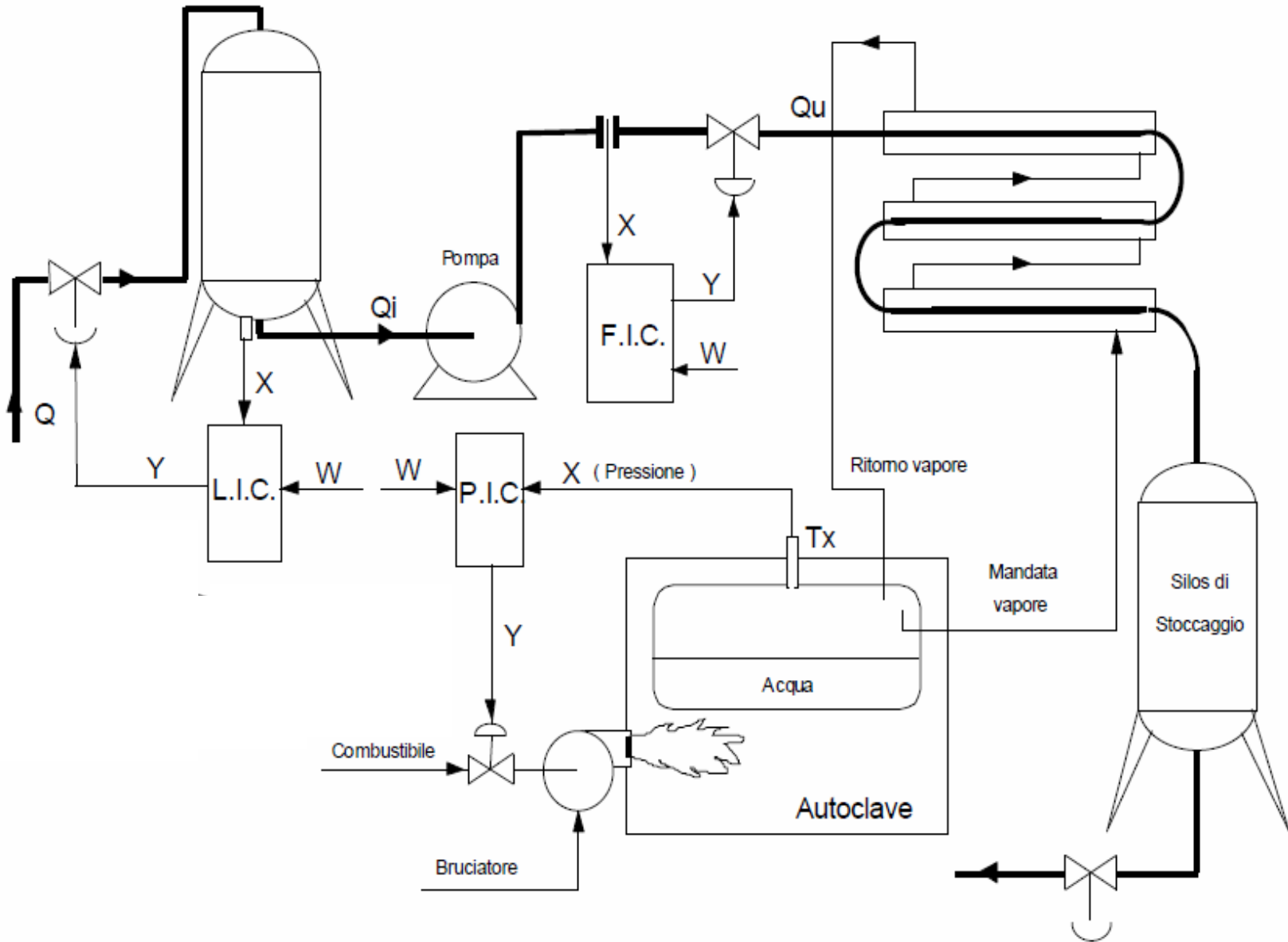


Il controllo di processo



Introduzione al controllo di processo

Un impianto chimico è costituito da un insieme ordinato e strutturato di singole apparecchiature ove avvengono reazioni ed operazioni unitarie.

