

Laboratorium

projektowania skupionych i rozproszonych systemów pomiarowych

Ćwiczenie

Wyznaczanie parametrów przyrządów autonomicznych na przykładzie charakterystyk tłumienia zakłóceń szeregowych woltomierza całkującego

Instrukcje do ćwiczenia i dodatkowe materiały przygotowano i zmodernizowano przy wykorzystaniu środków otrzymanych w ramach Zadania 36 Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej



1. Cel ćwiczenia:

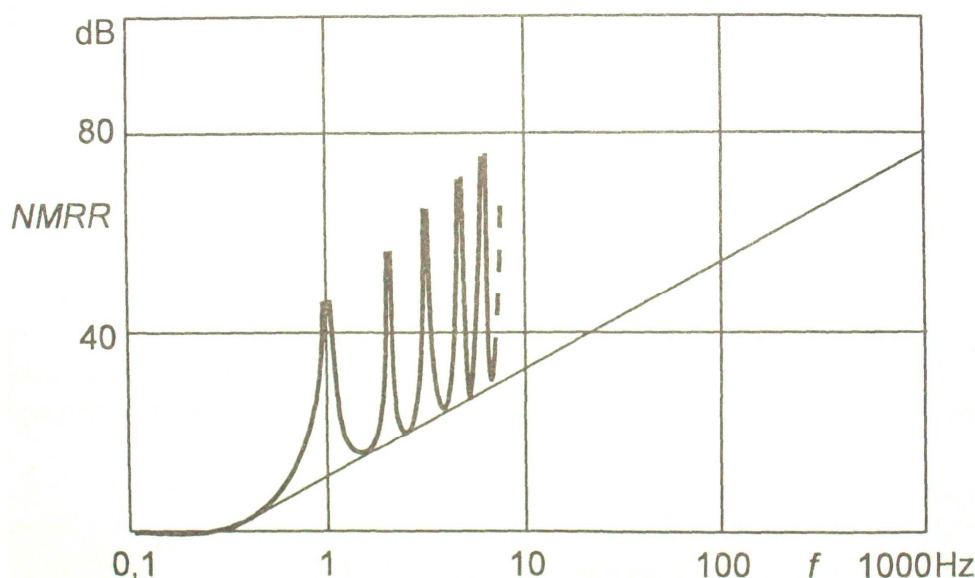
Ćwiczenie ma na celu zdobycie przez studentów umiejętności w zakresie projektowania i realizacji systemu pomiarowego. Wykorzystany w ćwiczeniu system oparty jest na komputerze klasy PC wyposażonym w interfejs GPIB. Realizując ćwiczenie studenci zdobywają umiejętności związane z konfiguracją i oprogramowaniem systemu pomiarowego, a także (w wyniku zrealizowanego ćwiczenia) otrzymują praktyczne zobrazowanie, będących przedmiotem badań, własności woltomierzy całkujących. Studenci wykonujący ćwiczenie mają możliwość obserwacji i analizy (krok po kroku) zjawisk zachodzących w trakcie pomiaru woltomierzem cyfrowym, całkującym. Pozwala to na dokładniejsze zrozumienie zasady jego działania.

2. Definicja współczynnika NMRR

Współczynnik tłumienia sygnałów zakłócających szeregowych (*ang. NMRR - Normal Mode Rejection Ratio*) dotyczy bardzo istotnego problemu cyfrowego pomiaru napięć stałych. Jest on bowiem miarą zdolności eliminacji zakłócających sygnałów zmiennych nałożonych na mierzony sygnał stałoprądowy. Dla przetworników kompensacyjnych jedynym sposobem eliminacji tego typu zakłóceń jest filtracja, która jednakże wpływa znacząco na wydłużenie czasu pomiaru. Znacznie korzystniej z tego punktu widzenia wypada zastosowanie przetworników całkujących. Jeżeli czas całkowania zostanie dobrany tak, aby stanowił całkowitą wielokrotność okresu zmiennego napięcia zakłócającego (sieć elektroenergetyczna), wtedy wskazywana przez woltomierz wartość średnia napięcia zakłócającego wynosi zero. Współczynnik NMRR definiuje się jako stosunek odpowiedzi woltomierza przy częstotliwości 0 Hz (napięcie stałe), do odpowiedzi przy danej częstotliwości napięcia zakłócającego $u(t) = U_1 \sin \omega t$:

$$NMRR = \left| \frac{U_1}{U_1 / \pi f T} \right| = \frac{\pi f t}{\sin \pi f T}$$

gdzie: T - okres całkowania woltomierza

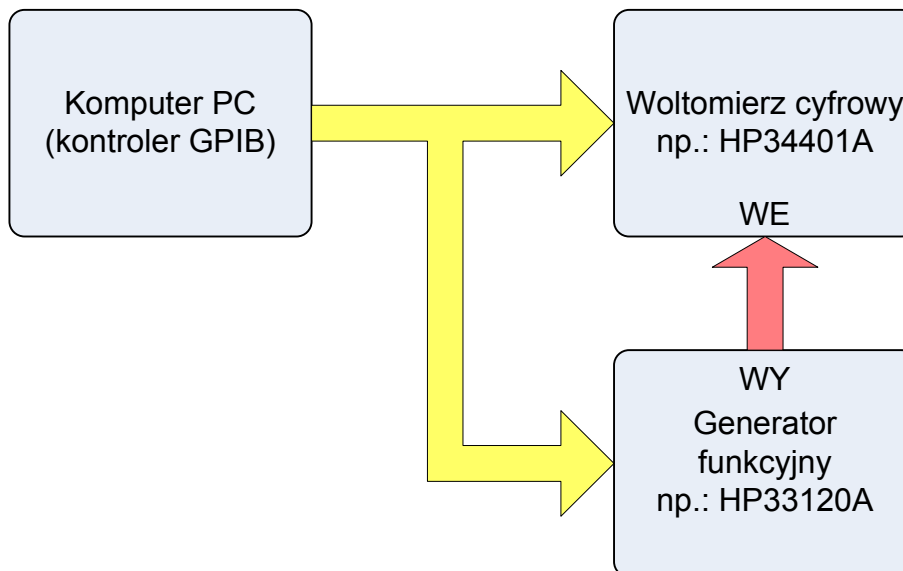


Rysunek 1. Charakterystyka częstotliwościowa tłumienia szeregowych sygnałów zakłócających w całkujących przetwornikach analogowo-cyfrowych [1].

Z charakterystyki przedstawionej na rysunku 1 można zauważyć, że maksymalne wartości współczynnika NMRR otrzymuje się dla częstotliwości określonych zależnością $fT = n$ gdzie $n = 1, 2, 3, \dots, k$. W tym przypadku czas całkowania T wynosi 1 s. Wybór czasu całkowania powinien zapewniać maksymalne wartości współczynnika NMRR dla częstotliwości napięcia sieci elektroenergetycznej (50 lub 60 Hz).

3. Układ pomiarowy.

Do wyznaczenia wartości współczynnika NMRR woltomierza całkującego można wykorzystać układ pomiarowy przedstawiony na rysunku 2. Na wejście woltomierza cyfrowego, który jest w tym przypadku obiektem badanym podłączone jest wyjście generatora funkcyjnego pracującego jako źródło zakłóceń. Woltomierz ustawiony jest w trybie pracy pomiaru napięcia stałego, natomiast generator wykorzystywany jest do zadawania przebiegów sinusoidalnych zakłócających o stałej amplitudzie i odpowiednio dobranych częstotliwościach. Ich wartości wynikają bezpośrednio z czasów całkowania woltomierza cyfrowego.



Rysunek 2. Schemat ideowy układu pomiarowego do wyznaczenia współczynnika NMRR.

