

7.28 Il controllo PID

Un sistema di controllo di tipo aperto è caratterizzato da uno schema a blocchi del tipo rappresentato in fig. 7.214a, viene normalmente applicato a processi semplici da controllare, il regolatore ha una struttura semplice ed è molto sensibile ai disturbi.

Un esempio può essere il comando di una lampada che viene accesa e spenta mediante un interruttore e su di essa non vi è nessun controllo per verificare se la lampada è effettivamente accesa o spenta.

Un altro esempio può essere il semplice comando di elementi riscaldanti con la possibilità di impostare tre temperature (alta, media, bassa) senza però che vi siano delle informazioni di ritorno sulla temperatura degli elementi o del sistema riscaldato, per esempio, acqua o altri prodotti.

Le interferenze esterne, come le fluttuazioni dell'alimentazione, variazioni della temperatura ambiente o l'aggiunta di acqua fredda, non hanno effetto sulla regolazione. Il sistema descritto, inoltre, richiede un certo tempo per regolare la temperatura richiesta. Se le interferenze esterne sono continue, anche la variazione della temperatura sarà continua.

In pratica si avranno temperature imprecise e variazioni della stessa in presenza di interferenze o disturbi esterni.

Un sistema di controllo ad anello chiuso (v. fig. 7.214b), pur presentando una struttura del regolatore più complessa, ha normalmente elevate prestazioni ed un'elevata immunità ai disturbi che possono determinare una variazione della variabile controllata (temperatura, pressione, velocità, ecc.).

Un esempio di controllo ad anello chiuso può essere quello dell'automobilista che regola continuamente la sua velocità per mantenere una distanza di sicurezza dall'automobile che lo precede.

Ciò significa che l'automobilista reagisce in base alle informazioni ricevute dall'esterno (retroazione). L'effetto consistente nell'eseguire delle azioni correttive in base alle informazioni ricevute è chiamato regolazione con retroazione.

Anche per controllare la temperatura di elementi riscaldanti si può utilizzare il principio della regolazione ad anello chiuso. Un sensore rileva la temperatura effettiva del sistema da controllare e trasmette il risultato ad un circuito comparatore.

Il comparatore confronta la temperatura con il valore impostato (set point). Il regolatore corregge gli eventuali errori tra la temperatura misurata ed il valore impostato.

Per esempio, se la temperatura misurata è troppo elevata, il regolatore eroga una potenza minore, in modo che la temperatura misurata diventi uguale al valore impostato.

In un sistema di questo tipo si riesce ad ottenere una temperatura molto più precisa.

Ciò che è stato appena descritto è un **loop** (anello) di regolazione, comprendente non solo il regolatore, ma anche il sistema controllato ed il sensore. La risposta della regolazione dipende pertanto dalle caratteristiche del sistema controllato.

Nel caso quindi di un sistema ad anello chiuso vengono prese delle azioni necessarie per mantenere la variabile di processo denominata anche variabile controllata o variabile di uscita PV uguale al valore impostato SP e queste possono essere di tipo ON/OFF oppure PID.

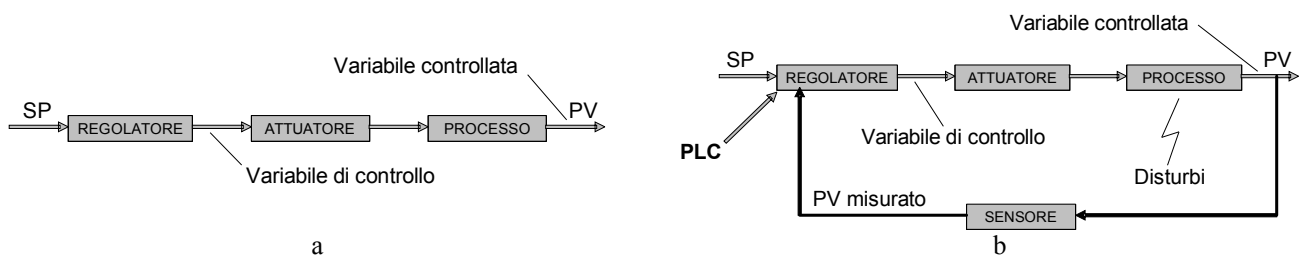


Fig. 7.214 - a) Schema a blocchi di un sistema di controllo ad anello aperto - b) Schema a blocchi di un sistema di controllo ad anello chiuso.

