

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222066**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **396031**

(22) Data zgłoszenia: **19.08.2011**

(51) Int.Cl.
G01R 19/00 (2006.01)
G01R 15/00 (2006.01)
G01R 15/04 (2006.01)

(54) **Adaptacyjny dzielnik napięcia**
o skorygowanej charakterystyce częstotliwościowej do pomiaru wysokich napięć

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
04.03.2013 BUP 05/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.06.2016 WUP 06/16

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

JERZY NABIELEC, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Alina Magońska

PL 222066 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest adaptacyjny dzielnik napięcia o skorygowanej charakterystyce częstotliwościowej do pomiaru wysokich napięć.

Pomiar wysokich napięć zazwyczaj dokonuje się za pomocą precyzyjnych skompensowanych dzielników napięcia. Z uwagi na wymagany stopień bezpieczeństwa niezbędna jest wysoka jakość izolacji oraz uniemożliwienie przepływu prądów powierzchniowych po powierzchni materiału izolacyjnego.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr US 3.258.484 znana jest sonda wysokiego napięcia do oscyloskopu, której wysoką jakością izolacji zapewniono poprzez zastosowanie ciekłego dielektryka, który częściowo wypełnia komorę z umiejscowionym w niej dzielnikiem napięcia. Ponieważ temperatura wrzenia zastosowanego freonu wynosi $+4.1^{\circ}\text{C}$ pozostałą część komory wypełniają pary ciekłego dielektryka pod ciśnieniem. Dzięki temu kilkakrotnie, w stosunku do suchego powietrza, zwiększono wytrzymałość izolacji w otoczeniu dzielnika napięcia. Sonda umożliwia pomiary wysokich napięć do 30 KV w zakresie częstotliwości DC-70 MHz, uzyskano czas narastania ok. 3.3 ns.

Z rosyjskiego zgłoszenia patentowego nr RU 2399320 znana jest metoda bezkontaktowego pomiaru współczynnika zniekształceń napięcia i prądu w trakcji kolejowej, w której sensory pola elektrycznego i magnetycznego są zamontowane na końcu dwumetrowego pręta i umiejscowione poniżej przewodu energetycznego trakcji kolejowej. Sygnały z obu czujników są doprowadzone do wejść dwukanałowego oscyloskopu połączonego z komputerem za pośrednictwem, którego dokonuje się synchronicznej rejestracji sygnałów oraz ich spektralnej analizy.

Niedogodnością sondy według patentu US 3.256.484 jest konieczność utrzymywania w sondzie określonej ilości ciekłego freonu. Z drugiej strony polimerowe materiały dielektryczne, z uwagi na nieuchronne prądy powierzchniowe, nie zapewniają stabilnych parametrów dotyczących pojemności i przewodności przy zmiennych warunkach środowiskowych (wilgotność, zapylenie). Powoduje to niekontrolowaną zmianę ich metrologicznych właściwości statycznych i częstotliwościowych.

Adaptacyjny dzielnik napięcia o skorygowanej charakterystyce częstotliwościowej do pomiaru wysokich napięć złożony jest z dwóch gałęzi, który w pierwszej gałęzi ma element impedancyjny $Q(j\omega)$ i element impedancyjny $P(j\omega)$, które połączone są z pierwszym wtórnikiem napięcia, który z kolei połączony jest z pierwszym przetwornikiem analogowo-cyfrowym, natomiast w drugiej gałęzi ma połączone szeregowo element impedancyjny $Z(j\omega)$ i element impedancyjny $R(j\omega)$, połączone z drugim wtórnikiem napięcia, który z kolei połączony jest z drugim przetwornikiem analogowo-cyfrowym. Ponadto, adaptacyjny dzielnik napięcia wyposażony jest w przełącznik, który umożliwia odłączenie elementu impedancyjnego $P(j\omega)$ od szyny potencjału zerowego i dołączenie go do wyjścia wzmacniacza, którego wyjście połączone jest z trzecim przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania uwidocznił na rysunku, który przedstawia schemat blokowy adaptacyjnego dzielnika napięcia.