All'interno di tali apparecchiature (reattori, scambiatori di calore, colonne di distillazione, assorbitori, evaporatori, flash, stripper, compressori, turbine, soffianti, pompe, miscelatori, ...) la materia prima viene trasformata in prodotto finale passando in genere attraverso una serie di prodotti intermedi.

Flussi di materia e di energia caratterizzano il funzionamento delle apparecchiature di impianto.

Introduzione al controllo di processo

Il funzionamento dell'impianto è condizionato da una serie di fenomeni, grandezze, parametri e variabili (sia esterne che interne al processo) che cambiano nel tempo.

Per un'adeguata conduzione dell'impianto occorre controllare il suo funzionamento ed esercirlo secondo le condizioni operative di progetto (condizioni nominali) o viceversa condurlo ad operare secondo regimi alternativi dettati da opportune e specifiche esigenze processistiche.

La conduzione del processo è dettata in genere da linee guida basate su specifiche ed aspetti tecnici, economici, sociali e di legge.

Esigenze di controllo

Sicurezza: la sicurezza degli operatori di campo e di sala controllo nonché di tutti gli addetti (dipendenti e non) e della popolazione limitrofa all'impianto sono l'obiettivo primario del controllo di processo.

- Sicurezza nell'esercizio abituale dell'impianto (controllo e riduzione delle emissioni, e.g., liquide, solide, gassose, odori, rumore)
- Sicurezza per prevenire malfunzionamenti, anomalie, incidenti
- Sicurezza nella gestione dell'evento incidentale (e.g., emissione, dispersione, incendio, esplosione)

Specifiche di produzione: in termine di quantità e qualità del prodotto finale (ma anche, ove possibile, dei sottoprodotti e degli intermedi di processamento)

Obiettivi del sistema di controllo

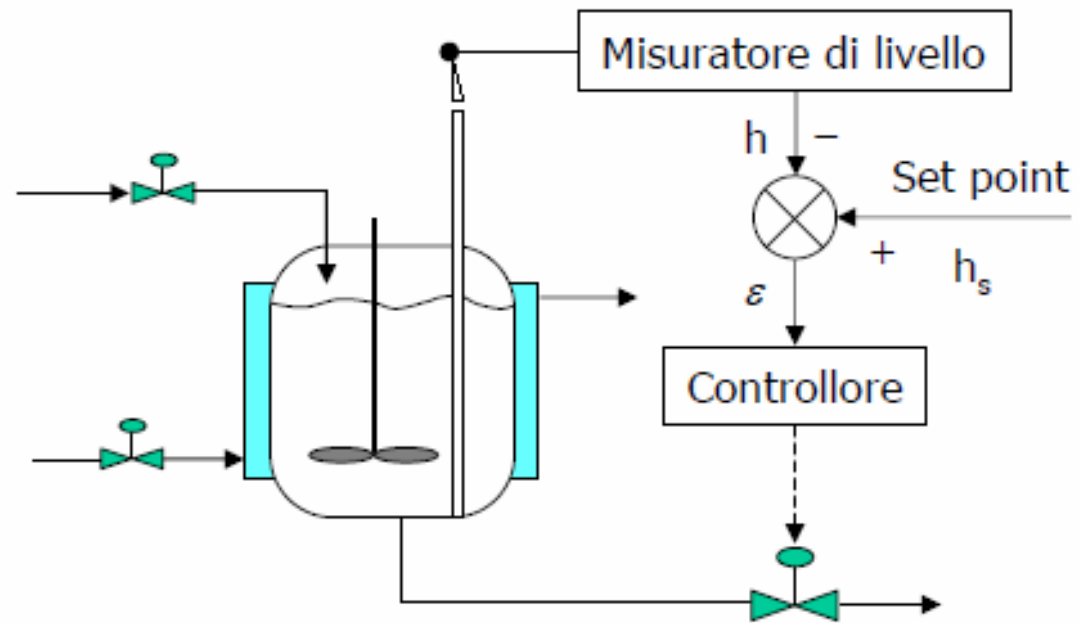
Il sistema di controllo deve soddisfare le seguenti tre specifiche/necessità:

