



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49980

(13) C2

(51) 6 G01R27/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗДІЛЬНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВОПОЛЮСНИКІВ**

1

2

(21) 2000063225

(22) 05 06 2000

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл № 10, 2002р

(72) Бурбело Михайло Йосипович, Левицький Сергій Михайлович, Кравчук Павло Леонідович

(73) ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) А с №815678 G01R027/02 1981, А с №744371 G01R 27/26 1980

(57) Пристрій для роздільного вимірювання параметрів нелінійних електричних двополюсників, що містить генератор синусоїдної напруги, перший вимірювальний перетворювач, який складається з операційного підсилювача із зразковим резистором в колі від'ємного зворотного зв'язку і вимірюваним двополюсником у вхідному колі, два вузли вибірки-зберігання, два аналого-цифрових перетворювачі, одині двополюсники і два блоки індикації, причому вихід генератора синусоїдної напруги приєднаний до одного із затискачів для під'єднання вимірюваного двополюсника, другий затискач при цьому з'єднаний з входом операційного підсилювача із зразковим резистором в колі зворотного зв'язку, входи аналого-цифрових перетворювачів з'єднані з виходами вузлів вибірки-зберігання, а до входу керування першого вузла вибірки-зберігання приєднаний вихід одновібратора, який відрізняється тим, що в нього введені другий вимірювальний перетворювач, що складається з операційного підсилювача із зразковим резистором у вхідному

колі та в колі від'ємного зворотного зв'язку, диференціатор, цифро-аналоговий перетворювач, джерело опорної постійної напруги, перемикач, компаратор, однокристална мікро-ЕОМ, причому вихід першого вимірювального перетворювача приєднаний через диференціатор до входу першого вузла вибірки-зберігання і безпосередньо до першого входу перемикача, вхід другого вимірювального перетворювача під'єднаний до виходу генератора синусоїдної напруги, а його вихід - до входу другого вузла вибірки-зберігання, вихід цифро-аналогового перетворювача, приєднаний до другого входу перемикача, а вихід перемикача з'єднаний з входами компаратора, а вихід останнього з входом одновібратора, вихід одновібратора з'єднаний з входом керування записом другого вузла вибірки-зберігання, опорні входи аналого-цифрових і цифро-аналогового перетворювачів приєднані до джерела опорної напруги, цифрові виходи аналого-цифрових перетворювачів з'єднані з входами однокристалної мікро-ЕОМ, до входу керування однокристалної мікро-ЕОМ під'єднаний вихід компаратора, перший вихід керування однокристалної мікро-ЕОМ з'єднаний з входами керування скиданням обох вузлів вибірки-зберігання, другий - з входами керування аналого-цифрових перетворювачів, третій - з входом керування перемикача, до цифрових виходів однокристалної мікро-ЕОМ приєднані входи цифро-аналогового перетворювача і двох блоків індикації

Винахід відноситься до електровимірювальної техніки і може бути застосований для вимірювання параметрів нелінійних двоелементних електричних двополюсників

Відома низка пристроїв для вимірювання параметрів комплексних опорів електричних двополюсників з використанням миттєвих часових залежностей напруг і струмів

- розгортувального зрівноваження (МПК GOIR 17/06 А С №779890 опубл В Б И , 1980, №42),

- інтегровального перетворення (МПК GOIR 27/02 А С №664121 опубл В Б И , 1979, №19),

- стробувального перетворення (МПК GOIR 27/26 А С №744371 опубл В Б И , 1980, №24)

Загальним недоліком відомих пристроїв є те, що при вимірюванні комплексних опорів нелінійних електричних двополюсників на основній гармоніці ім притаманні значні похибки через несинусоїдність вимірюваних напруг Крім того, при використанні вказаних пристроїв не можуть бути виміряні

