

Evoluția sistemelor de climatizare de tip VRF

PARTEA I

Evoluția sistemelor VRF HVAC

Evolution type VRF air conditioning systems

PARTEA I

VRF HVAC systems evolution

Drd. Ing. Cătălin NEGRUȚIU, Prof. Dr. Ing. Dragoș HERA, Romania

Rezumat

Sisteme de climatizare pentru clădiri medii și mari sunt o necesitate pentru moment. Sistemele VRF reprezintă o soluție modernă HVAC pentru clădiri rezidențiale și comerciale. Pentru aceste tipuri de aplicații cererea investitorilor este de a avea un consum redus combinat cu un nivel ridicat de confort.

Acest studiu prezintă tehnologia și analizează evoluția sistemelor VRF având în jur de 20 ani perioada de timp. Studiul conține valorile dezvoltării coeficienților de performanță, evoluția tehnologică și a agenților frigorifici.

Cuvinte cheie: soluții de răcire, VRF, VRV, eficiență

Abstract

Air conditioning systems for medium and large building are a necessity for the time being. The VRF systems represent a modern HVAC solution for residential and commercial buildings. For these kinds of applications the investors request is to have a low consumption combined with a high level of comfort

This study presents the technology and analyzes the evolution of the VRF systems considering around 20 years period of time. The study contains the values of the performance coefficients, technological evolution and refrigerants development

Key words: cooling solution, VRF, VRV®, efficiency

1. CE ESTE UN SISTEM VRF?

Definiția sistemului VRF derivă de la denumirea VARIABLE REFRIGERANT FLOW, ceea ce în traducere reprezintă Debit Variabil de Agent Frigorific. Această denumire reprezentând sumar tehnologia ce stă la baza acestui sistem și anume un control precis al debitului de agent frigorific pentru un control fin al capacității de răcire/încălzire ale sistemului.

Unitățile interioare vor funcționa în regim de răcire sau în regim de încălzire având posibilitatea controlului individual pentru fiecare unitate interioară în parte. O caracteristică importantă a sistemului VRF o reprezintă prezența ventilului de laminare atât în unitatea exterioară cât și în unitatea interioară.

Dacă analizăm sistemul split în conexiune pereche (o unitate interioară și o unitate exterioară) vom observa prezența ventilului de laminare în unitatea exterioară.

Analizând sistemele clasice multi-split, sisteme ce permit conectarea mai multor unități interioare (maximum 5) la o unitate exterioară vom constata prezența în unitatea exterioară a mai multor ventile de laminare, câte unul pentru fiecare unitate interioară conectată. Astfel, pentru fiecare unitate interioară în parte vom avea un traseu frigorific separat plecând de la unitatea exterioară. Pentru fiecare unitate interioară în parte există posibilitatea controlului individual, dar toate unitățile interioare vor funcționa în același regim (fie regim de răcire, fie regim de încălzire).

O dezvoltare a sistemului multisplit o reprezintă sistemul VRF. Astfel, pentru majoritatea producătorilor, la o unitate exterioară putem conecta maxim 64 de unități interioare ajungând la o capacitate frigorifică maximă de 150 kW.

Tehnologia VRF a fost inventată de firma DAIKIN în anul 1982, realizând primul sistem denumit VRV[®], denumire ce reprezintă o marcă înregistrată a producătorului.

Majoritatea sistemelor VRF acoperă o capacitate de răcire între 22 kW și 150 kW. Sistemul se pretează pentru clădiri cu multe camere: clădiri de birouri; hoteluri; apartamente (clădiri cu multe zone de control sau zone de climatizat). Aceste zone de control reprezintă acele suprafețe unde dorim să controlăm temperatura separat față de alte suprafețe. Temperatura pe care dorim să o atingem în aceste zone de control este definită prin Set Point. Fiecare zonă are propriul Set Point.

În anii 70 singurele soluții pentru răcire/încălzire erau utilizarea unui cazan pentru preparare agent termic apă caldă și agregat de preparare apă răcită (chiller). Disponibilitatea redusă a spațiilor tehnice în Japonia, lipsa resurselor naturale, lipsa sistemelor de comandă și control pentru ventilație au dus la inventarea de către firma DAIKIN a sistemului VRV[®].

