

dall'industria - tecnologia

## Condensatori ad aria: come aumentare la resa

Le elevate temperature dell'aria esterna mettono in crisi il funzionamento dei gruppi frigoriferi raffreddati ad aria. Una soluzione è costituita dal preraffreddamento dell'aria mediante sistemi di nebulizzazione d'acqua ad alta pressione.

di Luca Stefanutti

Con temperature molto alte i gruppi frigoriferi con condensazione ad aria utilizzati negli impianti di climatizzazione soffrono una riduzione delle prestazioni ed una perdita di efficienza e, quindi, a richiedere un maggior consumo di energia. In non pochi casi la temperatura diventa così elevata da provocare un aumento della pressione del circuito frigorifero al di sopra del massimo valore ammissibile e quindi si arriva all'arresto completo delle macchine provocato dall'intervento dei pressostati di alta che proteggono il funzionamento dei compressori.

Per risolvere questo problema, in taluni casi viene usato un metodo empirico di emergenza che consiste nel bagnare i condensatori ad aria dei chiller con acqua spruzzata. Purtroppo questa soluzione provoca il deposito di calcare sulle superfici bagnate, e quindi determina una rapida diminuzione dello scambio termico, aumentando così i costi d'esercizio, come pure gli oneri di manutenzione delle superfici di scambio.

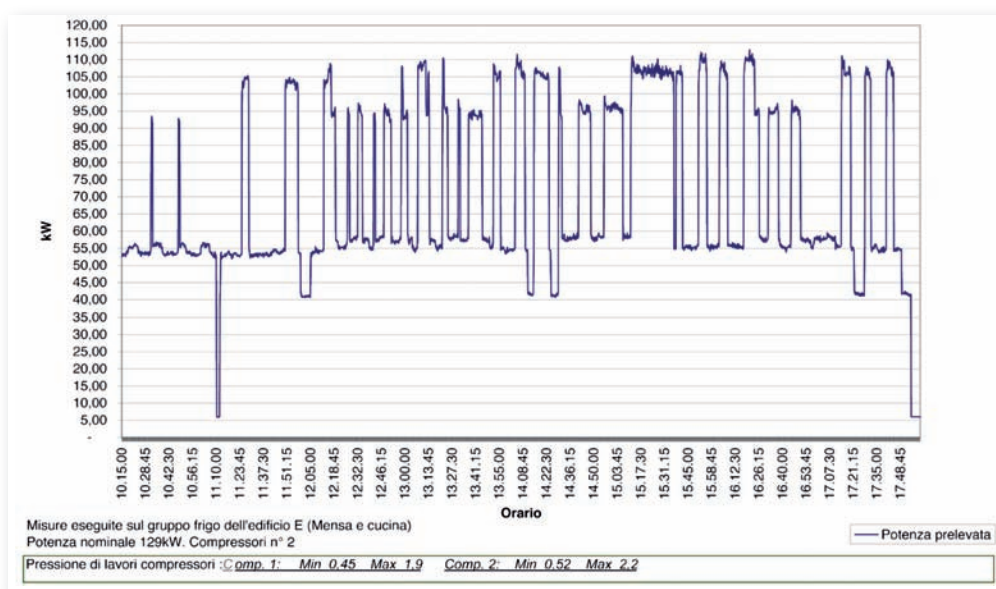
Negli Stati Uniti i sistemi a nebbia per esterni (misting) vengono efficacemente usati da anni nel pre-raffreddamento dei condensatori degli impianti di grossa taglia. Questi sistemi, quando siano progettati ed installati in modo appropriato, permettono di abbattere i consumi delle apparecchiature e di salvaguardarne la durata mantenendone l'efficacia nel tempo.

