

УДК 621.7

В.О. Подліпаєв

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ СУПУТНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Наведена принципово нова система автономної навігації космічного апарату. Розглянуто використання рентгенівського випромінювання астрономічних об'єктів як джерел навігаційної інформації.

космічна навігаційна система, супутник, випромінювання астрономічних об'єктів

Вягуп

Постановка проблеми. Слідством стрімкого зростання високих технологій в технічній сфері і сфері інформації є значне збільшення числа різних задач, що покладаються на космічні апарати (КА), а

найголовніше — підвищення вимог до їх виконання: оперативність, надійність, точність і т.п. Провівши аналіз більшості задач і умов їх виконання, можна зробити

оперативність, надійність, точність і т.п. Провівши аналіз більшості задач і умов їх виконання, можна зробити однозначний висновок – сучасні КА повинні мати достатньо надійну і високоточну систему управління. Виходячи з цього, основною узагальною вимогою для виконання всіх задач є вимога точного визначення поточних навігаційних параметрів КА. Виконання даної вимоги зводиться до рішення так званих навігаційних задач [1, 2].

Аналіз літератури. Навігація КА може здійснюватися наступними методами:

– методом зовнішньо траєкторних вимірювань [4 - 6];

– методом використання супутникових радіонавігаційних систем [3, 7, 8];

– навігація по випромінюваннях радіотехнічних засобів, які створені не спеціально для цих цілей (радіотехнічні засоби локації, зв'язки, управління і інші) [1, 11];

– методом використання тіл Сонячної системи (Сонце, Місяць, Земля і т.д.) [1, 7];

– астронавігаційним методом [1, 9, 10].

Метод траєкторних вимірювань реалізується шляхом вимірювання поточних навігаційних параметрів КА за допомогою наземних траєкторних вимірювальних комплексів. При цьому визначаються параметри руху КА (кутова дальність, радіальна швидкість), потім, за допомогою різних математичних методів визначаються координати і швидкість супутника.

Аналізуючи даний метод по дотриманню вимог до точності визначення координат і швидкості КА, необхідно відзначити, що на точність впливає ряд чинників:

1. Чинники технічної реалізації методу:

– необхідно проводити якомога більше вимірювань, що спричиняє за собою ряд проблем. Якщо проводити вимірювання одним технічним засобом, то воно повинне бути багато параметричним. В зоні радіовидимості станції супутник може знаходитися обмежену кількість часу, що у свою чергу відображається на кількості вимірювань.

– для підвищення точності необхідно задіювати декілька траєкторно-вимірювальних комплексів, що рознесені на значні відстані, що для сучасного положення України є проблематичним в слідстві реалізації однопунктної системи управління КА.

2. Часові чинники:

– оперативність визначення параметрів руху КА не задовольняє сучасним вимогам управління супутником, від моменту вимірювання до моменту корекції параметрів орбіти проходить дуже велика кількість часу, що ускладнює виконання цільових задач, а у ряді випадків просто не допустимо.

Як видно з аналізу, приведений метод не відповідає вимогам глобальності і безперервності, а поняття автономності відсутнє.

Використання супутникових радіонавігаційних систем дозволяє забезпечити необхідні вимоги глобальності і безперервності. Цей метод заснований на використанні рівно розподілених в навколосферному просторі навігаційних КА. Параметри руху кожного з них постійно уточнюються і у будь-який момент часу відоме їх місцезнаходження. В полі видимості КА завжди знаходиться достатня кількість навігаційних супутників, які передають власні ефемериди, для визначення параметрів руху. Вимоги глобальності і безперервності виконані, а за наявності на борту відповідних розрахункових алгоритмів можна говорити про певний ступінь автономності. Проте на виконання перерахованих вимог дуже сильно впливає надійність роботи такого виду системи, адже дана система є штучною навігаційною системою і тому потребує постійної підтримки її працездатності. Також ця система схильна як до несанкціонованій, так і свідомій зміні відповідного робочого режиму або її виключенню. Україна вплинути на дану ситуацію не може.

