

УДК 629.7.05

Д.М. Шостачук, к.т.н., доц.

С.В. Кур'ята, студ.

Житомирський державний технологічний університет

ЗАЛЕЖНІСТЬ НЕБАЛАНСУ НУЛЯ ФЕРОЗОНДІВ ВІД ЇХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

У статті розглянуто вплив електромагнітних (амплітуда та частота поля збудження) і конструктивних (довжина або діаметр осердя) параметрів ферозондових магнітометрів систем орієнтації штучних супутників Землі на величину небалансу нуля поблизу другої гармоніки вихідного сигналу. Подано рекомендації щодо покращення метрологічних та енергетичних характеристик ферозондових магнітометрів при проектуванні останніх.

В магнітометричних системах орієнтації ШСЗ перевага надається зазвичай саме ферозондовим магнітометрам (ферозондам), які об'єднують комплекс надзвичайно важливих властивостей: висока точність та надійність, низький поріг чутливості і, у зв'язку з цим, придатність для вимірювання дуже слабких магнітних полів, здатність працювати в широкому температурному діапазоні та при наявності електромагнітних перешкод, можливість одночасного вимірювання кількох компонент поля завдяки природній діаграмі спрямованості [1–3]. Особливо ефективним є застосування магнітних засобів керування в комбінованих системах, тобто у випадках сполучення в одній системі керування магнітних та “немагнітних” засобів, коли магнітні системи виконують окремі функції. Наприклад, в магнітно-маховикових системах магнітна підсистема легко забезпечує попереднє заспокоєння штучного супутника та розвантажування накопиченого кінетичного моменту, в той час як маховики здійснюють стабілізацію супутника в орбітальній або іншій довільній системі координат [4–7].

При проектуванні ферозондових магнітометрів систем орієнтації автором запропоновано використовувати методику, яка передбачає знаходження параметрів магнітометрів шляхом розв'язання задачі нелінійної оптимізації [8]:

$$\begin{cases} e_{f_2} = \frac{\alpha\beta}{\pi} \omega H_s s_{\Sigma} \cos(\omega t) \varepsilon \cos(2\omega t) I_2 \rightarrow \min; \\ P = \frac{H_m^2 l_k^2}{2w_1} \cdot \sqrt{\frac{256 \rho^2 b^2}{d_{11}^2} + \frac{\omega^2 \alpha^2 \beta^2 \mu_0^2 s_{\Sigma}^2}{\pi^2 l^2}} \cdot [I_0 + I_2]^2 \leq \text{const}_1; \\ G_2 = \frac{8\alpha\beta}{\pi^2 \cdot \mu_0} \omega s_{\Sigma} w_2 \cdot I_2 \leq \text{const}_2; \\ H_{m1} \cdot H_m \leq H_{m2}; \\ \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2; \\ l_1 \leq l \leq l_2. \end{cases}$$

$$I_0 = \int_0^{\pi} \frac{d\omega t}{1 + \beta^2 H_m^2 \sin^2(\omega t)},$$

$$I_2 = \int_0^{\pi} \frac{\cos(2\omega t)}{1 + \beta^2 H_m^2 \sin^2(\omega t)} \cdot d\omega t,$$

де e_{f_2} – ЕРС небалансу нуля ферозонда;

P – потужність споживання;

G_2 – коефіцієнт перетворення ферозонда за другою гармонією;

s_{Σ} – сумарна площа поперечного перерізу осердь ферозонда, для кільцевих осердь $s_{\Sigma} = 2 \cdot s$, s – площа поперечного перерізу осердя;

d_{11} – діаметр провoda обмотки збудження;

ρ – питомий опір обмотки збудження;

- b – ширина осердя;
- l_k – довжина обмотки збудження;
- w_1 – кількість витків обмотки збудження;
- w_2 – кількість витків вимірювальної обмотки;
- ω – частота поля збудження;
- α, β – коефіцієнти апроксимації середньої кривої намагнічування;
- H_m – амплітуда поля збудження;
- l – діаметр (довжина) осердя;
- μ_0 – відносна магнітна проникливість;
- ε – коефіцієнт небалансу;
- I_0 – нульова гармоніка диференційної магнітної проникливості;
- I_2 – друга гармоніка диференційної магнітної проникливості.

При цьому за критерій оптимізації береться ЕРС небалансу нуля поблизу другої гармоніки вихідного сигналу, яка обраховується за формулою:

$$e_{f2} = \frac{\alpha\beta}{\pi} \omega H_m s_{\Sigma} \cos(\omega t) \varepsilon \cos(2\omega t) \cdot \int_0^{\pi} \frac{\cos(2\omega t)}{1 + \beta^2 H_m^2 \sin^2(\omega t)} \cdot d\omega t,$$

а інші характеристики ферозондових магнітометрів (потужність та коефіцієнт перетворення) виступають в ролі функціональних обмежень. Діаметр або довжина осердя, амплітуда і частота поля збудження виступають в ролі функціональних обмежень, які обумовлені можливостями фізичної реалізації.

