



УКРАЇНА

(19) UA (11) 74827 (13) C2
(51) МПК (2006)
H01Q 11/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПІРАЛЬНА АНТЕНА

1

(21) 2002119454

(22) 27.11.2002

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Кривенко Володимир Петрович, Ольшевський
Олександр Лаврентійович, Родін Кім Володимиро-
вич(73) ДЕРЖАВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПІ-
ВДЕННЕ" ІМ. М.К.ЯНГЕЛЯ(56) GB, патент №2292257, H01Q11/08, публ.
14.02.1996.(57) Спіральна антена, що містить діелектричний
циліндричний каркас, квадрифілярний спіральний
випромінювач з верхньою точкою живлення, збу-
джуючий та узгоджуючий коаксіал, яка **відрізня-**
ється тим, що в ній на верхньому торці діелектри-
чного каркаса установлена діелектрична плата з
виконаними на ній чотирма підковоподібними про-
відниками та пружним металевим повзунком, при-
чому кожний із підковоподібних провідників з'єдна-

2

ний одним кінцем з верхнім кінцем гілки квадрифі-
лярного спірального випромінювача, а другим - з
сегментом металевого циліндра, виконаного з
верхнім та нижнім фланцями і усталовленого на
подовжній осі діелектричного циліндричного кар-
каса, при цьому металевий циліндр разом з верх-
нім фланцем розділений подовжніми пазами дов-
жиною близькою до чверті робочої довжини хвилі
на чотири сегменти, в двох сусідніх із яких, в товщі
стілки металевого циліндра, виконано по одному
подовжньому крізному отвору з коаксіально уста-
новленим провідником, верхній кінець кожного з
яких з'єднаний з діаметрально протилежним сег-
ментом, а нижній - з входами фазуючого квадрат-
ного мосту, встановленого на нижньому фланці
металевого циліндра, який з'єднаний металевим
кільцем з нижніми кінцями гілок квадрифілярного
спірального випромінювача, а виходи фазуючого
квадратного мосту з'єднані з високочастотними
з'єднувачами.

Винахід відноситься до пристроїв, що прий-
мають або випромінюють електромагнітну енергію
і можуть застосовуватись як бортові антени на
транспортних засобах та космічних об'єктах, а
більш конкретно, до квадрифілярних спіральних
антен з круговою або еліптичною поляризацією
вектора електромагнітного поля.

Відомі конструкції спіральних антен з еліптич-
ною поляризацією для використання на борту су-
путника Землі як антени зв'язку або навігації, на-
приклад "Двочастотна спіральна антена з
круговою поляризацією для супутникової навігації"
за патентом США №4008479, опублікованим 15
лютого 1977 р. В ньому пропонується антена кру-
гової поляризації, утворена чотирма спіральними
полосковими випромінювачами, розташованими
на поверхні вертикального діелектричного цилін-
дра та двома перехрестями (верхнім та нижнім).
Верхнє перехрестя з'єднує верхні бокові гілки спі-
ралей з вузлом збудження, виконаним у вигляді
коаксіального фазуючого та узгоджуючого транс-
форматора, який розташований на подовжній осі
діелектричного циліндра, а нижнє - нижні кінці бо-

кових спіральних гілок з зовнішнім провідником
збуджуючого коаксіалу, який закінчується високо-
частотним з'єднувачем. Діаграма спрямованості
(ДС) цієї антени по патенту всенаправлена, що
свідчить про її низький коефіцієнт підсилення (КП).

Подібна спіральна антена з круговою поляри-
зацією описана в журналі "ANTENNAS AND
PROPAGATION" №10 за жовтень 1990 р в статті
під заголовком "A study of the Quadrifilar Helix
Antenna for Global Positioning System (GPS)
Applications", стор. 1545-1550.

