

*XVIII Seminarium*

**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2008**

Oddział Gdański PTETiS

Referat nr 5

## **STANOWISKO DO DIAGNOSTYKI ZABEZPIECZEŃ RÓŻNICOWOPRĄDOWYCH**

**Stanisław CZAPP<sup>1</sup>, Dariusz ŚWISULSKI<sup>2</sup>**

1. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk  
tel.: (58) 347 13 98 fax: (58) 347 18 98 e-mail: s.czapp@ely.pg.gda.pl
2. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk  
tel.: (58) 347 13 97 fax: (58) 347 18 02 e-mail: dswis@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** W obwodach z urządzeniami elektronicznymi, a w szczególności przekształtnikami, należy się liczyć z odkształconymi prądami ziemnozwarciowymi. Może też występować znaczny przejściowy i/lub ustalony prąd upływowy. Ma to istotne znaczenie dla skuteczności ochrony przeciwporażeniowej i niezawodności zasilania, jeżeli zastosowano zabezpieczenia różnicowoprądowe. W skrajnych przypadkach zabezpieczenia te mogą w ogóle nie reagować na silnie odkształcony prąd różnicowy, natomiast mogą zbędnie wyzwać, przy braku zagrożenia porażeniowego, jeżeli załączeniu urządzenia towarzyszy znaczny przejściowy prąd upływowy. W pracy przedstawiono stanowisko laboratoryjne, które umożliwia badanie zabezpieczeń różnicowoprądowych przy wybranych prądach różnicowych przewidzianych przez normy przedmiotowe oraz dodatkowo przy różnych przebiegach prądów spotykanych w praktyce, a nie przewidzianych przez normy przedmiotowe. Stanowisko umożliwia generowanie ustalonych prądów różnicowych oraz różnego typu prądów przejściowych. Zasadniczym elementem stanowiska jest generator, którego programowanie wykonuje się za pomocą dedykowanych aplikacji, a także środowiska LabVIEW. W pracy zaprezentowano również wyniki przykładowych badań.

**Słowa kluczowe:** prądy różnicowe, prądy upływowe, zabezpieczenia różnicowoprądowe

### **1. INFORMACJE OGÓLNE**

Nowoczesne odbiorniki energii elektrycznej są wyposażone w szereg elementów elektronicznych i energoelektronicznych. Odbiorniki z takimi elementami charakteryzują się tym, że prąd przy zwarciu doziemnym może być odkształcony [1, 2]. Przyczyniają się też do powstawania przejściowych prądów upływowych o krótkim czasie trwania, ale bardzo dużej wartości szczytowej. Prądy upływowe o znacznych wartościach mogą też płynąć w stanie ustalonym.

Dla zapewnienia skutecznej ochrony przeciwporażeniowej, w wielu typach obwodów odbiorczych instalacji elektrycznych, wymaga się stosowania zabezpieczeń różnicowoprądowych. Urządzenia te są zdolne wykrywać niewielkie prądy doziemne o wartościach nawet kilku miliamperów. Prawidłowe działanie zabezpieczeń różnicowoprądowych jest możliwe wtedy, kiedy prąd różnicowy będzie zbliżony kształtem do prądu

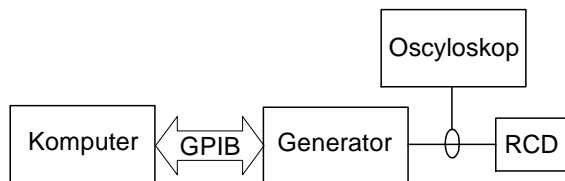
określonego w normach przedmiotowych. W obwodach z urządzeniami elektronicznymi lub energoelektronicznymi prąd ten może znacząco różnić się kształtem od prądu wymuszanego podczas znormalizowanych prób. Producenci zabezpieczeń różnicowoprądowych nie dostarczają ich charakterystyk działania przy prądach różnicowych w szerokim zakresie częstotliwości oraz przy prądach z zawartością wyższych harmonicznych. Jak wynika z badań, zabezpieczenia różnicowoprądowe mogą nie działać poprawnie przy wyższej częstotliwości prądu różnicowego lub odkształconym prądzie różnicowym. Istnieje więc konieczność przeprowadzenia szerszych badań tych zabezpieczeń, jeżeli mają być zastosowane w obwodach o zmiennej częstotliwości prądu różnicowego lub odkształconym prądzie różnicowym. Również znajomość odporności na przejściowy prąd upływowy jest bardzo pomocna przy doborze zabezpieczeń różnicowoprądowych do obwodów z urządzeniami elektronicznymi i energoelektronicznymi. Dzięki dodatkowym informacjom uzyskanym z badań można zastosować zabezpieczenie, które nie będzie zbędnie wyzwać.

