

## ШЕСТИКАНАЛЬНИЙ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛЬНИК ВСЕПОЛЯРИЗОВАНОЇ АНТЕНИ З КЕРУВАННЯМ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ НА ВИПРОМІНЮВАННЯ

### SIX-COMPONENT POLARIZATION SEPARATOR OF AN ALL-POLARIZED ANTENNA WITH ELECTROMAGNETIC WAVE POLARIZATION CONTROL ON RADIATION

**D. Korban, PhD, associate professor**

**Д. В. Корбан, к.т.н., доцент**

*National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine*

*Національний університет «Одеська морська академія», Україна*

#### ABSTRACT

*The ship's radar system, along with the satellite navigation system of GPS or GLONASS type, is a means of ensuring the safety of navigation, as the information received with its help about the navigational situation along the ship's route is completely independent of external, in relation to the ship, equipment. However, during the reception of radar information on a navigational object, there is an atmospheric environment with hazardous phenomena (heavy rainfall) on the way of propagation of electromagnetic waves carrying this information. This creates along with a navigational object an echo signal on the ship radar indicator, which does not allow improvement of a navigational object echo signal. Therefore, one of the perspective ways of improving useful navigation object echo extraction along with the considered methods is the method of polarization selection which uses the all-polarized antenna emitting electromagnetic waves of four fixed polarizations and receiving the echo signal of any polarization, which carries information about navigation object, by means of six-channel polarization separator. The polarization six-channel separator of the ship radar is the basic waveguide link determining the principle and accuracy of operation of the polarization multichannel complex of the UHF range with instantaneous registration of polarization parameters of Stokes, echo signals of a partially polarized wave of a complex object on the ship's path. When solving the problem of polarization selection of navigational objects in the area of dangerous atmospheric formations, there were used the coefficients of the energy scattering matrix, the coherence matrix, the degree of polarization and statistical parameters of echo-signals, which are the actual energy polarization parameters of Stokes. The purpose of the six-channel polarization separator is to separate the polarized components of the analyzed wave reflected from the complex object entering the all-polarized antenna of the ship radar polarization complex in a waveguide path. The article analyzes the principle of construction and implementation of a six-channel polarization separator for six channels: with polarizations linear vertical, linear horizontal, linear with the angle of orientation of the electric vector 45° and two circulars.*

**Keywords:** ship radar system, navigation object, electromagnetic wave polarization, all-polarized antenna, six-channel polarization separator, atmospheric formation, polarization device.

#### РЕФЕРАТ

*Суднова радіолокаційна система, поряд із супутниковою навігаційною системою типу GPS або GLONASS, є засобом забезпечення безпеки судноводіння, тому що отримана за її допомогою інформація про навігаційні обставини на шляху судна, повністю незалежна від зовнішнього, по відношенню до судна, обладнання. Однак під час отримання радіолокаційної інформації про навігаційний об'єкт, на шляху поширення електромагнітної хвилі, що несе цю інформацію, перебуває атмосферне середовище з небезпечними явищами (зливові опади*

великої інтенсивності). Це створює поряд із навігаційним об'єктом, луна-сигнал на індикаторі суднової РЛС, який не дає змоги поліпшити луна-сигнал навігаційного об'єкта. Тому, одним із перспективних способів поліпшення виділення корисного луна-сигналу навігаційного об'єкта, поряд із розглянутими методами, є метод поляризаційної селекції, який використовує всеполяризовану антену, що випромінює електромагнітні хвилі чотирьох фіксованих поляризацій і приймає луна-сигнал довільної поляризації, який несе інформацію про навігаційний об'єкт, за допомогою шестиканального поляризаційного роздільника. Поляризаційний шестиканальний роздільник суднової РЛС є основною хвилеводною ланкою, що визначає принцип і точність функціонування суднового поляризаційного багатоканального комплексу діапазону НВЧ, з миттєвою реєстрацією поляризаційних параметрів Стокса, луна-сигналів частково поляризованої хвилі складного об'єкта на шляху судна. Під час розв'язання задачі поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що перебувають у зоні небезпечних атмосферних утворень, використано коефіцієнти енергетичної матриці розсіювання, коефіцієнти матриці когерентності, ступені поляризації та статистичних параметрів луна-сигналів, якими є дійсні енергетичні поляризаційні параметри Стокса. Призначенням шестиканального поляризаційного роздільника, є розділення у хвилеводному тракці, певним чином поляризованих компонент аналізованої хвилі, відбитої від складного об'єкта, що надходить на вхід всеполяризованої антени суднового радіолокаційного поляризаційного комплексу. У статті проаналізовано принцип побудови та реалізацію шестиканального поляризаційного роздільника на шість каналів: із поляризаціями лінійною вертикальною, лінійною горизонтальною, лінійною з кутом орієнтації електричного вектора  $45^\circ$  і двох кругових.

**Ключові слова:** суднова радіолокаційна система, навігаційний об'єкт, поляризація електромагнітної хвилі, всеполяризована антена, шестиканальний поляризаційний роздільник, атмосферне утворення, пристрій поляризації.

### **Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями**

У зв'язку зі збільшенням інтенсивності руху, збільшенням швидкості морських суден, проблема безпеки мореплавання набула статусу найпершою і актуальнішою, і визначила шляхи розвитку технічних засобів судноводіння, у тому числі і суднових радіолокаційних систем з використанням найбільш інформативних параметрів електромагнітних хвиль, що випромінюються і приймаються антеною суднової РЛС - поляризаційних. Методологічний аспект принципів побудови суднових РЛС з поляризаційною селекцією луна-сигналів поки що не знайшов належного розуміння у суднобудівників, незважаючи на це, оператору суднової РЛС поляризаційні параметри дозволяють не тільки виявити навігаційний об'єкт, але й отримати максимум інформації про нього, у складних умовах атмосферного середовища. Тому розробка суднових радіолокаційних поляризаційних комплексів, що підвищують прийняття судноводієм ефективних рішень щодо забезпечення безпеки судноводіння є актуальним завданням у науковому та практичному напрямках розвитку суднових радіолокаційних систем.

