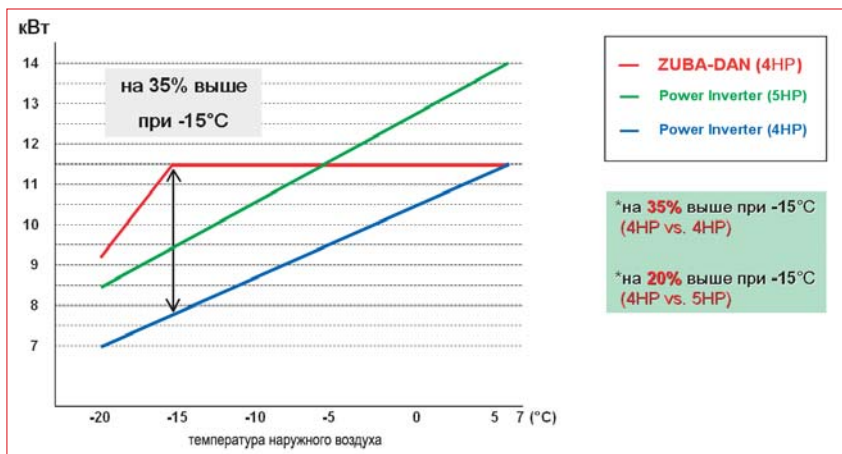


# ZUBA-DAN – кондиционер или нагревательный прибор?

Компания Mitsubishi Electric заканчивает полевые испытания систем серии ZUBA-DAN. На японском языке это обозначает «супер обогрев». Известно, что производительность тепловых насосов, использующих для обогрева помещений низкопотенциальное тепло наружного воздуха, уменьшается при снижении температуры наружного воздуха. И это снижение весьма значительное: при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  теплопроизводительность на 40 % меньше номинального значения, указанного в спецификациях приборов и измеренного при температуре  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Именно по этой причине в нашей стране воздушные тепловые насосы не рассматривают как полноценный нагревательный прибор. Отношение к ним может коренным образом измениться с появлением кондиционеров серии ZUBA-DAN.

Графики на рис. 1. иллюстрируют изменение теплопроизводительности системы в зависимости от температуры наружного воздуха. Для серии ZUBA-DAN производительность системы практически не уменьшается до температуры  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сохраняя номинальное значение. И только при более низкой температуре теплопроизводительность начинает уменьшаться, но даже при этом сохраняется явное преимущество над моделями передовой инверторной серии Mr. SLIM POWER INVERTER. На графике хорошо видно, что при температуре наружного воздуха  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  кондиционер серии ZUBA-DAN типоразмера 4HP (номинальная теплопроизводительность около 11 кВт) выделяет на 1 кВт больше тепла в помещение, чем кондиционер серии POWER INVERTER типоразмера 5HP (номинальная теплопроизводительность около 14 кВт). Еще более показательное сравнение моделей одинаковой номинальной производительности (синяя прямая на графике).

Столь выдающиеся результаты достигнуты благодаря использованию спирального компрессора



■ Рис. 1. Сравнение теплопроизводительности систем серий ZUBA-DAN и POWER INVERTER

специальной модификации и технологии двухфазного впрыска хладагента. Гидравлический контур имеет сложную структуру: он оснащен тремя расширительными вентилями с электрическим приводом, которые обеспечивают двухступенчатое дросселирование хладагента и оптимизацию процесса впрыска хладагента в компрессор. Управляющая программа наружного блока регулирует частоту вращения инверторного компрессора, вентилятора наружного теплообменника и степень открытия расширительных вентилях с

помощью приводных шаговых электродвигателей. Таким образом, прибор имеет множество степеней свободы и может точно подстроиться под специальные условия эксплуатации. Завод-изготовитель подтверждает работоспособность системы в режиме обогрева при температурах наружного воздуха до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Но заложенные в основу работы системы методы позволяют функционировать при существенно более низких температурах. Поэтому, вполне вероятно, что указанное значение не является строгим ограничением.

На рис. 2 приведен фрагмент записи результатов тестирования полупромышленного кондиционера Mr. SLIM серии ZUBA-DAN на северном японском острове Хоккайдо. В момент начала записи (16:00) температура наружного воздуха составляла  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом температура воздуха на выходе внутреннего блока была около  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ночью похолодало, температура наружного воздуха понизилась ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом температура воздуха, выходящего из внутреннего блока, уменьшилась до  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Важно отметить, что режим оттаивания наружного теплообменника (неизбежный для тепловых насосов) включается 1 раз в 2,5 часа и его продолжительность составляет всего 3 минуты. В режиме оттаивания температура воздуха на выходе внутреннего блока соответствует комнатной температуре. В обычных системах средняя теплопроизводительность оказывается на 5–10 % меньше номинального значения, которое дается без учета режима оттаивания. В системах серии ZUBA-DAN оттаивание несущественно уменьшает среднюю теплопроизводительность. На графике видно, что даже ночью при минимальной температуре снаружи кондиционер поддерживает в помещении температуру  $22\text{--}23\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Другим важным параметром теплового насоса является время

