

COS'È LA TRIGENERAZIONE?

Non esistono solo sistemi per la produzione combinata di energia elettrica e calore ma anche sistemi più complessi che si avvalgono di processi, già noti, ma che solo ultimamente risultano sfruttabili dalle moderne tecnologie. Così si parla sempre più spesso di trigenerazione. In pratica di macchine in configurazione cogenerativa (produzione combinata di energia elettrica e calore) cui viene accoppiato un dispositivo per la produzione di energia frigorifera. È infatti possibile trasformare energia termica in energia frigorifera mediante l'impiego del ciclo frigorifero ad assorbimento.

Ciclo di assorbimento

Se ritorniamo alle nostre memorie del liceo, il secondo principio della termodinamica dice che per trasferire calore tra due corpi è necessaria una differenza positiva di temperatura: il corpo a

temperatura più alta cede naturalmente energia a quello a temperatura inferiore.

Tuttavia nell'XIX secolo l'inventore Ferdinand Carré mise a punto il ciclo ad assorbimento: un ciclo termodinamico per cui la differenza di temperatura poteva essere invertita utilizzando un fluido intermedio in grado di evaporare a contatto con il primo corpo caldo e di condensare (assorbendo calore) con il secondo corpo a temperatura inferiore senza l'aiuto di un compressore. In pratica il processo è facilmente intuibile: il calore sottratto con l'evaporazione è paragonabile al freddo percepito sulla pelle quando spruzziamo un deodorante o un qualsiasi prodotto in grado di evaporare velocemente con il calore corporeo. Il ciclo fu precedentemente inventato da Faraday: si basa sul calore di dissoluzione di un soluto in un solvente

(generalmente acqua) che viene ciclicamente concentrato e diluito: in questo modo non serve il lavoro di un compressore per condensare il fluido; il calore di dissoluzione assorbe energia dal corpo a temperatura inferiore raffreddandolo.

Il fluido utilizzato è di solito acqua con ammoniaca (NH_3) o bromuro di litio (LiBr): per le proprietà dell'acqua le temperature raggiungibili con il ciclo frigorifero ad assorbimento non sono estreme ed arrivano intorno a $0-1^\circ\text{C}$. Da notare che il ciclo era molto diffuso a fine '800 grazie alla produzione di calore a basso costo mediante le macchine a vapore ed alcune tecnologie, come la ghiacciaia inventata dal fratello di Ferdinand Carré, hanno contribuito a rendere questo processo molto diffuso prima che l'affidabilità dei motori elettrici e della rete elettrica non sostituissero il ciclo ad assorbi-

Dai dispositivi per la produzione combinata, nel creare energia si ottiene anche calore, ma non solo: la trigenerazione è l'integrazione, in questo sistema, della possibilità di trasformare energia termica in energia frigorifera.



mento con quello oggi più noto e diffuso del ciclo a compressione.

Produzione combinata

Il Cop (Coefficient Of Performance), cioè la misura dell'efficienza del ciclo frigorifero (definita come il rapporto fra energia frigorifera in uscita ed energia termica in ingresso), è compreso tra 0,7 e 1,3 quando in un ciclo a compressione il rendimento è uguale o superiore a 2, in funzione principalmente delle temperature in ingresso e della configurazione del ciclo (a singolo o doppio stadio). I frigoriferi ad assorbimento hanno principalmente due vantaggi rispetto ai frigoriferi a compressione:

- la principale energia meccanica è solo quella richiesta dalla pompa di circolazione del fluido refrigerante/assorbente: quindi, non essendo presente un compressore, l'energia richiesta è molto inferiore ed anche in termini di rumore i frigoriferi ad assorbimento sono più silenziosi; questo ne ha determinato il successo in condizioni particolari dove la disponibilità di corrente è bassa, unita al pregio della silenziosità (meno parti in movimento): ad esempio, nei sistemi mobili per campeggio e nei camper;

- la possibilità di utilizzare una sorgente calda per l'evaporazione del fluido in soluzione permette di sfruttare cascami di calore provenienti da altre macchine, ad esempio, da un cogeneratore sfruttando, in parte, il calore prodotto.

Inoltre i frigoriferi ad assorbimento comportano: la riduzione dei costi dell'energia primaria (cioè dei costi per il combustibile); la riduzione dei costi di gestione (meno parti in movimento, quindi minor manutenzione); maggiore energia elettrica disponibile (dal momento che il ciclo ad assorbimento usa minore energia di un ciclo a compressione); l'utilizzo del calore in esubero: meno problemi per la dispersione del calore in eccesso. Si arriva quindi a parlare di macchine in assetto trigenerativo, che consentono la produzione combinata di energia elettrica, calore ed energia frigorifera. Si hanno così macchine il cui rendimento globale è maggiore grazie ad un migliore sfrutta-

mento di tutta l'energia prodotta: a titolo di esempio, in una centrale termoelettrica convenzionale solo il 35% dell'energia del combustibile viene sfruttata per la produzione elettrica mentre in un impianto rigenerativo si arriva al 75-80%.

