

Evoluția sistemelor de climatizare de tip VRF – Partea a II-a

VRF HVAC system evolution

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

2.3. CONTROLUL FUNCȚIONĂRII SISTEMELOR VRF

Așa cum a fost prezentat în prima parte a articolului au existat și există mai multe tehnologii utilizate pentru controlul capacității sistemelor VRF, iar în cele ce urmează vom prezenta varianta INVERTER și varianta DIGITAL SCROLL.

2.3.1. VARIANTA INVERTER

Utilizare sistemului inverter permite ajustarea capacității de răcire/încălzire în conformitate cu cerințele spațiilor climatizate, prin controlul vitezei de rotație a compresorului. Acest lucru nu este posibil în cazul sistemelor non-inverter deoarece viteza de rotație a compresorului este fixată de frecvența tensiunii de alimentare.

Vom prezenta în cele ce urmează câteva diferențe între sistemele inverter și non-inverter:

Tabel 1.

Comparație sistem invert/sistem fara-inverter

		Sistem fara INVERTER	Sistem cu INVERTER
1.	Timp necesar pentru atingerea temperaturii pre-setate din camera	Relativ lung datorită capacității fixe de încălzire și răcire	Scurt datorită capacității de răcire/încălzire crescute
2.	Fluctuații după atingerea set-point-ului	Fluctuații mari datorate operațiilor de pornit/oprit	Fluctuații mici datorate funcției de adaptare la sarcina cerută
3.	Curentul de pornire	De 5-6 ori mai mare față de valoarea normală	De 1.5 ori mai mare față de valoarea normală datorită creșterii graduale a frecvenței la pornire
4.	Domeniu de temperatura exterioară extins pentru regimul de încălzire	Scăderea capacității	Scăderea capacității este compensată de creșterea vitezei de rotație a compresorului
5.	Timp de dezghet (defrost)	Relativ lung datorită capacității fixe de încălzire/răcire	Scurt datorită funcționării la capacitate maximă

		Sistem fara INVERTER	Sistem cu INVERTER
6.	Structura sistemului	Relativ simplă	Sunt necesare componente suplimentare
7.	Diagnosticarea erorilor	Relativ simpla	Complicat

1. Funcționarea sistemului inverter

În electronică elementul inverter are funcția de a transforma curentul continuu în curent alternativ. În domeniul aerului condiționat, inverterul reprezintă un dispozitiv care transformă curentul alternativ de la rețeaua publică într-un curent alternativ cu frecvență și voltaj ajustabil. Din același sistem face parte și convertorul care transformă curentul alternativ în curent continuu. Viteza de rotație a compresorului poate fi modificată în mod liber prin inverter.

În figura 13 este prezentat principiul de comanda și forță al compresorului inverter din cadrul unei unități exterioare VRV® DAIKIN:

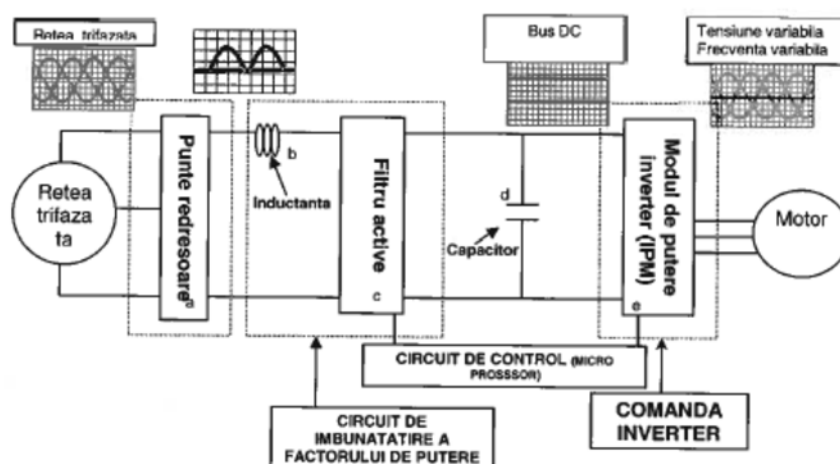


Figura 13. Schema bloc a modului inverter din sistemul VRV® Daikin

Puntea redresoare trifazată generează un bus de curent continuu care este folosit de modulul de putere al inverterului în vederea generării rețelei trifazate cu tensiune și frecvență variabilă, către motorul trifazat al compresorului inverter. De asemenea, circuitul de comandă al inverterului lucrează după o logică de comandă care va păstra raportul $U/f = \text{constant}$, în vederea păstrării unei eficiențe de lucru constante în toată plaja de turații a motorului compresorului.

Placa electronică a inverterului din sistemele VRV® Daikin integrează toate modulele specificate în diagrama de mai sus.

În figura 18 este prezentată diagrama de comandă a tranzistoarelor de putere din modulul de putere al inverterului într-o manieră simplificată cu o frecvență de comandă de 15 KHz, în vederea implementării unei logici de comandă PWM (Pulse Width Modulation). Modificând frecvența de comandă a tranzistoarelor din modulul de putere, cât și factorul de umplere al acestor impulsuri de comandă, se obține o amplitudine și o frecvență variabilă a tensiunii rețelei trifazate care va alimenta motorul trifazat al compresorului inverter.