### Системы охлаждения/обогрев ZUBA-DAN INVERTER

Наружный блок	Холодо/тепло-производительность номинальная, кВт	Холодо/тепло-производительность максимальная, кВт
PUHZ-HRP71VHA	7,1/8,0	8,0/11,2
PUHZ-HRP100VHA	10,0/11,2	11,2/14,2
PUHZ-HRP100YHA	10,0/11,2	11,2/14,2
PUHZ-HRP125YHA	12,5/14,0	14,0/18,2

выхода на номинальную производительность после первого включения или после окончания очередного режима оттаивания. Чем меньше инерционность и короче переходный процесс, тем выше средняя теплопроизводительность системы и меньше отклонение температуры в помещении от целевого значения. На рис. 3 показано сравнение системы ZUBA-DAN с обычной инверторной системой. Температура воздуха, выходящего из внутреннего блока системы ZUBA-DAN, достигает значения  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  вдвое быстрее (10 минут), чем инверторная система (19 минут). А после выхода на стабильный режим температура воздуха на выходе системы ZUBA-DAN достигнет значения  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при температуре наружного воздуха  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

#### Как это работает

В тепловых насосах давление всасывания компрессора уменьшается при понижении температуры наружного воздуха. Степень сжатия увеличивается, а объемная эффективность компрессора сни-

жается, в результате чего производительность системы становится меньше. Эффективность компрессора тоже снижается, электропотребление увеличивается, и температура сжатого газа (температура нагнетания) становится очень высокой. Повышенная температура нагнетания приводит к ухудшению сма-

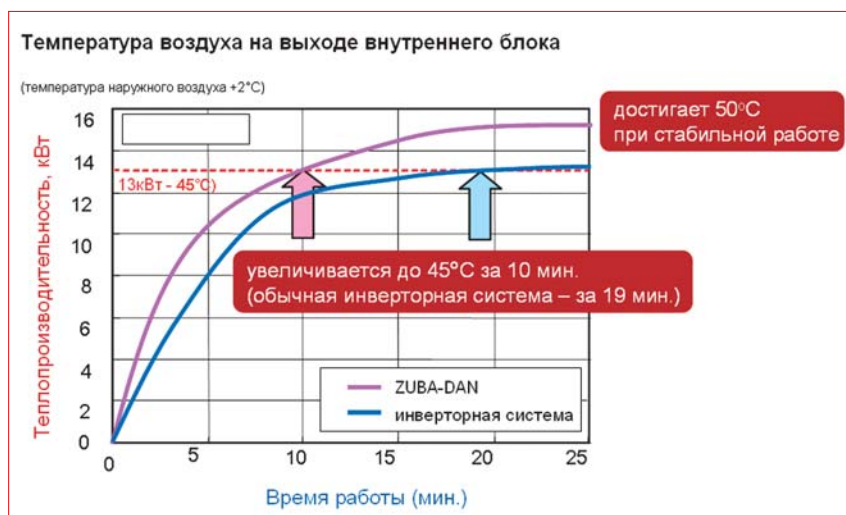
зывающих свойств холодильного масла. В герметичных компрессорах проблема усугубляется разрушением изолирующего покрытия обмоток встроенного электродвигателя.

Традиционное решение проблемы заключается в применении двухступенчатого сжатия. При этом система имеет один общий испаритель, а ступени реализуются на базе компрессоров объемного типа: поршневые, винтовые и т. п. Двухступенчатое сжатие применяют в установках, имеющих очень низкую температуру испарения ( $-45\text{...}-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), которую трудно достичь с помощью одноступенчатых систем. Но даже если требуемую температуру испарения может обеспечить одноступенчатая система, то использование двухступенчатого сжатия позволяет увеличить энергетическую эффективность установки.

