Włodzimierz Sitek

BADANIE STABILNOŚCI WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH W UKŁADZIE METAL - POWIETRZE - DIELEKTRYK

1. Wstęp

Wśród problemów dotyczących wyładowań niezupełnych i ich wpływu na proces niszczenia dielektryków, interesujące jest zagadnienie stabilności wyładowań. Stwierdzono, że w niektórych przypadkach wielkości charakteryzujące wyładowania wykazują tendencję do zmniejszania swych wartości pod działaniem napięcia.

W pracach na powyższy temat brak jest jednolitego poglądu na przyczyny powodujące zmniejszenie się intensywności wnz w miarę czasu ich działania.

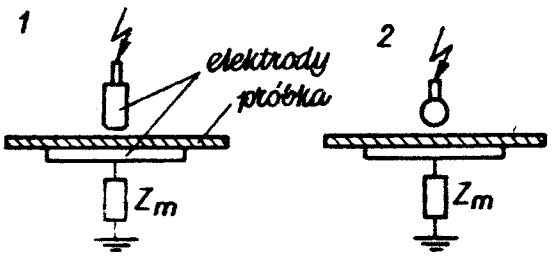
W większość prac dotyczących zjawiska stabilności wnz dotyczy układów modelowych zawierających zamknięte wtrąciny gazowe usytuowane w dielektryku syntetycznym [3,6,9,10-11,12]. Wśród czynników wpływających na zmiany intensywności wnz wymienia się: zmiany przewodności ścianek bocznych wtrąciny [11,12], zmiany przewodności dna wtrąciny [2], zmiany stanu elektrycznego gazu [3,9]oraz zmiany ciśnienia we wtrącinie [8].

Istotną rolę odgrywa rodzaj gazu w szczelinie, rodzaj dielektryka stałego, jak również wilgotność względna gazu.

Mgr inż. Włodzimierz Sitek, Politechnika Łódzka - Instytut Transformatorów, Maszyn i Aparatów Elektrycznych.

2. Warunki badań

W niniejszej pracy zastosowano układ modelowy, który pozwala na wyeliminowanie takich czynników, jak: wpływ ścianek bocznych i zmian ciśnienia gazu. Układ ten pokazano na rysunku 1.



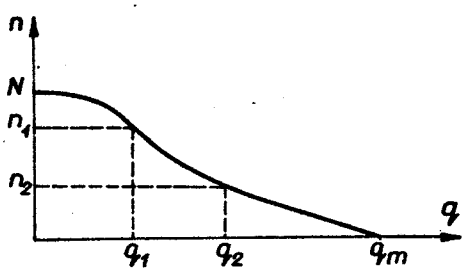
Rys.1. Układy elektrod: 1 - średnica elektrody górnej 6 mm, zaokrąglenie 1 mm; 2 - średnica elektrody górnej 8 mm, Srednica elektrody dolnej 50 mm. Elektrody górne wykonano ze stali nierdzewnej, a dolną z mosiądzu. Grubość szczeliny gazowej a = 0,3 mm.

Badane wyładowania występują w szczelinie powietrznej między elektrodą stalową i powierzchnią dielektryka, którym jest folia polietylenoteraftalanowa produkcji krajowej, o grubości 80 µm. Układ modelowy jest umieszczony w celce probierczej o objętości 15 cm^3, której budowa umożliwia:

- połączenie obiektu z atmosferą Laboratorium (celka otwarta),
- odcięcie obiektu badań od atmosfery Laboratorium i prowadzenie badań w ustalonej atmosferze (celka zamknięta),
- stałą wentylację celki z regulowaną prędkością przepływu (ciągły przepływ).

W przypadku celki zamkniętej i ciągłego przepływu atmosferę celki stanowiło powietrze o wilgotności względnej około 35 %. Po wybraniu atmosfery w celce probierczej przykładano do niej napięcie 3,6 kV$\approx 2U_0$ a w przypadku ciągłego przepływu U = 3,0 kV$\approx 1,5\ U_0$ i w określonych odstępach czasu dokonywano pomiaru krzywych dyskryminacji dla obu biegunowości impulsów wnz. Wnz o biegunowości dodatniej nazwano te wyła-

dowania, które powodują napięciowy impuls dodatni na impedancji pomiarowej włączonej w szereg z celką probierczą. Krzywa dyskryminacji - to zależność między progiem dyskryminacji a liczbą wnz w ciągu określonego czasu, o ładunku pozornym większym od wartości nastawionego progu (rys.2).



