



УКРАЇНА

(19) UA (11) 66736 (13) U  
(51) МПК  
H01Q 1/38 (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ЦИЛІНДРИЧНА НИЗЬКОПРОФІЛЬНА АНТЕНА

1

2

(21) u201109457

(22) 28.07.2011

(24) 10.01.2012

(46) 10.01.2012, Бюл.№ 1, 2012 р.

(73) ІЛЬІНОВ МИХАЙЛО ДМИТРОВИЧ, МАЦАЄНКО АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ШАЦЬКИЙ ІГОР АНАТОЛІЙОВИЧ

(57) Циліндрична низькопрофільна антена з діелектричною підкладкою (2), на одному боці якої роз-

ташований екран циліндричної форми (1), а на іншому - випромінюючий елемент прямокутної форми (4) з розніманням (3) для підключення джерела сигналу, яка відрізняється тим, що периметр циліндричного екрана вибраний рівним довжині хвилі у внутрішньому об'ємі циліндричної низькопрофільної антени.

Корисна модель належить до антенно-фідерного пристрою і може бути використана переважно в якості випромінюючого елемента передаючих антенних решіток телевізійного мовлення дециметрового діапазону.

Передавальні телевізійні антени повинні мати горизонтальну поляризацію, формувати ненаправлене або секторне випромінювання в азимутальній площині, мати прийнятні масо-габаритні показники, оскільки відносяться до класу високіпіднятих антен.

Відома антенна решітка [1] містить циліндричну поверхню та дифракційні випромінювачі у вигляді поздовжніх щілин прорізаних на цій поверхні. Антена дозволяє формувати поле горизонтальної поляризації з секторним та квазіненаправленим випромінюванням в азимутальній площині. Суттєвим недоліком відомого технічного рішення є сильна залежність характеристики направленості (ХН) від співвідношення діаметра циліндричної поверхні  $D$  до довжини хвилі  $\lambda$ . Як показано в роботі, при  $D/\lambda = 0.127$  коефіцієнт нерівномірності ( $\beta$ ) діаграми направленості (ДН) одиночної щілини на циліндрі в азимутальній площині перевищує 3 дБ. Крім того, при переході на систему поздовжніх щілин для реалізації ненаправленого випромінювання в азимутальній площині, процес узгодження поздовжніх щілин антенної решітки з фідером представляє досить складну задачу, що підтверджується нечастим використанням даного технічного рішення. Циліндрична поверхня в даному технічному рішенні виконує роль щогли, а наявність поздовжніх щілин на її поверхні призводить до зменшення механічної міцності в цілому.

В роботах [3], [4] проведено аналіз внутрішніх та зовнішніх характеристик циліндричних низькопрофільних (ЦНА) антен. Такі антени містять діелектричну підкладку, на одному боці якої розміщений екран циліндричної форми, а на другій - випромінюючий елемент прямокутної форми, зігнутий по формі екрана. В роботах доведена працездатність даного технічного рішення, представлені його функціональні можливості, приведений результат теоретичних досліджень.

В залежності від типу вузла збудження (положення ТЖ - точки живлення) та місця його розташування, ЦНА забезпечує формування зовнішнього поля з лінійною (вертикальною або горизонтальною) чи з круговою (еліптичною) як правого так і лівого обертання поляризацією вектора електричного поля.

На відміну від щілинних випромінювачів на циліндрі, ЦНА відрізняються широкими функціональними можливостями, зокрема у формуванні електромагнітного поля з різною поляризацією. Крім того, антена володіє підвищеною механічною міцністю за рахунок того, що циліндрична поверхня, яка виконує роль щогли, є суцільною. Також, при формуванні антенних решіток на основі ЦНА, істотно спрощується система живлення. Теоретичний аналіз, що приводиться в роботах, наглядно підкреслює працездатність ЦНА, їх функціональні можливості по формуванню зовнішніх характеристик.

Найбільш близьким, в технічному плані, до корисної моделі є ЦНА, що містить діелектричну підкладку, яка й обрана за прототип. На одному боці діелектричної підкладки прототипу розміщений екран циліндричної форми, на другій - випроміню-

(13) U  
(11) 66736  
(19) UA

ючий елемент прямокутної форми, зігнутий по формі екрана, що описаний в журналі «Радіоаматор» №1 за 2000 р. Такий випромінювач може формувати електромагнітне поле як з горизонтальною так і вертикальною поляризацією. При необхідності збільшення коефіцієнта підсилення, на основі циліндричних низькопрофільних випромінювачів можуть бути створені антенні решітки. При цьому істотно спрощується схема розводки живлення та не порушується механічна міцність антенної системи в цілому. Циліндричний низькопрофільний випромінювач (антена) дає змогу формувати квазінаправлене випромінювання в азимутальній площині, коефіцієнт нерівномірності якого визначається співвідношенням діаметра циліндричного екрана до довжини хвилі  $D/\lambda$ .

