Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «МГСУ

КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дисциплина: Производственная и пожарная автоматика

Лекция для дистанционной формы обучения студентов-заочников

Тема: " Приборы контроля параметров технологических процессов"

Москва 2011

План лекции

1. Краткая историческая справка
2. Автоматизация и пожарная безопасность.
3. Основные элементы автоматики.
4. Классификация средств производственной автоматики.
5. Основы теории измерений.
6. Типовые измерительные схемы приборов контроля технологических параметров
7. Надзор за измерительной техникой

Литература:

1. Производственная и пожарная автоматика. Ч.1. «Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация». -М: Академия ГПС МЧС РФ, 2005 г. – 335 с.

2. Европейцев А.Г., Федоров А.В., Фомин В.И., Членов А.Н. / под ред. проф. Членова А.Н. Лабораторный практикум по курсу “Производственная и пожарная автоматика”. Ч.1. “Производственная автоматика – М: Академия ГПС МЧС РФ, 2003 . стр. 5-37.

3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г.

1. Краткая историческая справка.

У автоматики давняя и сложная история. Появление первых автоматических устройств около 20 тысяч лет назад преследовало развлекательные или религиозные цели. Однако первыми автоматами, принесшими пользу человеку, считают ловушку типа капкан.

Автоматические мельницы, водяные часы, механические устройства автоматики, пневмо- и гидроустройства и другие технические новинки все шире применялись в практической деятельности человека, и понятно, что современный автомат -это техническое устройство, в принципе действия и конструкции которого воплощены накопленный веками жизненный опыт и знания многих поколений людей нашей планеты.

Идея создания машин, которые бы работали без участия человека, возникла также давно. Изобретение первого в мире промышленного регулятора относится к 1765 г. и принадлежит знаменитому русскому механику И.И. Ползунову.

Электромагнитный регулятор скорости вращения паровой машины разработан в 1854 г. выдающимся русским механиком и электротехником К.И. Константиновым.

Основы научного подхода к проектированию автоматических регуляторов были заложены знаменитым русским ученым и инженером И.Н. Вышеградским, работа которого "Об общей теории регуляторов", изданная в 1876 г., положила начало теории автоматического регулирования и управления.

Однако четкое понимание того обстоятельства, что работа любых автоматических устройств, независимо от их физической природы, основана на общих принципах и может быть рассмотрена с единых позиций, пришло значительно позднее, в 40-х гг. XX века. К этому моменту относится и окончательное формирование автоматики в самостоятельную научную дисциплину, базирующуюся на достижениях физики, математики, теории управления, игр, распознавания образов и т.п. Элементная база автоматики претерпела также этапные изменения - от релейно-контактных устройств и электронно-вакуумных приборов до полупроводниковых интегральных схем микро-ЭВМ и вычислительных комплексов.

В развитии автоматики как науки выдающуюся роль сыграли труды отечественных ученых. Великие русские математики А.М. Ляпунов и П.Л. Чебышев, знаменитый ученый Н.Е. Жуковский своими работами заложили фундамент стройной математической теории процессов, происходящих в автоматических устройствах, и намного опередили развитие зарубежной научно-технической мысли.

Велики заслуги ученых А.А. Андронова, В.С. Кулебакина, А.Н. Колмогорова, И.Н. Вознесенского, Н.Н. Боголюбова, А.В. Михайлова, Е.П. Попова, В.В. Солдодовникова, А.Г. Ивахненко и многих других ученых и исследователей в решении теоретических и прикладных вопросов автоматизации.

2. Автоматизация и пожарная безопасность

2.1. Автоматизация в комплексе мер пожарной безопасности

В современной технике автоматические устройства широко распространены, т.к. управление человеком многотоннажными высокопроизводительными и энергонасыщенными технологическими процессами представляет определенные трудности и возможно лишь с привлечением приборной и компьютерной техники. Автоматизация технологических процессов производств позволяет оптимизировать управление, способствует повышению производительности труда и определенным образом меняет его характер. Однако многие технологические процессы сопровождаются опасными для человека воздействиями, могут быть потенциально взрывопожароопасны, характеризуются высокими значениями параметров и

склонностью к переходам в неустойчивое состояние. Неустойчивое состояние может привести к работе устройства, агрегата, аппарата, установки на предельных и внерегламентных режимах с непредсказуемыми последствиями

Каждое из трех состояний объекта: **устойчивое, переходное (неустойчивое), аварийное**, характерно своим уровнем взрывопожароопасности и требует определенного уровня автоматизации. Устойчивое состояние характеризуется большим насыщением материальных взрывопожароопасных веществ, высокими значениями параметров при нормальном режиме работы технологического оборудования и необходимостью получения информации о протекании процессов в области регламента и поддержании его в заданных пределах. Переходное (неустойчивое, предаварийное) состояние характерно критически высокими значениями параметров, спонтанным развитием реакций, автоколебательными процессами с угрозой перехода в неуправляемое состояние и необходимостью быстрого и своевременного его обнаружения, предупреждение выхода процесса в критическую область путем возврата к нормальному устойчивому состоянию, блокированию его и частичной или полной остановки.

Аварийное состояние (авария, взрыв, пожар) характерно угрозой жизни людей, уничтожением материальных ценностей, разрушением оборудования, неуправляемостью и необходимостью использования специальных средств автоматики для их обнаружения, локализации, подавления и ликвидации. Отсутствие таких противоаварийных и противовзрывопожароопасных систем, а равно и их отказ в аварийной ситуации приводят чаще всего к катастрофическим последствиям.

Имевшие место аварии, взрывы и пожары свидетельствуют об этом. Подобное рассмотрение причинно-следственных связей, анализ аварийных ситуаций, экспертизы инженерно-технических решений по защите объектов определяют место и роль средств производственной автоматики в возможном их предупреждении.

Любой вид профессиональной деятельности - проектирование, пожарно-техническое обследование, экспертиза имевших место аварий, взрывов и пожаров позволяет инженеру пожарной безопасности применить целенаправленно свои знания в области производственной автоматики.

При этом, надо иметь в виду, что современные приборы и системы производственной автоматики осуществляя функции по управлению технологическими процессами решают одновременно и ряд задач автоматической противопожарной защиты. К таким задачам относятся:

- предупреждение аварий, взрывов и пожаров за счет поддержания объекта управления в устойчивом состоянии;
- обнаружение предаварийных (переходных) состояний управляемого объекта;
- диагностирование состояний технологического оборудования и коммуникаций;

- прогнозирование взрывопожароопасных состояний технологического процесса;

- противоаварийная защита технологических процессов;

- обеспечение оператора информацией о состоянии технологического процесса в реальном времени;

- обеспечение съема и хранения информации о состоянии технологического процесса в ретроспективе.

2.2. Основные определения и термины в автоматике

В целях соблюдения единообразия терминологии и правильного понимания ряда специальных терминов, употребляемых при изучении вопросов автоматической противопожарной защиты, рассмотрим основные наиболее широко распространенные определения и термины.

Автоматикой называется отрасль науки и техники, охватывающая теорию автоматического управления, а также принципы построения автоматических систем и образующих их технических средств.

Автоматизация - это внедрение технических средств, управляющих процессами без непосредственного участия человека. Автоматизация - непрерывно развивающийся процесс, подчиняющийся законам диалектики. При автоматизации, как и при любом развитии, происходит переход производства от одного качественного состояния к другому: переход этот осуществляется путем постепенного накопления количественных изменений и последующего количественного скачка. Таким образом, автоматизация проходит определенные этапы, ступени, характеризуемые достижениями науки и техники по автоматизации. По степени автоматизации различают объекты с частичной, комплексной или полной автоматизацией.

Частичная автоматизация - степень автоматизации, при которой дистанционное или автоматическое управление осуществляется на отдельных механизмах, узлах, агрегатах и аппаратах.

Комплексная автоматизация - степень автоматизации, при которой весь комплекс производственных операций, включая вспомогательные, осуществляются по заранее разработанным программам, объединяемым общей системой управления.

Полная автоматизация - степень автоматизации, при которой системы автоматического управления выполняет без непосредственного участия человека весь комплекс операций управления, включая операции пуска, отключения, защиты от аварий и выведение из аварийных режимов.

Объем автоматизации определяется числом операций, процессов и устройств, управление которыми осуществляется с помощью средств автоматики.

Под автоматической системой в технике понимают совокупность подсистем (элементов), которые взаимодействуют в процессе выполнения функционально взаимосвязанных задач.

3. Классификация средств производственной автоматики

В технике автоматизации используется большое число разнообразных автоматических устройств и систем, отличающихся принципом действия, схемными и конструктивными решениями и т.д.

