

Dr inż. Jerzy Fekecz
Instytut Elektrotechniki
Oddział Wrocław

BADANIA MODELOWE WYŁADOWAŃ CZĘŚCIOWYCH

1. Wprowadzenie

Badania teoretyczne i doświadczalne z zakresu wyładowań częściowych w dielektrykach stałych są od lat kilku jednym z głównych tematów prac naukowo-badawczych Laboratorium Wysokich Napięć Politechniki Duńskiej.

W czasie stażu naukowego na tej Politechnice w roku ak. 1966/67 autor uczestniczył m.in. w prowadzonych pod kierownictwem doc. Pedersena badaniach modelowych wyładowań częściowych w sztucznych szczelinach powietrznych w polietylenie. Badania te miały na celu określenie zależności parametrów pomiarowych wyładowań od wielkości i położenia w próbce sztucznej szczeliny powietrznej.

W komunikacie niniejszym przedstawione zostaną niektóre wyniki tych badań oraz omówione zostaną kierunki dalszych, prowadzonych na Politechnice Duńskiej badań w dziedzinie wyładowań częściowych.

2. Obiekt badań

Badania wykonano w układzie elektrod wg. rys.1. Do elektrod przylegały płytki polietylenowe o grubości ok. 2,8 mm, między którymi znajdowało się warstwa polietylenu o grubościach:

$d = 0,2 ; 0,3 \text{ i } 0,4 \text{ lub } 3,0 \text{ mm}$ z otworami stanowiącymi sztuczną szczelinę o średnicach:

$d = 1,2 \quad 1,8 \quad 2,5 \quad 3,0 \quad 11,0 \quad 14,8 \quad 20,2 \quad 25,0 \quad 30,0$
 $35,5 \text{ mm.}$

Wszysto polietyleno o następujących danych:

masa handlowa: Fortiflex A 60-2CR "Celanese"

wskaznik płynięcia stopu: 0,2

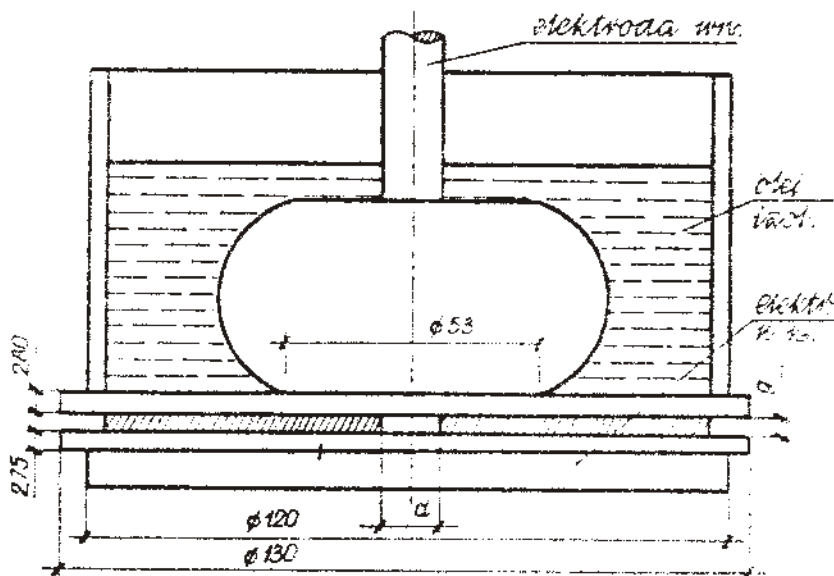
ciężar właściwy: $0,96 \text{ g/cm}^3$

wytrzymałość na rozciąganie: 280 kg/cm^2

przenikalność dielektryczna przy 50-100 Hz i 21°C : $\epsilon_2 = 2,5$

współczynnik stratności dielektrycznej przy 50-100 Hz:

$$\tan \delta = 5 \cdot 10^{-4}$$



Rys.1. Układ elektrod

2. Układ pomiarowy

Badania wyładowań częściowych wykonano w układzie zasilonym przez wolny od wyładowań transformator ASEA 0,4/200 kV. Łączącymi kontakt krzywój napięcia zapewniał umieszczony po stronie pierwotnej

transformatora obwód szeregowy nastrojony na 50 Hz. Pojemność doziemną transformatora probierczego izolowano dla wysokich częstotliwości za pomocą induktancji włączonej między transformator a układ elektrod.

