

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
”Оренбургский государственный университет”

Индустринльно-педагогический колледж
Отделение автоматизации инфрмационных и технологических процессов

А.В. ЗОБИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДАТЧИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ»



Рекомендовано к изданию Редакционно–издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
”Оренбургский государственный университет”

Оренбург 2009

УДК 681.5(076.5)

ББК 32.965 я73

З-68

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры ТММСК ГОУ ОГУ
Н.Ю. Глинская

З-68

Зобин, А.В.

Исследование термодатчика: методические указания к лабораторной работе по дисциплине “Управление техническими системами” / А.В. Зобин. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 19с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине “Управление техническими системами” для студентов специальностей 151001 - «Технология машиностроения» и 050501- «Профессиональное обучение».

ББК 32.965 я73

© Зобин А.В., 2009

© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	4
1 Общие сведения и основные характеристики датчиков.....	5
2 Термометрические преобразователи.....	7
2.1 Термопреобразователи сопротивления	7
2.1.1 Общие сведения	7
2.1.2 Конструкция термометра сопротивления	9
2.2 Термоэлектрические преобразователи	11
2.2.1 Общие сведения	11
2.2.2 Конструкция термоэлектрических преобразователей	12
2.2.3 Принципиальная схема потенциометра	15
3 Исследование термоэлектрического ИП	17
3.1 Цель работы	17
3.2 Порядок выполнения лабораторной работы	17
3.3 Содержание отчета	17
Список использованных источников	19

Введение

Автоматизация технологических процессов в настоящее время является важнейшим условием ускорения технического прогресса, повышения культуры производства, роста производительности труда.

В результате автоматизации функции контроля создаются системы автоматического контроля, которые обеспечивают анализ большого количества контролируемых параметров технологического процесса.

Основной задачей системы автоматического контроля является измерение параметров объекта управления и сравнение текущих с допустимыми значениями, регистрация значений параметров и их текущих отклонений от задания, сигнализация аварийных и ненормальных ситуаций.

Схема функционирования системы автоматического контроля обеспечивает регистрацию сигналов измерительных преобразователей, формирование входных сигналов и передачу сигналов на устройства обработки, регистрации и отражения информации.

Автоматизация технологических процессов и непрерывный контроль их основных величин связаны с повышенными требованиями к четкости и безотказности работы приборов и аппаратуры автоматического контроля и регулирования, что предполагает создание и внедрение для этих целей новых технически совершенных приборов и средств автоматизации, повышение уровня подготовки высококвалифицированных специалистов, способных обеспечить внедрение новой техники.

Устройства получения информации о режимах и параметрах технологического процесса характеризуются видом измеряемых величин, диапазоном допустимых значений, классом точности измерений и отображения измеряемой величины.

Температура как вид контролируемого параметра является наиболее часто контролируемой физической величиной.

Термоэлектрические термометры имеют стабильную характеристику: термо-ЭДС, развиваемая ими, стандартизована, что делает термоэлектрические термометры взаимозаменяемыми.

Достоинства термоэлектрических ИП: большой диапазон измеряемых температур, простота устройства, надежность в эксплуатации; недостатки: невысокая чувствительность, большая инерционность, необходимость поддержания постоянной температуры свободных спаев.

Измерительные преобразователи термометрических датчиков применяются не только для измерения температуры, но и таких связанных с ней величин, как тепловой поток, скорость потока газа или жидкости, расход, химический состав и давление газов, влажность, СВЧ-мощность, уровень жидкости и т.п.

При практической реализации термометрических ИП наиболее часто используется явление термоэлектричества, открытое в 1823 г. Зеебеком, и зависимость сопротивления материалов от температуры.

1 Общие сведения и основные характеристики датчиков

Для непрерывного контроля за протеканием технологических процессов, режимом работы машин и аппаратов используются преобразовательные элементы – датчики. Датчик – это устройство, реагирующее на изменение параметров процесса и осуществляющее преобразование измеряемой физической величины в другую, удобную для использования в последующих элементах систем автоматики.

Почти любую физическую величину можно легко преобразовать в электрический сигнал. Поэтому при создании систем автоматики широкое применение получили электрические датчики, преобразующие неэлектрические величины в электрические.

В общем случае датчик, являющийся преобразователем информации (смотри рисунок 1 а) состоит из первичного преобразователя (ПП), преобразующего контролируемую величину x в величину, удобную для измерения, x_1 и преобразователя (П), в котором величина x_1 преобразуется в электрический сигнал y за счет подводимой извне энергии z .

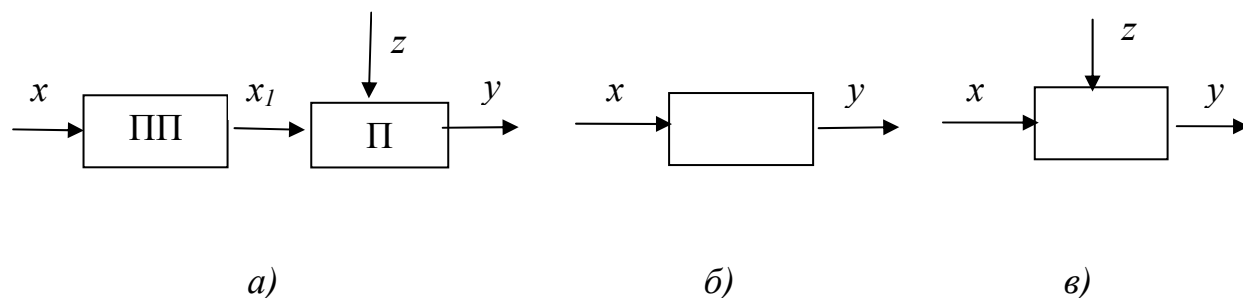


Рисунок 1 - Структурные схемы электрических датчиков

Во многих случаях датчики имеют более простую структуру (смотри рисунок 1 б и в), непосредственно преобразуя входную величину в электрический сигнал.

