

ZnO-POLİMER ƏSASLI KOMPOZİT VARİSTORLARDA İSTİFADƏ OLUNAN POLİMERLƏRİN (PE, F2M) ELEKTRİK MÖHKƏMLİYİNDƏ ROLU

Ş.M. ƏHƏDZADƏ

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu,

Azərbaycan, Bakı, H. Cavid pr.131, Az-1143

e-mail: ahadzade79@mail.ru

Məqalədə polietilen (PE), polivinilidenftorid (F2M) polimerləri və ZnO əsasında hazırlanmış kompozit varistorların elektrik möhkəmliyini təyin etmək üçün nümunələrin elektrik deşilmə gərginlikləri (U_{des}), həmçinin elektrik möhkəmliyinin dəyişmə səbəblərini müəyyən etmək məqsədilə kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun doldurucunun həcmi faizindən asılılığı, modifikasiyadan əvvəl və 3-10 dəqiqə modifikasiya olunduqdan sonra ZnO + PE kompozitlərində boş tələlərin ($H_{boş\ tələ}$) konsentrasiyası hesablanmışdır.

Açar sözlər : kompozit varistorlar, polimer, elektrik möhkəmliyi, deşilmə gərginliyi, tələlər, konsentrasiya.

UOT: 621.315.61

GİRİŞ

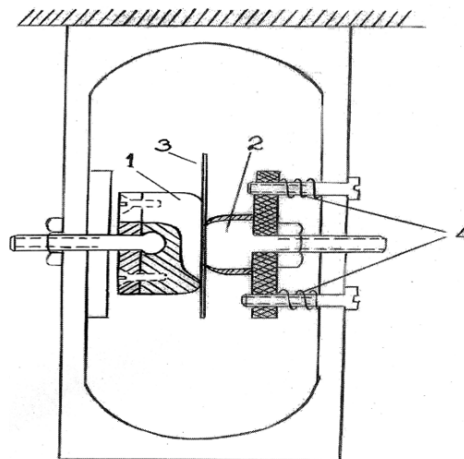
Məlumdur ki, elektrik avadanlıqları tez-tez dəyişən polyarlı impulsların təsirinə məruz qalırlar. Bununla əlaqədar olaraq hal-hazırda mühüm problemlərdən biri mikroelektronika, elektronika cihazları, onların funksional elementlərinin kommutasiya və ildirim gərginliklərindən qorunmasıdır. Elektronika sənayesində bütün dünyada elektrik şəbəkələrini və elektronika cihazlarını istənilən növ ifrat elektrik impulslarından qorumaq üçün müxtəlif növ varistorlardan istifadə olunur. Bu məqsədlə digər materiallardan bir sıra üstünlüyünə görə fərqlənən ZnO əsaslı keramik varistorlar daha geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, son zamanlar mühafizə qurğularının və elementlərinin hazırlanmasının perspektivli istiqamətlərindən biri keramik varistorlar əsasında iki və çoxfazlı kompozit materialların yaradılmasıdır. Bu kompozitləri keramik faza və polimerlər əsasında hazırlamaqla elektroenergetikanın həm yüksək gərginlik texnikasında, həm də aşağı gərginlik qurğularında indiyə qədər mövcud

olanlardan ucuz və yüksək keyfiyyətə malik olan kompozit varistorların alınmasına nail olmaq mümkündür.

İşdə qarşıya qoyulan məqsəd ZnO-polimer əsaslı kompozitlərin alınması zamanı istifadə olunan polimerlərin elektrik möhkəmliyinə qarşı davamlılığının və elektrik sahəsinin təsirindən polimerlərin fiziki parametrlərinin dəyişilmə səbəblərinin öyrənilməsidir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ VƏ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Kompozitlərin elektrik möhkəmliyinin təyini kompozit varistorlar üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [3]. Təqdim olunan məqalədə ZnO-polimer əsaslı kompozit varistorların elektrik möhkəmliyini təyin etmək üçün ani deşilmə gərginliyi müəyyən edilmişdir. Sınaq zamanı istifadə olunan nümunələrin sayı ən azı 10-na bərabərdir. Ani elektrik deşilmə gərginliyini təyin etmək üçün UPU-10 cihazından istifadə edilmişdir. Sınaq üçün istifadə olunan özək şəkil 1-də göstərilmişdir [1, 2].