2. FUNCȚIONAREA UNUI SISTEM VRF

Pentru a defini modul de funcționare al sistemelor VRF vom face o analogie cu un sistem de încălzire.

Astfel, considerând un sistem de încălzire vom avea un cazan și mai multe radiatoare conectate. Fiecare radiator va fi dotat cu un robinet termostatic pentru a controla capacitatea acestuia. În condițiile în care dorim conectarea mai multor radiatoare, la un moment dat, cazanul trebuie dimensionat pentru a livra capacitatea necesară, pompa

trebuie să fie suficient de mare în circuitul de încălzire și, bineînțeles, conductele dimensionate în conformitate cu numărul de radiatoare și cu capacitatea cerută.

Un sistem VRF este compus dintr-o unitate exterioară și mai multe unități interioare. Fiecare unitate interioară este controlabilă independent fiind conectate la diverse tipuri de sisteme de control. Unitățile interioare pot fi disponibile în mai multe mărimi în funcție de capacitatea de răcire/încălzire necesară. Unitățile exterioare și interioare sunt conectate prin conducte de agent frigorific dimensionate în conformitate cu prescripțiile fiecărui producător. În cazul în care se dorește extinderea unui sistem VRF existent se vor adăuga unitățile interioare suplimentare, se va verifica disponibilul de capacitate oferit de unitatea exterioară și în mod obligatoriu se vor redimensiona conductele de agent frigorific.

Analizând funcționarea sistemului VRF este necesar un foarte bun control al capacității datorită faptului că fiecare unitate interioară poate avea cerințe diferite de capacitate în funcționare. O dată cu dezvoltarea tehnologică echipamentele au fost îmbunătățite cu un accent pe partea de control al modulării capacității. La început au fost utilizate compresoare on/off dezvoltându-se apoi noi tehnologii care au dus la optimizarea coeficienților de performanță ai echipamentelor. Vom face o descriere a două tehnologii utilizate de-a lungul timpului asupra compresoarelor:

- Compresoarele cu tehnologie INVERTER – soluție adoptată de majoritatea producătorilor de sisteme VRF;
- Compresoarele cu tehnologie DIGITAL SCROLL – o soluție mai simplă și mai puțin costisitoare, dar nu la fel de eficientă ca și soluția INVERTER (foarte puțin utilizată în acest moment de către producători).

Soluția utilizării compresoarelor INVERTER a fost introdusă de firma DAIKIN în 1990. Compresorul inverter permite o modulare fină a capacității furnizate de unitatea exterioară în condițiile în care funcționează doar o singură unitate interioară din totalul de unități interioare conectate. Utilizând compresoare standard (ON/OFF) capacitatea furnizată va fi, fie 0% fie 100%, iar utilizând compresoare inverter putem avea o variație a capacității între 25% și 100% în mai mulți pași. În condițiile în care unitatea exterioară are mai multe compresoare, modularea capacității va porni de la 5%.

2.1. REGIMURI DE FUNCȚIONARE

Sistemele VRF au posibilitatea de a funcționa fie în regim de răcire, fie în regim de pompă de căldură sau în regim de recuperare de căldură (situație în care unitățile interioare pot funcționa independent în regim de răcire sau în regim de încălzire).

1. Funcționarea în regim de răcire

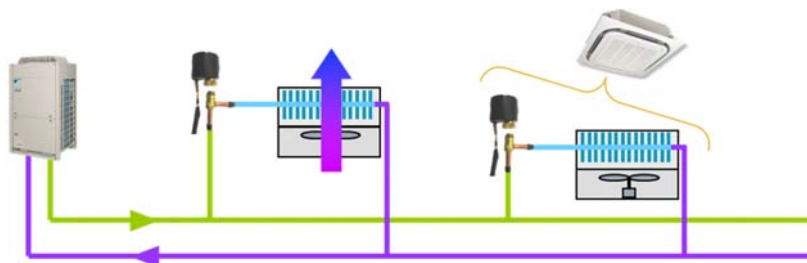
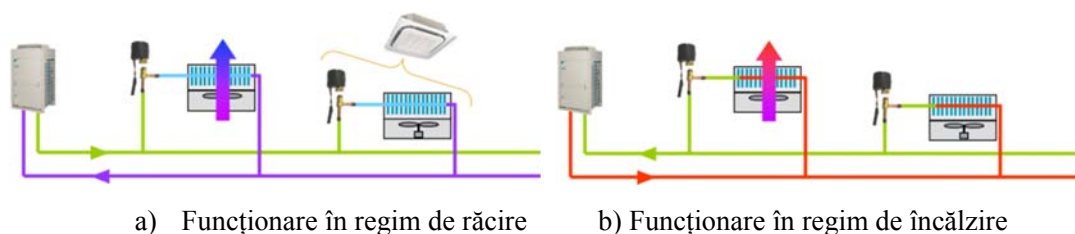