Эти автоматические устройства, приборы и системы классифицируют по различным признакам. Чаще всего производственную автоматику классифицируют по функциональному признаку на следующие группы:

контрольно-измерительные приборы, предназначенные для контроля параметров технологических процессов, производят и выдают информацию оператору (запись, отсчет, сигнализация) - *КИП*;

приборы, устройства и системы автоматического регулирования, предназначенные для поддержания параметров в режиме заданных безопасных пределов - *САР*;

устройства и системы противоаварийной автоматической защиты, предназначенные для обнаружения предаварийных ситуаций, оповещения оператора, осуществление защитных мероприятий, частичной или полной остановки технологического процесса - *СПАЗ*;

автоматические блокировки предназначены для защиты от неправильных действий оператора при пуске и остановке технологического процесса, включения элементов защиты и резервных устройств;

автоматические системы управления - это системы, осуществляющие совокупность воздействий, возможных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с программой или целью управления (алгоритмом функционирования) - *АСУ, АСУТП*.

4. Основные виды первичных преобразователей - датчиков технологических параметров

4.1. Приборы для измерения температуры

Для измерения температуры используют изменение какого-либо физического свойства тела, однозначно зависящего от его температуры и легко поддающегося измерению.

К числу свойств, положенных в основу работы приборов для измерения температуры, относится объемное расширение тел, изменение давления вещества в замкнутом объеме, возникновение термоэлект-

родвижущей силы, изменение электрического сопротивления проводников и полупроводников, интенсивность излучения нагретых тел и др.

В зависимости от физических свойств, на которых основано действие приборов для измерения температуры, различают:

1. Термометры расширения, построенные на принципе изменения объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры. Применяются для измерения температуры от -190 до +500 С.

2. Манометрические термометры, основанные на изменении давления жидкости газа или пара в замкнутом объеме при изменении температуры. Применяются для измерения температур от -120 до +600 град. С.

3. Термоэлектрические пирометры (термопары), принцип действия которых основан на возникновении электродвижущей силы при изменении температуры одного из спаев замкнутой цепи разнородных термоэлектродов. Применяются для измерения температур от -200 до +2000 град. С.

4. Термометры сопротивления, основанные на изменении электрического сопротивления проводника или полупроводника при изменении температуры. Применяются для измерения температур от -200 до 650 град. С.

5. Пирометры излучения, работающие на принципе изменения интенсивности излучения нагретых тел в зависимости от изменения температуры. Применяются для измерения температур от +600 до +6000 град. С.

4.2. Приборы для измерения давления и уровня

Давление определяется отношением силы, равномерно распределенной по площади и нормальной к ней, к величине этой площади. В зависимости от измеряемой величины приборы для измерения давления делят на:

манометры - приборы для измерения средних и больших избыточных давлений;

вакуумметры - для измерения средних и больших разрежений;

мановакуумметры - для измерения средних и больших давлений и разрежений;

напоромеры - для измерения малых (до 500 мм вод.ст.) избыточных давлений;

тягомеры - для измерения малых (до нескольких десятков мм вод.рст.) *разрежений*;

тягонапоромеры - для измерения малых избыточных давлений и разрежений;

дифманометры - для измерения разности перепада давлений;

барометры - для измерения атмосферного давления.

По принципу действия различают следующие приборы для измерения давления: жидкостные, пружинные, поршневые, электрические и радиоактивные.

Жидкостные приборы. В этих приборах измеряемое давление или разрежение уравновешивается гидростатическим давлением столба рабочей жидкости, в качестве которой применяется ртуть, вода, спирт и др.

Существует несколько конструктивно отличающихся друг от друга видов жидкостных приборов: двухтрубный U-образный манометр, однотрубный чашечный манометр и манометр с наклонной трубкой. Разновидностями жидкостных приборов являются поплавковый, колокольный и кольцевой манометры, позволяющие регистрировать и передавать показания на расстояние.

Пружинные приборы. Измеряемое давление или разрежение уравновешивается силами упругого противодействия различных чувствительных элементов (трубчатой пружины, мембраны, сильфона и т.п.), деформация которых, пропорциональная измеряемому параметру, передается посредством системы рычагов на стрелку или перо прибора.

Поршневые манометры. Измеряемое давление определяется по величине нагрузки, действующей на поршень определенной площади, перемещаемый в заполненном маслом цилиндре; поршневые манометры имеют высокие классы точности, равные 0,02; 0,05; 0,2.

Электрические приборы. Действие этих приборов основано на измерении электрических свойств (сопротивления, емкости, индуктивности и т.п.) некоторых материалов при воздействии на них внешнего давления.

Пьезоэлектрические приборы. В этих приборах используется пьезоэлектрический эффект, заключающийся в возникновении электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллов (кварц, сегнетова соль, турмалин), при приложении к ним силы в определенном направлении.

Радиоактивные приборы. Измеряемое давление определяется изменением степени ионизации или степени поглощения гамма-лучей при изменении плотности вещества.

4.3. Приборы для измерения уровня

Уровнемеры для жидкостей по принципу действия делятся на указательные стекла, поплавковые, гидростатические, электрические и радиоактивные.

Указательные или уровнемерные стекла представляют собой вертикально расположенную стеклянную трубку. В стеклянной трубке жидкость, как в сообщающихся сосудах, устанавливается на той же высоте, что и в аппарате. Указательные стекла применяются для местного измерения уровня в аппаратах.

Поплавковые уровнемеры. В этих приборах чувствительным элементом является поплавок с меньшим (плавающий) или большим (погружной) удельным весом чем жидкость. Изменение уровня жидкости в аппарате вызывает перемещение поплавка, которое при помощи системы рычагов, тяг и тросов передается указателю, движущемуся по шкале, или вторичному прибору для отсчета, записи.

Гидростатические уровнемеры служат для измерения гидростатического давления столба жидкости, уровень которой определяется. Раз-

личают гидростатические пьезометрические и дифманометрические уровнемеры. Действие гидростатических пьезометрических уровнемеров основано на применении давления воздуха или газа, барботирующего через слой жидкости с измеряемым уровнем при изменении последнего.

Действие гидростатических дифманометрических уровнемеров основано на определении уровня по давлению столба измеряемой жидкости, которое уравновешивается давлением постоянного столба жидкости.

Электрические уровнемеры. Наиболее широко распространены уровнемеры емкостные и омические.

В электрических емкостных уровнемерах чувствительным элементом является конденсатор, обкладки которого располагаются с противоположных сторон вертикальной трубки из диэлектрика, соединенной с аппаратом подобно сообщающимся сосудам. Возможно, когда одной обкладкой конденсатора является электрод, помещенный в аппарат с измеряемым уровнем жидкости, а другой - стенки аппарата. При изменении уровня жидкости емкость конденсатора, включенного в одно из плеч моста переменного тока, изменяется, и на вход вторичного прибора подается сигнал, пропорциональный величине измеряемого уровня.

Действие электрических омических уровнемеров, применяемых для определения уровня электропроводных жидкостей, основано на измерении сопротивления между электродами соответствующей формы, введенными в жидкость. При этом сопротивление слоя жидкости между электродом и корпусом или между двумя электродами зависит от высоты уровня жидкости в аппарате.

Радиоактивные уровнемеры. Измерение уровня жидкости основано на изменении интенсивности поглощения гамма-частиц при изменении уровня жидкости.

4.4. Приборы для измерения расхода жидкостей и газов

Объемным расходом Q называется объемное количество вещества V, которое протекает через поперечное сечение трубопровода в единицу времени:

$$Q = V/ t .$$

Весовым (массовым) расходом G называется количество вещества Gv, протекающего через сечение трубопровода в единицу времени.

$$G = Gv/ t .$$

Приборы, предназначенные для измерения расхода, называются расходомерами, а измеряющие количество вещества, которое протекает через поперечное сечение трубопровода в течение отрезка времени - счетчиками.

По принципу действия расходомеры, наиболее часто применяющиеся в практике, можно разделить на расходомеры переменного и постоянного перепадов, переменного уровня.

Расходомеры переменного перепада давления. Действие этих приборов основано на возникновении перепада давления на установленном внутри трубопровода сужающем устройстве постоянного сечения. Разность статических давлений до и после сужающего устройства (перепад давления), измеряемая дифференциальным манометром, зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода.

Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры). Действие этих приборов основано на перемещении чувствительного элемента (поплавка), установленного в вертикальной конической трубке; через нее снизу подается вещество, расход которого измеряется. При изменении расхода жидкости, газа или пара поплавок перемещается вверх и изменяется проходное сечение трубки. Высота
подъема поплавка функционально связана с величиной расхода. При этом перепад давления на поплавке при перемещении его вдоль оси трубки остается практически постоянным.

Расходомеры переменного уровня. Действие этих приборов основано на изменении высоты уровня жидкости в сосуде при непрерывном поступлении и свободном истечении из сосуда.

На практике находят применение и другие виды расходомеров, действие которых основано на некоторых физических закономерностях (изменении электрических параметров, теплоотдачи к потоку, уменьшении интенсивности ультразвука или радиоактивного излучения в зависимости от расхода).