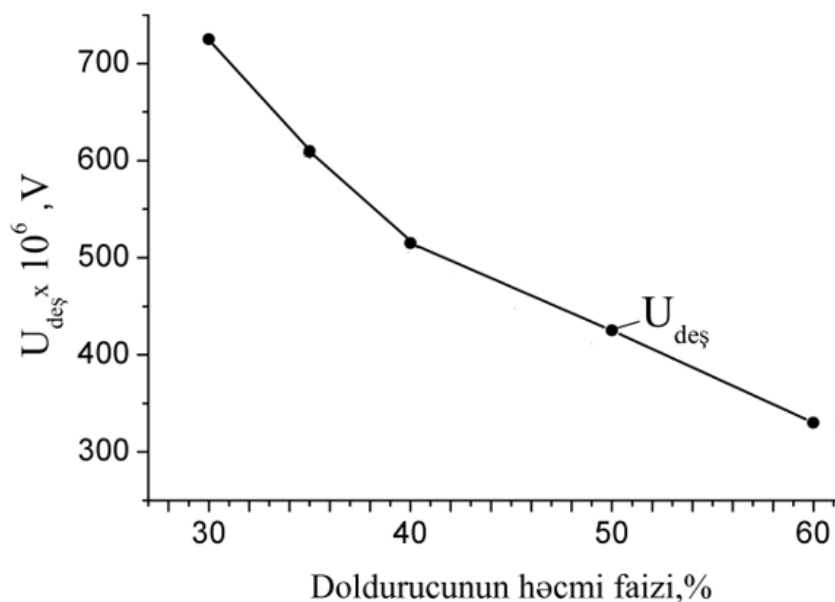


Şəkil 1. Nümunələrin elektrik möhkəmliyini təyin etmək üçün istifadə olunan özək

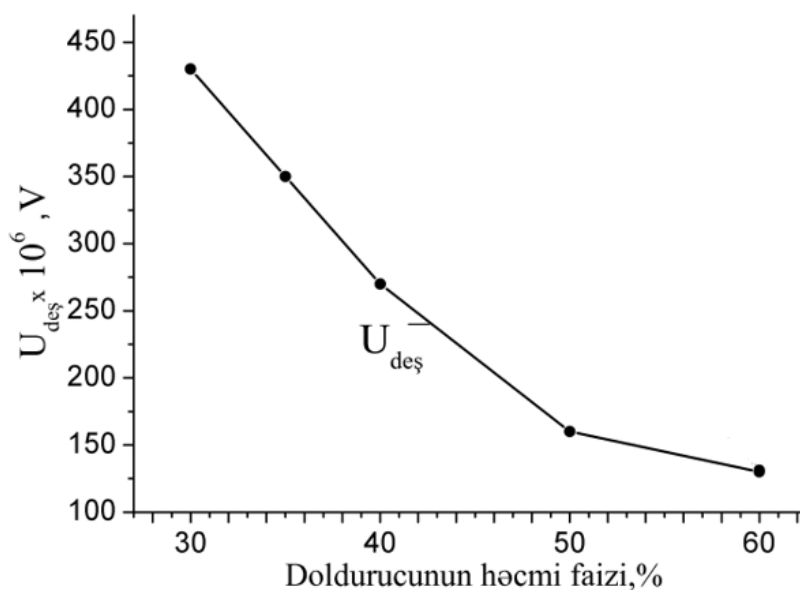
1-torpaqlanmış elektrod; 2-yüksək gərginlik elektrodu; 3-nümunə; 4 - sıxıcı yay.

Elektrodlar və onların konfigurasiyası məlum şərtlərə uyğundur. Yüksək gərginlikli elektrod diametrinə görə torpaqlanmış elektrodun diametridən təqribən 3 dəfə kiçikdir. Elektrodlar Raqovski elektrodu for-

masındadır. Elektrodların bu formada seçilməsi, yüksək gərginlik elektrodu-kompozit-torpaqlanmış elektrod sistemində, elektrik sahəsinin bircinsliyini təmin edir.



Şəkill 2. ZnO-PE kompozitində deşilmə gərginliyinin ($U_{deş}$) doldurucunun həcmi faizindən asılılığı.



Şəkill 3. ZnO-F2M kompozitində deşilmə gərginliyinin ($U_{deş}$) doldurucunun həcmi faizindən asılılığı

Cədvəl 1.

