

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

97971

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 19.06.74 (P. 172023)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 03.01.76

Opis patentowy opublikowano: 30.11.1978

MKP G01r 19/02

Int. Cl.²
G01R 19/02

CELTIELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Jerzy Sawicki, Miron Galewski

Uprawniony z patentu: Politechnika Gdańska, Gdańsk (Polska)

Sposób pomiaru wartości skutecznej za poszczególne okresy elektrycznego przebiegu okształconego

1 Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru wartości skutecznej za poszczególne okresy elektrycznego przebiegu okształconego, pozwalający między innymi na rejestrowanie przebiegu wartości skutecznej prądów zwarciovych lub prądów probierczych, stosowanych w badaniach urządzeń elektrycznych.

Wynalazek dotyczy metrologii, w szczególności miernictwa elektrycznego.

Znane sposoby pomiaru wartości skutecznej przebiegu elektrycznego opierają się na definicji tego pojęcia w związku z czym wytwarzają się w toku procesu pomiaru elektryczny sygnał pomocniczy o wartości chwilowej proporcjonalnej do kwadratu wartości chwilowej przebiegu badanego i następnie przeprowadza się uśrednienie wielkości sygnału pomocniczego.

Praktyczne realizacje tego sposobu są bardzo różnorodne. Przykładowo w urządzeniach elektromechanicznych elektrycznym sygnałem pomocniczym jest moment napędowy (kierujący), uśredniany przez właściwości dynamiczne samego przyrządu. Innym przykładem są przetworniki termoelektryczne gdzie sygnałem pomocniczym jest moc strat Jaule'a, uśrednianą przez pojemność cieplną przyrządu.

Z patentów RFN nr 2 137 281 oraz nr 1 935 544 znany jest sposób pomiaru polegający na ciągłym w czasie, analogowym wykonywaniu następujących czynności: kwadratowaniu sygnału wejścio-

2 wego, uśrednianie sygnału skwadratowanego poprzez jego filtrowanie i oprócz tego dzielenie sygnału skwadratowanego przez wartość uśrednioną. Sposób ten różni się od klasycznego tym, że ominięta zostaje jawna czynność pierwiastkowania a to przez zastosowanie określonego typu sprzężenia zwrotnego. Wynika stąd, że właściwości dynamiczne tej metody tak samo jak w rozwiązaniach klasycznych uzależnione są od właściwości filtru uśredniającego. Widać stąd, że nie może tu być realizowane wyznaczanie wartości skutecznej w ściśle zadanym odcinku czasowym. Tym samym nie następuje tutaj pomiar wartości skutecznej zgodny z jej definicją matematyczną.

15 Z patentu RFN nr 2 314 870 znany jest sposób pomiaru, polegający na próbkowaniu wielkości wejściowej w stałych odstępach czasu, wynoszą-

$$\frac{T}{2(N+1)}$$
 gdzie T oznacza okres składowej

20 podstawowej, natomiast N — rząd najwyższej występującej harmonicznej. Wyniki próbkowania przetwarzane są dalej w postaci cyfrowej i z otrzymanych rezultatów tworzy się sumę, której wartość jest dokładnie równa poszukiwanej całości. Sposób ten nadaje się do zastosowania jedynie wówczas, gdy częstotliwość wielkości wejściowej jest stała, a liczba harmonicznych nie przekracza założonej wartości N. Harmoniczne wyższego rzędu niż N powodują bowiem duże błędy otrzymanych wyników. Przetwarzanie analogowo-cyfrowe

w tej metodzie musi być bardzo szybkie, by nie powstawały błędy związane ze zmiennym opóźnieniem przetwarzania. Realizacja tego sposobu jest więc skomplikowana i kosztowna a szybkość działania przy dużych wartościach N nie jest bardzo wysoka. Sposób ten nie może być stosowany do większości przebiegów niestabilnych, gdyż częstotliwość jest tam zmienna.

Niektóre znane sposoby wymagają jeszcze przeprowadzenia dalszych czynności które stanowią wytworzenie drugiej wartości sygnału pomocniczego w sposób proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z uśrednionej wielkości pierwszego sygnału pomocniczego.

