

## LV7

### Pomiary składowych harmoniczych

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z tworzeniem procedur przetwarzania danych w środowisku programistycznym LabVIEW na przykładzie analizy widma prądu odbiornika.

Zajęcia przewidziane są jako projektowe. Obejmują samodzielną analizę i modyfikację wirtualnego przyrządu do pomiaru przemiennych napięć i prądów w obwodach jednofazowych, używanego w ćwiczeniu LV5, w sposób pozwalający na analizę widma prądu odbiornika z wykorzystaniem elementów oferowanych przez środowisko LabVIEW.

## 1. Wprowadzenie

### 1.1 Analiza widma

Analiza sygnału w dziedzinie częstotliwości pozwala ocenić udział składowych harmoniczych w przebiegu badanym, którym może być np. napięcie i prąd odbiornika zasilanego z sieci energetycznej, wibracje, mowa ludzka itp. Sygnał okresowy wielkości  $x(t)$  można przedstawić w postaci szeregu Fouriera:

$$x(t) = X_0 + \sum_{k=1}^{\infty} X_k \sin(k\omega t + \varphi_k) \quad (1)$$

gdzie:  $X_0$  jest składową stałą,  $X_m$  jest amplitudą  $k$ -tej harmonicznej o pulsacji  $k\omega$  i fazie  $\varphi_k$ .

Powszechnie do sprawdzenia zawartości harmoniczych w sygnale używa się transformacji Fouriera, którą można traktować jako zastosowanie zespołu  $m=N/2$  równoległe połączonych filtrów pasmowych nastrojonych na częstotliwość  $f(i)$  wynikającą z liczby próbek  $N$  i częstotliwości próbkowania  $f_s$ .

Analizę rozpoczyna się od przeprowadzenia próbkowania badanego przebiegu z częstotliwością próbkowania  $f_s$  w celu uformowania ciągu próbek  $x(n)$ . Kolejną czynnością jest przeprowadzenie analizy FFT, która jest modyfikacją dyskretnej transformaty Fouriera pozwalającą na szybsze przeprowadzenie obliczeń [2]. Wartość składowych widma sygnału opisana jest wzorem:

$$X(i) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\pi ni/N} \quad (2)$$

gdzie:

$X(i)$  – składowa widma,

$x(n)$  – wartości chwilowe próbek wejściowych

$N$  – liczba próbek ciągu wejściowego oraz liczba punktów częstotliwości w ciągu wyjściowym DFT.

Ze względu na symetrię wyjściowych członów FFT, wartości wyjściowe FFT dla argumentów  $i \geq N/2$  będą się powielać. Pozostałe wartości są lustrzanym odbiciem, co oznacza, że wartość wyjściowa FFT o indeksie  $i$  będzie miała taką samą amplitudę jak wartość o indeksie  $N-i$ . Jedynie pierwsze  $N/2$  wartości FFT niesie informację o widmie sygnału. Wartości częstotliwości dla kolejnych punktów FFT, oblicza się ze wzoru:

$$f(i) = \frac{if_s}{N} \quad (3)$$

Wartość dla  $i=1$  tzn.  $f(1)$  jest rozdzielczością widma. Kolejne wartości wyjściowe FFT są obliczane dla częstotliwości będących iloczynem  $if(1)$ .

W wyniku analizy uzyskuje się wykres z zestawem prążków reprezentujących składowe widma badanego sygnału. Obliczenia są poprawne tylko wówczas, gdy składowe widma są całkowitymi wielokrotnościami częstotliwości podstawowej harmonicznej. W innym przypadku następuje przeciek na wszystkie sąsiednie prążki widma [2].

## 1.2 Współczynnik zawartości harmoniczych

Jedną z częściej stosowanych miar odkształcenia przebiegu sygnału, tj. zawartości dodatkowych składowych w badanym sygnale jest współczynnik zawartości harmoniczych, oznaczany symbolem THD (*ang. Total Harmonic Distortion*). Obliczany jest jako procentowy stosunek wartości skutecznej sumy harmoniczych do wartości skutecznej składowej podstawowej ( $h_1$ ) lub do wartości skutecznej całego sygnału ( $h_2$ ).

$$h_1 = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{nsk}^2}}{U_1} 100\% \quad (4)$$

$$h_2 = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{nsk}^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} U_{nsk}^2}} 100\% \quad (5)$$

## 2. Podstawy pracy w środowisku LabVIEW

Aplikację tworzoną w środowisku LabVIEW (*ang. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) nazywamy przyrządem wirtualnym. Rozszerzenie nazwy pliku przyrządu - **vi** pochodzi od skrótu nazwy angielskiej – *virtual instrument*. Aplikację tworzy się wykorzystując dwa główne okna [1,3].

Pierwsze okno to Panel przyrządu, stanowiący interfejs do współpracy z użytkownikiem. Na Panelu umieszcza się elementy, które można podzielić na zadajniki (*ang. controls*) i wskaźniki (*ang. indicators*). Zadajniki pozwalają na ustawianie wymaganych przez użytkownika wartości, wpisywania ścieżek do plików, konfigurowanie pracy programu itp. Wskaźniki służą do obserwowania pracy aplikacji i efektów analizy zebranych danych. Elementy do tworzenia interfejsu użytkownika dostępne są w oknie pomocniczym, które można wyświetlić wybierając w oknie Panelu opcję **View/ Controls Palette**.

