

SATR, UN'OPZIONE PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA



Noto con l'acronimo inglese SATR (Supply Air Temperatura Reset), la modifica (reset) del set point della temperatura di mandata dell'aria risulta un'opzione di controllo non troppo complicata da implementare. Grazie a questo accorgimento, il possibile miglioramento dell'efficienza energetica dell'intero impianto HVAC potrebbe portare ad un dimezzamento dei costi operativi.



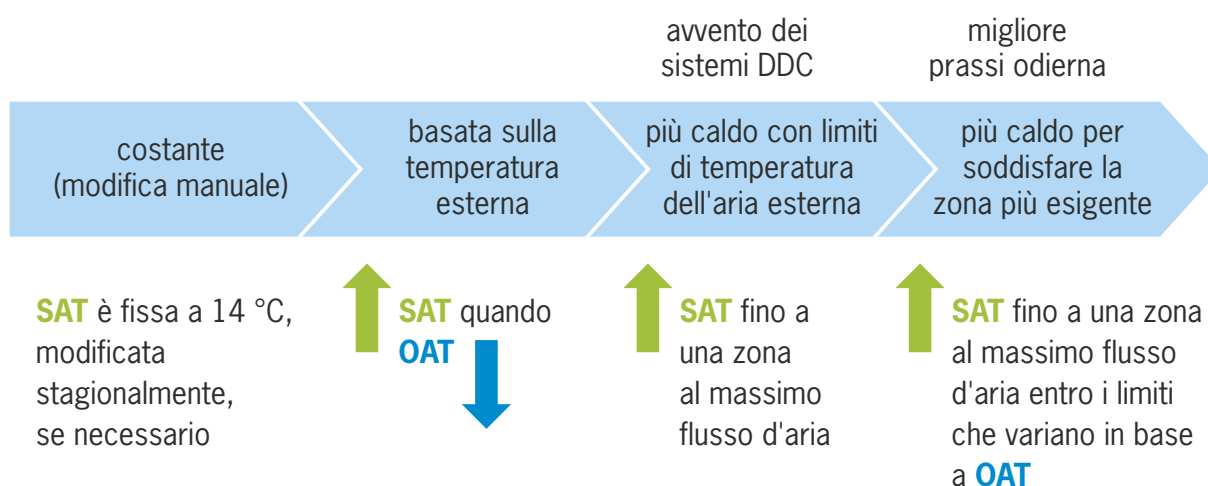
Gli impianti di riscaldamento, ventilazione e di climatizzazione in genere presentano sempre una qualche opportunità di intervento in modo da poter incrementare le prestazioni di efficienza energetica dell'intero edificio. È noto infatti che i sistemi HVAC utilizzati in svariate applicazioni, alcune decisamente "energivore" come ad esempio nell'attività farmaceutica, possono rappresentare da soli quasi il 65% dell'intero consumo energetico della struttura. Va da sé che con una percentuale così importante di consumi, si moltiplicano le opportunità di azioni finalizzate ad aumentare e migliorare le tecniche di risparmio energetico. Sulla carta quasi tutti i moderni sistemi HVAC sono progettati al fine di consentire minimi consumi energetici, o almeno così dovrebbe essere, ma poi questo nei fatti non sempre si traduce in una virtuosa opera di efficienza energetica, disattendendo così spesso, le previsioni (ottimistiche) del tecnico progettista. Sono infatti molti i fattori che possono influenzare negativamente nella realtà applicativa le buone intenzioni progettuali, tra i quali un sistema di controllo inadeguato o insufficiente, un deficitario programma di manutenzione e di sostituzione dei componenti obsoleti e/o usurati, o addirittura, e non è purtroppo un caso raro, proprio una progettazione già fuorviata nella fase iniziale.

