



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 90445

(13) C2

(51) МПК (2009)

H01Q 21/00

H01Q 13/00

H01Q 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) НАДШИРОКОСМУГОВА АНТЕНА

1

2

(21) а200504437

(22) 12.05.2005

(24) 11.05.2010

(46) 11.05.2010, Бюл.№ 9, 2010 р.

(72) СОСТАНОВСЬКИЙ ДМИТРО ЛЬВОВИЧ, БО-
РИСЕНКО АНАТОЛІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ(73) СОСТАНОВСЬКИЙ ДМИТРО ЛЬВОВИЧ, БО-
РИСЕНКО АНАТОЛІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(56) RU 2250541 C1; 20.04.2005

US 6842154 B1; 11.01.2005

UA 65488 A; 15.03.2004

UA 40962 A; 15.08.2001

US 5440316 A; 08.08.1995

SU 1026073 A; 30.06.1983

SU 1728905 A1; 23.04.1992

RU 2206156 C1; 10.06.2003

DE 3215323 A1; 28.07.1983

CA 2017766 A1; 24.01.1991

US 5194876 A; 16.03.1993

US 6362788 B1; 26.03.2002

RU 2205480 C1; 27.05.2003

(57) 1. Надширокосмугова антена, що містить дві провідні поверхні, яка **відрізняється** тим, що одна з провідних поверхонь має форму зірки, промені якої загнуті до другої розімкненої провідної поверхні і жорстко з'єднані через фідери з другою розімкненою провідною поверхнею таким чином, що

зазначені поверхні утворюють принаймні два рупори та принаймні одну петлю.

2. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що зазначені поверхні утворюють принаймні одну петлю з розривами.

3. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що зазначені поверхні утворюють принаймні одну петлю без розриву.

4. Надширокосмугова антена за п. 2, яка **відрізняється** тим, що додатково має комплексне електричне навантаження, розміщене у розривах петлі.

5. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що має додатково елементи, які виконані з діелектричного чи магнітодіелектричного матеріалу, розміщені між провідними поверхнями.

6. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково провідні поверхні частково або повністю покриті поглинаючим радіохвилі шаром.

7. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що кінець принаймні одного з променів зірки додатково має комплексне електричне навантаження.

8. Надширокосмугова антена за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково кінці променів зірки з'єднані між собою.

Винахід відноситься до антенної техніки, більш конкретно до надширокосмугових (НШС) антен, і може бути використаний для вирішення задач визначення координат та розпізнавання радіолокаційних, підземних об'єктів, дефектів при неруйнівному контролі різних середовищ, промислового контролю, об'єктів-порушників у системах охорони та при радіозв'язку (в тому числі мобільному зв'язку та прийому телевізійних сигналів).

До НШС антен відносяться такі пристрої як (D. Dansels, Surface-Penetrating Radar IEE Inspres UK, 1996): біконічний плоский вібратор, ТЕМ-рупор, спіралеподібні та логоперіодичні вібраторні антени.

Біконічний плоский вібратор простий у виконанні, але навіть при застосуванні відбиваючої поверхні має дуже широку характеристику спрямованості, що значно погіршує енергетичні показники каналу зв'язку і, крім того, його частотний діапазон випромінювання в порівнянні з іншими НШС антенами обмежений.

Спіралеподібна антена має дуже великі розміри в порівнянні з максимальною довжиною хвилі робочого діапазону, до того ж на низьких частотах починає випромінювати в напрямку, перпендикулярному до своєї осі, тобто взагалі не в напрямку об'єкта зв'язку, що потребує застосування допомі-

(13) C2

(11) 90445

(19) UA

жних надрозмірних обмежувальних рупорних поверхонь.

Плоска двозахідна спіралеподібна антена разом з відбиваючою поверхнею має односпрямоване випромінювання, але з дуже широкою діаграмою спрямованості, і різке обмеження з боку високих частот, що визначається мінімальним радіусом спіралі.

Логоперіодичні вібраторні антени мають ті ж недоліки, що і спіралеподібні, а також значні розміри.

Петльові струмові антени (IEEE, 1983 Large-current, Хармут) забезпечують невисокі енергетичні показники та утворюють петлю з дуже широкими характеристиками спрямованості.

Відомі модифіковані петльові струмові антени (IEET TRANSACTION ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, VOL.43, NO.1, FEBRUARY 2001, S.94-100), що мають надширокосмуговий робочий діапазон та забезпечують досить дальній пошук об'єкта. Але зазначена антена в Н-площині є всеспрямованою, в Е-площині у неї широка характеристика спрямованості, що має два провали. Це не забезпечує однозначне визначення координат цілі при пеленгу радіолокаційних, підземних об'єктів, дефектів при неруйнівному контролі різних середовищ, промислового контролі, об'єктів-порушників у системах охорони. Така антена може бути застосована лише як потужний випромінювач з невисокими характеристиками односпрямованості.

