

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТГВ**

### **Автоматизация приточных венткамер**

Учебно-методическое пособие  
для практических занятий

Красноярск  
СФУ  
2013

УДК [697:681.5](07)

ББК 38.762я73

A224

Составители: Р. Т. Емельянов, В. И. Иванчура, А. П. Прокопьев,  
А. С. Климов

**A224 Автоматизация систем ТГВ. Автоматизация приточных венткамер:** учебно-методическое пособие для практических занятий / сост. Р. Т. Емельянов, В. И. Иванчура, А. П. Прокопьев, А. С. Климов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 80 с.

*В учебно-методическом пособии приведены сведения об элементах автоматических устройств, применяемых в системах автоматизации вентиляции и отопления. Дана классификация схем автоматизации приточных венткамер. Рассмотрены назначения элементов функциональных и принципиальных схем автоматизации приточных венткамер с подробным пояснением их работы.*

*Учебно-методическое пособие предназначено для студентов профиля подготовки 270800.62.00.05 – «Теплогазоснабжение и вентиляция» (Бакалавриат).*

УДК [697:681.5](07)

ББК 38.762я73

© Сибирский  
федеральный  
университет, 2013

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Термин автоматизация происходит от греческого слова «автоматос», что в переводе означает самодействующий. Под автоматизацией (автоматическим управлением) понимается осуществление какого-либо технологического процесса с использованием соответствующих технических средств без непосредственного участия человека.

К созданию первых автоматических устройств человеческий разум пришел еще в каменном веке. Неизвестный первобытный технический гений когда-то предложил новую технологию добычи мамонтов, загоняя их на ямы, закрытые сверху жердями, которые выдерживали вес человека, но не выдерживали веса мамонта. Используя современную терминологию, можно сказать, что закрытая жердями яма для мамонта была, вероятно, первым дискретным автоматом в истории человечества. К этому же классу автоматических устройств относятся и капканы для пушных зверей у северных народов, которые они использовали за много столетий до знакомства с цивилизацией.

Если до второй половины 19 века разработка и создание автоматических устройств были результатами трудов немногих талантов, то в настоящее время теория автоматического управления является вполне сформировавшейся, хотя и продолжающей интенсивно развиваться, наукой. Основы этой науки были заложены выдающимся русским ученым и государственным деятелем Иваном Алексеевичем Вышнеградским. Опубликованная им в 1876 г. знаменитая диаграмма Вышнеградского, позволявшая оценивать параметры переходных процессов, явилась первой научной работой по исследованию систем автоматического управления (САУ). В отечественную историю И.А. Вышнеградский вошел и как министр финансов, заложивший основы стабильности русского рубля в конце 19– начале 20 века.

Надо сказать, что научные труды отечественных ученых по теории автоматического управления в технических системах, по существу, заложили фундамент этой науки. Академик Александр Михайлович Ляпунов доказал знаменитые теоремы по устойчивости нелинейных систем, а функция Ляпунова, определяющая динамику систем, и по настоящее время является предметом многих исследований. Лев Семенович Понтрягин, ослепший в 14 лет, но в 34 ставший академиком, обессмертил свое имя принципом максимума Понтрягина в теории САУ. Из зарубежных ученых выдающиеся результаты по проблемам автоматического управления имели Тьюринг - создатель теории дискретных автоматов и Н. Винер - основоположник современной кибернетики.

Для создания любой автоматической системы необходимо установить цель управления, т.е. то, что должно быть достигнуто в результате автоматизации. Затем устанавливается, посредством чего достижима поставленная цель, и определяются необходимые технические средства и последователь-

ность процедур для достижения цели управления или, иными словами, алгоритм управления.

Очень важно понять, что автоматизировать можно только те процессы, в которых точно известно, что и в какой последовательности должно выполняться, и точно известны все ситуации, в которых может оказаться автомат. Если же алгоритм управления неточен либо появилась ситуация, не предусмотренная алгоритмом, то функционирование автоматической системы может не соответствовать целям ее создания.

Определение цели и алгоритма управления является компетенцией специалистов в области соответствующего технологического процесса (специалиста-технолога). В частности, при автоматизации системы отопления и вентиляции специалист по отоплению и вентиляции - технолог должен определить параметры управления (температуру приточного воздуха или температуру в помещении), точность поддержания параметров, случаи использования рециркуляции воздуха, последовательность операций при включении венткамеры и при возникновении аварийных ситуаций, необходимость изменения производительности вентилятора и т. д. Специалисты в области автоматизации должны определиться с техническими средствами, обеспечивающими выполнение технических требований технологов, и разработать САУ. Часто в процессе разработки последней выясняется, что некоторые требования технологов либо трудно выполнимы, либо обуславливают значительное удорожание системы. В подобных случаях технологи и инженеры по автоматизации САУ должны найти разумный компромисс. Например, за счет некоторого ослабления первоначальных требований (скажем, небольшого увеличения допустимого интервала регулируемых температур) существенно упростить или удешевить САУ. Отсюда следует и значимость курса автоматизации ТГВ. Вы, вероятно, не станете специалистами в области автоматизации, но должны быть достаточно подготовленными к работе по проектированию, эксплуатации и наладке автоматических систем отопления и вентиляции. А это возможно только при условии, что Вы будете представлять себе существо проблем автоматического управления, способы их разрешения и технические возможности средств автоматизации.

Создание САУ, как и любых других технических систем, всегда связано с определенными затратами, обуславливаемыми стоимостью проектирования, стоимостью реализации проекта и эксплуатационными затратами. Вкладывая средства на создание САУ, логично рассчитывать на их возврат посредством достижения какого-то экономического эффекта. В принципе (что имеет место на многих предприятиях) системы отопления и вентиляции могут функционировать и без автоматизации. Но в этом случае очевиден неоправданный перерасход тепловой и электрической энергии, и если еще лет 10 назад доля энергозатрат в себестоимости продукции предприятий не превышала 10 %, то в настоящее время она может составлять более пятой части. При технико-экономическом обосновании САУ необходимо четко определить, за счет чего

первоначальные капиталовложения в систему окупятся. Окупаемость САУ обычно обуславливается следующим:

1. Снижением расхода энергоресурсов;
2. Уменьшением количества обслуживающего персонала (экономией на заработной плате);
3. Повышением производительности (уменьшением размера заработной платы в расчете на единицу продукции);
4. Повышением надежности функционирования технологического процесса (снижением ущерба от перерывов технологического процесса);
5. Уменьшением штрафных выплат за загрязнение окружающей среды;
6. Повышением качества продукции и другими факторами, зависящими от вида автоматизируемого технологического процесса.

Простейшим примером обоснования САУ является случай, когда рассматриваются два варианта:

1. Отсутствие автоматизации (при этом, очевидно, капитальные затраты на САУ равны нулю, но эксплуатационные издержки при функционировании технологического процесса равны  $I$ ).

2. Внедрение (создание) САУ, что обуславливает необходимость капитальных вложений в размере  $K_C$  при снижении эксплуатационных издержек до величины  $I_C$  меньшей, чем  $I$ .

Принимая решение о создании САУ, необходимо определиться со сроком окупаемости капитальных вложений. Во времена плановой экономики срок окупаемости капитальных вложений определялся директивно - не более 8,3 лет. С переходом к рынку с непрекращающейся инфляцией срок окупаемости в каждом конкретном случае определяется отдельно. Однако он не должен превышать величины, обратной депозитной ставке банка. Последнее объясняется следующим. Если планируемые суммы капитальных затрат на создание САУ  $K_C$  положить на депозит в банк, то через год возможно получение прибыли в размере  $K_C \cdot p$ , где  $p$  - депозитная ставка банка. При вложении  $K_C$  в САУ обеспечивается прибыль за счет уменьшения эксплуатационных издержек в размере  $I - I_C$ .

Для того, чтобы эффект от автоматизации превысил доход от депозита, необходимо выполнение условия

$$K_C \cdot p \leq I - I_C. \quad (1.1)$$

Предположим, что в варианте без автоматизации  $I_C = 50000$  руб., а реализация варианта с автоматизацией требует капитальных затрат  $K_C = 100000$  руб. при эксплуатационных издержках  $I = 30000$  руб. Оценка эффективности рассматриваемого варианта автоматизации в условиях плановой экономики (при  $p = 0,12$ ) по (1.1) будет выглядеть так:

$$100000 \cdot 0,12 < 50000 - 30000$$

или

$$12 < 20 .$$

Но при  $p = 0,3$  по (1.1) получаем противоположный результат, т. к.

$$30 > 20.$$

И до тех пор, пока будет существовать высокая ставка депозита, техническое перевооружение промышленности, а следовательно и подъем экономики, почти недостижимая мечта, что бы ни говорили какие угодно экономисты с учеными степенями или без таковых.

Из (1.1) можно получить выражение

$$K_C \cdot p + I_C \leq I \quad (1.2)$$

Левая часть (1.2) именуется годовыми затратами в варианте с САУ, правая – представляет годовые затраты варианта без автоматизации.

Обычно в процессе создания САУ рассматривается несколько вариантов автоматизации, каждый из которых характеризуется своей величиной капитальных затрат  $K_{Cj}$  и эксплуатационных издержек  $I_{Cj}$  (напомним, что в варианте без автоматизации  $K=0$ ). Наиболее предпочтительным, очевидно, может являться вариант, которому соответствует минимум годовых затрат

$$Z_j = K_{Cj} \cdot p + I_{Cj} \rightarrow \min \quad (1.3)$$

(в варианте без автоматизации  $Z = I$ ). При сравнении вариантов автоматизации по (1.3) необходимо учитывать то обстоятельство, что между принятием решения о создании САУ до его реализации всегда существует определенный временной интервал, в течение которого принятые при обосновании стоимостные показатели могут существенно измениться. Поэтому абсолютный минимум по (1.3) еще не гарантирует правильного выбора варианта. Пусть, например, два варианта автоматизации характеризуются следующими показателями:  $K_{C1} = 90$ ,  $I_1 = 100$ ,  $K_{C2} = 100$ ,  $I_2 = 95$ ,  $p = 0,3$ .

Тогда

$$\begin{aligned} Z_1 &= 90 \cdot 0,3 + 100 = 127, \\ Z_2 &= 100 \cdot 0,3 + 95 = 125, \end{aligned}$$

т. е. значения затрат различаются менее, чем на 2 %. В этих условиях, строго говоря, варианты должны считаться равнозначными, поскольку хотя  $Z_2 < Z_1$ , но изменение стоимостных показателей могут обусловить и обратное неравенство. Поэтому окончательное решение должно приниматься на основе

оценок возможных изменений стоимостных показателей с учетом технологических плюсов и минусов вариантов, при разумной доли риска.

В любой системе автоматического управления (САУ) имеется объект управления, в котором происходит управляемый процесс. В частности, в системах отопления и вентиляции объектом управления является воздушная среда помещения.

САУ могут создаваться для управления самыми различными по своей природе параметрами, поэтому последние должны быть преобразованы в такую физическую величину, которая может, воспринята конкретной САУ.

Устройство, предназначенное для преобразования значения некоторого параметра в физическую величину определенного вида, именуется датчиком.

Вне зависимости от назначения и конструкции датчика, на его выходе величина сигнала должна однозначно соответствовать значению управляемого параметра. Например, стрелочный термометр, измеряющий температуру воздуха, выходным сигналом имеет угол поворота, а термоэлектрические термометры выходным сигналом имеют разность потенциалов.

Выходные сигналы датчиков во многих случаях маломощны, и для использования в САУ очень часто сигналы датчиков усиливаются специальными усилителями.

САУ могут создаваться для управления как по одному, так и по нескольким параметрам (так называемое векторное управление). Например, в помещении может регулироваться только температура, а может - температура, влажность, химический состав воздуха и перемещение воздушных потоков одновременно. В последнем случае, очевидно, САУ должна иметь несколько датчиков и элемент, суммирующий их сигналы, именуемый сумматором.

Для реализации возможности управления система должна иметь исполнительное устройство, непосредственно воздействующее на объект управления.

Структурная схема САУ имеет вид, представленный на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Структурная схема разомкнутой САУ

Во многих помещениях имеются технологические тепловыделения от электропечей в квартирах, электродвигателей и другого оборудования в производственных помещениях, которые могут быть весьма значительными. Например, кухня 9 м<sup>2</sup> с электропечью при включении последней имеет тепловыделения 3-5 кВт, что превышает мощность теплоисточника, необходимую для отопления помещения. Тепловыделения технологического оборудования даже при отсутствии термических технологических установок могут составлять значительную часть тепла, необходимого для обогрева помещения.

Технологические тепловыделения в большинстве случаев непостоянны, и при неизменной температуре наружного воздуха  $t_H$  изменения технологических тепловыделений обусловят изменение температуры воздуха в помещении  $t_B$ . «Ну и что?» – скажете Вы. «Чуть ниже температура или выше – какое это имеет значение». Но, во-первых, при повышении температуры в помещении необоснованно расходуется энергия, и еще со времен философа древнего Рима Сенеки известно, что "всякое излишество есть порок!». [1. С. 56] А, во-вторых, имеются производственные помещения (категорируемые по микроклимату и вакуумной гигиене), где необходимо поддерживать температуру постоянной с точностью до 0,1°С, ибо невыполнение этого условия крайне отрицательно влияет на технологический процесс. Поэтому необходимо воздействовать на калорифер не только при изменениях температуры наружного воздуха  $t_H$ , но и при изменениях температуры воздуха в помещении  $t_B$ , т. е. ввести обратную связь (ОС). В зависимости от наличия или отсутствия ОС САУ подразделяются на замкнутые и разомкнутые. Последние используются только в простейших системах автоматики: часы, автоматы по продаже газет, турникеты в метро и т.д. Но часы, например, если не проверять точность их показаний, могут показывать все что угодно, но только не текущее время. Вообще, технические системы без обратной связи, относясь к простейшим, выполнять ответственные функции без участия человека не могут. Более того, рассматривая человека как систему, можно заключить, что его существование возможно только благодаря обратным связям. Если Вы прикоснетесь рукой, например, к горячему металлу, то датчик - рука через нервную систему выдает соответствующий сигнал, и мозг (исполнительное устройство) отреагирует, сформировав команду на отдергивание руки. Там, где отсутствует сигнал обратной связи, всегда можно ожидать больших неприятностей.

Структурная схема замкнутой САУ представлена на рис. 1.2.

Для системы регулирования температуры воздуха  $t_B$  в помещении последняя является регулируемым параметром, возмущающее воздействие - изменение технологических тепловыделений и температуры наружного воздуха, а задающее воздействие - параметр, пропорциональный количеству тепла, вводимого в помещение при заданной температуре воздуха в помещении. При изменении технологических тепловыделений регулируемый параметр отклоняется от заданного значения, что посредством ОС изменит задающее воздействие так, чтобы ликвидировать отклонение регулируемого параметра.



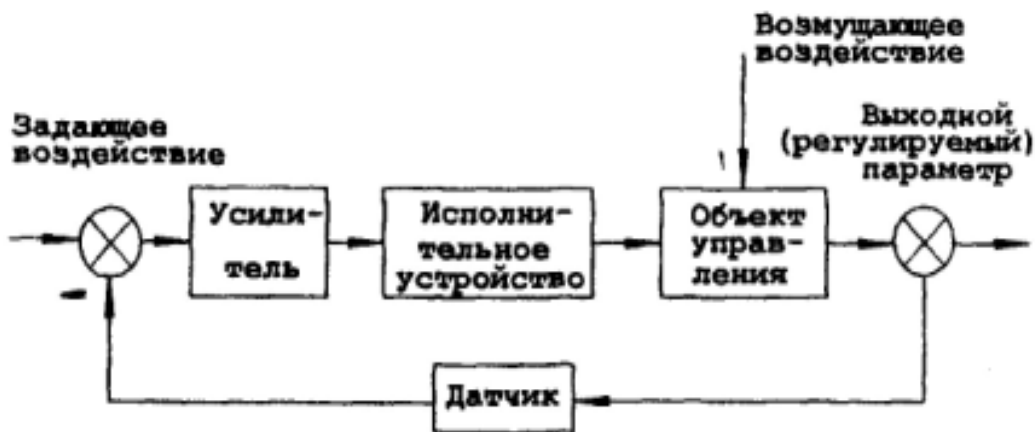


Рис. 1.2. Структурная схема замкнутой САУ

То есть введение обратной связи означает воздействие на регулятор сигналом, пропорциональным отклонению регулируемого параметра от заданной величины.

ОС может быть жесткой и гибкой. Жесткой именуется ОС, имеющая на выходе сигнал, пропорциональный величине регулируемого параметра, а гибкой - величине скорости изменения этого параметра (или, что то же самое, производной регулируемого параметра). Обратная связь может быть положительной или отрицательной. Отрицательная ОС подает на вход САУ положительный сигнал при уменьшении значения регулируемого параметра и отрицательный сигнал при увеличении значения регулируемого параметра. То есть в рассматриваемом примере на выходе ОС будет положительный сигнал при уменьшении значения  $t_B$  и отрицательный - при увеличении  $t_B$ . В общем случае любая отрицательная ОС предназначена для ликвидации отклонения регулируемого параметра.

При положительной ОС на ее выходе формируется положительный сигнал при увеличении значения параметра и отрицательный сигнал при его уменьшении.

Положительная ОС используется при необходимости увеличения коэффициента усиления элементов САУ.

Все САУ по своим характеристикам подразделяются на линейные и нелинейные. В линейных САУ все элементы систем характеризуются линейной зависимостью выходных параметров от входных. Если хотя бы один элемент САУ является нелинейным, то нелинейной будет и вся система в целом. По образному выражению академика Андропова, линейность технических систем есть "дико частный случай". Однако точных аналитических методов исследования нелинейных САУ, к сожалению, не существует. Все нелинейные САУ в достаточно малом интервале изменения их параметров могут быть линеаризованы, т.е. любая кривая на некотором интервале может аппроксимироваться касательной, что аналитически соответствует разложению зависи-

мости  $X_2 = f(X_1)$  в окрестности точки  $X_{10}$  в ряд Тейлора, ограничиваясь только линейными членами ряда.

Необходимые и достаточные условия для оценки корректности такого подхода к линеаризации САУ были установлены уже упоминавшимся Александром Михайловичем Ляпуновым.

По характеру передачи сигналов САУ подразделяются на непрерывные (контроль за величиной выходного параметра непрерывен) и дискретные (контроль не является непрерывным), разновидностью которых являются релейные системы.

В непрерывных системах задающее воздействие непрерывно сравнивается с регулируемым параметром, что обуславливает непрерывную выдачу соответствующего сигнала рассогласования. В системах релейного типа отклонение регулируемого параметра в определенном интервале от требуемой величины не приводит к появлению сигнала рассогласования. Примером непрерывной САУ является регулирование производительности насосов горячего водоснабжения в зависимости от расхода, когда изменение расхода обуславливает соответствующее изменение скорости вращения насосов. В качестве системы релейного типа можно привести пример регулирования температуры воздуха при условиях, что датчик температуры при отклонениях последней от требуемой на  $\pm\Delta t^\circ$  не выдает соответствующего сигнала.

Важно отметить, что в замкнутых САУ, как правило, не бывает «спокойного» состояния равновесия. Все время имеются изменения возмущающих воздействий, порождающих рассогласование, которое заставляет систему работать.

## 2. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В системах с электрическим управлением и регулированием все контролируемые и регулируемые параметры должны быть преобразованы в электрические сигналы. Устройства, предназначенные для такого преобразования, как уже отмечалось, именуются датчиками. Между входной и выходной величинами датчиков должна существовать однозначная зависимость, представляемая в виде функции  $X_2=f(x_1)$ , определяющей характеристику датчика.

Характеристика датчика может быть статической, т.е. определяющей выходную величину при медленных изменениях входной, и динамической, соответствующей быстрым изменениям входной величины. Различие между статическими и динамическими характеристиками всегда обуславливается фактором инерционности. Выходные сигналы датчиков могут быть как непрерывными, так и дискретными.

Статическая характеристика датчика температуры с непрерывным выходным сигналом приведена на рис. 2.1.

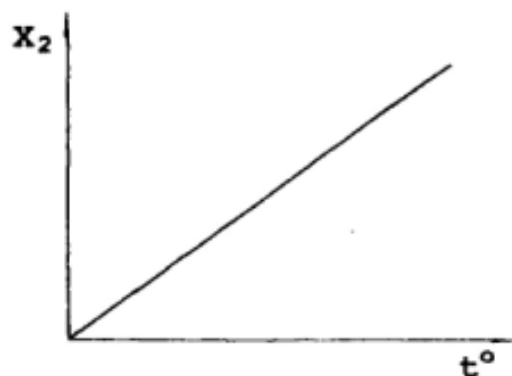


Рис. 2.1. Характеристика датчика температуры с непрерывным сигналом

Чувствительностью датчика называют отношение приращения выходной величины к приращению входной, т. е.

$$s = \Delta X_2 / \Delta t^\circ.$$

На линейном участке характеристики значение  $s$  постоянно.

Статическая характеристика дискретного датчика имеет разрывной характер (рис.2. 2).

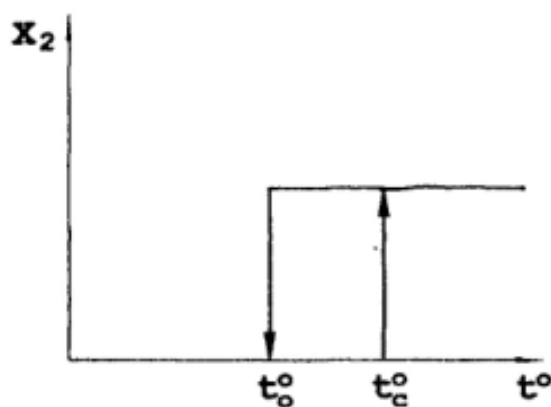


Рис. 2.2. Характеристика датчика температуры с дискретным выходным сигналом

Параметром срабатывания датчика  $t^\circ_c$  называется такое значение входной величины, при котором происходит скачкообразное (обычно от нуля до некоторого значения) увеличение выходной величины. В терморегулирующих системах обычно это достигается срабатыванием соответствующего реле. Параметром отпускаяния  $t^\circ_o$  называется такое значение входной величины, при котором происходит скачкообразное уменьшение (например, от некоторого значения до нуля) выходной величины.

Разность  $t^\circ_c - t^\circ_o$  именуют дифференциалом датчика или зоной нечувствительности. Датчики с изображенной на рис. 2.2. статической характеристи-

кой именуют двухпозиционными. Если, например, имеется двухпозиционный датчик температуры со значением срабатывания  $t^{\circ}_C = 12^{\circ}\text{C}$  и дифференциалом  $3^{\circ}\text{C}$ , то это означает, что при  $t^{\circ} > 12^{\circ}\text{C}$  на выходе датчика будет отличный от нуля сигнал, значение которого не изменится до тех пор, пока значение  $t^{\circ}$  не будет менее  $9^{\circ}\text{C}$ , после чего выходной сигнал станет равным нулю.

В основу конструкции датчиков температуры положены изменения физических свойств тел в зависимости от температуры. Если используется свойство изменения геометрических размеров, то такие датчики именуются дилатометрическими.

Дилатометрия - раздел физики, изучающий изменения геометрических размеров тел под воздействием полей (электромагнитных, тепловых и т.д.). Дилатометрический элемент (рис.2.3) состоит из трубки 1, внутри которой находится стержень 2. Трубка и стержень изготавливаются из материалов, имеющих разные коэффициенты линейного расширения.