Основными характеристиками датчиков систем электроавтоматики являются:

- статистическая характеристика $y = \varphi(x)$ – зависимость выходной величины от входной в установившемся режиме;
- чувствительность $S = \Delta y / \Delta x$ – отношение приращений выходной (Δy) и входной (Δx) величин;
- порог чувствительности – минимальное изменение входной величины, вызывающее изменение выходной;
- динамическая характеристика – определяет поведение датчика при различных изменениях входной величины.

К датчикам, применяемым в системах электроавтоматики, предъявляются следующие требования:

- необходимый диапазон изменения входных и выходных сигналов;
- линейность статических характеристик;
- высокая чувствительность;
- малые инерционность и погрешность;
- достаточная мощность выходного сигнала;
- наименьшее влияние датчика на измеряемый параметр;
- надежность в работе, малые габариты и вес.

В зависимости от характера преобразования входной величины электрические датчики делятся на параметрические (пассивные) и генераторные (активные). В параметрических датчиках изменение входного сигнала вызывает соответствующее изменение какого-либо параметра электрической цепи (активного сопротивления, индуктивности, емкости). Генераторные датчики являются источниками электрической энергии, зависящей от входного сигнала.

Устройства для измерения тепловых величин применяются при определении температур. При этом низкие температуры измеряют с помощью термометров сопротивлений или парамагнитным методом; средние - термометрами сопротивления, термисторами, термопарами; высокие - специальными термометрами, оптическими радиолокационными и цветовыми пирометрами.

Наибольшее применение в системах автоматического регулирования для измерения температуры получили термометры сопротивления, термисторы и термопары.

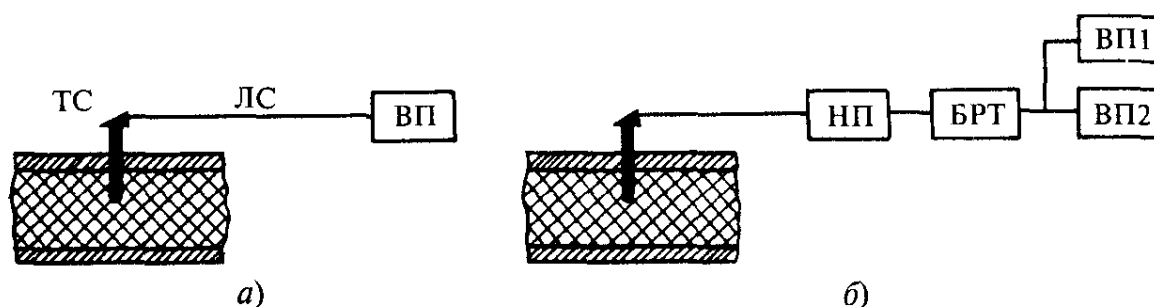
2 Термометрические преобразователи

2.1 Термопреобразователи сопротивления

2.1.1 Общие сведения

Термопреобразователи сопротивления относятся к числу наиболее распространенных преобразователей температуры, используемых в цепях измерения и регулирования.

Термометром сопротивления называется комплект для измерения температуры, включающий термопреобразователь, основанный на зависимости электрического сопротивления от температуры, и вторичный прибор, показывающий значение температуры в зависимости от измеряемого сопротивления. Для измерения температуры термопреобразователь сопротивления необходимо погрузить в контролируемую среду и каким-либо прибором измерить его сопротивление. По известной зависимости между сопротивлением термопреобразователя и температурой можно определить значение температуры. Таким образом, простейший комплект термометра сопротивления (смотри рисунок 2а) состоит из термопреобразователя сопротивления (ТС), вторичного прибора (ВП) для измерения сопротивления и соединительной линии (ЛС) между ними (она может быть двух, трех или четырехпроводной).



а – термопреобразователь с вторичным прибором; *б* – термопреобразователь с нормирующим преобразователем; ТС – термопреобразователь сопротивления; ВП, ВП1, ВП2 – вторичные приборы; ЛС – линии связи; НП – Нормирующий преобразователь; БРТ – блок размножения токового сигнала

Рисунок 2 – Схемы термометров сопротивления

В качестве вторичного прибора обычно используются аналоговые или цифровые приборы, реже – логометры. Шкалы вторичных приборов градуируются в градусах Цельсия.

Широко применяются схемы с нормированием выходного сигнала термопреобразователей (рисунок 2б). В этом случае линией связи ТС соединяется с нормирующим преобразователем НП, имеющим унифицированный выходной сигнал (например, 0...5 или 4...20 мА). Для использования в нескольких измерительных каналах этот сигнал размножается

блоком размножения БРТ и затем поступает к нескольким вторичным приборам (ВП-1, ВП-2 и т.п.) или иным потребителям. Очевидно, что в этом случае вторичными приборами должны быть миллиамперметры. Выпускаются преобразователи сопротивления, в головке которых располагается схема нормирования, т.е. их выходным сигналом является ток 0...5, 4...20 мА или цифровой сигнал (интеллектуальные преобразователи). В таком случае необходимость использования нормирующего преобразователя НП в виде отдельного блока отпадает.

