

Винахід відноситься до радіовимірювань і може бути використаний в системах зв'язку, радіовимірюваннях, антенній техніці, для забезпечення електромагнітної сумісності.

Відомим є пристрій для вимірювання поляризації електромагнітних хвиль [1], що містить послідовно з'єднану антену, два подільника потужності, перший поляризаційний розподільувач, чвертьхвилеводний поляризатор, другий поляризаційний розподільувач, перший амплітудний детектор, послідовно з'єднані другий подільник потужності та третій амплітудний детектор, послідовно з'єднані суматори потужності, четвертий амплітудний детектор, а також п'ятий амплітудний детектор, причому входи першого та другого подільника потужності з'єднані відповідно з другим та третім виходами першого поляризаційного розподільувача, другі виходи першого та другого подільника потужності з'єднані відповідно з першим та другим входами суматора потужності, а вхід п'ятого амплітудного детектора з'єднаний з другим виходом другого поляризаційного розподільувача та шостого амплітудного детектора, суматор потужності, що виконаний у вигляді подвійного Т моста, причому шостий амплітудний детектор з'єднаний з Е плечем подвійного Т моста.

Недоліком є те що, в схемі використовується сигнал з частотою прийнятої радіохвилі. Для збереження інформації про поляризацію обробка сигналу проводиться в вузлах побудованих на круглих хвилеводах. Круглі хвилеводи, що використані у пристрої не зберігають еліптичну поляризацію. Коефіцієнт перекриття по діапазону яких менше 2, що дає можливість проводити вимірювання тільки у вузькій смузі частот. У процесі обробки сигналу з'являється позовжня складова при поширенні в хвилеводі, що призводить до похибки, оскільки частина інформаційного сигналу втрачається на формування третьої складової. Відсутність підсилювачів у пристрої призводить до неможливості обробляти слабкі сигнали. Крім того не забезпечується повнота вимірювань поляризаційних характеристик радіохвилі, а саме кута нахилу поляризаційного еліпсу.

Найбільш близький за технічною суттю до заявленого пристрою є вибраний як прототип пристрій для вимірювання параметрів поляризації [2], що містить послідовно з'єднану лінійну антенну систему, яка виконана на турнікетній, рупорній або дзеркальній антенах, блок обробки сигналів, генератор, перший комутатор, перший блок визначення знаку, перший підсилювач, сумарно-різницевий міст, перший амплітудний детектор, блок обробки сигналу, індикатор, другий вихід від сумарно-різницевого моста підключений до другого амплітудного детектора, вихід від якого підключений до блоку обробки сигналу, між першим підсилювачем та блоком обробки сигналу підключеним є третій амплітудний детектор. Окрім того пристрій містить послідовно з'єднані до лінійної антенної системи другий комутатор, другий блок визначення знаку, другий підсилювач, вихід від котрого підключений як до сумарно-різницевого моста так і до четвертого амплітудного детектора. Перший вихід від блоку обробки сигналу підключений до блоку керування та до блоку керування комутаторами, блоку керування підсилювачами, вихід від блоку керування підключений до першого блоку визначення знаку та до другого блоку визначення знаку, блок керування комутаторами підключений до першого та до другого комутаторів, блок керування підсилювачами підключений до першого підсилювача та до другого підсилювачів, генератор підключений до першого та до другого комутаторів.

Недоліком є те що, розкладання електромагнітної хвилі будь-якої поляризації проводиться за допомогою лінійної антенної системи в якості якої виступає турнікетна, дзеркальна чи рупорна антени. Лінійна антенна система розкладає електромагнітну хвилю у лінійному ортогональному базисі, що призводить до виникнення похибок при розгляді обертової поляризації із-за неузгодженості базисів. А також схема є складною і відповідно вартість пристрою збільшується.

