

POLITECHNIKA OPOLSKA

INSTYTUT AUTOMATYKI I INFORMATYKI

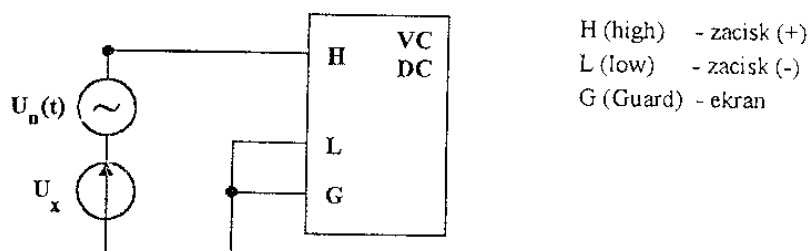


LABORATORIUM METROLOGII ELEKTRONICZNEJ

**4. WOLTOMIERZE CYFROWE
INTEGRACYJNE – WYZNACZANIE
WSPÓLCZYNNIKÓW TŁUMIENIA
ZAKŁÓCEŃ SMRR i CMRR**

1. Współczynnik tłumienia sygnału nałożonego

Współczynnik tłumienia sygnału nałożonego (WTSN) oznaczany w literaturze jako SMRR (Series Mode Rejection Ratio) lub rzadziej NMRR (Normal Mode Rejection Ratio) charakteryzuje zdolność przetwornika A/C lub woltomierza cyfrowego do tłumienia zakłóceń szeregowych, nakładających się na napięcie stałe w obwodzie wejściowym (rys.1).



gdzie: U_x - stałe napięcie mierzone

$U_n(t)$ - napięcie zakłócające szeregowe
w obwodzie wejściowym

Rys.1. Zakłócenia szeregowe w obwodzie wejściowym woltomierza napięcia stałego

Stosowanie integracyjnych metod przetwarzania w znacznym stopniu zmniejsza wpływ zakłóceń periodycznych na wynik przetwarzania a/c. Istota przetwarzania integracyjnego polega na tym, że w okresie przetwarzania T_i , poddaje się całkowaniu sygnał wejściowy U_i będący sumą napięcia stałego U_x oraz zakłócającego sygnału nałożonego $U_n(t)$. Charakter sygnałów zakłócających bywa różny, lecz najczęściej jest to sinusoidalny sygnał o częstotliwości energetycznej 50Hz, a więc

$$\int_0^{T_i} U_i dt = \int_0^{T_i} (U_x + U_n) dt = U_x T_i + \int_0^{T_i} U_n \sin \omega_n t dt = U_x T_i - \left[\frac{U_n}{\omega_n} \cos \omega_n t \right]_0^{T_i} \quad (1)$$

Jeżeli czas całkowania (czyli integracji) T_i jest dobrany tak, aby był równy okresowi T_n sygnału nałożonego

$$T_n = \frac{1}{f_n} = T_i$$

to

$$\omega_n T_i = 2\pi f_n T_i = 2\pi \frac{1}{T_n} \cdot T_i = 2\pi$$

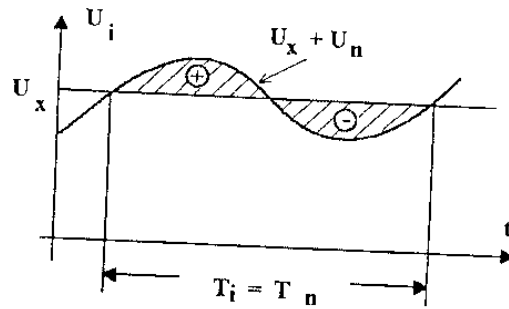
czyli

$$\int_0^{T_i} U_n \sin \omega_n t dt = 0$$

i wtedy

$$\int_0^{T_i} U_i dt = U_{xsr}$$

A więc w przypadku gdy $T_i = T_n$ wynik przetwarzania jest proporcjonalny do wartości średniej sygnału U_x i nie zależy od zakłócającego sygnału nałożonego. Obrazuje to rys. 2



Rys. 2. Usrednianie nałożonego zakłócenia w metodzie integracyjnej przetwarzania a/c

