

Kamil LEWANDOWSKI\*

## ZASADY POPRAWNEGO WYKONYWANIA POMIARÓW TRANSFORMATORÓW ENERGETYCZNYCH PRZY UŻYCIU METODY SFRA

W artykule zaprezentowano podstawowe zasady wykonywania pomiarów transformatorów energetycznych z wykorzystaniem metody SFRA. Przedstawiono sposoby podłączania przewodów pomiarowych, które zostały opisane w [1]. Zaprezentowano praktyczne aspekty pomiarów z uwzględnieniem dobrej praktyki pomiarowej, które pozwalają uzyskać wiarygodne i powtarzalne wyniki pomiarów, nadające się do porównywania z przebiegami wzorcowymi, uzyskanymi np. u producenta transformatora. Przeanalizowano wpływ sprzętu pomiarowego, sposobu podłączenia przewodów pomiarowych oraz innych czynników, które koniecznie należy uwzględnić podczas wykonywania pomiarów. Ponadto, autor przedstawił kilka przykładowych wyników błędnie wykonanych pomiarów, zrealizowanych na rzeczywistych transformatorach energetycznych o mocy 16 MVA oraz 630 kVA.

SŁOWA KLUCZOWE: SFRA, transformator energetyczny, funkcja przenoszenia.

### 1. WSTĘP

Transformatory energetyczne są kluczowymi elementami systemu elektroenergetycznego. Koszt wyprodukowania jednostek o dużej mocy sięga nawet milionów złotych. Ponadto, uszkodzenie transformatora może skutkować poważnymi problemami, obejmującymi pozostałą część systemu elektroenergetycznego. Z tych powodów diagnostyka transformatorów, mająca na celu wykrycie defektu przed wystąpieniem nieodwracalnej w skutkach awarii, jest niezwykle ważna.

Jednym ze sposobów diagnostyki transformatorów jest metoda SFRA (ang. *Sweep Frequency Response Analysis*), która polega na pomiarze odpowiedzi częstotliwościowej transformatora na zdefiniowane przez użytkownika wymuszenie.

Transformator można traktować jako skomplikowany układ, składający się z pewnej liczby (zależnej od stopnia złożoności modelu) indukcyjności  $L$ , pojemności  $C$  oraz rezystancji  $R$ . Na wejście takiego układu można podać napięcie

---

\* Politechnika Poznańska

przemienne o znanej częstotliwości i amplitudzie, a następnie dokonać pomiaru wartości napięcia na jego wyjściu. Logarytm ze stosunku obu wartości napięcia nazywany jest funkcją przenoszenia  $TF$  (ang. *Transfer Function*) [2]:

$$FRA = 20 \cdot \log\left(\frac{U_2}{U_1}\right), \quad (1)$$

gdzie:  $FRA$  – amplituda funkcji przenoszenia [dB],  $U_1$  – napięcie na wejściu układu [V],  $U_2$  – napięcie na wyjściu układu [V].

Wartość amplitudy wyznaczona wzorem (1) jest zależna od impedancji badanego układu. Zmiana częstotliwości powoduje zmianę reaktancji układu, wpływając na kształt odpowiedzi częstotliwościowej.

Pomiary powtarza się dla kolejnych wartości częstotliwości. Zgodnie z normą [1] najmniejsza wartość częstotliwości wymuszenia nie powinna być większa niż 20 Hz, natomiast wartość maksymalna nie powinna być mniejsza niż 20 MHz.

Analiza wyników pomiarów polega na porównaniu uzyskanej odpowiedzi w dziedzinie częstotliwości z odpowiedzią:

- wzorcową, uzyskaną dla tego samego transformatora w fabryce,
- z poprzedniego pomiaru,
- z innej – zazwyczaj skrajnej fazy,
- transformatora bliźniaczego.

Interpretacja wyników pomiarów przy użyciu metody SFRA jest trudna i wymaga sporego doświadczenia. W idealnym przypadku, gdy pomiary zostały wykonane prawidłowo, a transformator jest sprawny, otrzymane odpowiedzi częstotliwościowe powinny się pokrywać. Różnice w przebiegach częstotliwościowych nie zawsze są związane z występowaniem defektu, a mogą być skutkiem np. odmiennej metodyki pomiarowej czy innych warunków pomiarowych.

