

УДК 621.396.967.2

І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ЛІТАКОВИХ ВІДПОВІДАЧІВ ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті надається модель та порівняльний аналіз завадозахищеності літакових відповідачів існуючих запитальних систем спостереження при роботі в режимі ідентифікації повітряних об'єктів за ознакою «свій-чужий». Проаналізовано недоліки існуючих систем та надано класифікацію можливих варіантів підвищення завадозахищеності літакових відповідачів, заснованих на багатоканальності обробки сигналів запиту та відповіді.

Ключові слова: завадозахищеність, літакові відповідачі, системи спостереження.

Вступ

Постановка проблеми й аналіз літератури.

Основні елементи процедури контролю повітряного простору – аналіз повітряної обстановки й прийняття рішень. Рішення приймає особа на основі аналізу відповідним чином підготовленої інформації про стан повітряної обстановки. Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в зоні управління. Отже, якість прийняття рішень визначаються якістю й складом інформації, на основі якої особа приймає рішення.

Основним джерелом інформації про повітряну обстановку є системи спостереження (СС), які розділяються на первинні та вторинні (запитальні). Вони повинні надати особі, що приймає рішення, повну та достовірну інформацію. Однак сучасні СС не є завадозахищеними.

Особливо це стосується запитальних СС [1 – 3], до задач котрих відноситься визначення ідентифікації повітряних об'єктів (ПО) за ознакою «свій-чужий». Не рішення задачі ідентифікації ПО призводить до трагічних ситуацій, котрі були присутні у останніх військових конфліктах.

У теперішній час відомі дві ідентифікаційні системи (ІС): перша [4] і друга [5], котра є «цілком стягнутою» і значно погіршеною першою ІС. Обидві ІС мають імітостійкий режим, у котрому практично неможливо імітувати сигнал «Я свій». Однак постановка навмисних корельованих завад призводить до повної паралізації ІС і, як наслідок, унеможливить прийняти рішення де «свій» ПО.

Можливо стверджувати, що основним елементом, що вносить суттєвий вклад у зниження завадозахищеності запитальних СС, є літаковий відповідач (ЛВ). Тому пошук методів підвищення завадозахищеності відповідачів запитальних СС є актуальною задачею.

Мета роботи: запропонувати методи підвищення завадозахищеності відповідачів запитальних СС повітряного простору.

Основна частина

Існуючі запитальні СС, утворені запитувачем та відповідачем, побудовані за принципом несинхронної мережі, одноканального пристрою обслуговування першого правильно прийнятого сигналу запиту (СЗ) і відкритих систем масового обслуговування (СМО) з відмовами. Розглянемо модель ЛВ, так як він являється джерелом інформації для зацікавленої сторони (ЗС). Загалом модель ЛВ може бути представлена, як показано на рис. 1.

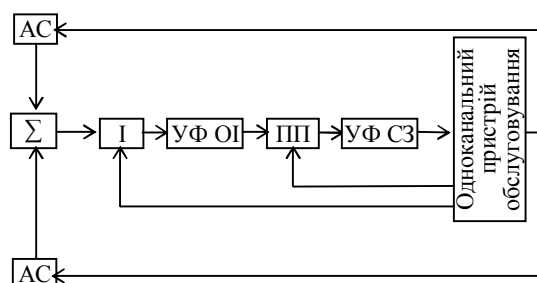


Рис. 1. Модель ЛВ запитальних СС

ЛВ має декілька слабо спрямованих антенних систем (АС), прийняті сигнали котрими підсумовуються. У подальшому, прийняті сигнали обробляються узгодженим фільтром одиночних імпульсів (УФОІ), проходять крізь пороговий пристрій (ПП) та декодуються узгодженим фільтром СЗ (УФСЗ) то поступають на пристрій обслуговування. Після прийому СЗ на обслуговування закривається елемент збігу І на час паралізації ЛВ, величина якого залежить від режиму ідентифікації. Крім усього ЛВ характеризується коефіцієнтом максимального завантаження (КЗ), що є кількість формувань СВ у одиницю часу. Для першої СІ цей коефіцієнт дорівнює 1200 і це оптимізовано математично. У «цілком стягнутій» СІ він значно підвищений без математич-

ного обґрунтування, що призвело до суттєвих недоліків цієї СІ, які покажемо далі. Для обмеження кількості СВ використовується також невдала схема, робота якої основана на підвищенні порогу ПП, що призводить до зменшення кількості СЗ, що проходять ПП, тобто відсіюються слабкі СЗ, що не завжди правильно. Однак така схема не дозволяє оптимізувати якість виявлення СЗ, що також є значним недоліком.

