

Stanisław Wojtas, Adam Rynkowski

ZMIANY REZYSTYWNOSCI POLIETYLENU KABLOWEGO POD WPŁYWEM
WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH

1. Wstęp

Produkcja kabli z izolacją polietylenową trwa w Polsce od 18 lat. Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne wskazują jednak na dość znaczną awaryjność takich kabli. Mimo doskonałych własności elektrycznych /np. mała stratność, wysoka wytrzymałość doraźna/ izolacja polietylenowa okazała się stosunkowo mało odporna na długotrwałe działanie zespołu takich narazań, jak silne pola elektryczne, wyładowania niezupełne, podwyższona temperatura i obecność wilgoci.

Krajowe kable polietylenowe średnich napięć mają ekran zewnętrzny w postaci warstwy grafitu z nawiniętą półprzewodzącą taśmą tekstylną. Wobec braku spójności ekranu zewnętrznego powstające tam szczeliny są źródłem wyładowań niezupełnych, które oddziałują na powierzchnię izolacji polietylenowej. Polietylen jest materiałem mało odpornym na wyładowania niezupełne i wskutek ich długotrwałego oddziaływania ulega erozji. Wyniki badań wskazują, że mechanizm erozyjny jest często przyczyną przebicia kabla [4].

Najczęściej stosowanymi dotąd metodami badań kabli polietylenowych są pomiary parametrów wyładowań niezupełnych i współczynnika strat tg δ . Prowadzone od wielu lat w Zakładzie Wysokich Napięć P.G. badania krajowych kabli polietylenowych [1, 2] wskazują, że wspomniane kryteria, aczkolwiek bardzo ważne w pracy kabla, zależą przede wszystkim od stanu

dr inż. Stanisław Wojtas, dr inż. Adam Rynkowski - Instytut Wysokich Napięć i Aparatów Elektrycznych Politechniki Gdańskiej.

jego warstw półprzewodzących. Poziom wyładowań niezupełnych i tgd charakteryzują więc konstrukcję i technologię wykonania kabla, a praktycznie niewiele zależą od stanu jego izolacji.

Pomiary upływności zależą od najstarszych i najbardziej rozpowszechnionych metod oceny izolacji papierowo-olejowej, dając sporo informacji. Uzyskiwane wyniki są praktycznie niezależne od stanu warstw przyelektrodowych, a są determinowane przede wszystkim stanem dielektryku w całej jego objętości.

Celem pracy jest próba oceny zmian zachodzących w izolacji polietylenowej pod wpływem powierzchniowych wyładowań niezupełnych poprzez pomiary jej rezystywności.

