

L'R32 NEI REFRIGERATORI D'ACQUA PER COMFORT COMMERCIALE

Bachir Bella^(a), Filippo Magni^(b)

Emerson Commercial and Residential Solutions

^(a) Aachen, 52076 - Germany, Bachir.Bella@emerson.com

^(b) Saronno (Milano) - Italy, Filippo.Magni@Emerson.com

INTRODUZIONE

L'R410A, con un GWP di 2088, è il principale refrigerante utilizzato nel condizionamento dell'aria e nelle pompe di calore per sistemi residenziali e commerciali. È stato introdotto diversi anni fa grazie alle sue buone proprietà termodinamiche e termofisiche.

Il regolamento F-gas (EU 517/2014) che mira alla riduzione del 79% entro il 2030 il consumo di refrigeranti calcolato in CO₂ equivalente, oramai sta incidendo sulla disponibilità del refrigerante R410A. Sulla base di simulazione, il GWP medio nel 2030 in tutti i sistemi di refrigerazione dovrebbe essere inferiore a 400. L'R32 è uno dei principali candidati per sostituire l'R410A nel comfort commerciale. Esso ha un GWP di 675 e ottime proprietà termodinamiche che lo rendono adatto per soddisfare i requisiti minimi di efficienza energetica.

1 SEZIONE PRINCIPALE

a) Proprietà Termodinamiche

Il refrigerante R32 ha proprietà simili al R410A. La temperatura normale di ebollizione è -51,7 °C e quella critica è di 78,1 °C. La Tabella 1 illustra una comparazione delle prestazioni a 5 °C di evaporazione e 50 °C di condensazione tra R410A e R32. Per lo stesso spostamento volumetrico, la portata di massa del R32 è 31% inferiore al R410A.

	Displacement	Delta H	Mass Flow	Cap.	Power	EER	Discharge Temp.
R410A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-
R32	100%	155%	69%	113%	108%	104%	+ 22 K

Tabella 1 – Riassunto delle prestazioni teoriche

La capacità frigorifera e la potenza elettrica assorbita sono de 13% e 8% superiori che si riflette con un aumento dell'efficienza del +4%.

1.1 Drivers Principali per l'R32

1.1.1 Alta efficienza del sistema

Zilio et al. (2015) hanno studiato le prestazioni di un'unità reversibile da 74 kW con R32 e R410A in funzionamento raffreddamento e pompa di calore. La Figura 1 riepiloga i risultati dell'unità quando funziona in modalità raffreddamento nelle condizioni standard secondo la EN14825. La capacità dell'R32 è superiore del 6% e l'efficienza stagionale è di circa 3% superiore a quella del'R410A.

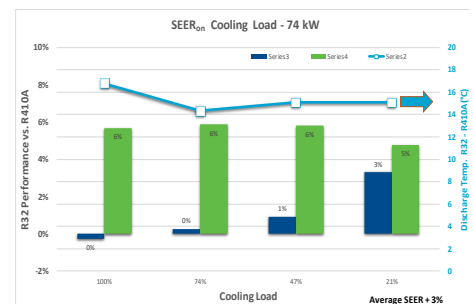


Figura 1 – Efficienza del sistema

1.1.2 Basse perdite di carico

Con la stessa capacità frigorifera, la bassa portata di massa dell'R32 causata dalla minore densità del refrigerante, induce minori perdite di pressione. La figura 2 mostra le perdite di pressione su un condensatore d'aria a tubi alettati testato con R410A e R32. Le basse perdite di carico aiutano a ridurre il diametro e le dimensioni degli scambiatori di calore e delle tubazioni di collegamento. Di conseguenza, il costo del sistema risulta teoricamente inferiore con R32 rispetto a quello dell'R410A.

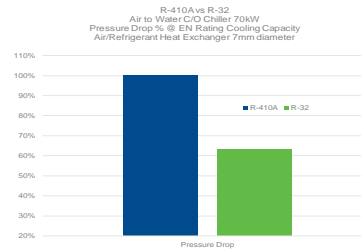


Figura 2 – Calo di pressione

1.1.3 Bassa carica del sistema

La figura 3 mostra un confronto della carica di refrigerante di un chiller 70 kW con due diverse geometrie di condensatori a tubi alettati. Come riferimento, si considera il chiller avente un condensatore tubolare standard da 5/16" e caricato con R410A. La carica di refrigerante R410A nel sistema diminuisce del 22% quando si sostituisce il condensatore tubolare con un condensatore a microcanali. Essa si riduce di ulteriormente di un 19% quando viene testata con l'R32.

