

COME MIGLIORARE L'EFFICIENZA NEI SUPERMERCATI

Madi Sakande - New Cold Systems
Marco Buoni - Centro Studi Galileo

Estratto dalla 37^a nota informativa IIR sulle tecnologie di refrigerazione / marzo 2018

Evoluzione negli impianti di refrigerazione per supermercati (l'articolo completo è disponibile su www.iifiir.org)

La presente nota informativa è stata redatta da Renato Lazzarin, presidente della sezione IIR E e Yunting Ge, vicepresidente della Commissione E1, con l'assistenza di Claudio Zilio, segretario della Commissione B2. È stato esaminato da diversi esperti della rete IIR.

In molti paesi i supermercati sono i maggiori utilizzatori di energia nel settore della refrigerazione commerciale.

La refrigerazione è principalmente richiesta da vetrine refrigerate o attrezzature situate sul piano di vendita per la conservazione dei prodotti alimentari deperibili che vengono posti in vendita. I sistemi convenzionali di refrigerazione dei supermercati sono anche responsabili di notevoli emissioni di CO₂ provocate dall'effetto diretto della perdita di refrigerante e dall'effetto indiretto di un elevato consumo di energia. Il consumo di energia può essere ridotto scegliendo una temperatura ed un'umidità relativa degli ambienti interni adeguate. Altre possibili riduzioni del consumo di energia possono essere ottenute con migliorie nelle tecnologie di refrigerazione che modificano il layout e i componenti dell'impianto di refrigerazione. I nuovi sistemi non solo funzionano con maggiore efficienza, ma riducono anche la carica di refrigerante e le perdite di refrigerante.

Negli ultimi anni sono stati introdotti diversi miglioramenti nelle vetrine, come un'illuminazione più efficiente, un impiego più frequente delle porte, ventilatori più efficienti, ecc. Questi progressi nei componenti per la refrigerazione commerciale vanno oltre lo scopo della presente Nota Informativa, che tratta solo dei recenti sviluppi nei sistemi di refrigerazione.

La grande maggioranza dei sistemi di refrigerazione dei supermercati impiegano sistemi di refrigerazione multiplex, che utilizzano evaporatori ad espansione diretta e compressori multipli collegati con linee di aspirazione e scarico comuni. Nel tentativo di ridurre le emissioni di refrigerante, sono state adottate soluzioni per avere una carica di refrigerante inferiore e gruppi rack di compressori sistemati in installazioni dislocate nel supermercato. Altri sistemi prevedono l'impiego di un fluido secondario raffreddato da circuiti di refrigerazione posizionati in locali separati dalla zona di vendita. Di recente sono stati sviluppati sistemi in cui ogni armadio è dotato di un proprio compressore e di un'unità di condensazione raffreddata ad acqua. L'acqua utilizzata per il rigetto del calore nel processo di condensazione viene fatta circolare in un circuito apposito e raffreddata in un refrigeratore centralizzato (sistemi WLSC - Water-Loop Self-Contained).

In molti paesi i supermercati sono i maggiori utilizzatori di energia nel settore commerciale.

L'IEA [1] riporta che il 3-5% del consumo totale di elettricità nei paesi industrializzati è dovuto ai supermercati. I sistemi di refrigerazione convenzionali dei supermercati sono anche responsabili delle notevoli emissioni di gas serra. Queste emissioni sono dovute

all'effetto diretto provocato dalla perdita di refrigerante e dalle emissioni indirette di CO₂ correlate all'energia consumata [2, 3, 4].

