

Sostituzione di R410A: refrigeranti alternativi A1 a ridotto GWP

Ankit Sethi*, Samuel F. Yana Motta*, Nacer Achaichia**, Jean de Bernardi**

* Honeywell International, Buffalo Research Laboratory, Buffalo NY (USA)

**Honeywell Refrigerants Europe

Introduzione

Il refrigerante R-410A è ampiamente usato nelle applicazioni di condizionamento dell'aria che vanno dai condizionatori d'aria residenziali alle pompe di calore e ai chiller commerciali. L'R-410A ha un GWP relativamente alto (GWP = 1942) e sta diventando sempre più un obiettivo di molte norme ambientali. In questo contesto, l'industria sta valutando diversi sostituti di R-410A con GWP più bassi.

Tuttavia, la maggior parte dei nuovi refrigeranti con GWP inferiori sono infiammabili (Zou et al. 2016), cosa che ne limita l'adozione anticipata da parte della comunità HVACR. L'industria sta investendo molto nella comprensione di come applicare praticamente i refrigeranti infiammabili, ma passeranno anni prima che possano essere realizzate le riduzioni obbligatorie delle emissioni. Con un'opzione praticabile di refrigeranti non infiammabili con GWP ridotti e con efficienza energetica equivalente o migliore, è possibile implementare azioni nel segmento del condizionamento stazionario con il potenziale di garantire una riduzione dell'impronta di carbonio.

Questo studio si concentra su due sostituzioni non infiammabili dell'R-410A: R-466a (Miscela 1) e una Miscela 2 che dovrebbero essere classificati come A1 secondo lo standard ASHRAE 34. La miscela 1, R-466A, ha un GWP inferiore a 750, la miscela 2 ha un GWP inferiore a 400 e potrebbe essere un sostituto di lungo termine di R-410A. Per valutare le prestazioni di questi due refrigeranti è stato scelto un sistema a pompa di calore reversibile.

Analisi Termodinamica

È stata eseguita un'analisi termodinamica per comprendere l'impatto dell'uso di un determinato refrigerante sulle pressioni di esercizio, la portata dei refrigeranti, la capacità di raffreddamento e l'efficienza. Questo tipo di analisi è stata eseguita in condizioni tipiche di condizionamento dell'aria utilizzando i dati termodinamici del database NIST REFPROP 9.1 [7].

La tabella 1 mostra i risultati di questa analisi a temperatura ambiente di 35°C. Le prestazioni teoriche delle due miscele sono confrontate con l'R-410A: La miscela 1, R466A, può offrire prestazioni simili a quelle dell'R-410A con una capacità inferiore dell'1% e un'efficienza superiore del 2% rispetto a R-410A, mentre la miscela 2 può avere una capacità inferiore del 7% e un'efficienza superiore del 2% rispetto a R-410A.

In questa analisi, entrambi i refrigeranti hanno pressioni di aspirazione e di mandata inferiori rispetto a R-410A, mentre i rapporti di compressione sono molto simili a R-410A. La temperatura di mandata del compressore per miscela 1, R-466A, è di circa 8°C e per la miscela 2 è di circa 11°C superiore a R-410A.

Questo indica che l'attenuazione della temperatura di mandata potrebbe non essere necessaria. In questo studio, i risultati teorici mostrano che sia miscela 1, R466A, che miscela 2 possono avere una portata massica leggermente superiore rispetto a R-410A, rispettivamente del 5% e dell'8%.

Tabella 1. Analisi Termodinamica dell'R410A e dei suoi sostituti

Name	GWP AR4 (AR5)	Cap.	Eff.	Flow Rate	T _{discharge} [°C]	P _{discharge}	Comp. Ratio	Evap Glide [°C]
R-410A	2088 (1924)	100%	100%	100%	BASE	100%	100%	0.1
R-466A (miscela 1)	733 (696)	99%	102%	105%	+8.0	95%	99%	1.2
Miscela 2	399 (389)	93%	102%	108%	+10.8	89%	100%	3.8

T_{cond}=45°C; SC=5.5°C; T_{evap}=+7°C; Evaporator SH=5.5°C; Suction line SH=0°C; $\eta_{vol} = 100\%$; $\eta_{isen} = 70\%$

Esperimenti in una pompa di calore a split canalizzata da 3TON

È stata condotta un'indagine sperimentale su un sistema a pompa di calore a split canalizzato per valutare questi due sostituti di R-410A sia in condizioni di raffreddamento che di riscaldamento. L'impianto ha una potenza di 9,6 kW alle condizioni nominali ed è dotato di un compressore scroll a velocità fissa. I dettagli sulla progettazione, le misure e le condizioni di valutazione sono disponibili nella bibliografia (Sethi et al. [11]).

