

## РОЗПІЗНАВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ПОХИБКИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ САМОПОВІРКИ

Глуценко Р.С.<sup>1)</sup>, Кочан В.В.<sup>2)</sup>, Кочан Р.В.<sup>3)</sup>

Тернопільський національний економічний університет

<sup>1)</sup> магістрант; <sup>2)</sup> к.т.н., професор

<sup>3)</sup> Національний Університет "Львівська політехніка", д.т.н., професор

### I. Постановка проблеми

При побудові дистрибутивних вимірювально-керуючих систем та мереж важливою задачею є забезпечення їх високої метрологічної надійності. На сьогодні функціональна надійність сучасних компонентів таких систем є дуже високою. Вона додатково підвищується за допомогою різних методів тестування. Але параметри точності (похибка) при тестуванні не визначаються. Тому методи тестування принципово не придатні для забезпечення метрологічної надійності.

На сьогодні, згідно діючих стандартів [1], метрологічна надійність засобів вимірювальної техніки забезпечується її метрологічним обслуговуванням, тобто періодичною метрологічною перевіркою. Однак проведення метрологічної перевірки у лабораторних умовах [1] вимагає зупинки системи, вилучення засобів вимірювання, їх доставки у повірну лабораторію, самої перевірки, їх повернення, включення у систему та запуску системи. Але, хоча така метрологічна перевірка проводиться лише у нормальних умовах експлуатації, з неї роблять висновок про показники точності у робочих умовах на протязі наступного міжповірного інтервалу. Цей інтервал для аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) становить 1 рік [1]. Тому забезпечення високої метрологічної надійності сучасних вимірювально-керуючих систем вимагає їх самоперевірки у процесі експлуатації.

Широко використовуються методи автоматичного встановлення нуля та калібрування АЦП [2]. Але вони не визначають параметри точності АЦП у всьому діапазоні перетворення, тому можуть "ховати" перевищення допуску за рахунок зростання похибки нелінійності [3]. Тому актуальним є створення підсистеми самоперевірки та представлення похибки АЦП у процесі експлуатації.

### II. Мета роботи

Метою роботи є створення підсистеми, яка забезпечить самоперевірку АЦП у процесі експлуатації згідно діючих стандартів [1] та представлення її результатів як двочленної формули.

### III. Метод визначення похибки нелінійності АЦП

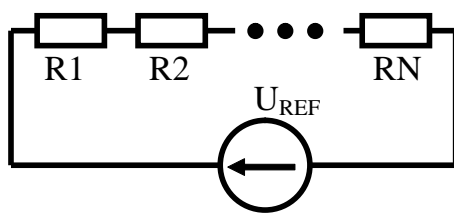


Рис. 1

У [3] запропоновано методи визначення нелінійності АЦП за допомогою подільника напруги опорного джерела  $U_{REF}$ , яке служить для калібрування АЦП [2]. Структурна схема базового методу подана на рис. 1. У цій схемі до  $U_{REF}$  підключено подільник  $R1...RN$ , спади напруги на резисторах якого  $U_{R1}...U_{RN}$ . Для них, згідно другого закону Кірхгофа та визначення середнього значення  $U_{AV}$ , можна записати

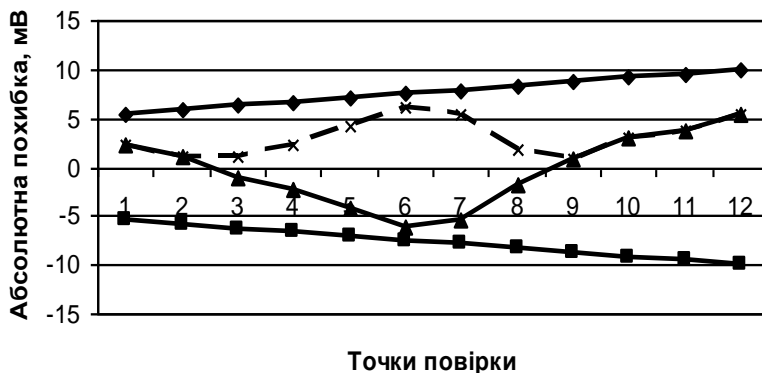
$$U_{REF} = \sum_{i=1}^N U_{Ri} ; \quad (1)$$