Drugie okno to Diagram programu stanowiący logiczne połączenie ikon przedstawiających elementy umieszczone na Panelu z obiektami realizującymi funkcje matematyczne, tekstowe, komunikacyjne itd. Okno pomocnicze z elementami do tworzenia Diagramu otwiera się wybierając w oknie Diagramu opcję **View/ Functions Palette**.

Przełączanie pomiędzy oknem Panelu przyrządu i oknem Diagramu odbywa się z wykorzystaniem kombinacji **CTRL+E**.

W trakcie pracy nad tworzeniem aplikacji głównym narzędziem jest myszka. Wszystkie możliwe do wyboru działania w postaci symbolicznej zostały zestawione w oknie pomocniczym wywoływanym przez wybór opcji **View/ Tools Palette**. Funkcje kursorów niezbędnych do wykonania prac w ćwiczeniu podano poniżej.



- kursor pozwalający na przemieszczanie i zmianę rozmiarów obiektów .



- kursor pozwalający na wywoływanie akcji w zadajnikach (np. ustawianie pozycji suwaka, wciskanie przycisków, itp.).




- kursor używany do tworzenia połączeń pomiędzy obiektami na Diagramie.



- kursor do edycji tekstu w zadajnikach i wstawiania dodatkowych opisów na Panelu i Diagramie przyrzędu.

Typ zmiennej na Diagramie oznaczany jest za pomocą kolorów, takich samych dla połączeń i obiektów. Można wyróżnić cztery typy zmiennych: całkowity (*ang. integer*, kolor niebieski), rzeczywisty (*ang. real*, kolor pomarańczowy), logiczny (*ang. boolean*, kolor zielony), tekstowy (*ang. string*, kolor fioletowy). Pogrubienie połączenia oznacza przekazywanie tablicy wartości.



Błędne połączenia sygnalizowane są linią czarną przerywaną. Można je usuwać automatycznie wykorzystując kombinację **CTRL+B** lub ręcznie, wskazując kursorem  i naciskając klawisz **DELETE**.



### 3. Tworzenie aplikacji analizatora widma

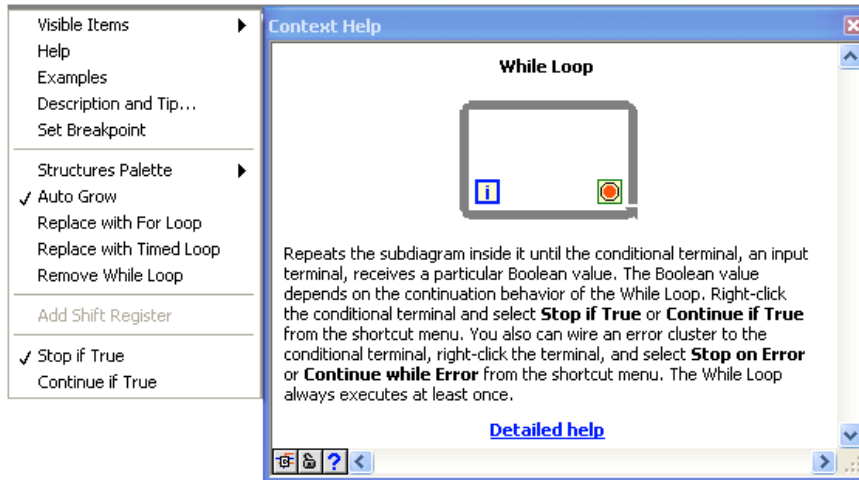
#### 3.1 Uruchomienie stanowiska i zapoznanie się z programem


Włączyć komputer i poczekać na uruchomienie systemu operacyjnego. Uruchomić środowisko LabView. W oknie **Getting Started** wybrać opcję **Open/Browse...**, przejść do katalogu **C:/Laboratorium\_ME\_LabView/Labor\_LV\_7** i otworzyć plik przyrzędu wirtualnego **Lab\_ME\_LV\_7pm.vi**. Jest to używany w ćwiczeniu LV5 program **Lab\_ME\_LV\_5.vi** z wyłączoną blokadą edycji.

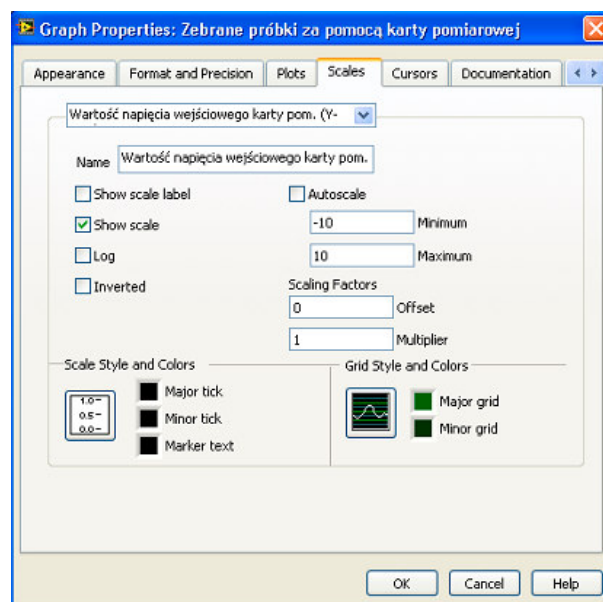
#### 3.2 Analiza Diagramu połączeń przyrzędu wirtualnego

