

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

60539

Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 21 e, 27/14

Zgłoszono: 25.X.1968 (P 129 731)

Pierwszeństwo: _____

MKP G 01 r, 27/14

Opublikowano: 31.VIII.1970

UKD 621.317.33 :
621.317.321

Współtwórcy wynalazku: Krzysztof Badźmirowski, Michał Karkoszka,
Paweł Studziński, Marek Orzyłowski, Bo-
gusław Jackiewicz

Właściciel patentu: Zjednoczone Zakłady Elektronicznej Aparatury
Pomiarowej „Elpo”, Warszawa (Polska)

Cyfrowy miernik oporności z mostkiem pomiarowym

1

Wynalazek dotyczy cyfrowego miernika oporności z mostkiem pomiarowym, służącego do dokładnego pomiaru oporności uziemionych lub izolowanych od potencjału ziemi.

Znane cyfrowe mierniki oporności, posiadające zbliżoną do przedstawionego w opisie elektronicznego miernika cyfrowego dokładność pomiaru, są urządzeniami o przełączaniu nieelektronicznym przewodności jednego z ramion mostka co w sposób negatywny rzutuje na parametry użytkowe przyrządu.

Automatycznie regulowana przewodność, zapewniająca możliwość równoważenia mostka Wheatstone'a składa się z zespołu oporników wzorcowych, włączanych równolegle za pośrednictwem przełączników elektromagnetycznych. Wspomniane przełączniki nie mogą być zastąpione żadnymi ze znanych rodzajów przełączników elektronicznych ponieważ mają one szereg wad. Na przykład tranzystory bipolarne, stosowane w tego rodzaju przełącznikach, mają dużą i niekontrolowaną wartość prądu zerowego kolektora, uniemożliwiającą całkowite odłączenie oporników wzorcowych. Tranzystory polowe również nie zapewniają dostatecznie dużego stosunku oporności przełącznika w stanie wyłączonym do oporności w stanie włączonym.

Konieczność stosowania przełączników elektromagnetycznych ogranicza szybkość działania i zmniejsza niezawodność działania przyrządów pomiarowych.

2

Celem wynalazku jest usunięcie tych niedogodności oraz uniknięcie zbędnego nakładu środków technicznych do realizacji pomiaru oporności metodą cyfrową.

5 Aby osiągnąć ten cel wytyczono sobie zadanie opracowania układu elektrycznego, którego zastosowanie w technice pomiarowej umożliwiłoby zarówno pomiar oporności jak i pomiar napięcia.

10 Cel ten został osiągnięty przez to, że w kompensacyjnym woltomierzu cyfrowym, zawierającym w zasadzie wszystkie elementy automatycznego mostka oporności, wykorzystano układ przedstawiający sobą elektronicznie regulowaną oporność lub przewodność niezbędną do pomiaru oporności metodą mostkową. Jako element równoważący układ

15 mostka wykorzystano przełączany tranzystorowo cyfrowy dzielnik napięcia analogiczny jak dzielnik napięcia wzorcowego w kompensacyjnym woltomierzu cyfrowym.
20 Cyfrowy dzielnik napięcia, stanowiący jedną z gałęzi mostka włączoną jednym końcem na potencjał zerowy, a drugim — na wyjście wzmacniacza operacyjnego z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, składa się z szeregu oporników wzorcowych $R_1 \dots R_n$, z których każdy jest dołączany do potencjału odniesienia lub do potencjału zerowego. Współczynnik podziału dzielnika stanowi stosunek wypadkowej przewodności oporników dołączonych do potencjału napięcia odniesienia do wypadkowej
30 przewodności wszystkich oporników dzielnika.

Dzielnik wykonano w układzie drabinkowym.

Drugą gałąź mostka stanowi opornik wzorcowy połączony w punkcie przekątnej mostka w szereg z opornością mierzoną, a drugim końcem — z wyjściem wzmacniacza operacyjnego, którego parametry techniczne są identyczne jak uprzednio wymienionego wzmacniacza, przy czym wejścia obydwu wzmacniaczy są dołączone do napięcia odniesienia. Napięcie występujące na mierzonej oporności jest porównywane z napięciem otrzymywanym z wyjścia oporowego dzielnika napięcia. Oba te napięcia, będące różnicą potencjałów w punktach przekątnej mostka, oddziałują na wejście wzmacniacza różnicowego.

