

Grzegorz MALINOWSKI*

WYKORZYSTANIE SYSTEMU PD SMART DO PORÓWNIANIA WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH W OLEJU MINERALNYM I ESTRZE SYNTETYCZNYM

Autor przedstawia układ do pomiaru wyładowań niezupełnych metodą elektryczną systemem PD Smart, następnie prezentuje wyniki badań wykonanych przy jego użyciu. W pracy mierzono wyładowania niezupełne (wnz) w układzie ostrze- płyta oraz płyta-płyta (oddzielonych od siebie warstwą preszpanu) dla dwóch cieczy dielektrycznych: oleju mineralnego i estru syntetycznego Midel 7131.

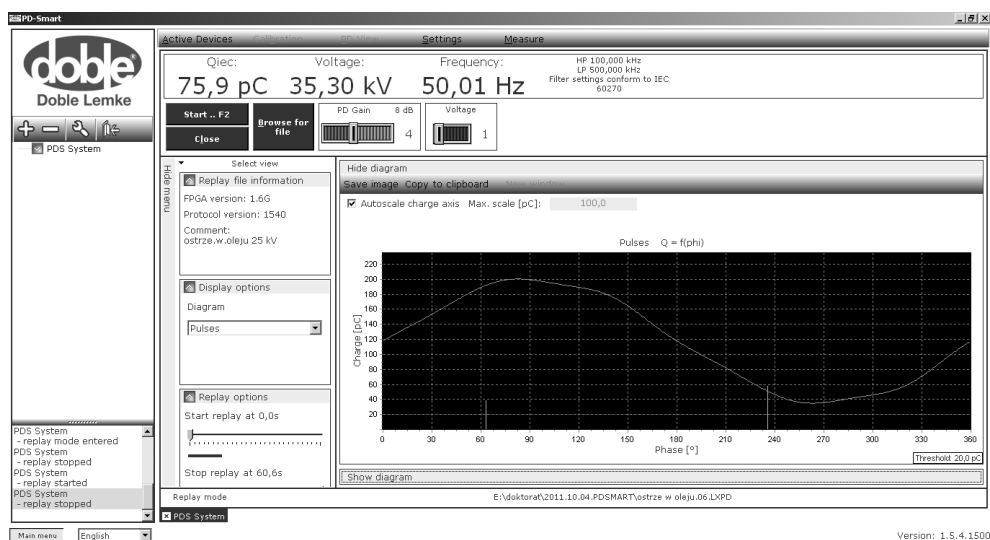
1. SYSTEM POMIAROWY

System PD Smart jest zaawansowanym narzędziem do pomiaru ładunku pozornego wyładowań niezupełnych [3]. Jego integralnymi elementami są: układ pomiarowy, przetwarzający sygnał elektryczny w cyfrowy (rys. 1) oraz komputer z programem eksperckim (rys. 2). Urządzenie jest zasilane z sieci, co przy braku filtrowania napięcia zasilającego może zakłócić wyniki pomiarów. W takiej sytuacji możliwa jest praca systemu z wykorzystaniem wbudowanej baterii.



Rys. 1. Miernik PD Smart, służący do badania wnz metodą konwencjonalną [5]

* Politechnika Poznańska.



Rys. 2. Okno programu do obsługi urządzenia pomiarowego PD Smart

Podstawowymi wielkościami mierzonymi przez system PD Smart są: ładunek pozorny wyładowań niezupełnych, wartość napięcia oraz częstotliwość. Program pozwala zapisywać wyniki pomiaru do pamięci komputera oraz odczytywać je w celu przeprowadzenia analizy wyników pomiaru.

2. WYŁADOWANIA NIEZUPEŁNE W OLEJACH I ESTRACH

Wyładowania niezupełne to wyładowania wewnątrz materiału izolacyjnego o wartości od kilku- do nawet setek [pC]. Nie powodują one bezpośredniego zagrożenia dla materiału izolacyjnego, ale ich rozwój w czasie i w konsekwencji przekroczenie wartości krytycznej może spowodować przebicie materiału izolacyjnego, a dalej zniszczenie całej jednostki (np. transformatora). Zwykle im droższe urządzenie tym bardziej konieczne jest regularne wykonywanie pomiarów diagnostycznych, które określają, czy dany poziom wzn nie stwarza zagrożenia w działaniu jednostki.

