



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33676 (13) A

(51) 6 G01R35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАСШТАБНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

(21) 99031621

(22) 23.03.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Мегедь Сергій Олександрович, Скрипник Юрій Олексійович

(73) Державна академія легкої промисловості України

(57) Пристрій для випробування масштабних перетворювачів, що містить генератор коливач частоти, яка перестроюється, з'єднаний з першою клемою для підключення входу об'єкта випробування, послідовно з'єднані ширококутний підсилювач, який входом підключений до другої клемі для підключення об'єкта випробування, і амплітудний детектор, еквівалентний шунтовим опір, з'єднаний з входом ширококутного підсилювача, послідовно з'єднані підсилювач частоти комутації, синхронний детектор та індикатор, два автоматичних перемикача та парафазний генератор

частоти комутації, виходами з'єднаний з керуючими входами автоматичних перемикачів та керуючими входами синхронного детектора, який відрізняється тим, що в нього введені інтегратор, диференціальний підсилювач, джерело опорної напруги та фільтр нижніх частот, при цьому генератор коливач частоти, яка перестроюється, з'єднаний з першим входом першого автоматичного перемикача, другий вхід якого заземлений, вихід першого автоматичного перемикача з'єднаний з третьою клемою для підключення об'єкта випробування, керуючий вхід ширококутного підсилювача з'єднаний через інтегратор з виходом диференційного підсилювача, один вхід якого з'єднаний з джерелом опорної напруги, другий вхід підключений через фільтр нижніх частот до другого виходу другого автоматичного перемикача, вхід якого з'єднаний з виходом амплітудного детектора, а перший вихід другою автоматичного перемикача з'єднаний з входом підсилювача частоти комутації.

Винахід відноситься до техніки вимірювання і може бути використаний для випробування двоелементних масштабних перетворювачів по значенню коефіцієнта передачі в широкому діапазоні частот.

В електронній апаратурі в якості масштабних перетворювачів (МП) широко використовуються Г-подібні подільники напруги, виконані з двох конденсаторів, резисторів чи котушок індуктивності. При вимірюванні коефіцієнта передачі таких подільників виникають великі похибки від шунтуючого впливу підсилювача чи іншого вимірювального перетворювача, підключеного на виході подільника. Ці похибки особливо великі при високих плечах подільника та на високих частотах, так як шунтуючий опір має, як правило, комплексний характер.

Відомий пристрій для випробування масштабних перетворювачів (див.: Верняк С.М., Савенко В.Г., Измерения в проводной связи. - М.: Связь, 1966. - С. 10-11), який містить генератор випробувального сигналу, виходом з'єднаний з клемою для підключення випробуваного масштабного перетворювача, і послідовно з'єднані підсилювач з вольтметром, при цьому вхід підсилювача з'єднаний

з вихідною клемою для підключення випробовуваного МП.

Показання вольтметра пропорційні коефіцієнту передачі випробувального МП при заданій напрузі випробувального сигналу. Проте неминуча нестабільність напруги генератора випробувального сигналу викликає великі похибки в визначенні коефіцієнта передачі МП, особливо при перестроюванні частоти генератора.

Відомий пристрій для випробування масштабних перетворювачів (див.: Скрипник Ю.А. Измерительные устройства с коммутационно-модуляционными преобразователями. - К.: «Вища школа», 1975. - С. 167-169), який містить генератор випробувального сигналу, виходом з'єднаний з вхідною клемою випробовуваного масштабного перетворювача, вихідна клемка якого з'єднана з одним входом електронного логометра, інший вхід якого підключений до вхідної клемі випробовуваного масштабного перетворювача, а сам електронний логометр виконаний по одноканальній комутаційній схемі з автоматичними перемикачами.

Так як логометр вимірює відношення двох напруг, то його вихідна напруга пропорційна коефіцієнту передачі МП і не залежить від неста-

більності випробувальної напруги. Проте шунтова дія одного із входів логометра на вихідний опір випробуемого МП викликає великі похибки в значенні коефіцієнта передачі, особливо на високих частотах.

