di Maria Luisa Doldi

Il nuovo ruolo del freddo nel sistema energetico

La transizione energetica sta cambiando il ruolo della refrigerazione. Da grande consumatore di energia, il settore potrebbe diventare una risorsa per integrare le fonti rinnovabili, valorizzare il calore oggi disperso e contribuire alla stabilità della rete elettrica

Per decenni la refrigerazione ha cercato soprattutto di consumare meno energia. La sfida consisteva nel ridurre questi consumi attraverso macchine sempre più efficienti, refrigeranti migliori e sistemi di controllo più evoluti. Oggi, però, il contesto è cambiato e la refrigerazione può fare qualcosa di più: aiutare il sistema energetico a funzionare meglio.
La crescente diffusione delle fonti rinnovabili, l'elettrificazione dei consumi e la necessità di ridurre le emissioni stanno modificando il modo stesso di concepire l'energia. Non basta più produrre energia pulita: occorre anche imparare a utilizzarla quando è disponibile e, allo stesso tempo, evitare di sprecare quella che già produciamo. In questo scenario anche la refrigerazione può assumere un ruolo completamente nuovo.

DUE SFIDE, UN UNICO OBIETTIVO

La transizione energetica si confronta con due esigenze complementari.
La prima riguarda l'integrazione delle fonti rinnovabili: fotovoltaico ed eolico producono energia in base alle condizioni meteorologiche, non ai consumi; quindi, occorre rendere più flessibile il sistema energetico adat-

tando la domanda alla disponibilità di energia. La seconda riguarda l'efficienza energetica: molti processi industriali disperdono grandi quantità di calore che, pur non essendo rinnovabile, è comunque energia già disponibile, e recuperarla riduce il fabbisogno energetico complessivo e le relative emissioni.
A prima vista sembrano problemi indipendenti, ma richiedono la stessa capacità: utilizzare l'energia quando è disponibile, non solo quando serve.

DA CONSUMATORE DI ENERGIA A RISORSA PER IL SISTEMA

È qui che la refrigerazione cambia prospettiva. Molti impianti frigoriferi possiedono una caratteristica che pochi altri utilizzatori di energia offrono: il freddo non deve necessariamente essere prodotto nel momento in cui viene utilizzato. Grazie all'inerzia termica degli edifici e dei prodotti conservati, o a sistemi di accumulo, è spesso possibile anticiparne la produzione senza compromettere il processo o la qualità. Questa capacità trasforma il freddo in un accumulo dinamico di energia: il "serbatoio" non è una batteria, ma il freddo già accumulato negli edifici, nei prodotti refrigerati o nei sistemi di accumulo termico. Gli impianti possono aumentare la produzione frigorifera quando l'energia elettrica è abbondante o meno costosa e ridurla nei momenti di maggiore richiesta della rete, mantenendo inalterate le condizioni di conservazione o di processo. La refrigerazione non è più quindi soltanto un carico elettrico, ma può diventare una risorsa per la stabilizzazione della rete, offrendo servizi di flessibilità (demand response) e facilitando l'integrazione di quote crescenti di energia rinnovabile. La flessibilità elettrica non è l'unica strada: la refrigerazione può contribuire alla transizione energetica anche valorizzando il calore di scarto, producendo freddo con energia termica altrimenti dispersa o integrando il recupero di calore con fonti rinnovabili come il solare termico. Il risultato è una gestione più efficiente delle risorse energetiche complessivamente disponibili.

DUE PROGETTI, UNA STESSA DIREZIONE

I due contributi che seguono raccontano questa trasformazione da prospettive differenti. Il progetto ViFlex dimostra come un insieme di pompe di calore possa essere gestito come risorsa flessibile per la rete elettrica, contribuendo alla sua stabilità e favorendo una maggiore integrazione delle rinnovabili. Il progetto europeo RE-WITCH, coordinato dal CNR-ITAE, affronta invece l'integrazione tra calore rinnovabile e calore di scarto, sviluppando sistemi frigoriferi ad assorbimento e adsorbimento alimentati da entrambe le risorse.
Le tecnologie e le applicazioni sono diverse, ma comune è il principio che le ispira: la refrigerazione e il condizionamento non devono più essere un sistema isolato, ma una componente attiva del sistema energetico, capace di dialogare con la rete elettrica, le fonti rinnovabili e gli altri flussi energetici degli impianti industriali. La vera novità non riguarda una singola tecnologia, ma il modo stesso di progettare i sistemi energetici. Per molto tempo elettricità, calore e freddo sono stati considerati ambiti separati, ciascuno ottimizzato in modo indipendente; oggi la transizione energetica richiede di integrarli. Il valore non nasce solo dall'efficienza dei singoli impianti, ma dalla loro capacità di dialogare, utilizzando nel modo più opportuno ogni forma di energia disponibile.

