

Автоматизированная система управления ADAP-KOOL® компании «Данфосс»



Ю.Ю.ФЕТИСОВ
фирма «Данфосс»

«Электронная система управления и мониторинга холодильного оборудования ADAP-KOOL®» компании «Данфосс» обеспечивает дистанционное управление, автоматическую регистрацию и отображение всех текущих рабочих параметров и системных характеристик работы холодильного оборудования супермаркетов и других крупных объектов (холодильных складов, мясных и молочных комбинатов, фабрик мороженого и т.д.).

Система ADAP-KOOL® способна осуществлять автоматическую регистрацию системных параметров и событий, а также подачу сигналов о появившихся неисправностях и, кроме того, осуществлять дистанционное управление оборудованием в аварийной ситуации.

Сигнал тревоги может быть послан как через модем на удаленный компьютер, так и по мобильной связи на сотовый телефон сервисного работника в виде SMS-сообщения.

Комплексное применение ADAP-KOOL® позволяет добиться существенной экономии средств за счет сведения к минимуму порчи продукции, сокращения обслуживающего персонала, экономии электроэнергии (до 30 % от суммарного энергопотребления).

Система управления и мониторинга ADAP-KOOL® в значительной степени упрощает сервисное обслуживание крупных холодильных систем, позволяет дистанционно корректировать ошибки в режимах работы оборудования, а при невозможности автоматического их устранения точно определяет место неисправности, в частности, какая именно единица оборудования подлежит ремонту или замене, дальнейшему сервисному обслуживанию.

Поддержание заданного перегрева – наиболее сложная задача, стоящая перед автоматическими сред-

ствами управления холодильным оборудованием.

Одной из основных особенностей контроллеров испарителей системы ADAP-KOOL® является использование в них электронных импульсных расширительных вентилей типа AKV (рис. 1).

Вентили AKV основаны на принципе пульсирующей модуляции (рис. 2).

В течение 6с клапан совершает цикл открытия-закрытия. В зависимости от нагрузки на испаритель периоды открытия и закрытия клапана меняются в процентном соотношении, равном отношению фактической к максимальной нагрузке на испаритель, т.е. при требуемой производительности 33 % клапан будет находиться 2с в открытом положении и 4 с в закрытом.

Импульсные расширительные вентили AKV имеют ту же конструкцию (рис. 3.), что и электромагнитные соленоидные вентили. Однако для



Рис. 1. Электронные импульсные расширительные вентили типа AKV



Рис. 2. Работа импульсного расширительного вентиля AKV на принципе пульсирующей модуляции

Danfoss company presents the electronic system of control and monitoring of refrigeration equipment ADAP-KOOL. This system provides the automatic recording and representation of all the current performance parameters and systems operational characteristics of the refrigeration equipment of supermarkets and other large objects. ADAP-KOOL is capable of implementing the automatic recording of systems parameters and events and also giving signals about the faults appeared, and providing the remote control of equipment in emergency situations. Complex use of ADAP-KOOL allows to have a substantial saving of expenditures through the reduction to the minimum of products spoilage, reduction of labor force, power saving (up to 30 % from total consumption). One of the main particular features of ADAP-KOOL is the use of electronic expansion valves of pulse type which don't need control, can be used with any refrigerants and work in the broadest range of temperatures and capacities (10–100 %). Besides the evaporators controllers, Danfoss offers the controllers of capacity. These controllers, apart from standard set of functions, such as balancing the number of hours of running compressors and condenser fans, night conditions of work, control of compressors with several of capacity, have a number of new functions.

обеспечения большего ресурса (5–10 лет) и исключения гидравлических ударов был проведен ряд технических доработок, в частности применена система гидравлического демпфирования.

Использование импульсных расширительных вентилей такого типа дало возможность применить функцию адаптивного контроля перегрева, основанного на том принципе, что каждый испаритель имеет свою кривую минимального стабильного перегрева (Minimum Stable Superheat - MSS), необходимую для устойчивой

работы холодильной установки при определенной нагрузке на испаритель.

Адаптивное регулирование перегрева при использовании электронных импульсных расширительных вентилей типа AKV позволяет добиться того, чтобы фактический перегрев проходил по линии MSS (минимального стабильного перегрева) при любых нагрузках (рис. 4), обеспечивая при этом надежную и эффективную эксплуатацию холодильной установки.

