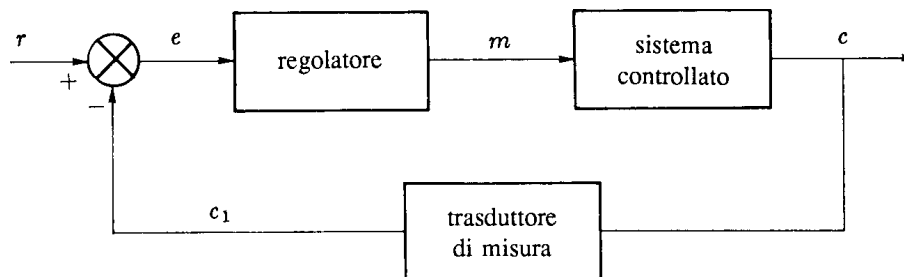


Regolatori standard PID

- Schema a blocchi di un controllo in retroazione:



- Nel controllo di molti processi industriali le caratteristiche dinamiche dei sistemi controllati possono variare entro ampi limiti: risulta economicamente conveniente unificare gli apparati di controllo.
- Tipicamente si utilizzano apparati di controllo standard, ma provvisti di dispositivi di correzione con parametri regolabili entro ampi limiti, così da poter essere adattati al particolare sistema di regolazione in cui vengono inseriti.
- Posto $G_c(s) = M(s)/E(s)$, si distinguono i seguenti tipi standard:

1. *Regolatore proporzionale (P)* :

$$G_c(s) = K_p ;$$

2. *Regolatore integrale (I)* :

$$G_c(s) = \frac{K_p}{T_i s} ;$$

3. *Regolatore proporzionale-integrale (PI)* :

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

4. *Regolatore proporzionale-derivativo (PD)* :

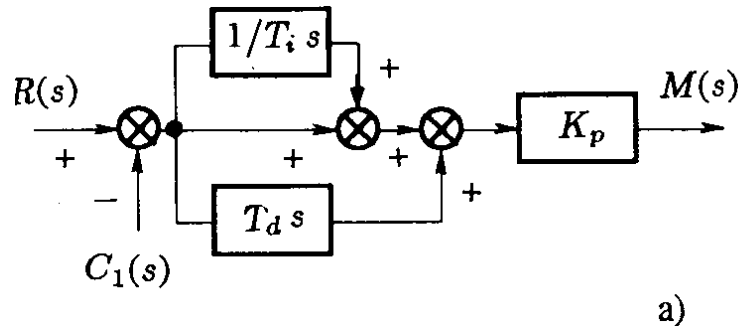
$$G_c(s) = K_p (1 + T_d s) ;$$

5. *Regolatore proporzionale-integrale-derivativo (PID)* :

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

La costante K_p si dice *sensibilità proporzionale*, T_d *costante di tempo dell'azione derivativa*, T_i *costante di tempo dell'azione integrale*.

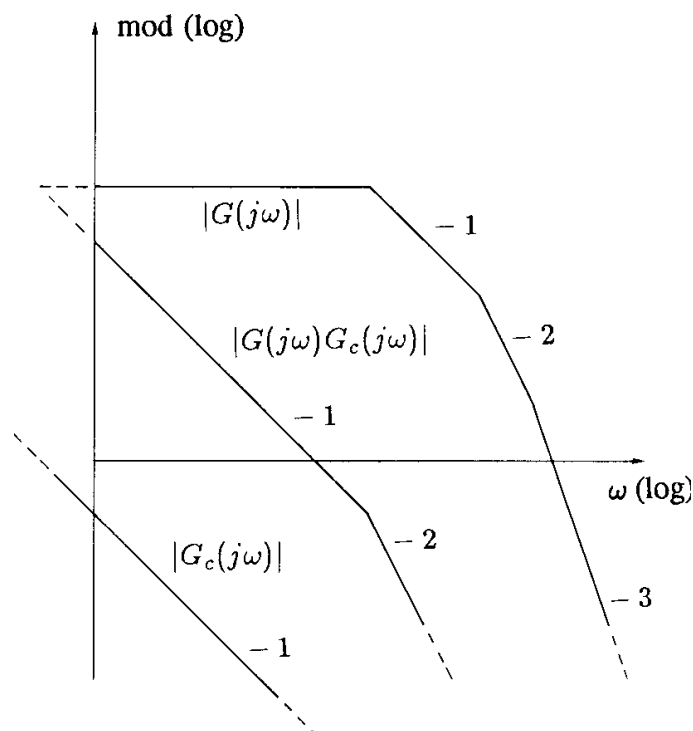
- Struttura generale del regolatore PID:



