

УДК 621.396.967.2

Б.В. Бакуменко, І.І. Обод

ЗАВАДОЗАХИЩЕНІСТЬ ЗАПИТУВАЛЬНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*Наводиться аналіз завадостійкості та скритності запитувальних радіотехнічних систем.***Ключові слова:** радіотехнічні системи, сигнал запиту, сигнал відповіді, вторинна радіолокація.**Постановка завдання та аналіз літератури**

Вирішення завдань, які стоять перед Повітряними силами, багато в чому визначається інформаційним забезпеченням. Основою інформаційного забезпечення є системи первинної радіолокації. Однак системами, що забезпечують, а іноді й основними інформаційними системами, є запитувальні радіотехнічні системи (РТС), які призначені для розв'язання таких задач:

визначення координат літального апарата (ЛА);
одержання додаткової польотної інформації, необхідної для контролю та керування польотами і наведення ЛА;

радіолокаційне опізнання державної приналежності виявлених повітряних об'єктів;

диспетчерське опізнання ЛА.

Оцінювання завадостійкості існуючих запитувальних РТС достатньо повно розглянута в [1 – 3]. Однак питанням завадозахищеності запитувальних РТС не приділено достатньо уваги.

Мета статті – оцінювання завадозахищеності існуючих запитувальних РТС.

Основний матеріал

Запитувальні РТС утворені запитувачем та відповідачем за принципом несинхронної мережі, од-

ноканального пристрою обслуговування першого правильно прийнятого сигналу запиту (СЗ) і відкритих систем масового обслуговування (СМО) з відмовами (рис. 1). Така побудова останніх відкриває широкі можливості супротивнику щодо несанкціонованого використання відповідачів цих систем для дальнього виявлення ЛА, а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад (КЗ) необхідної інтенсивності. Можливість зниження завадостійкості запитувальних РТС супротивником обумовлена тим, що відповідач має час паралізації, який дуже суттєвий при роботі в імітостійкому режимі. Дійсно, принцип побудови існуючих запитувальних РТС виключив як часові, так і просторові розходження між корисними та імітованими СЗ. При роботі відповідача тільки в полі дії своїх РТС, що створюють внутрішньосистемні завади (ВСЗ), коефіцієнт готовності (КГ) відповідача завжди менше одиниці. Під КГ відповідача розуміється імовірність відповіді на запит конкретного запитувача, що є ні чим іншим як його відносною пропускну здатністю. КГ відповідача залежить від інтенсивності потоку СЗ, утвореного потоком СЗ від сусідніх запитувальних РТС (ВСЗ), потоком навмисних КЗ (імітовані завади), а також потоком ЗС, що утворився із потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад. Рівень ВСЗ може контролюватися і цим, отже, обмежується граничне зменшення КГ відповідача. Створення супротивником навмисних КЗ, яке