В основу винаходу поставлена задача удосконалити пристрій для вимірювання параметрів поляризації шляхом введення до схеми антен колової поляризації, конверторів, підсилювачів проміжної частоти, ширококутових гібридних кілець, що дозволить забезпечити розкладання електромагнітної хвилі у коловому базисі, простоту виконання і за рахунок цього отримаємо простий у використанні пристрій, відсутність похибок при розгляді обертової поляризації, невелику ціну пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірювач поляризаційних характеристик електромагнітної хвилі містить лінійну антенну систему, яка виконана на турнікетній, рупорній або дзеркальній антенах, блок обробки сигналів, генератор згідно з винаходом в нього введена перша антена колової поляризації (наприклад перша спіральна антена з лівим обертанням), вихід якої підключений до першого конвертора, вихід якого підключений до першого перетворювача частоти, вихід якого з'єднаний з першим підсилювачем проміжної частоти, вихід якого підключений як до блоку обробки сигналів так і до першого ширококутового гібридного кільця, перший та другий виходи якого підключені до блоку обробки сигналів, вихід від другої антени колової поляризації (наприклад другої спіральної антени з правим обертанням) з'єднаний з другим конвертором, вихід якого підключений з другим перетворювачем частоти, вихід якого під'єднаний як до другого ширококутового гібридного кільця так і до блоку обробки сигналів, перший та другий виходи від лінійної антенної системи (наприклад турнікетної антени) підключені до третього конвертора, вихід якого підключений до третього перетворювача частоти, вихід якого підключений як до другого ширококутового гібридного кільця так і до блоку обробки сигналів, третій та четвертий виходи від лінійної антенної системи (наприклад турнікетної антени) під'єднані до четвертого конвертора, вихід якого підключений до четвертого перетворювача частоти, вихід якого з'єднаний з четвертим підсилювачем проміжної частоти, вихід якого підключений як до другого ширококутового гібридного кільця так і до блоку обробки сигналів, виходи генератора підключені до другого конвертора та до третього конвертора, виходи гетеродина підключені до першого, другого, третього та четвертого підсилювачів проміжної частоти.

На фіг.1 представлена функціональна схема вимірювача поляризаційних характеристик електромагнітної хвилі.

Вимірювач поляризаційних характеристик електромагнітної хвилі складається з послідовно з'єднаної лінійної антенної системи (наприклад турнікетної антени), першого конвертора 1, першого перетворювача частоти 2, першого підсилювача проміжної частоти 3, блок обробки сигналів 5. Перший підсилювача проміжної частоти 3 також підключений до першого ширококутового гібридного кільця 4, перший вихід та другий вихід якого підключений до блоку обробки сигналів 5. Окрім того пристрій містить послідовно з'єднану до третього та четвертого виходів лінійної антенної системи (наприклад турнікетної антени), другий конвертор 6, другий перетворювач частоти 7, другий підсилювач проміжної частоти 8, блок обробки сигналів 5. Другий підсилювач проміжної частоти 8 підключений до першого ширококутового гібридного кільця 4, перший вихід та другий вихід

якого підключений до блока обробки сигналів 5. Окрім того пристрій містить послідовно з'єднану антену колової поляризації (наприклад спіральну антену з лівим обертанням), третій конвертор 9, третій перетворювач частоти 10, третій підсилювач проміжної частоти 11, блок обробки сигналів 5. Третій підсилювач проміжної частоти 11 підключений до другого широкосмугового гібридного кільця 12, перший вихід та другий вихід якого підключений до блока обробки сигналів 5. Окрім того пристрій містить послідовно з'єднану антену колової поляризації (наприклад спіральну антену з правим обертанням), четвертий конвертор 13, четвертий перетворювач частоти 14, четвертий підсилювач проміжної частоти 15, блок обробки сигналів 5. Четвертий підсилювач проміжної частоти 15 підключений до другого широкосмугового гібридного кільця 12, перший вихід та другий вихід якого підключений до блока обробки сигналів 5. Генератор 16 підключений до першого конвертора 1 та до четвертого конвертора 13. Гетеродин 17 підключений до першого, до другого, до третього та до четвертого перетворювачів частоти 2, 7, 10, 14.

Вимірювач працює наступним чином: лінійна антенна система (наприклад турнікетна антена), яка (фіг.1) призначена для встановлення бажаної системи координат, тобто диполі антени розміщуються колінеарно ортам тієї координатної системи, яка застосовується для аналітичного опису електромагнітної обстановки. З виходів цієї антени отримуємо напруги, які в загальному випадку можна позначити як U_+ та U_- . Друга і третя антени (A_2 і A_3 на фіг.1) є антенами колової поляризації.