Істотним недоліком відомого технічного рішення є те, що для зменшення коефіцієнта нерівномірності поля випромінювання в азимутальній площині, необхідно збільшувати кількість низькопрофільних випромінювачів, які розміщені по периметру циліндричного екрана. Таке технічне рішення приводить до ускладнення конструкції в цілому, а саме: ускладнюється схема розводки живлення. Крім того, для складання поля випромінювання декількох антен, розміщених на циліндричній поверхні, необхідно використовувати принцип побудови кільцевих антенних решіток, що висуває жорсткі вимоги до діаграми направленості (ДН) одинарного випромінювача.

Перераховані недоліки усуваються в запропонованій корисній моделі, зображеній на фіг. 1: циліндричний низькопрофільний антені з діелектричної підкладкою (2), один бік якої виконує функцію екрана циліндричної форми (1), друга - випромінюючого елемента прямокутної форми, вигнутого по формі екрана (4). З метою зменшення коефіцієнта нерівномірності конструкція виконана таким чином, що периметр циліндричної поверхні екрана рівний довжині хвилі у внутрішньому об'ємі антени.

Для доведення наявності суттєвих відмінностей в заявленій корисній моделі, які призводять до позитивного ефекту, на думку авторів, необхідно відмітити, що дослідження електродинамічних характеристик низькопрофільних антен можна провести на основі апертурної моделі, в основу якої покладено теорію хвелеводів. Згідно з нею, кожній конкретній низькопрофільній антені можна поставити у відповідність циліндричний хвелевід, що має поперечний переріз тієї ж форми, що й верхня пластина антени.

В роботі [5] строго доведено, що поле випромінювання з щілини, прорізаної в металевому торці циліндричного хвелеводу поблизу його бічної поверхні та поле випромінювання з щілини прорізаної на бічній поверхні хвелеводу поблизу його торця буде однаковим. Тобто, це означатиме, що низькопрофільну антену з довільною конфігурацією верхньої пластини можна представити у вигляді щілинної антени тієї ж конфігурації, прорізаної в площині металевого екрана.

Наприклад, для смужкової антени з прямокутною верхньою пластиною (фіг. 2) апертурна модель буде мати вигляд двоелементної антенної

решітки із щілинних випромінювачів  $S_0$  довжиною  $B$ , рознесених на відстань  $A$  і прорізаних в металевому екрані  $S$ .

Точність даного методу обмежена умовою  $d \leq 0,1\lambda$ , де  $d$  - відстань випромінювача до поверхні екрана, що є достатнім для проведення теоретичних розрахунків.

Отже, згідно апертурної моделі, для знаходження зовнішніх характеристик циліндричної низькопрофільної антени з прямокутною верхньою пластиною, розміщеною над циліндричною поверхнею, її необхідно розглядати у вигляді двох повздовжніх щілин, прорізаних на поверхні циліндра. На фіг. 3 зображена апертурна модель такої антени.

Подальший розрахунок зводиться до визначення характеристики направленості двоелементної антенної решітки, що складається з двох повздовжніх щілин, розташованих на поверхні циліндра. ХН в екваторіальній площині даної решітки згідно [3] визначається виразом:

$$f(\varphi) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{1}{H_1^{(2)}(ka)} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} j^n \frac{\cos[n(\varphi - \varphi_i)]}{H_n^{(2)'}(ka)} \right] \quad (1)$$

де:  $N$  - кількість щілин,  $a$  - радіус циліндра,  $ka$  - електричний діаметр циліндричної поверхні,

$\varphi_i$  - кутова координата  $i$ -ої щілини, що визначається кількістю випромінювачів і положенням  $i$ -ої щілини у відповідності з виразом:

$$\varphi_i = \frac{2\pi(i-1)}{N} \quad (2)$$

При  $N=2$  розміщення другої щілини буде діаметрально протилежне відносно першої, тобто  $\varphi_i = \pi$ , тоді вираз для ХН в екваторіальній площині матиме вигляд:

$$f(\varphi) = \frac{2}{H_1^{(2)}(ka)} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} j^n \frac{\cos n(\varphi) + \cos[n(\varphi - \pi)]}{H_n^{(2)'}(ka)} \quad (3)$$

У формулі (3) передбачається синфазність і рівність амплітуд між щілинами.