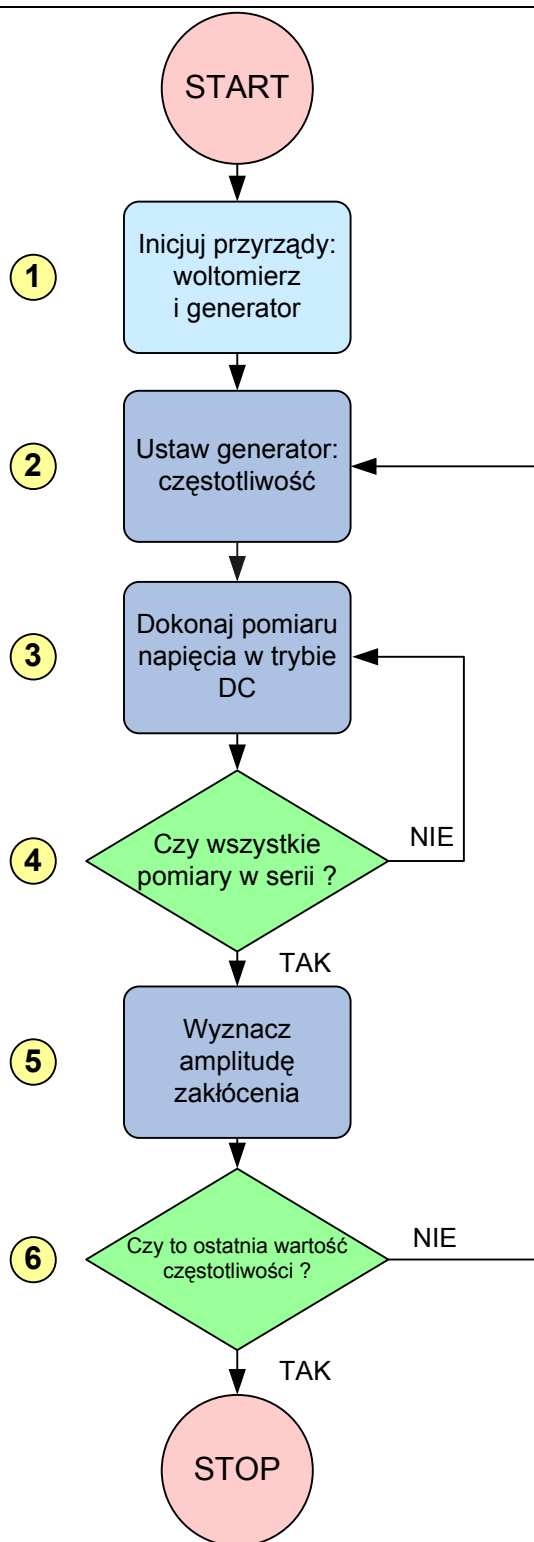
Dla woltomierza HP34410A czasy całkowania wyrażone w wielokrotnościach okresu napięcia sieci elektroenergetycznej (PLC *ang. Power Line Cycle* w Europie wynosi 20 ms), dla poszczególnych rozdzielczości zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Czasy całkowania woltomierza Agilent/HP34401A

Rozdzielczość odczytu	Czas całkowania	Tryb autozerowania
4 cyfry - tryb szybki	0.02 PLC	Wyłączony
4 cyfry - tryb wolny	1 PLC	Włączony
5 cyfr - tryb szybki	0.2 PLC	Wyłączony
5 cyfr - tryb wolny	10 PLC	Włączony
6 cyfr - tryb szybki	10 PLC	Włączony
6 cyfr - tryb wolny	100 PLC	Włączony

Włączony tryb autozerowania powoduje, że każdy pomiar jest poprzedzony procedurą zerowania, która polega na wewnętrznym zwarciu wejść woltomierza, odczytu wskazania i odjęciu od następującego po nim właściwym pomiarze napięcia. Wyłączony tryb autozerowania oznacza, że procedura zerowania wykonywana jest tylko raz (bezpośrednio po zmianie funkcji pomiarowej, zakresu lub czasu całkowania), a wynik (pamiętany do następnej zmiany funkcji pomiarowej, zakresu lub czasu całkowania) odejmowany każdorazowo od dokonywanych, kolejnych pomiarów.

