

W jakim kierunku rozwijają się systemy typu VRF?

Zbigniew CEBULSKI*)

Człowiek dąży do poprawy jakości życia i stara się stworzyć optymalne warunki otoczenia, w którym przebywa. Istotną rolę w tym działaniu i zapewnieniu dobrego samopoczucia odgrywa dobra klimatyzacja powietrza. Wybór odpowiedniego systemu stanowi jeden z kluczowych czynników uzyskania maksymalnej wydajności i optymalnego komfortu. Aby skutki tej działalności były jak najmniej szkodliwe dla środowiska, należy wykorzystywać najnowsze technologie. Z pomocą przychodzą tutaj stosowane w ostatnich latach i wkraczające dużymi krokami do techniki klimatyzacyjnej systemy typu VRF (z języka angielskiego – Variable Refrigerant Flow co możemy tłumaczyć jako „zmienny przepływ czynnika chłodniczego”). Do tej grupy należą także systemy nazywane VRV (Variable Refrigerant Volume – zmienna ilość czynnika chłodniczego). Zasadę działania tych systemów, pracujących w oparciu o technologię inwerterową, opisano we wcześniejszych artykułach zamieszczonych na łamach tego czasopisma [1], poniżej przedstawiono tylko charakterystyczne cechy tego systemu.

chłodniczego do wymaganej wydajności dla każdej jednostki wewnętrznej w danej aplikacji. Możliwa jest także jednoczesna praca jednostek wewnętrznych w różnych trybach: grzania lub chłodzenia. Skutkiem jest zoptymalizowana efektywność cyklu chłodniczego i zwiększona precyzja utrzymania wymaganej temperatury, podnosząca poziom komfortu. Zaawansowana technologia elektroniczna tych systemów, która pozwala na sterowanie wydajnością, przekłada się na znaczne oszczędności energii.

Zaletą tego typu systemów jest ich kompatybilność i modułowość, czyli możliwość podłączenia do jednostki zewnętrznej za pośrednictwem rurowej instalacji freonowej, dowolnej konfiguracji jednostek wewnętrznych (rys. 1).

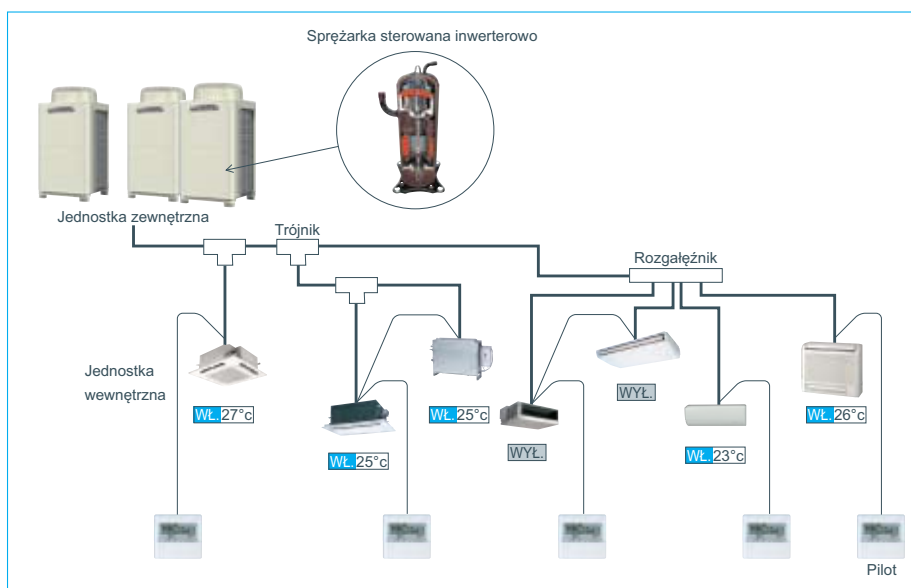
Jakie są tendencje rozwojowe systemów typu VRF?

Od wprowadzenia pierwszego systemu typu VRF nie upłynęło jeszcze 30 lat, gdyż firma Toshiba, jako pierwszy producent w 1981 roku, zastosowała w systemach klimatyzacyjnych technologię inwerterową. Postęp w tych instalacjach jest procesem ciągłym. W ostatnich latach rozwiązania te weszły w kolejną fazę rozwoju, a oferowane obecnie systemy zaliczane są

Czym charakteryzuje się system VRF?

System ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego umożliwia regulację przepływu tego czynnika w zależności od zapotrzebowania klimatyzowanego obiektu na chłód lub ciepło. Innymi słowy, układ dopasowuje wydajność chłodniczą lub grzewczą do rzeczywistych, wymaganych w danej chwili warunków eksploatacji. Dopasowanie wydajności chłodniczej i grzewczej możliwe jest dzięki zastosowaniu w jednostce zewnętrznej inwertera, który steruje napięciem, prądem i częstotliwością zasilania sprężarki – serca klimatyzatora, przez co umożliwia gładką, liniową zmianę prędkości obrotowej i wydajności tego urządzenia. W najprostszym przypadku – jedna jednostka zewnętrzna współpracująca z jedną jednostką wewnętrzną – gdy temperatura w pomieszczeniu odbiega od temperatury nastawy, klimatyzator pracuje z maksymalną wydajnością, zapewniając szybkie osiągnięcie komfortowej temperatury. Po osiągnięciu wymaganej temperatury pomieszczenia inwerter precyzyjnie

reguluje wydajność w celu utrzymania temperatury blisko nastawy. W rozbudowanych układach, wymagana wydajność i związane z nią parametry techniczne każdej jednostki wewnętrznej są elektronicznie przekazywane do jednostki zewnętrznej, aby zoptymalizować obciążenia obciążenia strefy i wyregulować rzeczywisty przepływ czynnika

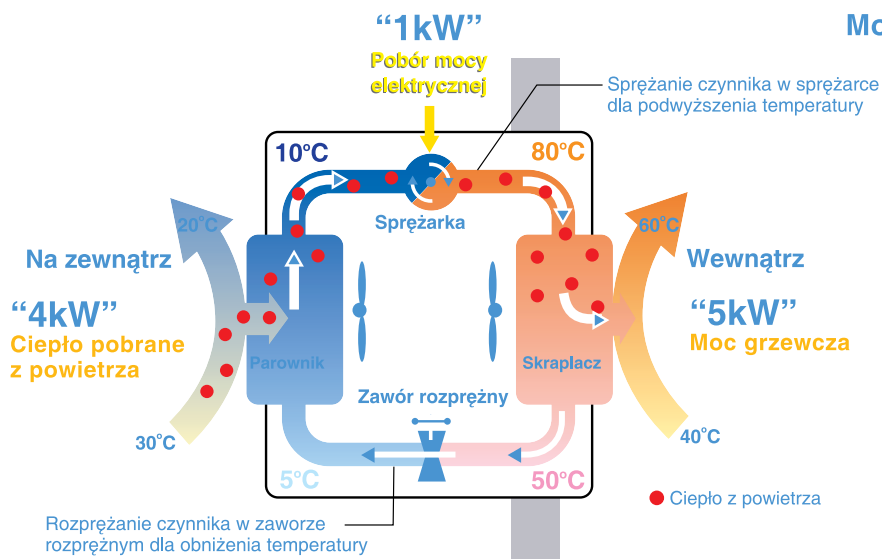


Rys. 1. Kompatybilność i modułowość systemu VRF [3]

AUTOR

*) dr inż. Zbigniew CEBULSKI – Katedra Techniki Ciepłej i Chłodnictwa, Politechnika Łódzka

Obieg czynnika chłodniczego i ciepła



Moc wyjściowa jest pięciokrotnie wyższa od poboru mocy



Rys. 2. Współczynnik COP = 5 dla urządzenia VRF w funkcji grzania [3]

przez producentów, jako produkty trzeciej, a nawet czwartej generacji (Toshiba – Super Digital Inverter 4, Daiseikai seria 3, Daikin - VRV®III, Samsung – DVMIII). W jakim kierunku rozwijają się systemy VRF? Analizując nowe wersje systemów i opcje w nich wykorzystywane, możemy wyodrębnić kilka obszarów działań, zmierzających do poprawienia efektywności i sprawności, sposobu i zakresu zastosowania tych systemów.

