



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **24664** (13) **U**
(51) МПК (2006)
H01Q 3/00
H01Q 3/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНOSTІ РАДІОАНТЕНИ

1

2

(21) u200702014

(22) 26.02.2007

(24) 10.07.2007

(46) 10.07.2007, Бюл. №10, 2007р.

(72) Міць Юрій Кирилович, Курбатов Ігор Юрійович
(73) ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ"
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(57) Спосіб формування діаграми спрямованості
радіоантени, що включає збудження на робочій
поверхні просторового періодичного випромінювача
поздовжніх високочастотних поверхневих біжу-

чих радіохвиль, випромінювання, прийом високо-
частотного сигналу, підсилення, перенастроюку у
низькочастотний інформаційний сигнал, відобра-
ження його на інформаційному індикаторі, який
відрізняється тим, що додатково виконують регу-
лювання періодів випромінювальних високочасто-
тних поверхневих біжучих радіохвиль, підстрою-
вання періоду випромінювача до періоду
приймального високочастотного сигналу, які здійс-
нюють за допомогою елементарного періодичного
випромінювача з регульованим періодом випромі-
нювання.

Спосіб відноситься до галузі радіотехніки, а
саме до антенної техніки метрового та сантимет-
рового діапазонів і стосується широкосмугових
просторових періодичних випромінювальних спі-
ральних структур з регульованими характери-
стиками та параметрами зовнішнього поля випромі-
нювання, а саме: антен спеціальних
малогабаритних радіотехнічних систем радіопеле-
нгації, радіонавігації, радіостеження, радіовимірю-
вання, радіозв'язку, радіорозвідки, виявлення ви-
току конфіденційної інформації та її захисту тощо.

Аналогом обрано відомий спосіб формування
ДСА [Заявка на изобретение RU 2003113520,
7H01Q25/02, G01S13/02, 2004.11.20. Александров
В.К. Способы и устройства формирования резуль-
тирующих диаграмм направленности РЛС], що
включає збудження високочастотної радіохвилі,
випромінювання її на ціль, прийом віддзеркалено-
го високочастотного сигналу одразу трьома анте-
нами, які формують три окремі канали радіозв'язку
з відповідними ДСА (головної та двох додаткових).
Два додаткові канали радіозв'язку з трьох при-
ймають підсилений віддзеркалений сигнал з від-
повідним зміщенням (у межах ширини основної
діаграми спрямованості) з обох боків відносно осі
симетрії головної ДСА, яка направлена на ціль.
Прийняті по трьох каналах радіозв'язку віддзерка-
лені сигнали підсилюють і взаємоперебудовують у
низькочастотний інформаційний сигнал та відо-
бражають його на інформаційному індикаторі.

Недоліками даного способу, є:

- складна система формування ДСА, що вико-
ристовує одразу три антени;
- неможливість регулювання ширини смуги ро-
бочих частот;
- реалізація способу потребує складного та
дорогого обладнання;
- значні габарити, висока вартість та значна
вага радіоапаратури.

Ці недоліки значно знижують технічні можли-
вості застосування даного способу в сучасних та в
майбутніх поколіннях спеціальних мобільних мало-
габаритних радіотехнічних систем, наприклад,
технічного виявлення витоку конфіденційної інфо-
рмації та її захисту, технічного забезпечення кос-
мічного та навіаційного радіозв'язку, технічної
радіорозвідки, радіостеження, радіобороти, ра-
діонавігації, радіопеленгації, радіоастрономії тощо.

Ознаками, спільними з рішенням, що заявля-
ються, є: збудження високочастотної радіохвилі,
випромінювання її на ціль, прийом високочастот-
ного сигналу, підсилення, взаємна перебудова
високочастотного сигналу в низькочастотний ін-
формаційний сигнал та відображення його на ін-
формаційному індикаторі.