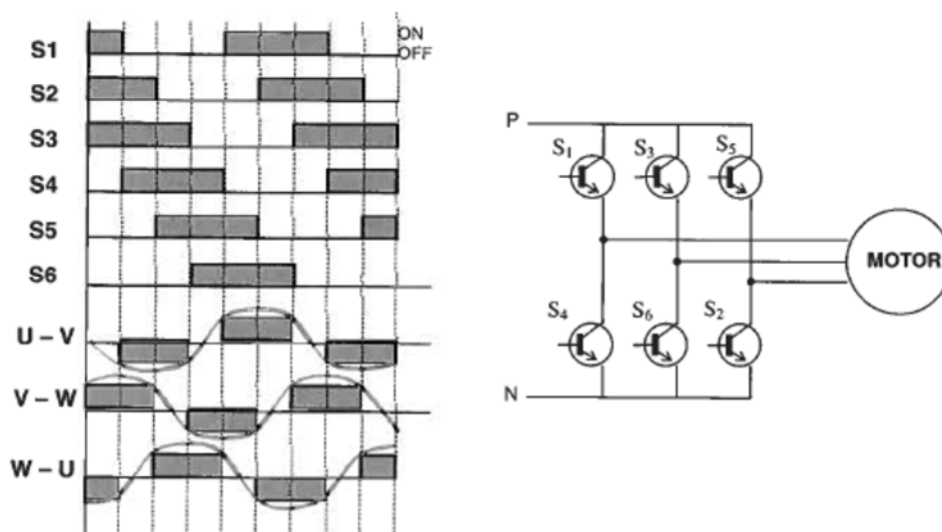


Figura 2. Diagrama de comandă a tranzistoarelor de putere și alimentarea motorului inverter din modulul de putere al inverterului

2.3.2. TEHNOLOGIA INVERTER – MODULAREA CAPACITĂȚII SISTEMELOR VRF

În funcție de tipul unității exterioare, referindu-ne în acest caz la capacitatea de răcire sau încălzire, și în funcție de numărul de compresoare instalate în unitatea exterioară pașii de control de capacitate diferă. Vom analiza modularea de capacitate pentru un sistem VRV® de 14 HP/40 kW (capacitate de răcire)

RXYQ14PY1, 16PY1

STEP No.	INV	STD1	STD2	26	88 Hz	ON	OFF
1	52 Hz	OFF	OFF	27	96 Hz	ON	OFF
2	56 Hz	OFF	OFF	28	104 Hz	ON	OFF
3	62 Hz	OFF	OFF	29	116 Hz	ON	OFF
4	68 Hz	OFF	OFF	30	124 Hz	ON	OFF
5	74 Hz	OFF	OFF	31	132 Hz	ON	OFF
6	80 Hz	OFF	OFF	32	144 Hz	ON	OFF
7	88 Hz	OFF	OFF	33	158 Hz	ON	OFF
8	96 Hz	OFF	OFF	34	176 Hz	ON	OFF
9	104 Hz	OFF	OFF	35	188 Hz	ON	OFF
10	110 Hz	OFF	OFF	36	202 Hz	ON	OFF
11	116 Hz	OFF	OFF	37	210 Hz	ON	OFF
12	124 Hz	OFF	OFF	38	52 Hz	ON	ON
13	132 Hz	OFF	OFF	39	62 Hz	ON	ON
14	144 Hz	OFF	OFF	40	74 Hz	ON	ON
15	158 Hz	OFF	OFF	41	88 Hz	ON	ON
16	166 Hz	OFF	OFF	42	96 Hz	ON	ON
17	176 Hz	OFF	OFF	43	104 Hz	ON	ON
18	188 Hz	OFF	OFF	44	124 Hz	ON	ON
19	202 Hz	OFF	OFF	45	144 Hz	ON	ON
20	210 Hz	OFF	OFF	46	158 Hz	ON	ON
21	52 Hz	ON	OFF	47	166 Hz	ON	ON
22	62 Hz	ON	OFF	48	176 Hz	ON	ON
23	68 Hz	ON	OFF	49	188 Hz	ON	ON
24	74 Hz	ON	OFF	50	202 Hz	ON	ON
25	80 Hz	ON	OFF	51	210 Hz	ON	ON

Figura 15. Pași de frecvență compresor inverter pentru o unitate Daikin VRV® III de 14 hp/40 kw (capacitate de racire)

În figura 15 este prezentată funcționarea unității VRV® III (DAIKIN) de 14 HP (40 kW capacitate de răcire). Astfel, se observă că unitatea are în componență 3 compresoare, dintre care unul inverter și două compresoare ON/OFF. Prin modularea capacității compresorului inverter combinat cu pornirea compresoarelor ON/OFF în funcție de cerința de capacitate rezultă 51 de pași de funcționare.

Dacă pentru cea mai mică unitate exterioară (5 HP – 14,4 kW) sunt 18 pași de modulare a capacității pentru un sistem de 150 kW capacitate de răcire producătorul prezintă 127 de pași de capacitate. Un sistem de 150 kW are în componența sa trei module de 18 HP (50 kW capacitate de răcire), fiecare având în componență câte un compresor inverter și câte două compresoare ON/OFF. Astfel, împreună vorbim de 3 compresoare inverter și 6 compresoare ON/OFF. Această modulare a capacității duce la un consum de energie redus și la posibilitatea furnizării într-un mod eficient a capacității de răcire/incălzire pentru un număr redus de unități interioare aflate în funcționare.

2.3.3 TEHNOLOGIA DIGITAL SCROLL

Vom descrie în cele ce urmează o altă tehnologie, Copeland Digital Scroll, fundamental diferită față de tehnologia inverter. Modularea capacității utilizând această tehnologie este atinsă printr-o mediere a starilor de încărcare/descărcare ale compresorului. Această tehnologie a fost dezvoltată și cercetată de Copeland Corporation.

Compresorul scroll Copeland are o caracteristică unică numită conformitate axială. Acest lucru permite părții fixe să se deplaseze (în pași foarte mici) pentru a da posibilitatea celor două părți să fie angrenate cu forța optimă.

