

Jerzy Grudziński

ZALEŻNOŚCI AMPLITUDOWE I CZASOWE WNZ W CIERNIEJ SZCZELINIE GAZOWEJ

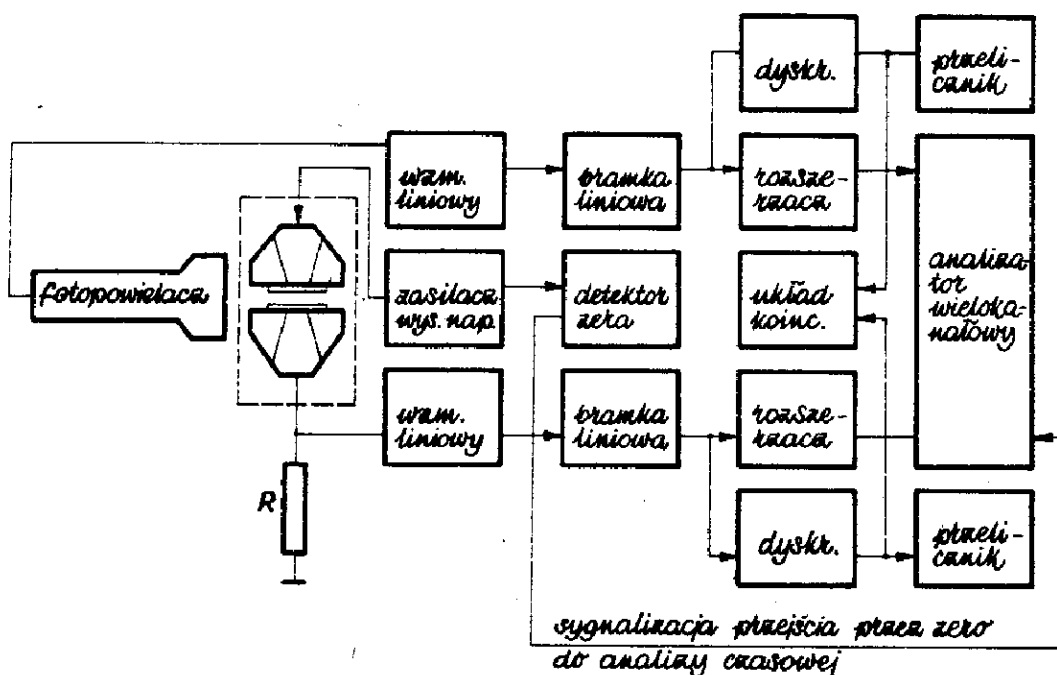
Powszechne stosowanie żywicy epoksydowej w technice izolacyjnej oraz możliwość występowania pęknięć typu szczelinowego /brak bocznych ścianek/ zmusza do zainteresowania się zjawiskiem wnz w tego typu wtrącinach. Większość prac dotyczy układu modelowego ze szczeliną większą od 0,2 mm [2], [3]. Mało popularna jest również metoda jednoczesnego pomiaru ładunku pozornego i światła emitowanego w trakcie wyładowania.

1. Warunki pomiarów

W niniejszej pracy przedstawiono pomiary dla szczeliny gazowej pomiędzy dielektrykami o wysokościach $h = 0,2$ i $0,1$ mm. Stosowano napięcie sinusoidalne o częstotliwości 50 Hz o napięciach do $U/U_0 = 1,2$. Do elektrod były przyklejone na pastę silikonową dwie płytki wykonane z żywicy epoksydowej o grubości $H = 0,5$ mm, wyładowania występowały pomiędzy płytkami. Pomiary wykonywano przy temperaturze 19°C i wilgotności względnej powietrza 30%.

Stosowany układ pomiarowy /rys.1/ pozwalał zmierzyć /i/ równocześnie rozkład ładunku i światła emitowanego /analiza dwuparametryczna/ lub /ii/ mierzyć te rozkłady pojedynczo z większą rozdzielczością, /iii/ mierzyć rozkłady czasowe ładunków lub światła, /iv/ istniała również możliwość obserwacji kształtu impulsów ładunkowych lub świetlnych na szybkim oscyloskopie /czas własny oscyloskopu $t_r = 0,5$ ns/.

inż. Jerzy Grudziński - Katedra Fizyki Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku.