Una piccola innovazione

Anche se oggi sono diverse le tecniche che consentono di migliorare l'efficienza energetica dei sistemi HVAC, l'articolo vuole portare l'attenzione su una tecnologia che viene definita come una semplice "reimpostazione della temperatura di mandata dell'aria", in termini anglosassoni SATR (Supply Air Temperatura Reset). Vista la semplicità, il SATR, risulta una delle tecniche di efficienza energetica più semplici da applicare, fatto salvo quello di avere sistemi impiantistici che siano già correttamente impostati e con componenti ed attrezzature non troppo obsolete (figura 1).

Come consueto nel campo della climatizzazione, la posizione geografica dove viene installato l'impianto riveste un ruolo discriminante per definire la bontà dell'intervento migliorativo, così come è quasi certo che in certe zone climatiche del paese la reimpostazione con l'opzione SATR dell'impianto potrebbe risultare effettivamente una scelta vincente, ed economica, portando ad una riduzione consistente dell'energia consumata, scelta che sarebbe addirittura paragonabile in alcune situazioni allo spegnimento completo dell'impianto HVAC (cioè prossima al consumo zero). Studi, e soprattutto applicazioni sul campo, dimostrano altresì come sia possibile raggiungere risparmi nei consumi nell'ordine del 50% anche nei nostri climi temperati. Ma dunque in cosa consiste in definitiva questo metodo di controllo SATR? Di fondo il concetto di base esprime la possibilità di lasciare aumentare la temperatura di mandata dell'aria da inviare in ambiente fin dove possibile, avendo

Fig. 1 - Evoluzione della tecnologia SATR.



comunque sempre la contezza di riuscire a soddisfare le condizioni di comfort dello spazio climatizzato, cioè della temperatura ambiente e dell'umidità relativa di progetto (set point). Poiché i set point di progetto della temperatura dell'aria di mandata e della portata d'aria di ogni spazio climatizzato sono dimensionati sui massimi carichi termici presenti contemporaneamente in ambiente, il numero di ore di funzionamento del sistema HVAC in queste "condizioni di progettazione" tende ad essere relativamente ridotto. Diventa così di frequente vantaggioso poter ridurre la quantità di energia di raffreddamento inviata nelle diverse zone. Il ripristino del set point della temperatura dell'aria di mandata consente poi una riduzione dell'energia di raffreddamento erogata nelle diverse zone. Si sa poi che molti impianti di climatizzazione ad aria progettati per applicazioni in attività commerciali, terziarie, produttive, ma anche residenziali, sono impostati per fornire durante tutto l'anno una portata dell'aria costante ad una temperatura fissa (di norma, 12-13 °C), questo al fine di assicurare condizioni di comfort e di controllo dell'umidità relativa nei mesi estivi, evitando parallelamente la formazione di colonie fungine (muffa). In questi casi, di norma la regolazione della temperatura ambiente viene assicurata dalle batterie di post riscaldamento terminali che vengono utilizzate appunto per riscaldare l'aria di mandata al fine di mantenere la temperatura ambiente sul set point impostato. Nota, il medesimo ragionamento può essere comunque applicabile anche per gli impianti a sola aria primaria, dove in questo caso si avrà una portata d'aria esterna al 100% e la completa espulsione dell'aria di ripresa. Orbene, questa logica di controllo può risultare certamente adeguata durante i caldi e umidi mesi estivi, ma presta invece il fianco a sprechi consistenti durante tutto il resto dell'anno. Si consideri il flow chart di figura 2 che descrive un tipico sistema ad aria con miscelazione. Assumendo che la temperatura degli ambienti sia fissata con un set point di 21 °C, la temperatura dell'aria di mandata deve risultare giocoforza di diversi gradi inferiore al fine di poter condizionare gli ambienti. Supponendo che

la quantità di calore sviluppata e di rientro negli ambienti porti ad un aumento della temperatura superiore di almeno 3 °C, diventa necessario prevedere una temperatura della portata d'aria di mandata non superiore ai 18 °C, questo in modo da poter neutralizzare tutti i carichi sensibili che risultano presenti negli ambienti. Allo stesso modo deve essere anche controllato il valore dell'umidità relativa degli spazi climatizzati. Se per esempio l'umidità relativa negli ambienti dovesse risultare superiore a quella impostata dal set point, significa che l'aria di mandata inviata dalla UTA non è sufficientemente raffreddata per rimuovere dall'aria la quantità di umidità sufficiente a mantenere il valore richiesto. E conseguenza di ciò la temperatura dell'aria di mandata deve essere ulteriormente diminuita. In figura 3 viene raffigurata la logica di controllo che scaturisce da questi ragionamenti.