Il metodo di regolazione con un'azione ON/OFF è il più semplice. La variabile di controllo può in questo caso assumere solo due valori. Viene applicato dove non è richiesta una grande precisione.

L'azione ON/OFF consiste nell'attivare (ON) e disattivare (OFF) ripetitivamente il sistema regolato, in base al valore di controllo.

Il grafico di fig. 7.215 si presta per rappresentare il controllo ON/OFF della temperatura di un forno. Infatti, il relè di uscita diventa ON quando la temperatura nel forno è minore del valore impostato e OFF quando la temperatura raggiunge il valore impostato.

L'azione ON/OFF è chiamata anche azione a due posizioni, perché sono utilizzate due variabili, in relazione al valore impostato, pari allo 0% ed al 100%.

L'aumento di temperatura che si verifica dopo il raggiungimento del valore impostato è detto sovraelongazione o sovraregolazione (overshoot) ed è provocato dall'inerzia termica del carico. Lo stesso accade per la diminuzione della temperatura dopo la nuova attivazione del riscaldatore, questo fenomeno è detto sottoelongazione o sottoregolazione (undershoot).

La differenza tra i punti OFF e ON del sistema di regolazione viene chiamata isteresi, banda morta o zona di insensibilità. L'isteresi viene espressa come percentuale del valore impostato.

Quando la temperatura è regolata con un'azione ON/OFF, la variabile controllata cambia ciclicamente come illustrato nel grafico, questo effetto è chiamato pendolazione o oscillazione.

Le oscillazioni della regolazione ON/OFF sono maggiori dell'isteresi del sistema di controllo, ciò è dovuto all'influenza delle caratteristiche del carico (es. inerzia termica, ecc.).

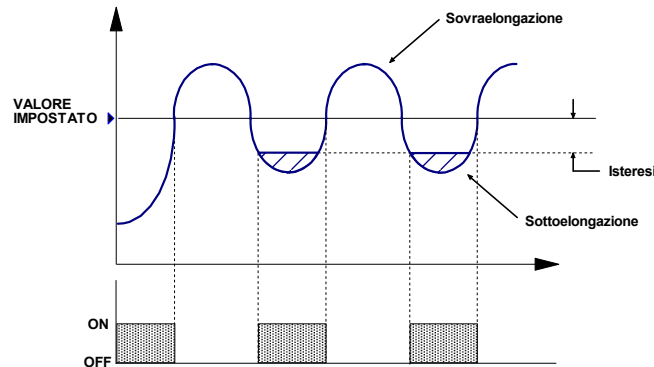


Fig. 7.215 - Schema a blocchi di un sistema di controllo ad anello chiuso con azione ON/OFF.

L'azione PID è un algoritmo di regolazione più complesso dove il valore della variabile di controllo viene deciso in base all'andamento dell'errore (SP-PV) ed è dato dalla somma di tre contributi: proporzionale (P), integrale (I), derivativo (D).

La variabile di controllo può in questo caso assumere un valore compreso tra 0% e il 100%.

Nella fig. 7.216a è possibile osservare un'azione di regolazione nella quale la temperatura PV, ad esempio di un forno, viene controllata, entro la banda proporzionale del valore di temperatura impostato SP, in maniera proporzionale allo scostamento (errore SP-PV) dal valore impostato.

Non appena la temperatura del sistema controllato entra nella banda proporzionale, l'uscita diminuisce gradualmente dal 100% in proporzione allo scostamento dal valore impostato e diventa pari al 50% quando la temperatura diventa uguale al valore impostato.

L'uscita continua a diminuire e diventa OFF non appena viene raggiunto il limite superiore della banda proporzionale.

I regolatori e quindi anche i PLC hanno normalmente la banda proporzionale regolabile. La banda proporzionale è espressa come percentuale del valore di impostazione.

Con un'azione proporzionale esiste normalmente una differenza tra il valore impostato e la temperatura del sistema controllato. Tale differenza è chiamata **scostamento** ed è necessaria per fornire la potenza in uscita (v. fig. 7.216b).

