

Глава 3

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

3.1. Контрольно-измерительные приборы 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, относятся: объемное расширение тел, изменение давления вещества в замкнутом объеме, возникновение термоэлектродвижущей 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 по принципу 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 $+600$ °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 температуры от -200 до $+2000$ °С.

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

5. Пирометры излучения, работающие по принципу изменения интенсивности излучения нагретых тел в зависимости от изменения температуры. Применяются для измерения температур от $+600$ до $+6000$ °С.

3.2. Контрольно-измерительные приборы давления

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

манометры – 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 избыточных давлений;

тягомеры – для измерения малых 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 радиоактивные.

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

Пружинные приборы. Измеряемое давление или разрежение уравнивается 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. Давление определяется по значению 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 изменении электрических свойств (сопротивление, емкость, индуктивность 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 (кварца, сегнетовой соли, турмалина) при приложении к ним силы в определенном направлении.

Радиоактивные приборы. Давление определяется изменением степени ионизации или степени поглощения γ -лучей при изменении плотности вещества.

3.3. Контрольно-измерительные приборы 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 которой жидкость, как в сообщающихся сосудах, устанавливается на той же высоте, что и в аппара-

те. 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. Различают гидростатические пьезометрические и дифманометрические уровнемеры. Действие *гидростатических пьезометрических уровнемеров* основано на использовании 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 уравнивается 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. Если одной обкладкой конденсатора является электрод, то другой – стенка 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 измерении интенсивности поглощения γ -частиц при изменении уровня жидкости.

3.4. Контрольно-измерительные приборы расхода

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

$$Q = \frac{V}{\tau}.$$

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

$$G = \frac{V\rho}{\tau}.$$

Объемный расход можно выразить через весовой:

$$Q = \frac{G}{\rho}.$$

где ρ – плотность вещества, кг/м³.

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 можно разделить на расходомеры переменного и постоянного перепадов давлений, переменного уровня.

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

Расходомеры постоянного перепада давлений (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 поплавки перемещаются вверх и изменяется проходное отверстие трубки. Высота подъема поплавка функционально связана с расходом. 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 ее из сосуда.

Существуют 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).

3.5. 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 распространены в электротехнике и автоматике. Мостовой измерительной схемой пользуются более 100 лет, а возможность измерения и физическая сущность работы ее впервые рассмотрены в работах французского исследователя Шарля Кристи (1831 г.) и примерно в эти же годы английским исследователем Уинстоном.

Многообразие мостовых схем базируется на классической мостовой схеме, которая представляет собой кольцо сопротивлений (рис. 3.1). Сопротивления соединены так, что образуют вершины моста a , b , c и d , диагональ питания ac и диагональ измерения bd .

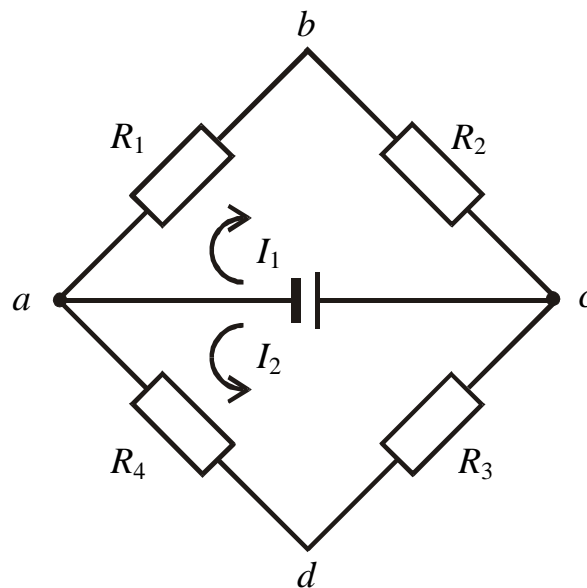


Рис. 3.1. Схема равновесного моста:
 R_1, R_2, R_3, R_4 – резисторы; ac – диагональ питания;
 bd – диагональ измерения

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

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

$$U_1 = U_4 \text{ и } U_2 = U_3. \quad (3.1)$$

По закону Ома

$$U_1 = I_1 R_1; U_2 = I_1 R_2; U_3 = I_2 R_3; U_4 = I_2 R_4. \quad (3.2)$$

Подставляя в равенство падений напряжений (3.1) их значения, выраженные через токи и сопротивления (3.2), и поделив почленно, получаем:

$$I_1 R_1 / I_1 R_2 = I_2 R_4 / I_2 R_3 \quad (3.3)$$

или, сократив значения токов I_1 и I_2 , имеем равенство:

$$R_1 R_3 = R_2 R_4, \quad (3.4)$$

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. 3.2.