У даній статті представлений аналіз використання всеполяризованої антени у якій є розподіл каналів за поляризацією.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

У роботі [1] розглянуті питання поляризаційної селекції та розпізнавання радіолокаційних сигналів на виході радіолокаційного поляриметра. У роботі [2] розглянуто принципи отримання радіолокаційної інформації за допомогою 1,8 та 3,2 сантиметрового радіолокатора з поляризаційною обробкою луна-сигналів. У роботі [3] розглянуто спосіб обробки поляризаційних властивостей електромагнітної хвилі. У роботі [4] обґрунтовано

використання судових РЛС у судноводінні. У роботі [5] проведено аналіз впливу поляризаційних показників цілей на їх розрізненні. У роботі [6] проведено аналіз принципу побудови некогерентної РЛС для вимірювання розсіювання матриці. У роботі [7] розглянуто геометрію побудови поляриметра з антеною лінійної поляризації. У роботі [8] представлені функціональні схеми побудови метеорологічного поля радіолокаційного поляриметра.

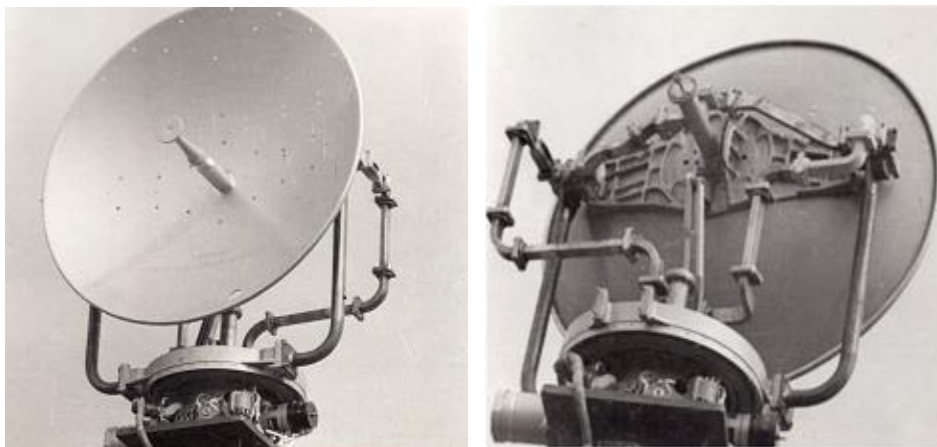
### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Метою даної статті є розробка функціональної схеми всеполяризованої антени з шестиканальним роздільником поляризації та аналіз роботи роздільника.

### **Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

Практичне використання в судових радіолокаційних поляризаційних комплексах (СРПК) поляризаційних параметрів електромагнітної хвилі при вирішенні задачі поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що знаходяться в складних умовах атмосферного середовища на шляху судна, пов'язано з необхідністю використовувати НВЧ елементи та антенні пристрої, що дозволяють випромінювати із подальшим аналізом їх поляризаційних параметрів. В якості антенного пристрою СРПК використана всеполяризована антена з керованої поляризацією на випромінювання, що дозволяє оптимальним чином реалізувати енергетичні можливості СРПК шляхом представлення поляризації дійсними енергетичними параметрами Стокса. Оскільки питання розрахунку та конструювання антен у діапазоні НВЧ вже досить розроблені та описані у спеціальній літературі [1-5], тому розглядається особливість побудови антени СРПК з керованою поляризацією на випромінювання електромагнітних хвиль та специфіка перетворення електромагнітної хвилі, що надходить на вхід антени в режимі прийому.

Дзеркало антени є поверхнею у вигляді параболоїда обертання з діаметром 76 см, у фокусі якого встановлено випромінювач з контррефлектором. Антена має взаємні поляризаційні властивості. Зовнішній вигляд антени представлено на рис.1, а хвилеводна система та вузли управління антеною на рис.2. Антена СРПК з регульованою поляризацією дозволяє підвищити ефективність його функціонування при радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів, що знаходяться в атмосферних утвореннях різної інтенсивності, оскільки оптимально реалізуються його енергетичні можливості. У СРПК антена є рецептором (аналізатором) поляризації, що дозволяє реалізувати властивість радіолокаційної візуалізації навігаційних об'єктів за допомогою поляризаційних явищ і поляризаційного бачення і в загальному уявленні є антеною еліптичної поляризації, а сам СРПК стає єдиною інтегрованою системою.



*Рис.1. Зовнішній вигляд антени СРПК*

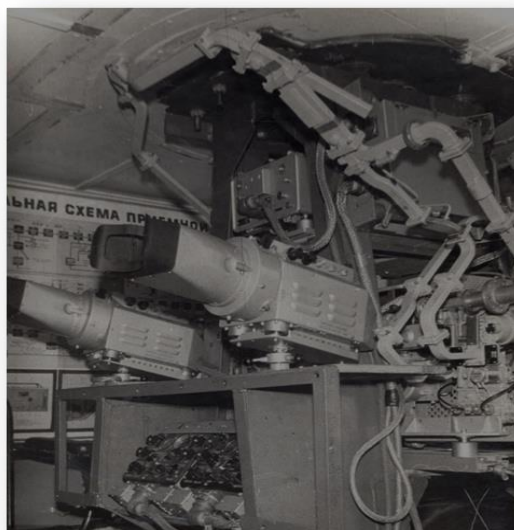


Рис.2. Хвелеводна система СРПК та вузли управління антенною

У СРПК антена є частиною пристрою обробки сигналів, де здійснюється управління амплітудою, фазою та поляризацією випромінюваних та прийнятих електромагнітних хвиль - як просторово-часових сигналів, а НВЧ - пристрої дозволяють випромінювати електромагнітну хвилю із заданою поляризацією. Структура антени еліптичної поляризації представлена рис.3.

