

COSTER

Cenni sulla **TECNICA DELLA REGOLAZIONE**



COSTER T.E. S.p.A.
Via San G.B. de La Salle, 4/a - 20132 Milano
tel. 02 2722121 fax 02 2593645

SITO INTERNET :
www.coster.eu

CENNI sulla TECNICA della REGOLAZIONE

1. GENERALITÀ

1.1 Costante di tempo (ts)

L'effetto che si ottiene, a seguito di una modifica del valore voluto (esempio la temperatura ambiente = grandezza regolata), non è mai immediato.

Questo comportamento è determinato dalla "Costante di tempo", cioè dal tempo necessario per recuperare i 2/3 della variazione totale, (es. della temperatura ambiente).

Lo stesso tempo (un'altra "Costante di tempo") sarà necessario per recuperare i 2/3 del rimanente terzo della variazione totale e così via.

Esempio:

immergendo un termometro che indica 0 °C in una bacinella contenente acqua mantenuta costante alla temperatura di 21 °C e con un cronometro controlliamo il tempo che passa perchè il termometro indichi 14 °C (cioè il tempo necessario a recuperare i 2/3 dei 21 °C).

Questo tempo rappresenta la Costante di tempo (ts) del termometro in esame.

Ora noi sappiamo che deve passare un analogo tempo affinché il termometro indichi 18,6 °C circa (cioè recuperi i 2/3 dei rimanenti 7 °C) e così via.

Dopo 5 costanti di tempo si recupera il 99,3% circa del totale della variazione (in pratica si ritiene recuperato lo scostamento dopo 4 Costanti di tempo).

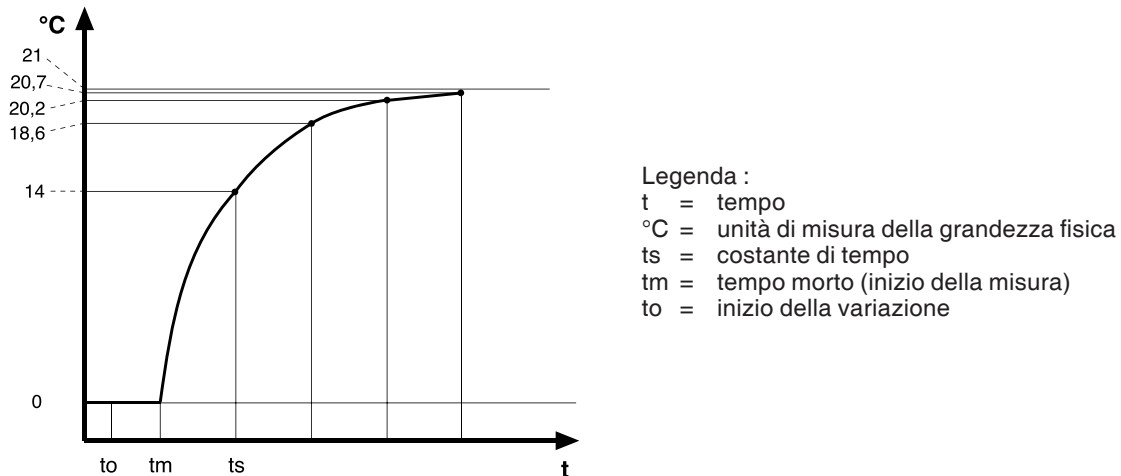


Fig. 1 Rappresentazione della Costante di tempo

Quando nelle specifiche tecniche delle sonde di misure è indicato il valore della Costante di tempo, es. 10 secondi, noi sappiamo che questo è il tempo che serve per misurare i 2/3 della variazione o scostamento verificatisi.

La Costante di tempo dipende dal materiale, massa e dall'elemento usato per la misura di conseguenza essa è specifica del modello di quel costruttore ed è diversa, in genere, per i modelli di altri costruttori.

La Costante di tempo si riscontra in tutte le sonde di misura di qualunque grandezza fisica (temperatura, umidità, pressione ecc.) e anche nei componenti degli impianti (corpi scaldanti, ecc.).

Nel nostro campo di attività è importante disporre di sonde con Costante di tempo diverse in base alla destinazione :

- sonde con Costante di tempo da 10...25 minuti per la misura della temperatura esterna dei regolatori climatici e simili
Motivo = tempi minori non servono (anzi possono essere fonti di instabilità di regolazione) in quanto le variazioni della temperatura esterna non influiscono immediatamente su quella degli ambienti.
- sonde con costante di tempo da 20...40 secondi si usano per la misura della temperatura dell'aria di mandata degli impianti di ventilazione e condizionamento.
Motivo = immediate sono le variazioni della temperatura dell'aria per una modifica della posizione della valvola e di conseguenza anche la sonda di temperatura deve reagire tempestivamente.
- sonde con Costante di tempo da 3...10 minuti sono accettabili per le sonde della temperatura ambiente (10 minuti con riscaldamento a radiatori o simili, 3 minuti con impianti ad aria).
Motivo = alla temperatura ambiente occorre del tempo per adeguarsi alla nuova condizione
- sonde con Costante di tempo da 5...10 secondi sono necessarie per la misura della temperatura dell'acqua sanitaria delle utenze (miscela di acqua calda della caldaia o dell'accumulo con quella fredda dell'acquedotto).
Motivo = il sistema di regolazione è critico poichè agiscono contemporaneamente variazioni di temperatura e di portata.

1.2 Tempo morto (tm)

È il tempo che intercorre dal momento (to) in cui si verifica la variazione a quello dell'inizio della misura (intervento del sistema di regolazione).

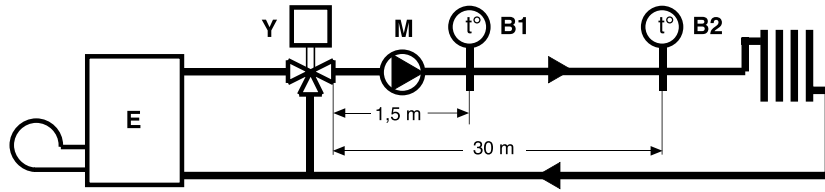


Fig. 2 Esempio di tempo morto

Considerando una velocità dell'acqua dell'impianto di 0,5 m/s :

- con la sonda B1 il tempo morto è 1,5 m : 0,5 m/s = 3 secondi (valore trascurabile)
- con la sonda B2 il tempo morto è 30 m : 0,5 m/s = 60 secondi (valore eccessivo per la regolazione)

1.3 Precisione di regolazione

Il sistema di regolazione in un impianto deve garantire che la risposta ad una variazione della grandezza controllata abbia, durante il transitorio, delle minime oscillazioni di valori e che successivamente venga ripristinato il valore voluto (W).

Poichè le difficoltà degli impianti da controllare sono fisse (costante di tempo "ts", grado di difficoltà "λ" e rapporto di trasmissione "Ks") non rimane altro che adottare regolatori con comportamento di regolazione adatto, scegliere sonde di misura con costanti di tempo idonee all'impianto in esame e ubicarle in modo da misurare esattamente la grandezza da controllare.

2. COMPORTAMENTI di REGOLAZIONE

I comportamenti di regolazione tradizionali sono :

- comportamento proporzionale (P)
- comportamento integrale (I)
- comportamento proporzionale/integrale (PI)
- comportamento derivativo (D)
- comportamento proporzionale/derivativo (PD)
- comportamento proporzionale/integrale/derivativo (PID)

Tra questi quelli che trovano impiego nella regolazione degli impianti tecnologici sono : P - PI ed eccezionalmente PID

2.1 Comportamento proporzionale (P)

L'attuatore (valvola motorizzata, servomotore per serrande, ecc.) assume posizioni proporzionali allo scostamento della grandezza dal valore voluto (W).

Di conseguenza il segnale di comando (Y) di un regolatore proporzionale dipende, nel campo della banda proporzionale, **solo** dal valore dello scostamento (Wx) della grandezza regolata dal valore voluto (W), equivale a dire che il comando è direttamente proporzionale all'ampiezza dello scostamento.

2.2 Parametri del comportamento proporzionale

Banda Proporzionale (Bp)

Rappresenta il campo di variazione della grandezza regolata affinché l'attuatore effettua l'intera corsa da aperto a chiuso e viceversa.

Nel campo della banda proporzionale ad ogni posizione dell'attuatore corrisponde un solo valore, quindi facilmente individuabile, della grandezza regolata (temperatura, umidità, ecc.)

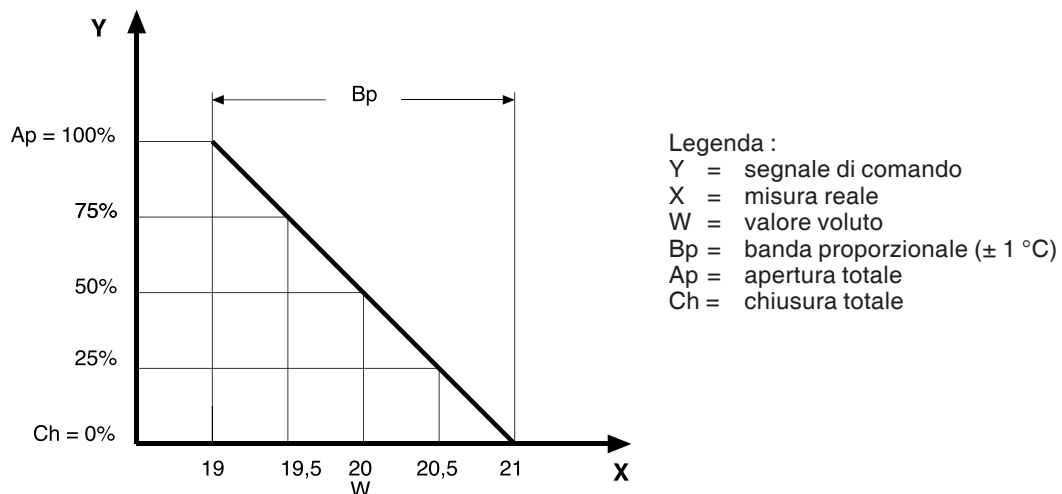


Fig. 3 Rappresentazione di un regolatore con banda proporzionale di ± 1 °C (Bp = 2 °C totali).

Il valore voluto (W= 20 °C) corrisponde solo alla posizione del 50% (metà corsa) dell'attuatore, in tutte le altre posizioni si hanno valori diversi di temperatura.

Nei regolatori proporzionali, in funzione dell'impiego, il valore voluto (W) può essere posizionato nel campo della Bp :

- al centro (A), cioè al 50% = metà corsa dell'attuatore, tipico dei regolatori ad 1 uscita
- ad un estremo (B), cioè allo 0% = attuatore chiuso, tipico dei regolatori a 2 uscite
- ad un estremo (C), cioè al 100% = attuatore aperto, per impieghi speciali (ottimizzazione)

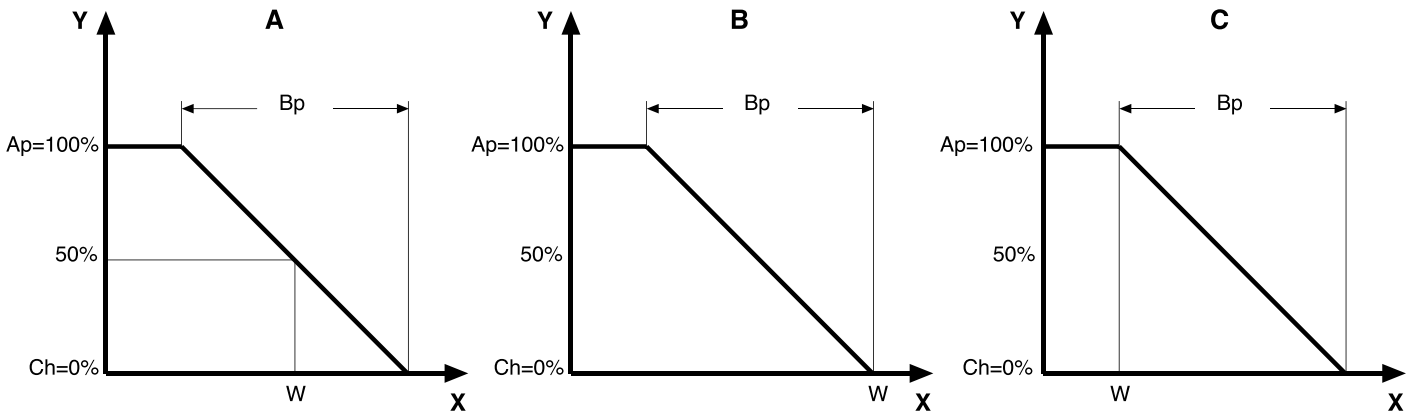


Fig. 4 Posizioni del valore voluto (W) nella Banda proporzionale
 A = valore voluto al centro
 B = valore voluto all'estremo in aumento
 C = valore all'estremo in diminuzione

Scostamento permanente (ΔWx) di regolazione

Viene definito scostamento permanente di regolazione ($\Delta Wx = X - W$) tutti i valori, nel campo della banda proporzionale, diversi da quello voluto (W).

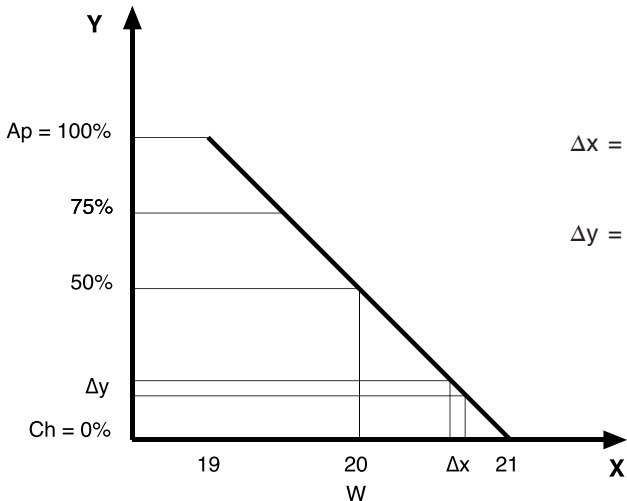
Esempio :

Se per un tempo il carico (richiesta dall'impianto) rimane costante al valore corrispondente a valvola aperta del 75%, vedere figura 3, anche la temperatura rimane costante a 19,5 °C, quindi con uno scostamento ΔWx di -0,5 °C (19,5 - 20 = -0,5)

Fattore di amplificazione o sensibilità (K)

Il fattore di amplificazione è il valore minimo di variazione della misura della grandezza regolata per la quale l'attuatore modifica la sua posizione, in altre parole è la sensibilità del regolatore.

$\Delta Y = K \times \Delta X$ dove :
 Y = segnale di comando
 X = valore della grandezza regolata
 K = fattore di amplificazione del regolatore



$\Delta x =$ valore minimo di modifica della misura (= $\frac{1}{20\%}$ della Bp)

$\Delta y =$ valore minimo di modifica della misura (= $\frac{1}{20\%}$ della corsa totale)

Fig. 5 Banda proporzionale di ± 1 °C con fattore di amplificazione K = 20

Nota : nei regolatori a microprocessore il fattore "K" è sostituito dalla risoluzione + zona neutra il cui valore (fisso o regolabile) non si modifica al variare del valore della banda proporzionale (Bp), quindi quanto segue è valido solo per i regolatori analogici

Esempio :

Considerando un regolatore con $K = 20$ significa che il valore minimo del segnale di comando (Y) risulta $1/20$ della corsa totale dell'attuatore ($100\% : 20 = 5\%$) corrispondente ad un analogo $1/20$ di variazione della grandezza controllata (temperatura, umidità, pressione, ecc.) nel campo della banda proporzionale.

il minimo segnale di comando è costante, qualunque sia il valore di B_p impostato, poichè dipende dalla progettazione del regolatore (nel nostro esempio è il 5% della corsa totale dell'attuatore)

viceversa

il valore assoluto della minima modifica della grandezza che origina il minimo segnale di comando dipende dalla

B_p impostata:

- con B_p di $2\text{ }^\circ\text{C}$ il $\Delta x = 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ ($2 : 20$)
- con B_p di $10\text{ }^\circ\text{C}$ il $\Delta x = 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ($10 : 20$)

2.3 Considerazioni sui regolatori proporzionali

Il regolatore proporzionale :

- è sollecitato nel rispondere alle modifiche delle grandezze controllate o del valore voluto
- è di semplice impiego, unico parametro da impostare è la B_p
- regola ai diversi valori della B_p impostata = scostamento permanente, solo in una condizione di funzionamento (posizione della valvola) corrisponde al valore voluto.
- per ridurre l'entità dello scostamento permanente si deve diminuire la B_p
- tuttavia B_p eccessivamente piccole possono trasformare, al limite, la regolazione modulante proporzionale in una a 2 posizioni (On-Off).

Esempio :

se consideriamo un regolatore per il controllo della temperatura dell'aria di mandata con un $K = 20$ ed impostiamo una B_p di $\pm 0,25\text{ }^\circ\text{C}$ (totale = $0,5\text{ }^\circ\text{C}$) significa, come abbiamo visto in precedenza, che la valvola modificherebbe la posizione ad ogni variazione di $0,025\text{ }^\circ\text{C}$ ($0,5 : 20 = 0,025\text{ }^\circ\text{C}$), la regolazione assume un funzionamento ON-OFF.

Nota: Si ritiene stabile una regolazione che modificando del minimo il valore della grandezza, l'attuatore assuma senza incertezza la nuova posizione, viceversa è instabile quando l'attuatore ha difficoltà o non è in grado di posizionarsi.

2.4 Messa in servizio

Regola pratica

- 1) impostare una B_p adeguata all'impianto; indicativamente $1...2\text{ }^\circ\text{C}$ per la regolazione della temperatura ambiente, la ripresa o la miscela dell'aria, da $2...5\text{ }^\circ\text{C}$ per l'aria di mandata di condizionatori o termoventilatori.
- 2) agire lentamente sulla scala di taratura del regolatore posizionando l'attuatore in corrispondenza all'ubicazione del valore voluto, nel campo della B_p (50%; 100% oppure 0%).
La posizione individuata risulta quella del valore misurato in quel momento dalla sonda, in genere, diverso da quello voluto nel funzionamento; per esempio alla messa in marcia di una regolazione ambiente la temperatura individuata è $18\text{ }^\circ\text{C}$, mentre quella voluta nel funzionamento deve essere di $21\text{ }^\circ\text{C}$.
- 3) Provocare una piccola variazione, modificando il valore individuato ($18\text{ }^\circ\text{C}$) ed osservare la reazione dell'attuatore :
 - se dopo una breve corsa si arresta in una nuova posizione o al massimo effettua un paio di oscillazioni prima di posizionarsi = funzionamento stabile, quindi B_p impostata correttamente.
 - ripetere la precedente operazione modificando in senso opposto la temperatura, rispetto al valore individuato.

viceversa :

- se la corsa è eccessiva, al limite fino ad uno degli estremi = funzionamento instabile, B_p impostata troppo piccola
- aumentare progressivamente la B_p ripetendo ad ogni nuovo valore le operazioni dal punto 3, finchè si ottiene un funzionamento stabile.

In altre parole nel funzionamento l'attuatore deve fare brevi corse seguite da pause di arresto.

Attenzione :

Un aumento eccessivo della B_p stabilizza la regolazione, ma "esalta" lo scostamento permanente quindi funzionamento per tempi eccessivi a valori nettamente diversi da quello voluto.

Quindi se per stabilizzare il funzionamento occorre impostare un valore elevato di B_p , significa che il regolatore proporzionale non è adatto al processo.

Un caso è la regolazione a punto fisso della temperatura o umidità relativa dell'aria di mandata di una macchina di trattamento dell'aria.

2.5 Impiego

Generalità

- impianti in cui la grandezza regolata non è soggetta a continue e repentine variazioni (carico instabile nel tempo)
- impianti in cui è accettabile un funzionamento, in certe condizioni, a valori diversi da quello voluto (scostamento permanente).
- impianti con volumi importanti (accumulatori) o a portate costanti

Esempi :

- regolazione ambiente (temperatura, umidità relativa, ecc.) in cui la grandezza controllata non è soggetta a repentine variazioni, consentendo di impostare bande proporzionali (B_p) piccole quindi scostamenti permanenti contenuti.
- regolazione della temperatura del secondario a portata costante con comando della valvola motorizzata del primario di uno scambiatore.

2.6 Impiego sconsigliato

- nella regolazione diretta alle utenze dell'acqua sanitaria, comando della valvola di miscela dell'acqua calda dell'accumulo o caldaia con quella fredda dell'acquedotto

Motivo : la misura è influenzata dalle variazioni della temperatura, ma soprattutto dalle repentine e continue modifiche di portata, dovute ai prelievi discontinui nel tempo

– nella regolazione della temperatura, umidità, ecc. dell'aria di mandata di un condizionatore o termoventilatore

Motivo : piccole modifiche della posizione della valvola si ripercuotono immediatamente sull'aria trattata

Attenzione :

Particolare cura è necessaria nel dimensionare le valvole motorizzate comandate da regolatore proporzionale :

- dimensionare le valvole per l'effettiva portata e perdite di carico (vedere capitolo 5)
- valvole sovradimensionate (diametro maggiore di quello necessario) contribuiscono a rendere instabile il funzionamento.
- utilizzare valvole ad otturatore a caratteristica equipercentuale, sconsigliato l'uso di valvole a caratteristica lineare come le valvole a settore, a sfera e simili.

2.7 Comportamento integrale (I)

L'azione integrale agisce sull'attuatore con velocità proporzionale all'entità dello scostamento della grandezza dal valore voluto, non esiste un rapporto diretto tra lo scostamento e la posizione dell'attuatore, come nel caso dell'azione proporzionale.

Il rapporto tra la velocità dell'attuatore e lo scostamento (es. 1 mm/ minuto per 0,1 °C) è definito rapporto di integrazione K_i .

Il comportamento integrale da luogo ad un segnale di comando (Y) per il tempo che esiste lo scostamento e diminuisce progressivamente fino ad annullarsi quando viene raggiunto il valore voluto.

L'attuatore se non viene annullato lo scostamento, continua nel tempo, a funzionare fino a uno degli estremi della sua corsa.

Nel nostro campo di attività il regolatore esclusivamente integrale non trova impiego, essendo destinato alla regolazione di impianti a risposta rapida e senza inerzia e con variazioni lente del carico.

Viceversa l'azione integrale unita alla proporzionale da luogo ad un regolatore di comune impiego.