5. Электронные приборы контроля температуры

Электронные приборы контроля параметров технологических процессов находят широкое распространение вследствие ряда положительных свойств позволяющих решать самые различные по сложности задачи автоматического контроля, регулирования и управления.

К этим свойствам относятся: быстродействие, чувствительность, малогабаритность, возможность дистанционной передачи сигнала.

На практике, при автоматизации производственных процессов, используются различные электронные приборы контроля технологических параметров, но для контроля температуры наиболее часто применяют электронные автоматические мосты и потенциометры. Следует особо отметить возможность использования этих приборов в схемах автоматической защиты.

5.1. Автоматический уравновешенный мост

Уравновешенный мост предназначен для непрерывного измерения, записи и регулирования температуры. Он работает в комплекте с термометрами сопротивлений стандартных градуировок, т.е. имеет соответствие заданного предела измерения - градуировки термометра сопротивлений.

Это означает, что каждому прибору соответствует определенная группа термометров сопротивлений единой градуировки. Сущность действия термометров сопротивления основана на зависимости его электрического сопротивления от температуры.

Принципиальная измерительная схема рассматриваемого прибора - мостовая. Измерения неэлектрических величин электрическими методами очень широко распространено в электротехнике и автоматике. Следует отметить, что мостовая измерительная схема используется более 100 лет, а возможность измерения и физическая сущность работы ее впервые рассмотрены в работах французского исследователя Шарля Кристи (1831г.) и примерно в эти же годы английским исследователем Уинстоном.

Многообразие мостовых схем базируется на классической мостовой схеме, которая представляет собой кольцо сопротивлений (рис.6.1). Сопротивления соединены так, что образуют вершины моста a,b,c и d, диагональ питания ac и диагональ измерения bd.

Измерение основано на соблюдении определенного соотношения между сопротивлениями (плечами) моста, называемого условием равновесия.

Под условием равновесия подразумевается такое соотношение сопротивлений моста, при которых на вершинах измерительной диагонали разность потенциалов Ubd=0 и в цепи измерения отсутствует выходной сигнал. Состоянию Ubd=0 соответствует равенство падений напряжений соответственно в прилежащих плечах, т.е.

$$U1=U4;\ U2=U3 \qquad (5.1)$$

По закону Ома:

$$U1=J1\ R1;\ U2=J1\ R2;\ U3=J2\ R3;\ U4=J2\ R4; \qquad (5.2)$$

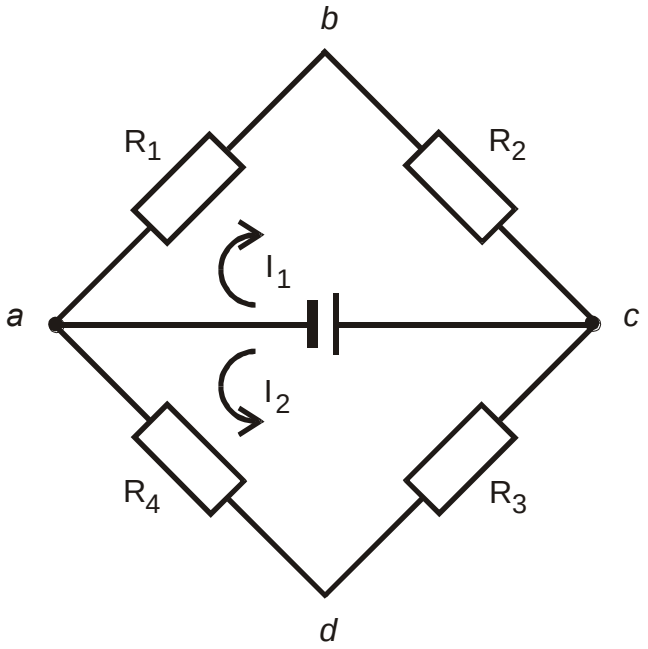

Рис. 5.1. Схема равновесного моста:
R_1, R_2, R_3, R_4 - резисторы;
ac – диагональ питания; *bd* – диагональ измерения

Подставляя в равенство падений напряжений (5.1) их значения, выраженные через токи и сопротивления (5.2), и поделив почленно, получим:

$$J1\ R1 / J1\ R2;\ \ J2\ R3\ \ / J2\ R4 \qquad (5.3)$$

и сократив значения токов имеем равенство:

$$\mathbf{R1\ \ R3 = R2\ \ R4} \qquad (5.4)$$

которое называется классическим условием равновесия мостовой схемы, читаемое так: *"Если произведения сопротивлений противолежащих плеч мостовой схемы равны между собой, то на вершинах измерительной диагонали отсутствует разность потенциалов"*. Этот метод называется нулевым методом измерения сопротивлений.

Принципиальная схема равновесного моста приведена на рис.5.2.

Медный или платиновый термометр сопротивления Rt, величина электрического сопротивления которого должна быть измерена, включается в одно из плеч моста при помощи соединительных проводов, имеющих сопротивления Rл. Другие плечи моста состоят из постоянных манганиновых сопротивлений R1, R2, R4 и переменного калиброванного сопротивления реохорда Rp, выполненного также из манганина. К одной диагонали моста подведено питание постоянного или переменного тока,

в другую включен нуль-индикатор. При равновесии моста удовлетворяется равенство:

$$R1 \cdot Rt = R2 \cdot R4 \qquad (5.5)$$

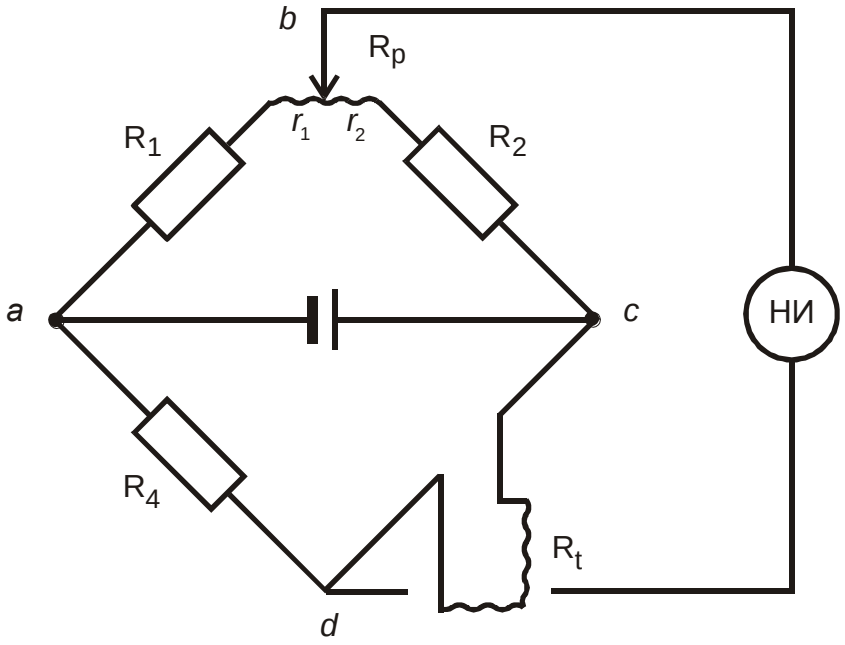

Рис. 5.2. Измерительный мост: R_p – реохорд; НИ – нуль индикатор

откуда с учетом сопротивлений реохорда и запишем:

$$(R1 + r1) \cdot Rt = (R2 + r2) \cdot R4 \, . \qquad (5.6)$$

В этом случае разность потенциалов между точками bd равна нулю, ток не протекает через нуль-гальванометр и его стрелка установится на нулевой отметке. При изменении температуры величина электрического сопротивления термометра сопротивления изменится и мост разбалансируется. Чтобы восстановить равновесие, необходимо при постоянных сопротивлениях R1, R2 и R4 изменить величину сопротивления реохорда, переместив его подвижный контакт.

Таким образом, если откалибровать сопротивление реохорда, то по положению его движка при равновесии моста можно судить о величине сопротивления, следовательно, об измеряемой температуре.

Рассмотрим принципиальную схему автоматического электронного самопишущего (рис.5.3) равновесного моста переменного тока. При изменении температуры среды, в которой находится термометр сопротивле-

ния Rt, изменится температура термометра и, следовательно, величина его электрического сопротивления. При этом измерительный мост, состоящий из постоянных и переменных сопротивлений (R1, R2 и R4) и питающийся (6,3 В) от одной из обмоток силового трансформатора, разбалансируется, и в диагонали моста между точками b и d появится напряжение небаланса Ubd. Последнее подается на вход электронного усилителя ЭУ, где усиливается по напряжению и мощности, затем поступает на реверсивный двигатель РД и приводит в движение его ротор. Вращаясь в ту или иную сторону, в зависимости от знака разбаланса, ротор реверсивного двигателя перемещает механически с ним связанные движок реохорда, стрелку и перо по шкале прибора до тех пор, пока измерительный мост не придет в состояние равновесия. Напряжение на входе электронного усилителя ЭУ в этом случае станет равным нулю, электродвигатель РД остановится, а прибор покажет измеряемую температуру.