CINQUE IDEE CHE EMERGONO DA QUESTO FOCUS

1. **Il freddo come accumulo energetico: grazie all'inerzia termica di edifici, prodotti conservati e sistemi di accumulo, la produzione frigorifera può essere anticipata o posticipata senza compromettere il servizio, diventando uno strumento di flessibilità per la rete elettrica.**
2. **Anche il calore di scarto può produrre freddo: nei processi industriali il calore a bassa temperatura, spesso disperso, può alimentare macchine frigorifere ad assorbimento o adsorbimento, trasformandosi da scarto a risorsa.**
3. **Le rinnovabili non si integrano solo producendo più energia: per sfruttare al meglio fotovoltaico ed eolico occorre rendere più flessibili i consumi, e anche la refrigerazione può contribuire adattando il proprio funzionamento alla disponibilità di energia.**
4. **Il valore nasce dall'integrazione dei flussi energetici: elettricità, calore e freddo non devono più essere sistemi separati, ma vanno messi in relazione, utilizzando nel modo più efficace ogni forma di energia disponibile.**
5. **La refrigerazione diventa componente del sistema energetico: il cambiamento più importante non riguarda una nuova macchina, ma un nuovo ruolo. Gli impianti frigoriferi possono contribuire alla stabilità della rete, valorizzare il recupero del calore e favorire l'integrazione delle rinnovabili: da semplice utenza energetica, la refrigerazione può diventare una risorsa per l'intero sistema.**

di Maria Luisa Doldi

Per ridurre i consumi della refrigerazione industriale, il progetto RE-WITCH esplora una nuova strada: integrare il recupero del calore di scarto con il solare termico per alimentare sistemi frigoriferi ad assorbimento e adsorbimento

Dal calore di scarto al freddo di processo

Un campo solare simile a quello che verrà usato per il progetto

Per molti anni la ricerca nel settore della refrigerazione ha cercato soprattutto di migliorare l'efficienza delle macchine frigorifere per ridurne i consumi elettrici e aumentarne le prestazioni. Oggi, almeno in alcune applicazioni industriali, la prospettiva sta cambiando.

La domanda non è più soltanto come consumare meno elettricità per produrre freddo.

Anche utilizzare meglio l'energia già disponibile all'interno di un impianto diventa un punto importante. In molti processi industriali vengono infatti generate grandi quantità di calore che vengono disperse perché considerate di scarso valore energetico oppure perché non si ha una via per utilizzarle.

È proprio da questa osservazione che nasce RE-WITCH – progetto europeo coordinato dal CNR-ITAE – che affronta il tema della refrigerazione da una prospettiva diversa: utilizzare il calore di scarto, integrandolo quando necessario con il solare termico, per alimentare sistemi frigoriferi ad assorbimento e adsorbimento.

L'idea può apparire controintuitiva. Normalmente, infatti, si associa il freddo all'elettricità; RE-WITCH parte invece dal calore.

Non da quello ad alta temperatura, prezioso per numerosi impieghi industriali ma da quello compreso tra circa i 70 e i 100 °C che in molti casi non trova un utilizzo economicamente conveniente e viene semplicemente dissipato nell'ambiente.

Secondo Andrea Frazzica, Dirigente di Ricerca presso il CNR-ITAE – Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia – proprio questo rappresenta uno degli elementi più interessanti del progetto.

Afferma, infatti: «Quelle temperature sono troppo basse per molte applicazioni tradizionali, come la produzione di vapore o di energia elettrica, ma risultano perfettamente compatibili con il funzionamento delle macchine frigorifere sviluppate nell'ambito di RE-WITCH. In altre parole, un'energia che oggi viene considerata uno scarto può diventare la sorgente per produrre nuovo freddo».

Andrea Frazzica
Dirigente di Ricerca presso il CNR-ITAE

UN'ENERGIA CHE OGGI VIENE CONSIDERATA UNO SCARTO PUÒ DIVENTARE LA SORGENTE PER PRODURRE NUOVO FREDDO

OLTRE IL SOLO SOLARE TERMICO

Il recupero del calore rappresenta il punto di partenza ma non l'unica risorsa energetica su cui si basa RE-WITCH. È qui che entra in gioco il solare termico. L'utilizzo del solare termico per alimentare macchine frigorifere non rappresenta una novità.

Diversi progetti di ricerca hanno già dimostrato che questa soluzione è tecnicamente possibile. Il limite è emerso quando si è passati dalle simulazioni alle applicazioni industriali. Spiega Frazzica: «Realizzare impianti alimentati esclusivamente da solare termico richiede infatti superfici captanti importanti, investimenti elevati e sistemi dedicati. Dal punto di vista tecnico il principio funziona ma il ritorno economico risulta spesso troppo lungo per risultare interessante per molte imprese».

