



Автоматизация коммерческих холодильных установок





Автоматизация коммерческих холодильных установок

Цель данного руководства – дать несколько примеров использования средств автоматического регулирования производства компании Данфосс в коммерческих холодильных установках.

В руководстве в качестве объекта автоматизирования показана простая установка с ручным регулированием производительности, последовательно оснащаемая органами управления, и представлены описания принципа действия каждого регулятора.



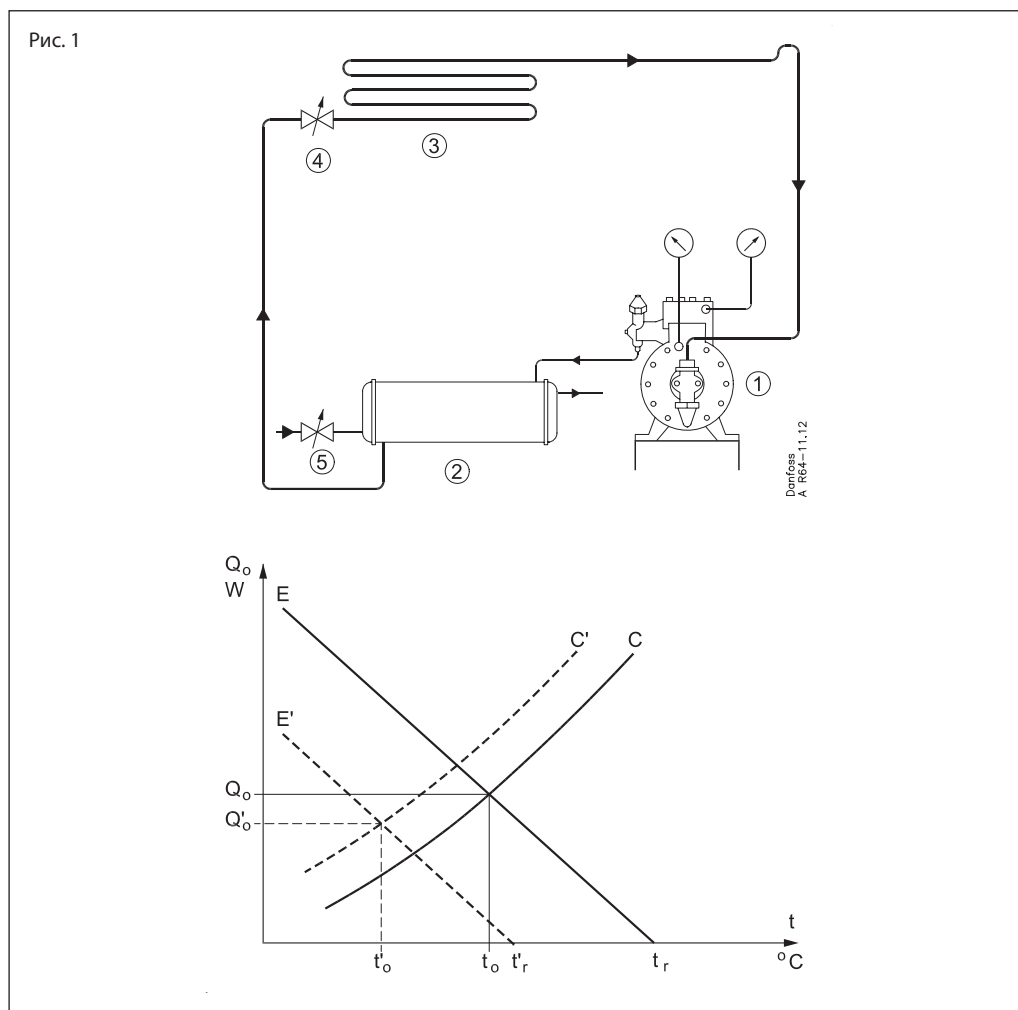
Содержание

Стр.

Холодильная установка с ручным регулированием производительности	2
Холодильная установка с терморегулирующим вентилем и конденсатором с воздушным охлаждением	3
Холодильная установка с оребренным испарительным теплообменником	4
Терморегулирующий вентиль	5
Терморегулирующий вентиль с распределителем жидкости	5
Терморегулирующие вентили	6
Принцип действия терморегулирующего вентиля	7
Терморегулирующий вентиль с максимальным давлением открытия	8
Двухблочное реле высокого и низкого давления	9
Реле низкого и высокого давления	9
Принцип действия реле высокого давления	10
Реле температуры	11
Фильтр-осушитель	11
Смотровое стекло	11
Автоматический водяной кран	12
Оребренный испарительный теплообменник	13
Холодильная установка с маслоотделителем и теплообменником	14
Маслоотделитель	15
Теплообменник	15
Холодильная установка для больших холодильников	16
Запорный вентиль	17
Соленоидный вентиль	17
Схема электрических соединений холодильной установки, показанной на рис. 20	18
Пускатели электродвигателей	19
Централизованная холодильная установка для холодильников, температура воздуха в которых выше точки замерзания	20
Регулятор давления кипения	21
Обратный клапан	21
Схема электрических соединений холодильной установки, показанной на рис. 25	22
Холодильная установка для охлаждаемых прилавков	23
Дифференциальное реле давления	24
Регулятор давления в картере компрессора	25
Регулятор давления конденсации	25
Обратный клапан	26
Реле температуры испарителя	26
Схема электрических соединений холодильной установки для прилавков, показанной на рис. 29	27
Электрическая монтажная схема контакторов	28
Холодильная установка для кондиционирования воздуха	29

**Холодильная установка
с ручным регулированием
производительности**

Рис. 1



Простейшая холодильная установка состоит из следующих основных элементов:

- Компрессор (1)
- Конденсатор (2)
- Испаритель (3)

Для того, чтобы установка могла поддерживать заданную температуру воздуха в холодильнике, ее необходимо оснастить настраиваемыми регулируемыми вентилями (4) и (5), которые способны учитывать изменение тепловой нагрузки на испаритель и конденсатор.

Например, при помощи вентилей с фиксированной настройкой установка не в состоянии поддерживать постоянную температуру в холодильнике в зимних и летних условиях при непрерывно работающем компрессоре. Это легко можно показать графически (рис. 1).

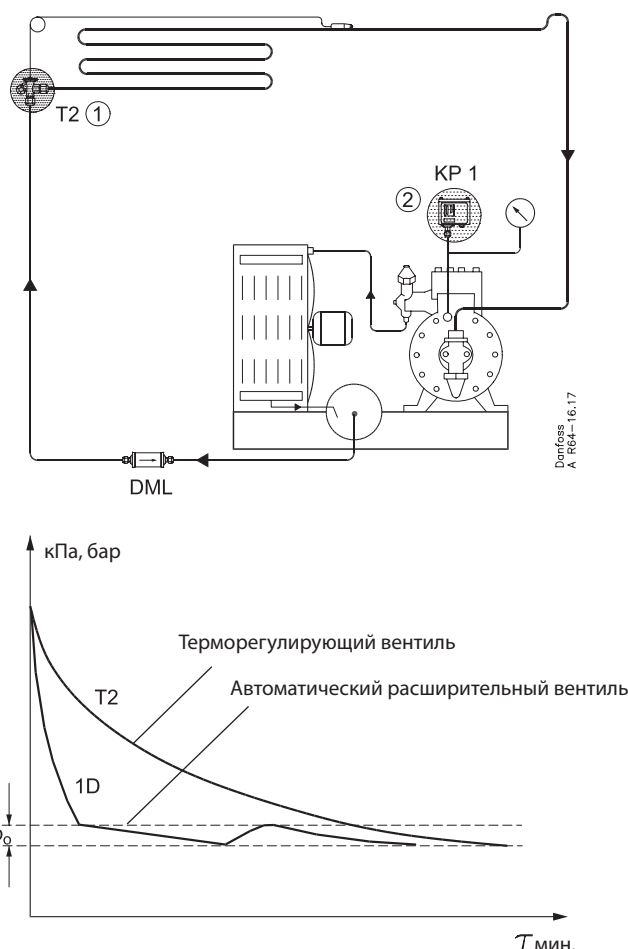
Сплошной линией показана производительность установки в летний период времени, а пунктирной – в зимний (например, зимой при температуре конденсации +25°C, а летом при температуре конденсации +35°C).

Кривые C представляют собой производительность компрессора, которая растет с увеличением температуры кипения t_o . Кривые E представляют собой производительность испарителя, которая растет с увеличением разности $t_r - t_o$ температуры в холодильнике (t) и температуры кипения (t_o). Там, где кривые C пересекаются с кривыми E (при зимней и летней эксплуатации), производительности компрессора, конденсатора и испарителя равны.

Как видно из рис. 1, когда потребность в охлаждении падает от Q_o летом до Q'_o зимой, температура воздуха в холодильнике снижается от t_r до t'_r . Для поддержания заданной температуры в любых условиях эксплуатации производительность компрессора, конденсатора и испарителя должна регулироваться, например, изменением времени работы компрессора, изменением расхода охлаждающей воды через конденсатор или изменением расхода хладагента через испаритель.

**Холодильная установка
с терморегулирующим
вентилем и конденсатором
с воздушным охлаждением**

Рис. 2



В этой установке конденсатор, охлаждаемый водой, заменен конденсатором с воздушным охлаждением. Конденсаторы с воздушным охлаждением обычно используются там, где отсутствует охлаждающая вода или где использование охлаждающей воды запрещено.

Замена вентиля с ручным управлением перед испарителем на терморегулирующий вентиль (поз. 1) дает возможность подавать в испаритель такое количество хладагента, которое необходимо для компенсации тепловой нагрузки на испаритель и обеспечения постоянного перегрева хладагента на выходе испарителя.

При этом, естественно, предполагается, что размер выбранного терморегулирующего вентиля соответствует производительности испарителя. Решающим фактором здесь является то, что в условиях максимальной тепловой нагрузки на испаритель терморегулирующий вентиль должен точно подать количество хладагента, которое может испарить испаритель. Кроме того, настройка перегрева на терморегулирующем вентиле должна соответствовать производительности испарителя.

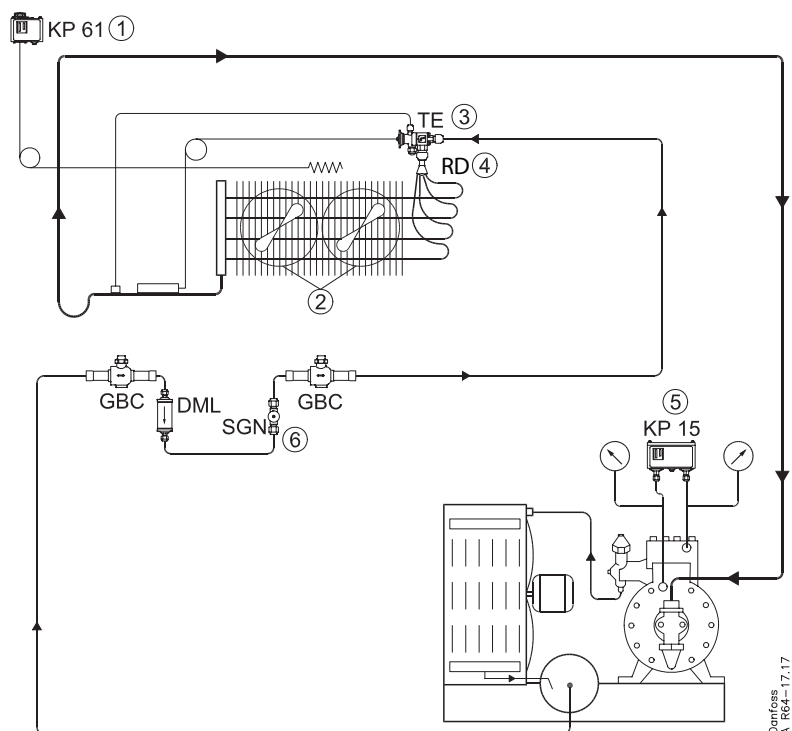
Перегрев здесь понимается как разность температуры хладагента в испарителе и температуры кипения хладагента при заданном давлении и полностью испарившемся хладагенте.

Т.е. перегрев определяется как $t_1 - p_s = ^\circ\text{C}$, где t_1 – это температура, измеренная в точке, где установлен датчик температуры терморегулирующего вентиля (термобаллон), а p_s – давление хладагента, измеренное в этой точке. (Давление затем переводится в соответствующую температуру).

Более подробная информация приведена на стр. 7.

**Холодильная установка
с оребренным
испарительным
теплообменником**

Рис. 3



Реле температуры KP 61 (1) включает и отключает вентиляторы (2) испарителя в зависимости от температуры воздуха в холодильнике.

Терморегулирующий вентиль типа TE (3) с внешним уравниванием регулирует подачу жидкого хладагента в испаритель в зависимости от его перегрева и независимо от перепада давления на испарителе.

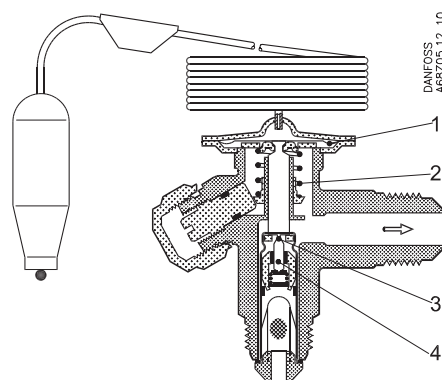
Распределитель жидкости типа RD (4) равномерно распределяет жидкий хладагент по секциям испарительного теплообменника.

Компрессор включается и отключается по низкому давлению от двухблочного реле высокого и низкого давления типа KP 15 (5) в зависимости от давления всасывания. Блок высокого давления этого реле защищает компрессор от слишком высокого давления конденсации, отключая компрессор, когда это необходимо (например, когда неисправен вентилятор или заблокирован поток охлаждающего воздуха (при грязном конденсаторе)).

