

Wpływ konfiguracji pomiarowej na odpowiedź częstotliwościową części aktywnej transformatora

mgr inż. Wojciech Kazimierz Szoka
kierunek: Elektrotechnika, rok 2015/2016
opiekun pracy: dr inż. Szymon Banaszak

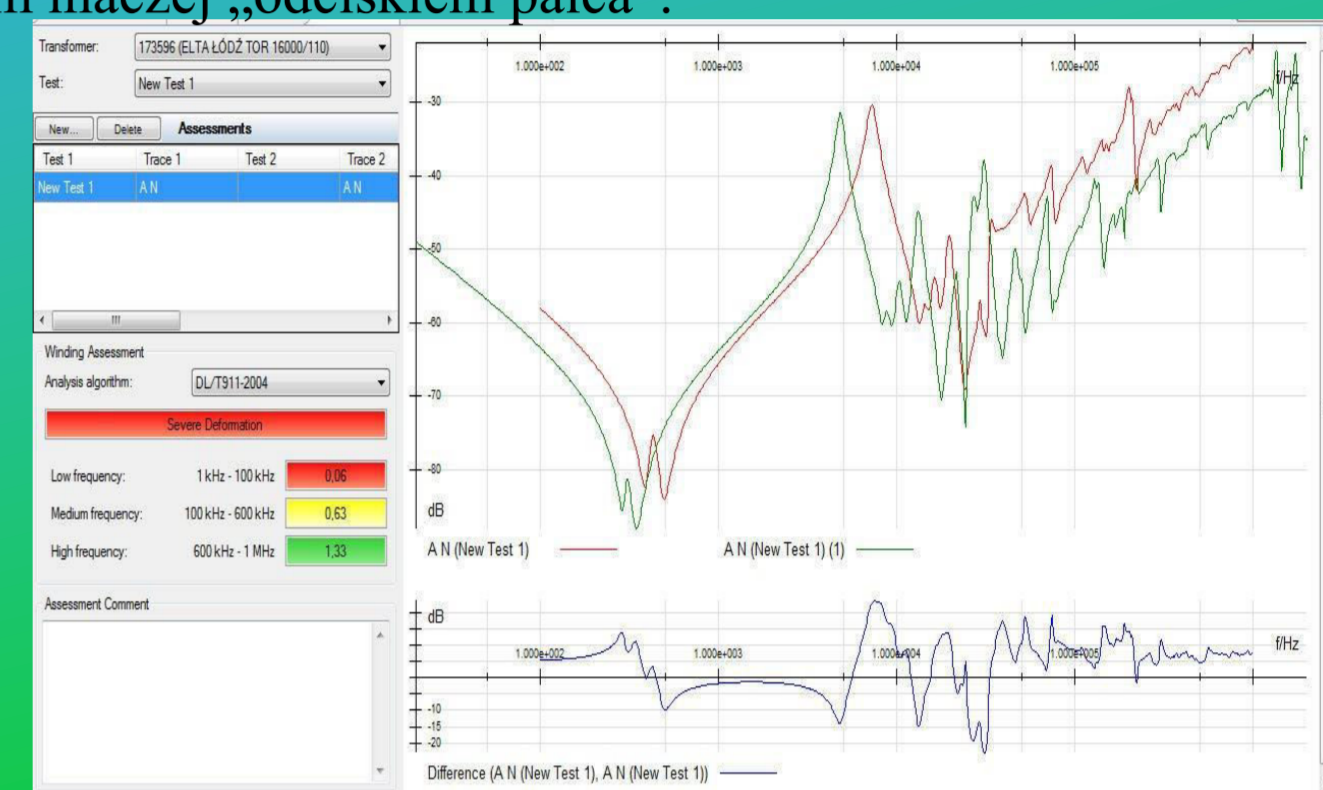
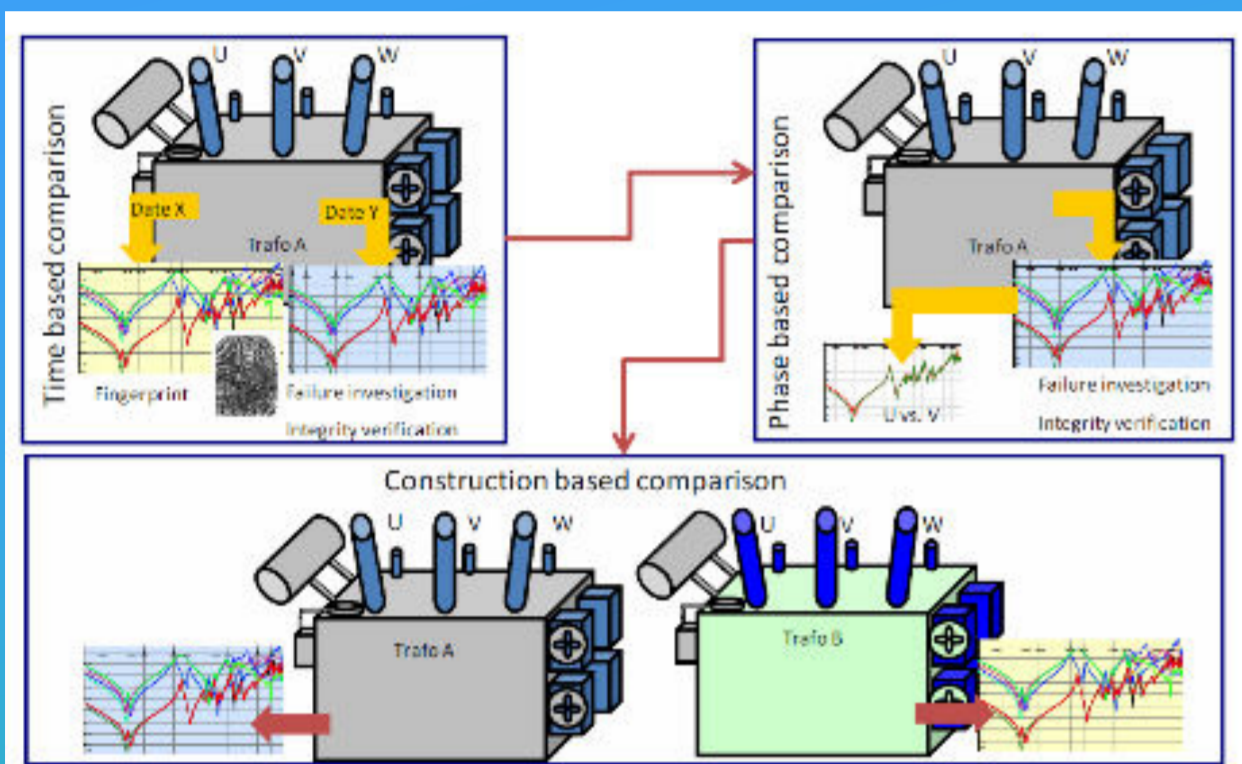
Celem pracy jest sprawdzenie wpływu konfiguracji pomiarowej na odpowiedź częstotliwościową podczas wprowadzania kontrolowanych uszkodzeń części aktywnej transformatora.

