

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **811**

(13) **U**

(51)⁷ **G 01F 1/68**

(54)

ТЕПЛОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА

(21) Номер заявки: u 20020220

(22) 2002.07.31

(46) 2003.03.30

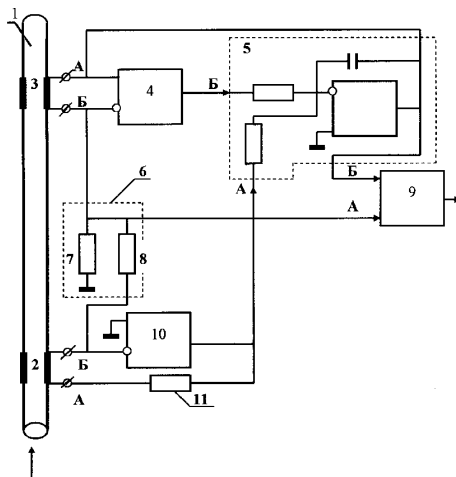
(71) Заявитель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого (ВУ)

(72) Авторы: Карпов Владимир Александрович; Мурашко Сергей Александрович (ВУ)

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

(57)

Тепловой преобразователь расхода, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем измерительным и компенсационным термочувствительными элементами, каждый из которых имеет по два контактных вывода, термостабильный резистор, соединенный последовательно с компенсационным чувствительным элементом посредством его первого контактного вывода, дифференциальный усилитель, один из входов которого связан с первым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента, а также резистивный делитель напряжения и блок определения мощности, **отличающийся** тем, что в него дополнительно введены двухвходовой интегратор и операционный усилитель, причем выход последнего соединен с термостабильным резистором и первым входом двухвходового интегратора, а инвертирующий вход соединен со вторым контактным выводом компенсационного термочувствительного элемента и входом резистивного делителя напряжения, выход которого в свою очередь соединен со вторым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента, инвертирующим входом дифференциального усилителя и первым входом блока определения мощности, при этом выход дифференциального усилителя через второй вход двухвходового интегратора и его выход соединен со вторым входом блока определения мощности и с первым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента.



(56)

1. Рудный Н.М. и др. Бесконтактный тепловой расходомер с постоянным периодом температур // Приборы и системы управления. - 1972. - № 6. - С. 43.

2. А.с. СССР № 960538, МПК G 01F 1/68, бюл. № 35, 1982.

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 преобразователь расхода [1], содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем измерительным и компенсационным термочувствительными элементами, резистивный делитель напряжения, образующий совместно с термочувствительными элементами мостовую схему, измерительная диагональ которой соединена со входами дифференциального усилителя и через реверсивный двигатель и потенциал регулятора - с питающей диагональю мостовой схемы. Работа преобразователя основана на стабилизации разности температур между измерительным и компенсационным термочувствительными элементами. Выходным сигналом является мощность, рассеиваемая в мостовой схеме. К недостаткам данного преобразователя следует отнести значительную зависимость поддерживаемой разности температур от температуры измеряемой среды, что приводит к снижению точности измерения мощности. Кроме того, для известного преобразователя характерна сложность в обеспечении идентичных теплофизических параметров термочувствительных элементов, поскольку они изготовлены из медного провода разного диаметра.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является тепловой преобразователь расхода [2], содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем измерительным и компенсационным термочувствительными элементами, резистивным делителем, масштабный усилитель, термостабильный резистор, блок определения мощности и дифференциальный усилитель. Работа преобразователя также основана на поддержании неизменной разности температур между измерительным и компенсационным термочувствительными элементами и измерении мощности, выделяемой в измерительном термочувствительном элементе. Однако и в данном техническом решении поддерживаемая постоянной разность температур существенно зависит от температуры измеряемой среды, что снижает точность измерения мощности.

Задачей полезной модели является повышение точности измерения мощности.

Поставленная задача решается тем, что в известный тепловой преобразователь расхода, содержащий измерительный участок трубопровода, выполненный с возможностью включения в магистраль, с расположенными на нем измерительным и компенсационным термочувствительными элементами, каждый из которых имеет по два контактных вывода, термостабильный резистор, соединенный последовательно с компенсационным чувствительным элементом посредством его первого контактного вывода, дифференциальный усилитель, один из входов которого связан с первым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента, а также резистивный делитель напряжения и блок определения мощности, согласно полезной модели, дополнительно введены двухвходовой интегратор и операционный усилитель, причем выход последнего соединен с термостабильным резистором и первым входом двухвходового интегратора, а инвертирующий вход соединен со вторым контактным выводом компенсационного термочувствительного элемента и входом резистивного делителя напряжения, выход которого в свою очередь соединен со вторым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента, инвертирующим входом дифференциального усилителя и первым входом блока определения мощности, при этом выход дифференциального усилителя через второй вход

двухвходового интегратора и его выход соединен со вторым входом блока определения мощности и с первым контактным выводом измерительного термочувствительного элемента.

