

WYKORZYSTANIE MULTIMETRÓW CYFROWYCH DO POMIARU SKŁADOWYCH IMPEDANCJI

1. CEL ĆWICZENIA:

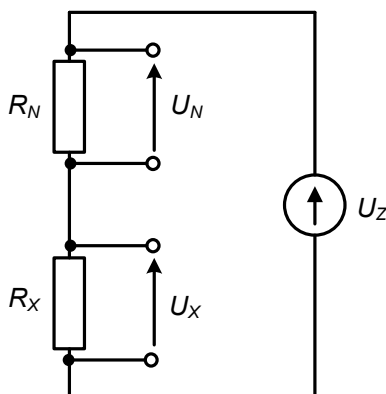
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z możliwościami pomiaru składowych impedancji multimetrem cyfrowym.

2. POMIARY REZYSTANCJI I POJEMNOŚCI MULTIMETREM

Multimetry cyfrowe są przyrządami umożliwiającymi dokonywanie pomiarów kilku wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Prawie wszystkie multimetry cyfrowe umożliwiają wykonywanie pomiarów rezystancji, znaczna część pozwala na pomiar pojemności elektrycznej. Stosunkowo rzadko spotyka się multimetry umożliwiające pomiar indukcyjności.

2. 1. Pomiar rezystancji

Pomiary rezystancji na ogół wykonuje się w multimetrach cyfrowych zgodnie z zasadą przedstawioną na rys. 1.



Rys.1. Schemat układu do pomiaru rezystancji zasilanego ze źródła napięciowego

W układzie pomiarowym szeregowo ze źródłem napięcia U_Z połączono dwa rezystory: rezystor wzorcowy R_N oraz rezystor badany R_X . Mierzac spadek napięcia U_N na rezystorze wzorcowym R_N można wyznaczyć prąd płynący w obwodzie równy:

$$I = \frac{U_N}{R_N} . \quad (1)$$

Z kolei zmierzony spadek napięcia na rezystorze badanym R_X jest równy:

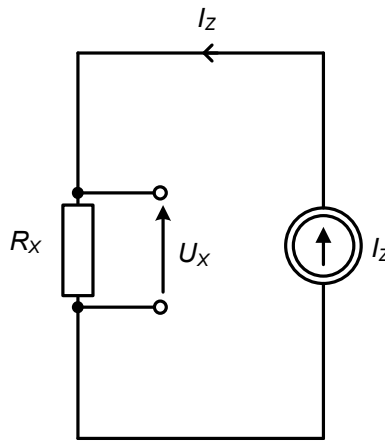
$$U_X = R_X I . \quad (2)$$

Uwzględniając w równaniu (2) prąd I obliczony z równania (1) otrzymujemy zależność pozwalającą na wyznaczenie szukanej rezystancji R_X

$$R_X = R_N \frac{U_X}{U_N}. \quad (3)$$

Wyznaczenie wartości R_X ze wzoru (3) jest względnie łatwe, gdyż zazwyczaj przetworniki A/C wykorzystywane w multimetrach umożliwiają pomiar stosunku dwóch napięć stałych (tzw. przetworniki ratiometryczne) [5]. Opisana powyżej metoda pomiaru rezystancji nosi nazwę metody porównania napięć.

W układzie z rys. 1 prąd rezystora badanego jest wyznaczany pośrednio. Jeżeli zastosuje się źródło prądowe o znanej wydajności I_Z - wówczas rezystancję R_X można wyznaczyć mierząc wyłącznie spadek napięcia na niej. Schemat takiego układu pokazano na rys.2.



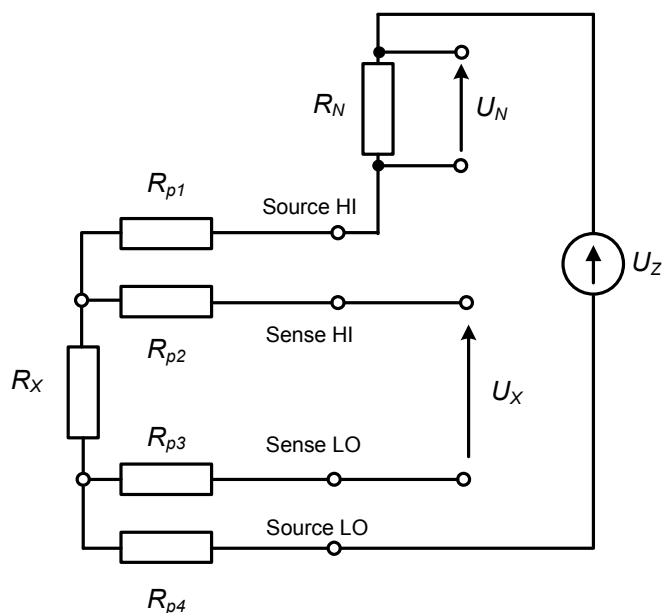
Rys.2. Schemat układu do pomiaru rezystancji zasilanego ze źródła prądowego