Figura 1. Funcționarea în regim de răcire a unui sistem VRF (analogie cu un sistem de încălzire clasic)

În această situație sistemul va avea posibilitatea doar să răcească spațiul în care a fost instalat. Unitățile interioare vor fi conectate prin două conducte de cupru la unitatea exterioară. Astfel, conducta de agent frigorific lichid la presiune ridicată și temperatură moderată (20°C) și conducta de agent frigorific în stare gazoasă la presiune și temperatură coborâtă (10°C).

Funcționare sistemului depinde de parametrii impuși de producător cu privire la regimul de temperaturi exterioare de funcționare. Astfel, pentru funcționarea în regim de răcire majoritatea producătorilor prezintă următorul domeniu de funcționare: pornind de la o temperatură exterioară de -5°C și ajungând la +43°C.

2. Funcționarea în regim de pompă de căldură



a) Funcționare în regim de răcire

b) Funcționare în regim de încălzire

Figura 2. Funcționarea în regim de pompă de căldură a unui sistem VRF (analogie cu un sistem de încălzire clasic)

În această situație sistemul va funcționa fie în regim de răcire, fie în regim de încălzire.

Funcționare sistemului depinde de parametrii impuși de producător cu privire la regimul de temperaturi exterioare de funcționare. Pentru funcționarea sistemului în regim de încălzire majoritatea furnizorilor prezintă domeniul de funcționare începând cu o temperatură exterioară de -20°C ajungând până la o temperatură exterioară de 15°C. Utilizarea a două trepte de comprimare (DAIKIN) sau a unei construcții speciale a

compresorului (ZUBADAN – Mitsubishi) permite extinderea domeniului de funcționare până la temperatura exterioară de -25°C.

Pentru a fi posibilă funcționarea în regim de pompă de căldură este montată la nivelul unității exterioare o vană cu 4 căi ce permite schimbarea regimului de funcționare.

3. Funcționarea în regim de recuperare de căldură

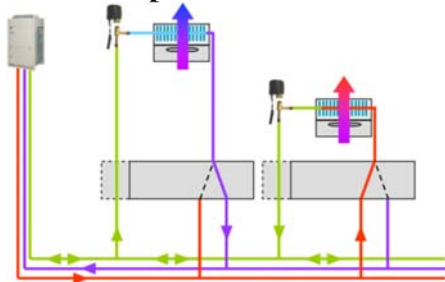


Figura 3. Funcționarea în regim de recuperare de căldură a unui sistem VRF (analogie cu un sistem de încălzire clasic)

În această situație sistemul va putea funcționa în același timp în răcire și în încălzire în două spații climatizate. Majoritatea sistemelor VRF folosesc 3 conducte de agent frigorific pentru acest sistem. Astfel, de la unitatea exterioară vor porni 3 conducte până la un dispozitiv special instalat pe rețeaua de conducte de agent frigorific în care se decide în funcție de cerința utilizatorului regimul de funcționare al unităților interioare conectate după acest dispozitiv. În funcție de producător acest dispozitiv conține elemente de destindere a agentului frigorific, vane cu trei căi și elemente de automatizare. Definim aceste conducte după cum urmează:

- conducta de agent frigorific lichid: agent frigorific lichid la presiune ridicată și temperatură moderată (20°C). În funcție de regimul de funcționare răcire/încălzire agentul frigorific "curge" dinspre sau către unitatea exterioară;
- conducta de aspirație: agent frigorific în stare gazoasă la presiune și temperatură coborâte (10°C). Întotdeauna "curgerea" este către unitatea exterioară;
- conducta de refulare: agent frigorific în stare gazoasă la presiune și temperatură înaltă (75°C). Întotdeauna "curgerea" este către unitățile interioare.

