

Огляд мультизональних систем

У попередньому номері журналу «Холод» ішлося про будову внутрішніх блоків мультизональних систем кондиціонування повітря (VRF), системи фреонових проводів, особливості монтажу EPB. У цій частині статті автор пропонує зупинитися на зовнішніх блоках — серці мультизональних систем: розглянути їх конструктивні особливості та інші технічні тонкощі, за якими ці системи розподіляють на три сегменти

Особливості конструкції компресорів зовнішнього блоку мультизональної системи

Нині використовуються три основні схеми керування потужністю VRF-систем, як то:

- Інверторна. У цьому випадку компресор (компресори) зовнішнього блоку мають інверторне керування.
- Багатокомпресорна схема, у якій потужність регулюється ввімкненням і вимкненням трьох і більше компресорів різної потужності (On-Off).
- *Digital Scroll*. Використання компресорів *Digital Scroll* компанії *Copeland*, що мають неінверторне регулювання потужності.

Не будемо розглядати детально багатокомпресорну систему зі стандартними компресорами, щоб не забирати час у читача. Скажемо тільки, що принцип примітивний і має бути зрозумілий усім: чим вища потреба

в охолодженні або нагріванні, тим більше компресорів ввімкнено. Відповідно, регулювання потужності має ступінчастий характер, в той же час крок регулювання не завжди однаковий (залежно від сумарної холодопродуктивності зовнішнього блоку).

Що ж таке інверторне керування продуктивністю компресора?

В інверторному кондиціонері використовується інверторний електричний ланцюг (власне інвертор), щоб перетворити змінний струм на постійний, а потім знову з постійного на змінний. Упродовж другого перетворення напруга й частота струму змінюються, що дає змогу повільно змінювати швидкість обертання компресора й, відповідно, продуктивність кондиціонера.

Усі компресори, використовувані в мультизональних системах, як правило, мають трифазне електроживлення. Виняток становлять деякі моделі, що належать до класу міні-VRF, які випускаються й в однофазному варіанті.

Отже, ми маємо компресор, напруга електроживлення якого 380 В змінного струму.

Автор



Євген Дем'яненко,
директор
«Клондайк Інжиніринг»

Але частота в мережі становить 50 Гц. Яким чином ми змінюємо продуктивність компресора? Який принцип регулювання обраних, амплітудна чи частотна модуляція?

У сучасних системах використовуються високошвидкісні спіральні інверторні компресори, зовнішній вигляд і складові частини яких представлено на рис. 4.

Змінювання продуктивності відбувається за рахунок змінювання частоти обертання рухомої спіралі. Для змінювання частоти обертання застосований метод частотного регулювання (перетворення, або інвертування частоти-носія електромережі). У спеціальному модулі (плата інвертора) відбувається зміна частоти напруги в діапазоні від 36 до 210 Гц перетворенням змінного струму на



