

# application note



## Approccio scientifico applicato all'intuizione

### dove

#### Test in laboratorio

- Carter Retail Equipment (UK)

#### Test sul campo

- Supermercato Eurospar Azzano X (ITA)

### cosa

#### Confronto tra valvole proporzionali e PWM:

- Qualità della regolazione
- Risparmio energetico

### perché

- Avere un confronto quantitativo e qualitativo delle differenti caratteristiche di regolazione dei due organi di laminazione con riscontri pratici sul campo e in laboratorio

#### E<sup>2</sup>V e PWM:

confronto tra valvole di espansione proporzionali e a impulsi

La valvola di espansione è utilizzata nell'ambito della refrigerazione commerciale per alimentare l'evaporatore di banchi e celle frigoriferi.

Il compito dell'organo di laminazione è garantire un corretto surriscaldamento all'uscita dell'evaporatore.

Anche da un punto di vista intuitivo una maggiore precisione nella regolazione porta a vantaggi di tipo energetico, di qualità della regolazione e di stabilità/sicurezza dell'intero circuito di refrigerazione.

Dando corpo all'intuizione e con rigore scientifico CAREL ha raccolto una serie di fatti e considerazioni utili a capire i reali effetti positivi di una regolazione proporzionale rispetto ad una regolazione pulsante.

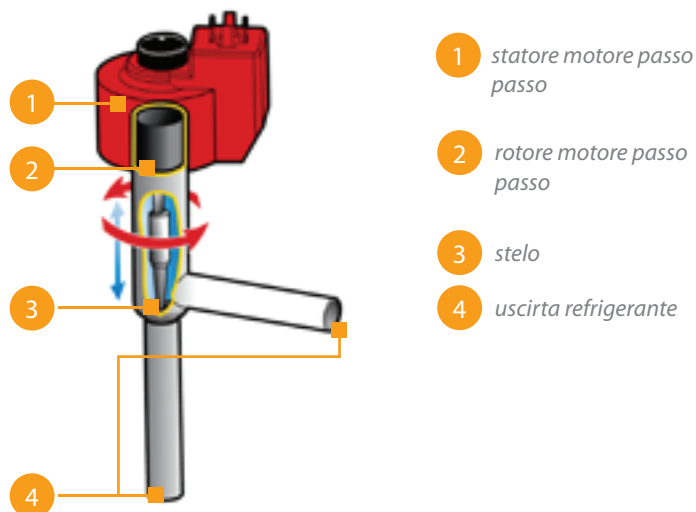
In questo documento riportiamo gli esiti riscontrati nei nostri laboratori, su impianti reali e con l'avvallo di alcune prove condotte anche indipendentemente da enti terzi.



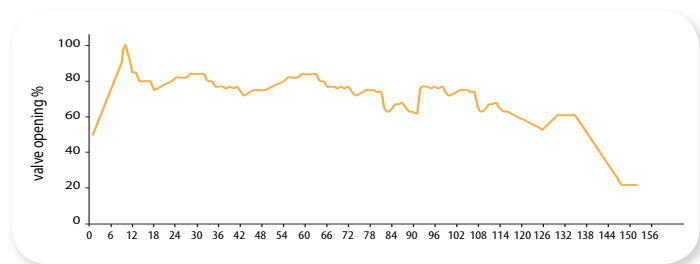
## Valvola stepper E<sup>2</sup>V

### modulazione del flusso continua

- Il driver della valvola elettronica fornisce allo statore un segnale in bassa tensione alla valvola in modo da far ruotare il rotore in senso orario o antiorario
- Il meccanismo interno converte il moto rotatorio in spostamento assiale dello stelo
- La posizione dello stelo varia l'area di passaggio del refrigerante;
- Il flusso di refrigerante viene modulato con precisione e continuità.



