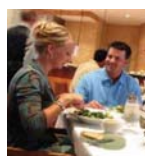




С.Горохов, Emerson Climate Technologies/ Copeland Europe

Поддерживаем оптимальный перегрев

Сегодня Alco Controls производит практически все компоненты и приборы автоматики, необходимые для комплектации холодильных установок, систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов: вентили, регуляторы давления, реле давления и температуры, электронные контроллеры и приводы, средства защиты системы и компоненты систем маслообеспечения.



Продукция Alco Controls используется в супермаркетах, ресторанах, в медицинской технике, осушителях воздуха, молокоохладителях, для автоматизации технологических процессов, на транспорте (автомобильный, железнодорожный, морской), в кондиционировании (моноблочные системы, чиллеры), а также в тепловых насосах (для обогрева жилых и офисных помещений).



Лидерство Alco Controls обеспечивается высочайшим качеством продукции, значительными инвестициями в разработку новых приборов автоматики и совершенствованием производственных и технологических процессов. Именно поэтому большинство производителей оборудования для холодильной техники и кондиционирования воздуха выбрали сегодня в качестве партнера фирму Alco Controls. К сожалению, в формате этой статьи я не смогу рассказать обо всех компонентах систем охлаждения и кондиционирования, производимых Alco Controls. Это будет поводом к следующей публикации. Сегодня я остановлюсь на расширительных вентилях.

Первый в мире механический терморасширительный вентиль и сам термин «ТРВ» были предложены фирмой Alco Controls в 1925 году. Даже названием фирмы стала аббревиатура фразы “Automatic Liquid COntrols”, что можно перевести как «Управление расходом жидкости».



Рис.1

Начнем с механических терморасширительных вентилях. Alco Controls выпускает большое количество различных типов механических ТРВ: разборные и герметичные, с фиксированным и регулируемым перегревом, однопоточные и двупоточные, прямого действия и пилотные, для кондиционирования и для очень низких температур кипения. Диапазон производительности этих ТРВ от 0,3 кВт до 1500 кВт.

Основной объем в производственной программе механических терморасширительных вентилях сегодня занимают разборные ТРВ *серии Т* (рис.1). Сегодня 80% европейского рынка разборных ТРВ такого типа принадлежит Alco Controls.

Это лидирующее положение на рынке достигнуто благодаря нескольким отличительным особенностям:

1. разборная, модульная конструкция снижает затраты на логистику, уменьшает складские запасы, облегчает сервисное обслуживание;

2. применение сменных клапанных узлов позволяет использовать один корпус в большом диапазоне производительности;
3. возможность работы на любом из известных хладагентов (CFC, HCFC);
4. функция МОР (ограничение максимального рабочего давления кипения) защищает электродвигатели низкотемпературных компрессоров во время выхода системы на режим из «отепленного» состояния (технологические процессы замораживания и охлаждения);
5. внешнее выравнивание позволяет уменьшить погрешность в работе ТРВ вследствие потерь давления в испарителе;
6. большая диафрагма позволяет создавать большие усилия со стороны надмембранного пространства;
7. «двухпортовая конструкция» клапанного узла в моделях TJRE, TERE, TIRE, THRE (рис.2Б) обеспечивает его более точную и стабильную работу.

Пункты 1-4 в дополнительных комментариях не нуждаются. По остальным добавлю следующее.

Alco Controls рекомендует использовать ТРВ с внешним выравниванием при потерях давления в испарителе для систем кондиционирования $\geq 0,2$ бар, для среднетемпературных режимов $\geq 0,14$ бар и для низкотемпературных режимов $\geq 0,07$ бар. Исходя из этих цифр можно сделать вывод, что в низкотемпературных системах ТРВ с внешним выравниванием должны использоваться практически всегда (например, для воздухоохладителей).

Большая диафрагма и большие силы в надмембранном пространстве дают высокие стабильность, точность и скорость в работе ТРВ даже при частичной нагрузке (до 40% от номинала – модели TCLE с «однопортовым» клапанным узлом).