Wyładowania w obiekcie badanym mierzono za pomocą detektora wyładowań E.R.A. model 3 typ 652 z obwodem wejściowym /input unit/ typ 2 włączonym w szereg z układem elektrod. Kondensator sprzęgający między biegunem w.n. a obwodem wejściowym ASEA 400 pF, 400 kV.

Powstające przy wyładowaniach impulsy napięciowe na zaciskach obwodu wejściowego /input unit/ po wzmocnieniu były widoczne jako impulsy na ekranie detektora. Wielkość tych impulsów proporcjonalnych do ładunku pozornego wyładowań, można określić za pomocą wbudowanego w detektor ERA układu kalibrującego.

4. Program badań

Zmierzono dla podanych wyżej wielkości szczelin napięcie zapłonu wyładowań U_z na elektrodach oraz obliczono napięcie zapłonu w szczelinie U_g na podstawie krzywych z pracy Mitra i Salvage [1]. Wyniki porównywano i stwierdzono zgodność z wynikami pomiarów prowadzonych na analogicznych modelach przez Hall i Russek [2].

Poza tym zbadano dla różnych wielkości szczelin zależności od przyłożonego napięcia następujących parametrów:

- n - liczby wyładowań na pół okresu
- Q_{max} - ładunku pozornego w pC
/wartości średniej i maksymalnej/
- $n \cdot q$ - ładunku pozornego na pół okresu.

5. Przebieg pomiarów [3]

1. Oczyszczenie powierzchni płytek izolacyjnych przez przesycenie tri i eterem oraz zamontowanie układu elektrod

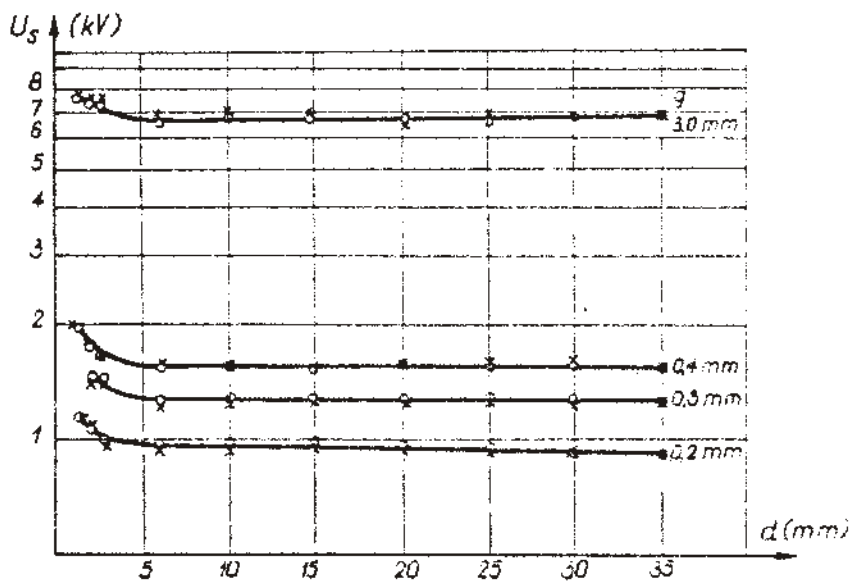
2. Wolne podnoszenie napięcia probierczego w celu określenia U_2
 3. Kondycjonowanie przy napięciu 30 kV w ciągu 1 min i szybkie obniżenie napięcia
 4. Wolne podnoszenie napięcia w celu określenia U_2 .
Przy tym napięciu określenie n , q , q_{max} .
Napięcie utrzymuje się na tej wartości 0,5 min.
 5. Podwyższenie napięcia do 20 kV i określenie n , q i q_{max} .
Napięcie 20 kV utrzymuje się w ciągu 0,5 min.
 6. Podwyższenie napięcia do 25 kV i określenie n , q i q_{max} .
Napięcie 25 kV utrzymuje się w ciągu 0,5 min.
 7. Podwyższenie napięcia do 30 kV i określenie n , q i q_{max} .
Napięcie 30 kV utrzymuje się w ciągu 0,5 min.
 8. Następnym pomiar U_2
- Po tym następowała nowa seria pomiarów dla innej wielkości szczeliny.