Навігація по випромінюваннях радіотехнічних засобів, які створені не спеціально для цих цілей, також практично реалізовано. Маючи на борту бази даних про розташування і випромінюванні радіотехнічних засобів, які можна в даний момент використовувати як навігаційний орієнтир, і використовуючи відповідні математичні алгоритми, можливо вирішити задачу визначення параметрів руху КА. Проте характеристики радіотехнічних засобів можуть бути змінені або просто у момент прольоту супутника засобу можуть бути вимкнені. Мінливість атмосфери утрудняє процес розрахунку помилок. Все це збільшує ступінь залежності від чинників точності рішення навігаційної задачі.

Використання тіл Сонячної системи також можливо для визначення поточних навігаційних параметрів КА. Проте у зв'язку з взаємною динамікою КА і цих тіл балістичне розташування об'єктів, по яких здійснюється навігація і КА може бути незадовільним для вирішення поставленої задачі. Таким чином, не задовольняється вимога доступності у будь-який момент часу джерела навігаційної інформації, причому реалізація даного методу вимагає достатньо великих апаратних витрат на борту КА.

Використання зірок як джерел навігаційної інформації дозволяє виконати сучасні вимоги до навігації космічних апаратів, а характеристики зірок відповідають вимогам до навігаційних орієнтирів для точного визначення параметрів руху супутника.

Реалізовані системи астронавігації, що візують поле зірок, представляють собою складні оптико-електронні системи із значними обчислювальними і програмно-алгоритмічними ресурсами. Причому ці системи схильні “засліпленню” унаслідок випадкової орієнтації на Сонці або навмисного напрямку лазера. До того ж, системи, що використовують у яко-

сті показника ідентифікації характерний малюнок сузір'я, повинні мати в бортовій пам'яті величезну кількість інформації – карти зоряного неба.

Враховуючи задоволення всім необхідним вимогам, незважаючи на недоліки астронавігації з погляду апаратного нарощування бортового забезпечуючого комплексу, оптичної уразливості, доцільно зупинитися на виборі даного методу навігації, усунувши ці недоліки шляхом вибору нових характеристик зірок, а саме рентгенівського випромінювання.

Ціль статті – запропонувати принципово нову космічну навігаційну систему, в якій, у відмінності від звичних навігаційних супутників, роль орбітального угруповання навігаційних КА будуть грати зірки.

Постановка задачі і викладення матеріалів дослідження

Зірки, в даному випадку, будемо розглядати як рентгенівські пульсари з високостабільними сигналами.

Випромінювання зірок в різних діапазонах наведені на рис. 1.

В загальному вигляді розв'язується класична навігаційна задача.

Проте особливістю рішення задачі в даному випадку є використання як джерел навігаційної інформації рентгенівських пульсарів, що накладає ряд особливостей на алгоритми рішення навігаційної задачі, зокрема на вибір набору джерел, їх ідентифікацію, прийняття і обробку інформації, визначення поточних параметрів руху КА [1].

Кожний такий пульсар має свою унікальну дуже стабільну частоту проходження імпульсів (рис. 2), по якій їх можна ідентифікувати, а також визначити місцезонаштування на небі (рис. 3).

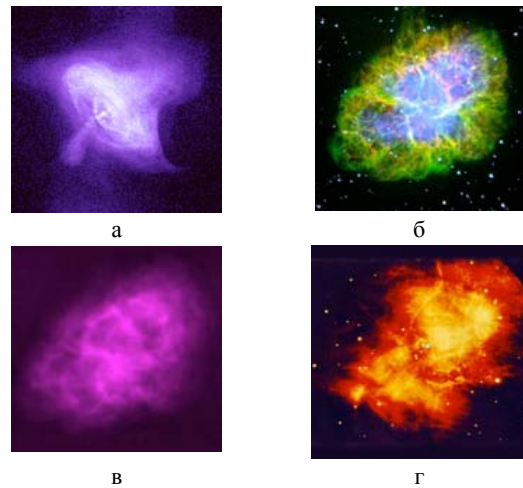


Рис. 1. Діапазони випромінювання зірок
а – рентгенівський;
б – оптичний;
в – радіо;
г – інфрачервоний

