

Винахід відноситься до галузі антенної техніки мікрохвильового діапазону і може бути використаним у радіотехнічних системах метрового та дециметрового діапазонів для забезпечення випромінювання або прийняття електромагнітних хвиль у широкому діапазоні одночасно на різних ортогональних поляризаціях в телекомунікаційних системах радіодоступу, телевізійних системах, тощо.

Відомі широкосмугові антени з логоперіодичним законом розташування вібраторів [1,2]. В таких антенах існує значний взаємний електромагнітний вплив близько розташованих вібраторів антени і, отже, залежність параметрів антени від співвідношення резонансних частот вібраторів, що приводить до погіршення основних параметрів антени, наявні великі довжини вібраторів довгих метрових хвиль та відсутня можливість повільної підстройки антени, особливо у діапазоні довгих метрових хвиль.

З відомих широкосмугових антен найбільш близькою за технічною суттю до винаходу є антена [3], яка містить основу, вузол живлення, коаксиально-двопровідну лінію, на якій закріплені взаємно ортогональні низько- та височастотні логоперіодичні структури головних вібраторів, поблизу з якими закріплені додаткові вібратори, які зігнуті Z - зразково під кутом 80 - 100° в районі кінців суміжних головних вібраторів у площині, ортогональній коаксиально-двопровідній лінії, кожний з додаткових вібраторів закріплено на коаксиально-двопровідній лінії паралельно відповідному головному вібратору на відстані від нього 0,001- 0,01  $\lambda_2$ , де  $\lambda_2$  - довжина робочої хвилі додаткових вібраторів.

Недоліками цього приладу є значний взаємний електромагнітний вплив близько розташованих головних та додаткових вібраторів антени, що приводить до погіршення діаграм спрямованості та вхідного опору антени при непарному та близькому до нього співвідношеннях резонансних частот  $f_1$  - головних та  $f_2$  - додаткових вібраторів, наявність великих довжин додаткових вібраторів, які забезпечують роботу антени на метрових хвилях та відсутність можливості повільної підстройки антени на цієї частоті.

Задачею винаходу є забезпечення покращення і незалежності діаграм спрямованості та вхідного опору антени від будь-якого співвідношення резонансних частот  $f_1$  і  $f_2$  головних та додаткових вібраторів, зменшення довжини додаткових вібраторів та забезпечення повільної підстройки антени на метрових хвилях.

Поставлена задача вирішується тим, що в логоперіодичній антені, яка містить основу, вузол живлення, коаксиально-двопровідну лінію, на якій закріплені взаємно ортогональні низько- та височастотні логоперіодичні структури головних вібраторів, поблизу з якими закріплені додаткові вібратори, зігнуті Z - зразково під кутом 80 - 100° в районі кінців суміжних головних вібраторів у площині, ортогональній коаксиально-двопровідній лінії, кожний з додаткових вібраторів закріплено на коаксиально-двопровідній лінії паралельно відповідному головному вібратору на відстані від нього 0,001- 0,0  $\lambda_2$ , згідно з винаходом, в зігнуті частини Z - зразкових додаткових вібраторів ввімкнені змінні індуктивні елементи, величина яких L та координата ввімкнення  $h_L$  визначаються за формулою

$$L = \frac{W_1}{4\pi f_1} \left\{ \operatorname{ctg} \left[ \eta_1 \frac{2\pi}{\lambda_1} (L_2 - h_L) \right] - \operatorname{tg} \left[ \eta_1 \frac{2\pi}{\lambda_1} (h_L - L_1) \right] \right\} = \frac{W_2}{4\pi f_2} \left\{ \operatorname{ctg} \left[ \eta_2 \frac{2\pi}{\lambda_2} (L_2 - h_L) \right] - \operatorname{tg} \left[ \eta_2 \frac{2\pi}{\lambda_2} h_L \right] \right\},$$