Ця квадрифілярна циліндрична спіральна ан-
тена створена двома взаємно перпендикулярними
прямокутними, замкненими, біфілярними рамками
току, нижні основи котрих повернуті навколо їх осі
симетрії на пів обороту відносно верхніх основ.
Довжина периметра кожної рамки рівна довжині
хвилі λ на середній частоті робочого діапазону
випромінювання системи NAVSTAR.

Виконана таким чином випромінююча частина
має верхню точку збудження. Така антена вимагає
високої точності виготовлення її деталей. Розба-
ланс спіральних гілок не повинен перевищувати

(13) C2

(11) 74827

(19) UA

10° по фазі та 0,5дБ по амплітуді.

З відомих конструкцій найближчою до пропонуваної є "Радіочастотна антена" по патенту Великобританії №2292257А від 14 лютого 1996р. Квадрифілярна радіочастотна антена з круговою поляризацією має чотири спіральні антенні елементи (полоски), розміщені на діелектричному циліндрі з високим рівнем діелектричної постійної. В середині циліндра співвісно розміщений коаксіал з симетруючими щілинами теж заповнений діелектриком з високою діелектричною сталою.

Навкруги цього циліндру розміщена другий рухомий, пружний діелектричний циліндр для забезпечення зміни робочої частоти. Зверху два сусідні спіральні елементи забезпечені електричним контактом з внутрішнім провідником коаксіалу, а два других - з зовнішнім. Знизу спіральні гілки з'єднуються між собою та зовнішнім провідником коаксіалу треба живити в протифазі дві пари слаббозв'язаних спіральних вібраторів, які в свою чергу, тільки за рахунок високої точності виготовлення, повинні складатися з одного індуктивного вібратора, а другого - емкісного з рівними амплітудами активної та реактивної частини їх вхідного опору, тобто, електричний струм в них повинен бути зсунутим по фазі на 90°. Якщо ж в антені використовувати діелектрики з високими діелектричними сталими (40-50), то ці недоліки будуть ще більше усугублятися. Тобто, така антена не придатна до функціонування в більш широкополосній радіосистемі, ніж GPS, наприклад, в телеметричній радіосистемі.

В запропонованій конструкції спіральної антени використовується більш широкополосний спосіб збудження квадрифілярної антени в квадратурі з допомогою двох розв'язаних коаксіалів та фазуючого квадратного мосту.

В основу винаходу спіральної антени поставлено задачу шляхом установки на верхньому торці циліндричного каркасу діелектричної фольгованої плати з виконаними на ній чотирма, здатними з допомогою пружного повзунка змінювати свою електричну довжину, провідниками, одним кінцем з'єднаними з верхніми кінцями бокових гілок квадрифілярного спірального випромінювача, а другим - з сегментами встановленого на подовжній осі каркасу металевого циліндра з верхнім та нижнім фланцями, розділеного разом з верхнім фланцем подовжніми, близькими до $\lambda/4$ пазами на чотири сегменти, в двох сусідніх із яких в товщі стінки металевого циліндра виконано по одному подовжньому крізному отвору з коаксіально встановленим в ньому провідником, верхній кінець кожного з них з'єднаний з діаметрально протилежним сегментом, а нижній - з входами фазуючого квадратного мосту - екрану, встановленого на нижньому фланці згаданого циліндру, котрий з'єднаний через кільце з нижніми кінцями бокових гілок квадрифіля-

рного спірального випромінювача, а виходи фазуючого (зсувом фаз токів на 90°) квадратного мосту з'єднані з високочастотними з'єднувачами, утворити спіральну антену з розширеним діапазоном частот.