Există pe piață furnizori de sisteme VRF care folosesc două conducte pentru acest sistem.

Vom analiza în cele ce urmează diverse moduri de funcționare pentru sistemul cu recuperare de căldură.

În timpul funcționării sistemului cu recuperare de căldură există mai multe situații:

- când toate unitățile interioare funcționează în regim de răcire se evacuează căldura în totalitate prin intermediul unității exterioare;

- când o parte din unitățile interioare funcționează în regim de răcire și o parte în regim de încălzire (dar cu un regim majoritar de răcire) o parte din căldură va fi evacuată în exterior, iar o parte va fi transportată către unitățile interioare ce funcționează în regim de încălzire;
- când numărul de unități interioare ce funcționează în regim de răcire este egal cu numărul de unități interioare ce funcționează în regim de încălzire (cazul ideal) toată căldura este transportată către unitățile interioare funcționând în regim de încălzire;
- când o parte din unitățile interioare funcționează în regim de încălzire și o parte în regim de răcire (dar cu un regim majoritar de încălzire) majoritatea cantității de căldură va fi preluată din exterior, iar o parte de la unitățile interioare funcționând în regim de răcire;
- când toate unitățile interioare vor funcționa în regim de încălzire atunci căldura va fi preluată din exterioră prin intermediul unității exterioare.

1. Modul de evacuare de căldură:

Toate unitățile interioare vor funcționa în răcire, iar căldura preluată din spațiul climatizat este evacuată în exterior prin intermediul condensatorului unității exterioare.

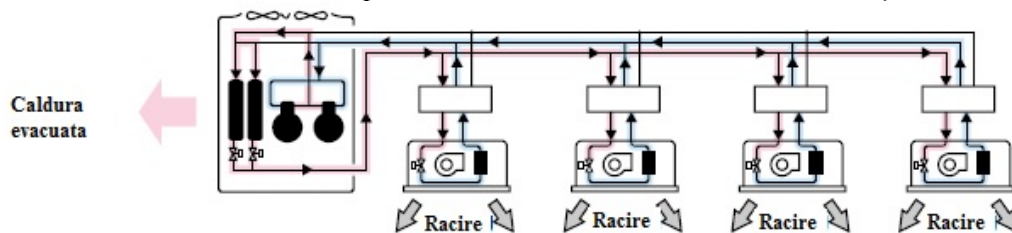


Figura 4. Funcționarea în regim de recuperare de căldură (modul de evacuare de căldură)

2. Modul combinat - evacuare de căldură și recuperare de căldură:

O parte din unitățile interioare vor funcționa în regim de răcire și o parte în regim de încălzire, dar regimul majoritar va fi regimul de răcire.

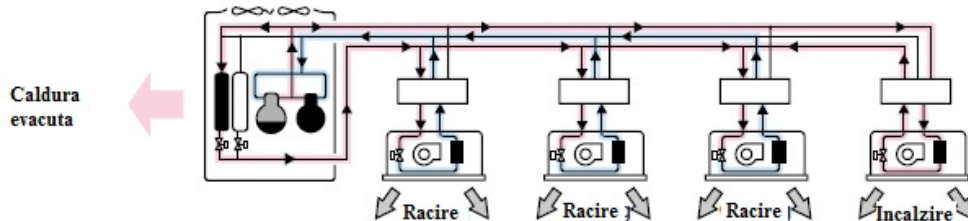


Figura 5. Funcționarea în regim de recuperare de căldură (modul combinat de evacuare de căldură și recuperare de căldură)

3. Modul de recuperare de căldură

Numărul unităților interioare ce vor funcționa în regim de răcire va fi egal cu numărul unităților interioare ce vor funcționa în regim de încălzire. Astfel, agentul frigorific în stare lichidă ce va rezulta în urma procesului de condensare din unitățile interioare, ce funcționează în regim de încălzire, va fi transportat către unitățile interioare ce funcționează în regim de răcire unde are loc procesul de vaporizare rezultând astfel agent frigorific în stare gazoasă ce va fi transportat către unitatea exterioară.