Де

$$W_1 = 120 \left[ 2,3 \lg \frac{L_2 - L_1}{r_a} - 1 \right] - \text{хвильовий опір частини вібратора 2 } (L_2 - L_1);$$

$$\eta_1 = 1 + \left[ 4,6 \lg \frac{L_2 - L_1}{r_a} \right]^{-1} - \text{коефіцієнт скорочення частини вібратора 2 } (L_2 - L_1);$$

$$W_2 = 120 \left[ 2,3 \lg \frac{L_2}{r_a} - 1 \right] - \text{хвильовий опір частини вібратора 2 } L_2;$$

$$\eta_2 = 1 + \left[ 4,6 \lg \frac{L_2}{r_a} \right] - \text{коефіцієнт скорочення частини вібратора 2 } L_2;$$

$\lambda_1$  - довжина робочої хвилі головного вібратора;  $r_a$  - радіус вібраторів антени.

Для повільної підстройки антени на метрових хвилях у середину діелектричного каркасу кожного змінного індуктивного елементу L введено циліндричний стрижень з феромагнітного матеріалу з різьбою для його вкручування або викручування за допомогою викрутки або іншим чином вздовж вісі індуктивного елемента.

Введення в Z - зразкові додаткові вібратори пристрою змінних індуктивних елементів L вигідно відрізняє запропоновану логоперіодичну антену від прототипу, оскільки забезпечує покращення і незалежності діаграм спрямованості та вхідного опору антени від будь-якого співвідношення резонансних частот  $f_1$  і  $f_2$  головних та додаткових вібраторів, одночасне зменшення довжини додаткових вібраторів та забезпечує повільну підстройку антени на метрових хвилях з метою усунення технологічних імовірних похибок при виконанні конструктивних розмірів при виробництві антени. В результаті, розширюється діапазон суміщаємих робочих частот  $f_1$  і  $f_2$ , зменшуються габарити та маса антени, з'являється можливість швидкої підстройки антени до необхідних параметрів, що збільшує сферу використання заявленої логоперіодичної антени. Суть винаходу пояснюється кресленнями, де зображені:

- на фіг. 1 - загальний вигляд логоперіодичної антени;
- на фіг. 2 - головний та додатковий, вібратори, закріплені на двопровідній лінії логоперіодичної антени;
- на фіг. 3 - змінний індуктивний елемент.

На фіг.1 наведена антена, що заявляється, де:

- 7 - основа антени;
- 2, 3 - провідні трубки;
- 4 - кабель коаксіальний;

- 5 - відкритий кінець трубки 2;
- 6 - центральний провідник кабеля 4;
- 7 - відкритий кінець трубки 3;
- 8 - 19 - логоперіодичні вібратори горизонтальні;
- 20 - 27 - логоперіодичні вібратори вертикальні;
- 28, 29 - додаткові вібратори активні;
- 30, 31 - додаткові вібратори пасивні-рефлектори;
- 32, 33 - індуктивні елементи додаткових вібраторів 28, 29, активних та пасивних вібраторів-рефлекторів 30, 31, відповідно;
- 34 - дротова котушка індуктивності на діелектричному каркасі;
- 35 - циліндричний стрижень з феромагнітного матеріалу;
- 36 - провідна трубка з отвіром;
- 37- скоба зкріплююча;
- 38 - труба несуча;
- 39 - стрілка, що вказує максимальне випромінювання антени;
- 40 - мікрохвильовий коаксіальний роз'єм.

Прилад, який заявляється містить основу 1, на якій закріплені дві провідні трубки 2 і 3 однакової довжини, які розташовані поруч одне від одного. (Якщо є потреба, у основі 1 розміщують узгоджувач, розв'язувач пристрій або антенний підсилювач). У середину трубки 2 пропущено коаксіальний кабель 4, який виходить назовні з трубки 2 на другому її кінці 5. У точці 5 обплітка кабеля з'єднана гальванічно з кінцем 5 трубки 2, а центральний провідник 6 кабеля 4, випущений з трубки 2, з'єднано гальванічно з кінцем 7 трубки 3. Таким чином на кінцях 5, 7 трубок 2, 3 створено перехід з коаксіальної лінії 4 на двопровідну лінію 2, 3 який одночасно є вузлом живлення заявленої антени. Заявлена антена утворена шляхом закріплення на трубках 2 і 3 симетричних вібраторів 8 - 19 та ортогональних їм симетричних вібраторів 20 - 27, розміри яких та відстані проміж якими визначаються логоперіодичним законом. Поруч з головними вібраторами 24 - 27 на двопровідній лінії 2, 3 закріплені додаткові пари вібраторів 28, 29 та 30, 31, відповідно, разом з ввімкнутими в їхні горизонтальні гілки індуктивними елементами 32, 33 змінної величини (фіг. 3). (На фіг. 1 та на фіг. 2 додаткові вібратори 28, 29, 30, 31 виділені чорним кольором з метою наочності).

