



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **160744** (13) **U**
(51) МПК

H04B 1/54 (2006.01)

H04B 1/56 (2006.01)

H04B 1/58 (2006.01)

H04B 3/60 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2024 05280</p> <p>(22) Дата подання заявки: 06.11.2024</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.10.2025</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.10.2025, Бюл.№ 41</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кашкевич Світлана Олександрівна (UA), Шишацький Андрій Володимирович (UA), Неронов Сергій Миколайович (UA), Плехова Ганна Анатоліївна (UA), Єфименко Олександр Володимирович (UA), Гурко Олександр Геннадійович (UA), Кононихін Олександр Сергійович (UA), Дмитрієва Оксана Іллівна (UA), Шаронова Наталія Валеріївна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна</p>
---	---

(54) СПОСІБ ВИБОРУ РОБОЧИХ ЧАСТОТ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В СКЛАДНІЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІЙ ОБСТАНОВЦІ

(57) Реферат:

Спосіб вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці полягає у тому, що прийомопередавач безпілотного літального апарату формує відомості про радіоелектронну обстановку шляхом аналізу розпізнавальних еталонів на основі навчальних сигналів, порівняння розпізнавальних еталонів з аналізованим сигналом та отриманням набору оцінок щодо належності реального стану об'єкта кожному з множини можливих станів об'єкта, порівняння отриманих оцінок між собою і з заданим порогом розпізнавання, в результаті якого формується рішення про передбачуваний стан об'єкта. При цьому за допомогою центрального прийомопередавача безпілотного літального апарата проводять розрахунок уражених частот для кожного з прийомопередавачів безпілотного літального апарата, після чого здійснюють вибір вільних від перешкод робочих частот.

UA 160744 U

Корисна модель належить до галузі систем передачі даних безпілотних літальних апаратів і може бути використана в перспективних системах управління і передачі даних безпілотних літальних апаратів, що функціонують в складній електромагнітній обстановці.

5 Як аналоги для розробки способу вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці вибрані відомі способи вибору робочих та резервних частот для прийомопередавачів, що працюють в умовах активного радіоелектронного пригнічення, суть яких полягає в тому, що в зазначених способах послідовно проводиться аналіз частотного діапазону роботи прийомопередавачів; розрахунок типів навмисних перешкод; розрахунок стратегії роботи комплексів радіоелектронного пригнічення; визначення вільних від перешкод частотних діапазонів та проводиться розрахунок робочих та резервних частот засобом радіозв'язку [1-2].

10 Недоліками зазначених способів вибору робочих та резервних частот для передавачів, що працюють в умовах активного радіоелектронного пригнічення є відсутність врахування взаємного впливу передавачів один на одного.

15 Як найближчий аналог для створення способу вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці вибрано спосіб аналізу сигналу про стан об'єкта [3], в якому формування відомостей про радіоелектронну обстановку відбувається з подальшим коригуванням розпізнавальних еталонів на основі навчальних сигналів, порівняння розпізнавальних еталонів з аналізованим сигналом, з отриманням набору оцінок щодо належності реального стану об'єкта кожному з множиною можливих станів об'єкта, порівняння отриманих оцінок між собою і з заданим порогом розпізнавання, в результаті якого формується рішення про очікуваний стан об'єкта.

20 Недоліком даного способу є неможливість оцінити достовірність процесу навчання і розпізнавання, що є критичним в умовах шумів, що призводять до слабого розрізнення сигналів, що відносяться до різних станів об'єкта.

25 Тому для вирішення зазначеного протиріччя доцільно розробити спосіб вибору робочих частот безпілотними літальними апаратами в складній електромагнітній обстановці, що дозволить об'єднати переваги аналогів, без їх недоліків.

30 Спосіб вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці полягає у тому, що прийомопередавач безпілотного літального апарата формує відомості про радіоелектронну обстановку шляхом аналізу розпізнавальних еталонів на основі навчальних сигналів, порівняння розпізнавальних еталонів з аналізованим сигналом та отриманням набору оцінок щодо належності реального стану об'єкта кожному з множини можливих станів об'єкта, порівняння отриманих оцінок між собою і з заданим порогом розпізнавання, в результаті якого формується рішення про передбачуваний стан об'єкта, при цьому, згідно з корисною моделлю, в зазначеному способі центральний прийомопередавач безпілотного літального апарата проводить розрахунок уражених частот для кожного з прийомопередавачів безпілотного літального апарата, після чого відбувається вибір вільних від перешкод робочих частот.

40 На кресленні наведено структурну схему, що ілюструє взаємодію сигналів у приймачі безпілотного літального апарата в умовах зовнішніх перешкод. На схемі показано, як гармоніки п'яти зовнішніх перешкод від сусідніх прийомопередавачів (ПРД1 – ПРД5) та сигнал першого гетеродина (Гет) надходять на перший змішувач (Зміш) приймача (ПРМ) через смуговий фільтр (СФ).

