

Emilian Grzegorski

ZASTOSOWANIE NAPIĘCIA O PODWYŻSZONEJ
CZĘSTOTLIWOŚCI DO BADAŃ STARZENIOWYCH
KABLI POLIETYLENOWYCH 15 kV

1. Wstęp

Zastosowanie tworzyw sztucznych jako izolacji urządzeń elektrycznych stworzyło konieczność ich wszechstronnego przebadania. Materiały te, posiadające wiele zalet, wykazały niską odporność na działanie wyładowań niezupełnych. Badania prowadzone na cienkich foliach ze sztucznymi szczelinami powietrznymi w płaskim układzie elektrod sallowiły na ustalenie następujących zależności:

- zależność czasu życia od natężenia pola elektrycznego

$$t = \frac{c}{K^n} \quad /1/$$

gdzie:

- t - czas do przebicia badanej izolacji,
c - stała zależna od rodzaju i ilości wtrącin,
K - natężenie pola elektrycznego,
n - wykładnik zależny od rodzaju materiału,

Mgr inż.Emilian Grzegorski

Politechnika Poznańska

Instytut Elektroenergetyki

- zależność określająca przewidywany czas życia przy napięciu o częstotliwości 50 Hz

$$t_{50} = \frac{f_p}{50} \cdot t_p \quad /2/$$

gdzie:

t_{50} - przewidywany czas życia przy napięciu o częstotliwości 50 Hz,

t_p - czas życia przy napięciu o podwyższonej częstotliwości

f_p - częstotliwość napięcia probierczego.

Zależność określająca czas życia badanej izolacji przedstawiona w układzie podwójnie logarytmicznym jest prostą nachyloną do osi odciętych pod kątem zależnym od wykładnika n i nazywana jest krzywą życia. Znajomość krzywej życia dielektryka pozwala na prognozowanie czasu życia izolacji przy niskich natężeniach pola elektrycznego, występujących w praktyce. Zależność określona wzorem /2/ wskazuje, że czas życia jest odwrotnie proporcjonalny do częstotliwości napięcia probierczego.

Badania wielu autorów wykazały, że proporcjonalność ta jest zachowana aż do częstotliwości granicznej, które wynosi około kilku kHz. Powyżej tej granicy proporcjonalność zostaje zachwiana na skutek szybkiego nagrzewania się dielektryka. Przebiecie tracą charakter jonizacyjny i zaczynają dominować zjawiska cieplne.

Badania prowadzone na foliach izolacyjnych mają charakter modelowy. Istnieje konieczność wprowadzenia podobnych metod badawczych dla gotowych urządzeń, a w szczególności dla kabli elektroenergetycznych o izolacji polietylenowej.

Znajomość krzywych życia może okazać się pomocna przy ocenie nowych gatunków materiałów, nowych technik tłoczenia, zmian technologicznych i konstrukcyjnych.

Należy jednak podkreślić, że badania tego typu są długotrwałe i pracochłonne, pożądana jest zatem opracowanie przyspieszonej metody pomiarowej.

2. Ocena możliwości przyspieszenia badań

Zasadniczo należy wymienić następujące środki pozwalające na przyspieszenie wyznaczania krzywych życia:

- podwyższenie wartości napięcia probierczego,
- podwyższenie częstotliwości napięcia probierczego.

Podwyższenie wartości napięcia probierczego powoduje gwałtowny wzrost intensywności wyładowań niezupełnych i ich niszczącej działalności.

Prowadzi to do szybkiego przebicia izolacji, jednak charakter zjawisk nie w pełni odpowiada charakterowi istotnemu dla napięcia znamionowego. Przyczyną przebicia mogą być defekty, a w szczególności szczeliny powietrzne, które przy niskim natężeniu pola elektrycznego mogą okazać się niegroźne dla izolacji. Dlatego też, zbyt wysokie napięcia probiercze mogą prowadzić do niewłaściwej oceny badanej izolacji.

Podwyższenie częstotliwości napięcia probierczego jak wykazują badania modelowe powoduje proporcjonalne skrócenie czasu życia dielektryka. Zastosowanie napięcia o podwyższonej częstotliwości do badań odcinków kabli może więc posłużyć do szybkiej oceny jego odporności na działanie wyładowań niezupełnych. Ze względu na ograniczone moce źródeł probierczych o dużej częstotliwości istnieje konieczność badania odcinków o niewielkich długościach.