Для изготовления термопреобразователей сопротивления (ТС) могут использоваться либо чистые металлы, либо полупроводниковые материалы. Электрическое сопротивление чистых металлов увеличивается с ростом температуры (их температурный коэффициент достигает $0,0065 \text{ K}^{-1}$, т.е. сопротивление увеличивается на 0,65 % при увеличении температуры на один градус). Полупроводниковые ТС имеют отрицательный температурный коэффициент (т.е. их сопротивление уменьшается с ростом температуры), достигающий до $0,15 \text{ K}^{-1}$. Полупроводниковые ТС не используются в системах технологического контроля для измерения температуры, так как требуют периодической индивидуальной градуировки.

Термопреобразователи сопротивления из чистых металлов, получившие наибольшее распространение, изготавливают обычно из тонкой проволоки в виде намотки на каркас или спирали внутри каркаса. Такое изделие называется чувствительным элементом ТС. Для предохранения от повреждений чувствительный элемент помещают в защитную арматуру. Достоинством металлических ТС является высокая точность измерения температуры (при невысоких температурах выше, чем у термоэлектрических преобразователей), а также взаимозаменяемость. Металлы для чувствительных элементов (ЧЭ) должны отвечать ряду требований, основными из которых являются требования стабильности градуировочной характеристики и воспроизводимости (т.е. возможности массового изготовления ЧЭ с одинаковыми в пределах допускаемой погрешности градуировочными характеристиками). Желательно также выполнение дополнительных условий: высокий температурный коэффициент электрического сопротивления (что обеспечивает высокую чувствительность - приращение сопротивления на один градус), линейность градуировочной характеристики $R(t) = f(t)$, большое удельное сопротивление, химическая инертность.

По ГОСТ Р50353-92 ТС могут изготавливаться из платины (обозначение ТСП), из меди (обозначение ТСМ) или никеля (обозначение ТСН). Характеристикой ТС является их сопротивление R_0 при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, температурный коэффициент сопротивления (ТКС) и класс.

Наличие в металлах примесей уменьшает температурный коэффициент электросопротивления, поэтому металлы для ТС должны иметь нормированную чистоту. По допускаемым погрешностям ТС подразделяются на три класса — А, В, С, при этом платиновые ТС обычно выпускаются классов А, В, медные — классов В, С. Номинальной статической характеристикой (НСХ) ТС является зависимость его сопротивления R_t от температуры t .

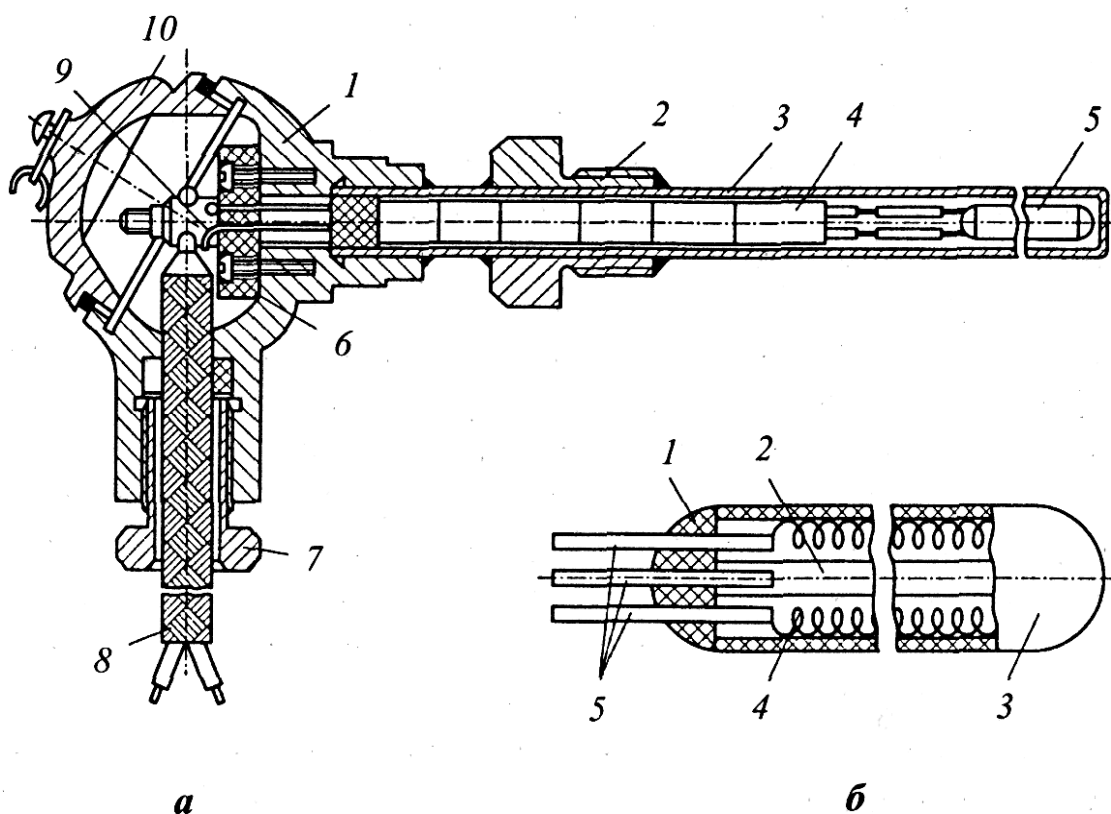
2.1.2 Конструкция термометра сопротивления

Термометр сопротивления состоит из чувствительного элемента в виде терморезистора, защитного чехла и соединительной головки.

