

Lech SUBOCZ<sup>1</sup>  
Grzegorz WALTER<sup>2</sup>

## WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYKÓW STAŁYCH

*Wytrzymałość dielektryczna jest niezbędna dla oceny własności i doboru materiałów z punktu widzenia konstrukcyjnego i eksploatacyjnego. Badania wytrzymałości długotrwałej dielektryków stałych wykonuje się w ściśle określonych warunkach odnośnie rodzaju i sposobu przyłożonego napięcia, wykonania próbek, kształtu i układu elektrod oraz warunków otoczenia.*

### 1 WPROWADZENIE

Wytrzymałością dielektryczną materiałów elektroizolacyjnych nazywamy graniczne natężenie pola, przy którym dielektryk traci swoje właściwości izolacyjne. W przypadku materiałów izolacyjnych stałych, w odróżnieniu od gazów i cieczy, przebiciu dielektrycznemu, a więc utracie własności izolacyjnych, towarzyszy zawsze zniszczenie dielektryka [1].

Czas do przebicia dielektryka stałego, a właściwie układu izolacyjnego, w skład którego wchodzi materiały elektroizolacyjne stałe, zależy od wartości przyłożonego napięcia. Ogólnie w miarę wzrostu przyłożonego napięcia (naprężenia – dla układu zwymiarowanego) czas do przebicia jest coraz krótszy.

Rys. 1 przedstawia typową zależność napięcia (naprężenia) przyłożonego do układu izolacyjnego od czasu do przebicia. O takim przebiegu zależności decyduje szereg czynników, ale dla dielektryka stałego o określonej budowie chemicznej i określonych parametrach dielektrycznych decydujące znaczenie (wspólne dla całego przebiegu) ma rozkład naprężenia elektrycznego w każdym z szeregu punktów (objętości) układu z dielektrykiem stałym. Stwierdzenie to natychmiast prowadzi do podstawowego wniosku, że wytrzymałość dielektryczna układu z dielektrykiem stałym zależy w istotny sposób od konstrukcji i technologii wykonania układu. Do pojęcia konstrukcji możemy zaliczyć wewnętrzny rozkład pola (układ elektrod) i rodzaj materiałów współpracujących z dielektrykiem stałym, natomiast pod pojęciem technologii musimy rozumieć nie tylko jakość i technologie wykonania całego układu izolacyjnego (liczba, rozkład i rodzaj defektów – wtrącin, szczelin...), ale również w wielu wypadkach, jak np. w przypadku polietylenu, technologię wyprodukowania samego materiału (budowa molekularna,...).

---

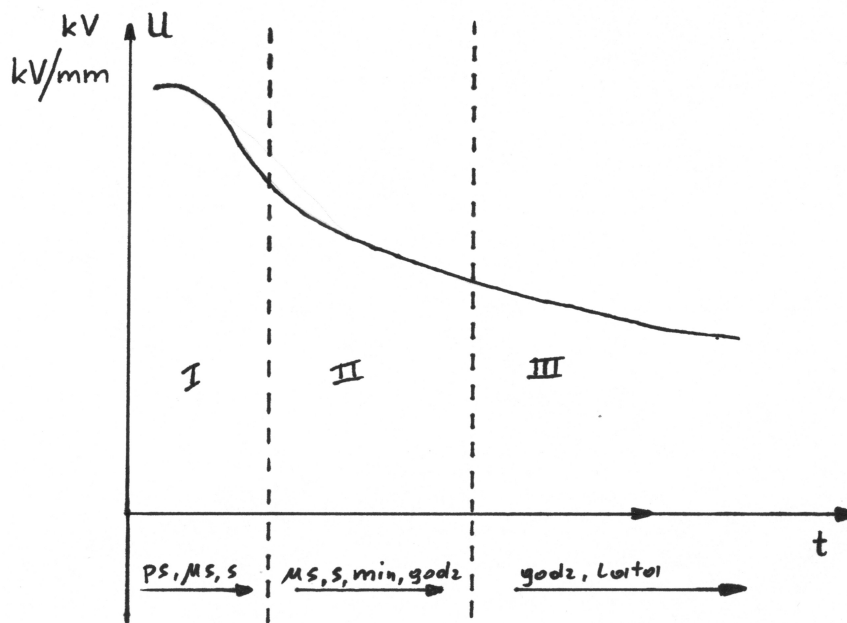
<sup>1</sup>Politechnika Szczecińska, Instytut Elektrotechniki, 70-313 Szczecin, (091) 4494557, lecz.subocz@ps.pl