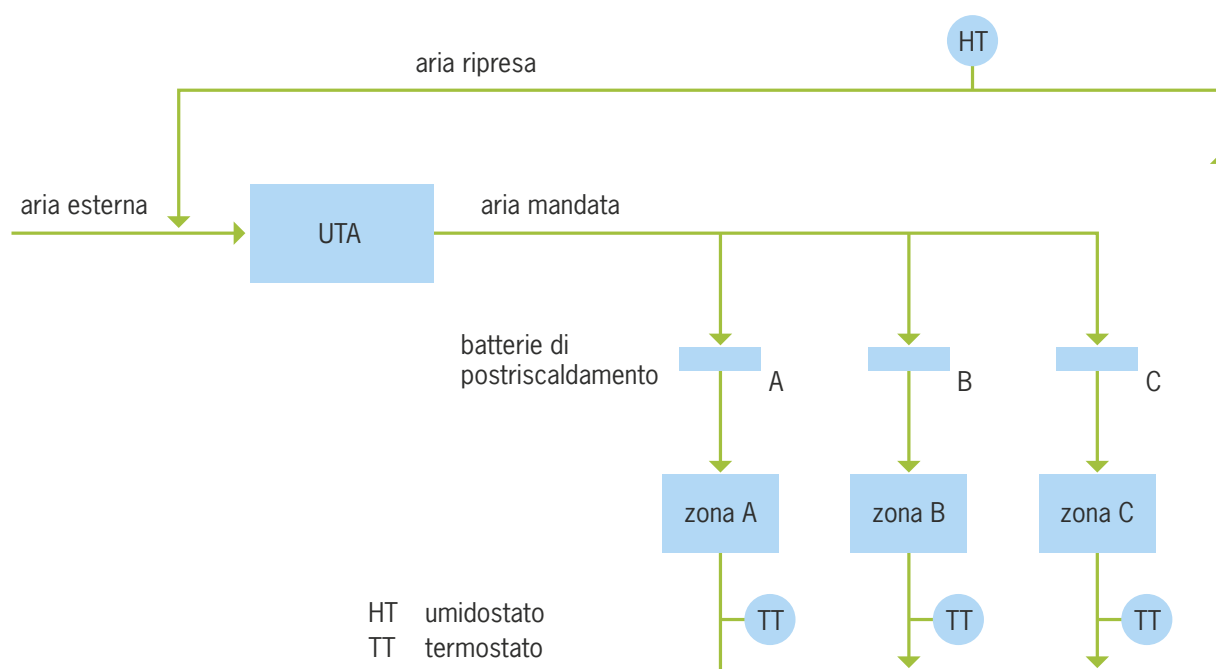
Un semplice ragionamento

Si consideri un sistema a portata d'aria costante miscelata con un 20% di portata di aria esterna che venga poi utilizzato per climatizzare delle zone in cui mantenere il medesimo clima come raffigurato nello schema di figura 2. Ogni zona ha dunque preimpostato i propri set point della temperatura ambiente a 21 °C e dell'umidità relativa entro il limite del 55%. Ogni zona è poi dotata di un'unità di post riscaldamento comandata dal relativo termostato ambiente di regolazione.

Lo stato del sistema è così determinato dalle seguenti specifiche:

- Temperatura di mandata dell'aria: 12,5 °C.
- Temperatura ambiente A: 21 °C.
- Temperatura ambiente B: 21 °C.
- Temperatura ambiente C: 21 °C.
- Umidità relativa (per tutti gli ambienti): 50%.
- Percentuale di apertura della valvola della batteria di post-riscaldamento A: 70%.
- Percentuale di apertura della valvola della batteria di post-riscaldamento B: 60%

Fig. 2 - Impianto ad aria con post-riscaldamento di zona.