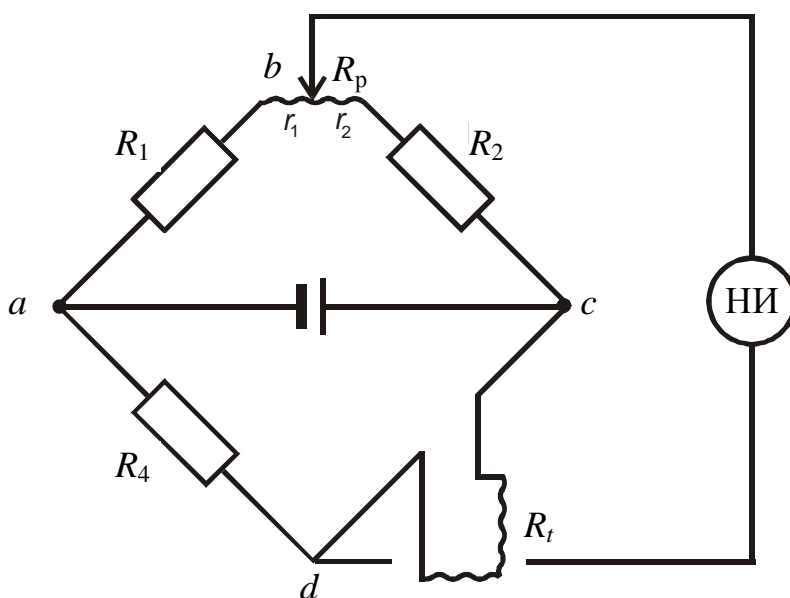


Рис. 3.2. Измерительный мост:
 R_p – реохорд; НИ – нуль-индикатор

Медный или платиновый термометр сопротивления R_t , электрическое сопротивление которого должно быть измерено, включается в одно из плеч

моста при помощи соединительных проводов, имеющих сопротивления R . Другие плечи моста состоят из постоянных манганиновых сопротивлений $R_{\text{мг}}$ и переменного калиброванного сопротивления реохорда R_p , выполненного также из манганина. К одной диагонали моста подведено питание постоянного или переменного тока, в другую включен нуль-индикатор. При равновесии моста удовлетворяется равенство:

$$R_1 R_t = R_2 R_4, \quad (3.5)$$

откуда с учетом сопротивлений реохорда запишем:

$$(R_1 + r_1) R_t = (R_2 + r_2) R_4. \quad (3.6)$$

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 электрическое сопротивление термометра сопротивления изменится и мост разбалансируется. Чтобы восстановить равновесие, необходимо при постоянных сопротивлениях R_1 , R_2 и R_4 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 R_t , следовательно, об измеряемой температуре.

Рассмотрим принципиальную схему автоматического электронного самопишущего равновесного моста переменного тока (рис. 3.3).