2.8 Regolatori proporzionali integrali (PI)

I regolatori (PI) utilizzano i vantaggi rappresentati dalla pronta risposta del regolatore proporzionale, in funzione del valore dello scostamento, con l'indipendenza dal carico del regolatore integrale.

In presenza di una variazione della grandezza regolata :

- interviene subito l'azione proporzionale, il cui segnale di comando modifica la posizione dell'attuatore in base al valore dello scostamento e della banda proporzionale impostata.
- terminata l'azione proporzionale, agisce quella integrale la quale produce un segnale di comando, ripetendo nel tempo (T_n) la correzione effettuata dal proporzionale per annullare lo scostamento permanente dal valore voluto lasciato dall'azione proporzionale.

L'azione integrale termina al raggiungimento del valore voluto (prescritto).

2.9 Parametro del regolatore integrale

Tempo integrale (T_n)

Il tempo integrale T_n è il tempo che necessita alla azione integrale per ripetere un segnale di comando dello stesso valore di quello effettuato immediatamente dall'azione proporzionale.

Nota: Sull'impianto il comportamento del regolatore PI ad una variazione della grandezza regolata è riconoscibile :

- dal primo segnale di comando continuo nel tempo (azione proporzionale)

e

- da successivi impulsi di comando di durata progressivamente in diminuzione intervallati da pause di durata progressivamente in aumento (azione integrale) con il diminuire dello scostamento residuo dal valore voluto.

2.10 Parametri del regolatore proporzionale/integrale (PI)

Nei regolatori PI due sono i parametri che interessano il funzionamento :

- B_p = banda proporzionale
- T_n = tempo integrale

Questi parametri possono essere a valori :

- fissi = definiti dal costruttore come in genere è per i regolatori climatici del riscaldamento
- regolabili = nei regolatori destinati agli impianti di condizionamento, termoventilazione, ecc.

2.11 Messa in servizio

Regola pratica

Alla messa in marcia dei regolatori (PI) con B_p e T_n regolabili procedere come segue :

- impostare il T_n al valore massimo consentito
- impostare la B_p al valore idoneo per l'impianto, operando come descritto per i regolatori a comportamento solo proporzionale (punto 2.4)
- diminuire progressivamente il T_n fino a quando il sistema risulta stabile, cioè ad una piccola modifica del valore voluto o dalla grandezza regolata corrispondono piccoli valori del segnale di comando, cioè si ristabilisce prontamente il valore voluto

Considerazioni :

- B_p e T_n minori di quelle ottimali = regolazione instabile, segnale di comando a seguito di uno scostamento di durata eccessiva
- con B_p piccola = il regolatore opera come fosse a solo comportamento integrale, cioè diventa lungo il tempo necessario per annullare lo scostamento permanente tipico della componente proporzionale (manca in pratica l'iniziale segnale di comando continuo corrispondente alla P)
- con T_n grande = il regolatore tende a comportarsi solo come proporzionale (lo scostamento permanente viene corretto in un tempo eccessivamente lungo)

2.12 Comportamento derivativo (D)

La componente derivativa produce un segnale di comando in base alla velocità e solo nel momento che si verifica uno scostamento della grandezza regolata dal valore voluto.

Di conseguenza l'azione derivativa non è attiva quando non esiste una variazione della misura indipendentemente che la stessa sia costante nel tempo ad un valore diverso da quello voluto.

In definitiva la sua azione si può intendere come un anticipo del segnale di comando utile a neutralizzare il tempo morto ma non in grado di annullare lo scostamento della misura.

Vantaggio : quando il tempo morto è minore di quello di risposta del sistema controllato, costante di tempo che recupera il 63,2% della totale variazione della grandezza.

- Inutile : – con tempo morto \geq a quello della risposta del sistema
 – grandezza con variazioni modeste nel tempo

2.13 Parametro del comportamento derivativo

Tempo derivativo (T_v)

Il tempo derivativo, espresso in unità di misura nel tempo in secondi o minuti (es. $2\text{ }^\circ\text{C} / \text{s}$), è il tempo in cui in pratica dura l'azione.

2.14 Impiego

Poichè nelle situazioni di "equilibrio" dell'impianto l'azione derivativa è inattiva (non essendo presenti variazioni) risulta che i regolatori a comportamento derivativo non sono impiegabili nella regolazione degli impianti.

Viceversa la funzione derivativa in aggiunta al comportamento P e PI è determinante nella regolazione degli impianti con lunghi tempi morti.

Nota : Il comportamento PD non viene esaminato in quanto non ha alcuna applicazione nella regolazione degli impianti tecnologici.

2.15 Comportamento proporzionale/integrale/derivativo (PID)

I regolatori PID utilizzano tutte e tre le azioni formando un segnale di comando in base alla velocità (D) dello scostamento, della sua ampiezza (P) che continua nel tempo (I) fino all'annullamento dello scostamento.

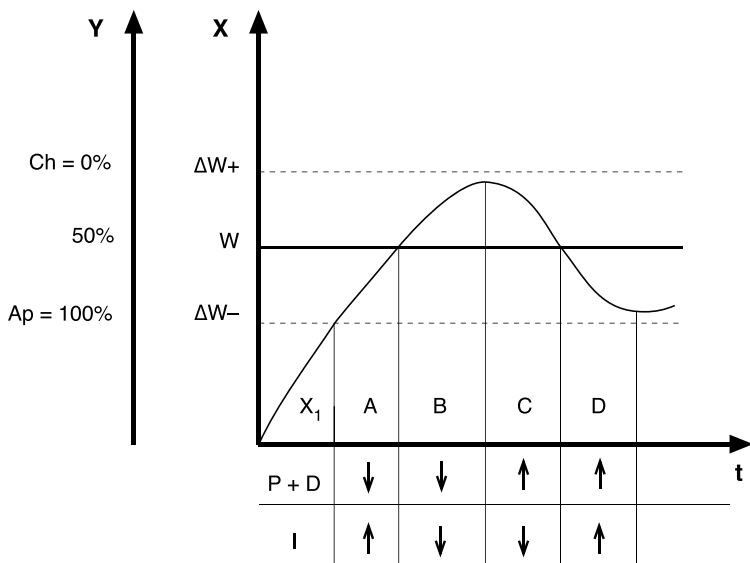
Al verificarsi di una variazione della grandezza :

- per prima interviene l'azione derivativa (D) con un segnale immediato progressivamente in diminuzione nel tempo (T_v) impostato
- successivamente interviene l'azione proporzionale (P) il cui segnale di comando è quello relativo alla B_p impostata, proporzionale allo scostamento
- per ultima agisce l'azione integrale (I) che nel tempo (T_n) produce un segnale di comando a pausa/impulsi finchè viene ristabilito il valore voluto.

Nota : i comportamenti di regolazione subiscono nei sistemi digitali delle modifiche come :

- limitare l'azione integrale affinché l'attuatore, se lo scostamento persiste nel tempo, assuma le posizioni estreme
- escludere il comportamento (I) quando si modifica il valore voluto (prescritto) e in alcuni casi limitare l'azione del proporzionale

Funzionamento di un regolatore PID



- X = valore della grandezza (temperatura, ecc.)
- X_1 = misura minore della banda proporzionale
- Y = segnale di comando
- W = valore voluto (al centro della B_p)
- $\Delta W- / \Delta W+$ = banda proporzionale
- t = tempo
- P = azione proporzionale
- I = azione integrale
- D = azione derivativa
- ↑ = tende ad aprire
- ↓ = tende a chiudere

Comportamento delle azioni :

- X_1 = valore della misura (grandezza fisica) controllata minore del valore inferiore della banda proporzionale, attuatore aperto.
- A = grandezza in aumento (es. temperatura), **P** e **D** tendono a chiudere (la misura è all'interno della banda proporzionale) viceversa la **I** tende ad aprire finchè la grandezza è minore del valore voluto (W)
- B = grandezza in aumento rispetto al valore voluto (W); **P**, **D** e **I** agiscono in sintonia operando nel senso della chiusura (la **I** tende a chiudere per annullare lo scostamento residuo)
- C = grandezza in diminuzione **P** e **D** operano nel senso di aprire la **I** tende a chiudere finchè la grandezza è superiore al valore voluto (W).
- D = grandezza in diminuzione rispetto al valore voluto (W); **P**, **D** e **I** agiscono nel senso di aprire (la **I** tende ad aprire poichè la grandezza è inferiore al valore voluto).

2.16 Messa in servizio

- predisporre il regolatore per il funzionamento solo proporzionale, impostando i tempi T_n al massimo e T_v al minimo (escluse le due azioni **I** e **D**) ed impostando una B_p per ottenere una condizione stabile di regolazione
- successivamente diminuire la T_n e si aumenta la T_v tenendo presente che con :
 XP e/o T_n minori di quelli ottimali = regolazione instabile
 T_v troppo piccola = segnale di comando debole al verificarsi di uno scostamento della grandezza regolata in pratica azione derivativa quasi nulla (comunque da preferire rispetto ad un eccessivo valore di T_v)
 T_v troppo grande = segnale di comando subito eccessivo rispetto al valore dello scostamento della misura per cui la regolazione diventa instabile.

APPENDICE comportamenti di regolazione

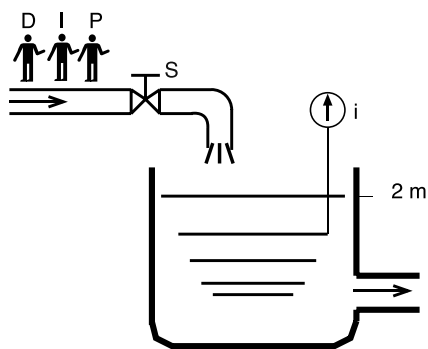


Fig. A

- P - I - D = operatori
- S = saracinesca di immissione
- i = indicatore di livello
- = prelievo del fluido

I comportamenti di regolazione P, I, D possiamo anche evidenziarli con un esempio come da figura **A** in cui il livello della vasca è gestito da **tre** operatori che per l'occasione dispongono della saracinesca (S) e dello strumento indicatore del livello (i).

Agli operatori sono noti :

- il valore del livello da mantenere che supponiamo sia di 2 m (= valore prescritto o voluto)
- la corsa totale, da aperta/chiusa, della saracinesca (S) che supponiamo sia di 8 giri completi del volantino (= corsa della valvola motorizzata)

Comportamento Proporzionale (P)

Il controllo del livello è affidato ad un operatore che di natura è un metodico pertanto dalla sua esperienza sa :

- che per una diminuzione del livello di 0,1 m apre di 2 giri la saracinesca (S).

quindi

- per una diminuzione di 0,2 m (doppio della precedente) apre di 4 giri e così via.

Ne consegue che la saracinesca sarà tutta aperta per una modifica di 0,4 m del livello (= campo totale della banda proporzionale).

Da queste premesse ricaviamo il suo modo di agire :

- per una diminuzione del livello (= aumento del carico) apprezzata dalla variazione dell'indice dello strumento indicatore di livello (=sonda di misura) di entità pari a 0,1 m (= minimo valore apprezzabile)
- apre di 2 giri la saracinesca senza preoccuparsi di considerare il valore voluto.

Da questo momento e finchè non noterà una nuova variazione del livello rimane a riposo.

Con il suo intervento egli arresta la diminuzione del livello in quanto introduce la stessa quantità che viene prelevata, ma inevitabilmente ammette che il livello sia inferiore al valore voluto di 2 metri (= scostamento permanente).

Per il suo carattere metodico, non è imperativo ripristinare il livello al valore voluto, gli è sufficiente che il livello sia stabilizzato su un valore compreso nel campo di variazione che l'esperienza gli consiglia (= banda proporzionale).

Il suo modo di operare è il medesimo del regolatore a comportamento proporzionale (P) infatti :

- manovra la saracinesca nelle posizioni corrispondenti all'entità della variazione (= scostamento)
- non si cura di ristabilire il valore voluto
- accetta che il livello persista nel tempo a valori diversi da quello voluto, purchè compresi in un certo campo (= banda proporzionale).

Comportamento integrale (I)

Immaginiamo di affidare il medesimo incarico ad un operatore che di carattere è un semplicione, cioè alla buona.

Per una diminuzione di livello indicata dallo strumento, inizia ad aprire progressivamente la saracinesca, rallentando al diminuire della velocità di movimento dell'indice dello strumento (= velocità dell'attuatore in funzione dello scostamento)

Ad un certo punto l'indice si arresta (= volume immesso uguale a quello prelevato), ma il livello inevitabilmente sarà inferiore al valore voluto.

Questa situazione non soddisfa il nostro operatore, è un semplicione non un incapace, perciò egli continua lentamente ad aprire la saracinesca finchè l'indice e dello strumento si posiziona sul valore voluto.

A questo punto si ferma, ma lo stesso non farà il livello il quale continua ad aumentare, ovviamente senza che avvenga una variazione nel prelievo, poichè ora il volume immesso è maggiore di quello prelevato, quindi supera il valore voluto provocando l'intervento del nostro operatore per azionare progressivamente in chiusura la saracinesca.

È facile intuire che quando il livello sarà ripristinato al valore voluto la saracinesca risulterà chiusa più del necessario con la conseguenza che il livello diminuisce ulteriormente costringendolo ad un nuovo intervento per aprire la saracinesca.

Questo ciclo si ripeterà in continuazione esattamente come farebbe un regolatore a comportamento esclusivamente integrale in cui la velocità di comando della saracinesca è proporzionale allo scostamento del livello dal valore voluto.

Comportamento derivativo (D)

Il controllo del livello della vasca è affidato ad un operatore di carattere energico, anche se non molto attento.

In seguito ad un aumento improvviso del prelievo egli agisce tempestivamente sulla saracinesca azionandola in apertura esclusivamente sulla valutazione della velocità con la quale diminuisce il livello.

Quindi osserva l'indicatore di livello e se non nota variazioni dell'indice dello strumento, qualunque sia il valore assoluto del livello della vasca, ... riposa.

Il suo lavoro inizia e termina nel tempo in cui nota una variazione dell'indice dello strumento.

Se il livello non subisce modifiche, anche se il valore si mantiene diverso da quello voluto, ciò non crea apprensioni al nostro operatore che continua a riposarsi.

Purtroppo per lui il riposo dura poco poichè per arrestarne la diminuzione del livello ha aperto la saracinesca per una portata superiore di quella prelevata a causa del ritardo nell'acquistare la misura dovuto al tempo morto e costante di tempo dello strumento (= reazione dell'impianto controllato).

Ne consegue che nota, meravigliandosi, che il livello comincia ad aumentare costringendolo ad intervenire a chiudere la saracinesca sempre e solo basandosi sulla velocità dell'aumento.

Presumibilmente, senza che si verifica una modifica nel prelievo (= prelievo costante), avrà chiuso troppo ... costringendolo ad un nuovo intervento in apertura della saracinesca.

Tutto ciò senza riuscire ad ottenere il valore voluto e stabilizzare il sistema.

In pratica il suo lavoro non è di nessuna utilità, tuttavia la sua energia ci viene utile per neutralizzare il tempo morto (purchè minore di quello di reazione del processo), naturalmente in abbinamento con i due operatori esaminati in precedenza.

Comportamento proporzionale/derivativo (PD)

Considerando che nessuno dei 3 operatori esaminati ci soddisfano completamente vediamo se combinandoli insieme ne ricaviamo dei vantaggi.

La prima combinazione che esaminiamo è quella di affidare il compito di mantenere il livello della vasca ai due operatori (P) e (D).

Al verificarsi della modifica del livello, l'operatore (D) interviene subito esaurendo la sua prestazione immediatamente impedendo un'ulteriore modifica del livello (per lui, come sappiamo, il valore prescritto non è una condizione imperativa).

Successivamente è l'operatore (P) che assume il controllo della situazione il quale, conoscendo come ragiona, posiziona la saracinesca sul valore (in apertura o chiusura) proporzionale all'entità dello scostamento.

Le due azioni combinate danno luogo :

– ad un recupero del tempo morto e dei ritardi generici dell'impianto tramite l'intervento dell'operatore (D)

ma

– non quello di eliminare lo scostamento permanente tipico del modo di operare dell'operatore (P)

Per concludere abbiamo migliorato ma solo per determinate situazioni difficilmente riscontrabili negli impianti di comfort.

Comportamento proporzionale/integrale (PI)

In questo caso il compito è affidato agli operatori a comportamento (P) ed (I).

Al verificarsi di una modifica del livello l'operatore metodico (P) posiziona la saracinesca in modo da introdurre o ridurre un volume di acqua uguale a quella prelevata ... fine del suo lavoro.

Ora è il turno del collega (I), con il chiodo fisso del valore prescritto (o voluto), che accorgendosi che non è al livello voluto interviene sulla saracinesca (in apertura o chiusura) con una modifica seguita da una pausa di riflessione per verificarne l'esito.

Dopo di che :

– se la modifica è sufficiente (non si verifica mai) ... si riposa

in caso contrario

– opera successivi interventi di entità progressivamente in diminuzione e viceversa con tempi di pausa in aumento all'approssimarsi al valore prescritto (o voluto).

Il lavoro dell'operatore (I) si sviluppa nel tempo e consiste in una rifinitura per eliminare lo scostamento lasciato dal collega.

I due operatori si integrano in modo perfetto, infatti il comportamento (PI) è presente in moltissimi regolatori sia nel campo civile che industriale.

Comportamento proporzionale/integrale/derivativo (PID)

La metodologia di gestire il livello si differenzia dalla precedente per :

- l'impiego di 3 operatori
- la presenza dell'operatore energetico (D)

La presenza dell'operatore (D) fa sì che il suo intervento tempestivo e di breve durata di solito di entità superiore a quello dello scostamento permette di recuperare i tempi di ritardo nell'acquisizione della misura.

Questo intervento alleggerisce il lavoro dei colleghi (P) e (I) che agiscono dopo di lui come descritto nel paragrafo precedente

L'azione dell'operatore (D) recupera, a seguito di uno scostamento della misura, in tempi minori il valore prescritto, perciò è indicata per circuiti o sistemi con repertini variazioni di carico.

Unica difficoltà ... per modo di dire è quello dell'integrare il lavoro dei 3 operatori (= taratura del regolatore), se viene meno l'accordo a 3 ... i vantaggi vengono vanificati.

3. VALVOLE di REGOLAZIONE

3.1 Generalità

Le valvole si identificano in base alle caratteristiche costruttive e di impiego come : corpo valvola, otturatore interno, tipo di movimento, pressione di esercizio, ecc.

- Suddivisione delle valvole secondo il movimento dell'otturatore:
 - valvole a settore (movimento rotativo)
 - valvole a sfera (movimento rotativo)
 - valvole ad otturatore (movimento alternativo)

- Suddivisione delle valvole secondo il numero delle vie :

Valvole a due vie :

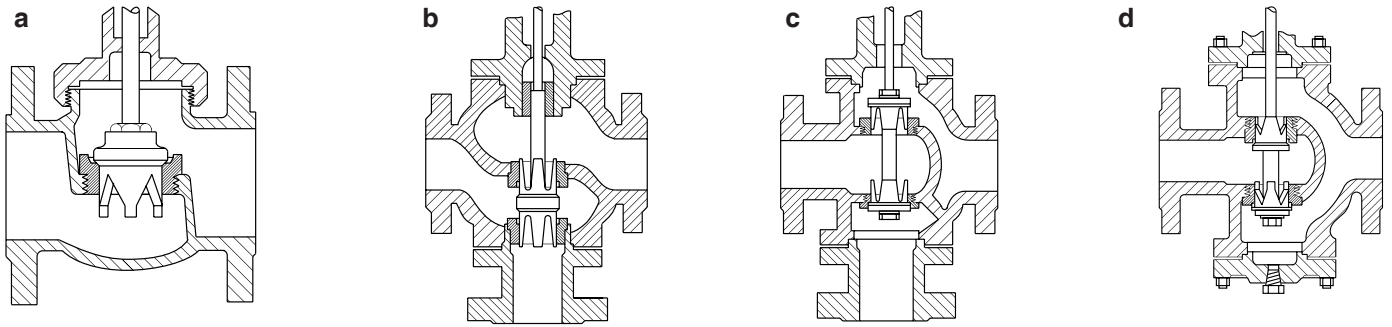
- valvole a farfalla
- valvole a sfera
- valvole ad otturatore a semplice sede
- valvole ad otturatore a doppia sede

Valvole a tre vie :

- valvole a settore
- valvole a sfera
- valvole ad otturatore miscelatrici (due ingressi, un'uscita)
- valvole ad otturatore deviatrici (un ingresso, due uscite)

Valvole a quattro vie :

- valvole a settore
- valvole ad otturatore (in realtà si tratta di tre vie con By-pass incorporato)



Valvole ad otturatore :

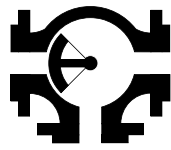
a = valvola semplice sede

b = valvola a 3 vie miscelatrice

c = valvola a 3 vie deviatrice

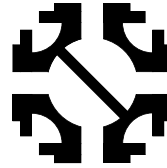
d = valvola a doppia sede

e



e = valvola a 3 vie (miscelatrice o deviatrice)

f



f = valvola a 4 vie

Valvola a settore :

Fig. 6 Sezioni di valvole

3.2 DN diametro nominale (in mm o pollici)

Diametro nominale dimensione del passaggio della o delle vie dei corpi delle valvole

3.3 PN pressione massima del corpo valvola (kPa o bar)

Pressione massima ammessa dal corpo della valvola, dipende in larga misura dal materiale impiegato nella realizzazione dei componenti (corpo, sede, otturatore, premistoppa, ecc.)

I PN delle valvole usate negli impianti tecnologici sono : PN 6, 10, 16, 25 e 40 con netta prevalenza ai PN 6 e PN 10.

Il PN della valvola deve essere maggiore o uguale alla somma della pressione statica e dinamica dell'impianto.

