

Tadeusz Glinka, Adam Decner, Artur Polak  
BOBRME KOMEL, Katowice

## OCENA STANU TECHNICZNEGO IZOLACJI ZWOJOWEJ METODĄ ROZMYTEJ FALI NAPIĘCIOWEJ

### TECHNICAL ASSESSMENT OF WINDING INSULATION BY DIFFUSE VOLTAGE WAVE METHOD

**Abstract:** This paper presents a new method for diagnosing the technical condition of the winding insulation using the diffuse voltage wave. This method consists in generating voltage in tested winding at the time of direct current shutdown. Distribution of this voltage at each winding is the same. Such voltage distribution is not achieved by examining insulation with external voltage wave. The technical assessment criteria for winding insulation are the frequency of the induced voltage wave and the damping factor. The method was developed in BOBRME Komel and patented [3].

#### 1. Wstęp

Diagnozowanie stanu izolacji zwojowej z wykorzystaniem metody tzw. fali rozmytej polega na wygenerowaniu napięcia w badanym uzwojeniu w chwili wyłączania prądu stałego. Napięcie to rozkłada się równomiernie na poszczególnych zewojach. Częstotliwość generowanego napięcia zależy wyłącznie od parametrów uzwojenia, parametrów izolacji zwojowej uzwojenia, co opisano szczegółowo w [1] i [3]. Opracowana metoda stanowi uzupełnienie stosowanej od wielu lat, kompleksowej oceny izolacji głównej tzw. metody prof. Glinki, w skład której wchodzi:

- wartość rezystancji  $R_{60}$  przy  $U_N$ ,
- współczynnik absorpcji układu elektroizolacyjnego  $i_{p15}/i_{p60}$ ,
- poziom wahań prądu upływu  $i_{p60max}/i_{p60min}$  dla stanu ustalonego,
- wykres odbudowy napięcia  $U_{odb}=f(t)$ .

Wspomniana metoda diagnostyki izolacji głównej została zamknięta skalą oceny stanu izolacji [3], a dostępność aparatury pomiarowej niezbędnej do wykonania pomiarów powoduje wzrost jej popularności. Podobne cele stawia się przed diagnozowaniem izolacji zwojowej metodą fali rozmytej.

#### 2. Krótki opis realizacji pomiarów w metodzie fali rozmytej

Proponowana metodyka realizacji badań polega na zasileniu badanego obwodu prądem stałym o wartości z przedziału 5 - 10% wartości prądu znamionowego badanej maszyny (w miarę możliwości pomiary uzwojeń każdej fazy przeprowadzamy oddzielnie, w przypadku braku

takiej możliwości pomiary można wykonać na uzwojeniach połączonych ze sobą).

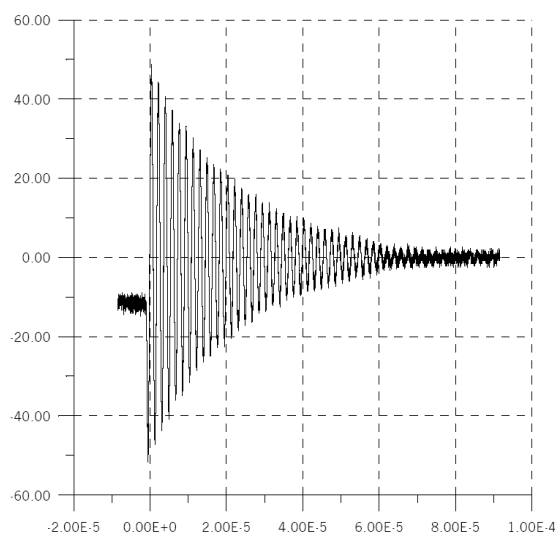
Ocenę stanu technicznego uzwojenia przeprowadza się w oparciu o następujące wielkości:

- częstotliwość napięcia indukowanego,
- kształt napięcia indukowanego,
- tłumienie napięcia indukowanego,

po wyłączeniu prądu probierczego.

