

Gli impianti di climatizzazione con ventilconvettori

Dott. Ing. Stefano Peloso – Aermec Spa
Dott. Ing. Diego Danieli – Studio Associato Vio

Premessa

Gli impianti di climatizzazione con ventilconvettori hanno vissuto negli ultimi anni una crescita di rilievo in applicazioni una volta destinate ai tradizionali sistemi e terminali di impianto. La sempre più sentita esigenza di comfort ambientale per tutto l'anno nelle abitazioni civili e la nascita di nuovi alberghi hanno portato ad un impiego crescente del terminale ad aria. L'integrazione tra impianto ed edificio, sempre più sentita come necessità da progettisti, architetti e costruttori edili, porta ad evitare soluzioni impiantistiche che, oltre ad essere antiestetiche, necessitano di un impianto doppio (ad es. radiatori e split-system) per garantire il comfort in ogni stagione.

Gli attuali ventilconvettori presentano caratteristiche eccellenti in termini di silenziosità, di resa oltre ad un design che facilmente si sposa con applicazioni esterne in abitazioni civili.

Scopo del presente lavoro è dare delle brevi indicazioni su come scegliere e progettare un impianto a ventilconvettori.

Impianti a ventilconvettori

La suddivisione degli impianti di climatizzazione dell'aria viene effettuata sulla base del fluido convogliato fino al terminale, fermo restando che quest'ultimo tratta comunque aria alla quale è affidato il compito di climatizzare l'ambiente.

Negli impianti ad acqua, quale l'impianto a ventilconvettori, il fluido termovettore è appunto acqua (refrigerata in estate e riscaldata in inverno) distribuita attraverso una rete idraulica ai vari terminali.

In questo tipo d'impianto la regolazione delle condizioni termoigrometriche dell'ambiente viene affidata completamente ai ventilconvettori.

L'impianto a soli ventilconvettori senza apporto meccanico di aria esterna è generalmente utilizzato nel condizionamento degli ambienti abitativi, dove, analogamente agli impianti a radiatori, per il rinnovo dell'aria ci si affida alle infiltrazioni. In tutti i casi i ventilconvettori devono avere la potenza necessaria per vincere sia i carichi endogeni dell'ambiente sia i carichi dovuti all'aria esterna.

Le prestazioni dei ventilconvettori

I ventilconvettori vanno selezionati sulla base della potenza sensibile scambiata in quanto, a parità di temperatura d'immissione dell'acqua, di portata d'acqua, d'aria e di temperatura dell'aria d'immissione, la resa sensibile si mantiene praticamente costante (diminuisce leggermente all'aumentare dell'umidità relativa (U.R.) dell'aria d'immissione in batteria) mentre cambia, sempre al variare di U.R., la resa totale.

Le prestazioni del ventilconvettore, in condizionamento estivo, sono fortemente influenzate dalla portata d'aria sulla batteria, dalla temperatura di mandata e dal salto termico dell'acqua sulla batteria stessa. Le varie case costruttrici forniscono diagrammi di scelta più o meno complessi, costruiti appunto in funzione dei vari parametri di influenza. E' comunque possibile ricavare un diagramma semplificato che mostra come vari il rapporto tra resa sensibile e resa totale per apparecchi con batterie a tre ranghi in determinate condizioni di funzionamento. In fig.1 è infatti visibile l'andamento della rapporto R tra potenza sensibile e potenza totale fornita da un ventilconvettore per temperatura dell'aria ambiente di 26 °C, salto termico dell'acqua 5°C, in funzione dell'U.R. alle varie velocità dei ventilatori (massima, media, minima) e temperature d'ingresso dell'acqua di 7 e 10°C. Il rapporto Re indica la retta di esercizio che può essere in equilibrio se l'ambiente viene condizionato a determinate caratteristiche. (La figura è fuori scala ed è rappresentata a solo scopo indicativo)

Il diagramma, anche se indicativo, trova un andamento sostanzialmente simile per tutti i ventilconvettori in commercio di pari caratteristiche (batteria a tre ranghi), indipendentemente dalla taglia.

