

## POLİPROPİLENİN ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİNƏ NANOĞİLİN TƏSİRİ

A.R SADIQOVA<sup>1</sup>, P.B. ƏSİLƏYLI<sup>1</sup>, A.Ə. HADIYEVA<sup>2</sup>, X.O. SADIQ<sup>2</sup>,  
İ.M. İSMAYILOV<sup>3</sup>, V.Ə. ƏLƏKBƏROV<sup>1</sup>

1. Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu.

2. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. Azadlıq prospekti, 20

3. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

*e-mail: arzu-sadigova@mail.ru*

Araşdırdığımız tədqiqat işində polipropilen (PP) əsasında  $D_{KI}$  markalı nanogil (NG) əlavəli nanokompozitlərin elektrik möhkəmliyi ( $E$ ) və elektrik keçiriciliyi ( $\gamma$ ) öyrənilmişdir. Nanokompozitlərin  $\gamma$  -sının temperatur-tezlik asılılığını öyrənməklə texnikanın müxtəlif sahələrində məqsəduyğun şəkildə istifadə oluna bilən yeni elektroaktiv polimer kompozit materiallar əldə edilə bilər.

**Açar sözlər:** nanogil, elektrik möhkəmliyi, elektrik keçiriciliyi, nanokompozitlər.

## GİRİŞ

Yeni kompleks xassələrə malik materiallara ehtiyac yarandıqda yenidən polimer materialları sintez etmək və onların istehsalını inkişaf etdirmək məqsəduyğun deyil: bu çox uzun, bahalı, mürəkkəb və hər zaman müvəffəqiyyətlə nəticələnmə bilən yol deyildir. Bu məsələnin perspektiv həllərindən biri mövcud polimerlərin fiziki modifikasiyası, və ya onlara yeni kompleks xüsusiyyətlər vermək və daha davamlı etmək üçün başqa təbiətə və quruluşa malik qatqıların əlavə edilməsidir. Ona görə də təsadüfi deyil ki, son illərdə polimerlər fizika və kimyasında əsas yeri kompozit materialların alınması və istifadəsi tutur [1].

Kompozit materiallarda matris və əlavə hissəciklərinin sərhədləri arasındakı qarşılıqlı təsirdən maddənin möhkəmliyinin, dayanıqlılığının və bir çox digər xassələrinin yaxşılaşmasına gətirib çıxaran amillər yaranır. Fazalararası sərhəddəki qarşılıqlı təsir sistemin ayrı-ayrı komponentlərinin xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur və nəticədə kompozit materialların onun tərkibinə daxil olan komponentlərlə müqayisədə prinsipdə yeni xassələrə malik olurlar.

Polimer materiallar içərisində daha perspektiv olan termoplastik polimerlərdir. Bu polimerlər texnoloji xüsusiyyətləri ilə yanaşı, həmçinin yüngüllüyü, ətraf mühitin təsirinə qarşı davamlılığı, yüksək optik, dielektrik xassələri ilə də seçilir. Buna görə də, termoplastik polimerlərdən həm detal və məmulatların hazırlanmasında, həm tikinti sahəsində, həm də plastik boru və izolyasiya materiallarının hazırlanmasında geniş istifadə olunur.

Poliolefinlər sinfinə aid olan geniş istifadə sahəsinə malik yüksək molekullu birləşmələrdən biri PP-dir. PP-dən alınan məhsullar fərqli xarici amillərin təsiri altında parçalanmaya məruz qalırlar. Bunun qarşısını almaq üçün PP əsasında  $D_{KI}$  əlavə edilmiş nanokompozitlər hazırlayırlar. PP-nin kimyəvi quruluşu  $[-CH_2-CHCH_3-]_n$  şəklindədir. PP metal kompleksli katalizatorların iştirakı ilə propilenlərin polimerizasiyasından alınır. İzo-, sindo- və ataktik konfiqurasiyalarından olan PP-nin xassələri molekulyar çəkiddən və izo-

taktik hissələrinin tərkibindən asılı olaraq geniş aralıqda dəyişə bilər. Ən çox sənaye əhəmiyyətli izotaktik PP-dir [2].