W celu umożliwienia przeprowadzenia rozszerzonych badań zabezpieczeń różnicowoprądowych, które są pomocne przy doborze odpowiedniego zabezpieczenia do obwodów o różnej częstotliwości prądu różnicowego, odkształconych prądach różnicowych oraz przejściowych prądach upływowych zbudowano specjalistyczne stanowisko laboratoryjne.

### **2. OPIS STANOWISKA**

W założeniach stanowisko laboratoryjne ma umożliwiać wymuszanie prądów ustalonych sinusoidalnie zmiennych lub ustalonych z zawartością wyższych harmonicznych oraz prądów przejściowych. Prądy ustalone mogą zawierać wyższe harmoniczne od rzędu 2. do 50. o zmiennym udziale i argumentie. W przypadku prądów przejściowych można regulować amplitudę, częstotliwość i szybkość zanikania oscylacji. Do tego celu wykorzystano programowalny zasilacz sterowany komputerem wraz interfejsami. Wymuszanie przebiegów o różnych kształtach wymagało zastosowania specjalistycznego oprogramowania.

Wykorzystano dedykowane oprogramowanie do generowania prądów ustalonych oraz wykonano aplikację w środowisku LabVIEW, która umożliwia generowanie prądów przejściowych. Na rysunku 1 przedstawiono schemat stanowiska z wyszczególnieniem najważniejszych jego elementów.



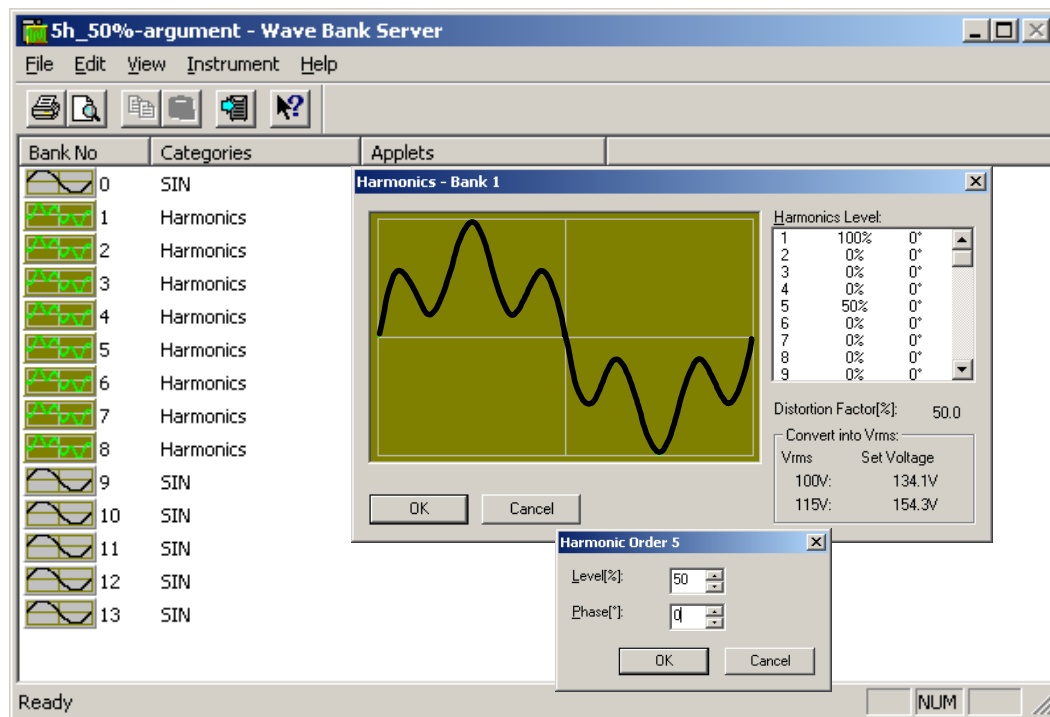
Rys. 1. Schemat stanowiska laboratoryjnego. RCD – badane zabezpieczenie różnicowoprądowe

