

ШЛЯХИ ОТРИМАННЯ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОРІЄНТАЦІЇ І СТАБІЛІЗАЦІЇ НАНОСУПУТНИКА

Явіся В.С., Лисенко О.І., Гетьман О.В.

Навчально науковий Інститут телекомунікаційних систем
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: yavisya42@gmail.com

WAYS OF RECEIVING SIGNALS OF CONTROL SYSTEM OF ORIENTATION AND NANOSATELLITE STABILIZATION

Methods of receiving control signals of executive bodies of systems of orientation and stabilization of spatial position of ultrasmall spacecraft are investigated. Traditional methods are evaluated in terms of the possibility of their practical implementation, as well as taking into account the limitations of weight and dimensions.

При знаходженні на орбіті наносупутник (НС) зазнає збурень, тому навіть у випадку забезпечення правильної орієнтації при виводі на орбіту, через якийсь час виникає необхідність керування його положенням. Для роботи системи стабілізації і орієнтації необхідно одержати сигнали керування. Таке завдання вирішується як правило за допомогою інерційних систем.

Інерція є найбільш універсальним фактором, що дозволяє створити прилади для реєстрації зміни швидкості тіл у просторі. Акселерометри або датчики прискорень дозволяють вимірювати проекцію на свою вісь чутливості прискорення тієї точки НС, де він установлений. Акселерометр реагує тільки на сили, що прикладаються за посередництвом НС. Якщо одна зі складових загальної сили, що визначає прискорений рух НС, обумовлена дією тяжіння, то відповідна їй складова прискорення не може бути виміряна акселерометром. Сили тяжіння діють однаково як на прилад, так і на НС і тому при відсутності інших сил за допомогою акселерометра не можуть бути виявлені.

Таким чином, при русі НС у полі тяжіння вимірюване акселерометром прискорення відрізняється від дійсного й тому одержало назву *гаданого прискорення*. Вимір гаданого прискорення дозволяє визначити дійсне положення НС щодо центру тяжіння за допомогою інтегрування навігаційного рівняння:

$$\frac{d^2 R}{dt^2} = \frac{dU}{dR} + a_k$$

де R – вектор положення центру маси НС щодо центру тяжіння; a_k – вектор гаданого прискорення центру маси НС; U – вектор-потенціал поля тяжіння.

Для керування необхідно знати три ортогональні складові вектори a_k , тобто мати три датчики, встановлені у центрі маси НС, із трьома взаємно перпендикулярними осями чутливості. Ці осі чутливості повинні бути

орієнтовані по тім осям координат, у яких заданий вектор R . Триєдр осей чутливості акселерометрів являє собою *осі вимірювальної системи*, а осі, у яких заданий вектор R – *інерційний координатний базис*, тобто базис, щодо якого відлічується абсолютне прискорення. Осі інерції (або осі форми) НС не збігаються з інерційним базисом, а обертаються щодо нього залежно від напрямку вектора швидкості центру маси НС. Отже, для керування за допомогою виміру гаданих прискорень або *інерційного керування* необхідно або сполучати осі вимірювальної системи з інерційним координатним базисом незалежно від руху НС, або в кожний момент часу знати взаємне розташування осей вимірювальної системи й інерційного базису. В останньому випадку складові вектора гаданого прискорення з осей вимірювальної системи повинні бути перепроєктовані на осі інерційного координатного базису. Найбільш вигідним розташуванням вимірювальної системи для другого з названих вище варіантів інерційного керування є сполучення її осей з осями форми НС [1].

Технічна реалізація методу інерційного керування можлива у двох варіантах. Перший – за допомогою пристроїв, які не обертаються разом із НС і, зберігаючи своє положення відносно інерційного базису, служать опорою для вимірювальної системи. Другий варіант – за допомогою пристроїв, які забезпечують обчислення параметрів, що визначають кути між осями вимірювальної системи й інерційного базису, а також проектування вимірюваних компонентів прискорення на осі цього базису.