- Soppressione dei disturbi esterni sul processo
- Assicurazione della stabilità operativa del processo
- Ottimizzazione delle prestazioni del processo

Nell'ultimo punto ricade anche il conseguimento dei set-point di processo che guidano la conduzione e l'ottenimento del prodotto finale secondo la quantità e qualità dettate dalle esigenze di mercato

Classificazione delle variabili di processo

Variabile controllata	↔ Grandezza che si vuole tenere sotto controllo
Variabile misurata	↔ Valore restituito dall'elemento di misura
Disturbo	↔ Causa che genera l'alterazione della variabile controllata
Elemento di misura	↔ Apparecchiatura che esegue la misura
Set point	↔ Valore di riferimento
Errore	↔ Differenza tra variabile misurata e set point
Controllore	↔ Componente che esegue il confronto e che determina il tipo di azione
Elemento finale di controllo	↔ Elemento su cui agisce l'azione inviata dal controllore
Variabile manipolata	↔ Grandezza controllante, ovvero che tiene sotto controllo la variabile controllata



Controllo di livello #1 in retroazione (feedback)

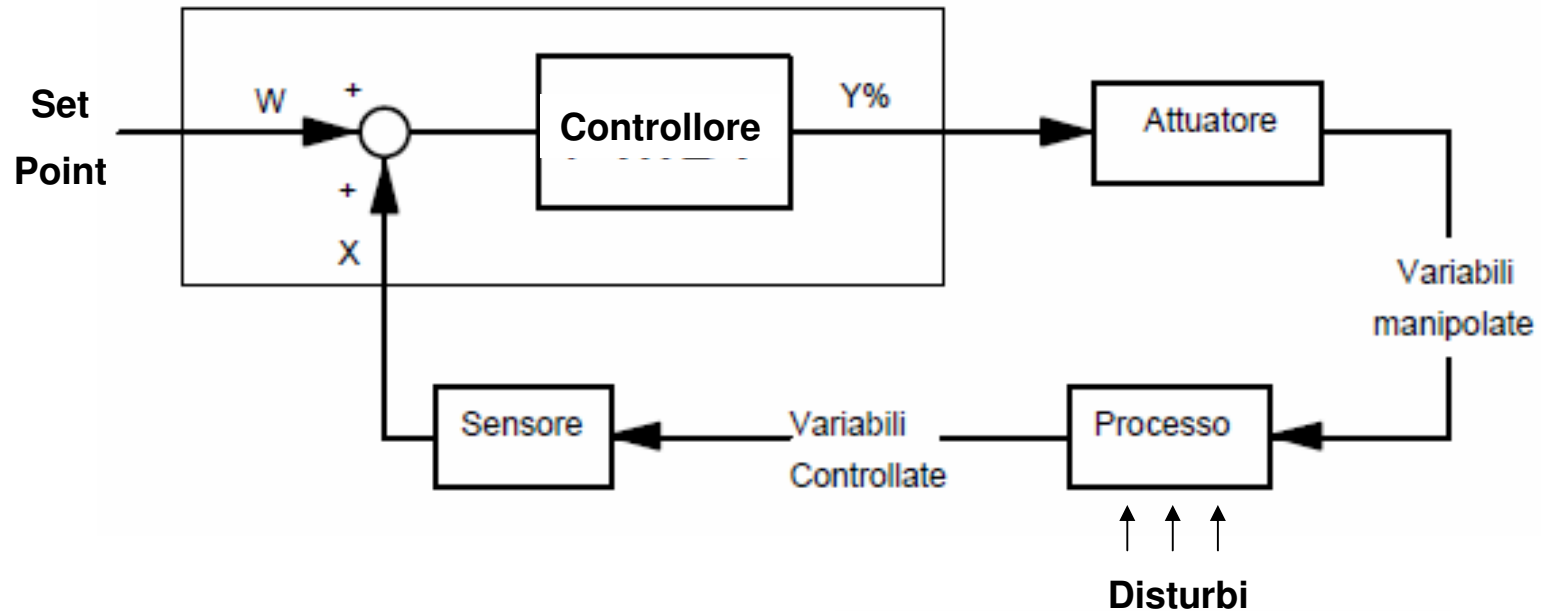
Cenni alla struttura hardware

- Ogni struttura di controllo è caratterizzata dai seguenti elementi hardware:
- **Il processo** chimico/industriale
 - Singola apparecchiatura
 - Sottosezione di impianto
 - Impianto completo
- **Strumenti di misura** per quantificare il valore delle variabili controllate, delle variabili misurate e dei disturbi. Rappresentano il collegamento del sistema di controllo con la realtà
 - termocoppie, misuratori di livello, flussimetri, gascromatografi, ...
- **Trasduttori** per trasformare la misura fisica in segnale elettrico adatto al trasferimento verso la sala controllo
- **Linee di trasmissione** per portare il segnale dallo strumento di misura al sistema di controllo. Possono comprendere la presenza di amplificatori di segnale intermedi.

Cenni alla struttura hardware

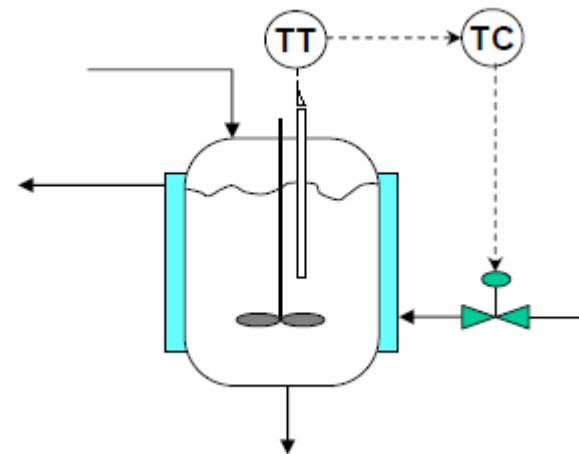
- **Controllore**: contiene la logica di controllo ed opera calcoli volti a determinare il valore delle variabili manipolate sulla base delle misure ricevute dal campo
- **Attuatore**: è l'elemento fisico che realizza sul campo le scelte del controllore (es. valvole, interruttori, ...). Spesso le valvole sono pneumatiche, ove lo stelo che regola il flusso è mosso da un diaframma modificato dalla pressione dell'aria
- **Sistemi di memorizzazione** dei dati misurati in campo