<sup>2</sup> Politechnika Szczecińska, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin, (091) 4494557, galileo25@o2.pl

Podstawowa zależność wytrzymałości dielektrycznej materiałów stałych od technologii wykonania układu powoduje, że określenie tej wytrzymałości oraz zmian w zależności od wpływu innych czynników nie jest łatwe i jednoznaczne.

Już przed przystąpieniem do badań i określenia wytrzymałości dielektrycznej musimy sobie zdawać sprawę z dwóch aspektów: istnienia i rodzaju wad. Po pierwsze, samo istnienie wad (defektów) powoduje, że wytrzymałość dielektryczna materiału stałego zależy od wymiarów geometrycznych obiektu (układu), a więc od objętości (czy też powierzchni elektrod lub grubości) dielektryku i po drugie, rodzaj wad może w różnym stopniu na wytrzymałość dielektryczną w zależności od wartości lub czasu przyłożonego napięcia do układu.

Dlatego też badania porównawcze prowadzi się dla ustalonego geometrycznie lub statycznie układu dielektryka stałego i to przeważnie nie dla całej charakterystyki (rys.1) napięcia przebicia od czasu do przebicia, ale dla kilku obszarów czasowych charakterystyki – oznaczonych umownie na rys. 1 jako obszary: I, II i III.



Rys. 1. Zależność napięcia (naprężenia) przyłożonego do układu izolacyjnego z dielektrykiem stałym od czasu do przebicia; I, II, III oznaczają obszary czasowe charakterystyki [2]

Obszar I charakteryzuje się największymi wartościami wytrzymałości dielektrycznej (od 100 do 1500 kV/mm) i związany jest z tzw. Wytrzymałością dielektryczną istotną. Wytrzymałością osiąganą w ściśle kontrolowanych badaniach laboratoryjnych, gdzie dąży się głównie do określenia wytrzymałości materiału (istotnej) w zależności od składu chemicznego i właściwości dielektrycznych. Badań dokonuje się na próbkach bardzo cienkich, gdzie np. grubość jest porównywalna z wymiarami kryształów, a wpływ technologii wykonania układu jest eliminowany a drodze statycznej, głównie z wykorzystaniem rozkładu Weibulla. Rozkłady prawdopodobieństwa przebicia w siatce Weibulla są charakteryzowane dwiema wielkościami: współczynnikiem kształtu i współczynnikiem skali. W przypadku badań wytrzymałości dielektrycznej próbek przyjmują one odpowiednio oznaczenia:  $b$  – dla współczynnika kształtu i  $E_0$  – dla współczynnika skali.

Wyniki badań z obszaru I mają znaczenie wysoce teoretyczne i leżą w zakresie zainteresowań fizyków. Z punktu widzenia elektryków mogą one stanowić jedynie poziom odniesienia (porównania) dla wartości wykorzystywanych w izolacyjnych układach elektroenergetycznych.

Obszar II obejmuje zakres wykorzystywany praktycznie w krótkotrwałych badaniach materiałów i układów elektroizolacyjnych, badaniach umożliwiających wstępną ocenę jakości materiału czy układu izolacyjnego oraz wykazania wpływu głównych czynników ograniczających i zmieniających wytrzymałość dielektryczną. Badania krótkotrwałe odzwierciedlają również narażenia (przebiecie) występujące podczas eksploatacji układów elektroenergetycznych. Układy i materiały elektroizolacyjne badane w tym zakresie, a więc z w zakresie czasów do przebicia od rzędu mikrosekund do rzędu godzin, charakteryzują się wytrzymałością dielektryczną w zakresie od 5 – 200 kV/mm.

