

УДК 621.396.967.2

І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ПРОСТОРОВИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті наводиться аналіз завадостійкості існуючих запитальних систем спостереження повітряного простору, які призначені для ідентифікації об'єктів за ознакою «свій – чужий» та запропонованого методу реалізації просторового методу обробки сигналів на літаковому відповідачі систем, що розглядаються. Показано, що використання просторових відмінностей запитувачів дозволяє перейти від обслуговування сигналу запиту до обслуговування конкретного запитувача і цим суттєво підвищити завадостійкість запитальних систем спостереження.

**Ключові слова:** завадостійкість, запитальна система спостереження, літакові відповідачі.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Рішення задач, які стоять перед системою контролю використання повітряного простору багато в чому визначається інформаційним забезпеченням (ІЗ). Основними засобами ІЗ є первинні та вторинні системи спостереження (СС) [1 – 3]. Вторинні СС є запитальними і вони призначені для вирішення наступних задач:

- визначення координат повітряного об'єкту (ПО);
- одержання додаткової польотної інформації, необхідної для контролю і керування польотами і наведення ПО;
- радіолокаційної ідентифікації ПО за ознакою «свій-чужий» виявлених ПО;
- диспетчерської ідентифікації ПО.

Як показують дослідження [1 – 3], існуючі запитальні СС не відносяться ні до завадостійких ні до завадозахищених систем. Це обумовлено принципом побудови як відповідачів, так і усієї системи загалом, а також сигналами, які використовуються у цих СС. Таким чином, пошук методів спадкоємного переходу до завадостійких та завадозахищених запитальних СС є актуальним.

Для підвищення завадостійкості запитальних СС, як правило, розглядаються штучно створені часові відмінності між корисними сигналами і навмисними завадами. Питань підвищення завадостійкості запитальних СС шляхом використання просторових відмінностей в існуючій літературі приділено недостатньо уваги.

**Мета роботи.** Підвищення завадостійкості запитальних СС за рахунок використання просторової вибіркості відповідачів.

### Основна частина

Існуючі запитальні СС побудовані за принципом несинхронної мережі, одноканального при-

строю обслуговування першого правильно прийнятого СЗ і відкритої системи масового обслуговування (СМО) з відмовами [1 – 3]. Така побудова останніх відкриває широкі можливості зацікавленій стороні (ЗС) несанкціоновано використати відповідачі цих систем для дальнього виявлення повітряних об'єктів (ПО), а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад необхідної інтенсивності. При роботі ЛВ тільки в поле дії багатьох запитальних СС, що створюють внутрісистемні завади, коефіцієнт готовності (КГ) відповідача менше одиниці. КГ відповідача залежить від інтенсивності потоку СЗ, утвореного потоком СЗ від запитальних СС, потоком навмисних корельованих завад, а також потоком СЗ, що утворився з потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад.

Для оцінки впливу просторової вибіркості ЛВ запитальних СС на завадостійкість таких систем розглянемо завадостійкість існуючої запитальної СС в режимах ідентифікації ПО, для чого досліджуємо вплив потоку СЗ, утвореного сумарним потоком СЗ сусідніх запитальних СС, потоком навмисної корелятивної завади і ХІЗ на ймовірність отримання координатної інформації від ПО. Розрахунки проведемо для сумарного потоку сигналів неімітостійких і імітостійких режимів роботи запитальних СС [4].

При надходженні на вхід ЛВ потоку СЗ і ХІЗ будуть спостерігатися наступні ситуації, що призводять до виключення формування ЛВ сигналів відповіді (СВ) запитувачам:

- подавлення СЗ даного запитувача через утворення з ХІЗ випереджальних хибних СЗ (хибна тривога першого роду), що викликають випромінювання СВ або спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток (ПБП);
- подавлення СЗ даного запитувача через випереджальних СЗ як сусідніх запитувачів, так і запитувачів ЗС;
- високочастотне подавлення окремих імпульсів СЗ даного запитувача при збігу за часом імпуль-

сів потоку СЗ і несприятливих фазових співвідношеннях;

- подавлення СЗ даного запитувача через випереджальні хибні СЗ, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу СЗ даного запитувача з випереджаючим (на базу коду) імпульсами ХІЗ або ПСЗ (ймовірність хибної тривоги другого роду) і викликають випромінювання СВ або спрацювання схеми ПБЛ;

- подавлення СЗ в результаті роботи схем часової селекції відповідачів;

- подавлення СЗ в результаті інерційності схем вхідних формувачів дешифратора і обмеження завантаження відповідача.