$$U_{AV} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{Ri} . \quad (2)$$

Підставивши (1) у (2), отримаємо  $U_{AV} = \frac{1}{N} U_{REF}$ , а перейшовши до похибок,  $\delta U_{AV} = \delta N + \delta U_{REF}$ . Очевидно, що  $\delta N = 0$ , тому  $\delta U_{AV} = \delta U_{REF}$ . Таким чином, середня напруга на резисторах не залежить від дрейфу та температурних змін опору самих резисторів. Тому похибка повірки не перевищує похибку джерела напруги калібрування  $\delta U_{REF}$ . Якщо  $N = 12$ , можна перевірити нелінійність АЦП у точках  $1/12, 2/12, 3/12, 4/12, 6/12$  діапазону перетворення, тобто у його нижній половині. У [4] показано, що тоді при корекції похибка АЦП у верхній половині діапазону зростає. Однак таким АЦП можна виміряти з високою точністю спади

напруги на всіх резисторах і повторно повірити та калібрувати АЦП у всьому діапазоні перетворення.

#### IV. Модель похибки АЦП



Приклад розподілу по діапазону перетворення значень абсолютної похибки АЦП  $\Delta_{VYM}$ , які отримані за результатами повірки за допомогою описаного вище методу, та допустимих меж цієї похибки  $\pm \Delta_{DOP}^{MAX}$  подано на рис. 2 як суцільні лінії. Згідно європейських стандартів [2], відносна похибка результату перетворення  $\delta_{VYM}^{EUR}$  має бути подана у вигляді двочленної формули

$$\delta_{VYM}^{EUR} \leq \left[ c + d \left( \frac{X_{MAX}}{X_{VYM}} - 1 \right) \right] \% , \quad (3)$$

де  $X_{MAX}$ ,  $X_{VYM}$  – діапазон та результат перетворення;  $c$ ,  $d$  – параметри моделі похибки АЦП.

Для того, щоби за результатами повірки (абсолютна похибка, див. рис. 2) перейти відносної похибки згідно (3), пропонується наступний алгоритм:

1. абсолютні похибки переводять у верхню половину графіка (їх беруть по абсолютній величині);
2. визначають максимальне значення абсолютної похибки  $\Delta_{VYM}^{MAX-1}$ , відповідний їй результат

$$\delta_{VYM}^{MAX-1} = \left( \frac{\Delta_{VYM}^{MAX-1}}{X_{VYM}^{MAX-1}} \right) \cdot 100\% ;$$

3. для напруг, менших за  $X_{VYM}^{MAX-1}$  (на графіку рис. 2 лівіше за  $X_{VYM}^{MAX-1}$ ) визначають наступне максимальне значення абсолютної похибки  $\Delta_{VYM}^{MAX-2}$  та відповідний їй результат перетворення

$$\delta_{VYM}^{MAX-2} = \left( \frac{\Delta_{VYM}^{MAX-2}}{X_{VYM}^{MAX-2}} \right) \cdot 100\% ;$$

4. визначають параметри  $c$ ,  $d$  математичної моделі похибки АЦП, розв'язуючи систему рівнянь

$$\begin{cases} \delta_{VYM}^{VYM-1} = \left[ c + d \left( \frac{X_{MAX}}{X_{VYM}^{MAX-1}} - 1 \right) \right] \% \\ \delta_{VYM}^{VYM-2} = \left[ c + d \left( \frac{X_{MAX}}{X_{VYM}^{MAX-2}} - 1 \right) \right] \% \end{cases} , \quad (4)$$

У США прийнята інша двочленна формула, згідно якої представляють модель похибки АЦП:

$$\delta_{VYM}^{USA} \leq (a \cdot X_{VYM} + b \cdot X_{MAX}) \% , \quad (5)$$

де  $a, b$  – параметри математичної моделі похибки АЦП.

Для переходу до математичної моделі похибки АЦП згідно (5) параметри  $a$ ,  $b$  можна обчислити як  $a=c-d$ ,  $b=d$ .

#### Висновок

Пропонований алгоритм має малу обчислювальну складність. Система рівнянь (4) лінійна, вона може бути вирішена навіть малопотужним 8-ми бітним мікроконтролером.

#### Список використаних джерел

1. Брагин А.А., Семенюк А.Л. Основы метрологического обеспечения аналого-цифровых преобразователей электрических сигналов. – М.: Издательство стандартов, 1989, 164 с.
2. Земельман М.А. Точный аналого-цифровой преобразователь на грубых элементах // “Измерительная техника”, 1964, №9.
3. Прецизійні аналого-цифрові перетворювачі з бездемонтажною метрологічною самоперевіркою / Кочан Р. – Львів: видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. – 243 с.