Pomiar odpowiedzi częstotliwościowej transformatorów można wykonać w różnych konfiguracjach pomiarowych, różniących się sposobem podłączenia przewodów pomiarowych. Wyróżnia się następujące konfiguracje pomiarowe [2]:

- pomiar odpowiedzi wybranego uzwojenia przy rozwartych zaciskach pozostałych uzwojeń,
- pomiar odpowiedzi wybranego uzwojenia przy zwartych zaciskach pozostałych uzwojeń,
- pomiar międzyuzwojeniowy indukcyjny, pomiędzy początkami uzwojeń strony wtórnej i pierwotnej tych samych faz, gdy końce mierzonych uzwojeń są uziemione,
- pomiar międzyuzwojeniowy pojemnościowy, pomiędzy początkami uzwojeń tych samych faz strony wtórnej i pierwotnej, gdy końce mierzonych uzwojeń są rozwarte.

W polskiej praktyce najczęściej wykonuje się pomiary przy użyciu pierwszych dwóch wymienionych konfiguracji. Wynika to z łatwiejszej interpretacji wyników badań w przypadku pomiarów uzwojenia jednej fazy w układzie otwartym i zwartym.

Metoda SFRA zalicza się do metod bardzo uniwersalnych, pozwalających wykryć szereg różnych defektów transformatora. Do takich defektów zaliczamy [3]:

- deformację uzwojeń (np. wyboczenie),
- przemieszczenie uzwojeń,
- zmianę siły ściskającej uzwojenia,
- wysunięcie uzwojeń,
- zwarcia wewnątrz uzwojeń,
- przerwy w uzwojeniach,
- uszkodzenia rdzenia.

Każdy z wyżej wymienionych defektów wpływa na skomplikowany układ pojemności, indukcyjności i rezystancji (np. między uzwojeniami, uzwojeniem a kadzią itp.), powodując zmianę w odpowiedzi częstotliwościowej transformatora.

Norma PN-EN 60076-18:2015-05 [1] przewiduje wykonywanie pomiarów SFRA trzema metodami, które różnią się od siebie sposobem połączenia przewodów pomiarowych.

Pierwsza metoda polega na połączeniu przewodu pomiarowego bezpośrednio do zacisku izolatora oraz uziemienia ekranu tego przewodu jak najkrótszą drogą do kołnierza izolatora. Taki sposób połączenia gwarantuje powtarzalność wyników pomiarów do częstotliwości około 2 MHz.

Druga metoda jest bardzo podobna do pierwszej, z tą różnicą, że uziemienie ekranu przewodów pomiarowych nie wykonuje się najkrótszą możliwą drogą, ale przewodami o jednakowej długości. Opisany w normie sposób połączenia przewodów pomiarowych może mieć wpływ na wyniki pomiaru amplitudy sygnału już dla częstotliwości od 500 kHz oraz dla częstotliwości rezonansowych powyżej 1 MHz. Doświadczenie pomiarowe autora pokazuje, że przy prawidłowym prowadzeniu przewodów i podłączeniu ekranu do tej samej śruby, wysoka powtarzalność wyników pomiarów zazwyczaj jest zachowana do częstotliwości około 1,5 MHz. Taki sposób prowadzenia przewodów jest powszechnie stosowany w przyrządach pomiarowych firmy Doble.

Trzecia metoda polega na podłączeniu ekranu przewodu pomiarowego bezpośrednio do śruby przy kołnierzu izolatora, a następnie poprowadzeniu nieekranowanego przewodu pomiarowego do sworznia izolatora przepustowego.

Należy zaznaczyć, że wyniki uzyskane za pomocą każdej z opisanych metod mogą różnić się między sobą (szczególnie dla wysokiej częstotliwości). Z tego

powodu wykonując pomiary transformatora, powinno się zastosować metodę wykorzystaną podczas pomiarów fabrycznych.

