

Brunon MAREK

## CYFROWY POMIAR REZYSTANCJI TORÓW DOŁOWEJ SIECI TELETRANSMISYJNEJ

**Streszczenie.** W kopalniach metanowych niezbędne jest stosowanie iskrobezpiecznych mierników rezystancji. W Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa opracowano miernik rezystancji do pomiarów dołowej sieci telekomunikacyjnej. Miernik rezystancji wykorzystuje scalony przetwornik analogowo-cyfrowy o podwójnym całkowaniu. Zastosowanie przetwornika analogowo-cyfrowego pozwoliło na znaczne zmniejszenie mocy pobieranej przez miernik przy dużej dokładności pomiarów oraz odporności na zakłócenia przemysłowe.

## 1. WSTĘP

Dla prawidłowego funkcjonowania dołowych sieci telekomunikacyjnych zachodzi potrzeba pomiarów parametrów sieci. W Polsce produkowane są iskrobezpieczne mierniki rezystancji pętli i izolacji (np. IMC-1). Niestety, charakteryzują się one zbyt małą dokładnością pomiarów oraz odpornością na zakłócenia. Referat przedstawia zasadę działania opracowanego w IEiAG miernika rezystancji pętli i izolacji [1].

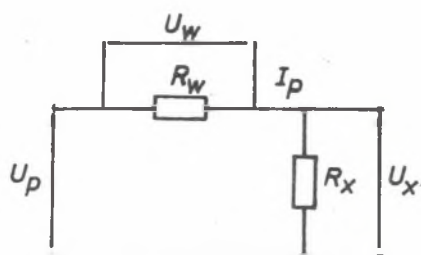
## 2. BUDOWA MIERNIKA REZYSTANCJI PĘTLI

Do budowy miernika wykorzystano scalony przetwornik analogowo-cyfrowy o podwójnym całkowaniu typu ICL-7106. Przetwornik ten powinien być produkowany w kraju pod symbolem MCY-7906. Przetwornik ten jest woltmierzem napięcia stałego o podwójnym całkowaniu. Układ ten, łącznie z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym pobiera ze źródła o napięciu 9,5 V prąd o wartości mniejszej od 2 mA. Na rys. 1 przedstawiono zasadę pomiaru rezystancji pętli. Obowiązuje:

$$\frac{U_x}{U_w} = \frac{R_x}{R_w}, \quad \text{zaś} \quad N_x = k \frac{R_x}{R_w},$$

gdzie:

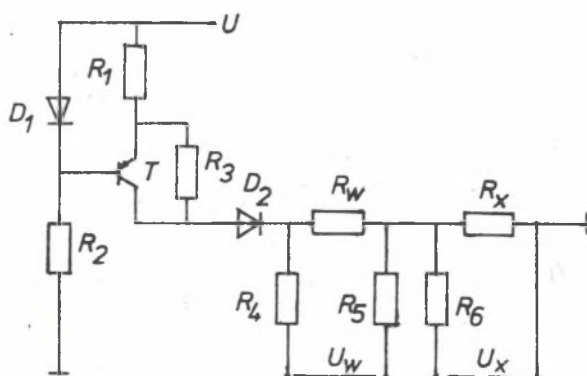
- $R_x$  - rezystancja mierzona,
- $R_w$  - rezystancja wzorcowa,
- $k$  - współczynnik przetwarzania.



Rys. 1. Schemat ideowy układu do pomiaru rezystancji pętli

Fig. 1. The schematic diagram of the system for loop resistance measurement

Według danych katalogowych współczynnik  $k$  wynosi  $k = 1000,10000$ . W praktyce okazało się, że współczynnik  $k$  w zależności od egzemplarza przetwornika ICL-7106 charakteryzuje się współczynnikiem  $k$  (997,1000). Niestety, układ podstawowy przedstawiony na rys. 1 nie może być bezpośrednio zastosowany do pomiaru rezystancji pętli, ponieważ w przypadku załączenia miernika do sieci, w której występuje napięcie robocze, przetwornik może ulec uszkodzeniu.



