RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225602** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **409067**

(22) Data zgłoszenia: **01.08.2014**

(51) Int.Cl.
G01R 19/00 (2006.01)
G01R 17/10 (2006.01)

(54) **Sposób i układ do laboratoryjnego pomiaru wysokiego napięcia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
15.02.2016 BUP 04/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.04.2017 WUP 04/17

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
JERZY NABIELEC, Kraków, PL
ANDRZEJ WETULA, Kraków, PL

PL 225602 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób oraz układ do laboratoryjnego pomiaru wysokiego napięcia zawierającego harmoniczne. Rozwiązanie ma zastosowanie do pomiarów wysokich napięć w warunkach laboratoryjnych, w których konieczne jest korygowanie wpływu nieprzewidzianych zmian parametrów metrologicznych na dokładność.

Znany jest układ opisany w dokumencie PCT/EP2012/066147 A pod tytułem „Adaptacyjny dzielnik napięcia o skorygowanej charakterystyce częstotliwościowej do pomiaru wysokich napięć". Układ ten zawiera dwa dzielniki napięcia równoległe, przyłączone do tego samego mierzonego napięcia. Jeden z dzielników ma zmienną strukturę. Przez sekwencyjną wymianę jego impedancji, które są przyległe do napięcia odniesienia i pomiar napięć na nich oraz na wyjściu gałęzi o stałej strukturze wyznacza się stosunek wartości wymienianych impedancji oraz stosunek wartości tych impedancji do dużej impedancji przyłączonej bezpośrednio do wysokiego napięcia. Na podstawie analizy harmonicznej określa się właściwości metrologiczne każdego z dzielników jednocześnie. Zamiast drugiego dzielnika o niezmiennej strukturze może być wykorzystany przekładnik napięciowy.

Znane jest też z dokumentu patentowego PL 404893 A rozwiązanie pod tytułem Sposób i układ do kalibracji pomiarowego przetwornika napięcia. Opisany został układ mostkowy, w którym jedną gałąź stanowi kalibrowany pomiarowy przetwornik napięcia, a drugą zespół impedancji składający się z pojedynczej impedancji od strony wysokiego napięcia i połączonych równolegle co najmniej dwóch impedancji od strony potencjału odniesienia. W kolejnych cyklach kalibracji, najpierw równoważy się mostek przestrajając jedną impedancję spośród impedancji umieszczonych od strony potencjału odniesienia, przy odłączonych pozostałych. Następnie powtarza się równoważenie mostka dla indywidualnie łączonych pozostałych impedancji od strony potencjału odniesienia uzyskując równe wartości tych impedancji. Następnie, nie zmieniając wartości żadnej z tych impedancji, przełącza się je w układ szeregowo-równoległy tworząc impedancję wypadkową o znanej krotności wartości w stosunku do pojedynczej impedancji od strony niskiego napięcia, po czym wyznacza się napięcie na przekątnej mostka oraz wyznacza się napięcie na wyjściu kalibrowanego pomiarowego przetwornika napięcia. Wyniki tych pomiarów przesyła się do bloku obliczeniowego, gdzie przy znajomości otrzymanej krotności wartości impedancji oraz zależności między wyznaczonymi napięciami określa się współczynnik kalibracji pomiarowego przetwornika napięcia.

Sposób, według wynalazku, realizuje się w układzie mostkowym, o impedancjach górnych od strony wysokiego napięcia i impedancjach dolnych od strony potencjału odniesienia, zawierającym cyfrowe konwertery napięcia oraz jednostkę sterująco-obliczeniową i mającym ciągły pomiar napięcia na zaciskach jednej z impedancji dolnych.