Смотровое стекло типа SGN (6) показывает содержание влаги в хладагенте и уровень хладагента в системе. Индикатор смотрового стекла изменяет свой цвет при слишком высоком содержании влаги в хладагенте. Пузырьки пара в смотровом стекле означают недостаточную заправку хладагента, недостаточное переохлаждение или частичное загрязнение фильтра.

Терморегулирующий вентиль

Рис. 4



Т 2

Терморегулирующий вентиль типа Т 2, термобаллон которого установлен сразу за испарителем, открывается при увеличении перегрева. При увеличении температуры термобаллона увеличивается давление над мембраной (1), а при увеличении температуры кипения увеличивается давление под мембраной.

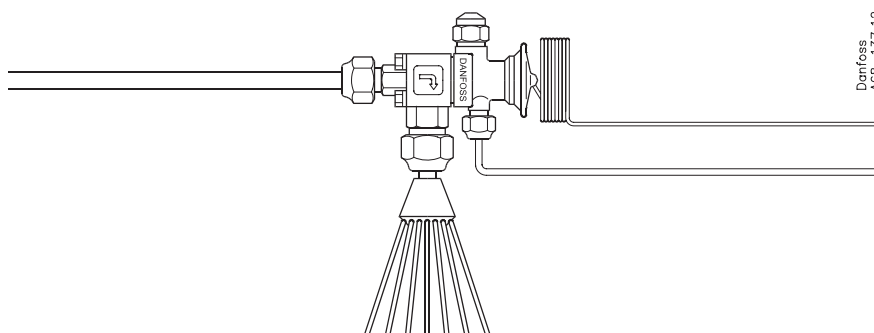
Перепад давления на мембране, который пропорционален перегреву хладагента, проявляется как сила, которая пытается открыть вен-

тиль, преодолевая силу сжатия пружины (2). Когда перепад давления, связанный с . перегревом, превысит силу сопротивления пружины, вентиль откроется.

Клапанный узел, состоящий из посадочного седла (3) и клапана (4), можно заменять. Клапанный узел имеет восемь типоразмеров, удовлетворяющих различным требованиям по производительности терморегулирующего вентиля.

Терморегулирующий вентиль с распределителем жидкости

Рис. 5



TE 5 + RD

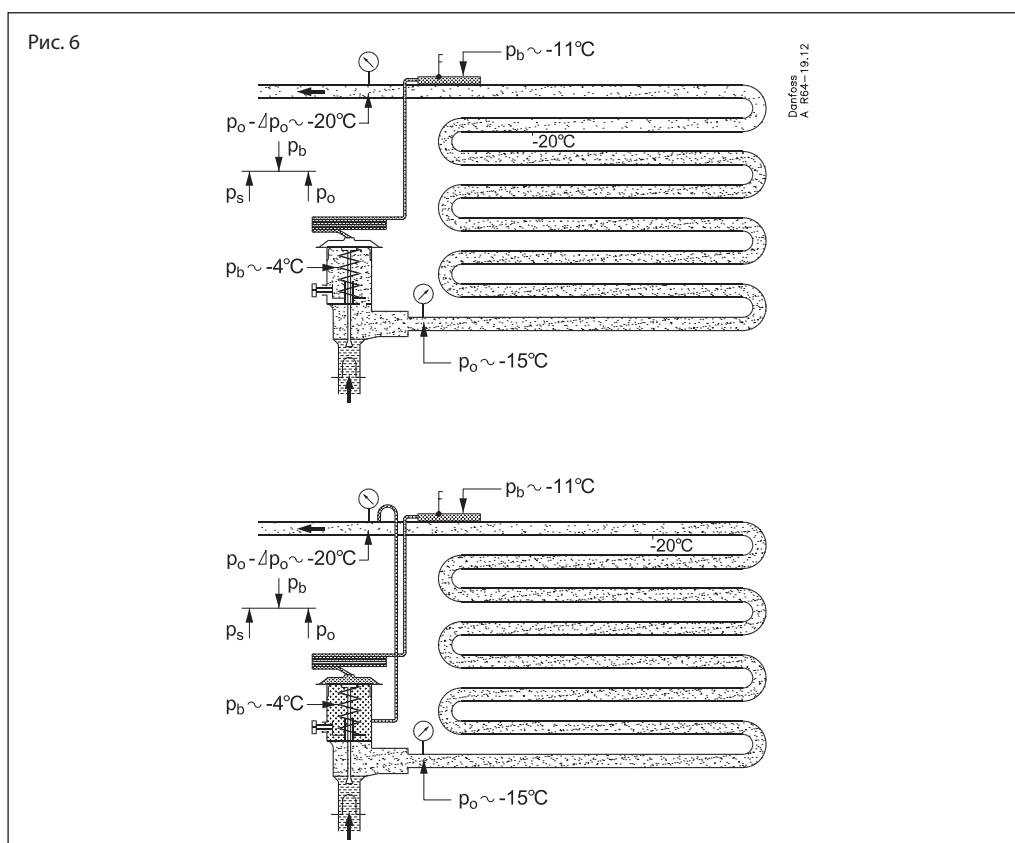
Распределитель жидкости типа RD обеспечивает равномерное распределение жидкого хладагента по параллельным секциям испарительного теплообменника. Распределитель устанавливается или непосредственно на терморегулирующем вентиле, как показано на рисунке, или на линии, идущей от ТРВ.

Распределитель следует устанавливать так, чтобы поток жидкости, проходящий через трубки распределителя, всегда имел вертикальную ориентацию. Такое расположение распределителя сводит к минимуму влияние силы тяжести на движение жидкости. Все трубки распределителя должны иметь одинаковую длину.

Испарители с большим перепадом давления необходимо использовать совместно с терморегулирующими вентилями, имеющими внешнее уравнивание. Испарители с распределителями жидкости имеют большой перепад давления, следовательно, ТРВ всегда должны иметь внешнюю линию уравнивания.

Терморегулирующие ВЕНТИЛИ

Рис. 6



Верхняя схема:

На верхней схеме показан испаритель, в который поступает хладагент от терморегулирующего вентиля с внутренним уравниванием.

Степень открытия вентиля зависит от:

- Давления p_0 в термобаллоне и капиллярной трубке, которое, в свою очередь, зависит от температуры термобаллона. Это давление действует на верхнюю поверхность мембраны TPВ.
- Давления p_0 в выходном штуцере терморегулирующего вентилля, которое зависит от температуры кипения. Это давление действует на нижнюю поверхность мембраны TPВ.
- Силы сопротивления пружины p_s действующей на нижнюю поверхность мембраны. Сопротивление пружины настраивается вручную.

В приведенном примере перепад давления на испарителе Δp соответствует температуре хладагента $-15 - (-20) = 5^\circ\text{C}$. Допустим, что пружина клапана TPV настроена на давление p_s , соответствующее температуре 4°C . Отсюда следует, что для того, чтобы достичь равновесия между силами, действующими верхнюю и нижнюю поверхность мембраны, необходимо, чтобы давление

$$p_b = p_a + p_c \sim -15 + 4 = -11^\circ\text{C}.$$

Т.е. для того, чтобы вентиль начал открываться, хладагент должен быть перегрет на $-11 - (-20) = 9^{\circ}\text{C}$.

Вывод:

Испарители с большим перепадом давления необходимо использовать с терморегулирующими вентильми с внешним уравниванием. Испарители с распределителями жидкости имеют большой перепад давления, следовательно, ТРВ всегда должны иметь внешнюю линию уравнивания.

Нижняя схема:

На нижней схеме показан тот же самый испаритель, в который поступает хладагент от терморегулирующего вентиля с линией внешнего уравнивания, соединенной с линией всасывания за местом крепления термобаллона.

Степень открытия вентиля в этом случае зависит от:

- Давления p_b в термобаллоне и капиллярной трубке, которое зависит от температуры термобаллона. Это давление действует на верхнюю поверхность мембраны ТРВ.
- Давления $p_0 - \Delta p$ на выходе из испарителя, которое зависит от температуры кипения и перепада давления на испарителе. Это давление действует на нижнюю поверхность мембраны ТРВ.
- Силы сопротивления пружины p_s действующей на нижнюю поверхность мембраны. Спротивление пружины настраивается вручную.

Допустив, что, как и в предыдущем случае, перепад давления на испарителе Δp соответствует 5°C , а пружина клапана TPV настроена на давление p_s , соответствующее температуре 4°C , получим, что

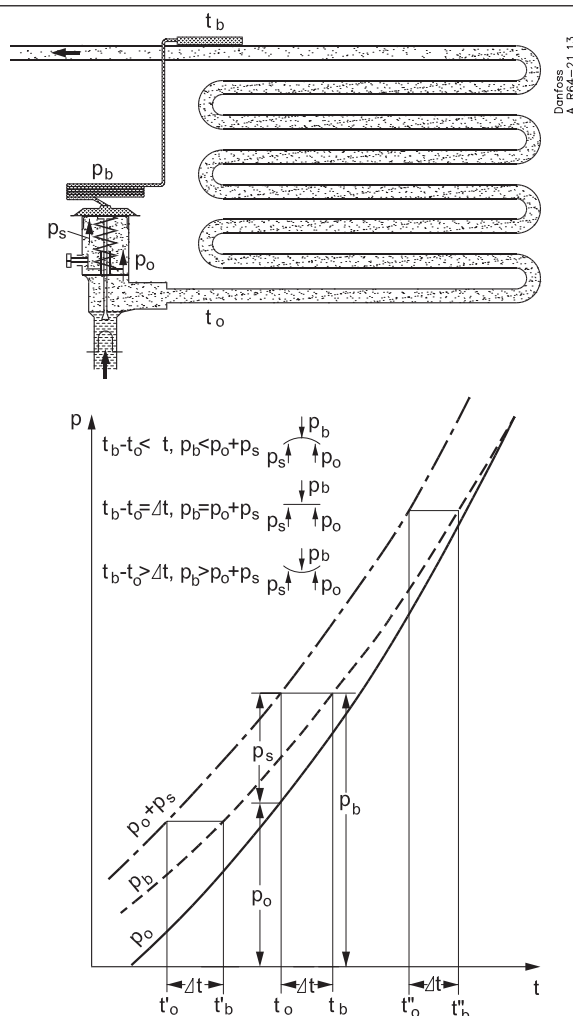
$$p_b = p_o - \Delta p + p_c \sim -15 - 5 + 4 = -16^\circ\text{C}.$$

Т.е. для того, чтобы вентиль начал открываться, хладагент в этом случае должен быть перегрет на $-16 - (-20) = 4^{\circ}\text{C}$.

Чем меньшая часть поверхности испарителя используется для перегрева хладагента, тем больше в нем хладагента и, следовательно, выше его производительность.

Принцип действия терморегулирующего вентиля

Рис. 7



Степень открытия терморегулирующего вентиля зависит от разности между температурой термобаллона t_b и температурой кипения t_o . Вентиль открывается при повышении разности, $t_b - t_o = \Delta t$, т.е. при увеличении перегрева хладагента степень открытия TRV увеличивается (см. рис. 7).

Сплошная линия p_o и пунктирная линия p_b представляют собой давление паров хладагента и наполнителя термобаллона, соответственно. Штрих-пунктирная линия $p_o + p_s$ представляет собой давление паров хладагента и силы сопротивления пружины p_s с заводской настройкой.

При данной температуре кипения t_o на нижнюю поверхность мембраны действует давление $p_o + p_s$ которое пытается закрыть вентиль. Давление p_b действует на верхнюю поверхность мембраны и пытается открыть вентиль.

На рисунке показано, что давления $p_o + p_s$ и p_b соответствующие температуре кипения t_o и температуре термобаллона t_b равны. Практически, разность $t_b - t_o$, представляющая собой статический перегрев, не изменяется во всем диапазоне работы TRV от t_o' до t_o'' .

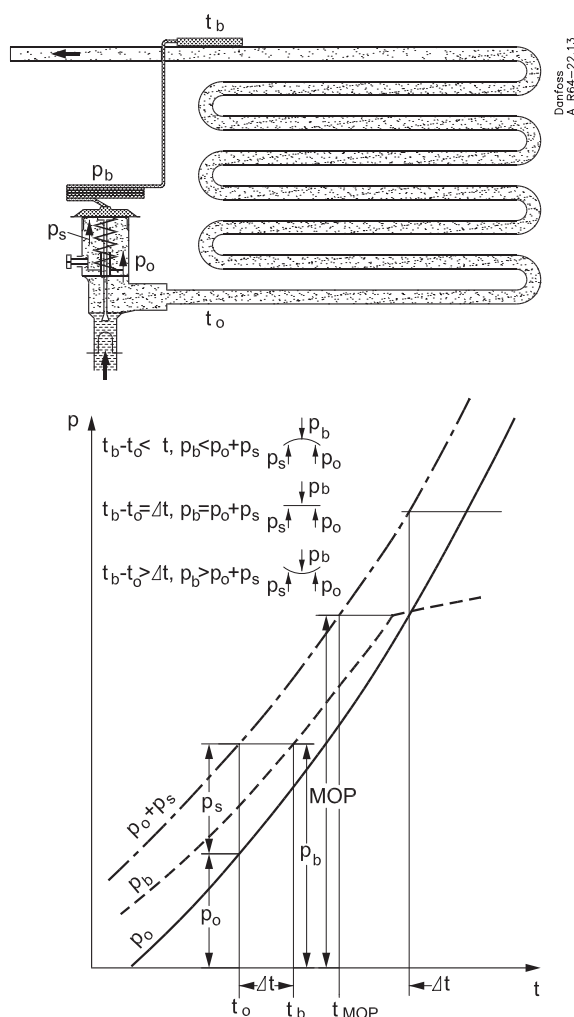
Т.е. можно сказать, что, независимо от температуры кипения, изменяющейся в пределах рабочего диапазона, терморегулирующий вентиль будет регулировать расход хладагента таким образом, что перегрев хладагента за испарителем будет поддерживаться на уровне, задаваемом силой сопротивления пружины p_s . Если разность температуры термобаллона t_b и температуры кипения t_o будет меньше статического перегрева Δt , вентиль закроется ($t_b - t_o < \Delta t$; $p_b < p_o + p_s$).

