

20.10.2022

гр. ХКМ 4/1

Тема 8.4. Регуляторы перегрева

1. ТРВ с внутренним выравниванием.
2. ТРВ с внешним выравниванием.
3. Электронные ТРВ.

Регулятор перегрева, называемый терморегулирующим вентилем (ТРВ) является одной из наиболее важных частей холодильной установки. Он предназначен для регулирования перегрева пара холодильного агента, выходящего из испарителя, путем изменения количества поступающего в испаритель жидкого холодильного агента.

Перегрев пара на выходе из испарителя Δt — это разность между температурой перегретого пара (на выходе из испарителя) $t_{\text{вых}}$ и температурой кипения t_0 :

$$\Delta t = t_{\text{вых}} - t_0.$$

Таким образом, ТРВ воспринимает не любую разность температур, а только перегрев пара. С уменьшением заполнения испарителя перегрев на выходе Δt возрастает и ТРВ автоматически увеличивает подачу холодильного агента.

Регулирование происходит автоматически благодаря устройству терморегулирующего вентиля. ТРВ, установленный перед испарителем, пропускает туда такое количество холодильного агента, которое обеспечит заданный перегрев на выходе из испарителя и дросселирует холодильный агент. Дросселирование происходит при прохождении холодильного агента через наименьшие сечения вентиля, при этом давление холодильного агента падает от p_k до p_0 при работающем компрессоре.

Давление из испарителя, определяющее t_0 , может подаваться к ТРВ со стороны входа в испаритель и со стороны выхода. Соответственно различают ТРВ с внутренним выравниванием и внешним.

1. ТРВ с внутренним выравниванием

На рис.8.23 приведена конструкция терморегулирующего вентиля с внутренним выравниванием. Вентиль состоит из термостатического элемента, включающего в себя диафрагму, капиллярную (импульсную) трубку, термобаллон и заправку холодильного агента. Термобаллон располагают на трубе, выходящей из испарителя.

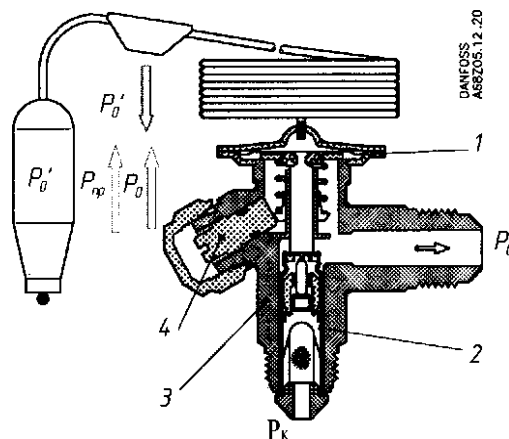


Рисунок 8.23. Устройство ТРВ с внутренним выравниванием Т2: 1 — термостатический элемент; 2 — дюза (вставка); 3 — корпус вентиля; 4 — винт настройки перегрева

Давление в трубе — P_0 , давление в термобаллоне — P_0' . Термостатический элемент закреплен на корпусе 3, снизу присоединяется трубопровод от ресивера с давлением конденсации P_k . Снизу на мембрану воздействует пружина. Дросселирование от P_k до P_0 происходит в дюзѐ 2. Настройку перегрева осуществляют при помощи настроечного винта 4, который поджимает или ослабляет пружину.

Таким образом, мембрана находится под воздействием трех усилий: снизу воздействует давление кипения P_0 и усилие пружины $P_{пр}$, сверху — давление насыщенного пара заправки термобаллона P_0' . Если суммарное воздействие давления кипения и пружины равно давлению пара $P_0 + P_{пр} = P_0'$, то мембрана находится в равновесии. Если испаритель заполнен избыточным количеством холодильного агента, из него выходит насыщенный пар, его температура t_0' будет равна t_0 , а давление $P_0 = P_0'$. Таким образом, давления над и под мембраной сравниваются, пружина поднимает дюзѐ и прижимает клапаном к седлу, тем самым закрывая вентиль. Кипение в испарителе продолжается, количество жидкости уменьшается и начинает выходить перегретый пар с температурой выше температуры кипения t_0 . Перегретый пар нагревает термобаллон, температура в котором становится выше, чем температура кипения, $t_0' > t_0$. Давление в термобаллоне и сверху мембраны становится $P_0' > P_0$. При некотором перегреве пара $\Delta t = t_0' - t_0$, давление над мембраной P_0' становится достаточным, чтобы преодолеть сопротивление пружины ($P = P_0' - P_0 > P_{пр}$) и клапан начинает открываться, пропуская в испаритель жидкий холодильный агент. Таким образом, преодолевая сопротивление пружины при достаточном перегреве, давление над мембраной открывает клапан, пропуская жидкий холодильный агент. При недостаточном давлении над мембраной, пружина закрывает клапан вентиля.

