



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83005** (13) **C2**
(51) **МПК (2006)**
G01R 21/00
H01P 1/00
H01P 3/00
G01R 29/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХВИЛЕВІДНИХ КВАЗІТОЧКОВИХ ДАТЧИКІВ ПРОХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ НВЧ ВОЛКОВА

1

2

(21) a200502535

(22) 21.03.2005

(46) 10.06.2008, Бюл.№ 11, 2008 р.

(72) ВОЛКОВ ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, UA,
ЖАРКО ЮРИЙ ГРИГОРОВИЧ, UA, ЗАЙЧЕНКО
ОЛЬГА БОРИСІВНА, UA

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИ-
ТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, UA

(56) UA 29881 від 15.06.2001

SU 356578 від 05.01.1973

SU 363050 від 01.03.1973

SU 372518 від 19.05.1973

Єгорова А.Б., Захарова І.П. Определение коэф-
фициентов передачи каналов многозондовых
средств измерения СВЧ диапазона. Радиотехника.
Республ. межвед. научн.-техн. сборник, 1988.-
Вип.85.-С.63-67

В. Мыльников В. Микроволновый мультиметр вы-
сокого уровня мощности//Измерительная техника.-
№2.-1994.- С.60-62

(57) Спосіб ідентифікації коефіцієнтів перетворен-
ня каналів хвилевідних точкових датчиків прохідної
потужності НВЧ, який передбачає регулювання
коефіцієнта перетворення датчиків та сигналів в
хвилеводі з урахуванням розподілу електромагніт-
ного поля, який **відрізняється** тим, що режим іде-
нтифікації коефіцієнтів перетворення каналів і ка-
лібровки здійснюють при умові розташування
датчиків в додатково виконаних отворах і посадо-
чних місцях врівень з внутрішньою поверхнею
хвилеводу в одному поперечному перерізі тієї його
стілки, в якій розподіл електромагнітного поля і
потужності постійні, а робочі отвори і посадочні
місця при цьому закриті заглушками.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки
НВЧ і може бути використаний при створенні дис-
кретних вимірювальних ліній та багатозондових
мікрохвильових мультиметрів (БММ), призначених
для комплексного вимірювання і контролю пара-
метрів сигналів і НВЧ трактів при великих та над-
великих потужностях в прямокутних хвилеводах з
хвилею H_{mn} : падаючої, відбитої та прохідної поту-
жності, довжини хвилі, модулю та фази коефіцієн-
та відбиття навантаження в різних потужних ра-
діоелектронних системах: радіолокаційних,
радіонавігаційних, зв'язкових і радіотелевізійних
станціях, прискорювачах заряджених частинок,
установках НВЧ нагрівання і сушіння матеріалів, в
стендах випробування і тренування потужних еле-
ктронних приладів (магнетронів, кластерів, амплі-
тронів, тощо), в метрологічних лабораторіях.

Є відомим чотирьохзондовий спосіб вимірю-
вання, що покладений в основу роботи мультиме-
тра високого рівня потужності [В. Мыльников «Ми-
кроволновый мультиметр высокого уровня

мощности» // ж-л «Измерительная техника». 1994,
№2, с. 60-62], де як зонди використані мікродротя-
ні високостабільні болометри. Суть способу поля-
гає у тому, що уздовж осі хвилеводу на відстані
 $\lambda_B/8$ один від одного розташовують чотири одна-
кових зонда, які не збурюють поле хвилеводу. Ви-
хідний сигнал кожного з зондів U_i пропорційний
квадрату напруженості поля у тій точці, де він роз-
міщений. Він визначається рівнем потужності ге-
нератора і ступенем неузгодження навантаження і
тоді фактично дискретні відліки неявно відтворюю-
ть стоячу хвилю в хвилеводі. Потім за допомогою
обчислювальних засобів, у тому числі, комп'юте-
рів, сигнали дискретно розташованих уздовж хви-
леводного тракту датчиків потужності прохідного
типу оброблюють за алгоритмами або формулами,
які одержані від рішення системи рівнянь сигналів
цих датчиків. В загальному випадку вихідні сигна-
ли визначаються за формулою:

(13) **C2**

(11) **83005**

(19) **UA**

$$U_i = S_i P_0 \left[1 + |\Gamma_H|^2 + 2|\Gamma_H| \cos(\varphi_H) + \varphi_i \right],$$

де U_i - сигнали датчиків потужності,
 P_0 - падаюча з генератора потужність,
 $|\Gamma_H|$ - модуль коефіцієнта відбиття,
 φ_H - фаза коефіцієнта навантаження,
 φ_i - фазовий зсув, притаманний кожному датчику відносно площини відліку,
 S_i - чутливість або коефіцієнт перетворення кожного датчика.

