
INTRODUZIONE ALLE REGOLAZIONI

Lo scopo del presente documento è l'esposizione degli elementi fondamentali sui quali si basa la "strumentazione", cioè il complesso degli elementi "materiali" utilizzati per la regolazione automatica e dei principi fondamentali di scelta fra tali elementi.

Il documento contiene elementi di interesse teorico-pratico per tutti i futuri tecnici di impiantistica ed operatori.

LA REGOLAZIONE

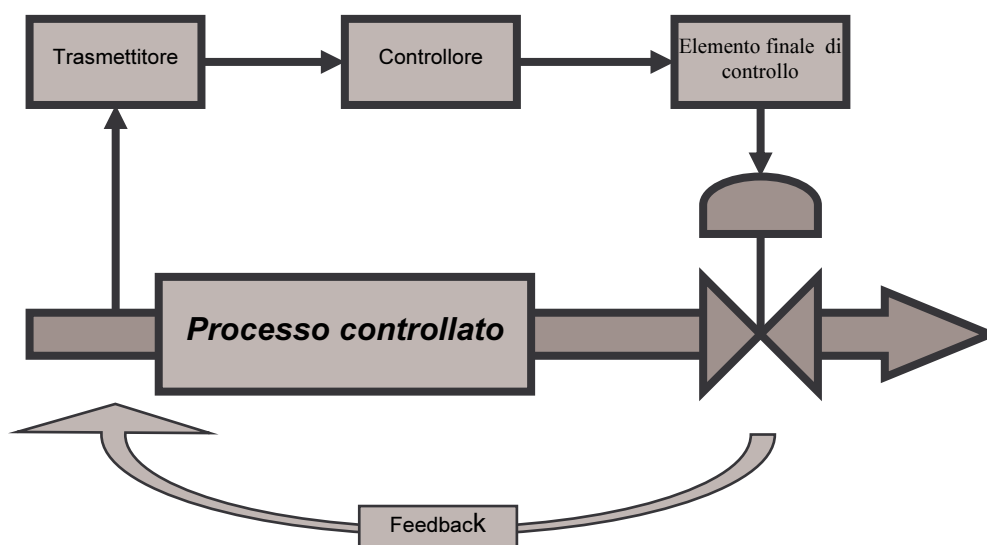
Importantissimo nella strumentazione industriale per l'utilità del suo impiego e per lo sviluppo a cui può dar luogo, è il sistema di controllo automatico (Regolatore – Controllore).

Questo sistema ha per scopo la conservazione di un equilibrio esistente in un processo e/o il ripristino dello stesso quando, per una ragione qualsiasi, esso viene turbato (Regolazione di temperatura, pressione, ecc.).

Ogni sistema di controllo automatico presuppone un processo, contenente la variabile da misurare e regolare, ed il sistema di regolazione, basato sul concetto della controreazione o Feedback.

Gli elementi necessari alla realizzazione della regolazione sono schematizzati nella figura seguente.

Fig. 1 Rappresentazione di un processo controllato



Per facilitarne la comprensione di tale complesso in figura 2 è riportato un esempio di applicazione pratica della controreazione.