Wzmocniony przez wzmacniacz sygnał błędu steruje, za pomocą układu sterującego, przełączaniem oporników dzielnika napięcia, powodując jednocześnie odpowiednią zmianę wskazań wskaźnika cyfrowego. Po zakończeniu cyklu pomiarowego, mostek jest zrównoważony a przewodność dzielnika napięcia jest proporcjonalna do mierzonej oporności. Wartość jej jest przedstawiona w postaci cyfrowej jako wynik pomiaru.

Układ cyfrowego miernika z mostkiem pomiarowym umożliwia zarówno pomiar oporności uziemionych lub izolowanych do potencjału ziemi jak i pomiar napięcia stałego z dokładnością $\pm 0,01$ procenta wartości mierzonej i rozdzielczość $\pm 0,0025$ procenta wartości końcowej podzakresu. Czas trwania pomiaru wynosi 20 milisekund.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia zasadę działania układu, a fig. 2 — elektryczny układ blokowy z wyszczególnieniem niektórych elementów elektrycznych.

Jak uwidoczniło na fig. 1 oporność mierzona R_x jest dołączona do źródła napięcia E zasilania przez opornik wzorcowy R_A . Napięcie U_1 , występujące na mierzonej oporności R_x , jest porównywane z napięciem U_2 , otrzymywanym z wyjścia cyfrowego dzielnika napięcia D_c będącego gałęzią układu mostkowego. Cyfrowy dzielnik napięcia D_c zasilany jest napięciem różnicowym $E-U_2$, stanowiącym różnicę napięcia E dołączonego do gałęzi $R_A + R_x$ mostka i napięcia wyjściowego U_2 .

Po zrównoważeniu mostka napięcie U_1 występujące, na mierzonej oporności R_x i napięcie wyjściowe U_2 są równe. Wtedy pomiędzy wartością mierzonej oporności R_x , wartością przewodności G oporników cyfrowego dzielnika napięcia D_c dołączonych do napięcia różnicowego, wartością wypadkowej przewodności G_0-G pozostałych oporników cyfrowego dzielnika napięcia D_c dołączonych do potencjału zerowego i wartością wzorcowej oporności R_A obowiązuje zależność

$$R_x = \frac{G}{G_0} \cdot R_A$$

która świadczy o proporcjonalności wartości mierzonej oporności R_x do wartości przewodności G oporników cyfrowego dzielnika napięcia D_c dołączonych do napięcia różnicowego $E-U_2$, przy czym, napięcie E jest napięciem wyjściowym wzmacniacza operacyjnego 1 oraz częścią składową napięcia wyjściowego wzmacniacza operacyjnego 2.

Wartość przewodności G cyfrowego dzielnika napięcia D_c może być przetransformowana na cyfrowy wynik pomiaru oporności. Stosunek wartości oporności wzorcowej R_A do wartości przewodności G_0 jest regulowany i umożliwia tym samym zmianę zakresów pomiarowych.

Blokowy układ elektryczny cyfrowego miernika oporności z mostkiem pomiarowym, przedstawiony jest na fig. 2.

Gałęzie mostka pomiarowego zasilane są napięciem odniesienia U_d z układu zasilania 3 poprzez wzmacniacze operacyjne 1 i 2 o silnych ujemnych sprzężeniach zwrotnych.

Napięcie odniesienia U_d przyłożone jest na wejście operacyjnego wzmacniacza 1 poprzez oporniki R_1 i R_2 , przy czym opornik R_2 łączy wejście operacyjnego wzmacniacza 1 z jego wyjściem i tworzy łącznie z szeregowo włączonym opornikiem R_1 pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego. Wyjście operacyjnego wzmacniacza 1, o napięciu wyjściowym E jest połączone szeregowo z regulowaną wzorcową opornością R_A , stanowiącą jedno ramię mostka pomiarowego, połączoną z zaciskiem a w punkcie łączenia z przekątną mostka. Zacisk b jest podłączony do potencjału zerowego.

