



УКРАЇНА

(19) UA (11) 51117 (13) U
(51) МПК (2009)
H01Q 9/04
H01Q 1/27

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПІРАЛЬНА АНТЕНА

1

(21) а200700360
(22) 15.01.2007
(24) 12.07.2010
(46) 12.07.2010, Бюл. № 13, 2010 р.
(72) КРИВЕНКО ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ, РО-
МАНЕНКО ЄВГЕНІЙ ДМИТРОВИЧ, МАРЧУК АНД-
РІЙ ІВАНОВИЧ
(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "КОНСТРУК-
ТОРСЬКЕ БЮРО "ПІВДЕННЕ" ІМ. М.К.ЯНГЕЛЯ"
(57) Спіральна антена, що містить діелектрич-
ний каркас, узгоджуючу плату, квадрифілярний
випромінювач з блоком збуджуючих коаксіалів та
симетруючих шлейфів, фазуючий міст з силовими
кільцями, оснащений високочастотними з'єднува-
чами, яка **відрізняється** тим, що в ній фазуючий

2

міст виконано з одним високочастотним з'єд-
нувачем, а силові кільця виконані у вигляді ме-
талевих дисків з отворами для кріплення захисно-
го металевого корпусу антени циліндричної
форми, діаметр внутрішньої порожнини якого
складає не менше ніж $0,35\lambda$, виконаного з внут-
рішнім кільцевим та верхнім зовнішнім фланцями,
при цьому внутрішній фланець закріплений на
силових дисках фазуючого моста, а на зовні-
шньому верхньому фланці захисного корпусу з
допомогою металевих кільця закріплена захис-
на діелектрична кришка та виконані наскрізні
отвори для кріплення антени.

Корисна модель відноситься до пристроїв, що
приймають або випромінюють електромагнітну
енергію, а більш конкретно - до спіральних антен з
круговою поляризацією вектора електромагнітного
поля, які застосовуються як бортові в радіосисте-
мах навігації, телеметрії або командної радіолінії
на літаках чи ракетах-носіях, що рухаються з ве-
ликою швидкістю в атмосфері Землі і піддаються
великому аеродинамічному тиску та впливу висо-
ких температур тертя. Для захисту від цих наван-
тажень спіралі-випромінювачі розміщуються в
спеціальних захисних корпусах або в обтічних ко-
жухах.

З відомих конструкцій таких антен є, напри-
клад, антена побудована на базі двозаходної спі-
ралі Архімеда і розташована в круглому або квад-
ратному металевому корпусі-резонаторі, який
закритий радіопрозорим діелектриком в рівень з
обшивкою літака. Така антена докладно описана в
книзі Г.Б. Резнікова "Самолетные антенны", Моск-
ва, "Советское радио", 1962р., стор. 329-339. Спі-
ральний випромінювач виконується із металізова-
ного діелектрика печатним способом і має верхнє
збудження з допомогою коаксіала. Характеристики
типової плоскої двозаходної спіральної антени
діаметром 76мм, розміщеної в резонаторі глиби-
ною 26мм, яка виконана для роботи в діапазоні
2÷4ГГц (в долях довжини хвилі λ на середній час-
тоті вказаного діапазону ці розміри складають

0,76 λ , та 0,26 λ відповідно) приведені на мал.
13.24. Ширина діаграми спрямованості (ДС) скла-
дає від 60° до 80°, коефіцієнт еліптичності в на-
прямку головного максимуму більше ніж - 2дБ, а в
секторі кутів $\pm 60^\circ$ більше ніж -4дБ.

Слід визначити, що в вимогах до антен систе-
ми навігації (GPS) рівень коефіцієнту еліптичності
(Ke) в секторі кутів $\pm 60^\circ$ повинен бути не менш ніж
- 3дБ. Основним недоліком, крім недостатнього
значення Ke в секторі кутів, є порівняно великі га-
барити її резонатора, що дуже важливо при дефі-
циті посадочного місця в необхідних координатах
установки антени на ракеті-носії чи літакові.

Другим типом спіральних антен є описані в тій
же книзі "Самолетные антенны" на сторінках 326-
329, так звані вбудовані антени, виконані на основі
циліндричної або конічної однозаходної дротяної
спіралі, яка розміщена в циліндричній або квадра-
тній металевій порожнині, яка закрита зверху радіо
прозорим діелектриком.

