

ZUBA-DAN: готов к проверке российскими морозами

Полупромышленные системы Mitsubishi Electric серии ZUBA-DAN были представлены в прошлом номере журнала «АВОК». Они отличаются от традиционных кондиционеров, имеющих режим обогрева, тем, что теплопроизводительность новой системы сохраняет номинальное значение вплоть до температуры наружного воздуха $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем понижении температуры (завод-изготовитель гарантирует работоспособность системы до температуры $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) теплопроизводительность начинает уменьшаться. Но при этом сохраняется преимущество как перед обычными системами, так и перед энергоэффективными системами серии POWER INVERTER. Режим оттаивания наружного теплообменника, которого избежать в подобных системах невозможно, происходит быстро и совершенно незаметно для пользователя.

Традиционным решением задачи увеличения теплопроизводительности системы при низких температурах наружного воздуха является впрыск газообразного хладагента в компрессор. Для этого между конденсатором и испарителем в точке промежуточного давления устанавливается сепаратор «жидкость-газ», верхний вывод которого соединяется со штуцером впрыска в компрессор. В результате количество газообразного хладагента, циркулирующего через конденсатор, увеличивается, и растет теплопроизводительность системы. Однако такие системы отличаются нестабильной работой. Объем впрыска колеблется в зависимости от давления в сепараторе

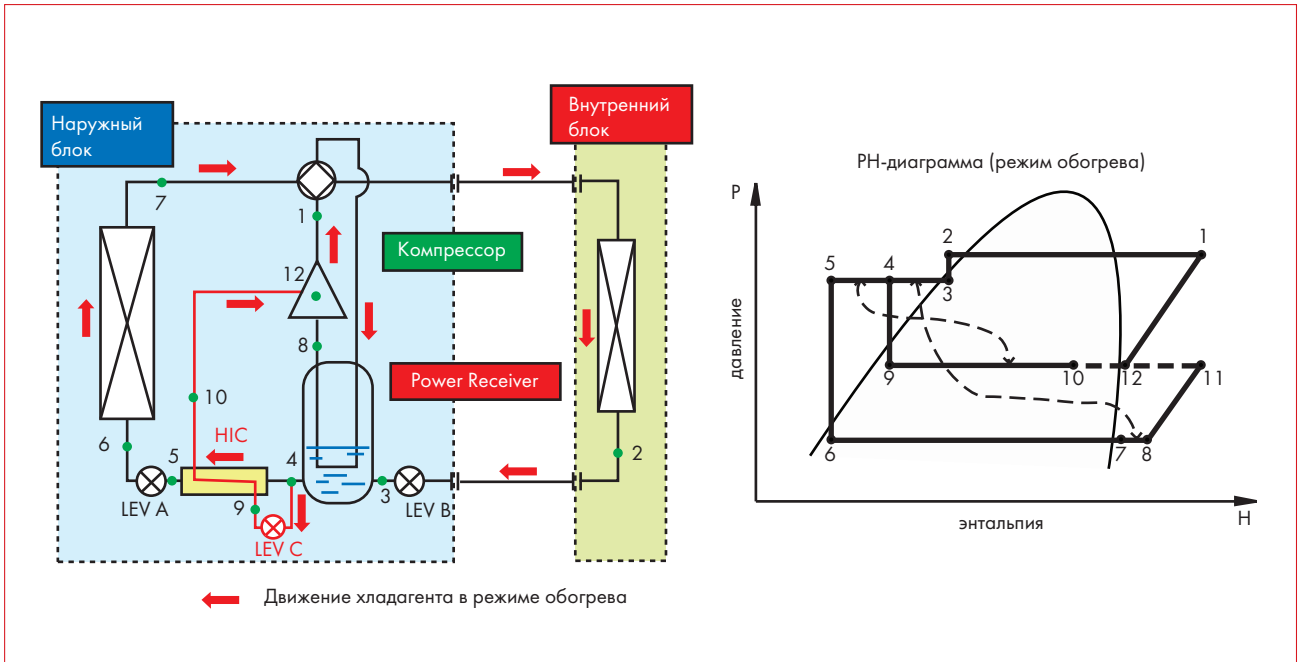
и производительности компрессора, а уровень заполнения отделения меняется в очень широких пределах: от минимального уровня до полного заполнения жидким хладагентом.