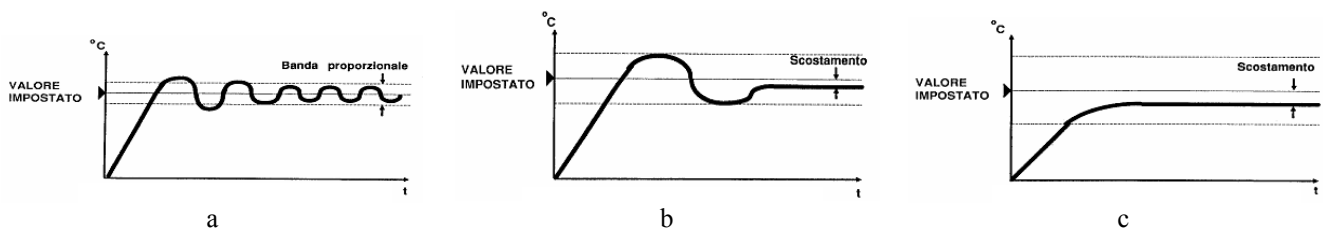


Fig. 7.216 - Sistema di controllo di temperatura con azione proporzionale a) Una banda proporzionale troppo stretta provoca pendolazioni - b) Una banda proporzionale corretta provoca un piccolo scostamento vicino al valore impostato - c) Una banda proporzionale troppo ampia provoca uno scostamento maggiore dal valore impostato.

Nel caso di interferenze esterne (disturbi) si ottiene una diminuzione della temperatura, che provoca uno scostamento maggiore rispetto al valore impostato, lo scostamento è chiamato anche **abbassamento** (drop).

Il sistema di regolazione proporzionale non è in grado di compensare questo abbassamento di temperatura se l'interferenza esterna prosegue.

L'azione integrale (I) rappresentata nella fig. 7.217b è utilizzata per eliminare automaticamente (riassettare) lo scostamento che si verifica con l'azione proporzionale.

L'azione integrale si attua anche nel caso di un'interferenza continua sul sistema controllato.

Il tempo di integrazione o reset deve essere adatto alle caratteristiche del sistema da controllare (es. inerzia termica nel caso che si controlli una temperatura, ecc.).

Per un dato sistema, se il tempo di integrazione è troppo breve, si può verificare un'instabilità, con oscillazioni della grandezza controllata (es. temperatura); se il tempo di integrazione è troppo lungo, si ottengono una risposta lenta e l'eliminazione dello scostamento (v. fig. 7.216c).

Con l'azione proporzionale e derivativa (D) mostrata nella fig. 7.217c, l'azione derivativa adegua la risposta della variabile d'uscita, in termini di velocità, alla variazione della grandezza controllata (es. temperatura).

Aggiungendo l'azione derivativa all'azione proporzionale, il sistema di controllo è in grado di rispondere più velocemente alle interferenze ovvero ai disturbi esterni incrementando la stabilità del sistema di controllo.

L'azione combinata PD provoca, pertanto, degli errori transitori sulla grandezza controllata minori di quelli della sola azione proporzionale.

La correzione addizionale della variabile d'uscita è proporzionale alla velocità di variazione del processo regolato.

Quando il processo si stabilizza, la velocità di variazione diventa nulla, quindi anche la correzione addizionale dell'azione D diventa nulla.

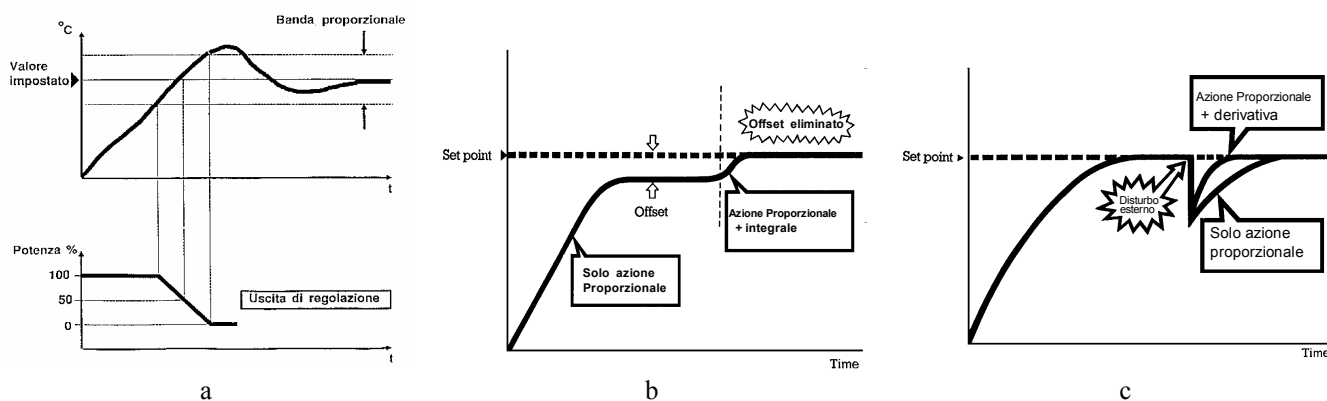


Fig. 7.217 - a) Azione proporzionale (P) - b) Azione integrale (I) - c) Azione derivativa (D).

