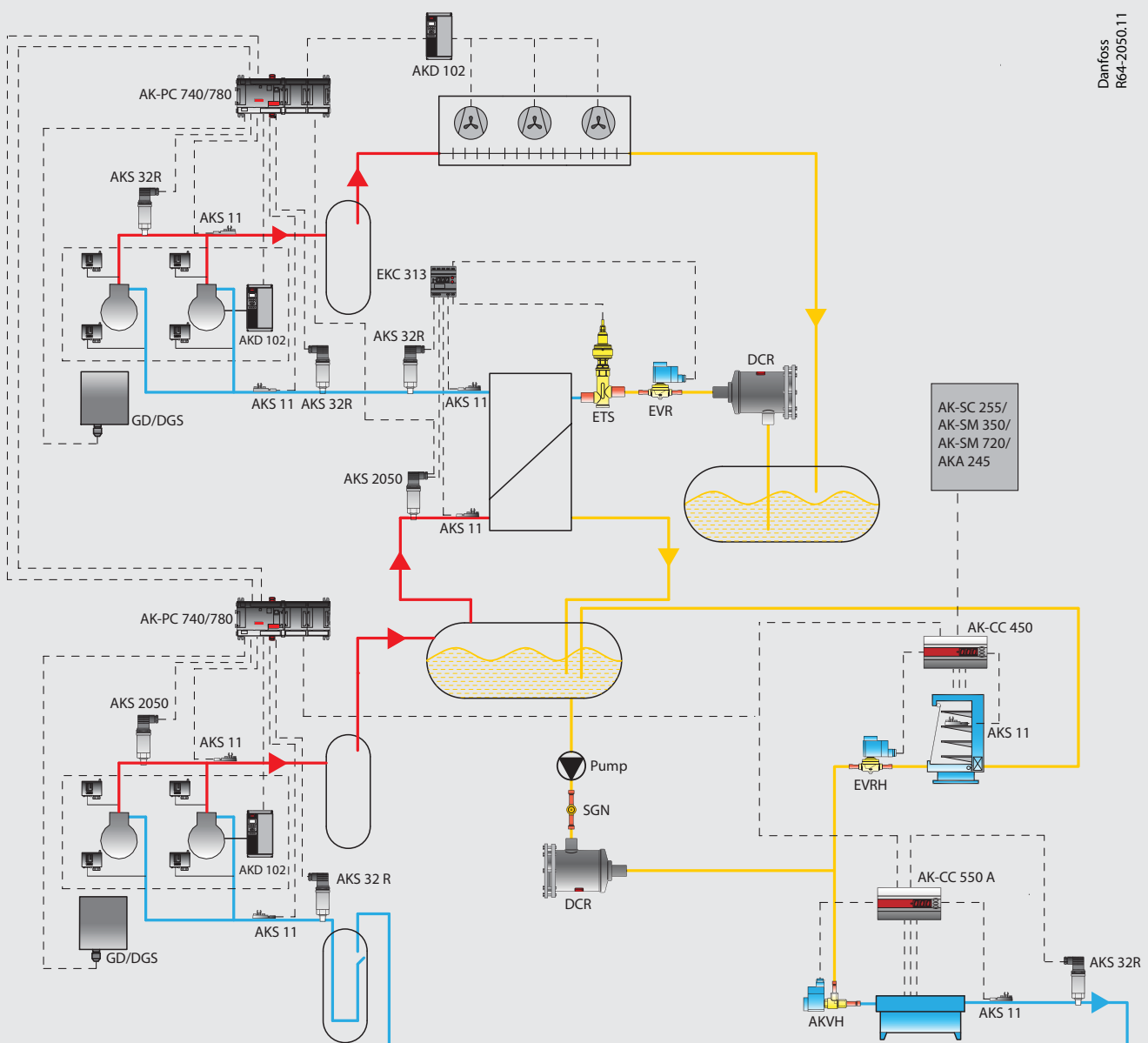


Каскадная фреон-углекислотная система (НС/НFC – CO₂)

Управление системой



Danfoss
R64-2050.11

Общее описание

Каскадные системы, как правило, не используются в холодильных системах с традиционными хладагентами. Для этого имеется несколько причин, так как в этом случае необходимо обеспечить использование двух различных хладагентов в одной системе; стратегия управления такой системой (особенно системой с каскадным теплообменником) гораздо сложнее. В то же время использование углекислого газа CO₂ в каскадных системах дает целый ряд преимуществ:

- Эффективность такой системы довольно высока даже в условиях жаркого климата.
- Для высокотемпературной стадии требуется очень небольшое количество хладагента.
- Разность температур у каскадного теплообменника относительно низкая.
- На высокой стороне различных холодильных установок можно использовать фреон или аммиак.

