

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1964 года №3

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1964 года №3 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 79 с.

ISBN 978-5-458-64586-7

ISBN 978-5-458-64586-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

производственных холодильниках, как например это было сделано в первом квартале 1964 г. на холодильнике Вологодского мясокомбината.

Наряду с этим необходимо создание в высших учебных заведениях групп по подготовке высококвалифицированных специалистов по приборам холодильной автоматики.

Для успешного проведения работ по автоматизации необходимо резко повысить качество проектной документации, развивать сотрудничество между головным институтом по авто-

матизации «Пищепромавтоматика» и отраслевыми проектными институтами.

Важное значение для эффективного и скорейшего решения практических вопросов автоматизации имеет создание научно-теоретической базы автоматизации холодильных установок.

Широкое внедрение достижений отечественной и зарубежной науки и техники в практику автоматизации промышленных холодильных установок будет способствовать прогрессу в холодильной промышленности.

УДК 725.355:621.565.59—52

Автоматизация оборудования компрессорных цехов холодильников

Инж. В. С. УЖАНСКИЙ — Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности,
Инж. М. Г. ИОАННО — институт «Пищепромавтоматика»

За последние годы институтами «Пищепром-автоматика» и ВНИХИ при участии работников Росмясорыбторга проведена значительная работа по автоматизации аммиачных холодильных установок средних и крупных холодильников.

В данной статье кратко излагаются основные рекомендации по автоматизации холодильных установок с насосно-циркуляционными системами охлаждения¹.

На большинстве современных холодильников эксплуатируются вертикальные или V-образные компрессоры с приводом от асинхронных короткозамкнутых двигателей мощностью до 100 квт. Установки с таким оборудованием могут быть автоматизированы комплексно, что позволит организовать их обслуживание только в одну смену (в течение остального времени установка работает без наблюдения).

Для выполнения требований эксплуатации и правил техники безопасности в систему автоматизации включаются:

— устройства автоматического управления, служащие для пуска и остановки компрессоров и водяных насосов, поддержания заданных уровней аммиака в циркуляционных ресиверах и промежуточных сосудах;

— противоаварийная защита машин и аппаратов от опасных режимов;

— технологическая и аварийная сигнализация работы установки.

Автоматизированные установки должны строиться в соответствии с действующими нормами проектирования [1].

Для нормального функционирования систем автоматизации необходимо, чтобы холодопроизводительность установки в целом и отдельных ее узлов была больше максимальных нагрузок.

Приборы и устройства автоматики необходимо выбирать и устанавливать в соответствии с требованиями взрывобезопасности [2].

Рассматриваемые ниже принципиальные схемы автоматизации отдельных узлов холодильной установки изображены способом, принятым в настоящее время при проектировании (ГОСТ 3925—59). Регулирующие и сигнализирующие приборы обозначены в виде прямоугольников, внутри которых указаны контролируемые величины: H — уровень, p — давление, Δp — разность давлений, t — температура, Δt — разность температур, Q — расход. Измерительные приборы изображаются кружками с теми же символами. Первая буква в обозначении прибора на схеме, например РТ или СТ, показывает назначение прибора: Р — регулирующей, С — сигнализирующей или защитной. Связь между датчиками, основными приборами и исполнительными механизмами обозначаются арабскими цифрами.

¹ Кроме авторов статьи, в работе по подготовке рекомендаций приняли участие инженеры Ю. Я. Сенягин, Л. Н. Тихомирова (ВНИХИ), Я. М. Зильберберг, П. И. Войтенко и М. И. Мечтович («Пищепромавтоматика»).

Управление насосно-циркуляционной системой

На рис. 1 показана принципиальная схема автоматизации насосно-циркуляционной системы, в которую входит циркуляционный ресивер ЦР, отделитель жидкости ОЖ, аммиачный насос АН и дренажный ресивер ДР.

аварийные сигналы, если уровень поднимается выше или опускается ниже нормы. Иногда вместо трехпозиционной сигнализации применяют двухпозиционную, показывающую нормальный и высокий уровни. При нормальном уровне обычно загорается белая лампа, высоком — красная и низком — зеленая.