Współczynnik NMRR można wyznaczyć realizując pomiary w seriach przy odpowiednio dobranych częstotliwościach przebiegu sinusoidalnego, podawanego z generatora, który spełnia rolę źródła „zakłóceń”. Dziedzinę wartości częstotliwości zakłócających należy każdorazowo określić dla poszczególnych czasów całkowania woltomierza.



Rysunek 3. Schemat blokowy algorytmu postępowania przy wyznaczaniu współczynnika NMRR.

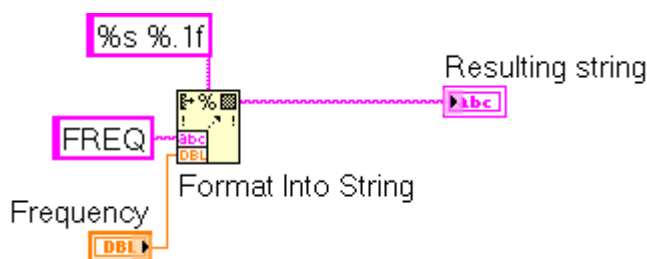
Przede wszystkim należy wyznaczyć odwrotność czasu całkowania woltomierza, tj. częstotliwość podstawową, przy której, jak również, przy jej całkowitych wielokrotnościach spodziewane są największe wartości tłumienia zakłóceń szeregowych (jak również i współczynnika NMRR). Wyznaczona wartość jest pomocna przy formułowaniu warunków przeprowadzenia pomiaru. Na jej podstawie określić można zakres częstotliwości jaki będzie potrzebny do wyznaczenia charakterystyki częstotliwościowej tłumienia woltomierza. Wstępnie dobrze jest przyjąć zakres częstotliwości obejmujący kilka (np: 2 do 5) wielokrotności wyznaczonej częstotliwości podstawowej. Po przeprowadzeniu wstępnego wyznaczenia charakterystyki można ten zakres skorygować. Przy ustalaniu punktów pomiarowych (częstotliwości zakłócających podawanych z generatora) dobrze jest wykorzystać poniższe wskazówki:

- prawidłowy wybór zakresu częstotliwości (zagadnienie omówione powyżej)
 - zbiór punktów na osi częstotliwości powinien zawierać częstotliwość podstawową i jej wielokrotności
- pomiędzy punktami o najwyższej wartości tłumienia (częstotliwość podstawowa i wielokrotności) dobrze jest przyjąć kilka do kilkunastu punktów pomiarowych (np.: 10)
- dla każdego punktu pomiarowego należy przeprowadzić serię (np: 10...100...) pomiarów napięcia stałego. Przyjęta uproszczona formuła wyznaczania charakterystyki współczynnika NMRR zakłada losowy charakter pomiarów. Nie ma bowiem synchronizacji pomiędzy chwilową wartością przemiennego napięcia zakłócającego, a wykonaniem pomiaru. Dlatego też należy powtarzać pomiar wielokrotnie, a następnie z otrzymanego zbioru wyznaczyć ekstrema tj. minimum i maksimum. Wartości te charakteryzują wielkość zmierzonych zakłóceń.
- należy zachować kompromis pomiędzy liczbą przyjętych częstotliwościowych punktów pomiarowych i liczbą pomiarów w serii dla pojedynczego punktu pomiarowego, a łącznym czasem wyznaczania charakterystyki. Dla wyższych wartości rozdzielczości woltomierza, pojedynczy czas pomiaru liczony jest w sekundach.