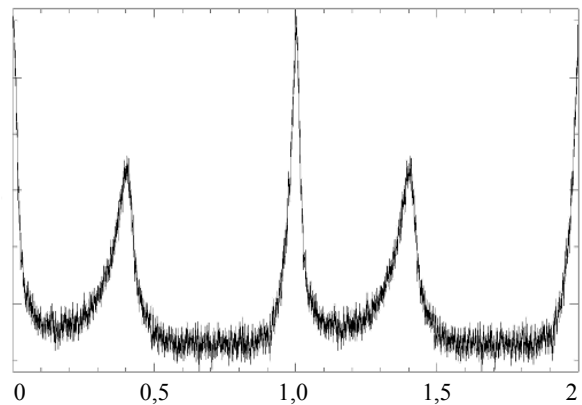


Рис. 2. Частота імпульсів зірок

Достатньо лише настроїтися на один з них, і супутник вже отримає потрібний орієнтир.

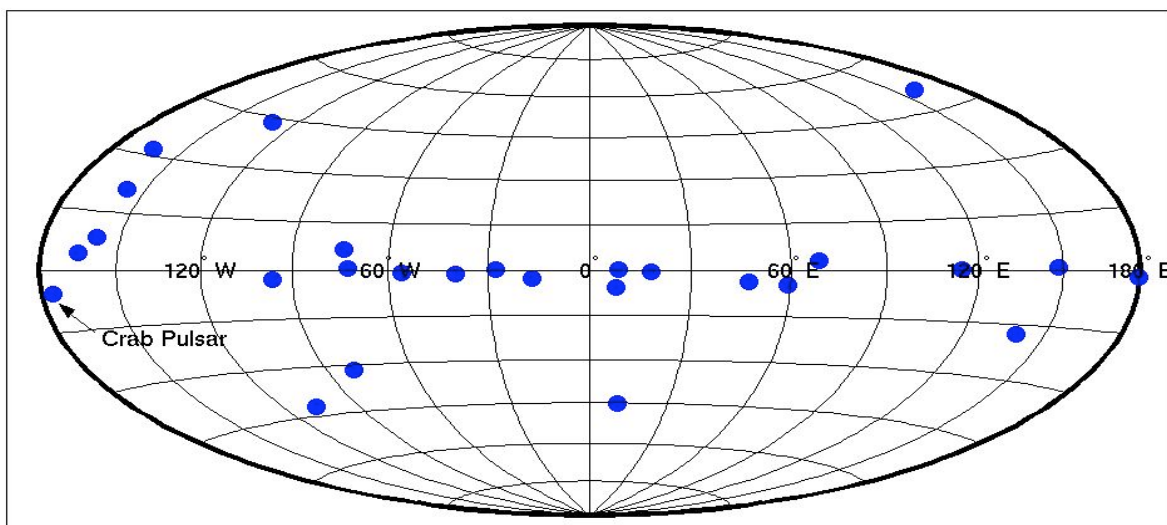


Рис. 3. Каталог місць розташування пульсарів

Для реальної роботи систем орієнтації потрібно буде відразу декілька таких пульсарів, що дозволить визначити позицію космічного апарату в просторі і його швидкість - способом, що нагадує подібні операції у разі GPS. Сигнали пульсара майже ідеально підходять для вирішення подібних задач, оскільки по точності легко можуть конкурувати з атомним годинником.

Висновки

У відмінності від відомої системи GPS, пропонується система значно підвищить надійність космічних систем. Однією з її переваг є те, що вона дозволить вирішити проблему втрати точності Gps-приймача унаслідок геометричного чинника.

Дана система дозволить вирішити навігаційні задачі КА на різних орбітах (низьких навколосеземних, геосінхронних, з великим ексцентриситетом). А оскільки рентгенівські пульсари розташовані дуже далеко, навігація по них може з успіхом застосовуватися не тільки поблизу Землі, але і по всій Сонячній системі, і навіть – на пристойній відстані за її межами, що може бути використано для навігації міжпланетних КА.

