624 82
651
840748

И.С.Берсенев
М.А.Волков
Ю.С.Давыдов

АВТОМАТИКА ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ И АГРЕГАТОВ



624Г82
Б51
ББК 31.38
Б-51
УДК 697.326.

621.174-51

Берсенев И.С. и др.
Б51 Автоматика отопительных котлов и агрегатов / И.С.Берсенев, М.А.Волков, Ю.С.Давыдов . — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1979. — 376 с., ил. 141

Приведены сведения о методах и системах автоматизации отопительных котлов и агрегатов для жилищно-коммунального хозяйства. Описаны принципы регулирования и методы контроля технологических параметров. Даны рекомендации по выбору приборов и комплектующих устройств систем автоматики. Рассмотрены примеры использования современных технических средств автоматики в отопительной системе.

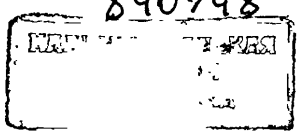
Книга предназначена для инженерно-технических работников, занятых монтажом, наладкой и эксплуатацией автоматизированных котельных установок.

Б 30210 — 356
047 (01) — 79 261-79

ББК 31.38+38.762.1
6С9.4

© Стройиздат 1979

840748



ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с решениями XXУ съезда КПСС и со статьей 21 Конституции СССР наше государство постоянно заботится о сокращении, а в дальнейшем и о полном вытеснении тяжелого физического труда на основе комплексной механизации и автоматизации как в производстве, так и в сфере обслуживания граждан, в том числе в коммунальном хозяйстве, где все шире применяются автоматические системы управления сжиганием топлива и распределением тепла.

В настоящее время и в ближайшей перспективе основным видом горючего для отопительных целей будет газ и в меньшей степени жидкое топливо. В связи с этим следует организовать производство и наладить серийный выпуск новых отопительных котлов, агрегатов и устройств комплектно с автоматикой, обеспечивающих рациональное и экономичное сжигание газа и жидкого топлива. Использование указанных видов топлива позволяет значительно упростить оборудование котельной. Отпадает необходимость в устройствах для подачи угля к котлам, удаления шлака и летучей золы. Для транспортирования газа и хранения жидкого топлива требуется меньше транспортных средств и места.

Оборудование для сжигания газа и жидкого топлива довольно легко поддается автоматизации и может длительное время работать без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Отопительные кот-

лы, использующие газ и жидкое топливо, имеют более высокие эксплуатационные коэффициенты полезного действия; в котельных стало чище, поддерживаются более здоровые условия труда, устранен тяжелый физический труд, в случае же полной автоматизации и диспетчеризации управления будет значительно сокращена численность обслуживающего персонала. Кроме того, правильное сжигание газа и жидкого топлива существенно уменьшает загрязнение воздушного бассейна городов и населенных мест.

Автоматизация работы отопительных котлов позволяет увеличить общую экономическую эффективность и дать 15–20% экономии топлива с одновременным снижением на 20–25% эксплуатационных расходов. Годовая экономия от использования автоматизированных отопительных устройств, работающих на газе и жидком топливе, в 10–15 раз превосходит все затраты по созданию и организации серийного выпуска технических средств автоматического регулирования и новых топливосжигающих устройств в комплекте с отопительными агрегатами.

Однако высокие экономические показатели, надежность и безопасность работы котлоагрегатов на газе и мазуте могут быть обеспечены лишь при правильном выборе и эксплуатации оборудования. Нарушение правил технической эксплуатации часто приводит к значительному снижению КПД котельных установок, преждевременному выходу их из строя, а иногда является причиной аварий и несчастных случаев.

Автоматизация отопительных котлов и агрегатов, работающих на газообразном и жидком топливе, в настоящее время приобретает особое значение в обеспечении безопасной их эксплуатации в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Цель настоящей книги – помочь инженерно-техническим работникам, мастерам и высококвалифицированным рабочим изучить специфику автоматических и телемеханических приборов, применяемых в котельных, работающих на газообразном и жидком топливе.

ГЛАВА I.
ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЛЫ И АГРЕГАТЫ КАК ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Автоматизация отопительных котлов и агрегатов — основа дальнейшего развития технического прогресса и экономии топлива

Местные отопительные котельные, работающие на газе и жидком топливе, относятся к наиболее сложным видам инженерного оборудования жилищно-коммунального хозяйства, на которых занято большое количество эксплуатационного персонала. В настоящее время невозможно себе представить работу подобного оборудования вне рамок комплексной автоматизации, если не преследуется цель обеспечить качество, надежность и высокую эффективность эксплуатации отопительных котельных. Высшей ступенью развития автоматизированных систем, призванных решить поставленную задачу, является создание систем централизованного контроля и управления за работой отопительных котельных без постоянно присутствующего обслуживающего персонала, т.е. диспетчеризации котельных.

Однако осуществление диспетчеризации полностью автоматизированных котельных пока наталкивается на определенные трудности, что связано как с разнообразием и недостаточной надежностью систем автоматики, так и со сложностью выбора аппаратуры централизованного контроля и управления.

Для подавляющего числа автоматизированных теплоцентров (отопительных котельных, теплогенераторов, воздухонагревательных установок и т.п.) характерной является комплексная автоматизация, при которой ведение всех технологических процессов возла-

гается на автоматические регуляторы и системы защит, а наблюдение за режимом работы и исправностью регуляторов поручается постоянному обслуживающему персоналу. Кроме комплексной автоматизации отопительных котлов и агрегатов возможна частичная автоматизация – оборудование автоматическими регуляторами и устройствами защиты отдельных наиболее важных узлов установок.

На начальном этапе развития систем автоматизации котлоагрегатов (главным образом паровых котлов) применялись только сравнительно простые автоматические регуляторы питания котлов водой, подачи топлива, расхода воздуха и разрежения в топке. Первые системы котельной автоматики оснащались в основном гидравлическими регуляторами с электрическим управлением и цепями контроля параметров и предназначались для сравнительно крупных котлоагрегатов. Однако уже электрогидравлическая система ЦКТИ, разработка которой началась с 1946 г, под руководством И.Н. Вознесенского, З.Я. Бейраха, Ю.Г. Корнилова, Л.Ф. Калафати и др., имела все черты комплексной системы автоматизации. В дальнейшем объем автоматизации значительно расширяется: автоматически регулируются температура перегрева пара, деаэрирование питательной воды и солесодержание котловой воды, создаются комплексные системы автоматики с аппаратурой защиты от ненормальных режимов и устройства для автоматического пуска.

Создание подобных систем автоматизации для небольших котлов началось позже, поскольку при сохранении тех же требований к точности регулирования и надежности защит необходимо было значительно снизить стоимость и упростить обслуживание систем, учитывая квалификацию обслуживающего персонала. Такие разработки велись с 1952 г. в Институте газа АН УССР под руководством Ю.Г. Корнилова и Ю.П. Русинковского и завершились созданием системы АГК-2, для работы которой используется энергия газа, находящегося под давлением (пневматическая

система). Одновременно в институте Мосгазпроект Ф.Ф. Казанцевым проводились работы по совершенствованию пневматической автоматики АПВ, завершившиеся созданием ее более современной модификации ПМА.

В 1961 г. Ю.Г. Корниловым была предложена пневмоавтоматика КУСПА (комплексная упругосиловая пневмогазовая автоматика), успешно работающая на ряде установок в Краснодарском крае и за его пределами. Стремление обеспечить не только простоту, но и надежность (самоконтроль) систем автоматизации котлоагрегатов небольшой мощности стимулировало создание ряда образцов электрических и электронных систем. Работы в этом направлении велись Московским заводом тепловой автоматики (МЗТА) под руководством А.А. Славина, где была создана электронно-гидравлическая система автоматического регулирования "Кристалл", предназначенная в основном для автоматизации паровых котлов ДКВР. В котельных с водогрейными котлами, работающими на газе низкого давления, широкое применение получила электрическая автоматика АГОК-66 Ленинградского НИИ Академии коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова (автор С.И. Мухин). В 1969 г. на базе систем АГОК-66 была разработана автоматика для отопительных котельных, работающих на газе среднего давления.

Несколько лет назад МЗТА была освоена новая электрическая система автоматики типа АМКО для отопительных водогрейных и паровых котлов. Эта автоматика также выпускается заводом Староруссприбор. Электрические системы автоматики АГОК-66 и АМКО обладают большей гибкостью и функциональными возможностями, чем пневматические системы. В них в основном использованы серийные изделия, многие датчики и исполнительные органы автономны, что позволяет постоянно совершенствовать эти системы. Достоинством электрических систем является и то, что в них предусмотрен автоматический розжиг за-

пальной горелки с помощью электрозапального устройства.

Автоматическое управление мелкими газовыми теплотехническими объектами – чугунными секционными котлами, газовоздушными калориферами и т.п. – осуществляется либо пневматическими системами, например САУ-ГТО института Мосгазпроект, либо простейшими позиционными системами с электромагнитными клапанами по схеме, предложенной НИИсантехники (Москва).

В настоящее время большое внимание уделяется автоматизации отопительных котлов и агрегатов, работающих на жидком топливе и применяемых для отопления отдельно стоящих зданий, судов и всевозможных сооружений, для которых нерационально или невозможно строить наружные трассы теплоснабжения. Автоматизация процесса горения легкого жидкого топлива, например дизельного, а также тяжелого жидкого топлива (мазута) в форсунках механического распыливания является экономически выгодной и технически легко осуществимой.

Отечественной промышленностью налажен серийный выпуск автоматизированных механических форсунок типа АФ-65, ротационных форсунок Р-2, Р-3, Р-1-150, Р-110 и серии горелочных устройств типа РГМГ, разработанных ЦКТИ совместно с заводом "Ильмарине". Большой интерес в этой области представляет также зарубежный опыт, в частности фирмы "Зааке" (ФРГ). Техническое описание и конструктивные данные автоматизированных форсунок приведены в соответствующих разделах книги.

Автоматическое регулирование подачи жидкого топлива и воздуха на форсунках возможно осуществить плавным способом с использованием электрических сервомоторов (по типу устройства фирмы "Зааке") и путем позиционного регулирования. Электрическая схема, реализующая последний способ, разработана НИИ сантехники применительно к котлоагрегатам "Универсал-6М" и "Энергия-6", работающим как

на легком, так и на тяжелом жидком топливе. В схеме автоматики предусмотрено применение блока управления, розжига и сигнализации БУРС-1, изготовляемого заводом "Староруссприбор". Данная схема обеспечивает продувку топки перед розжигом, автоматический розжиг котла, контроль горения факела запальника, контроль наличия пламени у форсунки, контроль разрежения в топке, защиту котла от перегрева, повышения и понижения давления воды.

Дальнейшее совершенствование систем автоматизации отопительных котлов и агрегатов тесно связано с унификацией и повышением качества выпускаемых приборостроительными предприятиями устройств контроля и регулирования. Так, в последнее время все большее число различных технологических процессов в промышленности переводится на более надежные бесконтактные системы управления и регулирования, чему способствует бурное развитие полупроводниковой промышленности.

В системах автоматики отопительных котлов и агрегатов для повышения надежности эксплуатации также целесообразно иметь бесконтактные элементы и блоки регулирования. Так, например, для регулирования температуры в различных объектах может найти применение выпускаемый Орловским заводом приборов бесконтактный двухпозиционный регулятор температуры типа РТБ-2, который будет весьма удобен для регулирования электрокалориферов, газовоздушных калориферов и других отопительных устройств, работающих в двухпозиционном режиме.

На базе унифицированных бесконтактных элементов и блоков регулирования возможно создание более совершенной аппаратуры для централизованного управления газовыми теплотехническими объектами без постоянного присутствия в них обслуживающего персонала. При этом расширение области применения различных систем автоматизации с охватом возможно большего типоразмера котлов представляется достаточно реальной задачей, осуществление которой приносит большие экономические выгоды.

2. Основные процессы регулирования в системах автоматизации отопительных котлов и агрегатов

Современная техника автоматического контроля и регулирования тепловых процессов опирается на высокоразвитую теорию автоматического управления, большой вклад в которую внесли труды советских ученых С.Г. Герасимова, Е.Г. Дудникова, К.В. Егорова, Ю.Г. Корнилова, В.В. Солодовникова, Е.П. Стефани, А.А. Фельдбаума, Я.З. Цыпкина, С.А. Чистовича и др. Для того чтобы осуществить правильный выбор технологически эффективной системы контроля, управления и регулирования, необходимо хорошо знать свойства объекта автоматизации и умень согласовать с ними характеристики регулирующих устройств. Достаточно полный анализ свойств отопительных установок как объектов регулирования можно найти в работах С.А. Чистовича, из которых следует, что устойчивость регулирования расхода тепла и выбор способа изменения производительности установок зависят от внешних и внутренних возмущающих воздействий на объект.

Внешними тепловыми воздействиями являются изменения температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра, интенсивности солнечной радиации, влажности воздуха. Внутренние возмущающие воздействия в отопительных установках возникают вследствие различных (случайных) колебаний параметров на входе в установку и внутри системы теплоснабжения: колебания давления газа в сети, эксплуатационные изменения условий теплообмена в котлах и нагревателях и т.п.

Регулирующими (управляющими) воздействиями, которые должны обеспечить стабилизацию температурного режима в системе теплоснабжения или его изменение во времени по заданной программе, являются температура и расход теплоносителя. Влияние возмущающих воздействий необходимо компенсировать со-

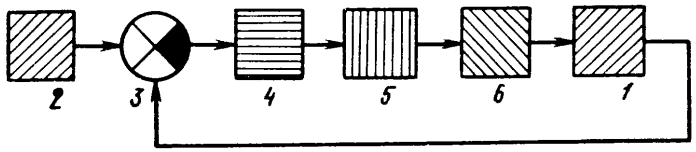


Рис.1. Структурная схема системы автоматического регулирования

ответствующим изменением подачи топлива в отопительную установку.

В зависимости от динамических свойств наружных ограждений отапливаемых зданий потери тепла помещениями подразделяются на "быстрые" (через нетеплоемкие ограждения) и "медленные" (через теплоемкие ограждения). Чувствительный элемент (датчик) системы автоматизации установки должен реагировать как на первый, так и на второй вид тепловых потерь при их соотношении, равном примерно 3:1. В общем виде элементы системы автоматического регулирования и их взаимодействие между собой изображены на рис. 1. Назначение изображенных элементов следующее: чувствительный элемент или измерительное устройство 1 предназначено для измерения действительного значения регулируемой величины; задающее устройство 2 служит для выработки сигнала, соответствующего требуемому изменению регулируемой величины (этот сигнал может быть как переменным, так и постоянным); элемент сравнения 3 производит сравнение сигналов (соответствующих заданному и измеренному значению регулируемой величины) и определяет их разность; регулирующее устройство 4 усиливает и преобразует разностный сигнал с таким расчетом, чтобы через исполнительное устройство 5 изменять подачу энергии на объект регулирования 6 в определенной зависимости (по закону регулирования), обеспечивая при этом требуемое значение регулирующего воздействия с допустимой погрешностью.

Система автоматического регулирования может обеспечивать как стабилизацию регулируемой величины, так и ее изменение по заранее заданной закономерности в функции времени, т.е. по некоторой программе. В первом случае система регулирования называется системой автоматической стабилизации, а во втором – системой автоматического программного регулирования.

В большинстве существующих систем регулирования теплопроизводительности отопительных установок чувствительный элемент реагирует только на изменение температуры наружного воздуха. Температура теплоносителя регулируется с помощью так называемого отопительного графика, выражающего зависимость расхода топлива от фактической температуры наружного воздуха. Система регулирования, реализующая эту зависимость, называется следящей системой автоматического регулирования.

Управляющее воздействие, величина которого определяет расход топлива в установке, состоит из суммарного сигнала датчика температуры наружного воздуха и сигнала обратной связи по температуре теплоносителя, поступающего в систему отопления. Применение обратной связи необходимо для компенсации внутренних возмущений в самой отопительной установке.

Структурная схема системы автоматического регулирования теплопроизводительности по отопительному графику приведена на рис. 2. Реализация этой схемы в различных системах автоматики отопительных котлов зависит от выбора регулятора расхода топлива, в качестве которого возможно одно из следующих устройств.

Двухпозиционное устройство. Этот тип регулятора является наиболее простым, так как он работает по принципу "включено–выключено", и, следовательно, регулирующий орган может занимать только два крайних положения. Чтобы обеспечить стабилизацию процесса регулирования, двухпозиционный регулятор вы-

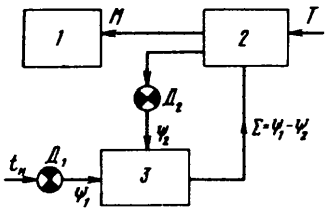


Рис. 2. Структурная схема регулирования теплопроизводительности котла

1 – объект регулирования; 2 – регулятор подачи топлива; 3 – управляющее устройство; $Д_1$ – датчик температуры наружного воздуха; $Д_2$ – датчик температуры теплоносителя; Σ – управляющее воздействие; φ_1 – сигнал датчика $Д_1$; φ_2 – сигнал обратной связи; М – теплоноситель; Т – топливо

полняется с жесткой обратной связью по температуре теплоносителя. В данном случае жесткая обратная связь обеспечивает изменение управляющего воздействия на величину, пропорциональную изменению температуры теплоносителя. Рассматриваемый регулятор находит применение при отоплении отдельных объектов, имеющих систему отопления с малыми запаздываниями поступления теплоносителя в отапливаемое помещение.

Устройство со ступенчатым изменением расхода топлива. Этот тип регулятора называется также многопозиционным. При наличии жесткой обратной связи по температуре теплоносителя многопозиционный регулятор может обеспечивать удовлетворительное качество регулирования в случае значительных транспортных запаздываний в системе отопления.

Плавный пропорциональный регулятор с жесткой обратной связью по температуре теплоносителя. Этот тип регулятора обеспечивает изменение подачи топлива в соответствии с отопительным графиком. При этом каждому значению контролируемой температуры

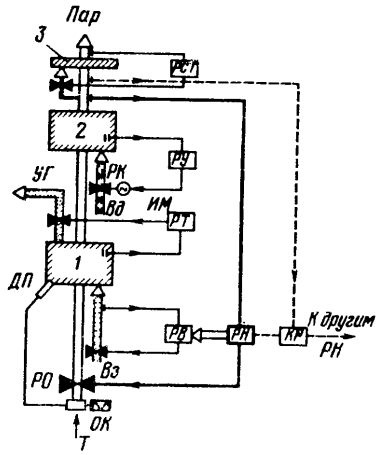


Рис. 3. Схема регулирования технологических процессов в котельной установке

1 – топка; 2 – котел: 3 – сетевой подогреватель (бойлер); Т – топливо; Вз – воздух; Вд – вода; РК – регулирующий клапан; ИМ – исполнительный механизм; УГ – уходящие газы; РУ – регулятор уровня; РТ – регулятор температуры; РВ – регулятор воздуха; ОК – отсечной клапан; РСТ – регулятор соотношения температуры; ДП – датчик пламени; РО – регулирующий орган; РН – регулятор нагрузки; КР – корректирующий регулятор

соответствует одно определенное положение регулирующего органа.

Наряду с регулированием теплопроизводительности всей отопительной установки на практике осуществляется регулирование отдельных технологических процессов (рис. 3). Так производится индивидуальное регулирование нагрузки каждого отопительного котла в котельной установке, причем возможно применение всех трех перечисленных выше типов регуляторов, а также различных законов регулирования, рассматриваемых ниже.

Остановимся на весьма важном понятии – регулирование нагрузки котла. Нормальный процесс работы

котлоагрегата (парового котла) подчиняется одному главному технологическому параметру – давлению пара в барабане котла. Чтобы давление пара оставалось неизменным в течение всего периода работы установки, необходимо соответствие подачи топлива в топку количеству тепла, отбираемому с паром из котла. Процесс регулирования подачи топлива называется регулированием нагрузки котла, а регулятор, ведущий этот процесс, называется регулятором нагрузки (РН). Регулятор нагрузки получает импульс по давлению пара в барабане котла и подает команду на регулирующий орган подачи топлива (РО). Последний производит изменение подачи топлива в соответствии с законом регулирования, положенным в основу действия РН. Этим законом должна учитываться инерционность тепловых процессов парообразования и теплопередачи в котле во избежание колебаний нагрузки и неустойчивости процесса регулирования. Поэтому выбору типа РН и его настройке придается исключительно важное значение.

РН иногда включается с двумя типами обратной связи: жесткой и упругой. Жесткая обратная связь по положению РО вводится для изменения крутизны характеристики РН при параллельной работе котлов, т.е. выполняет роль корректирующего регулятора. Упругая обратная связь обеспечивает так называемый изодромный процесс регулирования, при котором скорость перемещения РО определяется как величиной, так и скоростью изменения регулируемой величины, т.е. в данном случае – давления пара в барабане котла.

В зависимости от изменения подачи топлива в топку нужно регулировать также соотношение топливо-воздух, так как количество подаваемого на горение воздуха должно строго соответствовать расходу топлива. Практически в топке котла всегда поддерживается некоторый избыток воздуха по сравнению с необходимым количеством для полного сгорания топлива. Задача регулятора соотношения топливо – воздух

состоит таким образом в обеспечении постоянства коэффициента избытка воздуха в топке. Эта задача выполняется путем автоматического пропорционирования поступления воздуха в зависимости от положения РО подачи топлива.

Следующий по ходу процесса параметр регулирования – это разрежение в топке котла, которое необходимо поддерживать неизменным при колебаниях нагрузки. Импульс разрежения снимается в верхней части топочной камеры и передается на регулятор температуры РТ, который через исполнительный механизм ИМ приводит в действие направляющий аппарат дымососа, уменьшая или увеличивая его подачу.

В результате изменения нагрузки котла изменяется подача питательной воды в барабан котла. Процесс регулирования подачи питательной воды состоит в поддержании постоянного уровня воды в барабане котла. Он осуществляется регулятором уровня РУ. Команда регулятора РУ передается на исполнительный механизм ИМ регулирующего клапана РК. При снижении уровня клапан открывается, при увеличении – перекрывается. При работе котельного агрегата на теплообменник дополнительно приходиться регулировать подачу пара по команде регулятора соотношения температуры теплофикационной воды и наружного воздуха РСТ. На тракте газового топлива обязательно устанавливается отсечный клапан ОК. Его задачей является отключение подачи газа в случае погасания факела в топке котла, иначе газ начнет выходить в помещение котельной. Клапан ОК срабатывает по сигналу датчика пламени ДП. При розжиге котла клапан ОК открывается вручную. Если котел работает не в индивидуальном режиме а в групповом, т.е. на общий паропровод, то вести регулирование нагрузки только индивидуальными регуляторами РН нельзя, так как при падении давления в магистрали оно упадет и на барабане каждого котла. Случай совместного регулирования нагрузки нескольких агрегатов показан на рис. 3 штрихпунктиром. Особенностью этого режима

является введение корректирующего регулятора КР, который меняет задание основным регулятором по импульсу давления в характерной точке общего паропровода. Сигнал к основному регулятору котла в этом случае приходит от какого-либо параметра, например от расхода пара в котле. Регулятор РН подает команду РО в зависимости от количества отбираемого пара из котла, но при колебаниях давления в магистрали регулятор КР изменяет задание основному регулятору: котлы, которые медленнее набирают нагрузку, принимают больший расход топлива, а менее инерционные – меньший.

3. Классификация и характеристики объектов регулирования

Наиболее часто в процессе регулирования отопительных установок приходится стабилизировать или изменять по определенному закону такие параметры, как температура, давление, расход, уровень. Свойства объекта регулирования во многом определяются его способностью аккумулировать как вещество, так и энергию, т.е. его инерционностью. При отсутствии внешнего возмущения объект регулирования находится в состоянии равновесия. При этом регулируемый параметр не меняется во времени, и приток вещества или энергии $Q_{пр}$ равен их стоку $Q_{ст}$. Если возникает разность этих величин вследствие внесенного возмущения, то регулируемая величина изменяется со скоростью, зависящей от аккумулирующей способности объекта или, как говорят, его емкости. Так, скорость изменения температуры есть

$$\frac{d\vartheta}{dt} \approx \frac{Q_{пр} - Q_{ст}}{C}, \qquad (1)$$

где C – полная теплоемкость объекта.

Равенство (1) выполняется приближенно, так как в некоторых случаях теплоемкость может быть функцией регулируемой величины, т.е. температуры.

840748
КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТНАЯ БИБЛИОТЕКА

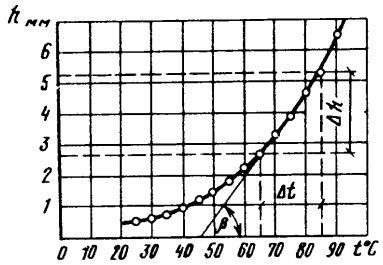


Рис.4. Статистическая характеристика термо-регулятора

На вход объекта всегда приближено регулирующее воздействие с выхода регулятора. При этом каждому значению входной величины параметра при установившемся состоянии объекта соответствует определенное значение выходной величины. Зависимость между этими величинами при указанном состоянии представляет собой статическую характеристику объекта.

В большинстве случев статические характеристики объектов нелинейны. Однако в области малых отклонений регулируемой величины на выходе реальную характеристику можно заменить линейной (рис. 4). Это позволяет легко определять величину, характеризующую качество регулятора – коэффициент усиления.

Допустим, что по оси ординат на рис. 4 отложена величина перемещения клапана регулятора, а по оси абсцисс – температура. Если номинальное значение регулируемой температуры равно 75°С, то в условиях отклонения температуры от этого значения на ±10°С можно рассматривать лишь часть характеристики в пределах от 65 до 85°С. На этом небольшом участке действительную кривую заменим прямой линией. Тогда тангенс угла наклона прямой даст величину коэффициента усиления:

$$K_p = tg\beta = \frac{\Delta h}{\Delta \vartheta} = \frac{5{,}3 - 2{,}8}{85 - 65} = 0{,}125 \text{ мм/град.}$$

При выборе регуляторов одной из основных задач является учет параметров регулятора, влияющих на коэффициент усиления. К таким параметрам относятся

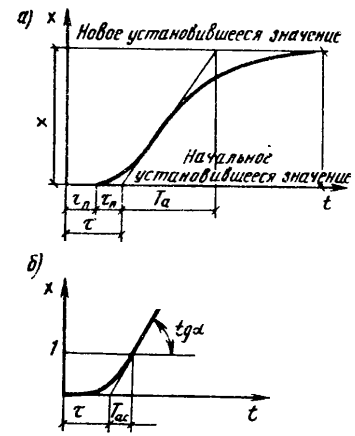


Рис.5. Динамические свойства объектов
а – статического; б – астатического

жесткость исполнительных устройств (пружин, мембран, сильфонов), тепловые свойства веществ (коэффициенты линейного и объемного расширения, зависимость упругости паров от температуры и т.п.), диаметр клапанов и ряд других.

Динамические свойства объекта регулирования (время запаздывания, постоянная времени, коэффициент передачи и др.) характеризуют поведение объекта при нарушении установившегося состояния. Они определяются его динамической характеристикой, показывающей, как изменяется регулируемая величина в переходный период, т.е. после внесения возмущающего воздействия. Обычно в качестве подобного воздействия принимается мгновенное скачкообразное возмущение определенной величины или периодическое (в частности, гармоническое) воздействие с определенной амплитудой колебаний на входе объекта. Реакция объекта на эти виды возмущений определяется экспериментально и зависит от инерционности объекта.

Так, инерционные (статические) объекты обладают способностью постепенно восстанавливать отклонение входной величины от первоначального значения в результате скачкообразного возмущения (рис. 5,а). Такие объекты регулирования обладают свойством самовыравнивания.

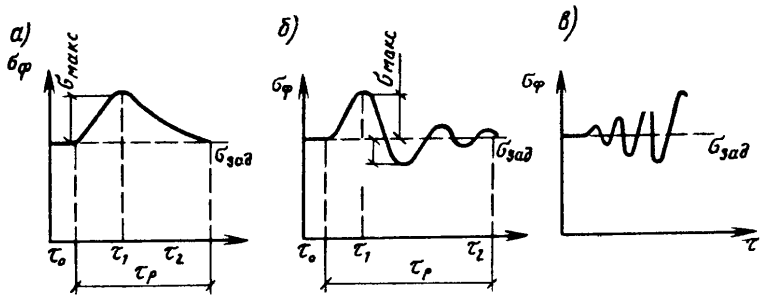


Рис.6. Динамические характеристики процессов регулирования
а – устойчивого апериодического процесса; б – устойчивого колебательного процесса; в – неустойчивого процесса

Объекты, в которых изменение выходной величины при возмущении происходит неограниченно и устанавливается лишь постоянная скорость ее изменения (рис. 5,б), не обладают свойством самовыравнивания и называются астатическими.

Время запаздывания τ – время, в течение которого отклонение регулируемой величины задерживается по отношению к моменту внесения возмущения. Это время складывается из чистого –(транспортного) запаздывания τ_0 и емкостного (переходного) запаздывания $\tau_п$.

Свойством переходного запаздывания обладают не только объекты регулирования, но и регуляторы. Так, например, если термочувствительный элемент прибора, заполненный жидкостью, подвергнуть внезапному нагреву от температуры ϑ_1 до ϑ_2, то эта температура будет достигнута элементом лишь по истечении некоторого времени. Запаздывание регулятора затягивает процесс регулирования и может привести к неустойчивому состоянию объекта, как показано на рис. 6.

Постоянной времени статического объекта T_a является условное время, в течение которого выходная величина изменялась бы от начального до нового установившегося значения, если это изменение происходило бы со скоростью постоянной и максимальной для данного переходного процесса. Для астатических объектов понятие постоянной времени применимо лишь условно (T_{ac}) как время изменения выходной величины на единицу при скачкообразном возмущении.

Требование устойчивости регулирования сводится к тому, чтобы отношение времени запаздывания к постоянной времени объекта τ/T было возможно меньше. Часто это отношение называют динамическим коэффициентом регулирования. Очевидно, чем меньше величина этого коэффициента, тем больше степень самовыравнивания объекта.

Существует метод анализа динамики систем регулирования, состоящий в определении реакции элементов системы на синусоидальные сигналы малой амплитуды. График зависимости изменения амплитуды выходного сигнала и его сдвига во времени от частоты входного сигнала называется частотной характеристикой элемента. Эта характеристика позволяет выяснить, инерционность какого элемента является основным фактором, определяющим динамические свойства всей системы.

Если на выход объекта с самовыравниванием поданы синусоидальные колебания

$$x = A \sin \omega \tau \qquad (2)$$

с круговой частотой ω и амплитудой А, то по истечении некоторого времени установятся вынужденные колебания регулируемой величины (сигнала на выходе) той же частоты ω , но отличающиеся от колебаний входного сигнала по фазе и величине амплитуды:

$$J = a \sin(\omega \tau - \varphi) \qquad (3)$$

Угол сдвига фазы φ между колебаниями x и y соответствует времени $\Delta \tau$ (рис. 7,а):

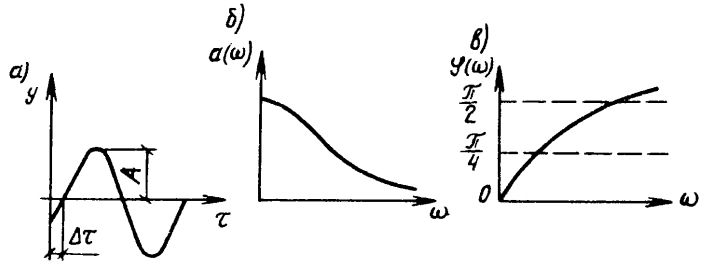


Рис.7. Частотные характеристики объекта с самовыравниванием
а – изменение регулируемой величины (на выходе); б – амплитудно-частотная характеристика; в – фазочастотная характеристика

$$\varphi = \omega \Delta\tau = \frac{2\pi}{T_к}\Delta\tau, \qquad (4)$$

где $T_к$ – период колебаний.

Знак минус перед φ обусловлен тем, что в тепловых объектах колебание выходного сигнала всегда отстает по фазе от колебания возмущающего воздействия.

Если увеличить частоту колебаний входного сигнала до ω_1, ω_2, ω_3, . . . , ω_n, оставив амплитуду этих колебаний прежней, то на выходе установятся колебания с теми же частотами ω_1, ω_2, . . . , ω_n, но уже с меньшими амплитудами a_1, a_2, . . . , a_n и с большим отставанием по фазе φ_1, φ_2, . . . , φ_n.

При некоторой критической величине $\omega = \omega_{кр}$ амплитуда выходных колебаний станет равной нулю ($a=0$), т.е. колебаний выходного сигнала не будет.

Зависимость отношения амплитуд $\frac{a}{A}$ от частоты ω при изменении ее от ω_0 до $\omega_{кр}$ называется амплитудно-частотной характеристикой (рис. 7,б), а зависимость сдвига фазы φ от частоты ω входных колебаний – фазочастотной (рис. 7,в).

Упрощенный анализ динамических свойств систем возможен с помощью логарифмических частотных характеристик, которые представляют собой те же графики зависимостей $\frac{a}{A}(\omega)$ и $\varphi(\omega)$, но только в логарифмической анаморфозе. Вместо величины ω откладывают $\lg\omega$, а вместо $\frac{a}{A}$ – величину $20\lg\frac{a}{A}$. Единица измерения для этой величины называется децибелом (дБ).

При построении логарифмических частотных характеристик – амплитудной (ЛАХ) и фазовой (ЛФХ) – необходимо учитывать статическое усиление элементов, т.е. отношение приращения величины сигнала на выходе к приращению величины сигнала на входе.

Форма кривой ЛАХ апериодического элемента первого порядка выражается уравнением

$$M = 20\lg\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_i}{f_c}\right)^2}}\right), \qquad (5)$$

где $M=20\lg\frac{a}{A}$ – отношение величин сигналов; f – текущая частота; f_c – сопрягающая частота.

Величина f_c выражает меру скорости реакции элемента на поступающий сигнал, ее находят по формуле

$$f_c = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{9{,}55}{T_0}, \qquad (6)$$

где $\omega = \frac{1}{T_0}$ – круговая частота, $с^{-1}$; T_0 – постоянная времени элемента, с.

Аналогично можно определить форму кривой ЛФХ по величине отрицательных фазовых углов θ, тангенс которых равен:

$$\theta = arc\,tg\left(\frac{f}{f_c}\right). \qquad (7)$$

В качестве примера рассмотрим построение логарифмических частотных характеристик манометрического термометра, схема которого приведена на рис. 8.

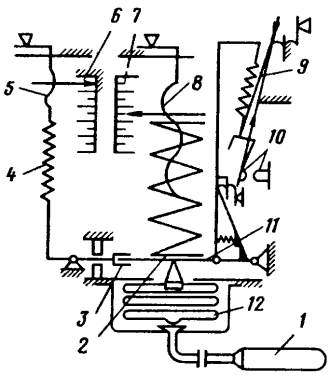


Рис.8. Схема манометрического термометра

Этот прибор имеет термочувствительный патрон 1, сильфон 12, винт настройки температуры 8, шкалу температур 7 и шкалу 6 настройки диапазона (зоны) нечувствительности, величина которого изменяется вращением винта 5 и сжатия или растяжения пружины 4. Пружина 4 нижним концом зацеплена за поводок 3, соединенный с настроечной пружиной 2 и механизмом 9 мгновенного срабатывания контактов 10.

При изменении температуры патрона 1 происходит расширение или сжатие сильфона 12, который, воздействуя на пружину 2, перемещает рычаг 11. Последний обеспечивает замыкание или размыкание контактной группы 10. Свободный конец рычага 2 находится в вилке рычага 3 и при перемещениях сильфона на ширину разъема вилки не реагирует на изменение входного сигнала. Разность двух температур термочувствительного патрона, соответствующих замкнутому и разомкнутому положению контактов, составит величину зоны нечувствительности данного регулятора.

Величину усиления манометрического термометра можно вычислить, если диапазон изменения рабочей температуры на выходе будет равен:

$$\Delta\vartheta_1 = 120^\circ - 75^\circ = 45^\circ,$$

где принято, что температура на выходе при максимальной нагрузке котла равна 120°C, а при минимальной нагрузке 75°C (изменение температуры на входе возможно в интервале от 0 до 120°C). Тогда усиление $K_р$ составит:

$$K_р = \frac{\Delta\vartheta_1}{120} = \frac{45}{120} = 0{,}375.$$

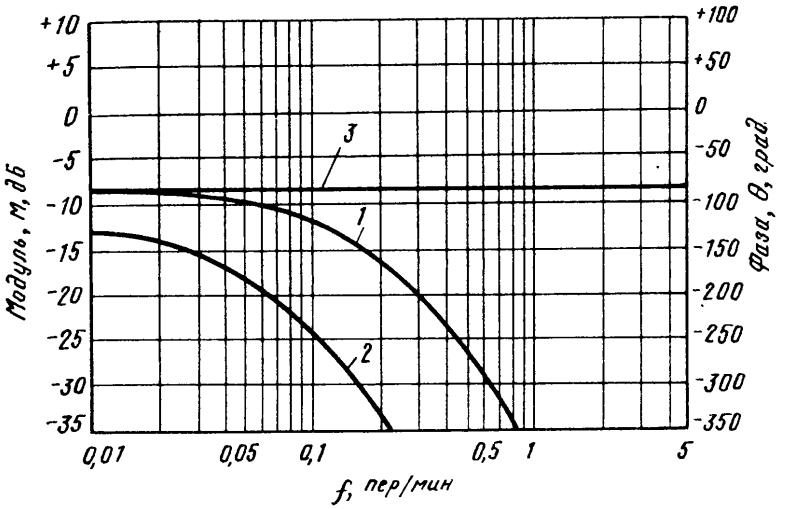


Рис.9. Логарифмические характеристики терморегулятора
1 – амплитудная (ЛАХ); 2 – фазовая (ЛФХ); 3 – усиление регулятора

Манометрический термометр представляет собой апериодическое звено первого порядка. При этом постоянная времени T_o термометров с газовым заполнением приблизительно равна 80 с. В этом случае сопрягающая частота динамического элемента, подсчитанная по формуле (6), составит $f_c = 0{,}12$ пер/мин.

Кривые ЛАХ и ЛФХ термометра, описываемые уравнениями (5) и (7), изображены на рис. 9. Усиление манометрического термометра в единицах отношения амплитуд представлено на том же рисунке в виде прямой линии при $M = 0{,}375$ (–8,56 дБ).

4. Характеристики регуляторов и законы регулирования

Автоматические регуляторы могут быть классифицированы по закону регулирования. Под законом регулирования понимается зависимость между отклонением регулируемой величины от ее заданного значения и величиной регулирующего сигнала. По этому признаку регуляторы подразделяются на следующие виды.

Регуляторы пропорциональные или статические (П-закон регулирования), при применении которых можно осуществить пропорциональное регулирование во всех его видах, т.е. регулирование с жесткой обратной связью и регулирование зависимое или с автокоррекцией. Действие этих регуляторов описано уравнением

$$\mu = -K\Delta p \,, \qquad (8)$$

где μ – регулирующее воздействие; K – коэффициент передачи, $K = \frac{\%\ \text{хода исполнительного механизма}}{\text{Па}}$; Δp – отклонение регулируемой величины (статическое давление) от заданного значения, $\Delta p = p - p_o$, Па.

Знак минус означает, что регулирующее воздействие направлено в сторону, противоположную отклонению регулируемого параметра.

Регуляторы с П-законом регулирования наиболее просты и удобны в эксплуатации, однако системы автоматического регулирования с пропорциональным регулятором обладают статической ошибкой. При этом остаточное отклонение параметра от заданного значения тем больше, чем больше изменяется нагрузка. Зависимость между величиной регулируемого параметра и нагрузкой есть статическая характеристика регулятора (рис. 10).

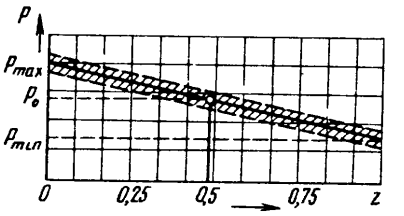


Рис.10. Статическая характеристика регулятора давления

Как видно из рисунка, максимальному значению нагрузки ($z = 1$) соответствует минимальное давление на выходе регулятора p_{min} и, наоборот, минимальной нагрузке ($z = 0$) соответствует максимальное давление p_{max}. Эту зависимость можно представить также уравнением

$$p = p_o - p_{max} z \,, \qquad (9)$$

где p – текущее значение параметра; p_o – номинальное значение регулируемого параметра; z – коэффициент нагрузки.

Абсолютная статическая ошибка выражается разностью

$$\Delta p = p - p_o \,, \qquad (10)$$

а относительная статическая ошибка – отношением величин

$$\varepsilon = \frac{\Delta p}{p_o} \,. \qquad (11)$$

Регуляторы интегральные или астатические (И-закон регулирования), при применении которых можно осуществить регулирование без обратной связи. Действие этих регуляторов описывается уравнением

$$\mu = \frac{K}{T_n} \int \Delta p \, dt \,, \qquad (12)$$

где T_n – постоянная интегрирования, с; t – время, с.

Астатическое регулирование обладает той особенностью, что при отклонении параметра от заданного значения регулирующий орган перемещается с посто-

янной или переменной скоростью, приводя при этом регулируемый параметр к заданному значению. Постоянная скорость перемещения регулирующего органа характерна для И–закона регулирования, а переменная скорость вводится для следующего типа астатического регулятора.

Регуляторы пропорционально–интегрального действия (ПИ–закон регулирования) или изодромные, при применении которых можно осуществить регулирование с упругой обратной связью. Их действие описывается уравнением

$$\mu = K\left(\Delta p + \frac{1}{T_n}\int \Delta p\, dt\right). \qquad (13)$$

Регуляторы с ПИ–законом регулирования обычно используются на объектах регулирования со сравнительно небольшой инерционностью. При этом поддержание параметра на заданном уровне осуществляется практически при отсутствии статической ошибки.

Регуляторы двухпозиционные (релейные). Действие этих регуляторов описывается уравнениями

а) при $\Delta p > 0$ $\mu = \mu_m \operatorname{sgn}(\Delta p - \varepsilon)$; (14)

б) при $\Delta p < 0$ $\mu = \mu_m \operatorname{sgn}(\Delta p + \varepsilon)$, (15)

где μ_m – предельное значение регулирующего воздействия; sgn – знак отклонения регулируемой величины от заданного значения; 2ε – зона нечувствительности релейного элемента.

Наряду с описанными типами регуляторов возможно построение регуляторов с введением производной действия – с ПД–законом регулирования и с ПИД–законом регулирования. Эти типы регуляторов (с предварением) находят применение на объектах, обладающих значительным запаздыванием или инерционностью.

Позиционное регулирование вследствие своей простоты получило широкое распространение в технике отопления, вентиляции и эксплуатации теплогенерирующих устройств. Поэтому рассмотрим подробнее этот способ регулирования на примере двух– и трехпозиционного регулятора.

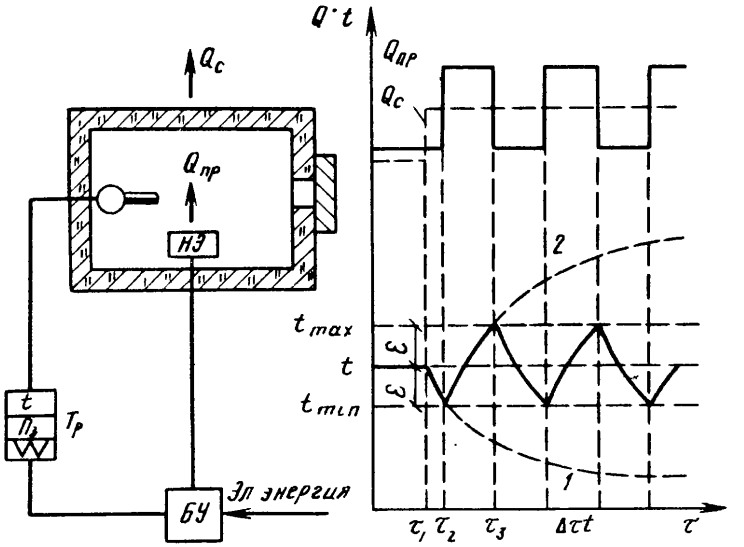


Рис.11. Двухпозиционное регулирование температуры
Тр – терморегулятор; БУ – блок управления; НЭ – нагревательный элемент

Например, имеется нагревательное устройство – электропечь с регулятором температуры, который дает сигнал на включение нагревательных элементов при понижении температуры в печи ниже некоторого значения t_{min} и на отключение при повышении температуры выше t_{max}. Объект регулирования в данном случае является одноемкостным с самовыравниванием на притоке и стоке.

Предположим, что до момента времени τ_1 (рис. 11) в системе был установившийся режим. Если в этот момент внести возмущение, например, при открывании дверцы, то величина стока Q_c скачкообразно увеличится и регулируемая величина t начнет

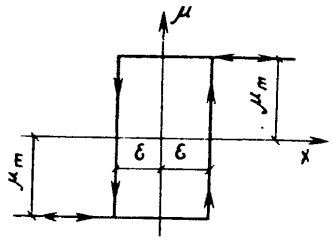


Рис.12. Характеристика двухпозиционного регулятора

уменьшаться по экспоненте 1. При достижении значения t_{min} в момент времени τ_2 автоматический регулятор даст сигнал на включение нагревательных элементов и тем самым на увеличение притока $Q_{пр}$. Температура в печи начнет повышаться по экспоненте 2. В момент времени τ_3 при достижении значения t_{max} произойдет выключение нагревательных элементов. Этот циклический процесс будет происходить и в дальнейшем с периодами $\Delta\tau$, зависящими от соотношения стока и притока тепла. Если это соотношение не изменяется, то регулирующее воздействие на объект будет характеризоваться автоколебательным режимом, при котором величина воздействия принимает только два значения: $+\mu_m$ и $-\mu_m$. Эти значения соответствуют двум крайним положениям регулирующего органа: "Открыто" и "Закрыто".

Срабатывание регулятора на включение и на отключение регулирующего органа происходит при различных значениях регулируемого параметра (рис. 12) несмотря на то, что уставка (настройка заданного значения регулируемой величины) производится в определенной контрольной точке при X=0, где X – отклонение регулируемой величины от заданного значения. Это свойство, называемое петлей гистерезиса, является общим для всех релейных регуляторов (например, электромагнитного реле). Зону гистерезисной петли 2ε двухпозиционных регуляторов называют дифференциалом или зоной нечувствительности.

Двухпозиционными регуляторами оснащаются, как правило, объекты регулирования, обладающие значи-

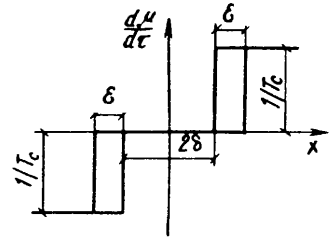


Рис.13. Характеристика регулятора постоянной скорости

тельной постоянной времени, т.е. большой инерционностью и самовыравниванием. Для повышения точности регулирования обычно стараются уменьшить дифференциал. Однако в случае малой величины постоянной времени объекта уменьшение дифференциала приводит к увеличению частоты срабатывания регулятора, что нежелательно. Поэтому оптимальная настройка двухпозиционных регуляторов возможна только за счет выбора зоны нечувствительности.

Чтобы устранить недостатки двухпозиционного регулирования в объектах с малой величиной постоянной времени, применяют трехпозиционное регулирование в виде так называемых регуляторов постоянной скорости. В таких регуляторах исполнительный механизм постоянной скорости (например, асинхронный реверсивный электродвигатель с редуктором) сочленен с регулирующим органом, который делает полный ход от открытия до закрытия за время T_c (рис. 13). Скорость перемещения исполнительного механизма, а следовательно и регулирующего органа $d\mu/d\tau$, определяется значением $1/T_c$.

Трехпозиционное регулирующее устройство обеспечивает, таким образом, три позиции управления исполнительным механизмом: 1) механизм включен на перемещение регулирующего органа в одном направлении; 2) механизм отключен (значение регулируемого параметра находится в пределах зоны нечувствительности); 3) механизм включен на перемещение регулирующего органа в обратном направлении. Срабатывание регулятора происходит при отклонении зна-

чения регулируемого параметра от данного значения x=0 на половину величины зоны нечувствительности δ.

Из статической характеристики регулятора видно, что он состоит из двух двухпозиционных регуляторов, каждый из которых имеет зону гистерезисной петли ε. В случае если $\varepsilon \ll \delta$, этой зоной можно пренебречь. Тогда параметрами настройки трехпозиционного регулятора являются скорость перестановки регулирующего органа $1/T_c$ и зона нечувствительности 2δ. Первый из этих параметров может изменяться ступенчато либо путем смены шестерен редуктора, либо установкой импульсного прерывателя. Однако чрезмерное увеличение зоны нечувствительности нежелательно, так как может привести к тому, что в процессе регулирования РО будет перемещаться без отключения от одного крайнего положения до другого. В этом случае процесс регулирования не будет отличаться от двухпозиционного. К тому же результату приводит значительное увеличение скорости перемещения РО: если время перемещения T_c становится намного меньше постоянной времени объекта регулирования T, то регулятор постоянной скорости работает в режиме релейного регулирования.

Для согласования величин T_c и T используются корректирующие устройства, улучшающие качество регулирования, т.е. точность и быстроту выведения параметра на заданную величину после воздействия возмущения. Одним из таких устройств является импульсный прерыватель, ограничивающий время включения исполнительного механизма при поступлении сигнала рассогласования от регулирующего устройства и тем самым как бы уменьшающий его скорость.

Импульсный прерыватель периодически включает исполнительный механизм, заставляя перемещаться его "толчками". При этом как величина периода подачи импульса, так и время паузы легко изменяются, что обеспечивает значительное улучшение динамических свойств системы автоматического регулирования. За счет выбора параметров настройки в широких преде-

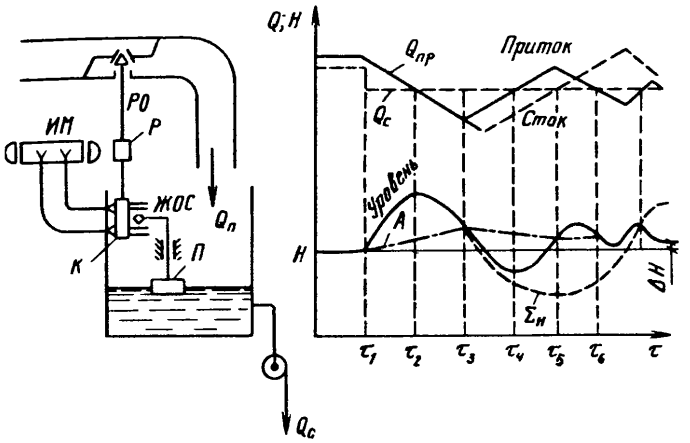


Рис.14. Регулирование уровня П-регулятором

лах один и тот же регулятор может успешно применяться для объектов регулирования, имеющих самые различные динамические характеристики.

Рассмотрим теперь действие пропорциональных или статических регуляторов, удовлетворяющих закону регулирования 8. Особенностью П-регуляторов является наличие жесткой обратной связи, сигнал которой передается от датчика положения исполнительного механизма, суммируется с сигналом рассогласования и поступает на вход регулирующего устройства.

На рис. 14 приведен типичный пример применения П-регулятора в объекте регулирования, не обладающем свойством самовыравнивания (в данном случае для регулирования уровня). Отсутствие самовыравнивания обусловлено установкой насоса, откачивающего жидкость из бака, так что повышение или понижение уровня в баке практически не влияет на производительность насоса. Условимся, что величину подачи насоса можно изменять скачкообразно.

В качестве датчика использован поплавок П, который передает изменение уровня жидкости на подвижное контактное устройство К, жестко связанное с ре-

гулирующим органом РО через редуктор Р. Исполнительный механизм ИМ, перемещая РО, одновременно изменяет положение контактов, причем при открывании регулирующего клапана контактное устройство поднимается, при закрывании – опускается, т.е. каждому положению РО соответствует определенное положение контактов (жесткая обратная связь).

При скачкообразном уменьшении стока в момент τ уровень в баке начнет возрастать. Регулятор уменьшит приток и контактное устройство переместится вверх. При $Q_{пр} = Q_c$ в момент τ_2 уровень достигнет наибольшего значения. Однако ИМ будет закрывать регулирующий клапан до тех пор, пока уровень не опустится ниже нового положения контактного устройства. Кривая перемещения контактного устройства представлена на графике рис. 14 линией А. В момент τ_3 в результате размыкания верхних контактов ИМ отключится, но уровень будет продолжать снижаться, что вызовет замыкание нижних контактов и включение ИМ на открывание регулирующего клапана. Одновременно с началом увеличения притока контактное устройство начнет перемещаться вниз, и в момент τ_4 снова будет достигнуто равенство $Q_{пр} = Q_c$, а уровень жидкости будет иметь минимальное значение. В следующий момент уровень будет выше положения контактного устройства и регулятор начнет уменьшать приток.

Процесс регулирования будет продолжаться до тех пор, пока уровень жидкости и положение контактного устройства (линии Н и А) не совпадут на одной высоте при одновременном равенстве притока и стока. Однако новый установившийся режим будет наблюдаться при некотором отклонении уровня жидкости ΔH от первоначального. Это отклонение называется остаточной неравномерностью регулятора, определяемой его статизмом.

Интегральные или статические регуляторы, реализующие закон регулирования 12, не имеют обратной

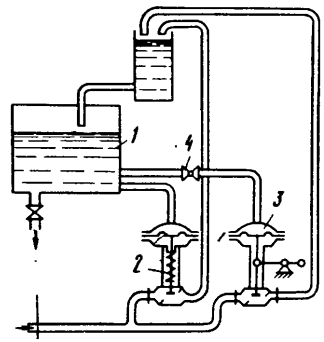


Рис.15. Схема изодромного регулятора

связи, поэтому они могут применяться только на объектах с самовыравниванием.

Регулятор с грузом, уравновешивающим мембрану, является астатическим, без обратной связи. Действительно, изменение положения штока клапана не вызывает противодействия перемещению мембраны, в каком бы положении груз не находился. Работа такого регулятора характеризуется колебательным переходным процессом. В процессе колебаний отклонения параметра от заданного значения становятся все меньше и меньше, пока переходный процесс не закончится. Однако при неправильной настройке системы регулирования переходный процесс может быть расходящимся, в системе возникает "качка", которая может вызвать выход оборудования из строя.

Изодромные регуляторы или регуляторы с упругой обратной связью основаны на пропорционально-интегральном законе регулирования (ПИ-регуляторы, рис. 15). У ПИ-регуляторов скорость перемещения регулирующего органа зависит как от величины, так и от скорости изменения регулируемого параметра.

По схеме работа регулятора происходит следующим образом. Регулирующий поток проходит через два параллельно установленных регулятора (статический 2 и астатический 3), а затем через промежуточную емкость поступает в бак 1.

При снижении уровня жидкости в баке первым сработает статический регулятор. Астатический регулятор, присоединенный к баку 1 через регулируемый дроссель 4, будет реагировать на снижение уровня замедленно. В то время как регулятор 2, резко увеличивая подачу жидкости в бак, повысит уровень и прекратит работу, регулятор 3 будет продолжать подачу жидкости. Процесс регулирования закончится, когда уровень жидкости в баке придет к первоначальному значению.

Пропорционально-дифференциальный и пропорционально-интегрально-дифференциальный регуляторы (сокращенно ПД- и ПИД-регуляторы) основаны на принципе регулирования, при котором на перемещение регулирующего органа дополнительно воздействует скорость изменения регулируемой величины. Для ПИД-регуляторов кроме величины $T_и$ вводится характеристика, называемая временем предварения $T_{пр}$. Введение этой характеристики дает возможность перемещать регулирующий орган с некоторым опережением, возрастающим по мере увеличения скорости изменения параметра. Величина $T_{пр}$ может составлять 0,1–1 0мин.

5. Свойства систем автоматического регулирования (САР) отопительных котлов и агрегатов

Все системы автоматического регулирования классифицируют по принципу регулирования на три типа: САР по возмущению, САР по отклонению, комбинированные САР.

САР по возмущению. Такие системы называют системами по принципу Понселе – Чиколева. Выходная величина J (рис. 16,а) изменяется под действием возмущающей силы F, воздействующей на объект регулирования (ОР). С целью компенсации изменения регулируемой величины возмущающее воздействие подается на регулирующее устройство (РУ). По-

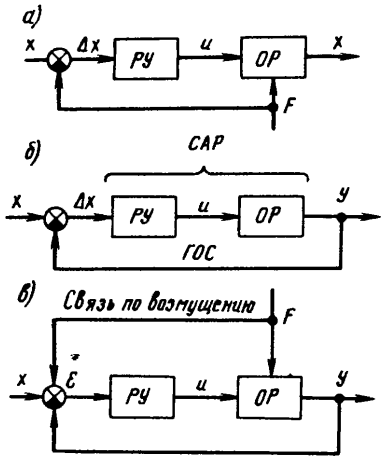


Рис.16. Блок-схемы САР

следнее вырабатывает управляющее воздействие $U = f(F)$, которое прикладывается к объекту регулирования таким образом, чтобы скомпенсировать изменение регулируемой величины y.

Достоинством САР по возмущению является быстродействие, так как регулирование осуществляется непосредственно по причине, вызвавшей изменение параметра. К недостаткам следует отнести то, что не всякое возмущение можно измерить, а также разомкнутый характер системы, т.е. выходная величина не сравнивается с входной величиной.

Существующие системы автоматического регулирования отопительных котельных относятся к системам регулирования по возмущению – колебанию температуры наружного воздуха. Применение данного метода становится возможным потому, что объект регулирования (отапливаемое помещение) обладает достаточно выраженным самовыравниванием регулируемого параметра – температуры внутреннего воздуха. Точность САР по возмущению повышается при применении отрицательной обратной связи, осуществляемой по регулирующему воздействию – температуре горячей воды на выходе котельной.

Датчик горячей воды обеспечивает также поддержание отопительного графика при изменении числа работающих котлов. Дополнительный котел включается при определенном понижении температуры наружного воздуха, когда теплопроизводительность работающих котлов не покрывает возросших теплопотерь.

Метод автоматического регулирования по возмущению является наиболее приемлемым для котельных, отапливающих средние и крупные здания, группы зданий и районы городской застройки. За рубежом этот метод применяют в своих системах фирмы "Siemens", "Sauter" и др.

САР по отклонению. Такие системы называют системами по принципу Ползунова – Уатта (рис. 16,б). Система замкнута через главную обратную связь (ГОС). Регулируемая величина x с обратным знаком подается через ГОС на вход РУ, которое вырабатывает управляющее воздействие $U=K\varepsilon$, пропорциональное ошибке рассогласования $\Delta x = x_0 - x$ (отклонению регулируемой величины x от ее заданного значения x_0). Управляющее воздействие прикладывается к объекту регулирования с таким расчетом, чтобы обеспечить равенство $x_0 = x_1$, где x_0 – требуемое значение регулируемой величины. Если $\Delta x > 0$, то регулятор соответственно увеличивает выходную величину x, а если $\Delta x < 0$, он уменьшает x, т.е. сводит Δx к минимуму.

Достоинством системы является весовая точность, так как происходит непрерывное сравнение выходной величины с входной. Недостатками системы являются, во-первых, возможность возникновения автоколебаний, так как система замкнутая; во-вторых, ее быстродействие ниже, чем САР по возмущению, так как регулирование осуществляется по следствию, а не по причине. Эти системы находят широкое применение в технике вентиляции и кондиционирования воздуха.

Затруднения при использовании САР по отклонению в котельных установках возникают в связи с тем, что в системе отопления существуют значительные

транспортные запаздывания и недостаточное быстродействие регулятора вызывает существенные нарушения температурного режима отапливаемых помещений. Кроме того, обычно одна котельная отапливает большое число помещений с различным регулируемым температурным режимом. Также неодинаково на разные помещения влияют возмущающие воздействия. Поэтому диапазон значений температуры воздуха в различных помещениях намного превышает допустимую точность регулирования.

По указанным причинам область применения САР по отклонению ограничивается небольшими системами, где между отапливаемыми помещениями существует определенная тепловая связь, а величина транспортного запаздывания незначительна. Этот метод, как указывалось, эффективен для отопительных агрегатов, расположенных, например, в общественных зданиях, в которых на изменения температурного режима определяющее влияние оказывают внутренние выделения тепла.

Комбинированные САР. Этим системам (рис. 16,в) присущи достоинства первых двух систем, а именно высокая точность и быстродействие. Однако сложность аппаратурного выполнения, в частности отсутствие надежных датчиков и регуляторов, пока не позволяет применять этот метод в котельных установках. В системах кондиционирования воздуха комбинированные САР находят применение при регулировании давления воздуха (регуляторы прямого действия).

Современное развитие теории и практики регулирования процессов на многих, в том числе и на теплотехнических, объектах показало недостаточность изложенных принципов управления, а следовательно, необходимость более совершенных систем регулирования. К таким новым принципам относятся принцип автоматического поиска и принцип регулирования по экстремальным значениям. На основе этих принципов строятся так называемые самонастраивающиеся системы автоматического регулирования. Такие системы со-

держат вычислительное устройство, которое анализирует процесс управления и либо изменяет структуру системы, либо автоматически непрерывно изменяет установку регулятора так, чтобы в обоих случаях обеспечить наилучшее протекание процесса регулирования.

6. Устойчивость, качество и методы оптимального регулирования

Система автоматического регулирования считается устойчивой, если колебания, возникшие при переходном процессе, затухают. Если колебания не затухают, система считается неустойчивой. Характер переходного процесса и качество регулирования тесно связаны с динамическими свойствами объекта регулирования и определяется видом и характером возмущений, видом регулятора и регулирующего органа.

Для разных технологических процессов в зависимости от необходимого хода процесса, характера возмущения и других факторов предъявляются различные требования к виду переходного процесса, который для данных условий рассматривается как оптимальный. На основании опытов и теоретических обобщений для различных по своим свойствам объектов установлен ряд типовых оптимальных процессов регулирования.

Каждый из этих процессов имеет свои особенности и преимущественную область применения. На рис. 17 изображены типовые оптимальные переходные процессы при регулировании статических объектов, а на рис. 18 – при регулировании астатических объектов.

1. Граничный апериодический (происходящий по экспоненте) переходный процесс (рис. 17,а) характеризуется полным отсутствием перерегулирования, т.е. колебательности процесса, выражаемой отношением противоположно направленной амплитуды второго отклонения x_2 к первой максимальной амплитуде x_1. Этот переходный процесс протекает при минимальном

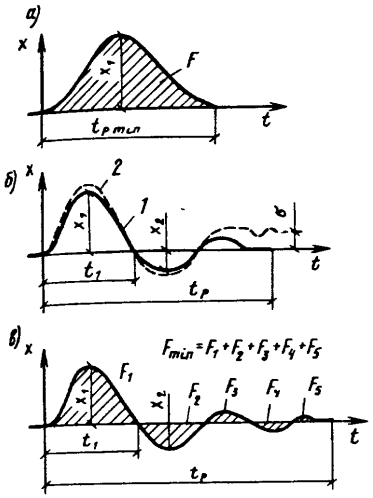


Рис.17. Типовые оптимальные переходные процессы при регулировании статических объектов

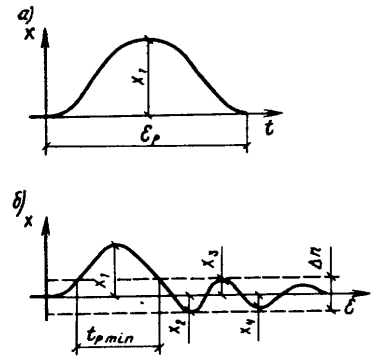


Рис.18. Типовые оптимальные переходные процессы при регулировании астатических объектов
а – граничный апериодический; б – с оптимальным временем регулирования

регулирующем воздействии, что может быть необходимым в случае, когда такое воздействие сказывается отрицательно на других регулируемых величинах. Время регулирования данного процесса t_p зависит от величины возмущающего воздействия.

П. Переходный процесс с 20%-ным перерегулированием (рис. 17,б) может содержать остаточное отклонение δ (кривая 2), которое представляет собой разность между старым и новым установившимися значениями регулируемой величины. Такой процесс целесообразно применять, если апериодический процесс получить не удается, а некоторое перерегулирование допустимо.

Максимальное время первого полупериода колебаний t_1, в течение которого происходит наибольшее динамическое отклонение регулируемой величины от заданной, также является характеристикой данного

переходного процесса. Чем больше величина возмущения, тем больше амплитуда первого отклонения x_1, время t_1 и время регулирования $t_р$. Процесс, изображенный кривой 1, не содержит остаточного отклонения (это зависит от свойств регулятора).

III. Переходный процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения P_{min} регулируемой величины от заданного значения отличается наибольшим регулирующим воздействием, перерегулированием в пределах 40–50% и максимальным временем регулирования $t_р$. Однако он характеризуется наименьшей величиной максимального динамического отклонения (рис. 17,в). Процесс этого типа применим в тех случаях, когда главная задача автоматического регулятора состоит в обеспечении минимального остаточного отклонения.

Для астатических объектов граничный апериодический переходный процесс (рис. 18,а) характеризуется максимальной устойчивостью регулирования и максимальным динамическим отклонением при минимальном регулирующем воздействии.

Затухающий колебательный переходный процесс с оптимальным временем регулирования (рис. 18,б) характеризуется тем, что амплитуда отклонения x_2 и все последующие амплитуды не превышают величины зоны нечувствительности 2δ автоматического регулятора, вследствие чего общим временем регулирования считается лишь время первого полупериода, ограниченного величиной δ. Время регулирования $t_{р\,min}$ данного переходного процесса является минимальным из всех рассмотренных переходных процессов.

При выборе регулятора, оптимального для данного технологического процесса, необходимо руководствоваться характером типового переходного процесса, так как от этого зависят расчетная величина коэффициента передачи системы, коэффициента усиления и динамического коэффициента регулирования.

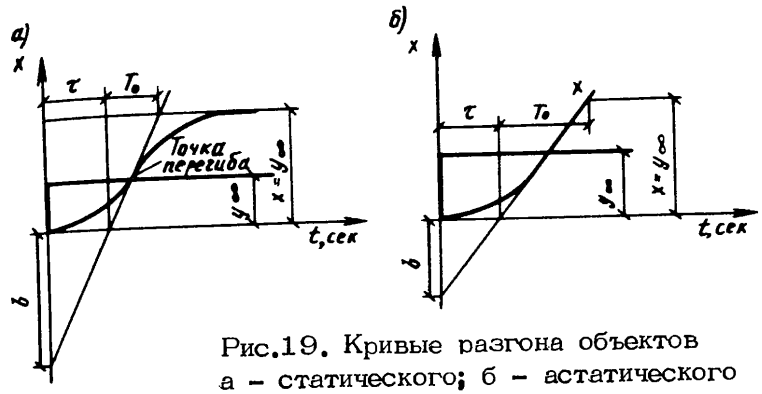


Рис.19. Кривые разгона объектов
а – статического; б – астатического

Коэффициентом передачи (усиления) системы $K_с$ называется произведение коэффициентов передачи объекта $K_{об}$ и регулятора $K_р$. Коэффициент усиления объекта с самовыравниванием определяется по значениям ординат в установившемся режиме

$$K_{об}=\frac{x_{(\infty)}-x_o}{y_{(\infty)}-y_o},$$

где $x_{(\infty)}$ и $y_{(\infty)}$ – соответственно значения регулируемой величины и возмущающего воздействия, определяемые из кривых разгона (рис. 19).

В случае объекта без самовыравнивания коэффициент усиления можно принимать равным единице ($K_{об}=1$). Для расчета параметров настройки регулятора следует выбирать кривую разгона, на которой T_o и τ имеют наибольшее значение. Для объекта без самовыравнивания постоянная времени T_o равна отрезку времени, в течение которого регулируемая величина x отклоняется на величину возмущающего воздействия y.

Необходимое количество регулирования можно получить, подбирая соответствующую комбинацию динамических свойств объекта регулирования, вида регулятора (закона регулирования) и величины возмущающего воздействия. Качество регулирования оценивает-

ся следующими показателями переходных процессов: максимальное динамическое отклонение регулируемой величины от заданного значения, или динамический коэффициент регулирования $R_д$; время регулирования (t_1 , $t_р$); перерегулирование; остаточное отклонение регулируемой величины.

Имея в виду, что эти показатели определяются значениями параметров настройки регуляторов и принятого закона регулирования, целесообразно для определения соответствующих зависимостей составить сводку расчетных формул, приведенных в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Формулы для определения оптимальных настроек регуляторов при установке на статические объекты

Тип регулятора	Тип оптимального переходного процесса (обозначения в тексте)		
	I	II	III
П	$K_р = \frac{0,3}{K_{об}\tau/T_о}$	$K_р = \frac{0,7}{K_{об}\tau/T_о}$	$K_р = \frac{0,9}{K_{об}\tau/T_о}$
И	$K_р = \frac{1}{45K_{об}T_о}$	$K_р = \frac{1}{1,7K_{об}T_о}$	$K_р = \frac{1}{1,7K_{об}T_о}$
ПИ	$K_р = \frac{0,95}{K_{об}\tau/T_о}$	$K_р = \frac{0,7}{K_{об}\tau/T_о}$	$K_р = \frac{1}{K_{об}\tau/T_о}$

Таблица 2. Оптимальные значения показателей качества регулирования астатических объектов

Тип регулятора	Тип оптимального переходного процесса (обозначения в тексте)		
	I	II	III
П	$R_д = 2,7$ –	$R_д = 1,43$ $t_1/\tau = 1,5$	–
ПИ	$R_д = 1,9$ $t_р/\tau = 13,2$	$R_д = 1,62$ $t_1/\tau = 5,2$	$R_д = 1,68$ $t_р/\tau = 6,4$
ПИД	$R_д = 1,32$ $t_р/\tau = 9,8$	$R_д = 1,12$ $t_1/\tau = 3,4$	$R_д = 1,12$ $t_р/\tau = 3,8$

Как показывают исследования систем с различными объектами и регуляторами, при выборе типа регулятора для обеспечения устойчивой его работы можно пользоваться следующими критериями применимости:

1) релейных регуляторов – при условии

$$x_{ср}\% > 200\,\frac{\tau}{T_о}\ ;$$

2) П-регуляторов для объектов с самовыравниванием при общем коэффициенте усиления, равном:

$$K_с = K_{об}K_р > \left(\frac{K_{об}F}{\Delta x} - 1\right)$$

и для объектов без самовыравнивания при

$$K_р > \frac{F}{\Delta x}\ ,$$

где F – величина возмущающего воздействия;

3) И-регуляторов, если $\Delta x < \Delta x_н$, т.е. допус-

тимое значение ошибки меньше зоны нечувствительности регулятора;

4) ПИ и ПИД-регуляторов – без нарушения устойчивости во всех случаях.

Эти критерии применимы в основном для систем с одним регулятором и одной регулируемой величиной. Для более сложных систем существуют особые правила подбора регуляторов.

ГЛАВА II
СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛАХ И АГРЕГАТАХ, РАБОТАЮЩИХ НА ГАЗЕ И ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ

1. Устройства автоматического регулирования и контроля давления газа

Для устойчивого регулирования работы отопительных котлов необходимо обеспечить заданное рабочее давление газа. Это осуществляется газорегуляторной установкой (ГРУ) котельной, в которой давление поступающего газа редуцируется до рабочего давления газогорелочных устройств.

Оборудование ГРУ (рис. 20) располагается по ходу движения газа в такой последовательности: главная запорная задвижка 7 на воде в котельную, фильтр 8, предохранительный малогабаритный клапан 9 типа ПКВ-100, универсальный регулятор давления 10 типа РДУК-2-100 (системы Ф.Ф. Казанцева), задвижка или кран 11 на выходе из ГРУ, ротационный газовый счетчик 12 типа РС-100, пружинный сбросной клапан 1 типа ПСК-50 на линии сброса газа в продувочную свечу.

Для возможности работы в обход главного регулятора давления монтируется байпасная линия ГРУ 2, на которой располагаются запорный кран 5 и регулирующая запорная задвижка 3 с выдвижным шпинделем. Для изменения давления газа на входе и выходе из ГРУ устанавливаются манометры 6 и 13 типа. ОБМ-160. Такой же манометр 4 устанавливается на байпасе.

ГРУ снабжена продувочными линиями, которые необходимы для освобождения от газа и продувки оборудования установки при производстве ремонтных и

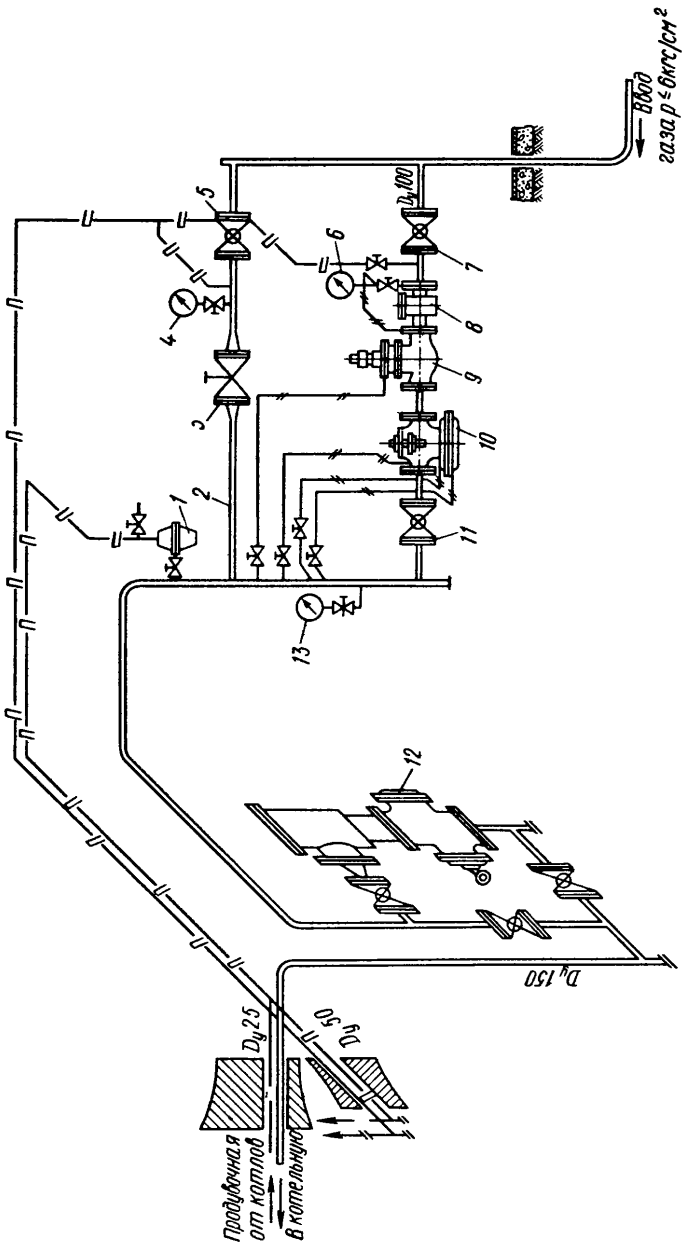


Рис.20. Схема оборудования газорегуляторной установки котельной

профилактических работ. Попутно в ГРУ выводится продувочная линия газопровода котельной.

Малогабаритные запорные клапаны ПКН (низкого давления) и ПКВ (высокого давления) предназначены для отключения подачи газа при повышении или понижении давления газа после регулятора РДУК сверхдопустимого. Рабочий импульс по давлению газа подается под мембрану головки клапана. Отбор импульса осуществляется за регулятором РДУК.

Клапан ПСК устанавливается после РДУК и предназначен для сброса в атмосферу через сбросной газопровод избыточного давления газа при кратковременных повышениях давления за регулятором. Его настройку во избежание частых срабатываний предохранительного клапана от случайного кратковременного повышения давления газа производят на давление, меньшее на 10% верхнего предела настройки ПКВ. Клапан ПСК работает только с ПКВ. При редуцировании входного давления газа до низкого давления 1000–2000 Па предохранительный клапан ПКН оснащается гидрозатвором, который заполняется веретенным маслом. В этом случае гидрозатвор должен срабатывать от кратковременного повышения давления раньше, чем ПКН.

Регуляторы давления газа. Основным элементом газорегуляторной установки является регулятор давления универсальной системы Ф.Ф. Казанцева (рис. 21), предназначенный для понижения давления газа на входе (0,3–0,6 МПа) до необходимого рабочего давления: 0,06–0,3 МПа (среднее давление) или 1 – 5 КПа (низкое давление). Настройка на требуемое выходное давление осуществляется приставками управления (пилотами) соответственно высокого КВ–2 и низкого КН–2 давления.

Регулятор давления РДУК–2–100 состоит из регулирующего клапана и регулятора управления (пилота) КН–2, связанного импульсными линиями с газопроводом после регулятора и с подмембранным прост-

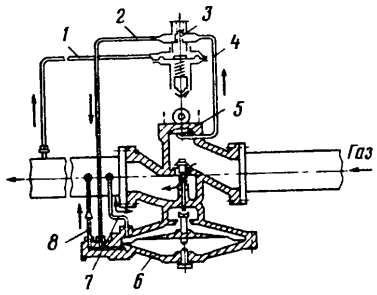


Рис.21. Схема регулятора давления РДУК-2-100

ранством регулирующего клапана. Через фильтр 5 газ под входным давлением по импульсной трубке 4 поступает на клапан пилота 3 и затем по импульсной трубке 2 в мембранную камеру 6 регулирующего клапана. Импульсная трубка 8 имеет дроссель, через который в газопровод после регулятора сбрасывается избыток газа. Регулируемое давление газа подводится импульсными трубками 7 и 1 в надмембранное пространство камер регулятора и пилота.

Подъемная сила мембраны создается разностью давлений газа в под- и надмембранной полостях камеры. Величина перепада регулируется с помощью пружины пилота. При уменьшении расхода газа давление в газопроводе за регулятором повысится, мембрана регулятора и клапан пилота, преодолевая усилие пружины, начнут опускаться. Давление под мембраной при этом снизится, и основной клапан будет закрываться, пока проходное сечение его седла не станет достаточным для восстановления первоначального давления газа на выходе.

Многолетний опыт эксплуатации регуляторов РДУК показывает, что их конструкция удовлетворяет предъявляемым требованиям. Однако эти регуляторы имеют некоторые недостатки: запаздывание в регулировании при быстрых изменениях расходов газа; вероятность возникновения незатухающих колебаний (качки); конструкция элемента настройки не всегда позволяет производить быструю наладку регулятора.

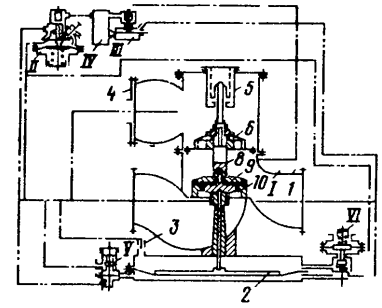


Рис.22. Схема унифицированного регулятора давления РДУК-2-М-100

Запаздывание в регулировании и качка являются причиной ложного срабатывания предохранительных клапанов, что приводит к отключению подачи газа к горелкам объекта. При больших перепадах давлений иногда происходит вырывание мягкого уплотнителя клапана из мест заделки. Унифицированный регулятор давления РДУК-2-М-100 (рис. 22) состоит из регулирующего клапана 1, корпуса 1 с расположенным внизу мембранным приводом 2. Корпус имеет седло и клапан 3. Уплотнительный клапан 10 выполнен в виде манжеты, в верхней своей части зажатой между корпусом клапана и тарелкой. Конструкция уплотнителя 10 и способ его крепления обеспечивают нормальную работу клапана при большом перепаде давлений на нем. Верхняя часть регулирующего клапана выполнена в виде приставки 7 и имеет седло и клапан 6, навернутый на резьбу штока 8, прочно закрепленного в клапане 9. Способ крепления клапана 6 позволяет расположить его относительно клапана 9 так, что оба клапана плотно прилегают к своим седлам под действием пружины 5. Клапаны 6 и 9, имеющие равные седла, при закрытом положении взаимно уравновешивают силы давления газа. Чтобы равновесие не нарушалось при открытых клапанах, за клапаном 6 установлен дроссель 4, благодаря которому перепад давлений на клапане 6 всегда равен перепаду давлений на клапане 9.

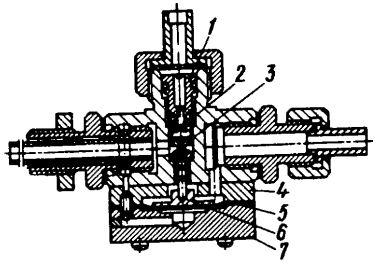


Рис.23. Стабилизатор перепада давлений
1 – седло; 2 – пружина; 3 – клапан; 4 – корпус; 5 – мембрана; 6 – жесткий центр мембраны; 7 – крышка

Вторым основным прибором регулятора РДУК-2-М-100 является регулятор управления П. Принцип действия регулятора управления и его взаимодействие с регулирующим клапаном 1 ничем не отличаются от РДУК-2-100. Конструкция регулятора управления РУД (двухрежимный) отличается от регулятора управления КН-2 тем, что у него имеются две мембраны. Под регулятором управления П устанавливаются стабилизатор перепада Ш и емкость 1У. Стабилизатор перепада поддерживает постоянный перепад давлений между входом и выходом регулятора управления. Благодаря стабилизатору управления работа регулятора давления становится более стабильной и менее зависимой от изменений входного давления.

Стабилизатор перепада (рис. 23) имеет мембрану, клапан, седло, пружину. Сверху на мембрану действует давление, равное давлению подмембранного пространства регулирующего клапана и силе пружины. Давление в нижней части мембранной полости и в емкости 1У (см. рис. 22) равно давлению в подмембранном пространстве регулирующего клапана плюс величина N/F, где N – сила пружины (см. рис. 23), Н, а F – площадь мембраны, м^2.

Поскольку сила пружины и площадь мембраны – величины постоянные, то перепад давления между подмембранным пространством регулирующего клапана и емкостью 1У также будет величиной постоянной. Очевидно, что этот перепад равен перепаду давлений на клапане регулятора управления. Блок настройки У (см.

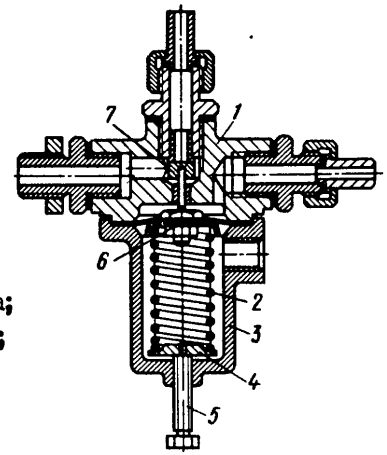


Рис.24. Ускорительный клапан
1 – корпус; 2 – мембрана; 3 – крышка; 4 – клапан; 5 – регулировочный винт; 6 – тарелка пружины; 7 – шток; 8 – пружина

рис. 22) служит для облегчения подбора дросселей регулятора давления, предохранения мембраны регулирующего клапана от избыточного давления и для устранения вибрации (качки) регулятора.