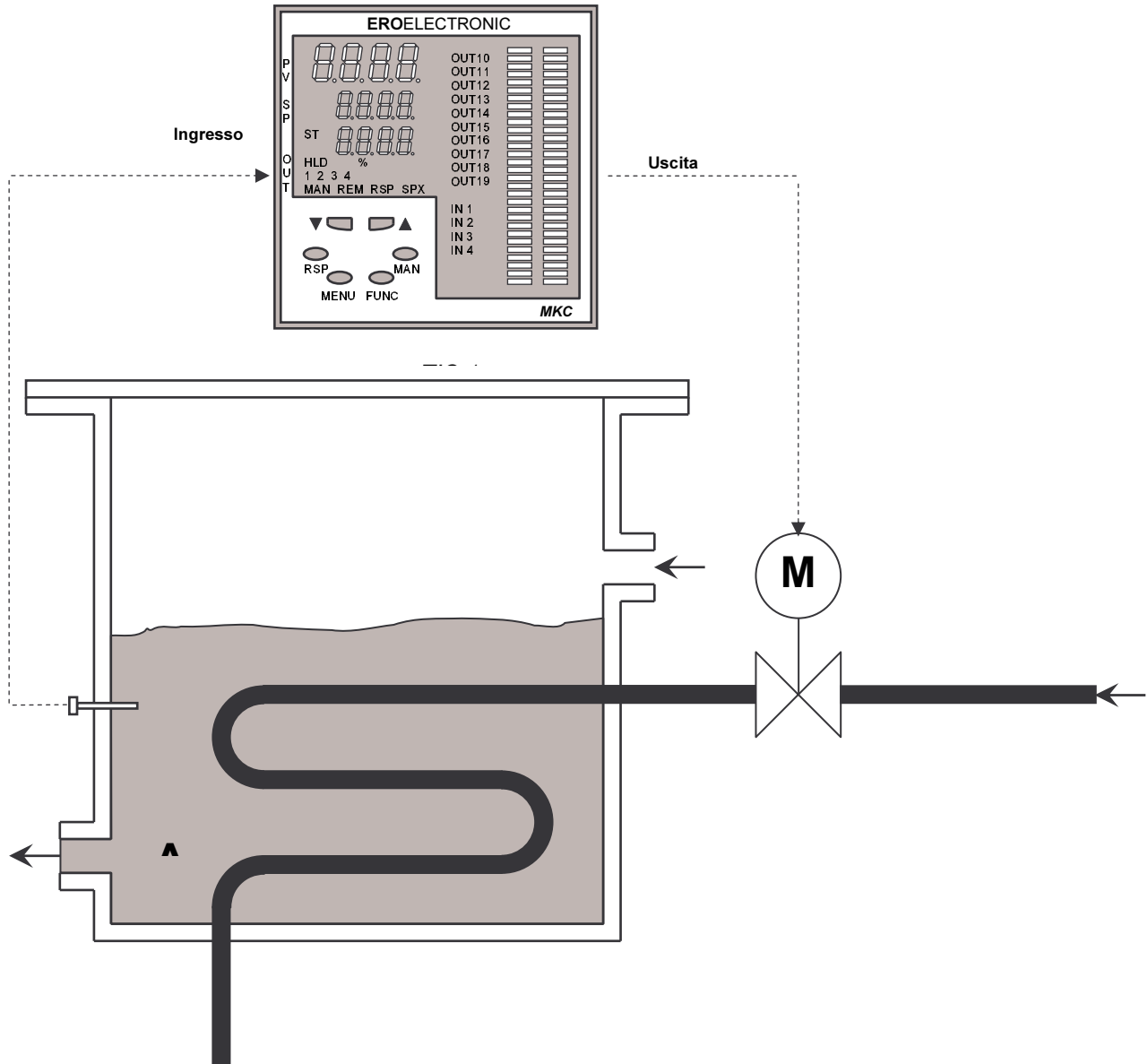


Fig. 2 Processo controllato

In questo esempio il regolatore di temperatura TIC1 mantiene al valore voluto la temperatura del liquido A mediante il passaggio di vapore caldo in una serpentina.

La temperatura del liquido A è la variabile controllata mentre il liquido A nel serbatoio è l'elemento controllato. Il vapore riscaldante è l'agente di controllo e la sonda immersa nel liquido è l'elemento sensibile (Trasmettitore).

Dal trasmettitore la variazione di temperatura giunge al controllore/regolatore, all'interno del quale avviene l'elaborazione della misura. Il risultato di tale elaborazione viene inviato

come segnale di potenza all'elemento finale di controllo (Nell'esempio valvola servomotore).