Така побудова ЛВ відкриває широкі можливості як по несанкціонованому використанню відповідачів як для дальнього виявлення ПО, так і для повної паралізації ЛВ шляхом постановки корельованих завад (КЗ) необхідної інтенсивності. Дійсно, використання у якості СЗ та сигналів відповіді (СВ) примітивних інтервально-часових (частотних) кодів виключає поняття енергетичної скритності роботи цих систем. На рис. 2 наведено дальність виявлення СВ сучасних ЛВ запитальних СС, тобто $r = f(D[F = 10^{-6}], n)$, де n – значність коду СВ. Розрахунки дозволяють зробити висновок, що існуючі ЛВ не мають енергетичної прихованості. Використання вузькосмугових сигналів, відомих несучих частот, апріорно відомих часових розстановок імпульсів СВ та наявність слабкоспрямованої антени на ПО призводить до того, що ЛВ є жаданим об'єктом засобів радіотехнічної розвідки ЗС.

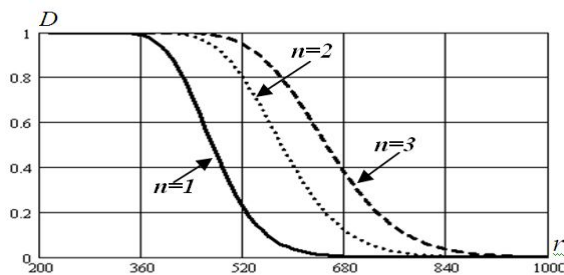


Рис. 2. Дальність виявлення СВ запитальних СС

Можливість зниження завадостійкості ЛВ запитальних СС ЗС обумовлена тим, що ЛВ має час паралізації, який дуже суттєвий при роботі у імітостійкому режимі. Дійсно, принцип побудови існуючих запитальних СС виключив як часові, так і просторові розходження між корисними та імітованими СЗ. При роботі ЛВ тільки в полі дії своїх СС, що створюють внутрішньосистемні завади (ВСЗ), коефіцієнт готовності (КГ) відповідача завжди менше одиниці. Під КГ відповідача розуміється імовірність відповіді на запит конкретного запитувача, що є нічим іншим як відносною пропускнуою здатністю відповідача. КГ відповідача залежить від інтенсивності потоку СЗ, утвореного потоком СЗ від сусідніх запитальних СС, потоком навмисних КЗ (імітовані завади), а також потоком ЗС, що утворився з потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад. Рівень ВСЗ може контролюватися і цим, отже, об-

межується граничне зменшення КГ відповідача. Створення ЗС навмисних КЗ, яке неможливо контролювати, може цілком паралізувати ЛВ і цим істотно знизити завадостійкість запитальних СС цілком.

Проведемо розрахунки КГ ЛВ для розглядаємих СІ, коли на вхід ЛВ надходять:

- потік ХІЗ інтенсивністю λ_0 ;
- потік СЗ, випромінених по головним пелюсткам діаграм спрямованості антен (ДСА) запитувачів, які призводять до випромінювання СВ, інтенсивністю λ_1 ;
- потік СЗ, випромінених по бічних пелюстках ДСА запитувачів, які призводять до спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток, інтенсивністю λ_2 .

Сумарний потік СЗ складається з потоку СЗ імітостійкого режиму інтенсивністю λ_i і з потоку СЗ неімітостійкого режиму інтенсивністю λ_n . Їх співвідношення оцінюється як $k_n = \lambda_n / (\lambda_1 + \lambda_2)$.

На рис. 3, 4 наведені розрахунки КГ ЛВ для випадку $k_n=0,5$, $\lambda_0 = 0$, 5000, 10000.