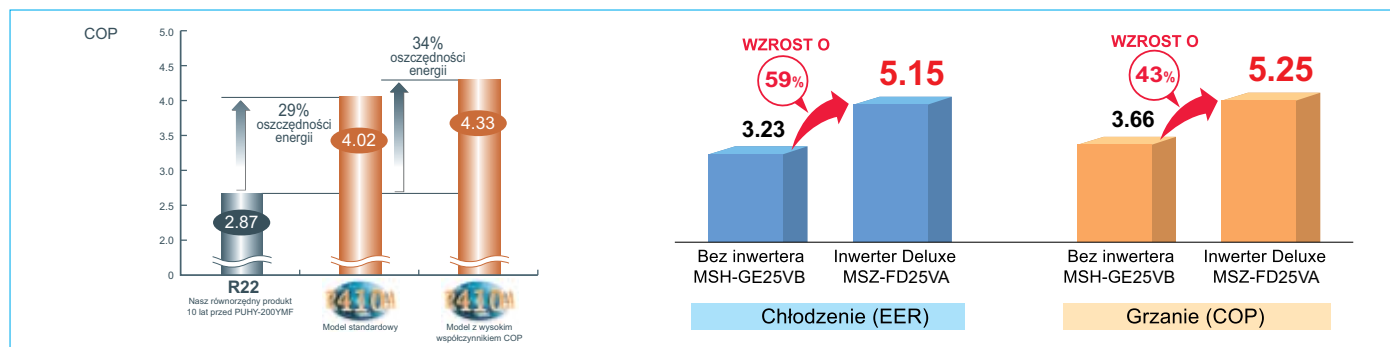
Zwiększenie sprawności energetycznej – wyższe współczynniki COP i EER

Krótko przypominając COP (z ang. Coefficient of Performance) jest to współczynnik wydajności grzewczej, przedstawiony jako

stosunek wydajności grzewczej do pobieranej mocy elektrycznej, a EER (z ang. Energy Efficiency Rating) to współczynnik efektywności chłodniczej przedstawiony jako stosunek wydajności chłodniczej do pobieranej mocy elektrycznej. Współczynniki te obliczamy, dzieląc wielkość uzyskanej wydajności (grzewczej lub chłodniczej) przez rzeczywiste zużycie energii systemu. Im wyższy współczynnik tym efektywność systemu jest uznawana za większą. Poglądowy przykład określania współczynnika COP dla funkcji ogrzewania pokazano na rys. 2.

Poprawy wartości tych współczynników osiągnięte są głównie dzięki ciągłym ulepszeniom sprężarek, lepszym obiegom wymiany ciepła, doskonalszym konstruk-

cjom wymienników, wykorzystaniem sterowania inwerterowego również do silnika wentylatora, a także dzięki udoskonalonemu sterowaniu pracą jednostek. Na rys. 3 przedstawiono sporządzone przez jedną z firm, porównanie wartości COP i EER dla kilku modeli systemu z okresu ostatnich kilkunastu lat. Widać znaczący wzrost tych współczynników, które w trybie grzania osiągają wartości powyżej 5. Należy tutaj jeszcze dodać, że podczas analizy efektywności pracy różnych jednostek, wartości tych współczynników powinno się porównywać w zbliżonych warunkach pracy (temperatura zewnętrzna, wewnętrzna) i w określonych zakresach mocy. Wartość współczynników COP i EER w zależności od

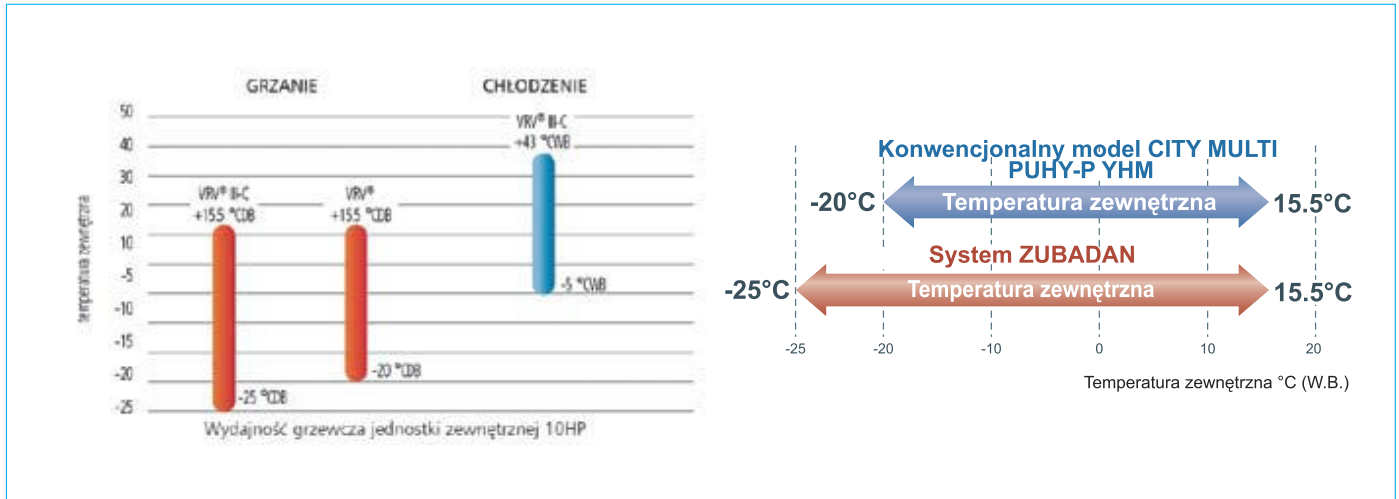


Rys. 3. Porównanie współczynnika COP i EER dla wybranych modeli [3]