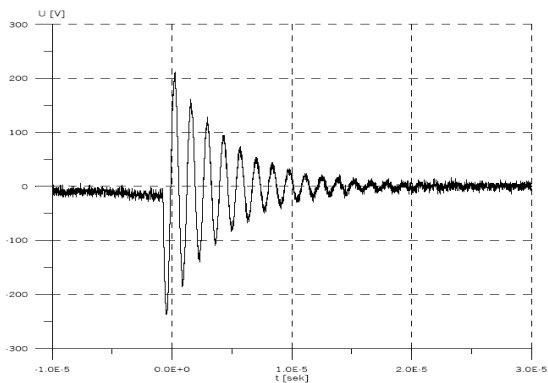
Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zarejestrowane przebiegi napięcia, które wyindukowało się na cewkach o izolacji zwojowej w różnej kondycji technicznej.

Stożek tłumienia przebiegu określono wyznaczając logarytmiczny dekrement tłumienia  $\Lambda$ .



$$f=555kHz; \Lambda=0,11$$

Rys. 1. Przebieg czasowy napięcia na cewce silnika Sh355H2C o zdrowej izolacji zwojowej



$$f=737,6\text{kHz}; \Lambda=0,35$$

Rys. 2. Przebieg czasowy napięcia na cewce silnika SZDVC198rE o zużytej izolacji zwojowej

### 3. Próba oceny stopnia degradacji izolacji zwojowej na podstawie analizy wyników pomiarowych

Przykładowe wyniki pomiarów zestawiono w Tabeli 1. Cewka została tak spreparowana, aby było możliwe modelowanie osłabiania izolacji zwojowej.

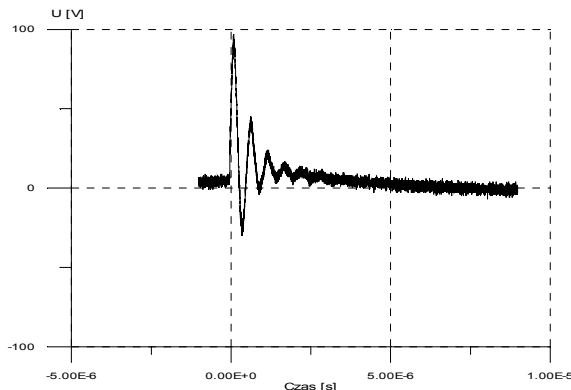
Tabela 1. Pomiary częstotliwości generowanego napięcia przy różnych wartościach rezystancji  $R_D$  rezystancja bocznikująca 1/3 uzwojenia cewki

Lp	$R_D$	$f$	$\Lambda$
	k $\Omega$	kHz	
1	—	541	0,16
2	100000	598	0,18
3	10000	595	0,18
4	1000	586	0,20
5	100	588	0,19
6	10	587	0,21
7	<1	543	0,54

Jak można zauważyć, uzyskane wyniki pomiarów pozwalają ocenić uszkodzenie izolacji zwojowej.

Ocena ta może być przeprowadzona w odniesieniu do pomiarów uzyskanych na identycznych cewkach (pomiar uzwojeń silnika wielofazowego - pomiar każdej cewki oddzielnie), lub diagnoza może zostać wydana na podstawie trendu zmian zaobserwowanego w określonej perspektywie czasu.

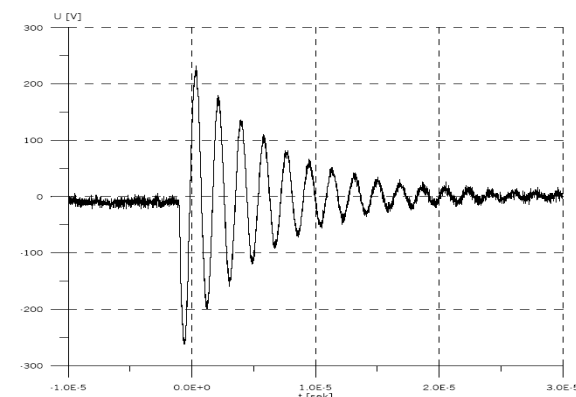
W przypadku realizacji tzw. pomiaru punktowego możliwe jest wykrycie jedynie izolacji całkowicie zniszczonej, co zaprezentowano graficznie na rysunku 3.



