

1. Закон України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру”, № 1809-14 // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К.: Парламентське вид-во, 2002. – № 6. – 39 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України, №192/“Положення про організацію оповіщення і зв’язку у надзвичайних ситуаціях” // Офіц. вид. – К.: Парламентське вид-во, 2002.
3. Білоусов С.І. Системи оповіщення цивільного захисту. Частина II. Об’єктові, локальні та спеціальні автоматизовані системи оповіщення цивільного захисту. Одеса 2013.
4. Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у випадку їх виникнення / Наказ МНС від 15 червня 2006 р №288 // Офіц. вид. – К.: Парламентське вид-во, 2006.
5. ДСТУ 3433-96 (ГОСТ 27.005-97) Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення.

Рецензія/Peer review : 8.1.2014 р. Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.

УДК 621.396.96

І.С. КАТЕРИНЧУК, О.В. БОРОВИК

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

Ю.О. БАБІЙ, В.В. СНИГУР

Хмельницький національний університет

СУЧАСНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У наведеній статті приведений аналіз актуальної наукової задачі підвищення інформаційної здатності триангуляційних систем пасивної локації в умовах складної електромагнітної обстановки, в рамках якої наведено методи, алгоритми та технічні рішення побудови кутомірних систем пасивної локації джерел радіосигналів. Наведено аналіз практично реалізованих існуючих радіотехнічних систем виявлення оптимального і близьких до нього алгоритмів обробки в реальній зовнішній електромагнітній ситуації. Обґрунтовано їх низьку інформаційну здатність, яка обмежується 4...5 джерелами випромінювань з рівними потужностями. Аргументовано, що основним напрямком підвищення інформаційної здатності пеленгаторів і в цілому систем пасивної локації є застосування ефективних методів подавлення бокових пелюсток діаграми направленості основної антени.

Ключові слова: радіотехнічні системи, система пасивної локації, пеленгатор.

I.S. KATERUNCHYK, O.V. BOROVUK

National Academy of State Border Service of Ukraine named after Bogdan Khmelnytsky

Y.O. BABIY, V.V. SNIHUR

Khmelnytsky National University

MODERN METHODS OF IMPROVING RADIO SYSTEMS INFORMATION CAPABILITY

Abstract – The analysis of actual scientific problems increase the information capacity of triangular passive location in the complex electromagnetic environment, within which are the methods, algorithms and technical solutions for the azimuth of passive location of sources of radio signals are given in this article. The analysis practically implemented existing radio systems and identify optimal close to him processing algorithms in real external electromagnetic situation also opened here. Proved their low information capacity, which is limited to 4 ... 5 sources of emissions from power levels. Argued that the main way to increase the information ability of direction finders and generally passive location systems is the use of effective methods of suppressing the side-lobe rejection basic antenna.

Keywords: radio systems, passive ranging, direction finder.

Радіотехнічні інформаційні системи є основними джерелами інформації повітряної та наземної обстановки. Вони являють собою радіолокаційні та радіонавігаційні засоби виявлення цілей та вимірювання їх координат. Важливим класом таких систем є радіолокаційні засоби пасивної локації об’єктів радіовипромінювання, вони забезпечують всі етапи отримання інформації про цілі, такі як виявлення, вимірювання координат, а також параметрів руху. Радіопередавачі об’єктів (пілотажно-навігаційні, локаційні, зв’язкові, джерела штучних перешкод), а також самі об’єкти, що мають тепловий або радіолокаційний контраст з навколишнім середовищем можуть бути джерелами випромінювання.

