

BADANIA EKSPERYMENTALNE LABORATORYJNEGO MODELU MIERNIKA IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIOWEJ

An Experimental Study of the Laboratory Meter for Short-Circuit Loop Impedance Measurement

Stanisław Czapp

Politechnika Gdańska

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych laboratoryjnego modelu miernika impedancji pętli zwarciowej. Miernik ten umożliwia pomiar impedancji pętli zwarciowej w sieci z pracującymi obciążeniami roboczymi z eliminacją wpływu tych obciążeń na wynik pomiaru. Badania przeprowadzono dla parametrów badanego obwodu i miernika, jakie można spotkać w praktyce. Wyniki badań przedstawione w formie wykresów wykazują, że miernik ten charakteryzuje się wystarczającą dokładnością pomiaru w sieci z pracującymi obciążeniami roboczymi.

Summary: This paper describes an experimental study results of the new meter for short-circuit loop impedance measurement. This method enables us to measure short-circuit loop impedance in network with operating loads. In this method the influence of operating loads on measurement result is eliminated. The laboratory test was carried out under laboratory condition with the parameters of the tested circuit and meter encountered in practice. The testing results are presented in form of graphs which shows that the measurement accuracy of the new meter is sufficient in network with operating loads.

Słowa kluczowe: impedancja pętli zwarciowej, metody pomiarowe, błędy pomiaru

Keywords: short-circuit loop impedance, measurement methods, measurement errors

1. WSTĘP

W praktycznych badaniach eksploatacyjnych impedancji pętli zwarciowej do celów ochrony przeciwporażeniowej najbardziej rozpowszechniony jest sposób pomiaru oparty na zasadzie sztucznego zwarcia poprzez rezystancję (impedancję) pomiarową. Impedancję pętli zwarciowej wyznacza się na podstawie spadku napięcia występującego na impedancji obciążenia pomiarowego przy przepływie prądu pomiarowego. Oceniając przydatność metod i przyrządów pomiarowych do danych warunków pomiaru, należy uwzględnić bezpieczeństwo podczas pomiarów, możliwość wykonywania pomiarów bez przerywania pracy urządzeń elektroenergetycznych, możliwość wykrycia słabych połączeń stykowych, wrażliwość na czynniki zakłócające, takie jak wahania, odchylenia napięcia, odkształcenia napięcia i prądu, pracują-

ce w pobliżu miejsca pomiaru odbiorniki, a także łatwość obsługi miernika, czyli jego masę i gabaryt, ale przede wszystkim dokładność pomiaru.

Większość metod klasycznych nie daje zadowalającej dokładności pomiaru, która jest szczególnie istotna, jeżeli na jego podstawie ocenia się skuteczność ochrony przeciwporażeniowej [6, 7]. Artykuł ma na celu przedstawienie nowego miernika impedancji pętli zwarciowej będącego jeszcze w fazie badań laboratoryjnych, za pomocą którego możliwy jest pomiar impedancji pętli zwarciowej z wymaganą dokładnością.

2. KLASYCZNE METODY POMIARU

Klasyczne metody pomiaru impedancji pętli zwarciowej [8–12, 15], które wykorzystują znane powszechnie przyrządy pomiarowe, opierają się na założeniu, że sieć można przedsta-

wić za pomocą uproszczonego schematu zastępczego złożonego z elementów liniowych. Źródłem zasilania jest sinusoidalnie zmienna siła elektromotoryczna E , a impedancja zastępcza elementów badanej pętli zwarciowej określona jest jako Z (rys. 1).

Wielkością mierzoną jest impedancja $Z = R + jX$, której wartość wyznacza się na podstawie pomiaru dwóch wartości napięcia: napięcia $U_0 = E$, przy odłączonym obciążeniu pomiarowym $Z_0 = R_0 + jX_0$ oraz napięcia U_1 przy załączonym obciążeniu pomiarowym Z_0 . Impedancję mierzoną określa ściśle zależność wektorowa:

$$\underline{Z} = Z_0 \frac{E - U_1}{U_1} = Z_0 \left(\frac{E}{U_1} - 1 \right) \quad (1)$$

Ze względu na trudności techniczne w realizacji miernika pozwalającego mierzyć wektory napięć przed załączeniem i po załączeniu obciążenia pomiarowego Z_0 , w praktyce wykorzystuje się zależność przybliżoną, która opiera się na pomiarze modułów tychże napięć:

$$Z_m = Z_0 \frac{E - U_1}{U_1} = Z_0 \left(\frac{E}{U_1} - 1 \right) \quad (2)$$