Аммиачно-углекислотные каскадные системы имеют самый высокий коэффициент полезного действия. Если на высокотемпературной стадии требуется использовать фреон, то предпочтительной маркой является R134 благодаря его термодинамическим свойствам и более низкому (по сравнению с R404A) негативному воздействию на окружающую среду (ПГП).

Температуры и давления в каскадных системах

Промежуточная температура в каскадных системах выбирается на основе требуемой температуры в холодильных камерах, эксплуатируемых в условиях высокой температуры окружающей среды, а это значит, что эти камеры могут охлаждаться непосредственно углекислым газом CO₂. Кроме того, среднетемпературную часть можно оптимизировать для получения максимальной энергетической эффективности, если использовать систему только для низкотемпературного применения.

Так как каскадная система действительно состоит из двух различных холодильных систем, которые сопряжены, но изолированы на каскадном теплообменнике, расчетное рабочее давление в каждой из них может быть разным. Расчетное давление CO₂ обычно основано на доступности компонентов и равно 40–45 бар (что соответствует температуре +5 – +10°C).

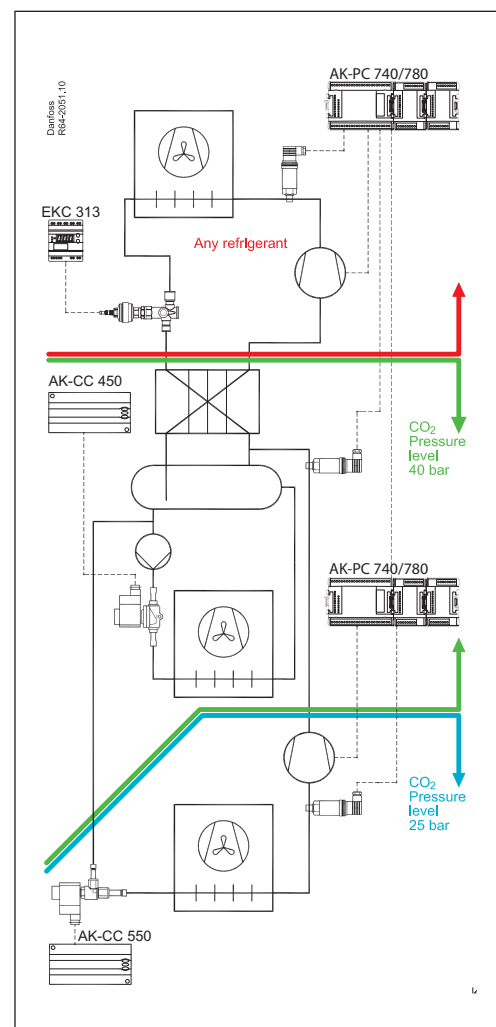
Чтобы не допустить превышения вышеуказанных значений, рекомендуются использовать системы с фиксированным давлением. Предохранительные клапаны должны иметь наибольшую уставку. Фиксированного давления можно достичь повышением расчетного давления до 80–90 бар.

Например:

Сторона CO₂

- Расчетное рабочее давление системы (температура насыщения всасываемых паров): 40 бар (+5 °C)
- Уставка предохранительного клапана: 36 бар (максимальное рабочее давление -10%)
- Уставка аварийной разгрузки системы: 34 бар (-1 °C)
- Уставка по давлению нагнетания CO₂: 30 бар (-5 °C)

Чем выше КПД каскадного теплообменника, тем меньше разность между температурой конденсации CO₂ и температурой испарения хладагента на высокотемпературной стороне. По мере увеличения разности на каскадном конденсаторе суммарный КПД холодильной системы уменьшается!