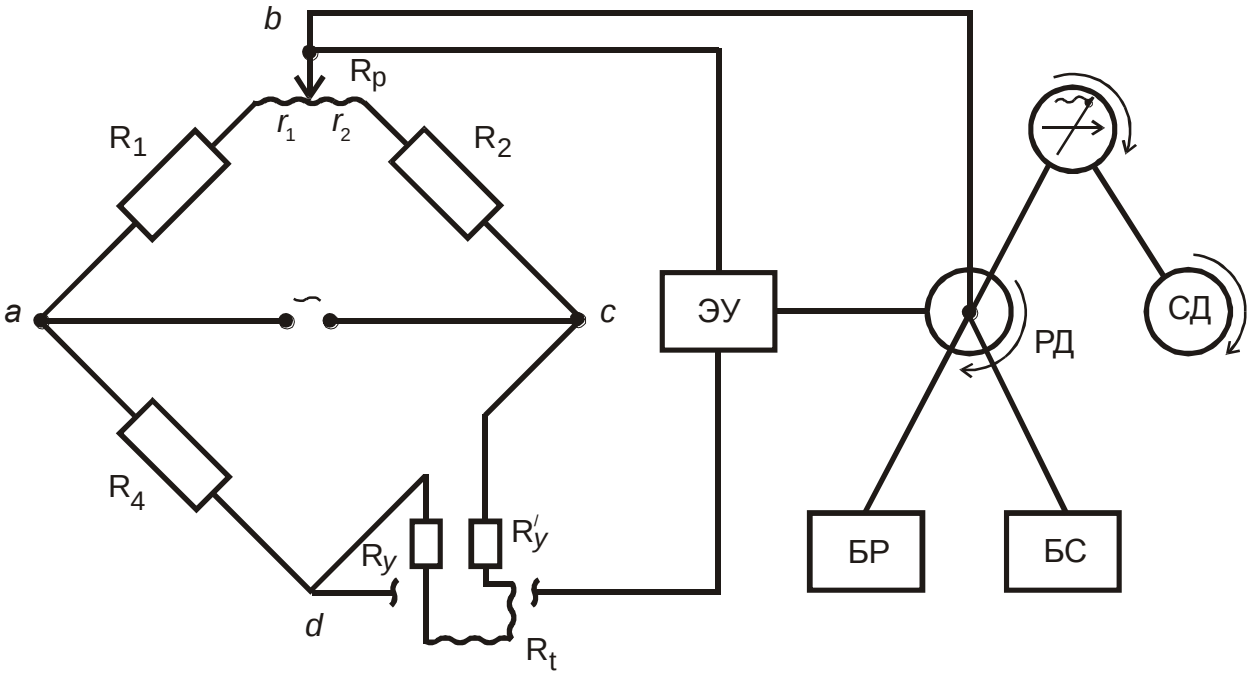

Рис.56.3. Принципиальная схема электронного равновесного моста

Точность показаний прибора зависит от подгонки сопротивлений проводов, соединяющих термометр сопротивления с автоматическим равновесным мостом. Для подгонки сопротивлений соединительных проводов до градуировочного значения служат сопротивления Ry и R`y величиной до 2,5 Ом каждое. При градуировке приборов сопротивление каждого

провода, идущего от термометра до прибора, принято 2,5 ± 0,01 Ом. Если сопротивление каждого провода будет меньше 2,5 Ом, то в соединительную линию последовательно включается добавочное сопротивление, дополняющее сопротивление каждого провода до 2,5 Ом.

В производственных условиях термометр сопротивления может находиться на значительном удалении от вторичного прибора, при колебаниях температуры среды величина их сопротивления будет изменяться, что приведет к дополнительной погрешности в показаниях автоматического равновесного моста. Для устранения указаний погрешности применяется трехпроводная схема соединений термометра сопротивления с вторичным прибором, заключающаяся в том, что точка С (рис.5.4) переносится непосредственно к термометру сопротивления. При таком соединении сопротивление провода Rl1 прибавляется к плечу измерительного моста, а сопротивление Rl2 - к плечу с постоянным сопротивлением. Тогда условие равновесия мостовой схемы будет иметь вид:

$$(R1 + rR1)\,(Rt + Rl1) = (R2 + rR2 + Rl2)\,R4 . \quad (5.7)$$

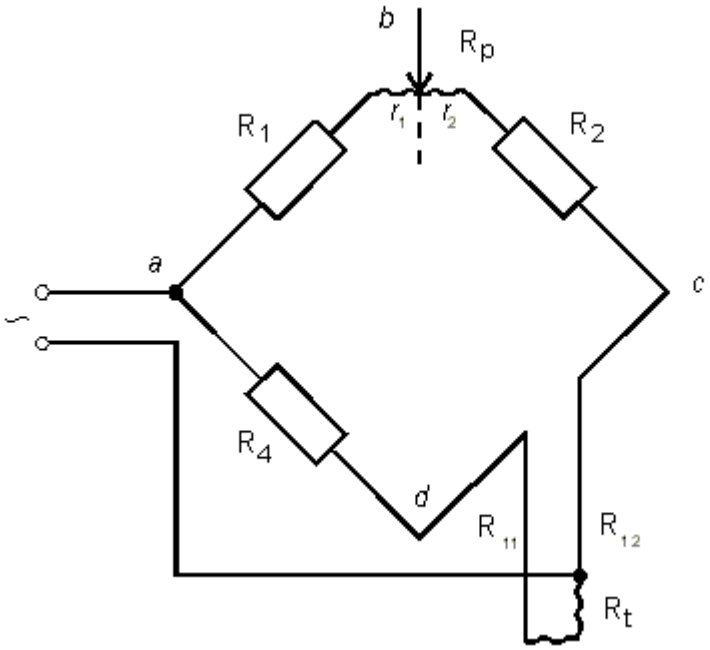

Рис.5.4. Трехпроводная схема соединения термометра сопротивления

Измерительная схема автоматического равновесного моста может также питаться от сухой батареи постоянного тока или от акку-

мулятора с напряжением 1,2 -1,5 В. В таком случае электронный усилитель прибора должен иметь вибропреобразователь для преобразования сигнала небаланса постоянного тока в переменный с целью его последующего усиления.

В связи с этим равновесные мосты постоянного тока применяются при возможном появлении в измерительной цепи различных наводок (например, при монтаже термометра сопротивления в электропечах или местах с большими магнитными полями). Кроме того, мосты постоянного тока используют в тех случаях, когда по условиям эксплуатации приборов и пожарной безопасности их питание осуществляется маломощными источниками постоянного тока.

Конструктивно автоматический самопишущий равновесный мост представляет собой стационарный прибор, все узлы которого размещены внутри стального корпуса. Запись показаний осуществляется на диаграммной бумаге, перемещаемой синхронным двигателем.

Промышленность выпускает показывающие и записывающие на дисковой диаграмме автоматические равновесные мосты, показывающие и записывающие на ленточной диаграмме мосты КСМ2, КСМ3, КСМ4, показывающие мосты с вращающейся шкалой и другие модификации. Принципиальные схемы их подобны рассмотренной схеме автоматического равновесного моста и отличаются они одна от другой только конструкцией отдельных узлов.

Однако рассмотренный выше тип электронного прибора имеет и ряд недостатков:

малый диапазон измерения температуры (до 600 град. С);

термометр сопротивления, устанавливаемый в технологических аппаратах, должен размещаться в объеме продукта;

вторичный прибор не имеет специальных средств взрывозащиты и устанавливается только в помещениях КИПиА.

5.2. Автоматический потенциометр

Электронный автоматический потенциометр предназначен для измерения, записи и регулирования температуры. Работает он в комплекте с термопарами стандартных градуировок, применяется для измерения температур от –200 град. С до 2000 град. С. В качестве конструкционных материалов для электродов термопары используются: железо-копель, копель-алюмель, хромель-алюмель, платина-платинородий и др. Зависимость термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) от изменения температуры носит линейный характер.

В электронных потенциометрах применяется потенциометрический (компенсационный) метод измерения, который основан на уравновешивании (компенсации) измеряемой ТЭДС известной разностью потенциалов, образованной вспомогательным источником питания.

Из принципиальной схемы (рис.5.5) видно, что термопара подключена так, что ее ток на участке Rад идет в том же направлении, что и от источника питания Б, а разность потенциалов между точкой А и любой промежуточной точкой Д пропорциональна сопротивлению Rад.

Передвигая подвижный контакт Д при условии, что Етп < Еб, можно найти такое его положение, при котором ток в цепи термопары будет равен 0, т.е. ТЭДС термопары может быть измерена величиной падения напряжения на участке сопротивления Rад. Схема такого вида широко используется для измерения температуры в переносных приборах.

