

DALL'INDUSTRIA

Raffreddatori di liquido di grande potenza

Una nuova generazione di raffreddatori di liquido e condensatori di grande potenza basati su una tecnologia all'avanguardia per la massimizzazione delle prestazioni.

Stefano Filippini*



Ricerca e innovazione sono elementi distintivi della filosofia aziendale del Gruppo LU-VE. Il maggior punto di forza del gruppo è costituito dai grandi investimenti in ricerca e sviluppo che hanno permesso di realizzare una considerevole gamma di prodotti innovativi, diventati poi un punto di riferimento per i maggiori costruttori di scambiatori di calore a livello mondiale. Il Gruppo dispone di uno dei più grandi laboratori R&S del settore in Europa. Inoltre, da oltre venti anni, collabora strettamente con il Politecnico di Milano, mentre numerose altre collaborazioni prestigiose hanno avuto luogo con le Università di Grenoble, Padova, Chemnitz, Ulster e con il Danish Technological Institute di Århus. Già da alcuni anni il laboratorio ha sperimentato l'utilizzo di codici CFD (Computational Fluid Dynamics) per lo studio dei processi termofluidodinamici degli scambiatori di calore. Da questa intensa e lunga attività di ricerca e sviluppo, deriva la nuova gamma di raffreddatori di liquido (e di condensatori) di grande potenza, basata sul principio di funzionamento Dry and Spray®. Una soluzione che arricchisce l'importante gamma di prodotti con sistema spray, che da più di un decennio sono un elemento distintivo dell'azienda, con moltissime realizzazioni di prestigio in numerosi Paesi.

Lo studio per la nuova serie è ispirato dai principi di salvaguardia ecologica e di sostenibilità ambientale:

- ridurre i consumi energetici;
 - ridurre il consumo di acqua;
 - ridurre i costi generali di esercizio (Life Cycle Cost);
 - riduzione delle emissioni sonore;
 - eliminare il riciclo dell'acqua e i conseguenti rischi associati alla "Legionella".
- In secondo luogo, la ricerca e sviluppo si è poi focalizzata su alcuni aspetti tecnici fondamentali:
- migliorare l'efficienza di nebulizzazione e quindi incrementare le prestazioni;
 - analizzare gli aspetti igienici per offrire un prodotto con le massime garanzie;

Diagramma cumulativo della distribuzione di temperatura per una generica località dell'Europa centrale. La zona colorata in azzurro rappresenta la porzione dell'anno in cui il prodotto funziona in modalità Spray (930 ore). La zona colorata in giallo evidenzia invece il funzionamento in modalità Dry, che rappresenta la parte largamente maggioritaria dell'anno.

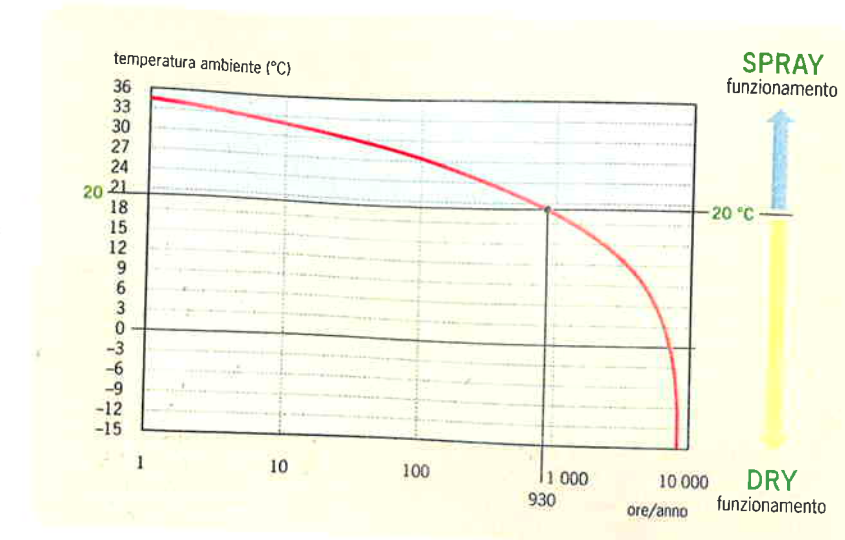
– studiare il miglior abbinamento tra materiali da impiegare e qualità dell'acqua da nebulizzare per garantire la massima affidabilità nel tempo.