Transformatory energetyczne stanowią ważny element systemu elektroenergetycznego. Niezawodna praca tych urządzeń wpływa na ciągłość dostaw energii elektrycznej. Transformatory okresowo poddaje się badaniom diagnostycznym. Badania te przeprowadza się m.in. w celu określenia stanu technicznego uzwojeń i rdzenia transformatorów energetycznych. Transformatory podczas eksploatacji narażone są na zwarcia. Podczas przepływu prądów zwarciovych powstają siły elektrodynamiczne, które powodują zniekształcenia oraz przemieszczenia uzwojeń. Nieprawidłowy stan techniczny może doprowadzić do pożaru, a nawet wybuchu transformatora.



Analiza odpowiedzi częstotliwościowej

Metoda pomiaru FRA (z ang. Frequency Response Analysis) jest metodą porównawczą, co oznacza, że wyniki testu są w rzeczywistości porównywane z testem referencyjnym nazywanym inaczej „odciskiem palca”. W celu dokonania oceny, przede wszystkim przeprowadza się porównanie na podstawie charakterystyk wykonanych w **pewnym odstępie czasu** (time-based comparison) i na ich podstawie znajduje się podejrzane odchylenia. Jeśli pomiary referencyjne dla porównania charakterystyk na podstawie czasu nie są dostępne, można wykonać **analizę metodą porównania kolejnych faz transformatora**. Jednak jest to możliwe tylko wtedy, gdy charakterystyki FRA w różnych fazach zachowują dobrą symetrię między sobą.