Tłumienie zakłóceń sygnału nałożonego zależy od stosunku okresów T_i/T_n . Jak wykazano w pracach teoretycznych [2] tłumienie to można opisać funkcją

$$y = \frac{\pi x}{|\sin \pi x|}$$

gdzie

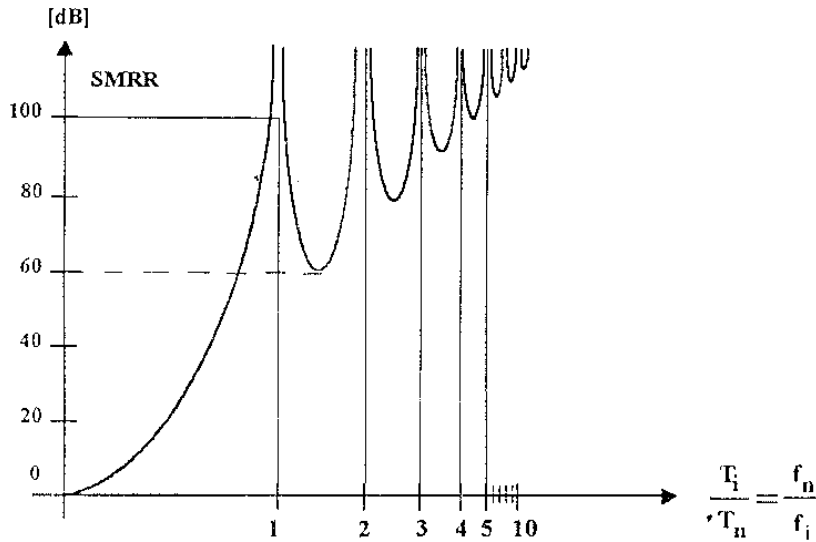
$$x = \frac{T_i}{T_n}$$

W celu ilościowego scharakteryzowania tłumienia zakłóceń wprowadza się współczynnik tłumienia sygnału nałożonego

$$SMRR = 20 \log y \quad [\text{dB}]$$

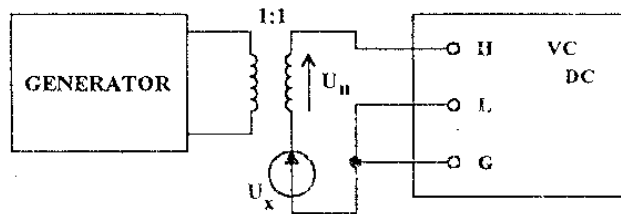
Wykres współczynnika SMRR w funkcji stosunku T_i/T_n podano na rys. 3. Z wykresu wynika, że maksima funkcji tłumienia występują dla całkowitej wielokrotności

stosunku $T_i/T_n = 1, 2, 3, \dots$ oraz, że współczynnik tłumienia wzrasta ze wzrostem tego stosunku. Nasuwa się ważny wniosek o potrzebie stosowania możliwie dużych okresów całkowania T_i oraz, że aby tłumienie było rzeczywiście duże musi istnieć ścisła synchronizacja okresów T_i oraz T_n .



Rys.3. Wykres współczynnika sygnału nałożonego w funkcji stosunku czasu integracji T_i do okresu napięcia nałożonego T_n .

W warunkach laboratoryjnych, aby wyznaczyć współczynnik tłumienia sygnału nałożonego, używa się generatora napięcia sinusoidalnego m.cz. jako źródła zakłóceń włączanego poprzez układ transformatorowy (rys.4).



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego do wyznaczenia współczynnika SMRR woltomierza cyfrowego napięcia stałego (DC)

Woltomierz cyfrowy jako poprawny wynik przetwarzania powinien wskazać napięcie stałe U_x . W obecności zakłócenia wyniki kolejnych przetwarzań są różne. Aby wyznaczyć SMRR najwygodniej podać na wejście napięcie stałe $U_x=0$.

wtedy współczynnik tłumienia

$$SMRR = 20 \log \left| \frac{U_n}{\Delta U_{\max}} \right|$$

gdzie:

ΔU_{\max} - maksymalne wskazanie woltomierza cyfrowego z kilku (5÷10) kolejnych przetwarzań

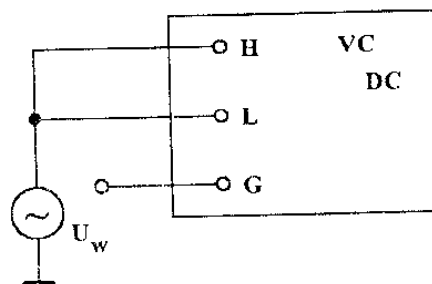
U_n - amplituda napięcia nałożonego

Aby wyznaczyć zależność współczynnika SMRR od stosunku T_i/T_n (rys.3) należy mieniać częstotliwość f_n z generatora; częstotliwość $f_i = \frac{1}{T_i} = 50\text{Hz}$ i jest stała ($T_i=20\text{ms}$).