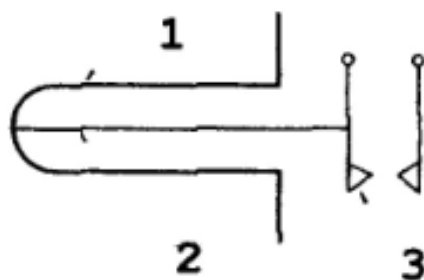


Рис. 2.3. Принцип действия дилатометрического датчика температуры

Обычно для трубки используют латунь с коэффициентом линейного расширения  $18 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ , а для стержня инвар (сплав 36% никеля с 64% железа) с коэффициентом линейного расширения в 18 раз меньше. Стержень приваривается к концу трубки, что обуславливает перемещение свободного конца стержня при изменении температуры. Таким образом изменение температуры преобразовывается в перемещение конца стержня, которое, вообще говоря, весьма невелико, но может быть увеличено посредством рычажной системы, воздействующей на замыкание (или размыкание) электрических контактов 3 (т.е. на появление или пропадание электрического напряжения). В системах автоматизации приточных венткамер используются основанные на этом принципе терморегулирующие устройства ТУДЭ-1, ТУДЭ-4 с параметрами:

ТУДЭ-1 – пределы регулирования от  $- 60^{\circ}\text{C}$  до  $+ 40^{\circ}\text{C}$ , дифференциал  $2^{\circ}$ , длина чувствительной трубки 505 мм, контакт замыкается при повышении температуры;

ТУДЭ-4 – пределы регулирования от  $- 0^{\circ}\text{C}$  до  $+ 250^{\circ}\text{C}$ , длина чувствительной трубки 265 мм, дифференциал  $4^{\circ}$ , контакт замыкается при повышении температуры.

Разновидностью dilatометрических преобразователей температуры являются биметаллические, представляющие собой пластину, изготовленную из двух слоев металлов, имеющих различные коэффициенты линейного расширения. Два слоя жестко скрепляются между собой сваркой, что позволяет получить при увеличении температуры изгиб (перемещение) всей пластины в сторону материала, имеющего наименьший коэффициент линейного расширения. С целью повышения чувствительности биметаллическую пластину обычно используют в форме спирали Архимеда. На этом принципе основано функционирование стрелочных показывающих термометров.

Функционирование датчиков температуры может быть основано и на свойстве металлов изменять свое электрическое сопротивление в зависимости от внешней температуры. Такие датчики именуется термопреобразователями сопротивления. Обычно для их изготовления применяется медь, имеющая температурный коэффициент электрического сопротивления  $\alpha = 4,25 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ . Если при  $t^\circ = 0^\circ\text{C}$  сопротивление медного проводника равно  $R$ , то при  $t^\circ \neq 0^\circ\text{C}$

$$R_t = R(1 + \alpha t^\circ). \quad (2.1)$$

Устройство термопреобразователя сопротивления показано на рис. 2.4.

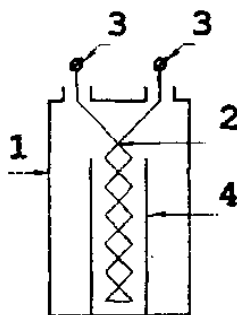


Рис. 2.4. Устройство термопреобразователя сопротивления

Внутри защитной оболочки 1 помещен каркас, несущий на себе обмотку из провода 2, присоединяемого к клеммам 3. Каркас от защитной оболочки отделен посредством изолирующей оболочки 4. Как следует из формулы (2.1), зависимость сопротивления датчика от температуры линейная, что является серьезным достоинством такой конструкции. В САУ отопления и вентиляции широко используются термопреобразователи сопротивления медные типа ТСМ-1079.

Изменение электрического сопротивления термопреобразователями может быть преобразовано в изменение значения электрического напряжения, что достигается с использованием мостовых схем, принцип действия которых основан на следующем. К точкам **a** и **с** (рис. 2.5) моста подводится стабилизированное напряжение  $U$ . В плечи моста включены сопротивления  $R_1 = R_4$ ,

реостат  $R_3$  и термосопротивление  $R_t$ .

Все элементы рассматриваемой схемы размещены на щите регулирования, а термосопротивление  $R_t$  - непосредственно в точке измерения температуры. Сопротивление  $R_3$  выполняется в виде реостата для настройки схемы на определенную температуру, при которой  $R_t = R_3$ .

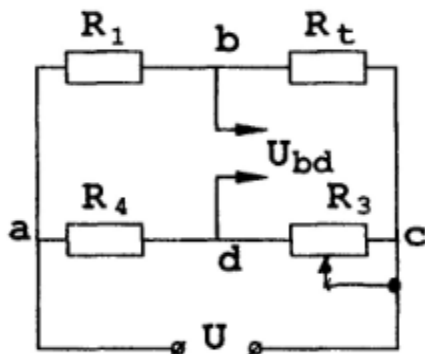


Рис. 2.5. Схема электрического моста

Напряжение между точками **b** и **c**

$$U_{bc} = U \cdot R_t / (R_1 + R_t) .$$

Напряжение между точками **d** и **c**

$$U_{dc} = U \cdot R_3 / (R_3 + R_4)$$

При  $R_1 = R_4$  и  $R_t = R_3$

$$U_{bd} = U_{bc} - U_{dc} = 0$$

Если же  $R_1 \gg R_t$  и  $R_4 \gg R_3$  то с достаточно большой точностью справедливы равенства

$$U_{bc} = U \cdot R_t / R_1, \quad U_{dc} = U \cdot R_3 / R_4,$$

и при  $R_1 = R_4$

$$U_{bd} = \frac{U(R_t - R_3)}{R_1}$$

Если при изменении температуры  $R_t$  возрастает, то  $U_{bc} > U_{dc}$  . а если  $R_t$  уменьшается, то  $U_{bc} < U_{dc}$ . То есть в зависимости от величины и знака приращения температуры изменяется величина и знак разности потенциалов (на-

пряжение  $U_{bd}$ ). причем это напряжение  $U_{bd}$  может быть увеличено в дальнейшем с помощью усилителя. Этот принцип положен в основу конструкции регуляторов температуры (рис. 2.6).

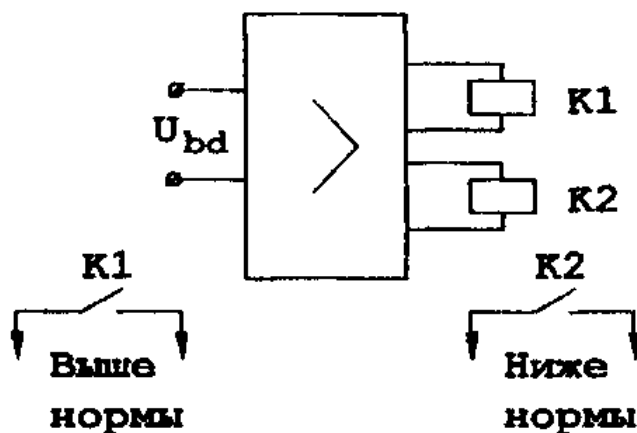


Рис. 2.6. Структурная схема регулятора температуры

Напряжение с диагонали моста  $U_{bd}$  подается на вход усилителя, на выходе которого включены катушки реле **K1** и **K2**.

Если  $U_{bd} = 0$ , то реле **K1** и **K2** обесточены.

Если  $U_{bd} > 0$  (что соответствует увеличению температуры в точке установки термопреобразователя сопротивления), то на выходе усилителя появляется положительный сигнал и срабатывает реле **K1**, контакт которого замыкается. Этот контакт вводится в схему регулирования температуры, которая должна уменьшить расход теплоносителя, что приведет к уменьшению температуры в точке установки термопреобразователя сопротивления. Напряжение  $U_{bd}$  на диагонали моста уменьшится до 0, реле **K1** обесточится и разомкнет свой контакт в схеме регулирования температуры. При этом уменьшение расхода теплоносителя прекратится. Если температура в точке установки термопреобразователя сопротивления уменьшилась, то аналогично предыдущему срабатывает реле **K2** и своим контактом в схеме регулирования температуры обусловит увеличение расхода теплоносителя. По описанному алгоритму функционирует широко используемый в САУ отопления и вентиляции регулятор температуры электрический трехпозиционный ТЭ2ПЗ. Напомним, что для наладки регулятора сопротивление выполняют в виде реостата.

Мостовая схема в САУ отопления и вентиляции используется и для синхронизации работы клапанов наружного и рециркуляционного воздуха. В помещениях со значительными тепловыделениями в ряде случаев по санитарным нормам допустима в зимнее время рециркуляция воздуха, т.е. в воздухонагреватель подается в определенной пропорции как холодный наружный воздух, так и нагретый из помещения. Причем, соотношение наружного воздуха (**НВ**) и рециркуляционного воздуха (**РВ**) постоянно меняется и САУ

должна обеспечить такой режим, при котором при увеличении открытия клапана **РВ** увеличивалось закрытие клапана **НВ**. Последнее достигается за счет следующего.

Электродвигатели клапанов **НВ** и **РВ** имеют на своем валу ползунок реостата, изменяющего сопротивление в плечах моста. На схеме (рис.2.7)  $R_p$  реостат электродвигателя клапана **РВ**,  $R_H$  - реостат электродвигателя клапана **НВ**.

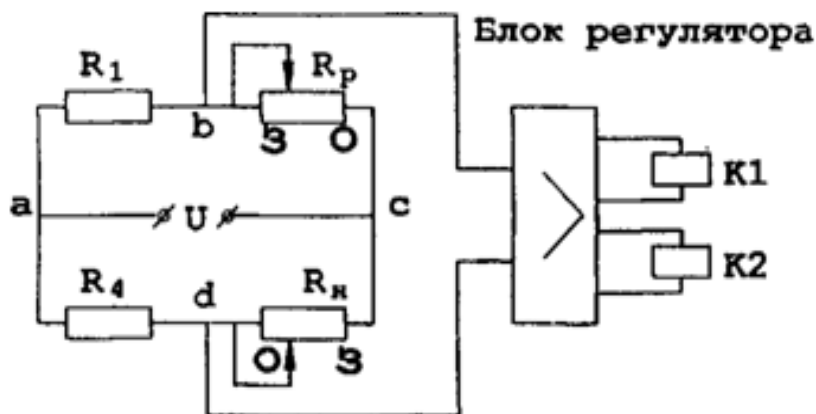


Рис. 2.7. Схема синхронизации клапанов **НВ** и **РВ**

При повышении температуры воздуха в помещении схема регулирования температуры обеспечит включение электродвигателя клапана **РВ** для увеличения степени его открытия, и ползунок реостата  $R_p$  начнет перемещаться в направлении точки 0 (открытие). Последнее, аналогично рассмотренному ранее, обусловит появление между точками **b** и **d** напряжения  $U_{bd} < 0$  и, как следствие, сработает реле **K2**, что приведет к включению электродвигателя клапана **НВ** для уменьшения степени его открытия. При этом ползунок реостата  $R_H$  начнет перемещаться в направлении точки 3 (закрытие). Описанный процесс продолжается, пока не будет выполнено равенство  $R_p = R_H$ , тождественное условию  $U_{bd} = 0$ . Аналогично работает схема, когда клапан **РВ** закрывается,  $U_{bd} > 0$  и срабатывает реле **K1**, включая двигатель клапана **НВ** на открытие и перемещая ползунок реостата  $R_H$  в направлении уравнивания моста. В САУ отопления и вентиляции по описанному алгоритму функционирует балансное реле типа БРЭ-1.

## 2.1. Усилители

Принцип усиления электрических сигналов с использованием полупроводниковых или магнитных элементов основан на следующем.

К источнику стабилизированного напряжения  $U$  последовательно подключаются усилительный элемент и сопротивление нагрузки (рис. 2.8).



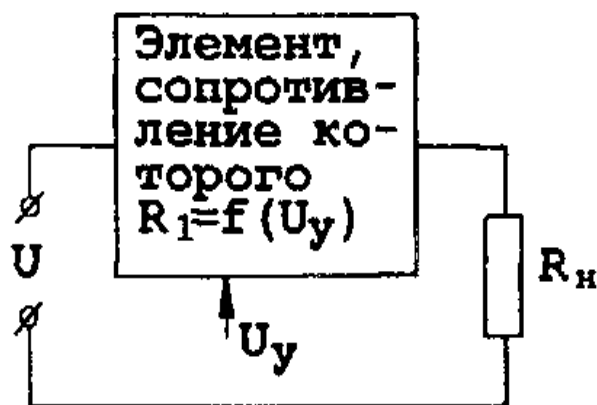


Рис. 2.8. Структурная схема усилителя

Усилительным элементом (УЭ) могут быть полупроводниковый транзистор или дроссель насыщения. При отсутствии сигнала управления ( $U_y = 0$ ) сопротивление УЭ велико и ток в цепи пренебрежимо мал, поэтому на сопротивлении нагрузки напряжением можно пренебречь. Если  $U_y \neq 0$ , то с его увеличением сопротивление УЭ уменьшается, ток в цепи растет, и, следовательно, увеличивается падение напряжения на нагрузке. В цепи управления обычно требуется протекание малых токов управления, т.е. мощность управления

$$P_y = U_y \cdot I_y \ll I_n^2 R_n,$$

где  $I_n^2 R_n$  - мощность, выделяемая в сопротивлении нагрузки  $R_n$ .

Отношение  $P_n/P_y = K$  представляет статический коэффициент усиления. Естественно, что в качестве управляющих сигналов могут быть использованы сигналы от соответствующих датчиков. Отметим, что в современных САУ магнитные усилители используются уже крайне редко.

## 2.2. Исполнительные механизмы

В САУ отопления и вентиляции исполнительные механизмы предназначены для перемещения регулирующих органов при наличии соответствующих сигналов управления (например, для открытия - закрытия клапанов на трубопроводе теплоносителя, клапанов НВ или РВ). Наиболее распространены двигатели исполнительных механизмов, выполненные по схеме однофазного электродвигателя с конденсаторами для создания начального пускового момента. На валу электродвигателя имеется червячный редуктор, через который он сочленяется с соответствующим механизмом. В конструкцию исполнительного механизма (рис. 2.9) входит реостат обратной связи (включаемый в мостовые схемы), по которому при вращении двигателя скользит ползунок, и конечные выключатели SQ1, SQ2, отключающие электродвигатель при полном обороте выходного вала редуктора.

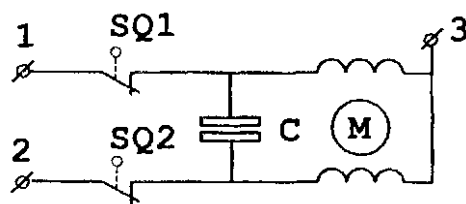


Рис. 2.9. Схема электродвигателя исполнительного механизма

Если клапан находится в промежуточном положении, то для его, например, полного открытия к точкам 1 и 3 необходимо приложить переменное напряжение 220 В. **SQ1** замкнут, и двигатель **M** начнет вращение, открывая клапан до тех пор, пока либо не произойдет его полное открытие (после чего разомкнется **SQ1** (рис. 2.10), либо если до этого не будет снято напряжение с точки 1. Для вращения двигателя в противоположную сторону необходимо приложить напряжение к точкам 2 и 3.

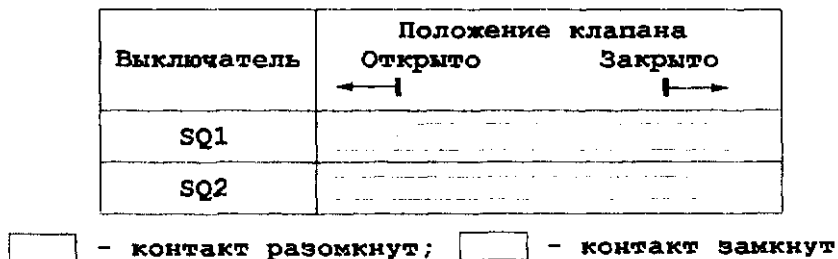


Рис. 2.10. Диаграмма работы конечных выключателей

В САУ отопления и вентиляции используют исполнительные механизмы типа МЭО 6,3; 16; 40; 100 (цифра обозначает вращающий момент в Н·м), комплектуемые с соответствующими клапанами. Время полного хода выходного вала механизма от 25 до 160 с.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНЫХ ВЕНТКАМЕР

В настоящее время для отопления и вентиляции промышленных и общественных зданий используются приточные венткамеры (ПВК) типа 2ПК-10, 2ПК-20, 2ПК-31.5, 2ПК-40, 2ПК-63, 2ПК-80, 2ГЖ-125 с производительностью по воздуху от 3,5 до 125 тыс.м<sup>3</sup>/ч, отличающиеся технологией обработки воздуха и набором оборудования. В зависимости от выполняемых технологических функций различают 4 группы ПВК:

1. Прямоточные;

2. Прямоточные, переключаемые в нерабочее время на режим дежурного отопления;
3. Рециркуляционные, работающие с переменными расходами наружного и рециркуляционного воздуха;
4. Рециркуляционные, работающие с переменными расходами наружного и рециркуляционного воздуха в рабочее время и переключаемые на полную рециркуляцию в нерабочее время для функционирования в режиме дежурного отопления.

Автоматизация ПВК осуществляется на основе типовых проектных решений, разработанных ведущими проектными институтами страны - Сантехпроектом и Электропроектом.

По набору оборудования прямоточные ПВК могут иметь 4 исполнения:

- с одной секцией воздухонагревателя (ВН);
- с одной секцией ВН и секцией орошения (СО);
- с двумя секциями ВН;
- с двумя секциями ВН и СО.

Две секции ВН, в соответствии с указаниями Сантехпроекта, устанавливаются, если расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе после первой секции ВН не превышает 20°C. В этом случае последовательно по ходу воздуха за первой секцией ВН устанавливается вторая, причем к тепловой сети обе секции присоединяются параллельно и имеют индивидуальные рейдирующие клапаны расхода теплоносителя. Следует отметить, что регулирующие клапаны устанавливаются на обратном трубопроводе теплоносителя. Последнее обусловлено тем, что на герметичность клапана отрицательно влияют температурные условия его работы и большая герметичность может быть обеспечена при установке клапана на обратном трубопроводе.

Использование СО предусматривается, в основном, в летний период для уменьшения расхода приточного воздуха за счет его адиабатического охлаждения. Напомним, что адиабатическим именуется процесс, при котором система (в рассматриваемом случае это воздух в камере орошения) не получает тепла извне и не отдает его. Такие процессы в принципе возможны только при наличии теплоизолирующей оболочки, однако быстропротекающие процессы (форсуночный впрыск воды) приближенно могут считаться адиабатическими и при отсутствии теплоизолирующей оболочки. При использовании секции орошения производительность ПВК по воздуху может быть уменьшена (что соответственно уменьшает расход электроэнергии двигателя вентилятора), но увеличиваются капиталовложения на СО и составляющая затрат, обуславливаемая расходом электроэнергии двигателем насоса СО. Поэтому использование со обосновывается в каждом конкретном проекте технико-экономическим расчетом.

Помещения, в которых ПВК используются для отопления, могут характеризоваться как малыми, так и значительными технологическими тепловыделениями. Если мощность тепловыделений от технологического оборудования,

установленного в помещении, не превышает 10% мощности, необходимой для отопления помещения, то такие тепловыделения считаются малыми. В основе упомянутого значения численной границы между малыми и значительными тепловыделениями лежит объективная приближенность любых инженерных расчетов, и любой фактор, способный изменить результат расчета не более чем на 10%, считается несущественным. При малых технологических тепловыделениях тепловой баланс в помещении определяется теплоотдачей через ограждающие конструкции и теплом поступающего от ПВК воздуха, которое при неизменной производительности вентилятора пропорционально температуре приточного воздуха. Поэтому при малых технологических тепловыделениях в системе автоматизации ПВК достаточно обеспечить регулирование температуры приточного воздуха в требуемых пределах, что обусловит и соответствующее значение температуры воздуха в помещении.

При значительных технологических тепловыделениях регулирование температуры приточного воздуха уже недостаточно для поддержания требуемой температуры в помещении, поскольку изменения технологических тепловыделений во времени являются случайными процессами.

В этих условиях автоматизация ПВК, используемых для отопления помещений, должна обеспечить регулирование температуры непосредственно в помещении, что достижимо увеличением нагрева приточного воздуха при уменьшении технологических тепловыделений и уменьшением нагрева приточного воздуха в противном случае.

Как известно, в зависимости от назначения ПВК в качестве расчетного значения наружного воздуха, определяющего мощность ВН, может быть принята или минимальная температура наружного воздуха для расчета отопления, или минимальная температура наружного воздуха для расчета вентиляции, которая превышает температуру для расчета отопления. Очевидно, что мощность ВН зависит от принятой расчетной температуры наружного воздуха. Если в качестве последней принята температура для расчета вентиляции, то при снижении температуры наружного воздуха по отношению к принятому в расчете значению мощности ВН будет недостаточно для нагрева наружного воздуха до требуемой величины. В этих условиях необходимо уменьшать расход воздуха, проходящего через ВН, что достигается прикрытием клапана наружного воздуха. Описанная процедура именуется ограничением расхода тепла на вентиляцию.

Таким образом, системы автоматизации приточных ПВК выполняют одну из следующих функций:

- регулирование температуры приточного воздуха;
- регулирование температуры приточного воздуха с ограничением расхода тепла на вентиляцию;
- регулирование температуры воздуха в помещении.

С учетом наличия четырех исполнений ПВК по набору оборудования, системы автоматизации каждого из которых могут выполнять любую из перечис-

ленных функций, общее количество функциональных схем автоматизации прямоточных ПВК равно 12. В случаях, регламентируемых СНиП-П-33-75, ПВК оборудуются резервными вентиляторами, что обуславливает две разновидности любой функциональной схемы автоматизации. Наличие или отсутствие резервного вентилятора в обозначении функциональной схемы автоматизации учитывается проставлением цифр 1 или 2 после номера функциональной схемы. Например, схема 5.1 является функциональной схемой автоматизации №5 при отсутствии в составе ПВК резервного вентилятора, а 5.2 - соответственно функциональной схемой №5 при наличии в составе ПВК резервного вентилятора. Номер схемы автоматизации прямоточных ПВК определяется по табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Классификация схем автоматизации прямоточных ПВК

Состав оборудования ПВК	Номер схемы автоматизации при регулировании		
	температуры приточного воздуха	температуры приточного воздуха с ограничением расхода тепла на вентиляцию	температуры воздуха в помещении
1 секция ВН	1	2	3
1 секция ВН и СО	4	5	6
2 секции ВН	7	8	9
2 секции ВН и СО	10	11	12

В любой схеме автоматизации ПВК предусматривается:

1. Автоматическое управление электродвигателем приточного вентилятора, обеспечивающее реализацию алгоритма пуска и работы ПВК в летнем и зимнем режимах, а также возможность проведения наладочных и профилактических работ;
2. Автоматическое включение электродвигателя резервного вентилятора (при наличии такового) в случае отключения рабочего вентилятора;
3. Автоматическое отключение электродвигателя вентилятора при отсутствии потока воздуха за вентилятором;
4. Защита ВН от замерзания при неработающей и работающей ПВК;
5. Автоматическое управление открытием и закрытием клапана наружного воздуха в процессах пуска и отключения ПВК;
6. Контроль параметров воздуха и теплоносителя;
7. Сигнализация о нормальных и аварийных режимах ПВК.

Прямоточные ПВК, используемые для отопления производственных помещений значительной площади, в нерабочее время могут переключаться на режим дежурного отопления, поддерживая температуру воздуха в помещении 3-5°C. В составе таких ПВК имеются воздухопровод для забора воздуха из по-

мещения, оборудованный клапаном наружного воздуха с исполнительным механизмом, и датчик температуры воздуха помещения в нерабочее время. Воздуховод рециркуляционного воздуха присоединяется к воздуховоду наружного воздуха после клапана наружного воздуха.

В рабочее время клапан рециркуляционного воздуха закрыт и ПВК функционирует в обычном режиме, обеспечивая температуру воздуха в помещении 18-20°C.

В нерабочее время в зимний период клапан наружного воздуха закрыт, а клапан рециркуляционного воздуха открыт. При понижении температуры воздуха в помещении ниже 3°C датчик температуры формирует команду на открытие клапана на трубопроводе теплоносителя и включение приточного вентилятора, который подает в помещение нагретый рециркуляционный воздух.