В обычном случае ТРВ с внутренним выравниванием достаточно, однако, если испаритель имеет высокое гидравлическое сопротивление, то на выходе из него будет создаваться давление P_0'' , которое будет гораздо ниже давления кипения P_0 на входе и, следовательно, под диафрагмой. При давлении над мембраной $P_0'' < P_0$ не удастся закрыть клапан без пропуска жидкого холодильного агента в испаритель. Поэтому здесь необходимо использовать терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием давления.

2. ТРВ с внешним выравниванием

Терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием давления по принципу действия практически не отличается от ТРВ с внутренним выравниванием. Он состоит из тех же элементов, то есть имеет термостатический элемент, корпус, дюзѐ, настроечный винт. Отличием ТРВ с внешним выравниванием является дополнительная перегородка под мембраной, которая отделяет полость с давлением кипения P_0 и полость над мембраной с давлением насыщенного пара P_0' . Эта промежуточная полость находится под давлением P_0'' , т.к. соединена трубкой с трубопроводом, выходящим из испарителя. Уравнительную трубку присоединяют после термобаллона.

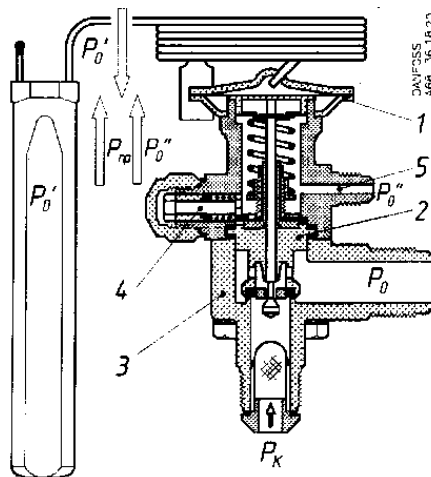


Рисунок 8.24. Устройство ТРВ с внешним выравниванием ТЕ 5: 1 — термостатический элемент; 2 — дюза (вставка); 3 — корпус вентиля; 4 — винт настройки перегрева; 5 — присоединение трубки выравнивания давления

На рис.8.24 показано устройство ТРВ с внешним выравниванием. Термостатический элемент 1 включает в себя диафрагму, капиллярную (импульсную) трубку, термобаллон и заправку холодильным агентом. Термобаллон располагают на трубе, выходящей из испарителя с большим гидравлическим сопротивлением. Давление в трубе — P_0'' , в термобаллоне — P_0' , на входе в испаритель — P_0 . Термостатический элемент закреплен на корпусе 3, снизу присоединен трубопровод от ресивера с давлением конденсации P_k . Снизу на мембрану воздействует пружина. Дросселирование от P_k до P_0 происходит в дюзe 2. Настройку перегрева осуществляют при помощи настроенного винта 4, который поджимает или ослабляет пружину.

Таким образом, мембрана находится под воздействием трех усилий: снизу — давление на выходе из испарителя P_0'' и усилие пружины $P_{пр}$, сверху — давление насыщенного пара заправки термобаллона P_0' . Если суммарное воздействие давления на выходе из испарителя и пружины равно воздействию пара $P_0'' + P_{пр} = P_0'$, то мембрана находится в равновесии. Если же испаритель заполнен избыточным количеством холодильного агента, то из него выходит насыщенный пар, его температура t_0'' сравнивается с температурой в термобаллоне t_0' , а давление P_0'' — с давлением в термобаллоне P_0' . Давление над и под мембраной становится равным, пружина поднимает дюзу и прижимает клапаном к седлу, тем самым, закрывая вентиль. Кипение в испарителе продолжается, количество жидкости уменьшается и начинает выходить перегретый пар. Перегретый пар нагревает термобаллон, температура в котором становится выше, чем температура на выходе из испарителя $t_0' > t_0''$ (именно поэтому уравнивательная трубка врезана после термобаллона). Давление в термобаллоне и сверху мембраны становится выше давления на выходе из испарителя $P_0' > P_0''$. При некотором перегреве пара $\Delta t = t_0' - t_0''$, давление над мембраной P_0' становится достаточным, чтобы преодолеть сопротивление пружины ($P = P_0' - P_0'' > P_{пр}$). Клапан начинает открываться, пропуская в испаритель жидкий холодильный агент.