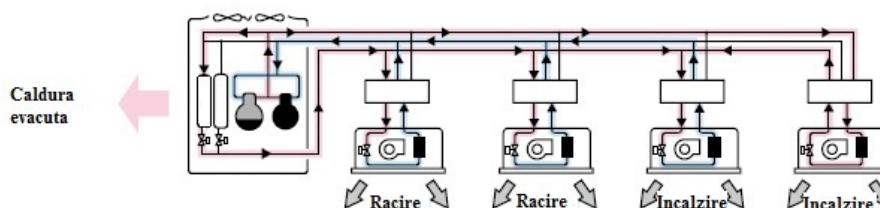


Figura 6. Funcționarea în regim de recuperare de căldură (modul de recuperare de căldură)

4. Mod combinat – recuperare de căldură și preluare de căldură din exterior:

O parte din unitățile interioare vor funcționa în regim de răcire și o parte în regim de încălzire, dar regimul majoritar va fi regimul de încălzire.

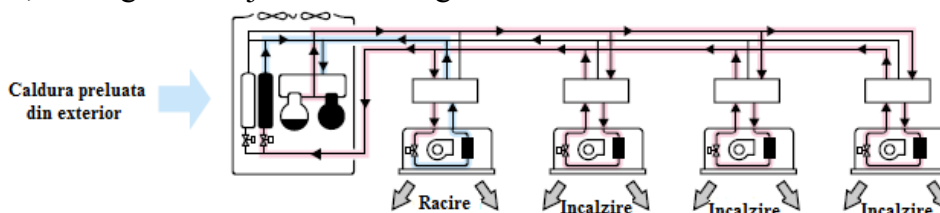


Figura 7. Funcționarea în regim de recuperare de căldură și preluare de căldură din exterior (modul combinat de recuperare de căldură și preluare de căldură din exterior)

5. Mod preluare de căldură din exterior

Toate unitățile interioare vor funcționa în regim de încălzire, iar căldura va fi preluată din exterior prin intermediul condensatorului unității exterioare.

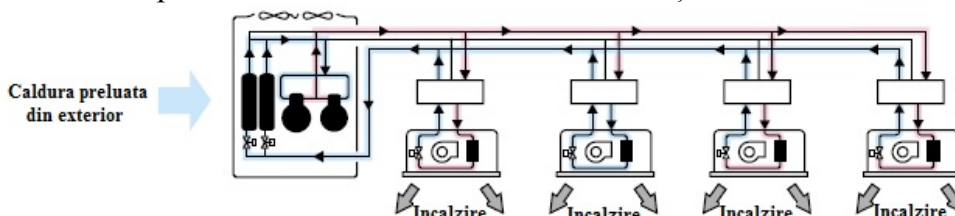


Figura 81. Funcționarea în regim de preluare de căldură din exterior (modul preluare de căldură din exterior)

2.2. CICLUL FRIGORIFIC, CONTROLUL CAPACITĂȚII ÎN FUNCȚIE DE REGIMUL DE FUNCȚIONARE

În cele ce urmează vom analiza ciclul frigorific cu referire la elementele ce sunt considerate în funcționarea unui sistem VRF. Totodată, vom analiza funcționarea sistemului VRF în funcție de regimurile de funcționare.

