



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **101406** (13) **C2**
(51) МПК (2013.01)
G01R 23/04 (2006.01)
H01P 3/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

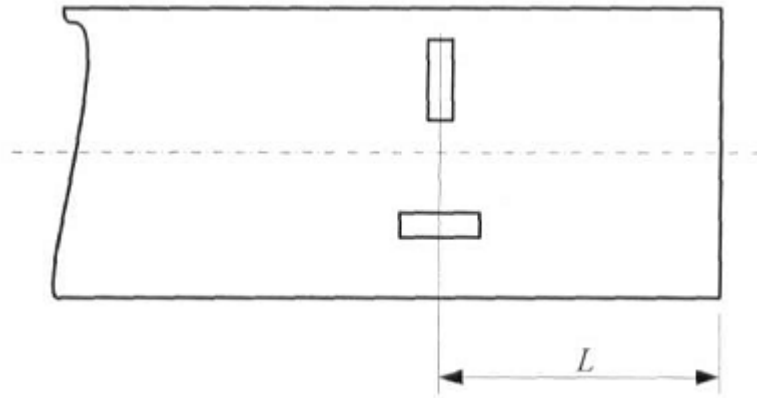
(21) Номер заявки:	а 2011 05387	(72) Винахідник(и): Афонін Ігор Леонідович (UA), Бугайов Павло Олександрович (UA), Лашенко Ірина Вікторівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	27.04.2011	(73) Власник(и): СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Університетська, 33, м. Севастополь, 99053 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.03.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 73580 C2; 15.01.2004 SU 1645911 A1; 30.04.1991 SU 367394; 23.01.1973 GB 639410; 28.06.1950 US 3582776; 01.06.1971 US 2449182; 14.09.1948
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.01.2012, Бюл.№ 1	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.03.2013, Бюл.№ 6	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ХВИЛІ В МЕТАЛОДІЕЛЕКТРИЧНОМУ ХВИЛЕВОДІ

(57) Реферат:

Спосіб визначення довжини хвилі у металодіелектричному хвилеводі належить до мікрохвильової техніки. Спосіб включає аналіз результатів вимірювання сигналів з датчиків потужності. Відповідно до винаходу у зазначеному хвилеводі прямокутного перерізу прорізають у його широкій стінці поперечну та подовжню щілини зв'язку, які зв'язують хвилеводи розміщених в щілинах детекторних головок, які є датчиками потужності, з основним трактом хвильовідно-щілинного перетворювача. Центри щілин зв'язку розташовують в одній поперечній площині на відповідній відстані від кінця хвилеводу таким чином, щоб фазовий зсув між відгалужуваними хвилями складав 90° на будь-якій частоті діапазону хвилеводу. Сигнали з датчиків потужності вимірюють при послідовному підключенні погодженого навантаження і короткозамикача, а довжину хвилі визначають за відповідною формулою. Спосіб забезпечує підвищення якості визначення довжини хвилі в хвилеводі та розширення області його застосування.

UA 101406 C2



Спосіб вимірювання належить до мікрохвильової техніки і може бути використаний для вимірювання довжини хвилі в металодіелектричному хвильоводі (МДХ).

Відомий спосіб вимірювання довжини хвилі, заснований на використанні вимірювальної лінії (Кушнір Ф. В. Электрорадиоизмерения: учеб. пособ. для вузов. / Ф. В. Кушнір. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с). Електромагнітна енергія від генератора НВЧ надходить у вимірювальну лінію, навантажену на короткозамикаючу провідну пластину. Повністю відбившись від короткозамикача, НВЧ енергія проходить через вимірювальну лінію у зворотному напрямі і поглинається у вбудованому в НВЧ генератор вентилі. В результаті інтерференції падаючої і відбитої хвиль у лінії встановлюється режим стоячих хвиль. Відстань між сусідніми мінімумами дорівнює половині довжини хвилі в хвильоводі. Вимірювальна лінія є відрізком хвильоводу, посередині, уздовж широкої стінки якого прорізана щілина. У щілині розташований зонд, що збуджується електричним полем коливання. Зонд може переміщатися уздовж вимірювальної лінії в обох напрямках. При переміщенні зонда напруга, що наводиться на ньому, змінюється відповідно до розподілу поля уздовж хвильоводу. Це викликає відповідну зміну вихідного струму детектора, безпосередньо пов'язаного з зондом, і показань індикатора. Відлічивши за шкалою вимірювальної лінії положення зонда у двох сусідніх мінімумах, визначається довжина хвилі в хвильоводі. Недоліком є те, що розглянутий спосіб вимірювання довжини хвилі може бути використаний лише для порожнистих хвильоводів і не придатний для МДХ.