«Двухпортовая» конструкция клапанного узла позволяет уравновесить силы, действующие на него на входе и выходе хладагента. Соответственно, исчезает погрешность, присутствующая в работе всех обычных ТРВ (рис.2А), где величина такой погрешности тем больше, чем больше падение давления на клапанном узле. В результате ТРВ «двухпортовой» конструкции не требуют сезонной подстройки перегрева вследствие изменения давления конденсации, как это следует делать со всеми другими механическими ТРВ. Рассмотрим характерную ситуацию. Вы произвели настройку ТРВ и запустили холодильную установку зимой. Летом меняется давление конденсации, увеличивается перепад давлений на ТРВ и, как следствие, у обычного ТРВ уменьшается перегрев, причем иногда до критически малых значений $1...3$ °С (см.рис.3 – изменение перегрева в зависимости от давления конденсации). Результат такой ситуации – «залив» и поломка компрессора. Использование ТРВ Alco Controls *серии Т* «двухпортовой» конструкции исключает возникновение подобной аварийной ситуации.

Кроме того такие ТРВ могут работать в системах с глубоким регулированием производительности испарителя до 25% от номинала – величины, не достижимой для конкурентов.

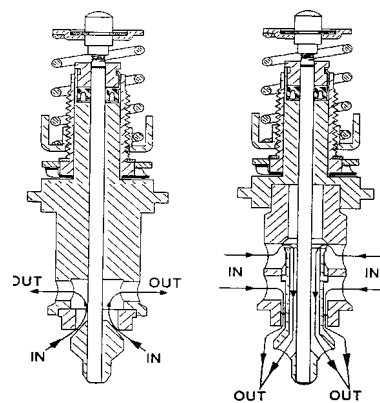
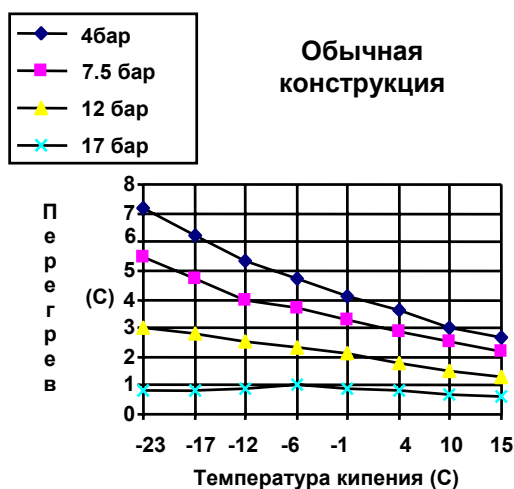


рис.2А

рис.2Б

Давление конденсации



Давление конденсации

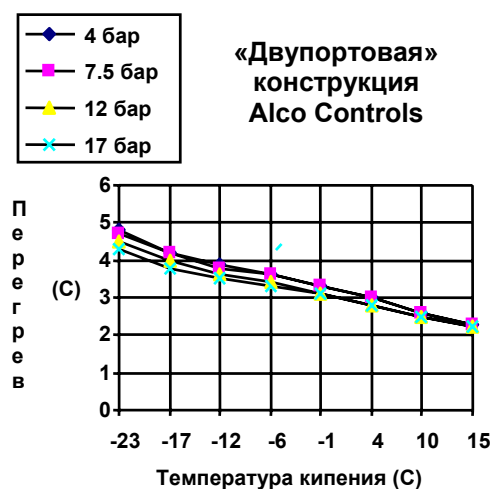


Рис.3

Правильный подбор компонентов очень важен для нормальной работы всей холодильной системы, а выбор ТРВ играет здесь ведущую роль. При этом, определяя необходимую номинальную производительность ТРВ, мы учитываем, как правило, два поправочных

коэффициента: первый зависит от соотношения температуры кипения и температуры жидкости перед ТРВ ($K_{\text{темпл}}$), второй зависит от перепада давления на ТРВ ($K_{\text{др}}$). Значительное увеличение переохлаждения (против обычных 2...5 °С) дает после дросселирования малое количество газа, что повышает производительность ТРВ. Эти условия не учитываются поправочным коэффициентом $K_{\text{темпл}}$. В случае, когда переохлаждение превышает 15°С, в добавление к уже известным поправочным коэффициентам $K_{\text{темпл}}$ и $K_{\text{др}}$ следует использовать еще один коэффициент $K_{\text{переохл.}}$ (табл.1).

Таблица 1

Переохлаждение (°С)	15	20	30	40	50	60
Коэфф. $K_{\text{переохл.}}$	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4

Отдельной *серией* ZZ выпускаются ТРВ для сверхнизких температур кипения -45°С ... -120°С. Конструктивно они подобны вентилям *серии* T, но в них применены материалы, позволяющие работать в таком диапазоне температур.

