

Изобретение относится к области измерительной техники, в частности к измерительным устройствам, используемым для измерения расхода газа в системах кондиционирования воздуха.

Наиболее близким устройством по технической сущности к заявляемому является расходомер газа [1] который содержит сужающее устройство, установленное в трубопроводе, датчик давления, датчик перепада давления, два развязывающих усилителя, терморезисторный датчик температуры, включенный в обратную связь развязывающего усилителя датчика перепада давления, масштабный усилитель, Т-образный диодно-резисторный аппроксиматор, два диода, ограничитель на транзисторном каскаде. Устройство решает уравнение вида

$$U_{\text{вых}} = K \cdot \frac{\sqrt{\Delta P \cdot P}}{T} \quad (1)$$

где $U_{\text{вых}}$ - выходное напряжение пропорциональное расходу газа;

ΔP - перепад давления на сужающем устройстве;

P - давление газа;

T - температура газа;

K - коэффициент масштаба и размерности.

Точность данного устройства недостаточна, поскольку для получения произведения сигналов и извлечения из него квадратного корня используется Т-образный диодно-резисторный аппроксиматор, а цепи контроля исправности датчика температуры сужают рабочий диапазон расходомера.

Целью настоящей изобретения является повышение точности, расширение диапазона измерений и улучшение условий эксплуатации.

Указанная цель достигается тем, что в устройстве для измерения расхода газа, содержащее преобразователь давления, соединенный с анодом первого диода и первым входом схемы преобразования, преобразователь перепада давления, соединенный с анодом второго диода и вторым входом схемы преобразования, датчик температуры, источник питания, согласно изобретению, введен вторичный преобразователь температуры, содержащий резисторный мост, первая диагональ которого соединена со входами инвертирующего дифференциального усилителя, схема преобразования содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП), соединенный с цифровым входом первого умножающего цифроаналогового преобразователя, выход которого соединен с первым входом компаратора напряжений, выход которого соединен с первым входом первой логической схемы "ИЛИ" и через инвертор с первым входом второй логической схемы "ИЛИ", вторые входы первой и второй логических схем "ИЛИ" соединены с генератором тактовых импульсов, а выходы логических схем "ИЛИ" соединены соответственно со входами прямого и обратного счета двоичного реверсивного счетчика, к выходу которого подключены цифровые входы второго и третьего умножающих цифроаналоговых преобразователей (ЦАП), аналоговый выход второго умножающего ЦАП соединен с аналоговым входом третьего умножающего ЦАП, аналоговый выход которого соединен со вторым входом компаратора напряжений, при этом аналоговый вход первого

умножающего ЦАП является первым входом схемы преобразования, а вход АЦП является вторым входом схемы преобразования, датчик температуры включен в плечо резисторного моста, вторая диагональ которого подключена к источнику питания, к выходу дифференциального усилителя подключены аналоговый вход второго умножающего ЦАП и анод третьего диода, катоды первого, второго и третьего диодов соединены с анодом четвертого диода, выполненного в виде светодиода, катод которого через ограничивающий резистор соединен с источником питания, а выход двоичного реверсивного счетчика является выходом устройства.

Предлагаемое устройство обеспечивает более высокую точность измерения расхода газа, поскольку операция извлечения квадратного корня заменена возведением функции в квадрат с помощью двух умножающих ЦАП, на цифровые входы которых поступает цифровой код с двоичного реверсивного счетчика, а аналоговый выход одного умножающего ЦАП служит аналоговым входом другого умножающего ЦАП, что привело к отказу от блока Т-образного диодно-резисторного аппроксиматора для получения произведения двух сигналов и извлечения из этого произведения корня квадратного;

- цепь контроля датчика температуры не сужает рабочий диапазон устройства для измерения расхода газа, поскольку терморезисторный датчик температуры имеет индивидуальный канал усиления, а не включен в обратную связь развязывающего усилителя датчика перепада давления, что дает возможность получить в заявляемом устройстве на выходе инвертирующего дифференциального усилителя сигнал прямо пропорциональный измеряемой температуре газа, этот сигнал, используемый в устройстве для измерения расхода газа можно также, при необходимости, использовать для контроля и управления температурой газа в трубопроводе, что имеет место в системах кондиционирования воздуха;

- улучшение условий эксплуатации за счет введения световой сигнализации о разрывах в цепях преобразователей давления, перепада давления и температуры;

- выходным сигналом устройства, пропорциональным расходу газа является цифровой код, который получен непосредственно из устройства без предварительного преобразования.

