

RICERCA&SVILUPPO

# Innovativo circuito frigo per pompe di calore residenziali

E2Tech, società appartenente al Gruppo Energetica specializzata nella produzione di pompe di calore residenziali white label basate su refrigeranti naturali, ha condotto una ricerca sperimentale volta a sviluppare un circuito frigo innovativo per pompe di calore ad aria a media e alta temperatura destinate al settore residenziale

Ing. Mauro Grecchi,  
Responsabile scientifico, E2Tech Srl



Le prove di laboratorio

**G**li obiettivi della ricerca condotta da E2Tech sono stati il raggiungimento di elevati rendimenti, anche durante il funzionamento a media e alta temperatura, e la possibilità di utilizzo monovalente (senza generatori di calore integrativi con bruciatore tradizionale a fiamma) anche in presenza di involucri edificio caratterizzati da notevoli dispersioni.

## Definizione del circuito

Il circuito frigo (figura 1) è caratterizzato dalla presenza di due valvole di laminazione in serie rispettivamente a monte e a valle di uno scambiatore rigenerativo. Lo schema - di indubbia eleganza - presenta una sola valvola unidirezionale e alcuni tratti che nel ciclo inverso vengono percorsi in senso contrario (freccie blu e rosse), ha richiesto lo sviluppo di un nuovo algoritmo dedicato alla gestione contemporanea di entrambe le valvole elettroniche per garantire stabilità ed elevata efficienza della macchina in tutto l'*envelope* del compressore.

TABELLA 1 - PRESTAZIONI IN CONDIZIONI NOMINALI

Condizioni di prova	Frequenza Compressore	Potenza Erogata	COP
A7W35 regime nominale	46 rps	8,79 kW	5,39
A2W35 regime nominale	46 rps	7,78 kW	4,77

TABELLA 2 - PRESTAZIONI STAGIONALI STANDARDIZZATE

Condizioni di prova	Pdesign	Rendimento stagionale $\eta_s$	SCOP	Classe energetica
EN 14825 Low Temperature	13,0 kW	195,7%	4,97	A+++
EN 14825 Medium Temperature	12,0 kW	157,8%	4,02	A+++

## Il principio di funzionamento

La soluzione individuata permette il funzionamento con surriscaldamento nullo in uscita dalla batteria evaporante a tutto vantaggio dell'efficienza di scambio con la sorgente, con riduzione significativa del delta tra temperatura aria esterna e temperatura di evaporazione del R290. La fase finale di transizione di stato e l'ottenimento del corretto valore di surriscaldamento in aspirazione compressore, avviene nello scambiatore a piastre rigenerativo (n. 22 nello schema). Per minimizzare la frequenza degli sbrinamenti ed evitare l'ingresso di una miscela bifasica nella seconda valvola di laminazione (8A nello schema) è stato inserito un segmento di circuito destinato al sottoraffreddamento del fluido in uscita dalla prima valvola di laminazione (8B), che al contempo riscalda l'estremità inferiore della batteria evaporante ed evita qualsiasi rischio di congelamento nella vaschetta di raccolta condensa. Nel ciclo risultante (figura 2) sul piano termodinamico (h,P) il tratto in verde (segmento 4-5) rappresenta il sottoraffreddamento a valle della prima laminazione, mentre quello in rosso (5-6 e 8-1) rappresenta l'energia trasferita dalla rigenerazione, che permette di uscire dalla batteria evaporante senza surriscaldamento o addirittura all'interno della curva di saturazione.

