

Sławomir Świłała
Partner Serwis, Kwidzyn

WYKRYWANIE STOPNIA DEGRADACJI IZOLACJI ZWOJOWEJ METODĄ UDARÓW NAPIĘCIOWYCH

DETECTION FAULTS BETWEEN TURN TO TURN INSULATION USING THE SURGE TEST METHOD

Abstract: In the article has been described the surge test theory. The paper presents diagnoses and results from the surge tests. Tests include some amplitude-frequency characteristic curves. Some examples of good windings and windings with deferent degree of the damaging insulation.

Author took advantage of experimental results stored in the year 2004 when made tests on insulation winding DC and AC motors. He wanted to explain that this method called comparative test can be use to test insulation in non symmetrical windings. The article wants using this method with connection DC voltage insulation system test.

1. Wstęp

Pierwsze wzmianki dotyczące wykorzystania udarów napięciowych w pomiarach układów elektroizolacyjnych zostały opublikowane w 1936 roku w USA. Wiele badań udarami napięciowymi związanymi z oceną wykonania uzwojeń i ich izolacji poczynił Westinghouse. Wnioski z tych badań posłużyły wydaniu publikacji już w 1951 roku.

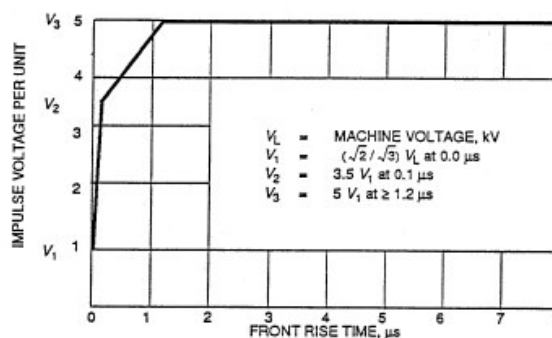
Rozpowszechnienie testowania izolacji zwojowej w przemyśle amerykańskim nastąpiło już w latach siedemdziesiątych a w Europie dopiero w latach osiemdziesiątych. W kolejnych latach organizacje inżynieryjno- badawcze jak IEEE, NEMA, EPRI ustaliły standardy przeprowadzania prób.

Badania układu elektroizolacyjnego metodą udarów napięciowych wykorzystano do oceny stanu uzwojeń maszyn elektrycznych AC i DC pracujących lub przeznaczonych do pracy na taśmach produkcyjnych i maszyn o wysokiej niezawodności pracy. W wielu zakładach produkcyjnych i remontowych do badania izolacji pojedynczych cewek transformatorów, pojedynczych cewek i połączonych uzwojeń stojanów, wirników pierścieniowych i komutatorowych również zastosowano tę technikę.

2. Metoda napięcia impulsowego oceny stanu izolacji

Metoda napięcia impulsowego jest metodą porównawczą. Polega ona na podaniu z generatora impulsów udaru napięciowego do wyprowadzeń uzwojenia a po jego zaniku rejestrowany jest tłumiony oscylacyjny przebieg napięcia.

Czas narastania impulsu napięciowego podanego do uzwojenia nie powinien przekraczać 1,2 μ s narastania od 10 do 90% napięcia szczytowego. Badanie izolacji udarami napięciowymi o krótszych czasach narastania powoduje konieczność obniżenia napięcia probierczego. Na rys.1 wg przewodnika IEEE 522-1992 podano wartości napięć probierczych i odpowiadające im czasy narastania stosowane przy badaniu uzwojeń maszyn prądu przemiennego wykonanych drutem profilowym.



Rys.1. Wartości napięć probierczych w funkcji czasu narastania impulsu

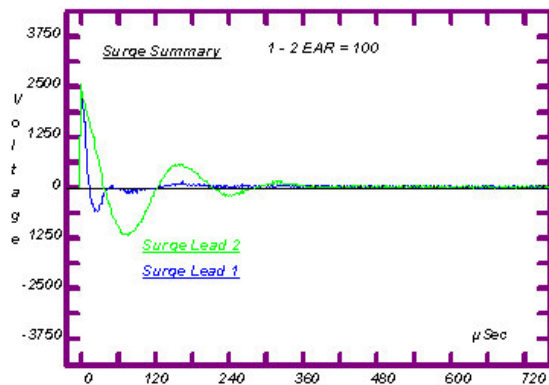
Zastosowanie nowoczesnych tyrystorów bipolarnych z izolowaną bramką pozwala uzyskać bardzo strome zbocza narastania napięcia. Krótsze czasy narastania udaru napięciowego, zgodnie z prawem Paschen'a, wpływają na powstanie znacznie wyższego gradientu napięcia na początku uzwojenia niż na jego końcu. Z kolei większa różnica potencjałów pomiędzy sąsied-

nimi zwojami to zwiększone prawdopodobieństwo przeskoku ładunku elektrycznego pomiędzy nimi. Zjawisku towarzyszy odgłos przeskoku i błysk, który ułatwia lokalizację defektu. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy rejestrowany na oscyloskopie przy pojawieniu się przeskoku ładunku będzie się zmieniał. W wyniku skrócenia drogi przepływu ładunku nastąpi zmniejszenie indukcyjności w obwodzie badanym co spowoduje chwilowy wzrost częstotliwości i przytłumienie amplitudy napięcia oscylującego według zależności:

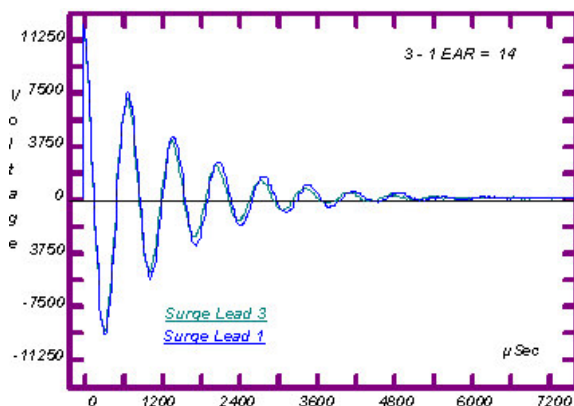
$$f=1/2\pi\sqrt{LC} \quad (1)$$

$$u=L di/dt \quad (2)$$

Zmieniający się kształt napięcia jest charakterystyczny przy osłabieniu izolacji zwojowej. Przebiegi czasowe odpowiedzi dla takich uzwojeń przesuwają się (skaczą) w lewo jak na wykresach 2, 3 i 5

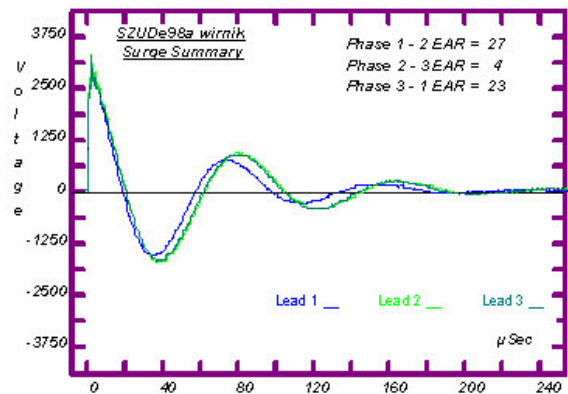


Rys.2. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy uzwojenia wzbudzenia silnika PXOMf116a z osłabioną izolacją zwojową



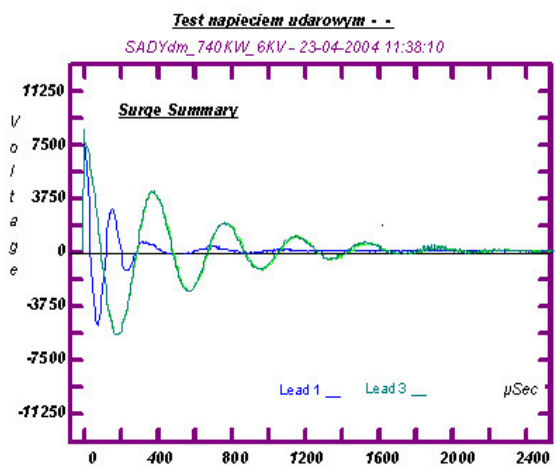
Rys.3. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy uzwojenia silnika HKJ063Z z uszkodzeniem izolacji zwojowej

Przebiegi czasowe zwarcia galwanicznego przybierają te same kształty jak w przypadku osłabienia izolacji.



Rys.4. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy uzwojenia wirnika silnika pierścieniowego SZUDe98a (zwarcie zwojowe)

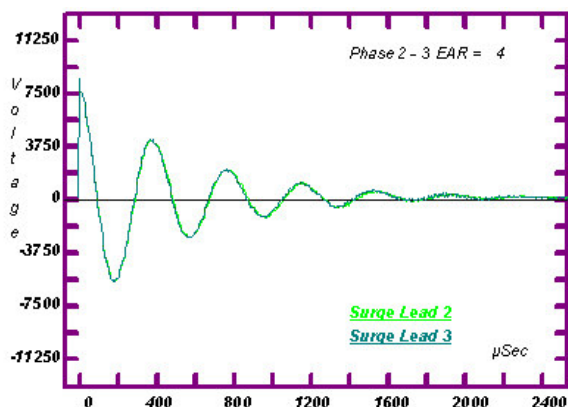
Różnica pomiędzy obrazami galwanicznego zwarcia a osłabieniem izolacji zwojowej jest taka, że dla zwarcia bezpośredniego krzywe napięcia nie drgają. Przykład zwarcia galwanicznego zwojów przedstawia rys.4. Wynik testów udarowych podawany w procentach stanowi podstawę do oceny jakości izolacji, a wskazuje jak duża jest asymetria indukcyjności charakteryzująca badane uzwojenie.