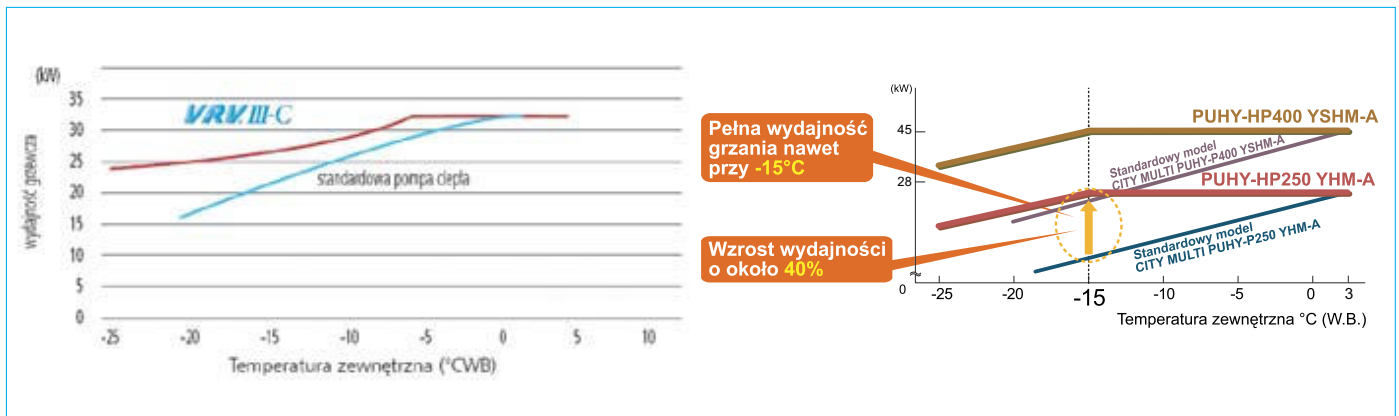
Tabela. Współczynniki EER i COP dla dwururowego ECOi firmy Sanyo [4]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HP | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 |
| EER | 3,74 | 3,54 | 3,50 | 3,45 | 3,38 | 3,63 | 3,54 | 3,51 | 3,49 | 3,44 | 3,43 | 3,41 | 3,38 | 3,50 | 3,47 | 3,47 | 3,45 | 3,42 | 3,43 | 3,40 | 3,38 |
| COP | 4,10 | 4,10 | 3,91 | 3,91 | 3,79 | 4,06 | 4,06 | 3,97 | 3,98 | 3,88 | 3,84 | 3,85 | 3,79 | 4,00 | 3,94 | 3,89 | 3,91 | 3,86 | 3,83 | 3,83 | 3,79 |

Warunki odniesienia: chłodzenie – temperatura wewnętrzna 27°C (t_j) / 19°C (t_m), temperatura zewnętrzna 35°C (t_e) / 24°C (t_m); grzanie – temperatura wewnętrzna 20°C (t_j), temperatura zewnętrzna 7°C (t_e) / 6°C (t_m)



Rys. 4. Temperaturowe zakresy pracy: A – Pompa Ciepła VRV®III-C [2]; B – System Zubadan [3]



Rys. 5. Wydajność grzewcza w zależności o temperatury zewnętrznej: A – Pompa Ciepła VRV®III-C [2]; B – System Zubadan [3]

mocy jednostki dla jednego z najnowszych produktów VRF pokazano w tabeli. Podane pod tabelą temperatury odniesienia jednoznacznie określają warunki pracy zarówno dla trybu grzania jak i chłodzenia.

