



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113781** (13) **C2**
(51) МПК

G01R 27/06 (2006.01)

G01R 19/25 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 04519	(72) Винахідник(и):	Карлов Володимир Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	08.05.2015	(73) Власник(и):	Карлов Володимир Анатолійович,
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.03.2017		вул. Будьонного, 18, кв. 61, м. Дніпропетровськ, 49102 (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку:	12.10.2015, Бюл.№ 19	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.03.2017, Бюл.№ 5		SU 1814076 A1, 07.05.1993. SU 1478153 A1, 07.05.1989. SU 1741086 A1, 15.06.1992. SU 425130, 25.04.1974. Shihe Li, et al. The Measurement of Complex Reflection Coefficient by Means of a Five-Port Reflectometer // IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, Vol. MTT-31, No. 4, April 1983, pp.321-326 Ji Jun Yao et al. Six-Port Reflectometer Based on Modified Hybrid Couplers // IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, Vol. 56, No. 2, February 2008, pp. 493-498 US 4427936, 24.01.1984, US 4489271, 18.12.1984, GB 2040478 A, 28.08.1980, UA 77744 C2, 15.01.2007,

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ВІДБИТТЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки надвисоких частот і може бути використано для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття навантажень ліній передач з розподіленими параметрами. Спосіб вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття передбачає підключення невідомого навантаження до неузгодженого перетворювача вимірювача і обчислення невідомого коефіцієнта відбиття з використанням чисельних значень індикаторів потужності. Додатково, після підключення невідомого навантаження спочатку фокусуємо вимірювач шляхом встановлення максимальних показань індикатора потужності, який знаходиться у протилежному плечі лінії передачі відносно плеча, до якого підключено невідоме навантаження, а потім обчислюємо невідомий коефіцієнт відбиття. Пристрій, який містить розв'язаний надвисокочастотний генератор, гібридне з'єднання, виконане у вигляді перерізу в одній площині двох ліній передач, між виходом генератора та першим плечем гібридного з'єднання містить спрямований відгалужувач, до якого підключено перший індикатор відгалуженої потужності вихідної хвилі генератора. Друге плече гібридного з'єднання підключено до другого індикатора потужності, третє - до третього індикатора потужності, а четверте є вихідним для приєднання невідомого навантаження для дослідження. Додатково у вимірювач введено пристрій фокусування, який містить фазообертач, що регулюється, вхідний канал фазообертача підключено до вихідного плеча гібридного з'єднання, а вихідний канал

UA 113781 C2

Винахід належить до техніки радіовимірювань, а саме до вимірювальної техніки надвисоких частот, і може бути використаний для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття навантажень ліній передач з розподіленими параметрами.

Відомо спосіб вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття (Авторське посвідчення СРСР. № 1741086 кл. G01R 27/06, 1992), який передбачає приєднання невідомого навантаження до шестиплечої неоднорідності перетворювача пристрою для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, та обчислення невідомого коефіцієнта відбиття з використанням чисельних значень трьох нормованих показань індикаторів потужності.

Недоліком цього способу є велика похибка вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, яка пов'язана з наявністю стоячої хвилі між шести плечей неоднорідності перетворювача і неоднорідністю невідомого навантаження.

Найбільш близьким до запропонованого способу є спосіб (Патент України № 62293 кл. G01R 19/25, G01R 27/32, 2011), який передбачає приєднання невідомого навантаження до чотириплечої неоднорідності перетворювача пристрою для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, та обчислення невідомого коефіцієнта відбиття з використанням чисельних значень трьох нормованих показань індикаторів потужності.

Головний недолік цього способу - велика похибка вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття (Карлов В.А. 26-ГГц векторный анализатор цепей //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 6/11 (60) - Харьков, 2012. - С. 52-55). Цей спосіб вимірювання було застосовано для "six-port" вимірювачів, у яких перетворювачі були узгоджені. У неузгоджених перетворювачах між неоднорідністю вихідного плеча чотириплечого з'єднання та неоднорідністю невідомого навантаження утворюється резонатор на відбиття. З оптичної точки зору чотириплеча неоднорідність з двома індикаторами потужності у суміжних плечах - це лінза. У відомому способі методика та пристрій для її фокусування були відсутні.

