

Regolatori PID

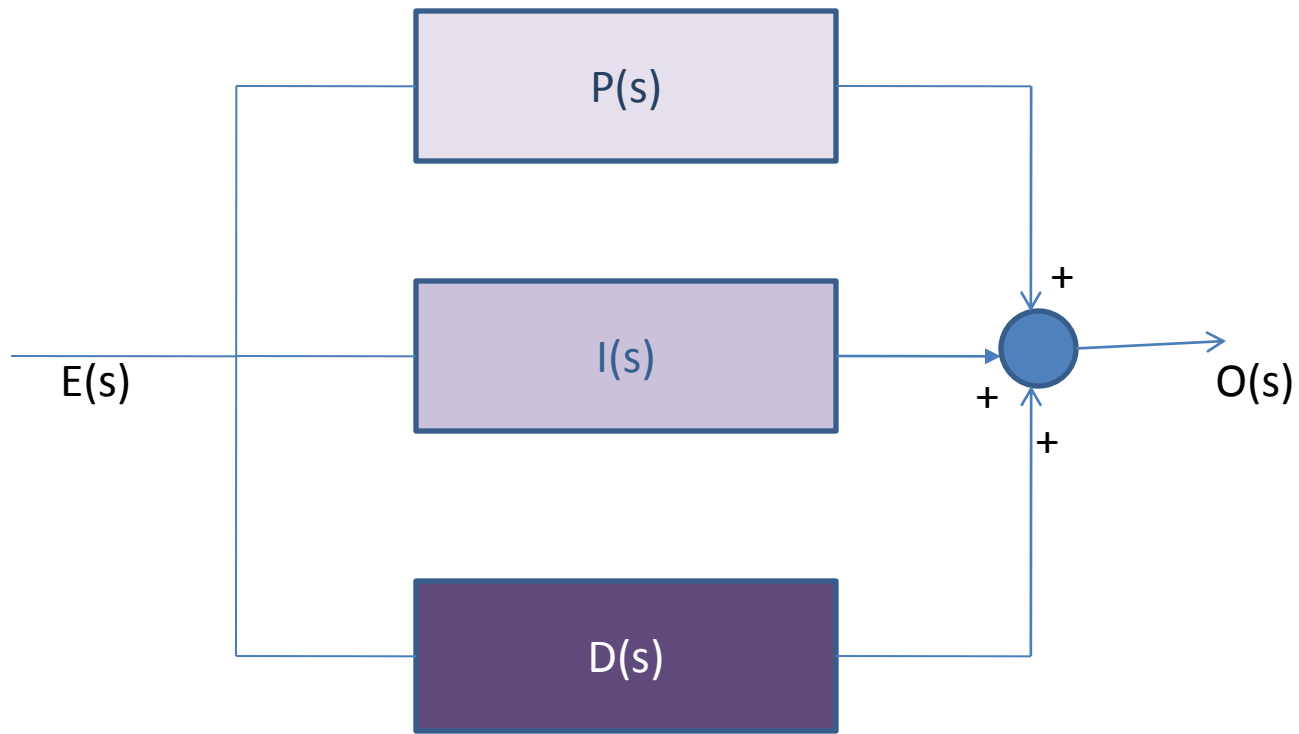
Introduzione

- I regolatori PID vengono introdotti nella catena di retroazione per limitare l'errore a regime tra grandezza reale e grandezza di riferimento
- PID è un acronimo, sta per: Proporzionale, Integrativo, Derivativo
- Il regolatore PID è la somma dei tre regolatori che possono agire anche singolarmente

