

1. Introduzione

1.1. Contenuto del manuale

Quest'opera illustra i dispositivi e le tecnologie usate per la gestione dell'energia negli edifici.

L'energia negli edifici

L'assicurazione del confort termico degli occupanti di un edificio è principalmente svolta da una distribuzione di energia sotto forma di riscaldamento, acqua calda sanitaria, ventilazione o condizionamento dell'aria.

Inoltre altri usi dell'energia come l'illuminazione, altri servizi come la sicurezza, nonché la fornitura di fluidi vari possono essere gestiti dagli stessi sistemi automatici la cui funzione principale è l'elaborazione centralizzata dei dati.

Gestire l'energia

IL MIGLIOR SERVIZIO AL MINOR COSTO

Ecco l'obiettivo della gestione tecnica. In effetti si tratta di gestire mettendo in essere gli automatismi che assicurino un soddisfacente livello di confort minimizzando nel contempo il dispendio d'energia. Questo è l'obiettivo della regolazione che consiste nell'azionare un dispositivo per mantenere una grandezza regolata ad un valore fissato. Tuttavia questa sola funzione della regolazione diviene limitata una volta vengano prese in considerazione le funzioni espletabili dai dispositivi automatici offerti sul mercato.

Citiamo a titolo di esempio:

- Il comando ottimizzato di due generatori che usino energie con costi differenti.
- Considerazione delle tariffe differenziate della corrente elettrica.
- Inserimento intermittente del riscaldamento secondo programmi complessi che si adattino automaticamente al comportamento dell'impianto e dell'edificio.

Questi esempi sono assai rappresentativi, ma ne possiamo anche citare altri: *dal più semplice: il termostato ambiente munito di un orologio programmato.*

Le sue funzioni gestionali potrebbero apparire banali, tuttavia le sue caratteristiche d'uso permettono all'utente di gestire effettivamente l'erogazione di energia.

Al più complicato: il sistema di gestione centralizzato, che permette una gestione affidabile che esula dal solo aspetto energetico poiché può anche prendersi cura di gestire la vita di tutte le apparecchiature dell'edificio per quanto riguarda manutenzione, riparazione e sostituzione evitando i compiti più noiosi al personale tecnico. Queste funzioni permettono anche di assicurare le migliori condizioni di gestione amministrative e finanziarie del patrimonio immobiliare.

Le energie considerate

Si tratta dei combustibili più comuni: gas o olio combustibile usati per alimentare gli impianti di riscaldamento ad acqua calda. In questo manuale viene data all'elettricità l'importanza a cui essa ha diritto: si tratta infatti di un'energia sempre più utilizzata per l'ottenimento del confort e che rende giustificabili dispositivi automatici che adattino il consumo alle variazioni tariffarie, siano esse orarie o stagionali. Sono anche considerate altre fonti energetiche come il legno ed il solare. Non abbiamo tuttavia preso in considerazione né la gestione degli impianti geotermici né la gestione di grandi caldaie a combustibile fluido, a carbone o a rifiuti urbani poiché si tratta di sistemi che, pur mettendo in gioco componenti qui considerati, interessano solo ad un limitatissimo numero di progettisti e di utenti.

Gli edifici considerati

Un altro modo di approfondire il tema trattato è la considerazione della tipologia edilizia: sia delle abitazioni monofamiliari, sia degli edifici plurifamiliari, sia degli edifici per il terziario... e di tutte le loro differenti caratteristiche. Questo è il criterio usato nei capitoli che trattano dei sistemi.

Le due parti del manuale

I PRIMI QUATTRO CAPITOLI illustrano i principi fondamentali:

- enunciati, definizioni,
- termotecnica, idraulica,
- principi, teorie,
- metrologia, comunicazioni, trattamento delle informazioni.

I CAPITOLI SUCCESSIVI illustrano i componenti degli automatismi ed i sistemi che li raggruppano, divisi in funzione delle loro applicazioni principali:

- riscaldamento ad acqua calda,
- riscaldamento elettrico,
- acqua calda sanitaria,
- trattamento dell'aria,
- sistemi di gestione centralizzata; parte questa naturalmente applicabile a tutti i tipi di installazione che giustifichino una centralizzazione.

Ognuno di questi argomenti è presentato da due punti di vista:

Componenti e sistemi

I COMPONENTI: apparecchi che possono essere selezionati ed installati individualmente. I loro aspetti intrinseci, funzionali e tecnologici, sono descritti assieme, eventualmente, ai loro criteri di scelta.

I SISTEMI: sono assiemi composti. Sono descritte soluzioni per le differenti tipologie edilizie. Le soluzioni, talvolta tipiche, giustificano le regole di scelta, di installazione e d'uso.

1.2. Uso del manuale

Diamo ora alcune indicazioni per guidarvi nella lettura dei capitoli in funzione delle vostre aree di maggior interesse. Vi consigliamo vivamente di proseguire la lettura di questo primo capitolo che spiega le funzioni di base e la terminologia usata di seguito.

Gestione delle installazioni individuali di riscaldamento ad acqua calda nelle abitazioni monofamiliari

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
5	132	I componenti per il riscaldamento	Termostati ad inserzione, valvole a 3 e 4 vie e loro servomotori, i regolatori, i programmatori, le valvole termostatiche.
6.1	191	I sistemi di riscaldamento	Caldaie classiche ad olio o gas, pompe di calore, legno.
6.2	201	Il computo dell'energia	
6.3	228	Domotronica	
9	266	I componenti e gli impianti di produzione d'acqua calda sanitaria	La produzione con olio, gas ed energia solare.

I capitoli 2 e 3 danno utili informazioni per un'analisi più approfondita dell'argomento.

Gestione delle installazioni centralizzate di riscaldamento adf acqua calda negli edifici multifamiliari

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
2.3. e 2.4.	38 e 52	La descrizione di alcuni principi di idraulica e di termotecnica	Il comportamento delle valvole e la termodinamica degli edifici
3.2. e 3.3.	84 e 89	I principi della regolazione e della programmazione	La regolazione in circuito aperto
4.1. e 4.2.	98 e 100	Le misure	I sensori di temperatura
5	132	I componenti per il riscaldamento	Le valvole: il loro dimensionamento e la loro installazione, i regolatori in funzione delle condizioni esterne, le valvole termostatiche
6.2.	201	I sistemi di riscaldamento	Caldaie ad olio o a gas, caldaie a condensazione, le sequenze di caldaie, le pompe di calore, le sottostazioni
6.3	228	Il computo dell'energia. Domotronica ed elettronica applicata agli edifici	Contatori e ripartitori d'energia
9	266	I componenti ed i sistemi per la produzione di acqua calda sanitaria	
12	325	La telegestione	

Ovviamente alcune soluzioni descritte nei paragrafi che trattano le installazioni individuali sono applicabili a piè pari alle installazioni centralizzate. Si noti come il capitolo 4 presenti anche informazioni utili per la lettura del capitolo 12: telegestione e gestione centralizzata.

Gestione delle installazioni individuali di riscaldamento elettrico negli edifici unifamiliari

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
6.1.3	198	I sistemi bienergetici: ad olio combustibile ed energia elettrica	
7	234	I componenti per il riscaldamento elettrico	I termostati, i regolatori, i programmatori d'intermittenza
8.1	252	I sistemi di riscaldamento in uso	Diretto ed ad accumulo
9	266	I componenti e gli impianti per produzione d'acqua sanitaria.	La produzione per accumulo
11.2.1.	303	I sistemi di riscaldamento ad aria	Un esempio di soluzione

I capitoli che trattano il riscaldamento ad acqua calda possono essere interessanti anche per quanto riguarda le caldaie elettriche.

I capitoli 2 ed anche 3.1. e 3.2. forniscono informazioni utili per un'analisi più dettagliata.

Gestione delle installazioni centralizzate di riscaldamento elettrico negli uffici multifamiliari

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
7	234	I componenti per il riscaldamento	
8.2.	256	I sistemi di riscaldamento	I sistemi diretti e misti.
8.3	261	La domotronica e l'elettronica applicata agli edifici	
6.2.2	206	La conduzione delle pompe di calore	
9	266	I componenti e gli impianti di produzione d'acqua calda sanitaria	

Gestione delle installazioni per il terziario

Per gli edifici d'uso non diversificato nel terziario quali:

- alberghi
 - palazzi uffici
 - scuole
- e tante altre tipologie d'uso.

Le soluzioni per una corretta gestione dell'energia sono affini a quelle adottate per gli edifici multifamiliari.

Sia che si tratti di impianti ad acqua calda che di impianti di riscaldamento elettrici è possibile far riferimento alle due precedenti tabelle. Ad esse si dovranno solamente aggiungere le parti che trattano di programmazione e di limitazione di assorbimento, funzioni queste spessissimo necessarie per edifici ad uso discontinuo.

Gestione delle installazioni per il terziario per gli edifici d'uso non diversificato nel terziario

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
1	2	Le funzioni basilari	La programmazione dell'intermittenza, la limitazione e l'ottimizzazione dei consumi
2	27	I principi	Il comportamento statico e dinamico delle apparecchiature e degli edifici, le valvole e le reti di distribuzione idraulica
5	132	I componenti per il riscaldamento ad acqua calda	I regolatori, le valvole, i programmatori d'intermittenza
6.2.	201	I sistemi di riscaldamento ad acqua calda	
7	234	I componenti per il riscaldamento elettrico	I termostati ad orologio, i programmatori d'intermittenza, i limitatori di assorbimento
8.2	256	I sistemi di riscaldamento elettrico	I sistemi per gli edifici del terziario
12	325	La gestione centralizzata	

Una gestione centralizzata è giustificata in parecchi casi di edifici per il terziario. Il capitolo 4 fornisce informazioni utili per la comprensione del capitolo 12 che tratta appunto quell'argomento.

Gestione delle installazioni di trattamento dell'aria

Si tratta principalmente di edifici per il terziario, eccezione fatta per impianti di riscaldamento ad aria calda per edifici unifamiliari.

Capitolo	Pagina	Troverete	Nel dettaglio
2	27	Principi di idraulica e di termotecnica utili allo studio degli impianti	Il comportamento degli scambiatori, delle valvole e dei circuiti di distribuzione.
4.1. e 4.2.	98 e 100	Le misure ed i sensori	I sensori di temperatura, di umidità e di pressione.
10	278	I componenti per la gestione delle apparecchiature e dei sistemi	Le sonde, le serrande, ed i regolatori omnivalenti.
11	295	Gli impianti centralizzati per la ventilazione ed il condizionamento dell'aria. I ventilconvettori, gli induttori e le cassette a portata variabile (VAV)	Le apparecchiature: le batterie, gli umidificatori ed alcuni esempi d'automazione.
12	325	Gestione Tecnica degli Edifici unità locale, postazione centrale, logiche	

Ovviamente gli impianti di trattamento dell'aria incorporano apparecchiature idrauliche ed elettriche che sono descritte in altri capitoli di questo manuale.

Le installazioni energetiche intese negli edifici per i settori terziario ed industriale

In questi casi bisogna gestire il riscaldamento, il condizionamento d'aria, la ventilazione ed i vari usi dell'elettricità.

Per poterlo fare siete invitati a leggervi tutto questo manuale.

1.3. Le tecniche degli automatismi

Si definisce automatismo un dispositivo che realizza, senza intervento umano, una qualunque azione su un qualunque dispositivo. Per le applicazioni di nostro interesse l'obiettivo che ci si prefigge è di assicurare il confort e di minimizzare il consumo di energia.

Dal termostato che comanda un bruciatore di caldaia al sistema di gestione tecnica centralizzata (GTC), gli automatismi si possono dividere in categorie in funzione della tecnologia in essi impiegata:

- elettromeccanica
- pneumatica ed idraulica
- elettronica
- informatica

La scelta tra le differenti tecnologie deve essere effettuata diligentemente in funzione del grado di automatismo necessario, del costo ed anche dal comportamento dinamico degli apparecchi con i quali il controllo deve interagire.

Mediante l'impiego di appositi convertitori è possibile usare nello stesso sistema automatismi con differenti tecnologie.

1.3.1. Elettromeccanica

Si tratta di solito di regolatori o di organi di sicurezza che convertono una grandezza fisica in uno spostamento meccanico azionante un contatto o un relè di bilanciamento elettromagnetico che a sua volta agisce sull'organo di sicurezza o di controllo.

Questi apparecchi si integrano in una catena di controllo composta dal sensore, dall'organo che sorveglia la taratura della grandezza controllata e dal regolatore che aziona l'organo di controllo. Un orologio programmatore può integrare il sistema.

Questi apparecchi possono espletare una sola funzione, sono adatti a semplici configurazioni ed è possibile farli agire in combinazione con altri apparecchi; è inoltre possibile utilizzare segnali multipli di misura o di taratura.

1.3.2. Pneumatica e idraulica

La tecnologia pneumatica offre l'indubbio vantaggio di potere offrire servomotori semplici, con azione rapida e di costo ragionevole. Gli apparecchi disponibili (sonde o sensori, regolatori e servomotori) permettono di costituire "catene" adattabili alle differenti problematiche di regolazione o di sicurezza che presentano le installazioni di climatizzazione. Utilizzano segnali di pressione standardizzati su un campo da 0,2 a 1 bar.

Nella pneumatica applicata ai controlli vengono usati due principi:

- sistemi a sfiato continuo

– sistemi senza sfiato

La regolazione a tecnologia idraulica (acqua oppure olio) è principalmente usata per l'azionamento di valvole o di organi meccanici che richiedano una considerevole potenza.

La tecnologia pneumatica è sovente in concorrenza con la tecnologia elettronica nell'automatizzazione degli impianti industriali, degli impianti di condizionamento di edifici per il terziario e nelle grandi applicazioni di riscaldamento centralizzato.

Oltre ai vantaggi già illustrati essa offre una sicurezza intrinseca per le applicazioni antideflagranti (gli apparecchi a tecnologia elettrica oppure elettronica debbono essere in questi casi realizzati in costose esecuzioni antideflagranti). Il maggiore inconveniente è la necessità di dovere disporre di aria compressa disidratata e deoleata.

Sovente è giustificabile un "matrimonio" tra apparecchi pneumatici ed apparecchi elettronici od informatici.

A questo scopo sono disponibili sul mercato convertitori che permettono, per esempio, di allacciare una catena di regolazione pneumatica con un sistema informatico di gestione centralizzata.

1.3.3. Elettronica

La tecnologia elettronica, analogica oppure digitale permette di espletare qualunque funzione, sia essa di monitoraggio, regolazione di taratura, di classificazione, di calcolo, di programmazione, di comando o di trasmissione a distanza.

Si possono agevolmente costituire catene di strumenti in virtù della standardizzazione dei segnali usati. Esse possono essere adattate a tutte le situazioni che si possono trovare nel campo della climatizzazione, dalle più semplici alle più complesse.

Sempre più di frequente vengono impiegati microprocessori nella costruzione degli apparecchi elettronici; il loro programma, inserito durante la fabbricazione, permette l'espletamento di ulteriori funzioni quali dialogo uomo-macchina più facilitato, calcoli complessi e trasmissione di dati numerici a distanza. La trasmissione dei dati numerici a sua volta permette di centralizzare la raccolta dei dati, le misure, i comandi ed i controlli: in altre parole permette di effettuare una gestione tecnica centralizzata anche a distanza, cioè una telegestione.

1.3.4. Informatica

L'informatica è sempre più utilizzata tramite apparecchi a logica adattabile alle funzioni da espletare.

Citiamo:

– Gli apparecchi programmabili per realizzare sistemi automatici locali in centrali o sottostazioni termiche.

La loro logica può essere elaborata per mezzo di un linguaggio usabile da un comune tecnico della regolazione.

- I micro o mini elaboratori per la gestione tecnica centralizzata o per la telegestione che ricevono una logica specifica in funzione dell'applicazione. Tale logica viene costruita a partire da una biblioteca di "moduli" o schede elettroniche scelti e parametrati secondo le necessità dell'installazione.

Le funzioni applicabili alle apparecchiature energetiche degli edifici sono molteplici:

- Tutte quelle realizzabili localmente anche sostituendo altri tipi di controlli.
- La centralizzazione delle informazioni o dei comandi per una semplificazione dei compiti svolti da operatori umani.
- La memorizzazione delle informazioni, una chiara presentazione dei bilanci energetici e del funzionamento delle apparecchiature per una migliore padronanza dei consumi ed un'ottimale manutenzione dei componenti dell'impianto.
- Le più disparate esigenze di sicurezza, quale ad esempio la segnalazione di eventuali guasti delle apparecchiature.

L'uso di un sistema informatico centralizzato è sovente esteso ad altre utenze quali:

- Ascensori.
- Sicurezza: controllo degli ingressi e controllo dei dintorni.

Questa lista non è evidentemente da interpretarsi in senso restrittivo: si possono infatti espletare altre funzioni tipiche per le più disparate applicazioni (ad esempio alberghi, ospedali, etc.)

1.4. Le principali funzioni per gestire l'energia

Gli automatismi più avanti descritti in questo manuale realizzano *FUNZIONI* che consistono nello svolgimento di un'azione sulle apparecchiature tecnologiche. Le funzioni possono essere classificate in cinque diverse categorie:

Regolazione:

mantenere la grandezza regolata ad un valore prefissato.

Programmazione:

modificare in funzione del tempo il livello di regolazione di una grandezza.

Ottimizzazione:

prendere decisioni, in funzione di più grandezze o limiti, allo scopo di assicurare costi minori.

Limitazione:

arrestare un'apparecchiatura nel momento in cui il suo funzionamento implicherebbe degli extracosti gestionali.

Sicurezza:

agire in modo da evitare rischi alle persone, ai beni o agli apparecchi.

1.4.1. La regolazione

Per assicurare l'espletamento di questa funzione sono possibili due differenti approcci:

a) Misurazione della grandezza controllata (ad esempio la temperatura ambiente di un locale) ed opportuna azione su una portata (di calore ad esempio) per mantenere la stessa grandezza controllata entro limiti prestabiliti.

Questo tipo di regolazione viene detta in *circuito chiuso* o *in funzione dell'interno* se essa controlla una temperatura ambiente. In questo caso si tiene anche conto delle *perturbazioni* sulla grandezza controllata (l'influenza delle condizioni meteorologiche o gli eventuali apporti di calore interni).

b) Misurazione della o delle *perturbazioni* ed azione in loro funzione. Questa regolazione viene detta in *circuito aperto* o *in funzione dell'esterno* se essa deve controllare le condizioni ambiente.

La regolazione in funzione dell'esterno è globale a livello di un edificio o di una delle sue zone. Essa stabilisce una *corrispondenza* ad esempio tra la temperatura esterna e la dissipazione di calore dell'edificio.

La regolazione in circuito chiuso è invece usata per mantenere costante una grandezza di una parte del sistema, ad esempio: una temperatura ambiente, una temperatura dell'acqua calda sanitaria o una temperatura dell'aria a valle di una batteria di scambio termico.

1.4.2. La regolazione degli ambienti

Per una regolazione della temperatura ambientale è possibile usare, in funzione dei rispettivi vantaggi, una delle seguenti due procedure:

– *Una regolazione di centrale* che agisca sulle apparecchiature di produzione di caldo o di freddo. Sovente questo tipo di regolazione è in funzione dell'esterno. Essa controlla la temperatura del vettore termico ad un livello minimo, ma tale da soddisfare il carico, per minimizzare le dissipazioni di calore da parte della rete di distribuzione. Limita anche, onde evitare inutili sprechi, la potenzialità messa a disposizione dell'utenza.

