

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9360

(13) U

(46) 2013.08.30

(51) МПК

G 01F 1/68 (2006.01)

(54)

## ТЕПЛОВОЙ РАСХОДОМЕР

(21) Номер заявки: u 20130029

(22) 2013.01.10

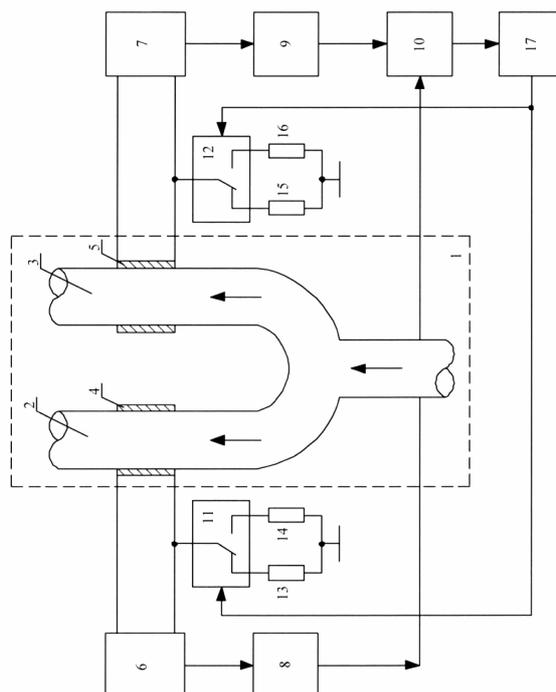
(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Гомельский государственный техни-  
ческий университет имени П.О.Су-  
хого" (ВУ)

(72) Авторы: Карпов Владимир Александрович;  
Ростокина Ольга Михайловна  
(ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Гомельский государственный  
технический университет имени П.О.Су-  
хого" (ВУ)

(57)

Тепловой расходомер, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный в виде двух магистралей с расположенными на них первым и вторым термочувствительными элементами, выходы которых соединены соответственно с первой и второй схемами стабилизации сопротивления термочувствительного элемента, выходы которых соответственно через первый и второй блоки определения мощности соединены со входами сумматора, первый и второй термостабильные резисторы, один из выводов которых соединен с шиной нулевого потенциала, отличающийся тем, что содержит первый и второй коммутаторы, первый и второй дополнительные термостабильные резисторы, блок управления, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго коммутаторов, выходы которых соединены соответственно с одним из выводов первого и второго



ВУ 9360 U 2013.08.30

# ВУ 9360 U 2013.08.30

термочувствительных элементов, один из входов первого и второго коммутаторов соответственно через первый и второй дополнительные термостабильные резисторы соединен с шиной нулевого потенциала, другой вход первого и второго коммутаторов соединен соответственно с другим входом первого и второго термостабильных резисторов, выход сумматора соединен со входом блока управления.

(56)

1. Патент РБ на полезную модель 743, 2002.
2. Патент РБ на полезную модель 5971, 2010.

---

Полезная модель относится к области измерительной техники, а именно к тепловым устройствам для измерения расхода жидких или газообразных сред, и может быть использована в химической, электронной, энергетической и других отраслях промышленности.

Известен тепловой расходомер [1], содержащий измерительный участок трубопровода с расположенными на нем двумя термочувствительными элементами, два блока определения мощности, два термостабильных резистора и сумматор. В данном расходомере снижено влияние температуры окружающего воздуха, однако изменение температуры измеряемой среды влияет на результат преобразования.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является тепловой расходомер [2], содержащий измерительный участок трубопровода в виде двух магистралей с расположенными на них двумя термочувствительными элементами, два термостабильных резистора, один из выводов которых соединен с шиной нулевого потенциала, две схемы стабилизации сопротивления термочувствительного элемента, два блока определения мощности и сумматор. В данном расходомере снижено влияние изменения температуры окружающего воздуха и измеряемой среды, однако предъявляются очень высокие требования к идентичности электрических и теплофизических параметров термочувствительных элементов прямого подогрева, что обеспечить не всегда возможно. В целом, неидентичность термочувствительных элементов ведет к потере точности измерения.

Задачей полезной модели является повышение точности измерения расхода.

