И.Н. Полищук, Р.Ф. Мамаев, С.В. Емец
(I.N. Polischook, R.F. Mamaev, S.V. Yemets)

ВОЗМОЖНОСТЬ КОРРЕКЦИИ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

(THE CORRECTION OPPORTUNITY OF THE STATIC CHARACTERISTICS FOR MULTI-CHANNEL MEASURING CONVERTERS)

Уфа, УГНТУ
(Ufa, USPTU)

In this report authors consider the main problems of the correction of the static characteristics of the converters with interdependent measuring channels. Besides authors offer the way for developing their solution.

В настоящее время широкое распространение получила технология производства датчиков, использующая полупроводниковые материалы. Высокая чувствительность электрических характеристик полупроводников к различным внешним воздействиям позволяет использовать их для измерения соответствующих параметров. С помощью полупроводниковых приборов можно преобразовать практически все известные виды энергии [1].

Рассмотрим полупроводниковый резистивный преобразователь (рисунок 1).

Рисунок 1 – Полупроводниковый преобразователь
Figure 1 – Semiconductor converter

В общем случае на него влияют различные по физической природе величины: электрические ($X_Э$), магнитные (X_M), механические (X_{MX}), тепловые (X_T), световые (X_C) и т.д. Полное изменение сопротивления составляет

$$dR=\frac{\partial R}{\partial X_Э}X_Э+\frac{\partial R}{\partial X_M}X_M+\frac{\partial R}{\partial X_T}X_T+\ldots . \qquad (1)$$

Частные производные в правой части уравнения (1) определяют чувствительность преобразователя к различным входным величинам. Функциональные зависимости между сопротивлением резистивного преобразователя и воздействующими факторами используются для построения соответствующих измерительных преобразователей. Также существует возможность с помощью только одного чувствительного элемента измерить сразу несколько влияющих величин, для чего в преобразователе выделяются измерительные каналы по числу действующих на его входе параметров. Это позволяет сэкономить чувствительные элементы, но в то же время приводит к нелинейности статических характеристик измерительных преобразователей. Кроме того, взаимное влияние каналов существенно искажает измерительную информацию.

Существует возможность коррекции статических характеристик преобразователей, заключающаяся в выделении измерительных каналов по числу действующих на их входе величин и получении градуировочной характеристики датчиков. Для этого проводится тестовый эксперимент, в процессе которого измеряются значения выходных величин преобразователя во всем диапазоне изменения его входных величин. По результатам эксперимента определяются наборы

@2002, электронная версия подготовлена ЗАО АВТЭКС Санкт-Петербург, http://www.autex.spb.ru

коэффициентов, каждый из которых однозначно описывает функцию преобразования своего измерительного канала [2].

Для реализации описанного выше метода необходимо точно знать значение влияющего параметра и, кроме того, поддерживать его постоянным на нескольких уровнях в течение определенного времени. В реальных условиях далеко не всегда удается измерить значение помехи и, тем более, добиться ее стабильности. В этом случае предлагается воспользоваться другим способом.

На рисунке 2 представлен n-канальный измерительный преобразователь.

Рисунок 2 – n-канальный измерительный преобразователь
Figure 2 – n-channel measuring converter

Здесь X_1 – входной информативный параметр, а X_2, X_3, …, X_N – помехи по отношению к нему. Y_1, Y_2, …, Y_N – выходные величины, являющиеся функциями величин, действующих на его входе. Стоит задача однозначного определения входной величины X_1 по выходным величинам Y_i в условиях влияния параметров X_2, X_3, …, X_N.

Рассматриваемый измерительный преобразователь можно описать системой уравнений:

$$\begin{cases} Y_1 = f_1(X_1, X_2, ..., X_N), \\ Y_2 = f_2(X_1, X_2, ..., X_N), \\ \qquad ... \\ Y_N = f_N(X_1, X_2, ..., X_N). \end{cases} \tag{2}$$

Преобразуем систему уравнений (2) к виду:

$$\begin{cases} X_1 = \phi_1(Y_1, X_2, X_3, ..., X_N); \\ X_2 = \phi_2(Y_2, X_1, X_3, ..., X_N); \\ \qquad ... \\ X_N = \phi_N(Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-1}). \end{cases} \tag{3}$$

Подставим $X_N = \phi_N(Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-1})$ в первые n-1 уравнений системы (3):

$$\begin{cases} X_1 = \psi_1(Y_1, Y_N, X_2, X_3, ..., X_{N-1}); \\ X_2 = \psi_2(Y_2, Y_N, X_1, X_3, ..., X_{N-1}); \\ \qquad ... \\ X_{N-1} = \psi_{N-1}(Y_{N-1}, Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-2}); \\ X_N = \phi_N(Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-1}). \end{cases} \tag{4}$$

Производя аналогичные преобразования, приведем исходную систему уравнений к следующему виду:

$$\begin{cases} X_1 = \xi_1(Y_1, Y_2, ..., Y_{N-1}, Y_N); \\ X_2 = \mu_2(Y_2, Y_3, ..., Y_{N-1}, Y_N, X_1); \\ \qquad ... \\ X_{N-2} = \eta_{N-2}(Y_{N-2}, Y_{N-1}, Y_N, X_1, ..., X_{N-3}); \\ X_{N-1} = \psi_{N-1}(Y_{N-1}, Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-2}); \\ X_N = \phi_N(Y_N, X_1, X_2, ..., X_{N-1}). \end{cases} \tag{5}$$

Таким образом, из системы уравнений (5) следует, что параметр X_1 является функцией одних лишь только выходных величин Y_i, т.е.

$$X_1 = \xi_1(Y_1, Y_2, ..., Y_{N-1}, Y_N). \tag{6}$$

Однако для корректного описания математической модели измерительного преобразователя, т.е. определения параметров функции ξ_1, необходимо влияющие факторы изменять во всем возможном диапазоне. Кроме того, поскольку чувствительный элемент измерительного преобразователя воспринимает все входные воздействия одновременно, нет необходимости стабилизировать влияющие факторы.

Как показывает практика, для описания многоканальных измерительных преобразователей с интегрированным чувствительным элементом, хорошо подходит математическая модель вида:

$$X_1 = \sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} ... \sum_{k=0}^{m_N} a_{ij...k} \cdot Y_1^i \cdot Y_2^j \cdot ... \cdot Y_N^k, \tag{7}$$

где $m_1 ... m_N$ – числа, указывающие порядок аппроксимирующих полиномов соответствующего канала измерительного преобразователя.

Процесс определения коэффициентов $a_{ij...k}$ модели также предполагает проведение тестового эксперимента во всем диапазоне изменения влияющих факторов, но, в отличие от упомянутого выше метода [2], в этом случае не требуются стабилизация и измерение их значений, что, в конечном итоге, ускоряет и упрощает калибровку приборов.

Апробация предложенного способа коррекции статических характеристик проводилась при работе с интегральными тензопреобразователями давления, в которых выделялись два влияющих друг на друга измерительных канала – давления и температуры. Модель аппроксимировалась полиномами второго порядка, что позволило при поверке получить погрешность, не превышающую 0,25% во всем диапазоне изменения температуры.

Список использованной литературы:

1. Ваганов В.И. Интегральные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.

2. Пат. РФ № 2130194, МКИ G 01 R 35/00. Способ коррекции статических характеристик измерительных преобразователей./ С.В.Емец. – Опубл. Б.И. №13, 1999.