I tipi di regolazione maggiormente utilizzati da un controllore/regolatore sono:

-
- 1. ON-OFF**
 - 2. PROPORZIONALE (P)**
 - 3. PROPORZIONALE INTEGRALE (P.I.)**
 - 4. PROPORZIONALE INTEGRALE DERIVATIVO (P.I.D.)**

In generale quanto più le caratteristiche di un processo sono complicate e quanto più si vuole ottenere una regolazione precisa, tanto più elaborato deve essere il tipo di regolazione.

Ogni applicazione deve essere tuttavia ben studiata in modo da adottare la soluzione più semplice e naturalmente più economica.

REGOLAZIONE ON-OFF

Questo tipo di regolazione utilizza un elemento finale, ad esempio una valvola, la quale si sposta da una posizione ad un'altra non appena la variabile controllata si scosta dal punto prefissato di regolazione.

Non è necessario che le due posizioni siano sempre le estreme (tutto chiuso o tutto aperto): si possono utilizzare anche delle situazioni intermedie come da figura 3.

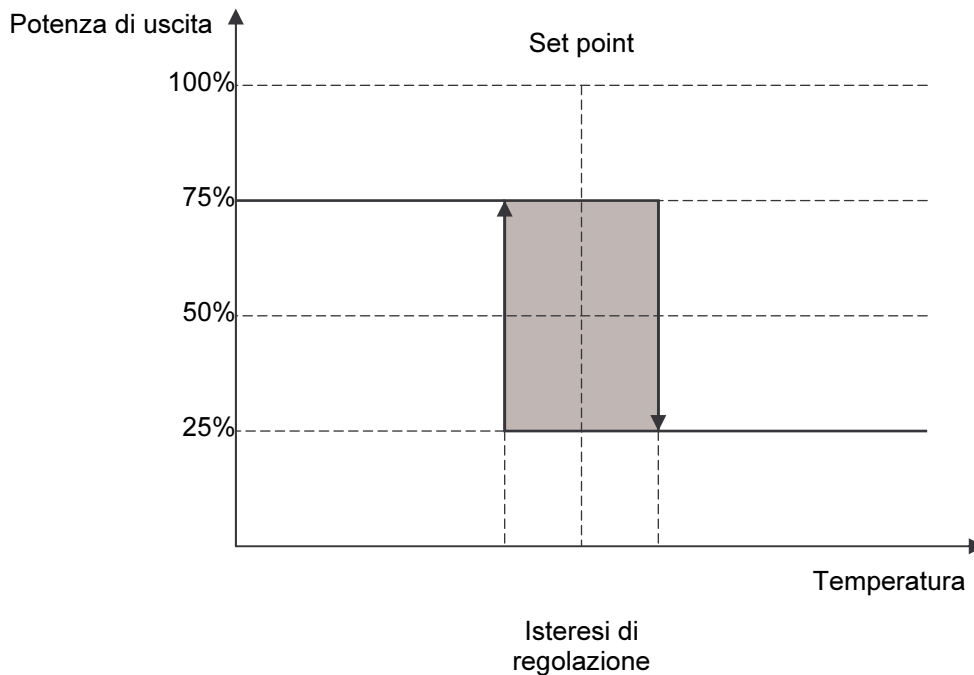


Fig. 3 Regolazione ON-OFF con isteresi

Il valore di cui la variabile si può scostare perché intervenga l'elemento finale di controllo, varia in funzione dell'isteresi del regolatore.

Dall'esame di questo tipo di regolazione, si deduce che la variabile regolata continua ad oscillare a cavallo del set point. È da notare che non è desiderabile avere un'isteresi troppo piccola per evitare una eccessiva frequenza nell'intervento dell'elemento finale di regolazione che, nel caso di un teleruttore, potrebbe rapidamente logorarsi.

Il tipo di regolazione a due posizioni viene usato per la sua semplicità dove è accettabile regolare una variabile con poca precisione.

REGOLAZIONE PROPORZIONALE

La regolazione proporzionale consiste in una relazione lineare fra il valore della variabile regolata e la posizione dell'elemento finale di regolazione.