Konwencjonalne sposoby pomiaru wartości skutecznej przebiegu odkształconego, zarówno w odmianie kwadratowej, to jest bez pierwiastkowania, jak w odmianie proporcjonalnej, to jest z pierwiastkowaniem, spełniają należycie postawione zadanie przy badaniu przebiegów stacjonarnych lub quasi-stacjonarnych. Jednak niektóre realizacje zawodzą w praktyce już w obecności znacznej składowej bezokresowej, jak to ma miejsce np. w ustrojach elektromagnetycznych, gdzie często występuje zjawisko nasycania się rdzeni.

Przy badaniu przebiegów niestacjonarnych, szczególną trudność w stosowaniu konwencjonalnych sposobów pomiaru nastręcza uśrednianie sygnału pomocniczego.

W takich przypadkach trzeba zapewnić bardzo skuteczne tłumienie składowych zmiennych już o częstotliwości dwukrotnie wyższej od częstotliwości przebiegu badanego. Składowa bezokresowa tego przebiegu najczęściej wykazuje dużą zmianę wartości w trakcie jednego okresu, wobec czego konieczne tłumienie harmonicznych ubocznie powoduje błędne uwzględnienie udziału omawianej składowej.

Opisany stan rzeczy jest przyczyną zasadniczych trudności w odczycie oscylograficznym wartości skutecznych tych przebiegów. Najlepszym stosowanym dotychczas rozwiązaniem jest rejestrowanie wielkości pomocniczej i wykonywanie dalszych czynności dopiero po zakończeniu pomiaru i sporządzeniu wykresów. Praktyczną realizacją jest zastosowanie pętlicy dynamicznej w układzie kwadratora i następną próbką otrzymanych oscylogramów przykładowo za pomocą planimetru. Sposób taki jest niedokładny, czasochłonny i nie nadaje się do takich zastosowań, gdzie wynik pomiaru musi być szybko ustalony, np. celem sterowania zabezpieczeniami.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu pomiaru wartości skutecznej za poszczególne okresy elektrycznego przebiegu odkształconego, który zapewni dobrą proporcjonalność charakterystyki mierniczej i dokładność wyniku, a jednocześnie realizowany jest z szybkością, pozwalającą na uzyskanie prawidłowej rejestracji za pomocą oscylografów, rejestratorów czy elektronicznych maszyn liczących.

W sposobie według wynalazku wykorzystano wytworzenie wielkości pomocniczych, przy czym w każdym okresie wytwarza się pierwszy sygnał pomocniczy proporcjonalnie do kwadratu wartości

chwilowej przebiegu badanego, a także drugi sygnał pomocniczy, proporcjonalny do całki czasowej z wartości pierwszego sygnału pomocniczego.

Istotą wynalazku jest to, że wytwarzanie drugiego sygnału pomocniczego rozpoczyna się w chwili początkowej danego okresu, a przy końcu n -tego okresu zapamiętuje się osiągniętą wartość drugiego sygnału pomocniczego na czas $(n+1)$ -go okresu, po krótko upływie kasuje się wartość zapamiętaną.

Podczas trwania $(n+1)$ -go okresu wytwarza się trzeci sygnał pomocniczy, proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z zapamiętanej wartości drugiego sygnału pomocniczego za czas n -tego okresu. Oprócz tego w czasie trwania $(n+1)$ -go okresu wytwarza się, analogicznie jak w n -tym okresie, pierwszy i drugi sygnał pomocniczy, a przy końcu $(n+1)$ -go okresu zapamiętuje się aktualną wartość drugiego sygnału pomocniczego na czas $(n+2)$ -go okresu, po którego upływie kasuje się wartość zapamiętaną. Podczas trwania $(n+2)$ -go okresu wytwarza się trzeci sygnał pomocniczy proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z zapamiętanej wartości drugiego sygnału pomocniczego za czas $(n+1)$ -go okresu.

Wyżej opisany cykl czynności powtarza się rytmicznie przez cały czas wykonywania pomiaru. Sygnałami pomocniczymi korzystnie jest odbierać napięcie lub natężenie prądu.

Proporcjonalność charakterystyki mierniczej uzyskuje się przez ukształtowanie czwartego sygnału pomocniczego. Sygnał ten rośnie proporcjonalnie do kwadratu czasu, zaczynając od wartości zerowej na początku każdego okresu, przy czym współczynnik proporcjonalności jest liniowo zależny od czasu trwania bezpośrednio poprzedzającego okresu przebiegu badanego.