В тех случаях когда в процессе эксплуатации возможны резкие изменения расхода газа, в схему регулятора включают ускорительный клапан 1У (рис. 24). При резком уменьшении расхода газа давление за регулятором быстро возрастает. Так как надмембранная и подмембранная камера регулирующего клапана связаны с газопроводом за регулятором импульсной линией, на которой устанавливается дроссель, то поступление газа в камеры происходит медленно, что вызывает запаздывание в перемещении клапанов регулятора.

При наличии ускорительного клапана запаздывания перемещения клапанов не будет. При повышении давления газа за регулятором мембрана 6, преодолевая усилие пружины 2, опускается вниз. При этом клапан 7 открывается и связывает широким проходом камеры подмембранного и надмембранного пространства регулирующего клапана. Это вызывает ускорение движения клапанов регулятора вниз, чем и предотвра-

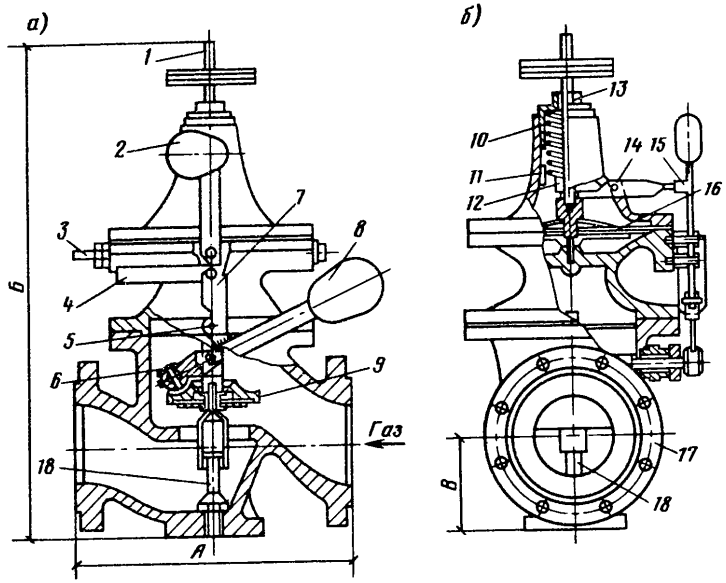


Рис.25. Предохранительный запорный клапан а – вид сбоку со стороны ударника; б – вид со стороны выходного отверстия

щается дальнейшее повышение давления газа за регулятором.

Предохранительные устройства. Предохранительные клапаны типа ПКВ и ПКН. Малогабаритные запорно-предохранительные клапаны ПКН и ПКВ (рис. 25) предназначены для автоматического отключения подачи газа в котельных и промышленных регуляторных пунктах при повышении или понижении давления газа в газопроводе на выходе после регулятора сверх допустимых пределов.

По конструкции эти клапаны несколько отличаются от широко распространенных в настоящее время предохранительных клапанов. ПКВ и ПКН имеют литой чугунный корпус с фланцами, основной и перепускной клапаны (перепускной необходим для выравнивания давления до и после клапана), мембрану с пружиной,

штоком и грузами, анкерный рычаг и ударник. Работа запорно-предохранительного клапана заключается в следующем. Импульс выходного давления подается под мембрану через импульсный штуцер 3. Грузами на штоке 1 и пружиной 10 регулируется работа клапана при минимальном и максимальном давлении.

Сжатие пружины осуществляется поворотом регулировочной гайки 13. В открытом положении клапана ударник 2 нижним концом упирается в выступ анкерного рычага 4, а анкер 7 рычага сцеплен с штифтом 5, сцепной выступ ударника 15 сцеплен с коромыслом 14. Газ, поступающий под мембрану через штуцер 3, своим давлением снизу уравновешивает мембрану 16, и она занимает среднее положение. Гайка 12 мембраны прижата к тарелке 11, на которую опирается мембранная пружина 10. При неизменном выходном давлении пружина 10 не действует на мембрану. В этом случае коромысло 14 сцеплено с выступом 15 ударника 2 и находится в горизонтальном положении. При повышении выходного давления после регулятора мембрана 16 со штоком 1 начнет подниматься и сжимать пружину 10. В этом случае внутренний конец коромысла 14 освободится из зацепления с выступом 15 ударника 2. Ударник 2, падая на конец анкерного рычага 4, освободит из зацепления анкер 7, рычаг 8 опустится и клапан 9 под тяжестью рычага и собственной массы перекроет проход газу. При понижении на выходе регулятора ниже допустимого понизится давление и под мембраной 16.

В этом случае мембрана со штоком 1 будет опускаться, освободиться из зацепления наружный конец коромысла 14 с выступом 15 ударника 2, и, как описано выше, клапан 9 закроется.

Пружинный предохранительный клапан. Пружинные предохранительные клапаны применяются в ГРП котельных, работающих на газе среднего давления. Они предназначены для сброса части газа в атмосферу в целях защиты газового оборудования от недопустимого повышения давления газа за регулято-

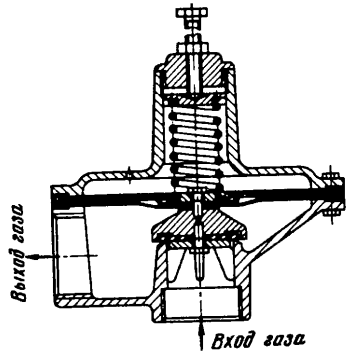


Рис.26. Пружинный сбросной клапан

ром в случае неплотного закрытия предохранительно-запорного клапана при его срабатывании.

На рис. 26 показано устройство пружинного предохранительного клапана. Принцип его работы заключается в следующем. С одной стороны на односедельный клапан оказывает давление газ, с другой – пружина. При повышении давления газа сверх допустимого усилие пружины становится недостаточным для удержания клапана в закрытом положении, и он приподнимается, открывая проход газу в атмосферу. Как только давление газа достигнет заданного предела, клапан возвращается в исходное положение, закрывая проход газу. Предохранительные пружинные клапаны снабжены сменными пружинами, необходимыми при настройке их на различные рабочие давления.

Гидравлический предохранительный затвор. Для сброса газа при повышении давления на выходе регулятора сверх допустимого применяется гидравлический предохранительный затвор (рис. 27). Он получил широкое распространение в регуляторных пунктах низкого давления. Затвор состоит из корпуса 1, трубы с фланцем 2 для присоединения к входному газопроводу, трубы с фланцем 3 для присоединения к выхлопному газопроводу, мерной стеклянной трубки 4 и закрываемого пробкой отверстия 5 для заполнения гидравлического затвора жидкостью (вода, масло и

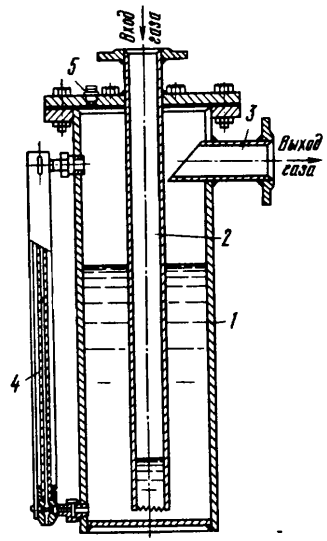


Рис.27. Гидравлический предохранительный затвор

др.). Через отверстие 5 гидравлический затвор заполняется водой или маслом (чаще всего маслом) до уровня, превышающего на 30–50 мм рабочее давление. При повышении давления газа на выходе регулятора сверх допустимого возрастает давление в трубе 2, присоединенной к выходному газопроводу. Если давление газа превысит давление столба жидкости в сосуде гидрозатвора, то газ, прорываясь через жидкость, будет выходить по трубе 3 в атмосферу. Гидравлические затворы являются высокочувствительными приборами и применяются для давлений до 8–10 КПа.

Приборы контроля давления газа и перепада давления. Пружинные манометры. Они применяются для измерения средних и высоких избыточных давлений. По своему устройству пружинные манометры являются очень простыми, удобными и долговечными приборами. Для измерения давлений используется упругость различных пружин, мембран, сильфонов, из которых выполнены рабочие органы манометров (рис. 28). В комплекте с электрическими датчиками пружинные манометры дают возможность осуществлять

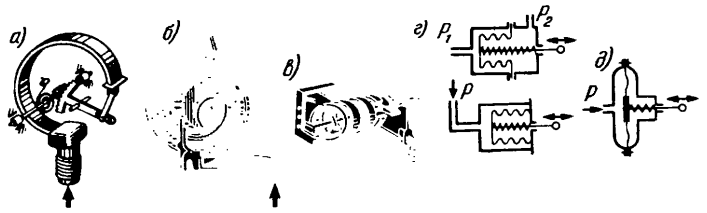


Рис. 28. Чувствительные элементы манометров а – трубчатая пружина; б – спиральная пружина; в – геликоидальная пружина; г – сильфоны внутреннего и внешнего действия среды; д – плоская мембрана

дистанционную и телемеханическую передачу показаний на расстояние и их автоматическую запись.

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной. Рабочим органом таких манометров является полая трубка, изогнутая по окружности на 270°. Она изготовляется из латуни, а для более высоких давлений – из высококачественной стали.

Один конец пружины соединяется с ниппелем для входа газа, другой является глухим. На рис. 29 дано устройство показывающего манометра с одновитковой пружиной. В стальном корпусе 2 с лицевой стороны за стеклом помещен механизм манометра. Избыточное давление газа подается через ниппель 9 в манометрическую пружину 3. По мере увеличения давления свободный конец пружины отходит вправо и вверх. При этом тягой 8 поворачивается зубчатый сектор 7, который сцеплен с шестерней 6, закрепленной на одной оси со стрелкой 4. В этом случае стрелка отклоняется вправо по шкале 1. Для достижения устойчивого положения стрелки и устранения возможной ее вибрации вследствие зазоров зубчатого сцепления в механизме устанавливается пружинный волосок 5, наличие которого уменьшает возможную погрешность при отсчетах показаний давления.

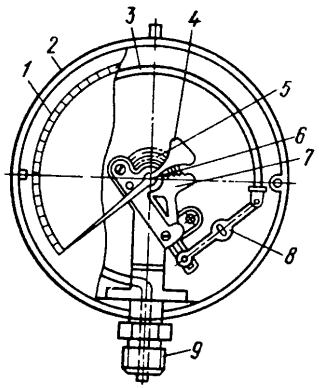


Рис. 29. Устройство показывающего манометра с одновитковой пружиной

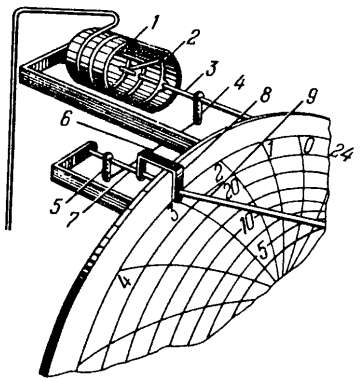


Рис. 30. Схема самопишущего манометра МГ с геликоидальной пружиной

Манометры с многовитковой (геликоидальной) трубчатой пружиной. Манометры с многовитковой трубчатой пружиной являются, как правило, регистрирующими манометрами. Рабочим органом в этих манометрах является многовитковая трубчатая пружина диаметром 30 мм. Пружина имеет 6–9 витков. Усилия, развиваемые пружиной, позволяют осуществлять автоматическую запись показаний и их дистанционную передачу.

На рис. 30 приведена схема самопишущего манометра с геликоидальной пружиной типа МГ. Свободный конец винтовой манометрической пружины 1 при изменении давления рычагом 2 поворачивает ось 3; при этом движение рычагов 4, 5 и тяги 6 передается оси 7, на которой закреплен мостик 8, соединенный со стрелкой 9 и пером. Таким образом, при изменении давления в пружине происходит перемещение пера на дисковой картограмме. Картограмма приводится в движение от часового механизма или синхронного электродвигателя.

Сильфонные манометры. Для измерения невысоких давлений (до 0,5 МПа) нашли широкое при-

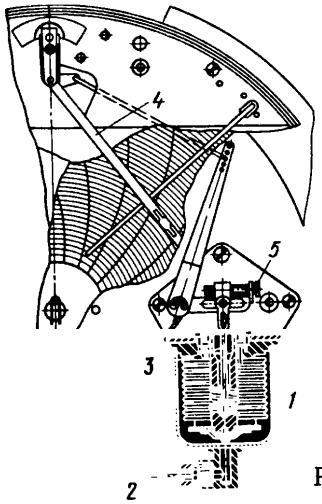


Рис.31. Схема манометра МС

менение сильфонные манометры типа МС (МС-410, МС-610, МС-612 и др.). Чувствительным элементом такого прибора является патрубок-сильфон, который изнутри подпирается винтовой пружиной, а давление измеряемой среды воспринимается внешней поверхностью его.

На рис. 31 приведена схема манометра МС. Принцип работы сильфонного самопишущего манометра заключается в следующем. В стакан сильфона 1 через ниппель 2 поступает импульс измеряемого давления, которое воздействует на сильфон снаружи. Под воздействием этого давления сильфон сжимается и перемещает шток 3 вверх, который через систему рычагов передвигает стрелку 4 пера. Передвигаясь по картограмме, перо фиксирует виличину измеряемого давления. Тарировка и регулировка прибора производится с помощью винта 5.

Электроиндукционные манометры. Электроиндукционные манометры применяются для измерения давления газа на расстоянии. На рис. 32 показана схема комплекта указывающего электрического ма-

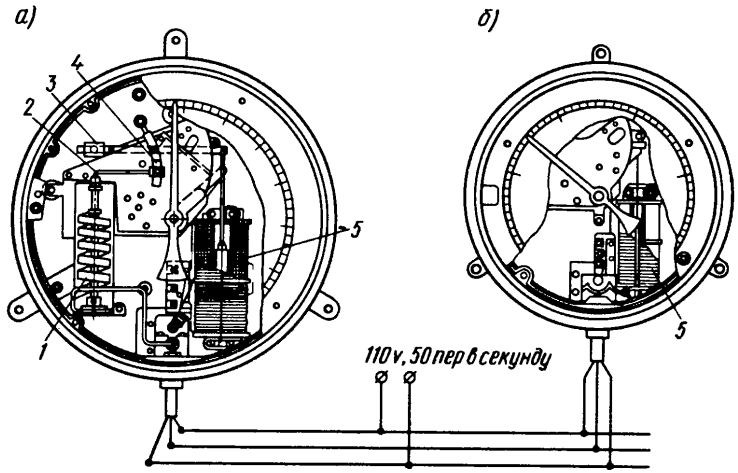


Рис.32. Комплект электроиндукционного манометра МУЭ
а - датчик МУЭ; б - вторичный прибор

нометра МУЭ. Вторичными приборами для этого манометра могут служить приборы Э-280, Э-610 и Э-278. Принцип работы электроиндукционного манометра заключается в следующем. Импульсы давления газа чувствительным элементом прибора - геликоидальной пружиной 1 передаются через поводок 2 рычагу 4, соединенному с коромыслом 3. Коромысло связано с плунжером индукционной катушки 5. Первичный прибор МУЭ (датчик) связан электрическими проводами со вторичным прибором (приемником). Перемещение плунжера датчика вызывает изменение индуктивного сопротивления приемника, плунжер которого и стрелка, указывающая величину давления, перемещаются на ту же величину. Шкала манометра отградуирована в кгс/м^2 или в кгс/см^2.

Дифференциальные манометры. Они используются при измерении расхода с помощью дроссельных приборов.

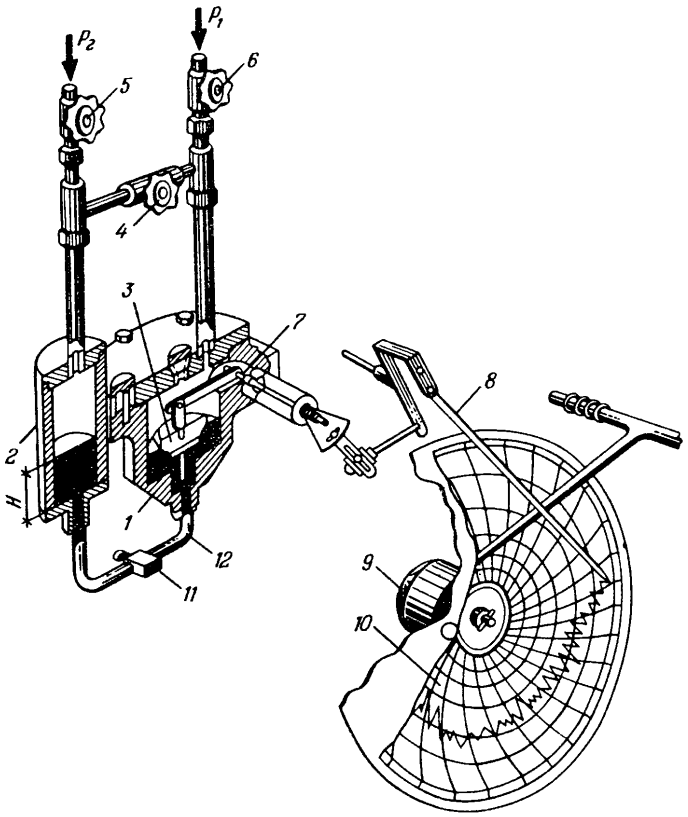


Рис.33. Схема расходомера ДП

На рис. 33 показана схема расходомера ДП. Прибор состоит из двух металлических сосудов: поплавкового (плюсового) и сменного (минусового). Оба сосуда дифманометра смонтированы на чугунном кронштейне, на котором укреплен корпус прибора.

К поплавковому сосуду подводится большее давление, к сменному меньшее. Стальной поплавок 3 находится на поверхности ртути в поплавковом сосуде. Вследствие разности давлений P_1-P_2 ртуть перетекает из сосуда 1 в сосуд 2, образуя столбик H, уравновешивающий величину этой разности. Стальной поплавок опускается, вызывая поворот оси 7, которая приводит в движение передаточный механизм прибора. Поплавок 3 при изменении расхода, перемещаясь, вызывает посредством передаточного механизма отклонение стрелки 8 по шкале (на указывающих приборах) или пера по круглой картограмме 10 (у регистрирующих приборов). Поплавковый сосуд 1 соединен U -образной трубкой 12 со сменным сосудом 2. В средней части этой трубки имеется пробка в кране 11 для слива ртути из сосудов.

Под поплавком 3 помещается Т-образный клапан, который разобщает плюсовый и минусовый сосуды в случае резкого повышения перепада и таким образом предотвращает выброс ртути из прибора. На импульсных трубках, подводящих газ к плюсовому и сменному сосудам, устанавливаются игольчатые вентили 5 и 6. На уравнительной трубке монтируется уравнительный вентиль 4.

Для вращения картограммы служит синхронный двигатель или часовой механизм 9 с шестисуточным заводом. Синхронный двигатель СД-60, устанавливаемый в приборах, питается от сети переменного тока 127 В. Потребляемая мощность 13 Вт.

Дистанционное измерение расхода газа с помощью дифманометра ДМИ и вторичного прибора ВФ. На газорегуляторных пунктах, питающих промышленные предприятия, ТЭЦ, мощные районные котельные, где имеется обслуживающий дежурный персонал, устанавливаются для замера расхода газа дифманометр ДМИ с вторичным прибором ВФ.

Дифманометр мембранный с индукционным датчиком ДМИ является бесшкальным первичным прибором, который преобразует измеряемую величину в пропорциональный ей электрический сигнал.

Приборы ДМИ применяются в комплекте с вторичными приборами ВФ, снабженными ферродинамическими датчиками ДФ1. На рис. 34 показана принципи-

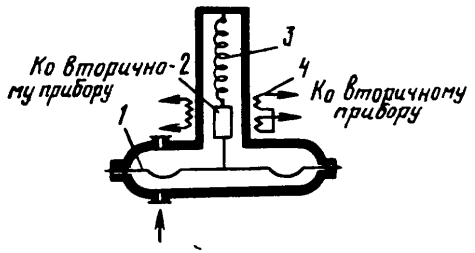


Рис.34. Принципиальная схема дифманометра ДМИ

альная схема прибора ДМИ. Чувствительным элементом дифманометра является мембрана 1. При разности давлений над мембраной и под мембраной мембрана и жестко связанный с ней плунжер 2 индукционного датчика 4 перемещаются. Усилие от приложенной к мембране разности давлений уравновешивается силой пружины 3. Перемещение плунжера 2 индукционным датчиком преобразуется в э.д.с. Максимально допустимое рабочее давление измеряемой среды 6,4 МПа.

На рис. 35 изображена принципиальная схема дистанционной передачи измерений на вторичный прибор ВФ. В схему дистанционной передачи входят индукционный датчик ДИ прибора ДМИ, компенсирующий ферродинамический датчик ДФ, электронный усилитель УЭ и реверсивный конденсаторный двигатель Д вторичного прибора. Передача электрического сигнала осуществляется компенсационным методом. Обмотки возбуждения датчиков ДИ и ДФ соединены последовательно и питаются напряжением 127 В со стороны вторичного прибора. Рамка ферродинамического датчика и выходная обмотка индукционного датчика включены так, что на вход электронного усилителя вторичного прибора подается разность э.д.с. Е. Если эта разность не равна нулю, то двигатель Д вращается, поворачивая рамку ДФ до наступления баланса, т.е.

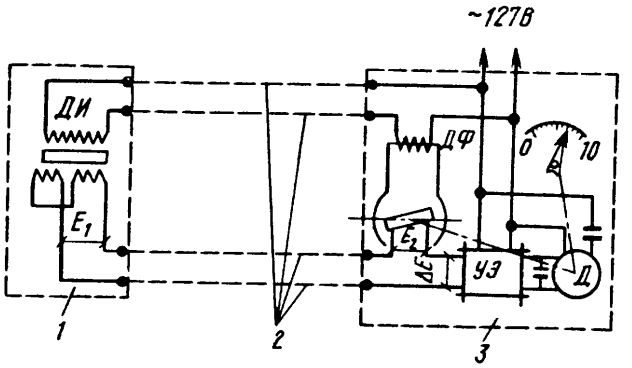


Рис.35. Схема дистанционной передачи измерений на вторичный прибор ВФ
1 – дифманометр ДМИ; 2 – линии связи; 3 – вторичный прибор ВФ

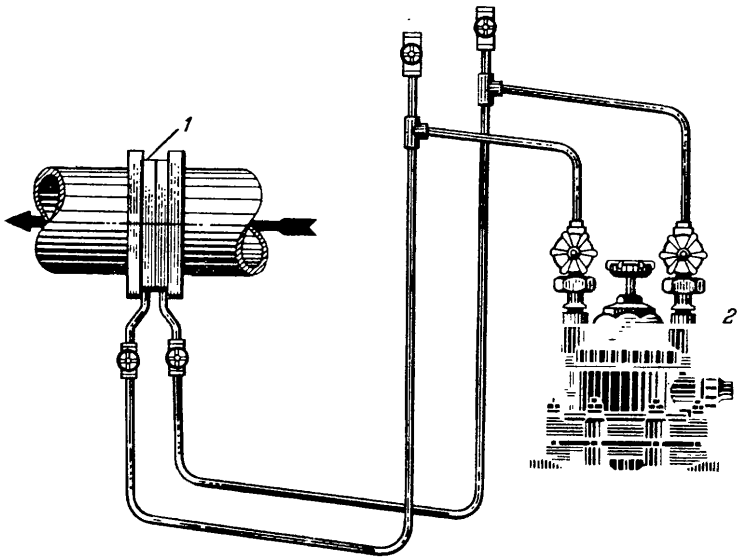


Рис.36. Схема присоединения дифманометра ДМИ к дроссельному органу

когда E = 0. Одновременно двигатель перемещает стрелку и перо вторичного прибора. Таким образом, стрелка прибора ВФ непрерывно показывает величину измеряемого параметра.

На рис. 36 показана схема присоединения дифманометра 2 к дроссельному устройству 1 (диафрагма). Расстояние от места отбора давления не должно превышать 50 м, считая по длине соединительных трубок. Показывающие и самопишущие вторичные приборы типа ВФ с ферродинамическим компенсатором предназначены для отсчета по шкале и регистрации на картограмме значений измеряемой величины, воспринимаемой первичным прибором, который находится на некотором расстоянии от вторичных.

Вторичные приборы для измерения расходов могут быть снабжены суммирующим механизмом. Промышленностью выпускаются следующие модификации вторичных приборов ВФ: ВФП (показывающий), ВФС (показывающий и самопишущий), ВФПС (показывающий и суммирующий), ВФСС (показывающий, самопишущий и суммирующий).

Датчики-реле давления. Для автоматизации отопительных котлоагрегатов могут быть применены различные типы двухпозиционных датчиков-реле давления, которые устанавливают на трубопроводе горячей воды и выключают котлоагрегат при отсутствии заданного давления в системе, одновременно сигнализируя о падении давления на диспетчерский пульт управления. В качестве датчика давления может быть использован двухпозиционный датчик-реле давления типа РД-1Б и РД-2Б.

На рис. 37 дана конструкция датчика-реле давления РД-1Б-01, принцип действия которого основан на уравновешивании силы, создаваемой давлением контролируемой среды на дно сильфона, силами упругих деформаций винтовой цилиндрической пружины и сильфонов. Перемещение свободного конца сильфона при изменении давления передается на рычажный ме-

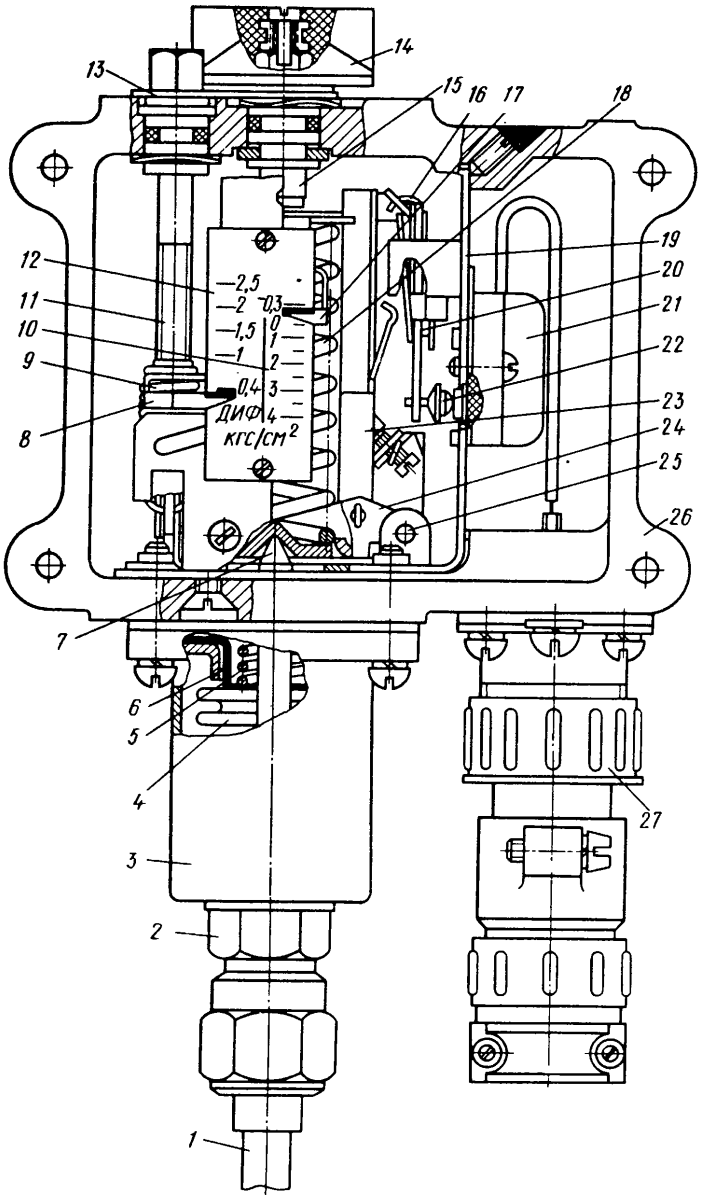


Рис.37. Конструкция датчика – реле давления РД

ханизм и переключающее устройство, замыкающее и размыкающее контакты электрической цепи прибора. С повышением давления контролируемой среды до предела, установленного по шкале 10, сильфон 4 начнет сжиматься, а шток 7 перемещаться вверх. Это вызовет вращение рычагов 24 и 23 вокруг оси 25 по часовой стрелке. При этом происходит включение узла дифференциала в работу. Движение механизма прекращается под действием усилия пружины 9.

Дальнейшее повышение давления контролируемой среды возобновляет движение системы рычагов 24 и 23 по часовой стрелке. При этом ось пружины 16 в определенный момент совмещается с осью переключателя 20 и пересекает ее. Под действием пружины 16 происходит резкое переключение подвижных контактов и их замыкание. При понижении давления контролируемой среды движение деталей механизма происходит в обратном направлении: рычаг 24 передаточного механизма выходит из зацепления, после чего происходит срабатывание контактов приборов на размыкание.

У приборов второй модификации РД-2Б при работе происходят аналогичные переключения деталей механизма. Различие состоит лишь в том, что узел дифференциала включается в работу при движении рычагов 24 и 23 против часовой стрелки, и при этом происходит срабатывание контактов на замыкание. У всех приборов степень растяжения пружины 9 определяет величину дифференциала, а степень сжатия пружины 18 – давление размыкания контактов прибора.

Как видно из рис. 37, все узлы и детали механизма прибора смонтированы в литом корпусе 26. Крепление прибора осуществляется в вертикальной плоскости. Трубка 1 с контролируемым давлением прикрепляется к прибору с помощью штуцера 2. Этот штуцер при правильном монтаже обеспечивает герметичность соединения при давлении контролируемой среды до 2,5 МПа.

Для подключения к электрической цепи прибор снабжен штепсельным разъемом 27 типа 2РТТ. Рычаги 24 и 23 механизма переключения и узел неподвижных контактов 21 укреплены на панели 19 и объединены в один узел – рычажный механизм, который прикреплен к основанию корпуса. Чувствительная система 3 прибора РД-1Б-01 имеет устройство, обеспечивающее контроль прибором давлений ниже атмосферного. Это устройство состоит из пружины 5 и опоры 6. Импульс передается через сильфон 4 и шток 7 системы рычагов 24 и 23. Головка рычага 23 у прибора РД-1Б соединена с верхним прицепом пружины 16. Второй прицеп этой пружины соединен шарнирно с ушком переключателя 20, который усилием пружины укреплен на ножевых опорах подвижной контактной группы 22. У приборов типа РД-2Б верхний прицеп пружины 16 закреплен шарнирно на панели 19. Приборы РД имеют шкалу настройки диапазона контролируемых давлений размыкания контактов 10 и шкалу дифференциала 12. Узел настройки дифференциала состоит из пружины 9, указателя 8 и винта 11. Узел настройки давления размыкания контактов состоит из пружины 18, указателя 17 и винта 15. Для фиксации настройки имеется стопорная планка 13. Рукоятка 14 служит для установки указателей на заданные значения по шкалам. Прибор снабжен винтом для заземления.

Основная погрешность настройки давления размыкания контактов приборов не превышает $\pm 4\%$ диапазона настройки при атмосферном давлении 760 ± 5 мм рт. ст. и температуре воздуха, окружающей прибор, $20 \pm 5^{\circ}$С; дополнительная погрешность не более 5 КПа на каждые 10° изменения температуры от $20 \pm 5^{\circ}$С.

Приборы имеют погрешность от изменения атмосферного давления 2 КПа на каждые 10 мм рт.ст. при отклонении от 760 ± 5 мм рт.ст. Вариация размыкания контактов составляет не более 6 КПа для прибора РД-1Б-01 и 10 КПа для прибора РД-2Б-02.

Разрывная мощность контактов при индуктивной нагрузке и напряжении:

380 В переменного тока . . . . . 150 ВА
220 и 127 В переменного тока . . . 300 "
220 В постоянного тока . . . . . 30 Вт

Погрешность настройки дифференциала для приборов:

РД-1Б-01 . . . . . ±15 КПа
РД-2Б-02 . . . . . ±25 "

Датчики-реле давления РД-1Б и РД-2Б нормально работают при температуре окружающего воздуха от -40 до +60°С, относительной влажности воздуха до 98% в условиях t = 35°С, а также при вибрации с частотой до 30 Гц и амплитуде 0,2 мм. Датчики-реле давления выпускают в тропическом и обычном исполнениях.

2. Приборы контроля и регулирования температуры

Измерение, контроль и регулирование температуры в технологических процессах отопительных установок имеют первостепенное значение. В схемах контроля и регулирования температуры используют самые различные термочувствительные элементы: жидкостные, биметаллические, дилатометрические, манометрические, термометры сопротивления, термопары и полупроводниковые элементы (термисторы).

Термометры. Жидкостные стеклянные термометры. Жидкостные термометры изготовляют из специального стекла и заполняют пентаном, спиртом или ртутью. В ГРС и ГРП термометры устанавливают в защитных металлических гильзах. Установка термометров в металлической гильзе предохраняет их от возможной поломки и позволяет измерять температуры газа, находящегося в газопроводе под большим давлением.

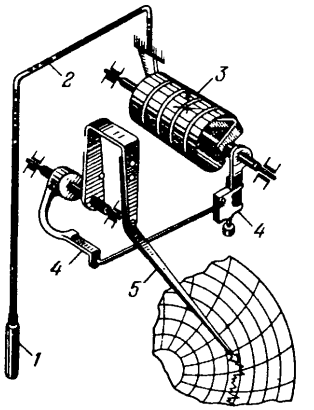


Рис.38. Схема манометрического термометра

Для улучшения передачи тепла от гильзы к термочувствительной части термометра пространство между ними заполняют машинным маслом.

Манометрические термометры. Температура контролируемой среды, действующая на чувствительный элемент прибора, вызывает понижение или повышение давления жидкости, газа или пара, которыми заполняется чувствительный элемент манометрического термометра. Манометрические термометры состоят из трех основных частей (рис. 38): термобаллона 1, капиллярной трубки 2, манометрической пружины 3. Термобаллон выполнен в виде цилиндра из стали или латуни. С одного конца он плотно закрыт, а с другого соединен с капиллярной трубкой. Указывающий или самопишущий прибор с манометрической пружиной устанавливают в пределах длины капиллярной трубки.

Манометрическая пружина воспринимает давление и передает с помощью рычагов 4 механическое движение на указывающую стрелку 5 с закрепленным на ней пером. Капиллярную трубку изготовляют из стали или из меди с внутренним диаметром 0,2-0,5 мм. Длина капиллярной трубки менометрического термометра достигает 40 м. Принцип действия манометрического термометра заключается в следующем. В сис-

теме термобаллон – капилляр – пружина при установке баллона в контролируемую среду изменяется давление, которое воздействует на пружину. Пружина в этом случае несколько выпрямляется или сгибается. Свободный конец ее, перемещаясь, воздействует на рычаги и приводит в движение стрелку с пером по шкале прибора, отградуированной в градусах температурной шкалы.

В газовых манометрических термометрах для заполнения системы применяют нейтральные газы азот или гелий, которые по своим характеристикам близки к идеальным.

В газовой промышленности используют манометрические термометры ТГ-410 (с часовым приводом) и ТГ-610 (с электрическим приводом).

Датчики, реле и регуляторы температуры. Различные виды датчиков температуры имеют свои преимущественные области применения. Биметаллические устройства часто используют в качестве командного прибора при регулировании агрегата по температуре воздуха помещения. Дилатометрические и манометрические датчики используют для автоматизации узла подогрева жидкого топлива, контроля температуры воды на выходе из котла и т.п.

С развитием полупроводниковой техники все большее применение находят терморезисторы, позволяющие с большой точностью контролировать и поддерживать различные параметры (уровень жидкости, скорость, температуру среды и др.). Схемы автоматизации, основанные на полупроводниках, отличаются компактностью и высокой надежностью в работе.

Камерный биметаллический датчик-реле температуры типа ДТКМ. Датчик ДТКМ работает в двухпозиционном режиме (включено–выключено) и имеет термочувствительный элемент, выполненный в виде спирали, которая воспринимает изменение температуры окружающего воздуха. Спираль изготовлена из сварных между собой пластинок стали

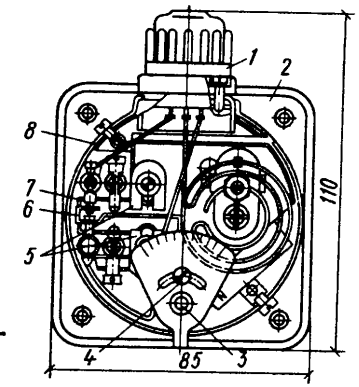


Рис.39. Датчик-реле температуры ДТКМ

и инвара. Механизм прибора (рис. 39) смонтирован на металлической или пластмассовой плате и закрыт кожухом. Подключение внешней цепи к прибору производится через клеммную колодку 1. Один конец биметаллической спирали 8 имеет подвижной контакт 6, который при изменении температуры замыкает или размыкает цепь. Для исключения подгорания контактов прибор снабжен узлом мгновенного размыкания. Этот узел состоит из двух магнитов 5 и стального якоря 6, укрепленного на конце биметаллической спирали.

Второй изогнутый конец спирали 8 прочно закреплен в стойке. Изменение установки прибора производится путем поворота оси 3 за выступающий из корпуса прибора конец треугольной шкалы. С осью связан кулачок, который при ее вращении отжимает рычаг, поворачивающий биметаллическую спираль 8 в ту или другую сторону от неподвижного контакта. При увеличении расстояния между контактами повышается температура замыкания. Винт 4 фиксирует настройку прибора. На оси 3 находится подвижная шкала прибора, а индекс настройки температуры по шкале неподвижен и жестко соединен с основанием. Дифференциал (нечувствительность) прибора регулируется путем вращения винта неподвижного контакта. При этом изменяется положение контакта 7 относительно постоянного магнита.

Техническая характеристика ДТКМ

Дифференциал прибора (устанавливается на заводе), °С 2–8

Разрывная мощность контактов при индуктивной нагрузке переменного тока, ВА . . . 30

Допустимое рабочее напряжение, В 220

Габаритные размеры, мм 85x55x110

Масса, кг 0,4

В настоящее время разработан и передан для серийного освоения новый тип биметаллического датчика-реле температуры, который получил индекс ТБ-Э2К.

На рис. 40 приведена схема биметаллического датчика-реле температуры ТБ-Э2К. Прибор работает следующим образом. При отклонении конца термоэлемента (биметалла) 1 вправо контакт 9 своей пружиной 8 прижат к контактному винту 10, а на реле 2

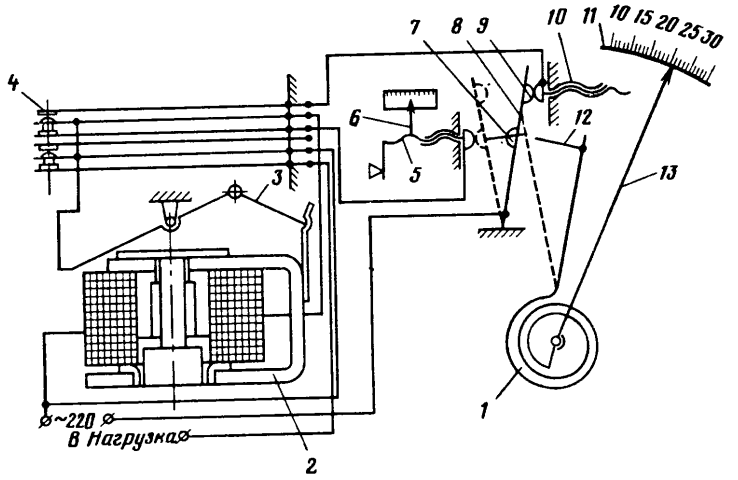


Рис.40. Схема камерного биметаллического датчика-реле температуры ТБ-Э2К

замкнута верхняя контактная группа (цепь исполнительного механизма замкнута).

При повышении температуры окружающего воздуха конец термоэлемента 1 перемещается влево, упором 12 нажимает на контактную пружину 8 и перемещает ее влево. При соприкосновении контакта 7 с контактным винтом настройки нечувствительности замыкается вновь цепь катушки реле 2, происходит переброс средних контактов реле 2 в нижнее положение, при этом размыкается цепь катушки реле 2 и цепь исполнительного механизма; средние контакты реле 2 в нижнем положении фиксируются пружиной 3. Цепь контактов 7 и контактного винта 5 разомкнута, подготовлена к работе цепь контакта 9 и контактного винта 10. При понижении температуры окружающего воздуха конец термоэлемента 1 перемещается вправо, контактная пружина 8 под действием силы упругости тоже перемещается вправо. В момент соприкосновения контакта 9 и контактного винта 10 замыкается цепь катушки реле 2 и происходит переброс средних контактов реле 2 в верхнее положение, в результате чего замыкается цепь исполнительного механизма, а цепь катушки реле 2 размыкается. При этом средние контакты 4 реле 2 зафиксированы в верхнем положении пружиной 3. При изменении температуры в обратную сторону цикл повторяется.

На рис. 41 дан общий вид панели прибора, где видно расположение всех основных деталей. Прибор ТБ-Э2К в отличие от ДТКМ имеет отдельную монтажную панель. Основание прибора укрепляется пятью винтами на монтажной панели. Этими же винтами производится подключение схемы прибора.

Техническая характеристика ТБ-Э2К

Разрывная мощность контактов, ВА 100
Рабочее переменное напряжение, В 220
Зона нечувствительности (дифференциал) регулируемая, °С 1,5–6
Основная допустимая погрешность, град . . ±2

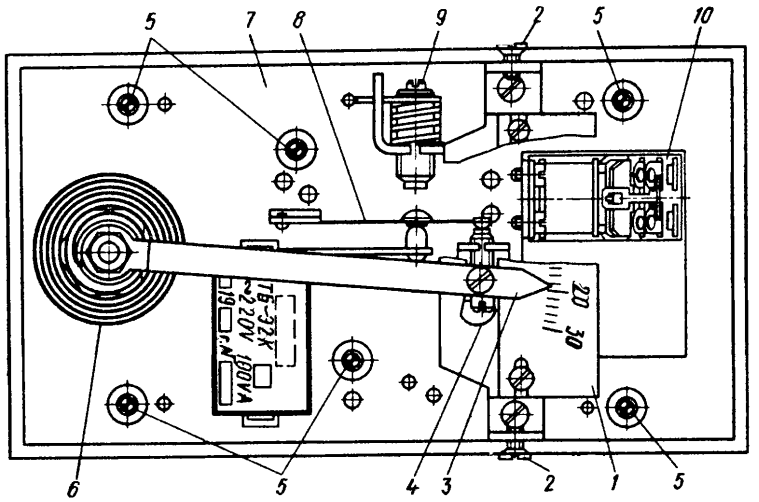


Рис.41. Общий вид датчика-реле температуры ТБ-Э2К (со снятой крышкой)
1 – шкала; 2 – винт крепления крышки; 3 – настроечный индекс; 4 – контактный винт; 5 – контактные винты схемы; 6 – биметаллическая спираль – чувствительный элемент; 7 – основание; 8 – контактная пластина; 9 – настроечный винт нечувствительности; 10 – реле

Дилатометрический терморегулятор. Схема терморегулятора представлена на рис. 42. Он имеет чувствительный элемент – трубку 1, изготовленную из латуни, и жестко связанный с ней инваровый стержень 2. Последний соединен со стержнем 3, который для компенсации изменения длины трубки 1 изготовлен из того же материала, что и трубка. Стержни 2 и 3 закрепляются по центру трубки с помощью пластинчатой пружины 5 и прижимаются к торцу трубки пружиной 4.

Стержень 3 жестко закреплен на плате 11, на которой смонтирована контактная система, состоящая

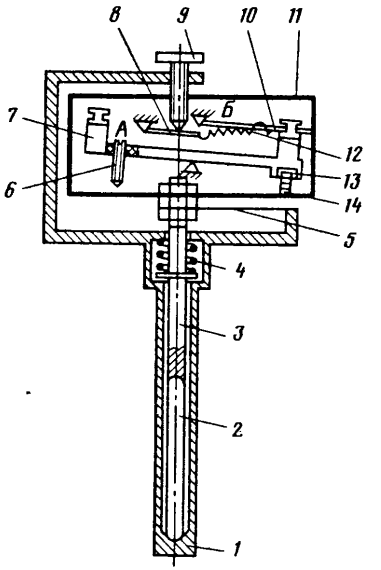


Рис.42. Схема дилатометрического контактного устройства ТУДЭ с нормально замкнутыми контактами

из рычагов 8 и 10, цилиндрической пружины 12, винта задания дифференциала 6 и контактов 13 и 14.

При изменении температуры контролируемой среды контактная система перемещается совместно с платой 11. Винт 9, не связанный с платой, давит на рычаг 8, который, поворачиваясь относительно оси 4, растягивает или освобождает пружину 12, приводя в движение рычаг 10 и контактный рычаг 7. При этом происходит замыкание или размыкание рабочих контактов 13 и 14. Отечественной промышленностью выпускается дилатометрический терморегулятор типа ТУДЭ с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми контактами, имеющий двенадцать модификаций.

Разрывная мощность контактов ТУДЭ при активной нагрузке и напряжении переменного тока 220 В составляет 10 А. Предельно допустимая частота срабатывания контактов ТУДЭ не более 10 в 1 мин.

Манометрический терморегулятор. Термосигнализатор. Конструкции манометрических

терморегулирующих и сигнализирующих устройств весьма разнообразны и различаются в основном диапазоном контролируемых температур и конструкцией исполнительной части. Терморегулирующее устройство с двухпозиционным электрическим контактным выходом манометрического принципа действия, т.е. датчик-реле температуры типа ТР-1Б, представлено на рис. 43.а. Прибор ТР-1Б имеет контакты, размыкающиеся при понижении температуры, и шкалу настройки, показывающую температуру размыкания контактов. Прибор ТР-2Б имеет контакты, размыкающиеся при повышении температуры, и соответствующую шкалу настройки.

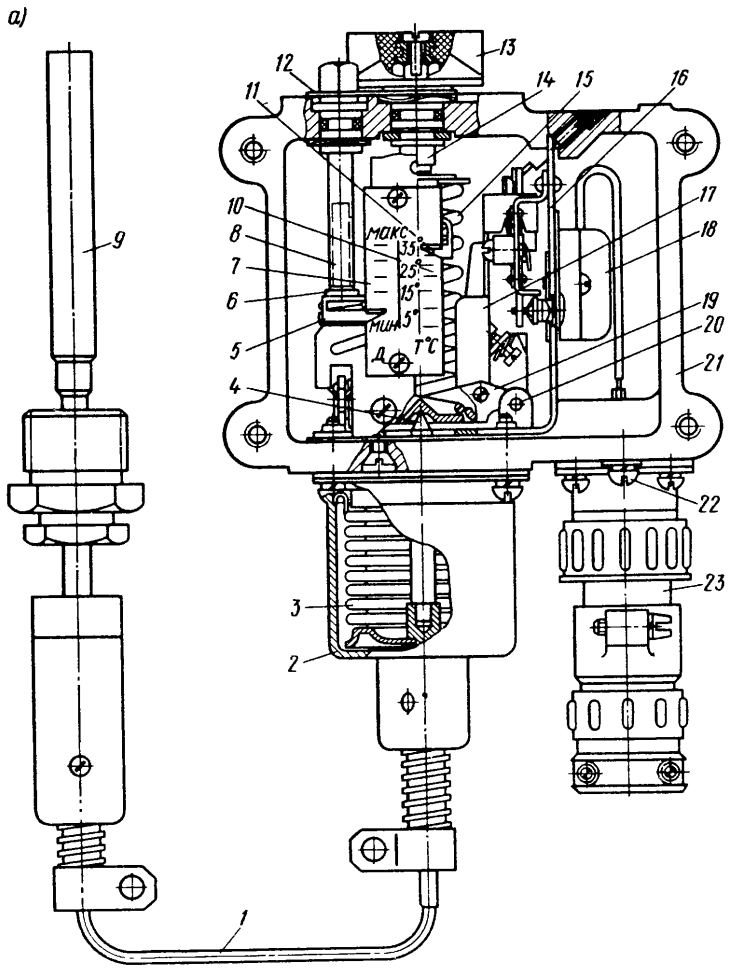
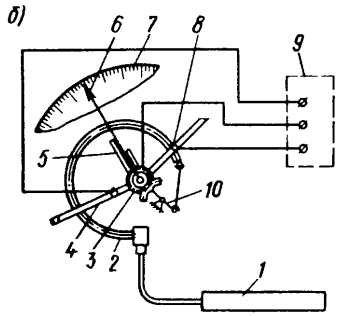


Рис.43. Термометр-сигнализатор
а - конструкция манометрического датчика-реле температуры ТР-1Б; б - общий вид термометра сигнализатора ТПГ-СК; 1 - термобаллон; 2 - пружина манометрическая (трубка Бурдона); 3 - трубка; 4, 8 - предельные контакты; 5 - ведущий поводок; 6 - стрелка; 7 - циферблат; 9 - выход; 10 - сектор



Узлы и детали смонтированы в литом корпусе 21. Прибор брызгонепроницаем, имеет панель для крепления на месте установки, Термобаллон прибора укрепляется штуцером, имеющим наружную резьбу. Сальниковое уплотнение штуцера обеспечивает герметичность соединения при давлении контролируемой среды до 1,6 МПа. Для подключения к электрической сети прибор имеет штепсельный разъем 21 типа 2РТГ.

Рычаги 19 и 17, механизм переключения и узел неподвижных контактов 18 укрепляются на панели 16 и объединены в узел - рычажный механизм, который прикреплен к основанию корпуса двумя винтами. Термочувствительная система подсоединена к корпусу прибора с наружной стороны. Термобаллон 9, капилляр 1, пространство между сильфоном 3 и корпусом 2 заполнены наполнителем. Зарядка термосистем приборов модификаций 03 и 04 абсорбционная, рассчитанная на работу при положительных температурах.

Чувствительным элементом термосистемы является сильфон 3. Свободный конец сильфона имеет дно, к которому прикреплен шток 4. Прибор имеет две шкалы (шкалу 10 настройки диапазона температур размыкания контактов и шкалу дифференциала 7), выполненные конструктивно на одной панели. Узел настройки дифференциала состоит из пружины 6, указателя 5 и винта 8.

Узел настройки температуры размыкания контактов состоит из пружины 15, указателя 11 и винта 14. Для фиксации настройки имеется стопорная планка 12. Рукоятка 13 служит для установки указателей на заданные значения по шкалам. Винт 22 предназначен для заземления прибора.

Во время работы прибора давление наполнителя внутри термочувствительной системы соответствует температуре окружающей термобаллон среды. Давление, создаваемое наполнителем при повышении температуры, воздействует на шток 4. Равновесие системы обеспечивается силой упругих деформаций пружины 15. С превышением величины температуры, установленной по шкале 10, сильфон под давлением наполнителя сжимается и шток 4, связанный с подвижным концом сильфона, перемещается вверх, что вызывает поворот рычагов 19 и 17 вокруг оси 20 по часовой стрелке. Рычаг 19 включает узел дифференциала в работу. Под действием пружины 6 движение механизма прекращается. При понижении температуры контролируемой среды движение деталей механизма прибора происходит в обратном направлении; при этом рычаг 19 передаточного механизма выходит из зацепления и происходит размыкание контактов. У приборов ТР-2Б при работе происходят аналогичные перемещения деталей механизма. Различие состоит лишь в том, что узел дифференциала включается в работу при движении рычагов против часовой стрелки; при этом происходит срабатывание контактов на замыкание. У всех приборов типа ТР степень растяжения пружины 6 определяет величину дифференциала, а степень сжатия пружины 15 определяет температуру размыкания контактов прибора от 5 до 35 °С и от 30 до 60 °С. Минимальный дифференциал составляет 1,8–2,8 °С. Для всех модификаций приборов максимальный дифференциал составляет около 6 °С. Основная погрешность настройки температуры размыкания контактов ±1 °С при окружающем атмосферном давлении 760+5 мм рт.ст. и температуре 20±5 °С. Дополнительная погрешность не превышает 0,5 °С на каждые 10 °С изменения температуры. Основным недостатком приборов манометрического принципа действия является увеличение погрешности с изменением атмосферного давления. Для приборов серии ТР погрешность настройки размыкания контактов при изменении атмосферного давления не превышает 0,12 °С на каждые 5 мм рт.ст. (760 Па) отклонения от 760 мм рт.ст. ($\approx 10^5$ Па).

Длина термобаллона 126 мм, диаметр 12 мм. Приборы серии ТР предназначены для неутопленного монтажа. Прибор устанавливается в вертикальном положении (штепсельным разъемом вниз). Оболочку с капилляром крепят монтажными скобами через каждые 300 мм длины. При монтаже не следует изгибать оболочку с капилляром по радиусу менее 40 мм (излом капиллярной трубки выводит прибор из строя). Термобаллон прибора должен быть полностью погружен в контролируемую среду.

Не рекомендуется размещать термобаллон выше уровня капиллярной трубки и исполнительной части прибора. Длина капилляра не должна превышать 2,5 м. Корпус прибора после монтажа и подключения приводов к разъему должен быть надежно заземлен.

Термометры показывающие манометрические с электрическим командным выходом типа ТПГ-СК применяются в схемах автоматики АМКО для регулирования температуры прямой воды. Термометр ТПГ-СК имеет газовое заполнение (аргон) манометрической системы и применяется в основном в цепях сигнализации, так как разрывная мощность его предельных

электроконтактов недостаточна для прямого использования их в цепях управления.

На рис. 43,б приведена принципиальная схема термометра ТПГ-СК. В схемах автоматики отопительных котлов применяются в основном две модификации этого прибора с пределами измерений 0–100 и 0–150 °С. Работа термометров основана на зависимости давления заполнения термосистемы от температуры измеряемой среды. Изменение температуры контролируемой среды воспринимается заполнителем термосистемы через термобаллон 1 и преобразуется в изменение давления, под действием которого манометрическая трубчатая пружина 2 через сектор 10 и трубку 3 перемещает показывающую стрелку относительно циферблата 7. Вместе с показывающей стрелкой перемещается ведущий поводок 5 (рис. 43,б).

В качестве датчиков электрического сигнала используются два предельных контакта. Один из них 4 выдает сигнал минимального значения, другой 8 – максимального значения температуры контролируемой среды. Связь показывающей стрелки и подвижных контактов осуществляется через сигнальные волоски. Такая связь обусловлена тем, что после срабатывания сигнального устройства измеряемая температура может изменяться в том же направлении, которое вызвало появление сигнала, и сигнал при этом не должен исчезать. Это значит, что контакт должен замкнуться, а показывающая стрелка должна следить за изменением параметра.

Основные технические характеристики ТПГ-СК

Пределы измерения и контроля. . . 0–100, 0–150, 0–200, 0–400 °С

(заполнитель термосистемы аргон по ГОСТ 10157-73, а для пределов от 50 до +50 °С – азот 1-го сорта по ГОСТ 9293-74)

Предел допустимой основной погрешности показаний термометров, % от диапазона измерений . . . . . Не превышает ±2,5

Погрешность срабатываний сигнального устройства, % . . . . . ±4

Число замыканий и размыканий электрических цепей переменного и постоянного тока, которое должно выдерживать сигнальное устройство, не менее 1000

Разрывная мощность контактов при напряжении до 220 В и 50 Гц ВА, не более 10

При использовании термометров в качестве блок-контакта допускается включение в сеть:

переменного тока, В 380

при токе А, не более 0,03

Термометры общепромышленного исполнения предназначены для работы при:

температуре окружающего воздуха, °С 5–50

относительной влажности, % . . . до 80

Термометры тропического исполнения предназначены для работы при:

температуре окружающего воздуха, °С . . . . . –70 + 50

относительной влажности, % . . . . до 95 (при t 35 °С)

Давление измеряемой среды, МПа . . . до 6,4

Длина капилляра для используемых с отопительными котлами приборов, м . . 4 и 6

Масса приборов, кг, не более 5,5

Габариты прибора (высота, ширина, глубина), мм 170x170x132

Прибор работает в комплекте с промежуточным реле типа РПУ-0, МКУ-48, ПЭ-21, РП-23 и РП. Термометры не могут работать во взрывоопасных помещениях.

Для автоматического поддержания заданной температуры воды в бойлерах, электрических котлах и других видах оборудования с электронагревательными устройствами промышленностью выпускаются манометрические терморегуляторы ТР5-К и ТР4-К. Последний тип прибора используется для автоматического поддержания заданной температуры в жарочных кондитерских и пекарских шкафах с электронагревательными устройствами. Оба варианта прибора являются дистанционными терморегуляторами.

Терморегулятор ТР5-К (рис. 44) состоит из контактно-переключающего устройства и манометрической системы с градуированным лимбом. С помощью трех пар контактов прибор присоединяется к сети и электронагревательным элементам. Чувствительный термопатрон прибора помещается в контролируемую среду. Изменение температуры контролируемой среды

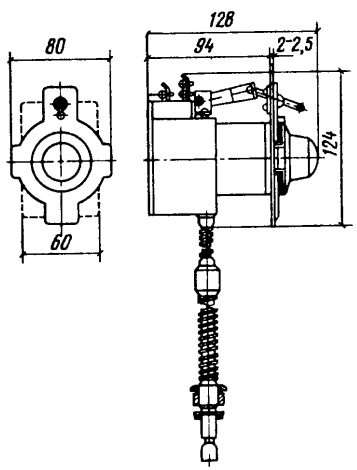


Рис.44. Общий вид терморегулятора ТР5-К

воспринимается термопатроном и передается на сильфон, который через систему рычагов в зависимости от изменения температуры обеспечивает включение и выключение электронагревательных элементов. Включение прибора в сеть осуществляется переключателем, расположенным на самом приборе около настроечного лимба.

Технические характеристики терморегуляторов ТР5-К и ТР-К

	ТР5-К	ТР4-К
Пределы регулирования, °С	50–150	100–350
Дифференциал, °С	2–10	2–25
Отклонение температуры отключения от установленной по шкале, град	±8	±5 ±25
Число пар контактов	3	3
Допустимая мощность электронагревателей для сети:		
трехфазной в кВт	3	3
однофазной (1,5 кВт на контакт)	4,5	4,5
Напряжения, В	220	220
Длина капиллярной трубки, м	1,5	1,5(0,4)
Масса, кг	1,5	1,5

Термопатрон прибора ТР4-К выполнен ребристым для уменьшения инерционности прибора. Эти приборы рассчитаны для работы в условиях вибрации с частотой 10–50 Гц при амплитуде до 0,1 мм.

Большое распространение в нашей стране получили манометрические электроконтактные термометры ЭКТ. Эти приборы выпускают с парожидкостным (ЭКТ-1) и газовым (ЭКТ-2) термочувствительными элементами. Для контроля положительных температур служат пять моделей ЭКТ-1 и две модели ЭКТ-2. Термочувствительная система состоит из термобаллона, капилляра и манометрической трубы, которая с помощью передаточного механизма соединена с контактной стрел-

кой. Подвижной электрический контакт связан со стрелкой. Два предельных контакта с двумя указателями могут быть установлены на заданную температуру с помощью специального ключа. Указатели с контактами электрически изолированы друг от друга и от рабочей стрелки прибора. Когда температура достигнет заданного значения, подвижной контакт доходит до предельного контакта и замыкает электрическую цепь. При переходе стрелкой предельного положения контакт остается замкнутым. Провода от контактного устройства выведены к специальной клеммной сборке, на которой находится также клемма для заземления прибора. Основные технические характеристики ЭКТ даны в табл. 3.

Таблица 3. Основные технические характеристики ЭКТ

Тип прибора	Диапазон работы, °С		Основная погрешность, °С
	от	до	
ЭКТ-1-0/60	0	60	1,5
ЭКТ-1-0/100	0	100	2,5
ЭКТ-1-50/150	50	150	2,5
ЭКТ-1-60/200	60	200	3,5
ЭКТ-1-100/250	100	250	3,8
ЭКТ-2-0/300	0	300	7,5
ЭКТ-2-0/400	0	400	10

Разрывная мощность контактов при индуктивной нагрузке переменного тока составляет 20 ВА, допустимое напряжение 220 В, длина капилляра для ЭКТ-1 до 50 м.

Штуцерное соединение и термобаллон ЭКТ-1 рассчитаны на рабочее давление 2,5, а ЭКТ-2 – до 4 МПа. Наибольшая глубина погружения термобаллона ЭКТ-1 составляет 173 мм, а ЭКТ-2 – 520 мм. Инерционность прибора около 20 с.

Полупроводниковые регуляторы температуры. Полупроводниковые регуляторы температуры серии ПТР были созданы первоначально для автоматизации различных узлов установок кондиционирования воздуха. Однако их электронная схема оказалась универсальной, что позволило достаточно просто осуществлять разнообразные схемы приборов: фотореле, реле уровня, регуляторы относительной влажности воздуха, регуляторы давления и регулятор температуры с различным диапазоном регулирования.

Разрывная мощность контактов при индуктивной нагрузке переменного тока составляет 20 ВА, допустимое напряжение 220 В, длина капилляра для ЭКТ-1 до 50 м. Штуцерное соединение и термобаллон ЭКТ-1 рассчитаны на рабочее давление 2,5, а ЭКТ-2 – до 4 МПа. Наибольшая глубина погружения термобаллона ЭКТ-1 составляет 173 мм, а ЭКТ-2 – 520 мм. Инерционность прибора около 20 с.

Полупроводниковые регуляторы температуры. Полупроводниковые регуляторы температуры серии ПТР были созданы первоначально для автоматизации различных узлов установок кондиционирования воздуха. Однако их электронная схема оказалась универсальной, что позволило достаточно просто осуществлять разнообразные схемы приборов: фотореле, реле уровня, регуляторы относительной влажности воздуха, регуляторы давления и регулятор температуры с различным диапазоном регулирования. Полупроводниковые терморегуляторы серии ПТР выпускают для двух- и трехпозиционного, а также для пропорционального регулирования температуры газообразных и жидких сред. Приборы также поставляют с термосистемой, предназначенной для регулирования температуры агрессивных сред.

Полупроводниковый регулятор температуры ПТР-2 двухпозиционного действия работает следующим образом. Чувствительный элемент прибора (терморезистор) подключен в плечо неравновесного моста переменного тока (рис. 45). При равенстве

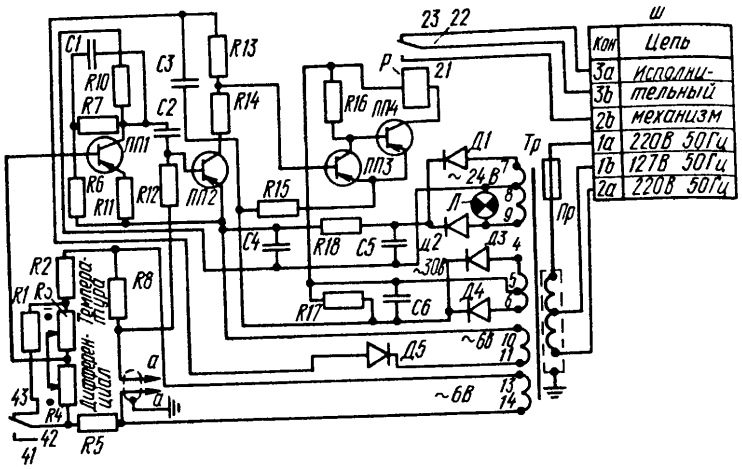


Рис.45. Схема полупроводникового двухпозиционного регулятора температуры ПТР-2

R_1–R_{12} – сопротивления; C_1–C_6 – конденсаторы; $Д_1$–$Д_4$ – диоды; ПП1 – ПП4 – триоды; Р – реле Пр – предохранитель; Тр – трансформатор

температур регулируемого объекта и установленный по шкале прибора мост будет сбалансирован, а сигнал на выходе моста равен нулю. При отклонении температуры регулируемого объекта от заданного значения мост разбалансируется, и на выходе его появится сигнал, величина которого будет пропорциональна величине отклонения температуры, а фаза будет зависеть от знака изменения. Установка требуемого значения температуры осуществляется потенциометром $R3$, который меняет точку баланса моста. С помощью сопротивления $R1$ устанавливается ширина шкалы, а с помощью сопротивления $R2$ ее начало. Переменное сопротивление $R4$ позволяет устанавливать необходимую величину дифференциала. При замкнутом контакте К реле (рис. 46) сопротивление будет закорочено и срабатывание прибора произойдет при температуре t_1. При срабатывании реле при-

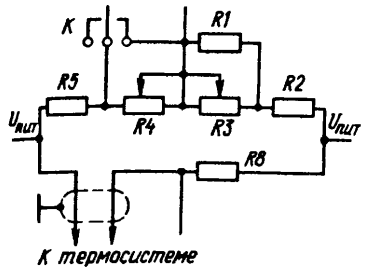


Рис. 46. Элемент схемы усилителя ПТР-2

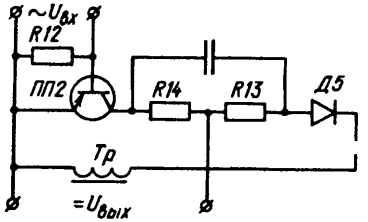


Рис. 47. Схема фазочувствительного выпрямителя ПТР-2

бора контакт К разомкнется, в плечо моста включится сопротивление R_4, баланс моста наступит при t_2. Разность температур $t_1 - t_2$, т.е. дифференциал, будет определяться величиной введенного сопротивления.

Сигнал с измерительной диагонали моста поступает на вход первого каскада усилителя, собранного по схеме с общим эмиттером. Для повышения стабильности работы прибора в усилитель введена последовательная и параллельная ($C1$, $R7$) обратная связь (см. рис. 41). Усиленный сигнал разбаланса подается на базу триода ПП2 фазочувствительного выпрямителя (ФЧВ), схема которого представлена на рис. 47.

ФЧВ питается от выпрямленного однополупериодного напряжения. В том случае когда фаза питающего напряжения совпадает с фазой напряжения сигнала, триод ПП2 открывается и конденсатор С3 заряжается до напряжения источника питания. При этом на выходе ФЧВ появляется выпрямленное напряжение, пропорциональное сигналу разбаланса. Если фаза сигнала не совпадает с фазой опорного напряжения или сигнал равен нулю, триод будет закрыт, так как при наличии коллекторного напряжения на базе триода действует положительное напряжение. При этом напряжение на конденсаторе С3 равно нулю.

ФЧВ, как видно из схемы на рис. 41, управляет работой парового устройства, собранного по схеме

триггера Шмидта. При напряжении на конденсаторе С3, равном нулю, первый триод триггера (ПП3) заперт; триод ПП4 будет открыт высоким отрицательным напряжением на коллекторе триода ПП3 и обмотка реле будет находиться под током, а нормально открытые контакты ее будут замкнуты. При изменении знака разбаланса конденсатор С3 заряжается. Напряжение на конденсаторе С3 отрицательным полюсом подводится к базе триода ПП3. При этом в базовой цепи триода ПП3 появляется отпирающий ток, потенциал базы триода ПП4 повышается, триод ПП4 запирается, реле обесточивается и размыкает свои контакты. Процесс перехода триггера из одного состояния в другое происходит скачкообразно, что позволяет избежать неустойчивого положения реле. Меняя сопротивление обратной связи триггера Р15, можно регулировать величину минимального дифференциала. С увеличением Р15 величина минимального дифференциала увеличивается, и наоборот. Прибор ПТР-2 смонтирован в пластмассовом корпусе, к которому крепится монтажная панель, На лицевую сторону монтажной панели выведены ручки потенциометров шкал, настройки температуры и дифференциала, силовой предохранитель. С внутренней стороны к монтажной панели крепятся трансформатор, плата выпрямителя, плата усилителя, настроечный блок всех элементов измерительного моста и выходное реле. В нижней части корпуса расположен разъем и винт для заземления прибора. В рабочем положении прибор закрывается крышкой, которая крепится к монтажной панели двумя винтами.

Прибор ПТР-2 выпускают в четырех модификациях в зависимости от диапазона регулируемых температур (табл. 4).

Помимо этого каждую модификацию прибора выпускают в двух вариантах: А – с замыканием нормально открытых контактов выходного реле при повышении температуры и Б – с замыканием нормально открытых контактов реле при понижении температуры.

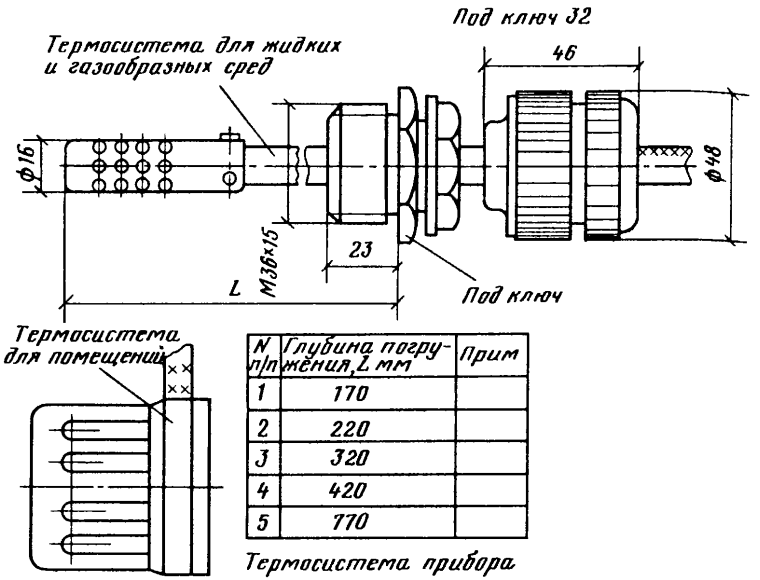
Таблица 4. Модификации прибора ПТР-2

Модификация	Диапазон регулируемых температур, °С	Шифр прибора
1	От –30 до –5	ПТР-2-02
2	" –10 " +15	ПТР-2-03
3	" +5 " +35	ПТР-2-04
4	" +30 " +60	ПТР-2-05

Абсолютная погрешность шкалы температуры $\pm 1^{\circ}$. Разность между температурой замыкания и температурой размыкания контактов реле (дифференциал прибора) регулируется в пределах 0,5 – 5°С. Погрешность шкалы дифференциала составляет ±25% установленного значения. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 127/220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая прибором мощность не превышает 7 ВА. При изменении напряжения питания прибора в пределах ±10% номинального значения могут возникнуть дополнительные погрешности по шкалам настройки температуры и дифференциала, однако величина этих погрешностей не превышает $\pm 0{,}2^{\circ}$ и практически не влияет на работу прибора. Прибор ПТР-2 сохраняет паспортную характеристику при изменении температуры окружающей среды в пределах 5–35°С.

Максимальное расстояние от прибора до термочувствительного элемента (термосистемы) допускается до 300 м. Дополнительная погрешность при дистанционной установке по шкалам настройки температуры и дифференциала не превышает $\pm 0{,}2^{\circ}$ на каждые 100м длины соединительной линии.

Прибор выпускается в комплекте (рис. 48): с камерой погружной в обычном исполнении и погружной для агрессивных сред термосистемами. Термосистемы погружного типа могут работать в средах с давлением до 5 ати. Прибор ПТР-2 явился первой разработкой полупроводникового терморегулятора. На его базе был создан полупроводниковый регулятор темпе-



N п/п	Глубина погружения, L мм	Прим
1	170	
2	220	
3	320	
4	420	
5	770	

Рис.48. Термосистемы полупроводниковых регуляторов температуры

ратуры с трехпозиционным выходным командным импульсом (индекс ПТР-3).

Полупроводниковый регулятор температуры ПТР-3 предназначен для трехпозиционного регулирования температуры газообразных, жидких сред. В сочетании с импульсным прерывателем и исполнительным механизмом пропорционального регулирования прибор может быть использован в качестве астатического регулятора.

На рис. 49 дана принципиальная электрическая схема прибора ПТР-3. Чувствительный элемент (терморезистор) прибора включается в плечо моста переменного тока. С целью компенсации паразитной емкости линии подключение термосистемы к прибору производится по трехпроводной схеме (рис. 50). Сопротивление *R1* служит для установки начала шкалы, а *R3* – для установки ширины шкалы.

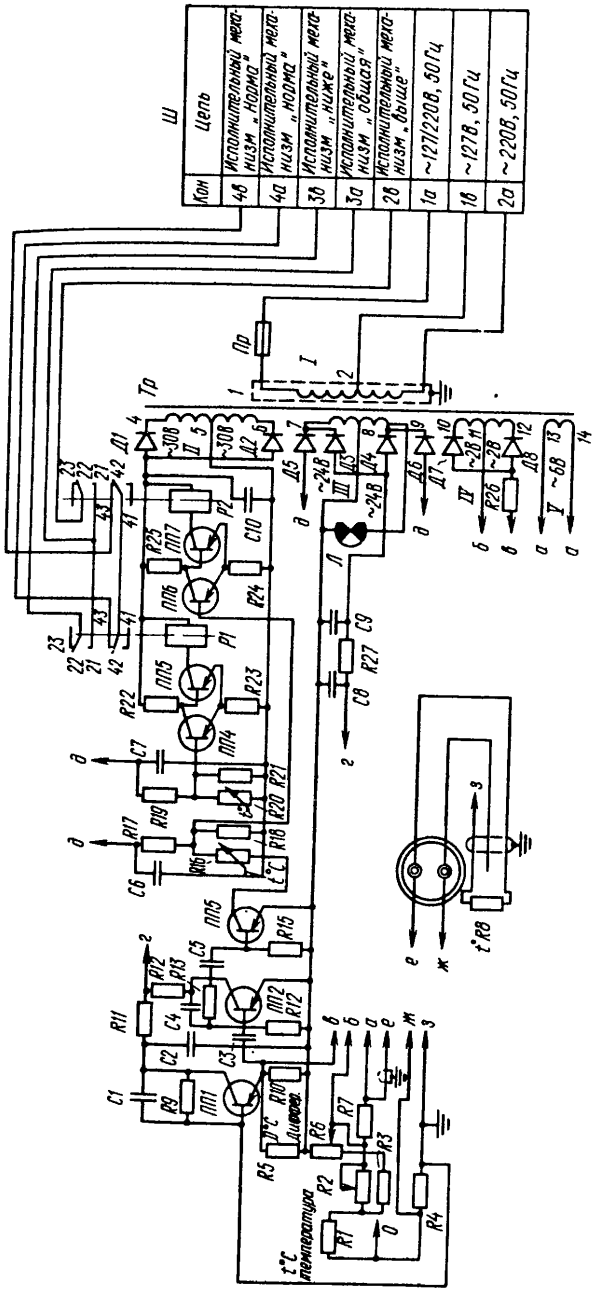


Рис.49. Схема полупроводникового трехпозиционного регулятора температуры ПТР-3

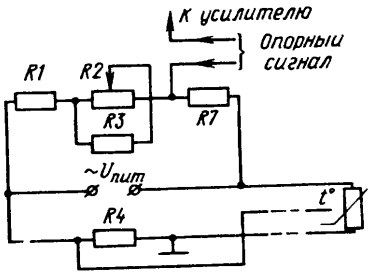


Рис.50. Схема подключения терморезистора (датчика) к ПТР-3

При равенстве температуры объекта и температуры, установленной по шкале прибора, мост сбалансирован, и сигнал на выходе равен нулю. При отклонении температуры объекта от заданного значения баланс моста нарушается, и на выходе моста появляется сигнал, величина которого пропорциональна отклонению температуры, а фаза соответствует направлению разбаланса. Установка необходимого значения температуры осуществляется переменным сопротивлением *R4*. Установка необходимой величины дифференциала осуществляется подачей на вход усилителя опорного сигнала, который при отсутствии сигнала с моста открывает триод ПП3. Конденсаторы С6 и С7 заряжены и к базе триодов ПП4 и ПП6 приложено отрицательное смещение. При этом триоды ПП5 и ПП7 закрыты и якоря обоих реле отпущены. Величина опорного сигнала, а следовательно, и общего дифференциала прибора, который слагается из дифференциала левого и правого контактов и нейтральной зоны, задается сопротивлением *R6* (см. рис. 49). Величина минимального диффренциала задается сопротивлением *R5*. Сумма опорного сигнала и сигнала разбаланса увеличивается двумя каскадами усиления, собранными по схеме с общим эмиттером.

Усиленный сигнал поступает на вход фазочувствительного выпрямителя, схема которого дана на рис. 51. При совпадении фаз входного напряжения на одной из питающих полуобмоток на соответствующем конденсаторе (на выходе 2 или 1) появляется постоянное напряжение, поступающее на вход одного из спусковых устройств. Спусковые устройства представляют собой двухкаскадные усилители постоянного тока с эмиттерной положительной обратной связью, т.е. триггер Шмидта. При отсутствии сигнала (с моста) или при сигнале, меньшем, чем опорный сигнал, триоды ПП4 и ПП6, как указывалось выше, будут открыты. Когда сигнал моста превышает опорный сигнал и находится в противофазе с питающим напряжением, отрицательное напряжение на входе пропадает, триод ПП4 (ПП5) закрывается. При этом к базе триода ПП5 (ПП7) прикладывается большое напряжение и он открывается. Реле срабатывает и на выходе появляется соответствующая команда. За счет наличия обратной связи переход схемы из одного состояния в другое происходит скачкообразно. Сопротивлениями обратной связи триггеров можно регулировать величину частных дифференциалов, т.е. разность между включением и отключением каждой команды. Следует отметить, что с увеличением *R23/R24* частный дифференциал увеличивается, и наоборот.

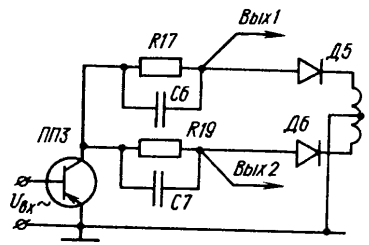


Рис.51. Фазочувствительный выпрямитель ПТР-3

Конструктивно прибор ПТР-3 ничем не отличается от прибора ПТР-2. Прибор ПТР-3 выпускается в четырех модификациях, отличающихся диапазоном регулирования температур. В табл. 5 приведены характеристики ПТР-3.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока с напряжением 127/220 В, частотой 50Гц. Основная погрешность прибора по шкале температуры при температуре окружающей среды 20±5°С и номи-

Таблица 5. Модификации прибора ПТР-3

Модификация	Диапазон регулирования температур, °С	Шифр прибора
1	От -30 до -5	ПТР-3-02
2	" -10 " +15	ПТР-3-03
3	" +5 " +35	ПТР-3-04
4	" +30 " +60	ПТР-3-05

нальном напряжении питания не превышает ±1 °С. При колебаниях напряжения питания на ±10% номинального возникает дополнительная погрешность по шкалам настройки температуры и дефференциала, которая не превышает ±0,2 °С. Максимальное расстояние между прибором и датчиком 300 м. На каждые 100 м длины соединительной линии возникает дополнительная погрешность по шкалам температуры и дифференциала ±0,2°. Дифференциал прибора регулируется в пределах 0,5-5 °С. Погрешность дифференциала равна ±25% установленного значения, за исключением точки 0,5 °С, где она равна ±0,3°. Прибор ПТР-3, так же как и прибор ПТР-2, снабжается тремя видами термосистем. Каждой модификации и прибору соответствует только одна приложенная комплектно с прибором термосистема.

Полупроводниковый регулятор температуры ПТР-П применяется в пропорциональных системах автоматического регулирования с жесткой обратной связью. Он построен на базе полупроводникового регулятора температуры ПТР-3. Пропорциональный полупроводниковый регулятор температуры может работать с электрическими исполнительными механизмами, имеющими реостат обратной связи сопротивлением 120-180 Ом. Прибор ПТР-П был предназначен для работы совместно с электрическими исполнительными механизмами типа ПР-1М, ПР-М, ИМ-2/120, МЭО и др., имеющими аналогичную схему управления.

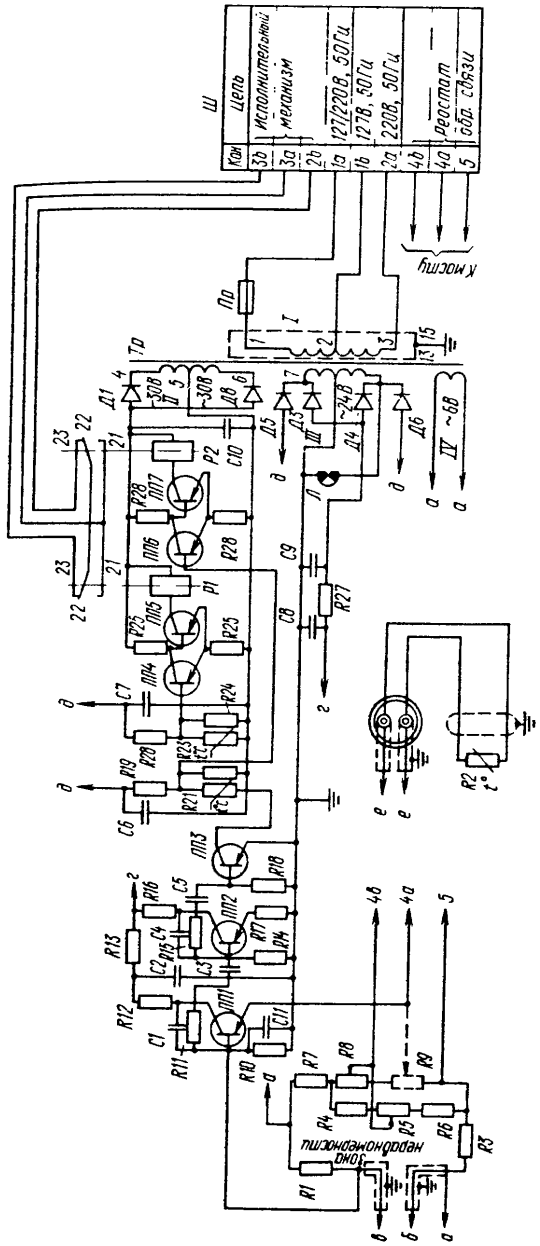


Рис.52. Схема полупроводникового пропорционального регулятора температуры ПТР-11

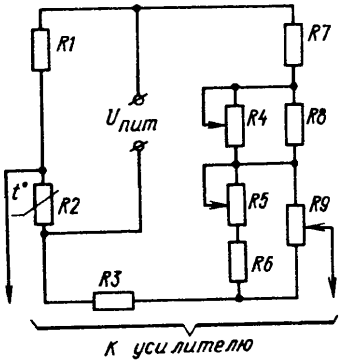


Рис.53. Схема измерительного моста ПТР-П

Прибор ПТР-П, принципиальная электрическая схема которого дана на рис. 52, снабжен стандартным для полупроводниковых приборов чувствительным элементом – терморезистором, оформленным в термосистему. Терморезистор прибора включается в одно из плеч моста переменного тока (рис. 53). В другое плечо этого же моста включен реостат обратной связи электрического испольнительного механизма.

