



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38413 (13) A

(51) 7 G01R21/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) КАЛОРИМЕТР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НВЧ ПОТУЖНОСТІ

(21) 2000063863

(22) 30.06.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Водотовка Володимир Ілліч, Репа Федір Михайлович

(73) Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

(57) Калориметр для вимірювання НВЧ потужності, що містить калориметричне навантаження з нагрівачем і термобатарею, включеними в замкнену гідросистему, попередній підсилювач та підсилю-

вач потужності, перший та другий параметричні модулятори, обчислювально-керуючий блок (ОКБ) та індикатор, який відрізняється тим, що вихід термобатареї з'єднаний з послідовно включеними попереднім підсилювачем, першим модулятором, підсилювачем потужності, другим модулятором, вихід якого з'єднано з нагрівачем, вихід підсилювача потужності з'єднано зі входом ОКБ через загальну шину (ЗШ) і введений аналого-цифровий перетворювач (АЦП), причому керуючі входи першого і другого модуляторів з'єднані через ЗШ і АЦП з ОКБ, вихід якого ЗШ з'єднано з індикатором.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, а саме, - до пристроїв вимірювання потужності НВЧ сигналів.

Відомий калориметр для вимірювання НВЧ потужності, який містить калориметричне навантаження з нагрівачем і термобатарею, що включені в замкнену гідросистему та індикатор (див., наприклад, Билько М.И., Томашевский А.К. Измерение мощности на СВЧ. - М.: Радио и связь, 1986. - 168 с.).

Згаданий вимірювач НВЧ потужності характеризується, в основному, такими недоліками:

- адитивною похибкою, що зумовлена неідентичністю робочого ("гарячого") і опорного ("холодного") каналів гідросистеми, яка випадково змінюється за рахунок флуктуацій температури теплоносія, а також його щільності і теплоємності;
- низькою швидкістю (швидкістю вимірювань), що зумовлена ручними операціями встановлення нуля і калібрування.

Найбільш близьким за суттю до технічного рішення є калориметр для вимірювання НВЧ потужності з автоматичною корекцією похибки (див., наприклад, а. с. № 832486 (СРСР), Водотовка В.И., Грудев К.Л. Калориметрический измеритель сверхвысокочастотной мощности. - Опубл. Б.И. № 19. - 23.05.1981) - прототип.

Вказаний пристрій містить калориметричне навантаження, нагрівач і термобатарею, що включені в замкнену гідросистему, керований підсилювач та підсилювач потужності, два параметричних модулятора і обчислювально-керуючий блок (ОКБ), один вихід якого з'єднаний з індикатором.

Корекція адитивної похибки пристрою здійснюється шляхом ітераційного керування керованим підсилювачем по деякому критерію  $\varepsilon$ , що визначається обчислювальним блоком. Мультиплікативна похибка виключається шляхом обчислення поточного значення загального коефіцієнта перетворення, яке виконується після закінчення ітераційного процесу корекції адитивної похибки. Сама вимірювальна величина визначається як відношення коректованого значення вихідної величини до поточного значення загального коефіцієнта перетворення пристрою.

Ряд недоліків обмежують точність і швидкість вказаного пристрою. До них входять наступні.

Критерій керування  $\varepsilon \rightarrow 0$  є наближенням, оскільки відповідає приведенню в описі винаходу властивостям функції відносної чутливості в диференціальній формі. Насправді, за прототипом обчислювально-керуючий блок (ОКБ) визначає функції відносної чутливості в кінцевих приростах вихідної величини і параметрів  $K$  і  $\beta$ , оскільки не уявляється можливим здійснити математичну операцію диференціювання  $\partial U/\partial K$ ,  $\partial U/\partial \beta$  вихідної величини по параметрах  $K$  і  $\beta$ . Отже, перехід від диференціальних значень до кінцевих приростів обумовлює неточність корекції адитивної похибки пристрою.

Крім того, залишкова адитивна похибка обумовлена також похибкою статизму в контурі керування підсилювачів.

Обчислення поточного значення загального коефіцієнта перетворення і величини, що вимірюється, також проводиться з похибкою через пред-



де  $\delta$  - приведена до виходу підсилювача потужності 8 адитивна похибка.