Istotą sposobu tego sposobu jest to, że w każdym cyklu za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego sterowanego sygnałem z jednostki sterująco-obliczeniowej zwiera się, w znany sposób, impedancję pomocniczą w impedancji górnej w gałęzi komutowanej mostka, od strony przekątnej mostka oraz impedancję kompensacyjną w dolnej impedancji gałęzi komutowanej, również od strony przekątnej mostka, z równolegle dołączonym do niej konwerterem napięcia. Drugi konwerter mierzy napięcie na szeregowo połączonych impedancjach pomocniczej i kompensującej, do których jest dołączony równolegle. Następnie równoważy się mostek dla wybranej harmonicznej mierzonego wysokiego napięcia przestrajając, w znany sposób za pomocą sygnału jednostki sterująco-obliczeniowej, impedancję dolną w gałęzi komutowanej mostka albo impedancję dolną w gałęzi stałej mostka.

Za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego sterowanego sygnałem z jednostki sterująco-obliczeniowej rozwiera się impedancję pomocniczą oraz impedancję kompensacyjną. Przestraja się, bez zmiany wartości impedancji dolnej, impedancję kompensacyjną tak aby ponownie zrównoważyć mostek. Następnie mierzy się, za pomocą konwerterów napięcia, przez czas dłuższy niż okres wybranej harmonicznej mierzonego wysokiego napięcia, wartości chwilowe napięcia na impedancji pomocniczej i szeregowo połączonej z nią impedancji kompensacyjnej łącznie, oraz wartości chwilowe napięcia na impedancji kompensacyjnej niezależnie. Do jednostki sterująco-obliczeniowej, przesyła się sygnały odpowiadające zmierzonym chwilowym wartościom napięć na impedancji pomocniczej i szeregowo połączonej z nią impedancji kompensacyjnej łącznie i na impedancji kompensacyjnej niezależnie oraz napięć na przekątnej mostka. Następnie sygnały te poddaje się analizie harmonicznej i wyznacza się wskazy odpowiadające wybranej harmonicznej zmierzonych napięć, po czym oblicza się, w jednostce sterująco-obliczeniowej, iloraz wyznaczonego wskazu napięcia na impedancji po-

mocniczej oraz na impedancji kompensacyjnej łącznie do wyznaczonego wskazu napięcia impedancji kompensacyjnej i wyznacza poszukiwaną stałą k dzielnika gałęzi stałej mostka. Następnie oblicza się iloczyn wyznaczonej stałej k dzielnika gałęzi stałej i wartości napięcia mierzonego na impedancji dolnej dzielnika gałęzi stałej mostka, uzyskując aktualną wartość wysokiego napięcia.

Wyznaczenie stałej k realizowane w każdym cyklu stanowi autokalibrację układu do następującego po nim pomiaru napięcia na dolnej impedancji w gałęzi stałej mostka. W następnych cyklach powtarza się wszystkie kroki, aby wykryć ewentualne fluktuacje stałej k.

Układ, według wynalazku jest przetwornikiem mostkowym, zawierającym w każdej gałęzi impedancję górną od strony wysokiego napięcia i impedancję dolną od strony potencjału odniesienia. Zawiera też cyfrowy konwerter napięcia na jednej z impedancji dolnych i cyfrowy konwerter napięcia na przekątnej mostka oraz jednostkę sterująco-obliczeniową.

Istotą układu jest to, że w gałęzi komutowanej mostka powyżej przekątnej włączona jest impedancja górna od strony wysokiego napięcia i połączona z nią szeregowo impedancja pomocnicza od strony przekątnej mostka. W gałęzi komutowanej, poniżej przekątnej mostka dołączona jest impedancja kompensacyjna, z którą szeregowo połączona jest impedancja dolna, która kolejno dołączona jest do potencjału odniesienia. Ponadto impedancja pomocnicza i impedancja kompensacyjna są zbocznikowane łącznikiem zwierno-rozwiernym i cyfrowym konwerterem napięcia dołączonym równolegle do tych impedancji. Do impedancji kompensacyjnej dołączony jest równolegle cyfrowy konwerter napięcia na impedancji kompensacyjnej. Impedancja pomocnicza i impedancja dolna są przestrajalne, sterowane z przyłączonej jednostki sterująco-obliczeniowej.

W miejsce gałęzi stałej może być wykorzystany przekładnik napięciowy.