Risultati del test

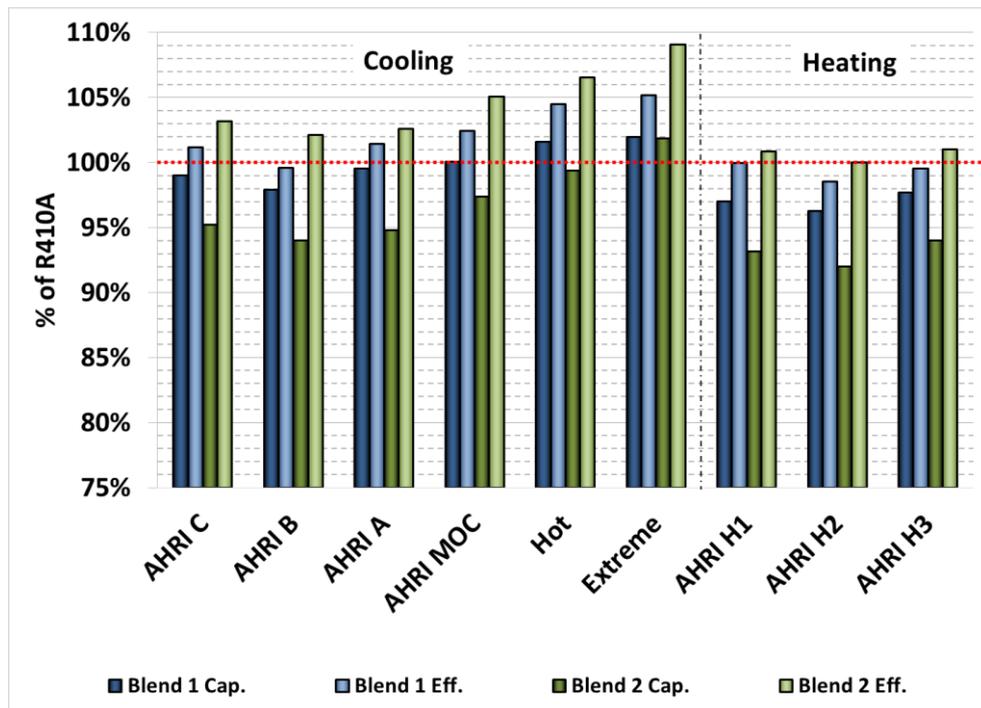
La Fig. 1 mostra i risultati sperimentali nelle modalità di raffreddamento e riscaldamento. I risultati in termini di capacità ed efficienza delle apparecchiature sono presentati in relazione alle prestazioni dell'R-410A. I risultati indicano che miscela 1, R466A, mostra una capacità pari al 100% nella condizione A e un'efficienza pari al 100% nella condizione B. Blend 1 mostra inoltre un miglioramento delle prestazioni rispetto all'R-410A a temperature ambiente elevate. Nelle condizioni ambientali estreme, la capacità è del 102% e l'efficienza è pari al 105% rispetto a R-410A. La miscela 2 mostra una capacità del 95% nella condizione A e un'efficienza del 102% nella condizione B. Anche miscela 2 mostra un miglioramento delle prestazioni rispetto a R-410A a temperature ambiente elevate, con una capacità del 102% e un'efficienza del 109% in condizioni estreme. Confrontando i risultati sperimentali alla condizione A con l'analisi termodinamica della Tabella 1, le differenze di capacità ed efficienza sono entro $\pm 2\%$.

Nella condizione di riscaldamento H1, miscela 1, R466A, mostra una capacità del 97% e un'efficienza pari al 100% di R-410A. Alle condizioni di gelo e basse temperature

(condizioni H2 e H3), la capacità e l'efficienza sono simili, il che indica che il piccolo glide non mostra un impatto significativo sulle prestazioni.

La miscela 2 mostra una capacità leggermente inferiore al 93% e un'efficienza leggermente superiore al 101% rispetto a R-410A alla condizione H1. Il glide di miscela 2, inoltre, non mostra un impatto significativo sulle prestazioni in condizioni di gelo e basse temperature. Utilizzando un compressore di cilindrata maggiore pur mantenendo gli altri componenti uguali, miscela 2 può essere in grado di eguagliare R410A in capacità ed efficienza.

