

## ВПЛИВ ШУМУ НА ПОХИБКУ САМОПОВІРКИ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Нікулін Ю.В.<sup>1)</sup>, Кочан Р.В.<sup>2)</sup>, Кочан В.В.<sup>3)</sup>

<sup>1,3)</sup> Тернопільський національний економічний університет

<sup>1)</sup> магістр; <sup>3)</sup> к.т.н., доцент

<sup>2)</sup> Національний університет "Львівська Політехніка", к.т.н., доцент

### I. Постановка проблеми

Масовий випуск мікроконтролерів, оснащених вбудованими аналого-цифровими перетворювачами (АЦП), їх широке використання, жорстко ставить проблему трудомісткості їх метрологічного обслуговування, зокрема, періодичної повірки, яка вимагає зупинки системи, демонтажу АЦП, доставки його у лабораторію, власне повірки, зворотної доставки, монтажу АЦП, запуску системи. На цю проблему накладається протиріччя між кількістю АЦП та можливістю їх повірки. Ідеальним рішенням було б оснащення АЦП вбудованою підсистемою самоповірки. Вона повинна би використовувати відомі [1] процедури встановлення нуля та калібрування АЦП, однак їх недостатньо для повної повірки через те, що, при деградації АЦП або інших елементів (зокрема, конденсаторів блока живлення), зростає нелінійність АЦП, яку процедури встановлення нуля і калібрування "ховають". Тому при самоповірці необхідний також контроль нелінійності АЦП. В [2] запропоновано метод самоповірки АЦП, який базується на другому законі Кірхгофа.

### II. Мета роботи

Метою роботи є дослідження впливу шуму прецизійних АЦП на похибку їх самоповірки однією з модифікацій методу, запропонованого в [2].

### III. Базовий метод самоповірки АЦП

Запропонований в [2] метод самоповірки АЦП полягає у тому, що при ідеальному АЦП результат перетворення  $U_{\Sigma Ri}$  суми спадів напруги на  $n$  послідовно з'єднаних резисторах одного номіналу  $R_1 \dots R_n$ , підключених до виходу джерела напруги калібрування  $U_{REF}$  (рис. 1), рівний сумі результатів перетворення спадів напруги на окремих резисторах  $\Sigma U_{Ri}$ . При нелінійному АЦП виникає різниця між  $\Sigma U_{Ri}$  і  $U_{\Sigma Ri}$ , що дає змогу обчислити похибку нелінійності згідно рис. 2.

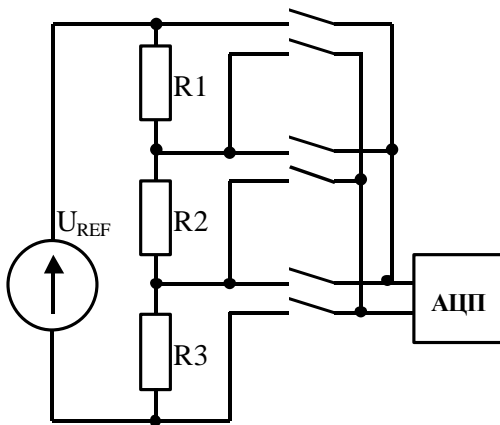


Рисунок 1 - Схема визначення похибки нелінійності в точці 1/3 діапазону перетворення АЦП

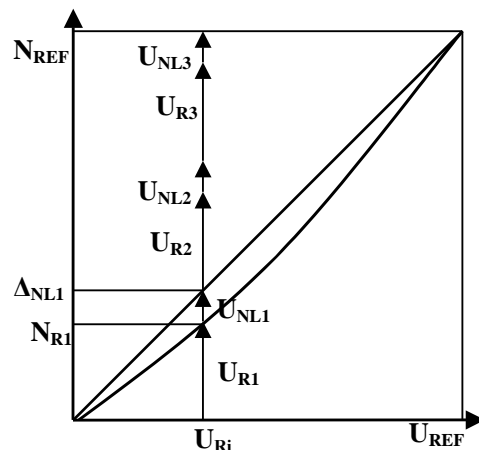


Рисунок 2 - Визначення похибки нелінійності в точці 1/3 діапазону перетворення АЦП

Опір кожного резистора  $R_i$  можна представити як середнє значення опору  $R$  та індивідуальних відхилень  $\delta_i$ , тобто  $R_i = R(1 + \delta_i)$ . Тоді середнє значення опору  $R$  рівне

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R(1 + \delta_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i = \frac{1}{n} nR + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i = R + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i, \text{ звідки } \sum_{i=1}^n \delta_i = 0,$$

тобто відхилення опору резисторів  $R_i$  від  $R$  не впливає на середнє значення опору  $i$ , тим самим, на середній спад напруги на них. Оскільки резистори  $R1...Rn$  однакового номіналу, то, згідно рис. 2,  $U_{R1} \approx U_{R2} \approx U_{R3} \Rightarrow \Delta_{NL1} \approx \Delta_{NL2} \approx \Delta_{NL3}$  і похибку нелінійності  $\Delta_{NL/n}$  в точці  $1/n$  можна визначити як  $\Delta_{NL/n} = \frac{1}{n}(N_{REF} - \sum_{i=1}^n N_i)$ , де  $N_{REF}$ ,  $N_i$  – результати перетворення напруги  $U_{REF}$  та спаду напруги на резисторах  $R1...Rn$  відповідно.

