

УДК 622.4

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИВОДНОГО БАРАБАНА ЛЕНТОЧНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КОНВЕЙЕРА

Кулиш В.А., магистрант; Гавриленко Б.В., доцент, к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В последнее время участились случаи возгорания конвейерной ленты на ленточных конвейерах, что обусловлено несовершенством систем контроля и измерения температуры приводного барабана. Поэтому сейчас уделяется большое внимание созданию устройства измерения данного технологического параметра для обеспечения требования безопасности работы ленточных конвейеров, которое обладало бы достаточно высокими метрологическими и надежностными характеристиками.

Разработанное средство измерения позволяет с достаточно высокой точностью, дистанционно осуществлять текущий контроль температуры приводных барабанов магистральных конвейеров. На его основе разрабатывается специальное устройство, входящее в состав аппаратуры автоматизации ленточных конвейеров, которое в зависимости от текущего значения температуры приводного барабана осуществляет управление конвейерной линией.

Рассмотрим принцип работы устройства. В термоэлектрическом приемнике излучения повышение температуры T_p мишени (рис.1) вызванное поглощением лучистого потока Φ , измеряется с помощью миниатюрного ТЧЭ, горячий спай которого находится в хорошем тепловом контакте с мишенью-поглотителем.

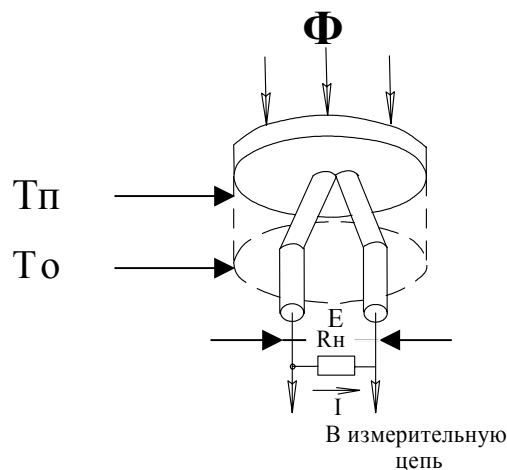


Рисунок 1 – Конструкция ТЭП

Наличие избыточной температуры спая по сравнению с температурой T_0 холодных концов ТЧЭ приводит к возникновению на выводах термоЭДС:

$$E = e_T U,$$

где e_T – удельная термоЭДС термоэлектродов.

При подключении ТЭП имеющего сопротивление R_T , к измерительной цепи с сопротивлением R_H в цепи притекает ток:

$$I = E / (R_T + R_H), \quad (1)$$

по значению которого можно судить о падающем на мишень лучистом потоке Φ [1]. Так как ЭДС генерируемого ТЧЭ прямопропорциональна избыточной температуре \mathcal{G} характеризующей процесс нарастания ЭДС или тока ТЭП:

$$\mathcal{G} = \frac{a_1 \Phi_{cm}}{\Pi} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \quad (2)$$

где Π – тепловые потери (проводимость) мишени при единичной разности температур; a_1 – интегральный коэффициент поглощения фронтальной поверхности мишени для рабочего интервала длин волн; Φ_{ct} - стационарный лучистый поток.

Установившиеся значения ЭДС и тока определяются из выражений:

$$E_{п.у.} = b n_T e_T \mathcal{G}_{п.у.}, \quad (3)$$

$$I_{п.у.} = b n_T e_T \mathcal{G}_{п.у.} / (R_T + R_H) \quad (4)$$

С учетом (4) и (3) вольт-ваттная и токовая чувствительности приемника имеют вид:

$$S_U = \frac{b n_m e_m}{\Pi}, \quad (5)$$

$$S_i = S_U / (R_T + R_H), \quad (6)$$

где b – безразмерный коэффициент, меньший единицы и учитывающий оптическую прозрачность материала входного окна ТЭП и поглощающую способность рабочей поверхности мишени [2].

Термобатарея проектируемого устройства включает горячие спаи, которые размещены по периметру круглой мишени $\varnothing=1,13$ мм. Так как обычные органические тонкопленочные подложки имеют стойкость к реагентам участвующим в фотографическом процессе, то для данного ТЭП использована более стабильная пленка $Si_3N_4-SiO_2$ толщиной 1 мкм, сформированная на пластинке из монокристаллического кремния. Термобатарея монтируется на цоколе транзисторного корпуса ТО-5. входное

окно ТЭП закрыто пластиной KBr. Внутренний объем ТЭП заполнен аргоном, при этом чувствительность составляет 30 – 50 В/Вт, постоянная времени 15 – 40 мс, сопротивление приемника 20 кОм.

Изменение температуры окружающего воздуха и соответственно и корпуса первичного пирометрического преобразователя, а также наличие пыли нарушает однозначную зависимость между температурами приводного барабана и ТПИ, что приводит к появлению дополнительной (температурной) погрешности измерения. Воспользуемся уравнением:

$$\vartheta = T_{\text{п}} - T_0 = A_{\text{п}}(T_{\text{ок}}^4 - T_0^4). \quad (7)$$

Рассматриваемая температурная погрешность является следствием изменения разности $T_{\text{ок}}^4 - T_0^4$ и значения коэффициента $A_{\text{п}}$, т. е. соответственно параллельного смещения (ПС) и изменения наклона (ИН) статической характеристики пирометра, описываемой уравнением (7).

Компенсация ПС статической характеристики достигается суммированием выходного сигнала пирометра с напряжением, снимаемым с измерительной диагонали неуравновешенного моста, содержащего термозависимый резистор. Электрическая схема компенсации совместно с каскадом усиления приведена на рисунке 2.