Podstawowym parametrem charakteryzującym metody pomiarowe jest błąd pomiaru δZ . Na jego wartość największy wpływ ma dokładność pomiaru napięć przed załączeniem i po załączeniu obciążenia pomiarowego. Względna wartość błędu pomiaru wyraża się następująco:

$$\delta Z = \frac{Z_m - Z}{Z} \quad (3)$$

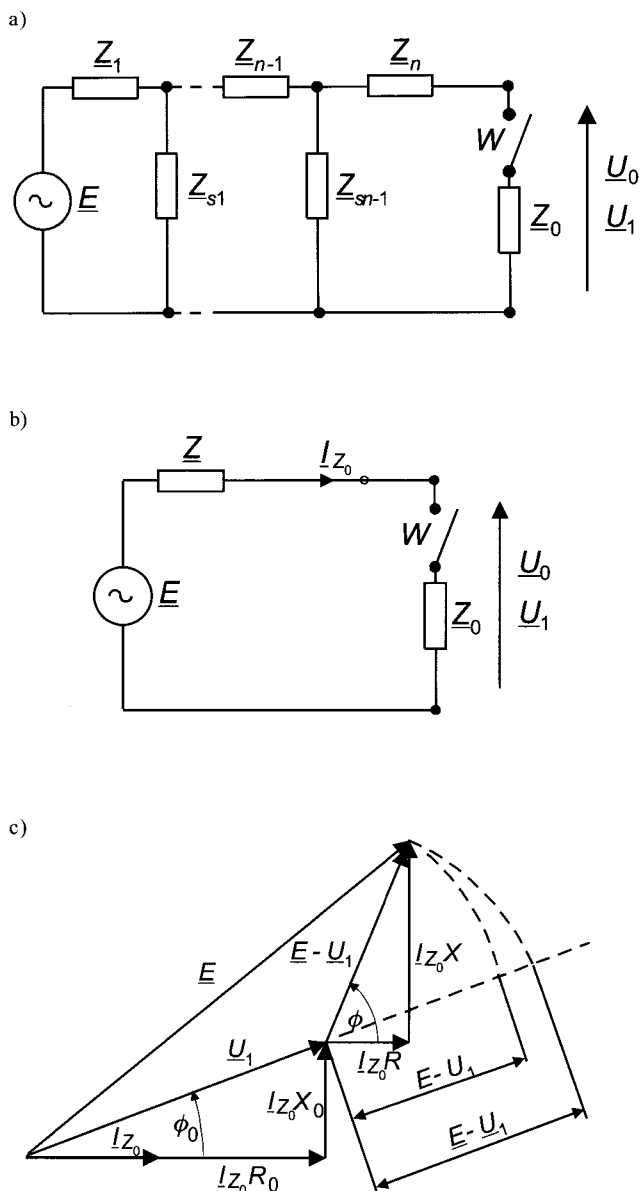
gdzie:

Z – rzeczywista wartość modułu impedancji pętli zwarciowej,
 Z_m – zmierzona wartość impedancji pętli zwarciowej.

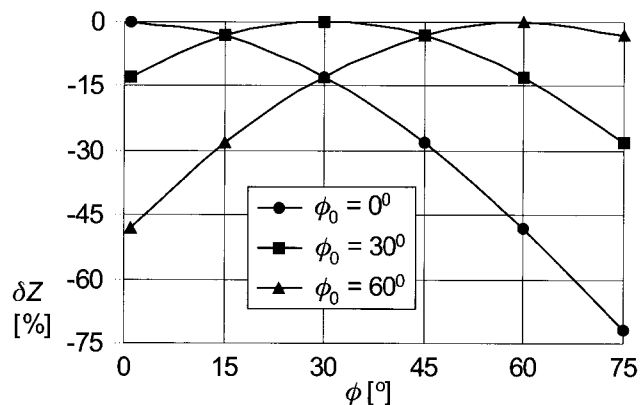
W praktyce występuje szereg czynników zakłócających, które wpływają bezpośrednio na dokładność pomiaru impedancji pętli zwarciowej. Wprawdzie wymagana dokładność pomiaru, np. wg przepisów [5], nie jest wielka, bo dopuszczalny błąd wynosi 30%, to jednak należy pamiętać, że w pewnych sytuacjach błąd może być kilkakrotnie większy. Występujące błędy są spowodowane w dużej mierze niedoskonałością samej metody pomiarowej, ale przede wszystkim czynnikami zewnętrznymi, takimi jak: odchylenia oraz wahania napięcia, stany przejściowe wywołane załączeniem i wyłączeniem obciążenia pomiarowego, odkształcenie krzywej napięcia wywołane pracą odbiorników nieliniowych, niezgodność argumentu badanej impedancji oraz argumentu obciążenia pomiarowego, obciążenia robocze sieci występujące w pobliżu miejsca pomiaru, zależność wyniku pomiaru impedancji pętli od wartości prądu pomiarowego oraz impedancji przewodów łączących miernik z obiektem badanym [1, 2].

Na rysunku 2 przedstawiono błędy pomiaru impedancji pętli zwarciowej spowodowane różnicą argumentu badanej impedancji pętli zwarciowej i obciążenia pomiarowego.