Надширокосмугова антена (патент US 5 440316) складається з виконаного у вигляді одного чи двох симетричних пірамідоподібних рупорів та вкладених в них випромінюючих пластин. Така антена у нижній частині робочого діапазону є всеспрямованою. Максимум випромінювання на середніх та низьких частотах майже перпендикулярно спрямований до максимуму випромінювання на високих частотах, що не дає змоги сформулювати високоенергетичний короткий імпульс та однозначно визначити координати об'єкта пошуку.

Надширокосмугова рупорна антена TEM-хвилі (патент UA 40962, 7 H01Q13/02) містить дві провідні поверхні, що утворюють рупор, причому обидві поверхні виконані експоненціальними в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат. Така НШС антена ефективно працює на високих частотах. Але вже на частотах, коли довжина хвиль спільномірна з розмірами НШС антени, має малу ефективність випромінювання за рахунок малих розмірів розкриття НШС антени. З дальшим пониженням частоти інтенсивність випромінювання швидко падає. До того ж на низьких частотах НШС антена стає практично всеспрямованою. Тому ця конструкція має істотні обмеження на низьких частотах, що сприяє спотворенню сигналу.

Найбільш близьким за технічною сутністю та конструктивним виконанням є надширокосмугова антена (патент UA 65488 A, 7 H01Q5/00), яка містить дві провідні поверхні, що утворюють асиметричний рупор та петлю з розривом. НШС антена у всьому робочому діапазоні частот залишається односпрямованою, що покращує виявлення наявності об'єкта, але не дозволяє його пеленгувати.

В основу винаходу покладена задача удосконалення НШС антени, що забезпечує визначення координат об'єктів.

Поставлена задача була вирішена удосконаленням надширокосмугової антени, яка містить дві провідні поверхні. Одна з провідних поверхонь має форму зірки, промені якої загнуті до другої розімкненої провідної поверхні і жорстко з'єднані через фідери з другою розімкненою провідною поверхнею таким чином, що зазначені поверхні утворюють принаймні два рупори та принаймні одну петлю, яка може бути з розривами чи без. НШС антена може додатково мати комплексне електричне навантаження, розміщене у розриві (розривах) петлі. НШС антена може додатково мати фрагменти довільної форми, що виконані з діелектричного чи магнітодіелектричного матеріалу, розміщені у зазорі між провідними поверхнями.

Краще, коли провідні поверхні НШС антени додатково мають частково чи повністю поглинаючий радіохвилі шар. Краще, коли кінець принаймні одного з променів зірки додатково має комплексне електричне навантаження. Кінці променів зірки додатково можуть бути з'єднані між собою.

Таке конструктивне рішення призводить до дальшого покращення узгодження імпедансу НШС антени з приймачем або передавачем, що додатково зменшує спотворення сигналу.

В залежності від числа входів(виходів) антени та з'єднань між ними та/чи підключення до них комплексних електричних навантажень антена одночасно має відповідну кількість характеристик спрямованості в одній площині чи в декількох.

Саме завдяки цим конструктивним особливостям НШС антена здійснює пеленг та розпізнавання радіолокаційних, підземних об'єктів, дефектів при неруйнівному контролі різних середовищ із збереженням НШС частотного діапазону. До того ж збереження надширокої смуги антени забезпечує створення високоенергетичного надкороткого імпульса у режимі передачі сигналу, у режимі пеленгу визначення координат об'єкта із забезпеченням високої роздільної здатності.

Винахід ілюструється кресленнями із зображеннями НШС антени, які пояснюють роботу НШС антени, але не обмежують обсяг її правового захисту.

Перелік фігур.

Фіг.1 - загальний вигляд НШС антени.

Фіг.2 - вид НШС антени збоку.

Фіг.3 - вид НШС антени спереду.

Фіг.4 - вид НШС антени спереду з розривами петлі.

Фіг.5 - вид НШС антени спереду з комплексним електричним навантаженням у розривах петлі.

Фіг.6 - вид НШС антени збоку з комплексним електричним навантаженням на кінцях променів.

Фіг.7 - вид НШС антени спереду з поглинаючим шаром на зірці та на відбиваючій поверхні.

Фіг.8 - вид НШС антени збоку з фрагментом із діелектричного чи магнітодіелектричного матеріала для узгодження антени з твердим середовищем.

Фіг.9 - вид НШС антени збоку з багатофункціональним фрагментом із підвищеним коефіцієнтом спрямованості.

Фіг.10 - вид НШС антени спереду з багатофункціональним фрагментом із підвищеним коефіцієнтом спрямованості.

Фіг.11 - вид НШС антени спереду та збоку з додатковими вигинами на променях зірки та відбиваючій поверхні.

Фіг.12 - модель НШС антени для обчислень.

Фіг.13 - коефіцієнт стоячої хвилі при протифазному живленні входів двовходової НШС антени.

Фіг.14 - активна складова вхідного імпедансу при протифазному живленні входів двовходової НШС антени.

Фіг.15 - реактивна складова вхідного імпедансу при протифазному живленні входів двовходової НШС антени.

Фіг.16 - Фіг.21 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині в діапазоні 0,5-1,75ГГц при протифазному живленні входів двовходової антени.

