



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40135 (13) A

(51) 7 G01S9/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) РАДІОЛОКАЦІЙНИЙ ФАЗОВИЙ ДАЛЕКОМІР БЕЗУПИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(21) 2000063682

(22) 23.06.2000

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Порошин Сергій Михайлович, Бахвалов Валентин Борисович

(73) Харківський державний політехнічний університет, UA

(57) Радіолокаційний фазовий далекомір безупинного випромінювання, що містить передавач із генератора високочастотного безупинного сигналу, генератора низькочастотної напруги, що модулює, і модулятора, приймач, фазовимірювач зсуву фаз вихідної напруги приймача щодо напруги генератора, що модулює, і антену у вигляді кінцевого рупора з круглим хвилеводом, який відрізня-

ється тим, що до складу далекоміра додатково включений пристрій повороту площини поляризації радіохвиль на кут  $45^\circ$  на основі ефекту Фарадея з феритового стрижня на осі круглого хвилеводу антени і зовнішнього соленоїда підмагнічування фериту, круглий хвилевід пов'язаний за допомогою хвилевідного переходу з квадратним хвилеводом, у якому додатково встановлені приймальний штир, пов'язаний приймальною фідерною лінією з приймачем, і Н-секториальний рупор, що передає, пов'язаний прямокутним хвилеводом із передавачем, бічні стінки Н-секториального рупора виконані із дрової сітки провідів, відстань між якими менше половини довжини хвилі, а приймальний штир перпендикулярний проводам сітки і розташований за нею.

Винахід належить до області радіолокації і може бути використаний у фазових радіолокаторах із безупинним випромінюванням мікрохвильового діапазону для виміру дальності малозшвидкісної цілі.

Відомий радіолокаційний імпульсний далекомір [1, с. 13, рис. 1.1]. Аналог містить імпульсний передавач і одну антену з антенним перемикачем. Дальність цілі визначають за часом запізнювання імпульсу луна-сигналу щодо імпульсу, що зондує.

Хибою аналогу є те, що він не дозволяє вимірювати малі дальності менше твору швидкості світла на половину тривалості імпульсу.

Інша хиба аналогу полягає в тому, що в ньому не можна використовувати безупинний сигнал, тому що одну антену не вдається використовувати для одночасного прийому і передачі сигналу.

Як прототип обраний фазовий радіолокатор із безупинним випромінюванням [1].

До складу прототипу входять такі основні елементи:

- антена, що передає;
- передавач із генератора високочастотного безупинного сигналу, генератора низькочастотної напруги, що модулює, і модулятора (наприклад, амплітудного модулятора);
- приймальна антена;
- приймач (наприклад, супергетеродинний приймач з амплітудним детектором);

- фазовимірювач зсуву фаз вихідної низькочастотної напруги приймача щодо напруги генератора передавача, що модулює.

Вимір дальності цілі в прототипі засновано на вимірі зсуву фаз  $\varphi$  вихідної низькочастотної напруги приймача щодо напруги передавача, що модулює. При цьому дальність цілі визначають за співвідношенням

$$D = \frac{c\varphi}{4\pi F}, \quad (1)$$

де: D - дальність цілі;

c - швидкість світла;

$\varphi$  - зсув фаз вихідної напруги приймача щодо напруги низькочастотного генератора напруги передавача, що модулює;

F - частота напруги, що модулює.

Анени прототипу рознесені в просторі і мають однакову поляризацію.

При роботі з малозшвидкісною ціллю луна-сигнал цілі майже не буде містити доплерівського зсуву частоти. У цьому випадку в каналі прийому не вдається розділити корисний луна-сигнал цілі і сигнал антени, що передає та заважає, по доплерівському зсуву і для забезпечення працездатності радіолокатора потрібно забезпечити розв'язку приймальної антени і антени, що передає, напри-

клад, за допомогою екрана розв'язки, розташованого між цими антенами.