$$f=1942,0\text{kHz}; \Lambda=0,55$$

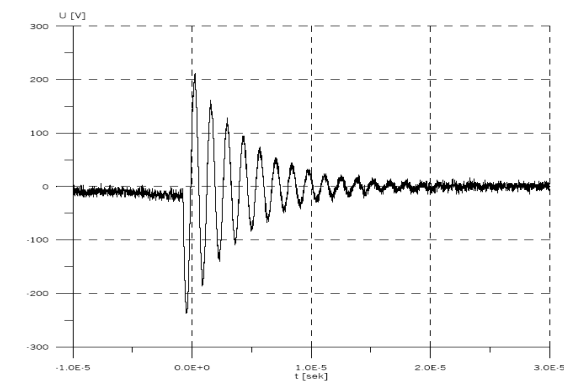
Rys. 3. Przebieg czasowy napięcia na cewce silnika o zniszczonej izolacji zwojowej

W przypadku izolacji zużytej o obniżonych parametrach technicznych określenie poziomu tego zużycia jest praktycznie niewykonalne w przypadku pomiaru punktowego, co można zauważyć porównując wyniki prezentowane na rysunkach 4 i 5.



$$f=541\text{kHz}; \Lambda=0,31$$

Rys. 4. Przebieg czasowy napięcia na cewce uzwojenia stojana silnika „SZDVC198rE”, - uzwojenie nowe



$$f=737,6\text{kHz}; \Lambda=0,35$$

Rys. 5. Przebieg czasowy napięcia na cewce uzwojenia stojana silnika SZDVC198rE, - uzwojenie zużyte

#### 4. Wnioski

Tworzenie metody pomiarowej wymaga licznych badań i ciągłej weryfikacji uzyskanych wyników.

Przedstawiana metoda diagnostyczna rozmytej fali napięciowej jest naturalnym rozszerzeniem tzw. metody prof. Glinki.

Na chwilę obecną proponowana metoda badań izolacji zwojowej z wykorzystaniem rozmytej fali napięciowej posiada następujące kryteria oceny i warunki wykonania próby:

- 1) ustalona wartość przerywanego prądu stałego powinna zawierać się w granicach 5-10% prądu znamionowego badanego uzwojenia,
- 2) każda faza uzwojenia badanej maszyny powinna być badana oddzielnie,
- 3) różnica częstotliwości napięcia indukowanego po wyłączeniu prądu probierczego, na poszczególnych fazach uzwojenia, o więcej niż 5% (przy zachowaniu kształtu przebiegu – świadczy o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia,
- 4) wzrost logarytmicznego dekrementu tłumienia, na poszczególnych fazach uzwojenia, powyżej 0,4 świadczy o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia.

#### Literatura

- [1]. Decner A., Glinka T., Polak A., *Kryteria oceny zużycia izolacji zwojowej* Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne Nr 81/2009 str. 51.
- [2]. Decner A., Glinka T., Polak A., Zawilak J.: *Izolacja zwojowa – badania diagnostyczne*. Przegląd Elektrotechniczny nr 12/2008.
- [3]. Glinka T., Polak A., Decner A.: *Sposób badania diagnostycznego izolacji zwojowej*. Patent RP Nr 210409 z 31.01.2012 r.
- [4]. Glinka T.: *Klasyfikacja stopnia zużycia izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych*. Przegląd Elektrotechniczny PL ISSN 0033-2097. Nr 0/2004, str. 852-855.

Artykuł opracowano w ramach projektu badawczego nr N N510 594840 Narodowego Centrum Nauki.

#### Autorzy

prof. dr hab. inż. Tadeusz Glinka  
dr inż. Artur Polak  
dr inż. Adam Decner  
Laboratorium Maszyn Elektrycznych  
BOBRME KOMEL  
ul. Moniuszki 29, 41-209 Sosnowiec  
tel. (+48 32) 299-93-81  
labor@komel.katowice.pl