Da questa esperienza nasce il cambio di prospettiva di RE-WITCH. L'obiettivo non è sostituire il recupero del calore con il solare termico o viceversa, ma integrarli. Il calore di scarto costituisce la sorgente principale quando è disponibile; il solare termico interviene invece per coprire quella parte del fabbisogno che il solo recupero non riesce a soddisfare. Si tratta di un approccio che cerca un equilibrio tra due

CAMBIO DI PROSPETTIVA

Quattro riflessioni che emergono dall'esperienza del progetto RE-WITCH:

- **Il calore tra 70 e 100 °C, spesso dissipato, può alimentare direttamente la produzione di freddo**
- **Recupero termico e solare lavorano meglio insieme che da soli**
- **La refrigerazione può diventare parte attiva del bilancio energetico dell'impianto**
- **Il punto di partenza della progettazione sono i flussi energetici, non la macchina**

risorse energetiche complementari. Da un lato il recupero di energia già presente nel processo industriale, dall'altro una fonte rinnovabile che contribuisce a rendere più stabile e completa l'alimentazione della macchina frigorifera.
Anche il livello di temperatura scelto contribuisce a migliorare l'efficienza del sistema: lavorando con sorgenti termiche relativamente basse, infatti, anche il solare termico opera in condizioni favorevoli, aumentando il proprio rendimento rispetto ad applicazioni che richiedono temperature più elevate.

OGNI PROCESSO È UN CASO A SÉ

Se il principio generale è semplice, la sua applicazione pratica è tutt'altro che standardizzata.

Il prototipo di macchina ad adsorbimento in fase di testing presso il CNR

COS'È RE-WITCH?

RE-WITCH è un progetto finanziato dal programma Horizon dell'Unione Europea, nell'ambito dell'accordo di sovvenzione n. 101138697.
Il progetto sviluppa e dimostra tecnologie di refrigerazione industriale ad assorbimento e adsorbimento alimentate da una combinazione ottimizzata di calore di scarto a bassa temperatura e fonti rinnovabili, in particolare solare termico. Le soluzioni saranno validate in quattro impianti dimostrativi in Italia, Grecia, Spagna e Polonia, appartenenti ai settori alimentare, cartario e della bioraffinazione.
Il progetto valuterà inoltre la replicabilità delle tecnologie in altri contesti industriali, anche in integrazione con reti di teleriscaldamento, con l'obiettivo di facilitarne la diffusione attraverso strumenti di progettazione dedicati e di favorirne l'ingresso sul mercato.
Maggiori informazioni:
https://ieecp.org/projects/re-witch/

Dice Frazzica: «Uno degli aspetti che emerge con maggiore evidenza dall'esperienza del progetto è che non esiste una configurazione valida per tutti gli impianti. La disponibilità di calore di scarto, la domanda di freddo, gli spazi disponibili per l'installazione dei collettori solari e le stesse modalità di funzionamento dei processi produttivi cambiano profondamente da uno stabilimento all'altro».
Per questo motivo il progetto propone un metodo di progettazione che parte dall'analisi dei flussi energetici del singolo impianto.
I dimostratori realizzati nell'ambito di RE-WITCH mostrano bene questa differenza.
Nel sito dedicato alla produzione di biocombustibili in Grecia, ad esempio, il calore recuperato dal processo risulta sufficiente ad alimentare il sistema frigorifero. In questo caso il contributo del solare termico rimane limitato, perché la disponibilità di energia termica residua è già adeguata al fabbisogno della macchina.
Diversa è invece la situazione in un birrificio coinvolto nel progetto. Anche qui il calore di scarto è presente ma viene già utilizzato in altre fasi della produzione, come il lavaggio delle bottiglie o la pastorizzazione. Destinarne una quota eccessiva alla refrigerazione

A-GAS®
TOGETHER WE CAN

LE SOLUZIONI A-GAS PER IL RECUPERO DEI REFRIGERANTI

A-Gas supporta il settore HVAC/R con soluzioni professionali per il recupero e la gestione dei refrigeranti, garantendo efficienza operativa, tutela dell'ambiente e piena conformità alle normative.

Rapid Exchange®

Servizio di recupero e valorizzazione dei refrigeranti in bombola da smaltire, con fornitura immediata di bombole vuote certificate per nuovi recuperi.
Logistica semplificata, riduzione dei tempi di attesa e dei costi operativi.
Rapid Exchange valorizza il tuo rifiuto!

Rapid Recovery®

Servizio di recupero dei refrigeranti direttamente in loco ad alta velocità.
Fino a 10 volte più rapido rispetto ai metodi tradizionali, riducendo al minimo i tempi di fermo degli impianti.