Фіг.22 - сигнал передачі, сформований НШС антеною, та відбиті від об'єкту сигнали прийому на протилежних входах чотириходової антени.

Фіг.23 - пеленг об'єкту.

НШС антена (Фіг.1 - Фіг.11) містить:

- дві провідні поверхні: розімкнену поверхню 1 та поверхню зірки 2;
- мінімальний зазор між поверхнями у точках підводу фідера 3 (Фіг.6);
- ширину розкриття 4 (Фіг.7) розімкненої поверхні 1;
- розрив петлі 5 (Фіг.4);
- вигини 6 (Фіг.11) на провідних поверхнях 1 та 2;
- комплексне електричне навантаження в розривах петлі 7 (Фіг.5);
- фрагменти з діелектричного чи магнітодіелектричного матеріалу 8 (Фіг.8-10);
- поглинаючий радіохвилі шар 9 (Фіг.7);
- комплексні електричні навантаження 10 (Фіг.6) на кінцях променів зірки 2.

Опишемо роботу НШС антени.

На верхніх частотах випромінювання та прийом забезпечує сукупність асиметричних рупорів, які складаються з поверхні променів "зірки" 2 та розімкненої поверхні 1.

На середніх частотах, коли, в основному робочою є поверхня зірки 2, ця частина працює як чвертьхвильові чи напівхвильові вібратори. Розімкнена поверхня 1 захищає задній напівпростір від випромінювання та сприяє односпрямованості НШС антени.

На низьких частотах робочою є поверхня зірки 2, що утворює струмову петлю (петлі). Вся розімкнена поверхня 1 грає роль відбиваючої, що забезпечує односпрямованість НШС антени при випромінюванні.

Таким чином НШС антена зберігає весь НШС діапазон та при випромінюванні формує надкороткий сигнал.

У конкретному прикладі реалізації у антени з чотирма входами (Фіг.2) розімкнена поверхня 1 НШС антени має вигляд квадрата, а поверхня 2

виконана у формі, що нагадує чотирикутну зірку з загнутими променями. Розміри поверхні 1 визначають такими, які повинні забезпечити зменшення спотворення сигналу за рахунок крайових ефектів, що можуть проявлятися у відбиванні сигналів від краю, затіканні електричних струмів на зворотну сторону поверхні 1, що приведе до небажаного випромінювання у зворотну сторону та небажаному розширенню діаграми спрямованості. Розміри поверхні зірки 2 визначають нижньою межею частотного діапазону, тому максимальна довжина поверхні зірки повинна бути не меншою 1/10 довжини найдовшої хвилі. Мінімальний зазор між поверхнями у точках підводу фідера 3 (Фіг.6), ширину розкриття 4 (Фіг.7) розімкненої поверхні 1, кількість променів зірки 2 та форму поверхні зірки вибирають з міркувань заданого робочого частотного діапазону та області використання НШС антени. Розрив петлі 5 (Фіг.4) використовують для розширення робочого діапазону частот в області низьких частот. Обидві провідні поверхні 1 та 2 можуть мати вигини 6 (Фіг.11) для забезпечення рівномірного розподілу електричного поля в площині між провідними поверхнями 1 та 2. Комплексне електричне навантаження в розривах петлі 7 (Фіг.5) в залежності від конкретних умов призводить до дальшого покращення узгодження імпедансу НШС антени з фідерно-вимірювальною частиною. За умов використання діелектричних та магнітодіелектричних фрагментів 8 (Фіг.8-10) у зазорі між провідними поверхнями довжина поверхонь 1 та 2 може бути ще значно зменшена при збереженні робочого діапазону частот. Поглинаючий радіохвилі шар 9 (Фіг.7) та комплексне електричне навантаження 10 (Фіг.6) на кінцях променів зірки поліпшує узгодження антени з фідером та середовищем випромінювання.

Для оцінки роботи НШС антени були проведені розрахунки та експериментальна перевірка для двовходової антени.

Програма розрахунку вхідного імпедансу (Фіг.14, 15), коефіцієнту стоячої хвилі (Фіг.13), та діаграм спрямованості в Е- та Н-площинах при протифазному живленні входів двовходової НШС антени (Фіг.16 - Фіг.21) була заснована на методи моментів в частотній області та виконана в пакеті "MATLAB".

Значення коефіцієнту стоячої хвилі (Фіг.13) підтверджують наявність доброго узгодження антени з фідером в широкому діапазоні частот. НШС антена має сталу активну складову та низьке значення реактивної складової імпедансу, що також забезпечує добре узгодження НШС антени з приймачем або передавачем у всьому робочому діапазоні частот (Фіг.14 та Фіг.15).

Наведені на Фіг.16 - Фіг.21 діаграми, прономовані в одиницях підсилення НШС антени (дБ), показують спрямованість НШС антени в Е-площині (суцільна лінія) та Н-площині (штрихова лінія) в діапазоні частот 0,5-1,75ГГц в полярній системі координат.

Фіг.16 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 0,5ГГц.

Фіг.17 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 0,75ГГц.

Фіг.18 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 1,00ГГц.

Фіг.19 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 1,25ГГц.

Фіг.20 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 1,50ГГц.