Для повільної підстройки антени на метрових хвилях у середину діелектричного каркасу змінних індуктивних елементів 32, 33 (фіг. 3) кожного спірального елемента 34 введено циліндричний стрижень 35 з феромагнітного матеріалу з різьбою для його вкручування або викручування за допомогою викрутки, яка вводиться через отвір металевої трубки 36 (або іншим чином), вздовж вісі індуктивного елемента до досягнення резонансу струму, і отже, мінімального значення коефіцієнта стоячої хвилі за напругою на вході антени.

У заявленому варіанті антени додаткові вібратори 28, 29 разом зі змінними індуктивними елементами 32, 33 виконують функцію активних, а вібратори 30, 31 - функцію пасивних вібраторів-рефлекторів. Електричний периметр кожного вібратора 30, 31 складає  $(0,26 - 0,27)\lambda_2$  і тому додаткова антена 28 - 31, в цілому, є рефлекторною. В інших варіантах додаткові вібратори можуть закріплюватися на лінії 2, 3 у інших місцях біля головних вібраторів на відстані  $0,001-0,01\lambda_2$  з урахуванням умов даного винаходу. Призначення двопровідної лінії 2, 3, збуджуємої у точках 5, 7 коаксіальним кабелем 4, перебуває в забезпеченні збудження усіх вібраторів, закріплених уздовж лінії 2, 3, включаючи додаткові вібратори 28, 29. Збудження симетричних вібраторів, включаючи додаткові відбувається на тих частотах, на яких електрична довжина кожного з них є резонансною, тобто дорівнює приблизно  $0,22 - 0,24\lambda$ , а додаткові вібратори 30, 31, завдяки тому, що їх сумісна електрична довжина дорівнює  $(0,52 - 0,54)\lambda_2$ , тобто більше  $0,50\lambda_2$ , з, виконують функцію рефлекторів.

Для пояснення принципу дії заявленого пристрою на фіг. 2 наведено фрагмент головного та додаткового вібраторів логоперіодичної антени у режимі передавання, де:

41 - розкрив двоохпровідної лінії 24, 28 та 25, 29, закороченої у точках 2 та 3;  
 $f_{\text{гол}}$  - резонансна частота ( $f_1$ ) змінної напруги, збуджуючої головну вібраторну антену 24, 25 довжиною  $2L_1$  у точках 2, 3;

$f_{\text{дод}}$  - резонансна частота ( $f_2$ ) змінної напруги, збуджуючої Z - зразкову додаткову вібраторну антену 28, 29 довжиною  $2L_2$  у точках 2, 3;

$I_{\text{гол}}$  - амплітуда струму частоти  $f_{\text{гол}}$  ( $f_1$ ) на провідниках 24, 28 та 25, 29;

$I_{\text{дод}}^{\text{В}}$  - амплітуда струму частоти  $f_{\text{дод}}$  ( $f_2$ ) на вертикальних частинах  $L_1$  вібраторів 28, 29;

$I_{\text{дод}}^{\text{Г}}$  - амплітуда струму частоти  $f_{\text{дод}}$  ( $f_2$ ) на горизонтальних частинах  $L_2-L_1$  у вібраторів 28, 29.