При равенстве температуры объекта и температуры, установленной по шкале прибора, мост сбалансирован и сигнал на входе усилителя отсутствует. При отклонении температуры объекта от заданного значения сопротивление терморезистора R_2 изменится; при этом на входе усилителя появится напряжение, фаза и величина которого зависят от направления и величины отклонения температуры. Усиленный сигнал через выходные реле управляет работой электрического исполнительного механизма, на оси которого жестко закреплен движок реостата обратной связи $R9$.

При работе электрического исполнительного механизма (ЭИМ) сопротивление $R9$ изменяется так, чтобы сбалансировать мост. Когда сигнал на выходе моста станет равным нулю, движение (ЭИМ) прекратится. Каждому определенному значению температуры будет соответствовать определенное положение ЭИМ.

Для задания требуемого значения температуры служит резистор $R4$, а зоны неравномерности –

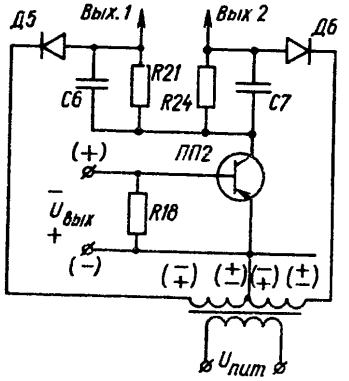


Рис.54. Схема фазочувствительного выпрямителя ПТР-П

$R5$. Резистор $R6$ позволяет установить необходимую ширину шкалы, а резистор $R7$ – выбрать ее начало. Усилитель прибора имеет два каскада, каждый из которых собран по схеме с общим эмиттером (см. рис. 52). Для повышения стабильности работы в каждый из двух каскадов усилителя введена параллельная обратная связь по напряжению (C_1, $R11$ – в первом каскаде и C_4, $R15$ – во втором).

Кроме того, во втором каскаде усилителя имеется последовательная обратная связь $R17$, позволяющая изменять величину коэффициента усиления прибора. Усиленный сигнал выпрямляется фазочувствительными выпрямителями ФЧВ, собранными на триоде ПП3. Схема этого каскада дана на рис. 54.

Рассмотрим работу каскада, изображенного на рис. 54. Пусть на выходе ФЧВ действует сигнал, фаза которого определяется знаками (±). Знаки без скобок соответствуют первому полупериоду, а знаки в скобках – второму. В первый полупериод на базе триода знак (–), триод будет "открыт", а по цепи "открытый триод – С7, $R24$ – диод Д6", пойдет ток. На выходе 2 появится соответствующее напряжение. Во второй полупериод, когда на базе триода будет (+), триод закрыт. Таким образом, каскад осуществляет однополупериодное выпрямление, а конденсатор С7 слу-

жит для сглаживания пульсаций выходного напряжения, пропорционального величине входного напряжения.

Если фаза входного напряжения изменится, то соотношение фаз будет таково, что напряжение будет появляться на первом выходе. Фазочувствительный выпрямитель управляет работой двух спусковых устройств, выдающих команды на ЭИМ, заставляя его вращаться в ту или другую сторону. Спусковые устройства представляют собой двухкаскадные усилители постоянного тока с положительной эмиттерной обратной связью. В коллекторных цепях выходных каскадов включены электромагнитные реле МКУ-48. При отсутствии сигнала на входе спускового устройства (триггера) первый триод триггера закрыт. При подаче на вход триггера отрицательного напряжения триод ПП4 открывается и запирает триод ПП5. Переход схемы из одного состояния в другое происходит, так же как и в схемах первых двух приборов, скачкообразно. Прибор ПТР-П по конструктивному оформлению не отличается от приборов ПТР-3 и ПТР-2.

Для задания требуемого значения температуры регулирования прибор ПТР-П, так же как и приборы ПТР-3 и ПТР-2, имеет оцифрованную шкалу с ценой деления 2°. Значение температуры по шкале настройки соответствует температуре, при которой движок потенциометра обратной связи находится в среднем положении. Основная допустимая погрешность шкалы настройки температуры не превышает $\pm 1^{\circ}$C. Прибор снабжен шкалой "зоны неравномерности". Величины, отсчитываемые по шкале "зоны неравномерности", равны разности температур при крайних положениях движка потенциометра обратной связи ЭИМ. Минимальное значение зоны неравномерности не превышает 1,2, а максимальное 4°C. Чувствительность терморегулятора, т.е. разность температур двух последовательных срабатываний одного реле при изменении температуры в одном направлении, не превышает $0{,}2^{\circ}$C. Несовпадение прямого и обратного хода ЭИМ

или разность температур, соответствующих замыканию выходных контактов обоих реле, при управлении от ПТР-П не превышает $0{,}6^{\circ}$. Инерционность термосистемы составляет не более 40 с. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 127/220 В, 50 Гц.

Максимальная длина линии, соединяющей прибор с термосистемой, может достигать 300 м. В качестве соединительной линии следует использовать двух- или трехжильный экранированный кабель с сопротивлением жилы не более 5 Ом. При этом дополнительная погрешность по шкале температуры не превышает $\pm 0{,}2^{\circ}$ на каждые 100 м длины линии. Термосистемы прибора ПТР-П аналогичны термосистемам приборов ПТР-3 и ПТР-2. Термосистемы погружного типа этих приборов могут работать в средах с давлением до 5 ати.

Основным недостатком полупроводниковых регуляторов температуры серии ПТР является то, что они комплектуются не взаимозаменяемыми термосистемами. Поэтому при включении их в работу необходимо следить, чтобы номер прибора соответствовал номеру термосистемы. В противном случае прибор будет работать в другом диапазоне температур или вообще не будет работать.

Кроме этого, не допускается прокладка измерительных цепей совместно с силовыми, так как последние вызывают помехи в работе прибора и создают дополнительные погрешности. Эти явления почти полностью исчезают при применении экранированного провода для соединения прибора с термосистемой.

Полупроводниковые регуляторы температуры серии ПТР могут быть переведены на более высокие температурные пределы регулирования, например на диапазон $100\text{–}300^{\circ}$C посредством введения компенсирующего сопротивления $R_к$ (рис. 55), которое включается последовательно с точечным терморезистором КМТ-14 или аналогичными терморезисторами, обеспечивающими работу регулятора температуры в необходимых температурных пределах.

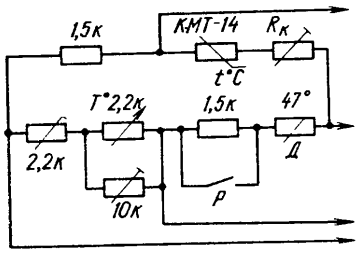


Рис.55. Схема подключения компенсирующего сопротивления в измерительный мост ПТР

Этот метод введения компенсирующего сопротивления может быть распространен на все типы термосопротивлений, величины сопротивления которых в зоне требуемых рабочих температур прибора лежат ниже величины сопротивления заменяемого термосопротивления.

Для автоматизации отопительных устройств и котельных агрегатов в большинстве случаев требуется регулировать температуру жидких или газообразных сред в пределах 50–130 °С. Поэтому полупроводниковые терморегуляторы температуры серии ПТР были подвергнуты модернизации, в результате которой была создана новая серия полупроводниковых регуляторов температуры (приборы типа ПТРВ-2, ПТРВ-3 и ПТРВ-П).

Рассмотрим наиболее сложный вариант нового полупроводникового регулятора температуры с пропорциональным выходом типа ПТРВ-П, серийное производство которого началось в 1969 г.

Полупроводниковый регулятор температуры ПТРВ-П в отличие от приборов серии ПТР снабжен взаимозаменяемой (в пределах одной модификации) термосистемой. На рис. 56 дана принципиальная электрическая схема прибора ПТРВ-П. Чувствительным элементом прибора служит терморезистор, включенный в плечо моста переменного тока. При равенстве температур объекта и заданной по шкале настройки прибора мост будет сбалансирован и его выходной сигнал будет равен нулю. При изменении температуры объекта сопротивление терморезистора (датчика) изменяется, мост

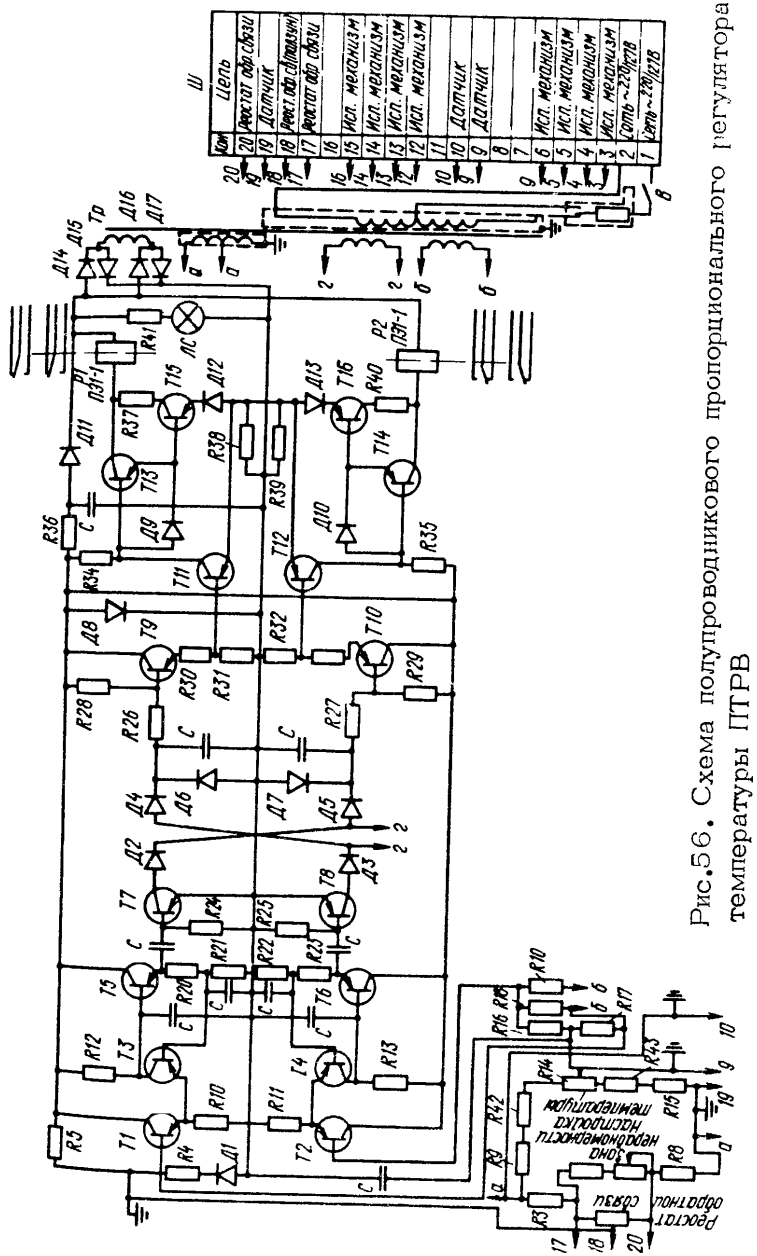


Рис.56. Схема полупроводникового пропорционального регулятора температуры ПТРВ

разбалансируется и на выходе моста появляется сигнал переменного тока, амплитуда которого зависит от величины разбаланса, а фаза – от его знака.

Опорный сигнал, снимаемый с делителя напряжения регулировки минимального дифференциала, и сигнал с диагонали моста складываются. Результирующий сигнал подается соответственно на каждый из входов полупроводникового двухканального усилителя.

Первый каскад каждого из каналов (транзисторы Т1, Т2) собран по схеме эмиттерного повторителя, что позволяет получить большое входное сопротивление каскадов и исключить взаимное влияние каналов. Второй каскад каждого из каналов (транзисторы Т3, Т4) собран по схеме с общей базой. Для согласования со входом фазочувствительного каскада служит эмиттерный повторитель (транзисторы Т5 и Т6). Каждый из этих трех каскадов охвачен 100%-ной отрицательной обратной связью, что приводит к стабильной работе усилителя в широком диапазоне температур.

Следующими каскадами усилителей являются транзисторы Т7 и Т8, которые работают по принципу фазочувствительного выпрямителя. Фазочувствительные каскады через согласующие каскады (транзисторы Т9 и Т10) управляют спусковыми устройствами, собранными по схеме триггеров с эмиттерной обратной связью (каждый на трех транзисторах Т11, Т13, Т15 и Т12, Т14, Т16). Транзисторы Т15, Т13, Т16, Т14 объединены в целях увеличения коэффициента усиления. Кроме того, составной транзистор увеличивает КПД схемы за счет уменьшения потерь на резисторах R35, R , ибо при отпущенном якоре реле триггер потребляет ничтожную мощность. В качестве коллекторных нагрузок составленных транзисторов используются обмотки реле типа ТЭ1-1.

Между фазочувствительными каскадами и спусковыми устройствами (триггерами) стоят эмиттерные повторители, служащие для устранения релаксаций триггера, связанных с релейным характером изменения входного сопротивления триггера, на которое разряжался бы сглаживающий конденсатор фазочувствительного каскада при отсутствии согласующего эмиттерного повторителя. При такой схеме облегчается режим работы фазочувствительного каскада, так как без согласующего эмиттерного повторителя через транзисторы Т7 и Т8 при релаксациях текли бы большие токи заряда конденсаторов С6 и С7. При отклонении температуры от регулируемой величины в ту или другую сторону срабатывает одна из спусковых схем (триггер), включая соответствующее реле.

Через контакты реле включается цепь питания ЭИМ, который начинает вращаться в ту или другую сторону в зависимости от знака разбаланса моста. Реостат обратной связи ЭИМ, который включен в мостовую схему прибора, компенсирует разбаланс, приводя схему в исходное положение "норма". Угол поворота вала ЭИМ пропорционален изменению температуры объекта, в результате чего достигается пропорциональное регулирование температуры. ПТРВ-П может работать одновременно на два ЭИМ, для чего применяется специальное контактное устройство УК-1, которое подключается к выходу прибора и поочередно с интервалом 5–6 с включает ЭИМ в схему прибора.

Конструктивно ПТРВ-П выполнен в пластмассовом корпусе (рис. 57) несколько бо́льших габаритов, чем приборы серии ПТР. Так же, как и приборы ПТР, по-

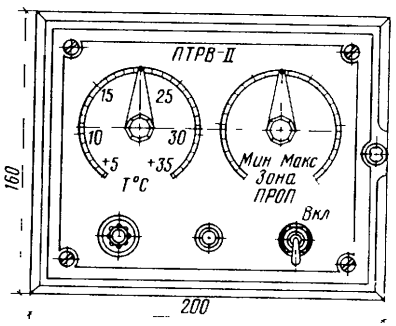


Рис.57. Общий вид панели ПТРВ

лупроводниковые регуляторы температуры новой серии ПТРВ выпускают нескольких модификаций в зависимости от диапазона регулируемых температур.

В табл. 6 приведены модификации прибора ПТРВ.

Таблица 6. Модификации прибора ПТРВ-П

Модификация	Диапазон регулируемых температур, °С	Шифр прибора
1	От −30 до −5	ПТРВ-П-02
2	" −10 " +15	ПТРВ-П-03
3	" +5 " +35	ПТРВ-П-04
4	" +30 " +60	ПТРВ-П-05
5	" +50 " +130	ПТРВ-П-06

Основная погрешность шкалы настройки температуры составляет $\pm 1^{\circ}$ при номинальном напряжении питания и окружающей температуре $20 \pm 5^{\circ}$С. Минимальное значение зоны пропорциональности не более $1,5^{\circ}$С (для модификации ПТРВ-П-06 не более 3°С), максимальное значение зоны пропорциональности не менее 6°С (для модификации ПТРВ-П-06 не менее 12°С). Несовпадение прямого и обратного хода ЭИМ по температуре при управлении от ПТРВ-П не более $0,5^{\circ}$. Чувствительность ПТРВ-П, т.е. разность температур двух последовательных срабатываний одного реле при изменении температуры в одном направлении, не более $0,2^{\circ}$. Разрывная мощность контактов реле в цепи переменного тока с коэффициентом мощности нагрузки 0,3-0,4 составляет не более 500 ВА. Мощность, потребляемая прибором, не более 10 ВА. Максимальная длина соединительной линии прибора с термосистемой 300 м при применении в качестве соединительной линии экранированных двух- или трехжильного кабелей с сопротивлением каждой из жил не более 7 Ом.

Приборы серии ПТРВ комплектуются взаимозаменяемыми термосистемами (датчиками) типа ДПТРВ.

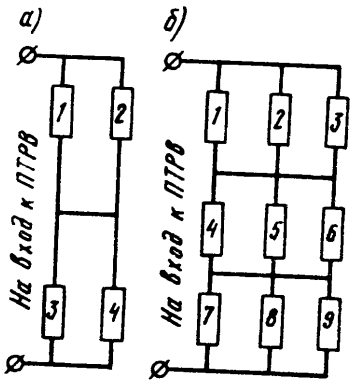


Рис.58. Принципиальные схемы соединений датчиков ДПТРВ для усреднения командного импульса
а - для четырех датчиков
б - для девяти датчиков

Взаимозаменяемость датчиков позволила получить усреднение командного импульса по четырем, девяти и более точкам контроля регулируемого параметра без ущерба для точности регулирования.

На рис. 58, а и б показаны принципиальные схемы соединений датчиков типа ДПТРВ одной модификации при четырех и девяти датчиках. В схемах соблюдается условие равенства конечного сопротивления всех датчиков сопротивлению одного датчика ДПТРВ данной модификации. Подключение взаимозаменяемых датчиков может производиться при монтаже или наладке системы автоматики.

В настоящее время теплопроизводительность автоматизированных котлоагрегатов и отопительных котельных, работающих на газе и жидком топливе, регулируется в основном по отопительному графику, который задается по метеорологическим прогнозам на сутки вперед, в результате чего вносится ошибка с начала осуществления процесса регулирования. Наружные климатические условия быстро меняются, а система автоматики остается настроенной на определенную температуру регулирования. Такое регулирование теплопроизводительности не может быть достаточно гибким и зачастую ведет к перерасходу топлива или к снижению температуры в отапливаемых помещениях.

Регулирование по отопительному графику требует ежесуточной перестройки задатчика температуры теплоносителя.

Для повышения точности работы системы автоматизации котлоагрегатов ряд зарубежных фирм, например "W. Bälz" (ФРГ), "Billman" (Швеция), "Landis & Gyr" (Швейцария), выпускает регуляторы температуры теплоносителя с автокоррекцией по температуре наружного воздуха или по температуре наружных поверхностей ограждения отапливаемых зданий.

В СССР Ленинградским научно-исследовательским институтом Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова (ЛНИИ АКХ) по методике С.А. Чистовича был разработан блок регулирования отопительного котлоагрегата с автокоррекцией по различным факторам. Этот блок выполнен на магнитных усилителях и входит составной частью в систему автоматического регулирования АГОК-66.

В НИИсантехники создан индивидуальный полупроводниковый терморегулятор ПТР-НК, работающий с автокоррекцией по наружной температуре. Он предназначен для автоматизации отопительных котлов, бойлеров, калориферов и других теплообменных установок и агрегатов, где требуется изменять степень подмешивания теплоносителя в зависимости от двух взаимосвязанных изменяющихся параметров. Полупроводниковый терморегулятор ПТР-НК, электрическая принципиальная схема которого дана на рис. 59, создан на базе двух серийных полупроводниковых терморегуляторов ПТР-3 и ПТР-П, соединенных посредством механического звена. Каждый терморегулятор работает в определенном температурном интервале со своим датчиком температуры. Терморегулятор 1 (ПТР-3) контролирует температуру наружного воздуха в диапазоне от +20 до -40°С. Терморегулятор П (ПРТ-П-04) контролирует температуру горячей воды в диапазоне 20-115°С.

Для получения необходимого температурного режима работы отопительного котлоагрегата в зависимо-

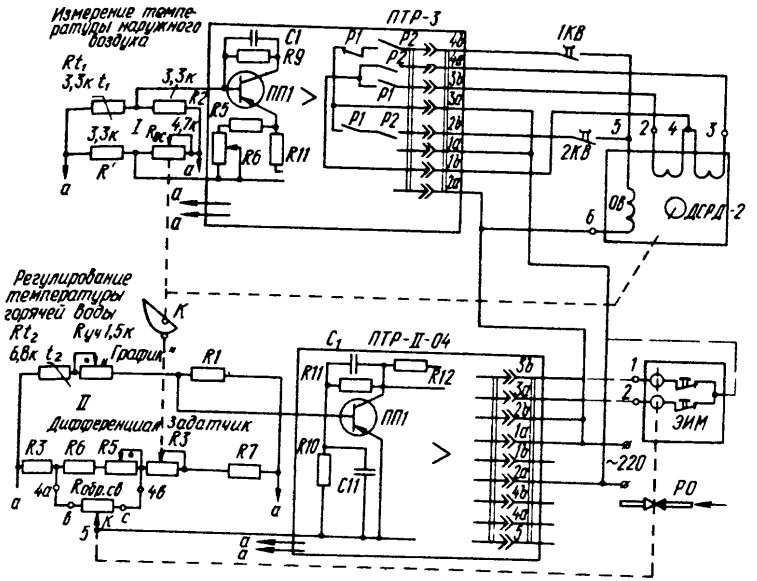


Рис. 59. Схема полупроводникового регулятора температуры ПТР-НК с автокоррекцией по наружной температуре

R – сопротивление; $R_{о.с}$ – сопротивление обратной связи; $R_{у.ч}$ – сопротивление настройки "графика"; Pt_1 – датчик температуры наружного воздуха; Pt_2 – датчик температуры горячей воды; ПП – триод; С – конденсатор; 1КВ, 2КВ – конечные выключатели механического переключателя; К – профильный кулачок; Р1 – Р2 – контакты реле; ДСРД-2 – реверсивный электродвигатель; ЭИМ – электрический исполнительный механизм; РО – регулирующий орган

сти от температуры наружного воздуха в этом приборе применен узел механической связи, который является составной частью схемы измерительного моста терморегулятора ПТР-НК, образованной терморегуляторами 1 и П.

Из схемы рис. 59 видно, что роль механической связи сводится к настройке терморегулятором 1 пропорционального терморегулятора П на соответствующую температуру срабатывания по горячей воде путем изменения величины сопротивления в цепи измерительного моста в соответствии с кривой выбранного участка отопительного графика.

Регулирование температуры воды в котле по отопительному графику в зависимости от температуры наружного воздуха посредством прибора ПТР-НК производится следующим образом. При колебаниях температуры наружного воздуха соответственно изменяется величина сопротивления датчика контроля температуры наружного воздуха, что вызывает изменение баланса в измерительном мосту терморегулятора 1. В зависимости от фазы сигнала разбаланса меняется направление вращения оси двигателя узла механической связи.

Кулачок специального профиля, сочлененный с осью двигателя, приводит в движение поводок переменного сопротивления настройки температуры терморегулятора П. Таким образом, каждому положению кулачка будет соответствовать определенная температура горячей воды. Так как терморегулятор ПТР-НК управляет исполнительным механизмом, регулирующим клапан подачи топлива или смесительный клапан, помещенный на обводной линии теплогенератора, то установка терморегулятора П на необходимую температуру нагрева воды по отопительному графику будет обеспечивать работу котлоагрегата с заданным изменением температуры горячей воды на выходе из котлоагрегата (теплообменника) с колебаниями в пределах зоны нечувствительности терморегулятора.

Прибор ПТР-НК допускает выбор зоны регулирования в пределах отопительного графика путем изменения величины сопротивления Р2 в измерительном мосту терморегулятора П. Правильность поддержания заданной температуры регулирования терморегулятором П зависит в основном от точности построения и

выполнения профилированного кулачка, который беспрерывно осуществляет настройку терморегулятора на соответствующую температуру.

Бесконтактный двухпозиционный регулятор температуры РТБ-2. Терморегулятор РТБ-2 разработан в последнее время Орловским заводом приборов и удобен для применения на объектах регулирования с большой теплоинерционностью. Он отличается высоким качеством регулирования и надежностью, поскольку его схема построена на применении бесконтактных элементов.

На рис. 60 дана принципиальная схема регулятора РТБ-2. Принцип работы регулятора основан на изменении температуры контролируемой среды медным термометром сопротивления, включенным в одно из плеч измерительного моста. При отклонении измеряемой температуры среды от установленного значения по шкале настройки прибора в ту или другую сторону мост разбалансируется и сигнал разбаланса поступает на вход усилителя (транзисторы Т1-Т4), где он алгебраически складывается с однополупериодным сигналом отрицательной полярности, поступающим на эмиттер Т1. С выхода усилителя сигнал поступает на фазочувствительный каскад ФУК (транзистор Т5), который управляет триггером (транзисторы Т6-Т8).

На коллектор транзистора Т5 ФЧК подается однополупериодное напряжение. При совпадении однополупериодного сигнала отрицательной полярности на эмиттере Т1 с напряжением на коллекторе ФУК по фазе ФЧК находится в насыщении и выход триггера будет открыт. Разностный сигнал закрывает ФЧК, падение напряжения на нагрузке ФЧК равно 0. Триггер переходит в другое состояние (вход закрыт, выход открыт), блокинг-генератор генерирует импульсы, которые подаются для управления тиристором Д12; последний работает на мостовую схему для управления коммутирующим устройством (тиристор Д15, диоды Д17-Д20).

Коммутирующее устройство переводит нагрузку в режим "включено" (горит сигнальная лампа). Нагруз-

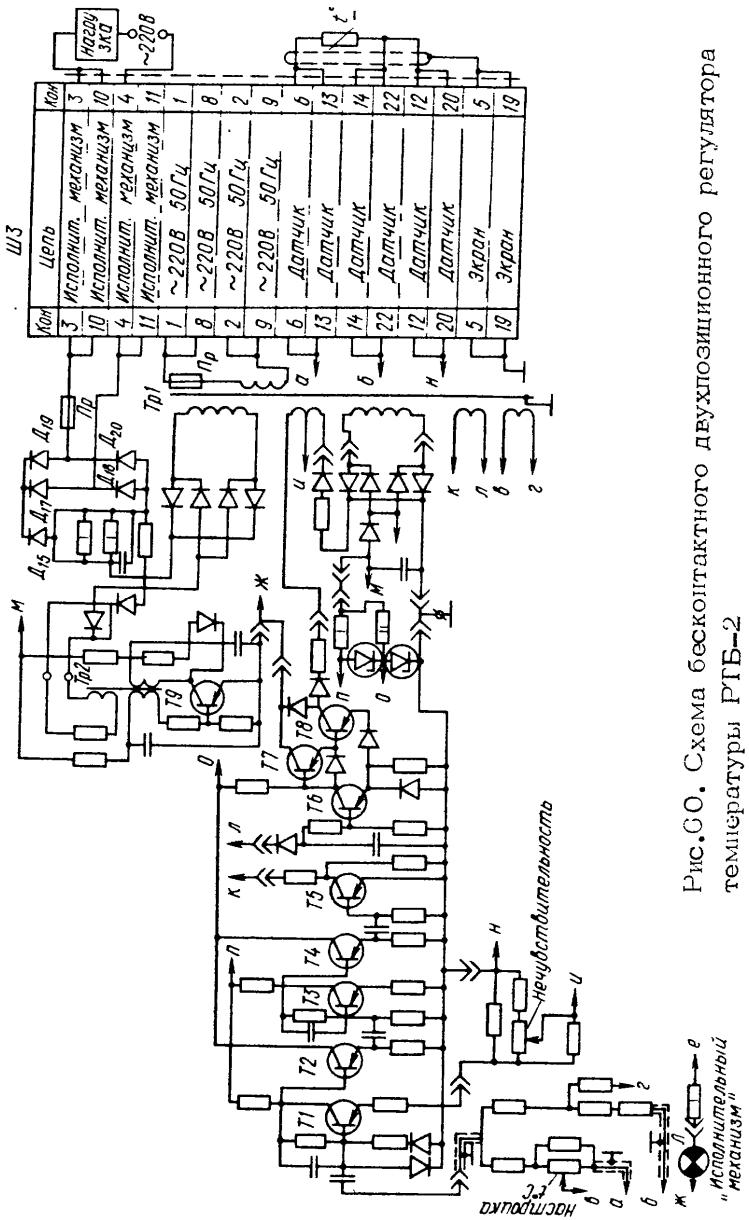


Рис.60. Схема бесконтактного двухпозиционного регулятора температуры РТБ-2

ка будет находиться под током до тех пор, пока температура регулируемой среды будет отличаться от температуры, установленной по шкале прибора. При достижении равенства температур контролируемой среды и по шкале прибора мост сбалансируется, коммутирующее устройство переводит нагрузку в режим "отключено" (сигнальная лампа не горит).

Конструктивно прибор выполнен в литом металлическом корпусе, в котором размещена панель с закрепленными на ней трансформатором и тремя печатными платами. На печатных платах расположены измерительная часть, усилитель, фазочувствительный каскад, блок управления, коммутирующее устройство и блок питания. На лицевую часть панели прибора выведены ручки шкалы установки температуры регулируемой среды и шкалы зоны нечувствительности, а также расположены сигнальная лампа "исполнительный механизм" и два предохранителя. В нижней части корпуса находятся разъем для подключения питания прибора, датчика (термометра сопротивления), исполнительного механизма и клемма "земля".

Датчиком температуры в данном приборе служит медный термометр сопротивления с безындукционный намоткой градуировки 2Щ. Регулятор температуры типа РТБ-2 не предназначен для работы во взрывоопасных помещениях.

Основные технические характеристики

Диапазон регулирования температуры, °С 5-35
Цена деления шкалы температуры, °С с отметками через 10 °С 2
Диапазон настройки нечувствительности, °С 0,5-5
Основная погрешность прибора по шкале температуры, °С . . . . . ±1
Длина линии, соединяющей прибор с датчиком, м 300

или сопротивление линии не более, Ом 5

Напряжение питания, В . . . . . 220^{+10}_{-15} при частоте 50 Гц

Мощность, потребляемая прибором, не более ВА 8

Масса прибора, не более, кг 3

Габариты прибора, мм 160x120x186

Регулятор температуры коммутирует переменный ток напряжением 12–220 В, частотой 50 Гц и $\cos\varphi$= 0,7 от 0,05 до 2 А. Коммутацию постоянного тока прибор не допускает. Прибор РТБ–2 предназначен для установки на панели или щите с помощью двух кронштейнов. Перед вводом прибора в эксплуатацию как корпус, так и экран провода для подсоединения датчика к прибору должны быть заземлены. Прибор начинает нормально работать после прогрева в течение 15–20 мин.

3. Приборы контроля и регулирования уровня

Регулирование и контроль уровня в отопительных установках являются самостоятельной задачей регулирования и относятся к обеспечению безопасности работы котельной установки. При водяном отоплении регулирование уровня воды осуществляют в расширительном баке системы отопления, для чего используют простейшие поплавковые регуляторы электрического принципа действия СУ–3, схема которого дана на рис. 61. СУ–3 является сигнализатором уровня. При снижении уровня воды в баке поплавок 1 опускается, а рычаг 2 через поводок 3 тянет за собой шайбу 6, на которой укреплены один, два или более ртутных контактов. При повороте шайбы на некоторый угол ртуть в ртутном контакте 4 замкнет второй контакт и через клеммы 5 подаст сигнал в электрическую цепь контроля и управления работой системы отопления. Ртутные контакты СУ–3 обычно устанавливают так, что один всегда нормально разомкнут, а другой нормально замкнут. Наибольшее расстояние между верхним и нижним положением уровня воды в баке может находиться для СУ–3 в пределах 150 мм.

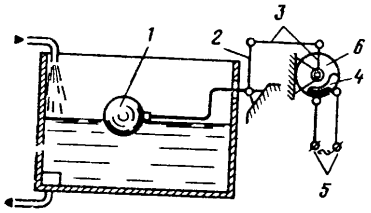


Рис.61. Схема поплавкового сигнализатора уровня СУ–3

Минимальный диапазон колебания уровня в баке, который может обеспечить работу СУ–3, составляет 5 мм. Недостатком сигнализатора уровня СУ–3 является то, что он требует очень точной установки по отвесу. Однако он работает надежно и в процессе эксплуатации практически не требует ухода.

При эксплуатации парового котла необходимо поддерживать уровень воды в барабане котла, и в этом случае регуляторы или сигнализаторы уровня поплавкового принципа действия не пригодны. Поэтому для контроля уровня воды в паровом котле используют электронные двухпредельные сигнализаторы уровня. На рис. 62 дана принципиальная схема контроля уровня воды в паровом котле на основе электронного двухпредельного сигнализатора и регулятора уровня 1 типа ЭСУ–2М. Прибор снабжен двумя емкостными

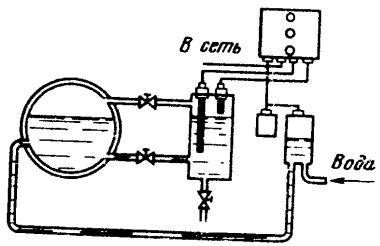


Рис.62. Принципиальная схема установки и контроля уровня воды в паровом котле посредством электронного двухпредельного сигнализатора уровня ЭСУ–2М

датчиками 4, покрытыми фторопластом. Если уровень воды подойдет ко второму короткому датчику, то прибор через магнитный пускатель 2 выключит электродвигатель 3 насоса и поступление воды в котел прекратится. Если уровень воды в котле упадет так, что оголится поверхность первого длинного датчика 4, то прибор 1 даст команду на включение насоса.

Как видно из схемы, прибор ЭСУ-2М обычно устанавливается непосредственно у котла в специальном сосуде для того, чтобы можно было в любой момент заменить датчики или сам прибор при выходе последнего из строя. Электронный сигнализатор и регулятор уровня ЭСУ-2М по принципу работы является емкостным электронным реле, срабатывающим при изменении емкости датчика. При погружении электрода датчика в контролируемую среду происходит увеличение емкости датчика. Датчики соединены со схемами генераторов высокой частоты, настраиваемых таким образом, что при изменении вместимости датчика на 5 ПФ происходит срабатывание реле, включенных в анодные цепи генераторов.

Электрическая схема ЭСУ-2М (рис. 63) представляет собой два генератора высокой частоты, собранных на двойном триоде 6Н6П, в анодные цепи которого включены два реле Р1 и Р2 типа ПЭ-6. Генератор датчика верхнего уровня собран на левом триоде лампы Л1. Колебательный контур генератора состоит из катушки 1, конденсаторов С3 и С4. Генератор настраивается с помощью подстроенного конденсатора СУ таким образом, что при увеличении емкости на 3-5 ПФ верхнего датчика, связанного со схемой через распределительный конденсатор С1, происходит срыв генерации. При срыве генерации анодный ток левого триода Л1 увеличивается в 2-3 раза, вызывая срабатывание реле Р2. Генератор датчика нижнего уровня собран на правом триоде лампы Л1. Колебательный контур генератора состоит из катушки 2, конденсаторов С5 и С6. Генератор с помощью конденсатора С5 настраивается таким обра-

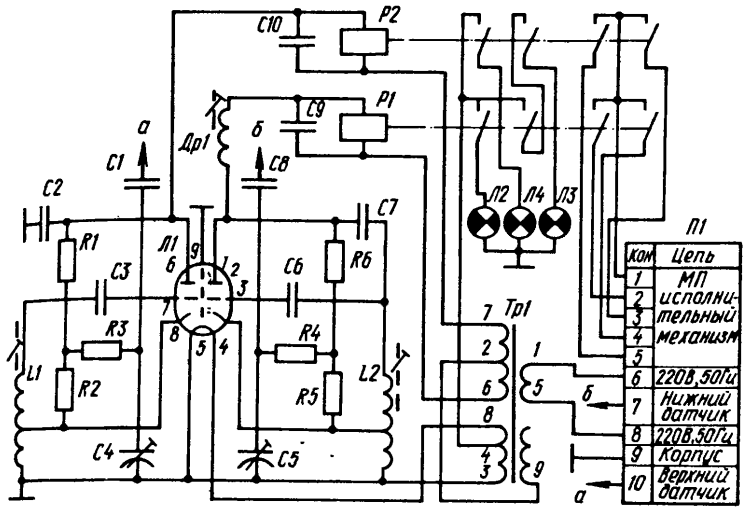


Рис.63. Принципиальная электрическая схема прибора ЭСУ-2М

зом, что при увеличении емкости 3-5 ПФ нижнего датчика, связанного со схемой через разделительный конденсатор С8, происходит возникновение генерации, уменьшается анодный ток правого триода Л1 и реле Р1 срабатывает. Сигнализация уровня осуществляется с помощью сигнальных ламп Л2, Л8 и Л4, питающихся через контакты реле от понижающей обмотки трансформатора Тр1. Включаются сигнальные лампы в зависимости от положения контролируемой среды относительно датчиков, когда:

а) уровень контролируемой среды ниже нижнего датчика; в этом случае генератор датчика нижнего уровня находится в режиме сорванной генерации, а генератор датчика верхнего уровня - в режиме генерации; цепь сигнальной лампы Л2 - "нижний уровень" - замкнута через контакт реле Р1;

б) уровень среды выше нижнего датчика контролирует, но ниже верхнего; в этом случае оба генератора находятся в режиме генерации и цепь сигнальной лампы

Л3 – "средний уровень" – замкнута через контакты; реле Р1 и Р2 – цепь лампы Л2 разомкнута;

в) уровень контролируемой среды достиг верхнего датчика; в этом случае происходит срыв генерации генератора датчика верхнего уровня и замыкается цепь сигнальной лампы Л4 – "верхний уровень"; электронная часть прибора смонтирована на панели и размещена в стальном штампованном корпусе, который выполнен в брызгонепроницаемом исполнении.

В крышке корпуса прибора имеются три светофильтра сигнальных ламп. Внешние подсоединения к электронному блоку осуществляются посредством контактной колодки через штуцера, имеющие резиновые уплотнения. Датчики ЭСУ–2М соединяются с электронным блоком коаксиальным кабелем в металлическом рукаве длиной 3 м. Они могут быть смонтированы как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. Электронный блок прибора ЭСУ–2М устанавливается на расстоянии не более 3 м от датчиков, так как на его работу может влиять емкость более длинных соединительных проводов. Электронный блок должен располагаться на высоте, удобной для периодической регулировки его и смены ламп.

Технические характеристики ЭСУ–2М

Температура контролируемой среды, °С . . . . . до 250
Давление контролируемой среды, МПа " 2,5
Основная погрешность срабатывания прибора при контроле сред, мм:
диэлектриков . . . . . не более 10
токопроводящих 3
Максимальная допустимая погрешность срабатывания, мм 15
Чувствительность прибора, ПФ 3–5
Напряжение питания прибора при частоте 50 Гц, В 220
Допустимые колебания напряжения питания, % 10

Разрывная мощность контактов, встроенных в прибор реле ПЭ–6, при напряжении не свыше 220 В и индуктивной нагрузке 2 Гц в цепи для тока:
переменного, ВА 500
постоянного, ВТ 50
Инерционность прибора, с . . . . . не более 0,3
Габаритные размеры электронного блока, мм 230x210x110
Масса прибора, кг . . . . . не более 4

4. Приборы контроля наличия пламени

Методы контроля наличия пламени при сжигании в топках котлов газа и жидкого топлива можно подразделить на две разновидности: прямого и косвенного контроля. К методам прямого контроля относятся ультразвуковой, термометрический, ионизационный и наиболее часто применяемый фотоэлектрический. К методам косвенного контроля горения топлива можно отнести контроль за разрежением в топке, за давлением топлива в подающем трубопроводе, за давлением или перепадом его перед горелкой и контроль за наличием постоянного источника воспламенения.

В отечественных отопительных котлах, газовых калориферах и малых газовых нагревателях применяют приборы, которые основаны на ионизационном, фотоэлектрическом и термометрическом методах контроля. Ионизационный метод контроля основан на электрических процессах, возникающих и протекающих в пламени. К таким процессам можно отнести способность пламени проводить ток, выпрямлять переменный ток и возбуждать в электродах, помещенных в пламя, собственную э.д.с., а также периодическую пульсацию электрических колебаний в пламени, что во всех случаях обусловливается степенью ионизации пламени.

Фотоэлектрический метод контроля за горением жидкого топлива заключается в измерении степени видимого и невидимого излучения пламени фотодатчиками как с внешним, так и с внутренним фотоэффектом. Методы контроля наличия пламени нашли много конструктивных решений.

Термоэлектрический метод контроля. Устройство, основанное на термоэлектрическом методе контроля, состоит из термопары – датчика и электромагнитного клапана. Термопара помещена в зоне горения запальной горелки котла, а электромагнитный клапан установлен на газопроводе, по которому подается газ в запальную горелку.

Большое распространение получило устройство термоэлектрического контроля, разработанное институтом Мосгазпроект. Оно применяется в отопительных и пищеварочных котлах, газовых отопительных печах и емкостях водонагревателей. Принцип работы термоэлектрического устройства контроля пламени заключается в следующем (рис. 64). Запальная горелка 4 действует постоянно, обеспечивая надежное зажигание и работу основных рабочих горелок 3. Газ на запальной горелке воспламеняется от термопары 5 и обеспечивает защиту против отрыва пламени. Термопара 2 вырабатывает т.э.д.с., за счет которой удерживается в открытом состоянии электромагнитный клапан 1.

При погасании пламени горелки температура термопары понизится настолько, что возбуждаемая ею т.э.д.с. будет недостаточна для удержания якоря 3 (рис. 65) в открытом положении, в результате чего клапан под действием пружины 4 закроет поступление газа в запальник и горелку котла. Последующий роз-

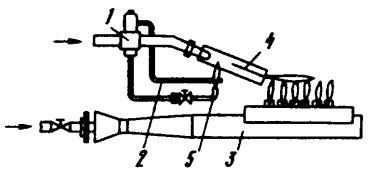


Рис.64. Схема термоэлектрического контроля наличия пламени

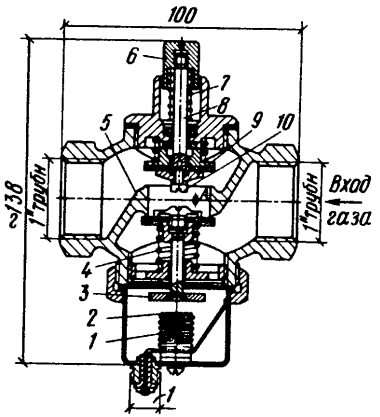


Рис.65. Электромагнитный клапан

жиг котла может быть произведен только вручную после ликвидации причин, вызванных отключением подачи газа. Для повторного включения котлоагрегата в работу необходимо нажать пусковую кнопку 6, которая опускает вниз шток 8, преодолевая усилие пружины 7. Клапан 9 с уплотнением перекроет седло 5, вследствие чего проход газа на горелку котлоагрегата прекратится. Одновременно с этим винт 10 нажмет на тарелку клапана, связанного с якорем 3, и откроет проход газа на запальник через боковое отверстие А. Спустя 40–60 с после зажигания горелки термопары она нагреется настолько, что т.э.д.с. в обмотке электромагнита будет достаточна для удержания якоря 3. После этого можно отпустить пусковую кнопку, и шайба 9, поднявшись, откроет доступ газа в запальную горелку котлоагрегата. Этот тип устройства контроля наличия пламени применяется во всех полуавтоматических системах управления газовыми отопительными и другими устройствами, разработанными институтом Мосгазпроект.

Ионизационный метод контроля. Ионизационный метод наличия пламени основан на использовании электрических свойств пламени. Устройства безопасности, основанные на этом методе, обладают преимуществом. состоящим в том, что они практически безынерционны,

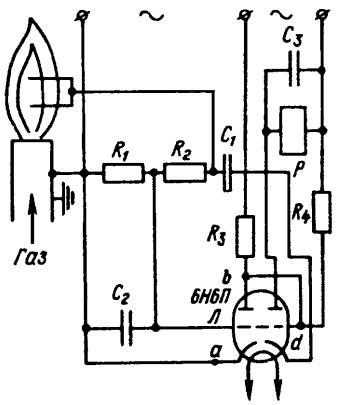


Рис.66. Принципиальная электрическая схема прибора контроля пламени системы Ленпромэнергогаз
1 – 4 – сопротивления;
С1 – С3 – конденсаторы;
Л – лампа 6Н6П; Р – реле

так как при погасании контролируемого пламени ионизационные процессы прекращаются, и это приводит практически к мгновенному отключению подачи газа в горелки котлоагрегата. Этот метод позволил разработать приборы контроля, основанные на электропроводности пламени, возникновении э.д.с. пламени, его вентильном эффекте и электрической пульсации.

За рубежом уделяется наибольшее внимание методу контроля наличия пламени, основанному на вентильном эффекте. Метод вентильного эффекта впервые рассмотрен в работе С.И. Мухина, в которой дан подробный анализ способности межэлектродных переходов в пламени выпрямлять переменный электрический ток. В устройствах безопасности горения, где используется этот метод, не наблюдается ложного сигнала при замыкании в цепи датчиков.

В системе комплексной автоматики для отопительных котлов был применен прибор контроля пламени (рис. 66), работа которого основана на вентильном эффекте. При наличии пламени переменное напряжение, приложенное между введенным в пламя электродом и корпусом горелки, выпрямляется. Через сопротивления R_1 и R_2 идет выпрямленный ток. Падение напряжения, снимаемое с R_1 со знаком минус, подается на сетку левой половины триода и запирает его.

Правая часть триода открыта и в его анодной цепи и обмотке реле Р течет ток. При погасании пламени действие вентильного эффекта в межэлектродном переходе прекращается и управляющий сигнал на вход усилителя не поступает. Правая часть лампы запирается, реле обесточивается и дает команду на отключение газа. Аналогичное действие произойдет при замыкании электрода на корпус горелки. В этой схеме прибора замыкание в цепи датчика не опасно.

Основным недостатком схемы прибора является то, что в ней открытое (рабочее) положение правой части триода обеспечивается закрытием левой его части. Отсюда следует, что потеря эмиссии катода в левой части триода, а также разрыв в любой из цепей в точках a, b, c, d приведут к открытию правой части триода независимо от наличия пламени на горелке. Этот метод контроля имеет большую перспективу, так как он позволяет обеспечить самоконтроль от опасных замыканий в цепи датчика и этим повысить надежность узла защиты.

Метод контроля, использующий электрический потенциал пламени. Этот метод основан на введении в факел металлических электродов, которые дают разность потенциалов (э.д.с.), переменных по амплитуде, но постоянных по знаку. Величина э.д.с. пропорциональна разности температур между электродами и достигает 2 В.

На этом принципе был создан прибор, схема которого представлена на рис. 67. Принцип работы прибора э.д.с. заключается в следующем. При отсутствии пламени в анодных цепях лампы текут равные токи. Возникающий в обмотках реле Р1 и Р2 под действием тока магнитный поток равен нулю, так как обмотки поляризованного реле включены встречно. Якорь реле в этом случае находится в положении, при котором цепь питания электромагнитного клапана-отсекателя разорвана, и газ в горелку не поступает. При появлении пламени возникает отрицательная э.д.с., которая подается на сетку левой части триода, что

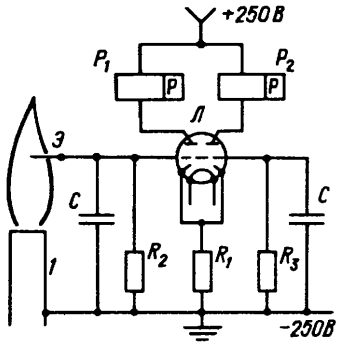


Рис.67. Принципиальная схема прибора контроля пламени института Ленгипроинжпроект Э – электрод; Г – горелка; Р1 – Р2 – обмотки поляризованного реле; Л – радиолампа 6Н2И; С – конденсатор; 1 – 3 – сопротивления

приводит к уменьшению тока в обмотке Р1. Под действием результирующего магнитного поля якорь реле изменит свое положение и, замкнув контакты, даст соответствующую команду. При погасании пламени или замыкании в цепи датчика э.д.с. исчезнет и схема придет в исходное положение. К сожалению, практическое использование описанного прибора затруднено тем, что сила тока в цепи датчика весьма мала из-за большого внутреннего сопротивления пламени и для эффективного использования э.д.с. в качестве управляющего импульса необходимо применять усилитель с высоким входным сопротивлением.

Метод контроля, использующий электрическую пульсацию пламени. Для любого факела независимо от вида сжигаемого топлива и типа горелочного устройства характерным признаком является пульсация процессов, сопровождающих горение. К таким процессам относятся температура пламени, давление в камере сгорания, интенсивность излучения и ионизация факела пламени. Частота и амплитуда пульсаций зависят от скорости истечения газовоздушной смеси из горелки и условий перемешивания газа с воздухом. При неудовлетворительном перемешивании газа с воздухом горение сопровождается отдельными вспышками. Посредством чувствительного гальванометра можно замерить величину пульсации ионизационного тока. Это свойство пламени дает возможность обеспечить само-

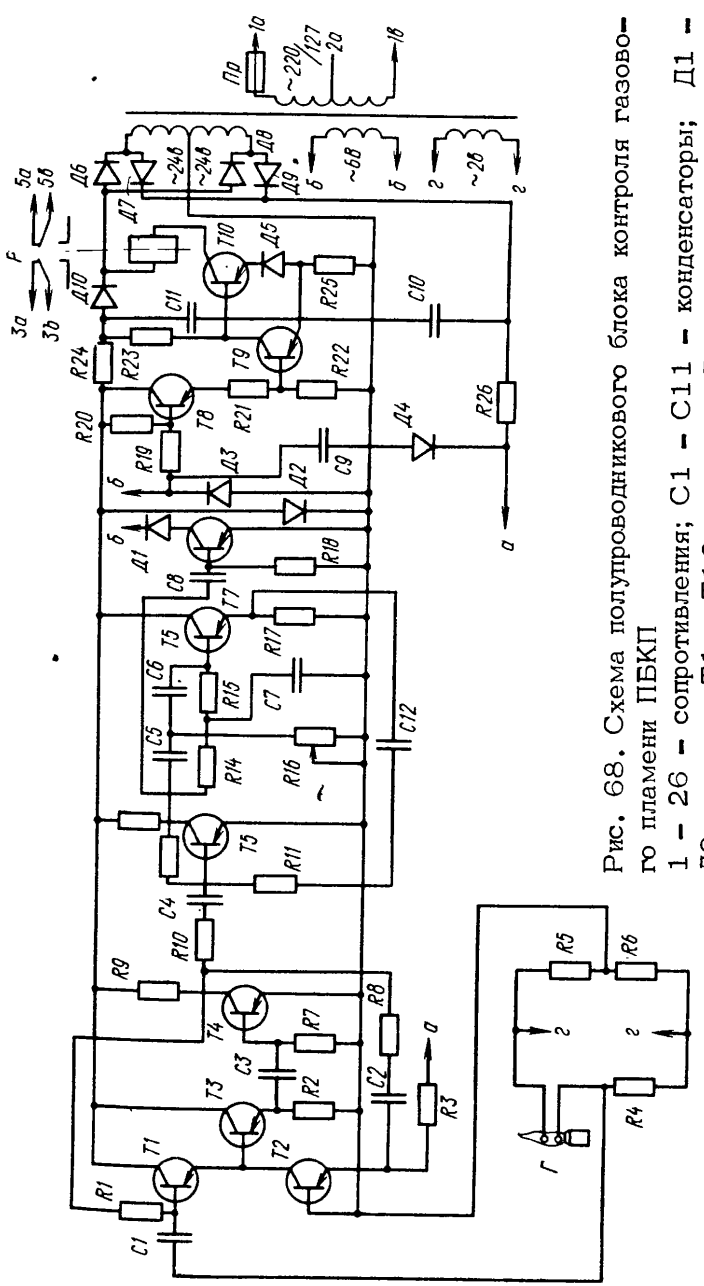


Рис. 68. Схема полупроводникового блока контроля газового пламени ПБКП
1 – 26 – сопротивления; С1 – С11 – конденсаторы; Д1 – Д9 – диоды; Т1 – Т10 – триоды; Р – реле; Пр – предохранитель; Г – запальная горелка

контроль автоматики от опасного замыкания в цепи электродного датчика.

На рис. 68 дана схема блока контроля пламени ПБКП, собранного на полупроводниках. Как видно из схемы, переменный электрический сигнал, снимаемый с электродного датчика при наличии горения, подается через электрический фильтр на вход усилителя переменного тока, где он достигает величины, достаточной для срабатывания электромагнитного реле. В схеме используется собственный пульсирующий потенциал, возникающий на электродах. При включении в цепь ионизационного датчика источника постоянного тока пульсацию на электродах можно усилить. В любом случае при замыканиях в цепи датчика, а также при погасании пламени подача управляющего сигнала на вход усилителя прекращается, и автоматика срабатывает на отключение газа. От сигнала постоянного тока данная схема не работает, так как на входе первого каскада включен конденсатор. Приборы контроля пламени этого типа, работающие на переменной составляющей электрического сигнала, очень чувствительны к помехам, частота колебания которых близка к частоте пульсации факела. Вследствие этого при установке таких приборов на объектах требуется обязательная экранировка входных цепей усилителя и линий связи, соединяющих электродный датчик с прибором.

Запально-защитное устройство ЗЗУ (рис. 69). Принцип работы ЗЗУ основан на использовании интенсивности светового излучения пламени, т.е. на фотоэффекте, обеспечивающем контроль наличия пламени, сигнализацию и дистанционный розжиг горелок. Входящие в комплект ЗЗУ управляющий прибор и фотодатчик выполняют функции одного из элементов пусковой блокировки и осуществляют защиту при погасании пламени.

ЗЗУ состоит из электрозапальника 1, электромагнитного запального клапана 3 типа СВФ-10, бобины

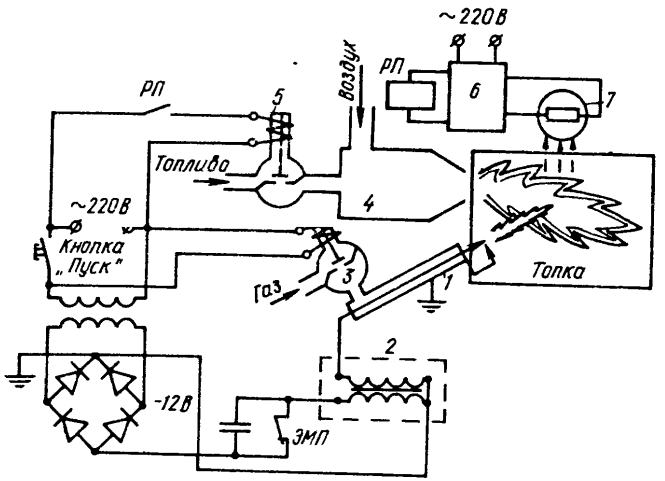


Рис.69.Принципиальная схема запально-защитного устройства ЗЗУ

зажигания 2 типа Б-17, фотодатчика 7, воспринимающего световой поток от пламени, и управляющего прибора 6, который дает через реле РП команду на открытие главного электромагнитного клапана 5. ЗЗУ включается в общую схему автоматизации котла или работает самостоятельно.

Как видно из принципиальной схемы, управляющий импульс открывает запальный электромагнитный клапан и одновременно подает напряжение на запальную бобину. Образовавшееся высокое напряжение поступает на электроды запальника и от возникающей на них искры происходит воспламенение газа. Излучение запального факела немедленно воспринимается фотодатчиком, и в результате срабатывает выходное реле управляющего прибора. Контакты выходного реле включают электромагнитный клапан-отсекатель, и топливо начинает поступать в основную горелку 7 котла. Посредством газового пламени производится воспламенение поступающего в топку котла распыленного

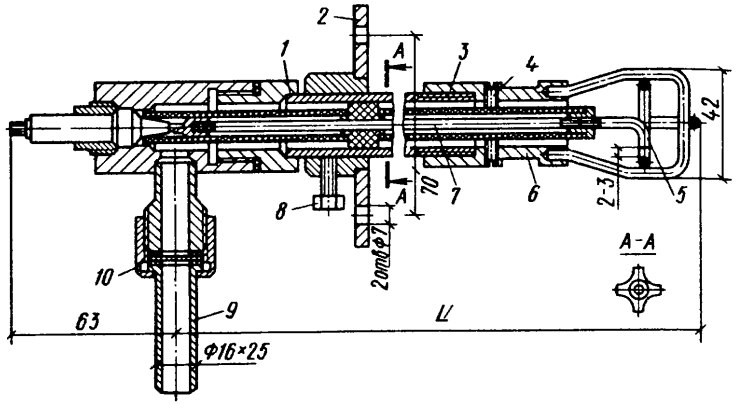


Рис.70. Конструкция электрозапальника

мазута. И далее в процессе работы котла фотодатчик ведет контроль за основным факелом, а в случае его погасания дает команду на перекрытие подачи топлива.

Запальник ЗЗУ (рис. 70) состоит из ствола 1 со штуцером 9 для подвода газа, центрального электрода 7, заключенного в керамическую изолюцию 3, и наконечника 6. Под гайку штуцера устанавливается съемная дроссельная шайба 10. Дроссельная шайба подбирается в зависимости от вида газа (природный газ или пропан-бутан) и требуемой расходной характеристики. В комплект поставки входят три дроссельные шайбы с диаметром отверстий 1,2; 1,5 и 2 мм. На тубус надет фланец 2, посредством которого запальник укрепляется на фронте котла. В тыльной части запальника выведен центральный электрод для подключения провода от источника высокого напряжения, т.е. от бобины. В наконечнике имеются три винта 4 для центровки и регулировки положения электрода. Для фиксации запальника на фронтовой плите котла служит болт 8. В зависимости от потребности запальники выпускают с длиной ствола, равной 480; 700; 1040; 1485; 2045; 2485; 3050; 3500; 4060; 4510 и 5070 мм.

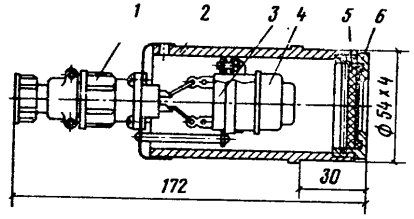


Рис.71. Общий вид фотодатчика

Газ воспламеняется от искры, проскакивающей между хвостовиком 5 центрального электрода и наконечником 6.

Такой запальник позволяет применять любой горючий газ с теплотой сгорания от 3 500 до 29 000 ккал/м^3. В зависимости от диаметра установленной шайбы он может обеспечивать расход газа от 0,5 до 8 кг/ч (пропан-бутан U = 1,86 кГ/нм^3) и от 0,2 до 4 кг/ч (природный газ U = 0,72 кг/нм^3). Для отсечки газа применен серийный электромагнитный клапан СВф-10, который рассчитан на длительный режим работы от напряжения 220 В переменного тока.

Источником высокого напряжения в ЗЗУ служит серийная автомобильная бобина Б-17 с электромагнитным прерывателем ЭМП, которая питается от источника постоянного тока напряжением 12 В. Сила постоянного тока не более 3 А. Бобина имеет вибратор с регулировочным винтом, посредством которого производится настройка режима работы бобины.

Фотодатчик (рис. 71) состоит из тубуса 1, в котором укреплено на ламповой панели 3 фотосопротивление ФСА-Г2 2. Фотосопротивление защищено оправой 5 с кварцевым стеклом 6. Вывод проводов из тубуса осуществлен через штепсельный разъем. Основным звеном ЗЗУ является трехкаскадный усилитель фотодатчика, выполненный на полупроводниковых элементах.

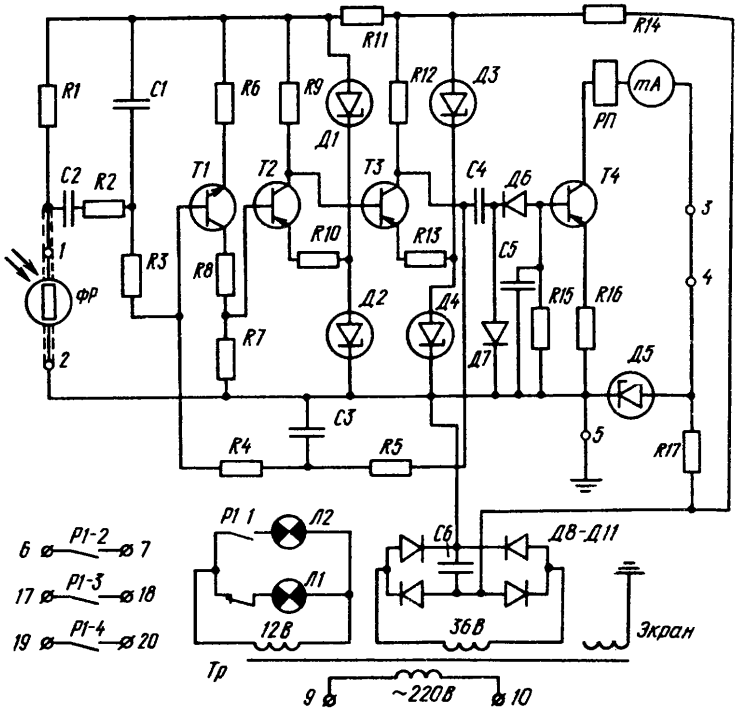


Рис.72. Принципиальная схема управляющего прибора ЗЗУ

На рис. 72 дана принципиальная электрическая схема усилителя. Сигнал от фотодатчика поступает через разделительный конденсатор С2 на первый каскад усилителя. Усиленное тремя каскадами переменное напряжение через разделительную емкость С4 подается на делитель, собранный на диодах Д6 и Д7. Отрицательное напряжение, полученное на этом делителе, при наличии пламени в топке отпирает триод Т4, и реле РП срабатывает.

Питание схемы происходит от понижающего трансформатора. Для стабилизации питающих напряжений схемы применены стабилизаторы Д1–Д6. Питание

сигнальных лампочек осуществляется от отдельной обмотки трансформатора. Трансформатор имеет экранирующую обмотку, которая снижает влияние помех.

Запально-защитное устройство выпускают в двух модификациях: ЗЗУ–1 и ЗЗУ–2. В модификации ЗЗУ–1 бобина соединяется со стволом запальника с помощью гибкого шланга, а в модификации ЗЗУ–2 бобина закреплена непосредственно на стволе запальника. Для обеспечения надежного зажигания и контроля наличия пламени в топке котла запальное устройство следует устанавливать таким образом, чтобы оно надежно поджигало газовоздушную смесь, не вводя наконечник запальника далеко в топку, так как максимально допустимая температура для него не превышает 900°С. Целесообразно подавать вторичный воздух в топку по стволу запальника как принудительным способом, так и за счет разрежения в топке. Вторичный воздух будет охлаждать запальник, облегчая условия работы и удлиняя срок его службы.

Устойчивость факела запальника обеспечивается правильным подбором расхода газа путем установки соответствующей шайбы и соответствующей скоростью воздуха. Если скорость воздуха, идущего на смешение с топливом в горелке, велика, то факел целесообразно поддерживать посредством постоянной искры на электродах запальника, т.е. за счет постоянно включенной бобины. При нормальных воздушных режимах сжигания топлива после воспламенения факела запальника обычно бобина выключается. Эта блокировка осуществляется за счет наличия на усилителе свободной контактной пары. Тубус фотодатчика также требует тщательной установки на фронтовой панели котла так, чтобы в его "поле зрения" попадал только контролируемый факел.

Автомат контроля пламени АКП-П. Автомат контроля пламени АКП-П предназначен для контроля наличия газового пламени в топках котлов малой мощности. На рис. 73 дана принципиальная

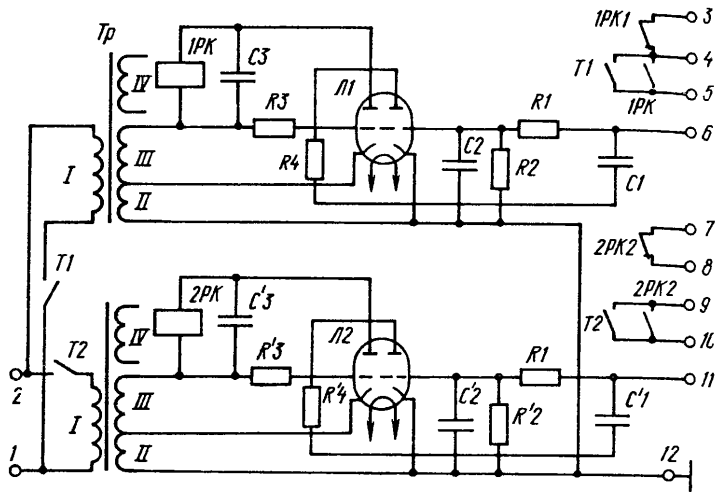


Рис.73. Принципиальная схема автомата контроля пламени АКП-II

1 – 4 – сопротивления; С1 – С6 – конденсаторы; Л1–Л2 – радиолампы; 1РК – 2РК – реле; $Тр_1$ – $Тр_2$ – трансформаторы; 1РК1 – 2РК2 – контакты реле; $Т_1$, $Т_2$ – тумблеры.

схема АКП-II. Как видно из схемы, прибор состоит из двух независимых и одинаковых блоков, так как он может одновременно контролировать пламя двух газовых горелок. Поэтому можно рассмотреть один блок схемы. Основной частью автомата является двухкаскадный усилитель постоянного напряжения, работающий на двойном триоде $Л_1$ ($Л_2$). К входным клеммам 6–12 (11–12) подключается чувствительный элемент, контролирующий наличие газового пламени в запальнике или в основной горелке. Чувствительный элемент представляет собой изолированный электрод, изготовленный из дисилицидмолибдена и помещенный в газовое пламя горелки или запальника. Электрод соединяется с клеммой 6 или 11 прибора.

Корпус горелки или запальника через "землю" соединяется с клеммой 12.

Нагрузкой триода является электромагнитное реле постоянного тока 1РК (2РК), контакты которого 1РК ($2РК_1$) и $1РК_1$ ($2РК_2$) могут коммутировать цепи защитных или сигнальных устройств. Усилитель питается переменным напряжением через трансформатор $Тр_1$ ($Тр_2$). Прибор выключается посредством тумблеров $Т_1$ и $Т_2$. Таким образом, можно осуществлять работу двух блоков вместе или раздельно. Принцип работы автомата основан на детектирующем свойстве пламени. При отсутствии пламени промежуток между электродом и корпусом горелки (клеммы 6(11) и 12) разомкнут. За время "проводящего" полупериода лампы $Л_1$ ($Л_2$), концы на анодах обоих триодов "плюс", делитель напряжения $С_1 - Р_1 - С_2 - Р_2$ ($С_1 - Р_1 - С_2 - Р_2$) обеспечивает положительный потенциал сетки этого триода. Через правый триод протекает ток, создающий напряжение на сопротивлении $Р_4$ ($Р_4^1$) и тем самым отрицательный потенциал на стенке правого триода. Поэтому левый триод будет "заперт" и реле 1РК (2РК) обесточено.

Если промежуток между электродом и корпусом горелки охвачен пламенем, то он будет как бы замкнут через диод, катод которого соединен с "землей". В непроводящий полупериод работы лампы $Л_1$ ($Л_2$) к промежутку между электродом и корпусом горелки (6–12, 11–12) и цепи $Р_1$–$Р_2С_2$ ($Р_1$–$Р_2$–$С_2$) прикладывается напряжение, близкое к удвоенному значению, напряжения на обмотке 11 трансформатора Тр. При этом сетка правого триода будет иметь существенно отрицательный потенциал относительно катода "земля". Большая постоянная времени разряда конденсатора $С_2$ ($С_2^1$) обеспечивает поддержание отрицательного потенциала этой сетки и в "проводящий" полупериод, когда потенциал электрода (клеммы 6, 11) равен потенциалу "земли". Следовательно, при наличии пламени правый триод все время "заперт". Посредством подбора параметров схемы в это время

обеспечивается отпирание левого триода и срабатывание реле 1РК (2РК). Сглаживание пульсаций переменного тока осуществляют конденсаторы C_3 и C_3'. В случае когда промежуток между электродом и корпусом горелки (клеммы 6–12, 11–12) замкнут накоротко, потенциал электрода (клеммы 6, 11) будет равен нулевому потенциалу, а потенциал правого триода вследствие небольшого сеточного тока лишь незначительно отрицателен. Это смещение не может "запереть" правый триод, и через него потечет ток, который, как и в первом случае, вызовет "запирание" левого триода. В результате реле 1РК (2РК) будет обесточено и схема будет защищена от короткого замыкания. Следовательно, через реле 1РК (2РК) ток течет только в том случае, когда в промежутке между электродами и корпусом горелки имеется пламя. Контакты реле 1РК и 2РК могут коммутировать независимые цепи защитных и сигнальных устройств или для большей надежности включать последовательно и коммутировать одну цепь.

Прибор собран на пластмассовой панели и помещен в металлический кожух. Соединение прибора с коммутирующими цепями производится через штепсельный разъем. Прибор АКП-II рассчитан на монтаж в вертикальной плоскости.

Техническая характеристика АКП-11

Напряжение питания при частоте 50 Гц, В	220
Потребляемая мощность, ВА	35
Число чувствительных элементов	2
Ток через контакты реле, А	5
Разрывная мощность контактов реле в цепи тока при 220 В:	
постоянного, Вт	50
переменного, ВА	500
Температура окружающего воздуха при относительной влажности 80%, °С	5–50
Габариты, мм	256x200x158
Масса прибора, кг	6

Прибор АКП-II устанавливают в местах, где вибрация незначительна (частота не более 30 Гц при амплитуде до 0,2 мм). Электроды контроля пламени должны быть так установлены в топке, чтобы их концы надежно омывались газовым пламенем горелки. Расстояние от электрода до ближайшей кромки горелки не должно превышать 40–50 мм. Установка электродов должна обеспечивать невозможность короткого замыкания их на корпус горелки под воздействием тепловой деформации.

5. Приборы контроля разрежения

Датчик СПД. Мембранный сигнализатор падения давления СПД (модификации СПД-1 и СПД-II) предназначен для защиты котла от понижения давления воздуха, газового топлива и разрежения в топке. Общий вид сигнализатора СПД-1 приведен на рис. 74. Чувствительным элементом прибора является мембрана 4, разделяющая внутреннюю камеру сигнализатора на две полости. В верхнюю (надмембранную) полость подается командный импульс (давление или разрежение), изменение которого в сторону уменьшения фиксируется размыканием нормально замкнутых контактов 7. При данной схеме работы прибора нижняя полость прибора соединена с атмосферой. Падение разрежения в топочной камере котла по импульсной трубке передается в верхнюю полость мембранной камеры и воспринимается упругой системой прибора: пружиной растяжения 2 и пружиной сжатия 3. При падении разрежения до величины срабатывания упругой системы золотник 6 осуществляет замыкание одной пары нормально разомкнутых контактов. Настройка прибора

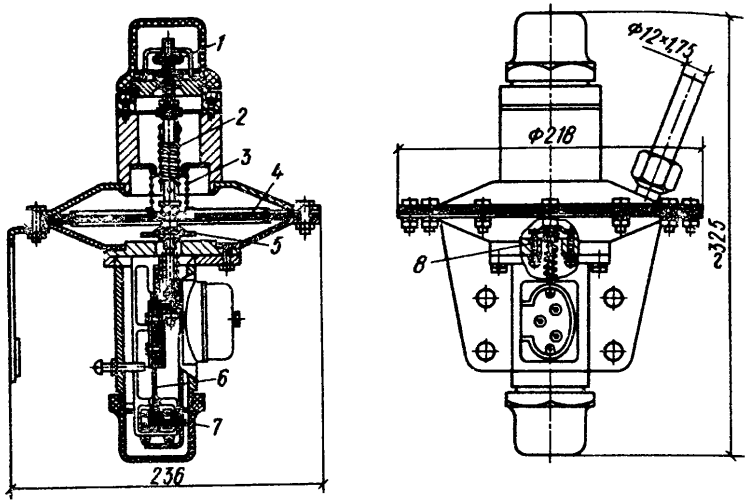


Рис.74. Сигнализатор падения давления СПД-1

СПД-1 на заданный диапазон давлений (разрежений) срабатывания контактов осуществляется с помощью настроечной гайки 1, тарелки 5 и настроечных винтов 8.

Сигнализатор СПД-II отличается от СПД-I возможностью фиксирования еще и перепада давлений, для чего на корпусе нижней полости установлен такой же патрубок, что и на корпусе верхней полости. Приборы рассчитаны на максимальное статическое давление 3 КПа. Диапазон настройки по давлению срабатывания от -100 Па до +1 КПа для СПД=1 и от 0 до 1 КПа для СПД-II. Дифференциал прибора 10 Па. Контакты предназначены для работы в сети напряжением постоянного тока 24 В. Для обеспечения нормальной работы прибора импульсная пневмолиния и надмембранная полость должны иметь абсолютную герметичность.

На практике сигнализатор СПД-1 часто срабатывает при всяких случайных нарушениях тяги в котле, что приводит к неоправданному выключению системы

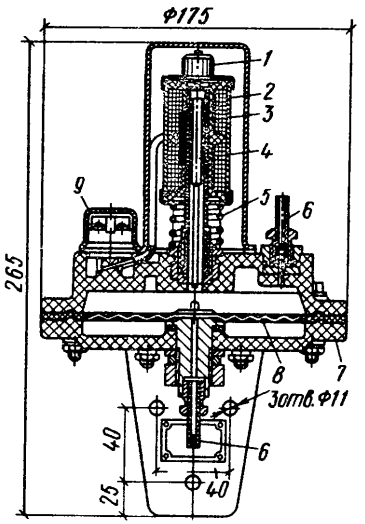


Рис.75. Дифференциальный тягомер ДТ-2

автоматики и котла. Чтобы избежать этих случайных отклонений режима работы, предлагались модификации датчика СПД в комплекте с реле времени в виде электронной приставки ЭП. Электронное реле времени монтируют в отдельном корпусе и устанавливают в щите управления общекотельной автоматики.

Дифференциальный тягомер ДТ-2. Прибор предназначен для работы в схемах автоматического регулирования в качестве датчика, реагирующего на отклонение малых давлений, разрежений или разности двух давлений неагрессивного газа или воздуха от заданного значения и преобразующего это отклонение в электрический сигнал переменного тока частотой 50 Гц.

Чувствительным элементом ДТ-2 (рис. 75) является полая мембрана 8, закрепленная между двумя пластмассовыми дисками 7 и помещенная в герметизированную камеру. Для подвода давлений служат два штуцера 6, один из которых ведет во внутреннюю полость мембраны, а другой - в надмембранное пространство камеры. При этом большее давление (плюс) подводится через нижний штуцер, меньшее (минус) -

через верхний штуцер. При измерении избыточного давления верхний штуцер прибора соединяется с атмосферой, при измерении разрежения с атмосферой соединяется нижний штуцер. Усилие, возникающее на мембране от перепада давления, перемещает центр мембранного блока, а следовательно, и плунжер 4, находящийся внутри катушки 2 дифференциально-трансформаторного датчика. Катушку можно передвигать с помощью пружины 5 и регулировочной гайки 1 по разделительной трубке 3 из немагнитного материала. При заданном значении измеряемого параметра плунжер датчика находится в среднем положении и напряжение на вторичной обмотке датчика близко к нулю. Отклонение измеряемого параметра от заданного значения вызывает перемещение плунжера по отношению к среднему положению, на вторичной обмотке датчика возникает напряжение переменного тока, фаза которого определяется направлением движения плунжера, а величина пропорциональна перемещению. Первичная обмотка катушки датчика питается от специальной обмотки трансформатора измерительного блока электронного регулирующего прибора, образуя вместе с ней электрический мост.

ГЛАВА III.
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Электромагнитное реле является одним из основных элементов современных электрических систем автоматики. В зависимости от назначения и условий использования промышленностью выпускается много различных типов электромагнитных реле. Основными характеристиками реле являются рабочее напряжение, сопротивление обмотки, ток отпускания и притяжения якоря, число контактов и их максимальная рабочая мощность. Электромагнитные реле могут быть постоянного и переменного тока. Кроме датчика и сигнализатора, осуществляющих контроль за состоянием различных технологических процессов, в котельных применяют и многие другие приборы: автоматические регуляторы теплопроизводительности котельной, подачи воздуха в зону горения, тяги, уровня воды в расширительном баке и пр.

В электрических системах автоматики предусматривается, как правило, автоматический розжиг запальной горелки с помощью электрозапального устройства. Для управления подачей газа и воды на газовых и водяных линиях используют электромагнитные отсечные клапаны. Некоторые из этих систем автоматики будут рассмотрены ниже.

1. Промежуточные реле

Промежуточные реле, выпускаемые промышленностью, имеют весьма разнообразную конструкцию как

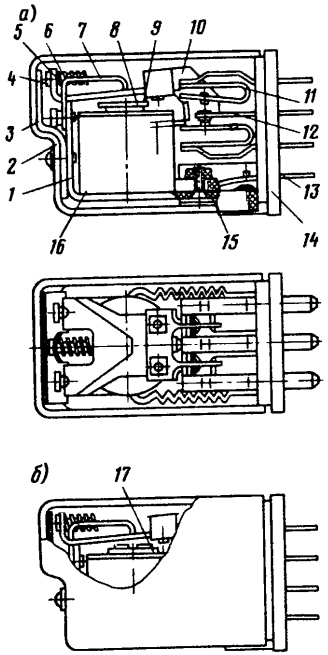


Рис.76. Общий вид реле РПУ-0
а – для постоянного тока; б – для переменного тока

магнитной системы, так и контрольной группы. Использование в электромагнитном реле нескольких контактных групп дает возможность управлять одновременно несколькими независимыми друг от друга рабочими цепями. Те контакты, которые при отсутствии тока в обмотке реле замкнуты, называются нормально разомкнутыми, а те, которые при отсутствии тока находятся в замкнутом состоянии, называются нормально замкнутыми. При срабатывании реле (когда якорь притягивается к сердечнику) нормально разомкнутые контакты замыкаются, а нормально замкнутые размыкаются.

Промежуточные электромагнитные реле предназначаются для использования в схемах автоматики и защиты, в которых требуется размножение сигналов оперативных цепей или увеличение их мощности.

Электромагнитное реле универсальное серии РПУ-0 (рис. 76) работает на постоянном и переменном токе.

Электромагнитная система реле РПУ-0 клапанного типа. Она состоит из угольника 1 с развальцованным на нем сердечником 8, якоря 5 и скобы 7, фиксирующей якорь, разделенный изолятором 10. На сердечнике реле постоянного тока насажена шайба 9, выполняющая роль полюсного наконечника. В пазу сердечника реле переменного тока закрепляют короткозамкнутый виток 17. На хвостовике якоря реле установлен винт 4, которым регулируют усилие возвратной пружины 6. Эта пружина переключает контакты.

Электромагнит реле крепится к колодке контактной системы с помощью пластинки 15. Контактная система состоит из изоляционной колодки 14, с закрепленными на ней неподвижными контактами 12, подвижными контактами 11 и пластинками 13, к которым припаивают выводы катушки 16. Реле имеет табличку 3 и защищено прозрачным кожухом 2.

В зависимости от исполнения реле поставляют с одиннадцатигнездными штепсельными розетками типа ШРП для заднего присоединения проводов пайкой или типа ШРВ для переднего присоединения проводов винтами М 2,5 с монтажным угольником и без установочных элементов. Зажимы выводов реле и штепсельных розеток допускают присоединение не более двух проводов сечением до 1 мм^2 каждый.

Основные технические характеристики РПУ-0

Реле имеют переключающие контакты,	
рабстающие с номинальным током, А .	2,5
Длительно допустимый ток контактов реле, А	4
Коммутационная способность контактов на постоянном токе при индуктивной постоянной времени не более 0,01 с и на переменном токе при коэффициенте мощности не менее 0,4 не превышает, с	0,05

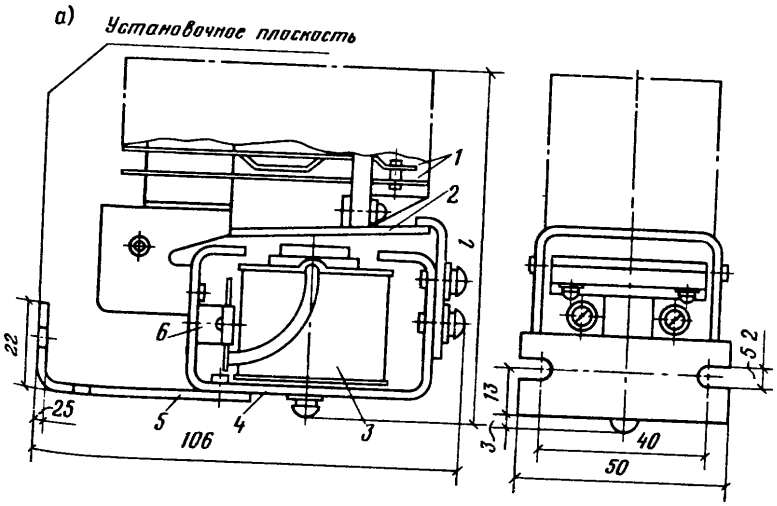
Режим работы	продолжительный, прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный (1200 включений в 1 ч)
Номинальное напряжение переменного тока 50 и 60 Гц, В	380, 220, 127, 36, 24 и 12
Напряжение втягивания якоря от номинального, В	0,8 номинального
Износостойкость реле (число циклов срабатываний), млн	6,3
Масса, кг, не более	0,12
Габариты, мм	60x30x35

Реле промежуточное электромагнитное универсальное серии РПУ-1 выпускают открытого (рис. 77, а и б) и закрытого исполнения (рис. 77, в). На рис. 77, а показано реле РПУ-1 постоянного тока, которое имеет контакты 1, якорь 2, катушку 3, установочную скобу 4 и колодку 6.

Реле РПУ-1 переменного тока (рис. 77, б) имеет контакты 1, скобу 2, якорь 3, магнитопровод 4, винт 5, катушку 6, скобу 7, колодку 8 и установочную скобу 9. Часто употребляют при монтаже реле РПУ-1 защищенного исполнения в пластмассовом кожухе (рис. 77, в), что повышает надежность работы. Для повышения износоустойчивости трущиеся части реле изготовляют из материала пластмасса-металл.