Układ zawiera: element impedancyjny $Q(j\omega)$, którego jeden koniec jest podłączony do przewodu, którego napięcie $U(j\omega)$ jest mierzone, natomiast drugi koniec połączony jest z wejściem nieodwracającym pierwszego wtórnika napięcia $W1$ zrealizowanego w oparciu o wzmacniacz operacyjny o wysokiej rezystancji wejściowej, ponadto, element impedancyjny $Q(j\omega)$ połączony jest z pierwszym końcem elementu impedancyjnego $P(j\omega)$. Wyjście pierwszego wtórnika napięcia $W1$ połączone jest z wejściem pierwszego przetwornika analogowo-cyfrowego A/C_1 . Element impedancyjny $P(j\omega)$ poprzez przełącznik Sw , w drugiej pozycji, może być dołączony do szyny potencjału zerowego GND , lub w pierwszej pozycji przełącznika Sw , jest dołączony do wyjścia wzmacniacza $W3$. Ponieważ wejście nieodwracające wzmacniacza $W3$ również jest połączone z szyną potencjału zerowego GND , natomiast wejście odwracające połączone jest z wyjściem wzmacniacza $W1$, przy pierwszej pozycji przełącznika Sw , wzmacniacz $W3$ w połączeniu z elementem impedancyjnym $P(j\omega)$ pełni funkcję wzmacniacza odwracającego, którego wyjście połączone jest z trzecim przetwornikiem analogowo-cyfrowym A/C_3 . W drugiej gałęzi element impedancyjny $Z(j\omega)$, także połączony jest z przewodem, którego napięcie $U(j\omega)$ jest mierzone i elementem impedancyjnym $R(j\omega)$ oraz z wejściem drugiego wtórnika napięcia $W2$, którego wyjście z kolei połączone jest z drugim przetwornikiem analogowo-cyfrowym A/C_2 .

Pomiar napięć zmiennych dokonuje się za pomocą impedancyjnego dzielnika napięcia o elementach impedancyjnych $Z(j\omega)$, $R(j\omega)$, w którym wartość stosunku impedancji elementów zastosowanych w obwodzie dzielnika oblicza się w oparciu o dodatkowe pomiary napięcia wyjściowego wzmac-

niacza odwracającego W3. Dzięki temu nie jest konieczna znajomość wartości obu impedancji zastosowanych w obwodzie dzielnika napięcia.

Dzięki wykonaniu sekwencji pomiarów składającej się z czterech faz następuje wyznaczenie aktualnych funkcji transmitancji $G(j\omega)$ dla dzielnika napięcia złożonego z zestawienia elementów impedancyjnych $Z(j\omega)$, $R(j\omega)$ o nieznanymi wartościami.

Proces pomiaru zawiera następujące fazy:

Faza I.

Przełącznik ustawiony jest w pozycji 2.

Przetwornik A/C_1 pobiera zadaną liczbę N próbek napięcia i wyznaczane jest jego widmo częstotliwościowe oznaczone jako $V(j\omega)$.

Przetwornik A/C_2 pobiera zadaną liczbę N próbek napięcia i wyznaczane jest jego widmo częstotliwościowe oznaczone jako $V(j\omega)$.

Powyższe pomiary wykonywane są jednocześnie, czyli próbki napięć w obu torach pobierane są w tych samych momentach czasu, Oba przetworniki A/C_1 i A/C_2 pracują synchronicznie.

Pozostałe napięcia $X(j\omega)$, $Y(j\omega)$, $W0(j\omega)$ oraz $Y0(j\omega)$ są nieistotne w tej fazie.

N jest parametrem ustalonym programowo w cyfrowej części sterującej.

Faza II

Komutacja przełącznika do pozycji 1.

Istotna jest jedynie rejestracja N próbek napięcia przez A/C_2 i wyznaczanie jego widma częstotliwościowego oznaczonego jako $W0(j\omega)$.

Faza III.

Przełącznik ustawiony jest w pozycji 1.

Przetwornik A/C_3 pobiera zadaną liczbę N próbek napięcia i wyznaczane jest jego widmo częstotliwościowe oznaczone jako $X(j\omega)$.

Przetwornik A/C_2 pobiera zadaną liczbę N próbek napięcia i wyznaczane jest jego widmo częstotliwościowe oznaczone jako $Y(j\omega)$.

Powyższe pomiary wykonywane są jednocześnie, czyli próbki napięć w obu torach pobierane są w tych samych momentach czasu. Oba przetworniki A/C_1 i A/C_2 pracują synchronicznie.

Pozostałe napięcia $V(j\omega)$, $W(j\omega)$, $W0(j\omega)$ oraz $Y0(j\omega)$ są nieistotne.