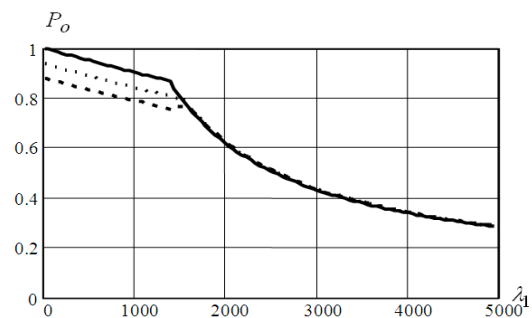


Рис. 3. КГ ЛВ першої СІ

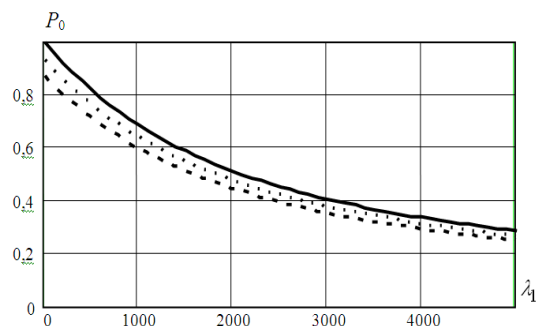


Рис. 4. КГ ЛВ другої СІ

Порівняльний аналіз рис. 3, 4 показує, що відповідач другої СІ не досягає максимального завантаження. Це означає невірний вибір КЗ відповідача, через що останній не буде виключати з обслуговування слабкі СЗ. Це дозволяє ЗС паралізувати відповідач за допомогою одного віддаленого запитувача, який імітує потік СЗ необхідної інтенсивності. Така особливість побудови ЛВ та невірний вибір (необґрунтований) КЗ «цілком стягнутої» СІ істотно знижує ефективність її використання.



Рис. 5. Класифікація методів підвищення завадозахищеності ЛВ

Розглянемо можливі методи підвищення завадозахищеності ЛВ, деякі з котрих показані на рис. 5. Методи базуються на реалізації багатоканальності обробки сигналів у каналах запиту та відповіді, що можливо при реалізації просторових, частотних та часових методах множинного доступу до цих каналів. Всі ці методи дозволяють перейти від обслуговування СЗ до обслуговування запитувача, що призводить зменшення впливу навмисних корельованих завад на завадостійкість ЛВ.

Просторові методи можуть бути реалізовані завдяки наявності декількох антенних систем на ПО. Часові методи основані на використанні ортогональних сигналів, котрі дозволяють, завдяки великій бази сигналу, суттєвим чином знизити імовірність виявлення ПО при використанні цих сигналів, що призводить до збільшення не тільки завадостійкості але ж і завадозахищеності.

Частотні методи можуть бути реалізовані на основі використання ортогональних частот, що дозволить перейти від СС до запитального каналу передачі інформації [6].

Висновки

Запропоновані методи дозволяють на спадкоємній основі перейти до завадозахищених запитальних СС.

Список літератури

1. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.
2. Обод І.І. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации / И.И. Обод. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.
3. Обод І.І. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І.Обод, І.В. Свид, І.А. Штих. – Х.: ХНУРЕ, 2014. – 310 с.
4. Сергеев А. Американская система радиолокационного опознания МК12 / А. Сергеев, С. Тюрин // Зарубежное военное обозрение. – 1983. – № 8. – С. 55-58.
5. Малярченко А.С. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного радиолокационного опознания: Справочник / А.С. Малярченко. – Х.: ХУПС, 2007. – 78 с.
6. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Спосіб інформаційного забезпечення користувачів. Патент № 93218 від 31.03.2014.

Надійшла до редколегії 13.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Єрмаков, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ САМОЛЕТНЫХ ОТВЕТЧИКОВ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

И.И. Обод, И.В. Свид, И.А. Штих

В статье приводится модель и сравнительный анализ помехозащищенности самолетных ответчиков существующих запросных систем наблюдения при работе в режиме идентификации воздушных объектов по признаку «свой-чужой». Проанализированы недостатки существующих систем и предоставлено классификацию возможных вариантов повышения помехозащищенности самолетных ответчиков, основанных на многоканальной обработке сигналов запроса и ответа.

Ключевые слова: помехозащищенность, самолетные ответчики, системы наблюдения.

METHODS TO IMPROVE THE NOISE IMMUNITY OF THE DEFENDANT'S INTERROGATION OF AIRCRAFT SURVEILLANCE SYSTEMS AIRSPACE

I.I. Obad, I.V. Svyd, I.A. Shtyh

The article provides an analysis of existing noise immunity interrogations surveillance of airspace designed to identify objects on the basis of "the - another" and the implementation of the proposed method of spatial signal processing techniques on the airplane transponder systems under consideration. It is shown that the use of spatial differences interrogators allows us to go from the service request signal to the maintenance of a particular interrogator and this significantly improve the noise immunity of interrogations surveillance systems.

Keywords: immunity, aircraft transponders, surveillance systems.