Для регулирования перегрева используются датчик температуры выходящего из испарителя хладагента и преобразователь давления, измеряющий давление кипения, что позволяет определить величину перегрева с большой точностью и оперативностью.

Адаптивное регулирование перегрева (рис. 5) осуществляется следующим образом. Контроллер плавно снижает температуру перегрева до тех пор, пока пульсации давления не будут превышать определенного значения. При росте значения пульсаций до допустимого уровня перегрев будет плавно увеличиваться до достижения стабильного режима работы. Таким образом, контроллер использует испаритель с максимальной эффективностью на всех режимах работы.

Повышение производительности испарителя, широкий рабочий диапазон ее регулирования (от 10 до 100 %), возможность работы в широком диапазоне температур кипения позволяют с успехом использовать электронный импульсный расширительный клапан в скороморозильных аппаратах различного типа, чиллерах и в других холодильных установках,

приближая их по эффективности к установкам с затопленным испарителем при значительном сокращении стоимости оборудования и упрощении схемы регулирования.

Кроме того, широкий диапазон регулирования

производительности (от 10 до 100 %) дает возможность осуществлять модуляционный контроль температуры, который обеспечивает ее поддержание в охлаждаемом объеме с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$ путем адаптивного количества хладагента, подаваемого в испаритель, к требуемой температуре в камере. Этим достигается непрерывное охлаждение.

Модуляционный контроль температуры способствует также поддержанию постоянной и более высокой, чем при традиционной схеме регулирования, влажности. Это особенно важно при хранении неупакованных продуктов, таких, как мясные продукты, цветы. При этом значительно сокращается усушка продукта, изменяются цвет и микробиологическая активность на поверхности продукта.

Использование электронного импульсного расширительного клапана значительно уменьшает разность температур воздуха и воздухоохладителя, что снижает возможность «обмерзания» теплообменника, способствуя тем самым повышению его производительности, сокращению количества и времени оттаек.

Применение AKV позволяет экономить до 12 % электроэнергии, потребляемой холодильной установкой.

Мало кто знает, что в типичном супермаркете третьим по величине потребителем холода после компрессоров (47 %) и вентиляторов испарителей (19 %) является кантовый подогреватель стекол (около 18 % общего энергопотребления всей холодильной системой), применяемый для предотвращения запотевания стекол торгового холодильного оборудования. Отключение данного подогревателя при работе в ночном режиме и пульсирующий режим работы днем сокращают расход холода более чем на 60 %.

Компания «Данфосс» представляет широкий ряд контроллеров производительности (рис. 6, 7).

Схема подключения контроллеров показана на рис. 8, 9.

Алгоритм их работы основан на принципе регулирования с нейтральной зоной (рис. 10).

