



Andrzej Zagórski*

ODDZIAŁYWANIE NARAŻEŃ NA FOLIĘ POLIETYLENOTEREFTALANOWĄ A OBRAZY PRĄDÓW TERMICZNIE STYMULOWANYCH

Streszczenie: Przedstawiono warunki oraz wyniki badań metodą prądu termicznie stymulowanego folii polietylenotereftalanowej $23\ \mu\text{m}$ „Estrofol”, poddawanej działaniu napięcia stałego w układzie płyta-płyta i narażeń czasowo-termicznych. Zamieszczono wybrane wyniki badań jako obrazy prądów termicznie stymulowanych w funkcji temperatury narażeń.

Słowa kluczowe: folia polietylenotereftalanowa, narażenia, metody prądów termicznie stymulowanych, termicznie stymulowana depolaryzacja, narażenie termiczne, pik depolaryzacyjny, energia aktywacji

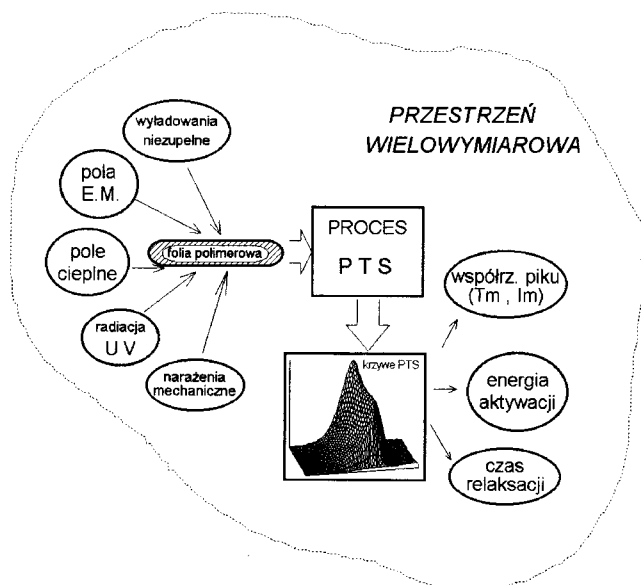
1. Wstęp

Badanie morfologii dielektryków polimerowych dostarcza informacji o zmianach starzeniowych struktury materiału zachodzących wskutek oddziaływań narażeń zarówno elektrycznych [1], jak i nieelektrycznych [2, 3] występujących w układach izolacyjnych. Powszechnie stosowane metody badań [4, 5, 6] powodują zmiany struktury próbek, co można określić jako działanie narażeń. Metody prądów termicznie stymulowanych zwykle w nieznacznym stopniu lub w ogóle nie powodują naruszenia struktury próbek, a czynnikami narażającymi są ciepło i pole elektryczne, związane z pracą dielektryka w układzie izolacyjnym. Aktualność stosowania metod PTS w badaniach dielektryków polimerowych znajduje odzwierciedlenie w publikacjach [7, 8, 9].

Można podjąć próbę powiązania parametrów takich jak współrzędne pików, czy energia aktywacji, wyznaczonych z zarejestrowanych krzywych PTS z działającymi

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Elektroenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

na dielektryk narażeniami (rys. 1). Jeżeli możliwe jest określenie modelu matematycznego tej wielowymiarowej przestrzeni, to wyznaczone równania staną się jednym z narzędzi w diagnostyce układów izolacyjnych.



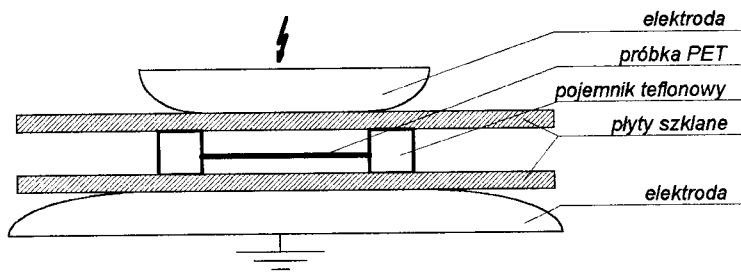
Rys. 1. Ilustracja przestrzeni wielowymiarowej tworzonej z zastosowaniem metody prądów termicznie stymulowanych

W [10] przedstawiono opis i wyniki badań wpływu narażeń wywołanych oddziaływaniem pola elektrycznego i ulotu na próbki folii PET. Prace nad tworzeniem przestrzeni wielowymiarowej są prowadzone nadal. Obecnie zostaną zaprezentowane wyniki badań wpływu narażeń czasowo-termicznych.

