УДК 621.396.933

П. Ю. Костенко, А. С. Щербань, В. М. Кисленко

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ UNIFIS 1000 ДЛЯ ЛЬОТНОЇ ПЕРЕВІРКИ РАДІОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ TACAN

Анотація. *Розглянуто можливості системи UNIFIS 1000 щодо льотної перевірки TACAN. Висвітлено оцінювання похибок визначення азимута та дальності, аналіз параметрів радіосигналу й значення автоматизації вимірювань.*

Ключові слова*: UNIFIS 1000, TACAN, льотна перевірка, азимут, дальність.*

Abstract *The paper reviews the application of UNIFIS 1000 to TACAN flight inspection, focusing on bearing and distance errors, signal characteristics and automated processing of measurements.*

Keywords: *UNIFIS 1000, TACAN, flight inspection, bearing, distance.*

Система тактичної повітряної навігації TACAN (Tactical Air Navigation) призначена для визначення азимута та похилої дальності повітряного судна відносно наземного радіомаяка. На відміну від систем, що надають лише один навігаційний параметр, TACAN поєднує кутову й далекомірну інформацію. Для її роботи використовується діапазон 960–1215 МГц, а азимутальний канал ґрунтується на аналізі компонентів сигналу з частотами 15 і 135 Гц. Надійність таких вимірювань впливає на якість навігаційного забезпечення, тому фактичні характеристики наземних станцій повинні регулярно перевірятися в умовах реального польоту.

Одним із засобів проведення таких перевірок є автоматизована система льотної інспекції UNIFIS 1000 (Universal Navaids Flight Inspection System). Її функції охоплюють приймання й реєстрацію радіонавігаційних сигналів, визначення опорного положення повітряного судна, обчислення похибок та подальше представлення результатів вимірювання. Ключовою особливістю комплексу є зіставлення показань навігаційного приймача з незалежно визначеними еталонними параметрами. Завдяки цьому технічний стан наземного радіомаяка оцінюють на основі вимірюваних показників, а не тільки за суб’єктивним сприйняттям індикації екіпажом.

Для перевірок параметрів та характеристик радіонавігаційної системи TACAN у UNIFIS 1000 застосовуються радіальні й орбітальні траєкторії їх вимірювання. Радіальні проходження дають змогу дослідити зміни сигналів і похибок залежно від віддалення від наземної станції. Орбітальні процедури спрямовані на перевірку характеристик у різних азимутальних напрямках при фіксованій дальності. Результати радіальних проходжень можуть групуватися за інтервалами дальності, а орбітальних — за кутовими секторами. Таке розділення траєкторії обльоту дозволяє встановити, чи має виявлене відхилення локальний характер, чи воно притаманне ширшій частині робочої області радіонавігаційної системи TACAN.

Основними кількісними показниками є похибка визначення азимута та похибка дальності. Азимутальна похибка встановлюється як різниця між опорним магнітним радіалом і кутом ЛА визначеним приймачем TACAN. Для обох параметрів система передбачає визначення середніх і максимальних значень протягом процедури, а також окремо для її секторів або ділянок. Це важливо, оскільки середня похибка не завжди відображає короткочасні відхилення, що виникають у певних напрямках чи на окремих відстанях.

Окрім точності навігаційних вимірювань, UNIFIS 1000 дозволяє аналізувати рівень прийнятого сигналу, параметри амплітудної модуляції з частотами 15 та 135 Гц, а також особливості зміни сигналу вздовж траєкторії. Розрахунки мінімальної сили сигналу виконуються як для всієї процедури, так і для відповідних секторів або секцій. Поєднання цих оцінок дає змогу сформувати повнішу картину роботи системи й виявляти можливі неоднорідності характеристик радіомаяка.

Система UNIFIS 1000 забезпечує вимір параметрів:

- Середні та максимальні похибки пеленгу і дальності;
- Амплітуди вигинів курсу та шорсткості;
- Індекси амплітудної модуляції (15 Гц та 135 Гц), які відповідають за формування азимутальних сигналів TACAN;

- Параметри самої наземної станції (кількість імпульсів у головній та допоміжній референтній групах — *MRG / ARG*, рівень випадкових імпульсів — *Skitter Level*, ефективність відповіді на запити літака).

На основі цих розрахунків формується звіт про придатність навігаційної станції TACAN до експлуатації або наявність відхилень, що потребують налаштування.

Зазначимо, що на результати оброблення навігаційних вимірювань, UNIFIS 1000 впливають як адитивні, так і мультиплікативні завади, зокрема пов'язані з функціонуванням засобів мобільного зв'язку GSM (Global System for Mobile Communications) та іншої радіоелектронної апаратури. Особливість мультиплікативного впливу полягає у зміні амплітуди корисного сигналу в процесі його поширення та приймання. Наслідком можуть бути спотворення форми імпульсу, його часових параметрів і спектра. За таких умов застосування алгоритмів, які спираються на наперед відомі статистичні характеристики завад, ускладняються.

В роботі запропоновано метод врахування мультиплікативної похибки вимірювання індексу амплітудної модуляції, які спотворюють результати спостереження, з використанням непараметричної SG статистики, та досліджено його якісні характеристики.

Список використаних джерел:

1. Костенко П.Ю., Васюта К.С., Слободянюк В.В., Качайло Р.О., Чистов, В.І. Непараметричний метод виявлення сигналів з використанням SG-статистики. Вісті вищих учбових закладів. Харків: ХНУПС, 2024. 4с.;
2. Norwegian Special Mission – RPAS / Drones / UAV. Система льотної перевірки радіонавігаційних засобів UNIFIS 1000 [Електронний ресурс]. – Посилання на джерело: https://www.nsm.aero/rpas-drones-uav/;
3. ICASC – Experience with Fixed Wing UAV NAVAIDs Measurements. Досвід застосування безпілотних літальних апаратів для льотної перевірки радіонавігаційних засобів [Електронний ресурс]. – Посилання на джерело: https://icasc.co/wp-content/uploads/2024/08/Experience-with-Fixed-Wing-UAV-NAVAIDs-Measurements.pdf;
4. Federal Aviation Administration (FAA) – Aeronautical Information Manual. Chapter 1. Air Navigation. Радіонавігаційні системи TACAN, VOR та DME [Електронний ресурс]. – Посилання на джерело: https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap1_section_1.html.

Костенко Павло Юрійович – д.т.н., професор, професор кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: kpyu@ukr.net.

Щербань Анатолій Сергійович – слухач 464С групи, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: bloody7916@gmail.com.

Кисленко Марія Валеріївна – слухач 464С групи, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: masabajlo@icloud.com.

Kostenko Pavlo Yuriyovych – Doctor of Engineering, professor, professor of the department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub.

Shcherban Anatolii Serhiyovych – student of Group 464C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: bloody7916@gmail.com.

Kyslenko Mariia Valeriivna – student of Group 464C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: masabajlo@icloud.com..