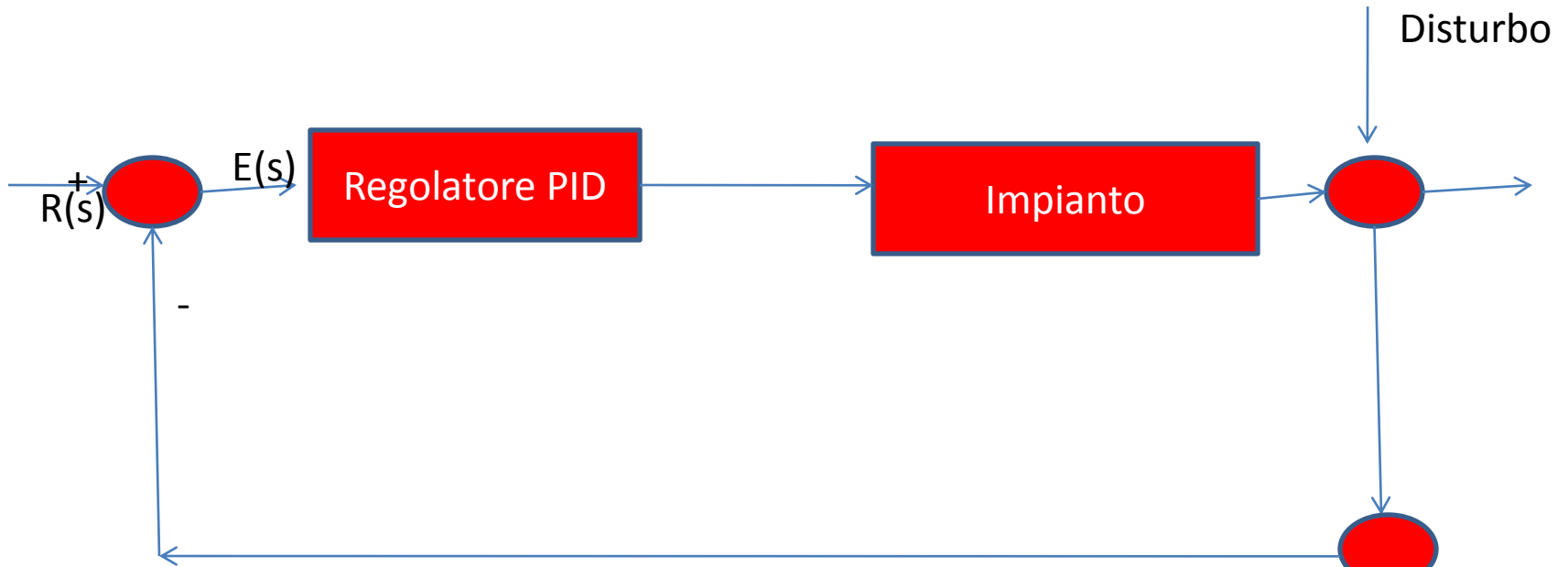
Introduzione

- Il PID serve ogni qualvolta un dispositivo deve mantenere costante delle grandezze come velocità, temperatura, rotta...in maniera automatica
- Supponiamo che un'auto debba seguire automaticamente una linea o una barca deve seguire una rotta con il pilota automatico o, un forno deve mantenere una determinata temperatura
- I PID intervengono ogni volta che si devono controllare i valori di certe grandezze fisiche

