

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 75978

СПОСІБ ПРИГЛУШЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ЗАВАД В
АЕРОНАВІГАЦІЇ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.12.2012.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

 М.В. Ковія





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **75978** (13) **U**
(51) МПК
H01Q 21/06 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2012 04767</p> <p>(22) Дата подання заявки: 17.04.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.12.2012</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2012, Бюл.№ 24</p>	<p>(72) Винахідник(и): Ковалевський Едуард Олександрович (UA), Кондратюк Василь Михайлович (UA), Харченко Володимир Петрович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ ПРИГЛУШЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ЗАВАД В АЕРОНАВІГАЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб приглушення широкосмугових завад в аеронавігації включає в себе перетворення НВЧ-сигналів N-елементної антенної решітки у радіоканалах в цифрові відліки, подачу їх в адаптивний процесор, в якому вимірюють кути надходження завади, задають значення кутів надходження сигналів і розв'язують систему N рівнянь, яка складається із матриці фазорів сигналів та завади на елементах антенної решітки з урахуванням кутів надходження сигналів і завади, значення центральної частоти смуги частот і кроку антенної решітки та вектора-стовпця з одиницями у сигнальних рядках і нулем у завадовому рядку щодо відповідних рядків матриці фазорів, розраховують вагові коефіцієнти і подають на управляючі входи N-вектор-модуляторів, на НВЧ-входи яких надходять сигнали від N-елементів антенної решітки, а вихідні сигнали вектор-модуляторів подають на НВЧ-суматор. Систему рівнянь для розрахунку вагових коефіцієнтів доповнюють в матриці фазорів рядками зсуву фаз завадового сигналу, які розраховані для дискретного набору частот в смузі частот антенної решітки і відповідними нулями у вектор-стовпці правої частини системи.

UA 75978 U

Корисна модель належить до області радіотехніки і може бути використана в радіолокації, радіонавігації та радіозв'язку. Відомі способи приглушення завад, що засновані на обробці сигналів від N-елементів антенної решітки (АР), обчисленні за заданим адаптивним алгоритмом вагових коефіцієнтів і подачі їх на вектор-модулятори для формування діаграми спрямованості АР, яка забезпечує прийом корисних сигналів та формування провалу в напрямку приходу завади.

Існує велика різноманітність адаптивних алгоритмів, синтезованих за критеріями максимуму відношення потужностей сигнал-завада, мінімуму вихідного напруги завади, найменшою середньоквадратичної помилки вихідного сигналу, максимальної правдоподібності [1, 2].

Найбільш близьким до пропонованого є спосіб приглушення завади, при якому вагові коефіцієнти обчислюються в результаті рішення системи рівнянь, складеної у вигляді фазових розподілів завадового і корисних сигналів по каналах АР з урахуванням вимірюваних кутів приходу завади і апріорно відомих кутів приходу сигналів [3].

Сигнали з $N = N_x \cdot N_y$ елементів плоскої (x, y) еквідистантної АР подаються на входи вектор-модуляторів і в радіоканали. У радіоканалах вони перетворюються у цифрові відліки і надходять в адаптивний процесор. У адаптивному процесорі вимірюються кути надходження завади, задаються значення кутів надходження сигналів і розв'язуються системи рівнянь у вигляді

$$W_{x(y)} = \Phi_{x(y)}^{-1} \cdot B, \quad (i)$$

де $\Phi_{x(y)}$ - матриця фазорів сигналів та завад на елементах АР по осях $x(y)$:

$$\Phi_{x(y)} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda} \cos_{x(y),k}(\alpha_i)} \\ \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda} \cos_{x(y),k}(\alpha_n)} \\ \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda} \cos_{x(y),k}(\theta)} \end{cases},$$

де N_x, N_y, d - число елементів по осях x, y та крок АР відповідно;

λ - довжина хвилі, яка відповідна центральній частоті смуги пропускання АР;

$\cos_{x(y),k}(\alpha_i)$ - направляючі косинуси приходу сигналів $\alpha_1 \dots \alpha_n$;

$\cos_{x(y),k}(\theta)$ - направляючі косинуси приходу завади θ по осях $x(y)$;

α_i, θ - вектори з елементами азимут кут місця;

B - вектор-стовбець з "1" в рядках, що відповідають сигнальним рядкам, і з «0» в рядку, який належить до завадового рядку матриць $\Phi_{x(y)}$ Розраховані вагові коефіцієнти $W = W_x \cdot W_y$

подаються на управляючі входи вектор-модуляторів, які формують амплітудно-фазовий розподіл прийнятих сигналів таким чином, що при підсумовуванні вихідних сигналів вектор-модуляторів утворюється провал у діаграмі спрямованості АР у $3 \cdot 10^8$ напрямку θ перешкоди,

випромінюваної з частотою $\frac{3 \cdot 10^8}{\lambda}$.

Перераховані способи ефективні для приглушення вузькосмугових завад.

При широкосмуговій заваді коефіцієнт приглушення завади помітно зменшується зі збільшенням її смуги частот.

Для вирішення проблеми застосовується спосіб з використанням трансверсальних фільтрів [2]. Він полягає в тому, що сигнали надвисокої частоти (НВЧ) від N-елементів АР подаються на N_3 відвідних ліній затримки, до кожного відведення якої підключається вектор-модулятор. Число відводів ліній затримки, відстань між відводами і смуга частот перешкоди визначають якість приглушення широкосмугових завад.