Un supermercato di 5000 m² di superficie di vendita, una dimensione molto comune per i nuovi supermercati, può richiedere circa 2 milioni di kWh di elettricità all'anno. I grandi superstore potrebbero superare i 5 milioni di kWh all'anno [5]. Più della metà di questo consumo di energia è correlata al / i sistema / i di refrigerazione, mentre l'illuminazione può rappresentare fino al 20-25% circa dell'energia totale utilizzata [6]. Quest'ultima cifra può essere notevolmente ridotta se si adottano sistemi di illuminazione altamente efficienti (come ad esempio i LED) anziché le lampade tradizionali. La restante parte del consumo proviene principalmente dalla climatizzazione degli ambienti (riscaldamento, ventilazione e aria condizionata) e, in misura minore, da altri servizi come apparecchiature per ufficio, computer, riscaldamento dell'acqua sanitaria, preparazione degli alimenti e articoli da forno. La refrigerazione è richiesta principalmente per le vetrine refrigerate o per le apparecchiature situate sul piano di vendita per la conservazione di prodotti alimentari deperibili posti in commercio. La refrigerazione deve essere fornita anche in celle frigorifere in cui gli alimenti deperibili vengono conservati fino a quando non vengono collocati nelle apparecchiature di vendita al dettaglio. Questi apparecchi possono essere classificati in base alla temperatura di conservazione, come ad esempio le vetrine per media temperatura (MT) (figura 1) con una temperatura di evaporazione di -7 / -10 °C, per prodotti che richiedono una temperatura di stoccaggio superiore a 0 °C e inferiore a 4-7 °C, o le vetrine a bassa temperatura (LT) (Figura 2) con una temperatura di evaporazione di -32 / -35 °C, per alimenti congelati che richiedono una temperatura di conservazione inferiore a -18 °C.



Figura 1: Vetrina a media temperatura (MT), diffusa in Italia per vendita al dettaglio di salumi e formaggi



Figura 2: Tipica vetrina a bassa temperatura (LT)

Il carico di raffreddamento degli apparecchi refrigerati dipende dalla temperatura dell'aria e dall'umidità relativa dell'ambiente in cui essi sono collocati, dall'uso di resistenze antiappannanti utilizzate per impedire la formazione di condensa sulle porte e sulle superfici esterne delle vetrine, dall'illuminazione e dalle ventole dell'evaporatore. Il consumo di energia può essere ridotto scegliendo parametri ambientali adeguati (una temperatura o una umidità relativa più bassa riducono il carico di refrigerazione ed il funzionamento delle resistenze di sbrinamento) e apparecchiature ausiliarie meno energivore (ventilatori più efficienti o illuminazione più efficiente, come ad esempio i LED invece delle lampade alogene presenti negli armadi). Inoltre possono essere implementate alcune altre misure ovvie come un migliore isolamento.

Altre possibili riduzioni del consumo di energia possono essere ottenute attraverso progressi nelle tecnologie dei sistemi di refrigerazione che modificano il layout abituale dell'impianto di refrigerazione che serve gli apparecchi refrigerati MT e LT. I nuovi sistemi proposti non solo funzionano con maggiore efficienza, ma riducono anche la carica di refrigerante (che in molti supermercati esistenti può arrivare fino a 3.000 kg [7]) e le fughe (che possono annualmente essere di entità pari fino al 30% della carica complessiva [4]).

Questa nota informativa descrive e analizza i sistemi di refrigerazione convenzionali e avanzati. Presenta informazioni su diverse soluzioni tecniche e ne discute i pregi e gli svantaggi, tenendo conto di criteri tecnologici come il consumo annuale di energia, la scelta del refrigerante, la carica di refrigerante, la facilità di costruzione, il controllo facile ed efficiente della capacità di refrigerazione, il rumore e il recupero del calore che viene rigettato dai sistemi di refrigerazione.

