



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81854 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01R 27/02
G01R 27/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДОБРОТНОСТІ КОТУШОК ІНДУКТИВНОСТІ

1

2

(21) а200605913

(22) 29.05.2006

(24) 11.02.2008

(72) БУРБЕЛО МИХАЙЛО ЙОСИПОВИЧ, UA, БА-
БЕНКО ОЛЕКСІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, ГАВРИЛЮК
ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56) SU 1366969 A1, 15.01.1988

SU 1049829 A, 23.10.1983

UA 57795 C2, 15.07.2003

(57) Пристрій для вимірювання добротності катушок індуктивності, що містить джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор, вимірюваний комплексний опір, повторювач напруги, блок віднімання, фазозсувач, наприклад, на основі інтегратора, причому джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор та вимірюваний комплексний опір з'єднані послідовно, повторювач напруги, що під'єднаний до вимірюваного комплексного опору, прямий вхід блока віднімання підключений до джерела синусоїдної напруги, а інверсний - до виходу повторювача

ча напруги, вхід фазозсувача підключений до виходу повторювача напруги, який відрізняється тим, що в нього введені два синхронних детектори, цифро-аналоговий перетворювач послідовного наближення, компаратор, причому перший вхід першого синхронного детектора підключений до виходу блока віднімання, а другий вхід першого синхронного детектора підключений до виходу фазозсувача, перший вхід другого синхронного детектора підключений до виходу блока віднімання, а другий вхід другого синхронного детектора підключений до виходу повторювача напруги, вхід цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення підключений до виходу другого синхронного детектора, перший вхід компаратора підключений до виходу першого синхронного детектора, а другий - до виходу цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення, вихід компаратора підключений до входу керування цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути застосований для вимірювання добротності або тангенса кута втрат при послідовній схемі заміщення.

Відомий пристрій для вимірювання активної і реактивної складової комплексного опору [А.с. СССР №1651234А1, Кл. G01R27/02, Б.И., 1991, №19], що містить: джерело змінного струму регульованої частоти, повітряний трансформатор, два перемикача витків первинної та вторинної обмоток трансформатора, фільтр нижчих частот, два вимірювача напруги, вимірювач струму, блок зміщення параметрів вимірюваного комплексного опору, причому перший вхід джерела змінного струму регульованої частоти з'єднаний з входом вимірювача струму, другий вхід джерела змінного струму регульованої частоти з'єднаний з рухомими контактами перемикача витків первинної обмотки повітряного трансформатора, нерухомий контакт якого з'єднаний з першим виходом первинної обмотки

повітряного трансформатора, перший вхід фільтра нижчих частот і перший вхід другого вимірювача напруги з'єднані з рухомими контактами перемикача витків вторинної обмотки повітряного трансформатора, нерухомий контакт якого з'єднаний з першим виходом вторинної обмотки повітряного трансформатора, вихід фільтра нижчих частот з'єднаний з першим входом першого вимірювача напруги, перший вихід блока зміщення параметрів вимірюваного комплексного опору з'єднаний з другим виходом вторинної обмотки повітряного трансформатора і другим входом другого вимірювача напруги, другий вихід блока зміщення параметрів вимірюваного комплексного опору з'єднаний з другим виходом первинної обмотки повітряного трансформатора, другий вхід першого вимірювача напруги з'єднаний з клемою для підключення вимірюваного комплексного опору, вихід вимірювача струму і третій вихід блока зміщення параметрів вимірюваного комплексного опору

(13) C2

(11) 81854

(19) UA

з'єднані з клемою для підключення вимірюваного комплексного опору, четвертий і п'ятий виходи блока зміщення параметрів вимірюваного комплексного опору з'єднані з клемою для підключення вимірюваного комплексного опору, другий вхід фільтра нижчих частот з'єднаний з шиною регулювання.

Недоліком даного пристрою є велика похибка при вимірюванні добротності котушок індуктивності за несинусоїдності напруги живлення.

