

Kazimierz MIŚKIEWICZ

MIERNIK POZIOMU NAPIĘCIA DLA SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH
W KOPALNIACH METANOWYCH

Streszczenie. Prawidłowe funkcjonowanie dołowych kopalnianych systemów telekomunikacyjnych wymaga między innymi kontroli parametrów sieci telekomunikacyjnych. Pomiary niektórych parametrów sieci (np. tłumienności skutecznej, tłumienności przenikowych, poziomu szumów) wymagają użycia miernika poziomu. W kopalniach metanowych, gdzie w dołowych sieciach telekomunikacyjnych istnieją obwody iskrobezpieczne niezbędne jest stosowanie iskrobezpiecznych mierników poziomu. Ze względu na brak w Polsce iskrobezpiecznych mierników poziomu Instytut Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa opracował iskrobezpieczny miernik poziomu, który w połączeniu z innymi opracowanymi przyrządami (iskrobezpieczny generator i omomierz) pozwoli na wykonanie podstawowych pomiarów dołowych sieci telekomunikacyjnych przyrządami iskrobezpiecznymi. Miernik poziomu zawiera wzmacniacz o skokowo regulowanym wzmocnieniu (co 10 dB) za pomocą multipleksera analogowego, detektor, przetwornik analogowo-cyfrowy o logarytmicznej charakterystyce przetwarzania oraz wyświetlacz. W przetworniku wykorzystano zmodyfikowany układ przetwarzania z podwójnym całkowaniem. Modyfikacja polega na tym, że w fazie rozładowania na wejście integratora podawane jest napięcie wykładniczo malejące. Zastosowanie logarytmicznego przetwornika analogowo-cyfrowego pozwala na wyświetlenie wyniku pomiaru w dB.

1. WSTĘP

Jednym z warunków poprawnej pracy kopalnianych systemów telekomunikacyjnych jest kontrola i utrzymanie odpowiednich wartości parametrów dołowej sieci telekomunikacyjnej. Zasady pomiaru parametrów sieci telekomunikacyjnej są określone odpowiednimi normami. Pomiary parametrów sieci telekomunikacyjnej powszechnego użytku wykonuje się zgodnie z następującymi normami:

- BN-78/8984-16. Telekomunikacyjne linie kablowe dalekosiężne. Ogólne wymagania i badania.
- BN-76/8984-17. Telekomunikacyjne sieci kablowe miejscowe. Ogólne wymagania i badania.
- BN-75/8984-19. Zakładowe sieci telekomunikacyjne. Linie kablowe. Ogólne wymagania.

Dla pomiarów dołowych sieci telekomunikacyjnych zostały opracowane następujące normy:

- BN-86/R984-17/01, Kopalniarne sieci telekomunikacyjne. Parametry elektryczne linii kablowych. Wymagania.
- BN-86/R984-17/02, Parametry elektryczne kopalnianych nośnych kanałów telefonicznych. Ogólne wymagania.

Wymienione normy określają wartości następujących parametrów linii kablowych:

- rezystancja torów,
- rezystancja izolacji,
- różnica rezystancji żył,
- impedancja wejściowa,
- tłumienność toru,
- tłumienność przeniku,
- poziom szumów.

W kopalniach metanowych sieci telekomunikacyjne zawierają obwody iskrobezpieczne. Narzuca to konieczność posługiwania się przy pomiarach iskrobezpiecznymi przyrządami pomiarowymi. W Polsce do tej pory produkowane są jedynie iskrobezpieczne przyrządy w postaci iskrobezpiecznych omieryczy i megasomierzy (np. IMC-1) [4].

Z zagranicznych rozwiązań iskrobezpiecznych przyrządów pomiarowych warto przytoczyć następujące przykłady:

- iskrobezpieczny multimetr 25300 firmy Davis of Darby [3],
- mierniki uniwersalne firmy Steinfurth typu TheST 600 oraz DIGIT-TheST [2],
- selektywny miernik poziomu Tf-TheST firmy Steinfurth [2].