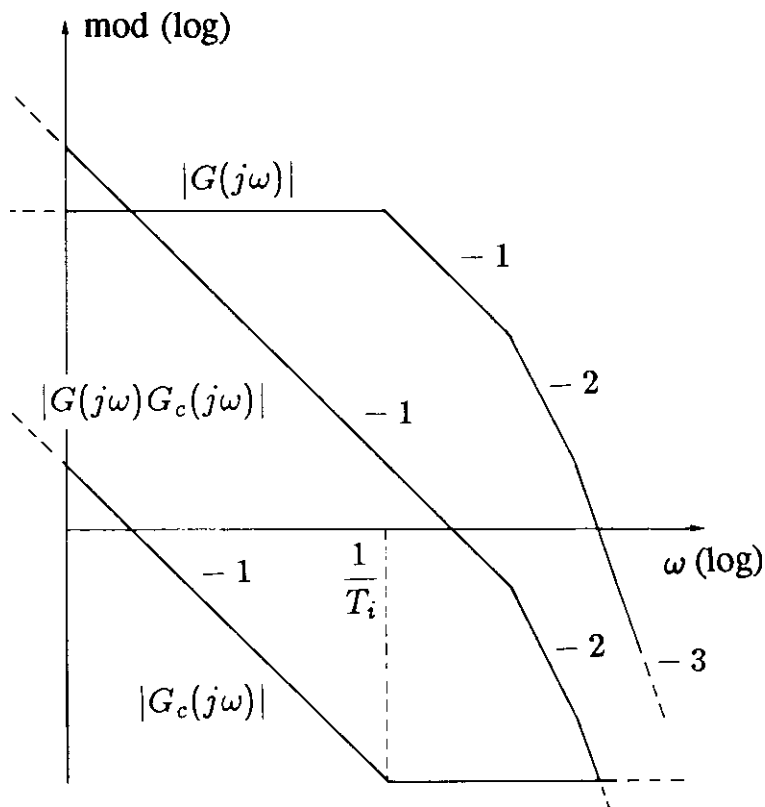
Per ciò che riguarda i vantaggi relativi e le particolarità di impiego dei vari tipi di regolatori precedentemente citati, valgono considerazioni analoghe a quelle sviluppate per le reti correttive.

- Il regolatore P si impiega quando il processo consente un'elevata costante di guadagno di anello senza pregiudizio per la stabilità, come i sistemi aventi il comportamento dinamico di un integratore (ad esempio il controllo di un livello mediante la variazione di una portata) o caratterizzati dalla presenza di una sola costante di tempo predominante.

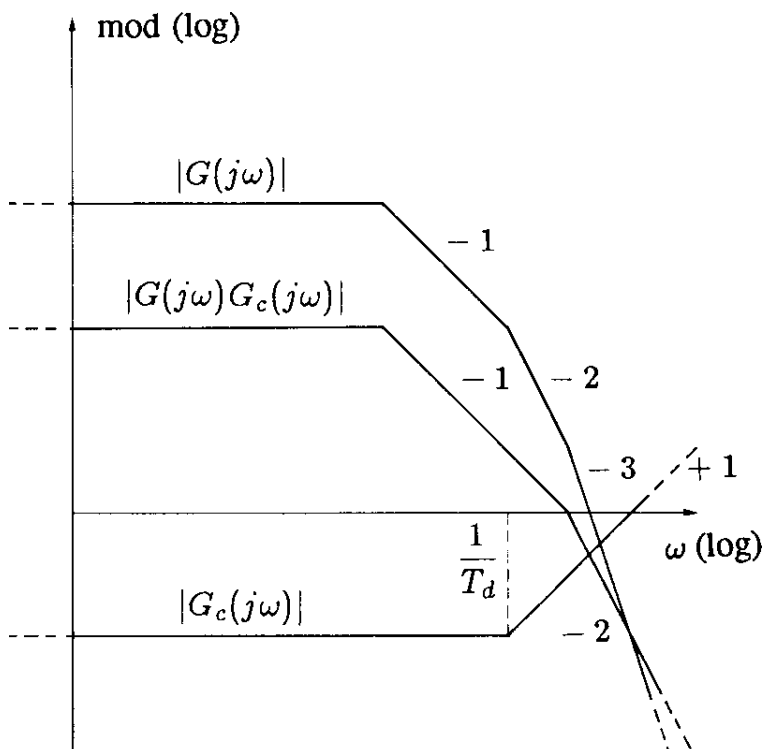
- Il regolatore I si impiega per sistemi di tipo 0 di difficile stabilizzazione e per sistemi con ritardi finiti dominanti: in quest'ultimo caso infatti un regolatore P non si può utilizzare perché corrisponde a un errore a regime inaccettabile, mentre un controllo integrale garantisce un comportamento stabile con errore statico nullo.