Відомий також пристрій для випробування масштабних перетворювачів по А.С. СРСР № 1370591, Кл. G 01 R 35/00, 1986 (Б.И. № 4, 1988), який містить генератор коливальної частоти, яка перестроюється, з'єднаний з першою клемою для підключення об'єкта випробування, послідовно з'єднаний широкопasmовий підсилювач, який входом підключений до другої клемою для підключення об'єкта випробування, і амплітудний детектор, еквівалентний шунтовий опір, з'єднаний з входом широкопasmового підсилювача, послідовно з'єднані підсилювач частоти комутації, синхронний детектор та індикатор, два автоматичних перемикача та парафазний генератор частоти комутації, виходами з'єднаний з керуючими входами автоматичних перемикачів та керуючими входами синхронного детектора. Крім того, відомий пристрій включав балансний модулятор, генератор опорної частоти, змінні атенуатори, входами підключені до виходів генератора опорної частоти та генератора коливальної частоти, яка перестроюється, а виходами з'єднаними з першими входами автоматичних перемикачів, зразковий подільник напруги підключений між першим та другим входами автоматичного перемикача, балансний модулятор, першим входом з'єднаний з клемою для підключення випробуемого масштабного перетворювача, який підключається через клему до виходу першого автоматичного перемикача, а другий вхід балансного модулятора з'єднаний безпосередньо з виходом другого автоматичного перемикача. Шунтова дія низькоомного балансного модулятора на вихід МП на низькій опорній та високій контрольованій частотах значно змінює коефіцієнт передачі МП на цих частотах, що викликає великі похибки в результатах випробувань МП на цих частотах і, відповідно, в результатах випробувань МП по коефіцієнту передачі в широкому діапазоні частот.

Задачею винаходу є створення такого пристрою для випробування масштабних перетворювачів, який шляхом введення нових елементів і зв'язків забезпечив би підвищення точності вимірювання коефіцієнта передачі.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для випробування масштабних перетворювачів, який містить генератор коливальної частоти, яка перестроюється, з'єднаний з першою клемою для підключення входу об'єкта випробування, послідовно з'єднані широкопasmовий підсилювач, який входом підключений до клемою для підключення об'єкта випробування, і амплітудний детектор, еквівалентний шунтовий опір, з'єднаний з входом широкопasmового підсилювача, послідовно з'єднані підсилювач частоти комутації, синхронний детектор та індикатор, два автоматичних перемикача та парафазний генератор частоти комутації, виходами з'єднаний з входами керування автоматичних перемикачів та входами керування синхронного детектора, згідно винаходу, введені індикатор, диференціальний підсилювач, джерело опорної напруги та фільтр нижніх частот, при цьому гене-

ратор коливальної частоти, яка перестроюється, з'єднаний з першим входом першого автоматичного перемикача, другий вхід якого заземлений, вихід першого автоматичного перемикача з'єднаний з третьою клемою для підключення об'єкта випробування, керуючий вхід широкопasmового підсилювача з'єднаний через інтегратор з виходом диференціального підсилювача, один вхід якого з'єднаний з джерелом опорної напруги, другий вхід підключений через фільтр нижніх частот до другого виходу другою автоматичного перемикача, вхід якого з'єднаний з виходом амплітудного детектора, а перший вихід другого автоматичного перемикача з'єднаний з входом підсилювача частот комутації.

Саме введення в пристрій інтегратора диференціального підсилювача, джерела опорної напруги та фільтра нижніх частот надає можливість автоматично регулювати коефіцієнт підсилення підсилювача в протилежній залежності від зміни напруги генератора коливальної частоти, яка перестроюється, забезпечує можливість ділення амплітуд двох напруг, відповідно двом значенням коефіцієнта передачі МП при різних підключеннях, що виключає вплив непостійності випробувальної напруги на вимірюване значення коефіцієнта передачі МП. При цьому підключення першого автоматичного перемикача до виходу генератора коливальної частоти, яка перестроюється, та клемою для підключення випробуваного МП дозволяє сформувати дві напруги, відношення яких дорівнює коефіцієнту передачі МП незалежно від величини та характеру еквівалентного шунтового опору підсилювача. Підключення другого автоматичного перемикача, включеного між підсилювачем частоти комутації, фільтром нижніх частот та виходом амплітудного детектора, забезпечило виконання операції ділення за допомогою широкопasmового підсилювача з регульованим коефіцієнтом ділення, що дозволяє автоматизувати процес вимірювання коефіцієнта передачі МП по двом його значенням, незалежно від впливових факторів в широкій смузі частот.

