

# ТЕРМОШУМОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лісовський О.А.

Науковий керівник: д-р техн. наук, проф. Скрипник Ю.О.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

E-mail: alexafox@ukr.net

**Анотація** — Розглянуто метод отримання значення опору діелектричного матеріалу за значенням внутрішньої шумової напруги та струму, які викликані змінами в діелектричному матеріалі. Математична обробка результатів за допомогою перетворення в цифровий код та введення до ЕОМ дозволяє виключити неінформативні зміни в параметрах вимірювальної схеми, що підвищує точність отриманих результатів.

## 1. Вступ

Для вимірювання опорів діелектричних матеріалів без пропускання через них електричного струму знайшли застосування термошумові методи, що використовують залежність напруги та струму внутрішніх теплових шумів від опору діелектричного середовища.

## 2. Основна частина

Напруга та струм теплових шумів в однаковій мірі залежить як від опору діелектричного матеріалу, так і від його температури, що обумовлює невизначеність у результатах вимірювання. Крім того, власні шуми електронних елементів вимірювальної схеми накладаються на тепловий шум досліджуваного об'єкта і викривляють результати вимірювання опору об'єкта [1, 2].

У досліджуваному діелектричному матеріалі, внаслідок теплових флуктуацій електричних зарядів поляризованих молекул речовини, виникає електрична шумова напруга. Середньоквадратичне (ефективне) значення цієї напруги та струму відповідно до формули Найквіста визначається вираженням:

$$U = \sqrt{4kT_x \Delta f R_x} \quad I = \sqrt{\frac{4kT_x \Delta f}{R_x}}, \quad (1)$$

де  $k$  — постійна Больцмана;  $T_x$  — термодинамічна температура досліджуваного матеріалу;  $\Delta f$  — смуга частот, у якій виділяється шумова напруга;  $R_x$  — активна складова опору досліджуваного діелектричного матеріалу,

Вимірювання шумової напруги та струму досліджуваного діелектричного матеріалу відбувається наступним чином [3].

На першому етапі вимірюється напруга теплового шуму досліджуваного діелектричного матеріалу разом із власними шумами первинного каскаду вимірювального тракту. Перетворюємо отримане значення в цифровий код який надходить у мікроконтролер та запам'ятовується.

$$N_1 = (4/q)SkT \Delta f R_x, \quad (2)$$

де  $S$  — крутизна перетворення вимірювального тракту;  $q$  — одиниця молодшого розряду АЦП.

Наступним етапом вимірювань визначається струм досліджуваного діелектричного матеріалу, який перетворюємо в цифровий код

$$N_2 = 4SKkT \Delta f / qR_x, \quad (3)$$

де  $K$  — коефіцієнт перетворення струму в вимірювальному тракту.

Далі за алгоритмом математичної обробки наступним етапом визначаємо відношення отриманих кодів

$$N_3 = N_1/N_2. \quad (4)$$

Наступна математична обробка результатів у ЕОМ за програмою забезпечує одержання кінцевого результату виміру опору

$$N_4 = S_0 R_x, \quad (5)$$

де  $S_0$  — результуюча крутизна перетворення опору досліджуваного діелектричного матеріалу.

## 3. Висновки

Таким чином, запропонований метод забезпечує безпосереднє вимірювання електричного опору досліджуваного об'єкта незалежно від його температури. При цьому виключається вплив власних шумів вимірювальної схеми на результат, що дозволяє вимірювати електричний опір об'єкта в широкому динамічному діапазоні. Виключається також вплив нестабільності коефіцієнтів підсилення та нестабільності крутизни перетворення нелінійних елементів схеми, непостійності смуги частот теплових шумів, а також похибки аналогово-цифрового перетворювача від обмеженої розрядності ( $q$ ). Вказані параметри не входять у кінцеві розрахункові формули (5) і тому їх вплив виключений.

## 4. Список літератури

- [1] Букингом М. Шум в электронных приборах и системах / М. Букингом. — М.: Мир, 1986. — 399 с.
- [2] Ван дер Зил А. Шум (источники, описание измерения) / А. Ван дер Зил. — М.: Сов. радио, 1973. — 228 с.
- [3] Пат. 74499, Україна, МПК(2012.01) G01R 27/00, G01N27/04(2006.01). Термошумовий вимірювач електричного опору / Скрипник Ю.О., Лісовський О.А., Василенко М.П.; заявник та патентовласник КНУДТ. — У 201205977; заяв. 17.05.2012; опубл. 25.10.2012 Бюл. №20.

## TERMONOISE METHOD OF THE MEASURING OF A RESISTANCE FOR DIELECTRIC MATERIALS

Lisovskiy O.A.

Scientific adviser: Skripnik U.A.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**Abstract** — The method of obtaining of a resistance value of a dielectric material is considered by a value of an internal noise tension and current, that is caused by changes in dielectric material. Mathematical treatment of results, by means of converting into a digital code and introduction to a computer, allows elimination of indeterminate changes in the parameters of a measuring chart that promotes exactness of the got results.