L'equazione caratteristica di un regolatore proporzionale risulta la seguente:

$$y = y_0 \pm k (x - x_0)$$

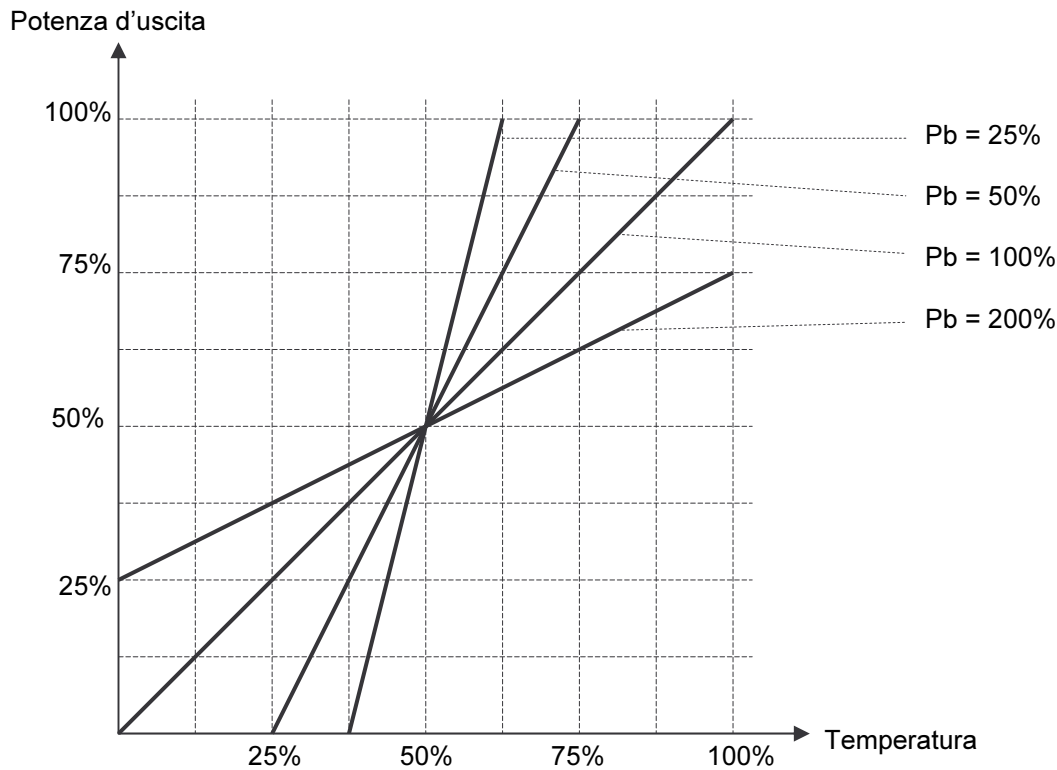
dove y e y_0 sono i valori istantaneo e iniziale dell'apertura della valvola regolatrice, x e x_0 sono i valori istantaneo e iniziale della variabile, mentre k è il fattore costante di proporzionalità (*guadagno*).

L'intervallo della scala della variabile nel quale si esplica questa relazione viene detto banda proporzionale e la sua ampiezza può variare.

Ad ogni valore della variabile entro la banda proporzionale, corrisponde una sola posizione dell'elemento finale (valvola). All'esterno della banda proporzionale l'apertura della valvola si porta nelle posizioni limite di funzionamento (ad esempio 0% e 100%).

L'ampiezza della banda proporzionale viene generalmente espressa come una percentuale del campo di misura del regolatore (range dello strumento).

