

Eligiusz PASECKI
Brunon SZADKOWSKI

ZASTOSOWANIE UKŁADÓW PRÓBKUJĄCO-PAMIĘTAJĄCYCH W OMOMIERZACH
Z PRZETWORNIKAMI A/C O PODWÓJNYM CAŁKOWANIU

Streszczenie. W artykule przedstawiono ogólną zasadę działania omomierza komparacyjnego z układem dzielącym na wyjściu (którym jest przetwornik a/c o podwójnym całkowaniu) i wyjaśniono powody uzasadniające potrzebę zastosowania w takim omomierzu układów próbkująco-pamiętających. Przedstawiono również opisy wykonanych układów omomierzy oraz ważniejsze wnioski dotyczące ich projektowania.

APPLICATION OF SAMPLE-AND-HOLD (S/H) CIRCUITS TO OHMMETERS
EMPLOYING ANALOG-TO-DIGITAL (A/D) CONVERTERS WITH DOUBLE
INTEGRATION

Summary. The paper presents a general principle of operation of a comparative ohmmeter with dividing circuit (A/D converter with double integration) at the output. Reasons for application of S/H circuits to such as this ohmmeter are given. Description of constructed ohmmeters as well as conclusions concerning ohmmeters design are presented.

ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМ ВЫБОРКИ-ХРАНЕНИЯ В ОММЕТРАХ С АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ С ДВОЙНЫМ ИНТЕГРИРОВАНИЕМ

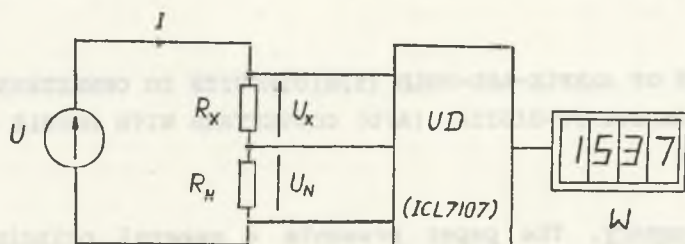
Резюме. В статье представлен общий принцип действия компарированного омметра с делительной схемой на выходе (аналого-цифровой преобразователь с двойным интегрированием). Объяснены причины обосновывающие необходимость применения схем выборки - хранения в таком

омметре. Представлены тоже описания изготовленных схем омметров и важнейшие предложения относящиеся к их проектированию.

1. WPROWADZENIE

Na rys.1 przedstawiono schemat ilustrujący zasadę działania omomierza komparacyjnego z układem dzielącym na wyjściu. Rolę układu dzielącego UD spełniać mogą przetworniki analogowo-cyfrowe o podwójnym całkowaniu, np. elementy scalone serii ICL 7106, 07 lub 09, w których sygnał wyjściowy W jest sygnałem cyfrowym (przy analogowych sygnałach U_x i U_N na wejściu). Określony jest on zależnością:

$$W = \frac{U_x}{U_N} \quad (1)$$



Rys.1. Schemat omomierza komparacyjnego z układem dzielącym UD na wyjściu. R_x , R_N - rezystory mierzony i wzorcowy; U - stałe napięcie zasilania; U_x , U_N - napięcia na rezystorach R_x , R_N ; I - prąd pomiarowy; W - wskaźnik cyfrowy

Fig.1. Diagram of the comparative ohmmeter with dividing circuit UD at the output. R_x , R_N - tested resistor and standard resistor; U - constant supply voltage; U_x , U_N - voltage drops on resistors R_x and R_N ; I - measurement current; W - digital display

Przy założeniu, że pobór mocy przez układ dzielący UD jest pomijalnie mały oraz że przez rezystory R_x i R_N płynie identyczny prąd I , równanie (1) przyjmuje postać:

$$W = \frac{I R_x}{I R_N} = \frac{R_x}{R_N} = \text{const} \cdot R_x. \quad (2)$$

Równanie (2) jest równaniem przetwarzania omomierza z rys.1. Zastosowanie metody komparacyjnej z wyjściowym układem dzielącym do budowy omomierzy zostało ogólnie opisane w literaturze, m.in. w pracach [1], [2], [3]. Do podstawowych zalet tej metody zalicza się:

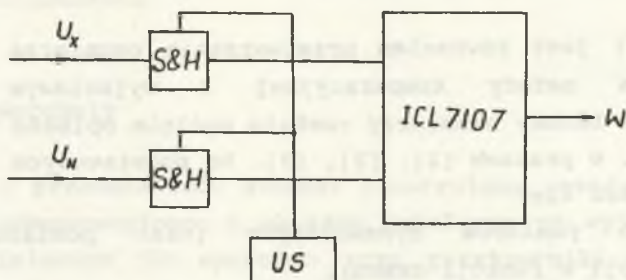
- a) możliwość pomiarów dynamicznych (tzn. pomiarów zmian rezystancji w funkcji czasu),
- b) możliwość współpracy z systemami komputerowymi,
- c) uniezależnienie się od niekorzystnych wpływów niestabilności źródła zasilania U ,
- d) uzyskanie liniowej zależności wskazań od mierzonej rezystancji przy zachowaniu możliwości bezpośredniego odczytu.

Okazuje się jednak, że w przypadku zastosowania jako układów dzielących przetworników a/c o podwójnym całkowaniu, właściwość (c) nie jest spełniona.

Przyczyną wpływów niestabilności źródła zasilania U na wskazania W omomierza jest to, że w przetworniku o podwójnym całkowaniu następuje niejednoczesne przetwarzanie napięć wejściowych (U_x , U_N). Wówczas, przy niestabilnym napięciu zasilania, w różnych chwilach czasowych przez rezystory R_x i R_N płynie prąd o różnych wartościach, nie jest zatem spełnione założenie identyczności prądów I , które warunkuje słuszność równania (2).

Wpływ niestabilności źródła zasilania można wyeliminować, jeśli zastosujemy układy próbkująco-pamiętające, według schematu blokowego przedstawionego na rys.2.

W omomierzu wykonanym według koncepcji podanej na rys.2, próbki napięć U_x i U_N pobierane są jednocześnie, w chwilach wyznaczonych przez układ sterujący US. Tym samym zapewnione jest zachowanie identycznych (w chwili pobierania próbek) prądów płynących przez rezystory R_x i R_N (por. rys.1) niezależnie od wartości napięcia zasilania U . W dalszym ciągu przedstawione zostaną wybrane realizacje układowe omomierzy z układami próbkująco-pamiętającymi oraz ważniejsze wyniki i wnioski uzyskane z badań wykonanych modeli fizycznych.



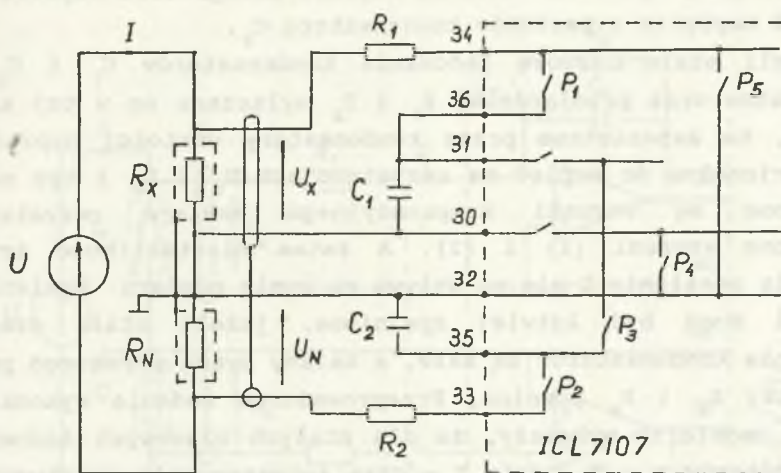
Rys.2. Schemat blokowy omomierza z układami próbkująco-pamiętającymi S & H. US - układ sterujący

Fig.2. Block diagram of the ohmmeter with sample-and-hold (S/H) circuits. US - control circuit

