

## КОРЕКЦІЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ЧАСОВОЇ ПОХИБКИ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛАХ З АВТОМАТИЧНИМ УПРАВЛІННЯМ

Інерційність вимірювального каналу викликає процеси нестационарності, дія яких визначає часове зміщення характерних точок сигналу (екстремальних та нульових значень) за якими здійснюється фіксація параметрів сигналу, що вимірюються.

В сучасних вимірювальних каналах широке застосування знаходить зворотний зв'язок (ЗЗ), який використовується в системах АРП, АПЧ, ФАПЧ, вимірювальних приладах компенсаційного типу. Наявність від'ємного ЗЗ (ВЗЗ) викликає зміну характеристик каналу та процесу усталення сигналу і необхідність дослідження нестационарної часової похибки (НЧП) у таких вимірювальних каналах [1].

Моделлю вимірювального каналу з автоматичним управлінням можна вважати аперіодичну ланку з ВЗЗ (АЛ133) з передатною характеристикою:

$$K(p) = K_0 / (1 + \beta \cdot K_0 + p \cdot \tau), \quad (1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт передачі кола ЗЗ;  $K_0$  – коефіцієнт передачі;  $\tau$  – стала часу.

Структура моделі АЛ133 зображена на рис. 1.

Визначення НЧП здійснюється на підставі аналізу часового положення  $t_{\text{вих}}$  характерних точок сигналу на виході вимірювального каналу [2]:

$$t_{\text{вих}} = t_{\text{вх}} + \Delta t_{\text{см}} + \Delta t_{\text{нс}}, \quad (2)$$

де  $t_{\text{вх}}$  – часове положення характерних точок вхідного сигналу, наприклад максимального, мінімального або нульового його значення;

$\Delta t_{\text{см}}$  – стаціонарна складова часового зсуву, яка вноситься вимірювальним каналом у стаціонарному режимі;  $\Delta t_{\text{нс}}$  – абсолютна НЧП.

Абсолютна НЧП (АНЧП)  $\Delta t_{\text{нс}}$ , виразу (2), визначається на підставі аналізу аргументу комплекснозначної функції  $U_{\text{вих}}(t)$  відгуку моделі АЛ133 на вхідну гармонічну дію [2].

Аналіз нормованої НЧП (ННЧП)  $\gamma_t = \Delta t_{\text{нс}} / T_0$ , проведений для моделі АЛ133, рис. 2, показує, що при зростанні часу похибка носить згасаючий коливальний характер. Абсолютне значення похибки визначається коефіцієнтом зворотного зв'язку  $\beta$ .

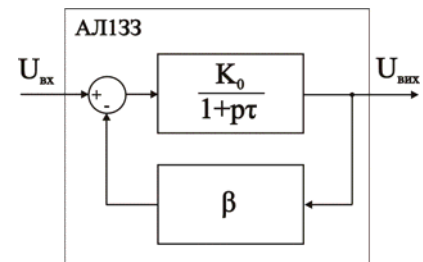


Рис. 1. Структура моделі АЛ133

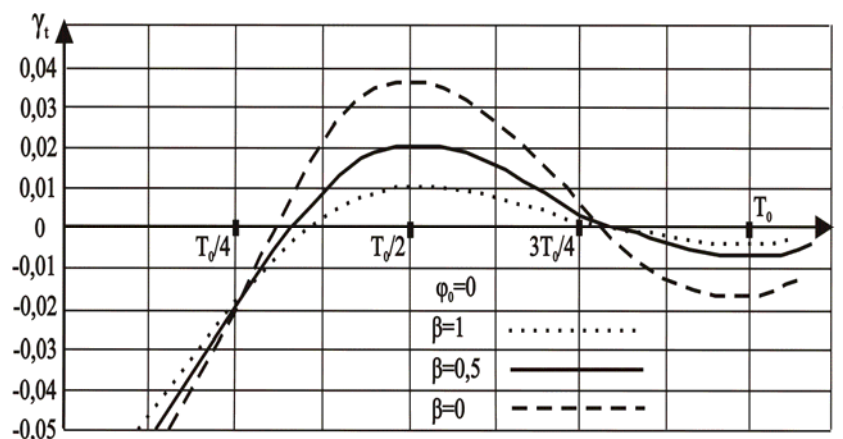


Рис. 2. Залежність ННЧП від часу фіксації для моделі АЛ133

Похибка сягає максимуму в точках з нульовим значенням миттєвої амплітуди сигналу, тобто точках нуль-переходів, і нульових значень в точках близьких до екстремальних значень сигналу, тобто максимумів та мінімумів.

В загальному випадку фазову характеристику чотиріполюсника, яким є модель АЛ133, можна представити у вигляді ряду Маклорена [3]:

$$\Delta \varphi(\omega) = \varphi'(0) \cdot \omega + \varphi''(0) \cdot (\omega^2/2!) + \dots + \varphi^{(n)}(0) \cdot (\omega^n/n!), \quad (3)$$

де  $\Delta \varphi$  – фазовий зсув,  $\omega$  – частота вхідного сигналу.

У виразі (3) відхилення фазової характеристики від ідеальної (лінійна залежність фази від частоти) викликається всіма членами, починаючи з  $\varphi''(0)$ . Тому, вибираючи параметри так, щоб  $\varphi''(0) = \varphi'''(0) = \dots = 0$ , реальну характеристику можна наблизити до ідеальної, тобто здійснити корекцію.