Звідки вихідна потужність підсилювача потужності 8 дорівнює

$$P_1 = \frac{K \cdot P_{HBЧ} + \delta}{1 - K \cdot \beta}, \quad (1)$$

Положенню "б" перемикача 16 першого модулятора 7 відповідає наступне значення вихідної потужності підсилювача потужності 8

$$P_2 = \frac{K \cdot q_k \cdot P_{HBЧ} + \delta}{1 - K \cdot \beta \cdot q_k}. \quad (2)$$

Положенню "б" перемикача 19 другого модулятора відповідає значення вихідної потужності підсилювача потужності 8 у вигляді

$$P_3 = \frac{K \cdot P_{HBЧ} + \delta}{1 - K \cdot \beta \cdot q_\beta}. \quad (3)$$

При умові  $q_k = q_\beta = q$ , що виконується у випадку, коли  $\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_3 + R_H}{R_4 + R_H}$ , вирази (1-3) утворюють систему рівнянь, розв'язком якої відносно вимірюваної величини  $P_{HBЧ}$

$$P_{HBЧ} = \frac{P_2 - P_3}{P_1 - P_3} \cdot P_1 \cdot \beta.$$

З урахуванням того, що значення вихідної потужності  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , підсилювача 8 визначаються через відповідні значення його вихідної напруги  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ , і опорів його навантаження

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_3 + R_H}, P_2 = \frac{U_2^2}{R_3 + R_H}, P_3 = \frac{U_3^2}{R_4 + R_H}, \quad (4)$$

а величина  $P_{HBЧ}$  що вимірюється, з урахуванням (4) дорівнює

$$P_{HBЧ} = \frac{U_1^2 (U_2^2 - U_3^2 \cdot q)}{U_1^2 - U_3^2 \cdot q} = \frac{U_1^2 \cdot \beta}{R_4 + R_H}. \quad (5)$$

Тобто вимірювана величина  $P_{HBЧ}$  може бути визначена через виміряні значення вихідної напруги  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  і відомі постійні величини  $R_3$ ,  $R_H$ ,  $q$ ,  $\beta$  або за значеннями високоточних опорів  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_H$ .

До співвідношення (5) не входять нестабільні параметри перетворення, що визначають мультиплікативну похибку - витрати теплоносія  $F$ , його питома теплоємність  $C$  і щільність  $D$ , чутливість термобатареї  $K_3$ , коефіцієнт підсилення  $K_4$  попереднього підсилювача 6, коефіцієнт передачі  $K_5$  підсилювача потужності 8, а також похибка нуля  $\Delta P$  або адитивна похибка.

Вимірювальний цикл складається з трьох тактів, черговість і тривалість яких визначається послідовністю і тривалістю керуючих імпульсів, що поступають на керуючі входи параметричних модуляторів 7 і 9 від ОКБ 11.

В першому робочому такті ОКБ 11 встановлює перемикачі 16 і 19 параметричних модуляторів 7 у 9 в положення "а" і вносить в свою оперативну пам'ять значення напруги  $U_1$ .

У другому такті ОКБ 11 встановлює перемикач 16 першого модулятора 7 в положення "б". Значення напруги  $U_2$ , запам'ятовується оперативною пам'яттю ОКБ 11. Перемикач 16 встановлюється знову в положення "а".

У третьому такті ОКБ 11 встановлює перемикач 19 другого модулятора 9 в положення "б". Значення напруги  $U_3$ , запам'ятовується, а перемикач 19 встановлюється в початкове положення "а".