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу, що заявляється, є пристрій для роздільного вимірювання параметрів комплексного опору [А. с. СССР №1366969А1, Кл. G01R27/02, Б.И., 1988, №2], що містить: джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор, вимірюваний комплексний опір, повторювач напруги, два блоки віднімання, фазозсувач, суматор, блок порівняння модулів, перемикачі, причому джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор та вимірюваний комплексний опір з'єднані послідовно, повторювач напруги, що під'єднаний до вимірюваного комплексного опору, прямий вхід першого блока віднімання з коефіцієнтом підсилення приєднаний до джерела синусоїдної напруги, а інверсний - до виходу повторювача напруги, вхід фазозсувача за допомогою перемикача підключений до виходу повторювача напруги (при вимірюваннях модуля) або до джерела синусоїдної напруги (при інших вимірюваннях); суматор має одиничне підсилення, один його вхід за допомогою перемикача підключений до виходу повторювача напруги (при вимірюваннях фази) або до виходу блока віднімання (при інших вимірюваннях); другий блок віднімання має підсилення 0,5, його прямий вхід підключений до виходу фазозсувача, а інверсний до джерела синусоїдної напруги, другий вхід суматора за допомогою перемикача приєднаний до виходу блока віднімання (при вимірюваннях фази) або до виходу фазозсувача (при інших вимірюваннях); блок порівняння модулів через перемикач підключений до виходу блока віднімання або до виходу суматора, другий вхід блока порівняння модулів за допомогою перемикача підключений до виходу блока віднімання або блока віднімання фазозсувача.

Недоліком даного пристрою є велика похибка вимірювань за умов несинусоїдності напруг.

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для вимірювання добротності котушок індуктивності, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість вимірювання добротності котушок індуктивності за умов несинусоїдності напруг, що дозволяє підвищити точність вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для вимірювання добротності котушок індуктивності, що містить джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор, вимірюваний комплексний опір, повторювач напруги, блок віднімання, фазозсувач (на основі інтегратора), причому джерело синусоїдної напруги, зразковий резистор та вимірюваний комплексний опір з'єднані послідовно, повторювач напруги, що під'єднаний до вимірюваного комплексного опору, прямий вхід блока віднімання підключений до джерела синусо-

їдної напруги, а інверсний - до виходу повторювача напруги, вхід фазозсувача підключений до виходу повторювача напруги; введені два синхронних детектори, цифро-аналоговий перетворювач послідовного наближення, компаратор, причому один вхід першого синхронного детектора підключений до виходу блока віднімання, а другий вхід першого синхронного детектора підключений до виходу фазозсувача; один вхід другого синхронного детектора підключений до виходу блока віднімання, а другий вхід другого синхронного детектора підключений до виходу повторювача напруги; вхід цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення підключений до виходу другого синхронного детектора, один вхід компаратора підключений до виходу першого синхронного детектора, а другий - до виходу цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення, вихід компаратора підключений до входу керування цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення.

На кресленні подана структурна схема пристрою для вимірювання добротності котушок індуктивності.

На кресленні позначено: джерело синусоїдної напруги - 1, зразковий резистор - 2, вимірюваний комплексний опір - 3, повторювач напруги - 4, блок віднімання - 5, фазозсувач - 6, перший синхронний детектор - 7, другий синхронний детектор - 8, цифро-аналоговий перетворювач послідовного наближення - 9, компаратор - 10. При цьому до джерела синусоїдної напруги 1 приєднаний зразковий резистор 2 та вимірюваний комплексний опір 3, вхід повторювача напруги 4 з'єднаний з вимірюваним комплексним опором 3, а входи блока віднімання 5 з'єднані з джерелом синусоїдної напруги 1 та виходом повторювача напруги 4, вхід фазозсувача 6 з'єднаний з виходом повторювача напруги, входи першого синхронного детектора 7 з'єднані з виходом блока віднімання 5 і виходом фазозсувача 6, входи другого синхронного детектора 8 з'єднані з виходом блока віднімання 5 і виходом повторювача напруги 4, вхід цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення 9 з'єднаний з виходом другого синхронного детектора 8, виходи першого синхронного детектора 7 і цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення 9 з'єднані з входами компаратора 10, вихід компаратора 10 з'єднаний з виходом керування цифро-аналогового перетворювача послідовного наближення 9.

Робота пристрою основана на вимірюванні тангенса кута зсуву фаз між напругою та струмом на основній гармоніці:

$$\operatorname{tg} \varphi(1) = \frac{X_{L(1)}}{R},$$

де $X_{L(v)}$ - індуктивний опір на основній гармоніці;

R - активний опір.

Індуктивний опір v -ї гармоніки дорівнює:

$$X_{L(v)} = v \cdot X_{L(1)},$$

Реактивна потужність на v -ї гармоніці при цьому буде дорівнювати:

$$Q(v) = I_{(v)}^2 \cdot v \cdot X_{L(v)},$$

де $I_{(v)}$ - струм v -ї гармоніки.

