

УДК 621.3

Є.І. Махонін

Національне космічне агентство України, Київ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НАЗЕМНОЮ РАДІОТЕХНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ РЕАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Проведена оцінка ефективності теоретичного й практичного використання макета радіотехнічної системи (РТС) однопунктного управління космічними апаратами (КА) й ідентифікації космічних об'єктів (КО) виявила особливості практичної реалізації на наявній базі з урахуванням розроблених науково-технічних пропозицій. Запропоновані реалізації отриманих результатів при цьому можуть використовуватися в системах радіолокації, передачі інформації, контролю космічного простору, навігації.

Ключові слова: радіотехнічні системи, ідентифікація.

Вступ

Частина експериментальних досліджень, присвячених використанню РТС "Квант-Д" у задачах ідентифікації КА, була пов'язана з визначенням характеру відходу частоти неконтрольованого випромінювання. Природно припустити, що в ідентифікованого КА відхід частоти неконтрольованих випромінювань, обумовлених нестабільністю задаючого генератора має фіксовані характеристики. Визначення цих характеристик дає можливість відповісти на запитання – належить КА до знову запущеного або до функціонуючим на орбіті досить тривалий час. У сукупності з даними про номінал частот неконтрольованого випромінювання зазначені результати дозволяють із досить високою вірогідністю визначити тип КА та задачі, які ним розв'язуються [1 – 3].

Основний розділ

Експерименти проводилися на протязі 2003...2010 років по КА типу "Січ-1" і "Січ-1М". Для експериментів були відведені 25 сеансів по КА "Січ-1" і 9 сеансів по КА "Січ-1М". Слід зазначити, що незважаючи на достатню кількість сеансів по КА "Січ-1" якісні дані вдалося одержати всього лише на 5 останніх сеансах. Даний результат обумовлений значними організаційними труднощами, а також варіюванням у широких межах складом апаратури і її характеристиками налаштування на початкових стадіях роботи. Так, наприклад, тільки на 5 сеансі виявилось, що один із квантових параметричних підсилювачів не підходить для ідентифікації, тому що в його смугу попадає неконтрольоване випромінювання станції ППО, розташованої в 7 км від РТС "Квант-Д".

Вимога по придушенню неконтрольованого випромінювання – 25...30дБ. Тому, незважаючи на істотне видалення КА прийнятий сигнал добре контролювався. Співвідношення сигнал/шум у смузі 1 Гц рівнялося 37...42 дБ. Реєстрація значень частоти по неузгодженості: фази вхідного сигналу й опорно-

го коливання водневого стандарту "Чайка" проводилася в вузькосмуговому приймачі.

Так як існувала невизначеність щодо номіналу частоти Доплера, то для прийому використовувався блок кварцових фільтрів.

Розглянуті результати й ряд інших даних були використані для визначення й порівняння параметрів законів зміни частот. Докладний аналіз даних і застосування до них різноманітних способів опису й екстраполяції, описаних у другому розділі, дозволив зробити висновок про можливість ідентифікації КА по вимірах неконтрольованих випромінювань. Необхідно підкреслити, що для інтерпретації отриманих результатів поки не потрібен був весь арсенал сучасних засобів аналізу й фільтрації часових рядів [4]. Виявилось, що отримані значення добре апроксимуються авторегресивною моделлю із змінним середнім. Коефіцієнти цієї моделі визначалися рекурентним варіантом методу найменших квадратів (рис. 1).

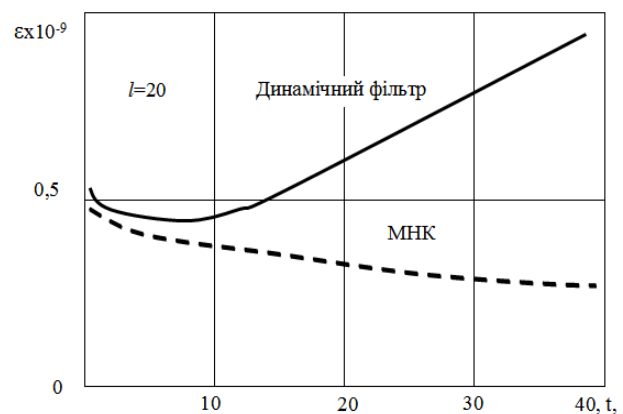


Рис. 1. Алгоритм динамічної фільтрації «Січ-1» 2 виток

Значення коефіцієнтів авторегресивної моделі нестабільності ЗГ КА "Січ-1" з змінним середнім залежно від числа вимірів, поступаючих в обробку рекурентні МНК.

Таким чином, проблема ідентифікації «мовчачих» космічних об'єктів виявляється вирішеною за

допомогою принаймні частини радіотехнічних систем командно-вимірювального комплексу (КВК).

Необхідно підкреслити, що процес ідентифікації забирає час не перевищуючих десятків хвилин або одиниць годин. Вірогідність отриманих результатів досить висока. Отже, тривалість етапу визначення типу космічного апарата істотно знижується, що істотно (на 2 доби) підвищує оперативність системи контролю космічного простору.

Таким чином, експериментальне було повністю підтвержені отримані теоретичні результати.

Проведені натурні випробування способу адаптивного прийому радіосигналів і порівняння отриманих результатів з теоретичними результатами, а також відомими дослідженнями, дозволили практично довести можливість підвищення пропускну здатності й завадостійкості РТС у нелінійних каналах із частотно-селективними завмираннями, що при величині фазових перекручувань $\Delta\varphi = 80^\circ$ на трасі поширення ОФМ – 2 сигналів з відношенням сигнал/шум рівним 2 забезпечує збільшення швидкості передачі інформації у два рази при ймовірності помилки 10^{-6} з точністю наведення антенного пристрою $0,002^\circ$.

Розроблений автором метод траєкторних вимірів і метод збору й обробки інформації про поточні навігаційні параметри КА забезпечили в порівнянні з відомими рішеннями збільшення кількості вимірів в 7 разів при синхронізації шкал часу на вимірювальних пунктах з точністю 0,1 нс із ймовірністю помилки в каналі передачі даних 10^{-6} і в каналі контролю й управління 10^{-8} . При цьому експериментально було доведено можливість практичного використання для одержання траєкторної інформації сигналів неконтрольованих випромінювань бортової апаратури КА.

Особливо варто відмітити, що весь цей програмно-апаратний комплекс реалізований на штатних обчислювальних засобах наземного РТС. При цьому, як відзначалося вище, вірогідність і оперативність його роботи значно зростає із прогресом можливостей ПОЕМ.

Висновки

1. Розроблені в цій роботі науково-технічні пропозиції, що реалізують спосіб адаптивного прийому радіосигналів, методи траєкторних вимірів, збору й обробки ІТНП і ідентифікації КА, апаратно-

програмне виконання цих пропозицій дозволило створити експериментальний базовий РТС, що використовує у своєму складі штатний РТС середнього й далекого космосу в складі «Квант-Д - П-2500» і «Квант-П - П-30». З огляду на технологію підготовки цих комплексів до роботи розроблені програми й методики експериментальних досліджень [3, 5] і визначені режими функціонування базового РТС.

2. Експериментальні дослідження показали високу ефективність функціонування системи ідентифікації в складі єдиного РТС НКУ КА. При цьому розроблені метод і алгоритми, що реалізують ідентифікацію космічних апаратів, у тому числі алгоритми робастного фільтра з кінцевою пам'яттю й вибору оптимального розміру “змінного вікна” для поліноміальної оцінки станів застосовувалися як програмно-апаратний комплекс ідентифікації космічних об'єктів ближнього космосу й середнього космосу “Січ-1” і “Січ-1М”. Застосування зазначених результатів [1 – 5] дозволило розширити функціональні можливості РТС “Квант-Д” для вирішення задач контролю космічного простору й наземного пункту контролю працездатності КА

Список літератури

1. Окунев Ю.Б. Теория фазоразностной модуляции / Ю.Б. Окунев. – М.: Связь, 1979. – 216 с.
2. Максимов М.В. Помехоустойчивость многоканальных радиолиний управления / М.В. Максимов. – М.: Сов.радио, 1970. – 344с.
3. Махонин Є.І. Аналіз основних напрямків розвитку систем управління космічними апаратами / Є.І. Махонин, О.М. Загорюлько // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХВПС. – 2010. – Вип. 2(4). – С. 166-169.
4. Bartel N., Rather M.J., Shapiro J.J., Herring T.A. and Corey B.E. Proper Motion of Components of the Quasar 3C345 // JAU Symposium 110.VLBI and Compact Radio Sources. Eds.P.Reidel. Dordrecht, Holland. – 1984. – P. 113-116.
5. Махонин Є.І., Загорюлько О.М. Патент на корисну модель № 54977. Україна, МПК (2009) B64G 1/24. Спосіб управління бортовою апаратурою космічного апарата №u201009121; Заявлено 20.07.2010. Опубл. 5.11.2010. – Бюл. № 22, 2010.

Надійшла до редколегії 13.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», Київ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАЗЕМНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ РЕАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Е.И. Махонин

Проведена оцінка ефективності теоретичного і практичного використання макета радіотехнічної системи (РТС) однопунктного управління космічними апаратами (КА) і ідентифікації космічних об'єктів (КО) об'єктами особливості практичної реалізації на існуючій базі з урахуванням розроблених науково-технічних пропозицій. Предложено реалізації отриманих результатів при цьому можуть використовуватися в системах радіолокації, передачі інформації, контролю космічного простору, навігації.

Ключевые слова: радиотехнические системы, идентификация.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF RESULTS OF AUTHENTICATION
THE SURFACE RADIO ENGINEERING SYSTEM OF THE REAL SPACE VEHICLES**

Ye.I. Makhonin

The estimation of efficiency of the theoretical and practical use of the radio engineering prototyping of onedot management and authentication of space objects space vehicles system is conducted found out the features of practical realization on a present base taking into account the developed scientific and technical suggestions. Realization of the got results is offered here can be utilized in the systems of radio-location, passing to information, control of space, navigation.

Keywords: radio engineerings systems, authentication.