

Adam Decner, Artur Polak

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

DIAGNOSTYKA IZOLACJI ZWOJOWEJ

DIAGNOSTIC TESTS OF CONDITION OF TURN-TO-TURN INSULATION

Streszczenie: Badania diagnostyczne stanu izolacji zwojowej metodą fali rozmytej polegają na wyłączeniu prądu w obwodzie z badaną cewką lub uzwojeniem. Generuje to falę napięciową, którą można zaobserwować na zaciskach cewki lub uzwojenia. Częstotliwość generowanego napięcia zależy od parametrów uzwojenia i może służyć do porównywania stanu technicznego badanych cewek lub uzwojeń.

Abstract: Diagnostic tests of condition of turn-to-turn insulation, using the method of fuzzy wave is based on breaking the current in the circuit with tested coil or winding. This generates a voltage wave, which can be observed on terminals of coil or winding. The frequency of generated voltage depends on the parameters of the winding and can be used to compare the technical condition of tested coils or windings.

1. Wstęp

Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych są dobrze opracowane, mają obszerną literaturę i sprawdzone metody badawcze [1, 2]. Statystyka uszkodzeń uzwojeń maszyn elektrycznych wskazuje, że większość awarii spowodowanych uszkodzeniem uzwojenia, rozpoczyna się od zwarć zwojowych. Przy tym samym rodzaju izolacji zwojowej i głównej, starzenie się izolacji jednej i drugiej jest podobne. Obecnie na podstawie wyników badań diagnostycznych izolacji głównej prognozuje się czas dalszej niezawodnej pracy maszyny ze względu na cały układ izolacyjny uzwojenia. Przy takiej ocenie nie uwzględnia się, że izolacja zwojowa styka się bezpośrednio z miedzią, a więc pracuje w wyższej temperaturze niż izolacja główna, która styka się z żelazem. Dlatego można sądzić, że izolacja zwojowa pracuje w gorszych warunkach i proces jej starzenia następuje szybciej.

Diagnozowanie stanu izolacji zwojowej z wykorzystaniem metody tzw. fali rozmytej polega na wygenerowaniu napięcia w badanym uzwojeniu w chwili szybkiego wyłączenia prądu stałego. Częstotliwość generowanego napięcia zależy od parametrów uzwojenia, parametrów izolacji zwojowej uzwojenia, co opisano szczegółowo w [3] i [4].

Celem stosowania badań diagnostycznych jest wczesne wykrywanie stanów awaryjnych i zapobieganie awariom katastrofalnym. Taki też cel stawia się diagnostyce izolacji zwojowej metodą fali rozmytej.

2. Realizacja pomiarów w diagnostyce izolacji zwojowej

Metodyka realizacji badań polega na zasileniu badanego obwodu prądem stałym o wartości znacznie mniejszej od wartości prądu znamionowego badanej maszyny. W miarę możliwości pomiary uzwojeń każdej fazy przeprowadza się oddzielnie, a w przypadku braku takiej możliwości pomiary można wykonać na uzwojeniach połączonych ze sobą.

Ocenę stanu technicznego izolacji uzwojenia przeprowadza się w oparciu o zarejestrowane napięcie wyidukowane na zaciskach uzwojenia, z którego porównuje się następujące wielkości:

- częstotliwość napięcia indukowanego,
- kształt napięcia indukowanego,
- logarytmiczny współczynnik tłumienia.

3. Aparatura diagnostyczna

W ramach prac badawczo-rozwojowych została opracowana koncepcja i wykonano prototyp przenośnego urządzenia diagnostycznego, które umożliwia przeprowadzanie badań izolacji zwojowej uzwojeń maszyn elektrycznych, transformatorów, dławików itp., który został przedstawiony na rysunku 1. Całość została zamknięta w twardej walizce umożliwiającej bezpieczne transportowanie i użytkowanie. Na panelu wewnętrznym (przedstawionym na rysunku 2) umieszczono wszystkie niezbędne elementy takie jak: wyświetlacz graficzny, przyciski i potencjometr do sterowania aparaturą, wejścia do podłączenia obiektu badanego, wejście sygnałowe sondy pomiarowej, wyjście z systemu akwizycji danych (USB), złącze do ładowania wbudowanego akumulatora litowo-jonowego oraz złącze

zewnętrznej sondy do pomiaru temperatury i wilgotności obiektu badanego.