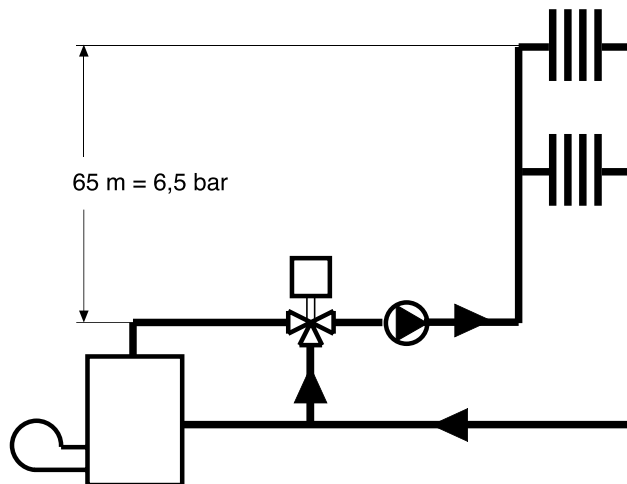


Fig. 7 Valvola ubicata nella centrale termica di un edificio con corpi scaldanti fino a 65 m di altezza, condizione che impone di impiegare una valvola **PN10**

3.4 Δpv pressione differenziale ammessa dal corpo (kPa o bar)

Massima pressione differenziale (o perdita di carico) ammessa a valvola completamente aperta, cioè differenza di pressione tra monte e valle della valvola sull'impianto.



Valore che può essere sensibilmente inferiore a quello del PN e della forza a disposizione dai servomotori.
Il valore è indicato dai costruttori e determinato da limiti costruttivi.

Esempio :

Per una serie di valvole PN 10 l'impiego è limitato alla pressione di 100 kPa (1 bar) in quanto avendo la sede ricavata direttamente nel corpo in ghisa, pressioni di esercizio superiori possono essere causa di erosione con conseguente trafilamento in chiusura.

Quindi anche se i servomotori consentono l'impiego a pressioni superiori ciò non è ammesso per i motivi costruttivi del corpo valvola.

3.5 Kvs valore della portata (m³/h)

Valore di portata caratteristico di un diametro di valvola di una certa serie a 2 o 3 vie a settore, ad otturatore, ecc..

Il valore indica la portata in m³ di acqua alla temperatura da 5...30 °C che passa in 1 ora a valvola totalmente aperta con perdita di carico costante di 100 kPa (1 bar).

Il valore di Kvs viene ricavato ed indicato dai costruttori e serve :

- per dimensionare la valvola
- per paragonare valvole di costruttori diversi

Esempio :

Valvola PN 16 - DN 40 :

- del costruttore A = Kvs 25
- del costruttore B = Kvs 32

Nota: I paesi che non usano il sistema di misura decimale in luogo del Kvs usano il termine "Cv"

La conversione tra i due valori è :

- $Kvs = 0,856 \times Cv$
- $Cv = 1,167 \times Kvs$

3.6 Kvr minimo valore regolabile (m³/h)

Minimo valore di Kvr regolabile, cioè la minima portata che rispetta ancora la caratteristica definita dal costruttore al disotto del quale si comporta come ON-OFF.

Valori compresi tra 1...3% del Kvs totale sono nella norma per la valvola a otturatore destinate agli impianti tecnologici.

Esempio :

Valvola con Kvs 10 e Kvr del 2% = significa che 200 l/h non sono regolabili secondo la caratteristica della valvola

3.7 Δp max. differenza di pressione ammessa dal servomotore (kPa o bar)

Massima differenza di pressione ammessa dal servomotore montato sul corpo valvola

Valore che **non** può essere superiore :

- al Δp_v indicato dal costruttore
- al PN della valvola

dipende :

- dalla forza del servocomando
- a parità di forza del servocomando dal diametro della valvola

ed è limitato nell'impianto :

- dalla rumsità provocata dalla elevata velocità di passaggio del fluido
- dalla cavitazione, conseguenza della eccessiva velocità del fluido che nel passaggio tra l'otturatore e la sede provoca una depressione (con conseguente modifica dello stato da acqua a vapore) seguita da un aumento di pressione dopo la sede.

Il fenomeno della cavitazione è avvertibile :

- dall' inaccettabile livello di rumsità che si verifica particolarmente quando la valvola è vicina alla chiusura
- da vibrazioni dello stelo della valvola e al limite sulle tubazioni di raccordo

ed è causa :

- di asportazione di materiale all'interno del corpo valvola, di danni alla sede e otturatore (quindi della vita della valvola)
- di avarie al servomotore

Nota : nel campo degli impianti tecnologici di nostra competenza è praticamente impossibile riscontrare il fenomeno della cavitazione.

Si può verificare nelle sottostazioni del teleriscaldamento, quando la pressione tra monte e valle della valvola di regolazione, in assenza di una regolazione della pressione differenziale, può essere di 10 m e oltre.

3.8 Kvo valore per la caratteristica (0,01...0,02)

Valore per definire matematicamente la caratteristica di base delle valvole (lineare, equipercentuale, ecc.)

3.9 Trafilamento (0,05...2% del Kvs)

Perdita ammessa a valvola chiusa, i valori vengono indicati dai costruttori

Nel campo degli impianti tecnologici questi valori sono tollerati.

3.10 Caratteristica (o curva)

Relazione tra il Kvs e la corsa della valvola, cioè la variazione della portata in funzione dell'apertura della valvola.

Le valvole che interessano la nostra applicazione si dividono in :

- valvole a caratteristica lineare
- valvole a caratteristica equipercentuale
- valvole a caratteristica lineare/equipercentuale

Valvole a caratteristica lineare sono quelle :

- a settore, a sfera, a farfalla, e simili

Valvole a caratteristica equipercentuale sono quelle :

- a due vie ad otturatore impiegate negli impianti tecnologici di nostra competenza (nel campo dei processi industriali si usano anche valvole con caratteristica lineare e particolari)

Valvole a caratteristica equipercentuale/lineare¹⁾ sono quelle :

- a tre vie ad otturatore caratterizzate dalla via diritta equipercentuale e dalla via ad angolo (by-pass) lineare

oppure

- via ad angolo equipercentuale/lineare

1) Questa soluzione costruttiva ha il vantaggio di mantenere praticamente costante la portata della via sempre aperta e lo svantaggio, se così si può dire, costituito dall'obbligo di usare per la regolazione la via diritta a caratteristica equipercentuale

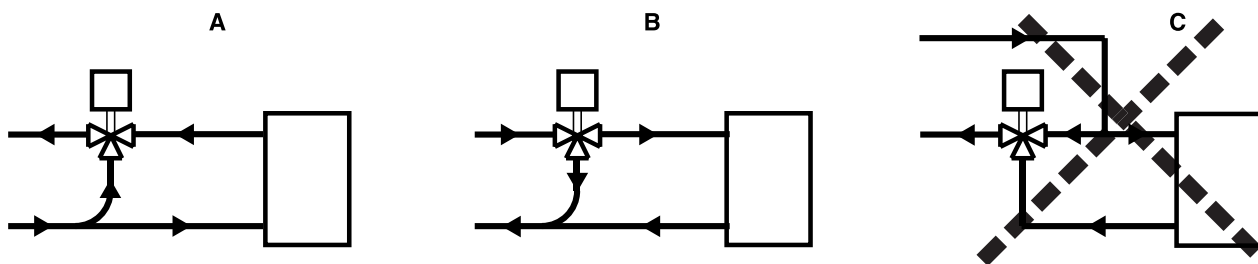


Fig. 8 Montaggio della valvola a 3 vie ad otturatore (via diretta equipercentuale, via ad angolo lineare) per la regolazione delle batterie e primario di scambiatori

- A = come miscelatrice (2 ingressi / 1 uscita) montaggio da preferire
- B = come deviatrice (1 ingresso / 2 uscite) montaggio ammesso
- C = montaggio **non ammesso** (la via di regolazione è quella ad angolo !)

Caratteristica lineare :

Valvole in cui ad uguali valori assoluti di corsa rispetto alla totale corrispondono uguali percentuali di modifica del Kvs

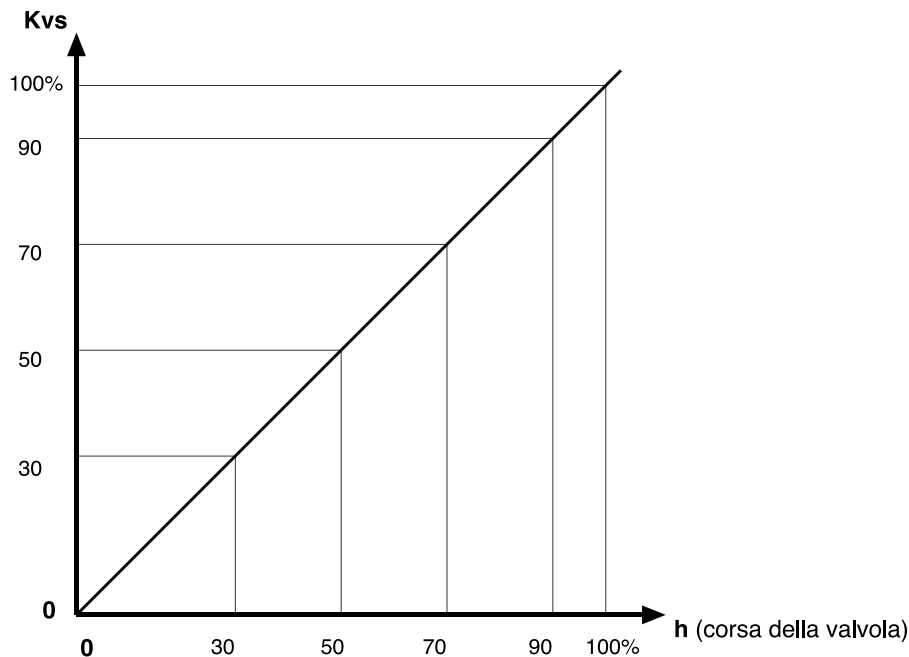


Fig. 9 Caratteristica lineare della valvola di base (in pratica la curva non termina a 0, zero, ma al valore del Kvo)

Esempio :

modifica della corsa della valvola dal 30% al 50% (= 20% in valore assoluto) da luogo ad una variazione del Kvs identica a quella causata dalla modifica della corsa della valvola dal 70% al 90% (= 20% in valore assoluto)

Caratteristica equipercentuale :

Valvole in cui ad uguali in valore assoluto della corsa rispetto alla totale corrisponde sempre la stessa percentuale assoluta di variazione del Kvs sul valore del Kvs precedente.

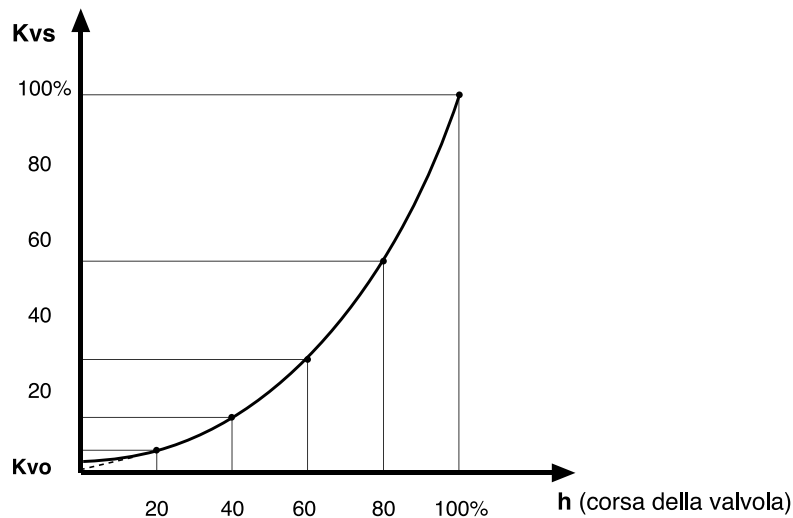


Fig. 10 Caratteristica equipercentuale di base della valvola, in realtà la corsa in prossimità della chiusura viene linearizzato (- - - - -) per diminuire il trafilemento

Esempio :

modifica della corsa della valvola dal 30% al 50% (= 20% in valore assoluto) da luogo ad una variazione nel Kvs del 85% ¹⁾ di quello corrispondente alla corsa del 30%.

Analogamente la modifica della corsa della valvola dal 70% al 90% (= 20% in valore assoluto) varia il Kvs del 85% rispetto a quello relativo alla corsa 70% della valvola.

1) La curva della caratteristica equipercentuale viene ricavata da un'equazione matematica $Ngl = \logaritmo \frac{Kvs}{Kvo}$
 La percentuale indicata nell'esempio (85%) si riferisce ad un $Ngl = 3,3$
 I valori di Ngl considerati dai costruttori sono compresi tra 3...3,91 che danno origine a curve diverse più o meno incurvate.

L'analisi della curva equipercentuale $Ngl = 3,3$ evidenzia :

- che la corsa della valvola da 0...60% circa da luogo ad una modifica della portata ($Kvs =$ portata) da 0...30%, cioè all'inizio dell'apertura della valvola a grandi corse corrispondono piccole modifiche della portata
- che la rimanente portata (dal 30% al 100%) si ottiene con la rimanente corsa della valvola dal 60% al 100% (= 40% in valore assoluto), cioè a piccole corse corrispondono grandi modifiche della portata.

Caratteristica equipercentuale / lineare :

L'abbinamento delle due caratteristiche viene utilizzato nelle valvole ad otturatore a 3 vie affinché la portata della via di miscela (sempre aperta) risulti il più possibile costante su tutta la corsa.

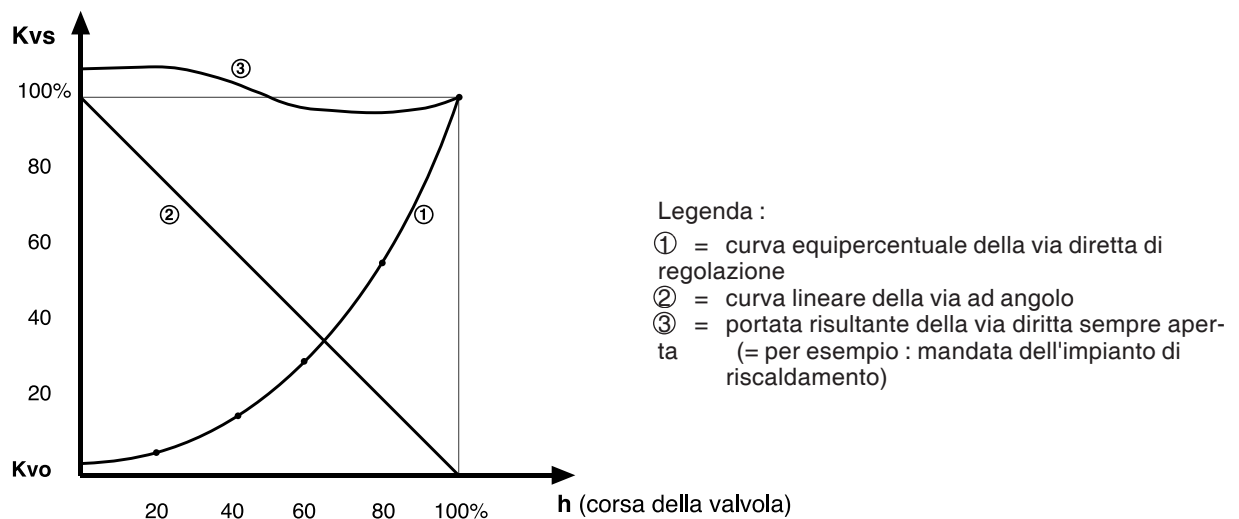


Fig. 11 Caratteristica equipercentuale / lineare di base modificata dall'autorità $Pv 0,5$ della valvola a 3 vie ad otturatore installata sull'impianto

La caratteristica delle valvole è determinante nella regolazione degli impianti come avremo modo di vedere nel capitolo 4. "Le VALVOLE e gli IMPIANTI" a pag. 15, anche se con gli attuali regolatori digitali a microprocessore si sono raggiunti livelli tali da compensare in buona misura eventuali errori nella scelta e nel dimensionamento delle valvole sugli impianti.

3.11 Sv capacità di regolazione = $\frac{Kvs}{Kvr}$ (30...100)

Capacità di regolazione definito dal rapporto tra il Kvs a valvola completamente aperta e quello (Kvr) ancora regolabile con valvola in prossimità della chiusura.

In pratica è un parametro che definisce la qualità della valvola.

Per le valvole che ci riguardano i valori di Sv sono compresi tra 30...100

Esempio :

valvola con Kvs =10 e Sv = 50 la portata non regolabile (cioè che non rispetta la caratteristica della valvola) è uguale a

$$Kvr = \frac{Kvs}{Sv} = \frac{10.000 \text{ l/h}}{50} = 200 \text{ l/h}$$

3.12 Pv autorità della valvola = $\frac{\Delta pv}{\Delta pvc}$ (0,1...1)

Autorità della valvola costituita dal rapporto tra la perdita di carico a valvola completamente aperta con la portata nominale e la differenza di pressione tra monte e valle a valvola chiusa.

Con la valvola di regolazione inserita in un circuito idraulico la pressione che la interessa varia in funzione della posizione da aperto a chiuso.

Ciò è dovuto alle resistenze dei componenti dell'impianto, come : saracinesche, pompe, apparecchi utilizzatori, ecc., che provocano perdite di carico che aumentano al quadrato all'aumento della portata.

Di conseguenza ad ogni modifica della corsa della valvola di regolazione corrisponde una modifica della portata e quindi della pressione sulla stessa che deforma le curve caratteristiche di base (lineare o equipercentuale).

L'entità delle deformazioni delle caratteristiche dipende inoltre dalla autorità Pv :

- con 0,1 : la curva equipercentuale tende ad una retta (in pratica diventa lineare)

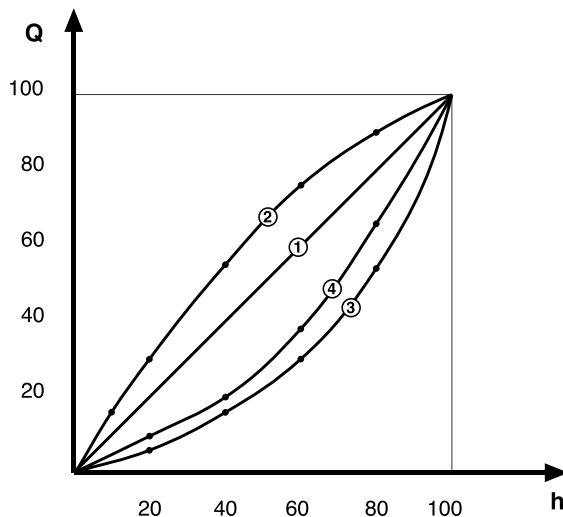
viceversa

la curva lineare si incurva però in modo contrario a quella equipercentuale (in pratica non è utilizzabile)

- con 1 : sia la curva equipercentuale che quella lineare tendono alla forma di quella di base stabilita dal costruttore delle valvole

L'autorità delle valvole sull'impianto varia anche in funzione al dimensionamento delle stesse :

- diametro superiore a quello "accettabile" = autorità Pv minore di 0,5
- diametro uguale a quello "accettabile" = autorità Pv pari a 0,5
- diametro minore di quello "accettabile" = autorità Pv maggiore di 0,5



Legenda :

- 1 = curva lineare di base (Pv1)
- 2 = curva lineare modificata dall'autorità Pv 0,4
- 3 = curva equipercentuale di base (Pv1)
- 4 = curva equipercentuale modificata dall'autorità Pv 0,5

Fig. 12 Esempio di curve (caratteristiche) di base delle valvole modificate sugli impianti dall'autorità Pv, definite anche curve dinamiche

Nota : come evidenziato nel capitolo 5 "DIMENSIONAMENTO delle VALVOLE du REGOLAZIONE" a pag. 17 , per diametro "accettabile" intendiamo quello che determina una perdita di carico a valvola completamente aperta almeno uguale a quella della sezione di circuito a portata variabile che interessa la via di regolazione della valvola, condizione in cui il Pv risulta uguale a 0,5.

4. LE VALVOLE e gli IMPIANTI

4.1 Curve degli impianti

La potenza resa dagli apparecchi utilizzatori (batterie, radiatori, scambiatori, ecc.) non ha mai un andamento lineare, cioè proporzionale alla portata o alla temperatura del fluido in ingresso.

Le figure 13, 14 e 15 danno un'idea della potenza resa (Q) in funzione della portata (V) i valori sono ovviamente indicativi nella pratica sono compresi in una banda la cui ampiezza dipende:

- della differenza di temperatura tra il fluido primario che cede calore o freddo (primario degli scambiatori, fluido che attraversa le batterie) e quello del secondario che viene riscaldato o raffreddato (secondario dello scambiatore, aria a valle delle batterie).
- maggiore è la differenza di temperatura più accentuata è la curva della potenza resa.
- a portata variabile la curva più incurvata rispetto a quelle a portata costante
- la curva tende ad una retta nella regolazione climatica dell'impianto di riscaldamento o degli scambiatori

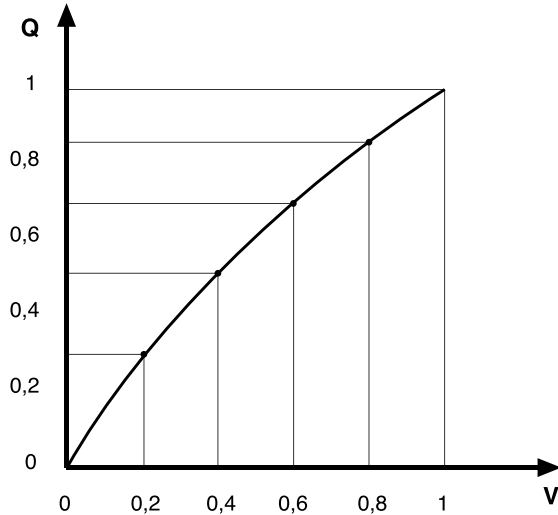


Fig. 13 Riscaldamento con regolazione climatica = mandata a portata costante e temperatura variabile in funzione di quella esterna

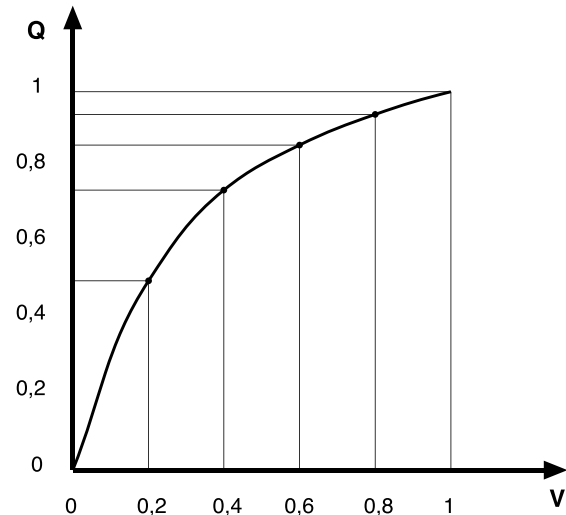


Fig. 14 Batteria o scambiatore a portata variabile e temperatura costante

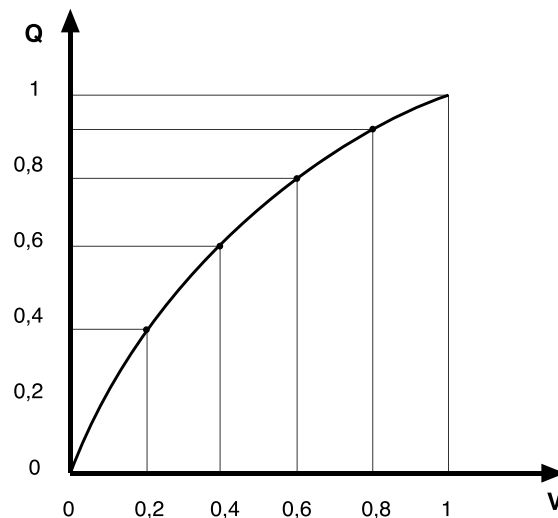


Fig. 15 Batteria o scambiatore a portata costante e temperatura variabile

Dall'esame della figura 14, utenze a portata variabile in pratica tutte le valvole di regolazione, delle batterie e degli scambiatori ricaviamo:

- che alla portata del 20% corrisponde una potenza resa del 55% circa

quindi

- per ottenere il rimanente 45% di potenza resa la portata deve variare dal 20% al 100% (80% in valore assoluto)

Per un funzionamento ottimale del sistema di regolazione è auspicabile che la relazione tra la potenza resa richiesta dalle utenze e le posizioni della valvola di regolazione si svolga secondo una curva tendente al lineare, ad uguali modifiche della corsa della valvola corrispondono proporzionali variazioni di potenza resa.