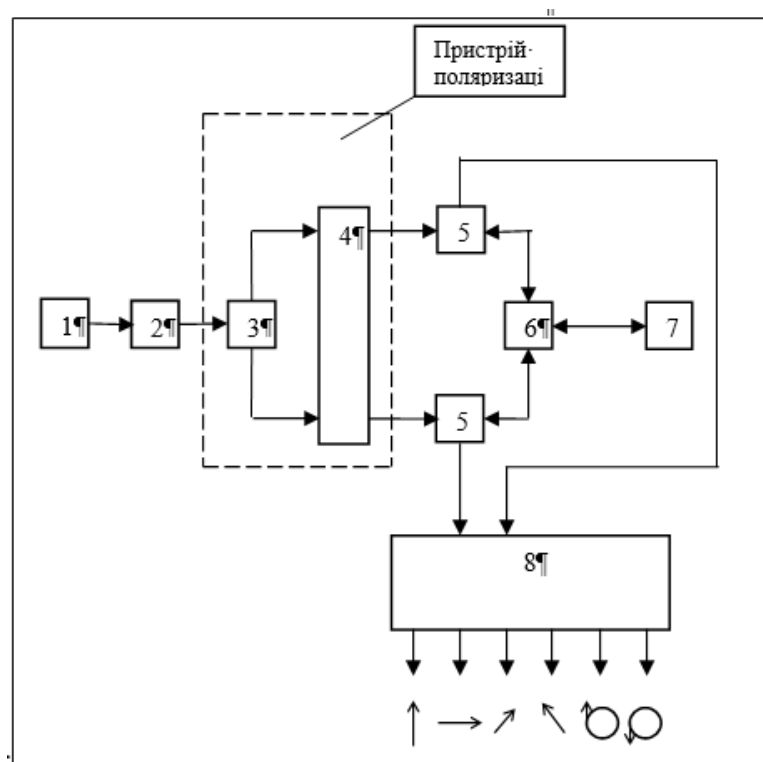


Рис.3. Структура антени еліптичної поляризації СРПК:

1 – передавач; 2 – феритовий циркулятор; 3 - роздільник потужності на дві ортогональні компоненти; 4 – пристрій поляризації електромагнітної хвилі на випромінювання; 5 – антенні перемикачі; 6 – суматор; 7 – випромінювач; 8 – поляризаційний роздільник.

Функціональна схема високочастотної частини антени еліптичної поляризації СРПК представлена на рис.4, в яку входять шестиканальний роздільник поляризації 11 з вихідними каналами 6,7, антенні перемикачі 8, роздільник потужності і формувач на випромінювання електромагнітної хвилі шести поляризацій і неполяризованої хвилі 9, випромінювач 10. На рис.4 також представлені індикатор 1, комп'ютерний дисплей 2, формувач параметрів Стокса 3, лінійні приймальні пристрої 4, 5, циркулятор 11, модулятор 12, магнетронний генератор 13.

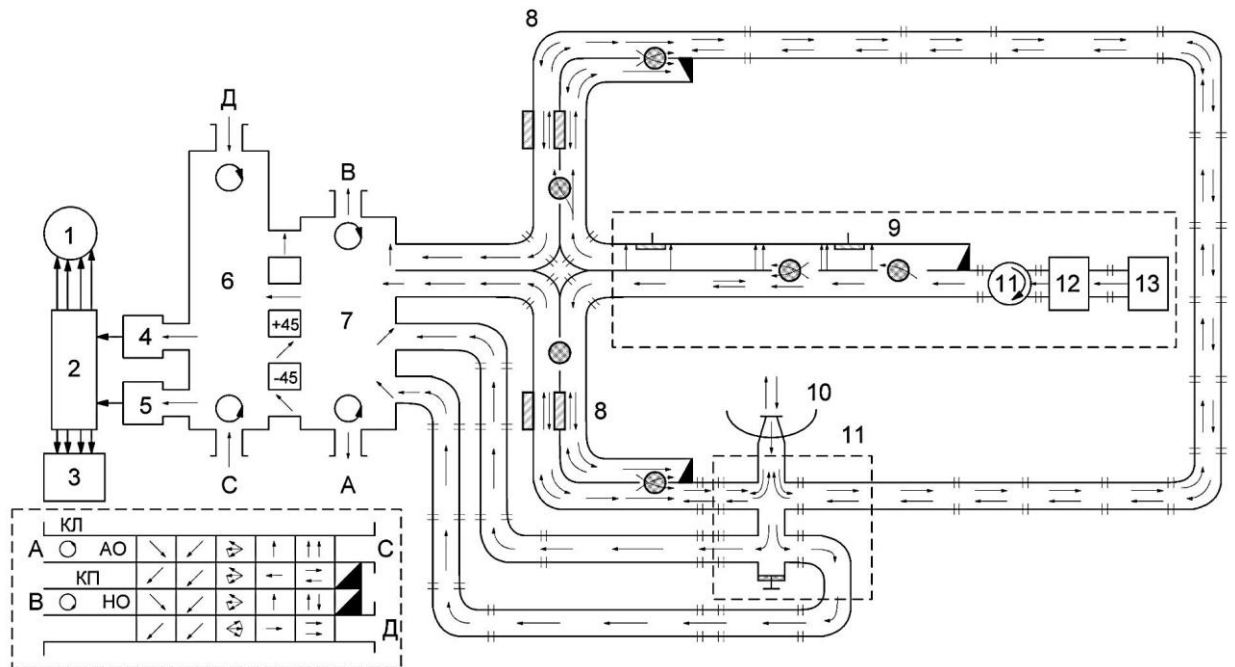


Рис.4. Функціональна схема високочастотної частини антени еліптичної поляризації СРПК:

1 – індикатор комп'ютера; 2 – дисплей комп'ютера; 3 – формувач параметрів Стокса; 4,5 – лінійні приймальні пристрої; 6, 7 – вихідні канали; 8 – антенні перемикачі; 9 – роздільник потужності і формувач на випромінювання електромагнітної хвилі шести поляризацій і неполяризованої хвилі; 10 – випромінювач; 11 – шестиканальний роздільник поляризації; 11 – циркулятор; 12 – модулятор; 13 – магнетронний генератор.

Пристрій поляризації електромагнітної хвилі на випромінювання рис.5 (а,б,в,г) складається з роздільника потужності на дві ортогональні компоненти, яким є щілинний міст ЩМ<sub>2</sub>, обертача площини поляризації, що складається з двох фазообертачів  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  і щілинного мосту ЩМ<sub>1</sub>. Фазообертачі керуються за заданою програмою пристроєм регулювання фази УРФ. Поляризація електромагнітної хвилі на випромінювання задається регулюванням фазових співвідношень за допомогою щілинного мосту ЩМ<sub>1</sub> і фазообертачів  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$ , за умови забезпечення однакових амплітуд ортогональних складових у прямокутних хвилеводах на виході ЩМ<sub>2</sub> пристрою поляризації. Рис. 5а відповідає сформованій електромагнітній хвилі лінійної вертикальної поляризації на випромінювання ( $E_x = E_y, \Phi_1 = \Phi_2 = 0^\circ$ ). Рис. 5б відповідає сформованій електромагнітній хвилі лінійної горизонтальної поляризації на випромінювання ( $E_x = E_y, \Phi_1 = 90^\circ, \Phi_2 = 90^\circ$ ). Рис. 5в відповідає сформованій електромагнітній хвилі кругової поляризації на випромінювання ( $E_x = E_y, \Phi_1 = 90^\circ, \Phi_2 = 90^\circ$ ). Рис. 5г відповідає сформованій електромагнітній хвилі лінійної поляризації на випромінювання з нахилом електричного вектора під кутом  $45^\circ$  ( $E_x = E_y, \Phi_1 = 180^\circ, \Phi_2 = 90^\circ$ ).