### Il raffreddamento dei condensatori

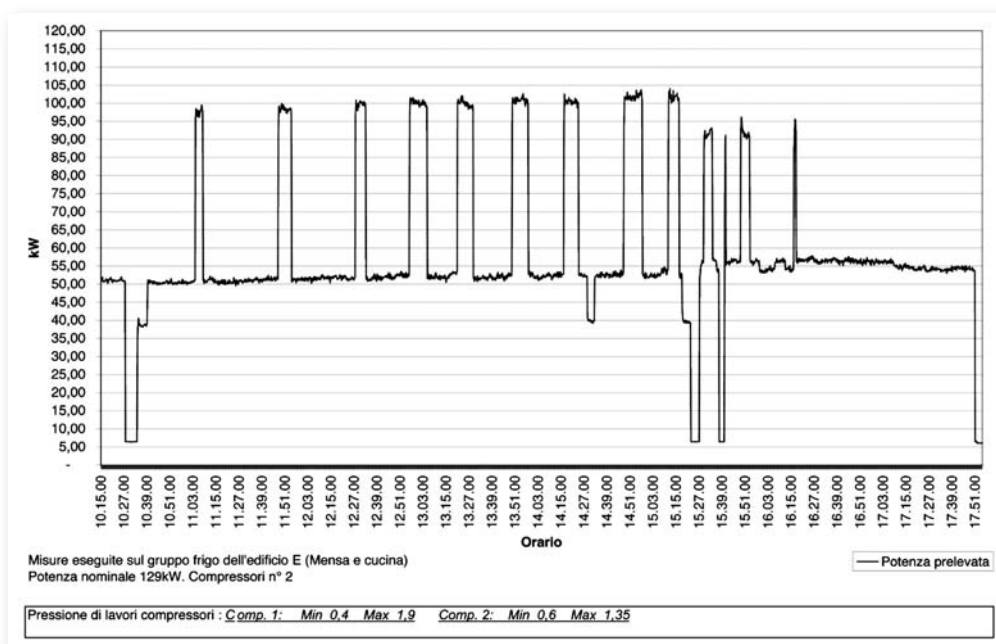
L'unico modo per ridurre la temperatura ambiente è di usare la capacità dell'aria secca di assorbire il vapor d'acqua fino al punto prossimo alla saturazione.

Ci sono due metodi concettualmente diversi per fare ciò: l'iniezione d'acqua nell'aria a bassa pressione (2,5-5,5 bar) e l'iniezione d'acqua ad alta pressione (55-80 bar). Tuttavia il primo sistema, a bassa pressione, ha uno svantaggio: l'acqua trasportata dalla corrente d'aria è depositata sulla batteria del condensatore ove avviene l'evaporazione. Ciò causa deposito di calcare, corrosione e riduce il rendimento come pure la vita della batteria del condensatore.

Il sistema ad alta pressione determina invece un'evaporazione istantanea dell'acqua nell'aria. La miscela di acqua e aria che raggiunge la batteria del condensatore è già in fase gassosa in quanto l'evaporazione delle gocce d'acqua è già avvenuta portando quindi ad una temperatura più bassa.



1 Potenza assorbita da un gruppo frigorifero condensato ad aria senza impianto di raffreddamento a nebulizzazione d'acqua.