Недостаток рассмотренной схемы состоит в том, что ТЭДС зависит от постоянства тока в цепи реохорда.

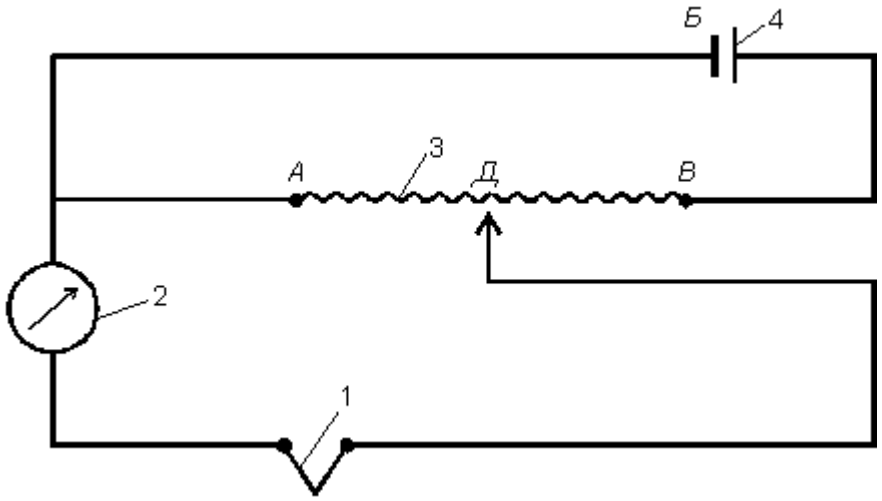

Рис.5.5. Принципиальная схема компенсационного метода измерения

Варьирование рабочего тока в цепи реохорда может вносить погрешности в результаты измерения. Установка необходимой величины рабочего тока и контроль его постоянства производят также компенсационным методом (рис.5.6).

Схема имеет три цепи:

цепь источника тока (источник тока Б, установочное сопротивление, постоянное сопротивление, реохорд с подвижным контактом Д):

цепь нормального элемента (нормальный элемент НЭ, постоянное сопротивление, измерительный прибор ИП);

цепь термопары (термопара ТП, измерительный прибор ИП, часть переменного сопротивления реохорда).

В режиме контроля переключатель устанавливают в положение К, подключая нормальный элемент к концам сопротивления Rне (ЭДС источника питания Б направлена навстречу ЭДС нормального элемента). При снижении величины рабочего тока его регулируют установочным сопротивлением и добиваются такого положения, при котором разность потенциалов на концах сопротивления Rне не станет равна ЭДС нормального элемента. Ток в цепи измерительного прибора станет равным нулю. Если Rуст не удается установить рабочий ток, то батарею заменяют. В режиме измерения переключатель устанавливают в положение И, подключая тем самым термопару последовательно с нормальным элементом, реохордом в точке А и подвижным контактом Д. ТЭДС термопары в этом случае будет направлена в противоположную сторону ЭДС источника Б. Перемещая контакт Д, находят такое его положение, при котором разность потенциалов между точкой А и контактом Д реохорда равна ТЭДС термопары.

В приборах серии ГСП питание измерительной схемы осуществляется стабилизированным источником, что упрощает конструкцию и эксплуатацию.

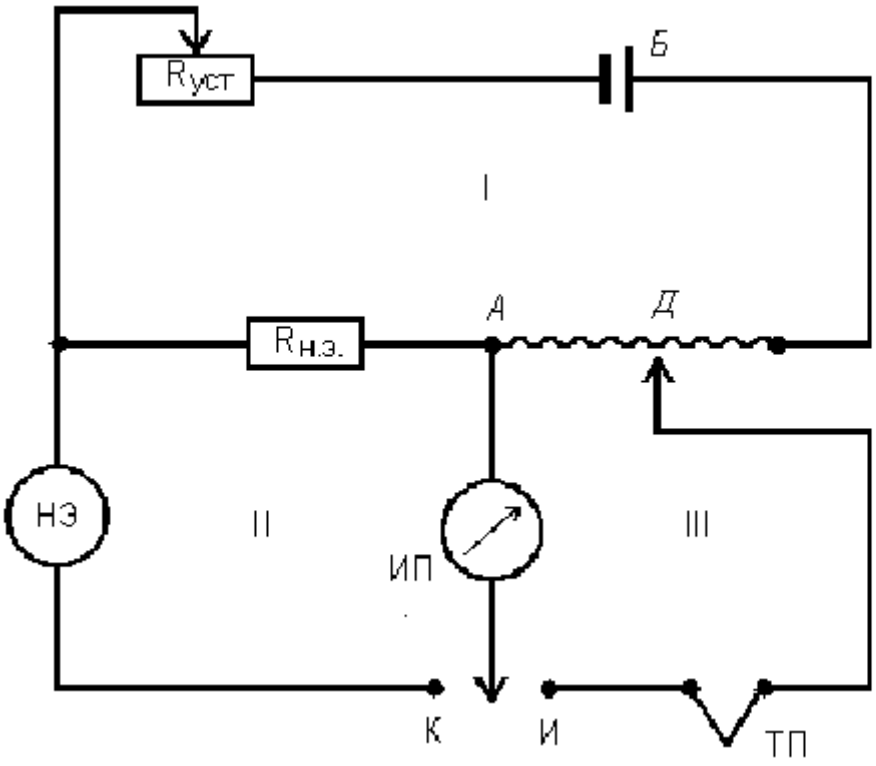

Рис. 5.6. Схема контроля и установки рабочего тока

Рассмотренные выше схемы реализуются в электронных автоматических стационарных потенциометрах (рис. 5.7).

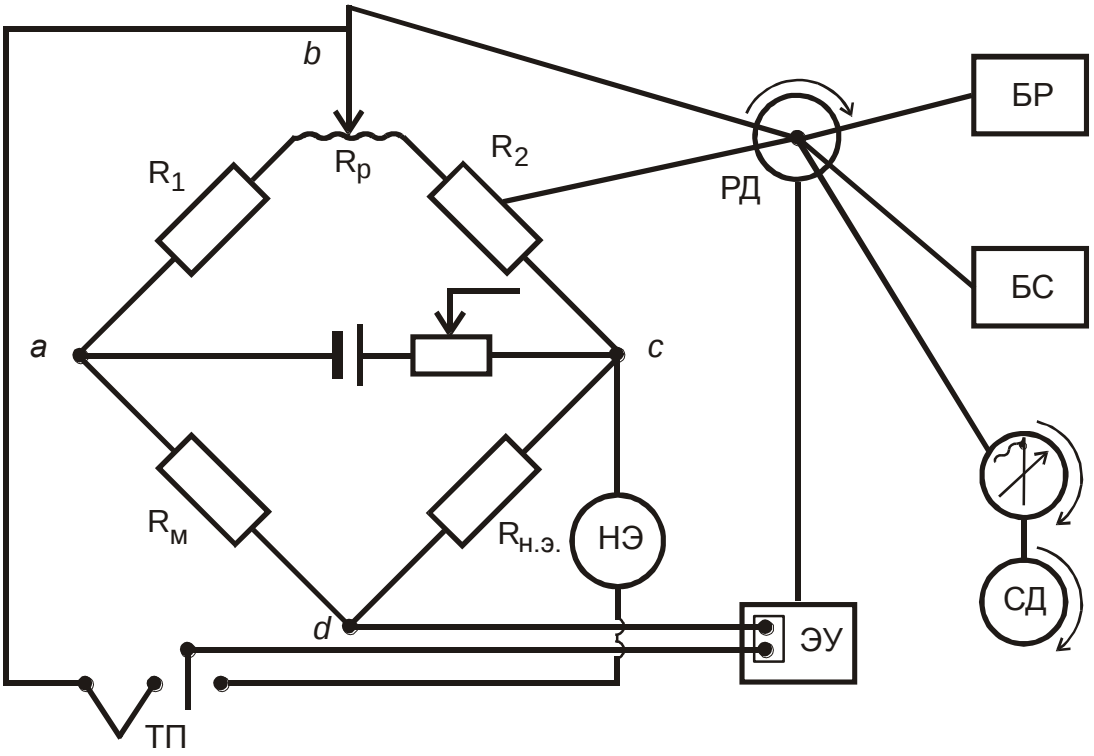

Рис.5.7. Принципиальная схема автоматического потенциометра

В отличие от лабораторных переносных приборов движок реохорда автоматических электронных потенциометров перемещается не вручную, а автоматически с помощью специального устройства. При этом нулевой прибор, показывающий небалансный ток измерительной цепи потенциометра, заменен электронным нуль-индикатором, состоящим из электронного усилителя и реверсивного двигателя. При изменении ТЭДС термопары в цепи появляется постоянное напряжение небаланса, которое преобразуется и усиливается до величины, достаточной для вращения ротора реверсивного двигателя.

