

Analiza promieniowania rentgenowskiego generowanego przez wyładowania niezupełne w układzie ostrze-ostrze

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób nowatorskiej metody badania wyładowań niezupełnych. Analizowane jest zjawisko towarzyszące generowanym WNZ. Promieniowanie rentgenowskie mierzone jest za pomocą detektora scyntylacyjnego w różnych układach iskierników. Porównane zostały wyniki z 2 układów. Wykazano przy tym, że nie tylko układ ale zmienne metryczne mają wpływ na uzyskiwany pomiar.

Abstract. The paper presents a new method of partial discharge test methods. Analyzed the phenomenon associated with PD generated. X-rays is measured using a scintillation detector in various systems of spark gap. Results were compared with 2 different schematics. Demonstrated by the fact that not only the system but metric variables influence the measurement obtained. (Analysis of X-ray radiation generated by the partial discharge in the system blade-edge).

Słowa kluczowe: promieniowanie rentgenowskie, wyładowania niezupełne, generator Marxa, detektor scyntylacyjny.

Keywords: X-rays, partial discharges, Marx Generator, scintillation detector

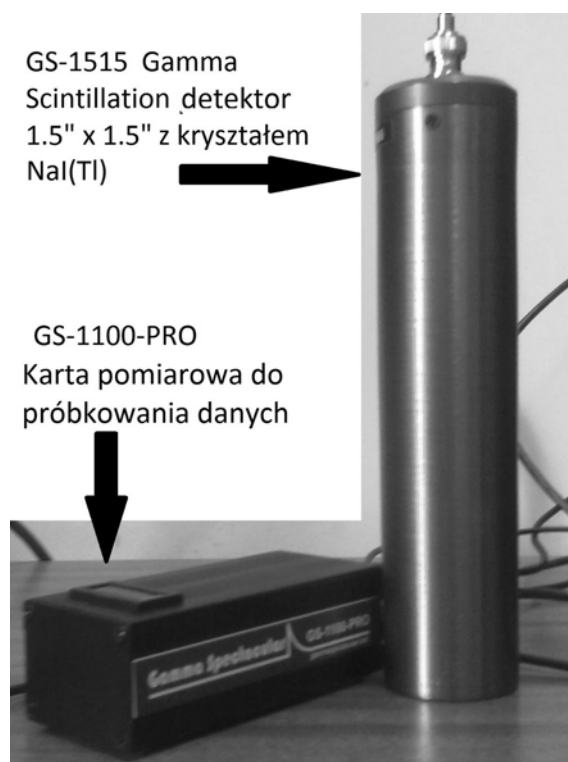
doi:10.12915/pe.2014.10.21

Wstęp

Prowadzone prace badawcze dotyczą diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych, a w szczególności detekcji i lokalizacji wyładowań niezupełnych, jakie mogą występować w układach izolacyjnych. Promieniowanie fal elektromagnetycznych w zakresie częstotliwości rentgenowskich jest jednym z wielu zjawisk sygnalizujących generację wyładowań niezupełnych [1-6]. Badania nad promieniowaniem rentgenowskim pochodzącym z wyładowań elektrycznych polegają na rejestrowaniu jego widma, zliczaniu aktów jonizujących czy też energii fotonów rentgenowskich. Najczęściej stosowanymi urządzeniami pomiarowymi są liczniki gazowe Geigera-Mullera czy też liczniki scyntylacyjne. Zasada działania tego drugiego licznika opiera się na zjawisku scyntylacji czyli wzbudzenia materiału, który podlega danemu zjawisku przez naładowane cząstki lub fotony, a następnie wypromieniowywaniu nagromadzonej energii w postaci fotonów o określonej energii i rejestrowaniu ich przez fotopowielacz. Promieniowanie rentgenowskie do badań nad wyładowaniami niezupełnymi otrzymuje się w prosty sposób w laboratorium. Jedną z możliwości jest wykorzystanie generatora Marxa. Wytwarzane są iskry o potencjale 1 MV między elektrodami o odległości od 10 cm do 140 cm [7-8]. Można wykorzystać również transformator Tesli lub układ iskierników ze zwykłym transformatorem o nominalnie 60 kV. W zależności od użytych elektrod wyniki nieznacznie się różnią.



