**Cевастопольский Национальный Университет ядерной энергии и промышленности**

**Контрольная работа по дисциплине**

**Контроль и управление химико-технологическими процессами**

**Тема:**

**Физические основы измерительных преобразователей**

Выполнил:Студент заочного отделения

Факультета ЯХТ

Д-34А

Бурак А.В.

Севастополь

2006

**План**

1. Тепловые преобразователи

2. Основные виды тепловых преобразователей

2.1 Термоэлектрические преобразователи

2.2 Применение термоэлектрических преобразователей в термометрах

2.3 Терморезисторы

Литература

**1. Тепловые преобразователи**

Тепловыми называют преобразователь, принцип действия которого основан на тепловых процессах. Естественная входная величина его – температура. К таким преобразователям относятся термоэлектрические преобразователи и терморезисторы. Термоэлектрические преобразователи часто называют термопарами.

ТЕРМОПАРА - термочувствительный элемент в устройствах для измерения температуры, системах управления и контроля. Состоит из двух последовательно соединенных (спаянных) между собой разнородных проводников или (реже) полупроводников. Если спаи находятся при разных температурах, то в цепи термопары возникает электродвижущая сила (термоэлектродвижущая сила), величина которой однозначно связана с разностью температур "горячего" и "холодного" контактов. ТЕРМОРЕЗИСТОР - проводник или полупроводник, сопротивление которого достаточно сильно зависит от температуры. Часто терморезистор называют просто термистором. Широкое применение получили полупроводниковые резисторы, электрическое сопротивление которых существенно убывает или возрастает с ростом температуры. Используются в измерителях мощности, устройствах для измерения и регулирования температуры и др.

**2. Основные виды тепловых преобразователей**

**2.1 Термоэлектрические преобразователи**

Принцип действия термоэлектрических преобразователей или термопар основан на явлении термоэлектрического эффекта, которое заключается в том, что в цепи из двух различных проводников (или полупроводников), соединенных между собой концами при разности температур соединений возникает ЭДС, называемая термоэлектродвижущей силой (термо-ЭДС). Такая цепь называется термоэлектрическим преобразователем или термопарой. Проводники, составляющие термопару, называются термоэлектродами, а места их соединения спаями. Рабочий конец термопары, помещенный в измеряемую среду, называют горчим спаем, а свободный (нерабочий) – холодным. Один из термоэлектродов называется термоположительным, а второй – термоотрицательным. Термоположительным называют тот проводник, от которого термоток течет в холодном спае, а термоотрицательным – тот проводник, к которому течет термоток в том же холодном спае.

При небольшом перепаде температур между спаями термо-ЭДС пропорциональна разности температур. Величина термо-ЭДС зависит только от природы проводников и от температуры спаев и не зависит от распределения температур между спаями.

Явление термоэлектричества принадлежит к числу обратных явлений. Если через цепь, состоящую из двух различных проводников или полупроводников, пропустить электрический ток, то в одном спае выделяется тепло, а на другом поглощается.

В разнородных проводниках количество свободных электронов на единицу объема различно.

Обозначим , – плотность свободных электронов соответственно в проводниках и . Пусть > . При соединении проводников в спаях происходит диффузия электронов из термоэлектрода в термоэлектрод . В результате термоэлектрод заряжается положительно, а термоэлектрод – отрицательно.

В спаях возникает электрическое поле, т.е. ЭДС. Обозначим эти ЭДС: - в спае 1, - в спае 2.

В замкнутой цепи из двух разнородных проводников образуется 2 ЭДС, направленные встречно.

Результирующая ЭДС:

 (1)

Диффузия электронов, а следовательно и возникающая ЭДС, в спае очень сильно зависит от температуры. Если спаи 1 и 2 находятся при одинаковой температуре, то результирующая ЭДС в цепи равна нулю:

Если спай 1 поместить в измеряемую среду, а спай 2 – в помещение, где температура t0 = const, то возникает результирующая ЭДС:

Если температуру в помещении поддерживать постоянной, то

 (2)

В этом случае, измерив результирующую ЭДС () по выражению (2), можно определить и температуру в спае 1.

