

Piotr ZUBIELIK, Marcin LAWENDA, Krzysztof PIETRZAK
 INSTYTUT ENERGETYKI, ZAKŁAD IZOLACJI – POZNAŃ

Zastosowanie systemu zarządzania danymi pomiarowymi Elektrowiz[®] w diagnostyce generatorów elektroenergetycznych

Dr inż. Piotr ZUBIELIK

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Adiunkt w Zakładzie Izolacji Instytutu Energetyki w Poznaniu, specjalista w dziedzinie techniki wysokich napięć i pomiarów wysokonapięciowych. Autor i współautor kilkudziesięciu publikacji związanych z elektroenergetyką.



e-mail: zubielik@ien.poznan.pl

Dr inż. Marcin LAWENDA

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Informatyk w Zakładzie Izolacji Instytutu Energetyki w Poznaniu, specjalista w dziedzinie przetwarzania równoległego i rozproszonego. Autor i współautor kilkudziesięciu publikacji z zakresu systemów gridowych.



e-mail: lawenda@ien.poznan.pl

Mgr inż. Krzysztof PIETRZAK

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Od 1999 r. pracownik na stanowisku specjalisty w Instytucie Energetyki, Zakładzie Izolacji w Poznaniu. Współautor wielu publikacji na temat diagnostyki i pomiarów wyładowań niepełnych w generatorach elektroenergetycznych.



e-mail: pietrzak@ien.poznan.pl

Streszczenie

Zarządzanie dużą ilością danych w diagnostyce elektroenergetycznej powoduje problemy, z którymi może poradzić sobie tylko odpowiedni system informatyczny. W Zakładzie Izolacji Instytutu Energetyki został opracowany system *Elektrowiz*[®]. Umożliwia on składowanie wyników pomiarów dotyczących wyładowań niepełnych w izolacji generatorów w elektrowniach. Dzięki możliwości porównania wykresów dla różnych generatorów możliwe jest ustalenie stopnia degradacji izolacji stojanów, a co jest z tym związane - kolejności ich remontów. Wielowarstwowa architektura systemu umożliwia dostęp do danych niezależnie od miejsca przebywania użytkownika.

Słowa kluczowe: wyładowania niepełne, izolacja stojanów generatorów, zarządzanie danymi.

Electrical power engineering diagnostics supported by computational data management system - *Elektrowiz*[®]

Abstract

Management of a large amount of data in electrical power engineering diagnostics can cause a lot of troubles which can be managed by a dedicated computer system. To facilitate measurement data management which are gathered in the Institute of Power Engineering – Insulation Department a special system called *Elektrowiz*[®] was developed. It allows storing measurement results which concern partial discharges in insulation of turbo- and hydro-generators in power stations. Thanks to the possibility of comparing charts for different generators, it is possible to estimate degree of stator insulation deterioration. Multilayer architecture of the system allows access to the gathered data independently of the user localization. In order to estimate the isolation degradation degree in a turbogenerator winding at different exploitation stages, the periodic measurement was introduced. It takes into consideration registration of partial discharge intensity, computational analysis and classification of effects. This method allows discovering discharge sources, their type and location. The *Elektrowiz*[®] system allows speeding up computations and archiving measurement results within the wide range of parameters. The system architecture enables the access independently of the user location.

Keywords: partial discharges, stator insulation, data management.

1. Wprowadzenie

Zakład Izolacji Instytutu Energetyki kilkanaście lat temu przedstawił założenia utworzenia bazy danych elektroenergetycznych układów izolacyjnych w aspekcie pomiarów wyładowań niepełnych [1]. Wykorzystując komputerowy system TEAS 570 produkcji szwajcarskiej firmy Haefely przez kilkanaście lat można było śledzić proces degradacji właściwości dielektrycznych izolacji uzwojeń stojanów hydro i turbogeneratorów w polskim systemie elektroenergetycznym. Proces analizy oparty jest na porównaniu wyników pomiarów i służy do utworzenia katalogu defektów układów izolacyjnych maszyn wirujących. Generatory badane były średnio co dwa lata i na ich podstawie można było opisać trend zmian stanu izolacji, pozwalający stwierdzić czy był to proces jej naturalnej lub przyspieszonej degradacji.

