

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ДАТЧИКА РАСХОДА

В. А. Карпов, А. В. Ковалев, О. М. Ростокина

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель В. А. Карпов

Одним из недостатков известных тепловых расходомеров является значительный нагрев измеряемой среды [1], при котором изменяются ее теплофизические параметры. Это ведет к искажению результатов измерения, т. е. к погрешности. Известны технические решения, позволяющие уменьшить нагрев, однако при этом снижается чувствительность датчика [2]. Снижение чувствительности обусловлено наличием контактных явлений в линии связи датчика и влиянием помех сетевой частоты.

В докладе рассматривается подход, позволяющий повысить чувствительность тепловых датчиков расхода за счет усиления сигнала с датчика на переменном токе в несколько сот тысяч раз, при этом избежав влияния контактных явлений и сетевых помех. Приведены теоретические и экспериментальные исследования предложенного технического решения.

Тепловой датчик расхода представляет собой два термоэлемента прямого подогрева, установленных, как правило, снаружи измерительного участка трубопровода. Термоэлементы выполняются из микропровода со значительным температурным коэффициентом. Наличие расхода вызывает изменение условий теплообмена и сопротивление термоэлементов изменяется. Таким образом, тепловой датчик расхода является параметрическим датчиком и представляет собой полумост.

Известен способ повышения чувствительности теплового датчика расхода, заключающийся в выполнении плеч полумоста со значительным электрическим сопротивлением измерительных и компенсационных элементов. При этом чувствительность датчика возрастает пропорционально электрическим сопротивлениям [3]. Однако к недостаткам данного способа следует отнести повышенную конструктивную сложность, обусловленную значительным числом витков термоэлементов и выполнением обмоток многослойными, за счет чего теряется контакт с измеряемой средой.

Выходной сигнал датчика, сформированный с использованием мостовой схемы с помощью современных инструментальных средств можно усилить в 1000...10000 раз. Однако на постоянном токе сказываются контактные ЭДС, обусловленные наличием во входной цепи разнородных проводников, которые могут находиться при различных температурах. При этом отмеченные ЭДС находятся на уровне полезного сигнала [4].

Известен способ повышения чувствительности параметрических датчиков, заключающийся в импульсном питании датчика с поддержанием среднеквадратичного значения тока, равным номинальному [5]. При этом выигрыш в чувствительности составляет \sqrt{Q} раз, где Q – скважность питающих импульсов. Реальное повышение чувствительности при соответствующей схемной реализации составляет 5...6 раз, чего явно не достаточно. Кроме того, контактные явления и в этом случае ограничивают чувствительность.

Одним из эффективных способов уменьшения влияния контактных ЭДС является проведение двух измерений с противоположным направлением тока в измерительной цепи и последующим их осреднением. Известны способы повышения чувствительности, основанные на питании параметрических датчиков синусоидальным напряжением [6]. Однако, в связи со значительной протяженностью линии связи (она может достигать нескольких десятков метров) и непостоянством ее распределенных параметров, частоту питающего напряжения необходимо выбирать низкой, но при этом (в связи с низкой тепловой энергией элементов датчика) наблюдается пульсация выходного сигнала удвоенной частоты. Температура моста начинает пульсировать. Кроме того, низкочастотные сигналы сложнее фильтровать и усиливать. Питание же двухполярными импульсами типа меандр в силу имеющейся тепловой энергии ничем не отличается от питания постоянным током.

В статье рассмотрен измерительный преобразователь, в котором питание теплового датчика расхода осуществляется двухполярными импульсами одинаковой длительности и амплитуды. При этом длительность импульсов выбирается равной

периоду сетевого напряжения. Функциональная схема измерительного преобразователя представлена на рис. 1.