Прототипом обрано відомий спосіб формуван-
ня діаграми спрямованості радіоантени [Рудольф
Кюн. Микроволновые антенны. Антенны сверхвы-
соких частот. Пер. с нем. В.И. Тарабарина и др.
под ред. проф. М.П. Долуханова. - Л.: Судострое-

(13) **U**

(11) **24664**

(19) **UA**

ние, 1967. - С. 422-464], що включає збудження на робочій поверхні просторового періодичного випромінювача поздовжніх високочастотних поверхневих бігучих радіохвиль з нерегульованими характеристиками та параметрами зовнішнього поля випромінювання, які розповсюджуються вздовж осі симетрії випромінювача, прийом високочастотного сигналу, підсилення, перебудову цього сигналу в низькочастотний інформаційний сигнал та відображення його на інформаційному індикаторі.

Ознаками, спільними з рішенням, що заявляється є: збудження на робочій поверхні просторового періодичного випромінювача поздовжніх високочастотних поверхневих бігучих радіохвиль, випромінювання на ціль, прийом високочастотного сигналу, підсилення, перебудова цього сигналу у низькочастотний інформаційний сигнал та відображення його на інформаційному індикаторі.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити спосіб формування діаграм спрямованості радіоантени, який шляхом використання елементарного просторового періодичного випромінювача з регульованим періодом зовнішнього поля випромінювання дозволяє отримувати в дальній зоні різні ДСА у тому числі і радіопеленгаційні ДСА та регулювати ширину смуги робочих частот радіоантени.

Суттєвими ознаками способу, що заявляється, є: збудження на робочій поверхні елементарного просторового періодичного широкосмугового випромінювача поздовжніх високочастотних поверхневих бігучих радіохвиль з регульованим періодом, підстроювання періоду випромінювача до періоду приймального високочастотного сигналу, перебудова його у низькочастотний інформаційний сигнал та відображення його на інформаційному індикаторі.

Відмінними від прототипу ознаками є: додаткове регулювання періодів випромінювальних високочастотних поверхневих бігучих радіохвиль, підстроювання періоду випромінювача до періоду приймального високочастотного сигналу, які здійснюються за допомогою елементарного періодичного випромінювача з регульованим періодом випромінювання.

Спосіб дозволяє формувати в дальній зоні різні за шириною та формою промені ДСА, підстроювати період випромінювача до періоду приймальних хвиль, регулювати ширину смуги робочих частот радіоантени.

Спосіб здійснюють таким чином: для отримання в дальній зоні різних за формами променів ДСА та ширини смуги робочих частот на робочій поверхні просторового елементарного періодичного випромінювача збуджують поздовжні широкосмугові поверхневі високочастотні бігучі радіохвилі, випромінюють їх у вільний простір, ефективний прийом високочастотних хвиль виконують підстроюванням періоду випромінювача до періоду приймального високочастотного сигналу, перебудовують його у низькочастотний інформаційний сигнал та відображення його на інформаційному індикаторі.

Розширення і, навпаки, звуження смуги робочих коливань радіоантени досягається регулюван-

ням довжини періодичного випромінювача. Менша частота діапазону ширини смуги робочих частот в радіоантені досягається при найменшому періоді випромінювача і, навпаки, збільшення періоду випромінювача призводить до розширення загальної ширини смуги робочих частот радіоантени.

Таким чином, регулювання періоду випромінювача дозволяє отримати в дальній зоні різні:

- за шириною та формою промені ДСА, у тому числі і три класичні радіопеленгаційні ДСА;
- за шириною смуги робочих частот;
- коефіцієнти перекриття робочого діапазону за частотою.

Теоретичне обґрунтування способу, що заявляється, базується на використанні статичної моделі, заснованої на відомому скалярному розрахунку за принципом Гюйгенса [Рудольф Кюн. Микроволновые антенны. Антенны сверхвысоких частот. Пер. с нем. В.И. Тарабарина и др. под ред. проф. М.П. Долуханова. - Л. Судостроение, 1967. - С. 422-426], в якому кожна точка поверхні випромінювача розглядається як елементарна точка-випромінювач високочастотних поверхневих бігучих радіохвиль. Для різних періодів хвиль двох таких елементарних точок-випромінювачів, розташованих один від одного на відстані α вздовж осі симетрії випромінювача, існує відносна різниця фаз, а саме:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\alpha}{\lambda_0}(n_z - \cos\vartheta); \quad (1)$$