## Obiettivo “massima efficienza”

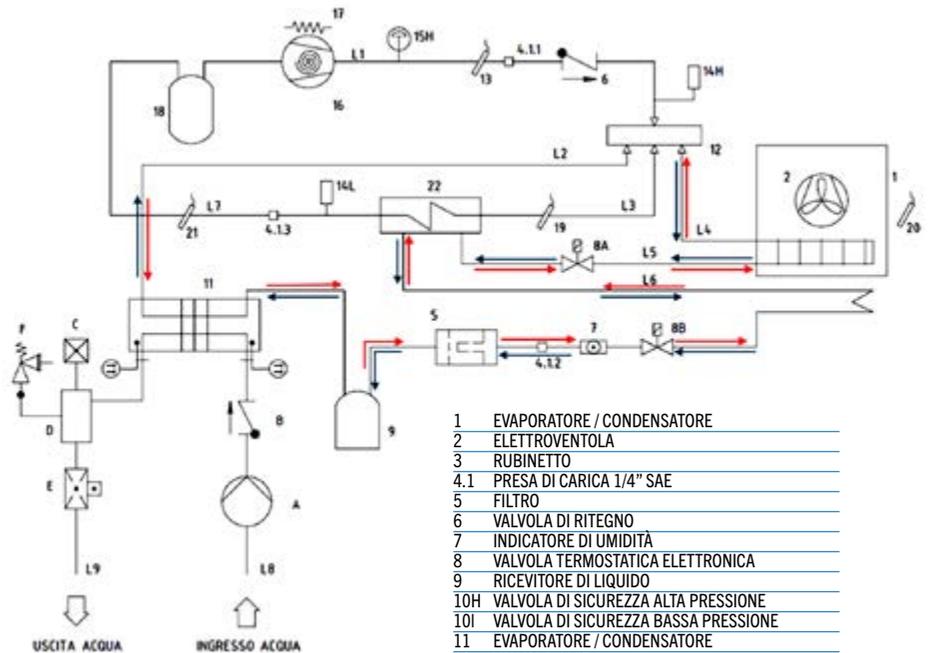
Per il raggiungimento della massima efficienza possibile, soprattutto in condizioni di funzionamento gravose (elevate temperature di mandata acqua a pieno carico in climi rigidi), si è optato inoltre per un sistema che permettesse il recupero del calore dissipato dall’inverter, “iniettandolo” nel ciclo termodinamico della pompa di calore attraverso la superficie esterna dello scambiatore rigenerativo. Il pacchetto illustrato in figura 3 è isolato mediante blocchi di polipropilene espanso, che svolgono anche la funzione di endoscheletro portante per la macchina garantendo maggiore sostenibilità in virtù del materiale al 30% riciclato e 100% riciclabile. Lo scambio termico avviene in misura estremamente efficace e - dai rilievi effettuati in tutto il campo di funzionamento - la temperatura dell’inverter risulta sempre estremamente contenuta. Questa soluzione evita di dissipare in atmosfera il calore prodotto dall’inverter ed elimina la necessità di ventole dedicate che in caso di malfunzionamento possono compromettere l’affidabilità del prodotto.

## La gestione dei cicli di defrost

Una particolare attenzione è stata posta nello sviluppo e successivo affinamento di algoritmi predittivi per la gestione dei cicli di defrost. Questa attività ha permesso di minimizzare il numero di sbrinamenti, pur intervenendo con tempestività in caso di formazione di brina; sono inoltre stati completamente eliminati i cosiddetti defrost “fantasma” (sbrinamenti aggiuntivi a intervalli temporali fissi, che i costruttori aggiungono per avere certezza che le batterie siano sempre pulite). I nuovi algoritmi sono stati poi validati con una estesa campagna di prove, sia in camera climatica, sia mediante numerose installazioni di field test su applicazioni reali durante l’inverno.