- 1 *statore motore passo passo*
- 2 *rotore motore passo passo*
- 3 *stelo*
- 4 *uscirta refrigerante*

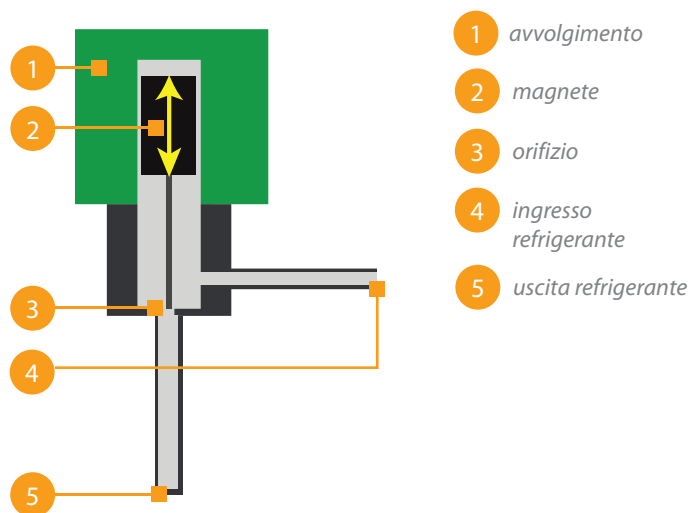


Schema di principio del funzionamento di una generica valvola di espansione proporzionale. Caratteristica di pregio delle valvole proporzionali CAREL E2V è il movimento solo assiale e non rotatorio dello stelo di regolazione. La valvola passo-passo può modulare in modo preciso e continuo il flusso di refrigerante in accordo in ogni momento con la quantità necessaria all'impianto.

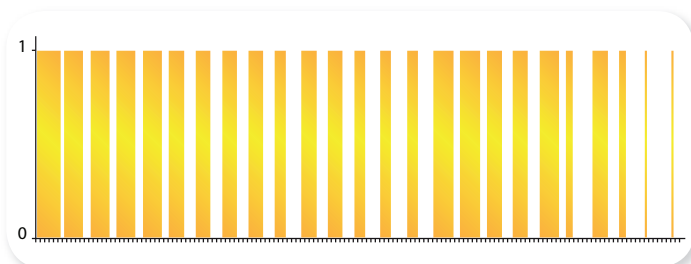
## Valvola PWM (Pulse Width Modulation)

### modulazione del flusso pulsante

- Il driver fornisce all'avvolgimento un comando in tensione modulando la durata degli impulsi (secondi)
- Il magnete si muove in funzione dell'eccitazione dell'avvolgimento
- L'otturatore collegato al magnete apre o chiude completamente il foro di passaggio
- La modulazione di un "flusso medio" avviene regolando la durata dei periodi di apertura e chiusura



- 1 *avvolgimento*
- 2 *magnete*
- 3 *orifizio*
- 4 *ingresso refrigerante*
- 5 *uscita refrigerante*



Schema di principio del funzionamento di una generica valvola di espansione PWM. Una valvola PWM può ottenere solamente una variazione del "flusso medio" in una finestra temporale di diversi secondi. Il flusso istantaneo può essere soltanto 100% o 0%.

## Vantaggi della regolazione proporzionale



controllo del surriscaldamento più stabile: è possibile lavorare con setpoint inferiori ottenendo anche un migliore rendimento dell'evaporatore. Questo implica una possibile maggiore pressione di evaporazione e di conseguenza un risparmio sull'energia di compressione;



maggior campo di regolazione: una EEV proporzionale può sopportare meglio ai cambi di pressione di condensazione ed evaporazione e adattarsi alle variazioni di carico. Lo stesso modello di valvola può funzionare su unità di diversa capacità e diverso refrigerante, rendendo meno critico il processo di selezione e sostituzione;



minori vibrazioni nelle tubazioni: la valvola PWM può indurre nelle tubazioni e nel flusso di refrigerante stesso delle vibrazioni che possono portare a rotture o malfunzionamenti nell'impianto, o che costringono all'adozione di tubi di spessore e costo maggiori anche per ancoraggi specifici;



nessun rumore nell'impianto: a differenza delle valvole PWM, non si genera rumore nel normale funzionamento;



basse tensioni di lavoro: si riducono le precauzioni necessarie per la manutenzione e in caso di formazione di ghiaccio.