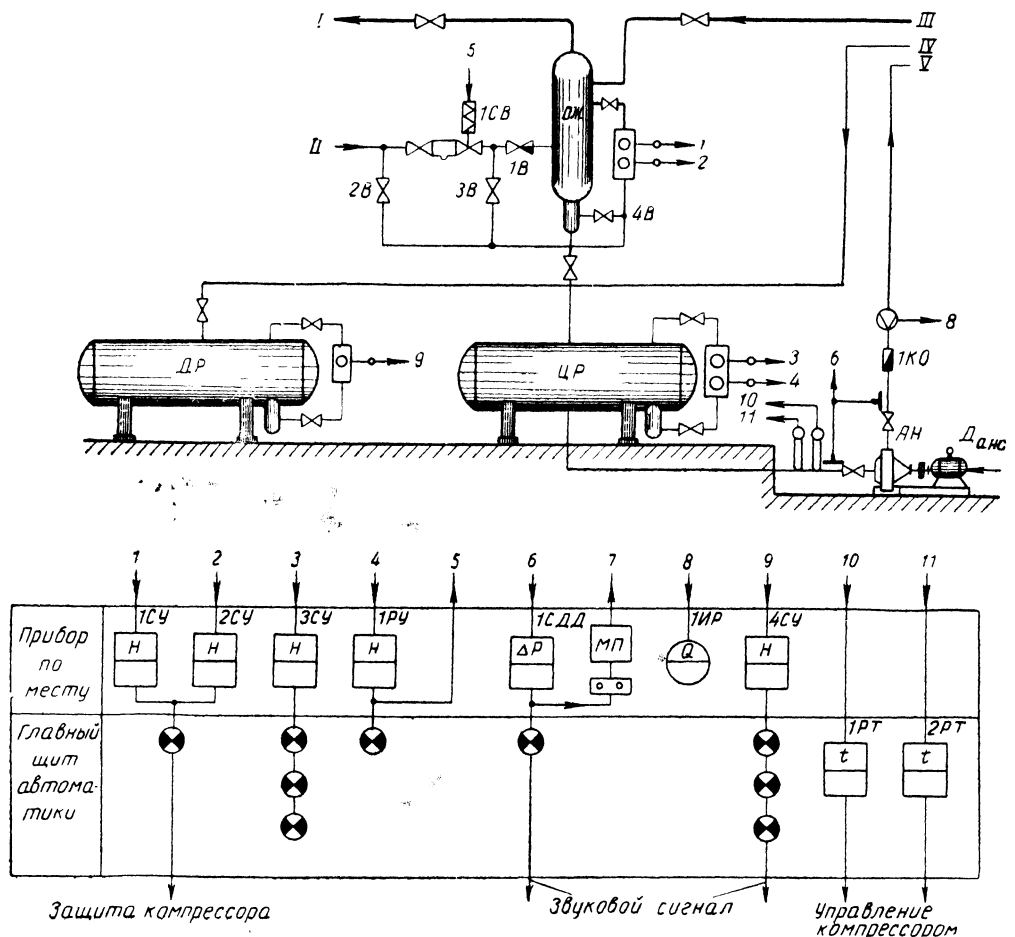


Рис. 1. Принципиальная схема автоматизации насосно-циркуляционной системы: I—всасывающая линия компрессора, II—жидкий аммиак от распределительного коллектора, III—пар от охлаждающих устройств, IV—дренажная линия, V—жидкий аммиак к охлаждающим устройствам, МП — магнитный пускатель.

Испарительная система пополняется жидким аммиаком с помощью регулятора уровня 1РУ, состоящего из реле уровня, датчик которого установлен на циркуляционном ресивере, и соленоидного вентиля 1СВ. При понижении уровня вентиль 1СВ открывается, при повышении уровня вентиль 1СВ закрывается. Ручным вентилем 1В регулируется расход. Сигнализатор уровня 3СУ подает сигнал нормальной работы, а также

Для защиты испарительной системы от переполнения и компрессоров от гидравлических ударов служат два сигнализатора — 1СУ и 2СУ, которые подают команду на остановку компрессоров и включают аварийную сигнализацию. При этом датчики этих сигнализаторов можно устанавливать на одном уровне или несколько смещать относительно друг друга, однако выходы их надо соединять так, чтобы

компрессоры останавливались при срабатывании любого из них. Применение двух защитных приборов диктуется требованиями высокой надежности.

