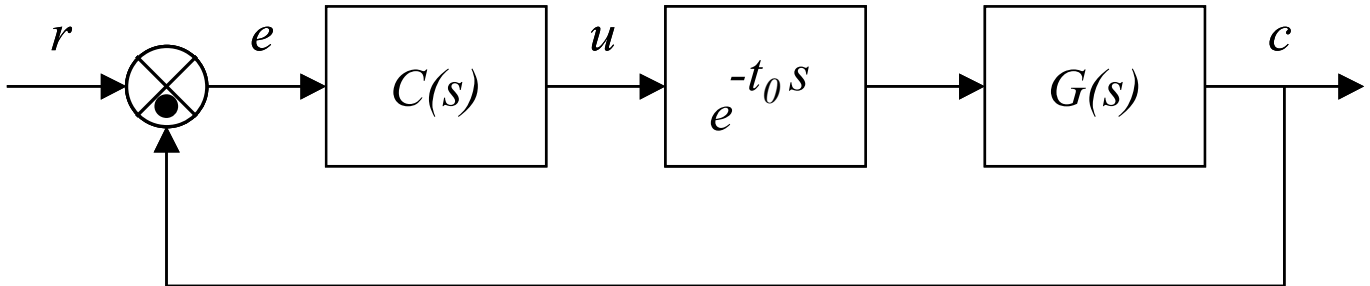


Progetto di regolatori integrali

Si consideri il sistema mostrato in figura:



Il sistema $G(s)$ è di tipo zero (nessun polo nell'origine). I requisiti richiesti sul sistema controllato sono:

- 1) Annullare l'errore a regime con ingresso r costante.
- 2) Garantire al sistema retroazionato un margine di fase M_F^d pari a 45° .

Dato che il sistema $G(s)$ è di tipo zero, il più semplice regolatore $C(s)$ che annulla l'errore a regime è un controllore integrale del tipo:

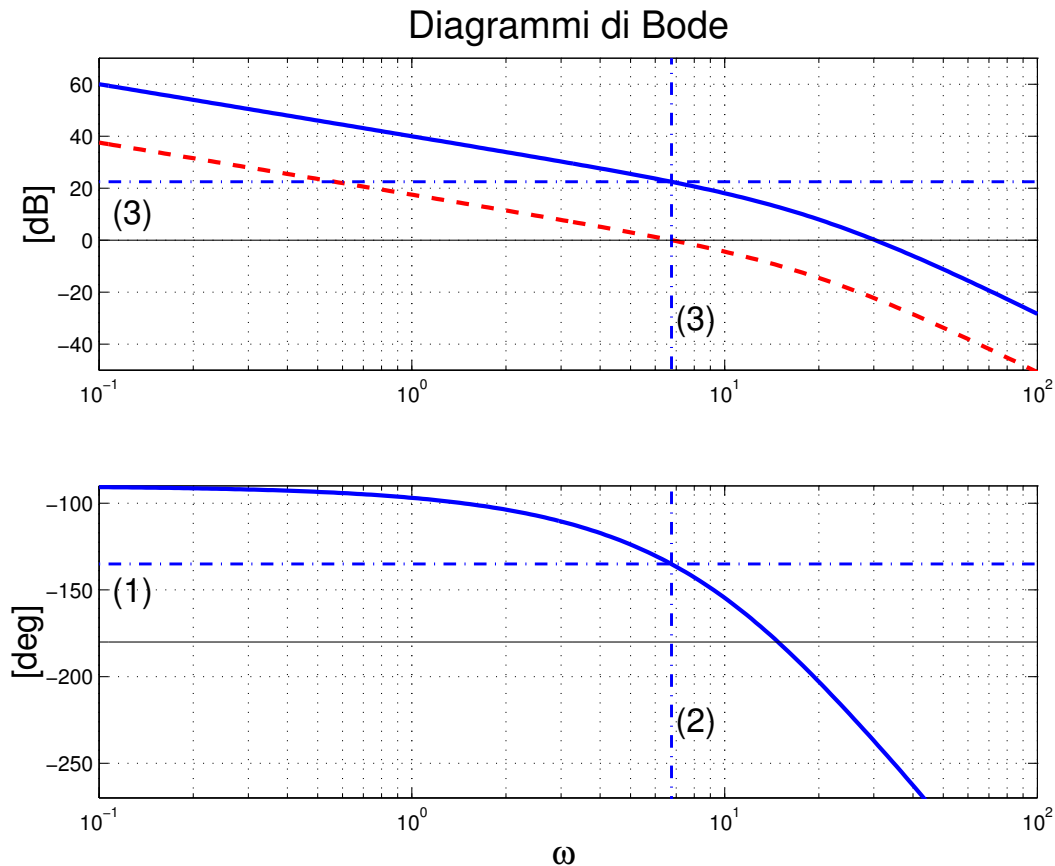
$$C(s) = \frac{K_i}{s}$$

Il primo requisito è dunque soddisfatto semplicemente tramite la scelta della struttura del controllore. Occorre ora dimensionare il guadagno integrale K_i in modo da soddisfare il secondo requisito.

Il progetto si può effettuare sia utilizzando i diagrammi di Bode che quelli di Nyquist. Conviene utilizzare inizialmente il guadagno d'anello $G_1(s)$ corrispondente al guadagno d'anello $C(s)G(s)e^{-t_0 s}$ con $K_i = 1$:

$$G_1(s) = \frac{1}{s} G(s) e^{-t_0 s}$$

Nella figura seguente sono riportati in tratto continuo i diagrammi di Bode della funzione $G_1(j\omega)$:



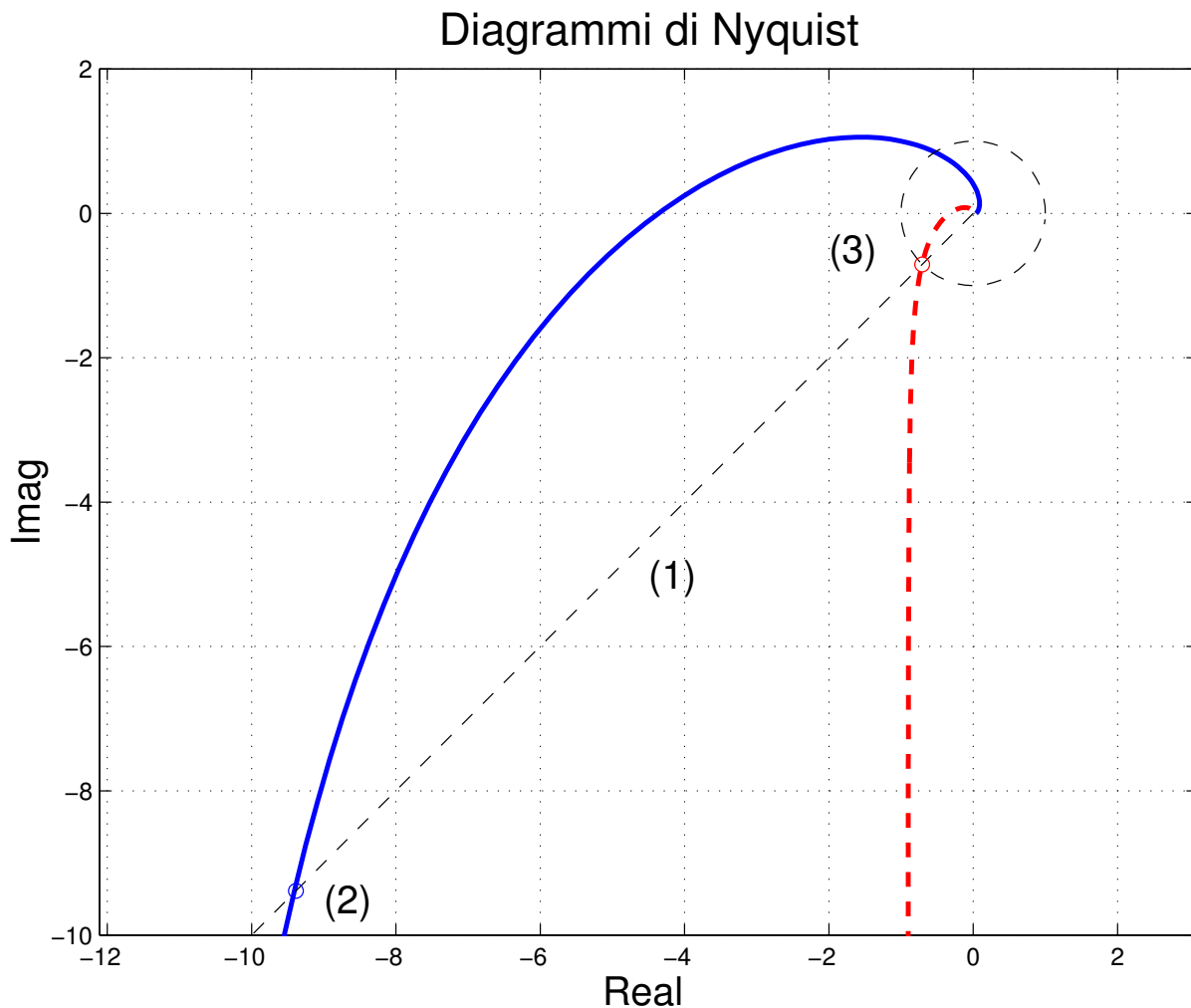
Il calcolo del guadagno integrale K_i si effettua nel seguente modo:

- 1) Dal diagramma delle fasi si traccia la linea orizzontale che corrisponde al margine di fase desiderato, l'ordinata di questa linea è $M_F^d - 180^\circ = -135^\circ$.
- 2) Dalla definizione di margine di fase, l'intersezione tra la linea orizzontale e il diagramma delle fasi individua la pulsazione ω_0 alla quale il modulo del guadagno d'anello deve essere 1. Nel caso in esame $\omega_0 \simeq 6.8$.
- 3) Dal diagramma delle ampiezze si legge il valore del modulo di $G_1(s)$ in corrispondenza della pulsazione ω_0 . Nel caso in esame $|G_1(j\omega_0)| \simeq 22\text{dB}$.
- 4) Dato che il modulo del guadagno d'anello deve essere 1 alla pulsazione ω_0 , il guadagno integrale K_i deve essere:

$$K_i|_{dB} = -|G_1(j\omega_0)|_{dB}$$

nel caso in esame $K_1 \simeq -22\text{dB} \simeq 0.075$. la linea tratteggiata riporta il diagramma dalle ampiezze del guadagno d'anello con il K_i calcolato.

Il progetto sui diagrammi di Nyquist è del tutto equivalente al progetto sui diagrammi di Bode. La figura seguente riporta in tratto continuo il diagramma di Nyquist della funzione $G_1(j\omega)$.



Il calcolo del guadagno integrale K_i si effettua nel seguente modo:

- 1) Partendo dall'origine, si traccia la semiretta che corrisponde al margine di fase desiderato, l'angolo di questa semiretta è $M_F^d - 180^\circ = -135^\circ$.
- 2) Si calcola il modulo (coincidente con la distanza dall'origine) del punto di intersezione tra la semiretta e il diagramma di Nyquist di $G_1(j\omega)$. La pulsazione di intersezione coincide con la pulsazione ω_0 alla quale il modulo del guadagno d'anello deve essere 1. Nel caso in esame tale distanza risulta $|G_1(j\omega_0)| \simeq 13.3$.
- 3) Il guadagno K_i si ottiene quindi come:

$$K_i = \frac{1}{|G_1(j\omega_0)|} = \frac{1}{13.3} = 0.075$$