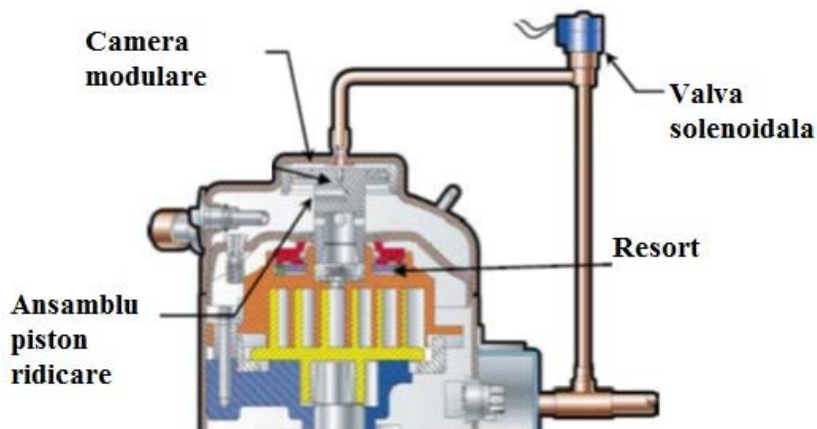


Figura 16. Compresorul digital scroll

Pe baza figurii de mai sus vom explica funcționarea sistemului. Astfel, în partea de sus este fixat un piston pentru a fi siguri că în cazul în care pistonul se deplasează în sus și partea de sus va avea aceeași mișcare ascendentă. În partea de sus a pistonului este o cameră de modulare conectată la presiunea de refulare, comunicând printr-un orificiu de 0,6 mm. În exterior se află o vană solenoidală ce conectează camera de modulare cu presiunea de pe partea de aspirație. Când vana este în poziția normal

închisă, presiunea pe partea pistonului este presiunea de refulare și prin forța unui resort se asigură mișcarea comună a celor două părți (partea fixă și partea mobilă). Când vana este acționată (alimentată) în camera de modulare vom ajunge la presiune joasă. Astfel, pistonul se va deplasa în sus împreună cu partea superioară a compresorului. Această acțiune separă cele două părți ducând la lipsa debitului și astfel la descărcarea compresorului. Întrerupând alimentarea vanei solenoidale încărcăm din nou compresorul la maxim și astfel compresia este reluată. Deplasarea părții superioare este mică, de numai 1.0 mm și în consecință cantitatea de gaz de înaltă presiune ce este preluată către partea inferioară este foarte mică.

Sistemul Digital Scroll operează în doi pași – “starea de încărcare”, când vana solenoidală este normal închisă și “starea de descărcare”, când vana este deschisă. În timpul perioadei de încărcare compresorul lucrează la fel ca un compresor scroll standard și furnizează capacitate și debit maxim, iar în timpul celeilalte perioade compresorul nu va furniza nici capacitate și nici debit. Cele două perioade sunt prezentate în figura de mai jos.

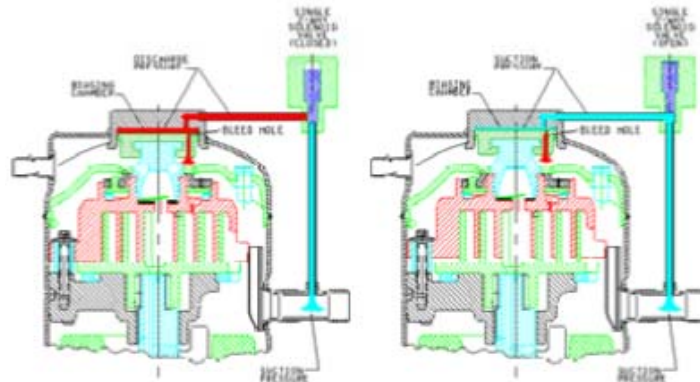


Figura 17. Funcționare compresor digital scroll

Vom defini în cele ce urmează conceptul de ”timp al unui ciclu” reprezentând suma duratelor de timp ale perioadelor de încărcare și descărcare. Durata acestor două perioade determină modularea capacității compresorului. Astfel, în 20 de secunde, dacă durata perioadei de încărcare este de 10 secunde și durata perioadei de descărcare tot de 10 secunde, modularea capacității compresorului este $(10 \text{ secunde} \times 100\% + 10 \text{ secunde} \times 0\%) / 20 = 50\%$. Dacă, pentru același ”timp al unui ciclu” durata perioadei de încărcare este de 15 secunde și durata perioadei de descărcare este de 5 secunde, modularea capacității compresorului este de 75%. Modularea capacității reprezintă medierea duratelor perioadelor de încărcare și descărcare. Ca urmare a variației duratei de timp a stării de încărcare și a stării de descărcare orice capacitate (10%-100%) poate fi furnizată de compresor.

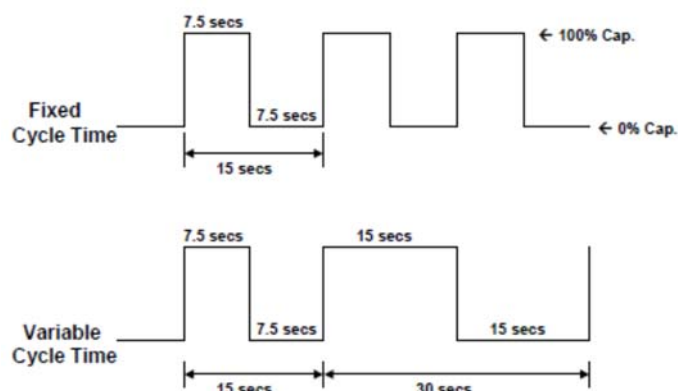


Figura 18 Cicluri de incarcare/descarcare compresor digital scroll

Consumul de energie

În timpul perioadei de încărcare consumul de energie al compresorului este maxim. Dar, în timpul perioadei de descărcare, motorul funcționează liber fără nici o încărcare. Astfel, consumul de energie este mic, aproximativ 10% din consumul maxim.

