

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

67 624

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 24.IX.1970 (P 143 405)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 15.III.1973

KL. 21e, 19/04

MKP G01r 19/04

CZYTELNICIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Władysław Kuźniar

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Instytut Maszyn Przepływowych), Gdańsk (Polska)

Układ do pomiaru wartości szczytowej napięcia udarowego

1

Przedmiotem wynalazku jest układ do pomiaru wartości szczytowej napięcia udarowego.

Do pomiaru krótkich niepowtarzalnych impulsów napięcia stosuje się układy prostownikowo-kondensatorowe. Kondensator o znanej pojemności C ładuje się napięciem proporcjonalnym do napięcia mierzonego udaru, a następnie mierzy się ładunek lub napięcie kondensatora. Dokładność pomiaru zależy od sumy dwóch uchybów częściowych zwanych uchybem ładowania i uchybem pamięci.

Uchyb ładowania wynika z tego, że napięcie na kondensatorze pomiarowym jest niższe od napięcia udaru o spadek napięcia na rezystancji R prostownika. Spadek napięcia jest tym mniejszy im mniejsza jest stała czasowa RC w porównaniu z czasem trwania mierzonego udaru. Dla ograniczenia uchybu ładowania stosuje się prostowniki o małej rezystancji i kondensatory o małej pojemności.

Uchyb pamięci wynika z tego, że w czasie T_0 potrzebnym dla zmierzenia napięcia na kondensatorze, kondensator ulega częściowemu rozładowaniu przez upływności izolacji, w których główną rolę gra zwykle rezystancja R_z prostownika w kierunku zaporowym. Uchyb ten jest tym mniejszy im większa jest stała czasowa $R_z C$ w porównaniu z czasem T_0 . Dla ograniczenia tego uchybu stosuje się prostowniki o dużej rezystancji R_z , kondensatory o dużej pojemności oraz mierniki o krótkim czasie pomiaru i o jak najmniejszym poborze prądu.

Warunki jednoczesnego ograniczenia tych dwóch

2

uchybów są więc sprzeczne i w rezultacie uchyb wypadkowy, będący ich sumą pozostaje w dotychczasowych rozwiązaniach znaczny, szczególnie dla bardzo stromych udarów uciętych na czole po czasie rzędu ułamka mikrosekundy.

Spośród różnych sposobów ominięcia tych trudności trzy są najbardziej znane. W układzie W. Rabusa stosuje się dodatkową pojemność C_d , oddzieloną od pojemności C znaczną rezystancją R_d . W czasie udaru ładuje się tylko mała pojemność C z małą stałą czasową RC i uchyb ładowania jest niewielki. Po przejściu udaru pojemność C przeładunkuje się na znacznie większą pojemność C_d , co zapewnia dużą wartość stałej czasowej rozładowania $R_d C_d$ i stosunkowo mały uchyb pamięci.

Układ K.F. Heinego składa się z kilku stopni prostownikowo-kondensatorowych oddzielonych wtórnymi katodowymi i posiadających kolejno coraz większe pojemności. Mała stała czasowa pierwszego stopnia gwarantuje małą wartość uchybu ładowania tego stopnia nawet dla stosunkowo krótkich udarów. Drugi stopień otrzymuje na wejściu impuls napięcia przedłużony przez pojemność pierwszego stopnia, może więc mieć znacznie większą stałą czasową ładowania, a zatem odpowiednio większą pojemność. Stosując kilka takich stopni dochodzi się do tak dużej pojemności, że napięcie jej daje się już wygodnie pomierzyć zwykłym woltomierzem lampowym.

Znany jest także układ J. Lagasse'a. Układ ten skła-

da się z dwóch kondensatorów C_1 , C_2 połączonych szeregowo, przy czym kondensator C_1 jest kondensatorem wysokonapięciowym o małej pojemności, a kondensator C_2 kondensatorem niskonapięciowym o dużej pojemności. Równolegle do kondensatora C_2 jest załączony wielkoprądowy prostownik krzemowy, co ułatwia uzyskanie małej stałej czasowej ładowania. Prostownik taki ma jednak stosunkowo małą rezystancję w kierunku zaporowym, dlatego Lagasse wprowadza przełącznik elektromagnetyczny o bardzo krótkim czasie działania, uruchamiany automatycznie przez mierzony udar. Natychmiast po przejściu udaru przełącznik odłącza od kondensatora C_2 diodę krzemową, a załącza na jej miejsce bardzo szybko działający, kompensacyjny woltomierz cyfrowy. Woltomierz jest pozbawiony momentu zwracającego, dzięki czemu liczydło jego zatrzymuje się w pozycji odpowiadającej szczytowej wartości mierzonego napięcia i wskazanie może być odczytane bez pośpiechu, w dowolnym momencie.