2. OPIS WYKONANYCH UKŁADÓW OMOMIERZY

Okres przetwarzania analogowo-cyfrowego układów scalonych serii ICL 7106, 07 oraz 09 składa się z trzech cykli: pierwszego i drugiego całkowania oraz autozerowania [4]. Czas pierwszego całkowania jest stały, ustalony za pomocą wewnętrznego lub zewnętrznego generatora zegarowego. Natomiast czas drugiego całkowania oraz autozerowania zależy od wartości napięcia doprowadzonego do wejścia przetwornika w czasie pierwszego całkowania. Cykle pracy przetwornika zmieniają się za pomocą przełączników elektronicznych, sterowanych sygnałami wyjściowymi układu cyfrowego przetwornika. Jeżeli przetwornik stosowany jest do pomiaru napięcia, to w czasie autozerowania za pomocą przełączników P_1 i P_2 (rys.3) ładowany jest kondensator pamiętający napięcie referencyjne.

W przypadku wykorzystania przetwornika do pomiaru rezystancji w układzie przedstawionym na rys.1, w czasie drugiego całkowania do wejścia integratora doprowadzone jest napięcie U_N (za pomocą przełączników P_3 i P_4). Natomiast przełączniki P_1 i P_2 mogą być wykorzystane do innych celów.



Rys.3. Schemat omomierza z układami próbkująco-pamiętającymi
 Fig.3. Diagram of the ohmmeter with S/H circuits

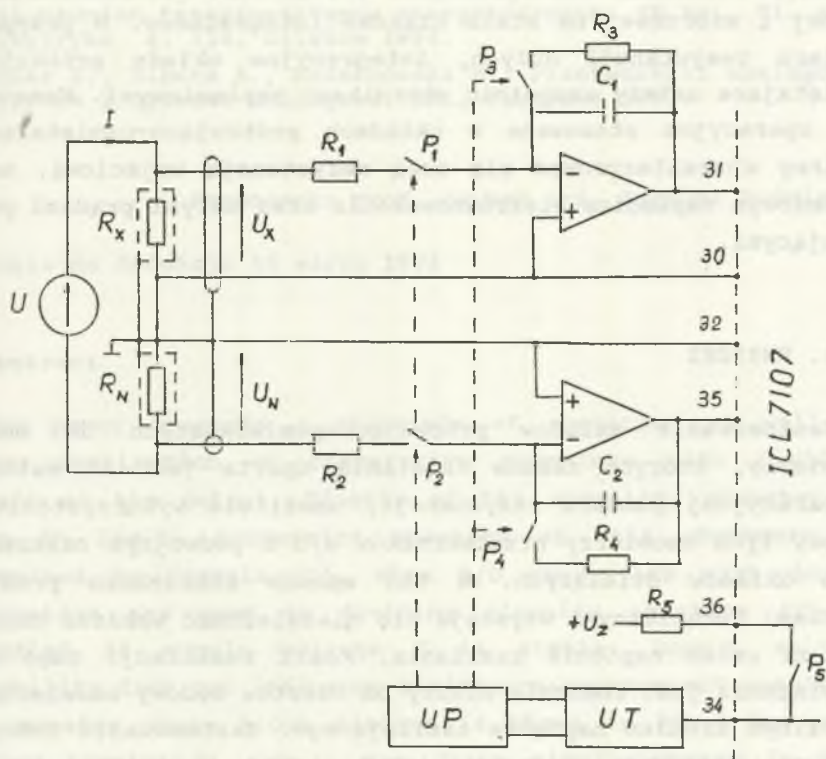
Na rys.3 przedstawiony jest schemat omomierza z układami próbkująco-pamiętającymi, w których wykorzystano wewnętrzne przełączniki przetwornika a/c do ładowania kondensatorów pamiętających. W czasie autozerowania przetwornika przełączniki P_1 i P_2 są włączone. W tym czasie kondensator C_1 jest ładowany prądem proporcjonalnym do napięcia na rezystancji R_x , natomiast kondensator C_2 jest ładowany prądem proporcjonalnym do napięcia na rezystancji R_N . Rezystor R_1 ogranicza prąd płynący przez przełącznik P_5 w czasie drugiego całkowania. Wartość rezystancji R_2 dobiera się taką, aby stałe czasowe ładowania kondensatorów C_1 i C_2 były takie same. Cykl ładowania kondensatorów kończy się w chwili rozpoczęcia cyklu pierwszego całkowania. Do wejścia integratora doprowadzone jest napięcie z zacisków kondensatora C_1 , natomiast przełącznik P_2 przerywa obwód ładowania kondensatora C_2 . Ponieważ rezystancja wyłączanego przełącznika jest bardzo duża, zapamiętane przez kondensator C_2 napięcie może zmienić się w czasie pierwszego całkowania tylko z powodu samorozładowania się kondensatora. Dlatego jako kondensatory pamiętające powinny być stosowane kondensatory o małym współczynniku strat dielektrycznych.