Rys.1. Scyntylator NaI(Tl). Jodek sodu aktywowany talem



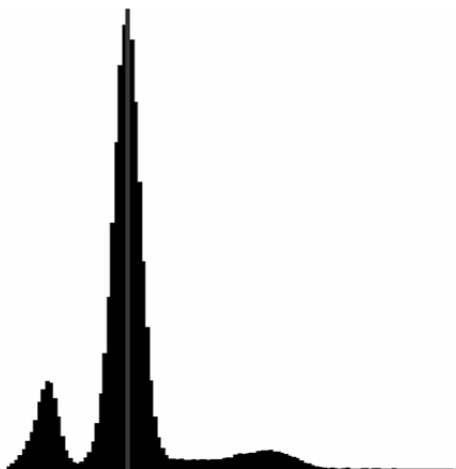
Rys.2. Detektor scyntylacyjny GS-1515

Stosowane mierniki i układ pomiarowy

W badaniach na rejestrowaniu promieniowania rentgenowskiego generowanego przez wyładowania niezupełne najczęściej używa się liczników scyntylacyjnych opartych na kryształach NaI(Tl) (rys.1). Dobrym miernikiem do tego typu badań jest detektor scyntylacyjny GS-1515 (rys.2). Jego głównym parametrem jest zakres rejestrowanej energii promieniowania gamma i X, który wynosi od 25 eV do 2500 keV. Posiada dobrą rozdzielczość energetyczną przy 660 keV rzędu 7 - 9%. Zakres napięcia w jakim pracuje to 750 V - 850 V. W czasie kalibracji detektora i układu pomiarowego wykonano pomiar widma ameryku 241 przedstawionego na rysunku 3.

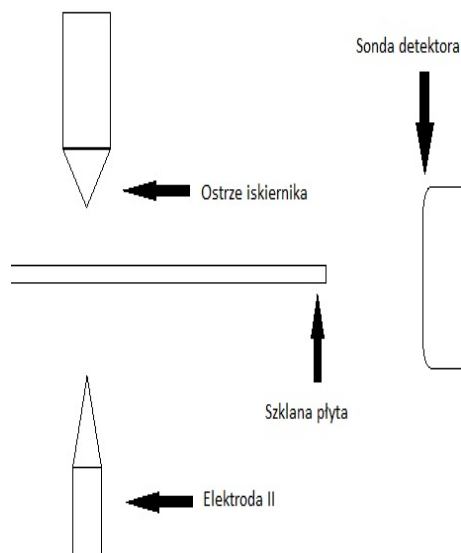
Stanowisko pomiarowe do generowania wyładowań niezupełnych składało się z transformatora, detektora scyntylacyjnego oraz układu elektrod iskiernika. Układ ostrze-ostrze został przedzielony szklaną płytą i

umieszczony w odizolowanej od światła komorze. Wcześniej badania wykonywane były w układzie ostrze- płyta. Stosowane były również inne mierniki, takie jak licznik G-M czy też licznik scyntylacyjny własnej konstrukcji również oparty na kryształach NaI (TI).



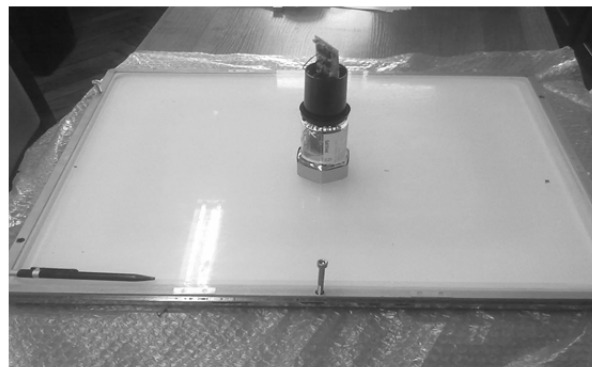
Rys.3. Widmo Ameryku 241 uzyskane dzięki detektorowi scyntylacyjnemu GS-1515 firmy Gamma Spectacular

Ośrodkiem, w którym generowane były wyładowania niepełne było powietrze o ciśnieniu atmosferycznym. Kierunek przepływu ładunku był zdeterminowany ułożeniem względem siebie ostrzy elektrod, natomiast promieniowanie rentgenowskie rozchodziło się we wszystkich kierunkach. Niestety ułożenie czoła sondy detektora miało znaczny wpływ na uzyskiwane wyniki. Część rejestrująca, w której znajduje się kryształ NaI(Tl) powinna być zwrócona



Rys.4. Schemat układu pomiarowego

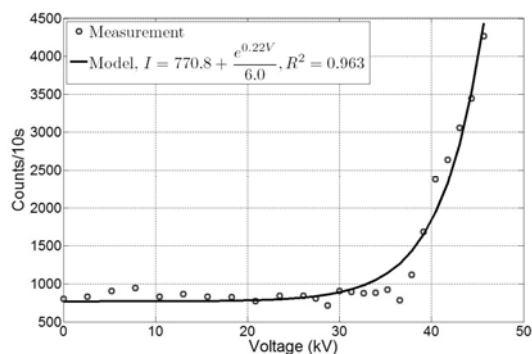
w kierunku źródła promieniowania X, ponieważ boczne ściany sondy zbyt dobrze ekranują scyntylator od pomiaru. Schemat układu pomiarowego przedstawiony jest na rysunku 4. Korzystając z doświadczeń medycyny z promieniowaniem X można użyć innych rodzajów scyntylatorów lub też zwiększyć spektrum badań poprzez wykorzystywanie m.in. matryc używanych do badań medycznych (rys.5).