На чертеже представлена функциональная схема заявляемого теплового преобразователя расхода, где буквами "А" и "Б" обозначены соответственно первый и второй входы функциональных элементов расходомера и первые и вторые контактные выводы измерительного и компенсационного термочувствительных элементов.

Тепловой преобразователь расхода состоит из измерительного участка трубопровода 1, выполненного с возможностью включения в магистраль, с намотанными на него компенсационным 2 и измерительным 3 термочувствительными элементами. Данные элементы реализованы с использованием проволоки с большим температурным коэффициентом (медь, никель, платина и др.). Дифференциальный усилитель 4 с фиксированным коэффициентом передачи подключен своими входами к контактным выводам измерительного термочувствительного элемента 3 и выходом ко второму входу двухвходового интегратора 5. Резистивный делитель 6, состоит из двух стабильных резисторов 7 и 8. Выход резистивного делителя 6 (общая точка резисторов 7 и 8) соединен с инвертирующим входом дифференциального усилителя 4 и с первым входом блока определения мощности 9, со вторым входом которого соединен выход двухвходового интегратора 5 и первый контактный вывод измерительного термочувствительного элемента 3. Выход операционного усилителя 10 соединен с первым входом двухвходового интегратора 5 и через термостабильный резистор 11 - с первым контактным выводом компенсационного термочувствительного элемента 2, второй контактный вывод которого в свою очередь соединен со входом резистивного делителя 6 и с инвертирующим входом операционного усилителя 10, неинвертирующий вход которого в свою очередь соединен с общей точкой преобразователя расхода.

Тепловой преобразователь расхода работает следующим образом.

Измерительная схема расходомера реализует известный принцип поддержания неизменной разности между температурой потока вошедшего в преобразователь и температурой потока в зоне его нагрева. При этом мощность, расходуемая на поддержание этой разности температур постоянной, является характеристикой расхода. Компенсационный термочувствительный элемент 2 воспринимает температуру потока t_2 , вошедшего в тепловой измерительный преобразователь. Это будет справедливо, если измерительный ток, протекающий через компенсационный термочувствительный элемент 2, будет незначительным. В этом случае не будет реализован режим прямого подогрева. Для измерительного термочувствительного элемента 3, наоборот, реализован режим прямого подогрева, за счет тока, протекающего через элемент 3, осуществляется его дополнительный разогрев и разогрев потока.

Для значения сопротивления термочувствительных элементов 2 и 3 можно записать:

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

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

где R_0 - сопротивления термочувствительных элементов 2, 3 при 0°C ; β - температурный коэффициент сопротивления; t_2, t_3 - температура потока в местах установки компенсационного 2 и измерительного 3 термочувствительных элементов. Падения напряжения на отмеченных элементах будут иметь вид:

$$U_2 = I_2 R_2 = I_2 R_0(1 + \beta t_2);$$

$$U_3 = I_3 R_3 = I_3 R_0(1 + \beta t_3),$$

где I_2, I_3 - соответственно токи, протекающие по термочувствительным элементам 2 и 3.

В установившемся режиме, когда на выходе двухвходового интегратора 5, напряжение неизменно, сумма напряжений на его входах равна нулю, т.е:

$$U_4 = U_{10}, \quad (1)$$

где U_4 , U_{10} - выходные напряжения дифференциального усилителя 4 и операционного усилителя 10. Обозначая через K_4 коэффициент усиления дифференциального усилителя 4, с учетом его высокого входного сопротивления, можно записать:

$$U_4 = I_3 R_3 (1 + \beta t_3) K_4.$$

Будем считать, что входное сопротивление блока определения мощности 9 велико. Тогда весь ток I_3 будет делиться резистивным делителем 6. Часть тока (через резистор R_7) ответвится на общую точку, а другая его часть (через резистор R_8) ответвится на инвертирующий вход операционного усилителя 10. Поскольку коэффициент усиления операционного усилителя значителен, то его инвертирующий вход можно считать условно соединенным с общей точкой преобразователя расхода. Т.е. весь ответвившийся через резистор R_8 ток будет протекать по цепи его обратной связи, образованной последовательно соединенными термостабильным резистором 11 и компенсационным термочувствительным элементом 2. Падение напряжения на них и будет выходным напряжением операционного усилителя 10. Ток, проходящий через резистор R_8 , будет равен:

$$I_8 = I_3 \frac{R_8 \cdot R_7}{(R_8 + R_7) R_8} = I_3 \frac{R_7}{R_8 + R_7}.$$

Выходное напряжение операционного усилителя 10 будет равно:

$$U_{10} = -I_8 (R_{11} + R_2) = -I_3 \frac{R_7 (R_{11} + R_2)}{R_8 + R_7} = -I_3 \frac{R_7 [R_{11} + R_0 (1 + \beta t_2)]}{R_8 + R_7},$$