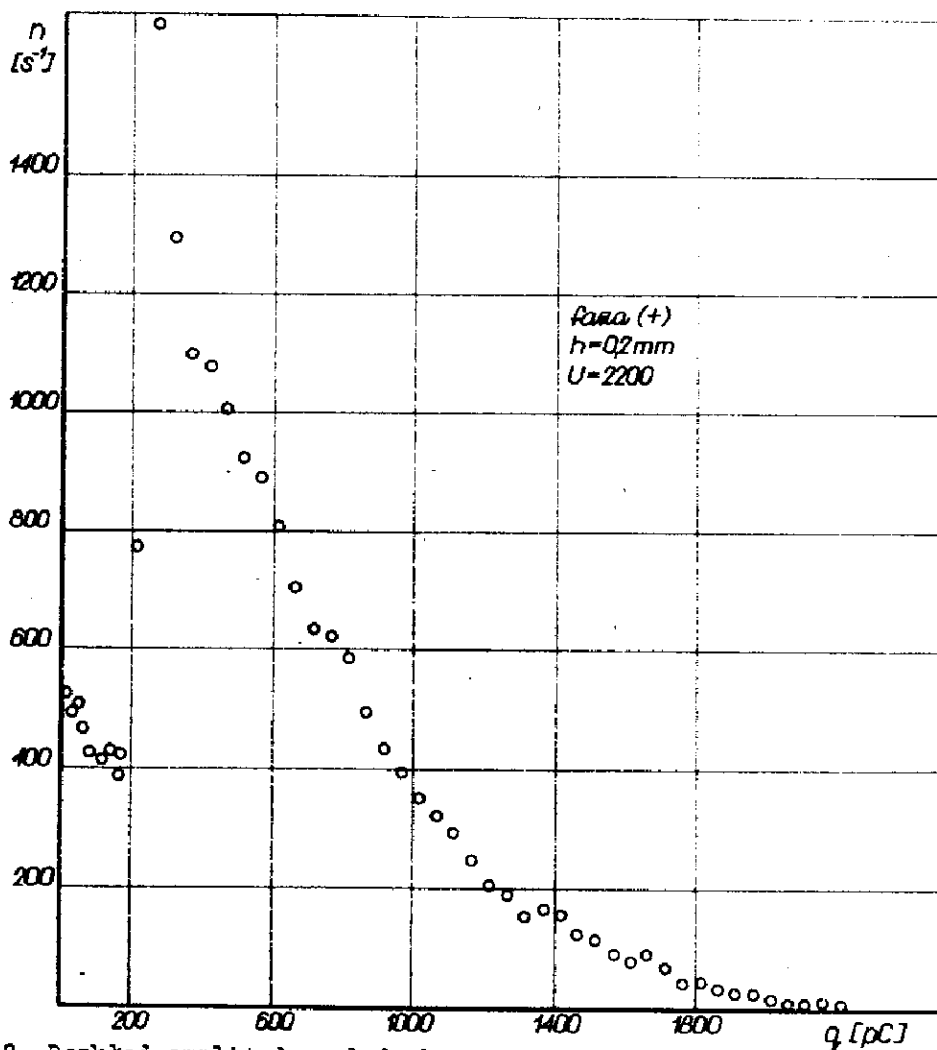


Rys.1. Schemat blokowy układu pomiarowego

Rozdzielczość czasowa układu wynosiła ok 25 μ s, a odległość pomiędzy dwoma kolejnymi wyładowaniami wynosiła nie mniej niż 100 μ s.

2. Pomiary rozkładów amplitudowych

Rozkład ładunków pozornych przedstawiono na rysunku 2. Analiza tego rozkładu sugeruje, że w badanym układzie modelowym istnieją dwa odrębne mechanizmy wnz. Lewa część rozkładu dotyczy pojawiania się ok 1 wyładowania na okres o ładunku $q = 1 \div 200$ pc; odpowiada to przypuszczalnie wnz przebiegającym pomiędzy dwoma płytkami dielektryka. Ciekawe jest, że w mierzonym zakresie nie tworzy się rozkład zbliżony do normalnego, a liczby zliczeń w poszczególnych kanałach są równe $dn/dq = \text{const}$, co zostało potwierdzone rozciągnięciem rozkładu na cały zakres pomiarowy. Spowodowane jest to prawdopodobnie wpływem jednego parametru wpływającego na rozwój wyładowania, którego rozrzuty dawałyby rozkład normalny. Ta część rozkładu jest wynikiem kilku równolegle występujących zjawisk, tj. różne liczby swobodnych elektronów parujących z powierzchnią