Серед існуючих локаційних методів пасивна локація знаходить застосування в цілому ряді різних за призначенням видів інформаційних систем. Акцент в роботі робиться на системи радіолокаційного і навігаційного призначення, як наземного, так і повітряного базування. Перевага пасивних систем локації радіовипромінювальних цілей порівняно з активними засобами радіолокації складається, по-перше, в їх повній електромагнітній скритності, по-друге, простої з точки зору апаратних витрат технічної реалізації. Навігаційні та радіолокаційні системи пасивної локації дозволяють компенсувати низьку інформаційну здатність активних засобів локації в умовах природних і навислих перешкод, а також при виявленні цілей на малій висоті. Незважаючи на це, засоби пасивної локації застосовуються в даний час вкрай недостатньо. У військовій радіолокації роль пасивних систем виявлення на даному етапі розвитку стає особливо важливою у зв’язку з практично феноменальним зростанням енергетичних характеристик активних шумових перешкод, захист від яких засобами активної радіолокації стає мало ефективною. Існуючі методи захисту

радіолокаційних станцій виявлення повітряних цілей повністю не забезпечують захист від шумових перешкод, отже використання актуальних способів підвищення інформаційної здатності радіотехнічних систем є виправданим.

Сучасний стан питання.

В даний час загальноприйнятою класифікацією пеленгаційних методів у вітчизняній та зарубіжній літературі не існує. Основна причина - існування безлічі ознак за якими може бути проведена класифікація. В залежності від кількості вимірюваних координат розрізняють позиційні, позиційно – швидкісні, а також двопозиційні методи пеленгації.

При розробці та обґрунтуванні відомих методів пеленгації використовують:

- методи кореляційної теорії випадкових процесів при теоретичному обґрунтуванні пеленгаційних пристроїв з кореляційної обробки часових процесів;
- методи статистичної теорії антен при використанні аналітичного апарату опису вихідного процесу корелятора у випадку впливу сигналів з флуктуаційним енергетичним спектром;
- методи теорії сигналів і перетворення випадкових процесів в елементах приймального тракту при обґрунтуванні перетворень прийнятих сигналів у дискретні спектри і методів частотної селекції;
- основи теорії ймовірності і математичної статистики при вирішенні завдань аналізу процесів обробки та статистичних показників якості пеленгації, якщо в якості вхідного сигналу прийнята модель шумоподібного процесу;
- положення й теореми функціонального аналізу при вирішенні задачі синтезу адаптивної системи придушення шуму.

Класифікація позиційних систем пасивної локації (СПЛ) включає в якості основних: найбільш широко застосовуються триангуляційні СПЛ і системи, засновані на різницево-дальномірному методі вимірювання просторових координат. Розглядаються триангуляційні СПЛ, оскільки системи з різницево-daleкомірним методом (так звані базово-кореляційні системи) не знайшли практичного застосування в силу цілого ряду складнощів технічної реалізації, хоча ефективності (перш за все, точнісних характеристик) вони значно краще триангуляційних. Отже основними функціональними елементами триангуляційних СПЛ, що видають первинну інформацію про виявлення та кутових координатах цілей є прийомні пеленгаційні пристрої.

Пеленгаційні пристрої можуть бути як автономними радіотехнічними засобами, так і вбудованими у вигляді так званих пеленгаційних каналів у загальний приймальний тракт радіолокаційних та радіонавігаційних систем і станцій. А також характеристики пеленгаційного пристрою визначають інформаційну здатність системи пеленгації в цілому, що в поєднанні з геометрією системи позиційного прийому і точнісні можливості СПЛ визначає актуальність удосконалення способів підвищення інформаційної здатності радіотехнічних систем.

Основна частина.

Серед відомих з різних джерел способів підвищення точності дальнометрії для аналізу і оцінки можливостей застосування виділяють наступне.

Застосування в двопозиційній системі прийому комбінованого методу вимірювання просторових координат цілі, а саме: кутомірно-різницево-дальномірного. Теоретично різницево-дальномірний метод передбачає безліч параметрів. Практична реалізація у вигляді системи пасивної локації (базово-кореляційного) вимагає не менше чотирьох рознесених пунктів прийому і систем трансляції прийнятих в кожному пункті коливань джерел сигналу із збереженням тонкої структури на центральний пункт. Крім того, ускладнюється система обробки за рахунок необхідності застосування пристроїв огляду на відносно затримку сигналів.

Застосування одного з методів альтернативного спектрального аналізу при оцінці кутових координат цілі, що дозволяють підвищити роздільну здатність вище класичної, тобто релеївської межі, в 2...3 рази.