Principi generali di funzionamento

Gli apparecchi funzionano come tradizionali raffreddatori di liquido (o condensatori) con le alette delle batterie asciutte fino a quando la temperatura dell'aria ambiente è sufficientemente bassa per mantenere la potenza di raffreddamento e la temperatura del liquido raffreddato (o la pressione di condensazione) alle condizioni di progetto (funzionamento DRY).

Quando però la temperatura ambiente dell'aria diventa troppo elevata per poter ottenere la potenza di raffreddamento (e la temperatura del liquido, raffreddato alle condizioni di progetto), entra in funzione automaticamente il sistema per spruzzare l'acqua sulle alette delle batterie (funzionamento Spray).

L'evaporazione dell'acqua spruzzata sulle alette della batteria aumenta drasticamente la potenza dell'apparecchio, consentendo di mantenere la temperatura del liquido raffreddato alle condizioni di progetto, in presenza di qualsiasi valore della temperatura dell'aria ambiente. Inoltre, questa innovativa tecnologia consente di ottenere (in funzione della temperatura del bulbo umido dell'aria ambiente) una temperatura del liquido raffreddato uguale o inferiore, alla temperatura del bulbo secco dell'aria ambiente, con importanti vantaggi energetici (COP). La temperatura ambiente di passag-



gio da funzionamento Dry a funzionamento Spray è una scelta progettuale e si colloca generalmente attorno a 20 °C. A riguardo è importante evidenziare che la gran parte dell'acqua spruzzata sulle alette viene evaporata, escludendo di conseguenza la necessità di realizzare sotto l'apparecchio una bacinella per raccogliere e riciclare l'acqua spruzzata, con enormi benefici igienici.

R&S e campi di applicazione

I nuovi raffreddatori di liquido e condensatori di grande potenza, caratterizzati da un funzionamento con bassi consumi d'acqua, ridotti consumi di energia e basse emissioni sonore, sono stati particolarmente studiati per i grandi impianti di refrigerazione e condizionamento dell'aria, per le varie applicazioni industriali e per gli impianti di cogenerazione.

Il programma di ricerca e sviluppo ha conseguito l'ambizioso obiettivo di sviluppare un prodotto innovativo in grado di sommare i meriti degli apparecchi Dry (superfici di scambio molto efficienti ed esigenze di manutenzione minime) con quelli degli apparecchi evaporativi, in grado di abbassare la temperatura dell'acqua da raffreddare fino a valori vicini alla temperatura del bulbo umido dell'aria ambiente.

Obiettivi della ricerca

Gli elementi che hanno consentito di raggiungere l'obiettivo della ricerca sono i seguenti:

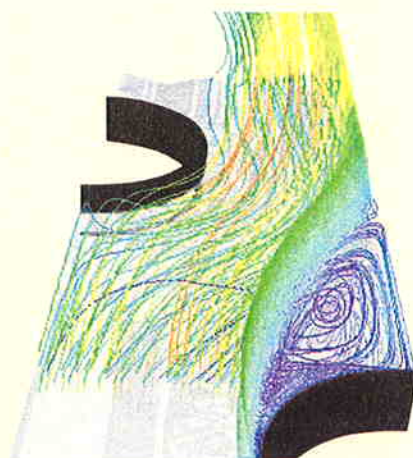
- utilizzo di scambiatori di calore con alette di alluminio a elevata efficienza di scambio termico, sia a secco che umido;
- metodologia di iniezione dell'acqua a perdere (senza ricircolo). Questa è stata la parte più critica in quanto sono state ricercate soluzioni in grado di fare evaporare una parte molto elevata dell'acqua spruzzata sulla superficie di scambio della batteria, al fine di evitare la necessità della bacinella per la raccolta e il ricircolo dell'acqua. La nuova configurazione degli ugelli nebulizzatori ha permesso il raggiungimento di prestazioni elevatissime;
- sistema di controllo interattivo che modula l'iniezione dell'acqua in base alle condizioni operative, minimizzando il consumo dell'acqua, fino ad annullarlo automaticamente quando il funzionamento a secco è in grado di fornire la prestazione richiesta (situazione che si verificherà per grande parte dell'anno).