Напрямки обертання поляризаційного еліпса цих антен є протилежними. Тому будь-яку хвилю, що приходить від джерела випромінювання, що розташована на продовженні вісі антенної системи, за допомогою антен A_2 і A_3 розкладаємо на дві хвилі з коловою поляризацією. Отже, значення напруги з правим обертанням буде U_+ , а з лівим обертанням U_- , то значення коефіцієнта еліптичності знаходимо як:

$$K_e = \frac{U_+ - U_-}{U_+ + U_-} \quad (1)$$

Для визначення кута нахилу використовуються напруги з затискачів всіх антен, що складають антенну систему.

Антенна система може мати досить широку смугу пропускання. Наприклад, плоскі спіральні антени (A_2 , A_3) використовують з коефіцієнтом перекриття по діапазону до 20. Що стосується турнікетної антени, то використання мікросмужкових технологій дає можливість створювати комплект турнікетних антен, які матимуть невеликі габарити і будуть легко змінювати одна одну при переході від однієї смуги частот до іншої. Звичайно, можна створити широкосмужну із широкою смугою пропускання, але це вимагає збільшення поперечних розмірів диполів, що суттєво знизить розрізняльну здатність по поляризації.

Прийняті сигнали з виходів усіх антен надходять до конверторів 1, 6, 9, 13 за допомогою яких частота знижується до значень, зручних для подальшої обробки сигналів. Всі конвертори ідентичні за схемою і живляться від одного і того ж генератора 16, що дає змогу зберігати фазові співвідношення між сигналами. Конвертовані за частотою сигнали подаються на входи перетворювачів частоти (ПЧ) 2, 7, 10, 14 які також працюють з одним і тим же гетеродином 17. Перетворювачі частоти 2, 7, 10, 14 утворюють проміжну частоту на якій і проводиться подальша обробка сигналів. Після цього сигнали підсилюються підсилювачами проміжної частоти (ППЧ) 3, 8, 11, 15

і обробка їх на високій частоті завершується визначенням сумарного сигналу U_Σ і різницевого U_Δ за допомогою першого широкосмугового гібридного кільцевого моста (ШГК₁) 4 та визначення напруги фази U_Φ напруги амплітуди сигналу U_Θ та напруг правого та лівого обертання спіральні антен за допомогою другого широкосмугового гібридного кільцевого моста (ШГК₂) 12. Продетектовані сигнали U_Σ , U_Δ , U_+ , U_- , U_Θ , U_Φ представляються в цифровій формі і за допомогою блока обробки сигналів 5 використовуються для визначення коефіцієнта еліптичності K_e та кута нахилу поляризаційного еліпсу γ . Принцип дії вимірювача оснований на розкладанні електромагнітної хвилі довільної поляризації в двох ортогональних базисах, прямокутному U_Θ і U_Φ та коловому U_+ і U_- .

Нехай електромагнітна хвиля з плоским фронтом падає на антенну систему, яка розміщується так, щоб її апертура збігалася з площиною фронту.

Тоді напруженість поля хвилі \vec{E} біля кожного елемента антенної системи буде знаходитись в одній і тій фазі.

Приймемо, що фаза ортогональної складової U_Θ є нульовою. Тоді можна записати, що на диполях антени A_1 будуть діяти компоненти поля:

$$\begin{aligned} \dot{E}_\Theta &= \dot{E}m_\Theta e^{i\omega\tau}, \\ \dot{E}_\Phi &= \dot{E}m_\Phi e^{i(\omega\tau + \varphi)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Переходячи до змінних за часом, можемо записати:

$$\begin{aligned} E_\Theta &= E m_\Theta \cos \omega t, \\ E_\Phi &= E m_\Phi \cos(\omega t + \varphi). \end{aligned} \quad (3)$$

Діючі довжини диполів повинні бути однаковими, тому електрорушійні сили на затискачах визначатимуться як:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{\Theta} &= I_{\Theta} \dot{E}_{\Theta}, \\ \dot{U}_{\Phi} &= I_{\Phi} \dot{E}_{\Phi}.\end{aligned}\quad (4)$$