На чертеже (фиг.) изображена структурная схема устройства.

Схема устройства содержит сужающее устройство 1, установленное в трубопроводе, преобразователь давления 2, преобразователь перепада давления 3, датчик температуры 4, вторичный преобразователь температуры 5, выполненный в виде резисторного измерительного моста, состоящий из резисторов 6, 7, 8, 9, инвертирующий дифференциальный усилитель 10, диоды 11, 12, 13, диод 14 выполненный в виде светодиода, резистор 15, схема преобразования 16, содержащая ЦАП, соединенный с цифровым входом первого умножающего ЦАП, аналоговый вход которого является первым входом схемы преобразования, компаратор напряжения 17, инвертор 18, двухходовые логические схемы "ИЛИ" 19, 20, генератор тактовых импульсов 21,

двоичный реверсивный счетчик 22, второй умножающий ЦАП 23, третий умножающий ЦАП 24, причем выход преобразователя давления 2 связан с анодом первого диода 11 и первым входом схемы преобразования 16, выход преобразователя давления 3 связан с анодом второго диода 12 и вторым входом схемы преобразования 16, терморезисторный датчик температуры 4 соединен последовательно с резистором 6 и включен в одно из плеч вторичного преобразователя температуры 5, другие плечи которого составляют резисторы 7, 8, 9, выход вторичного преобразователя температуры 5 соединен со входом инвертирующего дифференциального усилителя 10, выход которого соединен с анодом третьего диода 13 и аналоговым входом второго умножающего ЦАП 23, катоды диодов 11, 12, 13 соединены с анодом диода 14 выполненного в виде светодиода, катод которого через резистор подсоединен к источнику питания, выход схемы преобразования 16 связан с первым входом компаратора напряжений 17, второй вход которого соединен с выходом третьего умножающего ЦАП 24, выход компаратора напряжений 17 связан с первым входом первой логической схемы "ИЛИ" 19 и входом инвертора 18, выход которого соединен с первым входом второй логической схемы "ИЛИ" 20, второй вход которой соединен с выходом генератора тактовых импульсов 21 и вторым входом первой логической схемы "ИЛИ" 19, выход которой соединен со входом прямого счета двоичного реверсивного счетчика 22, вход обратного счета которого подсоединен к выходу второй логической схемы "ИЛИ" 20, цифровой выход двоичного реверсивного счетчика 22 связан с цифровыми входами второго умножающего ЦАП 23 и третьего умножающего ЦАП 24, аналоговый вход которого соединен с выходом второго умножающего ЦАП 23.

Устройство для измерения расхода газа обеспечивает решение уравнения (1) следующим образом. Напряжение U^p на выходе датчика давления, входящего в преобразователь давления 2 равно

$$U^p = K_p \cdot P + U_{см}, \quad (2)$$

где K_p - коэффициент преобразования датчика давления;

$U_{см}$ - напряжение холостого хода датчика давления.

Тогда, учитывая (2), напряжение U_p на выходе преобразователя давления 2 будет равно

$$U_p = K_1 \cdot (K_p \cdot P + U_{см} - U_{см}) = K_1 \cdot K_p \cdot P, \quad (3)$$

где K_1 - коэффициент усиления развязывающего усилителя датчика давления, входящего в преобразователь давления 2.

Напряжение $U^{\Delta p}$ на выходе датчика перепада давления, входящего в преобразователь перепада давления 3 равно

$$U^{\Delta p} = K_{\Delta p} \cdot P + U_{см}, \quad (4)$$

где $K_{\Delta p}$ - коэффициент преобразования датчика перепада давления,

$U_{см}$ - напряжение холостого хода датчика перепада давления.