Визначення ймовірності цих подій будемо здійснювати в припущенні, що потік СЗ і ХІЗ діє на СЗ даного запитувача незалежно один від одного і що число джерел, що формують загальний потік СЗ, досить для характеристики потоку як пуассоновського.

Припустимо, що на вхід ЛВ надходять ХІЗ інтенсивністю  $\lambda_0$ , ПСЗ, що викликає випромінювання СВ, що включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік імітованих СЗ ЗС, інтенсивністю  $\lambda_1$ , і потік СЗ, що викликає спрацювання схеми ПБП, інтенсивністю  $\lambda_2$ . Припустимо, що загальні потоки СЗ складаються з  $k$  частин неімітованого режиму і  $(1-k)$  частин імітованого режиму.

Результати розрахунку завадостійкості ЛВ представлена на рис. 1. На рис. 2 представлена завадостійкість запитальної СС в цілому, відповідна ймовірності визначення координат ПО на запитувачі, при виборі цифрового порогу виявлення ПО відповідно до відомих правил. Розрахунки проведені при рівності інтенсивностей потоків СЗ імітованого і неімітованого режимів.

При збільшенні інтенсивності потоку СЗ імітованого режиму завадостійкість запитальної СС суттєво зменшується (рис. 3).

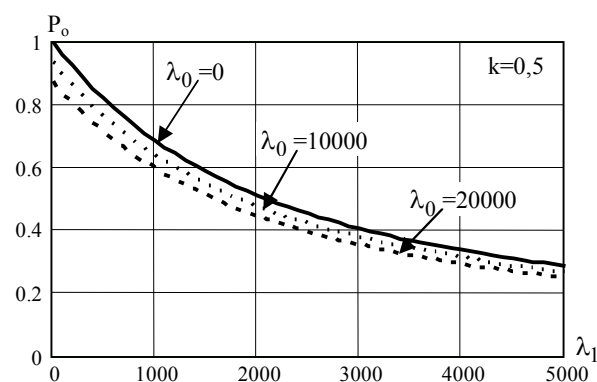


Рис. 1. Завадостійкість відповідача запитальних СС

Представлені розрахунки завадостійкості існуючих запитальних СС дозволяють зробити такі висновки:

- принцип побудови відповідачів запитальних СС не дозволяє захистити останні від навмисних корельованих завад, що в кінцевому підсумку не дозволяє віднести запитальні СС до завадостійким системам;

- для подавлення запитальних СС при роботі у режимі ідентифікації ПО в системному плані необхідно створити потік навмисних корельованих завад інтенсивністю 3000 при  $k=0,5$  і всього 1500 при  $k=0,1$ , що не уявляє технічних складнощів;

- вплив некорельованих навмисних завад несуттєво впливає на завадостійкість розглянутих систем.

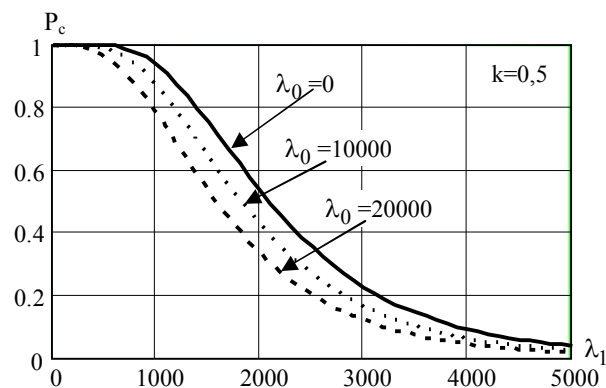


Рис. 2. Завадостійкість запитальної СС

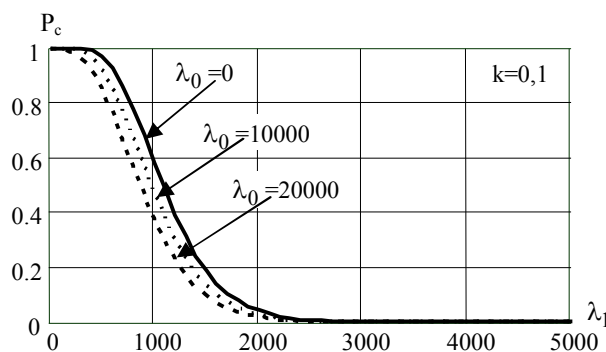


Рис. 3. Завадостійкість запитальної СС

Як впливає з представлених розрахунків, створення внутрішньосистемної і навмисної корельованої завади інтенсивністю рівною всього лише 1500 дозволяє істотно обмежити функціонування розглянутих систем. Ця особливість обумовлена, в основному, принципом побудови відповідача (СМО з відмовами).