## La selezione dei compressori

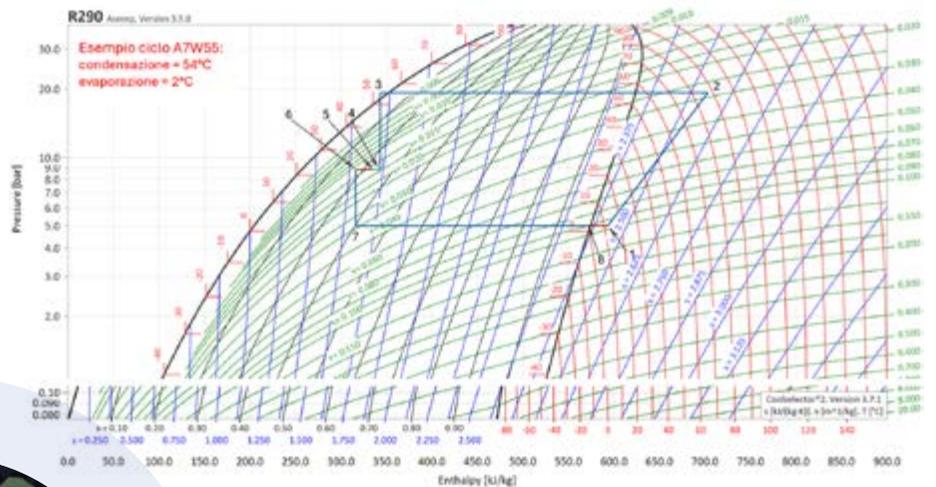
Sono stati selezionati i compressori in funzione delle taglie di macchina in modo da ottenere la potenza massima in condizioni A7W35 ad un numero di giri pari al 70% del limite fornito dal costruttore. Questo contribuisce a raggiungere un’ottima silenziosità e - abilitando regimi maggiori al diminuire delle temperature esterne - consente una minima riduzione della potenza in condizioni di clima rigido perseguendo uno degli obiettivi del progetto, ossia l’installazione dell’apparecchio come unico generatore di calore collegato all’edificio da riscaldare.



SOPRA  
Fig. 1 - Lo schema funzionale del circuito

SOTTO  
Fig. 2 - Il ciclo termodinamico realizzato

- |     |   |
|-----|---|
| 1   | EVAPORATORE / CONDENSATORE                |
| 2   | ELETTROVENTOLA                            |
| 3   | RUBINETTO                                 |
| 4.1 | PRESA DI CARICA 1/4" SAE                  |
| 5   | FILTRO                                    |
| 6   | VALVOLA DI RITEGNO                        |
| 7   | INDICATORE DI UMIDITÀ                     |
| 8   | VALVOLA TERMOSTATICA ELETTRICA            |
| 9   | RICEVITORE DI LIQUIDO                     |
| 10H | VALVOLA DI SICUREZZA ALTA PRESSIONE       |
| 10I | VALVOLA DI SICUREZZA BASSA PRESSIONE      |
| 11  | EVAPORATORE / CONDENSATORE                |
| 12  | VALVOLA 4 VIE                             |
| 13  | SONDA DI TEMPERATURA MANDATA COMPRESSORE  |
| 14H | TRASDUTTORE DI ALTA PRESSIONE             |
| 14L | TRASDUTTORE DI BASSA PRESSIONE            |
| 15H | PRESSOSTATO DI ALTA PRESSIONE             |
| 15I | PRESSOSTATO DI BASSA PRESSIONE            |
| 16  | COMPRESSORE                               |
| 17  | RESISTENZA ELETTRICA                      |
| 18  | SEPARATORE DI ASPIRAZIONE                 |
| 19  | SONDA DI TEMPERATURA SURRISCALDAMENTO     |
| 20  | SONDA DI TEMPERATURA ARIA ESTERNA UMIDITÀ |
| 21  | SONDA DI TEMPERATURA                      |
| 22  | SCAMBIATORE RIGENERATIVO                  |



A SINISTRA  
Fig. 3 - Il sistema di raffreddamento inverter

## Risultati e performance notevoli

I risultati ottenuti, convalidati presso laboratorio accreditato, sono sintetizzati nelle tabelle 1 e 2: si può apprezzare in particolare la performance in condizioni tipiche di funzionamento invernale in riscaldamento (A2W35) e l’SCOP MT per applicazioni a media temperatura, che costituisce un buon indice prestazionale per applicazioni in ristrutturazioni di edifici esistenti anche con sistemi di emissione tradizionali. Si può concludere che gli obiettivi del progetto di ricerca sono stati efficacemente raggiunti, ottenendo una valida piattaforma per una nuova generazione di macchine caratterizzate da prestazioni di vertice nel panorama attuale di mercato.