

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **743**

(13) **U**

(51)⁷ **G 01F 1/68**

(54)

ТЕПЛОВОЙ РАСХОДОМЕР

(21) Номер заявки: u 20020109

(22) Дата поступления: 2002.04.16

(46) Дата публикации: 2002.12.30

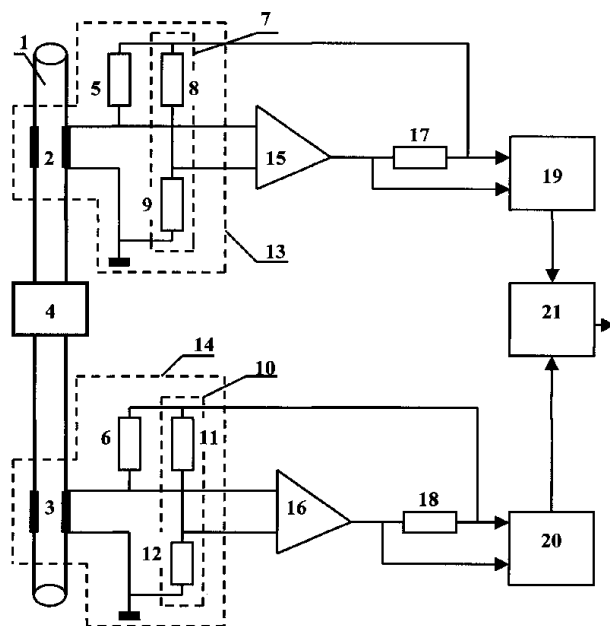
(71) Заявитель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого (ВУ)

(72) Авторы: Карпов В.А., Мурашко С.А. (ВУ)

(73) Патентообладатель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого (ВУ)

(57)

Тепловой расходомер, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем первым и вторым термочувствительными элементами, а также первый и второй термостабильные резисторы, резистивный делитель, дифференциальный усилитель, выход которого соединен с первым из двух выходов блока определения мощности и через токоизмерительный резистор со вторым его входом, резистивный делитель и последовательно соединенные первый термостабильный резистор и первый термочувствительный элемент, включенные в мостовую схему, питающая диагональ которой соединена со вторым входом блока определения мощности, а измерительная диагональ соединена с входами дифференциального усилителя, **отличающийся** тем, что в него введены блок вычитания с двумя входами, дополнительный резистивный делитель, токоизмерительный резистор, блок определения мощности с первым и вторым входами и дифференциальный усилитель, выход которого соединен с первым входом дополнительного блока определения



мощности и через дополнительный токоизмерительный резистор со вторым его входом, входы блока вычитания, соединенные соответственно с выходами блока определения мощности и дополнительного блока определения мощности, дополнительный резистивный делитель, последовательно соединенные второй термостабильный резистор и второй термочувствительный элемент, собранные в дополнительную мостовую схему, питающая диагональ которой соединена со вторым входом дополнительного блока определения мощности, а ее измерительная диагональ - с входами дополнительного дифференциального усилителя, а на измерительном участке трубопровода смонтировано теплоизоляционное кольцо, разделяющее первый и второй термочувствительные элементы.

(56)

1. Френкель Б.А. Тепловые калориметрические расходомеры.- М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1968. - С. 27-28.
2. А.с. СССР 960538, МПК G01F 1/68, бюл. № 35, 1982 (прототип).

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

Известен тепловой расходомер [1], содержащий измерительный участок трубопровода с расположенными на нем двумя термочувствительными элементами, являющимися двумя плечами мостовой схемы, дифференциальный усилитель, соединенный с нагревателем, расположенным в непосредственной близости от одного из термочувствительных элементов (дальнего по потоку). Регулирование нагрева осуществляется таким образом, что разность между термочувствительными элементами поддерживается постоянной. Недостатками данного технического решения являются: значительные дополнительные погрешности, обусловленные изменением температуры окружающего воздуха и измеряемой среды; относительная сложность, обусловленная наличием дополнительной нагревательной обмотки.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является тепловой расходомер [2], содержащий измерительный участок трубопровода с расположенными на нем термочувствительными элементами, которые совместно с резистивным делителем и термостабильными резисторами образуют мостовую схему, питающая диагональ которой через токоизмерительный резистор соединяется с выходом дифференциального усилителя, вход которого соединен с ее измерительной диагональю, блок определения мощности, входы которого соединены с выходом дифференциального усилителя и диагональю питания моста. Данный расходомер реализует метод прямого подогрева, т.е. верхний по потоку термочувствительный элемент нагревается проходящим через него током на фиксированную величину, причем его температура поддерживается большей, чем температура нижнего по потоку термочувствительного элемента.