При реалізації багатозондового методу структурно-алгоритмічними засобами найкращих результатів по точності можна досягти, якщо значення S_i однакові для усіх датчиків в діапазоні робочих потужностей і частот, включно технологічний розкид амплітудно-частотних характеристик з одного боку, а також похибка геометричного встановлення їх в хвилеводі, тобто забезпечення однакового ступеня зв'язку датчиків з електромагнітним полем хвилеводу. Якщо не вдається цього досягти конструктивними способами, тоді розробники повинні визначити чутливість кожного датчика при виконанні процедури калібрування, а потім враховувати одержаний розкид S_i алгоритмічним шляхом.

В наведеному аналогу як датчики використані мікродротяні високостабільні болометри. В інших роботах описані приклади використання термісторів та детекторів. Визначити чутливості болометрів в схемах заміщення постійним струмом автору статті вдалося з мінімальною похибкою 3-4%, мінімальний технологічний розкид можна одержати з похибкою $\pm 3\%$. Ці числові значення похибок не можна вважати задовільними.

Найбільш близькі способи визначення, тобто, ідентифікації характеристик датчиків наведені в [статті А.Б. Єгорова і І.П. Захарова «Определение коэффициентов передачи каналов многозондовых средств измерения СВЧ диапазона» (Радиотехника. Республ. межвед. научн.-техн. сборник. - 1988. Вип. 85. - С. 63-67)]. Перший з них - метод узгодженого навантаження - не дає необхідної точності ідентифікації характеристик, - так, при порівняно доброму узгодженні ($K_{схн}=1,05$) похибка сягає 10%. Це суттєвий недолік.

Другий - метод максимуму - передбачає зміну фази коефіцієнта відбиття навантаження за допомогою фазообертача таким чином, щоб максимум напруженості поля почергово штучно попадав на кожний датчик. Тоді похибка знижується приблизно в 2-4 рази, але для застосування методу потрібні фазообертач, здатний працювати на великих потужностях, що являє собою складну і до того ж дорого задачу. Це також суттєвий недолік.

Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонованого винаходу є третій - метод детермінованого навантаження. Він для використання потребує знання або ж попереднього точного вимірювання модулю і фази коефіцієнта відбиття навантаження і відповідно фазових відстаней до кожного датчика від умовної площини початку обліку. Використовуючи розрахунки і фазообертач, що регулюється, можна зменшити похибку ідентифікації характеристик до малих прийнятних зна-

чень, але знов таки реалізувати цей метод на великих потужностях вкрай дорого і складно, а на надвеликих потужностях зовсім неможливо, що і являється його недоліком, а також усе таки низька точність ідентифікації характеристик.

Технічною задачею винаходу є підвищення точності визначення (ідентифікації) амплітудно-частотних характеристик прохідної потужності.

Ця задача вирішена таким чином. У способі ідентифікації амплітудно-частотних характеристик хвилеводних квазіточкових датчиків прохідної потужності НВЧ Волкова, який передбачає регулювання коефіцієнта перетворення датчиків та сигналів в хвилеводі з врахуванням розподілу електромагнітного поля, згідно винаходу режим ідентифікації і калібрування здійснюються при умові розташування датчиків в додатково виконаних отворах і посадочних місцях врівень з внутрішньою поверхнею хвилеводу в одному поперечному перерізі тієї його стінки, в якій розподіл електромагнітного поля і потужності постійні, а робочі отвори і посадочні місця при цьому закриті заглушками.

Розглянемо більш докладніше цей спосіб.

На Фіг.1 зображено позиції датчиків прохідної потужності і заглушок на хвилеводі режимі калібрування.

На Фіг.2 зображено позиції датчиків і заглушок в робочому режимі.

Головною причиною труднощів ідентифікації характеристик датчиків на великих потужностях можна вважати те, що датчики, які розглядалися вище в аналогах і прототипі, конструктивно являють собою фіксовані елементи, що не підлягають регулюванню та взаємозаміні і тому процедура ідентифікації виконується в умовах, коли не можна створити ідеальну біжучу хвилю, яка б діяла на всі датчики однаково. Якщо ж як датчики застосувати універсальні датчики прохідної потужності НВЧ Волкова [патент України, №29881. - Заяв. 30.09.97. - №97049883; опубл. 15.06.2001. Бюл. №5], то задачу ідентифікації можна спростити. Для них розглянуті методи також будуть справедливими, але враховуючи, те що згадані датчики є універсальними і взаємозамінними, спосіб ідентифікації їх характеристик можна значно покращити. Для цього потрібно знайти спосіб розташування всіх датчиків прохідної потужності; який би забезпечив рівність значень потужності в місцях їх установки або знання кожного з них, якщо вони відмінні між собою. Але, як вказано вище, це дуже складно.