Scopri di più su:

agas.com/it

Vieni a trovarci a:

CHILLVENTA

Norimberga, 13 - 15.10.2026
Pad. 1, Stand 1-332

L'unità compressore in fase di realizzazione per il chiller ibrido

significherebbe sottrarla ad altri utilizzi essenziali del processo. È quindi il solare termico a integrare il sistema, contribuendo a coprire la parte di fabbisogno che il solo recupero non riesce a garantire. Questi esempi mostrano come il progetto adatti la soluzione alle caratteristiche energetiche del singolo stabilimento, invece di applicare una tecnologia standard. È un approccio che riflette la complessità dell'industria, dove impianti appartenenti allo stesso settore possono presentare esigenze molto diverse tra loro.

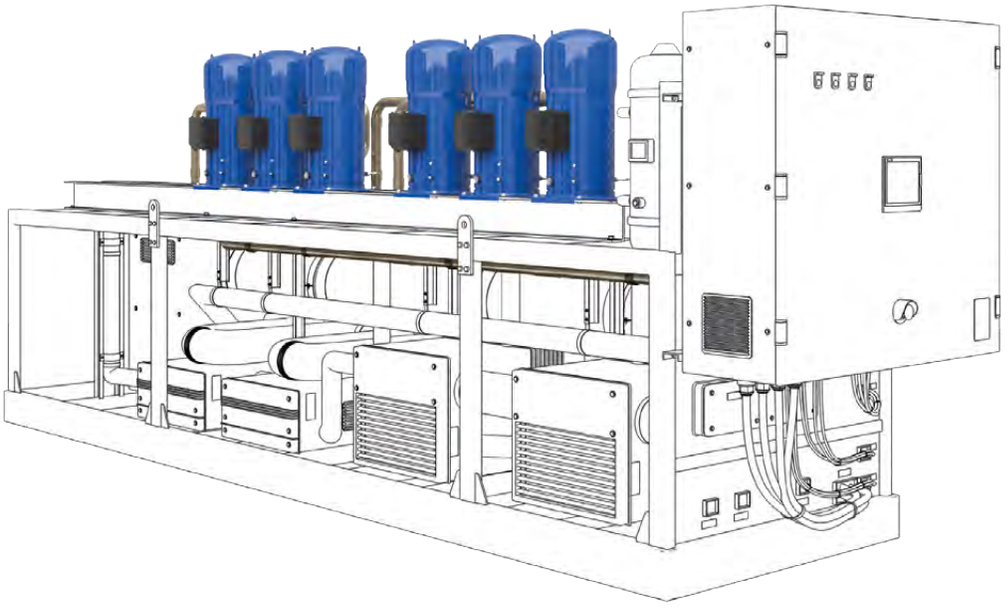
TRE DIVERSE CONFIGURAZIONI

Per rispondere a esigenze applicative differenti, RE-WITCH sta sviluppando tre diverse configurazioni di macchina, accomunate da un principio: utilizzare il calore come sorgente energetica per produrre freddo. Una delle soluzioni impiega una macchina ad adsorbimento solido, sviluppata insieme a un partner industriale tedesco.
L'innovazione sta nell'architettura della macchina, non nel principio di funzionamento, che è già noto. L'obiettivo è ridurre la complessità costruttiva e, di conseguenza, il costo della macchina, uno degli aspetti che finora ne ha limitato la diffusione. Le altre due configurazioni utilizzano invece cicli ad assorbimento liquido.
Una integra anche una sezione a compressione, così da produrre contemporaneamente freddo e acqua preriscaldata destinata ad altri utilizzi del processo. «Il compressore è integrato all'interno del circuito del refrigerante (acqua) in cascata fra evaporatore ed assorbitore, quindi incrementa la pressione in uscita dall'evaporatore e in ingresso all'assorbitore, consentendo di cogenerare sia effetto frigorifero che produzione di calore per il preriscaldo di acqua nel processo industriale.
L'idea di base è di avere il compressore attivo ogni volta che ci sia necessità di cogenerare freddo e caldo. Qualora venisse richiesta solo energia frigorifera, il compressore può essere bypassato, tornando ad un ciclo ad assorbimento a singolo stadio classico» chiarisce Frazzica.

