

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

■ Г.Ф. Ханди, Copeland Europe

Окончание. Начало см. в № 8

Даже в наиболее точно контролируемых тепловых системах существует тепловая инерция, достаточная для этого повторяющегося цикла включения/отключения спиралей, что позволяет считать данный способ регулирования эквивалентом плавно изменяемой производительности компрессора. Хотя наблюдается некоторое колебание давлений всасывания и нагнетания, как проиллюстрировано на рис. 13, но это может быть полезно и ниже будет вкратце рассмотрено.

Энергопотребление цифрового спирального компрессора при полной производительности идентично стандартному спиральному компрессору без регулирования производительности. В течение разгруженной части цикла, когда не происходит сжатие, потребление энергии обычно понижается до 10 %.

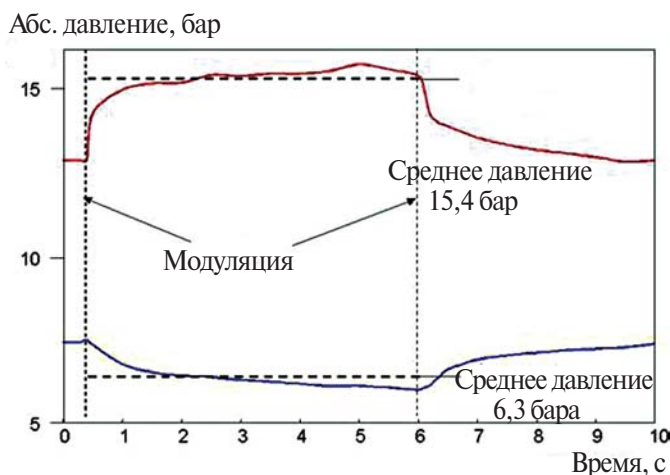


Рис.13. Цифровой спиральный компрессор: изменение давлений при 60%-ной модуляции (6 - секунд сжимает/4 - секунды не сжимает)

Холодильная (средне- и низкотемпературная) версия цифрового спирального компрессора была разработана для одного определенного применения - рефрижераторного охлаждения (рис. 14). Использование цифровых спиральных компрессоров при этом ориентировано на требования широкого регулирования производительности без использования байпаса горячего газа, что обеспечивает определенное преимущество в КПД. В области кондиционирования воздуха цифровой спиральный компрессор имеет несколько важных преимуществ перед спиральным компрессором с инверторным регулированием.

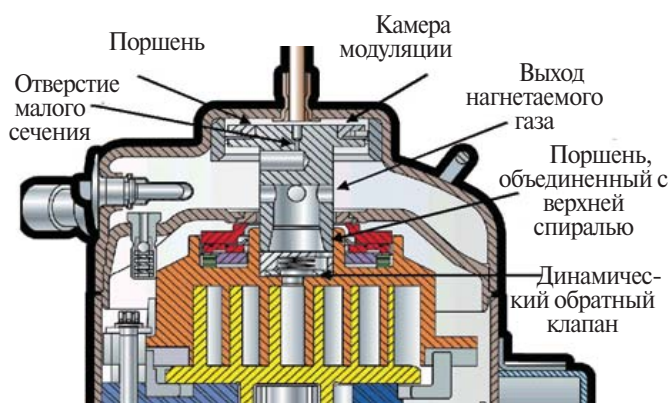


Рис. 14. Конструкция цифрового спирального компрессора

Преимущества цифрового спирального компрессора в кондиционировании

Диапазон производительности цифрового спирального компрессора находится в пределах от 10 % до 100 %, и любая производительность внутри него может быть легко получена.

Это делает его более гибким решением, чем системы с инвертором, обеспечивающие регулирование частотными шагами с соответствующим ступенчатым изменением скорости от высоких до низких значений производительности. Инвертор, подающий ток частотой 30-100 Гц, позволяет уменьшить производительность компрессора только приблизительно на 35 - 40% в зависимости от степени регулирования давления в системе. Кроме того, может потребоваться байпасирование горячего газа или дополнительная остановка компрессора.