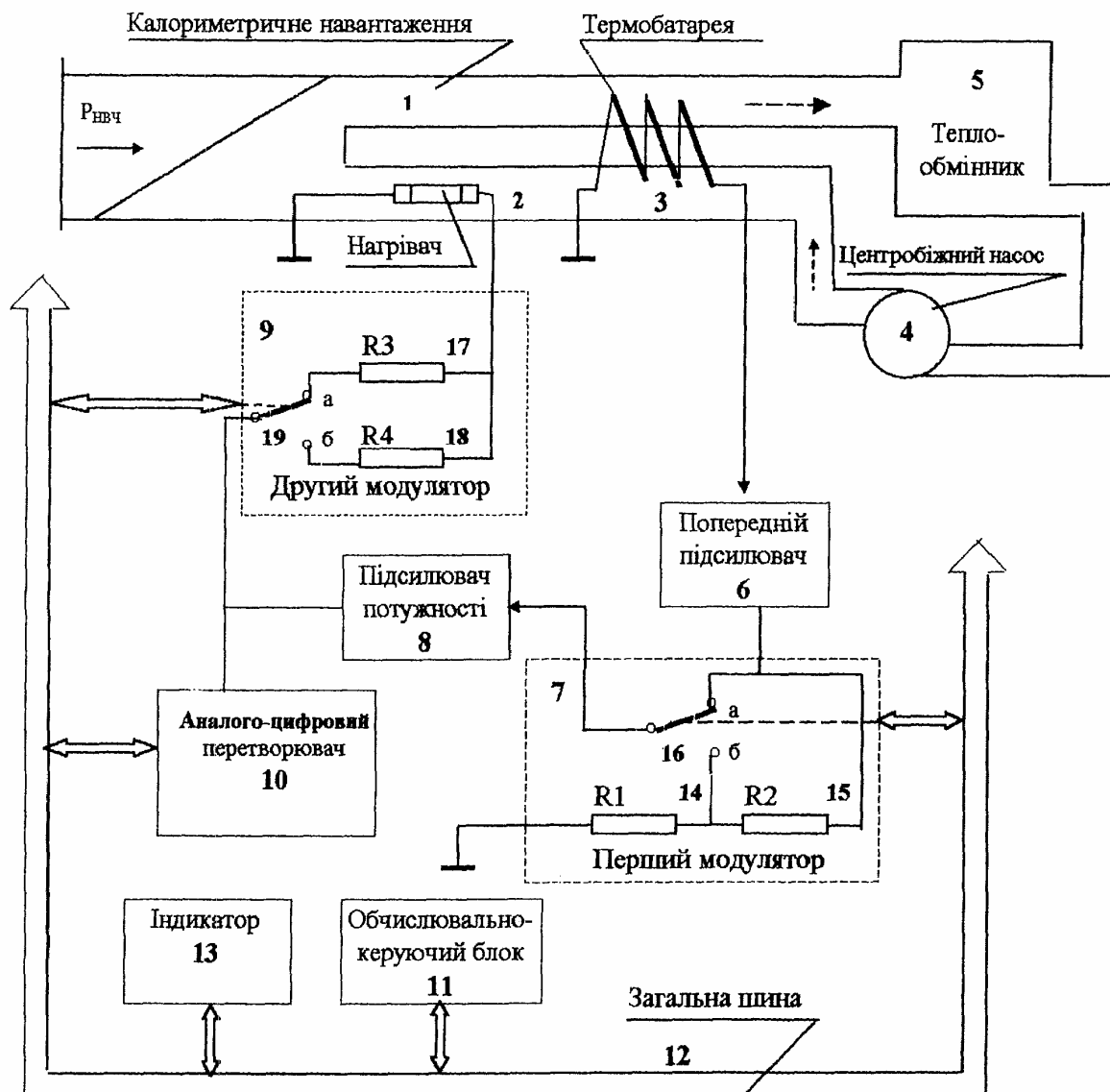
Потім ОКБ 11, використовуючи внесені в його оперативну пам'ять значення напруг  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ , і внесені в його постійну пам'ять значення величин  $R_H$ ,  $q$ ,  $\beta$ , проводить обчислення вимірюваної величини  $P_{HBЧ}$  і виводить результат на індикатор 13.

Таким чином, у запропонованому пристрої вирішена задача підвищення точності і швидкодії.

Підвищення точності зумовлено показаною можливістю точного визначення вимірюваної величини через кінцеві прирости цієї величини. Дійсно, дослідження останнього виразу як функції  $P_{HBЧ} = f(U_1, U_2, U_3, q, \beta, R_H)$  показало, що вимірювана величина позитивна, існує при всіх значеннях  $q > 0$ . У відомому пристрої підвищення точності вимірювання обмежено, оскільки точне визначення вимірюваної величини можливе лише при нескінченно малих значеннях величини  $1 - q$ , тобто при  $q \rightarrow 1$ .

Збільшення швидкодії досягнуто завдяки тому, що вимірювання проводиться за один цикл параметричної модуляції, в той час як у відомому пристрої для досягнення значення  $\varepsilon \approx 0$  потрібно декілька таких циклів і тим більше, ніж менше вибране значення  $1 - q$ .

Калориметр для вимірювання НВЧ потужності має такі характеристики: діапазон вимірювання 1-600 Вт, похибка на верхній межі вимірювання менша за  $\pm 1,5\%$ , швидкодія становить 2 вимірювання/хвилину - ці показники приблизно в два рази кращі за характеристики відомих калориметрів для вимірювання НВЧ потужності.



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
 Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
 (044) 268-25-22