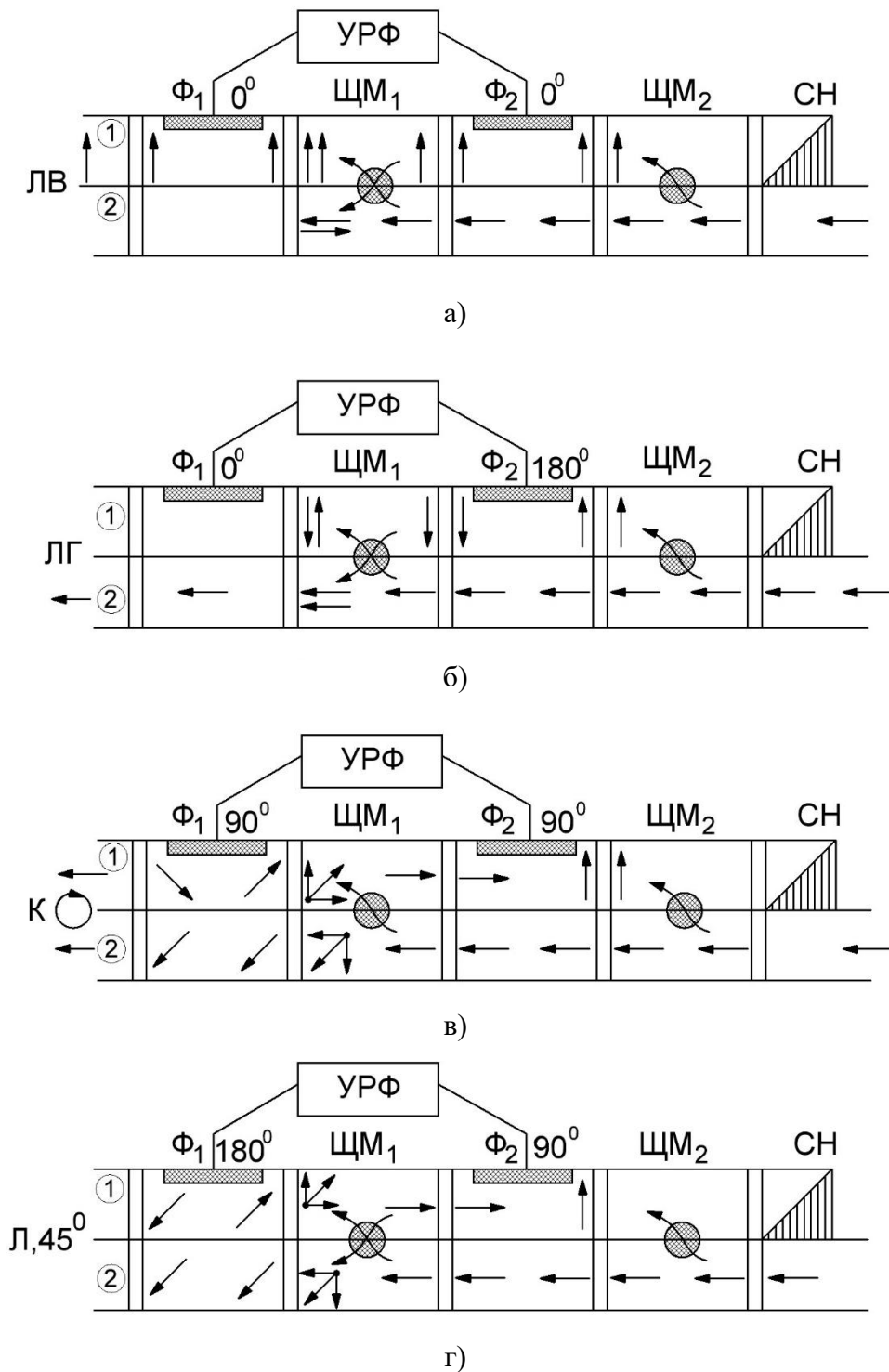


Рис.5. Пристрій поляризації електромагнітної хвилі на випромінення:  
 а - лінійно вертикальна поляризація; б - лінійно-горизонтальна поляризація; в - кругова поляризація; г - лінійна поляризація під кутом нахилу електричного вектора хвилі 45°.

Функціональна схема поляризаційного роздільника представлена на рис.6. Розподіл електричних векторів електромагнітної хвилі, що надходить з виходу антеної системи та з'єднання хвилеводів представлені на рис.7. Поляризаційний роздільник у хвилеводному каналі розділяє певним чином поляризовані компоненти аналізованої хвилі і розглядається як пристрій НВЧ, який пов'язує одну з компонентів електромагнітної хвилі на виході приймальної антеної системи зі струмами і напругами в одному з каналів СРПК, а іншу компоненту - з струмами і напругами в іншому каналі СРПК. З урахуванням принципу

взаємності, в режимі випромінювання антеною електромагнітної хвилі певної поляризації, поляризаційний роздільник можна назвати поляризатором, що збуджує і пропускає хвилю тільки однієї поляризації. Для передачі в режимі прийому електромагнітної хвилі довільної поляризації в поляризаційному роздільнику забезпечується симетрія двох ортогонально поляризованих компонент круглим хвилеводом з двома ортогональними компонентами хвилі типу  $H_{11}$ .

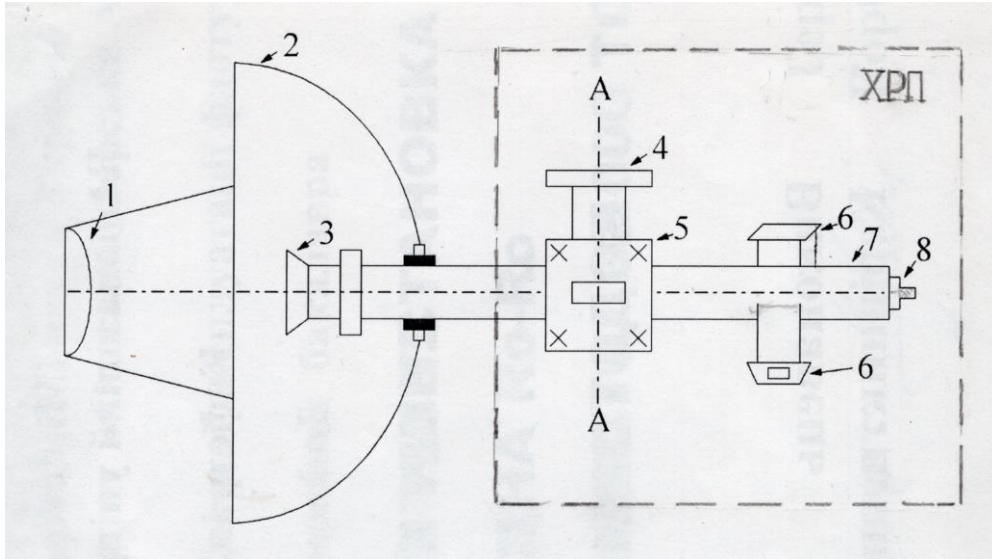


Рис. 6. Функціональна схема хвилеводного роздільника поляризації:

A-A – вісь з'єднання прямокутніх хвилеводів 4,5 з круглим хвилеводом 7;  
ХРП – хвилеводний роздільник поляризації;

1 - відбивач; 2 – дзеркало антени; 3 - випромінювач; 4, 5 – прямокутні хвилеводи з'єднані з круглим хвилеводом 7 під кутом  $90^\circ$ ; 6 – прямокутні хвилеводи з'єднані з круглим хвилеводом під кутом  $45^\circ$ ; 7 – круглий хвилевод; 8 - плунжер налаштування.

