

УДК 621.396.967.2

І.В. Свид, І.А. Штих

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

## ПРОСТОРОВА ВИБІРКОВІСТЬ ВІДПОВІДАЧІВ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ЗАПИТАЛЬНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*Наводиться порівняльний аналіз завадостійкості існуючих запитальних радіотехнічних систем ідентифікації повітряних об'єктів та аналогічних систем при використанні просторової вибірковості прийнятих сигналів запиту на літакових відповідачах. Показано, що використання просторової вибірковості на літакових відповідачах дозволяє суттєвим чином зменшити вплив навмисних корельованих завад на завадостійкість запитальних систем ідентифікації.*

**Ключові слова:** просторова вибірковість, запитальні радіотехнічні системи ідентифікації, завадостійкість.

### Вступ

**Постановка проблеми і аналіз літератури.** Інформаційне забезпечення системи контролю повітряного простору базується на інформації систем спостереження до котрих входять системи первинної та вторинної радіолокації. Можливо стверджувати, що в інформаційному забезпеченні користувачів значну роль відіграють запитальні радіотехнічні системи (ЗРТС). Запитальні РТС призначені для вирішення таких завдань: визначення координат повітряного об'єкту; отримання додаткової польотної інформації, необхідної для контролю і управління польотами і наведення повітряного об'єкту (ПО); радіолокаційної ідентифікації державної приналежності виявлених повітряних об'єктів; диспетчерської ідентифікації ПО.

Принцип побудови відповідачів та існуючих ЗРТС в цілому (одноканальна система масового обслуговування з відмовами) та принцип обслуговування сигналів запиту (СЗ) (обслуговування першого правильно прийнятого СЗ та паралізація літакового відповідача на час обслуговування СС) [1-3], зумовив низьку завадостійкість та завадозахищеність систем, що розглядаються, а використання у якості сигналів запиту та відповіді інтервально-часових кодів і низьку енергетичну скритність роботи зазначених систем. Наведені недоліки ЗРТС визначають низьку імовірність інформаційного забезпечення системи контролю повітряного простору. Для підвищення завадостійкості запитальних РТС, як правило [4], розглядаються штучно створені часові відмінності між корисними сигналами і навмисними завадами. Питанням підвищення завадостійкості ЗРТС шляхом використання просторових відмінностей в існуючій літературі приділено недостатньо уваги. Однак, слід зазначити, наявність декільком рознесених антен на борту літака дозволяє розглядати питання просторової обробки сигналів, що приймаються та випромінюються.

**Мета статті.** Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих і ЗРТС з використанням просторової вибірковості відповідачів як на прийом сигналів, так і на випромінювання.

### Основна частина

Існуючі ЗРТС побудовані за принципом несинхронної мережі з одноканальним пристроєм обслуговування першого правильно прийнятого СЗ і відкритої системи масового обслуговування (СМО) з відмовами [1, 2]. Така побудова останніх відкриває широкі можливості зацікавленій стороні з несанкціонованого використання відповідачів цих систем для дальнього виявлення ПО, а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад необхідної інтенсивності. При роботі відповідача тільки в полі дії багатьох ЗРТС, що створюють внутрісистемні завади, коефіцієнт готовності відповідача завжди менше одиниці. Коефіцієнт готовності відповідача залежить від інтенсивності: потоку СЗ, утворених ЗРТС, потоку навмисних корельованих завад, а також потоку СЗ, утворених з потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад.

Для оцінки впливу просторової вибірковості відповідачів ЗРТС на стійкість таких систем розглянемо стійкість існуючої ЗРТС, для чого дослідимо вплив потоку СЗ, утворених сумарним потоком СЗ сусідніх ЗРТС і потоком навмисної корельованої завади зацікавленої сторони і хаотичної імпульсної завади (ХІЗ) на ймовірність отримання координатної інформації від ПО. Розрахунки проведемо для сумарного потоку сигналів запиту неімітостійких та імітостійких режимів роботи ЗРТС [3].

При надходженні на вхід відповідача ЗРТС потоку СЗ і ХІЗ спостерігатимуться такі ситуації, що призводять до виключення формування відповідачем сигналів відповіді (СВ) для запитувача:

- подавлення СЗ даного радіолокатору через утворення з ХІЗ випереджальних хибних СЗ (хибна тривога першого роду), що викликають випроміню-

вання СВ або спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток (ПБП);

- подавлення запитальних сигналів даного радіолокатора через випереджальні СЗ як сусідніх запитувачів, так і запитувачів зацікавленої сторони;

- височастотне подавлення окремих імпульсів запитальних кодів даного радіолокатора при збігу за часом імпульсів потоку запитальних сигналів і несприятливих фазових співвідношеннях;

- подавлення СЗ даного радіолокатора через випереджальні помилкові СЗ, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу СЗ даного радіолокатора з випереджаючими (на базу коду) імпульсами ХІЗ або ПЗС (ймовірність помилкової тривоги другого роду) і викликають випромінювання СВ або спрацьовування схеми ПБП;

- подавлення запитальних сигналів в результаті роботи схем часової селекції відповідачів;

- подавлення запитальних сигналів 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 запитальні коди даного радіолокатора незалежно один від одного і що число джерел, які формують загальний потік запитальних сигналів, достатньо для характеристики потоку як пуасонівського.