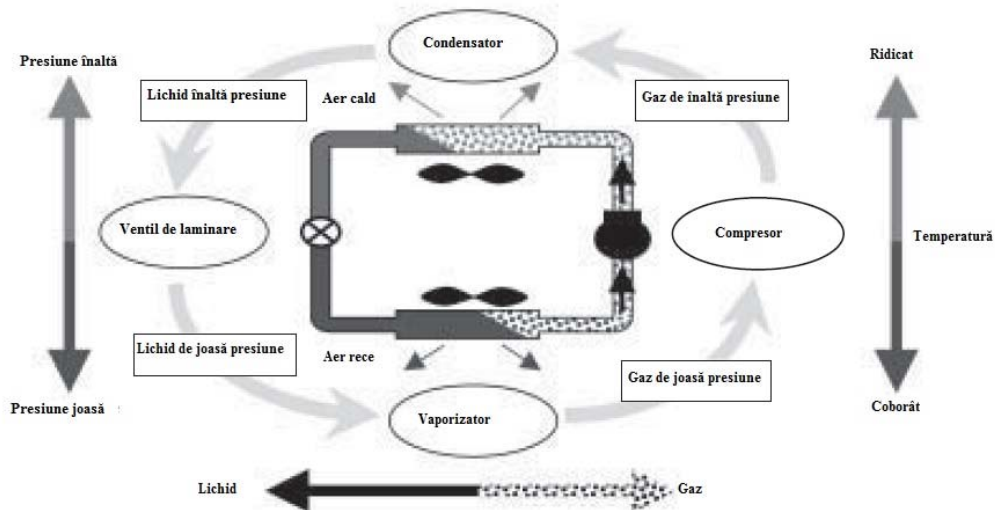


Figura 9. Componente sistem cu detentă directă

Considerăm un ciclu frigorific teoretic, așa cum este desenat mai jos pentru a putea defini diverse marimi necesare controlului funcționării sistemului VRF.

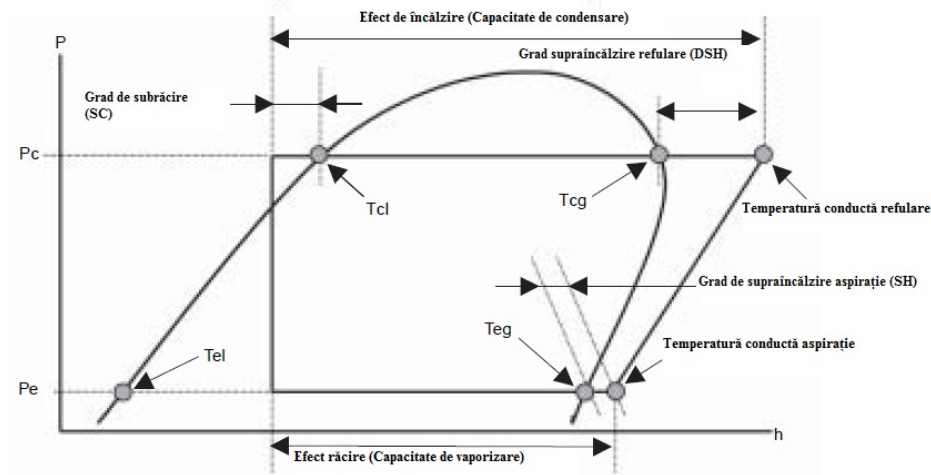


Figura 2. Ciclul frigorific pentru un agent frigorific monocomponent

Astfel, revenind la considerații teoretice, definim următoarele mărimi:

- **DSH** – diferența dintre temperatura conductei de refulare a agentului frigorific, la ieșirea din compresor, și temperatura de condensare poartă numele de grad de supraîncălzire la refulare;
- **SH** – diferența dintre temperatura conductei de aspirație, la intrarea în compresor, și temperatura de vaporizare poartă numele de grad de supraîncălzire pentru aspirație.

Ciclul frigorific de funcționare al unui sistem VRF este un ciclu termodinamic clasic, observând însă procesele de subrăcire lichid și supraîncălzire vapori, care, în funcție de producător au fost optimizate astfel încât să poată fi obținute eficiențe ridicate ale echipamentelor. La anumiți producători procesul de subrăcire se realizează într-un schimbător de căldură special “țeavă în țeavă”, prin întoarcerea unei cantități de agent frigorific. Astfel, subrăcirea agentului se realizează prin vaporizarea agentului frigorific lichid rezultat în urma destinderii prin ventilul de laminare. Procesul de supraîncălzire se realizează în unitățile interioare ale sistemului VRF.

Pentru a defini funcționarea și controlul unui sistem VRF în regim de răcire și încălzire s-a folosit documentația pusă la dispoziție de firma DAIKIN în care sunt prezentate sistemele VRV® furnizate de acest producător.