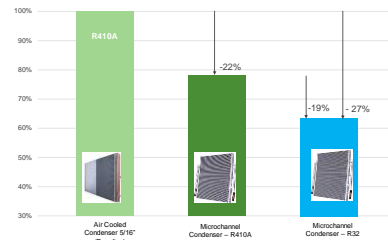


Figura 3 – Riduzione di carica

La riduzione totale del consumo in CO₂ equivalente con l'R32 è di circa il 74%, grazie sia al basso GWP (-67%) sia alla ridotta carica nel sistema (-20%).

1.2 Principali modifiche di progettazione dello scroll

Il cambio delle proprietà associato al refrigerante R32 come riassunto nella tabella 2 incidono sul funzionamento del compressore scroll e di seguito anche sulle sue prestazioni.

R32 Properties changes	Design Features Impacted
Higher absorber Power	• Motor Torque
Higher Pressure	• Motor Torque & Bearing • Axial & Radial Compliances
Higher Discharge temperature	• Operating Map (Heating application)
Lower Mass flow	• Efficiency

Tabella 2 – Parametri progettuali influenzati dalle proprietà dell'R32

I vincoli che delimitano il funzionamento del compressore scroll nella parte superiore sinistra della mappa, come lo mostra ma figura 4 sono principalmente:

- la coppia motore,
- la resistenza meccanica degli scroll,
- le temperature di fine compressione,
- la gestione dell'olio di lubrificazione
- la "compliance" assiale e radiale.

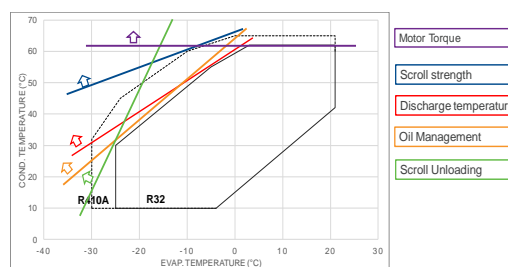


Figura 4 – Mappa dei vincoli di progettazione

L'ottimizzazione del compressore scroll è dunque necessaria per raggiungere condizioni operative simile a quelle del R410A e migliorare l'efficienza atta a soddisfare i requisiti delle norme europee EU 813/2013 e 2016/2281.

1.2.1 Iniezione dell'olio lubrificante

La quantità di olio lubrificante aspirata all'interno degli scroll è molto bassa con l'R32 per causa della minor portate di massa di refrigerante. La riduzione della quantità di olio lubrificante aspirata all'interno degli scroll fa sì che la tenuta fra le camere di compressione diminuisce. Di conseguenza la temperatura di fine compressione aumenta e l'efficienza del compressore diminuisce per lo trafilamento del refrigerante durante la fase di compressione. La figura 5 mostra come la temperatura di scarico diminuisce con l'introduzione dell'iniezione dell'olio lubrificante all'interno degli scroll.

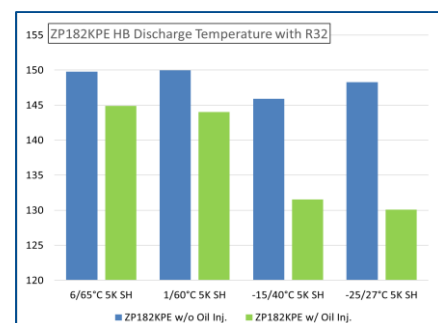


Figura 5 – Moderare la temperatura di scarico

1.2.2 Alto rapporto volumetrico (BIVR)

La temperatura di fine compressione ad alti rapporti di compressione diminuisce con il crescere del rapporto volumetrico (BIVR) del compressore. La figura 6 mostra tale limite dovuto alla temperatura di scarico spostarsi verso l'alto per un elevato rapporto volumetrico geometrico. Per contro con un alto rapporto volumetrico geometrico, l'efficienza del compressore diminuisce a bassi rapporti di compressione. Quindi l'ottimizzazione a basso rapporto di pressione è necessaria per soddisfare i requisiti di efficienza stagionale a basso carico termico.

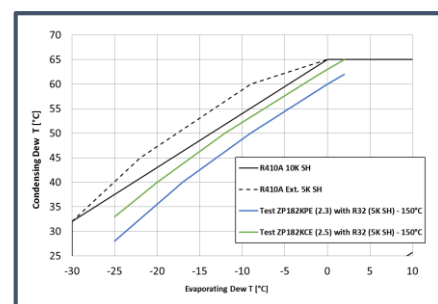


Figura 6 – Influenza del rapporto volumetrico

1.2.3 Rapporto di compressione a volume variabile (VVR)

Il rapporto di compressione a volume variabile è una configurazione che consente al compressore scroll di ottimizzare vari rapporti volumetrici. Una valvola è utilizzata per consentire al gas nella camera di compressione di evacuare quando raggiunge la pressione di scarico del sistema. Questa è una caratteristica importante per raggiungere l'efficienza stagionale richiesta dalle direttive. La Figura 7 mostra il miglioramento dell'efficienza a basso rapporto di pressione con VVR e con un rapporto di alta pressione con BIVR.