Фіг.21 - діаграми спрямованості НШС антени в Е-площині та Н-площині на частоті 1,75ГГц.

Таким чином підтвердилося забезпечення конструкцією НШС антени односпрямованості в НШС діапазоні частот.

Пеленг на прикладі двовходової антени здійснювали наступним чином. На входи двовходової антени подали випромінюючий імпульс. Сигнали, що відбилися від об'єкта, надходили на входи антени з різними затримками у часі (Фіг.22, Фіг.23).

Завдяки односпрямованості НШС антени кут напрямку на об'єкт α у першому наближенні однозначно визначали за формулою:

$$\alpha = \arcsin((t_1 - t_2) * c / B),$$

де

t_1, t_2 - часові затримки відбитого сигналу від об'єкта на входах антени,

c - швидкість електромагнітних хвиль у середовищі,

B - база - відстань між центрами випромінювання антени (Фіг.2).

Відстань до об'єкта D визначали через середньоарифметичне всіх отриманих затримок сигналів за формулою:

$$D = c * (t_1 + t_2) / 2,$$

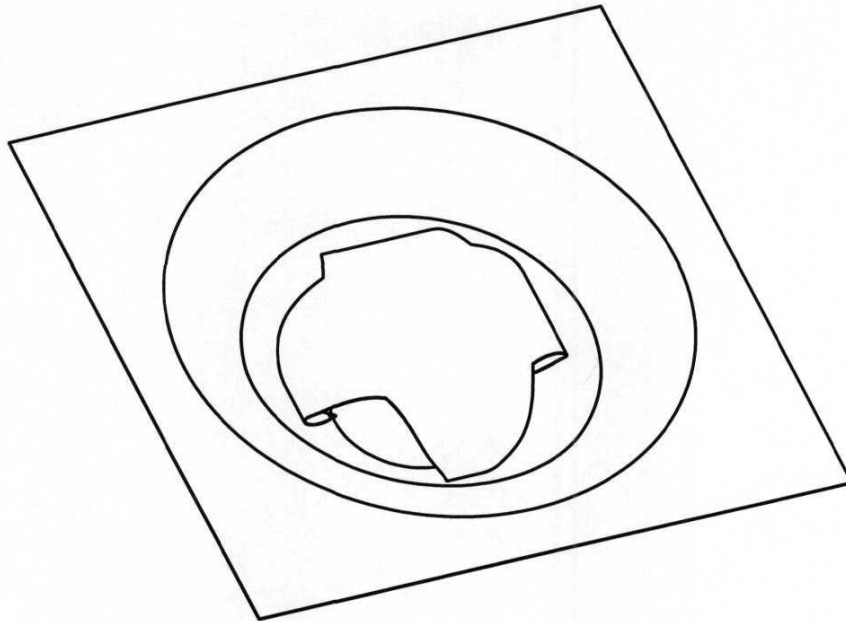
де c - швидкість електромагнітних хвиль у середовищі,

t_1, t_2 - часові затримки відбитого від об'єкта сигналу на входах антени.

У разі застосування НШС антени з чотирма входами/виходами пеленг здійснюється у двох перпендикулярних площинах: по куту місця, при застосуванні верхнього та нижнього входів/виходів, та по азимуту, при застосуванні лівого та правого входів/виходів.

Експериментальна перевірка дозволила перевірити оптимальні форми НШС антени та підтвердила ефективність її роботи в режимі пеленгу.

Таким чином була удосконалена НШС антена, яка забезпечує у режимі пеленгу визначення координат радіолокаційних, підземних об'єктів, дефектів при неруйнівному контролі різних середовищ, промислового контролі, об'єктів-порушників у системах охорони зі збереженням НШС частотного діапазону. До того ж при радіозв'язку (в тому числі мобільному зв'язку та прийому телевізійних передач) у режимі передачі забезпечена можливість відхиляти напрямок максимального випромінювання у заданому напрямку.



