

НАНОСУПУТНИКОВІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Явіся В.С.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: yavisya@bigmir.net

Nanosatellite navigation systems

The quality of the operation of satellite navigation systems determines the safety of the movement of surface and aircraft. Disabling or coding the signals of such systems can lead to disastrous consequences. To increase the level of independence from global navigation systems, it is proposed to use the grouping of nanosatellites.

Останнім часом задача визначення місцезнаходження будь яких об'єктів вирішується завдяки супутниковим навігаційним системам. Без їхнього існування неможливо гарантувати безпеку руху надводних та повітряних суден. Значного поширення набувають послуги, які дозволяють відстежувати переміщення вантажів, стежити за транспортними засобами. Навігаційні додатки в мобільних пристроях значно спрощують пошук об'єктів за адресою, дозволяють прокладати оптимальні маршрути до пунктів призначення. Від якості функціонування навігаційних систем наряду залежить не лише безпека, але і якість та комфортність життя сучасної людини.

Забезпечити стабільну роботу навігаційних систем, підвищити їх точність та надійність можливо при реалізації одного з аспектів процесів глобалізації світової економіки, що складається в поетапному створенні до 2025 року світової аеронавігаційної системи відповідно до Глобальної експлуатаційної концепції Міжнародної організації цивільної авіації ICAO (International Civil Aviation Organization). При цьому передбачається, що Росія й США, будучи глобальними гравцями, здійнять інтеграцію своїх аеронавігаційних систем у світову, що припускає перехід до перспективної техніки й технологій концепції CNS/ATM (Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management – зв'язок, навігація, спостереження/організація повітряного руху) [1].

Вимоги CNS/ATM орієнтовані на використання на всіх етапах польоту повітряних судів Глобальних навігаційних супутникових систем GNSS (Global Navigation Satellites System) с поступовим усуненням потреби в наземних засобах [2].

Системи аеронавігації GNSS (GPS, ГЛОНАСС й ін.) дозволяють визначати координати об'єктів на великих територіях з високою точністю. Їх можливості значно ширше, ніж у систем на базі наземних засобів. Однак застосування супутникової навігації GNSS, як єдиного засобу одержання аеронавігаційної інформації, несе в собі значні ризики, що може відбитися на безпеці польотів, стабільності перевезень, а також роботі телекомунікаційних

мереж, що базуються на безпілотних літальних апаратах. До основного із цих ризиків можна віднести наступні [3]:

- у силу енергетичної слабості прийнятих навігаційних сигналів абонентські термінали GNSS уразливі для постановників активних радіоперешкод, як навмисних, так і ненавмисних;

- монополізація володінням GNSS (GPS, ГЛОНАСС – військові відомства) не виключає того, що доступна точність навігаційних показників може бути навмисно погіршена, навігаційні сигнали можуть бути закодовані або навіть відключені при зміні міжнародної обстановки;

- внаслідок глобального характеру GNSS локальний вплив на окремі елементи систем (космічні апарати, наземні пункти керування й ін.) здатний унеможливити використання авіації й систем керування повітряним рухом у значній частині земної кулі.

Для нейтралізації можливих негативних наслідків необхідна наявність альтернативних GNSS засобів, які можуть бути використані у якості основних, додаткових або резервних.

При цьому, з урахуванням положень CNS/ATM, вони повинні відповідати наступним основним вимогам [2]:

- володіти аналогічними з GNSS функціональними можливостями по забезпеченню навігації;

- точність визначення місця розташування повинна бути не гірше, ніж у систем, побудованих на базі GNSS;

- бути повністю незалежними від даних GNSS;

- забезпечувати можливість інтеграції з перспективними системами на базі GNSS для поліпшення показників точності, цілісності, безперервності й експлуатаційної готовності в різних територіальних районах.

На 12-й Аеронавігаційній конференції ICAO (Монреаль, Канада) було заявлено про необхідність створення альтернативних стосовно GNSS наземних засобів аеронавігації. Однак у цей час, на ринку системи такого класу поки не представлені.

Значне зниження впливу зазначених негативних факторів досягається шляхом реалізації ряду дій, що включають застосування [3]:

- комплексу спеціально розроблених алгоритмів, що базуються на нових комбінованих способах визначення просторових координат у багатопозиційних системах;

- спеціальних методів синхронізації системи без використання модулів атомного еталону часу й координат GNSS;

- оптимального просторового конфігурування радіомаяків;

- складних сигналів із заданими індивідуальними ознаками;

- сучасної електронної компонентної бази, що забезпечує мінімізацію ваги габаритних характеристик устаткування й високу обчислювальну потужність;

- технології створення бортових багатфункціональних приймачів, сполучених з обладнанням GNSS, що дозволяє звести до мінімуму обсяг

необхідних конструктивних доробок на борту повітряних суден, а в деяких випадках забезпечити їх повну відсутність.

Наземні засоби аеронавігації, будучи альтернативою системам GNSS, все ж таки не зможуть виконувати свої функції в умовах потужних радіоперешкод. Крім того їх ефективне застосування є обмеженим деякою просторовою областю.

Для переважної більшості країн світу реальною загрозою залишається втрата навігаційних сигналів у випадку їхнього відключення або кодування відповідними монополістами GNSS (наприклад GPS, ГЛОНАСС).

Очевидно, що в даній ситуації залишитися незалежним від GNSS можна при розгортанні власної навігаційної системи. Така можливість з'являється, коли мова йде про використання угруповання наносупутників (НС). Завдяки їх відносно невисокій вартості створення й виводу на орбіту, кількість елементів такої системи може бути досить великою, що за умови забезпечення синхронізації випромінюваних сигналів дозволить створити їх достатній енергетичний рівень на вході приймача, навіть в умовах застосування активних навмисних радіоперешкод.

У складній, стосовно наявності перешкод, обстановці, за умови використання спрямованих антен на борту НС, значно збільшити енергетику навігаційних сигналів у заданій області також можливо шляхом рішення завдання забезпечення необхідного керованого просторового положення НС.

У більшості випадків НС не можуть змінювати своє положення в просторі, що пов'язано із ваго-габаритними обмеженнями, які змушують відмовитися від оснащення НС системами стабілізації й орієнтації.

Традиційно для розв'язку завдання орієнтації й стабілізації застосовуються два методи [4]: пасивний і активний. Хоча пасивний метод не вимагає витрат енергії, що запасається на борті супутника, лише активні методи здатні забезпечити зміну орієнтації впродовж коротких інтервалів часу.

Активні методи стабілізації бувають трьох типів: стабілізація за допомогою двигунів-маховиків; стабілізація за допомогою моментного магнітоприводу; система стабілізації з реактивними двигунами.

Основною перевагою систем стабілізації за допомогою двигунів-маховиків і моментного магнітоприводу є те, що вони не вимагають наявності на борті запасів палива.

При використанні двигунів-маховиків система при незначному енергоспоживанні показує досить високу ефективність і швидкодію. Основним недоліком є те, що після закінчення орієнтації необхідно підтримувати швидкість обертання маховиків на заданому значенні. При відсутності достатнього запасу електроенергії (при знаходженні НС у тіні) ресурсу акумуляторів може виявитися недостатньо для забезпечення роботи електродвигунів, що у свою чергу викличе втрату орієнтації [4].

Явною перевагою системи на магнітних виконавчих органах є зручність розташування її елементів у корпусі НС. Крім того, по закінченню орієнтації й стабілізації, система не вимагає додаткових енерговитрат.

Недоліками такої системи є відносно мала величина керуючих моментів, а також те, що без залучення додаткового керуючого пристрою іншого виду моментний магнітопривід не в змозі забезпечити тривісну орієнтацію НС у просторі [4].

Реактивні двигуни мають загальний недолік: обмежений час функціонування у зв'язку з розходом робочого тіла. Сам принцип ежекції маси приводить до необхідності створення її резерву, що підвищує вагу НС при запуску.

Альтернативою реактивним двигунам є використання іонних двигунів, основною гідністю яких вважається економічність. Іони мають швидкість на порядок вище швидкості витікання газів з ракетного двигуна, тому для зміни швидкості НС на задану величину їм потрібно на порядок менше палива.

На даний час розроблені спеціальні надкомпактні іонні двигуни для корекції орбіти НС. Запас палива, або іншими словами реактивна маса, буде зберігатися безпосередньо усередині двигуна в рідкому виді й виходити назовні через мікроскопічний отвір, де її частки іонізуються й прискорюються електричним полем [5]. Виходячи із заявлених в [5] характеристик, можна оцінити ефективність керування НС та зробити висновок, що їх можливості практично збігаються з можливостями системи, що використовує моментний магнітопривід [4].

Системи орієнтації на двигунах-маховиках і магнітних виконавчих органах не дозволяють здійснювати зміну орбіти НС, тому найбільш доцільним буде використання комбінованої системи, що складається з магнітних котушок, які дозволяють вирішувати завдання стабілізації й орієнтації, а також іонних двигунів, які будуть задіяні, в основному, для зміни орбіти НС, що дозволить значно збільшити їхній термін служби.

Таким чином, розгортання власної навігаційної системи, що базується на угрупованні НС із запропонованою комбінованою системою управління, за умови рішення завдань синхронізації випромінюваних сигналів, орієнтації й стабілізації просторового положення НС із необхідною точністю, дозволить підвищити незалежність України в сфері аеронавігації.

Література

1. Doc. 9750-AN/963. Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM. – Изд. 2-е. – Монреаль: ICAO, 2002.
2. Системы CNS/ATM: учеб. пособие / Сост. В.А. Казаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2008. – 103 с.
3. Кузьминский А.В. Вопросы создания новых систем аэронавигации // Мобильные телекоммуникации – № 2 – М.: «Профи-Пресс», 2014. – С. 10-11.
4. Явися В.С. Способы управления пространственным положением наноспутника // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій». Матеріали конференції. – К.: НТУУ «КПІ». – 2016. – С. 507-510.
5. Васильков А. Крошечный ионный двигатель будет корректировать орбиты наноспутников /Электронный ресурс/ <http://www.computerra.ru/37296/37296/>.