

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 термобатареею, що включені в замкнену гідросистему та індикатор (див., наприклад, а.с. №832486 (СРСР), Водотовка В.І., Грудєв К.Л. "Калориметрический измеритель сверхвысокочастотной мощности", опубл. Б.И. №19, 23.05.1981).

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

- адитивною похибкою, що обумовлена неідентичністю робочого ("гарячого") і опорного ("холодного") каналів гідросистеми, яка випадково змінюється за рахунок флуктуації температури теплоносія, а також його щільності й теплоємності;

- низькою швидкодією (швидкістю вимірювань), що обумовлена ручними операціями встановлення нуля й калібрування.

Найбільш близьким технічним рішенням, прийнятим за прототип, є компенсаційний калориметр (див., наприклад, Билько М.И., Томашевский А.К. Измерение мощности на СВЧ. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. Стр.48 рис. 3.20.).

Враховуючи те, що калориметрична система завжди знаходиться при постійній температурі, яка близька до температури оточуючого середовища, теплообмін із середовищем мінімальний. Цей пристрій містить калориметричне навантаження, диференційну термопару, яка через послідовно включені диференційний підсилювач (ДП) та підсилювач потужності (ПП) підключена до термобатарей, хвилевод, нагрівач, який послідовно через ключ під'єднано до цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Для калібрування та перевірки в пристрої використовується нагрівач. Вимірювання в цьому калориметрі виконуються в напівавтоматичному режимі.

Недоліки прототипу наступні:

- низька швидкодія, обумовлена ручним керуванням процесів калібрування і зрівноважування;

- адитивна похибка, що обумовлена неточністю зрівноважування.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення калориметра для вимірювання НВЧ потужності, шляхом введення другого контуру керування для підвищення точності зрівноважування сухого калориметра НВЧ із термоелектричним охолодженням та застосуванням аналого-цифрового перетворювача для зйому вихідної напруги і контролю струму електронагрівача. Калібровка, зрівноважування, обробка знятих сигналів та індикація результату вимірювань забезпечується електронно-обчислювальною машиною.

Поставлена задача вирішується так, що в калориметрі для вимірювання середньої НВЧ потужності, що містить калориметричне навантаження, диференційну термопару, яка через послідовно включені диференційний підсилювач (ДП) та підсилювач потужності (ПП) підключена до термобатарей, хвилевод, нагрівач, який послідовно через ключ під'єднано до цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), новим є те, що в нього додатково введено другий ДП, другий ЦАП, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), другий АЦП, другий ПП, подільник зворотного зв'язку, електронагрівач, загальну шину (ЗШ), електронно-обчислювальну машину (ЕОМ), дисплей, хвилеводне навантаження, керований НВЧ перемикач, вихід ДП з'єднано з входом другого ДП, до виходу якого послідовно підключено другий ПП, другий АЦП, подільник зворотного зв'язку, вихід подільника зворотного зв'язку підключено до електронагрівача і АЦП, що через ЗШ підключено до ЕОМ, крім того, вхід другого диференційного підсилювача з'єднано з другим ЦАП, хвилевод через перемикач НВЧ потужності з'єднано з хвилеводним навантаженням і калориметричним навантаженням, перемикач через ЗШ підключено до ЕОМ, також до ЕОМ через ЗШ підключено дисплей, другий АЦП і ЦАП.

Сутність запропонованого винаходу пояснює графічний матеріал (фіг.1), де зображено функціональну схему калориметра для вимірювання середньої НВЧ потужності.

Схема складається з двох контурів керування, перший з яких, має загальну гілку - калориметричне навантаження 1, послідовно включені диференційну термопару 2, ДП 3, ПП 4, навантажений на термобатареею 5. Другий контур, крім загальної гілки включає в себе послідовно включені другий ДП 6, другий ПП 8, другий АЦП 7, подільник зворотного зв'язку 9 ( $R_1$ ), до виходу якого підключений електронагрівач 11 і АЦП 16, в цей контур також входить другий ЦАП 7, підключений до входу другого ДП 6. Вихідним сигналом є напруга на електронагрівачі 11. Керований НВЧ перемикач 12 комутує НВЧ сигнал, який приходить із хвилеводу 21, подає його на хвилеводне навантаження 10 або на калориметричне навантаження 1. Ключ 13 подає напругу ЦАП 14 на нагрівач 15. Робоча точка на тепловій характеристиці задається другим ЦАП 7. Керування ЦАП 7 та 14, АЦП 16 та 20 здійснюється ЕОМ 18 через ЗШ 17.

