

ERRORI A REGIME

- Nel caso di segnali di ingresso a gradino, a rampa e a parabola:

$$r(t) = R_0 u(t), \quad r(t) = R_0 t, \quad r(t) = \frac{R_0}{2} t^2$$

per il calcolo degli errori a regime si utilizzano le seguenti formule:

$$e_p = \frac{R_0}{1 + K_p}$$

$$e_v = \frac{R_0}{K_v}$$

$$e_a = \frac{R_0}{K_a}$$

dove K_p , K_v e K_a :

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s),$$

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s),$$

$$K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)$$

SENSIBILITA' AI DISTURBI

VARIAZIONE IN G

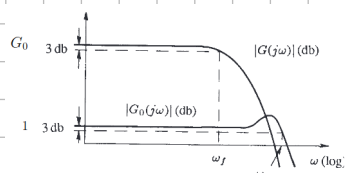
$$\frac{\Delta G_0(s)}{G_0(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)} \frac{\Delta G(s)}{G(s)}$$

VARIAZIONE IN H

$$\frac{\Delta G_0(s)}{G_0(s)} = \frac{-G(s)H(s)}{1 + G(s)H(s)} \frac{\Delta H(s)}{H(s)}$$

UN SISTEMA E' ROBUSTO SE GUADAGNO E' ALTO

LARGHEZZA DI BANDA



$$T_s = 1/w$$

SISTEMI A RITARDO FINITO

$$K = \omega_0 = \frac{1}{t_0} \left(\frac{\pi}{2} - M_F \right)$$

$$\left| \frac{K e^{-t_0 s}}{s} \right|_{s=j\omega_0} = 1$$

VALORE MAX

$$K^* = \omega_0 = \frac{\pi}{2t_0} = \omega^*$$

REGOLATORI

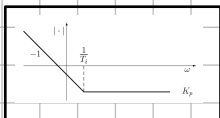
I

$$G(s) = \frac{K_p}{T_i s}$$



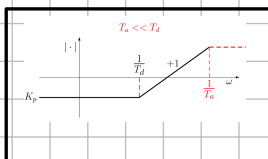
PI

$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$



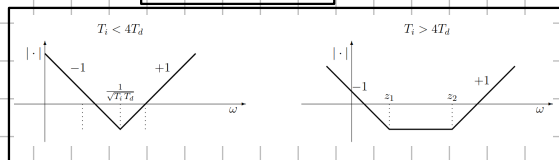
PD

$$K_p (1 + T_d s)$$



PID

$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$



ZIEGLER-NICHOLS

valori di primo tentativo dei parametri del regolatore in funzione di alcuni parametri della risposta al gradino

$$G(s) \simeq \frac{K e^{-t_0 s}}{1 + T s}$$

banda proporzionale di pendolazione:

porta il sistema in oscillazione permanente
Aumentiamo K fino a quel punto. Poi si riusa
Zielger-Nichols

CONTROLLO DIGITALE

RICOSTRUTTORE ORDINE ZERO

$$G_r(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s}$$

Z TRASFORMAT

$$X(z) = \mathcal{Z}[x_k] = \sum_{k=0}^{\infty} x_k z^{-k} = x_0 + x_1 z^{-1} + \dots + x_k z^{-k} + \dots$$

LINEARITA'

$$X(z) = a F(z) + b G(z)$$

MOLT. PER A^K

$$\mathcal{Z}[x(k-n)] = z^{-n} X(z)$$

(ritardo)

$$\mathcal{Z}[x(k+n)] = z^n \left[X(z) - \sum_{k=0}^{n-1} x(kT) z^{-k} \right]$$

(anticipo)

VAL. INIZIALE

$$x(0) = x(k)|_{k=0} = \lim_{z \rightarrow \infty} X(z)$$

VAL. FINALE

$$\lim_{k \rightarrow \infty} x(k) = \lim_{z \rightarrow 1} [(1 - z^{-1}) X(z)]$$

FRATTI SEMPLICI

$$\bar{c}_i = \left[(z - p_i) X(z) \right]_{z=p_i}$$

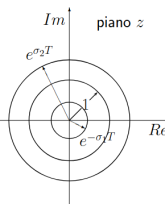
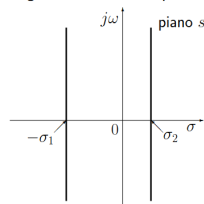
LEGAME Z-S

$$z = e^{sT}$$

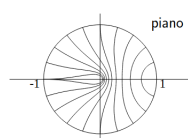
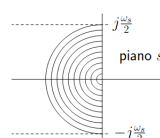
RISPOSTA FREQUENZIALE

$$G(e^{j\omega T}) = G(z)|_{z=e^{j\omega T}}$$

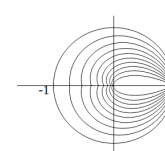
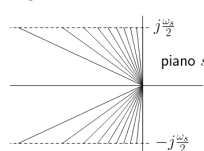
- Luoghi a decadimento esponenziale costante:



- Luoghi a pulsazione naturale omega_n costante:



- Luoghi a coefficiente di smorzamento delta costante:



STAB. ASINTOTICA: |Pi| < 1

STAB. SEMPLICE: |Pi| <= 1

- Criterio di Nyquist I

Sia data una funzione di guadagno d'anello $G(z)$ con tutti i poli stabili (a modulo minore di uno), con l'eventuale eccezione di un polo semplice o doppio in $z = 1$. Condizione necessaria e sufficiente perché il sistema in retroazione sia asintoticamente stabile è che il diagramma polare completo della funzione $G(e^{j\omega T})$ tracciato per $-\pi/T \leq \omega \leq \pi/T$ non circonda nè tocchi il punto critico $-1 + j0$.

DISCRETIZZAZIONE

- 1) differenze all'indietro:

$$D_1(z) = D(s) \Big|_{s=\frac{1-z^{-1}}{T}} = \frac{T + \tau_1 - \tau_1 z^{-1}}{T + \tau_2 - \tau_2 z^{-1}}$$

- 2) differenze in avanti:

$$D_2(z) = D(s) \Big|_{s=\frac{z-1}{T}} = \frac{\tau_1 + (T - \tau_1) z^{-1}}{\tau_2 + (T - \tau_2) z^{-1}}$$

- 3) trasformazione bilineare:

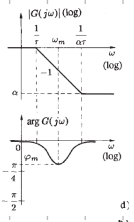
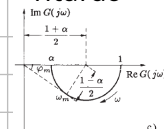
$$D_3(z) = D(s) \Big|_{s=\frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}} = \frac{T + 2\tau_1 + (T - 2\tau_1) z^{-1}}{T + 2\tau_2 + (T - 2\tau_2) z^{-1}}$$

- 4) corrispondenza poli-zeri:

$$D(s) \rightarrow D_4(z) = \frac{(1 - \beta) - \alpha (1 - \beta) z^{-1}}{(1 - \alpha) - \beta (1 - \alpha) z^{-1}}$$

RETI CORRETRICI

ritardo



anticipo