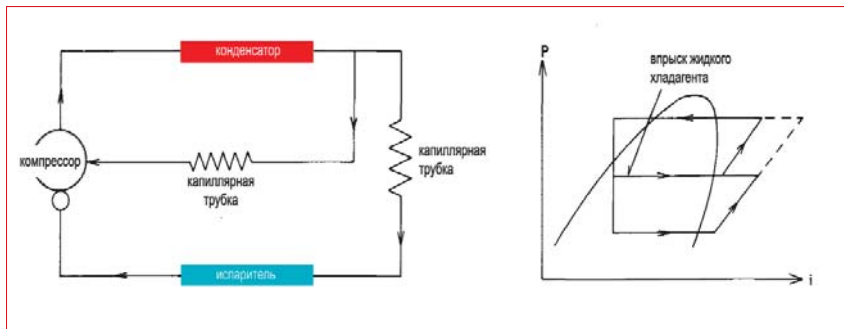
Применение двухступенчатых компрессоров позволяет достичь низких температур испарения или увеличить коэффициент производительности системы, но конструкция таких компрессоров существенно более сложная. Они имеют два компрессионных механизма, подключенных к одному или двум отдельным приводным двигателям.

Поэтому сложные двухступенчатые компрессоры не применяются в системах небольшой производительности из-за высоких затрат на их изготовление.

Компании Mitsubishi Electric удалось добиться параметров двухступенчатой системы, используя модифицированный одноступенчатый спиральный компрессор. Обычный спиральный механизм, взятый за основу, имеет дополнительное отверстие для инъекции хладагента, расположенное между центральным отверсти-



■ Рис. 3. Время выхода систем на номинальную теплопроизводительность



■ Рис. 4. Впрыск жидкого хладагента в компрессор

ем нагнетания и отверстием всасывания, сообщающимся с «входом» спиралей. Диаметр отверстия впрыска меньше диаметра отверстия всасывания или нагнетания и не превышает толщины стенки подвижной спирали.

Такой компрессор может работать как обычный одноступенчатый спиральный, если отверстие впрыска не используется и закрыто. Но параметры гидравлического контура могут быть существенно улучшены, если дополнить контур холодильной установки цепями инъекции хладагента и подключить их к компрессору.

Существует два варианта инъекции хладагента: в жидкой или газовой фазе. В первом случае жидкий хладагент поступает в компрессор из конденсатора через дросселирующее устройство (например, капиллярную трубку), понижающее давление до среднего значения. Попадая через среднее отверстие в полость сжатия между спиралью компрессора, жидкость быстро испаряется, что приводит к понижению температуры газа на выходе компрессора, а также температуры встроенного электродвигателя. Из-за инъекции дополни-

тельного количества хладагента потребляемая мощность электродвигателя увеличивается, и производительность конденсатора тоже должна возрасти. Схема холодильного контура и диаграмма холодильного цикла показаны на рис. 4. Пунктирной линией обозначена часть цикла для случая, когда впрыск жидкого хладагента не используется, вследствие чего температура газа нагнетания (и компрессора) будет существенно выше. Инъекция жидкого хладагента в компрессор позволяет уменьшить температуру нагнетания, но приводит к увеличению потребляемой мощности и падению коэффициента производительности установки.

Другой способ – это инъекция хладагента в газовой фазе. Для этого дросселирующее устройство разделяют на две части и в точку среднего давления устанавливают сепаратор жидкость-газ. Жидкий хладагент, пройдя вторую ступень дросселирования, попадает в испаритель, а газ из сепаратора поступает через штуцер инъекции в компрессор. За счет дополнительного газообразного хладагента объемная производительность компрессора

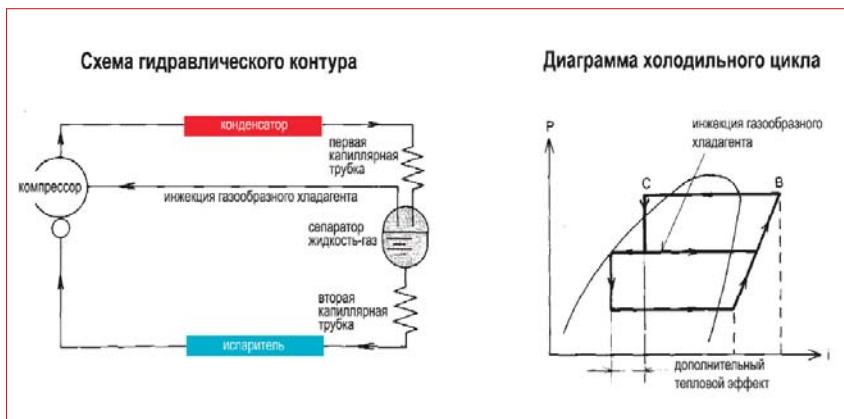
возрастает, увеличивается расход хладагента через конденсатор и теплопроизводительность повышается на 10–20%. Метод инъекции газа увеличивает коэффициент производительности, то есть энергетическую эффективность установки, но не позволяет уменьшить температуру нагнетания компрессора. К тому же количество инжектируемого газа ограничено.

На рис. 5 изображена схема контура и диаграмма холодильного цикла.