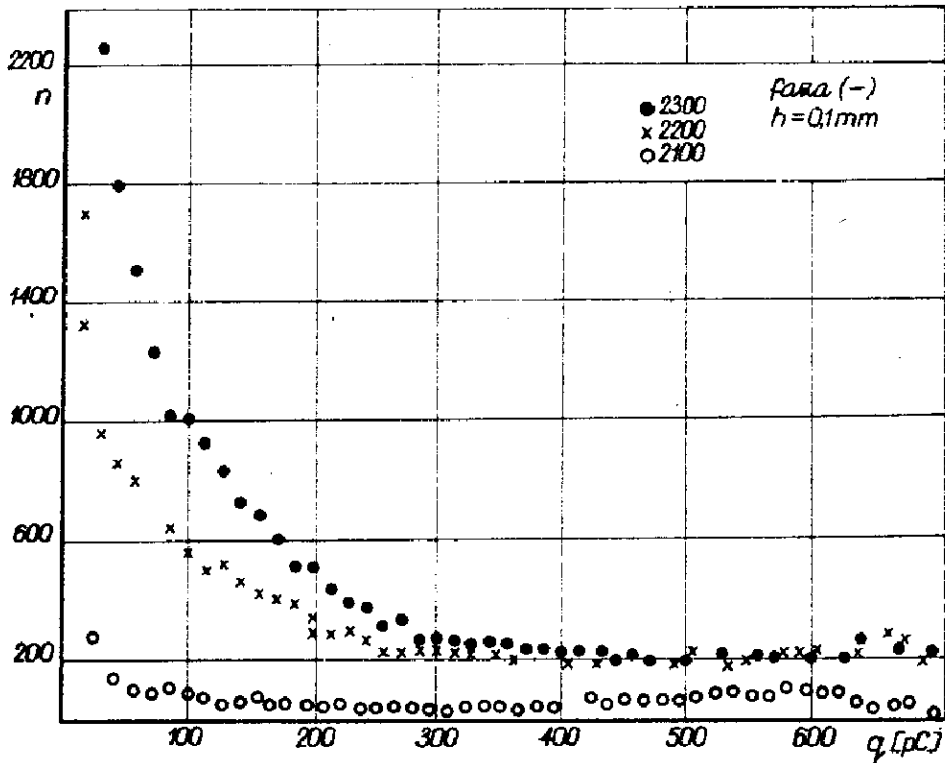


Rys.2. Rozkład amplitudowy ładunku pozornego

dielektryków zapoczątkowujących różną liczbę lawin, różne rozkłady pola w wyniku różnych E_{lok} w miejscu zapoczątkowania lawin związanych z różnym ładunkiem powierzchniowym po poprzednich wyładowaniach. Trzecią ewentualną przyczyną mogą być różne współczynniki emisji wtórnej.

Prawa część rozkładu odpowiada części exponencjalnie malejącej, odpowiadającej wyładowaniom powierzchniowym, których długość maleje ze wzrostem częstotliwości występujących wyładowań.

Na rysunku 3 przedstawiono rozkłady ładunku pozornego dla wysokości szczeliny $H = 0,1$ mm. Rozkłady wykonano dla trzech różnych napięć. Wzrost napięcia o 5% ($U/U_0 = 1,1$) w stosunku do napięcia najniższego