Woltomierze cyfrowe są na ogół wyposażone w filtry wejściowe pasmowo-zaporowe o częstotliwości 50Hz. Włączenie więc filtru (przycisk FILTR) powinno zwiększyć wartość współczynnika tłumienia sygnału nałożonego dla tej częstotliwości.

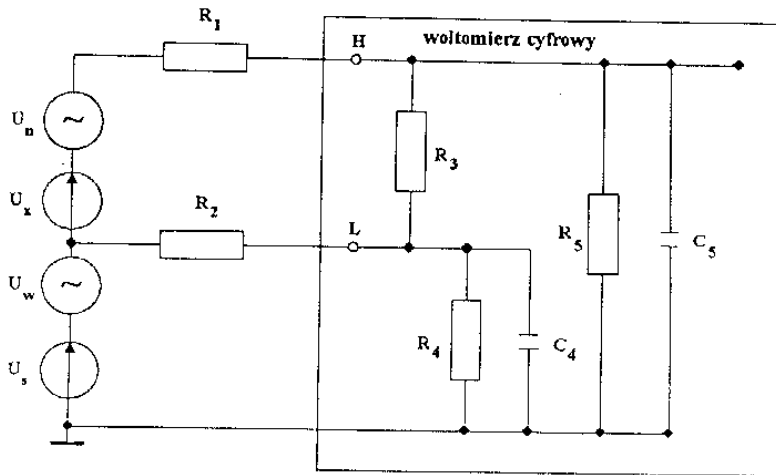
2. Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego

Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego (WTSW) oznaczany w literaturze CMRR (Common Mode Rejection Ratio) charakteryzuje zdolność przetwornika a/c do tłumienia zakłóceń równoległych (rys.5).



Rys.5. Zakłócenie równoległe w obwodzie wejściowym woltomierza cyfrowego

Zakłócenia szeregowe i równoległe mogą występować łącznie, co przedstawiono na rys.6.



- R_1, R_2 - rezystancja doprowadzeń
- R_3 - rezystancja między zaciskiem H i L
- R_4, C_4 - rezystancja i uptywność między zaciskami L i ziemią
- R_5, C_5 - rezystancja i uptywność między zaciskami H i ziemią
- U_x - napięcie mierzone
- U_n - zakłócenia szeregowe
- U_w - zakłócenia równoległe zmiennoprądowe
- U_s - zakłócenia równoległe stałoprądowe

Rys.6. Obwód wejściowy woltomierza cyfrowego z wejściem nieekranowanym

Gdy wykonywane są pomiary w reżimie nieziemionym, przy potencjale obu końcówek wejściowych woltomierza, różnym od potencjału ziemi, to poziom napięciowy wejścia woltomierza (średnia arytmetyczna napięć dwóch końcówek wejściowych woltomierza) jest właśnie napięciem zakłóceń równoległych. Źródłem zakłóceń równoległych mogą być też prądy w przewodzie uziemiającym, zwłaszcza gdy źródło napięcia mierzonego jest oddalone od woltomierza.

