

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

В.Н. Нестеров, А.М. Баталова

Самарский государственный технический университет, г. Самара
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева, г. Самара

В последнее время в публикациях, посвященных вопросам построения измерительных преобразователей, все чаще встречается термин «интеллектуальные датчики», появлению которого в значительной степени способствовало бурное развитие цифровой микропроцессорной техники. Датчик, снабженный самообучающейся микропроцессорной системой, позволяет с высокой скоростью обрабатывать большие объемы измерительной информации, реализуя те или иные интеллектуальные функции, к которым относят: коррекцию искажений измерительной информации на пути от датчика к микропроцессору; самодиагностику; мультиплексирование на основе использования различных первичных преобразователей; первичную обработку измерительной информации, не загружая этими операциями контроллеры; хранение образцовых мер и необходимых баз данных; изменение диапазона измерения; программирование различных алгоритмов работы датчика, улучшающих их технические и экономические характеристики. А снижение стоимости контроллерных микросхем, стремительный рост их функциональных возможностей позволяют легко интегрировать их во все меньшие по размерам и функционально различные изделия.

В общем случае структура интеллектуального датчика состоит из двух частей: блока первичного восприятия и преобразования измерительной информации и цифрового блока, в качестве которого могут быть использованы специализированные микросхемы [1].

В настоящей работе рассматриваются технологические проблемы, возникающие при выборе концепции построения блока восприятия и первичной обработки информации. Проблема заключается в том, что неверное структурирование этой части приводит к реализации алгоритмов не только не улучшающих качество датчика в целом, но приводящих к возникновению новых дополнительных погрешностей.

Проиллюстрируем проблему на примере технического решения [2], предназначенного для измерения крутящего момента с помощью размещенных на вращающемся валу тензорезисторов и представленного на рис. 1. В прототипе данной схемы, представленной в работе [3], резисторы 5 и 6 принимаются высоко стабильными точными элементами, с известными значениями сопротивления. По существу речь идет о реализации тестового метода, т.к. образцовые сопротивления включаются последовательно с первичными преобразователями и функционально связаны с

воспринимаемыми преобразователем величинами [4]. Автор работы [3] утверждает, что точность устройства в целом определяется стабильностью резисторов 5 и 6.

Для проверки правильности этого утверждения запишем выражение погрешности аналоговой части устройства от действия на входящие в него элементы различных возмущающих факторов.

Методика соответствующего метрологического анализа описана, например, в работе [5]. В общем случае выражение погрешности записывается в следующем виде:

$$\Delta F = \sum_q \sum_j \frac{\partial F}{\partial f_q} \cdot \frac{\partial f_q}{\partial k_{qj}} \Delta k_{qj}, \quad (1)$$

где ΔF - отклонение реальной функции преобразования устройства от номинальной; Δk_{qj} - отклонение параметра k_{qj} j -го элемента q -го канала преобразователя от номинального значения в результате воздействия дестабилизирующих факторов.

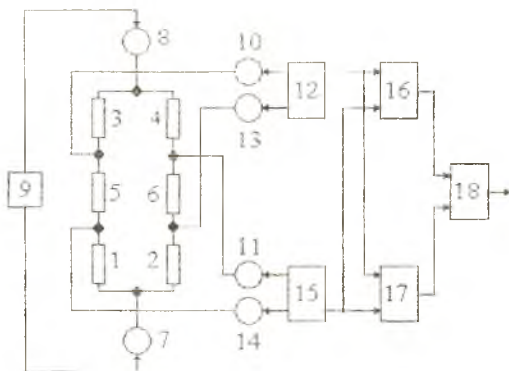


Рис. 1. Структура интеллектуального измерительного преобразователя: 1-4 - первичные преобразователи; 5, 6 - резисторы; 7, 8, 10, 11, 13, 14 - токосъемные контакты; 9 - источник питания; 12, 15 - дифференциальные усилители; 16 - сумматор; 17 - вычитатель; 18 - устройство деления.

$$\Delta F = \frac{2}{(R_{010}((R_2 + \Delta R)_0 + (R_4 - \Delta R)_0 + R_{020}) + R_{020}((R_1 - \Delta R)_0 + (R_3 + \Delta R)_0 + R_{010}))^2} \times \left(\frac{((R_1 - \Delta R)_0 + (R_3 + \Delta R)_0 + R_{010})}{((R_2 + \Delta R)_0 + (R_4 - \Delta R)_0 + R_{020})} \cdot ((R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0)(R_2 + \Delta R)_0) \cdot ((R_1 - \Delta R)_0)(R_1 - \Delta R)_0 - (R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0) \cdot ((R_{020} + (R_2 + \Delta R)_0)) \cdot \left(\frac{\Delta(R_2 + \Delta R)}{(R_2 + \Delta R)_0} - \frac{\Delta R_{020} + \Delta(R_4 - \Delta R)}{R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0} \right) + (R_{020} + (R_2 + \Delta R)_0)(R_4 - \Delta R)_0 \cdot ((R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0) \cdot (R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0) - (R_2 + \Delta R)_0 \times \right.$$