Rys. 1. Prototyp urządzenia diagnostycznego do badania izolacji zwojowej



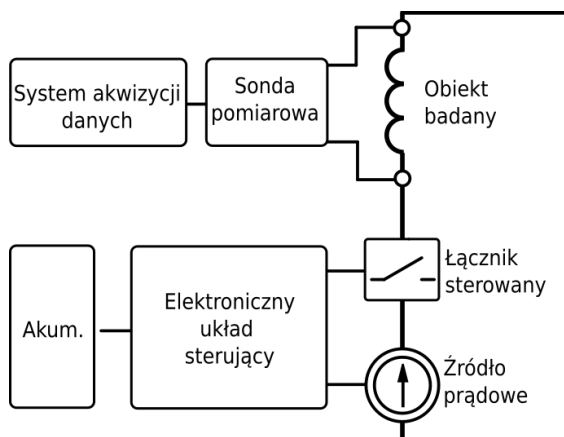
Rys. 2. Panel kontrolny urządzenia diagnostycznego do badania izolacji zwojowej

Schemat ideowy najważniejszych podzespołów urządzenia przedstawiono na rysunku 3. Kluczowymi elementami urządzenia diagnostycznego są: łącznik sterowany, regulowane źródło prądowe, elektroniczny układ sterujący i system akwizycji danych.

Do najważniejszych cech przyrządu zalicza się:

- możliwość zasilania obiektu badanego prądem stałym z płynną regulacją w zakresie 0 - 200 mA,
- możliwość sterowania stanem łącznika z identycznymi, powtarzalnymi czasami przełączania,
- zasilanie przyrządu z baterii ogniw litowo-jonowych z możliwością ładowania z sieci o napięciu 230V,

- obudowę wykonaną z materiału nieprzewodzącego, chroniącą aparaturę przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wpływem wody i wilgoci, umożliwiającą wygodny transport,
- obsługę i nadzór nad parametrami wyzwalania, odbywającą się poprzez graficzny wyświetlacz umieszczony na panelu głównym urządzenia,
- kontrolę przerywania prądu poprzez przyciski mechaniczne umieszczone na panelu przyrządu,
- część wysokonapięciową odizolowaną od części niskonapięciowej,
- pomiar napięcia indukowanego na zaciskach badanego uzwojenia dokonywany zewnętrzną sondą wysokonapięciową,
- wyjście z sondą napięciową doprowadzającą sygnał do aparatury pomiarowej poprzez złącze BNC umieszczone na panelu przyrządu,
- zabezpieczenie przed uszkodzeniem aparatury diagnostycznej w wyniku wyindukowania się zbyt wysokiego napięcia na zaciskach obiektu badanego,
- częstotliwość próbkowania 10 MS/s.



Rys. 3. Schemat blokowy najważniejszych podzespołów urządzenia diagnostycznego

4. Ocena stopnia degradacji izolacji zwojowej na podstawie analizy wyników pomiarowych

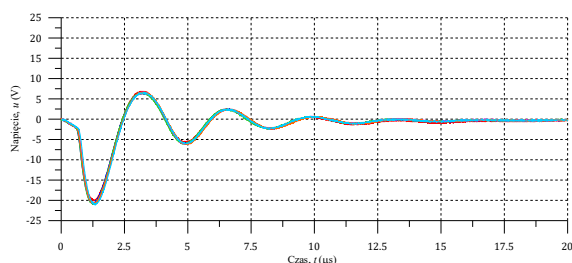
Opisany powyżej przyrząd diagnostyczny był wykorzystywany do diagnostyki maszyn i urządzeń takich jak:

- generatory z magnesami trwałymi,
- silniki indukcyjne,
- dławiki,
- transformatory.