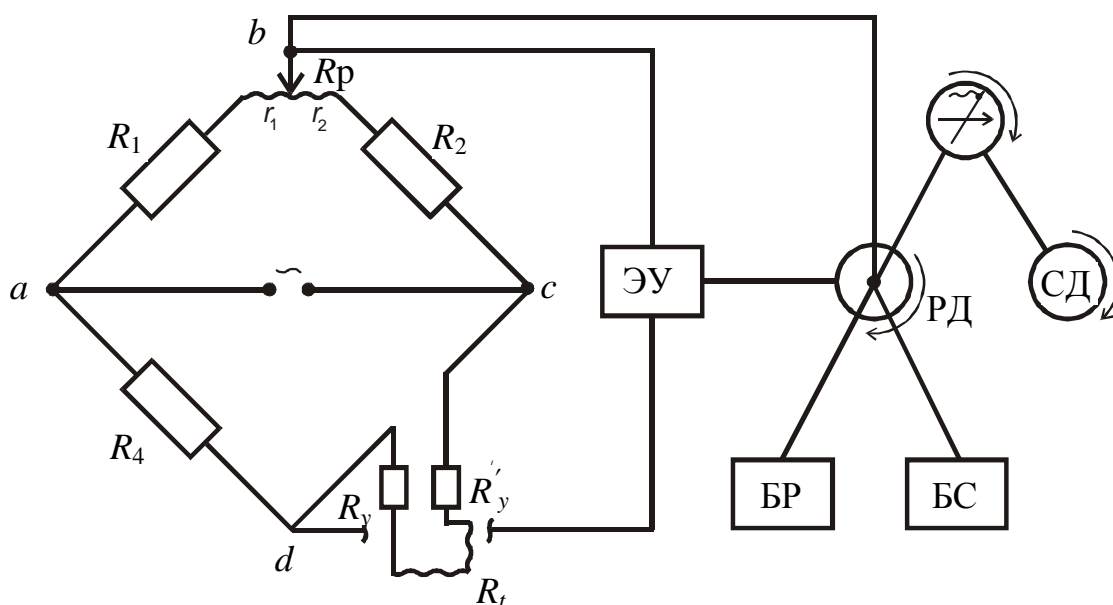


Рис. 3.3. Принципиальная схема электронного равновесного моста

При изменении температуры среды, в которой находится термометр сопротивления, изменится температура термометра и, следовательно, его

электрическое сопротивление. Измерительный мост, состоящий из постоянных и переменных сопротивлений (R_1 , R_2 и R_4) и питающийся напряжением (6,3 В) от одной из обмоток силового трансформатора, разбалансируется, и в диагонали моста между точками b и d появится напряжение небаланса U_{bd} . 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 R_p , 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.

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 R_y и R'_y величиной до 2,5 Ом каждое. При градуировке приборов сопротивление каждого провода, идущего от термометра до прибора, принято $(2,5 \pm 0,01)$ 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 погрешности применяется трехпроводная схема соединений термометра сопротивления с вторичным прибором, заключающаяся в том, что точка c (рис. 3.4) переносится непосредственно к термометру сопротивления. При таком соединении сопротивление провода R_{l_1} прибавляется к плечу измерительного моста, а сопротивление R_{l_2} к плечу с постоянным сопротивлением. Тогда условие равновесия мостовой схемы будет иметь вид:

$$(R_1 + rR_1)(R_t + R_{l_1}) = (R_2 + rR_2 + R_{l_2})R_4. \quad (3.7)$$

Измерительная схема автоматического равновесного моста может также питаться от сухой батареи постоянного тока или от аккумулятора 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.

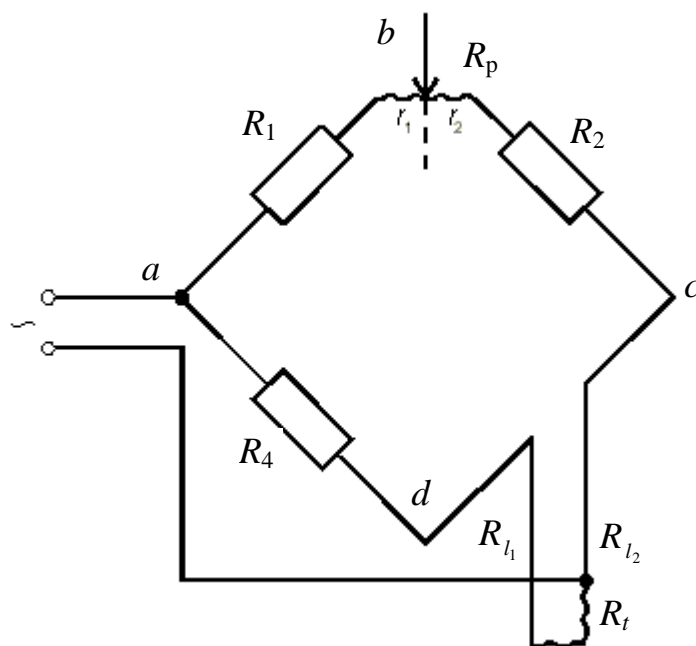


Рис. 3.4. Трехпроводная схема соединения термометра сопротивления

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 только конструкцией отдельных узлов.

Однако рассмотренный выше тип электронного прибора имеет и ряд недостатков:

- малый диапазон измерения температуры (до 600 °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.

3.6. Автоматический потенциометр

Автоматический потенциометр предназначен для измерения, записи и регулирования температуры. Работает он в комплекте с термопарами стандартных градуировок, применяется для измерения температур от -200 до $+2000$ °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 уравнивании (компенсации) измеряемой ТЭДС известной разностью потенциалов, образованной вспомогательным источником питания.

Из принципиальной схемы (рис. 3.5) видно, что термопара подключена так, что ее ток на участке R_{AD} идет в том же направлении, что и от источника питания B , а разность потенциалов между точкой A и любой промежуточной точкой D пропорциональна сопротивлению R_{AD} .