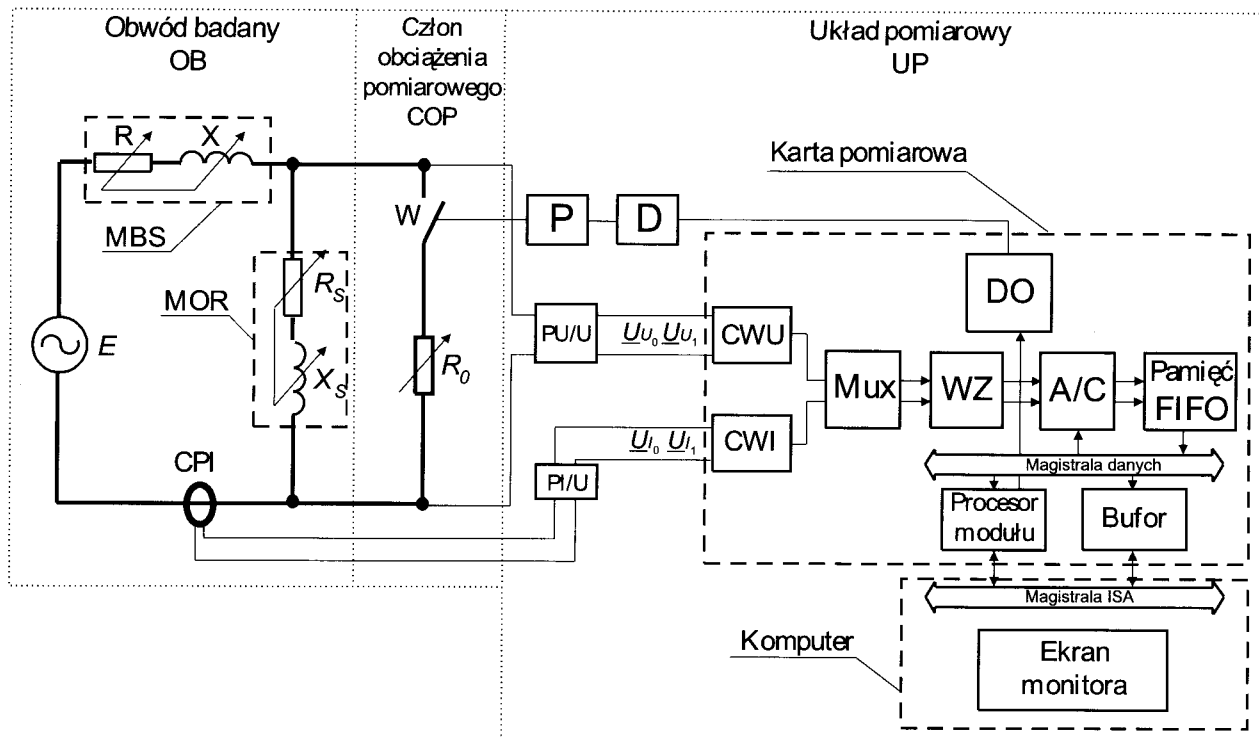
Z wykresu widać, że błąd pomiaru może przekraczać wartość 70%, jeżeli stosowany jest miernik z rezystancyjnym ob-



Rys. 1. Zasada pomiaru impedancji pętli zwarciowej: a) rzeczywisty schemat zastępczy obwodu badanego, b) uproszczony schemat obwodu badanego, c) wykres wskazowy



Rys. 2. Błędy pomiaru $\delta Z = f(\phi)$, przy sinusoidalnej krzywej napięcia dla $Z = 1 \Omega$, $Z_0 = 20 \Omega$ oraz dla $\phi_0 = 0^\circ$, $\phi_0 = 30^\circ$, $\phi_0 = 60^\circ$



Rys. 3. Schemat strukturalny fizycznego modelu miernika impedancji pętli zwarciowej

ciążeniem pomiarowym i jeżeli pomiar jest wykonywany w pobliżu stacji transformatorowej (znaczna różnica argumentów badanej impedancji pętli ϕ oraz obciążenia pomiarowego ϕ_0), natomiast przy równości argumentów ($\phi = \phi_0$) błąd pomiaru przyjmuje wartość zero.