6. Wyniki pomiarów.

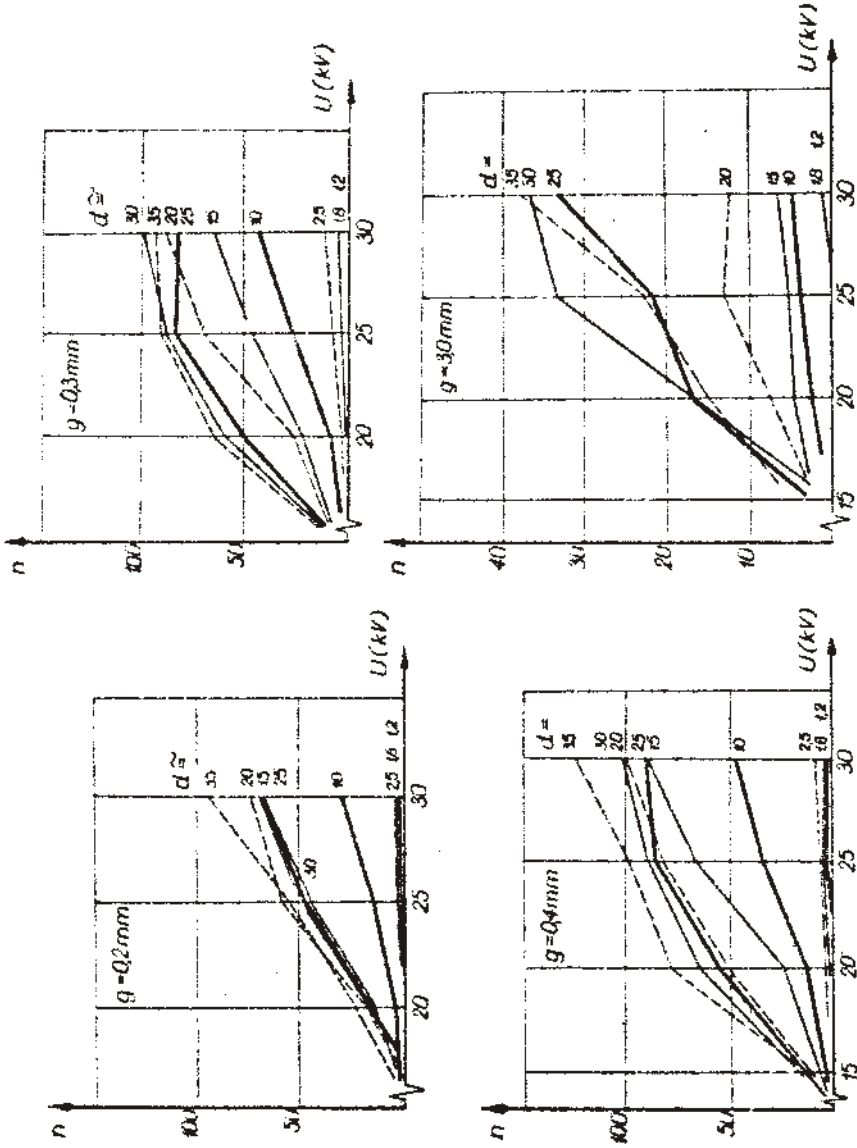
Zależność napięcia zapłonu wyładowań od średnicy szczeliny przy grubości szczeliny jako parametryze podano na rys.2.