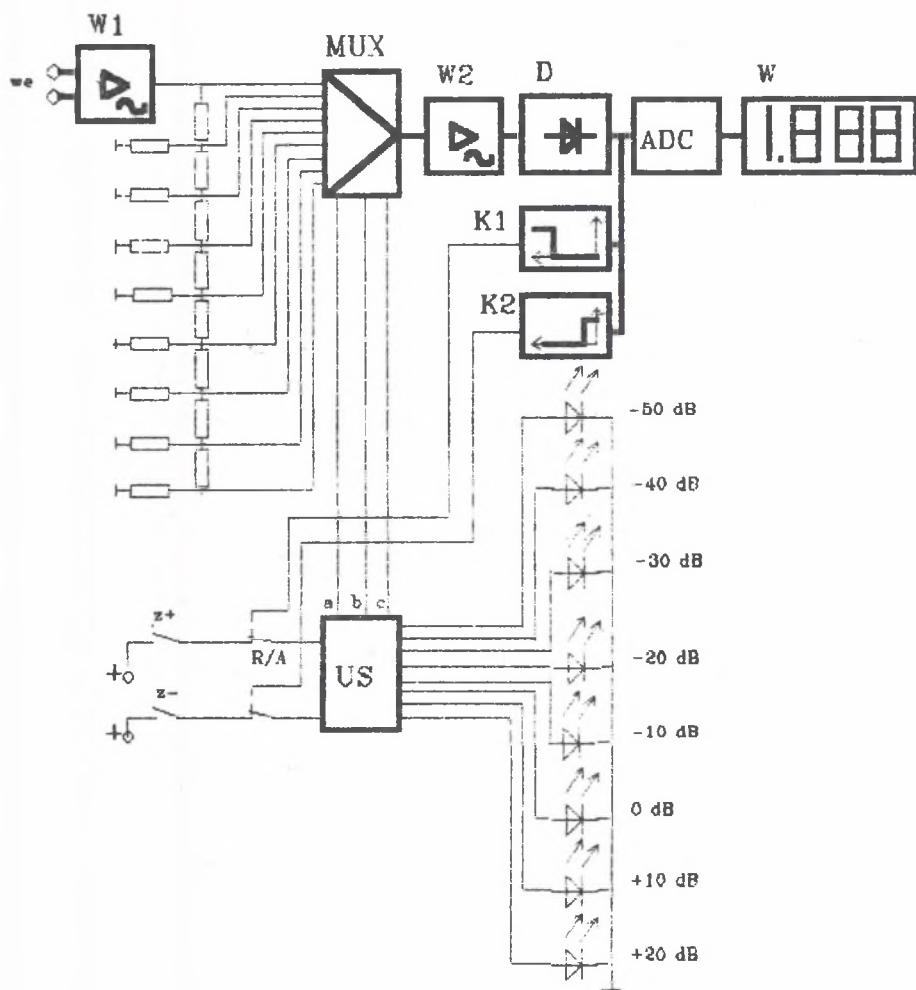
Ze względu na brak w Polsce iskrobezpiecznych przyrządów do pomiarów parametrów iskrobezpiecznych sieci telekomunikacyjnych, Instytut Elektryfikacji i Automatykacji Górnicwa Politechniki Śląskiej opracował zestaw 3 przyrządów iskrobezpiecznych:

- iskrobezpieczny omierycz,
- iskrobezpieczny miernik poziomu,
- iskrobezpieczny generator poziomu.

Referat przedstawia budowę i zasadę działania opracowanego w IEiAG iskrobezpiecznego miernika poziomu.