■ Percentuale di apertura della valvola della batteria di post-riscaldamento C: 50%.

Si consideri la situazione nella quale la temperatura di ogni zona è soddisfatta e l'umidità relativa dell'aria di ripresa risulti inferiore a quella massima consentita. In questa condizione ogni la valvola della batteria di post riscaldamento di zona è in posizione di apertura almeno del 50% nel tentativo di soddisfare l'impostazione (set point) della temperatura ambiente.

L'umidità relativa degli ambienti è comunque soddisfatta dalla rimozione del calore latente effettuato dalla batteria di raffreddamento dell'UTA. Quello che viene così descritto risulta essere un esempio perfetto di sotto raffreddamento dell'aria di alimentazione e solo l'azione di post riscaldamento sulla medesima aria consente di soddisfare in ambiente il set point della temperatura desiderata. Vi è in questo caso uno spreco importante di energia, in modo analogo di quando si guida un'automobile con un piede sul gas e uno sul freno.

Viceversa, con un sistema di controllo HVAC che preveda l'implementazione della logica SATR, è possibile consentire alla temperatura dell'aria di mandata di poter aumentare fin sopra i 18 °C, sempre ovviamente che allo stesso tempo riesca a soddisfare la temperatura ambiente e relativi set point dell'umidità relativa.

Questo upgrade del sistema di controllo può essere realizzato aggiungendo una programmazione che consenta di poter realizzare un reset via via in aumento della temperatura dell'aria di mandata, intervenendo dunque sulla valvola che regola la portata d'acqua calda della batteria di post riscaldamento, in modo che questa muova verso una posizione prossima alla completa chiusura (0%).

Il tutto tenendo sempre sotto costante osservazione la

temperatura e l'umidità relativa presenti in ambiente.

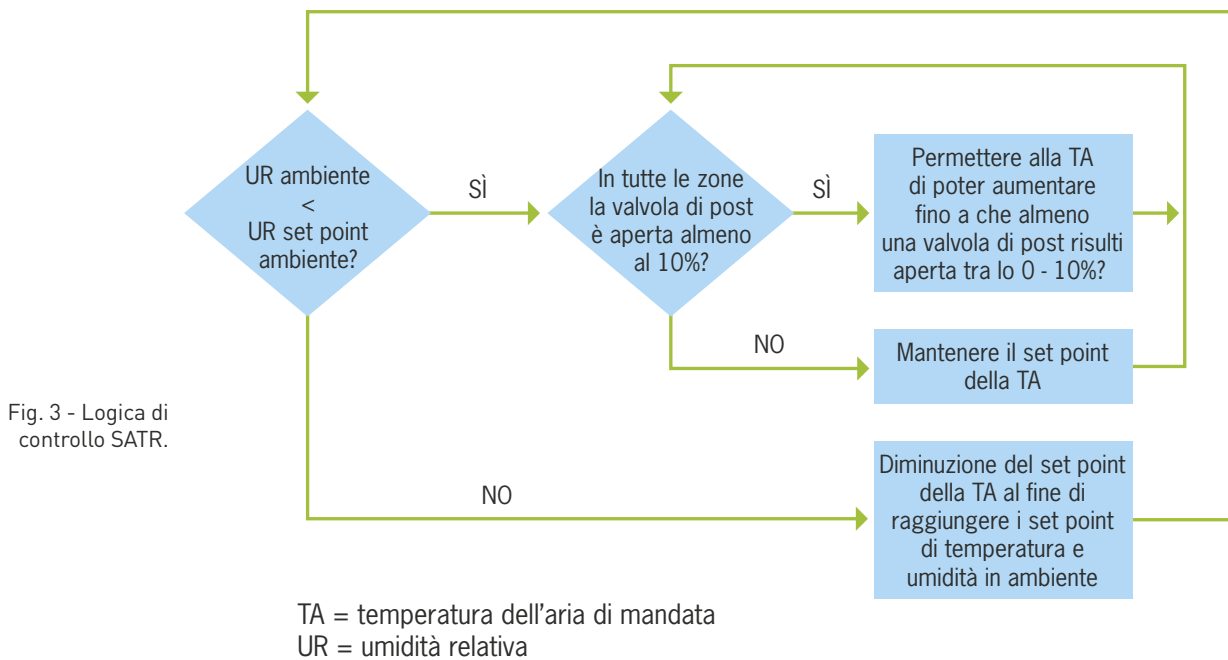
Finché la temperatura ambiente e l'umidità relativa restano soddisfatte, l'aria di mandata può dunque essere lasciata aumentare, permettendo alle valvole di controllo della batteria di post riscaldamento di avvicinarsi o anche raggiungere il valore di chiusura totale. In questa situazione il carico di raffreddamento si riduce e così anche il carico termico del riscaldamento.