$\Delta\varphi$ - відносна різниця фаз хвиль, що випромінюють дві протилежні симетричні елементарні точки-випромінювачі поверхневих хвиль, [б/розміру];

α - відстань між двома точками-випромінювачами поверхневих хвиль, [м];

$$n_z = \frac{\lambda_0}{\lambda_z} - \text{статичний коефіцієнт скорочення}$$

хвилі; [б/розміру];

λ_0 - довжина поверхневих бігучих радіохвиль у вільному просторі, [м];

λ_z - довжина хвилі, що розповсюджується вздовж осі симетрії випромінювача, [м];

ϑ - кут, під яким здійснюються випромінювання на ціль, [град].

Якщо в статичну модель (1) з нерегульованим (стаціонарним) періодом випромінювання, $h_0 = \text{const}$, тобто зі стаціонарними характеристиками та параметрами зовнішнього поля випромінювання, внести заміну, яка врахує регулювання періоду хвиль, $h_0 = \text{var}$, то отримаємо динамічну модель, що характеризує формування різних ДСА, в тому числі й отримання трьох відомих класичних радіопеленгаційних ДСА, в яких довжина регульованого періоду h_0 є функцією довжини робочої поверхні випромінювача L_z , а саме:

$$h_0 = f(L_z), \quad (2)$$

де:

h_0 - довжина регульованого періоду випромінювального елемента вздовж осі симетрії випромінювача, [м];

$L_z = (n-1)h_0$ - довжина робочої поверхні самого періодичного випромінювача вздовж його осі си-

метрії, [м];

n - загальна кількість періодичних елементів, що випромінюють.

З високою точністю можна розраховувати відповідне значення напруженості зовнішнього поля випромінювання в дальній зоні, яке створюють за допомогою лише одного елементарного просторового періодичного випромінювача з регульованим періодом, якщо припустити, що дальнє поле випромінювання формується шляхом інтегрування параметрів зовнішнього поля випромінювання окремих точок-випромінювачів, розташованих на двох протилежних бокових лініях робочої бокової поверхні випромінювача.

Для розрахунку відносної напруженості електромагнітного поля, для кожної точки у дальній зоні, можна використовувати рівняння:

$$E(\vartheta) = \frac{\sin \left[\frac{\pi}{\lambda_0} \left(\frac{s_0}{h_v(L_z)} \right) - \cos \vartheta \right]}{\left[\frac{s_0}{h_v(L_z)} - \cos \vartheta \right]} \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda_0} \right) \sin \vartheta, \quad (3)$$

$E(\vartheta)$ - відносне значення напруженості в дальній зоні, [б/розміру];

ϑ - кут спостереження за ціллю, [град];

λ_0 - довжина поверхневих бігучих радіохвиль у вільному просторі, [м];

$s_0 = \pi d$ - довжина одного витка періодичного випромінювача, [м];

h_v - довжина регульованого періоду випромінювального елемента, [м];

d - діаметр елементарного періодичного випромінювача, [м];

$L_z = (n-1)h_v$ - довжина робочої поверхні вздовж осі симетрії періодичного випромінювача, [м];

n - загальна кількість витків періодичного просторового випромінювача.

Розв'язанням рівняння (3) відносно довжини періоду h_v , можна отримати розподіл напруженості електромагнітного поля в дальній зоні, а саме, різні ДСА, в тому числі й умови появи ДСА з радіопеленгаційними характеристиками, а також умови отримання різних за шириною смуг робочих частот радіоантени та її переміщення.

На Фіг.1-3 наведено ДСА, які можна отримувати цим способом.

На Фіг.4-6 наведено радіопеленгаційні ДСА, які можна отримувати цим способом.

Ширину смуги робочих хвиль на рівні 0,5 потужності розраховують по відомій формулі:

$$\Delta \lambda_{0,5} = (\lambda_2 - \lambda_1)_{0,5}, \quad (4)$$

де:

$\Delta \lambda_{0,5}$ - загальна ширина смуги робочих частот на рівні 0,5 потужності, МГц;

λ_2, λ_1 - максимальна та мінімальна довжина хвиль в робочій смузі частот, МГц.

