

ДЛЯ КОНДИЦИОНЕРА

При анализе технических характеристик систем кондиционирования воздуха некоторых японских производителей, бросается в глаза то обстоятельство, что для всех кондиционеров общего применения, будь то бытовая или полупромышленная серия, рабочий диапазон температур наружного воздуха при охлаждении ограничен значением -15°C . При использовании этой техники для специальных целей, доля которых составляет около 10%, следует предусмотреть комплекс мероприятий для круглогодичной эксплуатации системы в режиме охлаждения. Подобную модернизацию кондиционеров общего применения предлагают сегодня многие компании, оснащая систему так называемыми зимними комплектами. Вынуждены отметить, что практически всегда доработка сводится к стабилизации давления конденсации с помощью регуляторов скорости вращения вентиляторов. При этом, ссылаясь на личный опыт и свидетельства авторитетных третьих сторон, заказчику гарантируется работа системы и при температурах существенно более низких (до -30°C), чем оговаривает производитель. Подобных и даже более низких значений, действительно, можно достичь, но для этого потребуются более сложная и дорогостоящая доработка, выходящая за рамки "традиционного" зимнего комплекта. Однако в любом случае выход за границы предписанного производителем температурного диапазона приводит к снижению надежности системы и уменьшению её рабочего ресурса. Поэтому, приобретая доработанный без рекомендаций производителя кондиционер, стоит задуматься о том, что рабочий ресурс должен все-таки превышать 3 года, на которые дается гарантия продавца.

Рабочий диапазон температур наружного воздуха - один из наиболее важных параметров системы кондиционирования воздуха типа сплит. Для большинства регионов России нижняя граница предусмотренного изготовителем диапазона является слишком высокой. Причем в одних случаях заказчики предпочли бы иметь более широкий диапазон наружных температур при работе на обогрев, а в других - на охлаждение.

Рассмотрим, что препятствует работе систем кондиционирования этого типа в режиме охлаждения. Теоретические замечания по этому поводу публиковались неоднократно в различных изданиях, поэтому позволим себе упомянуть лишь основные аспекты.

1. Снижение температуры наружного воздуха приводит к снижению давления конденсации, поскольку для конденсаторов с воздушным охлаждением полный перепад температуры (разность между температурой конденсации и температурой воздуха на входе в конденсатор) остается практически постоянным при изменении наружной температуры. В результате уменьшается расход жидкого хладагента через дросселирующее устройство и увеличивается зона перегрева в испарителе внутреннего блока. Отсюда следуют три негативных последствия: уменьшение холодопроизводительности системы, обмерзание испарителя и перегрев компрессора.

2. Конденсация хладагента в картере компрессора при его остановках вызывает (согласно эффекту холодной стенки Ватта) "перетекание" хладагента из всей системы в

наиболее холодные части гидравлического контура. В нашем случае это - конденсатор, компрессор, отделитель жидкости и другие элементы гидравлической схемы внешнего блока. Хладагент как более плотная жидкость располагается на дне картера. А поскольку масляный насос забирает масло практически со дна, то при включении компрессора вместо масла будет подан жидкий хладагент, который, являясь превосходным растворителем, смывает остатки минерального масла с трущихся поверхностей. Другое отрицательное последствие конденсации хладагента в картере связано с тем, что при пуске компрессора произойдет падение давления в картере компрессора и бурное вскипание жидкого хладагента, приводящее к вспениванию масла. Образование масляной пены вызывает отток масла из компрессора и при значительной протяженности трубопроводов хладагента может вызвать продолжительную работу компрессора без масла.

3. Увеличение продолжительности переходного режима, связанное с необходимостью достичь рабочего давления конденсации от низкого начального давления в конденсаторе остановленной системы, соответствующего наружной температуре. Из всех рассмотренных препятствий относительно легко удастся обойти лишь второе. Для этого достаточно повысить температуру картера компрессора на несколько градусов, то есть сделать его не самым холодным элементом во внешнем блоке. С этой целью устанавливаются хорошо всем известные ленточные (кабельные) электрические нагреватели картера мощностью несколько десятков ватт. (В конструкции некоторых компрессоров уже предусмотрен внутренний термоэлектрический нагреватель.) В самом простом случае логика управления этим элементом следующая: нагреватель включен при выключенном компрессоре и температуре наружного воздуха ниже 10°C . В полупромышленных кондиционерах Мицубиси Электрик реализован несколько более сложный алгоритм управления. Картерный нагреватель включен при выключенном компрессоре и выключается через 1 час после его пуска. Кроме того, возможна модификация режима работы нагревателя - при выключенном компрессоре нагреватель включен, а при включении компрессора циклически включается и выключается с интервалами 1 час.