Rys.2. Krzywa dyskryminacji ładunku pozornego wnz;
n - liczba wyładowań na jednostkę czasu,
q - wartość progu dyskryminacji.

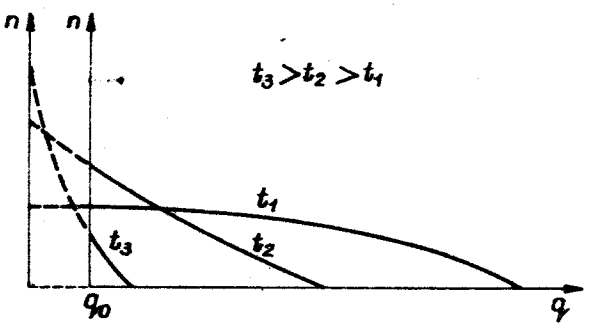
Z krzywej dyskryminacji można natychmiast odczytać liczbę wyładowań N i maksymalny ładunek pozorny q_m, Jak wykazano w [13],powierzchnia pod krzywą dyskryminacji jest proporcjonalna do prądu wnz.
Przed przystąpieniem do pomiarów dokonano skalowania układu pomiarowego. Stała skalowania dla komórki zamkniętej i otwartej wynosiła k = = 1700 pC/V, a dla ciągłego przepływu powietrza k = 6500 pC/V, co umożliwiło zliczanie impulsów o ładunku większym od 21 pC i 81 pC.

3. Wyniki pomiarów

Badania w celce otwartej wykazały, że istotny wpływ na zmienność intensywności wnz w czasie ma wilgotność względna powietrza, w którym odbywały się wyładowania. Z przeprowadzonych pomiarów można wyodrębnić dwie grupy pomiarów o różnej wilgotności względnej. W przypadku pierwszej grupy, gdy φ = 35 ÷ 45 %, zmiany intensywności były mniejsze i charakteryzowały się większymi różnicami między wnz dodatnimi i ujemnymi niż w przypadku drugiej grupy pomiarów, gdy wilgotność względna była φ = 60 ÷ 70 %. Charakterystyczne dla tej drugiej grupy pomiarów

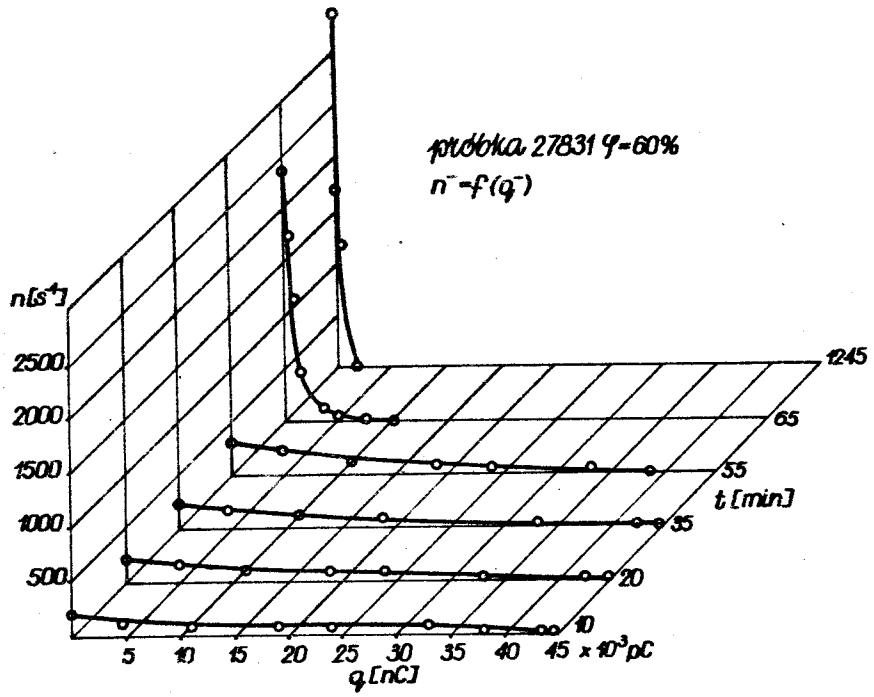
jest zanikanie wyładowań o największym ładunku pozornym i wzrost całkowitej liczby wyładowań.