Температуры и давления в каскадных системах (продолжение)

На системах с низкими температурами углекислого газа CO₂ на нагнетании (низкий перегрев) перегрев расширительного клапана может быть фактором определения размеров теплообменника.

Если углекислотная система имеет высокий перегрев, то потребуется использовать устройства для снижения температуры перегрева, которые позволят уменьшить нагрузку на высокотемпературной стороне.

Оптимальное промежуточное давление в углекислотных каскадных системах зависит от количества параметров (высокотемпературный хладагент, тип нагрузки и т.д.). Как правило, приходится рассматривать 2 случая:

1) Системы с нагрузкой при средней температуре. В этом случае промежуточное давление должно быть как можно выше, для того чтобы уменьшить нагрузку на высокотемпературной ступени. В связи с этим потребуется установить ограничения требуемой температуры на промежуточном уровне и номинального давления системы.

2) Системы без нагрузки при средней температуре. В этом случае средняя температура должна находиться в диапазоне от -10 °C до 0 °C (из-за высокого давления низкотемпературной углекислотной ступени), где нижний предел определяется эффективностью, а верхний предел — номинальным давлением системы.

Последовательность работы каскадных систем

В каскадных системах важно, чтобы на высокотемпературной стороне работал по крайней мере один компрессор, чтобы можно было запустить первый компрессор на низкотемпературной стороне. В противном случае компрессор на низкотемпературной стороне будет выключаться из-за высокого давления.

Точно такая последовательность необходима при заполнении системы. Прежде всего, необходимо заполнить фреоном высокотемпературный контур и запустить его в работу. Когда это будет сделано, можно начать заправку низкотемпературной системы углекислым газом.

Высокотемпературный расширительный клапан (ETS) на каскадном теплообменнике должен начать работу одновременно с высокотемпературными компрессорами. После этого клапан будет регулировать перегрев высокотемпературного газа. Далее, при повышении давления CO₂ во всасывающей линии запускаются низкотемпературные компрессоры.

Контроллеры мультикомпрессорных установок производства компании Danfoss, такие как АК-PC 740 и АК-PC 780, специально оснащены встроенными функциями управления, которые призваны координировать подобные процессы.