Последний посредством кинематического механизма перемещает движок реохорда в зависимости от знака напряжения небаланса в ту или другую сторону, автоматически уравновешивая измерительную схему. Одновременно с движком реохорда перемещаются показывающая стрелка и записывающее перо. В потенциометре используется мостовая измерительная схема, обеспечивающая высокую точность и чувствительность прибора и позволяющая автоматически вводить поправку на изменение

температуры холодных спаев термопары, а также легко изменять пределы измерения и градуировку шкалы прибора.

Все сопротивления измерительной схемы потенциометра, кроме Rм (рис.5.7), выполнены из манганина. Сопротивление Rм и холодные спаи термопары должны находиться при одинаковой температуре и располагаться рядом с клеммами для включения термопары.

Измеряемая ЭДС термопары компенсируется падением напряжения на сопротивлении Rр, величина которой зависит от положения движка реохорда. Если ЭДС термопары не равна падению напряжения на указанных сопротивлениях, то разность напряжений, появляющаяся на вершинах измерительного моста b и d, подается на преобразовательный каскад, состоящий из вибрационного преобразователя и входного трансформатора.

В преобразовательном каскаде постоянный ток напряжением около нескольких милливольт преобразуется в переменный. Далее переменный ток усиливается по напряжению и мощности до значения, достаточного для вращения реверсивного двигателя.

Реверсивный двигатель, вращаясь по часовой стрелке или против нее (в зависимости от знака разбаланса), передвигает движок реохорда и тем самым устанавливается равновесие измерительной схемы. При этом компенсирующее напряжение измерительнрой схемы при изменении температуры изменяется на такую же величину, как и ЭДС термопары, но с обратным знаком. При равновесии измерительной схемы реверсивный двигатель вращаться не будет, так как на вход преобразовательного каскада напряжение не подается.

Для устранения помех, возникающих в цепи термопары, на вход потенциометра подключен фильтр, состоящий из сопротивлений и конденсаторов.

Конструктивно потенциометр представляет собой стационарный прибор, все узлы которого размещены внутри стального корпуса.

Автоматические потенциометры, выпускаемые промышленностью, имеют одинаковую принципиальную измерительную схему, но разнообразное конструктивное исполнение. Они отличаются по габаритам, типу диаграммы, градуировке, пределам измерения, видам дополнительных устройств и т.д. В настоящее время преимущественно выпускаются входящие в систему ГСП автоматические потенциометры серии КС: КСП1, КСП2, КСП3, КСП4, а также КПП1, КВП1, ПСМ2.

5.3. Многоканальные приборы контроля температуры

Автоматические мосты и потенциометры с дисковой диаграммой служат для измерения, записи и регулирования температуры в одной точке. При измерении в двух, трех и т.д. точках применяются несколько одноточечных приборов. Это удорожает технологическую установку, усложняет обслуживание и затрудняет сопоставление результатов выдаваемой информации.

Запись в полярных координатах менее наглядна, а скорость вращения диаграммы постоянна и относительно мала. Приборы с вращающейся и показывающей шкалой не предусматривают записи.

С целью исключения этих недостатков применяются многоточечные приборы с записью на ленточной диаграмме. Они предназначены для измерения, регулирования и записи температуры в 3,6,12,24 и т.д. точках.

Принципиальные измерительные схемы многоточечных автоматических мостов и потенциометров не отличаются от измерительных схем одноточечных приборов. В отличие от одноточечных приборов моноготочечные имеют соответствующее число чувствительных элементов (ТС или ТП 3,6,12,24...), которые с помощью многопозиционного двухполюсного переключателя поочередно включаются в измерительную схему и измеряют изменение параметра в соответствующей точке.

Двухполюсный многопозиционный переключатель конструктивно выполнен из нескольких пар никелевых ламелей с двумя токосъемными кольцами, включенными в мостовую схему. Схема электросоединений определяется количеством точек измерения (1,...,n). Соединение панелей с токосъемными кольцами осуществляется при помощи подвижных серебряных контактов на обегающем устройстве.

Многопозиционный переключатель может быть использован в системах автоматического контроля опросного типа (рис.5.8).

Более широкое применение он нашел в автоматических многоточечных приборах. Многоточечный электронный автоматический мост (рис.5.9) обеспечивает измерение температуры поочередно в каждом из термометров сопротивлений, подключаемых многопозиционным переключателем. Перемещение обегающего устройства на включение термометров сопротивлений осуществляется автоматически синхронным двигателем. При включении любого из термометров сопротивлений измерение производится, как одноточечным прибором

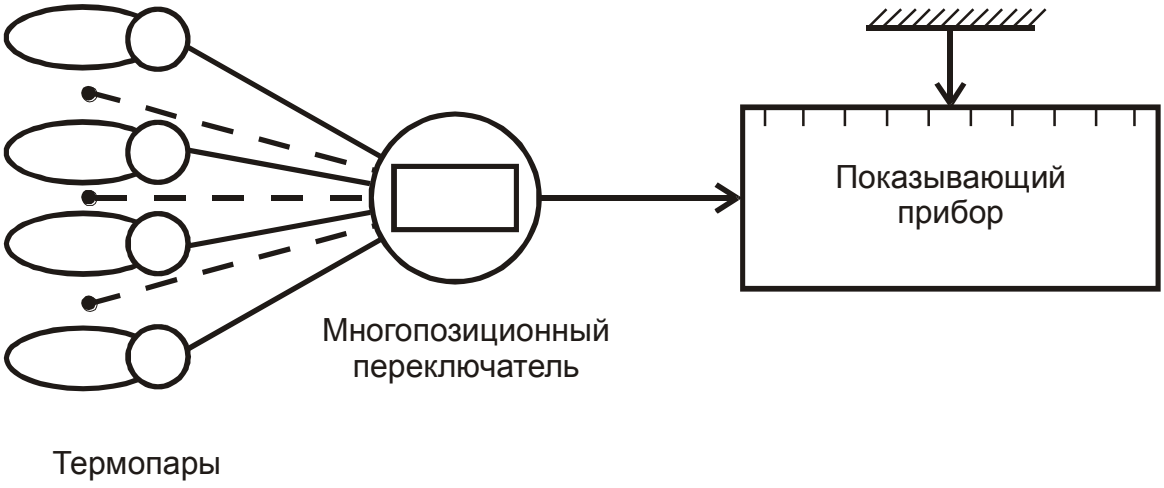

Рис. 5.8. Схема автоматического контроля опросного типа

. Некоторое отличие наблюдается в работе системы выдачи информации, обусловленное особенностью ее конструкции:

шкала линейная и отсчет производится после уравновешивания системы по расположению показывающей стрелки;

запись производится периодически в соответствии с заданным временем цикла измерения (1,3,5,10,25с) печатающей кареткой;

печатающая каретка на профильной диаграммной ленте печатает символ (*1;*2...), что означает точки отсчета температуры и номер датчика.

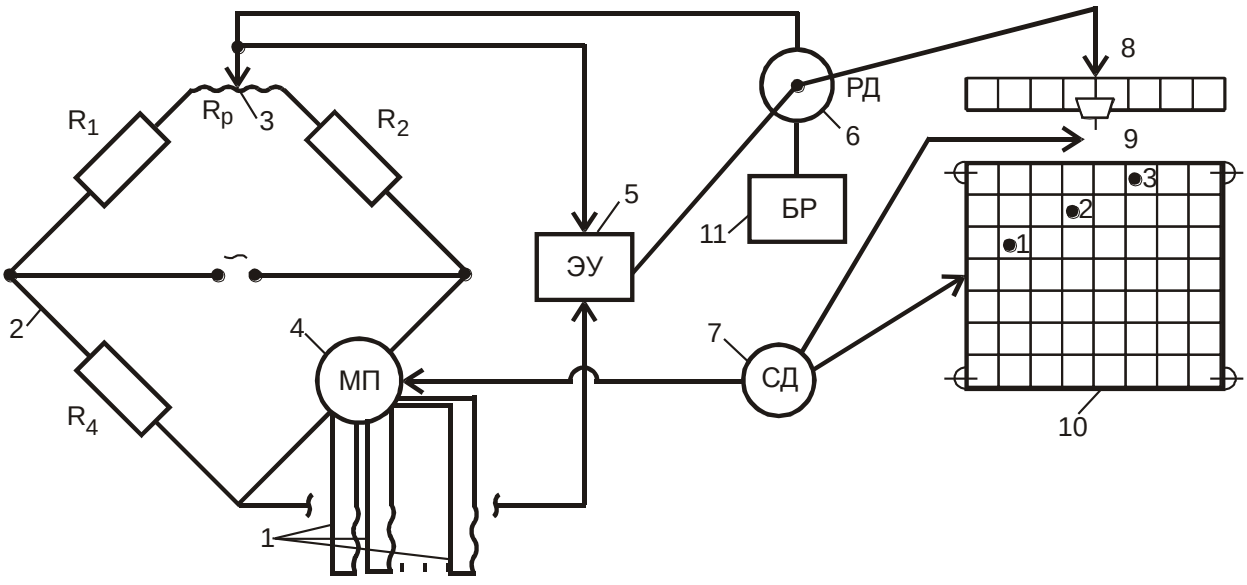

Рис. 5.9. Многоточечный электронный автоматический мост

Автоматические многоточечные потенциометры имеют в качестве датчиков термопары, а метод измерения потенциометрический. Несмотря на очевидные достоинства этих приборов и широкую распространенность их в практике автоматизации периодичность измерения температуры и соответственно отсутствие у оператора информации определенное время накладывает ограничения на их внедрение для автоматической защиты быстропротекающих пожаро- и взрывоопасных технологических процессов.

