



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56962 (13) U
(51) МПК (2011.01)
H01Q 21/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОМБІНОВАНА АНТЕНА

1

2

(21) a200709429

(22) 20.08.2007

(24) 10.02.2011

(46) 10.02.2011, Бюл.№ 3, 2011 р.

(72) КРИВЕНКО ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ, ОЛЬШЕВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ЛАВРЕНТІЙОВИЧ, РОДІН КІМ ВОЛОДИМИРОВИЧ, РОМАНЕНКО ЄВГЕНІЙ ДМИТРОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПІВДЕННЕ" ІМ. М.К.ЯНГЕЛЯ

(57) Комбінована антена, що включає антени дециметрового та метрового діапазонів хвиль, розташовані співвісно одна над другою, яка **відрізняється** тим, що вона оснащена щонайменше однією спіральною та однією лінійною антенами,

спіральна антена дециметрового діапазону виконана квадрифілярною, в якій перехрестя провідників, що з'єднують центральні провідники коаксіалів з симетруючими шлейфами блока живлення виконано по різні боки центральної частини узгоджуючої плати печатним способом у вигляді кілець з відводами, а в центрі узгоджуючої плати виконано центральний скрізний отвір, через який співвісно встановлено живлячий та узгоджуючий коаксіал метрової несиметричної лінійної антени з піднятою точкою живлення, при цьому нижню його частину закріплено в центрі нижнього фланця блока живлення дециметрової антени, а верхню - на її узгоджуючій платі.

Корисна модель відноситься до пристроїв, що приймають або випромінюють електромагнітну енергію і можуть застосовуватися як бортові антени на транспортних засобах та космічних апаратах (КА), а більш конкретно, до комбінованих антен, що забезпечують одночасну роботу двочастотних пристроїв радіозв'язку або пристроїв приймально-передавальних систем, у яких приймач та передавач працюють в різних частотних діапазонах або на різних частотах.

З відомих конструкцій таких антен є, наприклад, двочастотна спіральна антена з круговою поляризацією електромагнітного поля для супутникової навігації (GPS) за патентом США №4008479 від 15.02.1977р. В ньому пропонується антена кругової поляризації, утворена чотирма спіральними положковими випромінювачами, біфілярно намотаними на поверхні вертикального діелектричного циліндра та двома перехрестями провідників (верхнім та нижнім). Верхнє перехрестя, розташоване в центрі цього циліндра, з'єднує верхні бокові гілки спіралі з центральним провідником вузла збудження, виконаного у вигляді коаксіального фазуючого та узгоджуючого трансформатора, а нижнє - нижні кінці бокових спіральних гілок з зовнішнім провідником цього трансформатора, який закінчується високочастотним з'єднувачем.

Другим прикладом двочастотної антени, виконаної в вигляді однозахідної циліндричної спіралі з еліптичною поляризацією, в середині якої розміщено антену в вигляді циліндра з конічним рупором. Модель цієї антени приведена в науково-технічному та теоретичному російському журналі «Антенны», випуск 12 за 2006р., стор. 60, мал. 6д в статті А.Г. Давидова та Ю.В. Піменова «Возможности программы ЭДЭМ для разработки устройств антенной техники».

Модель антени являє собою двочастотний опромінювач дзеркальної антени для електромагнітного поля кругової поляризації з відношенням частот, рівним 4,8 ($f_b/f_n=4,8$).

Слід відзначити, що приведені приклади відомих двочастотних антен найчастіше використовуються в сантиметровому діапазоні хвиль, геометричні розміри яких малі порівняно з пристроями, на яких вони встановлюються і тому питання з їх розміщенням ускладнюється не викликає. Але для радіосистем, котрі використовують порівняно низькі частоти метрового та дециметрового діапазонів хвиль, наприклад на борту американського супутнику зв'язку «Orbocomm», приведеному в російському журналі «Новости космонавтики» випуск №2 за 2000 рік, стор. 17, 18, використовуються частоти метрового діапазону 137÷150МГц та дециметрового діапазону ~400МГц. Розміщення

(13) U
(11) 56962
(19) UA

антен цих систем визиває певні ускладнення. Другим прикладом використання цих діапазонів є супутник «EgyptSat», побудований на Україні. На ньому використовується радіочастотна система «Електронна пошта», передавач якої працює в дециметровому діапазоні на частоті 435 МГц, а приймач - в метровому діапазоні на частоті 146 МГц. Для систем такого діапазону хвиль першорядними вимогами до їх антен є мінімальні габарити та мінімальна вага.