$$\begin{aligned}
& \times (R_3 + \Delta R)_0 \left(\frac{\Delta(R_4 - \Delta R)}{(R_4 - \Delta R)_0} - \frac{\Delta R_{02} + \Delta(R_2 + \Delta R)}{R_{020} + (R_2 + \Delta R)_0} \right) + \frac{((R_2 + \Delta R)_0 + (R_4 - \Delta R)_0 + R_{020})}{((R_1 - \Delta R)_0 + (R_3 + \Delta R)_0 + R_{010})} \times \\
& \times (((R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0)(R_3 + \Delta R)_0 - (R_1 - \Delta R)_0(R_4 - \Delta R)_0) - (R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0) \times \\
& \times (R_{1020} + (R_2 + \Delta R)_0) \left(\frac{\Delta(R_3 + \Delta R)}{(R_3 + \Delta R)_0} - \frac{\Delta R_{01} + \Delta(R_1 - \Delta R)}{R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0} \right) + (R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0) \times \\
& \times (R_1 - \Delta R)_0 ((R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0)(R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0) - (R_2 + \Delta R)_0(R_3 + \Delta R)_0) \times \\
& \times \left(\frac{\Delta(R_1 - \Delta R)}{(R_1 - \Delta R)_0} - \frac{\Delta R_{01} + \Delta(R_3 + \Delta R)}{R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0} \right) + ((R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0)(R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0) - \\
& - (R_2 + \Delta R)_0(R_3 + \Delta R)_0)((R_1 - \Delta R)_0(R_4 - \Delta R)_0 - (R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0)(R_{020} + (R_2 + \Delta R)_0)) \times \\
& \times \left(\frac{\Delta K_2}{K_{20}} - \frac{\Delta K_1}{K_{10}} \right), \tag{2}
\end{aligned}$$

где ΔK_1 , ΔK_2 , $\Delta(R_1 - \Delta R)$, $\Delta(R_2 + \Delta R)$, $\Delta(R_3 + \Delta R)$, $\Delta(R_4 - \Delta R)$, ΔR_{01} , ΔR_{02} - отклонения параметров соответствующих элементов схемы от номинальных значений под действием возмущающих факторов; K_0 , $(R_1 - \Delta R)_0$, $(R_2 + \Delta R)_0$, $(R_3 + \Delta R)_0$, $(R_4 - \Delta R)_0$, R_{010} , R_{020} - номинальные значения соответствующих параметров.

Приравнявая нулю выражение (2) получаем условия, выражающие собой технологические требования, выполнение которых приводит к компенсации погрешностей от действия возмущающих факторов на элементы преобразователя:

$$\frac{\Delta(R_2 + \Delta R)}{(R_2 + \Delta R)_0} = \frac{\Delta R_{02} + \Delta(R_4 - \Delta R)}{R_{020} + (R_4 - \Delta R)_0}; \tag{3}$$

$$\frac{\Delta(R_4 - \Delta R)}{(R_4 - \Delta R)_0} = \frac{\Delta R_{02} + \Delta(R_2 + \Delta R)}{R_{020} + (R_2 + \Delta R)_0}; \tag{4}$$

$$\frac{\Delta(R_3 + \Delta R)}{(R_3 + \Delta R)_0} = \frac{\Delta R_{01} + \Delta(R_1 - \Delta R)}{R_{010} + (R_1 - \Delta R)_0}; \tag{5}$$

$$\frac{\Delta(R_1 - \Delta R)}{(R_1 - \Delta R)_0} = \frac{\Delta R_{01} + \Delta(R_3 + \Delta R)}{R_{010} + (R_3 + \Delta R)_0}; \tag{6}$$

$$\frac{\Delta K_2}{K_{20}} = \frac{\Delta K_1}{K_{10}}. \tag{7}$$

Как видно из выражений (3) - (6), при $\Delta R_{02} = 0$ условие (3) противоречит условию (4), а при $\Delta R_{01} = 0$ условие (5) противоречит условию (6). Чтобы этого не произошло, резисторы 5 и 6 с параметрами R_{01} и R_{02} не должны быть высоко стабильными, как утверждается в работе [3]. Более того, условия компенсации возмущающих воздействий на аналоговые элементы

преобразователя, представленные соотношениями (3)-(7), формулируются прямо наоборот: Если элементы 5 и 6 настолько же нестабильны как преобразователи 1 -4, то именно в этом случае достигаются качества заявленные в [3].

Приведенный пример показывает, что слепое использование алгоритмических методов обработки измерительной информации без предварительного метрологического анализа, зачастую не приводит к поставленным целям, а применение современной процессорной техники при проектировании интеллектуальных датчиков не всегда является залогом высокого качества получаемой информации. Ошибки, заложенные в структуре преобразователя на стадии проектирования, зачастую являются результатом недостаточной проработки технологических вопросов, представляющих во многих случаях «ноу хау» для данного конкретного преобразователя.

Список использованной литературы

1. Соловьев А. Однокристалльные системы сбора данных семейства ADuC8xx // Компоненты и технологии. – 2000. -№3. – С.36-37.
2. Нестеров В.Н. Инвариантные измерительные мосты для измерения крутящего момента // Метрология. – 1992. -№12. – С.28-36.
3. А.с. 1195263 СССР, МКИ G 01 R 17/10. Измерительный преобразователь / В.В.Пашенко. - №3707017/24-21; Заявл. 26.12.83; Опубл. 30.11.85. Бюл. №44.
4. Мартяшин А.И., Куликовский К.Л., Куроедов С.К. и др. Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей / Под ред. А.И. Мартяшина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
5. Инвариантные параметрические измерительные преобразователи для измерительных приборов и автономных систем: Учеб. пособ. / В.Н.Нестеров.- Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 1998. - 56с.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МИКРОСХЕМ КМОП—ТИПА

А.В. Архипов, М. Н. Пигаюв, С. В. Тюлевин

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева, г. Самара

Необходимость входного контроля радиокомпонентов и тем более ИМС — очевидна. Однако, в ряде случаев, параметрический контроль недостаточен. Это особенно справедливо если от надежного функционирования элементов зависит работоспособность аппаратуры военного или аэрокосмического назначения. Поэтому разрабатываются