

Ćwiczenie nr 2

Pomiar napięcia i prądu stałego i obliczanie niepewności pomiarowych

Cel ćwiczenia: zapoznanie z wyznaczaniem parametrów statystycznych sygnału oraz określaniem niepewności wyniku pomiaru napięcia i prądu stałego.

1. Pomiary wielokrotne

Pomiary wielokrotne wykonujemy w celu otrzymania wyników opisujących badane zjawisko. Można wymienić następujące sytuacje gdzie mamy do czynienia z pomiarami wielokrotnymi:

- mierzona wielkość jest stała w czasie wykonywania pomiarów jednak na skutek przypadkowych i niemożliwych do określenia zjawisk (np. zmiany badanego obiektu, parametrów przyrządów pomiarowych, wpływu otoczenia) wyniki uzyskane z kolejnych pomiarów różnią się między sobą. Celem tego pomiaru jest określenie błędów przypadkowych i wyznaczenie niepewności pomiaru,
- mierzona wielkość nie jest w czasie wykonywania pomiarów i ulega zmianom w sposób przypadkowy. Pomiary mają na celu wyznaczenie parametrów statystycznych badanej wielkości takich jak: wartość średnia, odchylenie standardowe, wartości graniczne,
- mierzone są parametry wielu obiektów o podobnych właściwościach różniące się w sposób przypadkowy między sobą. Pomiary wykonywane są w celu oszacowania parametrów całej serii na podstawie zbadanej określonej próby.

2. Niepewność pomiaru

Teoria niepewności przyjmuje losowy model niedokładności. Wartość prawdziwa x^0 wielkości mierzonej jest równa wartości oczekiwanej μ zmiennej losowej:

$$x^0 = E(\hat{x}) \quad (1)$$

Dla skończonej liczby pomiarów estymatą wartości oczekiwanej jest średnia arytmetyczna \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Miarą niedokładności pomiaru jest niepewność u pomiaru wyznaczona metodami typu A oraz typu B. Niepewność standardową szacowaną metodą typu A tj. u_A określa estymata odchylenia standardowego średniej arytmetycznej serii n wyników pomiarów:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Niepewność rozszerzona jest równa:

$$U_A = k(p)u_A \quad (4)$$

gdzie:

p - poziom ufności

$k(p)$ - współczynnik rozszerzenia.

Jeśli $p=0,99$ to $k(p)=3$ a jeśli $p=0,95$ to $k(p)=2$.

Niepewność szacowaną metodą typu B można wyrazić następująco:

- dla prostokątnego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa (np. pomiary woltomierzem cyfrowym):

$$u_B = \frac{\Delta x_{\max}}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

- dla trójkątnego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa (np. pomiary częstotściomierzem cyfrowym):

$$u_B = \frac{\Delta x_{\max}}{\sqrt{6}} \quad (6)$$

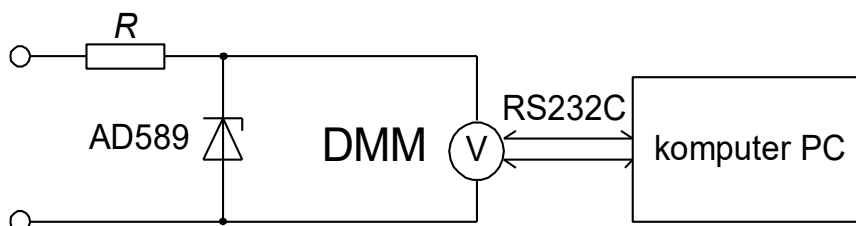
gdzie:

$\Delta_{\max}x$ jest błędem maksymalnym (granicznym) przyrządu lub przetwornika (np. mostka tensometrycznego). Wielkość tą można wyznaczyć na podstawie danych umieszczonych w dokumentacji przyrządu.

Niepewność standardową wypadkową (łącną) określa zależność:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (7)$$

3. Opis stanowiska



Rys.1. Uproszczony schemat stanowiska pomiarowego

Stanowisko wyposażone jest w multimetr cyfrowy. Multimetr w ćwiczeniu używany jest na zakresie 10V napięcia stałego. W zależności od konfiguracji stanowiska zamiennie zamiast przedstawionego na schemacie układu z diodą Band-Gap AD589 (1,2V) może zostać użyte ogniwo wzorcowe.

Multimetr współpracuje z komputerem za pomocą interfejsu a do tworzenia oprogramowania wykorzystywane jest środowisko LabView. Do programowania przyrządu wykorzystywany jest język SCPI. Dokumentacja z poleceniami sterującymi multimetrem będzie dostępna w trakcie wykonywania ćwiczenia. W zależności od konfiguracji stanowiska może zostać użyty multimetr wyposażony w interfejs komunikacyjny RS232C lub USB.