Принцип действия чувствительного элемента основан на использовании зависимости электрического сопротивления вещества от температуры. В качестве материалов для их изготовления используются чистые металлы платина, медь, никель и полупроводники. Платина является основным материалом для изготовления термометров сопротивления. В качестве чувствительного элемента в полупроводниковых термометрах сопротивления используют германий, оксиды меди и марганца, титана и магния.

Для решения различных задач термометры сопротивления делятся на эталонные, образцовые и рабочие, которые в свою очередь подразделяются на лабораторные и технические.

Одна из конструкций промышленных термометров сопротивления, используемых для измерения температур жидких и газообразных сред, представлена на рисунке 3а.



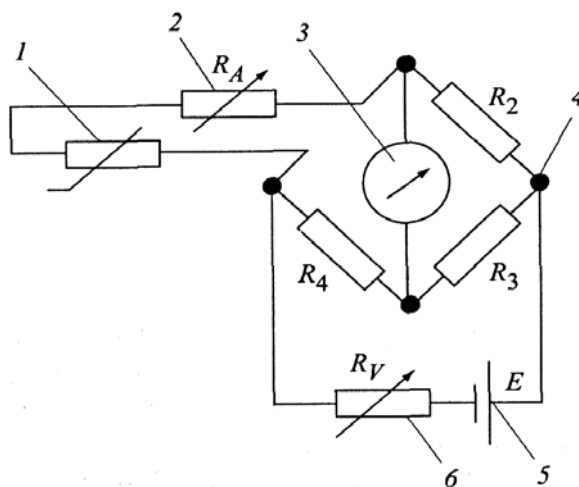
a – конструкция термометра; 1 – корпус головки; 2 – штуцер; 3 – защитный кожух; 4 – фарфоровые бусы; 5 – чувствительный элемент; 6 – клеммная колодка; 7 – сальниковый ввод; 8 – монтажный кабель; 9 – провода; 10 – крышка; *б* – конструкция чувствительного элемента; 1 – глазурь; 2 – пространство; 3 – каркас; 4 – платиновые спирали; 5 – выводы

Рисунок 3 – Термометр сопротивления

Термометр состоит из чувствительного элемента 5, расположенного в стальном защитном кожухе 3, на котором приварен штуцер 2. Провода 9, армированные фарфоровыми бусами 4, соединяют выводы чувствительного элемента 5 с клеммной колодкой 6, находящейся в корпусе головки 1. Сверху головка 1 закрыта крышкой 10, снизу имеется сальниковый ввод 7, через который осуществляется подвод монтажного кабеля 8.

Чувствительный элемент термометра сопротивления (рисунок 3б) выполнен из металлической тонкой проволоки толщиной от 0,03 до 0,1 мм с безындукционной каркасной или бескаркасной намоткой. В качестве каркаса для платиновых термометров применяются плавленный кварц и керамика на основе оксида алюминия. В каналах каркаса 3 расположены четыре (или две) последовательно соединенные платиновые спирали 4. К верхним концам спиралей припаяны выводы 5, выполненные из платины или сплава иридия с радием. Пространство 2 между спиралями и каркасом заполнено порошком оксида алюминия. Крепление спиралей и выводов в каркасе производится глазурью 1.

При применении термометров сопротивления о температуре можно судить по изменению электрического сопротивления его чувствительного элемента, падению напряжения на нем при постоянном токе или значению тока при постоянном напряжении. Наибольшее распространение получила схема, когда изменение сопротивления служит мерой температуры (смотри рисунок 4).



1 – терморезистор; 2 – уравнивательный резистор R_A ; 3 – гальванометр; 4 – измерительный мост с резисторами R_V R_2 R_3 R_4 R_A ; 5 – источник питания; 6 – регулировочный резистор R_V

Рисунок 4 – Схема включения термометра сопротивления

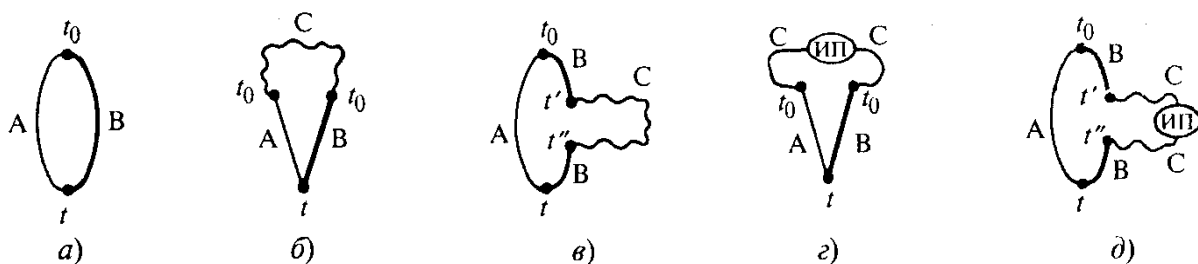
В этом случае терморезистор 1 включают в одну из диагоналей моста последовательно с регулировочным резистором R_V , служащим для приведения к определенному значению сопротивления подводящих проводов. Показания гальванометра 3, включенного в диагональ моста, зависят также от напряжения питания моста, для поддержания постоянства которого в цепь питания включен регулировочный резистор.

2.2 Термоэлектрические преобразователи

2.2.1 Общие сведения

Термоэлектрические преобразователи, как и термопреобразователи сопротивления, являются наиболее распространенными средствами измерения температуры.