Зависимость (2) определяется экспериментально. Определение зависимости ЭДС термопары () от температуры рабочего спая при заданном значении свободного спая и для выбранных материалов термоэлектродов и называется градурировкой термопары.

Свободный спай термопары проходит через схему прибора. Измеряя ЭДС термопары (ЕТП) с помощью прибора и используя градуировочную таблицу, мы определяем температуру в рабочей точке 1.

Градуировочная таблица термопары платинородий-платина при температуре свободных концов 00С.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т-ра рабоч. концов | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Термо-ЭДС в мВ |
| -20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 60 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 70 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 80 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 90 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В соответствии с ГОСТ имеются термопары нескольких градуировок:

1. Платинородий – платиновые.

### Обозначение: гр.ПП-1

Пределы измерения температуры: -200 ÷ 13000С.

Чувствительность:

 = 1,06 мВ/1000С.

Эти термопары самые точные, применяются в качестве образцовых, но они дорогие.

1. Хромель – алюмелевые.

### Обозначение: гр.ХА

Пределы измерения температуры: -2000 ÷ 10000С.

Чувствительность:

 = 4,03 мВ/1000С.

1. Хромель – копелевые.

### Обозначение: гр.ХК

Пределы измерения температуры: -2000 ÷ 6000С.

Чувствительность:

 = 8,3 мВ/1000С.

В особых случаях применяются нестандартные термопары, например, вольфраммолибденовые до t = 23000С.

В указанных пределах изменения температур для вышеперечисленных термопар зависимость ЕТП = еt (t) – K линейна.

**2.2 Применение термоэлектрических преобразователей в термоэлектрических термометрах**

Термоэлектрическими термометрами называют устройства для измерения температуры. Они содержат термоэлектрический преобразователь, который подключается к электроизмерительному прибору (милливольтметру или потенциометру).

Конструкция термоэлектрических преобразователей зависит от условий их применения:

* термоэлектрические преобразователи для контроля и измерения температуры жидкостей и газов;
* термоэлектрические преобразователи для контроля и измерения температуры твердых тел.

Термоэлектрические преобразователи соединяют со вторичными приборами с помощью термоэлектрических проводов, которые как бы наращивают термоэлектроды.

Вторичными приборами, работающими в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, являются магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры. Работа магнитоэлектрического милливольтметра основана на взаимодействии рамки, образованной проводником, по которому протекает ток, с полем постоянного магнита.

Ток от термопары, протекая по проводникам рамки, создает вращающий момент:

МВ= С ·2 rlnBI, (3)

где: С – коэффициент, зависящий от параметров рамки;

r- радиус рамки;

l – длина витка в зазоре между полюсным наконечником и сердечником;

n - число витков;

B - магнитная индукция;

I - сила тока, протекающая через рамку от термопары.

Все множители выражения 3 постоянны, кроме силы тока, поэтому данное выражение можно записать в виде:

МВ= С1 · I, (4)

где: С1 = С ·2 rlnB.

Величина противодействующего упругого момента, создаваемого спиральными пружинами, равна:

, (5)

где: Е – модуль упругости материала пружинок;

К – постоянный множитель, зависящий от геометрических размеров пружинок;

φ – угол зкручивания.

Следовательно, угол поворота рамки при равновесии моментов вращения и противодействия (МВ= Мφ) равен:

φ = I. (6)

Потенциометрический или компенсационный метод измерения заключается в уравновешивании измеряемой ЭДС термопары известным падением напряжения от постоянного источника тока, которое измеряется с высокой точностью. Потенциометры имеют высокую точность измерения, поэтому широко применяются в промышленности и в лабораторной практике.

В контур I включены: источник постоянного тока Б, реостат RРТ, уравновешивающий реохорд RP, сравнительный резистор RС. В контур II включен нормальный элемент НЭ. В контур III – термоэлектрический преобразователь Т.