Використання астронавігації для КА відоме давно, але на відміну від “зоряних датчиків”, які використовуються на КА і вимагають великих апаратно-програмних витрат на борту, використання апаратури детекторів рентгенівського випромінювання дозволить вирішити ці проблеми.

Детектори рентгенівського випромінювання відносно легкі у виготовленні і мають невелику вагу. Рентгенівські і гамма-кванти дозволяють можливо реєструвати „поштучно”, з точною вказівкою часу реєстрації. В даній системі планується використовувати їх також для контролю годинника.

Дана система навігації за рахунок природного характеру джерела навігаційної інформації, буде грати велику роль для забезпечення безпеки КА, особливо військових і супутників подвійного призначення, для яких критерій надійності дуже високий, оскільки вони перестають залежати від працездатності системи GPS. Адже потенційний супротивник, може вивести з ладу супутники GPS, знищити їх, або блокувати чи імітувати послані ними радіосигнали.

Дії такого роду можуть послужити причиною сходу КА з орбіти, небажаного зближення або зіткнення з іншим супутником.

До того ж рентгенівські датчики не засліплюються лазерами (які могли б бути направлені зловмисно) або при випадковому напрямі на Сонці, на відміну від систем навігації з камерами видимого діапазону, що використовують звичайне світло зірок, для їх відстеження, і наводяться, наприклад, по характерному малюнку сузір'їв.

Однією з основних мотивацій створення подібної системи послужило необхідність забезпечення автономної навігації КА незалежної від існуючих радіонавігаційних систем, причому з достатньою точністю визначення параметрів руху супутника. Незалежність досягається шляхом використання астрономічних джерел рентгенівського випромінювання як природних пасивних джерел навігаційної інформації. Автономність забезпечується реалізацією всіх навігаційних алгоритмів на борту КА. Таким чином, без залучення наземних технічних засобів буде виробляється вибір оптимального розташування рентгенівських пульсарів, їх ідентифікація і прийом навігаційної інформації, її обробка і визначення параметрів руху супутника. Сучасна обчислювальна техніка і методи обробки навігаційної інформації дозволяють прорахувати приведені алгоритми в реальному масштабі часу, що дає підставу рахувати дану систему системою миттєвої навігації і орієнтації.

Список літератури

1. Анучин О.Н., Комарова И.Э., Порфирьев Л.Ф. *Бортовые системы навигации и ориентации искусственных спутников Земли* СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2004. – 326 с.
2. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. *Баллистика и навигация космических аппаратов. – Серия: Авиация и космонавтика. – Издательство: Дрофа, 2004. – 544 с.*
3. Верещак А.П., Пискорж В.В., Жалило А.А., Литвинов В.А., Волох К.Ф. *Концепция создания системы навигационного обеспечения Украины // Космична наука і технологія. – 1998. – № 5/6. – С. 46-55.*
4. Жданюк Б.Ф. *Основы статистической обработки траекторных измерений. – М.: Сов. радио, 1978. – 350 с.*
5. *Космические траекторные измерения. Радиотехнические методы измерений и математическая обработка данных / Под ред. П.А. Агаджанова, В.Е. Дулевича, А.А. Коростелева. – М.: Сов. радио, 1969. – 504 с.*
6. Брандин В.Н., Разоренов Г.Н. *Определение траекторий космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.*
7. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П. и др. *Сетевые спутниковые радионавигационные системы. – М.: Радио и связь, 1993. – 408 с.*
8. *Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина. – 2-е изд. – М.: ИПРЖ, 1999. – 560 с.*
9. *Аналитические оценки точности автономных методов определения орбит / Л.Ф. Порфирьев, В.В. Смирнов, В.И. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.*
10. Кочетков В.И. *Системы астрономической ориентации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1980. – 144 с.*
11. Русаков А.А. *Бортовые автономные навигационные системы искусственных спутников Земли // Зарубежная радиоэлектроника. – 1977. – № 8. – С. 67-82.*

Надійшла до редколегії 10.04.2007

Рецензент: д-р техн. наук, старший науковий співробітник Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.