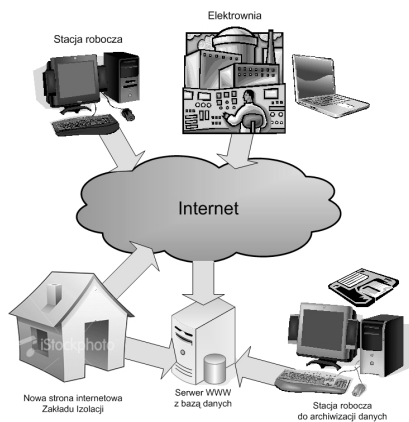
2. System informatyczny *Elektrowiz*[®]

Aby ułatwić pracę osobom prowadzącym ocenę stanu izolacji stojanów generatorów zaprojektowano system informatyczny *Elektrowiz*[®], którego głównym zadaniem jest przechowywanie oraz wizualizacja wyników pomiarów. System *Elektrowiz*[®] - obecnie w wersji 2.0 - został oparty na pierwszej wersji systemu *Elektrowiz 1.0*, który w zasadzie był ograniczony do aplikacji klienckiej. W nowej wersji system ma architekturę rozproszoną typu klient-serwer. Po stronie serwera została umieszczona funkcjonalność dotycząca zarządzania magazynem danych. Aplikacja kliencka jest odpowiedzialna za wizualizację danych (rys. 2), udostępnienie interfejsów do wprowadzania i edycji danych oraz za takie operacje jak wydruk, import/eksport z/do zewnętrznych źródeł danych. Podstawowe mierzone parametry to: maksymalny pozorny ładunek wyładowań w nC, napięcie początkowe wyładowań niepełnych w kV, parametr $D_{0,8U_n}$ świadczący o energii wyładowań niepełnych określanej oddzielnie dla dodatniej i ujemnej części sinusoidy w $(\mu C)^2/s$, współczynnik strat dielektrycznych przy 20% napięcia probierczego, maksymalny przyrost strat dielektrycznych i średni współczynnik strat dielektrycznych.

Oprócz danych pomiarowych system *Elektrowiz*[®] umożliwia również przechowywanie informacji typu administracyjno-organizacyjnego, opisowego oraz uzupełniających. System komputerowy zbiera dane dotyczące stanu izolacji stojanów generatorów w układzie pomiarowym pokazanym na rysunku 1.

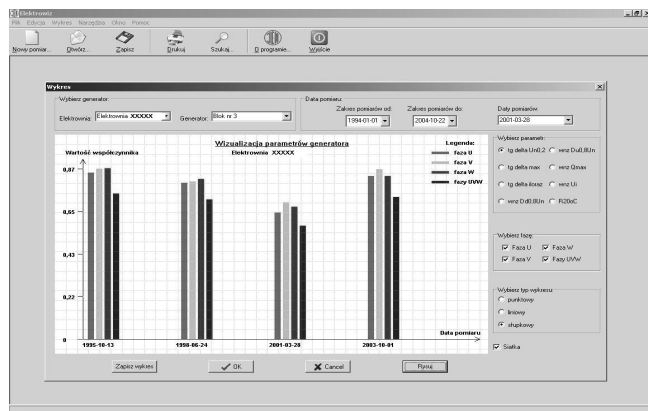
Obecnie do programu *Elektrowiz*[®] dołączony został moduł pozwalający przewidzieć czas życia układów izolacyjnych stojanów generatorów, który określa się na podstawie analizy wszystkich dostępnych danych, takich jak wyniki starzeniowych badań elektrycznych w podwyższonej temperaturze oraz oddziaływania cykli termicznych. Oprócz tego wykorzystuje się dane dotyczące czasu pracy i liczby uruchomień generatorów. Na podstawie rozkładu Weibulla szacuje się średni procentowy stopień degradacji wytrzymałości dielektrycznej izolacji badanych

układów izolacyjnych uzwojeń stojanów w czasie 30 lat. Dalsza ekstrapolacja jest ryzykowna z uwagi na brak empirycznych wyników, a jest to ograniczenie wynikające z czasu eksploatacji maszyn z izolacją termoutwardzalną.



Rys. 1. Rysunek poglądowy obrazujący działanie systemu
Fig. 1. Pictorial diagram illustrating the system operation

Zgodnie z wiedzą i praktyką [2], degradacja wytrzymałości dielektrycznej izolacji w czasie eksploatacji przebiega według krzywej parabolicznej przedstawionej na rysunku 3. Na paraboli zaznaczono wartości prób wysokonapięciowych, wykonywanych w różnym okresie produkcji i eksploatacji uzwojenia stojana napięciem przemiennym (badania prętów, próby odbiorcze i eksploatacyjne), wykorzystane do oceny czasu życia - pierwszy punkt $4 \cdot U_n$ określa wytrzymałość dielektryczną prętów przeznaczonych do zwojenia, drugi określa gwarantowaną wytrzymałość dielektryczną uzwojenia po napięciowej próbie odbiorczej ($2U_n+1$) kV a trzeci $1,5 \cdot U_n$ (próby eksploatacyjne), jest wartością zalecaną przez producentów jako gwarantującą poprawną eksploatację na poziomie napięcia fazowego $U_n/\sqrt{3}$.