Прототип містить екран розв'язки між антенами, а антени прототипу можуть бути виконані у вигляді конічних рупорів з круглими хвилеводами.

Хибою прототипу є те, що його антена система складається з двох рознесених антен і містить екран розв'язки між антенами, і тому громіздка. Таку антенну систему складно обертати по азимуту при пошуку цілі, а також важко розмістити, наприклад, на борту літального апарата.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення радіолокаційного фазового далекоміра безупинного випромінювання, у якому за рахунок використання пристрою повороту площини поляризації радіохвиль на основі ефекту Фарадея й установки в квадратному хвилеводі антени приймального щиря і Н-секторіального рупора, що передає, бічні стінки якого виконані з сітки проводів, забезпечується розв'язка каналів прийому і передачі при одночасному прийомі і передачі безупинного сигналу за допомогою однієї антени при однаковій лінійній поляризації, що випромінюються, і прийнятих радіохвиль, що дозволяє зменшити розміри антенної системи радіолокатора.

Поставлена задача вирішується тим, що в радіолокаційний фазовий далекомір безупинного випромінювання, що містить передавач із генератора високочастотного безупинного сигналу, генератора низькочастотної напруги, що модулює, і модулятора, приймач, фазовимірювач зсуву фаз вихідної напруги приймача щодо напруги генератора, що модулює, і антену у вигляді конічного рупора з круглим хвилеводом, відповідно до винаходу:

- до складу далекоміра додатково включений пристрій повороту площини поляризації радіохвиль на кут  $45^\circ$  на основі ефекту Фарадея з феритового стрижня на осі круглого хвилеводу антени і зовнішнього соленоїда підмагнічування фериту;

- круглий хвилевід пов'язаний за допомогою хвилеводного переходу з квадратним хвилеводом, у котрому додатково встановлені приймальний щир, пов'язаний коаксіальною фідерною лінією з приймачем, і Н-секторіальний рупор, що передає, пов'язаний прямокутним хвилеводом із передавачем;

- бічні стінки Н-секторіального рупора виконані з сітки рівнобіжних проводів, відстань між котрими менше половини довжини хвилі, а приймальний щир перпендикулярний проводам сітки і розташований за нею. Екран розв'язки між антенами й одна з двох антен прототипу виключені зі складу запропонованого пристрою, що забезпечує значне зменшення розмірів антенної системи радіолокатора. Визначення дальності цілі здійснюють так само, як і в прототипі, за допомогою співвідношення (1). Єдина антена радіолокатора одночасно випромінює і приймає безупинні сигнали, що мають однакову лінійну поляризацію при передачі і прийомі, у якій вектор напруженості електричного поля радіохвиль нахилений під кутом  $45^\circ$ . Одержання ортогональної поляризації прийнятого сигналу і розв'язку каналів передачі і прийому за поляризацією здійснюють у хвилеводному тракті антени.

Технічна сутність і принцип дії запропонованого пристрою пояснюють фіг. 1, 2. На фіг. 1 надано

спрощену структурну схему запропонованого радіолокаційного фазового далекоміра безупинного випромінювання, а на фіг. 2 показано спрощений ескіз антенної системи радіолокатора в двох проєкціях.

До складу запропонованого пристрою на фіг. 1, 2 входять такі основні елементи:

- конічний рупор 1 антени радіолокатора у вигляді прямого кругового конусу з круглою апертурою;

- круглий хвилевід 2, що зв'язує конічний рупор із хвилеводним трактом радіолокатора;

- пристрій повороту площини поляризації радіохвиль на кут  $45^\circ$  на основі ефекту Фарадея, що складається з розташованого на осі круглого хвилеводу феритового стрижня 3 і зовнішнього соленоїда 4 для підмагнічування фериту постійним магнітним полем;

- хвилеводний перехід 5 від круглого хвилеводу до квадратного;