Решение первой из рассмотренных выше проблем, как видно из ее описания, заключается в изменении (уменьшении) полного перепада температур, заложенного конструкцией данного конденсатора. С этой целью следует воздействовать на следующие конструктивные характеристики конденсатора с воздушным охлаждением. Это, во-первых, расход воздуха, а, во-вторых, поверхность теплообмена. Наиболее часто разработчики пользуются первой возможностью и уменьшают расход воздуха через теплообменник при снижении наружной температуры, регулируя скорость вращения приводного электродвигателя вентилятора. Таким образом, задача стабилизации давления конденсации сводится к установке соответствия между давлением конденсации (или наружной температурой) и частотой вращения электродвигателя. Этот способ привлекателен ввиду своей достаточной простоты и относительно невысокой стоимости. Однако

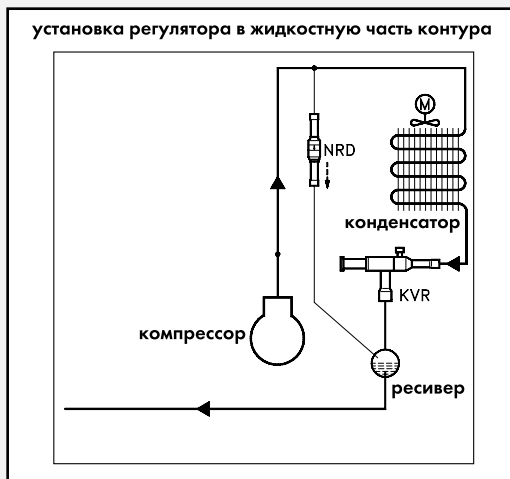
на основании тестирований, проведенных в испытательных лабораториях нашей компании, установлено, что этот метод действительно эффективен лишь при температурах наружного воздуха не ниже -5°C . При снижении температуры ниже этого значения, даже при полностью остановленном вентиляторе наружного блока, не удается препятствовать снижению давления конденсации ввиду естественных воздушных потоков через теплообменник. Некоторого снижения рабочей наружной температуры можно достичь, если исключить и этот фактор. Для этого следует использовать специальную панель для внешнего блока или располагать его в условиях отсутствия естественных воздушных потоков. Тем не менее, установлено, что даже при соблюдении этих требований минимальная температура наружного воздуха не может быть ниже -15°C , чем и ограничены возможности данного метода стабилизации давления конденсации.

Воздействуя на поверхность теплообмена, можно достичь более низких рабочих температур наружного воздуха, но реализация данного метода существенно сложнее. Этот метод основан на затоплении конденсатора жидким хладагентом и увеличении давления в ресивере с помощью перегретых паров хладагента высокого давления. Для реализации потребуются двухходовой регулятор, например, Danfoss KVR и дифференциальный клапан, например, Danfoss NRD.



регуляторы давления конденсации KVR и NRD

Одна из возможных схем включения этих устройств представлена на рисунке. При снижении давления конденсации ниже значения настройки двухходового клапана (заводская настройка 10 атм) проходное сечение клапана уменьшается и количество жидкости, поступающей в ресивер, падает. Напротив, конденсатор при этом заполняется жидким хладагентом, а зона перегретого пара и зона конденсации сужаются. В результате уменьшение поверхности теплообмена способствует увеличению давления конденсации. Из ресивера после дросселирования жидкий хладагент поступает в испаритель внутреннего блока. Это приводит к уменьшению давления в ресивере и увеличению перепада на дифференциальном клапане. Как только величина перепада превышает 1,4 атм клапан начинает открываться (при перепаде 3 атм клапан открыт полностью) и горячий газ высокого давления поступает в ресивер, увеличивая температуру и давление жидкого хладагента. Если температура наружного воздуха возрастает, то повышение давления конденсации, вызванное уменьшением поверхности теплообмена, вновь приводит к увеличению проходного сечения двухходового регулятора. Как видно из описания метода, подобная доработка подразумевает достаточно