Rys. 2. Schemat ideowy zmodyfikowanego układu do pomiaru rezystancji pętli  
Fig. 2. The schematic diagram of the modified system for loop resistance measurement

Rysunek 2 przedstawia schemat zmodyfikowanego układu do pomiaru rezystancji pętli. Modyfikacja ma na celu zwiększenie odporności układu na działanie napięć zakłócających oraz stabilizację własności pomiarowych przy zmianie zakresu pomiarowego. Odporność układu na działanie napięć zakłócających zapewniają: dynamiczne źródło prądowe (rezystory  $R_1$ - $R_3$ , tranzystor  $T$ , dioda  $D_1$ ), rezystory  $R_4$ - $R_6$ , dioda  $D_2$ . Dynamiczne źródło prądowe charakteryzuje się wydajnością prądu uzależnioną od rezystancji  $R_1$  oraz napięcia  $U_{CE}$  tranzystora  $T$ . Dla małych napięć  $U_{CE}$  o wydajności prądowej źródła decyduje rezystor  $R_1$ . Wydajność prądowa może być uzależniona od zakresu pomiarowego, co korzystnie wpływa na charakterystykę przetwarzania przetwornika ( $U_w$  zmienia się wtedy w niewielkim przedziale). Dla dużych napięć  $U_{CE}$  wydajność prądową wyznacza dzielnik napięcia  $R_1, R_3$ . Przy odpowiednio dużej wartości napięcia tranzystor zo-

staje zatkany. Zastosowanie dzielnika powoduje zmniejszenie strat w tranzystorze przy wyższym napięciu. Zastosowanie tranzystora o napięciu  $U_{CE} = 250, 300 \text{ V}$  pozwala wyeliminować skutki przyłączenia na wejście układu napięcia roboczego sieci telekomunikacyjnej. Napięcie robocze może wynosić 50 V. W tym samym celu zastosowano rezystory  $R_4-R_6$  załączone szeregowo z wejściami przetwornika. Odporność układu na działanie napięcia zakłócającego o dodatniej polaryzacji zapewnia dioda  $D_2$ . W tych warunkach prąd w obwodzie osiąga małą wartość oraz zostaje zabezpieczone przed przebicciem złącze BE tranzystora. Przedstawiony układ może być również zastosowany do pośredniego pomiaru niesymetrii oporności żył oraz lokalizacji miejsca uszkodzenia (zwarcia) żył. Niesymetria oporności żył może być mierzona pośrednio jako stosunek rezystancji żył:

$$N_1 = k \frac{R_A}{R_B}.$$

Jak wykazały badania, współczynnik  $k \neq 1000$ , dlatego zachodzi potrzeba wyznaczenia wartości rzeczywistej współczynnika lub przeprowadzenia dwóch pomiarów:

$$N_2 = k \frac{R_B}{R_A}.$$

Wtedy

$$\frac{R_A}{R_B} = \sqrt{\frac{N_1}{N_2}}.$$

Pomiar nie jest obarczony błędem wyznaczenia stałej  $k$ .

Pomiar stosunku rezystancji można wykorzystać do lokalizacji miejsca uszkodzenia kabla.

$$N_1 = k \frac{l_x}{2l - l_x},$$

gdzie:

- $l_x$  - odległość miejsca uszkodzenia,
- $l$  - długość odcinka.

Wtedy

$$l_x = \frac{2N_1}{N_1 + k} l.$$

## 3. BUDOWA MIERNIKA IZOLACJI

Koncepcję pomiaru rezystancji izolacji przedstawia rys. 3. W skład układu wchodzi: iskrobezpieczne źródło napięcia pomocniczego  $U_p$ , rezystor ograniczający wydajność prądową źródła napięcia  $R_p$ , rezystancja mierzona  $R_x$ , przetwornik I/U (wzmacniacz operacyjny US, rezystor  $R_w$ ), dzielnik napięcia  $k$ ,  $U_y$ , napięcie wzorcowe  $U_w$ .

$$U_y = \frac{U_p}{R_p + R_x} R_w,$$

$$U_x = U_w - k U_y,$$

$$\frac{U_x}{U_y} = \frac{U_w R_x + U_w R_p - k U_p R_w}{U_p R_w}.$$

Zakładając, że:

$$U_w R_p = k U_p R_w$$

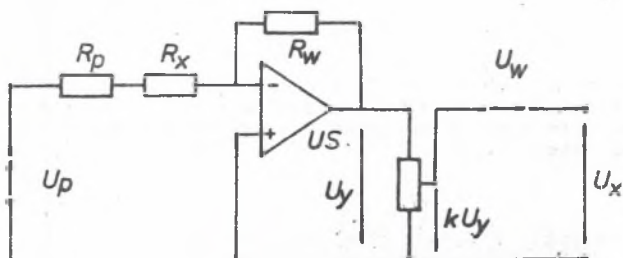
oraz

$$k = \frac{U_w R_p}{U_p R_w},$$

otrzymamy:

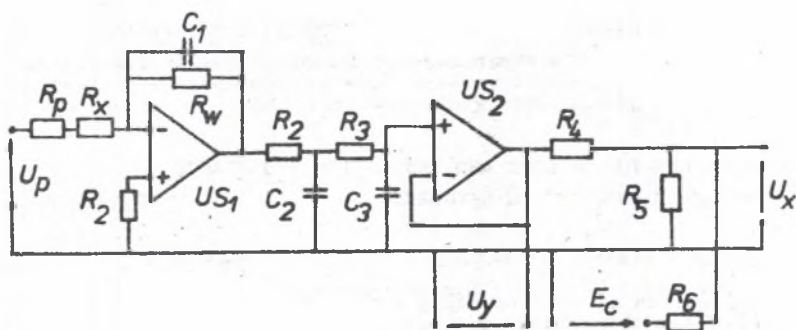
$$N_x = k \frac{U_w R_x}{U_p R_w}.$$

Układ charakteryzuje się liniowym przetwarzaniem rezystancji w liczbę zliczanych impulsów. Współczynnik przetwarzania zależy od stosunku  $\frac{U_w}{U_p}$  i współczynnika przetwarzania przetwornika  $k$ . Zakres pomiarów można zmieniać przez zmianę rezystancji  $R_w$ . Jednocześnie powinny być zmienione rezystancja  $R_p$ . Realizację praktyczną układu do pomiaru rezystancji izolacji przedstawia rys. 4. Układ scalony US<sub>1</sub> stanowi przetwornik I/U. Rezystor  $R_2$  ogranicza wpływ prądu polaryzującego na charakterystykę przetwarzania. Sygnał wyjściowy przetwornika jest filtrowany. Filtr dolno-przepustowy stanowią: rezystory  $R_2$ ,  $R_3$  oraz kondensatory  $C_2$ ,  $C_3$ . Wzmacniacz operacyjny US<sub>2</sub> o wzmacnieniu 1 charakteryzuje się dużą rezystancją wejściową. Sygnał wyjściowy wzmacniacza US<sub>2</sub> wyznacza napięcie  $U_y$ . Napięcie wzorcowe  $U_w$  uzyskiwane jest z napięcia  $E_c$ . Wartość napięcia  $U_w$  wyznaczają rezystory  $R_5$ ,  $R_6$ . Dzielnik napięcia  $k U_y$  wyznaczają głównie rezystory  $R_4$ ,  $R_5$ .



Rys. 3. Schemat idealowy układu do pomiaru rezystancji izolacji

Fig. 3. The schematic diagram of the system for insulation resistance measurement



Rys. 4. Schemat idealowy zmodyfikowanego układu do pomiaru rezystancji izolacji

Fig. 4. The schematic diagram of the modified system for insulation resistance measurement

#### 4. ZAKOŃCZENIE

Zbudowany model laboratoryjny miernika rezystancji pobiera ze źródła napięcia (w zależności od rodzaju pracy) prąd od 5 mA (dla pomiaru rezystancji pętli), do 15 mA (dla pomiaru izolacji przy zwartych zaciskach wejściowych). Dokładność pomiaru rezystancji jest lepsza od 0,5%, zaś rezystancji izolacji jest lepsza od 1%. Po wykonaniu prototypu będzie można określić jego iskrobezpieczeństwo.

## LITERATURA

- [1] Prace Instytutu Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej - NB-149/RG-1/88 (niepublikowane). Aparatura pomiarowa dla dołowej sieci telekomunikacyjnej, dokumentacja modelu i prototypu doświadczalnego.

## ДВИГАТЕЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РЕЗИСТАНЦИИ ПУТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

## Р е з ю м е

В метановых шахтах требуется использование искробезопасны измерителей резистанции. В Институте Электрификации и Автоматизации Горного Дела был сделан проект измерителя резистанции для измерения путей подземной сети связи. В этом измерителе испльзован интегрированный аналого-цифровой преобразователь. Использование этого преобразователя дало возможность ограничить мощности питаемой через измеритель, при большой точности измерения.

DIGITAL MEASUREMENTS OF LOOP AND INSULATION RESISTANCE  
IN UNDERGROUND COMMUNICATION NETWORKS

## S u m m a r y

The application of intrinsically safe ohmmeters is indispensable in methane mines. An intrinsically safe ohmmeter for underground communication networks was designed in Institute of Electrification and Automation in Mines. The ohmmeter utilizes an analog-to-digital dual slope converter. The application of such converter allows to decrease the power consuming, well measurements accuracy and high immunity to man made interferences.

Recenzent: Doc. Witalij Skaropacki