В данном техническом решении отсутствует нагреватель, за счет чего упрощается конструкция теплового датчика, однако дополнительные погрешности от влияния изменения температуры окружающего воздуха и измеряемой среды снижают точность измерения в реальных условиях эксплуатации, особенно области малых расходов.

Задачей заявляемой полезной модели является повышение точности измерения.

Поставленная задача решается тем, что в тепловой расходомер, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем первым и вторым термочувствительными элементами, а также первый и второй термостабильные резисторы, резистивный делитель, дифференциальный усилитель, выход которого соединен с первым из двух выходов блока определения мощности и через токоизмерительный резистор со вторым его входом, резистивный делитель и последовательно соединенные первый термостабильный резистор и первый термочувствительный элемент, включенные в мостовую схему, питающая диагональ которой соединена со вторым входом блока определения мощности, а измерительная диагональ соединена со входами дифференциального усилителя, согласно полезной модели, в него введены блок вычитания с двумя входами, дополнительный резистивный делитель, токоизмерительный резистор, блок определения мощности с первым и вторым входами и дифференциальный усилитель, выход которого соединен с первым входом дополнительного блока определения мощности и через дополнительный токоизмерительный резистор со вторым его входом, входы блока вычитания, соединенные соответственно с выходами блока определения мощности и дополнительного блока определения мощности, дополнительный резистивный делитель, последовательно соединенные второй термостабильный резистор и второй термочувствительный элемент, собранные в дополнительную мостовую схему, питающая диагональ которой соединена со вторым входом дополнительного блока определения мощности, а ее изме-

ВУ 743 U

рительная диагональ - с входами дополнительного дифференциального усилителя, а на измерительном участке трубопровода смонтировано теплоизоляционное кольцо, разделяющее первый и второй термочувствительные элементы.

На чертеже представлена функциональная схема заявляемого технического решения.

Тепловой расходомер содержит (см. чертеж) измерительный участок трубопровода 1 с расположенным на нем первым и вторым термочувствительными элементами 2 и 3, теплоизоляционное кольцо 4, разделяющее части измерительного участка трубопровода 1 с термочувствительными элементами 2 и 3. Первый и второй термостабильные резисторы 5 и 6, резистивный делитель 7, дополнительный резистивный делитель 10. Резистивный делитель 7, первый термостабильный резистор 5 и первый термочувствительный элемент 2 образуют мостовую схему 13. Дополнительный резистивный делитель 10, второй термостабильный резистор 6 и второй термочувствительный элемент 3 образуют дополнительную мостовую схему 14. В измерительные диагонали мостовых схем 13 и 14 включены дифференциальный и дополнительный дифференциальный усилители 15 и 16, выходы которых через токоизмерительный и дополнительный токоизмерительный резисторы 17 и 18 соединены с питающими диагоналями мостовых схем 13 и 14 соответственно. Выходы дифференциальных усилителей 15 и 16 с использованием токоизмерительных резисторов 17 и 18 соединены с входами блока определения мощности 19 и дополнительного блока определения мощности 20, выходы которых соединены с входами блока вычитания 21.

Встроенный в магистраль расходомер работает следующим образом. Мостовая схема 13 и дифференциальный усилитель 15 образуют схему стабилизации температуры первого термочувствительного элемента 2 за счет того, что напряжение питающей диагонали поддерживается на таком уровне, что напряжение в измерительной диагонали мостовой схемы 13 равно нулю. Предположим, что R_8 , R_9 , R_5 и R_2 соответственно сопротивления резисторов 8 и 9 делителя 7, первого термостабильного резистора 5 и термочувствительного элемента 2, коэффициент усиления дифференциального усилителя 15 очень высок (500÷800 тыс.), т.е. мостовая схема находится в равновесии, условием которого является:

$$R_2 \cdot R_8 = R_5 \cdot R_9.$$

Аналогичное выражение можно записать и для дополнительной мостовой схемы 14:

$$R_3 \cdot R_{11} = R_6 \cdot R_{12},$$

где R_{11} , R_{12} , R_6 и R_3 - соответственно сопротивления дополнительных резисторов 11 и 12 делителя 10, второго термочувствительного резистора 6 и второго термочувствительного элемента 3.

Термочувствительные элементы 2 и 3 выполнены из металла с большим температурным коэффициентом β (платина, медь, никель и пр.).