Rezystancję wyznacza się wówczas z następującej zależności:

$$U_X = R_X I_Z. \quad (4)$$

2. 2. Wpływ przewodów pomiarowych na wynik pomiaru rezystancji

W trakcie pomiaru badany rezystor jest dołączany do układu pomiarowego przewodami o rezystancji rzędu ułamka Ω . Rezystancja przewodów dodaje się do rezystancji mierzonej i staje się źródłem błędu systematycznego. Błąd ten jest zanedbywalnie mały, o ile będzie przynajmniej o rząd (przynajmniej 10 – krotnie) mniejszy od innych błędów pomiaru. Szczególnie w przypadku pomiaru odpowiednio małych rezystancji (np. rzędu kilku Ω) błąd ten może okazać się istotny. Aby wyeliminować omawiany błąd stosuje się układ pokazany na rys. 3.



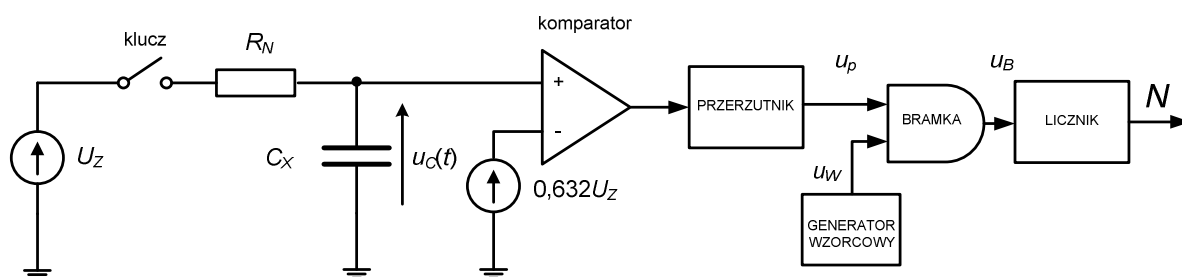
Rys.3. Schemat układu do czteroprzewodowego pomiaru rezystancji

W układzie z rys.3 wykorzystuje się cztery zaciski pomiarowe. Zaciski „Source HI” i „Source LO” są zaciskami prądowymi. Słowo „Source” oznacza w języku angielskim źródło (w domyśle zasilające badaną rezystancję), zaś oznaczenia „HI” i „LO” są skrótami angielskich słów „high” (wysoki) i „low” (niski) i oznaczają potencjały zacisków. Z kolei zaciski „Sense HI” i „Sense LO” są zaciskami pomiarowymi (napięciowymi). Zaciski „Source” dołącza się do zacisków prądowych badanego rezystora. Zaciski „Sense” dołączone są do zacisków napięciowych rezystora.

Rezystancje przewodów R_{p1} i R_{p4} znajdują się w obwodzie zasilającym i spadki napięć na nich nie wpływają na wynik pomiaru. Również rezystancje przewodów R_{p2} i R_{p3} nie mają istotnego wpływu na wynik pomiaru ze względu na bardzo dużą rezystancję wejściową obwodu pomiaru napięcia U_X multimetru.

2.3. Pomiar pojemności

Pomiar pojemności jest realizowany w multimetrach w układzie przetwarzającym pojemność na odstęp czasu, przedstawionym na rys. 4, lub w układzie przetwarzającym pojemność na częstotliwość.



