

УДК 621.396.96

Дацько С. В., аспірант

Науковий керівник: Обод І. І., д.т.н., професор

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікропроцесорних технологій і систем, м. Харків, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9898-0937>

ЗАХИСТ ЗАПИТАЛЬНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ВІД НАВМИСНИХ КОРЕЛЬОВАНИХ ЗАВАД

До основних інформаційних систем спостереження повітряного простору відносяться запитальні радіолокаційні системи (ЗРС), котрі включають системи вторинної радіолокації [1] та запитальні системи ідентифікації повітряних об'єктів за ознакою «свій-чужий» [2]. Як впливає з принципу обслуговування сигналів запиту [3] та принципу побудови мережі ЗРС [4] головними методами зниження завадостійкості таких систем є постановка навмисних корельованих завад (навмисних корельованих завад) [5].

Це зумовило однакові недоліки таких систем, а саме складність функціонування за наявності навмисних корельованих завад. Як впливає їх [6-8], принцип обслуговування заявок та принцип побудови мережі систем ЗРС визначили основним методом зниження завадостійкості таких систем є постановка навмисних корельованих завад.

Принцип обслуговування сигналів запиту, що використовується в сучасних ЗРС, з реалізацією системи ЗРС як систем масового обслуговування з відмовами дозволяє протилежному стороні або несанкціоноване використання інформації літакового відповідача, або здійснити паралізацію літакового відповідача, що призводить до паралізації роботи всієї ЗРС. Перехід до імітостійкого режиму роботи не усунув зазначеного недоліку, оскільки принцип обслуговування сигналів запиту та принцип побудови мережі ЗРС залишився колишнім. Крім того, використання сигналу з великою часовою базою в цьому режимі зумовив низьку завадостійкість зазначеного режиму роботи ЗРС навіть за наявності внутрішньосистемних завад [9-11].

Отже, пошук шляхів та методів захисту систем ЗРС від навмисних корельованих завад є актуальним завданням. Математичні моделі сигналів та внутрішньосистемних (до яких можна віднести і навмисних корельованих завад) показують складність подавлення останніх, за рахунок відсутності параметрів зазначених завад та корисних сигналів. Дійсно, в існуючих ЗРС через слабо спрямовану діаграму спрямованості антени відповідача відсутні просторові відмінності прийнятих завад та корисних сигналів. Реалізація ЗРС на принципі несинхронної мережі виключила і часові відмінності завад, що приймаються, і корисних сигналів.

Відомо, що основою подавлення завад є різницю між корисним сигналом та завадою. У сучасних системах ЗРС, як впливає з [3], реалізовано принцип обслуговування заявки, що зумовило реалізацію принципу відкритих систем масового обслуговування з відмовами при їх побудові. Сама мережа систем

ЗРС, реалізована на несинхронному принципі. Несинхронна мережа систем ЗРС дозволяє ефективно подавляти в апаратурі запитувачів внутрішньосистемні завади, утворені сусідніми системами ЗРС. Однак саме це дозволяє протилежній стороні здійснювати паралізацію системи ЗРС постановкою навмисних корельованих завад. Отже, така реалізація сучасних систем ЗРС ускладнює їх використання у конфліктних ситуаціях. Справді, інтенсивність потоку сигналів запиту у існуючих ЗРС можна визначити як

$$\lambda_s = \sum_{i=0}^{N-1} \lambda_i(T_i) + \lambda_l + \sum_{j=0}^{M-1} \lambda_j(T_j), \quad (1)$$

де $\lambda_i(T_i)$ - інтенсивність потоку сигналів запиту від i -ого запитувача з періодом повторення T_i ; λ_l - інтенсивність потоку хибних сигналів запиту, що утворилися з хаотичних імпульсних завад та сумарного потоку сигналів запиту своїх запитувачів та хаотичних імпульсних завад (тобто за рахунок хибної тривоги першого та другого роду); λ_j - інтенсивність потоку навмисних корельованих завад запитувачів протилежної сторони, що подавляють та несанкціоновано використовують відповідач, з періодом повторення T_j .

Таким чином, як впливає з принципу обслуговування, побудови та організації мережі у сучасних системах ЗРС відсутні і просторові і часові відмінності між сигналами та навмисних корельованих завад, що ускладнює створення завадостійких ЗРС.

Пошук шляхів переходу до завадостійких ЗРС призводить до необхідності створення відмінностей між корисними сигналами та навмисних корельованих завад. Створення просторових відмінностей, хоч і можливе, проте призводить до значних матеріальних витрат і призводить до складності функціонування таких систем. Іншим методом створення відмінностей між корисними сигналами та навмисних корельованих завад є часові відмінності.

Пошук часових відмінностей між корисними сигналами та навмисних корельованих завад призводить до зміни принципу організації мережі запитальних радіолокаційних систем. Перехід від несинхронної мережі до синхронної мережі ЗРС дозволяє штучно створити часову різницю між корисними сигналами і завадами. При реалізації синхронної мережі ЗРС сумарний потік сигналів запиту можна записати як

$$\lambda_s = \sum_{i=0}^{N-1} \lambda_i[T_o(t)] + \lambda_l + \sum_{j=0}^{M-1} \lambda_j(T_j), \quad (2)$$

де $T_o(t)$ - період повторення сигналів запиту єдиний для всієї синхронної мережі ЗРС. Як впливає з (2) часова різниця між корисними сигналами та навмисними корельованими завадами виявляються у часі надходження. Дійсно, оскільки шкала часу літакового відповідача узгоджена зі шкалами часу усіх елементів синхронної мережі систем ЗРС, то корисні сигнали запиту надходять у відповідач в синхронні, а навмисна корельована завада – в несинхронні моменти часу.

Таким чином, перехід до синхронних мереж ЗРС дозволяє навмисні корельовані завади перевести в несинхронну заваду, методи захисту від якої вивчені. Зокрема, одним із найбільш ефективних методів захисту від несинхронних імпульсних завад є міжперіодна обробка сигналів, що

приймаються. Слід зауважити, що перехід до синхронних мереж дозволяє істотно розширити принципи обслуговування сигналів ЗРС.

Список літератури

1. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обода. Харків: ХНУРЕ, 2014. 312 с.

2. Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.

3. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.

4. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.

5. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.

6. I. Obod, I. Svyd, O. Vorgul, O. Maltsev, O. Datsenko, and N. Boiko, "Optimization of data processing structure for multi-position radar surveillance systems," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021. doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575286.

7. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and S. Starokozhev, "The Effect of Masking Interference on the Quality of Request Signal Detection in Aircraft Responders of the Identification Friend or Foe Systems," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 721-726, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467955.

8. M.K. Abdul-Hussein, O. Strelnytskyi, I. Obod, I. Svyd and H. Alrikabi, "Evaluation of the Interference's Impact of Cooperative Surveillance Systems Signals Processing for Healthcare", International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE), vol. 18, no. 03, pp. 43-59, 2022. doi: 10.3991/ijoe.v18i03.28015.

9. І.В. Свид, А.І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.

10. О.П. Черних, І.І. Обод, І.В. Свид. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, том 2, вип. 9(50), 2011. С. 23-25. doi: 10.15587/1729-4061.2011.1850.

11. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Shevtsov and O. Bilotserkivets, "Optimizing the Request Signals Detection of Aircraft Secondary Radar System Transponders," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 652-657, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926991.