В вимогах розробника системи «Електронна пошта» до антени метрового приймального каналу вказано, що вона повинна мати лінійну або еліптичну поляризацію і забезпечувати в напрямку максимальної дальності (в тілесному куті $\pm 60^\circ$) рівень коефіцієнту направленої дії (КНД), вимірний по круговій поляризації не менше ніж 0 дБ, а в кутах, близьких до надіру ($\pm 10^\circ$) не менший ніж -20 дБ. Таку діаграму спрямованості (ДС) може забезпечити лінійний несиметричний вертикальний вібратор, розташований на металевій площині - противазі, у якого ДС має лійкоподібну форму (подовжній переріз ДС має форму метелика).

Найбільш широке використання в метровому діапазоні хвиль знайшов несиметричний вертикальний вібратор з верхнім (піднятим) живленням, приведений в книзі М.С. Жука та Ю.Б. Молочкова «Проектирование антенно-фидерных устройств», М.-Л., «Энергия», 1966р., стор. 149-151, мал. 3-18в. Нижня частина цього вібратора складає жорсткий коаксіал, а верхня має вигляд штиря. ДС такої антени не відрізняється від звичайного несиметричного вібратора, але така антена при сумі довжин верхньої та нижньої частин рівній чверті довжини хвилі має чисто активний вхідний опір. Це дає змогу шляхом підбору висоти точки живлення одержати узгоджену антену з хвильовим опором тракту живлення.

В дециметровому діапазоні хвиль найменші габарити має спіральна квадрифілярна антена з круговою поляризацією, приведена в патенті України №74827, МПК (2006) H01Q11/00, опублікованому 15.02.2006р., Бюл. №2. Ця антена складається з квадрифілярного спірального випромінювача, узгоджуючої діелектричної фольгованої плати, закріпленої на верхньому фланці блоку живлення, розташованого на подовжній осі антени, перехрестя лінійних провідників, що з'єднує верхні частини центральних провідників коаксіалів з симетруючими шлейфами блоку живлення та квадратного фазуючого мосту, виконаного печатним способом на двох діелектричних фольгованих дисках, зібраних в пакет та стиснутих між двома (верхнім та нижнім) силовими металевими дисками разом з височастотними з'єднувачами. Діаграма спрямованості цієї антени в перерізі має форму кардіоїди з коефіцієнтом підсилення (КП) в максимумі не менше ніж 4,5 дБ, а в секторі кутів $\pm 60^\circ$ КП не менший ніж 0 дБ. Коефіцієнт еліптичності електромагнітного поля антени не менше ніж -2 дБ.

Слід відзначити, що для антен дециметрового та метрового діапазонів, довжина робочих хвиль яких сумірна з габаритами противаги, дуже важливого значення набуває місце розташування антени.

Для надійного радіозв'язку з космічним апаратом (КА) траєкторія руху якого відносно наземного вимірювального пункту протягом часу змінюється, важливе значення має симетрія ДС. При наявності зміщення осі антени від осі симетрії КА виникає так зване перекошення ДС відносно напрямку його руху (осі КА), що може привести до втрати радіозв'язку з КА. Для уникнення такого явища на цих частотах застосовуються комбіновані антени, в яких осі кріплення антен різних діапазонів співпадають з віссю симетрії КА.

Найбільш близькою конструкцією комбінованої антени до запропонованої комбінованої антени є антена УВЧ/НВЧ для КА «Orbocomm» (див. «Новості космонавтики» №4/5, 1998р. стор. 20 та №2, 2000р. стор. 17, 18). Ця комбінована антена являє собою складену металеву штангу, яка в розкритому вигляді має довжину понад 3,5 м. На цій штанзі соосно розташовані одна за одною спіральні антени дециметрового і метрового діапазонів.

При такому розміщенні низькочастотних антен, довжина хвиль яких на робочих частотах сумірна з розмірами самого супутника «Orbocomm», повністю зберігаються електричні характеристики кожної окремої антени, включно з симетрією їх діаграм спрямованості. Слід відзначити, що на мікросупутнику «Orbocomm», розкрита штанга з спіральними антенами використовується одночасно як елемент гравітаційної системи орієнтації в гравітаційному полі Землі. В орієнтованому польоті цього супутника на орбіті його комбінована антена - штанга спрямована вертикально до поверхні Землі.