Відомо пристрій для вимірювань комплексного коефіцієнта відбиття, який містить генератор, спрямований відгалужувач, чотири хвилевідних щілинних моста, чотири детектори, які з'єднані з індикаторами потужності, та навантаження з невідомим комплексним коефіцієнтом відбиття (Патент США, № 4 104 583, НКИ 324-58, 1978). З застосуванням цього винаходу розроблені автоматизовані аналізатори кіл надвисоких частот для вимірювань параметрів чотирьох полюсників та комплексного коефіцієнта відбиття від навантажень (наприклад, Система векторного аналізу Anritsu VectorStar ME7828A).

Недоліком цих приладів є складна конструкція узгоджених вимірювальних перетворювачів, складна методика калібрування приладу, яка потребує від чотирьох до семи зразкових навантажень. З фізичної точки зору, вимірювальні перетворювачі цих пристроїв аналогічні трьом призмам зі скла.

Найбільш близьким за технічною суттю до пристрою є пристрій, який містить послідовно з'єднані розв'язаний НВЧ-генератор, спрямований відгалужувач падаючої потужності, до якого підключено перший індикатор відгалуженої потужності вихідної хвилі генератора, та гібридне з'єднання, виконане у вигляді перерізу в одній площині двох НВЧ-ліній передач, перше плече якого є входом гібридного з'єднання, друге з'єднано з другим індикатором потужності, третє - з третім індикатором потужності, а четверте є виходом для приєднання невідомого навантаження для дослідження (Авторське посвідчення СРСР. № 1814076 кл. G01R 27/06, 1992).

Головний недолік даного пристрою - велика похибка вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття невідомого навантаження (Карлов В.А. 26-ГГц векторный анализатор цепей //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 6/11 (60) - Харьков, 2012. - С. 52-55). Основним джерелом похибки вимірювання є наявність фіксованого резонатора на відбиття між неоднорідністю невідомим навантаженням та неоднорідністю гібридного з'єднання, тому і параметри резонатора, і похибка вимірювання залежать від фази коефіцієнта відбиття невідомого навантаження.

Задача заявленої групи винаходів - зменшення похибки вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття при визначенні амплітудних та фазочастотних залежностей навантажень ліній передач з розподіленими параметрами для вимірювачів, які використовують багатоплечу неоднорідність у своїх перетворювачах.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, що передбачає підключення невідомого навантаження до неузгодженого перетворювача вимірювача і обчислення невідомого коефіцієнта відбиття з використанням чисельних значень індикаторів потужності, додатково, після підключення невідомого навантаження спочатку фокусуємо вимірювач шляхом встановлення максимальних показань індикатора потужності, який знаходиться у протилежному плечі лінії передачі відносно плеча, до якого підключено невідоме навантаження, а потім обчислюємо невідомий коефіцієнт відбиття.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій, який містить розв'язаний надвисокочастотний генератор, гібридне з'єднання, виконане у вигляді перерізу в одній площині двох ліній передач, між виходом генератора та першим плечем гібридного з'єднання міститься спрямований відгалужувач, до якого підключено перший індикатор відгалуженої потужності вихідної хвилі генератора, друге плече гібридного з'єднання підключено до другого індикатора потужності, третє - до третього індикатора потужності, а четверте є вихідним для приєднання невідомого навантаження для дослідження, крім того, між неоднорідністю гібридного з'єднання та неоднорідністю невідомого навантаження утворюється резонатор на відбиття, додатково у вимірювач введено пристрій фокусування, який містить фазообертач, що регулюється, вхідний канал фазообертача підключено до вихідного плеча гібридного з'єднання, а вихідний канал фазообертача підключено до рознімання для приєднання невідомого навантаження.

На фіг. 1 наведена структурна схема пристрою для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття. Пристрій містить:

- 1) генератор надвисоких частот;
- 2) вентиль;
- 3) спрямований відгалужувач вихідної хвилі генератора;
- 4) індикатор потужності;
- 5) гібридне з'єднання;
- 6) невідоме навантаження для дослідження;
- 7) рознімання вимірювача для підключення невідомого навантаження;
- 8) резонатор на відбиття;
- 9) пристрій для фокусування вимірювача;
- 10) керуючий фазообертач.

На фіг. 2 представлено розміщення пристрою для фокусування вимірювача 9 у вихідному плечі 4 гібридного з'єднання 5.