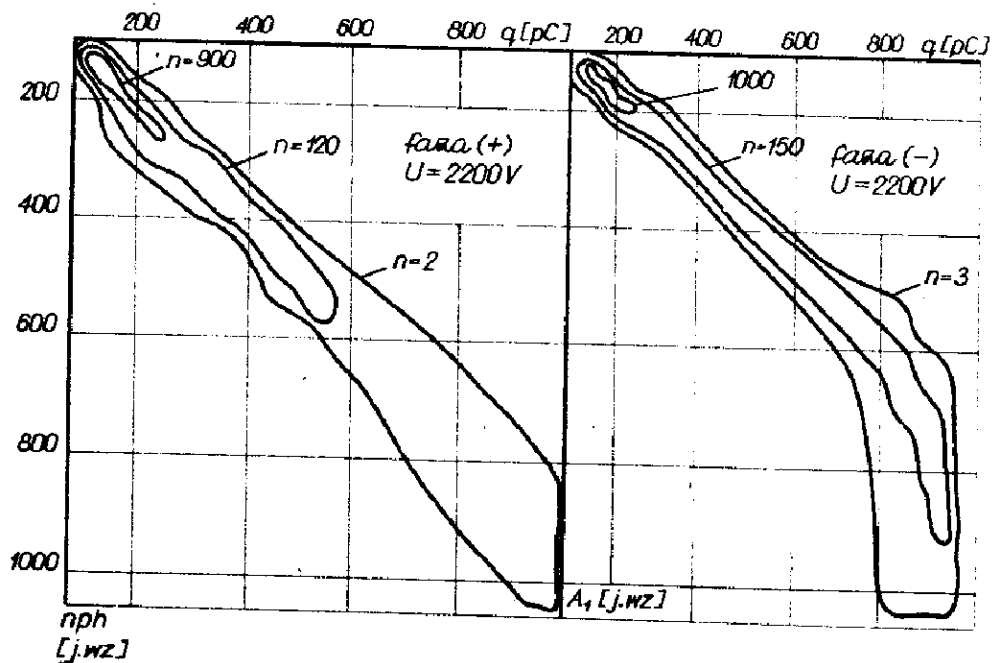


Rys.3. Rozkłady amplitudowe ładunku pozornego

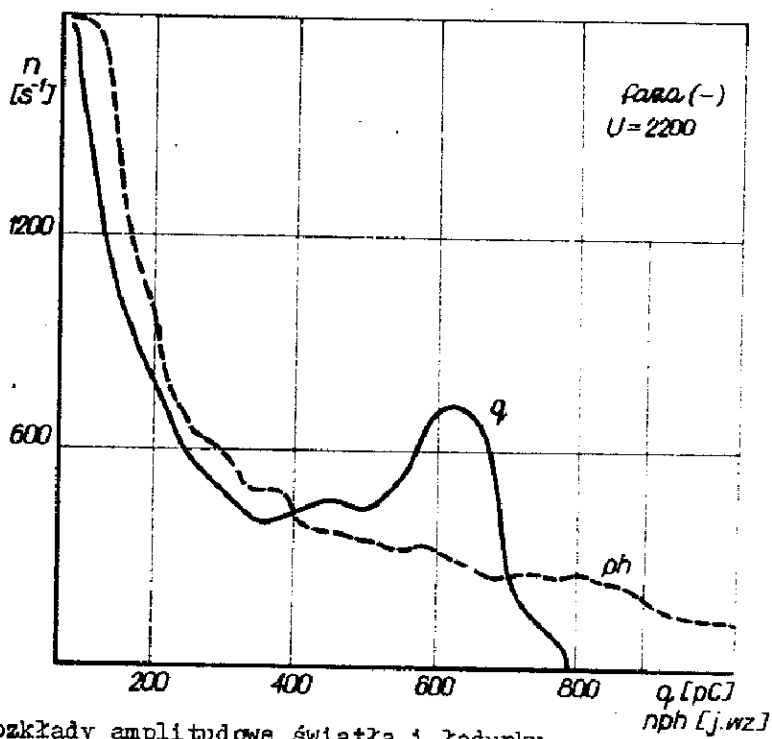
($U/U_0 = 1,05$) rozkładu powoduje ok. 6-krotne zwiększenie liczby wyładowań przy zachowanym kształcie rozkładu, co sugeruje, że wzrosła liczba dróg, po których bieżą wyładowania przy zachowaniu ich długości. Dalszy wzrost napięcia o 5% ($U/U_0 = 1,15$) powoduje wzrost częstotliwości wyładowań w lewej części rozkładu, która dotyczy prawdopodobnie wyładowań pomiędzy płytkami.

Wykonano również rozkłady dwuparametryczne dla fazy (+) i (-), rysunek 4 i 5 [1]. Na rysunku 4 są przedstawione mapy rozkładów dwuparametrycznych - linie łączące kanały o tym samym zakresie zliczeń w poszczególnych kanałach. Na tej podstawie można oszacować współczynnik proporcjonalności pomiędzy ładunkiem pozornym /liczbą elektronów transportowanych/ w wyładowaniu a liczbą emitowanych fotonów