Wadą układu Rabusa jest sumowanie się napięć przy powtarzaniu ударów i brak możliwości cechowania napięciem stałym. Wadą układu Heinego jest mała stabilność pracy i sumowanie się uchybów poszczególnych stopni. Wadą układu Lagasse'a jest głównie skomplikowany układ przełączający i wysoki koszt specjalnego miernika cyfrowego. Oprócz tego przy pomiarze ударów uciętych na czole po czasie rzędu 0,1 mikrosekundy żaden z tych układów nie jest w stanie zapewnić dokładności pomiaru lepszej niż kilka do kilkunastu procent.

Do dokładnego cechowania mierników napięcia udarowego stosuje się układy kompensacyjne. Najbardziej znanym i najczęściej stosowanym układem jest mostek kompensacyjny Rabusa. Mostek ten składa się z dwóch gałęzi, z których każda zawiera prostownik wysokiego napięcia (kenotron), kondensator wysokonapięciowy o dużej pojemności i rezystor, połączone szeregowo. Pomocnicze źródło wysokiego napięcia stałego służy do ładowania obu kondensatorów w celu wstępnego spolaryzowania prostowników.

W czasie pomiaru jeden z prostowników jest żarzony, a drugi nie. Dopóki napięcie udarowe jest niższe od napięcia stałego, przez obie gałęzie mostka płyną tylko prądy pojemnościowe i przy starannym wyrównaniu pojemności i rezystancji spadki napięcia na rezystancjach są jednakowe, a w rezultacie napięcie wyjściowe mostka jest równe zeru. Jeżeli napięcie szczytowe udaru przewyższa napięcie kompensujące, to prostownik żarzony przepuszcza oprócz składowej pojemnościowej również składową czynną prąd. Wtedy przyrząd zerowy mostka wykazuje chwilową różnicę spadków napięcia na rezystancjach. W trakcie kilkakrotnego powtarzania pomiarów ze stopniowym regulowaniem napięcia doprowadza się do zrównania napięcia kompensującego z szczytowym napięciem udaru.

Najważniejszą wadą mostka Rabusa jest bardzo kłopotliwe zerowanie mostka, gdyż spadki napięcia od prądów pojemnościowych muszą mieć nie tylko równe wartości szczytowe ale i ściśle jednakowe przebiegi w funkcji czasu. Układ ma małą czułość w pobliżu punktu dokładnej kompensacji, gdyż czas trwania nadwyżki napięcia udarowego nad kompen-

sującym zmierza wtedy do zera. Stosunkowo trudny jest pomiar wysokiego napięcia kompensującego, od którego dokładności zależy dokładność pomiaru udarów. Zastosowanie mostka jest ograniczone do napięć rzędu kilkunastu... kilkudziesięciu kilowoltów, gdyż na więcej nie pozwalają dostępne kenotrony, a całe urządzenie staje się wielkie, ciężkie i kosztowne. Do pomiaru wyższych napięć trzeba stosować dodatkowy kosztowny dzielnik udarowy.

Celem wynalazku jest ominięcie omówionych wyżej niedogodności rozwiązań dotychczasowych i uzyskanie układu pomiarowego możliwie prostego i taniego, który zapewniałby jednak dużą dokładność pomiaru w całym zakresie ударów stosowanych w technice wysokich napięć, od ударów krótkich, uciętych na czole po czasie rzędu 0,1 μ s do ударów długich, pełnych, trwających setki, czy nawet tysiące mikrosekund.

Cel ten został osiągnięty w układzie do pomiaru wartości szczytowej napięcia udarowego według niniejszego wynalazku, zgodnie z którym układ ten stanowią dwa układy prostownikowo-kondensatorowe połączone różnicowo, zaś miernik napięcia wyjściowego jest włączony między węzły obu układów.

W odmianie układu według wynalazku szeregowo z prostownikami są włączone źródła, lub źródło niskiego napięcia stałego.

Korzyścią techniczną ze stosowania wynalazku jest to, że każdy z układów prostownikowo-kondensatorowych może zawierać dość dużą pojemność i mieć stosunkowo dużą stałą czasową RC a zatem może dawać na wyjściu napięcie obciążone wprowadzie dość znacznym uchybem ładowania, ale za to stosunkowo małym uchybem pamięci. Przy odpowiednim doborze parametrów można uzyskać wzajemną kompensację uchybów ładowania w napięciu różnicowym. Możliwe jest też uzyskanie niewielkiej wartości ujemnej uchybu ładowania, dzięki czemu w sumie z dodatnim uchybem pamięci uzyskuje się radykalne zmniejszenie uchybu wypadkowego.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat ideowy układu do pomiaru wartości szczytowej napięcia udarowego.