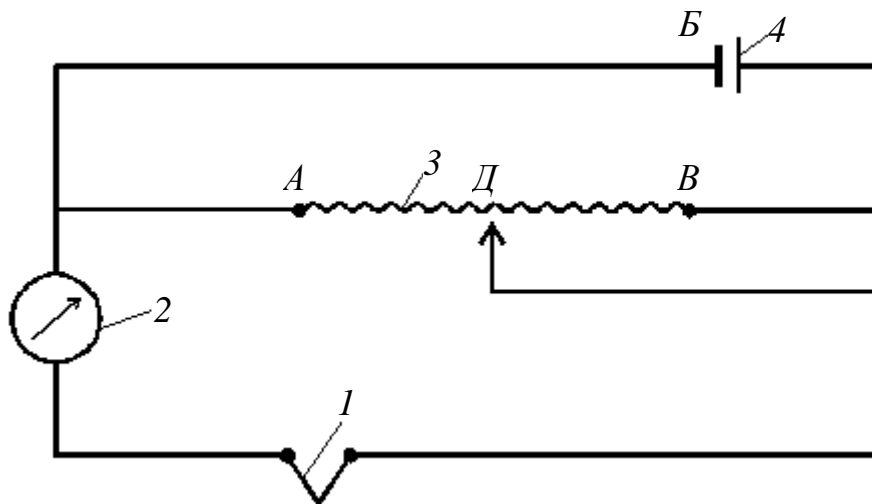


Рис. 3.5. Принципиальная схема компенсационного метода измерения:
1 – термопары; 2 – нуль-индикатор; 3 – реохорд; 4 – источник питания

Передвигая подвижный контакт D , при условии, что $E_{ТП} < E_B$, можно найти такое его положение, при котором ток в цепи термопары будет равен 0, т.е. ТЭДС термопары может быть измерена значением падения напряжения на участке сопротивления R_{AD} . 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.

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. 3.6).

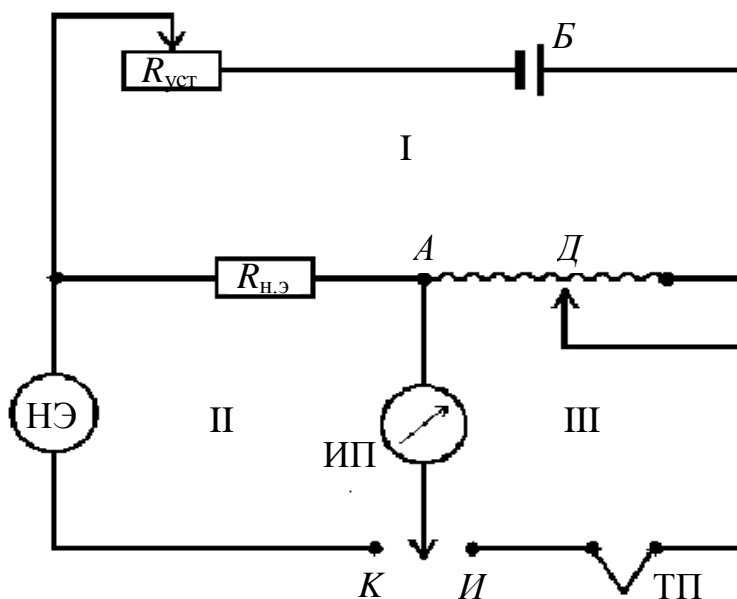


Рис. 3.6. Схема контроля и установки рабочего тока

Схема имеет три цепи:

цепь источника тока (источник тока B , установочное сопротивление, постоянное сопротивление, реохорд с подвижным контактом D);

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 K , подключая нормальный элемент к концам сопротивления $R_{н.э}$ (ЭДС источника питания B 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 $R_{н.э}$ не станет равна ЭДС нормального элемента. Ток в цепи измерительного прибора станет равным нулю. Если $R_{уст}$ не удастся 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 A и подвижным контактом D . ТЭДС термопары в этом случае будет направлена в противоположную сторону ЭДС источника B . Перемещая контакт D , находят такое его положение, при котором разность потенциалов между точкой A и контактом D реохорда равна ТЭДС термопары.

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

Рассмотренные выше схемы используются в электронных автоматических стационарных потенциометрах (рис. 3.7).