Найбільш близьким способом вимірювання довжини хвилі є спосіб, заснований на використанні рухливого короткозамикача (Винокуров В. И. Электрорадиоизмерения: учеб. пособ. для радиотехнич. спец. вузов / В. И. Винокуров, С. И. Каплин, И. Г. Петелин; Под ред. В. И. Винокурова, 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 351 с). Електромагнітна енергія від генератора НВЧ надходить у хвильовід, навантажений на рухливий короткозамикач. Повністю відбившись від короткозамикача, НВЧ енергія проходить через хвильовід у зворотному напрямі і поглинається у вбудованому в НВЧ генератор вентилі. В результаті інтерференції падаючої і відбитої хвиль у лінії встановлюється режим стоячих хвиль, тобто в даному випадку відстань між сусідніми мінімумами дорівнює половині довжини хвилі в хвильоводі. У хвильоводі прорізано щілину, в якій розташований детектор, що збуджується електричним полем коливання. При переміщенні короткозамикача напруга, що наводиться на нерухомому зонді, змінюється відповідно до розподілу поля уздовж хвильоводу. Відлічивши за шкалою положення короткозамикача у двох сусідніх мінімумах, визначається довжина хвилі в хвильоводі. Недоліком цього способу є неможливість виготовлення такого короткозамикача у МДХ з причини того, що він заповнений діелектриком.

В основу винаходу поставлено задачу розробки способу визначення довжини хвилі у МДХ, який реалізується шляхом використання нерухомого короткозамикача, що підвищить якість визначення довжини хвилі у хвильоводі.

Метод вимірювання довжини хвилі заснований на використанні дводетекторного хвильовідно-щілинного перетворювача (ХЩП).

Дводетекторний перетворювач виконаний у вигляді відрізка хвильоводу прямокутного перерізу з двома щілинами, прорізними в його широкій стінці, які зв'язують хвильоводи детекторних головок (датчиків потужності) з основним трактом (див. схематичне креслення).

Одна зі щілин - поперечна, інша - подовжня. Центри щілин зв'язку розташовані в одній поперечній площині. Фазовий зсув між відгалужуваними хвилями дорівнює 90° на будь-якій частоті діапазону хвильоводу.

При квадратичному детектуванні НВЧ сигналів, що відгалужуються в датчики потужності, напруги з діодів головок мають вигляд:

$$U_1 = \frac{k_1 E_r^2 \left(1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos \left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} \right) \right)}{1 + \Gamma_r^2 \Gamma^2 - 2\Gamma_r \Gamma \cos \left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} + \varphi_r \right)}, \quad (1)$$

$$U_2 = \frac{k_2 E_r^2 \left(1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} \right) \right)}{1 + \Gamma_r^2 \Gamma^2 - 2\Gamma_r \Gamma \cos \left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} + \varphi_r \right)}, \quad (2)$$

де U_1, U_2 - напруги, що знімаються з діодів детекторних головок;

$\Gamma, \varphi, \Gamma_r, \varphi_r$ - модулі і аргументи комплексних коефіцієнтів віддзеркалення (ККО) навантаження ХЩП і виходу генератора, відповідно. При цьому фаза ККО виходу генератора приведена до площини розташування центрів щілин зв'язку;

k_1, k_2 - коефіцієнти передачі детекторних головок;

5 E_r^2 - квадрат модуля комплексної нормованої амплітуди хвилі генератора;

L - відстань від центрів щілин зв'язку до вихідного фланця ХЩП;

λ_B - довжини хвилі в хвилеводі.

Множники $k_1 E_r^2$ і $k_2 E_r^2$ можна виключити, якщо провести калібрування вимірника по погодженому навантаженню, для якого $\Gamma = 0$. При цьому отримаємо два калібрувальні рівняння:

10 $U_{1k} = k_1 E_r^2, U_{2k} = k_2 E_r^2, (3)$

де U_{1k}, U_{2k} - напруги, що знімаються з діодів детекторних головок при підключенні погодженого навантаження.

