



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31413 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B64G 1/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ УСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ НИЗЬКООРБІТАЛЬНИМ КОСМІЧНИМ АПАРАТОМ З СУПУТНИКОМ-РЕТРАНСЛЯТОРОМ

1

2

(21) u200712729

(22) 16.11.2007

(24) 10.04.2008

(46) 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 рік

(72) ЗАГОРУЛЬКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ,  
UA, ЗАСУХА СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, БОГО-  
МЬЯ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA, ОЖІНСЬКИЙ  
ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, UA(73) ЗАГОРУЛЬКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ,  
UA(57) Спосіб установлення зв'язку  
низькоорбітальним космічним апаратом (КА) з  
супутником-ретранслятором, який полягає в тому,

що за поточними даними про рух  
низькоорбітального КА, які формуються  
автономною системою навігації, та просторовими  
(координатними) даними супутника-ретранслятора  
(СР), заздалегідь записаними в бортовий  
запам'ятовуючий пристрій, система керування  
антенними системами обраховує кути напряму на  
СР та здійснює наведення антенних систем КА на  
СР, який **відрізняється** тим, що використовуються  
поточні параметри руху КА, які формуються  
автономною системою навігації, та просторові  
(координатні) дані супутника-ретранслятора.

Корисна модель відноситься до галузі систем управління, зокрема, до радіотехнічних методів управління бортовою апаратурою космічних апаратів (КА) і може бути використана в системах управління антенними системами вітчизняних космічних апаратів, які знаходяться на низьких орбітах.

Відомий спосіб установлення зв'язку низькоорбітальними космічними апаратами з супутником-ретранслятором чи наземною станцією управління - програмний, коли параметри руху КА апріорно відомі. Це дозволяє завчасно обраховувати траєкторію руху КА, спрогнозувати закон зміни кутових координат за часом та записати їх в бортовий запам'ятовуючий пристрій, управляючі сигнали якого відпрацьовуються антенними системами для їх наведення на об'єкт в потрібний час на основі апріорних даних про рух КА. Недоліком відомого способу, є низька точність прогнозування та визначення місцезнаходження КА, особливо в умовах однопунктної технології, що приводить до додаткового використання енергетичного, інформаційного та технічного ресурсу, а також до необхідності періодично записувати в бортовий запам'ятовуючий пристрій управляючі сигнали для наведення антенних систем, що збільшує обсяг інформації в напрямку "Земля-борт" [3, 5].

Відомий також спосіб, при якому на низькоорбітальних космічних апаратах встановлюють нерухомі антенні системи без систем їх управління [1, 2].

Недоліками даного способу є досить широка діаграма спрямованості бортових антенних пристроїв, що значно погіршує енергетичний потенціал радіолінії та потребує значного підвищення потужності передаючих пристроїв.

Найбільш близьким до пропонованого технічним рішенням, обраним як прототип, є програмний спосіб установлення зв'язку з супутником-ретранслятором [1, 2, 4].

В основу корисної моделі покладено завдання створити спосіб установлення зв'язку з супутником-ретранслятором, який шляхом введення в пристрій наведення антенних систем низькоорбітальних КА просторових (координатних) складових супутника-ретранслятора та поточних параметрів руху КА, сформованих автономною системою навігації, дав можливість забезпечити установлення надійного зв'язку КА з супутником-ретранслятором.

Для рішення поставленого завдання у способі установлення зв'язку низькоорбітальним КА з супутником-ретранслятором, який полягає в тому, що за поточними даними про рух низькоорбітального КА, які формуються автономною системою навігації (АН), та

(13) U  
(11) 31413  
(19) UA

просторовими (координатними) даними супутника-ретранслятора (СР), заздалегідь записаними в бортовий запам'ятовуючий пристрій, система керування антенними системами обраховує кути напряму на СР та здійснює наведення антенних систем КА на СР, який відрізняється тим, що використовуються поточні параметри руху КА, які формуються автономною системою навігації та просторові (координатні) дані супутника-ретранслятора.

Суть запропонованої корисної моделі полягає у наступному: зараз в закордонній та вітчизняній практиці побудови бортового обладнання КА широке застосування знаходять автономні системи навігації (АЧН), які використовують сигнали глобальних космічних навігаційних систем «Глонасс» та GPS. При цьому перевагу мають ті, які використовують сигнали обох систем: при пропаданні сигналів якої не будь навігаційної системи або неможливості її використання вони автоматично продовжують роботу по іншій космічній навігаційній системі [6].

Вихідною інформацією АЧН є:

- поточні координати КА (в Гринвіцькій системі координат)  $x_i, y_i, z_i$ ,
- складові вектору швидкості  $Vx_i, Vy_i, Vz_i$ ,
- поточні значення часу (UTC).

В той же час для ретрансляції сигналів з низькоорбітальних космічних апаратів на наземні пункти прийому широке використання знаходять супутники-ретранслятори, що знаходяться на геостационарних орбітах [1, 2].