W tych przypadkach, w których z powodu asymetrii nie jest możliwe wiarygodne oszacowanie wyników, można porównać wyniki FRA mierzone w transformatorze bliźniaczym lub siostrzanym do przeprowadzenia porównania **opartego na konstrukcji** (construction-based comparison).

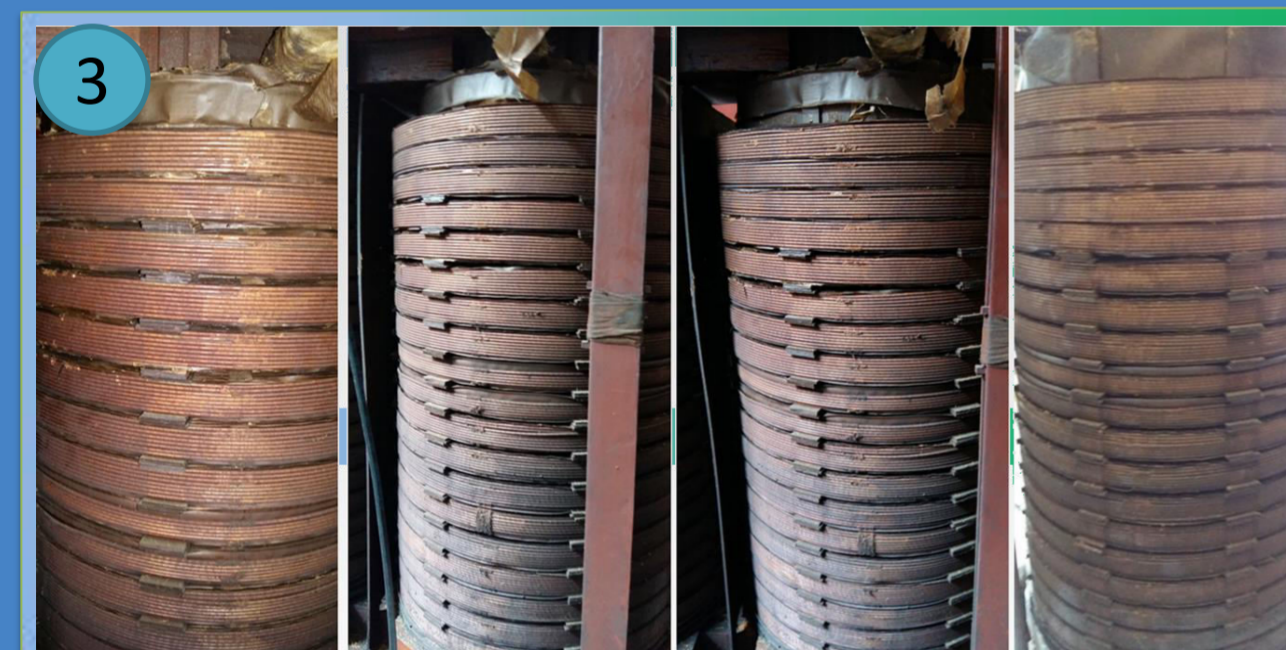
Wprowadzone deformacje



Pierwsza deformacja polegała na przesuwaniu przerwy między cewkami transformatora o 3 i 6 przekładki o grubości 2 mm zaczynając od pierwszej cewki, a kończąc na piątej.



Druga deformacja polegała na rozsuwaniu kolejnych cewek o 3 przekładki o grubości 2mm zaczynając od pierwszej cewki, a kończąc na piątej.

