

## IMPLEMENTACJA W ŚRODOWISKU LabVIEW APLIKACJI DO BADANIA WPŁYWU DYNAMICZNYCH ZMIAN NAPIĘĆ ZAKŁÓCAJĄCYCH NA DOKŁADNOŚĆ METODY PODHARMONICZNEJ

Marek WOŁOSZYK, Michał ZIÓŁKO

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
tel.: 58 347 2113, e-mail: mawo@ely.pg.gda.pl, mziolko@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** Wyznaczanie rezystancji lub impedancji uziemienia metodą podharmoniczną umożliwia uzyskanie dobrej dokładności pomiaru nawet w obecności silnych zakłóceń pochodzących od prądów błądzących występujących w gruncie. Metoda podharmoniczna wykazuje znaczną odporność na zakłócenia o częstotliwości sieciowej jak i stałoprądowe. Problem mogą stanowić natomiast zmiany dynamiczne sygnałów zakłócających spowodowane np. rozruchami urządzeń elektrycznych. Prezentowana praca dotyczy implementacji algorytmu w środowisku LabVIEW, umożliwiającego symulację wpływu dynamicznych zmian napięcia zakłócającego na dokładność metody podharmonicznej. Zastosowanie tego narzędzia pozwala m.in. na określenie parametrów wykorzystywanej metody filtracji (liczby pobieranych próbek) zapewniających osiągnięcie przyjętej dokładności pomiaru przy założonym poziomie zakłóceń.

**Słowa kluczowe:** rezystancja uziemienia, zakłócenia dynamiczne, metoda podharmonicznej.

### 1. WPROWADZENIE

#### 1.1. Podstawowe parametry uziemień

Jako podstawowy parametr uziemienia przyjmuje się zazwyczaj rezystancję statyczną czyli wyznaczaną przy niskiej częstotliwości. Tak zmierzona rezystancja w pełni charakteryzuje właściwości większości uziemień ochronnych i roboczych, których zadaniem jest odprowadzanie do gruntu prądów o częstotliwości sieciowej. Wartość rezystancji statycznej nie przekracza zazwyczaj kilku omów.

W uziemieniach rozległych znaczna długość elementów ułożonych w gruncie powoduje wzrost reaktancji przy jednoczesnym spadku składowej rezystancyjnej. W typowych przypadkach moduł impedancji uziemienia rozległego nie przekracza wartości  $0,5 \Omega$  [1]. Argument impedancji takiego uziemienia może natomiast przekraczać niekiedy wartość  $30^\circ$  [2, 3].

Uziemienia odgromowe mają za zadanie odprowadzanie do gruntu prądów piorunowych. Indukcyjność wzdłużna uziomów o typowej wartości 1-2  $\mu\text{H}/\text{m}$  przy dużych wartościach  $di/dt$  powoduje powstawanie składowej reaktancyjnej ograniczającej możliwość odprowadzania prądu do gruntu przez odległe elementy uziemienia. Rezystancja statyczna lub impedancja wyznaczana przy częstotliwości sieciowej nie określa więc w pełni stanu takiego uziemienia. Znacznie lepszą ocenę skuteczności

uziemienia można uzyskać mierząc jego rezystancję udarową, która uwzględni strefę efektywną uziemienia odgromowego [4].

Pomiary parametrów uziemień następują czasami wielu problemów. Często bywa to związane z występowaniem w gruncie zakłóceń szczególnie silnych na obszarach zindustrializowanych, jak np. w pobliżu stacji transformatorowych, czy też urządzeń trakcyjnych powodujących przepływ w gruncie prądów stałych.

Prądy pomiarowe stosowane powszechnie w miernikach uziemień nie przekraczają zwykle wartości 300 mA, czasami osiągając jedynie wartości pojedynczych miliamperów. Oznacza to, że wartości sygnałów zakłócających mogą być w tych warunkach nawet kilkukrotnie większe od sygnałów pomiarowych.

#### 1.2. Pomiary uziemień metodą podharmoniczną

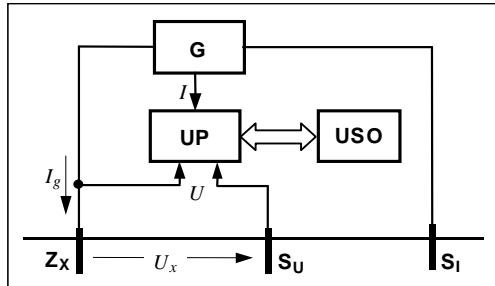
W trakcie prac prowadzonych na Politechnice Gdańskiej nad metodami pomiarów uziemień, opracowano metodę filtracji sygnałów zakłócających, bazującą na prądzie pomiarowym o częstotliwości stanowiącej podharmoniczną częstotliwości sieciowej [5]. W metodzie tej do wyznaczania wartości prądu i spadku napięcia na badanym uziemieniu wykorzystuje się tzw. metodę szczególnego próbkowania.