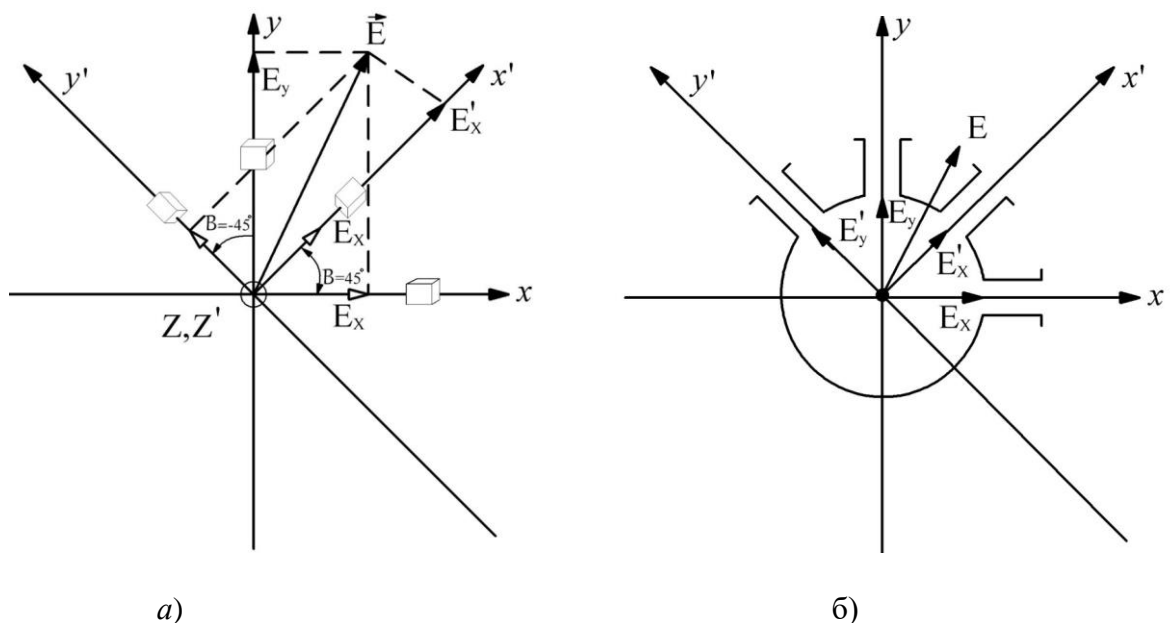


Рис.7. Розподіл електричних векторів електромагнітної хвилі, що надходить з виходу антенної системи (а) та з'єднання хвилеводів у роздільнику (б)

Конструкція поляризаційного роздільника забезпечує появу ехо-сигналу тільки в одному з вихідних каналів (рис.8, рис.9) при надходженні на його вхід однієї компоненти аналізованої хвилі.

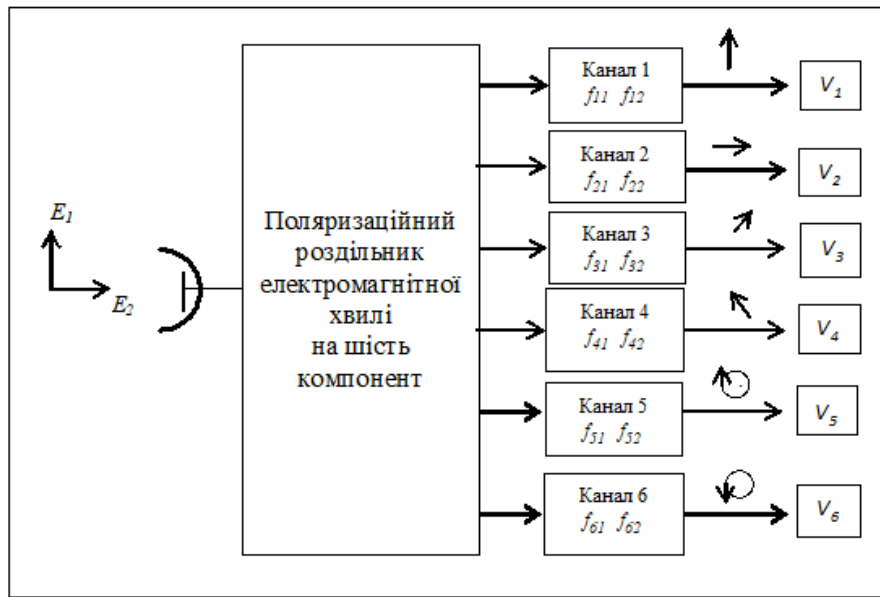


Рис. 8. Блок - схема шестиканального поляризаційного роздільника

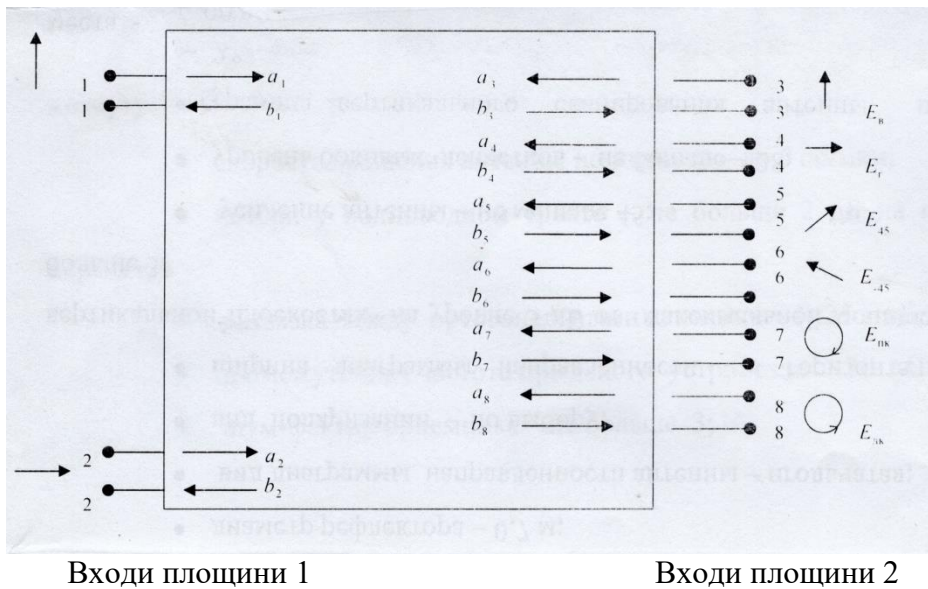


Рис.9. Еквівалентна схема шестиканального поляризаційного роздільника

Матриця розсіювання шестиканального поляризаційного роздільника, що характеризує його роботу, записується у вигляді:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} & S_{18} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} & S_{28} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} & S_{38} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} & S_{48} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} & S_{58} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} & S_{68} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} & S_{78} \\ S_{81} & S_{82} & S_{83} & S_{84} & S_{85} & S_{86} & S_{87} & S_{88} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Матриця вхідного луна-сигналу  $[S]_{\text{вх}}$  та матриця вихідного луна-сигналу  $[S]_{\text{вих}}$  мають вигляд:

$$[S]_{\text{вх}} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix}, \quad (2) \quad [S]_{\text{вих}} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \\ b_8 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

При цьому зв'язок матриці вхідного сигналу (2), матриці вихідного сигналу (3) та матриці розсіювання (1) встановлюється наступним рівнянням:

$$[S]_{\text{вих}} = [S][S]_{\text{вх}}. \quad (4)$$

Діагональні коефіцієнти матриці розсіювання  $[S]$  шестиканального поляризаційного роздільника є коефіцієнтами відбиття по  $k$ -тому каналу за узгодженням інших каналів. При узгодженні інших каналів матриці відсутні зв'язки між вхідними і вихідними хвилями у кожному з плеч роздільника. Ця умова призводить до рівності нулю всіх діагональних елементів матриці розсіювання  $[S]$ , а також відсутності відбиттів у бік площини 1 для будь-якої компоненти при подачі лише однієї з них. Теж відноситься і до входів площини 2 (Рис.9). З огляду на це можна записати:

$$\left. \begin{aligned} S_{12} = S_{21} = S_{34} = S_{43} = S_{56} = S_{65} = S_{78} = S_{87} = 0 \\ S_{11} = S_{22} = S_{33} = S_{44} = S_{55} = S_{66} = S_{77} = S_{88} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Тоді матриця розсіювання (1) ідеального шестиканального поляризаційного роздільника без втрат запишеться у вигляді:

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & S_{13} & 0 & S_{15} & S_{16} & S_{17} & S_{18} \\ 0 & 0 & 0 & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} & S_{28} \\ S_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{42} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{51} & S_{52} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{61} & S_{62} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{71} & S_{72} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{81} & S_{82} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Запишемо матрицю розсіювання роздільника для лінійних компонентів:

$$[S]_{\text{лк}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & S_{13} & 0 & S_{15} & S_{16} & S_{17} & S_{18} \\ 0 & 0 & 0 & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} & S_{28} \\ S_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{42} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{51} & S_{52} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{61} & S_{62} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Для лінійних поляризацій матриця розсіювання роздільника є одиничною. Поділ кругових поляризацій проводиться з лінійної вертикальної та лінійної горизонтальної (Н) хвилеводним мостом із затримкою по фазі сигналу на  $90^\circ$  та (Е) мостом з горизонтальною поляризацією з подальшою подачею сигналів на подвійний хвилеводний трійник на виході якого утворюються хвилі кругових поляризацій правого та лівого напрямку обертання. Матриця розсіювання подвійного хвилеводного трійника записується як:

$$[S]_{mp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Для кожного з восьми каналів поляризаційного роздільника з коефіцієнтами передачі  $f_{km}$  (Рис.8), що зв'язують амплітуду напруги на виході певного каналу з амплітудами ортогонально поляризованих компонент луна-сигналу електромагнітної хвилі в дальній зоні всеполяризованої антени СРПК можна записати наступні рівняння, які будуть справедливими тільки за умови узгодження всіх виходів поляризаційного роздільника. Тоді для кожного каналу залежність вихідної напруги від поляризації аналізованої хвилі запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} V_1 &= f_{11}E_1 + f_{12}E_2; & V_5 &= f_{51}E_1 + f_{52}E_2; \\ V_2 &= f_{21}E_1 + f_{22}E_2; & V_6 &= f_{61}E_1 + f_{62}E_2; \\ V_3 &= f_{31}E_1 + f_{32}E_2; & V_7 &= f_{71}E_1 + f_{72}E_2; \\ V_4 &= f_{41}E_1 + f_{42}E_2; & V_8 &= f_{81}E_1 + f_{82}E_2. \end{aligned} \quad (9)$$

Для калібрування поляризаційного роздільника поляризації певного каналу можна скористатися відношенням амплітуд сигналів, вимірених на виходах різних каналів. Як вихідна амплітуда береться амплітуда першого каналу, тоді залежність відносин амплітуд кожного каналу шестиканального роздільника до амплітуди першого каналу записується наступним чином:

$$\begin{aligned} \frac{V_2}{V_1} &= \left| \frac{f_{21}E_1 + f_{22}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; & \frac{V_6}{V_1} &= \left| \frac{f_{61}E_1 + f_{62}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; \\ \frac{V_3}{V_1} &= \left| \frac{f_{31}E_1 + f_{32}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; & \frac{V_7}{V_1} &= \left| \frac{f_{71}E_1 + f_{72}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; \\ \frac{V_4}{V_1} &= \left| \frac{f_{41}E_1 + f_{42}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; & \frac{V_8}{V_1} &= \left| \frac{f_{81}E_1 + f_{82}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; \\ \frac{V_5}{V_1} &= \left| \frac{f_{51}E_1 + f_{52}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|; & \frac{V_9}{V_1} &= \left| \frac{f_{91}E_1 + f_{92}E_2}{f_{11}E_1 + f_{12}E_2} \right|. \end{aligned} \quad (10)$$