В схеме предусмотрены вентили, позволяющие быстро проверить исправность защитных сигнализаторов уровня. При проверке вентиль 4В, соединяющий колонку датчиков с отделителем жидкости, закрывают, вентиль 2В открывают. Когда уровень в колонке достигнет аварийного, оба сигнализатора должны сработать. С помощью вентилей 3В (при закрытых 1В, 2В и 4В) можно проверить работу соленоидного вентилей: в закрытом положении 1СВ колонка должна оставаться пустой, а в открытом — быстро наполняться.

Если в качестве циркуляционного ресивера применяется вертикальный сосуд, выполняющий также функции отделителя жидкости, то в нижней части устанавливаются регулятор и сигнализатор, а в верхней — приборы защиты.

Работа аммиачного насоса контролируется сигнализатором разности давлений 1СДД (сигнализатор давлений дифференциальный), чувствительные элементы которого подключаются к всасывающей и нагнетательной сторонам насоса. При разности давлений ниже нормы электродвигатель насоса останавливается и подается аварийный сигнал.

Во избежание слива жидкости из нагнетательного трубопровода, а также для того, чтобы подключать резервный насос, на нагнетательном трубопроводе устанавливается обратный клапан 1КО. Для удобства наладки системы и контроля за работой насоса применяют индикаторы расхода (ИИР), например гаммасометры.

Для поддержания заданной температуры кипения предусматриваются реле температуры 1РТ, 2РТ и т. д. по числу компрессоров. Их датчики устанавливаются на всасывающей линии аммиачного насоса. При использовании многоточечных регуляторов вместо температурных реле подключают соответствующее число точек регулирования.

Дренажный ресивер оборудуется двух- или трехпозиционным сигнализатором 4СУ, воздействующим на аварийную сигнализацию при недопустимом повышении уровня.

Управление компрессорами

Автоматическое управление компрессором (агрегатом) включает в себя пуск и остановку его в соответствии с заданной программой, а также защиту от опасных режимов. Управление одно- и двухступенчатыми компрессора-

ми осуществляется с помощью комплекта электромагнитных реле и переключателей.

Автоматизированный компрессор может работать на одном из трех режимов:

— автоматическом, при котором пуск и остановка происходят без вмешательства персонала, по сигналам соответствующих приборов, причем устройства защиты полностью функционируют;

— полуавтоматическом, при котором пуск и остановка осуществляются персоналом вручную нажатием кнопок «пуск» или «стоп», при этом функционируют устройства защиты;

— ручном, при котором все функции управления и защиты выполняются персоналом.

Компрессор переводится с режима на режим с помощью переключателей. Переключатель перевода на ручной режим нормально опломбирован и пользование им допускается лишь в исключительных случаях.

Схема построена так, что при срабатывании любой из защит компрессор, включенный на автоматическую или полуавтоматическую работу, немедленно останавливается. Если в момент срабатывания защиты компрессор стоял, то его пуск в указанных режимах невозможен. В обоих этих случаях подается аварийный сигнал и схема блокируется в отключенном состоянии. Деблокировка защиты и повторный пуск могут быть осуществлены лишь после вмешательства персонала.

Автоматическое управление по температуре кипения предусматривается только для компрессоров, обслуживающих данную испарительную систему. При нескольких компрессорах, работающих на одну систему, температурные реле настраиваются ступенчато [3, 4, 5]. Если компрессор переключают на другую испарительную систему, то его переводят на полуавтоматический режим.

Во избежание аварий, возможных при переключении компрессоров с одной системы на другую, схема защиты строится так, что при срабатывании реле уровня в любом из отделителей жидкости останавливаются все компрессоры, независимо от того, к какой из систем они фактически присоединены.

Для экстренной остановки компрессоров в помещении цеха и вне его устанавливают кнопки или выключатели, воздействующие на цепи защиты всех компрессоров. Кроме того, электрические схемы строятся так, что при нажатии кнопки «стоп» двигатель останавливается независимо от положения переключателей режимов.

Учет работы компрессоров производят с помощью счетчиков времени работы, числа цик-

лов работы и числа аварийных остановок, которые должны предусматриваться для каждого компрессора.

Рассмотрим более подробно принципиальные схемы автоматизации одно- и двухступенчатых компрессоров.

Схема автоматизации одноступенчатого компрессора показана на рис. 2.