- квадратний хвилевід 6, пов'язаний із круглим хвилеводом 2 антени за допомогою хвилеводного переходу 5 (у квадратному хвилеводі збуджена основна хвиля типу  $H_{10}$  вертикальної поляризації при передачі й основна хвиля типу  $H_{01}$  горизонтальної поляризації при прийомі радіохвиль);

- Н-секторіальний рупор, що передає, бічні стінки якого виконані з дротової сітки 7 проводів, а верхня і нижня стінки збігаються з верхньою і нижньою стінками квадратного хвилеводу 6;

- прямокутний хвилевід, що передає, 8, який зв'язує Н-секторіальний рупор із передавачем (у цьому хвилеводі збуджена основна хвиля типу  $H_{10}$ , а вектор напруженості електричного поля  $E$  спрямований по вертикалі);

- приймальний щир 9, розташований у квадратному хвилеводі горизонтально за дротовою сіткою з вертикальних проводів, що утворить бічні стінки Н-секторіального рупора, що передає;

- приймальна фідерна лінія 10, що зв'язує приймальний щир 9 із входом приймача;

- передавач, що складається з генератора високочастотного безупинного сигналу 11, генератора низькочастотної напруги, що модулює 12, і модулятора 13 (наприклад, амплітудного модулятора);

- приймач 14;

- фазовимірювач 15 зсуву фаз  $\varphi$  вихідної напруги приймача щодо напруги з виходу низького рівня генератора 12 низькочастотної напруги передавача, що модулює.

Принцип дії запропонованого пристрою пояснюють таким чином. Антена радіолокатора у вигляді конічного рупора одночасно випромінює і приймає радіохвилі однакової лінійної поляризації, у якій вектор напруженості електричного поля нахилений під кутом  $45^\circ$ . Відмінність між цими радіохвилями полягає в тому, що радіохвиля, що передає, поширюється уздовж осі конічного рупора, а приймальна хвиля - в оберненому напрямку. Цю відмінність пропонується використовувати для поділу тої, що передає, і приймальної хвиль у загальному хвилеводному тракті радіолокатора і забезпечення розв'язки каналів прийому і передачі.

Поділ тої, що передає, і приймальної радіохвиль здійснюють за поляризацією в квадратному хвилеводі 6, а одержання ортогональних поляри-

зацій цих двох хвиль у квадратному хвилеводі забезпечують за допомогою пристрою повороту площини поляризації радіохвиль на основі ефекту Фарадея. Такий пристрій описаний у літературі [2] і складається з феритового стрижня 3, розташованого по осі круглого хвилеводу 2, і зовнішнього соленоїда 4, що створює постійне подовжене магнітне поле для підмагнічування феритового стрижня. Круглий хвилевід 2 з одного боку пов'язаний із квадратним хвилеводом 6 за допомогою хвилеводного переходу 5, а з іншого боку - з конічним рупором антени 1.

Передавач збуджує в квадратному хвилеводі 6 хвилю вертикальної поляризації, що передає, типу  $H_{10}$ , що поширюється уздовж осі рупора і перетворюється в хвилю типу  $H_{11}$  у круглому хвилеводі 2. Діаметр і довжина феритового стрижня 3 і напруженість поля, що підмагнічують, обрані так, що площина поляризації хвилі, що передає, після проходження зразка фериту повертається на кут  $45^\circ$  за годинною стрілкою, а площина поляризації, що випромінюється антеною радіохвиль, також буде нахилена під таким кутом.

Луна-сигнал цілі має в основному таку ж лінійну поляризацію під кутом  $45^\circ$ , як і безупинний сигнал радіолокатора, що зондує. Приймальна хвиля луна-сигналу цілі приймається конічним рупором 1, надходить у круглий хвилевід 2 і збуджує в ньому хвилю типу  $H_{11}$ , що поширюється в напрямку, протилежному осі рупора. Після проходження феритового зразка площина поляризації приймальної хвилі повертається по годинній стрілці на кут  $45^\circ$ , а приймальна хвиля буде мати горизонтальну поляризацію і збудить у квадратному хвилеводі хвилю типу  $H_{01}$  горизонтальної поляризації. При цьому використана властивість феритового пристрою повороту площини поляризації, що полягає в тому, що напрямком повороту площини поляризації при ефекті Фарадея не залежить від напрямку поширення хвилі і визначається тільки напрямком поля підмагнічування.