Сутність винаходу полягає в пошуку місць однакових значень потужності в хвилеводах при довільних значеннях частоти та модулю і фази коефіцієнта навантаження і встановивши в цих місцях датчики, провести ідентифікаційні вимірювання. Для цього потрібно проаналізувати внутрішній розподіл електромагнітного поля в хвилеводах.

При розповсюдженні в прямокутних хвилеводах хвиль H_{m0} по їх вузьким стінкам немає періодичності, про що свідчить індекс «нуль» і так само, якщо розповсюджуються хвилі H_{0n} , то немає періодичності по широким стінкам. Ці факти добре відображені в електродинаміці та теорії електромагнітного поля. Тож, якщо встановити досліджувані

датчики в одній площині перерізу хвилеводу на вузькій стінці в першому випадку, або на широкій в другому, можна вважати, що вони знаходяться під дією одного і того ж значення потужності незалежно від ступеню неузгодження навантаження.

Для реалізації ідеї винаходу на цих стінках додатково потрібно зробити кілька (по кількості в приладі датчиків) додаткових калібровочних отворів і посадочних місць на цих стінках, закривши робочі отвори додатково виготовленими заглушками. Фіг.1 і 2 ілюструють приклад такого виготовлення НВЧ блоку 3х зондового мікрохвильового мультиметра, який призначений для контролю режиму роботи потужної установки для сушіння матеріалів на фіксованій частоті 1245МГц. На першому фото показана диспозиція датчиків і заглушок при калібруванні, а на другому вже в робочому режимі, коли датчики розташовані вздовж хвилеводу, в якому розповсюджується хвиля Н₁₀.

Головною конструктивною умовою при реалізації запропонованого способу є точне встановлення (загвинчування) датчиків і заглушок врівень з внутрішньою поверхнею стінок хвилеводу.

Електричну ідентифікацію виконують наступним чином:

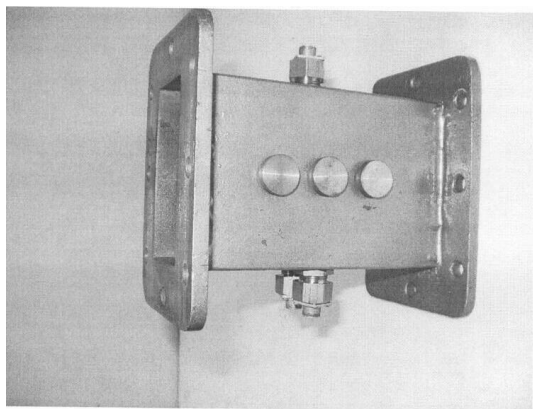
- включають генератор потужності і регулюють її значення до максимуму, використовуючи в якості навантаження зразковий ватметр, наприклад, калориметричного типу; при цьому бажано виставити таке значення, яке відповідає (встановити) од-

ному з ряду преференційних чисел (1; 1,5; 2,5 ...) $\times 10^{\pm n}$, де n - ціле число;

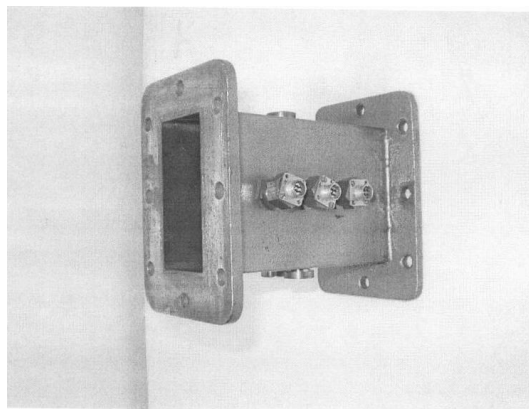
- витримують необхідний час для стабілізації режиму роботи, потім приступають до регулювання коефіцієнта перетворення кожного каналу до вибраного номінального значення, змінюючи коефіцієнт підсилення чи ослаблення відповідного каналу, використовуючи для цього високочастотний зовнішній вольтметр постійної напруги. Таким чином, похибку ідентифікації можна зменшити до (0,5-1)% в залежності від типу зразкового ватметра.

Знижуючи рівень потужності до мінімуму потім перевіряють неідентичність амплітудних характеристик датчиків і підраховують середньоквадратичне відхилення (СКВ).

Якщо потрібно ідентифікувати характеристики датчиків без електронного блока мультиметра, то згадане регулювання виконують за допомогою резистивних діляників. В цьому випадку коефіцієнт перетворення або чутливість датчика можна паспортизувати. А якщо цю процедуру виконати на різних хвилеводах і частотах і також паспортизувати значення коефіцієнта перетворення в широкому спектрі частот, то датчик стає універсальним. Завдяки таким відмінним якостям датчиків і запропонованому засобу ідентифікації їх характеристик, вимірювальна техніка НВЧ буде мати значно вищий рівень.



Фіг.1



Фіг.2