Trzeba zaznaczyć, że próby krótkotrwałe w obszarze II są to próby przeprowadzane najczęściej. Dotyczy to szczególnie prób przy napięciu przemiennym 50 Hz. Z obszarem tym związane są, więc pojęcia wytrzymałości dielektrycznej (elektrycznej) doraźnej, wytrzymałości jedno lub kilkuminutowej i wytrzymałości długotrwałej – kilkugodzinnej. Wartości wytrzymałości dielektrycznej uzyskane z badań w obszarze II są najczęściej przytaczane w literaturze ogólnej, encyklopedycznej dotyczące materiałów dielektrycznych.

Obszar III jest natomiast obszarem obejmującym tzw. wytrzymałość długotrwałą (roboczą, eksploatacyjną) dielektryków stałych. Badane, a raczej eksploatowane w tym zakresie czasów (lat) układy dielektryków charakteryzują się wytrzymałością od 1 do 15 – 20 kV/mm. Są to wartości znacznie niższe od przytoczonych dla obszarów I i II [2].

Natężenia pola elektrycznego występujące w materiałach izolacyjnych w normalnej pracy urządzeń elektrycznych powinny być znacznie niższe od ich wytrzymałości elektrycznej. Konieczny margines bezpieczeństwa powinien chronić przed przebicciem izolacji i unieruchomieniu urządzeń elektrycznych przy występujących nieraz w urządzeniach elektrycznych przypadkowych, krótkotrwałych wzrostach napięcia ponad wartości znamionowe („przebiecia”).

W urządzeniach niskiego napięcia zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości elektrycznej izolacji nie stwarza żadnych problemów, gdyż spełnieni wymagał mechanicznych urządzeń zapewnia z reguły wystarczającą grubość izolacji. Natomiast

w urządzeniach wysokiego napięcia problemom wytrzymałości elektrycznej poświęca się bardzo dużo uwagi. Izolacja wysokonapięciowa jest kosztowna i jej użycie powinno być ograniczone do minimum gwarantującego bezawaryjną pracę urządzeń.

Zasadniczy wpływ na wytrzymałość elektryczną dielektryków stałych ma czas działania napięcia [3].

## 2 PRZEDMIOT BADANY

Do badań wykorzystano folie polietylenową PE o następujących parametrach:

grubość  $52,4 \mu\text{m} \pm 10\%$ ,  
 $\text{tg } \delta = 0,00211$ ,  
wymiary próbki: 15 cm x 15 cm,  
napięcie przebicia: 7,36kV

## 3 METODA BADANIA

Przeprowadzone badania wytrzymałości folii izolacyjnej wykonane zostały w kąpeli olejowej z użyciem elektrod o niejednakowych średnicach w układzie prostopadłym. Ułożenie, kształty i wymiary elektrod są ściśle określone przez międzynarodowe normy [4].

## 4 WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych badań, gdzie rozrzut wyników pomiarów nie przekroczył 10%, uzyskano charakterystykę wytrzymałości dielektrycznej folii polietylenowej oraz wyznaczono równanie (1) opisujące wyznaczoną krzywą:

$$t = CE^{-n} \quad (1)$$

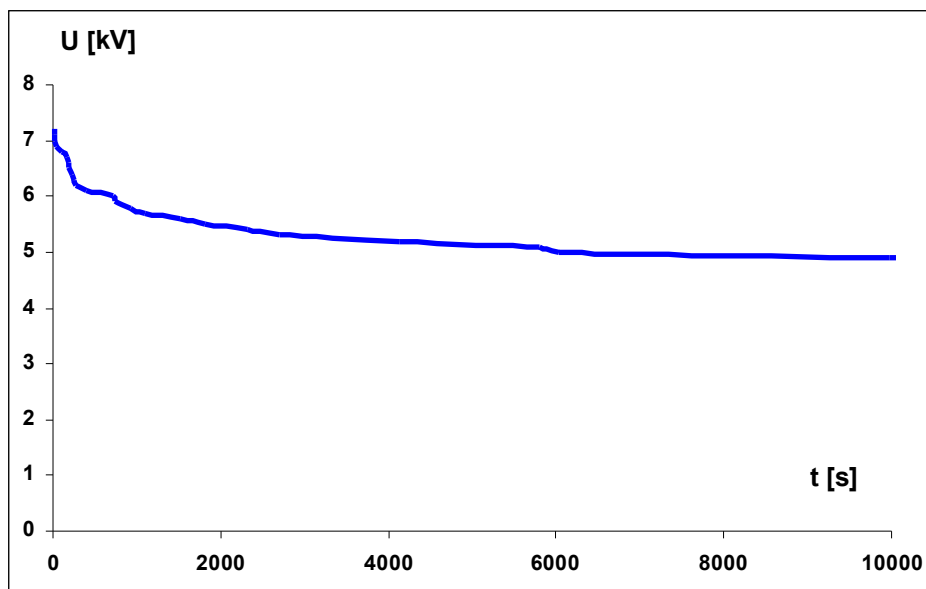
gdzie:

t- czas

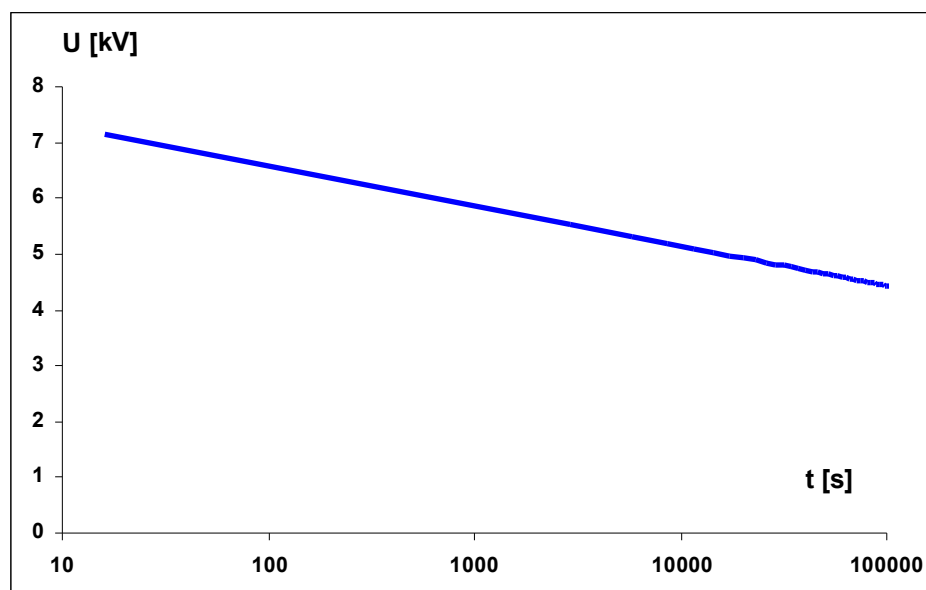
E - naprężenie

C = 8,55753

n = 0,05646



Rys. 2. Krzywa życia folii  $U = f(t)$



Rys.3 Krzywa życia folii (wykres logarytmiczny)

## 5.LITERATURA

1. Flisowski Z. „Technika wysokich napięć”, WNT, Warszawa, 1999.
2. Boryń H., Rynkowski A., Wiśniewski A., Wojtas S., „Laboratorium techniki wysokich napięć”, Politechnika Gdańska, Gdańsk.
3. Celiński Z., „Materiałoznawstwo elektrotechniczne”, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1994.
4. PN-IEC 243-1 „Metody badania wytrzymałości elektrycznej materiałów elektroizolacyjnych stałych. Badania przy częstotliwości sieciowych”, PKN, wrzesień 1996.

## DURABILITY DIELECTRIC SOLID

Dielectric durability is indispensable for opinion of property and selection of materials with of view constructional point and exploational. The investigations of durability were executed in closely the definite conditions the kind and way the applied voltage, realization of samples, shape and arrangement of electrodes as well as ambient conditions regarding.

The durability depends from intensity and duration the electric majority of materials the discharges superficial previous the breakdown. To cause decrease dielectric durability they can also long-lasting working mechanical stresses, long-lasting vibrations as well as stress and shift due with of expansion different coefficients temperature materials, growth of their fragility, shake and then sogginess. This shows both on necessity of taking into account of these factors in the investigations of dielectric durability the insulates the matter which to possibly the dielectric durability the coefficient of insulating worsening to propriety of material or arrangement.