Таким чином, та, що передає, і приймальна радіохвилі в квадратному хвилеводі будуть мати взаємно ортогональні поляризації, хвиля, що передає, - вертикальну, а приймальна - горизонтальну поляризацію. Це дозволяє розділити канали прийому і передачі в квадратному хвилеводі за поляризацією.

Для цього пропонується збуджувати квадратний хвилевід 6 від передавача за допомогою встановленого усередині цього хвилеводу Н-секториального рупора вертикальної поляризації, бічні стінки якого виконані з сітки рівнобіжних вертикальних проводів 7, а прийом радіохвиль здійснювати за допомогою горизонтального штиря 9, розташованого в квадратному хвилеводі за цією сіткою. Бічні стінки Н-секториального рупора виконані з сітки вертикальних проводів, відстань між котрими менше половини довжини хвилі. Така сітка відбиває радіохвилі вертикальної поляризації, прозора для радіохвиль горизонтальної поляризації.

У запропонованому пристрої використана тільки одна антена, а екран розв'язки, що був у прототипі між антенами, виключений, а його роль виконують бічні стінки Н-секториального рупору з сітки вертикальних проводів 7. Розв'язка каналів прийому і передачі забезпечена як за рахунок роз-

ходження поляризації хвиль у квадратному хвилеводі, так і за рахунок дії бічних дровових стінок, що екранує, Н-секториального рупору для радіохвиль вертикальної поляризації. Чим менше відстань між проводами дровової сітки, тим краще її дія, що екранує, але ця відстань повинна бути менше половини довжини хвилі.

Зазначене горизонтальне розташування приймального штиря 9 у квадратному хвилеводі за дрововою сіткою 7 забезпечує прийом горизонтально поляризованої хвилі  $H_{01}$  луна-сигналу цілі в квадратному хвилеводі і виключає влучення прямої хвилі передавача в канал прийому.

Таким чином, запропонований пристрій може бути практично реалізований, а зазначені вище його відмітні ознаки є істотними і принципово необхідні для реалізації цього пристрою.

Основні елементи запропонованого пристрою на фіг. 1, 2 виконані в такий спосіб. Антена радіолокатора виконана у вигляді конічного рупора 1, пов'язаного з круглим хвилеводом. Розмір круглої апертури рупора 1 обирають із заданих вимог до ширини діаграми спрямованості антени. Розміри апертури антени і поперечних перетинів круглого 2 і квадратного 6 хвилеводів значно більше довжини хвилі.

Феритовий стрижень 3 пристрою повороту площини поляризації радіохвиль устатовлений по осі круглого хвилеводу 2. Підмагнічування фериту здійснене за допомогою зовнішнього соленоїда 4, обмотка якого розташована ззовні круглого хвилеводу 2. Діаметр і довжина феритового стрижня 3 і напруженість поля, що підмагнічує, соленоїда 4 обрані таким чином, що площина поляризації хвилі після проходження зразка фериту повертається на кут  $45^\circ$  по годинній стрілці. Конструкція і принцип дії феритового пристрою повороту площини поляризації радіохвиль на основі ефекту Фарадея описані в літературі [2]. Круглий хвилевід 2 пов'язаний із квадратним хвилеводом 6 за допомогою хвилеводного переходу 5, конструкція котрого також описана в літературі [2].