Domeniu larg de capacitate

Compresorul Digital Scroll acoperă continuu și fără întrerupere o plajă de capacitate între 10% -100%. Astfel, se poate realiza un control foarte exact al temperaturii în încăperile climatizate.

2.4. EFICIENȚA ÎN FUNCȚIONARE – CERINȚE SPECIALE DE MONTAJ

Pentru a garanta o eficiență deosebită a sistemelor VRF vor trebui respectate și garantate materialele și condițiile de montaj impuse prin prescripțiile tehnice ale furnizorului. Astfel, ne vom referi în cele ce urmează la tipurile de conducte, modul de imbinare, testele ce trebuie efectuate la finalul montajului.

Conductele de agent frigorific trebuie alese astfel încât să corespundă cerințelor de presiune în funcție de agentul frigorific utilizat. Astfel, pentru R410A, va trebui să utilizăm conducte din cupru frigorific ce va rezista la o presiune de 4.0 Mpa (40 bar). În tabelul nr. 1 sunt prezentate grosimile peretelui conductelor de agent frigorific în funcție de diametru așa cum sunt recomandate de producătorul DAIKIN.

Tabel 2.

Grosimea recomandată a conductei de cupru pentru utilizarea agentului frigorific R-410A

Diametrul conductei	Grosimea recomandată a conductei pentru utilizarea agentului R-410A (mm)
φ6,4	0,8
φ9,5	0,8
φ12,7	0,8
φ15,9	0,99

Diametrul conductei	Grosimea recomandată a conductei pentru utilizarea agentului R-410A (mm)
φ19,1	0,8
φ22,2	0,8
φ25,4	0,88
φ28,6	0,99
φ31,8	1,1
φ34,9	1,21
φ38,1	1,32
φ41,3	1,43

Un aspect important îl reprezintă izolarea conductelor de agent frigorific. Astfel, producătorii recomandă izolarea atât a conductelor de agent frigorific lichid, cât și a conductelor de agent frigorific gazos. Se va utiliza o izolație din fibră de sticlă sau spumă de polietilenă rezistentă la căldură (minimum 120°C pentru conducta de agent frigorific gazos și minimum 70°C pentru conducta de agent frigorific lichid) cu o grosime de minimum 10 mm. În condițiile în care avem o umiditate crescută, mai mare de 30°C și $\phi = 80\%$, grosimea izolației va fi mai mare (cel puțin o grosime de 20 mm) astfel încât să fie evitată formarea condensului pe suprafața izolației.

Pentru o etanșeitate perfectă a sistemului de conducte va trebui utilizată o sudură "tare", utilizând electrozi de argint. Operațiunea de sudură se va realiza într-un mediu de azot. Astfel în timpul operațiunii, la interiorul conductelor va fi introdus azot, iar la locul imbinării va fi realizată sudura. Dacă nu se respectă această procedură, la interiorul conductelor vor apărea cruste de oxidare. În timpul funcționării, aceste cruste vor fi antrenate de agentul frigorific și transportate în compresoare, ventile de laminare și în alte componente ale sistemului, rezultând o funcționare necorespunzătoare și chiar distrugerea unor componente vitale ale echipamentelor.

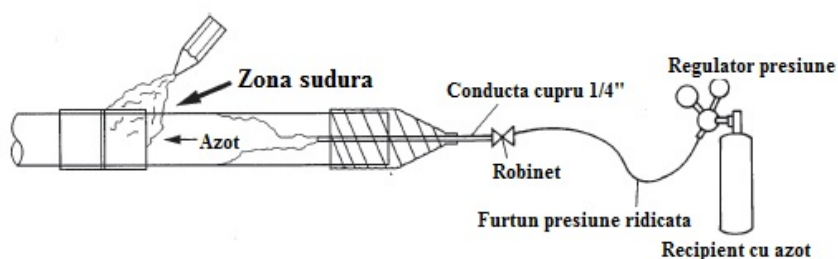


Figura 3. Sudarea conductelor de agent frigorific în mediu de azot

2.5. DIMENSIONAREA SISTEMULUI VRF

Pentru dimensionarea unui sistem VRF există două modalități distincte:

- Dimensionarea pe baza indicilor de capacitate;
- Dimensionarea utilizând programe de calcul furnizate de firmele producătoare

Înainte de realizarea selecției unui sistem VRF, indiferent de metodă, va trebui să parcurgem următorii pași:

- realizarea unui plan al incintelor (clădirii) ce se dorește a fi climatizată;
- calculul aporturilor și pierderilor de căldură pentru fiecare spațiu în parte;
- stabilirea tipului de unitate interioară pentru fiecare incintă (unitate interioară montată pe pardoseală, unitate interioară de tubulatură, unitate interioară de tip casetă, etc);
- amplasarea în plan a unităților interioare și a unităților exterioare;
- realizarea unei scheme de conexiuni pentru unitățile interioare și exterioare;
- utilizarea uneia dintre metode pentru alegerea sistemului.

3. EVOLUȚIA SISTEMELOR VRF

Majoritatea producătorilor din industria de profil s-au concentrat pe dezvoltarea echipamentelor de tip VRF având în vedere mai multe criterii, după cum urmează:

- creșterea performanței sistemelor;
- lungimi de traseu și diferențe de nivel cât mai mari;
- posibilitatea de a conecta cât mai multe unități interioare, deserving astfel mai mulți consumatori rezultând o putere frigorifică mai mare;
- mărirea domeniului de funcționare atât în regim de răcire, cât și în regim de încălzire;
- utilizarea agenților frigorifici de ultimă generație;
- reducerea cantității de fluid frigorific cu impact pozitiv asupra mediului ambiant.