Metoda szczególnego próbkowania [6, 7] umożliwia wybiórcze wyznaczenie amplitudy harmonicznej podstawowej sygnału odkształconego z równoczesną eliminacją składowej stałej, a także wszystkich harmonicznych parzystych sygnału mierzonego. Realizując pomiar tą metodą pobiera się z sygnału odkształconego próbki w określonych chwilach czasowych. Chwile próbkowania dobiera się w taki sposób, aby suma wartości tych próbek miała wartość zerową dla harmonicznych eliminowanych, a niezerową dla składowej podstawowej. Metoda szczególnego próbkowania wymaga pobierania niewielkiej liczby próbek, np. do wyznaczenia składowej podstawowej przebiegu odkształconego z eliminacją składowej stałej, wszystkich harmonicznych parzystych oraz harmonicznych 3 i 5-tej wystarczy 16 próbek, natomiast wyeliminowanie harmonicznych nieparzystych do 13-tej włącznie wymaga 128 próbek [8].

Wykorzystując metodę szczególnego próbkowania do filtracji zakłóceń należy wymusić przepływ przez badane

uziemiaenie prądu o częstotliwości 25 Hz stanowiącej podharmoniczną częstotliwości sieciowej. Sygnały zakłócające o częstotliwości 50 Hz wraz z ich wyższymi harmonicznymi stają się w takim przypadku harmonicznymi parzystymi sygnału pomiarowego i dzięki temu są skutecznie eliminowane przy wykorzystaniu metody szczególnego próbkowania.

Pomiar impedancji uziemiaenia opisują metodą można zrealizować w układzie pokazanym na rysunku 1.



Rys.1. Uproszczony schemat blokowy układu do pomiaru impedancji uziemiaenia

W generatorze G wytwarzany jest sygnał, który powoduje przepływ prądu  $I_g$  w obwodzie składającym się z uziemiaenia badanego  $Z_x$  oraz sondy prądowej  $S_I$ . Wartość tego prądu, a także wartość spadku napięcia na uziemiaeniu w odniesieniu do strefy ustalonego potencjału, w której umieszczona jest sonda napięciowa  $S_U$ , wyznaczane są w układzie pomiarowym UP współpracującym z układem sterująco-obliczeniowym USO.

W przypadku idealnym prąd pomiarowy  $i_g$  ma kształt sinusoidalny i wartość chwilową opisaną zależnością:

$$i_g(x) = I_1 \cdot \sin x \quad \text{przy czym} \quad x = \omega \cdot t = 2\pi \cdot \frac{t}{T_g} \quad (1)$$

gdzie:  $I_1$  – amplituda harmonicznej podstawowej prądu,  $T_g$  – okres prądu generowanego.

Prąd pomiarowy  $i_g$  przepływając przez badane uziemiaenie wywołuje na jego impedancji  $Z_x$  spadek napięcia o wartości chwilowej:

$$u_g(x) = U_1 \cdot \sin(x + \alpha_1) \quad (2)$$

gdzie:  $\alpha_1$  - przesunięcie fazowe w stosunku do prądu  $i_g$ .

Na skutek występowania w gruncie prądów błądzących może pojawić się pomiędzy uziemiaeniem badanym a sondą napięciową zakłócające napięcie  $u_z$  zawierające składowe o częstotliwości sieciowej wraz z jej wyższymi harmonicznymi oraz ewentualnie składową stałą. Napięcie zakłócające wywołane obecnością w gruncie prądów błądzących będzie się sumowało z napięciem  $u_g$  wywołanym przepływem prądu  $I_g$ . Dla prądu  $I_g$  o częstotliwości 25 Hz spadek napięcia między uziemiaeniem a sondą napięciową opisuje zależność:

$$u_x(x) = u_g(x) + u_z(x) = U_0 + U_1 \cdot \sin(x + \alpha_1) + \sum_{k=1} U_{2k} \cdot \sin(2kx + \alpha_{2k}) \quad (3)$$

gdzie:  $k$  - numer porządkowy harmonicznej zakłócenia w odniesieniu do częstotliwości sieci,

$2k$  - numer porządkowy harmonicznej przebiegu zakłócającego w odniesieniu do częstotliwości prądu  $I_g$  (25 Hz),

$U_0$  - składowa stała przebiegu zakłócającego,  $U_{2k}$  - amplitudy kolejnych harmonicznych przebiegu zakłócającego,

$\alpha_1$  - przesunięcie fazowe składowej podstawowej napięcia  $u_x$  w stosunku do prądu  $i_g$ ,

$\alpha_{2k}$  - przesunięcie fazowe kolejnych harmonicznych przebiegu zakłócającego.