Inne metody, polegające na zastosowaniu sztucznych szczelin gazowych i innych wtrącin obcych mają zastosowanie szczególnie w badaniach mających na celu wyjaśnienie mechanizmu zjawisk zachodzących w naprężonej izolacji. Zastosowanie tych metod do badań porównawczych jest kłopotliwe.

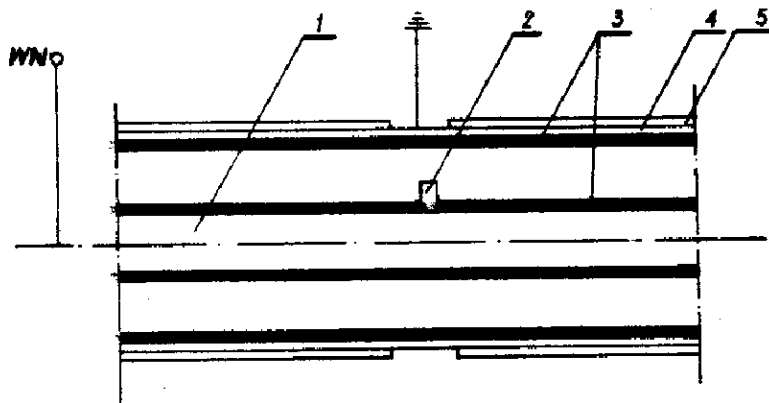
Przyczyną przebiecia kabli elektroenergetycznych o izolacji polietylenowej mogą się okazać defekty o różnym charakterze / szczeliny powietrzne, wtrąciny przewodzące, drobiny włókniste, defekty ekranu na żyłę itd/.

Ogromna różnorodność defektów utrudnia wprowadzenie jednolitej metody badawczej opartej o zastosowanie sztucznych deformacji.

3. Opis przeprowadzonych badań

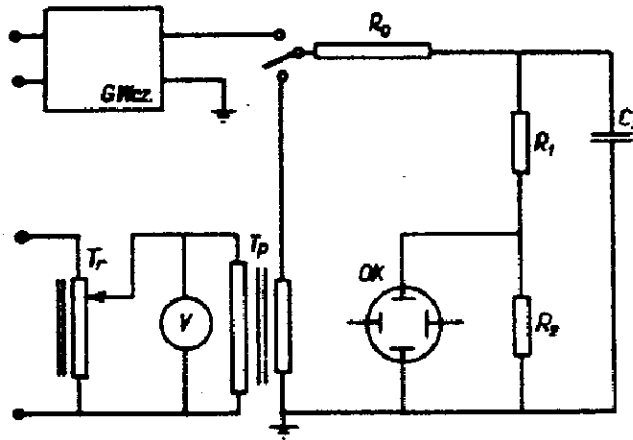
Początkowe badania kabli 15 kV o izolacji polietylenowej prowadzono na modelach ze sztuczną szczeliną powietrzną. Model przedstawiony na rys.1 badano w układzie probierczym szeregowym na uzyskanie napięcia o częstotliwościach 50 Hz, 200 Hz, 1 kHz i 3 kHz

/rys.2/.



Rys.1. Model kabla ze sztuczną szczeliną powietrzną

- 1 - żyła przewodząca,
- 2 - szczelina powietrzna,
- 3 - ekrany półprzewodzące,
- 4 - żyła powrotna,
- 5 - płaszcz zewnętrzny.



Rys.2. Schemat układu pomiarowego

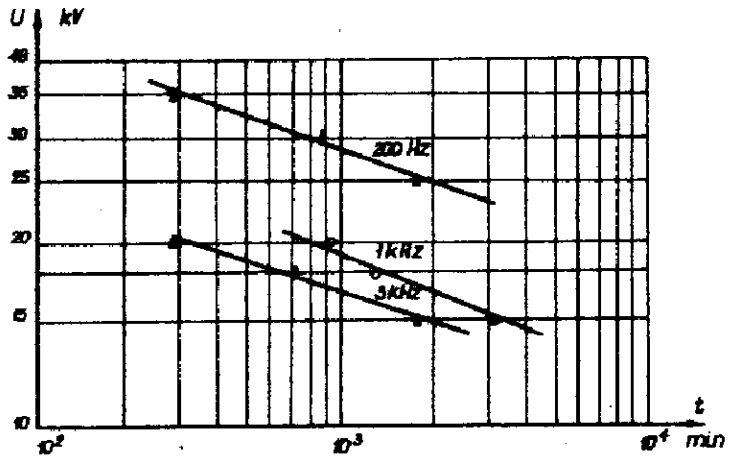
- T_r - transformator regulacyjny,
 T_p - transformator probierczy,
 R_o - opornik ochronny,
 C_x - badana próbka,
 R_1, R_2 - dzielnik napięcia,
 $GWCz$ - generator podwyższonej częstotliwości

