

СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ІМПУЛЬСНОЇ ВІДПОВІДНОЇ ЧАСТОТНОМОДУЛЬОВАНОЇ ЗАВАДИ

Музика В.М., Богомаз Н.Д.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Атаманський Д.В.
Харківський національний університет Повітряних Сил
м. Харків, Україна
e-mail: muzichcka1994@gmail.com

The pulsed frequency-modulated interference (FMI) is created to simulate the marks from non-existent (false) targets. A proposed method for suppressing the FMI is based on the natural assumption that the interference samples include powerful samples of the input mixture. In the course of digital processing, it is implemented by nullifying the counts that exceed a given level of limitation. It is also shown that processing devices using such a limitation provide efficient processing of the useful signal against the background of the interfering NRF.

Відповідні імпульсні частотно-модульовані завади (ЧМЗ) для імпульсних РЛС з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ) зондувальних сигналів, дуже ускладнюють радіолокаційну обстановку. Сигнали, прийняті постановником завад, не просто перевипромінюються в напрямку РЛС, що заглушується, із необхідними підсиленням і затримкою, як, наприклад, багаторазова відповідна імпульсна завада (ВІЗ), а попередньо перетворюються й ускладнюються. Такі кроки створюють ефект безлічі хибних цілей вже в ході випромінювання одного імпульсу ЧМЗ завади у відповідь на один зондувальний ЛЧМ імпульс [3–5]. Відомі два способи створення ЧМЗ завади для РЛС із ЛЧМ зондувальними сигналами [1, 2]: SMSP і C&I.

Радіоімпульси ЧМЗ завади типу SMSP тривалістю τ_{SMSP} складаються з однакових коротких фрагментів (дискрет, елементарних імпульсів) тривалістю τ_0 / n (рис. 1, в) у n раз меншої тривалості відбитого РІ τ_0 (рис. 1, а), але з такою же девіацією частоти Δf_0 (рис. 1, з), як і в ЗРІ РЛС.

ЧМЗ завада типу C&I (рис. 2) являє собою рівномірно розташовані в часі вирізки фрагментів сигналу, прийнятого від РЛС, що заглушується, у межах тривалості зондувального імпульсу РЛС [2, 3]. Принцип формування такої завади полягає у вирізанні потрібних фрагментів із сигналу, пропускаючи інші, складанні з них переміжних сегментів завади таким чином, щоб кожен сегмент переносив інформацію свого діапазону частот, і тим самим генерування імпульсу ЧМЗ завади типу C&I в цілому.

Відгук УФ на ЧМЗ заваду типу C&I містить багато рівномірно розподілених майже рівних амплітудних піків, що дозволяє імітувати велику кількість хибних цілей для РЛС виявлення.

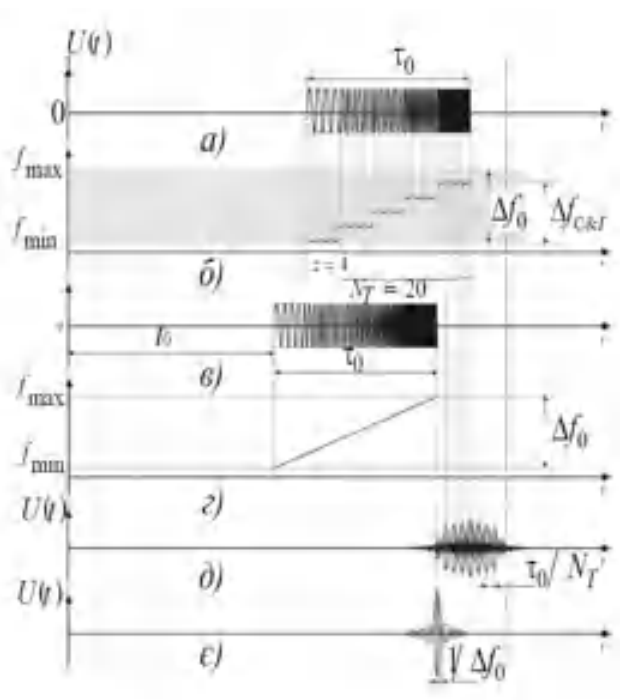
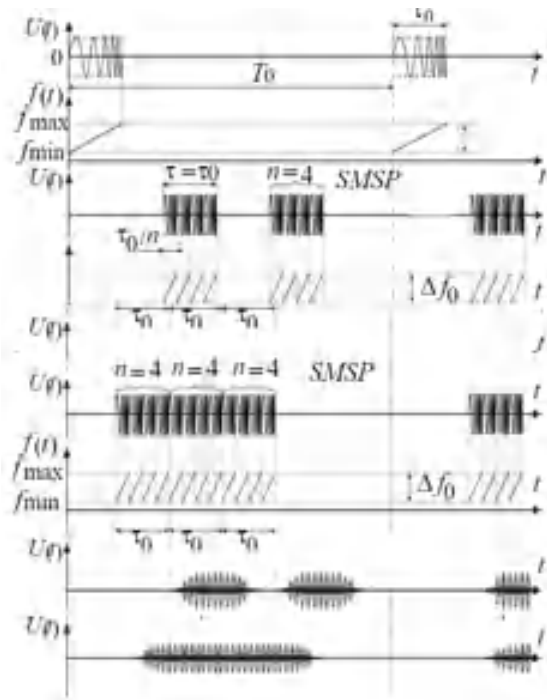