Если разность температуры термобаллона t_b и температуры кипения t_o будет больше статического перегрева Δt , вентиль откроется ($t_b - t_o > \Delta t$; $p_b > p_o + p_s$).

Если разность температуры термобаллона t_b и температуры кипения t_o будет равна статическому перегреву Δt , клапан вентили будет в открытом или закрытом положении ($t_b - t_o = \Delta t$; $p_b = p_o + p_s$).

**Терморегулирующий
вентиль с максимальным
давлением открытия**

Рис. 8



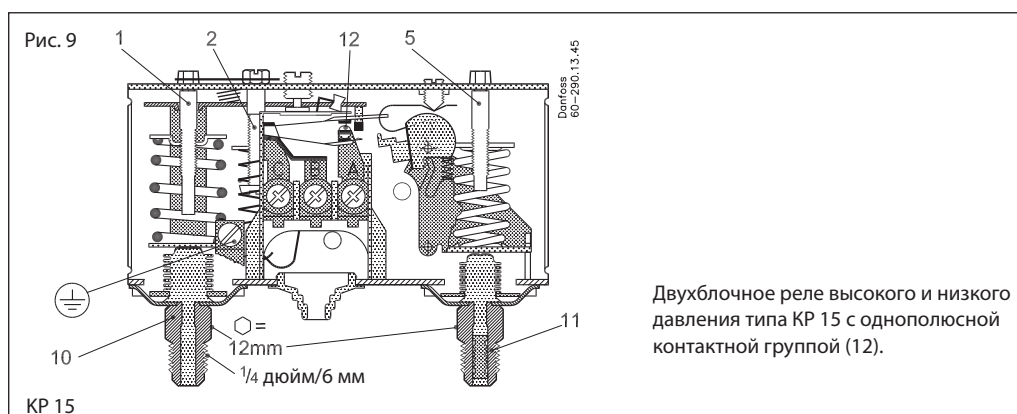
Иногда желательно использовать терморегулирующий вентиль с ограниченным диапазоном регулирования, например, в холодильной установке с одним испарителем, где охлаждение от полностью или частично равновесных с окружающей средой температур осуществляется как исключение (например, после ремонта или оттаивания).

В таких установках гораздо дешевле использовать компрессор меньшей мощности, соответствующей тепловой нагрузке на испаритель после его полного охлаждения. Однако в процессе охлаждения испарителя такой компрессор окажется перегруженным и начнет отключаться при срабатывании защиты по температуре.

Для исключения такой вероятности можно использовать терморегулирующий вентиль с максимальным давлением открытия (МОР). Такой вентиль с ограничением по давлению начинает открываться при низкой температуре кипения $t_{\text{МОР}}$, т.к. наполнитель термобаллона подобран таким образом, что кривая давления паров наполнителя P_b делает изгиб (см. рисунок).

Это означает, что при температуре кипения выше, чем $t_{\text{МОР}}$, величина статического перегрева Δt окажется очень большой, т.е. практически вентиль будет закрыт, пока компрессор не понизит давление всасывания до величины, гарантирующей, что компрессор не окажется перегруженным.

Двухблочное реле высокого и низкого давления



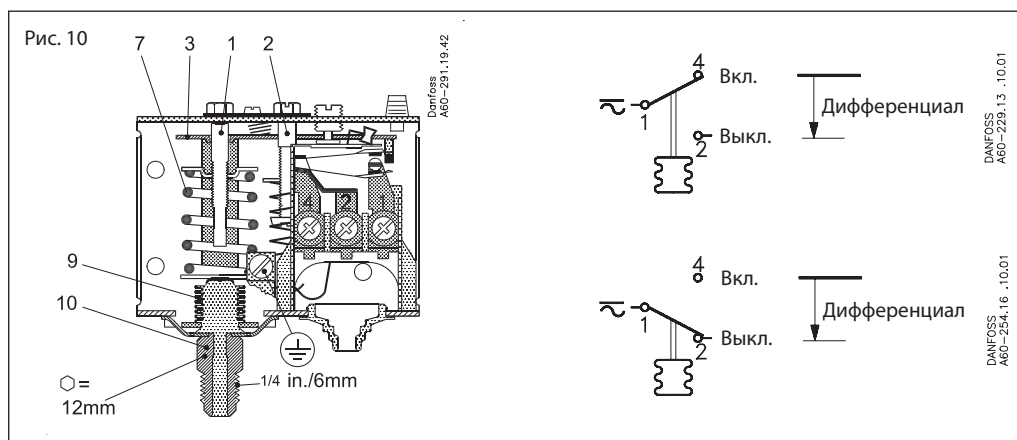
Блок низкого давления (LP):

Штуцер (10) блока низкого давления соединяется с линией всасывания компрессора. При падении давления на стороне низкого давления контакты размыкаются. При повороте винта настройки давления (1) по часовой стрелке реле размыкается при более высоком давлении (размыкается цепь между контактами). При повороте винта настройки дифференциала (2) по часовой стрелке реле замыкается снова при меньшем дифференциале (замыкается цепь между контактами). Давление включения компрессора = давление отключения + дифференциал. Сигнал на включение идет между контактами А и В.

Блок высокого давления (HP):

Штуцер (11) блока высокого давления соединяется с линией нагнетания компрессора. При увеличении давления на стороне высокого давления контакты размыкаются. При повороте винта настройки давления (5) по часовой стрелке реле размыкается при более высоком давлении (размыкается цепь между контактами). Блок высокого давления имеет фиксированный дифференциал. Давление отключения компрессора = давление включения + дифференциал.

Реле низкого и высокого давления



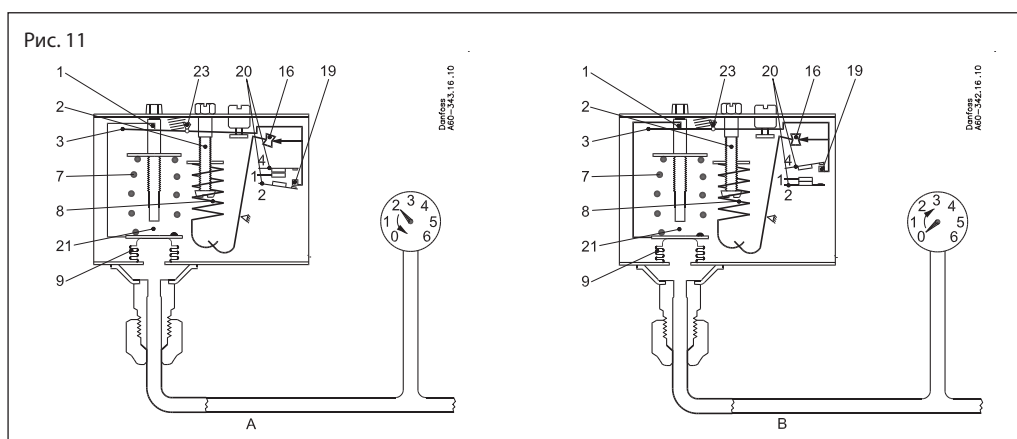
Реле низкого давления типа КР 1

Реле низкого давления содержит однополюсную контактную группу (SPDT), которая размыкает цепь между контактами при падении давления в сифоне (9), связанном с линией всасывания. Штуцер (10) соединяется с линией всасывания компрессора. При повороте винта настройки давления (1) по часовой стрелке реле замыкается – цепь между контактами замыкается при более высоком давлении. При повороте винта настройки дифференциала (2) по часовой стрелке реле размыкается снова – цепь между контактами размыкается при меньшем дифференциале. Давление включения компрессора = давление отключения + дифференциал.

Реле высокого давления типа КР 5

Реле высокого давления имеет такую же конструкцию, как реле низкого давления. Сифон, пружина и рычаг, естественно, предназначены для более высокого рабочего давления. Контактная группа размыкает цепь между контактами 1 и 2 при увеличении давления в сифоне (9), т.е. при увеличении давления конденсации (штуцер реле должен соединяться с линией нагнетания компрессора перед запорным вентилем). При повороте винта настройки давления по часовой стрелке реле размыкается – цепь между контактами 1 и 2 размыкается при более высоком давлении. При повороте винта настройки дифференциала (2) по часовой стрелке реле замыкается снова – цепь между контактами 1 и 2 замыкается при меньшем дифференциале. Давление отключения компрессора = давление включения + дифференциал.

Принцип действия реле высокого давления



Реле высокого давления типа KP 5 соединяется с линией высокого давления холодильной установки и отключает компрессор, когда давление конденсации становится слишком большим. Реле содержит однополюсную контактную группу (SPDT), положение контактов которой зависит от давления в сильфоне (9). См. рис. 11, схемы A и B.

С помощью винта (1) усилие сжатия основной пружины (7) настраивается таким образом, чтобы она могла противодействовать давлению в сильфоне. Результат действия этих двух сил передается с помощью рычага (21) на основной рычаг (3), один конец которого связан с переключателем (16).

Переключатель удерживается в данном положении силой сжатия пружины дифференциала, которая может регулироваться с помощью винта (2) путем изменения растяжения пружины дифференциала (8).

Силы растяжения сильфона, пружины настройки давления срабатывания и пружины настройки дифференциала передаются на переключатель (16), который отклонится, когда равновесие сил нарушится при изменении давления в сильфоне, т.е. давления конденсации.

Основной рычаг (3) может занимать только два положения. В одном положении силы, действующие на оба конца рычага, создают противоположные моменты вокруг оси (23) (см. схему A). Если давление в сильфоне уменьшается, основная пружина действует на основной рычаг с повышенным усилием. Наконец, если момент, вызванный пружиной дифференциала, становится больше результирующего момента, основной рычаг поворачивается и переключатель резко изменяет свое положение таким образом, что направление силы сжатия пружины дифференциала окажется на линии, проходящей вблизи оси поворота рычага (23). Обратный момент от силы сжатия пружины дифференциала станет, таким образом, почти равным нулю (См. рис.11, схема B).

Для того, чтобы переключатель вернулся в начальное положение, давление в сильфоне должно увеличиться и преодолеть силу сопротивления основной пружины, поскольку момент этой силы вокруг оси (23) должен стать равным нулю.

Когда давление в сильфоне опускается до давления отключения минус давление дифференциала (рис. 11, схема A), основной рычаг резко перескакивает в положение, указанное на рис. 11, схема B.

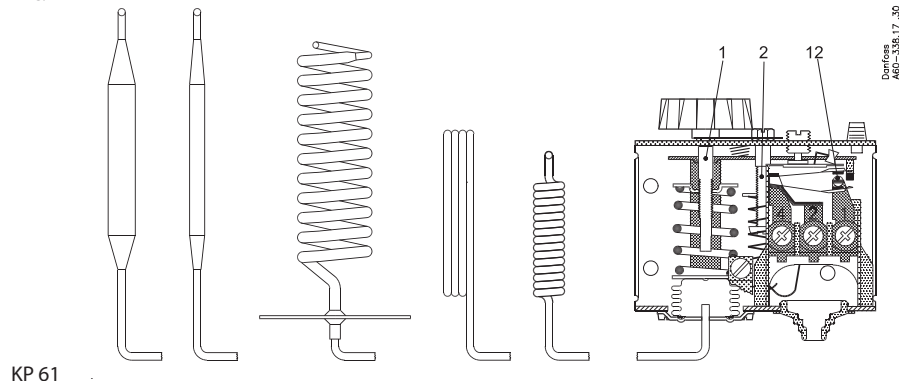
И наоборот, когда давление в сильфоне повышается до давления включения плюс давление дифференциала, основной рычаг резко перескакивает из положения, указанного на рис. 11, схема B, в положение, указанное на рис. 11, схема A. Порядок настройки реле давления типа KP приведен на рис. 9 и 10.

Контактный механизм устроен таким образом, чтобы подвижный контакт до его зацепления с неподвижным контактом двигался с постоянной скоростью, а при размыкании контактов отделялся от неподвижного контакта с максимальной скоростью. Механизм имеет небольшой упор для контакта (19) и тщательно подогнанные контактные пружины.

Контакты (20) замыкаются с меньшей силой, чем размыкаются, что исключает их дребезг. Сила сжатия контактов при замыкании очень высока. Контактный механизм обеспечивает резкое размыкание контактов, поэтому сила сжатия равна силе расцепления. По этой причине прибор может работать с большими токами без образования электрической дуги. Эта система хорошо оправдала себя на практике.

Реле температуры

Рис. 12

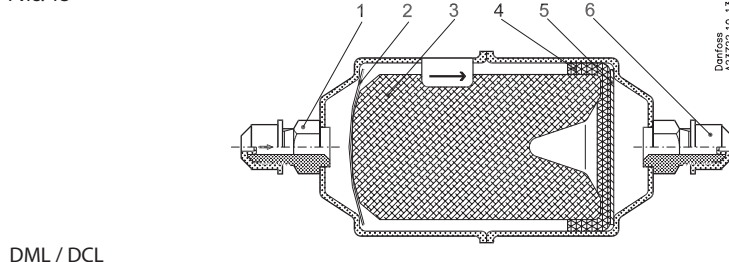


Реле температуры типа KP 61 с однополюсным переключателем (12) замыкает цепь между контактами 2 и 3 при повышении температуры термобаллона, или температуры воздуха в холодильной камере.

При повороте винта настройки температуры (1) по часовой стрелке цепь замыкается и размыкается при более высокой температуре. При повороте винта настройки дифференциала (2) по часовой стрелке цепь замыкается и размыкается при более низком дифференциале

Фильтр-осушитель

Рис. 13

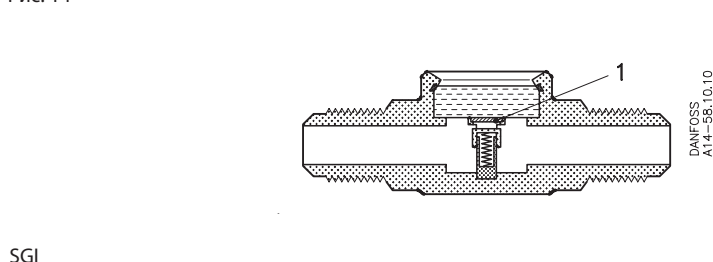


Фильтр-осушитель типа DML/DCL оснащен заполнителем из спекшегося материала, так называемым твердым сердечником из молекулярного сита (3). Сердечник поджат пружиной (2) и упирается в мат из полиэстера и гофрированную перфорированную пластину (5).