Można więc powiedzieć, że krzywe dyskryminacji stają się coraz węższe i bardziej strome. Zmiany te dotyczą zarówno wyładowań dodatnich, jak i ujemnych. W przypadku komórki zamkniętej przebieg wyładowań w czasie jest zbliżony do przebiegu wnz w komórce otwartej przy mniejszej wilgotności powietrza. W obu tych przypadkach wilgotność powietrza była zbliżona.

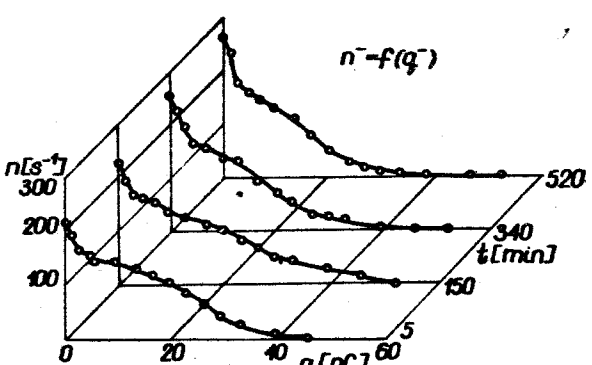


Rys.3. Tendencja zmian intensywności wnz w czasie

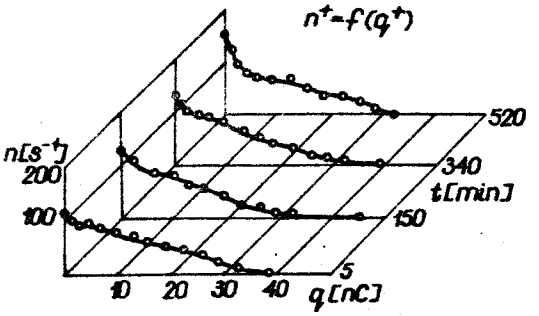
W przypadku ciągłego przepływu powietrza o stałej prędkości 5 l/h wyładowania charakteryzują się mniejszą liczbą wyładowań i większym ładunkiem pozornym niż w przypadku wtrąciny niewentylowanej, znacznie lepszą stabilnością wnz, a także dużo większą różnicą między prądem wnz ujemnych i dodatnich. Stosunek prądu wnz ujemnych do dodatnich wynosi od 1,44 ÷ 2,53. Krzywe dyskryminacji w przypadku ciągłego przepływu powietrza pokazano na rysunkach 5 i 6.