4. Wykonanie ćwiczenia

4.1 Przygotowanie stanowiska

4.1.1. Uruchomić komputer oraz środowisko LabVIEW.

4.1.2. Załączyć zasilanie multimetru, skonfigurować do właściwego pomiaru (funkcja, zakres pomiarowy).

4.1.3. Dołączyć do właściwych zacisków multimetru badane źródło napięcia. Sprawdzić poprawność wyświetlanego wyniku.

4.1.4. W środowisku LabVIEW utworzyć nowy plik (**Blank VI**). Zapisać plik pod swoją nazwą we wskazanym przez prowadzącego miejscu (domyślnie folder Student) nadając mu nazwę w postaci rok_grupa_nazwisko (np. 2021_GL01_Kowalski.vi). Po każdej pozytywnej modyfikacji programu zaleca się go zapisywać.

4.2. Obsługa multimetru z poziomu środowiska LabVIEW

4.2.1 Z palety **Functions** na schemacie z grupy **Instrument I/O** wybrać **Instrument Assistant**. Skonfigurować port wejściowy zgodnie z ustawieniami multimetru w zależności od użytego interfejsu komunikacyjnego (COM lub USB). Dodać kolejne kroki obsługi multimetru, tak aby multimetr został skonfigurowany do pomiaru napięcia stałego z domyślnymi parametrami i wykonał pomiar tego napięcia. Polecenie programujące multimetr do pomiaru należy odszukać w dokumentacji multimetru. Odczytana wartość z multimetru powinna zostać przetworzona do postaci liczbowej (**Numeric**), czego można dokonać poprzez zaznaczenie wyniku w oknie ASCII. Nazwać wartość wyjściową (domyślnie w asystencie nazwana **token**) jako **wynik pomiaru**.

4.2.2 W tworzonej aplikacji dodać element pokazujący aktualnie zmierzoną wartość (**numeric indicator**) oraz wyświetlający dotychczas zmierzone wartości na wykresie (**waveform chart**). Sprawdzić czy wynik jest wyświetlany z rozdzielczością z jaką mierzony jest przez multimetr, w razie potrzeby w ustawieniach wskaźnika dokonać odpowiednich poprawek. Opisać wyświetlane wartości (domyślną etykietę zmienić na odpowiednią nazwę – dotyczy to każdego umieszczonego na panelu elementu).

4.2.3. Użyć struktury **While Loop** tak, aby program był zatrzymywany po naciśnięciu klawisza STOP na panelu. Dodać element wskazujący, który pomiar jest wykonywany od momentu uruchomienia programu. Sprawdzić działanie uruchamiając kilkakrotnie program. Zaobserwować jak zachowuje się multimetr w trakcie pomiaru.

4.2.4 W razie potrzeby z palety **Time and Dialog** dodać element taktujący pętlę (**Waiting until next multiple**) i dodać wartość opóźnienia odpowiadającą jednej sekundzie.

4.3. Obliczanie parametrów statystycznych

4.3.1. Rozbudować program o wyświetlanie średniej liczonej na bieżąco. Wynik ma być wyświetlany na wskaźniku (**numeric indicator**). Po sprawdzeniu działania należy średnią wartość napięcia wyświetlić także na wykresie **waveform chart**, na którym jest wyświetlana wartość bieżąca napięcia. W tym celu należy odłączyć wejście wartości napięcia od wykresu, a następnie z palety **Functions** z grupy **Cluster, Class and Variant** wybrać blok **Bundle**. Do górnego wejścia bloku **Bundle** należy podłączyć wartość mierzoną na bieżąco, do dolnego wartość średnią. Wyjście bloku **Bundle** podłączamy do wejścia wykresu **Waveform Chart**. Następnie na panelu rozszerzamy legendę wykresu i odpowiednio opisujemy poszczególne krzywe. Można dodatkowo dostosować kolory w celu lepszej widoczności przebiegu.

Uporządkować schemat w celu łatwiejszej realizacji dalszej części ćwiczenia.

4.3.2. Dodać algorytm wyliczający wartość niepewności typu A pomiaru, wynik wyświetlić na wskaźniku. Następnie ustawić wyświetlaną wartość tak, aby pokazywana była w postaci „z przecinkiem” i były wyświetlane trzy cyfry znaczące (Prawy klawisz myszy na wartości, z menu **Properties** należy wybrać **Display format** a następnie **Floating Point, Digits** zmienić na 3 i wybrać **Significant digits**). Na panelu wskaźnik wyświetlający wynik obliczanej niepewności metodą typu A należy umieścić pod wskaźnikiem wyświetlającym średnią wartość napięcia. Następnie należy ustawić rozdzielczość wskaźnika średniej wartości napięcia tak, aby była zgodna z wskaźnikiem wartości wyświetlanej niepewności liczonej metodą typu A. Uruchomić program. Sprawdzić na którym miejscu zmienia się wartość średniej oraz na którym zaczyna się wartość obliczanej niepewności metodą typu A.