Термоэлектрический метод измерения температуры основан на зависимости термоэлектродвижущей силы (термоЭДС), развиваемой термопарой от температуры ее рабочего конца. ТермоЭДС возникает в цепи, составленной из двух разнородных проводников (электродов) А и В (смотри рисунок 5а), если значения температуры мест соединения t и t_0 не равны (при равенстве температур термоЭДС равна нулю).



а – соединение двух проводников; б, в – варианты включения третьего проводника; г, д – варианты включения измерительного прибора ИП

Рисунок 5 – Цепи термопар

Возникающая в цепи термопары ЭДС является результатом действия эффектов Зеебека и Томпсона. Первый связан с появлением ЭДС в месте спая двух разнородных проводников, причем величина ЭДС зависит от температуры спая. Эффект Томпсона связан с возникновением ЭДС в однородном проводнике при наличии разности температур на его концах.

Развиваемая термоЭДС зависит от значения обеих температур t и t_0 , причем она увеличивается с ростом разности $(t - t_0)$. В силу этого термоЭДС термопары условно обозначается символом $E(t, t_0)$. Очевидно, что температуру с помощью термопары можно измерить, если выполнить следующие условия:

- рабочий конец термопары поместить в контролируемую среду, а температуру другого спая (свободных концов) стабилизировать;
- измерить термоЭДС, развиваемую термопарой;
- иметь градуировочную характеристику $E(t, t_0)$ термопары — зависимость термоЭДС от температуры рабочего конца (т.е. измеряемой температуры) при определенном значении t_0 .

Можно представить два способа включения измерительного прибора (ИП) в цепь термопары: в разрыв свободных концов (рисунок 5г) или в разрыв электрода (рисунок 5д).

Два любых разнородных проводника могут образовать термопару, но не любая термопара может использоваться для практических температурных измерений. К материалам для термопар (термоэлектродным материалам)

предъявляется ряд требований: жаропрочность, химическая стабильность, воспроизводимость материалов (для обеспечения взаимозаменяемости термопар), заключающаяся в одинаковой зависимости термоЭДС термопары от температуры. В качестве материалов для термопар используются как драгоценные металлы (платина, золото, иридий, родий и их сплавы), так и обычные (неблагородные) металлы (сталь, никель, хром, сплавы нихром, копель, алюмель и др.). Сравнительно редко (из-за низкой механической прочности) применяют термопары из полупроводниковых материалов (кремния, селена и др.), которые хотя и обладают большим внутренним сопротивлением, но обеспечивают большую термоЭДС по сравнению с металлами. В качестве базовой используется термоЭДС платины, по отношению к которой определяются термоЭДС других материалов.

Термопара — это соединение двух разнородных проводников - электродов. Для практического использования термопары ее электроды должны быть изолированы и помещены в защитную арматуру. Такая конструкция называется термоэлектрическим преобразователем. По определению «термоэлектрический преобразователь» (ТЭП) - это термопреобразователь, действие которого основано на зависимости термоэлектродвижущей силы термопары от температуры.

Термопара является основным элементом средств измерения температуры — термоэлектрических преобразователей (ТЭП).

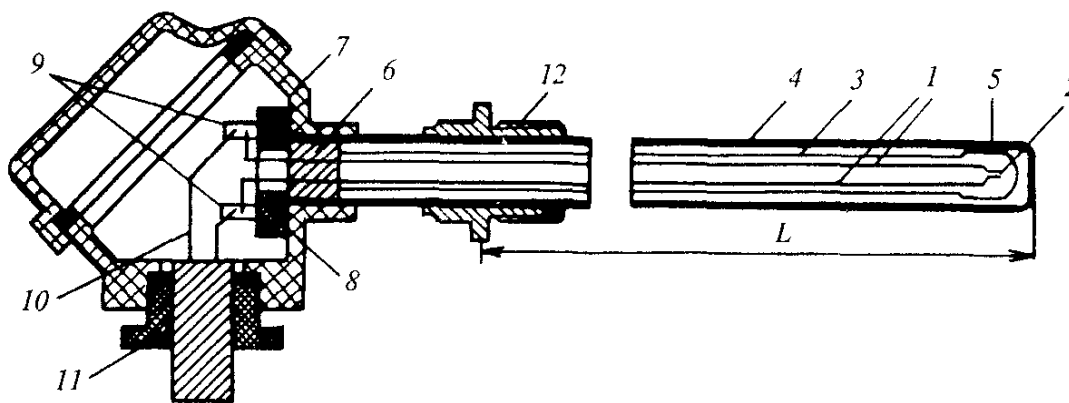
В обозначениях преобразователей первым указывается положительный электрод (например, у преобразователя ТХК положительный электрод — хромелевый, отрицательный — копелевый). На условных графических изображениях положительный электрод обозначается тонкой линией, отрицательный — толстой.

Коэффициентом преобразования (чувствительностью) термопары называется отношение изменения термоЭДС, вызванной изменением температуры рабочего конца к значению этого изменения $S = \Delta E / \Delta t$ (мВ/град) при небольших значениях Δt .

Для получения численных значений измеряемой температуры к термопреобразователю необходимо подключить показывающий прибор, измеряющий термоЭДС термопары (вторичный прибор), шкала которого должна быть в градусах. Такое соединение называется термоэлектрическим термометром.