Следует упомянуть также и специальные ТРВ впрыска, используемые в двухступенчатых поршневых компрессорах для промежуточного охлаждения, в винтовых компрессорах для впрыска жидкости (*серия* 935) и в системах регулирования производительности путем байпасирования части нагнетаемого газа на всасывание компрессора (*серия* L). Их устройство также подобно ТРВ *серии* T.



Рис.4



Рис.5



Рис.6



Рис.7

Alco Controls производит различные типы неразборных ТРВ:

- *серия* TI (рис.4) малой производительности (0,3 – 19,5 кВт) со сменными расширительными вставками;
- *серия* TX6 (рис.5), пользующаяся большим спросом у производителей систем кондиционирования, чиллеров, агрегатированных холодильных установок, транспортных систем охлаждения благодаря герметичной конструкции, наличию диафрагмы большого диаметра и сбалансированной «двупортовой» конструкции клапанного узла;
- *серии* TX2 (рис.6) и TX3 (рис.7) - специальное решение для производителей систем кондиционирования и тепловых насосов. Они имеют компактную герметичную конструкцию, причем *серия* TX2 выпускается с фиксированным перегревом, а *серия* TX3 с

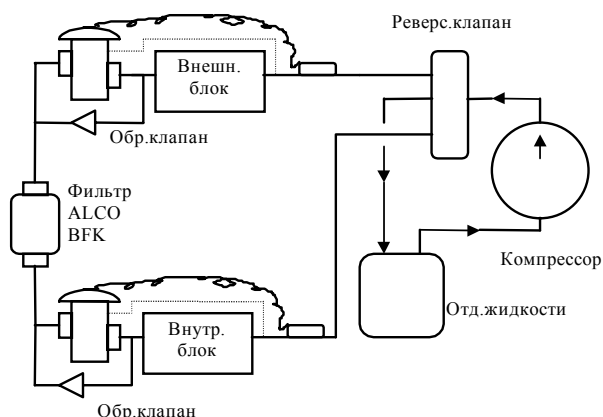


Рис.8

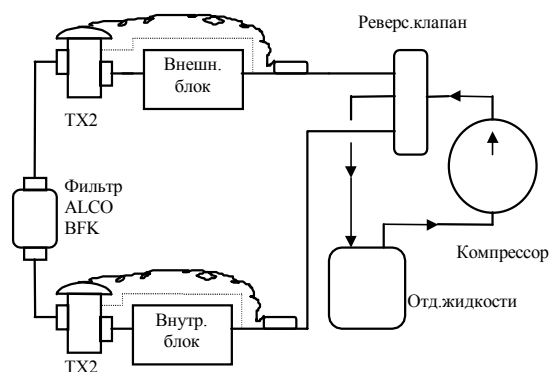


Рис.9

настраиваемым. Кроме того, ТРВ *серии TX2* имеют специальную заправку термобаллона и встроенный обратный клапан для работы в тепловых насосах. Использование этих ТРВ позволяет значительно упростить конструкцию тепловых насосов и повысить надежность их работы. На рис.8 показана схема теплового насоса с обычными ТРВ, а на рис.9 с ТРВ *серий TX2/TX3*.

Однако, несмотря на надежную конструкцию и высокое качество изготовления любое, даже самое лучшее механическое ТРВ не лишено недостатков. Вот некоторые из них:

- ТРВ замеряет перегрев не по дифференциалу температуры «до» и «после» испарителя, а опосредованно через разность давлений в термобаллоне и в испарителе. *Вывод:* следует использовать ТРВ с «родной» заправкой, соответствующей данному хладагенту; ТРВ с другой заправкой будет работать неверно.
- Подавляющее большинство механических ТРВ требуют сезонной регулировки перегрева, т.к. при изменении перепада давления перегрев «ползет». *Вывод:* необходимо периодическое (в течение года) посещение холодильной установки с целью подстройки ТРВ.
- Механические ТРВ имеют достаточно узкий допустимый диапазон изменения производительности (у большинства производителей нижний предел находится на уровне 50...60% от максимального значения). *Вывод:* в системах с глубоким регулированием производительности приходится дробить испарительные системы на части и, соответственно, увеличивать количество ТРВ, усложнять схему управления, что в целом удорожает стоимость установки.
- Механический ТРВ работает при постоянном перегреве, определяемом положением регулировочного винта. Автоматическое изменение перегрева невозможно. *Результат:* механический ТРВ имеет ограниченные возможности в регулировании производительности испарительной системы.
- Механический ТРВ может эффективно и надежно работать только до определенного минимального перепада давления на нем, ниже которого регулирование становится невозможным.
- Засорение фильтров жидкостной линии, неучтенные гидравлические потери приводят к увеличению количества дроссельного газа. *Результат:* установленный ТРВ не может обеспечить заданную максимальную холодопроизводительность; требуется его замена на более крупный аналог.
- ТРВ с функцией MOP при определенных условиях перестает чувствовать величину перегрева. В таких ТРВ в термобаллоне присутствует малое количество жидкого хладагента. В случае, когда в надмембранном пространстве температура заметно ниже, чем в термобаллоне, это небольшое количество жидкости мигрирует в сторону мембраны, и термобаллон в дальнейшем перестает быть датчиком температуры. *Результат:* ТРВ «прикрыто», обеспечивая лишь минимальную подачу хладагента в испаритель; холодильная система скорее всего не выйдет на режим, давление кипения «уйдет» на вакуум, компрессор будет отключен по низкому давлению.

Есть ли сегодня на холодильном рынке приборы, лишенные вышеуказанных недостатков? Оказывается, есть. Это электронные расширительные вентили (ЭРВ).

Сегодня лишь немногие компании в мире могут предложить покупателям надежно работающий электронный расширительный вентиль. В настоящее время практическое применение в мире имеют 2 концепции электронного управления перегревом: *импульсно-модулирующие ЭРВ* и *ЭРВ с шаговым двигателем*.

Импульсно-модулирующий ЭРВ обеспечивает питание испарителя в прерывистом режиме: какой-то промежуток времени вентиль полностью открыт, какой-то – закрыт. В результате хладагент поступает в испаритель порциями. На рис.10 показан такой вентиль Alco Controls *серии EX2*. В течение 6 секунд цикла вентиль один раз полностью открывается и один раз – полностью закрывается. Период открытия вентилей вычисляет электронный контроллер-термостат (например, *серии EC2*) в зависимости от



Рис.10

величины перегрева в испарителе. Замер перегрева осуществляется напрямую температурными датчиками на входе/выходе испарителя (рис. 11).

По сути импульсно-модулирующий ЭРВ является соленоидным вентилем с очень большим рабочим

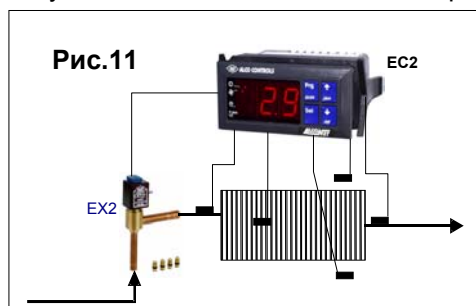


Рис.11

ресурсом (80 млн. циклов, ~15 лет работы). Достигается это за счет особой конструкции со специальным амортизатором штока. EX2 совмещает в себе функции расширительного и соленоидного вентилей, т.е. не только точно поддерживает перегрев (фиксированный или самонастраиваемый под «нагрузку»), но и перекрывает жидкостной трубопровод по сигналу термостатирующего контроллера EC2. Вентиль «нормально» закрыт (т.е. закрыт при отключении питания соленоидной катушки). Таким образом, можно заменить ТРВ, соленоидный вентиль, таймер оттайки, термостат и термометр двумя приборами, позволяющими полностью автоматизировать работу холодильной установки: вентилем EX2 и контроллером EC2.

А теперь о преимуществах вентиля EX2:

- диапазон регулирования производительности от 10% до 100%.
- один и тот же вентиль EX2 можно использовать с любым хладагентом (CFC, HCFC, HFC) и маслом в диапазоне до 17,2 кВт (R22).
- может работать на очень малых перепадах давления.
- идеальное поддержание перегрева на минимальных значениях (не менее 3 °С – безопасный уровень для компрессора; у механических ТРВ не менее 6...8 °С).
- режим автоматически самоподстраивающегося перегрева.
- отсутствие необходимости сезонной регулировки перегрева.
- идеальная работа с функцией MOP (здесь она называется MOT).