Przełączyć okno programu na Diagram. Przyciskiem  (**CTRL+H**) włączyć okno pomocy kontekstowej **Context Help**. Odszukać fragment Diagramu w którym przekazywane są tablice z wyliczonymi wartościami prądu i napięcia do wskaźnika pokazującego przebieg ich wartości chwilowych. W celu przełączenia pomiędzy wskaźnikiem na Panelu a odpowiadającą mu ikoną na Diagramie umieścić na wskaźniku kursor  i dwukrotnie kliknąć. Po automatycznym przełączeniu na okno Diagramu obiekt zostanie zaznaczony czarną przerywaną linią. Po dokonaniu analizy Diagramu zapytać prowadzącego, czy wybór obiektów do przerysowania jest prawidłowy. **Przerysować odpowiedni fragment Diagramu połączeń do protokołu.** Korzystając z okna pomocy kontekstowej opisać na przerysowanym fragmencie Diagramu wykorzystane w nim obiekty.

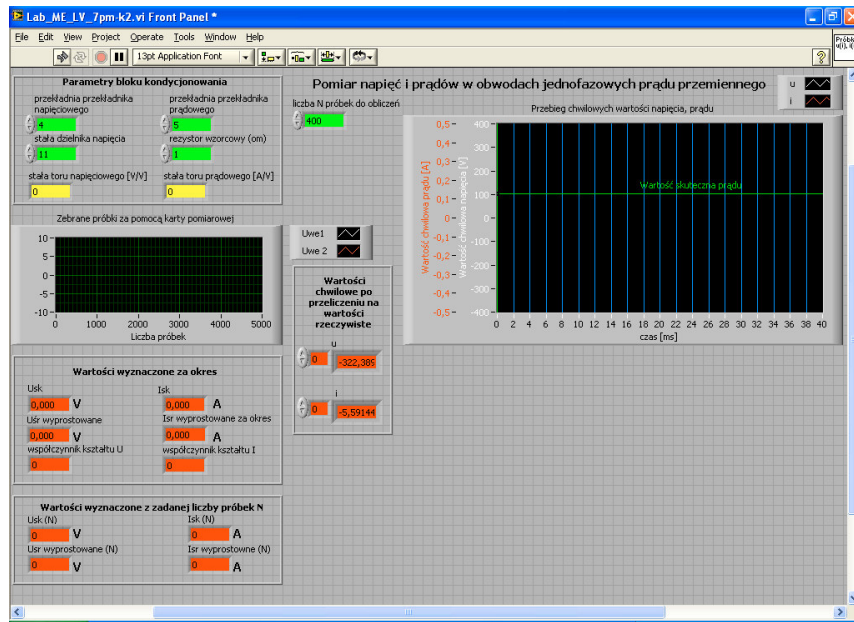
W celu uzyskania jednoznacznych wskazań na Panelu dla kolejno nastawianych parametrów analizy widma korzystne jest wykonanie programu w trybie jednorazowego pełnego cyklu. Ponieważ do podtrzymania ciągłości pracy aplikacji zastosowano strukturę **WHILE**, należy ją usunąć. Umieścić kursor  na krawędzi pętli **WHILE**. Do identyfikacji struktury wykorzystać pomoc kontekstową (**CTRL+H**). Umieszczenie na krawędzi struktury kursora skutkuje pojawieniem się w oknie pomocy informacji o wyszukiwanej strukturze. Po wskazaniu kliknąć prawym przyciskiem myszy. Z pojawiającego się menu kontekstowego wybrać opcję **REMOVE WHILE LOOP**. Po tej operacji na Panelu pozostaje jeszcze zadajnik do wyłączania programu - przycisk **STOP**. Należy go również usunąć. W tym celu zaznaczyć zadajnik kursorem  i nacisnąć klawisz **DELETE**. Użyć kombinacji **CTRL+B** do wykasowania pozostałych po pętli i przycisku zbędnych połączeń.



Przejsć na okno Panelu (**CTRL+E**). Przełączyć kursor do postaci . Zmodyfikować Panel przyrządu tak, aby wygospodarować na nim miejsce na trzy dodatkowe wskaźniki: widma sygnału, wartości 1, 3, 5-tej harmonicznej i współczynnika zawartości harmonicznych. W tym celu pomniejszyć wskaźnik graficzny przebiegów prądu (klikając na obiekt i przeciągając za „uchwyty” na oznaczonych linią przerywaną krawędziach), napięcia i mocy oraz przemieścić pozostałe elementy interfejsu. Wyłączyć prezentację opisu osi Y dla wskaźnika „Zebrane próbki za pomocą karty pomiarowej”. W tym celu należy uruchomić menu kontekstowe dla tego obiektu. Umieścić na obiekcie kursor, kliknąć prawym klawiszem myszy i wybrać opcję **PROPERTIES**. W uruchomionym oknie należy wybrać zakładkę **SCALES**. W oknie wyboru osi do edycji zmienić opcję „Liczba próbek (X-Axis)” na „Wartość napięcia wejściowego karty pom. (Y-Axis)”, odznaczyć opcję **SHOW SCALE LABEL**. Potwierdzić zmianę przyciskiem **OK**.