Фіг. 1

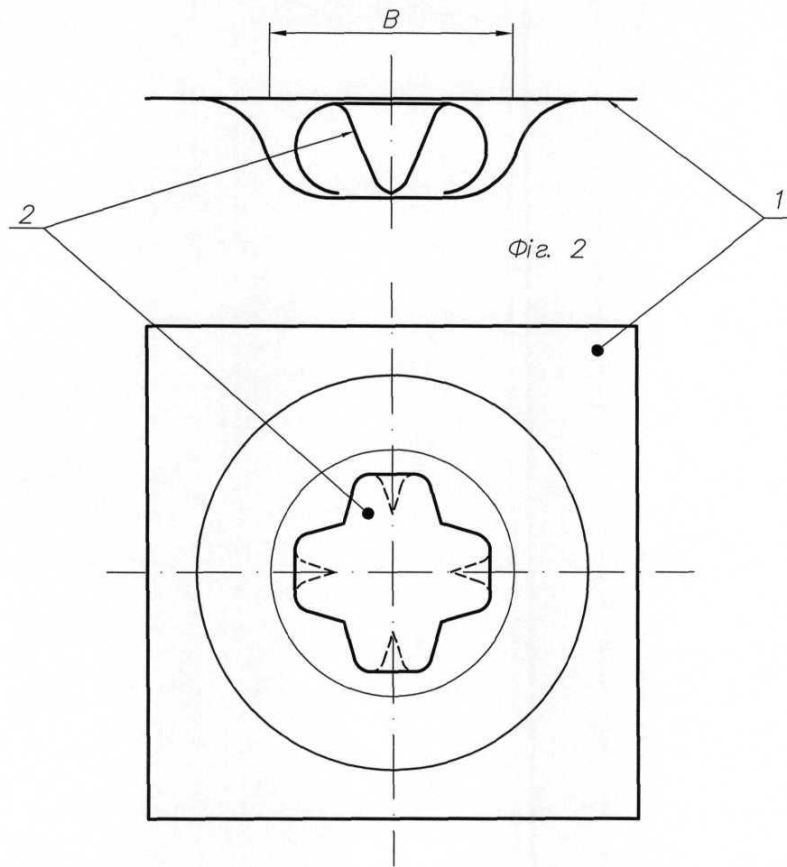


Fig. 3

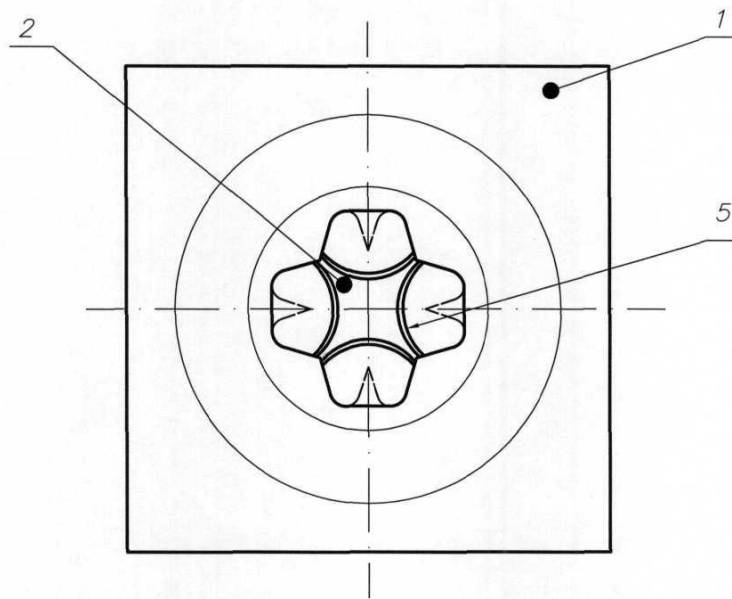


Fig. 4

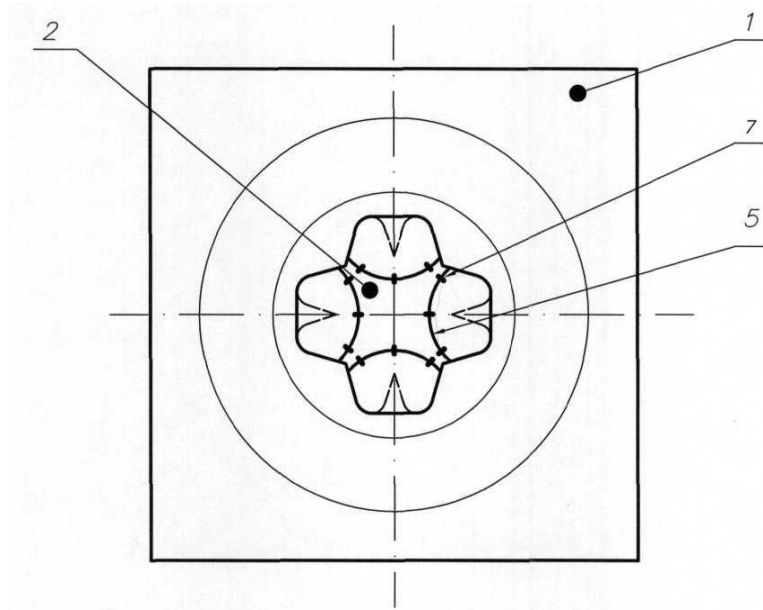