Впрыск в каскадный теплообменник

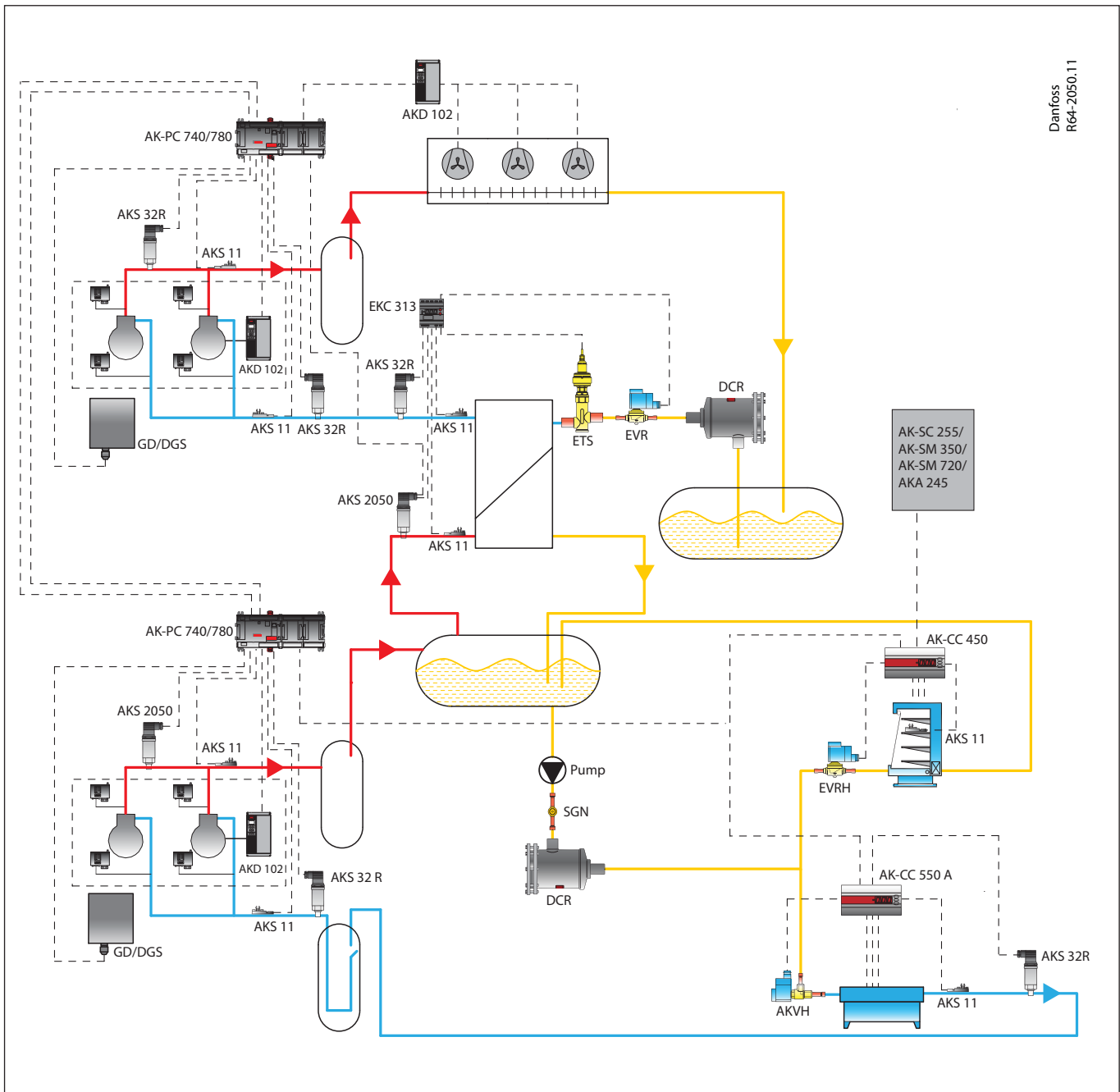
Впрыск жидкости в пластинчатый теплообменник является довольно сложным процессом. Этот теплообменник часто имеет небольшие размеры и поэтому временная постоянная у него очень низкая. В этом случае применение клапанов АКV не рекомендуется.

Рекомендуется использовать приводные клапаны или клапаны другого типа, которые обеспечивают постоянный расход. Подача углекислого газа с пониженной температурой перегрева в каскадный теплообменник может быть рекомендована по трем причинам.

Первая причина состоит в том, что газ часто имеет температуру 60 °C и, следовательно, его тепло можно рассеивать в окружающую среду или использовать для регенерации тепловой энергии безо всяких проблем. Вторая причина состоит в том, чтобы уменьшить тепловую нагрузку на теплообменник. Третья причина заключается в том, что углекислый газ имеет очень высокую интенсивность теплового потока, которая создает нестабильные условия на стороне испарения. В связи с этим рекомендуется уменьшать перегрев на стороне CO₂.

Распределение на стороне CO₂ также является важной проблемой. Вот почему теплообменник должен быть рассчитан на прямое расширение, чтобы обеспечить равномерное распределение смеси газа и жидкости по полостям теплообменника.

Если теплообменник рассчитан на значительную потерю давления при частичной нагрузке, подача и распределение масла должны работать практически во всех условиях.



Каскадная фреон-углекислотная система (HFC - CO₂)

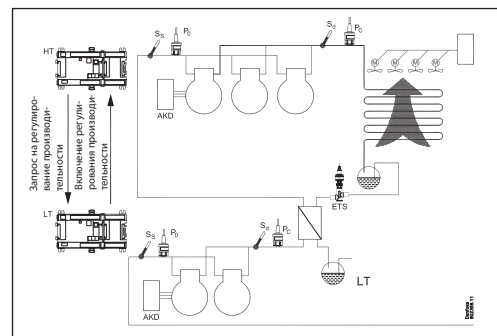
Органы управления каскадной системы

Системы управления каскадных систем подразделяются на следующие группы:

- Управление производительностью конденсатора
- Управление производительностью компрессора
- Каскадное управление впрыском
- Управление расходом CO₂ в среднетемпературном испарителе
- Управление впрыском в низкотемпературном испарителе

Управление производительностью конденсатора

Управление производительностью конденсатора можно осуществлять посредством ступенчатого регулирования или регулирования частоты вращения вентиляторов. В качестве регулирующего датчика для распределителя производительности должно быть выбрано давление конденсатора. Точка отсчета для регулирования может быть определена двумя путями. Либо как фиксированная контрольная точка, либо как точка отсчета, которая изменяется в соответствии с наружной температурой. Контрольная точка для давления конденсации задается в °C (°F).



Производительность компрессора Органы управления

Контроллер мультикомпрессорной установки АК-PC 740 (до 4 компрессоров) или АК-PC 780 (до 8 компрессоров) управляет давлением всасывания на низкотемпературной стороне и является стандартным контроллером для управления одной всасывающей группой в любой холодильной системе. Этот контроллер способен регулировать частоту вращения двух компрессоров, объединенных в единый модуль одноступенчатых компрессоров одинаковой или различной мощности в зависимости от выбранного типа соединения.

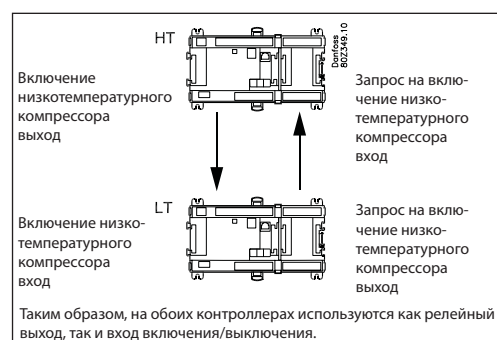
Уникальная особенность контроллеров АК-PC 740/780 позволяет использовать давление конденсации P_c в низкотемпературной углекислотной секции в качестве датчика управления давлением всасывания на низкотемпературной стороне. Это обеспечивает быстрое и стабильное управление давлением конденсации низкотемпературной углекислотной секции.

Координация низкого давления и высокого давления

Контроллер АК-PC 740/780, кроме того, может координировать пуск низкотемпературных и высокотемпературных компрессоров для обеспечения плавной работы. Таким образом, компрессоры высокого давления могут запускаться одним из двух способов:

- как результат действия нагрузки на контур высокого давления
- по запросу от контура низкого давления

Контур высокого давления будет обеспечивать, что запуск компрессоров контура низкого давления будет возможен только после запуска хотя бы одного компрессора высокого давления. Кроме того, он обеспечивает работу в соответствии с таймерами безопасности и таймерами компрессоров.



Маслообеспечение/выравнивание уровня масла

Встроенная система маслообеспечения совместима с большинством холодильных систем, имеющих на современном рынке. Она совместима с CO₂, а также с другими обычными хладагентами и поддерживает входящие сигналы от:

- Реле уровня на компрессоре
- Реле уровня на маслоотделителе
- Реле уровня на масляном ресивере
- Датчика давления на масляном ресивере

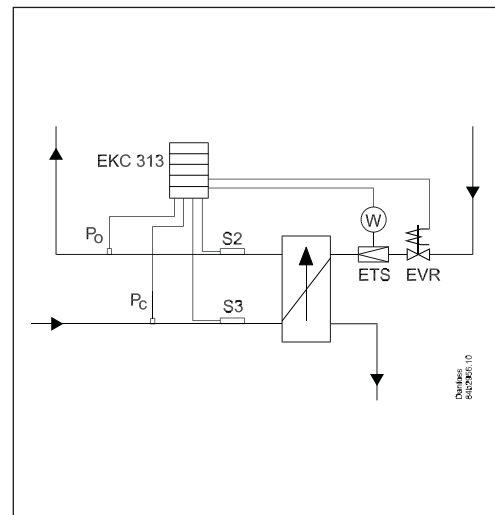
Подача масла к компрессорам регулируется работой электромагнитных клапанов с определенной пользователем последовательностью импульсов включения/выключения.