Należy dążyć do sytuacji, aby około ¼ powierzchni Panelu została zwolniona dla nowych elementów. Przykładowe uporządkowanie pokazano poniżej.



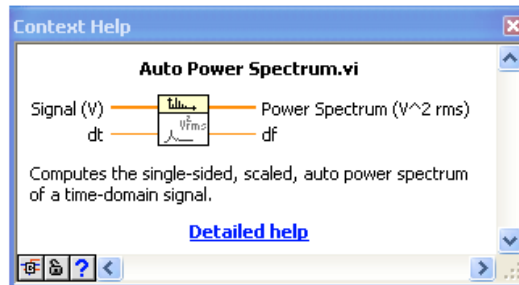
### 3.3 Wydruk dokumentacji programu



Utworzyć na dysku twardym komputera pliki z dokumentacją wykorzystywanego w ćwiczeniu przyrządu wirtualnego. Pliki będą zawierać obraz Panelu oraz Diagramu i należy je zapisać do katalogu: **C:/student/LCRRRR\_nazwisko** gdzie **L** oznacza literę identyfikującą grupę laboratoryjną, **C** oznacza numer zespołu w grupie, **RRRR** oznacza aktualny rok, **nazwisko** jest nazwiskiem osoby wykonującej sprawozdanie. Kolejność postępowania została opisana w instrukcji do ćwiczenia **LV1**.

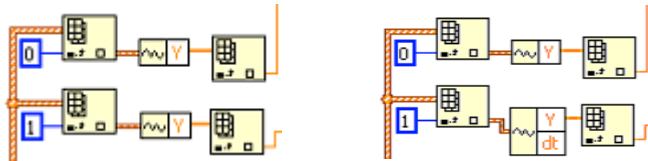
Odszukać zapisane pliki na dysku i sprawdzić ich zawartość. **Zanotować w protokole nazwę utworzonego katalogu i nazwy zapisanych w nim plików z opisem zawartości.**

### 3.4 Wstawienie obiektu pozwalającego na analizę widma sygnału

Uruchomić pomoc kontekstową (**Ctrl+H**). Wstawić do Diagramu z zakładki Functions/ Signal Processing/ Spectral Analysis/ obiekt **Auto Power Spectrum.vi**. W razie problemów z odnalezieniem wymaganego obiektu obserwować zmiany w oknie pomocy kontekstowej przy przenoszeniu kursora nad zawartością zakładki. Po odnalezieniu właściwego obiektu pomoc powinna pokazać obraz jak poniżej.



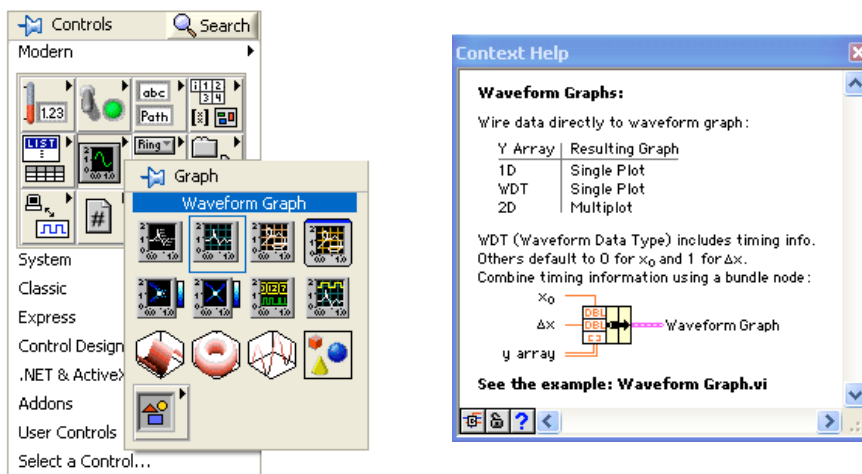
Obiekt Auto Power Spectrum wymaga dołączenia dwóch zmiennych. Do pierwszego zacisku, oznaczonego jako Signal (V) należy dołączyć tablicę z uzyskanymi w trakcie pomiaru wartościami chwilowymi prądu. Dodatkowo na zacisk dt należy podać wartość okresu próbkowania z obiektu Get waveform components dla połączenia przekazującego próbki przebiegu prądowego. Ponieważ na Diagramie obiekt ma tylko jeden zacisk wyjściowy, trzeba utworzyć drugi. W tym celu kursorem  chwycić za pojawiający się „manipulator” na dolnej krawędzi obiektu i przeciągnąć w dół tak aby otworzyło się dodatkowe pole. Zmienić kursor na  i kliknąć na pole opisane attributes. Z pojawiającego się menu wybrać opcję dt, czyli przekazywanie przez zacisk przedziału czasu proporcjonalnego do okresu częstotliwości próbkowania. Poniżej pokazano fragment Diagramu z obiektem przed i po operacji zwiększenia liczby zacisków wyjściowych.