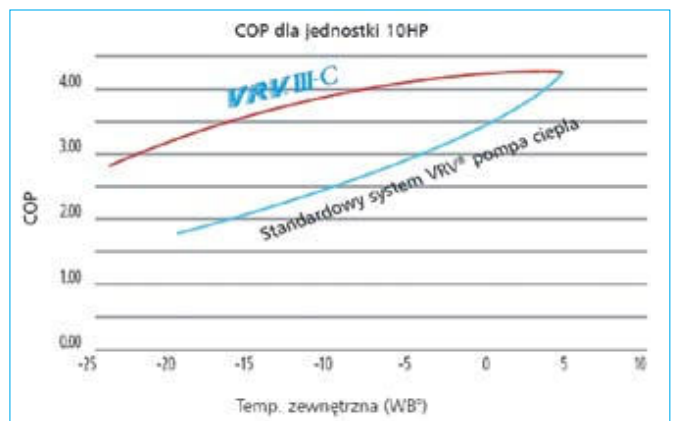
Rozszerzenie zakresu i parametrów pracy

Systemy typu VRF możemy stosować zarówno w zwykłych układach mieszkaniowych, willach, jak również w budynkach komercyjnych, takich jak sklepy, hotele, budynki biurowe, centra handlowe. Układy te muszą więc spełniać coraz większe wymagania i być przystosowane do całorocznej pracy.

Nieustanny rozwój i specjalizacja tych systemów umożliwia dziś pracę urządzeń VRF z wysokimi współczynnikami efektywności energetycznej w rozszerzonym zakresie temperatury. Dla pracy w trybie chłodzenia, -5°C było najniższą temperaturą zewnętrzną, przy której instalacja działała. Obecnie temperatura ta została obniżona do -10°C (3-rurowy system ECOi firmy Sanyo), czy nawet do -20°C za pomocą funkcji chłodzenia technicznego systemu z odzyskiem ciepła (VRV®III firmy Daikin).

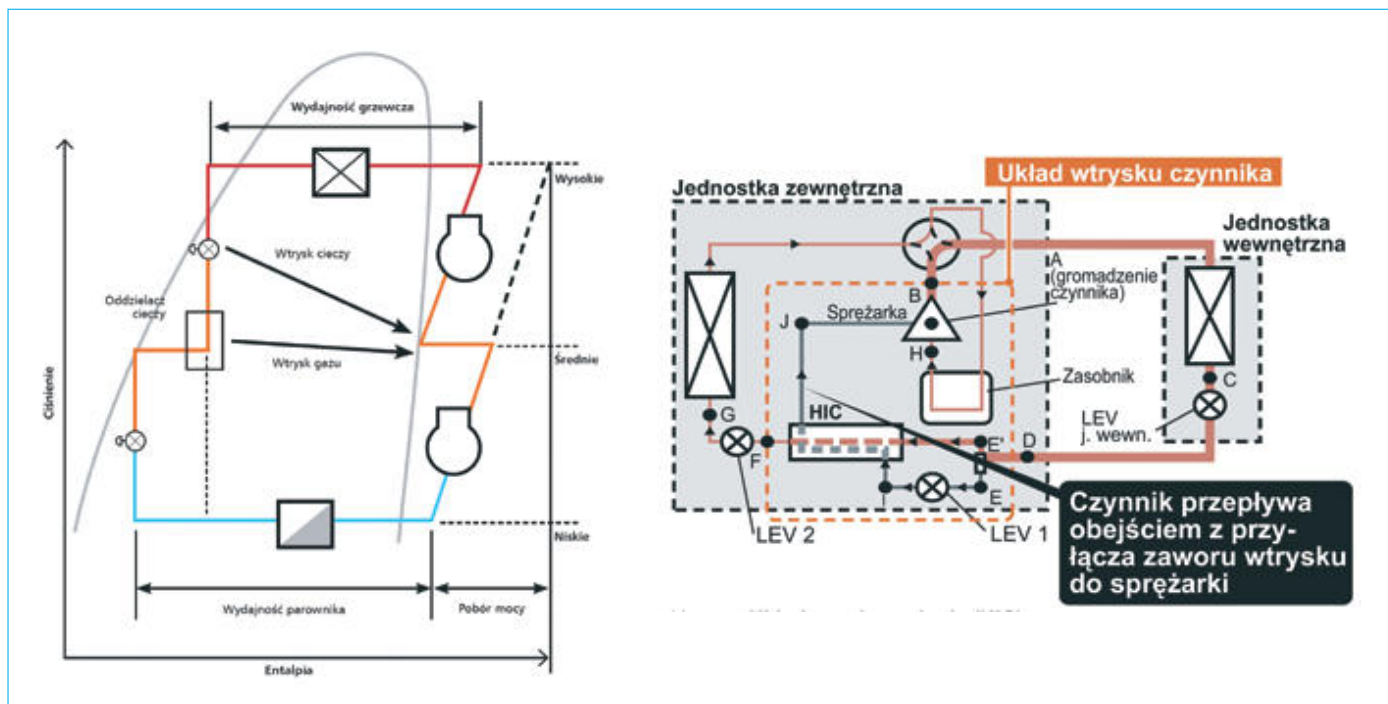
Znaczny postęp osiągnięto dla urządzeń pracujących w trybie grzania. Najnowsze systemy, szczególnie przystosowane do pracy w tym trybie, są wydajne przy temperaturach zewnętrznych dochodzących do -25°C. W niskiej temperaturze zewnętrznej, mają stabilną wydajność grzewczą, co sprawia, że mogą być jedynym źródłem ogrzewania. Dla porównania na rys. 4 pokazano zakresy pracy natomiast rys. 5 przedstawia wydajności grzania najnowszych urządzeń dwóch firm. Dla produktów obu firm, rozszerzony został zakres pracy w trybie grzania do -25°C i urządzenia osiągają w tej temperaturze około 3/4 swojej nominalnej wydajności grzewczej, natomiast współczynnik COP wynosi ok. 3 (rys. 6).