Sistema Multiplex

La grande maggioranza dei sistemi di refrigerazione dei supermercati impiega batterie di evaporazione aria-refrigerante ad espansione diretta, situate all'interno di apparecchiature di vendita al dettaglio o di altri dispositivi di refrigerazione. I compressori si trovano in un'area macchine al di fuori dell'area di vendita e spesso i condensatori si trovano sul tetto. Questi sistemi, denominati "sistemi di refrigerazione multiplex", richiedono una grande carica di refrigerante e un numero elevato di tubature e giunzioni tra di esse, giunzioni che sono spesso la causa di elevati tassi di perdita di refrigerante. Il termine "multiplex" indica che più compressori hanno una linea di aspirazione e collettori di scarico comuni (Figura 3). Il gas di scarico viene convogliato verso un condensatore remoto, per poter essere poi indirizzato verso un ricevitore di liquido. I supermercati di solito hanno due gruppi rack di compressori, il primo destinato alla MT mentre il secondo destinato ai sistemi di refrigerazione LT.

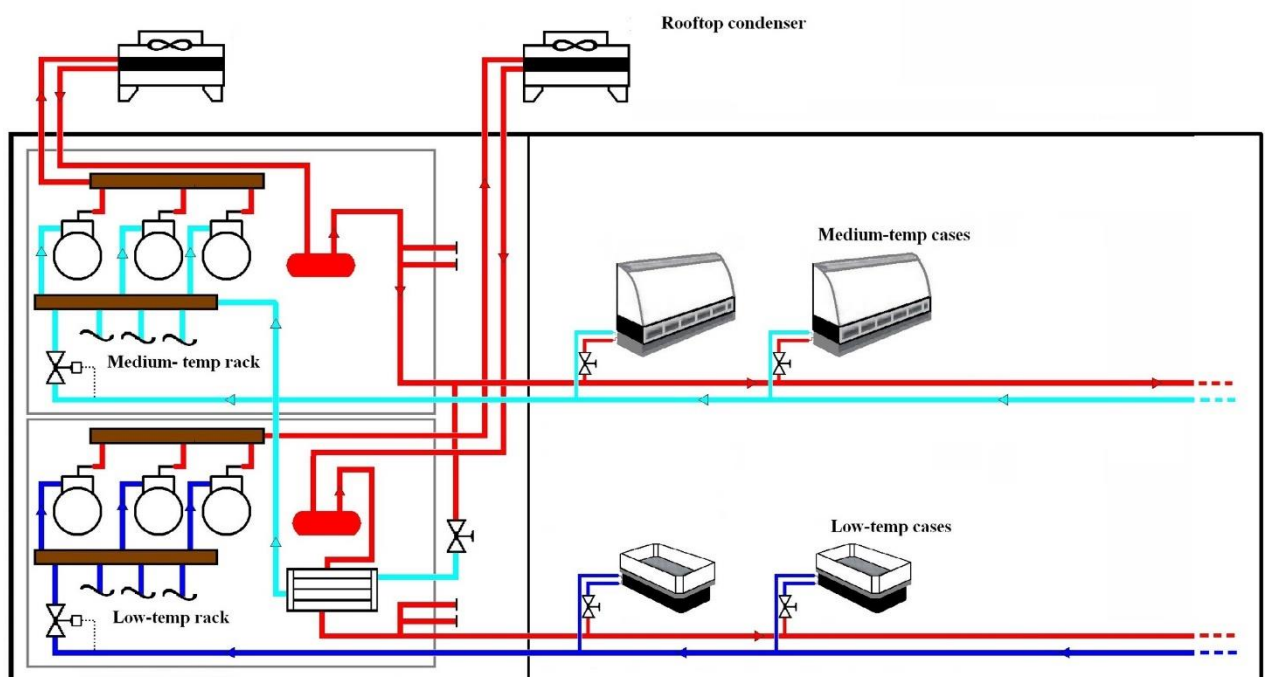


Figura 3: Schema di un impianto di refrigerazione multiplex

Il vantaggio principale dei sistemi multiplex è la loro costruzione relativamente semplice. La capacità di refrigerazione è facilmente regolabile mediante l'accensione/spegnimento di uno o più compressori del gruppo rack. Uno di questi a volte è modulabile. Poiché i gruppi di compressori si trovano in una sala macchine separata dall'area di vendita, il sistema è silenzioso per quanto riguarda l'area di vendita. Il calore rigettato dall'impianto di refrigerazione può essere utilizzato sia per l'acqua che per il riscaldamento dei locali. Le esigenze di riscaldamento dell'acqua potrebbero richiedere un aumento della temperatura di condensazione, particolarmente in inverno, quando il condensatore potrebbe funzionare anche a temperature fino a 20 °C. Pertanto, il recupero di calore deve essere bilanciato con qualsiasi riduzione del coefficiente di prestazione (COP) del sistema di refrigerazione.