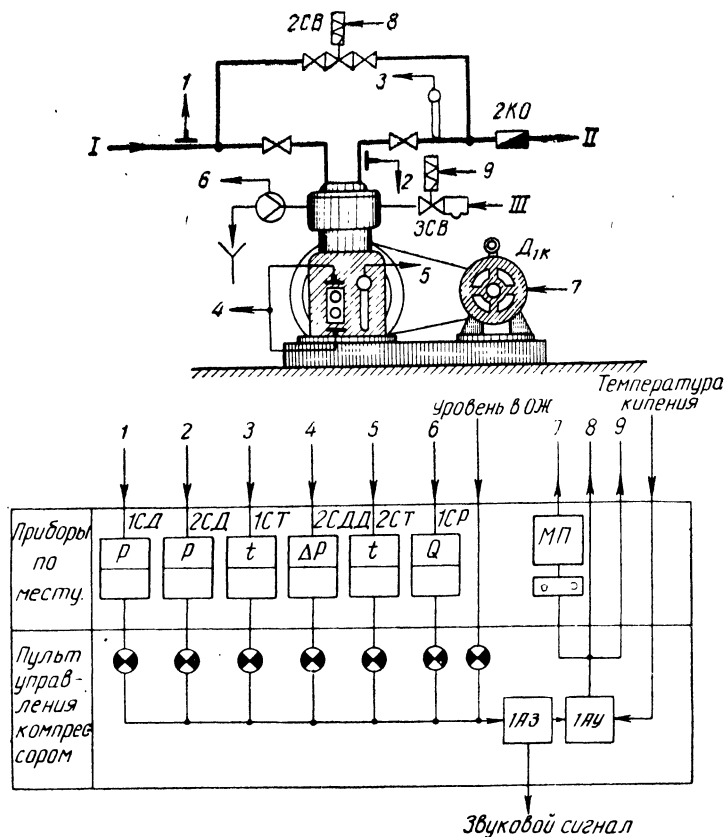


Рис. 2. Принципиальная схема автоматизации одноступенчатого компрессора:

I — всасывающая линия от ОЖ, II — нагнетательный трубопровод, III — вода, 1АЗ и 1АУ — комплекты устройств соответственно автоматической защиты и управления одноступенчатого компрессора.

Для контроля за его работой применяются приборы защиты, приведенные в табл. 1.

При автоматическом и полуавтоматическом режимах всасывающий и нагнетательный вентили компрессора постоянно открыты. Для разгрузки электродвигателя при пуске применяются автоматический байпас (вентиль 2СВ) и обратный клапан 2КО.

В табл. 2 приведен рекомендуемый порядок пуска и остановки одноступенчатого компрессора, работающего в автоматическом или по-

луавтоматическом режиме. Весь процесс пусков и остановок разделен на такты. При этом предполагается, что операции внутри одного такта происходят одновременно.

Схема автоматизации двухступенчатого компрессора (рис. 3) строится по тому же принципу, что и рассмотренная выше схема автоматизации одноступенчатого компрессора. Для ее осуществления используются приборы защиты, приведенные в табл. 3.

Порядок пуска и остановки двухступенчатого компрессора, работающего в автоматическом или полуавтоматическом режиме, показан в табл. 4.

Если двухступенчатая установка составлена из двух компрессоров с раздельными электродвигателями, то приборы защиты от понижения давления и повышения температуры масла устанавливаются на каждом компрессоре.

Порядок пуска и остановки в основном сохраняется. Дополнительно вводится выдержка времени между пуском двигателя компрессора I ступени и пуском двигателя компрессора II ступени.

Кроме указанных выше устройств, в двухступенчатую установку входит регулятор уровня аммиака в промежуточном сосуде, причем для этой цели можно использовать регулятор любого типа.

На рис. 3 в качестве примера показан регулятор, состоящий из реле уровня 2РУ, датчик которого установлен в колонке промежуточного сосуда, и соленоидного вентиля 7СВ.

В некоторых случаях схему управления вентилями 7СВ связывают с системой управления компрессоров. В результате вентиль принудительно закрывается при остановке компрессора.

Система вентилями 7В, 8В и 9В позволяет проверить работу всех приборов уровня, датчики которых установлены в колонке промежуточного сосуда. Порядок проверок аналогичен рассмотренному выше для отделителей жидкости.