Osiągnięcie takich parametrów było możliwe dzięki zastosowaniu w inwert-



Rys. 6. Wartość współczynnika COP w zależności o temperatury zewnętrznej VRV®III-C [2]

rowych sprężarkach jednostek zewnętrznych, technologii 2-stopniowego sprężania z układem wtłoku czynnika chłodniczego (VRV®III-C – Daikin). Analogiczne rozwiązanie pod nazwą układu „Flash Injection” oferuje Mitsubishi Electric. Po tym jak ciepło zostanie oddane w jednostce wewnętrznej, gaz i ciecz zostają oddzielone w separatorze cieczy. Umożliwia to odzysk czynnika chłodniczego w stanie gazowym



Rys. 7. Dwustopniowe sprężanie: A – schemat na wykresie entalpii i ciśnienia [2]; B – układ „Flash Injection” [3]

i transport (wtrysk) bezpośrednio na wyższy stopień sprężania. Pozwala to na osiągnięcie wyższego ciśnienia w systemie, a w efekcie uzyskuje się stabilną pracę i wyższą wydajnością grzewczą w niskiej temperaturze zewnętrznej (rys. 7). Dzięki zastosowaniu zaawansowanego układu wtrysku czynnika system gwarantuje dłuższe okresy grzania (250 minut w jednym ciągłym cyklu – Zubadan firmy Mitsubishi Electric) oraz znaczne zmniejszenie czasu odszraniania (czas ten został zmniejszony z 10 do 4 minut w systemie VRV®III-C firmy Daikin), zapewniając wyjątkowo stabilną pracę w trybie grzania.

Zastosowanie nowych czynników chłodniczych

Wiodącym obecnie czynnikiem chłodniczym w systemach VRF jest R410A. Jest to nowoczesny czynnik chłodniczy o współczynniku szkodliwości dla warstwy ozonowej bliskiemu zero. Czynnik ten ma wyższe ciepło właściwe niż R407C i R22 stosowane wcześniej. Wyższe ciepło właściwe

daje nam większą zdolność przenoszenia energii. Zastosowanie czynnika R410A pozwoliło na zwiększenie ciśnienia roboczego, przy jednoczesnym obniżeniu spadku ciśnienia w instalacji. Umożliwiło to zastosowanie rurociągów o mniejszej średnicy (rys. 8). W ten sposób uproszczona została instalacja i zmniejszono ilość czynnika w układzie. Oznacza to niższe koszty materiałów, prostszy montaż i mniejszą wymaganą wolną przestrzeń na biegnące w pionie przewody.

Zastosowanie R410A wpłynęło także na długość instalacji. Najbardziej zaawansowane technologicznie systemy VRF umożliwiają wykonanie dłuższej instalacji chłodniczej – aż 165 m (190 m równoważnej długości rur) przy całkowitej długości rur w systemie 1000 m. W przypadku, gdy jednostka zewnętrzna jest zlokalizowana powyżej jednostek

wewnętrznych, różnica wysokości wynosi standardowo 50 m. W przypadku, gdy jednostka zewnętrzna jest zlokalizowana poniżej jednostek wewnętrznych, różnica wysokości wynosi standardowo 40 m. Możliwa jest różnica wysokości w obu przypadkach do maksymalnie 90 m po spełnieniu pewnych warunków. Różnica poziomów pomiędzy jednostkami wewnętrznymi może wynosić 15 m. Za pierwszym odgałęzieniem, różnica pomiędzy największą długością rur a najmniejszą długością rur może wynosić maksymalnie 40 m pod warunkiem, że największa długość rur wynosi maksymalnie 90 m (por. rys. 9).

