

# CONTROLLI AUTOMATICI (01AKS, 01FSQ, 02FSQ)

## Tipologia del compito del 7/VII/2003

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

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

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

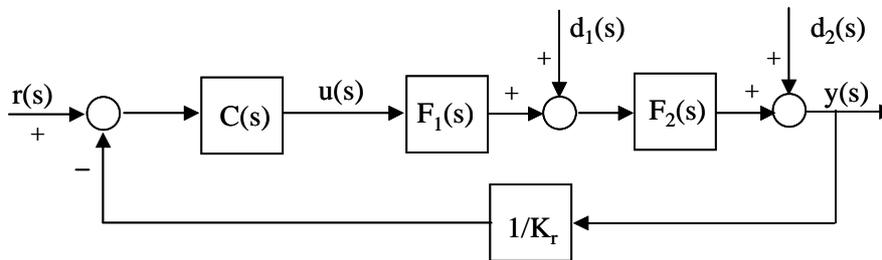
Laurea in: AUT ELN INF PRLP

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:

$$F_1(s) = \frac{5}{s}, \quad F_2(s) = \frac{(s+20)}{(s+1)(s+5)^2}, \quad K_r = 1, \quad d_1(t) = 0.5, \quad d_2(t) = 0.1t$$



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

- errore di inseguimento alla rampa unitaria in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.05, in assenza di disturbi;
- effetto del disturbo  $d_1(t)$  sull'uscita in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.01;
- effetto del disturbo  $d_2(t)$  sull'uscita in regime permanente pari al massimo in modulo a 0.01;
- tempo di salita della risposta al gradino unitario pari a circa 1 s (la specifica è ritenuta soddisfatta se l'errore commesso è inferiore in modulo al 20%);
- picco di risonanza della risposta in frequenza non superiore a 2.5 dB.

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

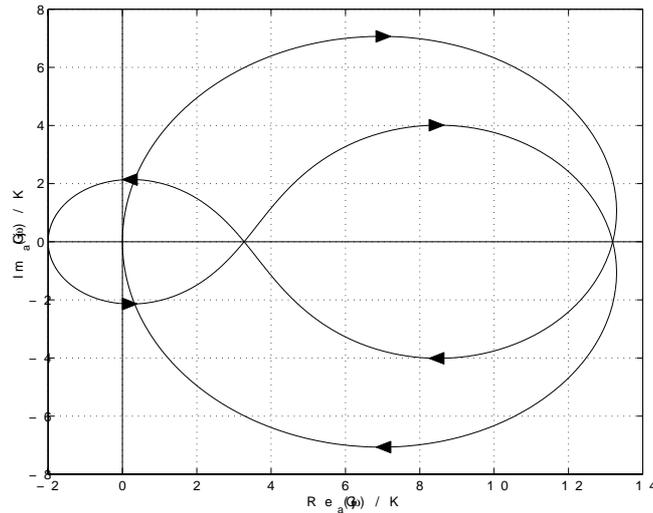
$$C(s) = \frac{K_c (1 + \tau_{z,1}s) \cdots}{s^i (1 + \tau_{p,1}s) \cdots}$$

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

- la banda passante;
- la sovralongazione massima della risposta al gradino unitario;
- il valore massimo del comando  $u(t)$  applicato dal controllore progettato, quando  $r(t) = 1$  (gradino unitario), 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 sovralongazione 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:

$$G_a(s) = -2K \frac{(1+s)(1+s/2)}{(1-s)(1+s/20)(1+s/40)}$$

analizzare le caratteristiche di stabilità del sistema retroazionato positivamente per  $K$  pari a:  $-1, -0.1, -0.01, 0.01, 0.1, 1$ .

A) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -0.1, -0.01, 0.01, 1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -1$ ; presenta 2 poli instabili per  $K = 0.1$ .

B) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -0.1, -0.01, 0.01, 1$ ; presenta 3 poli instabili per  $K = 0.1$ .

C) Nessuna delle altre risposte è corretta.

D) Il sistema retroazionato è stabile per  $K = -1$ ; presenta 1 polo instabile per  $K = -0.1, -0.01, 0.01, 1$ ; presenta 2 poli instabili per  $K = 0.1$ .

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

$$F(s) = \frac{3s + 6}{s^4 + 6.5s^3 + 12s^2 + 4.5s}$$

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

**Esercizio 3 per ELN** - Un sistema avente funzione di trasferimento  $G(s) = \frac{40}{(s-2)(s+20)}$  è controllato in catena chiusa

con retroazione negativa unitaria e compensatore di tipo PI,  $C(s) = K_P + \frac{K_I}{s}$ . Al sistema in catena chiusa si vuole imporre un polo reale stabile  $\lambda$  e una coppia di poli complessi coniugati con smorzamento  $\zeta = 0.5$  e pulsazione naturale  $\omega_n$ . Dire se il sistema in catena chiusa è:

- stabilizzabile solo per  $\lambda = -2$  e  $\omega_n = 16$ ;
- stabilizzabile  $\forall \lambda$  e  $\forall \omega_n$ ;
- stabilizzabile per particolari coppie  $\lambda, \omega_n$ ;
- non stabilizzabile.

Qualunque sia la risposta data fornirne una brevissima giustificazione.

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 effettivamente ottenuti in simulazione):

- a) modulo dell'errore di inseguimento alla rampa unitaria in regime permanente =
- b) modulo dell'effetto del disturbo  $d_1(t)$  sull'uscita in regime permanente =
- c) modulo dell'effetto del disturbo  $d_2(t)$  sull'uscita in regime permanente =
- d) tempo di salita della risposta al gradino unitario =
- e) picco di risonanza della risposta in frequenza =

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

- $\alpha$ ) banda passante =
- $\beta$ ) sovraelongazione massima della risposta al gradino unitario =
- $\gamma$ ) valore massimo del comando =

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

**Parametri del controllore PID:**

$K_P =$

$T_I =$

$T_D =$

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

banda passante =

picco di risonanza =

**Esercizio 3 per ELN**

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

**Breve giustificazione della risposta data:**