2. BUDOWA ISKROBEZPIECZNEGO MIERNIKA POZIOMU

Iskrobezpieczny miernik poziomu został opracowany jako szerokopasmowy przyrząd z odczytem cyfrowym. Ogólny schemat blokowy miernika przedstawiono na rys. 1. Sygnał wejściowy miernika podawany jest na wejście wzmacniacza różnicowego W1, a następnie na dzielnik rezystorowy w postaci dra-



Rys. 1. Schemat blokowy iskrobezpiecznego miernika poziomu

Fig. 1. Block diagram of intrinsically safe level meter

banki rezystorowej. Wzmacniacz W1 zapewnia symetrię wejścia względem ziemi. Dzielnik rezystorowy połączony jest z wejściami multipleksera MUX. Dzielnik rezystorowy wraz z multiplekserem MUX umożliwi bezstykową zmianę zakresu pomiarowego miernika. Wartości rezystorów dzielnika dobrane są w ten sposób, by umożliwić zmianę zakresu pomiarowego miernika co 10 dB.

Multiplexer sterowany jest sygnałami a, b, c, podawanymi na jego wejścia adresowe z układu sterowania US. W zależności od wartości sygnałów a, b, c sygnał z odpowiedniego wejścia multiplexera MUX podawany jest na wejście wzmacniacza W2, a następnie na detektor D. Sygnał wyjściowy detektora D podlega przetworzeniu analogowo-cyfrowemu w przetworniku ADC. Wynik przetworzenia wyświetlany jest na wyświetlaczu W. Przetwornik ADC posiada logarytmiczną charakterystykę przetwarzania. Dzięki temu wynik przetwarzania wyświetlany jest w dB.

Zmiana zakresu pomiarowego miernika może odbywać się ręcznie lub automatycznie. Przy ręcznej zmianie zakresu pomiarowego krótkotrwałe naciśnięcie przycisku Z+ zwiększa zakres pomiarowy o 10 dB, a krótkotrwałe naciśnięcie przycisku Z- zmniejsza zakres pomiarowy o 10 dB. Długotrwałe naciśnięcie przycisku Z+(Z-) powoduje zwiększanie (zmniejszanie) zakresu pomiarowego o 10 dB co około 0,5 s tak długo, jak długo naciśnięty jest odpowiedni przycisk lub osiągnięty zostanie największy (najmniejszy) zakres pomiarowy (odpowiednio +20 dB lub -50 dB).

Przy automatycznej zmianie zakresu pomiarowego miernika układ US sterowany jest sygnałami wyjściowymi komparatorów K1 i K2. Komparatory porównują sygnał wyjściowy detektora z wartościami progowymi odpowiadającymi wskazaniu -15 dB (dla komparatora K2) i +2 dB (dla komparatora K1). Sygnały wyjściowe komparatorów K1 i K2 sterują układ US tak samo, jak sygnały z przycisków Z+ i Z-. Aktualna wartość zakresu pomiarowego jest sygnalizowana zaświeceniem odpowiedniej diody elektroluminescencyjnej.

3. PRZETWORNIK ANALOGOWO-CYFROWY O LOGARYTMICZNEJ CHARAKTERYSTYCE PRZETWARZANIA

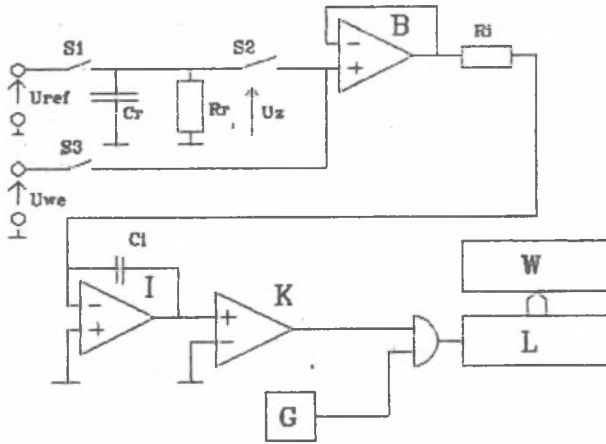
W mierniku zastosowano zmodyfikowany układ przetwornika z podwójnym całkowaniem. Modyfikacja pozwoliła na uzyskanie logarytmicznej zależności między wynikiem przetworzenia a napięciem wejściowym. Uproszczony schemat blokowy przetwornika przedstawiono na rys. 2. Przetwarzanie realizowane jest w 3 fazach. Są to:

- faza autozerowania,
- faza ładowania,
- faza rozładowania.