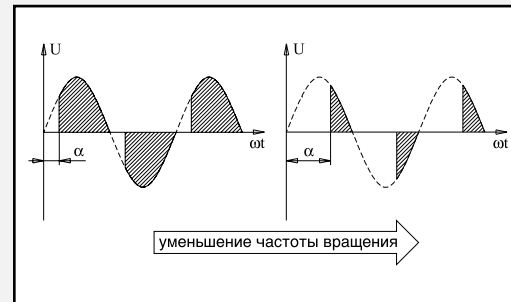


серьезное вмешательство в гидравлический контур наружного блока. Потребуется установка ресивера, двухходового регулятора, дифференциального клапана и дополнительная заправка хладагента. Однако компоновка большинства наружных блоков невысокой производительности, как правило, не позволяет разместить в корпусе дополнительные элементы, а тем более, достаточно объемный ресивер. По этой причине кондиционерные компании, выполняющие низкотемпературный тюнинг, стараются избегать подобных доработок и ограничиваются лишь регулировкой расхода воздуха через конденсатор.

Для кондиционеров бытовой серии одним из устройств, входящих в состав "зимнего комплекта", является регулятор скорости вентилятора. Наибольшей популярностью пользуются регуляторы FASEC производства итальянской фирмы ELIWELL. Здесь следует помнить, что рассчитывать на эксплуатацию кондиционерной установки в условиях отрицательных наружных температур практически не приходится ввиду уже изложенных выше обстоятельств, а также по той причине, что диапазон рабочих температур для этого устройства $-5^{\circ}\text{C} \dots +65^{\circ}\text{C}$. Большинство производителей кондиционеров бытовой серии, в том числе и Мицубиси Электрик, не предлагает стандартных устройств для реализации низкотемпературного охлаждения. Это связано с тем, что в модельном ряду систем кондиционирования эти компании имеют оборудование, относящееся к так называемой полупромышленной серии, которое - опционально или в стандартной комплектации - оснащается комплексом средств для работы при низких наружных температурах.

Полупромышленные кондиционеры серии Mr. Slim (1,6HP - 6HP продукция завода в г. Ливингстон, Шотландия) при необходимости расширения температурного диапазона дополнительно оснащаются регулятором скорости вентилятора (опции PAC-SK71CT-E или PAC-SK72CT-E), а также панелью для защиты от ветра - опция PAC-SA52AG. Следует отметить, что регулятор частоты вращения потребуется для систем "только охлаждение" (тепловой насос оснащается им в стандартной комплектации), а панель защиты от ветра несложно изготовить самостоятельно по предлагаемым чертежам. Принцип работы регулятора основан на двуполупериодном фазовом управлении, которое иллюстрирует рисунок. Регулирующим элементом является полупроводниковый прибор - симистор, включенный последовательно с обмоткой двигателя вентилятора. При подаче на симистор импульсов управления с углом управления $\alpha = 0$ он будет полностью открыт и к нагрузке будет приложено все напряжение сети. Если импульсы управления подавать с некоторой задержкой относительно предельного режима ($\alpha \neq 0$), то

к нагрузке будет прикладываться часть напряжения сети. Изменяя угол управления α от нуля до некоторого максимального значения ($\leq \pi$), можно регулировать напряжение на двигателе. Максимальное значение α определяется минимально возможной частотой вращения ротора однофазного асинхронного двигателя, которая, как правило, определяется минимально допустимым пусковым моментом для данного вентилятора.



Следует подчеркнуть, что подобная доработка кондиционеров Mr. Slim обеспечивает работу системы в режиме охлаждения до -15°C и предусмотрена непосредственно изготовителем оборудования, о чем может быть выдано письменное подтверждение.

Две модели мощных канальных блоков PEH/PUH-8YE и PEH/PUH-10YE (тепловой насос) имеют гарантированную нижнюю границу температурного диапазона -5°C . Дополнительные опции для расширения температурного диапазона этих моделей не предусмотрены, однако расположение наружных агрегатов вне естественных воздушных потоков обеспечит вполне стабильную работу установки и вне гарантированного диапазона.