(13) C2

(11) 49980

(19) UA

параметри, які характеризують не лінійність електричних двополюсників

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу, що заявляється є "Устройство для раздельного измерения параметров комплексных величин" (МПК₃GOIR27/02 А С СССР №815678 опубл. в Б И, 1981, №11), що містить генератор синусоїдної напруги, перший вимірювальний перетворювач, що складається з операційного підсилювача, в колі зворотного зв'язку якого ввімкнений зразковий резистор, а у вхідному колі - вимірюваний двополюсник, фазовертач, три формувачі прямокутних імпульсів, три одновібратори, два електронних ключі та два накопичувальні пристрої, які в подальшому названі двома вузлами вибірки-зберігання, два аналого-цифрових перетворювачі, що складаються з двох джерел струму розряду, двох нуль-органів, двох формувачів часових інтервалів, двох електронних ключів, а також генератор зразкової частоти, подільник частоти, лічильник імпульсів, два електронних ключі, розподільувач імпульсів, два блоки підрахунку та індикації. Причому вихід генератора синусоїдної напруги приєднаний до одного з затискачів для під'єднання вимірюваного двополюсника, другий затискач при цьому з'єднаний з входом операційного підсилювача із зразковим резистором в колі зворотного зв'язку, а його вихід - до входів двох вузлів вибірки-зберігання, виходи кожного з яких приєднані до входів двох аналого-цифрових перетворювачів, їх виходи з'єднані з блоками індикації, крім того, до входу операційного підсилювача через перший формувач прямокутних імпульсів приєднаний перший одновібратор, а до виходу генератора синусоїдної напруги відповідно через другий формувач прямокутних імпульсів і через третій формувач прямокутних імпульсів та фазовертач - другий та третій одновібратори, до виходу першого одновібратора приєднані перші входи керування двох електронних ключів, до виходу другого одновібратора - другі входи керування цих електронних ключів та вхід керування записом другого вузла вибірки-зберігання, до виходу третього одновібратора під'єднані вхід керування записом першого вузла вибірки-зберігання та вхід керування першого аналого-цифрового перетворювача, генератор зразкової частоти з'єднаний з тактовими входами аналого-цифрових перетворювачів і через подільник частоти та безпосередньо з сигнальними входами двох ключів, виходи яких з'єднані з входами лічильника імпульсів, а вихід останнього - з входом розподільувача імпульсів, два виходи розподільувача імпульсів з'єднані з входами керування скиданням вузлів вибірки-зберігання та входом керування другого аналого-цифрового перетворювача. Недоліком пристрою є низька точність вимірювання складових комплексного опору нелінійних двополюсників на основній гармоніці напруги живлення, а також неможливість вимірювання параметрів, що характеризують не лінійність електричних двополюсників

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для роздільного вимірювання параметрів нелінійних електричних двополюсників, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків, між ними досягається фіксація та аналого-

цифрове перетворення миттєвих значень напруги, струму та похідної струму, що діють в вимірюваному двополюснику, роздільний відлік статичного опору резистивного елемента та диференціальної індуктивності індуктивного елемента, що приводить до підвищення точності, а також до розширення функціональних можливостей вимірювання параметрів нелінійних електричних двополюсників

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для роздільного вимірювання параметрів комплексних величин, який містить генератор синусоїдної напруги, перший вимірювальний перетворювач, який складається з операційного підсилювача із зразковим резистором в колі від'ємного зворотного зв'язку і вимірюваним двополюсником у вхідному колі, два вузли вибірки-зберігання, два аналого-цифрових перетворювачі, одновібратор і два блоки індикації, причому вихід генератора синусоїдної напруги приєднаний до одного із затискачів для під'єднання вимірюваного двополюсника, другий затискач при цьому з'єднаний з входом операційного підсилювача із зразковим резистором в колі зворотного зв'язку, входи аналого-цифрових перетворювачів з'єднані з виходами вузлів вибірки-зберігання, а до входу керування першого вузла вибірки-зберігання приєднаний вихід одновібратора, введені другий вимірювальний перетворювач, що складається з операційного підсилювача із зразковими резисторами у вхідному колі та в колі від'ємного зворотного зв'язку, диференціатор, цифро-аналоговий перетворювач, джерело опорної постійної напруги, перемикач, компаратор, однокристална мікро-ЕОМ, причому вихід першого вимірювального перетворювача приєднаний через диференціатор до входу першого вузла вибірки-зберігання і безпосередньо - до першого входу перемикача, вхід другого вимірювального перетворювача під'єднаний до виходу генератора синусоїдної напруги, а його вихід - до входу другого вузла вибірки-зберігання, вихід цифро-аналогового перетворювача, приєднаний до другого входу перемикача, а виходи перемикача з'єднані з входами компаратора, а вихід останнього - з входом одновібратора, вихід одновібратора з'єднаний з входом керування записом другого вузла вибірки-зберігання, опорні входи аналого-цифрових і цифро-аналогового перетворювачів приєднані до джерела опорної напруги, цифрові виходи аналого-цифрових перетворювачів з'єднані з входами однокристалної мікро-ЕОМ, до входу керування однокристалної мікро-ЕОМ під'єднаний вихід компаратора, перший вихід керування однокристалної мікро-ЕОМ з'єднаний з входами керування скиданням обох вузлів вибірки-зберігання, другий - з входами керування аналого-цифрових перетворювачів, третій - з входом керування перемикача, до цифрових виходів однокристалної мікро-ЕОМ приєднані входи цифро-аналогового перетворювача і двох блоків індикації