2.2.2 Конструкция термоэлектрических преобразователей

Условно термоэлектрические преобразователи подразделяются на термопреобразователи общепромышленного назначения и специальные. Термоэлектрический преобразователь - это термопара с изолированными электродами, помещенными в защитную арматуру. Рассмотрим вначале первую группу. Существует большое разнообразие конструктивных исполнений преобразователей. На рисунке 6 представлена схема устройства одной из разновидностей преобразователя общепромышленного назначения.



1 – электроды; 2 – рабочий пай; 3 – трубка; 4 – защитная арматура; 5 – керамический наконечник; 6 – заливка; 7 – головка; 8 – сборка; 9 – зажимы; 10 – удлиняющие провода; 11 – герметизированный ввод; 12 – элементы крепления термопреобразователя

Рисунок 6 – Конструкция термоэлектрического преобразователя общепромышленного назначения

Электроды 1 термопреобразователей ТХК и ТХА общепромышленного назначения обычно выполняются из проволоки диаметром, обеспечивающим пренебрежимо малое сопротивление термопары и достаточную механическую прочность. При этом можно не учитывать изменение сопротивления электродов при изменении температуры, что важно при использовании некоторых типов милливольтметров в качестве вторичных приборов. Рабочий спай 2 обычно выполняется сваркой.

Для изоляции термоэлектродов используют кварцевые (до 1000 °С) или фарфоровые (до 1400 °С) трубки или бусы. При более высоких температурах применяются оксиды металлов: алюминия, магния, бериллия и т.п. На рисунке 6 в качестве изолятора изображена трубка 3, представляющая стержень с двумя продольными отверстиями, в которые пропущены электроды. Рабочий спай может быть защищен керамическим наконечником 5. Материалом защитной арматуры 4 обычно является нержавеющая сталь (до 900 °С), при высоких температурах используются специальные сплавы. Арматура заканчивается головкой 7, в которой расположена сборка 8 с зажимами 9, к которым подведены электроды термопары и через герметизированный ввод 11 — термоэлектродные удлиняющие провода 10. Внутренняя полость защитной арматуры может быть герметизирована заливкой 6 верхней части. На наружной поверхности арматуры могут располагаться элементы 12 (например, штуцера) для крепления защитной арматуры к объекту. Защитная арматура может не иметь штуцера, либо штуцер может быть подвижным (при невысоких давлениях контролируемой среды). Длина монтажной части L различных модификаций составляет от 0,08 до 2,5 м, диаметр рабочей части от 5 до 25 мм.

Конструкция, в которой рабочий спай изолирован от защитной арматуры, представлена на рисунке 6. Существуют конструкции, в которых рабочий спай приварен к чехлу или прижат к нему. Это снижает инерционность

преобразователя, но резко уменьшает помехозащищенность измерительного канала, особенно при заземлении какой-либо точки входного элемента потенциометра. Это вызвано тем, что рабочий спай через свою арматуру и защитный чехол оказывается заземленным, причем в другой точке, чем заземление измерительного прибора. В этом случае образуется паразитный контур и при различии потенциалов точек заземления на входе вторичного прибора появляется паразитный сигнал, не устранимый входным фильтром. В силу этого целесообразно применять преобразователи с изолированным рабочим спаем.

Удлиняющие термоэлектродные провода обычно изготавливаются в виде пары изолированных проводов сечением от 0,2 до 4 мм² в общей оболочке. Материал изоляции проводов и оболочки определяется условиями прокладки. Для целей помехозащищенности выпускаются провода, экранированные металлической оплеткой. Учитывая, что каждый провод удлиняющих проводов должен подключаться к определенному электроду термопреобразователя, изоляция проводов или цветные нити в оплетках имеют определенную расцветку.

Итак, можно уже представить из чего должен состоять измерительный комплект для измерения температуры термоэлектрическим методом (смотри рисунок 7а): термоэлектрический преобразователь (ТЭП), компенсационное устройство (УК) для автоматического введения поправки на изменение температуры свободных концов преобразователя, удлиняющих термоэлектродных проводов ТЭ₁ и ТЭ₂ между ТЭП и УК (чтобы свободные концы оказались на зажимах УК) и измерительного прибора (ИП).