Z sygnału  $u_x$  w wybranych chwilach czasowych pobierane są próbki, z których zgodnie z zasadami metod szczególnego próbkowania [6, 7] wyznacza się następnie dwie składowe spadku napięcia na uziemiaeniu:  $U_{1Re}$  zgodną ze składową podstawową prądu generowanego  $I_g$  oraz  $U_{1Im}$  - ortogonalną do tego prądu. Analogicznie wyznaczana jest wartość harmonicznej podstawowej  $I_1$  prądu płynącego przez badane uziemiaenie.

Mierzona impedancja uziemiaenia  $Z_x$  wyznaczana jest według zależności uwzględniającej fakt, iż składową reaktancyjną tej impedancji mierzy się przy częstotliwości prądu pomiarowego dwukrotnie mniejszej od tej, przy której uziemiaenie ma spełniać swoje zadanie.

$$Z_x = \frac{1}{I_1} \cdot \sqrt{U_{1Re}^2 + 4 \cdot U_{1Im}^2} \quad (4)$$

Wynik pomiaru jest niezależny od wartości sygnałów zakłócających stałych oraz przemiennych o częstotliwości sieciowej i jej harmonicznych.

Zależność (1) opisująca prąd pomiarowy  $I_g$  zawiera jedynie harmoniczną podstawową tego prądu. W praktyce wygenerowanie takiego sygnału może nastęrczać wielu problemów. Znacznie łatwiej jest wytworzyć sygnał pomiarowy zbliżony do kształtu prostokątnego. Oznacza to jednak, że prąd pomiarowy może zawierać wiele harmonicznych (parzystych i nieparzystych), które należy odfiltrować w procesie wyznaczania harmonicznej podstawowej  $I_1$ .

Jeżeli krzywa prądu pomiarowego o częstotliwości 25 Hz zawiera harmoniczne nieparzyste to wówczas dla celów filtracji należy określić konkretną realizację metody szczególnego próbkowania [8]. Wiąże się to z wyborem zestawu harmonicznych nieparzystych eliminowanych z sygnału. Harmoniczne nie podlegające eliminacji są w metodzie szczególnego próbkowania silnie tłumione [6]. Im większy zestaw harmonicznych ma być wyeliminowany tym więcej próbek należy pobrać z sygnału badanego.

## 2. WPLYW ZAKŁÓCEŃ DYNAMICZNYCH

### 2.1. Zakłócenia dynamiczne

Wyznaczanie rezystancji lub impedancji uziemiaenia przy użyciu metody podharmonicznej pozwala skutecznie eliminować wpływ sygnałów zakłócających o niezmiennych w czasie pomiaru wartościach amplitudy i częstotliwości. Jak wykazały przeprowadzone badania, naturalne odchyłki i wahania częstotliwości sieci również nie mają istotnego wpływu na pogorszenie właściwości metody [5]. Założenia metody szczególnego próbkowania nie uwzględniają jednak filtracji składowej nieokresowej sygnału badanego. W rzeczywistości należy liczyć się z występowaniem wyraźnych zmian w czasie amplitud sygnałów zakłócających

wynikających ze zjawisk zachodzących w sieci, a także z pracy dużych odbiorników „niespokojnych”, w których prąd pobierany podlega częstym i szybkim zmianom [9].

W celu zbadania wrażliwości metody na aperiodyczne zmiany sygnałów zakłócających napisano w środowisku LabVIEW program symulacyjny pozwalający zbadać właściwości metody dla trzech typowych zakłóceń, najczęściej występujących w praktyce przemysłowej: sygnału sinusoidalnego, wyprostowanego 6-pulsowo (6P) oraz stałoprądowego. Założono, że sygnały testowe zmieniają swoje wartości w czasie zgodnie z zależnościami:

$$u_{z\sin}(x) = (1 + vt) \cdot U_2 \cdot \sin 2kx$$

$$u_{zDC}(x) = (1 + vt) \cdot U_0 \quad (5)$$

$$u_{z6P}(x) = (1 + vt) \cdot \sum_{n=0}^2 U_2 \cdot \left| \sin(2x + n \cdot \frac{2\pi}{3}) \right|$$

gdzie:  $v$  - parametr charakteryzujący szybkość zmian sygnału zakłócającego w odniesieniu do wartości (DC) lub amplitudy (sin i 6P) początkowej.