Заполнитель, или сердечник, фильтра-осушителя выполнен из материала, эффективно поглощающего влагу, кислоты, посторонние частицы, осадки и продукты разложения масла.

Смотровое стекло

Рис. 14

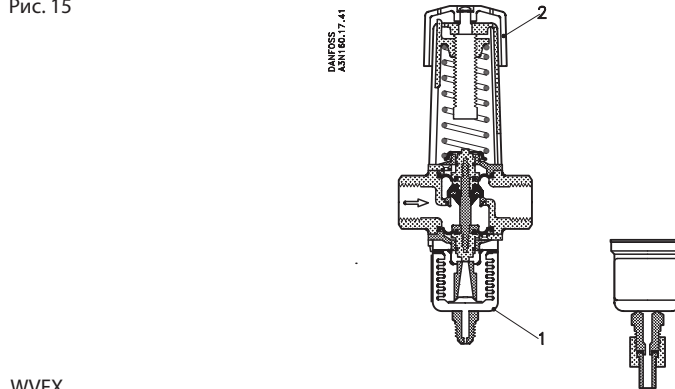


Смотровое стекло типа SGI / SGN оснащено индикатором (1), который изменяет свой цвет от зеленого к желтому, когда содержание влаги в хладагенте превышает критическую величину. Данный индикатор обратим, т.е. его цвет возвратится обратно от желтого к зеленому, когда система будет высушена, например, при замене фильтра-осушителя.

Смотровое стекло типа SGI предназначено для работы с хлорфторуглеродными (ХФУ) хладагентами, а смотровое стекло типа SGN предназначено для работы с гидрофторуглеродными (ГФУ) и гидрохлорфторуглеродными (ГХФУ (R22)) хладагентами.

Автоматический водяной клапан

Рис. 15

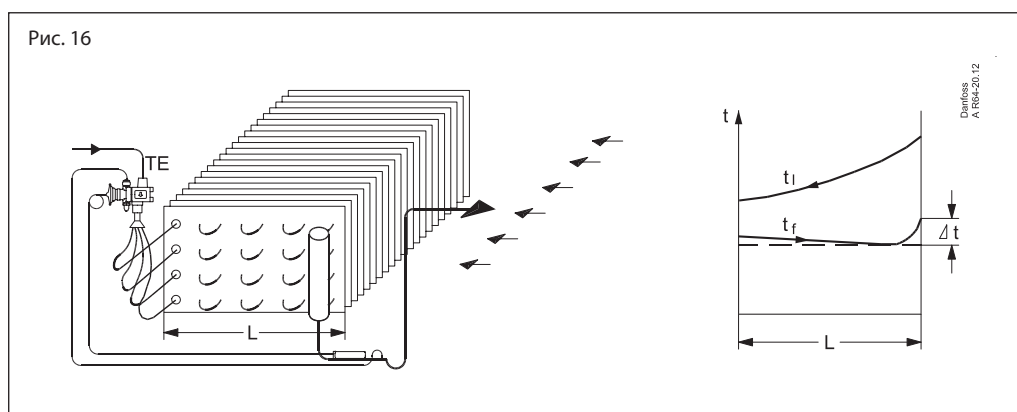


Автоматический водяной клапан типа WVFX открывается при повышении давления в сильфоне (1), т.е. при увеличении давления конденсации холодильной установки (штуцер сильфона должен быть соединен с линией жидкости конденсатора).

При повороте маховика (2) против часовой стрелки пружина настройки сожмется и клапан начнет открываться при более высоком давлении конденсации. При повороте маховика по часовой стрелке клапан начнет открываться при более низком давлении конденсации.

Оребренный испарительный теплообменник

Рис. 16



Оребренный испарительный теплообменник используется для вынужденной циркуляции воздуха через параллельные секции испарителя. Теплообменник обтекается поперечным потоком воздуха, поэтому секции испарителя всегда равномерно нагружены. Направление потока воздуха и потока хладагента всегда должно быть таким, как показано на рисунке.

При этом наибольшая разность между температурой воздуха t_l и температурой хладагента t_f будет на выходе хладагента из испарителя. В этом случае перегрев хладагента Δt сильно зависит от изменения температуры воздуха на входе в испаритель (от нагрузки на испаритель) и на терморегулирующий вентиль будет оперативно поступать сигнал на изменение подачи жидкого хладагента.

Очень важно, чтобы различные секции испарителя были нагружены равномерно. Например, при вертикальной подаче воздуха через испаритель сверху вниз, первые по ходу воздуха секции испарителя будут нагружены сильнее, чем последующие. Последняя секция, которая определяет степень открытия терморегулирующего вентиля, будет нагружена менее всего. Если через точку, где установлен термобаллон, пройдет небольшое количество жидкого хладагента из последней секции испарителя, терморегулирующий вентиль закроется, несмотря на то, что первые секции испарителя требуют подачи жидкого хладагента, поскольку нагружены больше, чем последняя.

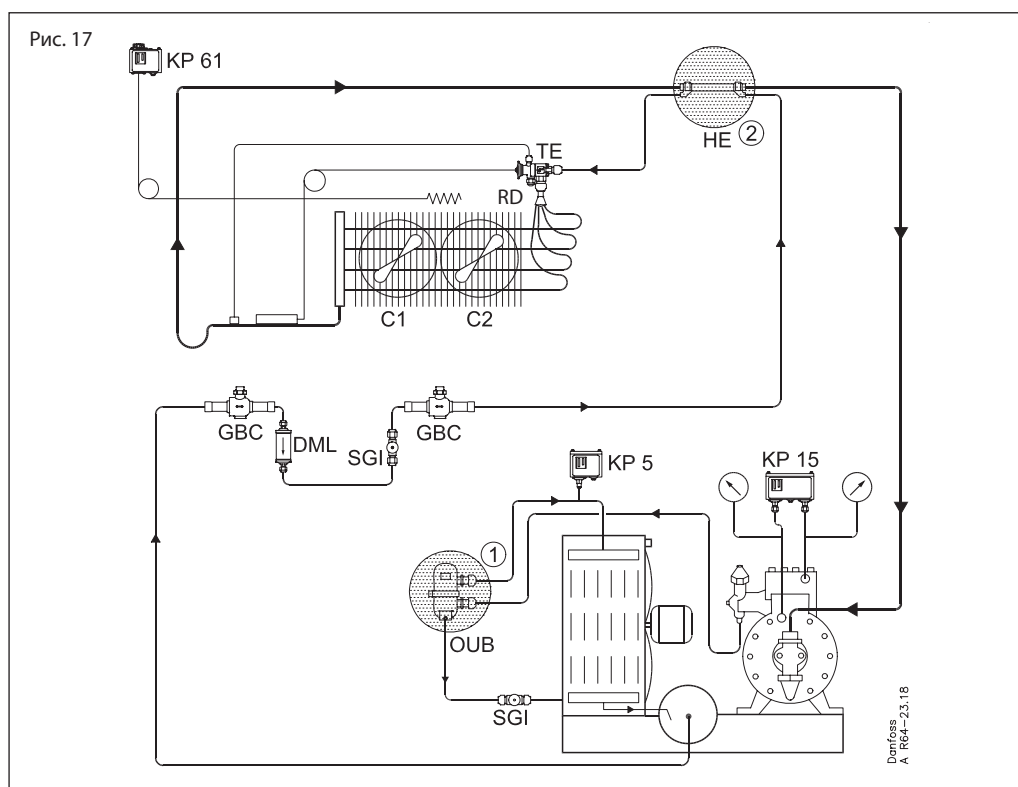
Термобаллон терморегулирующего вентиля нельзя подвергать воздействию посторонних факторов, например, обтеканию потоком воздуха, выходящего из испарителя. Термобаллон необходимо устанавливать на линии всасывания вдали от этого потока. Если это невозможно, термобаллон необходимо теплоизолировать.



Внимание!

Обратите внимание, что в данном примере используется терморегулирующий вентиль с внешней линией уравнивания.

**Холодильная установка
с маслоотделителем
и теплообменником**



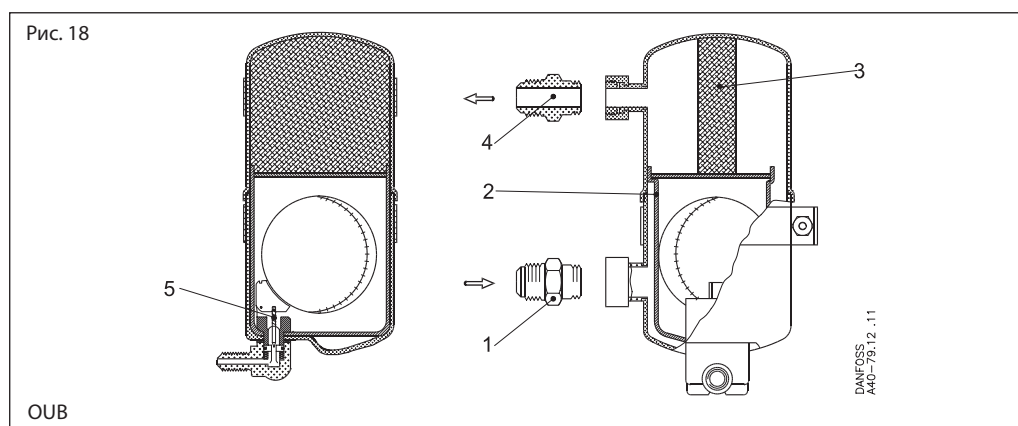
В принципе, в холодильной установке масло должно всегда оставаться в компрессоре. Попадая в систему, масло приносит больше вреда, чем пользы, поскольку снижает производительность испарителя и конденсатора. Кроме того, если уровень масла в картере компрессора становится слишком низким, появляется опасность недостаточной смазки компрессора. Наилучшей защитой от этой неприятности является установка эффективного маслоотделителя, например, маслоотделителя OUB (1).

А установка теплообменника типа HE (2) дает следующие преимущества:

- Перегрев газа на линии всасывания обеспечивает наилучшую защиту от гидравлического удара в компрессоре и предотвращает образование конденсата или инея на поверхности неизолированных трубопроводов линии всасывания.
- Переохлаждение жидкого хладагента исключает испарение жидкости перед ТРВ, которое уменьшает производительность терморегулирующего вентиля.
- Уменьшаются производственные расходы на эксплуатацию установки, поскольку полностью или частично исключаются потери, связанные с неиспарившимися каплями жидкости на линии всасывания и недостаточным переохлаждением жидкого хладагента.

Маслоотделитель

Рис. 18

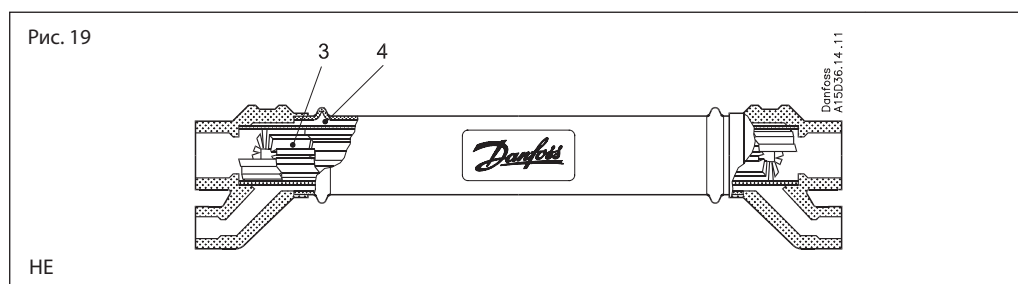


Горячий газ высокого давления поступает в маслоотделитель типа OUB через штуцер (1). Газ обтекает емкость с маслом (2) и проходит через фильтр (3), где масло отделяется от хладагента. Пары хладагента, свободные от масла, выходят из маслоотделителя через верхний штуцер (4).

Выделенное масло собирается на дне емкости (2), которая подогревается входящими в маслоотделитель парами хладагента. Тем самым масло сохраняет высокую температуру, при которой содержание хладагента в нем сводится к минимальному уровню. Возврат масла в компрессор регулируется поплавковым клапаном (5).