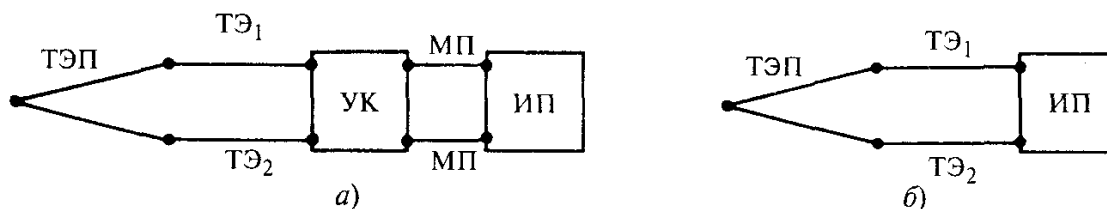


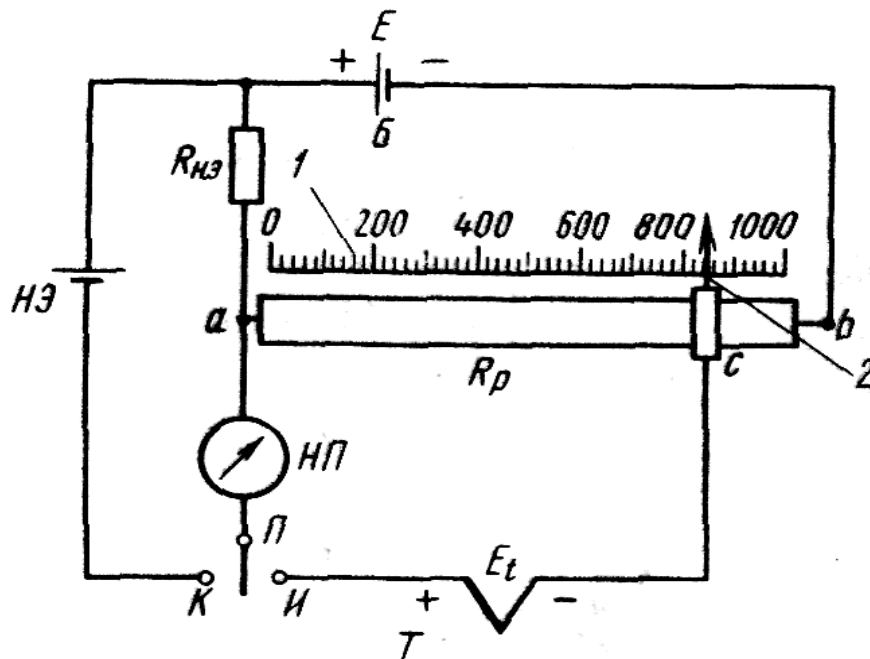
Рисунок 7 – Схемы измерительного комплекта с размещением свободных концов в УК (а) и в ИП (б)

Между УК и ИП соединительная линия выполняется одинаковыми монтажными (медными) проводами (МП). Обычно введение поправки на изменение температуры свободных концов осуществляется схемой самого прибора ИП. В этом случае отдельный блок УК не применяется, и ТЭП подключается непосредственно к ИП удлиняющими термоэлектродными проводами (рисунок 7б). Целиком измерительный комплект называется термоэлектрическим термометром. При применении длинных термопреобразователей (кабельных), их концы могут непосредственно соединяться с зажимами УК или ИП без использования удлиняющих термоэлектродных проводов.

2.2.3 Принципиальная схема потенциометра

В основу автоматических электронных потенциометров положен компенсационный (потенциометрический) метод измерения, при котором измеряемая термо-ЭДС термоэлектрического термометра уравнивается известной разностью потенциалов на калиброванном сопротивлении (реохорде).

Принципиальная схема потенциометра показана на рисунке 8.



T - термоэлектрический термометр; $НП$ - нуль-прибор; E - источник тока (нормальный элемент); $R_{нэ}$ - сопротивление (резистор) нормального элемента; $П$ - переключатель; $K, И$ - контакты переключателя; R_p - калиброванное сопротивление (реохорд); I - шкала потенциометра; 2 - стрелка и подвижный контакт

Рисунок 8 - Принципиальная схема потенциометра

К источнику тока B (сухой элемент с номинальным напряжением 1,5 В) присоединен реохорд R_p . Термоэлектрический термометр T , термо-ЭДС которого необходимо измерить, через нуль-прибор $НП$ присоединяют к началу реохорда R_p в точке a и к контакту c , который может передвигаться по реохорду R_p . По реохорду R_p потечет ток

$$I = E/R_p . \quad (1)$$

Падение напряжения на реохорде R_p (т. е. разность потенциалов U между точкой a и любой другой точкой, где будет находиться контакт c) может быть

определено по формуле

$$U_{ac} = IR_{ac}, \quad (2)$$

где R_{ac} -сопротивление электрической цепи между точками a и c .

Стрелка нуль-прибора $НП$ в случае неравенства между термо-ЭДС E_t термоэлектрического термометра и разностью потенциалов U_{ac} на реохорде R_p будет отклоняться, а в случае их равенства установится на нулевой отметке.

Если подсчитать падение напряжения U_{ac} в милливольтгах на единицу длины реохорда и нанести соответствующие отметки на шкалу, расположенную вдоль реохорда [т. е. отградуировать ее в милливольтгах (мВ) и соответственно в градусах с учетом градуировки термоэлектрического термометра], а показывающую стрелку 2 прикрепить к контакту c , получится элементарная измерительная схема потенциометра.

Для правильной работы потенциометра необходимо обеспечить постоянство силы тока, проходящего через реохорд, которая должна составлять 2 мА. Контролируют и периодически устанавливают силу тока в потенциометре компенсационным методом с помощью нормального элемента $НЭ$ и реостата. Для этого термоэлектрический термометр T периодически отключают от потенциометра с помощью переключателя $П$ и вместо него к концам резистора $R_{нэ}$ подключают нормальный элемент $НЭ$, ЭДС которого в течение продолжительного времени остается практически неизменной и при температуре 20 °С равна 1,0195 В.

3 Исследование термоэлектрического ИП

3.1 Цель работы

Научить студента моделировать и исследовать работу термоэлектрического ИП представленного в виде электронной модели в среде «Electronics Workbench».

3.2 Порядок выполнения лабораторной работы

Согласно принципиальным схемам термоэлектрических ИП поочередно составить в среде Workbench схему и выполнить моделирование.

3.3 Содержание отчета

Отчет по проделанной лабораторной работе должен содержать:

- схему исследуемого термоэлектрического ИП;
- результаты расчетов;
- выводы по результатам проделанной работы.

Схема модели потенциометра с ручным управлением

Схема модели потенциометра содержит (смотри рисунок 9) источник образцового напряжения U_0 и резистор R_x , имитирующий внутреннее сопротивление термопары.