Widok okna programu do generowania ustalonego prądu odkształconego „Wave Bank Server” jest przedstawiony na rysunku 2. Pamięć generatora pozwala na jednoczesne zaprogramowanie 14 przebiegów. Jest to

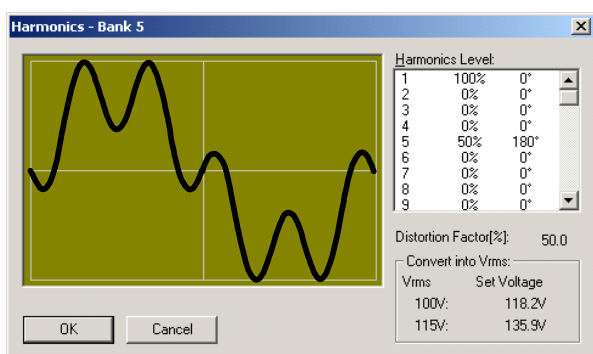
uwidocznione w dużym oknie programu pod nazwą „Bank No”. W przedstawianym przypadku zaprogramowano 8 przebiegów, które zajmują komórki pamięci od „Bank No1” do „Bank No8”. W każdej komórce zdefiniowano przebieg odkształcony składający się z harmonicznej podstawowej z 50 % udziałem 5. harmonicznej, z tym, że przebiegi te różnią się argumentem (od 0° do 315° co 45°). Udział i argument harmonicznej można zadawać po wywołaniu okna „Harmonic Order” (rys. 2). Po zadaniu parametrów harmonicznej (udział 5. harmonicznej 50 %, argument 0°) przebieg jest wyświetlany w oknie „Harmonic – Bank 1” i zostanie umieszczony w odpowiedniej komórce pamięci (tu: „Bank 1”).

Rysunek 2b i 2c przedstawia przykładowe nastawy przebiegu odkształconego. W przypadku rysunku 2b jest to przebieg odkształcony zawierający składową podstawową i 50 % udział 5. harmonicznej, ale o argumentcie 180°. Rysunek 2c przedstawia prąd odkształcony zawierający 50 % udział 23. harmonicznej o argumentcie 0°.

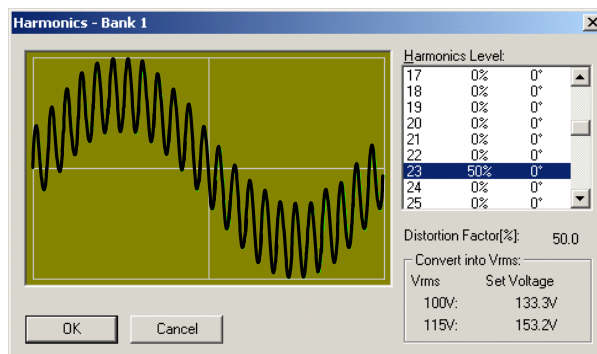
a)



b)



c)



Rys. 2. Okna dialogowe umożliwiające nastawianie udziału i argumentu wyższej harmonicznej (a), przykładowe przebiegi odkształcone zawierające składową podstawową i harmoniczne: b) 5h. – udział 50 %, argument 180°, c) 23 h. – udział 50 %, argument 0°

Kolejnym etapem jest transmisja z komputera do pamięci generatora zadanych przebiegów odkształconych.