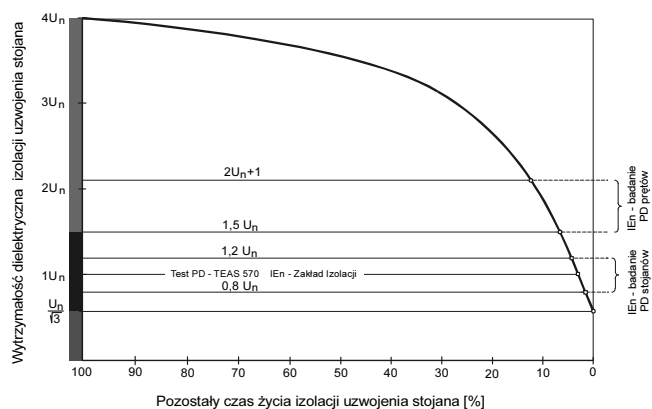
Rys. 2. Zrzut ekranu z programu Elektrowiz przedstawiający wykres słupkowy wartości tgδ
Fig. 2. Elektrowiz screenshot with tgδ bar diagram

Ocena czasu życia izolacji w oparciu o próby napięciowe spełnia swój cel dla nowych uzwojeń generatorów. W przypadku starszych maszyn, naprężanie izolacji silnym polem elektrycznym jest przyczyną przyspieszenia procesu degradacji i obniżenia wytrzymałości dielektrycznej (wtórna degradacja). Do oceny stopnia degradacji izolacji uzwojeń turbogeneratorów wysokonapięciowych na różnych etapach eksploatacyjnych wprowadzono okresowy pomiar, komputerową analizę z klasyfikacją defektów i rejestracją intensywności wyładowań niepełnych. Metoda ta umożliwia wykrycie źródeł wyładowań, ich rodzaj i umiejscowienie oraz przy powtórnych badaniach wyznaczenie trendu zmian i oszacowanie stopnia degradacji. Znajomość procesów starzeniowych przeprowadzanych w warunkach laboratoryjnych na elementach uzwojeń (modele i pręty), ułatwia ocenę czasu życia izolacji w trakcie eksploatacji.

3. Czas życia izolacji stojanów generatorów elektroenergetycznych

Dla układów izolacyjnych zakłada się okres poprawnej eksploatacji na około 30 lat. Powyżej tego czasu, ekstrapolacja może być obciążona dużym błędem z uwagi na brak potwierdzenia eksperymentalnego. Cyklicznie powtarzane przez Zakład Izolacji w Poznaniu pomiary intensywności wyładowań niepełnych umożliwiają precyzyjną korektę i aktualizację przedstawionych prognoz. Działanie to może znacznie przedłużyć czas życia układów izolacyjnych przez podejmowanie w odpowiednim czasie decyzji o remontach poprawiających kondycję uzwojeń stojanów (np. przez odnawianie powłok ochrony przeciwzwarzeniowej zewnętrznej czy likwidację luzów żłobkowych).

Oszacowany według rozkładu Weibulla średni procentowy stopień degradacji wytrzymałości dielektrycznej izolacji Micadur polskich generatorów wynosi około 40 lat.



Rys. 3. Czas życia układu izolacyjnego stojana turbogeneratora na podstawie prób napięciowych

Fig. 3. Life time of stator insulating system according to voltage tests

4. Podsumowanie

- Do oceny stopnia degradacji izolacji uzwojeń turbogeneratorów na różnych etapach eksploatacyjnych wprowadzono okresowy pomiar z rejestracją intensywności wyładowań niepełnych oraz komputerową analizą i klasyfikacją defektów. Metoda umożliwia wykrycie źródeł wyładowań, ich rodzaj i umiejscowienie. Cykliczne badania umożliwiają wyznaczenie trendu zmian i oszacowanie stopnia degradacji właściwości izolacyjnych maszyn wirujących. Oszacowany czas życia i stopień degradacji wytrzymałości dielektrycznej izolacji stojanów generatorów według rozkładu Weibulla, wyników prób starzeniowych i pomiarów wyładowań niepełnych wynosi około 40 lat.
- System informatyczny *Elektrowiz*[®] pozwala w szerokim zakresie przyspieszyć obliczenia i składowanie wyników pomiarów. Architektura systemu umożliwia dostęp do danych niezależnie od miejsca przebywania użytkownika.

5. Literatura

- [1] Andrzejewski K., Tułodziecka E., Zubieliński P.: Baza danych elektroenergetycznych układów izolacyjnych w aspekcie pomiarów wyładowań niepełnych. Infobazy'97. Bazy danych dla nauki, Gdańsk, 23-25 czerwca 1997
- [2] Tułodziecka E., Andrzejewski K., Pietrzak K.: Analiza procesu starzeniowego izolacji uzwojeń stojanów generatorów ... na podstawie pomiarów intensywności wyładowań niepełnych w systemie off-line. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Zeszyty Naukowo-Techniczne, nr 2/2004-05-12, Belchatów, 2004