Тогда значения этих резисторов будут иметь вид:

$$R_2 = R_0(1 + (\beta t_2)),$$

$$R_3 = R_0(1 + \beta t_3),$$

где R_0 - сопротивление терморезисторов при 0°C ; $t_{2,3}$ - температуры соответствующих термочувствительных элементов 2, 3; β - температурный коэффициент термочувствительных элементов 2, 3. Таким образом, можно записать:

$$t_2 = \frac{1}{\beta} \left(\frac{R_5 R_9}{R_0 R_8} - 1 \right)$$
$$t_3 = \frac{1}{\beta} \left(\frac{R_6 R_{12}}{R_0 R_{11}} - 1 \right)$$

Из выражений для t_2 и t_3 видно, что выбирая элементы мостовых схем 13 и 14, соответствующим образом можно поддерживать температуры термочувствительных элементов 2 и 3 на заданном уровне.

Известно [1], что тепло, выделяемое нагревателем, расходуется на тепло, отдаваемое потоку, и теплопотери в окружающую среду. Тогда для первого и второго термочувствительных элементов 2 и 3 можно записать:

$$\begin{aligned} P_2 &= \alpha_2 S_2 (t_2 - t_{n2}) + \kappa_2 (t_2 - t_0) \\ P_3 &= \alpha_3 S_3 (t_3 - t_{n3}) + \kappa_3 (t_3 - t_0) \end{aligned} \quad (1)$$

BY 743 U

где P_2, P_3 - мощности, выделяющиеся в термочувствительных элементах 2, 3; α_2, α_3 - коэффициенты теплопередачи от термочувствительных элементов 2, 3 в поток; S_2, S_3 - эффективные площади теплообмена термочувствительных элементов 2, 3; κ_2, κ_3 - эффективный коэффициент теплопотерь в окружающую среду чувствительных термоэлементов 2 и 3; t_2, t_3 - температуры стенок измерительного участка трубопровода 1 в местах расположения термочувствительных элементов 2 и 3; t_{n2}, t_{n3} - температуры потока, попадающего в термочувствительный элемент 2, 3; t_0 - температура окружающего воздуха.

Известно, что коэффициент теплопередачи α является функцией массового расхода, зависящей от характера движения потока. При выполнении термочувствительных элементов 2 и 3 идентичными и с учетом того, что теплоизоляционное кольцо 4 снижает перетоки тепла между ними, можно считать, что $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$; $S_2 = S_3 = S$. Обеспечивая равенство $\kappa_2 = \kappa_3 = \kappa$, можно записать:

$$\begin{aligned} P_2 &= \alpha S(t_2 - t_{n2}) + \kappa_2(t_2 - t_0) \\ P_3 &= \alpha S(t_3 - t_{n3}) + \kappa_3(t_3 - t_0) \end{aligned}$$

Расположим первым по потоку термочувствительный элемент 2 и обеспечим неравенство $t_3 > t_2$. Тогда, вычитая из второго уравнения первое, т.е. находя разность мощностей термочувствительных элементов ΔP , будем иметь:

$$\Delta P = P_3 - P_2 = \alpha S(t_3 - t_2 + t_{n2} - t_{n3}) + \kappa(t_3 - t_2),$$

откуда видно отсутствие влияния температуры окружающего воздуха t_0 . В то же время разность мощностей пропорциональна коэффициенту теплопередачи α , т.е. массовому расходу.

Таким образом, в заявляемом техническом решении существенно снижены требования к теплоизоляции расходомера, что позволяет расширить диапазон его работы в области низких расходов.

С использованием токоизмерительного резистора 17 и блока определения мощности 19 определяется значение мощности P_2 . С использованием дополнительного токоизмерительного резистора 18 и дополнительного блока определения мощности 20 определяется значение мощности P_3 . В блоке вычитания определяется разность мощностей $\Delta P = P_3 - P_2$.

В прототипе [2] реализуется принцип поддержания разности температур между температурой потока t_n , которая измеряется с использованием одного термочувствительного элемента, расположенного выше по потоку, и температурой стенки в месте расположения второго термочувствительного элемента t_1 . Тогда мощность, выделяемая во втором термочувствительном элементе, равна:

$$P = \alpha S(t_1 - t_n) + \kappa(t_1 - t_0),$$

или с учетом того, что $t_1 - t_n = \Delta t = \text{const}$,

$$P = \alpha S \Delta t + \kappa(\Delta t + t_n - t_0).$$

Откуда видно, что теплопотери в окружающую среду зависят как от изменения температуры потока, так и от изменения температуры окружающего воздуха t_0 . Данным обстоятельством ограничивается диапазон измерения в области малых расходов.