Широкое распространение ТРВ с внешним выравниванием обусловлено и трудностями с заправкой термобаллона. Обычная для термобаллона заправка (65 %) приводит к тому, что при высоких температурах (при перевозке, хранении, монтаже, оттаивании и пр.) в баллоне возникает повышенное давление. Это ведет к применению более прочных мембран, пружин и, как следствие, приводит к снижению чувствительности ТРВ.

Однако при таком заполнении корпус ТРВ и капиллярная трубка могут находиться при температуре более низкой, чем термобаллон. При таких условиях возникает конденсация пара под мембраной и в капиллярной трубке, но объем заправки в термобаллоне превышает объем этих полостей, поэтому давление во всей термочувствительной системе определяется температурой термобаллона. В силу этих причин широкое распространение получило ограниченное заполнение термобаллона (на 35 %) жидким хладагентом, который по достижении температуры 15—20°C полностью превращается в пар.

При этом корпус ТРВ и капиллярную трубку нельзя размещать при температурах более низких, чем термобаллон, так как давление в полости над мембраной будет определяться температурой, при которой конденсируется пар в этой полости, — из-за малого количества жидкости, остающегося в термобаллоне. Поэтому ТРВ с ограниченным заполнением выпускаются только с внешним выравниванием. В ТРВ с внутренним выравниванием находится жидкость с более низкой t_0 , чем температура термобаллона. Это вызывает конденсацию на мембране и ТРВ не открывается и при большем перегреве.

Механические ТРВ имеют массу достоинств: низкая стоимость, высокая надежность работы и долгий срок службы. Однако их рабочая область регулирования имеет ряд ограничений. Электронные терморегулирующие вентили лишены большинства недостатков механических ТРВ.

3. Электронные ТРВ

Электронные ТРВ выполняют те же функции, что и механические, то есть регулируют перегрев пара холодильного агента, выходящего из испарителя, путем изменения количества поступающего через ТРВ в испаритель жидкого холодильного агента. Однако сам принцип их

действия отличается от принципа действия механического ТРВ. В отличие от механического ТРВ, который действует практически автономно от холодильной установки и контроллеров, управляющих ею, электронный ТРВ полностью управляется собственным контроллером, который соединен с общим или управляется непосредственно от основного контроллера. Информация на контроллер поступает от датчиков температуры или давления, установленных до и после испарителя. В крупных насосно-циркуляционных схемах, где есть циркуляционные ресиверы, работа электронных ТРВ управляется сигналами датчиков уровня.

На рис. 8.25 показана схема установки электронного ТРВ. Как видно, узел электронного терморегулирующего вентиля представляет собой целый комплекс приборов. Датчики температуры, обозначенные S_1 и S_2 , подают сигнал на контроллер *EKS 65*, который и управляет электронным терморегулирующим вентилем *TQ*. На рисунке показан соленоидный клапан *EVR*, выполняющий функцию отсекаания, однако большинство электронных ТРВ могут использоваться как отсечные вентили. Безусловно, стоимость электронного ТРВ гораздо выше, чем механического, но при его использовании улучшается питание испарителя, режим работы холодильной установки становится более рациональным и, как следствие, идет экономия электроэнергии. Питание испарителя, перегрев и процесс дросселирования полностью управляются контроллером и могут отслеживаться системами удаленного доступа. В то же время крупным недостатком данной схемы является увеличение количества устройств, а, следовательно, возрастание риска поломки или аварии.