Per ottenere ciò la curva caratteristica della valvola deve essere in opposizione a quelle della potenza resa delle apparecchiature delle utenze in modo che la risultante delle due curve tende ad una retta.

Quando non viene rispettato quanto sopra la regolazione può risultare :

- instabile alle minime richieste di potenza a causa della curva troppo ripida
- lenta nel rispondere alle massime ed improvvise richieste di potenza poichè la curva è troppo piatta

4.2 Impiego delle valvole

Il funzionamento del sistema di regolazione è agevolato quando, oltre al dimensionamento, vengono impiegate valvole con caratteristiche (curve) adatte allo specifico impianto :

Impianti di riscaldamento centralizzati con regolazione climatica :

- valvole a 3 o 4 vie a settore, cioè con curva caratteristica lineare

oppure (anche se non indispensabile)

- valvole a 3 vie ad otturatore con via diritta di regolazione equipercentuale e via ad angolo lineare

Impianti ad iniezione in particolare per circuiti inseriti in collettori di distribuzione

- valvola a 3 vie ad otturatore con curve caratteristiche come sopra

oppure (ponendo la massima cura nel dimensionamento)

- valvole a 3 vie a settore (sconsigliate le valvole a 4 vie a settore)

Scambiatori e batterie sia nell'impiego a portata variabile e temperatura costante (rappresenta la quasi totalità delle applicazioni) che a portata costante e temperatura variabile

- valvole a 3 vie ad otturatore con curve caratteristiche come sopra

oppure

- valvole a 3 vie ad otturatore con curva caratteristica equipercentuale

Nota: per le batterie di preriscaldamento degli impianti ad aria , (in particolare se di consistenti dimensioni), ubicati in zone con clima rigido sono da preferire i circuiti ad iniezione "d" o "f" della figura 16.

Motivo : diminuendo la portata la distribuzione dell'acqua nei ranghi della batteria non risulta più "uniforme" di conseguenza lo stesso avviene per la temperatura dell'aria dopo la batteria con il risultato che per effetto della stratificazione si verificano indesiderati interventi della protezione antigelo

5. DIMENSIONAMENTO delle VALVOLE di REGOLAZIONE

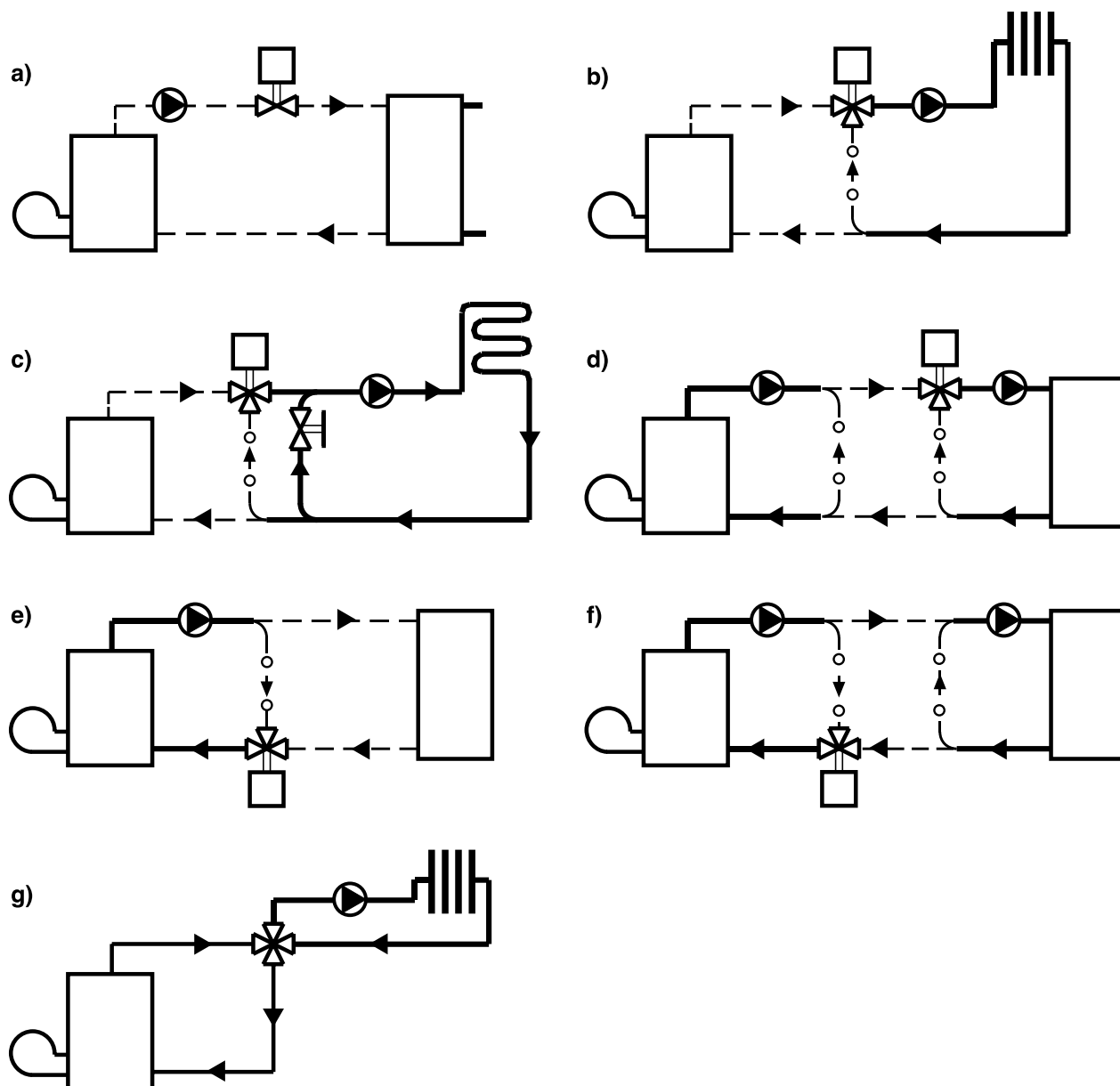


Fig. 16 Impianti con evidenziate le sezioni di circuito a portata variabile che interessando la via di regolazione della valvola devono essere considerate nel dimensionamento delle stesse

Legenda della figura 16 :

- sezione di circuito a portata costante
- ○ — sezione di circuito a portata variabile che non riguarda il dimensionamento della valvola di regolazione
- - - sezione di circuito a portata variabile la cui perdita di carico è quella che deve avere la valvola di regolazione completamente aperta con la portata di progetto

- a) valvola di regolazione a 2 vie ad otturatore per scambiatori e batterie a portata variabile e temperatura costante
- b) valvola di regolazione a 3 vie miscelatrice per impianto di riscaldamento con corpi scaldanti tradizionali
- c) valvola di regolazione a 3 vie miscelatrice per impianto di riscaldamento a pannelli
- d) impianto ad iniezione con valvola a 3 vie miscelatrice sulla mandata all'utenza e pompa primaria e secondaria
- e) valvola di regolazione a 3 vie (montaggio sul ritorno) per scambiatori e batterie a portata variabile e temperatura costante
- f) impianto ad iniezione con valvola a 3 vie sul ritorno del circuito primario
- g) valvola di regolazione a 4 vie per impianto di riscaldamento con corpi scaldanti tradizionali

5.1 Criteri da considerare nel dimensionamento

La valvola di regolazione deve essere dimensionata in modo :

- che le perdite di carico della via di regolazione completamente aperta con la portata di progetto devono essere **almeno** uguale a quella della sezione di circuito idraulico a portata variabile interessato dalla via di regolazione della valvola (vedere figura 16) condizione essenziale per ottenere un'autorità (Pv) della valvola uguale a 0,5.

Motivo : l'autorità (Pv) della valvola deve essere maggiore o uguale a 0,5 ricavato dalla relazione :

$$P_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c} \quad \Delta p_v = \text{perdite di carico a valvola aperta con la portata nominale di progetto}$$

$$\Delta p_c = \text{perdite di carico della sezione di circuito a portata variabile}$$

Nota: L'analisi del dimensionamento delle valvole riguarda solo quelle con comando modulante, poichè per quelle di intercettazione (comando On-Off) non è significativo e possono essere tranquillamente dello stesso diametro della tubazione.

5.2 Dati necessari per il dimensionamento

Il diametro della valvola di regolazione può essere definito disponendo :

- della portata
- e**
- della perdita di carico della sezione del circuito a portata variabile

oppure

- della potenza (o energia)¹⁾
- e**
- della perdita di carico della sezione del circuito a portata variabile
- della differenza di temperatura di progetto tra la mandata e il ritorno

5.3 Disponendo dei dati di cui sopra si ricava il diametro della valvola

- dai diagrammi specifici sia per l'acqua che per il vapore
- dalle relazioni matematiche (metodo più preciso)

Due sono i diagrammi disponibili :

- specifici, in genere indicati sulle schede tecniche, per ogni serie di valvole ricavando direttamente il diametro in funzione della perdita di carico
- generali, sia per l'acqua che per il vapore in cui in funzione della perdita di carico si ricavano il Kvs e da questi si individua, con le tabelle, il diametro della valvola

5.4 Dalle relazioni matematiche :

- **per acqua** calda (massimo 110 °C) e fredda (senza antigelo)

$$Kvs = \frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta p_v}{10}}} \quad \text{da cui si ottiene} \quad \Delta p_v = \frac{Q^2}{Kvs^2} \times 10 \quad \text{e} \quad Q = Kvs \times \sqrt{\frac{\Delta p_v}{10}}$$

dove Q = m³/h (portata di progetto a valvola aperta)
 Δpv = m C. A. (perdita di carico con via di regolazione aperta)

1) Disponendo della potenza si individua la portata :

- **per l'acqua** è necessario conoscere la differenza di temperatura mandata/ritorno da cui si ricava la portata $Q = \frac{P}{\Delta t}$
- dove Q = l/h oppure m³/h (portata di progetto)
 P = kW oppure kcal/h (potenza o energia di progetto)
 Δt = °C (differenza di temperatura)

Nota : con P espressa in kcal o kcal/h si ottiene la portata (Q) in l/h

con P in kW o kWh si ottiene un numero che moltiplicato per 860 esprime la portata (Q) in l/h

- **per vapore saturo :**

$$Kvs = \frac{Q}{22,4 \times \sqrt{\Delta p_v \times P_2}} \quad \text{e quindi} \quad \Delta p_v = \frac{Q^2}{(22,4 \times Kvs)^2 \times P_2} \quad \text{e} \quad Q = 22,4 \times Kvs \times \sqrt{\Delta p_v \times P_2}$$

dove Q = kg/h (portata di vapore a valvola aperta)
 Δpv = bar (perdita di carico a valvola aperta)²⁾
 P2 = bar (pressione assoluta del vapore in uscita dalla valvola)³⁾

- **per il vapore** la portata⁴⁾ disponendo della potenza si ottiene dalla relazione : $Q = P \times 1,6$ oppure $Q = \frac{P \times 860}{540}$

dove Q = kg/h (portata nominale)
 P = kW (potenza nominale)
 1,6 = potere calorifico medio di un kg di vapore

2) La perdita di carico da assumere dovrebbe essere concordata con il progettista, quando ciò non è possibile assumere un valore pari dal 30% al 50% della pressione del vapore in ingresso (comunque sempre inferiore alla perdita di carico **critica** il cui valore è indicato nei diagrammi)

3) Pressione assoluta = pressione relativa + 1 bar (la pressione relativa è quella che di solito ci viene indicata e corrisponde alla pressione di funzionamento, cioè la pressione letta sul manometro del generatore di vapore).

4) Quando in luogo della portata si conosce la potenza (o energia)

6. ESEMPI PRATICI di DIMENSIONAMENTO delle VALVOLE

Attenzione : quando il dimensionamento delle valvole di regolazione è a nostra cura è necessario che la perdita di carico sia approvata dal consulente o installatore, perciò va indicata nelle offerte e riferita nel corso delle trattative.

Motivo : non sempre è possibile conoscere la perdita di carico della sezione di circuito a portata variabile che serve per dimensionare il diametro della valvola di conseguenza il cliente potrebbe non condividere la nostra scelta.

Nota : negli esempi seguenti le perdite di carico considerate tengono conto di valori acquisiti nella pratica, cioè non viene considerata l'effettiva perdita di carico della sezione di circuito a portata variabile

6.1 Valvole degli impianti di riscaldamento centralizzati a radiatori, convettori, ecc. con regolazione climatica

Valvole a settore a 3 e a 4 vie, vedere circuiti "b" e "g" della figura 16

Regola pratica, quando non sono noti i dati di progetto :

- con tubi di mandata all'impianto fino a DN 80 = valvole dello stesso diametro delle tubazioni
- con tubi di mandata all'impianto maggiori del DN 80 = valvole di un diametro inferiore a quelli delle tubazioni

Motivi :

- ragioni costruttivi delle valvole impongono che la perdita di carico deve essere contenuta a valori tra **0,4...0,6** m C.A. con limite massimo di **0,8** mC.A.
- l'influenza della sezione del circuito a portata variabile (caldaia) è in genere trascurabile rispetto alla sezione a portata costante (utenza)
- la curva dell'impianto (vedere paragrafo 4.1) tende ad essere lineare
- la temperatura di mandata ai corpi scaldanti varia in funzione di quella esterna secondo la curva climatica impostata nel regolatore, la cui caratteristica è conforme a quella dell'emissione di calore dei corpi scaldanti.

Conclusione :

- la valvola ha solo lo scopo di miscelare l'acqua calda proveniente dalla caldaia con quella meno calda di ritorno dall'impianto di riscaldamento.

Questo è il suo unico compito, perciò la valvola può essere un "chiodo" ... basta che non si blocchi, viceversa il regolatore deve essere "furbo".

6.2 Dimensionamento disponendo dei dati di progetto

Il diametro della valvola può essere individuato in 2 modi secondo i dati disponibili :

1) caso nota :

- la portata Q in l/h oppure m³/h

2) caso noti :

- la potenza P in kW o Kcal

oppure

- l'energia E in kWh o kcal/h

e

- la differenza di temperatura Δt di progetto tra la mandata e il ritorno dell'impianto di riscaldamento.

6.3 Soluzione del 1) caso usando direttamente il diagramma 1 delle valvole a settore a pagina 20

Dato disponibile portata di 37.000 l/h (= 37 m³/h)

- soluzione con l'uso del diagramma (portata - perdita di carico) per le valvole a settore

Procedura :

- tracciare una retta verticale dal valore di 37 m³/h sulla scala delle portate (ascisse) fino ad incontrare la retta orizzontale tracciata dalla scala delle perdite di carico da 3 a 6 kPa (ordinata)
- i punti di incontro con le rette inclinate indicano il valore dei Kvs.

Per i 37 m³/h si considerano i Kvs con perdite di carico accettabili (vedere paragrafo 6.1) :

- Kvs 240 da luogo ad una perdita di carico di 2,5 kPa (0,25 mC.A.)
- Kvs 170 da luogo ad una perdita di carico di 4,8 kPa (0,48 mC.A.)

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

6.4 Verifica della perdita di carico con la relazione matematica : $\Delta p_v = \frac{Q^2}{K_{vs}^2} \times 10$

Sostituendo ai termini della formula i valori si ha $\Delta p_v = \frac{37^2}{170^2} \times 10 = 0,473$ mC.A. (4,73 kPa)

valore praticamente uguale a quello individuato con l'uso del diagramma

6.5 Soluzione del 2) caso in cui sono noti :

- la potenza o energia pari a 425 kW (365.500 Kcal)
- la differenza di temperatura pari a 20 °C

Procedura :

per individuare la portata utilizziamo la relazione $Q = \frac{P}{\Delta t}$ (vedere nota 1 del paragrafo 5.4 a pagina 18)

- con la potenza espressa in kW avremo : $Q = \frac{425}{20} \times 860 = 18.275$ l/h (18,27 m³/h circa)

- con la potenza espressa in Kcal avremo : $Q = \frac{365.500}{20} = 18.275$ l/h (18,27 m³/h circa)

Individuata la portata si ricava il diametro dalla valvola procedendo come descritto al paragrafo 6.3 a pagina 19 :

- **Valvola a 3 vie DN 65** , con Kvs 81 e perdita di carico di 5 kPa (0,5 mC.A.) con servomotore

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

6.6 Verifica della perdita di carico con la relazione matematica : $\Delta p_v = \frac{18,27^2}{81^2} \times 10 = 0,5$ mC.A. (5 kPa)

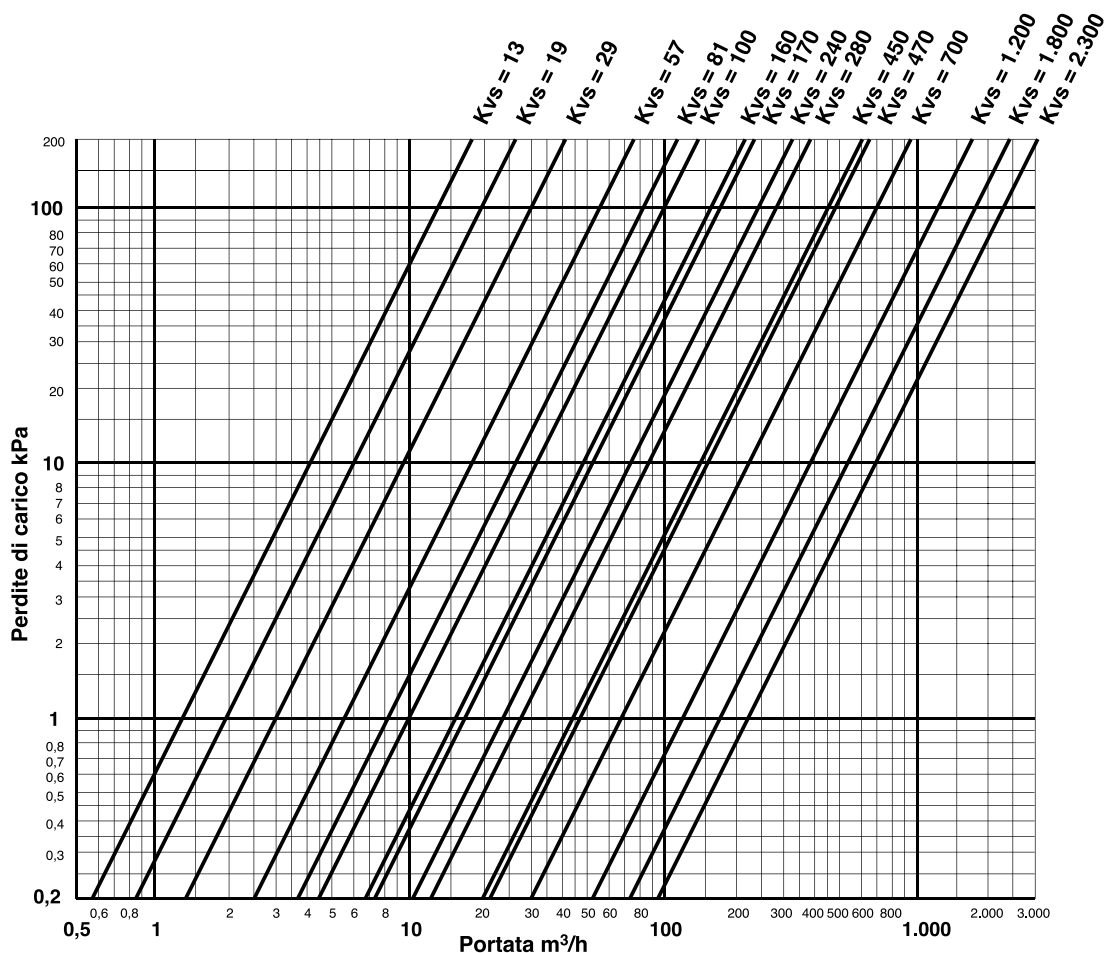


Diagramma 1 Diagramma generale per acqua delle valvole a farfalla e a settore 3 o 4 vie

6.7 Valvole degli impianti di riscaldamento a pannelli, regolazione climatica, con caldaia a punto fisso (70...80 °C)

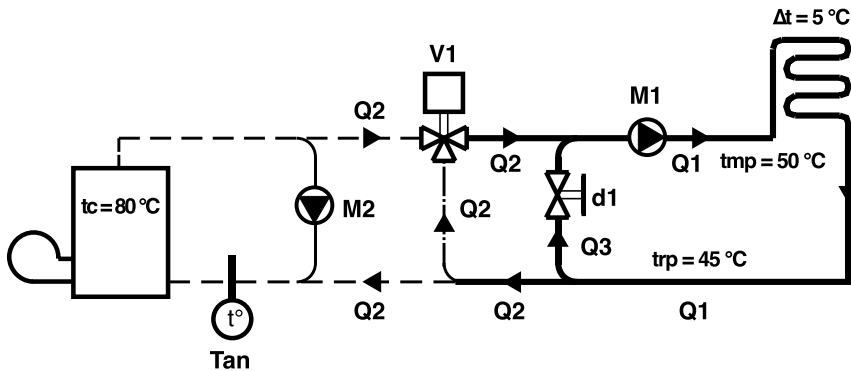
Valvole a settore a 3 e a 4 vie, vedere circuito "c" della figura 16 e la figura 17

Generalità :

La valvola di regolazione degli impianti a temperatura di funzionamento inferiore a quella del generatore di calore deve essere dimensionata per una portata minore di quella di progetto, la rimanente portata viene fornita dal by-pass fisso a valle della valvola ubicato tra il ritorno e la mandata alle utenze.