Перший варіант вимагає наявності приладів, що фізично моделюють інерційний базис на борті НС, – гіростабілізованих платформ, другий – використання безплатформних інерційних систем (БІС).

Тривалий час створення БІС стримувалося внаслідок обмежених можливостей обчислювальних пристроїв, здатних у реальному часі вирішувати складні рівняння зв'язку двох координатних систем, у той час як рівень розвитку гіроприладобудування вже дозволяв створити високоточні тривісні платформи.

Зараз ситуація стала діаметрально протилежною. При реалізації платформових систем забезпечення необхідної надійності й збільшення точності виявилось пов'язаним зі значним ростом маси й габаритів платформ, негативною є і їх чутливість до великих перевантажень і кутів обертання, що характерно для НС. Тому БІС, завдяки наявності сьогодні високошвидкісних обчислювальних пристроїв у мініатюрному виконанні, займають лідируюче положення при створенні нових систем керування об'єктами, для яких є критичними ваго-габаритні показники таких систем [2].

БІС, як і будь-яка інерційна система керування НС, як правило, складається із двох підсистем, які, у свою чергу, іменуються навігаційною системою й системою стабілізації. Завдання навігаційної системи – визначити початкове положення НС і програму польоту. Завдання системи стабілізації – забезпечити керування таким чином, щоб виконати програму польоту з необхідною точністю. При автоматизації системи стабілізації насамперед вирішується завдання демпфірування коливань НС, що виникають при зміні програми польоту й дії зовнішніх збурень.

Теорія повністю автоматизованої системи стабілізації, як і будь-якої системи автоматичного керування, містить математичний опис руху НС, який розглядається як об'єкт керування. Центральним завданням цієї теорії є обґрунтування вибору законів керування, тобто співвідношень, що зв'язують різницю між вимірюваними поточними й програмними значеннями параметрів руху НС із командами на органі керування. Закони керування в сучасних системах стабілізації НС, крім забезпечення точності, стійкості й певного характеру перехідного процесу в системі, повинні надати можливість досягти екстремуму певних критеріїв.

У платформних системах фізично реалізуються кути між осями інерційного базису й осями вимірювальної системи. Ці кути безпосередньо і є параметрами керування, тобто функціями, що служать основою для одержання команди керування. У безплатформних системах стабілізації (БСС) зв'язок між інерційним і вимірювальним базисами виражається в процесі обчислень через параметри, які не можуть безпосередньо служити параметрами керування, тому теорія БСС містить методи одержання параметрів керування як функцій параметрів зв'язку, що обчислюються.

Специфіка БСС відносно математичного опису об'єкта стабілізації полягає в тому, що рівняння руху НС повинні бути записані через вимірювані датчиками параметри й через параметри зв'язку. Це спрощує замикання систем рівнянь стабілізації. І ще одна особливість теорії БСС – необхідність розробки методів синтезу алгоритмів, що забезпечують обчислення параметрів зв'язку в реальному часі, а також аналізу системи помилок, що супроводжують ці обчислення.

У цілому розробку БСС доцільно будувати таким чином, щоб незважаючи на її специфіку математичний опис окремих частин системи дозволив би при виборі закону керування використовувати ефективні й добре розроблені загальні методи теорії автоматичного керування й, зокрема, методи, які застосовуються в платформних системах. Саме для цього необхідно визначити метод, що дозволяє одержати сигнали керування, що забезпечують роботу виконавчих органів систем орієнтації й стабілізації положенням НС.

Тому при побудови системи стабілізації НС для одержання керуючої інформації доцільно використовувати системи з виміром лінійних прискорень і кутової швидкості

Література

1. Лисенко О.І., Явіся В.С. Аналіз методів отримання сигналів управління для систем орієнтації та стабілізації наносупутника // Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». – Херсон: Гельветика. – 2017. – Т. 28 (67), № 2. – С. 31-37.
2. Явіся В.С., Явіся Д.В. Аналіз способів отримання даних для систем керування положенням наносупутника // Чотирнадцята міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи телекомунікацій». Матеріали конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 285-288.