Rys.4. Zmiana krzywych dyskryminacji w funkcji czasu

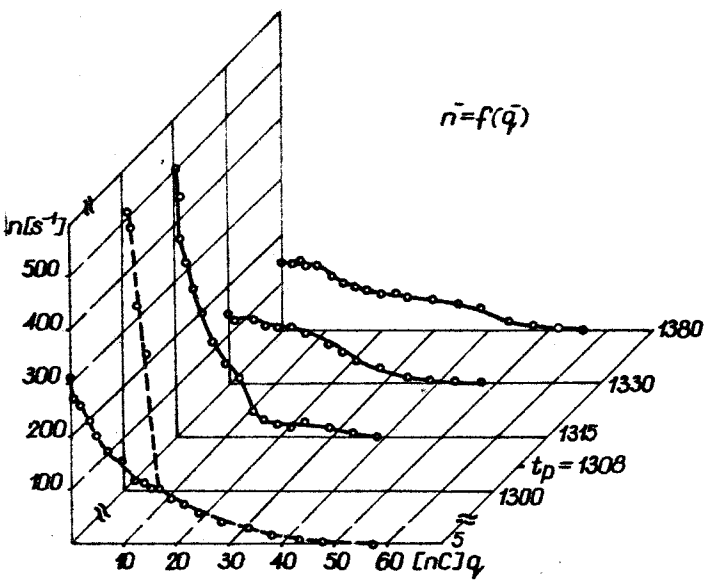


Rys.5. Krzywe dyskryminacji przy ciągłym przepływie powietrza wnz ujemne



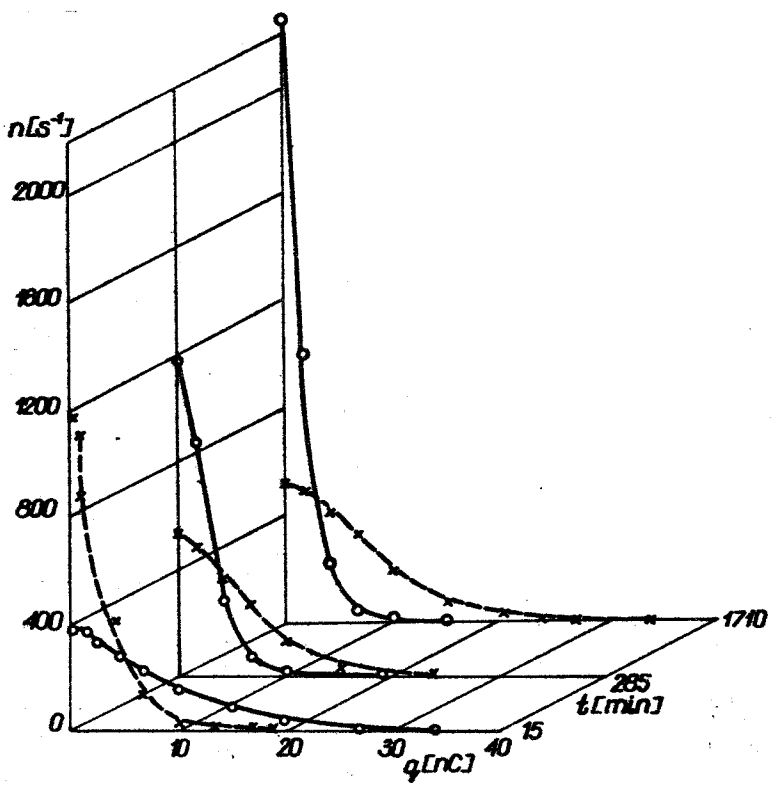
Rys,6. Krzywe dyskryminacji przy ciągłym przepływie powietrza wnz dodatnie

Interesujące jest również zachowanie się wyładowań w przypadku badania początkowo w atmosferze powietrza statycznego, a następnie przy ciągłym przepływie powietrza. Włączenie ciągłego przepływu w przypadku znacznego obniżenia ładunku maksymalnego powoduje ponowny wzrost ładunku pozornego wnz i zmniejszenie ich liczby. Ilustruje to rysunek 7.



Rys.7. Zmiana kształtu krzywych dyskryminacji po włączeniu ciągłego przepływu.

Zmiany takie nie występują zawsze, w niektórych przypadkach nie obserwuje się zmian intensywności nawet po 30 minutach przepływu z prędkością 5 l/h. Całkowita objętość powietrza w celce jest wymieniona po około 2 minutach przepływu. W trakcie badań stwierdzono wyraźne różnice w zachowaniu wnz ujemnych i dodatnich w miarę ich czasu trwania. Wyładowania dodatnie charakteryzują się większą wartością ładunku pozornego i znacznie mniejszą liczbą wyładowań niż ujemne. Stan taki występuje na początku pomiaru, a po pewnym czasie obserwuje się zmiany intensywności pokazane na rysunku 8. W trakcie trwania wyładowań rośnie ładunek wnz ujemnych, a maleje ładunek największych wnz dodatnich. Zmianom tym towarzyszy wzrost liczby wnz dodatnich i zmniejszenie się liczby wnz ujemnych.



Rys.8. Przebieg zmian kształtu krzywych dyskryminacji dla obu biegunowości wnz w funkcji czasu trwania wnz

Widać wyraźny związek między wartością ładunku pozornego największych wyładowań a całkowitą liczbą wyładowań na jednostkę czasu. Stwierdzono, że wzrost ładunku q_m powoduje zmniejszenie się liczby wyładowań, a zmniejszenie ładunku wzrost liczby wnz.

