



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36607 (13) A

(51) 6 G01R21/133

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЛІЧИЛЬНИК ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ НВЧ

(21) 2000010165

(22) 11.01.2000

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Водотовка Володимир Ілліч, Коробко Іван Васильович, Репа Федір Михайлович

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

(57) Лічильник витрат енергії НВЧ, що містить НВЧ-перемикач, керований вхід якого через виконуючий пристрій підключено загальною шиною (ЗШ) до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), а вихід - до першого мосту, плечі якого утворені трьома опорами та термістором, до вимірювальної діагоналі якого послідовно підключені імпульсний підсилювач, детектор та генератор керованої частоти, лічильник імпульсів, який своїми

виходами через перший та другий реєстри ЗШ-ою підключено до ЕОМ, який відрізняється тим, що в нього введено другий міст, три плеча якого утворені опорами, четверте - першим мостом, причому в вимірювальну діагональ другого мосту послідовно включені введені джерело змінної напруги та керований вимикач, перший та другий входи якого, відповідно, через введені другий виконуючий пристрій та аналого-цифровий перетворювач підключено ЗШ-ою до ЕОМ, а друга його діагональ з'єднана з лічильником імпульсів та виходом введеного нормалізатора рівня імпульсів, вхід якого з'єднано з виходом генератора керованої частоти, який одночасно з'єднано з синхронізуючим входом детектора, та напрямлений відгалуджувач витраченої енергії НВЧ, вихід вторинного плеча якого підключено до входу НВЧ-перемикача.

Винахід відноситься до контрольно-вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання та оптимізації роботи радіотехнічних систем технологічної обробки матеріалів.

Високий енергетичний потенціал мікрохвильового технологічного обладнання не може бути повністю використаний, якщо на всіх стадіях обробки матеріалу електромагнітним полем (ЕМП) надвисоких частот (НВЧ) не контролюються параметри як самого матеріалу, так і технологічного обладнання. Інформація про витрачену технологічним обладнанням від НВЧ генератора енергію необхідна для визначення найменш енергоємних режимів обробки матеріалів в ЕМП НВЧ.

Відомий пристрій для вимірювання потужності НВЧ (енергія, поділена на одиницю часу), що вміщує термісторний міст, який збалансовано до подачі НВЧ потужності, реверсивний лічильник (РЛ), який показує нуль при співпадінні частоти допоміжного генератора, сигнал якого подано на прямий вхід РЛ і частоти сигналу зворотного зв'язку (ЗЗ) генератора керованої частоти (ГКЧ), який подано на зворотній вхід. Після включення НВЧ потужності термісторний міст автоматично збалансується сигналом ЗЗ при новому значенні частоти ГКЧ. Різниця двох значень частот, на яких був збалансований термісторний міст пропорційна витраченій НВЧ енергії на розігрів термістора [див., напри-

клад, Билько М.И., Томашевский А.К., Шаров П.П., Баймуратов Е.А. Измерение мощности на СВЧ. - М.: Сов. радио, 1976. - С.53-55].

Недоліком пристрою є низька точність вимірювання потужності НВЧ, за рахунок похибок перетворення НВЧ потужності в проміжний параметр - частоту чергування імпульсів, а лише потім - перетворення параметру в цифровий код.

Відомий пристрій для визначення потужності НВЧ, який вміщує термісторний міст, вимірювальна діагональ якого з'єднана з формуючим блоком, а друга підключена через імпульсний підсилювач, амплітудний детектор, ГКЧ та розрахунковий блок до входу реверсивного лічильника [див., наприклад, А.С. № 1101752 СССР, кл. G01R21/04, опуб. 07.07.84]. Недоліком пристрою є низька точність вимірювання потужності НВЧ, викликана зміною температури середовища та іншими збурювальними факторами.

Відомий цифровий вимірювач малих рівнів потужності НВЧ [див., наприклад, А.С. № 873143 СССР, МКІ³ G 01R21/04, опубл. 15.10.81], взятий за прототип, що містить НВЧ-перемикач, керований вхід якого через виконуючий пристрій підключено загальною шиною (ЗШ) до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), а вихід - до першого мосту, плечі якого утворені трьома опорами та термістором, до вимірювальної діагоналі якого

(19) UA (11) 36607 (13) A

послідовно підключені імпульсний підсилювач, детектор та генератор керованої частоти, лічильник імпульсів, який своїми виходами через перший та другий регістри ЗШ-ою підключено до ЕОМ.

