

УДК 621.391

Ю.Б. Гладь, к.т.н.; Н.Б. Гашин, к.т.н.; С.В.Гладь, к.т.н.; Н.Р.Крива
 (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КЕРУВАННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

Yu. Hlado, Ph.D; N. Gashchyn, Ph.D; S. Glado, Ph.D; N. Kryva

CONTROLLING THE POSITIONING OF THE ANTENNA SYSTEM

Актуальною проблемою є розробка структурно-функціональної схеми та алгоритму роботи сучасної системи позионування та наведення, що може бути застосована в антенній техніці.

Метою дослідження є створення комп'ютерної мікропроцесорної системи, що може працювати у польових умовах і забезпечуватиме необхідну точність визначення заданих напрямків у просторі для антенної системи та не потребуватиме додаткових давачів положення осей опорно-поворотного пристрою антени, а також знаходження залежностей для їх визначення через показники давачів магнітного поля та сили земного тяжіння.

Пропонована система складається з таких основних частин: жорсткої немагнітної платформи, на яку встановлені і жорстко закріплені, із забезпеченням їх просторової прив'язки до оптичної осі антени, тривісний акселерометр і магнітометр, системи GPS навігації, мікроконтролера для опрацювання даних всіх систем, а також апаратного інтерфейсу (WiFi, Bluetooth, RS485 чи іншого) для зв'язку із зовнішнім комп'ютером або модуля для роботи у стільниковій мережі.

Особливістю запропонованої системи позиціонування антени є наявність зв'язку із зовнішнім комп'ютером чи мережевою базою даних, яка для відомих координат системи GPS визначає зсув вектора магнітного поля, величина якого залежить від точки розміщення антени, змінюється із плином часу і постійно оновлюється у відповідних базах даних.

Величини, отримані із давачів поля земного тяжіння (акселерометра) і магнітного поля (магнітометра), показують істинне положення осі антени у просторі (рис. 1). За допомогою відомих матричних перетворень систем координат [1] здійснюється приведення отриманих результатів до горизонтальної площини і розрахунок дійсних координат напрямку антени.

Для суміщення зміщеної системи координат із нерухомою необхідно провести поворот системи координат $X_1Y_1Z_1$ відносно кожної із осей таким чином, щоб вектор земного прискорення, записаний у рухомій системі координат

$$G = \begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix}$$

колінеарно сумістився із віссю Z нерухомої системи координат. Поворот на вказані кути призведе зміщену систему до нерухомої і відповідні складові вектора магнітного поля у площині XOY нерухомої системи координат

дадуть змогу обчислити істинний магнітний азимут напрямку антенної системи.

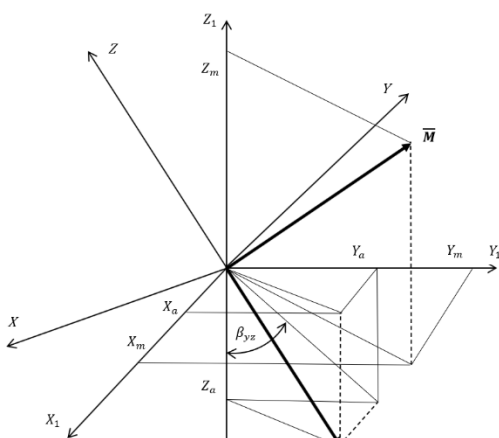


Рис. 1. Положення векторів G і M у просторі.

Із рис. 1 видно, що перший поворот необхідно виконати відносно осі OX_1 до суміщення проєкції вектора $\mathbf{G}$ із віссю Z_1 на кут β_{yz} . Після цього повороту вектор $\mathbf{G}$ лежатиме у площині XOZ . Другий поворот необхідно здійснити у цій площині відносно осі Y_1 до суміщення вектора $\mathbf{G}$ із віссю Z_1 на кут β_{xz} .

Вказані кути повороту обчислюються за формулами

$$\beta_{yz} = \arctan\left(\frac{Y_a}{Z_a}\right) \quad \beta_{xz} = \arcsin\left(\frac{X_a}{|G|}\right)$$

де модуль вектора $\mathbf{G}$ обчислюється за формулою

$$|G| = \sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}$$

Для визначення складових вектора магнітного поля у нерухомій системі координат здійснимо поворот цього вектора на знайдені кути за допомогою матричного перетворення виду

$$\mathbf{M}_R = \mathbf{T}_2 \times \mathbf{T}_1 \times \mathbf{M}$$

де $\mathbf{T}_2$ і $\mathbf{T}_1$ - відповідно, матриці повороту на кути β_{xz} і β_{yz} .

Матриці повороту мають вигляд

$$\mathbf{T}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\beta_{yz}) & \sin(\beta_{yz}) \\ 0 & -\sin(\beta_{yz}) & \cos(\beta_{yz}) \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_2 = \begin{bmatrix} \cos(\beta_{xz}) & 0 & \sin(\beta_{xz}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta_{xz}) & 0 & \cos(\beta_{xz}) \end{bmatrix}$$

Вектор-стовпець складових магнітного поля у зміщеній системі координат може бути записаний таким чином

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix}$$

Отриманий у результаті множення матриць вектор-стовпець $\mathbf{M}_R$ матиме відомі складові, орієнтовані у нерухомій системі координат

$$\mathbf{M}_R = \begin{bmatrix} M_{xR} \\ M_{yR} \\ M_{zR} \end{bmatrix}$$

Так як вказані складові магнітного поля M_{xR} і M_{yR} лежать у горизонтальній площині, то азимутальний кут осі антени, що направлений вздовж осі OX , визначиться за формулою

$$Az = \arctan\left(\frac{M_{yR}}{M_{xR}}\right)$$

Для підвищення точності вимірювань і стабільності результатів необхідно застосувати відомі прості методи цифрової фільтрації шумів (усереднення чи застосування певної віконної функції) до складніших, наприклад, метод Калмана [2, 3, 4].

Розроблена мікропроцесорна комп'ютерна система показала достатню точність вимірювання положення об'єкту і може бути застосована у польових умовах як для орієнтації опорно-поворотного пристрою антенної системи, так і для інших подібних систем - прожекторного освітлення, руху мобільних пристроїв, запису траєкторії руху механізму тощо.

Література

1. Gene H. Golub, Charles F. Van Loan. Matrix Computations. The Johns Hopkins University Press, 2013. Baltimore, 756 p.
2. Cho S.Y., Park C.G. Tilt compensation algorithm for 2-axis magnetic compass. Electronic Letters, 2003, vol. 39, no. 22, pp. 1589–1590.
3. Konvalin C. Compensating for Tilt, Hard-Iron, and Soft-Iron Effects, Sensors. 2009. Vol. 26. № 12. P. 2–10
4. O. Sytnyk, A. Honcharov, N. Raieviskyi. Compensation Of Destabilizing Factors Influence In The Process Of Determination Of The Earth Magnetic Field Components Using The Magnetometer Sensors, 2014. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/1686>