Motivi :

- una valvola dimensionata per la portata totale richiesta dall'impianto funzionerebbe la maggior parte del tempo in prossimità della chiusura, compromettendo la precisione e sicurezza di regolazione
- è sufficiente una minima quota di acqua a 80 °C della caldaia per soddisfare le temperature variabili in funzione di quella esterna (da 25...45/50 °C) richieste dall'impianto a pannelli.
- protezione dell'impianto anche a valvola "bloccata" in completa apertura, comunque è sempre necessario il **termostato di limite di massima** temperatura.



Legenda :

- Q1 = portata totale dei pannelli in l/h
- Q2 = portata della valvola in l/h (= parziale della totale)
- Q3 = portata del by-pass fisso in l/h (= parziale della totale)
- tc = temperatura di funzionamento della caldaia
- tmp = temperatura di mandata dei pannelli
- trp = temperatura di ritorno dai pannelli (= tmp - Δt)
- d1 = valvola di taratura
- V1 = valvola miscelatrice a 3 vie
- M1/M2 = pompe
- Tan = sonda anticondensa

Fig. 17 Impianto a pannelli con by-pass fisso

6.8 Dimensionamento disponendo dei dati di progetto

Il diametro della valvola può essere individuato in 2 modi secondo i dati disponibili :

1) caso noti :

- la portata Q in l/h oppure m³/h dell'impianto a pannelli
- la differenza di temperatura Δt di progetto tra la mandata e il ritorno dei pannelli
- la temperatura massima di funzionamento :
dei pannelli
della caldaia (o caldaie)

2) caso noti :

- la potenza P o l'energia E
- la differenza di temperatura Δt di progetto tra la mandata e il ritorno dei pannelli
- la temperatura massima di funzionamento della caldaia

6.9 Soluzione del 1) caso usando direttamente il diagramma 1 delle valvole a settore a pagina 20

Dati disponibili :

- portata dei pannelli Q1 = 20.000 l/h
- temperatura di funzionamento della caldaia = 80 °C
- temperatura massima di progetto dei pannelli = 50 °C
- differenza di temperatura di progetto dei pannelli = 5 °C

Relazione da usare per determinare le portate (Q2) della valvola di regolazione e (Q3) del by-pass

$$a) \quad Q2 = \frac{Q1}{\frac{tc - trp}{tmp - trp}} \quad b) \quad Q3 = Q1 - Q2$$

Procedura

Sostituendo nella formula i corrispondenti valori del nostro esempio risulterà : $Q2 = \frac{20.000}{\frac{80 - 45}{50 - 45}} = 2.860$ circa l/h,

valore che arrotondiamo a 3.000 l/h (per considerare la marcia/arresto del bruciatore in base al differenziale del termostato di regolazione della caldaia).

Il diametro della valvola motorizzata a 3 vie si ricava procedendo come descritto al paragrafo 6.3 a pagina 19 :

- **Valvola a 3 vie da 1"1/4"** con servomotore, con Kvs 19 e perdita di carico di 2,4 kPa (0,24 mC.A.)

Conoscendo la Q2 si ottiene la portata del by-pass con la relazione b) : Q3 = Q1 - Q2

introducendo i valori risulta : Q3 = 20.000 - 3.000 = 17.000 l/h

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

6.10 Verifica della perdita di carico con la relazione matematica : $\Delta p_v = \frac{Q^2}{K_{vs}^2} \times 10$

Sostituendo ai termini della formula i valori si ha $\Delta p_v = \frac{3^2}{19^2} \times 10 = 0,25 \text{ mC.A. (2,5 kPa)}$
 valore praticamente uguale a quello individuato con l'uso del diagramma

6.11 Soluzione del 2) caso in cui sono noti :

- fabbisogno di calore dei pannelli = 212 kW (182.000 Kcal)
- temperatura di funzionamento della caldaia = 80 °C
- differenza di temperatura di progetto dei pannelli = 5 °C (mandata 50 °C / ritorno 45 °C)

Relazioni da usare per determinare le portate dei pannelli (Q1) e della valvola (Q2)

a) $Q1 = \frac{P}{\Delta t}$ b) $Q2 = \frac{P}{t_c - t_{rp}}$

Legenda :
 P = la potenza o energia
 t_c = la temperatura della caldaia in °C
 t_{rp} = la temperatura di ritorno dei pannelli in °C
 Q1 = portata dei pannelli
 Q2 = portata della valvola

Procedura

- con la P espressa in kW o kWh avremo : $Q2 = \frac{212}{80 - 45} \times 860 = 5.200 \text{ l/h circa}$ e $Q1 = \frac{212}{5} \times 860 = 36.400 \text{ l/h circa}$

- con la P espressa in Kcal o Kcal/h avremo : $Q2 = \frac{182.000}{80 - 45} = 5.200 \text{ l/h}$ e $Q1 = \frac{182.000}{5} = 36.400 \text{ l/h}$

La portata (Q2) della valvola, valore che arrotondiamo a 5.500 l/h (per i motivi indicati al paragrafo 6.9).
 Il diametro della valvola motorizzata a 3 vie si ricava procedendo come descritto al paragrafo 6.3 :

- **Valvola a 3 vie da 1"1/2"** con servomotore, con Kvs 29 e perdita di carico di 3,5 kPa (0,35 mC.A.)

Conoscendo la Q2 si ottiene la portata del by-pass con la relazione b): $Q3 = Q1 - Q2$,
 introducendo i valori risulta : $Q3 = 20.000 - 3.000 = 17.000 \text{ l/h}$

6.12 Verifica della perdita di carico con la relazione matematica : $\Delta p_v = \frac{Q^2}{K_{vs}^2} \times 10$

Sostituendo ai termini della formula i valori si ha $\Delta p_v = \frac{5,5^2}{29^2} \times 10 = 0,36 \text{ mC.A. (3,6 kPa)}$

valore praticamente uguale a quello individuato con l'uso del diagramma

Nota : Possiamo volendo verificare il risultato usando il metodo del bilancio tecnico con le relazioni :

a) $E_t = Q2 \times t_c + Q3 \times t_{rp}$ b) $t_{mp} = \frac{E_t}{Q1}$

Considerando i valori del 1) caso (vedere paragrafo 6.9) avremo :

$E_t = 3.000 \times 80 + 17.000 \times 45 = 1.005.000$ e $t_{mp} = \frac{1.005.000}{20.000} = 50 \text{ °C, circa}$

Considerando i valori del 2) caso (vedere paragrafo 6.11) avremo :

$E_t = 5.500 \times 80 + 30.900 \times 45 = 1.830.500$ e $t_{mp} = \frac{1.830.500}{36.400} = 50 \text{ °C, circa}$

Osservazioni :

- la tubazione del by-pass in genere è della medesima sezione di quelle di mandata e ritorno del circuito dei pannelli e con la valvola di taratura (d1), montata nella tubazione del by-pass, si tara la portata (Q3) del by-pass
- la valvola a 3 vie deve essere montata **come miscelatrice** (2 ingressi, 1 uscita) affinché la portata dell'impianto a pannelli sia costante in qualunque posizione della valvola di regolazione
- sconsigliato, per non dire **non ammesso**, montaggio della valvola a 3 vie come deviatrice (1 ingresso, 2 uscite) poiché la portata dell'impianto a pannelli varia da Q1 a valvola di regolazione aperta a Q3 a valvola di regolazione chiusa
- per lo stesso motivo di cui sopra è **sconsigliato** l'impiego della valvola a 2 vie
- la temperatura di ritorno in caldaia è sempre inferiore ai 50 °C quindi minore di quella ammessa nelle caldaie tradizionali per evitare la condensa.

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

- a valvola di regolazione parzialmente o totalmente chiusa (via diritta) viene meno la circolazione di acqua in caldaia. Diminuendo o annullandosi la circolazione dell'acqua la costante di tempo dei termostati di regolazione e sicurezza della caldaia aumenta rispetto a quella di progetto.
- Questo fenomeno ritarda l'acquisizione della misura della temperatura reale e ciò proprio in coincidenza con la minima o nulla richiesta di calore dall'impianto a pannelli, tuttavia l'energia fornita dal bruciatore è sempre quella massima (tranne se modulante o a 2 stadi) di conseguenza l'aumento della temperatura in caldaia è più veloce rispetto a quella di acquisizione della misura da parte dei termostati (costante di tempo).
- In queste condizioni, nel migliore dei casi, l'arresto del bruciatore avviene quando la temperatura reale della caldaia è maggiore di quella voluta (impostata sui termostati); nel caso peggiore interviene il termostato di sicurezza con blocco a ripristino manuale.
- per questi due ultimi motivi è necessaria la presenza della pompa (M2) di ricircolo in caldaia, con funzione di anticondensa, a monte della valvola di regolazione e della **sonda (tr)** di minima temperatura del ritorno in caldaia.

La pompa (M2) mantenendo attiva la circolazione dell'acqua in caldaia anche a valvola chiusa consente il regolare intervento dei termostati contenendo la velocità di aumento della temperatura.

Il concetto della funzione della pompa di ricircolo e della sonda viene descritto nell'apposito capitolo

Nota : Le valvole di taratura devono essere montate sui tratti di circuito idraulico a portata costante.

La sonda di minima temperatura di ritorno in caldaia **non può essere** usata in mancanza della pompa di ricircolo in caldaia (M2)

6.13 Messa in servizio (taratura del circuito idraulico)

La valvola di taratura (d1) serve per adeguare la portata del by-pass al valore individuato nel dimensionamento dell'impianto.

Procedura

- valvola di taratura "d1" aperta
- valvola di regolazione a 3 vie chiusa
- caldaia (o caldaie) in funzione alla temperatura a valore fisso di progetto (80 °C)
- pompe dell'impianto a pannelli (M1) e di caldaia (M2) in funzione

Attendere che la sezione di circuito di caldaia (o caldaie) si stabilizzi alla temperatura di progetto (circa 80 °C) quindi :

- a) aprire manualmente e velocemente la valvola di regolazione a 3 vie
- b) chiudere progressivamente la valvola di taratura "d1" fino ad ottenere la temperatura voluta di mandata ai pannelli
- c) attendere che la temperatura di mandata ai pannelli si stabilizzi al valore voluto
- d) ripetere le operazioni dei punti a) e b) ed eventualmente modificare la posizione della valvola di taratura "d1"
- e) bloccare e piombare la valvola di taratura di uno per impedirne di manometterne la posizione individuata

6.14 Impiego delle valvole a 4 vie

In **teoria** nei circuiti "b", "c" e "g" della figura 16 si possono usare anche le valvole a settore a 4 vie

Perchè in teoria? Quali sono i motivi per preferire le 4 vie?

L'impiego della valvola a 4 vie è quello di ottenere una circolazione naturale di acqua in caldaia a valvola chiusa, cioè in assenza di richiesta di calore dalle utenze.

Quando si verifica la circolazione naturale?

La circolazione naturale, come è noto, si stabilisce quando esistono le seguenti condizioni :

- trascurabili perdite di carico del circuito idraulico (corrispondente a quello della caldaia)
- sensibile differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno in caldaia
- elevata differenza in altezza tra la mandata e il ritorno in caldaia

Esistono queste condizioni negli impianti attuali?

Le caldaie semi o pressurizzate, che da tempo hanno sostituito negli impianti quelle marina sono caratterizzate :

- da una sensibile perdita di carico a cui corrisponde un ridotto contenuto di acqua
- da una trascurabile (in realtà anche con le caldaie precedenti) differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno poichè a valvola a 4 vie chiusa la differenza di temperatura della circolazione naturale in caldaia è solo quella dovuta ai disperdimenti della tubazione (isolata) di raccordo mandata/ritorno della valvola con la caldaia
- la differenza in altezza tra la mandata e il ritorno in caldaia è praticamente irrealizzabile, in quanto i due attacchi ormai sono ubicati nella parte superiore della caldaia.

Conclusione :

- non esistono nessuno dei presupposti necessari per garantire la circolazione naturale
- l'impiego delle valvole a 4 vie **non è più** consigliabile, anche se tuttora sono impiegate sulle piccole caldaie predisposte per la circolazione naturale

- Note :**
- L'aggiunta della pompa di ricircolo (P2) non migliora la situazione, anzi può essere a valvola a 4 vie chiusa fonte di ulteriori guai come, l'inversione della circolazione in caldaia
 - non è possibile usare la sonda di minima temperatura del ritorno in caldaia, causa la lenta o inesistente circolazione naturale di acqua in caldaia
 - la regolazione dell'impianto a pannelli in funzione della temperatura ambiente non è raccomandabile in considerazione della elevata inerzia dell'impianto e dello scarso movimento dell'aria ambiente (limitato moto convettivo) che vanifica la misura della sonda ambiente

6.15 Valvole a 4 vie sullo stesso collettore, figura 18

Questo montaggio, è **sconsigliato** in quanto nel punto **A** si verifica una errata circolazione di acqua quando la valvola del circuito (1) è chiusa e quella del circuito (2) è aperta.

Nel punto **A** una parte di acqua di ritorno del circuito (2), soprattutto quando la perdita di carico del ramo A - B è inferiore a quella del ramo A - C - B, tramite la tubazione verticale passa nella via aperta della valvola del circuito (1) = circolazione inversa.

Di conseguenza nel punto **B** si ha una miscela di acqua calda proveniente dalla caldaia con quella "fredda" di ritorno dal circuito (2).

Questa miscela di acqua a temperatura minore di quella voluta è quella che alimenta la richiesta massima di calore (valvola aperta) del circuito (2), quindi non in grado di soddisfarne la richiesta.

- Nota:**
- la circolazione parassitaria avviene nella valvola a 4 vie del circuito montato più vicino alla caldaia, nella figura è quello (1)
 - il montaggio di una valvola di ritegno sul tratto di tubazione **A** è efficace nell'impedire la circolazione parassitaria attraverso la valvola del circuito (1), ma annulla o impedisce quella per gravità desiderata in senso contrario (da **B** in **A**).
 - raccordando il punto **A** come indicato nella figura si oppone alla circolazione parassitaria una maggiore resistenza, che spesso è sufficiente ad annullarla.

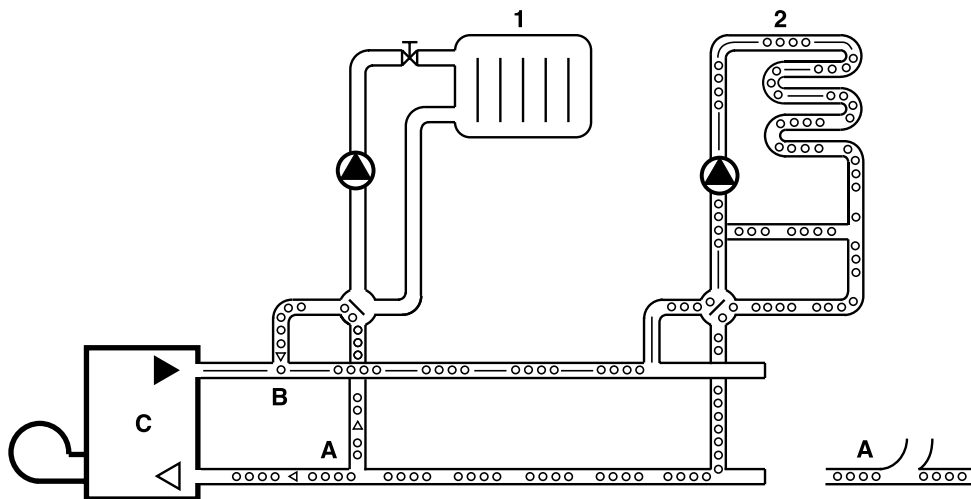


Fig. 18 Valvole a 4 vie montate sullo stesso collettore

- = acqua calda della caldaia
- = acqua di ritorno dal circuito 2

6.16 Regolazione a portata variabile del primario di scambiatori o batterie

Valvole a 2 o 3 vie otturatore, vedere circuito "a" ed "e" della figura 16 e figura 19

Generalità :

- la valvola deve essere a **caratteristica (curva) equipercentuale** e deve essere dimensionata per la portata totale richiesta dall'utenza.
- la portata del primario è variabile, sia con la valvola a 2 vie che a 3 vie, (montata in miscela sul ritorno, come indicato nel circuito "e" oppure in deviazione)
- la portata del circuito secondario **deve essere costante**
- la pressione differenziale massima per il servomotore (Δp max., vedere paragrafo 3.7 a pagina 11) da considerare è quella del vapore (lettura del manometro)
- la valvola a 2 vie, circuito "a" varia la portata sia nello scambiatore, che nel circuito della produzione (caldaia per esempio)
- la valvola di regolazione a 2 vie influenzando tutto il circuito dovrebbe in teoria avere una perdita di carico a valvola aperta (dimensionamento) molto elevata.
In pratica ciò non è possibile per diversi motivi, come : economici (costo della pompa), rumorosità, cavitazione, perciò, come vedremo in seguito si assume quella dello scambiatore e delle batterie.
- La regolazione a variazione di portata (valvole a 3 vie in deviazione o/a miscela sul ritorno) delle grandi batterie di preriscaldamento con aria esterna fredda è abbastanza frequente l'intervento della protezione antigelo, anche a valvola di regolazione non in completa chiusura.

Motivo : ai medi o bassi carichi, per la non linearità di rendimento della batteria (potenza resa, vedere paragrafo 4.1 a pagina 15), la valvola diminuisce notevolmente la portata con il risultato che l'aria a valle della batteria risulta stratificata.

La misura della grandezza da controllare (temperatura) deve sempre essere effettuata :

- sul secondario dello scambiatore, mandata agli utilizzatori
- sull'aria a valle della batteria

6.16. 1 Scambiatori di calore con primario a vapore saturo e secondario ad acqua

Valvole a 2 vie ad otturatore, figura 19

6.16. 2 Dimensionamento con i dati di progetto

Il diametro della valvola può essere individuato in 2 modi :

1) caso noti :

- la portata Q in kg/h del vapore
- la pressione del vapore¹⁾

2) caso noti :

- la potenza P o l'energia E
- la pressione del vapore¹⁾

1) Per dimensionare la valvola serve la pressione **assoluta** normalmente disponiamo della pressione **relativa**, cioè quella di funzionamento indicata dal manometro. Pressione assoluta = pressione relativa + 100 kPa

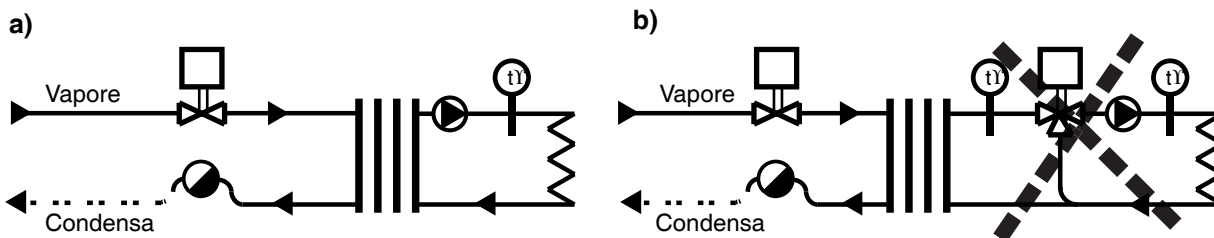


Fig. 19 Scambiatori vapore/acqua a) secondario a portata costante

b) secondario a portata variabile = non ammesso

Nota : la perdita di carico da considerare nel dimensionamento della valvola deve essere il 20%...30% di quella assoluta in ingresso, comunque **sempre minore**, anche se prossima a quella **critica** (vedere diagramma 2)

6.16. 3 Soluzione del 1) caso con il diagramma 2 del vapore

Dati disponibili :

- portata del vapore saturo $Q = 250$ kg/h
- pressione di funzionamento (relativa) $P_r = 500$ kPa (5 bar)

Procedura :

- a) sulla scala della pressione assoluta P_v del vapore di 600 kPa (pressione assoluta = 500 kPa + 100 kPa), tracciare una retta verticale ad incrociare la retta inclinata della perdita di carico Δp di 150 kPa (30% della pressione assoluta)
- b) sulla scala della portata G_v dal vapore di 250 kg/h tracciare una retta verticale
- c) dal punto della perdita di carico, individuato in a), tracciare una retta orizzontale fino ad incontrare la retta verticale innalzata dalla scala G_v (individuato in b))
- d) il punto di incontro individua il valore del K_{vs} della valvola, con i valori dell'esempio corrisponde al :

- $K_{VS} = 4$ a cui corrisponde una valvola DN 15 mm

Individuato il diametro della valvola bisogna verificare che la valvola motorizzata a 2 vie sia adatta :

- per vapore a 500 kPa
- per la temperatura del vapore (500 kPa = 150 °C circa)
- per la differenza di pressione massima Δp max. di funzionamento del servomotore (500 kPa)

Nota : il punto individuato in **d)** può capitare tra due valori di K_{vs} , come se nel caso in esame la portata fosse di 300 kg/h il K_{vs} individuato si posiziona tra i due K_{vs} 4 e 6,3 perciò è necessario verificare le corrispondenti perdite di carico (tracciando le rette orizzontali fino ad incontrare le rette inclinate delle perdite di carico Δp)

I nuovi valori risultano :

- per $K_{vs} 4 = 200$ kPa
- per $K_{vs} 6,3 = 85$ kPa circa

La scelta è per la valvola DN 15 con $K_{vs} 4$

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

Attenzione :

- naturalmente in questa situazione la decisione finale comunque deve essere concordata con il cliente, cioè vale sempre quanto indicato al capitolo 6 a pagina 19.
- valvole per vapore sovradimensionate lavorano a lungo in prossimità della chiusura, situazione critica per la regolazione dovuta alla drastica diminuzione della pressione del vapore (causata dalla valvola) che rende difficoltosa l'evacuazione della condensa
- la regolazione del vapore è condizionata dall'efficienza dello scarico della condensa; scaricatori difettosi, pendenza e/o dimensioni della rete di ritorno della condensa sottodimensionati sono spesso le cause della instabilità del valore voluto (pendolazioni della valvola con lunghi tempi di "sosta" in chiusura).