3. MODEL MIERNIKA WYKORZYSTUJĄCY METODĘ WEKTOROWĄ

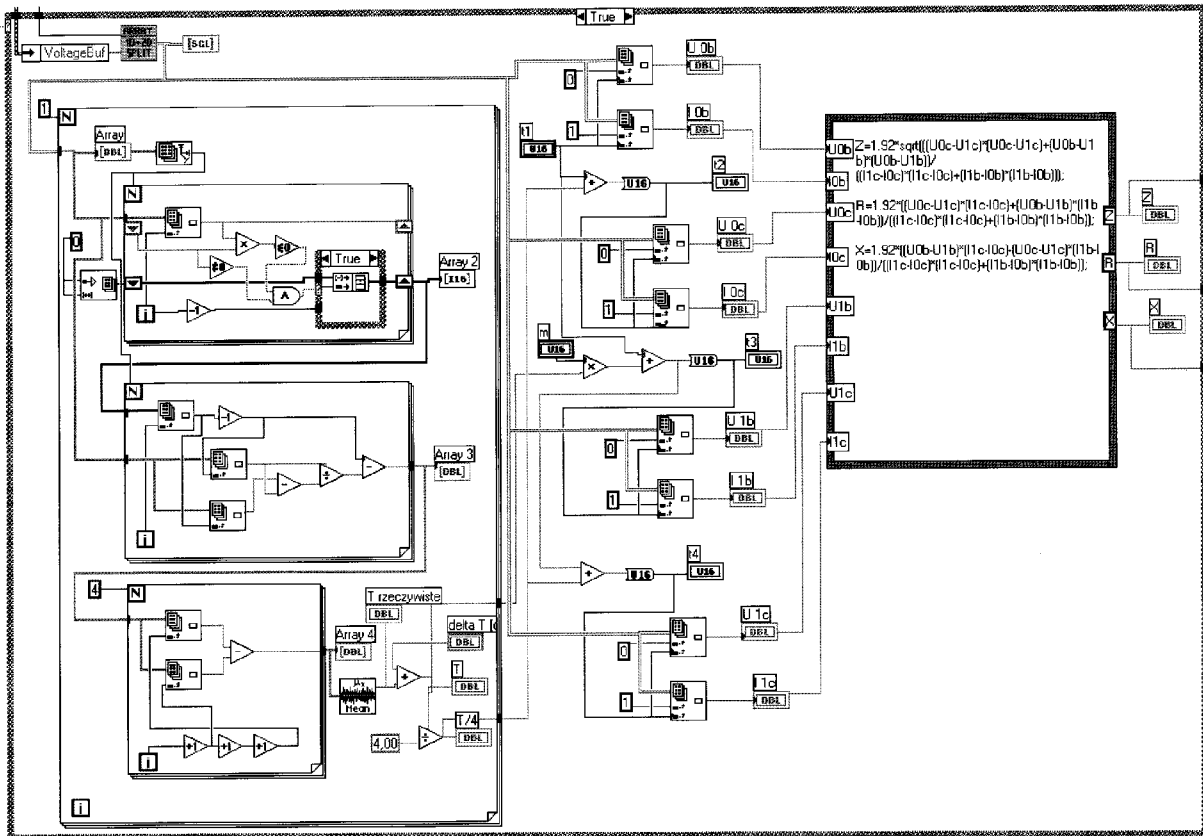
Pomiar impedancji pętli zwarciowej miernikiem wektorowym polega na wyznaczeniu wektorów napięć i prądów w miejscu badania przed zamknięciem i po zamknięciu obciążenia pomiarowego Z_0 . Opis zasady pomiaru jest zawarty w [3, 4, 13]. Metoda ta jest szczególnie przydatna, kiedy w pobliżu miejsca pomiaru pracują odbiorniki o znacznej mocy. Schemat strukturalny układu z wektorowym miernikiem przedstawiono na rysunku 3. Do badania praktycznej przydatności nowego miernika zbudowano testowy obwód OB oraz człon obciążenia pomiarowego COP, natomiast układ pomiarowy miernika wykorzystuje jednostkę komputerową wraz z kartą pomiarową i specjalistycznym oprogramowaniem.

W skład badanego obwodu OB zasilanego z transformatora 24 V wchodzi dwa elementy: model badanej sieci MBS zawierający impedancję o stałej wartości modułu równej $Z = 10 \Omega$ i regulowanej wartości argumentu o nastawach $\phi = 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 65^\circ$, a także model obciążenia roboczego sieci MOR, który charakteryzuje się stałą wartością modułu impedancji $Z_s = 100 \Omega$ oraz regulowanym argumentem $\phi_s = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$. W badanym obwodzie OB umieszczono również przetwornik prądu CPI do pomiaru prądu przed zamknięciem i po zamknięciu łącznika W.

Człon obciążenia pomiarowego COP zawiera rezystor o nastawialnej rezystancji R_0 w przedziale od 1 do 200 Ω , a także łącznik W służący do załączania obciążenia pomiarowego. W metodzie wektorowej na wynik pomiaru nie wpływa charakter obciążenia pomiarowego, dlatego stosowane w mierniku obciążenie rezystancyjne R_0 ma ważną zaletę, jest bowiem łatwe do wykonania i wpływa korzystnie na koszt i masę przyrządu.

Do członu wejściowego napięciowego CWU doprowadzane są, przetworzone w przetworniku napięcie-napięcie PU/U, sygnały napięciowe. Są to napięcia U_{U0} oraz U_{U1} odpowiadające wektorom mierzonych napięć U_0 oraz U_1 odpowiednio przed zamknięciem i po zamknięciu łącznika W. Do członu wejściowego prądowego CWI doprowadzane są, przetworzone w przetworniku prąd-napięcie PI/U, sygnały napięciowe U_{I0} oraz U_{I1} odwzorowujące płynące podczas pomiaru prądy I_0 oraz I_1 odpowiednio przed i po zamknięciu łącznika W. Człony CWU oraz CWI znajdują się na karcie pomiarowej, w którą wyposażony jest komputer. Z członów tych sygnały doprowadzane są do multiplexera Mux, a stamtąd do wzmacniacza WZ. Odpowiednio przygotowane sygnały wejściowe przesyłane są do przetwornika analogowo-cyfrowego AC i dalej do jednostki pamięci FIFO. Do sterowania łącznikiem W jest wykorzystywane wyjście cyfrowe DO karty, wysyłające sygnały poprzez układ opóźniający D oraz wykonawczy człon przełączający P. Za pomocą znajdującego się na karcie pomiarowej procesora modułu oraz bufora realizowana jest komunikacja układu z komputerem.

Do badań testowych wykonano sieć zasilaną napięciem 24 V. Po odpowiednim dopasowaniu przetworników pomiarowych, układ nowego miernika może być wykorzystywany w sieciach 220/380 V.