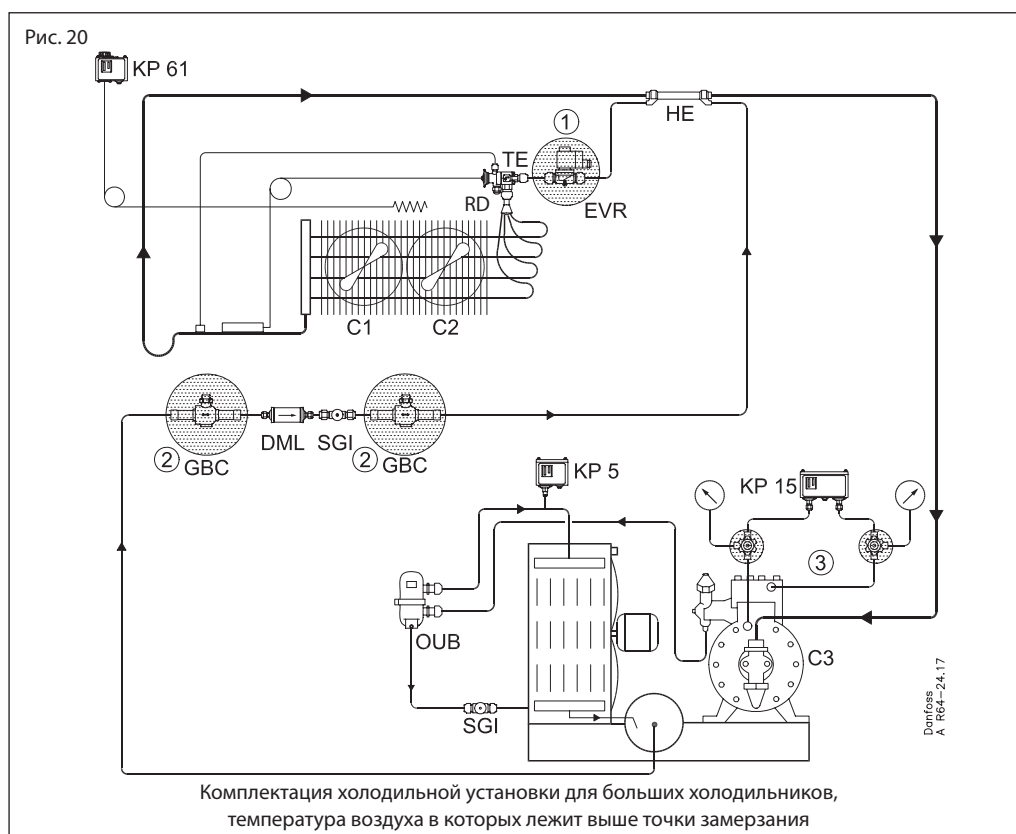
Теплообменник

Рис. 19



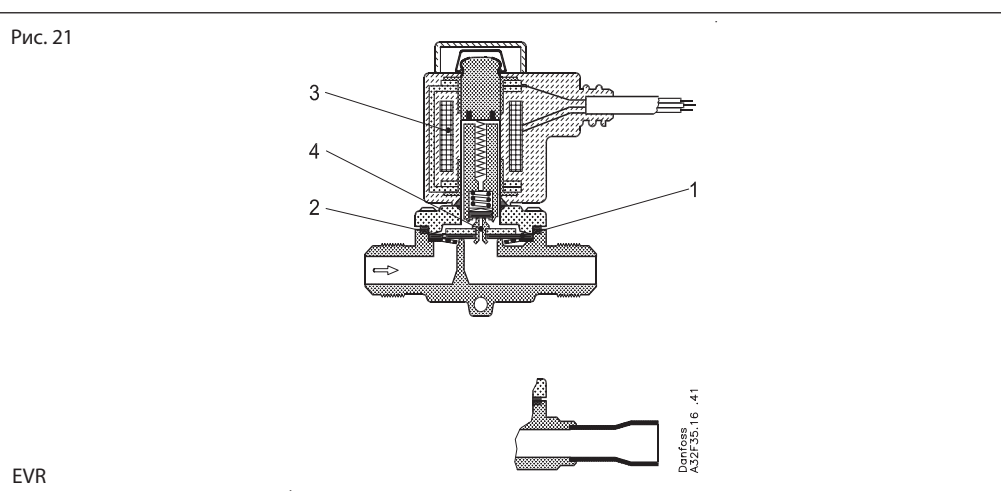
Теплообменник типа HE обеспечивает максимальную передачу теплоты при минимальной потере давления. Горячий жидкий хладагент движется по внешнему каналу спиралевидной формы (4) поперек потока холодного хладагента, движущегося по внутреннему каналу (3). Внутренний канал оснащен ребрами. Теплообменник HE изготовлен из латуни и меди и, обладая высокой теплопередающей способностью, имеет небольшие размеры.

Горячий жидкий хладагент покрывает всю теплообменную поверхность внешнего канала спиралевидной формы (4) и предотвращает образование конденсата на корпусе теплообменника. Ребра на поверхности внутреннего канала (3) создают турбулентное течение паров хладагента и способствуют эффективной передаче тепла от жидкости к пару. Потери давления по длине теплообменника находятся на приемлемом уровне.



Соленоидный клапан

Рис. 21

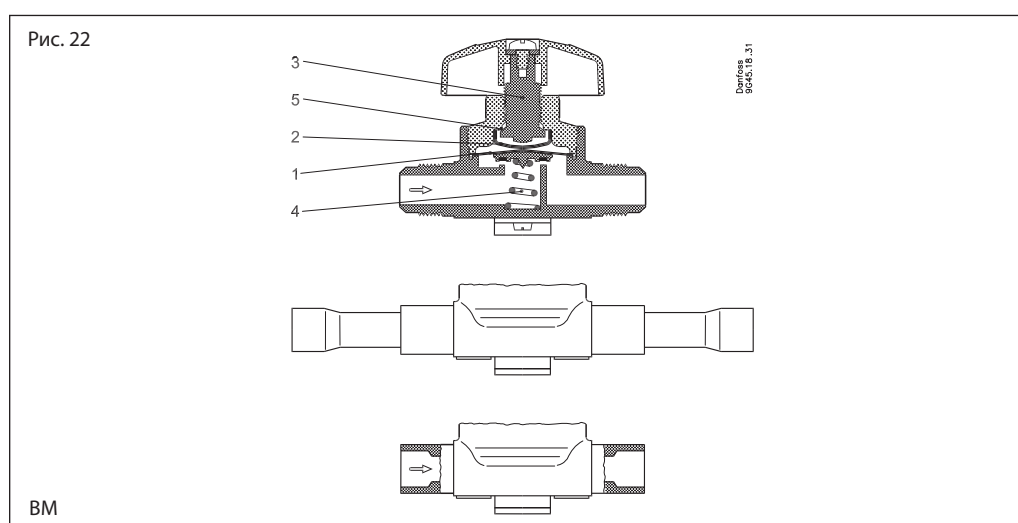


Клапан типа EVR – это сервоприводный соленоидный запорный клапан. С помощью уравнительных отверстий (2) давление над мембраной (1) сравнивается с давлением на входе в клапан под мембраной. При подаче тока в катушку (3) открывается пилотное отверстие (4). Площадь проходного сечения этого отверстия больше общей площади уравнительных отверстий.

Давление над мембраной при течении хладагента через пилотное отверстие снижается до давления на выходе из клапана и более высокое входное давление поднимает мембрану. При обесточивании катушки пилотное отверстие закрывается и мембрана встает на место, поскольку давление над мембраной снова увеличивается.

Запорный клапан

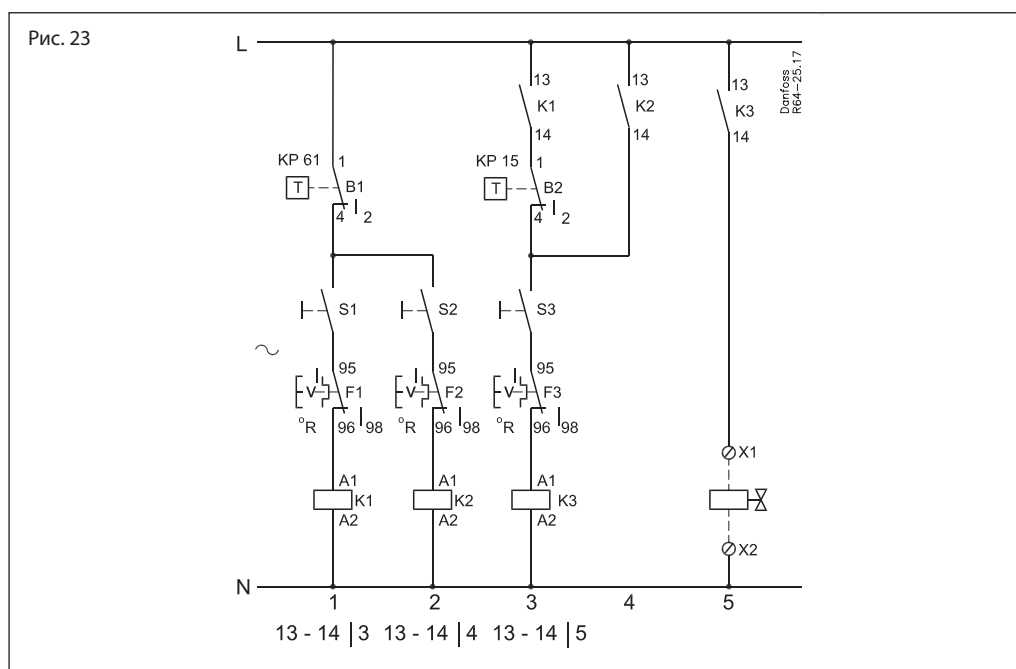
Рис. 22



Запорный клапан типа BM имеет тройное мембранное уплотнение (1), изготовленное из нержавеющей стали. Нажимная колодка (2) исключает прямой контакт мембраны со шпинделем (3). Пружина (4) совместно с предварительно нагруженной мембраной удерживает клапан открытым при давлениях порядка $P_e = -1$ бар.

Уплотнение (5) в крышке клапана защищает его от проникновения влаги. Запорные клапаны BM изготавливаются с прямым и с Т-образным корпусом с боковым штуцером $\frac{1}{4}$ ". Боковой штуцер можно закрыть, оставив свободными торцевые штуцеры.

Схема электрических соединений холодильной установки, показанной на рис. 20



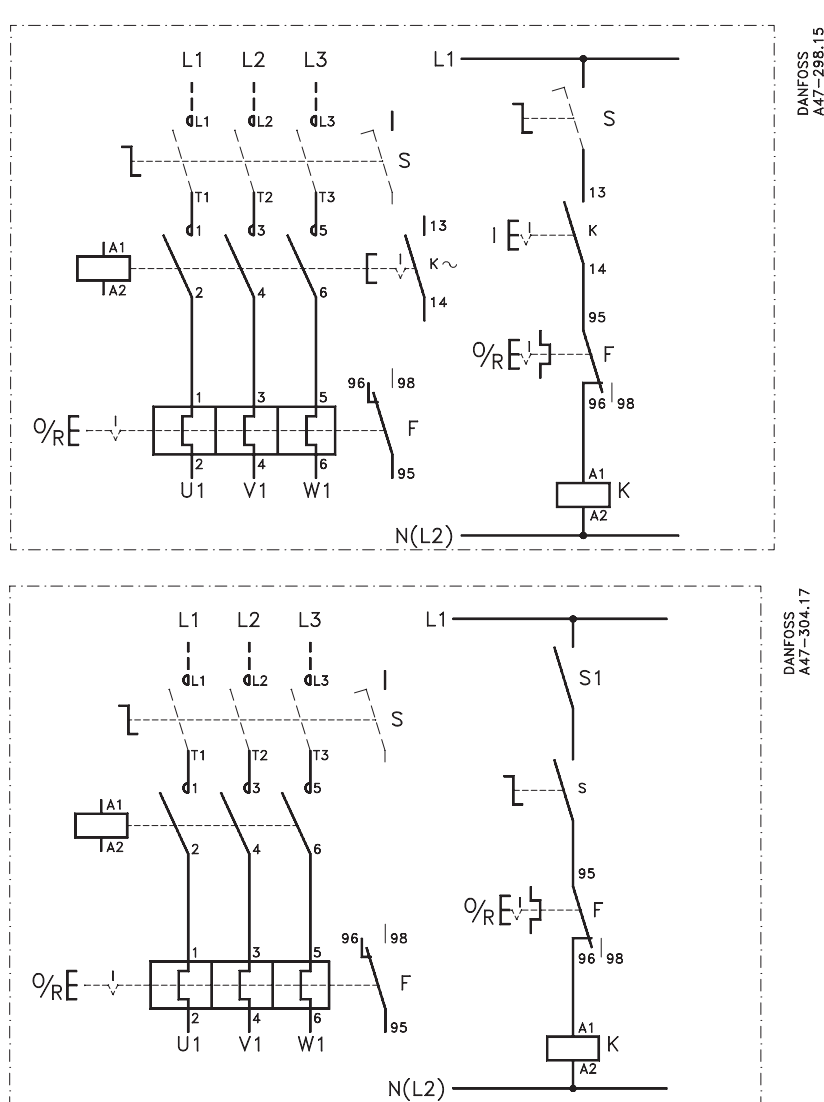
Данную схему необходимо читать сверху вниз и слева направо. Каждая цепь вычерчена так, что они не имеют пересечений. Элементы, к которым подводится электропитание, расположены в нижней части схемы. Это катушки реле пускателей электродвигателей, электромагнитные катушки, электродвигатели и т.д. Термореле F пускателей электродвигателей подключены к выводам 95 и 96. На схеме также показаны кнопки перезапуска S. В верхней части схемы показаны вспомогательные контакты реле K, подсоединенные к выводам 13 и 14. Обозначения 13, 14, 95, 96 и т.д. на схеме соответствуют обозначениям на контакторах и пускателях производства компании Данфосс.

Катушки реле K1 подключены к вспомогательным контактам на выводах 13 и 14. На схеме показано положение вспомогательных контактов при обесточенных катушках. Под нейтральной фазой и каждой катушкой реле имеется указание, по которому можно найти электрическую цепь, соответствующую этим вспомогательным контактам.

Обозначение выводов 13-14, по определению, всегда означает открытый контакт (замыкающий контакт), а обозначение 11-12 всегда означает закрытый контакт (размыкающий контакт). Электрическую схему необходимо читать следующим образом: когда при повышении температуры воздуха в холодильнике реле температуры KP 61, подсоединенное к выводам 2 и 3, замыкается (срабатывают переключатели S1 и S2), в пускателях электродвигателей типа CIT срабатывают реле K1 и K2 и включаются вентиляторы испарительного теплообменника. Одновременно замыкаются соответствующие вспомогательные контакты в электрических цепях 3 и 4. Если между выводами 2 и 3 подключено двухблочное реле высокого и низкого давления KP 15 и переключатель S3 замкнут, включается реле K3 типа CIT пускателя электродвигателя компрессора. Начинает работать компрессор и одновременно через вспомогательный контакт в цепи 5 подается ток на катушку E соленоидного вентиля EVR, установленного на линии жидкости. Соленоидный вентиль открывается и в испаритель начинает поступать жидкий хладагент, расход которого регулируется терморегулирующим вентилем TE.