## Test di laboratorio

Carter Retail Equipment ha condotto delle prove di laboratorio per mettere a confronto una valvola proporzionale CAREL E2V18 con una valvola di tipo PWM.

I test sono stati effettuati utilizzando un banco murale di media temperatura modificato in modo da permettere la laminazione alternativamente nelle due valvole: quando è selezionata una valvola, il ramo su cui è installata l'altra viene escluso tramite una valvola solenoide. In questo modo si garantisce la perfetta parità di condizioni per le prove.

Scopo delle prove è stata la misura del coefficiente di estrazione a parità di temperatura del prodotto. Questo equivale alla misura della resa frigorifera necessaria per ottenere lo stesso effetto sul prodotto da mantenere a bassa temperatura, o ancora, equivale alla quantità di refrigerante necessaria per ottenere lo stesso effetto frigorifero.

Le prove sono state condotte facendo funzionare il banco alternativamente con la valvola proporzionale e la valvola PWM ogni 24 ore. La misura della portata di refrigerante è stata effettuata con un flussimetro a effetto Coriolis.

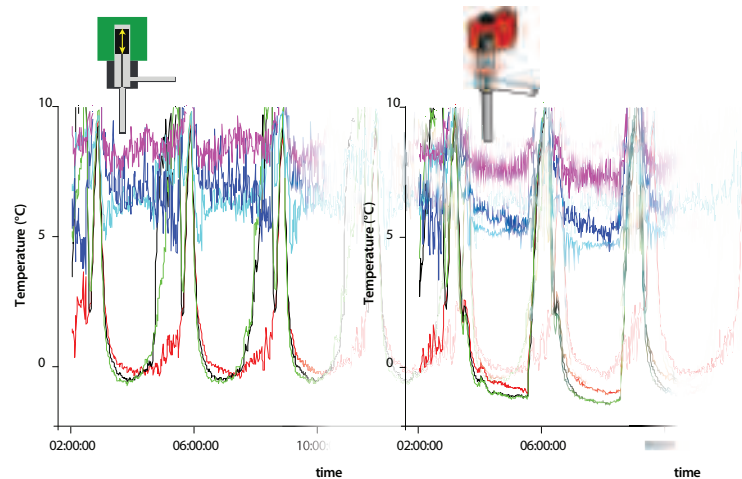


*l'unità frigorifera usata per le prove nei laboratori CARTER Refrigeration*

### Formazione di ghiaccio

Dalle registrazioni si nota un differente comportamento delle temperature dell'aria riconducibile anche ad una probabile diversa formazione di ghiaccio sulla batteria.

Durante il funzionamento della valvola proporzionale non si notano particolari derive o aumenti di temperature regolate o aumenti dei tempi di sbrinamento.