Даному способу притаманні такі недоліки. Необхідно додатково вводити в апаратуру лінії затримки і відповідно збільшити кількість вектор-модуляторів. До цих елементів висуваються жорсткі вимоги щодо ідентичності характеристик. Це тягне за собою технологічні труднощі і погіршення масо-габаритних, енергетичних і вартісних характеристик при реалізації даного способу.

Задачею корисної моделі є створення способу приглушення широкопasmової завади, в якому усунені вищезгадані недоліки.

Поставлена задача вирішується наступним способом, що включає перетворення НВЧ-сигналів N-елементної антенної решітки у радіоканалах в цифрові відліки, подачу їх в адаптивний процесор, в якому вимірюють кути надходження завади, задають значення кутів надходження сигналів і розв'язують систему N рівнянь, яка складається із матриці фазорів сигналів та завади на елементах антенної решітки з урахуванням кутів надходження сигналів і завади, значення центральної частоти смуги частот і кроку антенної решітки та вектора-стовпця з одиницями у сигнальних рядках і нулем у завадовому рядку щодо відповідних рядків матриці фазорів, розраховують вагові коефіцієнти і подають на управляючі входи N-вектор-модуляторів, на НВЧ-входи яких надходять сигнали від N-елементів антенної решітки, а вихідні сигнали вектор-модуляторів подають на НВЧ-суматор, в якому згідно з корисною моделлю, систему рівнянь для розрахунку вагових коефіцієнтів доповнюють в матриці фазорів рядками зсуву фаз завадового сигналу, які розраховані для дискретного набору частот в смузі частот антенної решітки, і відповідними нулями у вектор-стовпці правої частини системи.

На відміну від (2) матриця фазорів набуває вигляду

$$\Phi_{x(y)} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda} \cos_{x(y),k}(\alpha_1)}; \\ \dots \dots \dots \\ \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda} \cos_{x(y),k}(\alpha_n)}; \\ \dots \dots \dots \\ \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda_1} \cos_{x(y),k}(\theta)}; \\ \dots \dots \dots \\ \sum_{k=0}^{N_{x(y)}-1} e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda_m} \cos_{x(y),k}(\theta)}; \end{cases} \quad (3)$$

де $\lambda_1 \dots \lambda_m$ - довжина хвиль, що відповідає дискретному набору частотних компонент апроксимації широкопasmової завади.

При цьому доповнюється «0» до значення m вектор В.

У результаті рішення системи (1) з урахуванням (3) отримуємо вектор W вагових коефіцієнтів, які подаються на N-вектор-модуляторів, що формують після підсумовування їх вихідних сигналів діаграму спрямованості і провалами в напрямку θ надходження завади на частотах, відповідних довжинам хвиль $\lambda, \lambda_1 \dots \lambda_m$. Число частот обмежується розміром N і максимально може досягати значення $N_{x(y)-1-n}$.

Приклад. Для перевірки ефективності способу було проведено комп'ютерне моделювання. Моделювалася лінійна антенна решітка з параметрами:

$N=4$, відстань між елементами решітки $d=0,2$ м, несуча частота сигналу (центральна частота АР) $f_0 = 1,5$ ГГц.

кути надходження сигналів $\alpha_1 = 20^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, $\alpha_3 = 80^\circ$, кут надходження завади $\theta = 50^\circ$.
відношення сигнал/завада - 60 дБ.

частотні складові завади $f_0, f_1 = 1,495$ ГГц, $f_1 = 1,505$ ГГц.

У моделі з прототипним варіантом адаптивного алгоритма одержано коефіцієнт приглушення завади, що дорівнює - 47дБ.

При моделюванні запропонованого способу він дорівнює - 122 дБ.

Таким чином, не вводючи допоміжних ліній затримки та вектор-модуляторів, одержано помітний вигравш в приглушенні завади, яка має три частотні компоненти. Задача вирішується тільки програмним способом.

Вигравш тим більший, чим більше елементів антенної решітки.

Джерела інформації:

1. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / под ред. Ю. И. Лосева, М.: Радио и связь, 1988. - 208 с.

2. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки. М.: Радио и связь. 1986. - 448 с.
3. Ковалевський Е.О., Конін В.В., Харченко В.П. Адаптивна система радіонавігації. Патент на винахід №85225. Бюл. №1, 2009.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

15

20

Спосіб приглушення широкосмугових завад в аеронавігації, який включає в себе перетворення НВЧ-сигналів N-елементної антенної решітки у радіоканалах в цифрові відліки, подачу їх в адаптивний процесор, в якому вимірюють кути надходження завади, задають значення кутів надходження сигналів і розв'язують систему N рівнянь, яка складається із матриці фазорів сигналів та завади на елементах антенної решітки з урахуванням кутів надходження сигналів і завади, значення центральної частоти смуги частот і кроку антенної решітки та вектора-стовпця з одиницями у сигнальних рядках і нулем у завадовому рядку щодо відповідних рядків матриці фазорів, розраховують вагові коефіцієнти і подають на управляючі входи N-вектор-модуляторів, на НВЧ-входи яких надходять сигнали від N-елементів антенної решітки, а вихідні сигнали вектор-модуляторів подають на НВЧ-суматор, який **відрізняється** тим, що систему рівнянь для розрахунку вагових коефіцієнтів доповнюють в матриці фазорів рядками зсуву фаз завадового сигналу, які розраховані для дискретного набору частот в смузі частот антенної решітки, і відповідними нулями у вектор-стовпці правої частини системи.

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601