Controllo in Retroazione (feedback) – Anello (loop) di regolazione

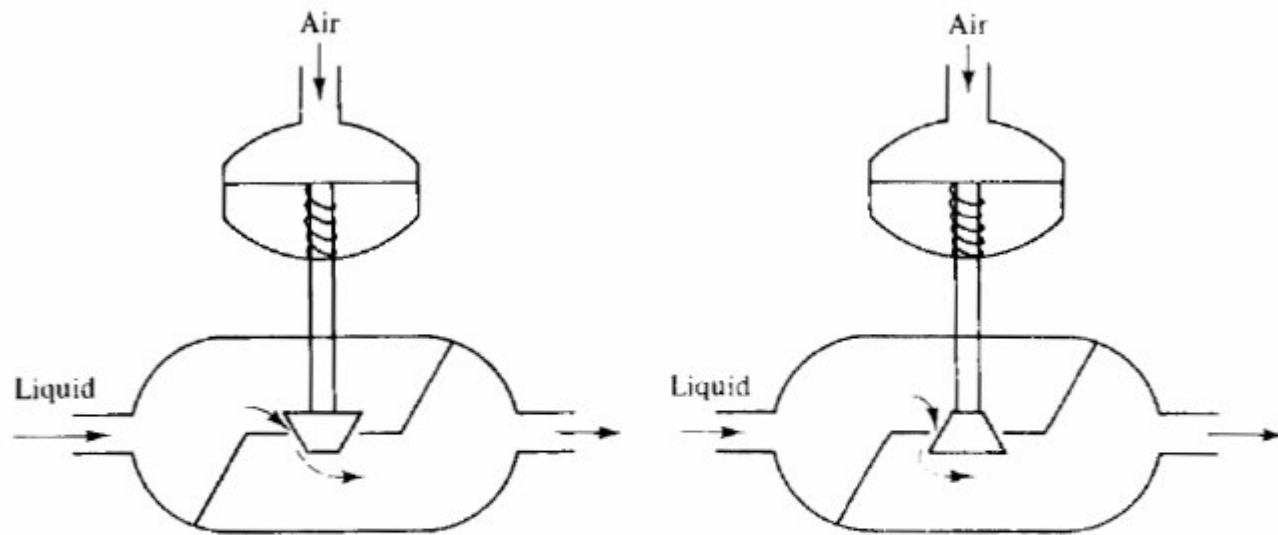
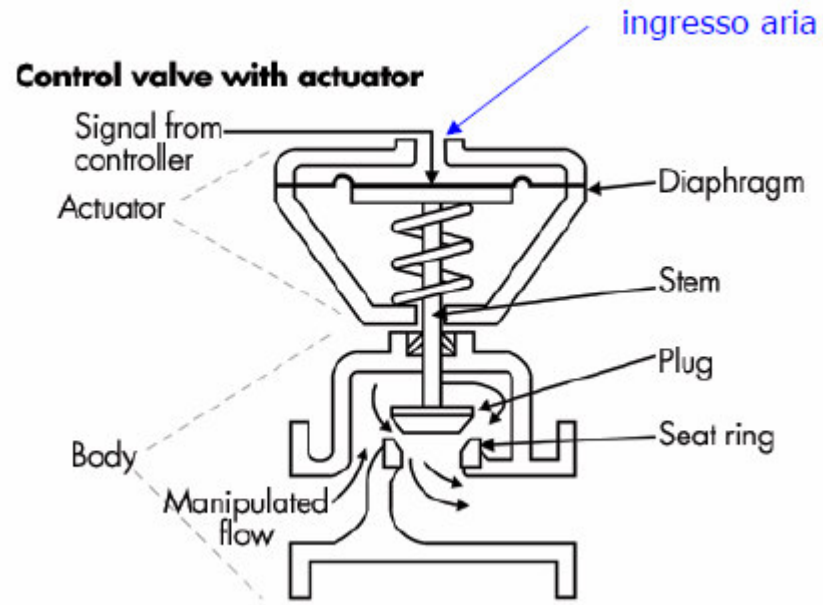


I loop di controllo vengono spesso rappresentati con i seguenti acronimi:

- FC = flow control
- PC = pressure control
- LC = level control
- TC = temperature control
- CC = composition control



Valvole pneumatiche



air-to-close
fail open

air-to-open
fail closed

Valvole pneumatiche

Il modello più comune è il controllore di tipo pneumatico.

Le parti caratteristiche della valvola di regolazione pneumatica sono:

- il corpo valvola;
- l'attuatore;
- il posizionatore.

Il **corpo della valvola** determina il tipo di flusso, lineare o a squadra.