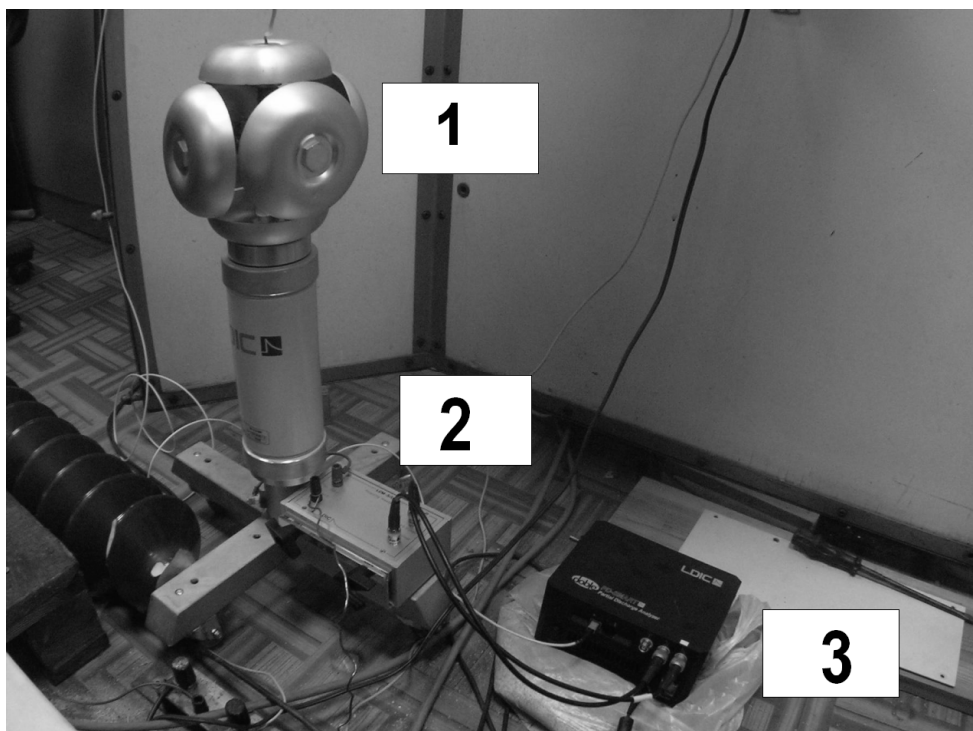
Funkcjonujące obecnie transformatory izolowane są najczęściej olejem mineralnym. Olej ten nie jest biodegradowalny, może się on rozlać lub zapalić (np. w wyniku awarii transformatora), a w rezultacie skazić najbliższe otoczenie jednostki. Alternatywą dla oleju mineralnego są od kilku lat stosowane estry, które mają podobne właściwości jak olej mineralny [2], ale nie są niebezpieczne dla środowiska, a jeśli już się do niego dostaną, to ulegają biodegradacji.

3. UKŁAD POMIAROWY

Układ pomiarowy składał się z transformatora probierczego o częstotliwości technicznej, kondensatora sprzęgającego, impedancji pomiarowej, miernika PD Smart, komputera oraz obiektu badanego (rys. 3).

Obiektem badań był układ ostrze- płyta (rys. 4) oraz płyta-płyta (rys. 5). Taki układ zalany był cieczą izolacyjną w cylindrze wykonanym ze szkła organicznego o średnicy 12 cm i pojemności około 1,8 l. Górna elektroda była podłączona pod wysokie napięcie, a dolna uziemiona.

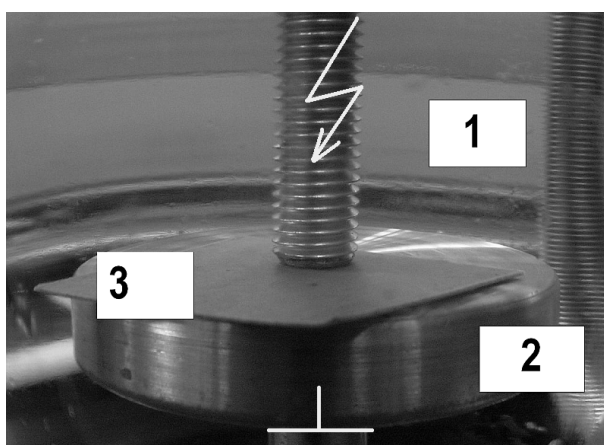
Każdy z układów zalano olejem mineralnym, a następnie estrem syntetycznym. Wyniki pomiarów przedstawiono w rozdziale 4. Przy badaniu układu ostrze-płyta odstęp międzyelektrodowy wynosił 14 mm, natomiast przy badaniu wyładowań ślizgowych elektrody były oddzielone od siebie jednomilimetrową warstwą preszpanu.