На фіг. 3 представлено розміщення основних параметрів математичної моделі вимірювача, центрів Q2 Q3, на геометричній моделі віртуального комплексного коефіцієнта відбиття G, який зв'язано з коефіцієнтом відбиття Г невідомого навантаження наступним перетворенням:

$$\dot{G} = \dot{\Gamma} \frac{1 - S_{44}^* \Gamma^*}{1 - S_{44} \Gamma}.$$

Структурна схема пристрою, яка відображена на фіг. 1, відрізняється від структурної схеми, яка була застосована у аналогу (Авторське посвідчення СРСР. № 1814076 кл. G01R 27/06, 1992), включенням пристрою для фокусування 9 безпосередньо у хвилевідний канал резонатора на відбиття 8.

На фіг. 2 відображена стала хвиля магнітної компоненти Hx, параметри якої тепер залежать від фазового зсуву φ фазообертача 10, який керується. Чисельне значення фазового зсуву φ визначається наступним рівнянням: $\varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda_x}$. Тобто процес фокусування (резонанс у резонаторі 8) можливо здійснювати завдяки зміні лінійного розміру d, зміні магнітної або діелектричної проникності матеріалу, який заповнює канал фазообертача 10 (так як $\lambda_x = f(\epsilon, \mu)$).

На фіг. 3 представлена геометрична модель вимірювача на комплексній площині невідомого коефіцієнта відбиття G. Відстань центра Q2 від кола $|G|=1$ прямо пропорційна показанням індикатора потужності P2. Індикатор P2 знаходиться в одній регулярній лінії передачі, яка навантажена на невідому неоднорідність з коефіцієнтом відбиття G і в яку включено активний чотириполюсник з втратами, це - неоднорідність гібридного з'єднання (дивіться фіг. 1). Як свідчить з фіг. 3, коли значення фази коефіцієнта відбиття дорівнює 0° - резонатор на відбиття сфокусовано, при цьому показання індикатора P2 і радіус окружності з центром Q2 максимальні. Коли значення фази коефіцієнта відбиття дорівнює 180° (PI) - резонатор на відбиття розфокусовано (невідома неоднорідність знаходиться у нестабільному вузлі індикатору потужності P2).

Таким чином для фокусування вимірювача на невідому неоднорідність треба за допомогою пристрою фокусування резонатора встановити максимальні показання індикатора потужності P2 і тільки потім обчислювати невідомий модуль коефіцієнта відбиття.

Функціонування пристрою здійснюється таким чином.

Математична модель вимірювача для обчислення комплексного коефіцієнта відбиття Г має такий вигляд:

$$\left| A_4 - \dot{Q}_i \right|^2 = \frac{\left| \dot{S}_{i1}^0 \right|^2}{\left| \dot{S}_{i4}^0 \right|^2} \frac{P_0^0 \cdot P_i}{P_i^0 \cdot P_0}, \quad \dot{\Gamma} = \frac{\dot{A}_4}{\dot{S}_{41}^0 + \dot{S}_{44}^0 \cdot A_4}, \quad (1)$$

де \dot{S}_{ij}^0 - розрахункові значення коефіцієнтів матриці розсіювання подільника потужності 5;

$\dot{S}_{44}^0 \approx 0,4$ - коефіцієнт відбиття від неоднорідності подільника потужності 5, який утворює резонатор на відбиття 13 у вихідному четвертому плечі;

5 $\dot{Q}_i = \dot{S}_{i1}^0 / \dot{S}_{i4}^0$ - центри окружностей квадратних рівнянь (1);

P_i^0, P_0^0 - значення індикатор потужності при підключенні до пристрою еталонного навантаження з відомим коефіцієнтом відбиття, $\dot{\Gamma}_0 = 0$;

P_i, P_0 - значення індикаторів потужності при підключенні до пристрою навантаження з невідомим коефіцієнтом відбиття $\dot{\Gamma}$.

10 Методика вимірювання

А. Здійснюємо початкове градування індикаторів потужності з використанням відомих \dot{S}_{ij}^0 параметрів чотириплечової неоднорідності.

Встановлюємо значення фази фазообертача, яке дорівнює нулю градусів. Після підключення узгодженого навантаження зчитуємо та зберігаємо значення індикаторів

15 потужності P_i^0, P_0^0 для математичної моделі (1).

Б. Вимірювання невідомого коефіцієнта відбиття.