PP plastik material olmaqla yüksək möhkəmlik, yüksək kimyəvi dayanıqlıq, aşağı nəm və qaz keçiriciliyi ilə fərqlənir. Asan emal olunur, üzvi və qeyri-üzvi əlavələrlə yaxşı qarışa bilər. İstismar temperaturu  $120^\circ C - 140^\circ C$  -dir. Polimerlər əsasında NG əlavəli nanokompozitlərin bir çox mexaniki və elektrik xassələri tədqiqatçılar tərəfindən araşdırılmışdır [3-6]. Bu nanokompozitlərin elektrofiziki xassələri müqayisəli şəkildə öyrənilməsi həm praktik və həm də elmi cəhətdən vacib məsələdir.

## Nümunələrin alınması və təcrübi metodlar

Kompozit material olaraq PP-yə daxil edilmiş qeyri-üzvi qatqı kimi istifadə olunan nanohissəcik kimi  $Na^+$ -montmorillonit tərkibli  $D_{KI}$  markalı NG götürülmüşdür. NG təbəqəli quruluşa malik, qalınlığı təxminən 1-3 nm, uzununa ölçüsü 50-150nm olan gil minerallarının ümumi adıdır. Montmorillonit (Fransada Montmorillon şəhərində tapıldığı üçün bu ad verilmişdir) boz, və ya ağ rəngli yüksək dispers təbəqəli silikatdır. Kimyəvi quruluşu:



$D_{KI}$  müxtəlif faizlərdə (1,0%; 2,0%; 4,0%; 6,0%; 10,0% ) toz şəklində PP ilə mexaniki qarışdırıldıqdan sonra qaynar presləmə üsulu ilə (15Mpa, 445K, 10dəq.) nazik (50mkm-80mkm) nümunələr əldə edilmişdir. Hər iki komponent toz şəklində və sıxlıqları bir-birinə yaxın olduğundan bircinsli qarışıq alınır. Kiçik faizlərdə nanokompozitlərin sıxlığının dəyişməməsi hazırlanan məmulatların yüngül olmasını təmin edər ki, bu da praktiki cəhətdən çox vacibdir.

Polimerlər və polimer nanokompozitlər texniki məqsədlər üçün istifadə olunduqda, elektrik sahəsinin bircinsliliyi lazımi səviyyədə təmin olunmur, izolyasiya materialları "kənar effektlər" in təsirinə məruz qalırlar. Fiziki tədqiqatlar zamanı elektrik sahəsinin bircinsliliyini təmin etmək və dəşilmə gərginliyinin qiymətinə kənar boşalmaların təsirini aradan götürmək lazımdır. Elektrodlar parçalanmayan poladdan hazırlanmış, kənarları yuvarlaqlaşdırılmış, diametri 30 mm

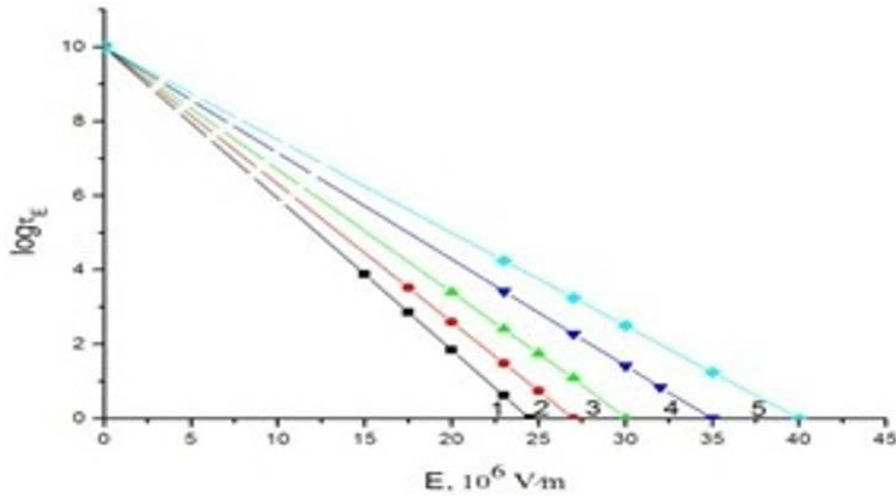
və 2mm olan sistemdən ibarətdir. Yüksək gərginlikli mənbə kimi YPIY-1M qurğusundan istifadə olunmuşdur. Elektrik möhkəmliyi iki üsulla ölçülür. Birincisi, nümunələri elektrodlar arasında yerləşdirərək gərginlik mənbəyindən dəyişən cərəyan verilir. Deşilmə gərginliyini nümunənin qalınlığına ( $d$ ) bölsək  $E = \frac{U_{des}}{d}$  düsturundan elektrik möhkəmliyini hesablaya bilərik. İkinci üsul isə nümunəyə deşilmə gərginliyindən kiçik gərginliklər verməklə elektrik yaşama müddətinin ( $\tau$ ) (nümunəyə gərginlik verdikdən deşilməyə qədər keçən zaman) loqarifmasının ( $\log \tau$ ) dəyişən gərginliyin sahəsinin intensivliyindən asılı qrafikindən  $t=1$  saniyə müddətindəki qiymətlərindən hesablanır.

