1. Con riferimento al sistema S descritto dallo schema a blocchi di Fig.1, dove:

$$R(s) = \frac{2}{1 + 3.3\,s} \quad , \quad G(s) = \frac{15\,s}{(1 + s)(1 + 0.1\,s)} \quad , \quad H(s) = 0.03\ \frac{1 - 2.5\,s}{(1 + 30\,s)^2}$$

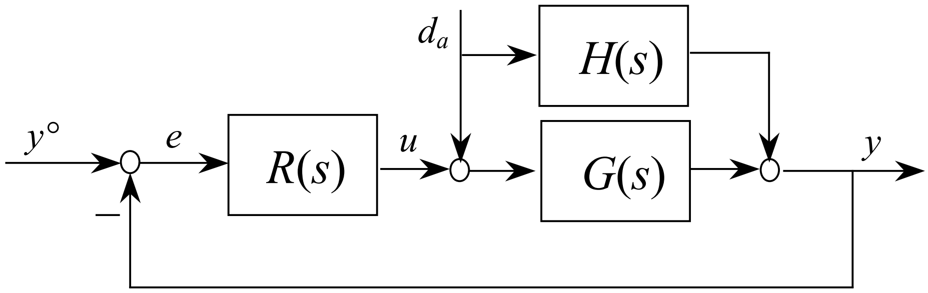


Fig. 1

***a*)** si calcoli, anche solo simbolicamente (senza tener conto, cioè, dei valori numerici delle funzioni di trasferimento R, G e H), la funzione di trasferimento da d_a a u;

La funzione di trasferimento $Q(s)$ da d_a a u è data da:

$$Q(s) = -\ \frac{G(s) + H(s)}{1 + R(s)\ G(s)}$$

***b*)** si studi la stabilità del sistema; si dica cioè, motivando la risposta, se S è asintoticamente stabile;

Nei sistemi lineari, la stabilità non dipende dagli ingressi; quindi d_a può essere rimosso. Il blocco in cascata con funzione di trasferimento $H(s)$ è asintoticamente stabile, quindi può essere rimosso. Il sistema reazionato risultante ha funzione di trasferimento d'anello

$$L(s) := R(s)\ G(s) = \frac{30\,s}{(1 + 3.3\,s)(1 + s)(1 + 0.1\,s)} := \frac{N(s)}{D(s)}$$

che non presenta cancellazioni illegittime. Per analizzare la stabilità del sistema reazionato si può dunque applicare il Criterio di Routh al denominatore di $L/(1+L)$, *cioè al polinomio* $p(s) = D(s) + N(s) = 0.33\ s^3 + 3.73\ s^2 + 34.40\ s + 1$. *La prima colonna della corrispondente Tabella di Routh è data da:* 0.3300, 3.7300, 34.3115, 1. *Quindi il sistema complessivo è asintoticamente stabile.*

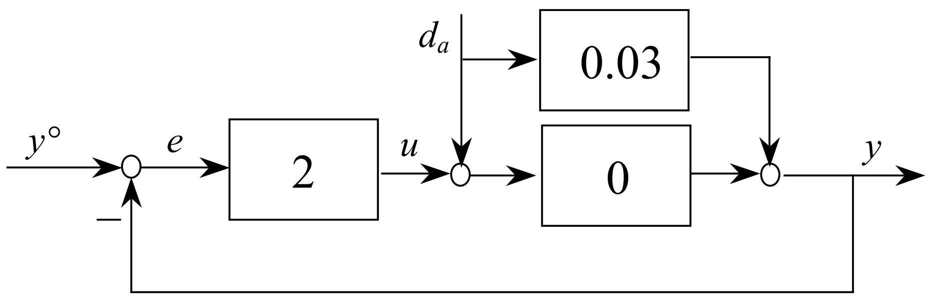
c) si valuti (anche approssimativamente, se possibile; e in ogni caso si discuta) la banda passante di S (da $y°$ a y);

In Fig.2 è riportato, in blu, il diagramma di Bode asintotico del modulo di $L(j\omega)$. *In prima approssimazione, il corrispondente diagramma della risposta in frequenza ad anello chiuso, il diagramma cioè di* $|F(j\omega)|$, *è quello di "massima attenuazione fra modulo di* L *e asse delle* ω*"; è cioè il diagramma in rosso di Fig.2.*

Se ne deduce che, in primissima approssimazione, la banda passante del sistema di Fig.1 va da 0.03 a 10 radianti per unità di tempo.

d) si valuti l'errore e_∞ prodotto in S, a transitorio esaurito, da un andamento a scalino di ampiezza 10 del disturbo d_a; si discuta quindi la possibilità di ridurre l'entità di tale errore e_∞ modificando la funzione di trasferimento $R(s)$ del controllore.