Pomiar realizowany w sposób według wynalazku eliminuje wpływ warunków klimatycznych oraz starzenia się elementów składowych układu. Dzięki temu układ może pracować długi czas bez konieczności demontażu w celu jego kalibracji.

W rozwiązaniach technicznych często występuje błąd metody. Jest on spowodowany tym, że rzeczywiste mierniki zakłócają swoją obecnością rozpływ prądów lub konfigurację napięć w mierzonym obiekcie. Przykładowo przy technicznym pomiarze mocy lub rezystancji impedancja wewnętrzna amperomierza dodaje się do mierzonej impedancji i przez to zawyża wynik pomiaru lub impedancja wewnętrzna woltomierza dołączona równolegle do mierzonego obiektu zaniża wynik pomiaru.

W rozwiązaniu, według wynalazku, dzięki wprowadzeniu przestrajanej impedancji kompensacyjnej w gałęzi komutowanej wytwarzane jest na niej napięcie, które kompensuje napięcie nierównowagi mostka i umożliwia jego ponowne zrównoważenie po zmianie konfiguracji. Impedancja wejściowa woltomierza dołączonego równolegle do impedancji kompensacyjnej jest uwzględniana w tej impedancji w trakcie ponownego równoważenia mostka. Tak więc nie powoduje to występowania błędu metody przy określaniu napięcia na przekątnej mostka przy otwartym łączniku zwierno-rozwiernym co występuje w pomiarze technicznym.

Główną zaletą rozwiązania jest brak potrzeby dokładnego określenia wartości poszczególnych impedancji, a także relacji pomiędzy nimi, na etapie konstruowania układu.

Przedmiot wynalazku pokazano w przykładowym rozwiązaniu na rysunku będącym schematem układu.

Układ zawiera w gałęzi komutowanej mostka powyżej przekątnej włączoną impedancję górną Q od strony wysokiego napięcia i połączoną z nią szeregowo impedancję pomocniczą T od strony przekątnej mostka. W gałęzi komutowanej, poniżej przekątnej mostka, dołączona jest impedancja kompensacyjna W, z którą szeregowo połączona jest impedancja dolna P, która kolejno dołączona jest do potencjału odniesienia GND. Ponadto impedancja pomocnicza T i impedancja kompensacyjna W są zbocznikowane łącznikiem zwierno-rozwiernym S i cyfrowym konwerterem napięcia U2 dołączonym równolegle do tych impedancji. Do impedancji kompensacyjnej W dołączony jest równolegle cyfrowy konwerter AD4 napięcia na impedancji kompensacyjnej. Impedancja pomocnicza W i impedancja dolna P są przestrajalne, sterowane z przyłączonej jednostki sterująco-obliczeniowej CC.

Sposób działania układu jest następujący, w każdym cyklu w gałęzi komutowanej mostka, za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego S sterowanego sygnałem z jednostki sterująco-obliczeniowej CC zwiera się impedancję wydzieloną T oraz impedancję kompensacyjną W. Następnie równoważy się mostek dla wybranej harmonicznej mierzonego wysokiego napięcia U przestrajając, w znany sposób za pomocą sygnału z jednostki sterująco-obliczeniowej CC, impedancję dolną P w gałęzi komutowanej mostka. Potem za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego S rozwiera się impedancję wydzieloną T oraz impedancję kompensacyjną W. Przestraja się impedancję kompensacyjną W tak aby po-