Поставленная задача решается тем, что в тепловой расходомер, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный в виде двух магистралей с расположенными на них первым и вторым термочувствительными элементами, выводы которых соединены соответственно с первой и второй схемами стабилизации сопротивления термочувствительного элемента, выходы которых соответственно через первый и второй блоки определения мощности соединены со входами сумматора, первый и второй термостабильные резисторы, одни из выводов которых соединены с шиной нулевого потенциала, согласно полезной модели дополнительно введены первый и второй коммутаторы, первый и второй дополнительные термостабильные резисторы, блок управления, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго коммутаторов, выходы которых соединены соответственно с одним из выводов первого и второго термочувствительных элементов, один из входов первого и второго коммутаторов соответственно через первый и второй дополнительные термостабильные резисторы соединен с шиной нулевого потенциала, другой вход первого и второго коммутаторов соединен соответственно с другим входом первого и второго термостабильных резисторов, выход сумматора соединен со входом блока управления.

На фигуре представлена функциональная схема заявляемого технического решения.

Тепловой расходомер содержит измерительный участок трубопровода 1, выполненный в виде двух магистралей 2, 3 с установленными на них первым 4 и вторым 5 термочувствительными элементами, выводы которых соединены со входами первой 6 и второй 7

схем стабилизации сопротивления термочувствительных элементов, выходы которых через первый 8 и второй 9 блоки определения мощности соединены со входами сумматора 10, первый 11 и второй 12 коммутаторы, входы первого 11 коммутатора соединены соответственно через первый 13 и первый дополнительный 14 термостабильные резисторы с шиной нулевого потенциала, входы второго 12 коммутатора соединены соответственно через второй 15 и второй дополнительный 16 термостабильные резисторы с шиной нулевого потенциала, управляющие входы коммутаторов 11, 12 соединены с выходом блока управления 17, со входом которого соединен выход сумматора 10, выходы коммутаторов 11, 12 соединены соответственно с одним из выводов первого 4 и второго 5 термочувствительных элементов.

Встроенный в магистраль тепловой расходомер работает следующим образом.

Термочувствительный элемент 4 и схема стабилизации сопротивления термочувствительного элемента 6 совместно с первым термостабильным резистором 13 и первым дополнительным термостабильным резистором 14 поддерживают сопротивление термочувствительного элемента 4 на неизменном уровне, определяемом сопротивлением, подключенным к схеме термостабильного резистора 13, 14. Соответственно для левого положения коммутатора 11 электрическая мощность, рассеиваемая на термочувствительном элементе 4, будет равна:

$$\begin{aligned} P_4' &= \alpha_4 S_4 (t_4' - t_x) + K_4 (t_4' - t_0), \\ P_4'' &= \alpha_4 S_4 (t_4'' - t_x) + K_4 (t_4'' - t_0), \end{aligned}$$

где  $P_4'$ ,  $P_4''$  - электрическая мощность, рассеиваемая на термочувствительном элементе 4 для различных положений коммутатора 11, соответствующих температуре  $t_4'$  и  $t_4''$ ;  $\alpha_4$  - коэффициент теплоотдачи от термочувствительного элемента 4 в поток;  $S_4$  - эффективная площадь теплообмена термочувствительного элемента 4;  $K_4$  - эффективный коэффициент теплопотерь в окружающую среду термочувствительного элемента 4;  $t_x$  - температура потока;  $t_0$  - температура окружающего воздуха.

Аналогичным образом работает и другая часть схемы. При этом для термочувствительного элемента 5 будут справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} P_5' &= \alpha_5 S_5 (t_5' - t_x) + K_5 (t_5' - t_0), \\ P_5'' &= \alpha_5 S_5 (t_5'' - t_x) + K_5 (t_5'' - t_0), \end{aligned}$$

где  $\alpha_5$ ,  $S_5$ ,  $K_5$  - соответственно коэффициент теплоотдачи, эффективная площадь теплообмена, эффективный коэффициент теплообмена с окружающей средой термочувствительного элемента 5;  $t_5'$  и  $t_5''$  - температура стенки под термочувствительным элементом 5 для различных положений коммутатора 12.