В такій антені кількість витків повинно бути не
менше, ніж 2, бо у разі меншої кількості витків її
параметри помітно погіршуються. Розмір сторін
порожнини квадратного розкриття складає не мен-
ше ніж 0,6 λ , а глибина порожнини при куті підйому
спіралі 12° повинна бути не менше, ніж 0,34 λ . Ха-
рактеристики поляризації такої антени гірші, ніж у
звичайній спіральній антені.

Основні недоліки цієї антени такі ж самі, як і в

(19) UA (11) 51117 (13) U

плоскій спіральній антені - відносно великі розміри резонаторів.

З відомих антен найближчою до пропонованої є спіральна антена за патентом України №74827 МПК (2006) H01Q11/00, який опубліковано в Бюлетені №2 від 15.02.2006р.

Ця антена складається з узгоджуючої фольгованої плати, яка виконана у вигляді чотирьох підковоподібних провідників, здатних за допомогою пружного повзунка змінювати свою електричну довжину, квадрифлярного випромінювача, біфлярного якого утворена двома взаємно перпендикулярними прямокутними замкненими біфлярними рамками току, нижні основи котрих повернуті навколо їх осі симетрії на половину обороту відносно верхніх основ. Довжина периметру кожної рамки дорівнює довжині хвилі λ , на середній частоті робочого діапазону випромінювання системи GPS, циліндричного блоку коаксіалів з симетруючими шлейфами, який виконано з верхнім та нижнім фланцями, і фазуючого мосту, виконаного на двох фольгованих платах печатним способом, зібраних в пакет, обтиснутих з двох сторін металевими силовими кільцями разом з встановленими на ньому двома високочастотними з'єднувачами.

Ця спіральна антена має діаграму спрямованості (ДС) у вигляді кардіоїди з коефіцієнтом підсилювання в її максимумі близько 4,8 дБ, та біля 0 дБ в секторі кутів $\pm 60^\circ$. Коефіцієнт еліптичності в напрямку максимуму ДС має не менше ніж - 2дБ, а в секторі кутів $\pm 60^\circ$ не менше ніж - 3дБ, що відповідає вимогам до антен системи навігації GPS.

Недоліком цієї антени є те, що вона призначена для роботи лише в космічному просторі, наприклад, на штучному супутнику Землі або на нерухомих об'єктах, де її аеродинамічні властивості не мають особливого значення.

В основу корисної моделі "Спіральна антена" поставлено задачу шляхом установки тільки одного високочастотного з'єднувача на квадратному фазуючому мосту та виконання силових кілець у вигляді дисків з отворами для кріплення захисного металевго корпусу антени, виконаного в вигляді циліндра, діаметр внутрішньої порожнини якого складає не менш ніж 0,35 λ , з нижнім внутрішнім та верхнім зовнішнім фланцями, при чому внутрішній кільцевий фланець закріплено на силових дисках, а на зовнішнім - з допомогою металевго кільця встановлено захисну діелектричну кришку, та виконано наскрізні отвори для встановлення антени, одержати спіральну антену зменшених габаритів, захищену від перевантажень за рахунок набігаючого швидкісного повітряного потоку.

Корисна модель характеризується новими суттєвими ознаками, які відмінні від прототипу:

- встановлено лише один високочастотний з'єднувач;
- силові кільця виконано у вигляді металевих дисків з отворами для кріплення захисного металевго корпусу;
- встановлено циліндричний металевий захисний корпус внутрішнім діаметром не менше 0,35 λ з верхнім зовнішнім та кільцевим нижнім внутрішнім фланцями, закріплений на силових дисках фазуючого мосту;

- встановлено захисну діелектричну кришку, яка закріплена з допомогою металевго кільця на верхньому фланці захисного корпусу антени;

- виконано наскрізні отвори в верхнім фланці для кріплення антени.