## 2. WPLYW SPRZĘTU POMIAROWEGO

Na rynku dostępne są przyrządy pomiarowe wielu producentów między innymi firm: Doble, Megger czy Omicron. Wspomniane przyrządy pomiarowe często różnią się między sobą parametrami pomiaru. Przed powstaniem normy [1] producenci sami decydowali jaką impedancję pomiarową stosują, z jakim krokiem częstotliwości będzie dokonywany pomiar itp. Aktualnie, mimo że nadal pozostawiono w pewnych przypadkach dowolność, to znormalizowanie elementów metody pomiaru z punktu widzenia powtarzalności wyników pomiaru stanowi wyraźny postęp.

Zgodnie z [1] dołączana impedancja pomiarowa powinna mieć wartość 50 Ω. Zastosowanie innej impedancji skutkuje zmianami w całym badanym paśmie częstotliwości. Przebiegi zarejestrowane dla dwóch różnych wartości impedancji pomiarowej można porównywać, wykorzystując do tego równanie [2]:

$$\Delta FRA = 20 \cdot \log \left( \frac{Z_{pom1}}{Z_{pom2}} \right), \quad (2)$$

gdzie:  $Z_{pom1}$ ,  $Z_{pom2}$  – impedancje pomiarowe.

Z równania (2) wynika, że wartość impedancji pomiarowej wpływa na zmianę amplitudy odpowiedzi częstotliwościowej transformatora.

Wpływ na wyniki pomiarów ma również wartość zastosowanego napięcia pomiarowego [4]. Niestety, norma nie precyzuje wartości napięcia testu. Z tego powodu nadal panuje w tej kwestii duża dowolność. Większość producentów preferuje napięcia bezpieczne dla obsługi, np. Doble M5400 charakteryzuje się napięciem o wartości międzyszczytowej 20 V.

Innym parametrem mającym wpływ na odpowiedź częstotliwościową transformatora jest długość przewodów pomiarowych. Zmiany mogą być widoczne już od częstotliwości 1 kHz [5].

Podsumowując, ogromny wpływ na zarejestrowany przebieg odpowiedzi częstotliwościowej transformatora ma sprzęt pomiarowy, dlatego wykonując sprawozdanie z pomiarów, należy umieścić w nim informację o modelu oraz producencie stosowanego przyrządu. W przypadku pomiarów dokonanych sprzętem o innych parametrach należy przeliczyć ich wyniki przed porównaniem zarejestrowanego przebiegu z przebiegiem wzorcowym.

### 3. WPLYW PODŁĄCZENIA PRZEWODÓW POMIAROWYCH

Niebagatelny wpływ na powtarzalność wyników pomiarów ma sposób podłączenia przewodów pomiarowych. Szczególnie istotny wpływ mają:

- miejsca podłączenia ekranu przewodów pomiarowych do uziemionej kadzi,
- sposób prowadzenia przewodów pomiarowych,
- rezystancja styku przewodu pomiarowego z zaciskiem izolatora przepustowego,
- miejsce podłączenia przewodu zasilającego i pomiarowego.

Dokonując pomiaru metodą SFRA, powinno się łączyć ekran przewodu pomiarowego z tą samą śrubą, która została użyta podczas serii pomiarowej i do której odniesione są aktualne wyniki pomiarów. Podłączenie ekranu do innej śruby skutkuje zmianami przebiegu odpowiedzi częstotliwościowej, objawiającymi się przede wszystkim w zakresie wysokich częstotliwości (zazwyczaj powyżej 1 MHz).

Różne ułożenie przewodu względem kadzi i izolatorów wpływa na ich wzajemne pojemności. Szczególnie niekorzystnie prezentuje się metoda druga. Przykład odpowiedzi częstotliwościowej zarejestrowanej przy niewłaściwym prowadzeniu przewodów pomiarowych został przedstawiony w rozdziale piątym niniejszego artykułu.