Выходные напряжения блоков определения мощности 8, 9 для различных положений коммутаторов 11, 12 будут иметь вид:

$$\begin{aligned} U_8' &= K_8 \cdot P_4' = \alpha_4 S_4 (t_4' - t_x) + K_4 (t_4' - t_0), \\ U_8'' &= K_8 \cdot P_4'' = \alpha_4 S_4 (t_4'' - t_x) + K_4 (t_4'' - t_0), \\ U_9' &= K_9 \cdot P_5' = \alpha_5 S_5 (t_5' - t_x) + K_5 (t_5' - t_0), \\ U_9'' &= K_9 \cdot P_5'' = \alpha_5 S_5 (t_5'' - t_x) + K_5 (t_5'' - t_0), \end{aligned}$$

где  $K_8$ ,  $K_9$  - коэффициенты преобразования блоков определения мощности 8, 9.

В сумматоре 10 производится вычитание напряжений с выходов блоков определения мощности 8, 9. В случае идентичного исполнения термочувствительных элементов 4 и 5 можно записать  $\alpha_4 = \alpha_5 = \alpha$ ,  $S_4 = S_5 = S$ ,  $K_4 = K_5 = K$ , тогда, обеспечивая равенство  $K_8 = K_9 = K_0$ , можно получить выходное напряжение сумматора 10 для одного из положений коммутаторов 11, 12 в следующем виде:

$$U_{10} = U_8 - U_9 = U_8' - U_9' = K_0 \alpha S (t_4' - t_5') + K_0 K_4 (t_4' - t_5'). \quad (1)$$

Данное преобразование реализовано в прототипе. Из него видно, что в случае идентичности термоэлементов 4, 5 влияние температуры потока  $t_{ж}$  и окружающего воздуха  $t_o$  устранено. Однако при изготовлении термочувствительных элементов 4, 5 в силу технологических ограничений имеется разбаланс электрических и теплофизических параметров термоэлементов. Положим, что

$$\left. \begin{aligned} \alpha_4 S_4 &= \alpha S; \\ \alpha_5 S_5 &= \alpha S + \Delta(\alpha S); \\ K_4 &= K; \\ K_5 &= K + \Delta K. \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $\Delta(\alpha S)$ ,  $\Delta K$  - разность в эффективных коэффициентах теплообмена с потоком и окружающей средой для термочувствительных элементов 4 и 5.

Подставляя (2) в (1), можно получить:

$$U'_{10} = U'_8 - U'_9 = K_0 [\alpha S (t'_4 - t'_5) + \Delta(\alpha S)(t'_5 - t_{ж}) + K_4 (t'_4 - t'_5) + \Delta K (t'_5 - t_o)].$$

Откуда видно, что выходное напряжение сумматора 10 из-за неидентичности термочувствительных элементов 4, 5 зависит от температуры потока  $t_{ж}$  и окружающего воздуха  $t_o$ . В этом заключается основной недостаток прототипа.

С учетом (2) выходные напряжения сумматора 10 для различных положений коммутаторов 11 и 12 можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} U'_{10} &= K_0 [\alpha S (t'_4 - t'_5) + \Delta(\alpha S)(t'_5 - t_{ж}) + K_4 (t'_4 - t'_5) + \Delta K (t'_5 - t_o)], \\ U''_{10} &= K_0 [\alpha S (t''_4 - t''_5) + \Delta(\alpha S)(t''_5 - t_{ж}) + K_4 (t''_4 - t''_5) + \Delta K (t''_5 - t_o)]. \end{aligned}$$

Блок управления 17 фиксирует напряжения с выхода сумматора 10 и вычисляет их разность, что и является выходным результатом измерения:

$$U_{17} = U'_{10} - U''_{10} = K_0 [\alpha S (t'_4 - t'_5 - t''_4 + t''_5) + K_4 (t'_4 - t'_5 - t''_4 + t''_5) + \Delta(\alpha S)(t'_5 - t_{ж} - t''_5 + t_{ж}) + \Delta K (t'_5 - t_o - t''_5 + t_o)]$$

или

$$U_{17} = K_0 [\alpha S (t'_4 - t'_5 - t''_4 + t''_5) + K_4 (t'_4 - t'_5 - t''_4 + t''_5) + \Delta(\alpha S)(t'_5 - t''_5) + \Delta K (t'_5 - t''_5)].$$

Из последнего выражения видно, что оно не зависит от температуры потока  $t_{ж}$  и окружающего воздуха  $t_o$ , а зависит от  $\alpha$  - коэффициента теплопередачи, то есть от расхода.