Для мікросупутників, таких як «EgyptSat», в яких для стабілізації польоту на орбіті використовується інша система орієнтації, наприклад, система стабілізації активного типу, використання такої комбінованої антени через її великі габарити недоцільна.

Технічною задачею є одержання компактної дводіапазонної комбінованої антени, придатної для використання її на пристроях з обмеженими габаритами посадочних місць без погіршення електричних та механічних характеристик кожної окремої антени.

Технічна задача забезпечується за рахунок відомих відмінних суттєвих ознак, а саме соосне розміщення метрової та дециметрової антен, а також таких нових відмінних суттєвих ознак як:

- спіральна дециметрова антена виконана квадрифілярною;
- перехрестя провідників квадрифілярної антени, що з'єднують центральні провідники коаксіалів з симетруючими шлейфами блоку живлення виконані в вигляді кілець з відводами по різні боки центральної частини узгоджуючої плати;
- через скрізний отвір в центрі узгоджуючої плати соосно встановлено живлячий та узгоджуючий коаксіал несиметричної лінійної метрової антени;
- нижній кінець живлячого та узгоджуючого коаксіалу несиметричної метрової антени закріплено на нижньому фланці блоку живлення дециметрової квадрифілярної спіральної антени, а зверху - на її узгоджуючій платі.

Сукупність відомих та відмінних суттєвих ознак дозволяє досягти наступного технічного результату:

- зменшення габаритів комбінованої антени на 70%;
- зменшення ваги комбінованої антени в 2,5 рази;
- збільшення коефіцієнта еліптичності на 25%;
- забезпечення розв'язки між дециметровим та метровим каналами до 30дБ в дециметровому діапазоні, та понад 60дБ в метровому діапазоні;
- забезпечення надійного радіозв'язку з наземними вимірювальними пунктами на обох діапазонах хвиль.

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

- Фіг.1 показує в аксонометрії загальний вигляд комбінованої антени;
- Фіг.2 показує в аксонометрії переріз загального вигляду комбінованої антени;
- Фіг.3 показує подовжній переріз ДС комбінованої антени в дециметровому діапазоні хвиль;
- Фіг.4 показує подовжній переріз ДС комбінованої антени в метровому діапазоні хвиль.

Запропонована комбінована антена включає спіральну антену дециметрового діапазону та соосно з нею установлену лінійну несиметричну метрову антену з піднятою точкою живлення.

Дециметрова складова частина комбінованої антени - спіральна антена - для зменшення габаритів виконана квадрифілярною, бо із всіх відомих спіральних антен з однаковими характеристиками квадрифілярна має найменші габарити (її висота близько $0,2\lambda$, а діаметр біля $0,18\lambda$, де λ - довжина хвилі на середній частоті робочого діапазону хвиль).

Для звільнення її центральної частини від перехрестя лінійних провідників, що з'єднують центральні провідники коаксіалів з шлейфами блоку живлення, це перехрестя виконано на різних боках середньої частини узгоджуючої плати 1 печатним способом у вигляді кілець 2 з відводами.

Відводи верхнього кільця відносно відводів нижнього розташовані під кутом 90° . В середині цих кілець по осі блоку живлення виконано скрізний отвір 3 діаметром меншим, ніж внутрішній діаметр кілець 2. З допомогою відводів кілець 2 верхні частини центральних провідників коаксіалів блоку живлення 4 дециметрової антени з'єднано з протилежними симетруючими шлейфами 5. Через отвір 3 в проміжок між коаксіалами та шлейфами блоку живлення встановлено живлячий та узгоджуючий коаксіал 6 метрової антени. Нижня частина його зовнішнього провідника закріплена в центрі нижнього фланця 7 блоку живлення квадрифілярної дециметрової антени. Верхня частина зовнішнього провідника коаксіалу метрової антени закріплена в отворі 3 узгоджуючої плати 1 дециметрової антени, а верхня частина центрального провідника коаксіалу 8 метрової антени з допомогою муфти 9 з'єднана з навантажувачим елементом метрової антени - штирем 10. З допомогою ізолятора 11 муфта 9 закріплена на верхньому кінці зовнішнього провідника метрової коаксіалу 6. Нижній кінець центрального провідника метро-

вого коаксіалу 8 з'єднаний з допомогою полоскової лінії 12 з центральним провідником високочастотного з'єднувача 13, закріпленого разом з полосковою лінією 12 на нижньому силовому дисковій 14 фазуючого квадратного мосту, квадрифілярної дециметрової антени. Висота коаксіалу метрової антени 6 та діаметр його внутрішнього провідника 8 вибрані такими, щоб у тракці живлення з хвильовим опором 50Ом активна складова вхідного опору антени була теж рівна 50Ом, а реактивна складова цього вхідного опору компенсувалася б довжиною штиря 10 антени.

