

Come risolvere il progetto dei regolatori

1. Se ho specifiche per l'errore a regime non nulle, allora devo progettare una **rete di anticipo** o di **ritardo**.
2. Se ho specifiche per l'errore a regime nulle, e nessuna specifica sull'attenuazione del disturbo, allora si tratta di un regolatore **PI**.
 - a. Se ho anche specifiche sull'attenuazione del disturbo, allora controllo la funzione di trasferimento $G(s)$ data: se c'è un polo nell'origine, la specifica sull'errore a regime è già soddisfatta dal plant e devo costruire semplicemente una **rete di anticipo** e il regolatore per le caratteristiche statiche non ha poli nell'origine, ma solo un guadagno per soddisfare all'attenuazione, altrimenti si tratta di un **PI** in cui, come normalmente, il primo regolatore ha un polo nell'origine e un guadagno non necessariamente unitario.

Regolatore per le specifiche statiche e sul disturbo caratterizzato spettralmente:

Errore a regime non nullo: $e_\infty = \frac{1}{1+kG(0)} \Rightarrow R_1'(s) = k = \frac{1-e_\infty}{G(0)e_\infty}$

Errore a regime nullo (nel caso in cui il polo nell'origine non compaia già nella f.d.t): $R_1'(s) = \frac{1}{s}$

Attenuazione sul disturbo: devo amplificare di k volte il disturbo.

Controllo sul diagramma di Bode delle ampiezze di quanti dB devo amplificare perché alla frequenza richiesta io riesca ad arrivare a $20 \log_{10} k = x$: questo è il mio guadagno, che ora devo trasformare:

$$R_1''(s) = 10^{x/20}$$

$$R_1(s) = R_1'(s) \cdot R_1''(s)$$

Disegno ora $L'(s) = G(s)R(s)$ e faccio le prossime ipotesi su quest'ultima funzione di trasferimento.

Regolatore per le specifiche dinamiche:

Studio la funzione a ω_c e controllo il Margine di fase.

Se devo amplificare, e fornire un anticipo di fase (freccette $\uparrow \uparrow$), allora devo usare una rete di anticipo.

$$R_2(s) = \frac{1 + \alpha\tau s}{1 + \alpha\tau s}, \alpha < 1$$

Determino l'amplificazione M e l'anticipo di fase Φ da garantire in ω_c e calcolo le costanti tramite le formule per le reti anticipatrici nella tabella di caratterizzazione polo/zero che posso portare all'esame.

Se devo attenuare e fornire un ritardo di fase (freccette $\downarrow \downarrow$), allora devo usare una rete di ritardo.

$$R_2(s) = \frac{1 + \alpha\tau s}{1 + \tau s}, \alpha < 1$$

Determino l'attenuazione $-M$ e il ritardo di fase $-\Phi$ da garantire in ω_c e calcolo le costanti tramite le formule per le reti ritardatrici nella tabella di caratterizzazione polo/zero che posso portare all'esame.

Ricorda che questi sono due valori negativi, quindi il risultato è una conseguenza del corretto inserimento di questi valori.

N.B.: $M^* = 10^{M/20} > 0$

Nel caso in cui nel primo regolatore ho messo un polo nell'origine, allora finisco di costruire il regolatore PI costituito da un solo zero a frequenza non nulla. Devo, come per le reti di anticipo amplificare e introdurre un anticipo di fase (freccie $\uparrow \uparrow$).

$$R_2(s) = 1 + T_i s$$

Determino l'amplificazione M e l'anticipo di fase Φ da garantire in ω_c e calcolo le costanti tramite le formule per il regolatore PI nella tabella di caratterizzazione polo/zero che posso portare all'esame.

Nel caso in cui *non siano state date specifiche relativamente al Margine di Fase* (dato che comunque mi serve per determinare la presenza di code di assestamento), controllo sul diagramma di Bode delle ampiezze, di quanto devo amplificare per soddisfare le mie specifiche.

Utilizzo ora le tabelle di caratterizzazione polo/zero per conoscere la frequenza a cui devo mettere il mio zero (tabella di sinistra), e poi riutilizzo la stessa frequenza ottenuta nell'altra tabella (tab. di destra) per conoscere lo sfasamento che ottengo.

Non posso però utilizzare la frequenza che ho ottenuto nel mio regolatore, perché mi è imposto di scrivere la f.d.t. del regolatore come $R(s) = 1 + \tau s$, quindi devo calcolare $\tau = \frac{\omega \tau}{\omega_c}$, in cui $\omega \tau$ è la fre-

quenza che ho appena trovato.

Arrivata a questo punto devo calcolare il **Margine di Fase** (da finire...)

Nel caso in cui con il regolatore statico sia riuscita a *soddisfare le specifiche sull'attraversamento a ω_c* , non utilizzo le formule, ma guardo sulle tabelle dove devo mettere uno zero per imporre quell'anticipo di fase senza intaccare l'attraversamento.

Controllo allora nella tabella di destra a quale frequenza devo inserire lo zero per imporre tale anticipo di fase. Controllo poi nella tabella di sinistra quanta amplificazione comporta uno zero a quella frequenza, e impongo un ritardo di fase al mio regolatore con un $k < 0$ dB per ripristinare l'attraversamento. Questo è possibile solo e soltanto se è ancora libero il guadagno, e cioè se non è stato utilizzato per ovviare a specifiche statiche.

Disegno G(s), R(s), L(s)=G(s)R(s) e verifico che le specifiche siano state soddisfatte.

Valuto le code di assestamento:

Disegno il luogo delle radici.

Controllo che via sia uno zero che si cancella con un polo: se non c'è, allora non ci sono code di assestamento.

In caso affermativo, calcolo il $\tau = \frac{1}{\omega}$ del polo e dello zero coinvolti, che generalmente sono quelli

del regolatore. Ora calcolo il $\tau_{dom} = \frac{1}{\delta \omega_n}$ del sistema, in cui $\delta = Mf/100$ e $\omega_n = \omega_c$.

Se $\tau_{min} < \tau_{dom} < \tau_{max}$, allora $\tau_{dom} < \tau_{coda} < \tau_{max}$.

Se $\tau_{dom} < \tau_{min}$, allora $\tau_{min} < \tau_{coda} < \tau_{max}$.

Se $\tau_{dom} > \tau_{max}$, allora non ci sono code di assestamento.

Se c'è un polo nell'origine, $\tau_{polo} = \infty$, allora $\tau_{zero} < \tau_{coda}$.

Si tratta di una coda con overshoot se la costante di tempo del polo reale è minore della costante di tempo dei poli dominanti; se cioè ci troviamo in una configurazione di tipo XXO o XOX.

Si tratta di una coda con undershoot se ci troviamo in una configurazione di tipo XOX.