A transitorio esaurito, il sistema di Fig.1 è equivalente a:



Quindi, l'errore e_∞ *a transitorio esaurito, prodotto da un andamento a scalino di ampiezza 10 del disturbo* d_a *è pari a 0.3, qualunque sia la funzione di trasferimento del controllore.*

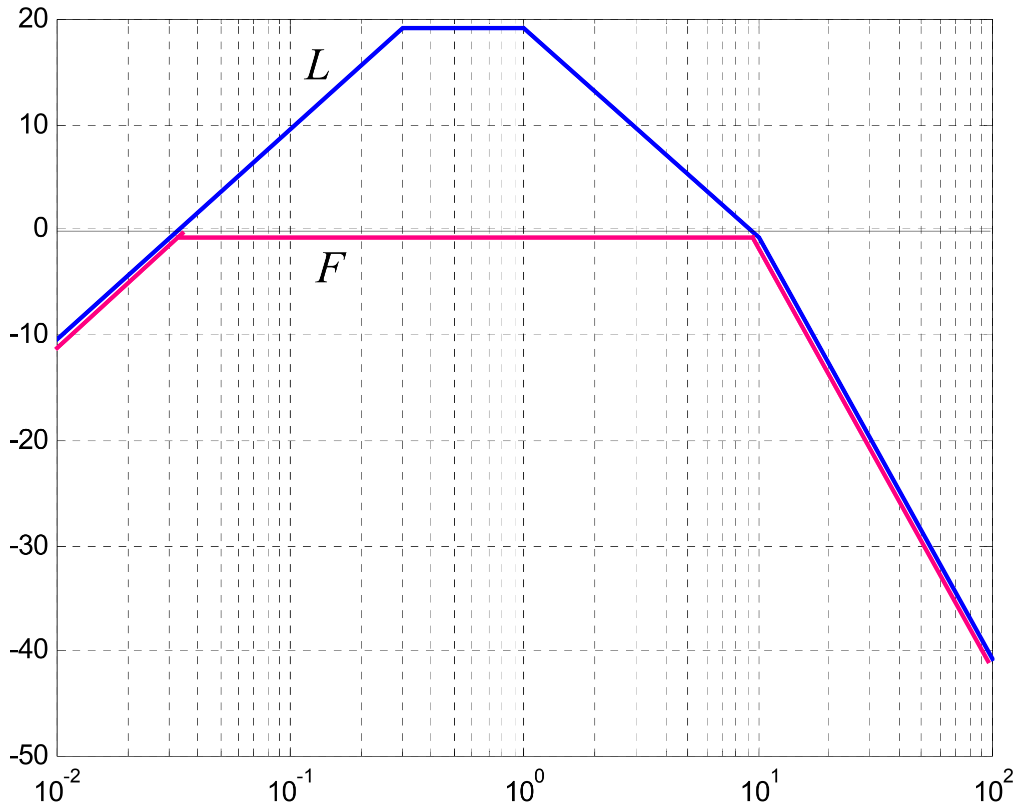


Fig. 2

2. Si dica che cosa s'intende per *metodo empirico* (di taratura dei controllori industriali); si spieghi, cioè, il significato assunto, in questo contesto, dell'aggettivo *empirico*.

Per metodo empirico di taratura dei controllori industriali, s'intende una procedura, un protocollo, una "ricetta", la cui esecuzione non richiede, da parte dell'operatore, alcuna conoscenza di teoria del controllo.

3. Si spieghi, con la massima precisione e chiarezza possibili, che cosa s'intende per *sistema di controllo ad anello chiuso*.

Un sistema di controllo si dice ad anello chiuso se il controllore fa dipendere la sua azione da variabili del sistema sotto controllo che, a loro volta, dipendono dall'azione di controllo via via esercitata.

4. Con riferimento alla realizzazione digitale di un controllore analogico dato, si dica in che modo la perdita di margine di fase dipende dal ritardo di elaborazione (τ_e) e dalla pulsazione di campionamento.

Indicando con ω_c *la pulsazione critica del sistema di controllo e con* Ω *la pulsazione di campionamento, si ha:*

$$-\,\delta\varphi_m = \frac{180}{m} + \frac{360}{M}$$

dove: $m := \Omega/\omega_c$, $M := 2\,\pi/(\omega_c\,\tau_e)$.

5. Si dica che cosa s'intende per *risposta periodica* di un sistema dinamico *a un ingresso periodico*.

La risposta di un sistema dinamico è determinata dall'ingresso e dallo stato iniziale. Generalmente la risposta (di un sistema dinamico) non è periodica, anche se l'ingresso è periodico. Dato un andamento periodico dell'ingresso $u_p(\cdot)$, *si chiama generatore periodico corrispondente a* $u_p(\cdot)$ *ogni punto dello spazio di stato che, preso come stato iniziale, genera, insieme a* $u_p(\cdot)$, *un andamento dell'uscita (dall'istante iniziale in poi) periodico. Quindi, una risposta periodica del sistema a un ingresso periodico esiste se il sistema ammette almeno un generatore periodico corrispondente all'ingresso periodico considerato.*