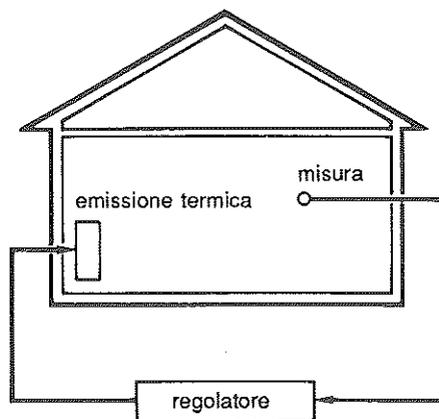
Usando questo regolatore in centrale termica, si pongono le regolazioni periferiche in condizioni di poter meglio svolgere il loro compito.

– *Regolazioni periferiche* sui terminali. In questo caso si può tenere conto degli apporti di calore "gratuiti" (persone, macchinari, insolazione, etc.) per ridurre la potenzialità erogata alle utenze. I dispositivi di regolazione periferica, a patto che siano equipaggiati con un dispositivo di controllo della temperatura desiderata, sono in grado di assicurare un controllo di temperatura per ogni locale in funzione dell'uso di questi ultimi.

Nel caso di regolazione di *impianti di riscaldamento misto*, cioè di quegli impianti dove vengono impiegati due differenti tipi di terminali (ad esempio pannelli radianti e convettori) la migliore soluzione sta nell'eseguire una regolazione "base + supporto".

La *base* (i pannelli radianti) assicura la maggiore parte dell'apporto termico ed è regolata in funzione dell'esterno.

A - regolazione in circuito chiuso o in funzione dell'interno



B - regolazione in circuito aperto o in funzione dell'esterno

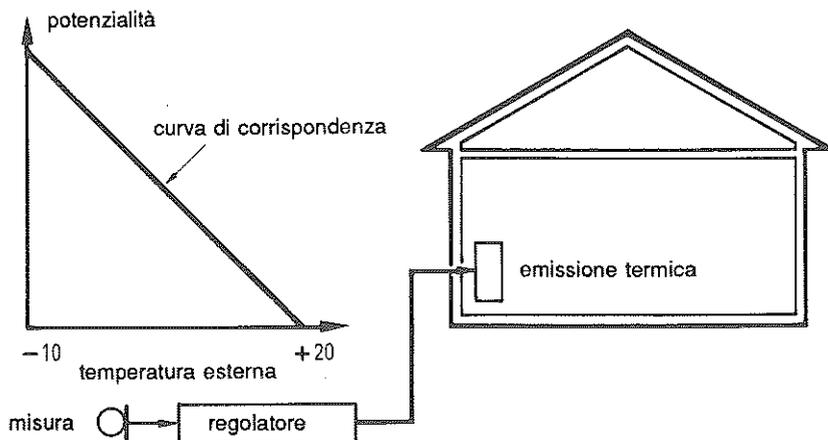


Fig. 1.1 - Per regolare un ambiente è possibile usare due differenti procedure.

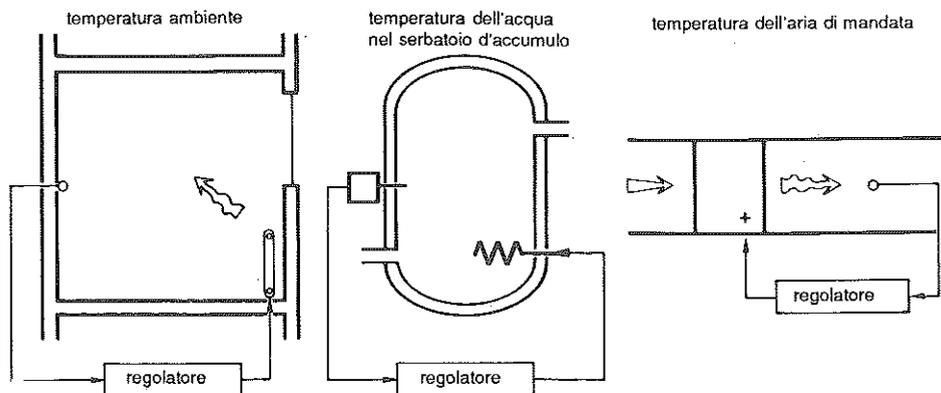


Fig. 1.2 - La regolazione in circuito chiuso è di uso comune. Essa tiene conto delle perturbazioni che influenzano la grandezza regolata.

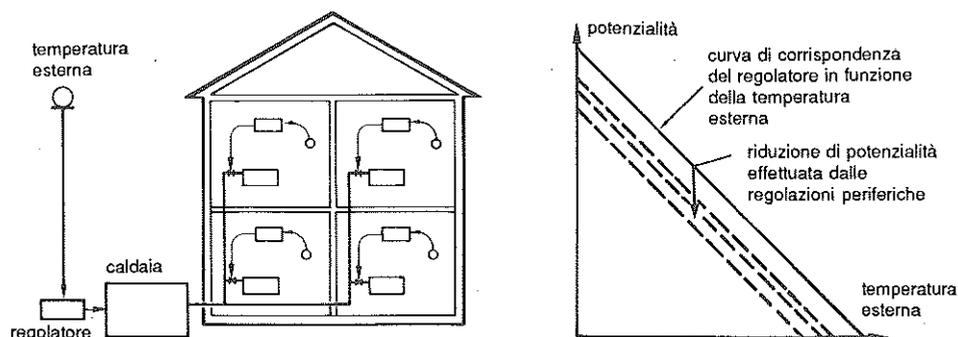


Fig. 1.3 - La soluzione più comune per un impianto di riscaldamento monoenergia dotato di una sola distribuzione consiste nel regolare in funzione dell'esterno la potenzialità fornita dalla caldaia e nel completare la regolazione per mezzo di organi ambientali, quali termostati o valvole termostatiche.

Il supporto è invece regolato in funzione dell'interno per mezzo di un termostato o di una valvola termostatica che agisce su ciascun terminale. Nel caso si considerino impianti *bienergetici* si tenga presente che di solito una delle due energie usate è a basso prezzo, se non del tutto gratuita, mentre l'altra è a caro prezzo. Bisogna quindi assicurare la priorità d'uso all'energia meno costosa usandola per il riscaldamento di base e far appello all'altra solo per abbattere le punte di carico. In questo caso si può parlare di una regolazione "base + picco". La frequenza delle temperature esterne durante una stagione porta di solito ad utilizzare la sorgente di base per la maggior parte del periodo nel quale è necessario usare il riscaldamento. Le soluzioni più particolari, dettate dai differenti tipi di energia a disposizione, saranno trattate oltre.

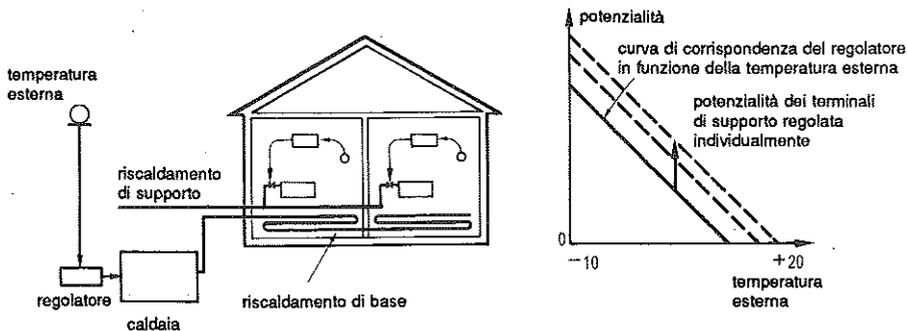


Fig. 1.4 - In un impianto misto base + supporto sono necessari due differenti tipi di regolazione.

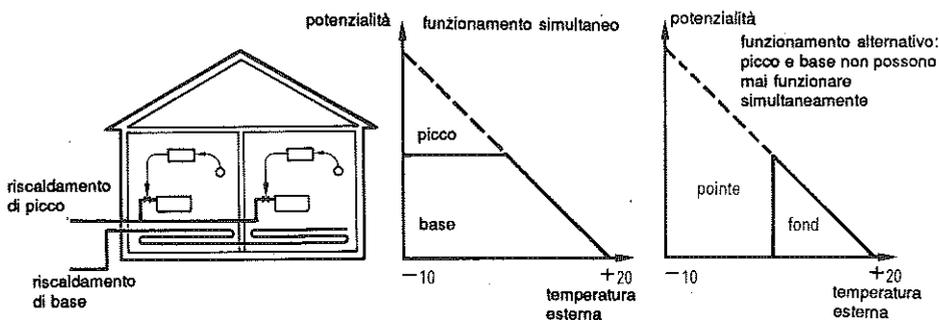


Fig. 1.5 - In un impianto misto base + picco bisogna dare la priorità ad una fonte d'energia (base) che non sarà sempre in grado di assicurare il soddisfacimento del carico. Le soluzioni esecutive sono diverse ed il riscaldamento di picco è sovente regolato in funzione dell'interno.

1.4.3. La programmazione

Programmare significa mettere in atto delle *intermittenze*, cioè:

- Accendere e spegnere le apparecchiature.
- Variare valori di taratura in funzione dell'uso dell'edificio.

Citiamo alcuni esempi:

- L'abbassamento notturno degli impianti di riscaldamento civile.
- L'arresto o il rallentamento della ventilazione, del riscaldamento oppure del condizionamento dell'aria nelle ore in cui l'edificio non è occupato.
- L'arresto notturno della circolazione dell'acqua calda sanitaria nella rete di distribuzione agli utenti.

La *programmazione periodica* viene assicurata da orologi che possono essere giornalieri, settimanali e perfino annuali.

Essi sono dotati di un dispositivo di *by-pass* manuale al programma per poter soddisfare condizioni d'uso eccezionali dell'impianto.

La programmazione può anche essere *non periodica* se essa viene realizzata mediante sensori, che possono essere ad esempio di presenza umana, per porre in marcia un impianto di riscaldamento o di condizionamento solamente quando i locali sono occupati. La programmazione è una funzione importantissima per la gestione energetica e la scelta della soluzione più adatta deve essere accuratamente studiata. Essa può permettere di realizzare sostanziali risparmi energetici e questo manuale ne descrive varie applicazioni.

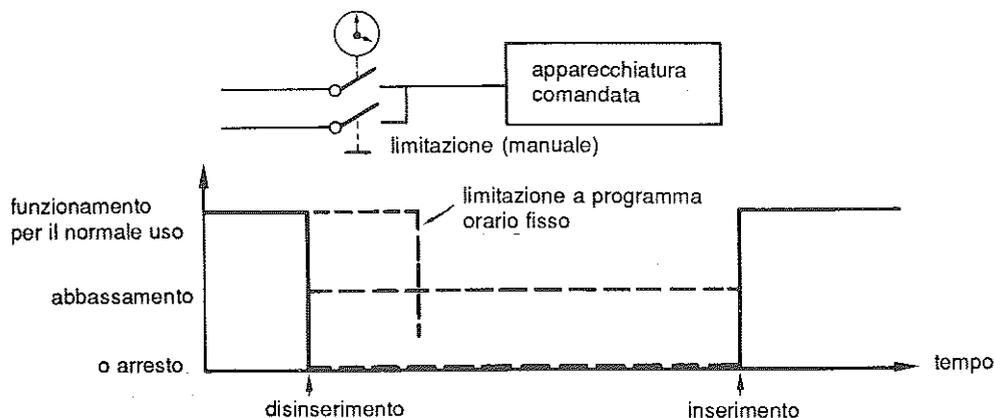


Fig. 1.6 - La programmazione oraria è una funzione semplice.

1.4.4. La limitazione

Limitare significa interdire il funzionamento di un'apparecchiatura quando il consumo totale di energia dell'impianto arriva ad una soglia prefissata. Le applicazioni principali sono per il consumo di elettricità e servono ad evitare di assorbire potenza a livello tale da provocare lo scatto di penalizzazioni all'utente da parte della Società Erogatrice. Ovviamente gli apparecchi da staccare in questi casi sono da scegliere tra quelli il cui mancato funzionamento non provochi apprezzabili disagi agli utenti.

La limitazione, se realizzata in modo razionale, può minimizzare i costi dell'energia elettrica in funzione di un adattamento del suo uso alla struttura delle sue tariffe di distribuzione.

Esistono svariati tipi di limitazione:

- Programmata: un orologio pilota il funzionamento degli apparecchi (si può, ad esempio, interdire il funzionamento diurno di un riscaldatore elettrico ad accumulo di acqua calda).
- A soglia: un relè amperometrico stacca uno o più carichi non prioritari per

non oltrepassare una certa soglia di potenza assorbita.

– Integrata: una sorveglianza continua del consumo è assicurata durante periodi di dieci minuti mantenendo al minimo le limitazioni ed evitando di superare la soglia critica di assorbimento.

In alcuni paesi, dove il riscaldamento elettrico è assai in uso, esistono particolari giorni dell'anno durante i quali le Società erogatrici prevedono consumi abbastanza alti (ad esempio giorni festivi) e durante i quali i consumi sono fortemente penalizzati; in tali giorni vale quindi la pena per gli utenti di autolimitare la potenza assorbita utilizzando per il riscaldamento altre fonti di calore.

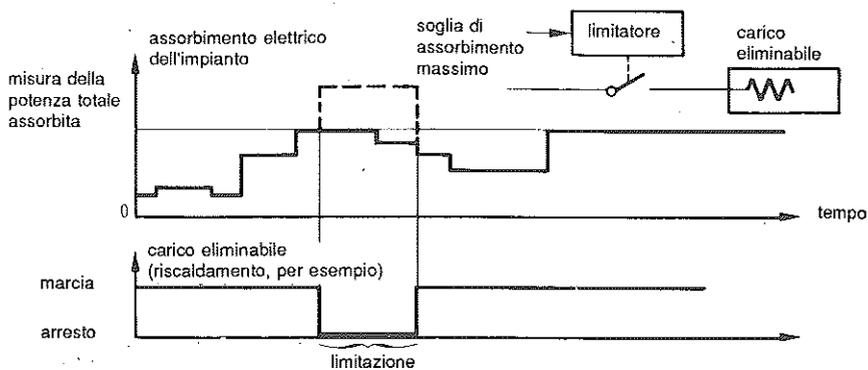


Fig. 1.7 - Un limitatore permette di minimizzare la potenza elettrica assorbita e quindi il costo dell'impegno con la Società Erogatrice, inibendo nei momenti critici il funzionamento di taluni apparecchi.

1.4.5. L'ottimizzazione

Nel campo della gestione dell'energia ottimizzare significa minimizzare i costi. L'analisi dei costi di gestione può coinvolgere anche costi che non sono strettamente connessi all'energia: la lunghezza della vita delle apparecchiature ed il confort degli occupanti sono, ad esempio, dei tipici costi non energetici. Di solito la funzione ottimizzazione viene svolta da una rete di sistemi che incorpora un mini o un microcomputer. Indubbiamente la definizione di ottimizzazione che abbiamo data è abbastanza generale ed essa è piuttosto applicabile ad automatismi che elaborano comandi calcolandoli, da svariati parametri misurati o introdotti inizialmente, per prevedere eventi futuri.

L'OTTIMIZZAZIONE DELL'INTERMITTENZA

Si tratta di calcolare durante un periodo di abbassamento o di arresto del riscaldamento l'ora alla quale esso deve tornare a funzionare a piena potenza per potere garantire agli occupanti il massimo confort ad un momento voluto;

ad esempio in un palazzo uffici al momento dell'ingresso degli impiegati. Per realizzare questo il sistema dovrà tenere conto, per determinare il momento di accensione, dell'ora di inizio del lavoro, della temperatura esterna, della temperatura ambiente desiderata e della durata dell'abbassamento o dell'arresto dell'impianto. Gli ottimizzatori di intermittenza sono di solito dotati di autoadattamento: tengono infatti conto dell'esperienza dei giorni precedenti per prevedere il comportamento dinamico dell'impianto di riscaldamento e dell'edificio nonché della sovrapotenza disponibile onde trattare i comandi che vanno ad emettere.

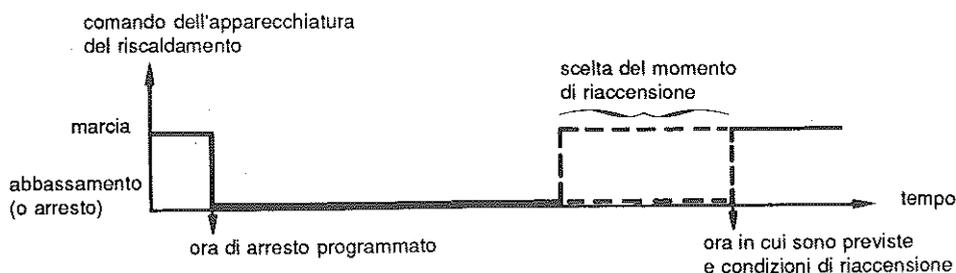


Fig. 1.8 - Un ottimizzatore di intermittenza deve determinare automaticamente il momento ottimale di riaccensione affinché nel momento voluto possano essere assicurate le temperature desiderate.

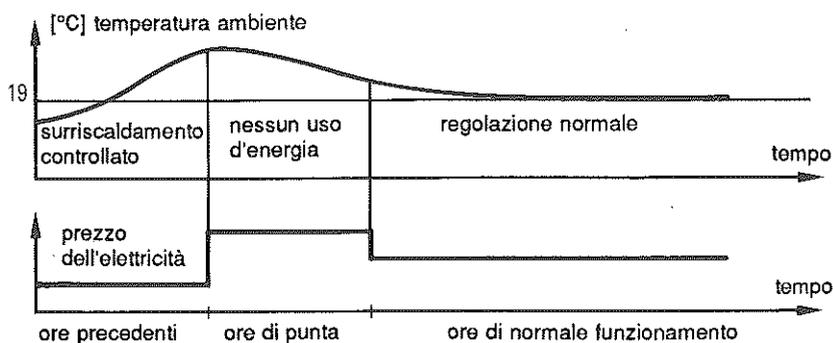


Fig. 1.9 - Un esempio di ottimizzazione dell'uso dell'elettricità che consiste nella minimizzazione di un costo, nulla togliendo al livello di confort.

L'OTTIMIZZAZIONE DEL RISCALDAMENTO ELETTRICO

Oltre ai parametri già visti si deve tenere conto delle strutture delle tariffe dell'elettricità. Infatti l'uso dell'elettricità è particolarmente caro nelle ore di punta. È giudizioso quindi trarre profitto dell'inerzia termica dell'edificio per tra-

scorrere le ore di punta con l'impianto fermo avendo cura di surriscaldarne quanto basta la struttura nelle ore immediatamente precedenti.

L'OTTIMIZZAZIONE DEI SISTEMI CON ACCUMULO DI CALORE

Le energie rinnovabili, come l'energia solare, hanno il difetto di non essere talvolta disponibili nel momento in cui appare la richiesta di carico; ne consegue che bisogna accumularle quando esse sono disponibili.

Si può anche usare, accumulando l'energia nei momenti in cui è a basso prezzo, anche elettricità per il riscaldamento, integrando eventualmente con un'altra energia nei momenti di picco del carico.

La conduzione ottimale di tali tipi di impianto deve quindi tenere conto dei valori dell'energia accumulata, dei carichi prevedibili a breve termine e dell'energia accumulabile per poter elaborare i comandi di carica e scarico dell'accumulo onde minimizzare l'uso di energia più pregiata pur non pregiudicando il confort goduto dagli occupanti.

Si tratta di tipici esempi nei quali la qualifica di "gestione ottimale" è ben meritata.

1.4.6. La sicurezza

Oltre alle persone bisognerà assicurarsi di dare il necessario grado di sicurezza alle apparecchiature ed allo stesso edificio.