Applicazioni pratiche

I sistemi di trigenerazione possono essere studiati e prodotti per funzionare con qualsiasi fonte di calore anche se, evidentemente, è più efficiente utilizzare una fonte di calore "di scarto" cioè a basso costo. Oggi esistono configurazioni tecnicamente mature ed economicamente convenienti da poter essere adottate, tra le molte configurazioni possibili troviamo: sistemi di cogenerazione o trigenerazione con combustibili fossili; sistemi di co-trigenerazione con sistemi solari termici; sistemi ibridi di cogenerazione e trigenerazione. Grazie alle moderne tecnologie per la cogenerazione i sistemi in configurazione trigenerativa cominciano ad essere di nuovo attraenti economicamente e tecnicamente. Ad esempio le microturbine alimentate a gas o a combustibile liquido offrono la possibilità di sfruttare il calore prodotto sia in cogenerazione (riscaldamento di un secondo flu-

do termovettore) sia in trigenerazione (raffreddamento di un secondo fluido, per il funzionamento in un assorbitore). In pratica si ottengono sistemi in grado di fornire, contemporaneamente, energia elettrica, calore e raffreddamento. Ci sono molti possibili utilizzi di una tecnologia di taglia piccola (si parte da 30kW elettrici), *in primis* si citano quelli nel settore terziario e commerciale, cioè uffici e centri commerciali in cui si hanno contemporaneamente esigenze di raffrescamento e raffreddamento unitamente al riscaldamento ed alla produzione elettrica. Se si osserva la curva del carico elettrico giornaliero e quella del carico termico si osserva come l'utilizzo di una raffrescamento basato su assorbitori sia spesso la soluzione ideale per coprire con il calore quella parte di domanda di energia elettrica generata dai compressori. In pratica, si sposta la power supply dalla sorgente elettrica (pregiata) a quella calore (più economica) ottenendo vantaggi in termini di bolletta e di energia risparmiata. Un secondo settore molto promettente per le tecnologie trigenerative è quello alimentare, nello specifico il lattiero caseario in cui si hanno esigenze di: temperature moderata-



mente alte, per la pastorizzazione e sterilizzazione del latte; temperature moderatamente basse per la refrigerazione e conservazione dei prodotti; domanda elettrica per il funzionamento delle macchine (dalle mungitrici alle macchine per l'inscatolamento). Se il lato riscaldamento può essere reso efficiente mediante l'uso di scambiatori a flussi incrociati, la parte

elettrica e di raffreddamento ha bisogno di una cura particolare per l'inserimento nel ciclo di frigoriferi ad assorbimento al bromuro di litio (o, ancor più sofisticati al cloruro di litio, LiCl) in grado di portare l'acqua a temperature bassissime (tra 0 e 1 grado), cioè in condizioni di acqua gelida utilizzata per il refrigeramento del prodotto senza dispersione o perdita delle caratteristiche organolettiche. Una seconda via all'introduzione di frigoriferi ad assorbimento su vasta scala è rappresentata dall'accoppiamento con il solare termico, ora in fase di pre-produzione anche per il settore residenziale.

Svilupi futuri

In termini di mercato potenziale per questa tecnologia, basti pensare che dal 1998 al 2006 il numero degli impianti di raffreddamento venduti in tutto il mondo è quasi raddoppiato, passando da 26 milioni a 40 milioni con una conseguente crescita del fabbisogno

energetico da 40 GW a ben 260 GW. Ed il trend è in crescita come dimostra la diffusione dei condizionatori sul territorio nazionale e il conseguente spostamento del picco di richiesta elettrico dalla stagione invernale a quella estiva. Attualmente l'uso della tecnologia ad assorbimento unita a quella solare è marginale: circa 120 impianti noti in tutto il mondo con una capacità installata di 10 MW. Di questi solo il 20% è di piccole dimensioni, cioè con capacità frigorifera sotto i 20 kW cioè la taglia media per uso residenziale. Tuttavia molte industrie stanno lavorando alla produzione di impianti piccoli, standardizzati e di facile installazione ed assemblaggio: forse non è lontano il giorno in cui il consumatore finale potrebbe trovare nel grande magazzino cittadino, oltre al classico split con compressore, anche un sistema ad assorbimento accoppiato ad un pannello solare da mettere sul tetto. ■

BIBLIOGRAFIA

- W. Sparber *et al.*, "Overview on worldwide installed solar cooling systems", 2nd International Conference Solar Air Conditioning, Spagna, ottobre 2007
- H. M. Henning, "Solar assisted air conditioning of buildings - an overview", *Applied Thermal Engineering*, 2007, **27**, 1734.
- W. Sparber, A. Napolitano, Y. Schmitt, "Solares Kühlen & Heizen - aktueller Stand installierter Systeme großer Leistung und ein Ausblick auf neue Gebäude". Energy Forum - Solararchitektur & Solares Bauen, Brixen, dicembre 2007
- www.climatewell.com
- www.sortech.de
- www.rotartica.com
- www.eaw.com
- www.schueco.it

DOSEURO®

The right dosing choice



www.doseuro.com
 20093 Cologno M.se (MI)
 tel. (+39) 02 2730 1324
 fax (+39) 02 2670 0883