Пускатели электродвигателей

Рис. 24



Пускатель электродвигателя с нагрузкой до 420 А производства компании Данфосс имеет блочное исполнение. Он состоит из основного блока (контактора типа CI), внутри которого может размещаться, при необходимости, до четырех дополнительных контактных блоков (типа CB). Имеется также ряд термореле (типа TI). На левой стороне схемы показан пускатель электродвигателя, имеющий функции включения/отключения и возврата в исходное состояние. Контакт включения (типа CB-S) имеет обозначение 13-14. На правой стороне схемы показан пускатель электродвигателя, имеющий функции отключения и возврата в исходное состояние, управляемый с помощью реле температуры, реле давления или аналогичного устройства.

Пускатели электродвигателей оснащены термореле, имеющими три нагреваемые биметаллические пластины. С помощью размыкающего устройства в случае перегрузки электродвигателя биметаллические пластины размыкают дребезгоустойчивый контакт между выводами 95 и 96. При большой асимметрии тока в трех

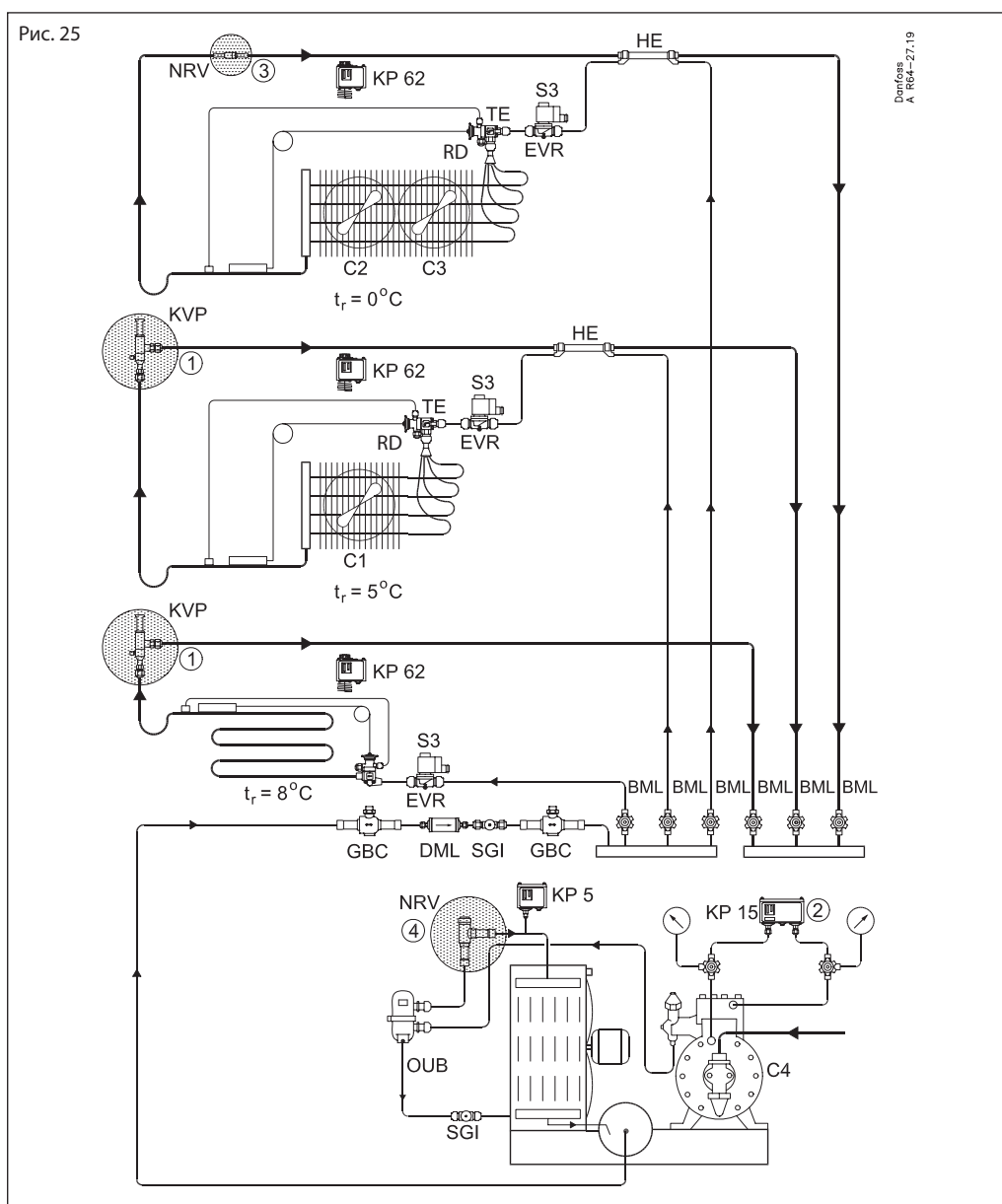
фазах срабатывает дифференциальный выключатель, который активизирует отключающее устройство. Размыкающее устройство имеет частичную температурную компенсацию. До температуры 35°C оно компенсирует любое повышение температуры окружающей среды, не связанное с перегрузкой электродвигателя.

Пускатели электродвигателей имеют несколько модификаций. Пускатель, показанный на схеме вверху, оснащен кнопкой «стоп» для ручной блокировки пускателя и кнопкой возврата термореле в исходное состояние, т.е. после отключения реле по температуре его необходимо переустановить вручную.

Корпус блоков выполнен из термопластика (CI) или бакелита и термопластика (TI), а все основные и вспомогательные контакты изготовлены из специального сплава с содержанием серебра. Все стальные детали имеют защиту от коррозии. Компанией Данфосс также изготавливаются устройства плавного пуска типа MCII и автоматические выключатели типа CTI.

Централизованная холодильная установка для холодильников, температура воздуха в которых выше точки замерзания

Рис. 25



Температура и относительная влажность воздуха играют важную роль при сохранении продуктов, поэтому товары различных категорий должны храниться в наиболее благоприятных условиях. На практике используются холодильники с различной температурой и влажностью воздуха; в таких холодильниках регулируется не только температура воздуха в камере охлаждения, но и температура кипения хладагента в испарителе. В приведенном примере должны поддерживаться следующие температуры:

	Температура в камере	Температура кипения
Овощи	+8°C	+3°C
Мясо, резанное ломтиками, и салат	+5°C	-5°C
Мясо	0°C	-10°C

Температура воздуха во всех трех холодильниках поддерживается с помощью реле температуры KP-62, открывающих и закрывающих соленоидные ventили EVR.

Два регулятора температуры кипения типа KVP (1) перекрывают линию всасывания за испарителем в холодильниках с температурой +8 и +5°C, поддерживая температуру кипения на уровне +3 и -5°C, соответственно.

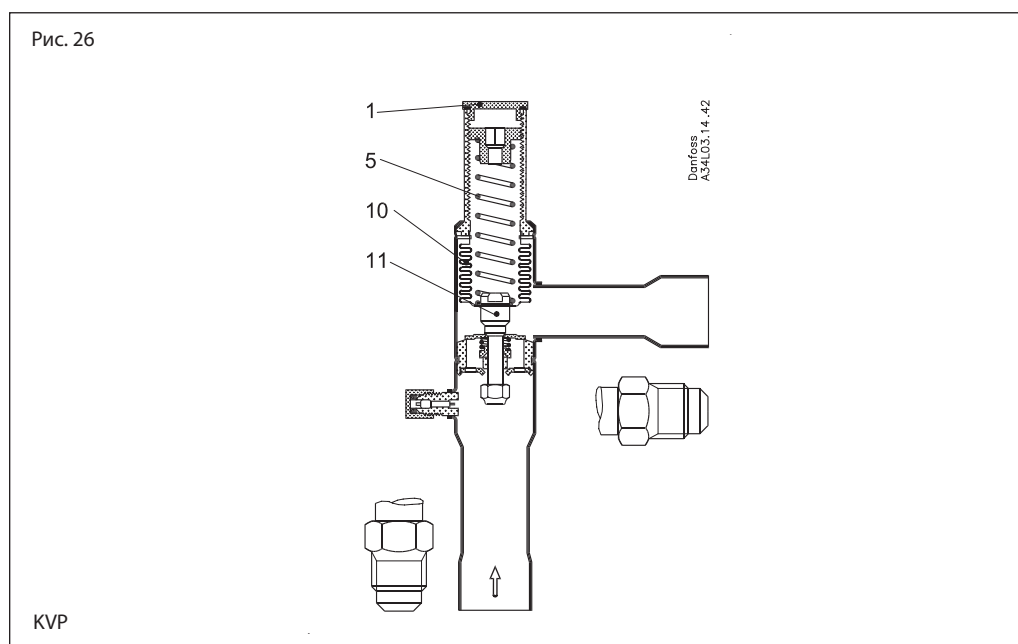
Двухблочное реле высокого и низкого давления типа KP 15 (2) включает и отключает компрессор, создавая нужное давление на линии всасывания и поддерживая, таким образом, температуру кипения в холодильнике с температурой 0°C на уровне -10°C.

При отключении компрессора обратный клапан типа NRV (3) предотвращает конденсацию хладагента, находящегося в испарителях холодильников с температурой +8 и +5°C, в самом холодном испарителе, т.е. в испарителе холодильника с температурой 0°C.

Обратный клапан NRV (4) предотвращает конденсацию хладагента в маслоотделителе и в верхней части компрессора, если эти агрегаты при длительном простое установки станут холоднее, чем испаритель.

Регулятор давления кипения

Рис. 26



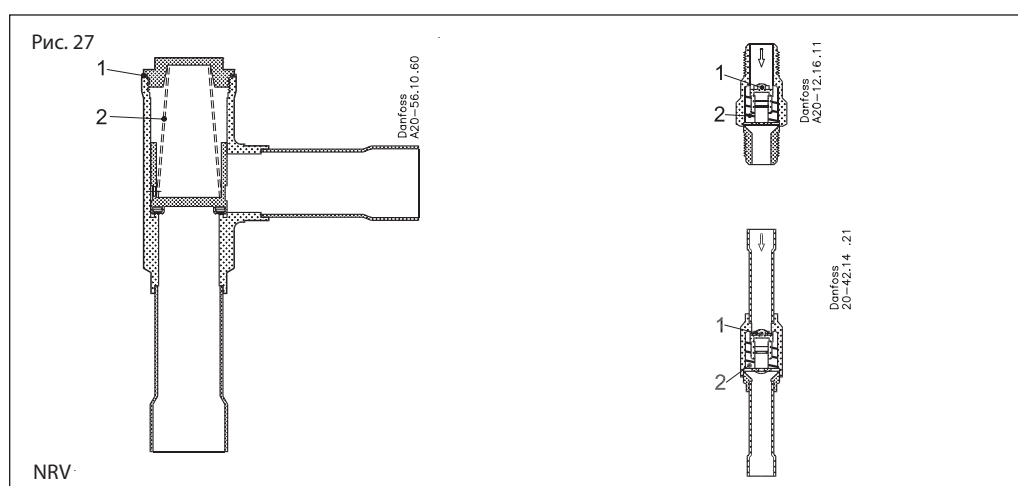
Регулятор давления кипения типа KVP открывается при увеличении давления во входном штуцере, т.е. при увеличении давления в испарителе (при повышенных тепловых нагрузках). При повороте винта настройки (1) по часовой стрелке пружина (5) сжимается и давление открытия увеличивается, т.е. увеличивается температура кипения. Регулятор оснащен сифоном (10), диаметр которого равен диаметру клапанной пластины (2). Это означает, что колебания давления на выходе из регулятора не влияют на степень открытия регулятора, поскольку давле-

ние, оказываемое на верхнюю поверхность клапанной пластины, уравновешивается давлением, оказываемым на сифон.

Регулятор также оснащен демпфирующим устройством (11), поэтому пульсации давления в холодильном контуре также не оказывают влияния на работу регулятора. Для облегчения настройки вентиль оснащен специальным штуцером (9) для манометра, который дает возможность установить или снять манометр, не сливая хладагент из линии всасывания и испарителя.

Обратный клапан

Рис. 27



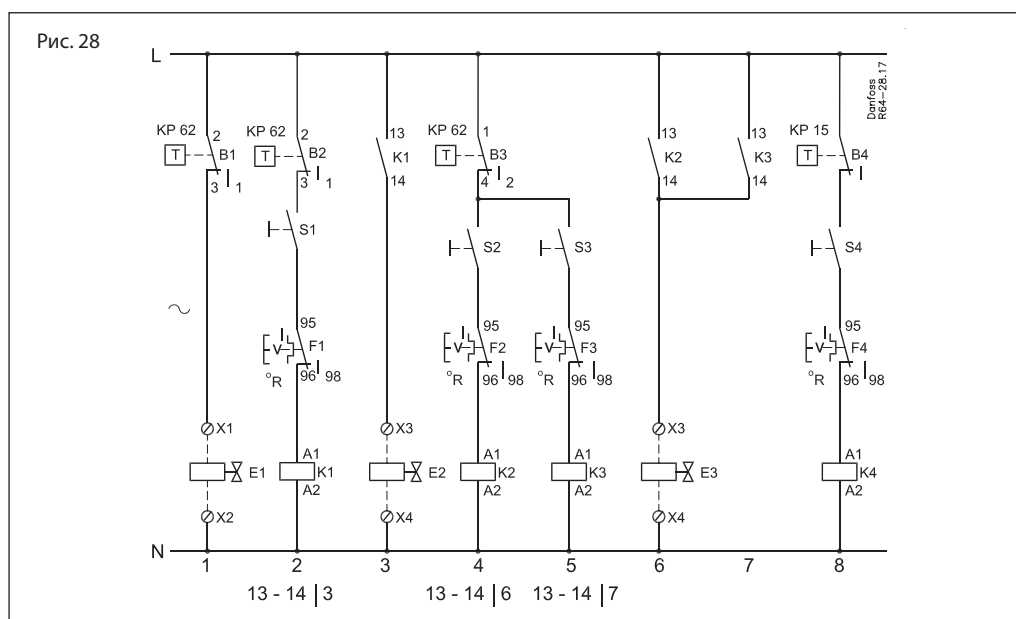
Обратные клапаны типа NRV выпускаются с прямым и угловым корпусом и со штуцерами под отбортовку и под пайку. Открытие или закрытие обратного клапана определяется только перепадом давления на нем.