Сукупність відомих та нових суттєвих відмінних ознак дозволила досягти технічного результату, який полягає в тому, що за рахунок зменшення внутрішнього діаметра порожнини циліндричного захисного корпусу з діелектричною кришкою, встановленого на спіральну антену та закріпленого на її фазуючому мосту, одержано високоефективну малогабаритну антену для установки на борту ракети-носія чи літака, які мають дефіцит посадочного місця в необхідних просторових координатах і забезпечити їм надійний радіозв'язок з навігаційними супутниками Землі системи GPS на протязі всього польоту в умовах механічних та температурних перевантажень від набігаючого швидкісного потоку.

Для пояснення суті корисної моделі та її роботи додаються креслення, на яких:

- на Фіг.1 показано в аксонометрії загальний вигляд спіральної антени;

- на Фіг.2 показано на виді знизу (нижні фольгований та металевий диски знято) вигляд печатного виконання на фольгованій платі фазуючого моста з точками з'єднання центральних провідників високочастотного з'єднувача та обох збуджувачих коаксіалів;

- на Фіг.3 показано діаграму Смітта, на якій зображено залежність вхідного опору ($Z_{вх}$) узгодженої антени з встановленою захисною кришкою від частоти в діапазоні 1530÷1630МГц;

- на Фіг.4 показано залежність коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ) від частоти узгодженої спіральної антени;

- на Фіг.5 показано діаграму Смітта, на якій зображено залежність $Z_{вх}$ антени від частоти в діапазоні 1530÷1630МГц при знятій захисній кришці.

Запропонована спіральна антена складається з циліндричного діелектричного каркаса 1, який виготовляється із пінопласту, на верхньому торці якого розташована кругла узгоджуюча плата 2, на якій виконано печатним способом чотири підковоподібних провідника 3, та поворотні пружні повзунки 4. На боковій поверхні цього каркасу виконані лівогвинтові спіральні канавки для розміщення в них чотирьох спіральних провідників 5 квадрифлярного випромінювача. Блок коаксіалів та симетруючих шлейфів 6 розташований на осі каркасу з допомогою чотирьох різьбових отворів 7, виконаних в замикаючому кільці 8 та чотирьох гвинтів 9, скріплений з верхнім металевим силовим 10 та фольгованим діелектричним 11 дисками.

На внутрішньому боці верхнього фольгованого диску 11 печатним способом виконано плоский варіант фазуючого моста 12, на якому його вхідні виводи 13 та 14 з'єднані пайкою з центральними провідниками 15 та 16 блоку коаксіалів, вихідний вивід 17 моста припаяний до центрального провідника 18 високочастотного з'єднувача 19, нижній діелектричний диск 20 фольгований лише з зовнішньої сторони, на якій розміщується нижній силовий диск 21. Обидва фольговані диски мають по

одній виїмці 22, яка фрезерується під розміщення плоскої частини корпусу високочастотного з'єднувача 19, виконаного з чотирма різбовими отворами 23. Верхній силовий диск 10 має два отвори з фасками під гвинти 24 з потайними головками, а нижній силовий диск 21 має два отвори під гвинти з круглими або циліндричними головками. Обидва діелектричні диски розміщуються один на одному фольговою поверхнею на зовнішню сторону та затискаються між двома силовими дисками 10 та 21 в пакет фазуючого моста 12 з допомогою гвинтів та різбових отворів 23 на плоскій частині корпусу високочастотного з'єднувача 19. В кожному з чотирьох дисків пакета моста виконано по сім наскрізних отворів 25. З допомогою цих отворів, гвинтів та різбових отворів 26 на внутрішньому кільцевому фланці 27 захисний корпус 28 закріплено на пакеті фазуючого моста 12. На верхньому зовнішньому фланці 29 захисного корпусу 28 з допомогою металевого кільця 30, гвинтів 31 та різбових отворів 32 кріпиться захисна діелектрична кришка 33, яка виконана з фторопласту. Для кріплення антени на місце встановлення в верхньому фланці 29 виконано чотири отвори 34 із зенкуванням та чотири різбових отвори 35 для кріплення технологічного адаптера.