W czasie drugiego całkowania do wejścia integratora doprowadzone jest napięcie z zacisków kondensatora C_2 .

Jeżeli stałe czasowe ładowania kondensatorów C_1 i C_2 są takie same oraz przełączniki P_1 i P_2 wyłączane są w tej samej chwili, to zapamiętane przez kondensatory wartości napięć są proporcjonalne do napięć na rezystancjach R_X i R_N i tym samym spełnione są warunki komparacyjnego pomiaru rezystancji określone wzorami (1) i (2). A zatem niestabilność źródła napięcia zasilania U nie ma wpływu na wynik pomiaru. Wymienione warunki mogą być łatwiej spełnione, jeżeli stałe czasowe ładowania kondensatorów są małe, a zmiany prądu płynącego przez rezystory R_X i R_N powolne. Przeprowadzone badania wykonanego modelu omomierza wykazały, że dla stałych czasowych ładowania kondensatorów $\tau \approx T$, gdzie T - czas autozerowania przetwornika a/c, przy zmianie prądu I w zakresie $\pm 10\%$ prądu znamionowego i stałych czasowych ładowania różniących się o 10% , błąd pomiaru rezystancji przekracza 1% . Natomiast dla stałych czasowych ładowania kondensatorów $\tau < 0,1 T$ i różniących się nawet dwukrotnie, zmiana prądu I w zakresie $\pm 10\%$ w czasie autozerowania nie wpływa na wynik pomiaru.

Omomierze są często stosowane do pomiaru rezystancji w obecności zakłóceń, w szczególności zakłóceń o częstotliwości sieciowej. Omomierz, którego układ przedstawiony jest na rys.3, jest mało odporny na tego rodzaju zakłócenia. Przyczyną tego zjawiska jest niejednoczesność wyłączania przełączników P_1 i P_2 . Przeprowadzone badania modelu omomierza wykazały, że dla zakłóceń szeregowych o częstotliwości sieciowej i amplitudzie prądu zakłócającego $I_{mz} = I$, błąd pomiaru rezystancji spowodowany zakłóceniami jest rzędu kilkudziesięciu procent.

Błąd ten jest różny dla różnych egzemplarzy zastosowanych przetworników a/c serii ICL 7107, ale zawsze duży. Problem wpływu zakłóceń na wynik pomiaru rozwiązuje omomierz, którego układ przedstawiony jest na rys.4. W omomierzu tym zastosowano integracyjne układy próbkująco-pamiętające. W chwili gdy rozpoczyna się cykl autozerowania przetwornika a/c, przełącznik P_5 powoduje zadziałanie układu czasowego UT. Układ ten generuje impulsy prostokątne o czasie trwania $t_1 = 5$ ms oraz $t_2 = 20$ ms.



Rys.4. Schemat omiemia z integracyjnymi układami próbkująco-pamiętającymi. UP - układ przełączników elektronicznych; UT - układ czasowy

Fig.4. Diagram of the ohmmeter with integrating S/H circuits. UP - electronic switches system; UT - time system