2. Opis badań

Badania przeprowadzono na próbkach folii polietylenotereftalanowej $23\ \mu\text{m}$ „Estrofol”. Przygotowano zestawy po 10 próbek z pasa folii w stanie poprodukcyjnym, oznaczono i poddano wygrzewaniu przez ok. 10 godzin w temperaturze 325 K, w celu usunięcia tła poprodukcyjnego. Próbki były umieszczone w uziemionym klaserze ekwipotencjalnym, wykonanym z folii aluminiowej. Dla każdej z próbek przeprowadzono proces termicznie stymulowanej depolaryzacji (TSD), sprawdzając, czy uległ usunięciu poprodukcyjny stan elektretowy. Podczas procesu próbka była umieszczona pomiędzy elektrodami płaskimi układzie półotwartym. Do sterowania przebiegiem procesu oraz rejestracji pomiarów zastosowano komputerowo wspomagany system mikroprocesorowy [11]. Przebieg procesu TSD oraz obróbkę zarejestrowanych pomiarów i obliczanie parametrów zaprezentowano w [10].

Przygotowane zestawy próbek poddawano narażeniom czasowo-termicznym. Próbki zostały umieszczone w komorze cieplnej w temperaturze ok. 368 K i wygrzewane przez okres 10 minut (jeden zestaw próbek) oraz 300 minut (zestaw drugi). Próbki były poddawane również narażeniom elektrycznym poprzez oddziaływanie pola elektrycznego stałego oraz wyładowań niezupełnych. Układ elektrod przedstawiono na rysunku 2. Dwa następnie zestawy próbek były narażane elektrycznie w temperaturze otoczenia (ok. 298 K).



Rys. 2. Układ elektrod do narażeń elektrycznych próbek

Uwzględniano temperaturę i ciśnienie atmosferyczne w celu zachowania jednokowych warunków dla wszystkich próbek. Bezpośrednio po zakończeniu narażeń przeprowadzano proces termicznie stymulowanej depolaryzacji i rejestrowano krzywe prądu termicznie stymulowanego. Schemat blokowy procesu pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.

3. Opracowanie wyników

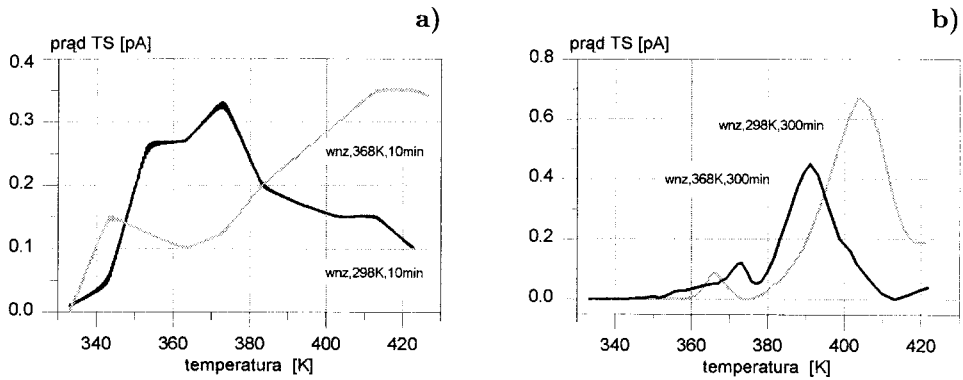
Zarejestrowane krzywe, po transmisji do komputera klasy IBM PC, zostały poddawane cyfrowej filtracji w celu usunięcia zakłóceń występujących podczas badań. Przyczyną zakłóceń były prawdopodobnie drgania mechaniczne stanowiska, impulsowe pola elektromagnetyczne oraz przepięcia w sieci zasilającej. W procesie filtracji zastosowano własne procedury numeryczne zaimplementowane w środowisku Matlab'a. Krzywe po filtracji dekomponowano, rozkładając numerycznie na pojedyncze piki opisane równaniem kinetyki pierwszego rzędu (1), wyznaczając jednocześnie współrzędne pików oraz energię aktywacji.