Використаємо позначення $E_{\Theta} = E_{m_{\Theta}} l_{\Theta}$; $E_{\Phi} = E_{m_{\Phi}} l_{\Phi}$, тоді:

$$\begin{aligned}U_{\Theta}(t) &= E_{\Theta} \cos \omega t, \\ U_{\Phi}(t) &= E_{m_{\Phi}} \cos(\omega t + \varphi).\end{aligned}\quad (5)$$

В коловому поляризаційному базисі напруги можуть бути представленими як:

$$\begin{aligned}U_{\Theta}(t) &= \begin{cases} \frac{E'_{\Theta}}{2} \cos \omega t + \frac{E'_{\Phi}}{2} \sin \omega t \\ \frac{E'_{\Theta}}{2} \cos \omega t - \frac{E'_{\Phi}}{2} \sin \omega t \end{cases} \\ U_{\Phi}(t) &= \begin{cases} \frac{E''_{\Theta}}{2} \sin(\omega t + \varphi) + \frac{E''_{\Phi}}{2} \cos(\omega t + \varphi) \\ \frac{E''_{\Theta}}{2} \sin(\omega t - \varphi) + \frac{E''_{\Phi}}{2} \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}\end{aligned}\quad (6)$$

Де $E'_{\Theta} = E'_{\Phi} = E_{\Theta}$; $E''_{\Theta} = E''_{\Phi} = E_{\Phi}$

Вирази (6) визначають напруги на затискачах антен колової поляризації. Дійсно, для антен колової поляризації наведена ЕРС може визначатися через діючу довжину, розкладену в прямокутному базисі:

$$\vec{l}_{\Theta} = \vec{\Theta}_0 l_{\Theta} + \vec{\Phi}_0 l_{\Phi} \quad (7)$$

Оскільки напруженості хвиль біля усіх антен системи знаходиться в фазах, що визначені виразами (2), то напруга на затискачах однієї антени буде дорівнювати:

$$U_{+} = \frac{E'_{\Theta}}{2} \cos \omega t + \frac{E''_{\Theta}}{2} \sin(\omega t + \varphi) + \frac{E'_{\Phi}}{2} \sin \omega t + \frac{E''_{\Phi}}{2} \cos(\omega t + \varphi) \quad (8)$$

На затискачах іншої дорівнюватиме:

$$U_{-} = \frac{E'_{\Theta}}{2} \cos \omega t - \frac{E''_{\Theta}}{2} \sin(\omega t + \varphi) - \frac{E'_{\Phi}}{2} \sin \omega t + \frac{E''_{\Phi}}{2} \cos(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

приведемо вираз (8) до канонічного вигляду з урахуванням відношень (6) амплітудами:

$$U_{+} = \frac{E_{\Theta}}{2} \cos \omega t + \frac{E_{\Phi}}{2} \sin(\omega t + \varphi) + \frac{E_{\Theta}}{2} \sin \omega t + \frac{E_{\Phi}}{2} \cos(\omega t + \varphi) =$$

За допомогою турнікетної антени отримаємо:

$$e_{\Theta} = E_{\Theta} \cos \omega t$$

$$e_{\Phi} = E_{\Phi} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{aligned}e_{\Sigma} &= e_{\Theta} + e_{\Phi} = E_{\Theta} \cos \omega t + E_{\Phi} \cos \omega t - E_{\Phi} \sin \varphi \sin \omega t = (E_{\Theta} + E_{\Phi} \cos \varphi) \cos \omega t - E_{\Phi} \sin \varphi \sin \omega t = \\ &= A_1 [\cos \varphi_1 \cos \omega t - \sin \varphi_1 \sin \omega t] = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)\end{aligned}$$

$$A_1 = \sqrt{E_{\Theta}^2 + E_{\Phi}^2 + 2E_{\Theta}E_{\Phi} \cos \varphi} \quad \cos \varphi_1 = \frac{E_{\Theta} + E_{\Phi} \cos \varphi}{A_1} \quad \sin \varphi_1 = \frac{E_{\Phi} \sin \varphi}{A_1}.$$

$$\begin{aligned}e_{\Delta} &= e_{\Theta} - e_{\Phi} = E_{\Theta} \cos \omega t - E_{\Phi} \cos \psi \cos \omega t + E_{\Phi} \sin \psi \sin \omega t = (E_{\Theta} - E_{\Phi} \cos \psi) \cos \omega t \\ &+ E_{\Phi} \sin \psi \sin \omega t = A_2 [\cos \varphi_2 \cos \omega t + \sin \varphi_2 \sin \omega t] = A_2 \cos(\omega t - \varphi_2)\end{aligned}$$