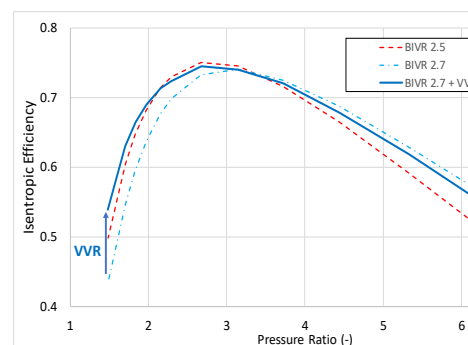


Figura 7 – Impatto dell'efficienza dello scroll sui VVR

1.3 Risultati

1.3.1 Prestazioni del compressore scroll

La Figura 8 riassume il confronto del COP di un compressore scroll YP292 ottimizzato per l'R32 con un compressore scroll ZP292 progettato per l'R410A. Come mostra la figura, l'efficienza migliora con l'R32. È importante evidenziare il miglioramento dell'efficienza ad alti rapporti di compressione grazie all'ottimizzazione del design.

1.3.2 Estensione della mappa con il controllo della temperatura di scarico

La mappa operativa per applicazioni pompe di calore può essere estesa con il controllo della temperatura di scarico. Il controllo della temperatura di fine compressione avviene tramite la gestione del surriscaldamento del vapore aspirato, agendo sulla valvola di espansione elettronica dell'evaporatore. La temperatura di scarico è sempre limitata a 145 °C con tolleranza di 5K per gli altri rapporti di compressione, come illustrato in figura 9. Questa soluzione consente di estendere ulteriormente la mappa operativa con l'R32 per le condizioni operative estremi in pompa di calore.

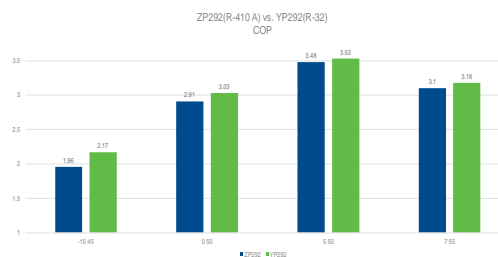


Figura 8 - COP di scroll a R32 e R410A

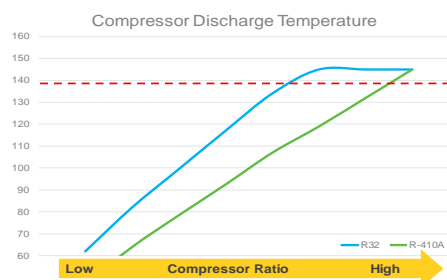


Figura 9 – Controllo temperatura di scarico

CONCLUSIONI

- L'efficienza del sistema con R32 è migliore grazie alle proprietà termodinamiche.
- Le basse perdite di carico e la minore carica del sistema contribuiscono a ridurre il costo del sistema con R32.
- La totale riduzione del consumo in CO₂ equivalente è di circa il 74%.
- L'alta temperatura di fine compressione con R32 è gestibile con un'ottimizzazione del design del compressore scroll. Il controllo della temperatura di scarico aiuta ad estendere la mappa per condizioni operative estremi in pompa di calore.
- L'efficienza del compressore con R32 è migliore rispetto al R410A.
- R32, nel comfort commerciale, è una soluzione sia in raffreddamento che in pompa di calore.

RIFERIMENTI

- Bachir B., Pham H., Rajendran R. 2018, Sustainable refrigerants for Comfort and Refrigeration, 1st IIR International Conference on the application of HFO Refrigerants, Birmingham.
- Pham H., Monnier K., 2016. Interim and Long-Term Low-GWP Refrigerant Solutions For Air Conditioning. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue, Paper 1734
- Zilio C., Brignoli, R., Kaemmer N., Bella B., 2015. Energy Efficiency of a reversible refrigeration unit using R410A and R32. Science and Technology for Built Environment (21), 502-514
- Bella B., Kaemmer N., Brignoli R., Zilio C., 2014. Energy Efficiency of a Chiller Using R410A and R32. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue, Paper 2349
- Bella B., Kaemmer N., 2013. Low-GWP Refrigerants Options – An assessment of their Performance and Design Applications. 8th International Conference on Compressors and Coolants, Papiernicka.
- Pham H., Rajendra R., 2012. R32 And HFOs As Low-GWP Refrigerants For Air Conditioning. International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue
- Bella B., Kaemmer N., 2011. Analysis of R32 in A/C application. DKV- Tagung Aachen AA IV.