Kompozitlərin elektrik möhkəmliyi

Kompozitlər	$E_{möh.}, V/m$		
	PE əsaslı	F2M əsaslı	Nisbət
100% polimer	$40 \cdot 10^6$	$25 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$
10% C+90% polimer	$13,04 \cdot 10^6$	$6,65 \cdot 10^6$	$1,96 \cdot 10^6$
30% C+70% polimer	$3,085 \cdot 10^6$	$2,047 \cdot 10^6$	$1,507 \cdot 10^6$
50% C+50% polimer	$1,103 \cdot 10^6$	$0,64 \cdot 10^6$	$1,72 \cdot 10^6$
60% C+40% polimer	$0,904 \cdot 10^6$	$0,456 \cdot 10^6$	$1,98 \cdot 10^6$

Alınan nəticələr göstərir ki, (cədvəl 1) tədqiq edilən kompozit varistorlarda kimyəvi xarakterli fazalararası qarşılıqlı təsirin rolu kiçikdir. Doğrudan da, əgər fazalararası sərhəddə kimyəvi qarşılıqlı təsirlər kəskin olsaydı, tədqiq etdiyimiz varistorların makroskopik xarakteristikalarının stabilliyi az olardı.

İndi isə kompozitlərin elektrik sahəsində deşilmə prosesinin səbəblərini aydınlaşdıraraq. Qeyd edək ki, dielektriklərin elektrik sahəsinin təsirindən deşilməsinin səbəblərindən biri istilik dağılması prosesidir.

İstilik dağılması - dielektrikdən cərəyan keçən zaman inkişaf edən lokal enerji və istilik səpilməsi nəticəsində dielektrikin dağılmasıdır. İstilik dağılma prosesinin tipik göstəricisi ətraf mühitin temperaturunun və elektrik sahəsinin təsir müddətinin artması ilə materialın deşilmə gərginliyinin azalmasıdır. İstilik dağılmasının yaranmasının əsas səbəbi onun elektrik keçiriciliyinin müsbət temperatur əmsalına malik olması ilə əlaqədardır (yəni, temperatur artdıqca elektrik keçiriciliyi də artır). Bu asılılıq adətən

$$\sigma = \sigma(T_0) \cdot \exp(a \cdot (T - T_0)) \quad (1)$$

kimi təyin olunur [10, 11]. Burada a - asılılığın temperatur əmsalı, T_0 - başlanğıc temperatur, $\sigma(T_0)$ - başlanğıc temperatur zamanı nümunələrin elektrik keçiriciliyidir.

Dağılmanın baş vermə mexanizmi aşağıdakı kimi izah olunur. Elektrik sahə intensivliyi (E), xüsusi keçiriciliyi (σ) və təsir müddəti (Δt) olan Coul itkiləri

$$W = \sigma E^2 \Delta t \quad (2)$$

həmçinin:

$$W = C \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (3)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Qeyd edək ki, ΔT temperaturun artmasına səbəb olur. Burada C - xüsusi istilik tutumu, ρ - dielektrikin sıxlığıdır.

Temperaturun artması dielektrikin elektrik keçiriciliyini artıraraq, dielektrikdə ayrılan enerjinin miqdarını artırır. Qeyd edək ki, bu effekt nəticəsində nümunənin temperaturu qeyri-məhdud arta bilər. Hesab olunur ki, istilik dağılması o vaxt baş verir ki, dielektrikin temperaturu sonsuz həddə çatmış olsun. Xüsusi bir hal üçün dielektrikdən ətrafa səpilmiş temperatur nəzərə alınmırsa, onda dielektrikin deşilməsini təmin edən elektrik sahə intensivliyi akademik Fok formulası ilə ifadə oluna bilər [10, 11].

$$E = (C \cdot \rho / (a \cdot \sigma(T_0) \cdot t))^{1/2} \quad (4)$$

Bu ifadədən görünür ki, istilik dağılmasının elektrik sahə intensivliyi temperaturdan asılıdır və elektrik möhkəmliyinin temperaturdan asılılığı dielektrikin keçiriciliyinin temperatur asılılığını təyin edir. Dielektriklərin istilik dağılmasını təcrübə olaraq yalnız onun keçiriciliyinin temperatur asılılığı ilə deyil, həm də dağılma kanalının təbiəti ilə də təyin edirlər. Bu halda dielektrikin əriməsinə uyğun olaraq boşalma kanalı nümunənin ortasında yaranır və hamar divarlara malik olur [12].