Мощные модели канальных сплит-систем серий PU(H)-7 ... 20MYC в качестве привода вентилятора наружного блока имеют трехфазный асинхронный двигатель.



Частоту вращения его ротора можно регулировать изменением какой-либо из трех величин: скольжения, частоты тока в обмотке статора или числа полюсов в обмотке статора. В свою очередь, регулирование частоты вращения изменением скольжения возможно тремя способами: изменением подводимого к обмотке статора напряжения, нарушением симметрии этого напряжения и изменением активного сопротивления цепи ротора. Рассмотрим подробнее, какие из способов регулирования подходят для электродвигателя вентилятора наружного блока.

1. *Регулирование частоты вращения изменением подводимого напряжения.* При неизменной нагрузке на валу двигателя увеличение подводимого к двигателю напряжения вызывает рост частоты вращения. Однако диапазон регулирования частоты вращения получается небольшим, что объясняется узкой зоной устойчивой

работы двигателя, ограниченным значением критического скольжения и недопустимостью значительного превышения номинального значения напряжения. Последнее объясняется тем, что с превышением номинального значения напряжения возникает опасность чрезмерного перегрева двигателя, вызванного резким увеличением электрических и магнитных потерь. В то же время с уменьшением напряжения двигатель утрачивает перегрузочную способность, которая пропорциональна квадрату напряжения сети. Таким образом, к недостаткам данного способа следует отнести узкий диапазон регулирования и неэкономичность.

2. *Регулирование частоты вращения нарушением симметрии подводимого напряжения.* При нарушении симметрии подводимой к двигателю трехфазной системы напряжения вращающееся поле статора становится эллиптическим, что приводит к уменьшению результирующего электромагнитного момента двигателя. Недостатками этого способа регулирования являются узкая зона регулирования и уменьшение КПД двигателя по мере увеличения несимметрии напряжения.

3. *Регулирование частоты вращения изменением активного сопротивления в цепи ротора.* Этот способ регулирования возможен лишь в двигателях с фазным ротором. Он обеспечивает широкий диапазон регулирования частоты вращения, а также улучшенные пусковые характеристики. Однако электродвигатель вентилятора имеет короткозамкнутый ротор и этот способ регулирования к нему неприменим.

4. *Регулирование частоты вращения изменением числа полюсов обмотки статора.* Этот способ предназначен для двигателей с короткозамкнутым ротором, конструкцией которого предусмотрены две обмотки статора с разным числом полюсов. В электродвигателе вентилятора наружного блока имеется только одна обмотка, что исключает возможность применения и этого способа.

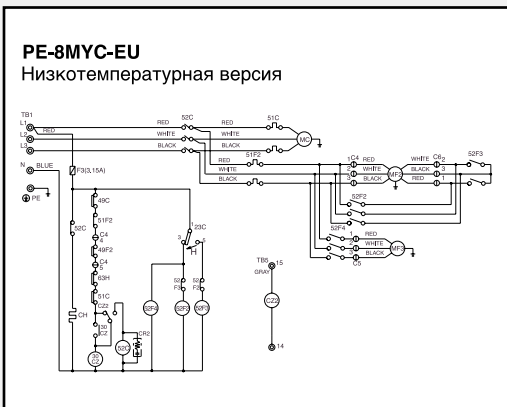
5. *Регулирование частоты вращения изменением частоты тока в статоре.* Способ основан на изменении синхронной частоты вращения. Чтобы регулировать частоту вращения, достаточно изменить частоту тока. Но с изменением частоты тока будет изменяться и максимальный момент. Поэтому для сохранения неизменными перегрузочной способности, коэффициента мощности и КПД двигателя необходимо с изменением частоты изменять и напряжение питания. Частотное регулирование позволяет плавно изменять частоту вращения в широком диапазоне (до 12:1). Единственный недостаток этого способа - высокая стоимость источников питания переменного тока с регулируемой частотой (инверторов).

Последний из перечисленных методов является наиболее точным, экономичным и перспективным, однако оснащение электродвигателя вентилятора наружного блока подобным приводом, практически всегда оказывается экономически нецелесообразным. Поэтому для наружных блоков мощных канальных сплит-систем серий PU(H)-7 ... 20MYC, выполненных в низкотемпературном варианте, разработчики остановились на первом способе. К тому же реализовать регулирование частоты вращения подобным способом удалось благодаря использованию минимального количества дополнительных элементов.