Fig. 5

A-A

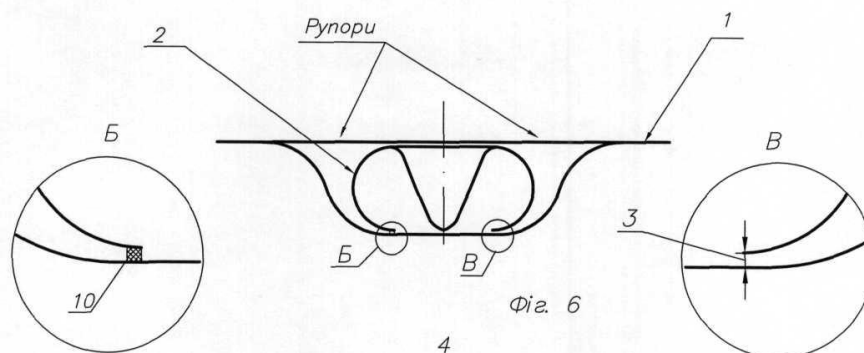


Fig. 6

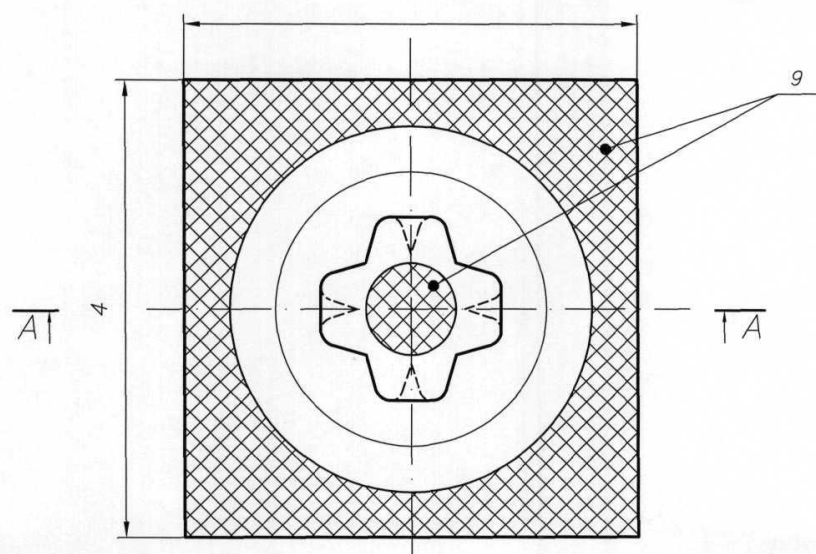
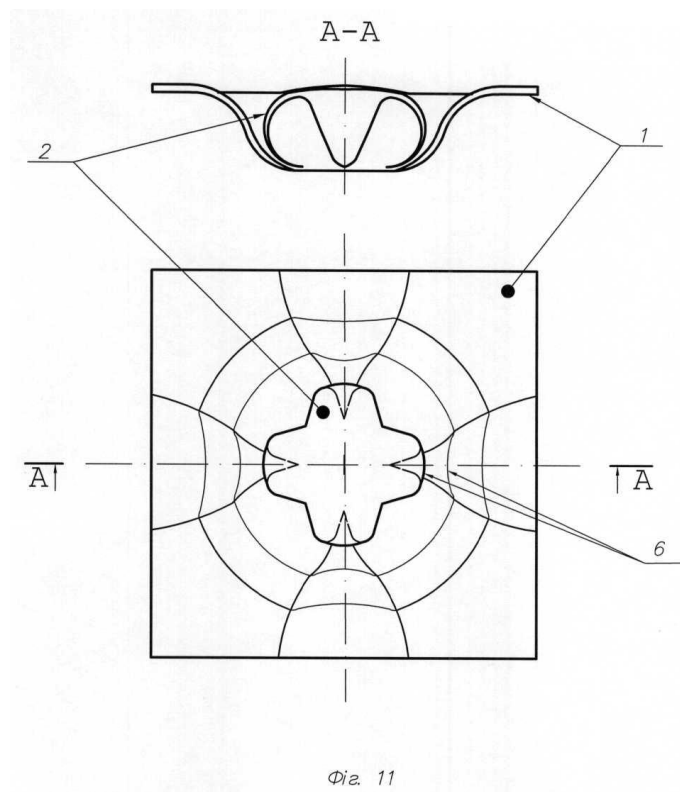