Резонный вопрос: почему EX2 выпускается производительностью только до 17 кВт ? Причина в гидроударе в испарителе. Специалисты Alco Controls провели исследования по использованию импульсных вентилей большей производительности. Выводы оказались неутешительными. При увеличении мощности системы, силы давления, развивающиеся при закрытии/открытии импульсного вентиля настолько велики, что результатом может быть повреждение паяных соединений трубопроводов и испарителей. Исходя из этих соображений для производительностей свыше 20 кВт Alco Controls рекомендует использовать электронные расширительные вентили с шаговым двигателем (рис.12). Ознакомиться подробно с принципами работы и конструкцией этих вентилей можно в специализированной литературе Alco Controls. Я остановлюсь только на основных характеристиках этих вентилей.

Рис.12



Поскольку современные системы требуют снижения энергетических затрат, более точного температурного контроля, увеличенного рабочего диапазона и ряда дополнительных новых функций, таких как дистанционное управление и диагностика, использование электронных ЭРВ приобретает неоспоримое преимущество. Только они могут удовлетворить все перечисленные выше потребности. Появление новых хладагентов требует изготовления механических ЭРВ с соответствующими запорками. При работе с электронными ЭРВ такой проблемы не существует.

Краткое описание ЭРВ с шаговым двигателем Alco Controls (*серии EX5, EX6, EX7, EX8*):

- Полностью герметичная конструкция
- Работа от шагового двигателя
- Короткое время открытия и закрытия
- Высокая точность регулирования
- Высокая надежность
- Для закрытия жидкостной линии нет необходимости использовать соленоидный вентиль
- Высокая линейная пропускная способность
- Широкий диапазон производительности
- Постоянное регулирование массового расхода хладагента (нет гидроудара)
- Прямое соединение двигателя и задвижки вентиля повышает надежность
- Керамическая задвижка и керамический порт с изменяемым проходным сечением для обеспечения оптимального расхода жидкости с высокой точностью и минимального износа
- Европейский патент No. 0743476, патент США No. 5735501, патент Японии No. 28225789
- Сбалансированная конструкция
- Корпус из нержавеющей стали
- Прямоточная конфигурация
- Можно использовать с любыми хладагентами (CFC, HCFC и HFC)

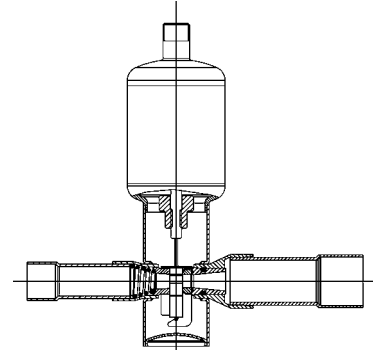


Рис.13

ЭРВ состоит из двух основных узлов: собственно вентиля и шагового двигателя. Шаговый двигатель расположен в верхней части и соединен напрямую с задвижкой (рис.13). Двигатель, также как и в компрессоре, омывается хладагентом и маслом. Поэтому конструкционные материалы, используемые для изготовления двигателя ЭРВ такие же, как и для электродвигателей компрессоров. Корпус двигателя и рабочей части вентиля полностью герметичны, сварены, прокладки отсутствуют.