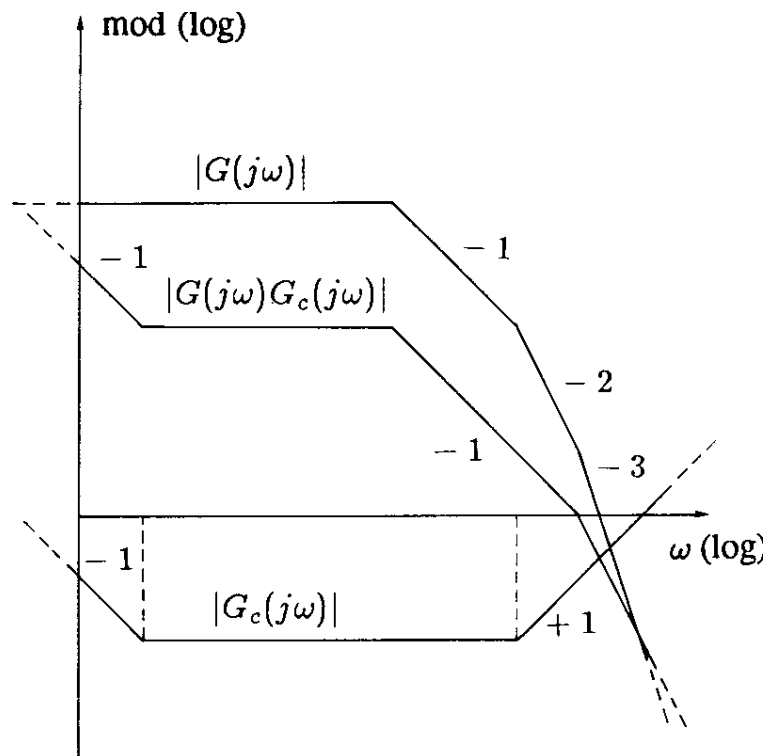
- Il regolatore PI rispetto al regolatore I consente di conservare una maggiore banda passante e quindi una maggiore prontezza di risposta.



- Il regolatore PD si impiega invece per sistemi già intrinsecamente di tipo 1 o per sistemi di tipo 0 per migliorarne la velocità di risposta: il suo intervento è del tutto analogo a quello di una rete anticipatrice.



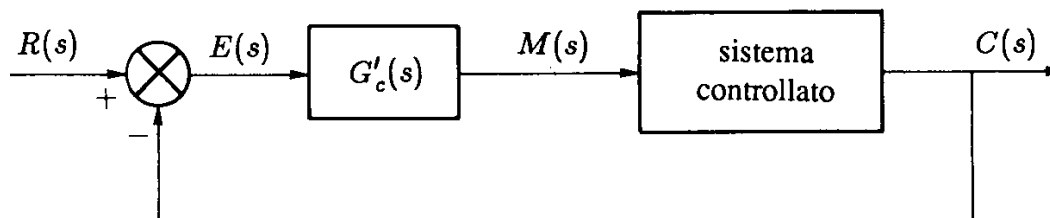
- Il regolatore PID si può impiegare, in alternativa al PD , per i sistemi di tipo 0 e presenta il vantaggio di consentire, oltre a una buona prontezza di risposta, anche un errore statico nullo.



Il regolatore a triplice azione è pertanto il più generale: scegliendo opportunamente i valori dei tre parametri che ne caratterizzano il comportamento dinamico si possono infatti ottenere, come casi particolari, le azioni di tutti i tipi di regolatori precedentemente presi in esame.

