

И.О. Оробей, доц., канд. техн. наук;
 Д.А. Гринюк, доц., канд. техн. наук;
 М.А. Анкуда, ст. преп.;
 Н.М. Олиферович, ст. преп.
 (БГТУ г. Минск)

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОЧНЫХ СЕНСОРОВ

Принцип действия полупроводниковых пленочных сенсоров основан на изменении электрофизических свойств чувствительного слоя полупроводникового образца при изменении состава анализируемой газовой среды. Выходным сигналом первичного преобразователя служит либо величина сопротивления, которая в последующем преобразуется в напряжение.

Полупроводниковый сенсор представляет собой небольшую изолирующую подложку (3×3 мм² или меньше), на которой расположены измерительные электроды и нагреватель. Поверх измерительных электродов наносится чувствительный слой [1].

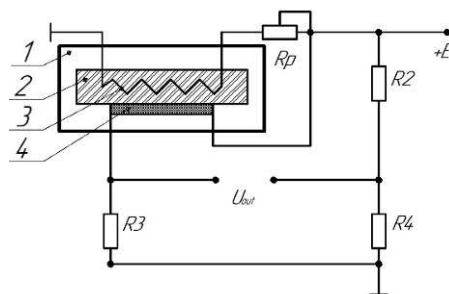


Рисунок 1 – Электрическая схема газоанализатора полупроводникового типа: 1 – корпус чувствительного элемента; 2 – подложка керамическая; 3 – спираль нагрева; 4 – полупроводниковый чувствительный слой

Сопротивление полупроводникового датчика R_d вместе с R_2, R_3, R_4 образует мостовую схему, которое позволяет переводить изменение сопротивления датчика в электрический сигнал U_{out} . Последующую обработку целесообразно проводить в цифровой форме.

Большинство цифровых электроизмерительных приборов состоит из следующих частей: измерительной цепи, выполняющей необходимые аналоговые преобразования измеряемой величины (измерительный мост преобразует сопротивление сенсора в сигнал по напряжению), аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и дешифратора (ДС), в котором кодированный сигнал преобразуется в соответствующее число и затем отображается на цифровом индикаторе или дисплее.

На этапе получения цифровой или аналоговой информации наиболее важным становится выделение полезного сигнала на фоне шумов, что реализуется с помощью различных схем фильтрации.

Для обработки в режиме реального времени слабых сигналов с нестационарным характером шумов и помех в измерительной технике можно использовать цифровые адаптивные фильтры [2].

Сущность предложенного цифрового адаптивного фильтра основывается на использовании критерия серий для оценки статистической независимости или тренда данных с АЦП. Нестационарность вероятностных характеристик потока данных приводит к появлению тренда, т.е. к отсутствию статистической независимости. Поскольку данные с АЦП могут иметь разные функции распределения, то их исследования удобно проводить на основе свободных от распределений непараметрических методов, например, с помощью критерия серий.

Серией называется последовательность однотипных наблюдений, перед и после которой следуют наблюдения противоположного типа или таковые вообще отсутствуют.

Для последовательности N наблюдений случайной величины каждое наблюдение y_i ($i = 1, 2, \dots, N$) можно отнести к одному из двух классов: при выполнении условия $y_i \geq Y_{\text{ср}}$, где $Y_{\text{ср}}$ – среднее значение или медиана последовательности y_i , наблюдение можно отнести к классу с ошибкой $\varepsilon \geq 0$; в противном случае наблюдение относится к классу с ошибкой $\varepsilon < 0$. Наблюдения с $\varepsilon = 0$ можно отбрасывать или относить к классу предыдущего наблюдения. Далее определяют число серий r в последовательности, среднее значение μ и дисперсию σ^2 :

$$\mu = \frac{2N^+N^-}{N} + 1; \quad \sigma^2 = \frac{2N^+N^-(2N^+N^- - N)}{N^2(N - 1)};$$

где N^+ , N^- - число исходов, относящихся к классам с ошибкой $\varepsilon \geq 0$ и с ошибкой $\varepsilon < 0$ соответственно.

Далее задаются уровнем значимости и сравнивают экспериментальное число серий r с границами принятия гипотезы статистической независимости, определяемыми относительно μ по уровню значимости.

В разработанном фильтре использовано определение уровня значимости, соответствующего границам $[\mu - r; \mu + r]$. Через уровень значимости или связанные с ним величины можно определить вероятность статистической независимости данных.

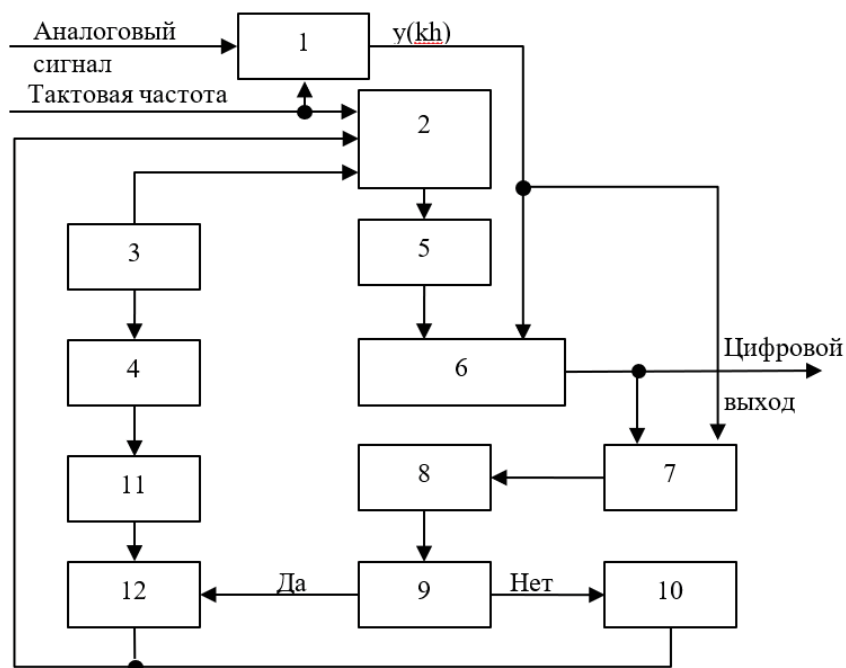


Рисунок 2 – Адаптивный фильтр: 1 – АЦП.; 2 - наращивание переменной состояния; 3 – инициализация начальных установок; 4 - расчет среднего и дисперсии для N наблюдений при статистической независимости отсчетов; 5 - вычисление весового коэффициента; 6 - авторегрессивная фильтрация скользящего среднего; 7 - определение ошибки и ее знака; 8 - подсчет числа серий; 9 - проверка конца наблюдений; 10 - наращивание переменной наблюдений при сохранении переменной состояния; 11 – определение вероятности статистической независимости; 12 - сброс переменной наблюдений с изменением переменной состояния

Функциональная схема фильтра приведена на рис. 2. В нем применен непосредственный подсчет серий r в блоке 8, причем наблюдение с $\varepsilon = 0$ получает знак ошибки предыдущего наблюдения (блок 7). Вместо непосредственного подсчета r можно определять N^+ , и N^- за N наблюдений в реальном процессе с последующим расчетом r .

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивная цифровая фильтрация для обработки сигналов от полупроводниковых пленочных газовых сенсоров / И. О. Оробей [и др.] // Химическая технология и техника : материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 12 февраля 2022 г. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 322-324.

2. Фильтр с адаптацией по вероятностному критерию / И. О. Оробей [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – Минск : БГТУ, 2020. – № 1 (230). – С. 50-56