#### IV. Модифікація базового методу самоперевірки АЦП

Однак базовий метод дає можливість визначення похибки нелінійності лише в нижній половині діапазону перетворення АЦП. Пропонується визначити нелінійність АЦП базовим методом, провести її корекцію (отримати високу точність в нижній половині діапазону перетворення АЦП), виміряти спади напруги на резисторах, близьких до  $U_{REF}$ , обчислити спади напруги на всіх резисторах і повірити АЦП на всьому діапазоні перетворення (рис. 3).

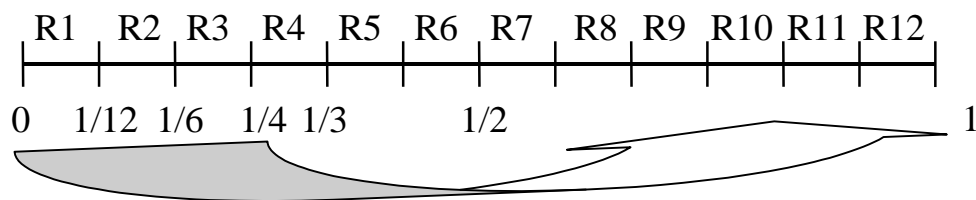


Рисунок 3 - Визначення похибки нелінійності АЦП модифікованим базовим методом

#### V. Результати дослідження впливу шумів АЦП на невиключену похибку його самоперевірки

Основний вплив на похибку самоперевірки АЦП має невиключена похибка від шуму АЦП. Аналітично її оцінити важко, тому використано метод імітаційного моделювання. На рис. 4 показана максимальна похибка 100 варіантів розподілу невиключеної похибки по діапазону перетворення 24-х розрядного АЦП типу AD7714 при дії випадкового шуму  $\pm 6$  квантів, який відповідає його технічним характеристикам.

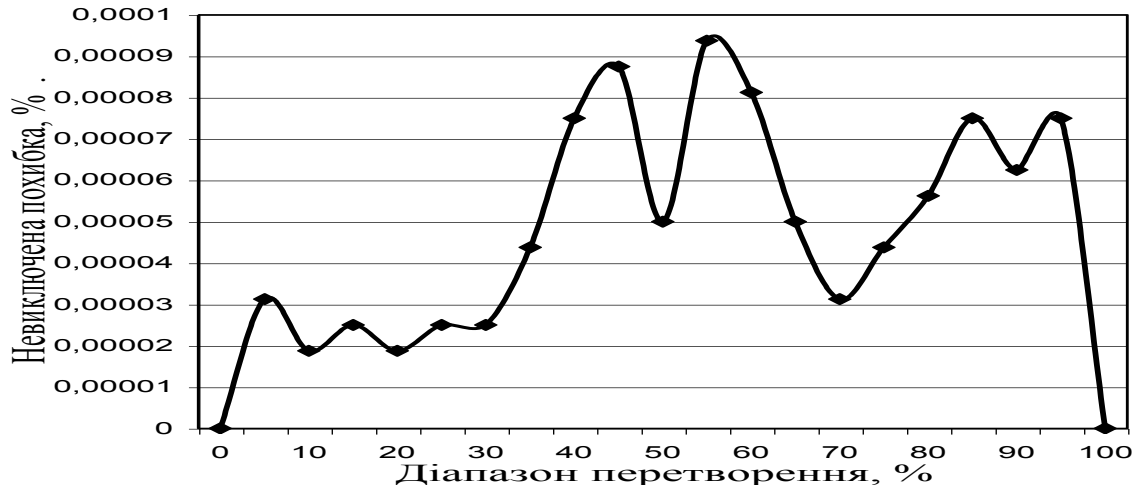


Рисунок 4 - Невиключена похибка від дії шуму  $\pm 6$  квантів для 24-х розрядного АЦП

#### Висновок

Досліджена модифікація базового методу самоперевірки АЦП може забезпечити невиключену похибку, яка годиться для побудови підсистем самоперевірки АЦП найвищої точності.

#### Список використаних джерел

1. Земельман М.А. Точный аналого-цифровой преобразователь на грубых элементах // "Измерительная техника", 1964, №9, с. 36-43.
2. Пат. а200805621 Україна, МПК 7Н01Н51/00. Спосіб перевірки аналого-цифрових перетворювачів на місці експлуатації / Кочан Р.В., Кочан О.В. Заявл. 29.04.2008.