6.16. 4 Verifica della perdita di carico e Kvs con la relazione matematica : $\Delta p_v = \frac{Q^2}{(22,4 \times Kvs)^2 \times P^2}$
 (vedere paragrafo 5.4 a pagina 18)

Sostituendo nella formula i valori si ha : $\Delta p_v = \frac{250^2}{(22,4 \times 4)^2 \times 4,5} = 1,73 \text{ bar (173 kPa)}$

Verifica del Kvs : $Kvs = \frac{Q}{22,4 \times \sqrt{\Delta p_v \times P^2}} = \frac{250}{22,4 \times \sqrt{1,73 \times 4,5}} = 4 \text{ Kvs}$

6.16. 5 Soluzione del 2) caso in cui sono noti : – potenza o energia = 500 kW o (kWh)
 – pressione del vapore = 500 kPa

Disponendo della potenza (o energia) si risale alla portata con la :

$Q = P \times 1,6 ; \quad 500 \times 1,6 = 800 \text{ kg/h di vapore circa (vedere paragrafo 5.4 a pagina 18)}$

Individuata la portata si ricava il diametro procedendo come descritto al paragrafo 6.16.3 (a pagina 25) = Kvs compreso tra 10 e 16.

Adotteremo la valvola con Kvs 16 (quella con Kvs 10 da luogo ad una perdita di carico critica).

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

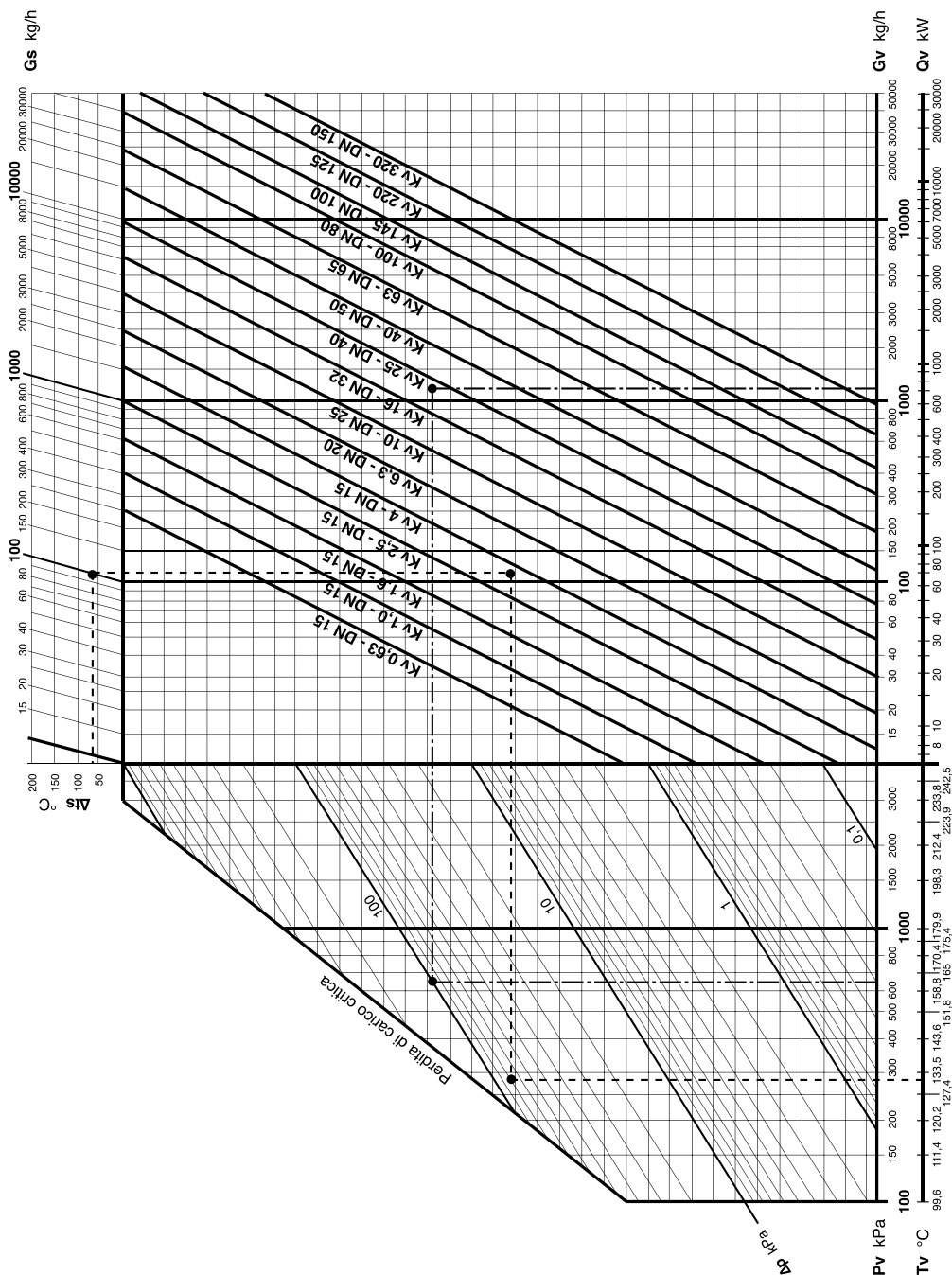


Diagramma 2 : per le valvole a vapore saturo e surriscaldato

6.16. 6 Scambiatori di calore con primario a vapore surriscaldato e secondario ad acqua

Valvole a 2 vie ad otturatore, figura 19

6.16. 7 Dimensionamento con i dati di progetto

Il diametro della valvola può essere individuato in 2 modi :

1) casi noti :

- la portata Q in kg/h del vapore
- la pressione del vapore
- la temperatura del surriscaldamento¹⁾

2) casi noti :

- la potenza P o l'energia E
- la pressione del valore
- la temperatura del surriscaldamento¹⁾

Nota : l'unica differenza, rispetto al paragrafo 6.16.2 a pagina 25 relativo al vapore saturo è costituito dalla necessità di conoscere la temperatura del surriscaldamento del vapore.

1) La temperatura del surriscaldamento del vapore saturo può essere indicata :
- direttamente (50 °C, 100 °C, ecc.)

oppure

- indirettamente per esempio : vapore a 500 kPa alla temperatura di 250 °C

Di sicuro si tratta di vapore surriscaldato, poichè il vapore saturo a 500 kPa è alla temperatura di 150 °C circa (vedere diagramma 2), quindi il vapore del surriscaldamento risulta da : 250 °C - 150 °C = 100 °C

La differenza rispetto agli esempi dei paragrafi 6.16.3 e 6.16.5 a pagina 25 è limitata a considerare sul diagramma 2 la sezione del surriscaldamento.

6.16. 8 Soluzione del 1) caso con il diagramma 2 del vapore a pagina 26

Dati disponibili :

- portata del vapore surriscaldato Q = 100 kg/h
- pressione relativa 180 kPa (pressione assoluta = 280 kPa)
- temperatura di surriscaldamento 59 °C
- perdita di carico richiesta 80 kPa

Procedura

- a) sulla scala della pressione assoluta **Pv** dal valore 280 kPa, tracciare una retta verticale ad incontrare la retta inclinata del **Δp** di 80 kPa perdita di carico
- b) sulla scala del surriscaldamento **Δts** tracciare una retta orizzontale dal valore di 59 °C ad incontrare sulla linea inclinata **Gs** il valore di 100 kg/h
- c) dal punto individuato in b), abbassare una retta verticale
- d) dal punto individuato in a) tracciare una retta orizzontale; il punto di incontro con la retta verticale individuata in c) indica il Kvs della valvola.

Il punto è situato tra il Kvs 2,5 e 4, più vicino al Kvs 4 per cui consideriamo il DN 15.

Individuato il diametro della valvola bisogna verificare che la valvola motorizzata a 2 vie sia adatta :

- per vapore a 500 kPa
- per la temperatura di 190 °C
- per la differenza di pressione massima Δp max. del servomotore

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

6.16. 9 Soluzione del 2) caso in cui sono noti

- potenza o energia = 1.560 kWh
- pressione relativa del vapore = 300 kPa
- temperatura del surriscaldamento = 150 °C

La portata del vapore la ricaviamo con la $Q = P \times 1,6$ introducendo i valori si ottiene :

$1.560 \times 1,6 = 2.500$ kg/h di vapore

Procedendo come descritto al paragrafo 6.16.7 si trova il Kvs 63 con una perdita di carico di **100 kPa**

La valvola deve essere adatta per la temperatura di 290 °C con servomotore per Δp max. di 300 kPa, completa della flangia cieca perappare la via di by-pass.

Per definire i modelli delle valvole e dei relativi servomotori, consultare il sito internet COSTER "www.coster.info" alla voce prodotti.

6.17 Montaggio in parallelo di 2 valvole, comando in sequenza

Suddividere la portata su 2 valvole a 2 vie, ad otturatore, figura 20 :

- a) consigliabile quando si è in presenza di elevate portate di vapore (paragrafo 6.16.8 a pagina 27) con sensibili variazioni di portata del secondario (i circuiti non contemporaneamente in funzione).
- b) pressione del vapore superiore a quella ammessa dal servomotore (Δp max.)

In tutti e due i casi il regolatore comanda in modulazione :

per diminuzione del valore voluto, prima la valvola di diametro inferiore, poi l'altra

viceversa

per aumento del valore voluto, prima la valvola di diametro maggiore, poi l'altra

Motivi

- a) per ottenere una regolazione precisa su tutto il campo di funzionamento :

la valvola di diametro minore si incarica della regolazione delle minime richieste dalle utenze

viceversa

la valvola di diametro maggiore interviene in soccorso per le medie e massime richieste dalle utenze (per esempio : agli avviamenti dopo un arresto dell'impianto)

- b) a valvola (1) aperta (valvola in grado di funzionare al Δp max. della pressione del vapore) nel punto **B** si stabilisce una pressione del vapore diminuita della perdita di carico della valvola (1).

La pressione del punto **B** deve essere tale che la differenza tra i punti **A** e **B** sia minore di quella ammessa (Δp max.) per il funzionamento della valvola (2)

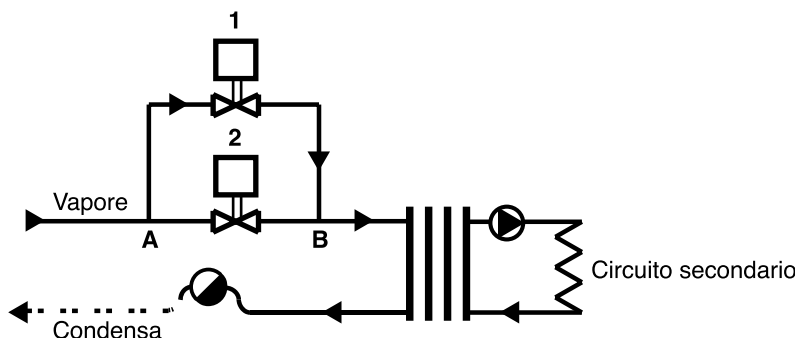


Fig. 20 Montaggio in parallelo di 2 valvole a 2 vie ad otturatore
 1 valvola di diametro minore
 2 valvola di diametro maggiore

6.18 Scambiatori acqua/acqua (secondario a portata costante) batterie, acqua/aria, con acqua calda o fredda

Valvole a 3 vie ad otturatore, figura 21

Generalità :

La valvola a 3 vie può essere impiegata come miscelatrice, montaggio sul ritorno valvola "1" oppure in deviazione, montaggio sulla mandata valvola "2" della figura 21.

In tutti e due i casi la batteria e/o il primario dello scambiatore sono a portata variabile e a temperatura costante.

La procedura da seguire nel dimensionare la valvola di regolazione è identica a quella descritta ai paragrafi 6.2...6.6 a pagina 19, considerando che :

- si impiega il diagramma 3
- è importante considerare la perdita di carico della sezione di circuito controllato dalla via equipercentuale di regolazione della valvola, vedere paragrafi 5 e 5.1 a pagina 17 e 18, cioè primario dello scambiatore o la batteria.
- quando non sono noti le perdite di carico assumere i seguenti valori (sempre comunicandoli al cliente) :

scambiatori a fascio tubiero	= min. 1 m ... 2 m C.A.
scambiatori a piastre	= min. 2 m ... 3 m C.A.
batterie ad 1 o 2 ranghi	= min. 1 m ... 1,5 m C.A.
batterie con più ranghi (freddo)	= min. 2 m ... 3 m C.A.

Nota : In tutti i casi **mai** a valori inferiori a 1 m C.A.

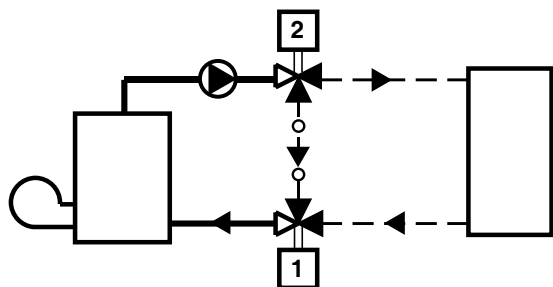


Fig. 21 Montaggio valvola a 3 vie, come miscelatrice (1) o deviatrice (2)

6.18.1 Dimensionamento disponendo dei dati di progetto

Il diametro della valvola può essere individuato in 2 modi :

1) caso noti :

- la portata Q
- eventualmente la perdita di carico della sezione del circuito

2) caso noti :

- la potenza P o l'energia E
- la differenza di temperatura mandata/ritorno del primario dello scambiatore o della batteria
- eventualmente la perdita di carico della sezione del circuito

Disponendo dei dati si procede, con il **diagramma 3**, ad individuare il Kvs della valvola operando come descritto ai paragrafi **6.3 ... 6.6** a pagina 19 e 20.

6.18.2 Scambiatori acqua surriscaldata / acqua (secondario a portata costante)

- la valvola deve essere adatta per la temperatura ed il PN (vedere paragrafo **3.3**) dell'acqua surriscaldata
- correggere la portata, solo quando è ricavata dall'energia o potenza e la temperatura dell'acqua surriscaldata è ≥ 120 °C, di un fattore **K** per considerare la minore densità dell'acqua, quindi il volume (portata), a pari potenza, è maggiore.

I valori dei fattori **K** per le diverse temperature sono :

t	120 °C	140 °C	160 °C	180 °C	200 °C	220 °C
K	1,04	1,065	1,085	1,10	1,13	1,16

- il montaggio in parallelo di 2 valvole, limitato alle elevate portate, è valido anche in questa applicazione, viceversa
- non esistono problemi per il Δp max. in quanto le perdite di carico per dimensionare le valvole sono quelle relative alla sezione a portata variabile (vedere paragrafo **6.17**).

La pressione statica per mantenere la temperatura desiderata dal surriscaldamento si esercita su tutto l'impianto, quindi anche a monte/valle della valvola.

I valori della pressione statica per mantenere la temperatura dell'acqua surriscaldata sono :

t	120 °C	130 °C	140 °C	160 °C	170 °C	200 °C
P	100 kPa	200 kPa	300 kPa	500 kPa	710 kPa	1.500 kPa

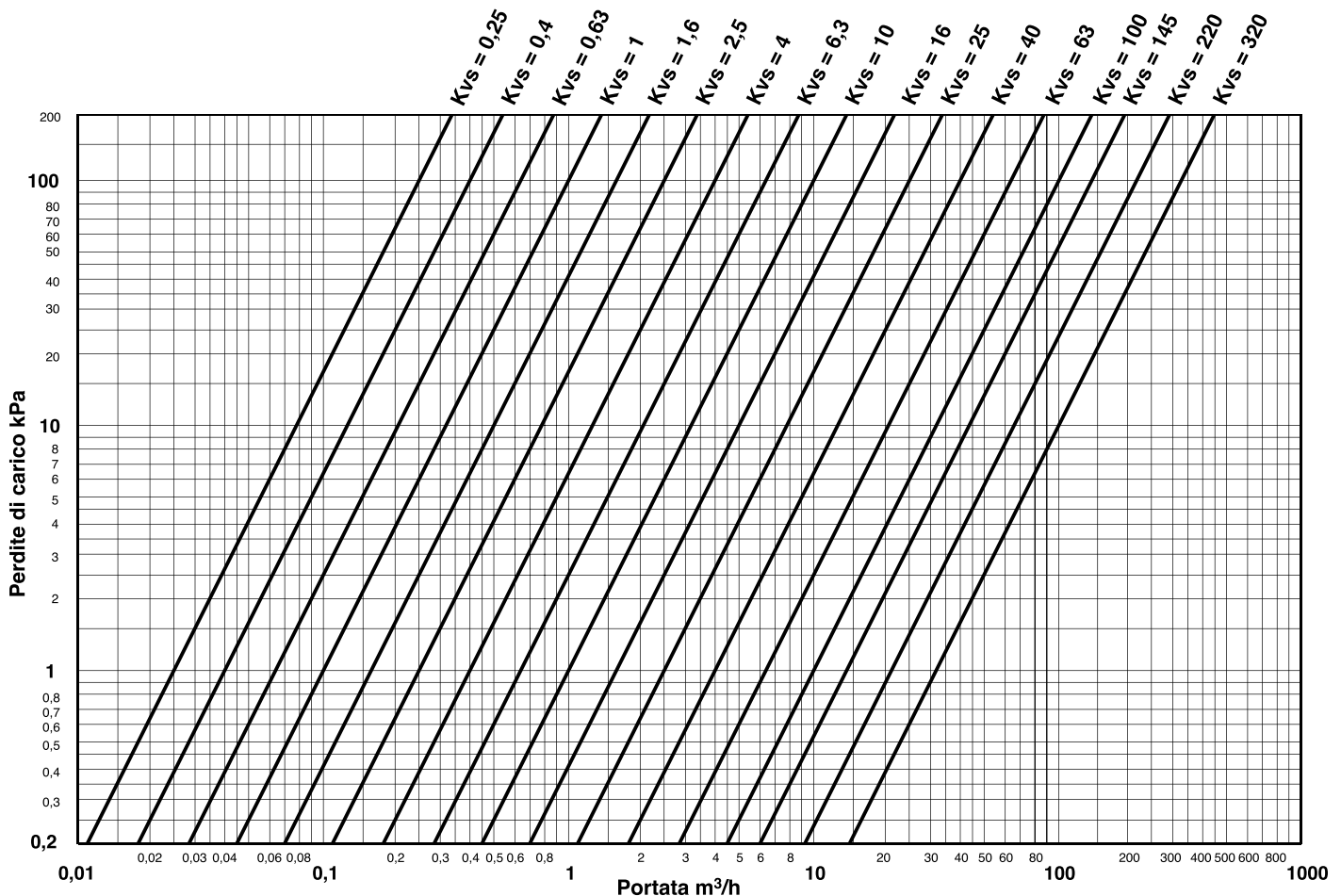


Diagramma 3 Diagramma generale per l'acqua relativo alle valvole a 2 oppure 3 vie

6.19 Impianti ad iniezione con valvola a 3 vie

Valvole a 3 vie ad otturatore ¹⁾, vedere figura 16 circuiti "d" e "f" e figura 22

1) sono ammesse anche le valvole a settore, escluse le 4 vie, vedere paragrafo 6.15 anche se impongono una maggiore attenzione nell'esecuzione dell'impianto

Generalità :

Nell'impianto, in tutte le condizioni di carico, sia con valvola montata in miscela sul ritorno che in deviazione sulla mandata, la portata è costante sia nella sezione del primario (caldaia) che in quella dell'utenza (secondario).

A carico nullo, nessuna richiesta dall'utenza, la via diritta (2) della valvola è chiusa, la pompa M1 mantiene costante la portata della sezione del primario e la pompa M2 quella della sezione dell'utenza (secondario).

Nei tratti di circuiti **b - c** ed **f - 2** non c'è circolazione di acqua.

A carico massimo, la via diritta (2) della valvola è aperta (via ad angolo 3 chiusa), la portata totale circola nell'utenza tramite il tratto **b - c** e la via diritta della valvola **2 - 1**.

Nei tratti **b - 3** ed **f - c** non c'è circolazione di acqua.

Ai carichi parziali nel punto "c" si ha una miscela tra l'acqua proveniente dal primario, tratto **b - c** con quella di ritorno dall'utenza, tramite il tratto **f - c**.

Nel punto "g" si ha la miscela di acqua proveniente dalle vie di by-pass **b - 3** con quella di ritorno dall'utenza, da **f - 2** (quella che ritorna dall'utenza corrisponde a quella immessa nel punto "c" della pompa primaria M1).

In altre parole la portata del primario (pompa M1) si divide nel punto "b", in base alle necessità delle utenze, in una quota destinata all'utenza e in quella di ritorno nel primario.

Analogamente la portata di ritorno dall'utenza (pompa M2) si divide dal punto "f" tra quella destinata al punto "c" e quella di ritorno nel primario punto "g".

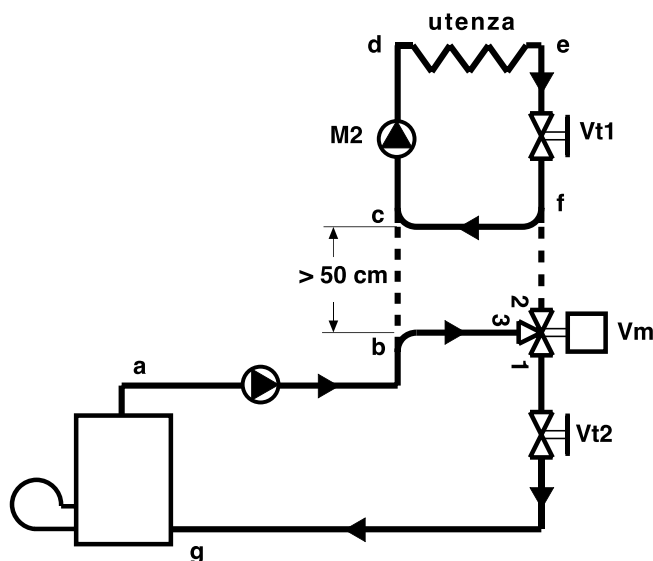
La pompa M1 deve avere la prevalenza per superare le resistenze dal circuito primario e della valvola a 3 vie di regolazione, mentre la pompa M2 si incarica delle perdite di carico dell'utenza, solo rispettando queste condizioni le due sezioni dell'impianto totale sono in rapporto costante di pressione.