Припустимо, що на вхід відповідача надходять ХІЗ з інтенсивністю  $\lambda_0$ , ПЗС, викликає випромінювання СВ, що включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік імітованих СЗ зацікавленої сторони інтенсивністю  $\lambda_1$ , і потік СЗ, що викликає спрацьовування схеми ПБП інтенсивністю  $\lambda_2$ . Припустимо, що загальні потоки СЗ складаються з  $k$  частин неімітостійкого режиму і  $1-k$  частин імітостійкого режиму.

Результати розрахунку завадостійкості літакового відповідача ЗРТС представлені на рис. 1. На рис. 2 представлена завадостійкість ЗРТС в цілому, що відповідає ймовірності визначення координат ПО на запитувачі, при виборі цифрового порогу виявлення ПО відповідно до відомих правил. Розрахунки проведені за рівності інтенсивностей потоків СЗ імітостійкого і неімітостійкого режимів. При збільшенні інтенсивності потоку СЗ імітостійкого режиму завадостійкість ЗРТС зменшується (рис. 3).

Представлені розрахунки завадостійкості існуючих ЗРТС дозволяють зробити наступні висновки:

- принцип побудови відповідачів ЗРТС не дозволяє захистити останні від навмисних корельованих завад, що в кінцевому підсумку не дозволяє віднести запитальні РТС до завадостійких систем;

- для подавлення ЗРТС в системному плані необхідно створити потік навмисних корельованих завад інтенсивністю 3000 при  $k = 0,5$  і всього 1500 при  $k = 0,1$ , що не представляє технічної складності;

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

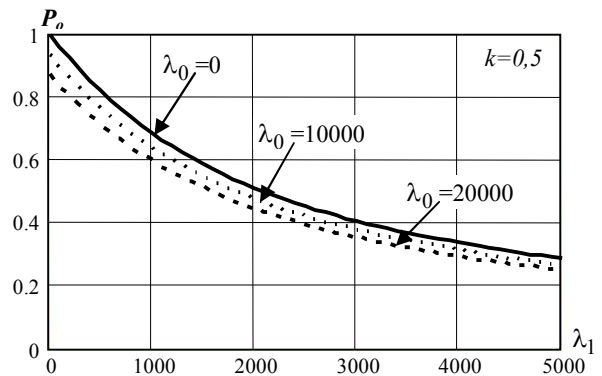


Рис. 1. Завадостійкість відповідача ЗРТС

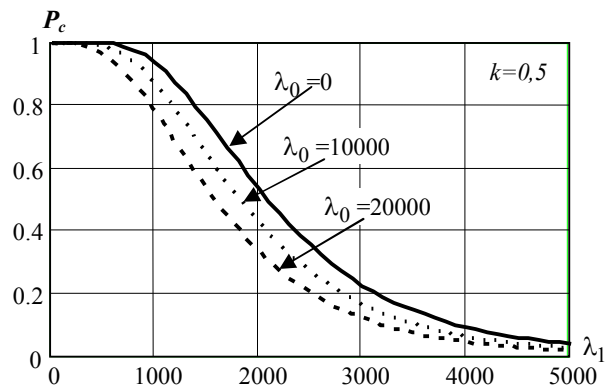


Рис. 2. Завадостійкість ЗРТС

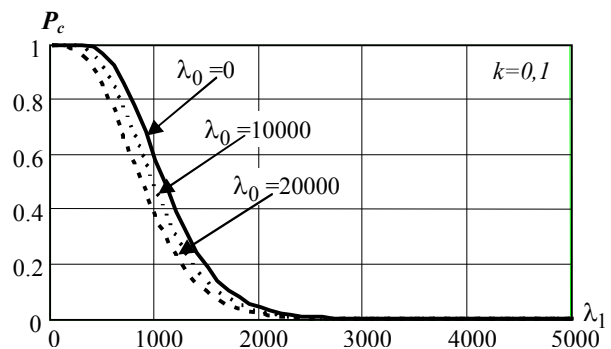


Рис. 3. Завадостійкість ЗРТС

Як видно з представлених розрахунків, створення внутрісистемної 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 на відповідачі дозволить перейти до зміни принципу побудови відповідача, тобто перейти від СМО з відмовами до СМО з очікуванням. При цьому слід зазначити, що на літаку, як правило, використовують декілька антенних систем для прийому сигналів запиту запитальної радіотехнічної системи, що дозволяє створити систему просторової обробки сигналів запиту та відповіді. Це дозволить оцінити як кількість запитувачів що діють у ЗРТС та їх прос-

торове положення. Ця особливість дозволяє істотно обмежити вплив як навмисних корельованих, так і внутрісистемних завад. Дійсно, принцип обслуговування також змінюється з обслуговування СЗ на обслуговування абонента, що випромінює СЗ з певного просторового напрямку [5].