Автоматизация системы обратного водоснабжения

При автоматизации системы обратного водоснабжения ставятся следующие основные

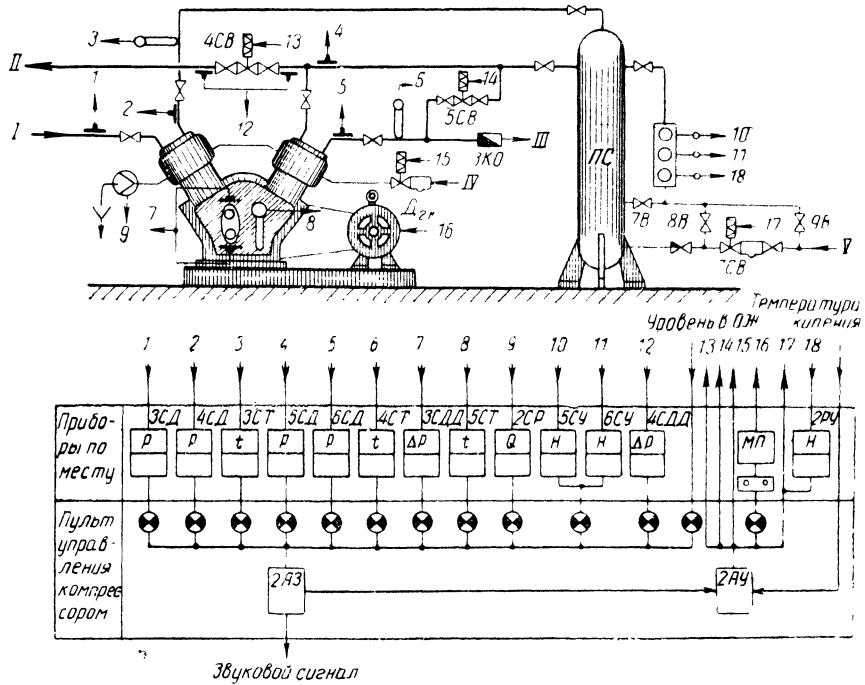


Рис. 3. Принципиальная схема автоматизации двухступенчатого компрессора:

I — всасывающая линия I ступени, II — линия сброса из промежуточного сосуда на вход ОЖ, III — нагнетательная линия II ступени, IV — вода, V — жидкий аммиак, 2АЗ и 2АУ — комплекты устройств соответственно автоматической защиты и управления двухступенчатого компрессора.

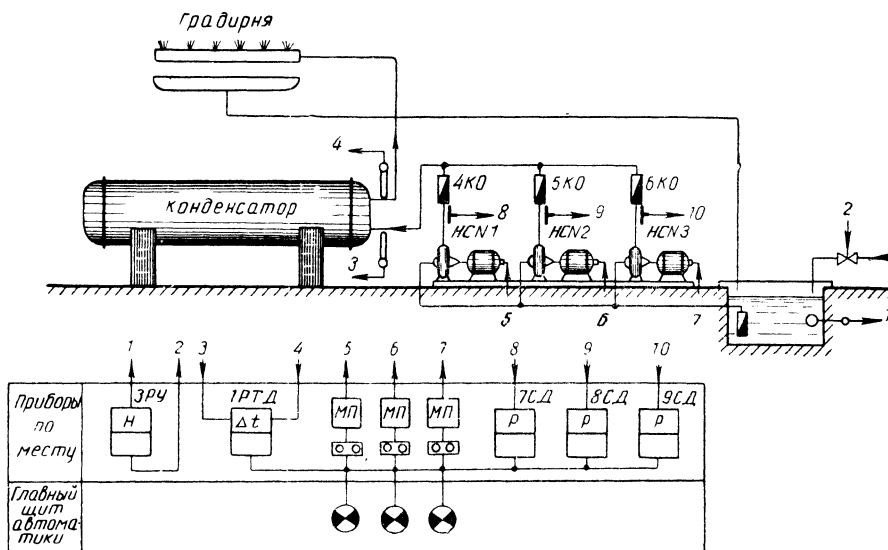


Рис. 4. Принципиальная схема автоматизации системы обратного водоснабжения.

задачи: в зависимости от тепловой нагрузки на конденсатор включать необходимое число насосов, при выходе из строя основного насоса

дит в зависимости от уровня воды в бассейне. Для этой цели используется регулятор уровня ЗРУ, который может быть любой конструкции.