W fazie autozerowania zamknięty jest klucz s1, który powoduje ładowanie kondensatora C_r do napięcia U_r .

W fazie ładowania trwającej 1000 okresów T_1 generatora G klucz s1 zostaje otwarty, a klucz s3 zostaje zamknięty. Napięcie U_{we} powoduje naładowanie kondensatora C_1 do napięcia U_p równego:

$$U_p = \frac{U_{we} \cdot 1000 \cdot T_1}{R_1 \cdot C_1}$$



Rys. 2. Schemat blokowy logarytmicznego przetwornika analogowo-cyfrowego wykorzystującego zmodyfikowaną metodę podwójnego całkowania

Fig. 2. Block diagram of modified dual slope logarithmic analog-to-digital converter

Kondensator C_r rozładuje się przez rezystor R_r do napięcia U_r' , równego

$$U_r' = U_r \cdot e^{-\frac{1000 \cdot T_1}{R_r \cdot C_r}} \quad (2)$$

W fazie rozładowania klucz s_3 zostaje otwarty, a klucz s_2 zamknięty. Na wejście integratora I zostaje podane napięcie U_z wykładniczo malejące ze względu na rozładowanie kondensatora C_r przez rezystor R_r . Przebieg czasowy napięcia U_z jest opisany zależnością:

$$U_z = U_r' \cdot e^{-\frac{t}{R_r \cdot C_r}} \quad (3)$$

Napięcie wyjściowe integratora jest równe:

$$U_i = \int_0^t U_z \cdot dt = \frac{U_r' \cdot 1000 \cdot T_1}{R_r \cdot C_r} - \frac{U_r' \cdot R_r \cdot C_r}{R_r \cdot C_r} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R_r \cdot C_r}}) \quad (4)$$

Faza rozładowania trwa do chwili, gdy napięcie U_i osiągnie wartość równą 0. Czas trwania t_r fazy rozładowania jest równy:

$$t_r = -R_r \cdot C_r \cdot \ln\left(1 - \frac{U_{we} \cdot 1000 \cdot T_i}{U_r \cdot R_r \cdot C_r}\right) \quad (5)$$

Biorąc pod uwagę, że $\ln x = \lg x / \lg e$ otrzymamy:

$$t_r = -\frac{R_r \cdot C_r}{\lg e} \cdot \lg\left(1 - \frac{U_{we} \cdot 1000 \cdot T_i}{U_r \cdot R_r \cdot C_r}\right) \quad (6)$$

Jeżeli będzie spełniony warunek:

$$R_r \cdot C_r = \lg e \cdot 2000 \cdot T_i \quad (7)$$

to zależność (6) można przekształcić do postaci:

$$\begin{aligned} t_r &= -2000 \cdot T_i \cdot \lg\left(1 - \frac{U_{we}}{U_r \cdot 2 \cdot \lg e}\right) = \\ &= -2000 \cdot T_i \cdot \lg\left(1 - \frac{U_{we} \cdot \sqrt{10}}{U_r \cdot 2 \cdot \lg e}\right) = \\ &= -2000 \cdot T_i \cdot \lg\left(1 - \frac{U_{we} \cdot 3,64}{U_r}\right) = \end{aligned} \quad (8)$$