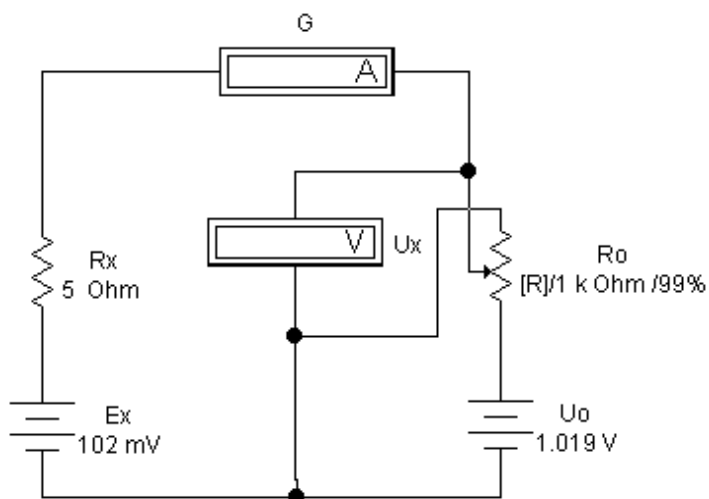


Рисунок 9 – Потенциметрическая схема измерения термоЭДС с ручным управлением

После уравнивания схемы на выходе управляемого вручную делителя R_0 формируется напряжение, равное и противоположное по знаку термоЭДС E_x , в результате чего ток через внутреннее сопротивление термопары R_x равен нулю (смотри показания гальванометра G).

Схема модели автоматического потенциометра

Схема модели автоматического потенциометра содержит (смотри рисунок 10) инвертирующий усилитель на ОУ 1 с коэффициентом передачи $R2/R1 = 100$ (нуль-орган) и управляемый источник напряжения U/U с коэффициентом передачи 100, выполняющий роль исполнительного органа и формирующий компенсирующее напряжение $U_0 - U_x$, измеряемое одноименным вольтметром.

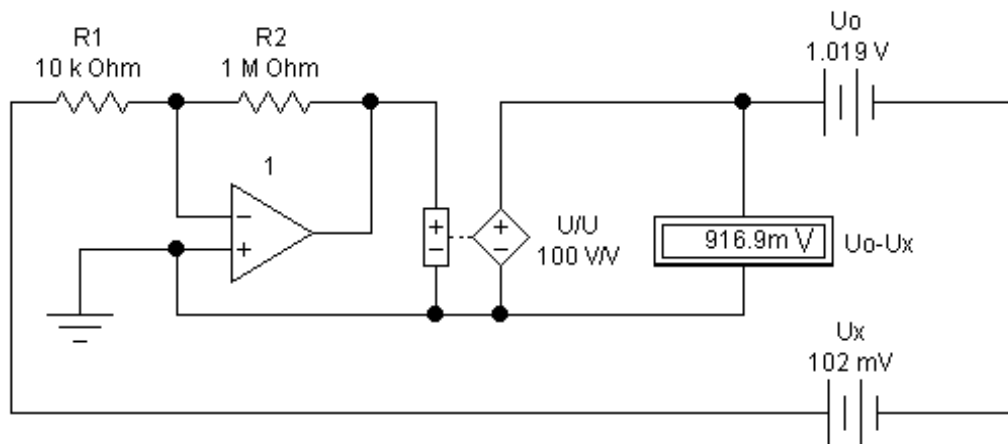


Рисунок 10 – Схема модели автоматического потенциометра

Задание к лабораторной работе

1 Меняя отношение плеч потенциометра с ручным управлением добиться показания гальванометра равное нулю.

2 Рассчитать компенсирующее напряжение для схемы модели автоматического потенциометра. Результаты расчета проверить на модели.

Контрольные вопросы

1 Какие физические явления используются в термометрических датчиках?

2 Какие материалы применяют для металлических терморезисторов?

3 Как изменяется сопротивление полупроводникового терморезистора при нагреве?

4 Назовите основные характеристики металлических терморезистивных ИП и области их применения.

5 Какими свойствами обладают полупроводниковые термометры сопротивлений?

6 Какое физическое явление используется при измерении температуры с помощью термопар?

7 Какие материалы применяются для термопар?

8 Какими способами поддерживается неизменная температура холодных спаев?

Список использованных источников

1 **Келим, Ю. М.** Типовые элементы систем автоматического управления: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Ю.М. Келим. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. - 384 с. - ISBN 5-8199-0043-X (ФОРУМ), ISBN 5-16-000989-2 (ИНФРА-М).

2 **Иващенко, Н.Н.** Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: учеб. для вузов / Н.Н. Иващенко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.

3 **Каминский, М.Л.** Монтаж приборов и систем автоматизации: учеб. для проф. учеб. заведений / М.Л. Каминский, В.М. Каминский - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997.- 304 с.: ил. - ISBN 5-06-002799-6 (Высшая школа), ISBN 5-7695-0204-5 (Изд. центр «Академия»)

4 **Карлащук, В.И.** Электронная лаборатория на IBM PC: лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB / В.И. Карлащук. – 5-е изд. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 800 с. - ISBN 5-98003-151-0.

5 **Шишмарев, В.Ю.** Типовые элементы систем автоматического управления: учеб. для сред. проф. образования / В.Ю. Шишмарев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. -304с. - ISBN 5-7695-1328-4.

6 **Зуев, В.М.** Термическая обработка металлов: учеб. для проф. учеб. заведений. - 5-е изд., стер. / В.М. Зуев. - М.: Высшая школа; Издательский центр «Академия», 2001. -288 с.: ил.- ISBN 5-06-003610-3 (Высшая школа), ISBN 5-7695-0365-X (Академия).