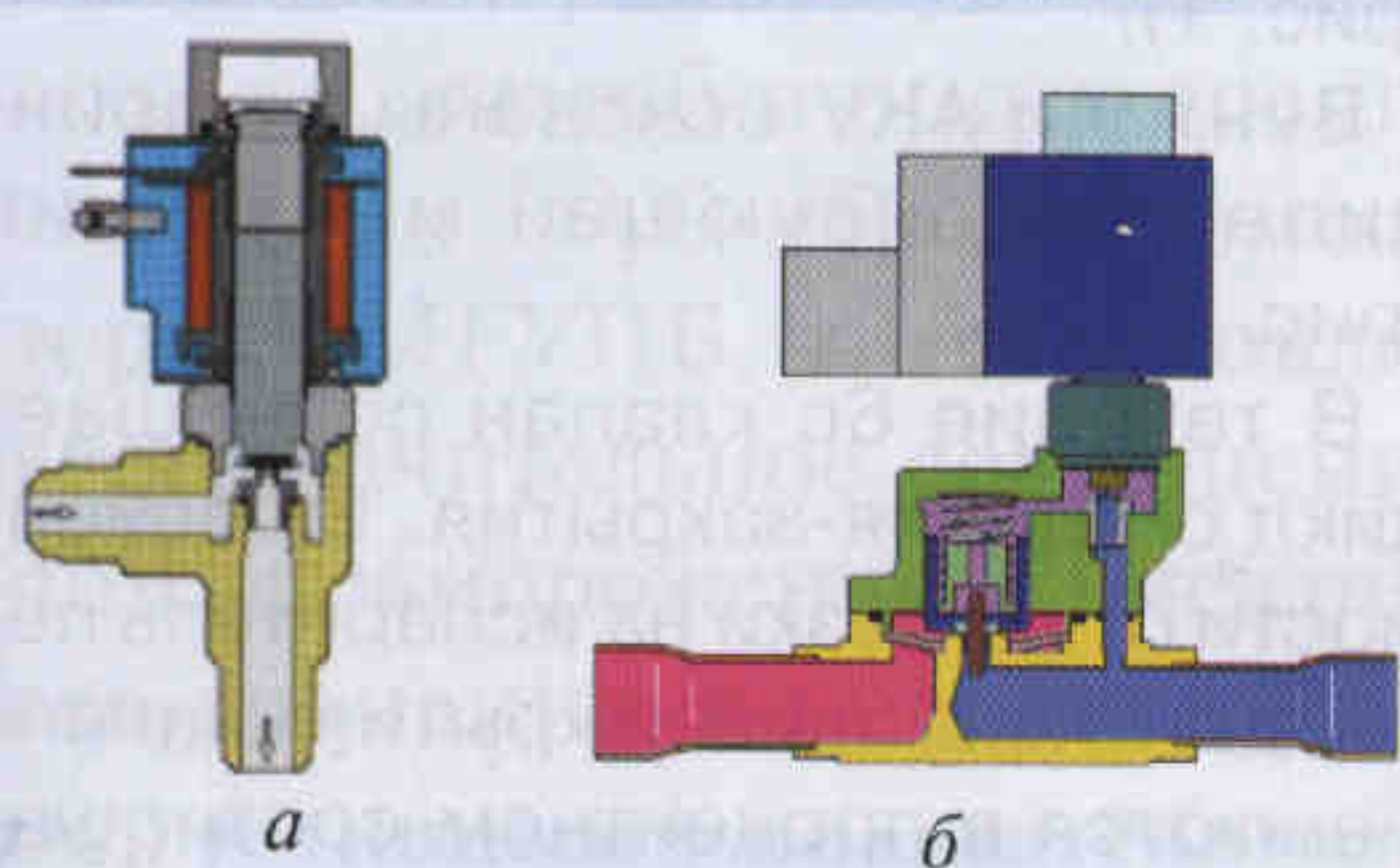


Рис. 3. Конструкция импульсных расширительных вентилей AKV для испарителей производительностью: а – 1...16 кВт; б – 25...100 кВт