Așa cum a fost menționat anterior primul sistem VRF a fost inventat de către firma DAIKIN în Japonia în anul 1982. Sistemul a fost denumit și patentat cu denumirea de VRV®. Acest sistem utilizează R22 ca fluid frigorific și reprezintă o dezvoltare a sistemului multi split la care puteau fi conectate 5 unități interioare. Primul sistem VRF permitea conectarea a 8 unități interioare la o singură unitate exterioară printr-un singur traseu frigorific.

Pe baza documentației puse la dispoziție de firma DAIKIN s-a realizat o documentare mai amănunțită a evoluției sistemelor VRF, după cum urmează:

- **1982**

În acest an apare primul sistem VRV® în Japonia, DAIKIN fiind primul producător al acestui tip de echipamente

- **1987**

Este anul în care sistemul VRV® apare în Europa. Astfel se lansează seria D a sistemului VRV® fiind echipată cu compresoare non-inverter. În acel moment erau

disponibile unități exterioare formate din doua sau trei module de 5 HP (approx. 14 kW capacitate de răcire) instalate pe același cadru de susținere. Sistemul permitea conectarea a trei tipuri de unități interioare permițând un control individual pe fiecare unitate în parte. Astfel, erau furnizate unități interioare conectabile la tubulatură, unități de tip casetă cu refulare pe două direcții și unități interioare carcasate montate sub plafon.



Figura 4. Modele unități exterioare VRV® Daikin seria D

- 1990

Anul 1990 este anul apariției seriei G ce utilizează compresoare cu piston controlate prin tehnologia inverter. Seria G aduce cu sine posibilitatea conectării unui număr de 8 unități interioare. Astfel, erau disponibile unități interioare conectabile la tubulatură, unități de tip casetă cu refulare pe două direcții, unități pentru montaj pe pardoseală. Referindu-ne la unitățile exterioare constatăm disponibilitate modulelor de 5, 8 și 10 HP, o capacitate de răcire de 14 la 28 kW. Totodată, cercetările efectuate în acea perioadă au dus la furnizarea armăturilor, pe partea de conductă de cupru, de tip refnet.

Seria G a adus un plus și în ceea ce privește lungimea traseului frigorific permițând 100 m lungime totală și 50 m diferență de nivel.

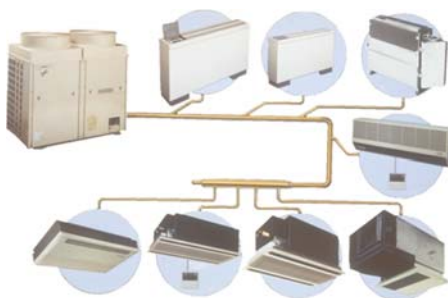


Figura 5. Modele unități exterioare și interioare Daikin seria G

- 1991

În anul 1991 apare primul sistem VRV® seria G cu recuperare de căldură permițând funcționarea simultană în regim de răcire și regim de încălzire a unităților interioare conectate la sistemul VRV®.

- 1994

Apariția seriei H, cu o capacitate maximă de răcire de 10 HP (30 kW), oferă posibilitatea de a conecta până la 16 unități interioare. Gama unităților interioare s-a

mărit prin apariția unității interioare de colț (cu refulare pe o direcție) și prin apariția unității interioare de tip casetă cu refulare pe 4 direcții.

- **1998**

Anul 1998 reprezintă momentul introducerii agentului frigorific R407C în familia sistemelor VRV® prin apariția seriei K. Agentul frigorific R22 fiind în continuare utilizat pentru sistemele VRV® disponibile. În continuare modulul maxim este cel de 10 HP cu posibilitatea de a conecta până la 16 unități interioare.

- **1999**

- Seria K-plus
- Capacitate maximă 30 HP, având posibilitatea de a conecta până la 30 de unități interioare
- Seria VRV Plus utilizând agentul frigorific R407C aduce o reducere a spațiului ocupat cu 13.7% pentru unitățile de 20 HP și cu 11.6% pentru unitățile de 30HP.

- **2000**

- Seria KA
- Posibilitatea de a conecta până la 32 de unități interioare

- **2002**

Anul 2002 dezvoltarea tehnologică permite folosirea sistemelor VRV® de până la 30 HP (84.5 kW) cu un COP mai mare de 3, toate aceste caracteristici fiind disponibile prin seria L.

- **2004**

Anul 2004 a reprezentat anul de intrare pe piața sistemelor VRV® a agentului frigorific R410A odată cu apariția sistemului VRV® II generația M. Noul sistem poate furniza o capacitate frigorifică maximă de 48HP (137 kW) cu un traseu frigorific maxim de 300 m și o diferență de nivel între unitatea exterioară și unitățile interioare de 50 m (40 m dacă unitatea exterioară este montată mai jos față de unitățile interioare).



Figura 62. Modele unități exterioare VRV® II Daikin seria M

Un aspect deosebit îl reprezintă posibilitatea conectării a 48 de unități interioare, fiind disponibile 12 tipuri de echipamente, în total 72 de modele diferite din punct de vedere constructiv sau din punctul de vedere al capacității frigorifice.

Din punctul de vedere al instalării sistemul VRV® II folosește cu până la 50% mai puțin spațiu pentru montaj. Domeniul de operare a fost extins pentru funcționarea în regim de răcire până la o temperatură exterioară de -20°C.