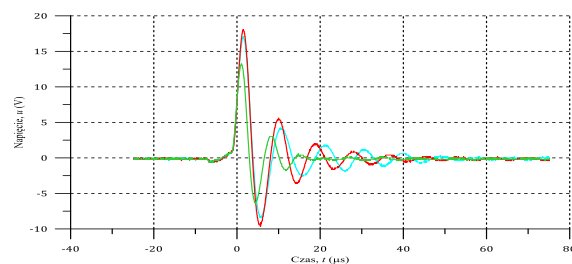
Na rysunku 4 przedstawiono przebiegi napięć zarejestrowane podczas badań diagnostycznych generatora synchronicznego z magnesami trwałymi. Wynik rejestracji świadczy o jednakowym stanie technicznym izolacji zwojowej badanego generatora.

Na rysunku 5 przedstawiono przebiegi napięć zarejestrowane podczas badań diagnostycznych dławika zwarcowego. Wyraźne zwiększenie częstotliwości i obniżenie amplitudy jednego z przebiegów świadczy o zwarcu zwojowym.

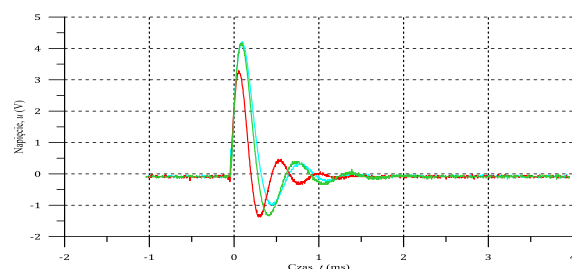
Na rysunku 6 przedstawiono przebiegi zarejestrowane podczas badań diagnostycznych transformatora energetycznego. Wyraźne zwiększenie częstotliwości i obniżenie amplitudy jednego z przebiegów świadczy o zwarcu zwojowym.



Rys. 4. Napięcie wyindukowane na zaciskach generatora synchronicznego



Rys. 5. Napięcie wyindukowane na zaciskach dławika zwarcowego



Rys. 6. Napięcie wyindukowane na zaciskach uzwojenia dolnego napięcia transformatora energetycznego

5. Wnioski

Przedstawiana metoda diagnostyczna rozmytej fali napięciowej powinna być stosowana podczas diagnostyki maszyn i urządzeń elektrycz-

nych do określenia stanu technicznego diagnostowanych uzwojeń.

Zaproponowana aparatura zapewnia powtarzalność wyzwalania, precyzję ustawiania parametrów zasilania badanego uzwojenia.

Parametry wymuszenia należy każdorazowo dobrać do obwodu, a każda faza maszyny powinna być badana oddzielnie (o ile istnieje taka możliwość).

Wzrost częstotliwości napięcia indukowanego po wyłączeniu prądu pobierczego świadczy o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia.

6. Literatura

- [1]. Glinka T.: *Klasyfikacja stopnia zużycia izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych*. Przegląd Elektrotechniczny. Nr 9/2004, str. 852 – 855.
- [2]. Glinka T., Polak A., Decner A.: *Obserwacja procesu starzenia izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych z wykorzystaniem metody napięcia stałego*. Proc. SME 2007. Pol. Poznańska. ISBN 978-83-921340-39.
- [3]. A. Decner, T. Glinka, A. Polak, *Kryteria oceny zużycia izolacji zwojowej Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne NR 81/2009 str.51*.
- [4]. Patent Pat.210409. *Układ pomiarowy i metoda badania izolacji zwojowej*. BOBRME Komel.