Проміж трубками 2 і 3 наводиться змінна напруга з частотами  $f_{\text{гол}}$  та  $f_{\text{дод}}$  де  $f_{\text{гол}} > f_{\text{дод}}$ . Тоді частина антени, зображена на фіг. 2 збуджується одночасно на обох вказаних частотах при умові, що її повздовжні електричні розміри складають приблизно  $2L_1 \approx 0,5\lambda_{\text{гол}}$  та  $2L_2 \approx 0,5\lambda_{\text{дод}}$ . Така антена уявляє собою єдину двохчастотну систему у вигляді двох пов'язаних контурів. При цьому вібратори 24, 25 довжиною  $2L_1$  будуть збуджуватися токами  $I_{\text{гол}}$ , а частина вібратора 28, 29 довжиною теж  $2L_1$  буде збуджуватися одночасно токами як  $I_{\text{гол}}$ , так і  $I_{\text{дод}}^{\text{В}}$ .

Зігнуті частини вібраторів 28, 29 довжиною  $(L_2-L_1)$  кожен збуджується тільки токами  $I_{\text{дод}}^{\text{Г}}$ . Це стається з наступних причин. Частини антени 24, 28 (25, 29) довжиною  $L_1$  являють собою на частоті  $f_{\text{гол}}$  чвертьхвильові відрізки двопровідної лінії довжиною  $L_1 = 0,25\lambda_{\text{гол}}$ , які закорочені у точках 2, 3. На частоті ж  $f_{\text{дод}} < f_{\text{гол}}$  довжина цих же хвиль відрізків менше чверті довжини хвилі  $L_1 < 0,25\lambda_{\text{дод}}$ . У зв'язку з цим і відповідно до теорії еквівалентної лінії опір розглядаємого відрізка двопровідної лінії  $L_1$  у розкриві 41 - 41 на частоті  $f_{\text{гол}}$  ( $f_1$ ) прямує до нескінченності, а на частоті  $f_{\text{дод}}$  ( $f_2$ ) має індуктивний характер. У зв'язку з дуже великим опором у розкриві 41 - 41 на частоті  $f_{\text{гол}}$

зігнуті частини ( $L_2-L_1$ ) додаткових вібраторів 28, 29 на частоті  $f_{\text{гол}}$  практично не збуджуються при довільному співвідношенні частот  $f_{\text{гол}} / f_{\text{дод}}$  і струм частоти  $f_{\text{гол}}$  ( $f_1$ ) на них  $I_{\text{гол}} \approx 0$ , за умовою, якщо значення індуктивностей  $L$  додаткових вібраторів визначено за пропонуємою вище формулою. Тоді присутність додаткових вібраторів 28, 29 поблизу з головними 24, 25 не впливає на роботу головного вібратора, на його характеристики внутрішні та зовнішні, отже, і на роботу усієї запропонованої логоперіодичної антени (фіг. 1). Це дозволяє на одній лінії живлення 2, 3 установити додаткові вібратори з індуктивними елементами (фіг. 3), які функціонують незалежно від логоперіодичних структур та створюють рефлекторну або директорну низькочастотну додаткову антену з робочою частотою  $f_{\text{дод}}$  ( $f_2$ ).

Перед началом експлуатації логоперіодичної антени проводиться повільна підстройка антени на метрових хвилях змінними індуктивними елементами 32, 33 (фіг. 3) за допомогою циліндричних стрижнів 35 шляхом їх вкручування або викручування вздовж вісі індуктивного. 3204U 32, 33 до досягнення максимального значення коефіцієнта стоячої хвилі за напругою на вході антени на частоті  $f_2$ .