Elektrodlar sistemindən ibarət olan xüsusi ölçü özəyində E7-20 immittans cihazı vasitəsilə otaq temperaturunda və 25Hz-dən 1MHz-ə qədər tezlik və 1kHs-

də 300K-400K temperatur aralığında nümunələrin elektrik müqaviməti ölçülmüşdür.

### Təcrübi nəticələr və izahı

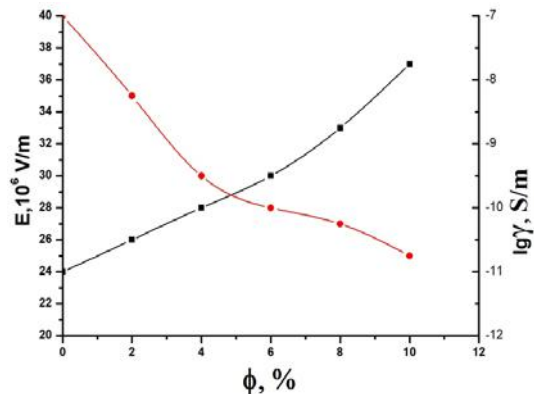
Elektrik yaşama müddətinin sahənin intensivliyindən asılılıq qrafikindən görüldüyü kimi (şəkil 1), sahənin intensivliyi artdıqca həm saf, həm də nanokompozitlər üçün  $\tau$  azalır. Mexaniki yaşama müddətində olduğu kimi [7] bu düz xətlər "ailəsi" də termoflüktasiya mexanizmi ilə izah oluna bilər. Şəkil 1-dən istifadə edərək 1 saniyədəki elektrik möhkəmliklərinin  $D_{KI}$ -in miqdarından asılılığı şəkil 2-də göstərilmişdir və  $E$  əlavənin miqdarından asılı olaraq azalır.



Şəkil 1. PP+ $D_{KI}$  nanokompozitlərinin elektrik yaşama müddətinin ( $\log \tau E$ ) elektrik sahəsinin intensivliyindən ( $E$ ) asılılıqları: 1~PP+10,0%  $D_{KI}$ ; 2~PP+8,0%  $D_{KI}$ ; 3~PP+4,0%  $D_{KI}$ ; 2~8,0%  $D_{KI}$ ; 5~saf PP.