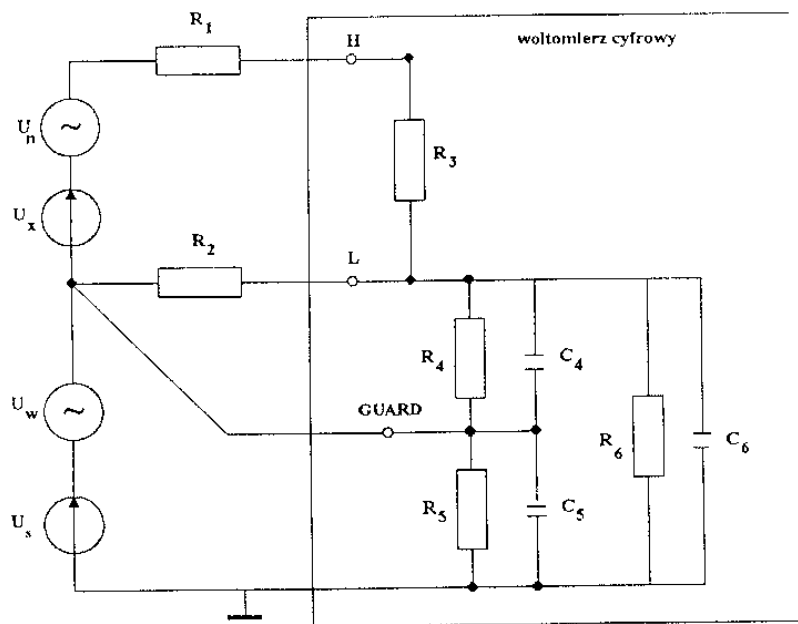
Prąd we wszystkich elementach, a zwłaszcza w R_2 i R_4 oraz C_4 wywołuje spadki napięcia dodające się do napięcia mierzonego. Prądy te wymuszone są przez napięcia zakłóceń równoległych U_w i U_s . Tłumienie wpływu tych zakłóceń (Common Mode Rejection Ratio CMRR) wymaga zredukowania pasożytniczego spadku napięcia na rezystancji R_2 . Zwykle przyjmuje się, że R_2 ma standardową wartość $1k\Omega$, a więc powiększenie współczynnika CMRR wymaga zwiększenia Z_4 , gdyż:

$$CMRR_{dB} = -20 \log \frac{Z_4}{R_2}$$

Dla typowych wartości $R_4=10^9\Omega$ i $C_4=3nF$ współczynnik CMRR jest przy prądzie stałym równy -120dB, a przy prądzie przemiennym o częstotliwości 50Hz - już tylko -60dB.

Współczynnik CMRR może być uważany za współczynnik tłumienia, przy przekształcaniu sygnałów wspólnych (równoległych) w normalne (szeregowe).

Wprowadzenie metalowego ekranu (rys.7) dostępnego poprzez odpowiedni zacisk na płycie czołowej woltomierza umieszczonego między obudową i końcówką woltomierza a ziemią, powiększa współczynnik CMRR.



Rys.7. Obwód wejściowy woltomierza z wejściem ekranowym

Elementy Z_4 i Z_5 mają takie wartości jak w przypadku woltomierzy z nieekranowanym wejściem Z_4 (rys.7), tj. rezystancja wynosi tu $10^9\Omega$, a C_6 tylko ok. 3pF.

Powiększenie współczynnika CMRR w woltomierzu z ekranowanym wejściem jest rezultatem podawania na zacisk "ekran" napięcia zakłócającego takiego samego jak na zaciski napięciowe woltomierza cyfrowego. Na rys.7 pokazano takie prawidłowe połączenie wejścia woltomierza. Wskutek tego spadek napięcia na impedancji Z_4 jest równy zero, nie płynie przez nią prąd i tym samym pasożytniczy spadek napięcia na

rezystancji R_2 jest rezultatem przepływu niewielkiego prądu o wartości określonej przez impedancję Z_6 . W woltomierzu z ekranowanym wejściem współczynnik CMRR wynosi więc

$$CMRR_{dB} = -20 \log \frac{Z_6}{R_2}$$

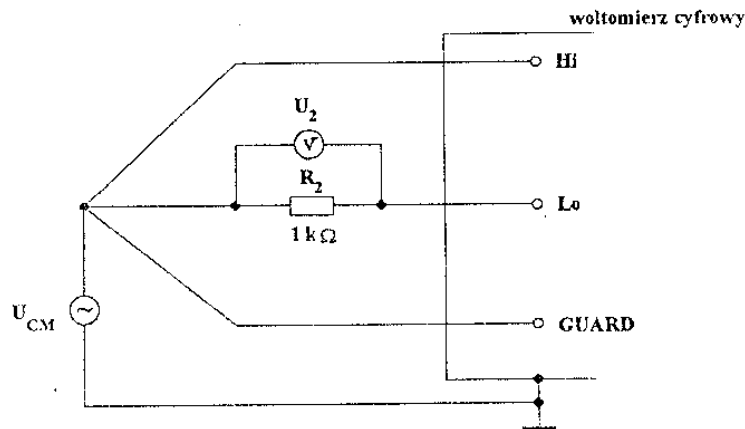
Ze względu na małą wytrzymałość na przebicie izolacji między ekranem a końcówką należy zawsze przestrzegać zasady niepozostawiania ekranu na potencjale pływającym (wiszącego w powietrzu). Dalekie od optymalnego, ale bezpieczne, jest galwaniczne połączenie ekranu z końcówką wejściową.