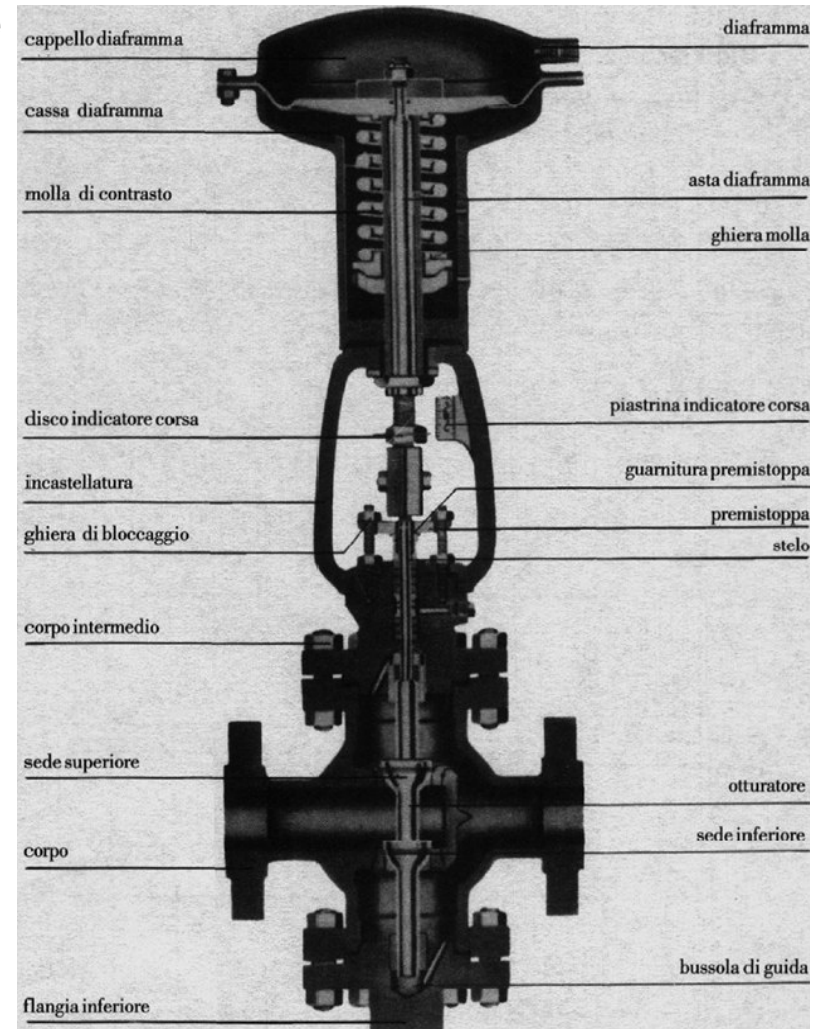
Inoltre, l'**otturatore** della valvola può essere a sede doppia, in modo tale da equilibrare le forze agenti sull'otturatore quando questo si muove.

L'**attuatore** è costituito da un **diaframma elastico**, posto all'interno di un contenitore, su cui agisce aria compressa .

L'azione dell'aria compressa determina una deformazione elastica del diaframma, che trasmette il movimento, tramite uno **stelo**, all'otturatore della valvola.

Una **molla**, connessa al diaframma, consente il ritorno nella posizione originaria al cessare dell'azione dell'aria compressa.

Il **posizionatore** ha il compito di inviare la giusta pressione di aria sul diaframma.



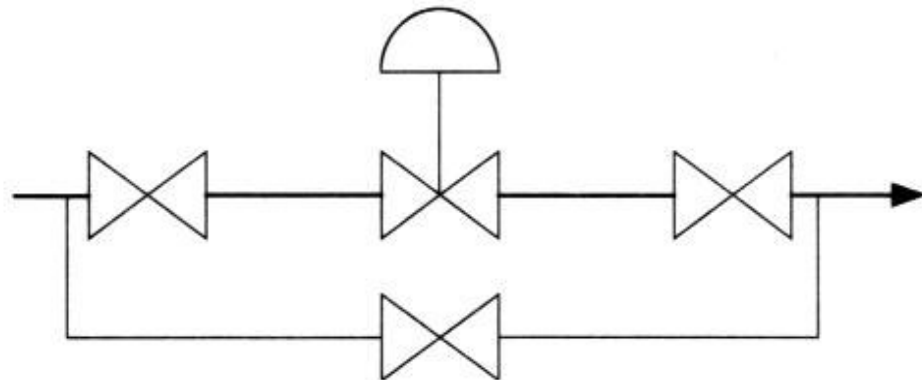
Valvole pneumatiche – Il by pass

Le valvole automatiche vengono generalmente by-passate per poter agire manualmente sul circuito, qualora venga meno il controllo automatico per mancanza di aria compressa.