Таблица 1

Контролируемый параметр	Тип прибора	Обозначение на схеме	Место присоединения чувствительного элемента	Примечание
Низкое давление всасывания	Реле давления	1 СД	Трубопровод до всасывающего вентиля	Может быть применено комбинированное реле с элементами низкого и высокого давления
Высокое давление нагнетания	Реле давления	2 СД	Нагнетательная сторона компрессора до нагнетательного вентиля	
Высокая температура нагнетания	Реле температуры	1 СТ	Нагнетательный трубопровод до обратного клапана и до места присоединения байпаса	Место установки должно быть уточнено для каждого конкретного типа компрессора
Низкое давление в системе смазки	Реле разности давлений (сигнализатор давления дифференциальный)	2 СДД	Вход низкого давления присоединяется к картеру компрессора, вход высокого давления — к нагнетательному трубопроводу маслонасоса	
Высокая температура смазочного масла	Реле температуры	2 СТ	Маслопровод на входе или выходе маслонасоса	
Малый расход охлаждающей воды	Реле протока (или расхода)	1 СР	Сливная труба на выходе из охлаждающей рубашки	См. рис. 1
Высокий уровень жидкого аммиака в отделителе жидкости	Реле уровня	1 СУ 2 СУ	Колонка, присоединенная к отделителю жидкости	

подавать соответствующий сигнал и включать резервный насос, автоматически пополнять систему свежей водой.

Схема автоматизации системы с конденсатором и градирней представлена на рис. 4.

Водяной насос *НС* № 1 (основной) включается в работу при пуске любого из компрессоров. Его исправность контролируется с помощью реле давления 7СД. При неисправности подается сигнал и в работу включается резервный насос *НС* № 3.

При работе основного насоса с помощью реле 1РТД контролируется разность между температурами воды после конденсатора и воды, подаваемой на него. Когда разность температур возрастет до заданной, в работу включается дополнительный насос *НС* № 2, исправность которого сигнализируется реле давления 8СД.

При большем числе насосов схема строится аналогично, но при этом на каждый дополнительный насос требуется по одному реле разности температур.

Пополнение системы свежей водой происхо-

Сигнализация

Автоматизированная установка снабжается рабочей и аварийной сигнализацией. Световые сигналы размещаются на местных щитах и пультах и на главном щите автоматики. Как правило, на главном щите изображается мнемоническая схема установки, в которую вмонтированы необходимые сигнальные лампы и табло.

Нормальная работа сигнализируется лампами белого или желтого цвета. Аварийные сигналы обычно красного цвета. Если используется источник мигающего света, то сигналы могут быть и красного и белого цвета.

Световой аварийный сигнал сопровождается звонком или гудком. Чтобы освободить персонал от необходимости выключения звукового сигнала, необходимо предусматривать его кратковременное однократное включение на 10—15 секунд. Световой аварийный сигнал остается включенным до устранения причины, его вызвавшей.

Таблица 2

Такты	Операции	Обозначение на схеме	Примечание
П у с к			
1	Команда «пуск»	—	В автоматическом режиме — от реле температуры 1РТ, 2РТ или др. (рис. 1), в полуавтоматическом — от пусковой кнопки
2	Пускается двигатель компрессора	Д _к	Применяются также схемы, в которых компрессор может быть пущен только после срабатывания 1СР
	Открывается соленоидный вентиль подачи воды в охлаждающую рубашку	3СВ	
	Открывается соленоидный вентиль байпаса	2СВ	
	Начинается отсчет времени от момента пуска	—	
	На время пуска отключаются защиты от прекращения протока воды и от понижения давления в системе смазки	1СР 2СДД	
3	Заканчивается отсчет времени с момента пуска	—	
4	Закрывается соленоидный вентиль байпаса	2СВ	
	Включаются защиты от прекращения протока воды и от понижения давления в системе смазки	1СР 2СДД	
О с т а н о в к а			
1	Команда «стоп»	—	В автоматическом режиме — от реле температуры 1РТ, 2РТ или др. (рис. 1), в полуавтоматическом — от кнопки «стоп»
2	Останавливается двигатель компрессора	Д _к	
	Закрывается соленоидный вентиль подачи охлаждающей воды	3СВ	

При односменном обслуживании установки целесообразно устраивать щитки-дублиеры, которые выносятся в помещения с круглосуточным дежурством и на которые подаются лишь аварийные сигналы. При переводе сигнализации на дублиер основной щит может быть выключен.