У зв'язку з тим, що інші елементи відповідача та алгоритм роботи останнього реалізує обслуговування потрібного числа відповідей конкретному абоненту (запитувачу) (в тому числі і запитувачу зацікавленої сторони) несприятливими моментами, що знижують завадостійкість такої ЗРТС, є:

- інтерференціальне подавлення СЗ навмисною некорельованою завадою;

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

Результати розрахунку завадостійкості системи, з просторовою вибірковістю відповідача представлені на рис. 4, де крива I - відповідає неімітостійкому, а II - імітостійкому режимам роботи.

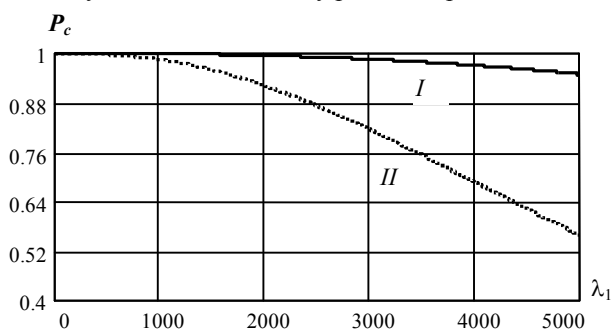


Рис. 4. Завадостійкість ЗРТС з просторовою вибірковістю

Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем ідентифікації (рис. 1 – 3) і системи ідентифікації з просторовою вибірковістю літакових відповідачів (рис. 4) показує, що завадостійкість останніх збільшується більш ніж в 20 разів. Це досягається за

рахунок істотного обмеження впливу інтенсивності навмисних корельованих завад на коефіцієнт готовності літакового відповідача. Для подавлення таких систем зацікавлена сторона зобов'язана переходити від одного джерела завад, що характерно для подавлення існуючих систем ідентифікації, до багатьох, просторово рознесених, джерел навмисних корельованих завад.

## Висновки

Просторова вибірковість відповідачів ЗРТС дозволяє змінити принцип побудови літакових відповідачів, тобто перейти від системи масового обслуговування з відмовами до систем масового обслуговування з очікуванням та від обслуговування сигналу запиту до обслуговування запитувача і цим суттєво знизити інтенсивність сигналів відповіді, що в істотній ступені викришити питання завадостійкості розглянутих систем.

## 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. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.
3. Сергеев А., Тюрин. Американская система радиолокационного опознания МК12. Зарубежное военное обозрение. 1983, № 8. – С. 55-58.
4. Обод І.І. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І.Обод, І.В.Свид, І.А.Штих – Харьков: ХНУРЕ, 2014. – 310 с.
5. Пат. 93218 МПК G01S 13/91(2006.01). Спосіб інформаційного забезпечення користувачів / І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u201403222; заявл. 31.03.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18 – 4 с.

Надійшла до редколегії 3.08.2015

Рецензент д-р техн. наук проф. І.І. Обод, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ОТВЕТЧИКОВ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЗАПРОСНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.В. Свид, И.А. Штых

Приводится сравнительный анализ помехоустойчивости существующих вопросительных радиотехнических систем идентификации воздушных объектов и аналогичных систем при использовании пространственной избирательности принятых сигналов запроса на самолетных ответчиках. Показано, что использование пространственной избирательности на самолетных ответчиках позволяет существенным образом уменьшить влияние преднамеренных коррелированных помех на помехоустойчивость вопросительных систем идентификации.

**Ключевые слова:** пространственная избирательность, вопросительные радиотехнические системы идентификации, помехоустойчивость.

## SPATIAL SELECTIVITY OF RESPONDERS AS INCREASING THE INTERFERENCE IMMUNITY METHOD OF INTERROGATION RADIO ENGINEERING SYSTEM

I.V. Svyd, I.A. Shtykh

The comparative analysis of the existing noise immunity of radio systems interrogative identification of air targets, and similar systems using spatial selectivity received interrogation signals to aircraft transponders. It is shown that the use of spatial selectivity in the aircraft transponders allows significantly reduce the impact of intentional interference immunity correlated interrogative identification systems.

**Keywords:** spatial selectivity, question radio identification system, immunity.