Citiamo a mo' di esempio:

- la protezione dal gelo degli impianti fermi,
- la limitazione delle temperature dell'acqua,
- la limitazione delle temperature dell'aria,
- i diversi dispositivi di sicurezza installati sui bruciatori,
- la limitazione delle pressioni all'interno dei circuiti frigoriferi dei refrigeratori o delle pompe di calore.

Queste funzioni di sicurezza vengono espletate da organi di sezionamento o di commutazione: termostati e pressostati; essi non interferiscono con gli organi di regolazione veri e propri, ma agiscono su altri componenti.

Si noti che gli apparecchi di sicurezza vengono chiamati a "*sicurezza positiva*" se si mettono in posizione di allarme ogniqualvolta manchi l'energia che assicura il loro funzionamento.

1.4.7. La misurazione

Indipendentemente dalla natura della gestione (tecnica oppure amministrativa), per la quale la misurazione dell'energia deve essere effettuata, la sua qualità dipende innanzitutto da una contabilità rigorosamente gestita.

Anche una gestione di tipo meramente tecnico sottostà a questa regola e deve in effetti venire effettuata per mezzo di opportuni contatori (fig.1.10):

- d'energia termica e d'energia elettrica;
- di volume del combustibile consumato (gas od olio combustibile di qualsivoglia natura), d'acqua (d'acquedotto o sanitaria) e di fluidi particolari eventualmente usati;
- di tempi di funzionamento delle apparecchiature chiave e del numero dei loro avviamenti;

I dati provenienti da detti contatori hanno svariati usi:

- per la monitorizzazione del funzionamento dell'impianto allo scopo di poter dedurre delle tendenze, paragonare dei bilanci e calcolare rapporti;
- per la fatturazione all'utenza;
- per facilitare il lavoro di manutenzione in virtù della registrazione dei tempi di funzionamento e dell'analisi delle statistiche degli inconvenienti che si sono verificati;
- per il miglioramento della gestione amministrativa e per poter stilare un budget che sia effettivamente rispondente ai costi.

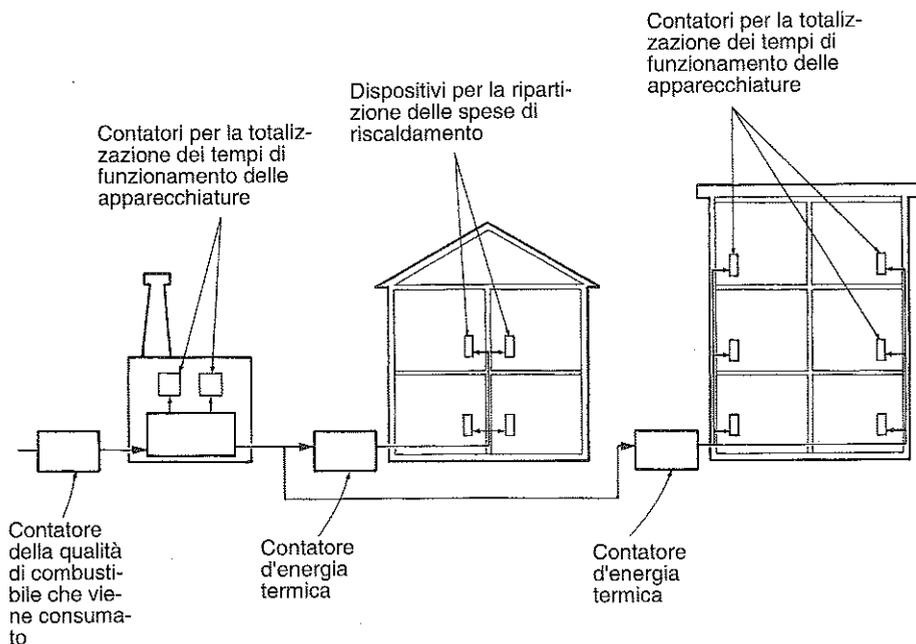


Fig. 1.10 - In un impianto che è collegato a più edifici è possibile trovare contatori a diversi livelli. Ogni edificio può ad esempio essere dotato di un contatore per la suddivisione dell'energia termica consumata, mentre la ripartizione dei relativi addebiti tra gli utenti che lo occupano può venire effettuata per mezzo di criteri specifici.

1.4.8. La ripartizione

Negli edifici nei quali sono installati degli impianti centralizzati per il riscaldamento o per la climatizzazione la ripartizione delle spese di consumo ai fini della fatturazione viene effettuata per mezzo dei dati ricavati da normali dispositivi di controllo e per mezzo di una suddivisione pro-rata dei costi fissi. I dati in funzione dei quali viene effettuata la ripartizione possono essere ricavati sia da contatori d'energia termica che da dispositivi che registrano una grandezza rappresentativa dell'uso dell'impianto o del grado di confort che da esso l'utente vuol ricavare (figura 1.10).

1.5. L'integrazione delle funzioni, cioè la Gestione Tecnica dell'Edificio (GTE)

Le funzioni che sono state descritte al paragrafo precedente vengono integrate per poter effettuare la Gestione Tecnica dell'Edificio. Quest'ultima è anche definibile come:

«L'assieme dei servizi che vengono assicurati negli edifici ad uso terziario oppure industriale per mezzo di sistemi che realizzano diverse funzioni e che possono essere collegati tra loro oppure a reti di comunicazione interne o esterne all'edificio.

Le funzioni che vengono realizzate hanno principalmente lo scopo di:

- assicurare il confort degli utenti e la sicurezza dell'uso, nonché le condizioni atte a garantire un funzionamento ottimale delle apparecchiature o dei processi di lavorazione che possono avvenire all'interno di edifici ad uso terziario oppure industriale;

- assicurare la padronanza delle spese di gestione per potere porgere un valido aiuto al personale tecnico ed amministrativo che è preposto al loro controllo. Tali funzioni consistono nella ricerca, nel controllo, nella regolazione, nella programmazione, nell'analisi e nel complesso d'azioni che sono necessarie per poter garantire la sicurezza del funzionamento delle apparecchiature installate negli edifici, nonché la tranquillità e la massima facilità d'uso ai loro occupanti».

Le funzioni della Gestione Tecnica dell'Edificio sono paragonabili a quelle della domotronica, anche se più specificatamente mirate alla gestione di immobili a destinazione industriale o commerciale.

I sistemi di Gestione Tecnica dell'Edificio comportano l'uso di:

- apparecchi di tipo digitale come regolatori, automatismi e dispositivi locali di varia natura,
- un mezzo di comunicazione o di telecomunicazione,
- uno o più computer,
- logiche specifiche per i sistemi stessi, cioè logiche di tipo dedicato, parametrabile, riconfigurabile e basate su linguaggi di programmazione specialistici.

Il raggruppamento di più funzioni in un sistema di comunicazione permette di ottenere risultati che vanno al di là della semplice somma di dette funzioni. Tali raggruppamenti permettono infatti:

- la riduzione dei costi d'installazione,
- l'arricchimento delle prestazioni delle singole funzioni,
- la realizzazione di risparmi supplementari,
- la semplificazione del lavoro dei tecnici,
- il miglioramento del grado di soddisfazione dei bisogni degli occupanti dell'edificio.

È tuttavia pacifico che tali risultati non sono ottenibili esclusivamente per mezzo della presenza nell'edificio di un sistema di Gestione Tecnica e delle funzioni da esso svolte, ma anche grazie alla disponibilità di informazioni pertinenti e del loro uso mirato che può venire fatto esclusivamente ad opera di personale professionalmente competente in materia. I tecnici che debbono usare un sistema di Gestione Tecnica dall'Edificio hanno a disposizione un valido mezzo per semplificare e per rendere più interessante il proprio lavoro, per migliorare la loro produttività, per soddisfare gli occupanti dell'edificio e per economizzare energia. È per questi motivi che essi debbono avere una buona conoscenza degli impianti di climatizzazione e delle possibilità del Sistema di Gestione Tecnica di cui l'edificio è dotato.

Per ottenere risultati ottimali è inoltre indispensabile che l'impostazione dei parametri operativi del Sistema di Gestione venga effettuata da tecnici veramente specializzati i quali debbono innanzitutto avere una buona "comprensione delle funzioni" che debbono essere garantite e che sono descritte in questo manuale.

1.6. L'integrazione dei servizi: la domotronica e gli edifici intelligenti

1.6.1. La domotronica

Più servizi possono fruire di un mezzo di comunicazione interno all'edificio e di un mezzo di telecomunicazioni esterne all'edificio.

L'integrazione di differenti servizi all'interno di un ambiente abitativo prende il nome di «domotronica» che è anche definibile come: «L'insieme dei servizi di un ambiente abitativo assicurato da sistemi che realizzano più funzioni e che possono essere collegati tra loro, nonché a reti di comunicazione interne ed esterne all'edificio».

«Tra tali funzioni spiccano la gestione tecnica e la gestione economica dell'immobile, nonché l'informazione, la comunicazione, la garanzia del giusto grado di confort agli occupanti, la sicurezza ed il servizio d'assistenza».

La domotronica trova quindi essenzialmente applicazioni che implicano un uso abitativo individuale o collettivo o è usata in edifici con usi analoghi come alberghi e destinazioni commerciali o terziarie di modesta entità.

1.6.2. Gli edifici intelligenti

Il concetto di "edificio intelligente" si applica agli immobili ad uso produttivo per i quali è richiesta la massima flessibilità d'adattamento alle esigenze degli occupanti.

Tale flessibilità viene ottenuta per mezzo di precablaggi che siano facilmente adattabili all'evoluzione dei bisogni in materia di comunicazione e per mezzo di infrastrutture che permettano di trasformare senza problemi, ma soprattutto con la massima facilità, la disposizione degli spazi e delle postazioni di lavoro al loro interno.

Il confort ambientale deve essere particolarmente curato in quanto rivestendo il livello qualitativo degli ambienti, carattere di importanza primaria per il benessere di uomini e donne, esso diventa un fattore che ha un impatto diretto con la produttività degli individui.

Gli impianti per la climatizzazione degli edifici intelligenti devono quindi essere equipaggiati di dispositivi di regolazione e di programmazione evoluti fino al punto da poter controllare ogni singolo apparecchio terminale per il riscaldamento o per il condizionamento dell'aria. Tutti gli apparecchi che fanno parte di tali impianti debbono essere inoltre collegati ad un sistema di Gestione Tecnica che sia in grado di svolgere le funzioni necessarie.

Il sistema di Gestione Tecnica in dotazione di un edificio intelligente deve essere inoltre in grado di coordinare tutte le funzioni collegate alle apparecchiature tecnologiche installate nell'edificio stesso: oltre alle apparecchiature per la climatizzazione esso deve infatti essere anche ad esempio collegato ai gruppi elettrogeni d'emergenza ed ai mezzi meccanici di trasporto (ascensori, montacarichi e scale mobili).

Anche la sicurezza contro le intrusioni e contro gli incendi viene normalmente assicurata dal sistema di Gestione Tecnica dell'Edificio. Per motivi collegabili alla sicurezza dell'espletamento di queste ultime funzioni e per le disposizioni di legge in merito, esse debbono forzatamente venire garantite dalla messa in opera di un sistema di comunicazione dotato di terminali disposti all'uso.

Il sistema di Gestione Tecnica dell'Edificio può essere messo in grado di espletare anche funzioni amministrative necessarie all'utenza che abbiano pertinenza con il controllo del personale, come:

- il controllo dell'accesso all'edificio per mezzo di "badge" o di altre procedure d'identificazione,
- il controllo della ronda del personale di sorveglianza,
- il pagamento di taluni servizi offerti al personale, come il servizio di ristoro o di mensa,
- l'assistenza ai visitatori.

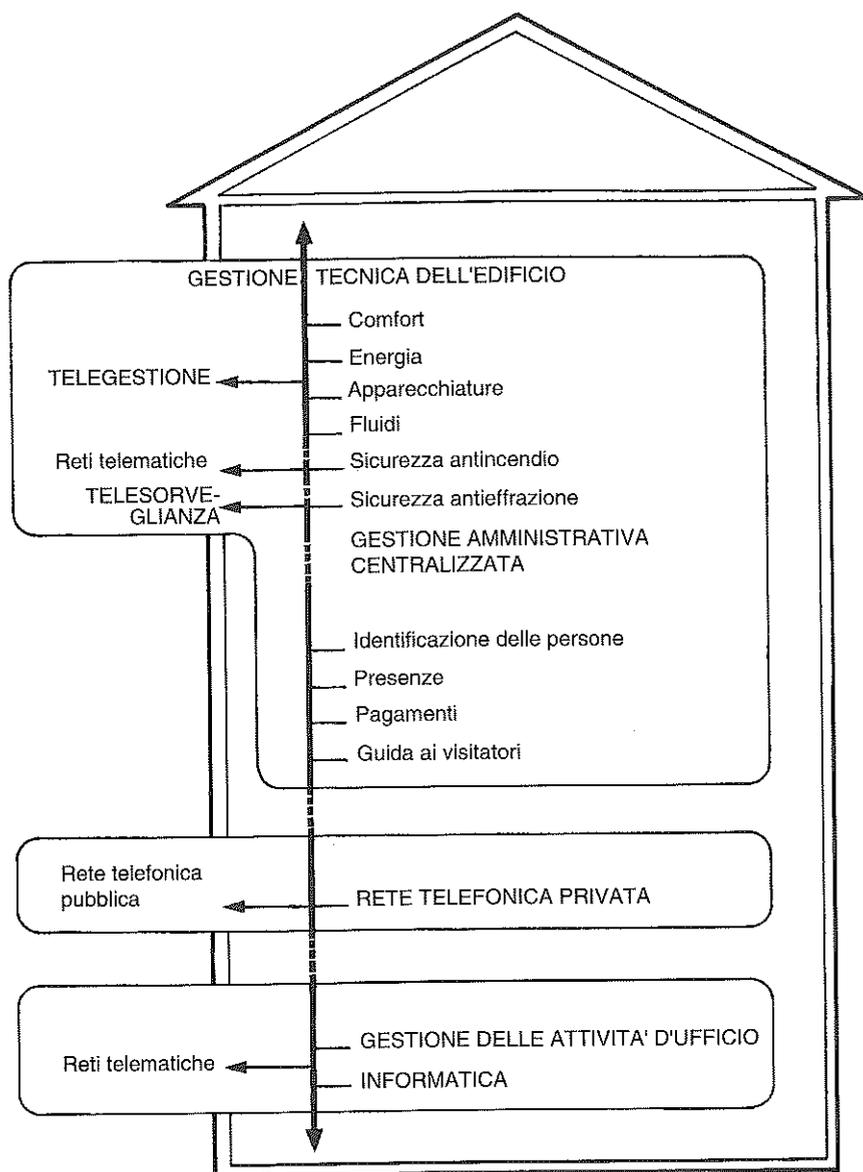


Fig. 1.11 - I principali servizi gestiti dalla rete di comunicazione di un edificio destinato al settore terziario professionale: Gestione Tecnica, Telefonica, Informatica e Gestione delle Attività d'Ufficio. I servizi di Telefonia, di Informatica e di Gestione delle attività d'Ufficio sono spesso gestiti da un solo apparecchio: l'Autocommutatore Multifunzionale che negli Stati Uniti è identificato con la sigla PABx (Private Automatic Brack exchange).

Tali funzioni vengono espletate per mezzo di terminali strategicamente sparsi nell'edificio e che fanno capo ad un'apparecchiatura centrale che è spesso collegata agli elaboratori elettronici del servizio amministrativo. Il complesso di tali funzioni prende il nome di Gestione Amministrativa Centralizzata.

Il sistema di comunicazione per la Gestione Tecnica degli Edifici è costituito dall'insieme delle reti telefoniche, informatiche e delle apparecchiature per l'automazione dell'edificio. Nei più moderni immobili del settore terziario tali reti sono sovente gestite per mezzo della stessa infrastruttura di cablaggio.

2. Termotecnica e idraulica per la regolazione e la programmazione

La lettura di questo capitolo e del successivo, che descrive i principi di funzionamento degli apparecchi per la regolazione automatica, non è strettamente necessaria per capire il loro uso.

Tali due capitoli sono stati scritti per quei lettori che, desiderando approfondire le loro conoscenze di base, vogliono meglio entrare nella problematica della regolazione e della programmazione degli apparecchi.

La qualità dei risultati che si ottengono da una regolazione o da una programmazione non dipende esclusivamente dal regolatore o dal programmatore impiegato, ma anche dall'insieme degli elementi che costituiscono il sistema regolato:

- lo scambiatore di calore,
- l'organo di regolazione, sia esso una valvola oppure una serranda,
- la rete di distribuzione del vettore termico,
- l'edificio stesso.

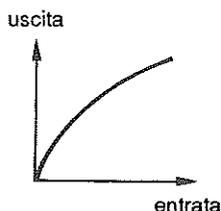


Fig. 2.1 - La caratteristica statica di un elemento che comporti un'entrata ed un'uscita è la relazione che intercorre tra queste due grandezze. Ogni punto della caratteristica viene stabilito dopo l'esaurimento del regime dinamico, cioè a regime stabilizzato.

Questo capitolo esamina tali elementi sotto un aspetto teorico, utile alla comprensione del comportamento degli automatismi ed alla giustificazione delle soluzioni proposte dai costruttori.

Per analizzare un sistema automatico bisogna conoscere il funzionamento di ogni elemento da due punti di vista:

- il suo comportamento statico per definirne la "caratteristica",

– il suo comportamento dinamico per conoscerne la risposta d'uscita in funzione di una data sollecitazione all'entrata, che può anche essere a scalino o ad impulso.

Per ottenere questo tipo di sollecitazioni vengono usati interruttori statici, tiristori o triac, che possono essere comandati secondo cadenze rapidissime. Essi permettono anche di ottenere una buona progressività traendo beneficio dall'inerzia termica, sia pure essa limitatissima come nel caso di una semplice batteria elettrica per il riscaldamento dell'aria.

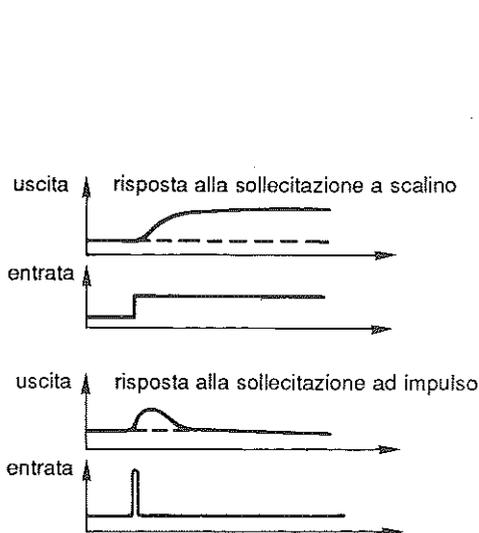


Fig. 2.2 - Il comportamento dinamico di un elemento si scopre attraverso una sollecitazione sull'entrata, la più comune è a scalino.

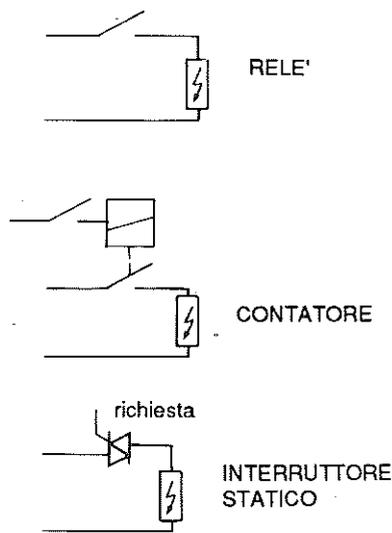


Fig. 2.3 - La regolazione di potenzialità per batterie elettriche di riscaldamento è basata sul principio "tutto o niente" e quindi è discontinua.