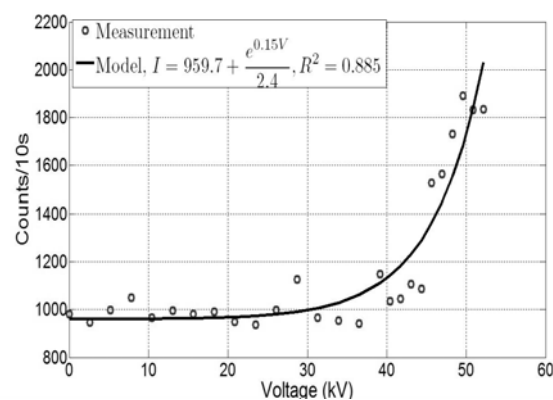
Rys.5. Kasetka scyntylacyjna zbudowana z monokryształu NaI(Tl) o grubości 10 mm naklejona na grubą taflę ciężkiego szkła ołowowego. Na rysunku widać również jeden z fotopowielaczy, które składają się na klastery pomiarowy

Rejestrowane dane

W wyniku przeprowadzonych badań wykorzystujących układ ostrze-ostrze można stwierdzić, że generowane jest promieniowanie rentgenowskie o natężeniu pozwalającym jednoznacznie stwierdzić jego występowanie. Jednakże liczba aktów jonizacyjnych w ustalonych warunkach jest niższa niż w podobnym układzie wykorzystującym układ z jednym ostrzem i płytą (rys.6, rys.7).

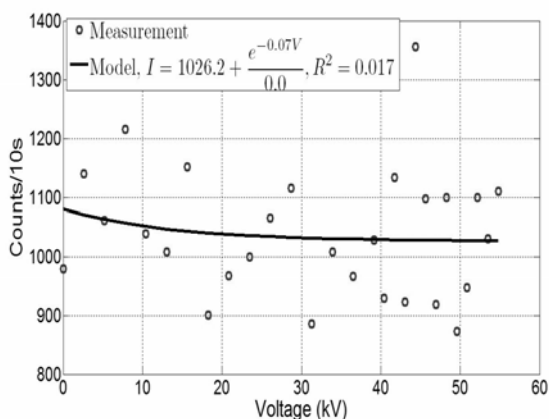


Rys.6. Zależność liczby aktów jonizacyjnych od napięcia generującego WNZ przy ustalonej odległości między elektrodami (ostrze-płyta) równej 45 mm i ustalonej odległości między detektorem scyntylacyjnym i źródłem - 28 cm



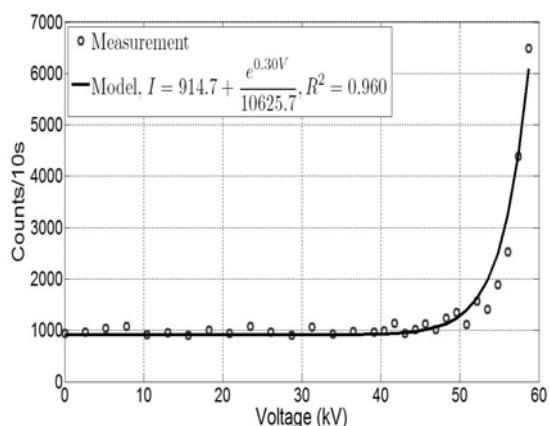
Rys.7. Zależność liczby aktów jonizacyjnych od napięcia generującego WNZ przy ustalonej odległości między elektrodami (ostrze-ostrze) równej 45 mm i ustalonej odległości między detektorem scyntylacyjnym i źródłem - 25 cm

Wyładowania powierzchniowe generują znacznie więcej fotonów pochodzących z promieniowania hamowania, a tym samym więcej aktów jonizacyjnych rejestrowanych przez detektor scyntylacyjny. Zauważono również wpływ odległości miernika od źródła wyładowań na uzyskiwane wyniki. Im większa odległość tym liczba aktów jonizacyjnych rejestrowana była mniejsza. (rys.7, rys.8). Ma to związek z rozpraszaniem się promieniowania rentgenowskiego w powietrzu i pochłaniania go przez cząstki znajdujące się w mieszaninie. Spory wpływ na pochłanianie miał ozon, który wytwarzał się w czasie generowania WNZ. Widać wyraźnie, że przy tej odległości między źródłem, a detektorem w układzie ostrze-ostrze rejestrowane jest praktycznie tylko promieniowanie tła i zakłócenia. Podobny wynik uzyskuje się w czasie pomiaru, kiedy nie są generowane wyładowania niepełne i w pobliżu detektora nie ma innych źródeł promieniowania.