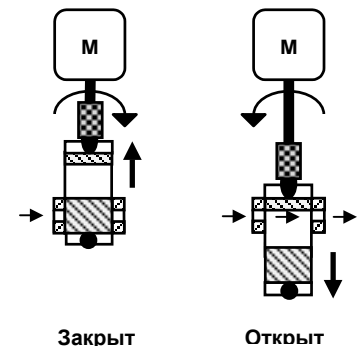


Рис.14

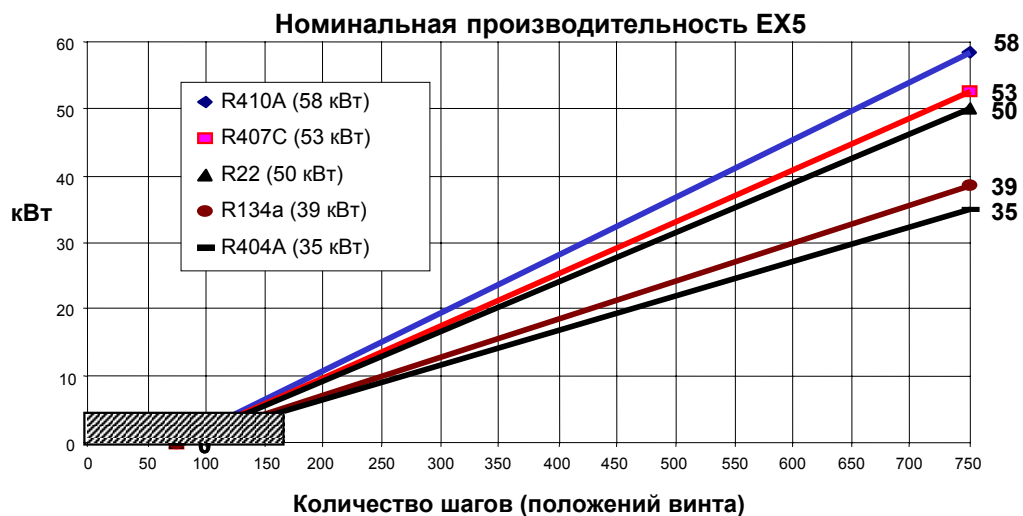


Рис.15

Конструкция вентиля имеет несколько технических достоинств. Например, прямое соединение двигателя и задвижки вентиля для обеспечения более надежного и простого привода. Другой пример: отсутствие уплотнений, мембран и диафрагм, являющихся причинами утечек и сокращения срока службы.

Четыре электрических контакта наверху ЭРВ соединены с двигателем. Эти контакты аналогичны проходным контактам герметичного компрессора. Корпус – из нержавеющей стали, а для простоты пайки используются удлиненные медные патрубki.

ЭРВ управляется 2-фазным биполярным шаговым двигателем. Направление вращения зависит от направления подключения фаз, а количество оборотов - от количества импульсов. Один импульс перемещает двигатель на одну ступень или угол $\alpha=1,8^\circ$. Ротор электродвигателя соединен с регулировочным винтом/штоком для преобразования вращательного движения в линейное движение задвижки вентиля. Последовательность импульсов приводит к постоянному вращению до строго определенного положения регулировочного винта с задвижкой. Геометрический профиль проходного сечения задвижки специально спроектирован для обеспечения линейных характеристик потока при работе в широком диапазоне производительности. Т.е. в ЭРВ *серий EX5, EX6, EX7, EX8* производительность/пропускная способность прямо пропорциональна количеству шагов/углу поворота регулировочного винта. Задвижка и порты – керамические с очень высоким классом точности обработки поверхностей для обеспечения прецизионности регулирования и продолжительного срока службы (рис.14). Путем установки двух шариков вверх и вниз штока устраняются силы, действующие в горизонтальном направлении, которые могут деформировать шток. Внутренняя конструкция вентиля запатентована.

Вентили четырех типоразмеров (EX5, EX6, EX7, EX8) обеспечивают номинальную производительность от 53 до 925 кВт (R 407C), см. рис.15,16. Полный оборот регулировочного винта составляет 750 шагов для EX5, EX6, 1600 шагов для EX7 и 2600 шагов для EX8. Время полного закрытия для EX5, EX6 - 1,5 секунды, для EX7, EX8 – 5 секунд.

