

# CONTROLLI AUTOMATICI (01AKS, 02FSQ)

## Tipologia del compito del 15/VII/2002

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

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

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

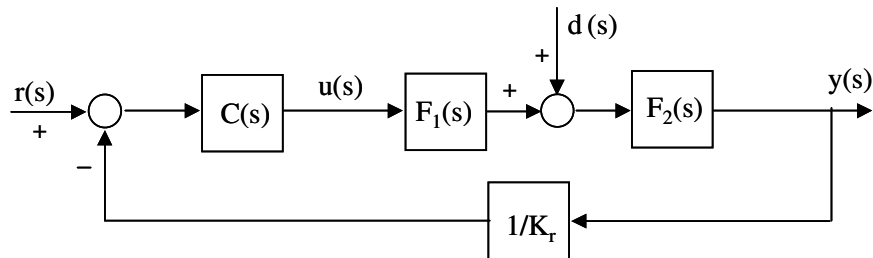
Laurea in: AUT ELN INF

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:

$$F_1(s) = \frac{(1 + s/0.1)}{(1 + s/0.2)(1 + s/10)}, \quad F_2(s) = \frac{1}{s}, \quad K_r = 1, \quad d(t) = 1.5$$



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

- errore di inseguimento al gradino unitario nullo in regime permanente, in assenza di disturbi;
- errore di inseguimento alla parabola  $r(t) = t^2/2$  in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.16, in assenza di disturbi;
- effetto del disturbo  $d(t)$  sull'uscita in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.05;
- banda passante pari a circa 4 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 25%.

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

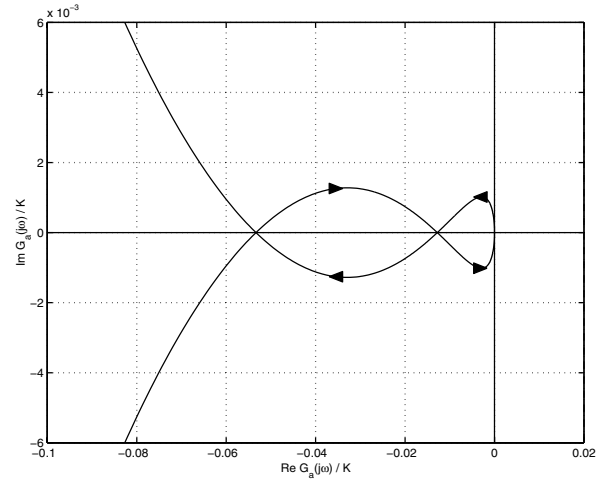
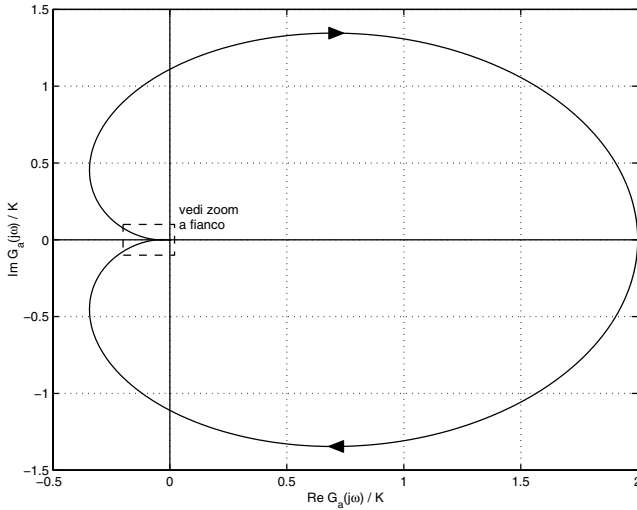
$$C(s) = \frac{K_c}{s^i} \frac{(1 + \tau_{z,1}s) \cdots}{(1 + \tau_{p,1}s) \cdots}$$

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;
- il valore massimo del comando  $u(t)$  applicato dal controllore progettato, quando  $r(t) = 1$  (gradino unitario).

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. 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 nelle figure sottostanti:



corrispondente alla seguente funzione di trasferimento d'anello:

$$G_a(s) = 2K \frac{(1 + s/60)(1 + s/100)}{(1 + s/4)(1 + s/8)(1 + s/12)}$$

analizzare le caratteristiche di stabilità del sistema retroazionato negativamente al variare del parametro reale  $K$ , sapendo che le intersezioni del diagramma di Nyquist di  $G_a(j\omega)/K$  con l'asse reale sono in:  $-0.05333$ ,  $-0.0128$ ,  $0$ ,  $2$ .

A) Il sistema retroazionato è stabile per  $K < -0.05333$  oppure per  $K > 2$ ; presenta 1 polo instabile per  $0 < K < 2$ ; presenta 2 poli instabili per  $-0.05333 < K < 0$ .