Pentru aplicații de capacități reduse (spații rezidențiale sau comerciale de dimensiuni mici și medii) a fost promovat sistemul Mini VRV, sistem ce permitea conectarea a 9 unități interioare pentru o capacitate de răcire maximă de 16 kW. Sistemul MiniVRV păstra lungimile de traseu permise în cazul sistemului VRV® II nou lansat.

- **2005**

Pentru a oferi o soluție de climatizare cât mai eficientă pentru cladirile inalte, în anul 2005 firma DAIKIN a lansat Sistemul VRV® răcit cu apă (VRV – WII). Astfel, unitățile de condensare (echivalent al unităților exterioare VRV) vor fi montate la interior și vor avea în construcție un schimbător de căldură agent frigorific/apă, în locul unui schimbător agent frigorific/aer. Având în vedere schimbul de căldură foarte bun între refrigerent și apă sistemul prezintă eficiențe deosebite ajungând la valori ale COP de până la 8 pentru încărcare parțială.

- **2006**

Anul 2006 este un an revoluționar pentru istoria sistemelor VRV®. Astfel, DAIKIN a lansat generația a treia pentru sistemele VRV®, fiind astfel disponibilă seria VRV® III-P. Dezvoltarea a fost atât la nivelul unităților exterioare cât și la nivelul gamei de unități interioare.

Referindu-ne la unitatea exterioară putem discuta de module independente cu o capacitate de 18HP (50 kW) și combinații de mai multe module ajungând la o capacitate de 54 HP (150 kW). Analizând modificările unităților exterioare ne oprim pentru început la compresor.

Astfel, sunt folosite compresoare scroll de tip G, din generația a doua. Într-un modul independent vom avea până la trei compresoare din care unul este controlat prin inverter, iar celelalte două sunt compresoare standard ON/OFF. În acest mod pentru un sistem de 54 HP (format din 3 module de 18HP) vom avea 9 compresoare, din care trei sunt controlate prin inverter. În acest mod vom avea pentru o unitate de 18 HP 55 de pași de control al capacității.



Figura 7. Modele unități exterioare și compresor sistem VRV® III Daikin seria P

Dacă ne referim la unitățile interioare vom putea conecta la sistemul VRV III, 13 tipuri de unități interioare cu capacități de la 2 la 25 kW, realizând astfel un total de 72 de modele de unități interioare.

Un alt pas deosebit în dezvoltarea sistemului îl reprezintă lungimile de traseu frigorific, astfel lungimea traseului de la unitatea exterioară până la cea mai îndepărtată unitate interioară este de 165 m. Totodată, diferența de nivel admisă între unitatea exterioară și unitățile interioare este de 90 m, indiferent dacă unitatea exterioară este poziționată mai sus sau mai jos față de unitățile interioare. Astfel, pentru sistemul VRV® III este disponibil un traseu total de conducte de 1000 m.

O altă caracteristică a sistemului o reprezintă posibilitatea încărcării automate cu agent frigorific, printr-un calcul al cantității necesare de agent.

• 2012

DAIKIN lansează sistemul VRV® generația a IV-a cu caracteristici ce au revoluționat piața sistemelor VRV®. Din punctul de vedere al lungimilor de traseu frigorific și al diferențelor de nivel echipamentele au păstrat caracteristicile sistemului VRV® III.

Printre inovațiile aduse enumerăm următoarele:

- controlul automat al temperaturii de vaporizare a agentului frigorific în funcție de temperatura exterioară;
- funcționarea în regim de încălzire (pompă de căldură) fără întreruperi datorate procesului de dezghețare a unității exterioare;
- schimbătorul de căldură din unitatea exterioară are o construcție specială cu 4 fețe de transfer de căldură;
- răcirea plăcii electronice de comandă utilizând agent frigorific, ce duce la o fiabilitate crescută a echipamentelor.
- modificări constructive asupra compresoarelor și asupra ventilatoarelor unității exterioare.

Schimbătorul de căldură montat în unitatea exterioară are o construcție specială cu fețe prin care se realizează schimbul de căldură. Pentru a intensifica transferul termic, producătorul a micșorat diametrul conductelor de la 8 mm la 7 mm, a micșorat totodată și pasul aripioarelor realizându-se un schimbător de căldură cu 3 rânduri de țevi montat în unitatea exterioară astfel încât să existe 4 fețe de schimb de căldură.



Figura 24. Unitate exterioară sistem VRV® seria IV

Controlul automat al temperaturii de vaporizare a agentului frigorigic în funcție de temperatura exterioară duce la o creștere a eficienței echipamentului, datorate reducerii consumului în momentul în care echipamentul funcționează la temperaturi de vaporizare mai ridicate. În mod uzual sistemele VRV® III funcționează la o temperatură de vaporizare de 6°C indiferent de cerința de funcționare a sistemului și de temperatura exterioară. În momentul în care temperatura exterioară scade (pe timp de vară) și cerința de răcire a spațiilor scade atunci sistemul își modulează capacitatea reducând turația compresoarelor inverter. La cerințe foarte reduse compresoarele inverter nu mai au eficiență bună, având o funcționare similară compresoarelor on/off. Pentru a mari eficiența sistemelor DAIKIN a propus modificarea temperaturii de vaporizare a agentului frigorigic în funcție de temperatura exterioară și de cerința de răcire din spațiile climatizate. Din datele puse la dispoziție de producător creșterea eficienței este de 28%.

3.1. COMPARAȚIE ȘI EVOLUȚIE SISTEME VRV®

Utilizând datele tehnice ale diverselor generații de sisteme VRV DAIKIN vom analiza în cel ce urmează caracteristicile tehnice pentru echipamente ce utilizează agent frigorigic R22, R407C, R410A.