1. Встановлюємо значення фази фазообертача, яке дорівнює нулю градусів.

2. Після підключення невідомого навантаження зчитуємо значення індикаторів потужності P_i, P_0 .

20 3. З використанням математичної моделі (1) обчислюємо тільки фазу невідомого коефіцієнта відбиття.

4. Змінюючи фазу фазообертача 10 знаходимо максимальні показання індикатора потужності P_2 , тобто сфокусували резонатор на невідому неоднорідність.

5. Зчитуємо показання індикаторів потужності P_i, P_0 і по моделі (1) обчислюємо тільки

25 модуль невідомого коефіцієнта відбиття.

6. Модуль та фаза невідомого навантаження знайдені.

Запропоноване технічне рішення реалізує вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття методом фокусування чотирьох плечей неоднорідності (лінзи) на невідому неоднорідність з використанням тільки двох індикаторів потужності і є альтернативним підходом відносно

30 узгоджених дванадцятиполюсних (six-port) рефлектометрів, які потребують три індикатори потужності і які реалізують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття методом калібрувальних рефлектометрів.

Таким чином, з використанням запропонованих способу та пристрою вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, похибка вимірювання невідомого комплексного коефіцієнта

35 відбиття не залежить від фази невідомого навантаження. За результатами експериментальних досліджень запропонований підхід дає відносно зменшення похибки вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття у 3-5 разів (Карлов В.А. Вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття методом багатоплевої Е-площинної відлікової неоднорідності // У збірнику Міжнародної наук.-техн. конференції "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи", КПІ, Київ, 2015, с. 94-96.

40 Available at <http://reseachgate>).

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, що передбачає підключення

45 невідомого навантаження до неузгодженого перетворювача вимірювача і обчислення невідомого коефіцієнта відбиття з використанням чисельних значень індикаторів потужності, який **відрізняється** тим, що після підключення невідомого навантаження, спочатку фокусують вимірювач шляхом встановлення максимальних показань індикатора потужності, який знаходиться у протилежному плечі лінії передачі відносно плеча, до якого підключено невідоме навантаження, а потім обчислюють невідомий коефіцієнт відбиття.

50 2. Пристрій для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття, що містить розв'язаний надвисокочастотний генератор, гібридне з'єднання, виконане у вигляді перерізу в одній площині двох ліній передач, між виходом генератора та першим плечем гібридного з'єднання міститься

- 5 спрямований відгалужувач, до якого підключено перший індикатор відгалуженої потужності вихідної хвилі генератора, друге плече гібридного з'єднання підключено до другого індикатора потужності, третє - до третього індикатора потужності, а четверте є вихідним для приєднання невідомого навантаження для дослідження, з утворенням між неоднорідністю гібридного з'єднання та неоднорідністю невідомого навантаження резонатора на відбиття, який **відрізняється** тим, що у вимірювач введено пристрій фокусування, який містить фазообертач, що регулюється, вхідний канал фазообертача підключено до вихідного плеча гібридного з'єднання, а вихідний канал фазообертача підключено до роз'єму для приєднання невідомого навантаження.