$$I(T) = -\frac{P_0}{\tau_0} \cdot \exp \left[-\frac{E_w}{kT} - \frac{1}{b\tau_0} \int_{T_0}^T \exp \left(-\frac{E_w}{kT} \right) dT \right] \quad (1)$$

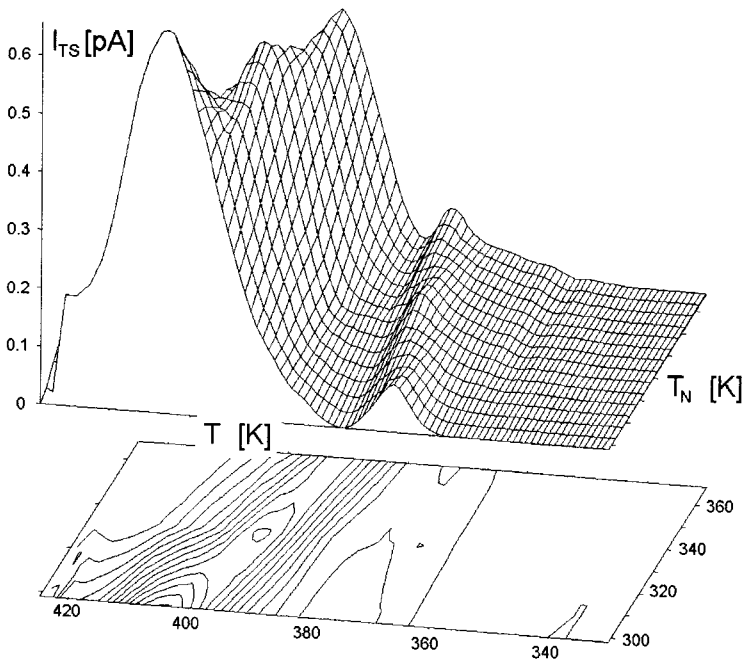
gdzie: P_0 – polaryzacja, τ_0 – czas relaksacji, b – prędkość nagrzewania, E_w – energia aktywacji, T – temperatura w K, k – stała Boltzmanna.

Reprezentatywne dla niektórych zespołów narażeń krzywe PTS pokazano na rysunku 3. Na rysunku 4 przedstawiono obraz prądu termicznie stymulowanego w funkcji temperatury narażeń, dla czasu działania wyładowań niezupełnych i temperatury

wynoszącego ok. 300 minut. Współrzędne pików oraz wyniki obliczeń energii aktywacji zestawiono w tabeli 1.



Rys. 3. Reprezentatywne krzywe PTS dla różnych czasów i temperatur narażeń próbek; a) czas narażeń 10 minut b) czas narażeń 300 minut



Rys. 4. Obraz prądu termicznie stymulowanego w funkcji temperatury narażeń

Tabela 1. Zestawienie współrzędnych pików oraz energii aktywacji; B.E – brak ekstremum, E – działanie pola elektrycznego bez wyładowań niezupętnych, wnz – działanie wyładowań niezupętnych

			T _m [K]	I _m [pA]	E _w [eV]	T _m [K]	I _m [pA]	E _w [eV]
E	298 K	10 min	B.E	B.E	B.E	388	0.1	1.81
E	298 K	300 min	B.E	B.E	B.E	398	0.72	1.64
E	368 K	10 min	B.E	B.E	B.E	B.E	B.E	B.E
E	368 K	300 min	381	0.32	0.94	399	0.25	1.72
wnz	298 K	10 min	B.E	B.E	B.E	396	0.7	1,68
wnz	298 K	300 min	366	0.09	0.88	403	0.67	1.94
wnz	368 K	10 min	363	0.25	0.85	B.E	B.E	B.E
wnz	368 K	300 min	373	0.12	0.81	391	0.45	1.59