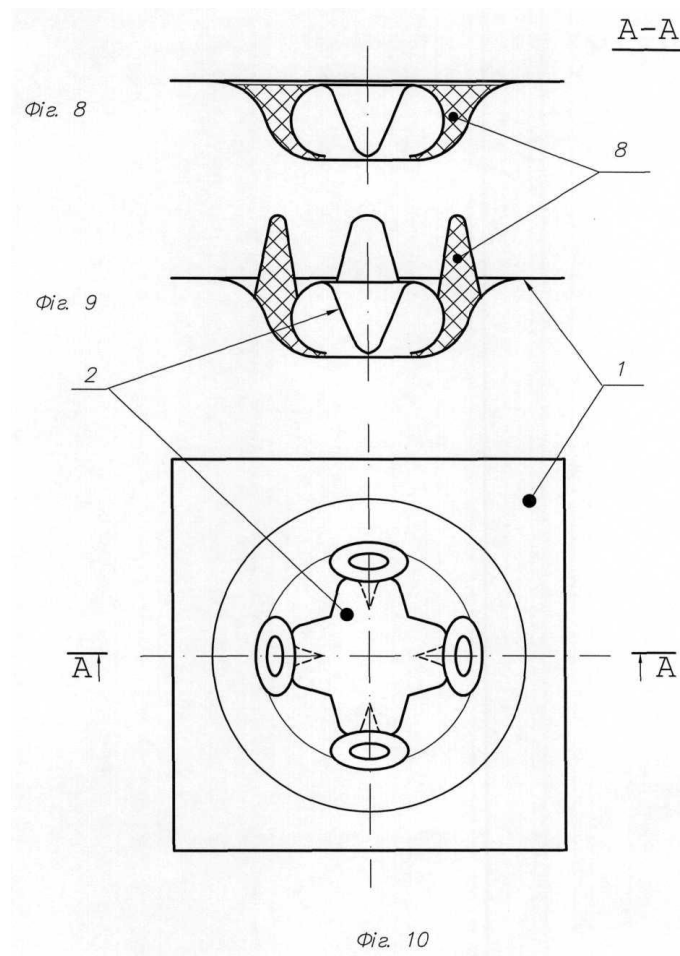
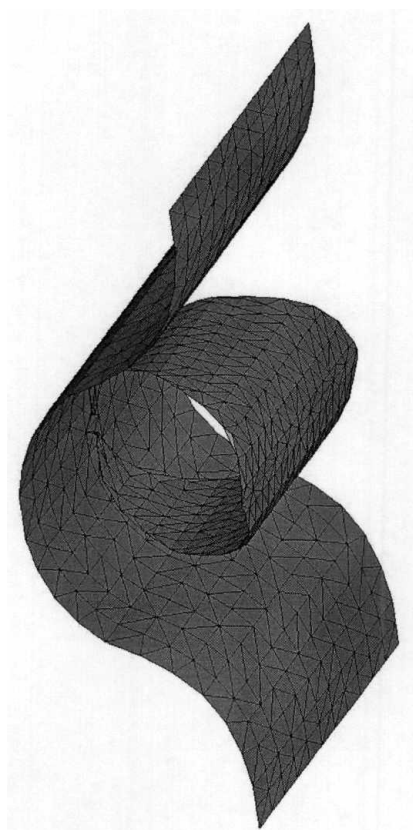
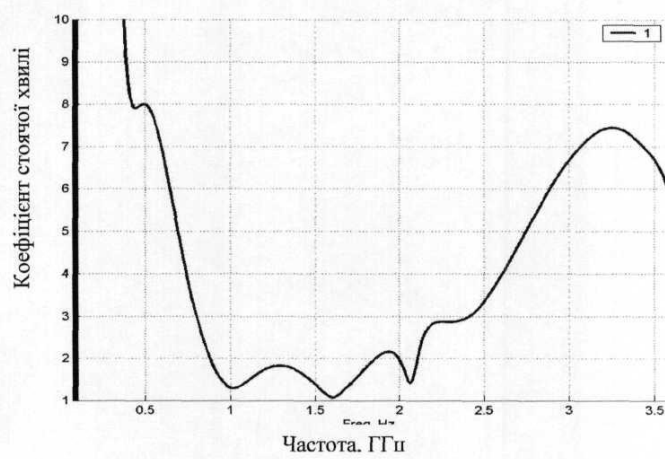