Рис. 1. ЧМЗ - завада типу SMSP [5] Рис. 2 ЧМЗ - завади типу C&I [5]

Способи боротьби з багаторазовими імпульсними відповідними завадами для завад типу ЧМЗ малоефективні, що обумовлено специфікою формування завади. У РЛС, які використовують зондувальні сигнали із внутрішньо імпульсною модуляцією застосовуються схеми на основі фільтра, узгодженого із зондувальним сигналом, та обмежником на його вході. Імпульсна завада з відмінним від сигналу законом внутрішньої імпульсної модуляції послабляється узгодженим фільтром (УФ), а включення обмежника виду (1) позбавляє заваду енергетичної переваги над сигналом на вході фільтра.

$$u_{\text{Соб}}(i) = \begin{cases} U_{\text{нор.об.}}, & \text{при } |u_{\text{вх}}(i)| \geq U_{\text{нор.об.}} \\ u_{\text{вх}}(i), & \text{при } |u_{\text{вх}}(i)| < U_{\text{нор.об.}} \end{cases} \quad (1)$$

Однак його використання неефективно для придушення суміш потужної ЧМЗ завади й слабого відбитого ЛЧМ сигналу діє по головному променю ДН антени.

Пропонується інший спосіб заглушення завади, що ґрунтується на обмежника виду (2)

$$u_{\text{Моб}}(i) = \begin{cases} 0, & \text{при } |u_{\text{вх}}(i)| \geq U_{\text{нор.об.}} \\ u_{\text{вх}}(i), & \text{при } |u_{\text{вх}}(i)| < U_{\text{нор.об.}} \end{cases} \quad (2)$$

На рис.3,а для модельної ситуації сигнал + завада типу C&I показаний епюр напруг на виході пристрою з УФ і обмежником (1) (далі пристрій 1), а на рис.3,б – обмежником (1) (далі пристрій 2). Завада випереджає прийнятий від цілі ЛЧМ сигнал. Вона не перекриває корисний сигнал. Справжній максимум від цілі знаходиться на часовій осі у точці 2 мс. Вважається,

що сигнал від цілі слабкий ($v_0 = 1$) і обмежувач не змінює амплітуду корисного сигналу.

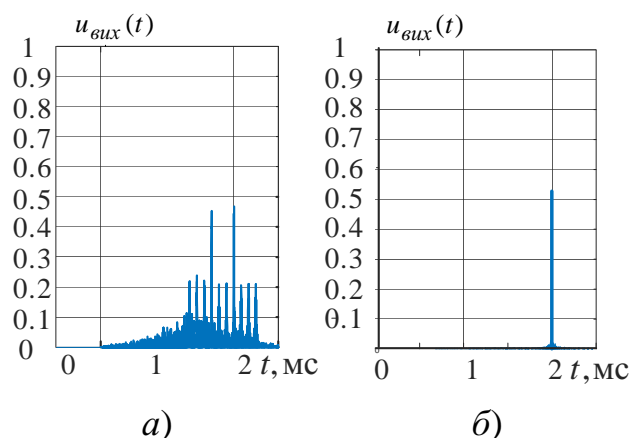


Рис. 3

Видно, що на виході пристрою 1 продовжують формуватися відгуки від хибних цілей. В той же час пристрій 2 з обмежувачем (2) впевнено виділяє сигнал від цілі. Максимум сформовано в момент закінчення дії ЛЧМ сигналу ($\tau_0 = 1$ мс) з врахуванням запізнення ($t_0 = 1$ мс) сигналу.

Висновок. Запропоновано спосіб заглушення відповідної імпульсної завади, в основі якого ле-

жить природне припущення про належність до відліків завади потужних відліків вхідної суміші. В ході цифрової обробки реалізується обнуління відліків, що перевищують заданий рівень обмеження. Показано, що пристрої обробки, які використовують таке обмеження, забезпечують ефективну обробку корисного сигналу на фоні ЧМЗ завади.

Список використаних джерел:

1. Lu G. Liao S., Luo S., Tang B. Cancellation of complicated ЧМЗ range false targets via temporal pulse diversity / Progress in electromagnetics research C. – 2010. – Vol. 16. – P. 69-84. DOI : 10.2528/PIERC10061401.
2. M. J. Sparrow, and J. Cikal. ECM techniques to counter pulse compression radar / Patent 7,081,846 B1 United States. G01S 7/38 (2006.01) // Filed Jun. 25, 2004; date of patent : Jul. 25. – 2006. – 14 p.
3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория : Справочник / Я. Д. Ширман, С. Т. Багдасарян, А. С. Маляренко, Д. И. Леховицкий и др. ; под ред. Я. Д. Ширмана // Москва : Радиотехника. – 2007. – 512 с.
4. Жирнов В. В., Солонская С. В., Зарицкий В.И. Способ защиты обзорных РЛС от имитационных помех / Інформаційні системи та технології ICT-2020 9-та Міжнародна науково-технічна конференція. ХНУРЕ. Харків. – 2020. – 4 с.
5. Riabukha V. P.. Pulse ЧМЗ jamming formation and its mathematical simulation. / V. P. Riabukha, A. V. Semeniaka, Ye. A. Katiushyn, D. V. Atamanskiy // 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week, November 14th – 18th.