Tak utworzony zacisk należy połączyć z opisanym w identyczny sposób zaciskiem obiektu Auto Power Spectrum. Połączenie pomiędzy wyjściem pętli FOR a obiektem Auto Power Spectrum po połączeniu zmienia się na linię przerywaną koloru czarnego. Powodem jest domyślne ustawienie struktury FOR, która automatycznie powoduje zestawienie tablicy z danych przekazywanych na krawędź struktury. W celu usunięcia powstałego problemu umieścić na wyjściu połączenia dt z pętli FOR kursor i z menu kontekstowego (prawy przycisk myszy) wybrać opcję DISABLE INDEXING.

Z zakładki Controls/ Graph/ wstawić na Panel przyrządu wskaźnik **Waveform Graph**, potrzebny do obserwacji widma sygnału badanego. Analogicznie jak dla wskaźnika „Zebrane próbki za pomocą karty pomiarowej” uruchomić zakładkę SCALE w oknie PROPERTIES dla wstawionego obiektu **Waveform Graph**. Dla osi „Time (X-Axis)” przeprowadzić konfigurację, w tym celu:

- odznaczyć opcję AUTOSCALE,
- w polu MAXIMUM wpisać: 300,
- w polu NAME wpisać: Częstotliwość.



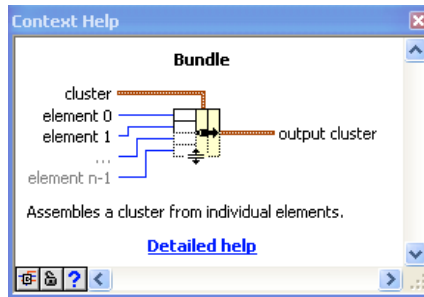
Przez dwukrotne kliknięcie na umieszczonym na Panelu wskaźniku przejść na jego ikonę na Diagramie. W oknie pomocy kontekstowej zaobserwować, jak powinno wyglądać



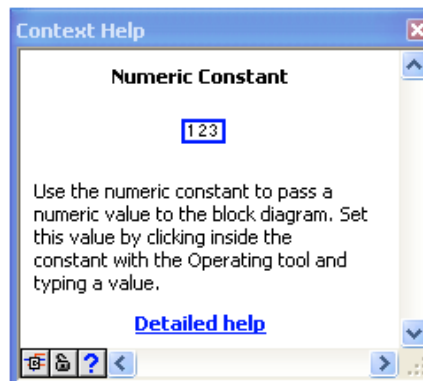
prawidłowe połączenie obiektów przekazujących dane do wykreślenia. Do formatowania danych służy obiekt **Bundle.vi**, który tworzy element typu klaster – który można traktować jako zmienną łączącą w jeden obiekt zmienne różnych typów.

Wstawić do Diagramu objekty:

- Functions/ Programming/ Cluster & Variant/ **Bundle.vi**



- Functions/ Programming/ Numeric/ **Numeric Constant.vi**



Ustawić wartość stałej na 0. W tym celu należy zmienić kursor na edycyjny i po kliknięciu na obiekt wpisać 0. Będzie to wartość  $x_0$  do podania na obiekt **Bundle.vi**.  $\Delta x$  to wartość  $df$  z obiektu **Auto Power Spectrum.vi**, natomiast drugie wyjście tego obiektu – **Power Spectrum ( $V^2_{rms}$ )** dołączyć do **Bundle.vi** do zacisku oznaczonego w pomocy dla wskaźnika jako **y array**. Wykonać połączenia wg informacji zawartej w oknie pomocy kontekstowej dla wskaźnika **Waveform Graph**.

Sprawdzenie działania wykonanej modernizacji:

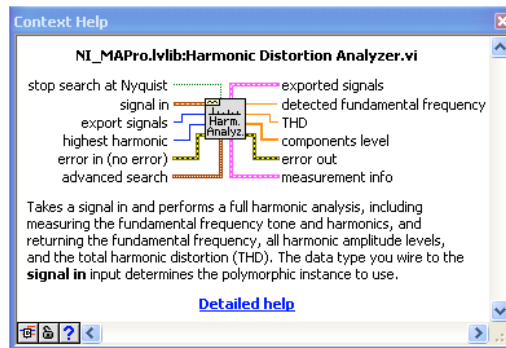
- uruchomić układ pomiarowy według **procedury uruchamiania stanowiska pomiarowego** opisaney w punkcie 4, jako odbiornik dołączyć świetlówkę kompaktową,
- dokonać próbnego uruchomienia programu dla liczby próbek  $N=100$ , zapisać uzyskane widmo w sposób opisany w punkcie 4a.
- po pozytywnym zakończeniu próby wyłączyć układ pomiarowy według kolejności podanej w **procedurze uruchamiania stanowiska pomiarowego** opisaney w punkcie 4.