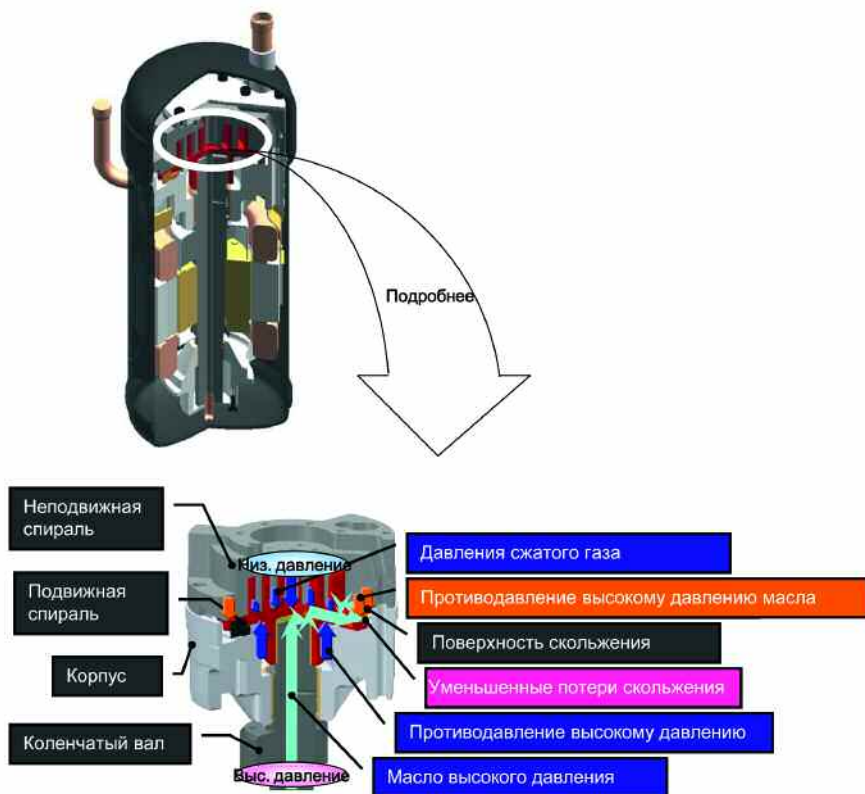


Рис. 4. Конструктивные особенности спирального инверторного компрессора

постійний, а потім на змінний, але вже з іншою частотою й амплітудою.

У міру зростання потреби в охолодженні та нагріванні відбувається плавна зміна частоти обертання спіралі, у результаті чого змінюється обсяг холодоагенту, що стискається до тиску конденсації в одиницю часу. Як результат змінюється кількість сконденсованого холодоагенту, який у вигляді рідини прямує до внутрішніх блоків у системі рідинного фреонопроводу.

Другий, також досить розповсюджений, тип компрессора — *Digital Scroll* від компанії *Copeland*, що став основою для створення

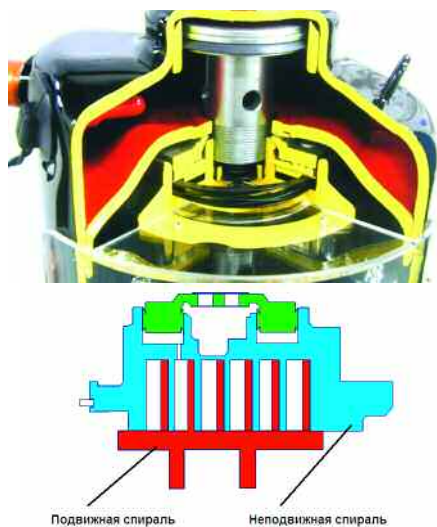


Рис. 6. Розріз спірального блока

мультизональних систем *LG, Samsung, Midea* та ін. Зовнішній вигляд компрессора представлено на рис. 5. На відміну від звичайних компрессорів, у яких бачимо два патрубки для приєднання до контуру холодоагенту, в цьому компрессорі є третій патрубок з установленим на ньому електромагнітним клапаном. Яку роль виконує цей пристрій? Відповідь на це запитання криється в особливостях конструкції компрессора. У традиційних спіральних компрессорах з інверторним керуванням рухома спіраль обертається в одній — горизонтальній — площині, а змінювання продуктивності відбувається за рахунок змінювання частоти обертання двигуна.

У цьому компрессорі рухома спіраль не тільки обертається в горизонтальній площині, але й переміщується у вертикальній



Рис. 5. Спіральний компрессор *Digital Scroll Copeland*

щодо нерухої спіралі, змінюючи в такий спосіб ступінь стиснення, за рахунок чого й відбувається зміна продуктивності за постійної частоти обертання двигуна.

Механізм регулювання продуктивності, тобто зміни положення рухої спіралі, представлено на рис. 6. Виробник декларує більш високий ступінь надійності *Digital Scroll* порівняно з традиційними інверторними компрессорами, аргументуючи це більшою надійністю механічного приводу порівняно з електронним керуванням. Аргумент спірний, як на мій погляд, але ми повернемося до цього трохи пізніше. А зараз більш детально розглянемо принцип регулювання в цьому типі компрессора.