Impulsy te sterują pracą układu przełączników elektronicznych UP. W czasie t_1 włączone są przełączniki P_3 i P_4 , powoduje to rozładowanie kondensatorów C_1 i C_2 . W czasie t_2 włączone są przełączniki P_1 i P_2 , a zatem w tym czasie napięcia U_x i U_N są całkowane. Ponieważ czas całkowania jest równy okresowi napięcia zakłócającego, więc zakłócenia takie nie wpływają na wartości zapamiętanych napięć. Suma czasów $t_1 + t_2$ musi być mniejsza od czasu autozerowania przetwornika a/c. Przy pomiarze

małych rezystancji można pominąć wpływy zmian rezystancji mierzonej i wzorcowej na stałe czasowe integratorów. W przypadku pomiaru rezystancji dużych, integracyjne układy próbkująco-pamiętające należy uzupełnić wtórnikami napięciowymi. Wzmacniacze operacyjne stosowane w układach próbkująco-pamiętających powinny charakteryzować się dużą rezystancją wejściową, małym wejściowym napięciem niezrównoważenia oraz małymi prądami polaryzującymi.

3. WNIOSKI

Zastosowanie układów próbkująco-pamiętających do budowy omomierzy, których zasada działania oparta jest na metodzie komparacyjnej pomiaru rezystancji, umożliwia wykorzystanie do budowy tych omomierzy przetworników a/c o podwójnym całkowaniu jako układów dzielących. W ten sposób stosunkowo prostymi środkami technicznymi uzyskuje się niezależność wskazań omomierza od zmian napięcia zasilania. Koszt realizacji tego typu rozwiązania jest znacznie niższy od kosztów budowy omomierza ze stabilnym źródłem napięcia zasilającego. Zastosowanie integracyjnych układów próbkująco-pamiętających do budowy omomierza w znacznym stopniu ogranicza wpływ zakłóceń na wskazania przyrządu, w szczególności zakłóceń o częstotliwości sieciowej. W porównaniu z innymi rodzajami rozwiązań układowymi omomierzy, w których wykorzystuje się metodę komparacyjną pomiaru rezystancji, rozwiązania układowe omomierzy z układami próbkująco-pamiętającymi są znacznie prostsze, tańsze i nie mniej dokładne.

LITERATURA

1. Szczepaniak Cz.: Metoda ilorazowa pomiaru rezystancji małych i jej zastosowanie do przetwarzania rezystancji uzwojeń urządzeń elektrycznych podczas pracy na napięcie stałe. Arch. Elektrotechn. tom XXXIX, z. 1/4, 1990.
2. Szadkowski B.: Synteza metod pomiaru immitancji. ZN Pol. Śl. ser. Elektryka, z. 93, Gliwice 1984.

1. Szadkowski B., Pasecki E., Kasperczyk B.: Miernik rezystancji uzwojeń transformatorów energetycznych. ZN Pol. Śl. ser. Elektryka, z. 134, Gliwice 1994.
4. Kulka Z., Libura A., Nadachowski M.: Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe. WKŁ, Warszawa 1987.

Recenzent: prof. dr hab inż. Zygmunt Kuśmierk

Wpłynęło do Redakcji 15 marca 1994

Abstract

The paper presents a principle of operation as well as system realization of comparative ohmmeters with dividing circuit at the output. Diagram of the exemplary ohmmeter is shown in Fig.1. Conversion equation of this ohmmeters is determined by formula (2). When A/D converters with double integration are used as dividing circuits equation (2) is satisfied if supply voltage U is stable. Supply voltage unstability does not influence resistance measurement result if the ohmmeter whose block diagram is shown in Fig.2 is used. Voltage samples U_x and U_N are drawn simultaneously in this ohmmeter. At the moment of sampling the same current is flowing through resistors R_x and R_N . Diagram of the ohmmeter with sample-and-hold circuits is shown in Fig.3. ICL 7107 is used as a dividing circuit in this ohmmeter. Inner electronic switches of ICL 7107 are used for loading hold capacitors C_1 and C_2 .

When autozeroing A/D converter the capacitors are loaded simultaneously with currents that are proportional to voltages U_x and U_N . So the same current flows through resistors R_x and R_N when sampling and equation (2) is satisfied. Resistance measurements are often made in the presence of noises, especially noises of main frequency. Diagram of the comparative ohmmeter which is resistant to noises mains frequency is shown in Fig.4. Sample-and-hold circuits are used in this ohmmeter. Voltages U_x and U_N together with the noise voltage are integrated simultaneously when autozeroing A/D converter. Integrating time is equal to the noise voltage period.