Учитывая (4), напряжение $U_{\Delta p}$ на выходе преобразователя перепада давления 3 будет равно $U_{\Delta p} = -K_2 \cdot (K_{\Delta p} \Delta P + U_{см} - U_{см}) = -K_2 \cdot K_{\Delta p} \cdot \Delta P, \quad (5)$

где K_2 - коэффициент усиления развязывающего усилителя датчика перепада давления, входящего в преобразователь перепада давления 3.

Поскольку напряжение $U_{\Delta p}$ поступает на второй вход схемы преобразования 16 и этот вход схемы преобразования является входом АЦП, работающего в следящем режиме, то значение цифрового кода N на выходе АЦП соответствует напряжению $U_{\Delta p}$, то есть можно записать

$$N = -K_3 \cdot U_{\Delta p}, \quad (6)$$

где K_3 - постоянный коэффициент. Подставив (5) в (6), получим

$$N = K_2 \cdot K_3 \cdot K_{\Delta p} \cdot \Delta P. \quad (7)$$

Напряжение U_1 на выходе схемы преобразования 16, а также и на первом входе компаратора напряжения 17 равно

$$U_1 = 2^{-n} \cdot N \cdot U_p, \quad (8)$$

где n - разрядность АЦП.

Необходимо отметить, что разрядность АЦП и первого умножающего ЦАП, входящих в схему преобразования 16, а также второго и третьего умножающих ЦАП 23, 24 и двоичного реверсивного счетчика 22 должна быть одинакова.

Подставив (4), (7) в (8), получим

$$U_1 = 2^{-n} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_p \cdot K_{\Delta p} \cdot P \cdot \Delta P. \quad (9)$$

При равенстве сопротивлений 6, 7, 8, 9 вторичного преобразователя температуры 5, дифференциальный сигнал на его выходе U_T' равен

$$U_T' = U_{n.1} \cdot [R_T / (4R + 2R_T)], \quad (10)$$

где $U_{n.1}$ - напряжение, подаваемое на одну из диагоналей моста вторичного преобразователя температуры 5,

R_T - сопротивление терморезисторного датчика температуры 4,

R - сопротивление резисторов 6, 7, 8, 9.

При $4R \gg 2R_T$ можно записать

$$U_T' = U_{n.1} \cdot R_T / 4R. \quad (11)$$

Тогда напряжение U_T на выходе инвертирующего дифференциального усилителя 10 равно

$$U_T = -K_4 \cdot U_{n.1} \cdot R_T / 4R, \quad (12)$$

где K_4 - коэффициент усиления инвертирующего дифференциального усилителя 10.

Если в качестве датчика температуры газа использовать термометр сопротивления типа ТСМ, то его сопротивление R_t при температуре $t^{\circ C}$ равно

$$R_t = R_0(1 + \alpha t), \quad (13)$$

где R_0 - сопротивление датчика температуры при $0^{\circ C}$.

α - температурный коэффициент сопротивления.

Если же построить (по градуировочным таблицам) зависимость $R_t = f(T)$, то сопротивление датчика температуры типа ТСМ с погрешностью менее десятой доли процента в широком диапазоне изменения температуры газа можно описать соотношением

$$R_t = K_s \cdot T, \quad (14)$$

где K_s - постоянный коэффициент;

T - температура газа, К.

Учитывая (14), соотношение (12) можно

переписать в виде

$$U_1 = -K_4 \cdot K_5 \cdot U_{n.1} \cdot T/4R, \quad (15)$$

Напряжение U_2 на выходе второго умножающего ЦАП 23 формируется аналогично напряжению U_1 на выходе схемы преобразования 16 по соотношению (8) равно

$$U_2 = 2^{-n} \cdot U_1 \cdot N_{\text{вых}}, \quad (16)$$

где $N_{\text{вых}}$ - значение двоичного кода на выходе двоичного реверсивного счетчика 22.