Rys. 4. Fragment oprogramowania fizycznego modelu nowego miernika

W środowisku LabVIEW opracowano program, zawierający algorytm pomiarowy fizycznego modelu impedancji pętli zwarciowej [14, 16]. Środowisko LabVIEW służy do przygotowywania oprogramowania systemów pomiarowych i w odróżnieniu od klasycznych języków programowania wykorzystuje język graficzny. Procesy pomiarowe ilustruje diagram, na którym poszczególne operacje, przedstawione w postaci symboli, łączone są zgodnie z kierunkiem przepływu sygnałów. Fragment programu przedstawiono na rysunku 4.

4. WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH FIZYCZNEGO MODELU MIERNIKA IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIOWEJ

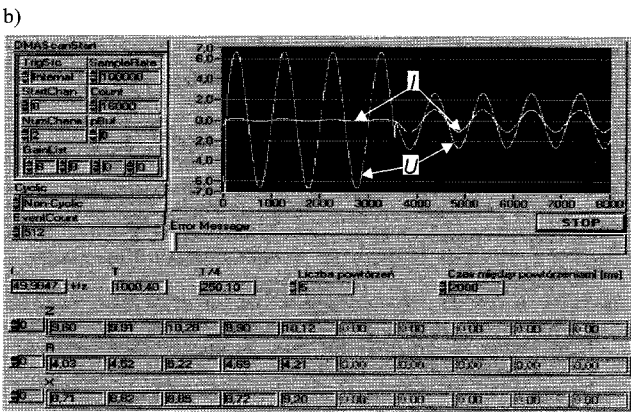
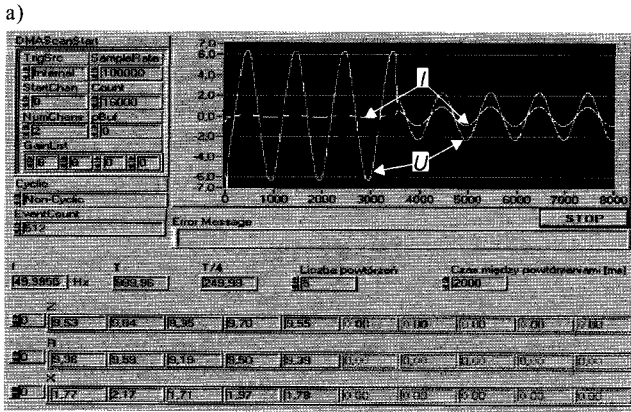
W celu oceny własności metrologicznych opracowanego fizycznego modelu wektorowego miernika impedancji pętli zwarciowej przeprowadzono liczne badania eksperymentalne. Ponieważ parametry układu badanego mogą się zmieniać w szerokich granicach, na potrzeby dalszej analizy przyjęte zostały wartości, które charakteryzują praktyczne warunki, jakie można spotkać podczas badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

Uwzględniając wartości prądu pomiarowego wykorzystywane w przyrządach pomiaru impedancji pętli zwarciowej, do badań eksperymentalnych fizycznego modelu miernika przyjęto jako obciążenie pomiarowe rezystancję o wartości $R_0 = 5, 20, 200 \Omega$, co umożliwiła prowadzenie badań w szerokim zakresie prądów pomiarowych.

Wyniki obliczeń impedancji pętli zwarciowej Z oraz jej składowych — rezystancji R oraz reaktancji X , podane są w postaci protokołów, na płycie czołowej miernika (rys. 5). Obli-

czenia wartości mierzonych impedancji pętli przeprowadzono dla całego szeregu parametrów charakteryzujących obwód badany oraz model wektorowego miernika. W fizycznym modelu miernika zastosowano sposób zwiększenia dokładności pomiaru impedancji poprzez wielokrotne wykonanie powtórzeń cyklu pomiarów chwilowych wartości napięcia i prądu przed załączeniem i po załączeniu obciążenia pomiarowego. Następnie obliczono średnie wartości mierzonej impedancji Z_{sr} oraz jej składowych rezystancji R_{sr} oraz reaktancji X_{sr} dla przyjętej liczby cykli pomiarowych. Liczba powtórzeń oraz czas między powtórzeniami można uwzględnić w programie obsługi miernika, np. dla panelu miernika przedstawionego na rysunku 5 pomiar powtarzany jest 5 razy, a czas między powtórzeniami wynosi 2000 ms. Na płycie czołowej miernika pokazane są również przebiegi napięć i prądów w miejscu badania przed załączeniem i po załączeniu obciążenia pomiarowego.