Rys.4. Schemat układu do pomiaru pojemności poprzez pomiar odstępu czasu

W układzie z rys.4 w chwili $t=0$ źródło stałego napięcia zasilającego U_Z jest dołączane poprzez zamknięcie klucza do układu RC złożonego z rezystora R_N o znanej wartości oraz mierzonej pojemności C_X . Wyjście przerzutnika jest w tym momencie ustawiane w stan wysoki. Na kondensatorze badanym przy braku warunków początkowych (kondensator jest rozładowany) pojawia się napięcie u_C narastające wykładniczo zgodnie z zależnością:

$$u_C(t) = U_Z \left(1 - e^{\frac{-t}{R_N C_X}} \right). \quad (5)$$

Napięcie to po czasie równym stałej czasowej T układu równej

$$T = R_N C_X \quad (6)$$

osiąga wartość

$$u_C(T) = U_Z (1 - e^{-1}) = 0,632 \cdot U_Z. \quad (7)$$

Komparator wykrywa równość napięcia u_C na kondensatorze z powyższą wartością i ustawia wyjście przerzutnika w stan niski. Zatem wyjście przerzutnika znajduje się w stanie wysokim w czasie równym stałej czasowej układu $R_N C_X$. Wyjście przerzutnika otwiera bramkę na czas równy okresowi T . W tym czasie przez bramkę przejdzie N impulsów o wzorcowym okresie T_W pochodzących z generatora wzorcowego, zatem czas otwarcia bramki będzie równy:

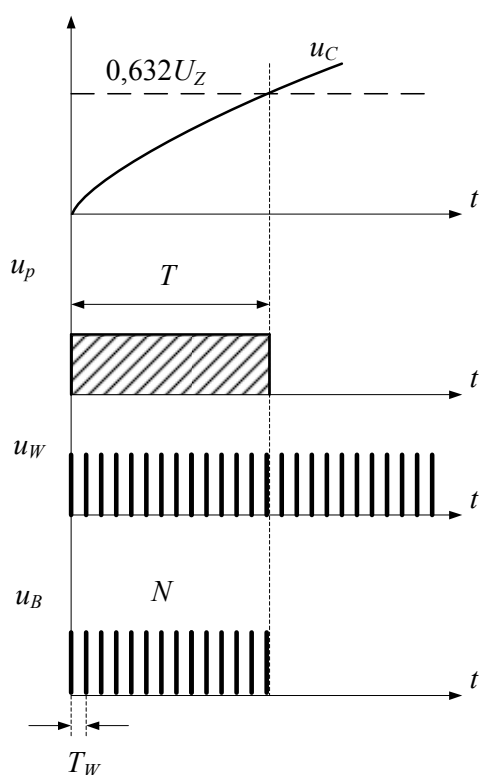
$$T = N T_W. \quad (8)$$

Z powyższego równania uwzględniając zależność (6) można wyznaczyć mierzoną pojemność:

$$C_X = \frac{NT_W}{R_N} = kN, \quad (9)$$

gdzie k – stała przetwarzania układu.

Impulsy wyjściowe z bramki są zliczane przez licznik cyfrowy. Wynik zliczania jest słowem cyfrowym, które może być po przekodowaniu wyświetlone na wyświetlaczu lub dalej przetwarzane w mikrokontrolerze multimetru. Przebiegi czasowe układu z rys. 4 przedstawiono na rys. 5.



Rys.5. Przebiegi czasowe układu do pomiaru pojemności poprzez pomiar odstępu czasu

Innym sposobem pomiaru pojemności w multimetrach cyfrowych jest przetwarzanie pojemności na częstotliwość. Badany kondensator o pojemności jest dołączany do generatora RC, którego częstotliwość wyjściowa f_X jest funkcją pojemności C_X :

$$f_X = F(C_X). \quad (10)$$

Multimetr dokonuje pomiaru częstotliwości i wyznacza pojemność mierzoną C_X na podstawie funkcji odwrotnej do funkcji opisanej równaniem (10).

2. 4. Wpływ przewodów pomiarowych na wynik pomiaru pojemności

Przewody pomiarowe posiadają własną pojemność, która bocznikuje pojemność badanego obiektu. Wyeliminowanie pojemności przewodów w typowych multimetrach jest trudne, szczególnie w pomiarach małych pojemności rzędu pikofaradów, porównywalnych z pojemnością przewodów.

2. 5. Błędy i niepewności w pomiarach rezystancji i pojemności multimetrem cyfrowym

Źródłem błędów w pomiarach rezystancji i pojemności multimetrami cyfrowymi są najczęściej omówione wcześniej rezystancje i pojemności przewodów pomiarowych. Niepewności pomiaru rezystancji i pojemności można wyznaczyć z instrukcji multimetrów, w których producenci podają zwykle wartości odpowiednich współczynników.