Робота заявленої антени у режимі приймання радіосигналів здійснюється таким чином. Прийнятий радіосигнал через кабель 4 і коаксіальний роз'єм 40 поступає на вхід, наприклад, телевізійного або іншого приймача. Цей сигнал складає широкий спектр частот, який приймається логоперіодичною структурою з вібраторів 9-19 горизонтальної поляризації у високочастотному діапазоні хвиль, спектр частот, який приймається логоперіодичною структурою з вібраторів 20-27 вертикальної поляризації у низькочастотному діапазоні, а також частоти, які приймаються додатковим Z - зразковим вібратором 28, 29 ортогональної поляризації у низькочастотному діапазоні хвиль  $f_{\text{дод}}$  ( $f_2$ ). Орієнтація вібраторів антени відносно Землі залежить від поляризації електромагнітних хвиль, які випромінюються джерелом випромінювання (горизонтальна чи вертикальна поляризація). У наведеному прикладі усі три приймаємих частотних піддіапазони мають орієнтацію максимуму діаграми спрямованості антени у напрямку стрілки 39 (фіг. 1), при цьому вібратори 9-19 забезпечують у напрямку стрілки 39 коефіцієнт спрямованої дії (КСД) не менш ніж 9-10дБ, вібратори 20-27 - не менш ніж 6-7дБ, а рефлекторна частина антени із додаткових вібраторів 28-31 має КСД не менш ніж 3-3,5дБ.

Порівняльна оцінка характеристик антени-прототипа із заявленою логоперіодичною антеною наведена у таблиці.

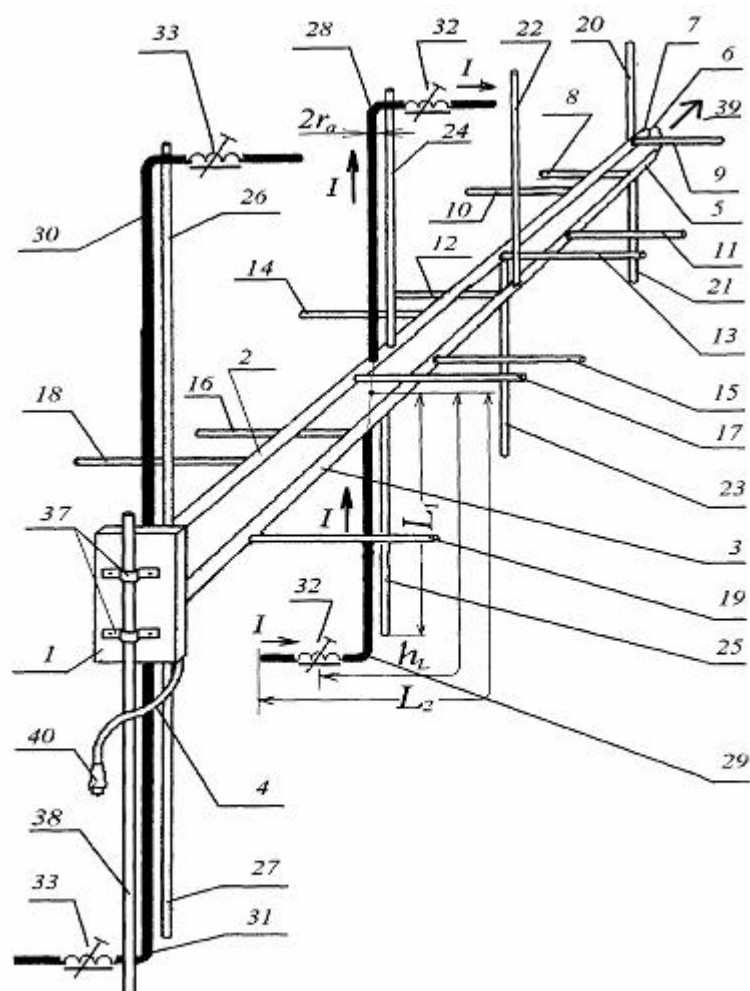
Таблиця

Параметр \ Найменування	Антенa-прототип	Заявлена логоперіодична антена
Співвідношення частот $f_1$ і $f_2$ , головного та додаткового вібраторів, які суміщаються для забезпечення нормальної роботи антени	Тільки парне	Довільне (Парне, непарне, інше)
Довжина додаткового вібратора	1,1м	0,95м
Габарити антени	1,5м x 0,8м x 0,4м	1,0м x 0,8м x 0,3м
Можливість повільної підстройки КСХН антени	Відсутня	Забезпечена