In altri termini: l'azione D si manifesta soltanto quando si verifica un cambiamento e si annulla quando questo scompare. Il tempo di derivazione (tempo derivativo) indica l'intensità dell'azione derivativa.

Lo scostamento si verifica anche nei sistemi con azione derivativa ed è per questo motivo che vengono normalmente combinate insieme tutte le tre azioni ottenendo l'azione PID.

L'azione P permette di eseguire una regolazione senza pendolazioni, mentre l'azione I è utilizzata per correggere automaticamente lo scostamento. Infine, l'azione D corregge rapidamente le variazioni, della variabile d'uscita, provocate dalle interferenze esterne.

La risposta e la stabilità della regolazione dipendono dalle caratteristiche del sistema da controllare (potenza disponibile, inerzia es. termica) e dal sistema di regolazione.

Il controllo PID è utilizzato per ottenere una regolazione precisa nei processi continui. In base alla risposta di regolazione richiesta dal sistema, è necessario impostare i valori PID per ottenere i risultati desiderati.

La messa a punto dell'azione PID dipende quindi dai seguenti punti:

- dalla taratura del regolatore (es. PLC);
- dalle caratteristiche del sistema da controllare;
- dalle necessità dell'impianto e dalle preferenze dell'utente per quanto riguarda la risposta e la stabilità della regolazione.

Per quanto riguarda la risposta e la stabilità della regolazione esistono due aree di interesse principale.

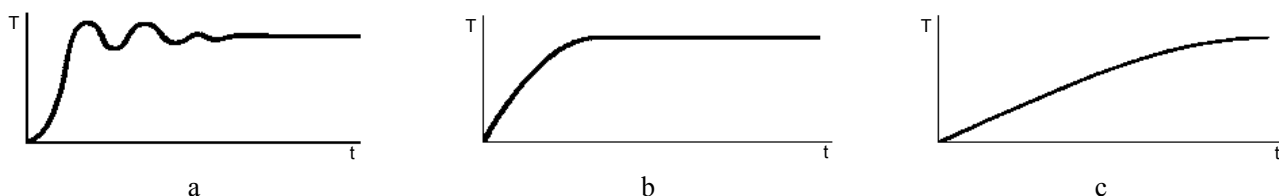


Fig. 7.218 - Principali tipologie di regolazione in funzione del tempo t (es. per controllo di una temperatura T): a) Risposta veloce, la temperatura supera rapidamente il set point e pendola prima di stabilizzarsi - b) Risposta normale (accettabile) - c) Risposta lenta, è necessario un tempo lungo per raggiungere il valore impostato.

La prima è la risposta continua della regolazione alle variazioni delle condizioni operative, come le variazioni del valore impostato o i cambiamenti della potenza disponibile (es. variazione della tensione di alimentazione degli elementi riscaldanti).

Mentre la seconda è la risposta iniziale, alcuni impianti non badano alla sovraregolazione iniziale, in quanto desiderano soltanto raggiungere rapidamente la temperatura di funzionamento per ridurre i tempi di improduttività.

Altri impianti non prevedono alcuna sovraregolazione che potrebbe, ad esempio, danneggiare il materiale che si sta lavorando (es. una sovratemperatura degli elementi riscaldanti potrebbe danneggiare certi processi delicati), e prevedono quindi una risposta iniziale più lenta.

In alcuni casi, i valori impostati per l'azione PID possono rappresentare un compromesso tra la necessità di regolazione continua e i valori di risposta iniziale.

Poiché sistemi diversi possono avere delle caratteristiche largamente differenti, i valori dell'azione PID possono variare anche molto per ogni sistema. È quindi utile disporre di qualche riferimento generale per una selezione iniziale dei valori PID.

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di come si possa determinare i valori PID da impostare.

Il primo metodo, approssimativo, ma normalmente sufficiente per ottenere dei valori PID di primo approccio, si basa sulle misure delle oscillazioni di una regolazione ON/OFF.

Si parte dall'ipotesi che il sistema da controllare possa tollerare delle escursioni (es. termiche) risultanti dalle oscillazioni ON/OFF, come quelle mostrate in fig. 7.215, durante le prove iniziali.