Pomiędzy zacisk a i b podłącza się mierzoną oporność R_x , stanowiącą drugie ramię mostka pomiarowego. Podobnie jest zasilany operacyjny wzmacniacz 2, którego wejście jest połączone z układem zasilania 3 poprzez oporniki R_4 i R_3 , przy czym opornik R_3 łączy wejście operacyjnego wzmacniacza 2 z jego wyjściem i tworzy, łącznie z szeregowo włączonym opornikiem R_4 , pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Wyjście operacyjnego wzmacniacza 2 o napięciu wyjściowym U_2 jest połączone szeregowo z cyfrowym dzielnikiem napięcia D_c stanowiącym drugą gałąź mostka pomiarowego.

Obydwa wzmacniacze są połączone drugim swym wejściem do potencjału zerowego.

Punkt a łączenia przekątnej mostka o napięciu wyjściowym U_1 oraz wyjście cyfrowego dzielnika napięcia D_c o napięciu wyjściowym U_2 są połączone z wejściami układu porównawczego 4, z tym, że wyjście cyfrowego dzielnika napięcia D_c jest połączone z wejściem operacyjnego wzmacniacza 2 poprzez opornik R_5 i tworzy dodatkową pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego dla tego wzmacniacza. Wyjście układu porównawczego 4 o napięciu wyjściowym U_1-U_2 jest połączone z wejściem wzmacniacza 5 o współczynniku wzmocnienia K . Wyjście wzmacniacza 5 o napięciu wyjściowym $K(U_1-U_2)$ jest połączone z wejściem układu sterującego 6, którego jedno z wyjść jest połączone ze wskaźnikiem cyfrowym 7, a drugie — z cyfrowym dzielnikiem napięcia D_c .

Zakładając odpowiednio dużą wartość współczynnika wzmocnienia operacyjnego wzmacniacza 1, można stwierdzić, że jego wyjściowe napięcie E wynosi

$$E = - \frac{R_2}{R_1} \cdot U_d$$

Zakładając dodatkową oporność R_1 równą oporności R_4 i oporność R_2 równą oporności R_3 i R_5 ,

można stwierdzić, że napięcie wyjściowe operacyjnego wzmacniacza 2 to znaczy napięcie dołączone do cyfrowego dzielnika napięcia D_c wynosi

$$\frac{R_3}{R_4} \cdot U_d - \frac{R_2}{R_5} \cdot U_2 = E - U_2$$

co spełnia warunki prawidłowego działania układu mostkowego.

Napięcie U_1 , występujące na mierzonej oporności R_x i napięcie U_2 otrzymywane z wyjścia cyfrowego dzielnika napięcia D_c , są porównywane ze sobą przy pomocy układu porównawczego 4, którego sygnał wyjściowy $U_1 - U_2$ wzmacniany jest przez wzmacniacz 5.

Wzmocniony sygnał $K(U_1 - U_2)$ jest błędem równowagi mostka pomiarowego i steruje przy pomocy układu sterującego 6, przełączaniem oporników cyfrowego dzielnika napięcia D_c w układzie równoległym, prostym lub drabinkowym, powodując jednocześnie odpowiednią zmianę wskazań cyfrowego wskaźnika 7. Po zakończeniu cyklu pomiarowego mostek jest zrównoważony i wartość przewodności G cyfrowego dzielnika napięcia D_c , proporcjonalna do wartości mierzonej oporności R_x jest przedstawiona w postaci cyfrowej jako wynik pomiaru.

Jak już wspomniano do realizacji układu pomiarowego mogą być użyte znane kompensacyjne woltomierze cyfrowe.

Wszystkie bloki, za wyjątkiem operacyjnego wzmacniacza 2 i układu oporników R_3 , R_4 , R_5 wchodzi w skład typowego, kompensacyjnego woltomierza cyfrowego. Jako oporność wzorcową R_A można wykorzystać oporniki wejściowe dzielnika napięcia woltomierza cyfrowego.

Zaletą przyrządu jest możliwość pomiaru oporności w granicach od 0,01 Ohma do 4 megaOhmów, z dokładnością 0,01 procenta wartości mie-

rzanej oporności $\pm 0,005$ procenta wartości pełnej skali. Dodatkową zaletą przyrządu są małe napięcia pomiarowe rzędu 2 woltów.