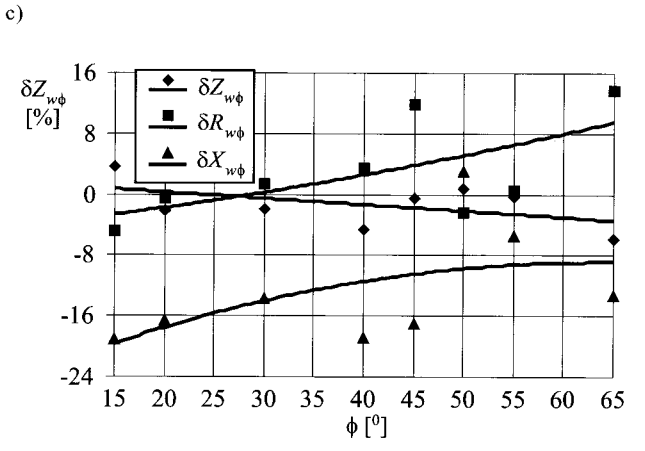
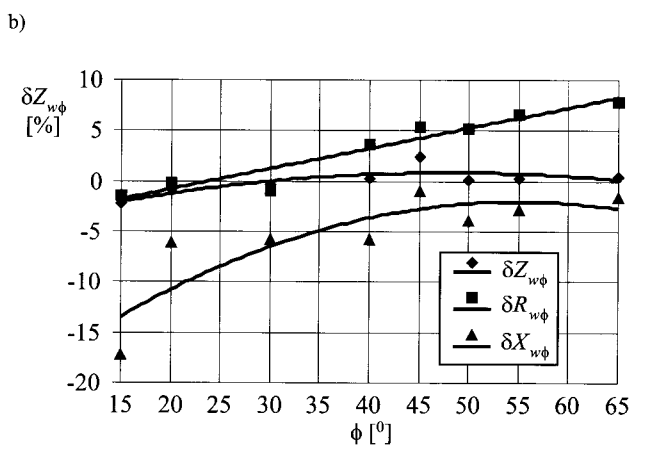
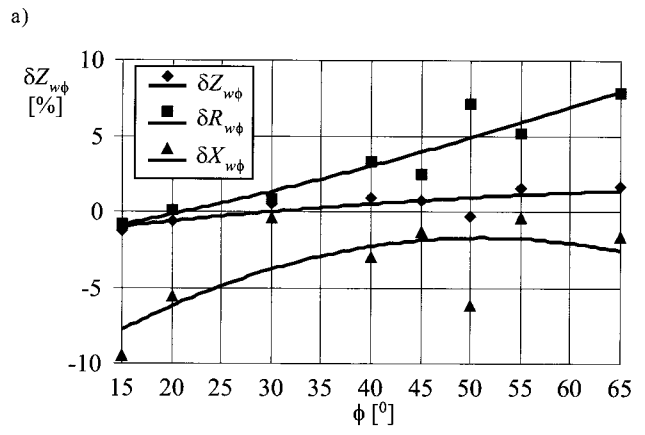
Przykładowe błędy pomiaru przedstawione zostały na rysunkach 6 i 7 w postaci wykresów ilustrujących wpływ parametrów obwodu badanego na błąd pomiaru. Na rysunku 6 pokazane są błędy pomiaru impedancji $\delta Z_{w\phi}$, rezystancji $\delta R_{w\phi}$ oraz reaktancji $\delta X_{w\phi}$ pętli zwarciowej w funkcji argumentu impedancji pętli ϕ . Stosowany jest tu układ miernika wykorzystujący różne wartości rezystancyjnego obciążenia pomiarowego: a) $R_0 = 5 \Omega$, b) $R_0 = 20 \Omega$, c) $R_0 = 200 \Omega$. Rozkład błędów pomiaru impedancji zawiera się w zakresie $-5,9\%$ do $+3,6\%$. Takie wartości błędów występują przy zastosowaniu małego prądu pomiarowego ($R_0 = 200 \Omega$, rys. 6c). W pozostałych przypadkach wartości błędu impedancji zawierają się w granicach $-2,3\%$ do $+1,7\%$. Wyniki pomiarów wskazują, iż błędy wyznaczenia rezystancji $\delta R_{w\phi}$ i reaktancji $\delta X_{w\phi}$ przyjmują wartości odpowiednio od $-4,9\%$ do $+13,8\%$ oraz od



Rys. 5. Widok panelu czołowego wyświetlacza fizycznego miernika impedancji pętli zwarciowej dla $R_0 = 5 \Omega$: a) $\phi = 15^\circ$, $\phi_s = 0^\circ$, b) $\phi = 65^\circ$, $\phi_s = 0^\circ$