В загальному випадку кутове рознесення щілин визначається як конструктивним виконанням самої ЦНА, так і наявністю діелектрика з відповідною діелектричною проникністю  $\varepsilon'$  в об'ємі резонатора.

На фіг. 5 представлений графік залежності коефіцієнта рівномірності  $\beta$  від значення  $\varepsilon$  при  $ka=1$ . З даного графіка наглядно слідує, що при  $\beta = -3\text{дБ}$  (припустимо на практиці при використанні подібних антен, достатньо взяти діелектричний матеріал з  $\varepsilon \sim 3,5$  (наприклад: ФЛАН - 3,5; СА - 3,8). При цьому електричний радіус циліндра  $ka$  буде рівним  $0,53\lambda$ , діаметр циліндра відносно довжини хвилі буде рівним  $0,18\lambda$ .

З даного графіка наглядно слідує - при  $\beta = -3\text{дБ}$ , що є допустимим на практиці при використанні подібних антен, достатньо взяти діелектричний матеріал з  $\varepsilon' \sim 3,5$  (наприклад: ФЛАН - 3,5;

СА - 3,8). При цьому електричний радіус циліндра буде рівним  $0,18\lambda$ .

Наприклад при компоновці телевізійної передавальної антени дециметрового діапазону на нижні канали, поперечні розміри циліндричного екрана (труби) будуть приблизно 120 мм. Для порівняння: турнікетна антена ~ 300 мм; панельна з напівхвильовими вібраторами ~ 420 мм; панельна з хвильовими вібраторами ~ 840 мм.

Якщо зафіксувати поперечні розміри циліндричного екрана антени (тобто забезпечити умову  $ka=\text{const}$ ), і змінювати лише розміри ЦНА за рахунок введення діелектрика, то з'являється можливість отримати однонаправлене (секторне) випромінювання в азимутальній площині. На фіг. 4 (д-е) показані результати розрахунку для випадку  $\epsilon'=4$  та  $\epsilon'=9$ .

Таким чином, заявлена корисна модель має суттєву відмінність - рівність периметра циліндричного екрана довжині хвилі в ЦНА:

$$L = 2\pi a = \lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon'}},$$

де  $\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon'}}$  - довжина хвилі у внутрішньому

об'ємі ЦНА;  $\lambda_0$  - довжина хвилі у вільному просторі.

За рахунок наявності двох діаметрально розташованих випромінюючих поздовжніх щілин на циліндрі, розмір якого зменшуються при збільшенні  $\epsilon'$ , отримуємо позитивний ефект - зменшення коефіцієнта нерівномірності поля випромінювання в азимутальній площині.

Техніко-економічна перевага заявленого технічного рішення порівняно з прототипом:

- зменшення коефіцієнта нерівномірності;
- зменшення кількості випромінювачів при формуванні ненаправленого випромінювання в азимутальній площині;
- зменшення масо-габаритних показників антени в цілому.

Запропонована конструкція має практичне значення при проектуванні компактних передавальних телевізійних антен дециметрового діапазону, а також в інших радіотехнічних системах, де необхідно забезпечити секторну або ненаправлену ХН з горизонтальною поляризацією поля.

Джерела інформації:

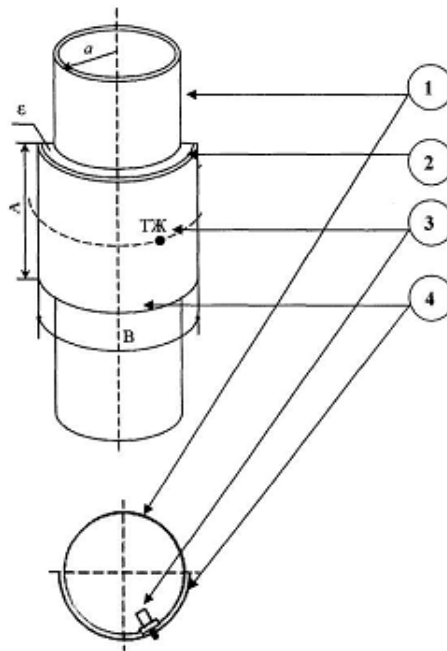
1. Уэйт Д. Электромагнитное излучение из цилиндрических систем. - М.: Сов. Радио, 1963. - 312с.

2. Марков В.Д. Возбуждение электромагнитных волн./ Марков. В.Д. Чаплин Ю.В. - М.Радиотехника, 1989. - 423 с.

