazione utilizzato, e valutare il tempo di salita e la sovraelongazione massima della risposta al gradino unitario del sistema ad anello chiuso, ottenuti con tale  $C(z)$ .

**Esercizio 2** - Dato il diagramma di Nyquist indicato nella figura sottostante:



corrispondente alla seguente funzione di trasferimento d'anello:

$$G_a(s) = 3K \frac{(1+s)(1+s/2)}{(1-s)(1+s/15)(1+s/45)}$$

analizzare le caratteristiche di stabilità del sistema retroazionato negativamente per  $K$  pari a:  $-1$ ,  $-0.1$ ,  $0.1$ ,  $1$ .

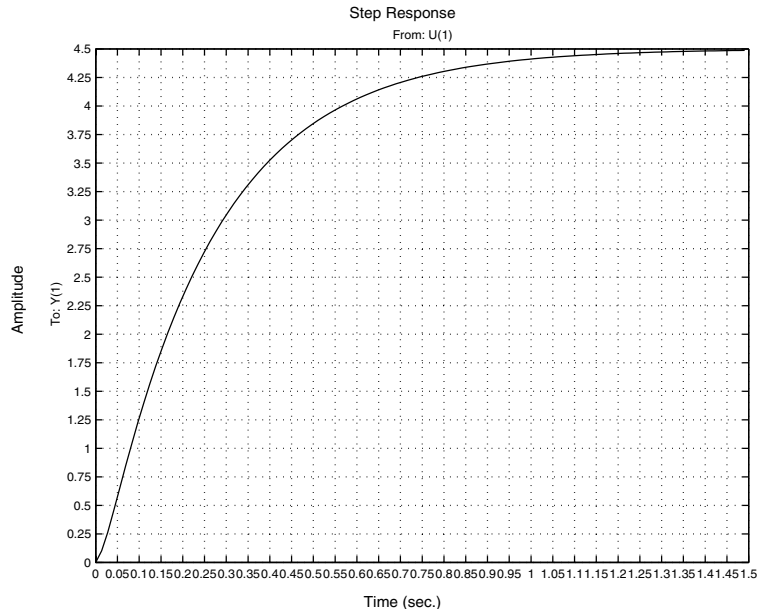
A) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -0.1$ ,  $1$ ; presenta 3 poli instabili per  $K = 0.1$ .

B) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -0.1$ ,  $1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -1$ ; presenta 2 poli instabili per  $K = 0.1$ .

C) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -0.1$ ,  $1$ ; presenta 2 poli instabili per  $K = 0.1$ .

D) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -0.1$ ,  $1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -1$ ; presenta 3 poli instabili per  $K = 0.1$ .

**Esercizio 3 per AUT e INF** - Data la risposta (riportata nella figura sottostante) ottenuta applicando un gradino unitario al sistema descritto dalla funzione di trasferimento  $F(s) = \frac{4s^2 + 1200s + 90000}{s^3 + 154s^2 + 5600s + 20000}$ , progettare un controllore PID *reale* (si scelga  $N = 10$  nella definizione del polo di chiusura). Valutare il tempo di salita  $t_s$  e la sovraelongazione massima  $\hat{s}$  della risposta al gradino del sistema controllato in catena chiusa con retroazione negativa unitaria e con tale controllore in cascata.



**Esercizio 3 per ELN** - Un sistema avente funzione di trasferimento  $G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)}$  è controllato in catena chiusa con retroazione negativa unitaria e compensatore di tipo PD,  $C(s) = K_D s + K_P$  (il polo di chiusura è trascurato).

La scheda elettronica che realizza il PD permette la sintonizzazione entro i seguenti limiti:  $0 \leq K_D \leq 17$  e  $0 \leq K_P \leq 23$ . Calcolare i valori che permettono di ottenere poli in catena chiusa con pulsazione naturale  $\omega_n$  la più elevata possibile e smorzamento  $\zeta = 0.5$ . Valutare il tempo di salita  $t_s$  e la sovraelongazione  $\hat{s}$  della risposta al gradino in catena chiusa.

COGNOME: \_\_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_

**Esercizio 1****Risultati dell'analisi delle specifiche:**

Numero di poli nell'origine del controllore:

Guadagno stazionario minimo del controllore:

Pulsazione di attraversamento desiderata:

Margine di fase minimo richiesto:

Eventuali commenti:

**Funzione di trasferimento del controllore progettato (in forma fattorizzata in costanti di tempo):** $C(s) =$ Breve relazione sul progetto di  $C(s)$ :**Verifica del soddisfacimento delle specifiche:**

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

**Valutazione delle prestazioni richieste ad anello chiuso:**

- $\alpha$ )
- $\beta$ )
- $\gamma$ )

**Discretizzazione del controllore:**Passo di campionamento  $T =$  $C(z) =$ Motivazioni della scelta di  $T$ , metodo di discretizzazione utilizzato e valutazioni richieste ad anello chiuso:

**Esercizio 2**

**Risposta** (indicare solo la lettera in stampatello corrispondente alla risposta ritenuta esatta):

**Esercizio 3 per AUT e INF**

Parametri del sistema stimati a partire dall'analisi della risposta al gradino:

Parametri del controllore PID:

$$K_P =$$

$$T_I =$$

$$T_D =$$

Valutazione delle prestazioni richieste ad anello chiuso:

$$t_s =$$

$$\hat{s} =$$

**Esercizio 3 per ELN**

Parametri del controllore PD:

$$K_P =$$

$$K_D =$$

Valutazione delle prestazioni richieste ad anello chiuso:

$$t_s =$$

$$\hat{s} =$$