Поскольку этот же цифровой код с выхода двоичного реверсивного счетчика 22 поступает на цифровой вход третьего умножающего ЦАП 24, то учитывая (16), напряжение U_3 на его выходе, а значит и на втором входе компаратора напряжений 17 будет равно

$$U_3 = 2^{-n} \cdot N_{\text{вых}} \cdot U_2 = 2^{-n} \cdot N_{\text{вых}} \cdot 2^{-n} \cdot U_1 \cdot N_{\text{вых}} = 2^{-2n} \cdot N_{\text{вых}}^2 \cdot U_1. \quad (17)$$

Подставив (15) в (17), получим

$$U_3 = 2^{-2n} \cdot N_{\text{вых}}^2 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot U_{n.1} \cdot T/4R. \quad (18)$$

Если $U_1 > U_3$, то на выходе компаратора напряжения 17 будет логический "0", который поступит на первый вход первой логической схемы "ИЛИ" 19 и через инвертор 18 уровнем логической "1" поступит на первый вход второй логической схемы "ИЛИ" 20. В результате при непрерывной работе генератора тактовых импульсов 21, на входе обратного счета двоичного реверсивного счетчика 22 будет постоянная логическая "1", а на вход прямого счета двоичного реверсивного счетчика 22 будут поступать тактовые импульсы. Следовательно, значение двоичного кода на выходе двоичного реверсивного счетчика 22 будет возрастать до тех пор, пока напряжение U_3 на выходе третьего умножающего ЦАП 24 не станет равным напряжению U_1 на выходе схемы преобразования 16.

Если $U_1 < U_3$, то на выходе компаратора напряжения 17 будет логическая "1", которая поступит на первый вход первой логической схемы "ИЛИ" 19 и инвертор 18. Тогда на входе прямого счета двоичного реверсивного счетчика 22 будет постоянная логическая "1", а на первом входе второй логической схемы "ИЛИ" 20 логический "0". В результате импульсы с генератора тактовых импульсов 21 проходят на вход обратного счета двоичного реверсивного счетчика 22, уменьшая значение двоичного кода $N_{\text{вых}}$ на его выходе, в результате чего напряжение U_3 уменьшается до тех пор, пока не сравняется с напряжением U_1 .

Следовательно, устройство автоматически поддерживает равенство напряжений U_1 и U_3 на входе компаратора напряжений 17, то есть с учетом (9) и (18) можно записать $U_1 = U_3$ или

$$-2^{-n} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_p \cdot K \Delta p \cdot P \cdot \Delta P = -2^{-2n} \cdot N_{\text{вых}}^2 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot U_{n.1} \cdot T/4R. \quad (19)$$

Решив уравнение (19) относительно $N_{\text{вых}}$, получим

$$N_{\text{вых}} = \frac{\sqrt{K_1 K_2 K_3 K_p K \Delta p \cdot 4P} \cdot \sqrt{\Delta P \cdot P}}{K_4 K_5 U_{n.1} \cdot 2^{-n} T}. \quad (20)$$

Уравнение (20) можно переписать в виде

$$N_{\text{вых}} = K \cdot \frac{\sqrt{\Delta P \cdot P}}{T}, \quad (21)$$

где

$$K = \frac{\sqrt{K_1 K_2 K_3 K_p K \Delta p \cdot 4P}}{K_4 K_5 \cdot U_{n.1} \cdot 2^{-n}}.$$

и представляет собой постоянный коэффициент масштаба и размерности.