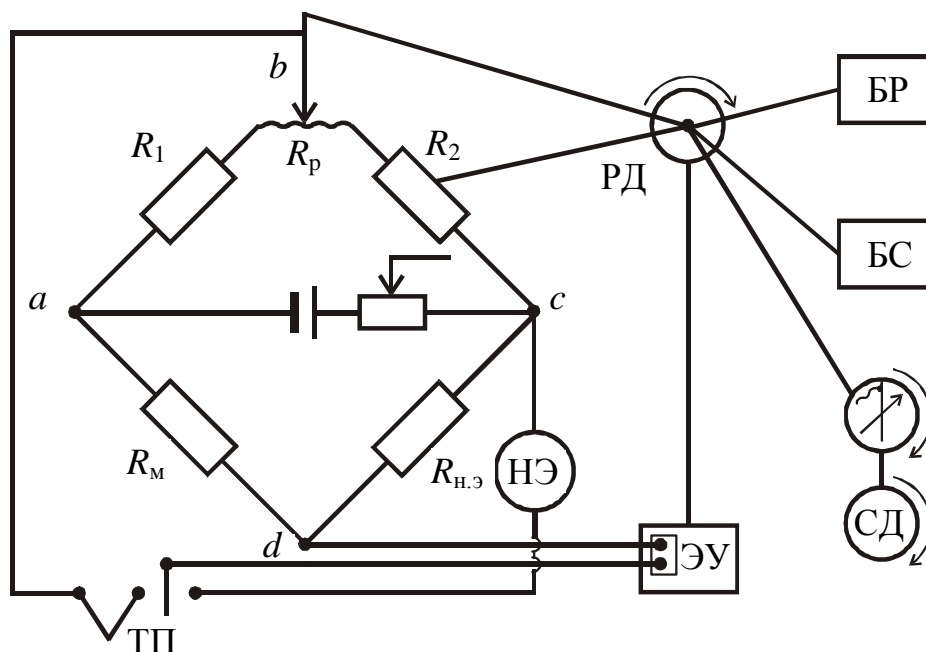


Рис. 3.7. Принципиальная схема автоматического потенциометра

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.

Двигатель посредством кинематического механизма перемещает движок реохорда в зависимости от знака напряжения небаланса в ту или другую сторону, автоматически уравнивая 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 R_M (см. рис. 3.7), выполнены из манганина. Сопротивление R_M и холодные

спай термопары должны находиться при одинаковой температуре и располагаться рядом с клеммами для включения термопары.

Измеряемая ЭДС термопары компенсируется падением напряжения на сопротивлении R_p , которое 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 измерительной 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.

3.7. Многоканальные мосты и потенциометры

Автоматические мосты и потенциометры с дисковой диаграммой служат для измерения, записи и регулирования температуры в одной точке. При измерении в двух, трех и более точках применяются несколько одноточечных приборов. Это способствует удорожанию технологической установки, усложняет обслуживание и затрудняет сопоставление результатов выдаваемой информации.

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

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

Принципиальные измерительные схемы многоточечных автоматических мостов и потенциометров не отличаются от измерительных схем одноточечных приборов. В отличие от одноточечных приборов многоточечные 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 параметр в соответствующей точке.

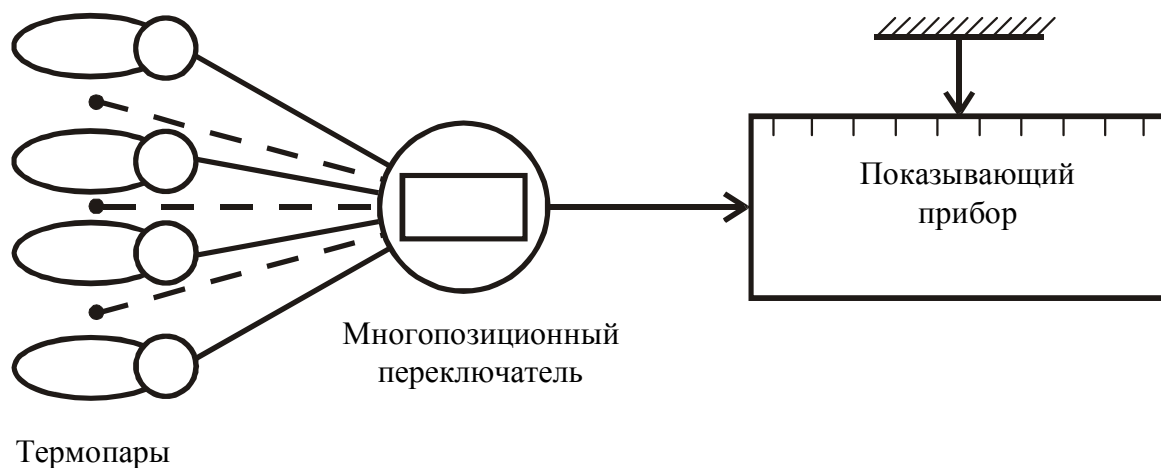


Рис. 3.8. Схема автоматического контроля опросного типа

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). Панели с токосъемными кольцами соединяются при помощи подвижных серебряных контактов на обегавшем устройстве.