Винахід характеризується слідуючими суттєвими ознаками:

- Установлено на верхньому торці діелектричного циліндричного каркасу діелектричну плату з виконаними на ній чотирма підковоподібними провідниками, здатними з допомогою пружного повзунка змінювати свою електричну довжину;

- На осі діелектричного каркасу встановлений металевий циліндр з верхнім та нижнім фланцями, розділений разом з верхнім фланцем подовжніми пазами, близькими до $\lambda/4$, на чотири сегменти з виконаними в двох сусідніх із них крізними отворами, в яких коаксіально розташовано по провіднику, перетвореного таким чином в блок узгоджувача, електрично розв'язаних між собою подовжніми пазами збуджувачів в протифазі коаксіалів та симетруючих шлейфів;

- На нижньому фланці металевого циліндра встановлений симетричний квадратний міст. Сукупність цих відомих та нових суттєвих ознак дозволила досягти технічного результату.

Для пояснення суті винаходу та його роботи додаються креслення, на яких:

- фіг. 1 показує в аксонометрії загальний вигляд основного варіанту конструкції спіральної антени;

- фіг. 2 показує в аксонометрії загальний вигляд спіральної антени без діелектричного каркасу;

- фіг. 3 показує в аксонометрії конструкцію металевого циліндра (блоку коаксіалів);

- фіг. 4 показує в розрізі конструкцію квадрифілярного випромінювача з екраном квадратного мосту;

- фіг. 5 показує варіант печатного виконання квадратного мосту.

Запропонована спіральна антена складається з циліндричного діелектричного каркаса, виготовленого із пінополіуретанового матеріалу 1 з виконаними на ньому боковими лівогвинтовими спіральними та нижніми радіальними канавками для розміщення в них чотирьох провідників 2 квадрифілярного спірального випромінювача, виконаних з мідного дроту діаметром 1мм. На верхньому торці цього каркаса встановлено круглу діелектричну фольговану плату 3, на якій печатним способом виконані підковоподібні провідники 4. Одні кінці підковоподібних провідників 4 з'єднані паянням з верхніми кінцями бокових спіральних провідників 2 випромінювача, а другі кінці підковоподібних провідників 4, в яких виконано по одному крізному отвору, з'єднані разом з повзунком 5 з сегментами циліндра 6 за допомогою гвинтів 7, вкручених в різьбові отвори 8 цих сегментів.

Нижні кінці провідників 2 квадрифілярного випромінювача зігнуті радіально, вставлені в чотири отвори, виконані в вузьких стінках кільця 9 через 90° одно відносно другого, і запаяні в цих отворах. Кільце 9, розташоване в нижньому торці каркаса 1, має, крім згаданих, ще чотири отвори 10 з різьбою, виконані в широких стінках кільця 9 зсунутими на

90° відносно згаданих отворів. Ці різьбові отвори 10 потрібні для скріплення кільця 9 з нижнім фланцем циліндра 6 і установленим на ньому діелектричним фольгованим диском 11, на внутрішній стороні котрого виконаний квадратний міст 12. Скріплення виконано гвинтами 13, котрі проходять через отвори в дискові 11 та отвори 14 в нижньому фланці циліндра і вкручені в різьбові отвори 10 кільця.

Згаданий циліндр 6 розташований по осі каркасу 1 і виконаний з верхнім та нижнім фланцями за одне ціле. Цей циліндр разом з верхнім фланцем розділено подовжніми пазами 15 довжиною біля $\lambda/4$ на чотири сегменти. В товщі стінок сусідніх двох сегментів виконано по одному крізному подовжньому отвору 16. В кожний отвір 16 коаксіально з допомогою трубки 17 вкладено по одному провіднику 18. Верхні кінці провідників 18 з допомогою гвинтів 19 з'єднані з діаметрально протилежними сегментами, а нижні кінці провідників 18 з'єднані з входами 20 і 21 квадратного мосту, виконаного із дисків 11, 26 і установленого на нижньому торці металевого циліндра 6. Вихідні виводи квадратного мосту 22 і 23 з'єднуються з центральними провідниками високочастотних з'єднувачів 24 і 25. Нижній діелектричний диск 26 покритий фольгою лише з зовнішньої сторони.