На кресленні (Фіг.) представлена структурна схема пристрою. Пристрій для вимірювання параметрів нелінійних електричних двополюсників містить генератор синусоїдної напруги 1, вимірювальні перетворювачі 2, 3 причому вимірювальний перетворювач 2 складається з операційного підсилювача 4, із зразковим резистором 5 в колі від'

д'ємного зворотного зв'язку і вимірюваним двополюсником із резистивного 6 та індуктивного 7 елементів у вхідному колі, а вимірювальний перетворювач 3 складається з операційного підсилювача 8 із зразковими резисторами 9 в колі від'ємного зворотного зв'язку і 10 - у вхідному колі, диференціатор 11, вузли вибірки-зберігання 12 і 13, аналого-цифрові перетворювачі 14 і 15, цифро-аналоговий перетворювач 16, джерело опорної постійної напруги 17, перемикач 18, компаратор 19, одновібратор 20, однокристалну мікро-ЕОМ 21, два блоки індикації 22, 23. При цьому вихід генератора синусоїдної напруги 1 приєднаний до входів вимірювальних перетворювачів 2 і 3, а вихід вимірювального перетворювача 2 через диференціатор 11 - до входу вузла вибірки-зберігання 12 і безпосередньо - до першого входу перемикача 18, до другого входу якого приєднаний вихід цифро-аналогового перетворювача 16, виходи перемикача 18 з'єднані з входами компаратора 19, а вихід останнього - з входами одновібратора 20, його вихід - з входами керування записом вузлів вибірки-зберігання 12 і 13, виходи вузлів вибірки-зберігання 12 і 13 з'єднані з входами аналого-цифрових перетворювачів 14, 15, опорні входи аналого-цифрових 14, 15 і цифро-аналогового 16 перетворювачів приєднані до джерела опорної напруги 17, цифрові виходи аналого-цифрових 14, 15 перетворювачів з'єднані з входами однокристалної мікро-ЕОМ 21, до входу керування якої під'єднаний вихід компаратора 19, перший вихід керування однокристалної мікро-ЕОМ 21 з'єднаний з входами керування вузлів вибірки-зберігання 12 та 13, другий - з входами керування аналого-цифрових перетворювачів 14, 15, другий - з входом керування перемикача 18, до цифрових виходів однокристалної мікро-ЕОМ 21 приєднані входи цифро-аналогового перетворювача 16 і блоків індикації 22 та 23.

Пристрій працює таким чином. При подачі синусоїдної напруги u_1 з виходу генератора 1 на вимірювальні перетворювачі 2 і 3 на їх виходах проявляються напруги u_2 та u_3

$$u_2 = R_1 i_x, \quad u_3 = R_2 i_x, \quad (1)$$

де R_1, R_2 - опори зразкових резисторів 5 і 9,

i_x, i_3 - струми у вимірюваному двополюснику Z_x , що складається із елементів 6, 7, і опори R_3 зразкового резистора 10

Струм i_x крім основної гармоніки, на якій живиться вимірювальне коло, містить вищі гармоніки. Для послідовної схеми заміщення RL-двополюсника з нелінійним індуктивним елементом і лінійним резистивним елементом

$$u_1(t) = R_x i_x(t) + \frac{d\psi_x}{dt} \approx R_x i_x(t) + L_x [i_x(t)]' \quad (2)$$

де $i_x(t)$ - похідна струму $i_x(t)$, R_x - опір резистивного елемента 6, L_x - диференціальний опір індуктивного елемента 7 вимірюваного двополюсника