Оскільки параметри, що обчислюються, підлягають певним обмеженням, які обумовлені можливостями фізичної реалізації, то великий інтерес являє визначення впливу тих чи інших параметрів на величину небалансу нуля.

Дослідимо вплив електромагнітних (амплітуда та частота поля збудження) та конструктивних (довжина або діаметр осердя) параметрів ферозондових магнітометрів систем орієнтації штучних супутників Землі на величину небалансу нуля поблизу другої гармоніки вихідного сигналу. Для цього візьмемо похідну по двох обраних параметрах та побудуємо графіки залежності ЕРС небалансу нуля в залежності від третього параметра. Результати розрахунків зображені на рис. 1–3.

На рис. 1 зображені залежності величини небалансу нуля ферозонда від частоти поля збудження (X1). При цьому досліджується вплив амплітуди (X2) та довжини осердя (X3) на величину небалансу нуля.

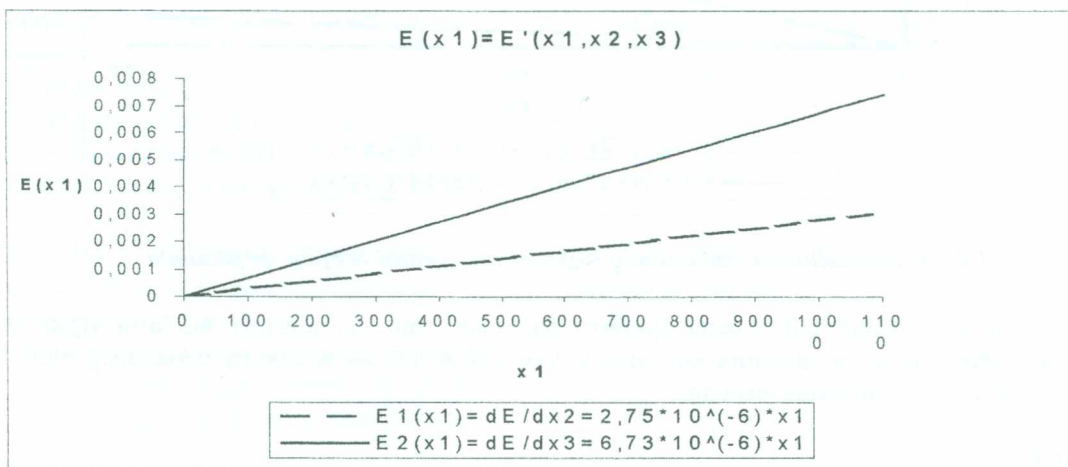


Рис. 1. Залежність небалансу нуля від частоти поля збудження

З наведених залежностей можна зробити висновок, що саме довжина осердя найбільш суттєво впливає на величину небалансу нуля при збільшенні частоти поля збудження.

На рис. 2. зображені залежності величини небалансу нуля ферозонда від амплітуди поля збудження (X2). При цьому досліджується вплив частоти (X1) та довжини осердя (X3) на величину небалансу нуля.

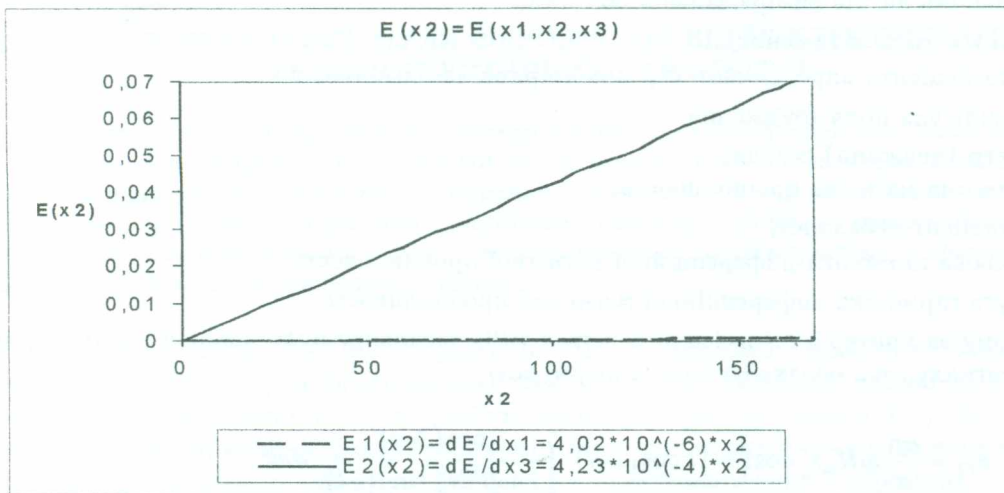


Рис. 2. Залежність небалансу нуля від амплітуди поля збудження

З наведених залежностей можна зробити висновок, що частота поля збудження майже не впливає на величину небалансу нуля при збільшенні амплітуди поля збудження, а найбільш суттєво впливає довжина осердя.

На рис. 3 зображені залежності величини небалансу нуля ферозонда від довжини осердя (X3). При цьому досліджується вплив частоти (X1) та амплітуди поля збудження (X2) на величину небалансу нуля.