Переключатель П устанавливается в положение 1, замыкая цепь контура II нормального элемента. Затем кнопкой К замыкают цепь контура I и реостатом RРТ регулируют рабочий ток, устанавливая стрелку гальванометра Г на нулевую отметку. Это произойдет тогда, когда ЭДС нормального элемента ЕС будет уравновешена обратным ей по знаку падением напряжения на сравнительном резисторе RС ( на участке ab). После этого размыкают кнопку К и переводят переключатель П в положение 2. вновь замыкают кнопку К и изменяют ток в цепи III реохордом RP до момента установки стрелки гальванометра на нулевую отметку. Таким образом, при полной компенсации тока в цепи термопары Т падением напряжения на реохорде получаем:

ЕАВ(t,t0) = I R1P = , (7)

где ЕС – ЭДС нормального элемента.

Величины ЕС и RС определены и постоянны, следовательно, определение термо-ЭДС сводится к измерению сопротивления реохорда . Шкала потенциометра, нанесенная вдоль реохорда, может быть проградуирована в милливольтах или градусах Цельсия.

Для промышленного контроля и измерения применяют автоматические электронные потенциометры.

**2.3 Терморезисторы**

## Терморезистор представляет собой проводник или полупроводник, сопротивление которого достаточно сильно зависит от температуры. Большинство химически чистых металлов обладает положительным температурным коэффициентом сопротивления ТКС. Для изготовления терморезисторов применяют материалы, обладающие:

* высокостабильным ТКС;
* линейной зависимостью сопротивления от температуры ;
* инертностью к воздействию окружающей среды;
* хорошей воспроизводимостью свойств.

К таким материалам в первую очередь относятся платина и медь. Применяются также вольфрам и никель.

Платиновые терморезисторы применяются в диапазоне температур от –2000 до +6500С и выше. Медные терморезисторы применяются в диапазоне температур от –500 до +2000С. При более высоких температурах медь окисляется. Зависимость сопротивления от температуры платиновых терморезисторов практически линейная. При расчете сопротивления пользуются формулой:

RТ = R0 (1 + aT + bT), (8)

где а = 3,96847 · 10-3 1/град; b = -5,847 · 10 7 1/град. Т –температура 0С

Для медных терморезисторов эта зависимость имеет вид:

RТ = R0 (1 + aT ), (9)

где а = 4,26 · 10-3 1/град; R0 – сопротивление при 00С

Для большинства чистых металлов а ≈ 4 · 10-3 1/град.

Полупроводниковые терморезисторы имеют более высокую чувствительность. Температурный коэффициент сопротивления полупроводниковых терморезисторов 3 · 10-2 – 4 · 10-2 1/град. Он отрицателен и уменьшается пропорционально квадрату абсолютной температуры.

В узком температурном интервале зависимость сопротивления от температуры полупроводниковых терморезисторов выражается уравнением:

R = A exp или lnR = A + , (10)

где А и В - постоянные коэффициенты, зависящие от физических свойств проводника.

Для изготовления полупроводниковых терморезисторов применяют кристаллы некоторых металлов (например, германия) и окислы титана, магния, никеля, меди и др.

Форма, габариты и конструктивные особенности полупроводниковых терморезисторов весьма разнообразны: их выполняют в виде дисков, миниатюрных бусинок , плоских прямоугольников и др.