W programie uwzględniono również fakt, iż trudno jest uzyskać w rzeczywistym mierniku sygnał 25 Hz o kształcie sinusoidalnym. Do badań przyjęto więc prąd odkształcony zawierający składową podstawową o częstotliwości 25 Hz oraz zadeklarowany zestaw wyższych harmonicznych. W praktyce najłatwiej można uzyskać sygnału o kształcie zbliżonym do prostokątnego. Taki właśnie kształt prądu pomiarowego wykorzystywano w badaniach co jest

uwidocznione na wykresach zawartych w panelu głównym omawianej aplikacji przedstawionym na rysunku poniżej.

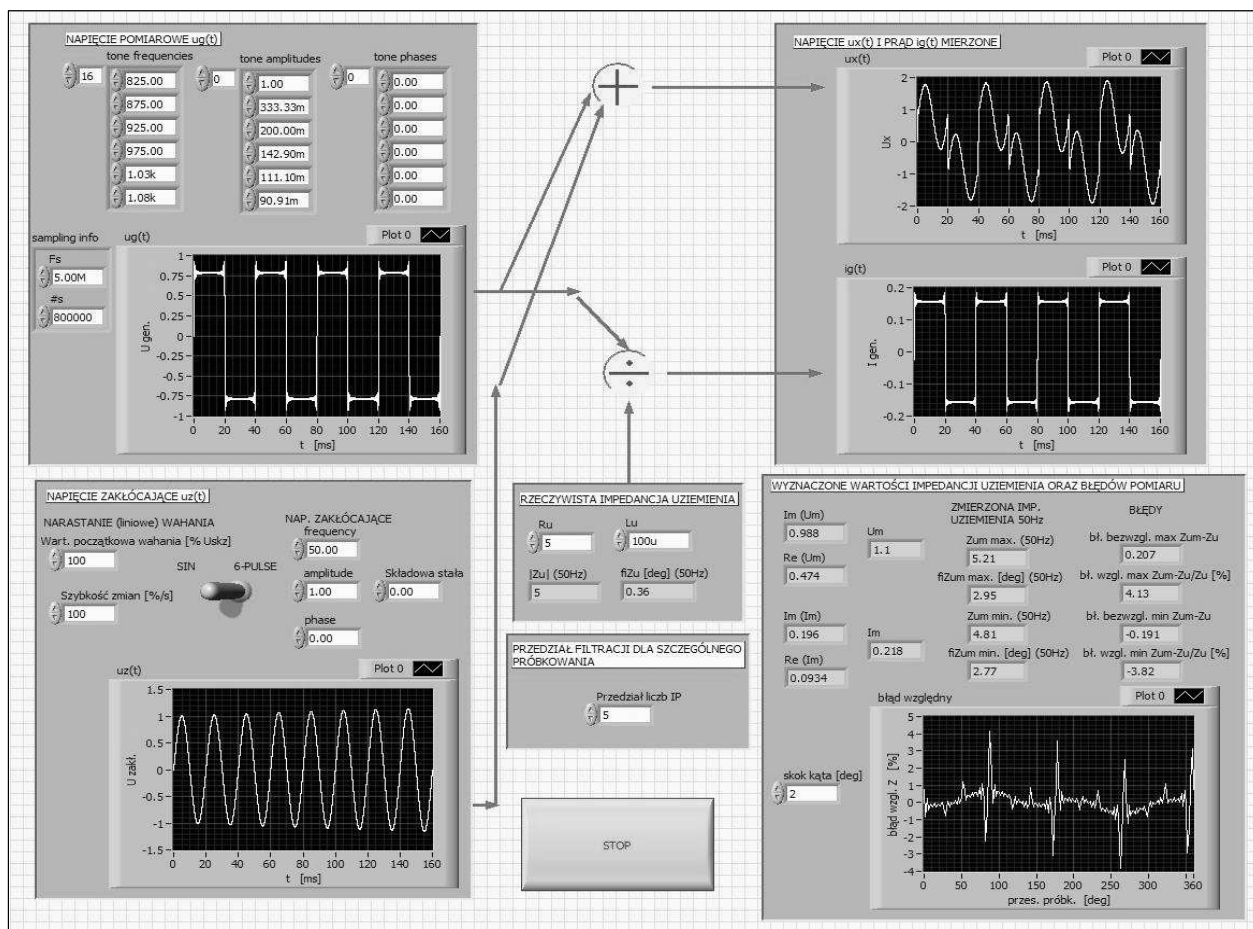
## 2.2. Program symulacyjny

Panel główny aplikacji do badania wrażliwości metody podharmonicznej na zakłócenia przedstawiono na rysunku 2.