На рис. 7 добре видно, що відбувається під час роботи компрессора.

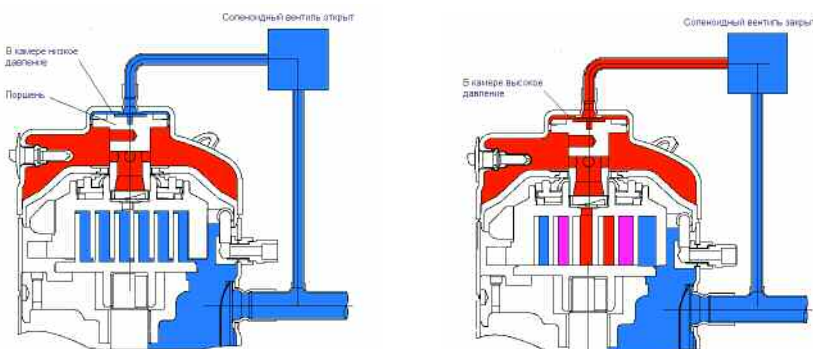


Рис. 7. Регулювання продуктивності компрессора *Digital Scroll Copeland*

Таблиця 5. Повнорозмірні VRF-системи, продані в Україні з 1999 по 2007 рік

Марка	Інверторні		Неінверторні		Загалом
	Електроенергія	Газ	On-Off	DigitalScroll	
Daikin	329				329
Toshiba	154		6		160
Sanyo	64	14	9		87
Fujitsu			55		55
Midea				50	50
General			48		48
LG	40				40
MHI	33				33
ME	25				25
Haier			12		12
McQuay				12	12
Samsung				6	6
Gree				3	3
OEM Midea				40	40
Загалом	645	14	130	111	900

Джерело: «Литвинчук Маркетинг» (Москва, Росія)

Принцип роботи компресора з імпульсним регулюванням продуктивності (Digital Scroll Compressor)

У спіральному компресорі з імпульсним регулюванням продуктивності використовується принцип осьового ущільнення рухомої і нерухомої спіралей. Герметичність ущільнення може змінюватися за допомогою осьового переміщення диска з нерухою спіраллю. Для зміни герметичності ущільнення використовується байпасна лінія між боком всмоктування компресора і порожниною з проміжним тиском, що міститься над диском із нерухою спіраллю.

Коли електромагнітний клапан PWM відкритий, тиск у порожнині знижується, тиск стиснення стає вищим за тиск над диском із нерухою спіраллю — і нерухома спіраль переміщається вгору. Порожнина з високим тиском з'єднується із входом компресора, і компресор розвантажується.

Коли електромагнітний клапан закритий, диск із нерухою спіраллю опускається вниз, досягається повна герметичність ущільнення спіралей — і компресор навантажується. Змінюючи співвідношення часу відкриття і закриття електромагнітного клапана, можна регулювати продуктивність компресора.

Принцип керування продуктивністю компресорів Digital Scroll

Періодично навантажуючи й розвантажуючи компресор, можна регулювати витрату

холодоагенту в системі. Один період навантаження і розвантаження компресора називається керувальним циклом. Зазвичай тривалість керувального циклу триває 10-12 с. Змінюючи співвідношення часу розвантаження і навантаження, можна змінити витрату холодоагенту.

Припустимо, повна продуктивність компресора становить 10 к. с., а тривалість керувального циклу — 20 с. Якщо необхідна продуктивність 5 к. с. (50% від повної продуктивності), час завантаження компресора має становити 50% від тривалості керувального циклу, тобто періоди розвантаження і завантаження мають дорівнювати 10 к. с. Якщо необхідна продуктивність 2 к. с. (20% від повної продуктивності), час завантаження компресора має становити 20% від тривалості керувального циклу, тобто період завантаження має дорівнювати 4 с, а розвантаження — 16 с. Цей принцип правдивий для будь-якої продуктивності.