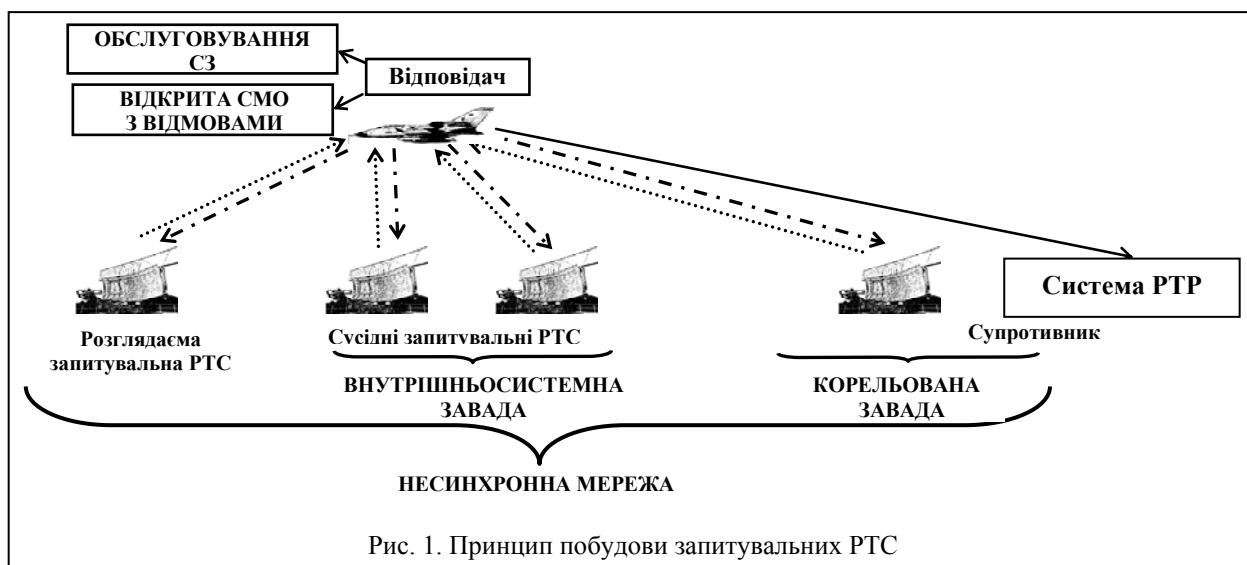


Рис. 1. Принцип побудови запитувальних РТС

неможливо контролювати, може цілком паралізувати відповідач і цим істотно знизити завадостійкість запитувальних РТС.

Як сигнали відповіді (СВ) запитувальних РТС використовуються інтервально-часові та часово-частотні коди, які утворюються декількома вузькосмуговими сигналами на одній чи двох несучих частотах, часова відстань між якими і є кодом СВ. Використання вузькосмугових сигналів, відомих несучих частот, апріорно відомих часових розстановок імпульсів СВ та наявність слабоспрямованої антени на ЛА призводить до того, що ЛВ є бажаним об'єктом засобів радіотехнічної розвідки (РТР) супротивника.

Оцінимо завадозахисність запитувальних РТС, тобто енергетичну скритність та завадостійкість. Розрахунки зробимо при роботі запитувальних РТС в імітостійкому режимі.

Проведемо оцінювання скритності існуючих запитувальних РТС. Будемо проводити її за критерієм дальності виявлення СВ типових ЛВ. Як систему РТР скористаємося різницево-далекомірною системою, яка складається з трьох приймальних пунктів. Розв'язання координатної задачі системою РТР можливе при виявленні сигналів на всіх приймальних пунктах. При цьому слід зазначити, що система РТР може розв'язувати завдання опізнання координат ЛА при виявленні одиночних імпульсів СВ ($n = 1$), а також усього СВ ($n = 2$ чи $n = 3$).

На рис. 2 наведена залежність дальності виявлення СВ типових ЛВ типовою системою РТР.

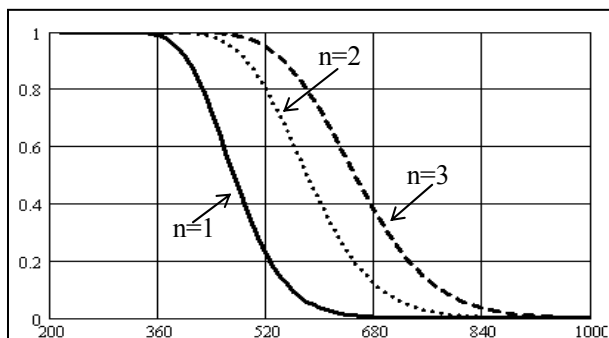


Рис. 2. Дальність виявлення СВ запитувальних РТС

Наведені розрахунки показують, що виявлення СВ сучасних ЛВ типовою системою РТР не має труднощів, що вказує на відсутність енергетичної скритності існуючих запитувальних РТР. При цьому слід зазначити, що виявлення сигналів здійснюється для зон дії систем первинної радіолокації.

Проведемо оцінювання завадостійкості існуючих запитувальних РТС, для чого дослідимо вплив потоку СЗ, утвореного сумарним потоком СЗ сусідніх запитувальних РТС (рис. 1), потоком навмисної корельованої завади супротивника і хаотичної імпульсної завади (ХІЗ), на імовірність одержання координатної інформації від ЛВ.