Per impedire la circolazione parassitaria, vedere figura 22 e capitolo 7, è necessario che il tratto di tubazione **b - c** sia almeno di lunghezza pari a **10 volte** il diametro della tubazione, comunque non inferiore a **50 cm**.

Gli impianti ad iniezione devono prevedere sia nel ramo primario che secondario una valvola di taratura (Vt1 e Vt2).

La valvola di regolazione dovrebbe essere ubicata il più possibile in prossimità della utenza (riduzione del tempo morto).

La disposizione deve svilupparsi **in altezza**, come da figura 22, quindi è necessario disporre di spazio sufficiente



Legenda :

- Vm = valvola motorizzata a 3 vie
- Vt1 = valvola di taratura ramo utenza
- Vt2 = valvola di taratura ramo primario (caldaia)
- M1 = pompa del ramo primario
- M2 = pompa del ramo utenza

Fig. 22 Circuito ad iniezione con valvola a tre vie miscelatrice sul ritorno

6.20 Dimensionamento disponendo dei dati di progetto

Il diametro della valvola può essere definito in 2 modi :

- 1) caso nota :
 - la portata Q in l/h oppure m³/h
- 2) caso noti :
 - la potenza P in kW oppure l'energia E in kWh
 - la differenza di temperatura Δt di progetto tra la mandata e ritorno del ramo utenza

Nota : la valvola viene individuata procedendo per tutti e due i casi in modo analogo ai paragrafi 6.3 ... 6.6.

La perdita di carico da assumere per dimensionare la valvola, vedere figura 16, riguarda solo quella dei tratti di tubazione **b - c** e **f - 2** la cui perdita di carico è trascurabile, quindi sono sufficienti valori da 0,4 ... 0,6 m C.A. (4...6 kPa)

6.21 Messa in servizio (taratura del circuito idraulico)

Generalità :

- la valvola di taratura Vt1 serve per adeguare la portata dell'utenza al valore di progetto
- la valvola di taratura Vt2 serve per adeguare la portata del ramo di circuito primario (caldaia) in modo che alla massima richiesta dall'utenza, valvola di regolazione aperta la temperatura di mandata (punto **c**) sia quella di progetto e quindi nel tratto di tubazione **f - c** non circoli acqua.

Preparazione alla taratura

- pompe M1 e M2 in funzione
- valvola di regolazione chiusa (via 2)
- valvole di taratura Vt1 e Vt2 aperte

Attendere che i due rami dell'impianto siano alla stessa temperatura, sia in mandata che nel ritorno, con il ramo dell'utenza inferiore di 20 ... 30 °C rispetto al primario.

Le temperature devono rimanere il più possibile stabile per tutto il tempo della taratura, soprattutto con una differenza di temperatura tra i due rami.

Procedura

Aprire manualmente la valvola di regolazione (via 2) :

- se la temperatura di ritorno del primario (punto **g**) aumenta, quindi risulta superiore a quella di ritorno dall'utenza (punto **e**), vuol dire che circola acqua proveniente dal primario (punto **b**) nel tratto di tubazione da **c** a **f** (la tubazione **si riscalda**).

Agire sulla valvola di taratura Vt2 manovrandola lentamente in chiusura fino ad annullare la circolazione

viceversa

- se la temperatura di mandata all'utenza (punto **c**) è inferiore a quella proveniente dal primario (punto **b**), significa che circola acqua di ritorno dall'utenza nel tratto da **f** a **c** (la tubazione **si raffredda** rispetto alla condizione precedente).

Agire sulla valvola di taratura Vt1 manovrandola lentamente in chiusura fino a quando la temperatura del punto **c** sia al valore voluto.

Taratura terminata

Qualora non sia possibile ottenere una taratura totale è preferibile che il tratto **f - c** sia leggermente caldo (circoli una minima portata di acqua proveniente dalla caldaia) piuttosto del contrario, affinché sia garantita la temperatura voluta di mandata all'impianto in modo di soddisfare la massima richiesta dell'utenza.

Nota : quando l'impianto prevede un collettore da cui si diramano più circuiti ad iniezione dopo la taratura di ciascun circuito è opportuno effettuare una successiva verifica, ripetendo le operazioni di taratura.

7. CIRCOLAZIONE PARASSITARIA

7.1 Circolazione parassitaria in un circuito con valvola miscelatrice

Il circuito in miscela della figura 23 con valvola a 3 vie di regolazione chiusa (via 2), quando la velocità dell'acqua è considerevole (1 m/s circa) si può stabilire una circolazione di acqua calda della caldaia (parassitaria) attraverso la via di by-pass (via 3) della valvola.

Questa circolazione di acqua riscalda (o mantiene caldi), i corpi scaldanti con valvola a 3 vie chiusa, anche se essa è a tenuta perfetta.

Motivo :

- per effetto della velocità l'acqua di ritorno dall'utenza nel punto "a" (raccordo con la via 3 della valvola) entra in profondità nella tubazione di ritorno in caldaia provocando una depressione.

A causa della quale una quota di acqua calda, in regime stazionario di quiete, viene trascinata nella via 3 della valvola e sostituita da un'analogha quota di quella dal ritorno dall'utenza.

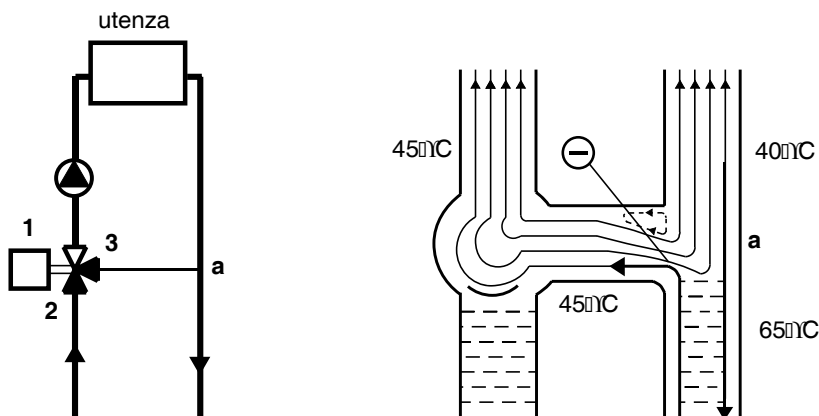


Fig. 23 Circolazione parassitaria in impianti con valvola a 3 vie miscelatrice

7.2 Circolazione parassitaria in un circuito ad iniezione

Nel circuito ad iniezione della figura 24 notiamo che il fenomeno della circolazione parassitaria, per gli stessi motivi del paragrafo 7.1 a pagina 31, può verificarsi in tutti e due i rami (primario e utenza).

Nel punto **b** (mandata all'utenza) la tubazione sarà più calda di quella del punto **c** analogamente nel punto **a** è più calda del punto 3 (via di by-pass della valvola a 3 vie di regolazione).

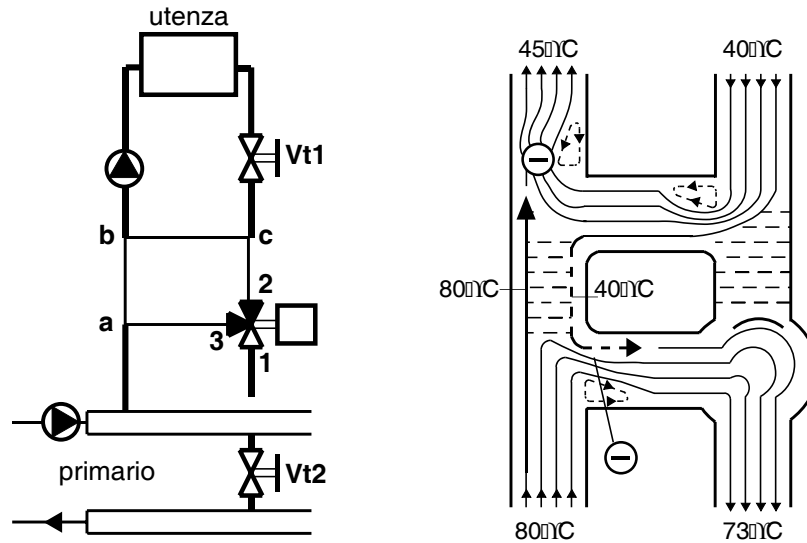


Fig. 24 Circolazione parassitaria in un impianto ad iniezione

7.3 Accorgimenti da adottare per eliminare la circolazione parassitaria

Per evitare la circolazione parassitaria si devono considerare dei provvedimenti

- in fase di progettazione :
adottando velocità dell'acqua non superiori a 0,5 m/s
- in fase di montaggio :
introducendo una "resistenza" (perdita di carico) costituita dalla distanza in altezza (D) delle tubazioni di raccordo, vedere figura 25

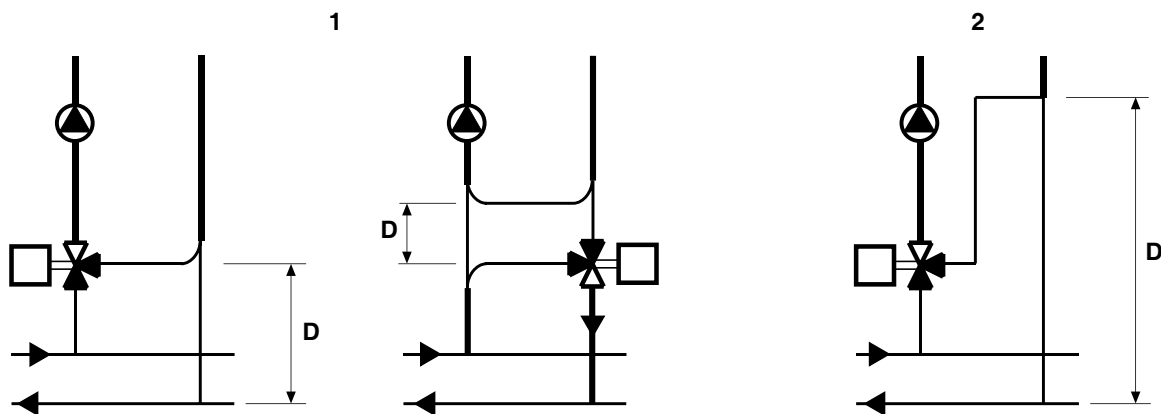


Fig. 25 Accorgimenti da adottare in fase di montaggio

- 1) $D = 10 \times$ diametro della tubazione (minimo 50 cm)
- 2) esecuzione, quando non è disponibile spazio per l'altezza D

8. CENNI sui COLLETTORI di DISTRIBUZIONE

Generalità

Quando più circuiti fanno riferimento ad un'unica centrale di produzione (caldaie e/o frigoriferi) essi vengono collegati in parallelo su un collettore di mandata ed uno di ritorno.

8.1 Collettori senza pompa primaria figura 26

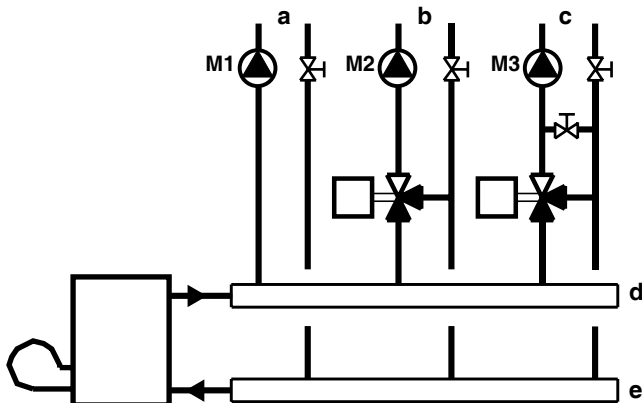


Fig. 26 Collettore senza pompa primaria

- a,b,c zone di circuiti
- d collettore di mandata
- e collettore di ritorno
- a circuito per terminali (fan coil, aerotermi, ecc)
- b circuito per impianti a radiatori e simili
- c circuito per impianto a pannelli

Impiego

- in impianti in cui la somma delle perdite di carico della caldaia e dei collettori di mandata e ritorno, con i circuiti delle utenze alla massima richiesta, sia minore del 20% della pompa con la prevalenza inferiore a quelle delle altre zone di circuito.
- la portata di ritorno in caldaia è variabile in funzione della richiesta dalle zone (può essere necessaria la pompa di ricircolo in caldaia e un controllo della minima temperatura di ritorno, con funzione di anticondensa, non indicati nella figura).
- le pompe (M1, M2 ed M3) devono avere la prevalenza per le perdite di carico del rispettivo circuito (a, b e c) e di quello della caldaia.
- i collettori devono essere vicini alla caldaia

8.2 Effetti sulla regolazione

La portata variabile in caldaia altera i rapporti di pressione tra i due collettori influenzando le regolazioni con conseguenze negative sulle singole valvole.

Per questo motivo quando la pompa del circuito (a) comandata a 2 posizioni (marcia/arresto), in particolare se di notevole portata, le regolazioni delle altre zone possono diventare instabili per il verificarsi di circolazioni errate.

8.3 Collettori in pressione con pompa primaria, figura 27

Generalità

I collettori di distribuzione in pressione sono necessari quando sono distanti dai generatori (caldaie) oppure non esistono i presupposti per contenere la perdita di carico, come indicato nel paragrafo 8.1.

L'impianto deve essere completo della pompa primaria M4.

Impiego

- ai collettori possono essere collegate utenze diverse da quelle del riscaldamento, come batterie del caldo di impianti ad aria, boiler ad accumulo di acqua calda sanitaria, ecc.

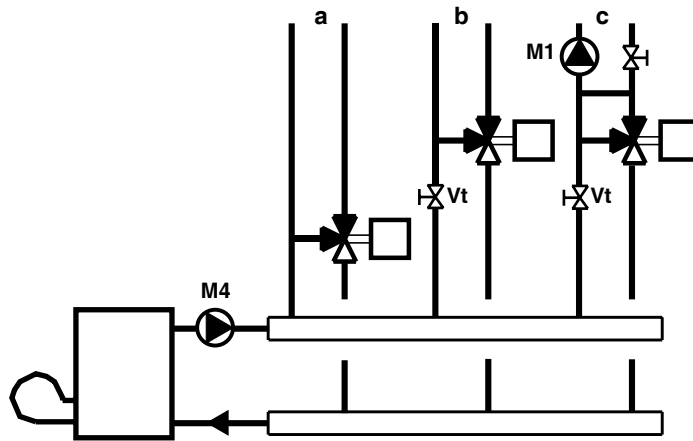


Fig. 27 Collettori in pressione con pompa primaria

- a) boiler per l'acqua sanitaria (solo se la portata è irrisoria rispetto a quella della pompa M4)
- b) circuito per batterie di condizionamento e termoventilatori
- c) circuito per impianto a pannelli e/o a radiatori (ad iniezione)

Caratteristiche del circuito

- la portata del circuito di caldaia è costante, indipendente dalle posizioni che assumono le valvole di regolazione dei circuiti collegati ai collettori (mandata e ritorno delle portate dalle singole zone)
- la pompa primaria (M4) è dimensionata per la portata totale (somma di tutte le singole utenze) e deve garantire la circolazione dell'acqua oltre che nei due collettori anche dei circuiti secondari (utenze) con valvole in miscela sul ritorno. Questo significa che la prevalenza della pompa primaria è definita dal circuito con la più elevata perdita di carico nella figura è il circuito (a).
- di conseguenza la prevalenza, ai punti di raccordo al collettore di mandata degli altri circuiti secondari è superiore a quella necessaria.
- Per evitare che in questi circuiti circoli una portata superiore a quella prevista è necessario inserire sulla mandata di ciascun circuito una valvola di taratura o di regolazione della pressione (Vt).
- i circuiti ad iniezione (c) devono prevedere una pompa per il ramo secondario (M1)
- la temperatura di ritorno in caldaia, tranne che all'avviamento degli impianti dopo un arresto prolungato (esempio notturno), è relativamente elevata.

Non adatto

Circuiti secondari di utenze con valvole di regolazione in miscela **non si possono** usare

8.4 Collettori senza pressione con pompa primaria, figura 28

Generalità

La pompa primaria (M4), come nel caso dei collettori in pressione, assicura la circolazione nel primario.
 La particolarità costruttiva del circuito è costituita dal by-pass di collegamento tra i due collettori (Vt) nel quale circola la portata non utilizzata, ai carichi ridotti, dai circuiti secondari.
 Il by-pass è dimensionato per la portata totale con una perdita di carico $\leq 0,5$ kPa in modo che la differenza di pressione tra i due collettori sia trascurabile quindi il circuito di caldaia è praticamente a portata costante e indipendente dalle variazioni di carico dei secondari.
 I circuiti secondari devono avere una propria pompa dimensionata per la portata dell'utenza e per la relativa perdita di carico compresa quella della valvola di regolazione.

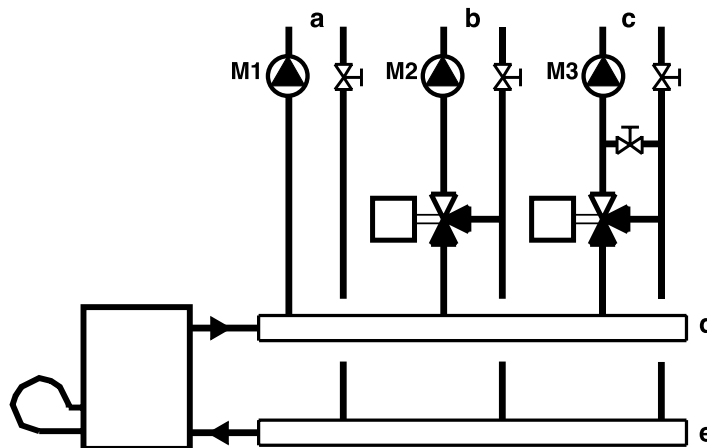


Fig. 28 Collettori senza pressione con pompa primaria

- a) batterie di impianti ad aria e/o scambiatori
- b) circuito di riscaldamento
- c) mandata verso altri collettori senza pressione

Impiego

Nessun limite di impiego, particolarmente indicato quindi per grandi impianti con diversi circuiti secondari.

Circuiti in funzione per sia in inverno che in estate (batterie di postriscaldamento, boiler dell'acqua sanitaria, piscine ecc.) devono essere inseriti a monte del by-pass, in modo di evitare una circolazione di acqua calda in tutto il collettore di mandata.

Caratteristiche del circuito

- ciascun circuito secondario deve avere una pompa
- la pompa primaria deve avere una portata maggiorata del 10% di quella totale di progetto (somma di tutti i circuiti secondari, valvole di regolazione aperte).
- portata del circuito caldaia praticamente costante
- trafilamento a valvole chiuse inesistente quindi si possono usare per i circuiti di riscaldamento (climatici) valvole a settore
- nessun pericolo che le regolazioni dei circuiti secondari si influenzino reciprocamente.
- con i circuiti secondari in miscela non è necessario equilibrarli con le valvole di taratura (Vt)

9. SOVRADIMENSIONAMENTO degli IMPIANTI

Negli impianti sovradimensionati l'acqua circola, nei componenti dell'impianto (radiatori e simili, batterie, scambiatori), troppo velocemente non concedendo tempo sufficiente a cedere calore.

Come conseguenza la differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno è inferiore, a carico massimo, a quella di progetto, figurarsi ai carichi ridotti.

Impianti di riscaldamento con valvole miscelatrici e batterie di impianti ad aria con differenza di temperatura di 5/6 °C a valvola aperta, carico massimo sono fonti di difficoltà per il sistema di regolazione.

Motivo :

La valvola di regolazione rende disponibile la massima potenza termica prima di essere completamente aperta, cioè la valvola lavora in un campo limitato e di conseguenza ogni minimo comando, specialmente alle minime richieste, modifica eccessivamente la portata e ciò è causa di instabilità del valore voluto della grandezza regolata.

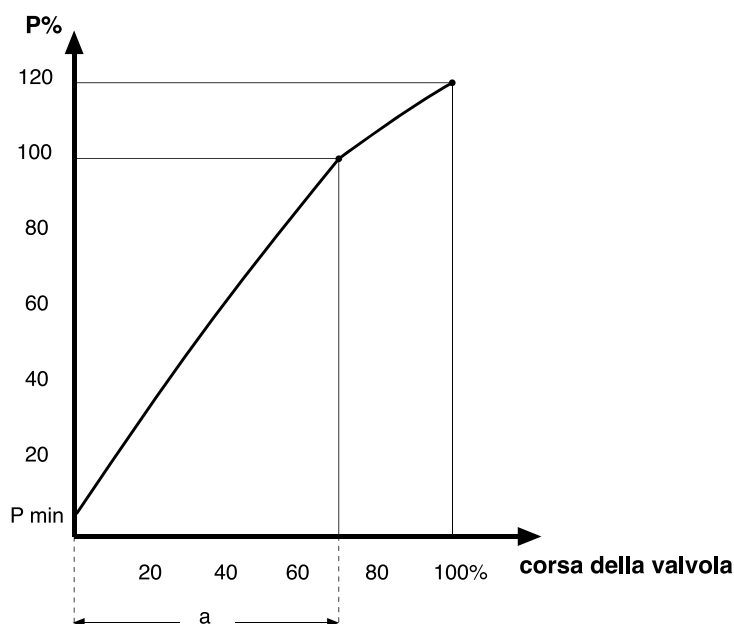


Fig. 29 Comportamento di un impianto sovradimensionato

- a = potenza nominale dell'impianto corrisponde al 70% della corsa
- P = potenza resa
- P min. = minima potenza non regolabile

9.1 Considerazioni sul sovradimensionamento

La curva dell'impianto può essere rappresentata in un grafico sulla base della relazione fra la portata e la prevalenza

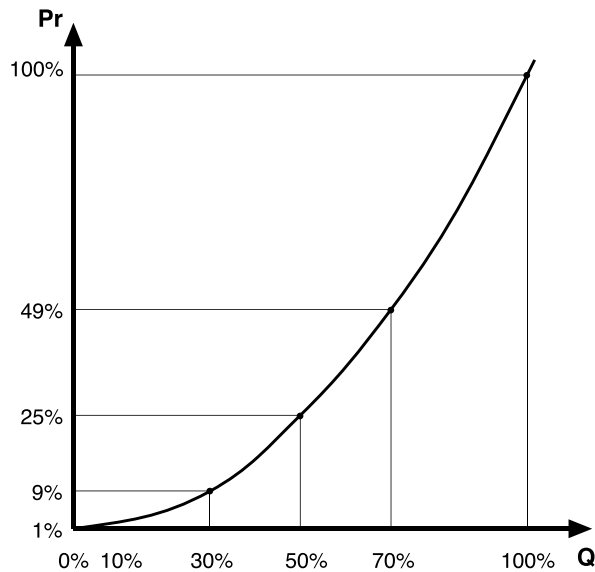


Fig. 30 Curva di un impianto di riscaldamento centralizzato

La portata del 70% ($\frac{7}{10}$) della totale si ottiene con il 49% della prevalenza della pompa,

il 50% ($\frac{5}{10}$), con il 25% di prevalenza

il 30% ($\frac{3}{10}$) con il 9% di prevalenza

Q = portata

Pr = prevalenza della pompa

La curva dell'impianto può essere più o meno accentuata, ripida per gli impianti con elevate perdite di carico e piccole portate viceversa

è piatta per gli impianti con grandi portate e ridotte perdite di carico.