Attività teoriche e sperimentali

Le principali attività teoriche e sperimentali

8,31e+00
7,90e+00
7,48e+00
7,07e+00
6,65e+00
6,23e+00
5,82e+00
5,40e+00
4,99e+00
4,57e+00
4,16e+00
3,74e+00
3,33e+00
2,91e+00
2,49e+00
2,08e+00
1,66e+00
1,25e+00
8,31e-01
4,16e-01
0,00e+00

velocità dei filetti per
metri al secondo (m/s)



Fluent 6.1

Risultato delle
analisi con
software CFD

svolte a supporto della ricerca sono state le seguenti:

- utilizzo di codici CFD per lo studio dei processi termofluidodinamici degli scambiatori di calore;
- analisi del processo di atomizzazione dell'acqua spruzzata sulle alette e verifica delle prestazioni sperimentali del prodotto;
- analisi sperimentale presso i laboratori del Politecnico di Milano del comportamento dei materiali degli scambiatori in

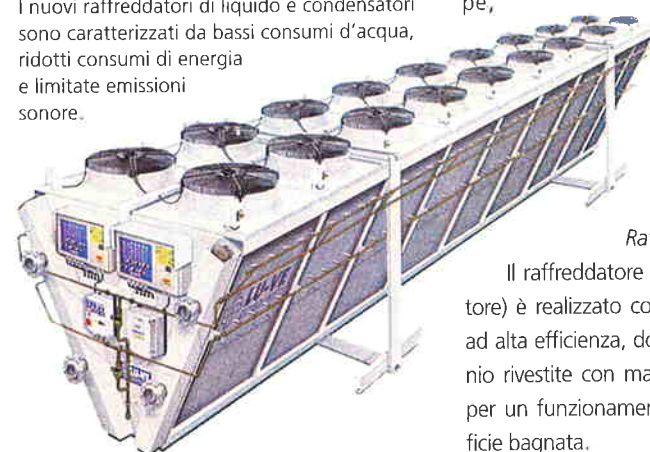
funzione della qualità dell'acqua spruzzata;

- analisi sperimentale presso Istituto Zooprofilattico di Pavia riguardo la contaminazione batterica dell'acqua spruzzata, in particolare dovuta a Legionella.

Descrizione del prodotto

L'apparecchio è composto da sei elementi principali: raffreddatore di liquido, rampe con ugelli atomizzatori speciali, elettrovalvole per l'apertura e la chiusura delle rampe,

sistema di controllo elettronico, apparecchiatura per il trattamento dell'acqua e pompa speciale ad alta pressione.



Raffreddatore di liquido

Il raffreddatore di liquido (o condensatore) è realizzato con scambiatori di calore ad alta efficienza, dotato di alette di alluminio rivestite con materiale speciale, idoneo per un funzionamento ottimale con superficie bagnata.

Rampe con ugelli atomizzatori

Le rampe sono dotate di ugelli atomizzatori speciali per la distribuzione dell'acqua sull'intera superficie delle batterie.

Elettrovalvole

Le elettrovalvole servono per l'apertura e la chiusura delle rampe di distribuzione dell'acqua e operano in funzione del carico termico, della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente.

Sistema di controllo elettronico

Un sofisticato sistema di controllo elettronico ottimizza il funzionamento al variare del carico termico del raffreddatore di liquido (o del condensatore) e della temperatura dell'aria ambiente. Il sistema è in grado di gestire completamente l'iniezione dell'acqua e i ventilatori.