W lewym górnym rogu panelu widoczne jest pole służące do zdefiniowania wartości i kształtu napięcia pomiarowego  $u_g$ . Sygnał ten określa się poprzez wypełnienie trzech tablic umożliwiających dobór wartości: amplitudy, częstotliwości oraz fazy poszczególnych harmonicznych napięcia pomiarowego (25 Hz i jej harmonicznych).

W lewym dolnym rogu panelu znajduje się pole służące do ustawiania parametrów napięcia zakłócającego  $u_z$ . Z uwagi na możliwą obecność w pobliżu miejsca pomiaru różnego typu obiektów zakłócających, sygnał ten może mieć różnorodny charakter (napięcie sinusoidalne ze składową stałą lub bez albo wyprostowane 6-pulsowe). Do wyboru charakteru zakłócenia zastosowano umieszczony na panelu przełącznik.

W odpowiednich elementach kontrolnych omawianego pola, można ustawić amplitudę, częstotliwość oraz fazę napięcia zakłócającego, a także wartość składowej stałej. Elementy kontrolne znajdujące się po lewej stronie pola umożliwiają zadeklarowanie dynamicznych zmian napięcia zakłócającego  $u_z$ . Można tam określić wartość początkową napięcia zakłócającego (zdefiniowaną w % amplitudy harmonicznej podstawowej sygnału pomiarowego) oraz szybkość zmian tego zakłócenia (zdefiniowaną w %/s od wartości początkowej). Zakłada się, że w czasie analizy zmiana poziomu napięcia zakłócającego jest liniowa (5).



Rys.2. Panel główny aplikacji



Kształty napięcia pomiarowego  $u_g$  oraz zakłócającego  $u_z$  ( $u_{zsin}$ ,  $u_{zDC}$ ,  $u_{z6P}$ ) można obserwować w obydwu polach na wykresach.

Krzywa prądu  $i_g$  płynącego przez uziemienie badane związana jest, zgodnie z prawem Ohma, z krzywą napięcia  $u_g$  poprzez parametry  $RL$  uziemienia. Wartości parametrów  $R_u$  oraz  $L_u$  ustawia się w środkowej części panelu.

Dla wyznaczenia rezystancji (lub impedancji) uziemienia w mierniku mierzone jest napięcie sumaryczne  $u_x = u_g + u_z$ . Mierzy się również prąd  $i_g$  przepływający przez uziemienie o rezystancji  $R_u$  i indukcyjności  $L_u$ . Przebiegi sygnałów mierzonych przez miernik: napięcia  $u_x$  oraz prądu  $i_g$  można obserwować w polu znajdującym się w prawym górnym rogu panelu.

W metodzie podharmonicznej eliminuje się nie tylko zakłócenia o częstotliwości 50 Hz wraz z ich wyższymi harmonicznymi. Należy również usunąć zakłócenia związane z niesinusoidalnym kształtem napięcia i prądu pomiarowego  $u_g$  oraz  $i_g$  poprzez odfiltrowanie z sygnałów mierzonych określonego zestawu harmonicznymi nieparzystych.

W polu znajdującym się na środku panelu poniżej pola określającego parametry uziemienia można zdefiniować przedział filtracji. Oprogramowanie odfiltrowuje z mierzonych sygnałów  $u_x$  oraz  $i_g$  zgodnie z metodą szczególnego próbkowania harmoniczne o rzędach stanowiących liczby pierwsze w zakresie od 2 do liczby podanej w polu określającym przedział filtracji.

W prawym dolnym rogu panelu uwidoczniło pole wynikowe, w którym dostępna jest informacja o estymatach amplitudy odfiltrowanej harmonicznej 25 Hz napięcia  $u_g$  oraz prądu  $i_g$ . Pokazane są tam również składowe ortogonalne konieczne do wyznaczenia tych estymat. Podane są także maksymalne i minimalne zmierzone wartości impedancji uziemienia oraz na tej podstawie obliczone błędy względne. W polu tym zamieszczony jest również wykres przebiegu błędów w funkcji chwili rozpoczęcia szczególnego próbkowania.

Na rysunku 3 przedstawiono diagram aplikacji. Dwa zestawy przyrządów wirtualnych znajdują się po lewej

stronie diagramu „Gen.  $U_g$ ” oraz „Gen.  $U_z$ ” służą do wytworzenia przebiegów napięć  $u_g$  oraz  $u_z$  ( $u_{zsin}$ ,  $u_{zDC}$ ,  $u_{z6P}$ ) na podstawie parametrów zdefiniowanych na panelu. Do generacji tych przebiegów wykorzystano przyrząd wirtualny *multitone generator.vi* znajdujący się w standardowym pakiecie środowiska LabVIEW.