В системах ZUBA-DAN применяется метод парожидкостной инъекции. В режиме обогрева давление жидкого хладагента, выходящего из конденсатора, роль которого выполняет теплообменник внутреннего блока, немного уменьшается с помощью расширительного вентиля LEV B. Парожидкостная смесь (точка 3 на рис. 1) поступает в ресивер Power Receiver. Внутри ресивера проходит линия всасывания, и осуществляется обмен теплотой с газообразным хладагентом низкого давления. За счет этого температура смеси снова понижается (точка 4 на рис. 1) и жидкость поступает на выход ресивера. Далее некоторое количество жидкого хладагента ответвляется через расширительный вентиль LEV C в цепь инъекции. Часть жидкости испаряется, а температура образующейся смеси понижается. За счет этого охлаждается основной поток жидкого хладагента, проходящий через теплообменник HIC (точка 5 на рис. 1). После дросселирования с помощью расширительного вентиля LEV A (точка 6 на рис. 1) смесь жидкого хладагента и образовавшегося в процессе понижения давления пара поступает в испаритель, т. е. теплообменник наружного блока. За счет низкой температуры испарения тепло передается от наружного воздуха к хладагенту, и жидкая фаза в смеси полностью испаряется (точка 7 на рис. 1). Проходя через трубу низкого давления в ресивере Power

Receiver, перегрев газообразного хладагента увеличивается, и он поступает в компрессор. Кроме того, этот ресивер сглаживает колебания промежуточного давления при флуктуациях внешней тепловой нагрузки, а также гарантирует подачу на расширительный вентиль цепи инъекции только жидкого хладагента, что стабилизирует работу этой цепи.

Часть жидкого хладагента, ответвленная от основного потока в цепь инъекции, превращается в парожидкостную смесь среднего давления. При этом температура смеси понижается, и она подается через специальный штуцер инъекции в компрессор. В верхней неподвижной спирали компрессора предусмотрены отверстия для впрыска хладагента на промежуточном этапе сжатия (рис. 2).

Расширительный вентиль LEV B задает величину переохлаждения хладагента в конденсаторе. Вентиль LEV A определяет перегрев в испарителе, а LEV C поддерживает температуру перегретого пара на выходе компрессора около $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это происходит за счет того, что, попадая через цепи инъекции в замкнутую область между спиралью компрессора, двухфазная смесь перемешивается с газообразным горячим хладагентом, и жидкость из смеси полностью испаряется. Температура газа понижается. Регулируя состав парожидкостной смеси, можно контролировать температуру нагнетания компрессора. Далее мы увидим, что это позволяет не только избежать перегрева компрессора, но и оптимизировать теплопроизводительность конденсатора.



■ Рис. 1.

Эффект от инjection газообразного хладагента заключается в следующем. Поток хладагента через компрессор складывается из хладагента, поступающего через линию всасывания, и хладагента, проходящего через цепь инjection. При низкой температуре наружного воздуха инjection увеличивает общий расход. В результате, больше горячего пара поступает в конденсатор (теплообменник внутреннего блока) и его тепловая мощность увеличивается.

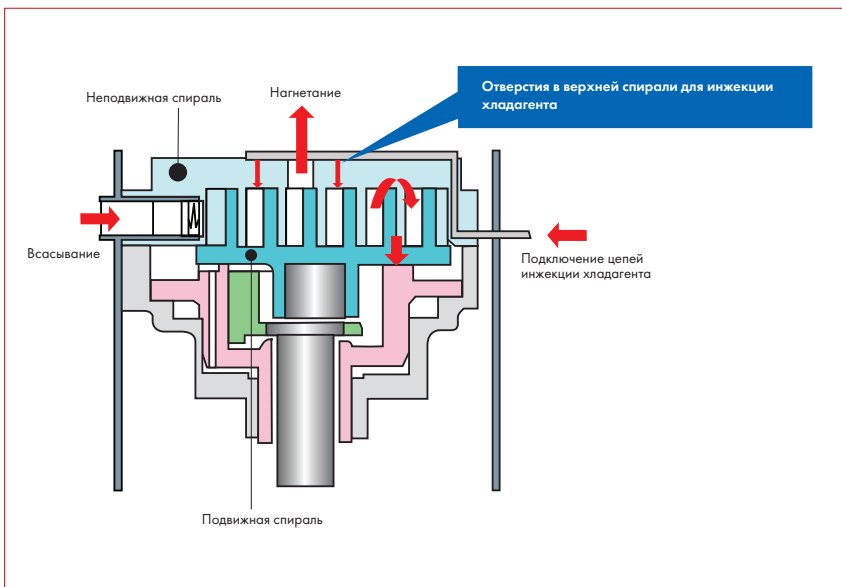
Кроме того, инjection газа увеличивает эффективность всего