Come si può vedere R diminuisce:

- all'aumentare di U.R.
- al diminuire della velocità del ventilatore e quindi della portata d'aria del ventilconvettore
- al diminuire della temperatura d'ingresso dell'acqua in batteria

Ciò significa che, a parità di carico ambiente Re, per avere un determinato valore dell'umidità relativa si può agire in due modi: abbassando la temperatura di mandata dell'acqua o diminuendo la portata d'aria sul ventilatore. Il primo caso porta ad un maggior consumo energetico, dovuto alla minore efficienza dei chiller alle basse temperature, mentre il secondo comporta un maggior numero di ventilconvettori in quanto, a maggior temperatura di mandata dell'acqua, la resa del singolo ventilconvettore è minore.

Possiamo quindi dire che in un impianto a ventilconvettori, se si vuole migliorare la deumidificazione, conviene suddividere la potenza totale in un numero maggiore di ventilconvettori selezionati alla minima velocità; dalla stessa figura si può anche notare che, se opportunamente dimensionati, i ventilconvettori danno rapporti R soddisfacenti anche con temperature d'immissione dell'acqua di 10 °C.

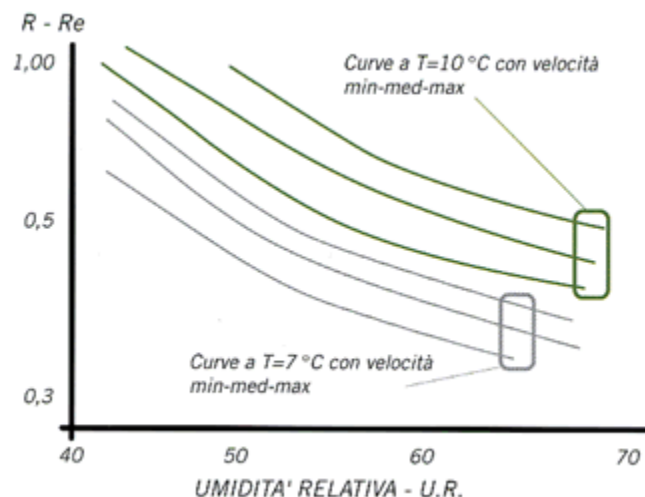


Fig.1 - Andamento del rapporto tra potenza sensibile e totale in funzione dell'umidità relativa

La regolazione degli impianti a ventilconvettori

La regolazione negli impianti a fan-coils avviene in quattro modi distinti:

- comando on-off sul ventilatore
- variazione continua della velocità del ventilatore
- variazione della portata d'acqua alla batteria con valvola a tre vie on-off
- variazione della portata d'acqua alla batteria con valvola modulante

Il comando on-off, attualmente il più usato per la sua facilità e per il suo basso costo, fa fermare il ventilatore quando la temperatura è scesa sotto un determinato valore, per farlo ripartire al di sopra di un altro valore nell'intorno del set desiderato (nel caso invernale la regolazione avviene al contrario). Ad esempio, per mantenere la temperatura di 26 °C in ambiente, il ventilatore viene spento a 25 °C e riacceso a 27 °C. La variazione tendenziale dell'umidità specifica dipende dalle caratteristiche della retta di esercizio dell'ambiente. Nel caso trattato, se la retta di esercizio è pari a 0,9 la U.R., pari al 50% per t ambiente di 26 °C, tenderebbe al 53% a 25 °C e al 48% a 27 °C. La variazione tendenziale di U.R. diverrebbe nulla per una retta di esercizio $Re = 0,39$. In realtà gli intervalli tra accensione e spegnimento sono così brevi che la variazione di U.R. è di fatto irrilevante.

La regolazione on-off della portata dell'aria comporta quindi una oscillazione continua della temperatura ambiente, mentre l'umidità relativa si mantiene costante attorno al punto di equilibrio determinato dalle caratteristiche del ventilconvettore utilizzato.

La regolazione continua della portata d'aria si ottiene variando la velocità del ventilatore in funzione della temperatura da mantenere costante.

La regolazione continua sulla portata dell'aria comporta una costanza della temperatura ambiente, mentre U.R. varia al variare della portata secondo le curve del grafico di fig. 1.

La regolazione on-off della portata d'acqua al ventilconvettore avviene tramite una valvola a tre vie che può mandare l'intera portata d'acqua alla batteria o effettuare un by-pass. L'attivazione della posizione aperta-chiusa della valvola avviene analogamente al caso di regolazione on-off dell'aria.