I principali svantaggi di questo sistema sono la lunghezza dei tubi del refrigerante e la relativa carica di refrigerante di grandi dimensioni (che normalmente va da 1.400 a 2.300 kg). Il refrigerante più comunemente usato è attualmente l'R404A [8]. La progressiva eliminazione dei refrigeranti con alto potenziale di riscaldamento globale (GWP) comporterà l'impiego di altri refrigeranti (di cui si parlerà più avanti in questa nota informativa). Lunghe linee di refrigerante di solito significano più raccordi e connessioni, il che significa una maggiore possibilità di perdite di refrigerante. Sono riportati tassi di perdita di refrigerante annuali fino al 15% della carica totale, con alcuni sistemi che perdono fino al 30% della carica in un anno [4]. Inoltre, la lunghezza dei tubi del refrigerante può causare perdite di carico elevate che riducono il COP. Le perdite di carico devono essere considerate come il prezzo da pagare a causa della necessità di mantenere le velocità del refrigerante al di sopra di un livello che consenta il ritorno dell'olio al compressore. In molti sistemi, la pressione di aspirazione è fissa e comune a tutti i compressori: una pressione più elevata per MT e una pressione inferiore per i gruppi LT.

I controlli meccanici convenzionali mantengono una pressione di aspirazione fissa per controllare la temperatura nelle vetrine. Le impostazioni di controllo si basano di solito sulle condizioni di carico più elevate, ad esempio per le ore di apertura del negozio con maggior affollamento e le condizioni climatiche calde. In questa situazione, non si ottiene alcun beneficio da una riduzione del carico che può verificarsi durante l'inverno quando le condizioni di stoccaggio più fresche e asciutte riducono i carichi dell'evaporatore dell'apparecchiatura e il sottoraffreddamento del refrigerante liquido è maggiore rispetto ai mesi estivi [9]. Una riduzione del carico consentirebbe una maggiore pressione di aspirazione che comporterebbe un COP maggiore. Quindi, il possibile miglioramento del COP ottenibile grazie ad una maggiore pressione in alcune apparecchiature non può essere sfruttato. Il COP può essere migliorato attraverso l'adozione di un modello di controllo basato sulla cosiddetta "pressione di aspirazione flottante", consentendo una maggiore pressione di evaporazione per carichi inferiori. La pressione di aspirazione può fluttuare in questi sistemi in funzione del carico. Tuttavia, la pressione di aspirazione viene determinata in qualsiasi momento dalla pressione minima di evaporazione richiesta da uno qualsiasi dei mobili frigoriferi collegati alla linea di aspirazione comune.

Il sistema multiplex è stato migliorato negli ultimi anni implementando progetti a basso costo [10]. Il layout è abbastanza simile a quello dei sistemi precedenti. Controllando attentamente il sistema, la capacità del ricevitore del liquido può essere ridotta, poiché la carica di refrigerante liquido viene limitata a quanto necessario ad alimentare gli evaporatori degli espositori. La carica del refrigerante è in genere 2/3 o anche 1/2 di quella presente in un sistema multiplex tradizionale.

I miglioramenti nel multiplex a basso costo non modificano la lunghezza delle linee di aspirazione e di ritorno, la caduta di pressione del refrigerante e la percentuale di perdita della carica di refrigerante che, anche se dimezzata, è ancora grande.