Faza IV

Komutacja przełącznika do pozycji 2.

Istotna jest jedynie rejestracja N próbek napięcia przez A/C_2 i wyznaczanie jego widma częstotliwościowego oznaczonego jako $Y0(j\omega)$.

Wynikiem operacji numerycznych na zarejestrowanych próbkach napięć $X(j\omega)$, $Y(j\omega)$, $V(j\omega)$ oraz $W(j\omega)$ jest wyznaczenie stałej dzielnika (jako liczby zespolonej – moduł i faza) w postaci ilorazu impedancji prawej gałęzi dzielnika do dolnej jej części i określanej przez poniższe zależności.

Końcowe zależności w dziedzinie zmiennej zespolonej $j\omega$:

$$G(j\omega) = \frac{Z(j\omega) + R(j\omega)}{R(j\omega)} = \frac{V(j\omega)}{W(j\omega) + V(j\omega) \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}}$$

Wyznaczenie transmitancji dzielnika $G(j\omega)$ następuje po pierwszym cyklu jego pracy.

W kolejnych cyklach pracy dzielnik ma już określone właściwości metrologiczne, chociaż do jego zbudowania wykorzystano elementy o nieokreślonych parametrach. W następnych cyklach układ śledzi na bieżąco, bez przerywania ciągłości pomiaru, powolne fluktuacje parametrów swoich elementów składowych, które mogą się zmieniać pod wpływem różnych warunków atmosferycznych (środowiskowych) lub starzenia. Wyznaczanie tej transmitancji jest przeprowadzane w miejscu pracy dzielnika, a nie w laboratorium. Jedynym sygnałem pobudzającym dla identyfikacji jest mierzone nieznanne napięcie.

Te transmitancje wyznaczane są jako liczby zespolone. Pozwala to na określenie tłumienia oraz przesunięcia fazowego każdej wykrytej harmonicznej mierzonego przebiegu napięcia $U(j\omega)$.

Przy wykorzystaniu tych transmitancji określane jest przebieg napięcia $U(j\omega)$ na podstawie zarejestrowanych próbek napięć $X(j\omega)$, $Y(j\omega)$, $V(j\omega)$, $V0(j\omega)$, $W(j\omega)$, $W0(j\omega)$.

Wartość mierzonego napięcia określana jest w zależności od fazy pracy układu na podstawie wyników pomiaru uzyskanego z A/C_2.

$$U(j\omega) = G(j\omega)W0(j\omega)$$

$$U(j\omega) = G(j\omega)W(j\omega)$$

$$U(j\omega) = G(j\omega)Y_0(j\omega)$$

$$U(j\omega) = G(j\omega)Y(j\omega)$$

Proces pomiarowy nadzorowany jest za pomocą Cyfrowego Układu Sterowania i Synchronizacji, który ustala sekwencję pomiarów za pośrednictwem przetworników analogowo-cyfrowych A/C_1, A/C_2, A/C_3, dokonuje zmiany konfiguracji układu pomiarowego poprzez odpowiednie ustawienie pozycji przełącznika Sw, dokonuje programowej korekcji częstotliwościowej dzielnika oraz dokonuje obliczeń.

Zastrzeżenie patentowe

Adaptacyjny dzielnik napięcia o skorygowanej charakterystyce częstotliwościowej do pomiaru wysokich napięć, **znamienny tym**, że ma w pierwszej gałęzi dzielnika element impedancyjny ($Q(j\omega)$), który połączony jest z elementem impedancyjnym ($P(j\omega)$), do którego dołączony jest pierwszy wtórnik napięcia (W1), który z kolei połączony jest z pierwszym przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C_1) oraz ma w drugiej gałęzi dzielnika element impedancyjny ($Z(j\omega)$), który połączony jest z elementem impedancyjnym ($R(j\omega)$), do którego dołączony jest drugi wtórnik napięcia (W2), który z kolei połączony jest z drugim przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C_2), ponadto, adaptacyjny dzielnik napięcia wyposażony jest w przełącznik (Sw), który umożliwia odłączenie elementu impedancyjnego ($P(j\omega)$) od szyny potencjału zerowego (GND), a następnie dołączenie go do wyjścia wzmacniacza (W3), którego wyjście połączone jest z trzecim przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C_3).

Rysunek