Струм i_3 в ідеальному випадку синусоїдний

$$u_1(t) = R_3 i_3(t) \quad (3)$$

З рівняння (2) випливає, що при виконанні умови $i_x(t) = 0$ значення активного опору може бути визначене як відношення миттєвих значень

напруги $u_1(t)$ до струму $i_x(t)$. Позначивши цей момент часу $t = t_0$, значення R_x буде

$$R_x = \frac{u_1(t_0)}{i_x(t_0)} = \frac{R_1 R_3 u_3(t_0)}{R_2 u_2(t_0)} \quad (4)$$

Для визначення $L_x[i]$ при відомому R_x необхідно задати значення $i_x = i$, зафіксувати момент часу $t = t_1$, при якому $i_x(t) = i_x(t_1) = i$, а також значення $u_1(t_1)$ та $i_x(t_1)$. Тоді з рівняння (2) дістанемо

$$L_x[i] = \frac{u_1(t_1) - R_x i_x(t_1)}{i_x'(t_1)} = \frac{R_1 R_3 u_3(t_1) - R_x R_2 u_2(t_1)}{R_2 u_2'(t_1)} \quad (5)$$

Для об'єктів з гістерезисом значення L_x має бути визначене за формулою (5) при зростанні ($t = t_1$) і при спаданні ($t = t_2$) миттєвого значення струму

Сигнал $u_2'(t)$, пропорційний $i_x(t)$, формується з допомогою диференціатора 11, а його миттєве значення фіксується вузлом вибірки-зберігання 12. Миттєве значення $u_1(t)$ фіксується вузлом вибірки-зберігання 13, а миттєве значення $u_2(t)$ визначається за значенням U_0 при виконанні рівності $u_2(t) = U_0$, де U_0 - опорна постійна напруга, що існує на виході цифро-аналогового перетворювача 16. Цифрові коди на виходах аналого-цифрових перетворювачів 14 і 15 пропорційні миттєвим значенням відповідно $i_x(t)$ та $u_1(t)$, а цифровий код на виході цифро-аналогового перетворювача 16 пропорційний $i_x(t)$ в цей же момент часу.

Визначення параметрів двополюсника відбувається в такій послідовності:

Однокристална мікро-ЕОМ 21 задає код на цифрових входах цифро-аналогового перетворювача 16. В момент часу, що відповідає рівності $u_2(t) = U_0$ спрацьовує компаратор 19, одновібратор 20 формує короткочасний стробуючий імпульс і миттєві значення $u_2'(t)$ та $u_3(t)$ фіксуються вузлами вибірки-зберігання 12 і 13. За командами з однокристалної мікро-ЕОМ відбувається зчитування цих значень аналого-цифровими перетворювачами 14, 15 та їх аналого-цифрове перетворення.

Масиви цифрових даних з виходів аналого-цифрових 14, 15 та входів цифро-аналогового 16 перетворювачів зберігаються в однокристалній мікро-ЕОМ 21.

Перемикач 18 використовується для визначення $L_x[i]$ на зростаючій та спадній вітках характеристики нелінійного двополюсника. Для цього напруга $u_2(t)$ спочатку подається на прямий, а потім на інвертуючий вхід компаратора 19, а опорна напруга U_0 - на інвертуючий, а потім на прямий вхід компаратора 19.

Математична обробка, яка виконується з допомогою однокристалної мікро-ЕОМ 21, зводиться до знаходження моменту часу $t = t_0$, що відповідає нульовому значенню значення $u_2'(t)$, розрахунку R_x з формули (4) за значеннями $u_3(t_0)$ та $u_2'(t_0)$. Після цього з формули (5) розраховуються значення $L_x[i]$. Для цього використовується відповідні значення $u_2(t_1)$, $u_3(t_1)$ та $u_2'(t_1)$ при збільшенні, $u_2(t_2)$, $u_3(t_2)$ та $u_2'(t_2)$ при зменшенні струму.