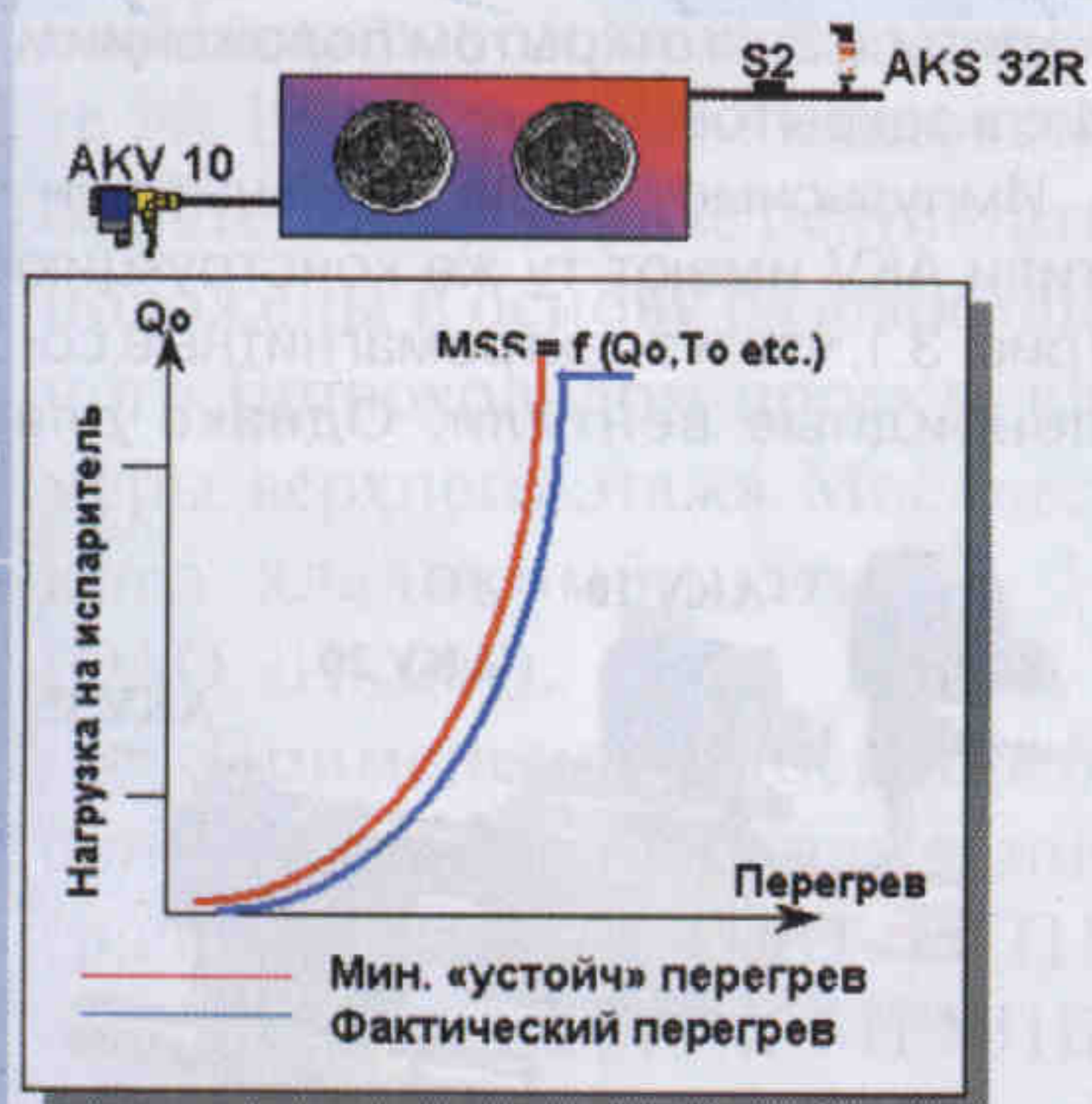


Рис. 4. Схема установки датчиков измерения перегрева и характеристика импульсного расширительного клапана