Розрахунок максимальної та мінімальної частоти робочої смуги частот на рівні 0,5 потужності здійснюють за формулою, а саме:

$$(\lambda_i)_{0,5} = \frac{2\pi a [2n(1 - \sin \alpha)]}{k_i [(2n+1) \cos \alpha]}, \quad (5)$$

де:

α - відстань між двома точками-

випромінювачами поверхневих хвиль, [м];

n - загальна кількість періодів періодичного просторового випромінювача;

α - кут підйому переднього фронту хвилі, [град];

k - коефіцієнт скорочення довжини хвилі (для мінімальної довжини хвилі в смузі робочих частот $k=2/154$, для максимальної - $k=0,463$).

Приклад конкретного виконання

Випромінювальний елемент радіоантени виконаний у вигляді нерегулярної просторової однозаходної дрової циліндричної спіралі з регульованим періодом випромінювання поверхневих високочастотних бігучих радіохвиль, що має такі характеристики та параметри:

- радіус робочої поверхні періодичного випромінювача, $\alpha=0,05$ м;

- кількість періодів просторового періодичного випромінювача, $n=10$;

- діапазон регулювання кута підйому переднього фронту поверхневих бігучих хвиль: від $\alpha_{\min}=1^\circ$, до $\alpha_{\max}=15^\circ$;

- діапазон регулювання періоду періодичного випромінювача: від $h_{\min}=0,005$ м, при $\alpha=1^\circ$ до $h_{\max}=0,084$ м, при $\alpha=15^\circ$;

- діапазон регулювання довжини робочої поверхні періодичного випромінювача від $L_z=0,0495$ м (для $h_{\min}=0,005$ м), до $L_z=0,756$ м (для $h_{\max}=0,084$ м).

На Фіг.7 наведено загальну ширину смуги робочих частот ΔF_1 , яка розрахована для довжини робочої поверхні випромінювача $L_z=0,0495$ м і $\alpha=1^\circ$. Максимальна ширина смуги в цьому випадку складає: $\Delta F_1=2200-470=1730$ МГц. При збільшенні довжини робочої поверхні випромінювача до $L_z=0,756$ м і до $\alpha=15^\circ$, ширина смуги робочих частот ΔF_2 переміщується і становить $\Delta F_2=2820-610=2210$ МГц.

У першому випадку коефіцієнт перекриття діапазону по частоті складає: $K_{\pi 1} = \frac{2200}{470}$, у другому -

$$K_{\pi 2} = \frac{2820}{610}. \text{ Це свідчить про те, що збільшення}$$

кута α від 1° до 15° призводить також до значного розширення смуги робочих частот, але коефіцієнт перекриття робочого діапазону радіоантени по частоті в обох випадках фактично не змінюється.

Що стосується загального розширення смуги робочих частот, як свідчить Фіг.3, то вона перекриває значно більшу ширину смуги робочих частот, а саме: $\Delta F_{\text{заг}}=2820-470=2350$ МГц. В даному випадку загальний коефіцієнт перекриття смуги робочих

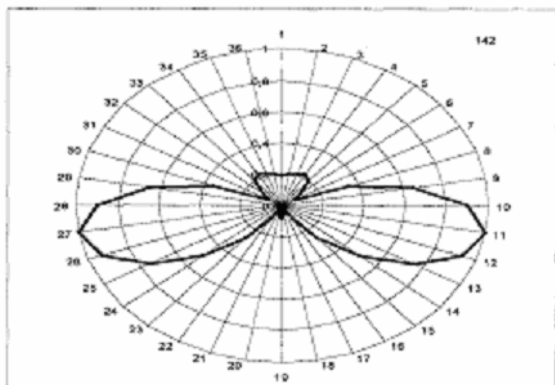
$$\text{частот збільшується до } K_{\text{заг}} = \frac{2820}{470} = 6,0, \text{ що під-}$$

тверджує можливість існування умов щодо подальшого збільшення прогнозованого розширення смуг робочих частот до 10-20 і більше (така ж сама антена, але без регулювання періоду періодичного випромінювача, має загальний коефіцієнт перекриття лише 1,5-2,3).