После повышения температуры воздуха в помещении до 5°C датчик температуры своим контактом сформирует команду на отключение ПВК и закрытие клапана рециркуляционного воздуха. Таким образом осуществляется двухпозиционное регулирование воздуха в помещении в нерабочее время посредством автоматического периодического включения и отключения ПВК, работающей на полную рециркуляцию. В зависимости от состава оборудования ПВК, переключаемых на режим дежурного отопления в нерабочее время, имеется четыре схемы автоматизации, выбор которых осуществляется по табл. 3.2.

Таблица 3.2

Классификация схем автоматизации приточных ПВК, переключаемых в нерабочее время на режим дежурного отопления

Состав оборудования ПВК	Номер схемы автоматизации
1 секция ВН	13
1 секция ВН и СО	14
2 секции ВН	15
2 секции ВН и СО	16

При наличии в помещении значительных тепловыделений, величина которых изменяется во времени, возможно (если санитарными нормами допустима рециркуляция) использование рециркуляционных приточных венткамер (РПВК). В отличие от приточных, РПВК оборудуются воздуховодом и клапаном рециркуляционного воздуха, реостат на валу исполнительного механизма которого вместе с реостатом исполнительного механизма клапана наружного воздуха включается в мостовую схему (рис. 2.7). В РПВК при нормальной температуре воздуха в помещении, обусловливаемой как технологическими тепловыделениями, так и теплом подаваемого вентилятором воздуха

с температурой 12-14°C, клапан рециркуляционного воздуха закрыт. При повышении температуры воздуха в помещении регулирующее устройство воздействует на открытие клапана рециркуляционного воздуха и на соответствующее прикрытие клапана наружного воздуха, причем открытие одного из них и прикрытие другого осуществляется синхронно. При значениях температуры воздуха в помещении ниже нормы регулирование осуществляется закрытием клапана рециркуляционного воздуха и синхронным открытием клапана наружного воздуха.

По своему составу оборудования РПВК имеют две модификации: с одной секцией ВН; с одной секцией ВН и секцией орошения.

РПВК с производительностью по воздуху до 31,5 тыс.м<sup>3</sup>/ч оборудуются одним клапаном рециркуляционного воздуха, а при большей производительности - двумя. Отмеченные факторы обуславливают четыре разновидности схем автоматизации РПВК, представленные в табл. 3.3.

Таблица 3.3

### Классификация схем автоматизации РПВК

Состав оборудования РПВК	Номер схемы автоматизации
ВН и один клапан рециркуляционного воздуха	17
ВН и два клапана рециркуляционного воздуха	18
ВН, СО и клапан рециркуляционного воздуха	19
ВН, СО и два клапана рециркуляционного воздуха	20

Так же, как и прямоточные ПВК, РПВК могут использоваться в нерабочее время в режиме дежурного отопления, посредством переключения на полную рециркуляцию при закрытом клапане наружного воздуха. В режиме дежурного отопления функционирование РПВК аналогично функционированию ПВК в упомянутом режиме. Классификация схем автоматизации РПВК, переключаемых в нерабочее время в режим дежурного отопления, представлена в табл. 3.4.

Таблица 3.4

### Классификация схем автоматизации РПВК, переключаемых в нерабочее время в режим дежурного отопления

Состав оборудования РПВК	Номер схемы автоматизации
ВН и один клапан рециркуляционного воздуха	21
ВН и два клапана рециркуляционного воздуха	22
ВН, СО и один клапан рециркуляционного воздуха	23
ВН, СО и два клапана рециркуляционного воздуха	24

#### 4. ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ И ИХ УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

При создании систем автоматизации разрабатывают функциональные и принципиальные схемы.

Функциональные схемы (ФС) отображают функционально-блочную структуру автоматизируемой установки или процесса и содержат общую информацию об используемых приборах и средствах автоматизации.

ФС являются основой для разработки принципиальных схем, дающих полное представление об алгоритме функционирования системы автоматизации. Более конкретно различия между функциональными и принципиальными схемами будут рассмотрены после ознакомления с условными обозначениями элементов автоматики на схемах (табл. 4.1).



Для всех первичных приборов автоматизации, непосредственно измеряющих параметры систем и устанавливаемых по месту (т. е. не на щитах регулирования и управления, а на технологическом оборудовании, трубопроводе, стене, колонне, металлоконструкции) на ФС принято единое графическое обозначение в виде окружности или овала в зависимости от количества вписываемых буквенных обозначений. Рекомендуемый диаметр окружности 10 мм. То же обозначение, разделенное горизонтальной чертой на две равные половины, соответствует приборам, установленным на щитах регулирования. Для получения информации о назначении и функциях прибора автоматизации в его условное графическое обозначение в виде круга или овала вписывают буквенное условное обозначение с использованием латинского алфавита. Необходимо отметить, что одна и та же буква в зависимости от последовательности ее расположения в обозначении может соответствовать различному содержательному смыслу.

Первая буква условного обозначения отражает измеряемую (регулируемую) прибором величину. Ниже приведена сводка основных буквенных условных обозначений измеряемых (регулируемых) величин.

- D** – плотность;
- F** – расход;
- G** – размер, положение, перемещение;
- L** – уровень;
- M** – влажность;
- P** – давление;
- Q** – состав, концентрация;
- S** – скорость, частота;
- T** – температура;
- V** – вязкость;
- W** – масса.



Условные графические обозначения элементов  
функциональных схем автоматизации

Наименование элемента	Условное графическое обозначение
Заслонка регулирующая	
Фильтр	
Воздухонагреватель	
Секция орошения	
Исполнительный Механизм	
Вентилятор	
Электродвигатель	
Клапан (вентиль) Регулирующий Проходной	
Отборное устройство без постоянного подключения прибора	
Направление Потока воздуха	

Последующие буквы условного обозначения отражают функции, выполняемые прибором, причем если функций несколько, то их записывают в последовательности:

- показание – **I**;
- регистрация – **R**;
- регулирование (управление) – **C**;
- включение, отключение, переключение – **S**;
- фиксация верхнего предела измеряемой величины – **H**;
- фиксация нижнего предела измеряемой величины – **L**;

– сигнализация – **A**.

Употребляются и дополнительные буквенные обозначения, уточняющие измеряемый (регулируемый) параметр, которые записываются во второй позиции обозначения прибора. К ним относятся: **D** – разность (перепад); **Q** – интегрирование (суммирование во времени).

Для приборов автоматизации, устанавливаемых по месту, указывается энергия выдаваемого ими сигнала:

**E** – электрическая;

**P** – пневматическая;

**G** – гидравлическая.

В качестве примеров рассмотрим условные обозначения некоторых приборов автоматизации на ФС.

### Приборы для измерения и регулирования температуры



Прибор, установленный по месту (о чем свидетельствует отсутствие горизонтальной черты в окружности), предназначенный для измерения температуры (**T**) с электрическим сигналом (**E**) на выходе, примером которого является термосопротивление, устанавливаемое на воздуховоде или в помещении.



Прибор, установленный по месту, измеряющий температуру (**T**), показывающий (**I**), примером которого являются любые показывающие термометры.



Прибор, установленный по месту, измеряющий температуру (**T**), осуществляющий переключения (**S**) в системе автоматизации, примером которого является дилатометрический датчик температуры типа ТУДЭ.



Прибор, установленный на щите регулирования (о чем свидетельствует горизонтальная черта в окружности), предназначенный для регулирования (**C**) температуры (**T**) с контактным выходом (**K**), примером которого является регулятор степени открытия клапана трубопровода теплоносителя на выходе калорифера.








Прибор, установленный на щите регулирования, регистрирующий (**R**) и регулирующий (**C**) температуру (**T**).





Прибор, установленный на щите регулирования, предназначенный для регулирования (**C**) перемещения (**G**), примером которого является регулятор синхронного открытия и закрытия клапанов наружного и рециркуляционного воздуха.

## Приборы для измерения и регулирования давления

-  Местный прибор для измерения давления (**P**), показывающий (**I**).
-  Местный прибор для измерения разности давлений (**PD**), показывающий (**I**).
-  Прибор, установленный на щите регулирования, предназначенный для регулирования (**C**) давления (**P**).
-  Местный прибор, измеряющий давление (**P**), осуществляющий переключения (**S**) в системе автоматизации.
-  Местный прибор, измеряющий давление (**P**) с электрическим сигналом (**E**) на выходе

## Обозначения приборов для измерения расхода

-  Местный прибор для измерения расхода (**F**) с электрическим сигналом (**E**) на выходе.
-  Местный прибор для измерения расхода (**F**), показывающий (**I**) и интегрирующий (**Q**) по времени.

## 5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНЫХ ВЕНТКАМЕР

На рис. 5.1 представлена функциональная схема № 11 автоматизации приточной ПВК, в составе которой имеются воздухозабор, оборудованный клапаном наружного воздуха с исполнительным механизмом, фильтр наружного воздуха, две секции ВН, секция орошения, вентилятор с электродвигателем.

Схема предназначена для автоматизации ПВК, подающих в помещение наружный воздух с постоянной (от 14 до 22°C) температурой притока, и предусматривает уменьшение количества подаваемого воздуха в помещение при наружной температуре ниже минимальной принятой для расчета вентиляции.

В летний период осуществляется адиабатическое увлажнение и охлаждение воздуха.

В дополнение к ранее перечисленным общим функциям систем автоматизации, рассматриваемая схема предусматривает:

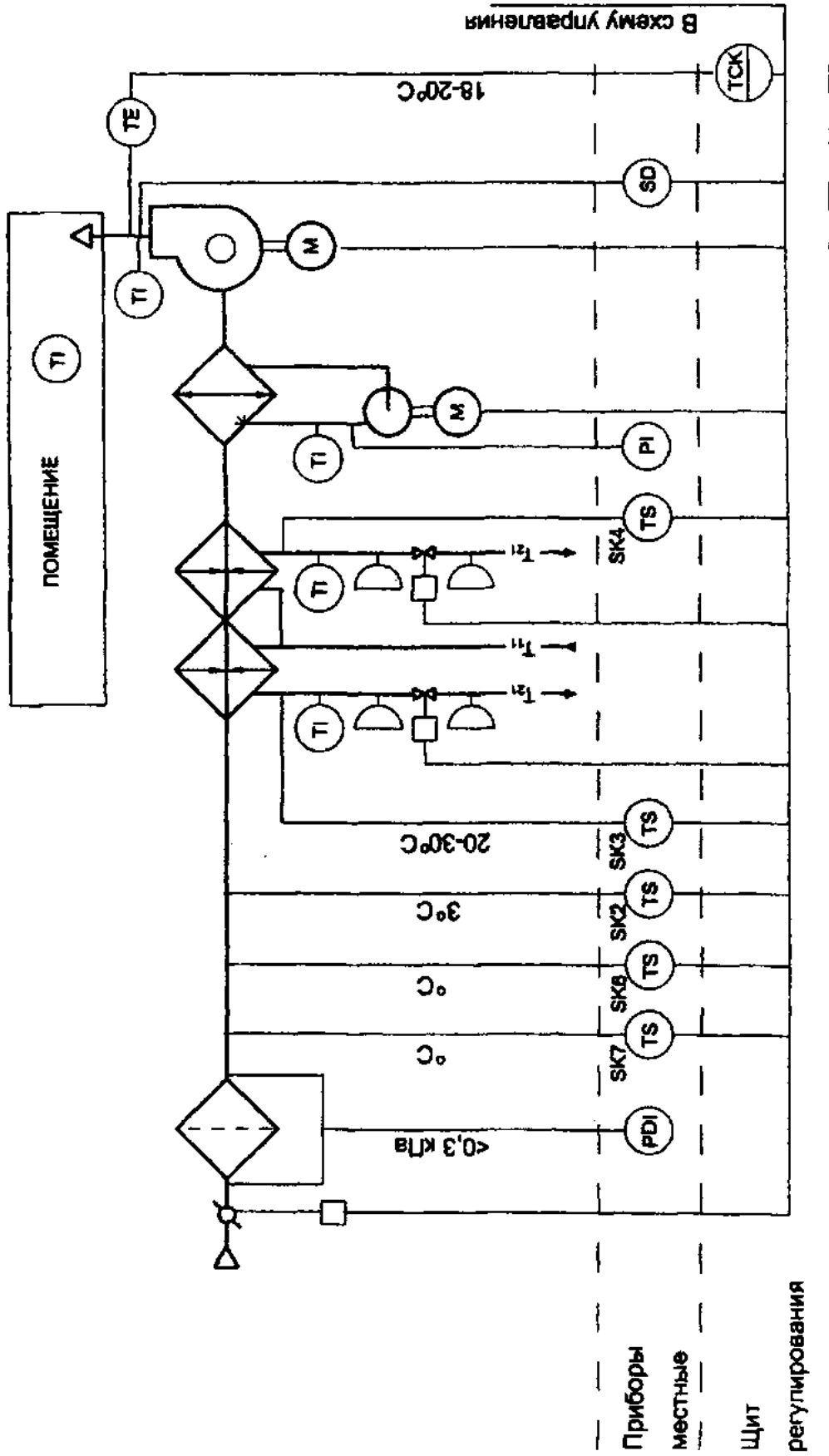
- автоматическое управление электродвигателем циркуляционного насоса СО в зависимости от температуры наружного воздуха;
- автоматическое ограничение расхода тепла при температуре наружного воздуха ниже минимальной для расчета вентиляции посредством соответствующего уменьшения количества подаваемого воздуха, проходящего через ВН.

Рассматриваемая схема содержит общие для всех функциональных схем автоматизации приборы.

1. Показывающие термометры **TI**, устанавливаемые для визуального контроля температуры воздуха за вентилятором, в помещении и обратном трубопроводе теплоносителя за ВН;
2. Показывающий дифманометр **PDI**, устанавливаемый для визуального контроля давления воздуха до и после фильтра наружного воздуха, свидетельствующий о степени загрязнения фильтра (показания прибора, превышающие 0,3 кПа, свидетельствуют о необходимости осуществить очистку фильтра, хотя и в этом случае работа ПВК автоматически не прекращается);
3. Дилатометрические датчики температуры **SK2**, **SK3** и **SK4** типа **ТУДЕ**, предназначенные для автоматической защиты ВН от замораживания.

Датчик **SK2** контролирует температуру воздуха перед ВН и настраивается на значение температуры +3 °С. В зимний период при неработающей ПВК клапан наружного воздуха закрыт, но тем не менее возможно проникновение наружного воздуха по воздухопроводу к ВН, клапан на обратном трубопроводе теплоносителя которого при неработающей ПВК закрыт (Закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя при неработающей ПВК диктуется необходимостью экономии энергоресурсов). В этих условиях возможно замораживание калорифера ВН, для предотвращения которого при снижении температуры воздуха перед ВН до +3 °С датчик **SK2** сформирует сигнал на полное открытие клапана на трубопроводе теплоносителя. Циркуляция теплоносителя в ВН обусловит прогрев воздуха перед ВН, и при повышении температуры до +5 °С датчик **SK2** сформирует сигнал на закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя. Описанный процесс в зимний период при неработающей ПВК периодически повторяется.

Замораживание калорифера ВН при работающей венткамере возможно при аварийных ситуациях в системе теплоснабжения (завоздушивание трубопроводов теплоносителя, отклонения от нормального гидравлического режима в тепловых сетях, аварии в источнике теплоснабжения). Защита от замораживания при работающей ПВК осуществляется посредством установки датчиков **SK3** и **SK4**, настраиваемых на значение температуры в обратном трубопроводе теплоносителя, равном 20–30 °С.



При снижении температуры теплоносителя до значений, ниже указанных величин, датчики **SK3** и **SK4** формируют сигнал на полное открытие клапана на трубопроводе теплоносителя, отключение от электрической сети электродвигателя вентилятора (если резервный вентилятор отсутствует) и закрытие клапана наружного воздуха. В схеме с резервным вентилятором сигнал на отключение электродвигателя вентилятора не формируется, т.е., несмотря на угрозу замораживания калорифера, подача воздуха в помещение не прекращается, но дежурному персоналу выдается соответствующий сигнал об угрозе замораживания.

В основе изложенного лежат следующие факторы.

При резком снижении температуры теплоносителя в обратном трубопроводе до 19°C замораживание калорифера может еще не произойти, но снизится температура воздуха после ВН. В наиболее неблагоприятном случае в аварийной ситуации температура теплоносителя в обратном трубопроводе понизится настолько, что действительно приведет к замораживанию калорифера. Однако, учитывая, что резервный вентилятор устанавливается для уменьшения опасности для жизни людей при отказе рабочего вентилятора (например, если ПВК обслуживает взрывоопасную зону), то замораживание калорифера в этих условиях явится несравненно меньшим злом, чем возможные социальные или технологические последствия при отключении ПВК.

Датчик **SK4** выполняет те же функции, что и **SK3**, и устанавливается во всех схемах автоматизации ПВК, в составе которых имеется 2 секции ВН.

4. Датчик наличия потока воздуха за вентилятором **SD**, формирующий при отсутствии потока воздуха за вентилятором сигнал на отключение ПВК при отсутствии резервного вентилятора или сигнал на включение электродвигателя резервного вентилятора при его наличии.
5. Температурный регулятор **ТСК** типа **ТЭ2ПЗ**, предназначенный для формирования сигнала на открытие клапана на трубопроводе теплоносителя, если температура воздуха (после вентилятора или в помещении) ниже нормы, и на закрытие упомянутого клапана при температуре воздуха выше нормы.
6. Датчик температуры (термосопротивление) **ТЕ**, типа **ТСМ**, устанавливаемый непосредственно на воздуховоде за вентилятором, если регулируется температура приточного воздуха (т.е. в схемах 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11) или в помещении для всех остальных схем. Назначение рассматриваемого датчика - преобразование значения температуры среды в электрическую величину (значение тока в термосопротивлении), используемую в качестве входного сигнала регулятора **ТСК**.
7. Дилатометрический датчик температуры **SK6**, предназначенный для формирования сигнала на включение электродвигателя насоса секции орошения в летний период при соответствующей температуре наружного воздуха. Датчик **SK6** устанавливается только в ПВК, имеющих в своем составе секцию орошения.

8. Дилатометрический датчик температуры **SK7**, настраиваемый на значение температуры наружного воздуха, принятое за расчетную величину в расчете вентиляции. При температуре наружного воздуха ниже упомянутого значения датчик **SK7** формирует сигнал на частичное закрытие клапана наружного воздуха для обеспечения требуемого значения температуры приточного воздуха. Отметим, что датчик **SK7** устанавливается в ПВК, мощность воздухонагревателей которых определена из условия минимальной температуры наружного воздуха для расчета вентиляции (т.е. в схемах 2, 5, 8, 11). Если минимальная температура наружного воздуха принята для расчета отопления, то установка датчика **SK7** не предусматривается.

Остальные функциональные схемы автоматизации приточных ПВК могут быть получены из схемы 11 (рис. 5.1) при выполнении следующего:

- в схеме № 10 исключается датчик **SK7**. Схема № 10 (рис. 5.2) отличается от рассмотренной только тем, что в ней в качестве минимальной температуры наружного воздуха принята температура для расчета отопления, а не для расчета вентиляции, принятой в схеме 11;
- в схеме № 8 (рис. 5.3) исключается секция орошения и, соответственно, датчик **SK6**;
- в схеме № 7 (рис. 5.4) исключается секция орошения, датчик **SK6** и датчик **SK7**;
- в схеме № 5 (рис. 5.5) исключается вторая секция воздухонагревателя и датчик **SK4**;
- в схеме № 4 (рис. 5.6) исключается вторая секция воздухонагревателя и датчик **SK4**, датчик **SK7**;
- в схеме № 2 (рис. 5.7) исключается вторая секция воздухонагревателя и датчик **SK4**, секция орошения, датчик **SK6**;
- в схеме № 1 (рис. 5.8) исключается вторая секция воздухонагревателя и датчик **SK4**, секция орошения, датчик **SK6** и датчик **SK7**.

Схемы автоматизации 3, 6, 9, 12, представленные на рис.5.9-5.12, отличаются соответственно от схем 1, 4, 7, 10 тем, что датчик **TE**, подающий сигнал на вход регулятора **TCK**, устанавливается не на воздуховоде, а непосредственно в помещении, так схемы 3, 6, 10, 12 предназначены для регулирования температуры воздуха в помещении, а не приточного воздуха. Последнее обстоятельство может обуславливать необходимость установки на воздуховоде дополнительно дилатометрического датчика **SK5**. Температура воздуха в помещении, как известно, определяется (за вычетом теплопотерь через ограждающие конструкции) технологическими тепловыделениями и теплом подаваемого ПВК воздуха.





Если, например, ПВК обслуживает сталеплавильный цех, то эпизодически, в периоды розлива металла, технологические тепловыделения резко увеличиваются, что приводит к резкому увеличению температуры воздуха в помещении. Регулятор **ТСК** при этом уменьшает степень открытия клапана на трубопроводе теплоносителя, и температура приточного воздуха уменьшается, причем ее значение может стать менее 12–14 °С. Подача в помещение воздуха столь низкой температуры недопустима по санитарным нормам, поэтому вне зависимости от эпизодических значений температуры воздуха в помещении нижний предел значения температуры воздуха, подаваемого ПВК, не должен быть менее 12–14 °С.

Обеспечение выполнения последнего требования и достигается установкой на воздуховоде датчика **SK5**, контакт которого, размыкаясь при температуре 12–14 °С, прекращает действие регулятора **ТСК** по увеличению степени закрытия клапана на трубопроводе теплоносителя. Отметим, что датчик **SK5** блокирует действие регулятора **ТСК** только в части увеличения степени закрытия клапана на трубопроводе теплоносителя, но не препятствует действию **ТСК** по увеличению степени открытия клапана. То есть после понижения температуры воздуха в помещении (после прекращения процесса возрастания технологических тепловыделений) регулятор **ТСК** даже при разомкнутом контакте датчика **SK5** начнет увеличивать степень открытия клапана на трубопроводе теплоносителя, что обусловит повышение температура воздуха, подаваемого ПВК, и, следовательно, замыкание контакта датчика **SK5**.

Отличия функциональных схем автоматизации № 13 (рис. 5.13), № 14 (рис. 5.14), № 15 (рис. 5.15), № 16 (рис. 5.16) соответственно от схем № 3, 6, 9, 12 состоит в наличии воздуховода рециркуляционного воздуха, оборудованного клапаном с исполнительным механизмом. На рис. 5.17 представлена функциональная схема автоматизации № 23 РПВК, имеющая в своем составе ВН, СО и один клапан рециркуляционного воздуха, переключаемый в нерабочее время в режим дежурного отопления. Схема № 23 отличается от схемы №14 (прямоточной ПВК, переключаемой в нерабочее время в режим дежурного отопления), представленной на рис. 5.14, наличием регулятора **ГС**, синхронно изменяющего степень открытия и закрытия клапанов рециркуляционного и наружного воздуха в рабочее время. Схема автоматизации РПВК с тем же набором оборудования, но не используемой для целей дежурного отопления, приведена на рис. 5.18 (схема № 19). Исключив из схемы № 23 секцию орошения и датчик **SK6**, можно получить схему автоматизации № 21 РПВК с ВН и одним клапаном рециркуляционного воздуха, переключаемую в нерабочее время в режим дежурного отопления, представленную на рис. 5.19. Схема автоматизации № 17 РПВК с ВН и одним клапаном рециркуляционного воздуха, для которой не предусмотрен режим дежурного отопления, приведена на рис. 5.20.