При надходженні на вхід ЛВ запитувальної РТС потоку СЗ і ХІЗ будуть спостерігатися такі ситуації, що приводять 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 у бічних пелюстках (ПБП);

подавлення СЗ даного запитувача через випереджальний СЗ як сусідніх запитувачів, так і запитувачів супротивника;

високочастотне подавлення окремих імпульсів СЗ даного запитувача при збігу за часом імпульсів потоку СЗ і несприятливих фазових співвідношень;

подавлення СЗ даного запитувача через випереджальний хибний СЗ, що утворюється в результаті взаємодії першого імпульсу СЗ даного запитувача з випереджальним (на базу коду) імпульсом ХІЗ чи ПСЗ (імовірність хибної тривоги другого роду) і зухвалого випромінювання СВ чи спрацьовування схеми ПБП;

подавлення СЗ у результаті роботи схем часової селекції відповідачів;

подавлення СЗ у результаті інерційності схем вхідних формувачів дешифратора й обмеження завантаження відповідача.

Визначення імовірності цих подій будемо здійснювати у припущенні, що потоки сигналів запиту (ПЗС) та ХІЗ діють на СЗ даного запитувача незалежно один від одного і що кількість джерел, які формують загальний потік СЗ, достатня для того, щоб вважати потік пуассонівським.

Припустимо, що на вхід відповідача надходять ХІЗ інтенсивністю λ_0 , ПСЗ, що викликає випромінювання СВ, яке включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік імітованих СЗ супротивника, інтенсивністю λ_1 , та потік СЗ, що викликає спрацьовування схеми ПБП, інтенсивністю λ_2 .

Використовуючи методику розрахунку зазначених імовірностей, досить докладно викладених у [2], одержуємо результати розрахунку завадостійкості існуючих запитувальних РТС при вирішенні задачі опізнання виявлених цілей, наведені на рис. 3, 4 (рис. 3 – розрахунки КГ відповідача, рис. 4 – імовірність виявлення цілі).

Аналіз наведених на рис. 3, 4 розрахунків завадостійкості існуючих запитувальних РТС показує, що можливість супротивника подавляти запитувальну РТС за рахунок несанкціонованого використання ЛВ потрібної інтенсивності ставить під сумнів можливість роботи цих систем у конфліктних ситуаціях.

Все це підтверджує твердження, що сучасні запитувальні РТС характеризуються низькою завадостійкістю.