Однак у відомому пристрої не вирішені задачі точного вимірювання витраченої енергії та потужності НВЧ із-за адитивної похибки вимірювання, пов'язаної з дією температури навколишнього середовища на термістор та повної корекції мультиплікативної похибки, обумовленої нестабільністю вимірювального каналу.

В результаті невисокої точності вимірювання потужності достовірність визначення витраченої енергії НВЧ генератором залишається низькою.

В основу винаходу покладено задачу розробки такого пристрою для вимірювання витрат енергії НВЧ, який з введенням нових елементів та зв'язків дозволить незалежно від ступеня нестабільності параметрів вимірювальної схеми підвищити точність її вимірювання.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій вимірювання потужності НВЧ, що містить НВЧ-перемикач, керований вхід якого через виконуючий пристрій підключено загальною шиною (ЗШ) до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), а вихід - до першого мосту, плечі якого утворені трьома опорами та термістором, до вимірювальної діагоналі якого послідовно підключені імпульсний підсилювач, детектор та генератор керованої частоти, лічильник імпульсів, який своїми виходами через перший та другий регістри ЗШ-ою підключено до ЕОМ, новим є те, що введені нові елементи та зв'язки - другий міст, три плеча якого утворені опорами, четверте - першим мостом, причому в вимірювальну діагональ другого мосту послідовно включені введені джерело взірцевої напруги та керований вимикач, перший та другий входи якого, відповідно, через введені другий виконуючий пристрій та аналого-цифровий перетворювач підключено ЗШ-ою до ЕОМ, а друга його діагональ з'єднана з лічильником імпульсів та виходом введенного нормалізатора рівня імпульсів, вхід якого з'єднано з виходом генератора керованої частоти та з синхронізуючим входом детектора, та введений напрямлений відгалужувач витраченої енергії НВЧ, вихід вторинного плеча якого підключено до входу НВЧ-перемикача.

Введення в схему пристрою вказаних додаткових елементів та зв'язків забезпечує високу точність та достовірність показу лічильника витрат енергії НВЧ. Сутність запропонованого винаходу пояснює графічний матеріал (див.фиг), на якому зображена функціональна схема лічильника витрат енергії НВЧ.

Лічильник витрат енергії НВЧ містить НВЧ-перемикач 1, керуючий вхід якого через перший виконуючий пристрій 2 підключено ЗШ-ою 3 до ЕОМ 4, а вихід - до першого мосту 5, плечі якого утворені трьома опорами та термістором 6, до вимірювальної діагоналі якого послідовно підключені імпульсний підсилювач 7, детектор 8 та генератор керованої частоти 9, лічильник імпульсів 10, який своїми виходами через перший 11 та другий 12 регістри ЗШ-ою 3 підключено до ЕОМ 4, другий міст 13, три плеча якого утворені опорами, четверте - першим мостом 5, причому в вимірювальну діагональ другого мосту 13 послідовно включені

введені джерело взірцевої напруги 14 та керований вимикач 15, перший та другий входи якого, відповідно, через другий виконуючий пристрій 16 та аналого-цифровий перетворювач 17 підключено ЗШ-ою 3 до ЕОМ 4, друга його діагональ з'єднана з лічильником імпульсів 10 та виходом нормалізатора 18 рівня імпульсів, вхід якого з'єднано з виходом генератора керованої частоти 9 та з синхронізуючим входом детектора 8, напрямлений відгалужувач 19 витраченої енергії НВЧ, вихід вторинного плеча якого підключено до входу НВЧ-перемикача 1.

Лічильник витрат енергії НВЧ працює таким чином.

Падаюча на об'єкт технологічної обробки потужність НВЧ, $P_{нвч}$ відгалужується від основного тракту вторинним плечем напрямленого відгалужувача 19 і через керований першим виконуючим пристроєм 2 НВЧ-перемикач 1 подається на термістор 6.