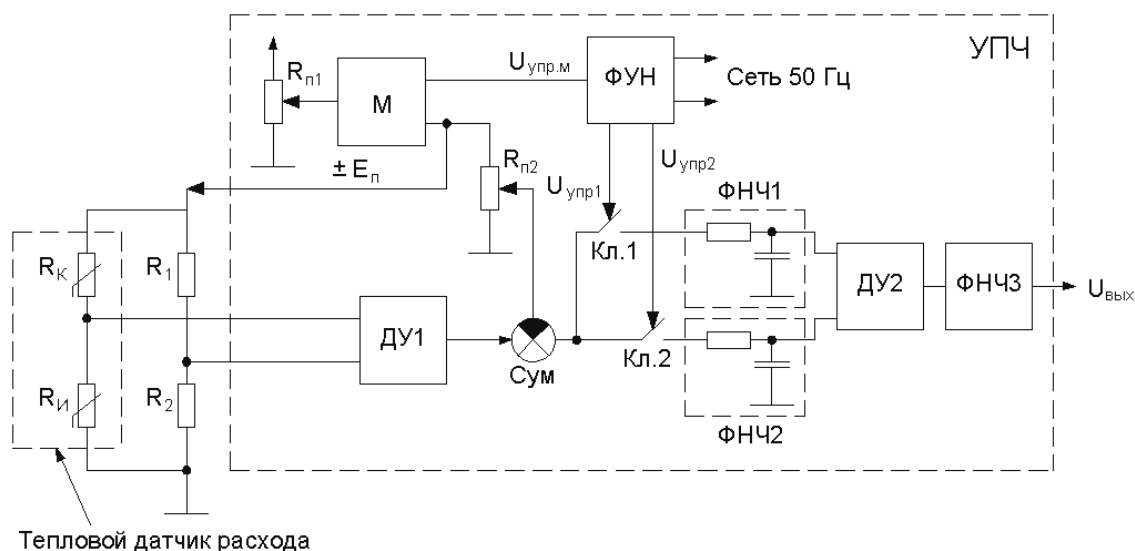


Рис. 1. Измерительная схема повышенной чувствительности для теплового датчика расхода

В схеме приняты следующие обозначения: ФУН – формирователь управляющих напряжений, формирующий сигналы управления ключами Кл1 и Кл2, модулятор М, который преобразует входное напряжение с потенциометра $R_{п1}$ в двухполярное напряжение с полярностью $\pm E_n$, используемое для питания мостовой схемы, образованной тепловым датчиком расхода и двумя резисторами R_1 и R_2 ; ДУ1, ДУ2 – дифференциальные усилители; Сум – сумматор, служит целям балансировки начального смещения мостовой схемы; ФНЧ1, ФНЧ2 – фильтры нижних частот; Кл1 и ФНЧ1 и, соответственно, Кл2 и ФНЧ2 – два устройства выборки-хранения, служащие целям запоминания амплитуды выходного напряжения мостовой схемы при противоположных значениях тока через тепловой датчик расхода, ДУ2 при этом осуществляет осреднение этих результатов; сигналы $U_{упр. м}$, $U_{упр1}$, $U_{упр2}$ формируются из сетевой частоты в соответствии с диаграммой, представленной на рис. 2.

Из сетевой частоты формируется меандр с последующим делением частоты на 4. Выходное напряжение модулятора U_M имеет частоту 12,5 Гц. Управляющие напряжения $U_{упр1}$, $U_{упр2}$ открывают Кл1 и Кл2 в конце каждого четвертого импульса сетевого напряжения. Причем длительность открытого состояния Кл1, Кл2 равна длительности периода сетевого напряжения, т. о. в ФНЧ1 и ФНЧ2 происходит осреднение помех сетевой частоты за один ее период, не искажая при этом амплитудного значения.

Такое построение схемы позволяет повысить помехоустойчивость и компенсировать влияние переходных процессов, возникающих при смене направления тока в тепловом датчике расхода. При реализации данной схемы удалось добиться значения коэффициента усиления в несколько сот тысяч и при этом значительно снизить влияние сетевых помех.