Jako źródło napięcia użyto przetwornicy maszynowej 200 Hz, która zasilała układ poprzez transformator regulacyjny T_r i transformator probierczy T_p . Napięcie o częstotliwości 1 kHz uzyskano z lampowego generatora podwyższonej częstotliwości.

Stosując różne wartości napięcia probierczego oraz różne częstotliwości uzyskano rezultaty pozwalające na wyznaczenie krzywych życia przedstawionych na rys.3. Punkty wyznaczające przebieg krzywych są średnimi arytmetycznymi uzyskanymi z trzech pomiarów.

Uzyskane rezultaty dla kabli ze sztuczną szczeliną powietrzną zachęciły autora do podjęcia prób z odcinkami kabla bez deformacji. Do badań przy napięciu o częstotliwości 50 Hz i 200 Hz przygotowano odcinki kabla o długości 3m. Przy częstotliwościach 1 kHz i 3 kHz zastosowano próbki o długości 1,5 m ze względu na ograniczoną moc

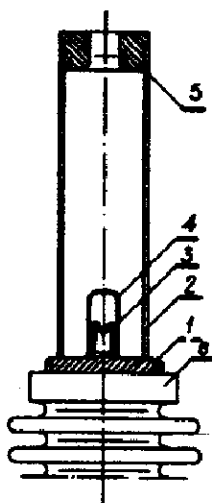
źródła o podwyższonej częstotliwości. Po przygotowaniu zakończeń badanych odcinków kabla umieszczano je w głowicach olejowych przedstawionych na rys.4.



Rys.3. Krzywe życia kabla ze sztuczną szczeliną powietrzną dla napięć o częstotliwościach 200 Hz, 1 kHz, 3 kHz.

W układzie probierczym /rys.2/ badano czas życia poszczególnych odcinków stosując napięcia o różnych wartościach i częstotliwościach. Uzyskane rezultaty przedstawiono w układzie współrzędnych prostokątnych, przyjmując $y = \ln U$ oraz $x = \ln /f \cdot t/$.

Otrzymano w ten sposób krzywą życia, dla której zmienną niezależną jest ilość cykli przyłożonego napięcia $n = f \cdot t$. Tak przyjęty układ współrzędnych pozwala na równoczesne przedstawienie wyników uzyskanych dla napięć o różnych częstotliwościach /rys.5/.

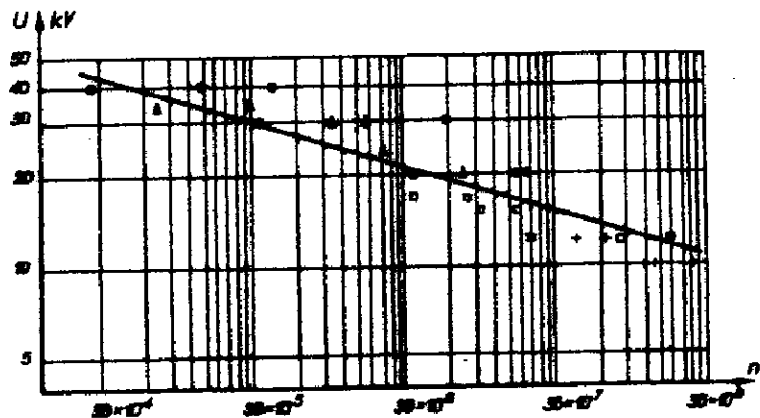


Rys.4. Olejowa głowica kablowa

- 1 - podstawa
- 2 - rura szklana
- 3 - styki sprężyste
- 4 - ekran dolny
- 5 - ekran górny
- 6 - izolator stojący

4. Analiza otrzymanych rezultatów

Krzywe życia uzyskane dla krótkich odcinków kabla ze sztuczną szczeliną powietrzną /rys.3/ okazały się krzywymi w przybliżeniu równoległymi do siebie. Fakt ten pozwala przypuszczać, że ze zmianą częstotliwości napięcia probierczego nie zmienia się odporność badanych modeli na działanie wyładowań niezupełnych. Można również zauważyć, że wzajemne oddalenie krzywych jest zależne od częstotliwości napięcia probierczego. Im różnica częstotliwości jest większa, tym bardziej krzywe są oddalone od siebie.