Враховуючи, що часовий та фазовий зсуви пов'язані співвідношенням  $\Delta t = \Delta \varphi / \omega$ , на підставі виразу (3) можна записати:

$$\Delta t = \varphi'(0) + \varphi''(0) \cdot (\omega^2/2!) + \dots + \varphi^{(n)}(\omega^{n-1}/n!), \quad (4)$$

Отже, часовий зсув ідеального чотириполосника:

$$\Delta t_{id} = \varphi'(0) \quad (5)$$

Для корекції часового зсуву, який вноситься досліджуваною моделлю вимірювального каналу  $\Delta t_{AL133}$ , необхідно послідовно з нею включити чотириполосник-коректор, який вносить часовий зсув  $\Delta t_{кор}$ :

$$\Delta t_{кор} = \Delta t_{id} - \Delta t_{AL133}, \quad (6)$$

Оскільки вираз для фазового зсуву моделі АЛ133 визначається з (1), знайдемо часовий зсув, який вноситься моделлю АЛ133:

$$\Delta t_{AL133} = (-1/\omega_0) \cdot \arctg(\omega_0 \cdot \tau / (1 + \beta K_0)). \quad (7)$$

На основі цього отримаємо часовий зсув, який повинен вноситися ідеальним чотириполосником:

$$\Delta t_{id} = (-\arctg(\omega_0 \tau / (1 + \beta K_0)))' = -1 \quad (\text{при } \omega_0 = 0). \quad (8)$$

Підставивши (7) і (8) в (6), отримаємо часовий зсув, який повинен вносити коректор:

$$\Delta t_{кор} = -1 + (-1/\omega_0) \cdot \arctg(\omega_0 \cdot \tau / (1 + \beta K_0)). \quad (9)$$

Аналіз виразу (9) показує, що коректор у випадку моделі АЛ133 буде складатися з двох ланок. Перша ланка являє собою ідеальний чотириполосник, а друга – чотириполосник з фазовою характеристикою  $\Delta \varphi$ . Передатна характеристика такого чотириполосника буде мати вигляд:

$$K(j\omega) = K_0 \cdot (1 + \beta K_0 + j\omega\tau), \quad (10)$$

і відповідає паралельному включенню диференціатора та масштабного перетворювача з коефіцієнтом  $\beta K_0$ .

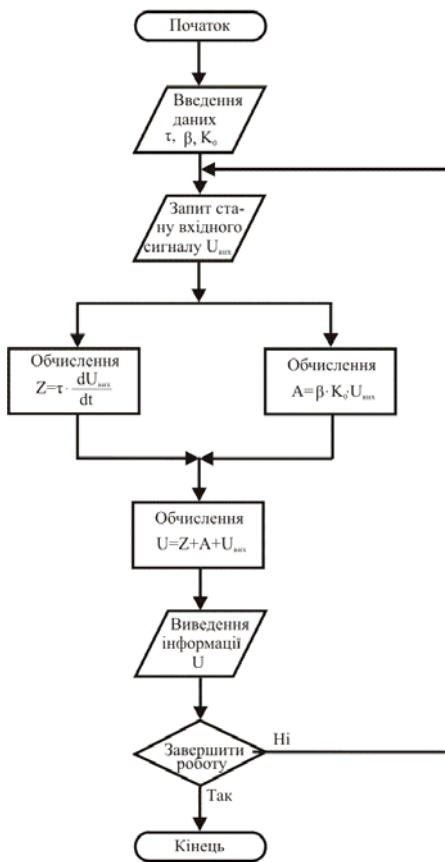


Рис.3. Алгоритм роботи коректора

Отже, коректор у випадку моделі АЛ133 повинен виконувати диференціювання сигналу з виходу моделі  $Z = \tau \cdot dU_{вх}/dt$ , масштабне перетворення цього сигналу  $A = \beta K_0 U_{вх}$  і сумування отриманих сигналів  $Z$  і  $A$  з сигналом  $U_{вх}$ .

Алгоритм роботи коректора наведений на рис.3.

Дослідження показують, що сигнал на виході коректора, при ідеальному виконанні перетворюючих пристроїв, повторює по формі вхідний сигнал з деякою затримкою в часі  $\tau_{зам}$ . Отже, застосування такого коректора дозволяє усунути вплив НЧП.

Висновки:

1. НЧП є функція часу, залежить від параметрів сигналу і коефіцієнту ЗЗ  $\beta$ .

2. Зменшення впливу НЧП можливо шляхом застосування ланки зворотного зв'язку з коефіцієнтом передачі  $\beta$ . Значення коефіцієнту зворотного зв'язку  $\beta$  вибирається таким, для якого вказана похибка не буде перевищувати заданої величини.

3. Запропоновано алгоритм роботи коректора для уникнення впливу нестационарної похибки у вимірювальних каналах з автоматичним управлінням.

4. Застосування коректора дозволяє усунути вплив НЧП при ідеальному виконанні перетворюючих пристроїв. Сигнал на виході коректора повторює по формі вхідний сигнал з деякою затримкою в часі  $\tau_{зам}$ .

## Література

1. Рудик В. Нестационарна часова похибка у вимірювальних каналах зі зворотним зв'язком / В. Рудик С. Гончар // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні наукові дослідження–2006”. м. Дніпропетровськ, 20–28 лютого 2006р. – Том 14. Технічні науки. – Дніпро-петровськ: Наука і освіта, 2006. – 102 с. С.46-48.
2. Рудик В. Нестационарні похибки вимірювачів часових зсувів / В. Рудик, С. Гончар // Вісник ВПІ. – 2005. – № 5. – С. 143-148.