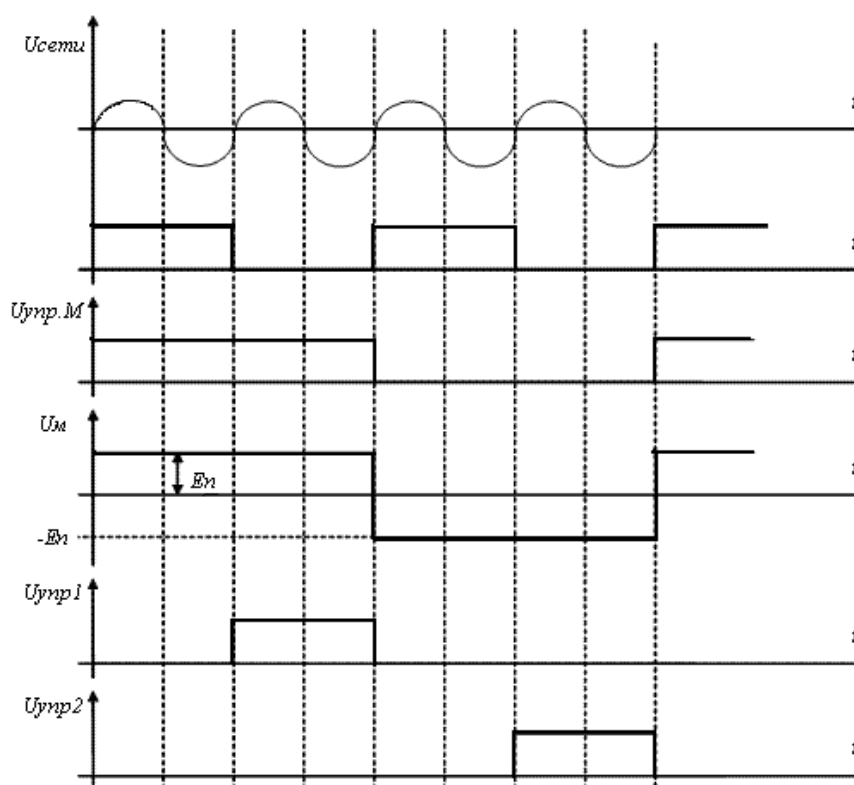


Рис. 2. Диаграмма управляющих сигналов измерительной схемы повышенной чувствительности для теплового датчика расхода

При натуральных испытаниях рассмотренной схемы чувствительность измерительного преобразователя составила $1 \text{ В}/^\circ\text{С}$ или в пересчете – коэффициент усиления составил 100 000.

Данный измерительный усилитель может найти применение при работе с любыми параметрическими датчиками, имеющими низкую чувствительность. Кроме того, такое построение схемы позволяет дополнительно повысить чувствительность за счет увеличения скважности питающего напряжения, сохраняя при этом его длительность, кратной периоду сетевого напряжения. Это дает основание использовать рассмотренное техническое решение для построения высокочувствительных измерительных преобразователей тепловых датчиков расхода.

Литература

1. Коротков, П. А. Тепловые расходомеры / П. А. Коротков, Д. В. Беляев, Р. К. Азимов. – Ленинград : Машиностроение, 1969.
2. Обновленский, П. А. Тепловые системы контроля параметров процессов химической технологии / П. А. Обновленский, Г. А. Соколов. – Ленинград : Химия, 1982. – 174 с.
3. Тарасевич, В. Н. Металлические терморезисторные преобразователи горючих газов / В. Н. Тарасевич. – Киев : Наук. думка, 1988. – 284 с.
4. Каменчук, Б. А. Модуляторы малых сигналов / Б. А. Каменчук, О. А. Пинчук. – Ленинград : Энергия, 1980.
5. Передельников, Г. И. Мостовые цепи с импульсным питанием / Г. И. Передельников. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
6. Calverd A. M. A vry-low-power AC bridge for highresolution remote resistance thermometry // J. Phis. E. Sci. Jnstrum. – 1982, 15, № 4. – p. 414–416.