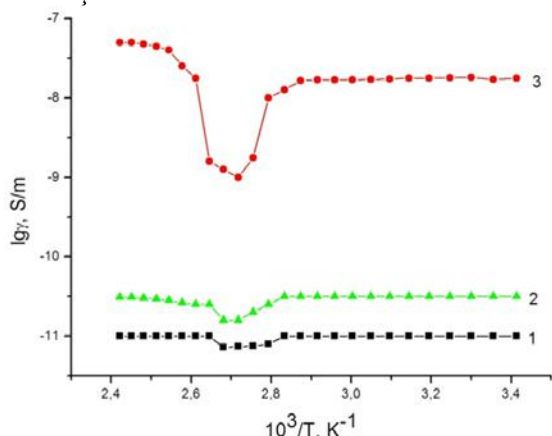
Nanokompozitlərin elektrik keçiriciliyinə  $D_{KI}$ -in təsirini və  $\gamma$ -nın temperatur tezlik asılılığını öyrənməklə texnikanın müxtəlif sahələrində (radio, optik və akustik elektronkada, qeyri-xətti optikada, hasablama və köçürmə texnikasında və s.) məqsədə uyğun şəkildə istifadə oluna bilən yeni elektroaktiv polimer kompozit materiallar əldə edə bilərik. Şəkil 2-də PP-nin elektrik keçiriciliyinin  $D_{KI}$ -in miqdarından asılılığı verilmişdir.  $D_{KI}$ -in miqdarından asılı olaraq nanokompozitin  $\gamma$ -sı artır. Nanokompozitlərin keçiriciliyinin artması əlavə edilmiş gil minerallarının kristal daxili rabitələrinin növündən asılıdır. Kovalent rabitələrə malik olan dielektrik minerallar (kvars, slüda, çöl şpatı və s.) çox yüksək müqavimətə ( $10^{12} - 10^{15} \text{Om} \cdot m$ ) malikdirlər. Əsasən ion rabitələri ilə tanınan yarımkəçirici minerallar da (karbonat, sulfat, halloid və s.) yüksək müqavimət ilə ( $10^4 - 10^8 \text{Om} \cdot m$ ) fərqlənirlər. Ən nəhayət ion-kovalent rabitəyə malik gil minerallarının (hidroslüda, montmorillonit, kaolinit və s.) müqaviməti ( $\rho < 10^4 \text{Om} \cdot m$ ) kifayət qədər aşağıdır [8]. Əlavə kimi istifadə etdiyimiz  $D_{KI}$  markalı nanogil ilə alınan PP nanokompozitlərin elektrik möhkəmliyində artan keçiriciliyində azalma gözləmək mənasız olardı (şəkil 2), çünki  $D_{KI}$  orta keçirici minerallar sinfinə aiddirlər.

Araşdırmalardan görünür ki, [9,10], real şəkildə hazırlana bilən elektron qurğuların ən mühüm parametrlərindən biri relaksasiya proseslərinin sürəti ilə ölçülə bilən qısa müddətli təsirlərdir. Bununla əlaqədar olaraq nanokompozitlərin polyarlaşma proseslərinin aktivləşmə enerjisinin temperatur asılılığını öyrənmək çox mühümdür. Ona görə də, dəyişən elektrik sahəsində PP və alınan nanokompozitlərin keçiriciliyi geniş temperatur və tezlik aralığında tədqiq edilmişdir.



Şəkil 2. PP+ $D_{KI}$  nanokompozitlərinin elektrik möhkəmliyinin ( $E$ ) və elektrik keçiriciliyinin ( $\gamma$ )  $D_{KI}$ -in həcmi miqdarından asılılığı.