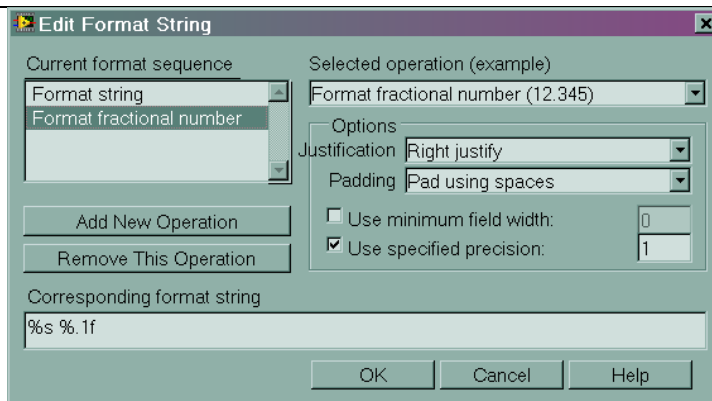
Algorytm wyznaczania charakterystyki przedstawiony jest na rysunku 3. Poniżej w porządku chronologicznym przedstawione zostały poszczególne etapy:

1. Inicjacja przyrządów. Krok ten wykonywany jest jednokrotnie. Obejmuje:
 - a. przywrócenie domyślnych nastaw przyrządów (reset): ***RST** ,
 - b. ustawienie przebiegu sinusoidalnego dla generatora: **FUNC:SHAP SIN** ,
 - c. ustawienie amplitudy przebiegu generatora: **VOLT 10** (maksymalna wartość dla generatora HP33120A)
 - d. zerowanie składowej stałej przebiegu generatora: **VOLT:OFFS 0** ,
 - e. ustawienie woltomierza w tryb pomiaru napięć stałych na zakres 10V: **CONF:VOLT:DC 10** ,
 - f. ustawienie natychmiastowego sposobu wyzwalania woltomierza: **TRIG:SOUR IMM** ,
 - g. ustawienie czasu całkowania woltomierza **VOLT:DC:NPLC <wartość z tabeli 1>** ,
 - h. ustawienie procedury autozerowania **SENS:ZERO:AUTO {ON|OFF}**,

Punkt g. oraz h. dotyczą ustawienia rozdzielczości woltomierza.
2. Pętla: Cykliczne ustawianie częstotliwości generatora: **FREQ <wartość>**, formowanie rozkazu SCPI można zrealizować za pomocą funkcji LabVIEW *Format Into String* (Rys. 4).

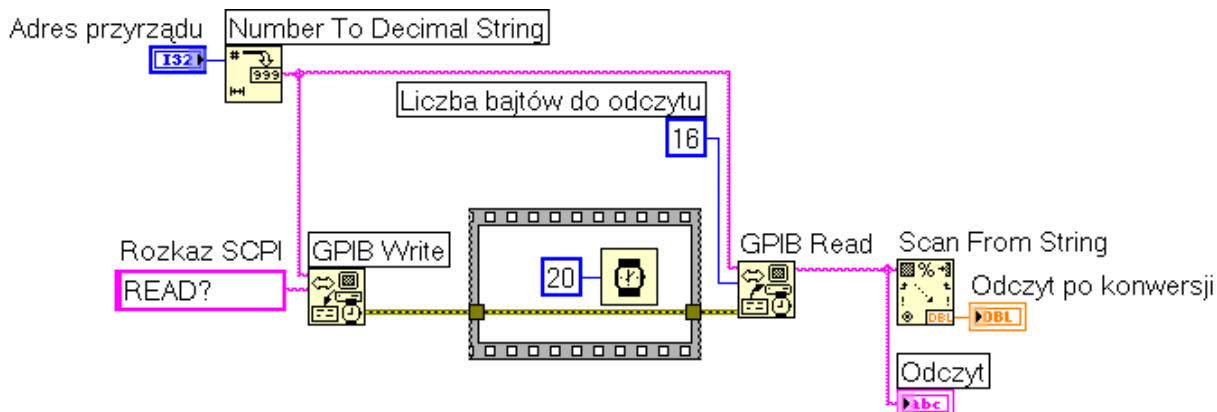


Rysunek 4. Przykładowe wywołanie funkcji LabVIEW *Format Into String*, formujące rozkaz **FREQ <wartość>**. Ciąg formatujący widoczny u góry, zastosowano dla ograniczenia liczby miejsc po przecinku w wartości częstotliwości. Czynność tę można wykonać za pomocą okna dialogowego funkcji *Format Into String* (podwójne kliknięcie na funkcji - Rys. 5).