Принципиальная электрическая схема наружного блока (для простоты рассмотрим модификацию "только охлаждение" PU-8MYC) изображена на рисунке.

Блок имеет два электродвигателя MF2 и MF3

ЗАЧЕМ НУЖЕН ТЭН В КОНДИЦИОНЕРАХ Mr. Slim



для привода вентиляторов. В клеммную колодку MF2 выведены шесть концов статорных обмоток, что позволяет с помощью внешних соединений включать обмотки по схеме "звезда" или "треугольник". Работой вентиляторов управляет реле температуры 23C. При температуре наружного воздуха более 20°C контакт реле температуры находится в положении 1-3. В результате линейное напряжение первой фазы L1 (в случае исправности предохранителя F3 и внутренней тепловой защиты 52F3) подается на обмотки пускателей 52F2 и 52F4. Контакты пускателя 52F2 соединяют обмотки электродвигателя MF2 по схеме "треугольник", а через контакты пускателя MF4 подается питание на двигатель MF3. Такое подключение электродвигателей обеспечивает максимальный расход воздуха через теплообменник (конденсатор) внешнего блока. При снижении температуры наружного воздуха ниже 20°C контакты реле 23C перебрасываются в положение 1-5. В этом случае через тепловую защиту 52F2 электродвигателя MF2 линейное напряжение поступает только на обмотку пускателя 52F3. В результате обмотки электродвигателя MF2 соединяются по схеме "звезда", а MF3 - отключается. При таком включении фазное напряжение, приложенное к обмоткам MF2, уменьшается в $\sqrt{3}$ раз, что сопровождается снижением вращающего момента и уменьшением расхода воздуха через теплообменник. Подобная логика работы вентиляторов наружного блока в сочетании с нагревателем картера компрессора CH позволяет обеспечить нормальное функционирование системы кондиционирования в режиме охлаждения в диапазоне наружных температур от -5°C до +46°C. Однако и в этом случае необходимо следовать рекомендациям по установке и располагать наружный агрегат в условиях минимальных воздушных потоков или, в худшем случае, - "вдоль" преимущественного направления ветра.

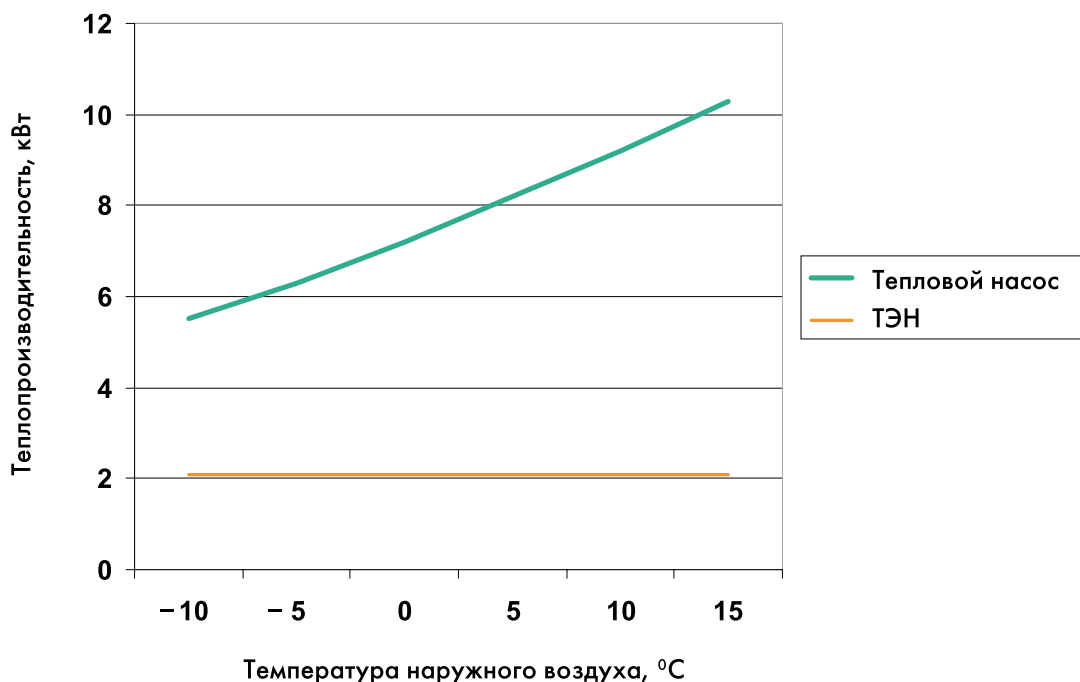
Если требуется охлаждение при более низких температурах, то в дополнение к вышеизложенным алгоритмам управления следует воспользоваться методом уменьшения теплообменной поверхности конденсатора. Официальные рекомендации по дальнейшей доработке от разработчиков систем серий PU(H)-7 ... 20MYS производства Мицубиси Электрик не существует. Однако следует отметить, что оснащение этих систем дополнительными элементами встретит наименьшее количество препятствий. Во-первых, в корпусе достаточно свободного места для размещения ресивера, регулятора и клапана, а во-вторых, заложенные производителем алгоритмы функционирования блока, как видно из принципиальной схемы, максимально прозрачны и легко могут быть модифицированы. А производители регуляторов давления конденсации предлагают исчерпывающую информацию по выбору и установке этих устройств.