Таким чином, існуючі запитувальні РТС ха-

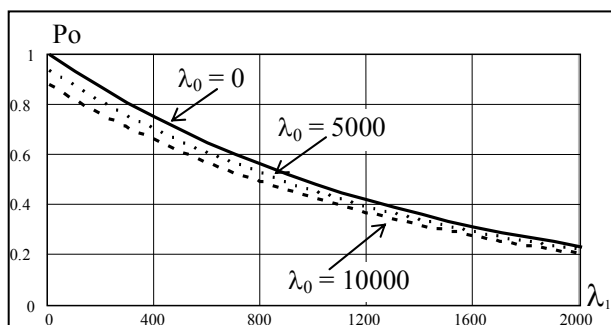


Рис. 3. Коефіцієнт готовності ЛВ

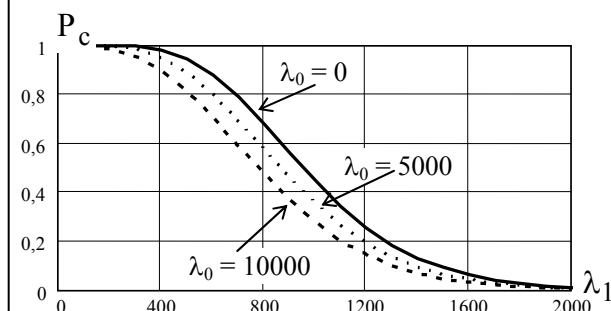


Рис. 4. Імовірність виявлення цілі запитувальною РТС

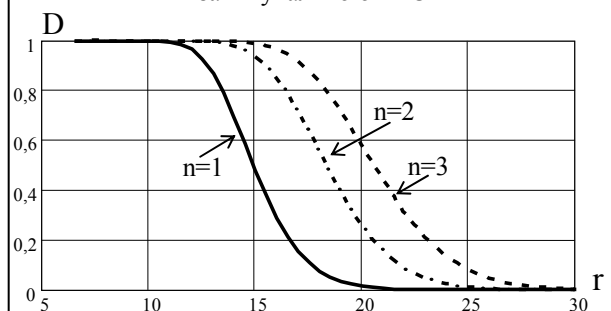


Рис. 5. Дальність виявлення сигналів ЛВ запитувальних РТС

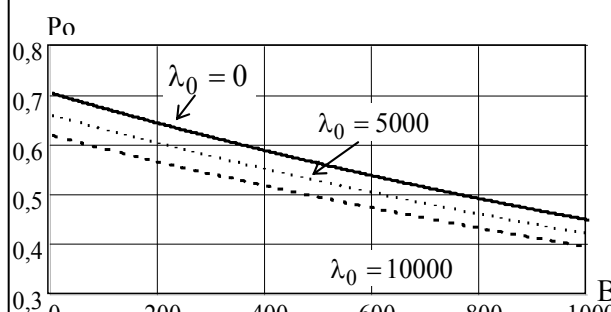


Рис. 6. Вплив бази СВ на КГ ЛВ

рактизуються відсутністю енергетичної скритності та низькою завадостійкістю, що вказує на недостатню завадозахищеність запитувальних РТС.

Підвищення енергетичної скритності запитувальних РТС можливе за рахунок використання складних сигналів. Дійсно, на рис. 5 показана дальність виявлення сигналів ЛВ при використанні як СВ складних сигналів з базою $V = 1000$.

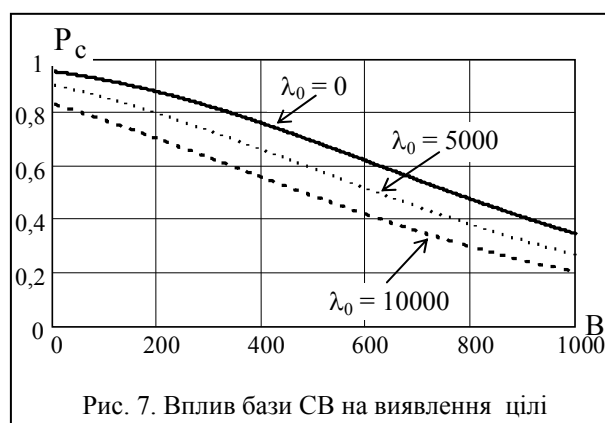


Рис. 7. Вплив бази СВ на виявлення цілі

Розрахунки, наведені на рис. 5, показують, що використання складних сигналів як СВ суттєвим чином можуть підвищити енергетичну скритність запитувальних РТС. Однак перехід до використання складних сигналів як СВ призводить до розширення часової бази СВ, що у свою чергу призводить до збільшення часу парализації ЛВ, який призводить до зменшення завадостійкості ЛВ.

На рис. 6, 7 наводяться розрахунки завадостійкості запитувальних РТС при використанні складних сигналів у ЛВ з базою 1000. Розрахунки наведені при фіксованих потоках сигналів запиту.

Таким чином, використання складних сигналів у запитувальних РТС дозволяє підвищити скритність, але при цьому погіршується завадостійкість.

Висновки

Оцінювання завадозахищеності запитувальних РТС показало:

існуючі запитувальні РТС не мають енергетичної скритності та характеризуються низькою завадостійкістю;

використання як СВ складних сигналів дозволяє підвищити скритність, але знижує завадостійкість.

У подальшому потрібно розглянути можливі шляхи та методи прийнятного переходу до завадозахищених запитувальних РТС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦНТИ, 1998. – 119 с.
2. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков та ін. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.
3. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков та ін. – К.: МОУ, 2004. – 342 с.

Надійшла 17.04.2006

Рецензент: д-р техн. наук доцент Г.В. Єрмаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба.