

В.Т. Ковальчук, пошукувач

П.М. Повідайко, к.т.н., доц.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

ВИБІРНЕ ПЕЛЕНГУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ І ПРОСТОРОВИХ РАДІОХВИЛЬ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ПОЛЯРИЗАЦІЯМИ ЗА ЇХ ПОТОЧНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ НА ОСНОВІ ФАЗОВОЇ СЕЛЕКЦІЇ

Запропонований метод вибірного пеленгування поверхневих і просторових радіохвиль з вертикальною та горизонтальною поляризаціями за їх поточними значеннями на основі використання фазової селекції.

Вступ

Радіопеленгування застосовується в радіонавігації, радіолокації та радіоелектронній боротьбі. Задача радіопеленгування полягає у визначенні кутових координат радіохвилі: кута проходу в горизонтальній площині (азимут або пеленг) і кута приходу в вертикальній площині (кут місця). Кутові координати, як і всі координати, що вимірюються, мають методичну, інструментальну та успадковану похибки. Остатні виникають внаслідок зовнішніх електромагнітних шумів і завад, що потрапляють в робочу смугу частот радіопеленгатора, і, в залежності від походження, можуть бути природними (випромінювання Землі, її атмосфери та Космосу), штучними неспеціальними (промислові системи, транспорт і зв'язок) і штучними спеціальними (радіоборьба, радіохуліганство тощо). Якщо потужність завади та сигналу, що пеленгується, близькі, то результат пеленгування може бути створений настільки, що його використання буде неможливим.

Однозначне пеленгування радіохвиль від джерел радіовипромінювання (ДРВ), частоти яких співпадають або близькі настільки, що не можуть бути розділені пеленгатором, називається вибірним пеленгуванням. При цьому пеленгування завад викликає особливий інтерес, якщо їх походження носить штучно-спеціальний характер [1–11].

Відомі пристрої вибірного пеленгування, в залежності від алгоритму функціонування, можна поділити на такі групи [12–21]:

- пеленгатори, що використовують часову селекцію (рознесення в часі);
- пеленгатори, що використовують частотну селекцію (зсув по частоті);
- пеленгатори, що використовують просторову селекцію (формування спеціальних діаграм спрямованості);
- пеленгатори, що використовують модуляційну селекцію (відбір за часовими подобами);
- пеленгатори, що використовують спектральну селекцію (відбір за спектральними подобами).

Всі розглянуті групи пеленгаторів мають ті чи інші недоліки, які не дають можливості достовірного визначення кутових координат ДРВ в умовах значного завантаження діапазону радіочастот при наявності завад різних типів.

Мета роботи – розробка нового алгоритму вибірного радіопеленгування поверхневих і просторових радіохвиль з вертикальною та горизонтальною поляризаціями за їх поточними значеннями на основі використання фазової селекції.

1. Вибірне пеленгування поверхневих радіохвиль з вертикальною поляризацією

Розв'язання поставленої задачі проводиться для радіопеленгатора, антена система якого складається з суміщених в одному фазовому центрі двох направлених вертикальних взаємно-перпендикулярних магнітних диполів (рамок) і одного ненаправленого вертикального електричного диполя (штиря). Орієнтація першої рамки – «Північ–Південь», другої – «Схід–Захід». Геометричні розміри диполів d , по зрівнянню з довжиною радіохвиль λ , такі, що $\pi d \leq \lambda$.

На виходах вказаних рамок і штиря, під дією поверхневих вертикально-поляризованих радіохвиль від двох ДРВ, частоти яких співпадають або близькі, виникають сигнали, що описуються системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 U_{pIII}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\cos\alpha_1\sin(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\cos\alpha_2\sin(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{pC3}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\sin\alpha_1\sin(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\sin\alpha_2\sin(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{ш}\{\omega t\} &= K_{ш}(E_{B1}\cos(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\cos(\omega t + \varphi_2)),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $U_{pIII}\{\omega t\}$, $U_{pC3}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах вертикальних рамок «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно;

$U_{ш}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виході вертикального штиря;

K_p , $K_{ш}$ – коефіцієнти передачі сигналів, що приймаються рамками та штирем;

E_{B1} , E_{B2} – амплітудні значення напруженостей електричних полів вертикально-поляризованих радіохвиль від першого та другого ДРВ відповідно;

α_1 , α_2 – кути приходу радіохвиль в горизонтальній площині від першого та другого ДРВ відповідно;

φ_1 , φ_2 – початкові фази радіохвиль від першого та другого ДРВ відповідно.

Виконавши розв'язання системи (1) відносно α_1 і α_2 , отримаємо:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \arctg((U_{pB3}\{t_1\}\text{sign}(U_{ш}\{t_1 - T/4\})) / (U_{pCЮ}\{t_1\}\text{sign}(U_{ш}\{t_1 - T/4\}))); \\
 \alpha_2 &= \arctg((U_{pB3}\{t_2\}\text{sign}(U_{ш}\{t_2 - T/4\})) / (U_{pCЮ}\{t_2\}\text{sign}(U_{ш}\{t_2 - T/4\}))),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де: $U_{pIII}\{t_1\}$, $U_{pC3}\{t_1\}$, $U_{pIII}\{t_2\}$, $U_{pC3}\{t_2\}$ – поточні значення сигналів на виходах вертикальних рамок «Північ–Південь» та «Схід–Захід» в моменти часу t_1 і t_2 відповідно;

$U_{ш}\{t_1 - T/4\}$, $U_{ш}\{t_2 - T/4\}$ – поточні значення сигналів на виході вертикального штиря в моменти часу $(t_1 - T/4)$ і $(t_2 - T/4)$ відповідно;

t_1 – момент часу, в який виконується умова $\omega t_1 + \varphi_2 = k\pi$;

t_2 – момент часу, в який виконується умова $\omega t_2 + \varphi_1 = k\pi$;

T – період сигналів, що цепенуються.

Структурна схема радіопеленгатора, що реалізує алгоритм (2), зображена на рис. 1.

Кути α_1 і α_2 обчислюються за поточними значеннями, при яких спрацьовує компаратор, тобто, при виконанні рівняння:

$$((U_{pIII}\{\omega t\})^2 + (U_{pC3}\{\omega t\})^2)^{1/2} = U_{ш}\{\omega t - \pi/2\}(K_p/K_{ш}).
 \tag{3}$$

Вказані поточні значення відповідають позначенням в системі (2) в моменти часу t_1 і t_2 відповідно.

2. Вибірне пеленгування просторових та поверхневих радіохвиль з вертикальною поляризацією

Розв'язання поставленої задачі проводиться для радіопеленгатора, антена система якого складається з суміщених в одному фазовому центрі двох направлених вертикальних взаємно-перпендикулярних магнітних диполів (рамок), двох направлених горизонтальних взаємно-перпендикулярних електричних диполів (штирів) і одного ненаправленого вертикального електричного диполя (штиря). Орієнтація направлених перших рамок і штиря «Північ–Південь», а других – «Схід–Захід». Геометричні розміри диполів d , по зрівнянню з довжиною радіохвиль λ , такі, що $\pi d \ll \lambda$.

На виходах вказаних рамок і штирів, під дією просторових і поверхневих радіохвиль з вертикальною поляризацією від двох ДРВ, частоти яких співпадають або близькі, випускають сигнали, що описуються системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 U_{pIII}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\cos\alpha_1\sin(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\cos\alpha_2\sin(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{pC3}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\sin\alpha_1\sin(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\sin\alpha_2\sin(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{шIII}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\sin\beta_1\cos\alpha_1\cos(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\sin\beta_2\cos\alpha_2\cos(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{шC3}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\sin\beta_1\sin\alpha_1\cos(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\sin\beta_2\sin\alpha_2\cos(\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{ш}\{\omega t\} &= K_p(E_{B1}\cos\beta_1\cos(\omega t + \varphi_1) + E_{B2}\cos\beta_2\cos(\omega t + \varphi_2)),
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де $U_{p\Pi\Pi}\{\omega t\}$, $U_{pC3}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах вертикальних рамок «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно;

$U_{ш\Pi\Pi}\{\omega t\}$, $U_{шC3}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах направлених горизонтальних штирів «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно;

$U_{ш}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виході ненаправленого вертикального штиря;

β_1 , β_2 – кути приходу радіохвиль в вертикальній площині від першого та другого ДРВ відповідно.

Решта позначень в системі рівнянь (4) визначені раніше (система рівнянь (1)).

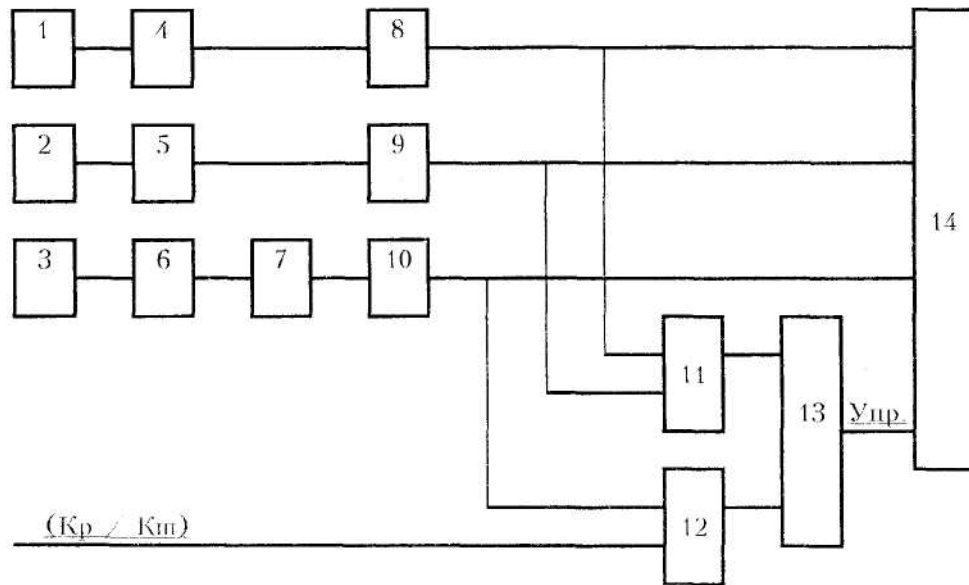


Рис. 1. Структурна схема радіопеленгатора поверхневих радіохвиль з вертикальною поляризацією: 1, 2 – направлені взаємно перпендикулярні рамки «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 3 – ненаправлений вертикальний штир; 4, 5, 6 – радіоприймальні пристрої; 7 – фазоперетворювач на $\pi/2$; 8, 9, 10 – пристрої для виміру поточних значень сигналів; 11, 12, 14 – цифрові обчислювальні пристрої; 13 – компаратор

Виконавши розв’язання системи рівнянь (4) відносно α_1 , α_2 , β_1 , β_2 отримаємо:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \arctg((-U_{шC3}\{t_1 - T/4\} \text{sign}(U_p\{t_1\})) / (U_{шВ3}\{t_1 - T/4\} \text{sign}(U_p\{t_1\}))); \\ \alpha_2 &= \arctg((-U_{шC3}\{t_2 - T/4\} \text{sign}(U_p\{t_2\})) / (U_{шВ3}\{t_2 - T/4\} \text{sign}(U_p\{t_2\}))); \\ \beta_1 &= \arccos |(U_p\{t_1\})(K_{ш} / K_p) / ((U_{шC3}\{t_1 - T/4\})^2 + (U_{шВ3}\{t_1 - T/4\})^2)^{1/2}|; \\ \beta_2 &= \arccos |(U_p\{t_2\})(K_{ш} / K_p) / ((U_{шC3}\{t_2 - T/4\})^2 + (U_{шВ3}\{t_2 - T/4\})^2)^{1/2}|, \end{aligned} \quad (5)$$

де позначення визначені раніше (система рівнянь (2)).

Структурна схема радіопеленгатора, який реалізує алгоритм (5), показана на рис. 2.

Кути α_1 , α_2 , β_1 і β_2 визначаються за поточними значеннями, при яких спрацьовує компаратор, тобто, при виконанні рівняння:

$$((U_{p\Pi\Pi}\{\omega t\})^2 + (U_{pC3}\{\omega t\})^2)^{1/2} = ((U_{шC3}\{\omega t - \pi/2\})^2 + (U_{ш}\{\omega t - \pi/2\})^2)^{1/2} (K_p / K_{ш}). \quad (6)$$

Вказані поточні значення відповідають позначенням в системі рівнянь (5) моментам часу t_1 і t_2 .

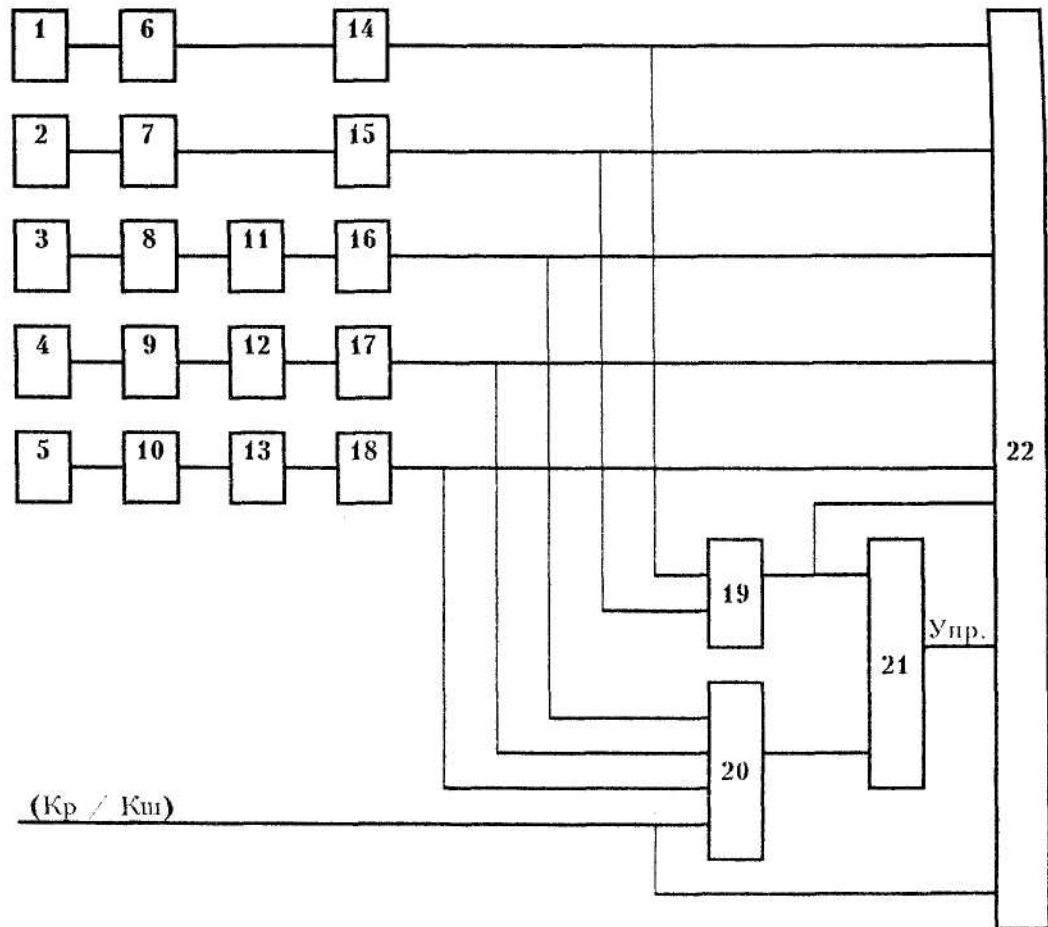


Рис. 2. Структурна схема радіопеленгатора просторових і поверхневих радіохвиль з вертикальною поляризацією: 1, 2 – направлені вертикальні взаємно-перпендикулярні магнітні диполі (рамки) «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 3, 4 – направлені горизонтальні взаємно-перпендикулярні електричні диполі (рамки) «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 5 – ненаправлений вертикальний електричний диполь (штир); 6, 7, 8, 9, 10 – радіоприймальні пристрої; 11, 12, 13 – фазоперетворювачі на $-\pi/2$; 14, 15, 16, 17, 18 – пристрої для виміру поточних значень сигналів; 19, 20, 22 – цифрові обчислювальні пристрої; 21 – компаратор

3. Вибірне пеленгування поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією

Розв'язання поставленої задачі проводиться для радіопеленгатора, антенна система якого складається з суміщених в одному фазовому центрі двох направлених горизонтальних взаємно-перпендикулярних електричних диполів (штирів) і одного ненаправленого вертикального магнітного диполя (рамки). Орієнтація направлено першого штиря «Північ–Південь», другого – «Схід–Захід».

На виходах вказаних штирів і рамки, під дією поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією від двох ДРВ, частоти яких співпадають або близькі, виникають сигнали, що описуються системою рівнянь:

$$\begin{aligned} U_{III}(\omega t) &= -K_{III}((E_{r1} \sin \alpha_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + (E_{r2} \sin \alpha_2 \cos(\omega t + \varphi_2))); \\ U_{III}(\omega t) &= K_{III}((E_{r1} \cos \alpha_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + (E_{r2} \cos \alpha_2 \cos(\omega t + \varphi_2))); \\ U_p(\omega t) &= K_p(E_{r1} \sin(\omega t + \varphi_1) + (E_{r2} \sin(\omega t + \varphi_2)), \end{aligned} \tag{7}$$

де позначення визначені раніше (система рівнянь (2), (4)).

Виконавши розв'язання системи (7) відносно α_1 і α_2 , отримаємо:

$$\alpha_1 = \arctg((-U_{шши}\{t_1 - T/4\}sign(U_p\{t_1\}))/U_{шсз}\{t_1 - T/4\}sign(U_p\{t_1\}));$$

$$\alpha_2 = \arctg((-U_{шши}\{t_2 - T/4\}sign(U_p\{t_2\}))/U_{шсз}\{t_2 - T/4\}sign(U_p\{t_2\})),$$
(8)

де: $U_{шши}\{t_1 - T/4\}$, $U_{шсз}\{t_1 - T/4\}$, $U_{шши}\{t_2 - T/4\}$, $U_{шсз}\{t_2 - T/4\}$ – поточні значення сигналів на виходах направлених горизонтальних штирів «Північ–Південь» і «Схід–Захід» в моменти часу $(t_1 - T/4)$ і $(t_2 - T/4)$ відповідно;

$U_p(t_1)$, $U_p(t_2)$ – поточні значення сигналів на виходах ненаправленої горизонтальної рамки в моменти часу t_1 і t_2 відповідно;

t_1 – момент часу, в який виконується вимога $\omega t_1 + \varphi_2 = (k + 1/2)\pi$;

t_2 – момент часу, в який виконується вимога $\omega t_2 + \varphi_1 = (k + 1/2)\pi$.

Структурна схема радіопеленгатора, що реалізує алгоритм (8), показана на рис. 3.

Куты α_1 і α_2 обчислюються за поточними значеннями, при яких спрацьовує компаратор, тобто при виконанні рівняння:

$$((U_{шши}\{\omega t - \pi/2\})^2 + (U_{шсз}\{\omega t - \pi/2\})^2)^{1/2} = U_p\{\omega t\}(K_{ш} / K_p).$$
(9)

Вказані поточні значення відповідають позначенням в системі (8) в моменти часу t_1 і t_2 відповідно.

4. Вибірне пеленгування просторових та поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією

Розв’язання поставленої задачі проводиться для радіопеленгатора, антена система якого складається з суміщених в одному фазовому центрі двох направлених горизонтальних взаємно-перпендикулярних електричних диполів (штирів), двох направлених вертикальних взаємно-перпендикулярних магнітних диполів (рамки) і одного ненаправленого горизонтального магнітного диполя (рамки). Орієнтація перших направлених штиря і рамки «Північ–Південь», а других – «Схід–Захід».

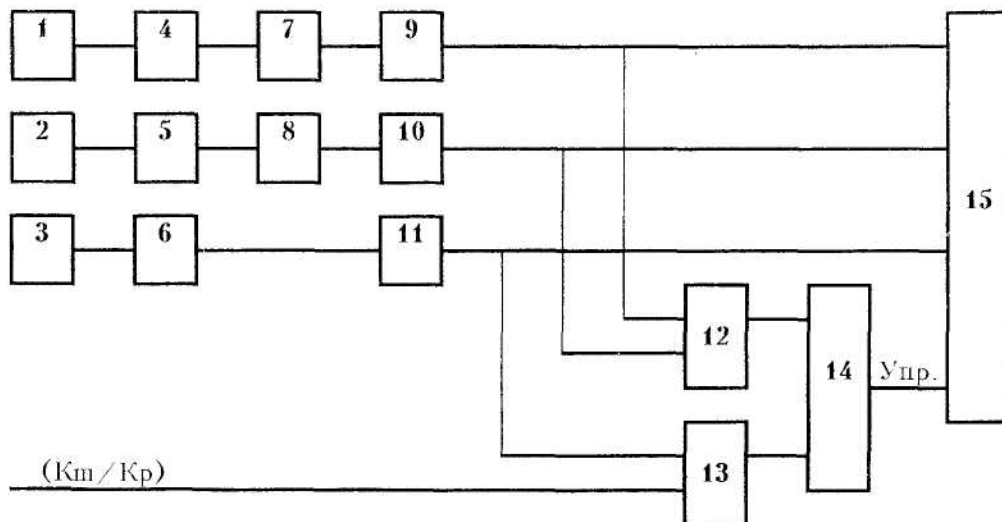


Рис. 3. Структурна схема радіопеленгатора поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією: 1, 2 – направлені горизонтальні взаємно-перпендикулярні електричні диполі (штирі) «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 3 – ненаправлений горизонтальний магнітний диполь (рамка); 4, 5, 6 – радіоприймальні пристрої; 7, 8 – фазоперетворювачі на $\pi/2$; 9, 10, 11 – пристрої для виміру поточних значень сигналів; 12, 13, 15 – цифрові обчислювальні пристрої; 14 – компаратор

На виходах вказаних рамок і штирів, під дією просторових і поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією від двох ДРВ, частоти яких співпадають або близькі, вишикають сигнали, що описуються системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 U_{шши} \{\omega t\} &= -K_{ш} (E_{r1} \sin \alpha_1 \cos (\omega t + \varphi_1) + E_{r2} \sin \alpha_2 \cos (\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{шс3} \{\omega t\} &= K_{ш} (E_{r1} \cos \alpha_1 \cos (\omega t + \varphi_1) + E_{r2} \cos \alpha_2 \cos (\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{рпп} \{\omega t\} &= -K_p (E_{r1} \sin \beta_1 \sin \alpha_1 \sin (\omega t + \varphi_1) + E_{r2} \sin \beta_2 \sin \alpha_2 \sin (\omega t + \varphi_2)); \\
 U_{рс3} \{\omega t\} &= K_p (E_{r1} \sin \beta_1 \cos \alpha_1 \sin (\omega t + \varphi_1) + E_{r2} \sin \beta_2 \cos \alpha_2 \sin (\omega t + \varphi_2)); \\
 U_p \{\omega t\} &= K_p (E_{r1} \cos \beta_1 \sin (\omega t + \varphi_1) + E_{r2} \cos \beta_2 \sin (\omega t + \varphi_2)),
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

де позначення визначені раніше (системи рівнянь (2), (4)).

Виконавши розв'язання системи (10) відносно $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ і β_2 , отримуємо:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \arctg((-U_{шши} \{t_1 - T / 4\} \text{sign}(U_p \{t_1\})) / (U_{шс3} \{t_1 - T / 4\} \text{sign}(U_p \{t_1\}))); \\
 \alpha_2 &= \arctg((-U_{шши} \{t_2 - T / 4\} \text{sign}(U_p \{t_2\})) / (U_{шс3} \{t_2 - T / 4\} \text{sign}(U_p \{t_2\}))); \\
 \beta_1 &= \arccos |(U_p \{t_1\})(K_{ш} / K_p) / ((U_{шши} \{t_1 - T / 4\})^2 + (U_{шс3} \{t_1 - T / 4\})^2)^{1/2} |; \\
 \beta_2 &= \arccos |(U_p \{t_2\})(K_{ш} / K_p) / ((U_{шши} \{t_2 - T / 4\})^2 + (U_{шс3} \{t_2 - T / 4\})^2)^{1/2} |,
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

де позначення визначені раніше (система рівнянь (8)).

Структурна схема радіопеленгатора, що реалізує алгоритм (11), показана на рис. 4.

Кути $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ і β_2 визначаються за поточними значеннями, при яких спрацьовує компаратор, тобто, при виконанні рівняння:

$$\begin{aligned}
 &((U_{шши} \{\omega t - \pi / 2\})^2 + (U_{шс3} \{t - \pi / 2\})^2)^{1/2} = \\
 &= ((U_{рпп} \{\omega t\})^2 + (U_{рс3} \{\omega t\})^2 + (U_p \{\omega t\})^2)^{1/2} (K_{ш} / K_p).
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

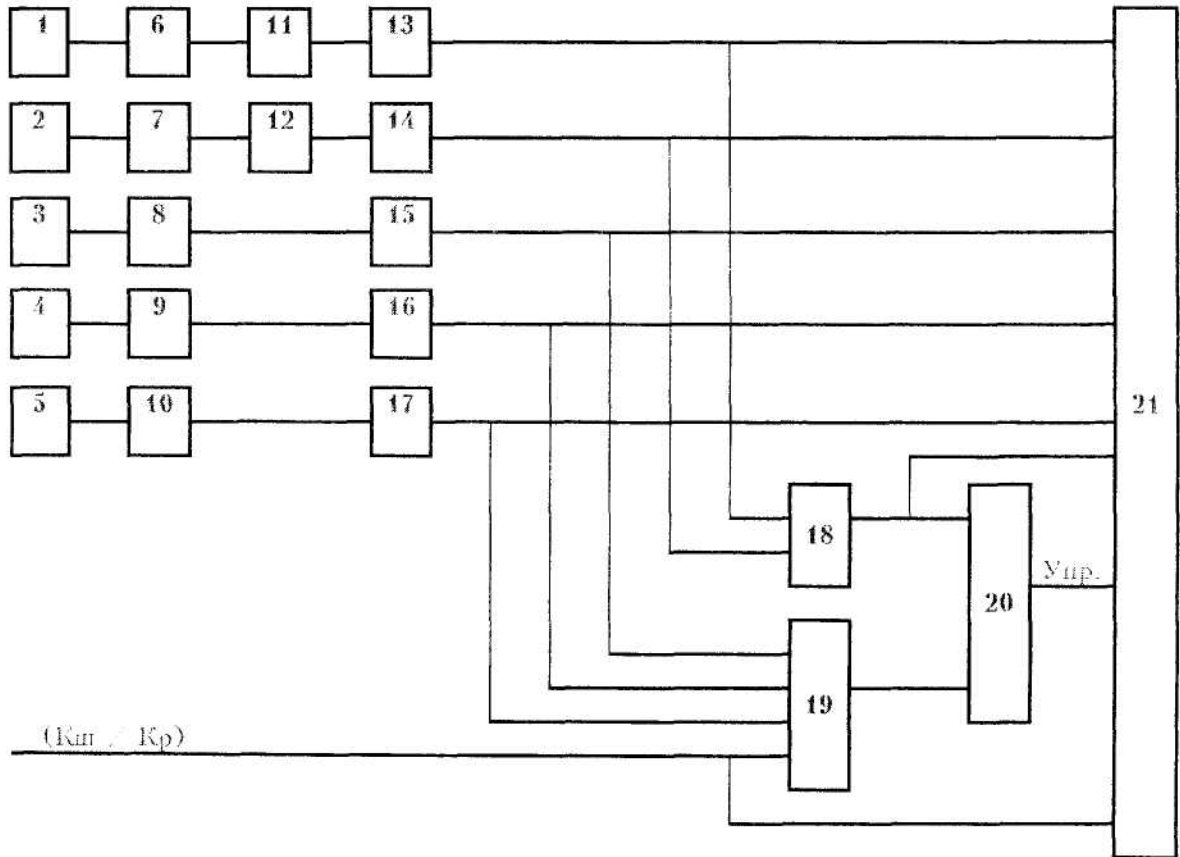


Рис. 4. Структурна схема пеленгування просторових і поверхневих радіохвиль з горизонтальною поляризацією: 1, 2 – направлені горизонтальні взаємно-перпендикулярні електричні диполі (штири) «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 3, 4 – направлені вертикальні магнітні диполі (рамки) «Північ–Південь» та «Схід–Захід» відповідно; 5 – ненаправлений горизонтальний магнітний диполь (рамка); 6, 7, 8, 9, 10 – радіоприймальні пристрої; 11, 12 – фазоперетворювачі на $-\pi/2$; 13, 14, 15, 16, 17 – пристрої для виміру поточних значень сигналів; 18, 19, 21 – цифрові обчислювальні пристрої; 20 – компаратор

Вказані поточні значення відповідають позначенням в системі рівнянь (11) моментам часу t_1 і t_2 .

Висновки

Запропоновані алгоритми та пристрої на основі фазової селекції дозволяють вирішити проблеми вибірного пеленгування поверхневих і просторових радіохвиль з вертикальною та горизонтальною поляризаціями. При цьому на ефективність пеленгування не впливають такі фактори, як співпадання часових інтервалів випромінювання, робочих частот, напрямків приходу та часових і (або) спектральних образів ДРВ. Перепоною є тільки співпадання фаз, вказаних ДРВ.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Белоцерковский Г.Б. Основы радиотехники и антенн. Часть 2: Антенны. – М.: Радио и связь, 1983. – 294 с., ил.
2. Вартанесян В.А., Гойхман Э.Ш., Рогаткин М.И. Радиопеленгация. – М.: Воениздат, 1966. – 248 с., ил.
3. Долуханов М.П. Распространение радиоволн: Учебник для вузов. – М.: Связь, 1972. – 336 с., ил.
4. Дулевич В.Е. и др. Теоретические основы радиолокации. – М.: Сов. радио, 1964.
5. Кукес И.С., Старик М.Е. Основы радиопеленгации. – М.: Сов. радио, 1964. – 640 с., ил.
6. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. – М.: Энергия, 1975. – 528 с., ил.
7. Мезин В.К. Радиопеленгация. – Изд.-во ВАС, 1975.
8. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с., ил.
9. Пестряков В.В., Кузенков В.Д. Радиотехнические системы: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с., ил.
10. Царьков Н.М. Многоканальные радиолокационные измерители. – М.: Сов. радио, 1980.
11. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1972. – 464 с.
12. А.с. СССР, G01S 3/00, заявка № 2442701/18-09 от 17.01.72.
13. А.с. СССР № 572131, G01S 3/10, заявл. 1976.
14. А.с. СССР № 673127, G01S 3/00, заявка № 2500711/18-09 от 27.06.77.
15. А.с. СССР № 705867, G01S 3/00, заявка № 2516779/18-09 от 11.08.77.
16. А.с. СССР № 258753, G01S 3/00, заявка № 3140185/24-09 от 16.04.86.
17. А.с. СССР № 1480577, G01S 3/00, заявка № 4166794/24-09 от 29.12.86.
18. Патент США № 3781886, G01S 9/02, заявл. 1973.
19. Патент США № 3849779, G01S 9/08, заявл. 1974.
20. Патент ФРГ № 2925723, G01S 3/30, заявл. 1980.
21. Патент ФРГ № 2113857, G01S 3/30, заявл. 1981.

КОВАЛЬЧУК Валерій Тадеушович – пошукувач кафедри АУТС ЖІТІ.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі цифрової обробки сигналів.

ПОВІДАЙКО Петро Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційно-комп'ютерних технологій ЖІТІ.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі цифрової обробки сигналів.

Подано 29.11.1999.