PID



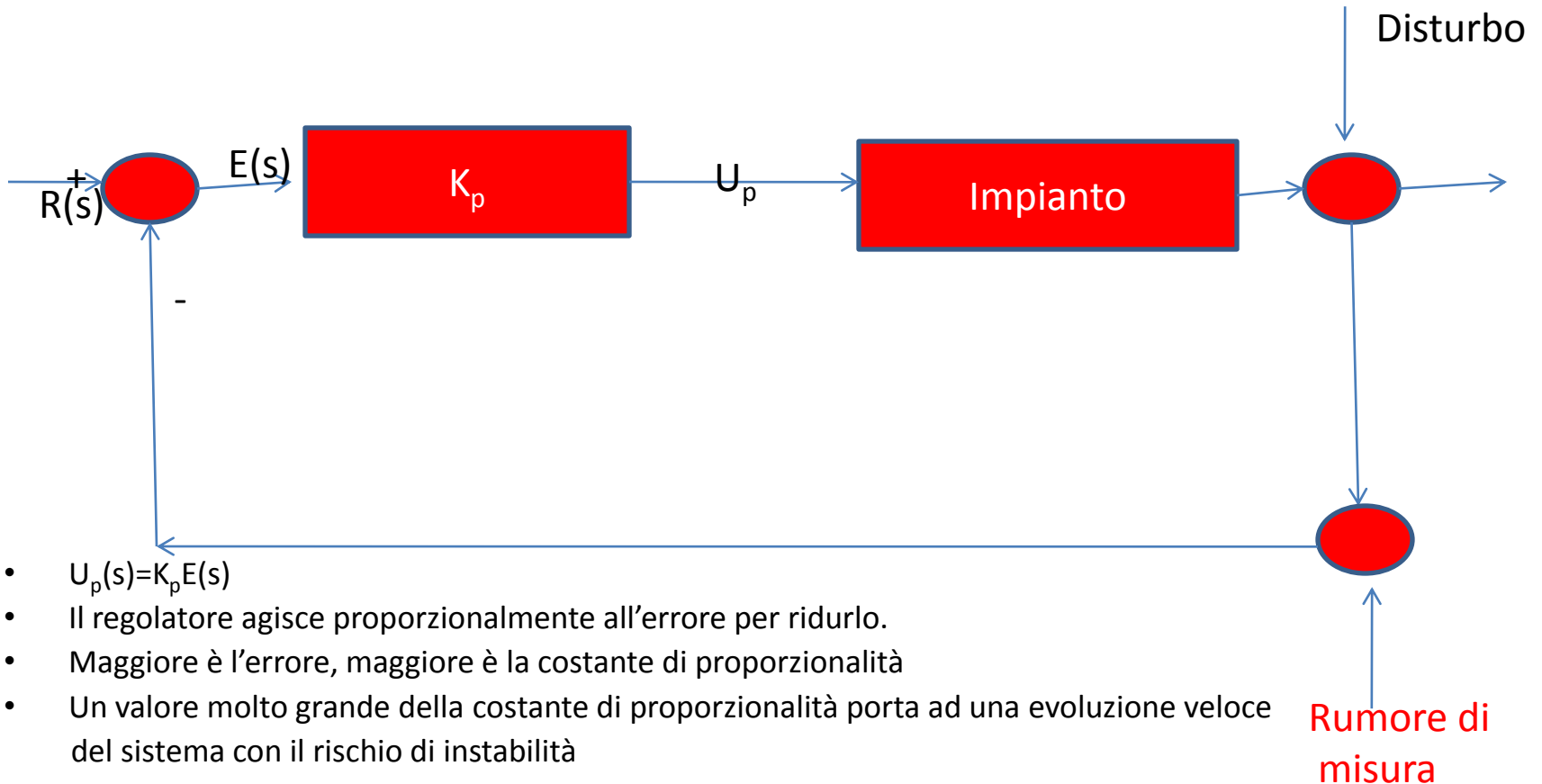
Retroazione e regolatori



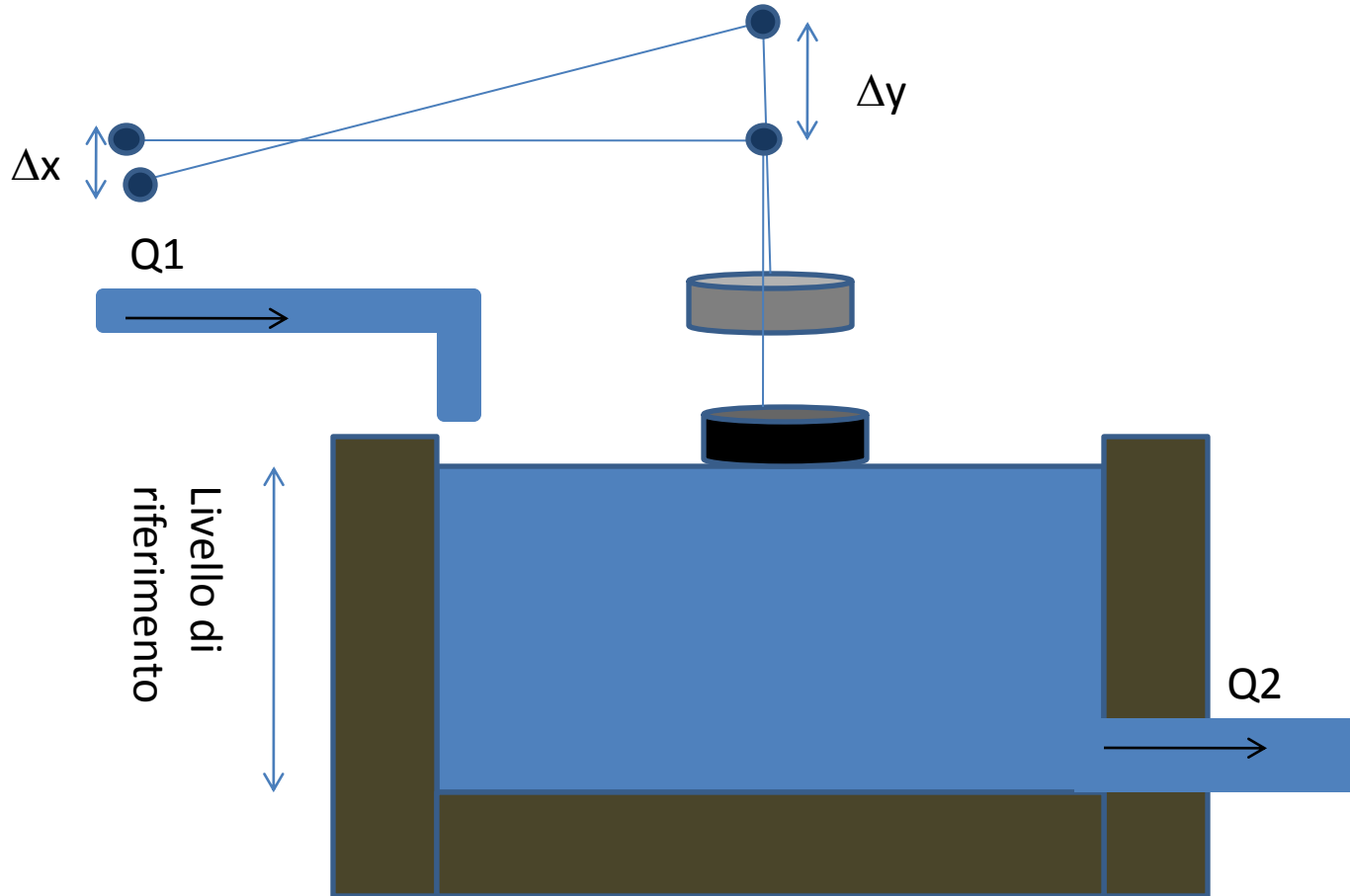
I tre regolatori possono agire insieme o proporzionalmente a seconda delle necessità

Rumore di misura

Azione proporzionale



Azione proporzionale



Azione proporzionale

- Caratteristiche:

Campo di proporzionalità: intervallo dei valori in ingresso per i quali si ha un valore corrispondente della grandezza di controllo X_2-X_1