Qeyd olunanlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, elektrik dağılma (deşilmə) prosesinin ilkin mərhələsi olan sərbəst elektronların yaranma mənbələri müəyyən edilməlidir. Tədqiq edilən kompozitlər üçün ehtimal olunur ki, sərbəst elektronların yaranma mənbələri aşağıdakılar ola bilər:

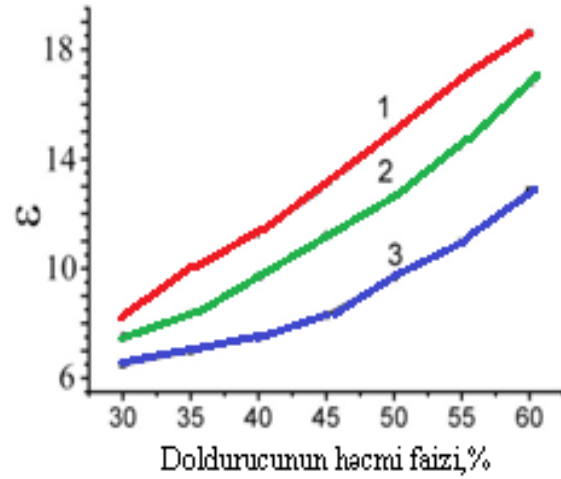
- yüksək gərginliyin təsiri nəticəsində elektrodlardan qeyri-taraz elektronların kompozitə injeksiyası;
- təqribən Taunsend qanunu ilə zərbə ionlaşması nəticəsində elektron selinin yaranması;
- həcmi yüklərin yaranması nəticəsində katodda güclü lokal sahənin yaranması;

- zərbə ionlaşmasının intensivliyinin artması.

Bütün qeyd olunan bu prosesləri aydınlaşdırmazdan əvvəl qeyd edək ki, tədqiq olunan ZnO-polimer əsaslı kompozit varistorların xarakteristikaları polimer fazasının strukturundan, elektrofiziki xassələrindən çox asılıdır. İşdə, polimer fazasının rolunu təyin etmək üçün polyar (F2M) və qeyri-polyar (PE) polimerlərdən istifadə etməklə yanaşı, eyni bir polimerin strukturunun modifikasiyasının da varistor xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Tədqiq olunan nümunələrin strukturunun modifikasiyası üçün xarici təsir kimi elektrik qaz boşalmasından istifadə olunmuşdur [13;14].

Təcrübə üçün hazırlanmış özəyə 2÷5kV gərginlik verilir. Boşalma kanalları ilə bilavasitə kontaktda olan kompozit varistorların strukturu modifikasiya olunur. Modifikasiya müddəti 3÷10 dəqiqə götürülür.

İndi isə yuxarıda şərh edilən mənbələrin mövcud olması ehtimalını və effektiv elektronların bu mənbələrin iştirakı ilə yaranmasını aydınlaşdırmaq.



Şəkil 4. ZnO-PE kompozitində dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) doldurucunun həcmi faizindən asılılığı. 1- 3 dəqiqə modifikasiya olunmuş nümunə; 2- 10 dəqiqə modifikasiya olunmuş nümunə; 3- modifikasiya olunmamış nümunə.

Şəkil 4-də ZnO+PE əsaslı kompozitlərin elektrik boşalmasında modifikasiyasından əvvəl və sonra dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) doldurucunun həcmi faizindən asılılığı göstərilmişdir.

Fərz edək ki, tədqiq etdiyimiz kompozitə müəyyən gərginlik tətbiq edilmişdir. Tətbiq olunan gərginlik kompozitin fazaları arasında dielektrik nüfuzluğundan asılı olaraq paylanacaqdır. Doldurucunun dielektrik nüfuzluğunun matrisa kimi götürdüyümüz PE-nin dielektrik nüfuzluğundan təqribən 10 dəfə, F2M-dən isə 5 dəfə böyük olduğunu nəzərə alsaq, qəbul etmək olar ki, qadağan zonasının eni təqribən 3,4 olan doldurucunun (ZnO) elektronlarının ionlaşma ehtimalı, yəni sərbəst elektronları yarada bilməsi qabiliyyəti azdır.