Отже, шановний читачу, який висновок можна зробити, прочитавши опис принципу регулювання продуктивності для двох типів компресорів?

У випадку інверторного компресора ми бачимо цілком зрозумілий і логічний принцип — плавне збільшення кількості обертів і, відповідно, плавну зміну продуктивності, тобто частотно-амплітудну модуляцію. Відсутність будь-яких ступенів, кроків регулювання дає змогу чітко підтримувати баланс між потребою в охолодженні та обігріванні і споживаною енергією, забезпечуючи тим самим високий рівень комфорту в обслуговуваних приміщеннях та належний показник енергоефективності.

У випадку з компресором Digital Scroll ми маємо не що інше, як широтно-імпульсну модуляцію. Є періоди завантаження компресора протягом певних проміжків часу і є періоди розвантаження. Відповідно, і споживання енергії в ці періоди різне, тому сумарна енергоефективність такої системи — певна усереднена величина, що є результатом нехитрих математичних обчислень. Зрозуміло, можна перетворити це на конкретні цифри, здобуті у процесі експлуатації двох різних систем, однак я не ставлю перед собою такого завдання. Мені важливо показати відмінності, що визначають вартість, положення в рейтингу і ступінь інженерної досконалості різних типів обладнання.

Табл. 6. Алгоритм роботи компресорів у двокомпресорному зовнішньому блоці VRF-системи

Крок №	INV (Гц)	STD1
1	52	OFF
2	56	OFF
3	62	OFF
4	68	OFF
5	74	OFF
6	80	OFF
7	88	OFF
8	96	OFF
9	104	OFF
10	110	OFF
11	116	OFF
12	124	OFF
13	132	OFF
14	144	OFF
15	158	OFF
16	166	OFF
17	176	OFF
18	188	OFF
19	202	OFF
20	210	OFF
21	52	ON
22	62	ON
23	68	ON
24	74	ON
25	80	ON
26	88	ON
27	96	ON
28	104	ON
29	116	ON
30	124	ON
31	132	ON
32	144	ON
33	158	ON
34	176	ON
35	188	ON
36	202	ON
37	210	ON

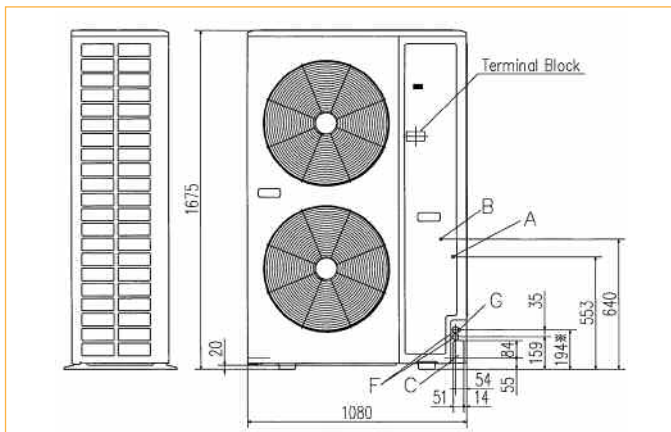


Рис. 8. Зовнішній блок VRF-системи MHI серії KX6

Особливості регулювання продуктивності компресорів

У табл. 5 наведені дані про продажі обладнання різних брендів з різними типами компресорів в Україні. На мій погляд, ця таблиця наочно ілюструє місце на ринку кожного з описаних типів керування продуктивністю компресорів.

Із табл. 5 видно, що на ринку переважають системи з інверторним регулюванням потужності. Особливо яскраво це видно на ринку міні-VRF, де всі представлені в Україні моделі — інверторного типу.

Але повернімося до порівняння надійності двох принципів регулювання, про який я написав вище.