4. Interpretacja wyników

W trakcie pomiarów stwierdzono wyraźną zależność zmian intensywności wnz od wilgotności względnej powietrza. Wzrost wilgotności powoduje szybkie zmniejszenie się ładunku pozornego największych wyładowań i wzrost liczby wyładowań. Przyczyną zmniejszania się ładunku pozornego wnz w miarę upływu czasu działania może być wzrost przewodności powierzchniowej dielektryka syntetycznego. Zarówno wzrost wilgotności względnej [4], jak i działanie wnz [1], powodują wzrost przewodności powierzchniowej dielektryków syntetycznych. Zmniejszenie ładunku pozornego wnz ze wzrostem przewodności powierzchniowej stwierdzili również autorzy [2,7]. Mechanizm tego zjawiska można wyjaśnić tym, że wzrost przewodności powoduje bardziej równomierny rozkład potencjału na powierzchni dielektryka, co utrudnia rozwój wyładowań powierzchniowych towarzyszących przeskokowi w szczelinie gazowej.
Różne zmiany intensywności wnz dodatnich i ujemnych w czasie mogą świadczyć, że zmiany przewodności powierzchniowej są w znacznym stopniu spowodowane osiadaniem ładunku na powierzchni dielektryka syntetycznego. Podobny pogląd prezentuje wielu autorów, między innymi [5,9].

Kierunek zmian intensywności wnz świadczy o tym, że z biegiem czasu na powierzchni dielektryka zaczyna dominować ładunek dodatni.

LITERATURA

1. Bagirow M.A.,Malin W.P.,Abasow S.A.: Wozdiejstwije elektriczeskich razriadow na polimernyje dielektryki. Baku, 1975 "ELM"
2. Dakin T.W.,Berg D.: Theory of Gas Breakdown. Progress in Dielectrics. Vol.4, London 1962, Heywood.
3. Dobroszewski R.,Górczewski W.: Badanie stabilności wnz na modelu dielektryku stałego. Symp.nt. "Wyładowania niezupełne jako warunek destrukcji izolacji " AGH, Krościenko 1972.
4. Fuijoka N.,Tsunoda Y.: Effect of Humidity on the Degradation of Insulating Materials Exposed to Partial Discharge. IHV Symposium, Zurich 1975.
5. Goliński J.: Przebicie jonizacyjne stałych polimerów. Postępy TWN, nr.4, 1965.
6. Griac J.,Vida K.: Zanikanie wnutovnych vibojov v umelnych dutinach polyetylenu. Elektr.Obzor nr.4, 1975.
7. Karkkainen S.: Multi-Channel Pulse Analyser in Partial Discharge Studies. Measuring Methods and Results of Studies. IHV Symposium, Zurich 1975.
8. Kojkow S.N.,Cikin A.N.: Elektriczieskoje starienie twierdych dielektrikow i nadieżnost dielektriczieskich dietalej. Izd. "Energija" Leningrad 1968.
9. Lechowski Z.,Tułodziecka E.: Samowygaszanie wyładowań niezupełnych w izolacji maszyn elektrycznych. Energetyka nr.1, 1971.
10. Megahed I.Y.: The Discharge-Repetition Rate in Cavities in Epoxy Resin, Polyethylene, and Mica Under Alternating Voltage Conditions. JEEE Trans on E.J., 1975, vol. EJ-10, nr.2.
11. Rogers E.C.: The Self Extinaction of Gaseous Discharges in Cavities in Dielectric. Proc. JEE 1958, vol.105, p.II.
12. Tanaka T.,Ikeda Y.: Internal Discharges in Polyethylene with an Artificial Cavity. IEEE Trans.on PAS, 1972.
13. Zybert R.: Badania nad możliwością oceny odporności folii poliprobylenowych na degradację wywołaną wyładowaniami niezupełnymi. Rozprawa doktorska, PŁ, Łódź 1977.

Summary

THE INVESTIGATIONS OF PARTIAL DISCHARGE STABILITY IN THE METAL - AIR - DIELECTRIC SYSTEM

The paper presents the results of investigations of partial discharge intensity dependence on time in the metal - air - synthetic dielectric system at the AC voltage. The partial discharge intensity dependence on relative humudity of air and the different charges with time of "positive" and "negative" discharges have been shown.