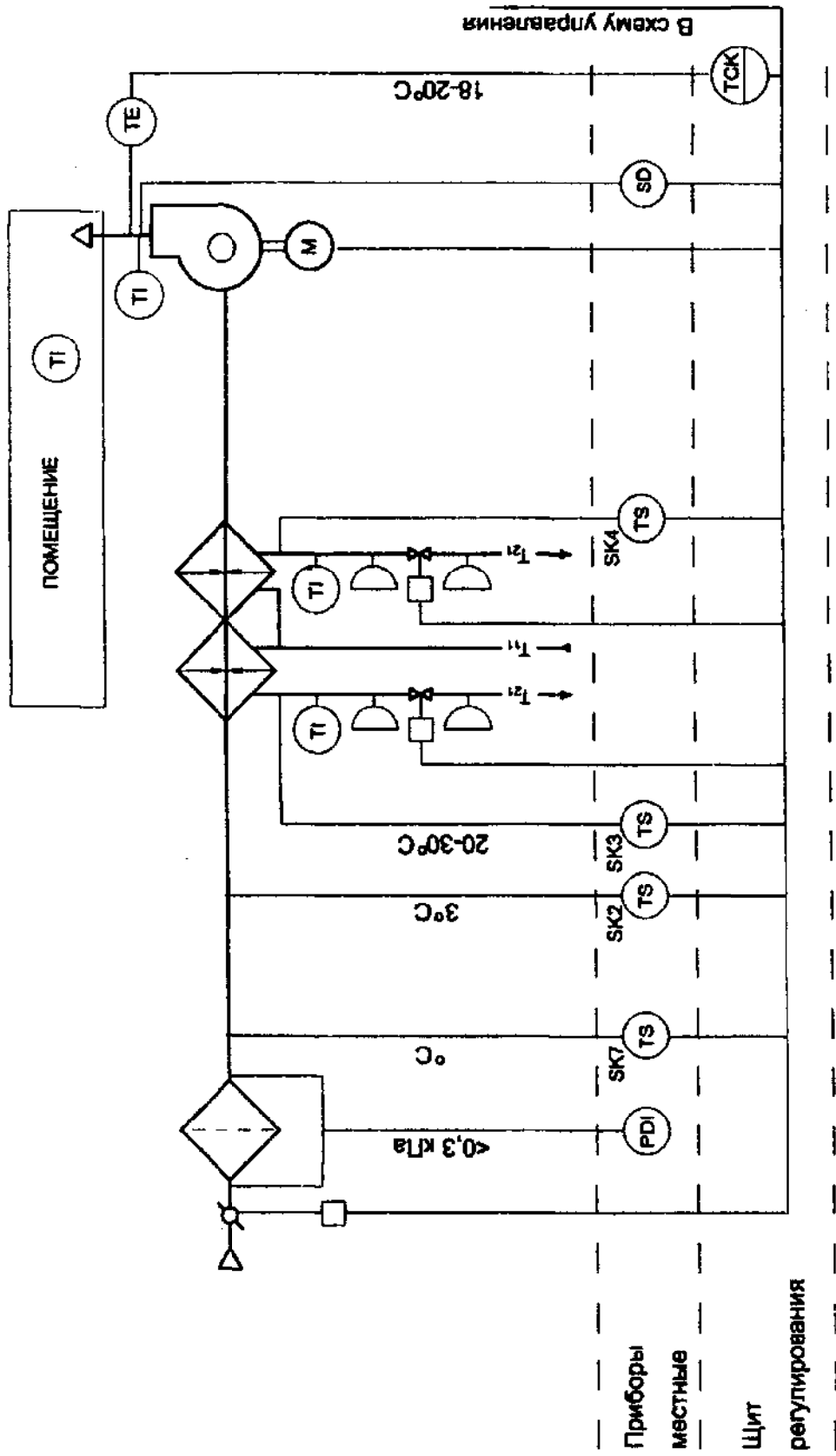


Рис.5.3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 8

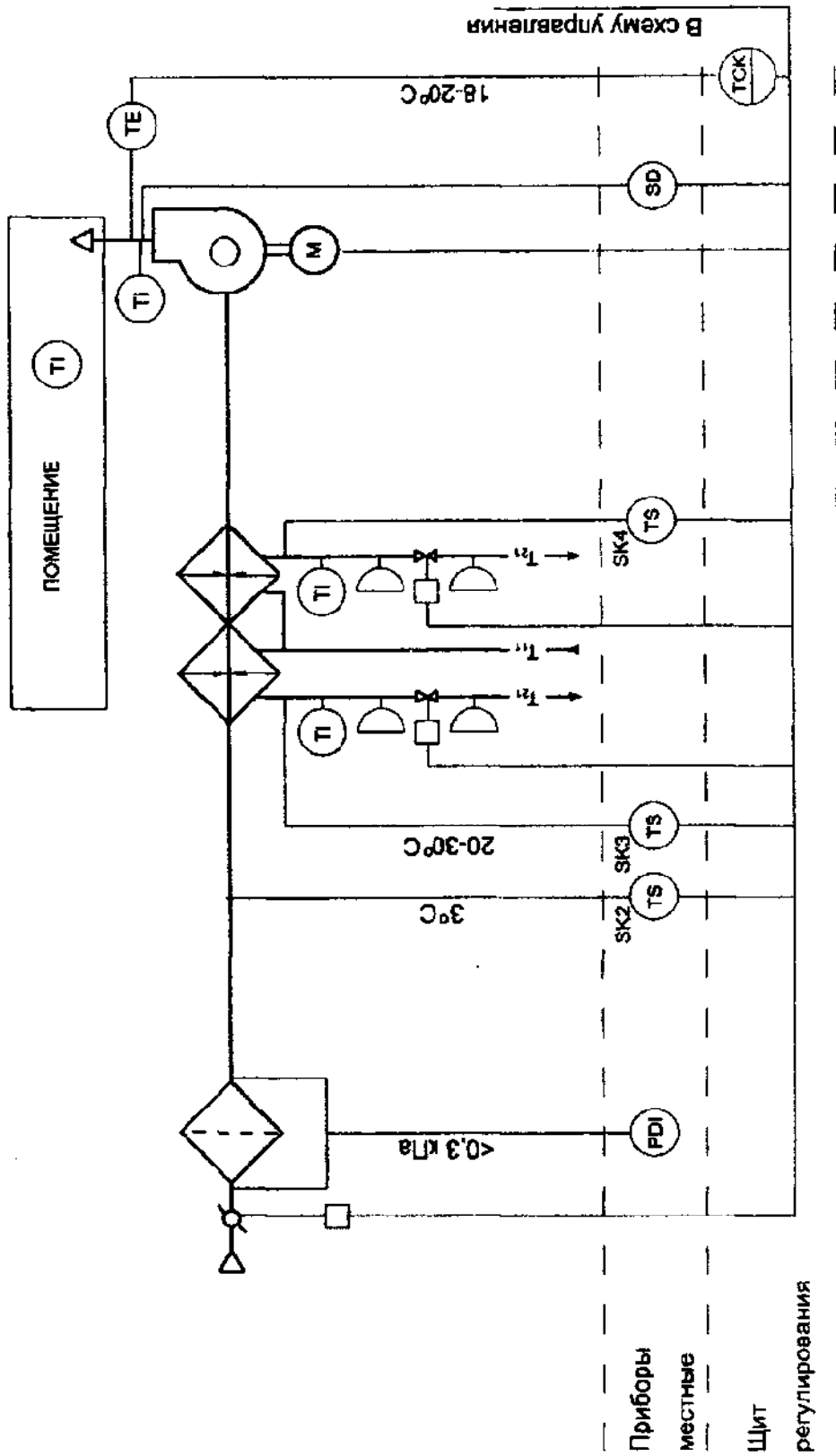


Рис.5.4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 7



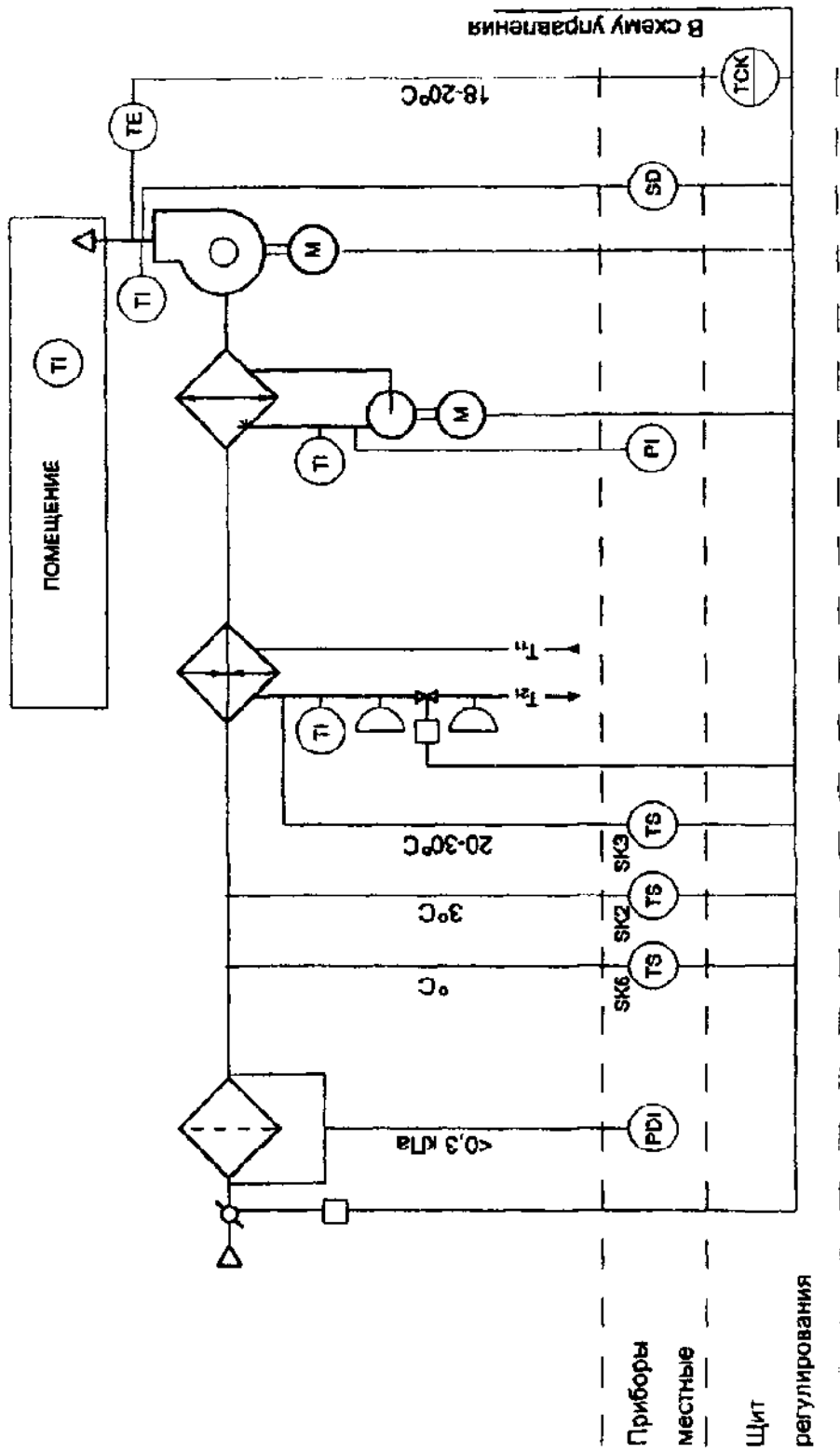


Рис. 5.6. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ №4

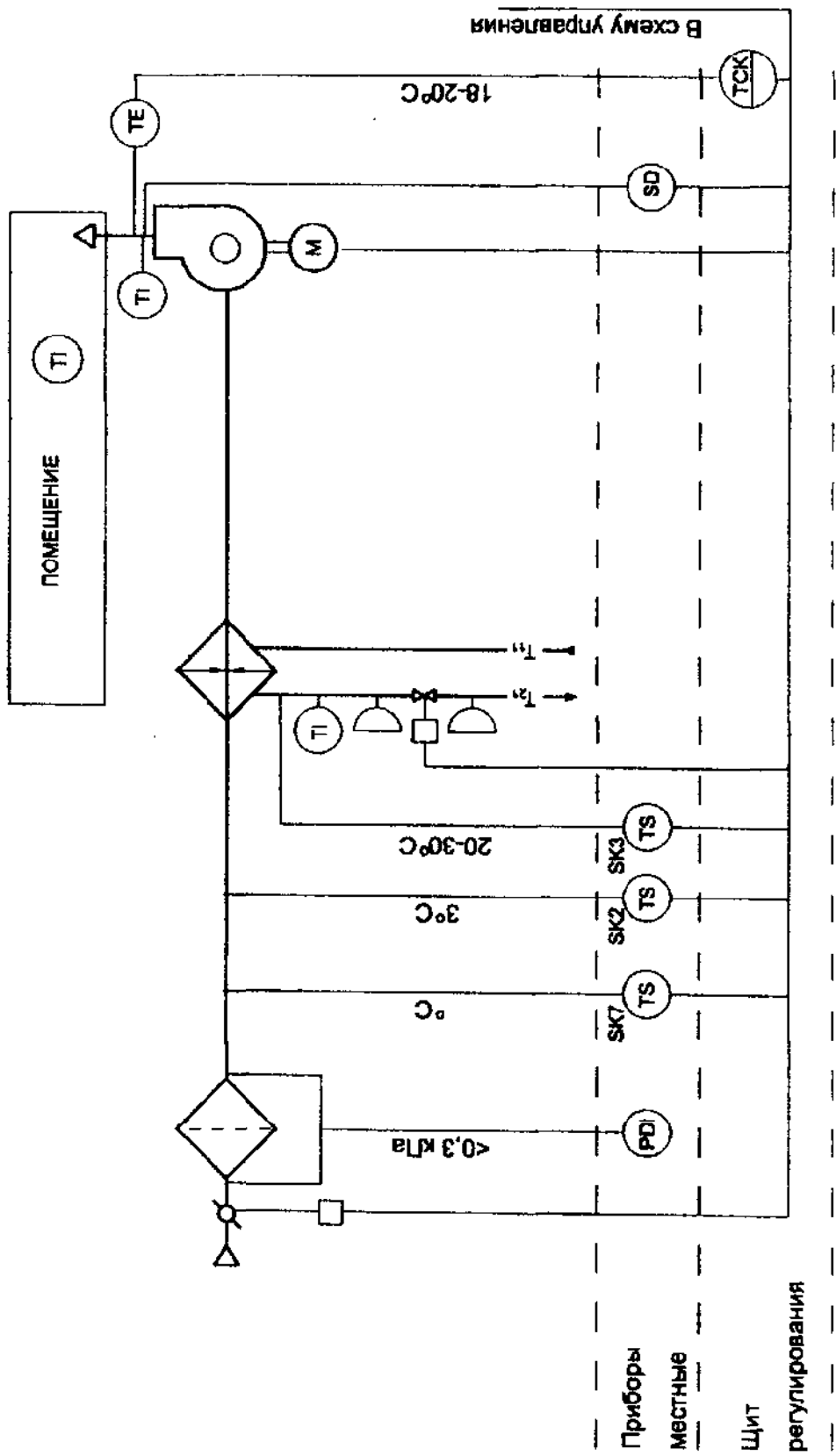


Рис.5.7. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ №2

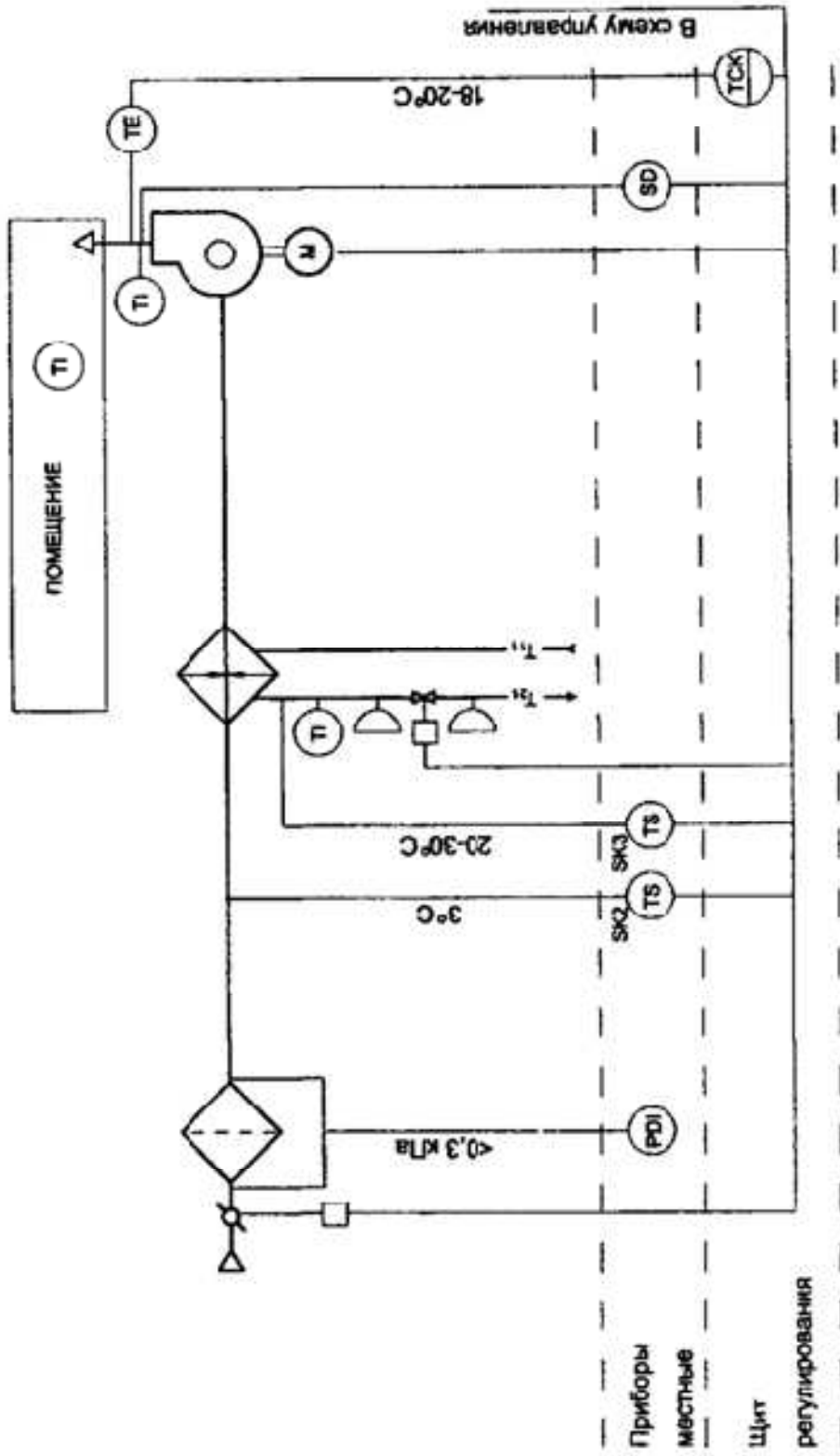


Рис.5.8. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N1

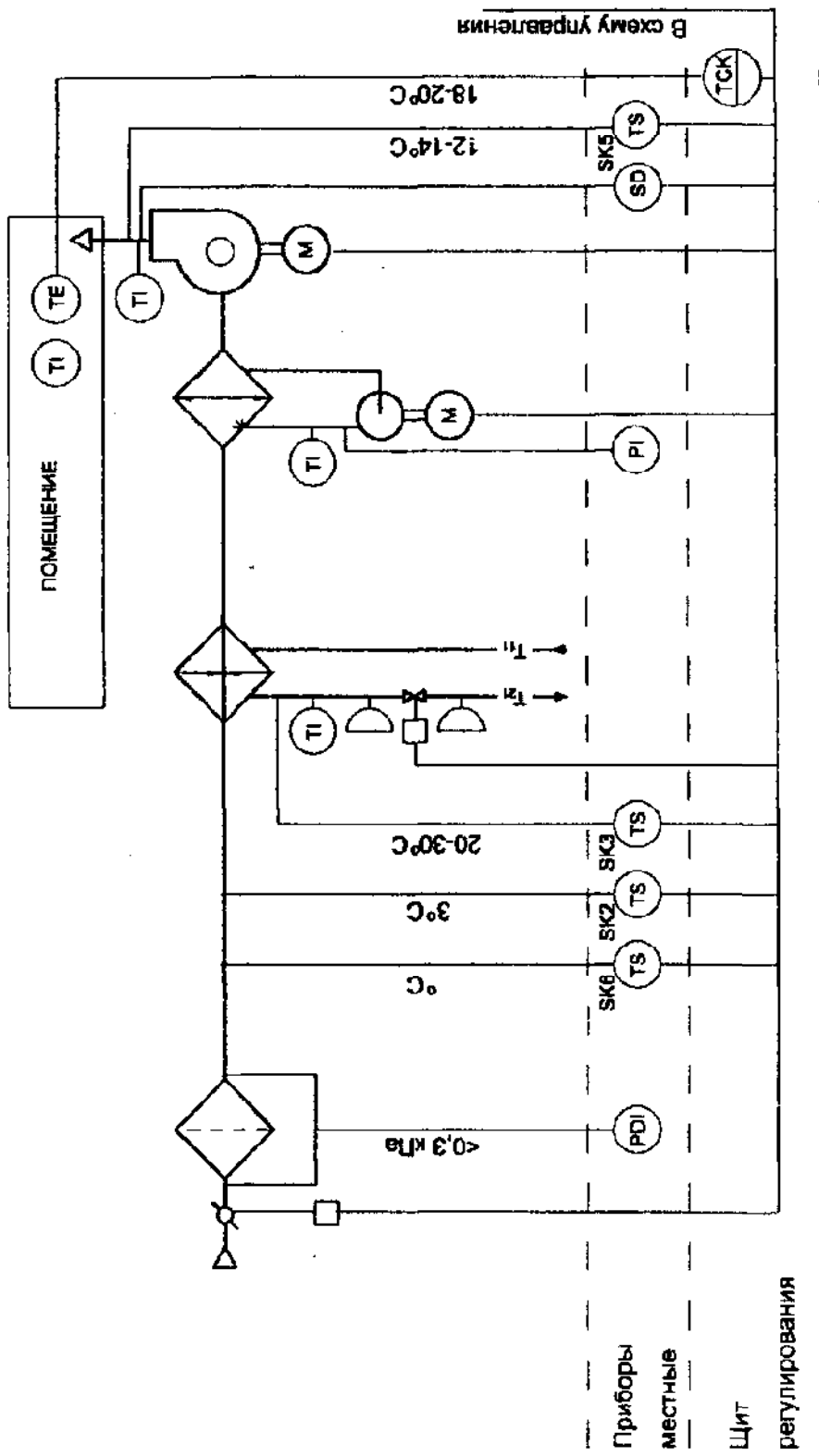


Рис.5.10. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 6



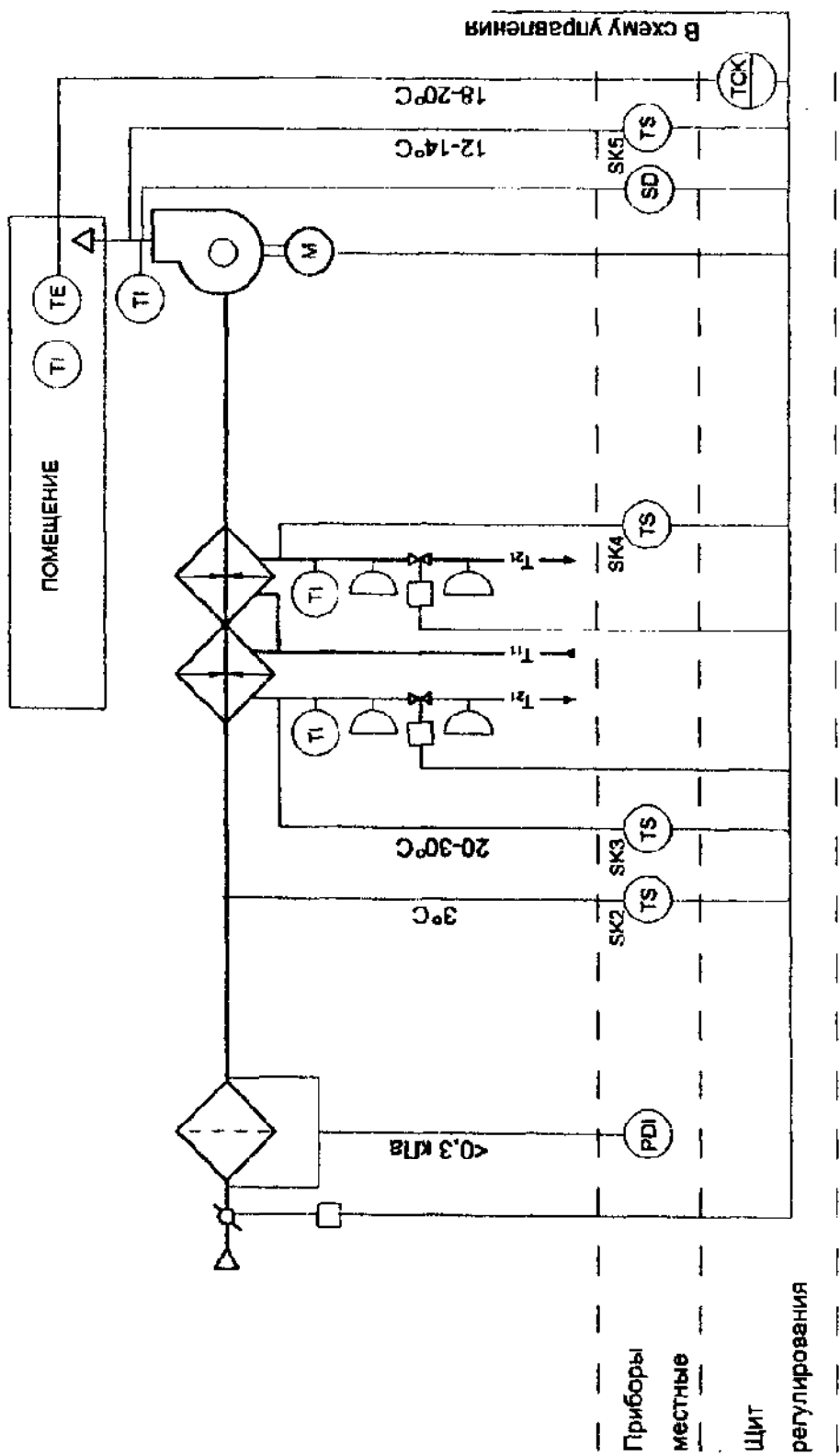


Рис.5.11. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 9



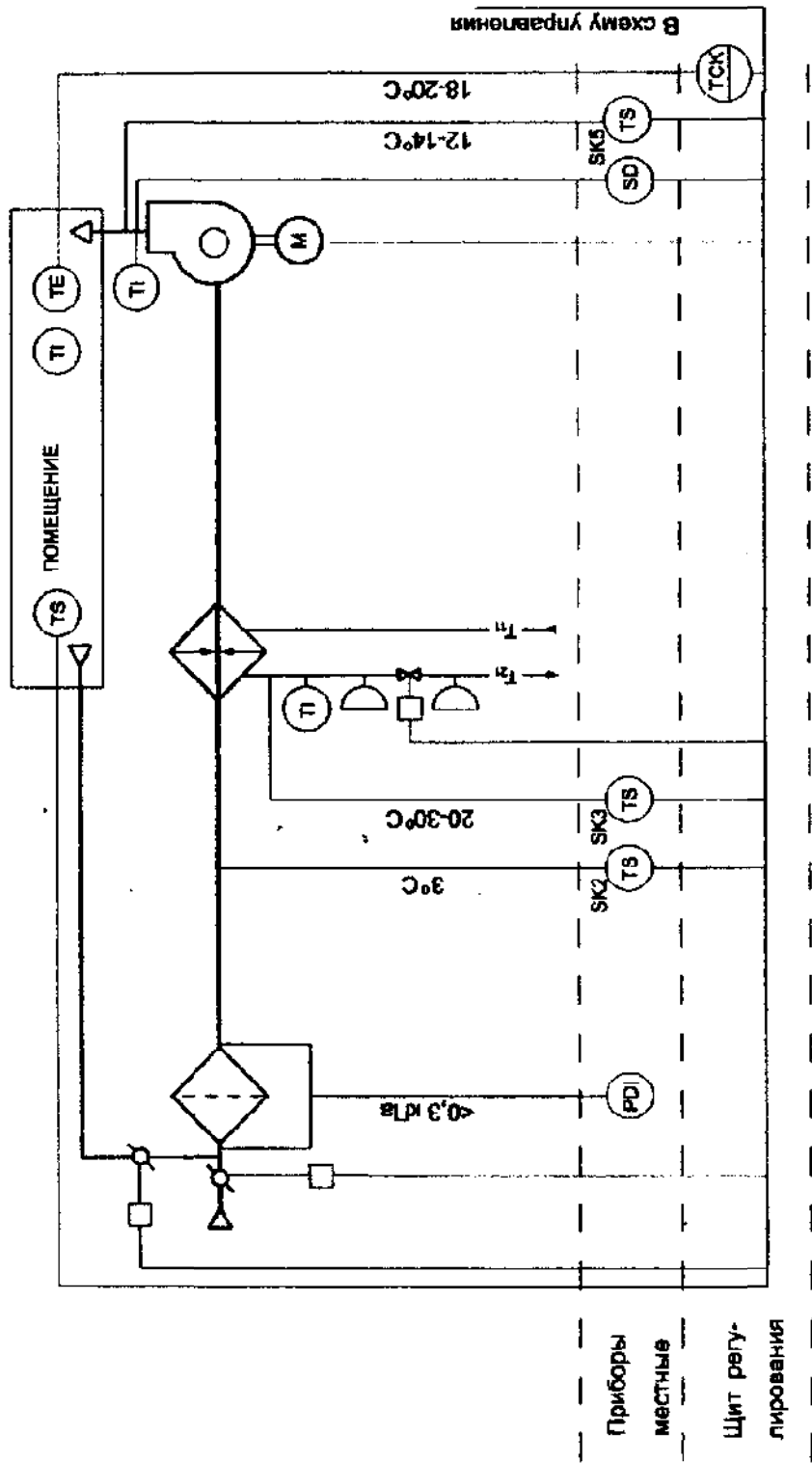


Рис.5.13. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 13

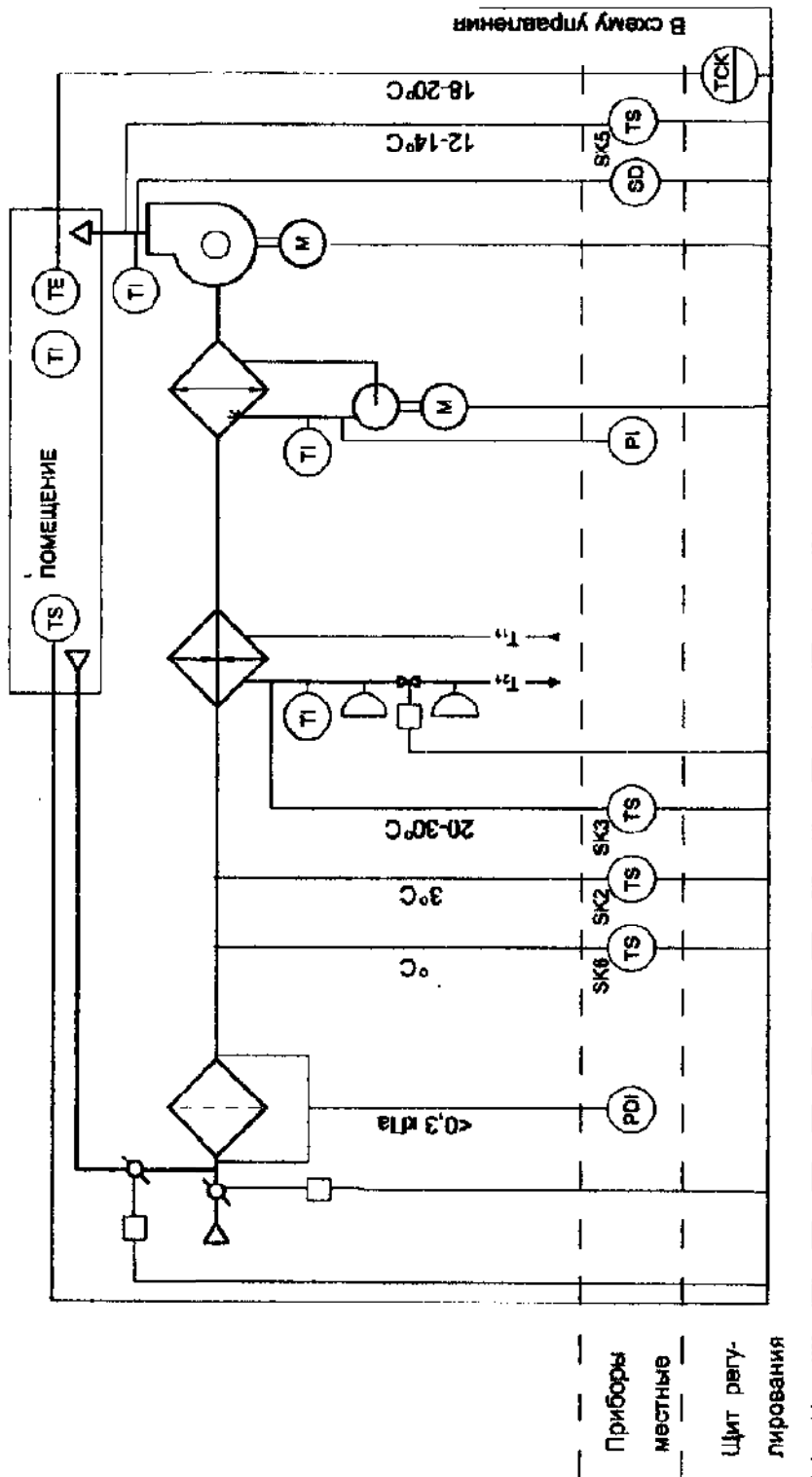


Рис. 5.14. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 14

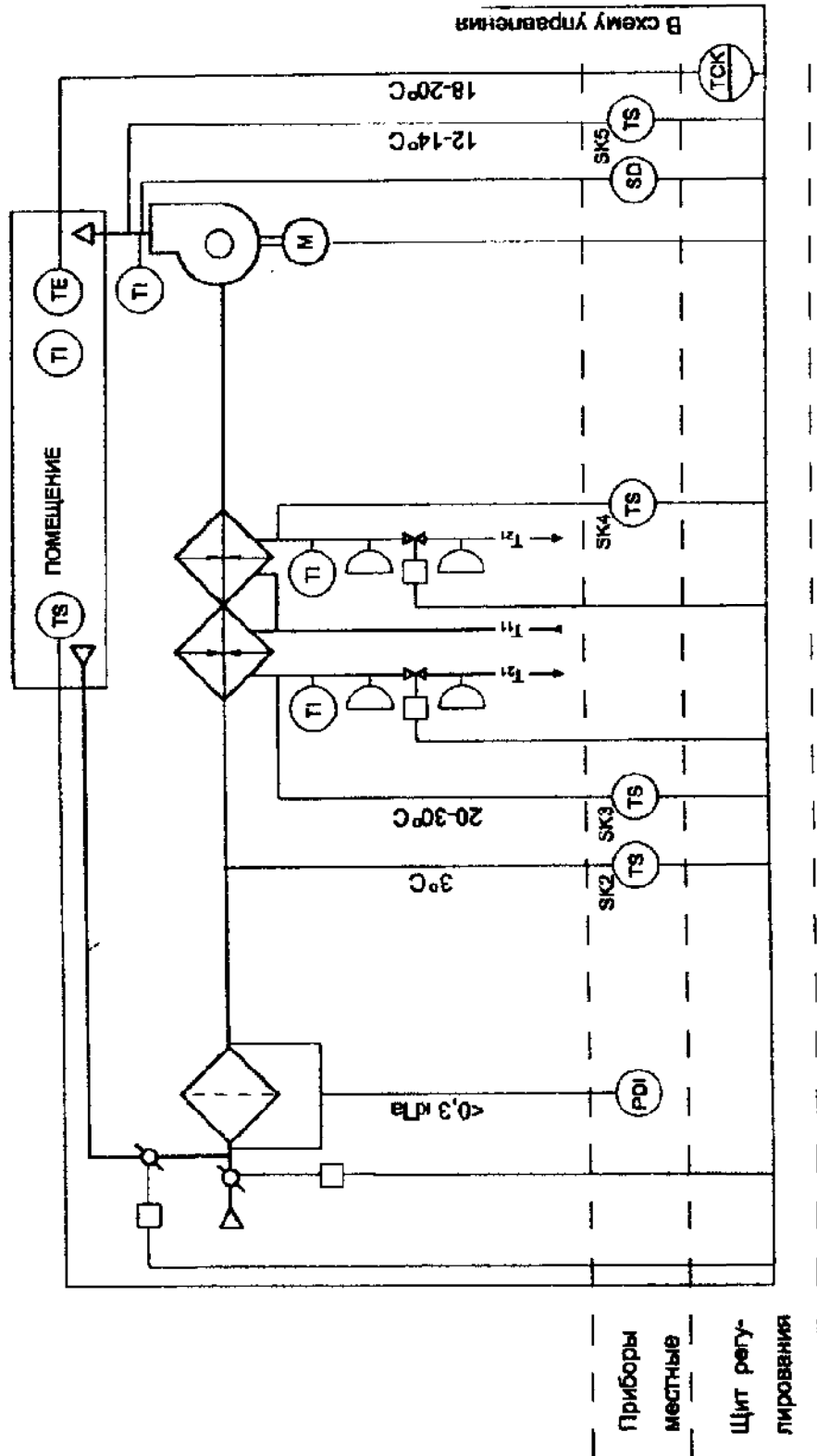


Рис.5.15. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 15

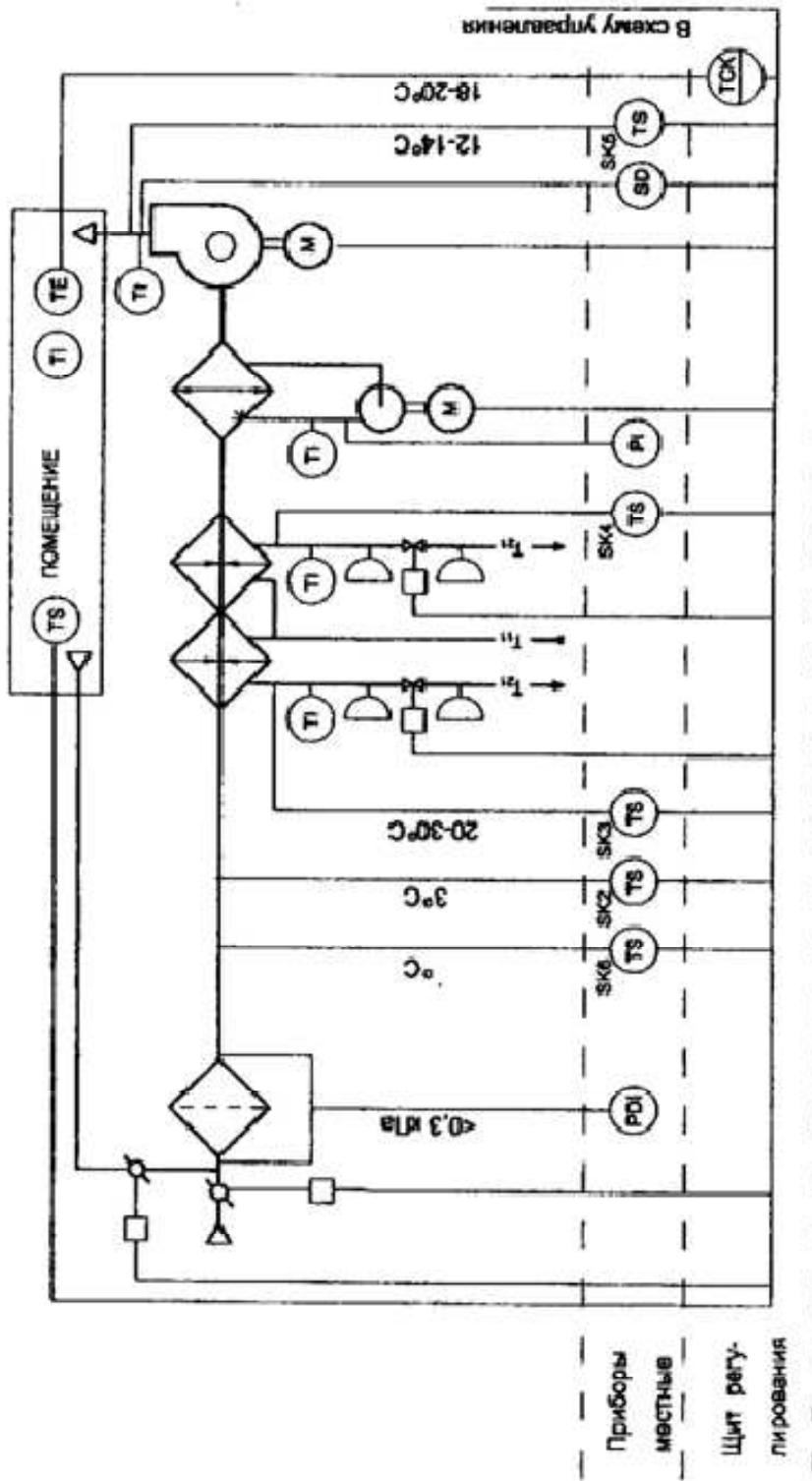


Рис. 5.16. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 16



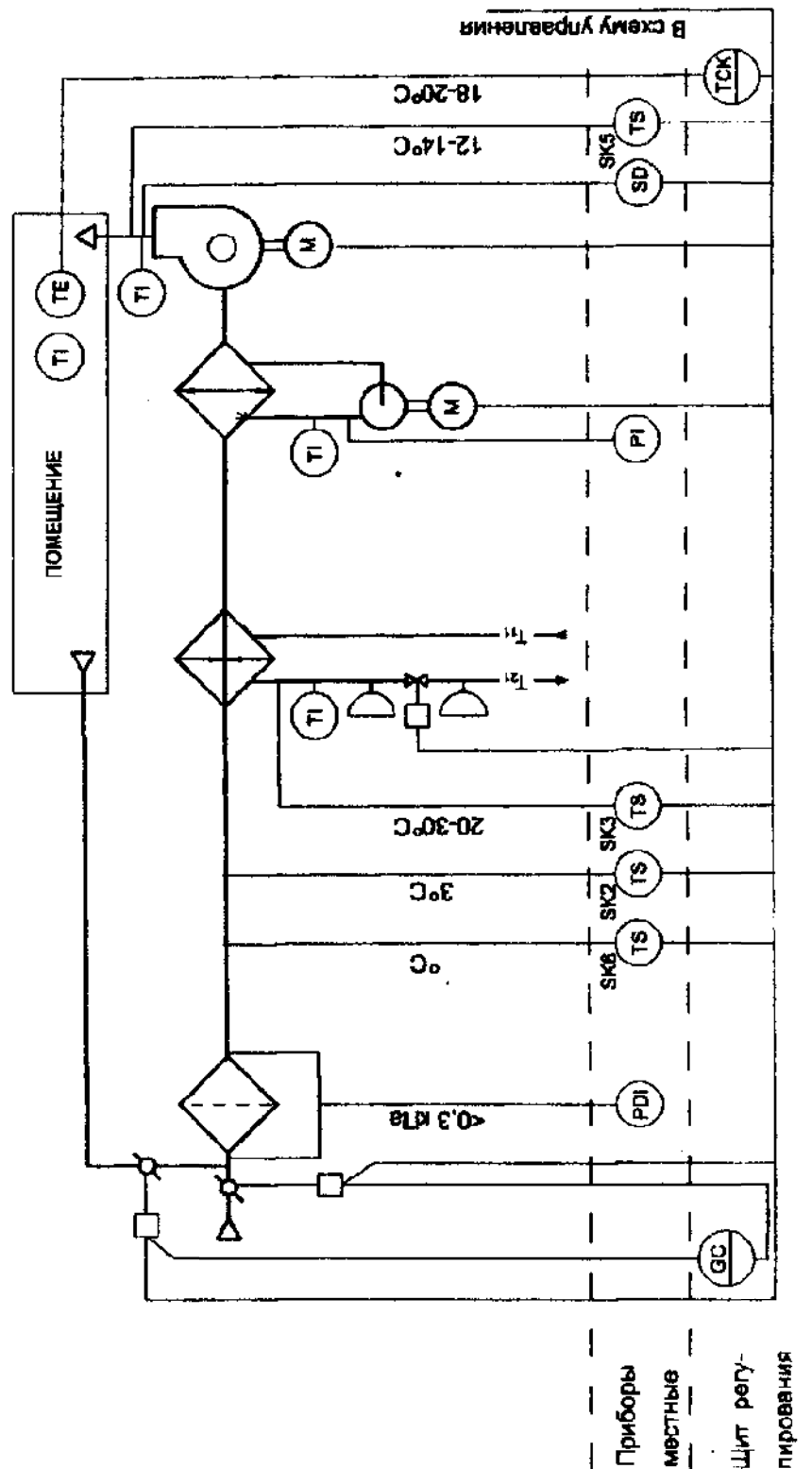