B) Il sistema retroazionato è stabile per  $K < -0.05333$  oppure per  $K > 2$ ; presenta 1 polo instabile per  $-0.05333 < K < 0$ ; presenta 2 poli instabili per  $0 < K < 2$ .

C) Il sistema retroazionato è stabile per  $-0.5 < K < 18.751$  oppure per  $K > 78.125$ ; presenta 1 polo instabile per  $K < -0.5$ ; presenta 2 poli instabili per  $18.751 < K < 78.125$ .

D) Il sistema retroazionato è stabile per  $-0.5 < K < 18.751$  oppure per  $K > 78.125$ ; presenta 1 polo instabile per  $18.751 < K < 78.125$ ; presenta 2 poli instabili per  $K < -0.5$ .

**Esercizio 3 per AUT e INF** - Dato il sistema descritto dalla funzione di trasferimento:

$$F(s) = \frac{100s + 1000}{s^5 + 38s^4 + 481s^3 + 2280s^2 + 3600s}$$

progettare un controllore PID *reale* (si scelga  $N = 10$  nella definizione del polo di chiusura) e valutare la banda passante  $B_3$  ed il picco di risonanza  $M_r|_{dB}$  del sistema controllato in catena chiusa, ottenuto con retroazione negativa unitaria e con tale controllore in cascata.

**Esercizio 3 per ELN** - Un sistema con funzione di trasferimento  $\frac{4}{s+8}$  è controllato in catena chiusa con retroazione unitaria negativa e con compensatore di tipo PI:  $C(s) = K_P + \frac{K_I}{s}$ . Il guadagno  $K_I$  è costante, fissato al valore  $K_I = 144$ ; per il guadagno  $K_P$  non ci sono limitazioni. Determinare il valore di  $K_P$  che assicura un fattore di smorzamento dei poli in catena chiusa pari a  $\zeta = 0.5$ . Della catena chiusa così ottenuta valutare il guadagno stazionario  $K_{cc}$ , il tempo di salita  $t_s$  e la sovralongazione massima percentuale  $\hat{s}$  della risposta al gradino unitario.

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

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

**Esercizio 1****Risultati dell'analisi delle specifiche:**Numero di poli nell'origine del controllore necessari per soddisfare tutte le specifiche statiche =Guadagno stazionario minimo del controllore necessario per soddisfare tutte le specifiche statiche =

Pulsazione di attraversamento desiderata =

Margine di fase minimo richiesto =

Eventuali commenti:

**Funzione di trasferimento del controllore progettato (in forma fattorizzata in costanti di tempo):**

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

Breve relazione sul progetto di  $C(s)$  (in particolare, indicare i parametri caratteristici delle reti compensatrici utilizzate):**Verifica del soddisfacimento delle specifiche** (riportare i valori numerici ottenuti in simulazione):

- a) modulo dell'errore di inseguimento al gradino unitario in regime permanente =
- b) modulo dell'errore di inseguimento alla parabola  $r(t) = t^2/2$  in regime permanente =
- c) modulo dell'effetto del disturbo  $d(t)$  sull'uscita in regime permanente =
- d) banda passante =
- e) sovraelongazione massima della risposta al gradino unitario =

**Valutazione delle prestazioni ad anello chiuso** (riportare i valori numerici ottenuti in simulazione):

- $\alpha$ ) tempo di salita =
- $\beta$ ) picco di risonanza della risposta in frequenza =
- $\gamma$ ) valore massimo del comando =

**Discretizzazione del controllore:**Passo di campionamento  $T$  =

$$C(z) = \frac{N_C(z)}{D_C(z)} =$$

Motivazioni della scelta di  $T$ ; metodo di discretizzazione utilizzato:

Valutazioni delle prestazioni ad anello chiuso (riportare i valori numerici ottenuti in simulazione):

- tempo di salita =
- sovraelongazione massima della risposta al gradino unitario =

### Esercizio 2

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

### Esercizio 3 per AUT e INF

**Parametri significativi del sistema, utili ai fini della taratura del controllore PID:**

**Parametri del controllore PID:**

$$K_P =$$

$$T_I =$$

$$T_D =$$

**Valutazione delle prestazioni ad anello chiuso** (riportare i valori numerici ottenuti in simulazione):

- banda passante  $B_3 =$

- picco di risonanza  $M_r|_{dB} =$

### Esercizio 3 per ELN

**Parametri del controllore PI:**

$$K_P =$$

**Valutazione delle prestazioni ad anello chiuso** (riportare i valori numerici ottenuti in simulazione):

$$K_{cc} =$$

$$t_s =$$

$$\hat{s} =$$