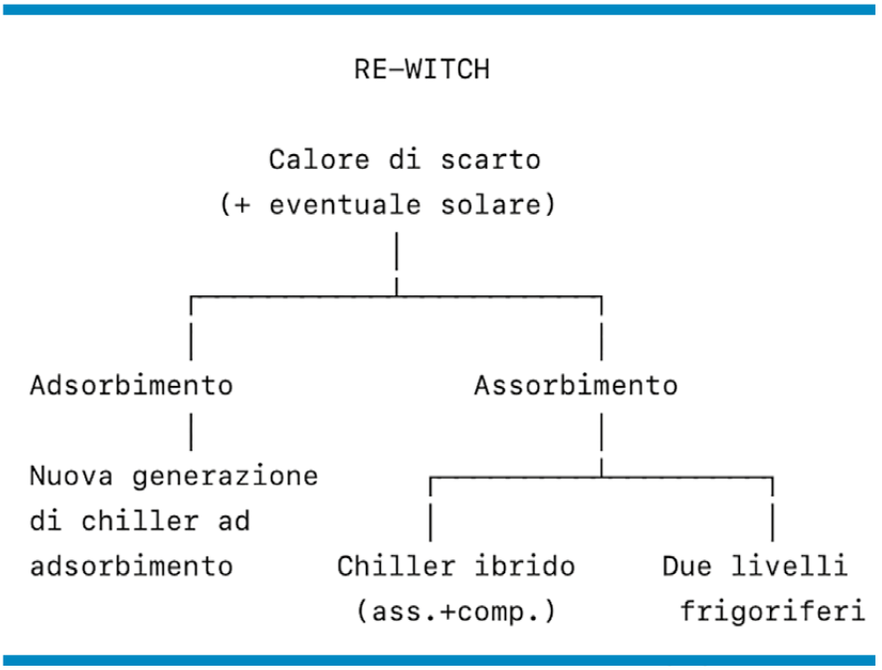
L’alta temperatura è la regola.
Non l’eccezione.

Le alte temperature non ammettono compromessi. Il compressore scroll Danfoss PSG è stato sviluppato specificamente per le pompe di calore ad alta temperatura. Affidabile, efficiente e qualificato per refrigeranti naturali a basso GWP, consente di realizzare sistemi fino a 1 MW capaci di produrre acqua calda fino a 100°C. Una soluzione nata per accelerare la decarbonizzazione dei processi industriali e delle reti di teleriscaldamento. Facciamo crescere il potenziale delle pompe di calore, insieme.

- Prestazioni ad alta temperatura: produce acqua calda fino a 100°C per pompe di calore industriali e teleriscaldamento.
- Refrigeranti naturali e a basso GWP: progettato per l’utilizzo con R600a e R1234ze/R515B, supporta la transizione verso soluzioni a basso impatto ambientale e risponde alle più recenti esigenze normative.
- Scalabilità: due taglie ad alta capacità (105 e 140 m^3/h) e configurazioni flessibili in parallelo per realizzare impianti scalabili fino a 1 MW.
- Affidabilità di serie: il controllo del livello dell’olio e il sensore di temperatura integrati contribuiscono a ridurre i rischi operativi e a contenere i costi lungo l’intero ciclo di vita.



Scansiona il codice QR per consultare le specifiche tecniche



Schema progetto RE-WITCH

L'altra macchina è progettata per fornire due differenti livelli di temperatura frigorifera con la stessa macchina, adattandosi alle esigenze di processi che richiedono contemporaneamente utenze termiche diverse.
Le applicazioni considerate dal progetto riguardano principalmente refrigerazione a temperature positive. Nei casi studio il freddo viene infatti prodotto, ad esempio, intorno ai 7 °C, come richiesto da alcuni processi dell'industria alimentare, oppure su due differenti livelli di temperatura nello stesso impianto.
Esistono sistemi ad assorbimento in grado di lavorare anche sottozero, ma richiedono temperature di alimentazione sensibilmente più elevate e rientrano in un diverso ambito applicativo. Anche le prestazioni devono essere lette nella logica del sistema complessivo. Le macchine sviluppate nel progetto hanno come obiettivo un coefficiente di prestazione (COP) compreso tra 0,5 e 0,6.
Si tratta di un valore inferiore rispetto alle tradizionali macchine frigorifere elettriche ma che assume un significato diverso quando la sorgente energetica è costituita da calore di recupero o da energia solare termica anziché da elettricità acquistata dalla rete.

LA VERA SFIDA È FUORI DAL LABORATORIO

Dal punto di vista scientifico, produrre freddo attraverso cicli ad assorbimento o adsorbimento non rappresenta una novità. La sfida oggi è un'altra: trasformare queste tecnologie in strumenti utilizzabili dall'industria. Per questo RE-WITCH dedica una parte importante delle proprie attività ai dimostratori industriali. È nel funzionamento quotidiano di uno stabilimento che emergono le criticità reali: la disponibilità effettiva del calore di scarto, la continuità della produzione, le priorità del processo, gli spazi disponibili, la manutenzione e l'integrazione con impianti già esistenti.
Secondo Frazzica, è proprio il confronto con applicazioni reali che permette di capire quanto una tecnologia sviluppata in laboratorio sia realmente trasferibile al mondo industriale: «Le simulazioni rappresentano un passaggio indispensabile, ma non possono riprodurre tutta la complessità di un processo produttivo».
Per questo motivo il progetto non punta soltanto a validare le prestazioni delle macchine, ma anche a verificarne l'affidabilità operativa e la sostenibilità economica. Due aspetti strettamente collegati: «Una tecnologia può essere efficiente dal punto di vista energetico ma difficilmente troverà spazio nell'industria se richiede investimenti troppo elevati o tempi di ritorno incompatibili con le logiche produttive» conclude Frazzica.