4. Podsumowanie

Analiza wyników badań wskazuje na istniejące korelacje pomiędzy działającymi narażeniami i obrazami prądów termicznie stymulowanych. Zbieranie danych dla stworzenia wielowymiarowej przestrzeni i poszukiwanie opisujących ją formuł matematycznych jest pracochłonne, lecz wydaje się bardzo prawdopodobne, że wyznaczone korelacje umożliwią zastosowanie metod prądów termicznie stymulowanych jako narzędzia wspomagającego diagnostykę elektroenergetycznych układów izolacyjnych.

Literatura

- [1] **Kinsheng Wang, Demin Tu:** *The Trap Characteristic in Polypropylene under Electrical Ageing*, 8th International Symposium on High Voltage Engineering, Yokohama, Japan 1993, Vol. 1, pp. 155–158
- [2] **Motyl E., Pospieszna J.:** *Zmiana przewodnictwa elektrycznego folii polipropylenowej na skutek oddziaływania oleju AKB*, Przegląd Elektrotechniczny, R. LXX, Nr 4, 1994
- [3] **Subocz J.:** *Effects of Thermal Ageing on Thermoluminescence of an Epoxy Resin Composition*, Acta Polymerica 40 (1989) No 6 pp. 394–396
- [4] **Takada T., Maeno T., Kushibe T.,** *An Electric Stress-pulse Technique for the Measurements of Charges in a Plastic Plate Irradiated by an Electron Beam*, IEEE Trans. Elec. Insul., pp. 497–501, 1987
- [5] **Sessler G. M., West J. E., Gerhard-Multhaupt R., Seggern H.,** *Nondestructive Laser Method for Measuring Charge Profiles in Irradiated Polymer Films*, IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol. 29, pp. 1644–1649, 1982
- [6] **Mizutani T.:** *Space Charge Measurements Techniques and Space Charge in Polyethylene*, IEEE Trans. Dielec. Elect. Insul., Vol. 1 pp. 923–932, 1995
- [7] **Shinan Wang, Tetsui Oda:** *Thermally Stimulated Discharge Current Analysis of High Density Polyethylene Press-Sheet Related to Its Surface Treatment*, 8th International Symposium on High Voltage Engineering, Yokohama, Japan 1993, Vol. 1, pp. 171–174

- [8] **Włodek R., Zagórski A.:** *Detection of ageing effects in polymer foils by means of thermally stimulated currents*, Int. Scient. Conf. on Power Engineering and High Voltage Techniques, Košice, 1994, pp. 111–1161
- [9] **Kwang S. Suh, Hyung Jae Lee, Dai Soo Lee, Chang Gyun Kang:** *Charge Distribution in PCŠAN/PCL Polymer Blends* IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insul. Vol. 2 No. 3, June 1995, pp. 460–466
- [10] **Zagórski A.:** *Wpływ narażeń na obrazy prądów termicznie stymulowanych w dielektrykach polimerowych* III Ogólnopolskie Sympozjum „Inżynieria Wysokich Napięć”, Poznań-Kiekrz, 1996, s. 187–192
- [11] **Zagórski A.:** *Komputerowo wspomagany układ do pomiaru i rejestracji prądów termicznie stymulowanej depolaryzacji* II Ogólnopolskie Sympozjum „Inżynieria Wysokich Napięć”, Poznań, 1994, s. 249–252

INFLUENCE OF AGEING STRESS ON POLYETHYLENE TEREPHTALATE FOIL
AND TSC DIAGRAMS

In the paper the influence of time-thermal and electric stresses on diagrams of thermally stimulated currents in polyethylene-terephthalate foil with thickness of 23 mm are presented. Examples of measurement results as two- and three-dimensional diagrams carried out with use of computer aided measuring system are demonstrated. It is expected, that mathematical model of multidimensional space created by TSC method will be used in the diagnostic of insulating systems.

Niniejszy temat jest realizowany
w ramach umowy nr 10.120.395/p,
która finansowana jest przez Komitet Badań Naukowych.