Захисний корпус 28 спіральної антени має внутрішній діаметр 70мм, що дорівнює $0,37\lambda$ на середній частоті робочого діапазону (1575МГц) навігаційної системи GPS. Цей розмір обраний з врахуванням того, щоб в ньому розмістився пакет фазуючого моста 12. Слід відзначити, що з умов електромагнітної сумісності, та частина захисного корпусу, що розташовується під обшивкою літака чи ракети-носія при встановленні антени, повинна бути радіогерметичною. Враховуючи цю вимогу, внутрішній кільцевий фланець 27 виконується на такій висоті від нижнього торцю корпусу, щоб пакет фазуючого моста розмістився в рівень з цим торцем, а в стінці корпусу під циліндричну частину високочастотного з'єднувача виконується виїмка 36.

Затиснений між двома силовими дисками з допомогою сімох гвинтів, фазуючий міст виконує додатково і роль герметизуючого днища.

Захисна діелектрична кришка, яка кріпиться на верхньому фланці захисного корпусу з допомогою металевого кільця, має обтічну форму в вигляді усіченого конуса (або напівсфери). Найменша товщина кришки, виходячи з розрахунку умов динаміки тиску та температури нагрівання при швидкому русі, не повинна бути меншою ніж 5 мм.

Можливість установки лише одного високочастотного з'єднувача обумовлена тим, що в узгодженій спіральній антені суміжні точки входів фазуючого моста, означені цифрами 13,14 та 17 і 17', взаємно розв'язані, тому відсутність другого високочастотного з'єднувача в точці 17' не впливає на роботу фазуючого моста, отже не впливає й на роботу всієї антени. При такому підключенні високочастотного з'єднувача антена буде приймати чи випромінювати лише електромагнітну енергію з правим напрямком обертання вектора електромагнітного поля.

В складеній таким чином спіральній антені її

випромінююча частина розміщена в металевому стакані захисного корпусу з відносно малим діаметром внутрішньої порожнини ($0,37\lambda$) та закрита зверху радіо прозорим діелектриком захисної кришки.

При такому розміщенні антени її вхідний опір буде знаходитись під впливом, як вхідного опору металевого стакану з від'ємною ємкісною реактивністю, що підвищує резонансну частоту антени, так і під впливом радіо прозорого діелектрика з властивістю знижувати резонансну частоту близько розташованого випромінювача електромагнітної енергії.

Наявність узгоджуючого пристрою в вигляді підковоподібних провідників з рухомим пружним повзунком, що змінює їх електричну довжину, дозволяє компенсувати негативні впливи реактивностей обох знаків, тобто узгодити вхідний опір антени з хвильовим опором (50 Ом) живлячого тракту з КСХ не більш ніж 1,2.

На Фіг.3 зображена діаграма Смітта, на якій показано значення вхідного опору спіральної антени, обмірюваного на вході високочастотного з'єднувача 19 в робочій смузі частот системи GPS (1575±5МГц), та його зміни в більш широкій смузі частот (1530÷1630МГц).

На Фіг.4 зображено графік значень КСХ узгодженої спіральної антени в робочій смузі частот та його залежність від зміни частоти в більш широкій смузі. Для порівняння на Фіг.5 діаграма Смітта показує залежність вхідного опору спіральної антени від зміни частоти при знятій діелектричній кришці, де явно виявляється ємкісний характер впливу металевого стакану на її вхідний опір.

Граничні значення комплексного вхідного опору при узгодженні антени, в яких спіральна антена зберігає свої параметри, визначаються наступним виразом:

$$Z_{вх}=45\pm 5 \text{ (Ом)}+j0\pm 3 \text{ (Ом)}$$

Виконання спіральної антени з одним високочастотним з'єднувачем та силових кілець у вигляді дисків з отворами дозволило розмістити квадрифілярну спіральну антену в металевому захисному корпусі з суттєво зменшеними (в 1,6-2 рази) розмірами в порівнянні з відомими аналогами, закрити зверху захисною діелектричною кришкою і одержати бортову антену системи GPS для розміщення її на літаку чи ракеті-носії з обмеженим розміром місця під установку антени.