Podczas trwania $(n+1)$ -go okresu tworzy się różnicę zapamiętywania wartości drugiego sygnału pomocniczego za n -ty okres oraz chwilowej wartości czwartego sygnału pomocniczego.

Trzeci sygnał pomocniczy tworzy odstęp czasu jaki mija od początku $(n+1)$ -go okresu do chwili, w której wyżej określona różnica przyjmuje wartość zerową. Podczas trwania $(n+2)$ -go okresu tworzy się podobnie różnicę zapamiętanej wartości drugiego sygnału pomocniczego za $(n+1)$ -y okres oraz chwilowej wartości czwartego sygnału pomocniczego. Trzeci sygnał pomocniczy tworzy odstęp czasu, jaki mija od początku $(n+2)$ -go okresu do chwili, w której powyższa różnica stanie się zerowa. Tak otrzymany trzeci sygnał pomocniczy daje się łatwo dalej przetwarzać. Można tutaj zastosować przykładowo analogowo — analogowy przetwornik typu „czas-napięcie” i przeprowadzać rejestrację oscylograficzną.

Przy zastosowaniu generatora impulsów o stałej częstotliwości powtarzania oraz układu bramkowego powstaje możliwość wprowadzania wyniku pomiaru do elektronicznej maszyny cyfrowej.

Sposób pomiaru napięcia U_x realizuje się w przykładowym praktycznym układzie uwidocznionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia

schemat blokowy układu, a fig. 2 — przebiegi elektrycznych sygnałów pomocniczych.

Przedstawiony na fig. 1 układ składa się z kwadratora KW, którego wyjście jest połączone z wejściem klucza elektronicznego KE1 o wyjściu dołączonym do jednego z wejść głównych integratora JG. Wyjście tego integratora JG jest podłączone do wejścia komparatora K, a ten z kolei ma wyjście dołączone do wejścia głównego układu sterowania US. Ponadto układ zawiera dodatkową gałąź składającą się z klucza elektronicznego KE4 dołączonego do drugiego z wejść głównych integratora JG, a wejście tego klucza jest dołączone do wyjścia drugiego integratora pomocniczego JP 2, do którego wejścia jest przyłączony klucz elektroniczny KE 3 mający na wejściu załączony pierwszy integrator pomocniczy JP1. Wejście tej dodatkowej gałęzi jest zaopatrzone w klucz elektroniczny KE2. Drugie z wejść głównych układu sterowania US jest połączone z wejściem kwadratora KW. Wyjścia pomocnicze układu ~~sterowania US~~ są połączone z odpowiadającymi im wejściami pomocniczymi integratorów i kluczy elektronicznych. Napięcie badane U_x podaje się na wejście kwadratora KW, który realizuje pierwszy sygnał pomocniczy w postaci przebiegu wyjściowego. Każdy pomiar jest przeprowadzany w trzech kolejnych etapach czasowych.

I. W pierwszym (przygotowawczym) etapie pomiaru wszystkie integratory zostają wyzerowane. Etap ten kończy się w chwili oznaczonej jako t_n , w której rozpoczyna się rozpatrywany okres.

II. W momencie rozpoczęcia okresu badanego zostają zamknięte klucze elektroniczne KE1 oraz KE2. Na wyjściu integratora głównego IG pojawia się rosnące napięcie U_A , które stanowi drugi sygnał pomocniczy. W chwili t_{n+1} , stanowiącej koniec rozpatrywanego okresu napięcie to osiąga wartość

$$U_A = K_2 \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} K_1 \cdot U_x \cdot dt = K_1 \cdot K_2 \int_{t_n}^{t_{n+1}} U_x \cdot dt \quad (1)$$

Równalegle do tego działania, przez cały czas etapu pomiarowego, podaje się ujemne napięcie referencyjne — U_{ref} na wejście pierwszego integratora pomocniczego IP1. W chwili końcowej t_{n+1} na wyjściu tego integratora panuje napięcie

$$U_B = K_3 \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} (-U_{ref}) \cdot dt = -K_3 \cdot U_{ref} \cdot (t_{n+1} - t_n) \quad (2)$$