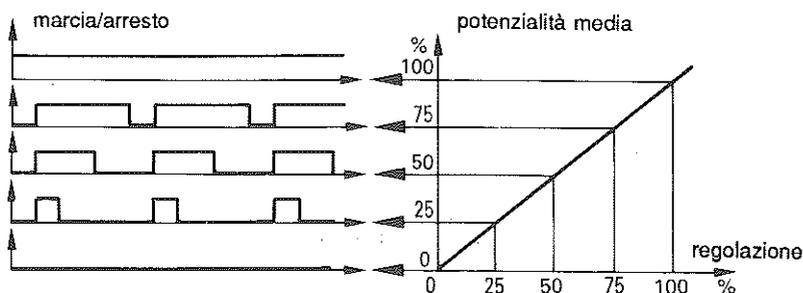


Fig. 2.4 - La regolazione del riscaldamento elettrico è progressiva quando inserzioni e disinserzioni vengono effettuate rapidamente. I tempi di marcia possono essere regolati proporzionalmente alla potenzialità da controllare per effettuare una dosatura ciclica.

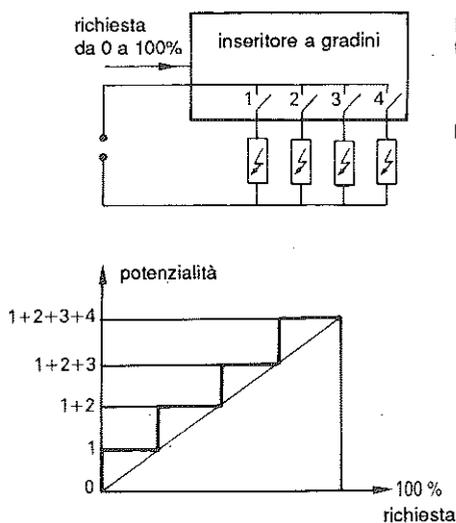


Fig. 2.5 - Un inseritore a gradini comanda più resistenze di riscaldamento. La progressività può essere assicurata comandando uno stadio per mezzo di un triac che implica una cadenza rapida.

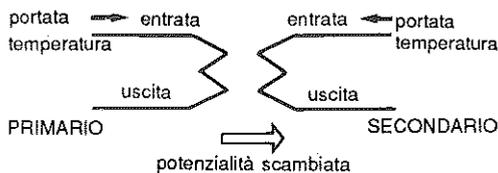


Fig. 2.6 - La potenzialità che attraversa uno scambiatore dipende dalla differenza media di temperatura dei fluidi tra il primario ed il secondario.

2.1. Le soluzioni per regolare il calore

2.1.1. La regolazione di potenzialità degli elettroriscaldatori

Questa regolazione si effettua inserendo oppure disinserendo l'alimentazione elettrica di una resistenza di riscaldamento: è una tipica regolazione "tutto o niente". Gli organi di regolazione sono dunque degli interruttori o, per le più alte potenze, dei relè.

Tuttavia se la cadenza di inserimento / disinserimento è rapidissima, come nei casi in cui vengono usati interruttori statici, la regolazione diviene progressiva e può essere definita "tutto o niente modulata". Un'altra soluzione praticabile è il frazionamento della potenza necessaria su più resistenze comandate ed alimentate indipendentemente (fig. 2.5). Un organo comune, l'inseritore a gradini, coordina l'inserimento delle resistenze.

2.1.2. La regolazione di potenzialità degli scambiatori

Qualunque impianto che utilizzi un fluido, aria o acqua, come vettore termico impiega uno *scambiatore* per la trasmissione del calore.

Il termine *scambiatore* utilizzato in questo capitolo corrisponde ad una definizione generica. Si può infatti trattare di:

- scambiatori "statici" cioè di emettitori di calore, quali possono essere i radiatori, i convettori, i tubi radianti, pannelli radianti,
- scambiatori acqua aria a tiraggio forzato come le batterie a canale, gli arotermi, i ventilconvettori e gli induttori,
- scambiatori di calore acqua acqua per la preparazione dell'acqua calda per il riscaldamento o l'uso sanitario o dell'acqua fredda per il condizionamento dell'aria.

Una delle possibili soluzioni per la loro regolazione è quella di tipo *discontinuo* che ne permette solo la marcia o l'arresto. Questa soluzione viene esclusivamente usata in virtù della sua semplicità: un contatto è infatti sufficiente per comandare il funzionamento di un generatore o di un'elettrovalvola; è possibile usarla allorché gli effetti dell'inerzia termica siano tali da ammortizzare la fluttuazione provocata.

Questo tipo di comando presenta inconvenienti ed è perciò meglio comandare *"progressivamente"* lo scambiatore. Per potere assicurare questa progressività e per poter ottenere dallo scambiatore un funzionamento *stabile* ai carichi parziali occorre tuttavia rispettare alcune condizioni. Il paragrafo seguente descrive i principali parametri dello scambiatore ed i principi utilizzabili per la sua regolazione.

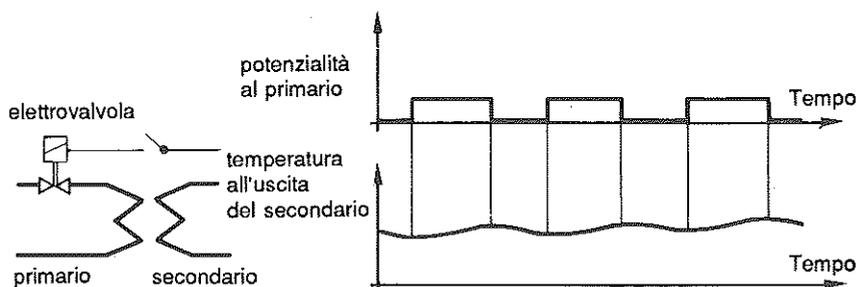


Fig. 2.7 - La regolazione discontinua (tutto o niente) è utilizzata quando si può approfittare dell'effetto dell'inerzia termica per ammortizzare le fluttuazioni causate.

2.2. Il comportamento statico degli scambiatori e loro regolazione

2.2.1. Il principio generale di scambio: la legge di scambio o legge di emissione

Per poter controllare la potenzialità scambiata bisogna modificare la differenza media di temperatura tra il primario ed il secondario.

Tale potenzialità si può calcolare per mezzo della legge di scambio:

$$P = k \Delta T_m$$

dove k è il coefficiente globale di scambio che viene qui considerato costante per gli scambiatori a tiraggio forzato, i pannelli radianti e gli scambiatori acqua-acqua prima descritti.

Nel caso degli altri scambiatori statici il valore di k dipende dai livelli di temperatura e quindi non può essere considerato come una costante. Un modello matematico sufficientemente vicino alla realtà ci permette di usare un valore di k costante elevando la differenza media di temperatura ad un esponente diverso da 1:

$$P = k (\Delta T_m)^m$$

Questa è la *legge di emissione* di uno scambiatore statico. Per i radiatori il valore dell'esponente m è di circa 1,3; per i convettori ed i tubi alettati il suo valore è compreso tra 1,1 ed 1,4 a seconda della loro configurazione (si noti che per i convettori m è funzione inversa dell'altezza del mobiletto di copertura). Questi "scambiatori" sono detti a *legge di emissione non lineare*.

Il valore della differenza ΔT_m viene calcolato con una relazione matematica che comprende un logaritmo neperiano; è per questo motivo che viene chiamato differenza media logaritmica:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\ln \frac{\Delta_1}{\Delta_2}} = \frac{\text{diff. massima} - \text{diff. minima}}{\ln \frac{\text{diff. massima}}{\text{diff. minima}}}$$

$\frac{(T_{1e} - T_{2e}) - (T_{1s} - T_{2s})}{\ln \frac{(T_{1e} - T_{2e})}{(T_{1s} - T_{2s})}}$

Le differenze "massima" e "minima" sono rispettivamente le differenze di temperatura massima e minima tra il lato primario ed il lato secondario dello scambiatore. Nel caso in cui lo scambiatore sia ad equicorrente (fig. 2.8) si tratterà della differenza di temperatura all'entrata e della differenza di temperatura all'uscita.

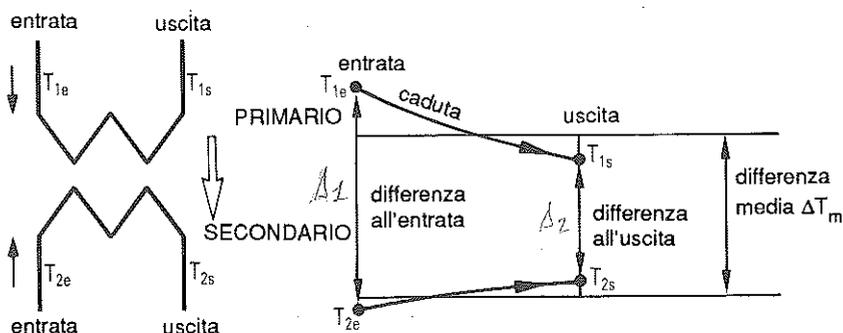


Fig. 2.8 - La potenzialità scambiata dipende dalla differenza media di temperatura. L'esempio illustra uno scambiatore in equicorrente, ma può essere esteso ai tipi in controcorrente ed a correnti incrociate.

	Tipo di scambiatore o di terminale	Legge di scambio o di emissione
Scambiatori a tiraggio forzato	Scambiatore acqua/acqua Batteria calda o fredda a canale Aerotermino Ventilconvettore o induttore	lineare $P = k \Delta T_m$
Scambiatori statici	Pannelli radianti	praticamente lineare
	Radiatori* Convettori Tubi alettati**	non lineare $P = k (\Delta T_m)^m$ * $m \approx 1,3$ ** $1,1 \leq m \leq 1,4$

Fig. 2.9 - Secondo il tipo di scambiatore la legge di scambio può essere o non essere lineare.

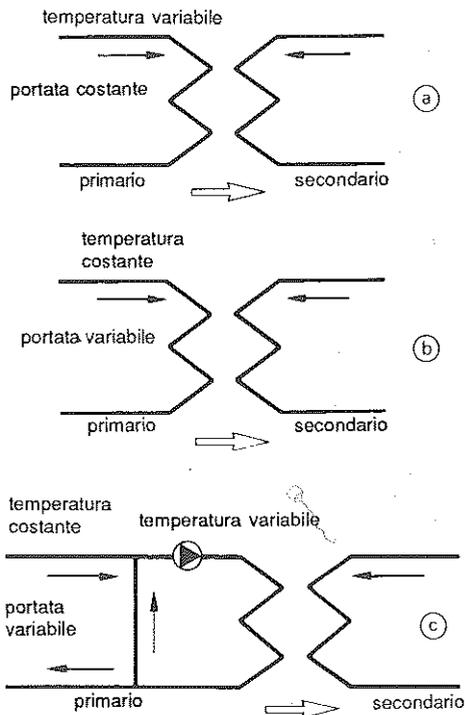


Fig. 2.10 - Per potere selezionare valvole di regolazione e regolatore si deve conoscere, per ciascuno dei tre casi, il comportamento statico dello scambiatore.

Nel caso in cui le evoluzioni delle temperature al primario ed al secondaria siano di molto inferiori rispetto alla differenza di temperatura tra le entrate, la differenza può essere eseguita con una semplice media aritmetica, cioè:

$$0,62 \leq \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \leq 1,6 \Rightarrow \Delta T_m = \frac{(T_{1e} - T_{2e}) + (T_{1s} - T_{2s})}{2} \quad \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \text{ errore } 2\%$$

2.2.2. Le soluzioni per la regolazione di uno scambiatore

È possibile usare tre differenti soluzioni per la regolazione progressiva di uno scambiatore.

Per ciascuna di esse bisogna tenere in considerazione il comportamento statico dello scambiatore da controllare, così come spiegato nei tre paragrafi seguenti.

a) Regolazione per variazione della temperatura

Lo scambiatore viene alimentato da una fonte con temperatura variabile (pa-

ragrafo 2.2.3.); questa soluzione viene adottata per realizzare una regolazione in circuito aperto per la quale si deve conoscere il comportamento dello scambiatore.

b) Regolazione per variazione di portata

La portata al primario viene regolata per mezzo di una valvola, di una pompa a portata variabile o di un iniettore. In pratica la soluzione più popolare consiste nell'uso di valvole a due, tre o quattro vie (paragrafo 2.2.4.). Con questa casistica si realizza una regolazione in circuito chiuso della temperatura dell'acqua del secondario.

c) Regolazione per variazione di temperatura con miscela

La portata del primario viene mantenuta costante; la sua temperatura d'ingresso viene tuttavia modificata per mezzo di una miscelazione riciclando parte dell'acqua che esce dallo scambiatore. In questo caso si tratta anche di variare la portata del fluido che proviene dalla fonte di temperatura (paragrafo 2.2.5.). Con questa soluzione è possibile realizzare una regolazione in circuito chiuso della temperatura al secondario o della temperatura di entrata al primario.

2.2.3. La regolazione di potenzialità per mezzo della variazione di temperatura al primario

Poiché la potenzialità scambiata è proporzionale alla differenza media di temperatura tra primario e secondario, una modifica della temperatura del fluido che entra al primario provoca una variazione di potenzialità quasi proporzionale alla variazione di temperatura sull'entrata (vedasi fig. 2.11).

Tale proporzionalità è reale a patto che le portate siano costanti sia al primario che al secondario. Se lo scambio di calore non avviene principalmente per conduzione, ma avviene in buona parte per irraggiamento (radiatori) o convezione (convettori), le leggi di scambio sono diverse e la potenzialità non è più proporzionale alla temperatura.

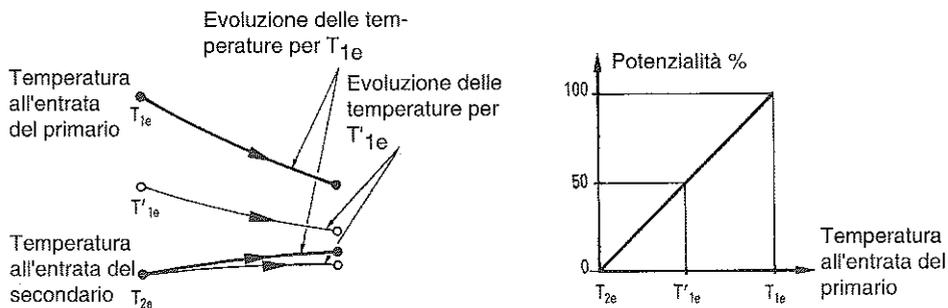


Fig. 2.11 - La potenzialità scambiata è funzione della differenza tra le temperature di entrata al primario ed al secondario se gli altri parametri sono mantenuti costanti, particolarmente le portate. Per scambiatori a legge lineare tale caratteristica è una retta.

È necessario tenere conto di queste caratteristiche allorché la temperatura del primario viene regolata allo scopo di erogare una data potenzialità, come nel caso della regolazione della temperatura dell'acqua in partenza da una installazione di riscaldamento.

La scelta della curva di corrispondenza deve tenere conto delle modalità con le quali lo scambiatore trasmette il calore. La curva sarà effettivamente lineare per ventilconvettori, aerotermi, pannelli radianti e per batterie a canale; viceversa si tratterà di una curva con le caratteristiche illustrate in fig. 2.12 per i radiatori (esponente = 1,3). Nel caso in cui si tratti di convettori, l'andamento della curva sarà differente poiché l'esponente ha valore diverso da 1,3. Esso ha infatti valore compreso tra 1,1 ed 1,4.

2.2.4. La regolazione di potenzialità per mezzo della variazione di portata al primario

Una variazione di portata sul primario provoca innanzitutto una variazione della caduta di temperatura dello stesso primario. Nel caso in cui tale caduta sia bassa in rapporto alla differenza media di temperatura tra primario e secondario, una riduzione di portata causerà un aumento della caduta quasi proporzionale, ma la differenza media non subirà che piccole variazioni e quindi anche la potenzialità trasmessa cambierà di poco: caso (a) della fig. 2.13. Se il valore della caduta è più rilevante, una riduzione di portata abbasserà la temperatura di uscita dal primario avvicinandola in modo notevole a quella del secondario; la variazione di potenzialità risultante sarà in questo caso notevolmente maggiore: caso (b) della fig. 2.13.

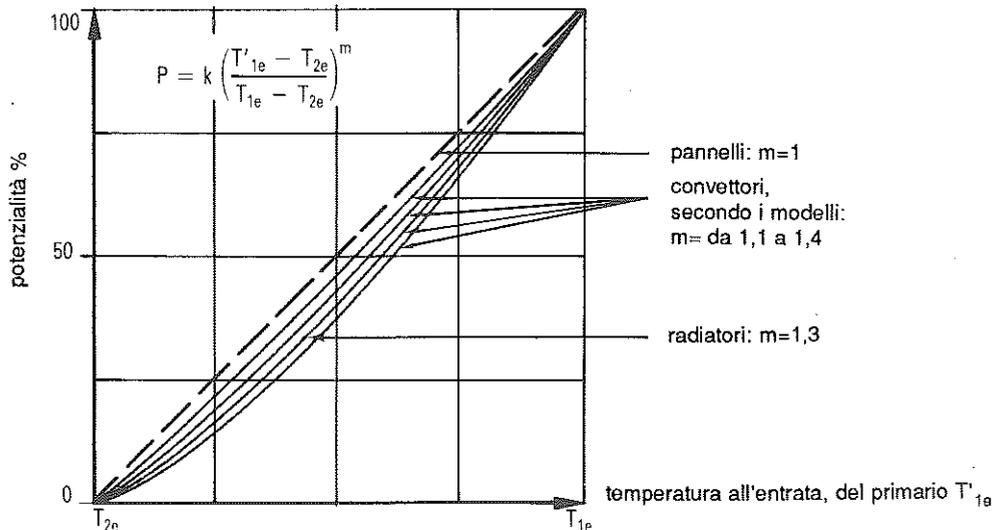


Fig. 2.12 - Per gli scambiatori statici l'evoluzione della potenzialità non è proporzionale alla temperatura all'entrata, ma dipende dal tipo. Solo i pannelli hanno una caratteristica lineare.

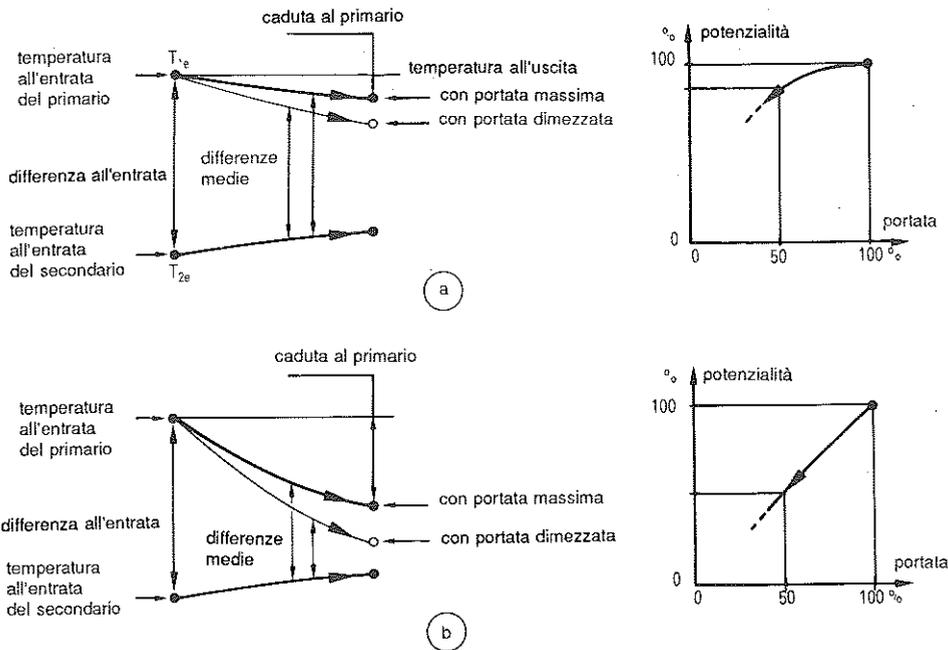


Fig. 2.13 - La variazione di portata al primario provoca una modifica della sua caduta di temperatura e quindi della differenza media da cui dipende la potenzialità scambiata. Tanto più la caduta al primario è elevata, tanto più è sensibile tale modifica alle alte portate.