Rys. 3. Układ pomiarowy; 1 – kondensator sprzęgający (1000 pC, 40 kV),
2 - impedancja pomiarowa (50 Ω); 3 – miernik PD Smart



Rys. 4. Obiekt badany; cylinder z układem ostrze- płyta wypełniony olejem mineralnym



Rys. 5. Układ płyta-płyta do pomiaru wyładowań ślizgowych; 1 - elektroda pod wysokim napięciem ($\varnothing 10$ mm); 2 - elektroda uziemiona ($\varnothing 50$ mm); 3 - preszpan ($d = 1$ mm, 40×40 mm)

4. BADANIA I ICH WYNIKI

Pomiary przeprowadzono w laboratorium Zakładu Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej. Dokonano pomiarów napięcia zapłonu wnz i gaśnięcia wnz oraz napięcia przebiecia.

Do badań użyto dwóch cieczy izolacyjnych: oleju mineralnego Taurus, o zawartości wody 29 ppm (*parts-per-million*) oraz esteru syntetycznego Midel 7131 o zawartości wody 25 ppm. Zbudowano dwa układy pomiarowe:

- ostrze-płyta,
- płyta-płyta (generujący wyładowania ślizgowe).

Układ ostrze-płyta charakteryzuje się silną koncentracją wyładowań niezupełnych w okolicy ostrza (rys. 3.2) z tytułu bardzo niejednorodnego rozkładu pola elektrycznego.

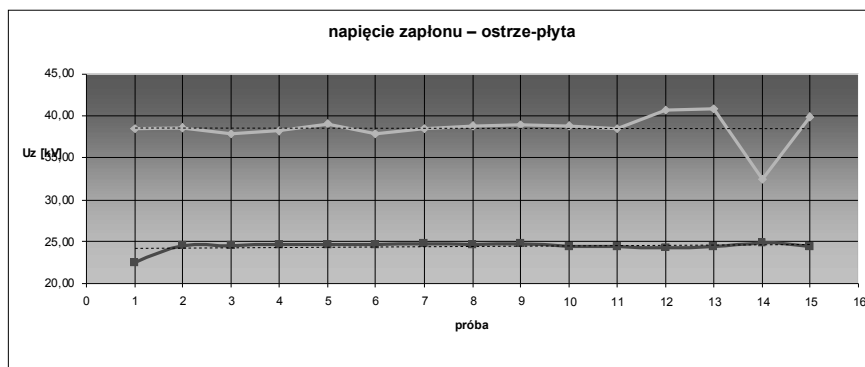
Układ płyta-płyta charakteryzuje się koncentracją wyładowań niezupełnych na miejscu styku elektrody pod wysokim potencjałem z preszpanem (rys 3.3). Napięcie o pewnej wartości nie jest w stanie przebić preszpanu, jednak jego wzrost powoduje powstawanie coraz dłuższych iskier. Po osiągnięciu wartości krytycznej napięcia następuje przebiecie preszpanu.

Przy badaniach układu płyta-płyta przedzielonej preszpanem w oleju mineralnym, próbka preszpanu została zaimpregnowana poprzez zanurzenie jej w oleju mineralnym przez dobę w warunkach próżni technicznej. Analogicznie przed pomiarami w estrze, próbka preszpanu została najpierw nim zaimpregnowana.

