

Adam Decner, Artur Polak
BOBRME Komel, Katowice

KRYTERIA OCENY ZUŻYCIA IZOLACJI ZWOJOWEJ

WEAR ESTIMATION CRITERIA OF TURN TO TURN INSULATION

Abstract: This article describes test of turn to turn insulation. Shows new diagnostic method to determinate condition of this insulation. Suggested method can be used in any kind of induction machine and it is easy to use. This method is based on breaking passage of current in the circuit with tested coil or winding. Break 10% of nominal current generate voltage on the terminals of the winding. This voltage is registered by digital scope. The frequency of this voltage determinate condition of turn to turn insulation.

1. Wstęp

Uszkodzenia układów izolacyjnych, w większości przypadków rozpoczynają się od zwarcie zwojowych. Postępujące zwarcie zwojowe powoduje degradację izolacji głównej, co w konsekwencji prowadzi do doziemienia lub zwarcia międzyfazowego.

2. Badanie stanu izolacji zwojowej

Do badań izolacji zwojowej wykorzystano cewki uzwojenia z izolacją nową i zdegradowaną. Do prób wykorzystano cewki uzwojeń m.in. z silnika typu SZDVC198rE (rys. 1). Podczas badania cewkę zawieszono w powietrzu. Rezystancje zmierzono mostkiem rezystancyjnym zaś indukcyjności półautomatycznym mostkiem RLC. Pomiaru wykonano w temperaturze otoczenia $\vartheta = 20^{\circ}\text{C}$.



Rys. 1. Widok cewki silnika typu SZDVC198rE

Zmierzone parametry cewki silnika typu SZDVC198rE wynoszą:

- $R = 0.0528 \Omega$,
- $L = 352.5 \mu\text{H}$.

Symulację komputerową badanej cewki wykonano na podstawie schematów o parametrach skupionych (rys. 2).

Schemat zastępczy składa się z szeregowego połączenia trzech elementów R_S i L_S oraz równoległego połączenia z nimi elementów R_R i C_R .

Symulowana cewka składa się z trzech zwojów, z których każdy ma identyczne parametry wewnętrzne: indukcyjności $L_{S1} = L_{S2} = L_{S3} = \frac{1}{3} L$, rezystancje miedzi $R_{S1} = R_{S2} = R_{S3} = \frac{1}{3} R$, pojemności izolacji C_R i rezystancji izolacji R_R .

Pomierzone parametry cewki silnika typu SZDVC198rE:

- rezystancje zezwojów – $R_{S1} = R_{S2} = R_{S3} = 0.02427 \Omega$,
- indukcyjności zezwojów – $L_{S1} = L_{S2} = L_{S3} = 117.5 \mu\text{H}$,
- pojemności izolacji głównej – $C_1 \div C_9 = 0.650 \text{ pF}$,
- rezystancja izolacji głównej – $R_4 \div R_6 = 50 \text{ M}\Omega$,
- rezystancja izolacji głównej – $R_7 \div R_{12} = 9 \text{ k}\Omega$,
- rezystancja izolacji głównej – $R_{13} \div R_{15} = 18 \text{ k}\Omega$,

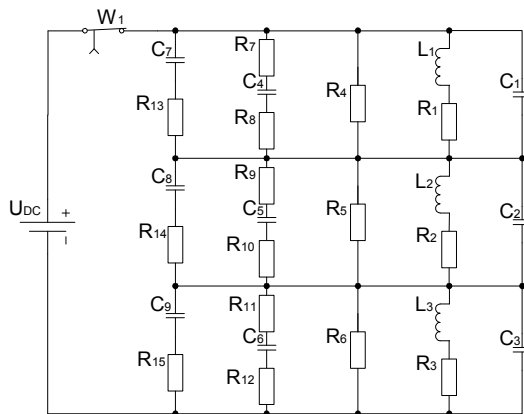
We wszystkich przypadkach pominięto parametry przewodów łączących $L_p = 0 \mu\text{H}$, $R_p = 0 \Omega$, $C_p = 0 \text{ F}$.

Symulacje wykonano dla podanych wyżej parametrów obliczając przebiegi napięć na zaciskach badanej cewki przy przerywaniu prądu stałego o wartości $0.1I_N$. Wynik symulacji pokazano na rysunku 3.

Pomiary napięcia wykonano rejestrując jego przebieg na końcówkach cewki przy przerywaniu prądu o tej samej wartości – $0.1I_N$. Rejestrację przebiegów czasowych napięcia wykonano oscyloskopem cyfrowym. Wynik pomiaru pokazano na rysunku 4.

Do porównania wybrano:

- częstotliwość oscylacji,
- obwiednia przebiegu napięcia na zaciskach cewki.