45 Для обґрунтування вибору робочих частот прийомопередавача безпілотного літального апарата, при яких не створюються недопустимі перешкоди прийому радіосигналів, нижче розглянуто взаємодію на першому змішувачі (далі – Зміш) приймача (далі – ПРМ) першого гетеродина (далі – Гет) та гармонік п'яти зовнішніх перешкод, що надходять від сусідніх прийомопередавачів (далі – ПРД1 – ПРД5), які працюють на частотах $f_{11} \div f_{15}$.

50 Перешкоди, що проникають до індикатору приймача через комбінаційні канали прийому, які утворилися в результаті взаємодії в першому змішувачі гармонік корисного сигналу f_c з гармоніками зовнішніх перешкодових сигналів f_c , не розглядаються, оскільки рівень таких перешкод в індикаторі перешкод значно менше рівня корисного сигналу, що приймається через основний канал прийому. Якщо накласти використані на практиці обмеження, $f_c > F_1 < f_{11}$, $f_{12} > F_1 < f_{13}$, $f_{14} > F_1 < f_{15}$, а також позначити як "n" та "p" номери взаємодіючих у змішувачі гармонік першого гетеродина та гармонік сигналів передавача відповідно, то з самих загальних міркувань умови для утворення комбінаційних каналів прийому можна записати у вигляді системи рівнянь, що наведені нижче.

При прийомі однієї перешкоди:

60 1. $p_1 f_{11} - n f_a = \pm F_1$

2. $p_2f_{i2}-nf_a=\pm F_1$
 3. $p_3f_{i3}-nf_a=\pm F_1$
 4. $p_4f_{i4}-nf_a=\pm F_1$
 5. $p_5f_{i5}-nf_a=\pm F_1$
- 5 При прийомі двох перешкод:
 6. $p_1f_{i1}-p_2f_{i2}=\pm F_1$
 6а. $|p_1f_{i1}\pm p_2f_{i2}|-nf_a=\pm F_1$
 7. $p_1f_{i1}-p_3f_{i3}=\pm F_1$
 7а. $|p_1f_{i1}\pm p_3f_{i3}|-nf_a=\pm F_1$
- 10 8. $p_1f_{i1}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 8а. $|p_1f_{i1}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 9. $p_1f_{i1}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
 9а. $|p_1f_{i1}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
- 15 10. $p_2f_{i2}-p_3f_{i3}=\pm F_1$
 10а. $|p_2f_{i2}\pm p_3f_{i3}|-nf_a=\pm F_1$
 11. $p_2f_{i2}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 11а. $|p_2f_{i2}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 12. $p_2f_{i2}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
 12а. $|p_2f_{i2}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
- 20 13. $p_3f_{i3}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 13а. $|p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 14. $p_3f_{i3}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
 14а. $|p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 15. $p_4f_{i4}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
- 25 15а. $|p_4f_{i4}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 При прийомі трьох перешкод:
 16. $p_1f_{i1}-p_2f_{i2}\pm p_3f_{i3}=\pm F_1$
 16а. $|p_1f_{i1}\pm p_2f_{i2}\pm p_3f_{i3}|-nf_a=\pm F_1$
- 30 17. $p_1f_{i1}+p_2f_{i2}-p_3f_{i3}=\pm F_1$
 17а. $|p_1f_{i1}+p_2f_{i2}\pm p_3f_{i3}|-nf_a=\pm F_1$
 18. $p_1f_{i1}-p_2f_{i2}\pm p_4f_{i4}=\pm F_1$
 18а. $|p_1f_{i1}-p_2f_{i2}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 19. $p_1f_{i1}+p_2f_{i2}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 19а. $|p_1f_{i1}+p_2f_{i2}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
- 35 20. $p_1f_{i1}-p_2f_{i2}\pm p_5f_{i5}=\pm F_1$
 20а. $|p_1f_{i1}-p_2f_{i2}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 21. $p_1f_{i1}+p_2f_{i2}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
 21а. $|p_1f_{i1}+p_2f_{i2}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 22. $p_1f_{i1}-p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}=\pm F_1$
- 40 22а. $|p_1f_{i1}-p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 23. $p_1f_{i1}+p_3f_{i3}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 23а. $|p_1f_{i1}+p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 24. $p_1f_{i1}-p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}=\pm F_1$
 24а. $|p_1f_{i1}-p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
- 45 25. $p_1f_{i1}+p_3f_{i3}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
 25а. $|p_1f_{i1}+p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 26. $p_1f_{i1}-p_4f_{i4}\pm p_5f_{i5}=\pm F_1$
 26а. $|p_1f_{i1}-p_4f_{i4}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 27. $p_1f_{i1}+p_4f_{i4}-p_5f_{i5}=\pm F_1$
- 50 27а. $|p_1f_{i1}+p_4f_{i4}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 28. $p_2f_{i2}-p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}=\pm F_1$
 28а. $|p_2f_{i2}-p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
 29. $p_2f_{i2}+p_3f_{i3}-p_4f_{i4}=\pm F_1$
 29а. $|p_2f_{i2}+p_3f_{i3}\pm p_4f_{i4}|-nf_a=\pm F_1$
- 55 30. $p_2f_{i2}-p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}=\pm F_1$
 30а. $|p_2f_{i2}-p_3f_{i3}\pm p_5f_{i5}|-nf_a=\pm F_1$
 31. $p_2f_{i2}+p_3f_{i3}-p_5f_{i5}=\pm F_1$