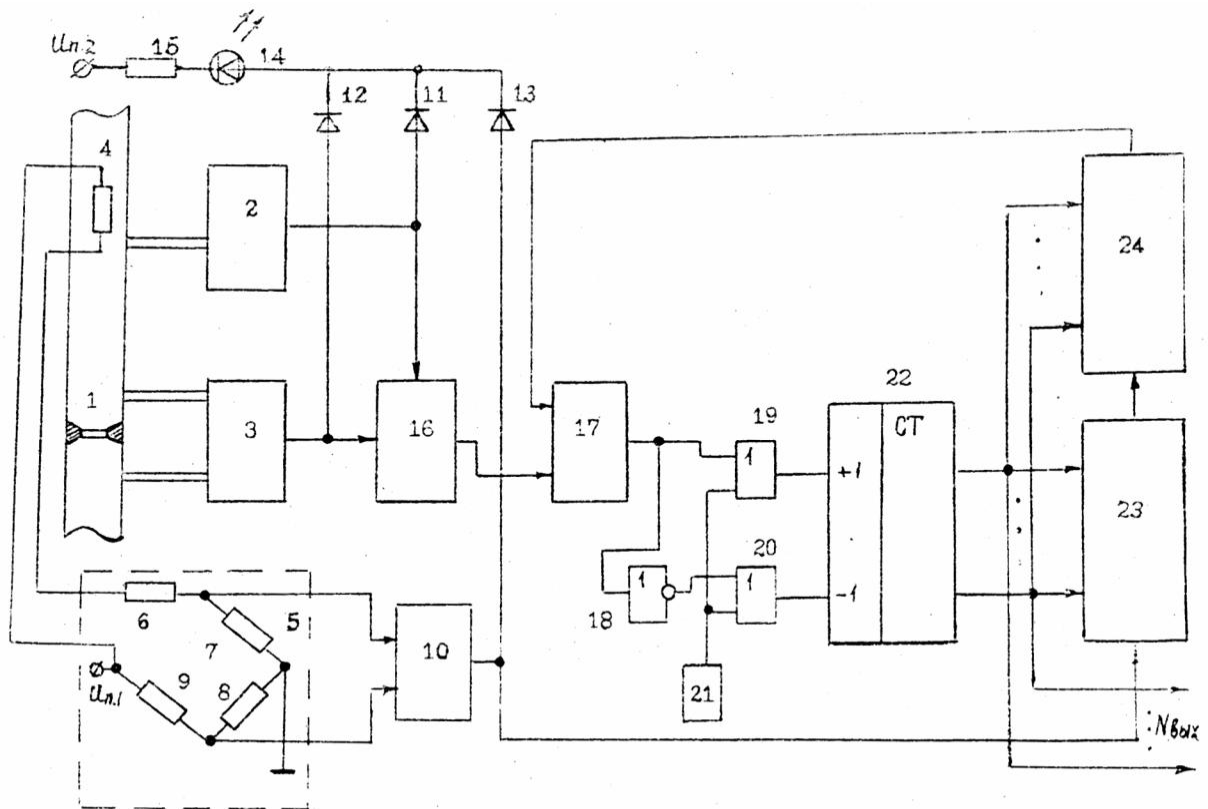
Таким образом, значение двоичного кода $N_{\text{вых}}$ на выходе двоичного реверсивного счетчика 22 характеризует расход газа в трубопроводе и является выходным сигналом устройства в целом.

При обрыве датчика давления, входящего в преобразователь давления 2 или датчика перепада давления, входящего в преобразователь перепада давления 3, напряжение на выходе преобразователя давления 2 и на выходе преобразователя перепада давления 3 становится равным произведению напряжению $U_{\text{см}}$ на коэффициент усиления развязывающих усилителей, входящих в преобразователи 2 и 3, но противоположного знака, поэтому диод 11 или 12 открывается и загорается диод 14, выполненный в виде светодиода, что сигнализирует об обрыве датчика давления или перепада давления.

При обрыве датчика температуры 4 потенциал узла, соединяющий резисторы 6 и 7 будет нулевым, а потенциал узла, соединяющий резисторы 8, 9 будет равен $U_{n.1}/2$ (поскольку сопротивление резисторов 6 и 9 одинаково).

Разностный сигнал с вторичного преобразователя температуры 5, равный $U_{n.1}/2$ усиливается инвертирующим дифференциальным усилителем 10 и на его выходе будет высокий положительный потенциал. В результате этого диод 13 откроется, загорится диод 14, выполненный в виде светодиода, что сигнализирует об обрыве датчика температуры 4.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого устройства для измерения расхода газа заключается в том, что его внедрение позволит уменьшить по сравнению с прототипом погрешность измерения расхода газа. Это даст экономию расхода газа, поскольку в настоящее время каждый кубический метр газа сожжет его на самом деле больше на значение погрешности устройства измерения его расхода. В предлагаемом устройстве информация о расходе представлена в цифровом коде, поэтому ее можно непосредственно использовать совместно с цифровыми индикаторами либо, при необходимости, вводить в систему сбора информации без предварительного преобразования.



Фиг.