Основные технические характеристики РПУ-1

Номинальное напряжение втягивания катушек, В:	
при постоянном токе	от 12 до 220
" переменном "	" 12 " 440
Номинальный ток катушек, А:	
на постоянном токе	" 0,4 " 10
" переменном "	" 1 " 10
Номинальный ток реле втягивающих катушек, А	" 0,01 " 0,25
Электрическая износостойкость контактов реле в цепях переменного тока с коэффициентом мощности не менее 0,4 составляет не менее циклов:	
для реле постоянного тока, млн.	2,5
для реле переменного тока, млн.	1,6
Механическая износостойкость реле составляет не менее циклов:	
для реле постоянного тока, млн.	10
" " переменного " , "	6,3
Масса реле, кг не более	0,4
Габариты с кожухом, мм	130x130x65



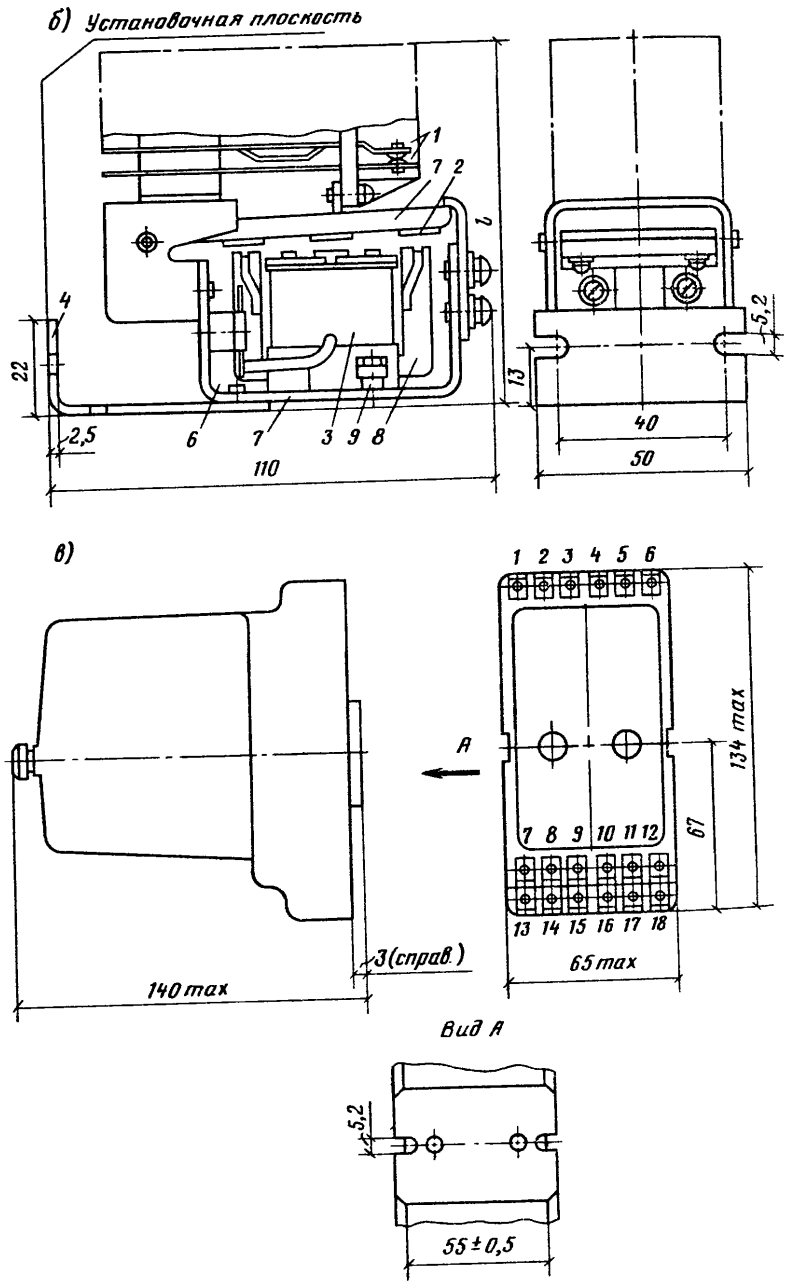


Рис.77. Общий вид и габариты электромагнитного реле РПУ-1
а – реле открытого исполнения постоянного тока;
б – реле открытого исполнения переменного тока;
в – реле закрытого исполнения

Реле промежуточное электромагнитное универсальное серии РПУ-2 с унифицированной магнитной системой клапанного типа, которое по конструкции напоминает электромагнитное реле МКУ-48 (рис. 78). Реле РПУ-2 переменного тока конструктивно отличается от реле постоянного тока наличием короткозамкнутого витка на среднем керне магнитопровода.

Основные технические характеристики РПУ-2

Номинальное напряжение втягивающих катушек, В:
на постоянном токе . . . . . от 12 до 220
" переменном " . . . . . " 12 " 440
Номинальный ток катушек, А:
на постоянном токе . . . . . " 0,4 " 10
" переменном " . . . . . " 1 " 10
Электрическая износостойкость контактов реле в цепях переменного тока с коэффициентом мощности не менее 0,4 составляет не менее миллионов циклов:
для реле постоянного тока 2,5
" " переменного " 1,6
Механическая износостойкость реле составляет не менее циклов, млн:
для реле постоянного тока 10
" " переменного " 6,3
" " с электронным возвратом 1
Масса реле, кг 0,28
Габариты, мм (максимум) 85x38x67

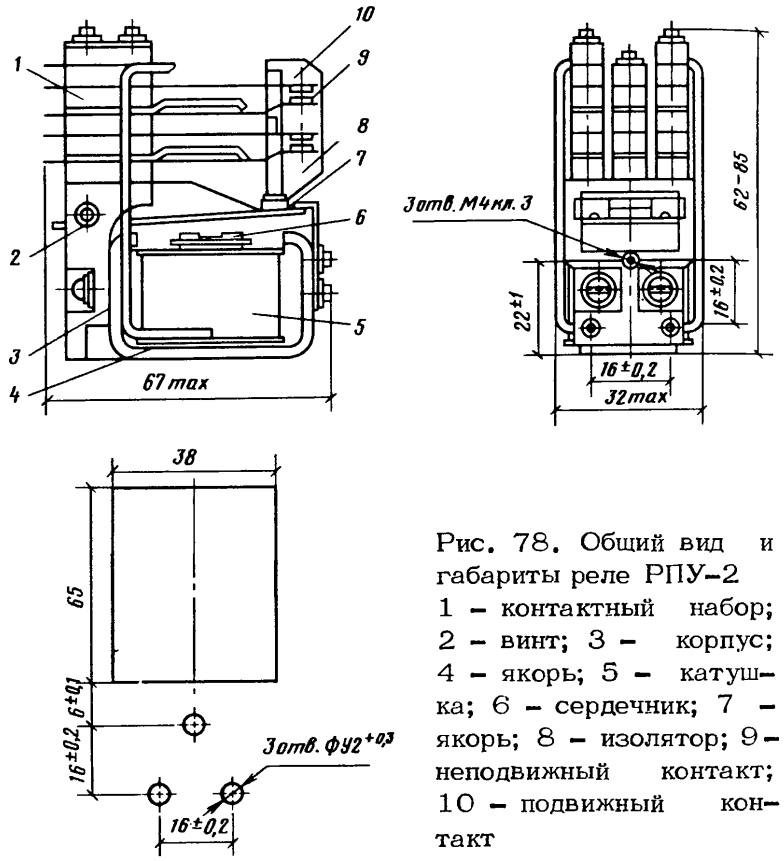


Рис. 78. Общий вид и габариты реле РПУ–2
1 – контактный набор; 2 – винт; 3 – корпус; 4 – якорь; 5 – катушка; 6 – сердечник; 7 – якорь; 8 – изолятор; 9 – неподвижный контакт; 10 – подвижный контакт

2. Реле времени

Для автоматизации отопительных устройств используют серийные реле времени различных типов. Посредством этих реле осуществляются с определенным интервалом времени пуск отопительных агрегатов в работу, их выключение или перевод с одного режима на другой.

Реле времени выбирают исходя из потребности и числа линий задержки. Чаще всего применяют реле времени типа РВ и ВС–10.

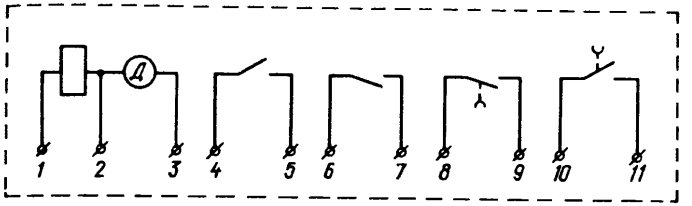


Рис.79. Принципиальная схема реле времени РВ–4

Реле времени серии РВ–4. Это реле предназначено для передачи электрического сигнала из одной цепи управления в другую с некоторой плавно регулируемой выдержкой времени.

Реле времени рассчитаны для работы в стационарных установках при температуре окружающей среды не выше +40°С и не ниже +5°С и относительной влажности не более 80%. Реле не предназначены для работы на высоте над уровнем моря более 1000 м; в местах, не защищенных от воды, масла, эмульсии и т.д.; в химически агрессивной, взрывоопасной и токопроводящей средах; в условиях тряски, толчков и вибрации.

Реле РВ–4 (рис. 79) имеет один нормально открытый и один нормально закрытый контакты с выдержкой времени, один нормально открытый и один нормально закрытый контакты без выдержки времени (табл. 7).

Контакты реле рассчитаны на кратковременный ток включений 15 А переменного тока для всех напряжений и на длительный ток 6А для всех напряжений и родов тока. Мощность размыкания при индуктивной нагрузке составляет не более 500 ВА.

Длительность команды для надежного включения реле 0,2 с, время возврата реле не более 0,2 с. Реле РВ–4 защищено от попадания на него жидкостей металлическим кожухом с резиновой прокладкой в паз по всему периметру. В эксплуатации реле необходимо

Таблица 7. Модификации реле времени РВ-4

Тип реле	Предел регулировки по времени	
	50 Гц	60 Гц
РВ-4-1	2с - 60 с	2 с - 50 с
РВ-4-2	10 с - 4 мин	10 с - 200 с
РВ-4-3	30 с - 15 мин	30 с - 12,5 мин
РВ-4-4	2 мин - 60 мин	2 мин - 50 мин
РВ-4-5	10 мин - 4 ч	10 мин - 200 мин

периодически очищать от пыли, проникающей внутрь кожуха.

Реле РВ-4 изготовляют для работы под напряжением 127, 220 или 380 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Реле работает при колебаниях напряжения сети от 85 до 110% номинала. Масса реле 2,5 кг. Габариты реле в кожухе 208x150x138 мм.

Программное реле времени ВС-10 (рис. 80). Программное реле времени ВС-10 предназначено для использования в схемах автоматического управления, где требуется последовательное включение цепей управления по заранее заданной программе. Программное реле времени ВС-10 представляет собой электромеханическое устройство с приводом от синхронного двигателя.

Принцип работы реле заключается в том, что вращение от двигателя передается подвижным частям реле, которые приводят в действие выходные контакты через определенные, заранее установленные промежутки времени.

Вращение от двигателя 1 через понижающий редуктор 2 передается диску сцепления 3, свободно сидящему на оси сцепления 24. При включении электромагнита 4 диск 3 входит в зацепление с диском 22, который жестко соединен с трибкой 21. Вращение от диска сцепления 22 передается шестерне 20,

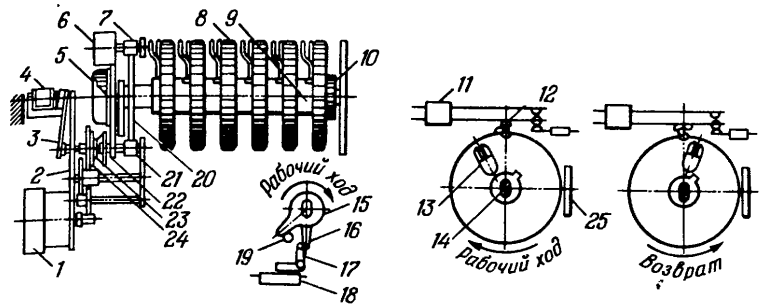


Рис.80. Кинематическая схема программного реле времени ВС-10

жестко закрепленной на главной оси 14, на которой расположены шкалы 8. Набор шкал стягивается гайкой 10. При отпущенной гайке шкалы могут поворачиваться одна относительно другой, чем достигается перестройка программы выдержек времени.

В зависимости от установленной выдержки времени укрепленные на шкалах упоры 13 оказываются на различных расстояниях по отношению к кулачкам 12. Чем меньше уставка времени для данной шкалы, тем ближе расположен упор к кулачку и тем раньше произойдет переброс кулачка 12. При переброске кулачка 12 от упора 13 происходит переключение контактной системы 11. Контактная система реле состоит из шести или трех переключающихся контактов соответственно числу шкал.

Шкалы на главной оси располагаются между втулками 9, которые имеют выступ, позволяющий вращать шкалу в пределах оцифрованных делений и препятствующий перебрасыванию кулачка при установке выдержки времени. Уставка выдержки времени производится по шкале 8 и визиру 25 так, чтобы против стрелки на визире было установлено требуемое деление шкалы.

В начале работы реле рычаг 15, жестко закрепленный на главной оси 14, прижат к неподвижному

упору 19 пружиной 5. В конце рабочего хода после отработки полной программы выдержек времени рычаг 15 посредством вспомогательного рычага 17 производит выключение микропереключателя 18, который включен в цепь питания двигателя. Возврат реле в исходное положение происходит после отключения электромагнита 4. При этом возвратные пружины 23 выводят диск сцепления 3 из зацепления с диском 22, а возвратная пружина 5 возвращает главную ось 14 со шкалами 8 в исходное положение. Для уменьшения удара при возврате имеется центробежный тормоз 6, который приводится во вращение через трибку 7 от шестерни 20.

Реле ВС-10 выпускается с различными электрическими схемами исполнения программы и на разные выдержки, которые приведены в табл. 8.

Реле выпускают для номинального напряжения переменного тока 12; 127 и 220 В, потребляемая мощность не более 21 ВА. Время возврата реле не более 0,8 с.

Каждый контакт реле имеет независимую регулировку, что расширяет возможности применения реле. Реле ВС-10-31 и ВС-10-38 имеют три контакта на переключение, а реле ВС-10-62 и ВС-10-68 шесть контактов с выдержкой времени.

Максимально допустимая разрывная мощность контактов реле в цепях переменного тока составляет 750 ВА, а в цепях постоянного тока с индуктивной нагрузкой 80 Вт. Длительно допустимый ток контактов 10 А.

Частота включений реле не должна превышать 300 включений в 1 ч. Реле смонтировано на пластмассовом основании и закрыто пластмассовым чехлом.

Для изменения программы выдержек времени необходимо снять крышку реле. Далее отвинтить зажимную гайку так, чтобы любую из шкал можно было свободно без усилий вращать рукой. Затем на каждой шкале устанавливается выдержка времени несколько

Таблица 8. Технические характеристики реле ВС-10

Реле	Предел выдержки	Погрешность срабатывания	Минимальный интервал между соседними по величине уставками
ВС-10-31	2–50 с	±0,2 с	1,5 с
ВС-10-32; ВС-10-62	5–180 с	±0,7 "	5 "
ВС-10-33; ВС-10-63	15 с – 9 мин	±2 "	15 "
ВС-10-32, ВС-10-64	1 с – 30 мин	±7 "	45 "
ВС-10-35, ВС-10-65	3 с – 90 мин	±20 "	2 мин
ВС-10-36, ВС-10-66	9 мин – 4 ч 30 мин	±1 мин	6 "
ВС-10-37, ВС-10-67	24 мин – 10 ч	±2 "	18 "
ВС-10-38, ВС-10-68	1 мин – 24 ч	±5 "	45 "

меньше требуемой. Для получения требуемых уставок соответствующее деление шкалы подводится под стрелку-указатель, не переводя его за указатель (этим исключается сбивание уставок при возврате). После изменения следует завинтить зажимную гайку, еще раз проверить правильность произведенных уставок и после этого закрыть реле крышкой.

В случае пригорания контактов реле при эксплуатации необходимо периодически просматривать и чистить.

3. Исполнительные механизмы

Для перемещения регулирующих органов (заслонок, клапанов, шиберов и разнообразных створок) применяют различные исполнительные механизмы, которые для своей работы используют электрическую энергию, давление газа или энергию сжатого воздуха.

Для автоматизации отопительных устройств, работающих на газе, наибольшее распространение получили исполнительные механизмы, которые работают за счет давления газа. Однако в большинстве систем автоматизации газовых отопительных устройств в последнее время получили широкое применение исполнительные механизмы, работающие на электрической энергии.

Для автоматизации отопительных котлов, работающих на жидком топливе, применяют в основном электрические исполнительные механизмы, так как они весьма просто сочетаются с различными реле и регуляторами, а для подачи жидкого топлива к отопительным агрегатам, как правило, используется электрическая энергия.

В отопительной технике при сжигании газа и жидкого топлива применяют различные конструкции моторных электрических исполнительных механизмов и электромагнитных клапанов.

Моторные электрические исполнительные механизмы, применяемые в настоящее время, выполняют главным образом по принципу пропорционального действия, так как в зависимости от типа командного прибора пропорциональный исполнительный механизм, имея реверсивный электродвигатель, может отработать как пропорциональную, так и двухпозиционную команду.

Электромагнитные клапаны хотя и имеют ряд преимуществ по сравнению с моторными электрическими исполнительными механизмами (простота и компактность конструкции, простота подключения в схему автоматического управления, меньшая стоимость), по

принципу своей работы не могут заменить в схемах автоматизации отопительных котлов моторные исполнительные механизмы. Последние устанавливают на клапанах и заслонках для пропорционального регулирования соотношения подачи газа и воздуха, жидкого топлива и воздуха, регулирования тяги и т.п.

Электромагнитные клапаны имеют основной недостаток, состоящий в том, что в открытом рабочем состоянии они потребляют электроэнергию. Преимуществом электромагнитных клапанов является их быстродействие, поэтому они обычно устанавливаются в схемах безопасности на линиях подачи топлива в отопительные агрегаты, обеспечивая практически мгновенное отключение подачи топлива при срабатывании устройств безопасности.

Исполнительные механизмы и регуляторы, работающие за счет энергии циркулирующего топлива (газа), т.е. регуляторы без использования посторонней энергии, хотя и имеют известные преимущества, находят ограниченную область применения (только в схемах автоматизации газифицированных отопительных агрегатов) и не позволяют осуществить полную автоматизацию работы агрегата (автоматическое зажигание топлива). При их использовании усложняется контроль за работой агрегата.

Электромагнитные клапаны. Электромагнитный клапан является двухпозиционным запорным органом электрическим дистанционным управлением. Электромагнитные клапаны применяют как в схемах регулирования производительности котлоагрегата, так и в схемах защиты (безопасности), где они служат отсечными клапанами подачи топлива. В зависимости от вида топлива, рабочих функций и места установки электромагнитного клапана в схеме автоматизации теплогенератора запорная клапанная часть имеет различную конструкцию.

Электромагнитные клапаны используют для следующих целей:

для подачи газа к запальной горелке. В этом случае по команде от терморегулятора или вручную включается запальное устройство и одновременно электромагнитный клапан открывает подачу газа в запальную горелку, после чего по команде от прибора контроля пламени в запальной горелке подается команда на открытие главного электромагнитного клапана, установленного на основном газопроводе;

для ступенчатого регулирования теплопроизводительности агрегата электромагнитные клапаны могут устанавливаться перед каждой основной горелкой и включаться как последовательно, так и группами (применяют мембранные или поршневые электромагнитные клапаны);

При автоматизации различных форсунок отопительных котлов, работающих на жидком топливе, электромагнитные клапаны устанавливают на топливном трубопроводе перед форсункой, отсекая подачу топлива в условиях прекращения работы котла. В этом случае применяют электромагнитные клапаны прямого действия с небольшим условным проходом 6 и 10 мм, и такие клапаны открываются силой тяги электромагнита с сердечником (запорной иглой).

Электромагнитные клапаны с условным проходом 25 мм и более, как правило, характеризуются непрерывным действием, т.е. имеют два клапана – управляющий и основной, открывающийся после срабатывания управляющего.

При работе электромагнитных клапанов на жидкостном трубопроводе может возникать гидравлический удар, для предотвращения которого на трубопроводе иногда устанавливается подпружиненный обратный клапан, являющийся одновременно регулятором давления на входе топлива в распылитель форсунки.

Мембранные электромагнитные клапаны СВМ. Мембранные электромагнитные клапаны применяют для автоматизации отопительных котлов и газовых калориферов, работающих на природном газе. Эти клапаны

выпускают двух типов: комбинированного и непрямого действия. В электромагнитном клапане комбинированного принципа действия усилие, открывающее главный клапан, создается перепадом давлений на мембране и силой тяги электромагнита, что гарантирует надежное открытие главного клапана при перепадах давления от нуля до максимума.

В электромагнитном клапане непрямого действия усилие, которое открывает главный клапан, создается перепадом давления только на мембране, и поэтому главный клапан будет открываться при появлении перепада давления на закрытом клапане.

Для управления движением газа заводом "Старорусприбор" выпускается электромагнитный клапан КГ-10, который применяется для подачи газа в запальник, а также в схемах газовой защиты совместно с клапаном-отсекателем КО производства Московского завода тепловой автоматики для управления движением газа в надмембранное пространство клапана-отсекателя.

Общий вид клапана КГ-10 дан на рис. 81. Клапан состоит из литого корпуса, в котором имеются штуцера для подвода и отвода газа, электромагнита тянущего типа МИС-3100 и рычага ручного управления с защелкой. Внутри корпуса расположено седло с клапаном, который соединен с якорем электромагнита.

Внутренняя камера корпуса, в которую попадает газ, отделена от атмосферы с помощью разделительного сильфона. Для обеспечения плотного запирания клапана при его закрытии внутри сильфона имеется пружина. При включении катушки электромагнита под напряжением переменного тока 220 В якорь и связанный с ним клапан втягиваются и занимают верхнее положение и клапан открывает проход газа. При снятии напряжения с катушки клапана под действием пружины и массы якоря последний опускается на седло и закрывает проход газа. Вход газа осуществляется под клапан. С помощью рычага ручного управ-

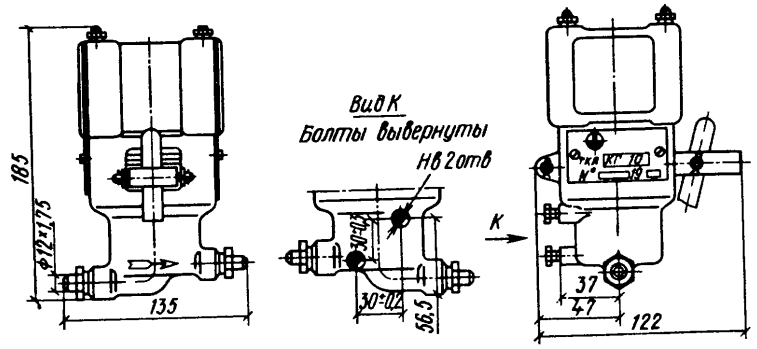


Рис.81. Общий вид и габаритные размеры электромагнитного клапана КГ-10

ления с защелкой можно вручную осуществлять открытие и закрытие клапана.

Ручной привод клапана предусмотрен на случай выхода из строя электромагнита или прекращения электропитания.

Основные технические характеристики клапана КГ-10

Напряжение питания электромагнита при частоте 50 Гц, В 220
Потребляемая мощность, ВА 80
Максимальное давление газа, Па . . 50 000
Диаметр условного прохода, мм . . . 10
Максимальная температура газа, поступающего в клапан, °С 50
Температура окружающего воздуха при относительной влажности до 80%, °С . . . . . от 5 до 50
Габаритные размеры, мм 185х135х х122
Масса клапана, кг 2,5

Для управления движением газа в главном трубопроводе отопительных котлов и агрегатов применяют газовые клапаны с условным проходом $D_у$ = 20, 40

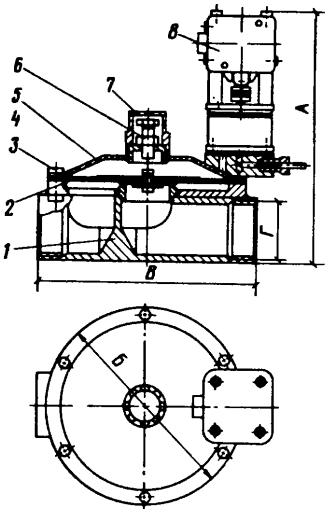


Рис.82. Общий вид конструкции клапанов КГ-20, КГ-40, КГ-70

и 70 мм, которые соответственно именуются КГ-20, КГ-40 и КГ-70. Конструкция клапанов представлена на рис. 82. По принципу действия и конструктивному выполнению все три типа клапанов одинаковы. Различие состоит только в габаритных размерах, диаметрах проходных сечений, установочных размерах и массе.

Как видно из рис. 82, каждый газовый клапан состоит из корпуса 1, мембраны 2 с жестким центром 4, крышки 5 с электромагнитным сервоклапаном 8, пружины, регулировочного винта 6 и колпачка 7. Крышка 5 крепится к фланцу корпуса болтами 3. Если давление газа в верхней камере клапана и под мембраной одинаково, то клапан закрыт и газ не пропускает. Если давление газа из верхней камеры клапана с помощью электромагнитного сервоклапана сбрасывается в топочную камеру, то под собственным давлением газа клапан открывается. Величина открытия клапана может изменяться с помощью регулировочного винта, расположенного в крышке. Сверху регулировочный винт закрыт колпачком для устранения утечки газа по резьбе. Газовые клапаны устанавлива-

ют только на горизонтальном трубопроводе электромагнитом вверх.

Основные технические характеристики газовых клапанов КГ-20, КГ-40 и КГ-70

Напряжение питания катушки электромагнита при 50 Гц, В 220
Потребляемая мощность, ВА 55
Рабочее давление газа, Па 800-50000
Наибольшая величина открытия клапана, мм:
КГ-20 4
КГ-40 9
КГ-70 16
Диаметр условного прохода, мм:
КГ-20 20
КГ-40 40
КГ-70 70
Максимальная температура газа, поступающего в клапан, °С 50
Температура окружающего воздуха при относительной влажности до 80%, °С . 5-50
Масса клапана, кг:
КГ-20 2
КГ-40 3
КГ-70 6,5

Габаритные размеры соответствуют типу клапана и составляют:

	А	Б	В	Г
КГ-20	165	Ø120	130	3/4" трубная
КГ-40	185	Ø170	190	1 1/2" "
КГ-70	225	Ø270	300	2 1/2" "

Моторные электрические исполнительные механизмы. К моторным электрическим исполнительным механизмам относят исполнительные устройства, которые, получая электрический командный импульс от командного прибора, превращают его в возвратно-поступательное движение регулирующего органа (заслонки, клапана, вентиля и пр.).

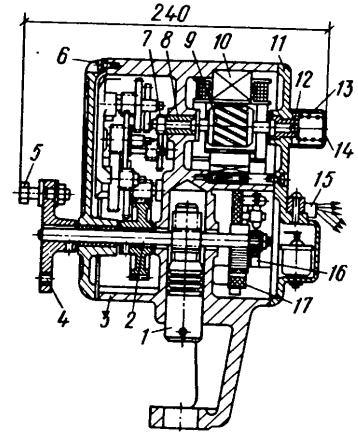


Рис.83. Конструкция моторного электрического исполнительного механизма ПР-М

Для автоматизации отдельных узлов отопительных котлов, работающих на мазуте, в настоящее время применяют наиболее распространенный моторный электрический исполнительный механизм пропорционального действия типа ПР-М и ПР-1М, которые работают в большинстве схем с жесткой обратной связью.

На рис. 83 показана конструкция моторного электрического исполнительного механизма типа ПР-М, основными частями которого являются однофазный реверсивный конденсаторный электродвигатель, редуктор и пропорциональный предельный выключатель, смонтированные в общем корпусе.

Корпус 3 ПР-М представляет собой литую металлическую коробку с перегородкой и снабжен кронштейном для штока 1*.

В левой части корпуса размещен редуктор, а в правой - электродвигатель и пропорциональный предельный выключатель. Электродвигатель имеет короткозамкнутый ротор 9 и статор 10. Корпус статора закрыт крышками 6 и 11. Вал ротора опирается на два скользящих подшипника 8 и 12, залитых бабби-

*В модификации моторного исполнительного механизма ПР-1М кронштейн отсутствует.

том. Передний подшипник запрессован в перегородку корпуса механизма, задний в крышку корпуса статора. Для устранения осевого люфта вала ротора на задней крышке установлен подпятник 14 с пружиной 13, закрываемый колпачком. От обмоток статора выведены два провода (с включенной между ними емкостью), идущих к предельному выключателю и через него в сеть.

Все выводы проводов механизма проходят через втулку 15, позволяющую при необходимости произвести экранировку (например, гибким металлорукавом) и герметизацию.

При повороте главного валика 2 редуктора скользящие контакты 16, находясь в крайнем правом или крайнем левом положении, размыкают цепь электродвигателя.

Продолжительность цикла от левого до правого размыкания контактов предельного выключателя, а следовательно, время работы электродвигателя регулируется скользящими контактами от 0 до 180° поворота главного валика редуктора исполнительного механизма путем ослабления гайки. На панели имеются контакты Б, 1, 5, К, 2, С, к которым присоединяются провода, что видно на принципиальной электрической схеме исполнительного механизма (рис. 84). Пропорциональный предельный выключатель закрыт крышкой 17. Редуктор исполнительного механизма (см. рис. 83) состоит из шести пар цилиндрических зубчатых колес 7, одного главного зубчатого колеса и главного валика 2. Каждая пара зубчатых колес представляет собой сборную трубку с зубчатым колесом. Трубки изготовлены из стали, а зубчатые колеса – из алюминиевого сплава. Опорами спаренных колес служат бронзовые скользящие подшипники. Одни подшипники запрессованы в перегородку корпуса, а другие заармированы в съемную плиту. Зубчатое колесо главного валика закреплено на валике шпонкой и стопорным винтом. Редуктор закрывается крышкой 6

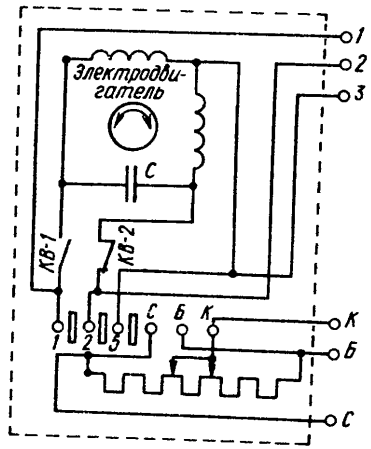


Рис.84. Принципиальная электрическая схема ПР-М

и смазывается консистентной смазкой ЦИАТИМ-201 при снятой крышке.

На левом конце главного валика устанавливается диск 4 с пальцем 5, служащий для передачи углового движения на поворотный клапан.

В корпусе исполнительного механизма установлен шток 1, который в верхней части выполнен в виде рейки. Рейка входит в зацепление с зубчатым колесом, насаженным на главный валик. При вращении главного валика шток получает поступательное движение. Угол поворота главного валика составляет максимально 180°.

Моторный электрический исполнительный механизм ПР-1М отличается от механизма ПР-М тем, что его корпус выполнен без кронштейна и без механизма поступательного движения. Зубчатые колеса редукторов исполнительных механизмов взаимозаменяемы, что позволяет получить различные скорости вращения главного валика.

Половина оборота валика в зависимости от комбинации сменных зубчатых колес, допускаемой данной конструкцией привода, может происходить за 10, 30, 60, 90 и 120 с.

Исполнительные механизмы выпускают с настройкой 30 с, а другие виды настроек оговаривают в заказе, так как при монтаже исполнительного механизма на объекте изменять скорость перемещения главного вала не рекомендуется. По условиям эксплуатации моторные электрические исполнительные механизмы должны работать в помещении при температуре 5 – 40 °С и относительной влажности до 80%. В окружающем воздухе не должно быть примесей, вызывающих коррозию. Максимальная температура нагрева исполнительного механизма при прерывистой работе не должна превышать 50 °С при максимальном значении температуры воздуха 35–40°С.

Существенным недостатком рассмотренных электрических исполнительных механизмов является то, что на объекте они должны располагаться так, чтобы роторный вал электродвигателя был в горизонтальном положении.

Крепление исполнительного механизма к кронштейну производится болтами, ввертываемыми в резьбовые отверстия корпуса.

В процессе эксплуатации необходимо через имеющиеся в корпусе масленки еженедельно производить смазку механизма веретенным маслом по 3–4 капли. Смазку редуктора целесообразно производить не реже двух раз в год.

Моторные электрические исполнительные механизмы, как видно из рассмотрения конструкций, имеют ряд недостатков: отсутствие ручного привода и указателя положения, невозможность передачи положения главного вала на расстояние и др. Поэтому в 1967 г. для автоматизации привода клапанов и заслонок малой мощности были разработаны новые моторные электрические однооборотные исполнительные механизмы МЭО–0,25, МЭО–0,63, МЭО–1,6/40 и МЭО–4/100, которые отличаются один от другого крутящим моментом на выходном валу и скоростью вращения вала. Исполнительные механизмы выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 7192–74 и

предназначены для перемещения регулирующих органов в бесконтактных и контактных системах автоматического регулирования и дистанционного управления в соответствии с сигналами, поступающими от командных устройств.

Бесконтактные схемы автоматического регулирования для автоматизации отопительных котлов пока еще не получили массового применения, поэтому рассмотрим устройство и работу исполнительного механизма типа МЭО с контактным выходом. Моторные электрические исполнительные механизмы МЭО–1,6/40 и МЭО–4/100 выпускают в пылевлагозащищенном исполнении на базе единой конструкции (рис. 85) и состоят они из электродвигателя, редуктора, ручного привода, тормоза, блока датчиков (реостатов обратной связи), узла упоров, штепсельного разъема со штуцерным вводом и рычага.

Одним из основных элементов исполнительного механизма является редуктор, который состоит из четырех цилиндрических и одной планетарной ступеней, расположенных внутри корпуса, выполненного из алюминиевого сплава. Корпус редуктора служит остовом, на котором располагаются все элементы исполнительного механизма. Входной вал (шестерня редуктора) уравнительной муфтой соединяется с валом электродвигателя.

Зубчатая передача и подшипники смазываются смазкой ОКБ–122–7/5 МХП–ЕУ 159–59 при сборке редуктора. Корпус редуктора имеет вертикальный разъем с уплотнительной прокладкой.

Ручное управление исполнительным механизмом осуществляется вращением маховика ручного привода без каких–либо дополнительных переключений, что оказалось возможным осуществить благодаря наличию планетарной ступени редуктора. Передаточное отношение от маховика ручного привода к выходному валу при неподвижном входном вале редуктора составляет 106:7. Усилие на ручке маховика при номинальном моменте на выходном валу исполнительного меха–

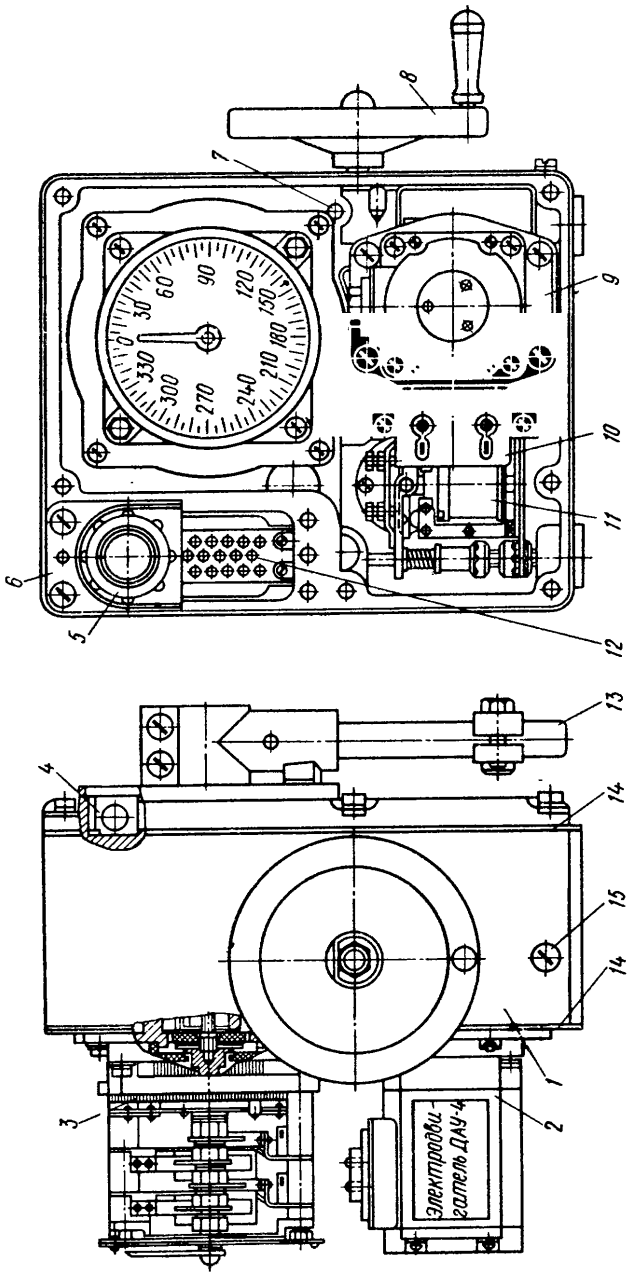


Рис.85. Конструкция электрических исполнительных механизмов МЭО-1,6/40 и МЭО-4/100

1 - редуктор; 2 - электродвигатель; 3 - блок датчиков; 4 - упоры; 5 - гайка; 6 - штуцерный ввод; 7 - штифт; 8 - ручной привод; 9 - плита электродвигателя; 10 - конденсатор; 11 - тормоза; 12 - штепсельный разъем; 13 - рычаг; 14 - прокладка; 15 - винт заземления

низма МЭО-1,6/40 не более 2 кгс, а у механизма МЭО-4/100 - 5 кгс.

Для ограничения угла поворота рычага на редукторе помещен узел упоров, который располагается в зубчатом пазу на передней стенке редуктора. Упоры имеют упругие димпферы, уменьшающие динамические усилия при подходе рычага к упору, и могут устанавливаться в любом положении вокруг выходного вала исполнительного механизма, обеспечивая рабочий ход вала в интервале 45-240° от любого начального положения.

Шаг регулировки упоров составляет 4°. При снятых упорах выходной вал исполнительного механизма может поворачиваться на любое число оборотов и в любую сторону.

Приводом исполнительного механизма служит малоинерционный двухфазный асинхронный электродвигатель ДАУ-4, допускающий работу на упор. Электродвигатель прикрепляется к редуктору через промежуточную плиту, устанавливаемую в корпусе. Для сдвига фаз в обмотку возбуждения включен конденсатор. Короткозамкнутый ротор двигателя имеет уменьшенный момент инерции за счет малого отношения диаметра к его длине.

Технические данные электродвигателя

Напряжение питания обмоток возбуждения и управления (однофазный ток), В	220
Частота тока питающей сети, Гц	50
Синхронная скорость вращения, об/мин	3000
Скорость вращения на холостом ходу, об/мин	2 750
Номинальная скорость вращения, об/мин	2 400
Крутящий момент на валу, кгс/см:	
пусковой	не менее 280
номинальный	" " 165

Вместимость в обмотке возбуждения, мкф 1

Потребляемая мощность в стопорном режиме, Вт 23

Для ограничения выбега и фиксации положения выходного вала после исчезновения управляющего сигнала в исполнительном механизме предусмотрен электромагнитный тормоз, который расположен в полости корпуса редуктора под крышкой. Тормоз представляет собой рычажную систему с тормозной колодкой, которая поджимается к тормозному шкиву пружиной. Тормозной шкив выполнен в комплекте с полумуфтой и закреплен на конце входного вала редуктора. При питании тормозного электромагнита напряжением 220 В он развивает тормозное усилие 0,5 кгс.

В исполнительных механизмах МЭО-1,6/40 и МЭО-4/100 может быть применен индуктивный или реостатный датчик. Так как в схемах автоматизации отопительных котлов применена система автоматизации с реостатными датчиками, то и исполнительный механизм должен быть с реостатным блоком датчиков БДР-1. В блоке датчиков БДР-1 располагаются четыре реостата с токосъемниками и контактными кольцами.

Конструкция блока позволяет вести работу одновременно на двух реостатах в диапазоне углов 0-90° или на двух реостатах в диапазоне 0-240°.

Перевод датчика на работу с реостата, имеющего рабочий диапазон 0-90°, на реостат с диапазоном 0-240° осуществляется перенесением концов вводов на клеммной колодке блока датчиков и переводом закорачивающего кольца в новое положение. Обычно завод поставляет исполнительные механизмы с настройкой датчиков на работу в диапазоне 0-90°.

Основные технические данные реостатного датчика БДР-1

Полное сопротивление каждого реостата, Ом 120

Напряжение питания постоянного или переменного тока частотой 50 Гц, В . . 12

Электрическая схема соединения реостатов обратной связи в датчике БДР-1 дана на рис. 86. Исполнительный механизм снабжен соединительной тягой, посредством которой он соединяется с регулирующим органом.

Принципиальная электрическая схема исполнительного механизма дана на рис. 87. На клеммы 1-2 штепсельного разъема выведены концы обмотки возбуждения электродвигателя, последовательно с которой включен конденсатор С. Обмотка управления электродвигателя выведена на клеммы 3-4. Параллельно с обмоткой управления включена обмотка электромагнита ЭМ тормоза механизма.

Все цепи микровыключателей выведены независимо на клеммную колодку (клеммы 5-12 и 19-26). На клеммы 5-6, 9-10, 19-20 и 23-24 выведены нормально закрытые контакты. На клеммы 13-15 и 16-18 выведены цепи датчиков обратной связи и дистанционного указания положения. Оба датчика блока БДР-1 абсолютно одинаковы и могут быть использованы как в цепи обратной связи, так и в цепи дистанционного указателя положения. Различие реостатов в блоке БДР-1 состоит лишь в том, что один

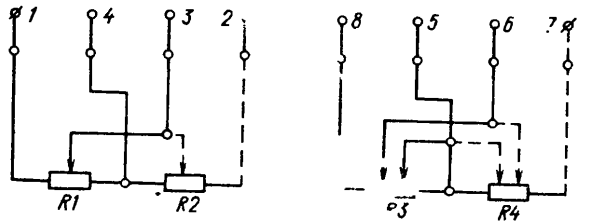


Рис.86. Принципиальная электрическая схема соединения реостатов обратной связи блока реостатных датчиков БДР-1

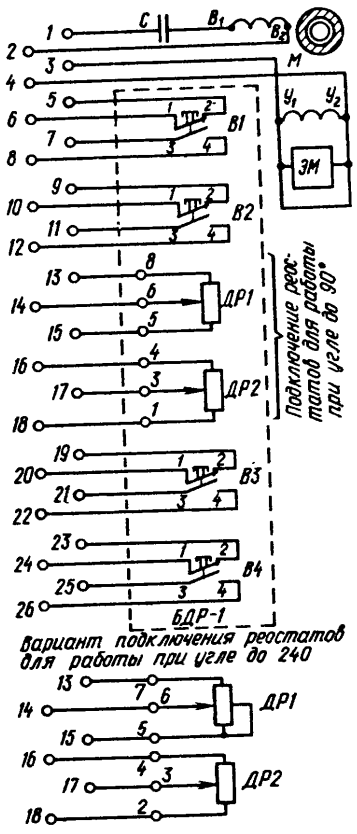


Рис.87. Принципиальная электрическая схема исполнительных механизмов МЭО-1,6/40 и МЭО-4/100

допускает закорачивание части рабочих витков. Это необходимо для более точной настройки реостата и для работы исполнительного механизма на углах, отличающихся от 90 и 240° Обычно такой реостат используется в цепи обратной связи. Его концы выведены на клеммы 13-15.

В отличие от моторных исполнительных механизмов ПР-М и ПР-1М исполнительные механизмы МЭО-0,25, МЭО-0,63, МЭО-1,6/40 и МЭО-4/ 100 могут быть установлены на полу, стене и промежуточных конструкциях с любым расположением выходного вала. Крепление исполнительного механизма к

основанию производится четырьмя болтами. Исполнительные механизмы допускают также и фланцевое крепление на регулирующем органе.

Корпус исполнительного механизма должен быть заземлен. Провода внешней цепи механизма заводятся в исполнительный механизм через два сальниковых ввода штуцерной колодки.

После того как моторный исполнительный механизм МЭО установлен, следует произвести настройку реостатов блока датчиков БДР-1. Настройка производится поворотом на валу и закреплением в необходимом положении токосъемника. Для закорачивания неработающих витков реостата необходимо ослабить боковой винт в корпусе блока датчиков, повернуть поворотное кольцо с контактом на шлиц и закрепить его снова винтом. При настройке для работы в диапазоне углов 0-240° следует перенести концы проводов внутреннего монтажа блока датчиков и провода, подходящие к блоку датчиков БДР-1, с клемм 1 и 8 соответственно на клеммы 2 и 7. После указанной настройки необходимо проверить правильность включения исполнительного механизма.

Технические данные исполнительных механизмов

	МЭО-1,6/40	МЭО-4/100
Номинальный крутящий момент, кгс·м	1,6	4
Номинальное время оборота выходного вала, с	40	100
Полный рабочий угол поворота выходного вала, град	240	240
Номинальный рабочий угол поворота выходного вала, град	45	45
Пусковой момент, кгс·м, не менее	2,72	6,2
Стопорный момент, кгс·м, не более	5	12

Разгон выходного вала, град, не более	1	0,5
Выбег выходного вала, град	1	0,5
Люфт выходного вала, мин	45	45
Напряжение питания однофазным током частотой 50 Гц, В	220	220
Наибольшая потребляемая мощность в стопорном режиме, Вт	23	23
Полное время работы, ч не менее	5000	5000
Полное время пребывания в стопорном режиме, ч, не более	1 000	1000
Температура наружных поверхностей в стопорном режиме, °С, не более	120	120
Габаритные размеры, мм	234x234x213	
Масса, кг	10,5	

Исполнительные механизмы МЭО-1,6/40 и МЭО-4/100 предназначены для работы в закрытых помещениях и на стационарных установках. Эти механизмы имеют пыле- и брызгозащищенные корпуса и нормально работают при наружной температуре от -30 до 60 °С при относительной влажности воздуха от 30 до 80% при постоянной вибрации с частотой до 30 Гц амплитудой не более 0,2 мм.

Для МЭО допускаются следующие режимы работы: а) повторно-кратковременный реверсивный с ПВ = 25% при номинальном моменте; б) непрерывный с ПВ=100% при скорости, равной нулю при максимальном пусковом моменте (стопорный режим).

Механизмы допускают длительную работу с числом включений до 1200 в 1 ч и кратковременную работу общей длительностью не более 200 ч с числом включений до 300 в 1 ч.

Обычно в системах автоматического регулирования и теплового контроля котельных установок при переходном и установившемся процессах в среднем в 1 ч происходит от 20 до 100 включений.

При соблюдении правил эксплуатации уход за использованными механизмами сводится к ежегодному осмотру состояния деталей и узлов механизма и к замене смазки в редукторе и подшипниках.

ГЛАВА IУ.
УСТРОЙСТВА ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ

1. Амплитудные устройства

Параметрическое устройство телеизмерения с реостатным датчиком. Простейшей системой телеизмерения давления газа является система с реостатным датчиком.

На рис. 88 показана принципиальная схема устройства телеизмерения с реостатным датчиком. При передаче на расстояние величины давления газа на регуляторном пункте в качестве первичного прибора датчика используется поплавковый гидроманометр 1, к которому неподвижно прикрепляется реостат 2, состоящий из эбонитового стержня с обмоткой из манганиновой или никелиновой проволоки.

На штоке 4 поплавка гидроманометра укреплены два контакта 3, которые скользят по обмотке реостата 5 при перемещении поплавка, вызванном изменением давления газа.

Для уменьшения окисления контактирующая поверхность обмотки реостата покрыта серебром. Длина реостата соответствует высоте перемещения поплавка.

Вторичный прибор (приемник) устанавливается на щите в котельном зале. Он является серийным профильным милливольтметром МПШП-54, включенным в неуравновешенный электрический мост.

Первичный и вторичный приборы (датчик и приемник) соединены между собой телефонной парой проводов.

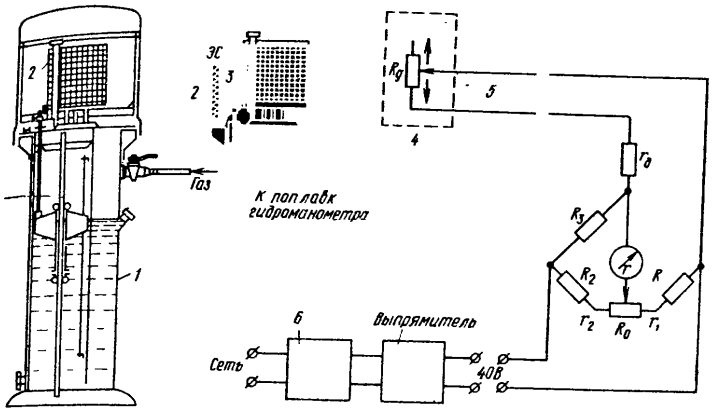


Рис.88. Параметрическое устройство телеизмерения с реостатным датчиком

Для корректирования нуля вторичного прибора служит переменное сопротивление R_g, а для уравновешивания сопротивления проводов – сопротивление r_g. Устройство телеизмерения питается постоянным током 40 В и требует стабильного напряжения. Принцип действия моста основан на равенстве:

$$(R_1 + r_1) R_3 = (R_2 + r_2)(R_g + r_g),$$

которое определяет условия равновесия электрического моста.

При изменении давления газа на газорегуляторном пункте и перемещении контактов реостата меняется величина его сопротивления R_g, равновесие электрического моста нарушается и стрелка милливольтметра соответственно отклоняется. Шкала милливольтметра градуируется в мм вод.ст.

Использование гидроманометра в качестве первичного прибора возможно только на газорегуляторных пунктах низкого давления. При среднем и высоком давлении реостат должен быть вмонтирован в пру-

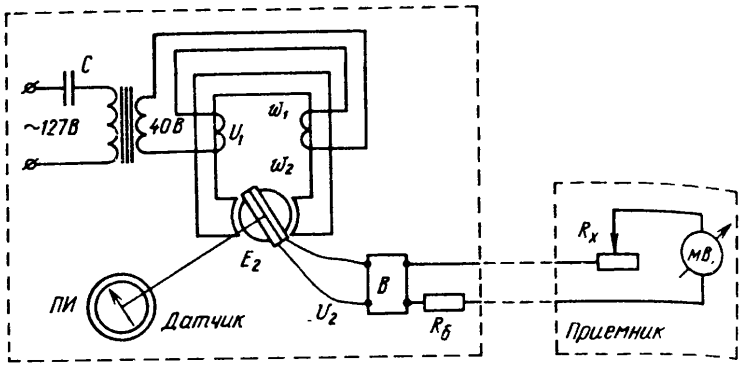


Рис.89. Принципиальная схема устройства телеизмерения с индукционным рамочным датчиком

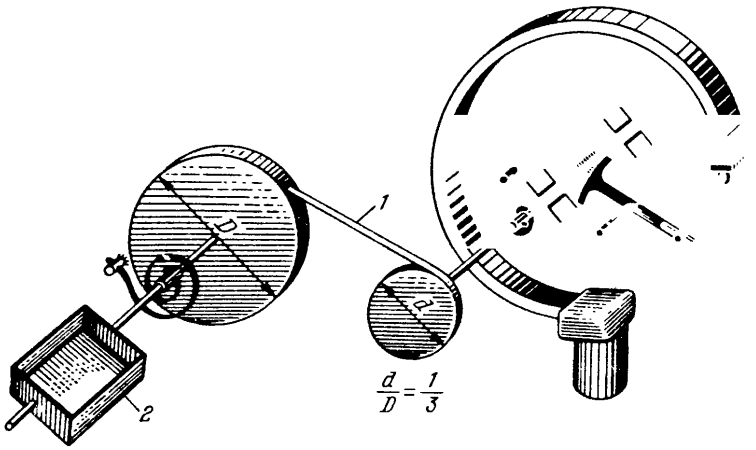


Рис.90. Кинематическая схема соединения рамок с осью манометра

жинный манометр. При желании вторичный прибор может быть использован для приема показаний как входного, так и выходного давления, поочередно подключаемого к прибору вручную или автоматически.

Показывающий профильный прибор МПШП$_р$-54 может быть заменен самопишущими гальванометрами (СГ-1, СГ-3 или СГ-6). Последние автоматически принимают и записывают показания.

Несмотря на некоторые недостатки, телеизмерение давления газа с помощью реостатного датчика является простым и удобным.

Параметрическое устройство телеизмерения с индукционным рамочным датчиком. На рис. 89 показана принципиальная схема устройства телеизмерения давления газа с индукционным рамочным датчиком. Первичными измерителями служат мембранный напоромер или пружинный манометр.

Преобразователь датчика представляет собой трансформатор с регулируемой взаимоиндуктивной связью между первичной и вторичной обмотками. Рамка соединена с выпрямителем. Максимальное напряжение на рамке около 15-17 В.

Величина э.д.с., поступающей в линию связи, измеряется на щите котельного цеха гальванометром, отградуированным в соответствующих единицах измерения давления.

При использовании системы для измерения низкого давления ось рамки датчика соединяется муфтой непосредственно с осью стрелки мембранного напоромера. Максимальный угол поворота рамки составляет 90^0, стрелки напоромера 80^0.

При использовании системы для измерения высокого и среднего давления ось рамки датчика 2 соединяется осью пружинного манометра двумя роликами (отношение $\frac{d}{D} = \frac{1}{3}$) с нитью 1 из фосфористой бронзы (рис. 90). Максимальный угол поворота стрелки манометра составляет 270^0.

2. Временные устройства

Во временных устройствах телеизмерения значение контролируемой величины А выражается продолжительностью импульса $t_к$, посылаемого в определен-

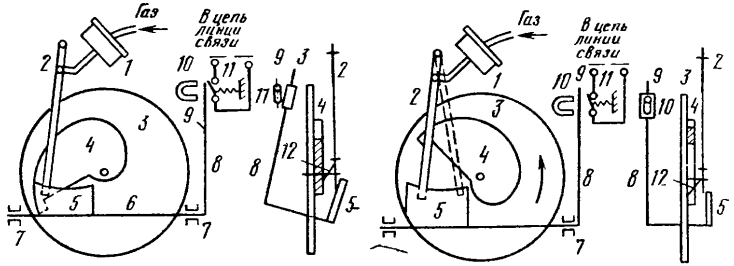


Рис.91. Кинематическая схема время-импульсного датчика

ные периоды (циклы) времени T в канал связи, при этом $t_к = f(A)$. Такая система телеизмерения называется время-импульсной. В случае если значение измеряемой величины A характеризуется интервалом времени между короткими импульсами, то система является фазо-импульсной.

Время-импульсное устройство телеизмерения фирмы "Бристоль". В этом устройстве осуществляется передача по линии связи импульсов электрического тока, продолжительность которых пропорциональна величине измеряемого давления.

В датчике низкого давления первичным измерителем является сильфон, а в датчике среднего давления - геликоидальная пружина. Механизм датчика заключен в герметический металлический корпус, исключающий возможность проникания в прибор влаги, пыли и газа.

На рис. 91 приведена кинематическая схема датчика время-импульсного устройства. Первичный измеритель (сильфон) 1 под действием давления газа отклоняет стрелку 2. Конец стрелки находится под шкалой 5 и отогнут к плоскости вращающегося диска 3, образуя косой упор 12, скользящий по поверхности.

Диск 3 приводится во вращение синхронным двигателем СД-60 и совершает один оборот за 15 с.

На поверхности этого диска закреплен профилированный кулачок 4. Шкала 5 закреплена на валике 6,

к которому прикреплена стрелка 8 с металлическим флажком 9 на конце. Вал 6 вращается в подшипниках 7. Флажок 9 разделяет постоянный магнит 10 и ртутный выключатель 11.

В момент соприкосновения кромки профилированного кулачка 4 с упором 12 стрелка 2 отжимает шкалу 5 и выводит стрелку 8 с флажком 9 из зазора между магнитом и переключателем. В результате контакт ртутного выключателя размыкается.

Ртутный выключатель представляет собой герметизированный стеклянный баллончик, внутрь которого введены два провода и капля ртути. Один провод присоединен к капле, а другой - к пружине, с которой соединена контактная пластинка. Магнит 10 (см. рис. 91) притягивает контактную пластинку и разрывает цепь. Если магнит убрать или экранировать, то цепь замыкается.

Такое положение сохраняется до момента выхода упора 12, стрелки 2 из соприкосновения с профилированным кулачком. После этого стрелка 2 с упором опустится, флажок вернется в исходное положение, а контакт 11 вновь замкнет цепь тока в линии.

Процесс замыкания и размыкания будет повторяться при каждом обороте диска, совершаемом за 15 с. Как видно из схемы, при постоянной скорости вращения диска длительность соприкосновения упора 12 стрелки 2 с профилированным кулачком 4 определяется отклонением этой стрелки: чем больше она отклонена, тем короче дуга, описываемая упором на плоскости фигурного кулачка.

Следовательно, продолжительность импульса тока в линии (время замыкания контакта), увеличивается с возрастанием измеряемой величины (увеличением давления газа).

Итак, импульсы, продолжительность которых зависит от величины давления, поступают в приемник (рис. 92), который состоит из приемного электромагнита дифференциального планетарного механизма, двух синхронных электродвигателей для привода пла-

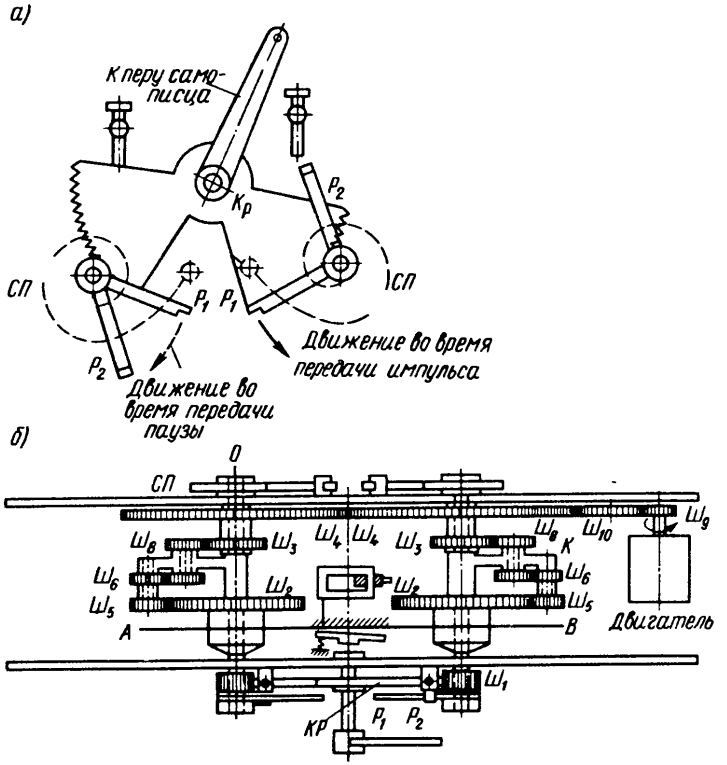


Рис.82. Схема приемного прибора время-импульсного устройства

а – механизм перестановки стрелки; б – дифференциальный механизм

нетарного механизма и для вращения диаграммы и выпрямительного устройства.

Вырабатываемые датчиком импульсы воспринимаются электромагнитом, который срабатывает и производит переключение тормоза. Во время импульса затормаживается левый диск, во время паузы – правый и тем самым осуществляется управление дифференциальным планетарным механизмом.

Планетарный механизм состоит из двух систем – левой и правой. Каждая система содержит набор шестерен. Эти системы приводятся в движение общим синхронным электродвигателем с помощью шестерен $Ш_9$, $Ш_{10}$, $Ш_8$. Каждая система имеет свою спиральную пружину СП, тормозные диски А и В, ведущий рычаг $Р_1$ и упорный рычаг $Р_2$, конец которого отогнут под прямым углом.

Зубчатые секторы механизма перестановки стрелки $К_р$ сцеплены с зубчатыми колесами, жестко соединенными с рычагом $Р_2$. Все это составляет единую, жестко связанную систему.

Через втулку ведущей шестерни $Ш_4$ пропущена ось планетарного узла. На этой же втулке сидит шестерня $Ш_3$, жестко связанная с ведущей шестерней $Ш_4$.

Ось планетарного узла с одной стороны заканчивается рычагом $Р_1$, с другой – связана со спиральной пружиной СП. Ось шестерни $Ш_2$, несущая тормозной диск А или В, свободно сидит на оси планетарного узла. В случае если один из дисков А или В не заторможен, вся система вращается вхолостую.

При приходе импульса затормаживается левый диск, а во время паузы – правый. Например, как только наступает пауза, плечо коромысла затормозит диск В и остановит вращение шестерни $Ш_2$. При этом шестерня $Ш_5$ будет вынуждена обегать вокруг заторможенной шестерни $Ш_2$, что приведет к повороту оси правой системы. Это вращение будет длиться ровно столько, сколько длится пауза.

При этом будет закручиваться спиральная пружина СП и вращаться ведущий рычаг $Р_1$, который вызовет отклонение стрелки $К_р$ на величину угла, пропорциональную паузе.

С появлением импульса движение немедленно приостановится, а пружина СП развернется и вернет ось и рычаг $Р_1$ в исходное положение.

С появлением импульса затормозится левая шестерня $Ш_2$, и ось левой системы с рычагом $Р_1$ начнет поворачиваться в противоположную сторону.

Время движения обоих поводков из исходного положения постоянно и составляет в сумме 15 с. В случае недостаточного отклонения стрелки приемника левый рычаг $Р_1$ во время импульса дойдет до рычага $Р_2$, зацепит его и поставит стрелку $К_р$ в нужное положение, а сам по окончании паузы вернется назад.

Предположим, что стрелка приемника занимает положение выше нормального. Во время паузы левый рычаг $Р_1$ не успеет дойти до своего рычага $Р_2$ и будет возвращен назад с окончанием паузы.

Правый же рычаг $Р_1$ дойдет до своего $Р_2$, захватит его и повернет всю систему привода стрелки в новое, нормальное положение, которое будет проверено левой планетарной системой в следующий импульс.

Двусторонняя коррекция стрелки приводит к большой точности показаний.

Описанная время-импульсная система телеизмерения обладает большой дальностью действия и достаточной точностью телеизмерения. К недостаткам этой системы следует отнести то, что она является сложной по конструкции и дорогостоящей.

Время-импульсное устройство телеизмерения ТВ-1. Институтом Мосгазпроект было разработано, изготовлено и испытано в эксплуатационных условиях устройство телеизмерения ТВ-1, которое может быть использовано для контроля за работой любых ГРС. На рис. 93 показана принципиальная схема время-импульсного устройства телеизмерения ТВ-1, которое смонтировано из бесконтактного время-импульсного датчика ББ-М и электронного время-импульсного приемники ЭВП.

Датчик состоит из первичного измерителя давления (технического манометра) ТМ и узла формирования импульсов. В датчиках для измерения высокого и среднего давления применяют манометры типа $К-15_р$ или $К-20_р$, имеющие класс точности 1,5 и высокое качество изготовления. В датчиках для замера низкого давления первичным измерителем явля-

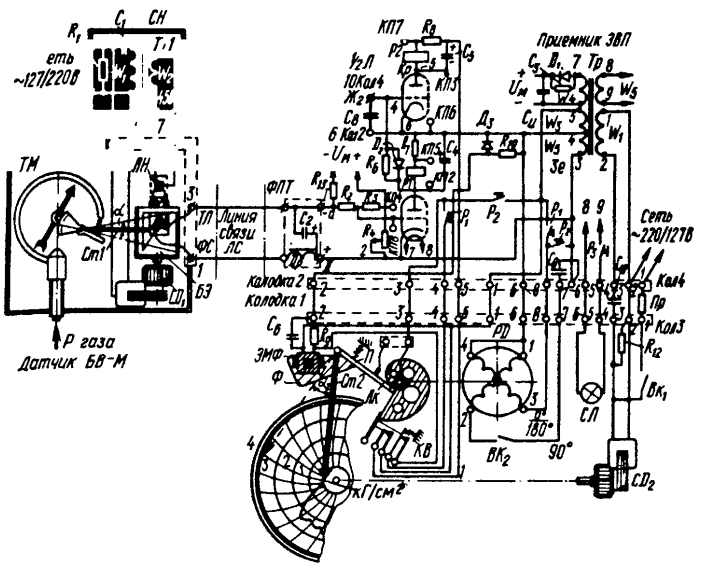


Рис.93. Принципиальная схема время-импульсного устройства телеизмерения ТВ-1

ется поплавковый гидроманометр, в котором фотосопротивление перемещается штоком, соединенным с плавающим поплавком.

Под действием давления газа пружина ТМ разворачивается. Перемещение свободного конца этой пружины через поводок сообщается сектору манометра, который поворачивается на угол $\alpha = 0-20^{\circ}$, вызывая перемещение конца поводка вдоль внешней поверхности барабана БЭ. На конце стрелки Ст 1 укреплена легкая колодка с фотосопротивлением ФС.

Внутри экранирующего барабана БЭ находится лампочка накаливания ЛН, освещающая фотосопротивление ФС. Барабан имеет окно в форме треугольника и приводится во вращение синхронным двигателем СД1, имеющим постоянную частоту вращения.

Через окно барабана лампочка освещает фотосопротивление, которое уменьшает свое активное сопротивление, и в линии связи возникает электрический импульс. Продолжительность освещения фотосопротивления зависит от ширины окна барабана фотосопротивления. Чем выше фотосопротивление, тем время освещения фотосопротивления будет продолжительнее.

Напряжение на лампочку ЛН подается от трансформатора Тр1, который работает с насыщением в режиме стабилизатора напряжения. Стабилизированное питание лампочки служит для защиты ее от возможного повышения напряжения и стабилизации амплитуды импульсов.

В устройстве ТВ-1 применен фотоэлемент с внутренним фотоэффектом или полупроводниковое фотосопротивление типа ФСК-2.

Максимальная погрешность телеизмерения ±2,5%. Питание (ТВ-1) осуществляется от городской сети переменного тока с напряжением 127 или 220 В.

Приемник ЭПВ (см. рис. 93) представляет собой самопишущий прибор с дисковой картограммой и показывающей стрелкой, разработанной на базе серийного электронного потенциометра типа ЭПД.

Основными узлами приемника являются входной мост (R_2, R_3, R_4), на котором формируется сигнал; реверсивный двигатель $РD$; реле Р1, включающее двигатель; реле Р2, возвращающее двигатель в исходное положение; система отсчета, состоящая из лекала $Л_к$, поводка П и стрелки Ст2.

Электромагнитный фиксатор стрелки ЭМФ. Работа узлов происходит следующим образом. Сопротивления R_2, R_3, R_4 образуют входной мост, плечом которого является фотосопротивление датчика совместно с сопротивлением линии связи.

Диагональ $в$-$г$ соединена с сеткой и катодом левой половины триода. На диагональ а – б поступает постоянное напряжение U = 120 В.

При затемнении фотосопротивления нарушается

равновесие моста и между точками в и г создается отрицательное напряжение (–90 В), которое запирает триод, и в этом случае ток через реле Р1 не проходит.

Как только фотосопротивление будет освещено, восстанавливается равновесие моста, открывается триод, через который проходит ток и срабатывает реле Р1.

Связь датчика с приемником осуществляется через емкостно-индукционный фильтр переменного тока ФПТ, который не пропускает переменные токи. Он состоит из дросселя D_p и конденсатора C_2.

При срабатывании реле Р1 напряжение с его обмотки передается на катод и сетку второго триода. Через диод D_c мгновенно заряжается конденсатор C_3. Триод запирается, так как на его сетку поступает минус.

При прекращении импульса реле Р1 обесточивается. Напряжение на сетке второго триода исчезнет только по мере разряда конденсатора C_8 через сопротивление R_6; этим обеспечивается четырехсекундная выдержка, устанавливаемая для срабатывания реле Р2.

Электромагнитный фиксатор состоит из электромагнита ЭМФ и флажка Ф, который закреплен на поводке П. Фиксация положения поводка, оси и стрелки осуществляется притягиванием электромагнитом флажка. Контакты реле Р1 и Р2, концевой выключатель КВ и контакты касания управляют работой ЭМФ.

В момент соприкосновения лекала и поводка контакты касания выключают фиксатор. Это необходимо для того, чтобы при увеличении длины импульса двигатель не вел стрелку дальше, преодолевая сопротивление фиксатора. Обмотка 1–2 реверсивного двигателя постоянно находится под напряжением. Ток этой обмотки отличается по фазе на 90° от тока обмотки 3–4.

Этот сдвиг осуществляется конденсатором C_9, который последовательно включен с обмоткой 1–2. Пи-

тание подается от обмотки W_2 сетевого трансформатора T_p-1. На обмотку 3–4 РД напряжение подается через контакты реле Р1 от обмотки W_3, а через контакты P_2 от обмотки W_2, в которых напряжение различается по фазе на 180°. Этот сдвиг фаз и вызывает изменение направления движения двигателя при срабатывании того или иного реле.

Питание всей схемы осуществляется от сетевого трансформатора T_p-1, в первичную обмотку которого подается сетевое напряжение 127–220 В. Этот трансформатор работает как феррорезонансный стабилизатор напряжения.

В сердечнике трансформатора насыщение создается резонансом напряжений между первичной обмоткой W_1 и конденсатором C_{10}.

Электрические конденсаторы C_4 и C_5 служат для сглаживания пульсации тока в обмотках реле. Для ограничения тока в цепи триодов служат сопротивления R_7 и R_8. Работа схемы электронного время-импульсного приемника происходит следующим образом.

При освещении фотосопротивления входной мост приходит в состояние равновесия. В этом случае исчезает запирающее напряжение на сетке первого триода, срабатывает реле Р1 и включает двигатель РД, который через редуктор поворачивает лекало ЛК. Лекало перемещает поводок и стрелку с пером. Электронное реле Р2 в это время заперто напряжением, снимаемым с обмотки реле Р1.

Обмотка фиксатора ЭМФ шунтируется контактами реле Р2 и КВ. Контакты реле Р1 дешунтируют фиксатор.

Если стрелка зафиксирована предыдущим импульсом, то фиксатор держит стрелку, так как контакты касания и реле Р1 разомкнуты и дешунтируют обмотку фиксатора.

Реле Р1 с прекращением импульса выключает двигатель и фиксатор. Возвратной пружиной стрелка корректируется по новому положению лекала. После этого конденсатор C_8 медленно разряжается, с задержкой срабатывает реле Р2, которое своими контактами включает двигатель в обратную сторону, и тот возвращает лекало в исходное положение. Другими нормально закрытыми контактами реле Р2 дешунтирует обмотку фиксатора, который фиксирует стрелку в новом положении.

Лекало, достигая исходного положения, своей кромкой разрывает контакты концевого выключателя. В этом случае разрывается цепь реле Р2 и обесточивается обмотка двигателя 3–4. Обмотка фиксатора дешунтируется другой парой контактов концевого выключателя, и схема готова к приему следующего импульса.

3. Числовые устройства

В числовых системах телеизмерения диапазон измерения разбивается на определенное число участков. С каждого участка снимается своя комбинация из определенного числа импульсов, отличная от других комбинаций импульсов – код. Устройства, работающие с кодом, получили название кодоимпульсных.

Наиболее часто используется двоичный способ кодирования, при котором импульсы в коде выражают по порядку соответствующие значения членов геометрической прогрессии со знаменателем 2; первый импульс – 2^0, второй – 2^1, третий – 2^2 и т.д. В коде выделяются импульсы, суммы условных значений которых должны составлять числовое значение измеряемой величины.

Например, число 45 есть сумма $2^5+2^3+2^2+2^0=32+8+4+1=45$. Чтобы зашифровать число 45 в двоичном коде, необходимо выделить первый, третий, четвертый и шестой импульсы. Общее число комбинаций из $m+1$ членов прогрессии составляет:

$$P = 2^{m+1} - 1,$$

где P – возможное число участков n. Соответственно погрешность при $n = P$ имеем:

$$\alpha = \pm \frac{100}{2n} = \pm \frac{100}{2(2^{m+1} - 1)} \%.$$

Очевидно, что увеличение числа импульсов в коде приводит к повышению точности телеизмерения. Практически же обычно ограничиваются кодом из шести импульсов, так как дальнейшее увеличение их числа приводит к усложнению устройства.

Некоторые из таких устройств получили применение в котельных цехах тепловых электростанций, где процесс регулирования давления газа и измерение его на расстоянии комплексно автоматизированы.

4. Устройства телеуправления

Полярные устройства. Выше описывалась работа наиболее распространенных регуляторов давления, предназначенных для регулирования давления газа в систамах газоснабжения котельных. При необходимости перераспределения давления газа в сети или изменения давления на выходе из регуляторной станции или ГРП наиболее оперативное управление регуляторами давления или другими установками достигается с помощью приборов телеуправления, монтируемых на ГРС или на ГРП, а также в диспетчерской службе.

Устройство телеуправления треста Мосгаз. Исполнительный механизм устройства телеуправления состоит из реверсивного электродвигателя 2АСМ-400, редуктора, соединенного с вилкой, которая вставляется в штурвал-диск регулятора управления, и блока концевых выключателей БКВ. Этот исполнительный механизм хорошо компонуется со всеми командными приборами управления "пилотами": РУН, РЖГД, КВ, КН и двухпозиционным "пилотом".

На рис. 94 показан исполнительный механизм с "пилотом" РЖГД. Принцип работы механизма заключается в следующем. Редуктор управления связан с вращающейся вилкой. Пальцы вилки свободно входят в отверстия штурвала-диска "пилота". Штурвал-диск соединен с нажимной гайкой "пилота" НГП, свободно перемещающейся в стакане "пилота", в котором находится пружина.

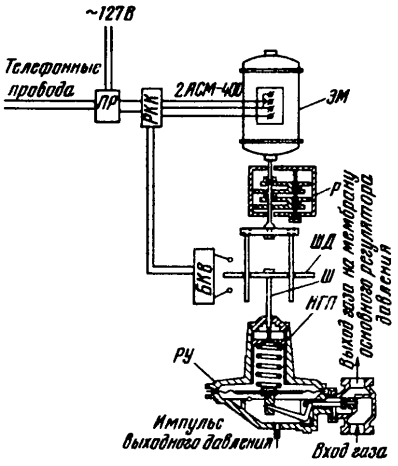


Рис.94. Исполнительный механизм с "пилотом" РГЖД

РУ – регулятор управления ("пилот"); НГП – нажимная гайка "пилота"; Ш – шток; ШД – штурвал-диск; Р – редуктор; ЭМ – электродвигатель АСМ-400; БКВ – блок концевых выключателей; РКК – распределительная контактная коробка; ПР – поляризованное реле

Вращением нажимной гайки "пилота" в ту или другую сторону создается давление на пружину, которая опирается на мембрану. Последняя системой рычагов открывает или закрывает клапан "пилота", в результате чего давление на мембрану основного регулятора давления изменяется. На рис. 95 представлена схема работы регулятора давления.

"Пилот" импульсными трубками связан с регулятором давления. Надмембранное пространство регулятора трубкой 1 через дроссель 2 соединяется с выходным газопроводом.

Для исключения воздействия собственной массы мембраны с рычагом и клапаном на положение клапана и для создания в надмембранном пространстве давления мембрана подвешивается на пружине 3. Натяжение пружины регулируется винтом 4. Наличие пружины исключает также возможность чрезмерного по-

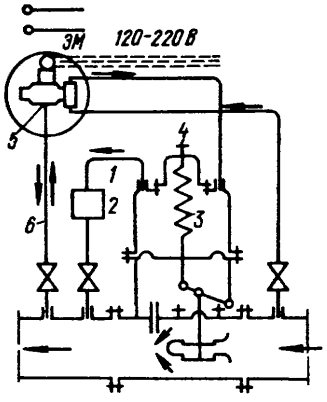


Рис.95. Схема работы регулятора давления с прибором телеуправления

вышения выходного давления в случае разрыва мембраны, что особенно важно для регуляторных станций, не оборудованных предохранительно-запорными клапанами. Для увеличения чувствительности "пилота" 5 импульс под его мембрану дается от выходного газопровода основного регулятора на трубке 6. Циркуляционная трубка заглушается.

С помощью переключателя с диспетчерского пункта посылаются сигналы постоянного тока, различающиеся полярностью. Сигналы воспринимаются приемными реле, которые включают электродвигатель в нужном направлении.

При вращении нажимной гайки "пилота" НГП вправо давление на выходе регулятора повышается, а при вращении влево понижается. Управление регуляторами давления с помощью указанных приборов требует обязательного сочетания их с приборами телеизмерения, устанавливаемыми на щите в центральном диспетчерском пункте.

На рис. 96 приведена схема телеизмерения давления газа и телеуправления регуляторными станциями по одной телефонной паре проводов. В указанной схеме телеуправление производится постоянным током 40 мА, напряжением 80 В, а телеизмерение – переменным током 36 мА, напряжением 45 В. Чтобы

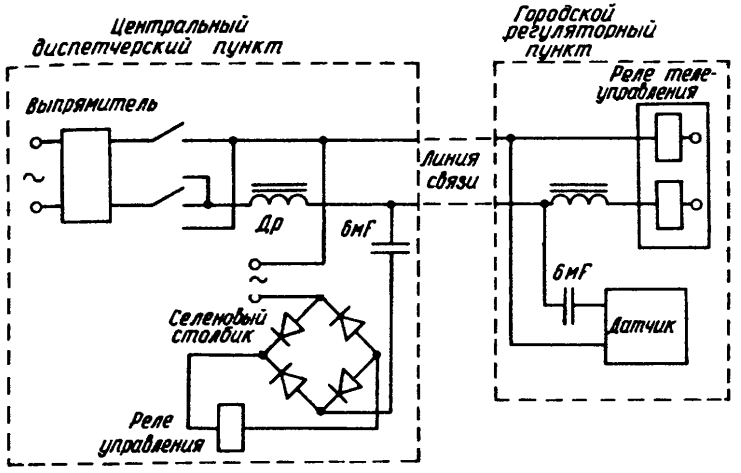


Рис.96. Схема измерения давления газа и телеуправления по одной паре проводов

воспрепятствовать попаданию постоянного электрического тока из цепи телеуправления в цепь телеизмерения, в схему включены конденсаторы. Для того чтобы переменный электрический ток из цепи телеизмерения не попадал в цепь телеуправления, в схему включены дроссели.

5. Непрерывные амплитудные устройства

На рис. 97 приведена принципиальная схема непрерывного телеизмерения по системе интенсивности и телеуправления по одной паре проводов. Установка работает следующим образом. Преобразование измеряемой величины А (давление) в пропорциональное значение постоянного тока осуществляется индукционным датчиком ИД. Через дроссель Др3, канал связи КС и дроссели Др1 и Др2 ток передается на измерительный прибор ЭПД. Этот прибор отградуирован в единицах давления. Телеизмерение ведется постоянным током J_1, а телеуправление – переменным током J_2.

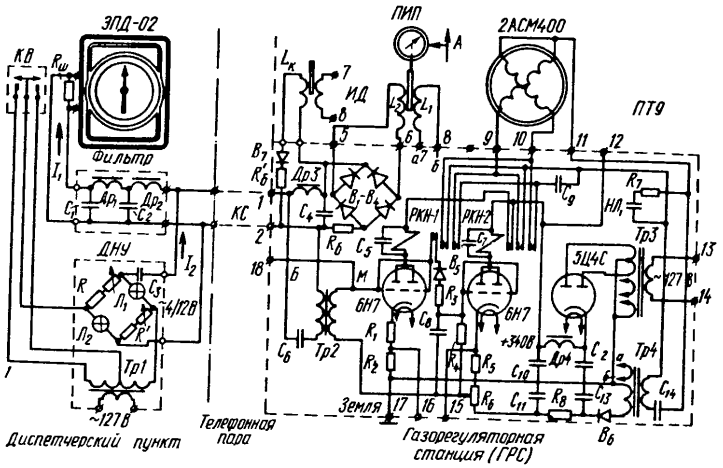


Рис.97. Принципиальная схема устройства непрерывного телеизмерения и телеуправления по одной паре проводов

Поворотом ключа КВ датчик напряжения управления ДНУ посылает в канал связи переменный ток J_2. Этот ток подается на вход приемника сигналов телеуправления ПТУ через конденсатор C_3, канал связи и конденсатор C_6.

Амплитуда сигналов колеблется от 4 до 12 В. Сигнал М имеет амплитуду 4 В, Б – 12 В. В зависимости от амплитуды сигнала в приемнике ПТУ срабатывает одно из двух электронных реле, которое включает электродвигатель в ту или иную сторону. В канале связи действует одновременно постоянный и переменный ток, разделение которого осуществляется установленными в схеме конденсаторами и дросселями (Др1 и Др2, Др3 и C_3 и C_6).

В датчике напряжения управления ДНУ ключом КВ напряжение, снимаемое с трансформатора Тр1, подается не в канал связи, а на диагональ моста RR' – $Л_1 Л_2$, в котором в два плеча включены лампочки накаливания $Л_1$ и $Л_2$.

В холодном состоянии сопротивление этих лампочек равно сопротивлению плеч R и R', а в нагретом состоянии сопротивление их увеличивается в 10–15 раз. Через конденсатор C_6 напряжение сигнала управления из канала связи подается на входной трансформатор Тр2 приемника ПТУ. Этот трансформатор разделяет ПТУ и канал связи, а также повышает напряжение сигнала в три раза. С вторичной обмотки Тр2 сигналы поступают на сетку лампы первого электронного реле. Через замкнутые контакты реле РКН–1, выпрямитель B_5 и сопротивление R_3 эти сигналы поступают на сетку лампы второго реле.

Отрицательное запирающее напряжение (–10 В) снимается с движка потенциометра R_6 и подается на сетку первой лампы через обмотку трансформатора, а на сетку второй через сопротивление утечки R_4.

При отсутствии сигналов лампы электронные реле заперты и ток через их обмотки не проходит. Сигнал М, приходящий на сетку первой лампы из–за дополнительного отрицательного напряжения, снимаемого с сопротивления смещения R_1, недостаточен для отпирания лампы и срабатывания первого реле, тогда как второе реле срабатывает при малых величинах сигнала.

Таким образом, первое реле срабатывает только при сигнале Б и размыкает цепь управления второй лампой. Второе реле выполнено по схеме реле времени, выдержка времени в котором устанавливается подбором величин R_3 и C_8 цепочки задержки. Эта выдержка необходима для устранения кратковременного действия второго реле в момент срабатывания при сигнале Б первого реле.

Для сглаживания пульсации тока в обмотках реле РКН–1 и РКН–2 устанавливаются шунтирующие конденсаторы C_5 и C_7. Питается ПТУ от двухполупериодного выпрямителя. От обмотки трансформатора Тр4

через однополупериодный выпрямитель B_6 и фильтр C_{13}, R_8, C_{11} отрицательное напряжение (–30 В) подается на потенциометр R_6. Трансформатор Тр4 и конденсатор C_{14} образуют феррорезонансный стабилизатор.

Конденсатор 9 служит для сдвига фазы напряжения в одной из обмоток двигателя 2АСМ–100. Направление вращения мотора зависит от того, какое сработало реле. С целью ограничения зоны регулирования (минимум–максимум) к регулятору управления приспособлены концевые выключатели, которые присоединяются к клеммам 15, 16, 17.

В нормальном положении концевыми выключателями замкнуты катодные сопротивления R_2 и R_5. Как только регулятор управления при вращении электродвигателя своим диском коснется контакта ограничения "максимум" или "минимум", включается одно из сопротивлений, на котором появляется отрицательное напряжение (–10, –12 В), запирающее ту или иную лампу.

ГЛАВА V.
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Диспетчеризация отопительных котельных является логическим завершением телемеханического контроля и управления в газовом хозяйстве, позволяя осуществлять работу автоматики и обслуживание тепловых пунктов централизованно на высоком техническом уровне. Системы диспетчеризации котельных могут быть использованы независимо от наличия автоматизации тепловых пунктов.