Liczbę wyładowań na pół okresu w zależności od wartości napięcia probierczego przy różnych średnicach szczeliny przedstawiono na rys.3.

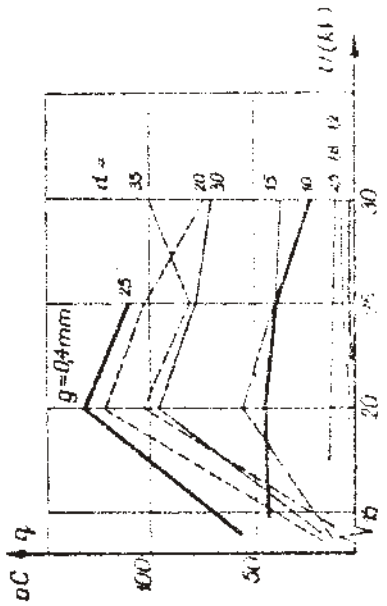
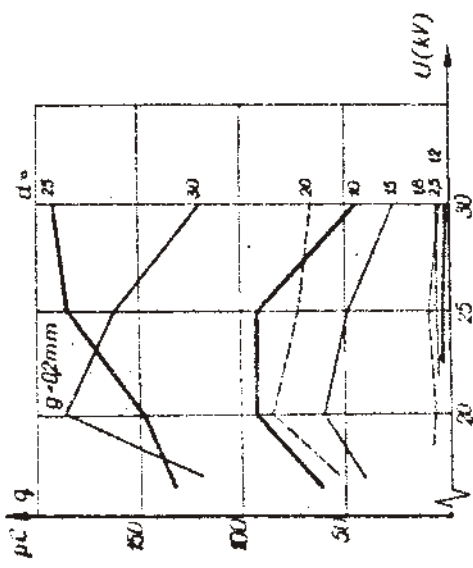
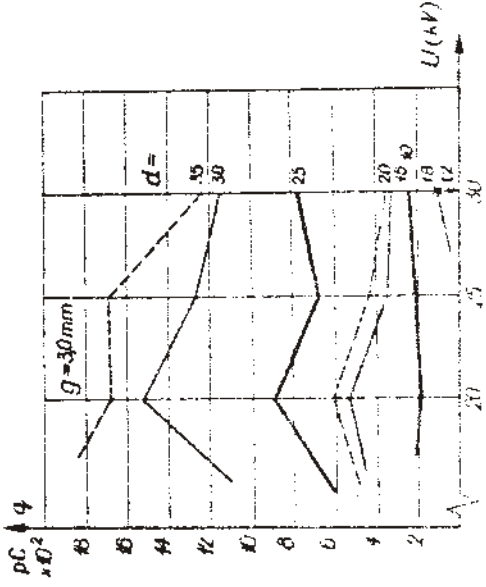
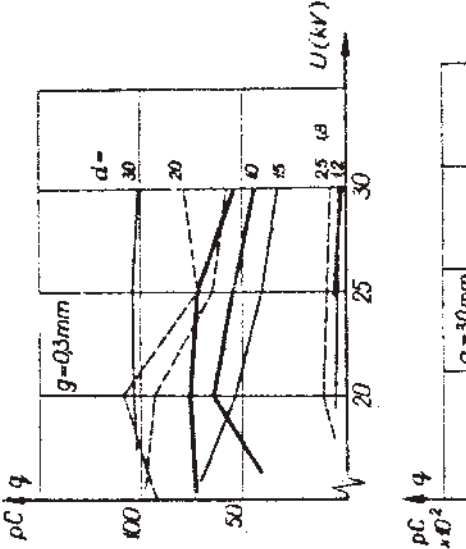
Wielkość ładunku pozornego wyładowań przedstawiono na rys.4, /wartości średnie/ oraz na rys. 5 /wartości maksymalne/, a wielkość ładunku pozornego na pół okresu na rys.6 także w zależności od przyłożonego napięcia.