Po przesłaniu danych do generatora w oknie „Sequence Builder” (rys. 3) wywołuje się procedurę „Run” i po jej

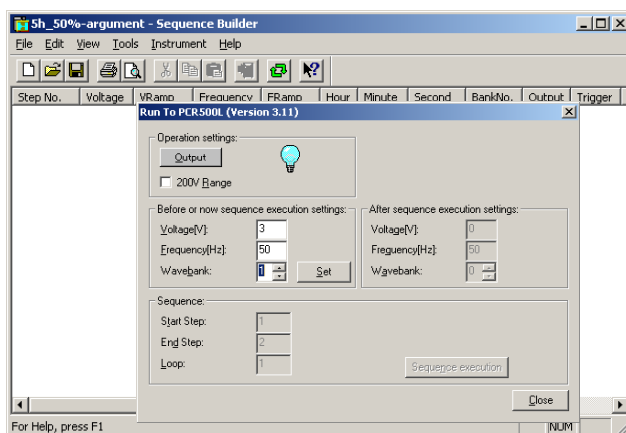
wywołaniu pojawia się kolejne okno, w którym można zadać napięcie, częstotliwość harmonicznego podstawowego oraz wybrać numer komórki pamięci z odpowiednim przebiegiem. Przcisnięcie przycisku „Output” spowoduje przepływ prądu w obwodzie pomiarowym. Przebieg tego prądu jest mierzony miernikiem true RMS oraz wyświetlany na ekranie oscyloskopu.

Wzrost wartości skutecznej prądu w obwodzie pomiarowym, aż do zadziałania zabezpieczenia różnicowoprądowego, można regulować dekadą rezystancyjną.

Stanowisko oprócz generowania ustalonych przebiegów odkształconych umożliwia generowanie przebiegów przejściowych. Generator umożliwia tworzenie własnych programów i przesyłanie ich do pamięci. Do generowania przebiegów przejściowych stworzono specjalną aplikację w środowisku LabVIEW [3]. Komunikacja komputera z generatorem odbywa się na tej samej zasadzie, co przy przebiegach ustalonych.

Rysunek 4 przedstawia okno dialogowe aplikacji. Użytkownik ma możliwość zadawania liczby oscylacji „Liczba okresów” w jednostce czasu i szybkości ich zanikania „To/Ton”. Na rysunku 4a zadana liczba okresów to

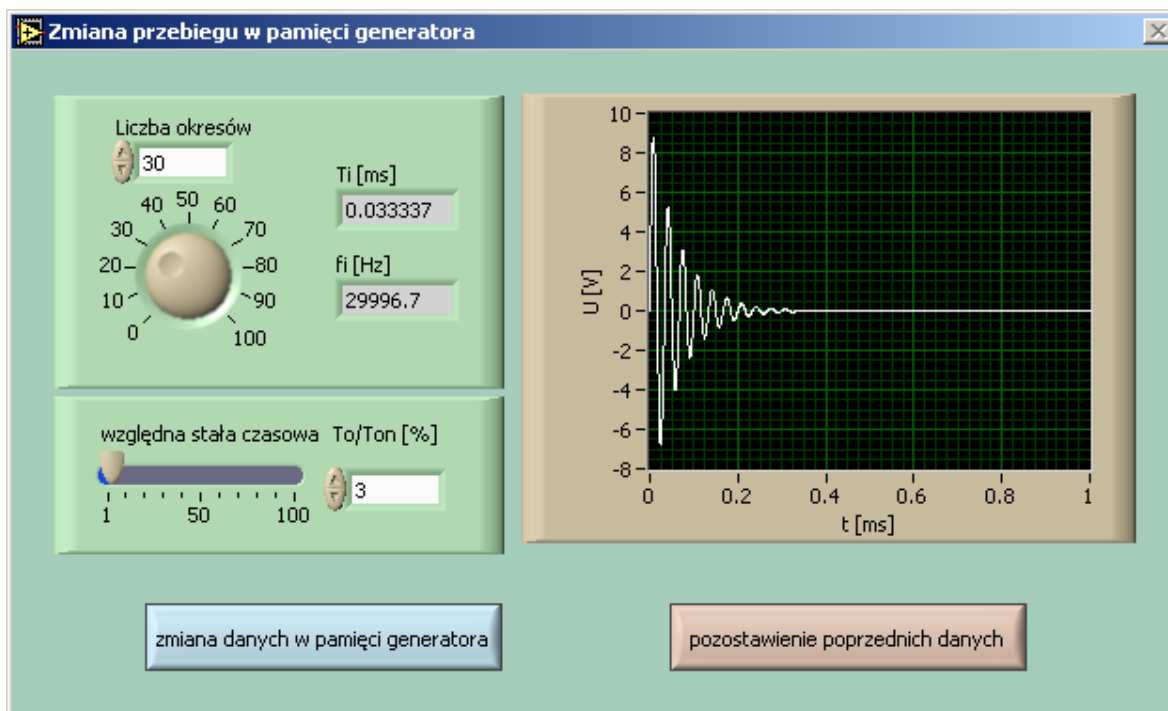
30, natomiast szybkość zanikania oscylacji jest zbliżona do najmniejszej z możliwych (3 %).



