

### ВПЛИВ СКЛАДОВИХ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ МАГНІТОМЕТРИЧНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Вимірювальний перетворювач постійного струму в частоту, побудований на основі магнітометричних перетворювачів (МП) за диференційною схемою, дозволяє уникнути використання магнітних екранів, які захищають первинний перетворювач струму в індукцію магнітного поля (ПП) від впливу магнітного поля Землі [1]. Для зменшення похибки перетворення, диференційний перетворювач необхідно орієнтувати за напрямком повного вектора індукції зовнішнього магнітного поля. З метою оцінки метрологічних характеристик такого типу перетворювача доцільно оцінити вплив варіацій складових магнітного поля Землі на похибку перетворення.

Перетворення індукції магнітного поля в частоту диференційного перетворювача описується системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} f &= f_1 - f_2 \\ f_1 &= K_\gamma |\vec{B}_A| \\ f_2 &= K_\gamma |\vec{B}_B| \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

звідки

$$f = K_\gamma \cdot (|\vec{B}_A| - |\vec{B}_B|). \quad (2)$$

$\vec{B}_A$ ,  $\vec{B}_B$  - індукція магнітного поля в кожному з магнітометричних перетворювачів. Індукція магнітного поля в об'ємі МП має три складові: індукцію зовнішнього магнітного поля; індукцію, створену струмами, які протікають по обмотках, що охоплюють чутливий елемент, та індукцію, створену цими ж струмами, але, які протікають по обмотках, що охоплюють другий чутливий елемент.

Позначивши через КОП коефіцієнт перетворення струму робочого режиму ІОП в індукцію магнітного поля, через К - аналогічний коефіцієнт перетворення вхідного струму І і через КК - коефіцієнт передачі (впливу) індукції, яка створена струмами, які протікають по обмотках, що охоплюють один чутливий елемент в індукцію в об'ємі другого чутливого елемента, отримаємо можливість визначити величину векторів  $\vec{B}_A$  і  $\vec{B}_B$ :

$$\left. \begin{aligned} \vec{B}_A &= \vec{B}_{3\perp} + \vec{B}_{3x} + K_{OP} \cdot \vec{I}_{OP} + K \cdot \vec{I} + K_K (K_{OP} \cdot \vec{I}_{OP} - K \cdot \vec{I}) \\ \vec{B}_B &= \vec{B}_{3\perp} + \vec{B}_{3x} + K_{OP} \cdot \vec{I}_{OP} - K \cdot \vec{I} + K_K (K_{OP} \cdot \vec{I}_{OP} + K \cdot \vec{I}) \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Всі складові правої частини рівнянь (3), за винятком поперечної складової зовнішнього магнітного поля  $\vec{B}_{3\perp}$ , направлені по одній осі, звідки випливає, що при точній орієнтації осі перетворення за напрямком зовнішнього магнітного поля та при  $\vec{B}_{3\perp} = 0$ , мають місце такі співвідношення:

$$\left. \begin{aligned} |\vec{B}_A| &= B_A = B_{3x} + K_{OP}(1 + K_K)I_{OP} + K(1 - K_K)I \\ |\vec{B}_B| &= B_B = B_{3x} + K_{OP}(1 + K_K)I_{OP} - K(1 - K_K)I \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

$$\text{з урахуванням (2):} \quad f = 2K_\gamma K(1 - K_K)I. \quad (5)$$

Рівняння (5) свідчить про відсутність впливу на роботу диференційного перетворювача зовнішнього магнітного поля, якщо його напрямок співпадає з віссю перетворення.

В загальному випадку, який має місце в реальних умовах,  $\vec{B}_{3\perp} \neq 0$ . В цьому випадку вихідна частота вимірювального перетворювача визначається виразом:

$$f = K_\gamma \left[ \sqrt{B_{3\perp}^2 + (B_{OX} + B_1)^2} - \sqrt{B_{3\perp}^2 + (B_{OX} - B_1)^2} \right] = \frac{4K_\gamma B_{OX} B_1}{\sqrt{B_{3\perp}^2 + (B_{OX} + B_1)^2} + \sqrt{B_{3\perp}^2 + (B_{OX} - B_1)^2}} = \quad (6)$$

$$= \frac{4K_\gamma K(1 - K_K) [B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP}] I}{\sqrt{B_{3\perp}^2 + [B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP} + K(1 - K_K) I]^2} + \sqrt{B_{3\perp}^2 + [B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP} - K(1 - K_K) I]^2}}.$$

При відносно великих значеннях модуля  $\vec{B}_{3\perp}$  співвідношення (3.7) доцільно вивести в формі:

$$f = \frac{4K_\gamma K(1 - K_K) [B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP}] I}{B_{3\perp} [a + b]}, \quad (7)$$

де

$$a = \sqrt{1 + \left( \frac{B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP} + K(1 - K_K) I}{B_{3\perp}} \right)^2},$$

$$b = \sqrt{1 + \left( \frac{B_{3X} + K_{OP}(1 + K_K) I_{OP} - K(1 - K_K) I}{B_{3\perp}} \right)^2}.$$

Порівнюючи (5) і (6,7) можна зробити висновок, що вплив поперечної складової індукції зовнішнього магнітного поля  $\vec{B}_{3\perp}$  на роботу диференційного квантового перетворювача є суттєвим і проявляється, крім прямого впливу  $|\vec{B}_{3\perp}|$  на коефіцієнт перетворення, також в появі залежності останнього від аксіальної складової зовнішнього магнітного поля  $B_{3X}$  і струму робочого режиму ІОП. Окрім цього, при  $B_{3\perp} \neq 0$  характеристика перетворення стає нелінійною.

В роботі приведені результати моделювання впливу реальних значень складових магнітного поля Землі на похибку перетворення струму в частоту.

1. Гаранюк І. П. Аналіз факторів впливу на динамічний діапазон зміни вхідного струму в диференційному перетворювачі на основі квантових магнітометричних давачів // Автоматика, вимірювання та керування. Вісник ДУ "Львівська політехніка", 1998.- № 356.-С.47-53.

2. Гаранюк І. П. Функціональні схеми квантових магнітометричних давачів на основі оптичної орієнтації атомів та їх аналіз // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць, -1999. -№ 3, С. 294 - 302.