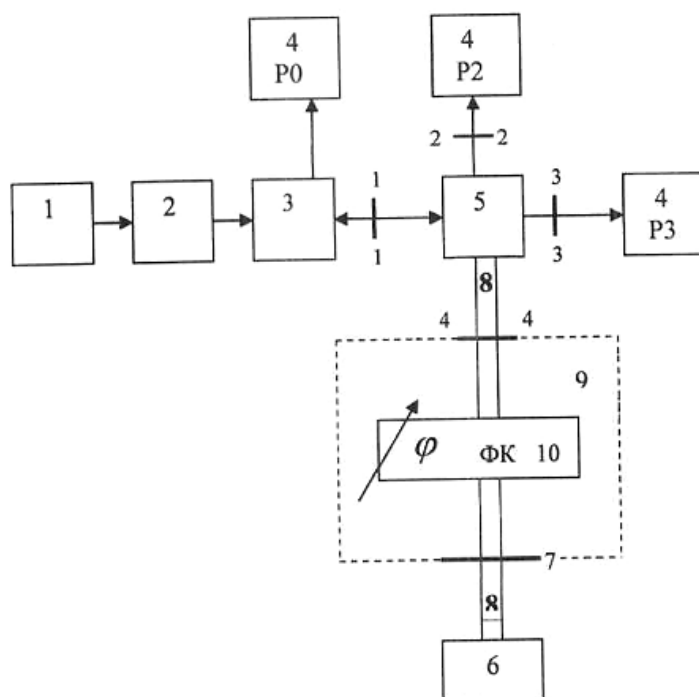


Fig. 1

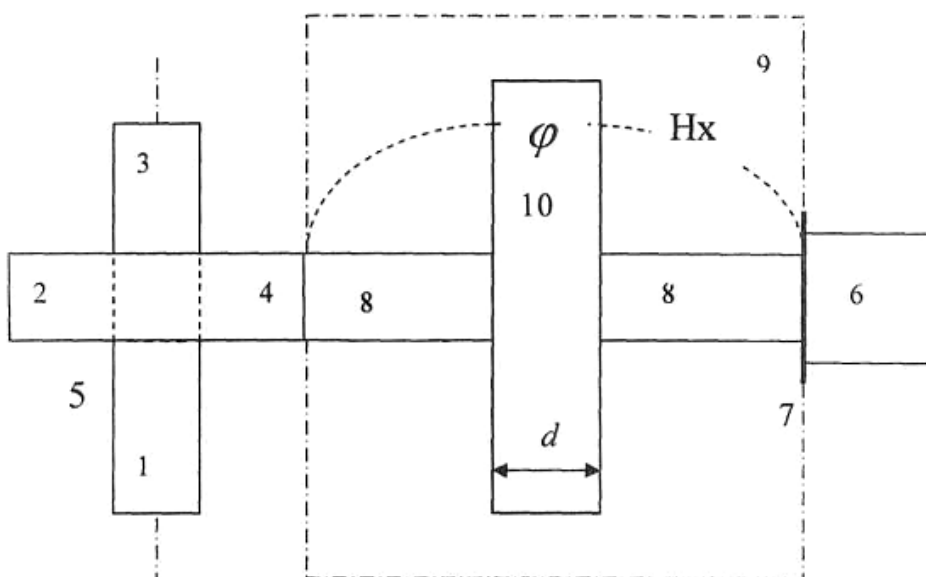
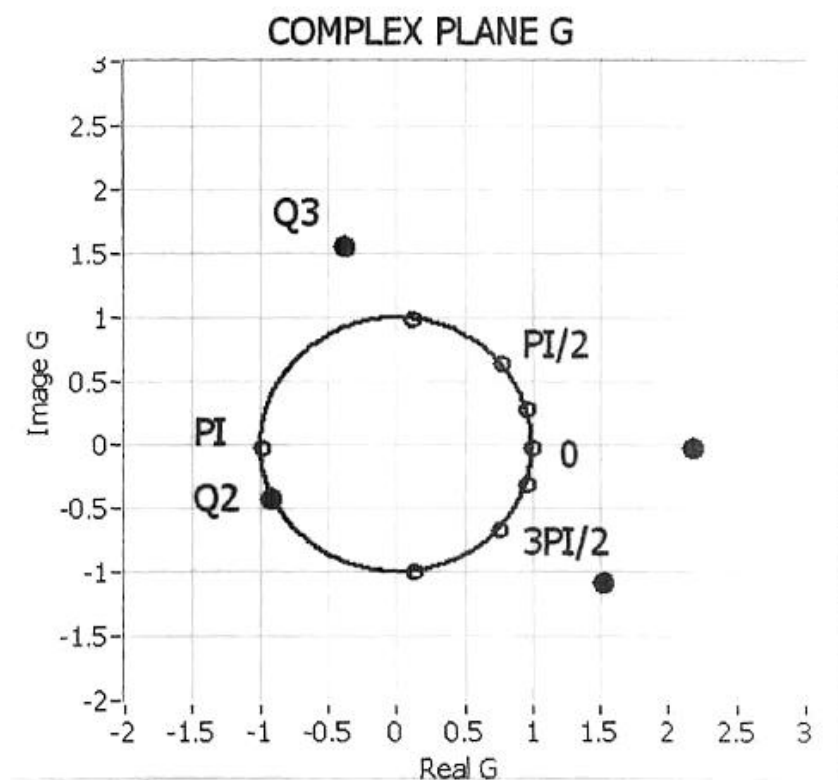


Fig. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601