Клапан NRV прямым корпусом:

Клапанная пластина соединена с тормозным поршнем (1), который удерживается напротив

посадочного седла клапана при помощи слабой пружины (2). Когда клапан открывается, объем полости за тормозным поршнем уменьшается. Уравнительные отверстия (щели) дают возможность хладагенту медленно перейти в выходной штуцер клапана, после чего движение поршня прекращается. Такая конструкция дает возможность обратному клапану успешно работать в линиях с пульсацией давления.

Схема электрических соединений холодильной установки, показанной на рис. 25



Реле температуры типа KP 62 в холодильнике с температурой +8°C управляет работой соленоидного вентиля E1 типа EVR, установленного в линии жидкости. Два других реле типа KP 62 управляют работой пускателей K1 и K3 типа CIT вентиляторов испарительных теплообменников соответственно в холодильниках с температурой +5°C и 0°C и соленоидных вентилей K2 и K3 типа EVR в линиях жидкости.

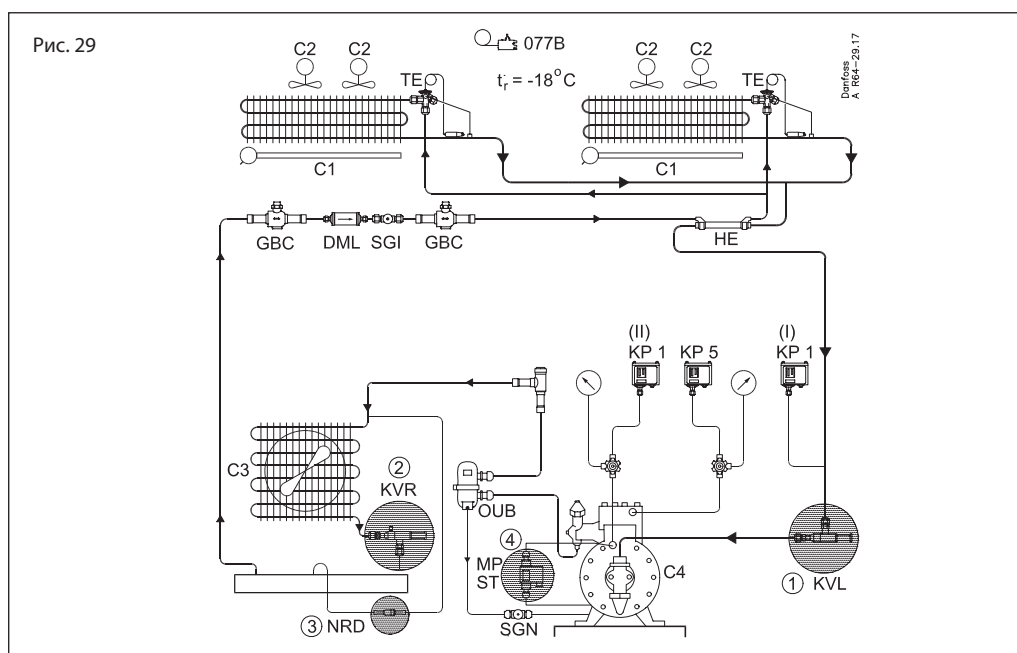
Двухблочное реле высокого и низкого давления типа KP 15 управляет работой пускателя K4 типа CIT электродвигателя компрессора.

Режим работы компрессора настраивается вручную при помощи переключателей S1, S2, S3 и S4.

Компрессор, таким образом, только косвенно управляется регулятором температуры воздуха в камере охлаждения и в состоянии работать некоторое время после отключения всех реле температуры.

Нежелательно, чтобы все реле температуры воздуха в камерах охлаждения отключались в одно и то же время, так как это будет влиять на процесс кипения. С другой стороны, это имеет свои преимущества в части исключения гидравлических ударов, но также и недостатки в части неопределенности окончания периода охлаждения. Когда реле температуры отключает подачу хладагента в испаритель, кипение в испарителе еще продолжается и количество хладагента в испарителе уменьшается. При включении подачи хладагента в испаритель попадание неиспарившегося хладагента в линию всасывания ввиду небольшого количества жидкости в испарителе будет практически исключено.

Холодильная установка для охлаждаемых прилавков



Поскольку эта установка работает большую часть времени при низкой температуре кипения, останавливаясь один или два раза в сутки для проведения оттаивания, мощность электродвигателя компрессора должна соответствовать нормальным условиям эксплуатации, т.е. относительно малой нагрузке при низком давлении всасывания.

Однако после проведения оттаивания электродвигатель небольшой мощности будет перегружен и появится опасность перегрева электродвигателя и перегорания обмоток. Для защиты от этого в систему устанавливается регулятор давления в картере компрессора типа KVL(1), который открывается, когда давление всасывания перед компрессором значительно падает и опасность перегрузки электродвигателя сводится к минимуму. Для поддержания постоянного и довольно высокого давления конденсации в ресивере конденсатора, охлаждаемого воздухом с низкой температурой, используется система регулирования KVR (2) + NRD (3).

В зимних условиях работы температура окружающего воздуха падает, а вместе с ней падает давление конденсации в конденсаторе, охлаждаемом воздухом. Вентиль KVR поддерживает давление конденсации независимо от входного давления и начинает закрывать линию, когда давление в ней опускается ниже заданного значения. Как следствие, конденсатор частично заполняется жидкостью и его эффективная поверхность теплообмена снижается. В этом случае требуемое давление конденсации восстанавливается.

Поскольку основная задача регулирования в зимних условиях эксплуатации заключается в поддержании давления в ресивере на соответствующем высоком уровне, для этой цели используется регулирующий вентиль KVR, работающий совместно с вентилем перепада давления NRD, установленным в байпасной линии.

Вентиль NRD начинает открываться при перепаде давления 1,4 бар. Когда давление конденсации падает, вентиль NRD начинает закрываться. При этом увеличивается общий перепад давления на конденсаторе и вентиле KVR. Когда этот перепад достигнет значения 1,4 бар, вентиль NRD снова начнет открываться, поддерживая таким образом давление в ресивере на постоянном уровне. Как правило, можно считать, что давление в ресивере равно давлению настройки вентилей KVR минус 1 бар.

При работе в летний период времени, когда вентиль KVR полностью открыт, полный перепад давления на конденсаторе и вентиле KVR меньше, чем 1,4 бара. Следовательно, вентиль NRD остается закрытым.

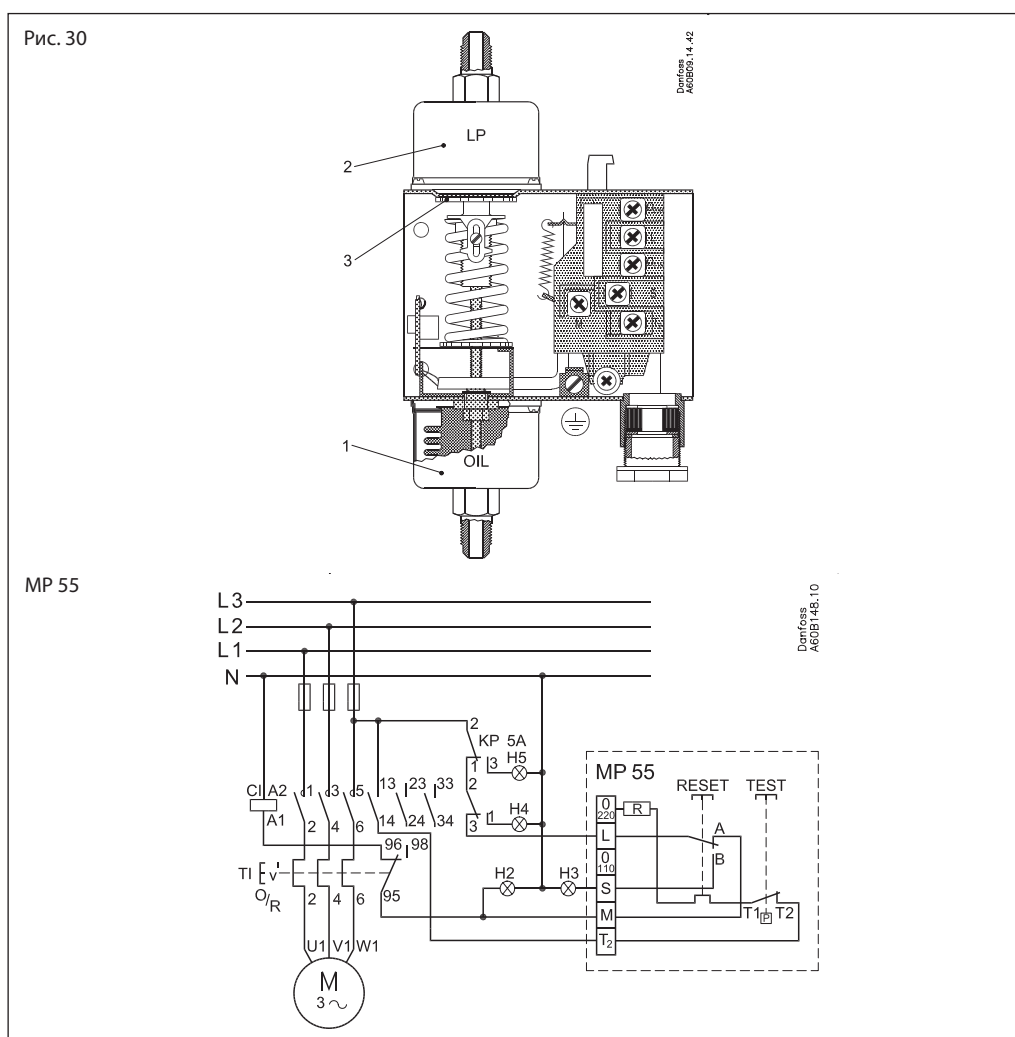
В зимний период эксплуатации установки хладагент может скапливаться в ресивере, поэтому установка должна иметь ресивер довольно большого объема. Вентиль KVR может также использоваться в качестве предохранительного клапана между сторонами высокого и низкого давления для защиты линии высокого давления от слишком высокого давления (защитная функция вентилей).

Компрессор с принудительной смазкой и масляным насосом защищается от недостатка масла с помощью дифференциального реле давления типа MP 55 (4). Это реле отключает компрессор, если разность давления масла и давления всасывания в картере компрессора становится слишком малой.

В охлаждаемом прилавке устанавливается реле температуры типа 077B, датчик которого расположен в холодильной камере. Когда температура воздуха в прилавке поднимается выше заданной величины, загорается аварийный индикатор.

Дифференциальное реле давления

Рис. 30



Дифференциальное реле давления типа MP 55 используется в качестве предохранительного реле давления в компрессорах с принудительной смазкой. При отсутствии смазки после некоторой задержки времени реле отключает компрессор.

Штуцер дифференциального реле с обозначением "OIL" (1) присоединяется к выходу масляного насоса, а штуцер с обозначением "LP" (2) – к картеру компрессора. Если разность давления масла и давления в картере компрессора станет меньше заданного значения, включится реле задержки времени (замкнутся контакты $T_1 - T_2$ см. схему).

Если контакты $T_1 - T_2$ из-за падения давления в картере компрессора (давления всасывания) длительное время будут замкнутыми, реле времени размыкает цепь управления пускателем электродвигателя компрессора (контакт реле задержки времени переключается из положения А в положение В, т.е. цепь между контактами L и M разрывается).

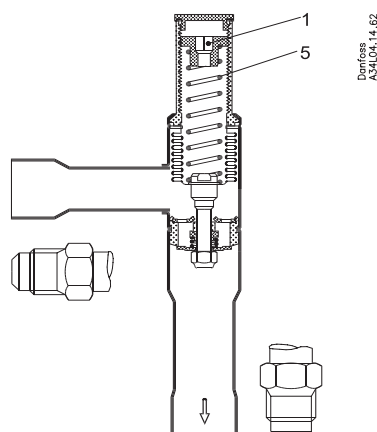
Минимально допустимый перепад давления, т.е. минимальное давление масла, при котором

в нормальных условиях эксплуатации дифференциальное реле давления поддерживает разомкнутой цепь реле задержки времени (контакты $T_1 - T_2$ разомкнуты), задается с помощью диска настройки (3). Вращение диска по часовой стрелке увеличивает перепад давления, т.е. увеличивает минимальное давление масла, при котором компрессор может еще работать.

Реле имеет постоянный дифференциал контакта, который составляет 0,2 бара. Таким образом, если давление масла будет на 0,2 бара выше минимально допустимого перепада давления, цепь управления реле задержки времени при включении компрессора будет разомкнута. Это означает, что при включении компрессора масляный насос должен увеличить давление масла на 0,2 бара по сравнению с заданным допустимым давлением масла до окончания времени задержки. Контакты $T_1 - T_2$ после включения компрессора должны разомкнуться так быстро, чтобы переключатель реле задержки времени не успел переключиться из положения А в положение В (разорвать цепь между контактами L и M, см. схему на рис. 35).

Регулятор давления в картере компрессора

Рис. 31



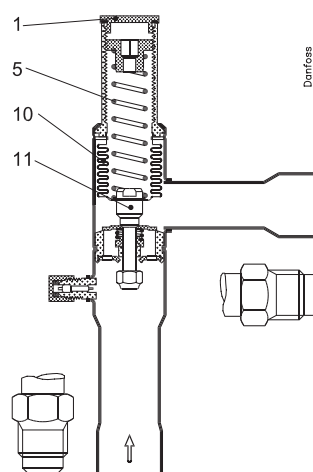
KVL

Регулятор давления в картере компрессора типа KVL открывается при повороте шпинделя (1) по часовой стрелке и при падении давле-

ния на его выходе, т.е. когда давление всасывания перед компрессором становится ниже давления настройки.