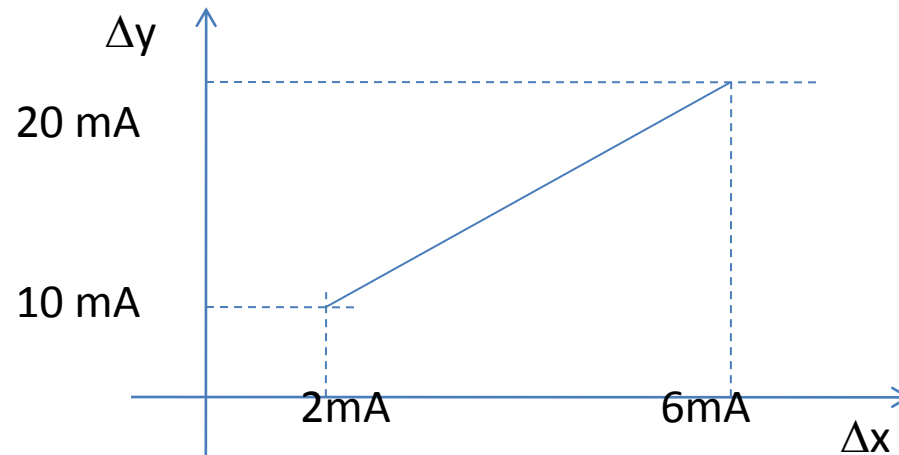
Banda di azione: campo dei valori della grandezza controllante Y_2-Y_1

Guadagno: rapporto tra il valore assoluto della banda di azione e il valore assoluto del campo di proporzionalità $P = |Y_2-Y_1| / |X_2-X_1|$

La banda di proporzionalità è il reciproco del guadagno espresso in forma percentuale $B = 1/P$

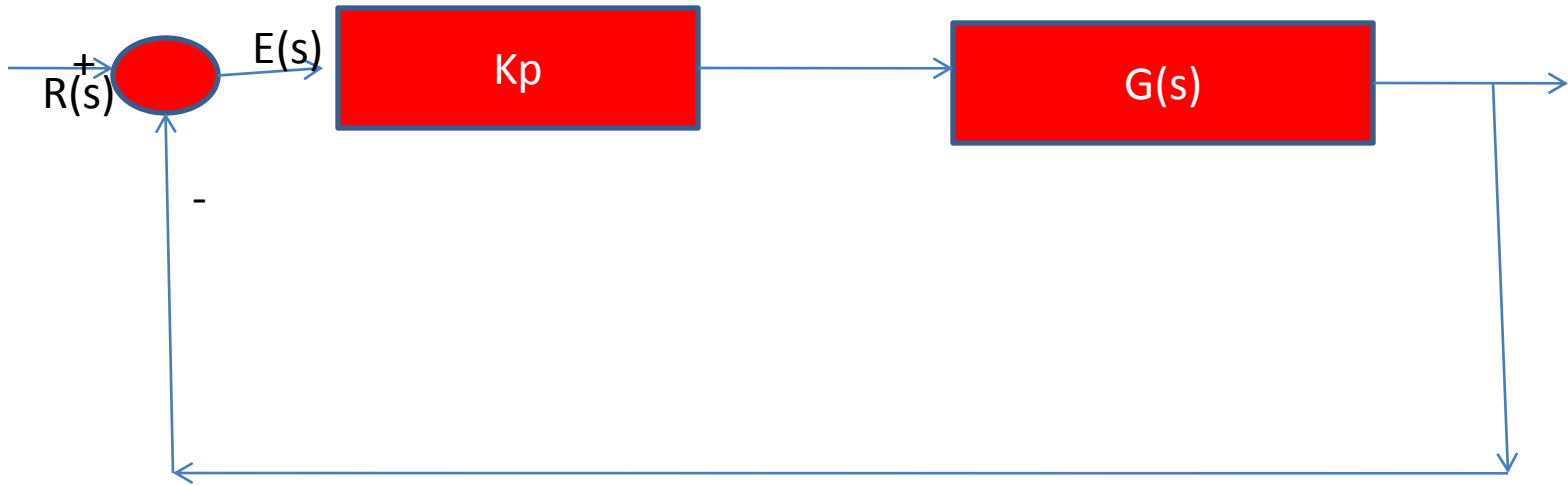
Azione proporzionale

- Es: un regolatore ad azione proporzionale accetta in ingresso valori che variano tra 2 mA e 6 mA, in uscita 10 mA e 20 mA. Determinare i parametri del regolatore



Es.