Tabel 3

Analiză comparativă sisteme unități exterioare VRV® – 28 kw capacitate de răcire

		RSXY10KA	RSXYP10K	RSXYP10L	RXYQ10M	RXYQ10P	RYYQ10T
Agent frigorigic		R22	R407C	R407C	R410A	R410A	R410A
Capacitate de racire	kW	28,00	28	28	28	28	28
Capacitate de incalzire	kW	31,50	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
Putere absorbita (racire)	kW	11,80	11,8	9,03	9	7,42	7,29
Putere absorbita (incalzire)	kW	10,50	11	10,16	9,31	7,7	7,38
COP-IF		2,37	2,37	3,10	3,11	3,77	3,84
COP-PC		3,00	2,86	3,10	3,38	4,09	4,27
Greutate		250	248	257	230	240	268
Dimensiuni	H (mm)	1440	1440	1440	1600	1855	1685
	L (mm)	1280	1280	1280	930	930	930
	I (mm)	690	690	690	765	765	765
Compresor		Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter
Cantitate agent frigorigic	kg	13,50	11,2	9,6	9,6	8,4	6
Lungime traseu UE-UI	m	100,00			150	165	
Diferenta de nivel	m	50,00			50	90	

Din tabelul nr. 3 se observă evoluția echipamentelor atât prin îmbunătățirea tehnologiei cât și prin schimbarea tipului de agent frigorigic. În graficele de mai jos vom prezenta scăderea consumului de energie electrică și implicit creșterea eficienței echipamentului. Totodată, observăm o creștere a lungimii traseului frigorigic pentru unitățile ce utilizează agent frigorigic R410A și o reducere a amprentei la sol a echipamentelor.

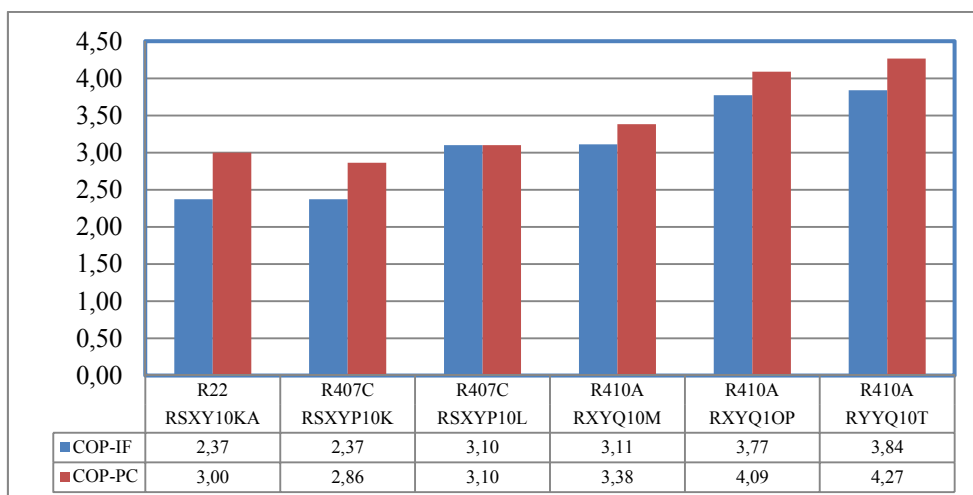


Figura 8-Comparație EER/COP pentru unități exterioare de 28 kw (capacitate de răcire)

În figura 25 este prezentată o comparație între mai multe sisteme VRV® utilizând agent frigorific R22, R407C, R410A. S-au considerat pentru aceasta comparație sisteme de 10 HP, adică 28 kW capacitate de răcire. Pe partea de sisteme utilizând agentul R410A au fost comparate sistemele VRV VII (seria M), VRV III (seria P) și VRV IV (seria T). Din grafic se observă o creștere a valorii coeficientului de performanță pentru funcționarea în regim de răcire, COP-IF, cu 62% în cazul sistemului VRV® IV comparativ cu sistemul utilizând agent frigorific R22. Totodată, pentru același tip de echipament, pentru funcționarea în regim de încălzire se observă ca COP-PC a crescut cu 42%. În figura 33 este prezentată comparativ cantitatea de agent frigorific cu care sunt încărcate unitățile exterioare de tip VRV® analizate. Astfel, se poate observa o scădere continuă a cantității necesare de agent frigorific, observându-se preocuparea producătorilor față de mediul înconjurător.

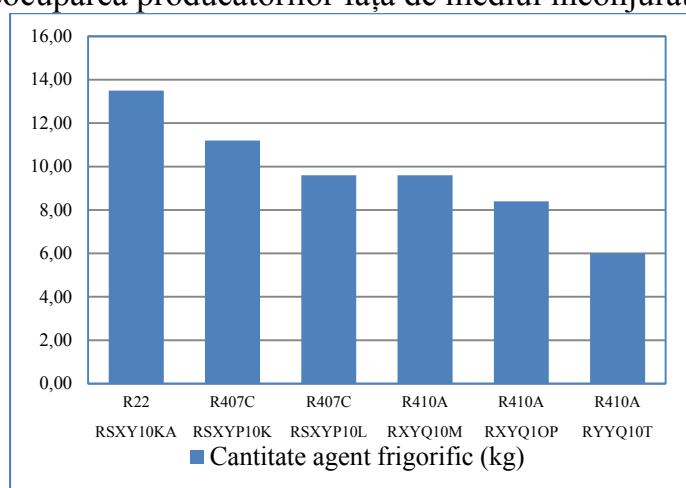


Figura 26. Comparație cantitate agent frigorific unitate exterioara 28 kw (capacitate de răcire)