1. Выбор схем, линий связи и аппаратуры диспетчеризации тепловых пунктов

Принципиально диспетчеризация котельных и тепловых пунктов (ТП) может основываться на различных средствах передачи сигналов. В настоящее время диспетчеризацию и централизованный контроль параметров осуществляют с использованием проводных линий связи по одноступенчатой или двухступенчатой схемам в зависимости от конкретных условий; числа контролируемых пунктов, плотности их расположения, системы теплоснабжения и т.п. Технико-экономическими расчетами доказана целесообразность объединения одним диспетчерским пунктом (ДП) значительного числа тепловых пунктов – порядка 150–200.

Во всех случаях когда возможно использование свободной емкости городской телефонной сети (ГТС), для диспетчеризации тепловых пунктов следует ис-

пользовать свободные пары в кабелях ГТС. В случаях когда свободная емкость ГТС позволяет организовать лишь небольшие кусты контролируемых пунктов, можно применять двухступенчатую схему с использованием аппаратуры телемеханики для ретрансляции сигналов с необслуживаемых кустовых пунктов на ДП.

При невозможности использовать имеющиеся резервы ГТС следует прокладывать собственные кабельные линии связи по стенкам зданий или в земле. Для сокращения линейных прокладок также желательно применять двухступенчатую схему.

Таким образом, к аппаратуре, используемой для телесигнализации состояния тепловых пунктов, предъявляются следующие требования:

1. В качестве аппаратуры сигнализации необходимо применять устройства сигнализации большой емкости, так как оптимальное число контролируемых пунктов, подключаемых к одному диспетчерскому (ДП), велико.

2. Передача сигнала должна осуществляться по проводным линиям связи различной конструкции, в том числе по линиям в кабелях ГТС. По этим же линиям связи должна быть предусмотрена служебная телефонная связь оператора диспетчерского пункта с контролируемыми тепловыми пунктами. Этим требованиям удовлетворяет аппаратура, в которой сигнал передается непрерывно или импульсами постоянного тока длительностью не более 40 мк·с, величиной до 200 мА и напряжением до 60 В.

3. Исправность устройств телесигнализации необходимо непрерывно контролировать. При повреждении самого устройства телесигнализации, линии связи или источников электропитания должен подаваться сигнал.

Желательно, чтобы при повреждении линии связи и устройств телесигнализации подавался сигнал, отличающийся от сигнала аварии на контролируемом пункте, или чтобы на ДП оператор имел возможность различить полученные сигналы проверкой исправности

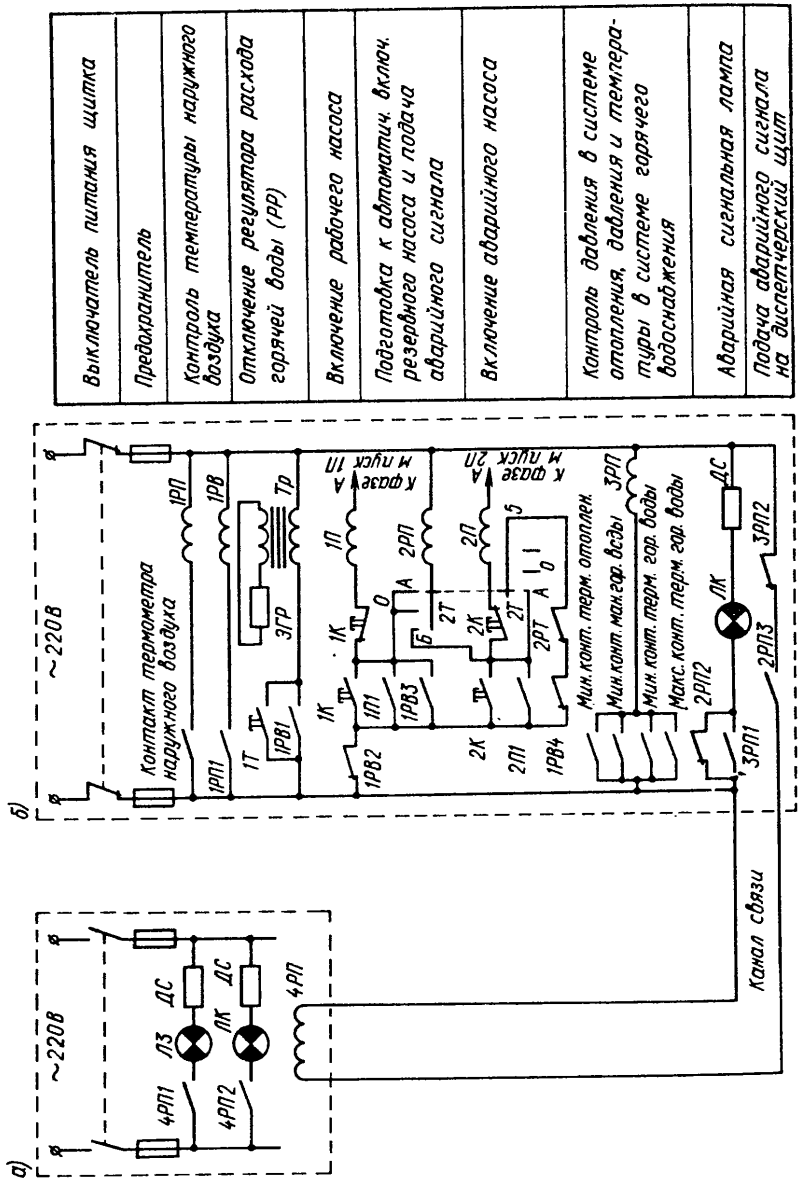
линии связи с ДП. Однако допустимы также устройства, в которых сигнал аварии на контролируемом пункте совпадает с сигналом повреждения самого устройства телесигнализации. В этом случае выявление причины подачи сигнала и проверку аппаратуры телесигнализации производят при посещении контролируемого пункта по вызову.

4. Для контроля тепловых пунктов, не требующих электропитания для своей работы (элеваторные узлы), следует применять аппаратуру телесигнализации, работающую на центральном питании с диспетчерского пункта без местных источников питания.

При одноступенчатой схеме могут быть использованы устройства тревожной сигнализации типа ТЛО3 или коммутаторы ручных телефонных станций. Последние рекомендуется дополнить устройствами автоматического контроля линии.

Одна из первых систем деспетчерской сигнализации ТП была разработана институтом Мосгазпроект (рис. 98). Система СДС–ТУ состоит из диспетчерского щита, щитка аварийной сигнализации ТП и канала связи, прокладываемого от каждого теплового узла до диспетчерского пункта. Диспетчерский щит (рис. 98, а) имеет блок питания и 9–12 блоков сигнализации (по числу подсоединяемых ТП). Щиток аварийной сигнализации в ТП (рис. 98, б) обеспечивает подачу аварийного сигнала на ДП в случаях остановки рабочего насоса, повышения или понижения температуры и давления в системе отопления, отсутствия напряжения на шитке управления и на двигателях; включение двигателя резервного насоса при остановке рабочего, автоматическое отключение ТП при повышении температуры наружного воздуха выше 5 °С и включение его при температуре 20 °С.

Недостаток этой схемы состоит в необходимости прокладки специальных линий связи, рассчитанных на напряжение 220 В переменного тока. Кроме того, схема не допускает использования проводов линий



196

связи для телефонизации, что связано с необходимостью постоянного дежурства обходчиков на ДП.

При использовании для сигнализации аппаратуры ТЛОЗ или телефонных коммутаторов телефонная связь обеспечивается самой применяемой аппаратурой. При использовании других видов аппаратуры (схем сигнализации) телефонная связь может быть обеспечена подключением телефонных аппаратов МБ к сигнальной линии через конденсаторы.

В двухступенчатой схеме диспетчеризации команда посылки телефонного вызова на контролируемый пункт может передаваться с диспетчерского пункта на промежуточный с помощью устройства телемеханики РСТ (УТБ-3).

Для обеспечения централизованного контроля за работой тепловых пунктов необходимо с каждого из контролируемых тепловых пунктов передавать на диспетчерский один сигнал для вызова работника в случаях превышения давления воды на вводе, превышения температуры горячей воды за регулятором, отключения циркуляционного насоса.

В качестве датчиков аварийных сигналов следует использовать выпускаемые приборостроительной промышленностью приборы и сигнализаторы, а именно: в качестве датчиков повышения и понижения давлений электроконтактные манометры ЭКМ, сигнализаторы давления, реле давления, в качестве сигнализаторов

Рис. 98. Принципиальная схема диспетчерской сигнализации тепловых пунктов
а – блок диспетчерского щита; б – блок аварийной сигнализации; 1П – катушка магнитного пускателя; 1РП – катушка реле; 1РП1 – замыкающий контакт реле пускателя; 1РВ2 – размыкающий контакт реле пускателя; 1РВ3 – замыкающий контакт реле с выдержкой времени при размыкании; 1РВ4 – размыкающий контакт реле с выдержкой времени при замыкании

197

повышения температуры можно использовать электроконтактные термометры ЭКТ (для температур выше 60°), дилатометрические датчики температур ТУДЭ, а также такие датчики, как ДТКМ, ТРДК и т.п.

Контроль за работой насосов может осуществляться как по положению аппаратов управления, так и с помощью реле тока, контролирующего тока статора двигателя. Выбор типов и способов установки датчиков определяют при проектировании.

На каждом контролируемом тепловом пункте должны быть установлены устройства для передачи сигналов на ДП и телефонные аппараты для связи. Устройства подачи сигнала, устанавливаемые в тепловых пунктах, выбирают в зависимости от принятой аппаратуры диспетчеризации.

Во всех случаях на каждом контролируемом пункте устанавливают датчики аварийных сигналов и коммутационный щиток с переключателями, позволяющими отключить от устройства для передачи сигнала датчики, связанные с отключенным оборудованием. Кроме того, желательно (но не обязательно) устанавливать на коммутационном щитке сигнальные реле (бленкеры), показывающие обходчику, пришедшему по аварийному сигналу, причину передачи этого сигнала. Следует, однако, учитывать, что за время, прошедшее от момента аварии до прихода обходчика, значения контролируемых параметров могут измениться и причина подачи сигнала исчезнет.

2. Системы диспетчеризации котельных

Проектными организациями предложено несколько инженерных решений систем диспетчеризации котельных, отличающихся выбором линии связи и аппаратурой диспетчеризации.

Существует система диспетчеризации, в которой используется одноступенчатая схема, а в качестве линий связи приняты арендуемые пары городской телефонной сети. В состав диспетчерского куста входят 26 котельных, расположенных в радиусе 1 км от ДП. Все котельные оборудованы устройствами регулирования и автоматикой безопасности.

Из каждой котельной передается один сигнал для вызова в котельную обслуживающего работника в случаях, когда происходит отключение котлов системой автоматики. В котельных установлены щиты с указательными реле, сигнализирующими причину отключения котлов.

В качестве аппаратуры сигнализации использовано устройство тревожной сигнализации ТЛО-30-2М. В случаях обрыва, короткого замыкания или заземления проводов линии связи на пульте ТЛО-30-2М появляется сигнал "Повреждение". Сигнал вызова от аппаратуры автоматики преобразуется в сигнал тревоги аппаратуры ТЛО-30-2М с помощью установленных в котельной релейных комплектов извещателей РКИ. Применение указанной аппаратуры обеспечивает также двухстороннюю телефонную связь между диспетчерским и контролируемым пунктами по проводам, используемым для сигнализации.

В результате непродолжительной эксплуатации аппаратуры ТЛО-30-2М выявились ее некоторые недостатки: ложные сигналы тревоги в процессе посылки телефонного вызова на контролируемый пункт, невозможность телефонной связи между различными контролируемыми пунктами, а также между контролируемым пунктом и абонентами городской телефонной сети (что требуется при необходимости вызова медицинской или пожарной помощи) и др.

Возможность диспетчеризации отопительных котельных и ТП по одно- и двухступенчатой схеме предусмотрена в системе Укргипрогорпромгаза. Эта система является наиболее совершенной; в качестве аварийной и телефонной аппаратуры в ней используют серийно выпускаемые приборы, а в качестве линий связи – готовые телефонные линии.

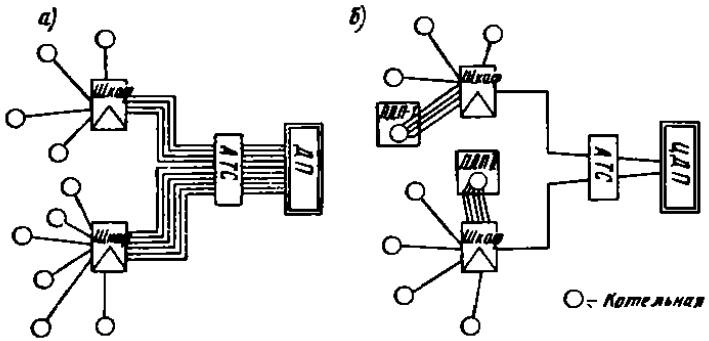


Рис.99. Структурные схемы систем диспетчеризации котельных
а – одноступенчатой; б – двухступенчатой

Структурные схемы одноступенчатой (радиальной) и двухступенчатой (узловой) систем диспетчеризации представлены на рис. 99.

Система диспетчеризации, построенная по одноступенчатой (радиальной) схеме, связывает автоматизированные котельные с помощью телефонной пары непосредственно с ДП (рис. 99,а).

Каждая телефонная пара от котельной приходит в распределительный шкаф (РШ) и кабелем через АТС приходит на ДП. Из котельной на ДП подается общий аварийный сигнал. Линия связи питается постоянно со стороны ДП. Нормально по линии связи протекает небольшой контрольный ток. При коротком замыкании или разрыве цепи на ДП подается аварийный сигнал, т.е. линия связи самоконтролируется. Схемой диспетчеризации предусмотрена возможность двухсторонней телефонной связи по сигнальным цепям.

При построении системы диспетчеризации по одноступенчатой (радиальной) схеме значительно сокращается количество сигнальной и телефонной аппаратуры за счет исключения из схемы промежуточных диспетчерских пунктов. Но при этом резко увеличивается общая протяженность линий связи, поэтому такая система наиболее приемлема для условий, когда привязанные к ДП котельные не очень удалены от него. Подобная система разработана, в частности, для г. Винницы.

Двухступенчатая (узловая) система диспетчеризации основана на ином принципе (рис. 99,б). С целью наименьших затрат на линии связи и для удобства эксплуатации котельные объединяются в промежуточные диспетчерские пункты (ПДП), которые связаны прямыми телефонными линиями связи с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП). Каждый ПДП связан с ЦДП одной парой проводов, по которой осуществляется передача аварийных сигналов из котельных, а также телефонная связь. В качестве линий связи могут быть использованы как специально проложенные линии, так и арендуемые пары телефонной связи. Для такой схемы удаленность котельных от ПДП должна быть не более 2 км.

При возникновении в котельной аварии на ПДП поступает аварийный сигнал. С помощью установленной на ПДП аппаратуры (независимо от числа подключенных котельных) он передается (ретранслируется) на ЦДП телемеханическим устройством типа РСТ.

На первой стадии диспетчеризации, в период освоения системы и накопления необходимого опыта, ПДП могут выполнять роль основных диспетчерских пунктов. В этом случае они обслуживаются соответствующим персоналом и на ПДП предусматривается аппаратура, с помощью которой дежурный диспетчер может контролировать работу автоматизированных котельных.

Помимо передачи аварийного сигнала из котельной на ЦДП схема обеспечивает двухстороннюю телефонную связь по системе МБ. Для сигнализации нормальной работы котельной принята схема с питанием на ПДП в сторону контролируемых котельных и на ЦДП в сторону промежуточных диспетчерских пунктов, что обеспечивает подачу аварийного сигнала при неисправностях в самой линии связи.

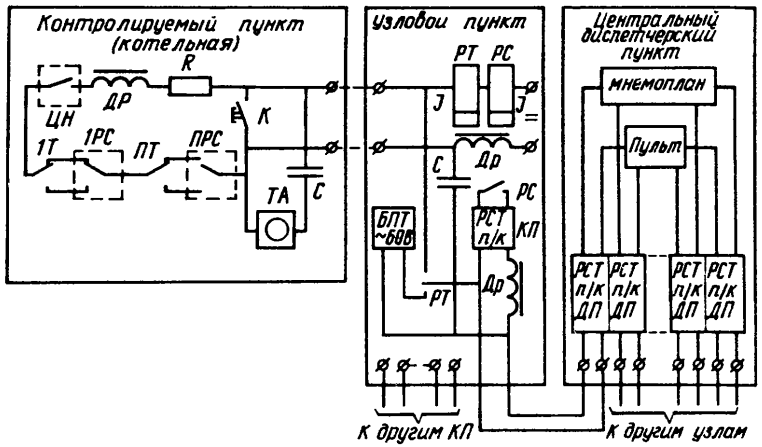


Рис.100. Принципиальная схема диспетчеризации отопительных котельных

Принципиальная схема диспетчеризации отопительных котельных представлена на рис. 100. Цепь контрольного тока проходит через "схему соответствия", образуемую контактами сигнальных реле аппаратуры автоматики и контактами переключателей, которые устанавливаются в положение, соответствующее заданному состоянию оборудования. При возникновении неполадок цепь контрольного тока размыкается, на промежуточном пункте обеспечивается реле РС, что и является сигналом вызова работников в котельную. При обрыве проводов линии связи появляется аварийный сигнал. При коротком замыкании проводов ток в них увеличивается, что приводит к срабатыванию реле РТ на ПДП.

Обесточенное реле РС замыкает цепь передачи аварийного сигнала, который передается на ЦДП с помощью телемеханической аппаратуры РСТ. Звуковой сигнал снимается тумблером (по схеме "Т"), световой сигнал остается на щите до устранения аварии на месте.

При устранении аварии световой сигнал гаснет, а по "схеме несоответствия" происходит подача звукового сигнала. При установке тумблера в положение "работа" звуковой сигнал прекращается.

При ретрансляции сигнала аварий на ЦДП работают устройства РСТ (диспетчерский и контролируемый полукомплекты). В помещении ЦДП на щите котельной загорается табло с адресом котельной и подается звуковой сигнал.

Для сигнализации состояний устройства телемеханики на диспетчерском пункте установлены лампы: ЛГ – готовность устройства, ЛА – авария устройства, ЛТ – общий дублирующий сигнал.

Вызов телефона, а также телефонный разговор с ПДП происходят по двухпроводному каналу Вызов телефона осуществляется подачей в линию связи напряжения 36 В. При этом вызов поступает во все котельные данного узла (ПДП) одновременно.

Вызов со стороны контролируемого объекта осуществляется посредством периодического замыкания проводов линии связи (специальной кнопкой). При этом на ПДП срабатывает реле РТ, посылающее переменный ток в линию связи к ЦДП. Телефонная связь между промежуточными и центральными диспетчерскими пунктами осуществляется по системе МБ или обычным порядком через цепи АТС.

Безаварийную работу системы диспетчеризации на ЦДП можно обеспечить с помощью двух вводов питания от двух независимых трансформаторных подстанций с АВР (автоматическое включение резерва).

В котельной расположены щит диспетчеризации и телефонный аппарат. На ПДП устанавливают щит, в котором размещают:

комплект контролируемого пункта РСТ-1;

лампы аварийной сигнализации котельной;

ключи съема звукового сигнала;

кнопки вызова телефона котельных и центрального диспетчерского пункта;

трансформаторы, выпрямители и пр.

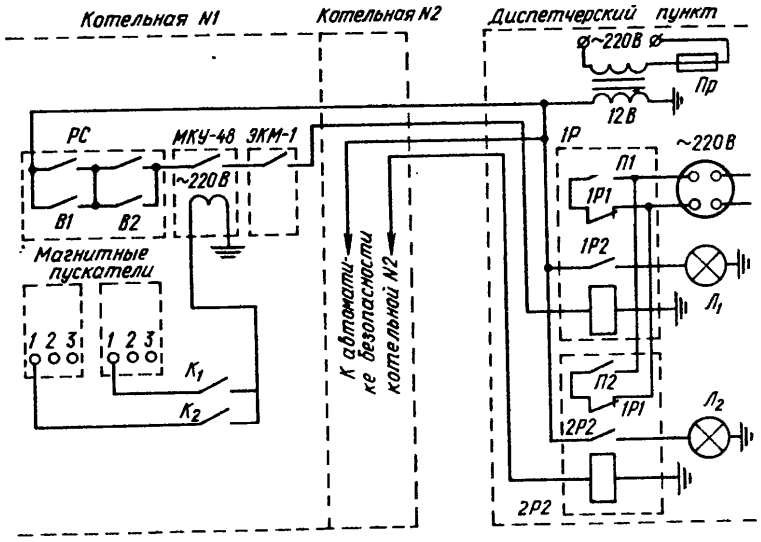


Рис.101. Система диспетчеризации котельных г. Днепропетровска

Кроме щита в помещении ПДП устанавливают бокс, на котором производят расшивку кабеля от распределительного шкафа.

На ЩДП расположена следующая аппаратура:

диспетс

диспетчерские полукомплекты устройства РСТ-1;

щит сигнальных табло (или мнемоплан);

пульт диспетчера;

шкаф присоединения (шкаф вводных линий).

Например, система диспетчеризации котельных г. Днепропетровска построена по схеме с прямой проводной связью (рис. 101). Из каждой автоматизированной котельной к ДП прокладывается электрический кабель двухжильный (в грунте или по стенам зданий).

Телефонные линии для диспетчеризации не используются. Контакты сигнальных реле автоматики АГК-2 всех котлов в котельной, а также контакты реле МКУ-48 контроля циркуляции воды в системе включаются последовательно в линию связи. Электропитание системы диспетчеризации осуществляется напряжением 12 В переменного тока от вторичной обмотки трансформатора, установленного на ДП.

В помещении ДП оборудован щит аварийный сигнализации. Нормальное состояние контролируемых параметров в котельной фиксируется горением соответствующей сигнальной лампы в диспетчерской. В случае нарушения любого из контролируемых параметров в котельной разрывается соответствующая линия связи аварийной сигнализации. Установленное на диспетчерском щите аварийное реле РПТ-100 обесточивается и срабатывает. Одним из контактов этого реле разрывается цепь питания соответствующей сигнальной лампы, а другим контактом включается звуковая сигнализация (звонок). Звонок может быть выключен путем нажатия соответствующего тумблера

В случае разрыва линии связи, перегорания сигнальной лампы или исчезновения электропитания в диспетчерскую поступает аварийный сигнал, т.е. схема самоконтролируется.

Если один или несколько котлов в котельной не включены в работу (они включаются в работу при более низких температурах наружного воздуха), то должны быть замкнуты соответствующие тумблеры В, шунтирующие контакт сигнального реле автоматики неработающего котла. В противном случае сигнальная линия данной котельной окажется разомкнутой.

При включении в работу дополнительного котла шунт с контакта сигнального реле должен быть снят нажатием рукоятки соответствующего тумблера. Сигнализация положения рукоятки отсутствует, что является недостатком схемы. Если, например, диспетчер забудет снять вручную шунт с контакта сигнального реле, включенного в работу котла, то аварийный сигнал о возникновении аварии на этом котле в диспетчерскую не поступит. Указанное замечание относится также и к схеме включения звуковой сигнали-

зации (звонка). Схемой не обеспечивается контроль замыкания проводов линий связи.

В целом система диспетчеризации оправдала себя как надежная и удобная в эксплуатации. Она очень проста и не трубет высокой квалификации обслуживающего персонала.

3. Выбор аппаратуры сигнализации и связи

Для диспетчеризации ТП могут найти применение выпускаемые промышленностью устройства, предназначенные для телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС), устройства тревожной сигнализации (пожарной, сторожевой и охранной), а также устройства, предназначенные для телефонной связи.

Устройства ТУ-ТС предназначаются для сосредоточенных и рассредоточенных объектов. Тепловые пункты – это рассредоточенные объекты, при большом числе которых с каждого из них необходимо передать на ДП небольшое число сигналов. Однако выпускаемые устройства телемеханики для рассредоточенных объектов предназначены в основном для протяженных систем магистральных трубопроводов, железодорожного транспорта, междугородных кабельных и радиорелейных линий связи.

Устройства ТУ-ТС общепромышленного применения для рассредоточенных объектов типа "Радиус" и "Колос" могут применяться лишь для телемеханизации промышленных предприятий, так как сигнал, передаваемый этими устройствами по линиям связи, создает на соседних цепях помехи, превышающие нормы помех в городских телефонных сетях, и Министерство связи не разрешает использование линий в кабелях телефонных сетей для этой аппаратуры. Поэтому (а также ввиду относительно высокой стоимости) вышеуказанные устройства, предназначенные для рассредоточенных объектов, не могут найти применения для сигнализации состояния ТП.

Устройства ТУ-ТС, предназначенные для сосредоточенных объектов, могут применяться и для диспетчеризации ТП при двухступенчатой схеме передачи сигналов в качестве устройства ретрансляции сигналов из необслуживаемого промежуточного пункта на ДП.

Из общего числа устройств ТУ-ТС, выпускаемых промышленностью, лишь некоторые удовлетворяют требованиям работы по линиям в кабелях городских телефонных сетей. Устройство ВРТФ построено на бесконтактных элементах и является современным устройством телемеханики, однако в сочетании с другими устройствами, служащими для передачи сигналов между контролируемыми тепловыми пунктами и необслуживаемыми промежуточными пунктами, оно не находит широкого применения.

Устройства ТУ-ТС типа РСТ и УТБ-3 используют для ретрансляции аварийных сигналов.

Устройства РСТ-1 и РСТ-2 обеспечивают передачу 23 (РСТ-1) и 48 (РСТ-2) сигналов по одной двухпроводной линии связи сопротивлением до 3000 Ом. Сигналы передаются импульсами постоянного тока напряжением 48 В.

Устройства допускают передачу телефонного разговора по той же линии связи в диапазоне частот выше 300 Гц. Телефонный вызов может осуществляться передачей команды или сигнала через устройство ТУ-ТС или, при его неисправности, переменным током частотой 25–50 Гц. Схема устройства предусматривает подключение к линии связи телефонного аппарата ЦБ, питаемого при исправном устройстве от линейного источника питания, расположенного на КП, а при неисправном – со стороны диспетчерского пункта. Устройство смонтировано в корпусе размером 483х х507х387 мм.

Устройство ТУ-ТС типа УТБ-3 обеспечивает передачу до 80 сигналов, причем кроме основной модификации выпускают две модификации устройства, позволяющие передавать сигналы на одно общее устрой-

ство ДП с четырех контролируемых пунктов, УТБ–3р – по радиальным линиям связи и УТБ–3гр – по общей линии связи, проходящей последовательно все контролируемые пункты.

Общая емкость устройства в этих случаях не превышает 80 сигналов. Емкость может быть уменьшена путем сокращения числа установленных блоков (емкость одного блока 20 сигналов).

Сигналы передаются импульсами постоянного тока напряжением 60 В, избирательный признак – временной; нормально линия связи обтекается током, поступающим со стороны контролируемого пункта, чем обеспечиваются постоянный контроль исправности линии связи и источников электропитания на контролируемом пункте.

Устройство допускает передачу телефонного разговора по линии связи на частотах выше 300 Гц. Подключение телефонных аппаратов к линии осуществляется через разделительные конденсаторы. Телефонный вызов может осуществляться с помощью посылки команды через устройство ТУ–ТС. На линии следует применять телефонные аппараты МБ с фоническим вызовом.

Устройство смонтировано в шкафах ДП и КП. Габариты шкафов 600х800х2090 мм. В верхней части шкафа КП установлен стабилизированный выпрямитель для питания устройства и линейной цепи.

Автоматический сигнализатор повреждений (АСП–3) представляет собой телемеханическое устройство, предназначенное для передачи сигнала (аварии) на ДП по занятым либо обособленным телефонным парам и работающее совместно с любыми автоматическими устройствами, имеющими релейный выход, или любыми другими устройствами, имеющими релейный датчик.

Практически АСП–3 может работать с любыми устройствами при соответствующей переделке их выхода для запуска АСП–3. При возникновении аварийного состояния срабатывает датчик повреждений, запускающий устройство АСП–3.

После запуска устройство выполняет следующие операции: набирает двухзначный номер диспетчерского пункта, передает диспетчеру номер объекта, на котором произошла авария; приняв от диспетчера ответный сигнал, останавливается и подготавливается к последующей работе.

При необходимости набора номера с большим числом знаков к прибору АСП–3 подключается специальная приставка – автоматический номеронабиратель.

Устройство позволяет периодически проверять его исправность путем набора соответствующего номера персоналом ДП. Для передачи сообщений о том, на каком из объектов произошло повреждение, применено обычное звуковоспроизводящее устройство.

Прибор АСП–3 может быть применен в автоматизированных котельных, газорегуляторных пунктах и других объектах, где требуется передача сигнала аварии или неисправности.

Номеронабиратель представляет собой отдельный блок и используется в качестве приставки к прибору АСП–3. Поскольку АСП–3 рассчитан на автоматическую передачу сигнала аварии по двузначному номеру центральной аварийной службы, то в случае, когда диспетчерские пункты объектов имеют другой номер (до шестизначного включительно), передача сигналов аварии может производиться при совместной работе АСП–3 с приставкой номеронабирателя.

При совместной работе устройство АСП–3 и приставка соединяются семью проводами, по которым осуществляется как ее питание, так и взаимные блокировки. При этом никаких изменений в схеме АСП–3 производить не требуется.

Устройства тревожной сигнализации предназначены для передачи сигналов от ручных автоматических датчиков на пункт нахождения дежурного персонала.

Эти устройства могут найти применение для передачи аварийного сигнала с контролируемого теплового пункта на диспетчерский. Так как устройства тре-

вожной сигнализации не имеют выходных контактов или иных устройств для ретрансляции сигналов, они могут быть использованы лишь при одноступенчатой схеме диспетчеризации.

Устройство тревожной сигнализации ТЛО-20-30-2М предназначено для приема сигналов от ручных извещателей ПКИЛ (пожарный кнопочный извещатель лучевой) и ОКИЛ (охранный кнопочный извещатель лучевой). Емкость устройства 20 или 30 лучей (радиальных линий связи). При необходимости на ДП может быть установлено несколько коммутаторов.

Нормально каждая линия связи обтекается контрольным током 6-8 мА от источника, расположенного на диспетчерском пункте. Предельное сопротивление линии связи 300 Ом. Для подачи сигнала производится кратковременное размыкание линейной цепи с последующим замыканием проводов линии связи накоротко. При этом на коммутаторе загораются лампы с номером луча, от которого поступил сигнал, и общая лампа с надписью "Тревога" ("Пожар" или "Охрана"), а также включается зуммерный сигнал. Для передачи сигнала от автоматического датчика предусматривается установка специального переходного устройства - релейного комплекта извещателя, периодически замыкающего и размыкающего цепь линии связи при замыкании (РКИ-1) или размыкании (РКИ-2) контакта автоматического датчика.

При обрыве или замыкании между собой проводов линии связи, а также при заземлении одного из них на коммутаторе появляется сигнал повреждения. При этом горит лампа с номером поврежденной линии и включается звонок.

Устройство ТЛО обеспечивает прямую телефонную связь между диспетчерским и контролируемым пунктами. Вызов со стороны диспетчерского пункта фонический; вызов со стороны контролируемого пункта осуществляется с помощью периодического (прерывистого) подключения микротелефонной трубки к линии связи.

При этом на ДП появляется прерывистый сигнал повреждения, служащий сигналом телефонного вызова. Устройство ТЛО применяется для диспетчеризации отопительных котельных в Ленинграде.

Однако в процессе наладки и опытной эксплуатации выявились следующие недостатки этого устройства:

1) недостаточная дальность действия - 1,5 км по кабельной линии связи;

2) для прекращения действия сигнала в гнездо коммутатора вставляется специальный штепсель, отключающий линию связи от коммутатора, что затрудняет телефонную связь по этой линии (невозможен прием вызова со стороны контролируемого пункта).

При большом числе контролируемых пунктов можно использовать более мощное устройство типа ТЛО-ТЛО3 100-600, набираемое блоками по 100 контролируемых пунктов. Кроме описанного выше, это устройство обеспечивает автоматическую запись времени поступления сигналов.

Устройства оперативной телефонной связи предназначены для передачи сигналов аварии с контролируемых пунктов. В настоящее время промышленностью выпускаются коммутаторы оперативной связи КОС-22М, станции диспетчерской связи СДС-50/100, ЭДТС-55 и др. Кроме того, для получения сигналов может быть использована учрежденская ручная телефонная станция УРТС 100-600. Принципиально использование станций всех типов осуществляется одинаково.

Нормально провода линий связи находятся под напряжением, подаваемым со стороны коммутатора. При замыкании проводов между собой (при снятии телефонной трубки с аппарата на контролируемом пункте или при замыкании сигнального контакта датчика) на коммутаторе появляется вызывной сигнал - загорается соответствующая лампа.

Обрыв проводов линий связи автоматически не контролируется, но исправность линии может быть проверена вручную прохождением по ней вызывного перемен-

ного тока при телефонном вызове по показаниям контрольной лампы на коммутаторе.

Для различения сигнала телефонного вызова и аварийного сигнала применяются релейные комплекты извещателя РКИ, предназначенные для работы совместно с аппаратурой тревожной сигнализации ТЛО. При этом полученный аварийный сигнал воспроизводится на коммутаторе мигающим светом.

Дальность действия подобной сигнализации определяется путем примененного коммутатора и напряжением питания линейных цепей.

Коммутатор КОС-22М обеспечивает телефонную связь и прием сигналов от 20 контролируемых пунктов. Возможно параллельное подключение нескольких коммутаторов КОС-22М для увеличения их емкости. Предельное сопротивление линии связи составляет 300 Ом при напряжении питания 24 В и 800 Ом при напряжении питания 48 В.

Станция диспетчерской связи СДС 50/100 обеспечивает телефонную связь и прием сигналов по 50 или 100 линиям связи. Предельное сопротивление линии связи 1000 Ом, напряжение питания коммутатора 60 В.

Станция диспетчерской связи ЭДТС-55 обеспечивает телефонную связь и прием сигналов по 50 линиям сопротивлением до 2000 ОМ, напряжение питания станции 60 В.

В схеме коммутатора КОС-22М предусмотрены выходные штифты для подключения линий связи, прошедших через контакты ключей коммутаторов, к другому коммутатору, что создает предпосылки для подключения к нему специального блока, обеспечивающего автоматический контроль исправности линий связи. В этом случае прием сигналов аварии и повреждения линии осуществляется в блоке контроля линий связи, а сам коммутатор используется в качестве пульта сигнализации. Однако при таком способе приспособления коммутатора КОС-22М для сигнализации необходимо изготовление нетиповых блоков контроля линий связи.

ГЛАВА VI.
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Все системы автоматизации отопительных котельных включают в себя две подсистемы: автоматику безопасности защиты (от аварийных режимов) и автоматику регулирования для автоматического поддержания регулируемых параметров в требуемых пределах.

При нарушении технологических режимов работы котла датчики, входящие в схему автоматики безопасности, подают сигналы на отсечный орган для отключения подачи газового или жидкого топлива к котлу. Каждый котел должен быть оснащен индивидуальным отсечным органом, электрический привод которого в нормальном положении (клапан открыт) должен находиться под напряжением. Автоматика безопасности должна включать в себя узлы общекотельной и котловой автоматики. Автоматика регулирования, как уже отмечалось, содержит следующие регуляторы: давления пара, расхода воздуха (процесса горения), разряжения в топке и питания котла. В водогрейных котлах регулируется подача газа, воздуха и величина разрежения. Необходимо отметить, что указанные регуляторы обеспечивают устойчивую работу котла при нагрузке от 40 до 100%. При меньшей нагрузке котел переводят на ручное регулирование и отключат часть горелочных устройств.

При работе котла на двух видах топлива (зимой на мазуте, летом на газе) подключение необходимых датчиков к регулятору процесса горения производится с

помощью ключа на общекотельном щите. Это позволяет перейти на резервный вид топлива без переделки электросхем регулирования и управления котлоагрегатом.

Системы автоматизации отопительных котельных различают по виду энергии, используемой для работы приборов. Как указывалось в гл.I, существуют электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные системы автоматики. Каждая из этих систем имеет свои принципы построения и особенности эксплуатации, преимущества и недостатки.

1. Электрические системы автоматики. Электрическая автоматика АГОК

Система АГОК применяется для автоматизации отопительных котлов малой мощности, работающих на газе низкого давления. В последние годы разработана модификация этой системы для работы котлов на газе среднего давления.

В системе АГОК, как и в других системах газовой автоматики, контролируемые параметры разделены на общекотельные и котловые (приборы автоматики котлов). Общекотельная автоматика безопасности обеспечивает контроль за циркуляцией воды в системе отопления и минимально допустимым уровнем воды в расширительном баке. Приборы автоматики безопасности котлов обеспечивают автоматический розжиг запальной горелки, контроль всех основных технологических параметров работы котла (давление газа перед горелками, наличие тяги, наличие пламени на запальной горелке), а также надежную отсечку газа на котлах при нарушении любого из перечисленных параметров. Изменение расхода газа на котлах в соответствии с отопительным графиком осуществляется на общекотельном узле автоматики регулирования.

Все управление общекотельной и котловой автоматикой безопасности АГОК сосредоточено на щите управления и сигнализации. Щит состоит из общекотельно-

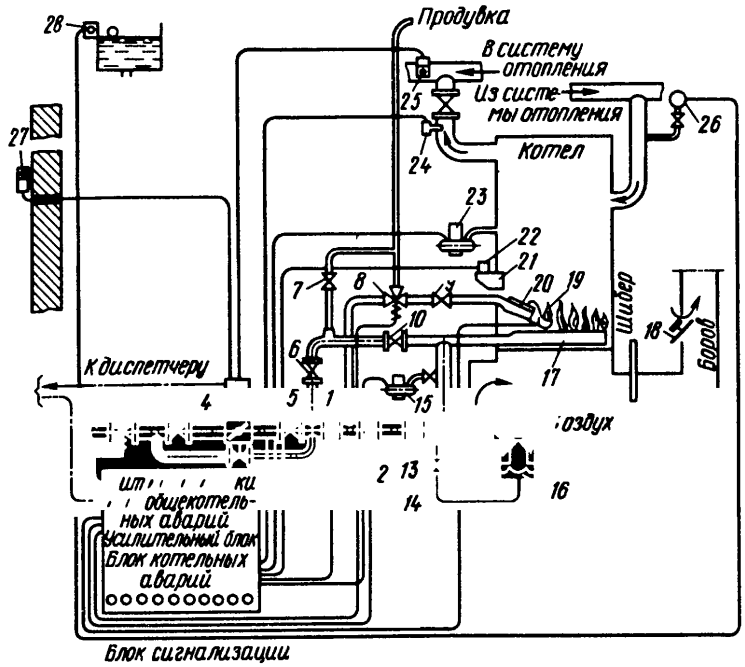


Рис.102. Принципиальная технологическая схема автоматизации газового отопительного котла по системе АГОК-66

го блока и блоков котлов, число которых соответствует числу котлов в котельной.

На рис.102 представлена принципиальная технологическая схема, на которой показано размещение основных узлов и датчиков автоматики АГОК. Электрический регулятор расхода газа 4 установлен на общем газовом коллекторе 1 после электромагнитного клапана 2 и связан электрической цепью с датчиками температуры горячей воды 24 м температуры наружного воздуха 26. Газ в рабочие горелки подается через контрольный 11 и запорные 12-14 вентили, участок газопровода между которыми сообщается через треххо-

довой запально-продувочный вентиль 8 с атмосферой. Для регулятора расхода газа предусмотрена отводная линия с запорным вентилем 3. Вентили 2, 5, 6 и 10 служат для перехода на подачу газа через байпас. Кран 7 соединяет газопровод со свечой безопасности.

Для контроля нижней границы устойчивой работы горелочных устройств применен сигнализатор падения давления СПД-II 15. Контрольный импульс газа для СПД-II берется из газопровода перед горелкой и после рабочей задвижки 14. Минимально допустимая величина разрежения в топке котла контролируется сигналами затором-реле тяги 16. Перегрев воды в котле контролируется электроконтактным термометром ЭКТ, датчик 23 которого установлен в выходном патрубке горячей воды из котла.

Контроль наличия циркуляции воды в системе отопления осуществляется электроконтактным манометром ЭКМ 26. Контроль минимального уровня воды в расширительном баке осуществляется двумя поплавковыми сигнализаторами уровня СУ-3 28. Розжиг котла производится автоматически посредством запально-контрольного устройства 20, катушки зажигания 22 и блока контроля пламени. Запально-контрольное устройство состоит из газовой инжекционной горелки 19, 21 с электродом блока контроля наличия пламени и электродом электрозапального устройства.

В зависимости от типа рабочей газовой горелки 17 контрольно-запальное устройство может быть установлено на фронтовой части котла или введено в топку под соответствующим углом в зону факела рабочей горелки.

В системе АГОК использован регулятор тяги 18 по типу автоматики АГК-2П (см. далее). Регулирование подачи воздуха в топку осуществляется регулятором воздуха 16. Контроль наличия пламени на запальной горелке осуществляется прибором, работа которого основана на детектирующем свойстве пламени. Электрическая часть системы автоматического регулирова-

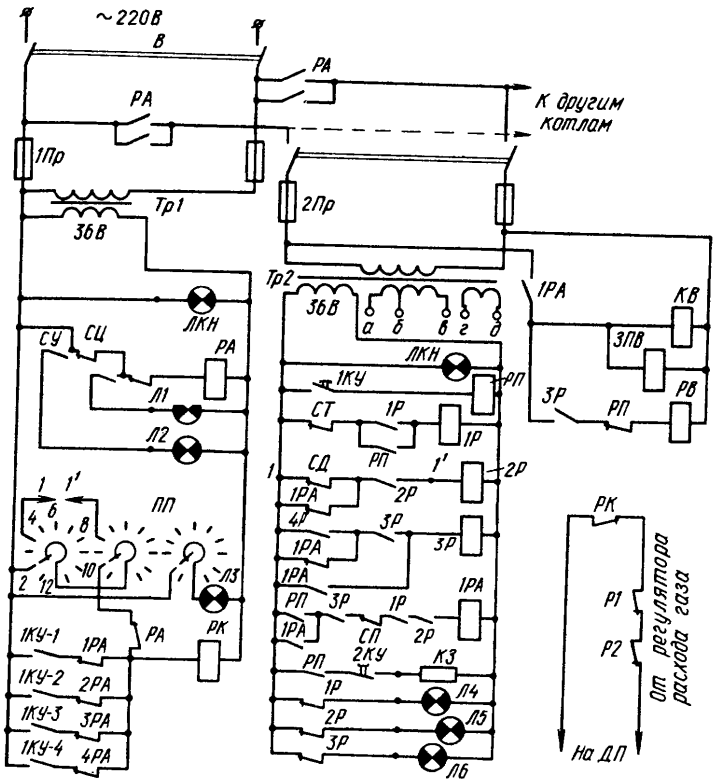


Рис.103. Принципиальная электрическая схема автоматики безопасности АГОК-66

В, 1В – выключатели; Пр – предохранитель; ЛКН – лампа контроля напряжения; СУ – сигнализатор уровня; СЦ – сигнализатор циркуляции; ПП – переключатель положений; РА – реле аварии; РК – реле контроля; РП – реле пуска; СТ – сигнализатор тяги; СД – сигнализатор давления; СП – сигнализатор перегрева; КЗ – катушка зажигания; КВ – контрольный вентиль; ЗПВ – запально-продувочный вентиль; РВ – рабочий вентиль; КУ – кнопка управления; Тр – трансформатор; Л1 – Л6 – лампы

ния, безопасности и сигнализации смонтирована на специальном щите.

Дистанционный пуск котла в работу может осуществляться со щита управления; при этом отдельные операции розжига отрабатываются автоматически в заданной программой последовательности.

Принципиальная электрическая схема щита автоматики безопасности приведена на рис. 103. Слева показана схема общекотельного блока, справа – схема блока котла. Схема работает следующим образом. При повороте рукоятки *В* подается напряжение 220 В в общекотельный блок. Наличие напряжения во вторичной обмотке трансформатора *Тр1* фиксируется загоранием лампы *ЛКН*. Если общекотельные параметры не нарушены (уровень воды в расширительном баке, циркуляция воды в системе), то контакты сигнализаторов уровня *СУ* и циркуляции *СЦ* должны быть замкнуты. Общекотельное реле аварий *РА* встает под ток. Лампы *Л1* и *Л2* должны быть погашены. Контактами реле *РА* будет подано напряжение в линию электропитания котлов. Блок котла включается в работу с помощью выключателя *1В*, что фиксируется загоранием лампы *ЛКН* на панели блока котла. Релейная схема блоков рассчитана на питание напряжением 36 В переменного тока.

Напряжение с клемм *а, б, в, г, д* вторичной обмотки трансформатора *Тр2* подается в блок контроля пламени (схема блока контроля пламени не показана). Схема блока построена так, что при пуске котла автоматически проверяется тяга в топке и температура воды на выходе из котла, а после зажигания запальной горелки контролируется наличие пламени. Для включения электрозапальника нужно нажать кнопку *КУ*. При этом срабатывает реле пуска *РП*. Если тяга не нарушена, то встанет под ток реле *1Р, 2Р* и *3Р*, а затем – и реле аварии котла *1РА*. Одновременно контактом реле *РП* включится катушка зажигания *КЗ* и будет подан газ в запальную горелку. После зажигания запальной горелки сработают блок контроля пламени и реле *3Р*. Контакт этого реле замкнет цепь питания клапана перед рабочей горелкой. Клапан откроет доступ газу в рабочую горелку. Рабочая горелка поджигается запальником. Если при работе котла на автоматике произойдет нарушение любого из контролируемых параметров, то разомкнется контакт соответствующего первичного прибора. Обесточится реле аварий котла *1РА*. Если контактом будет разорвана цепь питания всех трех электромагнитных газовых клапанов, контрольный и рабочий клапаны закроются, а запально-продувочный клапан переключится на свечу безопасности. На панели блока загорится соответствующая сигнальная лампа и укажет причину отключения котла. При нарушении любого из общекотельных параметров обесточится реле аварий *РА* общекотельного блока. Это реле сработает и своими контактами разорвет цепь питания всех котловых блоков автоматики. Все котлы выключатся из работы. Сигнальные лампы *Л1* и *Л2* зафиксируют причину отключения котельной.

Диспетчерский контроль за работой автоматики осуществляется с помощью реле контроля *РК* в общекотельном блоке. Контакт этого реле включен в цепь диспетчерской линии. В эту же линию включены контакты реле *1Р* и *2Р*, контролирующих крайние положения поворотной заслонки регулятора расхода газа РРГА.

Устройство и принцип действия автоматики регулирования. Регулирование тепловой нагрузки котельной с автоматикой АГОК осуществляется плавным изменением расхода газа на всех работающих котлах. Принципиальная схема регулятора расхода газа РРГА показана на рис. 104. Основные узлы РРГА: измерительное устройство, электронный фазочувствительный усилитель, реверсивный электродвигатель, редуктор-кулиса, корпус-катушка, поворотная заслонка, схема сигнализации и опрокидывание фазы. Измерительное устройство состоит из моста переменного тока, в противоположные плечи которого включены сопротивления R_1 и R_2, а также датчики температуры наружного воздуха (ДНВ) и температуры теплоносителя (ДТТ). В качест-

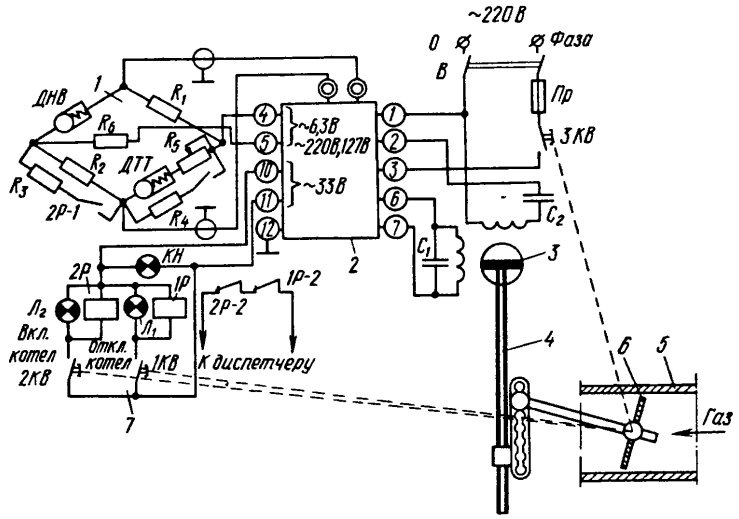


Рис.104. Принципиальная схема регулятора расхода газа РГА

1 – измерительное устройство; 2 – электронный фазочувствительный усилитель; 3 – реверсивный электродвигатель РД-09; 4 – редуктор-кулиса; 5 – корпус-катушка; 6 – поворотная заслонка; 7 – схема сигнализации и опрокидывания фазы

ве датчиков температуры применены медные термометры сопротивления, имеющие при 0°С сопротивление 200 Ом. На одну диагональ моста подается напряжение переменного тока 6,3 В, другая подключается к входу фазочувствительного усилителя. Величина тока, подаваемого в усилитель, ограничивается балластным сопротивлением R_6.

Мост находится в равновесии в том случае, когда произведения сопротивлений противоположных плеч равны. Изменение температуры наружного воздуха вызывает изменение сопротивления ДНВ, баланс моста нарушается и с его диагонали снимается сигнал разбаланса определенной фазы. Этот сигнал подается в

электронный усилитель, где достигает величины, достаточной для управления исполнительным механизмом, в качестве которого используется реверсивный двигатель РД-09. Врашение электродвигателя передается через редуктор-кулису на регулирующий орган – поворотную заслонку.

При понижении температуры наружного воздуха сопротивление датчика ДНВ уменьшается и двигатель поворачивает заслонку в сторону увеличения расхода газа на горелки котлов. Повышение теплопроизводительности котлов в свою очередь приведет к увеличению сопротивления датчика температуры теплоносителя. Изменение положения регулировочных заслонок в газопроводе будет происходить до тех пор, пока не восстановится баланс моста.

При повышении температуры наружного воздуха на диагонали моста появится сигнал разбаланса противоположной фазы и электродвигатель будет вращать заслонку в стороны закрытия – на уменьшение подачи газа в рабочие горелки. Таким образом, каждому определенному значению температуры наружного воздуха соответствует определенное значение температуры теплоносителя, при которых измерительная мостовая схема регулятора будет сбалансирована. Электрические параметры датчиков температуры и других элементов мостовой схемы выбираются такими, чтобы балансные точки регулятора соответствовали точкам отопительного графика.

В одно из плеч мостовой схемы последовательно с датчиком температуры теплоносителя включено добавочное переменное сопротивление R_5. Изменяя величину этого сопротивления, можно настроить систему регулирования на различные отопительные графики. Регулирующая заслонка имеет рабочий угол перемещения 80°. Для ограничения угла поворота заслонки в указанном диапазоне в регуляторе применена так называемая система принудительного опрокидывания фазы сигнала измерительной мостовой схемы. С этой целью

на оси поворотной заслонки устанавливают два кулачка, предельное положение которых вызывает срабатывание одного из концевых выключателей – *1КВ* и *2КВ*.

При срабатывании любого из концевых выключателей происходит искусственное опрокидывание фазы в измерительной схеме и реверс электродвигателя РД-09. Например, при снижении температуры наружного воздуха может наступить момент, когда заслонка будет полностью открыта и ее дальнейшее вращение следует ограничить. В этом случае кулачок нажмет на концевой выключатель *2КВ*, контакт которого замкнется. Реле *2Р* встанет под ток и своим контактом *2Р-1* зашунтирует сопротивление R_2 сопротивлением R_3. Тогда сопротивление одного из плеч моста резко уменьшится, в результате чего опрокинется фаза снимаемого с моста сигнала разбаланса. Двигатель начнет перемещать заслонку в сторону закрытия. Одновременно контактом *2Р-2* реле будет подан сигнал о необходимости включения в работу дополнительного котла, а на щите регулятора загорится лампа $Л_2$.

При перемешении заслонки на незначительный угол кулачок отойдет от концевого выключателя *2КВ* и разомкнет его. Реле *2Р* обесточится и сработает, шунт с сопротивления P_2 снимется и снова произойдет опрокидывание фазы. Направление вращения заслонки изменится. Одновременно прекратится подача сигнала. Таким образом, заслонка будет реверсировать в зоне полного открытия до тех пор, пока не будет включен в работу дополнительный котел. После включения дополнительного котла температура теплоносителя увеличится, заслонка отойдет от положения полного открытия, т.е. окажется в зоне регулирования. При повышении температуры наружного воздуха, если заслонка достигнет положения полного закрытия, срабатывают концевой выключатель *1КВ* и реле *1Р*, что вызовет шунтирование датчика температуры теплоносителя и опрокидывание фазы сигнала. Появится сигнал о необходимости выключения из работы одного из котлов.

При неисправности концевых выключателей *2КВ* и *1КВ* срабатывает аварийный концевой выключатель *3КВ*, разрывающий цепь питания регулятора и выключающий его из работы. После аварийного отключения регулятор может быть введен в работу лишь обслуживающим персоналом.

Унифицированная система автоматики АМК-Г. Унифицированная система автоматического регулирования и защиты микрокотлов предназначена для комплексной автоматизации паровых и водогрейных микрокотлов МЗК и котлов серии Е паропроизводительностью до 1 т/ч, работающих на газе.

Система АМК-Г обеспечивает поддержание в заданных пределах давления пара и уровня воды в котле, соотношение топливо-воздух, а также защиту котлоагрегата при упуске воды, превышении допустимого предела давления газа, прекращении подачи воздуха, погасании пламени горелки, прекращении тяги.

Технологическая схема автоматизации микрокотлов – вариант с расположением питательного насоса на одном валу с двигателем дутьевого вентилятора – представлена на рис. 105. Управление работой котла и регулирование его параметров осуществляется с помощью импульсов, поступающих от приборов-датчиков на блок управления.

Газ к котлу поступает от ГРП через газовые клапаны *1* и *2* соответственно "большого" и "малого" горения. Одновременно через блок соленоидов *3* газ поступает на запальные горелки. Давление газа в коллекторе контролируется манометрами *10* и *11*. Воздух подается вентилятором *4*, с электродвигателем которого сблокирован привод питательного насоса *5*. Работой воздушной заслонки *6* управляет электромагнитный исполнительный механизм *8*, сочлененный с клапаном перепуска масла в системе гидравлического привода питательного насоса. Открытие клапана перепуска масла приводит к прекращению работы насоса без отключения работающего двигателя *9*. Давление воздуха контролируется манометром *12*, а защита при прекращении пода-

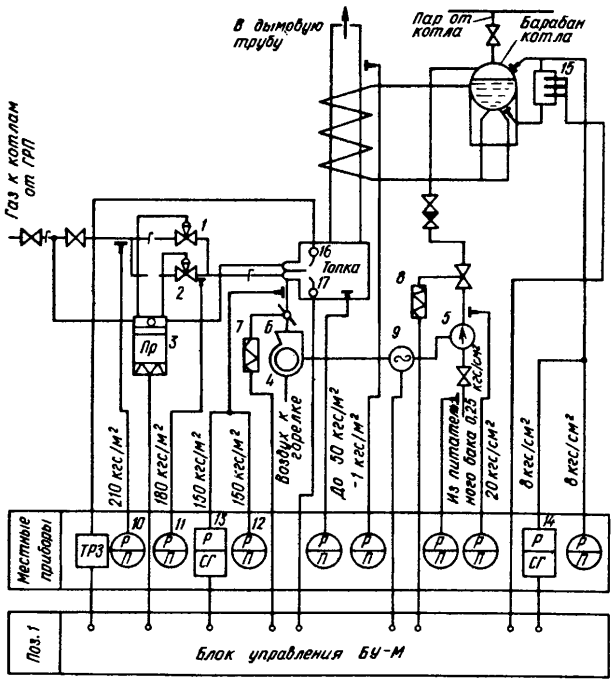


Рис.105. Принципиальная технологическая схема автоматизации котлов, работающих на газе низкого давления

чи воздуха осуществляется с помощью сигнализатора падения давления *13* типа СПД-1. Регулирование давления пара в барабане котла осуществляется с помощью двухпозиционного регулятора *14*. В качестве датчика давления пара применяется прибор ДДК-П либо реле давления РД-8-Т. Регулирование питания котла сводится к поддержанию уровня воды в барабане в заданных пределах с помощью двухпозиционного регулятора и уровнемерной колонки *15*. Дистанционный пуск котла осуществляется с помощью трансформатора зажигания ТРЗ, подающего напряжение на соленоидный клапан запальника и электрод зажигания *16*. Наличие

пламени контролируется с помощью контрольного электрода *17*.

Принципиальная электрическая схема автоматики АМК-Г приведена на рис. 106. По этой схеме газ к котлу поступает через газовый клапан *8* типа К-70, управляемый блоком соленоидов БС*4*. Датчик давления пара ДДК-П*3* имеет нормально замкнутые контакты верхнего предела. При этом реле РДП находится под напряжением и своими контактами $РДП_3$ включает цепь соленоидного клапана "большого" горения К-70.

Когда давление пара достигнет величины заданной настройки датчика, последний срабатывает и его контакты размыкаются, в результате чего закрывается клапан К-70. Расход газа при этом скачкообразно падает до 40% номинальной величины. Газ поступает через клапан *5* типа К-40 "малого" горения. Таким образом, работа котлоагрегата происходит периодически в диапазоне нагрузок 40-100%. Чувствительными элементами регулятора питания котла являются два электрода, установленные в уровнемерной колонке *11* на нижнем и верхнем регулируемых уровнях. Функции исполнительного механизма регулятора выполняет электромагнитный исполнительный механизм ЭИМ *7*, управляющий клапаном перепуска масла в системе гидравлического привода мембранного питательного насоса.

При повышении уровня воды в котле реле уровня промежуточное *1РУП*. Своими контактами $1РУП_1$ замыкает цепь питания ЭИМ, что приводит к отключению подачи воды в котел. В последующий период уровень воды начинает понижаться, но питательный насос работает в режиме холостого хода, так как блокирующие контакты $1РУП_2$ замкнуты. Только при снижении уровня до наинизшего регулируемого значения реле *1РУП* обесточивается, и насос включается на номинальную производительность.

В колонке *11* имеется также электрод аварийного уровня, последовательно с которым включена обмотка реле аварийного уровня *2РУП*. Пока уровень воды выше аварийного, имеется контакт между водой и электро-

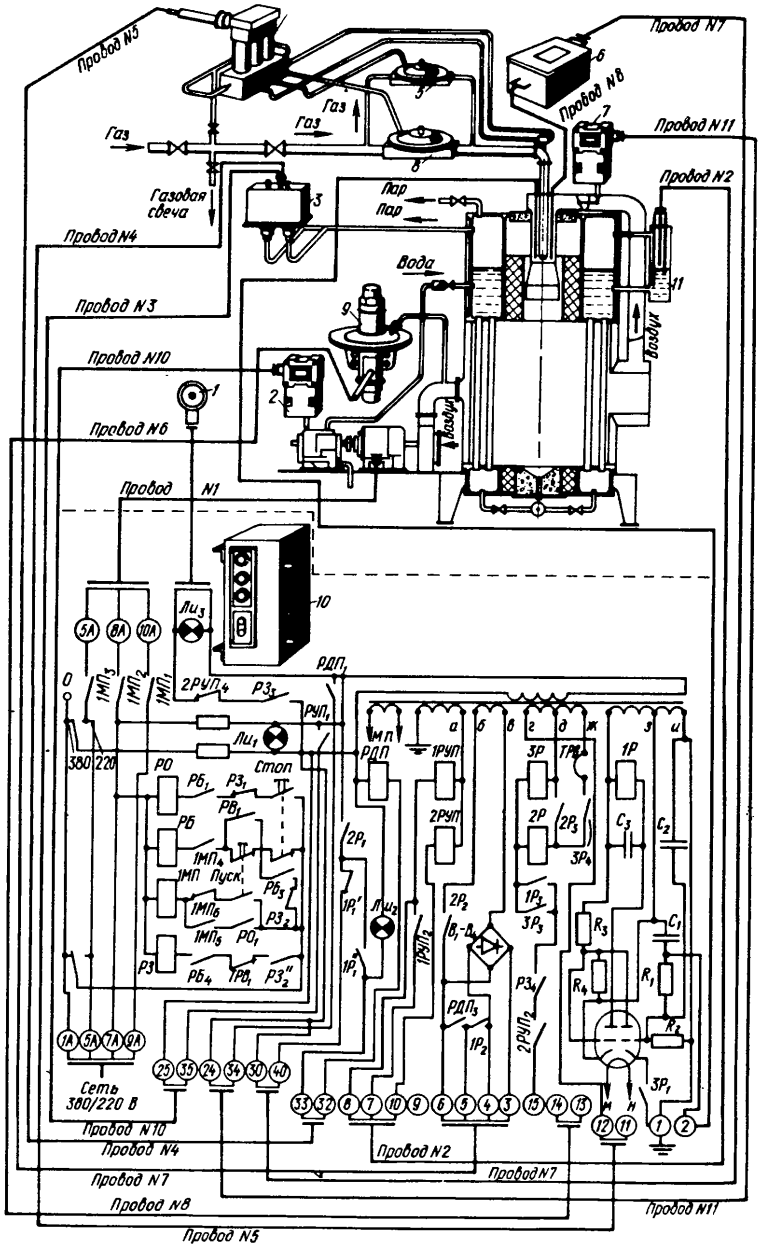


Рис.106. Система автоматического регулирования, управления и защиты типа АМК на газе

дом и контакты $2РУП_2$ замкнуты. При упуске воды разрывается цепь питания реле $2РУП$, при этом размыкаются контакты $2РУП_2$ и замыкаются контакты $2РУП_1$. Включается лампочка $ЛИ_3$ "воды нет" и звонит электрический звонок.

Датчиками автоматических устройств защиты при прекращении подачи воздуха и тяги служат сигнализаторы СПД-1 9. При наступлении аварийной ситуации контакты датчиков размыкаются, Напряжение на цепи автоматики подается нажатием на кнопку "пуск". При этом включается блокировочное реле $РБ$, загорается сигнальная лампа $ЛИ$ и происходит вентиляция топки. Схема блокировочных реле $РБ$ и защиты $РЗ$ обесточена: контакты $РЗ_4$ разомкнуты. Реле $2Р$ и $3Р$ также обесточены. Реле контроля пламени $1Р$ срабатывает. При повторном нажатии на кнопку "пуск" включается реле защиты $РЗ$, которое своими контактами $РЗ_2$ самоблокируется. Замыканием своих контактов $РЗ_4$ реле $РЗ$ включает схему блокировочных реле. Срабатывает реле $2Р$, которое управляет подачей топлива и зажиганием. Возникающая искра между корпусом горелки и электродом зажигания воспламеняет газ. Замыканием своих контактов $2Р_3$ реле $2Р$ включает тепловое реле времени $ТРВ$, через которое начинает протекать ток. Одновременно срабатывает реле контроля пламени $1Р$ и отключается трансформатор зажигания, так как разомкнется контакт $1Р_1$ и контакт реле времени $ТРВ_1$. Включаются соленоидный клапан "большого" горения и клапан "малого" горения. Индикаторная лампочка $ЛИ_2$ ("норм. работа") и лампочка $ЛИ_1$ ("напряжение"), расположенные на блоке управления 10 БУ-М, указывают на успешное завершение пуска. При неудачном пуске реле $ТРВ$ сработает и своими контактами $ТРР_1$ разорвет цепь питания реле защиты $РЗ$ подача топлива прекратится.

Останов котла осуществляется нажатием на кнопку "стоп". При этом обесточивается реле защиты $РЗ$, так как разрывается контакт $РБ_4$.Спустя некоторое время, необходимое для вентиляции топки, производится повторное нажатие на кнопку "стоп". При этом срабаты-

вает реле останова *РО*, которое размыканием своих контактов $РО_1$ разрывает цепи питания вспомогательного оборудования.

2. Электрогидравлическая система автоматики "Кристалл"

Бесконтактная система автоматического регулирования "Кристалл" предназначена для автоматизации котельных средней и малой мощности с паровыми котлами ДКВР и водогрейными котлами ТВГМ-20. Система представляет собой комплект датчиков, усилителей, преобразователей и исполнительных механизмов, которые в различных сочетаниях позволяют комплектовать регуляторы разной структуры: с постоянной скоростью исполнительного механизма (астатические), с жесткой обратной связью (статические или пропорциональные) и с упругой обратной связью (изодромные).

Исполнительными механизмами служат гидравлические поршневые приводы ГИМ, работающие на водопроводной воде, а также электрические сервомоторы. В качестве первичных приборов данной системы применяются:

дистанционные электрические манометры МЭД для контроля давления пара на выходе из котла:

дифференциальные тягомеры ДТ-2, с помощью которых контролируется разрежение в топке и соотношение расходов (давление) газа и воздуха;

дифференциальные манометры ДМ для контроля уровня воды в барабане;

термометры сопротивления и иные измерительные приборы с электрическим выходом для контроля температуры воды.

Принципиальная схема электрогидравлической автоматики "Кристалл" представлена на рис. 107. Электрические импульсы от датчиков МЭД и ДТ-2 поступают на вход транзисторного усилителя *УТ*, где они суммируются с сигналами задатчика *Зд* и устройства обратной связи, а затем усиливаются. Усилитель *УТ* обеспечивает автоматическое и дистанционное управление. Сигнал выхода усилителя подается на обмотки электрогидравлического реле *ЭГР*, управляющего исполнительным механизмом *ГИМ*, выходной рычаг которого воздействует на регулирующий орган (дроссельную заслонку, направляющий аппарат вентилятора и т.п.). Перемещение выходного рычага ГИМ преобразуется в устройстве обратной связи в электрический сигнал обратной связи. Схема регулирования основных параметров котлоагрегата представлена на рис. 108.

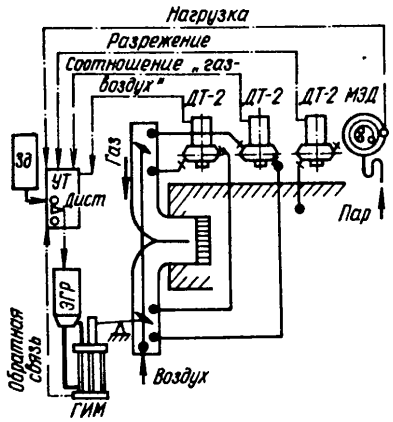


Рис.107. Принципиальная схема электрогидравлической системы автоматики "Кристалл"

Регулирование уровня воды в барабане котла (рис. 108,а) осуществляется с помощью одноимпульсного пропорционального регулятора питания с жесткой обратной связью. В качестве первичного прибора используется дифференциальный манометр ДМ, подключенный к барабану котла через сосуд постоянного уровня. Исполнительный механизм ГИМ-Д управляет регулирующим клапаном на линии питательной воды. Данный регулятор применяется в котлах малой мощности, у которых набухание объема котловой воды мало сказывается на положении уровня в барабане.

Регулирование разрежения в топке осуществляется по схеме (рис. 108,б) с изодромной обратной связью с использованием в качестве датчика дифференциального тягомера ДТ-2. Управление сервомотором дымососа

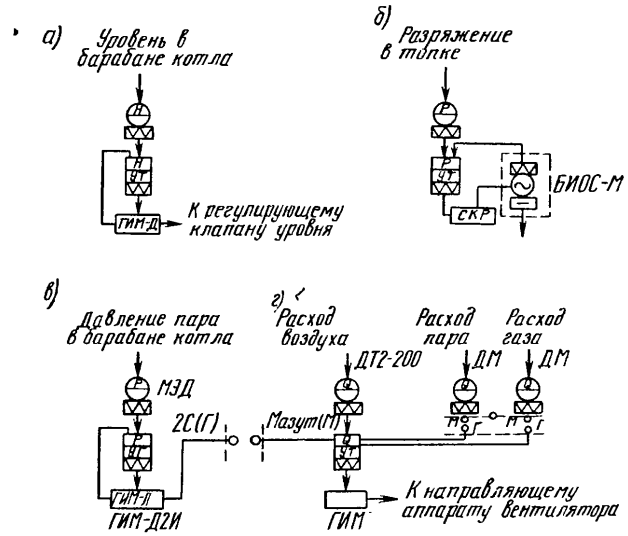


Рис. 108. Схема регуляторов в системе автоматики "Кристалл"
а – регулятор уровня; б – регулятор разрежения; в – регулятор топлива; г – регулятор воздуха

обеспечивается с помощью блока БИОС-М и реверсивного магнитного контактора СКР-0-66. Данная схема применяется только при установке дымососа вне здания котельной. При обычных условиях (так как топка котла является объектом с самовыравниванием и отличается малой инерционностью процесса регулирования разрежения) можно использовать одноимпульсный астатический регулятор (см. рис. 108,а).

Регулирование процесса горения топлива производится по схеме, предусматривающей устройство жесткой и упругой обратной связи. При этом в паровых котлах эта схема должна обеспечивать заданное давление пара в барабане котла, контролируемое манометром *МЭД*, а в водогрейных котлах управление процессом горения должно обеспечить заданную температуру горячей воды. В отопительных котельных эта температура должна поддерживаться различной в зависимости от наружной температуры.

Схема регулирования расхода топлива и воздуха в котле со смесительными горелками представлена на рис. 108,в, г. В случае работы котла на резервном жидком топливе предусматривается переключатель вида топлива. На вход усилителя регулятора воздуха поступают сигналы от дифференциального тягомера, измеряющего расход воздуха, и от датчиков-дифманометров, измеряющих расход пара и газа (мазута). При этом в регуляторе давления пара должен быть применен исполнительный механизм ГИМ-Д2И, имеющий одно устройство жесткой обратной связи. Регулятор топлива воздействует на регулирующий орган подачи топлива – газовую заслонку или мазутный клапан, а регулятор расхода воздуха – на привод направляющего аппарата дутьевого вентилятора.

Автоматика безопасности системы "Кристалл". Датчики автоматики безопасности имеют независимые отборы импульсов по уровню, давлению пара или воды, разрежению и т.п., т.е. являются автономными. Отсечка подачи топлива происходит при выходе одного из контролируемых параметров работы котлоагрегатов за пределы допустимого по любой причине отклонения от нормы. На рис. 109 показано расположение приборов автоматики "Кристалл" на фронте котла ДКВР, оборудованного инжекционными горелками среднего давления. На газопроводе перед горелками *ИГК-250* последовательно установлены контрольная задвижка (кран) *9* и предохранительный клапан *ПКН 10* с электромагнитом *7*, отключающим подачу газа к горелкам *11* в случае срабатывания приборов автоматики безопасности, а также при аварийном снижении давления газа перед котлом (ниже 4 кПа), рабочий кран *6*. Мембранная камера клапана соединена импульсной линией с газопроводом обвязки котла. Справа внизу расположен гидравлический исполнительный механизм *12* автоматики регулирования, сочлененный с дроссельной заслонкой на газопроводе после клапана *ПКН*. Слева сверху располо-

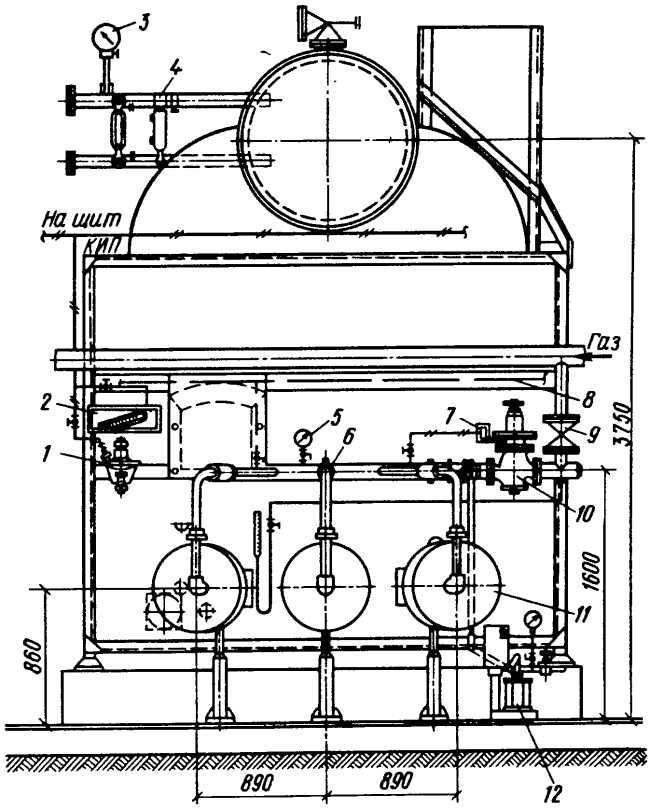


Рис. 109. Фронтальный вид котла ДКВР с автоматикой "Кристалл"

жены приборы контроля разрежения в топке: сигнализатор падения разрежения *1* и тягомер *ТНЖ* 2. Давление газа контролируется пружинным манометром М-160 *5*. На барабане котла установлены контрольный манометр 3 и сигнализатор предельных уровней *4*. Газопровод котла имеет продувочную линию *8*. Приборы автоматики регулирования и безопасности смонтированы на щите Щ-К2 (при автоматизации котлоагрегатов ДКВР, работающих на мазуте и газовом топливе). Аппаратура управления и защиты обеспечивает дистанционное управ-

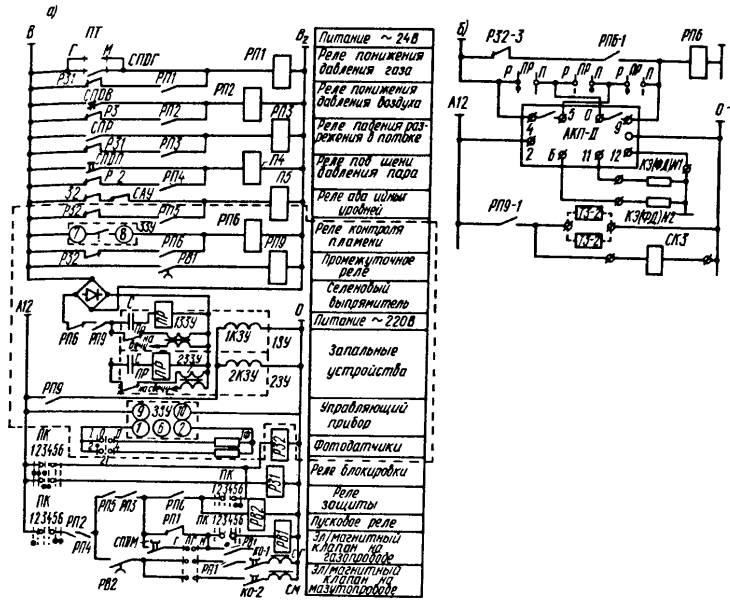


Рис.110. Принципиальная схема автоматики безопасности "Кристалл".
а – в комплекте с ЗЗУ; б – в комплекте с АКП-П

ление и технологическую блокировку дутьевого вентилятора и дымососа; светозвуковую сигнализацию и аварийный останов котлоагрегата при повышении давления пара, понижении давления газа, перепитке или упуске уровня воды в барабане котла, уменьшении разрежения в топке котла, понижении давления воздуха, отсутствии в топке пламени; полуавтоматический розжиг котла. На рис. 110 показана схема защиты котла в комплекте с аппаратурой ЗЗУ *(а)* и АКП-П *(б)*. При установившихся параметрах контакты датчиков СПДВ, СПР, СПДП, САУ закрыты, реле *РП2-РП5* находятся под напряжением и подготавливают к работе цепи реле защиты *РВ2* и пуска *РВ1*. При повороте ключа пуска котла *ПК* в положение "включить" срабатывает реле

РВ1, самоблокируется и включает реле *РП9*, которое своими контактами включает трансформатор зажигания *ТЗ-2*, открывает клапаны запальников и включает запальное устройство, контрольные электроды или фотодатчики контролируют пламя запальников. При горении пламени замкнутые контакты АКП-П или ЗЗУ включают реле *РП6*, которое замыкающим контактом *РП6-2* включит реле защиты *РВ2* и реле блокировки *Р31* и *Р32*. Реле *РВ2* с выдержкой времени своим контактом успевает подготовить цепь электромагнитной защелки клапана-отсекателя на газопроводе. После того как вручную будет открыт клапан-отсекатель, газ поступит на СПДГ, его контакт замкнется и включит реле *РП1*, которое замыкающим контактом включит цепь электромагнита клапана-отсекателя, а размыкающим контактом разорвет цепь *РВ1*. Реле *РВ1* с выдержкой времени отключит реле *РП9*, а оно обесточит трансформаторы зажигания или соленоидные клапаны запальников, которые закроются. При нарушении какого-либо из параметров разрывается цепь реле защиты и клапан-отсекатель перекрывает подачу газа через заданную выдержку времени. При нарушении параметра по воздуху и давлению пара клапан-отсекатель мгновенно перекроет топливо. Котел отключается, и загорается табло, указывающее причину отключения топлива.

Пуск котла, оборудованного электрогидравлической автоматикой "Кристалл", производится в следующем порядке. Последовательно включают регулятор разрежения, регулятор соотношения топливо-воздух, регулятор давления пара (расход топлива). Для включения регулятора в работу производят в строгой последовательности следующие операции:

а) на щите усилителя *УТ* автоматики "Кристалл" ставят переключатели регуляторов в положение "дист."; б) задатчик устанавливают на нуль или любую другую цифру (согласно рекомендации наладочной группы); в) подают питающее напряжение 220 В путем включения питательного разъема, установленного на задней стенке усилителя. Выходное напряжение 24, 12 В подается к дифференциально-трансформаторным датчикам; г) подают воду к электрогидравлическому реле с давлением 0,12 МПа и напряжение постоянного тока не более 18-24 В; д) проверяют работу сервомотора, для чего включают кнопку на щите *УТ* "больше", при этом вспыхивает красная лампа; при включении кнопки "меньше" включается зеленая лампа. Убедившись в нормальной работе регуляторов и в том, что тяга в топке соответствует заданной величине, оператор производит вентиляцию топки и дымоходов в течение 10 - 15 мин. Для вентиляции топки воздухом регулятор топливо-воздух ставят на пульте управления *УТ* переключателем в положение "дист." и нажимают на кнопку "больше". При этом загорается красная лампа, а сервомотор воздуха переводит дроссельные заслонки в положение "открыто". После продувки топки включается кнопка "меньше". При этом сервомотор переводит дроссельные заслонки газа и воздуха в положение "закрыто".

3. Пневматические системы автоматики

Пневмомеханическая автоматика ПМА. Система ПМА (ПМАВ) предназначена для автоматизации газифицированных котельных с водогрейными (чугунными секционными) котлами и предусматривает возможность диспетчерского обслуживания котельных. Автоматика состоит из общекотельной системы и котловых систем регулирования и безопасности. Котлоагрегаты, оснащенные автоматикой ПМА, могут работать на газе как низкого, так и среднего давления.

В качестве примера на рис. 111 представлен продольный разрез котла "Универсал-6" с приборами автоматики ПМА, установленными на передней стенке котла. Топка котла переоборудована для сжигания газа среднего давления в форкамерной горелке, основными частями которой являются одна или несколько труб-горелок, служащие для распределения газа, огнеупорный блок каналов-смесителей и форкамера, в которой

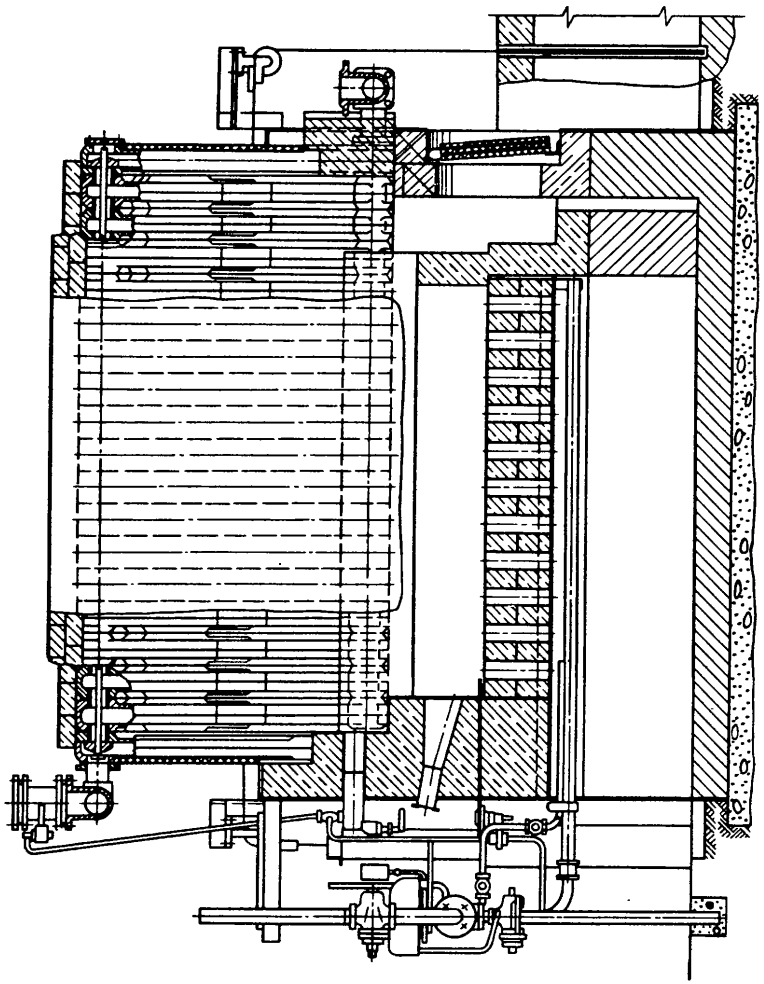


Рис. 111. Продольный разрез секционного котла "Универсал-6" с форкамерной горелкой и автоматикой ПМА

происходит собственно горение топлива, перемешанного с инжектируемым воздухом. В задней стенке топки установлен взрывной клапан.

Приборы автоматики, устанавливаемые на каждом котле, контролируют параметры, от которых зависит безопасное сжигание газа. Этими параметрами являются давление газа перед горелками, разрежение в топке, температура воды в котле, наличие пламени запальника. При отклонении от нормы любого из контролируемых параметров происходит автоматическое отключение подачи газа к котлу, для чего в системе имеется котловой блок безопасности.

Установка приборов автоматики ПМА на передней стенке котла "Универсал-6", работающего на газе низкого давления, показана на рис. 112. Газ от ввода через фильтр, счетчик и регулятор подачи газа поступает в газопровод, расположенный перед фронтом котлов. Через кран на опуске к котлу и котловый блок безопасности газ поступает к горелкам. В соответствии с изменением давления газа перед горелкой с помощью воздушных заслонок с мембранным приводом осуществляется регулирование подачи воздуха на горение. Контроль пламени запальной горелкой осуществляется с помощью водоохлаждаемой термопары и электромагнитного клапана, а измерение разрежения в топке и соответствующего импульса производится в специальной камере отбора разрежения.