La fig. 2.14 mostra l'andamento della potenzialità espressa da uno scambiatore: i punti al 100% di potenzialità e di portata corrispondono ai valori massimi (o di progetto) stabiliti per un dato scambiatore. Il parametro che condiziona il comportamento statico è la caduta di temperatura relativa:

$$\varepsilon_1 = \frac{\text{caduta nominale al primario}}{\text{differenza tra gli interessi}} = \frac{(T_{1e} - T_{1s})}{T_{1e} - T_{2e}}$$

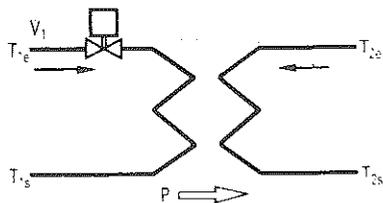
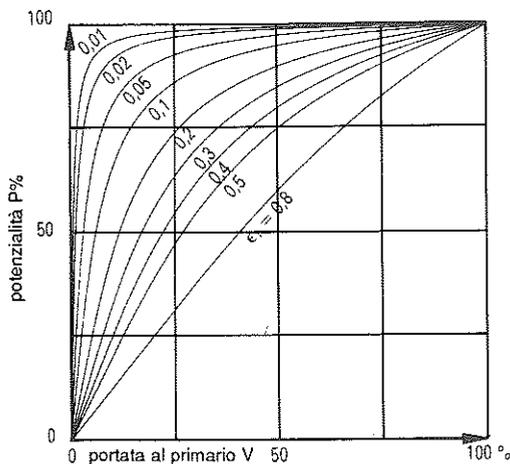
Questo parametro è anche detto "efficacia dallo scambiatore".

L'efficacia deve quindi essere tale da assicurare la progressività e la possibilità di effettuare la regolazione necessaria.

Il valore di 0,1 è un limite al di sotto del quale diventa praticamente impossibile effettuare una regolazione progressiva. Di solito la efficacia minima viene fissata ad un valore di 0,2 o più nei casi in cui la progressività, come per batterie acqua-aria per condizionamento, sia una caratteristica di importanza primaria.

Si noti che le curve della fig. 2.14 sono solamente applicabili a scambiatori

governati da legge lineare. Per gli scambiatori a legge non lineare (radiatori, convettori...) l'andamento delle curve non è molto differente. La soluzione comune per mettere in pratica questo tipo di regolazione consiste nel porre una valvola a due vie sul primario per regolarne la portata. Vengono anche utilizzate valvole a tre ed a quattro vie che hanno il vantaggio di potere assicurare una portata costante sulla pompa, indipendentemente dalla variazione di portata sul primario. Si dovrà inoltre cercare di compensare la curva caratteristica dello scambiatore (fig. 2.14) per mezzo della caratteristica complementare della valvola; questo aspetto verrà comunque approfondito più avanti.



$$\text{Efficacia } \epsilon = \frac{T_{2e} - T_{1s}}{T_{1e} - T_{2s}}$$

Esempio: radiatori 90 - 70⁺ C]

$$\epsilon = \frac{90-70}{90-20} = 0,28$$

Fig. 2.14 - Modulando la portata al primario l'evoluzione della potenzialità dipende principalmente dall'efficacia dello scambiatore alla portata nominale il cui valore, per essere sufficiente, deve essere superiore a 0,2.

2.2.5 La regolazione di potenzialità per mezzo della miscelazione

Le considerazioni precedenti ci portano ora a considerare il comportamento di uno scambiatore in funzione della temperatura di ingresso al primario, come nel caso in cui esso venga alimentato da una sorgente a temperatura variabile in modo controllato.

Una soluzione corrente per regolare la temperatura di ingresso al primario consiste nel variane il valore miscelando in proporzioni diverse l'acqua a temperatura di produzione con l'acqua che esce dal primario.

In altre parole si tratta di controllare la portata di acqua alla temperatura di produzione immessa nel primario e quindi si deve conoscere la relazione tra la potenzialità scambiata e tale portata.

Poiché si tratta di una miscela sarà possibile tracciare un grafico (fig. 2.17)

della potenzialità espressa in funzione dell'efficacia e del rapporto tra la portata di acqua alla temperatura di produzione e la portata circolante sul primario.

Il grafico della fig. 2.17 è l'omologo del grafico già visto per la regolazione tramite variazione di portata. I concetti sono quindi gli stessi già espressi al paragrafo 2.2.4.: si deve compensare la caratteristica dello scambiatore per mezzo della caratteristica complementare della valvola; come già detto questo problema sarà analizzato più avanti al momento della trattazione sulle caratteristiche delle valvole a tre vie comunemente utilizzate per questo tipo di regolazione.

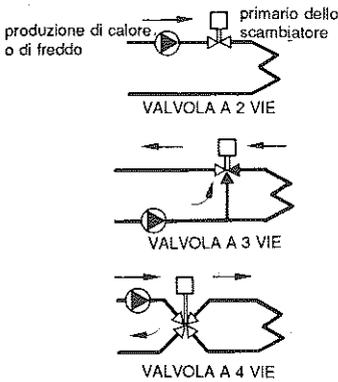


Fig. 2.15 - Una valvola regola solo la portata attraverso lo scambiatore.

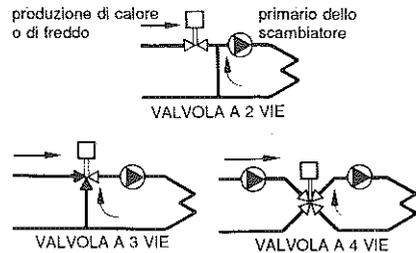


Fig. 2.16 - La temperatura del fluido entrante in uno scambiatore aria-acqua o acqua-acqua è controllabile attraverso una valvola che regoli la proporzione tra due portate.

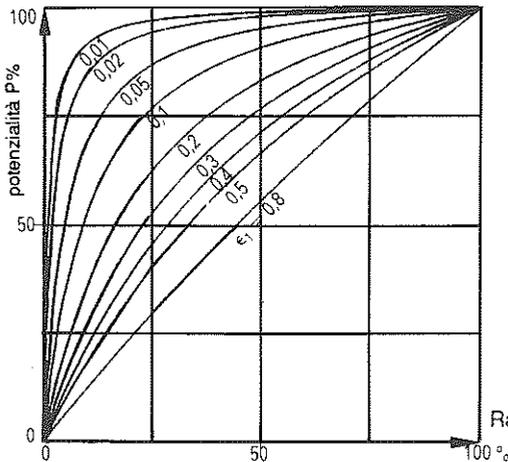
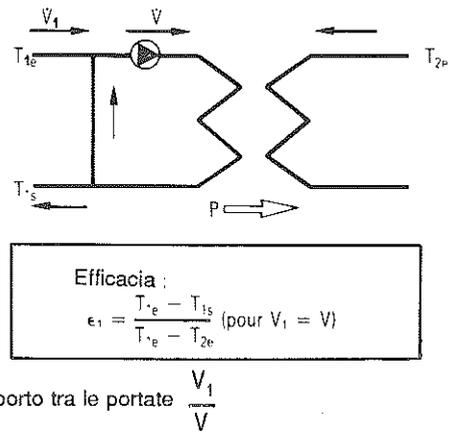


Fig. 2.17 - Per la regolazione di potenzialità per mezzo di variazione di temperatura con una valvola che realizzi una miscela variabile, la caratteristica della potenzialità in funzione al rapporto tra le portate V_1/V è simile a quella della regolazione per variazione di portata, ma la concavità è meno accentuata.



Anche in questo caso il valore dell'efficacia deve essere almeno di 0,1 o di 0,2 nei casi in cui ci si debba preoccupare di ottenere una buona progressività.

2.3. Il comportamento idraulico delle valvole e dei circuiti

Nei paragrafi precedenti sono state descritte due soluzioni di regolazione della potenzialità di uno scambiatore:

- regolazione di potenzialità per variazione di portata, descritta in fig. 2.15
- regolazione di potenzialità per variazione di temperatura ottenuta con miscelazione, descritta in fig. 2.16

Le curve caratteristiche di variazione di potenzialità dello scambiatore (illustrate in fig. 2.14 ed in fig. 2.17) hanno una concavità che dipende dall'effi-

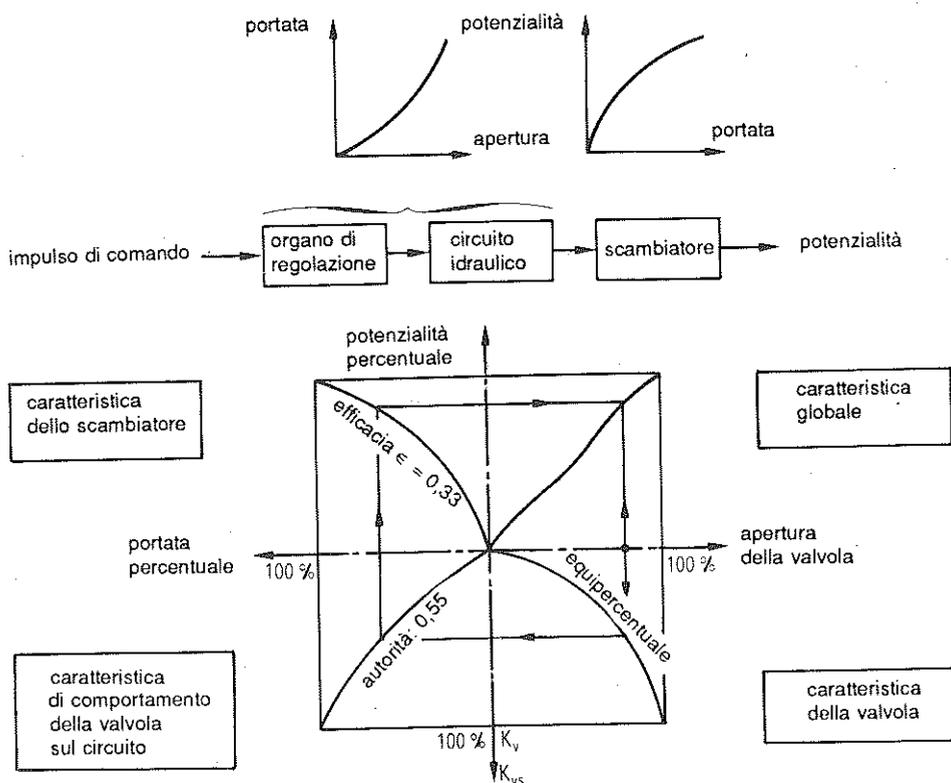


Fig. 2.18 - Affinché la caratteristica globale del sistema sia approssimativamente lineare, la caratteristica di comportamento della valvola sul circuito deve compensare la caratteristica dello scambiatore.

cazia dello scambiatore stesso. La potenzialità non è proporzionale né alla portata né al rapporto tra le portate. Questa non linearità rende più difficoltosa la regolazione in circuito chiuso perché il regolatore viene tarato ad una data sensibilità così come verrà spiegato al paragrafo 3.1. Inoltre la sensibilità degli scambiatori è elevatissima alle basse potenzialità e notevolmente minore allorché la potenzialità regolata si avvicina al valore massimo. Tale non linearità dovrà essere compensata da una caratteristica di forma complementare, assicurata dalla valvola, affinché la caratteristica globale di valvola + circuito + scambiatore presenti un andamento vicino alla linearità. In effetti il comportamento di una valvola che regoli una portata non dipende solo dalla stessa valvola, ma anche dagli altri elementi del circuito idraulico. Due condizioni debbono essere soddisfatte:

- la valvola deve presentare una curva di evoluzione di portata conforme ad una caratteristica adatta: la caratteristica del K_v ;
- essa deve essere posta in condizioni di funzionamento favorevoli, cioè avere un'autorità sufficiente.

Le definizioni di K_v e di autorità date qui di seguito sono basate sulle valvole a due vie, ma esse sono applicabili anche alle valvole a tre o a quattro vie.

2.3.1. Il K_v e la caratteristica delle valvole di regolazione

Il coefficiente K_v rappresenta la portata di m^3/h che attraversa la valvola sottoposta ad una pressione differenziale di 1 bar.

Esso corrisponde quindi ad un'utilizzazione che nella pratica non avviene mai perché difficilmente la pressione differenziale è uguale ad 1 bar ed inoltre essa aumenta al chiudersi della valvola. Tuttavia esso permette ai costruttori di caratterizzare una valvola indipendentemente dal circuito sul quale essa sarà montata.

La relazione che lega portata e pressione differenziale (o perdita di carico) attraverso un organo di regolazione con un dato K_v è per l'acqua:

$$\mathbb{Q} = K_v \sqrt{\Delta p} \qquad \Delta p = \frac{\mathbb{Q}^2}{K_v^2} \text{ bar}$$

\mathbb{Q} [m^3/h] e Δp [bar].

Se il fluido ha una massa specifica diversa da 1000 [kg/m^3] la relazione diventa:

$$\mathbb{Q} = K_v \sqrt{\Delta p \cdot \frac{1000}{\rho}}$$

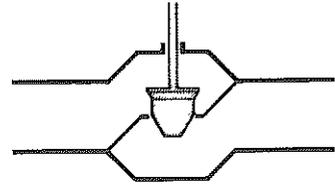
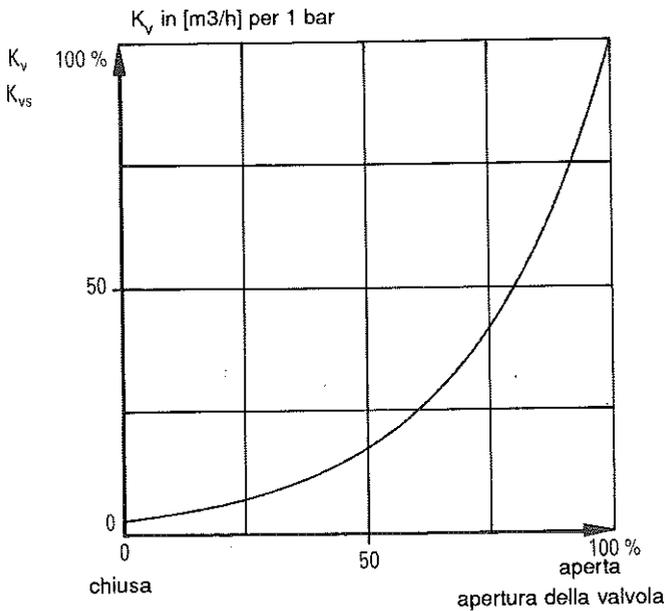


Fig. 2.19 - La caratteristica del K_v di una valvola equipercentuale è identificata da $N = 3,5$ nella formula che lega K_v con K_{vs} .

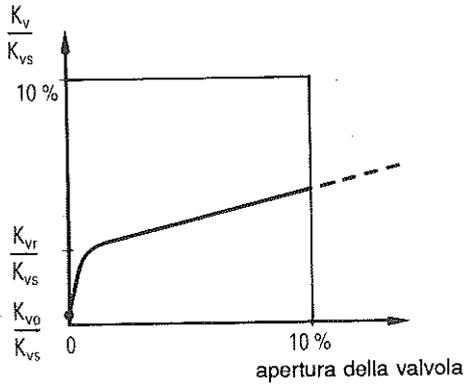


Fig. 2.20 - Per posizioni vicine alla chiusura, la caratteristica di una valvola non è conforme alla definizione matematica data e può esistere una portata di filamento.

dove p = massa specifica [kg/m³]. La variazione del K_v in funzione dell'apertura della valvola costituisce la caratteristica intrinseca della valvola stessa.

Il valore del K_v a valvola aperta è denominato K_{vs} .

Ed è questo il valore usato dai costruttori per caratterizzare una valvola onde permetterne il dimensionamento.

La caratteristica di una valvola adatta a regolare uno scambiatore è denominata "equipercentuale"; essa viene espressa dalla relazione:

$$\frac{K_v}{K_{vs}} = e^{N(z-1)} \quad K_v = K_{vs} e^{N(z-1)}$$

che permette il calcolo del K_v in funzione dell'apertura z , compresa tra lo 0 ed il 100%. Il valore del coefficiente N , per le applicazioni di regolazioni di potenzialità di uno scambiatore di calore, viene assunto pari a 3,5.

La relazione vista sopra porterebbe a calcolare un K_v a valvola chiusa diverso da zero:

$$K_{vo} = \frac{K_{vs}}{e^N}; \text{ che per } N = 3,5 \text{ dà } K_{vo} = 0,03 K_{vs}$$

In pratica, però, la portata a valvola chiusa è nulla.

Il valore di K_{vo} deve comunque essere minimizzato.

In realtà, in prossimità della chiusura, l'andamento della caratteristica non è più conforme alla definizione di "equipercentuale", a causa delle tolleranze di fabbricazione. Il valore del K_v al di sotto del quale la caratteristica non risponde più alla definizione di equipercentuale viene denominato K_{vr} o K_v minimo di regolazione. Il rapporto K_{vs}/K_{vr} prende il nome di *campo di regolazione* ed è normalmente compreso tra 50 e 500.

K_{vs}/K_{vr} è conseguentemente compreso tra il 2 e lo 0,2%. Il valore dipende dalla tecnologia della valvola e dalla precisione meccanica della sua fabbricazione.

2.3.2. Le valvole a due vie e l'autorità

Consideriamo l'installazione di una valvola a due vie posta in serie con uno scambiatore (fig. 2.21.).

Nel primo caso (a) in cui la valvola ha una resistenza idraulica bassa a paragone con quella dello scambiatore, la sua chiusura, a partire dalla posizione di apertura totale, provoca una modesta diminuzione di portata. Nel caso in cui la resistenza con apertura totale della valvola abbia un valore relativamente alto a paragone di quello dello scambiatore (b), la sua azione sulla portata sarà più decisa. In questo caso la variazione di portata presenta, all'interno del campo di regolazione, una migliore progressività.

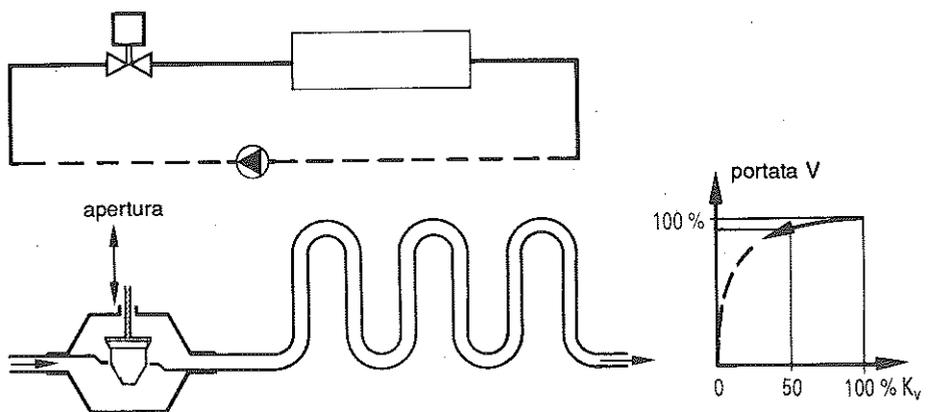
È per quantificare questa progressività che viene definita l'autorità della valvola il cui effetto si vede in fig. 2.22. Tale figura riporta il grafico dell'evoluzione della portata in funzione del K_{vs} relativo e dell'autorità "a" definita come rapporto tra perdita di carico della valvola e perdita di carico attraverso il circuito completo, cioè valvola, scambiatore e tubazioni.

