Esercitazione 11: Sintesi del controllore Parte 2

27 maggio 2024 (3h)

Fondamenti di Automatica

Prof. M. Farina

Responsabile delle esercitazioni: Daniele Ravasio

Queste dispense sono state scritte e redatte dal Prof. Alessandro Papadopoulos, Mälardalen University e successivamente in parte modificate e completate.

1 Sistema a fase non minima

Si consideri lo schema di controllo rappresentato in Figura 1

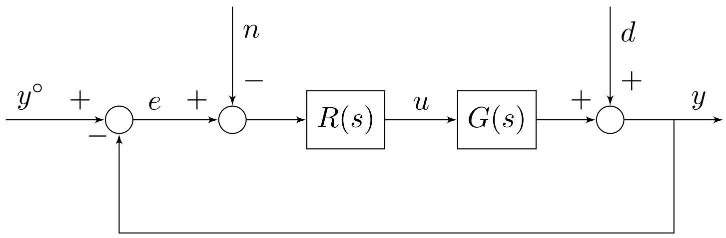


Figura 1: Schema di controllo.

dove

$$G(s) = \frac{1 - 0.1s}{(1 + 0.1s)(1 + s)(1 + 10s)},$$

è la funzione di trasferimento di un sistema del terzo ordine, da controllare.

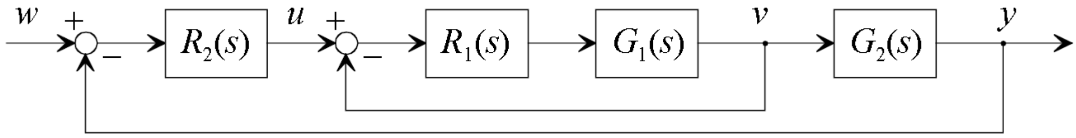
1. Si determini la funzione di trasferimento $R(s)$ del regolatore di ordine minimo in modo tale che
   (a) L'errore a transitorio esaurito e_∞ soddisfi la limitazione $|e_\infty| \leq 0.001$ quando $y^\circ(t) = \text{sca}(t)$, $n(t) = 0$ e $d(t) = 0$.
   (b) L'errore a transitorio esaurito e_∞ soddisfi la limitazione $|e_\infty| \leq 0.1$ quando $y^\circ(t) = 0$, $n(t) = \sin(\omega_n t)$ e $d(t) = 0$, con $\omega_n \geq 10^2$.
   (c) L'errore a transitorio esaurito e_∞ soddisfi la limitazione $|e_\infty| \leq 0.1$ quando $y^\circ(t) = 0$, $n(t) = 0$ e $d(t) = \sin(\omega_d t)$, con $\omega_d \leq 0.1$.
   (d) Il margine di fase φ_m sia maggiore o uguale a 50°.
   (e) La pulsazione critica ω_c sia maggiore o uguale a 3.
2. Si determini la funzione di trasferimento $R^*(z)$ del regolatore ottenuto discretizzando $R(s)$ con il metodo di Eulero implicito e con il valore di $T_s = 0.1$, valutando la variazione di margine di fase dovuta alla discretizzazione.
3. Scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto.

2 Progetto di regolatori PID con sistema instabile

Si consideri il sistema di controllo in figura, dove:

$$G_1(s) = \frac{1}{(s+1)(s-2)}, \; G_2(s) = \frac{1}{(1+10s)(1+s)}$$

Si chiede di



1. Determinare un regolatore $R_1(s)$ di tipo P, PD o PID (ideali) in modo che la funzione di trasferimento tra la variabile u e la variabile v sia caratterizzata da due poli coincidenti in $s = -0.5$.
2. Determinare un regolatore $R_2(s)$ di tipo P che garantisca la massima pulsazione critica ottenibile con un margine di fase $\varphi_m = 60°$ per il sistema di controllo complessivo.

3 Realizzazione digitale di un regolatore PI

Un regolatore $R(s)$ è caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento

$$R(s) = 1 + \frac{10}{s}$$

e permette di garantire che il sistema ad anello chiuso (in condizioni ideali) abbia pulsazione critica $\omega_c = 1$ rad/s e margine di fase $\varphi_m^o = 45°$.

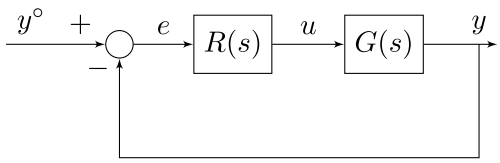
1. Considerando un generico periodo di campionamento T_S, si determini la funzione di trasferimento a tempo discreto $R^*(z)$ del regolatore ottenuto discretizzando $R(s)$ con il metodo di Tustin.

2. Scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto, cioè il corrispondente sistema a rappresentazione esterna nel dominio del tempo.

3. Considerando che il ritardo di elaborazione è pari a $\tau_{EL} = 1$ ms, si progetti il filtro anti-aliasing e si determini il passo di campionamento in modo tale che il sistema ad anello chiuso reale presenti un margine di fase superiore a $\varphi_m^{REALE} = 25°$.

4 Integratore nel processo

Si consideri il seguente schema di controllo:



dove

$$G(s) = \frac{10}{s(1+s)^2}$$

Si progetti $R(s)$ in modo tale che:

$$\begin{aligned} |e_\infty| &= 0 \quad y^\circ = \mathrm{sca}(t) \\ \omega_c &\geq 1 \text{ rad/s} \\ \varphi_m &\geq 50° \end{aligned}$$