За поточними даними АЧН та просторовими (координатними) даними супутника-ретранслятора бортовим обчислювальним пристроєм проводиться розрахунок кутів напряму на супутник-ретранслятор, особливістю якого є те, що його координати в Гринвіцькій системі координат є практично незмінними з плином часу.

$$M = \begin{bmatrix} \cos u \cos \Omega - \cos i \sin u \sin \Omega & \cos u \sin \Omega + \cos i \sin u \cos \Omega & \sin u \sin i \\ -\sin u \cos \Omega - \cos i \cos u \sin \Omega & -\sin u \sin \Omega + \cos i \cos u \cos \Omega & \sin i \cos u \\ \sin i \sin \Omega & -\sin i \cos \Omega & \cos i \end{bmatrix}$$

Далі проводиться розрахунок параметрів наведення антени на супутник-ретранслятор (чи наземну прийомну станцію).

Азимут відраховується в площині YOZ орбітальної системи координат від позитивного напрямку осі OY та змінюється від 0 до 360 градусів:

$$A = A = \begin{cases} \arctg\left(-\frac{PZ_0}{PY_0}\right) & \text{при } PY_0 > 0, PZ_0 < 0 \\ \arctg\left(-\frac{PZ_0}{PY_0}\right) + 180^\circ & \text{при } PY_0 < 0 \\ \arctg\left(-\frac{PZ_0}{PY_0}\right) + 360^\circ & \text{при } PY_0 > 0, PZ_0 > 0 \end{cases}$$

Кут місця відраховується від площини YOZ (позитивним вважається відлік кута в бік позитивного напрямку осі OX):

Ефективність вибраної системи координат повинна бути направлена на досягнення максимальної швидкодії при рішенні задачі бортовою ЕОМ з необхідною точністю. Враховуючи те, що автономною системою навігації поточні координати КА формуються в Гринвіцькій системі координат, всі розрахунки необхідно провести для орбітальної системи координат.

Нехай координати супутника-ретранслятору (або іншого нерухомого приймального пристрою)  $x_0, y_0, z_0$ . Тоді відстань між ним та низькоорбітальним космічним апаратом (КА) буде:

$$R = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2 + (z_0 - z_i)^2}$$

Проводиться розрахунок координат супутника-ретранслятора в орбітальній системі координат (ОСК), яка вводиться наступним чином: початок системи відліку співпадає з центром мас КА, вісь OX направлена по радіусу-вектору супутника (проведеному із центру Землі), вісь OY паралельна трансверсальній складовій швидкості, вісь OZ доповнює систему до правої. Для визначення складових в ОСК необхідно послідовно виконати повороти на кути  $\Omega$  (пряме сходження висхідного вузла орбіти),  $I$  (нахилення орбіти),  $U$  (аргумент широти супутника). Для подальших розрахунків складові швидкості в ОСК не використовуються. Координатні складові

вектора  $\vec{P}_0 = (X_0, Y_0, Z_0, Vx_0, Vy_0, Vz_0)^T$  в ОСК визначаються наступним чином [7]:

$$\begin{bmatrix} PX_0 \\ PY_0 \\ PZ_0 \end{bmatrix} = M \cdot \begin{bmatrix} X_a - KX_a \\ Y_a - KY_a \\ Z_a - KZ_a \end{bmatrix}, \text{ де:}$$

$M$  - матриця переходу, яка розраховується по формулам:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{PX_0}{\sqrt{PY_0^2 + PZ_0^2}}\right)$$

При наведенні антени КА на супутник-ретранслятор кут  $\gamma$  завжди буде позитивним.

Реалізація запропонованої корисної моделі дозволяє забезпечити установлення надійного зв'язку космічним апаратом з супутником-ретранслятором в заданому взаємно зонию радіоогляду просторі з більшою, ніж у відомому способі управління точністю при спрощенні процедури технічної реалізації та приблизно в двічі скоротити обсяг інформації, що передається на борт КА. Алгоритм роботи бортової системи управління антенними системами КА для запропонованого способу представлений на фіг. 1.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Космические радиотехнические комплексы / Под общ. редакцией Г.В.Стогова - М.: МО СССР, 1986 -626с.

2. Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил. Навчальний посібник /за ред. В.І.Ткаченка - Х.: ХВУ, 2001 - 192с. Глазов Б.И. Автоматизация управления средствами и частями полигонных и космических комплексов - М.: МО СССР, 1988 - 326с.

4. Організація системи управління космічними засобами в умовах однопунктної технології / С.Т.Черепков, В.І.Богомья, О.М.Загорулько, С.Д.Ставицький: Навчальний посібник, - К.: НАОУ, 2005. -57с.

5. Загорулько А.Н. Особенности программных способов управления космическими аппаратами при однопунктной технологии. // Моделирование та інформаційні технології: Збірник, наукових, праць.- Х.: НАНУ, Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є. Пухова. - 2005, - Вип. 32. - С.80-87.

6. Ефимов С.К., Нестерович А.Г., Яковченко А.И. Аппаратура спутниковой навигации КА «Січ-1 М» и «Микроспутник. // Космічна наука і технологія. - 2001. - Т.7, №4. -С.114-116.

7. Охоцимский Д.Є., Сіхарулідзе Ю.Г. "Основы механики космического полёту" - М.: Наука, 1990.