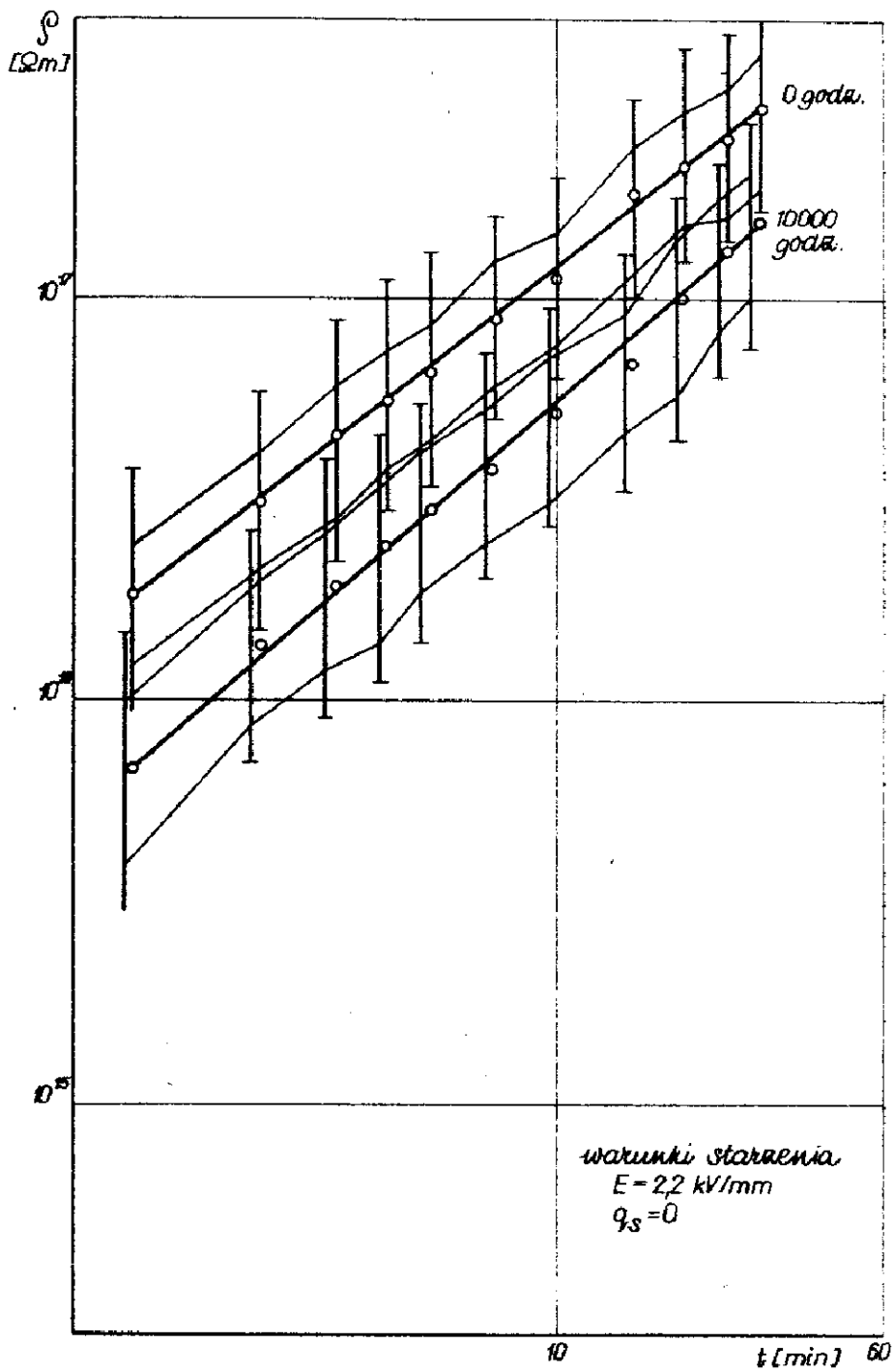
2. Wyniki badań

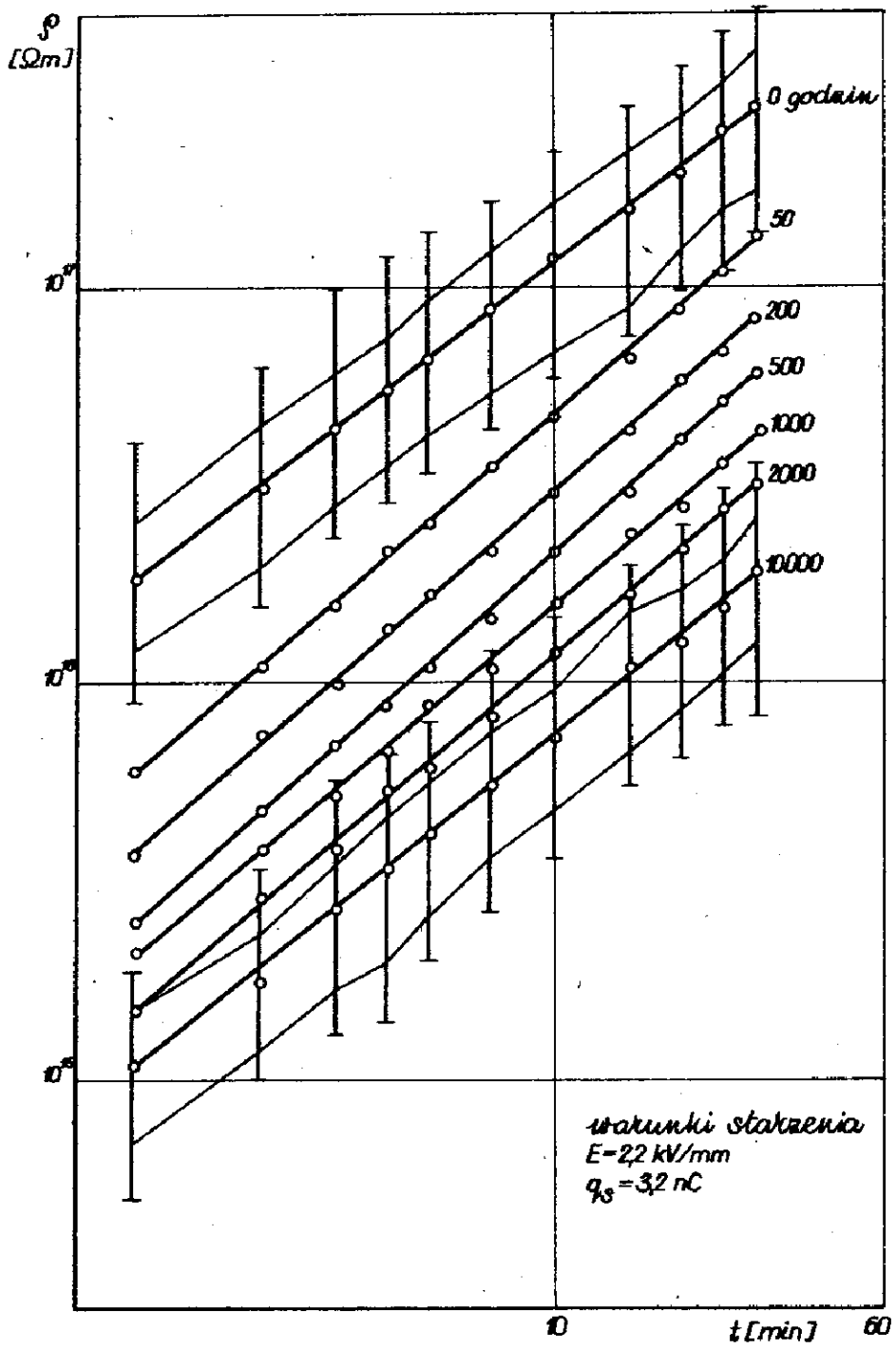
Badania wpływu długotrwałego oddziaływania powierzchniowych wyładowań niezupełnych na rezystywność izolacji polietylenowej przeprowadzono na kablach średnich napięć o grubości izolacji ok. 4,5 mm oraz na układach modelowych z płaskim układem elektrod. Zastosowany układ płaski dobrze odwzorowuje technologię kabli i jest szeroko stosowany w badaniach prowadzonych w Politechnice Gdańskiej [3].

Analizowano dwa modele płaskie :

- z elektrodami ściśle przylegającymi do powierzchni izolacji,
- ze szczeliną powietrzną między elektrodą a polietylenem.

Grubość izolacji polietylenowej modeli wynosiła 2,25 mm /połowa grubości znamionowej izolacji kabli/, a grubość szczeliny - 0,2 mm. Próbki obu typów poddano starzeniu na czterech poziomach napięć, otrzymując w ten sposób różne intensywności wyładowań niezupełnych działających na izolację. Parametrem charakteryzującym wyładowania niezupełne była suma ich ładunków pozornych q_g pojawiających się w próbce podczas pełnego okresu napięcia /20 ms/. W trakcie starzenia trwającego 10000 godz. mierzono charakterystyki rezystywności polietylenu w funkcji czasu przyłożenia napięcia pomiarowego 2500 V. Rysunki 1 i 2 przedstawiają wpływ starzenia przy natężeniu pola 2,2 kV/mm i przy różnej intensywności wyładowań niezupełnych - $q_g = 0$ dla próbek bez szczeliny, $q_g = 3,2$ nC dla próbek ze szczeliną - na charakterystyki rezystywności $\rho(t)$. Przebieg rezystywności w funkcji czasu przyłożenia napięcia pomiarowego





może być przybliżony równaniem wykładniczym w postaci

$$\rho(t) = \rho(t_0) \cdot t^n \quad /1/$$

gdzie t_0 jest czasem, jaki upłynął między doprowadzeniem napięcia stałego a pierwszym odczytem ρ , n - wykładnikiem.