Рис. 5.18. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 19



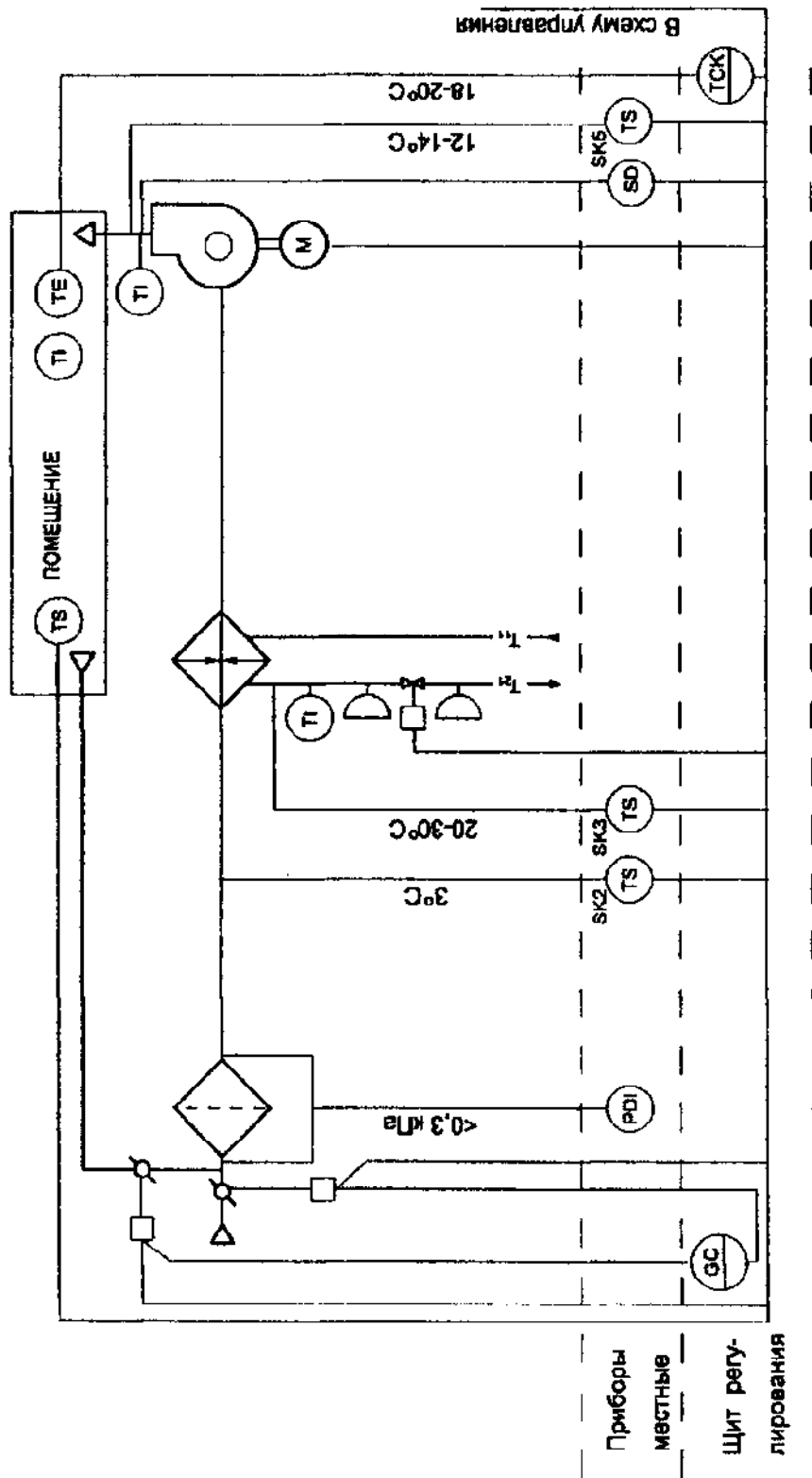


Рис.5.19. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ N 21



## 6. ЭЛЕМЕНТЫ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ И ИХ УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Принципиальные схемы предназначены для графического отображения информации об алгоритме функционирования системы автоматизации и содержат все элементы рассматриваемой системы и взаимосвязи между ними. Все однотипные элементы принципиальных схем имеют одинаковые графические обозначения, регламентируемые государственными стандартами, и индивидуальные буквенно-цифровые позиционные обозначения. Буквенный код позиционного обозначения определяет вид элемента, после которого следует порядковый номер конкретного элемента в пределах элементов того или иного вида. Например, в схеме имеется два реле. Их позиционными обозначениями будут соответственно **К1** и **К2** (где буква **К** определяет вид элемента, т. е. тот факт, что данным элементом является реле, а цифры соответствуют порядковым номерам элементов). Позиционные обозначения указываются над соответствующими графическими обозначениями элементов при горизонтальном расположении схемы.