Nella fase di funzionamento Dry, il controllo è essenzialmente dedicato a regolare la velocità di rotazione dei ventilatori, con la conseguente riduzione sia del consumo di energia che del livello delle emissioni sonore.

Nella fase di funzionamento Spray, il sistema regola invece la quantità dell'acqua da spruzzare sulle batterie, permettendo il risparmio dei consumi di acqua. Questa regolazione opera in parallelo con la regolazione della velocità dell'aria, consentendo di minimizzare contemporaneamente sia i consumi di acqua e che quelli di elettricità.

Componenti aggiuntivi

L'apparecchio è poi dotato di ulteriori due componenti aggiuntivi:

- un'apparecchiatura per il trattamento dell'acqua da spruzzare sulle alette delle batterie, durante il funzionamento Spray;
 - una pompa speciale ad alta pressione, per alimentare le rampe di distribuzione dell'acqua sulla superficie delle batterie.
- Questi ultimi due componenti devono essere installati in un ambiente chiuso, con una temperatura superiore a 5 °C.

Risultati dei test relativi al decadimento della prestazione termica causato dal deposito di calcare sulla aletta in funzione della durezza dell'acqua. Mentre l'acqua con 3 °F (specifiche LU-VE) assicura l'assenza di depositi e quindi una prestazione costante nel tempo, un'acqua con 18 °F (cioè un'acqua potabile buona, di durezza media) comporta un veloce decadimento delle prestazioni a causa di depositi calcarei.

I vantaggi del sistema

L'impiego di questi raffreddatori di liquido e dei condensatori, in alternativa alle tradizionali "torri evaporative" e "condensatori evaporativi" è caratterizzato da una serie di importanti vantaggi che sono riassunti qui di seguito.

Ridotti consumi di acqua

Il consumo di acqua, nella fase di funzionamento Spray, è limitato a brevi periodi dell'anno. Viceversa per lunghi periodi, nella fase di funzionamento Dry, non viene consumata acqua e pertanto il consumo finale, su base annua, è mediamente da 3 a 10 volte inferiore a quello di una tradizionale torre evaporativa.

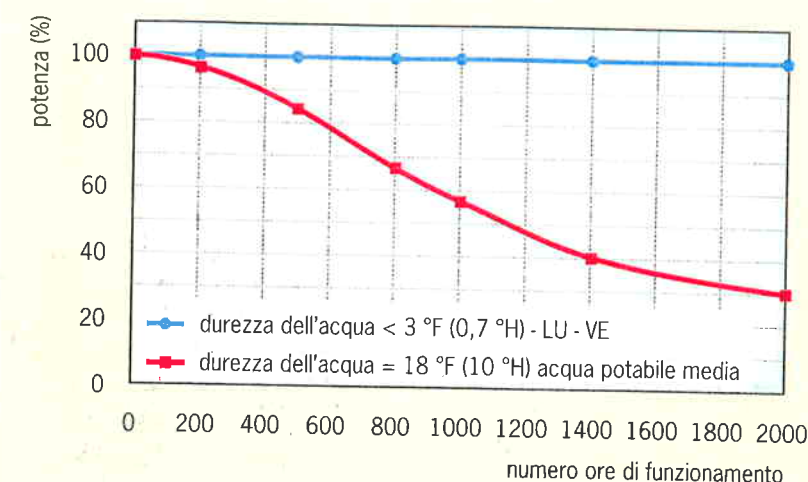
Assenza di rischi igienici

Grazie all'assenza della bacinella (per la raccolta e il ricircolo dell'acqua), normalmente posta sotto la batteria, ed evitando quindi la presenza di acqua calda stagnante, è esclusa la possibilità che si creino concentrazioni di impurità nell'acqua stessa, ma - soprattutto - sono eliminati i rischi di contaminazione dell'ambiente da Legionella.