4.3.3. Korzystając z danych multimetru cyfrowego rozbudować program o bieżące wyliczanie niepewności typu B i jej wyświetlanie.

4.3.4. Na podstawie wyliczonej niepewności typu A i typu B wyliczyć niepewność całkowitą pomiaru oraz niepewność rozszerzoną i przedstawić ją na wskaźniku.

4.3.5. Uruchomić program. Zaobserwować jakiego rzędu są niepewności po 10, 50, 100, 200, 300 pomiarach.

4.4. Utworzenie i wyświetlenie histogramu

4.4.1. Do utworzenia histogramu zostanie wykorzystany gotowy blok. Wymaga on doprowadzenia na wejście macierzy zawierającej wszystkie wartości uzyskanych napięć. W tym celu najpierw zostanie utworzona macierz aktualizowana na bieżąco. Na prawej krawędzi pętli dodajemy kolejny rejestr przesuwny. Z palety **Function**, grupy **Array** wstawiamy element **Build Array**. Rozciągamy go tak, aby posiadał dwa wejścia. Dolne wejście elementu **Build Array** podłączamy do miejsca, gdzie występuje bieżący wynik pomiaru. Wyjście łączymy z wejściem rejestru przesuwającego znajdującym się na prawej krawędzi pętli. Górne wejście łączymy z wyjściem rejestru przesuwającego znajdującym się na lewej krawędzi pętli. LabVIEW automatycznie zmieni typ górnego wejścia elementu **Build Array** na macierzowy. W ten sposób otrzymamy macierz, która za każdym obrotem pętli będzie uzupełniana o kolejny element (wartość aktualnie zmierzonego napięcia). Aby przy starcie programu macierz była pusta należy do wejścia rejestru przesuwającego na zewnątrz pętli (lewa krawędź) dołączyć pustą macierz (prawy klawisz myszy i opcja **Create constant**). Na wyjściu elementu **Build Array** jest dostępna macierz zawierająca wartości wszystkich dotychczas uzyskanych napięć.

Uwaga. Przedstawiona metoda nadaje się tylko w przypadkach, gdy program pracuje przez krótki czas i w macierz nie jest rozbudowywana „w nieskończoność”. W trakcie długiego uruchomienia programu mogłoby dojść do zapelnienia pamięci komputera. Ze względu na ograniczony czas zajęć na tym etapie zrezygnujemy z dodatkowych zabezpieczeń chroniących przed takim zdarzeniem.

Z palety **Functions**, grupy **Mathematics**, następnie **Prob and Stat** wybieramy blok **Histogram**. Do wejścia X podłączamy utworzoną macierz.

5.13. Na histogramie włączyć wyświetlanie kursorów (prawy klawisz myszy, następnie **Visible Items** a i kolejno **Cursor legend**). Utworzyć trzy kursory (**Create Cursor -> Free**). Każdy z kursorów nazwać nazwą wartości, do której będzie się odnosił (Uśr, Uśr-U(Uśr), Uśr+U(Uśr)) . Do aktualizacji położenia kursora wykorzystamy jego atrybuty (na wykresie wybieramy **Create**, następnie **Property Node** i z grupy wielu ustawień **Cursor Position X**). Rozciągamy utworzony blok w górę, tak aby miał dwa wejścia. Następnie zmieniamy górną właściwość (prawy klawisz, myszy, następnie **Select Property**) na **Active Cursor**, co umożliwi wybór właściwego kursora. Po utworzeniu własności należy zmienić je na tryb do zapisu (**Change to Write**). Modyfikując własności należy pamiętać, o tym że są one odczytywane od góry do dołu, więc jako pierwsza ma być odczytana informacja, który kursor modyfikujemy a następnie co z nim chcemy zrobić (odwrotna kolejność będzie prowadziła do wpływania pozycji jednego kursora na drugi). Na wejściu **Active Cursor** tworzymy stałą oznaczającą numer kursora (pamiętamy, że numeracja zaczyna się od 0). Do dolnego wejścia odpowiedzialnego za pozycję doprowadzamy wartość średniej. Sprawdzamy działanie programu. Analogicznie tworzymy elementy sterujące pozostałymi kursorami. Można skopiować właściwość, poprzez najechanie myszą na element, następnie trzymając wciśnięty klawisz Ctrl można przenieść kopię elementu w nowe miejsce.

Literatura

1. Steven W. Smith "Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców", BTC
2. Świsulski D. "Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabVIEW" Agencja Wydawnicza PAK, 2005
3. Tłaczała W. "Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo" WNT 2002
4. Chruściel M. "LabVIEW w praktyce", BTC 2008
5. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A. "Metrologia elektryczna" WNT
6. JCGM 100 2008 „Ewaluacja danych pomiarowych Przewodnik wyrażania niepewności pomiaru”, GUM 1995 wersja poprawiona