Рассмотрим основные элементы принципиальных схем, условные графические обозначения которых приведены в табл. 6.1.

**FU** - плавкие предохранители для защиты цепей управления от токов короткого замыкания. Если ток в цепях управления превысит величину тока плавкой вставки (например, при появлении межвиткового замыкания в катушке реле), то плавкая вставка перегорает, и цепь управления отключается от электрической сети, что обуславливает прекращение функционирования системы автоматизации и отключение электродвигателя соответствующей технологической установки.

**QF** - автоматический воздушный выключатель (автомат) для защиты электрических цепей от коротких замыканий и перегрузки по току. При возникновении коротких замыканий (при токах в 12–14 раз превышающих номинальный ток автомата) отключение осуществляется за несколько сотых долей секунды, а время отключения при перегрузках (при токах больше номинального, но меньше отмеченных выше значений) обратно пропорционально зависит от значения тока перегрузки.

**SA** – переключатель режимов (ключ) управления для выбора режима. Характерными режимами управления являются:

- режим местного управления, при котором включение и отключение технологической установки осуществляется дежурным персоналом;
- режим автоматического управления, при котором включение и отключение технологической установки осуществляется автоматически в соответствии с алгоритмом управления;
  - режим ввода резерва, при котором некоторая технологическая установка нормально отключена (например, находящийся в резерве насос


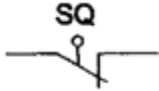
на насосной станции), а при возникновении необходимости (например, отказ рабочего насоса) автоматически включается в работу;

–

Таблица 6.1

Условные графические и позиционные обозначения элементов схем автоматизации

Наименование элемента	Условное, графическое и позиционное обозначение
Кнопка отключения	
Кнопка включения	
Предохранитель	
Переключатель режимов (ключ) управления	
Автоматический выключатель	
Электродвигатель	
Катушка реле с порядковым номером 1	
Замыкающий контакт реле с порядковым номером 1	
Замыкающий контакт реле с порядковым номером 1	
Катушка реле времени с порядковым номером 1	
Контакт реле времени KT1, замыкающийся с выдержкой времени	
Контакт реле времени KT1, размыкающийся с выдержкой времени	

Наименование элемента	Условное, графическое и позиционное обозначение
Контакт реле времени КТ1, замыкающийся без выдержки времени и размыкающийся с выдержкой времени	
Контакт реле времени КТ1, замыкающийся с выдержкой времени и размыкающийся с выдержкой времени	
Тепловое реле	
Контакт теплового реле	
Контакт конечного выключателя	
Прибор световой сигнализации	

- режим опробования, при котором возможно кратковременное включение и отключение отдельных механизмов технологической установки дежурным персоналом для проверки работоспособности этих механизмов.

Конструктивно ключи управления выполняются в виде набора секций, замыкание или размыкание контактов которых осуществляется установкой рукоятки ключа в одно из возможных положений. Ключ управления, схема которого приведена в табл. 6.1, имеет 3 секции: 1–2, 3–4, 5–6 и три положения рукоятки ключа, чему соответствуют три вертикальные пунктирные линии 1, 2 и 3. В зависимости от типа ключа управления количество секций может быть более трех, равно как и количество возможных положений рукоятки не всегда равно трем. Точки, размещаемые на пунктирных линиях под секциями ключа, отображают информацию о замкнутости контактов секции при соответствующем положении рукоятки ключа. В частности, при установке рукоятки ключа в рассматриваемой схеме в положение 1 замыкаются контакты секции 1–2 и 3–4, а в положение 3 замыкаются контакты секции 3–4 и 5–6. Обычно на принципиальных схемах положения рукоятки ключа обозначают не цифрами, а буквами. Например, **М** соответствует режиму местного управления, **А** – режиму автоматического управления, **В<sub>р</sub>** – режиму ввода резерва, **О** – режиму опробования.

**SB1** – кнопка управления (обычно красного цвета), именуемая кнопкой отключения технологических установок дежурным персоналом. При отсутст-

вии воздействия на кнопку **SB1** ее контакт замкнут. Нажатие на кнопку отключения обуславливает размыкание контакта, который после прекращения нажатия вновь замыкается под действием пружины.

**SB2** – кнопка управления (обычно черного цвета), именуемая кнопкой включения технологических установок дежурным персоналом. При отсутствии воздействия на кнопку **SB2** ее контакт разомкнут. Нажатие на кнопку обуславливает замыкание контакта, который после прекращения нажатия вновь размыкается под действием пружины.

**K1** – реле для реализации логических функций алгоритма управления. Под реле понимается техническое устройство, имеющее два устойчивых состояния, причем переход из одного устойчивого состояния в другое возможен, только при приложении (или прекращении приложения) внешнего воздействия.

Электромагнитное реле конструктивно выполняется в виде сердечника из электротехнической стали, на котором размещается катушка из медных проводов (неподвижная часть реле). При подаче напряжения на катушку реле создается магнитное поле, которое притягивает подвижную часть реле, именуемую якорем. Перемещение якоря реле обуславливает замыкание и размыкание механически связанных с ним контактов. Контакты реле, разомкнутые при отсутствии напряжения на катушке реле, именуются замыкающими, а контакты, замкнутые при отсутствии напряжения на катушке реле, именуются размыкающими.

*На принципиальных схемах контакты реле изображаются в положении, соответствующем отсутствию напряжения на катушке реле.*

Срабатывание контактов реле (т. е. их замыкание или размыкание) происходит практически почти мгновенно, но в ряде случаев необходимо, чтобы срабатывание контактов осуществлялось через некоторый интервал времени после подачи или снятия напряжения с катушки реле. Такие реле именуются реле времени, изучению принципов работы которых будет посвящена одна из лабораторных работ.

**KK** – тепловое реле для защиты электродвигателей от перегрузки (т. е. для предотвращения работы двигателей со значениями токов, превышающими номинальную для конкретного двигателя величину). При возникновении перегрузки электродвигателя (например, вследствие обрыва одной из фаз) контакт **KK** теплового реле, включаемый в цепь управления, размыкается, что обуславливает отключение двигателя от электрической сети.

**SQ** – путевые (конечные) выключатели, формирующие сигнал о достижении какой-либо геометрической координаты предельного значения. В системах автоматизации ПВК они используются, в частности, для прекращения подачи напряжения на электроприводы исполнительных механизмов. Контакты конечных выключателей размыкаются при полностью открытых или закрытых клапанах на трубопроводах теплоносителя, оставаясь замкнутыми в промежуточных положениях последних.

**КМ** – магнитные пускатели (контакторы) для подключения электродвигателей к электрической сети при подаче напряжения на катушку магнитного пускателя. Принципиального различия между реле и магнитным пускателем нет. В отличие

от реле контактная система магнитных пускателей (контакторов) предназначена для коммутации больших токов (до 630 А).

**НЛ** – прибор световой сигнализации о выполнении системой автоматизации определенной функции (например, о включении электродвигателя вентилятора).

## 7. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ РЕЛЕЙНОЙ АППАРАТУРОЙ

Во многих случаях система автоматизации должна отреагировать только при одновременном выполнении нескольких условий. Например, поставим задачу проектирования системы определения результатов голосования по некоторому вопросу трех участников при условии, что формулировка, выносимая на голосование, принимается только, если все участники ее поддерживают.

Поддержка упомянутой формулировки определяется нажатием **i** – участником кнопки, причем если **i** – участник свою кнопку не нажимает, то это означает его несогласие с вынесенной формулировкой или решение воздержаться от голосования. Факт поддержки всеми участниками голосования обуславливает включение светового сигнала. В первом приближении рассматриваемая задача может иметь решение, представленное на рис. 7.1.

(**SB1**, **SB2**, **SB3** – кнопки, имеющиеся у каждого участника голосования; **НЛ** – прибор световой сигнализации).

Световой сигнал будет иметь место, если на прибор световой сигнализации **НЛ** будет подано напряжение, т. е. только при нажатии всех трех кнопок **SB1**, **SB2**, **SB3**. В обозначениях алгебры логики (или алгебры Д. Буля) этому соответствует запись

$$HL = SB1 \cdot SB2 \cdot SB3,$$

где произведение **SB1** · **SB2** · **SB3** читается как «**SB1**, и **SB2**, и **SB3**». Если не нажата хотя бы одна кнопка **SB**, то на **НЛ** напряжение не подается, что свидетельствует в условиях рассматриваемой задачи об отклонении вынесенной на голосование формулировки.

Принципиально рассмотренная схема отвечает требуемым условиям, хотя у нее есть существенный недостаток, выражающийся в необходимости удерживать кнопки в нажатом состоянии до тех пор, пока все участники не убе-

дятся в факте принятия или отключения вынесенной на голосование формулировки. Отмеченный недостаток можно ликвидировать, если в схему ввести элементы памяти. То есть в схеме должны быть элементы, запоминающие факт даже кратковременного нажатия кнопки  $i$  – участником, что представлено на рис. 7.2.

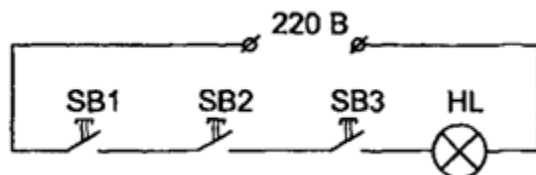


Рис 7.1. Простейший вариант схемы определения результата единогласного голосования

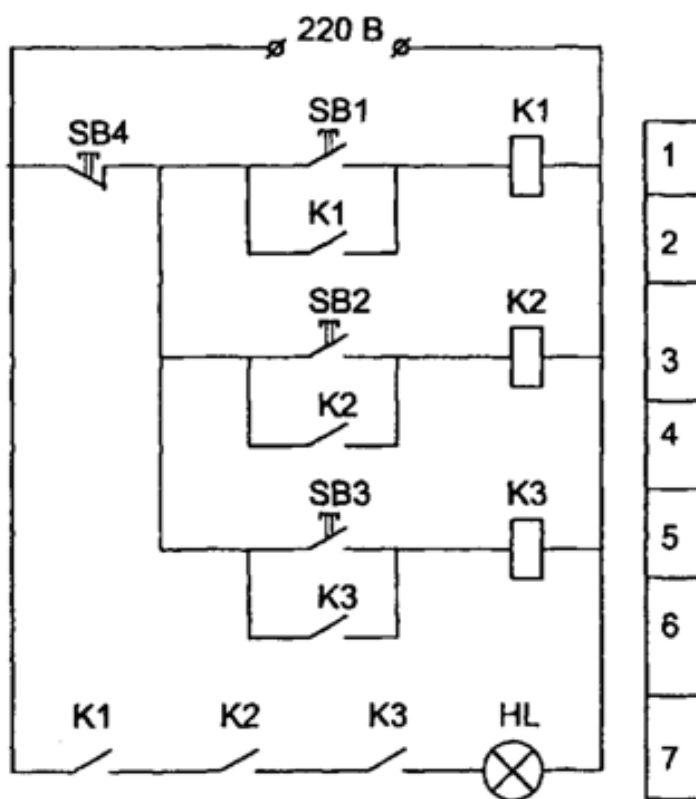


Рис 7.1. Модифицированный вариант схемы определения результата единогласного голосования

Если первый участник нажимает кнопку **SB1**, то, пока она находится в нажатом состоянии, на катушку реле **K1** подается напряжение по цепи 1, реле **K1** срабатывает и замыкает свой контакт в цепи 2, который после прекращения нажатия на кнопку **SB1** сохранит цепь подачи напряжения на катушку реле **K1**. Аналогично функционируют цепи 3-4 и 5-6, запоминая соответственно факты нажатия на кнопки **SB2** и **SB3**. После того как все участники нажмут на свои кнопки (что может произойти в различные моменты времени), в цепи



7 замкнутся контакты всех реле **K1**, **K2**, **K3** и будет подано напряжение на прибор световой сигнализации **HL**. Для приведения схемы в исходное состояние необходимо нажать на кнопку **SB4**, после чего все ранее находившиеся под напряжением реле будут обесточены и их контакты в цепи 7 разомкнутся.

В обозначениях алгебры логики факт подачи напряжения на реле **K1**, **K2**, **K3** соответствует формулам:

$$\begin{aligned} K1 &= \overline{SB4} \cdot (SB1 + K1) \\ K2 &= \overline{SB4} \cdot (SB2 + K2) \\ K3 &= \overline{SB4} \cdot (SB4 + K3) \end{aligned}$$

где знак (+) соответствует логическому «или», а горизонтальная черта над записью **SB4** соответствует логическому отрицанию. Последнее следует понимать так: на катушку реле **K1** напряжение подается, если не нажата кнопка **SB4** (отрицание соответствует отсутствию воздействия на кнопку), и произошло или нажатие на кнопку **SB1**, или, после того как кнопка была нажата, замкнулся контакт реле **K1**. Подача напряжения на катушку реле **K2** и **K3** осуществляется аналогично.

Выводы, следующие из предыдущего изложения, состоят в том, что:

- логическая операция «И» (одновременное выполнение нескольких условий) схемно соответствует последовательному включению контактов аппаратов;
- логическая операция «ИЛИ» (выполнение хотя бы одного условия) схемно соответствует параллельному включению контактов аппаратов.

Формулы алгебры логики могут преобразовываться по обычным правилам для алгебраических выражений, что используется для упрощения структуры схем автоматизации.

Несколько усложняя рассмотренный ранее пример, предположим, что световой сигнал должен подаваться, если два любых участника голосования поддерживают (нажимают на кнопки) решение, выносимое на голосование.

Одна из возможных схемных реализаций представлена на рис. 7.3, а его логическое выражение

$$HL = K1 \cdot K2 + K2 \cdot K3 + K1 \cdot K3.$$

Последнее можно преобразовать (вынося **K1** за скобки) к виду

$$HL = K1 \cdot (K2 + K3) + K2 \cdot K3,$$

схемная реализация которого представлена на рис. 7.4. Очевидно, что преобразование логического выражения уменьшило общее число контактов в цепях подачи напряжения на прибор **HL** с 6 до 5.

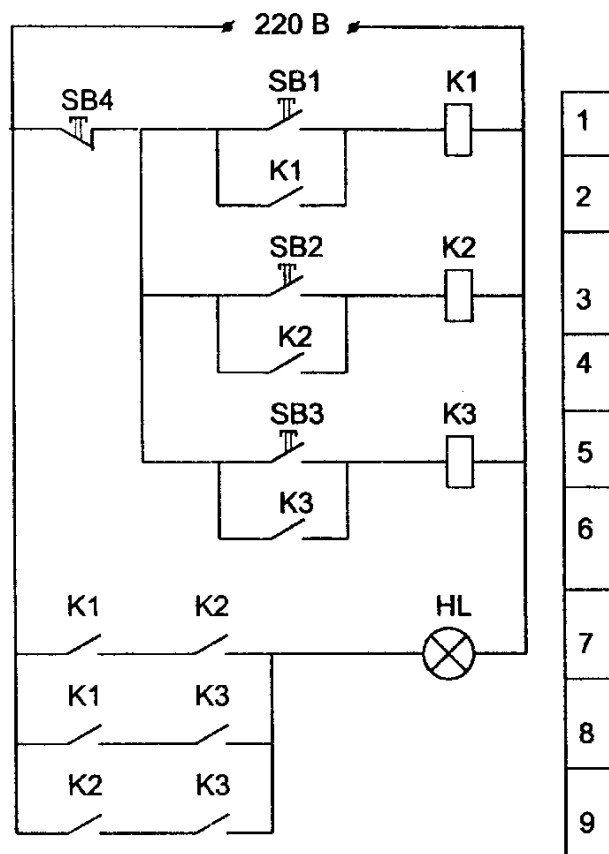


Рис.7.3. Вариант схемы определения результата голосования по большинству голосов

Используя изложенную информацию, рассмотрим схему управления асинхронным электродвигателем в режиме местного управления (рис. 7.5).

Силовая цепь электродвигателя содержит автоматический выключатель **QF**, главные контакты магнитного пускателя **KM**, тепловое реле **KK** и собственно электродвигатель **M**.

В цепях управления включены предохранитель **FU**, ключ управления **SA**, кнопки управления **SB1** (отключения) и **SB2** (включения), катушка магнитного пускателя **KM**, замыкающий контакт **KM** и замкнутый контакт теплового реле **KK**.

Электродвигатель при включении присоединяется к трехфазной сети напряжением 380 В, а к цепям управления подводится напряжение 220 В (фазный провод – нейтраль электрической сети).

При рассмотрении любых принципиальных схем предполагается, что все автоматические выключатели включены.

Применительно к рассматриваемой схеме последнее означает, что контакты **QF** замкнуты. Подключение электродвигателя к электрической сети возможно при замыкании главных контактов **KM** в силовой цепи двигателя **M**. Но контакты магнитного пускателя **KM** замкнутся только при подаче напряжения на катушку **KM**. В свою очередь, напряжение на катушку магнитного

пускателя **КМ** может быть подано, если выполнены все перечисляемые ниже условия:

- исправен предохранитель **FU**;
- рукоятка ключа управления находится в правом (**М**) положении, т. е. замкнуты контакты секции ключа **SA** в цепи 2;
- не нажата кнопка управления **SB1** (контакт **SB1** замкнут);
- на короткое время нажата кнопка управления **SB2**, в течение которого контакт **SB2** замкнут;
- замкнут контакт теплового реле **КК**.

При выполнении изложенных условий на катушку **КМ** подается напряжение по цепи: фазный провод электрической сети, предохранитель **FU**, замкнутые контакты секции ключа управления **SA** в цепи 2, замкнутый контакт кнопки управления **SB1**, замкнутый (только на время нажатия кнопки управления) контакт **SB2**, замкнутый контакт теплового реле **КК**, катушка магнитного пускателя **КМ**, нейтральный провод электрической сети. Магнитный пускатель **КМ** срабатывает, его главные контакты **КМ** в силовой цепи замыкаются, и подается напряжение на электродвигатель **М**. Одновременно замыкаются контакты **КМ**, присоединенные параллельно контакту кнопки управления **SB2**.

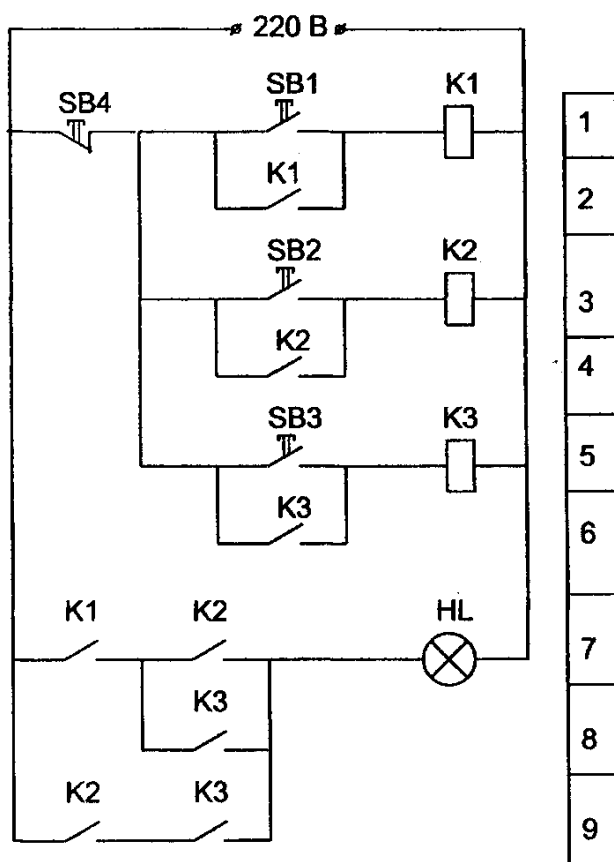


Рис. 7.4. Модифицированный Вариант схемы определения результата голосования по большинству голосов

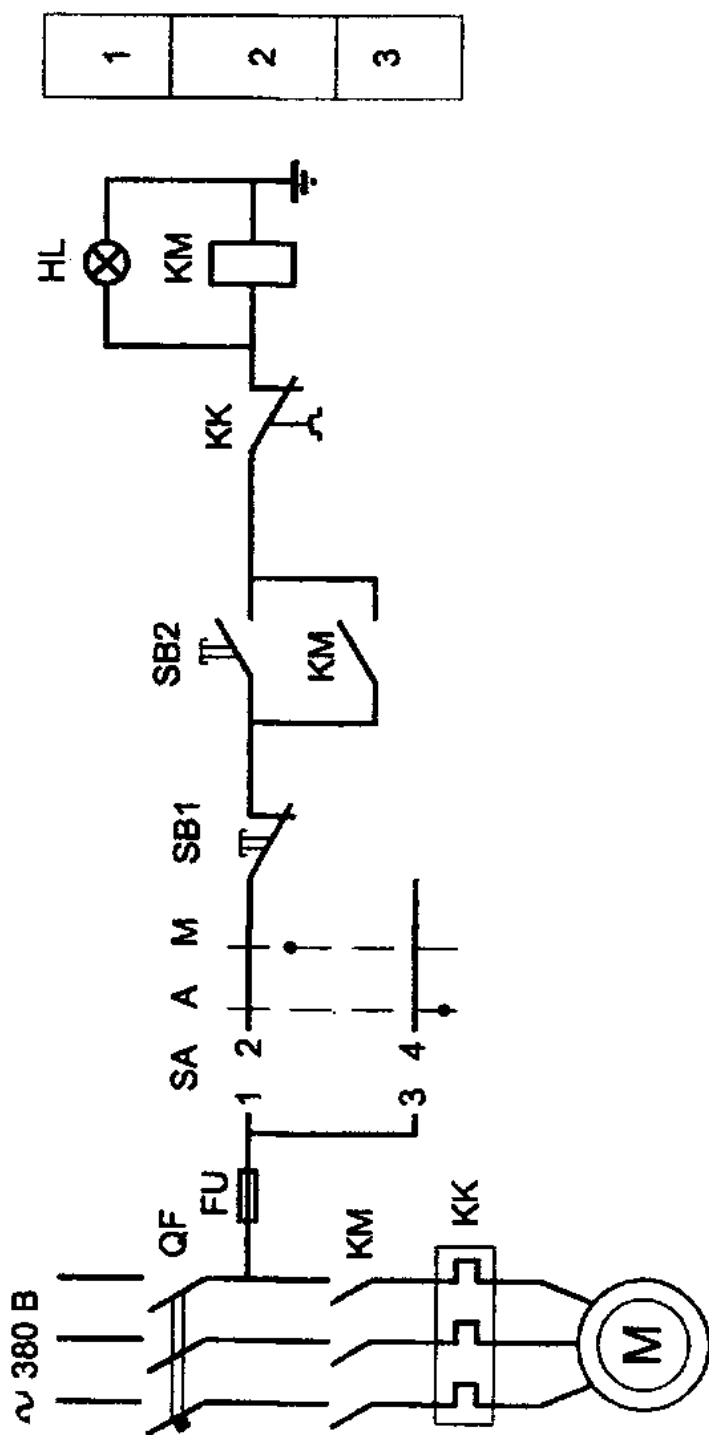


Рис.7.5. Принципиальная схема управления асинхронным электродвигателем

Поэтому хотя после прекращения нажатия на кнопку управления **SB2** контакт **SB2** размыкается, но напряжение на катушку магнитного пускателя **KM** будет подаваться по цепи: фазный провод электрической сети, предохранитель **FU**, замкнутые контакты 1–2 секции ключа управления **SA**, замкнутый контакт кнопки управления **SB1**, контакты **KM**, присоединенные параллельно контакту кнопки управления **SB2**, замкнутый контакт теплового реле **KK**, катушка магнитного пускателя **KM**, нейтральный провод электрической сети.