Rys.5. Krzywa życia kabla 15 kV uzyskana dla napięcia o częstotliwości 50 Hz, 200 Hz, 1 kHz i 3 kHz,

- o - punkty uzyskane dla napięcia 50 Hz,
- ▲ - punkty uzyskane dla napięcia 200 Hz,
- - punkty uzyskane dla napięcia 1 kHz,
- + - punkty uzyskane dla napięcia 3 kHz.

Krzywą uzyskaną dla nieuszkodzonych odcinków kabla /rys.5/ charakteryzuje podobne nachylenie jak krzywe dla modelu ze sztuczną szczeliną powietrzną. Uzyskano znaczne skrócenie czasu prowadzonych pomiarów przy jednoczesnym obniżeniu napięcia probierczego. Uzyskane rezultaty potwierdzają celowość zastosowania napięcia o podwyższonej częstotliwości do badań krzywych życia kabli o izolacji polietylenowej. Poszczególne punkty pomiarowe wykazują jednak dość znaczne rozrzuty. Wynika to przede wszystkim z faktu zastosowania odcinków kabla o małej długości. Prawdopodobieństwo znalezienia defektu prowadzącego do przebicia izolacji jest na krótkim odcinku bardzo małe. Dlatego też wydaje się, że wraz ze wzrostem długości badanych odcinków rozrzut wyników powinien maleć.

Prowadzone badania mikroskopowe starzonych odcinków wykazały istnienie w wielu miejscach izolacji charakterystycznych śladów drzewiastych.

Ślady te miały jednakowy charakter dla wszystkich częstotliwości napięcia probierczego. W większości przypadków rozwijały się w pobliżu ekranu na izolacji kabla. Kanały przebicia badanych próbek ze względu na długi czas wyłączenia napięcia po zniszczeniu izolacji miały znaczne rozmiary i badania mikroskopowe nie pozwoliły na ocenę przyczyny przebicia. Wydaje się, że słuszne będzie zastosowanie szybkiej metody wyłączenia próbek po przebiciu. Pozwoli to na ocenę mechanizmu rozwoju wyładowania i identyfikację przyczyny przebicia.

5. Wnioski

1. Zastosowanie podwyższonej częstotliwości do badań starzeniowych krótkich odcinków kabli o izolacji polietylenowej okazało się celowe.
Zezwoliło na znaczne skrócenie czasu próby oraz obniżenie napięcia probierczego.
2. Znaczny rozrzut wyników spowodowany jest statystycznym charakterem zjawisk starzeniowych.
Jego zmniejszenie jest możliwe przez zastosowanie do badań odcinków kabla o większej długości.
3. Dalsze prace badawcze winny prowadzić do opracowania jednolitej metody wyznaczania krzywych życia w oparciu o napięcie probiercze o podwyższonej częstotliwości. Pozwoli to na lepsze porównanie różnych gatunków materiału izolacyjnego, nowych konstrukcji i zmian technologicznych.

Literatura

- 1 Asker P. Dellby B. Jacobsen C.T. - Accelerated electrical ageing of cross - linked polyethylene cables, CIGRE, Paper 21-09 1972
- 2 Dobroszewski R. - Układ powiększonej częstotliwości do przyspieszonej metody badań odporności dielektryków na wyładowania niezupełne.
Biuletyn Informacyjny Elektrotechnika 4/73, Instytut Elektrotechniki s.139-144, 1973
- 3 Grzybowski S. Grzegorski E.- Badanie kabla 15 kV o izolacji polietylenowej ze sztuczną szczeliną powietrzną napięciem o podwyższonej częstotliwości. VII Konferencja Naukowo-Techniczna Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej s.205-211, luty 1975
- 4 Kreuger F.H. Bentzen P.A.C. - Breakdown phenomena in polyethylene insulated cables , CIGRE, Paper 21-02 1972
- 5 Kreuger F.H. - Endurance tests with polyethylene insulated cables , CIGRE, Paper 21-02 1968
- 6 Toriyama Y. Okamoto H. Kanazashi M. - Breakdown of insulating materials by surface discharge IEEE Transactions on Electrical Insulation S.124-129 No.3, 1971.