Rezystancja styku zacisku przewodu pomiarowego z zaciskiem izolatora oraz zacisku ekranu przewodu pomiarowego ze śrubą uziemiającą może mieć wpływ na odpowiedź częstotliwościową w całym badanym zakresie częstotliwości. Zmiana rezystancji styku wpływa głównie na amplitudę sygnału, a w skrajnych przypadkach może również powodować przesunięcia rezonansów lub pojawienie się na wykresie dodatkowych szpilek, które zwiększają niepewność pomiarową. W związku z tym podczas pomiarów transformatora należy zawsze dokładnie wyczyścić styki przed podłączeniem zacisków pomiarowych.

Innym istotnym szczegółem, na który należy zwrócić uwagę, jest miejsce podłączenia przewodu zasilającego (w urządzeniach Doble ma on barwę czerwoną) i pomiarowego (barwa czarna). W przypadku każdego pomiaru z wykorzystaniem metody SFRA istnieją dwie możliwości podłączenia przewodów, np:

- podłączenie przewodu zasilającego do zacisku izolatora fazowego (np. fazy L1), a przewodu pomiarowego do zacisku izolatora neutralnego (N),
- podłączenie przewodu zasilającego do zacisku izolatora neutralnego N, a przewodu pomiarowego do zacisku izolatora fazowego (np. fazy L1).

Przykład charakterystyk częstotliwościowych zarejestrowanych przy różnym podłączeniu obu przewodów został przedstawiony w rozdziale piątym.

Większość zmian dokonanych w układzie pomiarowym wpływa na odpowiedź częstotliwościową w zakresie wysokiej częstotliwości. Niektóre

z nich (np. duża rezystancja uziemienia ekranu przewodów pomiarowych) mogą być widoczne w odpowiedzi częstotliwościowej transformatora nawet w całym zakresie mierzonych częstotliwości, co skutecznie uniemożliwia prawidłową interpretację przebiegu.

#### 4. WPLYW INNYCH CZYNNIKÓW

W tym rozdziale zostanie opisany wpływ innych czynników, takich jak: namagnesowanie rdzenia, ustawienie podobciążeniowego przełącznika zaczepów (PPZ) i temperatura.

Wszelkie pomiary przy użyciu prądu stałego (w szczególności pomiar rezystancji uzwojeń transformatora) powodują namagnesowanie rdzenia [6]. Z tego powodu zaleca się wykonywanie pomiaru metodą SFRA jako pierwszego. Innym sposobem na zniwelowanie wpływu magnetyzmu szczątkowego jest demagnetyzacja rdzenia transformatora przed wykonaniem pomiarów metodą SFRA. Namagnesowanie rdzenia objawia się przesunięciem odpowiedzi częstotliwościowej w zakresie niskiej częstotliwości. Takie zmiany w przebiegu podczas interpretacji wyników pomiarów nie powinny być utożsamiane z defektem rdzenia.

Oczywisty wpływ na kształt odpowiedzi częstotliwościowej ma nastawa podobciążeniowego przełącznika zaczepów. Zaleca się wykonanie pomiarów dla pierwszego zaczeptu (udział w pomiarach całego uzwojenia regulacyjnego) oraz dla zaczeptu znamionowego (w pomiarach biorą udział tylko uzwojenia podstawowe). W wielu przypadkach pozwala to na wykrycie, czy uszkodzenie powstało w uzwojeniu regulacyjnym czy w uzwojeniu podstawowym. Wykonując pomiary na zaczeptu znamionowym, powinno się zanotować, z którego zaczeptu dokonano ostatniego przełączenia. Odpowiedź częstotliwościowa, ze względu na różne położenie zmieniacza w przełączniku zaczepów, w obu przypadkach będzie różna.

Dobłą praktyką jest również zanotowanie temperatury oleju podczas pomiarów. Temperatura wpływa na odpowiedź częstotliwościową w całym zakresie częstotliwości. Jej wpływ jest jednak znaczący dopiero przy różnicy kilkudziesięciu stopni Celsjusza między porównywanymi przebiegami.