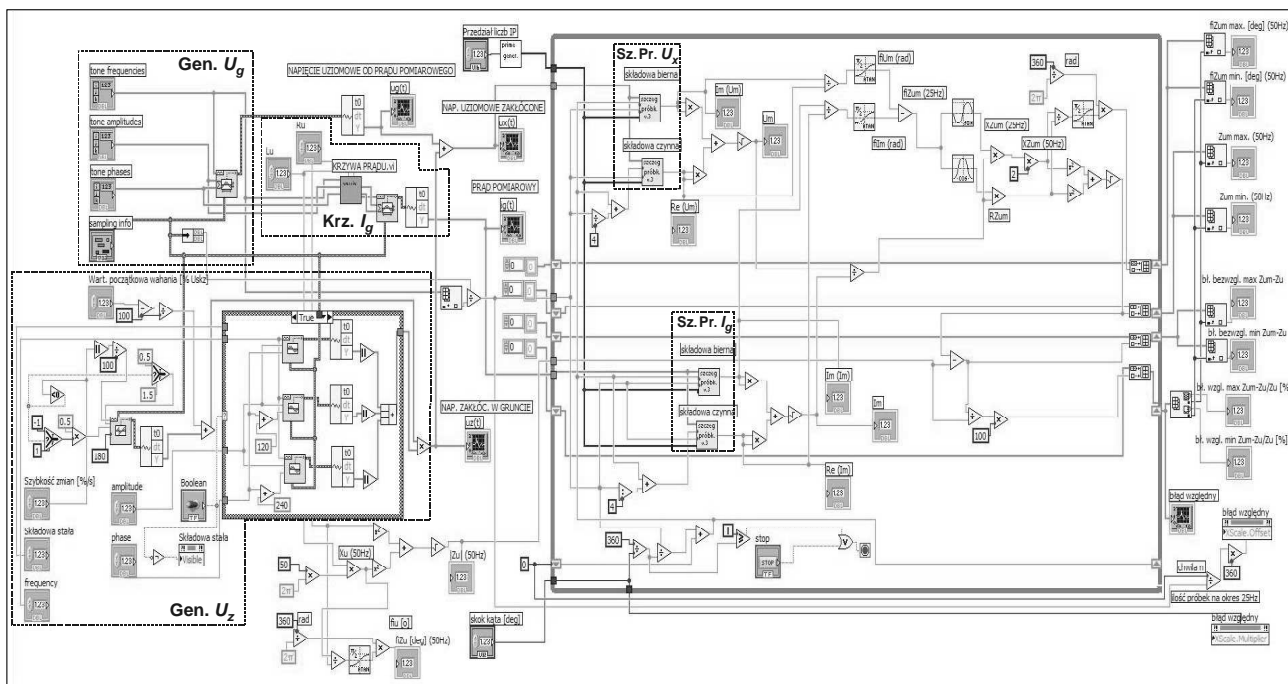
Parametry dla zestawu przyrządów „Krz.  $I_g$ ” (amplituda, częstotliwość i faza harmonicznymi) określające przebieg krzywej prądu  $i_g$ , są obliczane na podstawie parametrów napięcia  $u_g$  oraz zadeklarowanych parametrów uziemienia badanego ( $R_u$  oraz  $L_u$ ), przez przyrząd wirtualny *krzywa prądu.vi*.

Parametry zmiany dynamicznej napięcia  $u_z$  ustawiane są przy pomocy przyrządu wirtualnego *sawtooth waweform.vi*.

Tablica wartości próbek napięcia  $u_x$  i prądu  $i_g$  jest podłączona do czterech przyrządów wirtualnych *szczególne próbkowanie.vi* znajdujących się w pętli. Przyrządy te dokonują filtracji według algorytmu szczególnego próbkowania dla przedziału określonego na panelu poprzez podanie numeru najwyższej harmonicznej eliminowanej. Zestaw próbek niezbędnych do filtracji jest dobierany automatycznie przez przyrządy wirtualne *szczególne próbkowanie.vi*. Na wyjściu tych przyrządów („Sz.Pr.  $U_x$ ” oraz „Sz.Pr.  $I_g$ ”), są wystawiane składowe ortogonalne napięcia oraz prądu, na podstawie których wyznaczane są z kolei estymaty modułu i argumentu impedancji uziemienia dla harmonicznej podstawowej o częstotliwości 25 Hz.

