

Łukasz NAGI*
Piotr SCHNEIDER*

WYKORZYSTANIE ŚRODOWISKA MATLAB DO TWORZENIA APLIKACJI I SYMULACJI WSPOMAGAJĄCYCH BADANIA NAD WYŁADOWANIAM NIEZUPEŁNYMI

W artykule przedstawiono wyniki jakie otrzymano w efekcie przeprowadzenia eksperymentu generowania promieniowania jonizującego przy udziale wyładowań niezupełnych wywoływanych w wadliwej izolacji elektrycznej. Wykonano symulację wyżej wymienionego zjawiska fizycznego, opierającą się na rejestrowanych danych pomiarowych. Na potrzeby eksperymentu utworzono również aplikację do automatycznego pobierania i wstępnego opracowywania danych. Zarówno utworzona symulacja jak i aplikacja zostały wykonane w środowisku MATLAB. Artykuł przedstawia również krótki opis dotychczasowych metod badawczych wyładowań niezupełnych oraz sugeruje dalsze pomysły na rozwijanie eksperymentu.

SŁOWA KLUCZOWE: wyładowania niezupełne, środowisko MATLAB, promieniowanie rentgenowskie

1. WYŁADOWANIA NIEZUPEŁNE – MOŻLIWOŚCI DIAGNOSTYCZNE

Jednym z bardziej istotnych działów przemysłu elektroenergetycznego jest diagnostyka urządzeń i linii przesyłowych. Szczególną uwagę zwraca się na stosowane izolacje oraz ich parametry wytrzymałościowe i ochronne. Jakość izolacji ma wpływ nie tylko na jej cenę ale i też skuteczność. Obecnie diagnostyka izolacji opiera się na jak najszybszym i najdokładniejszym rozpoznaniu czy uszkodzenie (ubytek) występuje, na odnalezieniu miejsca wystąpienia uszkodzenia oraz ustalenie poziomu degradacji izolacji. Szereg zjawisk fizycznych występujących w miejscach uszkodzeń jest istotną informacją na temat ubytków w badanym obiekcie. Jednym z takich zjawisk są wyładowania niezupełne występujące w zniszczonych izolacjach przewodów elektrycznych oraz urządzeń elektroenergetycznych. Wyładowania niezupełne - WNZ (z ang. Partial Discharges - PD) są obiektem licznych badań laboratoryjnych oraz terenowych. Opracowano wiele sposobów mierzenia tego

* Politechnika Opolska.

zjawiska, z których najbardziej efektywne są metody nieinwazyjne. Wśród nich można wymienić takie jak np. metoda ultradźwiękowa, elektromagnetyczna czy rejestracji widma optycznego [1 - 4]. Jednym z najnowszych odkryć dotyczących zjawiska WNZ jest zarejestrowanie szpilek promieniowania rentgenowskiego towarzyszącego wyładowaniom [5, 6]. Energia mierzonej radiacji pozwala na wykonanie zdjęć rentgenowskich [7]. Możliwe również jest to, że istnieją inne rodzaje promieniowania towarzyszące wyładowaniom niezupełnym. Ekspozycja obiektów wszelkiego rodzaju takich jak urządzenia elektroenergetyczne, przewody elektryczne czy też pracownicy bezpośrednio pracujący przy urządzeniach z wadliwą izolacją, na to promieniowanie może powodować dodatkowe szkody. Promieniowanie jonizujące jako zjawisko fizyczne jest istotnym oddziaływaniem na otaczający nas świat. Reaguje z materią, a jego różne rodzaje (promieniowania jonizującego) mają wpływ na jej budowę, powstające defekty w strukturze danego materiału oraz zmiany składu pierwiastkowego wynikającego ze zmian promieniotwórczych. Tym bardziej istotne jest opracowanie skutecznej metody do wykrywania jednocześnie WNZ i promieniowania jonizującego towarzyszącego temu zjawisku elektrycznemu.

2. PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE WYNIKAJĄCE Z WNZ

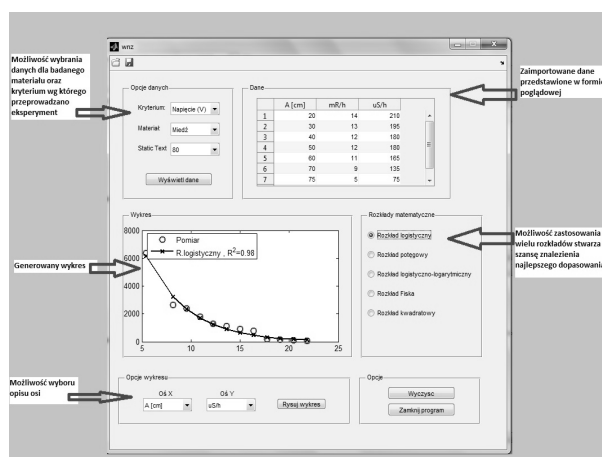
Podczas wyładowań występujących w izolacji kabla obserwowano pojawienie się promieniowania rentgenowskiego. Zarejestrowana dawka radiacyjna jest w stanie przeniknąć przez cienkie warstwy lekkich metali. Istnieje szansa zrobienia zdjęcia rentgenowskiego porów powietrza w izolacji kabli elektrycznych lub innych uszkodzeń występujących przy WNZ co dałoby możliwość nieinwazyjnego sprawdzenia poziomu uszkodzeń izolacji.

W publikacjach dotyczących promieniowania X-ray i PD wykazano, że składnik rentgenowski wyładowań niezupełnych jest tak zwanym promieniowaniem hamowania, a liczba aktów rejestrowanych jest zależna zarówno od ilości powietrza w porach, gdzie występuje WNZ, jak i liczby atomowej Z pierwiastków wchodzących w skład mieszaniny powietrznej. Zgodnie ze wzorem (1):

$$P = \frac{C(Z(v - v_0) + bZ^4)}{R^2} \quad (1)$$

gdzie: P – liczba zliczeń aktów jonizacyjnych, C – ilość gazu w porach gdzie występuje WNZ, Z – liczba atomowa pierwiastków gazu, R – odległości między atomami pierwiastków.

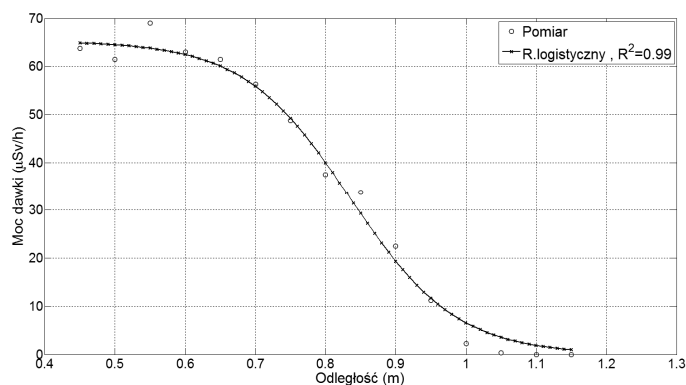
Dane, dla których stworzono aplikację pochodzą z badania zależności dawki promieniowania wynikającej z WNZ od napięcia wywołującego wyładowania oraz w zależności od odległości sondy od źródła PD. Do symulacji wykorzystano eksperyment, w którym zmieniany był również materiał, z którego składały się elektrody wytwarzające wyładowania niezupełne. Widok okna wyboru opcji oraz generowania wykresów przedstawiono na rys. 1.



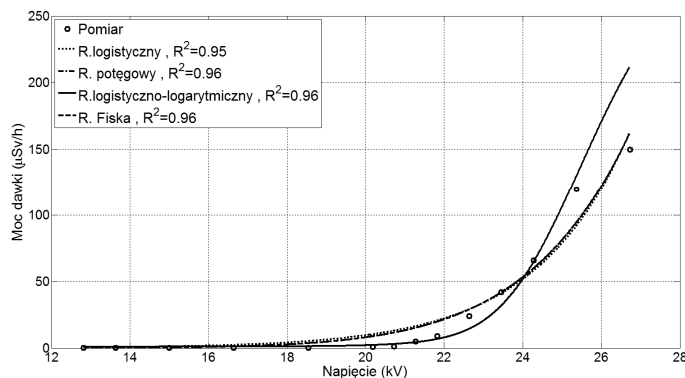
Rys. 1. Widok okna aplikacji wraz z opisem możliwości opracowywania danych

3. APLIKACJA WSPOMAGAJĄCA OPRACOWYWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Aplikacja pozwala odczytywać dane zapisane w plikach Excel. Po zaimportowaniu wyników eksperymentu pojawiają się one w oknie gdzie można łatwo kontrolować czy to właśnie z nimi chcemy w danej chwili pracować. Dzięki programowi możemy generować wykresy zależności danych rejestrowanych od warunków początkowych dla różnych materiałów oraz ze względu na różne kryteria wyboru. Przykładowym wykresem generowanym przez aplikację jest zależność rejestrowanej mocy dawki od napięcia wywołującego WNZ przedstawiona na rys. 2, gdzie materiałem elektrod była miedź. Ośrodkiem, w którym rozpraszane było promieniowanie było powietrze.