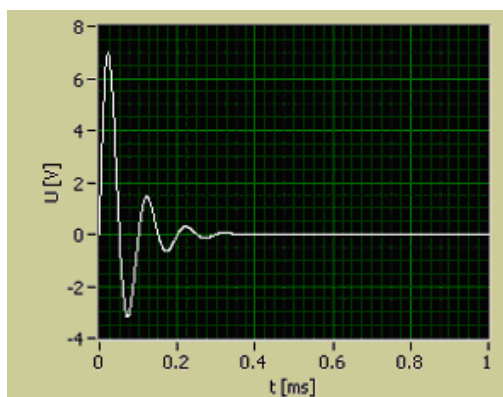
Rys. 3. Okno dialogowe służące do uruchomienia pomiaru

Ustawianiu parametrów towarzyszy wykres przedstawiający podgląd przebiegu o zadanych parametrach. Zmiana parametrów jest na bieżąco odzwierciedlana zmianą kształtu przebiegu na wykresie.

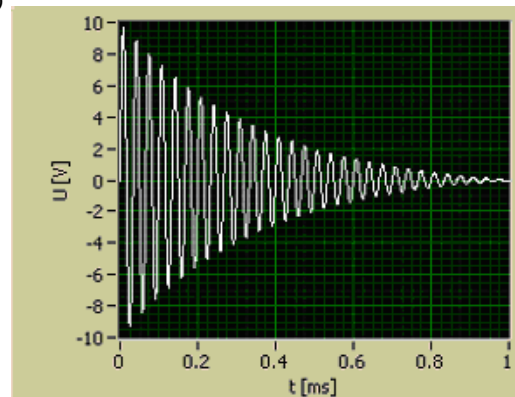
a)



b)



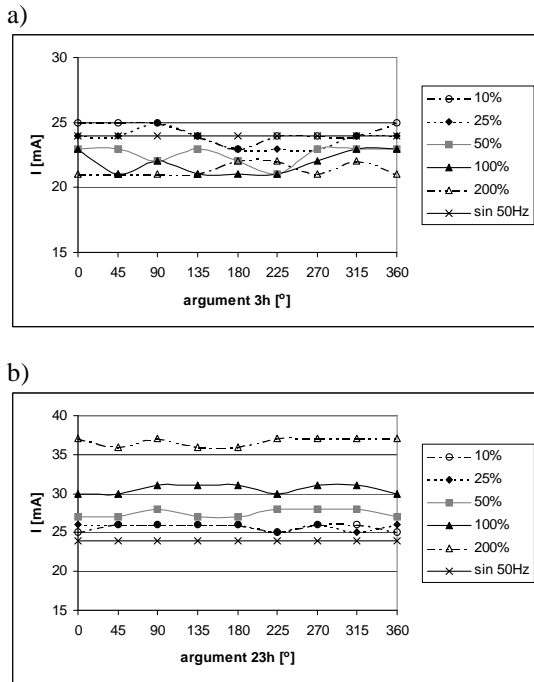
c)