Figura 1. Performance misurate di una pompa di calore split da 3-ton residenziale canalizzato



Impatto ambientale: Calcolo LCCP in Kuwait in raffreddamento (R466A vs. R410A)

Sia le emissioni dirette (perdite di refrigerante) che indirette (consumo energetico) durante il ciclo di vita dell'apparecchiatura devono essere considerate per confrontare l'impatto ambientale dei diversi refrigeranti. Questo tipo di valutazione è comunemente chiamato analisi delle prestazioni climatiche del ciclo di vita (LCCP). L'effetto diretto è la quantità di emissioni equivalenti di anidride carbonica (CO₂) causate dal rilascio in atmosfera del refrigerante con il suo GWP intrinseco. Le emissioni indirette sono il risultato del consumo energetico delle apparecchiature, che è direttamente correlato all'efficienza dell'apparecchiatura/sistema refrigerante e al fattore di emissione locale, basato sulla produzione di energia elettrica e le relative emissioni di CO₂.

Il consumo energetico di un tipico condizionatore split canalizzato a R-410A da 3 TON (simile a quello testato nella sezione precedente) nel corso di un anno è stato modellato utilizzando l'analisi «BIN» utilizzando i dati meteorologici prodotti dal National Renewable Laboratory [4] per il Kuwait, dove la temperatura ambiente è generalmente elevata.

Il fattore di emissione di CO₂ per la produzione di elettricità è stato assunto pari a 0,805 kg di CO₂ per kWh di produzione elettrica per il Kuwait [6]. Le ipotesi necessarie per

completare questa analisi sono state tratte dal rapporto ADL [9]. Ciò includeva un tasso annuo di perdita del 2% e una perdita a fine vita del 15%. È stata ipotizzata una vita utile di 15 anni. Gli impatti sono stati determinati dalle seguenti equazioni:

Effetto diretto = Carica del refrigerante (kg) x (tasso di perdita annuale x Durata della vita + perdita a fine vita) x GWP (1)

Effetto indiretto = Consumo annuo di energia x Durata x CO2 per kWh di produzione elettrica (2)

Il tempo di funzionamento del condizionatore split canalizzato si basa sull'assunzione del profilo di carico, come mostrato in Figura 2. Il set point interno è di 27°C per una temperatura ambiente inferiore a 35°C e il set point è flottante per adeguare la capacità al carico per una temperatura ambiente superiore a 35°C.

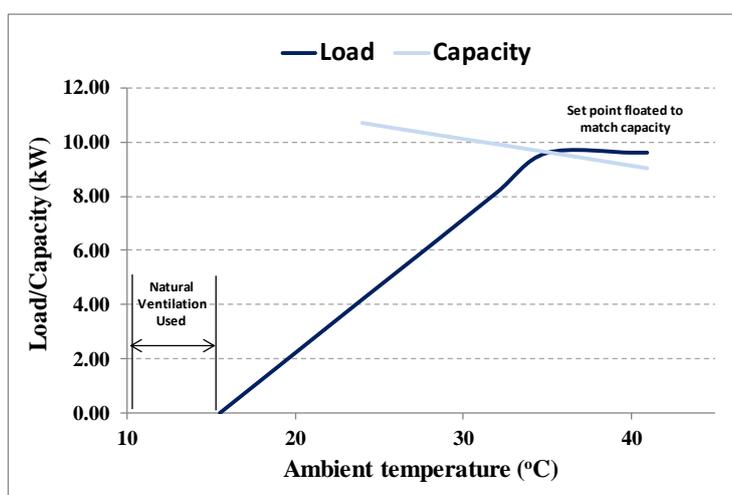


Figura 2. Profilo di carico e capacità del Sistema

Risultati

La Fig. 3 mostra i risultati LCCP per impianti di climatizzazione residenziale da 3 TON. Si è ipotizzato che l'impianto fornisca solo aria condizionata, che è il tipo prevalente di sistemi installati in Kuwait. E' evidente come le emissioni indirette rappresentino di gran lunga il principale contributore alle emissioni totali. I risultati del modello indicano che la miscela a GWP inferiore miscela 1, R466A, può avere un potenziale di riduzione totale delle emissioni di circa il 3% rispetto a R-410A.

