



Piotr Frączak*

IŁOŚCIOWE KRYTERIUM KLASYFIKACJI DIELEKTRYKÓW SYNTETYCZNYCH

Streszczenie: Poddano ocenie wybrane kompozyty epoksydowe pod względem odporności na starzenie spowodowane działaniem pola elektrycznego. Badania starzeniowe wybranych próbek kompozytów epoksydowych prowadzono metodą Merry-Go-Round Test. Uzyskano charakterystykę zależności prądów upływnościowych (I) od czasu (t) starzenia próbek. Zależności $I = f(t)$ ujęto trójparametrowym równaniem Hoerla. Parametry równania wyznaczono w oparciu o dane doświadczalne. Na zbiorze parametrów równania Hoerla określono ilościowe kryterium klasyfikacji materiałów izolacyjnych pod względem odporności na starzenie powodowane działaniem pola elektrycznego.

Słowa kluczowe: dielektyki syntetyczne, proces starzenia, model matematyczny, ilościowe kryterium klasyfikacji

1. Wstęp

Dielektyki syntetyczne będące tworzywami organicznymi posiadają znaczną wrażliwość na procesy starzeniowe, które wywoływane są działaniem pola elektrycznego. Takim procesom sprzyja głównie wilgoć oraz zanieczyszczenie powierzchni. Procesy starzeniowe dielektryków przejawiają się między innymi erozją powierzchni, która wpływa w istotny sposób na zmiany właściwości elektrycznych (rezystywność powierzchniowa, odporność na prądy pełzające, odporność na łuk elektryczny i inne), a także mniejsza jego wytrzymałość mechaniczna.

Stosowane metody badań procesów starzenia dielektryków nie są dotychczas ujednolicone. Ponadto przyjęte różne kryteria oceny odporności dielektryków na starzenie prowadzą do nieporównywalnych rezultatów.

* Uniwersytet Szczeciński, ul. Wielkopolska 15, 70-451 Szczecin

2. Część doświadczalna

2.1. Przedmiot badań

Jako przedmiot badań wybrano kompozyty epoksydowe. Są one stosowane w elektrotechnice w coraz większym zakresie. Z materiałów tych wybrano próbki w formie prętów, skład chemiczny ich podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład kompozytów epoksydowych użytych do badań

Lp.	Oznaczenie materiału izolacyjnego	Żywica (cz. w.)	Utwardzacz (cz. w.)	Przyspieszacz (cz. w.)	Utwardzacz (cz. w.)
1.	A	Epidian 5 100	BTMG 106	BTMG-U 4,5	SiO ₂ Dorsilit 16900 Silanizowany 0,5% UAMI 3 330
2.	B	Epidian 5 100	BEPOLIT 85	BTMG-U 1	SiO ₂ Dorsilit 16900 330

2.2. Metodyka badań

Do badań procesu starzenia kompozytów epoksydowych (tabela 1) wykorzystywano urządzenie stosowane w metodzie Merry-Go-Round [1, 2]. Parametry pracy urządzenia karuzelowego w czasie badań zamieszczono w publikacji [3].

Proces starzenia kompozytów epoksydowych charakteryzowano zależnością prądów upływnościowych (I) od czasu starzenia (t). Wyniki badań zamieszczono w tabeli 2.

3. Model matematyczny procesu starzenia

Ilościową charakterystykę rozpatrywanego procesu starzenia opisano równaniem postaci Hoerla A. S. [4]

$$I(t) = at^b \exp(ct) \quad (1)$$

wiążącym zmianę prądu upływnościowego (I) z czasem (t) starzenia. Parametry a , b , c równania wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów [5] w oparciu o dane doświadczalne podane w tabeli 2. Obliczenia wykonywano za pomocą mikrokomputera IBM PC/AT 486.

Wartości liczbowe wspomnianych parametrów umieszczono w tabeli 3.

Tabela 2. Prądy upływnościowe próbek typu A i B dla różnych czasów starzenia metodą Merry-Go-Round Test