UN DIVERSO MODO DI GUARDARE AI FLUSSI ENERGETICI

L'aspetto forse più interessante di RE-WITCH è che sposta il punto di osservazione.
Invece di considerare separatamente produzione di calore, produzione di freddo e fonti rinnovabili, il progetto osserva l'impianto industriale come un unico sistema energetico, nel quale i diversi flussi possono essere messi in relazione tra loro.
In questa prospettiva il calore di scarto diventa una risorsa da recuperare, con il solare termico a coprire ciò che manca.
E la refrigerazione stessa cambia ruolo: da semplice voce di consumo a strumento per valorizzare energia che altrimenti finirebbe in atmosfera. È un approccio che difficilmente troverà applicazione nel settore residenziale, dove le tecnologie elettriche restano oggi la soluzione più semplice ed economicamente competitiva.
Il suo campo naturale è invece quello industriale, dove la presenza contemporanea di domanda di freddo, disponibilità di calore di scarto e superfici utilizzabili per il solare termico apre scenari completamente diversi.
Più che proporre una tecnologia destinata a sostituire quelle esistenti, RE-WITCH suggerisce un diverso modo di progettare gli impianti, un modo che assume come punto di partenza l'energia già disponibile nel processo produttivo.
E, caso per caso, cerca il modo più efficace per trasformarla nuovamente in freddo.

Evita la formazione di ghiaccio

Deumidificatori ad adsorbimento serie TTR

- Qualità professionale “Made in Germany”
- Deumidificazione dell‘aria contro la condensa e la formazione di ghiaccio nelle celle frigorifere
- Garantire e preservare la qualità dei prodotti
- Protezione contro ruggine e corrosione
- Soluzioni personalizzate in base alle vostre esigenze.

Dantherm Group S.p.A | 37010 Italy | 045 6770 533 | sales.it@danthermgroup.com

DANTHERMGROUP

di Maria Luisa Doldi

La flessibilità della rete elettrica non si ottiene solo grazie a nuovi sistemi di accumulo ma anche sfruttando le tecnologie già installate. Una prospettiva che in futuro potrebbe rivelarsi interessante anche per la refrigerazione commerciale e industriale

Il freddo come elemento stabilizzante della rete elettrica

L'aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili rende sempre più importante che il consumo possa essere adattato alle esigenze della rete. Quando la produzione di energia eolica e fotovoltaica supera la domanda o si verificano colli di bottiglia in determinate aree della rete, è infatti necessario regolare i consumi senza compromettere l'approvvigionamento degli utenti. Questo è il principio della gestione della domanda (Demand Response): determinati utenti possono anticipare o posticipare le proprie attività, contribuendo così a mantenere l'equilibrio della rete elettrica.

È proprio in questo contesto che si inserisce ViFlex, un progetto pilota sviluppato da Viessmann Climate Solutions (dal 2024 parte di Carrier) in collaborazione con i gestori della rete di trasmissione tedeschi TenneT Germany, TransnetBW e, fino al 2024, 50Hertz. Per quasi tre anni, nell'ambito del progetto, è stato verificato in condizioni operative reali se un gruppo di pompe di calore installate in abitazioni private potesse contribuire alla stabilizzazione della rete elettrica, regolando temporaneamente il proprio consumo energetico senza compromettere il comfort degli utenti.