Na podstawie zmierzonych wartości parametrów uziemienia oraz zadeklarowanych w programie wartości rzeczywistych tych parametrów, wyznaczany jest także względny błąd modułu impedancji. Operacje te są wykonywane przez przyrządy wirtualne znajdujące się po prawej stronie pętli.

Pętla jest powtarzana przez odpowiednią liczbę iteracji umożliwiającą, ze skokiem określonym na panelu, przedstawienie przebiegu błędów pomiaru impedancji dla różnych chwil rozpoczęcia próbkowania w ciągu jednego okresu sygnału pomiarowego 25 Hz. Wykres błędów pomiaru impedancji umieszczony jest w prawym dolnym rogu panelu głównego.



Rys.3. Diagram aplikacji

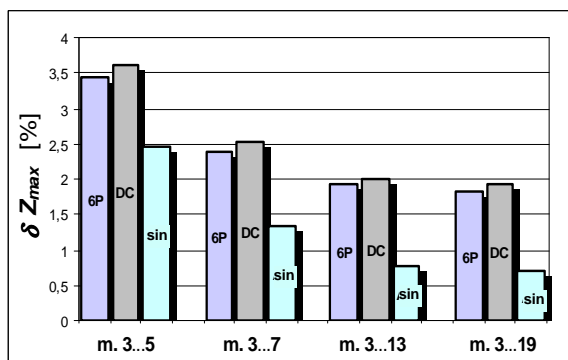
### 2.3. Wyniki badań

Omawiany program wykorzystano do określenia wrażliwości metody podharmonicznej na zakłócenia dynamiczne pojawiające się w gruncie [9].

W ramach przeprowadzonych badań symulacyjnych sprawdzano właściwości metody w kilku wybranych realizacjach, a więc dla różnej liczby całkowicie eliminowanych z sygnału badanego harmonicznych nieparzystych. Badano metodę 3..5 (eliminującą 3- i 5-tą harmoniczną) przy pobieraniu jedynie 16 próbek, metodę 3..7 (wykorzystującą 32 próbki), 3..13 (128 próbek) i metodę 3..19 (512 próbek). Dla uziemień o impedancji od 1 do 30  $\Omega$  jako zakłócenia testowe wykorzystano sygnały (sin, DC i 6-P) o szybkości zmian wartości do 1000%/s czyli do dziesięciokrotnej zmiany wartości sygnału w ciągu sekundy (w odniesieniu do wartości początkowej).

Jak wynika z badań wartości maksymalne błędów wyznaczania impedancji uziemienia rosną praktycznie liniowo ze wzrostem prędkości zmian zakłóceń, a także silniej zależą one od rodzaju zakłócenia niż od liczby eliminowanych harmonicznych. Na przykład dla typowego uziemienia o impedancji 3  $\Omega$  i dla zakłóceń typu DC oraz 6-P o szybkości zmian do 300 %/s błędy maksymalne osiągają wartości 5-6 % zaś przy dziesięciokrotnej zmianie wartości zakłócenia w ciągu sekundy błędy te nie dochodzą do 20 %. Dla zakłócenia sinusoidalnego wartości błędów są natomiast ok. 2-3-krotnie mniejsze. Wobec niewielkiej dokładności wymaganej przy pomiarach parametrów uziemień (całkowity błąd dopuszczalny wynosi 30%) wyniki te można uznać za satysfakcjonujące.

Zestawienie pełniejszych wyników dla pomiarów impedancji przykładowego uziemienia o rezystancji 30  $\Omega$  i indukcyjności 30  $\mu\text{H}$ , uzyskanych w różnych realizacjach metody pokazano na rysunku 4.



Rys.4. Błędy maksymalne wyznaczania impedancji uziemienia w zależności od przyjętej realizacji metody (m.3..7 do m.3..19) dla różnych sygnałów zakłócających (6P, DC, sin) o szybkości zmian wartości napięcia 100%/s

Na wykresie przedstawiono wartości maksymalne błędów wyznaczania impedancji uziemienia metodą podharmoniczną przy różnego typu zakłóceniach (sin, DC oraz 6P) dla szybkości zmian tych zakłóceń o wartości 100 %/s w odniesieniu do wartości początkowej. Do wyznaczania wartości impedancji uziemienia wykorzystywane były różne realizacje metody: m.3..5 (usuwająca całkowicie do 5-tej harmonicznej), m.3..7, m.3..13 oraz m.3..19 (eliminująca do 19-tej harmonicznej). Analizując przedstawione wyniki można stwierdzić, iż realizacja metody usuwająca do 7-ej harmonicznej daje wyraźnie lepsze rezultaty niż przy usuwaniu 3 i 5-tej harmonicznej. Eliminacja do 13-tej harmonicznej pozwala

na dalszą poprawę dokładności pomiaru choć już nie tak znaczącą jak w poprzednim przypadku. Zastosowanie realizacji metody podharmonicznej usuwających całkowicie wyższe niż 13-ta harmoniczne wydaje się natomiast niecelowe gdyż poprawa dokładności pomiaru impedancji uziemienia jest znikoma.