Не буду заперечувати, що модуль інвертора є головною деталлю у системі з інверторним компресором. Основою модуля є потужні транзистори, об'єднані в єдиний блок, який установлений на радіаторну пластину для відведення тепла. Для тран-

зисторів (неважливо, якої вони потужності) головною загрозою є високі струми, що виникають у ланцюзі комутації. Тому вимоги, що висуваються до параметрів напруги в електромережі, досить високі. Хоча якщо розглянути цей параметр з точки зору абсолютних величин, то для більшості інверторних систем

преміум-класу діапазон коливань напруги в електромережі становить 360—440 В, що, погодьтеся, цілком прийнятно навіть у наших не завжди ідеальних умовах.

На жаль, часто доводиться мати справу з тим, що замовник, заощаджуючи кошти, намагається підвести живлення від найближчого ТП, усвідомлюючи, що воно й так перевантажене або не має необхідного запасу потужності (особливо часто це відбувається у старих районах міст або сільській місцевості). А монтажник і проектувальник, боячись втратити клієнта, скромно мовчать про всі згубні для техніки наслідки такого рішення. От і трапляються неприємності, яких можна було уникнути, належно поставившись до дорогої та якісної техніки.

А що ж у випадку з *Digital Scroll*? Адже цей компресор, оскільки в ньому немає модуля інвертора, здається захищеним від подібних проблем. Так, цей тип компресорів захищений від суттєвих коливань в електромережі, хоча він і має обмеження

щодо відхилення від номінальної напруги в електромережі (втім, як і вся електрична техніка, чи то LCD-телевізор, чи то проста праска).

Однак для цих компресорів є інша загроза, а саме потрапляння сміття в систему фреонопроводів під час монтажу або утворення сажі у процесі роботи, якщо система перевантажена і температура конденсації балансує на грані аварійної зупинки. Але я хочу звернути увагу на першу ситуацію, що трапляється частіше.

Ті, хто хоч раз монтував мультizonальну систему, знають, як довго можуть виконуватися монтажні роботи на, здавалося б, простому об'єкті (наприклад, котедж у приміській зоні). У моїй пам'яті спливають об'єкти, які будувалися по два-три роки, з постійними переміщеннями чи заміною моделей внутрішніх блоків тощо. У результаті фреонопроводи залишаються без заглушених кінців і, як наслідок, усередину потрапляє все будівельне сміття і пил, що в достатній кількості утворюється в процесі робіт.

Мені можуть заперечити, наприклад, що перед запуском системи в газовий трубопровід можна встановити фільтр, який вбере в себе все сміття, що потрапило в систему під час монтажу. Що я можу відповісти? Так, фільтр можна встановити. Більше того, вибравши дорогий фільтрувальний елемент, можна зібрати не тільки пил, але й залишки вологи. Однак як часто ви це робили? Як часто ви запускали систему в режимі охолодження (тільки у цьому режимі фільтрувальний елемент буде ефективним)? Нехай кожен читач сам відповість на ці запитання. Але тільки чесно, хоча б для себе.