Принципиальная схема автоматики ПМА приведена на рис. 113. В котельной устанавливаются следующие приборы; регулятор подачи газа *4*, терморегулятор *22*, общекотельный блок безопасности *5*, автоматический питательный клапан *7* и циркуляционный насос *8* Газ к котлам поступает через задвижку *1*, фильтр *2* и узел учета расхода газа *3* и далее через кран *12* и котловой блок безопасности *13* на горелки. Регулятор подачи газа состоит из регулирующего клапана *РК* и двух регуляторов управления *РН* и *РВ*, ограничивающих изменение величины давления газа нижним и верхним пределами. Общекотельный блок безопасности состоит из

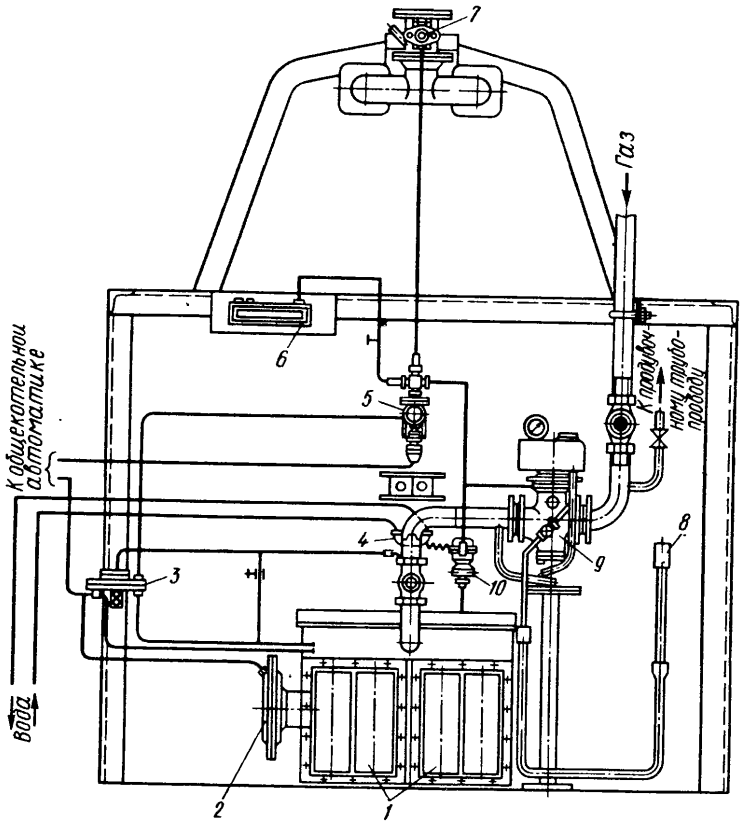


Рис.112. Установка приборов автоматики ПМА на секционном котле

1 – короб с регулирующими воздушными заслонками; 2 – мембранный привод воздушных заслонок; 3 – регулятор соотношения газа и воздуха; 4 – водоохлаждаемая термопара; 5 – камера отбора разрежения; 6 – тягомер; 7 – прибор контроля температуры воды; 8 – запальник; 9 – блок безопасности; 10 – электромагнитный клапан

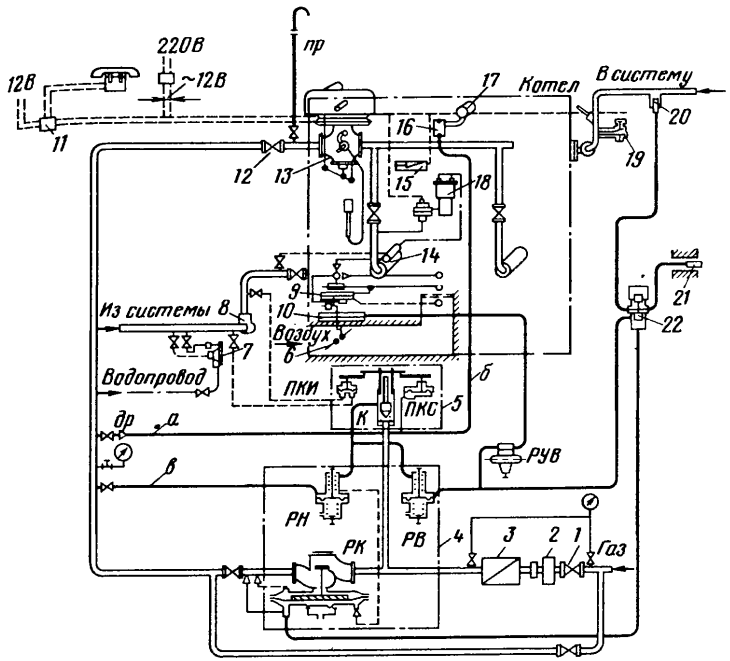


Рис.113. Схема пневмомеханической автоматики ПМА

клапана *К*, прибора циркуляции воды *ПКЦ* и прибора контроля давления газа *ПКД*. При нарушении контролируемых параметров клапан *К* прекращает питание приборов *РН* и *РВ*, в результате чего *РК* отключает подачу газа ко всем котлам. Импульс давления из газопровода по трубкам *а* и *б* поступает на клапан *16* камеры отбора разрежения *17* у каждого котла. При нормальной работе котла клапан закрыт и трубка *а* герметична. При повышении давления в топке котла клапан срабатывает, что приводит к отключению подачи газа к горелкам всех котлов.

Контроль пламени осуществляется термопарой *14* с электромагнитным клапаном *18*. Погасание пламени запальной горелки вызывает срабатывание электромагни-

та и отсекательного клапана, что приводит к прекращению подачи газа. Узел контроля пламени комплектно не поставляется.

Командным прибором регулятора подачи газа является терморегулятор *22* с двумя датчиками – температуры горячей воды *20* и температуры наружного воздуха *21*. Изменение соотношения температур приводит к изменению давления газа на выходе из терморегулятора, т.е. изменению расхода газа. Благодаря этому температура горячей воды всегда соответствует отопительному графику. Прибор контроля температуры воды *19* устанавливается на трубопроводе горячей воды при выходе из котла. Когда температура воды достигает 95°С, прибор срабатывает. Регулирование расхода воздуха осуществляется регулятором подачи *9*, имеющим пневмопривод *10* и дроссельную заслонку *6*.

Система ПМА снабжается блоком сигнализации 11, оборудованным телефоном, с помощью которого поддерживается двухсторонняя связь с диспетчерским пунктом.

Рассмотрим подробнее общекотельную систему автоматики регулирования и безопасности ПМА (рис.114). Чувствительным элементом РК является мембранный привод 1, состоящий из мембраны большого диаметра и жестко связанной с ней разделительной мембраны 2. Пространство М связано с атмосферой через дроссель, камера Б связана импульсной трубкой 5 с РН, трубкой 6 – с РВ и трубкой 7 дроссель – с газопроводом за РК. Мембранный привод связан через толкатель 3 с клапаном 4. Камера А сообщается с газопроводом за РК через импульсную трубку 8. Изменение давления в камере Б вызывает перемещение мембранного привода, воспринимаемое толкателем, который либо открывает, либо закрывает клапан, что приводит к изменению давления газа в газопроводе за регулирующим клапаном.

Автоматика безопасности общекотельного блока состоит из клапана К, который является исполнитель-

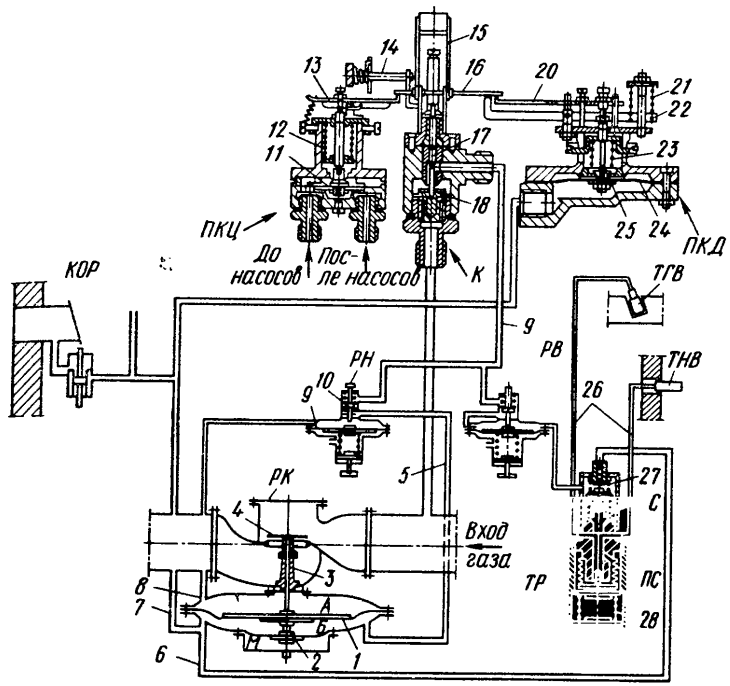


Рис.114. Приборы котловой автоматики безопасности ПМА

ным органом, прибора контроля циркуляции ПКЦ и прибора контроля давления ПКД. На клапан 14 снизу действует возвратная пружина, служащая для его зажатия и прекращения подачи газа к регуляторам РН и РВ. Сверху усилие на клапан создается рычагом механического усилителя 15, действующего на толкатель 16 через разделительную мембрану. Открытие клапана производится вручную рукояткой 17, поворотом которой усилитель ставится в вертикальное положение. При падении усилителя толкатель 16 освобождается от нагрузки, и под действием пружины клапан закрывается. Срабатывание усилителя происходит в случае, если приборы ПКЦ и ПКД воздейст-

вуют на эксцентрично закрепленную ось 18. При закрытии клапана прекращается подача газа по трубке 19 на клапан 10 регулятора РН, мембрана 9 которого освобождается и РК перекрывает подачу газа к горелкам всех котлов.

Терморегулятор ТР состоит из чувствительных элементов - рабочего сильфона РС и предохранительного ПС. К рабочему сильфону припаян клапан, нагруженный пружиной 11. Настройка ТР осуществляется пружиной 12, сжимаемой регулировочным стаканом. Капиллярная система 13 заполнена керосином, тепловое расширение которого приводит к перемещению клапана РС и изменению давления газа на выходе.

В приборе контроля циркуляции мембрана 20 через регулировочные винты и пружину 22 воздействует на коромысло 21. Импульс давления воды до насосов поступает в надмембранное, а после насосов - в подмембранное пространство прибора. При остановке насоса давление выравнивается и под действием пружины мембрана опускается, вызывая перемещение вниз левого плеча коромысла. Правое плечо при своем подъеме воздействует на ось усилителя и опрокидывает его.

Прибор контроля давления газа имеет мембрану 26, жестко связанную со стержнем 27. Последний с помощью вилки связан с коромыслом 25 и верхним концом воздействует на винт рычага 28, вращающегося на оси. При увеличении давления газа сверх допустимого мембрана, преодолевая усилие пружины 23, перемещается вверх, поднимает рычаг, который, касаясь оси, опрокидывает усилитель. Настройка прибора производится сжатием пружины 24 (при работе на газе среднего давления) или с помощью грузов, навешиваемых на правое плечо коромысла (при работе на газе низкого давления).

Пневматическая система автоматики АГК-2П. Автоматика АГК-2 выпускается в двух модификациях и предназначается для отопительных котельных с водогрейными (АГК-2У) и паровыми (АГК-2П) котлами, работающими на газе низкого давления, с инжекционными или подовыми горелками.

Модификация автоматики АГК-2П рассчитана на применение в котельных с паровыми котлами низкого давления до 0,07 МПа с потреблением газа 12 - 120 $нм^3/ч$.

В отличие от автоматики ПМА пневматическая система АГК-2 не имеет общекотельного регулятора расхода газа, что представляется целесообразным при снабжении котельных от городских газовых сетей низкого давления. Кроме того, в автоматике АГК-2 функции регулятора расхода газа и клапана-отсекателя совмещаются в одном устройстве.

Оба варианта автоматики АГК-2 используют однотипные основные узлы при соответствующей комплектации их датчиками давления пара или терморегулятором. Паровой вариант дополнительно комплектуется приборами для автоматического регулирования уровня воды и защиты при недопустимом повышении давления пара и повышении (понижении) уровня воды в барабане котла.

Автоматика АГК-2 обеспечивает нормальную работу котельной без постоянного присутствия дежурного персонала. В отопительном варианте предусматривается автоматическое регулирование температуры воды по отопительному графику в пределах 35-95 °С, в паровом варианте - автоматическое регулирование давления пара в пределах 0,02 - 0,07 МПа. Отклонение от заданного предела регулирования уровня воды составляет ±5 мм. Обеспечивается также сигнализация на диспетчерский пункт о работе или выключении котла.

Устройство и принцип действия автоматики. Принципиальная схема автоматики в паровом варианте (АГК-2П) представлена на рис.115. Работа схемы рассматривается в режиме автоматического регулирования.

Стабилизация давления газа, поступающего из сети низкого давления, достигается установкой на газовом

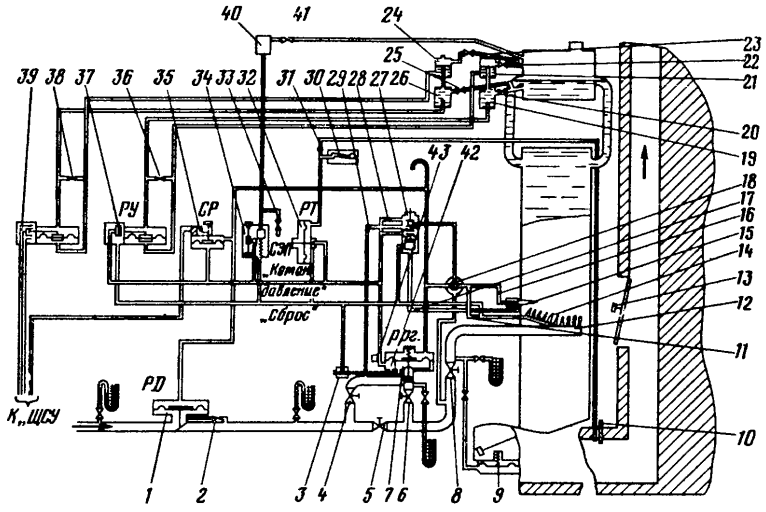


Рис.115. Принципиальная схема пневматической автоматики АГК-2П

коллекторе регулятора давления (РД) 1, заслонка которого, связанная с мембранным приводом, перемещается под действием импульса, поступающего по трубке 2 из газопровода перед последним котлом. Величина стабилизированного давления зависит от массы надмембранного тарельчатого груза. Надмембранное пространство РД соединено с газопроводом безопасности (свечой).

Если котельная оборудована ГРУ низкого давления, обеспечивающей стабильное давление газа, то установка РД необязательна.

При работе котла на автоматике открыты краны 4 и 6, задвижка байпаса 5 закрыта. Газ поступает в надклапанную полость регулятора расхода газа (РРГ) 7 и по трубке 29 в среднюю полость электромагнитного клапана (ЭМК) 27.

При нажатии кнопки ЭМК открывается его средний клапан, а верхний и нижний клапаны закрываются. Якорь прижат к сердечнику электромагнита. Газ при

этом проходит по трубке к крану рода работ 18, установленному в положение "Пуск", и далее идет на запальник 16. Через запальник газ подается к горелке подогрева термопары 15 и поступает через дроссель 11 к огневой дорожке 14. Одновременно с нажатием на кнопку ЭМК 27 спичкой или факелом зажигают газ, выходящий из горелки подогрева спая термопары. Нагреваясь, спай термопары генерирует термоЭДС, благодаря которой возникает ток в обмотке сердечника ЭМК, соединенного к термопарой проводами 17. Факел запальника, втягиваясь в топку благодаря разрежению, зажигает газ, выходящий из отверстий огневой дорожки, подводящей пламя непосредственно к газовыходным отверстиям горелки 12. Разрежение контролируется микроманометром 30 с краном 31 на импульсной трубке.

Через 1 – 1,5 мин после зажигания запальника кнопку ЭМК опускают. Якорь удерживается сердечником электромагнита, нижний конец остается закрытым, средний – открытым, а верхний открывается при отпускании кнопки. Газ через верхний клапан ЭМК и дроссель 28 поступает в линию командного давления, откуда может выйти в линию сброса, а затем к огневой дорожке через нижний клапан ЭМК 27, клапан реле тяги 32, клапаны стабилизатора давления пара 34, клапаны реле уровня 37; клапан 42 быстрого сброса в подмембранной полости РРГ.

С линией командного давления связана также подмембранная полость сигнального реле 35, представляющего собой электрический выключатель, срабатывающий от подвижной мембраны.

Клапан 42 нормально открыт, а все указанные выше клапаны закрыты. При нажатии на кнопку 43 (РРГ) сброс газа через клапан 42 прекращается и давление под мембраной РРГ начинает повышаться. По достижении давления 200 Па клапан 42 при отпускании кнопки 43 остается закрытым. По мере нарастания давления мембрана РРГ вместе с регулирующим клапаном поднимается, открывая выход газу на горелку 12 при

открытом кране 8. Газ основной горелки 12 зажигается от факела огневой дорожки.

Импульс давления газа из газопровода перед горелкой поступает через постоянно открытый кран в подмембранную полость регулятора воздуха 9, который своей заслонкой регулирует расход воздуха пропорционально расходу газа. Воздух поступает в топку под действием разрежения, величина которого регулируется регулятором тяги 13, установленным на общем дымоходе котельной. Начальная регулировка тяги может быть произведена шибером 10, а ее измерение осуществляется микроманометром 30 через кран 32. Разрежение контролируется реле тяги 32, назначением которого является сброс командного реле и прекращение подачи газа через РРГ при недостаточной тяге.

Работа котла на автоматическом управлении возможна лишь в случае, если ни один из контролируемых параметров не выходит за допустимые пределы. К подобным параметрам кроме разрежения в топке котла относятся давление пара в барабане котла, контролируемое стабилизатором давления пара (СПД) 34; уровень воды в барабане котла, контролируемый реле уровня 37; минимальное давление газа, контролируемое РД; наличие факела запальника, контролируемое термопарой и ЭМК; герметичность командной линии.

При отклонении любого из названных параметров за допустимые настройкой пределы открывается клапан соответствующего датчика, командный газ идет в линию сброса и давление в подмембранной полости РРГ падает. Мембрана вместе с клапаном РРГ опускается и прекращает подачу газа к горелкам.

Стабилизатор давления пара (СПД) 34, сильфон которого соединен через конденсатный бачок 40 с паровым объемом барабана котла, является регулятором нагрузки котла. Его роль в отопительном варианте автоматики АГК-2 выполняет регулятор соотношения температур наружного воздуха и горячей воды.

Перемещение сильфона-измерителя давления пара приводит к большему или меньшему открытию сопла

истечения командного газа в линию сброса, благодаря чему изменяется давление под мембраной РРГ и соответственно проходное сечение клапана, регулирующего подачу газа к горелкам.

Регулятор уровня 39 позиционного действия обеспечивает включение насоса при достижении низшего заданного уровня воды и выключение насоса при достижении верхнего заданного уровня воды в барабане котла.

Реле 37 и регулятор уровня представляют собой мембранные дифманометры, измеряющие разность уровней в бачке постоянного уровня и барабане котла.

Бачки постоянного уровня 24 и 21 верхней своей частью связаны трубками через постоянно открытые краны 23 и 25 с паровым пространством котла. Водяная часть котла через краны 25 и 20, отстойники 26 и 19 и трубки связана с водяным пространством бачков постоянного уровня. Краны 36 и 38 при работе реле и регулятора уровня постоянно закрыты. Открываются они при заполнении водой измерителей уровня, отстойников и бачков постоянного уровня, а также при выпуске воды из системы.

Надмембранные полости регулятора давления РРГ, сигнального реле и один из отводов крана рода работ 18 соединены с открытой дыхательной трубкой, выведенной из помещения котельной.

Для останова котла поворачивают рукоятку крана рода работ в положение "выключено".

При этом прекращается подача газа к горелке подогрева термопары. Спай термопары охлаждается, якорь ЭМК отрывается от сердечника, нижний клапан ЭМК открывается и через него линия командного газа сообщается с линией сброса.

Давление командного газа резко падает, в результате чего мембрана РРГ опускается и клапан перекрывает поступление газа к горелкам, а сигнальное реле выключает зеленую и включает красную лампочку на щите сигнализации. Следует иметь в виду, что все работы, связанные с обслуживанием автомати-

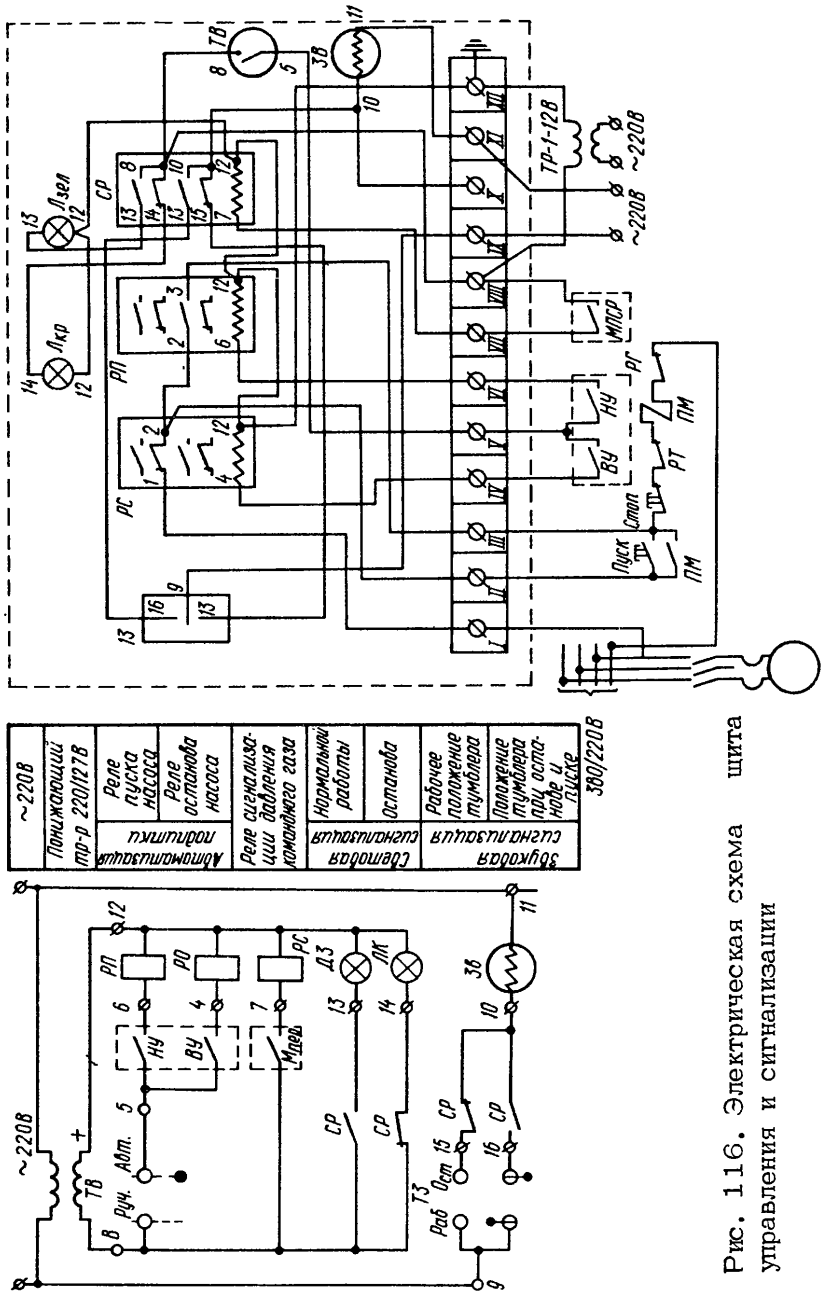


Рис. 116. Электрическая схема щита управления и сигнализации

ки АГК-2, проводятся лишь в период пребывания в котельной дежурного персонала.

Щит управления и сигнализации · ЩУС. Электрическая и монтажная схема щита управления и сигнализации приведены на рис. 116.

ШУС состоит из металлического основания и крышки. На основании монтируются электромагнитное реле 12В 3 шт., электрический звонок 220 В, красная и зеленая электрические лампочки 12 В, тумблер 2шт., клеммная колодка.

Управление работой питательного насоса осуществляется следующим образом: в положении тумблера ТВ "Авт". (тумблер замкнут) и замыкании контакта микропереключателя НУ (нижний уровень) подается напряжение 12 В к реле РП (реле "пуск"). Контакт реле замыкается, срабатывает магнитный пускатель двигателя насоса. При повышении уровня воды в котле на 30-40 мм контакт НУ размыкается, катушка реле обесточивается, контакт реле РП размыкается, но электродвигатель продолжает работать, поскольку блок-контакт пускателя ПМ остается замкнутым.

При достижении верхнего уровня воды в котле замыкается контакт ВУ (верхний уровень), подается напряжение к катушке реле РС (реле стоп), его контакт размыкается, прерывая цепь пускателя, двигатель останавливается. В положении тумблера ТВ "руч" (ручное) тумблер разомкнут, а включение и отключение двигателя насоса осуществляется кнопками пускателя "пуск" и "стоп".

Сигнализация об отключении котла (прекращение подачи газа на горелки) осуществляется следующим образом: при давлении командного газа под мембраной сигнального реле более 200 Па контакты микропереключателя сигнального реле СР замкнуты, его катушка находится под напряжением, один из замкнутых контактов обеспечивает горение зеленой лампочки на щитке. Тумблер звуковой сигнализации Т3 при работе котла находится в положении "работа" (замкнуты контакты 9 - 15), звуковой сигнал отсутству-

ет. При понижении давления командного газа под мембраной сигнального реле до 200 Па происходит размыкание контактов микропереключателя СР, катушка СР обесточивается, контактная группа реле возвращается в исходное положение, гаснет зеленая и загорается красная лампочка, включается звонок. Для отключения в период останова котла тумблер *Т3* переводится в положение "останов" (замкнуты контакты 9 – 16), т.е. звуковая сигнализация отключается.

При подготовке к пуску котла, когда командное давление в системе становится более 200 Па, звуковая сигнализация вновь включается. Для отключения звукового сигнала тумблер *Т3* устанавливается в положение "работа".

ГЛАВА VII.
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

1. Система автоматики АМКО для котлоагрегатов, работающих на жидком и газообразном топливе

Система автоматики типа АМКО разработана МЗТА и серийно комплектно выпускается заводом "Староруссприбор". Эта система предназначена для автоматического регулирования работы отопительных и производственных котельных с котлами типа "Универсал-6М", "Энергия-6" и им подобных типов и мощностей. Система АМКО обеспечивает автоматическое регулирование основных теплотехнических процессов как всей котельной, так и каждого котла этой котельной. Система АМКО является универсальной, так как при незначительном изменении комплектующих приборов она обеспечивает регулирование отопительных водогрейных и паровых котлов, работающих на газе низкого или среднего давления и жидком топливе типа мазута. В зависимости от вида сжигаемого топлива система АМКО подразделяется на следующие модификации:

АМКО-ОК-I – приборы общекотельные для автоматизации отопительных водогрейных котлов, работающих на газе и мазуте;

АМКО-ОК-П – приборы общекотельные для автоматизиции отопительных паровых котлов, работающих на газе и мазуте;

АМКО-К-I – приборы котловые для автоматизации водогрейных отопительных котлов, работающих на газе низкого давления;

АМКО-К-$\overline{\text{П}}$ – приборы котловые для автоматизации водогрейных отопительных котлов, работающих на газе среднего давления;

АМКО-К-$\overline{\text{Ш}}$ – приборы котловые для автоматизации водогрейных отопительных котлов, работающих на жидком топливе:

АМКО-К-$\overline{\text{1У}}$ – приборы котловые для автоматизации паровых котлов, работающих на газе низкого давления;

АМКО-К-$\overline{\text{У}}$ – приборы котловые для автоматизации паровых котлов, работающих на газе среднего давления;

АМКО-К-$\overline{\text{1У}}$ – приборы котловые для автоматизации паровых котлов, работающих на жидком топливе.

Системой автоматизации АМКО осуществляется полуавтоматический пуск котлоагрегата, поддержание в заданных пределах давления пара, уровня воды в котле, регулирование подачи воздуха и тяги в соответствии с подачей топлива и регулирование температуры жидкого топлива перед его сжиганием. Система АМКО обеспечивает защиту котлоагрегата при следующих аварийных режимах:

повышении температуры воды за котлом (водогрейным) или давления пара в паросборнике (паровом котле) выше допустимого значения;

падении разрежения в топке;

повышении давления воды за котлом (водогрейным) или уровня воды в паросборнике (паровом котле) выше допустимого значения;

понижении давления воды за котлом (водогрейным) или падении уровня воды в паросборнике (паровом котле) ниже допустимого значения;

погасании пламени горелочного устройства;

исчезновении напряжения в цепях автоматики;

падении давления воздуха перед горелками (при наличии дутьевого вентилятора);

повышении температуры мазута сверх допустимого (при работе на жидком топливе):

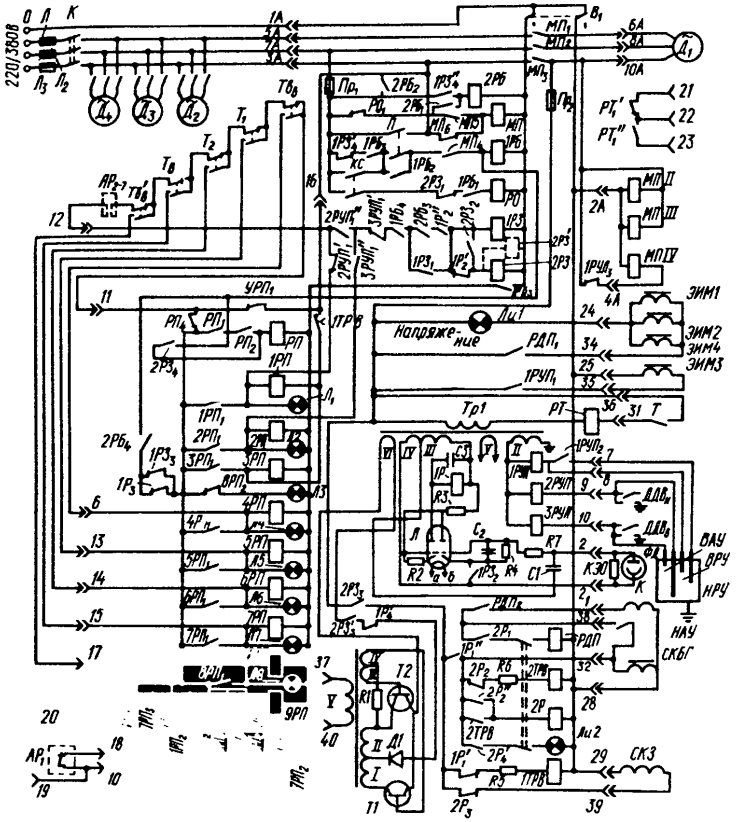


Рис. 117. Принципиальная электрическая схема системы автоматизации АМКО микрокотлов

К – выключатель пакетный; $ТВ_в$ – предельный терморегулятор горячей воды; $Т_т$ – предельный терморегулятор температуры мазута; $Т_г$ – датчик разрежения; $Т_в$ – датчик давления воздуха; $1В_в$ – контакт общекотельного регулятора ПРП; $АР_{2-7}$ – контакты сигнализации автоматического ввода резерва циркуляционного насоса; $Д_1$ – электродвигатель вентилятора; $Д_2$ – электродвигатель топливного насоса; $Д_3$ – электродвигатель водяного наноса; $Д_4$ – электродвигатель дымососа; $ДДВ_н$, $ДДВ_в$ – реле давления воды РД-12; КЭО – контрольный электрод газового пламени; ФД – фотодатчик пламени жидкого топлива; Л – электронная лампа 6Н6П (остальные обозначения в тексте)

Автоматика АМКО фиксирует первопричину возникшей аварийной ситуации и подает обезличенный сигнал на пульт диспетчера.

На рис. 117 представлена принципиальная электрическая схема системы автоматизации АМКО, которая состоит из блока управления, розжига и сигнализации БУРС-1 и соответствующих комплектующих датчиков и регуляторов.

БУРС-1 осуществляет связь всех датчиков и регуляторов в единую систему и обеспечивает управление работой котлов, световую сигнализацию, запоминание первопричины аварии и передачи обезличенного сигнала на диспетчерский пульт; блок питается от сети переменного трехфазного тока напряжением 220-380 В (клеммы 5А, 7А, 3А, 1А). При этом тумблер переключения напряжения питания В1 ставится в соответствующее положение (220 или 380 В), которое всегда обеспечивает в цепи автоматики напряжение 220 В при частоте 50 Гц.

При нажатии пусковой кнопки КП включается магнитный пускатель МП, подается напряжение на цепи автоматики, включается блокировочное реле РБ после опускания кнопки КП, включаются в работу электродвигатели вентилятора дымососа $Д_4$ через магнитный пускатель $МП^{II}$, подключенный к клеммам 2А - 10А, топливный насос через магнитный пускатель, подключенный тоже к клеммам 2А - 10А, питающий насос через магнитный пускатель, подключенный к клеммам 2А - 4А. На БУРС-1 загорается сигнальная лампа ЛИ1 "напряжение". Одновременно подается напряжение на схему сигнализации.

Через некоторое время, необходимое для вентиляции топки, производится повторное нажатие пусковой кнопки КП. К этому моменту реле контроля пламени 1Р находится под током, так как цепь катода правого триода электронной лампы Л разорвана контактом $1РЗ_2$ реле защиты 1РЗ, и в силу этого левый триод лампы будет открыт. Однако в этом случае контакты реле 1Р - $1Р_1$, 1Р и $1Р_2$ не оказывают влияния на включение других элементов схемы, так как реле защиты 1РЗ и 2РЗ пока еще обесточены. К моменту повторного нажатия на кнопку КП все контролируемые датчиками параметры должны находиться в нормальных пределах, т.е. цепь между клеммами 11 - 12 контактами датчиков защиты должна быть замкнута. В этом случае через замкнутые контакты датчиков защиты $2РБ_3$, $2РУП_1''$, $3РУП_1''$, $1Р_2''$ и $1РБ_4$ срабатывает реле 1РЗ, блокируя себя контактом $1РЗ_1$. Одновременно через контакт $1РЗ_4''$ срабатывает реле 2РБ, блокируя себя контактом $2РБ_1$. Вследствие замыкания контакта $1РЗ_2$ в цепи катода правого триода Л реле контроля пламени 1Р обесточивается. Через замкнувшийся контакт $1Р_2'$ срабатывает реле 2РЗ, которое блокируется своим контактом $2РЗ_2$. Контакт $2РЗ_4$ включает цепь питания реле РП схемы аварийной сигнализации, блокируя его контакт $РП_2$. Контакт 2РЗ включает схему управления зажиганием и горением. Напряжение поступает к клеммам 29 - 39, к которым подключается соленоидный клапан запальника. Одновременно под напряжение попадает тепловое реле времени 1ТРВ, время выдержки которого составляет 8 - 15 с.

При замыкании контакта 2РЗ напряжение с трансформатора Тр1 - 24 В попадает на узел двухтактного генератора прямоугольных импульсов, собранного на трансформаторе Тр2 и транзисторах $Т_1$ и $Т_2$. В период отрицательной полуволны питающего напряжения автогенератор возбуждается и генерирует высокочастотные колебания прямоугольной формы с частотой 700 Гц. В положительную полуволну питающего напряжения триоды заперты. Следовательно, автогенератор будет находиться в работающем состоянии не непрерывно, а периодически с частотой 50 Гц. Таким образом, в обмотке V трансформатора Тр2 возникает напряжение с несущей частотой 50 Гц, модулируемое сигналом прямоугольной формы частотой 700 Гц. Это моделируемое напряжение с об-

мотки *V* трансформатора Тр2 поступает на клеммы 37 – 40 для последующего питания катушки зажигания, установленной у электрозапальника.

Если розжиг запального устройства окажется неудачным в течение выдержки времени реле 1ТРВ, то последнее своими контактами 1ТРВ замкнет цепь питания реле 3РП. В результате этого напряжение на клеммах 29 – 39 и 37 – 40 исчезнет, т.е. отключается схема зажигания и соленоидный клапан запальника. В этом случае после выяснения причин неудачного розжига необходимо осуществить повторный запуск. Удачный розжиг запального устройства сопровождается фиксацией наличия пламени с помощью контрольного электрода, подключенного к клеммам 1 и 2 схемы контроля пламени.

Схема контроля пламени представляет собой двухкаскадный усилитель постоянного напряжения на двойном триоде Л. Входом схемы являются клеммы 1 – 2, к которым подключается чувствительный элемент. Как уже отмечалось, чувствительным элементом здесь служит контрольный электрод газовой горелки котла (при газовом топливе) или фотоэлектрический датчик горения (фотосопротивление) при сжигании в форсунке жидкого топлива. Выходом схемы служит нагрузка левого триода – реле контроля пламени 1Р, контакты которого управляют цепями устройств подачи топлива и его зажигания.

Принцип действия схемы контроля пламени основан на детектирующих свойствах пламени. Если пламя отсутствует, то промежуток между клеммами 1 – 2 разомкнут. В течение проводящего полупериода работы лампы (когда на анодах обоих триодов "плюс"), включенный параллельно правому триоду делитель напряжения *C1 – R1 – C2 – R2* обеспечивает положительный потенциал сетки этого триода. Через правый триод протекает ток (при условии, что контакт $1РЗ_2$ реле 1РЗ в цепи катода правого триода замкнут), который создает падение напряжения на сопротивление *R4* и тем самым отрицательный потенциал на сетке

левого триода. При этом положении триод "запирается" и реле 1Р будет обесточено.

При охватывании пламенем контрольного электрода запальника промежуток между клеммами 1 – 2 оказывается как бы замкнутым через диод.

В непроводящий полупериод работы лампы потенциал клеммы 2 равен примерно удвоенному значению напряжения на обмотке 1У трансформатора Тр1. При этом сетка правого триода приобретает существенно отрицательный потенциал относительно катода "земля". Большая постоянная времени разряда конденсатора C_2 обеспечивает поддержание отрицательного потенциала этой сетки и в проводящий полупериод, когда потенциал клеммы 2 равен нулю. Таким образом, при наличии пламени правый триод "запирается", левый "открывается" и реле Р срабатывает.

Схема является как бы "самозащитной" на случай короткого замыкания контрольного электрода на корпус горелки (замыкание клемм 1 – 2). В этом случае реле 1Р обесточивается, как при погасании пламени. Следовательно, при удачном розжиге запального устройства реле контроля пламени 1Р срабатывает и своими контактами $1Р''_1$ и $1Р'_1$ соответственно обеспечивает подачу напряжения к клеммам 28–33, к которым подключен электромагнитный клапан малого горения. Далее это реле включает тепловое реле времени 2ТРВ и отключает питание двухтактного генератора и теплового реле времени 1ТРВ.

Реле времени 2ТРВ служит для обеспечения совместной работы электромагнитного клапана запальника и электромагнитного клапана малого горения в течение выдержки времени, диапазон регулирования которой находится в пределах 60 – 100 с. По истечении этого времени реле 2ТРВ своим контактом, работающим с выдержкой времени на замыкание, включает реле 2Р. Это реле блокируется собственным контактом $2Р_2$ и остается все время под напряжением. Другими своими контактами $2Р_2$, $2Р_3$ и

$2P_4$ оно соответственно отключает тепловое реле времени 2ТРВ, подает напряжение на клеммы 29 – 39, т.е. подключает электромагнитный клапан запальника и включает сигнальную лампочку ЛИ2 "нормальная работа". Так как клеммы 32 – 33 подключают контакт от исполнительного устройства позиционного регулирующего прибора ПРП, то реле 2Р замыканием своего контакта $2P_1$ включает промежуточное реле РДП. Это реле, замыкая свои контакты $РДП_1$ и $РДП_2$, соответственно обеспечивает подачу напряжения на клеммы 28 – 38, к которым подключен электромагнитный клапан "большого горения". Одновременно подается напряжение на клеммы 24 – 34, которым подключены электромагнитные исполнительные механизмы, управляющие перемещением заслонок на подаче воздуха и изменяющие тягу.

После отключения контактом $2P_3$ электромагнитного клапана запальника контроль пламени осуществляется контрольным электродом основной газовой горелки или фотоэлектрическим датчиком наличия пламени при работе котла на жидком топливе, подключаемым на клеммы 1 – 2. В процессе работы котла при изменении нагрузки котельной (т.е. при изменении давления пара, температуры горячей воды, соотношения температур горячей воды и наружного воздуха) контакт исполнительного реле позиционного регулирующего прибора ПРП может периодически размыкаться и замыкаться. В соответствии с этим происходит периодическое отключение и включение промежуточного реле РДП, а следовательно, и электромагнитного клапана большого горения (клеммы 28–38) и соответствующих электромагнитных исполнительных механизмов (клеммы 24–34).

Реле уровня 1РУП управляет питающим насосом парового котла в схеме двухпозиционного регулирования уровня воды. Клеммы 7 и 8 соответственно соединяются с электродами нижнего регулируемого уровня НРУ и верхнего регулируемого уровня ВРУ уровнемерной колонки. Контакт $1РУП_2$ служит в качестве блокировочного при достижении уровнем воды электрода ВРУ.

Контакт $1РУП_1$ коммутирует цепь питания клемм 25–35, к которым подключается электромагнитный исполнительный механизм, управляющий клапаном перепуска масла в системе гидравлического привода мембранного питающего насоса либо перепуском воды в байпас. Благодаря этому можно прекращать подачу воды в котел без отключения электродвигателя питательного насоса. Контакт $1РУП_3$ коммутирует цепь питания клемм 2А – 4А, к которым подключается магнитный пускатель питающего насоса. В этом случае прекращение подачи воды в котел осуществляется отключением электродвигателя питающего насоса.

Промежуточные реле 2РУП и 3РУП являются защитными соответственно при пуске воды в паровом котле или понижении давления воды в водогрейном котле. К клеммам 9 и 10 при автоматизации парового котла подключаются соответственно электрод НАУ и электрод ВАУ уровномерной колонки, а при автоматизации водогрейного котла – датчики по повышению и понижению давления воды. Контакты этих реле $2РУП_1$ и $3РУП_1$ коммутируют цепи защиты реле 1Р3 и 2Р3. Контакты $2РУП_1$ и $3РУП_1$ включаются в цепь аварийной сигнализации. Цепь с контактами $2РБ_4$, $1РБ_3$ и $1Р_3$ подключается к сигнальной лампочке Л3, и на табло загорается надпись "факела нет". Промежуточное реле РТ служит для управления электронагревателем жидкого топлива в схеме двухпозиционного регулирования температуры жидкого топлива. К клеммам 36 – 31 подключается датчик температуры жидкого топлива, контакт которого самостоятельно может периодически замыкаться и размыкаться в зависимости от температуры жидкого топлива. В связи с этим периодически включается и отключается реле РТ, которое своими контактами $РТ_1$ и $РТ_1''$ (клеммы 21 – 22 – 23) коммутирует цепи электродвигателя жидкого топлива.

В случае когда тепловой режим при первоначальном пуске котла требует длительного времени работы на малом горении, чем это регламентировано выдержкой времени 2ТРВ, для обеспечения постепенного прогрева чугунных секций котла в схеме предусмотрен тумблер Т, который в этом случае необходимо заблаговременно установить в положение "при пуске". При этом после повторного нажатия кнопки КП реле РДП и лампочка ЛИ2 "нормальная работа" не включаются. Напряжения на клеммах 28 – 38 и 24 – 34 не будет. По истечении времени, необходимого для прогрева чугунных секций котла, но не меньшего времени установленной выдержки на реле 2ТРВ, тумблер Т должен быть снова переведен в положение "нормальная работа".

Остановка котлоагрегата осуществляется нажатием кнопки КС. При этом обесточивается реле 1РБ, которое своим контактом $1РБ_4$ разрывает цепь питания реле защиты 1РЗ и 2РЗ. При отпускании кнопки КС реле 1РБ вновь срабатывает, но тем не менее реле защиты 1РЗ и 2РЗ останутся обесточенными, так как блокировочный контакт $1РЗ_1$ будет разомкнут. Вследствие этого обесточится вся схема управления горением и зажиганием, и в цепи реле останова РО погаснет сигнальная лампа $ЛИ_2$ "нормальная работа", так как контакт $2РЗ_3$ будет замкнут и одновременно замкнется контакт $2РЗ_1''$.

После определенного времени, необходимого для вентиляции топки, производится повторное нажатие на кнопку КС. При этом срабатывает реле останова РО, которое размыканием своих контактов $РО_1$ разрывает цепь питания магнитного пускателя МП, вследствие чего выключается питание цепей автоматики и обесточивается все подключенное к блоку управления вспомогательное оборудование: магнитные пускатели электродвигателей вентилятора, дымососа, питающего и топливного насосов, а сигнальная лампочка ЛИ1 "напряжение" гаснет.

Схема аварийной сигнализации блока выполнена таким образом, что при возникновении аварийной ситуации по какому-либо параметру во время работы котла контакты того или иного датчика или контакты промежуточного реле включают соответствующее реле схемы сигнализации 1РП – 8РП, которое путем замыкания собственного блокировочного контакта обеспечивает включение соответствующего табло с запоминанием первопричины аварии даже в том случае, если аварийная ситуация исчезла и параметр восстановился. Кроме светового табло, фиксирующего первопричину аварии, загорается также световое табло "факела нет".

При срабатывании какого-либо промежуточного реле 1РП – 3РП замыканием соответствующего контакта $1РП_3$ – $3РП_3$ включается реле 9РП, которое размыканием своего контакта $9РП_1$ клемм 11 – 16 дополнительно разрывает цепь защиты котла. Если после этого при повторном нажатии пусковой кнопки какой-либо параметр не соответствует нормальному состоянию, то на блоке аварийной сигнализации (пока пусковая кнопка нажата) начинает мигать соответствующее табло.

Схема аварийной сигнализации предусматривает также коммутацию линии передачи сигнала аварийного отключения котла по нарушению любого параметра на диспетчерский пульт. Это обеспечивается благодаря параллельному включению нормально открытых контактов $1РП_2$ – $7РП_2$ промежуточных реле схемы аварийной сигнализации в коммутационной цепи диспетчерской сигнализации. Цепь передачи сигнала на диспетчерский пульт подключается к клеммам 19 – 20 БУРС-1 и включается контактом $РП_3$ реле РП. Это сделано для того, чтобы в пусковой период не происходила подача сигнала аварии на диспетчерский пульт.

Блок управления БУРС-1 представляет собой малогабаритный щит размером 533х(428-333) мм

Датчики, регуляторы и исполнительные механизмы системы автоматики АМКО. Регулирование общекотельного параметра осуществляет позиционный регулирующий прибор ПРП, поддерживающий в заданных пределах соотношение температуры горячей воды на выходе из котельной и температуры наружного воздуха по отопительному графику (либо только температуры горячей воды при работе котельной на горячее водоснабжение, либо давления в общей паровой магистрали при параллельной работе нескольких паровых котлов).

Чувствительными элементами ПРП являются термометры сопротивления типа ТСМ гр. 23 или дистанционный электрический манометр типа МЭД (для паровых котлов). В ПРП происходит алгебраическое суммирование сигналов от первичных приборов, сравнение суммированного сигнала с сигналом задатчика, усиление результирующего сигнала до величины, необходимой для пуска электродвигателя программы. На валу этого электродвигателя жестко закреплен кулачок, который, поворачиваясь вокруг своей оси, воздействует поочередно на шесть микропереключателей и на дифтрансформаторный датчик обратной связи. Контакты микропереключателей управляют электромагнитными клапанами, которые позиционно изменяют подачу топлива для котлов. Топливо отключается в следующем порядке: сначала на первом котле подача топлива уменьшается на 60%; потом на втором – тоже на 60%; далее подача топлива на первом котле прекращается полностью, после чего на третьем котле расход топлива уменьшается на 60%, а на втором котле прекращается полностью; наконец, отключается подача топлива на третьем котле, а четвертый котел находится в базовом режиме и работает без главного регулятора (в обход его). Один из микропереключателей включается в цепь управления электромагнитным клапаном безопасности горения СКБГ ($ТВ_н$, $РД_н$), второй – в цепь останова котла ($ТВ_в$, $РД_в$). При увеличении нагрузки котельной любой котел автоматически включается на полную мощность, если перед этим от работал на пониженной нагрузке.

В случае отсутствия в котельной ПРП регулирование параметров производится включением в цепь СКБГ терморегулирующего устройства типа ТУДЭ-П (водогрейные котлы) или реле давления РД-12 (паровые котлы). Питание паровых, а также чугунно-секционных котлов с паросборниками регулируется путем поддержания уровня воды в них в заданных пределах. В рассматриваемой системе автоматическое регулирование уровня воды осуществляется с помощью двухпозиционного регулятора. Чувствительными элементами регулятора служат два электрода ВРУ и НРУ, жестко закрепленные в уровнемерной колонке. Электроды электрически изолированы от корпуса колонки. Уровень воды в колонке соответствует уровню воды в котле.

В зависимости от схемы привода питающего насоса и его типа роль исполнительных механизмов выполняют различные элементы. При наличии питающего насоса мембранного типа функции исполнительного органа регулятора выполняет электромагнитный исполнительный механизм $ЭИМ_3$, управляющий клапаном перепуска масла в системе гидравлического привода насоса. Открывание клапана перепуска приводит к прекращению работы насоса без отключения его от вала работающего двигателя. Если питающий насос любого типа приводится в действие от индивидуального электродвигателя $Д_4$, то функции исполнительного органа регулятора выполняет магнитный пускатель МП 1У, управляющий работой электродвигателя $Д_4$ питающего насоса. Время работы насоса зависит от производительности котла.

Регулирование температуры подогрева мазута. При работе котла на мазуте, который может подаваться в форсунку только при температуре 80–105°С, система автоматизации снабжается самостоятельным контуром автоматического регулирования подогрева

мазута в электроподогревателе. Регулирование температуры мазута в системе автоматики АМКО в электроподогревателе осуществляется двухпозиционным регулятором дилатометрического (ТУДЭ-11) или манометрического типа; T'_1 управляет цепью питания реле температуры РТ, которое своими контактами $РТ'_1$ и $РТ''_1$ управляет цепью питания электродвигателя мазута. В этом случае могут быть два варианта схемы управления реле РТ: через нормально открытые или через нормально закрытые контакты терморегулятора T'_1. В зависимости от этого цепь электронагревателя включается или выключается через нормально закрытые $РТ'_1$ или нормально открытые $РТ''_1$ контакты реле температуры РТ.

При увеличении температуры мазута выше заданного значения реле РТ своими контактами разрывает цепь питания электронагревателя. При уменьшении температуры мазута ниже заданного значения реле РТ вновь включает электронагреватель мазута. Частота включений и выключений электронагревателя зависит от количества подаваемого в котел мазута, т.е. от теплопроизводительности (нагрузки) котла.

Автоматическое регулирование подачи воздуха для горения и разрежения в котле. Система автоматики АМКО обеспечивает взаимосвязанное регулирование подачи воздуха для горения топлива и разрежения в котле, т.е. постоянство оптимального соотношения топливо – воздух. Регулирование разрежения производится путем электрической блокировки управления электромагнитным клапаном большого горения СКБГ и электромагнитными исполнительными механизмами $ЭИМ_1$, $ЭИМ_2$ и $ЭИМ_4$, осуществляющими открывание воздушных заслонок первичного (и в случае необходимости) вторичного воздуха, а также заслонки дымососа через промежуточное реле РДП. Эти электромагнитные исполнительные механизмы управляются контактом $РДП_1$ таким образом, что максимальному расходу топлива (когда открыты клапаны

СКМГ и СКБГ) соответствуют максимальный расход воздуха (полностью открыта воздушная заслонка) и максимальное открывание заслонки дымососа, и наоборот.

Степень открывания заслонок устанавливается предварительно посредством регулировочных винтов, имеющихся в приводе заслонок, при ручном регулировании, исходя из условий оптимального режима горения топлива. У некоторых котлов при отсутствии дымососа для поддержания постоянного разрежения в топке предусмотрена саморегулирующаяся заслонка, которая устанавливается на линии подсоса воздуха в дымоход, как это выполнено в системе автоматики АГК. В этом случае, а также при отсутствии вентилятора необходимые для регулирования разрежения электромагнитные исполнительные механизмы не устанавливаются.

Система защиты котлоагрегата. Система автоматизации АМКО предусматривает защиту каждого котлоагрегата в котельной в следующих аварийных ситуациях при:

повышении температуры воды за водогрейным котлом или давления пара в паросборнике котла выше допустимого значения;

падении давления воздуха (при наличии дутьевого вентилятора);

падении разрежения в топке;

повышении давления воды за водогрейным котлом или уровня воды в паровом котле выше допустимого значения;

понижении давления воды за водогрейным котлом или при падении уровня воды в паросборнике парового котла ниже допустимого значения;

погасании пламени горелочного устройства;

повышении температуры мазута в электромазутонагревателе выше допустимого значения;

исчезновении напряжения в цепях автоматики.

Необходимо отметить, что ввиду наличия последовательной цепи включения датчиков защиты име-

ется возможность включить любое количество дополнительных датчиков защиты с контактным выходом. Контакты датчиков защиты по перечисленным параметрам ($ТВ_в$, $РД_в$, $Т_в$, $Т_г$, $ЗРУП_1'$, $2РУП_1''$, $Т_т''$) включены последовательно в цепи питания реле защиты 1РЗ и 2РЗ и, кроме того, имеют выводы на схему аварийной сигнализации. При возникновении аварийной ситуации по любому из перечисленных параметров, кроме погасания пламени, размыкается контакт соответствующего датчика защиты и обесточиваются реле 1РЗ и 2РЗ, которые своими контактами включают схему управления горением и зажиганием, в результате чего СКБГ и СКМГ обесточиваются и подача топлива в котел (форсунку и горелку) прекращается.

Повторного автоматического запуска котла после прекращения аварийной ситуации не происходит. Операция повторного пуска котла после выяснения причин аварии производится только обслуживающим персоналом.

При погасании пламени горелочного устройства во время нормального горения котла обесточивается реле 1Р, которое своими контактами $1Р_1'$ и $1Р_1''$ отключает СКБГ и СКМГ и включает катушку зажигания, тепловое реле времени 1ТРВ и электромагнитный клапан запальника СК3. Автоматически в течение 8 – 15 с производится попытка снова разжечь котел. Если за это время факел не восстановится, то реле времени 1ТРВ замыканием своего контакта заставит сработать реле ЗРП схемы аварийной сигнализации, которое блокируется своим контактом $ЗРП_1$. Реле ЗРП замыканием контакта $ЗРП_2$ включает реле 9РП, а последнее в свою очередь размыканием контакта $9РП_1$ обесточивает реле 1РЗ и 2РЗ. Цепь питания трансформатора зажигания и СК3 при этом обесточивается.

Сигнализация в системе автоматики АМКО. В системе автоматики АМКО предусмотрена световая сигнализация, элементы которой сосредоточены на блоке БУРС-1. Кроме этой сигнализации на позиционном регулирующем приборе ПРП с помощью специального двухцветного диска осуществляется сигнализация состояния котлов в режиме регулирования общекотельного параметра.

АМКО может эффективно работать в диапазоне нагрузок котла от 40 – 50 до 100% при условии нормальной работы всего вспомогательного оборудования котла. Система способна также поддерживать давление пара и при нагрузках менее 40% от номинальной, но в случае работы на таких режимах необходимо настроить СКБГ и СКМГ таким образом, чтобы расход топлива через клапан "малого" горения был на 5–10% меньше расхода, обеспечивающего работу котла на минимальной нагрузке.

Существенным недостатком этой системы при работе на газе низкого давления является значительное падение давления газа в электромагнитных клапанах, что снижает производительность последних. Для снижения сопротивления этих клапанов по газу следует переработать их конструкцию в направлении более плавных переходов и увеличения проходного сечения. Система автоматики АМКО является последней наиболее отработанной системой, которая создана специализированной конструкторской организацией и выпускается заводом "Староруссприбор". Но, несмотря на это, система АМКО является полностью автоматической, ибо необходимость в схеме ее двойного пуска и остановки требует обязательного присутствия в котельной обслуживающего персонала.

Котловая система АМКО-К-II. В 1972–1973 гг. в НИИсантехники были проведены испытания опытных образцов и разработана техническая документация на автоматизацию чугунных секционных котлов "Универсал-6М", "Энергия-6", "Газ-900" и "Минск-1", работающих на газе и жидком топливе с использованием электрической системы автоматики АМКО. На рис. 118 показано расположение приборов автомати-

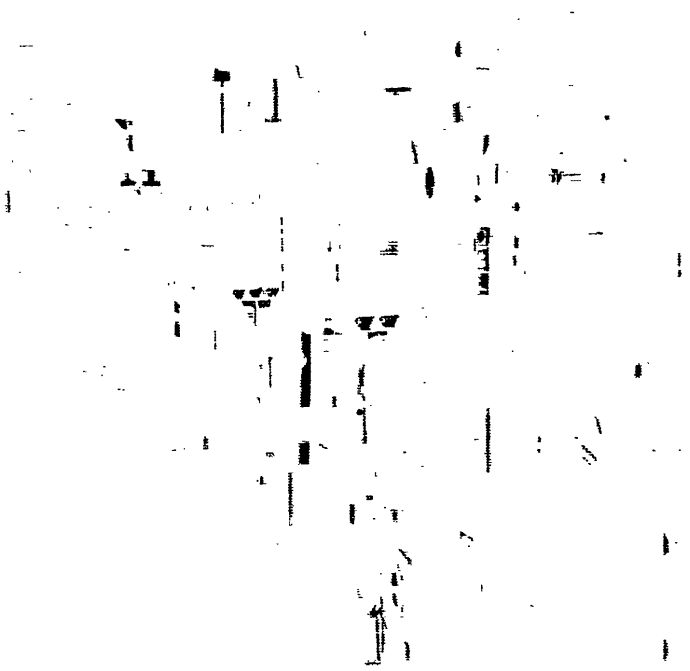


Рис.118. Общий вид котельной с котлами "ГАЗ-900", оборудованными системой автоматики АМКО

ки на фронте котлов "Газ-900", работающих на газе. Наиболее характерна схема котловой автоматики котла "Газ-900" с четырьмя горелками ИГК-60М, которая была испытана на двух котлах и доработана в процессе испытаний. Эту схему можно рассматривать как базовую для всех чугунных котлов с горелками ИГК. При разработке схемы были учтены требования контроля нижнего предела давления газа перед горелками. Исключая повторное зажигание горелок в случае погасания факела, обеспечен контроль горения

каждой горелки, что позволило избежать таких аварийных режимов работы горелок, как "проскок" и "отрыв" факела.

Для котлов, работающих при среднем давлении газа, принята котловая автоматика АМКО-К-$\overline{\text{П}}$ с добавлением ряда устройств, повышающих надежность пуска котлов. Комплект автоматики АМКО-К-$\overline{\text{П}}$ дополнен автоматами контроля пламени АКП-$\overline{\text{П}}$ (одним для котлов с двумя и тремя горелками и двумя для котлов с четырьмя горелками) с контрольными электродами КЭО; реле времени РВП-2, выключающим блокировку датчиков давления газа, разрежения и автоматов контроля пламени после розжига горелок; промежуточным реле, блокирующим датчики и отключающим цепи аварийной сигнализации на период розжига; кнопочным постом ПКБ-212 для включения схемы блокировки перед розжигом. Для отключения котловой автоматики от сети применен автоматический выключатель АП-50-3М на 10 А.

На рис. 119 приведена схема внешних соединений блока БУРС-1 в автоматике котла "ГАЗ-900". Схема автоматики "ГАЗ-900" подключается к сети переменного тока выключателем АВ. Котел пускают нажатием кнопки "пуск" на блоке управления. При этом подается напряжение на магнитный пускатель дымососа, если он не был включен для других котлов. Далее нажимается кнопка КУ, включающая реле блокировки 10РП, которое своими контактами 10РП-1 шунтирует датчики разрежения газа ДД$_г$ и Т$_г$ контактами 10РП-2 и 10РП-3 отключает цепи аварийной сигнализации, контактом 10РП-6 шунтирует контакты автоматов контроля пламени, контактом 10РП-4 подготовляет цепь управления электромагнитным клапаном запальника СК3. В этом положении элементов автоматики происходят вентиляция топки и прогрев электронных ламп в схемах контроля пламени.

Переключатель на блоке управления переводится в

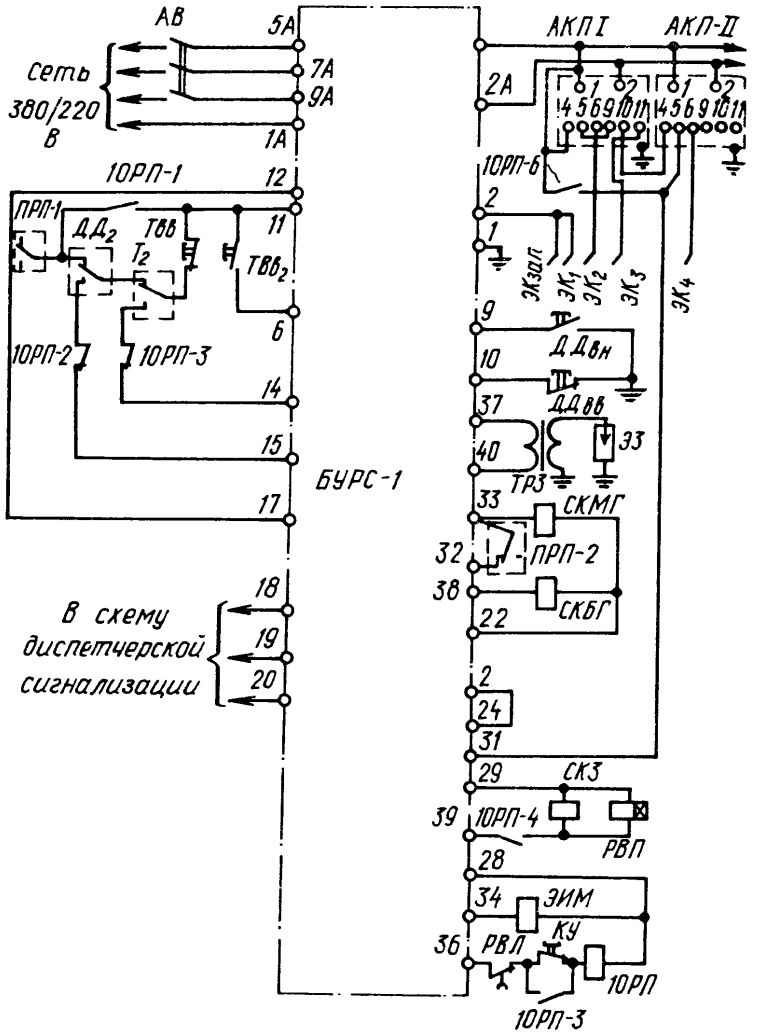


Рис.119. Схема внешних соединений блока БУРС-1 автоматики котла "ГАЗ-900"

положение "при пуске". По истечении времени, необходимого для вентиляции топки, повторно нажимается кнопка "пуск" на блоке управления; через клемму 39 их схемы блока подается напряжение на клапан запальника СКЗ и на катушку зажигания ТРЗ. Воспламеняется газ на выходе из запальника ЭЗ, наличие пламени на котором контролируется собственным электродом запальника $ЭК_{зап}$. Сигнальное табло "факела нет" на блоке управления, включавшееся при повторном нажатии кнопки "пуск", при розжиге запальника выключается. При поступлении в схему контроля пламени блока управления сигнала о наличии пламени запальника включается соленоидный газовый клапан "малого горения" СКМГ. Для розжига горелок после воспламенения запальника вручную поочередно открывают краны перед горелками. При зажигании всех горелок схемы блока автоматов АКП-II замыкают контакты своих реле в цепи реле РТ (см.рис.117) в блоке управления (через клемму 31). По истечении установленного времени реле РВП своим контактом выключает промежуточное реле 10РП, которое расшунтирует датчики давления газа и разрежения в топке и контакты автоматов контроля пламени. После прогрева котла на режиме "малого горения" переключатель на блоке управления переводится в положение "нормальная работа". Если к этому времени температура воды на выходе из котла будет низкой, то включится клапан "большого горения" СКБГ и электромагнитный исполнительный механизм заслонки газохода ЭИМ увеличит расход газа.

В случаях "отрыва" или "проскока" пламени на одной из горелок срабатывает соответствующий блок автоматов контроля пламени или схема внутри блока управления, и выключением клапанов СКМГ и СКБГ прекращается подача газа к горелкам. С выключением электромагнитного исполнительного механизма заслонка газохода перемещается в положение минимального горения. На блоке управления загораются световые

табло "факела нет", "давление газа низко". (Надпись на заводском табло "давление воздуха низко" заменена на надпись "давление газа низко".) Повторного розжига запальника при этом не происходит, что исключает хлопки, неизбежные при одновременном розжиге четырех горелок.

При нарушении каких-либо других параметров схема автоматики работает так же, как и в данном ранее описании автоматики АМКО.

Заслонка газохода первоначально регулируется ограничителем по величине закрывания при включенном дымососе на неработающем котле. Изменением степени закрывания устанавливается разрежение в топке в пределах 6,5 - 7 мм вод.ст. (65-70 Па).При втянутом якоре электромагнита разрежение устанавливается на уровне 13 - 14 мм вод.ст.(130-140 Па). Регулирование положения заслонки производится при разрежении за заслонкой (по ходу дымовых газов) порядка 100-110 мм. Окончательное регулирование положения заслонки производится при работающем котле по результатам анализа дымовых газов. Время, необходимое для ручного открывания газовых кранов перед горелками, устанавливается на реле РВП в пределах 40-60 с.

Схемы автоматики других котлов ("Универсал-6М", "Минск"), работающих на газе среднего давления, отличаются числом автоматов контроля пламени АКП-$\overline{\text{П}}$, определяемых числом горелок (один автомат может контролировать две горелки) и конструкцией газоходов. Так, например, котел "Минск-1" имеет две заслонки в газоходе, на которые устанавливаются два электромагнитных исполнительных механизма, газоходы котлов "Универсал-6М" и "Энергия-6" имеют ручные шиберы и механизмы на них не применяются. Все приборы автоматики, за исключением электромагнитных механизмов заслонок газоходов, устанавливают на фронте котла.

Кроме полного комплекта автоматики АМКО-К-$\overline{\text{П}}$ для автоматизации котла "Газ-900" используют: датчик-реле давления ДД-0,6 - 1 шт., автомат контроля пламени АКП-$\overline{\text{П}}$ - 2 шт., автоматический выключатель АП-50-3М, 10 А - 1 шт.; кнопочный пост ПКЕ 212-1У 3 с кнопкой КЕ-011-19 - 1 шт., реле промежуточное РПУ-1 - 1 шт., контрольные электроды ЭК (поставляемые по 2 шт. с автоматом контроля пламени АКП-П за отдельную плату) - 3 шт. Для автоматизации котлов на легком жидком топливе также использована система автоматики АМКО.

Принципиальная электрическая схема автоматизации отопительного котла типа "Универсал-6М" на легком жидком топливе дана на рис. 120. В схеме автоматики применен блок управления, регулирования и сигнализации БУРС-1, который автоматически отключает котел при выходе из режима основных технологических параметров котла. Кроме того, посредством БУРС-1 осуществляется автоматическое позиционное регулирование подачи топлива и воздуха (40 - 100% номинальной нагрузки для котлов "Энергия-6" и 60-100% для котлов "Универсал-6М"), а также отключение котлоагрегата с помощью общекотельного регулирующего прибора ПРП, устанавливаемого в котельных с общим числом котлов 2 - 4.

После подачи в силовые цепи напряжения автоматом АВ пуск осуществляется нажатием кнопки КП-1 ("пуск"). При этом включается и блокируется магнитный пускатель МП. Одновременно включается электродвигатель форсунки, загорается сигнальная лампочка ЛИ1, которая указывает, что автоматика находится под напряжением. Далее через нормально закрытые контакты реле 10РП и РТ-1 включается ИМ типа ПР-1М, открывающий заслонку вторичного воздуха на коробе форсунки. После отпускания кнопки КП-1 через контакты КС-1, КС-2 и МП-4 включается блокировочное реле 1РБ, фиксирующее первое нажатие кнопки

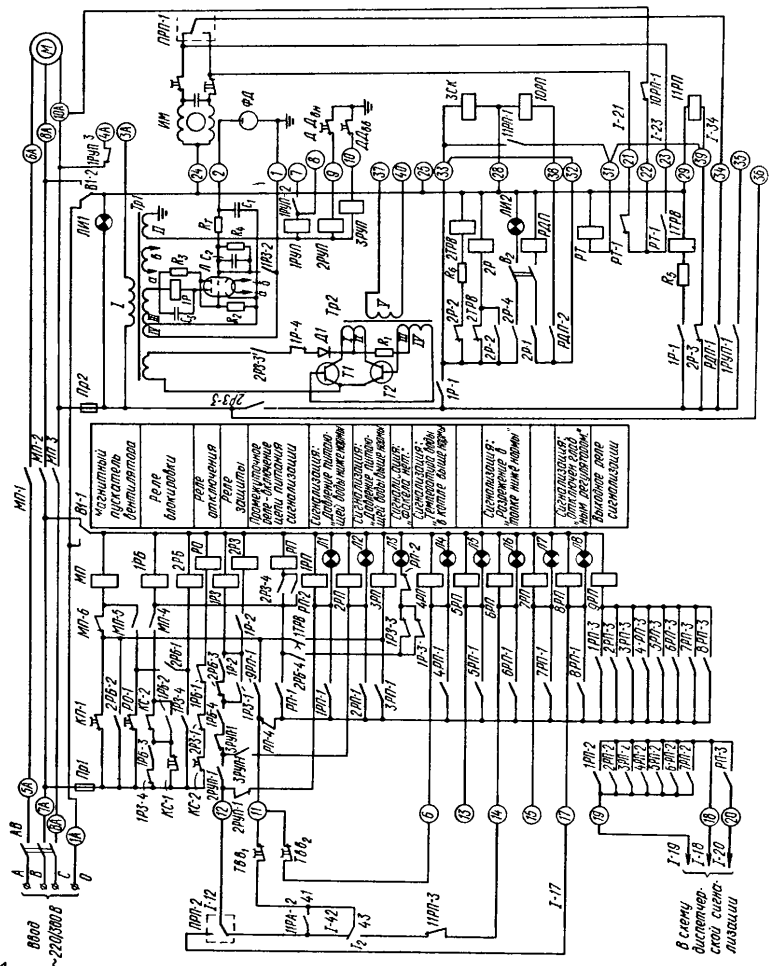


Рис. 120. Принципиальная электрическая схема автоматизации отопительного котла типа "Универсал-6М" на легком жидком топливе
ИМ – исполнительный механизм ПР-1М;
ФД – фотоэлектрический датчик пламени;
ЗСК – электромагнитный запорный клапан;
$ТВ_в$, $ТВ_{в1}$ – терморегулирующее устройство ТУДЭ-П (остальные обозначения в тексте)

пуска. После прогрева лампы Л срабатывает реле 1Р, так как правый триод этой лампы закрыт (цепь катода разомкнута контактом реле защиты 1РЗ-2), а левый триод открыт. Но контакты реле 1Р не повлияют на схему зажигания и горения. В этот период начинается продувка топки котла. Когда продувка закончится (время продувки определяется оператором) вторично нажимается кнопка пуска КП. При этом срабатывает реле защиты 1РЗ, контролирующее основные технологические параметры котлоагрегата: температуру воды на выходе из котла (датчик ТВ $б_1$), разрежение в топке, давление воды на выходе из котла (датчики $ДД_{вн}$ и $ДД_{вв}$).

Далее через контакт 1РЗ-4 включается второе блокировочное реле 2РБ, которое самоблокируется и работает до остановки котла, а размыкание контакта 2РБ-3 не оказывает влияния на схему, так как обмотка реле 1РЗ получает питание через свой контакт 1РЗ-1. Контакт 1РЗ-2 восстанавливает цепь катода правого триода лампы Л, и обмотка реле 1Р обесточивается.

Через контакты 2РБ-4, 1Р-3, 8РП-2 включается лампа ЛЗ сигнального табло "факела нет". Одновременно через замкнувшийся контакт 1Р-2 срабатывает второе реле защиты 2РЗ, контактом которого 2РЗ-4 включается промежуточное реле РП. Последнее встает на самоблокировку через контакт РП-2 и контактом РП-1 подает сигнал на сигнальные цепи. Контактом 2РЗ-3 реле защиты подается питание на регулятор ПРП, который своим контактом ПРП-1 включает электромагнит запорного клапана ЗСК на топливопроводе форсунки.

Ввиду того что во время розжига горелки в топке котла кратковременно возникает зона повышенного давления, приходится шунтировать датчик $Т_г$ на это время (контакт 11РП-2) и отключать его от цепей безопасности (контакт 11РП-3). Вместе с тем контакт 2РЗ-3 подает питание на тепловое реле времени

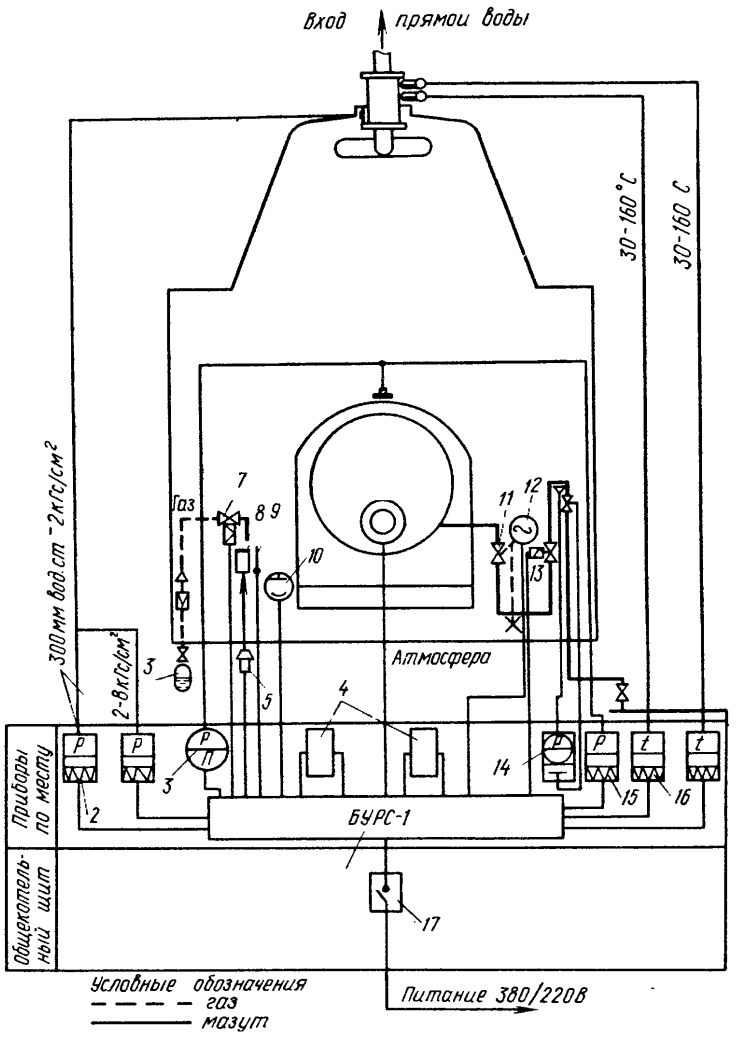


Рис.121. Функциональная схема автоматизации котла "Универсал-6М" на тяжелом жидком топливе

1 – блок БУРС-1; 2 – реле давления РД-12-01; 3 – тягонапоромер ТНЖ; 4 – промежуточное реле РПУ-1; 5 – бобина зажигания Б-1; 6 – бал-

1ТРВ. Если в течение 8–15 с не произойдет розжига котла, то реле времени своим контактом подаст питание на реле 3РП, которое контактом 3РП-3 подаст напряжение в обмотку реле 9РП, отключающее контактом 9РП-1 всю схему. (Если автоматика не работает, то ЗСК открывается вручную и оператор факелом может разжечь котел.)

Когда в топке появится пламя, фотоэлектрический датчик ФД возьмет его под контроль, сработает реле 1Р и контактом 1Р-1 снимет питание с реле 1ТРВ, а замыкающим контактом 1Р-1 включит тепловое реле времени 2ТРВ. По истечении времени срабатывания реле 2ТРВ (установка 120 с) включается реле 2Р, которое отключает реле 11РП, обесточивает реле 2ТРВ и включает реле РДП (если переключатель B_2 замкнут). Реле РДП через контакт РТ-1 дает команду на ИМ типа ПР-1М, регулирующий соотношение расхода топливо – воздух. Это соотношение задается общекотельным регулятором ПРП через контакт ПРП-1. Контакт 2Р-4 зажигает лампу $ЛИ_2$ "нормальная работа". При горении топлива электромагнит клапана ЗСК питается через контакт реле контроля пламени 1Р-1, так как реле 11РП отключено. При погасании пламени повторного розжига не может произойти, и через 15–30 с включится на БУРС-1 световое табло "факела нет".

лон со сжиженным газом (ГОСТ 15860-70); 7 – электромагнитный клапан КГ-10; 8 – электрозапальник ЭЗ; 9 – контрольный электрод запальника; 10 – фотодатчик ФД; 11 – регулирующий кран Кр-6; 12 – электрический исполнительный механизм ПР-1м; 13– электромагнитный отсекающий клапан; 14 – регулятор прямого действия РПД-1; 15 – датчик реле тяги и напора; 16– терморегулирующее устройство ТУДЭ-П; 17 – автоматический выключатель АП-50

Отключение котла производится посредством последовательного двойного нажатия на кнопку "стоп". При первом нажатии кнопки разрывается контакт КС-1, который разрывает цепь питания реле 1РБ. Посредством деблокировки реле 1РЗ, 2РЗ и РП происходит отключение цепей управления горением и зажиганием. При возвращении кнопки "Стоп" вновь срабатывает реле 1РБ, так как после первого нажатия кнопки КС отключения магнитного пускателя МП не происходит и вентиляция топки продолжается после погасания пламени. При вторичном нажатии кнопки "стоп" через контакт КС-2 включается реле отключения РО, контакт которого РО-1 деблокирует магнитный пускатель МП и реле 2РБ. Происходит полное отключение котлоагрегата.

Данная система автоматики может работать как с механической форсункой, так и с форсункой ротационного типа без использования электроподогревателя жидкого топлива.

Для автоматизации котлов, работающих на тяжелом жидком топливе, была использована соответствующая модификация автоматики АМКО.

На рис. 121 приведена функциональная схема автоматизации котла "Универсал-6М" ("Энергия-6") при работе его на тяжелом жидком топливе (мазут М-100) с автоматикой АМКО.

Электрическая схема автоматизации этого котла отличается от схемы автоматизации котла, работающего на легком жидком топливе, наличием ряда дополнительных узлов. В этой системе имеется самостоятельный контур регулирования разогрева мазута в электроподогревателе перед сжиганием, а также контур включения подачи газа в электрогазовый запальник для облегчения воспламенения жидкого топлива и продления срока службы запального устройства. Кроме того, контроль пламени в котле дополнительно осуществляется фотоэлектрическим датчиком. В остальном электрическая схема повторяет все операции, описанные выше при рассмотрении работы котла на легком жидком топливе.

2. Система автоматического управления газовыми теплотехническими объектами САУ-ГТО

Система предназначена для эксплуатации мелких газифицированных котельных с чугунными секционными котлами без обслуживающего персонала. Система САУ-ГТО построена на элементах пневмоструйной автоматики и работает в дискретном режиме непосредственно от энергии сжигаемого газа, используя электроэнергию лишь для розжига и сигнализации. Она состоит из малогабаритного блока управления, пульта управления и миниатюрных датчиков контролируемых параметров типа "сопло-заслонка".

Одним комплектом САУ-ГТО осуществляется автоматизация двух котлов типа "Универсал", "Энергия" и др. Унификация конструкции приборной части (головки, пульта управления и датчиков) упрощает серийный выпуск, монтаж и обслуживание системы. САУ-ГТО выполняет все функции контроля, защиты, регулирования, дистанционного розжига и сигнализации аварийных режимов работы объекта, причем выполняется не только первичный розжиг и автоматический вывод котлов на номинальный режим работы, но и повторный розжиг газогорелочных устройств при случайном погасании пламени (с соблюдением правил безопасности) без вмешательства извне. В случае кратковременного прекращения тяги, циркуляции воды и подачи газа САУ-ГТО, прекращая работу объекта, без вмешательства извне возобновляет работу при восстановлении нарушенных параметров с соблюдением мер безопасности в помещении котельной, находящейся "под замком".

Система включает три самоконтролируемых канала управления исполнительным клапаном, низковольтную цепь розжига запальной горелки и цепь электросигнализации, обеспечивающие работу всей системы в заданном режиме. Пневматические каналы контроля, защиты и регулирования связаны с датчиками типа сопло-заслонка регулируемых и контролируемых параметров и с кнопками управления. Цепями розжига, звуковой и

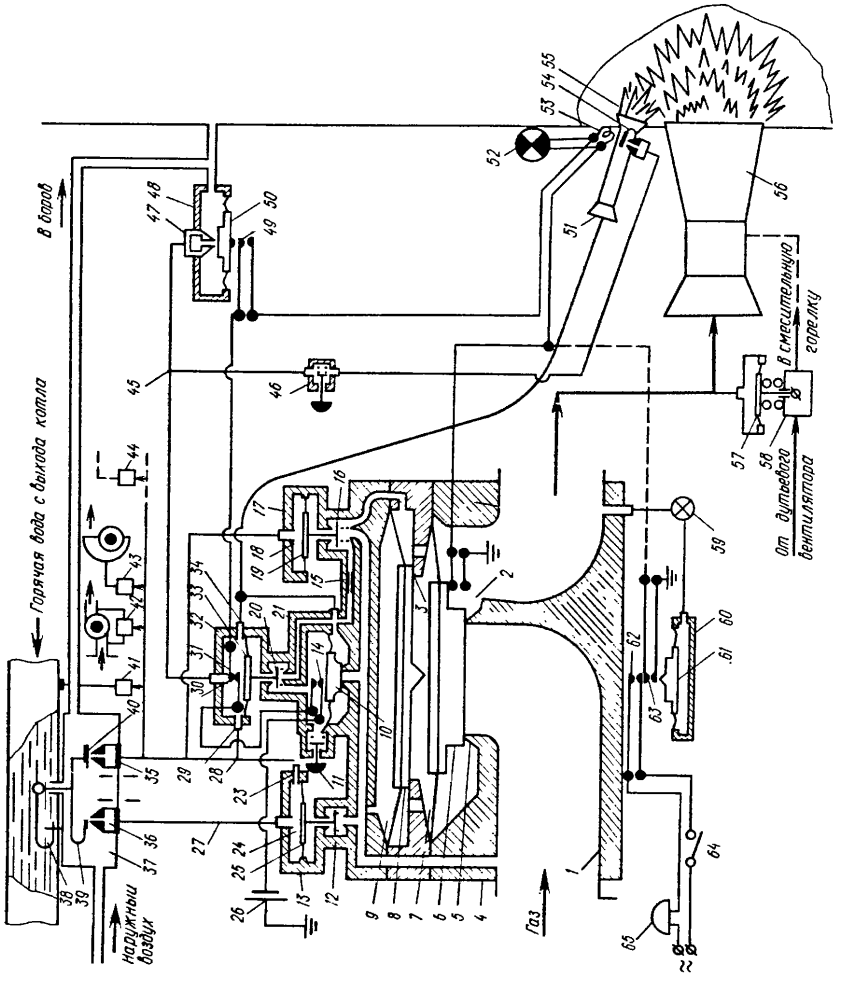


Рис. 122. Принципиальная схема системы автоматического управления газовыми теплотехническими объектами САУ-ГТО

световой сигнализацией управляют пневматические элементы каналов управления.