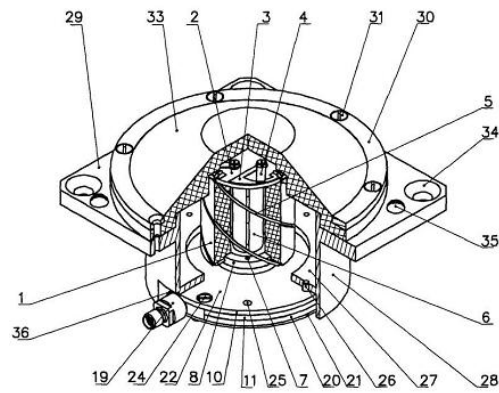
Розроблена для цієї радіосистеми антена має такі основні характеристики:

- максимальна висота виступу над поверхнею обшивки - 30мм;
- зовнішній діаметр захисного корпусу антени - 75мм;
- загальна висота антени - 65мм;
- форма діаграми випромінювання - кардіоїда;
- коефіцієнт підсилювання - понад 4,8 дБ;
- коефіцієнт еліптичності в напрямку максимуму випромінювання - понад 0,8;
- коефіцієнт еліптичності в секторі кутів $\pm 60^\circ$ - понад 0,7
- коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) в смузі робочих частот системи GPS-не більше 1,2;

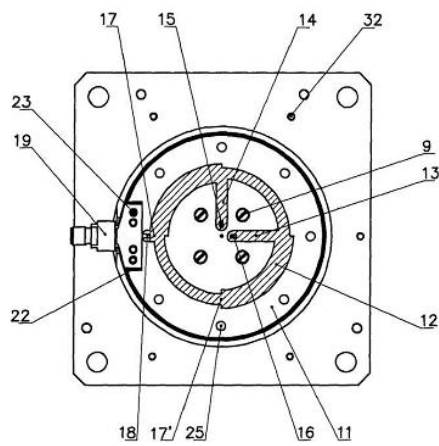
Проведені стендові випробування антени підт-

вердили надійний захист антени від механічних та температурних перевантажень, надійне забезпе-

чення бортової апаратури радіозв'язком з навігаційними супутниками GPS.

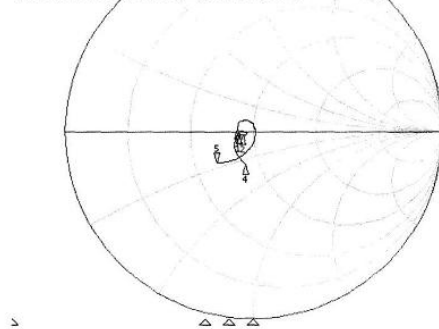


Фиг. 1

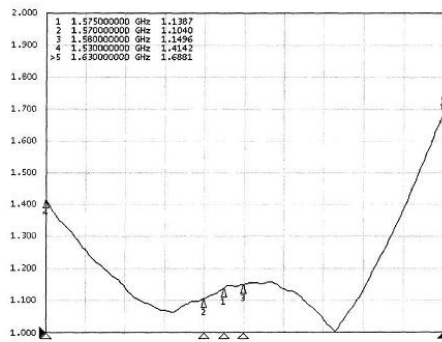


Фиг. 2

1	1.575000000	GHz	43.110	0	-1.1600	0	87.111	pF
2	1.570000000	GHz	44.728	0	-1.6581	0	61.138	pF
3	1.580000000	GHz	42.405	0	390.80	0	38.757	pH
4	1.530000000	GHz	43.686	0	-16.029	0	6.4897	pF
>5	1.630000000	GHz	32.309	0	-11.371	0	8.5869	pF

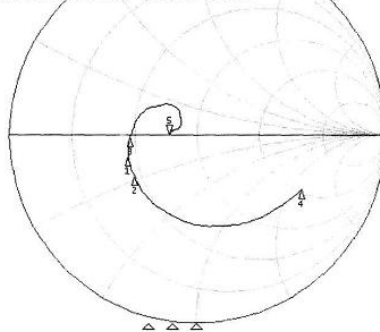


Фиг. 3



Фиг. 4

1	1.575000000	GHz	22.657	0	-6.7612	0	16.129	pF
2	1.570000000	GHz	23.102	0	-12.048	0	8.4137	pF
3	1.560000000	GHz	23.642	0	-640.21	m0	157.34	pF
4	1.530000000	GHz	207.15	0	-101.62	0	1.0136	pF
5	1.630000000	GHz	37.107	0	-144.20	m0	677.12	pF



Фиг. 5