La regolazione on-off della portata dell'acqua comporta quindi una oscillazione continua della temperatura ambiente, mentre l'umidità relativa si mantiene costante attorno al punto di equilibrio determinato dalle caratteristiche del ventilconvettore selezionato.

Va segnalato che questa regolazione può essere fastidiosa in climatizzazione invernale, in quanto a batteria by-passata, il ventilconvettore movimentata aria alla temperatura ambiente che, in alcuni casi, può creare un senso di disagio termico agli occupanti.

La regolazione continua della portata d'acqua avviene mediante una valvola a tre vie modulante che parzializza l'alimentazione della batteria.

Questo tipo di regolazione comporta una costanza della temperatura ambiente mentre la U.R. tende a variare secondo le caratteristiche della retta di esercizio.

Si può concludere dicendo che le regolazioni continue sono preferibili in estate in quanto le oscillazioni di temperatura nell'ambiente possono produrre delle sensazioni fastidiose per gli occupanti.

Come selezionare un ventilconvettore

Dati di input

In generale si deve individuare:

- condizioni esterne massime di progetto (t, U.R.)
- condizioni esterne minime di progetto (t, U.R.)

per ogni singolo ambiente a si deve individuare:

- massimo carico sensibile estivo PSa
- massimo carico latente estivo PLa
- condizioni esterne massime di progetto (t, U.R.)
- massimo carico invernale Pta
- eventuali condizioni critiche
- carichi in condizioni critiche
- condizioni climatiche esterne in condizioni critiche

Scelte di progetto

scelte generali:

- caratteristiche dei ventilconvettori
- temperatura di produzione estiva dell'acqua refrigerata
- temperatura di produzione invernale dell'acqua calda

per ogni singolo ambiente:

- temperatura di progetto in estate
- massima umidità relativa accettabile in estate
- tipologia della regolazione

Calcoli estivi e invernali

Si calcola per ogni ambiente l'infiltrazione di aria esterna. Si calcolano i carichi sensibili e latenti dovuti all'aria d'infiltrazione esterna, secondo le relazioni

$$P_{Sinf n} = cG_{inf n} (t_E - t_{An})$$

$$P_{L inf n} = rG_{inf n} (x_E - x_{An}) \quad (A.1)$$

Si calcolano i carichi reali all'interno dell'ambiente secondo le note relazioni:

$$P_{SA n} = P_{S n} + P_{Sinf n}$$

$$P_{LA n} = P_{L n} + P_{Linf n} \quad (A.2)$$

Si calcola la retta di esercizio effettiva secondo la:

$$Re_{efn} = \frac{P_{SA n}}{P_{SA n} + P_{LA n}} \quad (A.3)$$

Si ripete il calcolo per le eventuali condizioni critiche, qualora il caso trattato lo richieda. Si scelgono la quantità, le grandezze e la velocità del ventilatore dei ventilconvettori in base ai carichi ambiente ed alle loro rese, previa verifica del controllo dell'umidità relativa in tutte le condizioni. Si ripete infine il calcolo per il periodo invernale tenendo in considerazione il fatto che il ventilconvettore selezionato nel calcolo estivo (con portata d'acqua e diametro dei tubi ben definiti) sia efficiente anche in inverno con temperature e salti termici più alti e ovviamente utilizzando le stesse tubazioni.

Esempio numerico

Un bilocale è formato da una camera da letto di 60 m³ e da un soggiorno - cucina da 120 m³. Alle ore 15 di luglio con 32 °C di aria esterna e U.R. = 50%, volendo mantenere in ambiente 26 °C con U.R. massima pari al 60%, i carichi nei singoli locali sono (due persone presenti):

camera: PS = 0,9 kW

PL = 0,1 kW

soggiorno: PS = 2 kW

PL = 0,2 kW

L'appartamento è collegato ad un impianto centralizzato con acqua refrigerata disponibile a 10 °C.

I modelli di ventilconvettori prescelti forniscono con acqua refrigerata a 10 °C e salto termico pari a 5 °C, le seguenti potenze totali:

grandezza 2 P = 1,6 kW

grandezza 3 P = 2,6 kW

grandezza 4 P = 3,6 kW

coefficiente riduzione per la velocità media del ventilatore = 0,85

coefficiente riduzione per la velocità minima del ventilatore = 0,75

L'andamento del rapporto R al variare della velocità del ventilatore è uguale a quello riportato in figura 1.