- Sia dato il sistema con $G(S)=K/(1+s*t1)(1+s*t2)$
- Per una determinata sollecitazione l'errore a regime valutato secondo il seguente sistema sarà:



$$E(s)=R(S)*[1/(1+G(s)*Kp)]$$

Si noti che l'errore viene ridotto
ma non eliminato.

Se si da a Kp valori elevati, si genera un errore di offset

Azione proporzionale

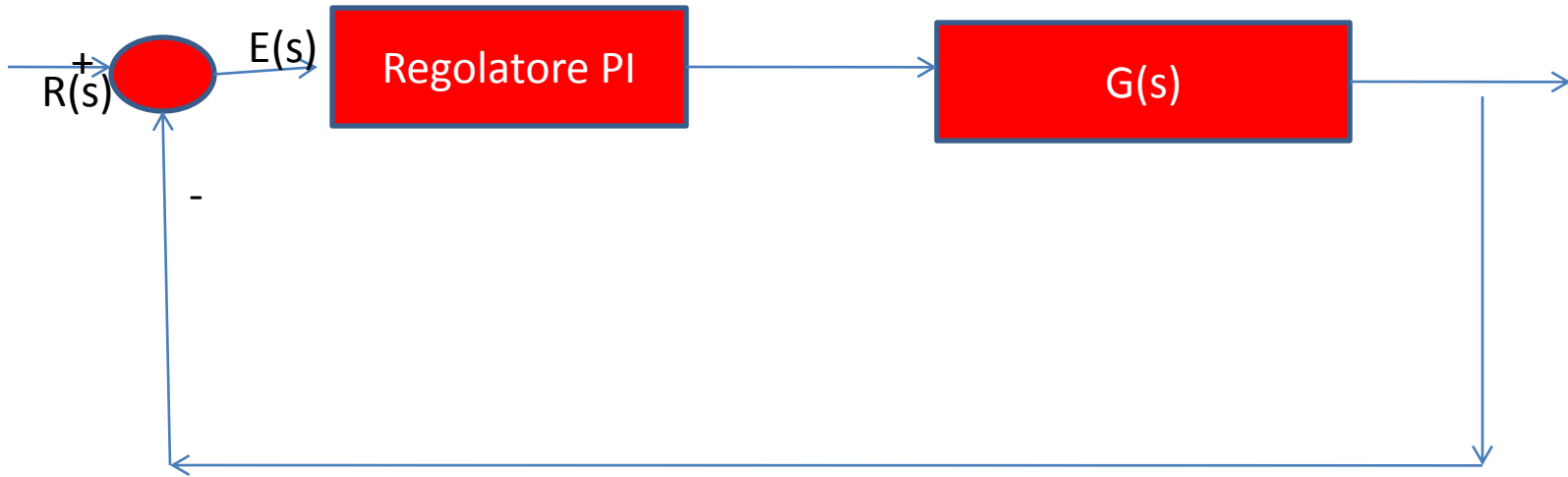
- Con la sola azione proporzionale si può ridurre l'errore aumentando il guadagno del regolatore
- L'aumento del guadagno proporzionale possono aumentare le oscillazioni dei transitori e creare instabilità
- Per questo motivo, il regolatore proporzionale viene utilizzato nei sistemi asintoticamente stabili
- Se un segnale ha anche un riferimento costante, il regolatore proporzionale non elimina l'errore ma lo può ridurre. Per eliminare l'errore, bisogna sommare al segnale un altro segnale costante:
- $U_p(s) = K_p E(s) + U$

Regolatore PI

- Questo tipo di regolatore è la somma di due blocchi: uno ad azione proporzionale e l'altro ad azione integrale
- Nel campo delle frequenze, le due azioni si scrivono nel seguente modo:

$$K_p + K_i/s$$

Regolatore PI



Il ramo diretto ha come funzione di trasferimento $(K_p + K_i/s) * G(s)$

Il regolatore aggiunge un polo nell'origine ed uno zero in $-K_i/K_p$

Lo zero compensa la presenza del polo

Il regolatore PI consente una maggiore precisione senza peggiorare la stabilità con una opportuna scelta di K_i e K_p ; inoltre, si aumenta la risposta del sistema