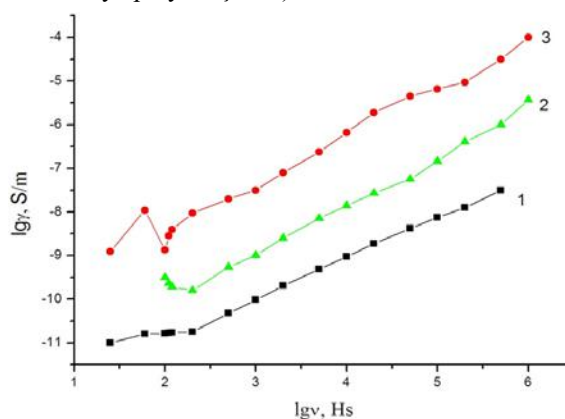
Şəkil 3-də nümunələrin  $\gamma$ -sının 1kHs-də temperatur asılılığı qrafiki olaraq təsvir edilmişdir. Göründüyü kimi, 345K-ə qədər temperaturun artması ilə PP və nanokompozitlərdə praktik olaraq  $\gamma$  sabit qalır (I bölgə), temperaturun sonrakı artması ilə  $\gamma$  minimum həddə qədər azalır (II bölgə), sonra yenidən artır (III bölgə). II və III bölgədə  $\lg \gamma$ -nın temperaturdan xətti asılılığı uyğun bölgələrdə  $\gamma$ -nın eksponensial qanunla dəyişdiyini göstərir. PP və PP+2,0 %  $D_{KI}$  nanokompozitdə II bölgənin meyl bucağı III bölgənin meyl bucağından çoxdur. Ən çox  $\gamma$ -ya malik olan PP+10,0 %  $D_{KI}$  nanokompozitdə bu meyl demək olar ki, eynidir. Meyl bucaqları uyğun temperatur aralığında aktivləşmə enerjilərinin müxtəlif olmasını göstərir və bunu iki mexanizm ilə izah etmək olar. Temperaturun artması ilə  $\gamma$ -nın azalması nümunədə elektronların energetik təbəqələrdən azad olması ilə elektron keçiriciliyinin yaranmasını göstərir. III- bölgədə  $\gamma$ -nın artması göstərir ki, polimer matrisanın seqmentlərinin hərəkətliliyinin və  $D_{KI}$  hissəciklərinin iştirakı ilə cərəyan daşıyıcılarının artması hesabına baş verir. Qeyd etmək lazımdır ki,  $D_{KI}$ -in böyük həcmi miqdarında (PP+10,0%  $D_{KI}$ )  $\gamma$ -nın artma temperaturu  $20^\circ C$  yüksək temperaturlara doğru sürüşür.



Şəkil 3. PP+NG nanokompozitlərinin elektrik keçiriciliyinin ( $\lg \gamma$ )  $v=1$  kHs-də temperatur ( $T$ ) asılılıqları: 1- saf PP; 2- PP+2,0% NG; 3- PP+10,0% NG.

PP+ $D_{KI}$  nanokompozitlərin dəyişən elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyinin  $T=293K$ -də sahənin tezliyindən asılılığı ikiqat loqarifmik miqyasda göstərilmişdir (şəkil 4). Bu asılılıqlarda ümumi bir xassə müşahidə edilir, sahənin tezliyindən asılı olaraq yarıdır. Saf PP üçün  $\lg \gamma$  ( $v$ ) asılılığı loqarifmik koordinat sistemində iki xətti bölgədən ibarətdir. Bu cür xəttilik  $\gamma$ -nın  $v$ -dən üstlü asılılığı göstərir, yəni  $\gamma \sim v^S$  ( $S$  keçiricilik mexanizminin təbiətindən asılı olaraq təyin edilə bilən

kəmiyyətdir).  $\gamma$  ( $v$ ) asılılığının bu cür dəyişməsi yüklərin daşınmasının sıçrayış mexanizmi ilə [11] baş verdiyini güman etmək olar. Xətti bölgələrin hər ikisində saf PP üçün  $S < 1$  (uyğun olaraq 0,6 və 0,8) olması onu göstərir ki, omik olmayan müqavimətlərdə də yük daşınması mövcuddur. PP+10,0%  $D_{KI}$  nanokompoziti üçün keçiricilik  $\gamma_{dc} = \gamma_{sc} + \gamma_{rel}$  tənliyi ilə istifadə oluna bilər ( $\gamma_{dc}$  -dəyişən cərəyan elektrik keçiriciliyi,  $\gamma_{sc}$  - sabit cərəyan elektrik keçiriciliyi,  $\gamma_{rel}$  - fazalararası sərhəddə yaranan relaksasiya elektrik keçiriciliyi). Müəlliflər belə hesab edirlər ki,  $D_{KI}$ -in konsentrasiyasının artması ilə fazalararası polyarlaşma meydana gəlir [11]. Nanokompozit sistemlərdə komponentlər müxtəlif keçiriciliyə və dielektrik sabitinə malik olduğu üçün elektrik sahəsinin təsiri ilə elektrodlardan injeksiya olunan yüklər komponentlərin ayrılma sərhədləri arasında toplanır və fazalararası polyarlaşmanın meydana gəlməsinə səbəb olur (Maksvell-Vaqner relaksasiya polyarlaşması).