холодильного контура. Дело в том, что обычно на вход испарителя после дросселирующего устройства поступает парожидкостная смесь. При этом входящий газ бесполезно проходит по испарителю, практически не внося вклад в холодопроизводительность. Далее он поступает в компрессор, который затрачивает энергию на его сжатие совместно с газом, образовавшимся в испарителе. При инjection газа в компрессор газообразный хладагент отбирается в цепь инjection при промежуточном

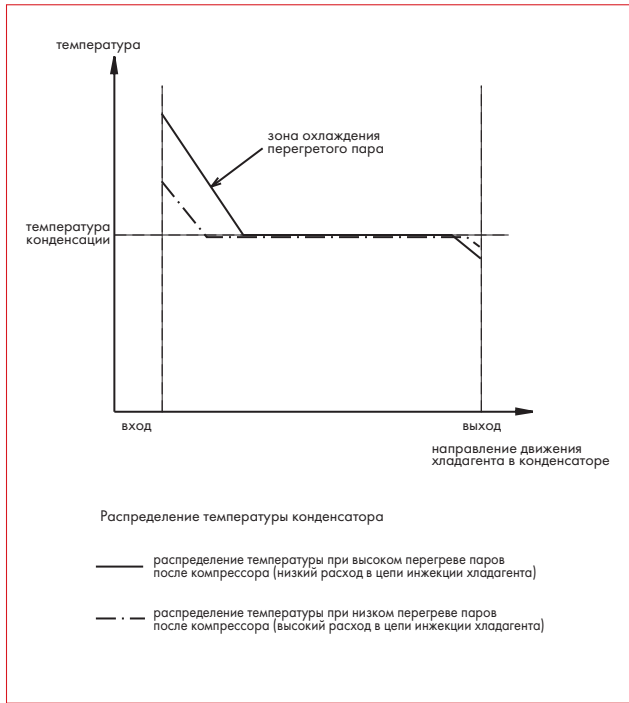
давлении. И компрессор затрачивает меньшую энергию на сжатие этого газа, потому что сжатие до давления конденсации происходит от уровня промежуточного давления, а не от давления испарения. Данный эффект проявляется как в режиме обогрева, так и в режиме охлаждения.

Рассмотрим подробнее взаимосвязь между расходом хладагента, проходящего через цепь инjection, и тепловой мощностью конденсатора. С одной стороны, с увеличением количества инjectируемого газа расход хладагента через конденсатор увеличивается, но при этом температура перегрева паров на входе в конденсатор уменьшается. На рис. 3 показано распределение температуры вдоль поверхности теплообменника при одинаковой температуре конденсации, но разной температуре входящего газа. Существенные различия наблюдаются на участке, где хладагент находится в состоянии перегретого газа. Конечно, теплообмен на горизонтальном участке конденсации доминирует, но и участок перегретого газа нельзя сбрасывать со счетов, поскольку он вносит 20–30 % в теплопроизводительность конденсатора.