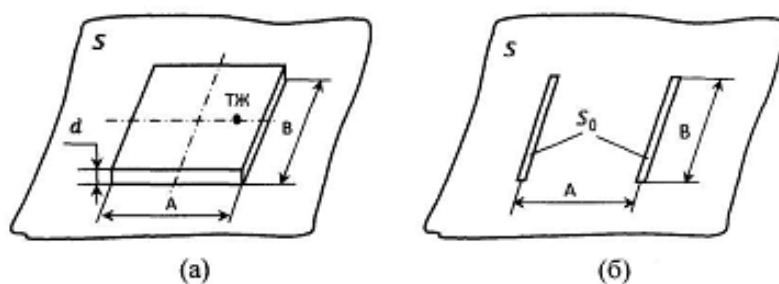
3. Материалы 8-й Международной крымской конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные техники". - Украина. - Из-во СГТУ, 1998. - 819с.

4. Ломан В.И. Микрополосковые антенные устройства / В. И. Ломан, М. Д. Ильинов. - М.: Зарубежная радиоэлектроника. - № 10,1981. - С. 99-115 с.

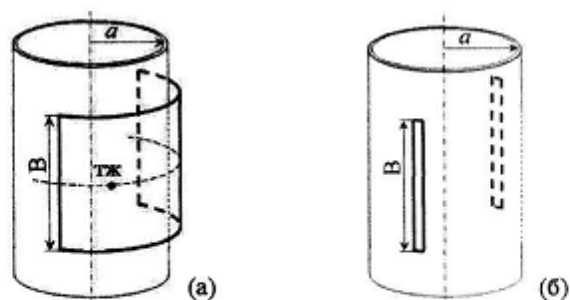
5. Цибизов К.Н. Микрополосковые антенны / К.Н. Цибизов, М.Д. Ильинов. - К.: Общество "Знание", 1980.-28 с.



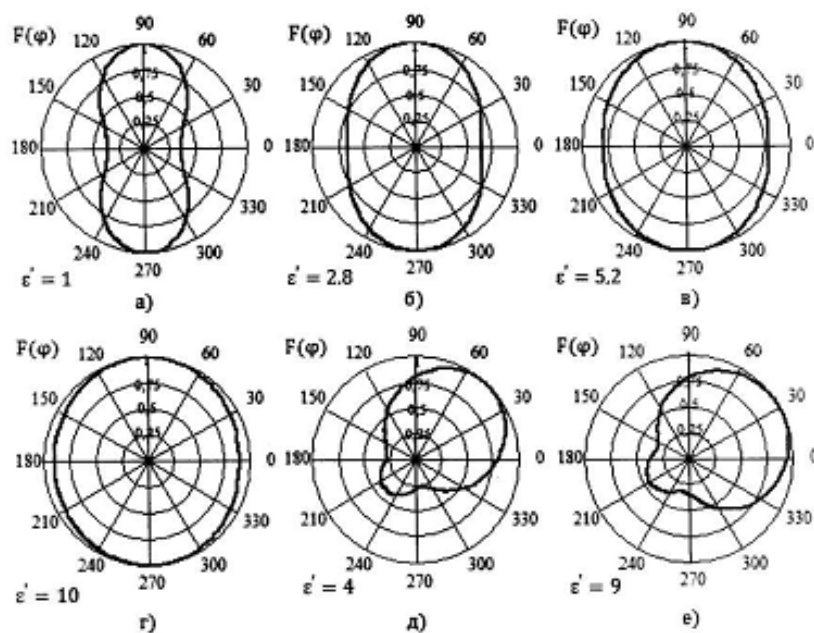
Фіг. 1



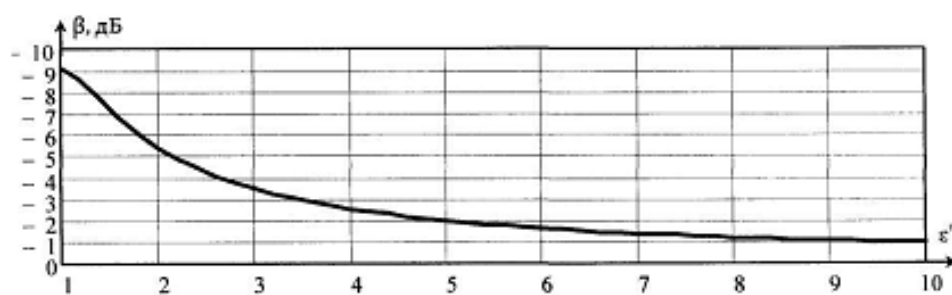
Фіг. 2. Низькопрофільна прямокутна антена (а) та її апертурна модель (б)



Фіг. 3. Циліндрична низькопрофільна антена (а) та її апертурна модель (б)



Фіг. 4. Розраховані діаграми направленості ЦНА



Фіг. 5. Залежність коефіцієнта нерівномірності  $\beta$  від  $\epsilon'$ .