Questa semplice operazione di controllo può consentire un elevato risparmio energetico, sia dell'acqua refrigerata e sia dell'acqua calda di riscaldamento.

Le diverse strategie di controllo

Si è detto che l'obiettivo di questa tecnica di controllo è quello di modificare la temperatura dell'aria di mandata (set point), in aumento o diminuzione, al fine di soddisfare in maniera più efficiente ed ottimale i carichi termici che si riscontrano realmente negli ambienti climatizzati. L'implementazione di questo tipo di controllo ha potenzialmente le capacità di minimizzare le energie utilizzate per il riscaldamento, il raffreddamento, la circolazione dei fluidi e il post riscaldamento, energie che pur essendo necessarie all'aria condizionata per mantenere le condizioni di progetto prestabilite, risultano per gran parte del tempo, sempre minori di quella presunte attraverso la stima fatta in sede progettuale dei massimi carichi termici in ambiente.

Va comunque detto, e più avanti nell'articolo si tornerà con maggiore chiarimento, che una ritardatura in aumento della temperatura dell'aria di mandata potrebbe comportare negli impianti a portata variabile (VAV) un aumento dell'energia richiesta dall'unità ventilante in quanto si potrebbe avere un contemporaneo aumento della portata d'aria richiesta necessaria a neutralizzare i carichi termici



presenti in ambiente, proprio perché più calda. Diverse sono le variabili che devono essere in ogni modo prese in considerazione quando s'intende procedere con il controllo del set point della temperatura dell'aria di mandata, e di seguito si evidenziano le principali:

- La temperatura dell'aria esterna.
- La posizione della serranda nella cassetta terminale VAV.
- La deviazione della temperatura ambiente dal set point.
- La domanda di raffreddamento.

Da evidenziare poi, che reimpostando la temperatura dell'aria di mandata in aumento si possono creare delle ulteriori difficoltà di deumidificazione all'unità di trattamento aria, non essendo questa più in grado di garantire il processo. Questo deficit di deumidificazione deve essere tenuto in debita considerazione soprattutto per quegli ambienti in cui sia necessario un controllo preciso dell'umidità.

Le possibili varianti

L'intervento sul set point della temperatura di mandata dell'aria comporta una serie di situazioni conseguenti che devono essere analizzate a fondo, caso per caso, specie per gli impianti VAV.

Di seguito si riportano degli esempi di utilizzo di questa logica di controllo e i possibili effetti indotti o secondari.

Temperatura dell'aria esterna.

Una possibile strategia di controllo associata al reset della temperatura di mandata dell'aria consiste nell'aumentarne il valore quando la temperatura dell'aria esterna tende a diminuire (freddo) e viceversa abbassarlo (il set point) quando questa aumenta (caldo) (figura 4).

Un tipico schema di reset può essere individuato in un

intervallo compreso nei limiti indicati dalle seguenti coppie (t. mandata @ t. esterna) 18 °C @ 7 °C e 13 °C @ 16 °C. Va detto che questa logica risulta valida ed efficace se tutte le zone presentano carichi termici simili e dipendono poi in modo quasi proporzionale dalla temperatura dell'aria esterna, come ad esempio le zone perimetrali degli edifici, di più se sono esposte a ovest e aventi identici carichi di illuminazione / apparecchi / occupazione.