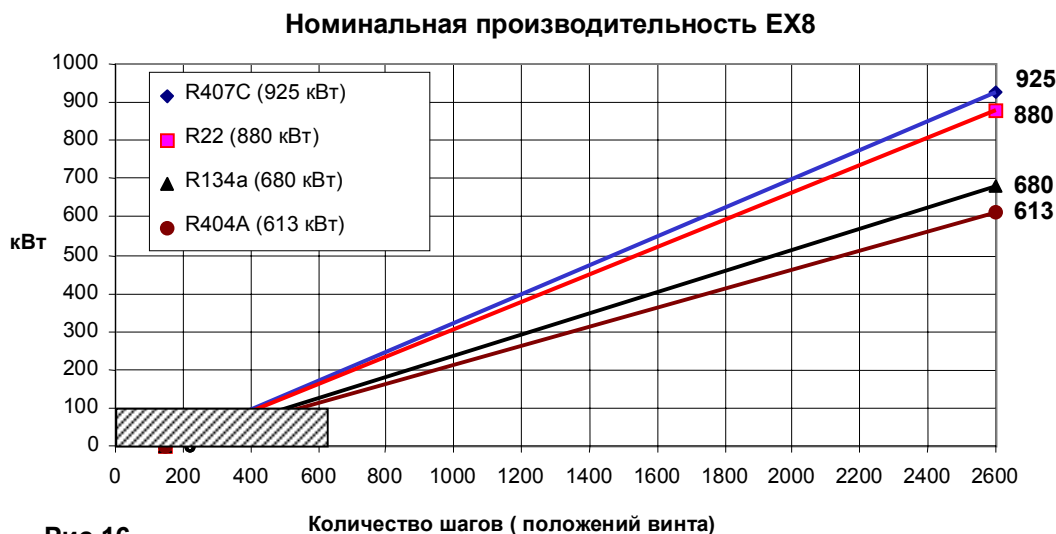


Рис.16

ЭРВ с шаговым двигателем Alco Controls имеют тот же набор преимуществ против механических ТРВ, что и вентиль EX2 с той лишь разницей, что питание испарителя осуществляется плавно, в непрерывном режиме.

Для управления электронными вентилями с шаговым двигателем Alco Controls предлагает использовать специальную серию контроллеров EC3 (рис.17). Алгоритм данных контроллеров позволяет не только поддерживать необходимые перегрев (постоянный или адаптивный) и давление в испарителе, но и управлять оттайкой, включением/отключением компрессоров и вентиляторов воздухоохладителя. Контроллеры EC3 могут объединяться в общую систему управления всей холодильной установкой, работающей на единой информационной шине в протоколе команд LonWorks.

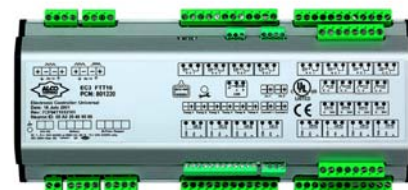


Рис.17

Контроллеры Alco Controls совместимы не только между собой, но и с контроллерами

Рис.18

других производителей, работающих в том же открытом протоколе обмена данными. Они позволяют не только осуществлять мониторинг холодильной установки, но и реально управлять работой ЭРВ на расстоянии.

Универсальные приводные модули *серии EXD-U00* (рис.18) позволяют управлять электронными расширительными вентилями с шаговым двигателем (*серии EX5, EX6, EX7, EX8*) без применения контроллеров Alco Controls. Модули позволяют использовать ЭРВ с любым контроллером, который генерирует аналоговый сигнал (4-20 мА или 0-10В) на выходе. Таким образом, благодаря уникальному сочетанию свойств ЭРВ и нового приводного модуля можно использовать вентиль как для традиционного управления перегревом и термостатирования, так и для решения специальных задач. Тот же самый ЭРВ, например, можно использовать как вентиль впрыска жидкости для двухступенчатых и винтовых компрессоров (рис.19).

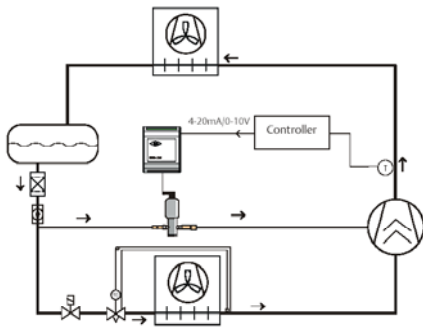


Рис.19 Впрыск жидкости.

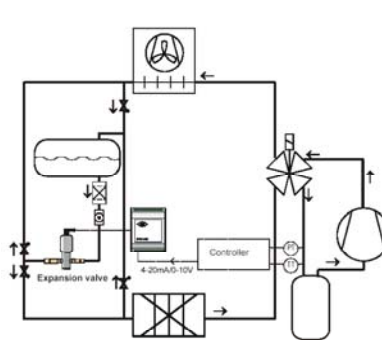


Рис.20 Функции расширительного вентиля в тепловом насосе (один ЭРВ).

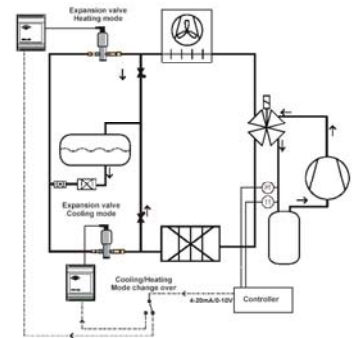


Рис.21 Функции расширительного вентиля в тепловом насосе (два ЭРВ).

Другая потенциально большая область применения электронных расширительных вентилях – тепловые насосы (рис.20,21).