Lp.	Czas starzenia t [h]	Prąd upływnościowy I [μ A]					
		A1	A2	A3	B1	B2	B3
1.	2,5	139	108	178	48	43	109
2.	3,5	254	233	253	182	237	189
3.	5,0	247	222	237	181	213	193
4.	6,5	194	195	188	193	204	190
5.	8,5	228	180	180	181	161	194
6.	10,5	208	174	181	182	175	199
7.	13,5	241	187	190	195	203	217
8.	16,5	216	184	187	189	180	176
9.	20,0	267	213	208	215	213	203
10.	24,5	273	224	222	227	215	249
11.	41,0	195	189	187	189	208	197
12.	52,0	204	200	196	196	223	205
13.	63,0	206	205	203	200	214	220
14.	74,0	214	204	207	199	216	220
15.	85,0	216	206	214	200	216	226
16.	96,0	223	216	223	208	226	236
17.	107,0	229	223	225	212	236	240
18.	131,3	237	229	236	221	246	249
19.	153,5	250	239	246	236	255	254
20.	176,0	255	245	255	235	260	263
21.	199,0	263	253	260	240	260	265
22.	222,0	250	245	250	233	260	265
23.	269,5	273	260	268	240	265	280
24.	315,5	280	265	275	243	270	278
25.	361,0	295	282	298	260	285	280
26.	400,0	265	257	270	235	260	255
27.	437,0	285	270	280	243	285	280
28.	480,0	295	280	295	270	278	270
29.	527,0	315	305	305	298	295	285
30.	576,0	320	328	305	293	300	290
31.	640,0	330	343	340	300	323	305
32.	688,0	333	348	343	297	325	300
33.	736,0	350	400	357	333	350	323
34.	804,0	388	450	393	367	417	357
35.	849,0	365	425	380	347	408	333
36.	882,0	373	420	397	330	435	348
37.	928,0	400	480	410	370	463	365
38.	982,0	400	505	430	373	480	380
39.	1022,5	395	465	400	335	425	355
40.	1027,9	388	483	425	345	458	360
41.	1067,0	425	530	480	413	505	400
42.	1113,0	443	570	505	415	533	425
43.	1178,0	440	565	505	420	553	430
44.	1220,0	440	565	525	420	550	445

Tabela 3. Parametry a , b i c równania Hoerla opisującego proces starzenia kompozytów epoksydowych

Lp.	Nr próbki	a	b	c	MCCS
1.	A1	202,85	0,020481	0,000543	0,8604
2.	A2	171,27	0,032472	0,000811	0,9249
3.	A3	192,13	0,015699	0,000714	0,9461
4.	B1	125,67	0,109122	0,000314	0,7225
5.	B2	131,52	0,105928	0,000499	0,7372
6.	B3	154,14	0,081854	0,000317	0,8863

MCCS — kwadrat współczynnika korelacji wielokrotnej [4]

4. Ilościowe kryterium klasyfikacji dielektryków syntetycznych

Do charakteryzowania procesu starzenia dielektryków syntetycznych wywołanego działaniem pola elektrycznego wykorzystywano parametry a , b , c równania (1), opisującego ten proces. Na zbiorze parametrów równania Hoerla określono funkcjonał [6], który umożliwia ilościową klasyfikację dielektryków pod względem odporności na starzenie powodowane działaniem pola elektrycznego.

$$F = \sqrt{ab \exp(c)} \quad (2)$$

Wartości funkcjonału wyznaczone zgodnie z wzorem definiującym (2) zamieszczonym w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wartości funkcjonału F dla poszczególnych próbek starzonych materiałów dielektrycznych

Lp.	Nr próbki	$F = \sqrt{ab \exp(c)}$
1.	A1	0,292
2.	A2	0,425
3.	A3	0,218
4.	B1	1,223
5.	B2	1,215
6.	B3	1,016

5. Podsumowanie

Ważnym spostrzeżeniem jest fakt, że funkcjonał zachowuje praktycznie stałą wartość dla określonego typu materiału. W tym kontekście ewidentna staje się różnica między procesem starzenia dielektryka A i dielektryka B. Stanowi to dość mocną przesłankę do stwierdzenia potrzeby prowadzenia dalszych badań zjawisk starzenia celem udoskonalenia metodyki pomiarów oraz standaryzacji opracowywania ich wyników.

Literatura

- [1] **Idea M., Kahle M., Manson I. M., Orbek T., Stannett A. W.:** *Testing of high polymer insulation for outdoor application.* CIGRE, Paper 15-11, Paris 1986
- [2] **Yoshimura N., Nishida M., Hamman M. S. A. A.:** *Tracking Resistance of Organic Insulating Materials by Merry-Go-Round Test Method.* Sixth International Symposium on High Voltage Engineering. New Orleans, LA August 28 – September 1, 1989
- [3] **Zajac W., Winkler J.:** *Ageing of exoide composition for HV outdoor insulation: diagnostic procedures and estimation criteria.* Sixth International Symposium on High Voltage Engineering. New Orleans, LA, August 28 – September 1 1989
- [4] **Daniel C., Wood F. S.:** *Fitting Equations To Data.* Report EPA. 1970
- [5] **Frączak P.:** *Zastosowanie funkcji Hoerla do oceny skutków starzenia tworzyw sztucznych w warunkach powierzchniowych wyładowań niezupełnych.* Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1993
- [6] **Frączak P.:** *Metoda określania odporności tworzyw organicznych na erozję wywołaną działaniem powierzchniowych wyładowań niezupełnych.* Praca doktorska. Politechnika Szczecińska 1992

THE QUANTITY CLASSIFICATION OF SYNTHETIC DIELECTRIC MATERIALS

The paper presents the results of aging process test (Merry-Go-Round Test) on dielectric materials. The results have been described with three-parameter's equation. Over the equation parameter set the functional has been determined. The functional enables to classify dielectric materials according to their resistance against aging process.