Результати вимірювання $L_x[i]$ виводяться разом з R_x на блоки індикації 22, 23. При необхідності на блоки індикації можуть бути виведені струмові або часові залежності R_x, L_x , може використовуватися апроксимація характеристик

нелінійних елементів степеневим поліномом, тощо

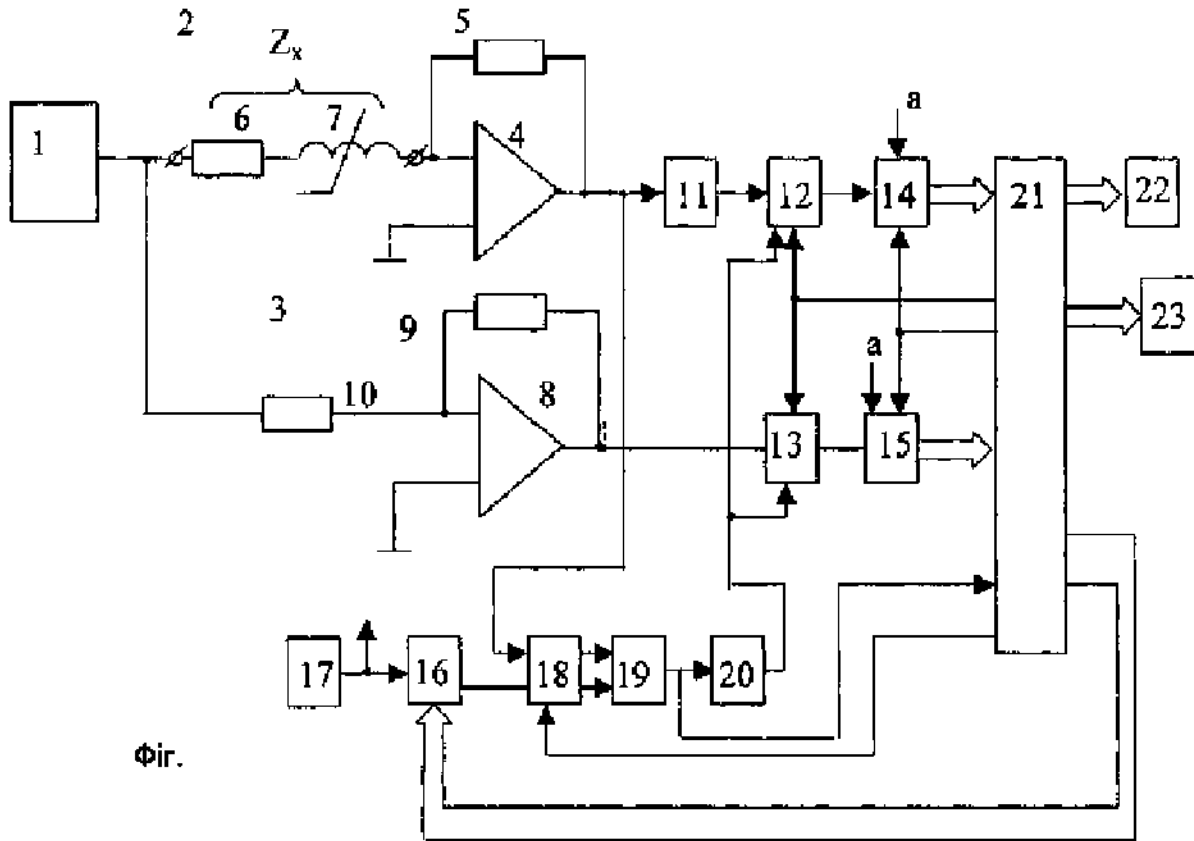
Пристрій для роздільного вимірювання параметрів нелінійних електричних двополосників забезпечує вимірювання нелінійних двополосників з обома нелінійними елементами $L_x[i]$ та $R_x[i]$. Параметри визначають з таких формул [Косарев Б.И., Щуров А.И., Фролов А.В., Ключников С.В. Синтез двухэлементных нелинейных двухполос-

ников с потерями // *Электричество* 1992, №3 - С 15]

$$L_x[i] = \frac{u_1(t_1) - u_1(t_2)}{i'_x(t_1) - i_x(t_2)} \quad (6)$$

$$R_x[i] = \frac{u_1(t_1)}{i_x(t_1)} - L_x[i] \frac{i'_x(t_1)}{i_x(t_1)} \quad (7)$$

при певному значенні струму $i_x = I$



Фіг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456-20-90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216-32-71