Rys. 2. Zależność mocy dawki promieniowania od odległości od źródła WNZ $P = f(r)$

Aplikacja pozwala również na generowanie kilku wykresów przed eksportowaniem jednego z nich do pliku jpg w zależności od wybranego rozkładu matematycznego w celu jak najlepszego dopasowania krzywej do danych. Przykładowy wykres z najlepszym dopasowaniem przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3. Zależność mocy dawki promieniowania od napięcia wywołującego WNZ $P = f(U)$. Najlepsze dopasowanie dzięki rozkładowi logarytmicznemu

4. WNIOSKI

Wykrywanie i opisywanie promieniowania jonizującego wynikającego z WNZ może stać się kolejną nieinwazyjną metodą detekcji uszkodzeń w izolacjach oraz występujących w nich wyładowań niepełnych. Opracowanie danych pomiarowych sprawiłoby, że można by również lepiej opisywać procesy energetyczne w tego typu zjawiskach fizycznych. Większa paleta składników w bilansie energetycznym sprawi, że lepiej będziemy mogli zrozumieć mechanizmy powstawania i rozchodzenia się zaburzeń związanych z wyładowaniami elektrycznymi. Ponadto warto zauważyć, że program MATLAB jest również bardzo dobrym środowiskiem do tworzenia wszelkiego rodzaju aplikacji wspomagających opracowywanie danych pomiarowych jak i do symulacji samych zjawisk, które badamy.

LITERATURA

- [1] D.Wotzka, D. Zmarzły, T. Boczar: Numerical Simulation of Acoustic Wave Propagating in a Spherical Object Filled with Insulating Oil, Acta Physica Polonica A, Vol. 118, Is. 6, pp. 1272-1275, 2010.
- [2] P. Frącz, "Influence estimation of the voltage value on the measurements results for the optical radiation generated by partial discharges on bushing isolator", Acta Phys. Pol. A, Vol. 120, pp. 604-608, 2011.

- [3] A.Cichoń, The application of the selected time-frequency descriptors detection of the acoustic emission signals generated by multisource partial discharges, *Acta Phys. Pol. A*, Vol. 116, pp.290-293, 2009.
- [4] S.Borucki, Time-Frequency Analysis of Mechanical Vibrations of the Dry Type Power Transformer Core, *Acta Phys. Pol. A*, Vol. 120, pp. 571-574, 2011.
- [5] Dwyer, J. R., Z. Saleh, H. K. Rassoul, D. Concha, M. Rahman, V. Cooray, J. Jerauld, M. A. Uman, and V. A. Rakov (2008), A study of X-ray emission from laboratory sparks in air at atmospheric pressure, *J. Geophys. Res.*, 113, D23207, doi:10.1029/2008JD010315.
- [6] Cooray, V., J. R. Dwyer, V. Rakov, and M. Rahman (2010), On the mechanism of X-ray production by dart leaders of lightning flashes, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 72(11–12), 848–855, doi:10.1016/j.jastp.2010.04.006.
- [7] Novikov G.K., Smirnov A.I., Fedchiskin V.V. Detection of X-Ray Radiation of Partial Discharges in Polymeric Cable Insulation. *Russian Electrical Engineering*, 2009.

THE USE OF MATLAB TO CREATE THE APPLICATION AND SUPPORTING SIMULATION IN PARTIAL DISCHARGE RESEARCH

The article presents the results of which were obtained as a result of an experiment to generate radiation with the participation of partial discharges caused a faulty electrical insulation. We performed a simulation of the above-mentioned physical phenomenon, based on the recorded data. For the purposes of the experiment also created an application to automatically download and pre-compiling the data. Both of them: simulation which was created and the application has been made in MATLAB environment. Article also presents a brief description of current research methods PD and suggests further ideas for developing the experiment.