Si fa funzionare il sistema al valore impostato o in prossimità nel modo ON/OFF ($P=0$ o molto piccola, I e $D=0$), a questo punto osservare quando si verifica il valore tra picco e picco (es. temperatura) e misurare il periodo t in minuti delle oscillazioni ON/OFF.

Impostare la banda proporzionale P in modo che sia uguale all'ampiezza equivalente di

$$P = \frac{T_{pp}}{T_{fs}} 100 = \% \quad \text{dove } T_{pp} = \text{temperatura picco-picco } [^{\circ}\text{C}] \text{ e } T_{fs} = \text{temperatura di fondo scala } [^{\circ}\text{C}] \text{ (evitare la sovraelongazione per il calcolo).}$$

Impostare il tempo di integrazione a circa il tempo T e infine impostare il tempo di derivazione a circa un quarto di T . L'uso di questo metodo e di quello che verrà descritto di seguito possono fornire un'indicazione dei valori PID iniziali. Se si desidera una taratura più fine per ottenere la risposta richiesta, si può procedere provando valori leggermente diversi, su base empirica.

In generale, diminuendo i valori P e I si ottiene una risposta più veloce e con scostamento minore, ma dei valori P e I troppo piccoli possono dare luogo ad instabilità. Diminuendo il valore D si ottiene una risposta più lenta, mentre un valore D eccessivo può dare luogo ad instabilità (v. tab. 7.11).

Il secondo metodo detto della massima sensibilità (di Ziegler Nichols) permette di ottenere le costanti PID con la seguente procedura.

- 1) Tarare il regolatore PID con la sola azione P , dopo aver impostato a 0 il tempo di integrazione I ed il tempo di derivazione D .
- 2) Far funzionare il sistema di regolazione con la banda proporzionale allargata per verificare le reazioni del sistema.
- 3) Restringere gradualmente la banda proporzionale (BP) ed osservare il punto in cui il sistema oscilla con un ciclo fisso di periodo t [s].
- 4) Le costanti PID possono essere ricavate dalle seguenti equazioni: $P = 1,7 \cdot BP$ [%], $I = 0,5 \cdot t$ [s], $D = 0,125 \cdot t$ [s].

Quanto riportato precedentemente, descrive l'impostazione manuale dei valori PID basata su prove sul sistema di controllo (es. termoregolatori, PLC) e sul sistema da controllare. I regolatori più recenti e sofisticati possono disporre anche di una funzione di autocalcolo dei valori PID in cui le prove, ad esempio di massima sensibilità, vengono eseguite automaticamente.

Nei PLC i valori analogici del processo (segnale di retroazione, valore di set point) sono rappresentati come valori numerici ottenuti mediante una conversione A/D. Poiché per effettuare la conversione è necessario un certo tempo, il PLC disporrà del valore convertito dopo il tempo necessario per la codifica.

Lo svolgimento dell'algoritmo di regolazione richiede, a sua volta, un certo tempo, infine sarà necessario altro tempo al convertitore D/A per trasformare il valore digitale in un segnale analogico utile per agire su di un attuatore.

Finché sono in corso le operazioni descritte prima il regolatore non può elaborare nuove informazioni in arrivo.

Ad intervalli regolari la CPU deve effettuare, quindi, un campionamento dei segnali e memorizzarli per la durata di un intervallo di campionamento; allo stesso modo il segnale in uscita resta costante durante un intervallo di campionatura.

Tra i parametri da impostare in un PLC c'è quindi la durata del tempo di campionamento entro i limiti indicati; se si sceglie un tempo breve si rende più tempestiva la reazione di correzione del regolatore agli effetti dei disturbi, ma si viene a gravare sul tempo di ciclo del controllore.

Regolazione con:	Cosa fare:
Sovraelongazione	Aumentare i valori di P e D, ridurre I
Risposta lenta ai disturbi	Aumentare il valore di D e ridurre I e P
Pendolazioni/oscillazioni	Aumentare i valori di P e I e ridurre D
Sovraregolazione dei disturbi	Ridurre il valore di D e aumentare P e I

Tab. 7.11 - Come intervenire sui parametri nel caso si presentino problemi sulla regolazione PID.

Un valore corretto del tempo di campionamento può essere determinato dividendo per 10 la costante di tempo dominante del sistema. La costante di tempo è un parametro che fornisce la misura del ritardo che il sistema presenta fra un segnale applicato in ingresso e il relativo segnale in uscita. Nel caso siano presenti più costanti di tempo si considera dominante quella che è almeno di un ordine di grandezza maggiore rispetto tutte le altre.