Меньшие значения давления всасывания цифрового спирального компрессора при низких производительностях в сравнении с инверторным регулированием позволяют ему лучше осушать кондиционируемый воздух. Если скорость вращения спирали у компрессора с инвертором понижается, то уменьшается массовый расход, и увеличивается давление кипения, причем оно обычно превышает точку росы, при этом осушение воздуха прекращается. Это контрастирует с цифровым спиральным компрессором, где средняя температура кипения меньше, как показано на рис. 15. Для определенного периода времени точка росы в испарителе будет оста-



ваться ниже, чем точка росы в помещении. Сравнение осушающих характеристик показано на рис. 16.

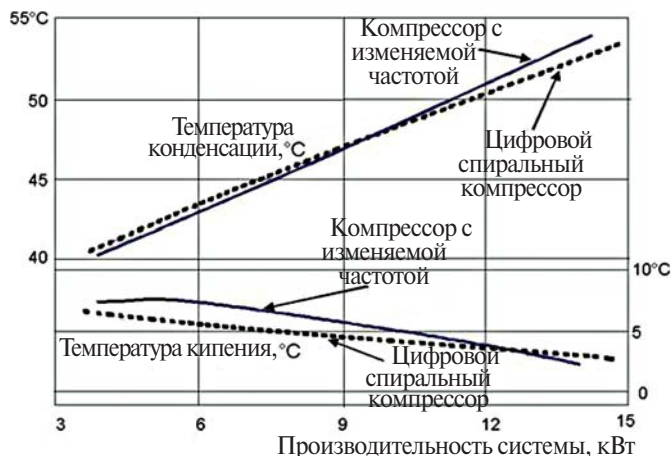


Рис.15. Средние температуры кипения и конденсации для различных производительностей системы при работе цифрового спирального компрессора в нагруженном состоянии, по сравнению с данными, полученными при работе спирального компрессора переменной скорости, 20-80 Гц (постоянные условия для каждой производительности), в той же самой системе, при окружающей температуре плюс 35°С

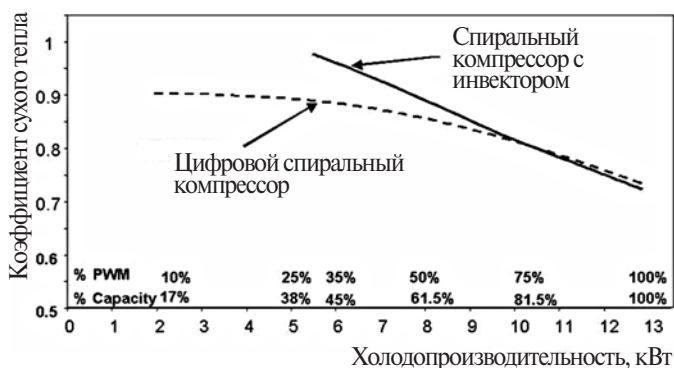


Рис.16. Типовой график зависимости коэффициента сухого тепла к общему для цифрового спирального компрессора в сравнении с инверторным спиральным при непрерывно работающем вентиляторе внутри помещения

Улучшенный возврат масла является еще одним преимуществом цифрового компрессора. В период нагруженного состояния компрессор работает при полной производительности, что достаточно для полноценного возврата масла.

Соответственно, нет необходимости в отделителе масла или в сложном цикле, к примеру, с периодическим возрастанием скорости, чтобы гарантировать достаточный возврат масла в компрессор. Это было доказано в испытаниях с трубопроводами длиной до 100 метров.

Постоянная скорость цифрового спирального компрессора обеспечивает плавную звуковую характе-

ристику и не допускает чрезмерного повышения уровня шума и пульсаций давления, характерных для работы при высоких скоростях ротора.

Схема управления любой системы с цифровым спиральным компрессором при своей относительной сложности более проста и компактна, чем укомплектованный щит для установки с инвертором.

Copeland продолжает работать над конструкцией цифрового спирального компрессора и системой его управления, и планирует представить этот продукт на европейском рынке, как только он будет готов для организации серийного производства на одном из европейских заводов. Более подробная прикладная информация о цифровом спиральном компрессоре, включая схемы его управления, представлены в источнике [3].