Fig. 4 Campo della banda proporzionale

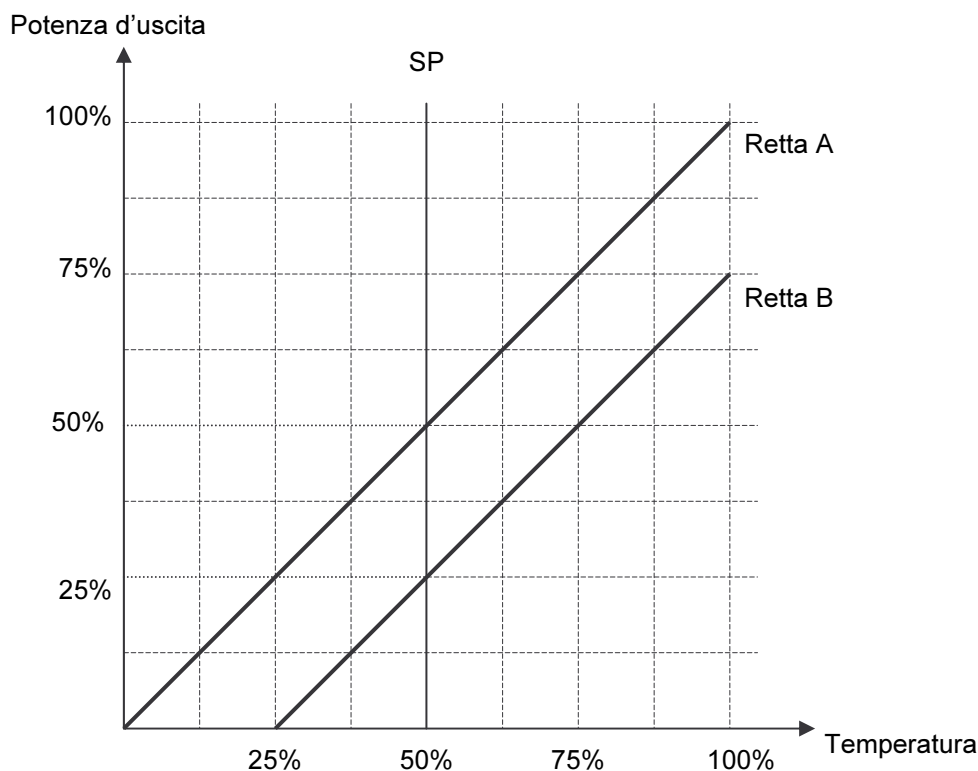


Ad esempio se uno strumento ha un campo di misura da 0 a 100 e la relativa valvola di controllo viene spostata da un estremo (tutto chiuso) all'altro (tutto aperto) nel campo da 25 a 75, l'ampiezza della banda proporzionale è di:

$$Pb = (100 / \text{Range}) * (75 - 25) = (100 / 100) * 50 = 50\%$$

Il set point di regolazione dello strumento si trova entro la banda proporzionale e di solito non lontano dal suo centro. La regolazione proporzionale permettendo movimenti graduali (proporzionali) dell'elemento finale, è più adatta a dosare con precisione la potenza in uscita per mantenere in equilibrio il processo. L'azione proporzionale provoca una azione correttiva, la cui ampiezza è direttamente proporzionale alla deviazione della variabile dal punto prefissato. Esistendo una relazione biunivoca fra variabile regolata e posizione della valvola, la regolazione proporzionale non può automaticamente compensare le variazioni di carico mantenendo al contempo la variabile sul punto di regolazione prefissato.

Fig. 5 Banda proporzionale spostata rispetto al set point



Riferendoci alla figura 5, supponiamo per esempio che la banda proporzionale sia quella che interessa la retta A indicante una posizione di valvola del 50% quando la variabile coincide con il punto prefissato al 50% della scala.

Ammettiamo ora che vi sia una variazione di carico nel processo per cui la variabile si porta al 75% della scala dando luogo ad un errore rispetto al set point del 25%. Il solo modo in cui reagisce automaticamente il regolatore proporzionale è quello di posizionare la valvola al 75% (retta A). Se, ancora, la variabile scendesse al 25% della scala, la valvola si posizionerebbe al 25%. Si viene perciò ad avere un errore tra il set point e la variabile che non può essere corretto dalla sola azione proporzionale.

