

УДК 621.5

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ
ДАВЛЕНИЯ В МИКРОПРОЦЕССОРНОМ ДАТЧИКЕ
ПРИ МАТРИЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ
ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

С. И. КЛЕВЦОВ

Институт радиотехнических систем и управления
Южного федерального университета
Таганрог, Россия

Для обеспечения требуемой точности вычисления давления в микропроцессорном датчике необходимо построение такой модели характеристики преобразования этого датчика, которая бы в достаточной степени повторяла пространственную форму реальной характеристики. Точность повторения реальной характеристики преобразования в значительной степени зависит от выбора вида аппроксимирующей функции. Как правило, в качестве аппроксимирующей функции рассматриваются полиномы различных степеней [1].

Для достижения требуемой точности аппроксимации характеристики преобразования с использованием полиномов необходимо исследование составляющих погрешности, связанных с влиянием различных факторов внутреннего и внешнего характера. Реализация вычислений в микроконтроллере датчика в реальном времени требует использования достаточно простых алгоритмов. В связи с этим рассматривались полиномы со степенью не выше второй.

В качестве исходных данных рассматривались результаты градуировочных испытаний тензорезисторного датчика разности давлений, для которого температура окружающей среды – наиболее важный дестабилизирующий фактор, влияющий на реальную характеристику преобразования [1–3].

Модель характеристики преобразования

$$P = \sum_{l=0}^L a_l \cdot U_P^l, \quad L = 1, 2; \quad (1)$$

$$a_l = \sum_{k=0}^K \gamma_{lk} \cdot U_T^k, \quad K = 1, 2, \quad (2)$$

где P – давление; U_P^l – сигнал с канала измерения давления; U_T^k – сигнал с канала измерения температуры.

В результате построения моделей с использованием соотношений (1) и (2) были получены матрицы коэффициентов γ_{lk} . При этом коэффициенты a_l зависят от температуры T , а коэффициенты γ_{lk} не зависят.

Модели (1) и (2) обеспечивают при построении характеристики преобразования датчика компенсацию дрейфа нуля, компенсацию влияния температуры и компенсацию нелинейности характеристики, в частности, связанную с влиянием статического давления.

После анализа погрешности аппроксимации реальной характеристики преобразования моделями, построенными с использованием соотношений (1) и (2), были выделены наиболее эффективные из них, которые определяются полиномами с $L = K = 2$ (модель 1) и $L = 1, K = 2$ (модель 2).

Оценим влияние составляющих погрешности, которые могут добавляться при расчете давления в микроконтроллере при использовании моделей характеристик преобразования.

Определим $\sigma_{a_1}^2$ и σ_P^2 для модели 1 аппроксимации характеристики:

$$\begin{aligned}\sigma_{a_1}^2 &= \sigma_{\gamma_{10}}^2 + U_T^2 \sigma_{\gamma_{11}}^2 + U_T^4 \sigma_{\gamma_{12}}^2 + (\gamma_{11} + 2\gamma_{12}U_T)^2 \sigma_{U_T}^2; \\ \sigma_P^2 &= \sigma_{a_0}^2 + U_P^2 \sigma_{a_1}^2 + U_P^4 \sigma_{a_2}^2 + (a_1 + 2a_2U_P)^2 \sigma_{U_P}^2.\end{aligned}$$

Оценка показывает, что основной вклад в погрешность вычисления давления P вносят составляющие $\sigma_{U_T}^2$ и $\sigma_{U_P}^2$, которые связаны с погрешностями определения U_T и U_P .

Можно выделить две составляющие: $F1 = \sigma_{a_0}^2 + U_P^2 \sigma_{a_1}^2 + U_P^4 \sigma_{a_2}^2$ и $F2 = (a_1 + 2a_2U_P)^2 \sigma_{U_P}^2$. $F1$ характеризует точность построения характеристики и учет влияния температуры, а $F2$ – неточность выходного сигнала U_P .

Рассчитаем значения $\sigma_{a_1}^2$ и σ_P^2 для модели 2:

$$\begin{aligned}\sigma_{a_1}^2 &= \sigma_{\gamma_{10}}^2 + U_T^2 \sigma_{\gamma_{11}}^2 + U_T^4 \sigma_{\gamma_{12}}^2 + (\gamma_{11} + 2\gamma_{12}U_T)^2 \sigma_{U_T}^2; \\ \sigma_P^2 &= \sigma_{a_0}^2 + U_P^2 \sigma_{a_1}^2 + a_1^2 \sigma_{U_P}^2.\end{aligned}$$

Здесь можно также выделить две составляющие: $F1 = \sigma_{a_0}^2 + U_P^2 \sigma_{a_1}^2$ и $F2 = a_1^2 \sigma_{U_P}^2$ с аналогичными модели 1 особенностями влияния на погрешность расчета давления.

Сравнительный анализ результатов обработки данных показывает, что составляющая $F2$ погрешности вычисления давления P растет при увеличении температуры T . При этом составляющая $F1$ изменяется значительно меньше.

Таким образом, компьютерный анализ вклада составляющих $F1$ и $F2$ показал, что составляющая $F2$, определяемая неточностью входного сигнала, в том числе в значительной степени связанной с влиянием температуры, вносит в суммарную погрешность расчета давления больший вклад, чем составляющая $F1$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов, Л. А. Методы построения градуировочных характеристик средств измерений / Л. А. Семенов, Т. Н. Сирая. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 128 с.
2. Шапонич, Д. Коррекция пьезорезистивного датчика давления с использованием микроконтроллера / Д. Шапонич, А. Жигич // Приборы и техника эксперимента. – 2001. – № 1. – С. 54–60.
3. Математическое обеспечение микропроцессорных преобразователей аналоговых пневматических сигналов / Н. Р. Бобровников, С. В. Яркин, Ю. Н. Гридин [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2002. – № 2. – С. 36–39.