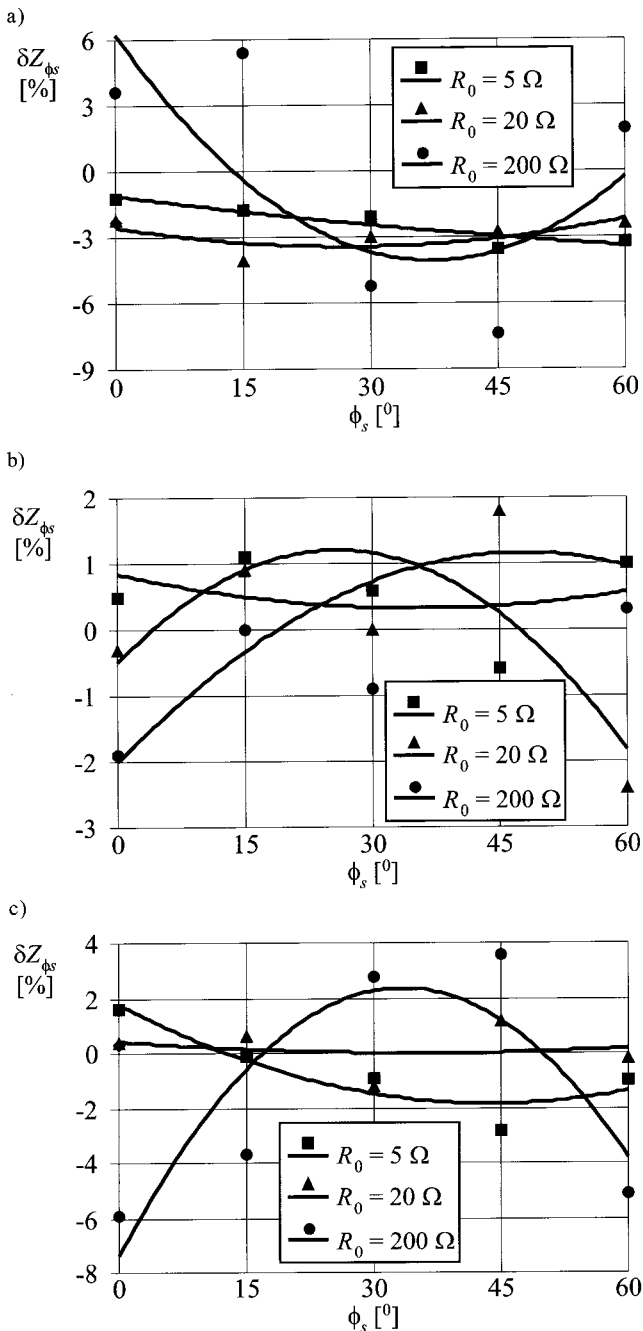
-19,0% do +3,0%. Błąd pomiaru składowych ortogonalnych zależy od argumentu impedancji pętli ϕ , a więc od stosunku X/R w miejscu badania. Błędy pomiaru osiągają największe wartości dla nastawy argumentu impedancji $\phi = 65^\circ$ – przy pomiarach rezystancji R oraz dla argumentu $\phi = 15^\circ$ – przy pomiarach reaktancji X wektorowym miernikiem wykorzystującym małą wartość prądu pomiarowego ($R_0 = 200 \Omega$). Natomiast błąd pomiaru składowych ortogonalnych w zasadzie nie przekracza wartości $\pm 10\%$ dla dużej i średniej wartości prądu pomiarowego, czyli stosując odpowiednio obciążenie pomiarowe $R_0 = 5 \Omega$ oraz $R_0 = 20 \Omega$. Prowadzi to do wniosku, że w przypadkach, kiedy stosunek wybranej składowej ortogonalnej do modułu impedancji pętli jest niewielki — należy ją wyznaczyć z większą dokładnością — należy stosować duży prąd pomiarowy.

Rysunek 7 przedstawia wykresy błędu pomiaru impedancji pętli zwarciowej $\delta Z_{w\phi}$ w funkcji argumentu impedancji obciążenia roboczego, występującego w różnych miejscach badanej sieci — różne wartości argumentu $\phi = 15^\circ$, $\phi = 30^\circ$ oraz $\phi = 65^\circ$. Pokazany jest tu wpływ na pomiar charakteru odbiornika pracującego w różnych punktach sieci, na którego zaciskach przeprowadza się pomiar impedancji miernikiem o różnych wartościach prądu pomiarowego: a) $R_0 = 5 \Omega$, b) $R_0 = 20 \Omega$, c) $R_0 = 200 \Omega$. Jak widać z wykresów, na błąd pomiaru ma nieznaczny wpływ argument obciążenia roboczego. Zarówno przy obciążeniu czysto rezystancyjnym $\phi_s = 0^\circ$, jak i rezystancyjno-reaktancyjnym $\phi_s = 30^\circ$ i 60° , błąd pomiaru impedancji nie jest duży i zawiera się w granicach od -7,9% do +5,4%.



Rys. 6. Błędy pomiaru impedancji $\delta Z_{w\phi} = f(\phi)$ rezystancji $\delta R_{w\phi} = f(\phi)$ i reaktancji $\delta X_{w\phi} = f(\phi)$ pętli zwarciowej w sieci z obciążeniem roboczym dla $Z = 10 \Omega$, $Z_s = 100 \Omega$, $\phi_s = 0^\circ$, a) $\delta Z_{w\phi}$, $\delta R_{w\phi}$, $\delta X_{w\phi}$ dla $R_0 = 5 \Omega$, b) $\delta Z_{w\phi}$, $\delta R_{w\phi}$, $\delta X_{w\phi}$ dla $R_0 = 20 \Omega$, c) $\delta Z_{w\phi}$, $\delta R_{w\phi}$, $\delta X_{w\phi}$ dla $R_0 = 200 \Omega$

Przy zmianach argumentu obciążenia roboczego ϕ_s oraz przy różnych wartościach prądu pomiarowego, zauważa się, iż przy stosowaniu obciążenia pomiarowego o wartości $R_0 = 200 \Omega$ (najmniejszy prąd pomiarowy) występuje największy błąd pomiaru i największy rozrzut wartości błędów. W tym przypadku mierzone różnice napięć i prądów są niewielkie, i na dokładność pomiaru impedancji wywierają wpływ elementy układu miernika służące do wyznaczania składowych ortogonalnych wektorów napięcia i prądu.



