

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В БЫТОВЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСХОДОМЕРАХ ГАЗА С БАТАРЕЙНЫМ ПИТАНИЕМ

Описаны основные подходы к проектированию бытового ультразвукового расходомера газа с батарейным питанием, обеспечивающие большой динамический диапазон измерения с высокой точностью. Обоснованы основные технические и алгоритмические решения, обеспечивающие практическую реализацию расходомера.

Как известно, в ультразвуковом расходомере измеряется скорость потока газа, которая затем умножается на площадь поперечного сечения измерительного участка для получения текущего расхода газа. Ультразвуковой расходомер измеряет скорость потока по разности времен распространения ультразвукового сигнала, излучаемого поочередно по потоку и против потока газа, от излучающего преобразователя к приемному. Выражение для скорости потока газа v имеет вид [1]

$$v = \frac{L_a^2 * T_p}{2 * T_1 * T_2 * L * \cos \alpha} \quad (1)$$

где L_a – длина пути ультразвукового сигнала между излучающими поверхностями пьезоэлектрических преобразователей; L – длина пути, проходимого ультразвуком в расходомерном участке; $\cos \alpha$ – косинус угла между направлением потока и направлением излучения, T_p разность времен распространения ультразвукового сигнала по направлению потока T_1 и против потока T_2 .

Точность и диапазон измерения скорости потока зависят, главным образом, от длины мерного участка L , в котором проводятся измерения, разрешающей способности измерителя временных интервалов и отношения сигнал/шум в канале измерения, которое определяет погрешность измерения временных интервалов [2]. При проектировании бытовых ультразвуковых расходомеров накладываются определенные ограничения на увеличение длины мерного участка, связанные, в основном, с конструктивными ограничениями, потребительскими требованиями и эстетическими соображениями. Повышение разрешающей способности расходомера требует построения более сложных измерительных схем и, в условиях переменных и флуктуирующих потоков, требует проведения большого числа измерений в единицу времени. Однако применение батарейного питания накладывает определенные ограничения на объем измерительных и вычислительных процедур, связанные с необходимостью обеспечить требуемую продолжительность работы без замены батареи. Немаловажным критерием, предъявляемым к бытовому счетчику газа, является его стоимость и надежность работы.

Все вышеприведенные факторы указывают на то, что проектирование бытовой измерительной аппаратуры с батарейным питанием требует определенного подхода, в некоторой степени компромисса, при выборе методов измерения, технических решений и алгоритмов обработки измеренной информации.

Для реализации малопотребляющего и дешевого расходомера-счетчика газа с большим диапазоном измерения и высокой точностью была разработана схема измерения временных интервалов методом интерполяции на базе микропотребляющего микроконтроллера ATxmega фирмы Atmel. Отличительной особенностью этого микроконтроллера является наличие «системы событий», позволяющей формировать на выводах микросхемы временную диаграмму по внешним и внутренним сигналам с дискретностью, определяемой тактовой частотой. Наличие встроенных аналоговых компа-

раторов и АЦП позволяет принимать и обрабатывать аналоговые сигналы, поступающие с приемных преобразователей. В результате разработана схема измерения временных интервалов без использования дополнительных активных элементов. Схема измерения обеспечивает измерения временных интервалов в диапазоне до 1 мс с разрешающей способностью 1 нс при среднем потреблении, не превышающем 100 мкА.

При изменении скорости потока газа, особенно при больших скоростях, изменяется и степень затухания сигнала в канале распространения, а, следовательно, и уровень принимаемого сигнала. Поддержание постоянного отношения сигнал/шум и, следовательно, неизменность параметров измерения достигается поддержанием уровня полезного сигнала в тракте приема. Это достигается автоматической подстройкой параметров приемно-передающего тракта в процессе работы («оконная регулировка»). В результате достигается стабильность амплитуды принимаемого сигнала, что влияет на точность и надежность измерений.

Для упрощения и удешевления расходомера-счетчика газа в качестве приемно-излучающих преобразователей были выбраны широко распространенные электроакустические преобразователи с резонансной частотой 40 кГц. Использование сравнительно низкочастотных преобразователей приводит к увеличению дисперсии измерений при наличии шумовой составляющей в принимаемом сигнале. Так при отношении сигнал/шум равном 40 дБ (типичное значение) максимальное отклонение измерений составляет порядка 300 нс. Очевидно, что для получения устойчивой оценки измеряемой величины необходимо проводить усреднение по достаточно большому объему измерений. В условиях установившегося и неизменного потока его параметры остаются практически постоянными и для получения требуемой точности, измерения могут проводиться не чаще 1 раза в секунду. При наличии изменяющихся во времени потоков для отслеживания изменений требуется проводить измерения гораздо чаще, что приводит к увеличению потребляемого тока и быстрому разряду батареи.

Чтобы обеспечить измерение изменяющихся потоков при оптимальной частоте измерения и постоянной усреднения с минимальной нагрузкой на батарею был разработан и реализован алгоритм, обеспечивающий адаптивное изменение параметров измерений в зависимости от динамики потока газа («динамическое усреднение»). Суть алгоритма заключается в том, что при быстром изменении измеряемой величины, в данном случае временных интервалов распространения сигнала по и против потока, соответственно увеличивается частота измерений параметров потока и уменьшается постоянная усреднения таким образом, чтобы минимизировать отклонения измерений от среднего значения. При установившемся потоке параметры измерений возвращаются к исходным заданным значениям. Практическая реализация алгоритма «динамического усреднения» показала, что при резком изменении параметров потока (что происходит, например, при включении или выключении горелок газовой плиты), изменение частоты измерения происходит на время не более 8 с, после чего темп измерений возвращается к заданному значению.

Высокая точность и надежность работы счетчика дополнительно обеспечивается введением обработки измеренных данных с отбраковкой недостоверных результатов («селекция измерений»). Критерием достоверности измерений служит величина отклонения измеряемых значений по двум измеряемым направлениям. При отклонении измеренного значения хотя бы по одному направлению заданной величины размаха измерение по обоим направлениям «бракуется» и не участвует в дальнейших вычислениях. Многократное повторение «бракованных» измерений свидетельствует о неисправности канала измерения и формирует сигнал ошибки.

Список литературы

1. Методика выполнения измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода: СТО Газпром 5.2-2005.- Введ. 01.01.06. - Москва: 2005 – 74 с.

2. Дедович, Н.Н. Ультразвуковые расходомеры газа с автономным питанием / Н.Н.Дедович, А.Ф.Романов, И.А.Чернобай, Л.В.Шестаков // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию НИИ ПФП им.А.Н.Севченко БГУ 28.02.2011 г. С. 98 – 99.

We describe the basic approaches to the design of household ultrasonic gas flowmeter with the battery, providing a large dynamic range with high accuracy. We justify the basic technical and algorithmic solutions that ensure the practical implementation of the flowmeter.

Дедович Н.Н., н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: dzedovich@bsu.by.

Романов А.Ф., заведующий лабораторией НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: ramanau@bsu.by.