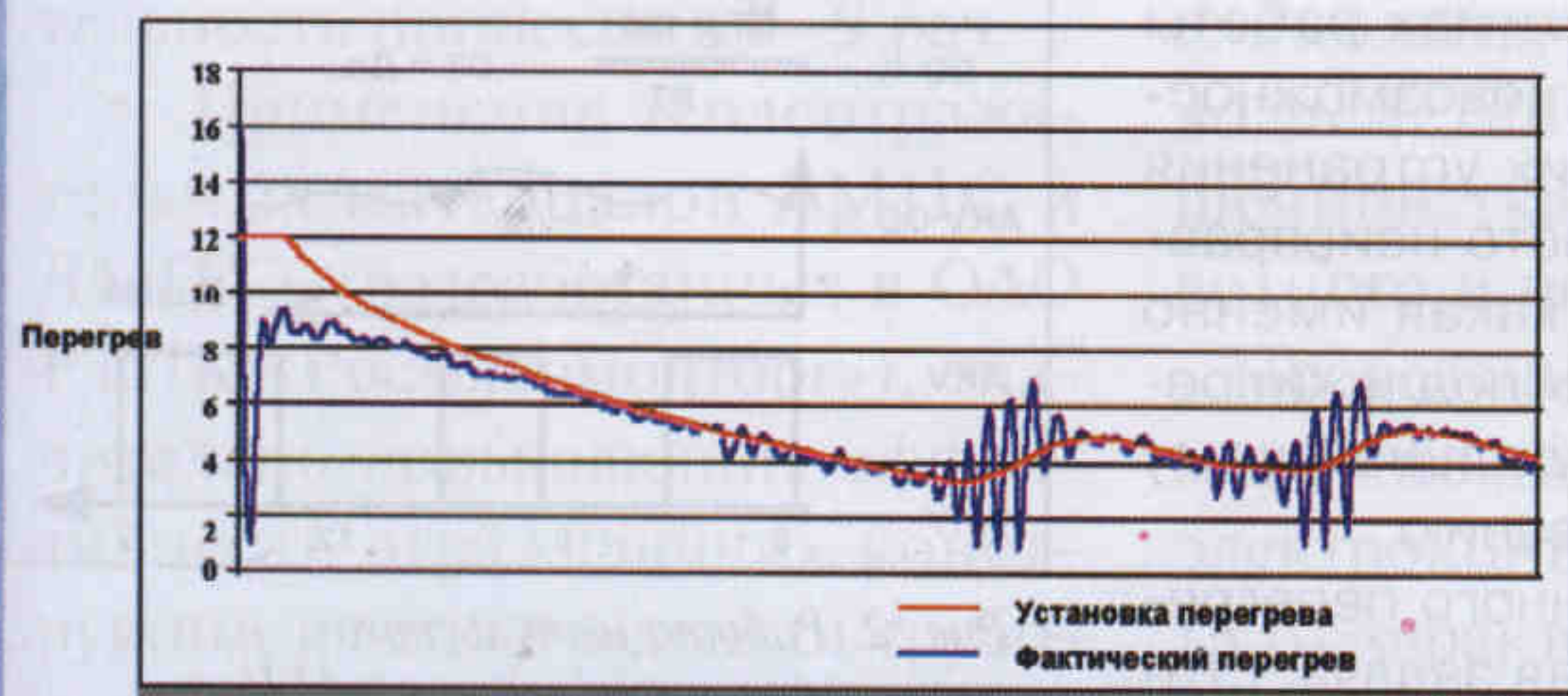


Рис. 5. Принцип адаптивного регулирования перегрева



Рис. 6. Контроллер производительности AKC 72A в комплекте с датчиками температуры, датчиком давления и импульсным расширительным вентилем AKV 10 (справа)



Рис. 7. Контроллер производительности AKC 25H5 в комплекте с датчиками и модулем сбора аварийных сигналов