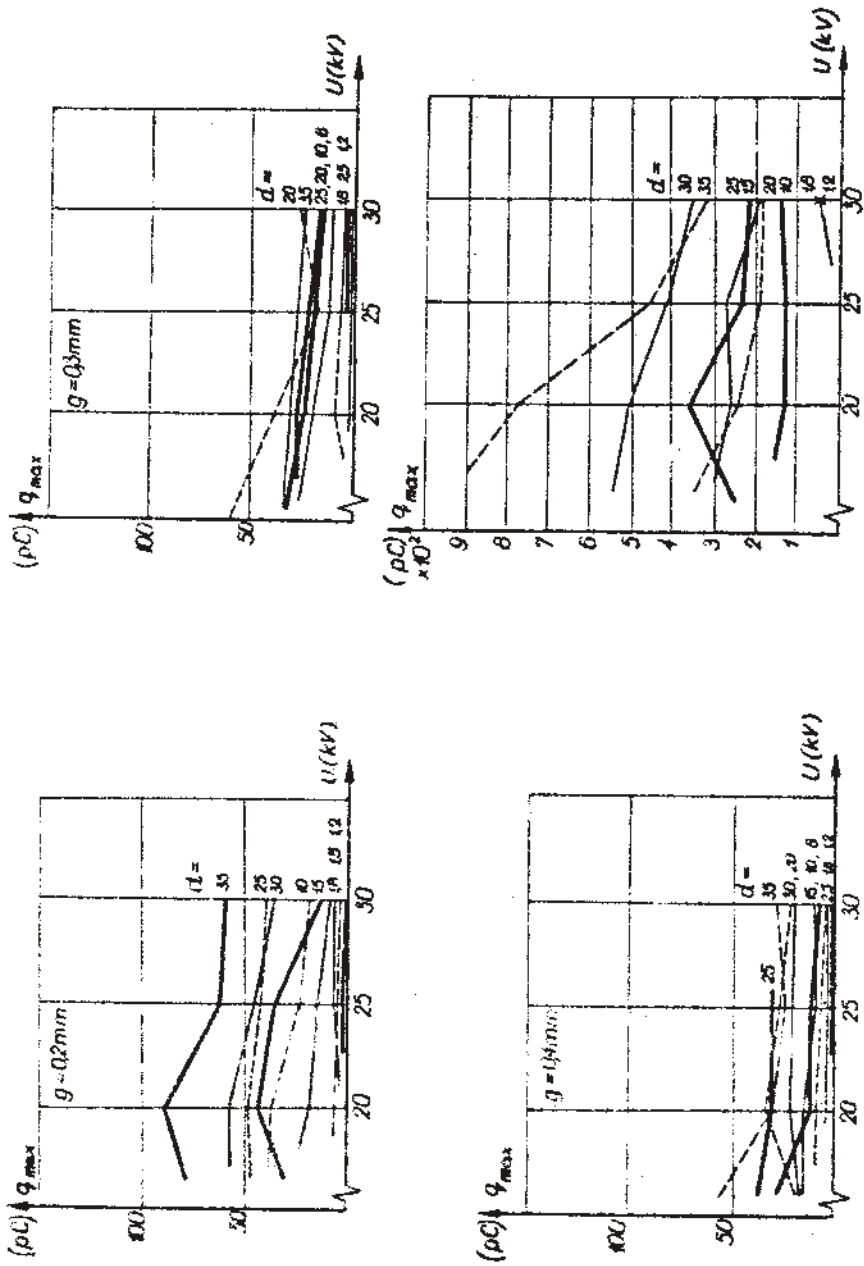
Rys.2. Zależność napięcia zapłonu od średnicy szczeliny , g - grubość szczeliny



