



POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

57905

Patent dodatkowy
do patentu: _____

Zgłoszono: 26. VII. 1967 (P 121 887)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 30. VIII. 1969

Kl. 21 e, ^{1/38}~~25/01~~

MKP G 01 r ^{1/38}

UKD

Twórca wynalazku: mgr inż. Jerzy Kaliński

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Zakład Doświadczalny Budowy Aparatury Naukowej UNIPAN), Warszawa (Polska)

Sposób uzyskiwania rozszerzenia podziałki skali mierników sygnału zmiennego oraz układ do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób uzyskiwania rozszerzenia podziałki skali mierników sygnału zmiennego wchodzących w skład urządzeń lub układów przeznaczonych do dokładnych pomiarów zmian sygnałów niskiej częstotliwości bądź sygnałów wysokiej częstotliwości modulowanych sygnałem niskiej częstotliwości oraz układ do stosowania tego sposobu.

Dotychczasowe sposoby rozszerzania podziałki skali mierników sygnału zmiennego wchodzących w skład określonych wyżej urządzeń lub układów pomiarowych polegały na zwiększeniu wzmocnienia toru sygnału zmiennego lub stałego z jednoczesną kompensacją wzrostu napięcia lub prądu w obwodzie miernika napięciem lub prądem stałym lub na zwiększeniu wzmocnienia toru sygnału zmiennego albo stałego z jednoczesną polaryzacją zaporową układu prostowniczego napięciem stałym.

Znany jest również sposób polegający na zwiększeniu wzmocnienia toru sygnału zmiennego lub stałego z jednoczesną kompensacją wzrostu napięcia lub prądu w obwodzie miernika sygnałem zmiennym doprowadzonym do toru sygnału zmiennego. Sygnał kompensacyjny uzyskiwany jest z sygnału wyjściowego toru sygnału zmiennego, np. przez dalsze jego wzmocnienie i stabilizację amplitudy.

Niezależnie od szczegółów technicznych rozwiązania, wspólnymi wadami systemów pierwszego

2

i drugiego są konieczność zapewnienia źródeł napięcia lub prądu kompensującego o stałości tym większej im większy jest stopień rozszerzenia skali miernika, konieczność dwustronnego zabezpieczenia miernika przed przeciążeniem oraz ograniczony stopień rozszerzenia podziałki skali miernika przy prostych rozwiązaniach, a znaczna rozbudowa układu przy większych jej wartościach. Wadą systemu trzeciego jest znaczna rozbudowa układu i związana z tym zwiększona zawodność i zmniejszona stałość poziomu zerowego oraz wskazań funkcji czasu, temperatury otoczenia i zmian napięć zasilających.

Celem wynalazku jest uzyskanie rozszerzenia podziałki skali mierników sygnału zmiennego wchodzących w skład urządzeń lub układów przeznaczonych do dokładnych pomiarów zmian sygnałów niskiej częstotliwości bądź sygnałów wysokiej częstotliwości modulowanych sygnałem niskiej częstotliwości w prostym układzie, złożonym wyłącznie z elementów biernych przy maksymalnym wykorzystaniu istniejących zespołów składowych urządzenia lub układu pomiarowego.

Cel ten osiągnięty został przez zwiększenie wzmocnienia toru sygnału zmiennego lub stałego z jednoczesną kompensacją wzrostu napięcia lub prądu w obwodzie miernika sygnałem zmiennym o odpowiednio dobranej amplitudzie i fazie doprowadzonym do toru sygnału zmiennego. Sygnał kompensacyjny uzyskiwany jest z generatora sy-

gnału niskiej częstotliwości zasilającego modulator sygnału wysokiej częstotliwości bądź bezpośrednio układ, którego właściwości w zakresie niskiej bądź wysokiej częstotliwości podlegają badaniu.