Fig. 7

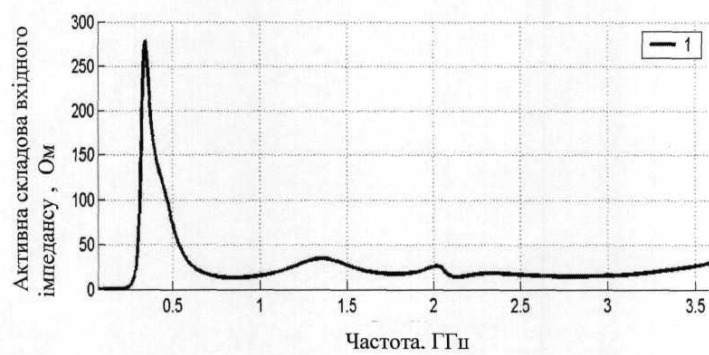




Фиг.12



Фиг.13



Фиг.14

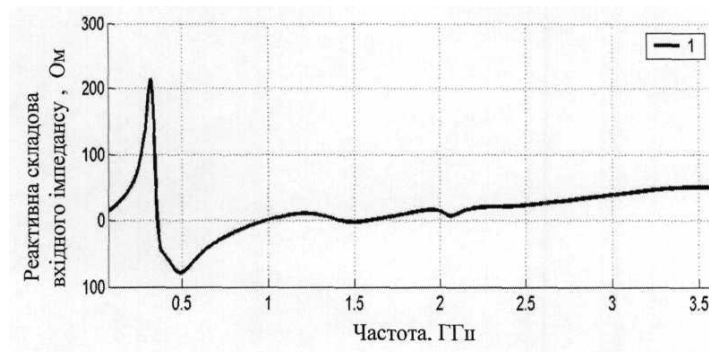


Fig.15

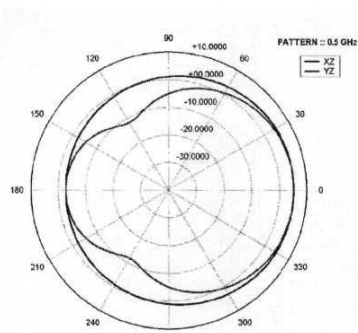


Fig.16

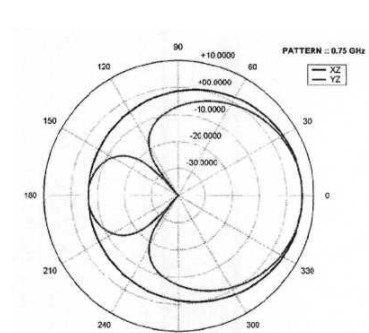


Fig.17

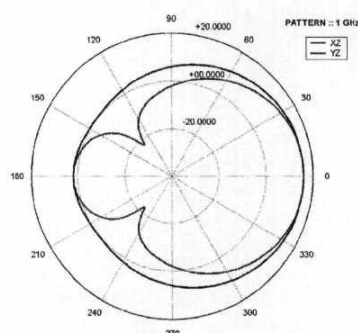


Fig.18

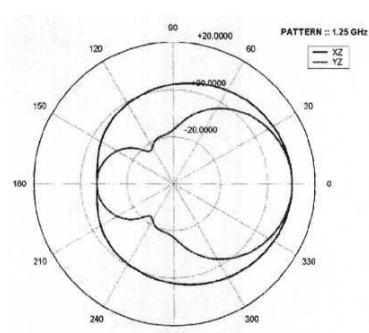


Fig.19

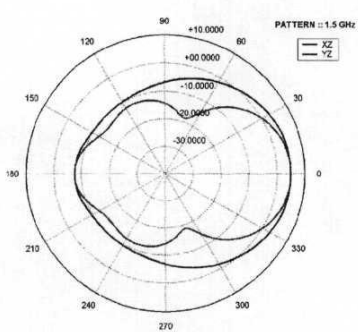


Fig.20

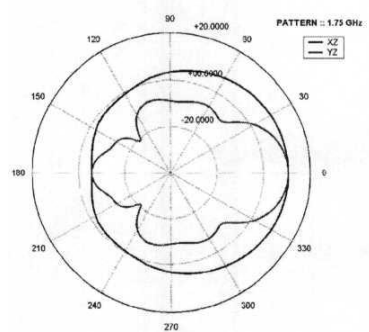


Fig.21

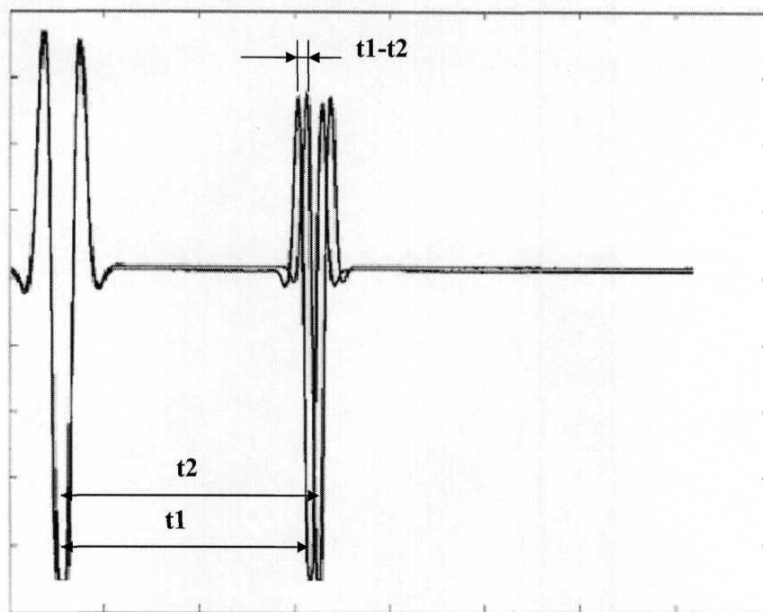


Fig. 22

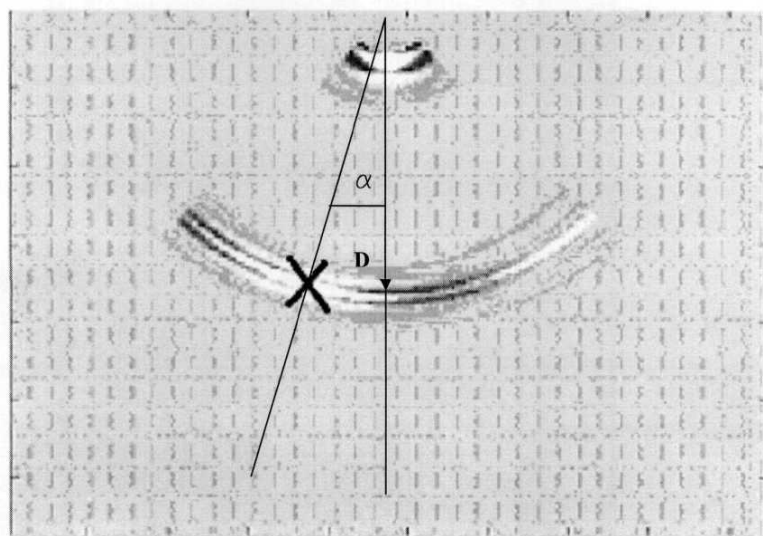


Fig. 23