Многопозиционный переключатель может быть использован в системах автоматического контроля опросного типа (рис. 3.8). Более широкое применение он нашел в автоматических многоканальных приборах.

Многоканальный электронный автоматический мост (рис. 3.9) обеспечивает измерение температуры поочередно в каждом из термометров сопротивлений, подключаемых многопозиционным переключателем. Перемещение обегавшего устройства на включение термометров сопротивлений осуществляется автоматически синхронным двигателем. При включении любого из термометров сопротивлений измерение производится, как

одноточечным прибором. Некоторое отличие, наблюдаемое в работе системы выдачи информации, обусловлено особенностью ее конструкции:

шкала линейна и отсчет производится после уравнивания системы по расположению показывающей стрелки;

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

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

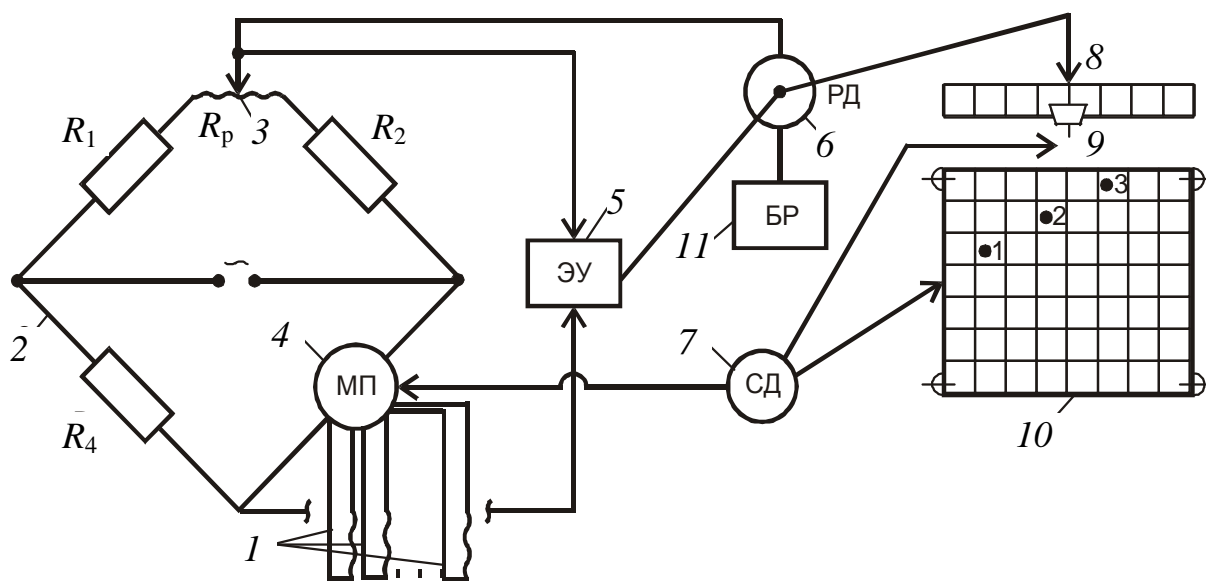


Рис. 3.9. Многоканальный электронный мост:

- 1 – термометр сопротивления; 2 – измерительный мост; 3 – реохорд;
 4 – многопозиционный переключатель; 5 – электронный усилитель;
 6 – реверсивный двигатель; 7 – синхронный двигатель; 8 – шкала отсчета;
 9 – печатающая каретка; 10 – диаграммная лента; 11 – блок регулирования

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 времени для получения информации накладывает ограничения на их внедрение для автоматической защиты быстропротекающих пожаро- и взрывоопасных технологических процессов.

3.8. Дифференциально-трансформаторные приборы

Электронные дифференциально-трансформаторные приборы, предназначенные для автоматического измерения, записи и регулирования различных неэлектрических величин: давления, разрежения, 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. 3.10), которая состоит из двух индукционных катушек, включенных соответствующим образом в одну схему и расположенных одна в индукционном датчике, вторая – в приборе.