В зависимости от типа используемого полупроводникового материала и габаритов чувствительного элемента исходное сопротивление терморезисторов составляет от нескольких Ом до десятков Мегом. Если взять простейшую электрическую схему, состоящую из последовательно соединённых терморезистора и линейного резистора, величина которого не зависит от температуры, и приложить к этой цепи напряжение, то в ней установится некоторый ток I. Зависимость падения напряжения на терморезисторе от этого тока в установившемся режиме представляет собой вольтамперную характеристику терморезистора. Вольтамперная характеристика состоит из трёх основных участков. Средний участок далёк от линейного и показывает, что с ростом тока температура терморезистора повышается, а его сопротивление ( вследствие увеличения числа электронов и дырок проводимости в материале полупроводника) уменьшается. При дальнейшем увеличении тока уменьшение сопротивления оказывается столь значительным, что рост тока ведёт к уменьшению напряжения на терморезисторе. Это и позволяет использовать некоторые типы терморезисторов для стабилизации напряжения. Характерным для цепи, содержащей терморезистор и линейный резистор , является резкое, скачкообразное нарастание или убывание тока, вызванное изменением сопротивления терморезистора. Это явление получило название релейного эффекта. Релейный эффект может произойти в результате изменения температуры окружающей среды или величины приложенного к цепи напряжения. При повышении окружающей температуры от Т1 до Т2 ток вначале возрастает плавно, а далее при небольшом повышении температуры скачком возрастает и устойчиво сохраняет своё значение при постоянстве температуры. Это явление называется прямым релейным эффектом. Уменьшение температуры приводит к плавному и в конце к скачкообразному уменьшению тока. Это явление называется обратным релейным эффектом. Релейный эффект используется в разнообразных схемах тепловой защиты, температурной сигнализации, автоматического регулирования температуры. Помимо вольтамперной характеристики, важнейшей характеристикой терморезистора является зависимость его сопротивления от температуры (температурная характеристика). Важнейшими параметрами терморезисторов являются : номинальное (холодное) сопротивление- сопротивление рабочего тела терморезистора при температуре окружающей среды 20 °С и температурный коэффициент сопротивления, выражающий в процентах изменение абсолютной величины сопротивления рабочего тела терморезистора при изменении температуры на 1 °С

Температурный коэффициент сопротивления можно обозначить αт.

Тогда αт = -В/Т² (11)

Где В- коэффициент температурной чувствительности, зависящий от физических свойств материала.

В=Т1\*Т2 / Т1-Т2\*Ln Rт1/ Rт2 (12)

Т1-исходная температура рабочего тела, Т2-конечная температура рабочего тела, для которой определяется значение αт.

Rт1 и Rт2-сопротивление рабочего тела терморезистора при температурах соответственно Т1 и Т2.

Также важным параметром терморезистора является наибольшая мощность рассеивания- мощность при которой терморезистор, находящийся при температуре 20 °С, разогреется протекающим током до максимальной рабочей температуры.

Максимальная рабочая температура- температура при которой характеристики терморезистора остаются стабильными длительной время ( в течение указанного срока службы).

Параметр τ- характеризует тепловую инерцию терморезистора. То есть время в течение которого температура терморезистора становится равной 63°С при перенесении его из воздушной среды с температурой 0°С в воздушную среду с температурой 100°С.

Терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом используются для измерения и регулирования температуры, термокомпенсации различных элементов электрической цепи, работающих в широком интервале температур, измерения мощности высокочастотных колебаний и индикации лучистой энергии, стабилизации напряжения в цепях постоянного и переменного токов, в качестве регулируемых бесконтактных резисторов. Терморезисторы с положительным температурным коэффициентом (позисторы) изготовляют на основе титана бария , легированного специальными примесями, которые в определённом интервале температур увеличивают своё удельное сопротивление на несколько порядков. Существующие технологии позволяют изготовлять позисторы с положительным αт, составляющим 0,15-0,2 (1°С). По своему конструктивному оформлению позисторы аналогичны терморезисторам таблеточного типа, диаметром около 5мм.Сопротивление позистора возрастает с возрастанием его температуры, что используется для ограничения тока в цепи нагрузки.

**Литература**

1. Трофимов А.Н. Автоматика, телемеханика, вычислительная техника в химических производствах. Учебник. Энергоатомиздат. 1985.
2. Фарзане Н.Г., Илясов П.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. Учебник. Москва. Высшая школа.1989.
3. Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и управления. Учебник. Высшая школа. 1989.
4. Попов И.А., Грунтович Н.В. Сборник заданий для самостоятельной работы по основам теории автоматического управления (регулирования). Учебное пособие. ВМФ. 1982.
5. Трофимов В.В. Справочник АСУТП. Справочник. Киев. Техника. 1988.
6. Измерительно-информационные системы. Учебник. ВМФ. Ч.1. 1990 г.
7. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. Киев.Вища шк.1987.