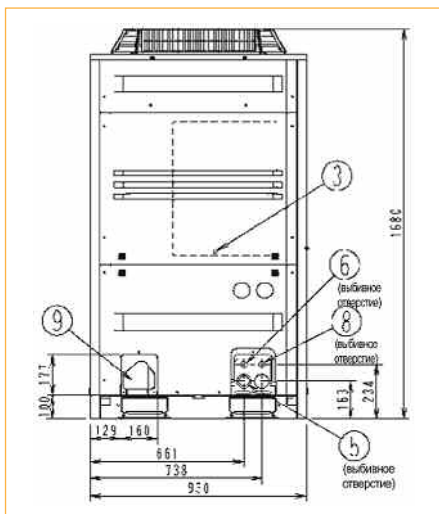


Рис. 9. Зовнішній блок мультizonальної системи VRV8 Daikin

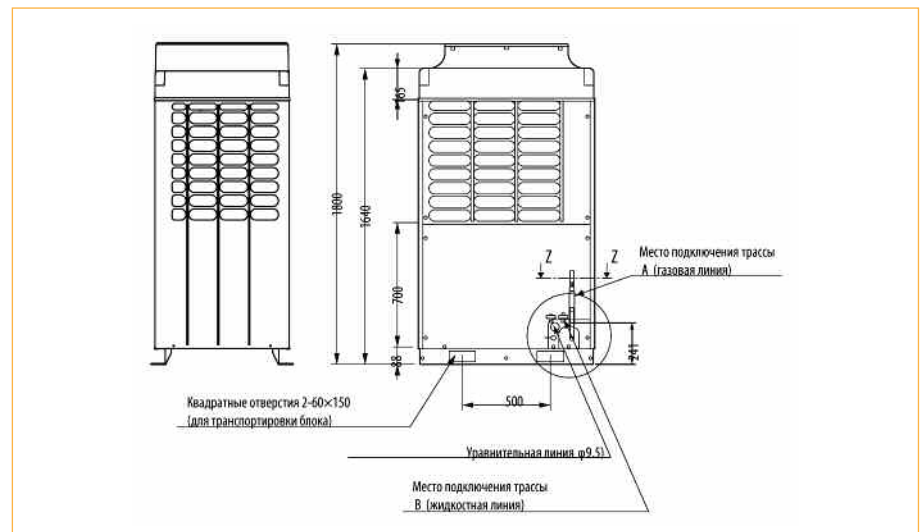


Рис. 10. Зовнішній блок VRF-системи Toshiba

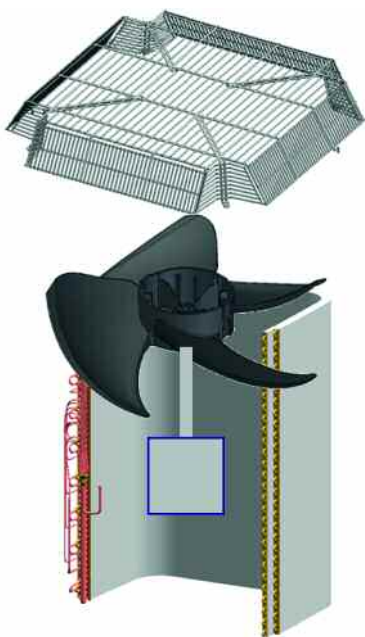


Рис. 11. Основні частини сучасного зовнішнього блока

От і виходить, що сміття, яке потрапило в систему і досягло вузла регулювання продуктивності, може з легкістю блокувати роботу цієї механічної системи або суттєво знизити її ефективність, перебивши частину перерізу регулювальних пристроїв.

Як бачите, немає досконалих механізмів, хоча розробники постійно шукають шляхи вдосконалення обладнання, зокрема з точки зору захисту від впливу негативних (в основному пов'язаних із людською діяльністю) факторів.

Керування компресорами зовнішніх блоків

Розповідаючи про компресори, не можна не торкнутися питання їх кількості у зовнішніх блоках і призначення других, або додаткових, компресорів.

Як правило, у зовнішніх блоках потужністю від 12 к. в. використовуються два або три компресори. Залежно від потужності зовнішнього блока продуктивність компресорів може бути як однаковою, так і відрізнятися, але здебільшого основний компресор завжди є більш продуктивним, ніж додатковий. Для чого ж слугують додаткові компресори?

Як я вже писав, мультизональні системи призначені для обслуговування великих об'єктів. Як правило, на таких об'єктах значення має не тільки фактор орієнтованості за різними сторонами світу, але й різний ступінь теплової завантаженості приміщень. Додавши до цього більші довжини фреонових магі-

стралей і вплив температури зовнішнього повітря, матимемо необхідність в окремі моменти збільшити продуктивність компресора для забезпечення потрібної витрати холодоагенту, а точніше його конденсації.

Саме для цього й призначений другий або два додаткові компресори. У момент коли основний компресор досягає максимального значення продуктивності, про що свідчить частота напруги в електромережі, до роботи долучається додатковий, забираючи на себе частину навантаження. У табл. 6 представлений алгоритм роботи компресорів двокompресорного зовнішнього блока (один компресор інверторний, а інший – стандартний).