Rys.5. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy uzwojenia silnika SADdm

Duża asymetria indukcyjności może również być skutkiem błędnego połączenia cewek uzwojenia w czasie montażu. W przypadku osłabienia izolacji międzyfazowej również obserwuje się znaczną asymetrię, przy czym amplituda napięcia na uzwojeniu jest niższa a tłumienie większe.

Uzwojenie wykonane poprawnie z dobrą izolacją zwojową daje obraz nakładających się na siebie charakterystyk jak na rys 6.



Rys.6. Rozkład amplitudowo-częstotliwościowy uzwojenia z poprawną izolacją zwojową

3. Efekty stosowania diagnostyki układu elektroizolacyjnego

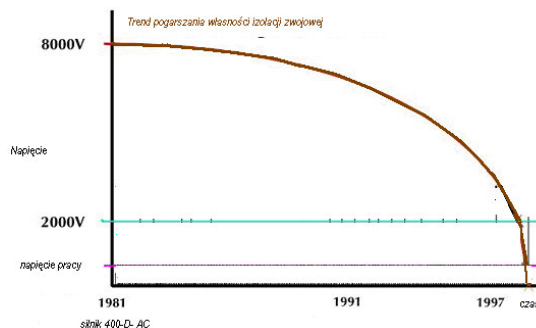
Badanie jakości izolacji ma na celu ustalenie w jakim stanie technicznym znajduje się maszyna. Wychwycenie defektu izolacji zwojowej powoduje konieczność zwrócenia również uwagi na izolację żłobkową i międzyfazową. Powstanie znacznego osłabienia izolacji zwojowej wskutek ciągłych wyładowań iskrowych, miejscowego wzrostu ciśnienia, temperatury i naprężeń spowoduje miejscową degradację izolacji głównej. Po uszkodzeniu izolacji zwojowej, wyładowanie w postaci łuku elektrycznego doprowadzi do wytopienia drutu nawojowego a również i pakietu (jak na rys.7).



Rys.7. Defekt rdzenia stojana wywołany zwarciem zwojowym

Stosując badania diagnostyczne w równomiernych odstępach czasu można wychwycić defekt układu izolacyjnego. Defekt może być miej-

scowy lub może wynikać z równomiernego starzenia się i degradacji izolacji. W celach kontrolnych należy aktualizować i monitorować stan techniczny izolacji, obserwując trend degradacji izolacji.



Rys.8. Trend pogarszania własności izolacyjnych

Na podstawie analizy trendu zmian napięcia przeskoku w funkcji czasu, można w sposób technicznie uzasadniony podjąć decyzję związaną z koniecznością remontu maszyny. Zmiany zależą od szybkości procesu starzenia się izolacji. Wiele czynników ma na to wpływ, jednak dominującą rolę ogrywa podwyższona temperatura i czas ekspozycji, stopień wilgotności, stężenia pyłów i gazów aktywnych, siły elektrodynamiczne, drgania. Okresowe badanie maszyn o dużej liczbie godzin pracy mają więc na celu uchwycenie i śledzenie powstających uszkodzeń w układzie elektroizolacyjnym.

Producenci generatorów napięć udarowych, mając na uwadze trudność dokładnej oceny stopnia zużycia izolacji głównej zadbali o umieszczenie w swoich przyrządach pomiarowych dodatkowo zasilaczy prądu stałego z dokładnym odczytem prądu upływu. Takie możliwości przyrządu sprzyjają prowadzeniu pełniejszej i lepszej diagnostyki.

Stosowanie badania diagnostycznego napięciem stałym, opracowane przez prof. Tadeusza Glinkę, ułatwia określenie stopnia degradacji izolacji głównej. Również tą metodą precyzyjnie określa się utratę własności izolacyjnych. Metoda badania izolacji napięciem stałym jest uznana i rozpowszechniona, określa ją Polska Norma PN-E-04700 z 1998r.

3. Wnioski

Stosowanie metody podawania na zaciski uzwojeń udarów napięciowych pozwala na bardzo wczesne wykrywanie nieprawidłowości w układzie izolacyjnym. Zaletą również jest duża powtarzalność pomiaru. Czas wykonania testu

jest krótki. Pomiar związany jest z dostarczeniem niskiej energii do badanego uzwojenia, co powoduje, że narażenie układu izolacyjnego na uszkodzenie jest niewielkie.

Literatura

- [1]. PN-E-04700 :1998
- [2]. IEC 60034-1 :1999-08
- [3]. Glinka T.: *Badanie diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle*, BOBRME- Komel, 1998