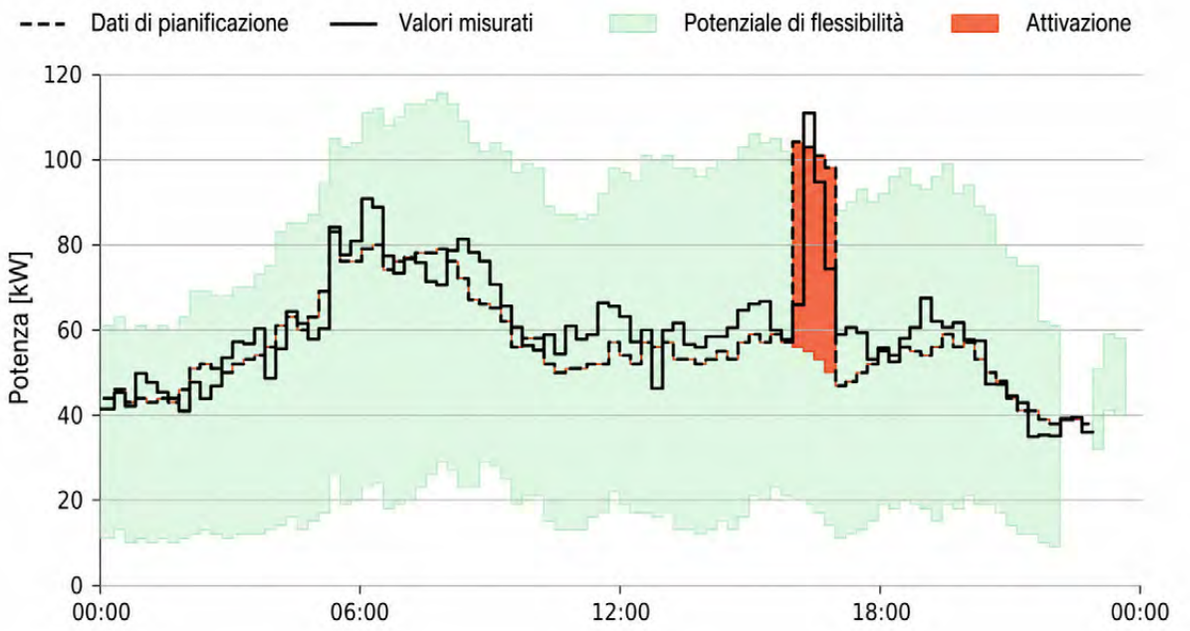
Al progetto hanno partecipato oltre un centinaio di pompe di calore installate in abitazioni private. Tramite la piattaforma cloud di Viessmann Climate Solutions, gli impianti sono stati raggruppati in pool virtuali per singole aree di rete. Le informazioni relative ai profili di carico e al potenziale di flessibilità sono state trasmesse ai gestori di rete tramite la piattaforma europea «Equigy Crowd Balancing Platform», mentre eventuali segnali di attivazione hanno seguito il percorso inverso, raggiungendo automaticamente le singole pompe di calore. In questo modo è stato possibile anticipare o posticipare il consumo di energia elettrica in base alle necessità, contribuendo a ridurre le congestioni di rete e a promuovere una maggiore integrazione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili. Il risultato più significativo del progetto è che questa regolazione è avvenuta senza alcuna perdita tangibile di comfort per gli utenti. Il riscaldamento delle abitazioni è rimasto invariato, mentre le pompe di calore hanno funzionato come consumatori flessibili di energia elettrica, dimostrando così che gli edifici residenziali decentralizzati possono diventare elementi attivi nella stabilizzazione della rete.

Janosch Balke
Product Owner HEMS Tariffs & Flexibility presso Carrier Climate Solutions Europe

LA STABILITÀ DELLA RETE VIENE SPESSO ASSOCIATA SOPRATTUTTO AI SISTEMI DI ACCUMULO A BATTERIA. A NOSTRO AVVISO, TUTTAVIA, UNA VERA RESILIENZA PUÒ ESSERE RAGGIUNTA SOLO ATTRAVERSO UNA VARIETÀ DI TECNOLOGIE

OLTRE IL SETTORE RESIDENZIALE

L'importanza di ViFlex va tuttavia oltre il settore residenziale. Il principio dimostrato nel progetto – l'utiliz-



Profilo giornaliero della potenza elettrica assorbita da un gruppo di pompe di calore aggregate nel progetto ViFlex. L'area verde rappresenta il potenziale di flessibilità disponibile, mentre l'area rossa indica un intervento richiesto dal gestore della rete. Il grafico mostra come il consumo possa essere anticipato o posticipato all'interno della finestra di flessibilità senza compromettere il servizio agli utenti

zo dell'inerzia termica per posticipare temporalmente una parte del consumo di energia elettrica – potrebbe infatti essere applicato anche ad altri consumatori che dispongono di sufficiente flessibilità. Tra questi rientrano potenzialmente anche supermercati, magazzini frigoriferi e impianti di refrigerazione industriali nei quali l'inerzia termica degli edifici, dei prodotti immagazzinati o la presenza di sistemi di accumulo del freddo potrebbero consentire di adattare il funzionamento degli impianti senza compromettere la qualità dei prodotti o la continuità dei processi. Proprio su questo tema abbiamo posto alcune domande a Janosch Balke, Product Owner HEMS Tariffs & Flexibility presso Carrier Climate Solutions Europe.