Şəkil 4. PP+NG nanokompozitlərinin elektrik keçiriciliyinin ( $\lg \gamma$ )  $T=293$  -də tezlik ( $\lg v$ ) asılılıqları: 1- saf PP; 2- PP+2,0% NG; 3- PP+10,0% NG.

PP-nin elektrik möhkəmliyinin  $D_{KI}$ -in miqdarından asılı olaraq dəyişməsinə və nanokompozitlərin elektrik keçiriciliyinin temperatur və tezlik asılılıqlarının təctübi nəticələrinə əsaslanaraq aşağıdakı müddəalar irəli sürmək olar.

1. Polimerlərə bərk əlavələr daxil etməklə polimer matrisasında fazalararası sərhəddə yükdaşıyıcıların tələləri kimi özünü göstərə bilən yeni quruluş yaratmaq olar.
2. Hetrogen sistemlərdə komponentlərin elektrik keçiriciliyinin müxtəlifliyinə görə Maksvell-Vaqner (miqrasiya) polyarlaşması müşahidə olunur.
3.  $D_{KI}$  əlvənin təsirindən sonra makromolekulların hərəkətliliyinin artması relaksasiya proseslərinin sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır və bunun nəticəsində  $\gamma$ -nın artmasına uyğun olaraq elektrik möhkəmliyi azalır.

[1] S. Hudson. Polyolefin nanocomposites, United States patent №59105231999.  
 [2] В.И. Пулиновский, И.К. Ярцев. Полипропилен: Книга по Требованию М.,2013,150С.

[3] А.Ə. Hadiyeva, Ramazanov, V.Ə. Ələkbərov, A.R. Sadıqova, H.S. İbrahimova. "Montmorillonit nanogilinin polipropilenin elektret xassələrinə təsiri", Energetikanın problemləri, №2, 2015 s.48-55

- [4] *M.A.Guliyev., A.R.Sadigova., A.A. Hadiyeva., P.B. Asilbeyli., N.C. mamedov., E.S.Safiyev.* "Changes occurring in structure of polyethylene + nanoclay nanocomposites after influence of an electric field". *İJTRP*, V 13, №4, 2021, P.40-44.
- [5] *Y.Özcanlı., M. Beken., F. Kosovalı Çavuş., A.A.Hadiyeva., A.R.Sadigova., V.A. Alekperov.* "Artificial Neural Network Modelling of the Mechanical Properties of Nanocomposite Polypropylene –Nanoclay". *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics* V.12.P.316-320.2017
- [6] *A.P.Садыгова., И.И.Аббасов., Э.С.Сафиев., П.Б. Асилбейли., В.А.Алекперов.* "Влияние микродававок наноглины на молекулярные процессы и кинетику электрического и механического разрушения полиэтилена." *Nanosistemi. Nanomaterial. Nanotehnologii.* т.17, №1, с155-165.
- [7] *M.A. Ramazanov, A.A. Hadiyeva., V.A. Alekperov.* "Influence Of Electric Field (Aging In Electric Field) On Structure And Properties Of Nanocomposite Polypropylene - Nanoclay." *Journal of Ovonic Research.* V. 10., № 4. July-august 2014., p.101-107.
- [8] *В.И. Осипов, В.Н. Соколов, Н.А. Румянцева.* "Микроструктура глинистых пород." М.: Недра, 1989, 211с.
- [9] *Н.М. Ушаков, А.Н. Ульзутуев, И.Д. Кособудский* "Термодиэлектрические свойства полимерных композитных наноматериалов на основе медьоксид–меди в матрице полиэтилена высокого давления". *ЖТФ*, 2008, т. 78, в. 12, с. 65-69.
- [10] *М.М. Кулиев, Р.С. Исмайлова.* "Диэлектрические и электрические свойства композитов с пьезоэлектрическим наполнителем" // *Пластич.массы*, 2012, №4, с.10-13.(94)
- [11] *М.М. Kuliev, O.A. Samedov, R.S.Ismayilova.* "The Temperature- Frequency Dispersion Of The Dielectric Characteristics Of Composite Materials Based On Polyethylene With TlInS<sub>2</sub> Inclusions". *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2012, v.40, № 2, p.91-96 (57).