1. Funcționarea în regim de răcire

În această situație toate unitățile interioare vor funcționa în regim de răcire.

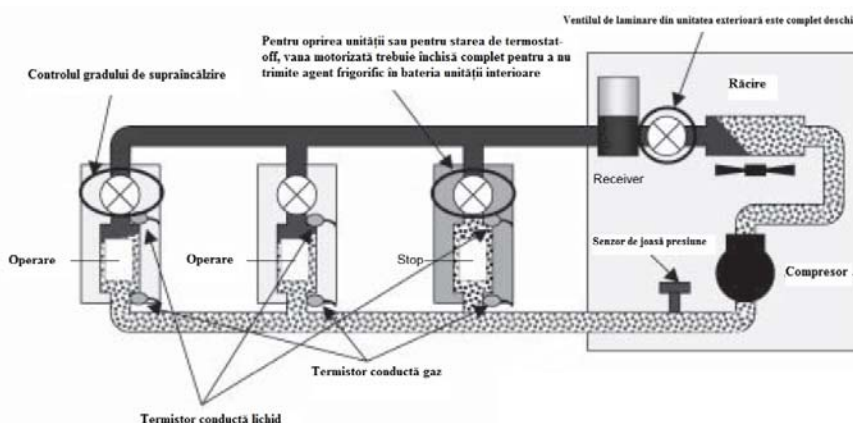


Figura 31. Sistem VRV® – funcționare în regim de răcire – procese și componente

Pentru a menține capacitatea de răcire corespunzătoare capacității vaporizatorului și fluctuației sarcinii, pe baza presiunii detectate de senzorul de joasă presiune din unitatea exterioară (Pe) plasat în aspirația compresorului, capacitatea compresorului este astfel controlată pentru a aduce presiunea scăzută

echivalentă temperaturii de saturație (temperatura de vaporizare = T_e) cât mai aproape de valoare propusă (valoarea țintă)

Pentru a menține gradul de supraîncălzire în vaporizator și pentru a distribui cantitatea necesară de agent frigorific având în vedere încărcările diferite ale fiecărei unități interioare, pe baza temperaturii detectate de termistorii amplasați pe conducta de agent frigorific lichid și de agent frigorific gazos care este evacuat din vaporizator, ventilul de laminare amplasat în unitatea interioară este astfel controlat încât gradul de supraîncălzire la ieșirea din vaporizator să fie cât mai aproape de valoarea propusă (valoarea țintă)

Având în vedere cele de mai sus și referindu-ne la unitățile interioare vom defini:

- Gradul de supraîncălzire $SH = (\text{temperatura conductei de agent frigorific gazos} - \text{temperatura conductei de agent frigorific lichid})$

2. Funcționarea în regim de încălzire

În această situație toate unitățile interioare vor funcționa în regim de încălzire.

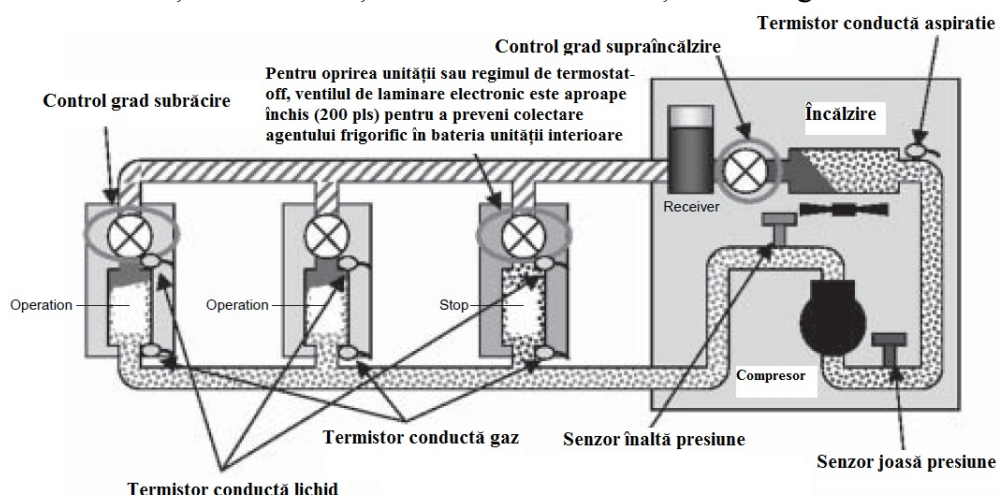


Figura 4. Sistem VRV® – funcționare în regim de încălzire – procese și componente