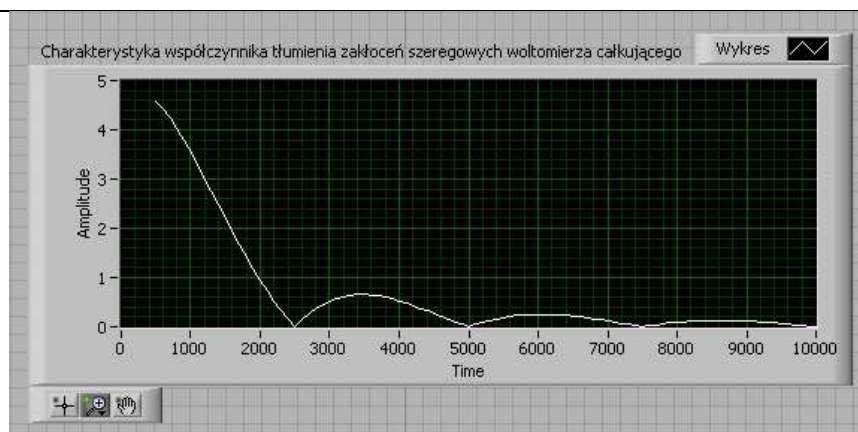
Rysunek 5. Okno konfiguracyjne funkcji *Format Into String*.

3. Pętla zagnieżdżona: cykliczny pomiar woltomierzem: **READ?** na podstawie parametrów ustawionych podczas inicjowania przyrządu (Rys. 5),
- 4.



Rysunek 5. Przykładowy fragment programu do komunikacji z przyrządem pomiarowym.

5. Pomiary powtarzane są cyklicznie założoną liczbę razy.
6. Na podstawie uzyskanego w serii zbioru pomiarów wyznaczane są wartości ekstremalne: minimum i maksimum, na podstawie których określany jest poziom zakłóceń szeregowych.
7. Po wyznaczeniu poziomów zakłóceń przy każdej, wybranej częstotliwości można już wyznaczyć charakterystykę zakłóceń szeregowych, która będzie podobna do tej przedstawionej na rysunku 6. Aby otrzymać charakterystykę współczynnika NMRR (Rys. 1) należy, zgodnie z definicją odpowiedź woltomierza przy częstotliwości 0 Hz (w podanym powyżej przykładowym opisie wartością oczekiwaną będzie 10 V) podzielić przez wartości otrzymane we wszystkich punktach pomiarowych.



Rysunek 6. Przykładowa charakterystyka poziomu zakłóceń szeregowych

Punkty 3 i 4 podanego algorytmu można wykonać automatycznie konfigurując woltomierz do wykonania całej serii pomiarów jako odpowiedź na pojedynczy sygnał wyzwalający oraz wyznaczenie wartości ekstremalnych z otrzymanego zbioru wyników.

4. Harmonogram ćwiczenia:

- a) zaproponowanie i zaprojektowanie systemu pomiarowego do wyznaczenia parametrów woltomierza,
- b) implementacja zaproponowanego algorytmu i przygotowanie płyty czołowej aplikacji do prezentacji wyników,
- c) ocena jakościowa przedstawionego rozwiązania, a także ewaluacja otrzymanych wyników.

5. Literatura:

- [1] „Miernictwo elektryczne - Cyfrowa Technika Pomiarowa” Stabrowski Marek, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994
- [2] Agilent/HP 24401A -User's Guide
- [3] Agilent/HP 33120A User,s Guide
- [4] NI LabVIEW User Manual