**Zapisać na dysku Panel Przyrządu i Diagram programu. Zanotować w protokole nazwę pliku z obrazami.**

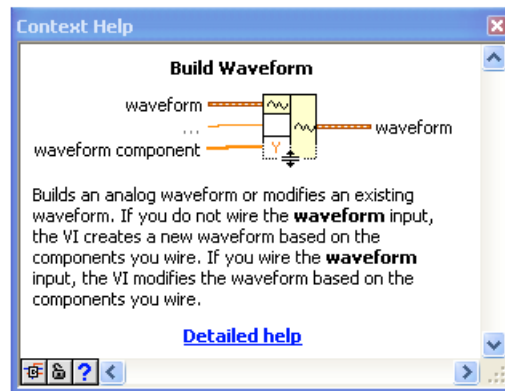
### 3.5 Wstawienie obiektu pozwalającego na obliczenie współczynnika zawartości harmonicznyc THD


Wstawić do Diagramu objekty:


- z zakładki Functions/ Signal Processing/ Waveform Measurements/ obiekt **Harmonic Distortion Analyzer.vi**.




- z zakładki Functions/ Programming/ Waveform/ obiekt **Build Waveform.vi**



- Ponieważ domyślnie obiekt wstawiany jest tylko z jednym zaciskiem wejścia oznaczonym jako Y, należy w analogicznie jak w punkcie 3.4 rozciągnąć obiekt w dół o jedno pole i z utworzonego zacisku attributes utworzyć zacisk dt. Dane do wyliczenia współczynnika THD najlepiej pobrać z obiektu Auto Power Spectrum.vi. W tym celu Zacisk Y należy połączyć z zaciskiem z Signal (V) oraz połączyć ze sobą zaciski obiektów oznaczone dt. Wyjście waveform połączyć z wejściem signal in obiektu Harmonic Distortion Analyser.vi. Ustalić liczbę analizowanych harmonicznych. W tym celu dołączyć do zacisku highest harmonic stałą numeryczną (zakładka Functions/ Programming/ Numeric/ **Numeric Constant.vi**) i wpisać, z użyciem kursora , liczbę 5.

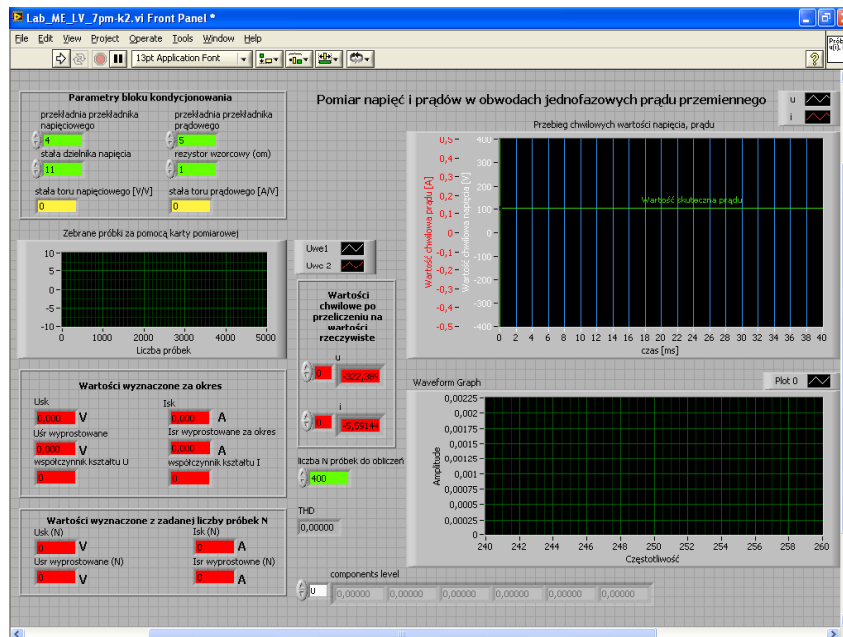
Utworzyć wskaźnik pokazujący zawartość harmonicznych w sygnale THD. W tym celu umieścić na zacisku THD kursor myszy, kliknąć prawym przyciskiem i z menu kontekstowego wybrać opcję Create/ Indicator. Po wstawieniu zostanie automatycznie nadana nazwa THD. Uwaga: w razie problemów z identyfikacją zacisku uruchomić pomoc kontekstową (CTRL+H) i przemieszczać kursor  nad obiektem. W oknie pomocy będzie się wówczas pojawiać migający czarny kwadrat nad zaciskiem, nad którym aktualnie znajduje się kursor.

Utworzyć wskaźnik pokazujący amplitudy składowych widma badanego przebiegu. W tym celu umieścić na zacisku components level kursor myszy, kliknąć prawym przyciskiem i z menu kontekstowego wybrać opcję Create/ Indicator. Po wstawieniu wskaźnikowi zostanie automatycznie nadana nazwa components level. Kliknąć na nowo utworzonym obiekcie dwukrotnie, środowisko programistyczne automatycznie pokaże Panel Przyrządu z pozycją wskaźnika. Przemieścić obiekt w wybrane miejsce na pulpicie. Kursorem  rozciągnąć tak, aby było możliwe wyświetlenie 6ciu cyfr z mnożnikiem i przecinkiem. Analogicznie postąpić ze wskaźnikiem THD.