nownie zrównoważyć mostek zachowując nie zmienioną wartość impedancji P. Mierzy się za pomocą podłączonych mierników wartości chwilowe napięcia U2 na impedancjach wydzielonej T i kompensacyjnej W łącznie, a także mierzy się niezależnie wartości chwilowe napięcia U4 na impedancji kompensacyjnej W. Czas tego pomiaru ustala się dłuższy niż okres wybranej harmonicznej mierzonego, wysokiego napięcia. Do jednostki sterująco-obliczeniowej CC, przesyła się sygnały odpowiadające zmierzonym chwilowym wartościom napięć U2 na impedancji wydzielonej i impedancji kompensacyjnej oraz napięć U4 na przekątnej mostka. Następnie sygnały te poddaje się analizie harmonicznej i wyznacza się wskazy odpowiadające wybranej harmonicznej napięć U2 i U4. Oblicza się iloraz wyznaczonego wskazu napięcia U2 na wydzielonej impedancji T oraz na impedancji kompensacyjnej W łącznie do niezależnie wyznaczonego wskazu napięcia U4 na impedancji kompensacyjnej W i wyznacza poszukiwaną stałą k dzielnika Z-R gałęzi stałej mostka. Następnie oblicza się iloczyn wyznaczonej stałej k dzielnika gałęzi stałej i wartości napięcia mierzonego na impedancji dolnej R tej gałęzi, uzyskując aktualną wartość wysokiego napięcia U.

Wykaz oznaczeń na rysunku

I	gałąź komutowana mostka
II	gałąź stała mostka
U	mierzone wysokie napięcie
GND	potencjał odniesienia
Q	impedancja górna w gałęzi I (od strony wysokiego napięcia)
P	impedancja dolna w gałęzi I (od strony potencjału odniesienia)
Z	impedancja górna w gałęzi II (od strony wysokiego napięcia)
R	impedancja dolna w gałęzi II (od strony potencjału odniesienia)
T	impedancja pomocnicza
W	impedancja kompensacyjna
AD1	cyfrowy konwerter napięcia na impedancji dolnej w gałęzi stałej
AD2	cyfrowy konwerter napięcia na impedancji pomocniczej i kompensacyjnej
AD3	cyfrowy konwerter napięcia na przekątnej mostka
AD4	cyfrowy konwerter napięcia na impedancji kompensacyjnej
S	łącznik zwierno-rozwierny
CC	jednostka sterująco-obliczeniowa
U1	napięcie na impedancji dolnej w gałęzi stałej
U2	napięcie na impedancji pomocniczej i kompensacyjnej
U3	napięcie na przekątnej mostka
U4	napięcie na impedancji kompensacyjnej

Zastrzeżenia patentowe

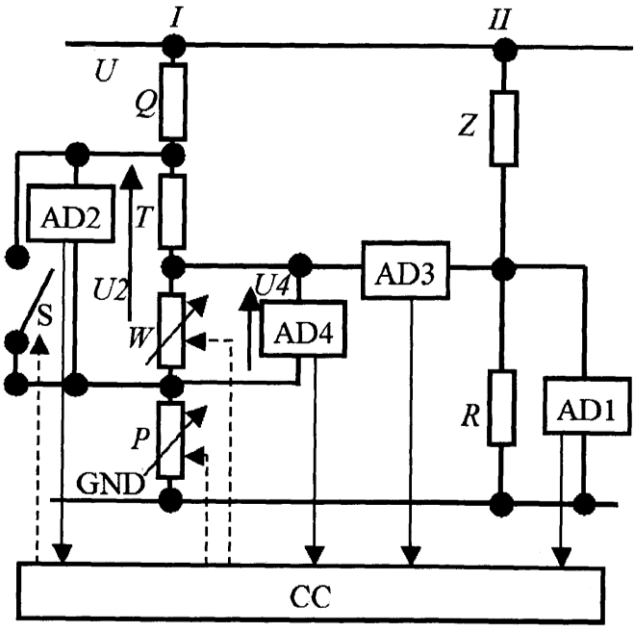
1. Sposób laboratoryjnego pomiaru wysokiego napięcia, w układzie z przetwornikiem mostkowym o impedancjach górnych od strony wysokiego napięcia i impedancjach dolnych od strony potencjału odniesienia, zawierającym cyfrowe konwertery napięcia oraz jednostkę sterująco-obliczeniową i realizującym pomiar napięcia na zaciskach dolnej impedancji, **znamienny tym**, że w każdym cyklu