Jeżeli na wejście przetwornika podamy napięcie U_{we} równe

$$U_{we} = 0,275 \cdot U_r - 0,275 \cdot U_{we} \quad (9)$$

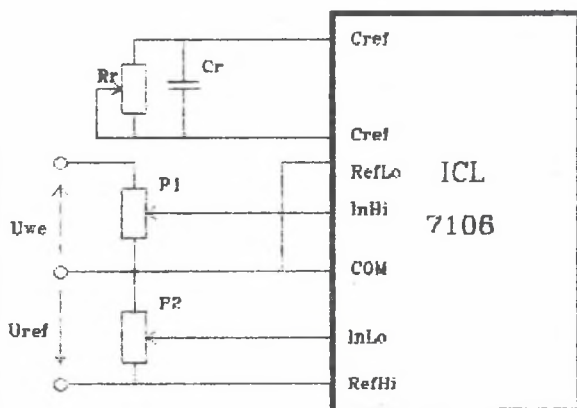
to zależność (8) można przekształcić do postaci:

$$t_r = -2000 \cdot T_i \cdot \lg(U_{we}/U_r) \quad (10)$$

Zależność (10) można interpretować w ten sposób, że jeżeli napięcie U_r będzie równe 0,775 V, a na zaciski wejściowe przetwornika podamy różnicę napięć $0,275 \cdot U_r - 0,275 \cdot U_{we}$, to wynik przetworzenia będzie 100 razy większy od poziomu napięcia U_{we} , wyrażonego w dB.

Należy zaznaczyć, że zależności (6) - (10) są słuszne, jeżeli napięcie U_{we} jest mniejsze od napięcia U_r .

Opisaną metodę przetwarzania można zastosować wykorzystując typowe scalone woltomierze cyfrowe z podwójnym całkowaniem, w których napięcia U_r potrzebne do rozładowania kondensatora w integratorze pobierane jest



Rys. 3. Modyfikacja schematu aplikacyjnego układu ICL 7106 dla uzyskania logarytmicznej charakterystyki przetwarzania

Fig. 3. Modification of application diagram of ICL-7106 ADC for logarithmic analog to digital conversion

z uprzednio naładowanego kondensatora. Przykładami takich układów scalonych są układy ICL-7106 i ICL-7107 firmy Intersil oraz ich odpowiedniki. Fragment schematu aplikacyjnego układu ICL-7106 dla przetwornika analogowo-cyfrowego z logarytmiczną charakterystyką przetwarzania przedstawiono na rys. 3.

Opisana metoda modyfikacji układu przetwornika analogowo-cyfrowego z podwójnym całkowaniem została zgłoszona do opatentowania w Urzędzie Patentowym PRL.

4. STROJENIE LOGARYTMICZNEGO PRZETWORNIKA ANALOGOWO-CYFROWEGO I JEJEGO BŁĘDY PRZETWARZANIA

Strojenie przetwornika polega na ustawieniu trzech parametrów:

- stosunku k_{TR} stałej czasowej $T_r = R_r \cdot C_r$ do okresu generatora T_i przez ustawienie rezystora R_r ,
- nastawy k_{we} potencjometru P1,
- nastawy k_r potencjometru P2.

Strojenie można przeprowadzić w trzech etapach:

- a - ustawienie nastawy potencjometru P2 tak, aby napięcie pomiędzy zaciskami InLo i COM było równe $0,275 \cdot U_r$,
- b - podanie na wejście napięcia odpowiadającego 0 dB i ustawienie potencjometru P1 tak, by uzyskać wynik przetwarzania równy 0,

c - podanie na wejście napięcia odpowiadającego poziomowi - 15 dB i ustawienie rezystora R_r tak, by uzyskać wynik przetwarzania równy 1500.