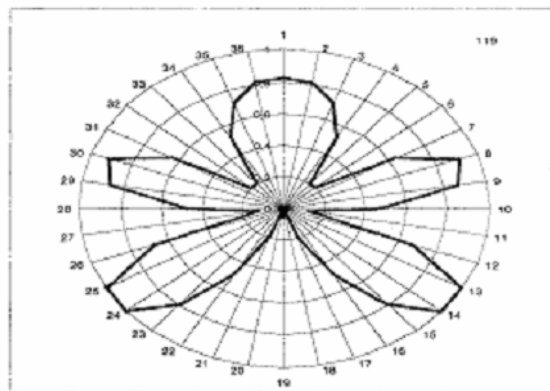
Заявлений спосіб дозволяє працювати в широкому діапазоні робочих частот, а саме, від 0,9 до 3,0ГГц., що дозволяє конструювати сучасні широкосмугові, малогабаритні (радіоантена використо-

вує лише один елементарний випромінювач на увесь діапазон частот), економічні, надійні, багатофункціональні радіотехнічні системи нового покоління.

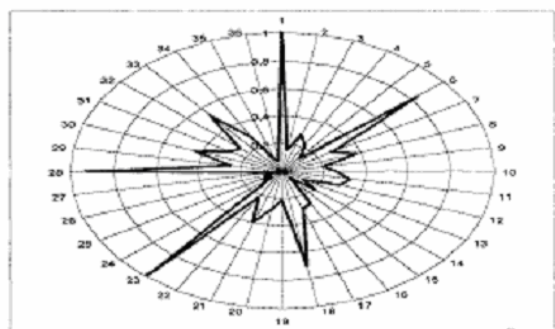
Спосіб не потребує використання дорогого обладнання та значних коштів для впровадження таких антен у сучасні та майбутні радіотехнічні системи спеціального призначення тощо.



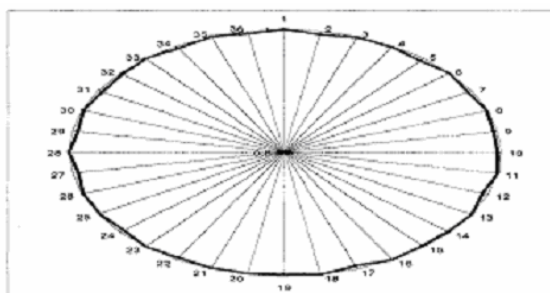
Фіг.1



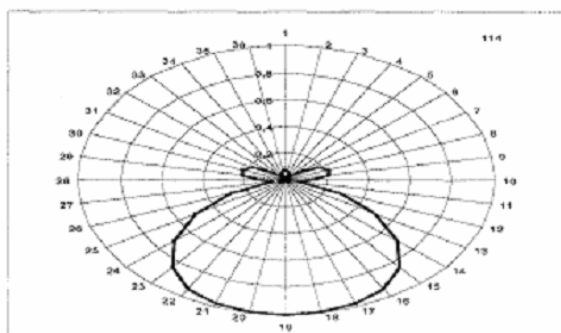
Фіг.2



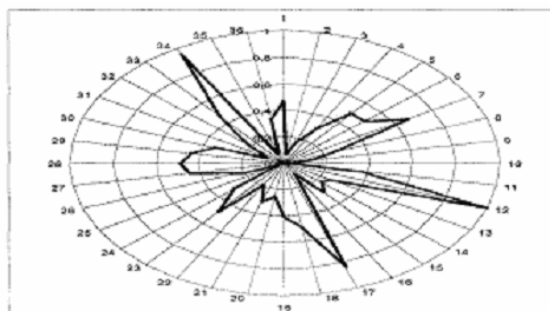
Фіг.3



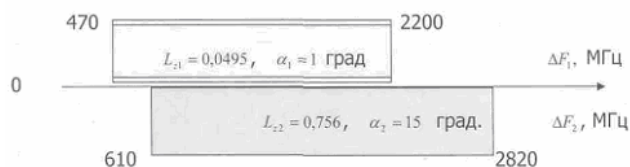
Фіг.4



Фіг.5



Фіг.6



Фіг.7