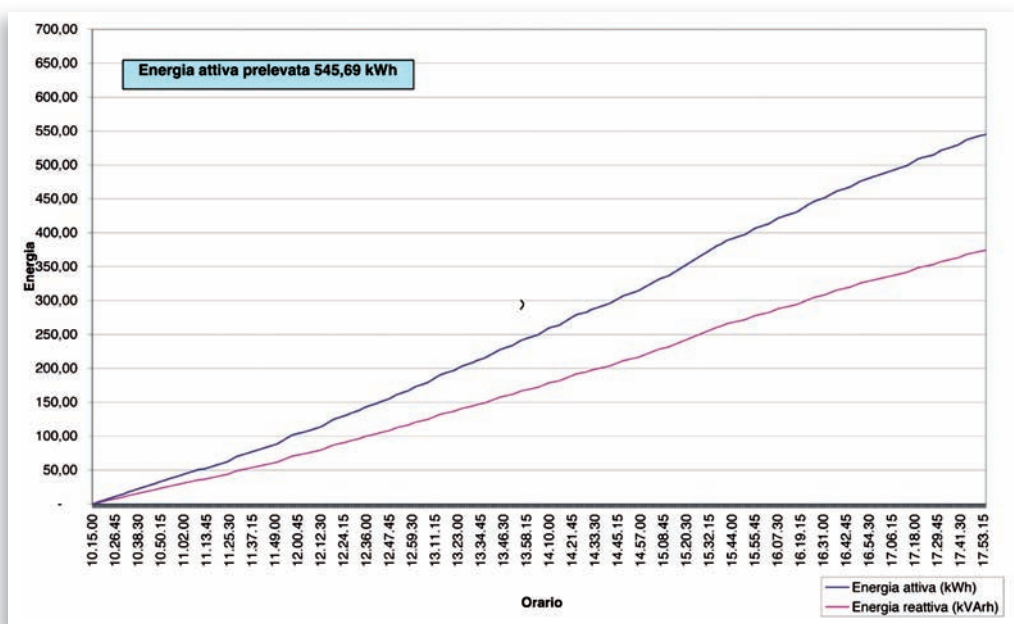


2 Potenza assorbita da un gruppo frigorifero condensato ad aria con impianto di raffreddamento in funzione.

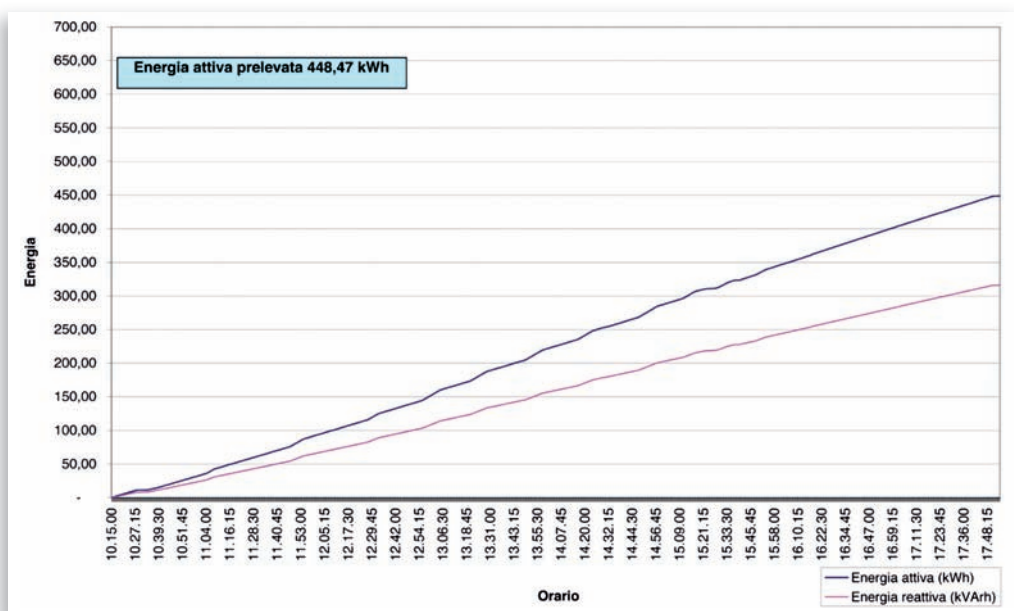
Non c'è evaporazione sulla batteria del condensatore, quindi non c'è deposito di calcare e corrosione. Il calcare viene polverizzato ed emesso allo stadio "secco", quindi volatilizzato prima di creare deposito sulla superficie.

### Il sistema

Utilizzando una pressione di 70 bar è possibile scindere le goccioline d'acqua fino ad un diametro di 5 micron. A questo livello dimensionale si ha una evaporazione istantanea della goccia,



3 Consumo di energia di un gruppo frigorifero condensato ad aria senza impianto di raffreddamento.



4 Consumo di energia di un gruppo frigorifero condensato ad aria con impianto di raffreddamento in funzione.

che riduce la temperatura dell'aria in cui impatta. Questo processo, noto come dinamica termica, è efficace perché l'acqua ha bisogno d'energia per evaporare (circa 600 calorie per 1 grammo d'acqua). Lo scambio d'energia deter-

mina quindi, un abbassamento della temperatura circostante. L'efficacia complessiva del sistema dipenderà ovviamente anche dai livelli di temperatura e di umidità esistenti sul sito d'applicazione.

Con l'alzarsi della temperatura (ideale tra 29 e 45 °C) e l'abbassarsi dei livelli d'umidità (sopra il 90% la prestazione è marginale, tra 40 e 90% è buona, sotto il 40% è eccellente), i risultati possono essere davvero notevoli.

Come per ogni processo d'evaporazione, maggiore è la quantità d'acqua che evapora, più alto è il raffreddamento che si ottiene. Per il rendimento complessivo del sistema sarà quindi importante che lo stesso sia progettato in modo corretto. È determinante ottenere la completa evaporazione del flusso d'aria ed acqua nebulizzata, immediatamente prima che esso attraversi la superficie di scambio, ottenendo così il massimo abbattimento di temperatura dell'aria in entrata nell'unità condensante.

I risultati possono essere diversi quando il sistema venga utilizzato in aree ombreggiate o coperte e quando incorpori un flusso d'aria grazie all'uso di un sistema di ventilazione di vario genere. La ventilazione di supporto serve a indirizzare la nebulizzazione in modo tale da evitare che essa non venga in parte dispersa prima dell'impatto con la batteria di scambio. Tale problema lo si riscontra solo nei casi in cui l'aspirazione della unità condensante sia debole o nel caso in cui l'impianto risultasse posizionato in un punto frequentemente molto ventilato, con il rischio della dispersione della nebulizzazione.

Nella realizzazione di tali impianti è anche di fondamentale importanza considerare che si dovrà operare per tempi prolungati con pressioni molto elevate (70-105 bar) ma con dissipazioni minime d'acqua, che, a seconda delle dimensioni delle superfici da pre-raffreddare, potranno partire da un minimo di 0,4 l/min. Quindi per evitare inutili sprechi, le pompe ad alta pressione dovranno essere in grado di dissipare quantità d'acqua minime e per tempi prolunga-

ti. Indicativamente il consumo d'acqua può attestarsi attorno al valore di 4,75 l/h per metro quadrato di superficie di scambio da raffreddare.