Nella tab. 7.12 vengono riassunti alcuni dei parametri utilizzati nei PLC Omron per l'impostazione dell'istruzione PID.

Parametro	Definizione
Set Value	Valore target per il controllo PID. È un numero binario di tanti bit quanti indicati nell'input range.
Larghezza della banda proporzionale	Specifica il rapporto larghezza di banda/input range: impostabile da 0,1% a 999,9% (BCD 0001 ... BCD 9999).
Tempo integrale	Imposta il rapporto tempo integrale/periodo di campionamento. Da 0001 a 8191. Con 9999 lo si disabilita.
Tempo derivativo	Imposta il rapporto tempo derivativo/periodo di campionamento. Da 0001 a 8191. Con 0000 lo si disabilita.
Periodo di campionamento	Indica il periodo con cui viene campionato l'ingresso: da 0,1 a 102,3 s (BCD 0001 ... BCD 1023).
Specificatore di operazione	Per specificare il funzionamento normale I. Per specificare il funzionamento inverso 0.
Coefficiente di filtro	Filtro sull'ingresso. Disabilitato uguale a 0. Da 100 a 199: imposta il coefficiente (più basso è il valore più debole è il filtro).
Output range	Numero dei bit dei dati in uscita (segnale di comando). Da 0 a 8 imposta il range da 8 a 16.
Input range	Numero dei bit dei dati in ingresso (segnale da controllare). Da 0 a 8 imposta il range da 8 a 16.
Work area	Area utilizzata dal sistema.

Tab. 7.12 - Parametri dell'istruzione PID (Omron).

Di seguito vengono riportate informazioni utili per utilizzare il programma del PLC con la Funzione PID e per controllare il sistema simulato nel programma di supervisione.

Il sistema da controllare è un serbatoio in cui è necessario mantenere il livello al valore di set point modificabile. La variabile controllata del PLC è l'apertura della valvola d'ingresso (valvola di riempimento). Il PLC riceverà come feedback del sistema, mediante un apposito sensore, il livello del serbatoio. Il disturbo è generato dall'utenza prelevando acqua, che anche in questo caso può essere impostato attraverso il programma di supervisione.

È possibile modificare la risposta del sistema impostando nel programma di supervisione le costanti di tempo del primo e del secondo ordine e il ritardo di risposta (puro o di trasporto) nella finestra **dinamica del sistema**.

La supervisione scrive i dati di feedback nel PLC ogni 0,5 secondi.

È possibile studiare la risposta del sistema ad una variazione a gradino del Set-point premendo il pulsante dedicato.

Vale la pena ricordare che la costante di tempo del primo ordine è caratteristica dei sistemi lineari che, sollecitati da un segnale in ingresso a gradino, hanno un andamento dell'uscita caratterizzato da due fasi: la fase transitoria durante la quale si ha la variazione dell'ampiezza e una fase a regime che segue il transitorio, a sua volta caratterizzata dal valore di segnale che rimane costante, con un andamento di tipo asintotico simile alla fig. 7.218b.

Il valore del segnale in uscita a regime dipende dall'ampiezza del segnale in ingresso e dalle caratteristiche del sistema. La durata del transitorio dipende dalle caratteristiche del sistema e non dalla ampiezza del segnale in ingresso, in particolare dipende dalla costante di tempo, in pratica questa fase termina dopo che è trascorso un tempo pari a 5 volte la costante di tempo.

Il valore della costante di tempo del primo ordine può essere ricavata graficamente o in modo analitico.

Ogni sistema del primo ordine, qualunque sia la sua natura fisica (meccanica, idraulica, termica, elettrica, ecc.), presenta sempre un andamento nel tempo del tipo descritto precedentemente, cambierà semmai il valore della costante di tempo.

La risposta al gradino nei sistemi lineari di secondo ordine può assumere andamenti nel tempo diversi in relazione alle caratteristiche del sistema.

Un andamento di questi sistemi può essere rappresentato come in fig. 7.218a da un andamento avente un'oscillazione smorzata che raggiunge il valore di regime permanente dopo un determinato tempo; anche in questo caso nell'andamento nel tempo della grandezza in uscita è possibile individuare dei parametri che descrivono le caratteristiche dinamiche del sistema.