Анализ эффективности использования энергии

Методы регулирования производительности «включением / отключением» и несколькими компрессорами хорошо известны, но дают заметную экономию потребляемой энергии в случаях, когда они могут быть применены наиболее эффективно. Любое регулирование производительности компрессора будет источником снижения эффективности при режиме частичной нагрузки, и это обычно компенсируется возрастанием давления кипения и понижением давления конденсации, соответствующих уменьшенному массовому расходу. У спиральных компрессоров со ступенчатым регулированием есть дополнительное преимущество, связанное с уменьшением степени сжатия, в спиральном блоке, соответствующее уменьшенному отношению давлений в системе. Графики для компрессоров с переменной скоростью и для цифровых спиральных компрессоров (рис. 17) изображают типовые изменения холодильного коэффициента при неизменных рабочих температурах кипения/конденсации. Здесь холодильный коэффициент стандартного спирального компрессора (без регулирования) принят за 100%, относительно него вычислены соответствующие значения для цифрового и инверторного вариантов впроцентах.



Рис.17. Типовые изменения холодильного коэффициента для цифрового и с переменной скоростью спиральных компрессоров при постоянных рабочих условиях



Цифровой спиральный компрессор предназначен для применения в системах кондиционирования воздуха, требующих непрерывного плавного изменения производительности или глубокого изменения нагрузки до 10 %. Например, в многоиспарительных системах. Здесь его сезонная эффективность показала, что по диапазону производительности он превосходит систему с инвертором.

Другие применения требуют большего изучения. Для отдельного компрессорно-конденсаторного агрегата, работающего при фиксированной производительности на уровне 70 - 85% (для типичных окружающих условий, см. рис. 2), вычисления показывают, что модуляционные потери будут значительно меньше, чем при сезонной автоподстройке давления конденсации, когда давление может свободно изменяться под воздействием изменяющихся окружающих температур. Другими словами, цифровой спиральный компрессор в этом случае продемонстрировал бы немного более низкое ежегодное потребление электроэнергии, чем при регулировании «включением / отключением». У компрессора с инвертором такое уменьшение энергопотребления невозможно вследствие относительно высоких потерь при высоких нагрузках. Для более низких процентных значений производительности при сравнении с регулированием «включением / отключением» потери в обеих системах могут перевесить преимущества во временно избыточной теплообменной поверхности. Но следует также учитывать потери, связанные с остановкой и запуском компрессора, особенно если используется цикл откачки. При относительно небольшой цикличности «включение / отключение» (до 4 раз в час) такие потери могут быть небольшими, но, с точки зрения энергопотребления, и надежности плавное регулирование производительности может быть лучшим решением, чем частый перезапуск.

Возвращаясь назад к отдельному компрессорно-конденсаторному агрегату с переменной нагрузкой, следует отметить, что хорошим решением, с точки зрения, энергетической эффективности, было бы применение двух компрессоров в параллель потому, что более 90% годового рабочего времени необходим только один

компрессор. В таком случае может быть использовано полное преимущество системного регулирования давления, не несущее никаких потерь от модуляции. Или, как вариант, при этом может быть использован один компрессор с регулированием производительности.

Большое количество рассматриваемых систем лишает возможности дать обобщенные рекомендации по энергетической эффективности.

Выводы

Методы регулирования производительности для спиральных компрессоров были разработаны для удовлетворения рыночных потребностей в различных областях применения. В системах кондиционирования воздуха с несколькими испарителями цифровой спиральный компрессор предлагает некоторые преимущества.

Прежде всего, компрессоры с регулированием производительности используются в случаях, где метод «включение / отключение» неприемлем, или где реальная выгода достигается при повышении качества регулирования температуры. Они могут работать с эквивалентной или лучшей эффективностью, чем при «включении / отключении», но все схемы применения нуждаются в индивидуальной оценке. Но тандем-компрессоры и многокомпрессорные холодильные станции будут, по-прежнему, продолжать обеспечивать эффективные решения для снижения энергопотребления и себестоимости в большинстве типовых применений.

Литература

1. Hundy, G F, Applications of Scroll Compressors for Supermarket Refrigeration, I Mech E Seminar, Design, Selection and Operation of Refrigerator and Heat Pump Compressors, November 1998.
2. Elson, J P, Hundy, G F, Monnier K, J, Scroll Compressor Design and Application Characteristics for Air Conditioning, Heat Pump and Refrigeration Applications. Proc Inst. R.1990-1.
3. Majumdar, A, Wu Man Wai E, Digital Scroll Technology, China Household Electrical Appliance Conference, Huangzhou, November 2001.