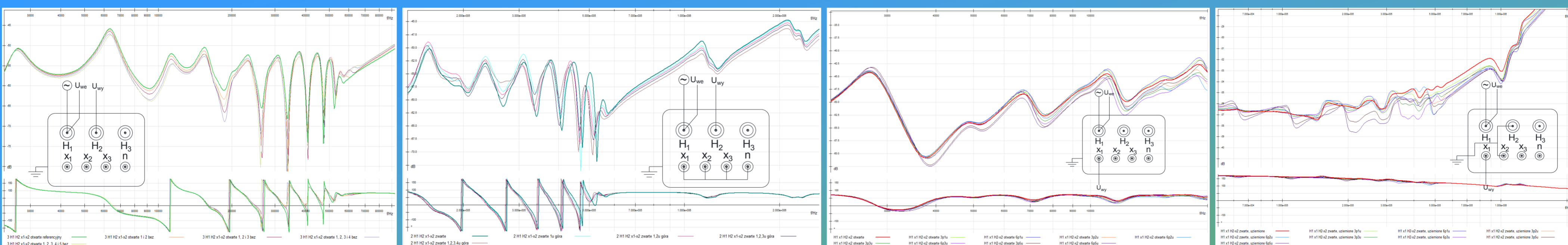


Trzecia przebadana deformacja polegała na wyciągnięciu oryginalnych przekładek dystansowych między cewkami i ściśnięciu cewek kolejno od pierwszej zaczynając od góry, a kończąc na piątej.



Czwarty rodzaj deformacji miał zasymulować zwarcia międzyzwojowe. Pierwsze zostały zwarte dwa sąsiadujące zwoje w pierwszej cewce. Drugie zwarte zostały skrajne zwoje pierwszej cewki. Trzecie zwarcie polegało na zwarcu dwóch sąsiadujących całych cewek.

Konfiguracje pomiarowe i otrzymane przebiegi częstotliwościowe przy wybranych deformacjach



koniec do końca rozwarty (end-to-end open)

koniec do końca zwarty (end-to-end shorted)

test międzyzwojeniowy pojemnościowy (Capacitive inter-winding test)

test międzyzwojeniowy indukcyjny (Inductive inter-winding test)

Wnioski

- Przeprowadzone badania w czterech konfiguracjach pomiarowych, przy czterech kontrolowanych deformacjach, wykazały wpływ układu pomiarowego na skuteczność wykrywania i interpretacji uszkodzeń uzwojeń.
- Najbardziej czułym i dokładnym układem jest koniec do końca otwarty. W tym układzie wprowadzane deformacje są łatwe do wykrycia, a pogłębianie się uszkodzenia jest konsekwentne co do wyników pomiarowych. Ten układ pomiarowy jest podstawą do przeprowadzenia prawidłowych pomiarów FRA, który powinien być wykorzystywany przy każdym badaniach.
- Konfiguracja pomiarowa koniec do końca zwarty, może być wykorzystywana, jako uzupełnienie metody koniec do końca otwarty. Zwarcie eliminuje wpływ zakresu niskich częstotliwości, co w przypadku przesunięć osiowych uzwojenia może okazać się pomocne w interpretacji wyników, ale w przypadku zwarć między uzwojeniami transformatora diagnosta otrzymuje niepełny zakres przydatnych informacji o stanie technicznym transformatora.
- Badania przeprowadzone układem pomiarowym międzyzwojeniowym pojemnościowym wykazują dobrą skuteczność wykrywania uszkodzeń osiowych i zwarć między uzwojeniami, dlatego układ ten powinien być wykorzystywany, jako uzupełnienie badań, gdy zostaną zlokalizowane nieprawidłowości w innych konfiguracjach.
- Układ pomiarowy międzyzwojeniowy indukcyjny pokazuje różnice w szerokim zakresie częstotliwości, co ułatwia wykrycie i zdiagnozowanie deformacji.
- Interpretacje wyników przeprowadzone przy użyciu algorytmów do automatycznej oceny stanu technicznego transformatora sprawdzają się jedynie w konfiguracjach koniec do końca, dwa pozostałe układy pomiarowe mogą służyć jedynie do wykrywania uszkodzeń przez eksperta.
- Badania przeprowadzone w powyższej pracy pozwalają na kontynuowanie rozwoju metody, aby jeszcze skuteczniej i bardziej jednoznacznie wykrywać i identyfikować uszkodzenia transformatorów energetycznych.