Сигнал розбалансу першого мосту 5 знімається з вимірювальної діагоналі, підсилюється імпульсним підсилювачем 7, детектується детектором 8 (синхронним), претворюється генератором керованої частоти 9 в сигнал частоти F чергування прямокутних однополярних імпульсів, із яких в нормалізаторі 18 формуються стабільні по амплітуді U_m та тривалості t_n імпульси. Підключенням кола 33 до вимірювальної діагоналі другого мосту 13 досягається взаємна розв'язка кіл нормалізатора 19 та джерела 14 взірцевої $U_{взир}$ напруги, що дозволяє незалежно впливати на термістор потужністю джерела 14 взірцевої напруги та потужністю, що поступає на термістор через коло 33.

Кількість імпульсів, що реєструються лічильником імпульсів 10 в першому регістрі 11 за час T_m тривалості вимірювального такту при виключеному НВЧ перемикачі 1 визначається виразом, який є типовим для автобалансної структури, що стабілізує параметр - опір термістора $R_m = R_0$ в його робочій точці

$$F \cdot T_T = n(t_1) = \frac{1}{\beta} (P_H \pm \Delta P) = \frac{16R_0}{U_m^2 t_n} (P_H \pm \Delta P), \quad (1)$$

де P_H - номінальна потужність розсіювання термістора, що відповідає робочій точці на характеристиці термістора $R_m = f(P_{нвч})$, де ΔP - приведена до входу адитивна похибка нуля автобалансного кола; $\beta = \frac{U_m^2 t_n}{16R_0}$ коефіцієнт 33, який має значення

енергії одиночного прямокутного імпульса, що розсіюється термістором.

Далі в пам'ять мікропроцесора ЕОМ 4 запишемо всі стани функції вимірювального перетворення автобалансного мосту, що стабілізує параметр $R_m = R_0$ моменти часу t_1, t_2, t_3

$$n(t_1, t_2, t_3) = \begin{cases} \frac{16R_0 T_T}{U_m^2 t_n} (P_H \pm \Delta P), t_1 \\ \frac{16R_0 T_T}{U_m^2 t_n} (P_H - P_{нвч} \pm \Delta P), t_2 \\ \frac{16R_0 T_T}{U_m^2 t_n} (P_H - P_0 \pm \Delta P), t_3 \end{cases} \quad (2)$$

де $P_0 = \frac{U_{\text{вип}}^2}{16R_0}$ - потужність джерела зрізкової напру-

ги 14, що розсіюється термістором 6.

ЕОМ 4 визначає із (2) величину N , як відношення величин

$$N = \frac{n(t_1) - n(t_2)}{n(t_2) - n(t_3)} = \frac{P_{\text{НВЧ}}}{P_0} \quad (3)$$

Таким чином, у виразі (3) різницю як в чисельнику, так і в знаменнику виключаються адитивні похибки ($\pm \Delta P$) вимірювання потужності на протязі кожного часового такту вимірювання T_m , які обумовлюють похибку встановлення та стабілізацію робочої точки термістора, а при діленні виключаються нестабільності параметрів вимірювального каналу.

Мікропроцесор ЕОМ 4 визначає витрачену від генератора енергію НВЧ за проміжок часу тривалості вимірювального такту T_m

$$W_T^{\text{НВЧ}} = N \cdot T_r \cdot \frac{U_{\text{вип}}^2}{16R_0} \quad (4)$$

Кількість вимірювальних тактів n_m за весь час виконання технологічного процесу фіксується в другому регістрі 12. Значення витраченої енергії