Wynalazek nie ogranicza się do podanego przykładu wykonania. Może on być zastosowany w cyfrowym mierniku oporności, podobnym pod względem układowym do woltomierzy cyfrowych, a przeznaczonym wyłącznie do pomiaru oporności.

Zastrzeżenia patentowe

1. Cyfrowy miernik oporności z mostkiem pomiarowym zrównoważonym za pomocą regulowanej przewodności, **znamienny tym**, że jedna z gałęzi mostka składająca się z oporności mierzonej (R_x) i oporności wzorcowej (R_A), połączona jest ze źródłem napięcia (E) zasilania; a druga stanowiąca cyfrowy dzielnik napięcia (D_c) w układzie równoległym, prostym lub drabinkowym, jest dołączona do napięcia różnicowego ($E - U_2$) o wartości będącej różnicą napięcia (E) zasilania i napięcia wyjściowego (U_2) cyfrowego dzielnika napięcia (D_c) stanowiącego drugą gałąź mostka pomiarowego.
2. Cyfrowy miernik oporności według zastrz. 1, **znamienny tym**, że źródło napięcia (E) zasilania zawiera operacyjny wzmacniacz (1) z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, zasilający gałąź mostka złożoną z oporności mierzonej (R_x) i oporności wzorcowej (R_A), natomiast źródło napięcia różnicowego ($E - U_2$) zawiera operacyjny wzmacniacz (2) z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym oraz z drugą pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego, przy czym drugą pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego tworzy wyjście cyfrowego dzielnika napięcia (D_c) o napięciu wyjściowym (U_2) z wejściem operacyjnego wzmacniacza (2) połączone przez opornik (R_5).

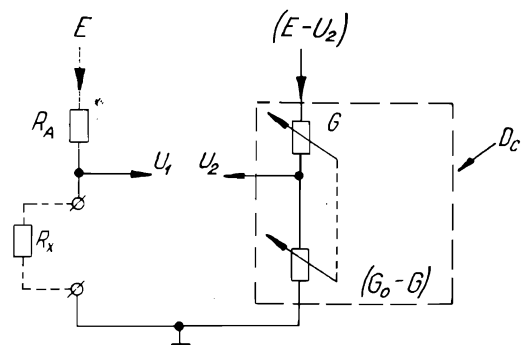


Fig. 1

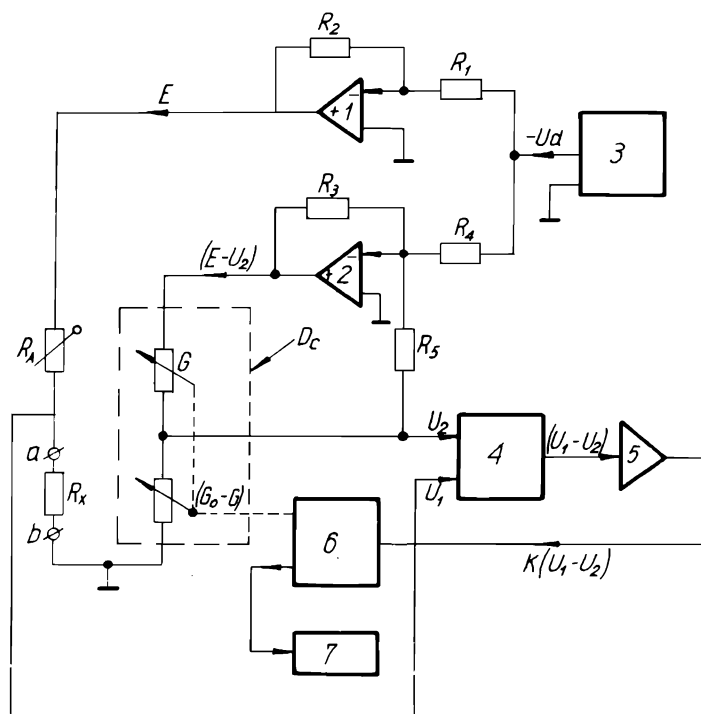


Fig. 2