Dzięki takiemu dodatkowemu wykorzystaniu źródła sygnału niskiej częstotliwości uzyskuje się kompensację przyrostu napięcia lub prądu w obwodzie miernika w prostym układzie złożonym wyłącznie z elementów biernych RLC. Korzyścią techniczną wynikającą ze stosowania sposobu i układu będącego przedmiotem wynalazku jest wyeliminowanie elementów czynnych z układu kompensacyjnego, a więc zwiększenie stabilności poziomu zerowego i wskazań układu pomiarowego, wyeliminowanie konieczności dwustronnego zabezpieczenia miernika przed przeciążeniem, umożliwienie łatwej kompensacji napięć nawet przy znacznym stopniu rozszerzenia podziałki skali miernika w dowolnie wybranym jej punkcie oraz ułatwienie objęcia układu prostowniczego i samego miernika pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia lub układu pomiarowego w części związanej bezpośrednio z układem rozszerzenia podziałki skali miernika, fig. 2 — schemat zastępczy układu kompensacyjnego, fig. 3 — wykres wektorowy sygnałów w układzie kompensacyjnym, fig. 4 — charakterystykę miernika tzn. wychylenie α w funkcji sygnału wyjściowego wzmacniacza pomiarowego dla skali normalnej i rozszerzonej, fig. 5 — tę samą charakterystykę dla różnych sygnałów kompensujących oraz fig. 6 — uproszczony schemat blokowy urządzenia lub układu pomiarowego z zewnętrznym źródłem sygnału kompensującego.

Układ rozszerzenia podziałki skali miernika sygnałów zmiennych wykonany według założeń wynalazku przedstawiony jest na fig. 1. Generator sygnału niskiej częstotliwości 2 bądź sygnału wysokiej częstotliwości modulowanego sygnałem niskiej częstotliwości z generatora 2 zasila układ badany 7. Napięcie wyjściowe z układu badanego 7 doprowadzane jest bądź bezpośrednio bądź przez demodulator do wyjścia wzmacniacza pomiarowego 1. Sygnał wyjściowy wzmacniacza 1 doprowadzony jest przez opornik R_1 do opornika R_3 umieszczonego na wejściu wzmacniacza 4, prostownika 5 i miernika 6.

Do tego samego opornika R_3 doprowadzony jest przez opornik R_2 i przesuwnik fazowy 3 sygnał kompensujący z generatora sygnału niskiej częstotliwości 2. W układzie takim uzyska się n — krotne rozszerzenie podziałki skali miernika 6, jeżeli przy określonym sygnale wyjściowym wzmacniacza pomiarowego 1 zwiększone zostanie m — krotne wzmocnienie toru sygnału zmiennego lub stałego i jednocześnie doprowadzony do opornika R_3 taki sygnał kompensujący z generatora 2, by wypadkowa wartość napięcia lub prądu w obwodzie miernika 6 nie uległa zmianie.

Czułość układu dla zmian sygnału wyjściowego

wzmacniacza 1 zostanie w ten sposób n — krotnie zwiększona bez zmiany wychylenia miernika 6 odpowiadającego sygnałowi wyjściowemu tegoż wzmacniacza 1 przyjętemu za sygnał poziomu zerowego. Układ oporników R_1 , R_2 i R_3 stanowi układ sumujący przesunięte względem siebie w fazie o 180° sygnały wyjściowe wzmacniacza 1 i generatora 2. Przesuwnik fazowy 3 pozwala na wyrównanie przesunięć fazowych, wprowadzonych przez układ badany 7 i przez wzmacniacz 1, do wyżej wymienionej wartości 180° . Rozpatrując schemat zastępczy układu kompensacyjnego podany na rysunku fig. 2 wartość napięcia na oporności R_3 wyznacza się rozwiązując ogólne równanie na sumę dwóch harmonik o tej samej częstotliwości jak niżej:

$$E \sin(\omega t + \psi) = A m E_w \sin \omega t + B E_g \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

gdzie symbolami A , B , m , n , E_w , E_g , ρ_w , ρ_g , φ , i ψ oznaczono:

$$A = \frac{1}{1 + \frac{\rho_w + R_1}{\rho_g + R_2} + \frac{\rho_w + R_1}{R_3}} \quad (2)$$

$$B = \frac{1}{1 + \frac{\rho_g + R_2}{\rho_w + R_1} + \frac{\rho_g + R_2}{R_3}} \quad (3)$$

m — stopień wzrostu wzmocnienia toru sygnału zmiennego lub stałego

n — stopień rozszerzenia podziałki skali miernika 6

E_w — sygnał wyjściowy wzmacniacza 1

E_g — sygnał wyjściowy generatora 2

ρ_g — oporność wyjściową generatora 2

ρ_w — oporność wyjściową wzmacniacza 1

φ — kąt przesunięcia fazowego między napięciem wyjściowym wzmacniacza 1 i generatora 2

ψ — kąt przesunięcia fazowego między napięciem wyjściowym wzmacniacza 1 i napięciem na oporności R_3 układu sumującego.