Дециметрова квадрифілярна антена Фіг.1, 2 узгоджується з допомогою узгоджуючої плати 1, на якій печатним способом виконані підковоподібні провідники 15, які з допомогою рухомого пружного повзунка 16 здібні змінювати свою електричну довжину. Початки цих підковоподібних провідників з'єднані з верхніми кінцями гілок спіралі 17, а кінці підковоподібних провідників - з зовнішніми провідниками 18 коаксіалів та шлейфами 5 блоку живлення. Нижні гілки спіралі 17 зігнуті під кутом 90° до осі спіралі і з'єднуються пайкою в чотирьох торцевих отворах 19, виконаних під кутом 90° один відносно другого в замикаючому кільці 20. З допомогою цього замикаючого кільця 20 нижній фланець 7 блоку живлення закріплений на верхньому силовому диску 21 фазуючого квадратного мосту. Фазуючий квадратний міст, виконаний печатним способом на двох діелектричних дисках 22 та 23, зібраний в пакет та обжати між верхнім силовим диском 21 та нижнім 14 разом з високочастотними з'єднувачами 24 та 25 з допомогою пустотілих гвинтів 26. Для зменшення ваги квадратного мосту його силові диски 21, 14 виконані у вигляді бобін, а для зменшення габаритів квадратного мосту його чвертьхвильові доріжки виконані зигзагоподібними. Вихідні відводи фазуючого квадратного мосту з'єднані з центральними провідниками коаксіалів блоку живлення 4, а вхідні - з центральними провідниками високочастотних з'єднувачів 24 та 25.

З фізичної точки зору випромінююча спіраль 17 дециметрової складової комбінованої антени являє собою дві прямокутні замкнені рамки току з довжиною периметра λ . Горизонтальні основи цих прямокутних рамок соосно розташовані під кутом 90° одна відносно другої. Нижні основи цих рамок повернуті на 180° відносно верхніх основ, в розрив яких включено живлячі коаксіали блоку живлення, з'єднуючи кожен по половині ($\lambda/2$) рамки в протифазі до другої її половини ($\lambda/2$).

В свою чергу самі коаксіали живляться з допомогою фазуючого квадратного мосту напругою, зсунутою по фазі на 90° . В результаті цього кожна гілка спіралі довжиною $\lambda/2$ зсунута по фазі відносно сусідньої на кут 90° , а в цілому випромінююча спіраль 17 дециметрової частки комбінованої антени збуджена в квадратурі, тобто вектор електромагнітного поля випромінювання буде обертатися. Слід відзначити, що випромінюване електромагнітне поле цієї антеною має кругову поляризацію не тільки в напрямку максимуму випромінювання, а і в кутах $\pm 75^\circ$ від напрямку максимуму з коефіцієнтом еліптичності понад 0,75. Крім того, якщо антена встановлена на металевій

основі діаметром не менше ніж $0,5\lambda$, напрям обертання вектора електромагнітного поля, лівий чи правий, буде залежати як від фази напруги фазуючого квадратного мосту, так і від напрямку намотки спіралі. Форма ДС при цьому буде незмінною. Для пропонованої комбінованої антени при лівій намотці спіралі 17 дециметрової антени правий напрямок обертання вектора електромагнітного поля буде при підключенні високочастотного з'єднувача, позначеного цифрою 24, а при підключенні високочастотного з'єднувача 25 - буде лівий напрямок обертання вектора електромагнітного поля.