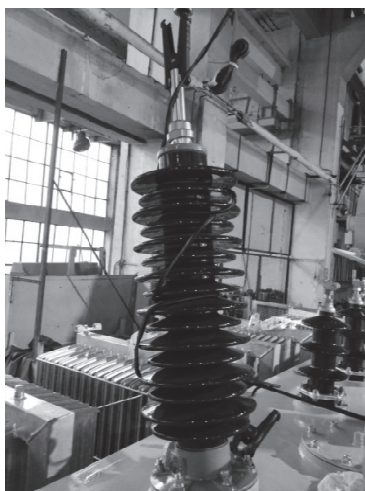
#### 5. PRZYKŁADY BŁĘDNIIE WYKONANYCH POMIARÓW

Autor artykułu dokonał szeregu pomiarów w celu doświadczalnego sprawdzenia wpływu często popełnianych błędów na kształt otrzymanej odpowiedzi częstotliwościowej. Analiza danych w metodzie SFRA polega na porównaniu dwóch przebiegów odpowiedzi częstotliwościowej, dlatego kluczowe jest za-

chowanie podczas obu pomiarów jak najbardziej zbliżonych warunków pomiarowych.

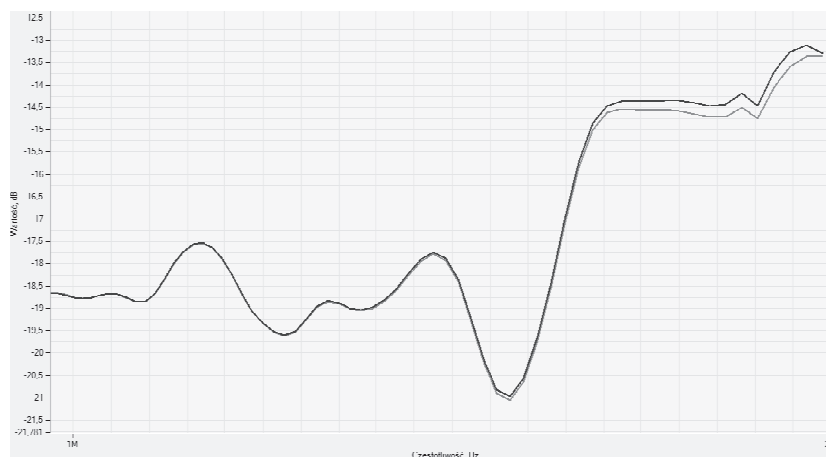
Wszystkie pomiary przedstawione w tym rozdziale dokonano przy użyciu urządzenia firmy Doble, model M5400.

W pierwszej kolejności zbadano wpływ niewłaściwego ułożenia przewodów pomiarowych. Badania wykonano na rzeczywistej jednostce, o układzie połączeń YNd11, mocy 16 MVA i napięciu strony górnej 115 kV, a strony dolnej 16,5 kV. Przed pomiarem skręcono przewody między sobą oraz wokół izolatorów górnego napięcia fazy L1 i N. Rysunek 1 przedstawia widok izolatora N ze skręconymi przewodami.



Rys. 1. Widok izolatora N ze skręconymi przewodami

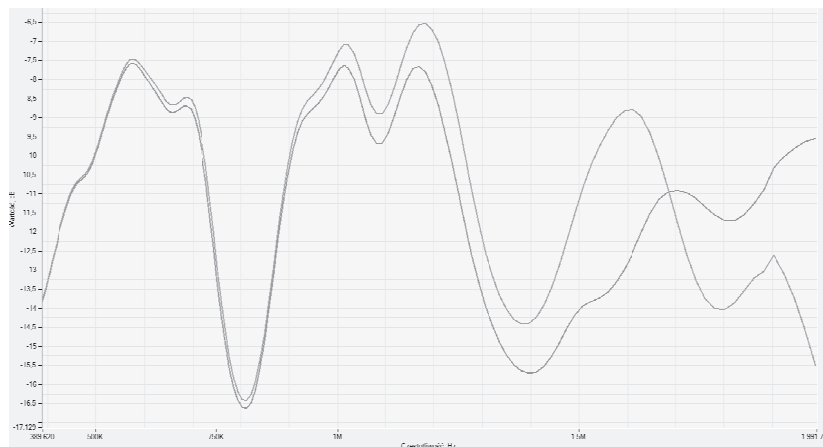
Analiza odpowiedzi częstotliwościowej transformatora z prawidłowym ułożeniem przewodów oraz z przewodami skręconymi wykazała zmiany amplitudy w zakresie wysokiej częstotliwości (powyżej 1 MHz). Największe zmiany, sięgające około 0,3 dB, zaobserwowano w zakresie częstotliwości od około 1,7 MHz do 1,97 MHz (rys. 2). Tak mała różnica w paśmie wysokiej częstotliwości zazwyczaj związana jest z błędami pomiarowymi. Mimo skrajnie niekorzystnego prowadzenia przewodów pomiarowych nie zaobserwowano zmian w paśmie częstotliwości niższej, którego analiza daje najbardziej wiarygodne wyniki.