Корисним сигналом для радіотехнічних систем є сигнал, що пеленгується в даний момент джерела, на заваді - сигнали інших джерел, прийняті бічні пелюстки антени, і внутрішні шуми приймача. Структура як корисних, так і завадових сигналів апіорі невідома і відноситься до класу квазінеперервних і шумоподібних сигналів. Такі сигнали приймаються як випадковий процес, що нормалізується на виході вузькосмугового тракту прийому.

Невідомість структури очікуваного корисного сигналу не дозволяє застосовувати алгоритми узгодженої обробки. Виходом зі сформованої ситуації може стати використання оптимального алгоритму фільтрації. Зміст оптимального алгоритму в даній задачі виявлення полягає в обчисленні енергії прийнятої реалізації сигналу і його нормування до енергії (потужності) фону завад. В реальній обстановці завадовий фон перешкод являє собою, крім внутрішнього шуму, суму зовнішніх сигналів джерел випромінювання, що впливають по бічних пелюстках діаграми спрямованості антени. Для оцінки потужності фону завад використовується додатковий канал прийому зі слабконаправленою антеною і аналогічний основному за структурою додатковий канал прийому.

Поряд з роботами по вдосконаленню триангуляційних СПЛ, велика увага приділялася розробці так званих базово-кореляційних систем локації, деякі з алгоритмічних рішень для яких у видозміненому варіанті були запропоновані для побудови ПУ триангуляційних СПЛ. Одним з таких рішень є метод амплітудно-фазової (кореляційної) обробки сигналів в основному каналі пеленгатора. Даний метод пеленгації зберігає

оптимальний алгоритм часової обробки, але на відміну від вище згаданого пеленгатора дозволяє отримати ефект придушення регулярних бічних пелюсток за рахунок формування результуючої діаграми спрямованості основного каналу.

Структурні схеми пеленгаторів радіотехнічних систем представлені на рис. 1., де на рисунку:

а) оптимальний тип;

б) кореляційний тип побудови схеми пеленгатора радіотехнічних систем.

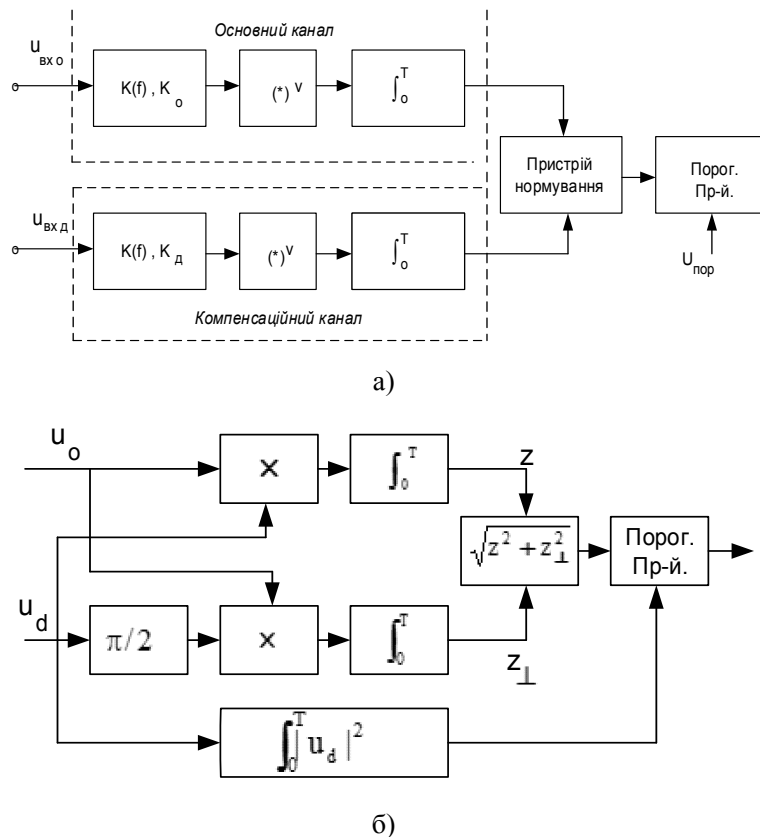


Рис. 1. Структурні схеми пеленгаторів радіотехнічних систем

Одним з найбільш ефективних методів великого класу алгоритмів і методів спектрального оцінювання вважається метод MUSIC (Multiple Signal Classification). Впровадження методу вимагає реалізації в тракці прийому і обробки пеленгаційного пристрою додаткової підсистеми високого дозволу, алгоритм якої передбачає обчислення власних значень кореляційної матриці сигналів, прийнятих елементами антенної решітки. Такий алгоритм пов'язаний з великою кількістю обчислювальних операцій, що істотно обмежує можливість його практичної реалізації.