На кресленні подана функціональна схема пристрою для випробування масштабних перетворювачів (фіг.).

Пристрій містить генератор 1 коливальної частоти, яка перестроюється, перший та другий автоматичні перемикачі 2 та 3, відповідно, клемою 4, 5 та 6 для підключення випробуваного масштабного перетворювача (МП) 7 еквівалентний шунтовий опір 8, широкопasmовий підсилювач 9 з регульованим коефіцієнтом підсилення, амплітудний детектор 10, підсилювач 11 частоти комутації, синхронний детектор 12, індикатор 13, фільтр 14 нижніх частот, диференціальний підсилювач 15, інтегратор 16, джерело опорної напруги 17 та парафазний генератор частоти комутації 18.

Генератор 1 з'єднаний з першим входом автоматичного перемикача 2 та з клемою 4 для підключення випробуваного МП. Другий вхід автоматичного перемикача 2 заземлений, а вихід з'єднаний через клему 5 з випробуваним масштабним перетворювачем 7. Вхід широкопasmового підсилювача 9 з еквівалентним шунтовим опором 8, з'єднаний з клемою 6 для підключення МП. Вихід широкопasmового підсилювача 9 через амплітуд-

ний детектор 10 з'єднаний з входом другого автоматичного перемикача 3. Перший вихід цього перемикача з'єднаний з послідовно підключеним підсилювачем 11 частоти комутації, синхронним детектором 12 та індикатором 13.

Другий вихід автоматичного перемикача 3 через фільтр 14 нижніх частот з'єднаний з одним входом диференційного підсилювача 15, другий вхід якого з'єднаний з детектором 17 опорної напруги. Вихід диференційного підсилювача 15 через інтегратор 16 з'єднаний з керуючим входом широкосмугового підсилювача 9. Входи керування автоматичних перемикачів 2,3 та синхронного детектора 12 підключені до виходів парафазного генератора 18 частоти комутації.

Пристрій працює у такий спосіб.

Сигнал з генератора 1 коливань частоти, яка перестроюється,  $U_1(t) = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi)$  діє на вхід автоматичного перемикача 2 та клему 4, з підключеним випробувемим МП 7, який складається з двох елементів з комплексними опорами  $Z_1$  і  $Z_2$ . Вихід МП шунтується еквівалентним комплексним опором  $Z_3$ , який визначається вхідним опором широкосмугового підсилювача 9 та конструктивними провідностями пристрою.

В початковому положенні автоматичного перемикача, показаному на фігурі, клемма 5 заземлена і коефіцієнт передачі МП 7 визначається виразом:

$$K'_5 = Z'_2 / (Z_1 + Z'_2) \quad (1),$$

де  $Z'_2$  - опір нижнього плеча МП з урахуванням шунтової дії опору  $Z_3$ .

Ураховуючи, що опір

$$Z'_2 = Z_2 \cdot Z_3 / (Z_2 + Z_3) \quad (2),$$

отримаємо перше значення коефіцієнта передачі МП:

$$K'_5 = Z_2 \cdot Z_3 / (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \quad (3).$$

Вихідна напруга МП підсилюється широкосмуговим підсилювачем 9 з регульованим коефіцієнтом підсилення  $K_8$  та випрямляється амплітудним детектором 10. Вихідна напруга амплітудного детектора

$$U'_9 = K'_5 \cdot K_8 \cdot S_9 \cdot U_{m1} \quad (4),$$

де  $S_9$  - крутість перетворення амплітудного детектора.