Регулятор давления конденсации

Рис. 32



KVR

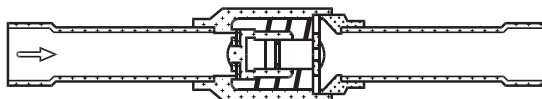
Регулятор давления конденсации типа KVR открывается при повышении давления во входном штуцере, т.е. когда повышается давление конденсации. Поворот винта

настройки (1) по часовой стрелке сжимает пружину (5) и увеличивает давление открытия, при котором растет давление конденсации.

Как и ранее рассмотренный регулятор давления кипения типа KVP, все регуляторы оснащены сильфоном (10) для уравнивания давления, который исключает колебания давления на входной стороне регулятора KVL и выходной стороне регулятора KVR. Все регуляторы имеют также демпфирующее устройство (11), поэтому пульсации давления в холодильной установке также не влияют на работу регуляторов.

Дифференциальный клапан

Рис. 33



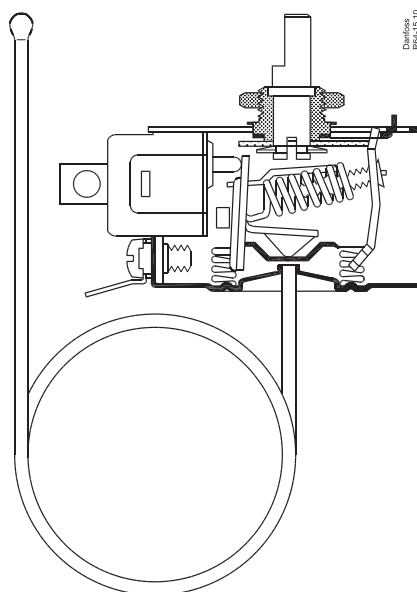
NRD

Дифференциальный клапан типа NRD начинает открываться при перепаде давления 1,4 бар и полностью открывается при перепаде

давления 3 бара. При установке вентиля в байпасную линию он помогает поддерживать заданное давление хладагента в ресивере.

Реле температуры испарителя

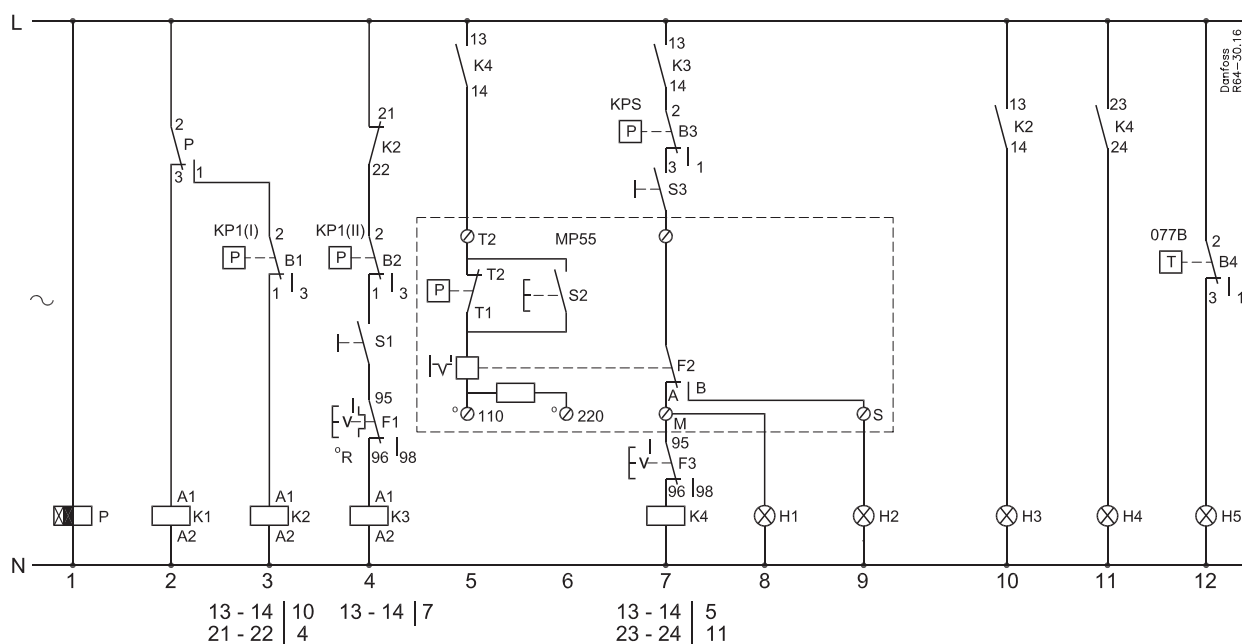
Рис. 34



077B

Контактная группа реле температуры испарителя типа 077B замыкается при увеличении температуры. Поворот винта настройки по часовой стрелке увеличивает температуру срабатывания реле, т.е. температуру, при которой начинает гореть сигнальный индикатор.

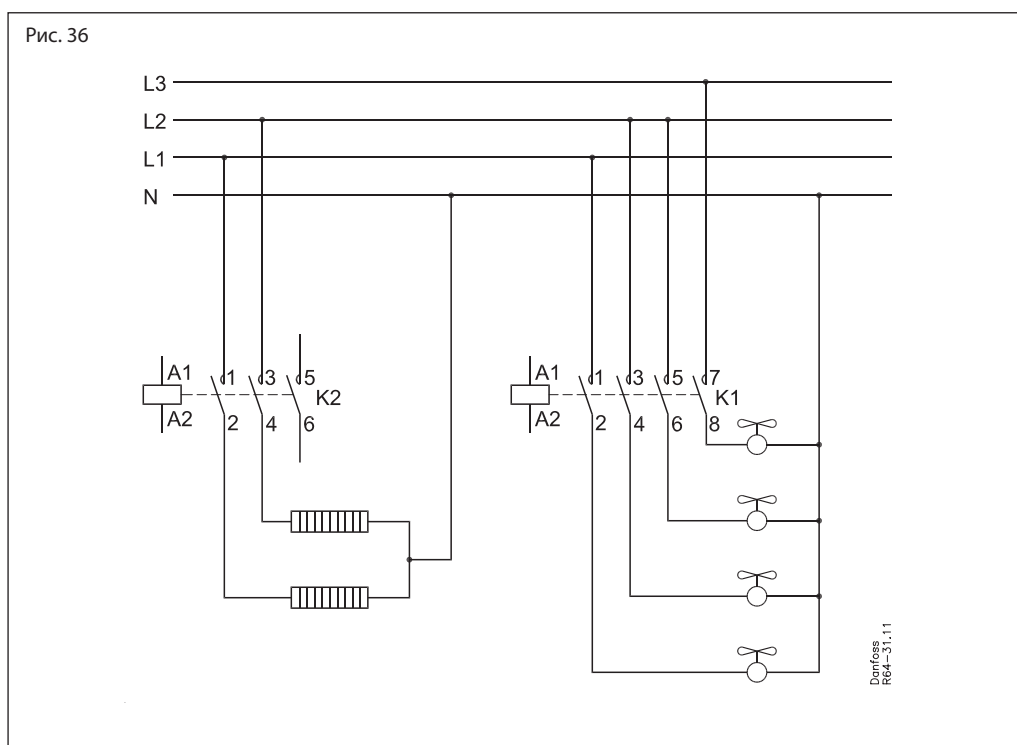
Рис. 35



Реле температуры 077В включает индикатор НЗ, если температура в прилавке превышает -18°C. Индикаторы подсоединены к батарее на 12 В, поэтому индикатор НЗ может функционировать даже при отключении электропитания.

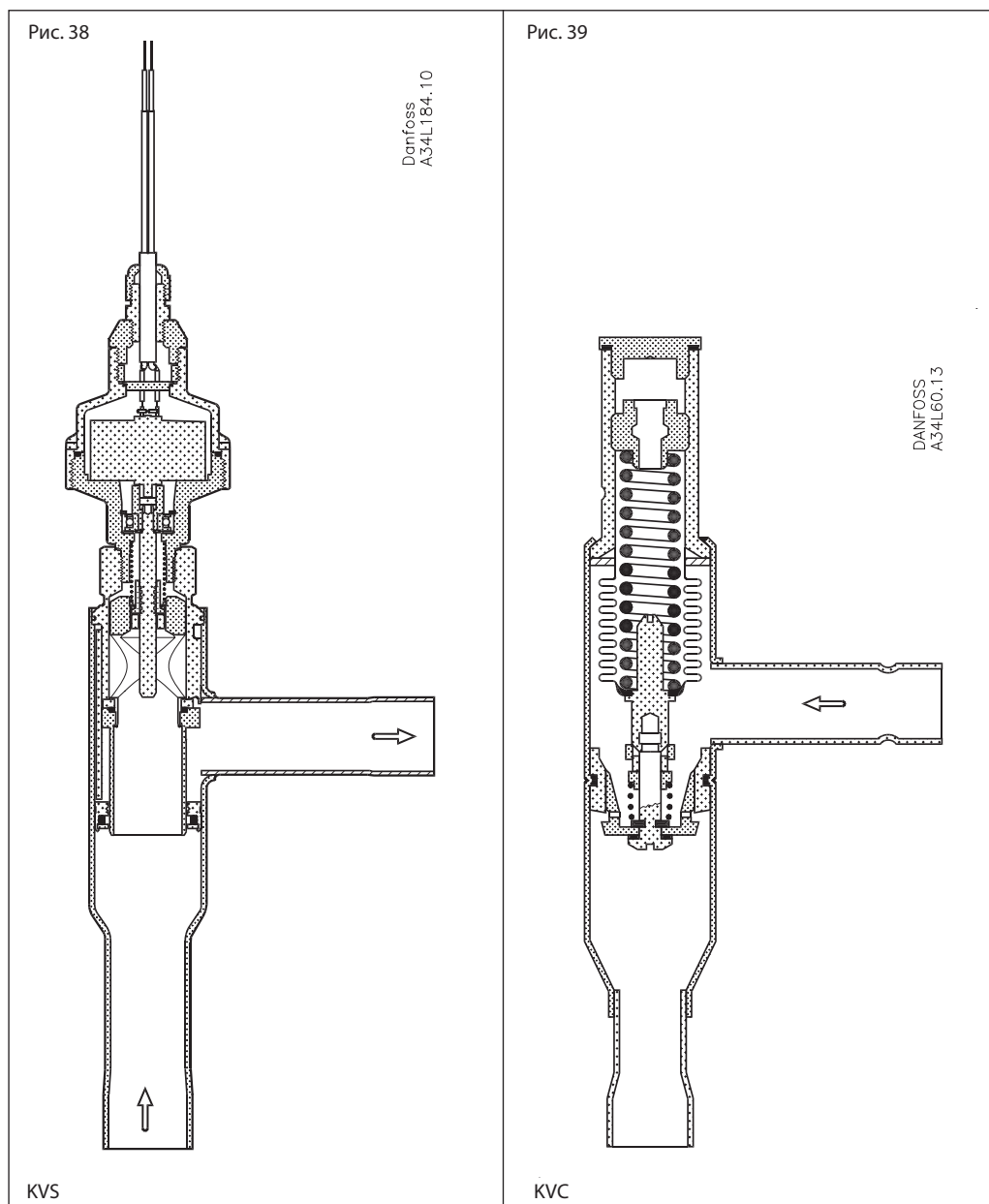
Электрическая монтажная
схема контакторов

Рис. 36



Здесь представлена электрическая монтажная схема контакторов K1 и K2 типа CI холодильной установки, изображенной на рис. 29. Схема электрических соединений показана на рис. 35.

Переключатель реле задержки времени Р контролирует работу контакторов таким образом, что когда один из них отключен, другой включен. Основные контакты 1-2 и 3-4 контактора K2 подсоединены к электрическому нагревательному элементу. Контактор K1 имеет четыре основных контакта, каждый из которых соединен с однофазным вентилятором (1-2, 3-4, 5-6, 13-14).



Регулятор давления всасывания с электронным управлением

Регулятор KVS – это регулятор давления всасывания с приводом от шагового электродвигателя. Степень его открытия зависит от частоты управляющего сигнала, посылаемого электронным регулятором ЕКС 368, который заставляет электропривод вентиля вращаться в том или другом направлении в зависимости от того, должен вентиль открываться или закрываться.

Регулятор производительности

Регулятор производительности типа KVC открывается при падении давления на линии нагнетания, или падении давления всасывания перед компрессором.

33

RG.00.A5.50



ЗАО «Данфосс»

127018, г. Москва, ул. Полковая, д. 13
Тел.: (495) 792-57-57
Факс: (495) 792-57-60
E-mail: ra@danfoss.ru
Internet: www.danfoss.com/russia

Филиал

194100, г. Санкт-Петербург
Пироговская наб., д. 17, корп. 1
Тел.: (812) 320-20-99
Факс: (812) 327-87-82
E-mail: 5102@danfoss.ru

Филиал

630099, г. Новосибирск
ул. Советская, д. 37, офис 405
Тел./факс: (383) 222-58-60
E-mail: 5106@danfoss.ru

Филиал

344006, г. Ростов-на-Дону
ул. Соколова, д. 27, офис 5
Тел.: (863) 299-45-16
Тел./факс: (863) 292-32-95
E-mail: 5112@danfoss.ru

Филиал

690087, г. Владивосток,
ул. Котельникова, д. 2
Тел./факс: (4232) 20-45-10
E-mail: 5113@danfoss.ru

Филиал

620014, г. Екатеринбург,
ул. Антона Валека, д. 15, офис 509
Тел.: (343) 365-83-96
Факс: (343) 365-83-85
E-mail: 5109@danfoss.ru

Филиал

420139, г. Казань,
ул. Вишневского, д. 26, офис 201
Тел./факс: (843) 264-57-53
E-mail: 5105@danfoss.ru