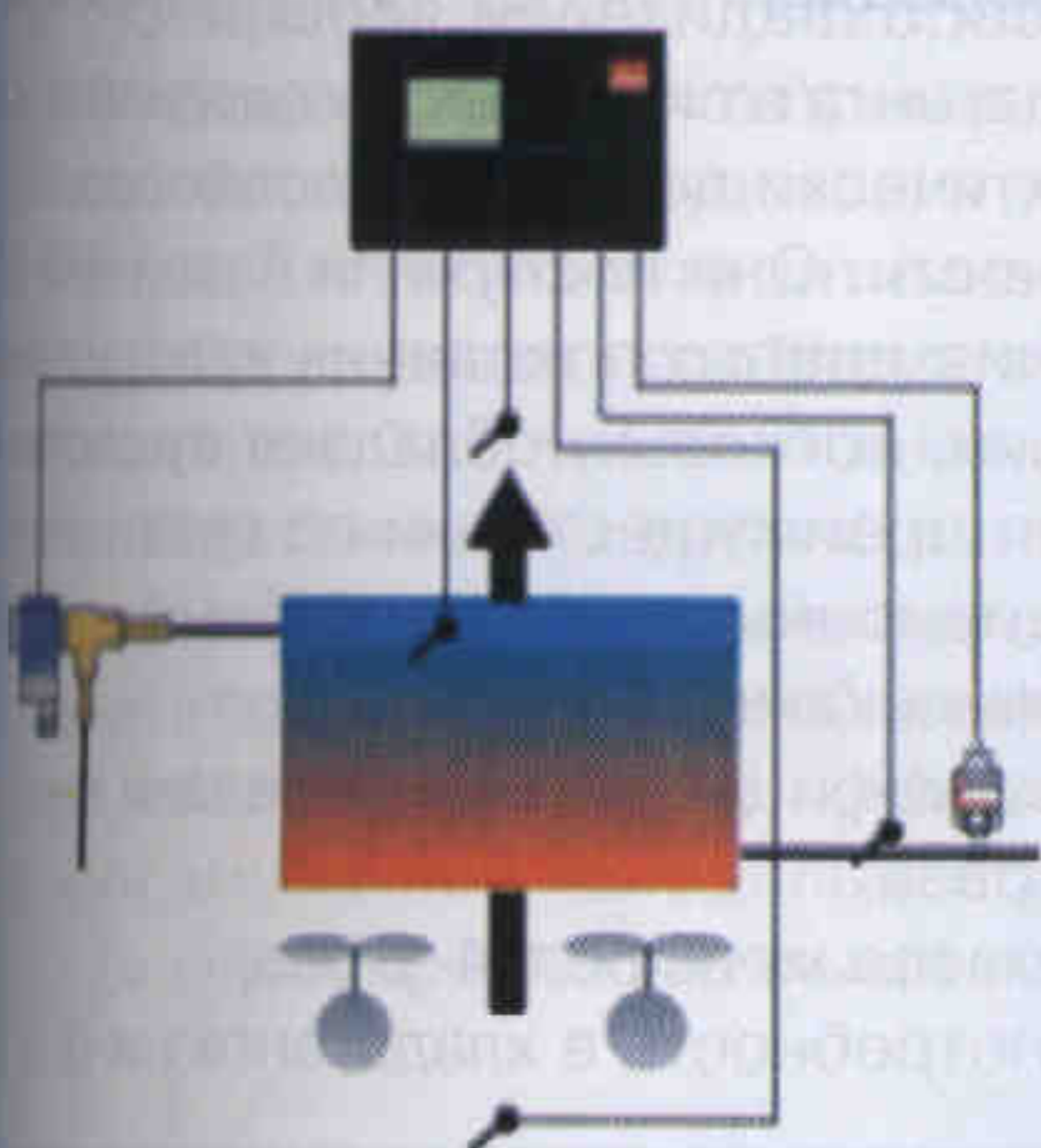


Рис. 8. Схема подключения контроллера

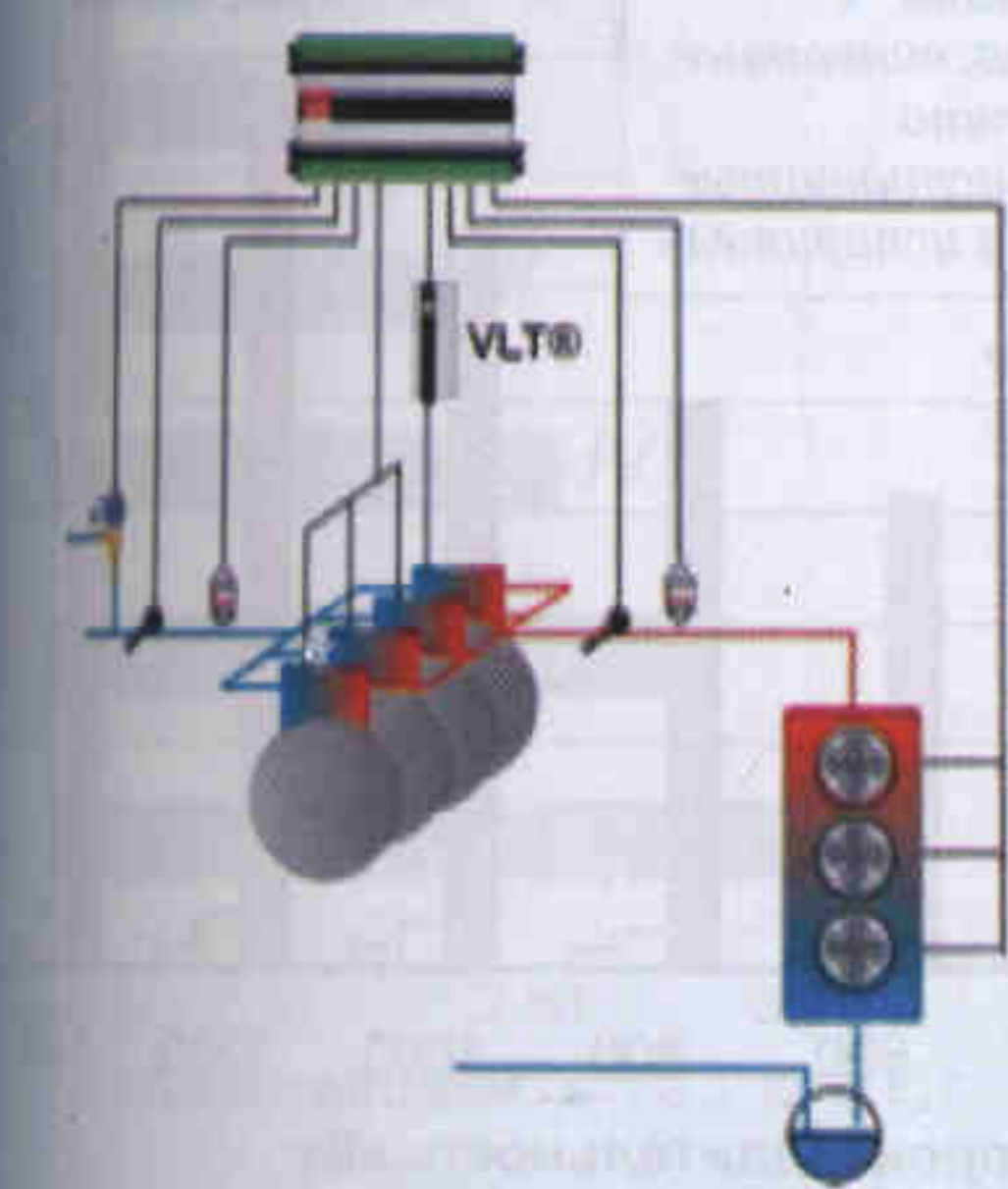


Рис. 9. Схема подключения контроллера AKC 25H5

При отклонении значения давления от установленного в пределах нейтральной зоны контроллер не реагирует на это изменение. Если значение давления попадает в зону «+», контроллер даст команду на включение ступени производительности с определенной задержкой. Если же это отклонение будет слишком велико и попадет в зону «++», ступень производительности включится с меньшей задержкой, чем в зоне «+». Аналогичным образом происходит и выключение ступеней. При попадании давления в зону «-» ступень производительности выключится с заданной задержкой. При падении давления до зоны «--» ступень будет выключена с меньшей задержкой.

Применение такого алгоритма управления компрессорами и вентиляторами конденсатора в отличие от принципа «с дифференциалом» позволяет адекватно реагировать на большие отклонения регулируемого параметра и избегать частого включения/выключения ступеней при незначительных отклонениях.

Контроллеры поддерживают функцию управления частотой вращения лидирующего компрессора для плавного регулирования холодопроизводительности. Возможно управление разными по холодопроизводительности компрессорами.

У контроллера производительности имеется большое количество защитных функций. Осуществляется защитный мониторинг температуры нагнетания. При превышении ею определенного значения автоматически включаются все вентиляторы конденсатора и постепенно выключаются компрессоры. При превышении перегревом на всасывании определенного значения контроллер дает сигнал на впрыск жидкости в линию всасывания для его уменьшения. При слишком малом перегреве контроллер выдает аварийный сигнал.