Əgər nümunəyə tətbiq olunmuş elektrik sahəsi elektrod-kompozit sərhəddində əmələ gələn potensialın yaratdığı elektrik sahəsinə bərabər və ya böyük olarsa, onda elektrodun kompozitə qeyri-taraz elektronların injeksiyasının ehtimalı böyükdür. İnjesiya olunan elektronların bir qismi kompozitin fiziki və kimyəvi strukturundan asılı olaraq müxtəlif tələlərdə stabilizədir,

digər qismi isə elektrik deşilmə prosesində sərbəst elektronlar kimi iştirak edə bilirlər[15].

$$N_{\text{boş tele.}} = \epsilon\epsilon_0 U_1 / eH^2 \quad (5)$$

düsturuna əsasən ZnO-polimer əsaslı kompozitlərdə elektrik qaz boşalmasında 3-10 dəqiqə müddətində modifikasiya olunmuş və modifikasiya olunmamış boş tələlərin konsentrasiyası hesablanmışdır. Hesablamamın

nəticələri cədvəl 2 və 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2 və 3-dən göründüyü kimi boşalmada işlənməmişdən əvvəl boş tələlərin konsentrasiyası daha çoxdur. Kompozitlər elektrik qaz boşalmasında modifikasiya olunduqdan sonra tələlərin konsentrasiyası azalır. Bunun əsas səbəbi odur ki, boşalma kanalından injeksiya olunan yüklər boş tələlər tərəfindən tutularaq orda stabilləşirlər və uyğun olaraq tələlərin konsentrasiyası məhdudlaşır.

Cədvəl 2.

Modifikasiyadan əvvəl və 3-10 dəqiqə modifikasiya olunduqdan sonra ZnO + PE kompozitlərində boş tələlərin ($H_{\text{boş tələ}}$) konsentrasiyasının hesablanması

Kompozitlər	$H_{\text{boş tələ}}$, 3 dəq.modifikasiya olunduqdan sonra	$H_{\text{boş tələ}}$, 10 dəq.modifikasiya olunduqdan sonra	$H_{\text{boş tələ}}$, modifikasiyadan əvvəl
$H_{\text{boş tələ}} \times 10^{19}, \text{ m}^{-3}$			
30% C+70% PE	0,06	0,05	0,3
35% C+65% PE	0,08	0,06	0,31
40% C+60% PE	0,09	0,07	0,3155
50% C+50% PE	0,1	0,08	0,32
60% C+40% PE	0,11	0,12	0,33

Cədvəl 3.

Modifikasiyadan əvvəl və 3-10 dəqiqə modifikasiya olunduqdan sonra ZnO + PE kompozitlərində boş tələlərin ($H_{\text{boş tələ}}$) konsentrasiyasının hesablanması

Kompozitlər	$H_{\text{boş tələ}}$, 3 dəq.modifikasiya olunduqdan sonra	$H_{\text{boş tələ}}$, 10 dəq.modifikasiya olunduqdan sonra	$H_{\text{boş tələ}}$, modifikasiyadan əvvəl
$H_{\text{boş tələ}} \times 10^{19}, \text{ m}^{-3}$			
30% C+70% F2M	0,19	0,18	0,31
35% C+65% F2M	0,21	0,23	0,5
40% C+60% F2M	0,22	0,3	0,68
50% C+50% F2M	0,24	0,42	0,8
60% C+50% F2M	0,25	0,49	1,1

NƏTİCƏ

Qeyd edək ki, tələlərin mövcudluğu və onların hansı energetik parametərə malik olması həlledici faktorlardan biridir. Çox sayda aparılan təcrübi nəticələr göstərir ki, polietileni ZnO hissəcikləri ilə dispersiya etdikdə onun molekulyarüstü quruluşunun dəyişmə dərəcəsi analoji proses nəticəsində F2M polimerində yara-

nan uyğun prosedən daha yüksəkdir. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, həm sərbəst elektronlar üçün PE-də yaranan stabilləşmə mərkəzlərinin (tələlərin) çox olması, həm də fazalararası sərhəddə potensial çəpərin hündür olması doldurucu-PE kompozitinin elektrik möhkəmliyinin, doldurucu-F2M kompozitinin uyğun parametrlərindən böyük olmasına səbəb olur.