Viceversa, questa strategia potrebbe diventare problematica se certe zone richiedono un raffreddamento indipendentemente dalla temperatura dell'aria esterna. Questo è l'esempio di zone con elevati carichi interni o le zone interne di grandi costruzioni. Una modifica in aumento del setup della temperatura dell'aria di mandata potrebbe causare in queste aree problemi di surriscaldamento e/o di comfort.

Posizione della serranda nell'unità terminale VAV

In questo caso la logica di controllo del reset della temperatura di mandata dell'aria "lega" questo parametro alla posizione assunta dalla serranda di regolazione dell'unità terminale di zona VAV, attraverso il feedback fornito dal controller VAV.

Questo riferimento può essere dato dal segnale di posizione della serranda utilizzato per modulare il corrispondente attuatore o viceversa dalla stima della sua posizione sulla base della temporizzazione dei segnali di apertura / chiusura, se vengono utilizzati servomotori flottanti. Quando i carichi termici in ambiente diminuiscono, le serrande sul circuito primario dell'aria cominciano a chiudersi, la temperatura dell'aria di mandata viene resettata verso l'alto in modo incrementale fino a quando uno o più serrande raggiungono una posizione predeterminata. Se viceversa i carichi termici tendono ad aumentare, le serrande sul

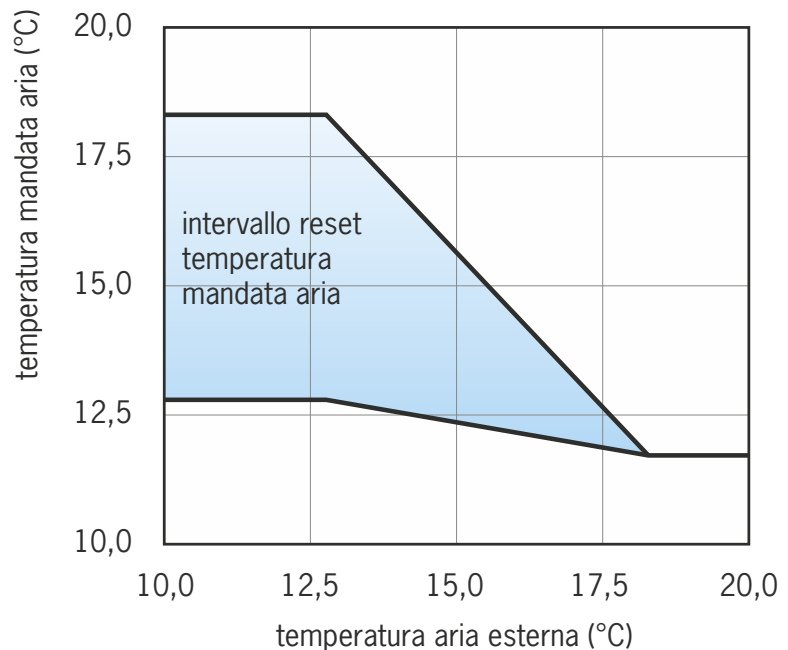
circuito primario dell'aria vanno in apertura e conseguentemente la temperatura dell'aria di mandata viene resettata in diminuzione sempre in modo incrementale fino a quando tutti le serrande raggiungono una posizione predeterminata. Il vantaggio di questo tipo di controllo è che il set point della temperatura dell'aria di mandata viene continuamente regolato in base ai carichi di zona reali. Allo stesso tempo però, questo metodo di intervento può causare problemi di instabilità di controllo o di comfort, se anche la logica di controllo di adattamento della pressione statica si basa anch'essa sulla posizione della serranda dell'unità terminale VAV. Il processo prevede comunque che tutte (o alcune) le unità terminali VAV debbano essere interrogate per eseguire la sequenza di controllo prevista. Se la struttura presenta un numero consistente di unità terminali di regolazione VAV e tutte devono essere comunque "consultate", allora l'elevata quantità di dati da trasferire attraverso la rete può limitare severamente la velocità o la capacità di reazione del sistema DDC. Viceversa, se solo alcune selezionate unità terminali di regolazione VAV vengono interrogate, dev'essere posta una particolare attenzione nella loro individuazione per evitare che non vi siano possibili problemi di comfort nelle zone non monitorate.