Квадратний хвилевід 6 пов'язаний із передавачем за допомогою Н-секториального рупора і прямокутного хвилеводу, що передає 8. Бічні стінки цього рупору виконані з сітки вертикальних проводів 7, відстань між котрими менше половини довжини хвилі. Ці проводи закріплені на верхній і нижній металевих стінках квадратного хвилеводу 6, що є загальними для квадратного хвилеводу і рупору, що передає. Квадратний хвилевід 6 пов'язаний також із приймачем радіолокатора за допомогою приймальної коаксіальної фідерної лінії 10 і горизонтального штиря 9, встановленого за дрововою сіткою 7 бічних стінок рупору, що передає.

Передавач формує безупинний сигнал високої частоти, модульований (наприклад, по амплітуді) низькою частотою генератора 12. Генератор 12 має два виходи, один із яких (вихід високого рівня) пов'язаний із модулятором 13, а інший (низького рівня) - із фазовимірювачем 15. Приймач 14 луна-сигналу цілі виконаний у вигляді звичайного супергетеродинного приймача з амплітудним детектором. Фазовимірювач 15 призначений для виміру зсуву фаз  $\varphi$  вихідних напруг приймача 14 і генератора 12. Передавач, приймач 14 і фазовимірю-

вач 15 не відрізняються від відповідних елементів прототипу.

Слід зазначити, що в конічному рупорі антени при передачі частина енергії відбивається від аперттури в оберненому напрямку, і ця обернена хвиля передавача може потрапити в канал прийому, так само, як і приймальна хвиля луна-сигналу. Тобто в круглому хвилеводі при передачі буде змішаний режим, і вздовж осі круглого хвилеводу будуть максимуми і мінімуми поля. Для того, щоб ця обернена хвиля передавача майже не потрапляла в канал прийому, варто установити феритовий стрижень 3 пристрою повороту площини поляризації в мінімумі поля на осі круглого хвилеводу. Можна також прийняти відомі заходи для забезпечення режиму хвиль, що біжать, у круглому хвилеводі антени між феритом і конічним рупором.

Динаміка роботи запропонованого пристрою здійснюється в такий спосіб. Передавач формує безупинний високочастотний сигнал, що зондує, модульований низкою частотою генератора 12. Цей сигнал по прямокутному хвилеводу 8 надходить у Н-секторіальний рупор, що передає, що збуджує в квадратному хвилеводі 6 хвилю вертикальної поляризації, що передає, типу  $H_{10}$ . Хвиля, що передає, по хвилеводному переході 5 проходить у круглий хвилевід 2 і збуджує в ньому хвилю типу  $H_{11}$ . Феритовий стрижень 3 повертає площину поляризації хвилі, що передає, на кут  $45^\circ$ , після чого конічний рупор 1 випромінює безупинний сигнал лінійної поляризації, що зондує, з кутом нахилу  $45^\circ$ .

Конічний рупор 1 приймає також луна-сигнал цілі на лінійній поляризації, ідентичній поляризації сигналу, що зондує. Приймальна хвиля надходить із рупора 1 у круглий хвилевід 2 і збуджує в останньому хвилю типу  $H_{11}$ . Феритовий стрижень повертає площину поляризації приймальної хвилі на кут  $45^\circ$  по годинній стрілці, в результаті чого вектор напруженості електричного поля приймальної хвилі буде спрямований горизонтально. Після цього

приймальна хвиля горизонтальної поляризації потрапляє в квадратний хвилевід 6, де збуджує хвилю типу  $H_{01}$  горизонтальної поляризації. Ця хвиля проходить дротову сітку 7 бічних стінок Н-секторіального рупора, що передає, наскрізь і приймається приймальним горизонтальним штирем 9, розташованим за цією дротовою сіткою.