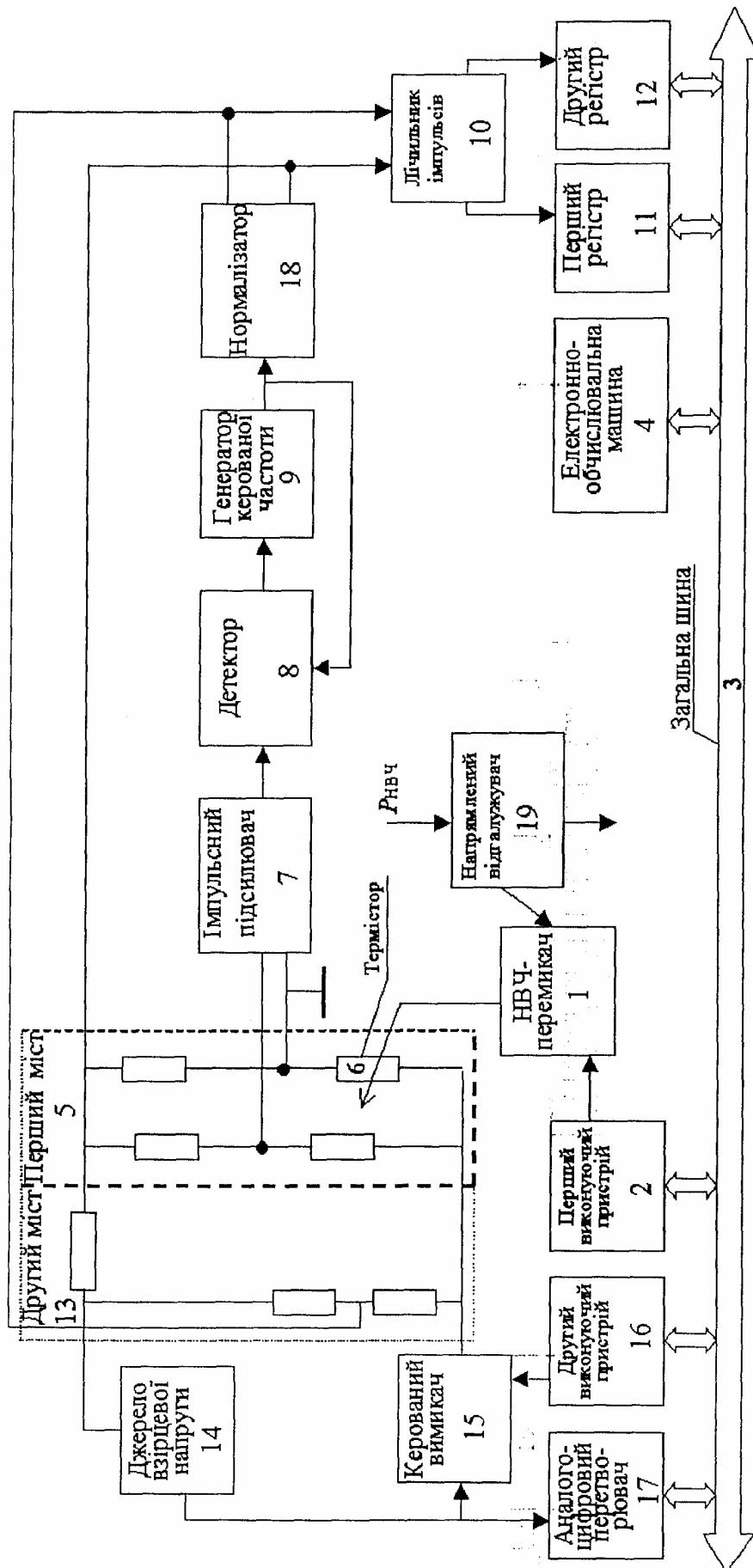
НВЧ визначаються мікропроцесором ЕОМ 4 за співвідношенням

$$W_T^{\text{НВЧ}} = N \cdot T_r \cdot \frac{U_{\text{вип}}^2}{16R_0} = S \cdot D \cdot U_{\text{вип}}^2 \cdot N \cdot n_T \text{ [Вт сек]}, \quad (5)$$

де $S = \frac{T_r}{16R_0}$ - стала розрахунку; $U_{\text{вип}}^2$, N , n_T - вели-

чини, що визначаються даним мікропроцесорним (ЕОМ) лічильником витраченої енергії НВЧ; D - безрозмірна величина перехідного послаблення напрямленого відгалужувача 19.

Величина перехідного послаблення D напрямленого відгалужувача 19 на фіксованій частоті або у вузькому діапазоні частот, які дозволені Міжнародною Електротехнічною Комісією до промислового застосування, наприклад, 2450 ± 50 МГц, може бути атестована з похибкою $\pm 0,15$ дБ при типовому послабленні, яке, практично, не менше величини 30дБ, що і визначає переважачу величину похибки, тобто менше $\pm 1\%$, лічильника витрат енергії НВЧ. Така точність вимірювання у сім разів вища, ніж її має прототип, що забезпечує високу достовірність вимірювання витрат енергії НВЧ запропонованим лічильником.



Φιλ.

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 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

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