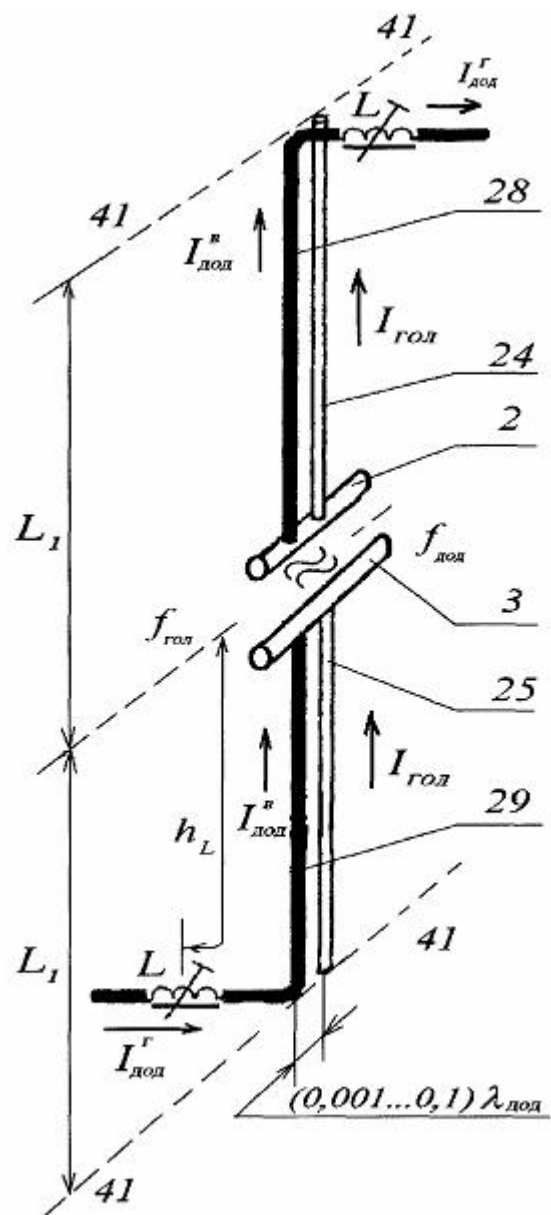
Заявлена антена пройшла випробування в Дніпропетровському регіоні в режимі приймання при відстані від джерела випромінювання радіосигналів до 70км, з позитивними результатами без застосування антенного підсилювача. Антена проста по конструкції, міцна та надійна, що дозволило зменшити до мінімуму її вартість та суттєво продовжити термін її експлуатації.

Джерела інформації

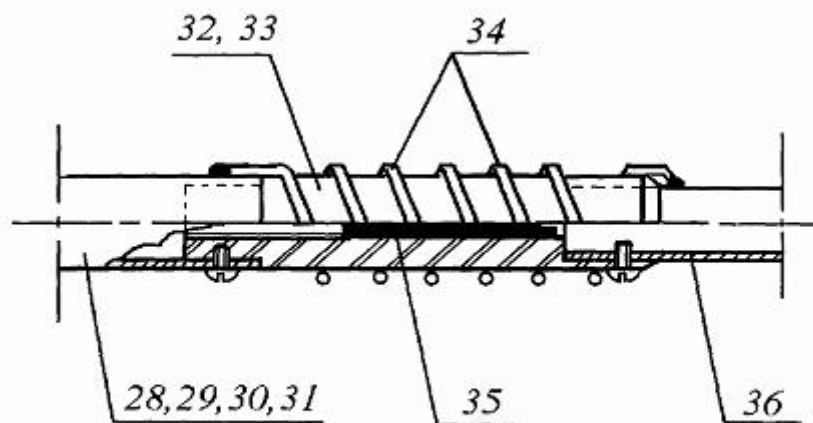
1. Сверхширокополосные антенны / пер. с англ. под. ред. Л.С. Бененсона. -М.: Мир, 1964.
2. Патент SU №1660058A1, МПК<sup>6</sup> НОІQ, 11/10, 1991.
3. Патент UA №52711, МПК<sup>6</sup> 7 НОІQ, 11/10, 2003.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3