Метод статистичної обробки випадкових помилок при збільшенні числа відліків. Практичне забезпечення багаторазових вимірювань кутової координати може бути здійснено при моноімпульсному методі пеленгації. При цьому, кількість можливих незалежних відліків параметра визначається відношенням часу опромінення цілі (при скануванні діаграми направленості) до числа відліків по

Котельникову.

Метод пеленгації, використовує кореляційний аналіз спектрів сигналів, прийнятих двохпозиційною антеною, і частотної селекції відгуку корелятора, що заснований на реалізації особливих властивостей взаємкореляційної обробки сигналів з відносним запізненням при використанні замість стандартного корелятора схеми спектрально-кореляційної обробки в пеленгаційному пристрої з винесеною на певну базу допоміжною антеною.

Особливість кореляційної обробки сигналів після їх перетворення послідовним спектроаналізатором полягає в частотному "забарвленні" вихідних сигналів зі строгою відповідністю між відносним запізненням (тобто просторовим положенням впливає джерела випромінювання) і частотою заповнення вихідного сигналу. Ця особливість дозволяє здійснити роздільну частотну селекцію корисного і шумового сигналів на виході корелятора. При цьому, виділення зайвих сигналів, прийнятих бічними пелюстками основної антени, що забезпечує формування порогу компенсації та наближається до гіпотетично бажаного порогу і відбиває певною мірою за формою реальний рівень бічних пелюсток прийому.

На підставі результатів аналізу характеристик пеленгаційних пристроїв, реалізованих у радіолокаційних і навігаційних системах локації зроблено висновки про шляхи підвищення інформаційних властивостей як існуючих пеленгаційних пристроїв, так і реалізують запропоновані алгоритми кореляційної обробки.

Основне завдання підвищення інформаційної здатності пеленгаційних пристроїв пов'язана з удосконаленням просторово-часової обробки сигналів. Оскільки, сигнали на вході являють собою хвильові поля, то оптимізація в широкому сенсі слова системи прийому хвильових полів передбачає єдину систему просторово-часової обробки. У більшості радіолокаційних засобів просторова і тимчасова обробки сигналів проводяться роздільно. Можливість єдиної просторово-часової обробки сигналів може бути реалізована тільки на базі адаптивних антенних решіток [2]. У той час такого виду обробку (з дещо меншою ефективністю) забезпечують багатопозиційні системи когерентного прийому. У подібних системах антенна система виконує роль «керованої» в загальному випадку просторового фільтра, особливою властивістю якого є підвищення просторової вибірковості за деякими неамплітудними параметрами, зокрема, фазових характеристик і відносного запізнення сигналів, прийнятих різними елементами системи. У даних

системах виникає ефект просторової «забавлення» сигналів за вказаними параметрами. Її реалізація для придушення зайвих сигналів бічного прийому найбільш ефективна за допомогою кореляційних методів подальшої тимчасової обробки [3]. Продовжуючи можна додати, що інший шлях боротьби з бічними пелюстками пов'язаний із застосуванням методів адаптивного прийому. Для радіолокаційної ситуації, в якій (на відміну від активної радіолокації) відсутні відмінності в структурі корисних і зайвих сигналів, основи адаптації закладені в роботах Уиндроу Б.

У більшості досліджень з питань систем пасивної пеленгації джерел випромінювань спектральні характеристики прийнятих коливань приймаються вузькосмуговими, а форма спектру апроксимується прямокутною або гауссовою залежністю, що звужує область застосування його результатів, а в ситуаціях складної зовнішньої обстановки призводить до некоректності оцінок і знижує їх достовірність. Тим не менш СПЛ орієнтовані на широкий клас аналізованих сигналів джерел випромінювання насамперед, з точки зору спектральних характеристик пеленгуємих коливань.

