

**В.Т. Ковальчук, здобувач  
П.М. Повідайко, к.т.н., доц.**

*Житомирський державний технологічний університет*

### **ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ РАДІОПЕЛЕНГАЦІЇ ЗА НЕІДЕНТИЧНОСТІ ПЕЛЕНГАЦІЙНИХ РАДІОПРИЙМАЛЬНИХ КАНАЛІВ**

*Запропоновані алгоритмічні методи підвищення завадозахищеності радіопеленгації за неідентичності радіоприймальних каналів із суміщеними фазовими центрами елементарних антен шляхом їх компенсації на основі поєднання цифрової обробки сигналів, статистичного усереднення та перекомутації каналів.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Радіопеленгатори, як і будь-які інші радіоелектронні засоби, мають внутрішні завади: активні та пасивні внутрішні шуми/ Активні шуми обумовлені дискретною будовою речовини і статистичним характером явищ, що відбуваються в ній, являють собою флуктуаційні процеси і мають всеохоплюючий діапазон частот. Пасивні шуми зумовлені зміною параметрів елементів тракту та виникають під впливом зовнішнього середовища або внаслідок зміни умов експлуатації. Сучасні радіотехнічні засоби як правило є багатоканальними. Не є винятком і радіопеленгатори. До одного з найважливіших недоліків багатоканальних систем належить неідентичність (амплітудна та фазова) радіоприймальних каналів, що викликана внутрішніми завадами та призводить до спотворення здобутої інформації. Компенсація неідентичностей пеленгаційних радіоприймальних каналів дає можливість підвищити точність пеленгації [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.**

Відомий ряд загальних методів подолання зазначеної проблеми, серед яких можна виділити:

- зондування спеціально сформованим сигналом [1, 2] (недоліком є додаткові часові та апаратурні затрати, а також невідповідність результатів зондування реаліям прийому);
- зондування реальним сигналом [1, 2, 3] (недоліком є необхідність в додатковому часі, а також неможливість врахувати неоднорідності, нелінійності та нестационарності);
- використання цифрової обробки сигналів [4] (недоліком є залишкова неідентичність аналогових трактів);
- використання поправок, записаних в цифровому запам'ятовуючому пристрої [5] (недоліком є необхідність в апріорних даних та в додаткових апаратурних затратах, а також неможливість врахувати неоднорідності, нелінійності та нестационарності);
- перекомутація каналів [6] (недоліком є неврахування можливих флуктуацій амплітуд та фаз пеленгуємих сигналів).

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** З наведеного переліку методів боротьби з неідентичністю радіоприймальних каналів та їх основних недоліків випливає, що серед цих методів немає однозначного лідера. Кожен з перерахованих методів має свої недоліки, пов'язані з додатковими часовими та апаратурними затратами, а також невідповідністю результатів зондування реаліям прийому. Найбільшими недоліками їх усіх є необхідність у наявності апріорних даних або суттєвих апаратурних чи часових затрат.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Алгоритмічні методи підвищення завадозахищеності радіопеленгації за неідентичності радіоприймальних каналів із суміщеними фазовими центрами елементарних антен повинні поєднувати в собі переваги та усувати недоліки названих методів.

**Метою роботи** є обґрунтування алгоритмів компенсації неідентичностей на основі поєднання цифрової обробки сигналів, статистичного усереднення та перекомутації каналів.

**Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

**1. Загальні дані.**

Радіопеленгація застосовується в радіонавігації, радіолокації, радіотеплолокації, радіокеруванні, військовій справі (зокрема радіотехнічній розвідці), в радіоастрономії тощо. Завдання її полягає у визначенні кутових координат (пеленгаційних кутів) джерела радіовипромінювання. Такими кутами є пеленг  $\alpha$  та кут місця  $\beta$ , які, в свою чергу, є кутами надходження радіохвилі в точку прийому в горизонтальній та вертикальній площинах відповідно.

Існують три основні методи радіопеленгації: фазовий, амплітудний та амплітудно-фазовий [1, с. 677], а також від них похідний, – стробовий, метод. Амплітудний метод радіопеленгації ґрунтується на вимірюванні кутів надходження радіохвиль у системі антен з рознесеним прийманням (за діаграмами спрямованості) й зводиться до порівняння амплітуд сигналів у каналах антен. Фазовий метод радіопеленгації ґрунтується на вимірюванні кутів надходження радіохвиль у системі антен, рознесених у просторі, та зводиться до порівняння фаз (їх різниці) у каналах антен. Амплітудно-фазовий метод радіопеленгації – це комбінований метод одночасного порівняння амплітуд і фаз у каналах антен з метою зменшення впливу флуктуацій амплітуди вхідного імпульсного радіолокаційного сигналу. Стробовий метод є похідним від вищезначених та полягає в застосуванні поточних значень сигналів на виходах антенних каналів для визначення пеленгаційних кутів. При цьому антенні системи для амплітудного методу містять елементарні антени з суміщеними фазовими центрами, для фазового – з рознесеними, амплітудно-фазового – комбіновано, залежно від різновиду комбінації, а стробового – залежно від алгоритму обчислення пеленгаційних кутів. Досить часто місце для встановлення пеленгаційної антенної системи є обмеженим, наслідком чого є використання системи елементарних антен із суміщеними фазовими центрами, особливо в діапазонах з довжиною хвилі до ста метрів.

Повна антенна система із суміщеними фазовими центрами складається із суміщених в одному фазовому центрі трьох рамок та трьох штирів. Дві рамки розміщені вертикально взаємоперпендикулярно, а одна – горизонтально. Штирі – навпаки: два горизонтально взаємно перпендикулярно, а один – вертикально. В горизонтальній площині (відносно пеленга  $\alpha$ ) вертикальний штир та горизонтальна рамка є ненаправленими, а дві вертикальні рамки та два горизонтальні штирі – направленими. При цьому орієнтація направлених перших рамки та штиря – „Північ–Південь”, других – „Схід–Захід”. У вертикальній площині (відносно кута місця  $\beta$ ) ненаправленими є тільки горизонтальні штирі, причому тільки для горизонтальних складових електричної напруженості радіохвилі.

Якщо фізична довжина антени  $d$ , порівняно з довжиною радіохвилі  $\lambda$ , такі, що  $\pi d \ll \lambda$ , то на виходах вказаних рамок та штирів під дією радіохвилі виникають сигнали, що описуються системою рівнянь (1.1) [1, 7–12]:

$$\left. \begin{aligned} u_{\omega\Pi\Pi} \{ \omega t \} &= h_{\omega\Pi\Pi} \cdot (E_e \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_{\omega\Pi\Pi}) - E_e \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{\omega\Pi\Pi})) \\ u_{\omega\text{СЗ}} \{ \omega t \} &= h_{\omega\text{СЗ}} \cdot (E_e \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_{\omega\text{СЗ}}) + E_e \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{\omega\text{СЗ}})) \\ u_{\omega} \{ \omega t \} &= h_{\omega} \cdot E_e \cdot \cos \beta \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_{\omega}) \\ u_{\rho\Pi\Pi} \{ \omega t \} &= h_{\rho\Pi\Pi} \cdot (E_e \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{\rho\Pi\Pi}) - E_e \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{\rho\Pi\Pi})) \\ u_{\rho\text{СЗ}} \{ \omega t \} &= h_{\rho\text{СЗ}} \cdot (E_e \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{\rho\text{СЗ}}) + E_e \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{\rho\text{СЗ}})) \\ u_{\rho} \{ \omega t \} &= h_{\rho} \cdot E_e \cdot \cos \beta \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{\rho}) \end{aligned} \right\}, \quad (1.1)$$

де  $u_{\omega\Pi\Pi} \{ \omega t \}$ ,  $u_{\omega\text{СЗ}} \{ \omega t \}$  – поточні значення сигналів з круговою частотою  $\omega$  у момент часу  $t$  на виходах горизонтальних штирів „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$u_{\rho\Pi\Pi} \{ \omega t \}$ ,  $u_{\rho\text{СЗ}} \{ \omega t \}$  – поточні значення сигналів з круговою частотою  $\omega$  в момент часу  $t$  на виходах вертикальних рамок „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$u_{\omega} \{ \omega t \}$ ,  $u_{\rho} \{ \omega t \}$  – поточні значення сигналів з круговою частотою  $\omega$  в момент часу  $t$  на виходах вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно;

$h_{\omega\Pi\Pi}$ ,  $h_{\omega\text{СЗ}}$  – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів горизонтальних штирів „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$h_{\rho\Pi\Pi}$ ,  $h_{\rho\text{СЗ}}$  – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикальних рамок „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$h_{\omega}$ ,  $h_{\rho}$  – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно;

$$h_{\rho} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot h_{\omega};$$

$E_e, E_z$  – амплітудні значення вертикальної та горизонтальної складових вектора електричної напруженості  $\vec{E}$  радіохвилі відповідно;

$\alpha, \beta$  – кути приходу радіохвилі в горизонтальній та вертикальній площинах відповідно;

$\varphi_0, \varphi_0 + \psi$  – початкові фази вертикальної та горизонтальної складових електричної напруженості радіохвилі відповідно;

$\phi_{шпп}, \phi_{шсз}$  – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів горизонтальних штирів „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$\phi_{рпп}, \phi_{рсз}$  – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикальних рамок „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$\phi_w, \phi_p$  – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно;

$\{\}$  – позначення функціональної залежності.

Окрім того, введемо наступні позначення:

$A_{шпп}, \varphi_{шпп}, A_{шсз}, \varphi_{шсз}$  – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах горизонтальних штирів „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$A_{рпп}, \varphi_{рпп}, A_{рсз}, \varphi_{рсз}$  – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах вертикальних рамок „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;

$A_w, \varphi_w, A_p, \varphi_p$  – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно.

Виходячи з цього, для однозначного та повного визначення параметрів вертикально поляризованих радіохвиль застосовується амплітудний радіопеленгатор із суміщеними в одному фазовому центрі вертикальними штирем та двома взаємо-перпендикулярними рамками, сигнали з виходів яких описуються системою (1.2):

$$\left. \begin{aligned} u_w\{\omega t\} &= h_w \cdot E_e \cdot \cos \beta \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_w) \\ u_{рпп}\{\omega t\} &= h_{рпп} \cdot E_e \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{рпп}) \\ u_{рсз}\{\omega t\} &= h_{рсз} \cdot E_e \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{рсз}) \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Якщо канали ідентичні (мають однакові коефіцієнти передач, тобто  $h_w = h_{рпп} = h_{рсз}$  та  $\phi_w = \phi_{рпп} = \phi_{рсз}$ ), то тоді пеленг визначається як арктангенс відношення амплітуд із виходів рамкових каналів (штир використовується для однозначного визначення квадранта пеленга), а кут місця – як арккосинус відношення амплітуди з виходу штиря до кореня квадратного з суми квадратів амплітуд з виходів рамкових каналів згідно з (1.3);

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \operatorname{arctg} \frac{A_{рсз} \cdot \operatorname{sign}(\cos(\varphi_{рсз} - (\varphi_w - \pi/2)))}{A_{рпп} \cdot \operatorname{sign}(\cos(\varphi_{рпп} - (\varphi_w - \pi/2)))} = \operatorname{arctg} \frac{A_{рсз} \cdot \operatorname{sign}(\sin(\varphi_w - \varphi_{рсз}))}{A_{рпп} \cdot \operatorname{sign}(\sin(\varphi_w - \varphi_{рпп}))} \\ &= \operatorname{arctg} \frac{A_{рсз} \cdot \operatorname{sign}(\varphi_w - \varphi_{рсз})}{A_{рпп} \cdot \operatorname{sign}(\varphi_w - \varphi_{рпп})} \\ \beta &= \arccos \frac{A_w}{\sqrt{A_{рсз}^2 + A_{рпп}^2}} \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

де  $(\varphi_w - \varphi_{рсз}) = -\pi \dots + \pi$ ;  $(\varphi_w - \varphi_{рпп}) = -\pi \dots + \pi$ .

Надалі розглядаються випадки, коли рівень і фаза сигналу квазіпостійні та змінні в часі. При цьому розв’язанні отримали варіанти амплітудної, фазової та амплітудно-фазової неідентичностей. Запропоновані алгоритми ґрунтуються на основі поєднання цифрової обробки сигналів, статистичного усереднення та перекомутації каналів із використанням систем (1.2) та (1.3).

## 2. Викладення та обґрунтування алгоритмічних методів компенсації амплітудної неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів.

**2.1. Алгоритмічний метод компенсації амплітудної неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів за умови квазіпостійного рівня сигналу.** Якщо неідентичність тільки амплітудна, а рівень вхідного сигналу квазіпостійний, то перекомутація здійснюється наступним чином:

штир – на канал штиря до перекомутації (тобто без змін, рамка „Схід–Захід” – на канал рамки „Північ–Південь” до перекомутації, рамка „Північ–Південь” – на канал рамки „Схід–Захід” до перекомутації (рис. 1)

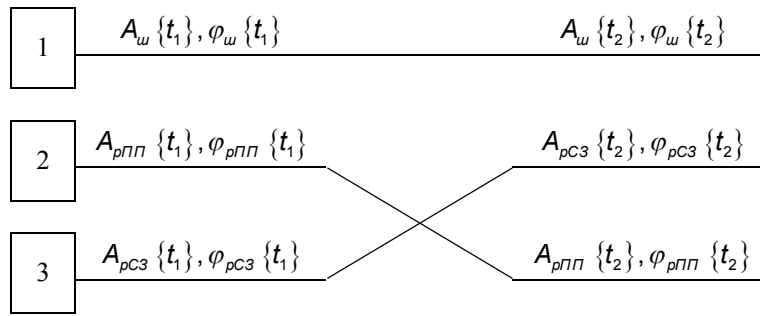


Рис. 1. Схема перекомутації каналів при компенсації амплітудної неідентичності

На цьому рисунку 1, 2 та 3 – вертикальні штир рамки „Північ–Південь” та „Схід–Захід” відповідно;  $A_w \{t_1\}$ ,  $A_w \{t_2\}$  – значення амплітуд сигналів на виходах каналів вертикального штиря до та після перекомутації відповідно;

$A_{pp} \{t_1\}$ ,  $A_{pp} \{t_2\}$  – значення амплітуд сигналів на виходах каналів вертикальної рамки „Північ–Південь” до та після перекомутації відповідно;

$A_{сз} \{t_1\}$ ,  $A_{сз} \{t_2\}$  – значення амплітуд сигналів на виходах каналів вертикальної рамки „Схід–Захід” до та після перекомутації відповідно;

$\varphi_w \{t_1\}$ ,  $\varphi_w \{t_2\}$  – значення фаз на виходах каналів вертикального штиря до та після перекомутації відповідно;

$\varphi_{pp} \{t_1\}$ ,  $\varphi_{pp} \{t_2\}$  – значення фаз на виходах каналів вертикальної рамки „Північ–Південь” до та після перекомутації відповідно;

$\varphi_{сз} \{t_1\}$ ,  $\varphi_{сз} \{t_2\}$  – значення фаз на виходах каналів вертикальної рамки „Схід–Захід” до та після перекомутації відповідно.

Тоді пеленг визначається як арктангенс відношення суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Схід–Захід” до та після перекомутації до суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Північ–Південь” до та після перекомутації згідно з (2.1):

$$\alpha = \arctg \frac{(A_{сз} \{t_1\} + A_{сз} \{t_2\}) \cdot \text{sign}(\varphi_w - \varphi_{сз})}{(A_{pp} \{t_1\} + A_{pp} \{t_2\}) \cdot \text{sign}(\varphi_w - \varphi_{pp})} \quad (2.1)$$

При цьому різниці фаз вимірюються незалежно від перекомутації.

Наведений алгоритм компенсує амплітудну неідентичність радіоприймальних каналів на виходах елементарних антен за умови квазіпостійного рівня вхідного сигналу на інтервалі вимірювання амплітуд та різниць фаз на виходах каналів.

**2.2. Алгоритмічний метод компенсації амплітудної неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів за умови змінного рівня сигналу.** Якщо неідентичність тільки амплітудна, а рівень вхідного сигналу змінний, то перекомутація здійснюється тотожно тій, що в попередньому випадку (рис. 1). Тоді пеленг також визначається як арктангенс відношення суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Схід–Захід” до та після перекомутації до суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Північ–Південь” до та після перекомутації. Тільки при цьому амплітуди сигналів з виходів каналів рамок після перекомутації помножуються на відношення амплітуд сигналів з виходів каналів штиря до та після перекомутації згідно з (2.2):

$$\alpha = \arctg \frac{(A_{сз} \{t_1\} + A_{сз} \{t_2\}) \cdot A_w \{t_1\} / A_w \{t_2\} \cdot \text{sign}(\varphi_w - \varphi_{сз})}{(A_{pp} \{t_1\} + A_{pp} \{t_2\}) \cdot A_w \{t_1\} / A_w \{t_2\} \cdot \text{sign}(\varphi_w - \varphi_{pp})} \quad (2.2)$$

Наведений алгоритм компенсує амплітудну неідентичність радіоприймальних каналів на виходах елементарних антен за умови змінного рівня вхідного сигналу на інтервалі вимірювання амплітуд та різниць фаз на виходах каналів.

**2.3. Алгоритмічний метод компенсації амплітудно-фазової неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів за умови квазіпостійних рівня та фази сигналу.** Якщо неідентичність – амплітудно-фазова, а рівень та фаза вхідного сигналу – квазіпостійні (для фази змінюється в часі тільки

$\omega t$ ), то перекомутація здійснюється наступним чином: штир – на канал рамки „Північ–Південь” до перекомутації, рамка „Північ–Південь” – на канал рамки „Схід–Захід” до перекомутації, рамка „Схід–Захід” – на канал штиря до перекомутації (рис. 2).

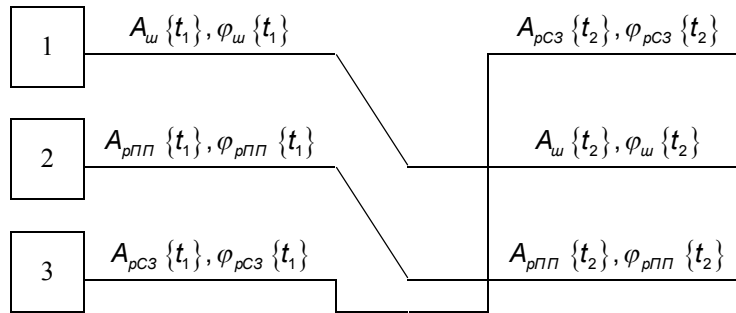


Рис. 2. Схема перекомутації каналів при компенсації амплітудно-фазової не ідентичності

Тоді пеленг також визначається як арктангенс відношення суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Схід–Захід” до та після перекомутації до суми амплітуд сигналів з виходів каналів рамки „Північ–Південь” до та після перекомутації. Тільки при цьому амплітуда сигналу з виходу каналу рамки „Схід–Захід” після перекомутації помножується на відношення амплітуд з виходів каналів штиря після та до перекомутації. Для врахування фазової неідентичності неспотворена (за вирахуванням неідентичності) різниця між фазами сигналів на виходах каналів штиря та рамки „Схід–Захід” визначається як різниця між фазами сигналів на виходах каналів штиря до перекомутації та відповідної рамки після перекомутації, неспотворена різниця між фазами сигналів з виходів каналів штиря та рамки „Північ–Південь” – як різниця між фазами сигналів на виходах каналів штиря після перекомутації та відповідної рамки до перекомутації згідно з (2.3):

$$\left\{ \alpha = \arctg \frac{(A_{rcz} \{t_1\} + A_{rcz} \{t_2\} \cdot A_w \{t_2\} / A_w \{t_1\}) \cdot \text{sign}(\varphi_w \{t_1\} - \varphi_{rcz} \{t_2\})}{(A_{rpp} \{t_1\} + A_{rpp} \{t_2\}) \cdot \text{sign}(\varphi_w \{t_2\} - \varphi_{rpp} \{t_1\})} \right\}. \quad (2.3)$$

Наведений алгоритм компенсує як амплітудну, так і фазову неідентичності радіоприймальних каналів на виходах елементарних антен за умови квазіпостійних рівня та фази (змінюється в часі тільки  $\omega t$ ) вхідного сигналу на інтервалі вимірювання амплітуд та різниць фаз на виходах каналів.