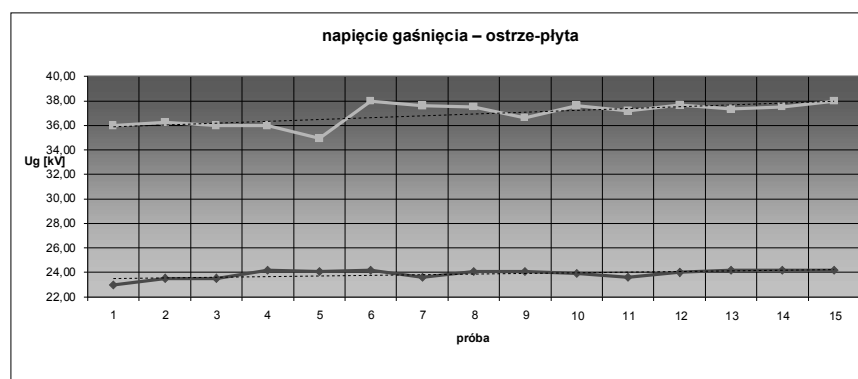
Rysunki 6 – 9 przedstawiają uzyskane wartości napięcia zapłonu i gaśnięcia wnz dla obu obiektów badań. W tabeli 1. zestawiono uzyskane wyniki pomiarów napięcia przebiecia, natomiast średnie wartości zapłonu i gaśnięcia wnz w tabeli 2.

Tabela 1. Porównanie wyników pomiarów napięcia przebiecia w układzie do pomiaru wyładowań ślizgowych

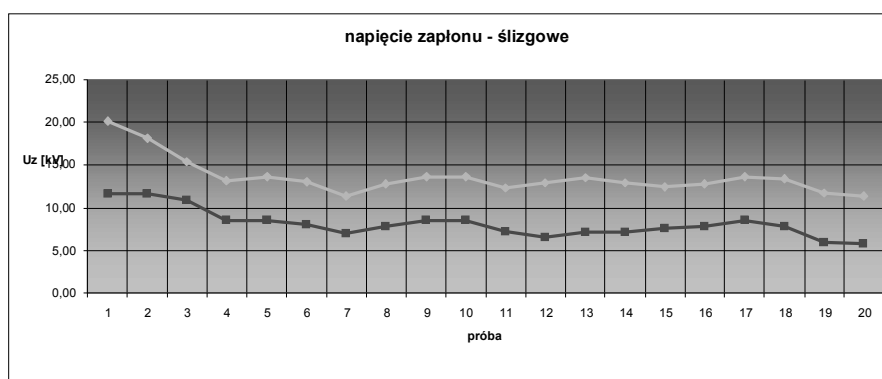
Lp.	Olej mineralny Taurus Up [kV]	Ester syntetyczny Midel 7131 Up [kV]
1	10,3	13,7
2	15,5	14,9
3	13,2	16,6
4	14,6	14,2
Średnia	13,4	14,8
Odchylenie standardowe	2,3	1,3



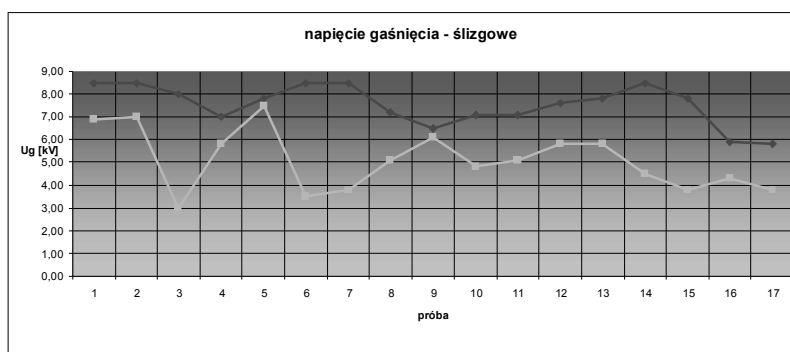
Rys. 6. Porównanie wyników pomiarów wartości napięcia zaplonu wnz w układzie ostrze-plyta; barwa jasna – Mildel 7131, ciemna – Taurus



Rys. 7. Porównanie wyników pomiarów napięcia gaśnięcia wnz w układzie ostrze-plyta; barwa jasna – Mildel 7131, ciemna – Taurus



Rys. 8. Porównanie wyników pomiarów napięcia zaplonu wnz w układzie do pomiaru wyładowań ślizgowych; barwa jasna – Mildel 7131, ciemna – Taurus



Rys. 9. Porównanie wyników pomiarów napięcia gaśnięcia wnz w układzie do pomiaru wyładowań ślizgowych; barwa jasna – Mildel 7131, ciemna – Taurus

Tabela. 2. Porównanie wartości napięcia zapłonu i gaśnięcia dla badanych układów

Lp.	Rodzaj układu	Śr. nap. zapł. wnz Uz [kV]	Błąd względny [%]	Śr. nap. gaśn. wnz Ug [kV]	Błąd względny [%]
1	ostrze- płyta	olej min.	24,4	0,6	23,9
		ester	38,5	1,2	37
2	płyta- płyta	olej min.	10,8	3,3	7,3
		ester	7,3	2,9	4,2