Каскадное управление впрыском

В системах с каскадным регулированием, использующих CO₂ в качестве хладагента низкотемпературного контура, впрыск жидкости в каскадный теплообменник (используя расширительный клапан ETS с шаговым приводом) можно регулировать с помощью контроллера EKC 313 одним из двух способов:

- Оптимизированный перегрев
- Регулирование давления конденсации в низкотемпературном контуре с одновременным контролем, чтобы перегрев не стал слишком низким.

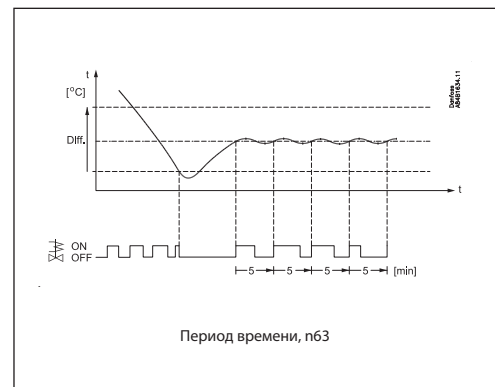
При отсутствии испарителей в высокотемпературном контуре каскадный контроллер следует установить в 1-й режим управления ("control mode 1") для оптимизации перегрева. В этом случае давление конденсации низкотемпературного контура должно регулироваться контроллером производительности компрессоров высокотемпературного контура. Таким образом, сигнал регулирования давления конденсации низкотемпературного контура принимается в входе P0 высокотемпературного контура.



Управление расходом CO₂ в среднетемпературном испарителе

Температура воздуха внутри витрины или холодильной камеры со средней температурой регулируется открыванием/закрыванием электромагнитного клапана/приводного клапана при подаче CO₂ к испарителю. Регулирование текущей температуры может быть реализовано двумя способами: как обычное регулирование включением/выключением с дифференциалом или как регулирование с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ), когда изменение температуры не будет столь большим, как при управлении включением/выключением.

В системе с несколькими испарителями, которая снабжается одним и тем же насосом подачи сжиженного CO₂, следует выбирать модулированное регулирование температуры, так как оно обеспечивает более стабильный расход CO₂ на насосе CO₂.



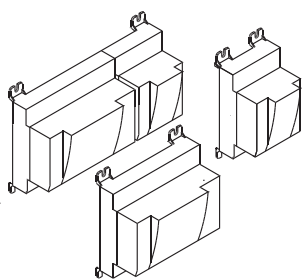
Управление впрыском в низкотемпературном испарителе

Управление впрыском в испарители витрин и холодильных камер, эксплуатируемых при низких температурах, осуществляется контроллером AK-CC 550A, использующим клапаны впуска AKVH с широтно-импульсной модуляцией и патентованные настраиваемые программные алгоритмы для оптимизации рабочих характеристик системы и ее эксплуатации.

Регулирование давления

Контроллеры CO₂ производства компании Danfoss имеют несколько защитных функций по давлению, которые предотвращают открывание предохранительных клапанов, снижая тем самым потери хладагента.

Контроллер AK PC 740 для управления мультикомпрессорными установками
Функция защиты по максимальному давлению нагнетания компрессора снижает его производительность



AK-PC 740

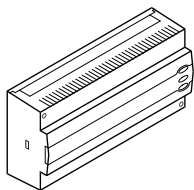
Универсальный контроллер для регулирования производительности компрессоров и вентиляторов конденсаторов. Количество устройств ввода/вывода можно увеличить с помощью модулей расширения АК-ХМ.

- 4 компрессора, до трех без нагрузки
- 6 вентиляторов
- Максимум 100 устройств ввода/вывода
- Регулирование частоты вращения на ведущем компрессоре и вентиляторах конденсаторов
- Встроенные функции управления системой смазки
- Функция включения/запроса для координации работы компрессоров высокого и низкого давления.

AK-PC 780

Аналогичен контроллеру АК-PC 740 плюс:

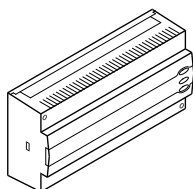
- 8 компрессоров, до трех без нагрузки
- 8 вентиляторов.
- Максимум 100 устройств ввода/вывода



AK-CC 450

Осуществляет управление специализированным холодильным оборудованием, обладает гибкостью и способностью перенастраиваться к любым типам холодильных установок и холодильных камер.