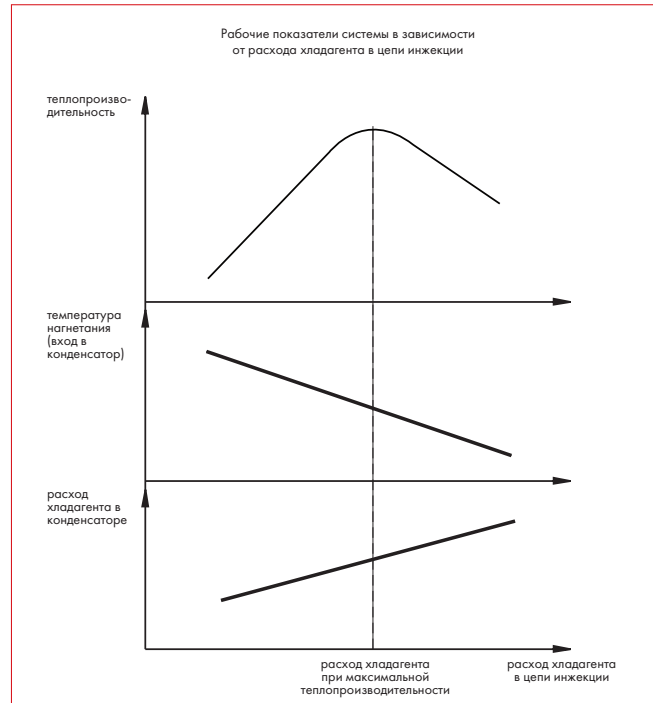
Наличие двух соизмеримых и противоположно направленных факторов приводит к тому, что теплопроизводительность системы достигает максимума при строго



■ Рис. 2.



■ Рис. 3.



■ Рис. 4.

определенном расходе инжектируемого газа. Таким образом, алгоритм управления цепью инъекции может быть оптимизирован с целью достижения максимальной теплопроизводительности, например, при пуске системы в холодном помещении. Но на некоторых этапах работы теплового насоса требуется не столько производительность, сколько экономичная работа. Например, после прогрева помещения максимальная мощность больше не требуется, и предпочтительнее энергоэффективная работа системы. Поэтому на данном этапе расход инжектируемого хладагента уменьшается, что влечет за собой повышение температуры на входе конденсатора и уменьшение его производительности. Но в этом случае ограничение расхода в цепи инъекции сокращает количество газа, которое сжимает компрессор. Потребляемая мощность уменьшается, а энергоэффективность увеличивается. Рис. 4 иллюстрирует зависимость производительности и экономичности системы от инъекции. В зависимости от условий эксплуатации система автоматически выбирает параметр оптимизации, что обеспечивает комфортный обогрев помещения и сокращение эксплуатационных расходов.

Есть еще один режим, в котором важна максимальная производительность системы – это режим оттаивания наружного теплообменника (испарителя).

В процессе работы в режиме обогрева на нем образуется иней, который ухудшает процесс испарения хладагента и теплообмен с наружным воздухом. Для оттаивания система переключается с помощью четырехходового клапана в режим охлаждения. При этом из внутреннего блока перестает выходить теплый воздух, и обогрев помещения приостанавливается. Поэтому желательно сократить продолжительность этого «технологического» режима. Для этого одновременно с переключением четырехходового клапана устанавливается приоритет максимальной производительности системы. Расширительный клапан LEV C в цепи инъекции открывается, увеличивая расход парожидкостной смеси. Основные следствия увеличения инъекции в режиме оттаивания аналогичны выводам, приведенным выше для режима обогрева. Производительность наружного теплообменника становится максимальной, и он быстро очищается от инея и льда. За время оттаивания температура в помещении не успевает ощутимо понизиться. Кроме того, после окончания режима оттаивания система снова включается с приоритетом теплопроизводительности, и только после достижения целевой температуры выходит на экономичный режим.

Таким образом, оттаивание наружного теплообменника происходит интенсивно, и система быстро возвращается к нормальному обо-

греву. А можно ли увеличить интервал между оттаиваниями, то есть замедлить процесс образования инея и льда на теплообменнике? В системах ZUBA-DAN применяются две технологии. Первая – это гидрофильное покрытие ребер теплообменников. Оно позволяет избежать образования «мостиков» льда между соседними ребрами и последующей полной блокировки теплообменника. Вторая технология заложена в алгоритмы управления – интервал между режимами оттаивания изменяется в зависимости от температуры наружного теплообменника (температуры испарения) и температуры наружного воздуха. Предусмотрены «короткий» и «длинный» циклы оттаивания, сочетание которых позволяет оптимизировать процесс удаления инея с теплообменника наружного блока.

За последние два года системы ZUBA-DAN успешно прошли полевые испытания в северных районах Японии и в странах Скандинавии. И наконец, этой осенью компания Mitsubishi Electric приступает к серийному производству данного оборудования для европейского рынка, и в том числе для России. ■

Статья подготовлена московским представительством компании Mitsubishi Electric

Тел. (495) 721-2067
Факс (495) 721-2071