Gli espositori in un sistema multiplex sono generalmente dotati di valvole di espansione termostatiche (TEV) che richiedono una pressione minima per il corretto funzionamento. Quindi la maggior parte dei sistemi di controllo interviene sull'accensione o lo spegnimento delle ventole di raffreddamento del condensatore allo scopo di mantenere le pressioni di condensazione al di sopra di un livello minimo anche se le temperature ambientali esterne potrebbero consentire pressioni di condensazione più basse. Di conseguenza, la temperatura di condensazione non scende al di sotto di una temperatura impostata di circa 20 °C, anche nelle fredde condizioni invernali. L'utilizzo di una valvola di espansione elettronica (EEV) consente al sistema di funzionare con pressioni all'ingresso inferiori. In questo caso la temperatura limite del condensatore dipende dalla differenza di pressione minima necessaria tra aspirazione e mandata per riuscire a mantenere un corretto flusso dell'olio per la lubrificazione [11,12].

Si può giungere anche fino ad un valore minimo di 4 °C per gli armadi LT e 15 °C per gli armadi MT.

Altre configurazioni sono (fare riferimento alle note informative IIR per i dettagli):

- Sistema a compressori distribuiti
- Impianti ad anello secondario
- Impianti in cascata a CO₂
- Impianti in cascata a CO₂ con eiettori
- Impianti autonomi ad anello d'acqua (WLSC)

Una valutazione dei diversi sistemi nella letteratura tecnica

Vari autori hanno effettuato una valutazione dei diversi sistemi, prendendo in considerazione diversi aspetti, tra gli altri, come il consumo energetico, il TEWI (Total Equivalent Warming Impact), i costi di investimento, i costi operativi annuali.

Mediante una descrizione del sistema si può operare un confronto tra le varie caratteristiche ma sono necessarie analisi quantitative per confrontare i costi. Le principali difficoltà di confronto sono le numerose variabili che possono influenzare i risultati finali.

Queste sono:

- tipo di supermercato (dimensioni dell'area commerciale, numero di vetrine MT e LT, tipo e dimensioni delle celle frigorifere);
- clima nella zona in cui è ubicato il supermercato;
- condizioni interne (temperatura e umidità relativa);
- perdite di refrigerante.

Inoltre, la prestazione tecnica delle apparecchiature ha un forte impatto sugli indicatori di prestazione.

Vari confronti disponibili in letteratura non sono sempre coerenti.

Una possibile ragione è che i sistemi più vecchi e non ottimizzati sono a volte confrontati con quelli nuovi ottimizzati.

In linea di principio, tutti gli autori concordano sul fatto che il sistema multiplex convenzionale presenta i costi iniziali più bassi, i costi operativi più elevati e il più alto tasso annuale di perdita di refrigerante. Un miglioramento può essere ottenuto con sistemi multiplex a basso costo, in particolare se sono dotati di EEV. Il principale disaccordo tra i vari confronti eseguiti riguarda i pregi rispetto ad altri sistemi, con diverse valutazioni delle prestazioni. Mentre un autore assegna la migliore valutazione al sistema

di compressione distribuito e il peggiore al sistema WLSC, ma con i compressori controllati ON OFF [10], un altro autore [5] fornisce la valutazione peggiore al circuito secondario con glicole. Altri autori [22], sulla base di dati sperimentali di un vero supermercato, indicano un possibile risparmio annuo superiore al 15% per un sistema WLSC rispetto a un multiplex tradizionale, anche se i risparmi si riducono all'8% se un multiplex ha una pressione di aspirazione flottante.