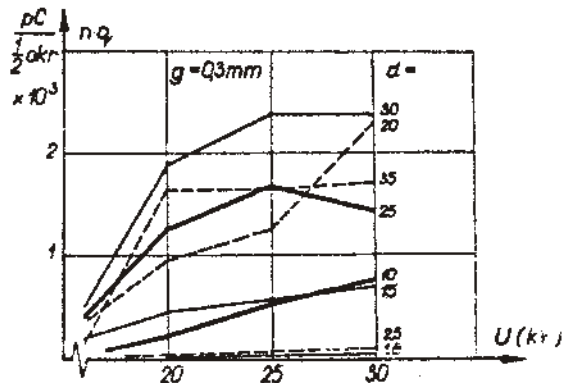
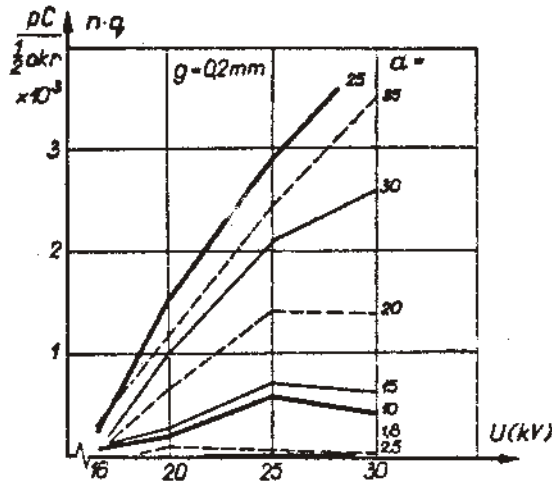
rys. 5. Zależność liczby wyładowań w ciągu pół okresu od wartości napięcia d - średnica szczeliny w mm, g - grubość szczeliny w mm



rys. 4. Zależność ρC od U dla różnych wartości d przy stałej g (rys. 1-4) dla różnych wartości g (rys. 5-8) przy stałej d .



Kys.5. Zależność wartości maksymalnej ładunku pozornego od napięcia
 d - średnica szczeliny w mm, g - grubość szczeliny w mm



Rys. 6a. Zależność ładunku pozornego w ciągu pół okresu od napięcia

d - średnica szczeliny w mm

g - grubość szczeliny w mm

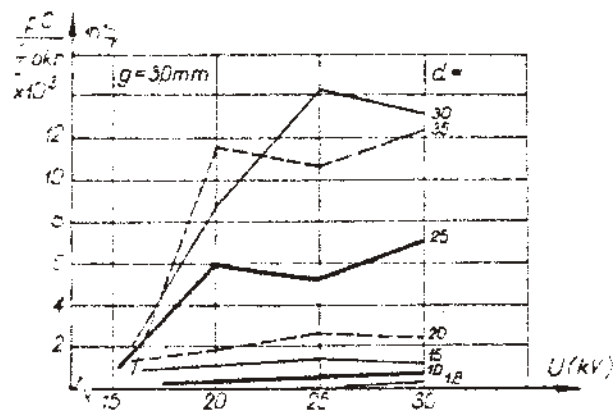
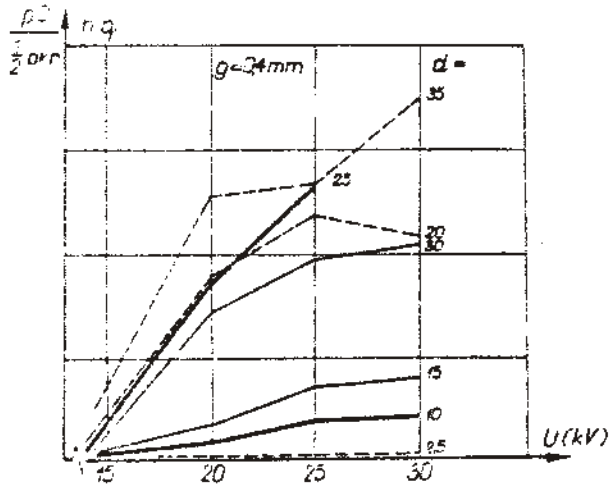