6. Электронные приборы контроля давления, уровня, расхода

6.1. Дифференциально-трансформаторные приборы

Электронные дифференциально-трансформаторные приборы, предназначены для автоматического измерения, записи и регулирования различных неэлектрических величин (давления, разряжения, уровня, расхода и т.п.), изменение которых может быть превращено с помощью чувствительных элементов (мембран, сильфонов, дифманометров, поплавков и т.п.) в линейное перемещение. Приборы этого типа работают в комплекте с индукционным датчиком, который обеспечивает превращение неэлектрической величины в электрическую. Датчик с чувствительным элементом монтируется у объекта, на котором осуществляется автоматический контроль или регулирование. Измерительное устройство прибора выполнено по дифференциально-трансформаторной (индукционной) схеме (рис.6.1), которая состоит из двух индукционных катушек, включенных соответствующим образом в одну схему и расположенных одна в индукционном датчике, вторая - в приборе.

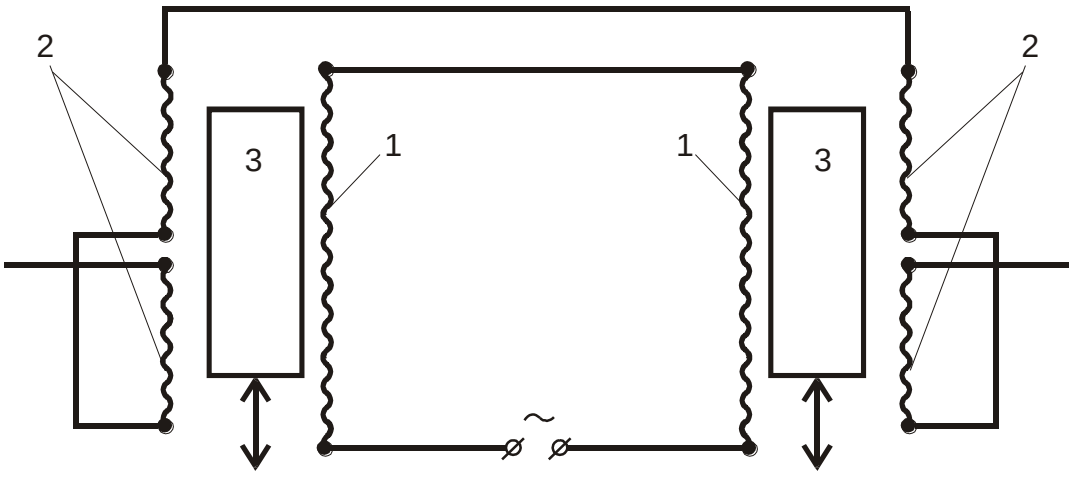

Рис. 6.1. Дифференциально-трансформаторная измерительная схема:
1 – первичная обмотка, 2 – вторичная обмотка, 3 – сердечник.

Каждая катушка имеет по одной первичной и вторичной обмотке. Первичная обмотка питается переменным напряжением 33 В от трансформатора усилителя.

Вторичные обмотки выполнены в виде двух секций, каждая из которых расположена на половине всей длины катушки и имеет одинаковое количество витков. Концы каждой секции вторичной обмотки соединены между собой так, что ЭДС, индуцируемая в одной из секций, имеет направление, обратное ЭДС, индуцируемой в другой. Внутри каждой катушки есть сердечник, выполненный из мягкого железа, длина которого меньше катушки, что обеспечивает возможность его перемещения. Когда сердечник находится в катушке в среднем положении, ЭДС, индуцируемые в каждой из секций, равны, направлены навстречу друг другу и взаимно компенсируются. Если же сердечник сместится от среднего положения под воздействием чувствительного элемента (вследствие изменения регулируемой величины), то магнитный поток, пронизывающий вторичную обмотку, окажется различным для секций, в результате чего индуцируемые в них ЭДС не будут равны (ЭДС одной увеличивается, второй уменьшается). Фаза и величина результирующей ЭДС зависит от направления смещения сердечника. При изменениях положений сердечников в катушках I и II появится напряжение небаланса, которое подается на вход электронного усилителя (рис.6.2).

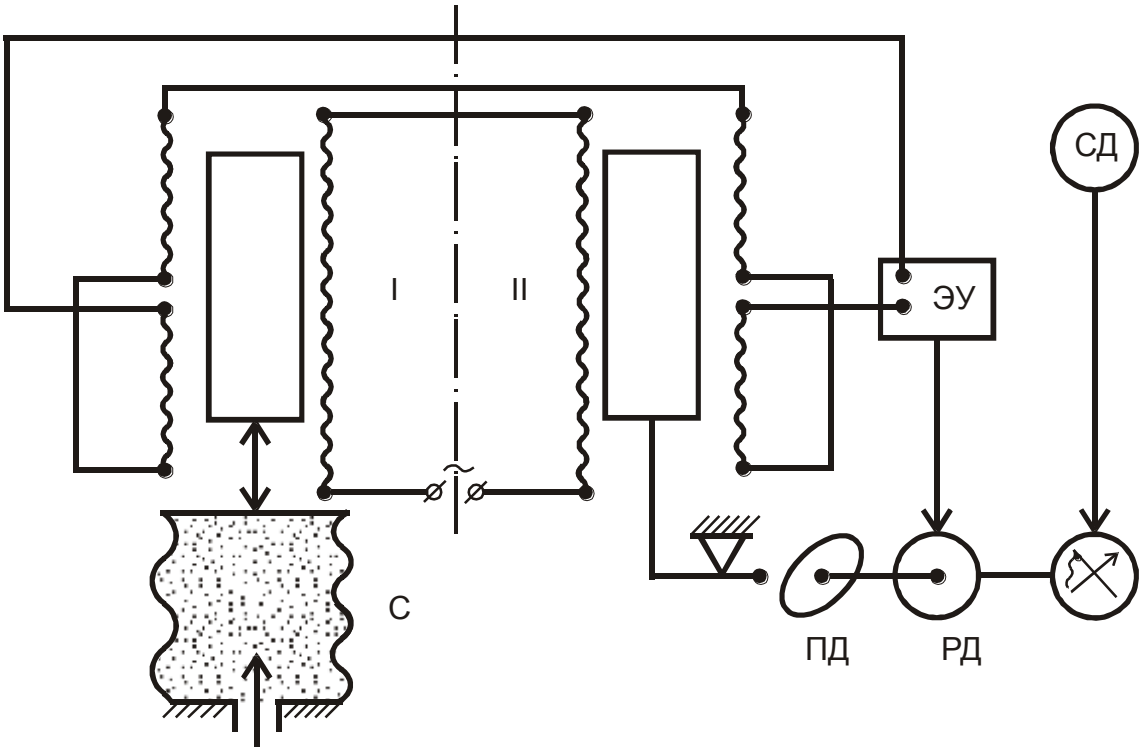

Рис.6.2 Принципиальная схема прибора с индукционной схемой

Усиленный сигнал подается на управляющую обмотку реверсивного двигателя, ротор которого, вращаясь, приводит в действие укрепленный на его оси профилированный диск и сердечник катушки II в сторону уменьшения рассогласования до тех пор, пока ЭДС I и II катушек не будут равны. Одновременно реверсивный двигатель приводит в действие показывающую стрелку и записывающее перо. Синхронный двигатель производит вращение диаграммы.

Промышленностью выпускаются электронные потенциометры индукционного действия с записью на дисковой диаграмме с показывающей шкалой нормального или тропического исполнения: КСД1, КСД2, КСД3, КВПД (из серии ГСП).

6.2. Приборы с ферродинамическими измерительными схемами

Электронные приборы с ферродинамическими измерительными схемами предназначены для автоматического контроля и регулирования неэлектрических параметров, изменения значения которых может быть с помощью чувствительных элементов преобразовано в перемещение рамки ферродинамического преобразователя (рис.6.3). Ферродинамический преобразователь имеет магнитопровод, состоящий из ярма (1), сердечника (2). В сердечнике на агатовых подпятниках установлена поворотная рамка (3).