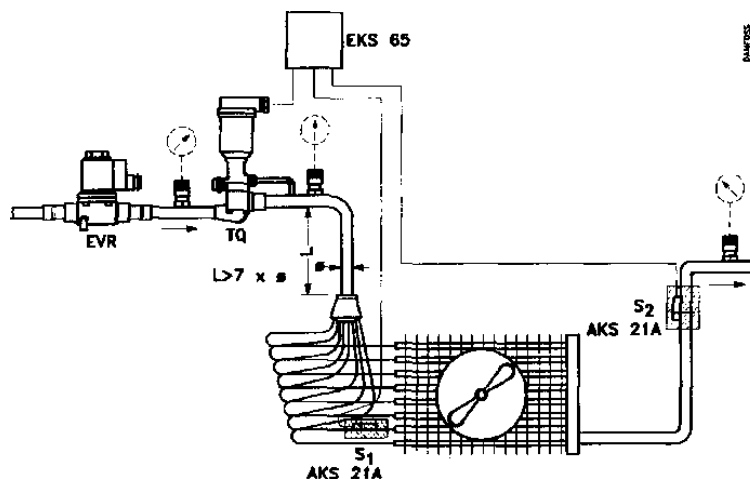


Рисунок 8.25. Схема установки электронного ТРВ

Конструкция электронного терморегулирующего вентиля существенно отличается от конструкции механического ТРВ. Подача жидкого холодильного агента через вентиль происходит импульсами, — например у вентилей типа *AKV* через каждые 6 с. Таким образом, через каждые 6 с на катушку электронного ТРВ подается питание и она, втягивая сердечник, открывает клапан. Если требуется пропустить большое количество холодильного агента, клапан открыт практически все 6 с и закрывается только в самом конце периода, с тем, чтобы снова открыться. Если испарителю жидкого холодильного агента требуется немного, то открывшись, клапан сразу закрывается, это происходит практически каждые 6 с. Если питание испарителю не требуется, контроллер не дает сигнал на открытие ТРВ, и клапан остается закрытым, выполняя также функцию отсечного соленоидного клапана.

На рис.8.26 показана конструкция электронного терморегулирующего вентиля. На стальном корпусе клапана *1* закреплен шаговый двигатель *2*, сверху расположен бокс, куда подводится электрокабель. Клапан оборудован штоком *5*, крышка снизу и другие стыки припаиваются или привариваются — *6*. Керамическое входное окно *7* расположено рядом с боксом пружины *4*. Снизу расположена керамическая направляющая *8*; дросселированный холодильный агент выходит через окно *9*. Над крышкой, где расположено крепежное отверстие *11*, находится латунный шарик *10*. Для монтажа в систему выполнены медные присоединения под пайку.

На рис. 8.27 показано устройство проточного электронного терморегулирующего вентиля для аммиака. Конструкция его несколько отличается от устройства электронного ТРВ для малых холодильных установок. Система управления таким ТРВ полностью аналогична описанной выше, однако, как правило, крупные электронные ТРВ или, как их еще называют, электронные расширительные клапаны, используются с датчиками уровня в циркуляционном ресивере типа АКС. В корпусе имеются вход 1 и выход 2. ТРВ оборудован дюзой 3 и клапанным седлом 4. Для предотвращения заклинивания механизмов ТРВ предусмотрен фильтр 5. Так как размеры ТРВ велики, для облегчения открытия предусмотрена пилотная дюза 6 и пилотный клапан 7, позволяющие потоку жидкости открывать клапан. Сверху расположена катушка 8, крышка с сальниковым вводом 9 и крышка, закрывающая сердечник катушки 10.