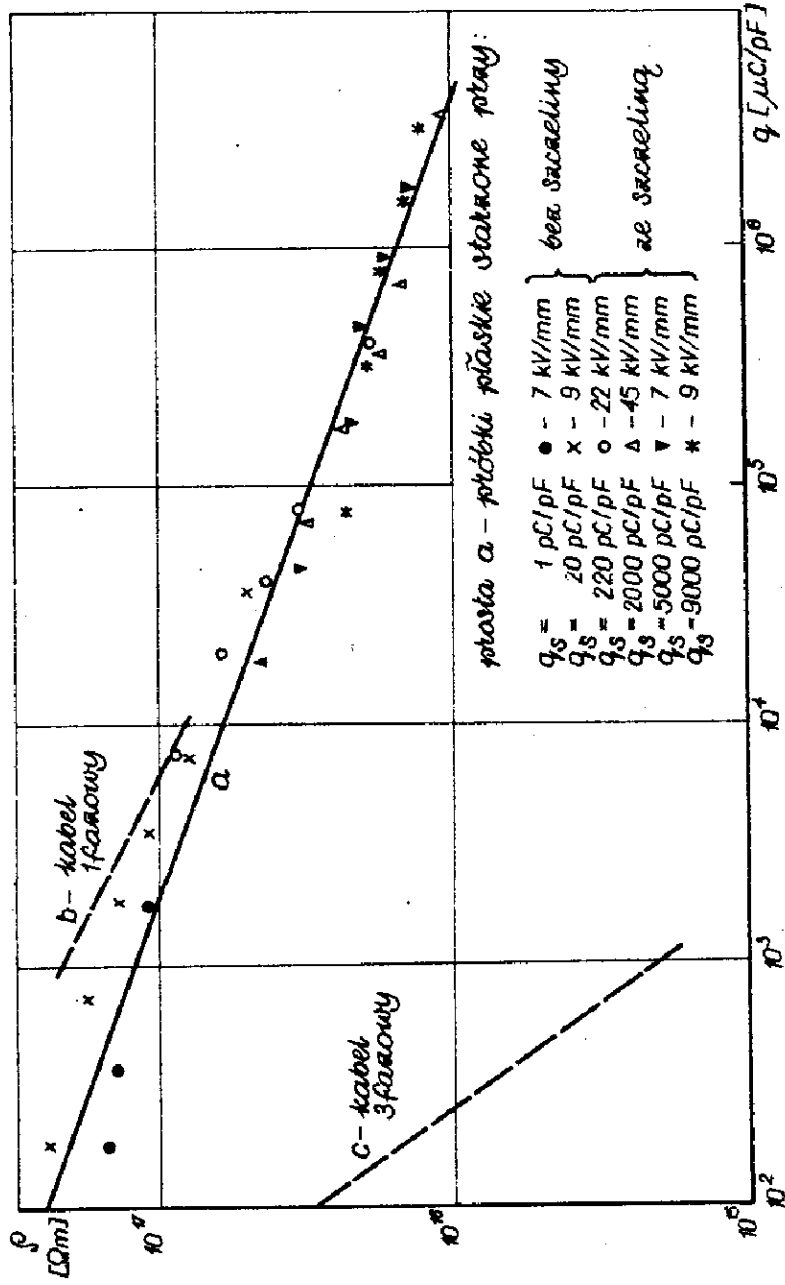
Podobne badania przeprowadzono podczas starzenia przy natężeniach pola elektrycznego 4,5 ; 7 i 9 kV/mm, które wywołują w próbkach bez szczeliny i ze szczeliną wyładowania niezupełne o ładunku pozornym q_s , równym odpowiednio dla poszczególnych pól : 0 i 29 nC ; 15 pC i 87 nC oraz 290 pC i 130 nC. Podczas badań stwierdzono przesuwanie się charakterystyk rezystywności w kierunku niższych wartości w miarę działania starzącego wyładowań niezupełnych - podobnie jak na rys. 1 i 2. Mimo znacznego spadku rezystywności wykładnik potęgowy n zmienia się w niewielkim stopniu, pozostając w granicach 0,8 - 1. Zaobserwowany spadek rezystywności polietylenowi zależy od sumy ładunków pozornych wyładowań niezupełnych q_s oraz od czasu starzenia \tilde{t} . Wyniki badań modelowych zostały potwierdzone badaniami kabli.