| Konwencjonalne (R22) | | CITY MULTI R410A | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Rurka gazowa | Rurka cieczowa | Rurka gazowa | Rurka cieczowa |
| φ28.58 | φ12.7 | φ22.2 | φ9.52 |

Rys. 8. Średnice przewodów [mm] dla modelu 28 kW [3]

Ferrolì

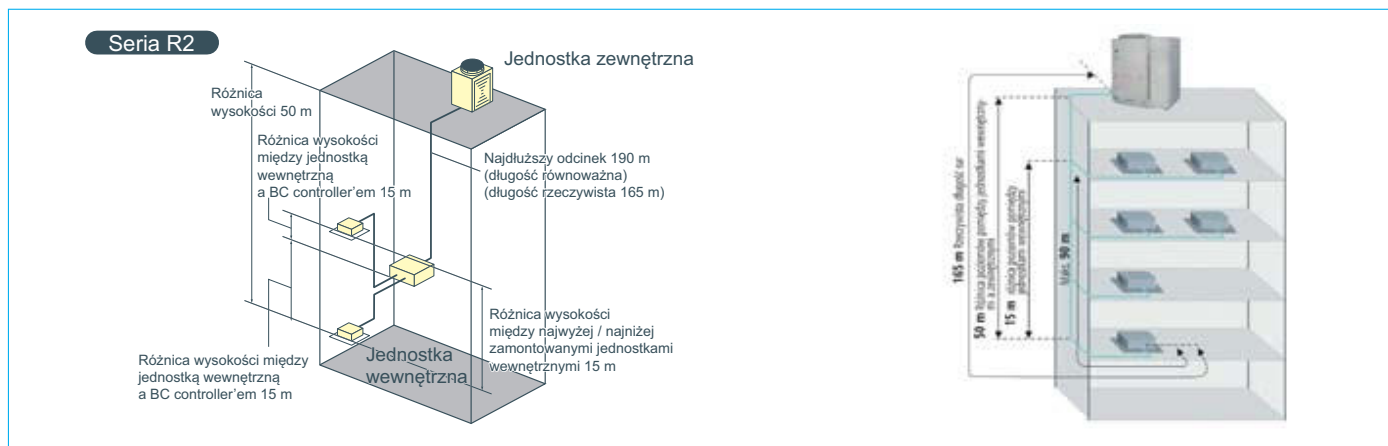
Ferrolì Poland Sp. z o.o.
ul. Gwarków 1, 44-240 Żory

tel. kom.: +48 604 251 222, +48 694 422 758,
tel./fax: (+48 32) 47 33 100, (+48 32) 47 33 573
e-mail: klaudiusz_tudyka@ferrolì.com.pl, www.ferrolì.com.pl