Рис. 6б. Залежність середнього позначення в ділянці пів періоду від напруги. d - середній діаметр щільності в мм g - товщина щільності в мм

7. Omówienie wyników pomiarów

Rozrzut wyników przy pomiarach napięcia zapłonu U_z jest nie duży. Napięcie zapłonu na szczelinie $/U_z/$ jest tym większe, im grubsza jest szczelina, a dla poszczególnych grubości zmniejsza się ze wzrostem średnicy do 5-10 mm, zbliżając się asymptotycznie do wartości ustalonej.

Liczba wyładowań n na pół okresu jak można było się spodziewać zwiększa się ze wzrostem średnicy szczeliny oraz wyraźnie różnie z grubością szczeliny w zakresie 0,2 do 0,4 mm, a przy grubości 3,0 mm jest znacznie mniejsza niż przy 0,4 mm.

Przy pomiarach wartości maksymalnej ładunku pozornego q_{max} stwierdzono bardzo duży rozrzut. Ładunek pozorny q_{max} zwiększa się ze wzrostem średnicy szczeliny, natomiast q_{max} w funkcji grubości szczeliny ma przebieg raczej przypadkowy, a wartości są w przybliżeniu takie same dla grubości 0,2 0,3 i 0,4 mm, gdy dla 3,0 mm są wyraźnie wyższe. Wartość q_{max} nie wykazuje wyraźnej tendencji zmian w zakresie stosowanych napięć pomiarowych. Zależności dla wartości średniej ładunku pozornego q są podobne jak dla q_{max} , z tym, że q w funkcji napięcia wydaje się mieć tendencję zmniejszania się.

Ładunek pozorny w czasie półokresu $n \cdot q$ wzrasta ze zwiększeniem średnicy i grubości szczeliny oraz z podwyższeniem napięcia.

Ustalone w trakcie badań zależności stanowią przyczynek do wyjaśnienia wpływu wielkości szczeliny na napięcie zapłonu i wielkość wyładowań częściowych. Badania te nie dają jednak możliwości oceny zagrożenia materiału pod wpływem wyładowań częściowych, gdyż niemożliwe jest określenie wielkości szczeliny na podstawie wykonanych pomiarów.

W przyszłości postanowiono rozszerzyć badania na szczeliny bardziej zbliżone do rzeczywistych tzn. o mniejszej wysokości, w których panuje większe natężenie pola. Prowadzone będą badania długo-

trwale mające na celu określenie zależności między wielkością ładunku a zjawiskiem starzenia badanego materiału z tym, że do pomiaru parametrów wyładowań powinny być zastosowane bardziej dokładne i czułe metody.

Interesującą kontynuacją prowadzonych na Politechnice Duńskiej badań w dziedzinie wyładowań częściowych jest praca doktorska P. Degn'a [4], która obejmuje omówienie podstaw teoretycznych fizyki wyładowań częściowych oraz wyników badań własnych nad rozwojem wyładowań w szczelinach symetrycznych, niesymetrycznych jak również w różnych ośrodkach gazowych /powietrze przy różnych ciśnieniach, azot, tlen/.

Literatura

1. Mitra G., Salvage B. - Electric stress in a circular cylindrical gaseous cavity in a solid dielectric, the axis being parallel to the field. Proc. IEE Vol. 113, 1966 s. 931-935
2. Hall H.C., Russek R.M. - Discharge inception and extinction in dielectric voids. Proc. IEE Vol. 101, 1954, s. 47-55
3. Pedersen Aa. - Partielle udladninger i kunstige hulrum. Broszura Politechniki Duńskiej, 1968
4. Degn P. - Partial discharges in solid dielectrics. A theoretical and experimental investigation of gas discharges in cavities. Lyngby 1971.