In ogni caso è sempre una curva di 2° grado.

Il punto di funzionamento a rendimento ottimale della pompa con la portata e prevalenza di progetto deve venire a trovarsi nella zona centrale della sua curva di lavoro

Nelle altre posizioni il rendimento della pompa è inferiore quindi i costi di esercizio sono maggiori.

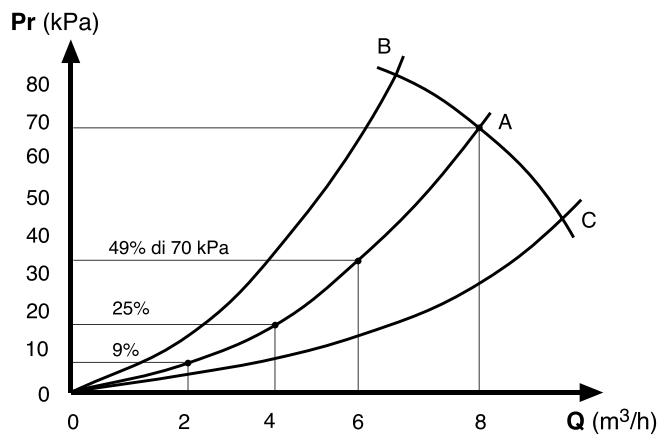


Fig. 31 Curva di un impianto di riscaldamento con :

Q = 8 m³/h portata di progetto

Pr = 70 kPa prevalenza di progetto

A = punto ottimale di funzionamento della pompa

B e C = punti a funzionamento della pompa con rendimento inferiore :

B = perdite di carico superiori a quelle di progetto (caso poco frequente)

C = perdite di carico minori di quelle di progetto

9.2 Individuazione della portata degli impianti esistenti

Metodo pratico :

Negli impianti in funzione da tempo è difficile conoscere i dati relativi alla portata e alla prevalenza, l'unica certezza che abbiamo è quella di una minima differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno che può essere la causa d'instabilità della nostra regolazione.

Procedura :

- caldaia e pompe in funzione e valvola chiusa (a mano), attendere che l'impianto si raffreddi in modo che la temperatura sia nettamente minore (20...30 °C) a quella della caldaia.
- individuare un punto di tubazione, non isolato, a valle della valvola miscelatrice possibilmente non vicinissimo alla valvola
- disporre di un orologio, meglio un cronometro
- posare la mano sul tratto di tubazione non isolata individuata in precedenza ed osservare l'orologio
- **fare aprire** manualmente e rapidamente la valvola miscelatrice
- leggere il tempo che passa dal momento dell'azionamento in apertura della valvola e quello in cui si avverte il repentino riscaldamento del tratto di tubazione dove abbiamo posato la mano.

Dalle relazioni :

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{ed} \quad Q = q \times v$$

dove :

- d = distanza, in metri, della valvola dal punto di tubazione della misura
- t = tempo in secondi (lettura dell'orologio)
- q = contenuto di acqua in 1 metro di tubazione
- v = velocità dell'acqua

Ricaviamo la portata dell'impianto con l'ausilio delle tabelle che indicano il contenuto di acqua per metro di tubazione in base al diametro

Per esempio in tubi filettati normali il contenuto è il seguente :

D	1/2"	3/4"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
l/m	0,20	0,37	1,02	1,38	2,21	3,70	5,14	8,72

D = diametro del tubo

l/m = contenuto di acqua in un metro di tubo

Esempio :

Noti : diametro del tubo = 3" (a cui corrisponde un contenuto di 5,14 l/m

distanza = 4 metri

tempo trascorso per avvertire con la mano "l'onda" calda = 7 secondi

$$V = \frac{4}{7} = 0,57 \text{ m/s} \quad \text{quindi} \quad Q = 0,57 \times 5,14 = 3 \text{ l/s circa} = \mathbf{10.800 \text{ l/h}}$$

10. REGOLAZIONE della MINIMA TEMPERATURA del RITORNO in CALDAIA

Prevenzione alla corrosione delle caldaie

Generalità

Come è noto nelle caldaie tradizionali con bruciatori a gasolio, quando la temperatura dell'acqua in caldaia è minore di 50 °C circa, si verifica la condensazione dei fumi della combustione sulle pareti con relativo fenomeno della corrosione e della fuoriuscita di un liquido... che proprio bianco non è.

Per ovviare a questo inconveniente si monta la cosiddetta pompa anticondensa (**M4** nella figura 32) sulla tubazione di by-pass tra l'uscita e il ritorno in caldaia.

La pompa aumenta la temperatura dell'acqua di ritorno in caldaia (proveniente dall'impianto) con una quota di quella calda in uscita dalla caldaia.

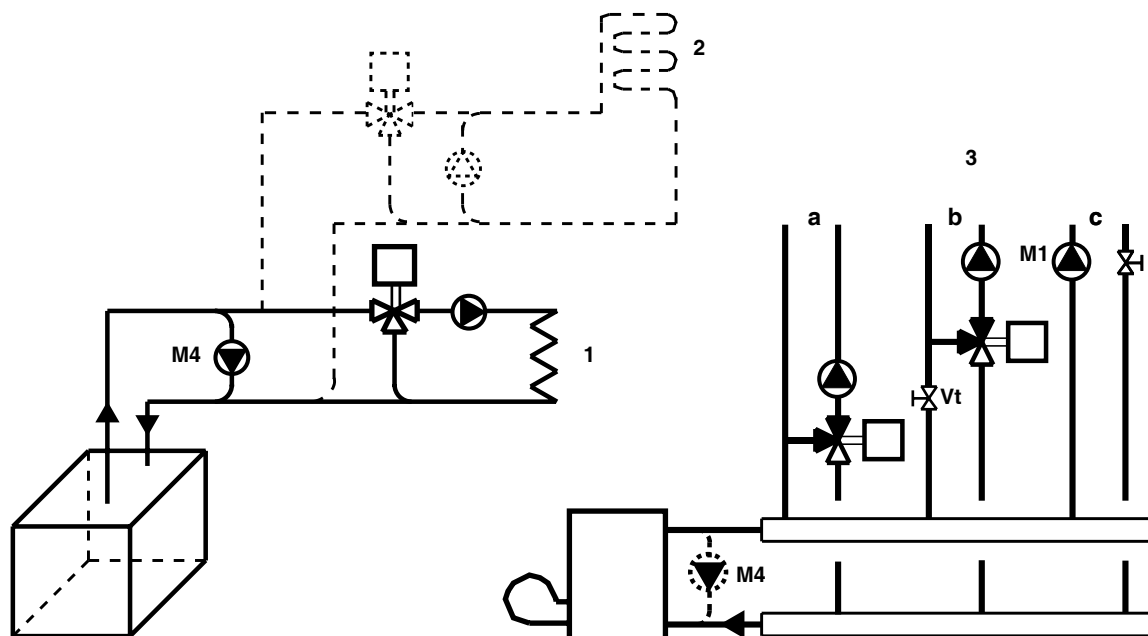


Fig. 32 Circuiti di riscaldamento
 1 = impianto a radiatori, convettori, ecc.
 2 = impianto a pannelli
 3 = collettore con più partenze

Esaminando il comportamento degli impianti di riscaldamento della fig. 32 si individuano le seguenti situazioni.

10.1 All'avviamento degli impianti dopo un arresto prolungato, esempio notturno

Ad ogni avviamento e per tutto il tempo della messa a regime dell'impianto, la/le valvole di regolazione dei circuiti delle utenze sono in completa apertura, di conseguenza il volume di acqua fredda che circola in caldaia corrisponde a quella di progetto.

La pompa **M4** non può aumentare la temperatura dell'acqua di ritorno, anche se il bruciatore funziona senza interruzioni, in quanto l'acqua in uscita dalla caldaia è a temperatura molto bassa.

Infatti considerando che la differenza di temperatura (Δt) di progetto degli impianti e quindi anche della caldaia è compresa tra 10...20 K (con prevalenza ai 10 K), perciò con un Δt di progetto di 10 K se l'acqua in ingresso alla caldaia è alla temperatura di 20 °C quella in uscita sarà di 30 °C

10.2 A seguito di improvvisi e consistenti variazioni del carico

dovuti dall'inserzione di una zona di impianto a funzionamento intermittente (zona "c" dell'impianto **3** della figura 32).

- per il periodo di tempo necessario alla messa a regime della zona di circuito la situazione può essere la medesima del precedente caso.

Anche in questa situazione la temperatura in caldaia diminuisce immediatamente e di conseguenza la pompa **M4** potrebbe non essere in grado di mantenere al valore voluto la temperatura dell'acqua di ritorno in caldaia.

In tutte e due le situazioni in mancanza di provvedimenti particolari tramite il sistema di regolazione tali da dosare opportunamente il volume di acqua fredda proveniente dall'impianto, vedere paragrafo **10.8**, non è possibile impedire che in caldaia si formi la condensa acida.

10.3 A regime stazionario, funzionamento con carichi ridotti

il comportamento è diverso a seconda del tipo di impianto :

- regolazione climatica con valvola di regolazione a 3 vie miscelatrice e caldaia a punto fisso (impianto **1** e **2**).
Ai carichi ridotti anche la temperatura di mandata ai corpi scaldanti è bassa.

Di conseguenza la valvola miscelatrice preleva una minima quota di acqua calda dalla caldaia e naturalmente si riduce quella fredda che ritorna in caldaia.

Al diminuire della portata in caldaia, anche senza la pompa **M4**, aumenta la possibilità, in seguito agli accorgimenti tecnici adottati dai costruttori delle caldaie (ritorno nella parete superiore, della caldaia), che l'acqua di ritorno dall'impianto miscelandosi con quella calda in caldaia si riscaldi prima di essere a contatto con le pareti lambite dai fumi.

Tuttavia la riduzione della portata in caldaia compromette il regolare funzionamento delle attuali caldaie pressurizzate, in quanto modifica le condizioni del circuito di caldaia (la perdita di carico varia col quadrato della portata) provoca un rapido aumento della temperatura non controllabile dai termostati di caldaia con arresto del bruciatore a temperatura superiore al valore voluto.

Con i bruciatori a due stadi o modulanti la situazione migliora ma rimane sempre la necessità di avere una certa circolazione in caldaia, comunque in ogni caso occorre la pompa **M4**.

- regolazione climatica con valvola di regolazione a 3 vie miscelatrice e caldaia a temperatura variabile in funzione di quella esterna.

Ai carichi ridotti in questo caso la quota di acqua che la valvola preleva dalla caldaia è nettamente superiore al caso precedente e quindi anche quella che ritorna in caldaia.

In queste condizioni è indispensabile che la temperatura variabile della caldaia venga limitata a 60 °C (limite di minima temperatura) e che sia presente la pompa **M4**.

10.4 Regolazione di collettori con circuito senza valvola di regolazione

(impianto "c" del circuito **3** della figura 32), la funzione di anticondensa può essere assunta dalla pompa **M1** poichè siano rispettate le seguenti condizioni :

– pompa del circuito "c" sempre in funzione, senza interruzioni, con caldaia in funzione

– portata valore indicativo di almeno dal 25...30% della totale dell'impianto (somma delle singole portate dei circuiti).

Se non si può rispettare quanto sopra si deve comunque installare la pompa **M4**

10.5 Impianti a pannelli

Negli impianti a pannelli la temperatura dell'acqua di ritorno in caldaia in qualunque situazione di funzionamento è sempre inferiore ai 50 °C.

Questo è un ulteriore motivo per adottare il circuito descritto al paragrafo **6.7**

10.6 Funzionamento a carico nullo

In mancanza di richiesta di calore da parte delle utenze la/le valvole di regolazione sono chiuse quindi, senza la pompa **M4**, non c'è circolazione di acqua in caldaia il che accentua l'irregolare funzionamento dei termostati di caldaia descritto al paragrafo **10.3**.

Conclusioni

Per quanto esposto la questione della temperatura minima di ritorno in caldaia va considerata unitamente a quella di assicurare nella caldaia una portata non inferiore ad un determinato valore.

Per questi motivi più che pompa anticondensa è una pompa, **indispensabile**, di ricircolo in caldaia.

Valori indicativi della portata : circa il 30% di quella totale dell'impianto.

10.7 Calcolo della portata e prevalenza della pompa di caldaia (M4)

Al dimensionamento della pompa **M4** (di ricircolo in caldaia) il progettista dell'impianto dedica una particolare attenzione in quanto :

- se la pompa **M4** è insufficiente, il bruciatore effettuerà, degli arresti inopportuni che prolungano il tempo di messa a regime.

viceversa

- se la pompa **M4** è sovradimensionata provoca una eccessiva supplementare circolazione ad impianto a regime (paragrafi **10.3** e **10.6**), con il rischio di un aumento anomalo della perdita di carico nel ramo di circuito di caldaia.

Valori indicativi si ricavano dalle relazioni :

$$Q_a = \frac{Q_t}{t_c - t_{an}} \quad \text{ed} \quad H_{an} = \Delta p_c \left(\frac{Q_a}{Q_1} \right)^2$$

1) a questo valore si devono aggiungere le perdite continue ed accidentali del ramo di tubazione della pompa di ricircolo

Legenda :

Q_a = portata della pompa di ricircolo (**M4**)

Q_1 = portata di progetto dell'impianto

Q_t = potenza della caldaia in Kcal o energia in Kcal/h

t_c = temperatura voluta di funzionamento della caldaia

t_{an} = temperatura voluta di anticondensa

H_{an} = prevalenza della pompa di ricircolo (**M4**)

Δp_c = perdita di carico del circuito di caldaia

10.8 Accorgimenti da adattare per il controllo della minima temperatura del ritorno

10.8. 1 Limite modulante di minima temperatura del ritorno

Il modo più semplice e poco costoso di controllare, in tutte le condizioni di funzionamento dell'impianto è quello di sfruttare l'opportunità della funzione anticondensa, integrata nei regolatori, usando una sonda di minima temperatura del ritorno.

Il regolatore climatico completo della sonda del ritorno, montata sulla tubazione di ritorno in caldaia, per temperatura in diminuzione rispetto al valore voluto (50...55 °C) modula opportunamente in chiusura la/le valvole dei circuiti di riscaldamento.

Con il comando in parziale chiusura delle valvole, diminuisce la portata di acqua che ritorna in caldaia, permettendo alla pompa di ricircolo di mantenere (o ristabilire) la temperatura.

Analogamente all'avviamento, dopo un arresto notturno, la sonda di minima :

- mantiene, o comanda in chiusura, la/le valvole del riscaldamento in modo che in caldaia ritorna l'acqua in uscita dalla stessa.
- quando la temperatura si attesta al valore voluto di minima del ritorno, le valvole dei circuiti di riscaldamento iniziano progressivamente ad aprire graduando nel tempo la quantità di acqua fredda che ritorna in caldaia.

Questa modalità di funzionamento permette di mantenere, per tutto il tempo della messa a regime dell'impianto, la temperatura di ritorno in caldaia al valore voluto.

In altre parole ogni volta, sia all'avviamento che durante il funzionamento a regime degli impianti, che la temperatura di ritorno in caldaia diminuisce rispetto al voluto (50...55 °C) il/i regolatori considerano come valore voluto di funzionamento quella della sonda di minima, invece di quello della curva climatica.

Con l'impiego della sonda di minima è assicurato in tutti che le situazioni, messa a regime all'avviamento, ai carichi ridotti o nulli, la temperatura di ritorno al valore voluto, senza apprezzabili scostamenti.

Nota : il limite modulante mantiene costante la temperatura di ritorno in caldaia **senza** aumentare il tempo della messa a regime.

10.8. 2 Limite di minima temperatura a due posizioni

L'impiego di un termostato a due posizioni per il controllo della minima temperatura del ritorno è una soluzione inaffidabile ... se non dannosa.

Il termostato :

- avvia la pompa di ricircolo **M4** quando la temperatura è diminuita del suo differenziale rispetto al valore voluto viceversa
- arresta la pompa quando viene ristabilito il valore voluto della temperatura.

Tipologia di funzionamento che non rispetta :

- la condizione di mantenere sempre una circolazione in caldaia
- la temperatura voluta durante la messa a regime e ai carichi ridotti o nulli
- la precisione del valore voluto di temperatura, nella più favorevole condizione oscillerà del valore del differenziale del termostato.

10.9 Ubicazione della sonda di minima temperatura del ritorno

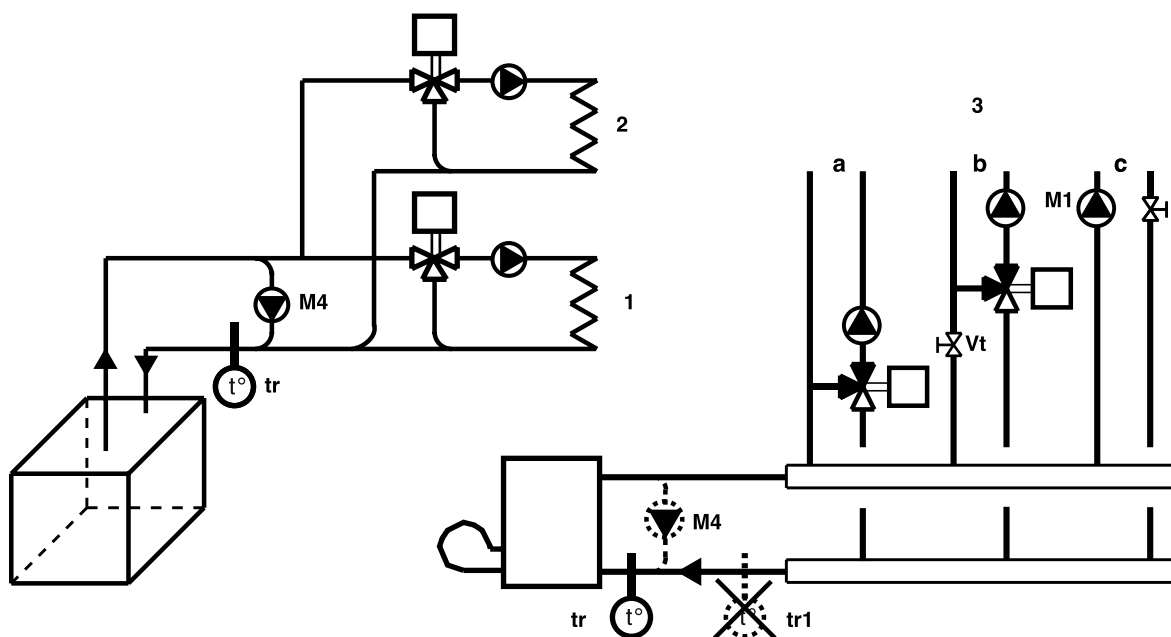


Fig. 33 Circuiti di riscaldamento

Legenda :

- M4 = pompa di ricircolo
- tr = sonda di minima anticondensa
- tr1 = montaggio errato della sonda anticondensa
- 1 e 2 = circuiti a radiatori
- 3 = collettore con più partenze

La sonda di minima deve sempre essere montata sul tratto di tubazione fra l'innesto del ramo della pompa di ricircolo e quello di ritorno in caldaia, vedere fig. 33.

In questa posizione la sonda :

– misura sempre la temperatura della miscela dell'acqua in uscita dalla caldaia con quella che ritorna dagli impianti
viceversa

– errata la posizione della sonda "tr1" tratteggiata nella figura 33

motivo

misura solo la temperatura del ritorno dagli impianti, che anche se inferiore a quella voluta può essere ristabilita dalla quota di acqua proveniente dalla caldaia, tramite la pompa di ricircolo **M4**.

In definitiva può agire modulando in chiusura la/le valvole degli impianti anche quando non è necessario

10.9. 1 Controllo del ritorno di più circuiti su collettore

In presenza di più circuiti di utenze, non è indispensabile che la sonda di anticondensa agisca contemporaneamente su tutti i regolatori dei circuiti collettore di distribuzione.

In molte situazioni basta intervenire su alcuni per ottenere il controllo della temperatura del ritorno in caldaia senza "penalizzare" tutte le utenze.

In particolare si deve evitare che la sonda di minima del ritorno in caldaia per diminuzione di temperatura agisca :

- sulla preparazione dell'acqua calda sanitaria (boiler) impianto "c" della figura 33
- sulle regolazioni delle batterie del preriscaldamento (pericolo di gelo)
- sulla regolazione dell'acqua calda di impianti a fan-coil

10.9. 2 Controllo del ritorno di circuiti ad aria

In queste applicazioni è opportuno ad ogni avviamento degli impianti bloccare il funzionamento dei ventilatori durante la fase di messa a regime.

Nota : nel funzionamento a regime con valvole a 3 vie in deviazione la temperatura del ritorno è praticamente sempre elevata

10.9. 3 Circuito con impianto a pannelli e boiler

In questa applicazione se è richiesta la precedenza alla preparazione dell'acqua calda sanitaria con il circuito senza sonda anticondensa e con l'impianto a pannelli non realizzato come descritto al paragrafo **6.7** a pagina 21

Al termine del periodo del blocco del riscaldamento (precedenza del boiler) la temperatura della mandata ai pannelli può subire un consistente aumento, seguito da oscillazioni, dovute all'eccessivo comando in apertura della valvola.

Questo inconveniente non si verifica :

adottando il circuito descritto al paragrafo **6.7** a pagina 21

e

prevedendo la sonda di minima temperatura del ritorno (anticondensa)