3. PROGRAM ĆWICZENIA

1. Zapoznać się z instrukcjami obsługi multimetrów w części dotyczącej pomiarów rezystancji i pojemności. Szczególną uwagę zwrócić na zasady bezpieczeństwa obsługi przyrządów.
2. Zaznajomić się z płytami czołowymi multimetrów.
3. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz zacisków pomocniczych połączyć zaciski prądowe rezystora wzorcowego z gniazdami wejściowymi pomiaru rezystancji multimetru Metex M-6000H. Wybrać w multimetrze funkcję pomiaru rezystancji. Zmierzyć wartość rezystancji.
4. Odłączyć przewody od rezystora wzorcowego i zewrzeć je. Zaobserwować wskazanie multimetru.
5. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz zacisków pomocniczych połączyć zaciski prądowe rezystora wzorcowego z gniazdami wejściowymi pomiaru rezystancji multimetru Rigol DM3060. Zmierzyć wartość rezystancji.
6. Za pomocą 4 przewodów z wtykami 4 mm oraz zacisków pomocniczych połączyć zaciski prądowe oraz zaciski napięciowe rezystora wzorcowego z odpowiednimi

gniazdami wejściowymi pomiaru rezystancji multimetru Rigol DM3060. Zmierzyć wartość rezystancji.

7. Porównać wyniki uzyskane w pomiarach.

8. Odłączyć przewody od rezystora wzorcowego i zewrzeć je. Zaobserwować wskazanie multimetru.

9. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz chwytaków połączyć wyprowadzenia rezystora z gniazdami wejściowymi pomiaru rezystancji multimetru Metex M-6000H. Wybrać w multimetrze funkcję pomiaru rezystancji. Zmierzyć wartość rezystancji. Pomiary powtórzyć dla rezystorów o różnych wartościach rezystancji.

10. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz chwytaków połączyć wyprowadzenia rezystorów z gniazdami wejściowymi pomiaru rezystancji multimetru Rigol DM3060. Wybrać w multimetrze funkcję pomiaru rezystancji. Zmierzyć wartość rezystancji. Pomiary powtórzyć dla rezystorów o różnych wartościach rezystancji.

11. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz chwytaków połączyć wyprowadzenia kondensatorów z gniazdami wejściowymi pomiaru pojemności multimetru Rigol DM3060. Wybrać w multimetrze funkcję pomiaru pojemności. Zmierzyć wartość pojemności. Pomiary powtórzyć dla kondensatorów o różnych wartościach pojemności.

12. Zaobserwować wpływ wzajemnego położenia przewodów na wynik pomiaru pojemności wybranego kondensatora. Odłączyć kondensator i zaobserwować wskazania przyrządu dla różnego usytuowania przewodów.

13. Za pomocą 2 przewodów z wtykami 4 mm oraz chwytaków połączyć wyprowadzenia kondensatorów z gniazdami wejściowymi pomiaru pojemności multimetru Metex M-6000H. Wybrać w multimetrze funkcję pomiaru pojemności. Zmierzyć wartość pojemności. Pomiary powtórzyć dla kondensatorów o różnych wartościach pojemności.

14. Zaobserwować wpływ wzajemnego położenia przewodów na wynik pomiaru pojemności wybranego kondensatora. Odłączyć kondensator i zaobserwować wskazania przyrządu dla różnego usytuowania przewodów.

15. Do zacisków multimetru Rigol DM3060 przeznaczonych do pomiaru pojemności dołączyć wtyki 4 mm kabla współosiowego. Zmierzyć pojemność kabla.

4. PYTANIA KONTROLNE:

1. W jaki sposób wykonuje się pomiary rezystancji w multimetrach cyfrowych?
2. Na czym polega dwuprzewodowy i czteroprzewodowy pomiar rezystancji? Kiedy stosuje się wspomniane sposoby?
3. Omówić zasadę działania przetwornika pojemności na odstęp czasu.
4. Omówić wpływ przewodów pomiarowych na błąd pomiaru rezystancji.
5. Omówić wpływ przewodów pomiarowych na błąd pomiaru pojemności.
6. Jak oszacować niepewność pomiaru rezystancji i pojemności multimetrem cyfrowym?

5. LITERATURA:

- [1] Tumański S.: „Technika pomiarowa”. WNT, Warszawa 2007.
- [2] Stabrowski M.: „Cyfrowe przyrządy pomiarowe”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002
- [3] Metex M-6000H Operating Manual.
- [4] User’s Guide for DM3000 Series. 2007 Rigol Technologies, Inc.
- [5] ICL7106 Datasheet. Intersil Corporation www.intersil.com.

Opracował: dr inż. Adam Cichy

v.2 / 24 11 2008