Deviazione della temperatura di zona dal set point.

In questo caso viene regolata la temperatura dell'aria di mandata sulla base di quanto la reale temperatura dell'ambiente diverge dal set point.

Come i carichi termici di zona diminuiscono e la temperatura reale dell'ambiente inizia a scendere sotto il set point, la temperatura dell'aria di mandata viene resettata in aumento in modo incrementale una volta che è stato raggiunto uno scostamento temperatura predeterminato. Viceversa, quando i carichi termici della zona tornano a salire e così la temperatura reale della zona aumenta oltre il valore di riferimento, la temperatura dell'aria di mandata viene resettata in diminuzione sempre in modo incrementale e sempre che sia stato raggiunto uno scostamento di temperatura predeterminato. Un vantaggio di questo tipo di controllo è che il set point di temperatura dell'aria di mandata viene effettivamente ritardato sui carichi termici di zona reali, soluzione questa efficace, ma che nel contempo potrebbe risultare non idonea se il circuito di controllo di regolazione della temperatura di zona associato ad ogni unità terminale VAV di zona tende a mantenere il rispettivo ambiente sotto il proprio controllo prima di attivare la logica di reset della temperatura di mandata dell'aria.

Per fare un esempio più esplicativo si immagini che l'anello di controllo della temperatura di zona moduli la posizione della serranda dell'aria primaria e della valvola di post riscaldamento in funzione dell'aumento o diminuzione dei carichi termici, rispettivamente, per soddisfare il valore di set point della temperatura di zona. Se l'anello di controllo è tarato correttamente, la temperatura di zona dovrebbe mantenersi



in un intervallo di variazione abbastanza costante e dunque non potrebbe mai raggiungere una deviazione tale del set point necessaria per attivare la strategia di controllo del reset della temperatura di mandata dell'aria, a meno che i carichi termici della zona non superino la capacità di raffreddamento o di riscaldamento della unità terminale VAV. Una possibile soluzione che andrebbe oltre questo ostacolo potrebbe essere quella di rendere più limitato l'intervallo di deviazione necessario ad attivare il reset della temperatura di zona, o viceversa consentire che il ciclo di reset risulti più rapido del controllo VAV della temperatura ambiente, in modo che il ripristino della temperatura dell'aria di mandata avvenga prima e non dopo che la serranda dell'aria primaria e la valvola della batteria di post riscaldamento intervengano, modulando, per mantenere la temperatura della zona. In modo analogo alla strategia che fa riferimento alla posizione della serranda, anche questa logica segue le stesse dinamiche di interrogazione di tutte (o meno) le unità terminali VAV, portando di conseguenza alle medesime considerazioni.

Fig. 4 - SATR in funzione della temperatura dell'aria esterna.

La domanda di raffreddamento.

Una logica di controllo, di norma più efficace delle precedenti, consiste nel regolare la temperatura dell'aria di mandata in base alla richiesta di raffreddamento effettiva in tutte le zone sottoposte a "polling" (termine che indica una verifica ciclica di tutte le unità o periferiche di input/output da parte del sistema operativo), richiesta determinata dal segnale inviato dal circuito di controllo della temperatura di zona. Per migliore comprensione si consideri il seguente esempio. Si immagini che il segnale di modulazione della temperatura di zona sia variabile in un intervallo compreso tra 0 e 200, dove dentro la scala 0 a 100 si moduli unicamente