Размещение приборов и средств автоматизации

Как правило, при автоматизации крупных и средних установок первичные приборы и реле-датчики защиты устанавливаются непосредственно на машинах и аппаратах или вблизи них.

Элементы схем управления и защиты компрессоров, а также относящиеся к ним сиг-

нальные лампы размещают на пультах или щитках вблизи компрессоров.

Устройства общей сигнализации, управления сосудами и насосами, реле температуры, управляющие компрессорами (в том числе и многоточечные регуляторы) располагают в помещении главного щита автоматики, смежном с компрессорным цехом и оборудованном в соответствии с правилами устройства электроустановок [2]. Отказ от пультов управления компрессорами и сосредоточение всех элементов их схем на главном щите автоматики целесообразно лишь для небольших компрессорных цехов (до 3—5 компрессоров).

Большинство рекомендаций, изложенных в данной статье, практически проверено на хо-

Таблица 3

Контролируемый параметр	Тип прибора	Обозначение на схеме	Место присоединения чувствительного элемента	Примечание
Низкое давление всасывания I ступени	Реле давления	3СД	Трубопровод до всасывающего вентиля I ступени	Может быть применено комбинированное реле с элементами низкого и высокого давления
Высокое давление нагнетания I ступени	То же	4СД	Нагнетательная сторона I ступени до нагнетательного вентиля	
Высокая температура нагнетания I ступени	Реле температуры	3СТ	Нагнетательный трубопровод	
Низкое давление всасывания II ступени (в промежуточном сосуде)	Реле давления	5СД	Трубопровод до всасывающего вентиля II ступени	
Высокое давление нагнетания II ступени	То же	6СД	Нагнетательная сторона II ступени до нагнетательного вентиля	
Высокая температура нагнетания II ступени	Реле температуры	4СТ	Нагнетательный трубопровод II ступени до места соединения байпаса	
Низкое давление в системе смазки	Реле разности давлений (сигнализатор давления дифференциальный)	3СДД	Вход низкого давления присоединяется к картеру компрессора, вход высокого давления — к нагнетательному трубопроводу масляного насоса	
Высокая температура смазочного масла	Реле температуры	5СТ	Маслопровод на входе или выходе масляного насоса	Место установки должно быть уточнено для каждого конкретного типа компрессора
Малый расход охлаждающей воды	Реле протока (или расхода)	2СР	Сливная труба на выходе из охлаждающей рубашки	
Высокий уровень жидкости в промежуточном сосуде	Реле уровня	5СУ 6СУ	Колонка, присоединенная к промежуточному сосуду	
Высокий уровень жидкости в отделителе жидкости	То же	1СУ 2СУ	Колонка, присоединенная к отделителю жидкости	См. рис. 1

Таблица 4

Такты	Операции	Обозначение на схеме	Примечание
Пуск			
1	Команда «пуск»	—	В автоматическом режиме — от реле температуры 1РТ, 2РТ или др. (см. рис. 1), в полуавтоматическом — от пусковой кнопки
2	Пускается двигатель компрессора	Л _{2к}	Компрессор включается при условии, что к моменту пуска соленоидный вентиль 4СВ байпаса I ступени открыт (контролирует сигнализатор давления 4СДД)
	Открывается соленоидный вентиль подачи воды в охлаждающие рубашки	6СВ	
	Закрывается соленоидный вентиль байпаса I ступени	4СВ	
	Открывается соленоидный вентиль байпаса II ступени	5СВ	
	Начинается отсчет времени от момента пуска	—	
	На время пуска отключаются защиты от прекращения протока воды, от понижения давления в системе смазки и в промежуточном сосуде	2СР 3СДД 5СД	
3	Заканчивается отсчет времени	—	
4	Закрывается вентиль байпаса II ступени	5СВ	
	Вводятся в работу ранее отключенные защиты	2СР 3СДД 5СД	
Остановка			
1	Команда «стоп»	—	В автоматическом режиме — от реле температуры 1РТ, 2РТ или др., в полуавтоматическом — от кнопки «стоп»
2	Останавливается двигатель компрессора	Д _{2к}	
	Закрывается соленоидный вентиль подачи охлаждающей воды	6СВ	
	Открывается вентиль байпаса I ступени	4СВ	

лодильниках (Жуковском, Московских № 12 и № 13, Ленинградском № 1—2). Опыт показал, что при соблюдении правил эксплуатации автоматизированные установки работают надежно и бесперебойно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по проектированию холодильных установок, ВНИИХ, 1962.