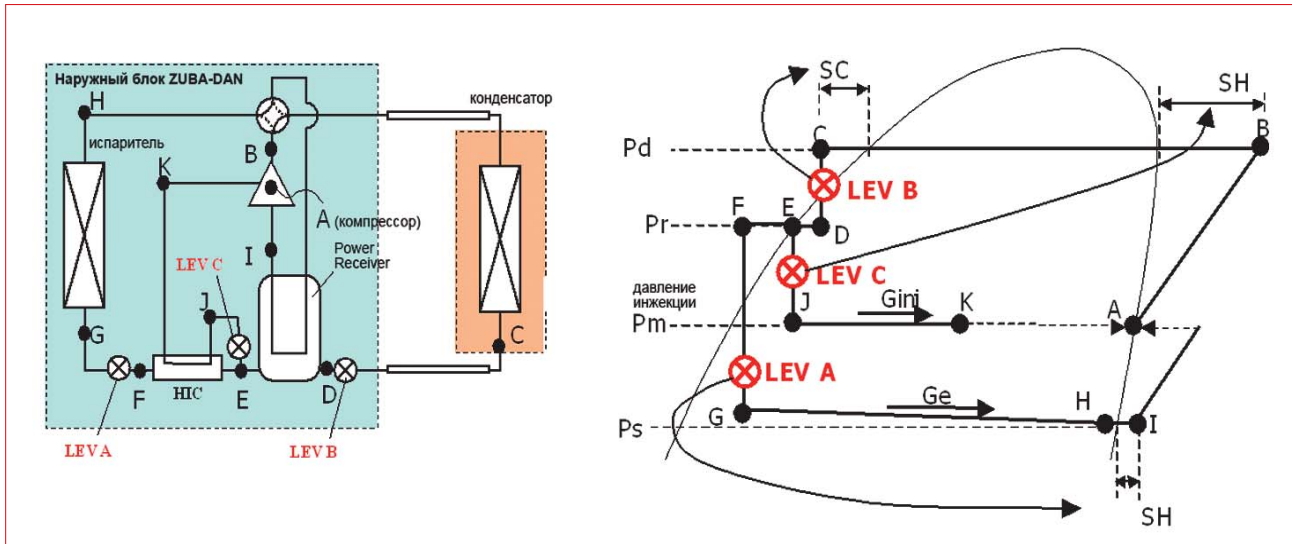
Разработчики компании Mitsubishi Electric решили применить комбинированный метод, который объединяет достоинства и компенсирует недостатки обоих вышеизложенных подходов. Для инъекции в компрессор используется парожидкостная смесь, состав которой точно поддерживается системой управления для оптимизации рабочих параметров гидравлического контура.

На рис. 6 представлена схема новой системы.

Жидкий хладагент, сконденсированный в теплообменнике внутреннего блока, через электронный расширительный клапан LEV В поступает в ресивер-теплообменник – Power Receiver. Этот компонент унаследован от полупромышленных систем Power Inverter и предназначен для увеличения величины переохлаждения хладагента за счет паров низкой температуры, поступающих в компрессор. Расширительный клапан LEV В задает величину переохлаждения SC. Клапан LEV А, установленный перед испарителем, определяет расход хладагента через теплообменник наружного блока, а следовательно, и перегрев паров SH на его выходе. В точке среднего давления между расширительными клапанами LEV В и LEV А установлен теплообменник HIC, в который через регулируемый клапан LEV С ответвляется строго дозированное количество жидкости. Часть ее в теплообменнике испаряется, и двухфазная смесь поступает на вход компрессора. Давление парожидкостной смеси и степень сухости пара зависят от степени открытия клапана LEV С. Управляющая программа наружного блока оптимизирует работу этого клапана с целью минимизации перегрева па-



■ Рис. 5. Впрыск газообразного хладагента в компрессор



■ Рис. 6. Гидравлическая схема и холодильный цикл системы ZUBA-DAN

ров хладагента после компрессора SH в точке B.

Таким образом, впрыск газа увеличивает объемную производительность компрессора даже при очень низких температурах испарения (низкой температуре наружного воздуха). А инжектируемая жидкость снижает температуру сжатого газа, в результате чего уменьшаются потери, свя-

занные с нагревом газа в компрессоре.

Изюминкой системы ZUBA-DAN является спиральный компрессор с дополнительными отверстиями в компрессионном механизме для инъекции двухфазного хладагента. О его устройстве и принципе работы мы подробно расскажем в одной из наших следующих статей.

Компания Mitsubishi Electric начнет поставку кондиционеров серии ZUBA-DAN в Европу осенью 2007 года. ■

Статья подготовлена московским представительством компании Mitsubishi Electric  
Тел. (495) 721-20-67,  
Факс (495) 721-20-71