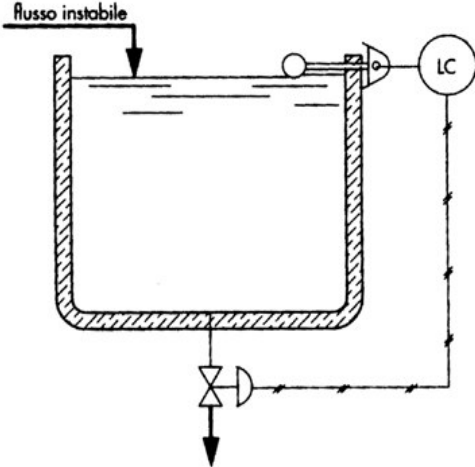
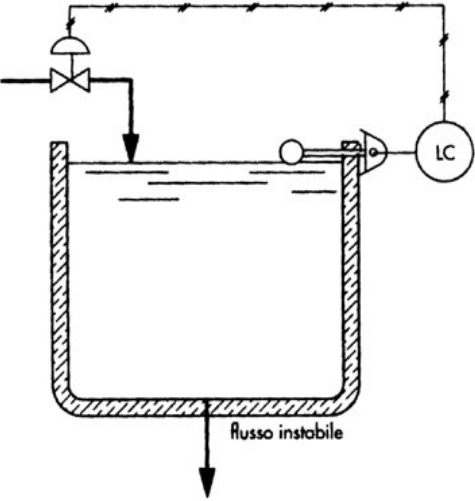
Il by-pass è una soluzione impiantistica molto sfruttata.

Sostanzialmente si tratta di un circuito paralleloa quello nel quale è inserita un'apparecchiatura, che permette, connettendo la parte a monte con con quella a valle dell'apparecchiatura, di far passare un flusso di materia a fianco della condotta senza attraversarla.

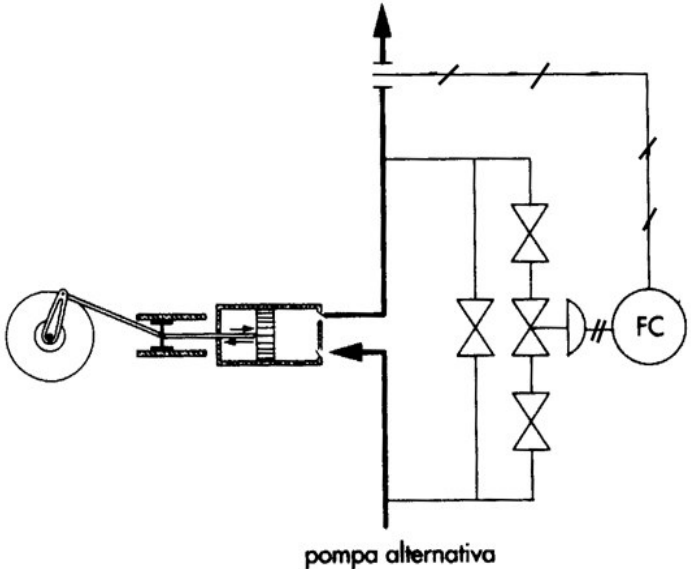
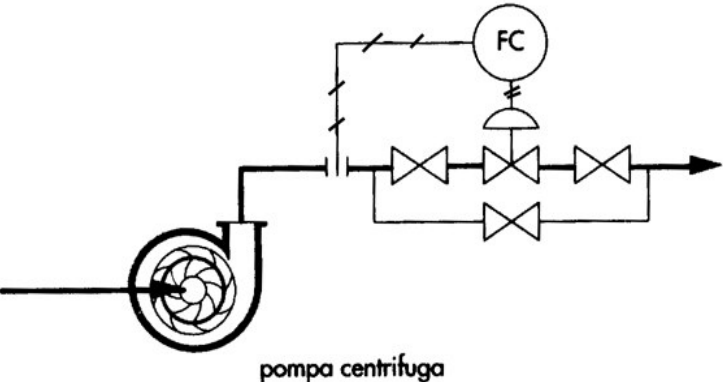
Prima e dopo le valvole automatiche vengono poste due valvole manuali per poter isolare il tratto di condotta in cui sono inserite, per una loro eventuale sostituzione.