где R_{11} - сопротивление термостабильного резистора 11. С учетом (1) можно записать:

$$I_3 R_0 (1 + \beta t_3) K_4 = I_3 \frac{R_7}{R_8 + R_7} [R_{11} + R_0 (1 + \beta t_2)].$$

Выполняя равенство

$$K_4 = \frac{R_7}{R_8 + R_7},$$

имеем:

$$R_0 (1 + \beta t_3) = R_{11} + R_0 (1 + \beta t_2),$$

или

$$t_3 - t_2 = \Delta t = \frac{R_{11}}{\beta R_0}.$$

Из полученного соотношения видно, что в данной схеме разность температур $\Delta t = t_3 - t_2$ не зависит от температуры измеряемого потока t_2 , а определяется только типом используемого материала - β , начальным сопротивлением - R_0 измерительного 3 и компенсационного 2 термочувствительных элементов и номиналом R_{11} термостабильного резистора 11.

В соответствии с принципом, реализованным в данном тепловом преобразователе расхода, можно записать:

$$P_3 = \alpha_3 S_3 (t_3 - t_2) + Q_0,$$

где P_3 - мощность, выделяемая в измерительном термочувствительном элементе 3; α_3 , S_3 - соответственно коэффициент теплообмена, зависящий от расхода измеряемой среды и эффективная площадь теплообмена между измерительным термочувствительным элементом 3 и измеряемой средой; Q_0 - тепловые потери в окружающую среду.

Блок определения мощности 9 работает, как и в прототипе, по следующему алгоритму. Его выходное напряжение U_9 равно

$$U_9 = (U_5 - U_6) U_6,$$

где U_5 - выходное напряжение двухвходового интегратора 5, U_6 - падение напряжения на резистивном делителе 6. Для этих напряжений справедливы следующие соотношения:

$$U_1 = I_3 R_{t3} + I_3 \frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8},$$

$$U_6 = I_3 \frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8}.$$

Где $R_{t3} = R_0(1 + \beta t_3)$ - сопротивление измерительного термочувствительного резистора 3. Тогда напряжение U_9 будет равно:

$$U_9 = I_3^2 R_{t3} \frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8}.$$

Таким образом, выходное напряжение блока определения мощности 9 будет пропорционально электрической мощности, выделяемой в измерительном термочувствительном элементе $3(I_3^2 R_{t3})$.

Для технического решения, реализованного в прототипе, можно записать следующее выражение для входных напряжений дифференциального усилителя.

$$U^- = \frac{E}{R_{tu} + R_1} R_{tu};$$

$$U^+ = \frac{E\alpha K}{R_2 + R_{tk}} R_{tk},$$

где U^- и U^+ - напряжения на инвертирующем и неинвертирующем входах дифференциального усилителя, E - выходное напряжение дифференциального усилителя; R_{tu} и R_{tk} - сопротивления измерительного и компенсационного термочувствительных элементов; R_1 , R_2 - сопротивления термостабильных резисторов; α - коэффициент деления резисторного делителя; K - коэффициент усиления масштабного усилителя. При значительном коэффициенте усиления дифференциального усилителя можно считать, что

$$U^- = U^+;$$

$$\frac{ER_{tu}}{R_{tu} + R_1} = \frac{E\alpha K R_{tk}}{R_2 + R_{tk}}.$$

Выполняя равенство $\alpha K = 1$. Из последнего выражения можно получить

$$R_2 R_{tu} = R_1 R_{tk};$$

$$R_2 R_0(1 + \beta t_u) = R_1 R_0(1 + \beta t_k).$$

Выражая значение температуры t_u

$$t_u = \frac{R_1 - R_2}{\beta R_2} + \frac{R_1}{R_2} t_k.$$

Из полученного видно, что значение температуры измерительного термочувствительного элемента линейно зависит от температуры компенсационного, воспринимающего температуру потока. Таким образом в прототипе не соблюден принцип постоянной разности температур $t_u - t_k = \text{const}$.

Таким образом заявляемый тепловой преобразователь по сравнению с известным позволяет повысить точность измерений расхода.