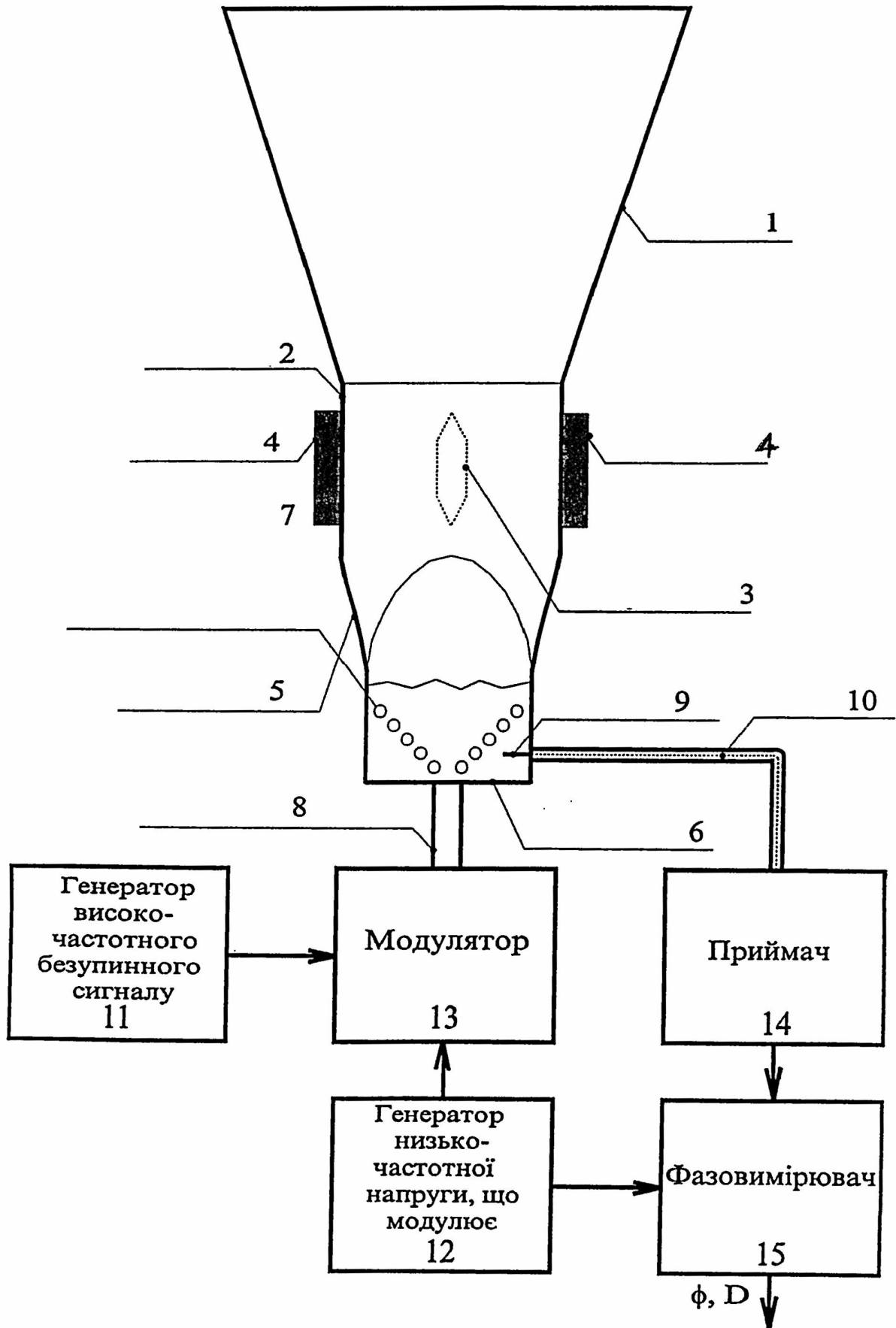
Далі луна-сигнал надходить по приймальній коаксіальній фідерній лінії 10 на вхід приймача 14. Прямі сигнали передавача, що заважають, не потрапляють у канал прийому, тому що горизонтальний приймальний штир 9 екранований від хвилі вертикальної поляризації, що передає, дротовою сіткою 7.