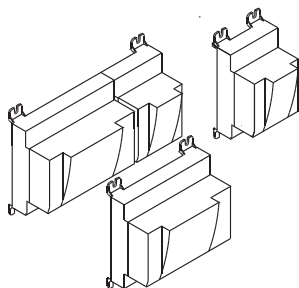
- Для охлаждения с использованием рассола или перекачиваемого CO₂
- Для использования с термостатическим расширительным клапаном.
- Оптимизация энергопотребления всей холодильной системы
- Один контроллер для управления несколькими различными холодильными установками
- Естественное, электрическое или газовое размораживание



AK-CC 550A

Аналогичен контроллеру АК-CC 450 плюс:

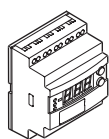
- Для охлаждения с электронным расширительным клапаном
- Адаптивное управление перегревом
- Адаптивное размораживание, основанное на рабочих характеристиках испарителей



AK-CC 750

Универсальный холодильный контроллер для управления системой, содержащей до 4 испарителей.

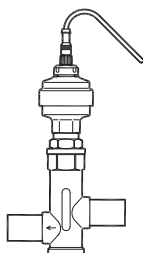
- Для охлаждения с использованием рассола или перекачиваемого CO₂
- Для использования с термостатическим расширительным клапаном.
- Оптимизация энергопотребления всей холодильной системы
- Один контроллер для управления несколькими различными холодильными установками
- Естественное, электрическое или газовое размораживание



EKS 313

Контроллер для управления впрыском жидкости в каскадные теплообменники с углекислым газом CO₂ в качестве хладагента в низкотемпературных контурах.

- Шаговый привод для расширительного клапана ETS или CCM.
- Выход 0–10 В для клапанов ICMTS



ETS

ETS представляет собой серию расширительных клапанов с электрическим управлением (шаговым двигателем)

- Расширительные клапаны с электрическим управлением, предназначенные для точного впрыска жидкости в испарители
- Полностью сбалансированные, обеспечивающие двунаправленное течение и плотное запирающее действие в обоих направлениях с помощью электромагнитного привода.

ООО "Данфосс"

Главный офис

Россия, 143581, Московская обл.
Истринский р-н,
Павловская Слобода,
Лешково, 217
Тел.: (095) 792 57 57
Факс: (095) 792 57 60
E-mail: info@danfoss.ru
Адрес в интернет:
<http://www.danfoss.ru>

ЗАО "Данфосс" Филиал
Россия, 197342,
г. Санкт-Петербург,
ул.Торжковская 5, офис 525
Тел.: (812) 324-40-12, (812) 327-87-88
Факс: (812) 327 87 82
E-mail: pavlov_v@danfoss.ru

ЗАО "Данфосс" Филиал
Россия, 344006,
г. Ростов-на-Дону,
проспект Соколова, 29, офис 7
Тел./Факс: (8632) 92-32-95
E-mail: komarov@danfoss.ru

ЗАО "Данфосс" Филиал
Россия 620014, г. Екатеринбург,
ул.Анотона Валека, 15, офис 509
Тел./Факс: (3432) 65 83 96
E-mail: holodov@danfoss.ru

ЗАО "Данфосс" Филиал
Россия 690087 Приморский, край,
г. Владивосток, ул. Котельникова 2
Тел./Факс: (4232) 20 45 10
Моб.: 8 (902) 530 87 81
E-mail: yuferov@danfoss.ru

Danfoss не несет ответственности за возможные ошибки в каталогах, брошюрах и других печатных материалах. Danfoss оставляет за собой право вносить изменения в продукцию без предварительного уведомления. Это относится также к уже заказанной продукции, если только вносимые изменения не требуют соответствующей коррекции уже согласованных спецификаций. Все торговые марки в данном документе являются собственностью соответствующих компаний. Название и логотип Danfoss являются собственностью компании Danfoss A/S. Все права защищены.