Як видно з таблиці, інверторний компресор забезпечує потреби системи аж до частоти 210 Гц, після чого починає працювати стандартний. З цього моменту стандартний компресор забезпечує поточну потребу системи, а інверторний продовжує плавно регулювати на зміни потреби в додатковій потужності. Отже, протягом усього діапазону по-

тужності, припустимої для зовнішнього блока цієї потужності, ми маємо можливість плавного регулювання продуктивності, забезпечуючи у такий спосіб змінну витрату холодоагенту.

У інших виробників, таких як *Mitsubishi Heavy Industries*, використовуються два інверторні компресори, але від цього алгоритм роботи й призначення другого компресора не змінюється. Завданням другого компресора є і залишається забезпечення потреби у вищій продуктивності системи за умови збереження можливості плавного регулювання загальної потужності зовнішнього блока.

До речі, з приводу переваг і недоліків систем із двома інверторними компресорами і систем, у яких один компресор інверторний, а інші – стандартні, фахівці так і не дійшли єдиної думки. На мій погляд, суперечка з цього питання може тривати нескінченно і виходить далеко за межі суто технічного аспекту. Кожен виробник і, відповідно, дистриб'ютор того чи іншого бренду знайдуть

Улучшенная геометрия рабочего колеса вентилятора – меньше завихрение воздушного потока

Осевой вентилятор новой конструкции с большим рабочим колесом
 Волнообразная направляющая кромка
 Диаметр колеса увеличен с 630 до 710 мм
 Форма лопастей улучшает аэродинамические характеристики рабочего колеса, снижает сопротивление воздуха и уровень шума

Теплообменник внешнего блока
 - Компактный теплообменник с подачей воздуха с четырех сторон
 - Благодаря новой конструкции повышена эффективность теплообмена
 Профиль оребренной трубки теплообменника

Инвертор с векторным управлением
 Высокоэффективные двухскоростные компрессора постоянного тока с инверторным приводом на R410A
 Новая плата управления
 Плавное регулирование повышает эффективность и снижает уровень шума

	R410A	R407C
Нулевой коэффициент разрушения озона	0	0
Теплотехническая эффективность (COP)	147%	100%
Потребляемая мощность (кВт)	56%	100%

Хладагент R410A
 Нулевой коэффициент разрушения озона. Экологическая безопасность необходима для современной системы кондиционирования

Двухскоростный компрессор пост. тока
 Каждый внешний блок оснащен двумя двухскоростными компрессорами постоянного тока (DC) с инверторным приводом

Рис. 12. Пример зовнішнього блока системи класу «стандарт»

тисячі аргументів, що доводять правильність їхнього технічного рішення. Я ж під час написання цієї статті ставив перед собою інші цілі. Моє завдання — розповісти про наявні системи, а вже яку систему або який бренд обрати, нехай вирішує споживач, проектувальник чи монтажник.

Отже, шановний читачу, ми обговорили різні типи керування компресорами, що забезпечують змінну витрату холодоагенту в мультизональній системі VRF.

Конструктивні особливості зовнішніх блоків

Чим іще, крім компресорів, відрізняються представники різних сегментів цього обладнання? Насамперед слід згадати про габаритні розміри зовнішніх блоків, що є доволі важливим чинником за обмеженої площі для розміщення обладнання. Для порівняння я взяв рівні за номінальною продуктивністю зовнішні блоки, а саме 28 кВт (так звана «десятка» — 10 к. с.).

На рис. 8 представлений зовнішній блок системи VRF від MHI нового покоління добре відомої серії KX. У цьому випадку це KX6. Як видно з рисунка, блок вийшов досить компактним, завдяки чому дає змогу реалізувати складні інженерні рішення в тих випадках, коли простір для встановлення зовнішніх блоків обмежений.