III. Etap trzeci (odczytowy rozpoczyna się w chwili t_{n+1} . Zostają wówczas zamknięte klucze KE3, KE4 a równocześnie otwierają się klucze KE1, KE2. Na wyjściu drugiego integratora pomocniczego IP2 pojawia się rosnące napięcie o wartości chwilowej

$$U_C = K_4 \cdot \int_{t_{n+1}}^{t_{n+1}+t} U_B \cdot dt = -K_3 \cdot K_4 \cdot U_{ref} \cdot (t_{n+1} - t_n) \cdot t \quad (3)$$

Napięcie U_C jest podawane na wejście integratora głównego IG. Chwilowa zmiana napięcia wyjściowego integratora głównego IG w tym etapie wyraża się jako

$$U_A = K_2 \cdot \int_{t_{n+1}}^{t_{n+1}+t} U_C \cdot dt = -K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{ref} \cdot (t_{n+1} - t_n) \cdot \frac{t^2}{2} \quad (4)$$

i stanowi czwarty sygnał pomocniczy. W chwili $t = T_0$ następuje równość $U_A = U_B$ co powoduje zmianę stanu komparatora K. Odcinek czasu T_0 zawarty pomiędzy chwilami t_{n+1} i $(t_{n+1} + T_0)$ stanowi trzeci sygnał pomocniczy.

Podstawiając do wzoru 4 $U_A = U_B$, $t = T_0$ oraz zależności 1,5 otrzymuje się związek

$$K_1 \cdot K_2 \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} U_x^2 \cdot dt - \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{ref}^2}{2} \cdot T_0^2 = 0 \quad (5)$$

Wartość skuteczną U_{sk} badanego przebiegu U_x jest definiowana zależnością

$$U_{sk} = \left[\frac{1}{t_{n+1} - t_n} \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} U_x^2 \cdot dt \right]^{1/2} \quad (6)$$

Porównanie wyrażeń 5 oraz 6 prowadzi do wniosku, że

$$U_{sk} = S \cdot T_0 \text{ gdzie } S = \left[\frac{2 \cdot K_2}{K_1 \cdot K \cdot U_{ref}} \right]^{1/2} \quad (7)$$

A zatem, czas T_0 stanowi proporcjonalną miarę wartości U_{sk} za określony przedział czasowy $(t_{n+1} - t_n) = T_n$.

Poprzednio wspomnianą zmianę stanu komparatora K oddziałuje na układ sterowania US powodując zakończenie etapu trzeciego i równoczesne rozpoczęcie pierwszego etapu w następnym cyklu.

Opisany blok pomiarowy jest zdolny do przetwarzania wielkości wejściowej w co drugim okresie przebiegu mierzonego. Przetwarzanie w każdym kolejnym okresie uzyskuje się przez zastosowanie dwu analogicznych bloków pomiarowych, których działaniem jest czasowo przesunięte o jeden okres. Wyniki przetworzeń z obu bloków są wyprowadzane poprzez element sumy logicznej na wspólne wyjście przyrządu.

Wykonując czynności sposobem według wynalazku, lecz w innych granicach czasowych, otrzymuje się w wyniku wartość skuteczną przebiegu badanego według odpowiednio zmodyfikowanej definicji. Jeżeli bowiem przez t_1 oraz t_2 oznaczy się dwa kolejne po sobie następujące momenty, w których wielkość badana uzyskuje wartość zerową, to zmodyfikowana wartość skuteczną przebiegu badanego określona jest zależnością:

$$\left[\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} w_x^2 \cdot dt \right]^{1/2}$$

Wynalazek daje dokładność pomiaru, absolutnie nieosiągalną w sposobach konwencjonalnych a jednocześnie wynik jest podawany z małym i dokładnie znanym opóźnieniem w stosunku do przebiegu badanego. Dokładność działania nie jest tu zależna od tłumienności zastosowanych rozwiązań technicznych, jak to ma miejsce w znanych sposobach.

Zródłem niedoskonałości są tylko odchylenia od idealnych charakterystyk, opisujących wytwarzanie poszczególnych sygnałów pomocniczych. Ta grupa przyczyn spotykana także w sposobach konwencjonalnych, może być eliminowana przez zastosowanie znanych rozwiązań technicznych.