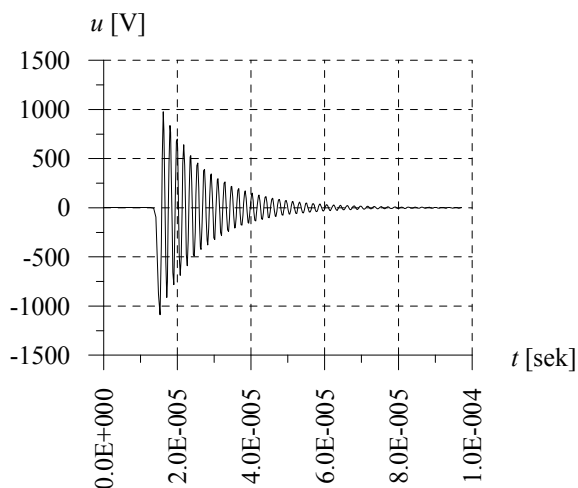


Rys. 2. Schemat zastępczy układu izolacyjnego cewki silnika SZDVC198rE

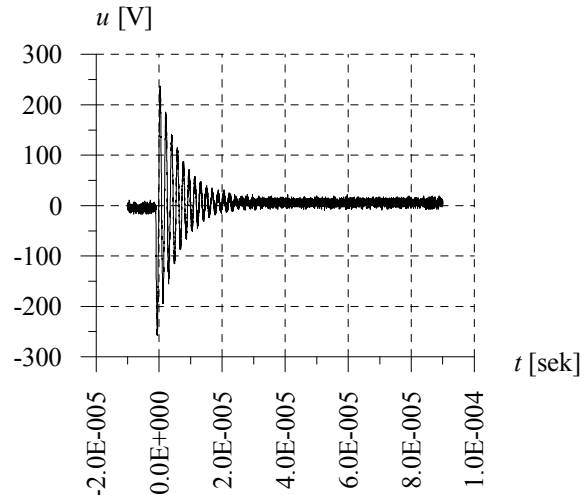
Wyniki z badań porównawczych dla cewki silnika typu SZDVC198rE zestawiono w tabeli 1.

W tabeli tej oznaczono jako:

- wartość średnia napięcia zasilania – U ,
- wartość średnia prądu płynącego w obwodzie – I ,
- częstotliwość zmierzona z symulacji (obliczeń) – f_s ,
- wartość maksymalna napięcia indukowanego na zaciskach cewki podczas symulacji – u_s ,
- częstotliwość zmierzona podczas pomiarów obiektu rzeczywistego – f_p ,
- wartość maksymalna napięcia indukowanego na zaciskach cewki podczas pomiarów obiektu rzeczywistego – u_p .



Rys. 3. Wynik symulacji wykonanej dla cewki silnika SZDVC198rE



Rys. 4. Wynik pomiaru wykonanego dla cewki silnika SZDVC198rE

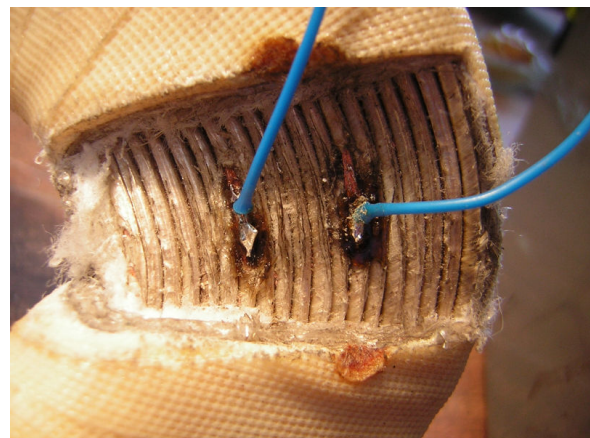
Tabela 1. Porównanie wyników symulacji i pomiarów dla cewki silnika typu SZDVC198rE (nowa i zużyte)

U V	I A	f_s kHz	u_s V	f_p kHz	u_p V	stan cewki
0.150	2.10	537.6	850	541.0	240	nowa
0.175	2.10	732.6	920	737.6	210	zużyta
0.175	2.10	727.3	800	725.0	210	zużyta