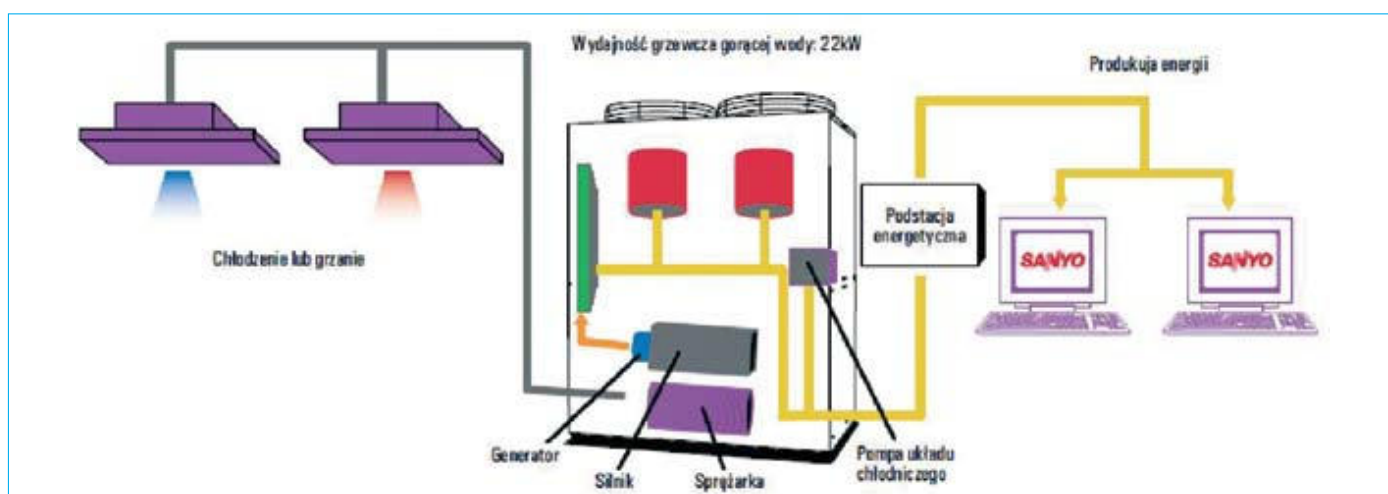


roof-top agregaty wody lodowej centrale wentylacyjne

klimakonwektory producent klimatyzacji przemysłowej



Rys. 9. Przykładowe długości rur w instalacji VRF: A – Citu Multi [3]; B – VRV®III [2]



Rys. 10. Schemat działania układu GHP z generatorem prądu [4]

A może gaz zamiast prądu w systemach VRF?

W opisywanym systemie VRF, sprężarki jednostki zewnętrznej zasilane są elektrycznie. Aby niezależnie sprawne działanie klimatyzacji od poboru energii elektrycznej, zmieniono rodzaj napędu sprężarki w jednostce zewnętrznej. Alternatywnym źródłem energii okazał się gaz. Tak powstał system VRF –GHP (Gas Heat Pump – gazowa pompa ciepła), w którym sprężarka napędzana jest silnikiem gazowym (gaz ziemny lub LPG) o zmiennych obrotach wału napędowego, co umożliwia oczywiście uzyskiwanie wymaganej w danej chwili ilości czynnika chłodniczego. Ogrzewanie bazuje na 4 źródłach ciepła, takich jak:

- powietrze zewnętrzne – pompa ciepła,
- ciepło odpadowe z silnika,
- ciepło pobierane z pomieszczeń chłodzonych (system z odzyskiem ciepła),
- gaz.

System GHP-VRF wprowadzony przez firmę SANYO zapewnia szybkie i wydajne chłodzenie/grzanie oraz umożliwia odebranie ciepła odpadowego od wody chłodzącej silnik, w celu późniejszego wykorzystania

w układzie chłodniczym. Dodatkowo, ciepło odpadowe z silnika może posłużyć w trybie grzania do zapobiegania oblodzeniu wymiennika ciepła. Oznacza to brak konieczności odszraniania i tym samym zapewnione ciągłe grzanie. W trybie chłodzenia ciepło odpadowe z silnika może zostać wykorzystane do podgrzania ciepłej wody użytkowej nawet do temp. 75°C. Najnowszy model ECO G Power bazujący na technologii GHP jest absolutnym przełomem jeżeli chodzi o nowoczesne systemy klimatyzacyjne. Agregat prądotwórczy wytwarza energię elektryczną o mocy około 4 kW ze sprawnością wyższą od 40%. Agregat może zasilić wszystkie jednostki wewnętrzne systemu, czyniąc go niezależnym od zasilania sieciowego.

Rozwój innych elementów układów VRF

Przedstawione w artykule kierunki rozwoju w systemach typu VRF nie obejmują całości zagadnienia. Aby zoptymalizować pracę wielu jednostek jednocześnie, niezbędne jest odpowiednie sterowanie. Obsługa układu bez właściwego systemu sterowania, może okazać się bardzo kosztowna. Oprócz poniesionych kosztów, niewłaściwe sterowanie spowoduje również spadek efektywności

systemu. Wraz z rozwojem przemysłu elektrotechnicznego, postęp członu sterowania systemów VRF wydaje się oczywisty. Rozwój tego sektora potwierdzają praktycznie wszyscy producenci systemów ze zmienną ilością czynnika chłodniczego.

Bardzo istotny jest także kierunek działalności związany z rozbudową jednostek wewnętrznych, zmianami w ich wyglądzie, nowymi funkcjami pracy. Stosowanie nowych technologii filtracji, cichsza praca, nowe sposoby dostarczania powietrza, to możliwości szerokiego pola manewru dla producentów. Ze względu na obszerność materiału, wspomniano tylko o tych zagadnieniach, zapowiadając wkrótce oddzielne omówienie.

LITERATURA

- [1] Cebulski Zbigniew: „Zastosowanie pomp ciepła w urządzeniach typu VRF”. CHŁODNICTWO&Klimatyzacja 12/2007.
- [2] Materiały informacyjne firmy Daikin.
- [3] Materiały informacyjne firmy Mitsubishi Elekrik.
- [4] Materiały informacyjne firmy Sanyo.
- [5] Materiały informacyjne firmy Toshiba.