Nel caso del circuito della figura 2.22 l'autorità può essere calcolata più semplicemente con la:

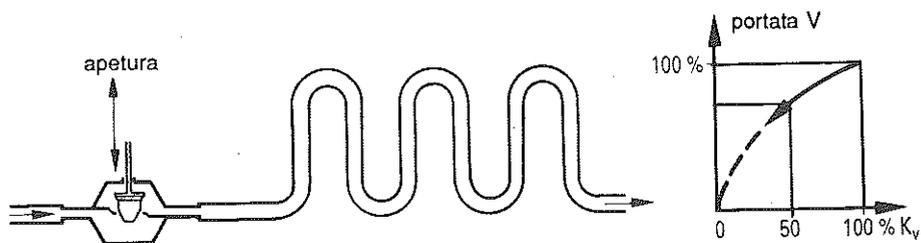
$$a = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_0} \text{ dove } \Delta p_0 = \Delta p_{r100} + \Delta p_{v100}$$

Una definizione più generale va invece applicata allo scopo di potere calcolare l'autorità in tutti i casi, indipendentemente dal tipo di valvola e di circuito idraulico.

$$a = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v100} + \sum \Delta p_{r100}} = \frac{\text{perdita di carico a valvola aperta}}{\text{somma delle perdite di carico degli elementi percorsi a valvola aperta}}$$



(a) La resistenza idraulica della valvola è bassa



(b) La resistenza idraulica della valvola è alta

Fig. 2.21 - Affinché una valvola possa "governare" una portata la sua resistenza idraulica deve essere sufficientemente elevata.

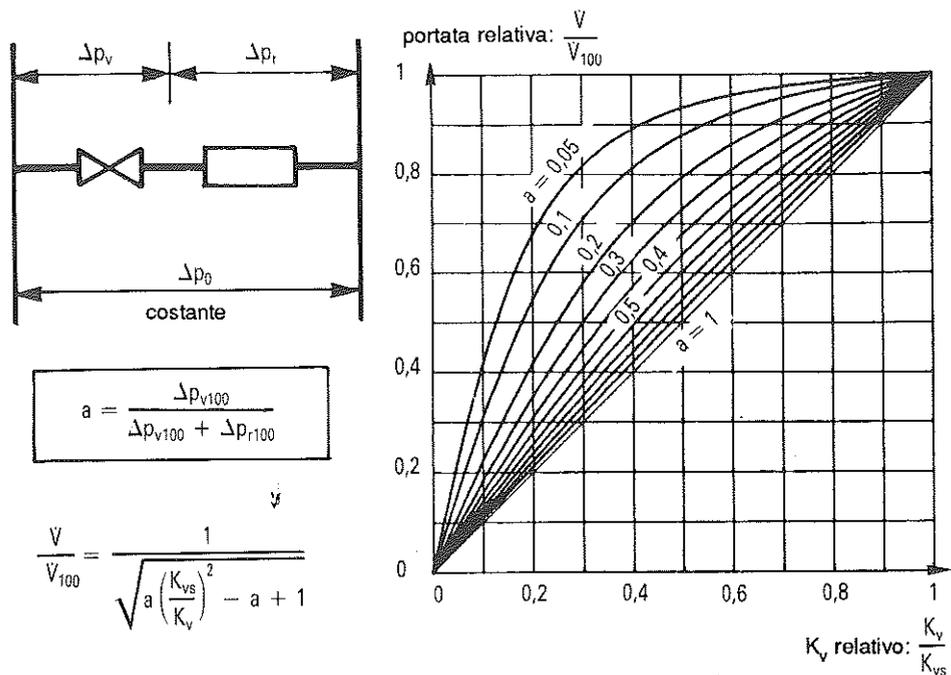


Fig. 2.22 - Curve della caratteristica: portata relativa in funzione del K_v relativo per diversi valori dell'autorità a del circuito idraulico disegnato. L'indice 100 si riferisce alla valvola aperta.

Definiamo più precisamente il denominatore di questo quoziente:

- si tratta della somma delle perdite di carico di *tutti* gli elementi, valvola compresa,
- gli elementi "percorsi dalla portata in variazione" sono quelli in cui la portata si annulla a valvola chiusa,
- le perdite di carico sono quelle con *portata nominale*, cioè a valvola aperta.

La definizione così data non può creare nessuna ambiguità. Naturalmente il valore dell'autorità deve essere calcolato dalle grandezze utilizzate nei calcoli di dimensionamento di un impianto.

L'autorità di una valvola di regolazione installata su un circuito idraulico deve quindi possedere un valore minimo tale da assicurare la migliore progressività. Un'autorità pari a 0,5 è già un valore ottimale e l'aumentarlo non procura miglioramenti sostanziali alla progressività della regolazione, ma potrebbe causare degli extracosti per la circolazione del fluido causati da una maggiore potenza richiesta alla pompa. Tale valore porta ad una relazione molto semplice:

$$a = 0,5 \Rightarrow \Delta p_{v100} = \Sigma \Delta p_{r100}$$

La perdita di carico della valvola aperta Δp_{v100} deve essere uguale alla somma delle perdite di carico degli altri elementi percorsi dalla portata in variazione: Δp_{r100} . Da questa relazione scaturisce il procedimento di scelta del K_{VS} di una valvola che sarà illustrato al paragrafo 5.8.3.

Se fosse impossibile utilizzare un valore di autorità vicino allo 0,5 si deve comunque fare in modo che esso sia per lo meno superiore a 0,33:

$$a > 0,33 \Rightarrow \Delta p_{v100} > \frac{\sum \Delta p_{r100}}{2}$$

$$0,33 = \frac{1}{3} = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_r + \Delta p_r} = \frac{\Delta p_v}{2 \Delta p_r}$$

$$\Delta p_r = 2 \Delta p_v$$

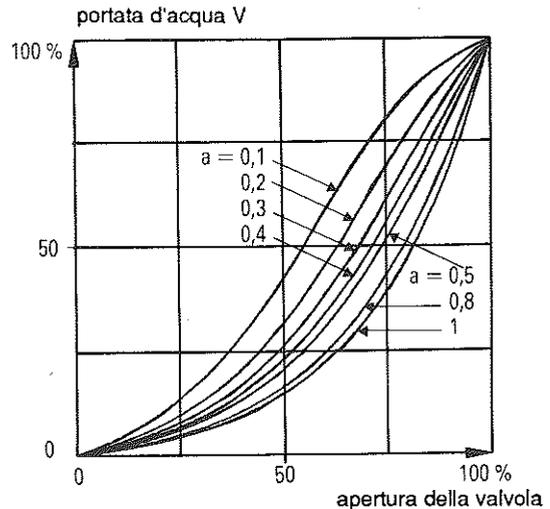


Fig. 2.23 - Caratteristiche di una valvola equipercentuale ($N = 3,5$) senza trafilemento, per differenti valori della sua autorità.

2.3.3. Le valvole a tre vie

Una valvola a tre vie ha una via comune, posta in serie con la pompa (o con la pressione differenziale motrice). Questa via è collegata con la via diretta (a valvola aperta) o con la via di bypass (a valvola chiusa). Nelle valvole a tre vie utilizzate per la regolazione, parti di portata complementari attraversano queste ultime due vie (fig. 2.24) quando la valvola è in posizioni intermedie. Una valvola a tre vie può essere utilizzata in due modi per la regolazione della potenzialità di uno scambiatore:

- mediante variazione di portata. In questo caso lo scambiatore è collegato al circuito della via diretta;
- mediante variazione di temperatura per mezzo di miscela. In questo caso lo scambiatore è collegato al circuito della via comune, percorsa da una portata costante.

Con questi due procedimenti il comportamento idraulico della valvola e del circuito è identico. Per assicurare un buon funzionamento dell'insieme il circuito e la valvola debbono soddisfare alcune condizioni:

a) Nessun elemento motore (pompa o pressione differenziale) deve esistere nel circuito della via diretta e la perdita di carico della valvola non deve essere elevata a confronto della pressione differenziale motrice di questo circuito.

b) La caratteristica di evoluzione del K_v (quello di passaggio tra la via comune e la via diretta) deve essere equipercentuale, ad esempio come in fig. 2.19.

c) Una valvola a tre vie è destinata a regolare la portata della via diretta. Essa deve essere quindi scelta per avere un'autorità sufficiente. La sua autorità è definita allo stesso modo dell'autorità di una valvola a due vie. Le perdite di carico da considerare in questo caso sono: quella della valvola aperta ΔP_{v100} (perdita di carico tra la via comune e la via diretta) e la perdita di carico del circuito percorso dalla portata in variazione ΔP_{r100} (a portata nominale con valvola aperta).

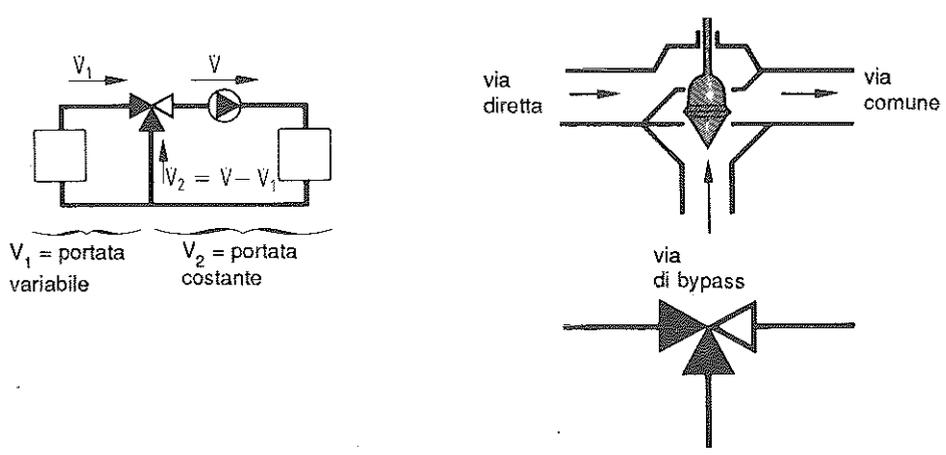


Fig. 2.24 - Una valvola a tre vie è caratterizzata dall'essere posta tra due circuiti, l'uno a portata costante e l'altro a portata variabile. Le vie non sono tra loro scambiabili.

La corrispondenza da mantenere tra queste perdite di carico è identica a quella da mantenere per le valvole a due vie:

$$\Delta p_{v100} = \Delta p_{r100} \text{ per un'autorità di } 0,5$$

Se tale corrispondenza non potesse venire mantenuta, si deve comunque fare in modo che:

$$\Delta p_{pv100} > \frac{\Delta p_{r100}}{2} \text{ per un'autorità superiore a } 0,33$$

d) Una valvola a tre vie deve anche assicurare una portata costante sul circuito della via comune il quale è collegato ad un elemento motore (fig. 2.25). Affinché tale portata non subisca variazioni indesiderabili allorché la valvola compie un'escursione completa della sua corsa, la sua perdita di carico sommata a quella del circuito a portata variabile ($\Delta p_v + \Delta p_r$) dovrà essere bassa in rapporto alla pressione differenziale motrice (fig. 2.26) agente sulla valvola aperta:

$$\Delta p_{pv100} + \Delta p_{pr100} < \frac{\Delta p_0}{2}$$

e) Allorché siano soddisfatte le relazioni riportate in fig. 2.26 è consigliabile minimizzare la resistenza idraulica della tubazione di bypass. In esso la circolazione viene favorita dal fatto che la valvola è prossima alla chiusura con diminuzione della portata sulla via diretta. È per richieste di potenzialità mol-

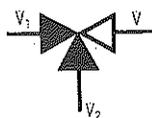
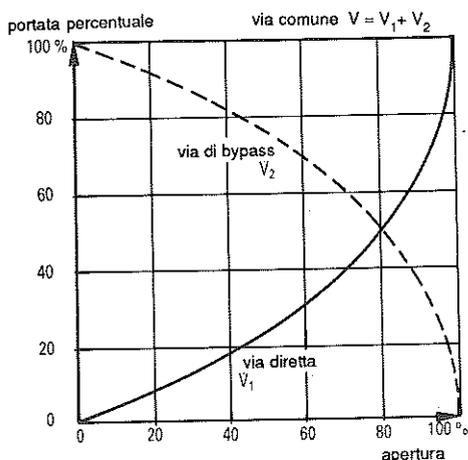
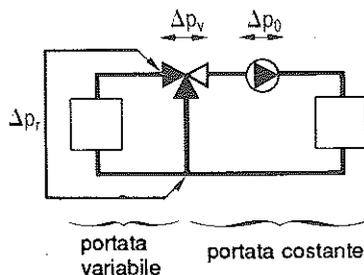


Fig. 2.25 - Funzionamento teorico di una valvola a tre vie: l'evoluzione della portata attraverso la via diretta ha una caratteristica equipercentuale e la portata attraverso la via comune è costante.



1	$\Delta p_{v100} \approx \Delta p_{r100}$ (In tutti i casi : $\Delta p_{v100} > \frac{\Delta p_{r100}}{2}$)
2	$\Delta p_{v100} + \Delta p_{r100} < \frac{\Delta p_0}{2}$

Fig. 2.26 - Le perdite di carico di un circuito di regolazione che utilizzi una valvola a tre vie debbono soddisfare due condizioni: (1) l'autorità della valvola sul circuito a portata variabile; (2) una prevalenza elevata in rapporto alle perdite di carico variabili per cui la portata sia sufficientemente costante sulla pompa.

to ridotte che si presentano le maggiori difficoltà di controllo che sono causate dall'aumentata sensibilità dello scambiatore e dalla difficoltà di ottenere in queste condizioni una portata progressiva sul circuito della via diretta. Poiché è consigliabile avere una bassa resistenza sul circuito di bypass è *consigliabile evitare di installarvi una valvola di bilanciatura*.

La fig. 2.27 mostra la ripartizione delle portate ottenibili con questi accorgimenti. L'incremento di portata sulla via comune generalmente non supera il 15% del valore a valvola chiusa, variazione questa che non provoca inconvenienti. La curva di funzionamento della via diretta mostra come alle basse portate il funzionamento sia del tutto soddisfacente. Le raccomandazioni sopra esposte sono adatte per la concezione di circuiti tipicizzati per i quali vengono ben soddisfatte e per i quali la scelta di una valvola a tre vie si limita, in pratica, al solo soddisfacimento del criterio d'autorità (c).

Il paragrafo 5.8.2. riporta un esempio pratico di scelta di una valvola a tre vie.

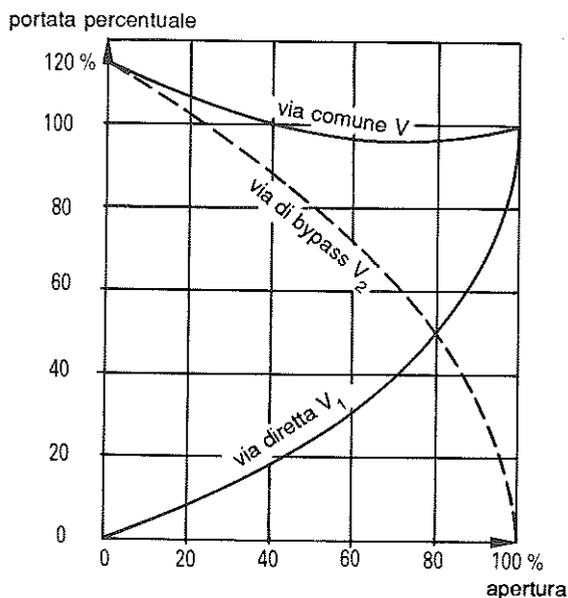


Fig. 2.27 - Allorché siano soddisfatte le condizioni poste alla figura 2.26 e non venga installato nessun organo di bilanciatura sul bypass, le evoluzioni delle portate sulla valvola a tre vie danno luogo ad un soddisfacente funzionamento della regolazione.

2.3.4. Le valvole a quattro vie

Le valvole a quattro vie vengono previste per un impiego particolare: la regolazione della temperatura dell'acqua in partenza da una centrale termica.

Esse hanno il vantaggio di potere realizzare una miscela sul ritorno della caldaia, cosa questa che permette di aumentarne la temperatura. I due circuiti in cui l'impianto viene in pratica diviso dalla valvola sono ciascuno dotati di una pompa; per piccoli impianti è tuttavia possibile contare sulla circolazione naturale per assicurare la necessaria portata sulla caldaia.

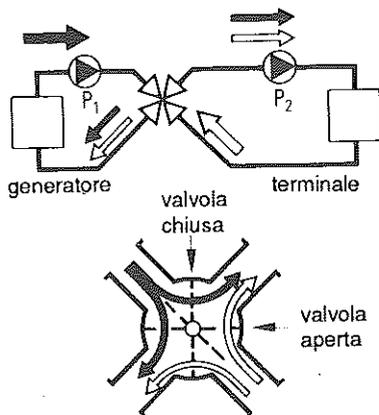


Fig. 2.28 - Principio di funzionamento di una valvola a quattro vie in posizione intermedia tra apertura e chiusura.

La ripartizione delle portate in funzione dell'apertura della valvola dipende molto dalla costruzione della valvola stessa. Le condizioni alle quali la ripartizione delle portate avviene in maniera corretta vengono indicate dal costruttore.

2.3.5 I circuiti idraulici di distribuzione

Una buona regolazione della potenzialità di uno scambiatore è generalmente ottenibile applicando le raccomandazioni date nei paragrafi precedenti:

- la caratteristica di regolazione della portata deve essere equipercentuale,
- l'autorità della valvola vicina a 0,5.

Queste due raccomandazioni sono comuni per tutti i tipi di valvole: due, tre o quattro vie. Nel caso di valvole a tre vie, che sono le più comunemente usate, ricordiamo anche le raccomandazioni supplementari:

- La perdita di carico del circuito con portata variabile, valvola compresa, deve essere inferiore alla metà della pressione motrice.
- Il circuito a portata variabile deve solo avere perdite di carico e nessuna (o al limite molto debole) pressione differenziale motrice.
- Il tronco di bypass deve avere una perdita di carico minima.

A tali raccomandazioni se ne devono aggiungere altre affinché la pompa a velocità costante lavori in condizioni favorevoli ed i circuiti dell'utenza non subiscano alcuno *squilibrio* che porti alla sottoalimentazione di alcuni ed alla sovralimentazione di altri.

- Le pressioni differenziali sui circuiti utenti devono essere sufficientemente stabilizzate in modo da permettere alle valvole di avere condizioni di funzionamento ben determinate in qualunque posizione.
- Le portate delle pompe devono essere sufficientemente stabilizzate a dispetto della variazione di portata nei circuiti regolati dalle valvole.

L'equilibratura idraulica della distribuzione

Una deficiente preoccupazione per l'equilibratura idraulica in fase di progettazione potrebbe condurre a patologie impiantistiche difficili da risolvere. La fig. 2.14 mostra l'andamento della potenzialità di uno scambiatore di efficacia $\epsilon 1$ in funzione della portata. Si noti come nelle vicinanze del punto di funzionamento nominale la potenzialità è tanto più influenzata dalla portata quanto l'efficacia è più elevata.

Una distribuzione idraulica scevra da squilibri va concepita tenendo conto dei seguenti principi:

- la portata di ciascun tronco di tubazione deve esclusivamente dipendere dalla pressione differenziale motrice erogata dalle pompe. Si devono porre in essere accorgimenti contro le circolazioni parassite, causate dall'effetto termosifone, che potrebbero modificare le portate, invertire il senso di circolazione oppure provocare flussi controcorrente nei tratti verticali.