– za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego (S) sterowanego sygnałem z jednostki sterująco-obliczeniowej (CC) zwiera się, w znany sposób, impedancję pomocniczą (T) wydzieloną z impedancji górnej w gałęzi komutowanej mostka, od strony przekątnej mostka oraz impedancję kompensacyjną (W) w dolnej impedancji w gałęzi komutowanej, również od strony przekątnej mostka,
– równoważy się mostek dla wybranej harmonicznej mierzonego wysokiego napięcia (U) przestrajając, w znany sposób za pomocą sygnału jednostki sterująco-obliczeniowej (CC), impedancję dolną (P) w gałęzi komutowanej mostka albo impedancję dolną (R) w gałęzi stałej mostka,
– za pomocą łącznika zwierno-rozwiernego (S) sterowanego sygnałem z jednostki sterująco-obliczeniowej (CC) rozwiera się impedancję pomocniczą (T) oraz impedancję kompensacyjną (W),

– przestraja się, bez zmiany wartości impedancji dolnej (P), impedancję kompensacyjną (W) tak aby ponownie zrównoważyć mostek,
– za pomocą konwerterów (AD2; AD4), mierzy się wartości chwilowe napięcia (U2) na impedancji pomocniczej (T), oraz wartości chwilowe napięcia (U4) na impedancji kompensacyjnej (W), przez czas dłuższy niż okres wybranej harmonicznej mierzonego wysokiego napięcia,
– przesyła się do jednostki sterująco-obliczeniowej (CC), sygnały odpowiadające zmierzonym chwilowym wartościom napięć (U2) na impedancji pomocniczej (T) i na impedancji kompensacyjnej (W) łącznie oraz niezależnie napięć na impedancji kompensacyjnej (W),
– następnie sygnały te poddaje się analizie harmonicznej i wyznacza się wskazy odpowiadające wybranej harmonicznej napięcia (U2) na impedancji pomocniczej (T) i napięcia (U4) na impedancji kompensacyjnej (W),
– oblicza się, w jednostce obliczeniowej (CC), iloraz wyznaczonego wskazu napięcia (U2) na impedancji pomocniczej (T) oraz na impedancji kompensacyjnej (W) łącznie do wyznaczonego wskazu napięcia (U4) impedancji kompensacyjnej (W) niezależnie i wyznacza poszukiwaną stałą k dzielnika gałęzi stałej mostka (Z-R),
– następnie oblicza się iloczyn wyznaczonej stałej k dzielnika gałęzi stałej i wartości napięcia mierzonego (U1) na impedancji (R) dolnej dzielnika gałęzi stałej mostka, będący miarą wysokiego napięcia (U).

2. Układ do laboratoryjnego pomiaru wysokiego napięcia będący przetwornikiem mostkowym, zawierający cyfrowy konwerter napięcia na przekątnej mostka i cyfrowy konwerter napięcia na impedancji dolnej oraz zawierający jednostkę sterująco-obliczeniową, **znamienny tym**, że w gałęzi komutowanej mostka powyżej przekątnej włączona jest impedancja górna (Q) od strony wysokiego napięcia i połączona z nią szeregowo impedancja pomocnicza (T) od strony przekątnej mostka, natomiast poniżej przekątnej mostka dołączona jest impedancja kompensacyjna (W), z którą szeregowo połączona jest impedancja dolna (P) dołączona do potencjału odniesienia (GND), ponadto impedancja pomocnicza (T) i impedancja kompensacyjna (W) są zbocznikowane łącznikiem zwierno-rozwiernym (S) i cyfrowym konwerterem napięcia (U2) dołączonym równolegle do tych impedancji, a ponadto do impedancji kompensacyjnej (W) dołączony jest równolegle cyfrowy konwerter (AD4) napięcia na impedancji kompensacyjnej, przy czym impedancja pomocnicza (W) i impedancja dolna (P) są przestrajalne, sterowane z przyłączonej jednostki sterująco-obliczeniowej (CC) tak samo jak łącznik zwierno-rozwierny (S).

Rysunek



Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)