- 31a. $|p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 32. $p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 32a. $|p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 33. $p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 5 33a. $|p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 34. $p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 34a. $|p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 35. $p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 35a. $|p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 10 При прийомі чотирьох перешкод:
 36. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 36a. $\pm|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 37. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 37a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 15 38. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 38a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 39. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 39a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}\pm p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 40. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 20 40a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 41. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 41a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 42. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}=\pm F_1$
 42a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}|-nf_a=\pm F_1$
 25 43. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 43a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 44a. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 45. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 45a. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 30 46. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 46a. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 47. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 47a. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 48. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 35 48a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 49. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 49a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 50. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 50a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 40 51. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 51a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 52. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 52a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 53. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 45 53a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 54. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 54a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 55. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 55a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 50 56. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 56a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 57. $p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 57a. $|p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 58. $p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 55 58a. $|p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 59. $p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 59a. $|p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$

60. $p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 60a. $|p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 61. $p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 61a. $|p_{1f_{11}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 5 62. $p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 62a. $|p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 63. $p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 63a. $|p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 64. $p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 10 64a. $|p_{1f_{11}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 65. $p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 65a. $|p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 66. $p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 66a. $|p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 15 67. $p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 67a. $|p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 68. $p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 68a. $|p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 69. $p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 20 69a. $|p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 70. $p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 70a. $|p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 При прийманні п'яти перешкод:
 71. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 25 71a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}\pm p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 72. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 72a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 73. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 73a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 30 74. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 74a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 75. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 75a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 35 76. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 76a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 77. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 77a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 78. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 78a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 40 79. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 79a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 80. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 80a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 81. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 45 81a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}-p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 82. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 82a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 83. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 83a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}-p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 50 84. $p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 84a. $|p_{1f_{11}}-p_{2f_{12}}+p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$
 85. $p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}=\pm F_1$
 85a. $|p_{1f_{11}}+p_{2f_{12}}-p_{3f_{13}}+p_{4f_{14}}+p_{5f_{15}}|-nf_a=\pm F_1$

55 Аналіз цієї системи рівнянь дозволяє припустити наступну послідовність розрахунку уражених перешкодами частот на вході прийомопередавача безпілотного літального апарата та порядок вибору робочих частот прийомопередавача безпілотного літального апарата, що є основою для роботи способу, що заявляється, при яких не створюються недопустимі перешкод

для прийому сигналів.

1. З рівняння № 1 визначається уражені частоти, на яких перешкоди від прийомопередавача безпілотного літального апарата № 1 можуть проникнути в приймач

$$f_{i1}^* = 1/\delta \times (nf_a \pm F_1),$$

5 та призначається найбільш прийнятна частота прийомопередавача безпілотного літального апарата № 1, $f_{i1} \neq f_{i1}^*$.

2. З рівняння № 2, 6 та 6а розраховуються уражені частоти, на яких перешкоди від прийомопередавача безпілотного літального апарата № 2 можуть проникнути в прийомопередавач безпілотного літального апарата:

$$f_{i2}^* = 1/\delta_2 \times (p_1nf_{i1} \pm F_1),$$

$$f_{i2}^* = 1/\delta_2 \times |p_1nf_{i1} \pm (nf_{i1} \pm F_1)|,$$

10

У вільному від перешкод інтервалі частот визначається робоча частота прийомопередавача безпілотного літального апарата № 2, $f_{i2} \neq f_{i2}^*$.

3. З рівнянь № 3, 7а, 10, 10а, 16, 16а, 17, 17а розраховуються уражені частоти, на які перешкоди від прийомопередавача безпілотного літального апарата № 3 можуть проникати в приймач.