2. Правила устройства электроустановок, гл. VII, Госэнергоиздат.

3. В. С. Ужанский, «Холодильная техника», 1961, № 6.

4. Л. В. Коломенский, «Холодильная техника», 1962, № 6.

5. В. С. Ужанский, «Холодильная техника», 1963, № 5.

Полупроводниковый измеритель разности температур для настройки ТРВ

Канд. техн. наук И. А. ПАВЛОВА, инж. Л. А. ГОЛОВАЦКАЯ, канд. техн. наук В. М. ШАВРА —
Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности

За последние годы в предприятиях торговли и общественного питания значительно увеличилось число малых холодильных установок. Для автоматического регулирования заполнения испарителей этих установок холодильным агентом применяют в основном регуляторы перегрева — ТРВ.

В эксплуатационных условиях ТРВ обычно настраивают в зависимости от обмерзания всасывающих трубопроводов, так как установка

влияет на эффективность работы машины. Поэтому создание компактного переносного прибора, по объективным показаниям которого можно было бы быстро и правильно настроить ТРВ, являлось весьма актуальной задачей.

Такой прибор — полупроводниковый измеритель разности температур (ПИРТ) был создан лабораторией контрольно-измерительных приборов и автоматики и лабораторией

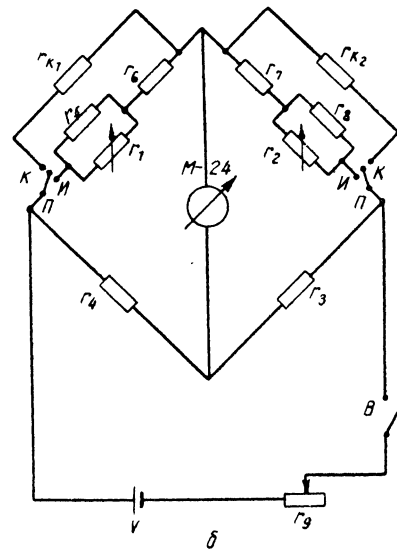
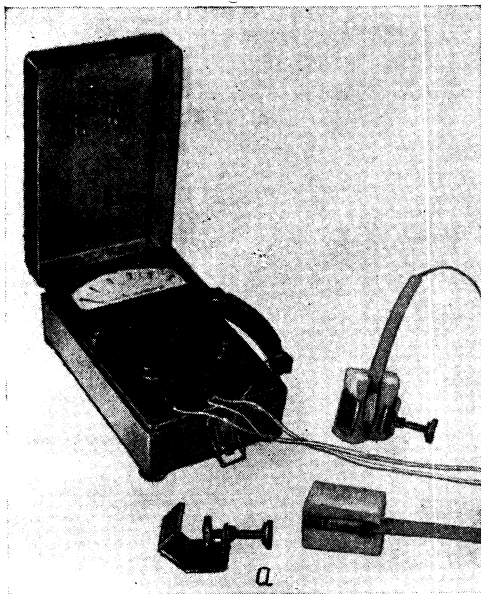


Рис. 1. Общий вид (а) и электрическая схема (б) прибора ПИРТ.

специальных термометровых гильз усложнила бы монтаж машины, к тому же эти гильзы использовались бы весьма короткое время (лишь при наладке установки после ее монтажа).

Настройка ТРВ по обмерзанию всасывающего трубопровода может быть только приблизительной, так как зависит от навыков механика, длины всасывающего трубопровода, окружающей температуры и т. п.

Между тем настройка ТРВ существенно

малых холодильных машин ВНИХИ в содружестве с трестом Росторгмонтаж и Московским ремонтно-монтажным комбинатом.

Общий вид прибора и его электрическая схема показаны на рис. 1, а и б.

В качестве датчиков температуры используются полупроводниковые термосопротивления типа ЕМТ-1, более компактные и менее инерционные, чем терморезисторы и проволочные термометры.

Для измерения разности температур к двум