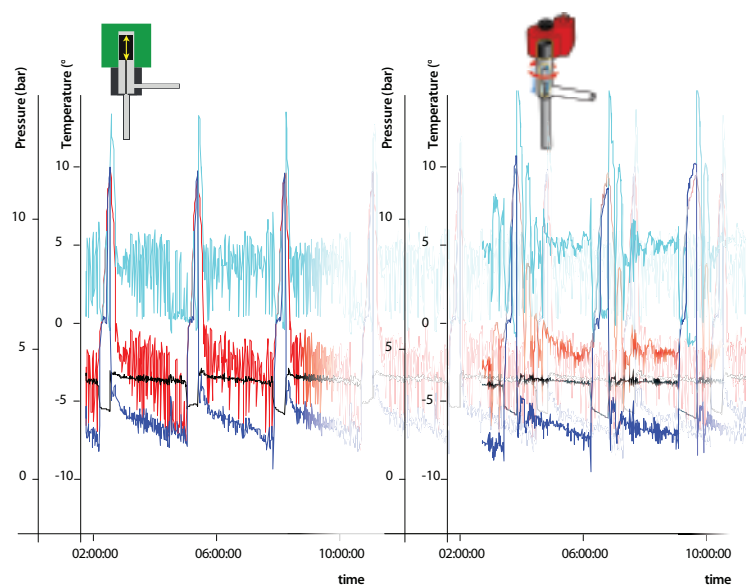


■ Air off left	■ Air off center	■ Air off right
■ Air on left	■ Air on center	■ Air on right

### Stabilità nel controllo del surriscaldamento

La valvola proporzionale è in grado di mantenere un surriscaldamento stabile e privo di ampie pendolazioni.

Questo è dovuto a un flusso del refrigerante stabile che porta a una buona regolazione della temperatura del banco ed efficienza

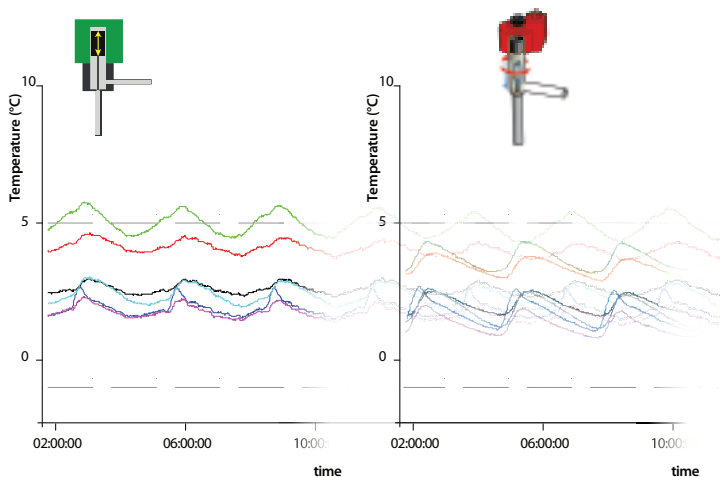


■ suction temperature	■ suction pressure
■ superheat	■ evaporator temperature



## Temperature di conservazione dei prodotti

Si osserva dal grafico che con la regolazione proporzionale le le temperature medie dei prodotti nel banco frigo sono nel campo di regolazione ottimale



■	Air off left	■	Air off center	■	Air off right
■	Air on left	■	Air on center	■	Air on right

## Analisi dei risultati

Descrizione	PWM	CAREL E2V-18
Massima temperatura di prodotto	6,2 °C	6,4 °C
Rapporto di estrazione	2,59 kW	2,34 kW
Temperatura di evaporazione	-6,6 °C	-6,7 °C
Consumi (100%= PWM)	100%	90%
Risparmio con E <sup>2</sup> V	10%	

Questi test di laboratorio riportano una maggiore efficienza delle valvole proporzionali rispetto alle valvole PWM nelle specifiche condizioni al contorno.

Inoltre danno degli interessanti spunti di riflessione qualitativa sul tipo di controllo, qualità della regolazione e della conservazione delle derrate alimentari.

## Test sul campo

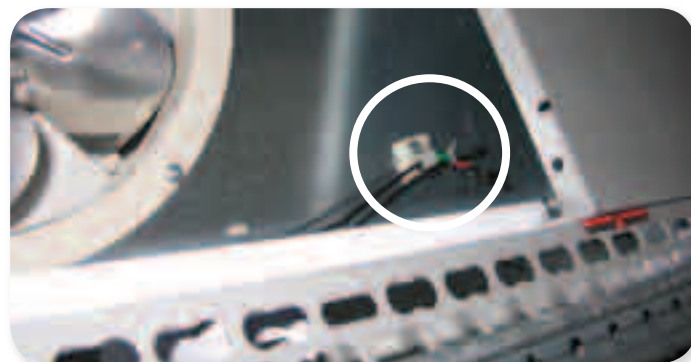
Allo scopo di valutare il differente comportamento della valvola proporzionale CAREL E<sup>2</sup>V e di una valvola PWM, si è provveduto a installare in un supermercato reale un impianto "a doppia tecnologia".