Приймач 14 посилює прийнятий штирем 9 луна-сигнал горизонтальної поляризації, перетворює його на проміжну частоту і детектує, а на виході приймача виділяється сигнал низької частоти. Фазовимірник 15 вимірює зсув фаз  $\varphi$  цього сигналу щодо напруги низькочастотного генератора 12 передавача. Дальність цілі визначають по цьому зсуві фаз за допомогою співвідношення (1).

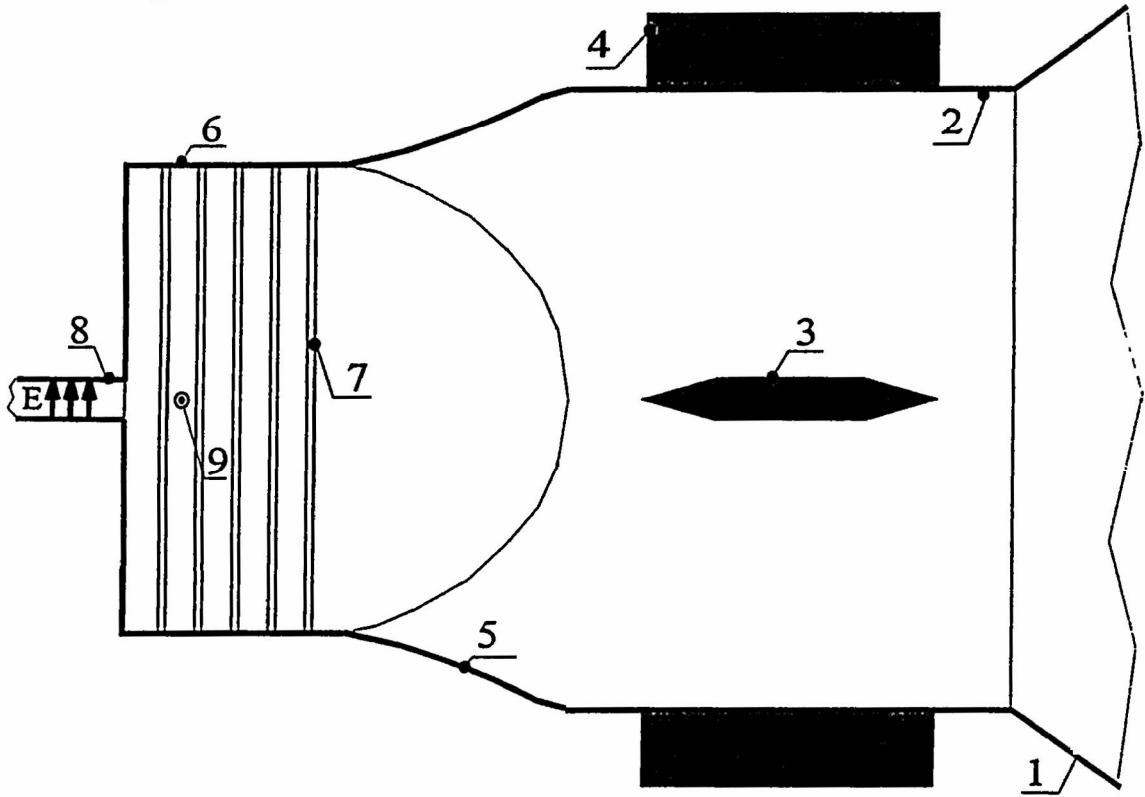
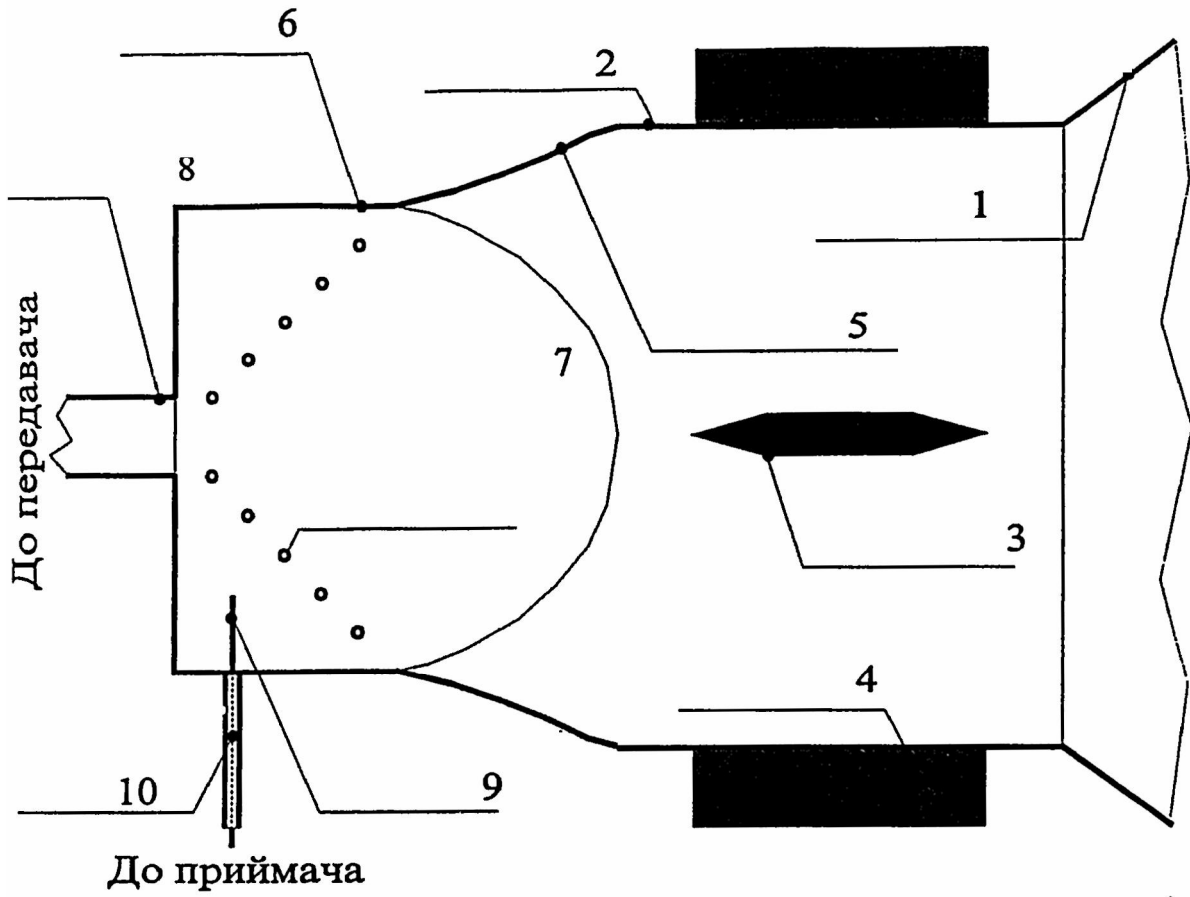
Таким чином, запропонований пристрій вирішує поставлену задачу, усуває відзначену хибу прототипу і забезпечує вимір дальності малошвидкісної цілі за допомогою однієї рупорної антени, а окремий екран розв'язки не потрібний. Запропоноване технічне рішення дозволяє зменшити розміри антенної системи радіолокаційного фазового далекоміра безупинного випромінювання.

#### Джерела інформації:

1. Педак А.М., Баклашов П.И. и др. Справочник по основам радиолокационной техники / Под ред. В.В.Дружинина. - М.: Военное издательство, 1967. - С. 23, 24, рис. 1.13, (прототип).
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1988. - С. 59, рис. 2.13а, С. 170, рис. 6.15.



Фіг. 1



Фиг. 2

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---