Układ do pomiaru współczynnika CMRR pokazano na rys.8. Współczynnik CMRR określa się z zależności

$$CMRR_{dB} = -20 \log \frac{U_{cm}}{U_2}$$

gdzie: U_{cm} - napięcie z generatora

U_2 - spadek napięcia na rezystancji R_2

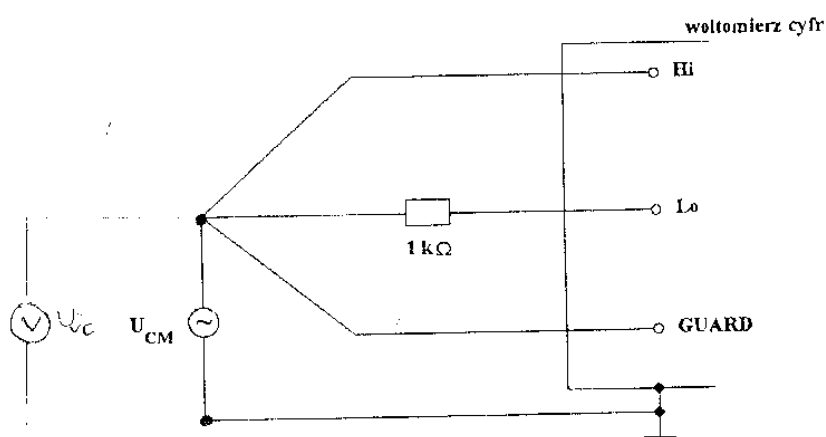


Rys.8. Pomiar rzeczywistego współczynnika tłumienia zakłóceń wspólnych CMRR

Standardowa wartość rezystancji R_2 jest równa $1k\Omega$, jednakże czasami, by nie stosować zbyt wysokich napięć U_{cm} korzysta się z większej rezystancji R_2 , przeliczając odpowiednio wartość U_2 lub współczynnik CMRR.

3. Efektywny współczynnik tłumienia zakłóceń równoległych ECMRR

Efektywny współczynnik tłumienia zakłóceń równoległych (Effective CMRR -ECMRR) uwzględnia tłumienie zakłóceń zarówno przez obwód wejściowy woltomierza, jak i przez układ całkujący lub filtr wejściowy. Odnosi on więc tłumienie zakłóceń równoległych do wskazań woltomierza cyfrowego. Jest on iloczynem (lub sumą w przypadku współczynników logarytmicznych wyrażonych w decybelach) współczynników tłumienia zakłóceń szeregowych (NMRR) i równoległych.



Rys.9. Pomiar efektywnego współczynnika tłumienia zakłóceń wspólnych

Pomiar współczynnika ECMRR z wykorzystaniem układu pokazanego na rys.9 wymaga poza kontrolą napięcia U_{CM} z generatora, również odczytu wskazań woltomierza U_{VC} , gdyż

$$ECMRR_{dB} = -20 \log \frac{U_{CM}}{U_{VC}}$$

Podobnie jak przy pomiarze współczynnika NMRR, wskazania woltomierza nie są powtarzalne i w związku z tym pomiar U_{VC} należy wykonać kilkakrotnie, przyjmując dla U_{VC} wartość największą.

4. Program ćwiczenia

- 4.1. Połączenie układu i wyznaczenie zależności częstotliwościowej współczynnika tłumienia sygnałów normalnych NMRR od stosunku $\frac{T_i}{T_n}$ lub $\frac{f_n}{f_i}$;
- 4.2. Połączenie układu i pomiar rzeczywistego współczynnika tłumienia zakłóceń równoległych CMRR dla kilku częstotliwości:
 - a) właściwego połączenia ekranu
 - b) ekranu zwartego z końcówką Low woltomierza;
- 4.3. Połączenie układu i wyznaczenie efektywnego współczynnika tłumienia ECMRR dla połączeń ekranu jak w p. 4.2. dla kilku częstotliwości;
- 4.4. Wyznaczenie parametrów Z_6 i Z_5 schematy zastępczego układu wejściowego woltomierza cyfrowego (rys.7).