Taratura dei regolatori standard

Molti sistemi industriali (es. chimici e petrolchimici) sono caratterizzati da modelli fortemente nonlineari. In questi casi la scelta dei parametri dei regolatori si effettua in molti casi con metodi semiempirici.

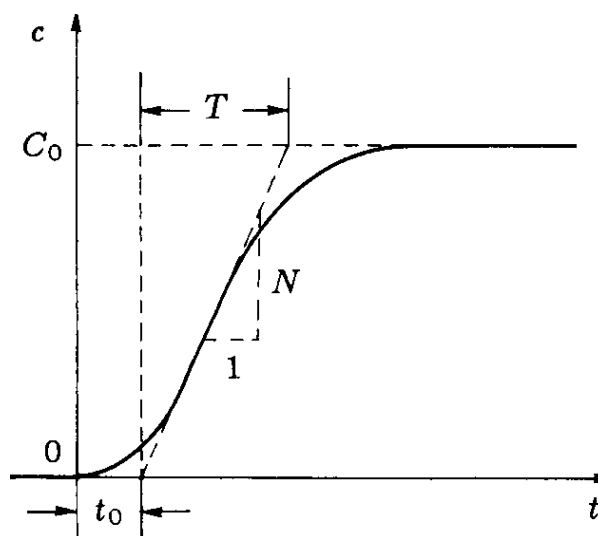


Metodo di Ziegler-Nichols

Fornisce i valori di primo tentativo dei parametri del regolatore in funzione di alcuni parametri della risposta al gradino (spesso aperiodica) del sistema controllato.

Il sistema fisico può essere approssimato con un sistema del primo ordine:

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



I valori dei parametri caratteristici si ricavano dalla curva di risposta al gradino nel punto di flesso:

- t_0 : tempo di ritardo;
- T : costante di tempo;
- $R := t_0/T = N t_0/C_0$: rapporto di ritardo;
- $N := C_0/T$: velocità di risposta;
- $K := C_0/M_0$: guadagno statico (M_0 è l'ampiezza del gradino applicato).

Posto $G'_c(s) = M(s)/E(s)$, i valori dei parametri consigliati da Ziegler e Nichols, modificati da Cohen e Coon, sono:

1. Controllo P :

$$G'_c(s) = K'_p, \quad \text{con} \quad K'_p = \frac{M_0}{N t_0} \left(1 + \frac{R}{3}\right);$$

2. Controllo I :

$$G'_c(s) = \frac{K'_p}{T_i s}, \quad \text{con} \quad \frac{K'_p}{T_i} = \frac{4 M_0}{N t_0^2} \frac{R^2}{1 + 5 R};$$

3. Controllo PI :

$$G'_c(s) = K'_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right), \quad \text{con}$$

$$K'_p = \frac{M_0}{N t_0} \left(\frac{9}{10} + \frac{R}{12}\right), \quad T_i = t_0 \frac{30 + 3 R}{9 + 20 R};$$

4. Controllo PD :

$$G'_c(s) = K'_p (1 + T_d s), \quad \text{con}$$

$$K'_p = \frac{M_0}{N t_0} \left(\frac{5}{4} + \frac{R}{6}\right), \quad T_d = t_0 \frac{6 - 2 R}{22 + 3 R};$$

5. Controllo PID :

$$G'_c(s) = K'_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right), \quad \text{con}$$

$$K'_p = \frac{M_0}{N t_0} \left(\frac{4}{3} + \frac{R}{4}\right), \quad T_i = t_0 \frac{32 + 6 R}{13 + 8 R}, \quad T_d = t_0 \frac{4}{11 + 2 R}.$$

Metodo della banda proporzionale di pendolazione

La banda proporzionale di pendolazione è definita come il valore della banda proporzionale $1/K_0$ che, in assenza delle azioni integrale e derivativa, porta il sistema di regolazione in condizione di stabilità limite, cioè in oscillazione permanente. In tale condizione si determina il periodo di oscillazione T_0 e si applicano le seguenti formule, pure dovute a Ziegler e Nichols:

1. Controllo P : $K'_p = 0,5 K_0$;

2. Controllo PI : $K'_p = 0,45 K_0$, $T_i = 0,85 T_0$;

3. Controllo PD : $K'_p = 0,5 K_0$, $T_d = 0,2 T_0$;

4. Controllo PID : $K'_p = 0,6 K_0$, $T_i = 0,5 T_0$, $T_d = 0,12 T_0$.