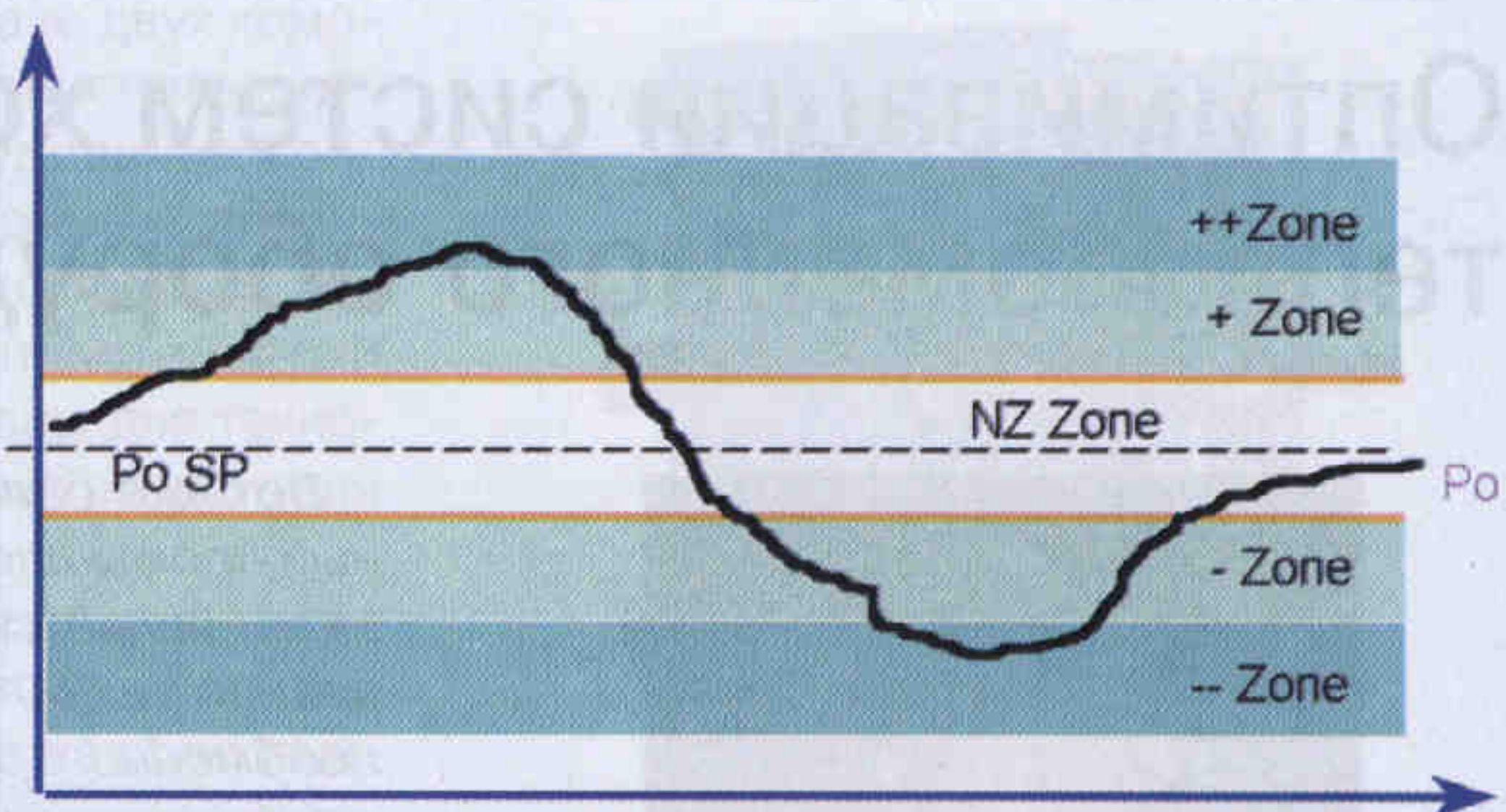


Рис. 10. Принцип регулирования производительности с нейтральной зоной

Одной из энергосберегающих функций контроллера производительности является функция плавающего давления конденсации/кипения. Значения этих давлений зависят не только от установки, но и от других внешних и внутренних факторов.

Так, значение давления конденсации может зависеть от температуры окружающего воздуха, и в холодные периоды года его можно снизить до определенного значения. Для супермаркетов, например, давление всасывания может зависеть от температуры воздуха в торговом зале. При высокой температуре воздуха давление будет снижаться, а при ее понижении увеличиваться.

Функция день/ночь позволяет изменять уставки давлений/температур в зависимости от времени суток.

Использование всех вышеописанных энергосберегающих функций может дать до 30 % экономии электроэнергии, потребляемой холодильным оборудованием.

Существует большое количество модификаций контроллеров:

- управляющие одним, двумя, тремя испарителями;
- для торгового оборудования, промышленных испарителей, затопленных испарителей;
- с функцией регистрации данных и хранения их в течение года.

Помимо описанных выше контроллеров испарителей и контроллеров производительности система ADAP-KOOL включает в себя программное обеспечение, контроллеры чиллеров, контроллеры поддержания уровня, устройства для сбора и передачи информации.