Отключение электродвигателя от сети может произойти при выполнении одного из следующих условий:

- перегорание предохранителя **FU**;
- нажатие на кнопку управления **SB1**;
- размыкание (вследствие перегрузки электродвигателя) контакта теплового реле **KK**;
- отключение автоматического выключателя **QF**.

Любое из условий перечисленных выше прерывает цепь подачи напряжения на катушку магнитного пускателя **KM**, что обуславливает размыкание контактов **KM** как в силовой цепи, так и в цепях управления.

Рассмотренная схема является составной частью любой принципиальной схемы управления асинхронным электродвигателем.

## **8. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОБЩИХ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНЫМИ ВЕНТКАМЕРАМИ**

Схема общих цепей управления, представленная на рис. 8.1, предназначена для реализации алгоритма пуска приточных венткамер и формирования сигналов об отсутствии или наличии угрозы замораживания калорифера при отключенной и включенной ПВК.

Элементами рассматриваемой схемы являются:

- кнопка отключения ПВК – **SB1** в цепи 2;
- кнопка включения ПВК – **SB2** в цепи 2 (при наличии дистанционного управления ПВК параллельно контактам **SB2** включается контакт из схемы дистанционного управления, замыкающийся при подаче команды на пуск ПВК);
- реле времени **KT1**, **KT2**, **KT3**, **KT4**, **KT5** в цепях 2, 4, 5, 7, 11, предназначенные для обеспечения временных интервалов между отдельными процедурами в процессе пуска ПВК;
- переключатель режимов работы **SA1**, секции которого включены в цепи 2 и 5, имеющий два положения рукоятки управления: 3 – зимний режим работы ПВК и Л – летний режим работы ПВК. Секция переключателя **SA1** в цепи 4 замкнута в зимнем режиме, а в цепи 5 замкнута

- та в летнем режиме работы ПВК;
- контакты dilatометрического датчика температуры SK2 в цепи 8 (на принципиальных схемах позиционному обозначению SK соответствует контакт, замыкающийся при определенной температуре). Контакты датчика температуры SK2, устанавливаемого перед воздухонагревателем, замкнуты, если температура среды более 3°C, и разомкнуты в противном случае;

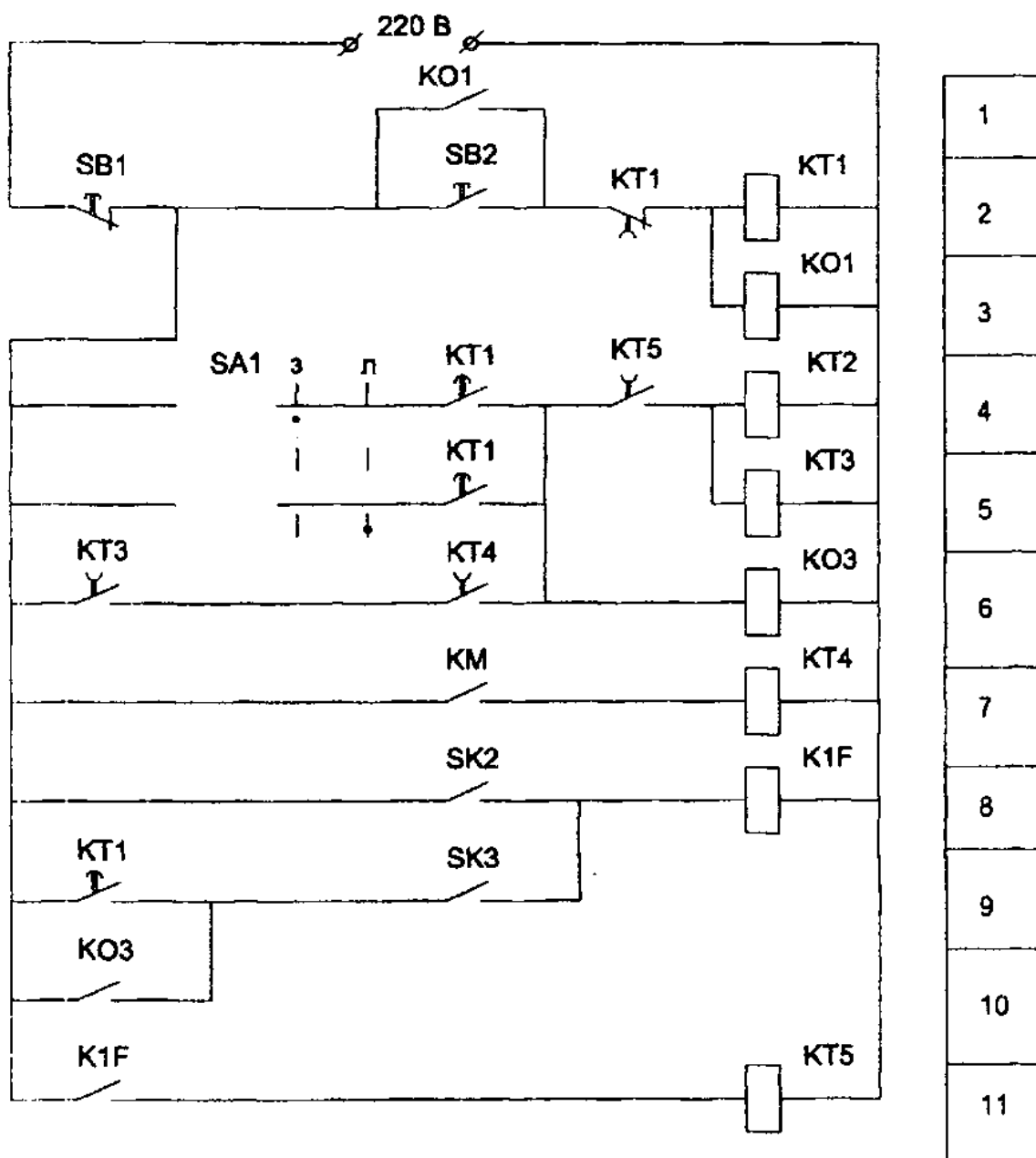


Рис. 8.1. Схема общих цепей управления

- контакты дилатометрического датчика температуры **SK3** в цепи 9, устанавливаемого на обратном трубопроводе теплоносителя. Контакты датчика температуры **SK2** замкнуты, если температура теплоносителя в обратном трубопроводе превышает 20-30°C. При температуре теплоносителя в обратном трубопроводе менее указанных значений контакты датчика температуры **SK3** разомкнуты;
- защитное реле **K1F** (буква **F** в позиционном обозначении на принципиальных схемах характеризует выполнение защитных функций) в цепи 8, предназначенное для формирования сигнала об угрозе замораживания калорифера в рабочем и нерабочем режимах работы ПВК.

### 8.1. Функционирование схемы при пуске приточной венткамеры

Перед пуском ПВК контакт **SK2** в цепи 8 (рис. 8.1) должен быть замкнут и, соответственно, замкнуты контакты реле **K1F** в цепи 11 и реле **KT5** в цепи 4.

При нажатии на кнопку **SB2** на реле **KT1** и **KO1** подается напряжение по цепи 2 через замкнутые контакты кнопки **SB1**, замкнутые (в момент нажатия) контакты кнопки **SB2**, замкнутый контакт реле **KT1**. Подача напряжения на катушку реле **KO1** обусловит замыкание его контактов в цепи 1, что сохранит цепь подачи напряжения на реле **KT1** и **KO1** после прекращения нажатия на кнопку **SB2**. Упомянутую цепь формируют замкнутые контакты кнопки **SB1** в цепи 2, замкнувшийся контакт реле **KO1** в цепи 1, замкнутый контакт реле **KT1** в цепи 2. Реле **KT1** является моторным реле с выдержкой времени до 10 мин, причем в схемах автоматизации ПВК его выдержка времени обычно не более 5 мин. По истечении отмеченного интервала времени контакт реле **KT1** в цепи 2 разомкнется, напряжение на реле **KT1** и **KO1** не будет подаваться, контакт реле **KO1** в цепи 1 размыкается, а само реле **KT1** под действием пружины вернется в исходное состояние (его контакт в цепи 2 вновь замкнется). Однако цепь подачи напряжения на реле **KT1** и **KO1** при этом прервана разомкнутым контактом кнопки **SB2** и разомкнувшимся контактом реле **KO1** в цепи 1.

Реле **KO1** находится под напряжением с момента подачи команды на пуск ПВК до завершения процесса пуска.

### 8.2. Зимний режим работы приточной венткамеры

В зимнем режиме работы ПВК секция переключателя **SA1** в цепи 4 (рис.8.1) замкнута. Контакты реле **KO1** в схеме регулирования температуры с момента подачи напряжения на катушку реле **KO1** замыкаются,

что обуславливает создание цепи подачи напряжения на электродвигатель исполнительного механизма клапана на трубопроводе теплоносителя для открытия клапана и прогрева воздухонагревателя. В зависимости от типа ПВК время прогрева воздухонагревателя составляет  $t_1=3\div 120\text{с}$ . За 15с до окончания прогрева воздухонагревателя замыкаются контакты реле **КТ1** в цепи 9. Если температура теплоносителя в обратном трубопроводе превышает 20–30 °С, то контакт датчика **СК3** в цепи 9 замыкается, что сохраняет цепь подачи напряжения на катушку реле **К1F** в цепи 8 даже после размыкания контактов датчика **СК2** в цепи 8 после включения приточного вентилятора. После прогрева воздухонагревателя замыкаются контакты реле **КТ1** в цепи 4 и (при отсутствии угрозы замораживания контакт реле **КТ5** в цепи 4 замкнут) создается цепь подачи напряжения на катушку реле **КТ2** и **КТ3**: замкнутый контакт кнопки управления **SB1** в цепи 2, замкнутая секция переключателя **SA1** в цепи 4, замкнувшиеся контакты реле **КТ1** и **КТ5** в цепи 4, катушка реле **КТ2** и **КТ3**. Контакт реле **КТ3** в схеме управления клапаном наружного воздуха обусловит создание цепи подачи напряжения на исполнительный механизм клапана наружного воздуха для его открытия. Одновременно замкнется контакт реле **КТ3** в цепи 6. Контакт реле **КТ2** в схеме управления приточным вентилятором обусловит с выдержкой времени (после окончания прогрева воздухонагревателя и открытия клапана наружного воздуха) создание цепи подачи напряжения на магнитный пускатель электродвигателя приточного вентилятора (**KM**). После включения приточного вентилятора контакты пускателя **KM** в цепи 7 рассматриваемой схемы замыкаются, создавая цепь подачи напряжения на катушку реле **КТ4**: замкнутый контакт кнопки управления **SB1** в цепи 2, замкнувшийся контакт магнитного пускателя **KM** в цепи 7, катушка реле **КТ4**. Контакт реле **КТ4** в цепи 6 замыкается, и на катушку реле **КО3** подается напряжение. Контакт реле **КО3** в цепи 10 замыкается, что сохраняет цепь подачи напряжения на катушку реле **К1F** после окончания пуска ПВК и размыкания всех контактов реле **КТ1** в рассматриваемой схеме. После окончания процесса пуска ПВК подача напряжения на катушки реле **КТ2** и **КТ3** осуществляется через замкнувшиеся контакты реле **КТ3** и **КТ4** в цепи 6.

### 8.3. Летний режим работы приточной венткамеры

В летнем режиме работы ПВК замкнута секция переключателя **SA1** в цепи 5 (рис.8.1). Угроза замораживания калорифера отсутствует, и прогрев воздухонагревателя в процессе пуска ПВК не осуществляется. Поэтому после замыкания контакта реле **КТ1** в цепи 5 на катушки реле **КТ2** и **КТ3** подается напряжение, после чего схема функционирует, как было изложено ранее.



## 9. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Назначение принципиальной схемы регулирования температуры, представленной на рис. 9.1, состоит в реализации алгоритма воздействия на исполнительный механизм клапана на трубопроводе теплоносителя, обеспечивающего:

- закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя при отключении ПВК;
- открытие клапана на трубопроводе теплоносителя при возникновении угрозы замораживания калорифера при неработающей ПВК и закрытие упомянутого клапана при исчезновении угрозы замораживания;
- прогрев калорифера до включения приточного вентилятора в зимний период с целью предотвращения подачи холодного воздуха в помещение после включения приточного вентилятора;
- полное открытие клапана на трубопроводе теплоносителя при возникновении угрозы замораживания калорифера при работающей ПВК;
- поддержание необходимой температуры воздуха, подаваемого в помещение, с ограничением нижнего значения температуры воздуха.

Схема регулирования температуры (рис. 9.1) включает в себя следующие элементы:

- исполнительный механизм клапана на трубопроводе теплоносителя. При подаче напряжения на обмотку электродвигателя **М** исполнительного механизма, включенную в цепь 6, электродвигатель **М** открывает клапан. Если интервал времени, в течение которого подается напряжение на обмотку в цепи 6, недостаточен для полного открытия клапана на трубопроводе теплоносителя, то при этом произойдет только изменение степени открытия клапана. В противном случае электродвигатель **М** исполнительного механизма полностью откроет клапан на трубопроводе теплоносителя, после чего разомкнется контакт конечного выключателя **SQ1** в цепи 6, что обусловит прекращение подачи напряжения на обмотку электродвигателя **М**, включенную в цепь 6. Контакт конечного выключателя **SQ1** в цепи 6 замкнут, если клапан на трубопроводе теплоносителя не является полностью закрытым, и разомкнут, если клапан на трубопроводе теплоносителя полностью закрыт. Обмотка электродвигателя **М** исполнительного механизма в цепи 7 предназначена для изменения направления вращения электродвигателя **М** на противоположное, что необходимо для закрытия клапана на трубопроводе теплоносителя. Подача напряжения на обмотку электродвигателя **М** обуславливает закрытие клапана. Контакт конечного выключателя **SQ2** в цепи 7 разомкнут только при полном закрытии клапана на трубопроводе теплоносителя и замкнут во всех остальных случаях;

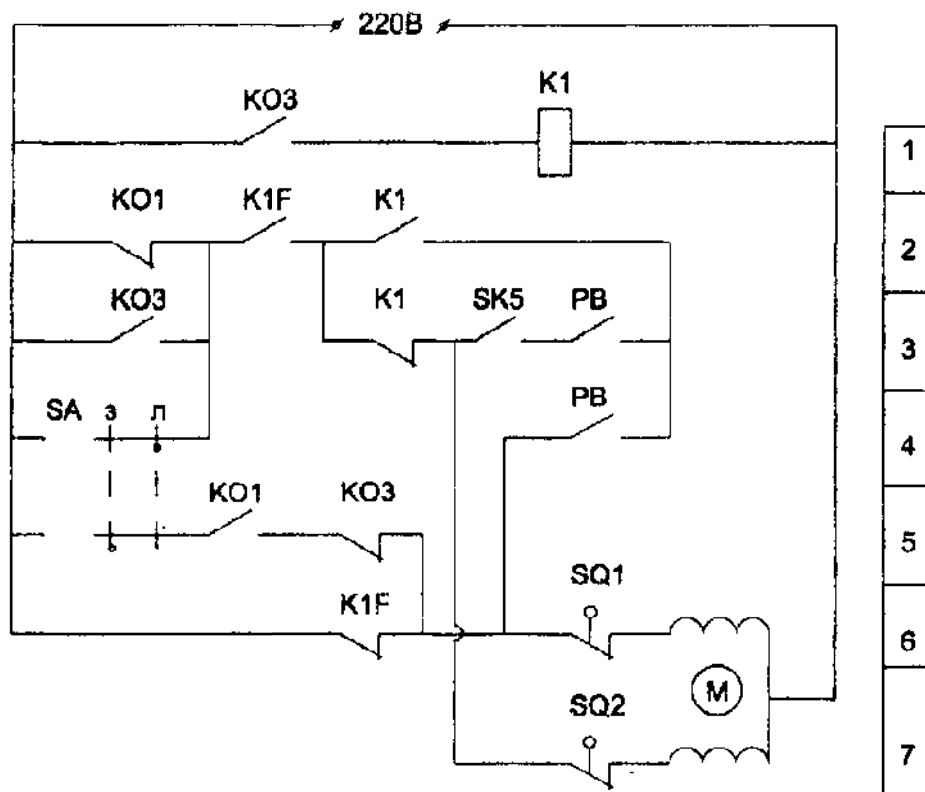


Рис.9.1. Принципиальная схема регулирования температуры

- переключатель режимов работы ПВК **SA**, рукоятка которого имеет два положения: **З** – зимний режим и **Л** – летний режим. Секции переключателя **SA** включены в цепи 4 и 5;
- контакты регулятора **PB**, включенные в цепи 3 и 4 (регулятор температуры **PB** на функциональных схемах имеет обозначение **ТСК**). Контакт регулятора **PB** в цепи 3 замыкается при температуре воздуха за вентилятором (или в помещении) выше нормы, и размыкается в противном случае. Контакт регулятора **PB** в цепи 4 замыкается при температуре воздуха ниже нормы, а при температуре выше нормы размыкается;
- контакт датчика температуры **SK5**, включаемый в цепь 3 только в схемах регулирования температуры воздуха в помещении при наличии эпизодических значительных увеличений технологических тепловыделений. В схемах регулирования температуры приточного воздуха в цепи 3 контакт датчика температуры **SK5** не включается. Назначение датчика температуры **SK5** – недопущение подачи воздуха в помещение с температурой ниже 12–14 °С;
- контакты защитного реле **K1F** в цепях 2 и 6 (рис. 9.1), на катушку ко-

того в схеме общих цепей управления (рис. 8.1) напряжение подается, если отсутствует угроза замораживания калорифера. Поэтому контакт защитного реле **K1F** в цепи 2 нормально замкнут (разомкнется только при угрозе замораживания), а в цепи 6 разомкнут (замкнется только при угрозе замораживания)

- контакты реле **KO1** в цепях 2, 5 и реле **KO3** в цепях 1, 3, 5 (рис. 9.1), катушки которых включены в схему общих цепей управления (рис. 8.1). Реле **KO1** находится под напряжением с момента подачи команды на пуск ПВК до момента включения приточного вентилятора. В схеме на рис. 9.1 положение контактов реле **KO1** соответствует отключенному состоянию ПВК. Реле **KO3** находится под напряжением с момента включения приточного вентилятора до момента отключения ПВК. Положение контактов реле **KO3** в схеме на рис. 9.1 соответствует отсутствию напряжения на его катушке;
- реле **K1** в цепи 1 и его контакты в цепях 2, 3 предназначено для размножения контактов реле **KO3**.

### 9.1. Функционирование схемы при отключении приточной венткамеры

При отключенной ПВК в условиях отсутствия угрозы замораживания калорифера контакты **KO1** и **K1F** в цепи 2 (рис. 9.1) замкнуты. Контакт **KO3** в цепи I разомкнут (ПВК отключена), и на реле **K1** напряжение не подается. Контакты реле **K1** в цепи 2 разомкнуты, а в цепи 3 замкнуты. По цепи: замкнутый контакт **KO1** в цепи 2, замкнутый контакт защитного реле **K1F** в цепи 2, замкнутый контакт реле **K1** в цепи 3, замкнутый контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 7 (рис. 9.1) – на обмотку электродвигателя **M** исполнительного механизма в цепи 7 подается напряжение, что обуславливает полное закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя. После закрытия клапана контакт конечного выключателя **QS2** размыкается и прерывает цепь подачи напряжения на электродвигатель **M**.

Если при отключенной ПВК возникает угроза замораживания калорифера, то контакты реле **K1F** в цепи 2 размыкаются, а в цепи 6 замыкаются. Последнее обуславливает подачу напряжения через замкнутый контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 6 на обмотку электродвигателя **M** исполнительного механизма, включенную в цепь 6. Электродвигатель **M** начинает вращаться и открывает клапан на трубопроводе теплоносителя. После полного открытия клапана на трубопроводе теплоносителя контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 6 размыкается (электродвигатель **M** исполнительного механизма прекращает вращение), а контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 7 замкнется, что после исчезновения угрозы замораживания калорифера подготовит, аналогично изложенному выше, после замыкания контакта реле **K1F** в цепи 2 цепь подачи напряжения на электродвигатель **M** для закрытия клапана на трубопроводе теплоносителя.

## 9.2. Функционирование схемы на интервале времени от момента пуска приточной венткамеры до момента включения приточного вентилятора

В зимнем режиме работы ПВК (рис. 9.1) переключатель режимов **SA** в цепях 4, 5 находится в положении 3 (секция ключа в цепи 4 разомкнута, а в цепи 5 замкнута).

После подачи команды на пуск ПВК в цепи 5 замыкается контакт реле **КО1**, что обуславливает подачу напряжения на обмотку электродвигателя **М** в цепи 6, т.е. открытие клапана на трубопроводе теплоносителя и прогрев воздухонагревателя до включения приточного вентилятора. Цепь подачи напряжения на упомянутую обмотку: замкнутые контакты секции переключателя режимов работы **SA**, замкнутые контакты реле **КО1** и **КО3** в цепи 5, замкнутый контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 6, обмотка электродвигателя **М** исполнительного механизма в цепи 6. После полного открытия клапана на трубопроводе теплоносителя размыкается контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 6, а после включения приточного вентилятора разомкнутся контакты реле **КО1** и **КО3** в цепи 5, разомкнется контакт реле **КО1** в цепи 2 и замкнутся контакты реле **КО3** в цепях 1,3. Замыкание контактов реле **КО3** в цепи 1 обусловит подачу напряжения на реле **К1**, контакты которого в цепи 2 замкнутся, а в цепи 3 разомкнутся.

В летнем режиме работы ПВК предварительного прогрева воздухонагревателя не требуется, что достигается установкой переключателя режимов работы **SA** в положение **Л**.

## 9.3. Регулирование температуры воздуха в помещении при работающей приточной венткамере

При температуре воздуха в помещении ниже нормы замыкается контакт регулятора температуры **РВ** в цепи 4 (рис. 9.1). По цепи: замкнутый контакт реле **КО3** в цепи 3, замкнутый контакт защитного реле **К1F** в цепи 2, замкнутый контакт реле **К1** в цепи 2, замкнутый контакт регулятора температуры **РВ** в цепи 4, замкнутый контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 6 на обмотку электродвигателя **М** подается напряжение, что обуславливает полное открытие клапана на трубопроводе теплоносителя и, следовательно, повышение температуры воздуха, подаваемого в помещение. Повышение температуры воздуха в помещении выше нормы обусловит размыкание контакта регулятора температуры **РВ** в цепи 4 и замыкание контакта **РВ** в цепи 3.

При температуре воздуха за вентилятором выше 12–14 °С контакт датчика температуры **SK5** в цепи 3 замкнут, и при замыкании контакта **РВ** в цепи 3 создается цепь подачи напряжения на электродвигатель исполнительного механизма: замкнутые контакты реле **КО3** в цепи 3, **К1F** и **К1** в цепи 2, замкнувшийся контакт регулятора температуры **РВ** в цепи 3, замкнутый контакт

датчика температуры **SK5** в цепи 3, замкнутый контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 7, обмотка электродвигателя **М**. Последнее обуславливает закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя.