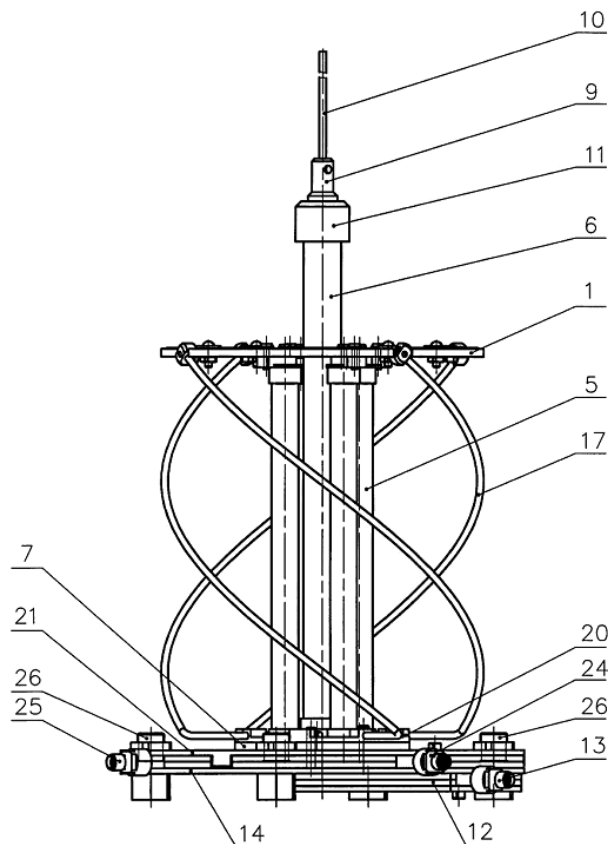
Форма ДС пропонованої комбінованої антени в дециметровому діапазоні, установленій на супутнику типу «EgyptSat», приведена на Фіг.3.

Антенa установлена на осі грані супутника, яка в стабілізованому режимі польоту спрямована на Землю і являється протипагою для антени дециметрового діапазону.

Для метрової частки пропонованої комбінованої антени супутник типу «EgyptSat» являється протипагою при відкритих в робоче положення його сонячних батарей. В цьому випадку ДС метрової складової комбінованої антени приведена на Фіг.4.

Одержана таким чином комбінована антенa для метрового та дециметрового діапазонів хвиль має компактну конструкцію. Спільна основа комбінованої антени, якою являється фазуючий квадратний міст, дозволяє розмістити на осі симетрії обидва випромінювачі метрового та дециметрового діапазонів хвиль і зберігати симетрію їх ДС. Така конструкція комбінованої антени дозволяє використовувати її на пристроях з обмеженими габаритами посадочних місць та повністю зберегти всі електричні характеристики кожної окремої антени. Крім того, соосне розміщення біля третини метрової антени в середині дециметрової сприяє збільшенню електричної розв'язки між ними завдяки опромінюванню дециметровою спіраллю симетричним електромагнітним полем метрової антени.

Розв'язка між дециметровими та метровими каналами при цьому складає в дециметровому діапазоні понад 30дБ, а в метровому - понад 60дБ. Щоб одержати таку ж розв'язку між каналами при паралельному розташуванні окремих антен цих діапазонів необхідно установлювати ці антени на відстані біля $\lambda/4$ в метровому діапазоні хвиль, що не можливо при існуючих розмірах штучного мікросупутника Землі.