При кінцевому складанні антени диски 11 та 26 набираються в пакет, накриваються силовими кільцями 27 і 28, потім стягуються пустотілими гвинтами 29 та гайками 30 в єдину жорстку конструкцію. Антена кріпиться на посадочному місці гвинтами, що проходять через крізні отвори в гвинтах 29.

Слід відзначити, що антенна працездатна і без каркасу 1, при цьому спіральні випромінювачі можна виконати з дроту або металевих смужок з допомогою шаблону, (див. фіг. 2).

В запропонованій спіральній антені, на відміну від прототипу, кожний із чотирьох спіральних вібраторів квадрифілярного випромінювача виконується однаково з іншими і заздалегідь довшим від $\lambda/2$ завдяки підковоподібним провідникам 4. З допомогою повзунка 5 кожний вібратор врешті настраюється в резонанс на середній частоті робочого діапазону.

Виконаний вище згаданим чином циліндр 6 являє собою блок електрично розв'язаних між собою з допомогою четвертьхвильових пазів двох коаксіалів та двох симетруючих шлейфів-сегментів, завдяки яким протилежні вібратори збуджуються в протифазі та симетрично. Побудовані таким чином пари вібраторів, рівним λ являють собою біфілярні замкнені спіральні рамки, розташовані одна відносно другої на 90°. Кожна така рамка (в залежності від діаметру дроту або ширини металевих смужок) має на середній частоті вхідний опір, рівний 15-30 Ом.

В залежності від величини цього опору вибирається і товщина центрального дроту, утвореного таким чином коаксіального четвертьхвильового трансформатора, тобто його хвильовий опір, котрий в точці підключення до входів квадратного мосту перетворює вхідний опір квадрифілярної

пари в 50 Ом, узгоджуючи його з 50 Ом-ним квадратним мостом та фідерним трактом.

Весь квадрифілярний випромінювач буде узгоджений та збуджений в квадратурі, придатний для прийому або випромінювання електромагнітної енергії з круговою поляризацією. В високочастотному з'єднувачеві 25, при лівосторонньому напрямку навивки спіралі квадрифілярного випромінювача з верхнім збудженням буде права поляризація, узгоджена з поляризацією, яка випромінюється антенами супутників системи GPS (NAVSTAR).

Розроблена для цієї радіосистеми антена має такі основні характеристики:

- Максимальна висота - 53 мм;
- Діаметр квадрифілярного випромінювача - 34 мм;
- Діаметр дроту спіральних гілок випромінювача - 1 мм;
- Діаметр квадратного мосту - 60 мм;
- Діаметр рефлектора - 70 мм;
- Вага антени - 130 г;
- Форма діаграми випромінювання - кардіоїда.

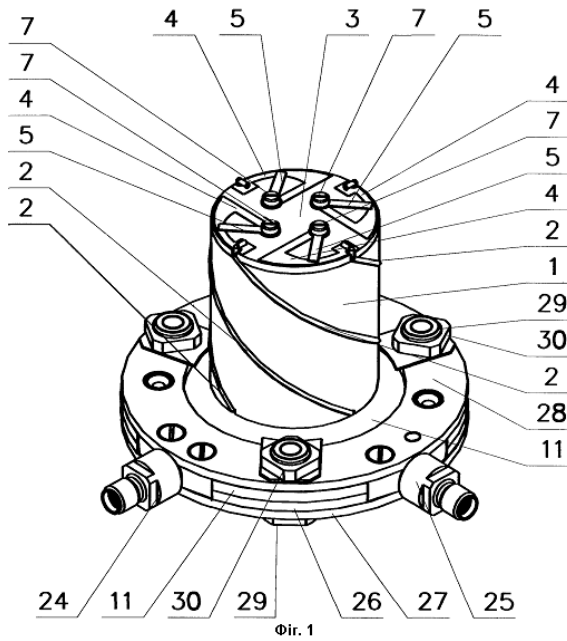
Запропонована спіральна антена має коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) не більший ніж 1,5 в полосі робочих частот не менше 60 МГц, а зменшення коефіцієнту підсилення (КП) антени на 0,5 дБ в смузі частот не менше ніж $\pm 10\%$. Спіральна антена запропонованої конструкції виконана без використання високих технологій, має порівняно невеликі розміри та вагу, з суттєво розширеними полосовими характеристиками.