Если температура воздуха за вентилятором ниже 12–14 °С, но температура в помещении за счет технологических тепловыделений выше нормы, то контакт датчика температуры **SK5** в цепи 3 разомкнется, что предотвратит дальнейшее закрытие клапана на трубопроводе теплоносителя.

## 10. ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЛАПАНОМ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Назначение принципиальной схемы управления клапаном наружного воздуха, представленной на рис. 10.1, состоит в реализации воздействия на исполнительный механизм клапана наружного воздуха, обеспечивающего:

- возможность проверки работоспособности механизма открытия и закрытия клапана при отключенной ПВК;
- автоматическое закрытие клапана при отключении ПВК;
- автоматическое открытие клапана при пуске ПВК.

Описываемая схема включает в себя следующие элементы:

- исполнительный механизм клапана наружного воздуха. При подаче напряжения на обмотку электродвигателя **М** исполнительного механизма, включенную в цепь 1, электродвигатель **М** начинает вращаться и открывает клапан наружного воздуха. Конечный выключатель **QS1** в цепи 1 замкнут, если клапан наружного воздуха или закрыт, или не полностью открыт. При полном открытии клапана контакты конечного выключателя **QS1** в цепи 1 размыкаются. Обмотка электродвигателя **М** исполнительного механизма, включенная в цепь 2, предназначена для изменения направления вращения электродвигателя **М** на противоположное, что необходимо для закрытия клапана наружного воздуха. Контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 2 замкнут, если клапан наружного воздуха или открыт, или не полностью закрыт. При полном закрытии клапана контакт конечного выключателя **QS2** размыкается.
- переключатель режимов работы **SA**, ключ которого имеет два положения: режим опробования – **О**, при котором замкнута секция в цепи 1, и автоматический режим – **А**, при котором замкнута секция ключа в цепи 3;
- кнопки управления **SB3** и **SB4**, предназначенные для проверки в режиме опробования нормальной работы исполнительного механизма;
- контакты реле **КО1** в цепях 3, 4, **КО3** в цепи 4, **КТ3** в цепях 4, 5, катушки которых включены в схему общих цепей управления. Катушка реле **КО1** (рис.8.1) находится под напряжением с момента подачи команды на пуск ПВК до момента включения приточного вентилятора. На рис. 10.1 положение контактов реле **КО1** соответствует отсутствию на-

пряжения на его обмотке. Катушка реле **КОЗ** (рис. 8.1) находится под напряжением с момента включения приточного вентилятора до момента отключения ПВК. Положение контакта реле **КОЗ** на рис. 10.1 соответствует отсутствию напряжения на его катушке. Контакт реле **КТЗ** в цепи 4 замыкается при пуске ПВК после прогрева воздухонагревателя и размыкается при отключении ПВК. Контакт реле **КТЗ** в цепи 5 замкнут, если ПВК отключена, и разомкнут в противном случае.

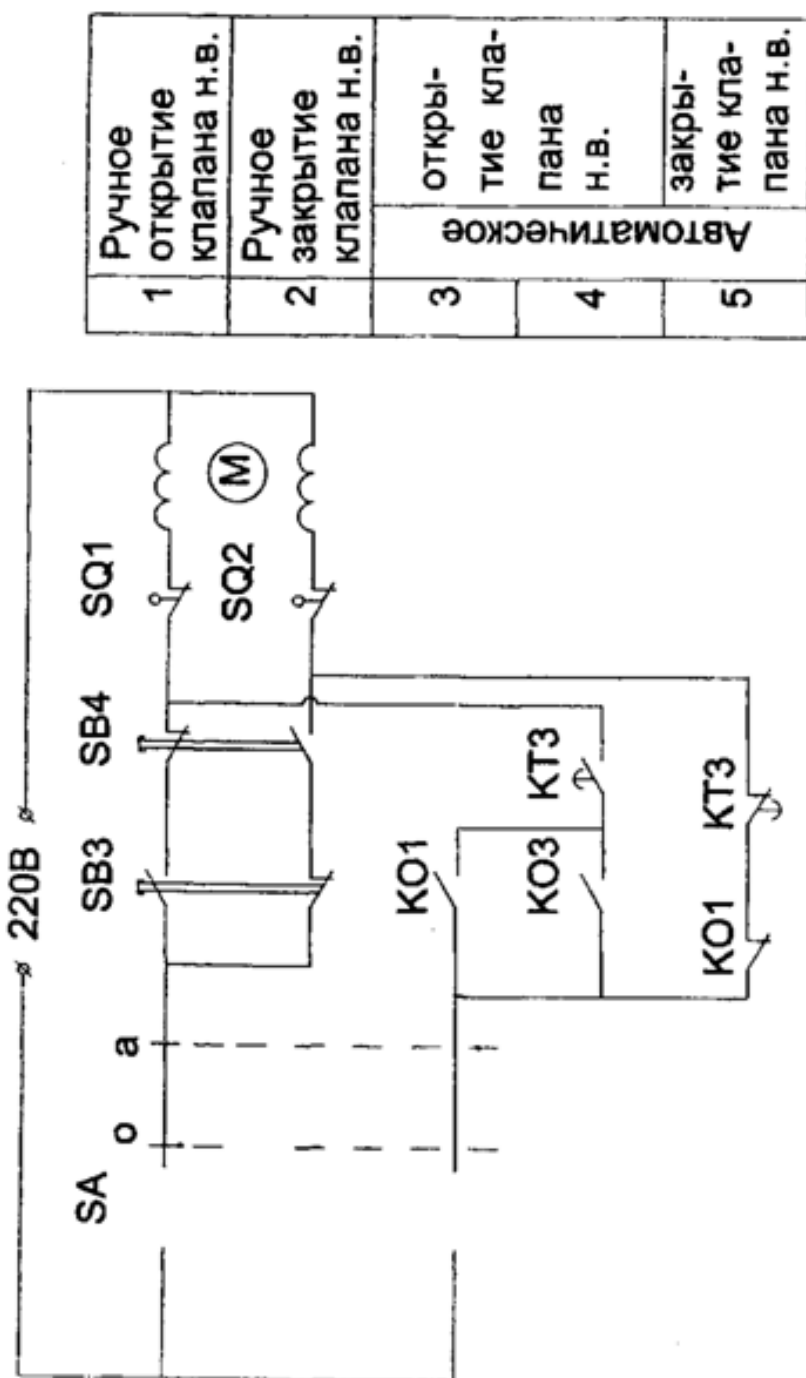


Рис.10.1 Принципиальная схема управления клапаном наружного воздуха

## 10.1. Режим опробования

В этом режиме переключатель режимов работы **SA** (рис. 10.1) находится в положении **О** (секция **SA** в цепи 1 замкнута, а в цепи 3 разомкнута).

При нажатии на кнопку управления **SB3** ее контакты в цепи 1 замыкаются, а в цепи 2 размыкаются.

По цепи: замкнутый контакт секции переключателя режимов работы **SA**, замкнутый контакт нажатой кнопки управления **SB3**, замкнутый контакт кнопки управления **SB4**, замкнутый контакт конечного выключателя **QS1** - на обмотку электродвигателя **М** исполнительного механизма клапана наружного воздуха, включенную в цепь 1, подается напряжение. Электродвигатель **М** начинает вращаться, открывая клапан наружного воздуха. Открытие клапана наружного воздуха продолжается либо пока кнопка управления **SB3** удерживается в нажатом состоянии, либо пока клапан наружного воздуха не откроется полностью, что приведет к размыканию контакта конечного выключателя **QS1** в цепи 1 и разрыву цепи подачи напряжения на обмотку электродвигателя **М** исполнительного механизма в цепи 1.

При нажатии на кнопку управления **SB4** будет подано напряжение на обмотку электродвигателя **М** в цепи 2: замкнутый контакт секции переключателя режимов работы **SA** в цепи 1, замкнутый контакт кнопки управления **SB3** в цепи 2, замкнутый контакт нажатой кнопки управления **SB4** в цепи 2, замкнутый контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 2, обмотка электродвигателя **М**. Электродвигатель **М** начнет вращаться в противоположном направлении, закрывая клапан наружного воздуха. Процесс закрытия клапана продолжается либо пока удерживается в нажатом состоянии кнопка управления **SB4**, либо до полного закрытия клапана, после чего размыкается контакт конечного выключателя **QS2**.

## 10.2. Режим отключения приточной венткамеры

Переключатель режимов работы **SA** (рис. 10.1) находится в положении **А** (секция **SA** в цепи 3 замкнута, а в цепи 1 разомкнута).

В цепи 5 контакт реле **КО1** замкнут с момента включения приточного вентилятора. При отключении ПВК замыкается контакт реле **КТ3** в цепи 5, что обусловит цепь подачи напряжения на обмотку электродвигателя **М** исполнительного механизма, включенную в цепь 2: замкнутый контакт секции переключателя режимов работы **SA** в цепи 3, замкнутые контакты реле **КО1** и **КТ3** в цепи 5, замкнутый контакт конечного выключателя **QS2** в цепи 2, обмотка электродвигателя **М**. Электродвигатель **М** начнет вращение, закрывая клапан наружного воздуха, после полного закрытия которого контакт конечного выключателя **QS2** размыкается и цепь подачи напряжения на обмотку электродвигателя **М** в цепи 2 прерывается.

### 10.3. Режим автоматического открытия клапана при пуске приточной венткамеры

Переключатель режимов работы **SA** (рис. 10.1) находится в положении **A** (секция **SA** в цепи 3 замкнута).

После подачи команды на пуск ПВК замыкается контакт реле **KO1** в цепи 3, а после прогрева воздухонагревателя замыкается в цепи 4 и контакт реле **KT3**. Тем самым создается цепь подачи напряжения на обмотку электродвигателя **M** исполнительного механизма в цепи 1, что обуславливает открытие клапана наружного воздуха. После включения приточного вентилятора контакт реле **KO1** в цепи 3 размыкается, но его дублирует включаемый параллельно контакт реле **KO3** в цепи 4. После полного открытия клапана наружного воздуха размыкается контакт конечного выключателя **QS1** в цепи 1 и цепь подачи напряжения на обмотку электродвигателя **M** в цепи 1 прерывается.

### 10.4. Функционирование схемы при отключенной приточной венткамере

В зимнем режиме работы ПВК температура воздуха перед воздухонагревателем может быть как более, так и менее 3 °С. Если упомянутое значение температуры превышает 3 °С, то контакт **SK2** в цепи 8 (рис. 8.1) замкнут и на катушку реле **K1F** подается напряжение. При этом контакты датчика **K1F** в цепи 4 замкнуты и на катушку реле **KT5** подается напряжение. Контакт реле **KT5** в цепи 4 замкнут при наличии напряжения на его катушке. Выполнение отмеченных условий является необходимым для пуска ПВК, т.к. только при замкнутом контакте реле **KT5** возможен пуск венткамеры. Контакты реле **K1F** введены также в схему регулирования температуры (рис.9,1 цепи 2 и б).

При температуре воздуха перед воздухонагревателем ниже 3°С при неработающей ПВК контакт **SK2** в цепи 8 (рис.8.1) размыкается, что обусловит прерывание цепи подачи напряжения на катушку реле **K1F**, контакты которого в схеме регулирования температуры обусловят полное отключение клапана на трубопроводе теплоносителя и, соответственно, прогрев воздухонагревателя, температура воздуха перед которым повысится. Как только температура воздуха перед воздухонагревателем достигнет 5 °С, контакт **SK2** в цепи 8 вновь замкнется и на катушки реле **K1F** и **KT5** вновь будет подано напряжение, а клапан на трубопроводе теплоносителя закроется.

По описанному алгоритму осуществляется защита от замораживания калорифера при неработающей ПВК.



## 11. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНЫМ ВЕНТИЛЯТОРОМ

На рис. 11.1 представлена принципиальная схема управления приточным вентилятором, реализующая алгоритм управления электродвигателем вентилятора, основные функции которого состоят в следующем. Приточный вентилятор должен быть запущен после прогрева воздухонагревателя в зимний период и открытия клапана наружного воздуха. При работающей ПВК электродвигатель вентилятора должен быть отключен при отсутствии потока воздуха за вентилятором, перегрузке электродвигателя (при обрыве одной из фаз электрической сети), неисправностях в цепях управления и силовой цепи.

Схема управления предусматривает и возможность опробования (кратковременного включения и отключения) работы вентилятора дежурным персоналом при отключенной ПВК.

Рассматриваемая схема включает:

- автоматический выключатель силовой цепи **QF** для защиты электрической сети от токов короткого замыкания и перегрузок;
- тепловое реле **КК** для защиты электродвигателя от перегрузок;
- электродвигатель вентилятора **М**;
- предохранитель **FU** для защиты цепей управления от перегрузок и токов короткого замыкания;
- ключ управления **SA** (переключатель режимов управления), секции которого включены в цепи 2 и 3. Рукоятка ключа **SA** имеет два положения: **P** -рабочий режим, при котором замкнута секция **SA** в цепи 3, и **O** - режим опробования (замкнута секция **SA** в цепи 2);
- контактор **KM** в цепи 2 для подключения электродвигателя вентилятора к электрической сети;
- реле времени **KT9** в цепи 4 для создания цепи подачи напряжения на катушку **KM** в процессе пуска электродвигателя вентилятора, а также при вращающемся электродвигателе при наличии потока воздуха за вентилятором;
- контакт датчика **SD** потока воздуха за вентилятором в цепи 5. При наличии потока воздуха за вентилятором контакт датчика **SD** замкнут, а при отсутствии - разомкнут;
- контакты реле времени **KT5** в цепях 3 и 4, катушка которого включена в схему общих цепей управления (рис.8.1);
- кнопка управления **SB** в цепи 2 для включения и отключения электродвигателя вентилятора в режиме опробования;
- сигнальная лампа **HL** в цепи 1 для подачи светового сигнала о включении электродвигателя вентилятора.

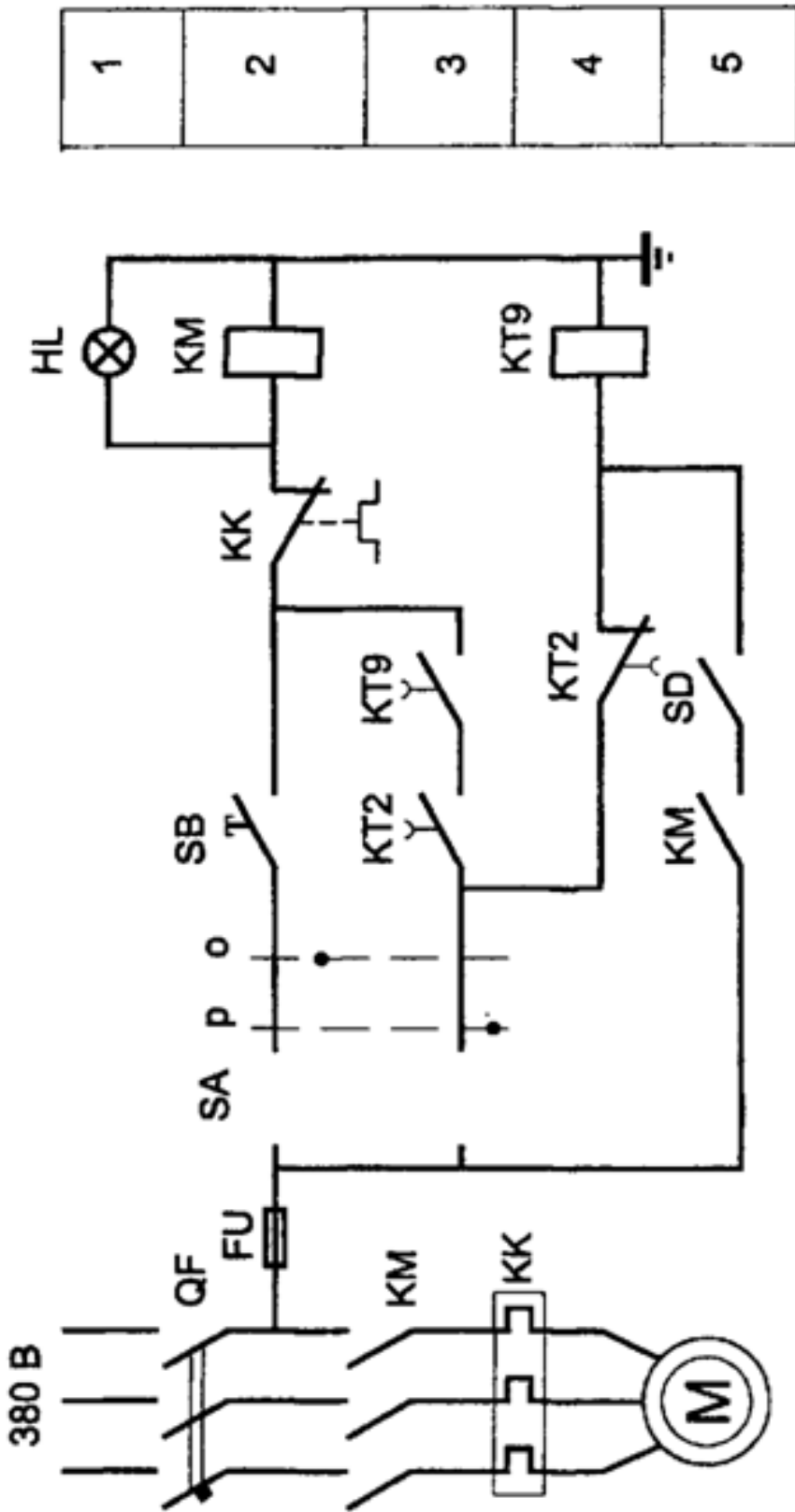


Рис.11.1. Цепи управления приточным вентилятором

## 11.1. Режим опробования

Переключатель режимов **SA** (рис. 11.1) находится в положении **O**, при этом секция **SA** в цепи 2 замкнута, а секция в цепи 3 разомкнута. Режим опробования предназначен для проверки функционирования электропривода вентилятора при неработающей ПВК. При нажатии на кнопку управления **SB** в цепи 2 создается цепь подачи напряжения на катушку контактора **KM** и лампу **HL**: фазный провод электрической сети, включенный автоматический выключатель силовой цепи **QF**, предохранитель **FU** в цепи 2, замкнутая секция переключателя **SA** в цепи 2, нажатая кнопка управления **SB** в цепи 2, замкнутый контакт теплового реле **KK**, катушка контактора **KM** (и лампа **HL** в цепи 1), нулевой провод электрической сети. Контактор **KM** срабатывает (лампа **HL** загорается) и своими контактами в силовой цепи подает напряжение на электродвигатель вентилятора **M**, который начинает вращаться. Вращение электродвигателя продолжается до момента прекращения нажатия на кнопку управления **SB**.

## 11.2. Рабочий режим

Переключатель режимов **SA** (рис. 11.1) находится в положении **P** (секция **SA** в цепи 2 разомкнута, а секция в цепи 3 замкнута). При этом создается цепь подачи напряжения на катушку реле времени **KT9**: фазный провод электрической сети, предохранитель **FU** в цепи 2, замкнутая секция переключателя **SA** в цепи 3, замкнутый (при отключенной ПВК) контакт реле времени **KT2** в цепи 4, катушка реле времени **KT6** в цепи 4, нулевой провод электрической сети. Реле времени **KT9** замыкает свой контакт в цепи 3.

По окончании процесса пуска ПВК контакт реле времени **KT2** в цепи 3 замыкается, что обуславливает цепь подачи напряжения на катушку контактора **KM**: фазный провод электрической сети, включенный автоматический выключатель силовой цепи **QF**, предохранитель **FU** в цепи 2, замкнутая секция переключателя **SA** в цепи 3, замкнувшийся контакт реле времени **KT2** в цепи 3, замкнувшийся (до момента пуска ПВК) контакт реле времени **KT6** в цепи 3, замкнутый контакт теплового реле **KK** в цепи 2, катушка контактора **KM**, нулевой провод электрической сети. Контактор **KM** срабатывает, своими контактами в силовой цепи подключает электродвигатель вентилятора **M** к электрической сети, а его контакт **KM** в цепи 5 замыкается. Электродвигатель вентилятора **M** начинает вращаться. Одновременно с подачей напряжения на катушку контактора **KM** подается напряжение на лампу **HL** в цепи 1, горение которой сигнализирует о вращении электродвигателя вентилятора. После появления потока воздуха за вентилятором замыкается контакт датчика **SD** в цепи 5 и на катушку реле времени **KT6** напряжение будет подаваться по цепи 5 (замкнувшиеся контакты контактора **KM** и датчика **SD** в цепи 5) после того,

как с выдержкой времени разомкнётся контакт реле времени **КТ2** в цепи 4.

При отсутствии потока воздуха за вентилятором контакт датчика **SD** в цепи 5 разомкнётся, что обусловит снятие напряжения с катушки реле времени **КТ5** и размыкание контакта реле времени **КТ5** в цепи 3. Последнее приводит к снятию напряжения с катушки контактора **KM** и размыканию его контактов как в силовой цепи, так и в цепях управления. Электродвигатель вентилятора при этом отключается от электрической сети.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенека Л. А. Нравственные письма к Луцилию. Трагедии: Пер. с латинского С. Ошерова. М.: Изд-во «Художественная литература», 1986. 543 с.
2. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1985. 535 с.
3. Ключев А. С., Глазов Б. В., Миндин М. Г. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. – М.: Энергоатомиздат, 1983. 376 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие / под ред. А. С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
5. Альбомы Типовых проектных решений (материалы для проектирования) серий 904-02-14.85, 904-02-15.85/ ГПИ Сантехпроект, ГПИ Электропроект-М., 1986. 723 с.
6. Макаров В. А., Туханов Ю. М. Оценка критериев эффективности проектных решений // Энергетическое строительство. 1986. № 3. С.57–58.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	3
2. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	10
3. КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНЫХ ВЕНТКАМЕР	18
4. ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ И ИХ УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	24
5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНЫХ ВЕНТКАМЕР	27
6. ЭЛЕМЕНТЫ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ И ИХ УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	51
7. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ РЕЛЕЙНОЙ АППАРАТУРОЙ	55
8. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОБЩИХ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНЫМИ ВЕНТКАМЕРАМИ	61
8.1. Функционирование схемы при пуске приточной венткамеры	63
8.2. Зимний режим работы приточной венткамеры	63
8.3. Летний режим работы приточной венткамеры	64
9. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ	65
9.1. Функционирование схемы при отключении приточной венткамеры	67
9.2. Функционирование схемы на интервале времени от момента пуска приточной венткамеры до момента включения приточного вентилятора	68
9.3. Регулирование температуры воздуха в помещении при работающей приточной венткамере	68
10. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЛАПАНОМ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА	69
10.1. Режим опробования	71
10.2. Режим отключения приточной венткамеры	71
10.3. Режим автоматического открытия клапана при пуске приточной венткамеры	72
10.4. Функционирование схемы при отключенной приточной венткамере	72
11. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНЫМ ВЕНТИЛЯТОРОМ	73
11.1. Режим опробования	75
11.2. Рабочий режим	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	77

Учебное издание

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТГВ**

### **Автоматизация приточных венткамер**

Составители:

Емельянов Рюрик Тимофеевич,  
Иванчура Владимир Иванович,  
Прокопьев Андрей Петрович,  
Климов Алексей Сергеевич

Подготовлено к публикации ИЦ БИК СФУ

Подписано в печать 13.12.2013 г. Формат 60x84/16

Бумага офсетная. Печать плоская

Усл. печ. л. 4,6. Уч.-изд. л. 2,7.

Тираж 100 экз. Заказ 3839.

Издательский центр  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел/факс (391)206-21-49. E-mail [rio@sfu-kras.ru](mailto:rio@sfu-kras.ru)  
<http://rio.sfu-kras.ru>

Отпечатано Полиграфическим центром  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел/факс (391)206-26-67, 206-26-49  
E-mail: [print\\_sfu@mail.ru](mailto:print_sfu@mail.ru); <http://lib.sfu-kras.ru>