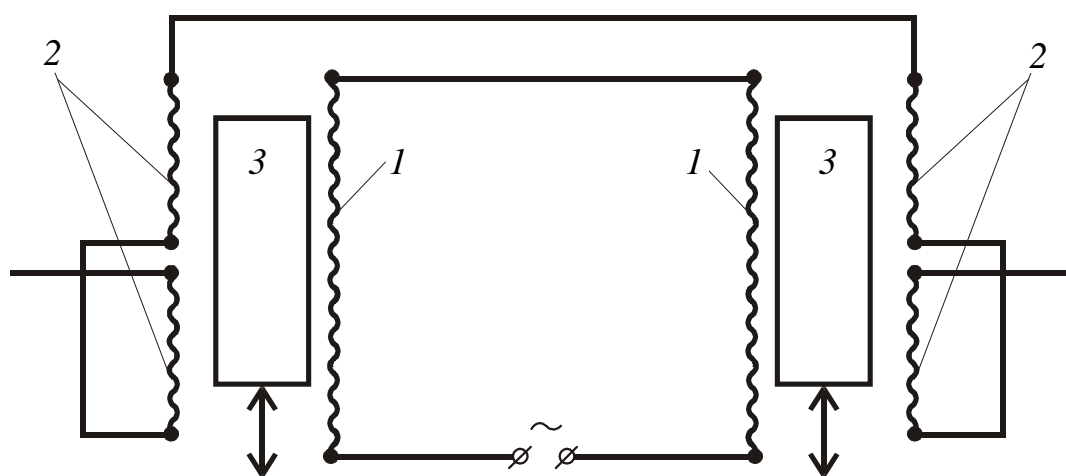


Рис. 3.10. Дифференциально-трансформаторная измерительная схема:
1 – первичная обмотка; 2 – вторичная обмотка; 3 – сердечник

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, т.е. индукция схемы электрически уравновешена. 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. 3.11).

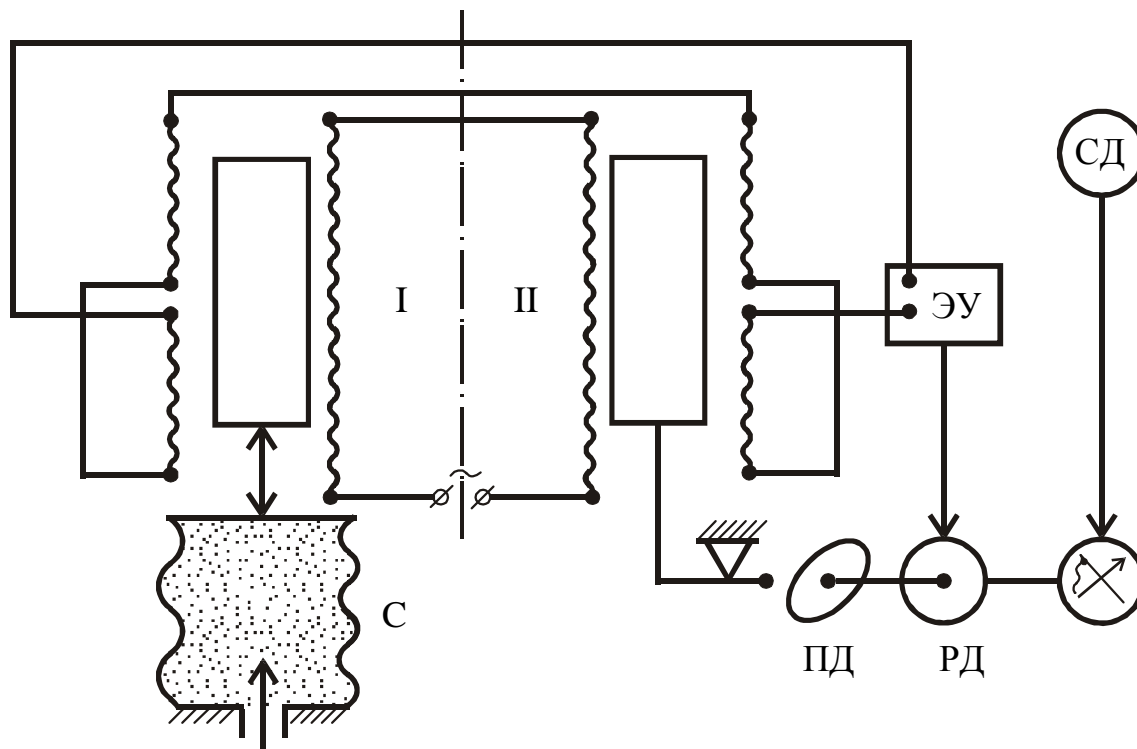


Рис. 3.11. Принципиальная схема прибора с индукционной схемой

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 диска 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).

