

## **ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ТЕПЛОВЫХ МЭМС-РАСХОДОМЕРОВ**

В.Т. Рябов, С.А. Ефремов, Н.Д. Чернилевский

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

МАССОВЫЙ РАСХОД ГАЗА, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ШУНТИРОВАНИЯ, ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ

### **TEMPERATURE CORRECTION OF THERMAL MEMS FLOWMETERS**

V.T. Ryabov, S.A. Efremov, N.D. Chernilevskiy

### **KEYWORDS**

GAS MASS FLOW RATE, TEMPERATURE COEFFICIENT OF RESISTANCE, SERIES-PARALLEL CONNECTION, PARALLEL-SERIES CONNECTION

Выходные сигналы многих чувствительных элементов (сенсоров) часто содержат нежелательную зависимость от температуры. Причиной этой зависимости может быть влияние температуры на физико-химические параметры элементов сенсора или изменение свойств среды, параметры которой измеряются.

Так чувствительность р-резисторов, измеряющих деформацию мембраны МЭМС-сенсоров давления, существенно снижается с повышением температуры газа, давление которого измеряется. У тепловых МЭМС-сенсоров массового расхода газа выходной сигнал существенно зависит от теплопроводности исследуемого газа. Это справедливо при измерениях, как термоанемометрическим, так и калориметрическим способом.

В калориметрическом датчике массового расхода измеряется перепад температур до и после резистивного нагревателя, помещенного в поток газа. При нулевой скорости потока этот перепад температур равен нулю и возрастает с увеличением скорости потока. В термоанемометрическом датчике массового расхода газа измеряется электрическая мощность, необходимая для поддержания требуемого перепада температуры между нагревателем и потоком исследуемого газа. Возрастание мощности относительно мощности при нулевой скорости потока служит показателем его массового расхода.

Компенсировать влияние теплопроводности газа в тепловых МЭМС-расходомерах можно, разместив на сенсоре дополнительный терморезистор (резистор среды), температура которого равна температуре газа, массовый расход которого измеряется. Важно, чтобы зависимость сопротивления от температуры терморезисторов нагревателей сенсора и этого дополнительного терморезистора была близка к линейной в диапазоне температур от нижнего предела датчика до температуры, большей на 200..250°C. Для этих целей более всего подходят платиновые терморезисторы.

Показано, как с помощью последовательно-параллельного подключения дополнительных резисторов (последовательно-параллельного шунтирования резистора среды) можно управлять температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) резистора среды, не изменяя его номинального сопротивления.

В калориметрическом датчике температурной коррекции можно добиться, за счет направленного уменьшения ТКС шунтированного резистора среды. Сигнал, снимаемый с шунтированного резистора среды, используется для управления источником тока, питающего резисторы нагревателя МЭМС-сенсора. В термоанемометрическом датчике этот сигнал управляет требуемым перепадом температуры между нагревателем и потоком исследуемого газа, компенсируя изменение теплопроводности.

Приведены результаты экспериментальных исследований температурной компенсации обоих типов тепловых МЭМС-расходомеров.

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Рябов Владимир Тимофеевич – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-4781-3186). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: v\_ryabov@mail.ru.

Сергей Андреевич Ефремов – студент МГТУ им. Н.Э. Баумана (ORCID: 0009-0007-4017-0206), г. Москва, e-mail: esa21t112@student.bmstu.ru.

Николай Денисович Чернилевский - студент МГТУ им. Н.Э. Баумана (ORCID: 0009-0001-3366-0123), г. Москва, e-mail: mr.chernilevskiy4059@mail.ru.