Rysunek 3 przedstawia rezystywność w funkcji sumarycznego ładunku pozornego q działającego na polietylen podczas całkowitego czasu starzenia ($q = \tilde{t} \cdot q_s$). Wartość ładunku q została odniesiona do fragmentu izolacji polietylenowej o pojemności 1 pF. Omawiany rysunek uwzględnia wyniki uzyskane : dla próbek - prosta a, dla kabli YHDARKX 15 kV starzonych przy napięciu 34,8 kV - prosta b oraz dla kabli 3-fazowych bez ekranów starzonych przy napięciu 14,4/24 kV - prosta c. W podwójnie logarytmicznym układzie współrzędnych przebiegi rezystywności mają postać prostych i mogą być przybliżone równaniem typu

$$\rho = \rho_0 \cdot q^{-m} \quad /2/$$

Wykładnik m determinuje prędkość spadku rezystywności pod wpływem wyładowań niezupełnych. Dla próbek płaskich oraz kabli 15 kV wykonanych z polietylenowi importowanego wykładnik m wynosi ok. 0,3. Dla kabli trójfazowych o izolacji z polietylenowi krajowego wskaźnik m wynosi 1,2.

Prowadzone równoległe badania wytrzymałości długotrwałej obiektów wykazały, że kabel z polietylenowi krajowego charakteryzuje się znacznie krótszymi czasami do przebicia. Wskaźnik m może więc służyć do oceny odporności różnych rodzajów polietylenowi na działanie wyładowań niezupełnych [5].



3. Podsumowanie

Głównymi czynnikami niszczącymi dielektryk pod wpływem wyładowań niezupełnych jest bombardowanie elektronowo-jonowe i działanie utleniające ozonu. Dostarczona przez wyładowania energia może być wystarczająca do zmiany wiązań w łańcuchach polietylenu, powstania wolnych rodników i wykształcenia się podwójnych wiązań węglowych, a także zawierających tlen grup wodorotlenkowych, karbonylowych oraz aldehydowych. Podczas badań zmiany fizykochemiczne polietylenu, sygnalizowane np. zmianą jego barwy, sięgają głębokości kilku milimetrów. Zmiany te obniżają rezystywność skrośną polietylenu. Poza rezystywnością, żadna ze stosowanych dotychczas metod badań kabli nie pozwala na wykrywanie tego rodzaju degradacji postępującej w ich izolacji.

Literatura

1. Boryń H., Wojtas S., Wasilenko E. : Badania wpływu wilgoci na charakterystyki dielektryczne izolacji polietylenowej kabli 15 kV produkcji krajowej. Opracowanie nr 519/80 IWNIAE PG.
2. Rynkowski A. : Badania wyładowań niezupełnych w krajowych kablach wysokiego napięcia o izolacji polietylenowej. Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, 1976.
3. Rynkowski A. : A new sample configuration for short-time and endurance tests of extruded insulation, Conf.on Electr.Insul. and Dielect.Phenom., Boston 1980.
4. Wasilenko E., Boryń H., Wojtas S. : Wpływ zewnętrznych wyładowań niezupełnych na żywotność kabli elektroenergetycznych o izolacji polietylenowej. III Symp. "Problemy wyładowań niezupełnych w układach izolacyjnych". Zakopane 1979.
5. Wojtas S. : Wpływ wilgoci i wyładowań niezupełnych na rezystywność skrośną polietylenu kablowego. Rozprawa doktorska. Politechnika Gdańska, 1983.