Завдяки наявності фольгованого диска, котрий виконує роль рефлектора, антена має стабільні характеристики, незалежні від її міста установки. Наявність другого високочастотного з'єднувача дозволяє при закритій антені металевим кожухом проводити наземні випробовування бортової апаратури радіосистеми без випромінювання та відключення антенно-фідерного пристрою і не використовуючи для цього спеціальних антенних насадок або адаптерів, які можуть бути навіть складніші та дорожчі від антени.

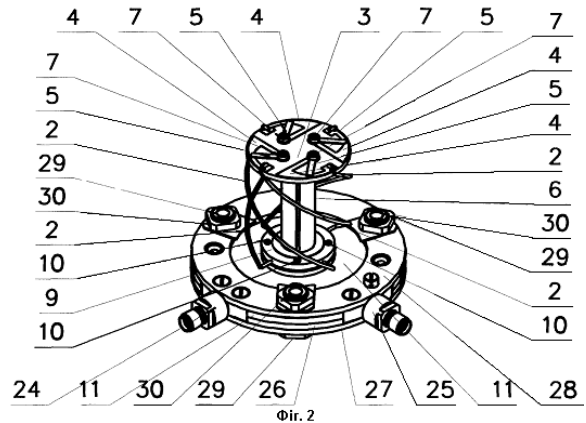
Така нова функціональна спроможність антени пояснюється тим, що завдяки глибокому розлагодженню антени, вантажні імпеданси квадратного моста приводять до зміни розв'язки між високочастотними з'єднувачами (з ~ 30 дБ до 3-5 дБ). Завдяки цьому наземний еквівалент сигналу можливо подавати в приймальний пристрій через другий високочастотний з'єднувач.

Слід визначити, що з допомогою виконаного компактного жорсткого блоку розв'язаних коаксіалів можливо легко збуджувати в квадратурі і другі типи випромінювачів, наприклад, лінійні або похилі чвертьхвильові вібратори та виконувати малогабаритні антени з круговою або еліптичною поляризацією.

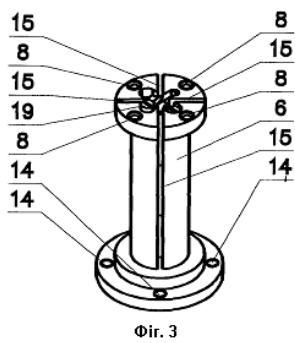
Крім того, з допомогою цього блоку коаксіалів можливо для збудження в квадратурі застосовувати інші фазуючі пристрої, як, наприклад, 3-х дБ направлений відгалужувач.



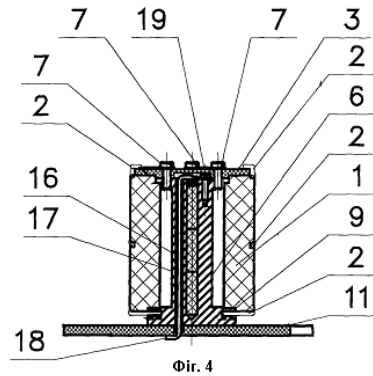
Фиг. 1



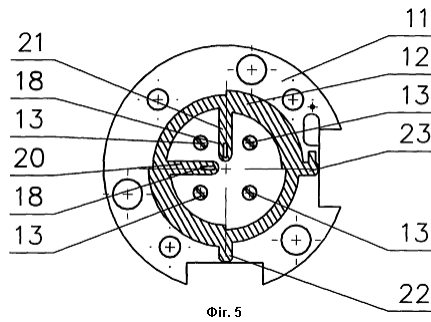
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5