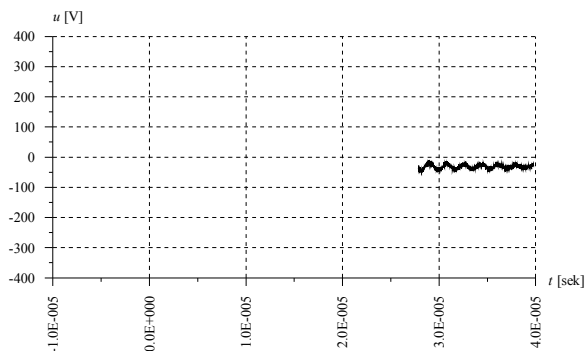
Tabela 2. Porównanie wyników symulacji i pomiarów wykonanych na cewce z silnika typu SZDVC 198rE

prąd przerywany $I=2.1A$	
wyniki symulacji: $f_s = 537.6$ kHz; $U_{max+} = 1000$ V	wyniki pomiaru: $f_z = 541$ kHz; $U_{max+} = 240$ V

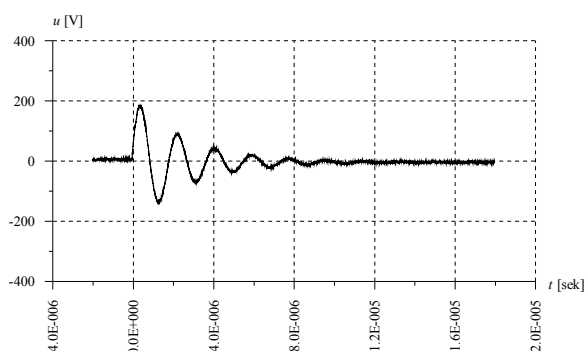
3. Badanie degradacji izolacji zwojowej



Rys. 5. Główka cewki silnika typu SZDVC198rE z wyciętym fragmentem bandaża i dolutowanymi przewodami



Rys. 6. Przebieg napięcia na „zdrowej” cewce silnika typu SZDVC198rE – $f=541\text{kHz}$



Rys. 7. Przebieg napięcia na cewce silnika typu SZDVC198rE po zwarciu 1/3 zwojów rezystancją $R_D = 1\text{ k}\Omega$ – $f=543\text{kHz}$

Tabela 3. Pomiarzy częstotliwości generowanego napięcia przy różnych wartościach rezystancji R_D

Lp	R_D	f	uwagi
	k Ω	kHz	
1	nieskończoność	541	nienaruszona izolacja
2	nieskończoność	568	wycięty fragment bandaża
3	100000	598	
4	10000	595	
5	1000	586	
6	100	588	
7	10	587	
8	1	543	
9	0.1	—	
10	0.01	1942	
11	0.001	1965	
12	0	2182	

Kolejne badania wykonano na nowej cewce, na której symulowano zwarcie zwojowe. Na główce cewki wycięto fragment bandaża, odizolowano fragmenty miedzi, dolutowano

przewody i przyłączono dodatkową rezystancję R_D o zmiennej wartości (rys. 5). Wartością rezystancji R_D symulowano postępujące zwarcie zwojowe.

Przykładowe wyniki pomiarów napięć dla cewki nieuszkodzonej oraz zasymulowanym zwarcie zwojowym rezystancją $R_D = 1\text{ k}\Omega$ pokazano na rysunkach 6 i 7.

Wyniki pomiaru częstotliwości dla różnych wartości rezystancji R_D zestawiono w tabeli 3.

4. Wnioski

Fala napięciowa generowana w uzwojeniu przy wyłączeniu prądu stałego rozkłada się równomiernie na poszczególnych zewojach. Częstotliwość generowanego napięcia zależy wyłącznie od parametrów uzwojenia, parametrów izolacji zwojowej uzwojenia.

Opracowano kompleksową i jednolitą metodę diagnozowania stanu technicznego izolacji uzwojeń, która może być wykorzystywana w praktyce przemysłowej bez potrzeby budowania skomplikowanej aparatury pomiarowo-badawczej.

Proponowana metodyka badań izolacji zwojowej metodą przerywania prądu stałego płynącego przez badane uzwojenie posiada następujące kryteria oceny i warunki wykonania próby:

- przerywany prąd stały – 5 - 10% prądu znamionowego badanej maszyny ,
- o ile możliwe dostęp do każdej fazy oddzielnie. Gdy brak jest takiej możliwości badania można wykonać na uzwojeniach połączonych ze sobą.
- wzrost częstotliwości napięcia indukowanego po wyłączeniu prądu probierczego już o 5% (przy zachowaniu kształtu przebiegu – tabela 4.3 i załącznik 4) świadczy o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia,
- zmiana kształtu napięcia indukowanego po wyłączeniu prądu probierczego świadczy o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia.

5. Literatura

- [1]. A. Decner, T. Glinka, A. Polak, J. Zawilak: *Izolacja zwojowa – badania diagnostyczne*. Przegląd Elektrotechniczny nr 12/2008.
- [2]. Zgłoszenie patentowe P 382388. *Układ pomiarowy i metoda badania izolacji zwojowej*. BOBRME Komel.