

**Ю.Ф. ПАВЛЕНКО**, док. тех. наук, проф., НТУ «ХПИ»  
**О.В. ГУСЕЛЬНИКОВ**, студент НТУ «ХПИ» (м. Харків)

## **ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧ РОБОЧОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ЗМІННОЇ НАПРУГИ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ**

Стаття присвячена розробці термоперетворювача робочого еталона одиниці змінної напруги високої частоти. Головною перевагою розробленого пристрою є висока точність, простота схеми. Наведена схема термоперетворювача, принцип її роботи, та оцінка похибки робочого еталона.

The article is devoted development of termoperetvoryuvacha working of etalon unit of variable tension of high-purity. Main advantage of the developed device is high exactness, simplicity of chart. Resulted chart of temperature transducer, principle of its work, and estimation of error of worker of etalona.

Розроблено термоперетворювач (ТП) еталона одиниці змінної напруги високої частоти (30 МГц–1000 МГц), суть якого полягає в тому, що для перетворення електричної енергії в теплову використовується безреактивний резистор [1]. З боку, протилежному резистивному шару, приклеєно термістор, який перетворює теплову енергію в електричний параметр – зміну власного електричного опору. Еквівалентна схема термоперетворювача наведена на рисунку 1.

При поданні ВЧ-сигнала на термоперетворювач ВЧ-струм, що протікає через резистор  $R_1$ , нагріває його і термістор  $R_2$ . Опір останнього змінюється в залежності від прикладеної ВЧ-напруги. Термістор включено до вимірювальної схеми (перетворювач „опір – постійна напруга”). Регулюванням опорної напруги встановлюється умовне значення постійної напруги на виході ТП, яке реєструється за допомогою вольтметра-компаратора ( $U_K$ ). Після цього на резистор  $R_1$  замість ВЧ подається постійна напруга (від прецизійного джерела) рівень якої регулюється до досягнення такого ж показу компаратора  $U_K$ . При цьому  $U_{\sim} = U_{=}$ , де  $U_{=}$  - постійна напруга на вході ТП, яка вимірюється прецизійним вольтметром.

Конструктивно термоперетворювач виконано таким чином, щоб забезпечити включення пробника вольтметра в потенціальну точку терморезистора і забезпечити мінімум реактансів схеми. ТП розміщений в масивному корпусі з термоізоляційних матеріалів

(пенопласт, текстоліт) і представляє собою термостат з додатковим терморегулюванням.

Найбільш суттєві моменти цієї схеми є:

1) Використання резистора з надзвичайно малою паразитною індуктивністю.

2) Реактansi термістора не включені до електричної схеми ТП за ВЧ-напругою, що суттєво знижує частотну похибку ( $\theta_f$ ) еталона.

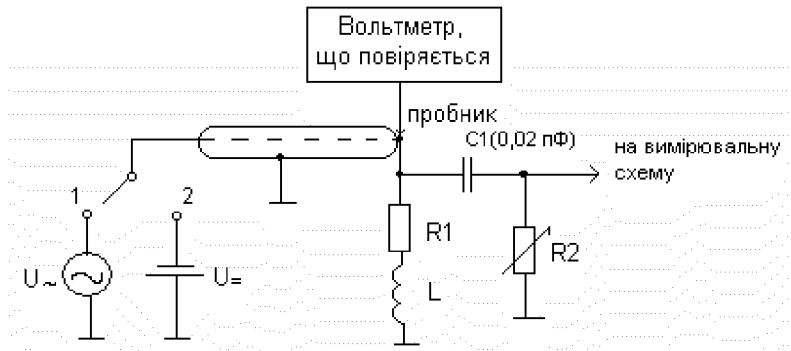


Рис. 1. Еквівалентна схема ТП еталона:

$R_1$  - навантажувальний резистор;  $L$  - паразитна індуктивність резистора;  $C_1$  - паразитна ємність, що характеризує електричний зв'язок між резистором  $R_1$  і термістором  $R_2$ ;  $R_2$  - термістор

В якості навантаження термопертурбуювача, використано високочастотний резистор типів *MMA 0204 HF* або *MCT 0603 HF* (рис. 2), які за даними виробників, мають найменшу власну реактивність.

Оскільки реактивність навантаження (індуктивного характеру) є основним джерелом систематичної похибки еталона.

Були проведені дослідження цих резисторів двома методами [2]:

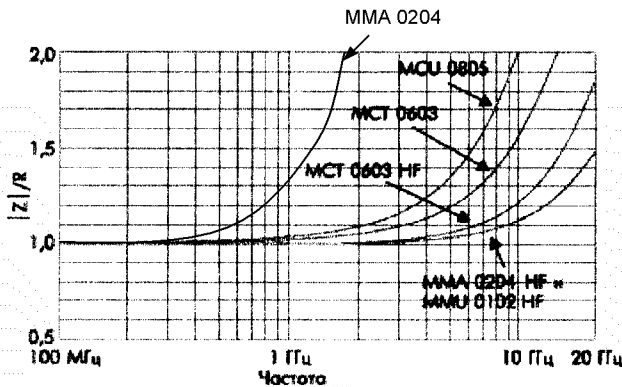


Рис. 2. Частотні характеристики деяких резисторів

розрахунковим-через геометричні розміри (рис.3), на основі законів електродиніміки, а також експериментальним.

$$L = 2l \left( \ln \frac{2l}{b+d} + 0,75 \right),$$

де  $L$ - паразитна індуктивність;  $l$  - довжина резистора (0,2 см);  $b$  - ширина резистора (0,1 см);  $d$  - товщина резистивного слою (0,01 см).

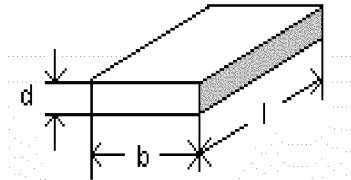


Рис. 3. Геометричні розміри резистора

Обидва методи дали близькі результати, що паразитна індуктивність не перевищує 0.7 нГн.

Маючи це значення індуктивності, неважко розрахувати частотну похибку еталона за формулою:

$$\theta_f = \frac{1}{4} \left( \frac{\omega L}{R} \right)^2,$$

що складає близько  $2.5 \cdot 10^{-3}$  на частоті 1000 МГц.

Окрім термоперетворювача в схемі робочого еталона використовуються серійні прилади:

Генератори РГ4-02 і РГ4-03 в якості джерела змінної напруги, вольтметр В7-46 в якості вольтметра-компаратора, зразковий вольтметр В7-54А, а також керуюча обчислювальна система на базі ПЕОМ, яка працює за спеціальною програмою.

Метрологічні характеристики робочого еталона складають:

- 1) Діапазон частот 30 МГц- 1000 МГц.
- 2) Нивиключена систематична похибка від  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $3 \cdot 10^{-3}$
- 3) Середньоквадратичне відхилення випадкової похибки від  $2 \cdot 10^{-4}$  до  $2 \cdot 10^{-3}$
- 4) Вихідна напруга до 3 В.

**Список використаної літератури:** 1. *Механиков А.И.* Эталон для проверки высокочастотных вольтметров. – Измерительная техника. – 2002. – №3. – с. 47-50. 2. *Рэд Э.* Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. – М.: 1990. – 256 с.

Поступила в редколлегию 25.07.09