Принципиальная схема САУ-ГТО приведена на рис. 122. Работает система следующим образом. Нажатием на пусковую кнопку 11 сбрасывается порция газа ($\sim 0{,}5$ см^3) в линию эвакуации. В полости из малого клапана 21 кратковременно устанавливается атмосферное давление. Жесткий центр 10 под действием давления газа снизу отходит от седла и фиксируется в верхнем положении, замыкая контакты 14, а в полость 22 через дроссель 15 поступает газ и давление в ней постепенно возрастает. С выхода малого клапана 21 газ поступает на запальник и питание реле-инверторов. При наличии разрежения в топке контакты 49 оказываются замкнутыми. Контакты 30 и 2 цепи розжига в исходном состоянии также замкнуты, поэтому на спираль 53 от источника тока 26 подается питание и она накаляется. Загорается контрольная лампочка 52 и газовоздушная смесь, направляемая с выхода запальника козырьком 55 в камеру розжига, воспламеняется.

Под воздействием теплового излучения пламени запальника, а также в результате непосредственного контакта части пламени с биметаллической заслонкой 54, расположенной с тыльной стороны пламени внутри запальника и охлаждения ее потоком газовоздушной смеси, сопло датчика пламени прикрывается биметаллической заслонкой. Сопло 47 датчика разрежения прикрыто под действием разрежения в борове. Таким образом, канал контроля 45 оказывается полностью загерметизированным и в полость 31 реле-инвертора 32 через дроссель 34 нагнетается газ, под действием которого жесткий центр 33 его мембраны, перемещаясь вниз, размыкает контакты 30 (спираль 53 обесточивается) и перекладывает двухлозиционную заслонку 20 с верхнего дренажного сопла на нижнее. Поступление газа через дроссель 15 в полость 22 малого клапана прекращается, а малая порция газа, успевшая накопиться в полости 22 за время розжига

запальника и срабатывания датчика пламени, сбрасывается через дренажное сопло в линию эвакуации. В полости 22 малого клапана устанавливается и поддерживается атмосферное давление, что обеспечивает фиксацию клапана в открытом положении и питание запальной горелки газом.

Если сопла 36, 35, 41, 42, 43 и 44 датчиков каналов защиты 28 и регулирования 27 прикрыты их заслонками, то в полостях 18 и 24 реле-инверторов 17 и 13 также повысится давление газа за счет поступления его из канала контроля 45 через дроссели 29 и 23, причем давление увеличится сначала в канале 28, затем 27, соединенных последовательно. Это приведет к установлению атмосферного давления сначала в полости 7, затем 9 (4 - канал), так как подпружиненные заслонки 16 и 12 под воздействием мембран 19 и 25, переместившись на нижние сопла, свяжут эти полости с атмосферой. Сначала жесткий центр 6, поднявшись вверх, упрется на жесткий центр 8, обеспечивая подачу газа на горелку на малом режиме, которая воспламенится от уже действующего запальника. Затем с некоторой временной выдержкой оба жестких центра 6 и 8, переместившись в крайнее верхнее положение, переведут газогорелочное устройство 56 на номинальный режим работы.

При достижении заданной температуры воды сопло 36 датчика температуры откроется, в полости 24 реле - инвертора 13 установится атмосферное давление, подпружиненная заслонка 12 переложится с нижнего на дренажное сопло и полость 9 заполнится газом. Жесткие центры 6 и 8, переместившись вниз до упора 3, вновь переведут горелку 56 на малый режим работы. Снижение регулируемой температуры приведет к восстановлению номинального режима работы горелки в обратной последовательности. Таким образом, регулируемый параметр - температура воды - будет находиться вблизи заданного значения.

Отопительный график поддерживается биметаллической пластиной 39, помещенной в потоке наружного

воздуха в камере 37 и жестко связанной со второй биметаллической пластиной 38, расположенной в потоке горячей воды на выходе котла. Это позволяет по сумме температур воды и наружного воздуха управлять соплом 36. При перегреве воды биметаллическая пластина 38 открывает сопло 35 заслонкой 40, что вызывает сброс давления из канала защиты 28 и полное прекращение подачи газа к горелке при действующем запальнике 51. Подключенные к каналу защиты датчики давления воды 41, циркуляции воды 42, контроля работы вентилятора 44 и другие приводят также к полному прекращению подачи газа на горелку. С восстановлением контролируемых этими датчиками параметров горелка вновь начинает функционировать сначала на малом режиме, а затем (в зависимости от положения заслонки относительно сопла 36) восстанавливается номинальный режим ее работы. Так реализуются ступенчатая защита и регулирование.

В случае погасания пламени запальника 51 находящаяся под воздействием газовоздушной смеси биметаллическая заслонка 54, деформируясь, открывает сопло и во всех каналах контроля 45, защиты 28 и регулирования 27 устанавливается атмосферное давление. Это приводит к полному прекращению подачи газа ча горелку. Через запальную горелку расходуется газ в течение времени, определенного гидравлическим сопротивлением дросселя 15 и емкостью полости 22. Если за это время запальная горелка вновь автоматически не воспламенится, то жесткий центр 10, опустившись, прикроет седло и подача газа прекратится также и на запальную горелку.

При установлении атмосферного давления в канале 45 жесткий центр 33 под действием подпружинной заслонки 20, перемещаясь вверх, замыкает контакты 30. Через нижнее сопло заслонки 20 дроссель 15 и нижнее сопло заслонки 16 газ поступает в полость 22 малого клапана. Первые несколько секунд жесткий центр 10, находясь в верхнем положении, продолжает удерживать контакты 14 в замкнутом положении.

Одновременно оказываются замкнутыми и контакты 2 жестким центром 6, который, опустившись на седло 5, прекращает подачу газа на горелку. Контакты же 49 в результате наличия разрежения в борове замкнуты. Электроцепь спирали 53 замыкается, загорается сигнальная лампа 52, от накала спирали 53 воспламеняется запальник 51, заслонка 54 прикрывает сопло и в канале 45 вновь восстанавливается давление газа, а жесткий центр 33, перемещаясь вниз, размыкает контакты 30, обесточивая спираль 53, и обеспечивает фиксацию клапана 10 в верхнем положении, что поддерживает подачу газа на запальник. Если за время заполнения полости 22 (20–30 с) запальник по каким-либо причинам не воспламенится, то жесткий центр 10, перемещаясь вниз, сначала разомкнет контакты 14, обесточив спираль 53, затем, прикрыв седло, прекратит подачу газа на запальник. Таким образом, подача газа на все газогорелочные устройства объекта прекратится и повторный пуск окажется возможным только после нажатия на пусковую кнопку 11.

При нарушении тяги сопло 47 датчика 48 откроется, что приведет к полному прекращению работы объекта, так как этот датчик также подключен к каналу контроля 45. Если нарушение тяги окажется кратковременным и не превысит по времени заполнение камеры 22 газом, то с восстановлением тяги в борове работа газогорелочных устройств автоматически восстановится. Когда разрежение в борове отсутствует, сопло 47 датчика разрежения 48 открыто и контакты 49 разомкнуты. Это необходимо для исключения накала спирали 53 при отсутствии тяги, что немаловажно по технике безопасности. По этой же причине важно и то, что контакты 2 замыкаются жестким центром 6 только после прекращения подачи газа на горелку.

Прекращение подачи газа на горелку вызывает снижение давления в полости реле сигнализации 60 и жесткий центр 61 под действием силы тяжести, опускаясь вниз, замыкает контакты 63 и 62. Контакты

62 управляют цепью сигнализации – электрозвонка, и если тумблер 64 замкнут, то сигнальное устройство 65 оповестит об аварийном прекращении подачи газа на горелку. Контакты же 63 могут быть использованы вместо контактов 2 на объектах с повышенными требованиями к технике безопасности и обеспечат замыкание цепи розжига не сразу по прекращении подачи газа на горелку, а с некоторой временной выдержкой, определенной дросселем 59 и емкостью полости реле сигнализации 60. Система САУ-ГТО допускает использование как инжекционных, так и смесительных горелок. При применении смесительных горелок предусматривается позиционная заслонка воздуха 58 на выходе дутьевого вентилятора, управляемая подпружиненной мембраной, полость 57 которой связана с выходом клапана 1. Каждой ступени регулирования подачи газа соответствует вполне определенное положение заслонки 58, что обеспечивает точное пропорционирование газовоздушной смеси при ступенчатом регулировании.

К каналам контроля и защиты системы можно подключить неограниченное число датчиков типа "сопло-заслонка". Это позволяет контролировать и защищать неограниченное число параметров. В САУ-ГТО единый принцип управления для всех датчиков: открытие сопл датчиков соответствует выключению, закрытие – включению объекта в работу по соответствующему каналу. Этим и обусловлена самоконтролируемость системы, так как обрыв соответствующего канала равносилен открытию сопла его датчика и, следовательно, выключению объекта по этому каналу.

При малой телемеханизации пневматическую кнопку 46 для фиксации в том или ином положении удобнее совместить с электрическим тумблером 64, который вместе с кнопкой 11 и лампочкой 52 выносится на единый пульт. Управление элементами этого пульта легко телемеханизировать, что позволяет организовать диспетчеризацию управления несколькими газифицированными объектами. На разработанном пульте управления САУ-ГТО предусмотрены дополнительно три

сигнальные лампочки для показательного указания неисправностей в работе котельной. Это достигается замыканием электроконтактов под воздействием жестких центров 10, 19 и 25. Четвертая лампочка пульта управления, помещенная рядом с пусковой кнопкой, соответствует поз. 52 на рис. 122.

3. Автоматизация водогрейных котлов и калориферов с механическими и ротационными форсунками

Котлы с механическими форсунками, работающими на дизельном топливе, пока еще не получили у нас столь широкого применения, какое они имеют за рубежом. Однако в последнее время вопросам сжигания легкого жидкого топлива, например дизельного, в форсунках механического распыления в отопительных котлах придается все большее значение. В ряде районов, где нет газа, сжигание легкого жидкого топлива для отопления является наиболее выгодным и технически легко осуществимым. Механические форсунки выпускают различной производительности: 4 – 50 кг/ч сжигаемого топлива при давлении распыла от 500 до 5000 КПа.

Выбор типа форсунки производится по производительности и давлению распыла и в зависимости от объема топки и теплопроизводительности котла.

Механическая форсунка может быть использована также в качестве запального устройства в больших котельных агрегатах, отапливаемых тяжелыми сортами жидкого топлива (мазут). В этом случае значительно упрощается автоматизация сжигания тяжелого жидкого топлива.

Автоматическая форсунка АФ-65 является типичной механической форсункой, работающей на легком жидком топливе.

Корпус форсунки может укрепляться на дверке фронтовой плиты котла. На корпусе смонтирован электродвигатель с удлиненным валом, который через эластичное сцепление соединен с топливным насосом

и вентилятором, расположенным в корпусе. Следовательно, при вращении электродвигателя с той же частотой вращаются шестеренчатый насос и вентилятор, который подает в топку воздух, необходимый для горения топлива.

Количество подаваемого воздуха обычно регулируют вручную путем открытия или закрытия щелевых жалюзи, расположенных с всасывающей стороны центробежного вентилятора. Поступающее в топку распыленное топливо зажигается от искры на электродах зажигания, расположенных над распылителем. Искру для воспламенения топлива вырабатывает трансформатор зажигания, который на вторичной обмотке имеет напряжение 10000 В. Контроль искры производится фотосопротивлением, располагаемым в корпусе форсунки.

Форсунка имеет в топливном трубопроводе запорный электромагнитный клапан, который прекращает поступление топлива в топку котла в случае выхода из работы форсунки. Перед электромагнитным клапаном установлен топливный фильтр, предупреждающий загрязнение топливопровода, насоса и распылителя форсунки.

Работа форсунки АФ-65 автоматизирована. Автоматика смонтирована в отдельном щите управления, который может укрепляться на стене или непосредственно на отопительном агрегате вблизи форсунки.

Принципиальная электрическая схема автоматики форсунки представлена на рис. 123. Система автоматики форсунки обеспечивает выполнение следующих функций: а) автоматическое двухпозиционное регулирование температуры воды в котле т.е. включение форсунки при снижении температуры воды ниже заданной и автоматическое прекращение сжигания топлива, если температура воды достигла верхнего заданного предела; б) выключение форсунки при аварии не более как через 10 с после погасания факела в топке, а также в случае засорения распылителя или по каким-либо другим причинам; в) сигнализацию о нарушениях в системах питания и защиты.

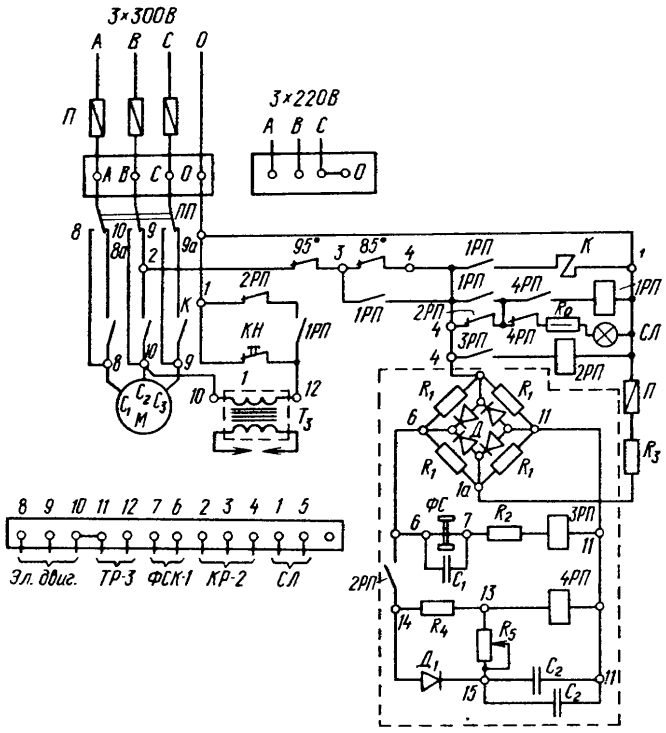


Рис.123. Принципиальная электрическая схема автоматизации механической форсунки

Работа автоматики происходит следующим образом.

При переводе пакетного переключателя ПП в положение "Автомат", если температура в котле будет ниже заданной минимальной температуры (например, 85°С), контакты 2–3 и 3–4 датчиков реле температуры будут замкнуты. В точках 4–1 а включается под напряжение выпрямитель, в точках 6 и 11 будет напряжение постоянного тока.

Под воздействием тока через цепь 11 обмотка 3РП – R_2 – 7 – C_1 – 6 включается реле 3РП. Далее замыкается контакт 3РП в цепи реле 2РП и под напряжение включается обмотка реле 2РП. Замыкается

контакт 2РП (в цепи 6–14) и заряжаются конденсаторы C_2 через диод $Д_1$. Под напряжение попадает также реле 4РП (цепь 6 – 2РП – 14 – R_4 – 13). Поскольку конденсатор C_1 заряжен, прерывается ток в обмотке реле 3РП, так как факела еще нет и сопротивление фотоэлемента весьма велико. Реле 3РП и 2РП выключаются, а контакт реле 2РП (цепь 6–14) размыкается. Реле 4РП остается под напряжением, так как оно питается от конденсаторов C_2. В этом положении переключателя ПП замыкаются также контакты реле 2РП в цепи реле 1РП и трансформатора зажигания. Вследствие того что реле 4РП остается под напряжением на 10–20 с до разрядки конденсатора C_2, контакт 4РП в цепи реле двигателя 1РП будет замкнут. Следовательно, реле 1РП включается под напряжение и замыкает свои контакты. Таким образом, напряжение будет подано в обмотку контактора К, и электродвигатель форсунки начнет работать.

В это же время включается трансформатор зажигания (цепь 2 – 10 – 12 – 1РП – 2РП – 1) и появляется искра на электродах зажигания, от которых воспламеняется топливо. Свет от пламени попадает на фотосопротивление, и его сопротивление снизится настолько, что произойдет срабатывание реле 3РП. Контакты 3РП включат реле 2РП и произойдет следующее: а) замкнется контакт 6 – 14 реле 2РП, реле 4РП останется под напряжением и конденсатор C_2 будет заряжаться; б) разомкнется контакт реле 2РП в цепи трансформатора зажигания и искра на электродах зажигания исчезнет; в) разомкнется контакт реле 2РП в цепи реле 1РП, но реле останется под напряжением через собственный блокировочный контакт.

В этом положении схемы форсунка будет работать, обеспечивая нагрев теплоносителя. При достижении минимальной установленной температуры теплоносителя замкнется контакт в цепи 3–1, но форсунка будет работать, так как будет замкнут контакт реле 1РП. Когда температура теплоносителя достигнет верхнего предельного уровня, разомкнется контакт в цепи 2–3

и форсунка остановится, так как реле 1РП и контактор К выключаются.

При понижении температуры замкнется контакт датчика реле температуры в цепи 2 – 3, но форсунка не запустится, так как цепь 3 – 4 будет еще разомкнута. Когда температура нагреваемой среды упадет ниже заданного значения, замкнется цепь 3 – 4 и форсунка вновь начнет работать. Если во время работы форсунки погаснет факел, сопротивление фотосопротивления в цепи реле 3РП резко возрастет и реле 3РП выключится, что приведет к выключению реле 2РП и подаче напряжения на трансформатор зажигания, который обеспечит появление искры на электродах зажигания. Одновременно произойдет отключение контакта реле 2РП в цепи 6 – 14 и реле 4РП через 10 – 20 с выключится, если только в этот промежуток времени факел снова не появится и фотосопротивление не возьмет его под контроль.

Если факел не загорелся, контакт реле 4РП в цепи реле 1РП разомкнется и отключит реле 1РП и контактор К. Электродвигатель форсунки остановится и форсунка будет находиться в так называемом аварийном положении. В этом случае должна загореться сигнальная лампа СЛ, так как в ее цепи замкнется контакт реле 4РП.

После аварийной остановки и устранения неисправностей форсунка может быть пущена в работу только после нового включения в положение "Автомат" пакетного переключателя ПП.

Электрическая схема может работать и при ручном управлении. Для этого переключатель ПП должен быть переведен в положение "Ручное". При нажатии на кнопку КН "Ручное зажигание" подается ток на трансформатор зажигания и в электродвигатель форсунки, и, пока не загорится факел в топке, необходимо кнопку КН держать включенной. При ручном управлении датчика реле температуры не работают, а поэтому необходимо постоянно следить за температурой нагреваемой среды и вручную выключать форсунку поворотом

переключателя ПП в положение "Выключено". Ручное управление автоматизированной форсункой допускается только временно до исправления системы автоматики.

Подробное описание схемы защиты и регулирования механической форсунки АФ-65 было дано потому, что эта схема типична почти для всех типов отечественных и зарубежных автоматизированных механических форсунок, работающих на легком жидком топливе.

Некоторые отличия содержатся в конструктивном исполнении самой форсунки, шестеренчатого насоса, в применении электромагнитных клапанов для отсечки подачи топлива при прекращении горения, в приборах защиты при погасании пламени и в конструкции щита управления.

Механическая форсунка аналогичного типа (рис. 124) с расходом топлива до 30 кг/ч была создана в НИИсантехники для использования с чугунными секционными котлами.

Автоматика этой механической форсунки и котлоагрегата имеет более простую схему (рис.125). При подаче напряжения на магнитный пускатель ПМ электродвигатель приводит в движение вентилятор и шестеренчатый насос. Топливо из расходного бака через фильтр самотеком поступает в шестеренчатый насос и из него под давлением до 10 кгс/см^2 (1 МПа) в перепускной клапан и электромагнитный клапан, установленный перед распылителем форсунки. В первый период пуска форсунки электромагнитный клапан СК закрыт и топливо сливается через перепускной клапан обратно в расходный бак. В это время происходит вентилирование топки котла, чтобы избежать возможного образования взрывоопасной смеси. Вентилирование топки обеспечивается электромеханическим реле времени РВ в течение 30 – 120 с. После окончания процесса вентилирования реле времени дает команду на открытие электромагнитного клапана и топливо начинает поступать в распылитель форсунки. Одновременно подается напряжение на трансформатор зажигания ТРЗ, от которого высокое напряжение поступает на элект-

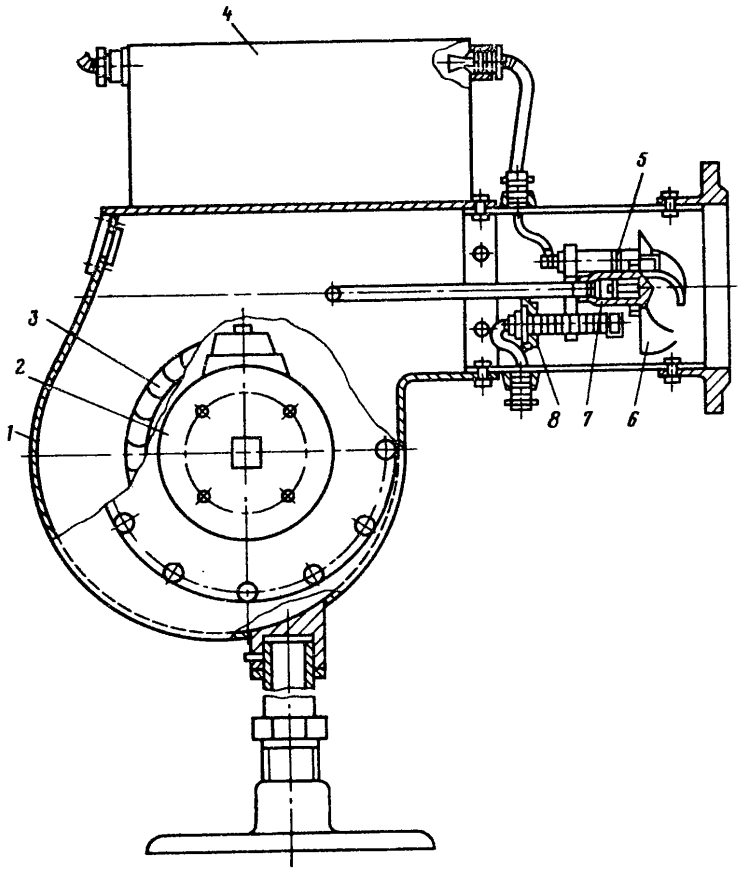


Рис.124. Механическая форсунка НИИсантехники
1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – вентилятор; 4 – трансформатор зажигания; 5 – электроды зажигания; 6 – завихритель; 7 – распылитель топлива; 8 – фотодатчик

роды зажигания и от возникшей на них искры топливо воспламеняется.

Появившееся устойчивое пламя берется под контроль фотодатчика, после чего происходит отключение трансформатора зажигания и теплового реле механической защиты.

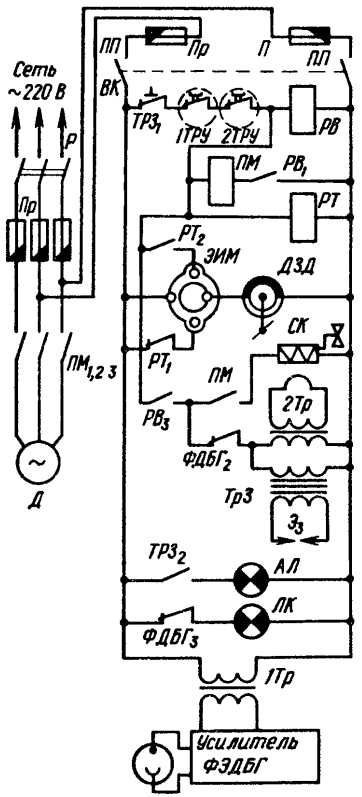


Рис. 125. Принципиальная схема автоматизации отопительного водогрейного котла с механической форсункой НИИсантехники
1ТРУ – УТРУ – контакты терморегулирующих устройств; ПМ – пускатель магнитный; Пр – предохранитель; РВ – реле времени; СК – соленоидный клапан; ФДБГ – фотодатчик безопасности горения; 1ТР – 3ТР – трансформаторы; ЭИМ – электрический исполнительный механизм; ПП – пакетный переключатель; ТРЗ – тепловое реле времени; ДЗД – двухпозиционный исполнительный механизм; ЛК – сигнальные лампы

Если по какой-либо причине топливо за установленный период времени (30-120 с) не загорится, то форсунка будет отключена тепловым реле времени РТ.

Если пламя неожиданно погаснет во время работы, то также произойдет отключение форсунки тепловым реле времени. Указанная выдержка времени необходима для того, чтобы исключить остановку форсунки вследствие случайного попадания в распылитель вместе с топливом небольшого количества воды, что нередко приводит к временному погасанию пламени.

После отключения установки тепловым реле повторный ее пуск возможен только вручную при условии устранения неисправностей.

Так как механическая форсунка является неотъемлемой частью теплогенератора, например котла, то она связана с ним, как и в первом варианте, посредством датчиков-реле температуры, двухпозиционного принципа действия. Для этого котел оборудуют одним рабочим датчиком-реле температуры, который обеспечивает выключение форсунки при достижении максимальной величины температуры и включается вновь при ее снижении на величину установленного на приборе дифференциала.

Величину дифференциала прибора устанавливают исходя из объема воды в системе отопления и определяют требуемой равномерностью поддержания температуры в помещении, а также оптимальной частотой включения форсунки. Дифференциал рабочего датчика-реле температуры составляет 8-12 °С.

Рядом с рабочим датчиком-реле температуры на трубопроводе горячей воды устанавливают второй датчик-реле температуры, на который возложены функции отключения при перегреве воды, если первый датчик-реле температуры по каким-либо причинам не сработал.

В схему автоматики включена цепь управления двухпозиционным электрическим исполнительным механизмом ДЗД, который закрывает дроссельную заслонку дымохода при погасании факела, предупреждая благодаря тяге резкое охлаждение котла. В настоящее время двухпозиционный электрический исполнительный механизм заменен пропорциональным.

Заметное распространение в котлах малой производительности получили форсунки с воздушным распыливанием мазута. В зависимости от давления воздуха они могут быть низко- и высоконапорными.

Форсунки воздушного распыливания рассчитаны на использование мазута вязкостью 5-7° ВУ, что соответствует температуре мазута перед форсункой 93-85 °С.

Первоначально по аналогии с механическими форсунками были разработаны схемы автоматизации ротационных форсунок на основе двух- и трехпозиционного принципов регулирования производительности. Однако проведенные испытания показали, что для обеспечения длительной надежной работы отопительного секционного чугунного котла с ротационной форсункой при изменении производительности по топливу от 30 до 200 кг/ч необходимо иметь не позиционное, а плавное изменение подачи топлива. Периодическое включение и выключение котлоагрегата, оборудованного ротационной форсункой, ведет к частой и быстрой смене теплового напряжения чугунных секций котла, вследствие чего возникает температурная усталость металла, появляются трещины и котел выходит из строя. Поэтому из условий обеспечения долговечности работы секций чугунных котлов необходимо иметь автоматику, обеспечивающую плавное регулирование теплопроизводительности котла.

Сжигание тяжелого жидкого топлива усложняется тем, что его необходимо предварительно нагреть до 80-90 °С, для чего требуется специальный электроподогреватель с системой циркуляции топлива, фильтром и редуктором. Все это оборудование объединяется в отдельный топливный блок, который устанавливается в непосредственной близости от котла.

Применение топливного блока при наличии типового мазутного хозяйства позволяет надежно стабилизиро-

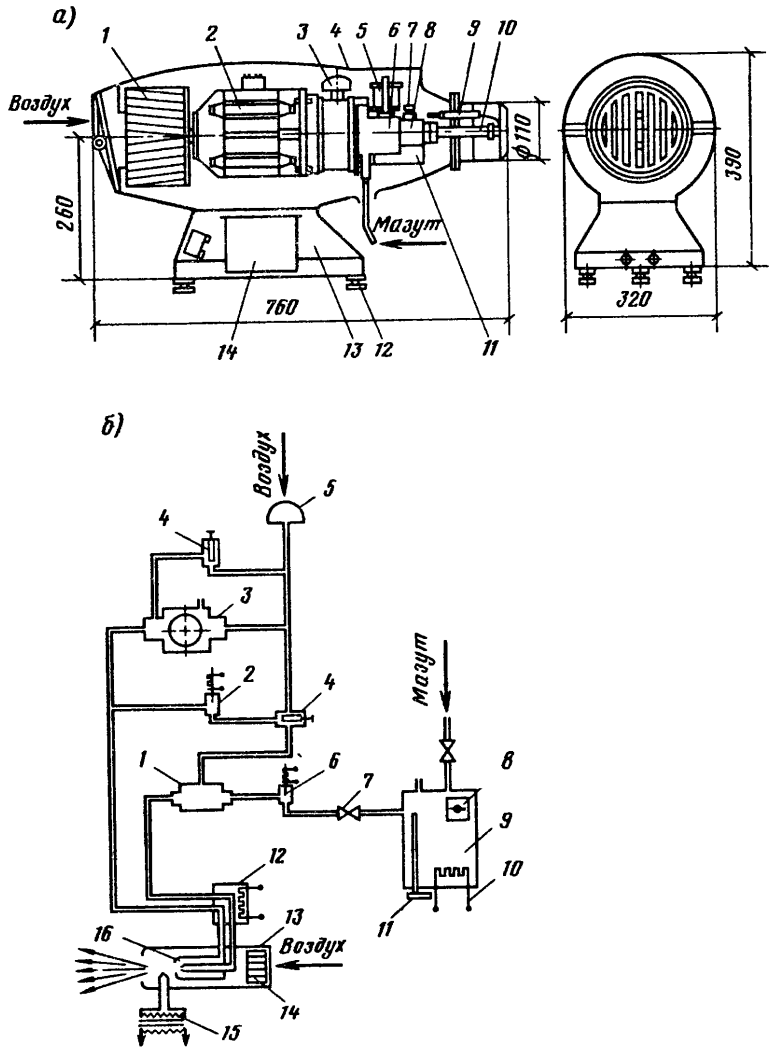


Рис.126. Мазутная форсунка МАФ-66
а – общий вид форсунки: 1 – вентилятор; 2 – электродвигатель; 3 – воздушный фильтр; 4 – компрессор; 5 – топливный электромагнитный клапан; 6 – топливный насос; 7 – топливный регулировочный вентиль; 8 – распределитель; 9 – электроды зажигания; 10 – корпус форсунки; 11 – блок электронагревателя; 12 – опорный винт; 13 – подставка; 14 – трансформатор зажигания; б – технологическая схема форсунки: 1 – топливный насос; 2 – воздушный электромагнитный клапан; 3 – компрессор; 4 – воздушный вентиль; 5 – воздушный фильтр; 6 – топливный электромагнитный вентиль; 7 – проходной вентиль; 8 – топливный фильтр; 9 – бачок-подогреватель топлива; 10 – трубчатый электронагреватель; 11 – терморегулятор; 12 – блок электронагревателя; 13 – корпус форсунки; 14 – колесо вентилятора; 15 – трансформатор зажигания; 16 – распылитель

вать давление мазута перед форсункой независимо от давления в общекотельной мазутной магистрали.

Мазутная форсунка МАФ-66. Эта форсунка предназначена для нагрева индивидуальных отопительных котлов центрального теплоснабжения, различных производственных печей, бойлеров и пр. Форсунка работает на легких фракциях мазута с вязкостью 10° ВУ при температуре 80°С. Следовательно, в этой форсунке может сжигаться такое топливо, как мазут флотский марок ф5, ф12, ф20 и мазут М40.

Работа форсунки (рис.126) полностью автоматизирована. При включении электропитания происходит зажигание распыленного топлива от электрической искры высокого напряжения, т.е. так же, как и в форсунке АФ-65. Кроме автоматического зажигания топлива предусмотрено ручное управление работой форсунки. Форсунка МАФ-66 рассчитана на расход 6 – 30 кг топлива в 1 ч. Этот расход зависит от типа установленного распылителя (диаметр канала сопла), причем максимальная теплопроизводительность форсунки достигает 290 000 ккал/ч. Расход топлива в этой форсунке может также плавно регулироваться вручную специальным вентилем, а первичный воздух – клапаном. В форсунке установлен электродвигатель типа

АО-2-11-4 мощностью 0,6 кВт при частоте вращения ротора 1500 об/мин. Все приборы автоматического управления работой форсунки смонтированы на щите управления, расположенном на стене.

В отличие от форсунки АФ-65 форсунка МАФ-66 снабжена специальным бачком с электроподогревателем, в который топливо поступает от насоса через автомобильный пластинчатый фильтр. Испытания этой форсунки показали, что в начальный период, до воспламенения топлива, поступающая в распылитель смесь должна быть беднее мазутом, чем при нормальном горении. Это обеспечивает надежное воспламенение топливной смеси. Чтобы обеспечить такой режим в период зажигания, автоматически открывается воздушный электромагнитный клапан. Когда наступит нормальное горение, клапан закрывается, и в топку из форсунки поступает обогащенная мазутом топливная смесь. В зависимости от марки мазута посредством вентиля регулируется в период зажигания количество подаваемого воздуха.

К бачку подогревателя подключен компрессор форсунки. В бачке образуется разрежение, что и вызывает приток мазута к форсунке из бачка даже в том случае, когда бачок расположен ниже форсунки.

Ввиду того что форсунка МАФ-66 предназначена для сжигания легких сортов мазута, в системе автоматики предусмотрено устройство, позволяющее при запуске форсунки автоматически создавать топливную смесь требуемого для сгорания состава, благодаря чему она легче зажигается от искры высокого напряжения. После воспламенения топливной смеси автоматически осуществляется ее обогащение мазутом. Вместе с тем автоматика обеспечивает повторное зажигание топливной смеси при случайном погасании пламени. Если же после повторного зажигания воспламенения топлива не произошло, то по истечении 16 с работы трансформатор зажигания выключается и на щите управления загорается сигнальная лампа. Дальнейший пуск форсунки в работу может быть произведен только обслуживающим персоналом после устранения причин, вызвавших остановку. Рабочий режим форсунки восстанавливается переводом рукоятки переключателя из положения "выключено" в положение "автомат".

Если форсунка используется для нагрева воды в отопительных котлах центрального отопления, то контроль температуры воды производится с помощью комбинированного термореле типа КР-2. При управлении работой форсунки по температуре воздуха отапливаемого помещения в качестве датчика температуры обычно используют прибор ДТКМ-38. Регуляторы температуры (как по воде, так и по воздуху) обеспечивают двухпозиционный режим регулирования (включено-выключено)

При использовании форсунки в промышленных печах температуру регулируют обычно с помощью потенциометра программного управления типа ПРП-5212. При этом форсунка работает по заданной температурной программе и с отбором командного импульса посредством термопары, установленной в печи. Запись температуры в печи осуществляется на круговой или ленточной диаграмме отдельным прибором. Для контроля пламени используется фотосопротивление ФСК-1, которое сблокировано с форсункой таким образом, что в случае короткого замыкания форсунка в работу не включится.

Если форсунка используется в паровых котлах, то включение и выключение ее осуществляется по импульсу от реле давления на те же контакты, к которым подключается комбинированное термореле КР-2.

Во избежание перелива некоторого количества топлива из форсунки в топку при ее погасании на топливопроводе устанавливается запорный электромагнитный клапан, подключенный к клеммам электродвигателя, который перекрывает подачу топлива в топливный насос при выключении форсунки.

Электромагнитный клапан ЭМ-2, который предназначен для образования легковоспламеняемой топ-

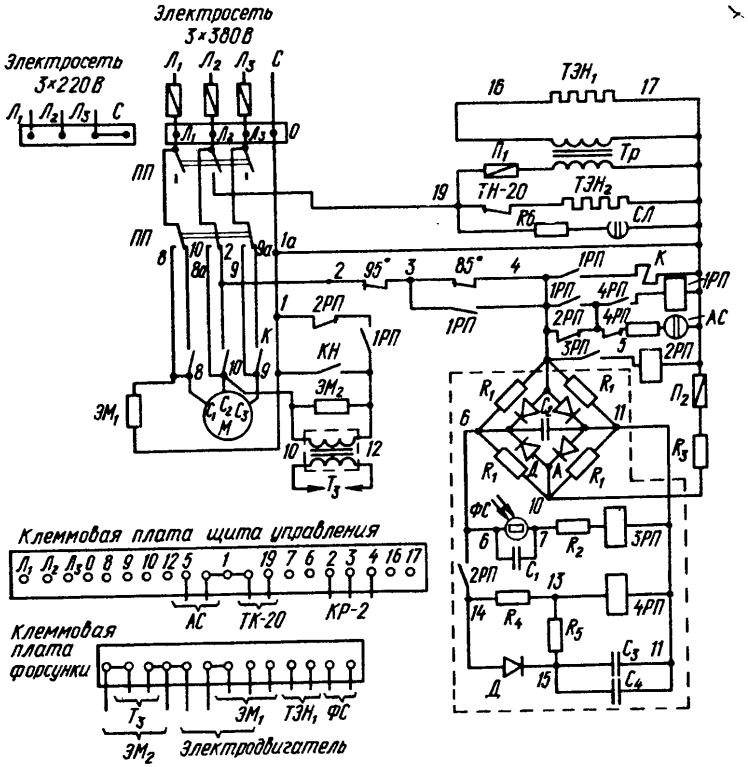


Рис.127. Принципиальная электрическая схема автоматического управления работой форсунки МАФ-66

ливной смеси в момент ее зажигания, присоединяется к клеммам трансформатора зажигания. Для облегчения сжигания легких фракций мазута в системе топливоподачи форсунки предусмотрен электроподогреватель топлива, который питается током от трансформатора 220/36 В и поддерживает температуру подаваемого на распыление топлива на уровне 80°С.

На рис.127 дана принципиальная электрическая схема автоматического управления форсункой МАФ-66. Если при переводе рукоятки пакетного переключателя ПП на автоматическое управление температура воды в котле ниже 85°С, то контакты 2-3 и 3-4 термореле КР-2 замкнуты, в точках 2-4 и 1-1а включается под напряжение выпрямитель и в точках 6 и 11 появляется напряжение постоянного тока, под действием которого заряжается конденсатор C_1 и включается реле 3РП. В результате этого сработает реле 2РП, и через диод Д окажется под током реле 4РП. Поскольку к этому времени факела нет (сопротивление фотодатчика ФС велико) и конденсатор C_1 уже заряжен, реле 3РП обесточится. Контакт реле 2РП 6 - 14 размыкается, а реле 4РП остается под напряжением, так как оно питается от конденсатора C_2 15-13. Замыкаются контакты реле 2РП в цепи трансформатора зажигания.

Поскольку реле 4РП остается под напряжением только на 10-20 с до разряжения конденсатора C_2 в цепи 15-13 и 11, контакт 4РП в цепи магнитного пускателя электродвигателя будет замкнут. В это время реле 1РП включается под напряжение и замыкаются все его контакты. В результате напряжение подается в обмотку у контактора 2 - 3 - 4 - 1РП - К - 1 и электродвигатель запускается. В это же время включается трансформатор зажигания, появляется искра на электродах зажигания, открывается воздушный электромагнитный клапан $ЭМ_2$, образуется топливная смесь с необходимым количеством воздуха, и происходит ее воспламенение. Свет пламени попадает на фотодатчик, сопротивление которого становится бесконечно малым. В результате изменения сопротивления ФС происходит замыкание контактов 6 - 14 реле 2РП, реле 4РП остается под напряжением, и конденсатор C_2 заряжается. Одновременно размыкается контакт реле 2РП в цепи трансформатора зажигания, прерывается искра на электродах зажигания и закрывается воздушный электромагнитный клапан $ЭМ_2$. Размыкается контакт реле 2РП в цепи реле 1РП, но оно остается под напряжением, так как блокируется собственным контактом.

В этом положении схемы форсунка работает, и температура нагреваемой воды повышается. При заданной температуре 85°С размыкается контакт 3-4 реле КР-2, но форсунка не останавливается, так как остается замкнутым контакт реле 1РП. С повышением температуры до 95°С размыкается контакт реле КР-2 (2-3), и форсунка останавливается.

Если после этого выключения температура воды снизится до 95°С, то произойдет замыкание контакта реле КР-2, 2-3, но форсунка не запустится в работу, так как цепь 3-4 еще разомкнута. Когда температура нагреваемой среды падает ниже 85°С, замыкается цепь 2-3-4 и форсунка включается в работу в последовательности, описанной выше.

Если при работе форсунки погаснет факел (в случае засорения топливных каналов, израсходования топлива, неисправности фотодатчика и т.п.), сопротивление в цепи фотодатчика возрастет, вследствие чего реле 3РП выключится, обесточится также реле 2РП и тем самым замкнется в нем контакт, который включит трансформатор зажигания и воздушный клапан $ЭМ_2$ (цепь 1 - 2РП - 1РП - 12 - 10). Далее произойдет образование необходимой для воспламенения топливной смеси и появится искра на электродах зажигания.

Если факел снова не появится, то через 10-20 с отключатся реле 2РП и 4РП. Контакт реле 4РП в цепи реле 1РП разомкнется и обесточатся реле 1РП и контактор К. Двигатель форсунки остановится и форсунка окажется в так называемом аварийном режиме, загорится сигнальная лампа АС, так как замкнется соответствующий контакт реле 4РП.

Повторное включение форсунки в работу может быть осуществлено только вручную после снятия аварийного режима, для чего необходимо выключить и снова перевести на автоматическое управление пакетный переключатель.

Следует отметить, что в этой схеме можно снимать фотосопротивление только в том случае, если

пакетный переключатель находится в нулевом положении.

Вместо комбинированного реле КР-2 в цепь управления можно включить любой другой терморегулятор или регулятор давления, чем можно в широких пределах изменять диапазоны регулирования.

За рубежом имеется большое разнообразие конструкций и схем регулирования механических форсунок, предназначенных для сжигания главным образом легкого жидкого топлива (керосина, дизельного масла), которые автоматизированы аналогично вышеописанным схемам, в связи с чем в обзоре не рассматриваются.

Ротационная форсунка Р-1-150. Сжигать тяжелое жидкое топливо (мазут марки М80-М100) даже в разогретом (до 100°С) состоянии в форсунках с механическим распылением не представляется возможным, так как наличие в нем высокомолекулярных углеводородов вызывает закоксовывание отверстия распылителя, а это приводит к прекращению горения. Поэтому тяжелое жидкое топливо сжигают в форсунках ротационного распыления.

В НИИсантехники была разработана система автоматики для выпускаемой заводом "Тэрас" (г. Таллин) ротационной форсунки Р-1-150, которая по своей производительности может быть использована с чугунными водогрейными отопительными котлами типа "Универсал-6М" и "Энергия-6". Разработке системы автоматики этой форсунки предшествовали длительные исследования процесса сжигания тяжелых фракций мазута посредством форсунки Р-1-150 в чугунных секционных отопительных котлах на ручном режиме под руководством инж. О.П.Семенова. Эта форсунка, выпущенная заводом без системы автоматики, не имела встроенных подогревателей мазута, регуляторов количества подаваемого топлива и управляемых заслонок подачи первичного и вторичного воздуха для сжигания топлива.

При теплотехнических испытаниях отопительных котлов с ротационной форсункой и ее ручном регулирова-

нии были получены характеристики работы основных узлов форсунки и регулировочные характеристики: пределы регулирования соотношения топливо–воздух и расхода топлива в зависимости от установленных температур воды на выходе из котла; скорости изменения регулируемых параметров и связанные с этим угловые перемещения приводов регулирующих органов для создания работоспособных кинематических связей.

Эти испытания показали также, что для обеспечения длительной и надежной работы котла с ротационной форсункой, допускающей изменение расхода топлива от 30 до 170 кг/ч, а также для увеличения диапазона регулирования температуры необходимо иметь устройство не позиционного, а плавного изменения подачи топлива в форсунку. Кроме того, периодическое включение и выключение котлоагрегата с форсункой, обладающей такой производительностью, ведет к частой и резкой перемене температур отдельных чугунных секций котла, вследствие чего возникает температурная усталость металла и как следствие этого трещины в секциях, что приводит к выходу котла из строя.

Поэтому исходя из условий надежности и расширения диапазона устойчивой работы форсунки для чугунных секционных котлов теплопроизводительностью более 50 000 ккал/ч следует иметь плавное автоматическое регулирование теплопроизводительности с пропорциональной зависимостью от изменения регулируемого параметра, т.е. температуры прямой воды или соотношения температур прямой и обратной воды как без, так и с коррекцией по наружной температуре или в зависимости от суммы внешних переменных параметров.

Разработанная лабораторией автоматизации НИИ сантехники система автоматизации ротационной форсунки Р–1–150 с пропорциональной зависимостью была установлена на котле "Универсал–6" (рис.128).

Справа от форсунки 19 расположен топливный блок, состоящий из подогревателя мазута 9 с двумя дилатометрическими датчиками температуры 13, редуктора 12 для стабилизации давления мазута перед форсункой,

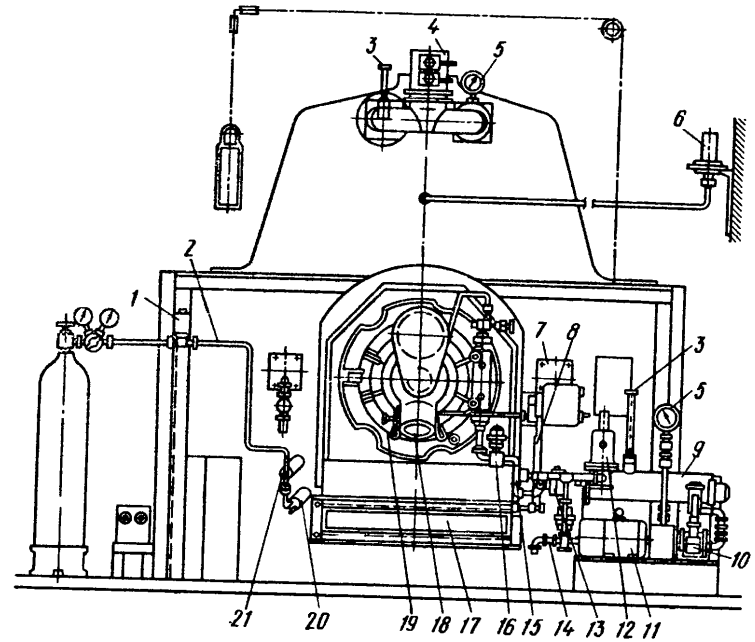


Рис.128. Общий вид фронта котла "Универсал–6" с автоматизированной ротационной форсункой Р–1–150

1 – электромагнитный клапан; 2 – газовый трубопровод; 3 – термометр; 4 – датчик температуры воды; 5 – манометр; 6 – датчик разрежения тяги; 7 – электрический исполнительный механизм; 8 – тяга; 9 – электроподогреватель мазута; 10 – насос; 11 – электродвигатель; 12 – редуктор мазута; 13 – датчик температуры мазута; 14 – электромагнитный клапан; 15 – редукционный клапан мощности; 16 – отсечной клапан; 17,18 – заслонки; 19 – корпус форсунки; 20 – запальник; 21 – фотодатчик наличия пламени

циркуляционного насоса 10 с электродвигателем 11, электромагнитного клапана 14 кольца циркуляции топлива, манометра 5 и термометра 3. Слева от форсунки расположен баллон со сжиженным газом, который используется в короткий период только в запальной горелке для воспламенения мазута. На газовом трубопроводе 2 установлен электромагнитный клапан 1 запальника 20. Над запальником расположен фотоэлектрический датчик прибора контроля пламени 21. Сам электронный прибор контроля пламени располагается в основном щите управления котлоагрегатом.

Котел снабжен только датчиком разрежения 6 и не имеет устройств для пропорционального регулирования тяги. В качестве датчика был использован созданный в лаборатории автоматизации НИИсантехники инженерами С.С.Нагорновым и Г.М.Глущенко сигнализатор контроля разрежения с электронной приставкой, располагаемой в щите управления. На выходе горячей воды из котла в патрубке установлен термочувствительный элемент 4 регулятора температуры, который пропорционально управляет работой электрического исполнительного механизма 7 в зависимости от температуры горячей воды. В этом же патрубке помещен второй двухпозиционный дилатометрический датчик температуры 4 типа ТУДЭ, служащий в качестве защитного прибора и выключающий котел из работы при перегреве воды сверх допустимого значения. В непосредственной близости от датчика температуры устанавливаются термометр 3 и манометр 5, по которым обычно визуально следят за параметрами воды или пара в котле.

Мазут из топливного блока с температурой 90–95°С поступает через редукционный клапан мощности 15 в электромагнитный отсечной клапан 16 и далее в форсунку. Редукционный клапан, заслонка 18 первичного и заслонка 17 вторичного воздуха посредством жестких тяг 8 соединены с подвижным звеном пропорционального электрического исполнительного механизма 7 типа ПР-1М. Этот механизм получает команду от регулятора температуры. В зависимости от типа установленного регулятора температуры (статического, астатического, программного, с автокоррекцией или без нее) производится регулирование подачи топлива.

Разработанная система автоматики котла обеспечивает автоматический пуск его в работу, контроль горения и поддержание заданной по отопительному графику температуры горячей воды на выходе из котла. Системой безопасности предусмотрено немедленное выключение котла при погасании факела, падении разрежения в топке, перегреве воды на выходе из котла сверх допустимой температуры (95 или 115°С), а также при падении давления в питающей магистрали. В случае отклонения температуры горячей воды на выходе из котла от заданного значения автоматические регуляторы осуществляют плавное изменение расхода топлива одновременно с изменением количества первичного и вторичного воздуха. Это обеспечивает постоянство заданного режима горения при различных нагрузках форсунки.

Автоматический пуск котла производится в определенной последовательности. При нормальных значениях разрежения в топке и давления воды, а также при температуре воды ниже предельно допустимой после нажатия на щите управления кнопки "пуск" включается подогрев мазута в топливном блоке. При разогреве мазута электроподогревателями типа ТЭН до температуры 55–60°С включается циркуляционный шестеренчатый топливный насос и по контуру циркуляции (насос – электроподогреватель – насос) начинает циркулировать топливо. Одновременно включается электродвигатель форсунки и производится продувка топки. После нагрева топлива в контуре циркуляции до температуры 90–95°С и завершения продувки топки топливный блок автоматическим переключением электромагнитных клапанов переводится с режима циркуляции на подачу топлива в форсунку. В это же время в электрогазовый запальник начинает подаваться газ, который зажигается от искры на электродах зажига-

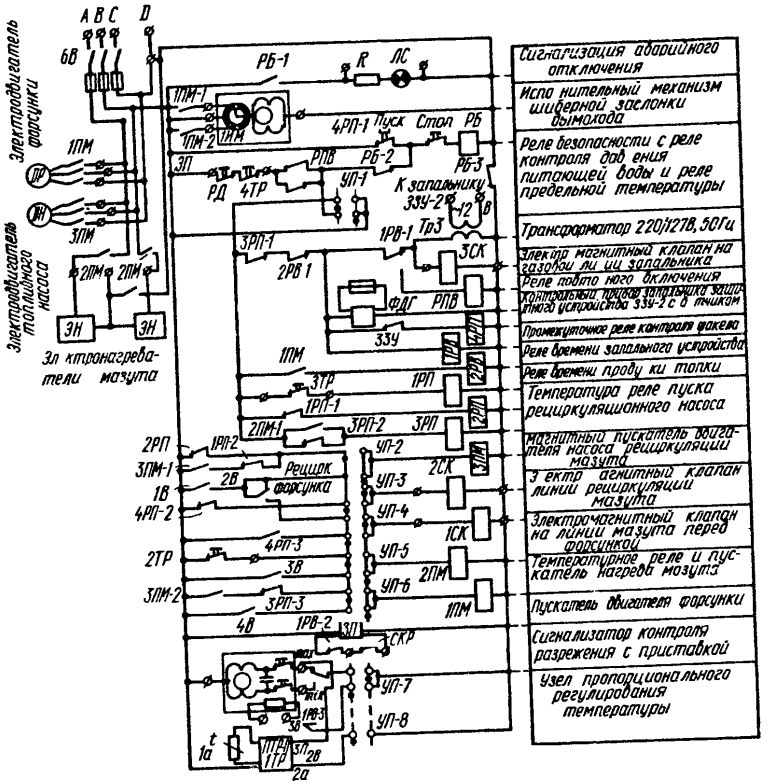


Рис.129. Принципиальная электрическая схема автоматического управления котлоагрегатом, оборудованным ротационной форсункой

ния. Все эти режимы поддерживаются и регулируются программным реле времени.

На рис. 129 приводится принципиальная электрическая схема автоматического управления котлоагрегатом. Автоматическое исполнение команд в этой схеме производится в такой последовательности. При установке универсального переключателя УП в положение "авт." при нормальном давлении воды в котле, а также при температуре горячей воды ниже заданной контакты реле давления РД и терморегулятора 4ТР будут замкнуты. При нажатии на кнопку "пуск" подается питание в реле РБ, которое включает схему автоматического управления и отключает лампочку аварийной сигнализации. В том случае если температура мазута низкая, в мазутоподогревателе контакты 2ТР терморегулятора будут замкнуты. Через контакты 2ТР подается питание на катушку магнитного пускателя 2ПМ, включающего электроподогреватель мазута ЭН. Через терморегулятор 3ТР включается промежуточное реле 1РП, подающее питание в реле 2РП и исключающее возможность включения магнитного пускателя 3ПМ топливного насоса. Далее подается питание на электронную приставку ЭП сигнализатора разрежения СКР. Электрический исполнительный механизм 2ИМ на топливном регулирующем кране переводится в положение минимального расхода топлива, так как только при этом условии происходит надежное его воспламенение.

В начальный период пуска осуществляется только подогрев мазута в мазутоподогревателе. При нагреве мазута до 55°С терморегулятор 3ТР размыкает свои контакты и обесточивает реле 1РП, которое своим контактом 1РП-1 включает реле 2РП. Последнее включает магнитный пускатель топливного насоса 3ПМ и магнитный пускатель электродвигателя форсунки 1ПМ через промежуточное реле 3РП. Промежуточные реле 2РП и 3РП необходимы, чтобы предотвратить срабатывание магнитных пускателей 1ПМ и 3ПМ во время первоначального включения схемы под напряжение. Одновременно с включением топливного насоса открывается электромагнитный клапан 2СК, создавая контур рециркуляции топлива и включая реле времени 2РВ.

Функция реле 2РВ заключается в том, чтобы задержать зажигание запальника в случае, если время

нагрева топлива до 90–95°С будет меньше, чем необходимое время продувки. Это явление может наблюдаться при повторном включении котлоагрегата. После срабатывания реле времени 2РВ и нагрева мазута в контуре рециркуляции до 90–95°С терморегулятором 2ТР включается магнитный пускатель 2ПМ и подается питание на промежуточное реле 3РП, которое включает трансформатор зажигания ТР3 (электромагнитный клапан 3СК на газовом трубопроводе, реле времени 1РВ и контрольный прибор запально-защитного устройства 3ЗУ).

При воспламенении газа на выходе из запальника срабатывает контрольный прибор 3ЗУ и включается промежуточное реле 4РП, через контакты которого включается электромагнитный клапан 1СК, в результате чего в форсунку начинает поступать мазут. Одновременно включается электромагнитный клапан 2СК в рециркуляционном мазутопроводе.

Время работы запальника также контролирует реле времени. За период его установки на контакте 1РВ-1 должно произойти зажигание мазута. В случае невоспламенения мазута в установленное время реле 1РВ отключает запальник и включает реле повторного включения РПВ. Так как контрольный прибор 3ЗУ не получит импульса о наличии пламени в топке и контакт 4РП-1 в цепи реле РБ будет разомкнут, реле повторного включения выключит реле РБ и всю схему управления.

Для повторного включения необходимо вновь нажать кнопку "пуск". При нормальном зажигании мазута выключения схемы не происходит, а по истечении времени уставки контакта реле 1РВ-3 пропорциональный терморегулятор 1ТР будет включен на изменение расхода топлива в зависимости от разности между заданной и фактической температурой горячей воды.

Сигнализатор контроля разрежения СКР включается по истечении времени уставки контакта 1РВ-2 реле

времени 1РВ. При этом время уставки несколько больше времени работы запальника (контакт 1РВ-1).

Перевод универсального переключателя УП в положение "ручное управление" дает возможность ручного включения топливного насоса, электронагревателя мазута, электродвигателя форсунки, переключения системы топливопровода с контура рециркуляции на форсунку и изменения расхода топлива. Газ в запальник 3ЗУ-2 подается от стандартного баллона сжиженного газа (пропана-бутана) через редуктор. Давление газа, поступающего в запальник, составляет 100–130 мм вод. ст., что обеспечивает надежное воспламенение мазута разбрызгиваемого форсункой.

В качестве пропорционального терморегулятора 1ТР в этой схеме использовался полупроводниковый терморегулятор ПТРВ-П-06 с диапазоном регулирования 50–130°С. Вместо этого терморегулятора может быть применен новый вариант полупроводникового терморегулятора с пропорциональным командным выходом типа ПТРВ-ПТ-06 с диапазоном регулирования 50–100°С и с термометром сопротивления в качестве чувствительного элемента. Терморегуляторы 2ТР, 3ТР и 4ТР двухпозиционного принципа действия, дилатометрические типа ТУДЭ-$\overline{\text{П}}$ с длиной чувствительной части 265 мм и электрическими контактами, размыкаемыми при повышении температуры. Привод заслонки в дымоходе осуществляется электрическим исполнительным механизмом 1ИМ двухпозиционного действия, но лучше для этой цели применять реверсивный пропорциональный электрический исполнительный механизм типа ПР-1М. Привод крана, регулирующего подачу топлива в форсунку и положение заслонок первичного и вторичного воздуха, производится пропорциональным электрическим исполнительным механизмом 2ИМ типа ПР-1М. Нагрев мазута производится двумя электронагревателями типа ТЭН мощностью по 1 кВт каждый при напряжении 220 В.

В качестве реле времени 1РВ установлено реле

типа ВС-10-31, а в качестве реле времени 2РВ – реле типа РВ4-3. Все промежуточные и вспомогательные реле (1РП, 2РП и другие) относятся к типу РПТ-100, но могут быть заменены любыми другими, желательно герметичными, с соответствующей мощностью контактов. В качестве электромагнитных клапанов применены клапан ЭКМ-1 для мазута и модернизированный клапан СКН-1 для газа. Клапан СКН-1 можно с успехом заменить электромагнитным клапаном типа КГ-10.

Сигнализатор контроля разрежения СКР имеет пределы контроля 0,5–5 мм вод. ст. и работает с электронной приставкой ЭП, задерживающей мгновенное срабатывание СКР при кратковременных нарушениях тяги. В случае длительных устойчивых нарушений тяги (в течение 15–60 с) электронная приставка размыкает цепь реле РБ и выключает форсунку из работы. Время уставки на ЭП может регулироваться от 5 до 80 с.

Ввиду того что сигнализатор СКР с электронной приставкой серийно не выпускается, можно установить вместо него датчик разрежения типа СПД-1, хотя его чувствительность несколько ниже.

Эксплуатация системы автоматики на чугунном секционном отопительном котле "Универсал-6" показала, что данная система пропорционального регулирования подачи топлива и одновременного изменения соотношения топливо – воздух полностью себя оправдывает.

Ротационная форсунка ФМ-20 НИИсантехники. Эта форсунка предназначена для работы на водогрейных отопительных котлах теплопроизводительностью 0,5–1 Гкал/ч при работе на жидком топливе. Конструктивно форсунка и элементы автоматики выполнены в виде единого блока. Программный пуск и остановка осуществляются однократным нажатием соответствующих кнопок.

Система автоматики обеспечивает автоматическое регулирование температуры воды на выходе из котла и температуры мазута в электроподогревателе перед его сжиганием, а также автоматическое прекращение подачи топлива в форсунку с последующим полным отключением котлоагрегата при нарушении нормальной работы в случаях изменения давления воды выше или ниже нормы, перегрева воды в котле сверх допустимого, перегрева жидкого топлива, разрежения в топке меньше предельного, а также невоспламенения топлива при вторичном розжиге. Имеются рабочая и аварийная системы светозвуковой сигнализации.

На рис. 130 представлена принципиальная электрическая схема управления автоматизированной форсункой ФМ-20 НИИсантехники, автоматика которой работает в такой последовательности. Если датчик контроля температуры и давления воды в котле, а также датчик температуры мазута в подогревателе дают разрешение на включение форсунки, то при нажатии на кнопку "пуск" включается в работу блок, который по заданной программе включает регулятор температуры мазута, электродвигатели форсунки и вентилятора и посредством электрического исполнительного механизма открывает подачу воздуха на продувку топки. По окончании продувки блок управления включает устройство контроля предельных значений датчика разрежения в топке и выдает разрешение блоку управления горением на розжиг котла. Блок управления горением по заданной программе при нормальных значениях контролируемых параметров осуществляет розжиг котлоагрегата, т.е. в определенной последовательности производится включение электромагнитных клапанов подачи газа в запальник, клапанов подачи жидкого топлива, электрического исполнительного механизма регулятора температуры воды. После завершения розжига котлоагрегата блок управления горением осуществляет постоянный контроль за предельными отклонениями контролируемых параметров за наличием

Рис. 130. Принципиальная электрическая схема управления автоматизированной форсункой ФМ-20 НИИсантехники

1РД, 2РД – реле давления РД-12; 1ТР, 2ТР, 4ТР – терморегулирующее устройство ТУДЭ-П; ТР – трансформатор зажигания; ЭЗ – запальник; ФД – фотодатчик; ДНТ – датчик напора и тяги; 1СК, 2СК – клапан электромагнитный газовый; ТС – чувствительный элемент терморегулятора ПТР-П; 1П – 3П – пускатель магнитный; 1РВ – реле времени РВ-4-3; 2РВ – реле времени ВС-10; 1РЗ – 3РЗ – РБ, РОП, 1РП, 3РП – электромагнитное реле ПЭ-21; ПТР-П – терморегулятор пропорциональный; ЗЗУ – запально-защитное устройство; 6ЛС – сигнальная лампа; ЭН – трубчатые электронагреватели

пламени и выполняет необходимую блокировку с одновременной сигнализацией.

При невоспламенении топлива во время розжига или исчезновении пламени во время работы котлоагрегата автоматически включается блок повторного розжига. В случае невоспламенения топлива после повторного розжига форсунка автоматически отключается.

Основные технологические режимы имеют сигнализацию об отклонениях от предельных контролируемых параметров. Сигнализация по параметру остается включенной и после выключения форсунки. В схеме управления для контроля срабатывания сигнализации и изъятия ее из памяти устройства предусмотрена специальная кнопка в блоке сигнализации.

В отличие от ранее разработанных схем управления работой форсунок в данную схему введен специальный переключатель вида топлива. Посредством этого переключателя в случае работы котлоагрегата на легком жидком топливе отключаются элементы контроля температуры топлива. Регулирование температуры воды в этой схеме осуществляется пропорциональным терморегулятором ПТР-П-06. Температура мазута в электроподогревателе регулируется двухпозиционно с помощью терморегулирующего устройства ТУДЭ-П.

4. Система автоматики "Пламя"

Унифицированная система автоматики 'Пламя" разработана научно-исследовательским и конструкторско-технологическим Институтом городского хозяйства Министерства коммунального хозяйства УССР, предназначена для оснащения отопительных котельных, содержащих до 10 водогрейных котлов теплопроизводительностью до 1 Гкал/ч и работающих как на жидком, так и на газообразном топливе.

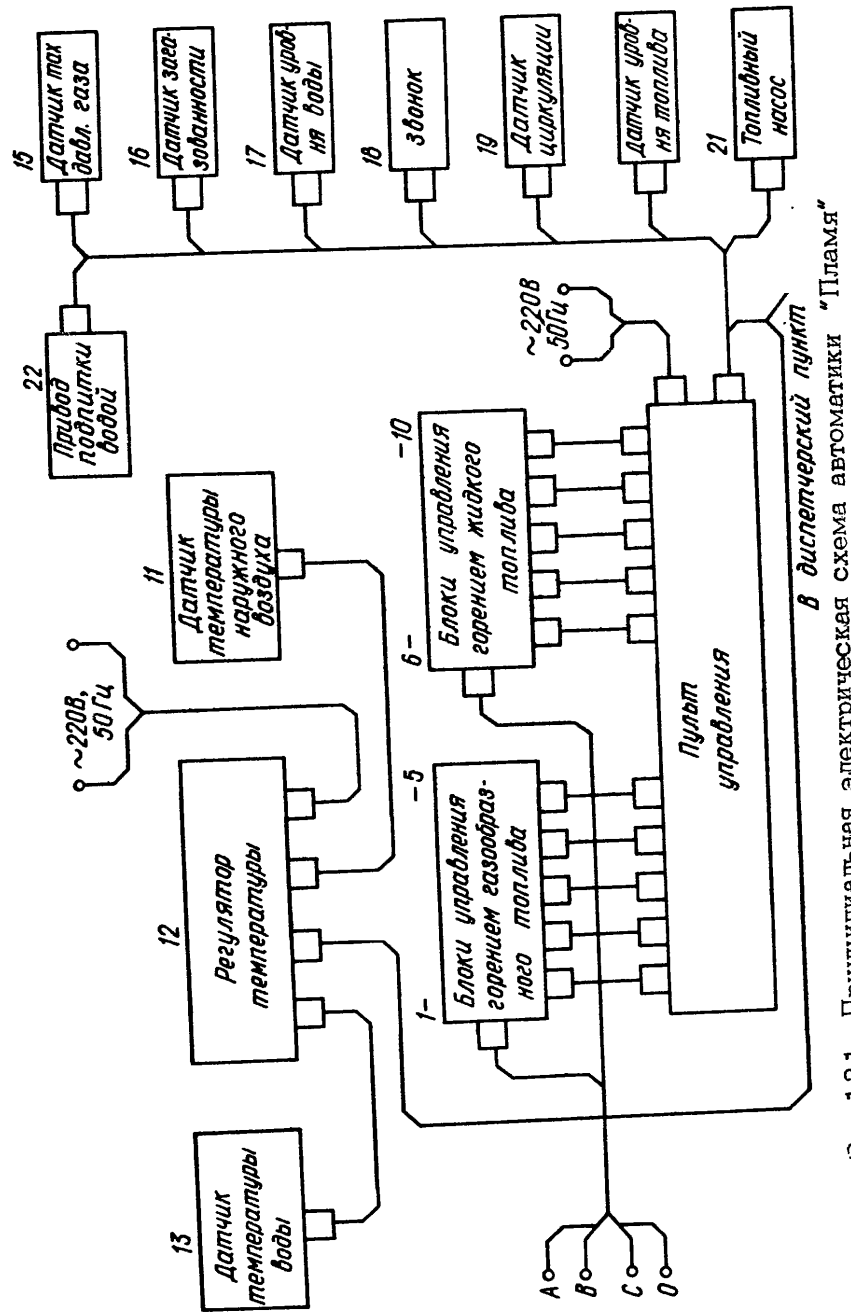


Рис.131. Принципиальная электрическая схема автоматики "Пламя"

Автоматика "Пламя" обеспечивает автоматическое регулирование нагрузки котлов в соответствии с заданным отопительным графиком с выдачей соответствующих сигналов о работе котельной на центральный диспетчерский пункт.

Автоматику "Пламя" выпускают в двух исполнениях. Исполнение первое предназначено для котельных, работающих на легком жидком топливе, а исполнение второе – для котельных, работающих на газе только низкого давления.

Автоматику "Пламя" выпускает по заказам производственное объединение "Киевкоммунприбор".

На рис. 131 представлена принципиальная электрическая схема основных блоков и элементов, входящих в систему автоматики "Пламя". Пульт управления может быть связан одновременно с 10 блоками управления горением (так, например, с пятью, работающими на газе, и с пятью, работающими на жидком топливе).

Автоматика "Пламя", как это видно из рис. 131, обеспечивает защиту всей котельной путем отключения подачи топлива ко всем котлам по сигналам датчиков при отсутствии вентиляции в котельной (по загазованности помещения – датчик 15), снижении уровня воды в расширительном баке (датчик 17) ниже номинального значения на 150 мм или снижении давления воды в отопительной системе (датчик циркуляции 19) до 0,2 мПа, при отсутствии электроэнергии и повышении давления газа свыше 25 МПа (при работе на газообразном топливе). Кроме этого, автоматика "Пламя" обеспечивает защиту каждого котла при погасании пламени, перегреве воды свыше 95–115 °С, нарушении тяги, понижении давления газа перед горелками до 2 мПа и при отсутствии электроэнергии.

Регулирование теплопроизводительности котлов системой автоматики "Пламя" осуществляется путем двухпозиционного изменения расхода топлива по команде от электронного регулятора температуры типа

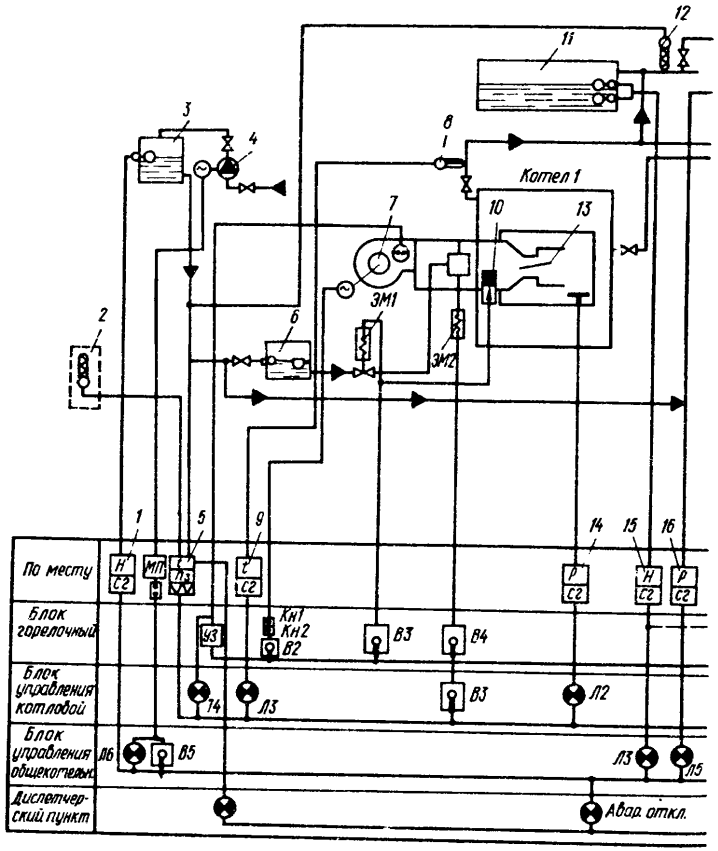
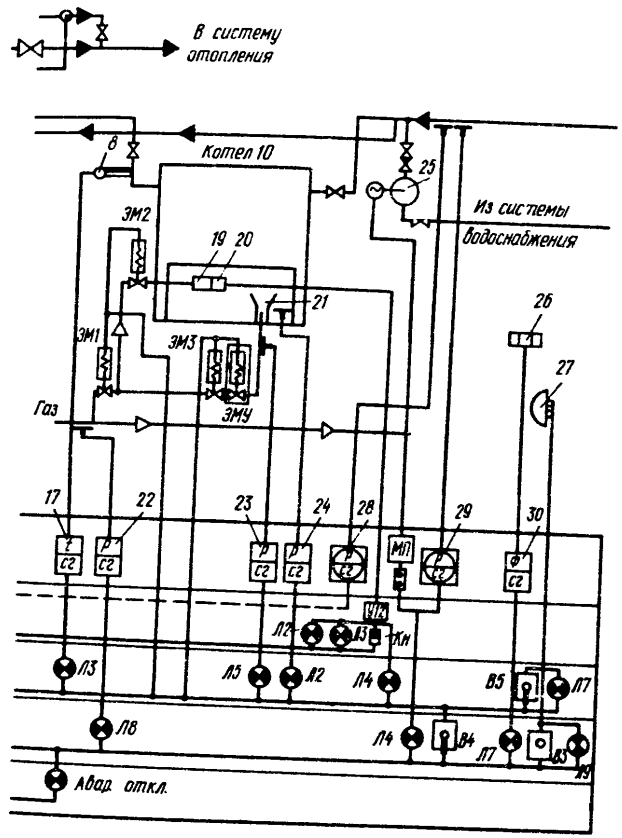


Рис. 132. Общая функциональная электрическая схема автоматики "Пламя"

1 – сигнализатор уровня топлива в главном баке; 2 – датчик наружной температуры; 3 – топливный бак; 4 – насос топлива; 5 – регулятор температуры; 6 – расходный бак топлива; 7 – вентилятор форсунки; 8 – датчик температуры воды в котле; 9 – сигнализатор температуры; 10 – запальник; 11 – расширительный бак; 12 – датчик температуры воды, поступающей в систему отопления; 13 – топка; 14 – сигнализатор давления в топке котла; 15 – сигнализатор уровня в расширительном баке; 16 – сигнализатор циркуляции и



давления в системе отопления; 17 – сигнализатор температуры на выходе из котла; 18 – датчик температуры; 19 – запальник; 20 – контроль наличия пламени; 21 – горелка; 22, 23 – сигнализатор давления газа; 24 – сигнализатор разрежения в топке котла; 25 – насос водяной; 26 – датчик загазованности; 27 – электрический звонок; 28, 29 – показывающий и сигнализирующий прибор давления воды в системе отопления; 30 – прибор контроля загазованности; Кн1, Кн2, Кн – кнопка управления; У3–У12 – блок контроля пламени; В2–В5 – переключатель; Л1 – Л9 – лампа сигнальная; ЭМ1 – ЭМ4 – электромагнитный клапан

РПИБ-2С (рис. 132). Система автоматики имеет отдельные контуры регулирования, которые обеспечивают нормальную работу котельной, как-то: регулирование тяги, регулирование уровня воды в расширительном баке, регулирование уровня жидкого топлива в расходном баке, стабилизацию минимального расхода газа.

Система автоматики "Пламя" позволяет осуществлять автоматический розжиг котла с общекотельного пульта управления, запоминает причину аварийного срабатывания защиты и выдает соответствующий сигнал на центральный диспетчерский пункт.

На общей функциональной электрической схеме (см. рис. 132) видны взаимосвязь работы технологических узлов котельной с автоматикой "Пламя" и расположение указанных самостоятельных контуров регулирования.

Регулирование температуры в системе "Пламя" фактически осуществляется регулятором температуры 5 типа РПИБ-2С по команде от датчика 2 наружной температуры и датчика 12 температуры прямой воды а перенастройка на заданный суточный температурный график осуществляется вручную на терморегуляторе 5.

Розжиг жидкого топлива в форсунке, работающей в котле с поддувом от вентилятора 7, осуществляется от свечи 10, питающейся током с напряжением до 10000 В от трансформатора Тр 3 (рис. 133). Контроль пламени жидкого топлива осуществляется фоторезистором Ф.

Розжиг газообразного топлива и контроль за его горением осуществляется блоком горения и контроля пламени (БКП), который построен на лампе 6Н6П и работает анлогично автомату контроля пламени АКП системы автоматики АМКО (рис. 134). Воспламенение газообразного топлива осуществляется от искры, проскакивающей между электродами запальника Э4, в который подается высокое напряжение от запального трансформатора Тр 2.

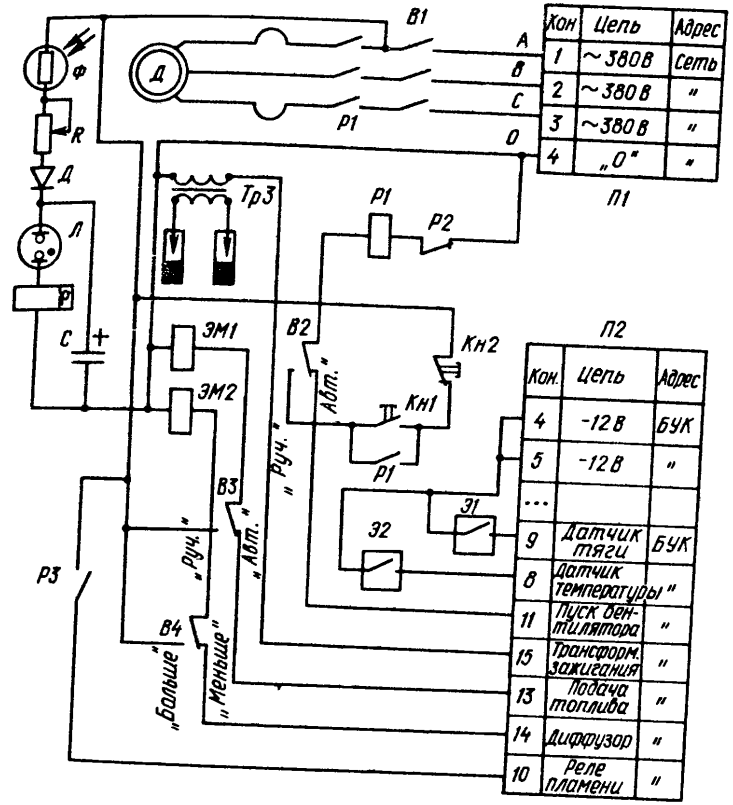


Рис.133. Схема блока горения жидкого топлива В1 – В4 – ручной выключатель; Ф – фоторезистор; Д – электродвигатель; Тр3 – трансформатор зажигания; *R* – резистор; С – конденсатор; Р, Р1 – реле и его контакты; ЭМ1–ЭМ2 – электромагнит; Э1 – датчик тяги; Э2 – датчик температуры; Кн1 – Кн2 – кнопка; Л – неоновая лампа; Д – диод; Р – реле поляризованное

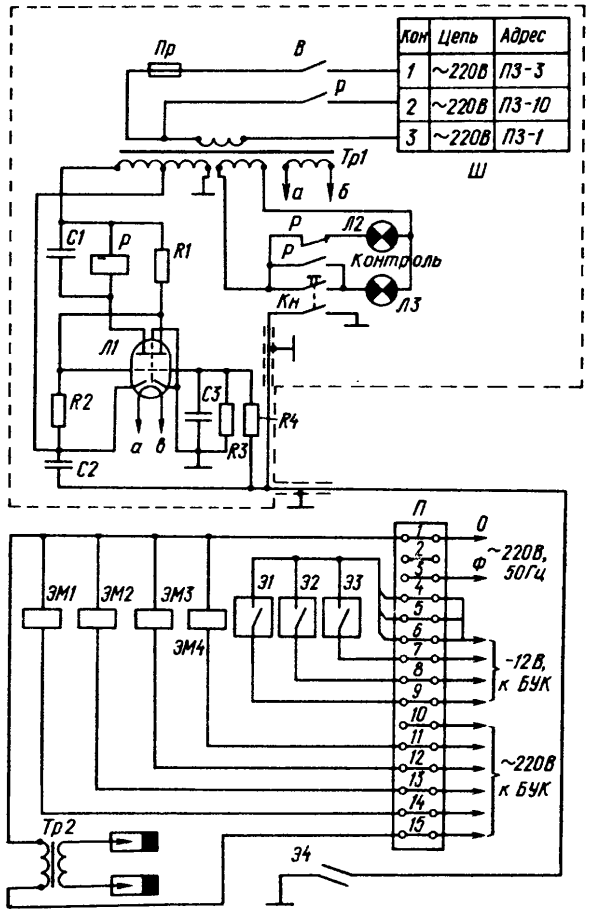


Рис. 134. Схема блока горения газообразного топлива

1 – 4 – резистор; С1 – С3 – конденсатор; В – переключатель; Кн – кнопка; Л1 – Л3 – лампа сигнальная; Пр – предохранитель; Р – реле; Тр1 – трансформатор; Тр2 – трансформатор зажигания (газосветный ТГ-1020к); Ш – колодка; П – клеммный набор; ЭМ1 – ЭМ4 – электромагнит; Э1 – датчик тяги; Э2 – датчик температуры; Э3 – датчик минимального давления газа; Э4 – запальник

Система автоматики "Пламя", как это видно из рис. 132, снабжена большим числом сигнализирующих приборов, и розжиг котлов производится только с общекотельного пульта управления, а это указывает на то, что ее эксплуатация не может осуществляться без постоянного присутствия в котельной обслуживающего персонала. Бак топлива 3 и расходный бак 6 топлива не имеют элементов подогрева топлива, которых нет и перед форсункой, что свидетельствует о том, что автоматика "Пламя" может обеспечивать сжигание в котлах только легких сортов жидкого топлива типа "солярка".

Таким образом, система автоматики "Пламя" является полуавтоматической, а примененный в ней двухпозиционный режим управления горением топлива ограничивает область ее применения.

5. Автоматизация газовоздушного отопительно-вентиляционного агрегата

Для отопления больших помещений на промышленных предприятиях, где имеется природный газ, вместо водяных и паровых отопительных систем в настоящее время применяют газовоздушные отопительно-вентиляционные агрегаты. При применении этих агрегатов существенно снижаются капитальные затраты и эксплуатационные расходы на отопление, а так как не требуется прокладывать трубы отопления, резко снижается расход металла. Оснащение газовоздушных отопительно-вентиляционных агрегатов автоматикой превращает их в автономные агрегаты, что дает еще больший экономический эффект.