Negli impianti non espressamente previsti per la circolazione a termosifone si dovranno minimizzarne gli effetti realizzando disposizioni di tubazioni che non permettano al fenomeno di innescarsi, o prevedendo perdite di carico elevate rispetto alla pressione motrice causata dal fenomeno stesso. La fig. 2.29 dà alcune indicazioni sul valore di tale effetto.

- È necessario prevedere organi di bilanciatura per potere equilibrare l'impianto durante il suo avviamento.

La disposizione di questi organi va effettuata con giudizio onde evitare di diminuire l'autorità delle valvole di regolazione.

Δp_p [mm c.a.] per metro	temperatura di ritorno		
	60 [°C]	65 [°C]	70 [°C]
temperatura di mandata			
80 [°C]	11,4	8,8	6
85 [°C]	14,6	12	9,2
90 [°C]	17,9	15,3	12,5

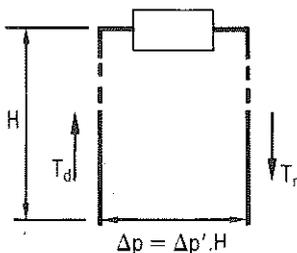


Fig. 2.29 - Alcuni valori di prevalenza generata, con una differenza di livello di 1 metro, dall'effetto termosifone.

– È consigliabile prevedere nell'impianto apposite prese per la misura della pressione a monte ed a valle delle pompe per poter rilevare il punto di funzionamento di queste ultime.

Alcuni dispositivi di bilanciatura sono dotati di prese di pressione incorporate. Esse permettono di conoscere la portata che li attraversa semplicemente collegandole ad un apposito apparecchio che fornisce direttamente la misura della portata stessa.

2.3.6. Le soluzioni di distribuzione idraulica

Il calore prodotto a livello di centrale tecnica o frigorifera viene distribuito alle utenze locali o agli scambiatori delle sottostazioni per mezzo di una rete di tubazioni.

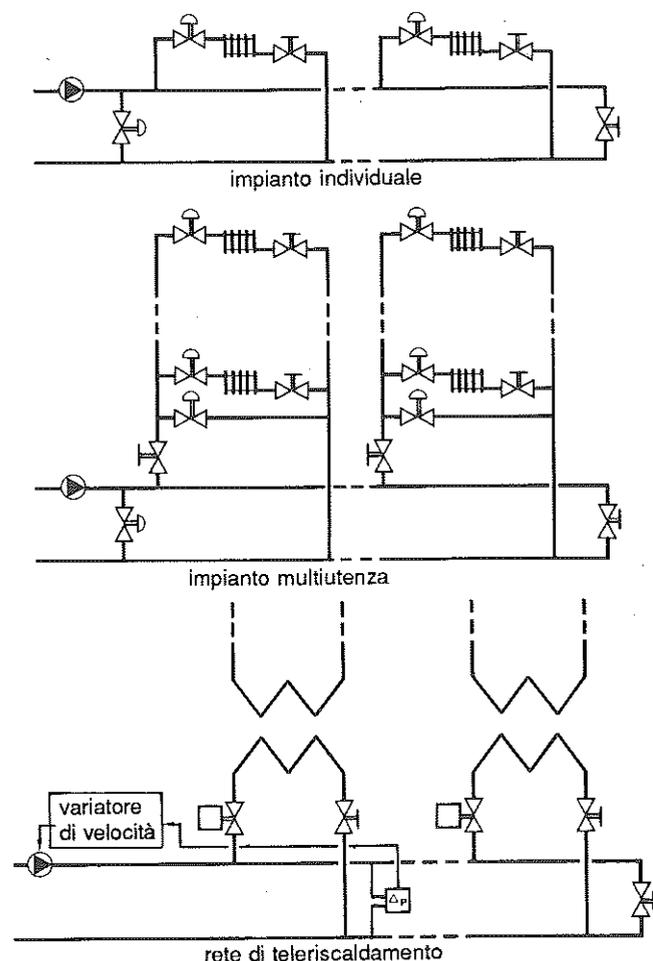


Fig. 2.30 - Alcuni esempi di impianti realizzati con pompa ed utilizzi regolati da valvole a due vie. L'equilibratura viene mantenuta per mezzo di regolatori di pressione differenziale.

Si possono usare diverse soluzioni:

Una sola pompa e più valvole a due vie

È questa la soluzione che viene di solito usata per la distribuzione di impianti di riscaldamento a due tubi. Le valvole a due vie possono, ad esempio, essere di tipo termostatico.

Per poter mantenere una ripartizione equilibrata delle pressioni, per qualunque posizione delle valvole, ed anche una portata sufficiente sulla pompa e sulla caldaia si possono usare, in funzione della dimensione dell'impianto, vari accorgimenti:

- L'installazione di un regolatore di pressione differenziale sulla mandata della pompa.
- L'installazione di più regolatori di pressione differenziale ripartiti sulla rete di distribuzione; ad esempio alla base delle colonne montanti.
- Per le reti di distribuzione di impianti di grande potenzialità, come quelli di riscaldamento per interi isolati, l'installazione di pompe a portata variabile che consentano di stabilizzare la pressione differenziale indipendentemente dalla posizione delle valvole e permettano una riduzione dei consumi elettrici derivanti dal pompaggio.

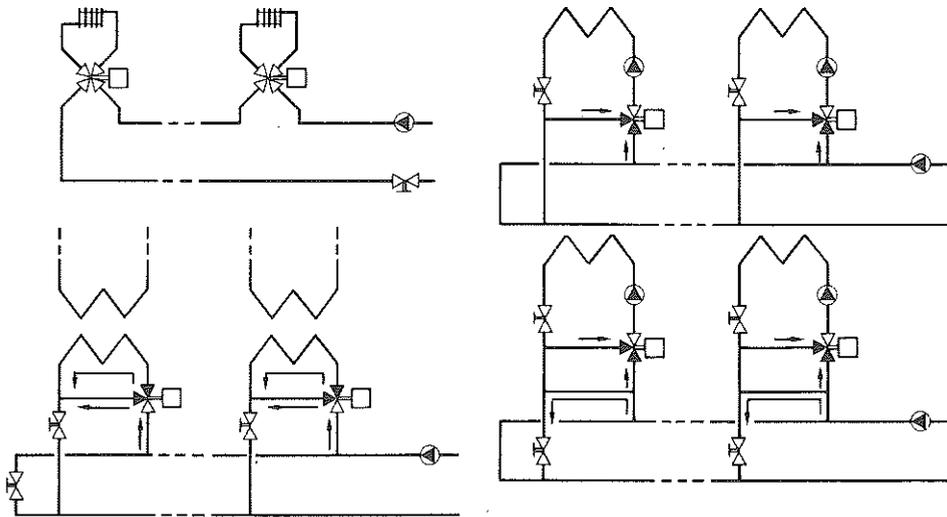


Fig. 2.31 - Alcuni esempi di impianti realizzati con pompa ed utilizzi controllati da valvole a tre o quattro vie. Nel circuito di distribuzione la portata rimane costante.

Fig. 2.32 - Un circuito di distribuzione a bassa perdita di carico e pompe su ogni circuito utente permettono di fruire, per ciascuno di essi, di indipendenza di funzionamento che apporta economie gestionali grazie alle intermittenze che possono essere realizzate.

Una sola pompa e più valvole a tre o a quattro vie

Il vantaggio di questa soluzione risiede nel potere mantenere una portata costante sulla distribuzione indipendentemente dalla portata circolante negli scambiatori o negli eventuali terminali.

Questa soluzione è tipica, con valvole a quattro vie, per impianti di riscaldamento monotubo e, con valvole a tre vie, per impianti di condizionamento dell'aria.

Per potere alimentare tutti i circuiti la potenza della pompa deve essere abbastanza elevata. Rispetto al caso precedente si ha ora il vantaggio di mantenere l'equilibrio idraulico senza aggiungere altri componenti.

Una pompa di distribuzione ed una pompa per ogni scambiatore

In questo caso la perdita di carico dell'anello di distribuzione è bassa e conseguentemente bassa sarà la potenza assorbita dalla pompa principale. Una serie di pompe, una per ciascuna utenza, provvede ad assicurare la circolazione nei diversi rami dell'impianto. La potenzialità viene regolata, per miscelazione di temperatura, da valvole a tre vie. Il metodo in questione implica un aumento del numero delle pompe usate, pur non pregiudicando l'equilibrio idraulico e rende del tutto indipendente il funzionamento dei differenti circuiti. Esso viene usato per il riscaldamento ed il condizionamento dell'aria per alimentare scambiatori e sottostazioni di edificio aventi necessità ed intermitenze tra loro differenti. Il costo di pompaggio è minimizzato dal comando delle pompe solo nei periodi nei quali se ne presenti la necessità. La soluzione è senza dubbio vantaggiosa: l'indipendenza dei circuiti idraulici permette una migliore equilibratura del sistema, una migliore regolazione ed una programmazione fatta in funzione di ogni utenza. La riduzione dei consumi, dovuta anche alla maggior rapidità di messa a regime, permette di ammortizzare in breve tempo i maggiori costi primi di installazione.

2.4. Il comportamento statico degli edifici

Il comportamento statico di un edificio può essere considerato come quello di uno scambiatore un po' particolare. Le dispersioni di un edificio riscaldato possono essere scomposte in due elementi:

– Conduzione attraverso le pareti esterne e le vetrate.

Tale elemento viene di solito rappresentato da un coefficiente globale di dispersione volumica per conduzione:

$$C_d = G_1 = \frac{\sum_i K_i S_i + \sum_j k'_j L_j}{V} \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

dove K_i è il coefficiente di trasmissione delle diverse superfici S_i ; k_l è il coefficiente di trasmissione lineare dei ponti termici di lunghezza L_j e V il volume riscaldato.

– Ventilazione ed infiltrazioni dell'aria esterna.

Anche questo elemento viene rappresentato da un coefficiente globale di dispersione volumica per rinnovo d'aria:

$$C_V \quad G_{v,r} = \frac{0,34 V_r}{V} \text{ [W/m}^3 \text{ K]} \quad C_V = 0,34 \text{ m}^3$$

dove V_r è la portata oraria dell'aria esterna introdotta, $\frac{V_r}{V}$ è il tasso di rinnovo d'aria.

Il coefficiente globale G è quindi dato da:

$$G = G_1 + G_v \text{ [W/m}^3 \text{ K]}$$

Tale coefficiente permette di determinare la potenzialità teorica di riscaldamento:

$$P = G V (T_i - T_e) \text{ [W]}$$

sostituendo nella quale le relazioni precedentemente definite si ottiene:

$$P = (G_1 V + 0,34 V_r) (T_i - T_e) \text{ in [W]}$$

dove T_i e T_e sono rispettivamente le temperature interna ed esterna. Il coefficiente G è di solito usato per calcolare le dispersioni, ma nell'eseguire il cal-

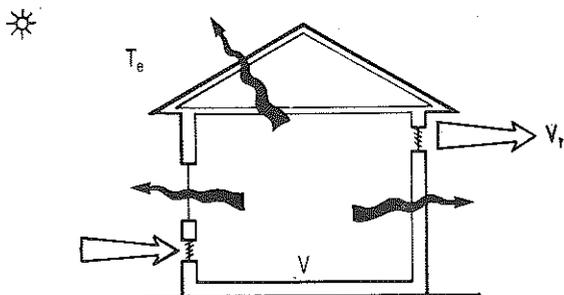


Fig. 2.33 - I disperdimenti termici di un edificio sono mediamente dovuti per metà alla conduzione delle vetrate e per un quarto ai rinnovi d'aria.

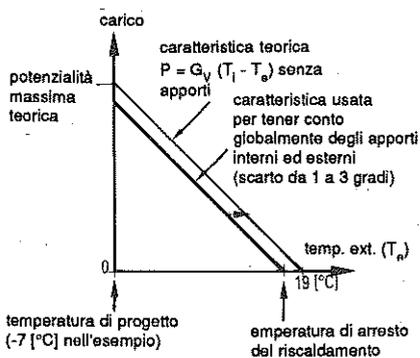


Fig. 2.34 - I punti che devono essere noti per utilizzare una regolazione in funzione dell'esterno sono la potenzialità massima per la temperatura di progetto e la temperatura alla quale il riscaldamento diventa inutile.

colo si devono adottare alcune precauzioni perché il suo valore è derivato da un calcolo *convenzionale* che tiene conto di altri parametri oltre alle pure e semplici dispersioni dell'edificio.

In ogni caso, per una data temperatura interna, la potenzialità richiesta è funzione lineare della temperatura esterna come si può vedere dal grafico della caratteristica teorica della dispersione illustrato in fig. 2.34.

Esistono d'altra parte anche degli apporti di calore all'edificio:

- esterni per soleggiamento,
- interni per gli occupanti, le luci ed i macchinari installati.

L'effetto di tali apporti di calore è l'abbassamento della potenzialità richiesta che provoca uno spostamento parallelo del grafico della caratteristica: figura 2.35.

Per questa ragione la curva di corrispondenza del regolatore viene generalmente scelta da 1 a 3 gradi al di sotto della caratteristica teorica.

Da parte loro anche le infiltrazioni d'aria esterna hanno l'effetto di aumentare la potenzialità richiesta in funzione lineare della temperatura esterna. Inoltre la pendenza della caratteristica può variare se l'ammontare del rinnovo d'aria è sensibile all'azione del vento: figura 2.35

Le curve della caratteristica mostrate nelle figg. 2.34 e 2.35 sono da intendersi come *relazioni medie* che tengono conto del comportamento *globale* dell'edificio.

La correlazione tra la quantità di energia giornalmente necessaria per il riscaldamento e la temperatura esterna mostra una dispersione dei punti causata dalla variazione degli apporti e dall'inerzia delle masse coinvolte.

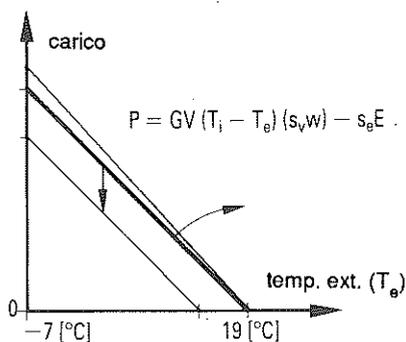


Fig. 2.35 - L'effetto del soleggiamento riduce il carico e, quindi, abbassa parallelamente a se stessa, la caratteristica. L'effetto del vento ne modifica invece la pendenza. I coefficienti s_e ed s_v tengono rispettivamente conto della sensibilità agli apporti solari e degli effetti del vento sul rinnovo dell'aria.

2.5. I comportamenti dinamici

Tutta la descrizione dei comportamenti statici fin qui data considera solamente gli scambi di calore a regime stabilizzato, cioè mettendo in gioco delle resistenze termiche senza considerare eventuali interventi dei fenomeni di iner-

zia termica. Di fatto, al variare delle temperature o delle potenzialità in gioco le strutture assorbono o cedono per inerzia termica delle quantità di calore con una velocità che dipende dall'entità della variazione e dalle resistenze termiche a loro associate. Il modo in cui l'inerzia termica è rappresentabile dipende dalla complessità dei fenomeni.

2.5.1. Comportamenti dinamici semplici: la costante di tempo

Consideriamo come primo esempio una sonda di temperatura che avverta una variazione brusca della temperatura dell'acqua nella quale è immersa. La massa della sonda presenta una certa capacità di accumulo di calore:

$C = m c_p$	$C = \text{capacità d'accumulo [J/K]}$
	$m = \text{massa [kg]}$
	$c_p = \text{calore specifico [J/kg K]}$

Da parte sua il calore scambiato tra acqua e sonda dipende dalla resistenza termica che esiste tra loro $R[\text{K/W}]$ e dalla differenza di temperatura $(T_e - T_s)[\text{K}]$ esistente al momento. La potenzialità scambiata sarà quindi data da:

$$P = \frac{T_e - T_s}{R} \text{ [W]}$$

La velocità di variazione di temperatura della sonda nel momento in cui l'acqua cambia rapidamente di temperatura si ricava dalla:

$$\frac{\Delta T_s}{\Delta t} = \frac{P}{C} = \frac{T_e - T_s}{RC} \text{ in gradi al secondo}$$

Nell'istante successivo T_s sarà più elevata e $T_e - T_s$ diminuita; ne segue che la potenzialità scambiata sarà diminuita come sarà diminuita la velocità di variazione della temperatura della sonda.

La temperatura della sonda avrà quindi un'elevazione secondo una curva esponenziale.

L'andamento della curva dipenderà dalla resistenza termica R e dalla capacità C . Il prodotto CR è definito costante di tempo (τ). Con le unità di misura usate essa risulterà espressa in secondi. La costante di tempo è la tangente geometrica della curva tracciata dall'origine e corrisponde alla pendenza massima. Ad un tempo corrispondente al valore della costante la temperatura sarà evoluta di un valore pari al 63% della variazione totale. (Tale valore deriva dalla curva esponenziale (fig.2.37):

$$0,63 \cong 1 - \frac{1}{e} \text{ con } e = 2,718$$

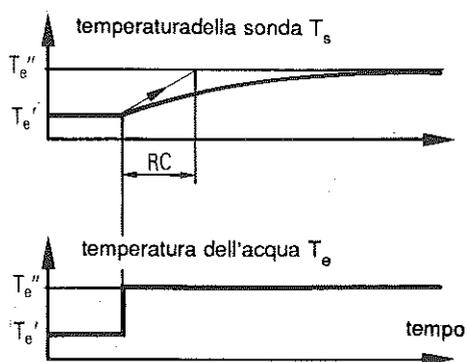
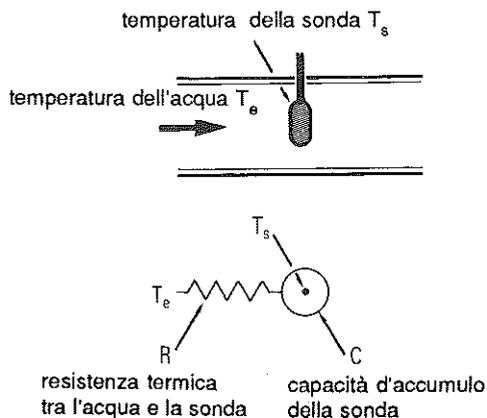


Fig. 2.36 - Una sonda sottoposta ad una temperatura brutalmente variabile presenta una risposta esponenziale che dipende dal prodotto della sua resistenza per la sua capacità d'accumulo.

Si può notare che ad un valore del tempo pari a tre volte la costante è già avvenuto il 95% della variazione e che per ottenere un 99,3% della stessa variazione occorre far trascorrere un tempo pari a cinque volte la costante.

Un altro esempio semplice è il caso di un serbatoio d'acqua riscaldato da un serpentino interno. Anche in questo caso, se la temperatura del serpentino ha un brusco incremento, la temperatura dell'acqua contenuta nel serbatoio s'innalza in funzione d'una costante di tempo $\tau = RC$ (fig.2.38).

La realtà fisica del fenomeno è tuttavia diversa a causa dei fenomeni di stratificazione e dei moti convettivi dell'acqua all'interno del serbatoio.

Si può dire che il tempo necessario per avere una variazione del 63% detto "tempo di risposta al 63%", corrisponde alla costante di tempo solo se il sistema preso in considerazione equivale esattamente ad una sola resistenza e ad una sola capacità localizzate.