Tuttavia dove le variazioni di carico sono di lieve entità la regolazione proporzionale risulta più che adeguata.

REGOLAZIONE PROPORZIONALE INTEGRALE P.I.

Si è visto che la regolazione proporzionale non mantiene la variabile sul set point al variare del carico del processo. Per fare ciò, dall'esempio di figura 5, è intuitivo che basta far spostare la retta A fino a far coincidere il punto di lavoro con il set point voluto.

Manualmente per fare ciò si varia il valore del parametro IP (Regolatori ERO).

L'azione integrale, aggiunta a quella proporzionale, provvede automaticamente ad annullare gli scostamenti fra variabile e set point.

L'azione integrale si calcola manualmente come segue.

Il procedimento qui descritto vale solo per le regolazioni di temperatura o, più in generale dove ci sono processi di regolazione con risposte lente.

Per poter sintonizzare manualmente i parametri integrale e derivativo occorre come prima cosa porre lo strumento in regolazione *on-off* con isteresi di regolazione minima:

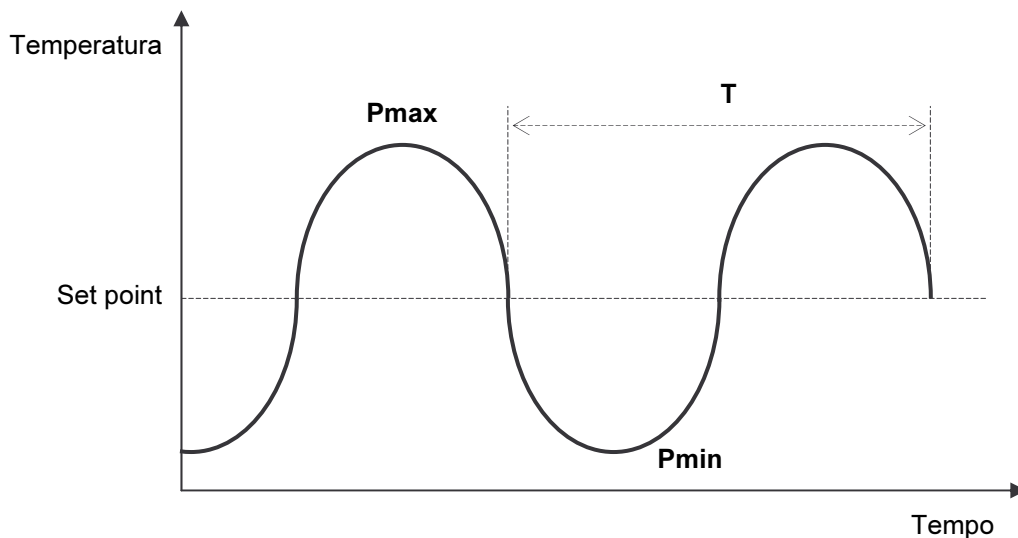
$$Pb = 0.0$$

$$Hys = 0.1 \text{ (Minima)}$$

Impostare il valore desiderato ed attendere che la variabile si metta ad oscillare attorno al set point.

T = Tempo impiegato per compiere un'oscillazione completa

Fig. 6 Oscillazione ottenuta a regime



Come si può vedere in figura 6, alla quarta o quinta oscillazione, cioè quando il sistema si è stabilizzato, rilevare il tempo di un'oscillazione completa ***T***:

Calcolare i tempi integrale e derivativo con le seguenti equazioni:

$$T_i = 0,5 T$$

$$T_d = 0,125 T$$

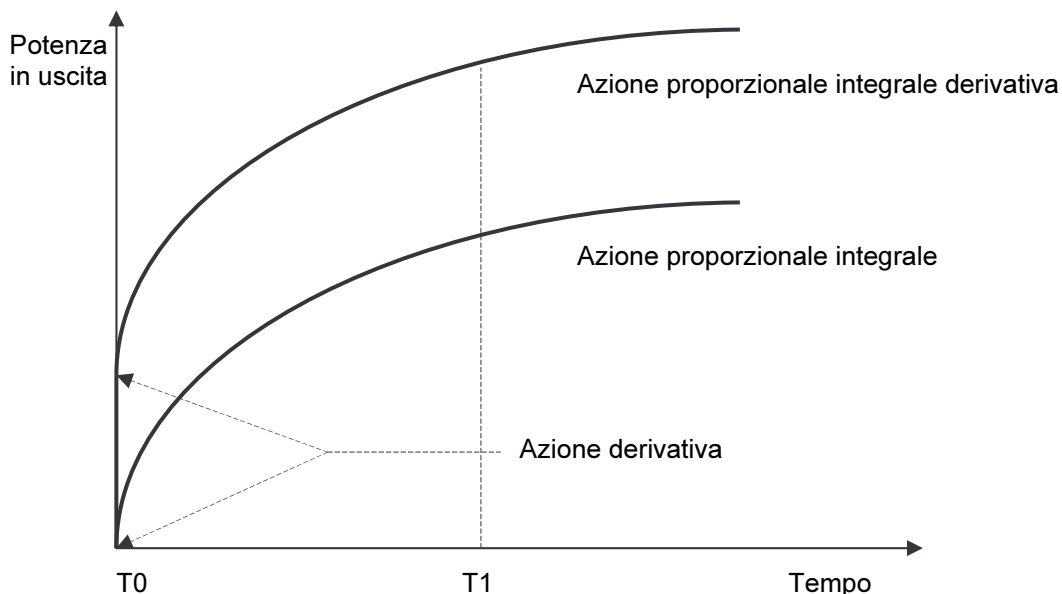
La regolazione proporzionale integrale (PI) è generalmente la più utile e la più usata, essendo adatta alla maggior parte dei processi con le più varie caratteristiche, ed avendo il vantaggio di eliminare lo scostamento della variabile dal set point al variare del carico permettendo così di ottenere una regolazione continua e precisa senza scostamenti.

REGOLAZIONE PROPORZIONALE INTEGRALE DERIVATIVA (P.I.D.)

I processi molto lenti, come in genere la regolazione di temperature, talvolta sono di difficile regolazione utilizzando le sole azioni proporzionale e integrale, in quanto per evitare oscillazioni di tutto il sistema si dovrebbero adottare bande proporzionali molto ampie ed azioni integrali molto ridotte. Così facendo, si ottiene una buona regolazione a regime, ma la risposta del regolatore ad un disturbo improvviso risulta molto lenta. Questo comporterebbe, ad ogni variazione di carico, scostamenti di notevole entità assorbibili in un periodo di tempo troppo lungo. Su tali processi, dove sovente si trova come variabile una temperatura, l'aggiunta dell'azione derivativa alle azioni proporzionale e integrale, normalmente risolve il problema.

L'azione derivativa provoca, a seguito di uno scostamento della variabile dal set point una correzione inizialmente maggiore nella potenza di uscita, in modo tale da contrastare il disturbo più velocemente di quanto farebbero la regolazione proporzionale o proporzionale e integrale. L'azione derivativa apporta sull'uscita una azione direttamente proporzionale alla velocità di avvicinamento o allontanamento della variabile controllata rispetto al set point.

Fig. 7 Apporto dell'azione derivativa sull'azione in uscita



Il risultato consiste nell'ottenere, al manifestarsi di uno scostamento della variabile dal set point, una immediata correzione, che si aggiunge a quella normale, in modo da provocare una variazione momentanea della potenza di uscita molto più veloce. Riassumendo, il tipo di regolatore PID, produce una variazione nella posizione dell'elemento finale di controllo che è proporzionale a:

- scostamento della variabile dal set point (azione P)
- durata dello scostamento (azione I)
- rapidità dello scostamento della variabile (azione D).