Układ według wynalazku składa się z dwóch układów prostownikowo-kondensatorowych połączonych różnicowo. Kondensatory C_1 i C_3 posiadają bardzo małe pojemności rzędu 1 pF i mają napięcie pracy równe najwyższemu napięciu mierzonemu. Są to jedyne elementy wysokonapięciowe układu pomiarowego. Kondensatory C_2 i C_4 mają pojemności rzędu kilkuset pikofaradów i ograniczają napięcie na niskonapięciowych prostownikach P_1 , P_2 o niewielkiej rezystancji zaporowej R_z . Kierunek załączenia prostowników musi oczywiście odpowiadać biegunowości mierzonego napięcia. Jako miernika M napięcia wyjściowego U_{ab} używa się dowolnego przyrządu o dużej rezystancji wejściowej i małej pojemności wewnętrznej.

Działanie układu opisano poniżej. Na czole udaru prostowniki P_1 i P_2 zawierają pojemności C_2 i C_4 i powodują naładowanie pojemności C_1 i C_3 do wartości bliskich napięciu szczytowemu udaru. Po zaniku napięcia wejściowego kondensatory C_1 i C_3 przeładowują się odpowiednio na kondensatory C_2

i C_4 poprzez rezystancję grzbietową generatora udarowego, przy czym zachodzi obniżenie zapamiętanego napięcia do wartości niższej niż napięcie zwrotne, wytrzymywane przez prostowniki P_1 , P_2 .

Napięcia U_a i U_b zapamiętywane w węzłach a i b , zawierają składniki proporcjonalne do wartości szczytowej napięcia udarowego oraz składniki wynikające z uchybów ładowania. Przez odpowiedni dobór pojemności kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 , C_4 oraz rezystancji prostowników P_1 i P_2 uzyskuje się wzajemną kompensację uchybów ładowania obu gałęzi układu. W rezultacie w napięciu różnicowym

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

składnik zależny od uchybów ładowania zostaje radykalnie zmniejszony. Możliwe i celowe jest też nadanie mu niewielkiej wartości ujemnej dzięki temu można dodatkowo skompensować uchyb pamięci i tym bardziej zmniejszyć uchyb wypadkowy.

Odmiana wynalazku polega na dostosowaniu opisanego układu różnicowego do kompensacji udarów napięciem stałym. W tym celu wprowadza się dodatkowe źródło niskiego napięcia, które ładuje wstępnie kondensatory pomiarowe napięciem o biegunowości przeciwnej do biegunowości mierzonego udaru. Na skutek wstępnego spolaryzowania prostowniki P_1 i P_2 zaczynają przewodzić dopiero wtedy, gdy napięcie udarowe przekroczy napięcie kompensujące, pomnożone przez przekładnię pojemnościową układu. W rezultacie mierzy się jedynie nadwyżkę napięcia udarowego nad kompensującym. Powtarzając kilkakrotnie pomiary i podwyższając stopniowo napięcie kompensujące, można sprowadzić tę nadwyżkę do zera, a przez to uzyskać dokładność pomiaru napięcia udarowego równą praktycznie dokładności pomiaru niskiego napięcia stałego, użytego do kompensacji.

W odmianie wynalazku przeznaczonej do kompensacji udarów napięciem stałym dodatkowe źród-

ło regulowanego niskiego napięcia stałego włącza się między punkt c a ziemię z w lewej gałęzi układu oraz między punkt d a ziemię z w prawej gałęzi. W ten sposób uzyskuje się wstępne naładowanie kondensatorów pomiarowych i polaryzację prostowników. Bezpośrednio przed pomiarem należy punkty c , d uziemić.

Zaletą urządzenia według wynalazku jest przede wszystkim fakt, że z napięciem kompensującym porównuje się jedynie wartość szczytową udaru, a nie wartości chwilowe, dzięki czemu odpadają trudności związane z zerowaniem mostka Rabusa. Dlatego też jest możliwy dokładny pomiar nawet bardzo krótkich i stromych udarów uciętych których mostkiem Rabusa w ogóle mierzyć nie można. Ponadto układ różnicowy, dzięki skompensowaniu uchybu ładowania, pozwala uzyskać maksymalną czułość na przykład w zakresie czasu rzędu 0,01 μs , to znaczy w bezpośredniej bliskości punktu dokładnego zrównania napięcia udarowego z kompensującym. Zastosowanie kompensacji napięciem niskim, jak również niskonapięciowych prostowników, usuwa także pozostałe niedogodności znanych urządzeń.

Zastrzeżenia patentowe

1 Układ do pomiaru wartości szczytowej napięcia udarowego zawierający miernik napięcia wyjściowego oraz układy prostownikowo-kondensatorowe składające się każdy z dwóch kondensatorów połączonych szeregowo i prostownika włączonego równolegle do kondensatora niskonapięciowego, **znamienny tym** że stanowią go dwa układy prostownikowo-kondensatorowe (P_1 , C_1 , C_2 i P_2 , C_3 , C_4) połączone różnicowo, zaś miernik (M) napięcia wyjściowego jest włączony między węzły (a i b).

2. Odmiana układu według zastrz. 1, **znamienna tym**, że szeregowo z prostownikami (P_1 , P_2) są włączone źródła lub źródło niskiego napięcia stałego.