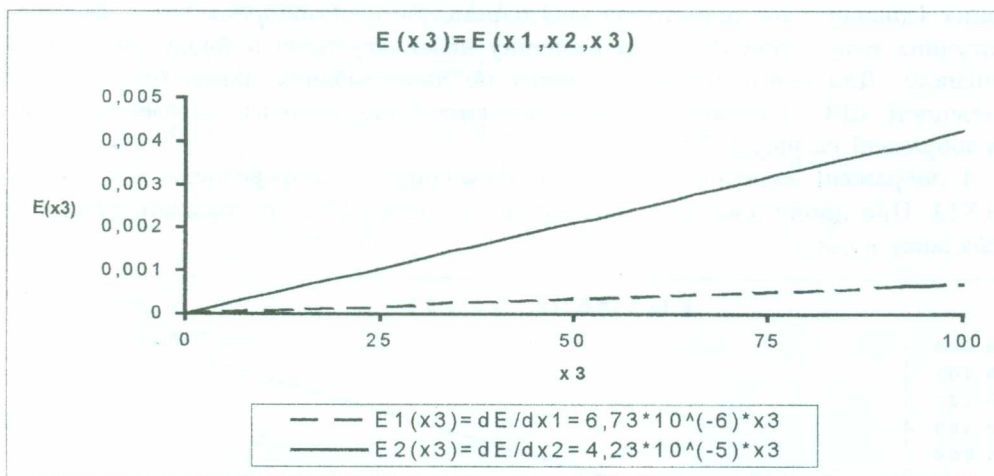


Рис. 3. Залежність небалансу нуля від довжини осердя ферозонда

З наведених залежностей можна зробити висновок, що, на відміну від амплітуди поля збудження, частота поля збудження має значно менший вплив на величину небалансу нуля при збільшенні амплітуди довжини осердя.

Висновки.

Досліджені залежності величини небалансу нуля ферозондових магнітометрів дозволяють зробити такі висновки.

При проектуванні ферозондів у випадку необхідності змінити амплітуду поля збудження можна в широких межах варіювати і частотою поля збудження. Останній параметр не буде суттєво впливати на величину небалансу нуля також при зміні довжини осердя. З одного боку,

для зміни величини небалансу нуля доцільно змінювати довжину осердя ферозонда та амплітуду поля збудження. Вплив довжини або діаметра осердя пояснюється тим, що при зростанні цього параметра збільшується кількість доменів, які змінюють свою орієнтацію під впливом поля збудження. З іншого боку, правильно розраховане значення амплітуди поля збудження забезпечує:

- а) перенасиченість осердя, що призводить до зменшення шумів;
- б) відповідність середньої кривої намагніченості реальному процесу перемагнічування осердя, що робить коректним застосування запропонованої в роботі [8] математичної моделі ферозондових магнітометрів систем орієнтації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Афанасьев Ю.В., Прищепо Вин.А., Порфиоров В.П., Прищепо Вл.А., Губанова Л.Н. Вектор – магнітометр // Измерительная техника. – 1977. – № 6. – С. 73–75.
2. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы. – Л.: Энергоатомиздат: Ленинградское отделение, 1986. – 188 с.
3. Магнітометрическая система определения ориентации космического аппарата / Н.В. Ефименко, А.В. Колотовкин, В.И. Трискало, К.В. Швеца // 5-а українська конференція з автоматичного управління “Автоматика – 98”: Праці. – Киев, 1998. – Ч. 2. – С. 50–59.
4. Самотокин Б.Б., Степанковский Ю.В. Некоторые замечания об алгоритмах работы моментного магнитопривода // Автоматика и приборостроение. – К.: Техніка, 1973. – С. 100–104.
5. Самотокин Б.Б. Непрерывно-импульсный способ разгрузки носителей кинетического момента // Аэрокосмический комплекс: конверсия и технологии. – Житомир: ЖИТИ, 1995. – С. 27–30.
6. Самотокин Б.Б., Мончаковский В.Ф., Шостачук Д.Н. Комплексное исполнительное устройство для системы ориентации ИСЗ // Гироскопия и навигация. – № 2, ЦНИИ “Электроприбор”. – 2-я Международная конференция молодых ученых. – С.-Петербург, 2000. – С. 117.
7. Самотокин Б.Б., Степанковский Ю.В. О работе моментного магнитопривода в режиме непрерывной разгрузки носителей кинетического момента // Известия ВУЗов СССР: Приборостроение. – 1974. – № 10. – С. 75–78.
8. Шостачук Д.М. Оптимізація магнітометричних систем орієнтації штучних супутників Землі: Дис. на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук. – Київ, 2003. – 145 с.

ШОСТАЧУК Дмитро Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп’ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- системи орієнтації штучних супутників Землі;
- методи оптимізації;
- математичне моделювання на ЕОМ.

КУР’ЯТА Світлана Валеріївна – студентка факультету інформаційно-комп’ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмування та алгоритмічні мови;
- математичне моделювання на ЕОМ;
- системи автоматичного керування.

Подано 30.10.2003