Запишемо вираз:

$$\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v} = I_{(1)}^2 \cdot X_{L(1)} + I_{(2)}^2 \cdot X_{L(2)} + \dots + I_{(v)}^2 \cdot X_{L(v)},$$

З останнього виразу:

$$\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v} = X_{L(1)} \sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2,$$

звідки

Y^{\wedge}

$$X_{L(1)} = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v}}{\sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2}.$$

Активна потужність при цьому буде дорівнювати:

$$P = \sum_{v=1}^{\infty} P(v) = \sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2 \cdot R = R \sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2,$$

звідки

$$R = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} P(v)}{\sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2}.$$

Тоді

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v} \cdot \sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2}{\sum_{v=1}^{\infty} I_{(v)}^2 \cdot \sum_{v=1}^{\infty} P(v)} = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v}}{\sum_{v=1}^{\infty} P(v)}.$$

Для отримання інтегрального виразу в умовах несинусоїдності використаємо інтегральне перетворення миттєвих струму та напруги:

$$\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q(v)}{v} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt,$$

$u(t)$ - миттєві значення струму та напруги;

T - період.

Аналогічно

$$\sum_{v=1}^{\infty} P(v) = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot u(t) dt,$$

тоді

$$\operatorname{tg} \varphi_{(1)} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt}{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot u(t) dt}.$$

Пристрій працює наступним чином.

Джерело синусоїдної напруги 1 створює напругу, комплексне значення якої \underline{E} з кутовою частотою ω , на зразковому резисторі 2 створюється напруга

$$\underline{U}_R = \frac{\underline{E} \cdot R}{R + \underline{Z}},$$

а на вимірюваному комплексному опорі 3 - напруга

$$\underline{U}_Z = \frac{\underline{E} \cdot \underline{Z}}{R + \underline{Z}},$$

де R - опір зразкового резистора;

\underline{Z} - вимірюваний комплексний опір.

На виході повторювача напруги 4 створюється напруга $u(t)$, що дорівнює напрузі на вимірюваному комплексному опорі 3, а на виході блока віднімання 5, напруга що пропорційна струму - $i(t)$ через вимірюваний комплексний опір 3. В фазозсувачі 6 (на основі інтегратора) відбувається інтегрування напруги $u(t)$: $\int u(t) dt$.

На виході першого синхронного детектора 7 отримуємо напругу:

$$U_1 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt,$$

а на виході другого синхронного детектора 8 створюється напруга:

$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot u(t) dt.$$

На виході цифро-аналоговий перетворювач послідовного наближення 9 створюється напруга kU_2 . Цифро-аналоговим перетворювачем послідовного наближення 9 здійснюється зрівноваження напруг U_1 і kU_2 доти, поки на виході компаратора 10 напруга не буде дорівнювати нулю. Напруга на виході компаратора 10 дорівнює нулю при рівності вхідних напруг.

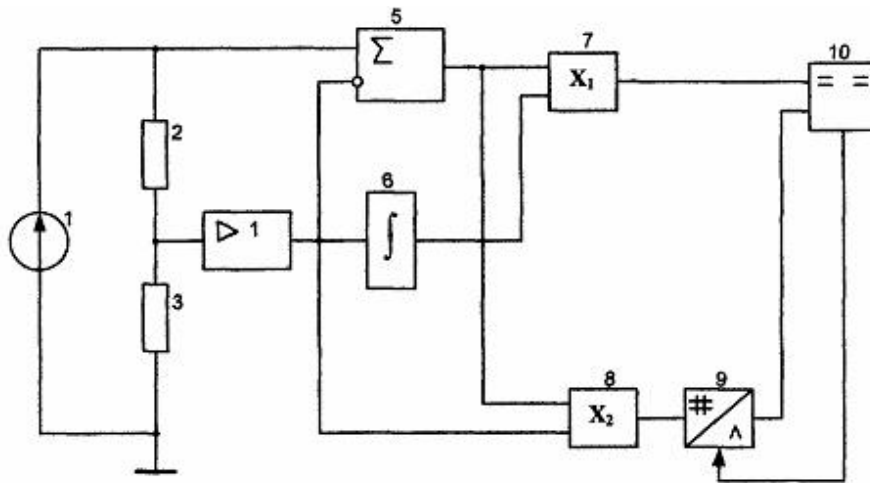
$$U_1 - U_2 = 0,$$

звідки

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt}{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot u(t) dt} = \operatorname{tg} \varphi_{(1)}.$$

Таким чином, відлік добротності котушок індуктивності здійснюється за відношенням напруг

$$\frac{U_1}{U_2} = k.$$



Фіг.