Ulteriori vantaggi

Ulteriori vantaggi offerti dai raffreddatori di liquido e dei condensatori derivano da:

- riduzione dei consumi energetici;
- funzionamento silenzioso;
- riduzione del periodo di ammortamento dell'impianto;
- possibilità di ottenere elevate potenze termiche in free cooling;



– funzionamento dell'impianto senza trascinamento di gocce d'acqua nell'ambiente e senza la formazione di antiestetici pennacchi.

In estrema sintesi, i vantaggi essenziali derivanti dall'impiego di tali apparecchi sono i seguenti:

- importante riduzione delle dimensioni d'ingombro (fino a 1/3);
- importante riduzione delle portate d'aria (fino a 1/3);
- importante riduzione dei consumi d'energia (fino a 1/3);
- funzionamento più silenzioso;
- il liquido può essere raffreddato a una temperatura inferiore di quella del bulbo secco dell'aria ambiente.

Prestazioni

La nuova tecnologia consente di realizzare apparecchi di grande potenza unitaria (il calcolo delle prestazioni viene realizzato esclusivamente dagli uffici del Gruppo Lu-Ve). Rispetto alla tradizionale configurazione Dry, le prestazioni crescono in modo esponenziale al ridursi del ΔT_1 e dipendono grandemente dalla scelta della pressione di nebulizzazione. Tale pressione, in funzione delle condizioni di esercizio, è compresa tra 2,5 e 16 bar, fermo restando il vincolo del

rispetto delle condizioni di impiego dell'acqua.

Aspetti igienici

Grandissima attenzione è stata dedicata agli aspetti igienici del prodotto, proprio per garantirne l'assoluta affidabilità. I principali sono riportati qui di seguito.

Assenza di ricircolo dell'acqua nebulizzata

L'assenza di ricircolo dell'acqua nebulizzata determina la mancanza della vasca di raccolta. Infatti, l'acqua una volta spruzzata sulle alette evapora (in larga maggioranza), oppure scende lungo le alette stesse e cade al suolo, ove sarà smaltita come l'acqua piovana.

Assenza di depositi e di biofilm

Poiché l'acqua che viene nebulizzata sulle alette è un liquido accuratamente trattato e depurato, è esclusa la possibilità di formazione di depositi e di biofilm, tipica zona di sviluppo di colonie batteriche.

Assenza di trascinamento delle gocce d'acqua

L'apparecchio elimina il trascinamento di gocce d'acqua da parte dell'aria che, dopo

aver attraversato le superfici di scambio, viene espulsa in atmosfera dai ventilatori. Per ottenere questo risultato, si è adottata una soluzione che prevede di iniettare l'acqua, finemente nebulizzata, alla temperatura cui è fornita dalla rete, a monte delle batterie di scambio termico. Inoltre, si controlla che (in ogni condizione operativa) il rapporto fra la portata d'aria e quella dell'acqua sia sempre molto superiore ai valori per cui possa verificarsi la saturazione. Di fatto, l'ottimizzazione del sistema ha portato a valori di umidità relativa dell'aria all'uscita delle batterie che non superano mai il 65%. Tali condizioni eliminano ogni possibilità di presenza di acqua allo stato liquido. Il dato progettuale è stato verificato nel corso di numerose prove sperimentali, condotte nelle più svariate condizioni operative. E' pertanto fisicamente impossibile la presenza di goccioline di acqua nel flusso d'aria in uscita dai ventilatori.

Assenza dei rischi da batteri

L'acqua di alimentazione del sistema Spray è acqua potabile. Ergo per definizione stessa non è contaminata da batteri (come la Legionella e altri) dannosi per la salute.

L'acqua che si trova all'interno delle rampe del sistema Spray potrebbe (in caso di non utilizzo del sistema stesso) scaldarsi, a causa dell'irraggiamento solare. Dalle specifiche prove effettuate presso l'Istituto Zooprofilattico di Pavia, è emerso con chiarezza che nell'acqua addolcita e trattata secondo le specifiche Lu-Ve non si ha proliferazione di *Legionella Pneumophila*. Tuttavia, a richiesta e per ulteriore maggiore sicurezza, è disponibile un sistema di svuotamento automatico delle rampe stesse.