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE

Wyznaczanie parametrów uziemień z wykorzystaniem metody podharmonicznej charakteryzuje się niewielką wrażliwością na dynamiczne zmiany wartości sygnałów zakłócających. Dobrą dokładność pomiarów można uzyskać w prostych realizacjach metody wymagających pobierania bardzo ograniczonej liczby próbek z przebiegu badanego. Generacja prądu pomiarowego wykorzystywanego w tej metodzie również nie nastęrcza wielu problemów ponieważ może on być silnie odkształcony pod warunkiem, że jego harmoniczna podstawowa ma częstotliwość 25 Hz. Prezentowana w referacie aplikacja stanowi wygodne narzędzie do oceny wrażliwości metody podharmonicznej na zakłócenia i może być wykorzystywana do doboru konkretnej realizacji metody dla dokonywania pomiarów z założoną dokładnością.

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. 81-1983 IEEE Std.: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System.
2. Saramiento H., Valazkuez R., Fortin J., Mukhedkar D.: Survey of Loud Ground Elektrode Impedance Measurements, IEEE Transactions on PAS, Vol. PAS-102, No. 9, Sept. 1983.
3. Ziółko M., Swędrowski L.: Wpływ odkształceń napięcia źródła na dokładność pomiaru impedancji uziemień urządzeń elektroenergetycznych. Materiały XXXVI Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów MKM'04, Ustroń 21-23.06.2004.
4. Wojtas S.: Lightning impulse efficiency of horizontal earthings, Przegląd Elektrotechniczny, nr 10b, 2012, s. 332-334.
5. Wołoszyk M.: Filtering of interference signals of grounding resistance measurement with subharmonic method. Metrology and Measurements Systems, nr 4/2002.
6. Sawicki J.: Modification of Particular Sampling Method, XIII IMEKO Wrlld Congress, Torino (Italy), 1994.
7. Wołoszyk M., Sawicki J.: Wyznaczanie wektora wybranej harmonicznej nieparzystej przebiegu odkształconego metodą szczególnego próbkowania, IX Międzynarodowe Seminarium Metrologów „Metody i Technika Przetwarzania Sygnałów w Pomiarach Fizycznych” MSM'01, Rzeszów, 23-25.10.2001; w: Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Elektrotechnika, zes. 22, Rzeszów 2002.
8. Wołoszyk M.: Dobór odmiany metody podharmonicznej do filtracji zakłóceń w pomiarach rezystancji uziemienia, Pomiary Automatyka Kontrola, Vol. 53, nr 4, 2007.
9. Wołoszyk M.: Błędy dynamiczne wyznaczania impedancji uziemienia metodą podharmoniczną, Przegląd Elektrotechniczny., nr 10b, 2012, s. 32-34.

## IMPLEMENTATION OF APPLICATION IN THE LabVIEW ENVIRONMENT FOR RESEARCH THE IMPACT OF DYNAMIC INTERFERENCES VOLTAGE CHANGES ON THE ACCURACY OF A SUBHARMONIC METHOD

Level of interferences caused by the occurrence of ground stray currents, among which currents of power frequency are of prevailing importance, is an important factor affecting the accuracy of resistance or impedance measurement. High accuracy of the measurement of grounding parameters in the context of interferences of 50Hz is achievable with the use of a subharmonic method. Simple to apply as it is, the method based on using 25Hz as a measuring signal effectively eliminates impacts of power frequency interfering signals and DC signals. What may pose a problem are dynamic fluctuations of the amplitude of interfering signals which need to be taken into account particularly in highly industrialized areas. The fluctuations may be induced primarily by the ignition of electrical devices, including DC driving engines and devices powered by a 6-pulse rectifier.

The article revolves around an application created in the LabVIEW environment and intended for examining the sensitivity of a subharmonic method to interfering signals, including those of a dynamic nature as well. The presented application appears to be a convenient tool which allows to choose the proper type of a method to execute measurements of the required accuracy when various interferences are present.

**Keywords:** earthing resistance, dynamic disturbances, subharmonic method.