Regolatore PI

- Le due azioni, Proporzionale ed Integrale, sono sovrapposte
- Il tempo impiegato dal regolatore proporzionale per riportare la grandezza al valore di set point è detto tempo di riporto
- Il reciproco del tempo di riporto è detto frequenza di ripetizione

Es. PI

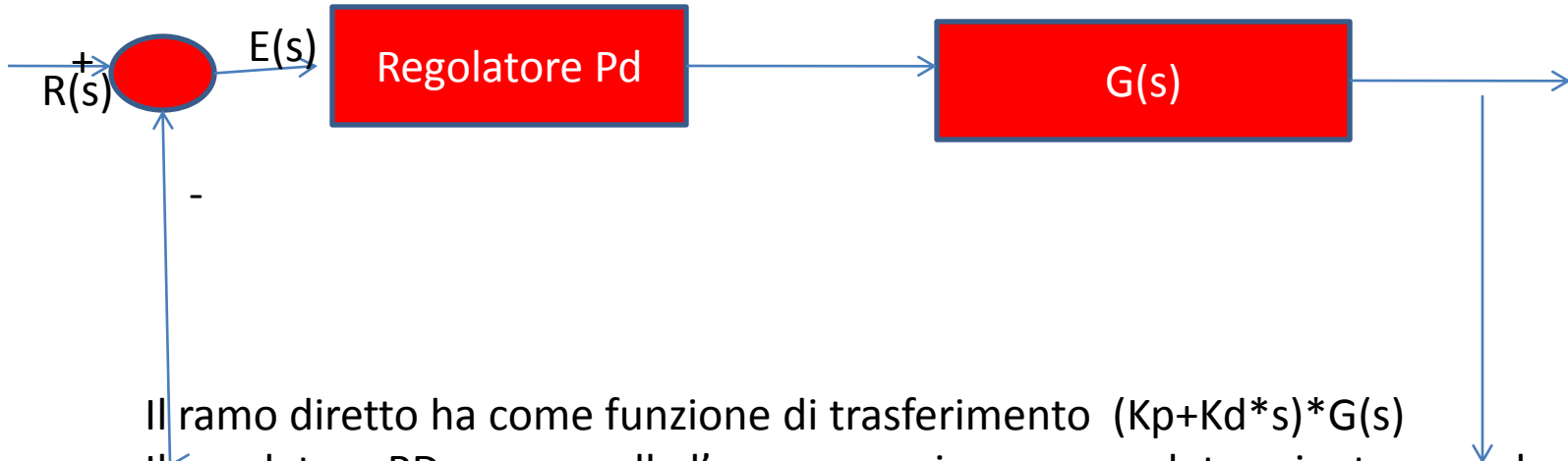
- Un regolatore di temperatura PI con set point a 90°C, campo proporzionale 50°C, ha $K_p=P=2$, frequenza di ripetizione $r=0.5$ rip/min
- Se la temperatura diminuisce a 85°C, determina il valore dell'azione correttiva dopo 1, 2, 3 minuti
- *Soluzione: l'errore di temperatura è $90-85=5$*
- *L'errore percentuale $\Delta e=5/50*100=10\%$*
- *$\Delta y=p*\Delta e=2*10\%=20\%$*
- *L'azione proporzionale è costante nel tempo*
- *L'azione integrale comporta un contributo per ciascun minuto ed è pari a $K_i=r*P=0.5*2=1$*
- *$\Delta y=K_i*\Delta e*\Delta t=10\%/minuto \rightarrow$ dopo due minuti, l'azione integrale varia del 20% e dopo 3 minuti del 30%*
- *Il tempo di integrazione è $1/r=2$ minuti*

