

УДК 681.518.3

ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО БЛОКУ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПІ ЙОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Денисюк В. Ю.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: v.denysiuk@lntu.edu.ua

Перспективним напрямом для дослідження метрологічних властивостей блоку аналого-цифрового перетворення на етапі його проєктування є використання формалізованого опису вимірювальних процедур, що реалізуються в даному блоці. При цьому використання метрологічного аналізу, що застосовується на базі апріорної інформації (бази знань), представлені у вигляді рівнянь вимірювань і математичних моделей об'єктів, умов і вимірювальних засобів, дозволяє отримати значення характеристик похибки, можливий діапазон її зміни для блоку АЦП, що розглядається, і використовувати отримані при цьому значення для розрахунку аналізованого показника метрологічної надійності – метрологічного ресурсу [1, 2].

Розробка алгоритмів метрологічного аналізу та оцінки метрологічної надійності АЦП є завданням, вирішення якого дозволяє споживачеві точніше визначити метрологічну надійність на будь-який момент часу їх експлуатації в реальних умовах, правильно вибрати терміни перевірок та профілактичних робіт та збільшити час метрологічної справності АЦП у структурі інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) [3, 4].

Оцінка метрологічної надійності аналого-цифрового перетворювача на етапі його проєктування являє собою вирішення завдання прогнозування метрологічної надійності. Тому, прогнозування метрологічної надійності проєктованого блоку в структурі ІВС можна розглядати як завдання прогнозування стану його метрологічних характеристик. Вирішення такої проблеми має кінцеву мету – визначити метрологічну надійність аналогово-цифрового перетворювача, насамперед метрологічного ресурсу, а також підвищити якість роботи проєктованого блоку, покращивши його метрологічні властивості. Прогнозованим є процес зміни в часі досліджуваної метрологічної характеристики аналого-цифрового перетворювача, що оцінюється зміною в часі математичного очікування і середньоквадратичного відхилення досліджуваної метрологічної характеристики. Метрологічною характеристикою у дослідженні є похибка аналогово-цифрового перетворювача.

Ефективним апаратом для вирішення завдання оцінки метрологічної надійності аналого-цифрового перетворювача є методологія аналітико-ймовірнісного прогнозування, яка заснована на математичному моделюванні нестационарного випадкового процесу зміни в часі похибки АЦП і включає наступні етапи.

1. Побудова математичної моделі функціонування аналого-цифрового перетворювача, що визначає аналітичний вираз вихідного сигналу АЦП.

2. Складання математичної моделі досліджуваної метрологічної характеристики з урахуванням отриманої раніше математичної моделі функціонування аналого-цифрового перетворювача.

3. Статистичне моделювання досліджуваної метрологічної характеристики з використанням необхідної бази апріорних знань, що дозволяє отримати значення аналізованої метрологічної характеристики в різні моменти часу.

4. Побудова математичних моделей процесу зміни у часі метрологічної характеристики АЦП у вигляді сукупності аналітичних залежностей, отриманих для функцій зміни у часі її математичного очікування та функцій, що характеризують зміну в часі меж відхилення можливих значень метрологічної характеристики від її математичного очікування.

5. Визначення необхідного показника метрологічної надійності, у якості якого розглядається величина метрологічного ресурсу.

Оцінка метрологічної надійності аналого-цифрового перетворювача з використанням аналітико-ймовірнісного прогнозування дає можливість отримати ймовірнісну оцінку обраного показника метрологічної надійності і в подальшому, при необхідності, вжити заходів для збільшення цього показника на етапі проектування блоку.

Вирішення завдання визначення метрологічної надійності аналого-цифрового перетворювача проводиться на основі функціональної схеми аналого-цифрового перетворювача (рис. 1). Як правило, до складу вимірювального каналу аналого-цифрового перетворювача входять наступні модулі: ланцюг диференціального навантаження та узгодження, нормалізуючий підсилювач, пристрій формування частоти.



Рис. 1. Функціональна схема блоку АЦП

Можливі два підходи до визначення основного показника метрологічної надійності – метрологічного ресурсу проектного блоку аналого-цифрового перетворювача. Вибір одного з них визначається конкретною постановкою завдання, вимогами до точності прогнозування та оперативності прийняття рішення про метрологічну надійність блоку.

Перший підхід дозволяє визначити метрологічний ресурс з урахуванням домінуючого впливу основного модуля в структурі аналого-цифрового перетворювача. З використанням аналітико-ймовірнісного прогнозування проводиться розрахунок значення метрологічного ресурсу для виділеного домінуючого модуля. Результат оцінки метрологічної надійності аналого-цифрового перетворювача у цьому випадку можна визначити за

співвідношенням:

$$t_p^{АЦП} = t_p^{DM}, \quad (1)$$

де $t_p^{АЦП}$ – метрологічний ресурс всього блоку аналого-цифрового перетворювача;

t_p^{DM} – метрологічний ресурс домінуючого модуля блоку АЦП.

Другий підхід до оцінки метрологічного ресурсу на етапі проектування аналого-цифрового перетворювача дозволяє врахувати при визначенні метрологічного ресурсу аналого-цифрового перетворювача метрологічні властивості всіх складових блоків модулів. У цьому випадку з використанням заданого значення довірчої ймовірності розраховується величина метрологічного ресурсу для кожного з модулів, що входять в аналого-цифровий перетворювач. Результат оцінки метрологічного ресурсу АЦП визначається відповідно до виразу:

$$t_p^{АЦП} = \min\{t_p^{ДН}, t_p^{НП}, t_p^{ПФЧ}\}, \quad (2)$$

де $t_p^{АЦП}$ – метрологічний ресурс блоку аналого-цифрового перетворювача;

$t_p^{ДН}, t_p^{НП}, t_p^{ПФЧ}$ – метрологічний ресурс модуля ланцюга диференціального навантаження та узгодження, нормалізуючого підсилювача, пристрою формування частоти відповідно.

Цей підхід відрізняється більшою точністю і може бути застосований при формуванні остаточного рішення щодо метрологічної надійності всього блоку після детального опрацювання окремих модулів. Отримані математичні моделі зміни у часі метрологічної характеристики блоку дають змогу провести визначення величини міжповірочного інтервалу та дати при необхідності рекомендації щодо метрологічного обслуговування досліджуваного блоку на етапі експлуатації. Цей підхід реалізує методологію аналітико-ймовірнісного прогнозування, тому доцільно розглянути детально виділені етапи аналітико-ймовірнісного прогнозування, визначаючи особливості їх використання в кожному із двох названих підходів до оцінки метрологічної надійності.

Ключові слова: метрологічна надійність, метрологічний ресурс, точність, проектування, математична модель, блок АЦП.

Література

- [1] Н. М. Защепкіна, О. В. Шульга, О. А. Наконечний, *Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем: навч. посіб.* Київ, Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.
- [2] В. Ю. Денисюк, «Проблеми забезпечення точності та метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем», на *XXIII Міжнар. наук.-техн. конф. Приладобудування: стан і перспективи*, Київ, 2024, с. 345-348.
- [3] В. О. Яцук, Т. З. Бубела, М. М. Микійчук, Є. В. Походило, «Забезпечення метрологічної надійності в розпорошених вимірювальних системах», *Вимірювальна техніка та метрологія*, Т. 79, Вип. 3, с. 71-82, 2018.
- [4] В. Ю. Денисюк, В. П. Симонюк, Ю. С. Лапченко, Б. І. Новосад, «Метрологічне забезпечення точності приладів активного контролю в процесі обробки», *Перспективні технології та прилади: зб. статей*, Вип. 16, с. 38-47, 2020.