Wielkość m i n związane są przy tym zależnością $n = \frac{m}{C}$ gdzie symbolem C oznaczono:

$$C = 1 + \frac{\rho_w + R_1}{\rho_g + R_2} + \frac{\rho_w + R_1}{R_3} = \frac{1}{A} \quad (5)$$

Wykres wektorowy harmonik podano na rysunku fig. 3. Dla kąta przesunięcia fazowego $\varphi = 180^\circ$ równania ogólne amplitud i faz

$$E = \sqrt{(A m E_w)^2 + (B E_g)^2 + 2 A B m E_w E_g \cos \varphi} \quad (6)$$

$$\psi = \arctg \frac{\sin \varphi}{\frac{A m E_w}{B E_g} + \cos \varphi} \quad (7)$$

przyjmują postać

$$E = A m E_w - B E_g \quad (8)$$

$$\psi = 0 \quad (9)$$

Zgodnie z przyjętym założeniem sygnał określony zależnością (8) winien być dla punktu zerowego równy sygnałowi wyjściowemu wzmacniacza 1 przed włączeniem układu rozszerzenia podziałki skali miernika czyli sygnałowi E_w . Wartość sygnału generatora 2 odpowiadająca temu warunkowi wyniesie:

$$E_g = \frac{A m - 1}{B} E_w \quad (10)$$

Dla przypadku szczególnego, gdy:

$$\rho_w + R_1 = \rho_g R_2 \ll R_3 \quad (11)$$

wyrażenia (4), (8) i (10) przyjmują postać:

$$n = \frac{m}{2} \quad (12)$$

$$E = \frac{m E_w - E_g}{2} \quad (13)$$

$$E_g = (m - 2) E_w \quad (14)$$

Z podanych wyżej zależności wyznaczyć można wartość E_g niezbędną dla uzyskania założonego n — krotnego rozszerzenia podziałki skali miernika przy danych wartościach E_w , ρ_w i ρ_g oraz przyjętych wartościach R_1 , R_2 i R_3 . Określając wpływ zmian kąta przesunięcia fazowego φ w wąskich granicach wokół 180°

$$\varphi = 180^\circ \pm \Delta\varphi$$

na wartość amplitudy sumy harmonik otrzyma się przy przyjęciu założeń:

$\Delta\varphi \leq \pm 5^\circ$
 $\cos(180^\circ \pm \Delta\varphi) \approx -\cos \Delta\varphi \approx -1$ z błędem mniejszym od $\pm 0,5\%$
 $\sin(180^\circ \pm \Delta\varphi) = \mp \Delta\varphi$
 zależność:

$$\frac{dE}{d\varphi} = - \frac{A B m E_w E_g}{A m E_w - B E_g} (\mp \Delta\varphi) \quad (15)$$

$180^\circ \pm 5^\circ$
 Z zależności tej wynika, że dla małych wartości kątów $\Delta\varphi$ wartość sumy harmonik E zmienia się w przybliżeniu liniowo ze zmianą kąta fazowego φ w wąskich granicach przechodząc przez ekstremum dla $\Delta\varphi = 0$. Nachylenie S charakterystyki $E = f(\varphi)$ zależy od wartości wyrażenia:

$$S = \frac{A B m E_w E_g}{A m E_w - B E_g} \quad (16)$$

i jest tym większe, im większy jest stopień rozszerzenia podziałki skali miernika n .