Il modello della costante di tempo (τ) o del tempo di risposta al 63% dell'evoluzione totale (t_1) è valido solo per taluni tipi di apparecchi. È questo il caso della sonda di temperatura, della sonda di misura della temperatura ester-

na, del bulbo di una valvola termostatica o di un regolatore termostatico, così come di un serbatoio di stoccaggio acqua a patto che il suo volume sia contenuto.

$$t = t_e \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

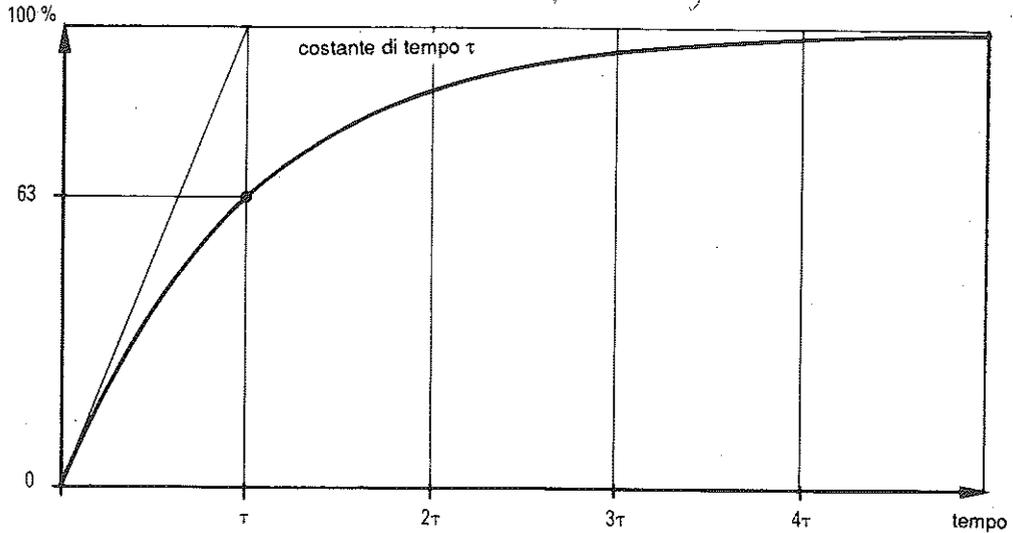


Fig. 2.37 - Risposta esponenziale di un sistema di primo ordine dotato di una resistenza e di una capacità.

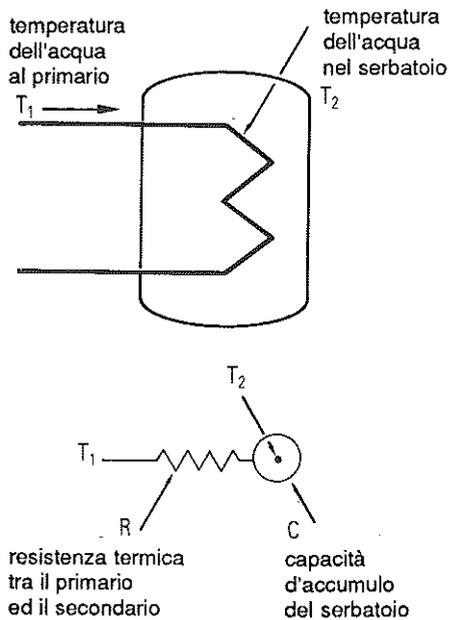


Fig. 2.38 - L'evoluzione della temperatura in un serbatoio è ancora una curva esponenziale che dipende dalla sola costante di tempo.

2.5.2. Il comportamento dinamico degli scambiatori

Consideriamo come esempio una batteria di riscaldamento a canale. Se il suo primario è sottoposto ad una brusca variazione di temperatura, l'evoluzione della temperatura dell'aria al secondario non sarà rappresentata da una curva di tipo esponenziale come quella descritta al paragrafo precedente. Questa volta la curva dell'evoluzione avrà la forma di una S. Al momento della sollecitazione e nei primi istanti successivi la temperatura rimane invariata, poi comincia a crescere lentamente. Il fenomeno è imputabile a due cause:

- Lo scambiatore non ha una sola capacità termica preponderante, ma svariate capacità combinate tra loro.
- Esistono ritardi di risposta dovuti al movimento dell'acqua nei tubi e dell'aria nel canale ed alla distanza tra la batteria ed il luogo in cui, per motivi pratici, si deve effettuare la misura della temperatura. Questi ritardi di trasferimento dell'effetto dipendono ovviamente dalla velocità dei fluidi e dalla distanza che essi devono percorrere.

Il modello matematico del comportamento di queste apparecchiature è complesso. Si usa l'approssimazione di assimilare la risposta ad un tempo di ritardo

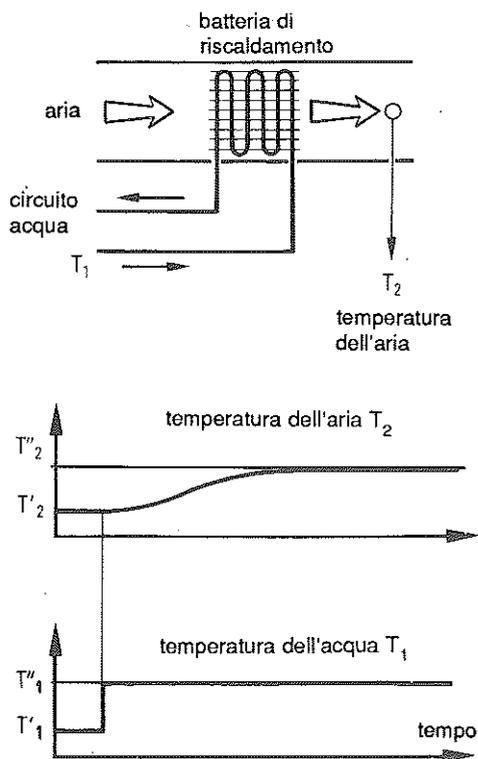


Fig. 2.39 - Nel caso di scambiatori a bassa capacità, come una batteria per il riscaldamento dell'aria, la risposta ad una sollecitazione a scalino non può essere assimilata ad una semplice curva esponenziale.

do equivalente seguito da una curva esponenziale caratterizzata da una costante di tempo τ_e equivalente. Ovviamente la somma di questi tempi è un po' differente dal tempo di risposta al 63% ottenuto col modello più approssimativo visto nel paragrafo precedente.

Gli effetti del tempo di ritardo equivalente t_e sono sempre nefasti; essi rendono la regolazione più difficile poichè durante il tempo di ritardo il regolatore non è in grado di misurare l'effetto della sua azione che rischia quindi di essere "pompata". È quindi necessario minimizzare in ogni caso questo tempo di ritardo avvicinando il più possibile la sonda all'apparecchiatura comandata.

Viceversa, la costante di tempo, la quale corrisponde ad un comportamento capacitivo, aiuta il buon funzionamento della regolazione a causa del suo effetto "stabilizzante".

Una volta che entrambi i valori dei tempi siano conosciuti, è possibile utilizzarli per determinare i parametri dei regolatori in circuito chiuso onde adattare al meglio gli stessi alle caratteristiche del sistema da regolare.

Esistono dei metodi per determinare empiricamente i valori di t_e e τ_e a partire dalle registrazioni grafiche della risposta ad una sollecitazione a gradino.

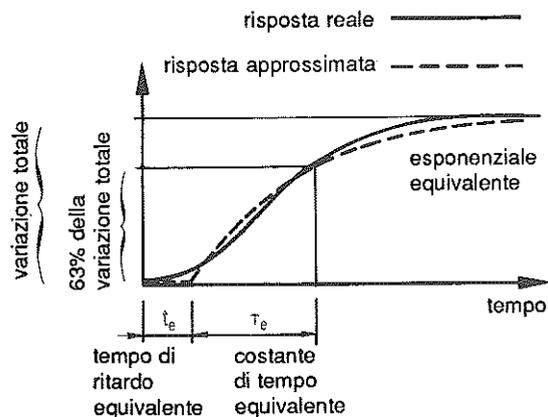


Fig. 2.40 - La risposta ad una sollecitazione a scalino per uno scambiatore può essere approssimata tramite due parametri di tempo: un tempo di ritardo ed una costante di tempo equivalente.

2.5.3. Il comportamento dinamico degli edifici

Un edificio è una struttura estremamente complessa per quanto riguarda il suo comportamento termico a regime variabile. Infatti esistono parecchi punti di vista da cui considerare una potenzialità o una temperatura in funzione di una determinata sollecitazione quale la temperatura esterna, il soleggiamento, la richiesta di condizionamento oppure di riscaldamento.

Il termine "inerzia" termica di un edificio congloba svariati concetti che sono troppo raramente definiti quando esso viene usato.

Bisogna differenziare due fenomeni:

a) il comportamento interno (temperatura ambiente o necessità di riscaldamento) in funzione delle sollecitazioni climatiche esterne, principalmente la

temperatura esterna quando si tratta di riscaldamento. In questo caso si tratta di *inerzia perimetrale*;

b) il comportamento della temperatura interna in funzione della potenzialità erogata all'interno del fabbricato. In questo caso si tratta di *inerzia della massa interna*.

a) *L'inerzia perimetrale* fa entrare in gioco, in funzione della temperatura esterna, gli elementi che concorrono alle dispersioni:

- le superfici vetrate, che hanno tuttavia una capacità termica limitata;
- i rinnovi d'aria, che hanno un effetto immediato sulla temperatura interna;
- le trasmissioni di calore attraverso le pareti opache, il cui effetto è differito ma ha durata variabile secondo la capacità termica (a sua volta funzione della massa specifica della parete considerata) e la disposizione dell'isolamento (interno, esterno o ripartito).

L'effetto dell'inerzia perimetrale, considerato in funzione della temperatura esterna, è praticamente irrilevante sul confort, in riscaldamento, e sul relativo consumo di energia.

b) *L'inerzia della massa interna* che è caratterizzata dall'evoluzione della temperatura ambiente in funzione della potenzialità erogata è, sotto l'aspetto della problematica di regolazione e di programmazione, più importante della precedente.

Essa ha l'effetto di ammortizzare le fluttuazioni della temperatura ambiente ed il suo effetto autoregolatore è molto importante agli effetti della gestione energetica.

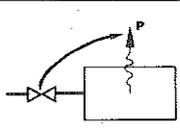
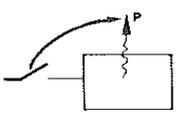
Gli elementi dell'edificio che concorrono a dare questa inerzia sono principalmente:

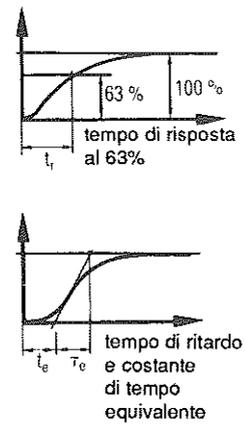
- Le pareti interne dei locali, la loro superficie, la natura del loro rivestimento e la loro capacità termica. Le pareti esterne intervengono con una frazione del loro spessore, dal lato interno.
- L'arredamento e gli oggetti contenuti nel locale a causa della grande superficie di scambio che essi hanno con l'aria del locale stesso.

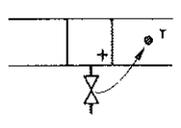
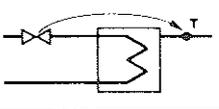
Il modello di risposta alle sollecitazioni prima considerate (impulso di potenzialità o di flusso termico) in questo caso non può essere utilizzato e non possono quindi essere considerati i due parametri di tempo già determinati. Esistono serie di valori numerici temporali che ne rappresentano la risposta; la loro utilizzazione è di pertinenza del calcolo informatico (fig. 2.42).

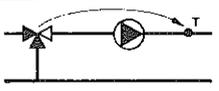
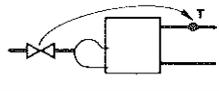
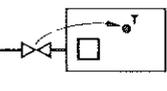
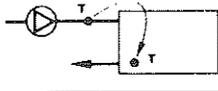
La rappresentazione della risposta dinamica degli ambienti è utile a due livelli:

- a) a livello di progettazione architettonica e di relativa scelta delle apparecchiature energetiche;
- b) a livello della gestione dell'energia.

TERMINALI STATICI PER RISCALDAMENTO		t_r
	convettori ad acqua radiatori in acciaio radiatori in ghisa pannelli	2 a 5 [min] 5 a 15 [min] 15 a 40 [min] 1 a 10 [h]
	convettori elettrici	0,5 a 2 [min]



SCAMBIATORI A TIRAGGIO FORZATO		t_e	τ_e	$\frac{t_e}{\tau_e} (*)$
	batterie acqua-aria	5 a 20 [s]	0,5 a 2 [min]	0,2 a 0,4
	scambiatori acqua-aria	10 a 60 [s]	0,5 a 10 [min]	0,1 a 0,3

SISTEMI DIVERSI		t_e	τ_e	$\frac{t_e}{\tau_e} (*)$
	regolazione della temperatura dell'acqua per miscelazione	10 a 20 [s]	0,5 a 1 [min]	0,2 a 0,4
	caldaia in acciaio	10 a 60 [s]	1 a 10 [min]	0,1 a 0,3
	temperatura di ambiente riscaldato da terminale statico	5 a 15 [min]	1 a 2 [h]	0,05 a 0,2
	temperatura di un ambiente alimentato ad aria soffiata	1 a 5 [min]	0,2 a 1 [h]	0,1 a 0,3

* Il rapporto viene denominato grado di difficoltà di regolazione ed identificato dalla lettera greca λ .

Fig. 2.41 - Valori indicativi delle caratteristiche di comportamento dinamico di alcuni sistemi ed apparecchiature.

a) La progettazione architettonica

È a questo stadio del concepimento di un edificio che vengono eseguite le scelte che ne condizionano l'inerzia di massa e quindi le possibilità di realizzare economie per mezzo di una gestione adatta. Nei seguenti casi si cerca di ottenere una forte inerzia di massa:

- edifici molto soleggiati o con forti potenzialità richieste, al fine di ammortizzare le fluttuazioni di temperatura, specialmente in funzione del confort estivo e della riduzione dei carichi frigoriferi;
- edifici dotati di sistemi di riscaldamento solare passivi (serre, captatori ad aria) al fine di meglio recuperare il calore del sole e di conservare un livello di confort sufficiente;
- edifici dotati di sistemi "rustici" di riscaldamento individuale (a legna o carbone) al fine di mantenere una temperatura accettabile a dispetto delle inevitabili fluttuazioni di potenzialità erogata.

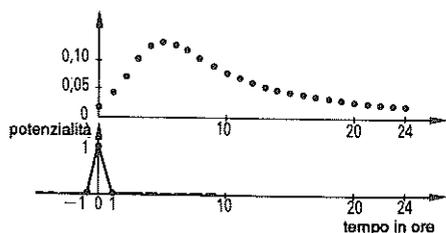


Fig. 2.42 - Il comportamento dinamico di un edificio viene talvolta rappresentato con serie di valori numerici che rappresentano la risposta ad una sollecitazione a triangolo (assimilabile ad un impulso).

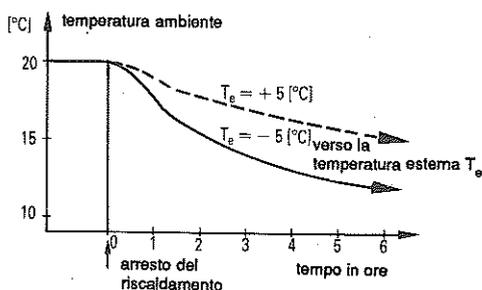


Fig. 2.43 - Si può constatare, all'arresto del riscaldamento, un abbassamento relativamente rapido della temperatura interna dovuto al rinnovo d'aria seguito poi da una evoluzione più lenta causata dallo scarico di tutte le capacità termiche interne. La velocità dipende evidentemente dalla temperatura esterna.

La ricerca di una grande inerzia di massa riguarda quindi principalmente l'interno degli edifici, ma va notato che non comporta automaticamente una minimizzazione dei consumi. Anzi presenta il rischio di limitare, se applicata a sproposito, le economie di energia realizzabili allorché sarebbe possibile ridurre per intermittenza le temperature dei locali. Infatti una grande inerzia di massa interna comporta, una volta spento l'impianto di riscaldamento, diminuzioni di temperatura più lente e richiede viceversa tempi più lunghi per ristabilire la temperatura. Nel caso in cui si vede la possibilità di potere usare un'intermittenza di riscaldamento è quindi opportuno cercare di realizzare una bassa inerzia di massa interna; tipiche applicazioni di questo tipo si pos-

sono considerare gli edifici non occupati in parte della giornata o in particolari giorni della settimana come quelli destinati al terziario.

b) *La gestione dell'energia*

Gli effetti benefici dell'inerzia interna di un edificio dotato di un impianto possono essere messi a profitto tramite una gestione oculata dell'energia.

Il comportamento da esaminare è quello della temperatura interna in funzione di una sollecitazione causata da una richiesta di riscaldamento o di condizionamento. L'insieme da considerare è quindi l'edificio + le apparecchiature termotecniche.

Le curve di abbassamento e di innalzamento della temperatura hanno andamenti svariati, i fenomeni termici non sono sempre gli stessi e inoltre la curva di innalzamento della temperatura dipende dalla potenzialità dell'installazione (figure 2.43 e 2.44).

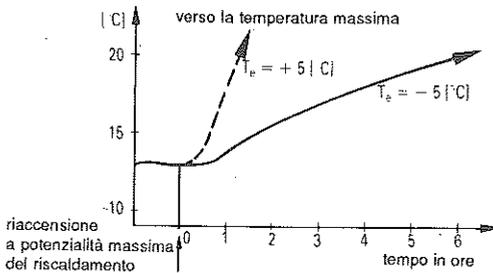


Fig. 2.44 - La curva d'incremento della temperatura dopo la riaccensione del riscaldamento dipende essenzialmente dall'esuberanza, rispetto al bisogno, della potenzialità erogabile.

L'andamento di tali evoluzioni è difficile da stabilire a priori con un'esattezza sufficiente. La difficoltà è dovuta alla complessità dei fenomeni termici che si svolgono e per l'effetto sull'evoluzione considerata di svariati parametri:

- le superfici interne,
- la loro disposizione,
- la natura dei loro rivestimenti,
- la loro composizione interna.

Si deve conoscere il mobilio che sarà usato così come l'installazione energetica:

- generatori,
- distribuzione,
- emettitori.

Inoltre il comportamento può essere analizzato per durate tra qualche decina di minuti a svariati giorni, a seconda che si tratti di considerare problemi di regolazione, che sono in genere a corto termine, oppure di intermittenza, che sono invece a lunga durata. In questo campo di tempistica variabile la rappresentazione dell'evoluzione della temperatura può essere ulteriormente variabile a causa dello spessore della parete interessata dalla variazione della temperatura che non è sempre il medesimo.

La soluzione oggi giorno proposta dai costruttori di automatismi consiste in apparecchi che identificano da se stessi i comportamenti dinamici dell'edificio (autoadattazione) e che memorizzano, per mezzo di diverse interazioni, i risultati ottenuti. Questi apparecchi possono dunque estrapolare l'evoluzione della temperatura ambiente per "ottimizzare" i comandi che emettono senza la necessità di tener conto dei parametri che influenzano il comportamento dinamico dell'edificio. I principi di funzionamento di tali apparecchi ottimizzatori saranno descritti al paragrafo 3.3.

La conoscenza dell'evoluzione della temperatura ambiente è utile al tecnico che si occupa della gestione dell'energia al fine di preparare un programma d'intermittenza.

Esistono metodologie semplificate di calcolo per permettere la scelta del programma di intermittenza classificando il comportamento della massa interna dell'edificio, ad esempio, come leggera, mediamente o altamente inerte. La migliore soluzione per prevedere i benefici economici dell'intermittenza rimane comunque l'esperienza acquisita sia dall'osservazione del comportamento di edifici simili sia dalla registrazione strumentale dell'evoluzione della temperatura.