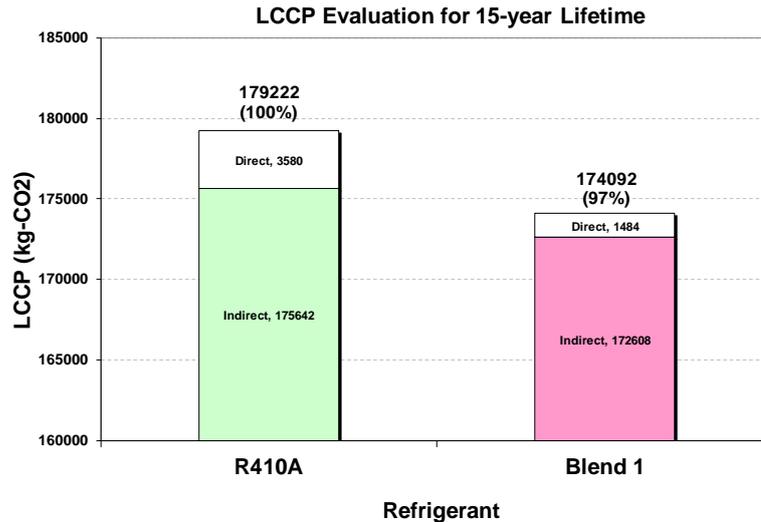


Figura 3. Analisi LCCP del sistema residenziale AC da 3 TON in Kuwait

Osservazioni conclusive

Questo studio presenta due refrigeranti sostitutivi di R-410A non infiammabili e con GWP inferiore ad esso. Miscela 1, R466A, con GWP < 750, è conforme alle normative vigenti. miscela 2, con GWP < 400, potrebbe essere utilizzata come soluzione a lungo termine per impianti residenziali e commerciali di climatizzazione e pompe di calore.

La valutazione sperimentale di un sistema costituito da condizionatore split residenziale con pompa di calore canalizzato da 3 TON a R-410A indica che le miscele a GWP inferiore miscela 1, R466A, e miscela 2 possono eguagliare le prestazioni di R-410A senza modifiche significative al sistema. In condizioni di elevata temperatura ambiente, miscela 1, R466A, e miscela 2 mostrano un'efficienza superiore del 5% rispetto a R-410A. L'analisi LCCP mostra che la miscela 1, R466A, ha un impatto ambientale inferiore rispetto all'R-410A. Ciò è probabilmente dovuto all'eccellente equilibrio tra un GWP inferiore e un'efficienza equivalente o superiore.

A differenza di altri prodotti sostitutivi dell'R-410A sul mercato che sono infiammabili, le soluzioni non infiammabili offrono vantaggi aggiuntivi, tra cui la semplicità di stoccaggio e manipolazione, nessun requisito di strategie aggiuntive di attenuazione dell'infiammabilità, nessuna formazione aggiuntiva richiesta per appaltatori e operatori di sistema, nessuna modifica significativa alle linee di assemblaggio, piena conformità alle norme edilizie esistenti e minori costi sia per le nuove installazioni che per gli scenari di manutenzione/riparazione.

Riferimenti

- [1] Abdelaziz, O., Fricke, B., 2014, Working Fluids: Low Global Warming Potential Refrigerants, Building Technologies Office Peer Review - US Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory, Arlington-VA.
- [2] ASHRAE Standard 41.2, 1992. Standard Methods for Laboratory Airflow Measurements, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [3] AHRI Standard 210/240, 2008, Performance Rating of Unitary A/C and Air Source Heat Pump Equipment, Arlington, VA.
- [4] BinMaker(r) Pro v 3.0.1, InterEnergy Software Gas Technology Institute, Des Plains, IL, USA.
- [5] European Union, 2014. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council on Fluorinated Greenhouse Gases and Repealing Regulation (EC) No 842/2006.
- [6] International Energy Agency (IEA), 2013. CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights, Paris, France
- [7] Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O., 2013. Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties - REFPROP Ver. 9.1., National Institute of Standards and Technology (NIST), Boulder, Colorado, USA.

- [8] Lewandowski, T., 2012. Risk Assessment of Residential Heat Pump Systems using 2L flammable refrigerants. AHRI Project 8004 Final Report, Gradient, 2012.
- [9] Little (ADL), Arthur D., 2002. Global Comparative Analysis of HFC and Alternative Technology for Refrigeration, Air Conditioning, Foam, Solvent, Aerosol Propellant, and Fire Protection Applications.
- [10] Zou, Y., Sethi, A., Petersen, M., Pottker, G., Yana Motta, S., 2016. Low environmental impact refrigerants for AC, chiller and refrigeration applications. The 12th International Symposium on New Refrigerants and Environmental Technology, Kobe, Japan.
- [11] Sethi, A., Yana Motta, S., 2018, Reduced GWP Refrigerants for Residential and Commercial Air Conditioning Systems. JRAIA International Symposium, Kobe, Japan.

Esclusione di responsabilità

Sebbene tutte le dichiarazioni e le informazioni qui contenute siano ritenute accurate ed affidabili, esse sono presentate senza garanzia di alcun tipo, espressa o implicita. Le informazioni qui fornite non sollevano l'utente dalla responsabilità di effettuare i propri test ed esperimenti, e l'utente si assume tutti i rischi e la responsabilità per l'uso delle informazioni e dei risultati ottenuti. Dichiarazioni o suggerimenti riguardanti l'uso di materiali e processi sono fatte senza alcuna dichiarazione o garanzia che tale uso sia esente da violazioni di brevetto e non sono raccomandazioni per violare alcun brevetto. L'utente non deve presumere che tutti i dati di tossicità e le misure di sicurezza siano qui indicati o che altre misure non siano necessarie.