la valvola della batteria di post riscaldamento dalla posizione di completamente aperta a quella di completamente chiusa (o di portata d'aria minima) e invece l'intervallo compreso tra 100 e 200 corrisponda un'uscita di modulazione della serranda dell'aria primaria dalla minima alla massima portata di raffreddamento. All'aumentare dei carichi di zona il circuito di controllo del reset del set point della temperatura dell'aria di mandata inizierà ad abbassare la temperatura dell'aria in modo incrementale verso il limite inferiore della temperatura dell'aria al fine di mantenere il valore di uscita del circuito della temperatura della zona, poniamo a 125. Quando invece i carichi diminuiscono, viene aumentato il set point della temperatura dell'aria di mandata in modo incrementale verso il limite superiore, il tutto al fine di mantenere il valore del segnale in uscita del circuito della temperatura della zona intorno ad un opportuno 75. I vantaggi di questa logica di controllo è che la regolazione del set point della temperatura dell'aria di mandata viene di volta in volta tarato sugli effettivi carichi di zona, condizione questa che comporta tra l'altro una riduzione al minimo dell'interazione negativa che si viene a determinare con il controllo di reset della pressione statica. Rimane sempre lo svantaggio non trascurabile di dover "interrogare" tutte (o quelle selezionate) le unità terminali VAV al fine di eseguire la sequenza di reset, e come nelle soluzioni descritte in precedenza la presenza di un numero consistente di unità terminali VAV può limitare la velocità di reazione e di gestione del sistema DDC.

Ulteriori considerazioni

Si è detto che operando sul set point della temperatura dell'aria di mandata, specie in condizioni di carico parziale, è possibile ottenere una consistente riduzione dell'energia

consumata dal gruppo refrigeratore dell'impianto.

Un sistema HVAC dotato di un controllo digitale DDC può anche implementare una programmazione per ottimizzare e ridurre al minimo la quantità totale di energia richiesta dai refrigeratori e dalle unità ventilanti di mandata dell'aria, questo prima di prendere la decisione di modificare il set point della temperatura dell'aria di mandata.

Questo ulteriore risparmio energetico può essere ottenuto consentendo anche al set point dell'acqua refrigerata di poter aumentare, producendo così un'opportunità di economia anche dall'impianto di acqua refrigerata. Inoltre, questo porterà anche ad una diminuzione dell'energia dedicata al riscaldamento in quanto sarà reso meno necessario l'intervento della batteria di post riscaldamento. Normalmente questa tipo di controllo richiede che l'impianto sia dotato di un sistema DDC.

Un tipo di approccio utilizzato per reimpostare il set point della temperatura dell'aria di mandata è quello di soddisfare la "zona critica" più importante presente nell'edificio. Cionondimeno la "zona critica" può cambiare in base all'ora del giorno e all'orientamento della zona rispetto al carico solare o a carichi interni non usuali. Il sistema di controllo monitorizza tutte le zone e misura la differenza tra il set point della temperatura della zona e la temperatura effettiva dell'ambiente.

Quando le zone sono prossime al set point e le portate d'aria sono al di sotto di un determinato livello, il sistema di controllo può aumentare gradualmente l'aria di mandata verso una temperatura maggiore.

Conclusione

L'impiego di questa tecnologia può risultare un importante strumento per conseguire nuovi risparmi energetici anche in sistemi HVAC non proprio moderni. Infatti, se l'impianto è dotato di un minimo livello di strumentazione e di controllo è possibile quasi sempre intervenire sul sistema HVAC con una semplice riprogrammazione per poter implementare questa tecnologia. Il concetto di base della logica di controllo SATR è quello di permettere alla temperatura dell'aria di mandata di poter aumentare al fine di portare la posizione della valvola di controllo della batteria di post riscaldamento in posizione prossima alla chiusura, risparmiando così certamente l'energia impiegata al riscaldamento dell'aria. I risparmi energetici ottenuti variano a seconda della posizione geografica, ma certamente in molte aree del nostro paese i risultati non potranno che essere comunque soddisfacenti. ■

© RIPRODUZIONE RISERVATA

Bibliografia

Supply Air Temperature Reset Offers New Path to Energy Efficiency, Savings – Douglas Ebert, HPAC Engineering – Agosto 2018, USA