Як відомо, на борту сучасних аеродинамічних засобів застосовується велика кількість (більше 25) випромінювальних радіотехнічних пристроїв різноманітного призначення, при цьому слід розглядати широкий діапазон частотних характеристик випромінюваних сигналів.

Просторово-частотні характеристики сигналів випромінювання залежать як від цільового призначення кожного радіотехнічного пристрою, так і від чинників нестабільності, таких як: нелінійність АЧХ генераторів, нелінійна залежність коефіцієнта стоячої хвилі фідерних трактів від частоти і ряду ін.

Тому основним напрямом підвищення інформаційної здатності пеленгаційного пристрою і в цілому СПЛ є застосування ефективних методів придушення бічних пелюсток діаграми спрямованості основної антени.

Висновки.

З вище зазначеного випливає, що практично реалізовані в існуючих радіотехнічних системах виявлення оптимальні і близькі до нього алгоритми обробки в реальному зовнішньої електромагнітної ситуації мають неприпустимо низьку інформаційну здатність, яка обмежується 4...5 джерелами випромінювань з рівними потужностями.

Методи адаптивної просторово-часової обробки сигналів є пріоритетним напрямком розвитку радіолокаційних виявників при наявності зовнішніх джерел перешкод, що впливають по бічних пелюстках діаграми спрямованості. Реалізація адаптивних методів вимагає застосування цифрових лінійних антенних решіток і складної цифрової обчислювальної системи, тому їх впровадження можна припускати тільки в новітніх радіолокаційної техніки.

Найбільш доцільними для побудови пеленгаційних пристроїв з високою інформаційною здатністю системи багатоканальної цифрової автокомпенсації з інваріантними до тривалості сигналу модулями, а також системи, засновані на застосуванні алгоритму Кейпона.

Реалізація адаптивних методів прийому, заснованих на оптимальному і квазіоптимальному алгоритмах просторово-часової обробки, обмежується рядом технічних труднощів, зокрема, високими вимогами до обчислювальних ресурсів, необхідністю апріорних відомостей про координати заважають джерел випромінювання і труднощами поділу на вході підсистеми адаптивної обробки корисного і завадових сигналів.

Література

1. Уиндроу Б. Адаптивные компенсаторы помех: Принципы построения и применение // ТИИЭР. – 1975. – Т. 63, № 12. – С. 69-98 с.
2. Малышкин Е.А. Пассивная радиолокация. Воениздат. 1961 .
3. Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплокация (пассивная радиолокация). М.: Сов.радио.-1964.
4. Ширман Я.Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 328 с.
5. Палий А. И. Радиоэлектронная борьба: средства и способы подавления и защиты радиоэлектронных систем. – М.: Воениздат, 1981 – 246 с.

References

1. Uyndrou B. Adaptivnie kompensatori pomekh: Printsipy postroyeniya i primeneniye // TYIYER. – 1975. – T. 63, Number 12. – S. 69-98 s. [in Russian]
2. Malishkyn E.A. Passivnaya radyolokatsiya. Voennyatd. 1961 . [in Russian]
3. Nykolaev A.H., Pertsov S.V. Radyoteplokatyia (passivnaya radyolokatsiya). M.: Sov.radyo.-1964. [in Russian]
4. Shyrman Ya D., Manzhos V. N. Teoryia y tekhnika obrabotky radyolokatsyonnoi ynfomatyy na fone pomekh. – M.: Radyo y sviaz, 1981. – 328 s. [in Russian]
5. Palyi A. Y. Radyoelektronnaya borba: sredstva y sposobi podavleniya y zashchyty radyoelektronnikh system. – M.: Voennyatd, 1981 – 246 s. [in Russian]

Рецензія/Peer review : 26.2.2014 р.

Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.

Рецензент: д.т.н., професор, завідувач кафедри радіотехніки та зв'язку, кафедра радіотехніки та зв'язку, Хмельницький національний університет, Шинкарук О.М.