Використання просторових відмінностей приходу СЗ в відповідачеві дозволить перейти до зміни принципу побудови відповідача, тобто перейти від СМО з відмовами до СМО з очікуванням. Ця особливість дозволяє істотно обмежити вплив як навмисних корельованих, так і внутрішньосистемних завад. Дійсно, принцип обслуговування також змінюється з обслуговування СЗ на обслуговування абонента, що випромінює СЗ з певного просторового напрямку.

У зв'язку з тим, що інші елементи відповідача та алгоритм роботи останнього реалізує обслуговування потрібного числа відповідей конкретному абоненту (запитувачу) (у тому числі і запитувачу ЗС) несприятливими моментами, що знижує заводостійкість такої запитальної СС, є:

– інтерференціальне подавлення СЗ навмисної некорельованої завадою;

– попадання СЗ в зону часу паралізації відповідача, зайнятим обслуговуванням попереднього запитувача, що знаходиться на однаковому просторовому напрямку.

Результати розрахунку заводостійкості запитальної СС з просторовою вибірковістю відповідача представлені на рис. 4, де крива I відповідає неімітостійкому, а II – імітостійкому режимам роботи.

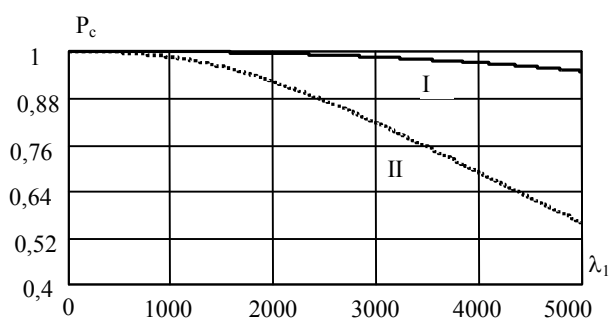


Рис. 4. Заводостійкість системи РЛО з просторовою вибірковістю

Порівняльний аналіз заводостійкості існуючих запитальних СС (рис. 1 – 3) та запропонованих запитальних СС з просторовою вибірковістю відповідача (рис. 4) показує, що заводостійкість останніх збільшується більш ніж у 20 разів. Це досягається за рахунок істотного обмеження впливу інтенсивності

навмисних корельованих завад. Для подавлення таких систем ЗС зобов'язана переходити від одного джерела завад, що характерно для подавлення існуючих запитальних СС, до багатьох, просторово рознесених джерел навмисних корельованих завад.

## Висновки

Просторова вибірковість відповідачів запитальних СС дозволяє змінити принцип побудови та обслуговування СЗ в відповідачах і цим, в істотній мірі вирішити питання заводостійкості розглянутих систем.

## Список літератури

1. Теоретичні основи побудови заводозахисних 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 / І.І. Обод. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.
3. Обод І.І. Заводозахисність 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 опознавания МК12 / А. Сергеев, Тюрин // Зарубежное военное обозрение. – 1983. – № 8. – С. 55-58.
5. Маляренко А.С. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного радиолокационного опознавания: справочн. / А.С. Маляренко. – Х.: ХУПС, 2007. – 78 с.
6. Обод І.І. Спосіб інформаційного забезпечення користувачів / І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих. 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.

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих

В статті приводиться аналіз помехоустойчивости существующих запросных систем наблюдения воздушного пространства, предназначенные для идентификации объектов по признаку «свой – чужой» и предложенного метода реализации пространственного метода обработки сигналов на самолетном ответчике рассматриваемых систем. Показано, что использование пространственных различий запросчиков позволяет перейти от обслуживания сигнала запроса к обслуживанию конкретного запросчика и этим существенно повысить помехоустойчивость запросных систем наблюдения.

**Ключевые слова:** помехоустойчивость, запросные системы наблюдения, самолетные ответчики

## SPATIAL METHODS INCREASED NOISE IMMUNITY INQUIRE AIRSPACE SURVEILLANCE SYSTEMS

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, Query-surveillance systems, aircraft transponders.