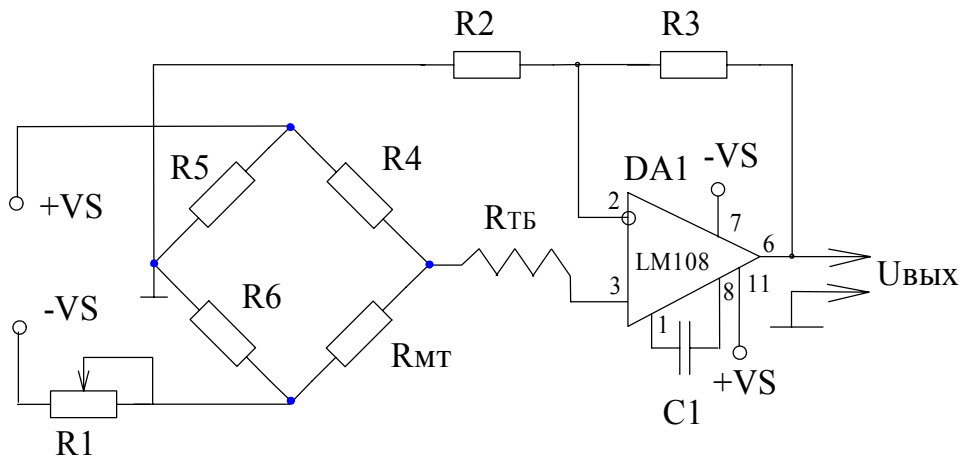


Рисунок 2 - Электрическая схема измерительной части пирометра

Напряжение $U_{\text{аб}}$ на клеммах аб измерительной диагонали определяется по формуле :

$$U_{\text{аб}} = U_{\text{и}}(R_{\text{н}} + R_{\text{ТБ}})(R_{\text{мт}}R_5 - R_4R_6)/D_{\text{и}}, \quad (8)$$

где

$$D_{\text{и}} = R_{\text{и}}(R_{\text{н}} + R_{\text{ТБ}})(R_{\text{мт}} + R_6 + R_4 + R_5) + R_{\text{и}}(R_{\text{мт}} + R_6)(R_4 + R_5) + (R_{\text{н}} + R_{\text{ТБ}})(R_{\text{мт}} + R_4)(R_6 + R_5) + R_{\text{мт}}(R_6R_4 + R_4R_5 + R_5R_6);$$

где $R_{\text{мт}} = R_{\text{м0}}L_{\text{т}}$ - сопротивление термозависимого резистора; R_4, R_5, R_6 – сопротивление термозависимых резисторов неуравновешенного моста; $U_{\text{и}}, R_{\text{и}}$ – напряжение и внутреннее сопротивление источника питания мостовой схемы.

Считаем, что мостовая схема находится в равновесии при температуре окружающей среды $\theta_0 = \theta_{02} = 20^0$, тогда $R_5 = R_4 R_6 / R_{MT2}$. Кроме того, предполагаем, что $R_4 = R_5$ и, следовательно, $R_6 = R_{MT2}$. Подставляя эти выражения в (8) получаем:

$$U_{аб} = \frac{U_{и} \left(\frac{R_{MT}}{R_{MT2}} - 1 \right)}{\left(\frac{R_{MT}}{R_{MT2}} - 1 \right) \left(\frac{R_{и}}{R_4} + \frac{2R_{и} + R_4}{R_{н} + R_{ТБ}} + 1 \right) + \frac{1}{R_{MT2}} (R_4 + 2R_{и}) + R_{MT} \left(\frac{1}{R_4} + \frac{2}{R_{н} + R_{ТБ}} \right)} \cdot (9)$$

При наличии компенсации ПС в диапазоне температур θ_0 от θ_{02} до θ_{03} должно выполняться равенство:

$$E_{q2} + U_{аб2} = E_{q3} + U_{аб3}.$$

Учитывая, что $U_{аб2} = 0$ и пренебрегая величинами второго порядка малости, из (9) найдем:

$$\frac{1}{R_{M0}} = \frac{U_{и} L_{T2}}{(E_{q2} - E_{q3})(R_4 + 2R_{и})} \left(\frac{L_{T3}}{L_{T2}} - 1 \right) - \frac{L_{T2}}{R_4 + 2R_{и}} \left(\frac{L_{T3}}{L_{T2}} + 1 \right) \left(\frac{R_{и}}{R_4} + \frac{2R_{и} + R_4}{R_{н} + R_{ТБ}} + 1 \right).$$

Для вычисления $1/R_{M0}$ заданы значениями R_4 , $R_{н}$, $R_{ТБ}$, $R_{и}$, а также точка q на шкале пирометра, в которой необходимо обеспечивать компенсацию ЛС. Определив $1/R_{M0}$ найдем напряжение $U_{аб}$.

Усилительный каскад собран на микросхеме LM108, которая представляет собой прецизионный операционный усилитель (ОУ) с полевыми транзисторами на входе. И транзисторы имеют сверхвысокий коэффициент усиления по току (25000). Операционный усилитель LM108 работает в широком диапазоне температур окружающей среды и напряжения питания. Малая величина коэффициента влияния напряжения позволяет питать схему на этих ОУ от практически нестабилизированного источника питания [3].

Список источников

1. Аксеенко М.А., Бараночников М.Л. Микроэлектронные фотоприёмные устройства- М.: Энергоатомиздат, 1984, 274стр .
2. Низкотемпературные пирометры с тепловыми приёмниками излучения/ Е.И. Фандеев , Б.В. Васильев , А.П. Бараненко . - М.: Энергоатомиздат, 1993 , 157стр.
3. Голубцов М.С. Микроконтроллера AVR: от простого к сложному. – М.: Солон-пресс, 2003.