15

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times (nf_a \pm F_1);$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times (p_1f_{i1} \pm F_1);$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times |p_1f_{i1} - nf_a \pm F_1|;$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times |p_2f_{i2} - nf_a \pm F_1|;$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times |p_1f_{i1} - p_2f_{i2} \pm F_1|;$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times |p_1f_{i1} - p_2f_{i2} \pm (nf_a \pm F_1)|;$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times (p_1f_{i1} + p_2f_{i2} \pm F_1);$$

$$f_{i3}^* = 1/p_3 \times |p_1f_{i1} + p_2f_{i2} \pm (nf_a \pm F_1)|;$$

Робоча частота прийомопередавача безпілотного літального апарата № 3 обирається у вільному від перешкод інтервалі $f_{i3} \neq f_{i3}^*$.

20

4. З рівнянь № 4, 8, 8а, 11, 11а, 13, 13а, 18, 18а, 19, 19а, 22-23а, 28-29а, 36-42а розраховуються уражені частоти f_{i4} , на яких в прийомопередавач безпілотного літального апарата може проникнути перешкода від прийомопередавача безпілотного літального апарата № 4. Робоча частота обирається при $f_{i4} \neq f_{i4}^*$.

5. З рівнянь № 5, 9, 9а, 12, 12а, 14-15а, 20-21а, 24-27а, 30-35а, 43-85а розраховуються уражені частоти f_{i5} для прийомопередавача безпілотного літального апарата № 5. Робоча частота обирається при $f_{i5} \neq f_{i5}^*$.

25

Розрахунки були обмежені тільки аналізом найбільш уразливим до перешкод комбінаційних каналів прийому, що утворюються:

а) при впливі в змішувачі гармонік однієї перешкоди та гармонік гетеродина:

$$p_1+n \leq 8, p_2 \leq 8; p_3+n \leq 8;$$

30

б) при впливі в змішувачі гармонік двох перешкод:

$$p_1+p_1 \leq 7, p_1+p_3 \leq 7; p_2+p_3 \leq 7;$$

в) при впливі в змішувачі гармонік двох перешкод та гармонік гетеродина:

$$p_1+p_2+n \leq 6, p_1+p_3+n \leq 6; p_2+p_3+n \leq 6;$$

г) при впливі у змішувачі гармонік трьох перешкод:

35

$$p_1+p_2+p_3 \leq 5;$$

д) при впливі у змішувачі гармонік трьох перешкод та гармонік гетеродина:

$$p_1+p_2+p_3+n \leq 4.$$

Розроблено спосіб вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці, що дозволяє врахувати взаємний вплив прийомопередавачів безпілотного літального апарата один на одного та розрахувати вільні від перешкод інтервали

40

частот прийому при великій кількості різноманітних засобів випромінювання, що створюють перешкоди.

Технічний результат від застосування способу полягає у підвищенні електромагнітної сумісності засобів зв'язку безпілотних літальних апаратів та підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу безпілотними літальними апаратами.

1. Джерела інформації:

1. Шишацький А.В. Алгоритм вибору робочих частот для засобів військового радіозв'язку в умовах впливу навмисних завад / А.В. Шишацький, В.В. Ольшанський, Р.М. Животовський // Системи озброєння і військова техніка. - 2016. - № 2. - С. 62-66. - аналог;

2. Шишацький А. В. Методика вибору резервних робочих частот в системах радіозв'язку з псевдовипадковою перестройкою робочої частоти/ А.В. Шишацький, О.В. Кувшинов // Дванадцята наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імен Івана Кожедуба "Новітні технології - для захисту повітряного простору", тези доповідей, 13-14 квітня 2016 року. -Х.:ХУПС ім. І. Кожедуба, - 2016. - с.214.- аналог.

3. Шишацький А. В., Кашкевич С.О., Тупота Є.В. Модель взаємодії відкритих систем для безпілотних авіаційних комплексів. IV Міжнародна науково-практична конференція "Contemporary challenges of society and ways to overcome them", 30 січня - 02 лютого 2024 р., Таллінн, Естонія. С. 280 - 288. URL: <https://isg-konf.com/uk/contemporary-challenges-of-society-and-ways-to-overcome-them/>.- найближчий аналог.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб вибору робочих частот для безпілотних літальних апаратів в складній електромагнітній обстановці, який полягає у тому, що прийомопередавач безпілотного літального апарата формує відомості про радіоелектронну обстановку шляхом аналізу розпізнавальних еталонів на основі навчальних сигналів, порівняння розпізнавальних еталонів з аналізованим сигналом та отриманням набору оцінок щодо належності реального стану об'єкта кожному з множини можливих станів об'єкта, порівняння отриманих оцінок між собою і з заданим порогом розпізнавання, в результаті якого формується рішення про передбачуваний стан об'єкта, який **відрізняється** тим, що за допомогою центрального прийомопередавача безпілотного літального апарата проводять розрахунок уражених частот для кожного з прийомопередавачів безпілотного літального апарата, після чого здійснюють вибір вільних від перешкод робочих частот.