Функція перетворення ЦАП 7 має вигляд:

$$U_H = 1/\beta_2 * (\beta_1 * U_K - P_X - P_{\text{оточ}}),$$

де  $U_H$  - напруга на нагрівачі 11,

$\beta_1 = (P - I_{\text{ТБ}} * R_{\text{ТБ}}) * K_1$  - коефіцієнт зворотного зв'язку в першому контурі керування,

$I_{\text{ТБ}}$ ,  $R_{\text{ТБ}}$  - струм та опір термобатарей відповідно,

$K_1$  - коефіцієнт підсилення ПП 4,

$P$  - коефіцієнт Пельтьє,

$\beta_2 = K_2 * U_H / R_{\text{ТП}}$  - коефіцієнт зворотного зв'язку другого контуру керування,

$K_2$  - коефіцієнт підсилення ПП 8,

$U_K$  - напруга керування, яка подається з ЦАП 7,

$P_{\text{оточ}}$  - теплота оточуючого середовища,

$P_X$  - вхідна потужність, що вимірюється.

З урахуванням  $\beta_1, \beta_2$  одержимо

$$U_H^2 = K_2 * R_H [(P - I_{TB} * R_{TB}) * K_1 * U_K - P_X - P_{оточ}]$$

Після перетворення напруги  $U_H$  АЦП 16 одержимо:

$$n^2 = S_{АЦП} * K_2 * R_H [(P - I_{TB} * R_{TB}) * K_1 * U_K - P_X - P_{оточ}],$$

де  $S_{АЦП}$  - чутливість АЦП 16.

Розглянемо роботу калориметра:

- перемикач 12 подає сигнал на хвилеводне навантаження 10 і закорочує калориметричне навантаження 1

$$n_1^2 = S_{АЦП} * K_1 * R_H [(P - I_{TB} * R_{TB}) * K_1 * U_K - P_{оточ}]$$

- перемикач 12 подає сигнал на вхід калориметричного навантаження 1

$$n_2^2 = S_{АЦП} * K_1 * R_H [(P - I_{TB} * R_{TB}) * K_1 * U_K - P_X - P_{оточ}]$$

- ключ 13 подає напругу від ЦАП 14 на нагрівач 15

$$n_3^2 = S_{АЦП} * K_1 * R_H [(P - I_{TB} * R_{TB}) * K_1 * U_K - P_X - P_{оточ} - P_{НЧ}],$$

де  $P_{НЧ} = U_H^2 / R_0$ ,

$R_0$  - опір нагрівача 15.

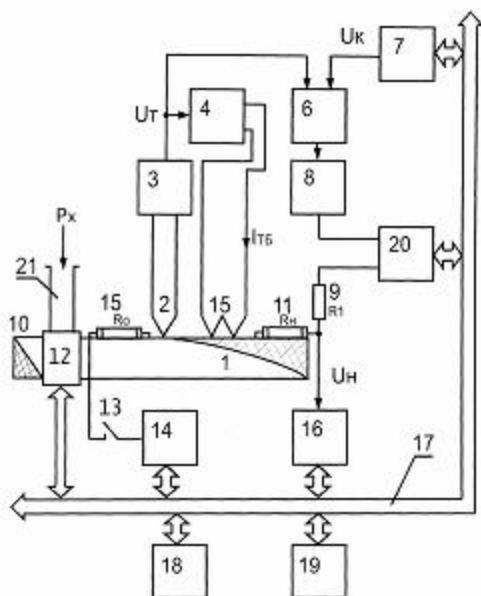
АЦП 16 через ЗШ 17 подає сигнал на ЕОМ 18, яка в свою чергу по значенню  $n_1, n_2, n_3$  обчислює наступний результат

$$P_X = P_{НЧ} * (n_1^2 - n_2^2) / (n_2^2 - n_3^2)$$

в якому  $P_{НЧ}$  є масштабним коефіцієнтом, занесеним в постійну пам'ять ЕОМ 18. Далі результат  $P_X$  ЕОМ виводить на дисплей 19. Із результату вимірювання виключений цілий ряд коефіцієнтів та величин, короткочасна стабільність яких була забезпечена на інтервалі вимірювання, однак значення їх залишались невизначеними.

Таким чином, у запропонованому пристрої вирішена задача підвищення точності введенням другого контуру керування, що за допомогою АЦП 20, ЦАП 7 та ЕОМ 18 забезпечує оптимальний вибір робочої точки термобатареї 5, яка в свою чергу виконує зрівноважування вхідної потужності, що розсіюється на калориметричному навантаженні 1, що забезпечує підвищення швидкодії.

Калориметр для вимірювання середньої НВЧ потужності має такі характеристики: верхній діапазон вимірювань - 3Вт, похибка на верхній межі вимірювань менша за  $\pm 1,5\%$ , швидкодія становить 2 вимірювання за хвилину. Ці показники приблизно в два рази кращі за характеристики відомих калориметрів для вимірювання НВЧ потужності середнього рівня.



Фиг. 1