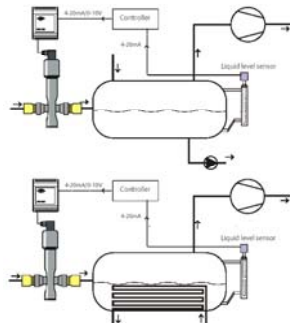


Рис.22 Поддержание уровня жидкости.

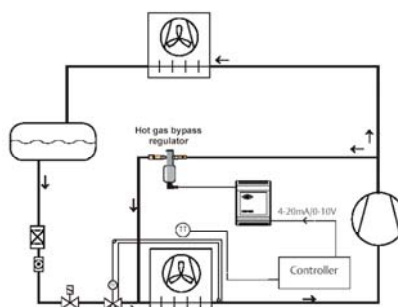


Рис.23 Регулирование производительности. Байпасирование горячего газа.

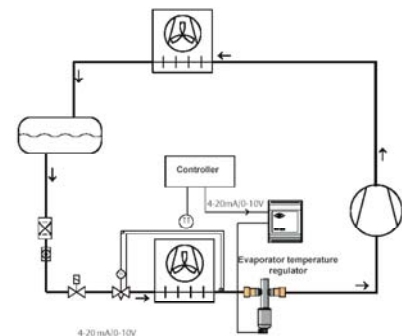


Рис.24 Регулирование давления кипения

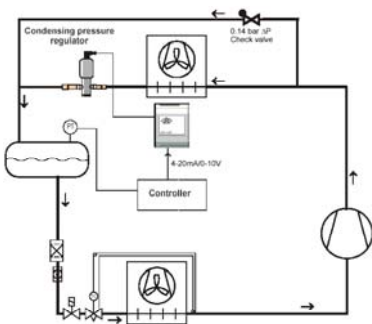


Рис.25 Регулирование давления конденсации

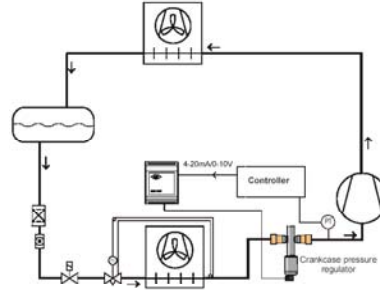


Рис. 26 Регулирование давления в картере компрессора.

Хочу обратить внимание, что теперь электронный расширительный вентиль можно использовать и в качестве регулятора давления и уровня (рис.22,23,24,25,26). Это позволяет заменить одним и тем же прибором различные по своим функциям компоненты холодильной системы. По мнению специалистов Alco Controls ЭРВ с шаговым двигателем - это революционный прорыв в области проектирования и эксплуатации холодильных систем. Нам представляется, что дальнейшее

развитие данной технологии в ближайшем будущем находится в области расширения типоразмерного ряда таких вентилей как в большую, так и в меньшую сторону. Продукцию Alco Controls, в том числе электронные расширительные вентили, контроллеры и механические ТРВ, можно приобрести у наших официальных дистрибьюторов:

Россия

АГРО-3 Тел. +7 095 7424979 e-mail: holod@agro3.ru	ЕВРОХОЛОД Тел. +7 095 7271008 e-mail: reception@eholod.ru	КРИОТЕК Тел. +7 095 2801446 e-mail: kriotek@kriotek.ru
МОРЕНА Тел. +7 095 4857101 e-mail: morena@morena.com.ru	ПЕРЕХОД Тел. +7 0112 472511 e-mail: perehod@rol.ru	ПРОМХОЛОД Тел. +7 095 7859595 e-mail: promholod@promholod.com
РОСТОК Тел. +7 095 2711232 e-mail: rostok@pochtamt.ru	СИБХОЛОД Тел. +7 3832 480827 e-mail: ryazanov@sibholod.ru	СПС-ХОЛОД Тел. +7 812 3255794 e-mail: sales@cpsholod.ru

Украина

АПЕКС Тел. +38 044 5504078 e-mail: apexpil@i.com.ua	СТОП Тел. +38 044 2285785 e-mail: spech@stor.kiev.ua
--	---

Казахстан

ОАЗИС Тел. +7 3182 559788 e-mail: alex_ch@eksi.kz	САКАДА Тел. +7 3272 631448 e-mail: sakada@nursat.kz
--	--