На рис. 135 дана схема одного блока такого агрегата – чугунного двухступенчатого теплообменника 5, по вертикальным внутренним каналам которого проходят продукты сгорания газа, а с внешней стороны – воздушный поток. Воздух, как показано на рисунке, нагнетается центробежным вентилятором 1 и

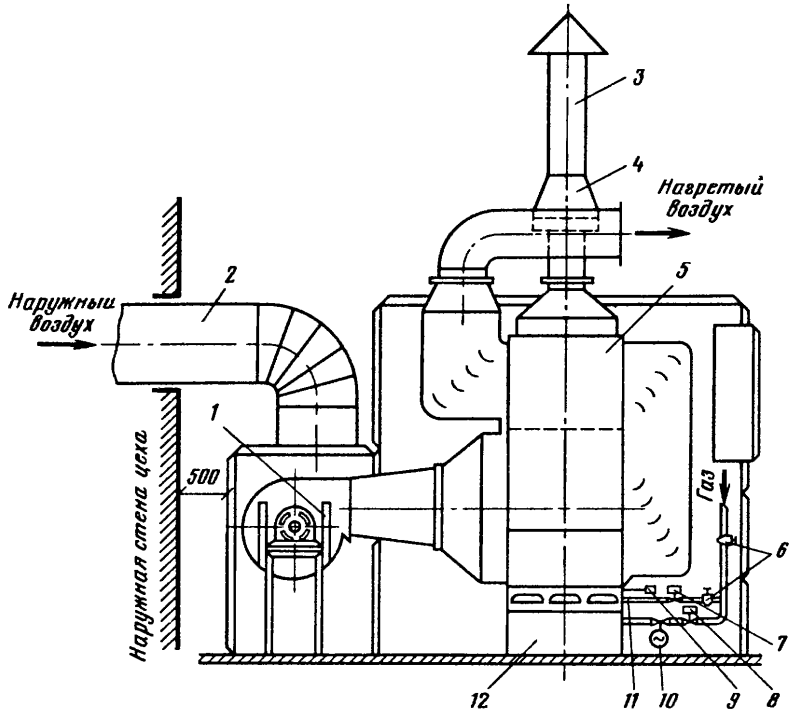


Рис.135. Схема газовоздушного отопительно-вентиляционного агрегата

дважды обтекает теплообменник, выходя далее в отапливаемое помещение.

Все узлы агрегата монтируются на каркасе, на котором снаружи крепятся съемные панели.

Основная 12 и запасная 11 горелки располагаются непосредственно под чугунным теплообменником. Газогорелочное устройство выполнено на базе щелевых инжекционных газовых горелок и может работать при низком или среднем давлении газа. Газогорелочное устройство создает плоский равномерный вертикальный факел, а свободное расположение горелок создает хороший подвод к ним вторичного воздуха. В одном

блоке газогорелочного устройства имеется пять горелок, между которыми помещается одна запальная факельная горелка 11. Над запальной горелкой укреплен запальник 9, состоящий из двух запальных электродов и электрода контроля наличия пламени. На газовом трубопроводе к запальной горелке установлены электромагнитный клапан 7 и запорные вентили 9, а на главном газопроводе перед газогорелочным устройством расположен отсечной электромагнитный клапан 8. Перед поступлением газа в газогорелочное устройство для осуществления пропорционального регулирования поступления газа, т.е. для плавного изменения теплопроизводительности агрегата, может быть установлен пропорциональный регулирующий клапан 10 с электрическим исполнительным механизмом.

Продукты сгорания, минуя тягопрерыватель 4, через дымовую трубу 3 выбрасываются наружу, а теплый чистый воздух по воздуховоду 2 поступает в отапливаемое помещение.

Один блок газовоздушного отопительно-вентиляционного агрегата имеет теплопроизводительность порядка 75000 ккал/ч. Конструкция блока такова, что она позволяет объединять их в секции, состоящие из двух - четырех и более блоков, которые будут обладать теплопроизводительностью 150, 225 и 300 тыс. ккал/ч. Такая конструкция агрегата весьма удобна в производственных условиях. На рис. 136 показан агрегат, состоящий из нескольких блоков. На передней панели блоков размещены индивидуальные щиты автоматического управления агрегатами. Продукты сгорания уходят в общую дымовую трубу через раструб 2. На газопроводе установлены пробковые краны 3 и главные отсечные электромагнитные клапаны 4. Перед запальной горелкой в каждом блоке имеется свой электромагнитный клапан 5. Каждый блок агрегата в схеме защиты имеет датчик разрежения тяги 6 СКР с электронной приставкой ЭП, устанавливаемой на щите управления 1.

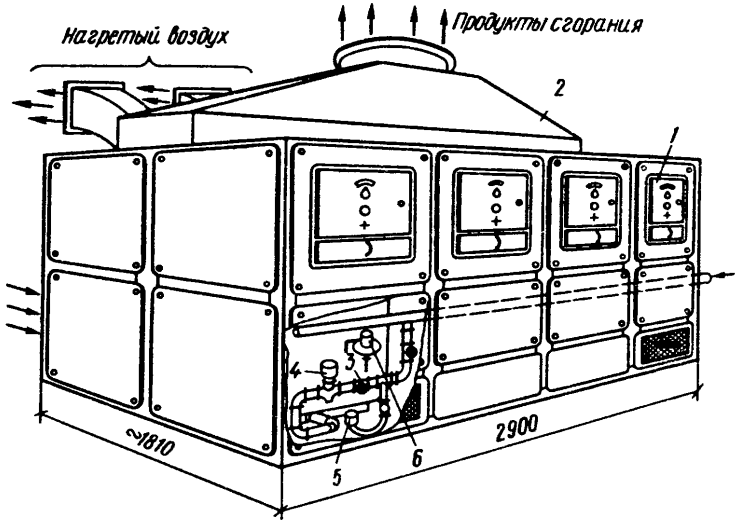


Рис.136. Общий вид газового отопительно-вентиляционного агрегата, состоящего из нескольких блоков

Каждый блок агрегата снабжен индивидуальным комплектом приборов автоматики, что позволяет эксплуатировать как все блоки агрегата одновременно, так и каждый в отдельности.

Вентиляционная установка выполняется в зависимости от назначения агрегата. Если агрегат предназначен только для отопления с сосредоточенной подачей воздуха в помещение, то он оборудуется осевым вентилятором МЦ-4 (мощность 1 кВт при 2850 об/мин). Если же агрегат предназначен для отопления и вентиляции помещений с воздуховодами и имеет существенное сопротивление на выходе воздуха, то он оборудуется центробежными вентиляторами Ц-13-40 № 4 (мощность 5,5 кВт при 1410 об/мин).

В табл. 9 приведена техническая характеристика агрегата в одноблочной и многоблочной компоновке. Автоматика газового отопительно-вентиляционного агрегата обеспечивает пуск и контроль за работой агрегата в такой последовательности.

Таблица 9. Техническая характеристика агрегата

Показатель	Число блоков			
	I	II	III	IУ
Теплопроизводительность, тыс. ккал/ч	75	150	225	300
Производительность по воздуху, $м^3/ч$	4000	8000	12000	16000
Давление газа:				
среднее, кПа	10–35	10–35	10–35	10–35
низкое, Па	400–1500	400–1500	400–1500	400–1500
Расход природного газа, $нм^3/ч$	10,6	21,2	31,8	42,4
Температура воздуха на выходе из агрегата, °С	30–60	30–60	30–60	30–60
КПД	0,82	0,82	0,82	0,82
Установочная мощность вентилятора, кВт:				
осевого	1	2	3	4
центробежного	5,5	11	16,5	22
Габаритные размеры, м:				
ширина	0,8	1,52	2,2	2,9
длина	1,85	1,85	1,85	1,85
высота	2,62	2,62	2,62	2,62

При нормальном разрежении в верхней части топки агрегата после нажатия кнопки "Пуск" начинает работать программное реле времени; включается устройство автоматического зажигания и одновременно открывается через соленоидный клапан подача газа в запальную горелку. При воспламенении газа в запальной горелке срабатывает электронный блок контроля пламени, который выключает устройство зажигания и сигнал на щите управления "запальник горит".

По истечении установленного времени, примерно через 20–30 с, программное реле времени включит

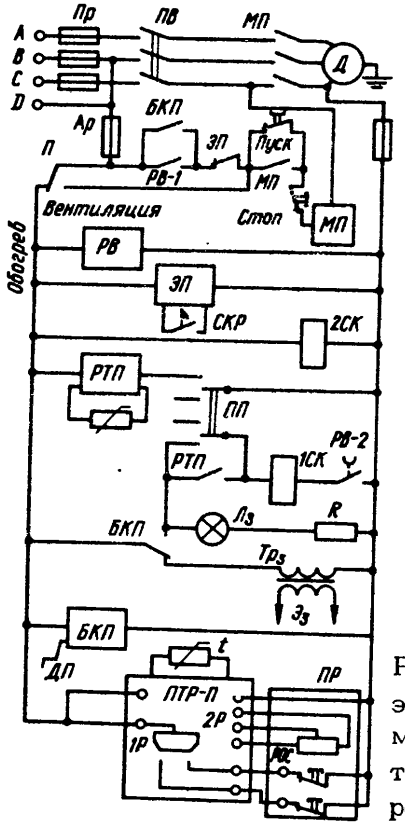


Рис.137. Принципиальная электрическая схема автоматизации газового отопительно-вентиляционного агрегата

цепь открытия отсечного электромагнитного клапана и газ начнет поступать в газогорелочное устройство агрегата. Заданная температура воздуха на выходе из агрегата достигается посредством пропорционального регулирования подачи газа в горелку регулирующим клапаном с электрическим исполнительным механизмом.

При погасании пламени на запальной горелке или прекращении подачи газа в агрегат автоматика безопасности немедленно отключает агрегат и прекращает подачу газа в запальную горелку и газогорелочное устройство. Повторный автоматический пуск агрегата

после аварийного отключения возможен только после устранения неисправности обслуживающим персоналом.

Принципиальная схема автоматизации газового отопительно-вентиляционного агрегата приведена на рис. 137.

Схема автоматики агрегата работает следующим образом. Для пуска агрегата открываются пробковые краны на газовых трубопроводах запальной горелки и газогорелочного устройства, а затем на щите управления нажимается кнопка "пуск". При нажатии кнопки через контакты реле времени РВ-1 и контакты электронной приставки сигнализатора разрежения ЭП напряжение подается на катушку магнитного пускателя МП, который включает электродвигатель вентилятора Д и цепи автоматики: электродвигатель реле времени РВ, соленоидный клапан на запальной горелке 2СК, блок контроля наличия пламени БКП. Через контакты БКП подается напряжение на трансформатор зажигания $Тр_З$, при этом на электродах зажигания возникает электрическая искра, воспламеняющая газ, выходящий из запальной горелки. Пламя попадает на контрольный электрод-датчик наличия пламени ДП. Последний дает команду на переключение зажигания с цепи трансформатора на цепь соленоидного клапана 1СК горелки и одновременно включает на щите управления зеленую сигнальную лампочку $Л_З$, указывающую, что процесс пуска агрегата прошел нормально.

Далее контактом РВ-2 реле времени включает соленоидный клапан 1СК, подающий газ в газогорелочное устройство. После зажигания основных горелок начинает повышаться температура нагреваемого воздуха и вступает в работу самостоятельный узел пропорционального регулирования температуры нагреваемого воздуха, состоящий из пропорционального полупроводникового терморегулятора ПТР-П-05, управляющего работой электрического исполнительного механизма ПР. Электрический исполнительный механизм перемещает регулирующий орган, который уменьшает или увеличивает поступление газа в газогорелочное устройство агрегата.

В летнее время агрегат может быть использован голько для вентиляции помещения. Для этого путем перемещения переключателя П вправо исключаются из работы все элементы схемы автоматики, кроме магнитного пускателя, включающего электродвигатель вентилятора.

Как показывает опыт эксплуатации, зажигание газогорелочного устройства агрегата лучше всего производить при минимальном расходе газа, благодаря чему исключается возможность задувания пламени запальной горелки и отрыва пламени в начальный период.

Схема автоматики агрегата может работать от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 и 220/127 В. Для подключения к сети 380/220 В перемычка $А_п$ должна соединять схему автоматики с нулевым проводом сети, а при напряжении 220/127 В – с одним из "свободных" фазных проводов.

Одним из основных узлов системы безопасности агрегата является полупроводниковый блок контроля наличия пламени, принцип работы которого основан на электрической пульсации факела. Этот прибор состоит из электронного усилителя и контрольного электрода, являющегося датчиком наличия пламени. Соединение контрольного электрода, установленного над запльными электродами в сфере действия пламени, с усилителем прибора, расположенным в щите управления, выполнено экранированным высококачественным кабелем, что снижает производственные помехи.

Датчик (контрольный электрод) изготовляется из жаропрочной стали или из дисилицидмолибдена и вставляется в керамическую изоляционную трубку, которая помещается внутри экрана. Снаружи на экран надевается также изоляционная керамическая трубка, которая закрепляется в держателе.

В систему зажигания агрегата входит трансформатор зажигания и узел электродов. Узел электродов состоит из двух запальных электродов с расстоянием

между концами 5 мм и одного контрольного электрода, служащего датчиком блока контроля наличия пламени. В качестве трансформатора зажигания применен серийный трасформатор типа ТГ-1020, используемый в настоящее время в светорекламе и дающий на повышающей обмотке 10000 В.

Соединение трансформатора зажигания с узлом электродов выполнено из автомобильного высоковольтного провода ПВЛ-1.

Разрежение в верхней части топки агрегата контролируется сигнализатором контроля разрежения СКРЭ-1, устанавливаемым около агрегата на неподверженном вибрации основании. Электронная приставка ЭП-1 сигнализатора, исключающая срабатывание сигнализатора разрежения при случайном кратковременном нарушении тяги, установлена в щите управления агрегатом и состоит из электронного реле времени и исполнительного реле.

Для отопления помещений, в которых требуется поддерживать определенную температуру воздуха, например в теплицах, агрегат оборудован двухпозиционным полупроводником регулятором температуры ПТР-2-04, имеющим диапазон настройки 5–35 °С. Этот терморегулятор отключает подачу газа в газогорелочное устройство агрегата при достижении в помещении заданной температуры.

В случаях когда регулирование температуры в помещении не требуется, терморегулятор ПТР-2 может быть выключен имеющимся в схеме пакетным переключателем.

Для создания необходимых выдержек времени при пуске агрегата для блокировки блока контроля пламени между зажиганием запальника и газогорелочного устройства использовано моторное реле времени ВС-10. Реле времени имеет три устанавливаемые независимо друг от друга выдержки времени срабатывания переключающих контактов 2–60 с. После того как будет отработана наибольшая установка времени, контакты реле автоматически возвратятся в исходное положение и будут готовы для следующего пуска.

6. Автоматика газовоздушного калорифера К-350

На промышленных предприятиях и в зданиях сельскохозяйственных комплексов промышленного типа, круглосуточно снабжаемых газом, в качестве отопительных устройств начинают применять газовоздушные калориферы (ГВК), которые по сравнению с традиционными паровыми и водяными системами отопления позволяют получить значительный экономический эффект как за счет более высокого эксплуатационного КПД использования топлива, так и за счет значительного снижения металлоемкости системы отопления.

ВНИИпромгазом, НИИСТом (Киев) и НИИсантехники (Москва) передан для производства автоматизированный газовоздушный калорифер К-350 с расчетной производительностью по воздуху 350 тыс. ккал/ч. Промышленный образец калорифера прошел всесторонние испытания на Московском электромеханическом заводе им. Владимира Ильича и используется для отопления шихтового двора литейного цеха.

Как видно на рис. 138, газ сжигается в цилиндрической камере сгорания 1, внутри которой расположена перфорированная вставка 4, обеспечивающая путем перераспределения газов по объему более равномерный нагрев ее стенок.

Дымовые газы из камеры сгорания поступают в конвективную часть камеры, которая состоит из 30 опускных труб 3, и далее входят в сборный кольцевой коллектор 7 и через дымовую трубу 5 удаляются в атмосферу. Воздух засасывается вентилятором через жалюзийную решетку, расположенную снаружи здания, омывает поверхности камеры сгорания и конвективного пучка труб, нагревается и по системе воздуховодов распределяется по цеху.

Для интенсификации теплообмена с наружной стороны камеры сгорания приварены ребра 2. В нижней части камеры сгорания для наблюдения за горением расположен "глазок" 8. Часть воздуха из вентилятора поступает в смесительную горелку 6, установленную

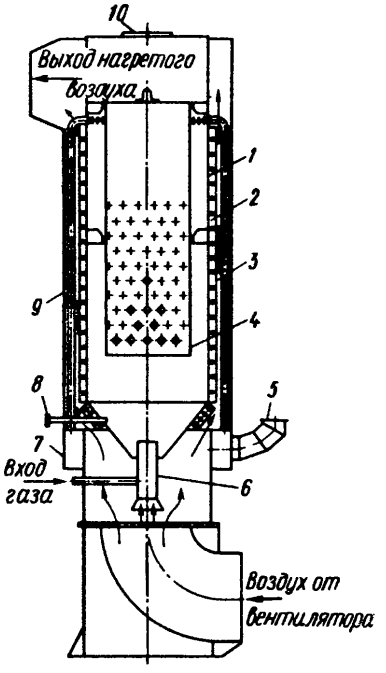


Рис.138. Принципиальная схема газовоздушного калорифера К-350
1 – камера сгорания; 2 – ребра; 3 – опускные трубы; 4 – перфорированная вставка; 5 – дымовая труба; 6 – смесительная горелка; 7 – коллектор; 8 – "глазок"; 9 – кожух; 10 – предохранительный клапан

вертикально вдоль оси камеры сгорания и снабженную нихромовым стабилизатором горения, а другая часть – в запальную горелку, охлаждая последнюю и обеспечивая нормальное горение запальной горелки.

Снаружи калорифер имеет цилиндрический кожух 9. В верхней части калорифера расположен взрывной предохранительный клапан 10. Все элементы газовоздушного калорифера, кроме вставки, выполнены из углеродистой стали.

Конструктивные и теплотехнические характеристики калорифера К-350

Поверхность нагрева камеры сгорания, $м^2$:	
со стороны нагреваемого воздуха	6,2
трубного пучка	11,8
Объем камеры сгорания, $м^3$	1,08

Габаритные размеры (без вентилятора), мм:	
диаметр	1100
высота	4200
Масса без вентилятора, кг	1600
Максимальная теплопроизводительность по газу, тыс. ккал/ч	387
Расход газа, $м^3$/ч	52
Расход нагретого воздуха, тыс. $м^3$/ч	16,5
Тепловое напряжение топочного объема, тыс ккал·ч/$м^3$	353
Теплосъем с единицы поверхности нагрева, тыс. ккал/$м^2$	21,5
Удельный расход металла, кг/тыс. ккал·ч	4,1
Удельная мощность электродвигателя вентилятора, кВт/тыс. ккал·ч	4,1
Давление газа перед калорифером, КПа	22
Потеря давления, Па:	
по воздушному тракту агрегата	500
по газовому тракту	80

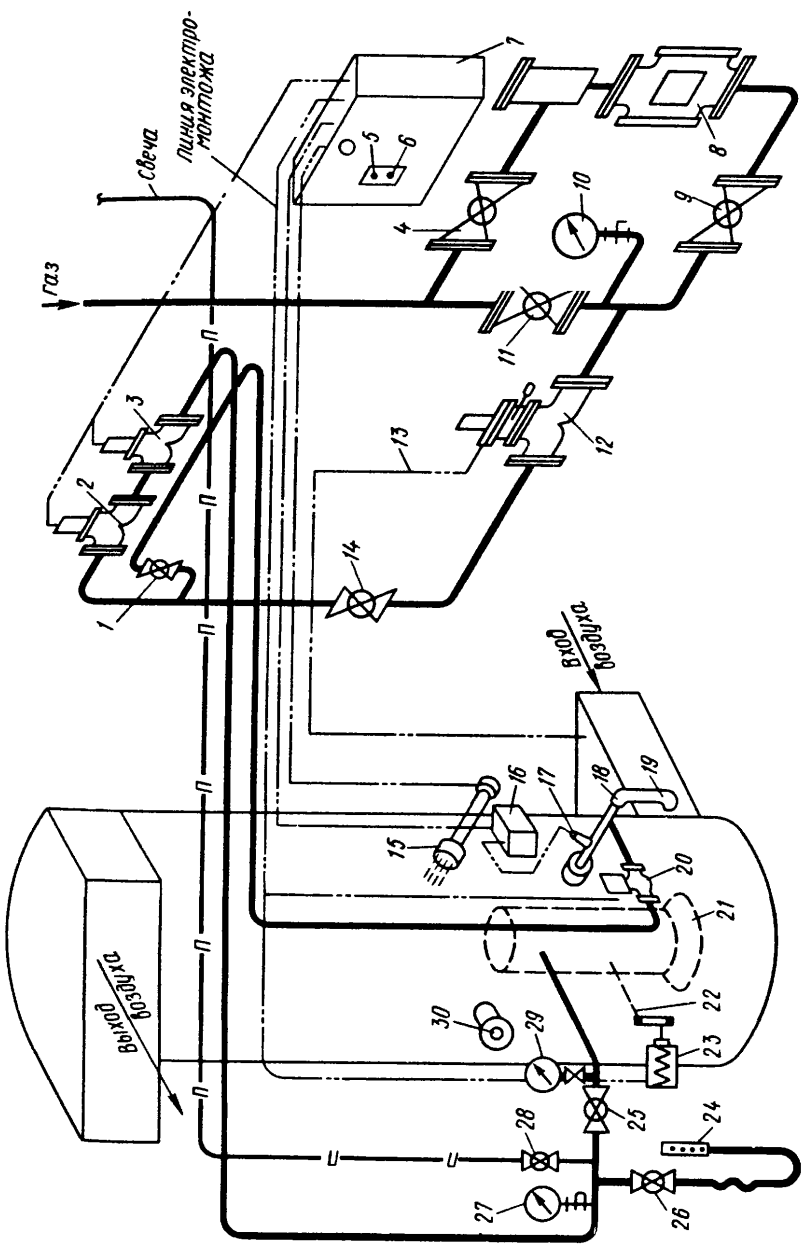


Рис. 139. Схема подводки газа к калориферу и размещение приборов автоматики
1, 4, 9, 11, 14, 25, 26, 28 – газовые ручные краны; 2, 3 – электромагнитные клапаны; 5, 6 – кнопки пуска и остановки калорифера на щите управления; 7 – щит управления; 8 – газовый счетчик; 10 – манометр на вводе газа; 12 – предохранительный запорный клапан; 13 – импульсная линия; 15 – контрольный электрод; 16 – трансформатор зажигания; 17 – запальная свеча; 18 – запальная горелка; 19 – подвод воздуха к запальной горелке; 20 – предохранительный клапан; 21 – газовая горелка; 22 – тяга воздушной заслонки; 23 – тяговый электромагнит; 24 – ручной инжекционный запальник на случай выхода из строя автоматики; 27, 29 – манометры; 30 – глазок для наблюдения за горением газа

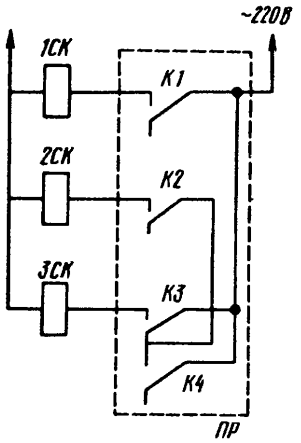


Рис. 140. Схема коммутации контактов для многоступенчатого регулирования
1СК – 3СК – электромагнитные клапаны; К1 – К4 – контакты позиционного регулирования; ПР – позиционный регулятор

Система автоматики калорифера состоит из двух независимых друг от друга частей: автоматики безопасности и автоматики регулирования. Независимость их работы обеспечивается установкой на газопроводе двух электромагнитных клапанов (рис. 139).

Клапан 2 при нормальной работе калорифера открыт, а при отрыве факела или прекращении электропитания электродвигателя вентилятора закрывается и прекращает тем самым доступ газа к горелке.

Электромагнитный клапан 3 может быть открыт полностью или частично. В первом случае он пропускает номинальный расход газа, а во втором (когда он обесточен) – 25–40% номинального в зависимости от настройки нижнего упорного штифта, служащего для открытия электромагнитного клапана вручную.

Инженеры Т.А.Литвинова и Г.М.Глущенко (НИИсантехники) предложили схемное решение, которое путем различной комбинации включения электромагнитных клапанов обеспечивает получение многоступенчатого изменения нагрузки отопительных агрегатов, работающих на газе.

На рис. 140 представлена созданная ими схема, которая работает следующим образом. При поступлении от датчика сигнала об изменении температуры теплоносителя (воздуха на выходе из калорифера или воды на выходе из котлоагрегата) посредством позиционного регулятора включается исполнительный механизм, обеспечивающий переключение контактов K_1–K_4. При этом включение контакта соответственно включает или выключает один из электромагнитных клапанов 1СК–3СК, обеспечивая изменение нагрузки от 25 до 100%. Так, например, открытое положение 1СК (электромагнитный клапан типа КГ–20) обеспечивает 25% нагрузки и, если одновременно будет открыт 2СК (тоже типа КГ–20), то теплопроизводительность возрастает до 50%, Если одновременно работают 1СК и 3СК (клапан типа КГ–40), то обеспечивается теплопроизводительность 75%, а одновременное включение всех электромагнитных клапанов дает 100%–ную теплопроизводительность агрегата. Таким образом достигается многоступенчатое регулирование теплопроизводительности, что снижает резкие колебания напряжений в металле топки и удлиняет срок ее службы.

Теплопроизводительность калорифера К–350 регулируется в зависимости от температуры воздуха в помещении (см. рис. 139). При температуре выше допустимой клапан 3 открыт частично и пропускает минимальный расход газа. Воздушная заслонка 2 горелки в этот момент также приоткрыта частично, что обеспечивает минимально необходимый для горения расход воздуха. При снижении температуры воздуха в помещении клапан 3 поднимается, воздушная заслонка 2 открывается полностью и в камеру сгорания подается максимальное количество газа и соответствующее количество воздуха. Запуск калорифера осуществляется автоматически в следующем порядке. Включается пускатель В (рис. 141). На щите управления путем нажатия на кнопку "пуск" включается электродвигатель $Д_в$ вентилятора, который продувает калорифер. Время продувки задается программным реле времени РВ. По окончании продувки на запальную свечу 17 (см. рис. 139) подается напряжение, электромагнитный клапан 20 открывается и в запальную го-

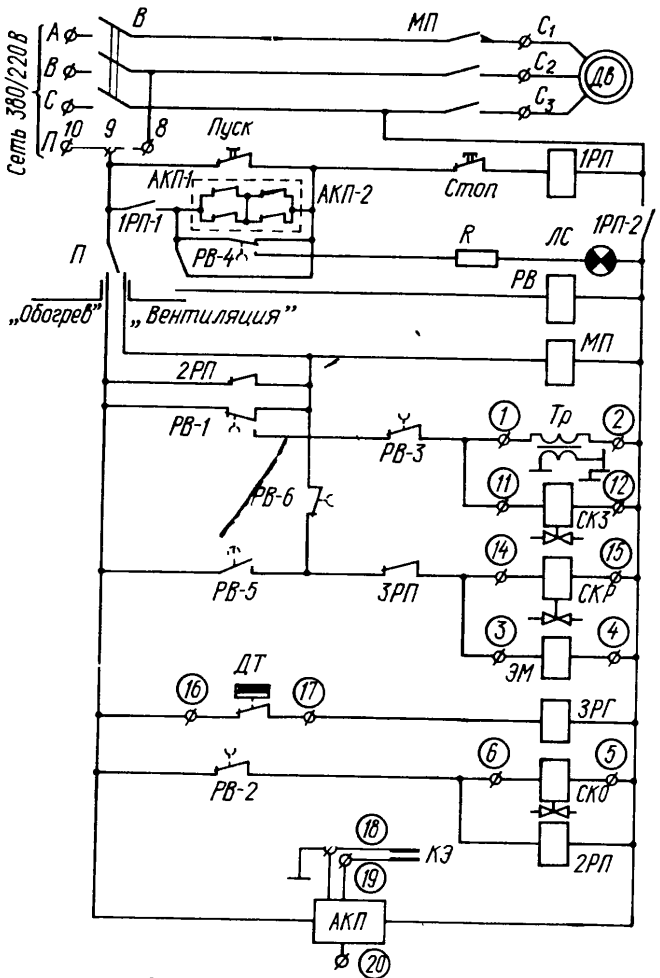


Схема распаики выводов прибора АКП-II

релку подается газ. После розжига запальной горелки газ подается в рабочую горелку, и калорифер начинает работать в режиме прогрева с минимальным расходом газа. После воспламенения газа в рабочей горелке запальная горелка выключается. Через 5 мин калорифер автоматически переходит на максимальную теплопроизводительность. В качестве прибора контроля газового пламени в схеме применен серийный автомат контроля пламени типа АКП (рис. 141). Прибор АКП состоит из двух блоков: один рабочий (левый), другой (правый) может использоваться как резервный. Контрольный электрод КЭ подключается к рабочему блоку АКП. При работе схемы тумблер рабочего блока устанавливается в положение "вкл", а резервного – в положение "выкл".

Рис.141. Электрическая схема автоматики газовоздушного калорифера К-350

В – автоматический выключатель сети; МП – магнитный пускатель электродвигателя вентилятора; *R* – дополнительное (гасительное)сопротивление к сигнальной лампе; Дв-электродвигатель вентилятора; РВ – программное реле времени; 1РП – промежуточное реле блока безопасности; 2РП – промежуточное реле включения электродвигателя вентилятора после зажигания горелки; 3РП – промежуточное реле датчика температуры; ТР – трансформатор зажигания (220/10000 В); ДТ - датчик температуры помещения (типа ДТКБ); АКП – автомат контроля пламени; КЭ – контрольный электрод автомата контроля пламени; СКЗ – электромагнитный клапан запальника; СКР – электромагнитный клапан регулирующий; СКО – электромагнитный клапан–отсекатель; ЭМ – электромагнитный привод воздушной заслонки; П – переключатель режима работы "отопление", "вентиляция"; СЗ – запальная свеча; ЛС – лампа сигнальная "отопление"

Для перевода рабочего блока в резервный необходимо тумблер рабочего блока перевести в положение "выкл", а резервного – в положение "вкл". В процессе испытаний автоматики были найдены оптимальные величины уставок времени выдержки контактов применённого в схеме программного реле времени типа ВС-10-62, которые соответственно составили РВ-1 – 2 мин, РВ-2 – 2 мин 30 с, РВ-3 – 2 мин 45 с, РВ-4 3 мин, РВ-5 – 5 мин и РВ-6 – 2 мин. Испытания автоматики подтвердили, что она обеспечивает безопасное сжигание газа в воздушном калорифере и выполняет заданные алгоритмы регулирования.

ГЛАВА VIII.
ПОДГОТОВКА ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ КОТЕЛЬНЫХ К АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Привязка типовых проектов автоматики котельных

Проекты автоматизации котельных выполняют специализированные проектные организации в соответствии с заданием на проектирование и исходными данными: категорией котельной по источнику тепла и теплоносителю, характеристикой основного и вспомогательного оборудования, принципиальными схемами газоснабжения, водоподготовки, перечнем контролируемых параметров и т.п. Как правило, для строящихся отопительных котельных используются типовые проекты автоматизированных котельных. Для действующих котельных производится привязка типовых проектов или выполняются индивидуальные проекты автоматизации котлоагрегатов. Типовые проекты до передачи их монтажной организации должны быть привязаны к конкретным условиям данного объекта и согласованы с местными органами Госгортехнадзора. Заказчик совместно с проектной организацией должен проверить соответствие технических решений, принятых в проекте, заданию на проектирование, а также действующим нормам и правилам. Действующими инструкциями Госстроя СССР запрещается использование проектной документации, которая к началу монтажа оборудования оказалась устаревшей и не соответствующей современному уровню производства и строительства.

Заказчик выдает проектной организации задание на проектирование, которое осуществляется в одну или две стадии.

Генеральный проектировщик выдает заказ на комплект автоматики заводу-изготовителю на специальном бланке по установленной им форме с приведением характеристики котельной и котлов (бланк оформляет владелец котельной), заверенную копию бланка-заказа выдают монтажникам, которые впоследствии принимают оборудование, устройства и приборы по акту от заказчика.

Условия транспортировки, распаковки и хранения оговорены в инструкциях по наладке и эксплуатации систем автоматики.

Завод-изготовитель поставляет оборудование для автоматизации в виде смонтированных блоков или узлов с необходимыми приборами и датчиками.

Привязку типовых проектов автоматизации к действующим котельным допускается выполнять в одну стадию – рабочего проектирования (техно-рабочий проект). В состав проекта включаются пояснительная записка, принципиальные электрические схемы автоматики регулирования и безопасности, принципиальные схемы питания средств автоматизации, сборочные чертежи и монтажные схемы щитов и пультов, монтажные чертежи электрических и трубных проводок, монтажные чертежи установки аппаратуры, вспомогательных устройств, нетиповых элементов и нестандартизированного оборудования. К проекту прилагаются заказные спецификации на приборы и средства автоматизации, перечень нормалей, использованных в проекте, смета стоимости оборудования и строительно-монтажных работ. По спецификациям, выполняемым в рабочих чертежах, заказывают необходимые средства и приборы контроля и автоматики регулирования.

Анализ накопленного опыта в области автоматизации действующих и переводимых на газовое топливо котельных показал, что при привязке проектов автоматики имеются упущения. Зачастую проектные организации, руководствуясь требованиями "Правил безопасности в газовом хозяйстве", неоправданно применяют ту или иную систему автоматики, не заботясь о

том, как в дальнейшем будет эксплуатироваться автоматизированная котельная. Например, при реконструкции отопительных котельных с добавлением котлов нередко автоматизируются лишь вновь пристраиваемые котлы, а существующие остаются неавтоматизированными. Известны случаи, когда в одной и той же котельной привязываются две разные системы автоматики, что значительно осложняет эксплуатацию подобной котельной.

Для исключения таких случаев при проектировании необходимо руководствоваться следующим. Следует согласовывать тип автоматики с эксплуатирующей организацией, учитывать характеристику котельной, ее назначение, расположение, возможность в дальнейшем диспетчеризации котельных в данном районе с высвобождением обслуживающего персонала. Следует учитывать наличие в данном районе уже автоматизированных котельных со сложившимся опытом эксплуатации систем. Лишь учтя все эти факторы, можно правильно выбрать тип автоматики, чтобы автоматизация была экономически целесообразна и в дальнейшем позволила эксплуатировать котельные с наименьшими затратами.

Ряд проектных организаций зачастую привязывают в котельных так называемую "автоматику минимум", контролирующую котлоагрегаты по тяге, по давлению и погасанию факела. Однако подобная автоматика не соответствует действующим требованиям к котельным и сложившимся условиям эксплуатации. В результате заказчик вынужден заказывать перепривязку автоматики на комплексную, так как не может укомплектовать "автоматику минимум" по узлам и приборам, выпускаемым различными заводами.

Таким образом, кажущаяся экономия при проектировании оборачивается дополнительными затратами.

Зачастую котельные, газифицированные в 50-х и начале 60-х годов, не соответствуют "Правилам безопасности в газовом хозяйстве" (1971): они занимают помещения полуподвального или даже подвального

типа. Поэтому прежде чем привязывать в подобных случаях автоматику, необходимо выяснить срок существования котельной. Если такая котельная будет ликвидирована в ближайшем пятилетии, то ее автоматизировать нецелесообразно.

К паровым микрокотлам с производительностью пара до 1 т/ч и давлением пара до 0,8 МПа привязывается комплексная автоматика АМК-1Г. Данная автоматика выпускается в комплекте с микрокотлами, поэтому при автоматизации уже газифицированных котлов МЗК, ММЗ, ВГД 2/28 и т.д. возможно применение автоматики АГК-66 как "автоматики минимум" в комплекте с СПУ и ЭКМ. Однако типового решения на установку подобной автоматики пока не существует.

На автоматизацию водогрейных котлов МГ-2Т, "Энергия", "Универсал", "Тула-1", "Тула-III" и т.д. имеются типовые проекты по установке автоматики ПМА и АГК-2У, а также установочные чертежи на автоматику "Сигнал" (АГОК-66).

В случае если котельная (отдельно стоящая) в дальнейшем не подлежит диспетчеризации (особенно, если это котельная в колхозе или совхозе или принадлежит мелкой организации: детсаду, школе, больнице), целесообразно произвести привязку автоматики АГК-2У, не требующей высокой квалификации эксплуатирующего персонала и значительно более дешевой в монтаже по сравнению с автоматикой АГОК или ПМА.

Применение в системе АГК-2П схемы и ряда узлов автоматики АГК-2У позволяет эффективно использовать ее для обособленных паровых котлов, а также при совместной установке паровых и водогрейных котлов в котельных, обслуживаемых с диспетчерского пункта. Особенностью АГК-2П является применение в схемах регулирования процесса горения и защиты пневмогазовой системы, а для водопитания - электрической.

При автоматизации котельных, работающих на среднем давлении, выбор систем автоматики невелик, применяется только система ПМА-С с инжекционными

горелками. Однако в настоящее время налажен выпуск экспериментальной системы автоматики АГОК-66 для среднего давления.

2. Выбор газогорелочных устройств

При автоматизации газифицированных котельных важное значение имеют правильный выбор и наладка работы газогорелочных устройств.

Необходимо иметь в виду, что при переводе на газовое топливо котельных, работавших ранее на угле, резко увеличивается тепловая нагрузка экранированных стен топки или секций котла. Поэтому выбор газогорелочных устройств должен осуществляться с учетом этой дополнительной нагрузки. Так, при переводе на газовое топливо чугунных секционных котлов применение инжекционных горелок среднего давления может привести к перегреву средних секций и выходу их из строя. Однако это не значит, что чугунные секционные котлы не могут работать на среднем давлении газа с инжекционными или форкамерными горелками. Необходимо лишь позаботиться о надлежащей водоподготовке в котельной и регулярно очищать котлы от накипи. При обеспечении правильной эксплуатации такие котлы могут быть оборудованы газогорелочными устройствами, работающими на газе среднего давления.

Нежелательно устанавливать на котле газогорелочные устройства завышенной производительности, так как это резко уменьшает диапазон регулирования нагрузки котла. Выбор газогорелочного устройства должен быть тесно увязан с особенностями конструкции и тепловой работы топки котла и применяемой системы автоматики. При этом следует учитывать следующие факторы:

процесс горения должен быть стабильным и полностью заканчиваться в пределах топочной камеры при минимальном значении коэффициента избытка воздуха (1,05-1,1), отсутствии продуктов химической неполноты сгорания газа и сажи;

не должно быть местных перегревов секций или резкой разницы в локальных тепловых нагрузках экранов топки;

размещение горелок должно обеспечивать удобное их обслуживание, не усложнять подводку газа и воздуха, а также импульсных линий систем автоматики;

газогорелочные устройства должны допускать удобство ремонта и замены отдельных узлов без демонтажа подводящих линий и газопроводов.

Следует избегать установки горелок на боковых стенах экранированных топочных камер, так как при этом приходится вырезать или разводить экранные трубы. Исключение может составлять лишь случай, когда котлы эксплуатируются на резервном твердом топливе, для подачи которого в топку необходимо иметь свободный фронт котла. Число устанавливаемых горелок выбирают исходя из удобства обслуживания (не следует устанавливать на одном котле более двух-трех горелок). Для чугунных секционных котлов вполне достаточно одного газогорелочного устройства. Хорошие результаты были получены при установке в подобных котлах щелевых подовых горелок, а также короткопламенных инжекционных горелок с расположением их на поду топочной камеры.

При использовании в котлах ДКВР в качестве резервного жидкого топлива обычно применяют комбинированные газомазутные горелки, размещаемые на фронтовой стене топочной камеры. При этом факелы горелок не должны омывать экранные трубы боковых экранов.

Во всех случаях не следует допускать работу котлов с тепловыми нагрузками топочной камеры выше 350 кВт/м^3 и с коэффициентом избытка воздуха в топке выше 1,05–1,1.

Наиболее распространенными типами газогорелочных устройств, применяемых при переводе котлоагрегатов на газовое топливо, являются газомазутные ГМГ и НГМГ, смесительные типа ГА и инжекционные ИГК, подовые горелки низкого и среднего давления,

а также щелевые. Все перечисленные типы газовых горелок устойчивы в работе, имеют широкие диапазоны регулирования, малошумны (в пределах допустимой нормы 85 дБ) и обеспечивают полное сжигание газа при минимальных коэффициентах избытка воздуха.

3. Подготовка котлоагрегатов к автоматизации

Перед монтажом автоматики владелец котельной обязан предъявить монтажной организации документы удостоверяющие проведение скрытых работ: очистку топок котлов, зольников, боровов и дымоходов, акты на приемку газопровода, акты стендовых испытаний приборов.

При автоматизации отопительных котельных для осуществления монтажа автоматики необходимо наладить работу системы отопления и оборудования самой котельной.

При неотрегулированной системе отопления даже идеально работающая автоматика не сможет обеспечить требуемых температурных условий во всех отапливаемых помещениях.

До начала монтажа автоматики сама котельная должна быть подготовлена в соответствии с требованиями действующих правил и технических условий для газифицируемых отопительных котельных.

Газовый тракт котла необходимо проверить на плотность, так как в случае присосов холодного воздуха ухудшаются теплотехнические показатели работы котла (снижается КПД, увеличивается расход газа).

Проверка котла на плотность производится по отклонению горящего факела или на "дым" в случае новой обмуровки котла. Все обнаруженные неплотности следует ликвидировать.

При наладке горелок необходимо помнить, что при автоматизации котлоагрегатов у них должен быть большой диапазон регулирования нагрузки. Соответственно и газогорелочные устройства должны иметь пределы устойчивой работы, предусмотренные проектом. Устойчивость горения газа, т.е. условия возникновения проскока и отрыва пламени, зависят от типа примененных горелок, скорости газовоздушной смеси, разрежения в топке, коэффициента избытка воздуха.

Глава IX.
ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

1. Регулировка систем автоматики при пуске котлоагрегатов после остановки на летний период

В начале отопительного сезона при пуске котлов необходимо произвести дополнительную регулировку системы автоматики: настроить режим горения (соотношение газ – воздух), проверить соответствие температуры наружного воздуха и горячей воды температурному графику, проверить автоматику безопасности на настройку по параметрам. В случае несоответствия одного из параметров заданному производится его дополнительная настройка.

Работы по регулировке систем автоматики проводятся в порядке профилактического обслуживания работниками специальных служб в системе городского газового хозяйства. В технических условиях эксплуатации устройств автоматики отопительных котельных ставится требование консервации приборов и узлов после окончания отопительного периода. Следовательно, при последующей расконсервации необходимо заново налаживать работу автоматики, что обходится весьма дорого. Это один из существенных недостатков некоторых систем автоматики. При правильной организации обслуживания автоматика должна работать хорошо без консервации между отопительными сезонами.

Цель консервации – предохранение наиболее ответственных узлов автоматики от поломок, загрязнений и коррозии. Котельные останавливают на летний период по согласованию с местными органами Госгортехнадзора. В акте консервации фиксируют работы, которые необходимо произвести в котельной во время ее останова.

Заявки на отключение газа в конторы и городские тресты газового хозяйства начинают поступать после второй декады апреля (для центральных областей РСФСР).

В целях сокращения стоимости эксплуатации котельной и повышения эффективности использования газового топлива необходимо работы по консервации автоматических систем выполнить в сжатые сроки.

Так как некоторые системы автоматики ("Кристалл", ПМАВ) тесно связаны с регуляторными установками ГРУ, то возникает необходимость консервации и профилактики также этих установок.

Персонал газовых хозяйств заблаговременно готовится к этим работам:

составляются и согласуются с потребителем газа графики останова автоматизированных котельных, для чего выделяются наиболее квалифицированные слесари;

с персоналом служб промышленных предприятий проводится инструктивное совещание, на которое должны быть приглашены лица, ответственные за газовое хозяйство котельных. Ответственными исполнителями выдаются рабочим специальные инструкции;

выписывается наряд на отключение газа и расконсервацию автоматических устройств на весь период работ. Процесс консервации может быть представлен следующим комплексом работ.

В некоторых системах автоматики, как, например, АГОК-66 ("Сигнал"), согласно инструкциям заводов-изготовителей снимаются для стендовой проверки электрические блоки автоматики, демонтируются или тщательно защищаются от возможных повреждений хрупкие и чувствительные приборы: электроконтактные манометры, сигнализаторы падения разрежения, дифференциальные тягомеры, СПД и другие приборы средств автоматизации.

Условия хранения этих приборов в период консервации аналогичны требованиям по хранению их перед

монтажом (специально выделенные помещения со стеллажами, отсутствие запыления, поддержание равномерной положительной температуры и др.). Остальные приборы -- исполнительные механизмы, регуляторы давления, общекотельные и котловые блоки автоматики и т.п. – защищают коробами с предохранительными надписями; отключается напряжение питания на сборках и силовых щитах в электрических системах автоматики.

Все эти работы отражаются в акте консервации, в котором также указываются работы по устранению нарушений Правил безопасности в газовом хозяйстве Госгортехнадзора СССР, выявленные в процессе эксплуатации; проверка и притирка отключающих задвижек и кранов, ремонт или замена горелок, ремонт внутритопочных устройств – туннелей, дожигательных решеток.

Объем работ по расконсервации гораздо сложнее вышеперечисленных работ. Комплекс подготовительных организационных работ не отличается от их перечня при консервации. Однако объем работ по расконсервации автоматических систем значительно выше. Расконсервация должна проходить строго по плану организации работ, составляемому для каждого объекта с учетом заявок потребителей.

Очередность пуска котельных согласуется с исполкомами местных Советов (в необходимых случаях).

Владельцы котельных проверяют готовность котельной после летнего ремонта оборудования и помещения, производят покраску газопроводов и автоматических устройств, проверяют эффективность работы вентиляции котельных и исправность взрывобезопасного освещения.

Проверяют также электрические силовые линии к приборам автоматизации и сборкам питания, отлаживают работу оборудования котлоагрегатов. Работы по расконсервации начинаются с установки временно снятых приборов и датчиков и снятия защитных чехлов с

остальных приборов. Работы ведутся в такой последовательности: производится контрольная опрессовка газопроводов, газового оборудования и импульсных линий на герметичность с предварительной продувкой импульсных линий.

Проверяют электрические контрольные линии к приборам-датчикам и от них, а также линии связи с диспетчерским пунктом (сопротивление изоляции, целостность проводки). Промывают контакты в приборах автоматики электрических систем.

Очищают от пыли механические устройства общекотельных и котловых блоков, отлаживают работу ГРП и ГРУ. Проверяют наличие в котельных принципиальных схем автоматики и инструкций. В первую очередь настраивают и налаживают узлы автоматики безопасности. Автоматика регулирования в соответствии с планом производства работ пускается позже. Пуск газифицированных котельных после летнего перерыва без обслуживающего персонала согласуется с местными органами Госгортехнадзора и отражается в специальном акте компетентной комиссией, которая для этого специально созывается владельцами котельных.

Работы по консервации и расконсервации котельных требуют тщательной подготовки, так как они относятся к разряду газоопасных работ. Бригада, выполняющая работы, должна быть укомплектована высококвалифицированными рабочими.

Необходимо к моменту начала работ по консервации и расконсервации подготовить приспособления, прокладки и заглушки соответствующих размеров, запасти необходимые типы и количество единиц запорной арматуры, детали и запасные части приборов, комплекты датчиков температуры – термобаллоны, запально-защитные устройства и др.

2. Обслуживание систем автоматики

Для обеспечения безаварийной работы автоматизированных котельных необходимо их профилактическое

обслуживание. Работы по профилактическому обслуживанию проводят в соответствии с инструкциями и графиками, регламентирующими характер, объем и периодичность выполняемых работ. Инструкции по эксплуатации автоматизированных котельных должны составляться таким образом, чтобы благодаря правильно организованной профилактике практически исключалась возможность аварий.

Один из элементов профилактического обслуживания – проведение периодических обходов и осмотр автоматизированных котельных. Периодичность обходов для каждой системы автоматики может быть различной. Периодичность посещения автоматизированной котельной зависит от степени надежности работы автоматики и, кроме того, от устойчивой работы отопительной системы котельной, от работы ее теплотехнического оборудования и других причин.

Во время обходов (путем наружного осмотра) проверяется отсутствие неисправностей в системе автоматики, газоснабжения и тепломеханической части котельных.

При обнаружении по запаху наличия в котельной газа прежде всего следует обеспечить интенсивную вентиляцию помещения, затем проверить плотность газопроводов обмыливанием их в местах вероятных утечек газа (резьбовые и фланцевые соединения, сальники и пр.). Обнаруженные неплотности необходимо немедленно устранить.

На профилактику утечек газа должно быть обращено особое внимание ввиду отсутствия датчиков загазованности помещения котельной в существующих системах автоматизации. В настоящее время налажен серийный выпуск сигнализаторов загазованности – квартирных и подвальных. Подвальные сигнализаторы могут быть использованы в качестве датчиков загазованности помещения котельной.

Второй элемент профилактического обслуживания – периодические проверки состояния технологического оборудования и устройств автоматизации котельных.

Особое внимание при проведении проверок необходимо обратить на состояние устройств автоматической защиты и в первую очередь тех, непрерывность действия которых не самоконтролируется. Объясняется это тем, что отказ в работе одного из этих устройств (если он не будет своевременно обнаружен) может привести к весьма серьезным последствиям.

Последовательность работ при профилактическом обслуживании автоматизированной котельной может быть следующей:

1) проверка исправности газового, теплового и механического оборудования котельной;

2) проверка четкости срабатывания устройств автоматической защиты при нарушениях нормальных режимов работы котельной (погасание пламени, перегрев котла, падение разрежения в топке, прекращение циркуляции и т.п.);

3) проверка плотности закрытия отсечных устройств при получении сигналов от датчиков системы автоматической защиты;

4) опробование работы системы сигнализации при создании аварийных режимов в котельной;

5) проверка работы автоматики горения;

6) проверка исправности системы автоматического регулирования теплопроизводительности котельной.

Работа автоматики при профилактическом обслуживании проверяется такими же способами и средствами, что и при наладке. Опробование системы сигнализации заключается в проверке работы сигнальных ламп (и звуковых сигналов) на щите диспетчерского пункта и котельной при возникновении аварийных режимов.

При наличии в системе автоматики механических элементов необходимо следить за тем, чтобы в таких устройствах не было коррозии подвижных частей, заеданий при срабатывании.

В электрических системах, которые в большинстве своем в настоящее время являются контактными, особое внимание следует обращать на чистоту контактов,

периодичность промывки которых должна быть оговорена в инструкции по эксплуатации автоматики.

Каждое посещение котельной фиксируется в журнале. При этом отмечаются время осмотра, его результаты, показания контрольно-измерительных приборов, а также указания о произведенных в котельных работах.

Регламентные профилактические работы. Помимо регламентированных заводскими инструкциями работ, связанных с текущей эксплуатацией, на практике возникает большое количество дополнительных работ, обусловленных особенностями применяемых систем автоматики. Так, например, регуляторы не реже одного раза в месяц проверяют, имитируя отклонения регулируемого параметра от установленного предела. При этом регулятор должен вернуть параметр к исходному значению. Через определенные периоды производят также ревизии на рабочих местах без снятия приборов, но со снятием напряжения. Эти периодические ревизии являются по существу текущим ремонтом.

При повседневной эксплуатации проводится профилактическое обслуживание приборов автоматики, заключающееся в проверке:

плотности всех соединений, запорных устройств системы автоматики, отсутствия утечек газа;

срабатывания клапана-отсекателя или электромагнитного клапана при отсутствии тяги, превышении давления пара в котле, уменьшении давления газа в командных линиях автоматики;

срабатывания электромагнитного клапана на отсечку газа при потухании запальника;

работы регулятора расхода воздуха, регулятора тяги, регулятора давления газа;

работы регуляторов технологических параметров котлоагрегата-стабилизатора давления пара и регулятора уровня воды;

работы системы сигнализации.

Исправность приборов, надежная и бесперебойная работа аппаратуры систем возможна только при правильной организации эксплуатации и своевременном

проведении профилактических работ, регламентируемых заводскими и производственными инструкциями. Особенно важно своевременное проведение ревизии аппаратуры, так как основное оборудование котельной останавливают для капитального ремонта один раз в два, а то и в три года. Контроль за проведением профилактических работ осуществляется при технической инспекции оборудования.

Специализация ремонтных работ. Ремонт приборов контроля и автоматики газифицированных котельных и ежедневный уход за ними при эксплуатации позволяют не только увеличить срок работы приборов и их исправность, но и обеспечить безопасную эксплуатацию котлоагрегатов. Плановый ремонт подразделяется на текущий и капитальный. Однако иногда приходится выполнять и внеплановый ремонт - аварийный, который в каждом отдельном случае различен по объему.

При текущем ремонте, проводимом на месте, производят чистку и смазку всех подвижных соединений, регулировку механических устройств и устранение мелких дефектов, обнаруженных в результате внешнего осмотра или проверки. Цель этого ремонта - поддержание прибора в рабочем состоянии до наступления явного износа главных частей до такой степени, что для их восстановления потребуется более сложный ремонт - капитальный.

Текущий ремонт осуществляется через определенные промежутки времени, предусмотренные планом-графиком, но если при профилактическом осмотре будет обнаружена какая-либо неисправность, могущая привести к отказу прибора в работе, то текущий ремонт следует произвести раньше срока. Текущие ремонтные работы выполняют на месте специалисты-наладчики газовых эксплуатационных контор, прошедшие специальное обучение и получившие право на обслуживание автоматики.

Капитальный ремонт состоит в полной разборке, ревизии и замене изношенных деталей новыми. Объем работы предварительно определяют специалисты

эксплуатирующей организации при проведении технической инспекции. Этот вид ремонта производится в специализированных мастерских.

Указания по ремонту и наладке аппаратуры систем автоматики содержатся в соответствующих инструкциях по эксплуатации систем.

Все работы по ремонту, регулировке и поверке приборов автоматики должны вестись в светлом, сухом и теплом помещении. Соблюдение правил техники безопасности при ремонте приборов контроля и регулирования устраняет случаи травматизма, сохраняет здоровье работающих и повышает производительность труда. Ремонтируемые приборы необходимо надежно закреплять, разборку и сборку приборов разрешается вести только соответствующими размеру болта или гайки ключами. При испытании приборов на прочность и плотность запрещается вести работы по устранению течи и неисправности в собранной схеме. По окончании работы обязательно отключают электрическое питание, сжатый воздух, подачу воды, движки лабораторных автотрансформаторов оставляют в нулевом положении.

Ведение технической документации. При введении приборов в эксплуатацию на них заводят паспорт, отражающий технические данные и состояние прибора. В паспорте указывают дату начала эксплуатации, неполадки при пуске в работу, отмечают место установки прибора. В него вносят записи о проведенных ревизиях и ремонтах, проверках, изменениях в установке и др.

После каждого ремонта и проверки прибора заполняют формуляр или аттестат, на основании которого производят записи в паспорте. Паспорта и аттестаты хранят на участке ведомственного надзора, они являются официальными государственными документами на находящиеся в эксплуатации приборы.

Используя сведения, внесенные в аттестат, можно установить категорию прибора, что очень важно при решении вопроса о пригодности его к дальнейшей работе, т.е. для определения, подлежит ли прибор ремонту или должен быть списан.

При направлении прибора на ремонт или поверку на участке эксплуатации должен быть составлен дефектный ярлык, в который заносят все замеченные дефекты и неисправности. В ремонтной мастерской после осмотра и пробного включения прибора составляют ведомость, в которую вносят обнаруженные дефекты, один экземпляр ведомости направляют заказчику. Получая из мастерской отремонтированный прибор, представитель заказчика расписывается в дефектном ярлыке.

Техническая инспекция. В соответствии с указаниями по эксплуатации приборов через определенные периоды производится техническая инспекция, целью которой является глубокая и тщательная проверка состояния приборов. Техническая инспекция производится специалистами высокой квалификации на местах эксплуатации приборов.

Строгое выполнение сроков технической инспекции позволяет, во-первых, предупредить неправильную работу приборов автоматики и, во-вторых, уменьшить вероятность выхода ее из строя и избежать перерыва в работе котельной, а иногда и выполнения дорогостоящего аварийного ремонта.

При технической инспекции проверяются квалификация обслуживающего персонала, наличие плана технической учебы и выполнение его, наличие и выполнение плана профилактических работ, качество технического обслуживания приборов.

3. Основные неполадки в работе автоматики

Исправность приборов и узлов автоматики непосредственно проверяется перед пуском в работу котлоагрегатов, а также в процессе профилактического обслуживания оборудования котельной.

Следует различать неисправность, выводящую какой-либо регулятор котлоагрегата из строя, и неисправности, не вызывающие немедленной аварийной остановки котлоагрегата. Примером второй группы неис-

правностей могут служить наблюдаемые иногда пульсации давления газа в газопроводе - "качка" регулятора давления. Подобные неисправности вызываются в результате нарушения режимных условий работы оборудования.

Неисправности первого вида являются более серьезными, так как вызываются неполадками в работе приборов и устройств автоматики, которые зачастую не могут быть устранены силами обслуживающего персонала котельных.

Проверка исправности прибора состоит из некоторых определенных действий, которые обычно указаны в инструкциях по эксплуатации систем автоматики. Руководствуясь сведениями, приведенными в действующих инструкциях, можно систематически контролировать исправность приборов и устройств автоматики.

Для обнаружения неисправностей в работе регуляторов и приборов защиты последовательно проводят тщательный внешний осмотр регулирующего органа и сочленений, датчиков и импульсных линий, запорной арматуры, электрической части схемы и электроаппаратуры.

Неисправности регуляторов давления и расхода газа. Причинами пульсаций выходного давления газа за регулятором могут явиться слишком малый расход газа, слабая жесткость пружины регулятора управления и чрезмерное трение при перемещении штока регулирующего клапана. Во всех этих случаях следует проверить места возможных неисправностей и увеличить расход газа, отрегулировав натяжение пружины регулятора управления.

Резкое повышение выходного давления газа может происходить вследствие попадания посторонних предметов между клапаном и седлом, а также засорения импульсных линий. Неисправность обнаруживается вывертыванием стакана пилота. Если при этом давление за регулятором не снижается, выключить подачу газа в регулятор, проверить свободу перемещения клапана и плотность его посадки, продуть импульсные трубки.

При работе регулятора расхода газа РРГА могут иметь место следующие неисправности:

при повороте рукоятки "питание" регулятор может не включиться в работу вследствие обрыва цепи в схеме или неисправности питающей линии. В этом случае с помощью омметра необходимо проверить линию подвода электропитания и электрическую схему регулятора;

неустойчивая работа следящей системы регулятора - прохождение регулятором балансных точек настройки на температурном отопительном графике. Устранение этой неисправности требует переналадки усилителя, что возможно только в условиях неработающей котельной или в мастерской;

запаздывание в работе регулятора при отработке на изменение температуры горячей воды и неточное поддержание отопительного графика. Причинами могут являться неисправность электродвигателя РД-0,9, механические заедания в подвижных элементах РРГА (кулиса, поворотная заслонка), неправильная установка датчика температуры горячей воды в коллекторе. Для выявления причины неправильной работы последовательно выявляют возможные неисправности, проверяя сочленения регулятора и датчик температуры;

постоянное вращение электродвигателя в одну сторону вследствие обрыва в цепях датчиков или замыкания. Причину можно обнаружить, измеряя омметром сопротивления электрических линий (вместе с датчиками температуры). Если повреждение цепи определить не удается, то возможной причиной может служить неисправность усилителя. Устранение этой неисправности возможно только на стенде в мастерской.

Неисправности исполнительных механизмов. Гидравлические исполнительные механизмы ГИМ, применяемые в автоматике "Кристалл", иногда поступают на объект с дефектами (деформация корпуса, растрескивание основания). Корпус гидрореле, выполненный из эбонита, может быстро выходить из строя из-за появления трещин. Механизмы с дефектами необходимо сразу заменять.

В процессе работы ГИМ необходимо следить за контактами гидрореле, которые могут окисляться. Следует ежемесячно осматривать и поджимать контакты электрических соединений ГИМ.

Если ГИМ не выходит из крайнего положения, то возможными причинами этого могут являться неисправности гидрореле, первичного прибора, обрыв цепи питания любого датчика и неисправность усилителя. В автоматике "Кристалл" усилитель УТ является весьма надежным прибором. Обнаружение неисправности следует начинать с электрогидрореле (проверки давления воды). Частой причиной выхода последнего из строя является забивание проходных сечений солями жесткости.

Неисправности электрических исполнительных механизмов возникают чаще всего в результате отсутствия электропитания (плохой электроконтакт), перегорания катушек магнитных пускателей, заеданий в сочленениях.

Неполадки в работе автоматики горения. Наиболее ответственный этап в подготовке к пуску котлоагрегата – зажигание газогорелочных устройств. Нормальный пуск во многом зависит от устойчивой работы запальных устройств.

Если запальник не загорается, то вероятной причиной этого может являться забивание сопел или газовыходных отверстий. В автоматике АМК причиной невоспламенения газа могут являться неисправность клапанов "малого" и "большого" горения, нарушение изоляции электрода зажигания или неправильная его установка относительно стабилизатора. Проверку наладки следует начать с трансформатора зажигания и клапанов горения.

Если запальник загорается, но пламя не контролируется (реле не срабатывает), то следует проверить правильность и отрегулировать местоположение запальника, проверить цепь питания реле, исправность электронной лампы и целостность изоляции трубки контрольного электрода

В случае отсутствия контроля пламени основной горелки будут иметь место автоколебания: пуск котла до момента включения запальника, отсечка газа и повторный самозапуск. Такое явление будет повторяться до полного отключения котла.

Для устранения неполадки следует проверить состояние контрольного электрода и его установку относительно горелки (электрод должен омываться пламенем).

4. Порядок работы обслуживающего персонала диспетчерских пунктов

Практика работы автоматизированных котельных с управлением от центрального диспетчерского пункта показала, что персонал его должен в совершенстве знать системы автоматических устройств котельных контролируемых этим пунктом, правила останова и розжига автоматизированных котлов.

Штат диспетчерского пункта утверждается и согласуется в установленном порядке. В случае установки в котельных образцов автоматики с диспетчеризацией обслуживания численность персонала диспетчерских пунктов должна быть увеличена минимум на два слесаря-обходчика.

В первое время после перевода котельных на диспетчеризацию в котельной дежурят операторы, которые фиксируют в журнале все параметры по показаниям приборов и неисправности систем автоматики.

В последующее время эти котельные находятся под неослабным вниманием персонала и руководства.

В своей работе смена центрального диспетчерского пункта руководствуется специальной инструкцией и действует согласно плану ликвидации возможных аварий и неисправностей.

При получении сигнала аварийного отключения котлоагрегата или котельной дежурный диспетчер кратко инструктирует и направляет на место бригаду из двух человек (дежурного мастера и слесаря-обходчика), ко-

торые должны иметь средства индивидуальной защиты и соответствующие инструменты; вызов записывается в рабочий журнал.

Аварийная бригада по прибытии на автоматизированный объект, приняв меры личной безопасности (вентиляция котельной, включение при необходимости взрывобезопасного освещения, определение загазованности и т.п.), находит по щиту сигнализации и контрольно-измерительным приборам причину отключения и устраняет ее, докладывает об этом по телефону диспетчеру, который в свою очередь по приборам сигнализации проверяет работу и цепь защиты котла.

В случаях когда причину аварийной остановки устранить нельзя (обрыв питающих электрокабелей, наличие воды в дымоходах, упуск воды в котле, нарушение тяги в связи с завалами, взрывы в топке и др.), котел отключается по газовым и водяным трубопроводам и вызывается аварийная бригада.

В случае отсутствия в котельной щита, на котором фиксируются причины аварийных остановок, бригада проверяет наличие питания на щитах автоматики и станции управления, целостность и исправность приборов автоматики; затем осматривает технологические и импульсные линии, арматуру и КИП котла, снимает показания контрольно-измерительных приборов в ГРУ и на газопроводе; проверяет исправность газогорелочных устройств, состояние тяги и сохранность взрывных клапанов. Если невозможно установить причину отключения (колебание тяги, нарушение циркуляции воды, временное нарушение подпитки котлов, неисправность приборов контроля пламени, понижение давления газа на вводе), то производят пуск котла и поочередно проверяют работу элементов систем автоматики безопасности и регулирования. Следует помнить, что в некоторых системах автоматики при повышении температуры теплоносителя при неправильной настройке регулятора соотношения температур отключаются также котлы (АГК-$\overline{\text{П}}$).

Существует значительный круг серьезных неисправностей (порыв мембран у регуляторов, неисправность фотодатчиков, обрыв обмотки соленоидов и электромагнитных вентилей), которые сложно устранить сразу.

Поэтому неисправные котлоагрегаты отключаются и заменяются резервными, а в случаях отсутствия таковых переводятся на ручное управление, о чем сообщается на ДП.

При переводе котла на ручное управление должно быть организовано дежурство операторов.

В журнале котельной записываются все работы, проделанные аварийной бригадой.

Ответственный дежурный диспетчерского пункта обязан во время смены выполнять следующие положения:

контролировать безаварийную работу автоматизированных котельных;

поддерживать связь с диспетчером Горгаза для выяснения устойчивости давления в газовых сетях;

ставить в известность руководство и начальника участка эксплуатационной службы о всех случаях аварийных остановок;

принимать все меры для своевременного устранения повреждений и неисправностей автоматизированных котлов;

вести своевременно сменный журнал;

обеспечивать персонал защитным и спасательным инвентарем и инструментами, следить за своевременным обходом котельных, указанных в специальном перечне;

инструктировать персонал и координировать его действия во время устранения аварийных положений автоматизированных котельных, отстранять от работы лиц, нарушающих инструкции по эксплуатации и технике безопасности;

5. Техника безопасности при эксплуатации автоматики газифицированных котельных

Общие требования

Эксплуатация котлов на газовом топливе сложна, требует постоянного внимания обслуживающего персонала, а работы по обслуживанию котельных установок на газовом топливе являются газоопасными, и поэтому их выполнение следует осуществлять с соблюдением соответствующих требований и правил Госгортехнадзора. Надзор за выполнением работ в котельной возлагается на лиц, ответственных за газовое хозяйство, а контроль за выполнением действующих правил и инструкций по эксплуатации производится инженером-контролером инспекции Госгортехнадзора.

К газоопасным работам, выполненным при пуске вновь газифицированных котельных и эксплуатации их, относятся:

присоединение вновь смонтированных газопроводов к действующим как наружным, так и находящимся в помещениях (врезка под газом);

ввод в эксплуатацию газопроводов, ГРП (ГРУ) и газовых сетей, агрегатов и приборов промышленных и коммунально-бытовых потребителей (пуск газа);

ревизия и ремонт подземных, надземных и расположенных в помещениях, колодцах, туннелях, находящихся под газом газопроводов, газового оборудования и арматуры, в том числе ревизия оборудования ГРП и ГРУ;

прочистка газопроводов и заливка в газопровод растворителей для удаления гидратных образований, установка и снятие заглушек на газопроводах, находящихся под газом;

разборка газопроводов, отключенных от действующих сетей;

осмотр и проветривание колодцев;

профилактическое обслуживание действующих газовых приборов и внутреннего газооборудования, внутренний осмотр и ремонт топок котлов;

пуск котельной после ремонта и сезонного перерыва в работе.

Газоопасные работы следует производить в строгом соответствии с действующими правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Перечисленные работы должна выполнять бригада слесарей, прошедших подготовку по газовому делу, численностью не менее двух-трех человек под руководством и в присутствии лица, ответственного за газовое хозяйство котельной. Сложные виды работ выполняют по специальному плану, в котором указываются лица, ответственные за отдельные виды работ. Каждому лицу выдается отдельный наряд на производство газоопасной работы по форме, установленной Госгортехнадзором РСФСР, и за подписью главного инженера предприятия. К плану и наряду прилагается выкопировка из исполнительного чертежа с указанием места и характера производимой работы. Перед началом работ ответственное лицо должно проверить соответствие исполнительного чертежа фактическому расположению газопровода на месте производства работы. Рабочие должны быть обеспечены средствами личной защиты, что проверяется при выдаче наряда. В наряде следует определить порядок действий и необходимые меры личной безопасности каждого участника работы.

Обслуживание газового оборудования котельной. Необходимое условие безопасного обслуживания газового оборудования котельной - точное выполнение имеющихся инструкций и четкая организация деятельности операторов котлов.

Основными документами, на основании которых ведется учет работы операторов, являются сменный и вахтенный журнал котельной. Журнал ведется посменно самими операторами в течение всего периода работы котельной.

Правила ведения журнала сводятся к следующему:

1. При сдаче-приеме смены принявший ее оператор обязан проверить:

состояние газопроводов, задвижек, кранов, регулятора давления, предохранительно-запорного клапана и другого оборудования котельной и ГРУ;

давление газа на вводе в ГРУ и котельную;

состояние агрегатов, находящихся в работе;

правильность выключения остановленных котлов.

2. Оператор, сдающий смену, обязан сообщить принимающему о замеченных во время дежурства неполадках.

3. В журнале должны быть отмечены неисправности и ненормальности в работе газового оборудования, выявленные в процессе обслуживания котельной и при сдаче-приемке смены.

4. После проверки делаются записи в журнале за подписью сдающего и принимающего смену.

С правилами ведения сменного журнала должны быть ознакомлены все операторы, что подтверждается их подписью в журнале.

Категорически запрещается разжигать котлы:

при отсутствии операторов и ответственных за газовое хозяйство лиц, прошедших специальную подготовку и имеющих квалификационные удостоверения;

при обнаружении течи в котле или повреждения поверхностей нагрева;

при отсутствии или недостаточной величине тяги;

без предварительной вентиляции топки;

при отсутствии или нерабочем состоянии автоматики, прекращающей подачу газа при падении давления воздуха у смесительных и подовых горелок;

при неисправных запорных устройствах;

при наличии трещин в обмуровке котла и дымоходах и неисправных предохранительных взрывных клапанах.

Если котлы, работающие на разных видах топлива, имеют общий боров, пуск агрегатов на газовом топливе производится лишь при соблюдении определенных правил безопасности. Обслуживание котлов, работающих на разных видах топлива, производится по специальной

инструкции, предусматривающей при розжиге газовых горелок прекращение дутья, запрещение шуровки слоя, снижение тяги и других операций в котлах, использующих твердое топливо.

Операторы обязаны четко знать и соблюдать инструкции по розжигу и обслуживанию котлов, работающих на газовом топливе. В инструкциях должны быть точно определены порядок и последовательность подготовки к розжигу, проверки исправности и положения запорных органов, продолжительность проветривания топок и газоходов, порядок выключения котлов. Во время работы котлов операторы должны следить за наличием тяги в топках и за котлами, рабочим давлением газа перед горелками, нормальной подачей воздуха, обеспечивающей полное сгорание и исключающей отрыв и проскок пламени в горелку.

Запрещается оставлять без присмотра включенные котлы и оборудование газорегуляторной установки. В случае отключения электроэнергии и в других аварийных положениях прекращение подачи газа производится с помощью закрытия задвижки, установленной на вводе газопровода в помещение.

При длительной остановке отдельных котлов, а также котельных на лето и для ремонта газопроводы должны отключаться с установкой заглушек после запорных устройств перед котлом и продуваться. Установленные на газопроводе заглушки должны иметь выступающие за пределы фланцев хвостовики.

Пуск агрегата после длительной остановки разрешается при наличии актов о проверке газопроводов, газового оборудования, дымоотводящих устройств, предохранительных взрывных клапанов и контрольно-измерительных приборов. Проверка должна производиться при участии заведующего котельной (ответственного лица) Прочистка и проверка дымоходов осуществляются при очередных планово-предупредительных ремонтах и нарушении тяги.

Если газопроводы были без газа или разбирались для ремонта, их необходимо перед пуском в эксплуата-

цию испытать на плотность давлением 10 КПа (1000 мм вод.ст.), при этом падение давления не должно превышать 600 Па в 1 ч (60 мм вод.ст.).

Продувка газопроводов агрегата производится до вентиляции (проветривания) его топки. Возможно и одновременное ведение обеих операций, но продувка должна заканчиваться раньше прекращения вентиляции.

Вентиляция или проветривание топок и газовых агрегатов производятся обязательно перед каждым пуском независимо от длительности предшествующего пуску останова.

Производство ремонтных работ в помещении котельной и ГРУ. Основное правило безопасного выполнения ремонтных работ – исключение возможности образования взрывоопасных концентраций газа и токсических концентраций продуктов неполного горения, а также недопущение любых видов источников воспламенения: искр, открытого пламени, курения и т.п. Особо ответственными и опасными являются работы, производимые в изолированных помещениях ГРУ, где из-за обилия возможных источников утечки газа всегда существуют условия взрыва и отравления персонала. Поэтому способы производства работ и организация рабочих мест должны полностью гарантировать от возникновения взрыва и отравлений. Для этого необходимо руководствоваться указаниями, изложенными в правилах безопасности Госгортехнадзора, применять инструмент, исключающий появление искр, и использовать инвентарь и приборы техники безопасности в газовом хозяйстве. Так, при необходимости ведения работ в загазованной атмосфере следует пользоваться только шланговыми противогазами или изолирующими кислородными приборами. Применение фильтрующих противогазов недопустимо, так как в загазованной атмосфере содержание кислорода может оказаться ниже необходимой для дыхания человека величины 16–17%. Работы должны производиться при тщательном контроле за состоянием воздушной среды в помещении с помощью газоанализатора ПГФ-11 или ПГФ-ВЗГ.

Сварочные работы в помещениях ГРУ допускаются лишь при остановке котельной с отключением газопровода на вводе заглушкой и после продувки его воздухом или инертным газом, чтобы концентрация газа внутри труб не превышала 0,5%. В период эксплуатации оборудования ГРУ ремонт с применением сварки допускается только в исключительных случаях по особому плану, предусматривающему специальные меры безопасности: отсутствие горючих материалов, непрерывную усиленную вентиляцию помещения, контроль за загазованностью среды, распределение обязанностей по ликвидации возможных аварий и предупреждение несчастных случаев, связь и наблюдение за производством работ.

Полы в помещении ГРУ должны быть застланы негорючим материалом, не дающим искр при ударе или падении инструмента. Осверление отверстий следует производить заземленным электроинструментом, а применяемые дрели не должны иметь скользящих контактов для включения тока.

Приступая к производству работ на действующих газопроводах, необходимо убедиться по запаху в отсутствии утечки газа, а также путем обмыливания мест, где возникновение утечек наиболее вероятно (стыки труб, фланцевые и резьбовые соединения, запорная арматура и т.п.). Наличие утечки газа не обязательно влечет за собой выключение работающих агрегатов. В этом случае следует определить возможную опасность утечки, сообразуясь с местными условиями, и принять меры к ее устранению. До устранения утечки газа и вентиляции помещения производство ремонтных работ не разрешается. При выполнении работ под газом в помещении необходимо присутствие не менее двух рабочих, один из которых должен постоянно следить за обстановкой работ и иметь под рукой маски шланговых противогазов. За работающими должно быть организовано наблюдение снаружи – через дверь или окно.

При осмотре топки, ремонтах поверхностей нагрева и т.п. котел отсоединяют от дымохода действующих котлов глухими шиберами с плотной промазкой асбестом на глиняном растворе по периметру во избежание попадания продуктов сгорания к месту работ. С этой же целью можно выложить временную кирпичную перегородку в дымоходе отключенного котла.

После окончания работ в топках и дымоходах следует тщательно проверить отсутствие случайно задержавшихся или пострадавших на месте работ людей, а также очистить эти места от посторонних предметов, кусков кирпича и т.д. Затем немедленно закрыть все люки и лазы.

Помимо соблюдения общих требований по технике безопасности в газифицированных котельных необходимо предусмотреть выполнение специальных требований правил безопасности, к которым относятся:

организация обучения персонала и лиц, ответственных за газовое хозяйство котельных, по соответствующим программам и инструкциям по эксплуатации автоматических систем;

проведение вводного и ежеквартального инструктажа с отметкой в специальном журнале;

стажировка операторов перед допуском к самостоятельной работе;

переобучение операторов, перешедших из одной автоматизированной котельной в другую, оснащенную другой системой автоматики;

установка сигнализаторов загазованности помещения котельных, особенно переведенных на диспетчеризацию;

обязательное соблюдение требований в части работы автоматики безопасности (минимум) – прекращения подачи газа к котлам в случаях:

при останове дутьевых вентиляторов и дымососов;

при нарушении или отсутствии тяги;

при упуске воды в котле ниже нижнего предельного уровня;

при погасании пламени у основных и запальных горелок;

при хлопках и взрывах в топке;

при повышении и понижении давления газа на вводе, особенно в подвальных котельных.

Специальные и технологические требования. Соблюдение правил эксплуатации электроустановок (ПУЭ) при производстве пуско-наладочных работ в процессе эксплуатации автоматических устройств и при работе с электроинструментом является обязательным требованием. Перед началом работ проверить исправность предохранительных резиновых перчаток на целостность, наличие резиновых подставок (допускается применение диэлектрических галош). Тщательно проверить исправность изоляции токоведущих частей и проводов, наличие штепсельной вилки, исправность инструмента (электродрелей, электропаяльников, сварочных клещей и др.) и наличие заземляющей жилы.

При работе в топках котлов, металлических резервуарах, емкостях и баках напряжение электроинструмента должно быть не выше 6–12 В.

Запрещаются ремонт и регулировка электроинструмента под напряжением. В случаях отключения силовых сборок шкафы следует закрывать на замок и вывешивать предупреждение.

При всех перерывах в работе или отключении электропитания необходимо немедленно выключать электроинструмент от сети.

При монтажно-наладочных и профилактических работах разборку, сборку, прочистку и промывку контактов следует выполнять только после отключения щитов, блоков и приборов от сети. Для прозвонки линий на работающих установках можно пользоваться лишь телефонными трубками, омметрами; прозвонка контрольными лампами и мегомметрами запрещается.

Проверять наличие напряжения разрешается только с помощью индикаторов напряжения и вольтметра и в исключительных случаях – контрольной лампой.

При работе за щитом автоматизации необходимо предусматривать меры безопасности от поражения электротоком (работу выполнять в резиновых перчатках, на полу расстелить резиновый коврик).

Запрещается установка временных предохранителей. Работы по электрической части должны выполняться лицами, имеющими удостоверения на право обслуживания электроустановок, с оформлением нарядов-допусков.

Необходимо помнить, что для тушения горящих электропроводок можно применять только углекислотные огнетушители ОУ-2 или ОУ-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берсенев И.С. Автоматика и телемеханика в газоснабжении городов. М. Стройиздат, 1972, 215 с.
2. Результаты испытания газовоздушного калорифера К-350. /В.П.Вершинский, Д.Д. Торицына, В.К.Царев, Л.Д. Тархов. – Использование газа в народном хозяйстве. Реферат. сб. 1971, №8.
3. Волков М.А., Волков В.А., Левин Л.Я. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматики газифицированных котельных. М., Стройиздат, 1974, 240 с.
4. Волков М.А., Коротеев Т.И., Волков В.А. Эксплуатация котельных установок на газообразном топливе. М., Стройиздат, 1976, 237 с.
5. Гольцман В.А. Приборы контроля и автоматики тепловых процессов. М., Высшая школа, 1976, 239 с.
6. Давыдов Ю.С., Нефелов С.В.,Тархов Л.Д. Автоматизированные топливосжигающие устройства отопительных котлов, работающих на газе и жидком топливе. М., ВНИИЭСМ, 1974, 74 с.
7. Лохматов В.М. Автоматизация промышленных котельных. Л., Энергия, 1970. 206 с.
8. Мухин С.И. Диспетчеризация отопительных котельных. Л., Недра, 1975, 95 с.
9. Раппопорт Б.М. и др. Устройства автоматического регулирования и защиты котельных горных предприятий. М., Недра, 1974, 207 с
10. Чистович С.А. Автоматическое регулирование расхода тепла в системах теплоснабжения и отопления. Л., Стройиздат, 1975, 157 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Глава 1. Отопительные котлы и агрегаты как объекты автоматизации 5
1. Автоматизация котлов и агрегатов – основа дальнейшего развития технического прогресса и экономии топлива . . 5
2. Основные процессы регулирования в системах автоматизации отопительных котлов и агрегатов 10
3. Классификация и характеристики объектов регулирования 17
4. Характеристики регуляторов и законы регулирования 26
5. Свойства систем автоматического регулирования (САР) отопительных котлов и агрегатов 36
6. Устойчивость, качество и методы оптимального регулирования . . . . . .
Глава П. Современные приборы и устройства автоматики, применяемые в отопительных котлах и агрегатах, работающих на газе и жидком топливе . 47

1. Устройства автоматического регулирования и контроля давления газа 47
2. Приборы контроля и регулирования температуры 70
3. Приборы контроля и регулирования уровня 114
4. Приборы контроля наличия пламени ... 119
5. Приборы контроля разрежения 135
Глава Ш. Электромагнитные реле и исполнительные механизмы 139
1. Промежуточные реле 139
2. Реле времени 146
3. Исполнительные механизмы 152
Глава 1У. Устройства телеизмерения 172
1. Амплитудные устройства 172
2. Временные устройства 175
3. Числовые устройства 185
4. Устройства телеуправления 185
5. Непрерывные амплитудные устройства .. 189
Глава У. Диспетчеризация отопительных котельных 193
1. Выбор схем, линий связи и аппаратуры диспетчеризации тепловых пунктов 193
2. Системы диспетчеризации котельных .. 198
3. Выбор аппаратуры сигнализации и связи 200
Глава У1. Системы автоматизации отопительных котельных 213
1. Электрические системы автоматики. Электрическая автоматика АГОК 214
2. Электрогидравлическая система автоматики "Кристалл" 228
3. Пневматические системы автоматики .. 235
Глава УП. Системы автоматизации теплогенераторов малой мощности 251
1. Система автоматики АМКО для котлоагрегатов, работающих на жидком и газообразном топливе 251
2. Система автоматического управления газовыми теплотехническими объектами САУ-ГТО 279
3. Автоматизация водогрейных котлов и калориферов с механическими и ротационными форсунками 286
4. Система автоматики "Пламя" 315
5. Автоматизация газовоздушного отопительно-вентиляционного агрегата 323
6. Автоматика газовоздушного калорифера К-350 332
Глава УШ. Подготовка газифицированных котельных к автоматизации 341
1. Привязка типовых проектов автоматики котельных 341
2. Выбор газогорелочных устройств 345
3. Подготовка котлоагрегатов к автоматизации. 347
Глава 1Х. Эксплуатация систем автоматики . 348
1. Регулировка систем автоматики при пуске котлоагрегатов после остановки на летний период 348
2. Обслуживание систем автоматики 351
3. Основные неполадки в работе автоматики 357
4. Порядок работы обслуживающего персонала диспетчерских пунктов 361
5. Техника безопасности при эксплуатации автоматики газифицированных котельных 364
Список литературы 372

Иван Сергеевич Берсенев
Михаил Александрович Волков
Юрий Сергеевич Давыдов

АВТОМАТИКА ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ И АГРЕГАТОВ

Редакция литературы по жилищно-коммунальному хозяйству
Зав. редакцией М.К.Склярова
Редактор В.Ф.Ненашева
Мл. редактор Т.Г.Саранцева
Художественный редактор В.К. Сафронов
Технический редактор Н.Л. Хафизулина
Корректор Г.С. Масолова
ИБ № 1688

Подписано в печать 25.1.79 г. Т-10288.
Формат 84x108/32. Бумага офсетная
Усл. печ. л. 19,74. Уч.-изд. л. 17,81
Тираж 10000 экз. Изд. № АУ1-6993. Заказ №92
Цена 1 р. 10 к.

Стройиздат, 103006, Москва, Каляевская, 23а

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Тула, пр. Ленина, 109

Цена брошюры 95 коп.