$$\mathcal{K} = \frac{nph}{q} \sim \frac{nph}{ne}$$



Rys.4. Mapa rozkładu dwuparametrycznego liczby fotonów i ładunku pozornego



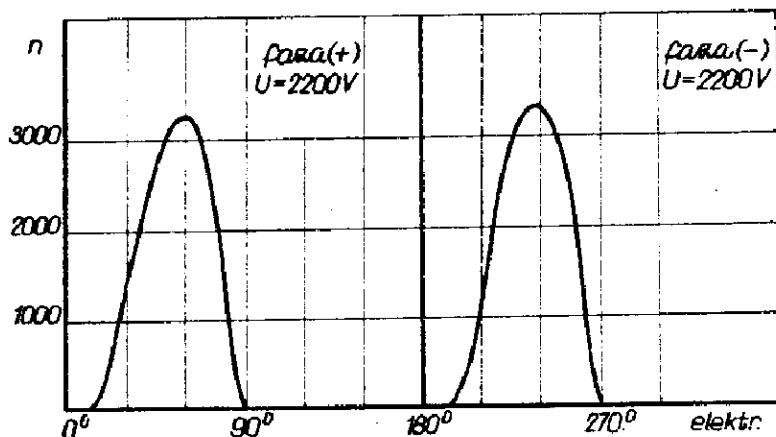
Rys.5. Rozkłady amplitudowe światła i ładunku

gdzie : n_{ph} - liczba fotonów,
 n_e - liczba elektronów,
 q - ładunek pozorny.

Pomimo ogólnego podobieństwa poszczególnych rozkładów, liczby fotonów i ładunków dla obu polaryzacji, przy rozkładach dwuparametrycznych dla fazy (+) jest zachowana liniowość pomiędzy ładunkiem pozornym i emitowanym światłem $\mathcal{K} = \frac{n_{ph}}{q} = \text{const.}$ Natomiast dla fazy (-) dla lewej strony rozkładu wartość \mathcal{K} jest wyraźnie mniejsza niż dla prawej strony rozkładu - rys.5. Pomimo że obie elektrody są pokryte dielektrykiem, to jednak występuje asymetria, ponieważ jedna z elektrod jest zawsze na potencjale ziemi.

3. Zależności czasowe

Zmierzono rozkłady czasowe dla ładunku pozornego i światła emitowanego w trakcie wyładowań. Rozkłady czasowe światła i ładunku są identyczne, dlatego na rysunku 6 przedstawione są przykładowe rozkłady czasowe ładunku pozornego. Wyładowania rozpoczynają się ok. 0,8 ms od momentu przejścia napięcia przez zero. Wyładowania nie występują po osiągnięciu przez napięcie maksimum tzn po 5-tej ms. Nie zauważono różnic pomiędzy fazą (+) i (-). Wraz ze wzrostem napięcia probierczego U początek rozkładu przesuwają się w lewo - wyładowania występują wcześniej po przejściu przez zero ok 0,6 ms. Do napięcia $U/U_0 = 1,3$ nie stwierdzono, aby wyładowania występowały w momencie przejścia przez zero lub wcześniej.



Rys.6. Rozkłady czasowe ładunku pozornego

Dyskusja

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że mechanizm rozwoju wyładowań jest dwustapowy, to znaczy wyładowanie rozwija się początkowo w szczelinie, a po dotarciu do drugiej powierzchni następuje wyładowanie ślizgowe, przy czym jedno przebicie szczeliny może spowodować jedno lub kilka wyładowań ślizgowych.

Na podstawie rozkładów dwuparametrycznych można zauważyć, że dla fazy (-) występują dwa współczynniki proporcjonalności \mathcal{K} : mniejszy dla wyładowań w szczelinie i większy dla wyładowań ślizgowych. Dla fazy (+) występuje pełna proporcjonalność pomiędzy ładunkiem pozornym i liczbą emitowanych fotonów. Wydaje się celowe dalsze zmniejszenie wysokości szczeliny do $h = 0,05$ lub mniejszej. Taki układ wierniej odzwierciedlałby sytuacje spotykane w praktyce.

Literatura

- [1] Brzosko J.S. i in. : The relation between the charge transported and number of photons emitted in partial discharges on dielectric surface J.Phys.D. Appl.Phys. Vol.10, 1977
- [2] Kärkkäinen S.: Physical mechanism of partial discharges. Technical Research Centre of Finland 1974
- [3] Tanasesco F.: Wyładowania niezupełne wewnątrz wtrącin gazowych w próbkach żywic epoksydowych. Materiały Konferencyjne z Okazji Dni Elektryki Francuskiej w Polsce, 1971.