Accettando una U.R. interna massima del 70% nel soggiorno nel caso vi sia una cena con 8 persone, di sera con temperatura dell'aria esterna scesa a 28 °C, carichi sensibili diminuiti a 1,5 kW, carichi latenti aumentati a 0,8 kW, e considerando pari a 1 volumi/h l'infiltrazione di aria esterna, si definisca il numero e modello di fan-coils per ambiente.

Si trovano le umidità specifiche per l'esterno e per l'ambiente con il relativo volume specifico; dal diagramma psicrometrico si trova:

$x_E = 15 \text{ g/kg}$

$x_A = 12,7 \text{ g/kg}$

$v_A = 0,864 \text{ kg/m}^3$

Si calcolano innanzitutto i carichi dovuti all'aria esterna d'infiltrazione. Si ha:

camera: PSinf = 0,12 kW

PLinf = 0,11 kW

soggiorno: PSinf = 0,24 kW

PLinf = 0,23 kW

Si trovano quindi i carichi sensibili e latenti comprensivi dell'aria esterna d'infiltrazione e le rette di esercizio effettive:

camera: PSA = 1,02 kW

PLA = 0,21 kW

Reef = 0,83

soggiorno: PSA = 2,24 kW

PLA = 0,43 kW

Reef = 0,84

Per il soggiorno bisogna calcolare anche i carichi nel caso considerato critico; poiché le condizioni ambientali sono prossime a quelle dell'aria esterna i carichi dovuti all'infiltrazione sono irrilevanti e trascurabili.

soggiorno critico: PSA = 1,5 kW

PLA = 0,8 kW

Reef = Re = 0,65

Si effettua la scelta dei fan-coils.

Per la camera si deve scegliere il modello 2 alla minima velocità che fornisce una potenza totale di 1,2 kW; dal diagramma di fig. 1 si vede che, con retta di esercizio pari a 0,83, U.R. risultante di equilibrio è inferiore al 60%, quindi i valori desiderati vengono rispettati.

Per il soggiorno si possono scegliere o due modelli di grandezza 2 alla velocità media, oppure 1 modello di grandezza 3 alla velocità massima. Entrambe le soluzioni verificano le condizioni impostate: per effettuare la scelta più corretta bisogna verificarli nella situazione critica.

La potenza totale richiesta nella situazione critica è soddisfatta dai due ventilconvettori di grandezza 2 alla velocità minima e, a meno di un 5%, dal ventilconvettore di grandezza 3 alla velocità media. Dal diagramma di fig. 6.1 si vede, però, che la soluzione con un singolo ventilconvettore non permette di mantenere U.R. in condizione critica al di sotto del 70%, mentre ciò è possibile installando 2 ventilconvettori, di taglia inferiore, alla velocità minima.

Conclusioni

L'impiego dei ventilconvettori negli impianti residenziali sta riscontrando negli ultimi anni sempre maggiore consenso, non solo per gli indubbi vantaggi offerti da questa tipologia di terminale, ma anche dalla semplicità con cui può essere selezionata in fase di progetto.

Tuttavia anche per gli impianti con ventilconvettori bisogna avere sempre il buon senso che accompagna il progettista nella scelta e dimensionamento dell'impianto.

Non sono stati presi in considerazione i ventilconvettori a quattro tubi, che di solito trovano impiego nei sistemi ad aria primaria; tuttavia esistono anche delle applicazioni, ad esempio per piccoli alberghi, dove la richiesta di contemporaneità di caldo e freddo può portare alla scelta di tale terminale. Il calcolo resta lo stesso visto in precedenza, con il vantaggio di selezionare singolarmente le due batterie. Un ruolo invece fondamentale lo riveste la regolazione per la quale si rimanda alla bibliografia.

Bibliografia

1. Introduzione al condizionamento dell'aria - Prof. Ing. Lino Mattarolo Aermec Spa

2. Un confronto critico tra impianti a fluido intermedio e sistemi VRV - D. Danieli A.Vio Studio Associato Vio - Climanotizie n. 38

3. Gli impianti di climatizzazione negli edifici con carichi termici contemporanei di segno opposto - D. Danieli M. Rigo - Studio Associato Vio - Convegno Aicarr Milano Marzo 2002.