Analiză comparativă sisteme unități exterioare VRV® – 45 kw capacitate de răcire

		RXY16K	RSXYP16KJY	RXYQ16M	RXYQ16P	RYYQ16T
Agent frigorific		R22	R407C	R410A	R410A	R410A
Capacitate de racire	kW	43,80	43,8	44,5	45	45
Capacitate de incalzire	kW	43,80	43,8	50	50	50
Putere absorbita (racire)	kW	16,50	15,7	15,6	14,2	13
Putere absorbita (incalzire)	kW	13,50	14,2	14	12,9	12,8
COP-IF		2,65	2,79	2,85	3,17	3,46
COP-PC		3,24	3,08	3,57	3,88	3,91
Greutate		440	455	325	316	364
Dimensiuni	H (mm)	1220	1440	1600	1855	1685
	L (mm)	2600	2600	1240	1365	1240
	I (mm)	690	690	765	860	765
Cantitate agent frigorific	kg	18,10	15,5	14,4	11,5	10,4
Nr. Module		2	2	1	1	1
Denumire module		RXY8K7+RNY8K7				
Compressoare inverter		1	1	1	1	2
Compressoare ON/OFF		1	1	2	2	

Ca și în comparația anterioară din tabelul nr. 4 se observă evoluția echipamentelor odată cu avansul tehnologic și cu utilizarea noilor fluide frigorifice. În graficele de mai jos vom analiza creșterea eficienței sistemelor prin scăderea consumului de energie electrică.

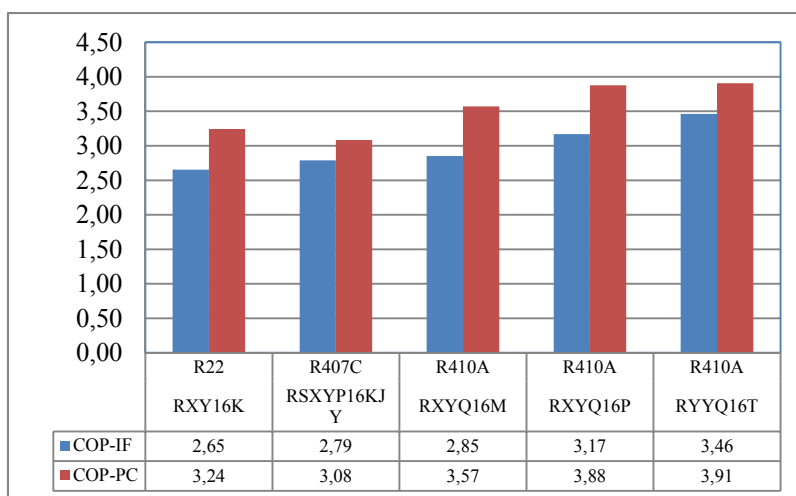


Figura 27- Comparație coeficienti pentru unități exterioare de 45 kw (capacitate de răcire)

În figura 27 este prezentată o comparație între mai multe sisteme VRV® utilizând agent frigorific R22, R407C, R410A. cu o capacitate de răcire de 16 HP, adică 45 kW. Pe partea de sisteme utilizând agentul R410A au fost comparate sistemele VRV (seria M), VRV III (seria P) și VRV IV (seria T). Din grafic se observă o creștere a COP-IF cu 30% în cazul sistemului VRV IV comparativ cu sistemul utilizând agent frigorific R22. Totodată, COP-PC a crescut cu 20%, pentru funcționarea în regim de încălzire. Și în figura 28 se observă aceeași tendință de diminuare a cantității de agent frigorific din unităților exterioare VRV®, și pentru capacități mai mari, odată cu evoluția tehnologică a echipamentelor și schimbarea tipului de fluid frigorific.

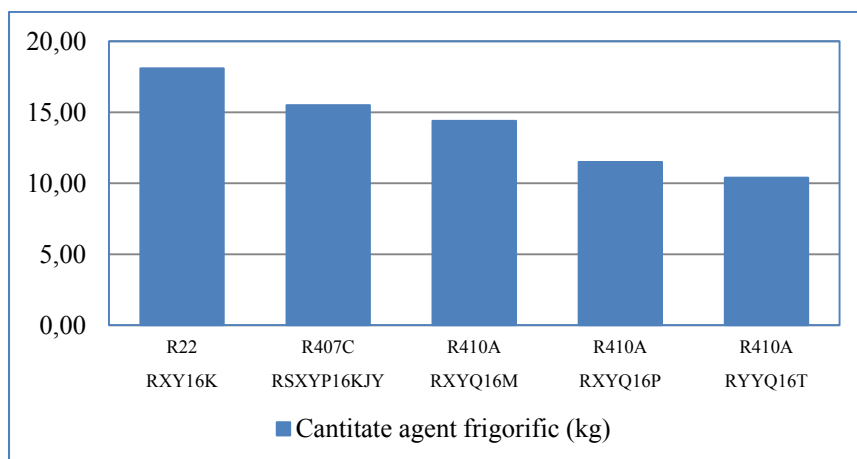


Figura 28 - Comparație cantitate agent frigorific unitate exterioara 45 kw (capacitate de răcire)

4. CONCLUZII

Având în vedere cele de mai sus, se observă concentrarea sistematică a producătorilor sistemelor VRF asupra dezvoltării de echipamente cât mai performante, utilizând tehnologii avansate (compresoare inverter, schimbătoare de căldură optimizate, soluții inovatoare pentru procesele de subrăcire) ce duc la scăderea consumului energetic.

Totodată, analizând evoluția echipamentelor se observă permanenta preocupare a producătorilor asupra protecției mediului, atât prin reducerea consumului energetic cât și prin utilizarea agenților frigorifici ecologici de ultimă generație.

5. 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.

Evoluția sistemelor de climatizare de tip VRF - Partea a II-a

- [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 Coproration, 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.