Rys. 4. Okno dialogowe do zadawania parametrów przejściowego prądu upływowego (a) i przykładowe kształty przebiegu (b), (c)

### 3. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ

Na omawianym stanowisku przeprowadzane są badania wszystkich typów zabezpieczeń różnicowoprądowych. Jak wynika z badań, prądy różnicowe o podwyższonej częstotliwości oraz odkształcone mogą sprawić, że charakterystyka działania zabezpieczenia różnicowoprądowego będzie wyraźnie różnić się od tej, która jest określona dla warunków przewidzianych w normach przedmiotowych [4].



Rys. 5. Prąd zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego 30 mA typu A, bezzwłocznego, przeznaczonego do obwodów o częstotliwości 50÷400 Hz, przy prądzie różnicowym zawierającym harmoniczne: a) 1.+3., b) 1.+23. Udział wyższych harmonicznych 10 %, 25 %, 50 %, 100 %, 200 %

Duża częstotliwość prądu różnicowego lub jego silne odkształcenie wpływa niekorzystnie na czułość zabezpieczenia.

Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe wyniki badań dla wyłącznika różnicowoprądowego 30 mA typu A bezzwłocznego przy prądzie różnicowym odkształconym. Prąd różnicowy zawierający składową podstawową i 3.

harmoniczną może podwyższać lub obniżać czułość zabezpieczenia (rys. 5a) w stosunku do przypadku, kiedy płynie prąd nieodkształcony. Zależy to od argumentu harmoniczej. W żadnym przypadku jednak nie przekracza granic określonych przez normy przedmiotowe do prądu sinusoidalnie zmiennego, które wynoszą  $15 \pm 30$  mA ( $0,5 I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$ ). Zawartość w prądzie różnicowym harmonicznym wysokich rzędów może przyczynić się do znacznego podwyższenia rzeczywistego prądu zadziałania zabezpieczenia. Duży udział harmonicznej wysokiego rzędu sprawia (rys. 5b), że wyłącznik wyzwala przy prądzie różnicowym o wartości skutecznej wyraźnie przekraczającej znamionowy prąd różnicowy zadziałania  $I_{\Delta n} = 30$  mA.

### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Opisane stanowisko laboratoryjne umożliwia badanie zabezpieczeń różnicowoprądowych w szerokim zakresie kształtów przebiegów prądów różnicowych. Dzięki temu można wyznaczyć rzeczywiste charakterystyki działania zabezpieczeń przy odkształconych prądach różnicowych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy.

### 5. BIBLIOGRAFIA

1. PN-EN 50178:2003 Urządzenia elektroniczne do stosowania w instalacjach dużej mocy.
2. PN-EN 61800-5-1:2005 Elektryczne układy napędowe mocy o regulowanej prędkości. Część 5-1: wymagania dotyczące bezpieczeństwa – elektryczne, cieplne, energetyczne.
3. Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabVIEW. Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2005, ISBN 83-87982-56-3.
4. PN-EN 61008-1:2007 Sprzęt elektroinstalacyjny – Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego RCCB – Część 1: Postanowienia ogólne.

## THE LABORATORY STAND FOR TESTING OF RESIDUAL CURRENT DEVICES

**Key-words:** residual currents, leakage currents, residual current devices

In circuits with electronic equipment, especially with frequency converters distorted earth fault current may occur. That circuits are also characterised by transient and/or steady state leakage currents. Harmonics in the earth fault current have a negative effect on tripping of residual current devices. In some cases sensitivity of residual current devices rapidly decreases and protection against electric shock is not effective. Transient and steady state leakage current may cause residual current devices nuisance tripping. In the paper a laboratory stand for residual current devices testing is presented. This stand enables to generate distorted residual currents whose shape are not covered by international standards but may occur in practice. The main element of the stand is a programmed generator. For programming the generator dedicated software is used. Also special application in LabVIEW environment was carried out. In the paper the example results of the laboratory testing of residual current devices are described as well.