- [1] З.Э. Мустафаев. Влияние зарядового состояния и межфазного взаимодействия на прочностные свойства композитов на основе полимер-пьезоэлектрик. Канд.дис., 2005, 155с.
- [2] Ş.M. Əhədzadə. АМЕА Fizika İnstitutu, Energetikanın problemləri, №4 ,2019, s.18-24.
- [3] Ş.M. Əzizova. Energetikanın problemləri, №1, 2009, səh.72-76.
- [4] A.M. Həşimov, K.B. Qurbanov, Ş.M. Həsənli, R.N. Mehdizadə, Ş.M. Əzizova (Əhədzadə), X.B.Bayramov. Nazik təbəqəli kompozit varistorun hazırlanma üsulu. Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə dövlət Agentliyi. I 2007 0172.
- [5] A.M. Hashimov, Sh.M. Hasanli, R.N. Mehtizadeh, Sh.M. Azizova, Kh.B. Bayramov. JTF,2007, v. 77, No.8, p. 127-130.
- [6] H. Bidadi, Sh.M. Azizova, Sh.M. Gasanli, R.N. Mehtizadeh, M.R. Allazov, A.S. Bondyakov. International Conference on Composite Science & Technology, American University of Sharjah. 2005, p.266.
- [7] A.M. Hashimov, Sh. M.Hasanli, R. N. Mehtizadeh, Kh. B.Bayramov, Sh. M. Azizova. Physica Status Solidi (PSS), 2006, (c) 3, No.8, p. 2871-2875.
- [8] A.M.Hashimov, Sh.M.Hasanli, R.N.Mehtizadeh, Kh.B.Bayramov, Sh.M.Azizova. 15th International Conference on Ternary and Multinary Compounds. Kyoto, Japan. 2006, p-29.

S.M. ƏHƏDZADƏ

- [9] *A.M. Hashimov, Sh.M. Hasanli, R.N. Mehtizadeh, X.B. Bayramov, Sh.M. Azizova.* Features of electrophysical characteristics of zinc oxide and polymer based composite varistors/TPE-2006 Conference Proceeding third international Conference on Technical and Physical problems in Power Engineering, Ankara, Turkey, 2006, p.65.
- [10] *М.Э.Борисова, В.П.Рымина.* Известия высших учебных заведений АНССР, физика, Серия Физика полупроводников и диэлектриков. 1986, №1, ст. 3-8.
- [11] Электрические свойства полимеров. Под. ред. *Б.И. Сажина.* Ленинград. «Химия», Ленинградские отделение, 1986, 223 с.
- [12] *Sh.M. Azizova., A.S. Bondyakov, Sh.M. Hasanli, R.N. Mehdizadeh.* Temperature dependence of electrophysical characteristics of varistors on basis ZnO. Conference proceeding, Second international Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, 6-8 september, 2004, Tabriz, Iran.
- [13] *Ş.M. Əzizova (Əhədzadə).* Energetikanın problemləri, №1, 2009, səh.72-76.
- [14] *K.B. Qurbamov, K.S.Burziyev, Ş.M.Əzizova.* AMEA Fizika İnstitutu, Energetikanın problemləri, №2, 2004, səh.17-21.
- [15] *Ş.M. Əhədzadə.* Fizika jurnalı, №1, 2014, səh.18-21.

Sh.M. Ahadzade

THE ROLE OF THE USED POLYMERS (PE, F2M) IN THE ELECTRIC STRENGTH OF BASED ZnO-POLYMER COMPOSITE VARISTORS

In this work, the dielectric strength of composites based on ZnO and various polymers (polyethylene (PE), polyvinylidene fluoride (F2M)) was determined. To study the dielectric strength of the composites, the breakdown voltage (U_{br}) of the samples was calculated, as well as to determine the cause of the change in the dielectric strength, the dependence of the dielectric constant on the percentage of the filler was created. Also, in the ZnO - PE composites, the concentration of empty traps ($H_{em.tr.}$) was calculated before and after the discharge. It can be concluded that for free electrons, the many traps that are created in the PE polymer, as well as the height of the potential barrier to the interface, is the reason for the stability of the strength of the ZnO-PE composite than the ZnO-F2M composite.

Ш.М. Ахадзаде

РОЛЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ (ПЭ, Ф2М) В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ВАРИСТОРОВ НА ОСНОВЕ ZnO-ПОЛИМЕРОВ

В работе была определена электрическая прочность композитов на основе ZnO и различных полимеров (полиэтилен (ПЭ), поливинилиденфторид (Ф2М)). Для изучения электрической прочности композитов вычислено напряжение пробоя ($U_{пр}$) образцов. Для определения причины изменения электрической прочности была создана зависимость диэлектрической проницаемости от процентного содержания наполнителя. В композитах ZnO-ПЭ вычислена концентрация пустых ловушек ($H_{пуст. лов.}$) до и после разряда. Можно сделать вывод, что для свободных электронов, множество ловушек, которые созданы в полимере ПЭ, а также высота потенциального барьера межфазной границы, является причиной устойчивости прочности композита ZnO -ПЭ, чем композита ZnO - F2M.

Qəbul olunma tarixi: 18.03.2021