Il punto vendita ASIPIAG, sito ad Azzano X (PN) ha una superficie di 1500 m<sup>2</sup>, una potenza installata di 100 kW in media temperatura e 50 kW in bassa temperatura. Sono presenti 21 utenze di media e 13 di bassa temperatura.

È stato possibile condurre test alternando quotidianamente la valvola di espansione utilizzata, a parità di condizioni esterne e interne del punto vendita.



*installazione in parallelo delle valvole E2V e PWM*



*tutte le sonde duplicate sono state installate per misurare lo stesso valore di temperatura/pressione*



*il quadro elettrico è stato predisposto per permettere il cambio di tecnologia tra PWM e E<sup>2</sup>V manualmente o via supervisore PlantVisorPRO*

Al fine di ottenere risultati perfettamente confrontabili si è provveduto a duplicare il ramo su cui è installata la valvola di espansione. Due valvole a solenoide controllabili via PlantVisorPRO escludono alternativamente uno dei due rami, permettendo di cambiare di volta in volta la tecnologia per l'espansione. Su ogni banco si sono installate le sonde per ciascuno dei due controlli, in posizioni molto vicine, onde evitare possibili incongruenze nelle misure. Sono presenti su ogni banco le seguenti coppie di sonde:

- temperatura mandata aria;
- temperatura ripresa aria;
- temperatura sbrinamento;
- pressione in aspirazione;
- temperatura aspirazione.

### Metodologie di prova

Le prove si sono svolte in modo da ottenere dati confrontabili. Tutti i parametri dei controllori delle valvole sono stati impostati in modo coerente (setpoint, allarmi, sbrinamenti) in modo da garantire un funzionamento in condizioni analoghe.

I parametri di regolazione delle centrali frigorifere sono stati mantenuti identici durante il funzionamento con le due tecnologie.

Il cambio di tecnologia è stato effettuato a intervalli di 24 ore, in modo tale da garantire il più possibile condizioni climatiche simili.

Il campionamento dei dati è stato effettuato ogni 5 minuti.

### Supermercato Eurospar (ASPIAG) di Azzano X

#### Caratteristiche impianto:

- Superficie: 1500 m<sup>2</sup>
- Banchi Media Temperatura: 15
- Banchi Bassa Temperatura: 11
- Celle Media Temperatura: 6
- Celle Bassa Temperatura: 2

#### Centrale media temperatura:

- 3 compressori totali
- 1 compressore sotto inverter (35 – 100%)
- Potenza totale 100 kW
- Batteria condensante a 6 ventilatori sotto inverter

#### Centrale bassa temperatura:

- 3 compressori totali
- 1 compressore sotto inverter (35 – 100%)
- Potenza totale 50 kW
- Scambiatore per sottoraffreddamento
- Batteria condensante a 4 ventilatori sotto inverter