**Zapisać na dysku Panel Przyrządu i Diagram programu. Zanotować w protokole nazwę pliku z obrazami.**

Przykładowy Panel przyrządu po umieszczeniu wszystkich dodatkowych wskaźników został przedstawiony poniżej.



#### 4. Analiza widma i zawartości harmonicznych typowych odbiorników

##### Procedura uruchamiania stanowiska pomiarowego




Ze względu na bezpieczeństwo osób wykonujących pomiary oraz karty pomiarowej należy przestrzegać procedury uruchamiania i wyłączania stanowiska. Nie dopuszczać do sytuacji gdy zasilany jest obwód pomiarowy a nie jest zasilana karta pomiarowa (wyłączony komputer).

Bezpieczne wykonanie pomiaru powinno odbywać się w kolejności:

- połączenie obwodu pomiarowego (o ile wcześniej nie został już połączony) i podłączenie go do odpowiednich wejść karty pomiarowej,
- załączenie zasilania stanowiska,
- załączenie komputera i uruchomienie programu obsługi,
- podłączenie zasilania odbiornika w układzie pomiarowym,
- podłączenie obwodu pomiarowego do zasilania.

Wyłączenia stanowiska pomiarowego dokonujemy w kolejności odwrotnej pamiętając o konieczności wyłączenia obwodu pomiarowego przed wyłączeniem komputera.

##### 4.1 Obciążenie w postaci nowoczesnego źródła światła

Podłączyć do układu pomiarowego świetlówkę kompaktową. Ustawić w zadajniku „liczba N próbek do obliczeń” wartość 100. **Wpisać stałe układu kondycjonowania.** Uruchomić program przyciskiem , w trakcie pracy przyrządu wirtualnego jego wygląd zmienia się na . Odczekać, aż przycisk powróci ponownie do postaci . Uruchomić menu kontekstowe wskaźnika widma i wybrać opcję Export Simplified Image. Wybrać opcją Bitmap (BMP) i Save to file. Zapisać otrzymane widmo w utworzonym na początku zajęć katalogu, jako nazwę pliku wpisać **swietlowka100**. Zatwierdzić OK i zapisać Save.

W Tabeli 1 wpisać odczytane wartości 1, 3, 5-tej harmonicznej prądu (wskaźnik components level - komórki 1, 3 i 5) i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD. Analizę widma powtórzyć dla wartości  $N$  zmienianych według Tabeli 1, każdorazowo zapisując wartości 1, 3 i 5-tej harmonicznej prądu i współczynnika zniekształceń nieliniowych. W trakcie pomiarów obserwować obraz widma. Dla każdego nastawionego  $N$  notować w Tabeli 1 zauważone dla poszczególnych harmonicznych zmiany (zniekształcenie, zmianę amplitudy i szerokości prążka). Ocenić, jaka liczba próbek  $N$  nie powoduje widocznej zmiany obserwowanego obrazu widma. Zanotować ją w protokole jako  $N_{opt}$  w Tabeli 2, dodatkowo pod pozycją „światłówka kompaktowa” zapisać odpowiadające  $N_{opt}$  wartości: skutecznej prądu (obliczanej dla zadanej liczby próbek), 1, 3, 5-tej harmonicznej prądu i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD. Zapisać obraz widma uznanego za optymalne na dysku, jako nazwę pliku wpisać **swietlowka**.

W sprawozdaniu obliczyć:

- rozdzielczość analizy widma wg wzoru (3) (częstotliwość dla pierwszego punktu FFT, tj.  $i=1, f_s=5\text{kHz}$ ),
- stosunek częstotliwości harmonicznej podstawowej (przyjąć 50Hz) do rozdzielczości dla danego  $N$ ,
- wartość skuteczną prądu odbiornika, wykorzystując wzór




$$I_{sk\_o} = \sqrt{\frac{1}{3}(I_{1h}^2 + I_{3h}^2 + I_{5h}^2)},$$

gdzie  $I_k$  to odczytana z Panelu harmoniczna.




Wykreślić dla badanych zakresów  $N$ , na oddzielnych wykresach, przebiegi harmonicznych i współczynnika THD w zależności od wartości  $N$ . Dla  $N$  przyjąć skalę logarytmiczną.

We wnioskach ocenić wpływ wartości liczby próbek  $N$  na uzyskany obraz widma i współczynnik zawartości harmonicznych THD. Porównać wartości prądu obliczone z uzyskanego widma i odczytane bezpośrednio z Panelu. Przeanalizować, dla jakich wartości  $N$  uzyskane wyniki nie ulegają widocznej zmianie.

## 4.2 Obciążenie rezystancyjne




Podłączyć do układu pomiarowego żarówkę. Ustawić w zadajniku „liczba  $N$  próbek do obliczeń” wartość  $N_{opt}$ . Uruchomić program przyciskiem , w trakcie pracy przyrządu wirtualnego jego wygląd zmienia się na . Odczekać, aż przycisk powróci ponownie do postaci . Zapisać według kolejności podanej w p. 4.1 otrzymane widmo, jako nazwę pliku wpisać **zarowka**. W Tabeli 2 wpisać odczytane z Panelu wirtualnego przyrządu wskazania wartości: skutecznej prądu (obliczanej dla zadanej liczby próbek) 1, 3, 5-tej harmonicznej prądu (wskaźnik components level - komórki 1, 3 i 5) i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD.