Rys.8. Zależność liczby aktów jonizacyjnych od napięcia generującego WNZ przy ustalonej odległości między elektrodami (ostrze-ostrze) równej 45 mm i ustalonej odległości między detektorem scyntylacyjnym i źródłem - 32 cm

Na uzyskiwane dane wpływała również odległość pomiędzy ostrzami iskiernika oraz ułożenie miernika względem źródła. Najwyższe wartości otrzymano, gdy czoło sondy scyntylacyjnej było skierowane centralnie w kierunku źródła, a odległość między nimi była najmniejsza. Mniejsza odległość między ostrzami wpływała jakościowo na ilość rejestrowanych aktów (rys.7, rys.9)



Rys.9. Zależność liczby aktów jonizacyjnych od napięcia generującego WNZ przy ustalonej odległości między elektrodami (ostrze-ostrze) równej 35 mm i ustalonej odległości między detektorem scyntylacyjnym i źródłem - 25 cm

Podsumowanie

Dzięki badaniom promieniowania rentgenowskiego generowanego przez wyładowania niepełne można efektywniej ocenić bilans energetyczny wyładowań oraz ocenić czy wyładowanie niepełne miało miejsce w na przykład uszkodzonej izolacji kabli czy urządzeń energetycznych. Zastosowanie opracowywanej metody wykrywania WNZ może być obiektywnym sposobem oceny wad w izolacjach oraz uzupełnić brakujące elementy w bilansie energetycznym. Stosowanie różnych układów generujących wyładowania niepełne spełnia ważną rolę w rozwoju badań na tym zjawiskiem. Różnorodność występowania WNZ generuje szereg rozwiązań dotyczących detekcji za pomocą mierników scyntylacyjnych. Różne układy generujące PD, wielość materiałów, z których można zbudować elektrody oraz 3 dotychczas wykorzystywane parametry metryczne (zmienne) mogą stać się podstawą do zastosowań nowej metody w przemyśle. Zasięg, dostępność oraz nieinwazyjność tej metody są również ważnymi argumentami dającymi pewną przewagę nad dotychczas stosowanymi metodami.

Praca badawcza realizowana jest ze środków NCN, przeznaczonych na naukę, w ramach projektu OPUS.

LITERATURA

- [1] Wotzka D., Boczar T. Acoustic emission signals analysis in electric power transformer model, *Przegląd Elektrotechniczny*, 86(2010), n.11B, 74-77
- [2] Borucki S., Diagnosis of Technical Condition of Power Transformers Based on the Analysis of Vibroacoustic Signals Measured in Transient Operating Conditions, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 27 (2012), n.2, 670-676
- [3] Wotzka D., Cichoń A., Boczar T., Modeling and Experimental Verification of Ultrasound Transmission in Electro Insulation Oil, *Archives of Acoustics*, 37(2012), 19-22
- [4] Frącz P., Influence Estimation of the Voltage Value on the Measurement Results for the Optical Radiation Generated by Partial Discharges on Bushing Isolator, *Acta Physica Polonica A*, 120 (2011), n.4, 604-608
- [5] Szmechta, M., Boczar, T., Frącz, P., Frequency and Time-Frequency Analysis of Acoustic Cavitation Noise in Insulating Oils, *Acta Physica Polonica A*, 120 (2011), n.4, 744-747
- [6] Cichoń A, Borucki S., Wotzka, D., Szmajda M., Characteristics of Acoustic Emission Signals Generated by the Contacts of the Selector, *Acta Physica Polonica A*, 122 (2012), n.5, 804-807
- [7] R. Dwyer, Z. Saleh, H. K. Rassoul, D. Concha, M. Rahman, V. Cooray, J. Jerauld, M. A. Uman, A. Rakov, A study of X-ray emission from laboratory sparks in air at atmospheric pressure, *J.Geophys. Res.* 113 (2008), D23207
- [8] Zmarzły D., Nagi Ł., Borucki S., Boczar T., Analysis of Ionizing Radiation Generated by Partial Discharges, *Acta Physica Polonica A*, 125(2014), n.6, 1377-1379

Autorzy: prof. dr hab. inż. Dariusz Zmarzły, Politechnika Opolska, Instytut Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej, ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole, E-mail: d.zmarzly@gmail.com; mgr Łukasz Nagi, Instytut Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej, ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole, E-mail: lukasz.nagii@gmail.com.