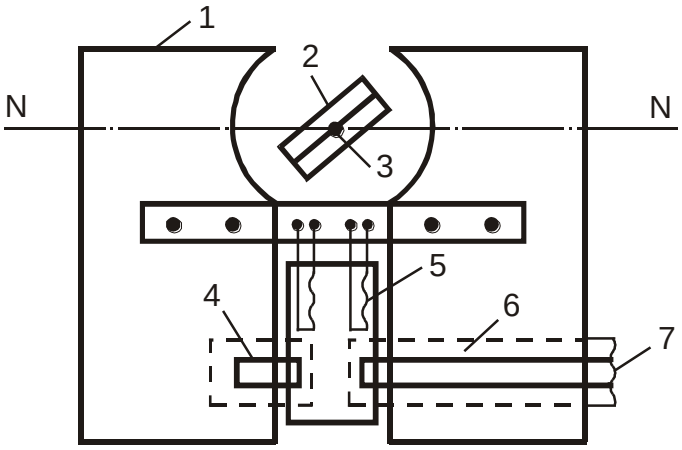

Рис. 6. 3. Ферродинамический преобразователь:
1 – ярмо; 2 – рамки; 3 - сердечник; 4,6 – плунжеры; 5 – катушка; 7 – контргайка

На магнитопроводе размещается катушка с обмотками возбуждения и смещения. При питании обмотки возбуждения переменным током в магнитопроводе возникает магнитный поток, индуктирующий в рамке (3) и обмотке возбуждения ЭДС. Величина магнитного потока зависит от воздушного зазора между плунжерами 5 и 7 в магнитопроводе. Изменяя этот зазор с помощью подвижного плунжера (5), можно изменить величину магнитного потока, а следовательно, и ЭДС рамки и обмотки возбуждения. Рамка связана с чувствительным элементом и может перемещаться в зазоре магнитопровода на угол +20 относительно нейтрали NN. Когда плоскость рамки совпадает с линией NN, магнитный поток не пересекает рамку и ЭДС в ней не индуктируется. При отклонении рамки от нейтрального положения в обе стороны наводимая в ней ЭДС будет пропорциональна углу поворота, т.е. значению измеряемого поворота параметра. Введение в выходную цепь дополнительного сигнала от обмотки смещения позволяет получить различные характеристики преобразователя в тех же пределах изменения угла поворота рамки. Последовательное соединение нескольких ферродинамических преобразователей обеспечивает возможность сложения, вычитания и других действий с измерительными величинами. Принципиальная схема электронного прибора с ферродинамической измерительной схемой приведена на рис 6.4.

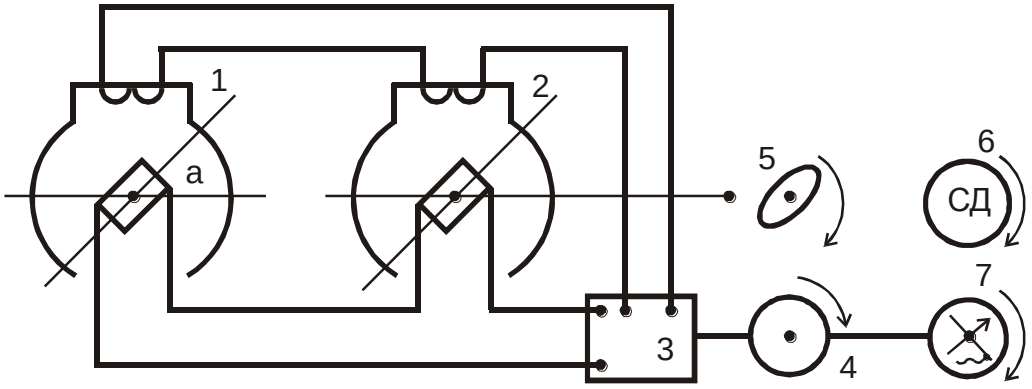

Рис.6.4. Схема прибора с ферродинамическим преобразователем:
1 – ферродинамический преобразователь датчика;
2 - ферродинамический преобразователь вторичного прибора;
3 – электронный усилитель; 4 – реверсивный двигатель;
5 – эксцентрик; 6 – синхронный двигатель; 7 – система записи и отсчета

Приборы с рассмотренной принципиальной схемой работают аналогично приборам с дифференциально-трансформаторной схемой. Как видно из схемы, угол поворота рамки 1 характеризует значение измеряемой величины, а соответствующее перемещение рамки 2 во вторичном приборе и приведенной схемы в равновесие осуществляется через эксцентрик. Данные приборы могут работать в комплекте с первичными преобразователями и ферродинамическими и дифференциально-трансформаторными схемами и наоборот. Отечественной промышленностью выпускаются несколько типов рассмотренных приборов: КСФ1, КСФ3 и т.п.

7. Надзор за измерительной техникой

Обеспечение единства измерений и поддержания в надлежащем состоянии средств измерений во всех отраслях народного хозяйства осуществляется единой метрологической службой страны, возглавляемой Госстандартом РФ и состоящей из государственной метрологической службы и ведомственных метрологических служб. Государственная метрологическая служба имеет ряд научно-исследовательских институтов и республиканских управлений Госстандарта РФ. В ведении последних находятся республиканские центры метрологии и стандартизации, республиканские, межобластные, областные (краевые) и межрайонные лаборатории государственного надзора за стандартами и измерительной техникой.

Основными задачами государственной метрологической службы являются: осуществление государственного надзора за измерительной техникой, разработка нормативно-технических документов государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) и контроль за их выполнением, создание и совершенствование эталонной базы и парка образцо-

вых средств измерений, обеспечивающих передачу размера физических единиц от эталонов до исходных образцовых средств измерений органов ведомственных метрологических служб. ГСИ представляет собой комплекс установленных государственными стандартами правил, положений, требований и норм, определяющих организацию и методику работ по оценке и обеспечению точности измерений. Эти стандарты регламентируют: единицы физических величин, методы и средства воспроизведения этих единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерений, способы выражения нормируемых метрологических характеристик средств измерений и показателей точности результатов измерений; требования к методике выполнения измерений; порядок и методику проведения государственных испытаний, поверки и ревизии средств измерений.

Одной из основных обязанностей государственной метрологической службы является обеспечение государственного надзора за измерительной техникой. Надзору подлежат: производство, состояние, эксплуатация и ремонт мер и измерительных приборов, а также деятельность ведомственных метрологических служб. Органы Госстандарта РФ имеют право запрещать выпуск в обращение средств измерений, не соответствующих требованиям Государственных стандартов и технических условий, изымать из обращения непригодные меры и измерительные приборы, производить обязательную государственную поверку средств измерений, производить государственные испытания и аттестацию новых измерительных приборов. Все меры и измерительные приборы, предназначенные для серийного производства и выпуска в обращение, подвергаются государственным испытаниям. В процессе испытаний устанавливается соответствие приборов запросам народного хозяйства, современному уровню измерительной техники и требованиям стандартов. При положительных результатах государственных испытаний приборов Госстандарт РФ разрешает их производство и выпуск в обращение с выдачей сертификата.

Для обеспечения необходимой точности измерений установлен определенный порядок организации и проведения поверки средств измерений. Все средства измерений подлежат государственной или ведомственной поверке.

Государственной поверке, выполняемой системой Госстандарта РФ, подвергаются средства измерения, применяемые в органах государственной метрологической службы, исходные образцовые приборы, используемые в органах ведомственных метрологических служб, а также рабочие средства измерений, применяемые для учета и взаимных расчетов, обеспечения техники безопасности, охраны окружающей среды и здоровья населения. Перечень рабочих средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке, и периодичность этой поверки для отдельных групп приборов устанавливаются Госстандартом РФ.

Ведомственная поверка осуществляется органами ведомственных метрологических служб отдельных предприятий, организаций и учреждений, имеющих разрешение органов Госстандарта РФ на проведение поверочных работ. Этой поверке подлежат все средства измерений, используемые в народном хозяйстве, не охватываемые государственной поверкой.

Поверка средств измерений проводится в соответствии с требованиями Государственных стандартов, инструкций и методических указаний Госстандартов РФ к методам и средствам поверки. Приборы, признанные в результате поверки не отвечающие своему классу точности, или неисправные не допускаются к дальнейшему применению до устранения выявленных недостатков. На приборы, признанные годными, наносятся клейма или выписываются свидетельства. При необходимости не допустить доступа к механизмам приборов, после их поверки корпуса последних пломбируются. При участии в государственных комиссиях по приемке вновь смонтированного и реконструированного технологического оборудования взрывопожароопасных производств с наличием средств автоматики работникам пожарной охраны необходимо обращать внимание на выполнение требований соответствующих нормативных документов Госстандарта по поверке приборов и их клеймению. Это снижает возможность взрывопожароопасных ситуаций на объектах ,а в случае пожара и взрыва приборы, прошедшие поверку, будут объективно отражать предаварийную ситуацию и ход развития аварии, приведшей к пожару.