Różniczkę zupełną funkcji (6) obliczoną przy powyższych założeniach podaje zależność:

$$dE = - \frac{A B m E_w E_g (\mp \Delta\varphi)}{A m E_w - B E_g} d\varphi + dE_w - dE_g \quad (17)$$

Przy stałej wartości napięcia wyjściowego gene-

ratora i stałym przesunięciu fazowym między wektorami obu napięć E_w i E_g wartość sumy obu harmonik zależy jedynie od napięcia wyjściowego wzmacniacza. Wpływ zniekształceń nieliniowych

$$E = \sqrt{(A m E_w)^2 + (B E_g)^2 + 2 A B m E_w E_g \cos \varphi + (A m E_w)^2 \sum_{h=2}^{\infty} a_h^2} \quad (18)$$

otrzyma w oparciu o zasadę superpozycji harmonicznych, gdzie przez a_h oznaczono współczynnik zawartości h -tej harmonicznej w napięciu wyjściowym wzmacniacza 1.

Na fig. 4 przedstawiono charakterystykę miernika 6 dla skali normalnej N i n -krotnie rozszerzonej P z punktem zerowym dla pełnego wychylenia miernika. Zmianie wychylenia miernika od 100% do zera odpowiada przy skali rozszerzonej zmiana sygnału wyjściowego wzmacniacza 1 o stopień rozszerzenia skali razy mniejsza niż dla skali normalnej.

Dobierając wartość elementarnego podziału regulatora wzmocnienia wzmacniacza 1 w taki sposób, by móc zawsze sprowadzić wychylenia miernika 6 do zakresu $100\% \geq \alpha \geq \left(1 - \frac{1}{n}\right) 100\%$

uzyskuje się możliwość dokonania dokładnego odczytu zmiany wartości sygnału wyjściowego wzmacniacza 1 w całym zakresie regulacji wzmocnienia urządzenia lub układu pomiarowego.

Jako punkt zerowy wokół którego zmienia się nachylenie charakterystyki $\alpha = f(E)$ może być przyjęty nie tylko punkt maksymalnego wychylenia miernika ale również każdy inny punkt tej charakterystyki. W sposobie i układzie stanowiącym przedmiot wynalazku wystarczy w tym celu zmienić wielkość amplitudy sygnału E_g pobieranego z generatora 2 w taki sposób, by uzyskać spełnienie równości (8) w punkcie charakterystyki $\alpha = f(E)$ przyjętym za zerowy.

Stopień rozszerzenia podziałki skali miernika nie ulega przy tym zmianie. Przez zmianę amplitudy sygnału E_g generatora 2 można więc wyznaczyć na charakterystyce $\alpha = f(E)$ dowolną ilość punktów wokół których uzyska się zmianę nachylenia tej charakterystyki jak to pokazano na fig. 5. Dostosowując ilość punktów zerowych do założonego stopnia rozszerzenia podziałki skali n uzyska się dokładny odczyt zmiany sygnału wyjściowego wzmacniacza 1 na prawie całej długości skali miernika 6 bez konieczności zmiany nastawionej pierwotnie wartości wzmocnienia urządzenia lub układu pomiarowego celem doprowadzenia wychylenia miernika 6 do określonego obszaru skali.

Sygnał kompensujący E_g może być pobierany zarówno z wewnętrznego generatora urządzenia pomiarowego jak i z generatora zewnętrznego układu pomiarowego przez dodatkowe zaciski wejściowe.

W tym ostatnim przypadku koniecznym jest zapewnienie możliwości ciągłej regulacji przesunięcia fazy sygnału generatora 2 względem sygnału wyjściowego wzmacniacza 1 w zakresie 360° oraz

możliwości regulacji oporności R_2 celem dobrania wartości sumy $R_2 + \rho_g$. Uproszczony schemat blokowy takiej wersji układu podano na fig. 8.

Opisany sposób i układ rozszerzania podziałki skali mierników sygnału zmiennego może być stosowany w urządzeniach lub układach pomiarowych przeznaczonych do pomiaru zmian sygnału w stosunku do określonego sygnału początkowego. Urządzenie lub układ pomiarowy zawierać winien jako podstawowe zespoły generator napięcia sinusoidalnego niskiej częstotliwości oraz wzmacniacz pomiarowy.