### I test

La società Neo Tech ha eseguito dei test presso un cliente avente la necessità di ottimizzare l'efficienza dell'impianto di climatizzazione e di rimanere entro il carico elettrico disponibile, più volte superato a causa dell'aumentato consumo degli impianti nelle giornate particolarmente calde.

Per tale ragione ed a dimostrazione dei benefici insiti in tale sistema si sono effettuate le rilevazioni strumentali del comportamento dell'impianto, affinché si potesse evincere in modo chiaro il beneficio ottenuto.

I grafici delle figure 1, 2, 3 e 4 mostrano le prestazioni, con e senza impianto in funzione, relative ad un gruppo frigorifero con potenza nominale di 129 kW dotato di due compressori. Il valore massimo della potenza assorbita scende da 110 a 100 kW, mentre quello dell'energia attiva si riduce da 545 a 448 kWh.

### Le prove dell'Ashrae

Anche l'Ashrae ha effettuato uno studio delle prestazioni di gruppi frigoriferi raffreddati ad aria in presenza di temperature elevate dell'aria esterna e ha pubblicato un report con i risultati. Il report prende in primo luogo in considerazione l'aspetto relativo alla scelta dei dati climatici da utilizzare per dimensionare gli impianti di condizionamento.

A tale scopo evidenzia come sia possibile basarsi sui dati contenuti nell'Handbook che contiene informazioni sulle condizioni atmosferiche e che viene aggiornato ogni 4 anni. Ci sono tre opzioni per scegliere le temperature esterne

### GLI UGELLI

Gli ugelli sono realizzati in ceramica e acciaio e sono studiati per permettere un'adeguata resistenza a pressioni comprese tra 70 e 105 bar. Essi hanno una durata media pari a 4.500 ore di lavoro, 4 volte superiore agli ugelli in solo acciaio, 8 volte rispetto agli ugelli in ottone.

Gli ugelli sono disponibili con microfori sulla testata ceramica di tre diversi diametri: 0.1, 0.2 e 0.3 mm, con portate rispettivamente di 2.5, 4.75 e 7.25 l/h. Essi atomizzano l'acqua in goccioline da 5-10 micron.

La corretta nebulizzazione permette l'evaporazione istantanea. La tendenza a dilatarsi del foro, causata dalla pressione, determina un incremento del diametro delle gocce d'acqua, quindi un'evaporazione minore ed un raffreddamento limitato: ecco perché è molto importante utilizzare ugelli a lunga durata ed effettuare con attenzione la pulizia degli stessi. Ogni ugello Neo Tech è composto di tre parti: attacco con O-ring, spillo anti-goccia e testata ceramica/acciaio.



di progetto. Fino al 2001 la frequenza dell'evento era identificata con tre diverse percentuali: 1%, 2,5% e 5%.

A partire dal 2001 la frequenza della temperatura dell'evento è stata invece suddivisa nei valori 0,4, 1% e 2%.

I gruppi frigoriferi vengono in genere dimensionati per una temperatura dell'aria esterna di 35 °C.

In realtà sempre più frequentemente le temperature estive superano i 40 °C anche in zone temperate.

Inoltre è necessario tenere in considerazione che la radiazione proveniente dalle superfici di edifici adiacenti e dalle coperture può provocare un aumento delle temperature d'ingresso al condensatore da 5 a 15 °C sopra la temperatura ambiente.

Le temperature massime ammissibili per il funzionamento possono arrivare fino ad un massimo di 46 °C.

Tale valore rappresenta il limite caratteristico di un'unità raffreddata ad aria di tipo tropicalizzato.

Un sovradimensionamento dell'unità non risolve il problema. L'unica soluzione è quindi la riduzione della temperatura dell'aria entrante nei condensatori per mezzo di un sistema di pre-raffreddamento.

In tal modo è possibile non solo aumentare la capacità degli stessi ma anche di ridurre l'assorbimento di potenza dei compressori frigoriferi.

Lo studio effettuato dall'ASHRAE ha preso in esame le prestazioni di due chiller rispettivamente con potenza di 260 e 360 kW.

La riduzione della temperatura ambiente da 46 a 32 °C migliora il rendimento del 14% per l'unità da 260 kW e del 13,4% e l'unità da 360 kW. La riduzione della temperatura ambiente da 40 a 32 °C migliora invece il rendimento dell'8% per entrambe le unità.

Sempre secondo questo studio per gli impianti con capacità frigorifere installate totali superiori a 1500 kW il miglioramento del rendimento è stimato in media pari al 9,2%, con valori assoluti compresi tra 140 e 200 kW frigoriferi.

Nelle conclusioni della ricerca si sottolinea come l'impiego di un sistema di nebulizzazione d'acqua ad alta pressione, non soltanto assicura un funzionamento affidabile, ma riduce anche i costi evitando la corrosione delle batterie dei condensatori e quindi l'eventuale loro prematura sostituzione.