I principali vantaggi dei sistemi WLSC sono stati identificati in un rapporto di compressione richiesto inferiore, indipendente per ciascun armadio, minori cadute di pressione nelle linee e recupero di calore tramite una pompa di calore che non richiede un aumento della pressione di condensazione come per le altre configurazioni di sistema, come menzionato sopra. Allo stesso tempo, i suddetti vantaggi sono parzialmente neutralizzati dall'energia necessaria per il pompaggio e dall'esistenza di un doppio ciclo di refrigerazione. Il costo iniziale dell'investimento è stimato in circa il 30% in più rispetto al multiplex convenzionale, a causa della necessità di un chiller LT e di una pompa di calore, e del costo specifico più elevato dei compressori (sono necessari più compressori, uno per ciascuna apparecchiatura, anche se a capacità inferiore). Questo maggiore costo dell'investimento è in parte controbilanciato da un costo di installazione inferiore. Infatti, poiché i compressori e le tubazioni di refrigerazione sono contenuti nell'armadio, il produttore dell'armadio può eseguire diverse operazioni di installazione, standardizzando il processo.

In conclusione, la progettazione di un nuovo supermercato o la ristrutturazione di un impianto esistente dovrebbero essere attentamente valutati da tecnici esperti con una simulazione adeguata al fine di selezionare le opzioni impiantistiche ottimali.

I risultati finali possono essere abbastanza diversi anche con sistemi di refrigerazione simili. Le condizioni climatiche con requisiti di riscaldamento invernale, inverni freddi o miti e la distribuzione di vetrine a bassa e media temperatura possono determinare differenze significative tra i vantaggi e gli svantaggi rilevabili nei diversi sistemi.

Conclusioni

In passato, la maggior parte dei supermercati disponeva di sistemi di refrigerazione multiplex. Lo svantaggio principale della tipologia tradizionale è la grande carica di refrigerante e la conseguente grande perdita annuale di refrigerante.

Il design del multiplex è stato modificato per ridurre questo inconveniente, riducendo la carica di refrigerante e passando dalla pressione di aspirazione fissa alla pressione di aspirazione flottante. Sono stati introdotti diverse migliorie, in un primo momento grazie ai gruppi rack di compressori distribuiti all'interno del supermercato, che si sono evoluti poi in compressori installati all'interno di ogni singola apparecchiatura, come nel sistema WLSC.

Un altro concetto è quello di separare le apparecchiature di refrigerazione e gli espositori e collegarli con circuiti secondari. Questo approccio ha trovato una soluzione mista con l'uso di CO₂ in un ciclo secondario, che può includere un ciclo di refrigerazione per gli armadi LT.

Questi concetti alternativi limitano la carica di refrigerante rispetto al sistema multiplex convenzionale e, di conseguenza, limitano i rischi di perdite. Per quanto riguarda i costi, le soluzioni alternative sono generalmente più costose quando si tratta del costo dell'investimento, ma l'eventuale riduzione dei costi operativi di solito compensa più di questo maggiore investimento. Il risultato finale dipende molto dall'applicazione (ad es. dimensioni e posizione del supermercato). I progressi tecnologici sopra descritti possono produrre importanti benefici in termini di costi energetici e ambiente. Un attento esame

delle diverse opzioni tecniche disponibili è quindi consigliato in fase di sviluppo per ogni progetto di rinnovo o di costruzione.

Termine dell'estratto dalla 37^a nota informativa sulle tecnologie della refrigerazione / Marzo 2018 (articolo completo su www.ifiir.org)

PowerSaver

Descrizione del funzionamento

PowerSaver è un simulatore alimentare che agisce sulla sonda del sistema di raffreddamento in base alle esigenze del cibo e non alla temperatura dell'aria.



La temperatura dell'aria non è la temperatura più importante

Poiché l'aria ha una densità molto inferiore a quella del cibo, la temperatura dell'aria fluttua spesso e rapidamente. La temperatura del cibo cambia molto lentamente e richiede un po' di energia per rimanere fredda. Quando il sistema di refrigerazione viene continuamente "ingannato" dalle continue fluttuazioni della temperatura dell'aria, utilizza più energia del tutto inutile, mentre il cibo non viene sempre tenuto costantemente refrigerato.

Come funziona?

PowerSaver è un modulo aggiuntivo per il sensore di controllo all'interno dei sistemi di refrigerazione. PowerSaver può essere installato facilmente sul sensore e impedisce di seguire le variazioni costanti della temperatura dell'aria. Invece, ora controlla il sistema di refrigerazione in base alla simulazione della temperatura del cibo.

Stiamo mantenendo i segreti tecnologici per noi stessi: tutto ciò che devi sapere è che funziona!

Cosa succede nei sistemi?

Un sistema di refrigerazione è costituito da un compressore che pompa un refrigerante all'interno di lunghi condotti. Successivamente, quando un congelatore o un frigorifero richiede il raffreddamento, il sensore determina la misura in cui ciò dovrebbe essere fatto.

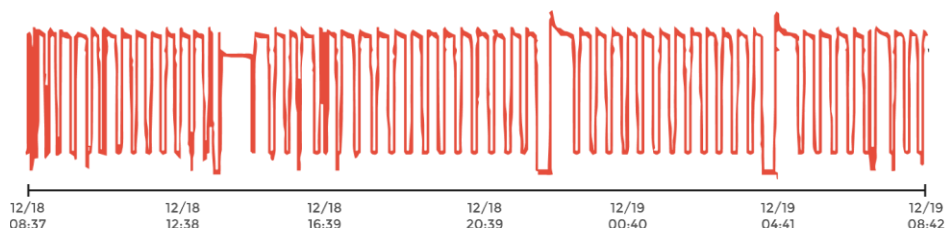
Con PowerSaver come "assistente" del sensore, il motore funziona in base alla temperatura del cibo. Ciò significa che il sistema di refrigerazione funziona in cicli più lunghi, a una temperatura più uniforme.

PowerSaver impedisce all'aria di influenzare il sensore e di provocarne l'avvio al minimo cambiamento di temperatura dell'aria.

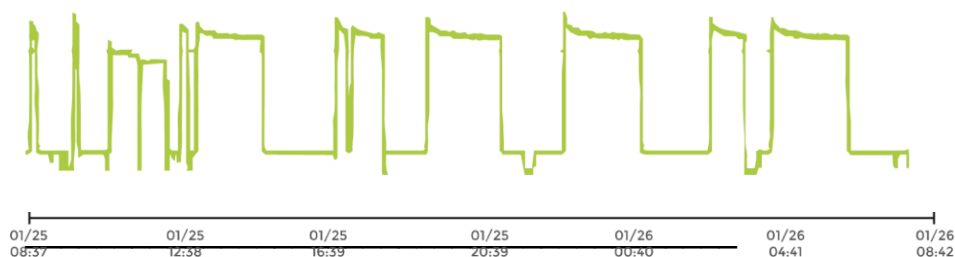
Anche i compressori hanno bisogno di una pausa

Quando i cicli di raffreddamento si allungano, il compressore viene disattivato per periodi più lunghi. Ciò consente di equalizzare la pressione nel sistema di raffreddamento, con partenze più morbide e usura ridotta. Il compressore raggiunge il suo massimo effetto frigorifero più velocemente. Inoltre si ottiene una migliore lubrificazione del compressore.

SENZA POWERSAVER



CON POWERSAVER



79.3%
Minor numero di partenze
17.8%
Risparmio energetico

Nessuna elettronica

PowerSaver si installa facilmente sul sensore senza collegamenti elettrici. Poiché PowerSaver non richiede elettricità o elettronica, non ha alcun impatto negativo sul sistema o su alcuna garanzia esistente.

PowerSaver si sarà adattato completamente al sistema entro 24 ore dall'installazione. Il sistema inizierà quindi a lavorare in cicli più lunghi, con meno avviamenti e arresti, usura ridotta e minor consumo di energia

Costi e ambiente

- Fino al 30% di risparmio energetico
- Usura ridotta e maggiore durata del sistema di refrigerazione
- Senza manutenzione