Błędy przetwarzania mogą być spowodowane zmianami wartości parametrów k_{tr} , k_r , k_{we} . Przeprowadzona analiza wykazała, że zmiana wartości parametrów k_{tr} , k_r , k_{we} powoduje powstanie błędów przetwarzania tym większych, im niższy jest poziom napięcia wejściowego. Najbardziej niekorzystna sytuacja zachodzi w przypadku, gdy $k_{tr} < 2000 \cdot \lg e$, $k_r > 2 \cdot \lg e / \sqrt{10}$, $k_{we} < 2 \cdot \lg e / \sqrt{10}$. Na przykład przy $I_{we} = -16$ dB, $k_{tr} = 0,99 \cdot 2000 \cdot \lg e$, $k_{we} = 0,99 \cdot 2 \cdot \lg e / \sqrt{10}$, $k_r = 2 \cdot \lg e / \sqrt{10}$, błąd przetwarzania jest równy 1,6 dB. Wrażliwość wyniku przetwarzania na wartości k_{tr} , k_{we} , k_r stwarza konieczność stosowania do budowy przetwornika rezystorów i kondensatorów o dużej stabilności temperaturowej. Przy analizie błędów całego miernika należy jeszcze uwzględnić nieliniową charakterystykę detektora.

5. ZAKOŃCZENIE

Zbudowany model laboratoryjny miernika poziomu potwierdził prawidłowe działanie układu miernika, a także, prawidłowe działanie przetwornika analogowo-cyfrowego o logarytmicznej charakterystyce przetwarzania. W IEiAG opracowano dokumentację prototypu doświadczalnego miernika. Po wykonaniu prototypu będzie można ocenić własności metrologiczne miernika oraz jego iskrobezpieczeństwo.

LITERATURA

- [1] Prace Instytutu Elektryfikacji i Automatykacji Górniczo-Geologicznej Politechniki Śląskiej (niepublikowane) (NB-149/RG-1/88):
- Aparatura pomiarowa dla dołowej sieci telekomunikacyjnej, dokumentacja modelu i prototypu doświadczalnego,
Etap I
Założenia techniczno-ekonomiczne, dokumentacja dla modelu doświadczalnego, Gliwice 1987.
Etap II
Model funkcjonalny, sprawozdanie z badań oraz dokumentacja dla prototypu doświadczalnego, Gliwice 1988.
- [2] Materiały firmowe firmy Steinfurth.
- [3] Materiały firmowe firmy Davis of Darby.
- [4] Megaomierz cyfrowy IMC-1. Mechanizacja i Automatykacja Górniczo-Geologicznej, 3/1983.

ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Резюме

Правильная работа систем шахтной связи требует измерения некоторых параметров сети связи. Для измерения таких величин, как затухание, переходное затухание, надо пользоваться измерителем уровня. В искробезопасных сетях надо пользоваться искробезопасными приборами. В Институте Электрификации и Автоматизации Горного Дела были сделаны проекты искробезопасных приборов (измеритель уровня, генератор, измеритель сопротивления) которые позволяют измерять параметры искробезопасных сетей связи.

Измеритель уровня состоит из усилителя, делителя, мультиплексора, детектора, логарифмического аналого-цифрового преобразователя, жидкокристаллического индикатора, и системы управления пределом измерения. Логарифмический аналого-цифровой преобразователь работает как модифицированный интегрирующий преобразователь. Его модификация состоит в том, что в фазе обратного интегрирования на вход интегратора подается напряжение которое уменьшается экспоненциально. Применение такого преобразователя позволяет представить результаты измерения в децибелях.

LEVEL METER FOR UNDERGROUND COMMUNICATION NETWORKS IN METHANE MINES

Summary

Measurements of parameters of underground communication networks are required for proper operation of mining underground communication systems. A level meter is needed for measurements of attenuations and interference levels. The communication systems in methane mines contain intrinsically safe circuits. Safety rules require intrinsically safe meters for measurements in intrinsically circuits. A set of intrinsically safe meters (generator, level meter, ohmmeter) was designed by Institute of Electrification and Automation in Mines. The set allows to measure some parameters of intrinsically safe networks.

The level meter contains amplifier, divider, analog multiplexer, meter rectifier, nonlinear (logarytmic) analog-to-digital converter, display and range selection system. Logarytmic analog-to-digital converter operates as a modified dual slope converter. A exponentially decreased voltage is switched on to integrator of converter during discharge phase. The logarytmic analog-to-digital converter allows to display a result of measurements in dB.

Recenzent: Doc. dr inż. Bolesław Firganek