Rys. 2. Odpowiedzi częstotliwościowe transformatora 16 MVA:  
czerwony – prawidłowe połączenie, niebieski – przewody pomiarowe skręcone

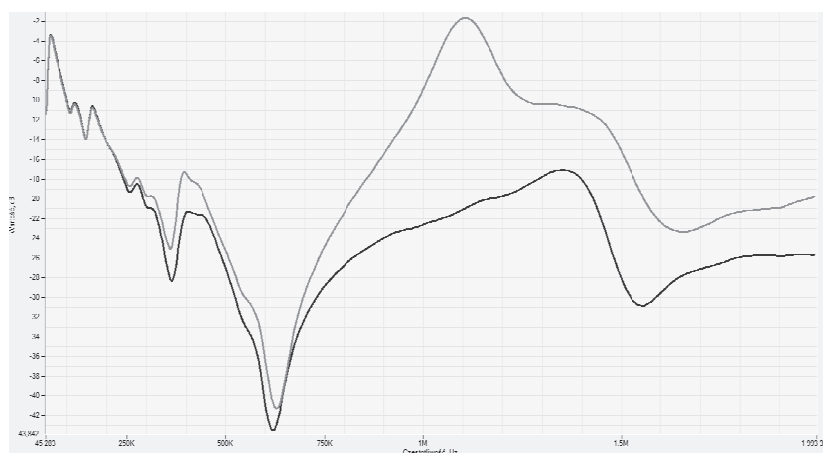
Innym błędem utrudniającym porównanie przebiegów jest zastosowanie różnych przewodów zwierających stronę dolnego napięcia transformatora podczas wykonywania pomiaru w stanie zwarcia. Pomiar wykonano dla wcześniej opisanego transformatora o mocy 16 MVA. W eksperymencie zwarto uzwojenie dolnego napięcia na dwa sposoby: przy użyciu miedzianej linki oraz z wykorzystaniem miedzianych przewodów, dostarczonych przez producenta urządzenia pomiarowego. Oba sposoby różnią się przede wszystkim długością miedzianej linki oraz rezystancją styku (zaciski użyte w przewodach od producenta gwarantują pewniejszy styk, szczególnie przy zaśniedziałych wyprowadzeniach izolatorów przepustowych). Analiza porównawcza obu odpowiedzi częstotliwościowych wykazała widoczne różnice w niemal całym badanym paśmie częstotliwości (od około 400 kHz). Największą różnicę między przebiegami (ponad 6 dB) zaobserwowano dla częstotliwości ok. 1,99 MHz. Tak duża różnica między amplitudą sygnałów może być błędnie odczytana jako defekt. Odpowiedzi częstotliwościowe, uzyskane przy zastosowaniu dwóch różnych linek zwierających, w skali liniowej zamieszczono na rysunku 3.