#### Controlli CAREL:

Centrali frigorifere: pRack pR100

Banchi/celle frigorifere: MPXPRO step3

Valvole di espansione: E<sup>2</sup>V

Supervisione: PlantVisorPRO Touch Hyper



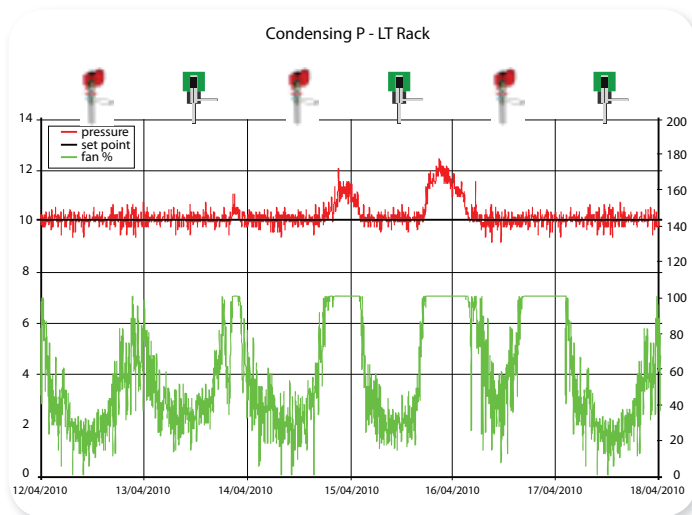
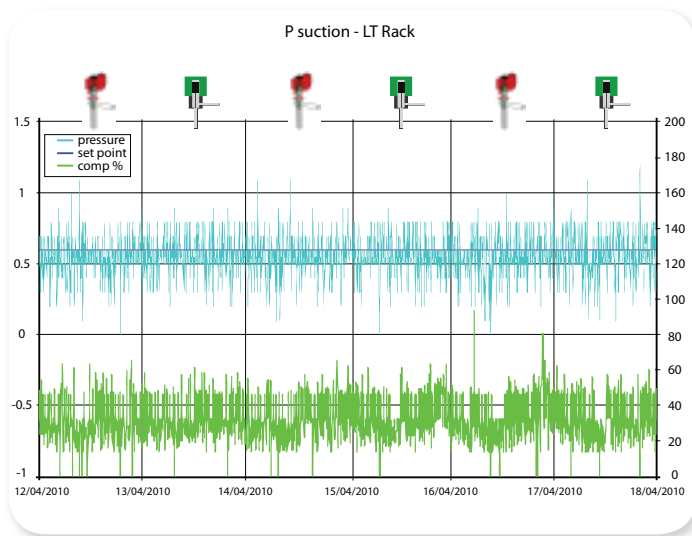
## Metodologie di prova

La durata complessiva dei test nel supermercato di Azzano X è stata di dieci mesi, alcuni dei quali dedicata al confronto tra valvole E<sup>2</sup>V e PWM. Tuttavia i grafici sono relativi a delle prove durate alcuni giorni in cui si sono avute condizioni climatiche praticamente costanti.

## Condizioni di prova confrontabili

Dal grafico si può osservare come le condizioni di pressione restino praticamente identiche nei giorni di funzionamento PWM e di funzionamento E<sup>2</sup>V.

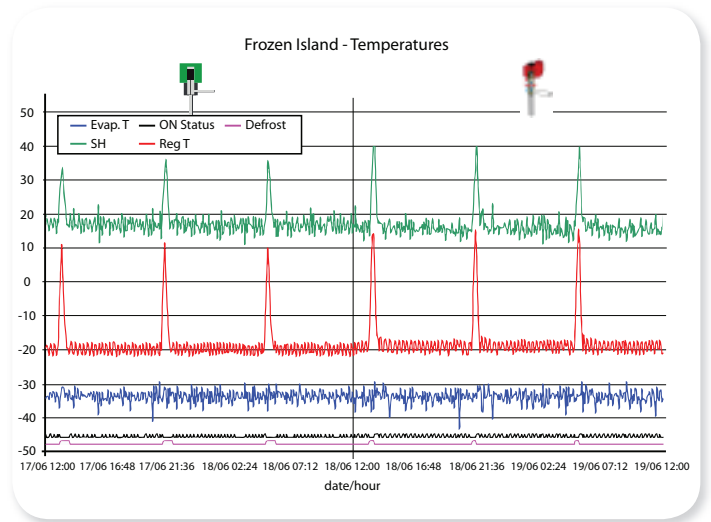
L'andamento della potenza dei compressori e dei ventilatori è altrettanto stabile nelle diverse giornate.