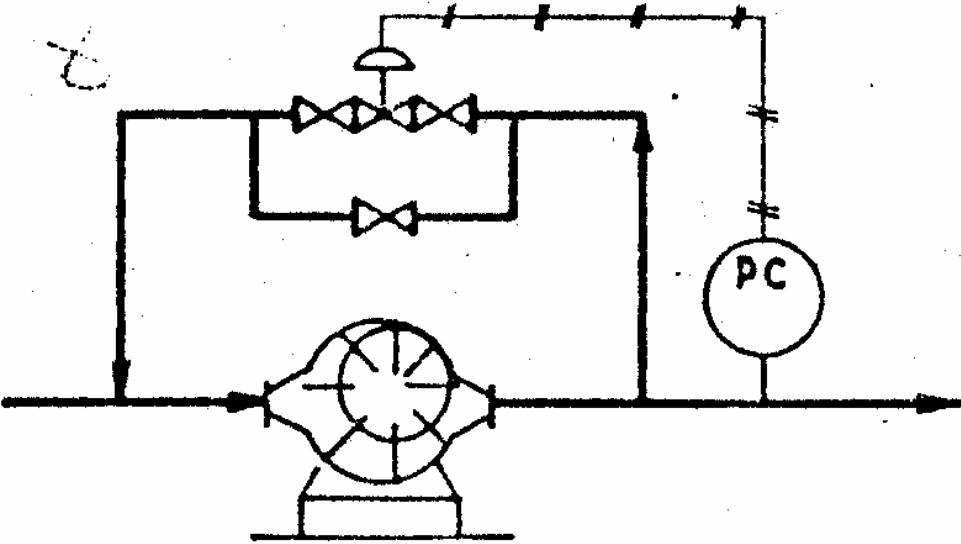
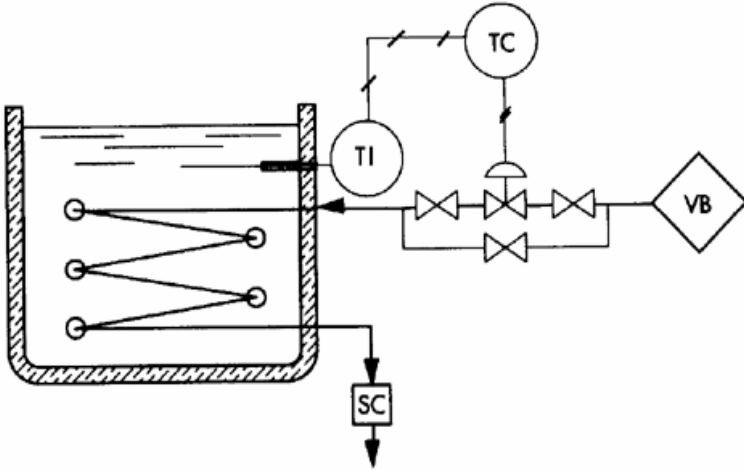
REGOLAZIONE DEL LIVELLO DI UN LIQUIDO



REGOLAZIONE della PORTATA di un LIQUIDO



REGOLAZIONE della TEMPERATURA e dell PRESSIONE



Tipologie di controllori in retroazione

Tra lo strumento di misura e l'attuatore si posiziona il controllore. Esso riceve il segnale misurato $y_m(t)$ e dopo averlo confrontato con il valore di setpoint y_{sp} produce un segnale di attuazione $c(t)$.

L'input al controllore è l'errore $\varepsilon(t) = y_{sp} - y_m(t)$ mentre l'output è $c(t)$.

Il segnale di output del controllore può essere:

- un segnale pneumatico (aria compressa)
- un segnale elettrico (controllore elettronico)