Sicurezza totale

A conferma della sua qualità e sicurezza, gli apparecchi hanno ottenuto il "Certificato di sicurezza igienica" rilasciato dal prestigioso laboratorio tedesco Domatec.

Infine, se dovessero sussistere incertezze

su eventuali contaminazioni batteriche presenti nell'acqua potabile di alimentazione del sistema, a richiesta, viene fornito un kit composto da speciali lampade UV, in grado di assicurare la sterilizzazione dell'acqua stessa.

Qualità dell'acqua da nebulizzare

Una grandissima attenzione è stata posta, inoltre, all'aspetto relativo alla qualità dell'acqua da nebulizzare sulle alette. A riguardo, presso i laboratori dell'azienda e in quelli del Politecnico di Milano, sono stati condotti sofisticati studi. In particolare è stata analizzata la resistenza alla corrosione e il deposito calcareo, su alette di alluminio con speciale rivestimento protettivo, in funzione di diverse qualità dell'acqua. I risultati ottenuti sono certamente molto brillanti.

Per un corretto funzionamento degli apparecchi, l'acqua presente sull'impianto deve avere le seguenti caratteristiche:

- rispettare la Direttiva 98/83/EC - Acque destinate al consumo umano;
- PH incluso tra 6 e 8;
- conducibilità < 1500 µS/cm;
- cloruri < 200 mg/l (200 ppm).

L'acqua di origine - prima di venire nebulizzata - deve subire un processo di addolcimento, onde ridurre la durezza, che deve essere compresa tra 2 e 4 °F (ovvero 1,1 - 1,6 °H). Inoltre deve essere dosato uno speciale agente protettivo (LU-WET 30), perfettamente biodegradabile, in grado di assicurare un funzionamento affidabile nel tempo, col vincolo di impiegare il sistema Spray per un massimo di 900 ore annue. Qualora poi i cloruri siano < 100 mg/l non risulta necessario aggiungere lo speciale agente protettivo. Resta valido il limite di 900 ore annue all'utilizzo del sistema Spray. Infine, se i cloruri sono compresi tra 100 e 200 mg/l si può evitare di aggiungere lo speciale agente protettivo, ma il limite all'impiego del sistema Spray si riduce a 300 ore annue.

A richiesta, viene offerto un sistema com-



Le rampe sono dotate di ugelli atomizzatori speciali per la distribuzione dell'acqua sull'intera superficie delle batterie.

pleto di trattamento acqua, composto dall'addolcitore abbinato a una stazione dosatrice. Nel caso di impiego di acqua proveniente da un impianto di osmosi verrà realizzata una versione speciale del sistema spray in acciaio inox. Inoltre risulta necessario aggiungere lo speciale agente protettivo, perfettamente biodegradabile. Non ci sono vincoli particolari sul numero massimo delle ore annue di impiego del sistema Spray.

Conclusioni

L'ultima generazione dei DRY and SPRAY® LU-VE si basa su una tecnologia all'avanguardia per la massimizzazione delle prestazioni di condensatori e dry coolers. La loro progettazione e realizzazione è basata sui più avveduti e moderni criteri di rispetto dell'ambiente, nell'ottica della riduzione dei consumi energetici, dei consumi di acqua, dei costi generali di esercizio, delle emissioni sonore e dell'eliminazione dei rischi derivanti dalla Legionella.

Tali apparecchi sono i prodotti più avanzati al mondo nel loro genere, frutto di grandi investimenti in ricerca e sviluppo. Non a caso, grandi leader mondiali dal marchio prestigioso (BMW, Mercedes, Volkswagen, Wienstrom GmbH, Fiera di Francoforte e Clinica Universitaria di Marburg, solo per citarne alcuni) li hanno scelti proprio per le loro caratteristiche innovative ed ecologiche.

* Research and Development Manager LU-VE s.p.a.