Wynalazek ma poważne znaczenie dla wszystkich pracowni realizujących dynamiczne badania wielkości elektrycznych.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób pomiaru wartości skutecznej za poszczególne okresy elektrycznego przebiegu odkształconego, polegający na wytwarzaniu sygnałów pomocniczych, przy czym w każdym okresie wytwarza się pierwszy sygnał pomocniczy proporcjonalnie do kwadratu wartości chwilowej przebiegu badanego, a także drugi sygnał pomocniczy, do całki czasowej z wartości pierwszego sygnału pomocniczego, **znamienny tym**, że wytwarzanie drugiego sygnału pomocniczego na czas $(n+1)$ -go chwili początkowej danego okresu, a przy końcu n -tego okresu zapamiętuje się osiągniętą wartość drugiego sygnału pomocniczego na czas $(n+1)$ -go okresu, po upływie którego kasuje się wartość za-

pamiętaną, natomiast podczas trwania $(n+1)$ -go okresu wytwarza się trzeci sygnał pomocniczy proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z poprzednio zapamiętanej wartości, a oprócz tego wytwarza się podczas trwania $(n+1)$ -go okresu analogiczną, jak poprzednio — wartość drugiego sygnału pomocniczego, która zostaje z kolei zapamiętana na czas trwania $(n+2)$ -go okresu, w którym to czasie wytwarza się trzeci sygnał pomocniczy proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z poprzednio zapamiętanej wartości drugiego sygnału pomocniczego przy końcu $(n+1)$ -go okresu, a równocześnie wytwarza się podczas trwania $(n+2)$ -go okresu podobnie jak poprzednio wartość drugiego sygnału pomocniczego i opisany cykl powtarza się rytmicznie przez cały czas prowadzenia pomiaru, przy czym dla wytwarzania trzeciego sygnału pomocniczego stosuje się czwarty sygnał pomocniczy.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się czwarty sygnał pomocniczy zaczynając od wartości zerowej na początku każdego okresu, wytworzony proporcjonalnie do kwadratu czasu, przy czym współczynnik proporcjonalności jest liniowo zależny od czasu trwania bezpośrednio poprzedzającego okresu, a oprócz tego porównuje się chwilową wartość czwartego sygnału pomocniczego z zapamiętaną wartością drugiego sygnału pomocniczego za bezpośrednio poprzedzający okres, natomiast trzecim sygnałem pomocniczym jest odstęp czasu, jaki minął od początku danego okresu od chwili, w której różnica czwartego i drugiego sygnału pomocniczego przyjmuje wartość zerową.

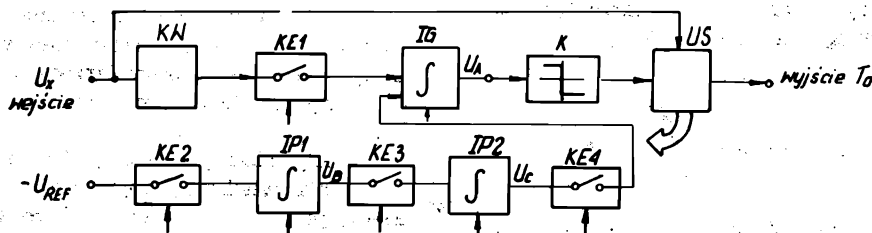


Fig. 1

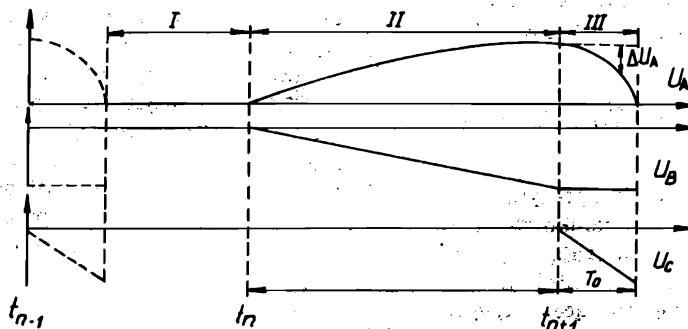


Fig. 2

ERRATA

łam 6, wiersz 20

$$\text{jest: } K_1 \cdot K_2 \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} U^2_x \cdot dt - \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{ref}}{2} \cdot T_0^2 = 0 \quad (5)$$

$$\text{powinno być: } K_1 \cdot K_2 \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} U^2_x \cdot dt - \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{ref}(t_{n+1} - t_n)}{2} \cdot T_0^2 = 0 \quad (5)$$

łam 7, wiersz 30

jest: drugiego sygnału pomocniczego na czas (n+1)— go

powinno być: drugiego sygnału pomocniczego rozpoczyna się w