У результаті спільного вирішення вимірювальних (1), (2) і калібрувальних (3) рівнянь отримаємо:

15
$$\frac{U_1}{U_{1k}} = \frac{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)}{1 + \Gamma_r^2 \Gamma^2 - 2\Gamma_r \Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} + \varphi_r\right)}, (4)$$

$$\frac{U_2}{U_{2k}} = \frac{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)}{1 + \Gamma_r^2 \Gamma^2 - 2\Gamma_r \Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B} + \varphi_r\right)}. (5)$$

Вимірюваний параметр - довжина хвилі λ_B у плоскому металодіелектричному хвилеводі - може бути визначений з вирішення рівнянь (4, 5). Щоб результат виміру не залежав від ККО генератора, розділимо рівняння (4) на рівняння (5):

20
$$\frac{\frac{U_1}{U_{1k}}}{\frac{U_2}{U_{2k}}} = \frac{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)}{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos\left(\varphi + \frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)}. (6)$$

При під'єднуванні короткозамикаючої пластини з параметрами $\Gamma = 1, \varphi = 180^\circ$ до вихідного фланця ХЩП ліва частина рівняння (6), визначувана величинами безпосередньо вимірюваних напруг, буде дорівнювати:

$$\frac{\left(\frac{U_1}{U_{1k}}\right)}{\left(\frac{U_2}{U_{2k}}\right)} = \frac{1 - \cos\left(\frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)}{1 + \cos\left(\frac{4\pi L}{\lambda_B}\right)} = \frac{\sin^2\left(\frac{2\pi L}{\lambda_B}\right)}{\cos^2\left(\frac{2\pi L}{\lambda_B}\right)} = \operatorname{tg}^2\left(\frac{2\pi L}{\lambda_B}\right),$$

25 звідки

$$\lambda_B = \frac{2\pi L}{\operatorname{arctg}\left(\sqrt{\frac{\left(\frac{U_1}{U_{1k}}\right)}{\left(\frac{U_2}{U_{2k}}\right)}}\right)}. (7)$$

Знаючи розмір L і вимірявши напруги з детекторних головок при калібруванні по погодженому навантаженню і при під'єднуванні короткозамикача, визначаємо довжину хвилі λ_B .

30 Таким чином, запропоновано спосіб визначення довжини хвилі у МДХ, для реалізації якого використаний нерухомий короткозамикач і погоджене навантаження. Це дозволяє визначити довжину хвилі у МДХ будь-якого типу і дає можливість автоматизувати процес вимірювання в смузі частот хвилеводу.

Технічний результат полягає у можливості вимірювання довжини хвилі у будь-якому заповненому діелектриком хвилеводі.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

Спосіб визначення довжини хвилі у металодіелектричному хвилеводі, що включає аналіз результатів вимірювання сигналів з датчиків потужності, який **відрізняється** тим, що у зазначеному хвилеводі прямокутного перерізу прорізують у його широкій стінці поперечну та подовжню щілини зв'язку, які зв'язують хвилеводи розміщених в щілинах детекторних головок, які є датчиками потужності, з основним трактом хвилевідно-щілинного перетворювача, центри щілин зв'язку розташовують в одній поперечній площині на відповідній відстані від кінця хвилеводу таким чином, щоб фазовий зсув між відгалужуваними хвилями складав 90° на будь-якій частоті діапазону хвилеводу, сигнали з датчиків потужності вимірюють при послідовному підключенні погодженого навантаження і короткозамикача, а довжину хвилі $\lambda_{\text{в}}$ визначають за

10

формулою:

15

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{2\pi L}{\arctg \left(\sqrt{\frac{\left(\frac{U_1}{U_{1k}} \right)}{\left(\frac{U_2}{U_{2k}} \right)}} \right)},$$

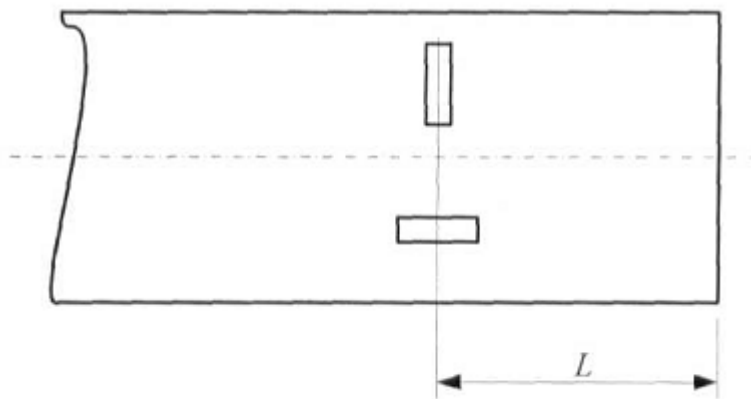
де

L - відстань від центрів щілин зв'язку до вихідного фланця хвилевідно-щілинного перетворювача;

20

U_1, U_2 - напруги, що знімаються з датчиків потужності при підключенні короткозамикача;

U_{1k}, U_{2k} - напруги, що знімаються з датчиків потужності при підключенні погодженого навантаження.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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