Rys. 7. Błędy pomiaru impedancji pętli zwarciowej $\delta Z_{\phi_s} = f(\phi_s)$ w sieci z obciążeniem roboczym dla $Z = 10 \Omega$, $Z_s = 100 \Omega$, a) δZ_{ϕ_s} , dla $\phi = 15^\circ$ oraz $R_0 = 5, 20, 200 \Omega$, b) δZ_{ϕ_s} , dla $\phi = 30^\circ$ oraz $R_0 = 5, 20, 200 \Omega$, c) δZ_{ϕ_s} , dla $\phi = 65^\circ$ oraz $R_0 = 5, 20, 200 \Omega$

5. WNIOSKI

Klasyczne metody pomiaru impedancji pętli zwarciowej mogą odznaczać się w pewnych warunkach nadmiernie dużym błędem pomiaru. Szczególnie groźne są błędy ujemne. W badaniach stanu ochrony przeciwporażeniowej w sieciach, w których jako środek dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej zastosowano samoczynne wyłączenie zasilania, błędy ujemne mogą spowodować, że urządzenie o nieskutecznej ochronie może zostać dopuszczone do ruchu i być przyczyną porażenia prądem elektrycznym. Dlatego należy prowadzić prace nad doskonaleniem metod i przyrządów do pomia-

ru impedancji pętli zwarciowej. Przykładem nowego miernika impedancji pętli zwarciowej jest opisany w niniejszym artykule przyrząd wykorzystujący metodę wektorową. Miernik ten umożliwia pomiar impedancji pętli zwarciowej z wymaganą dokładnością. W praktycznych warunkach błąd pomiaru nie przekracza wartości 10%.

LITERATURA

1. Czapp S., Roskosz R., Skiba A.: *Pomiar impedancji pętli zwarciowej w sieci z obciążeniami roboczymi*. Krajowy Kongres Metrologii – Nowe Wyzwania i Wizje Metrologii. Tom II. Politechnika Gdańska. Gdańsk 1998.
2. Czapp S.: *Pomiar impedancji sieci zasilającej w obecności zakłóceń*. Seminarium Katedry Elektrowni i Gospodarki Energetycznej Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Politechnika Gdańska. Gdańsk, styczeń 2000.
3. Czapp S., Roskosz R., Skiba A.: *Vectorial method for measurement of short-circuit loop impedance in network with operating load*. W: Proceedings – volume IV: Topic 4 – Measurement of Electrical Quantities International Measurement Confederation XVI IMEKO World Congress, IMEKO 2000, Vienna, Austria, Sept. 25–28, 2000.
4. Czapp S.: *Metoda wektorowa pomiaru impedancji pętli zwarciowej w obecności zakłóceń*. Rozprawa doktorska. Politechnika Gdańska. Wydział Elektrotechniki i Automatyki. Gdańsk 2002.
5. DIN 57413 Teil 3. *Deutsche Normen Schleifenwiderstands – Messgeräte*.
6. Jabłoński W.: *Zadania, ogólne zasady działania i podstawy wymiarowania ochrony przeciwporażeniowej*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo elektryczne”, Wrocław 1997.
7. Jabłoński W., Danielski L., Osiński S.: *Zasady i wymagania podstawowe dotyczące badań odbiorczych i eksploatacyjnych instalacji elektrycznych niskiego napięcia*. IV Ogólnopolski Kurs Techniczno-Szkoleniowy. EKO-TECH. s.c. Poznań-Kiekrz, czerwiec 2000.
8. Johnsen O., Peguiron N., Schnegg P.: *A new system of measurement of the network impedance*. Proc. 3d IMEKO TC-4 Symposium, Zurich, September, 1989.
9. Masny J.: *Krytyczna ocena metod pomiaru impedancji pętli zwarciowych*. Prace Naukowe Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej, 28, Wrocław 1975.
10. Nawrocki Z.: *Nowa zasada pomiaru rezystancji i reakcji obwodu zwarciowego*. Przegl. Elektrotechn. 1989, 5.
11. Roskosz R., Iwicki M., Sawicki J.: *Sposób bezpośredniego pomiaru impedancji pętli zwarciowej w niskonapięciowych urządzeniach elektroenergetycznych i urządzenie do stosowania tego sposobu*. Nr pat. 75168 z dn. 16.03.1972.
12. Roskosz R.: *Przyrządy typu MR do pomiaru impedancji pętli zwarciowej*. Przegl. Elektrotechn. 1990, 6.
13. Roskosz R., Czapp S., Golijanek-Jędrzejczyk A., Kuczyński S.: *Sposób i układ pomiaru impedancji pętli zwarciowej z eliminacją wpływu obciążeń roboczych sieci na wynik pomiaru*. Zgł. pat. nr ZP-03/02/PG.
14. Świsulski D.: *Laboratorium z systemów pomiarowych*. Politechnika Gdańska. Gdańsk 1998.
15. Tagg G.: *The measurement of earth loop resistance*. IEE Proceed., vol. 104, nr 15, 1957.
16. Wiszniewski A.: *Algorytmy pomiarów cyfrowych w automatyce elektroenergetycznej*. WNT. Warszawa 1990.



Dr inż. Stanisław Czapp

Adiunkt w Katedrze Elektroenergetyki Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Urodzony w Gdańsku w 1972 roku. Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej w 1996 roku. W roku 2002 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie elektrotechniki. Jego działalność naukowa jest związana z urządzeniami oraz instalacjami elektrycznymi, a w szczególności ochroną przed porażeniem prądem elektrycznym.

Adres do korespondencji:

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki,
ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk
tel.: (+58) 347 13 98, faks: 347 18 02, e-mail: sczapp@ely.pg.gda.pl