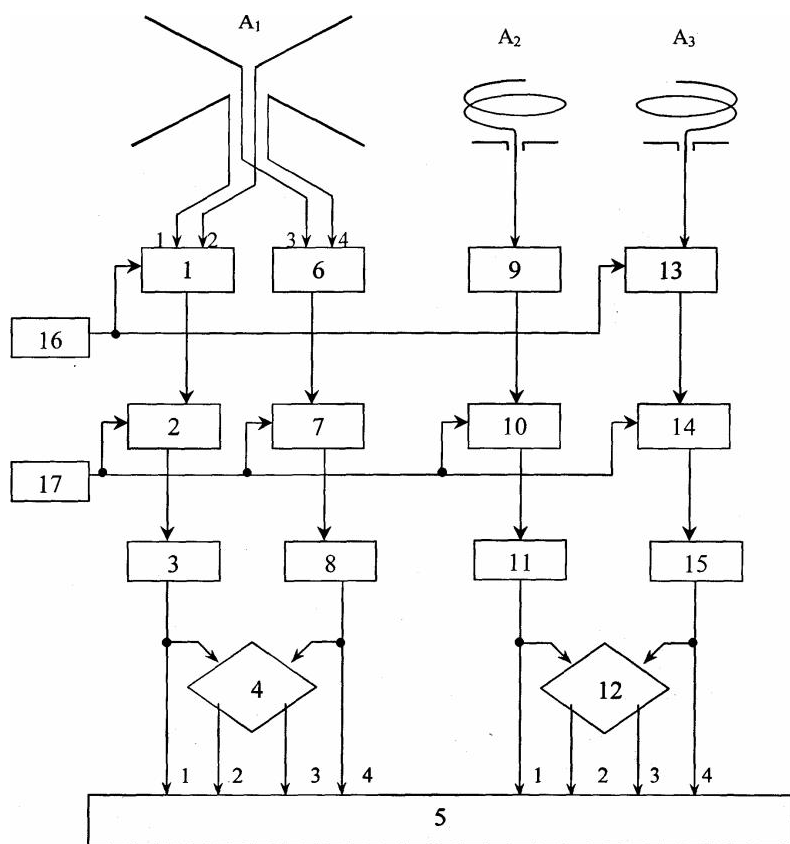
$$A_2 = \sqrt{E_{\Theta}^2 + E_{\Phi}^2 - 2E_{\Theta}E_{\Phi} \cos \varphi} \quad \cos \varphi_2 = \frac{E_{\Theta} - E_{\Phi} \cos \varphi}{A_2} \quad \sin \varphi_2 = \frac{E_{\Phi} \sin \varphi}{A_2} \quad \cos \varphi = \frac{A_1^2 - A_2^2}{4E_{\Theta}E_{\Phi}}$$

Вимірювач, що заявляється, забезпечить розкладання електромагнітної хвилі у коловому базисі, простоту виконання і за рахунок цього отримаємо простий у використанні пристрій, відсутність похибок при розгляді обертової поляризації, дешевий пристрій і за рахунок цього можна здійснити поляризаційну розв'язку і узгодження

передавальних та приймальних антен, дослідження характеристик поширення радіохвиль зі складним рельєфом та сертифікацію антен.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Авторське свідоцтво СРСР № 1561050, кл. G01K29/08, 1990р. (аналог).
2. Деклараційний патент України на винахід №56024 А "Пристрій для вимірювання параметрів поляризації", Тичинський А.В., Ільницький Л.Я., Фецул А.В. (прототип).



Фіг.1. Функціональна схема вимірювача поляризаційних характеристик електромагнітної хвилі