

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И УЧЕТ РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ ТЕПЛОНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

г. Ташкент, Ташкентский Государственный Технический Университет

В ряде практических задач контроля и управления расходами жидкостей или газов (например, в крупных насосных станциях, скважинах вертикального дренажа, насосах вододобычи и другие) необходимо получить информацию не только о расходе, но и направлении потока. В этих случаях наиболее пригодными оказываются тепловые преобразователи двустороннего действия. Кроме того, у тепловых преобразователей двустороннего действия нелинейность статической характеристики и температурная погрешность ниже, чем у преобразователей одностороннего действия.

Тепловой преобразователь расхода двустороннего действия состоит из двух идентичных стержневых тепловых преобразователей, между которыми находится устройство, изменяющее условия теплообмена этих преобразователей в зависимости от направления потока, например, поворотный экран и другие.

Структурную схему теплового преобразователя расхода двустороннего действия можно представить в виде двух идентичных теплопроводов ТП1 и ТП2 (рис.1), нагреватели которых питаются от общего стабилизированного источника питания (ИП).

Термочувствительные элементы ТЧЭ<sub>1</sub> и ТЧЭ<sub>2</sub>, расположенные на теплопроводах преобразователей, соединены дифференциально и подключены к измерительной схеме ИС, на выходе которой подключен вторичный прибор (ВП), имеющий стандартный выходной сигнал  $U_{\text{вых}}=0\div 1$  В.

При наличии потока (например слева на право) изменяется распределение температуры, а следовательно и величина ТЧЭ<sub>1</sub>. Рассмотрим работу преобразователя с мостовой схемой с термисторами в качестве ТЧЭ<sub>1</sub> и ТЧЭ<sub>2</sub>, которые работают в режиме малых токовых нагрузок. Статическую характеристику преобразователя можно записать в виде

$$U_{\text{вых.}} = U_n \cdot \frac{R_{t1} \cdot (1 + E_1) \cdot R_4 - R_{t2} \cdot (1 + E_2) \cdot R_3}{[R_{t1} \cdot (1 + E_1) + R_{t2} \cdot (1 + E_2)] \cdot (R_3 + R_4)}, \quad (1)$$

где  $U_n$  – напряжение питания мостовой схемы;

$R_{t1}, R_{t2}$  – сопротивления первого ТЧЭ<sub>1</sub> и второго ТЧЭ<sub>2</sub> преобразователя;

$R_3, R_4$  – постоянные сопротивления смежных плеч мостовой схемы;

$E_1, E_2$  – относительные приращения сопротивления  $R_{t1}$  и  $R_{t2}$  от изменения скорости потоков и для терморезисторов их значения составляют:

$$E_1(V) = e^{B \left( \frac{1}{\Theta_0(l,p)} - \frac{1}{\Theta_0} \right)} - 1;$$

$$E_2(V) = e^{B \left( \frac{1}{\Theta_2(l,p)} - \frac{1}{\Theta_0} \right)} - 1;$$

где  $B$  – коэффициент термистора;

$\Theta_0$  – температура измеряемой среды;

$P$  – оператор;

$L$  – длина теплопровода.

На основе выражения (1) рассчитана статическая характеристика при изменениях скорости от  $V_{\text{min}}=0,2$  м/с до  $V_{\text{max}}=4,0$  м/с и при температурах измеряемой среды (воды)  $5^{\circ}\text{C}$  и  $20^{\circ}\text{C}$ .

Температурные погрешности при  $\Theta_0 = 5^{\circ}\text{C}$  при работе только одного преобразователя (например, левого) получаются весьма большие.

Мультипликативная относительная температурная погрешность преобразователя определяем выражением

$$S_{K\Omega 1} = \alpha_2 \cdot \left( R_3 - \frac{1}{K} \right) - \alpha_1 \cdot (R_3 - K - 2), \quad (2)$$

$$\text{где } \alpha_1 = \frac{\partial E_{t1}}{\partial \Theta_0}; \quad \alpha_2 = \frac{\partial E_{t2}}{\partial \Theta_0}; \quad K = \frac{R_4}{R_3}.$$

Таким образом, относительная мультипликативная погрешность преобразователя от температуры определяется алгебраической суммой относительных значений температурных коэффициентов термозависимых множителей функций преобразования ( в данном случае температурных коэффициентов термисторов).

С учетом выражения (2) в результате исследований выявлено условие эффективной компенсации температурных погрешностей разработанных преобразователей расхода двустороннего действия. Это условие сводится к уравниванию мостовой измерительной схемы при начальных значениях расхода путем включения в смежные плечи моста идентичных по начальным параметрам основного и компенсационного стержневых тепловых преобразователей. При этом относительная погрешность от изменения температуры воды от 5<sup>0</sup>С до 20<sup>0</sup>С по всем диапазоном изменения скорости потока уменьшается до 0,28%.

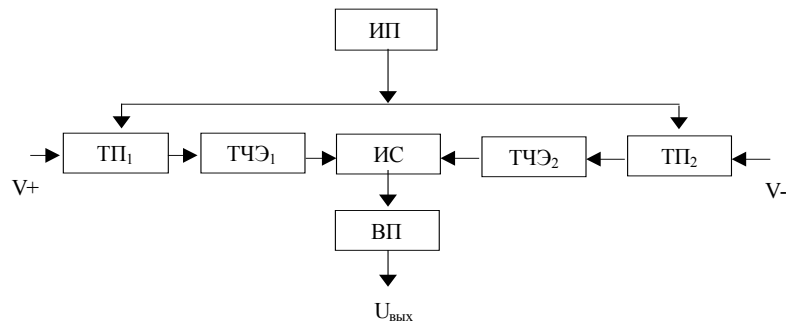


Рис.1. Структурная схема теплового преобразователя двустороннего действия.

Нелинейность выходных характеристик измерительных преобразователей создает дополнительные погрешности измерения. В случае работы преобразователя расхода двустороннего действия, когда стержневые тепловые преобразователи включенных в первое и второе смежные плечи мостовой измерительной схемы, нелинейность выходных характеристик преобразователя можно определить как

$$\beta = \frac{K \cdot E_1^2 - E_2^2 + E_1 \cdot E_2 \cdot (K - 1)}{(K + 1 - K \cdot E_1 + E_2) \cdot (E_1 - E_2)}, \quad (3)$$

На основе(3) определена нелинейность выходных характеристик, которая при V=0,8 м/с достигает 0,35.

С целью уменьшения нелинейности выходных характеристик определена минимум непрерывной функции, заданной в явной форме  $y=f(\beta)$  имеющей непрерывную производную, т.е.  $f'(\beta)=0$  при условии  $K=1$

$$E_1^{1,2} = E_1 \pm \sqrt{E_1^2 - E_2^2}, \quad (4)$$

Расчет нелинейности статической характеристики преобразователя на ЭВМ показал, что при условии равенства  $E_1=E_2$  статическая характеристика имеет максимальную линейность, но при этих условиях выходное напряжение будет равно нулю. В результате проведенных расчетов получены минимальные значения  $\beta$  которые имеют место при условии работы  $E_1=var$ ,  $E_2=4/5E_1$  на всем диапазоне изменения скорости потока.

УДК 658.264