Близько року назад я брав участь у розробленні концептуальної ідеї для однієї з новобудов. У початковому варіанті проекту площа, відведена для встановлення зовнішніх блоків мультизональних систем кондиціонування, була обмежена. Цей фактор і визначив вибір бренду, тому що жоден зовнішній блок (крім KX6) не міг бути розміщений на цій площі. Складність полягала ще й у неможливості викидання відпрацьованого повітря вгору, як це передбачено у зовнішніх блоках такої самої потужності VRVIII виробництва компанії Daikin (рис. 9).

Однак площа, що її займає зовнішній блок, також невелика, що дає змогу розміщувати зовнішні блоки системи на даху або зовнішніх балконах будівлі. Головна вимо-

га — безперешкодне викидання повітря, що унеможливує закільцювання потоку, яке може призвести до зростання температури конденсації, і як наслідок — до зниження холодопродуктивності зовнішнього блока.

Представники сегменту «стандарт» також не обійшли увагою вимоги, що висуваються до габаритів зовнішніх блоків. На рис. 10 показаний зовнішній блок мультизональної системи Toshiba. Як може бачити читач, він ненабагато перевищує габарити більш дорогих моделей.

Хотілося б відзначити той факт, що сучасні мультизональні системи, які працюють на озонобезпечному холодоагенті R410A, містять у собі всі новітні розробки у сфері



Рис. 13. Декілька зовнішніх блоків об'єднаних у одну систему

кондиціонування, до яких належить спеціальна нарізка всередині труб, із яких складаються конденсатор і випарник, зміна профілю ламелей, що створюють оребрення конденсатора й випарника тощо, за рахунок чого вдалося досягти високої ефективності відведення тепла і суттєвого зменшення розмірів конденсатора та випарників внутрішніх блоків.

На рис. 11 показані складові частини сучасного зовнішнього блока. Високоєфективний вентилятор забезпечує не тільки необхідну витрату повітря через конденсатор, але й низький рівень шуму, що досить важливо в умовах щільності сучасної забудови міст. Подібний конденсатор, як правило, трирядний, що відрізняється компактними розмірами й високою ефективністю. І захисна решітка поліпшеної конфігурації не тільки зберігає лопаті вентилятора від пошкодження предметами, що випадково туди потрапи-

ли, але і створює мінімальний опір повітряному потоку.

На рис. 12 представлений приклад зовнішнього блока системи класу «стандарт». Як я вже писав, кожний виробник вносить конструктивні зміни у зовнішні блоки своїх систем для досягнення максимальної ефективності та підвищення конкурентоспроможності бренду на ринку мультизональних систем.

Збільшення потужності VRF-систем

Тривалий час мультизональні системи кондиціонування програвали традиційним системам на основі «чилер — фен-койл» під час розроблення проектів систем кондиціонування великих офісних, адміністративних і готельних комплексів. Пов'язано це було з обмеженими можливостями сумарної продуктивності систем.

Наприклад, сумарна потреба в охолодженні становить 540 кВт. Для розв'язання цього завдання добре підходить один чилер і певна кількість фен-койлів. Усе просто і зрозуміло з точки зору інвестора: один зовнішній блок (чилер) і набір внутрішніх (фен-койли). І вартість такої системи виходила відносно не-

високою (порівняно із системою VRF). А вже донедавна для забезпечення такої холодопродуктивності знадобилося б майже 20 зовнішніх блоків, кожний із яких потужністю 28 кВт. Це зумовлювало й високу вартість системи в цілому, оскільки основну вартість у проекті становлять зовнішні блоки. Та й сумарна довжина фреонопроводів і перепад висот у попередніх поколіннях мультизональних систем були набагато скромнішими.

Сьогодні (завдяки застосуванню нового холодоагенту, сучасних компресорів та суттєвим змінам у конструкції зовнішніх блоків) з'явилася можливість об'єднання декількох зовнішніх блоків у одну систему з єдиним контуром холодоагенту та інформаційним зв'язком. На рис. 13 представлений один із варіантів такої системи.

(Продовження в наступному номері)