**2.4. Алгоритмічний метод компенсації амплітудно-фазової неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів за умови змінних рівня та фази сигналу.** Якщо неідентичність амплітудно-фазова, а рівень та фаза вхідного сигналу квазіпостійні (для фази змінюється в часі не тільки  $\omega t$ ), то перекомутація здійснюється тотожно тій, що і в попередньому випадку (рис. 2). Тоді пеленг визначається як арктангенс відношення амплітуди сигналу з виходу каналу рамки „Схід–Захід” до перекомутації до амплітуди сигналу з виходу каналу рамки „Північ–Південь” після перекомутації. Тільки при цьому вказане відношення помножується на корінь кубічний з відношення добутків амплітуд сигналів з виходів каналів штиря та рамок після перекомутації до добутків амплітуд сигналів з виходів каналів штиря та рамок до перекомутації. Для врахування фазової неідентичності неспотворені (за вирахуванням неідентичності) різниці між фазами сигналів з виходів каналів штиря та відповідних рамок визначаються як третини комбінацій фаз сигналів з виходів каналів штиря та рамок до та після перекомутації згідно з (2.4):

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha &= \arctg \left( \frac{\sqrt[3]{A_{rcz}^2 \{t_1\} \cdot A_{rcz} \{t_2\} \cdot A_w \{t_2\}} \cdot \text{sign}(\Phi_{rcz})}{\sqrt[3]{A_{rpp} \{t_1\} \cdot A_{rpp}^2 \{t_2\} \cdot A_w \{t_1\}} \cdot \text{sign}(\Phi_{rpp})} \right) = \\ &= \arctg \left( \frac{A_{rcz} \{t_1\}}{A_{rpp} \{t_2\}} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_w \{t_2\} + A_{rpp} \{t_2\} + A_{rcz} \{t_2\}}{A_w \{t_1\} + A_{rpp} \{t_1\} + A_{rcz} \{t_1\}} \cdot \frac{\text{sign}(\Phi_{rcz})}{\text{sign}(\Phi_{rpp})}} \right) \end{aligned} \right\}, \quad (2.4)$$

де:  $3\Phi_{rcz} = 2\varphi_w \{t_1\} - \varphi_{rcz} \{t_1\} - \varphi_{rpp} \{t_1\} + \varphi_w \{t_2\} - 2\varphi_{rcz} \{t_2\} + \varphi_{rpp} \{t_2\}$ ;

$3\Phi_{rpp} = \varphi_w \{t_1\} + \varphi_{rcz} \{t_1\} - 2\varphi_{rpp} \{t_1\} + 2\varphi_w \{t_2\} - \varphi_{rcz} \{t_2\} - \varphi_{rpp} \{t_2\}$ .

Наведений алгоритм компенсує як амплітудну, так і фазову неідентичності радіоприймальних каналів на виходах елементарних антен за умови змінних рівня та фази (змінюється в часі не тільки  $\omega t$ ) вхідного сигналу на інтервалі вимірювання амплітуд та різниць фаз на виходах каналів. Необхідно зазначити, що вираз (2.4) є всеохоплюючим для розглянутих випадків і може бути використаний замість

окремого застосування виразів (2.1)–(2.4), якщо апіорі невідомі характер неідентичностей радіоприймальних каналів та поведінка рівня та фази вхідного сигналу на інтервалі їх вимірювання.

**Висновки щодо дослідження.** Результатом роботи є алгоритми компенсації амплітудних та фазових неідентичностей радіопеленгаційних каналів із суміщеними фазовими центрами елементарних антен на основі поєднання цифрової обробки сигналів, статистичного усереднення та перекомутації каналів. При цьому враховуються можливі зміни параметрів каналів, а також амплітуд та фаз сигналів, і не потрібне зондування та поправки. Теоретичні викладки підтверджені експериментальними випробуваннями.

Результати роботи можуть бути застосовані в радіопеленгації, радіонавігації, радіорозвідці тощо.

**Перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Перспективою подальших розвідок є підвищення завадозахищеності радіопеленгації за наявності інших чинників спотворення сигналів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посібник / За ред. Ю.Л. Мазора, Є.Л. Мачуського, В.І. Правди. – К.: Вища школа. 1999. – 838 с.
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пашенко та ін. – К.: МО України; Х.: ХВУ, 2003. – 368 с.
3. Автоматический радиопеленгатор: Пат. 4486757 США, МКИ G01S 5/02. – Опубл. 04.12.84. – Т. 1049. – № 1, НКІ 343–417.
4. Многоканальный пеленгаторный приемник: Заявка OS 30326256 ФРГ, МКИ G01S 3/74. – Опубл. 31.01.85. – № 5.
5. Пеленгатор: А.с. 112691 СССР, МКИ G01S 3/78 / В.Я. Баржин, А.А. Зеленский, В.И. Пономарев, В.А. Шведов (СССР, ХАИ). – Заявл. 24.05.83; Опубл. 30.11.84. – Бюл. № 44.
6. Способ компенсации амплитудных и фазовых неидентичностей приемных каналов: А.с. 214790 СССР, МКИ G01S. – №3088472; Заявл. 28.04.84.
7. *Кукес И.С., Старик М.Е.* Основы радиопеленгации. – М.: Сов. радио, 1964. – 640 с.
8. *Дулевич В.Е.* Теоретические основы радиолокации. – М.: Сов. радио, 1964. – 434 с.
9. *Вартанесян В.А. Гойхман Э.Ш. Рогаткин М.И.* Радиопеленгация. – М.: Воениздат, 1966. – 248 с.
10. *Мезин В.К.* Радиопеленгация. – Изд.-во ВАС. – 1975.
11. *Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П.* Электродинамика и распространение радиоволн. Учебн. пособие для вузов. – М.: Сов. радио, 1979. – 376 с.
12. *Палий А.И.* Радиоэлектронная борьба: Изд. 2-е, перераб. и доп.. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.

КОВАЛЬЧУК Валерій Тадеушович – здобувач кафедри автоматизації управління технічними системами Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі радіотехніки та цифрової обробки сигналів.

Тел.: 8-067-410-33-78.

E-mail: vtk@saniko.com.ua

ПОВІДАЙКО Петро Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизації управління технічними системами Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі радіотехніки та цифрової обробки сигналів.

Тел.: 8-067-789-44-12.

E-mail: ppm@ztu.edu.ua

Подано 17.09.2006

Ковальчук В.Т., Повідайко П.М. Підвищення завадозахищеності радіопеленгації за неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів

Ковальчук В.Т., Повідайко П.М. Повышение помехозащищенности радиопеленгации при неидентичности пеленгационных радиоприемных каналов

Koval'chuk V.T., Povidayko P.M. Increase of noise immunity of the radio homing with of different channels of radioreception

УДК 621.396.663

Підвищення завадозахищеності радіопеленгації за неідентичності пеленгаційних радіоприймальних каналів / В.Т. Ковальчук, П.М. Повідайко

Запропоновані алгоритмічні методи підвищення завадозахищеності радіопеленгації за неідентичності радіоприймальних каналів із суміщеними фазовими центрами елементарних антен шляхом їх компенсації на основі поєднання цифрової обробки сигналів, статистичного усереднення та перекомутації каналів.

УДК 621.396.663

**Повышение помехозащищенности радиопеленгации при неидентичности пеленгационных радиоприемных каналов / В.Т. Ковальчук, П.М. Повідайко**

Предложены алгоритмические методы повышения помехозащищенности радиопеленгации при неидентичности радиоприемных каналов с совмещенными фазовыми центрами элементарных антенн путем их компенсации на основе объединения цифровой обработки сигналов, статистического усреднения и перекоммутации каналов.

УДК 621.396.663

**Increase of noise immunity of the radio homing with of different channels of radioreception / V.T. Koval'chuk, P.M. Povidayko**

Authors of the article offered algorithmic methods for increasing of noise immunity of the radio homing with of different channels of radioreception on integrated phase center of elementary antennas on the basis of use of combination of digital processing of signals, statistical middle and switching of channels