## Parametri

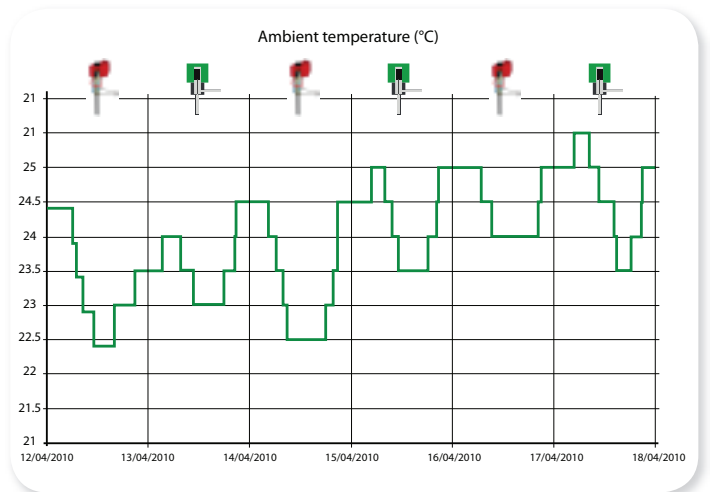
Dal grafico risulta evidente come i setpoint relativi all'aria di mandata del banco e al surriscaldamento siano stati mantenuti identici nel controllore della valvola E<sup>2</sup>V e della PWM.

È altresì possibile osservare che le tempistiche di sbrinamento sono invariate con le due tecnologie.



## Temperatura ambiente

Nell'intervallo di tempo considerato si può osservare che la temperatura media è rimasta pressoché costante.



### Risultati delle prove

Per ottenere dati confrontabili si è tenuto conto solo dei periodi di tempo in cui la temperatura esterna era sufficientemente stabile.

Sono stati scartati anche i dati relativi a periodi in cui si sono svolti test di tipo diverso (rif. Success story Azzano X).

L'analisi dei dati porta ad una generica conferma dei risultati ottenuti da Carter Refrigeration in laboratorio.

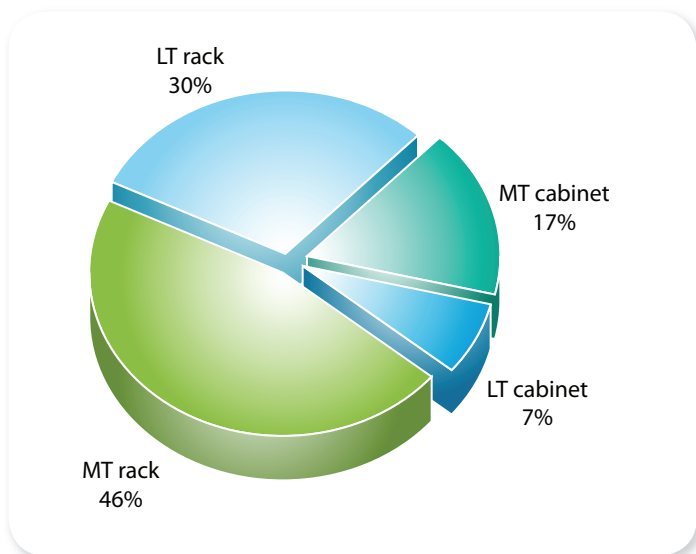
Una regolazione più precisa e continua della portata negli evaporatori riduce le inefficienze e consente di utilizzare meno refrigerante a parità di effetto frigorifero.

La precisione e la continuità nel controllo del flusso hanno portato a un più efficiente utilizzo del refrigerante con risparmi energetici nell'ordine del 5% sull'impianto preso in considerazione.

Questo si ripercuote direttamente sul consumo elettrico delle centrali frigo, come si osserva facilmente dal grafico a torta.