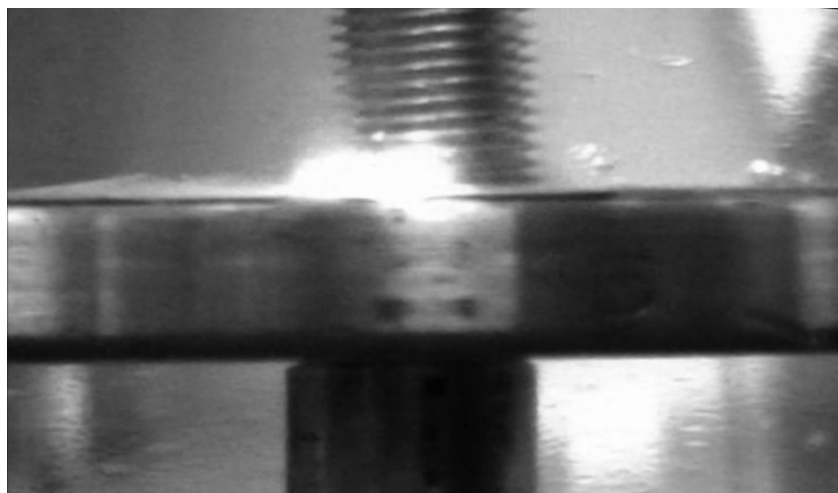
Na przedstawionych wykresach oraz tabelach 1 i 2 można zauważyć, że:

- średnie napięcie przebicia oleju mineralnego w układzie płyta-płyta to 13,4 kV, natomiast estru 14,8 kV,
- średnie napięcie zapłonu wnz w układzie ostrze-płyta jest wyższe dla estru syntetycznego i wynosi 38,5 kV, natomiast w oleju mineralnym 24,4 kV,
- średnie napięcie gaśnięcia wnz w układzie ostrze płyta jest wyższe dla estru syntetycznego i wynosi 37 kV, natomiast w oleju mineralnym blisko 24 kV,
- średnie napięcie zapłonu wnz w układzie płyta-płyta jest wyższe dla oleju mineralnego i wynosi 10,8 kV, natomiast dla estru 7,3 kV,
- średnie napięcie gaśnięcia wnz w układzie płyta-płyta jest wyższe dla oleju mineralnego i wynosi 7,3 kV, natomiast dla estru syntetycznego 4,2 kV.

5. ANALIZA POMIARÓW I WNIOSKI

Jak wykazały badania, napięcie zapłonu wnz oraz napięcie przebicia jest wyższe dla układu zalanego estrem syntetycznym, co oznacza, że jest on lepszą cieczą dielektryczną, którą można stosować w transformatorach niż olej mineralny.

Niższe napięcie gaśnięcia wnz w układzie płyta-płyta można tłumaczyć tym, że w momencie zapalania wnz (rys. 10), mogą wydzielać się gazy co pogarsza wytrzymałość układu [6].



Rys. 10. Podgląd wyładowań ślizgowych w układzie płyta-płyta

LITERATURA

- [1] PN-EN 60270:2001 Wysokonapięciowa technika probiercza – Pomiar wyładowań niezupełnych.
- [2] Experiences in service with new insulating liquids. Working Group A2-35, CIGRE, October 2010.
- [3] Doble Lemke Digital Partial Discharge Measuring System user manual, January 2011.
- [4] Mechanizmy, pomiary i analiza wyładowań niezupełnych w diagnostyce układów izolacyjnych wysokiego napięcia, PAN, Warszawa 2001.
- [5] <http://westco-phil.com/wp/products/doble-lemke/pd-smart-partial-discharge-analyzer>, luty 2012.
- [6] Szczepański Z., Wyładowania niezupełne w izolacji urządzeń elektrycznych, WNT 1973.

THE USE OF PD SMART SYSTEM FOR INVESTIGATION OF PARTIAL DISCHARGES IN MINERAL OIL AND SYNTHETIC ESTER

Author presents set-up for partial discharges investigation using Doble Lemke PD Smart equipment and software. Then the results of measurement using this set-up are presented. In the end the results of investigation and conclusions are presented.