I parametri sono: il tempo necessario all'uscita per raggiungere la metà del valore che si ha a regime (tempo all'emivalue); il tempo necessario perché l'uscita passi da un'ampiezza del 10% fino al 90% del valore che si ha a regime (tempo di salita); il tempo che è necessario, dopo l'applicazione del gradino, affinché l'ampiezza delle oscillazioni del segnale in uscita sia intorno al valore di regime e rientri in una banda di ampiezza definita, ad esempio, del 5% e infine la sovraelongazione massima che rappresenta la differenza tra il valore massimo raggiunto dal segnale in uscita e il segnale a regime.

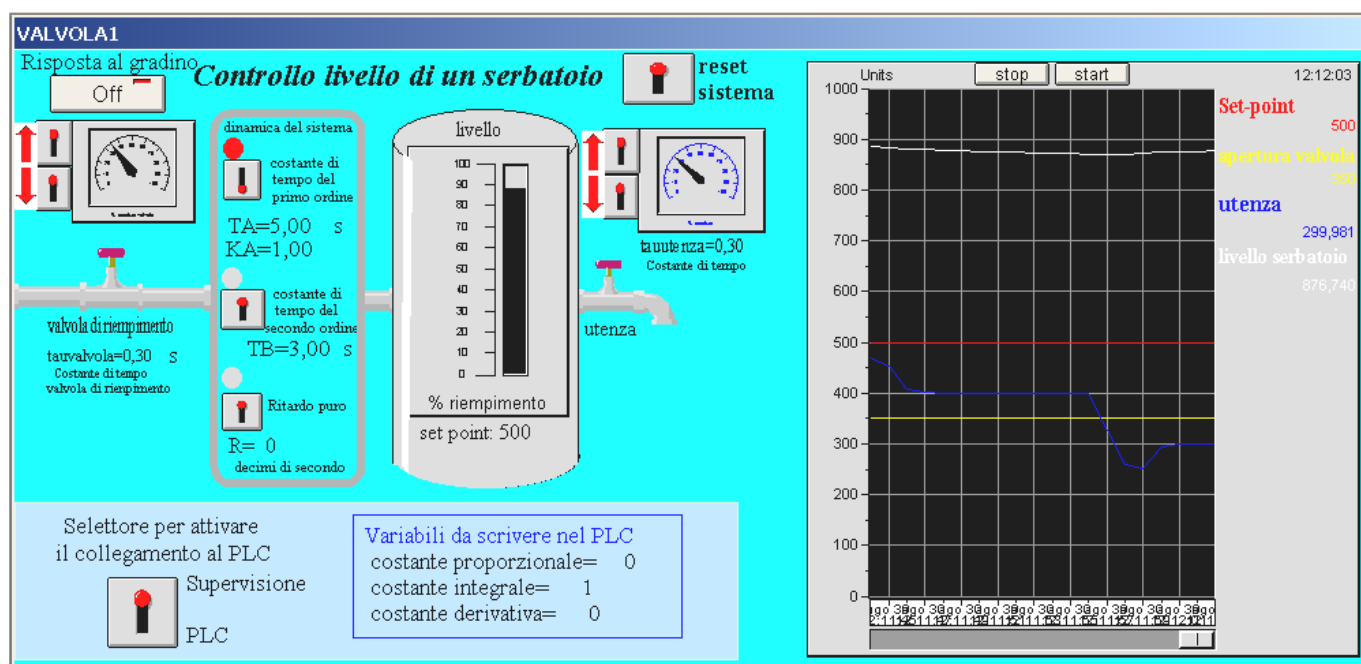


Fig. 7.219 - Simulazione n° 9, finestra di simulazione PID per il controllo del livello di un serbatoio. Per vedere la simulazione eseguire il file "Controllo PID.SR2", in ambiente Runtime del CX-Supervisor.

Nello studio della risposta al gradino dei sistemi lineari del primo e del secondo ordine, come si è visto precedentemente, sono state introdotte delle costanti di tempo che permettono di valutare come l'uscita si assesti sul valore di regime dopo un certo tempo, in altre parole le costanti di tempo rappresentano un ritardo nella risposta del sistema.

Nei sistemi che controllano la portata di un fluido mediante una valvola posta all'inizio di una tubazione di una certa lunghezza è presente inoltre un altro ritardo definito ritardo puro o di trasporto, questo ritardo descrive il caso in cui l'uscita rimane inalterata per un certo tempo prima che il sistema inizi a reagire al segnale applicato all'ingresso.

Una variazione dell'apertura di una valvola viene avvertita a valle con un certo ritardo determinato dal rapporto tra la lunghezza della tubazione e la velocità del fluido.