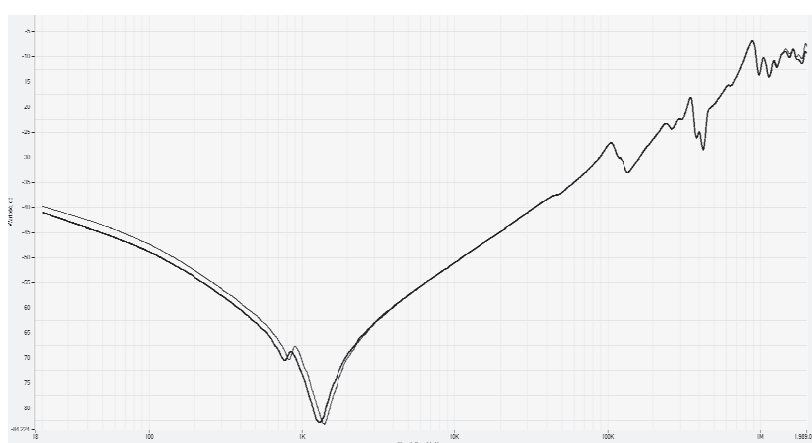
Rys. 3. Odpowiedzi częstotliwościowe zarejestrowane dla: czerwony – miedziane przewody dostarczone przez producenta urządzenia pomiarowego, niebieski – miedziana linka

Rysunek 4 przedstawia, opisany w rozdziale trzecim, wpływ sposobu podłączenia przewodów pomiarowych. Pomiary zostały wykonane na transformatorze o grupie połączeń Dyn5, o mocy 630 kVA, przy podłączeniu przewodów pomiarowych SFRA do strony dolnej (gwiazda) w układzie otwartym. Przewód zasilający został początkowo podłączony do zacisku izolatora fazy „11”, a przewód pomiarowy do zacisku izolatora neutralnego, po czym zamieniono kolejność łączenia. Analiza porównawcza wykazała znaczące różnice w amplitudzie sygnałów (przekraczające 19 dB). Tak duże różnice praktycznie uniemożliwiają prawidłową interpretację wyników pomiarów.

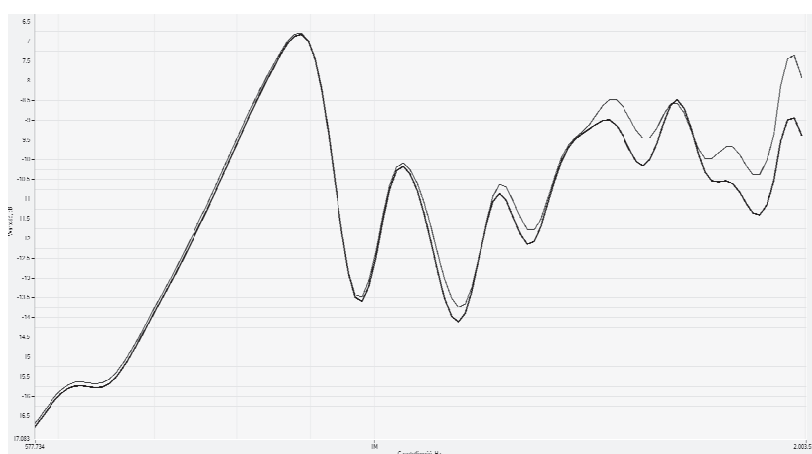


Rys. 4. Odpowiedzi częstotliwościowe dla różnego kierunku podłączenia przewodów: czerwony – 11 do n (zalecany), niebieski – n do 11

Rysunek 5 również przedstawia charakterystyki częstotliwościowe transformatora dla dwóch kierunków podłączenia przewodów pomiarowych. Charakterystyki uzyskano dla uzwojenia górnego napięcia połączonego w trójkąt. Przewody pomiarowe podłączono do wyprowadzeń izolatorów L1 i L3. Zauważono przesunięcie charakterystyk względem siebie od częstotliwości 20 Hz, aż do około 3 kHz, a więc w części, w której główny wpływ na kształt charakterystyk ma rdzeń transformatora. W zakresie wysokiej częstotliwości zaobserwowano różnice w amplitudzie przebiegów (rys. 6), osiągające ok. 1,5 dB.