## 4.3 Obciążenie pojemnościowe

Podłączyć do układu pomiarowego kondensator. Ustawić w zadajniku „liczba  $N$  próbek do obliczeń” wartość  $N_{opt}$ . Uruchomić program przyciskiem , w trakcie pracy przyrządu wirtualnego jego wygląd zmienia się na . Odczekać, aż przycisk powróci ponownie do postaci . Zapisać według kolejności podanej w p. 4.1 otrzymane widmo, jako nazwę pliku wpisać **kondensator**. W Tabeli 2 wpisać odczytane z Panelu wirtualnego przyrządu wskazania wartości: skutecznej prądu (obliczanej dla zadanej liczby próbek) 1, 3, 5-tej




harmonicznej prądu (wskaźnik components level - komórki 1, 3 i 5) i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD.

#### 4.4 Obciążenie rezystancyjno-indukcyjne

Podłączyć do układu pomiarowego nieobciążony transformator. Ustawić w zadajniku „liczba N próbek do obliczeń” wartość  $N_{opt}$ . Uruchomić program przyciskiem , w trakcie pracy przyrządu wirtualnego jego wygląd zmienia się na . Odczekać, aż przycisk powróci ponownie do postaci . Zapisać według kolejności podanej w p. 4.1 otrzymane widmo, jako nazwę pliku wpisać **transformator**. W Tabeli 2 wpisać odczytane z Panelu wirtualnego przyrządu wskazania wartości: skutecznej prądu (obliczanej dla zadanej liczby próbek) 1, 3, 5-tej harmonicznej prądu (wskaźnik components level - komórki 1, 3 i 5) i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD.

#### 4.5 Obciążenie w postaci zestawu komputerowego

Wyłączyć system pomiarowy, podłączyć wtyczkę komputera do gniazdka dołączonego do obwodu pomiarowego. Uruchomić system pomiarowy. Po uruchomieniu komputera uruchomić program **Lab\_ME\_LV\_7pm.vi**. **Wpisać stałe układu kondycjonowania.**

Ustawić w zadajniku „liczba N próbek do obliczeń” wartość  $N_{opt}$ . Uruchomić program przyciskiem , w trakcie pracy przyrządu wirtualnego jego wygląd zmienia się na . Odczekać, aż przycisk powróci ponownie do postaci . Zapisać według kolejności podanej w p. 4.1 otrzymane widmo, jako nazwę pliku wpisać **komputer**. W Tabeli 2 wpisać odczytane z Panelu wirtualnego przyrządu wskazania wartości: skutecznej prądu (obliczanej dla zadanej liczby próbek) 1, 3, 5-tej harmonicznej prądu (wskaźnik components level - komórki 1, 3 i 5) i współczynnika zniekształceń nieliniowych THD.

### 5. Wykonanie sprawozdania

W sprawozdaniu należy przedstawić kolejno dla każdego punktu uzyskane rezultaty w postaci: zapisanych plików graficznych, tabel z wynikami badań i obliczeń, wzory użyte do obliczeń, wykresy, wnioski itp.

Obliczyć wartość skuteczną prądu dla zanotowanych harmonicznych (używając wzoru podanego w p.4.1). Porównać zanotowaną w Tabeli 2 wartość skuteczną prądu z obliczoną i ocenić, jaki jest udział 1, 3 i 5-tej harmonicznej w wartości skutecznej prądu odbiornika podawanej przez program przyrządu wirtualnego.

We wnioskach, korzystając z Tabeli 2 i zapisanych obrazów widma dla poszczególnych odbiorników, porównać zawartość pierwszej, trzeciej i piątej harmonicznej oraz współczynnika THD.

Podsumować wyniki badań, określić który z odbiorników charakteryzował się największym zniekształceniem pobieranego prądu a który najmniejszym, jaka liczba próbek dawała optymalny obraz widma, jaki wpływ ma pobierana liczba próbek na wartość podawaną przez program współczynnika THD.

#### Literatura

- [1] Chruściel M., *LabVIEW w praktyce*, BTC, Legionowo 2008.
- [2] Richard G. Lyons, *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
- [3] Świsulski D., *Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabVIEW*, Agenda Wydawnicza PAK-u, Warszawa 2005.

Tabela 1

$N$	$I_{1h}$	$I_{3h}$	$I_{5h}$	$THD$	Zmiany w widmie	$f(1)$	$50\text{Hz}/f(1)$
-	A	A	A	-		Hz	-
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
220							
240							
260							
280							
300							
320							
340							
360							
380							
400							
800							
1200							
1600							
2000							
4000							
8000							

Tabela 2

Odbiornik	$N_{opt} =$					
	$I_{1h}$	$I_{3h}$	$I_{5h}$	$THD$	$I_{sk}$	$I_{sk_o}$
	A	A	A	-	A	A
Światłówka kompaktowa						
Transformator						
Kondensator						
Żarówka						
Komputer						