Assorbimento totale impianto/ Ore di funzionamento		Risparmio energetico
E <sup>2</sup> V	PWM	
33,5 kW	35,1 kW	-4,5%

### 4,5% energy saving: distribution



## Conclusioni

Le prove in laboratorio (Carter Refrigeration) e sul campo (Interspar Azzano X) portano a concludere che l'utilizzo di una valvola proporzionale sia generalmente preferibile a quello di una valvola PWM anche nella refrigerazione commerciale.

Oltre ai vantaggi legati al range di regolazione, alla minore rumorosità e alla miglior qualità del controllo del surriscaldamento, si ha un vantaggio in termini di risparmio energetico che è stato quantificato nelle prove qui analizzate.

La valvola PWM non è in grado di garantire in ogni momento il flusso di refrigerante necessario all'utenza per mantenere il corretto valore di surriscaldamento, probabilmente dal momento che la regolazione è di natura impulsiva.

Questo si traduce in un maggiore extraction factor, vale a dire un maggiore utilizzo di refrigerante per la generazione dell'effetto frigorifero. La valvola E<sup>2</sup>V, al contrario, può regolare istante per istante la portata di refrigerante in modo continuo.



## Soluzioni CAREL retail sistema per la regolazione proporzionale del surriscaldamento

La tecnologia ad espansione proporzionale CAREL è utilizzabile con la nostra nuova generazione di controlli e valvole, frutto di un anni di affinamento anche nell'usabilità.

### MPXPRO STEP3 con tecnologia ultracap

Modulazione continua adesso anche nella refrigerazione commerciale senza necessità di valvole solenoidi e di alimentazione esterna.



### EVD EVO

Le potenzialità della regolazione modulante anche con soluzione indipendente.



### E<sup>2</sup>V SMART

La nuova generazione di valvole proporzionali E<sup>2</sup>V fino a 40 kW ispezionabili per un'installazione e manutenzione ancora più semplici, ora anche con spia di flusso e filtro meccanico interno.



### EXV sistema simulator

Per una dimostrazione pratica delle differenze nella regolazione. Disponibile nei nostri stand alle principali fiere o nella filiale CAREL più vicina. Il simulatore è un semplice circuito frigorifero dotato di scambiatori trasparenti ed equipaggiato con tre differenti valvole di espansione: E<sup>2</sup>V, PWM e termostatica meccanica. È possibile "toccare con mano" osservando sul monitor o direttamente negli scambiatori trasparenti i differenti risultati dell'azione delle valvole, con i loro effetti sul surriscaldamento e il funzionamento della macchina.



### Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES HQs  
Via dell'Industria, 11  
35020 Brugine - Padova (Italy)  
Tel. (+39) 0499 716611  
Fax (+39) 0499 716600  
carel@carel.com

### Sales organization

CAREL Asia - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Australia - [www.carel.com.au](http://www.carel.com.au)  
CAREL China - [www.carel-china.com](http://www.carel-china.com)  
CAREL Deutschland - [www.carel.de](http://www.carel.de)  
CAREL France - [www.carelfrence.fr](http://www.carelfrence.fr)  
CAREL Iberica - [www.carel.es](http://www.carel.es)  
CAREL India - [www.carel.in](http://www.carel.in)

### Affiliates

CAREL HVAC/R Korea - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Russia - [www.carelrussia.com](http://www.carelrussia.com)  
CAREL South Africa - [www.carelcontrols.co.za](http://www.carelcontrols.co.za)  
CAREL Sud America - [www.carel.com.br](http://www.carel.com.br)  
CAREL U.K. - [www.careluk.co.uk](http://www.careluk.co.uk)  
CAREL U.S.A. - [www.carelusa.com](http://www.carelusa.com)

CAREL Czech & Slovakia - [www.carel-cz.cz](http://www.carel-cz.cz)  
CAREL Korea (for retail market) - [www.carel.co.kr](http://www.carel.co.kr)  
CAREL Ireland - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Thailand - [www.carel.co.th](http://www.carel.co.th)  
CAREL Turkey - [www.carel.com.tr](http://www.carel.com.tr)