Pentru a menține capacitatea de încălzire, pe baza presiunii detectate de senzorul de înaltă presiune (P_c) plasat în refularea compresorului, capacitatea compresorului este astfel controlată astfel încât înalta presiune echivalentă temperaturii de saturație (temperatura de condensare T_c) să fie cât mai aproape de valoarea țintă. Pentru a menține gradul de supraîncălzire în vaporizator, pe baza presiunii detectate de senzorul de joasă presiune (T_e) și temperaturii determinate de termistorul de pe conducta de aspirație, ventilul de laminare amplasat în unitatea

exterioară este astfel controlat încât să mențină gradul de supraîncălzire cât mai aproape de valoarea țintă:

- Gradul de supraîncălzire $SH = (\text{temperatura conductei de aspirație din unitatea exterioară} - \text{temperatura de vaporizare})$

Pentru a distribui cantitatea necesară de agent frigorific, ținând cont de capacitățile unităților interioare, pe baza presiunii măsurate de senzorul de înaltă presiune din unitatea exterioară (T_c) și pe baza temperaturii măsurate de termistorul localizat pe conducta de lichid din unitatea interioară, ventilul de laminare din unitatea interioară este astfel controlat încât gradul de subrăcire la ieșirea din condensator să fie cât mai aproape de valoarea țintă:

- Gradul de subrăcire $SC = (\text{temperatura de condensare} - \text{temperatura conductei de lichid din unitatea interioară})$

BIBLIOGRAFIE

- [1] G. Duta, Manualul de Instalații - Instalații de ventilare și climatizare, București: Editura ARTECNO, 2002.
- [2] D. Hera, Instalații Frigorifice, volumul I, Agenți Frigorifici, București: Editura Matrix Rom, 2004.
- [3] D. Hera și A. Girip, Instalații frigorifice, volumul II, Scheme și Cicluri Frigorifice, București: Editura Matrix Rom, 2007.
- [4] DAIKIN, Service Manual; Air Conditioning and Refrigeration Equipment - SIE-14C.
- [5] D. Hera, Instalații frigorifice - volumul III - Echipamente Frigorifice, București: Editura Matrix Rom, 2009.
- [6] DAIKIN, HFC Refrigerants - EGHB-3b, 2004.
- [7] DAIKIN, Service Manual; VRV III-S; RXYSQ4.5.6P7Y1B; R410A; Heat Pump 50 Hz - SiBE34-703.
- [8] DAIKIN, Service Manual; VRV II- Basic Training Manual; SiE30-408, 2004.
- [9] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSEY, VRV Heat recovery series using R-22, 2001.
- [10] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSY(Y), VRV Inverter series using R-22, 2001.
- [11] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSXYP, VRV Plus series using R-407C, 2001.
- [12] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RXY/REY, VRV Plus series using R-22, 2001.
- [13] DAIKIN, Air Conditioning Technical Data 5MXM-M; EEDEN-XXX-04/16, 2016.
- [14] DAIKIN, Technical Data - Concealed ceiling unit FXSQ-M8V3B; EEDE06-2; 06/2006, 2006.
- [15] S. W. Ph.D și A. Majundar, Digital Scroll Technology; Copeland Corporation, 2011.
- [16] S. A. Conditioning, Sinclair Commercial Air Conditioners - Digital Scroll Systems, www.sinclair-eu.com, 2010.
- [17] DAIKIN, Technical Data - 600x600 4-Way Blow Ceiling Mounted Cassette FXZQ-M8V1B; EEDE06-2; 03/2006, 2006.
- [18] DAIKIN, Air Conditioning Technical Data; VRV IV Heat Pump; EEDEN13-200_1, 2013.
- [19] DAIKIN, Service Manual - VRV III-S- RXYSQ4.5.6P7Y1B; R410A- Heat Pump 50 Hz; SiBE34-703; 06/2007, 2007.