Rys. 5. Odpowiedzi częstotliwościowe dla różnego sposobu podłączenia przewodów pomiarowych w zakresie częstotliwości pomiarowej od 20 Hz do 2 MHz: barwa czerwona – L1 do L3 (układ połączeń zalecany), barwa niebieska – L3 do L1



Rys. 6. Odpowiedzi częstotliwościowe dla różnego sposobu podłączenia przewodów w zakresie częstotliwości od 577 kHz do 2 MHz: barwa czerwona – L1 do L3 (układ połączeń zalecany), barwa niebieska – L3 do L1

## 6. PODSUMOWANIE

Analiza wyników otrzymanych przy użyciu metody SFRA polega na porównaniu ze sobą dwóch odpowiedzi częstotliwościowych transformatora w poszukiwaniu różnic, mogących świadczyć o defekcie. Jak wykazano, metoda SFRA jest niezwykle wrażliwa na wszelkie zmiany w sposobie prowadzenia pomiarów.

Niestaranne wykonanie pomiarów lub brak wiedzy na temat wpływu różnych czynników na wyniki pomiarów wykonywanych z użyciem metody SFRA, mogą skutkować uzyskaniem mocno zniekształconych przebiegów odpowiedzi częstotliwościowej, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do nieprawidłowej interpretacji wyników badań.

Najczęściej różnica w odpowiedzi częstotliwościowej transformatorów widoczna jest w zakresie największej mierzonej częstotliwości. Dla małych częstotliwości (związanych głównie z rdzeniem) i średnich (związanych głównie z uzwojeniami) wpływ złej praktyki pomiarowej jest mniejszy. Sprzyja to prawidłowej interpretacji wyników badań.

Wykonując sprawozdanie z przeprowadzonych metodą SFRA pomiarów, należy umieścić w nim jak najwięcej informacji o sposobie przeprowadzenia pomiarów. Przed powtórным wykonaniem pomiarów należy zapoznać się z raportem z wcześniejszych badań. W przypadku, gdy wcześniejsze pomiary były wykonane w sposób niezgodny z dobrą praktyką (np. zamieniono rekomendowany przez normę kierunek podłączenia przewodu zasilającego i pomiarowego), zaleca się wykonanie pomiaru w takiej samej konfiguracji, co poprzednio (w celu umożliwienia porównania wyników aktualnie wykonywanych pomiarów z poprzednimi), a następnie powtórne wykonanie pomiarów – już w sposób prawidłowy (stworzenie przebiegów odniesienia dla przyszłych pomiarów).

## LITERATURA

- [1] Norma PN-EN 60076-18:2015-05, Pomiar odpowiedzi częstotliwościowej.
- [2] Banaszak S., Ocena stanu mechanicznego części aktywnej transformatorów metodą analizy odpowiedzi częstotliwościowej, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Szczecin 2016.
- [3] Purnomoadi A.P., Fransisco D., Modeling and Diagnostic Transformer Condition Using Sweep Frequency Response Analysis, Proceedings of 9<sup>th</sup> International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, 19-23 July 2009, Harbin, China.
- [4] Rädler M., Uhrig S., Velásquez Contreras J. L., Electrical interferences in SFRA measurement, Transformers Magazine, vol. 4, no. 2, Travanj 2017.

- [5] Takahiro S., Katsunori M., Influence of measurement parameters on FRA characteristics of power transformers, Proceedings of 2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Beijing, China, 21-24.04.2008, 2008.
- [6] Abeywickrama N., Serdyuk Y. V., Gubanski S. M., Effect of Core Magnetization on Frequency Response Analysis (FRA) of Power Transformers, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 23, No. 3, July 2008.

#### **PRINCIPLES OF CORRECT TRANSFORMERS MEASUREMENTS USING SFRA METHOD**

The article presents the basic principles of performing of SFRA measurements method on power transformers. Methods of connecting test leads are described, as shown in the standard [1]. Practical aspects of measurements, including good measurement practice, are presented, which allow to obtain reliable and reproducible measurement results, suitable for comparison with fingerprint waveform obtained, for example, from the manufacturer of transformer. The influence of measuring equipment, methods of connecting test leads and other factors, which must be taken into account during the measurements, are analyzed. Moreover, the author presented a few examples of incorrectly performed measurements, carried out on a real 16 MVA and 630 kVA power transformers.

*(Received: 31.01.2018, revised: 14.03.2018)*