Molti impianti di refrigerazione commerciali e industriali dispongono già di una notevole inerzia termica o di sistemi di accumulo del freddo. In futuro potrebbero offrire servizi di flessibilità alla rete elettrica, analogamente alle pompe di calore coinvolte nel progetto ViFlex? Cosa manca ancora oggi affinché ciò diventi realtà?
«In breve: sì. In linea di principio, ogni utente elettrico controllabile con un fabbisogno energetico significativo può contribuire a stabilizzare la rete dal lato della domanda. A seconda delle dimensioni dell'azienda commerciale o industriale, anche un singolo stabilimento può fornire questa flessibilità. Nel progetto ViFlex, invece, abbiamo raggruppato virtualmente numerosi dispositivi distribuiti per offrire servizi di flessibilità alla rete».

ViFlex è nato come progetto pilota. Qual è il prossimo passo? L'obiettivo è aumentare il numero di pompe di calore coinvolte o integrare anche altri carichi flessibili nelle centrali elettriche virtuali?
«Attualmente stiamo lavorando a numerose iniziative di pianificazione e sviluppo per rendere operative, in condizioni reali, la gestione e l'aggregazione non solo delle pompe di calore, ma anche di altri grandi consumatori di energia elettrica, come i sistemi di accumulo a batteria e le stazioni di ricarica per veicoli elettrici. Inoltre, stiamo valutando non solo nuovi segmenti del mercato energetico ma anche possibili applicazioni al di fuori della Germania».

Se considera il progetto nel suo complesso: qual è il risultato più importante emerso da ViFlex? Cosa l'ha sorpresa di più e quale è la lezione più importante che ha tratto da questa esperienza?
«Il risultato più importante è decisamente positivo: la tecnologia non è stata l'ostacolo maggiore. Per oltre tre anni siamo riusciti a gestire in modo affidabile e completamente automatico più di cento pompe di calore installate in abitazioni reali, senza che gli utenti dovessero subire una perdita tangibile di comfort. Ciò dimostra che la flessibilità degli edifici residenziali è già oggi una realtà. Ciò che invece ci ha sorpreso è quanto la possibilità di estendere questa soluzione su larga scala dipenda da fattori non tecnologici. La legislazione, la gestione dei mercati dell'energia elettrica e gli incentivi finanziari per le famiglie sono fattori decisivi per trasformare un progetto pilota di successo in un servizio capillare. La conclusione è quindi chiara: la fattibilità tecnica è stata dimostrata. Ora è necessario un quadro normativo stabile e affidabile, ad esempio

attraverso un modello ibrido "*Redispatch 3.0*", affinché l'impegno richiesto sia redditizio per tutti gli attori coinvolti. Senza questo quadro normativo, la flessibilità disponibile andrà probabilmente a beneficio di altri segmenti del mercato energetico piuttosto che dei servizi di redispatch».

Se consideriamo il settore della refrigerazione commerciale e industriale: ritiene realistico che nei prossimi dieci anni supermercati, magazzini frigoriferi, celle frigorifere e impianti di refrigerazione industriali possano diventare una componente attiva e fissa della stabilizzazione della rete elettrica? Oppure le differenze rispetto alle pompe di calore sono ancora troppo grandi?

«Sì, lo riteniamo realistico. La stabilità della rete viene spesso associata soprattutto ai sistemi di accumulo a batteria. A nostro avviso, tuttavia, una vera resilienza può essere raggiunta solo attraverso una varietà di tecnologie. Una rete elettrica nazionale ed europea stabile necessita sia di un numero crescente di fonti di energia rinnovabile sia di un ampio spettro di consumatori flessibili, che insieme possano contribuire all'equilibrio tra offerta e domanda di energia».

CAMBIO DI PARADIGMA

Alcune delle risposte di Janosch Balke meritano di essere lette due volte: indicano infatti un interessante cambiamento di prospettiva. Quando si parla di stabilità della rete elettrica, il dibattito si concentra quasi sempre sui sistemi di accumulo elettrochimici. ViFlex dimostra invece che una parte della flessibilità potrebbe essere ottenuta sfruttando gli impianti già presenti sul posto: le pompe di calore ma in prospettiva anche gli impianti di refrigerazione commerciali e industriali, potrebbero contribuire alla stabilizzazione della rete, adattando i propri tempi di funzionamento e sfruttando l'inerzia termica già presente. L'aspetto forse più interessante è proprio questo: invece di affidare la transizione energetica esclusivamente a nuove infrastrutture, il progetto propone di integrare nel sistema energetico le tecnologie già installate e di assegnare loro una funzione aggiuntiva. In questa prospettiva, la tecnologia di refrigerazione non sarebbe più solo un carico elettrico da gestire, ma diventerebbe un elemento attivo dell'equilibrio tra offerta e domanda di energia e contribuirebbe ad aumentare la flessibilità del sistema senza dover realizzare nuovi sistemi di accumulo specifici.