Фіг. 1

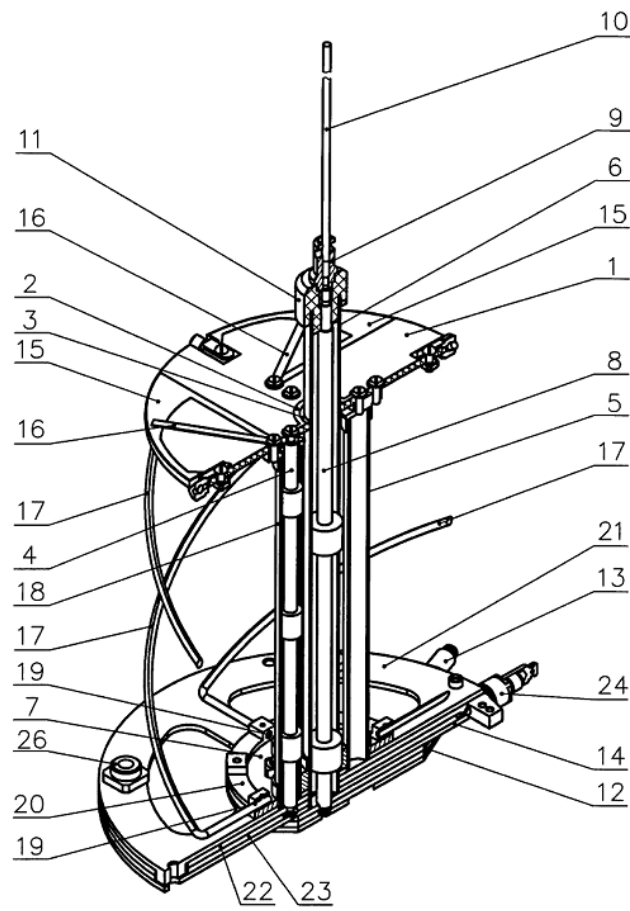


Fig. 2

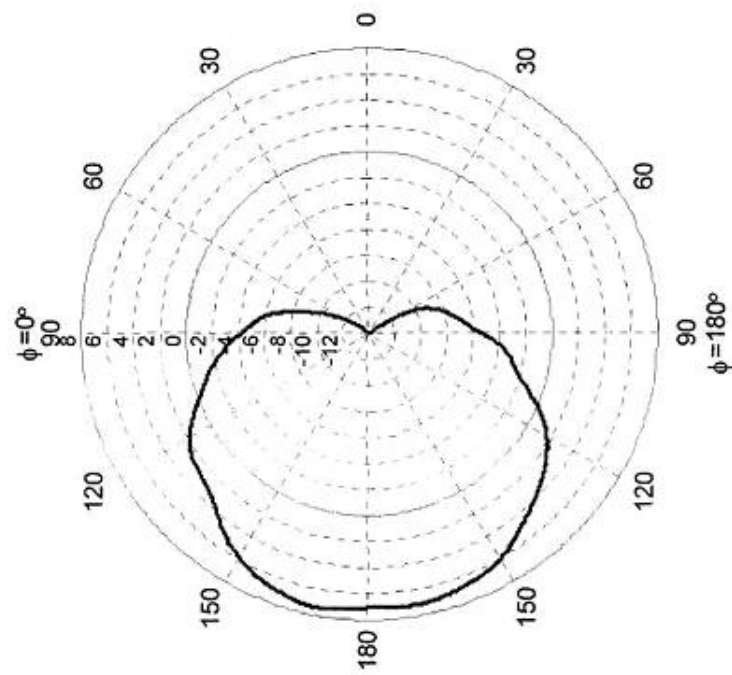


Fig. 3

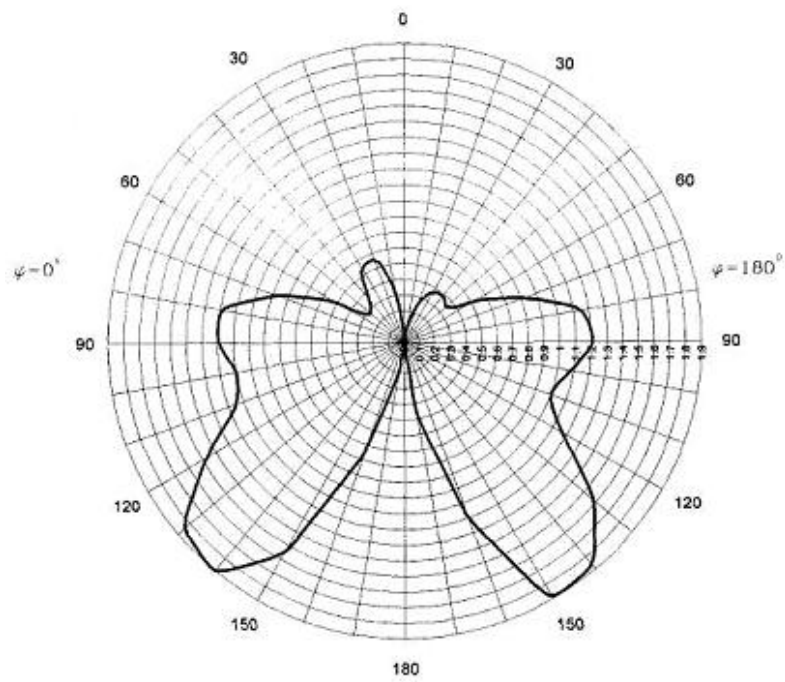


Fig. 4