В каждом внутреннем блоке кондиционера Mr.Slim, который предназначен для охлаждения и обогрева, имеется электрическая спираль. Существуют "теплые" внутренние блоки и без спирали, но они обычно не поставляются на российский рынок. Определить, есть ли в блоке спираль можно по его названию: буква "Н" после цифры означает, что электрическая спираль установлена, например PLH-1.6КК**Н**В. Для чего же нужна спираль?

У некоторых производителей спираль используется вместо теплового насоса для

На графике ниже показана зависимость производительности теплового насоса модели PLH-3AKH от температуры наружного воздуха. Температура воздуха в помещении 20°C.

При снижении температуры наружного воздуха с 15 до -10 градусов, производительность теплового насоса падает с 10,3 до 5,5 кВт (на 35% от номинального значения). Электрическая спираль мощностью 2.1 кВт позволяет поддерживать мощность кондиционера на достаточном уровне даже при низкой температуре.



обогрева помещения. У некоторых моделей с тепловым насосом спираль приходит на смену тепловому насосу при низких температурах наружного воздуха. В кондиционерах серии Mr.Slim производства Мицубиси Электрик спираль не заменяет, а дополняет тепловой насос. Такая комбинация позволяет быстрее нагреть помещение, особенно когда производительность теплового насоса снижена. Электрическая спираль, которая имеет мощность от 1,5 до 3 кВт, включается, когда разница между температурой в помещении и заданной температурой превышает 3 градуса. При уменьшении разницы менее 3 градусов спираль отключается.

В обычной ситуации, если производительность кондиционера выбрана правильно, а заданная температура лежит в разумных пределах, спирали придется поработать всего несколько минут. Однако, когда температура наружного воздуха опускается до -10°C или ниже, теплопроизводительность теплового насоса уменьшается на 30-50%. В таком случае спираль компенсирует снижение производительности и очень существенно ускоряет обогрев помещения.

Если Вы хотите получать этот журнал, пришлите название своей организации, полный почтовый адрес и краткое описание рода деятельности по факсу или по электронной почте в Представительство Мицубиси Электрик. Мы будем рады получить от наших читателей статьи об использовании кондиционеров Мицубиси Электрик, особенностях их эксплуатации и установки и т.п. Мы разместим эти статьи в нашем журнале с указанием автора.

**ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО
МИЦУБИСИ ЭЛЕКТРИК В МОСКВЕ**
ФАКС: (095) 721 20 71
E-mail: aircon@mitsubishi-electric.ru
www.mitsubishi-aircon.ru

Ежеквартальный специализированный журнал «**ФОРМУЛА ЖИЗНИ**»
Зарегистрирован Комитетом РФ по печати.
Регистрационный номер:
ПИ №77-5008 от 17.07.2000
Тираж: 2500 экз.
Главный редактор: Дмитрий Никитин
Дизайн, верстка: Михаил Казиник
E-mail: km@kemtonmedia.ru
Распространение:
Бесплатная рассылка по России, странам СНГ и Балтии: коммерческие и проектные организации.