Regolatore PD

- Questo tipo di regolatore è la somma di due blocchi: uno ad azione proporzionale e l'altro ad azione derivativo
- Nel campo delle frequenze, le due azioni si scrivono nel seguente modo:

$$K_p + s * K_d$$

Regolatore Pd

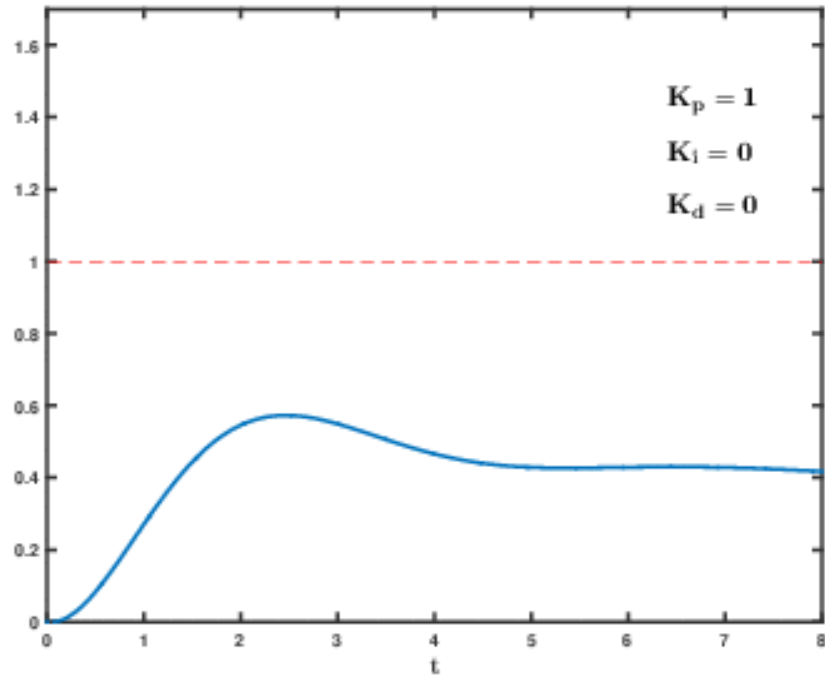


Il ramo diretto ha come funzione di trasferimento $(K_p + K_d \cdot s) \cdot G(s)$

Il regolatore PD non annulla l'errore a regime per un determinato segnale ma lo riduce; può aumentare il fattore di smorzamento

Viene utilizzato nei sistemi in cui si hanno improvvise variazioni di carico; nei sistemi che non hanno problemi di stabilità e che richiedono una buona velocità di risposta. Non viene utilizzata spesso perché a volte risulta dannosa

Azione di P, D,I



Confronto

- Regolatore P
 - Vantaggi: elimina l'errore se c'è un riferimento costante; accelera il sistema
 - Destabilizza il sistema
- Regolatore I
 - Vantaggi: elimina l'errore se c'è un riferimento costante, agisce anche se l'errore è nullo
 - Svantaggi: destabilizza il sistema
- Regolatore D:
 - Vantaggi: anticipa l'errore, evitando che esso si verifichi; stabilizza il sistema
 - Svantaggi: rallenta il sistema

Qualche esempio

- Spesso c'è confusione tra azione proporzionale ed azione integrale; un esempio ci aiuta meglio a capire
 - Se apriamo il rubinetto dell'acqua in un lavabo, l'acqua fluisce ma va via; se chiudiamo il rubinetto, l'acqua non fluisce più e non è presente nel lavabo.
 - Se chiudiamo il foro di deflusso e apriamo il rubinetto, l'acqua fluisce; se chiudiamo il rubinetto, l'acqua non fluisce più ma è presente nel lavabo
 - Possiamo dire che all'azione dell'apertura del rubinetto, si associa un'azione proporzionale che agisce solo se c'è l'errore; all'azione della chiusura del foro di deflusso associamo l'azione correttiva integrale che è presente anche se non c'è l'errore