З урахуванням виразу (3) маємо:

$$U'_9 = U_{m1} \cdot K_8 \cdot S_9 \cdot Z_2 \cdot Z_3 / (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \quad (5).$$

При іншому положенні автоматичного перемикача 2 клемма 5 підключається паралельно, і коефіцієнт передачі МП 7 приймає значення

$$K''_5 = Z'_3 / (Z'_1 + Z'_3)$$

де  $Z'_1$  - опір верхнього плеча МП з опорів  $Z_1$  і  $Z_2$   
Так як опір

$$Z'_1 = Z_1 \cdot Z_2 / (Z_1 + Z_2) \quad (6),$$

то отримаємо друге значення коефіцієнта передачі МП:

$$K''_5 = Z_3 \cdot (Z_1 + Z_2) / (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \quad (7).$$

Відповідно вихідна напруга амплітудного детектора 10 при іншому положенні перемикача 2 приймає вигляд:

$$U''_9 = K''_5 \cdot K_8 \cdot S_9 \cdot U_{m1} \quad (8)$$

З урахування виразу (8) отримаємо:

$$U''_9 = K_8 \cdot S_9 \cdot Z_3 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot U_{m1} / (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \quad (9).$$

Автоматичний перемикач 3 працює синхронно з автоматичним перемикачем 2, але їх провідний стан протилежний, так як управляються вони від протифазних виходів генератора 18. Тому напруга  $U''_9$  через автоматичний перемикач 3 та фільтр 14 нижніх частот поступає на один із входів диференційного підсилювача 15. На другий вхід диференційного підсилювача діє постійна напруга  $U_0$  від джерела опорної напруги 17.

Підсилена різницєва напруга з виходу диференційного підсилювача 15 заряджає інтегратор 16, вихідна напруга якого діє на вхід керування широкосмугового підсилювача 9 та міняє його коефіцієнт підсилення. Процес регулювання коефіцієнта підсилення триває до тих пір, поки вхідні напруги диференційного підсилювача 15 не зрівняються. При рівності вхідних напруг отримаємо:

$$U_0 = U''_9 = K_8 \cdot S_9 \cdot Z_3 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot U_{m1} / (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \quad (10)$$

З рівняння (11) випливає, що старе значення коефіцієнта підсилення широкосмугового підсилювача, яке утримується зарядженням інтегратором 16, стає рівним:

$$K_8 = (Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3) \cdot U_0 / (S_9 \cdot Z_3 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot U_{m1}) \quad (11)$$

Напруга  $U'_9$  з виразу (5) з урахуванням сталого коефіцієнта підсилення (12) приймає вигляд:

$$U'_9 = Z_2 \cdot U_0 / (Z_1 + Z_2) \quad (12)$$

При неперервній роботі автоматичних перемикачів 2 та 3 з частотою комутації  $\Omega$  яка обирається меншою мінімального значення частоти генератора 1 принаймні в 10-20 разів ( $\Omega \ll \omega_{min}$ ), на виходи перемикача 3 проходять імпульси випрямлених напруг  $U'_9$  та  $U''_9$  тривалістю  $\Delta t = \pi / \Omega$ . З послідовності імпульсів з амплітудою  $U''_9$  фільтром 14 нижніх частот виділяється постійна складова напруги, яка зрівнюється з опорною напругою  $U_0$  на входах диференційного підсилювача 15.

З послідовності імпульсів з амплітудою  $U'_9$  підсилювачем 11 частоти комутації виділяється змінна складова частоти  $\Omega$  з амплітудою:

$$U_{11} = K_{11} \cdot U'_9 / 2 \quad (13),$$

де  $K_{11}$  - коефіцієнт підсилення підсилювача 11.

Підсилена напруга (14) випрямляється синхронним детектором 12, який керується протифазною напругою генератора 18. З урахуванням амплітуди напруги  $U'_9$  з виразу (13) остаточно отримаємо значення випрямленої напруги:

$$U_{12} = S_0 \cdot Z_2 / (Z_1 + Z_2) \quad (14),$$

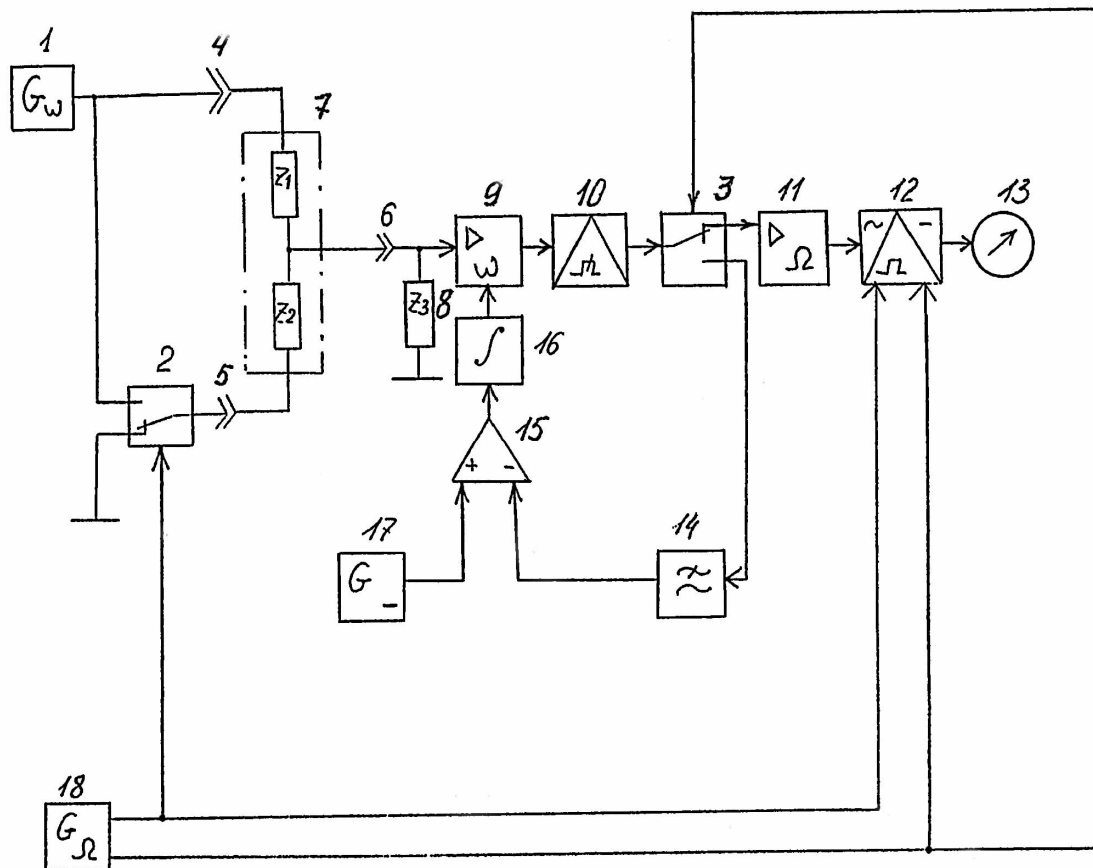
де  $S_0 = K_{11} \cdot K_{12} \cdot U_0$  - крутість перетворення коефіцієнта передачі МП в постійну напругу.

З отриманого виразу (15) видно, що результат вимірювання прямопропорційний коефіцієнту передачі МП і не залежить від шунтової дії опору  $Z_3$ . Крім того результат вимірювання не залежить від нестабільності параметрів широкопasmового підсилювача 9 ( $K_8$ ), амплітудного детектора 10 ( $S_9$ ) та амплітуди випробувальної напруги ( $U_{m1}$ ).

Змінюючи частоту випробувальної напруги  $\omega$  від  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ , можна випробувати МП в широко-

му діапазоні частот та визначити залежність його коефіцієнта передачі від частоти.

Випробування показали, що запропонований пристрій дозволяє випробувати двохелементні МП, виконані на конденсаторах, резисторах та індуктивних елементах, в діапазоні значень коефіцієнта передачі від 1 до 0,01 з відносною похибкою не більшою 0,1 % в частотному діапазоні від  $10^3$  до  $10^7$  Гц при частоті комутації (5...10) Гц. В якості автоматичних перемикачів використовуються магнітокерівані контакти (геркони), а в якості генератора частоти комутації – мультивібратор.



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22