Generator zasila układ badany sygnałem sinusoidalnie zmiennym niskiej częstotliwości względnie sygnałem wysokiej częstotliwości modulowanym sygnałem niskiej częstotliwości, z wyżej wymienionego generatora. Wzmacniacz pomiarowy wzmacnia sygnał wyjściowy układu badanego, bądź bezpośrednio, bądź po jego uprzedniej demodulacji, do wielkości pozwalającej na jego zmierzenie przy pomocy miernika wychyłowego. W układy rozszerzania podziałki skali przewidziane do współpracy z zewnętrznymi generatorami mogą być wyposażone mikro-, mili-, lub woltomierze sygnałów zmiennych. W określonych wyżej zastosowaniach pozwolą one na wielokrotne zwiększenie zdolności rozdzielczej przyrządu i dokładności pomiaru.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób uzyskiwania rozszerzenia podziałki skali mierników sygnału zmiennego **znamienny tym**, że wzrost sygnału w obwodzie miernika powodowany zwiększeniem wzmocnienia toru sygnału zmiennego lub stałego w stopniu zależnym od założonego stopnia rozszerzenia podziałki skali kompensuje się sygnałem zmiennym, wprowadzonym do toru sygnału zmiennego z generatora sygnału sinusoidalnego zasilającego układ, którego parametry podlegają badaniu.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kąt fazowy (φ) zmiennego sygnału kompensującego równy jest 180° .
3. Układ do stosowania sposobu według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że zawiera przesuwnik fazowy (3), wyrównujący przesunięcie fazowe sygnału wyjściowego wzmacniacza (1) względem sygnału kompensującego pobieranego z generatora (2) do 180° oraz obwód sumujący oba te sygnały.
4. Układ według zastrz. 3 **znamienny tym**, że źródłem sygnału kompensującego (E_p) jest wewnętrzny generator urządzenia pomiarowego lub dowolny inny generator sygnału sinusoidalnego zasilający układ którego właściwości podlegają badaniu.

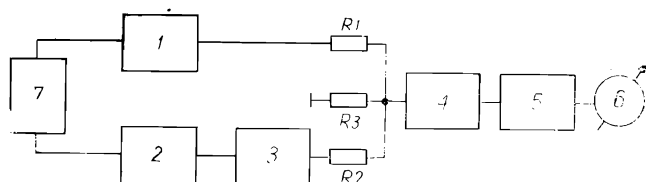


Fig. 1

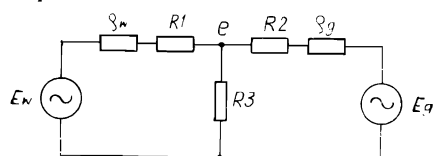


Fig. 2

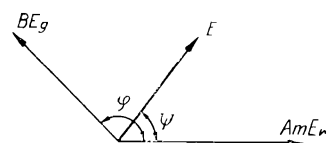


Fig. 3

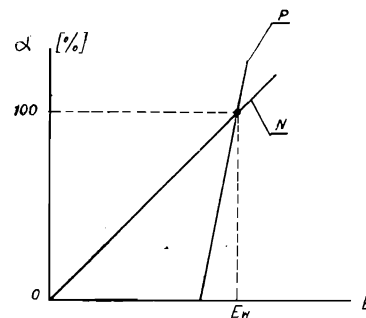


Fig. 4

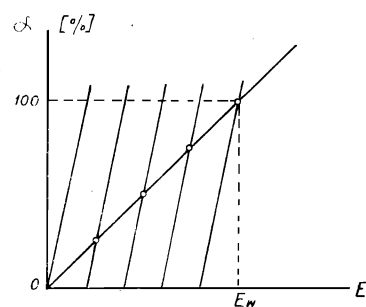


Fig. 5

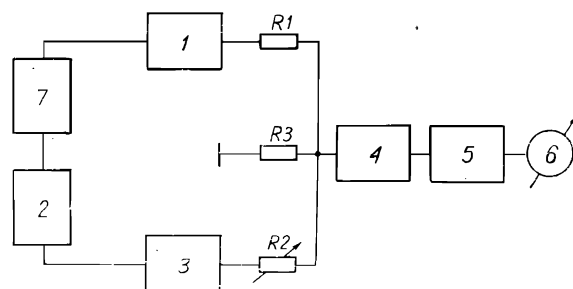


Fig. 6