La finestra di supervisione, mostrata nella fig. 7.219, può venire utilizzata come segue:

Nella finestra di supervisione è presente una serie di variabili da impostare per modificare la dinamica del sistema da controllare.

Il sistema da controllare è composto da:

- dinamica della valvola di riempimento;
- dinamica del sistema principale;
- dinamica dell'utenza.

La dinamica della valvola di riempimento è una costante di tempo del primo ordine (impostata di default a 0,3 s) modificabile facendo clic sopra alla cifra con il mouse. Il valore massimo impostabile è 10 s.

La dinamica del sistema principale si può impostare come segue.

L'impostazione della costante di tempo del primo ordine avviene facendo clic sul numero accanto a TA (valori impostabili da 0 a 10000 s). È possibile impostare anche un guadagno da 0 a 1 facendo clic sul numero accanto a KA. Di default viene impostato un valore di TA=5 s e KA=1. L'impostazione della costante di tempo del secondo ordine si imposta facendo clic sul valore accanto a TB, il range ammissibile va da 0 a 1000.

Infine, il ritardo puro si imposta in unità di 0,5 secondi con un range da 0 a 10.

L'abilitazione delle parti che compongono la dinamica del sistema avviene con il selettore accanto alla descrizione. Le varie parti sono abilitate se la spia sopra il selettore è **rossa**.

La dinamica della valvola di utenza è una costante di tempo del primo ordine (impostata di default a 0,3 s) modificabile facendo clic sopra alla cifra con il mouse. Il valore massimo impostabile è 100 s.

Una volta impostata la dinamica del sistema è possibile visualizzare la risposta del sistema cliccando sul tasto risposta al gradino. Studiando la risposta del sistema è possibile impostare i parametri P, I, D di controllo.

Nella simulazione è possibile modificare il set-point di riempimento del serbatoio facendo clic sul valore sotto il grafico del serbatoio. Per cambiare il valore dell'utenza teorica (disturbo del sistema) è sufficiente fare clic sui tasti accanto alle frecce presenti a fianco dell'indicatore dell'utenza.

Nel grafico presente nella parte destra è possibile vedere l'andamento delle 4 variabili più significative: utenza (disturbo) in blu, apertura valvola (azione di controllo) in giallo, livello serbatoio (variabile controllata) in bianco e livello del serbatoio che si vuole mantenere (set-point) in rosso. Per avere una visione dell'andamento delle variabili è possibile *fermare* il grafico con il tasto stop e fare una analisi del sistema.

È disponibile anche il tasto di reset che azzerà tutte le variabili del sistema.

Per controllare il sistema simulato è necessario creare un programma all'interno di un PLC reale (con il simulatore le tempistiche di simulazione del PLC virtuale non permettono una corretta realizzazione del controllo).

Nel PLC reale dovrà essere impostata una funzione PID collegata alle variabili specificate nella tabella di seguito (tabella dei parametri utilizzati). Il collegamento al PLC avviene con il tasto di selezione PLC/Supervisione.

Se si utilizza solo la supervisione per studiare la dinamica di un sistema, al variare delle costanti di tempo è sufficiente far partire solo il simulatore. Il programma darà un errore iniziale sul collegamento al PLC, cancellando tale errore si può continuare ad utilizzare la simulazione.

Per il fatto che l'aggiornamento delle variabili del PLC avviene ogni 0,5 s bisognerà programmare la funzione PID del PLC con un tempo di campionamento che sia uguale o superiore.

In una simulazione in cui il campionamento è di 0,5 s è necessario che le costanti di tempo in gioco, per essere affidabili, siano almeno 10 volte la costante di tempo (default TA = 5 s = 10 · Tempo di campionamento); impostare delle costanti inferiori a 5 secondi può far funzionare il sistema di controllo in modo scorretto.

D0 azione di controllo	D2 Set-point	D4 Costante integrale	W0.0 Abilitazione funzione PID
D1 Feedback dal simulatore	D3 Costante proporzionale	D5 Costante derivativa	PLC da collegare CJ1M-CPU12 (non è possibile utilizzare il simulatore)

Tab. 7.13 - Parametri dell'istruzione PID utilizzati nel programma del PLC presente nel DVD-ROM allegato al libro.

La soluzione dell'esercizio è presente nella cartella "Simulazione 9 (Controllo serbatoio con PID)" contenuta nella cartella **Esercizi con simulazioni**.