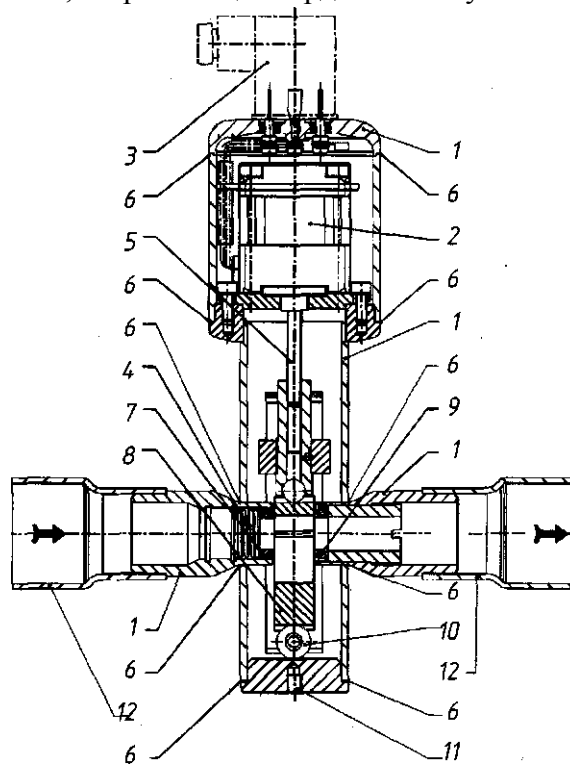


Рисунок 8.26. Устройство электронного терморегулирующего вентиля

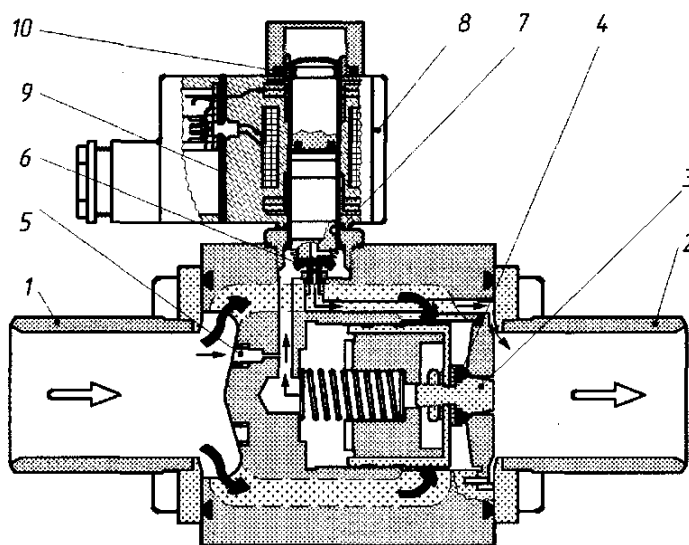


Рисунок 8.27. Устройство электронного терморегулирующего вентиля типа АКВА 20

Мощность описанных электронных ТРВ: 1—630 кВт. Их недостатками являются не только высокая стоимость, но и импульсная работа, так как постоянные удары по клапанному седлу значительно снижают срок службы такого ТРВ. В связи с этим на крупных холодильных установках отказались от применения электронных ТРВ типа *AKV*, в пользу использования более надежных моторных вентилей, оборудованных небольшим электродвигателем, который ввинчивает и вывинчивает шток, тем самым плавно открывая и закрывая вентиль. Ударов по седлу не происходит, срок службы вентиля, по сравнению с импульсными ТРВ, значительно увеличивается. Однако в малых холодильных установках все еще используют импульсные ТРВ.

Терморегулирующие вентили разделяются на фреоновые и аммиачные. Вентили для фреона изготавливаются из меди или латуни, для аммиака — из стали и чугуна (корпуса). На корпус наносится стрелка, показывающая направление потока.

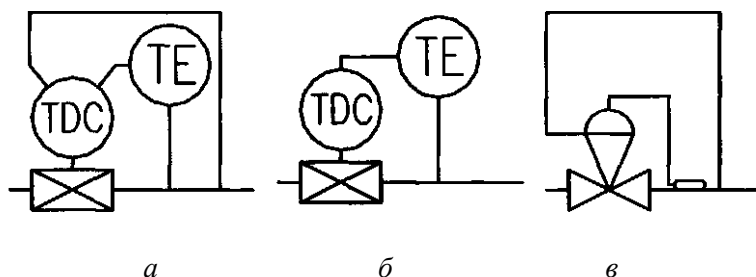


Рисунок 8.28. Условные обозначения ТРВ на схемах функциональных автоматизации:
а, в — с внешним выравниванием; б — с внутренним выравниванием

На рис.8.28 показаны условные обозначения ТРВ на принципиальных схемах и функциональных схемах автоматизации: Т — температура, Д — дифференциал, С — автоматическое регулирование, Е — электрическая величина.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначен регулятор перегрева?
2. Какие конструктивные особенности отличают ТРВ с внешним выравниванием от ТРВ с внутренним выравниванием?
3. Чем ограничена область применения ТРВ с внутренним выравниванием?
4. Перечислите преимущества электронных ТРВ перед механическими.
5. Перечислите недостатки электронных ТРВ.

Список рекомендованных источников

1. Полевой А.А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. — СПб.: Профессия, 2011. — 244 с.
2. Канторович В.И., Подлипенцева З.В. Основы автоматизации холодильных установок. — М.: Агропромиздат, 1987. — 287 с.
3. Канторович В.И. Основы автоматизации холодильных установок. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 276 с.

Составить опорный конспект, ответить на вопросы, сделать скрин и прислать — vitaliy.buruyan@mail.ru