3.9. Приборы с ферродинамическими измерительными схемами

Электронные приборы с ферродинамическими измерительными схемами предназначены для автоматического контроля и регулирования неэлектрических параметров, изменение значения которых может быть с по-

мощью чувствительных элементов преобразовано в перемещение рамки ферродинамического преобразователя (рис. 3.12).

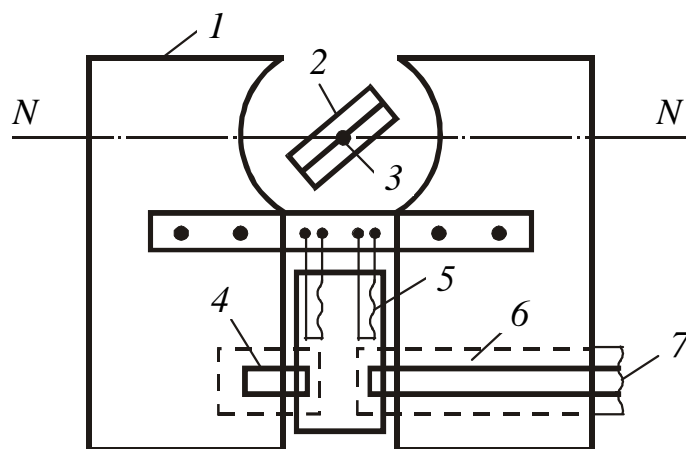


Рис. 3.12. Ферродинамический преобразователь:
1 – ярмо; 2 – рамки; 3 – сердечник; 4, 6 – плунжеры; 5 – катушка; 7 – контргайка

Ферродинамический преобразователь имеет магнитопровод, состоящий из ярма 1 и сердечника 3. В сердечнике на агатовых подпятниках установлена поворотная рамка 2. На магнитопроводе размещается катушка 5 с обмотками возбуждения ω_b и смещения ω_c . При питании обмотки возбуждения переменным током в магнитопроводе возникает магнитный поток, индуктирующий в рамке 2 и обмотке возбуждения ω_b . Величина магнитного потока зависит от воздушного зазора между плунжерами 4 и 6 в магнитопроводе. Изменяя этот зазор с помощью подвижного плунжера 4, можно изменить величину магнитного потока, а следовательно, и ЭДС рамки 2 (E_p) и обмотки возбуждения ω_b . 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 приборами. Принципиальная схема электронного прибора с ферродинамической измерительной схемой приведена на рис. 3.13.

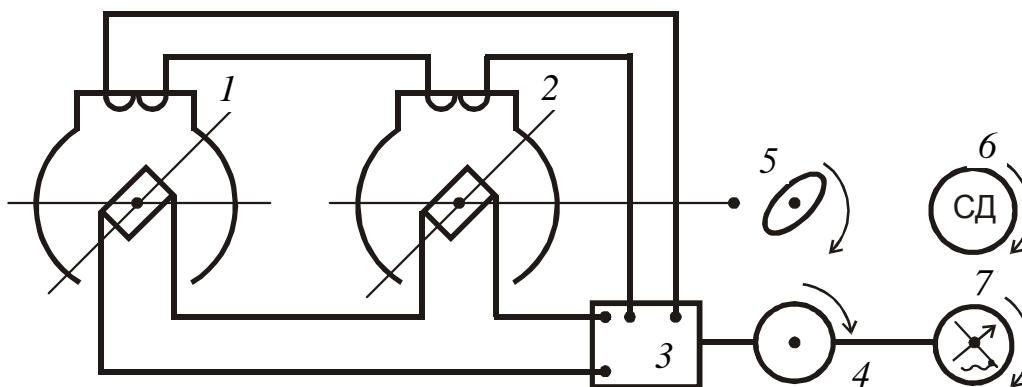


Рис. 3.13. Схема прибора с ферродинамическим преобразователем:
 1 – ферродинамический преобразователь датчика; 2 – ферродинамический преобразователь вторичного прибора; 3 – электронный усилитель; 4 – реверсивный двигатель; 5 – эксцентрик; 6 – синхронный двигатель; 7 – система записи и отсчета

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 осуществляются через эксцентрик. Данные приборы могут работать в комплекте с первичными преобразователями ферродинамическими или дифференциально-трансформаторными. Отечественной промышленностью выпускаются несколько типов рассмотренных приборов: КСФ1, КСФ3 и т.п.