Практична задача налаштування поляризаційного роздільника, який характеризується відсутністю хвиль, відбитих від входів двоканального лінійного приймача, зводиться до вимірювання амплітуд напруги на виходах всіх каналів, а повна інформація щодо різниці фаз компонент аналізованого поля міститься в сукупності значень амплітуд напруги на виходах всіх каналів, тобто з урахуванням умови (5) матриця (1) шестиканального поляризаційного роздільника запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} \Phi_{12} &= \text{arc}V_2 - \text{arc}V_1; \\ &\dots\dots\dots \\ \Phi_{mn} &= \text{arc}V_m - \text{arc}V_n. \end{aligned} \quad (11)$$

### Висновки та перспектива подальшої роботи за цим напрямком

У статті розглянута всеполяризована антена з керованою поляризацією на випромінювання. Антена дозволяє, оптимальним чином, реалізувати енергетичні можливості суднового радіолокаційного поляризаційного комплексу, шляхом опромінення навігаційного об'єкта, що знаходиться в складних умовах атмосферного середовища, електромагнітними хвилями шести поляризацій. На прийомі луна-сигналу, проводиться його поділ шестиканальним поляризаційним роздільником на шість поляризацій, з подальшим поданням поляризацій дійсними параметрами Стокса та їх використанням в системі обробки та аналізу, для виділення луна-сигналу навігаційного об'єкта з луна-сигналу складного об'єкта (навігаційний об'єкт та атмосферне утворення).

### ЛІТЕРАТУРА

1. Акиншин Н.С. Поляризационная селекция и распознавание радиолокационных сигналов / Н.С.Акиншин, В.Л. Румянцев, С.В. Процюк - Тула.: Лидар, 2000.- 315 с.
2. Кораблев А.Ю. Measurement Campaigns using 1,8 cm and 3,2 cm Coherent Radar with Controlled Polarization Capabilities, IRCTR-S-035-01, Delft, Netherlands, 2001, p. 14-16.
3. Кораблев А.Ю. Criteria for evaluation of methods to distinguish targets and geophysical objects on the basis for various polarization parameters. IRCTR-S-011-03, Delft, Netherlands, 2003, p. 9-11.
4. Морозов А.В. РЛС в судовождении [Текст]: теория, метод и практика исключения аварийности судоходства без снижения скорости судна в любых экстремальных условиях плавания на основе пространственного воображения судоводителя при использовании судовых РЛС / А. В. Морозов. - Одесса: [б. и.], 2013. - 464 с.
5. Колядов Д.В. Анализ влияния поляризационных характеристик целей на их различимость /Д.В. Колядов // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. Радиофизика и радиотехника, 2001, №36. - С.25-61.
6. Головачев М.В. Некогерентная поляризационная РЛС для измерения матрицы рассеяния цели / Головачев М.В., Калугин Н.Ю., Кочетов А.В. //Доклады Сибирского поляризационного семинара. Сибпол-2004, Сургут, 7-9 сентября 2004 г.
7. D. Bebbington, L. Carrea, and E. Krogager. Geometric polarimetry – Part I: Spinors and wave states. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2009.
8. Корбан Д.В. Многофункциональный метеорологический радар/Д.В. Корбан, В.Х.Корбан, Л.Н. Дегтярева //Наукові праці ОНАЗ, ім.О.С. Попова. – 2016. - №2. –С.153-162.

### REFERENCES

1. Akinshin N.S. Poliarizatsionnaia selektsiia i raspoznavanie radiolokatsionnykh signalov / N.S.Akinshin, V.L. Rumiantsev, S.V. Protsiuk - Tula.: Lidar, 2000.- 315 s. [in Russian]
2. Korablev A.Iu. Measurement Campaigns using 1,8 cm and 3,2 cm Coherent Radar with Controlled Polarization Capabilities, IRCTR-S-035-01, Delft, Netherlands, 2001, p. 14-16.
3. Korablev A.Iu. Criteria for evaluation of methods to distinguish targets and geophysical objects on the basis for various polarization parameters. IRCTR-S-011-03, Delft, Netherlands, 2003, p. 9-11.
4. Morozov A.V. RLS v sudovozhdenii [Tekst]: teoriya, metod i praktika isklyucheniya avariinosti sudokhodstva bez snizheniya skorosti sudna v lyubykh ekstremalnykh usloviyakh

- plavaniya na osnove prostranstvennogo voobrazheniya sudovoditelya pri ispolzovanii sudovykh RLS / A. V. Morozov. - Odessa: [b. i.], 2013. - 464 s. [in Russian]
5. Koliadov D.V. Analiz vlianiia poliarizatsionnykh kharakteristik tselei na ikh razlichimost /D.V. Koliadov // Nauchnyi vestnik MGTU GA. Ser. Radiofizika i radiotekhnika, 2001, №36. - S.25-61. [in Russian]
  6. Golovachev M.V. Nekogerentnaia poliarizatsionnaia RLS dlia izmereniia matritsy rasseianiia tseli / Golovachev M.V., Kalugin N.Iu., Kochetov A.V. //Doklady Sibirskogo poliarizatsionnogo seminaru. Sibpol-2004, Surgut, 7-9 sentiabria 2004 g. [in Russian]
  7. D. Bebbington, L. Carrea, and E. Krogager. Geometric polarimetry – Part I: Spinors and wave states. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2009.
  8. Korban D.V. Mnogofunktsionalnyi meteorologicheskii radar/D.V. Korban, V.Kh.Korban, L.N. Degtiareva //Naukovi pratsi ONAZ, im.O.S. Popova. – 2016. - №2. –S.153-162. [in Russian]