

ELEKTRİKSEL YALITKAN MADDELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN ETKENLER

N. M. TABATABAEİ¹, Özcan KALENDERLİ², Arif HAŞİMOV³, Ahmet NAYIR³
Kamil GURBANOV³, Rauf MEHDİZADE³, Genber KERİMOV³

¹Azerbaycan Terbiyet Müellim Üniversitesi, Elektroenergetika Fakültesi, Tebriz, İran
PK. 51745-406, Faks: 0098-41-439277, 5539093

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, 80626 Maslak, İstanbul

³Azerbaycan İlimler Akademisi, Fizik Enstitüsü, Yüksek Gerilimlerin Fiziği ve Tekniği Laboratuvarı
370143, Hüseyin Cavid Prospekti, 33, Bakü, Azerbaycan

¹e-posta: nmtabatabaei@ark.tabrizu.ac.ir

³e-posta: elfiz@artel.net.az

²e-posta: ozcan@elk.itu.edu.tr

³e-posta: arif@lan.ab.az

Anahtar sözcükler: Yalıtkan madde, SF₆ gazı (elegaz), kısmi boşalma, elektriksel yük, polietilen, polivinilidenflorid

ÖZET

Sunulan makalede, çeşitli gaz ortamlarında elektriksel boşalmaların etkilerine maruz kalan elektriksel yalıtkan maddelerin yüzeyinde, içinde ve elektrotlar arasındaki gaz ortamda oluşan fiziksel olaylar araştırılmıştır. Söz konusu araştırmada, geniş kütle diapozonuna ve yüksek seçiciliğe sahip olan kütle spektrometresinden ve malzemelerde toplanan elektrik yük miktarını belirlemek için, sıcaklık etkisi altında akım ölçen cihazlardan yararlanılmıştır. Bu araştırma incelenen elektriksel yalıtkan maddelerin fiziksel özelliklerini karakterize etmek, malzeme özelliklerine etki eden fiziksel olayları incelemek ve malzemelerin bu özelliklerinden yararlanmak amacıyla yapılmıştır.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerde elektriksel yalıtkan malzemelerin özelliklerinden önemli ölçüde yararlanır. Bu yüzden yalıtkan malzemelerin olabilecek her koşuldaki fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması, araştırma ve geliştirme çalışmalarında geniş yer tutar [1 - 3].

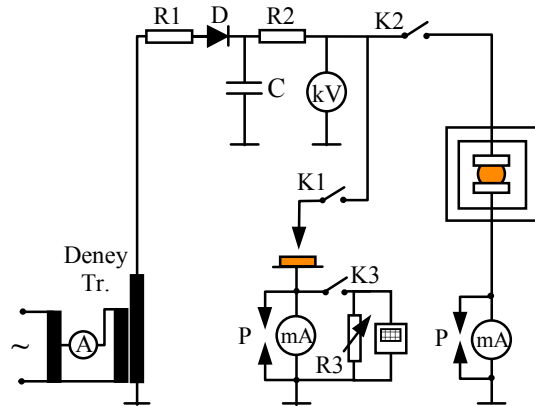
Kimya araştırmaları, yeni kimyasal yapıya sahip malzemelerin sentezi, iki ve daha çok maddeden oluşan karışık malzemelerin elde edilmesi, malzemelerin kimyasal yapısının amaca uygun değiştirilmesi gibi konular üzerinde yoğunlaşmaktadır [4, 5].

Fizik araştırmalarında, var olan polimer yalıtkan malzemelere dış etkenlerin etkileri, malzemelerin geliştirilmesi, fiziksel yapısının değiştirilmesi, malzemelerde baş gösteren fiziksel olayların özelliklerinin açıklanması ve bu olaylardan yararlanarak, malzemelerin özelliklerinden yararlanılması, malzemelere etki etme yöntemlerinin geliştirilmesi gibi konularla ilgilidir [6 - 9].

2. DENEYLERDE KULLANILAN DÜZENLER

2.1 Yüksek Gerilim Düzeni

Çalışmada, elektriksel yalıtkan malzemelere elektriğin etkilerini araştırmak amacıyla arasında gaz bulunan elektrot sistemine gerilim uygulamak ve elektriksel parametreleri ölçmek için Şekil 1'de gösterilen yüksek gerilim devresi kullanılmıştır.



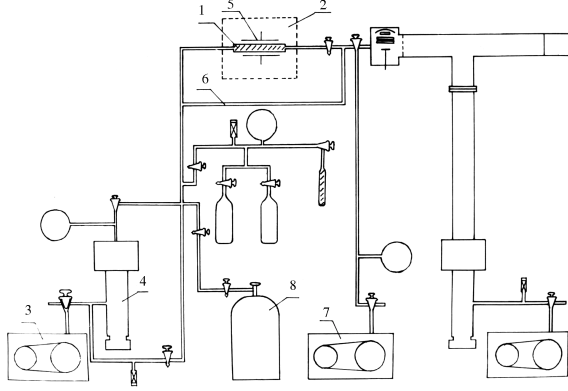
Şekil 1. Yüksek gerilim deney devresi

Deneylerde elektrotlar arasında yüksek doğru gerilim uygulanmıştır. Gerilim kaynağı olarak, 140 kV, 5 kVA gücünde TVO-140 marka yüksek gerilim deney transformatörü kullanılmıştır. Yüksek gerilim transformatörünün çıkışına seri olarak deney transformatörünü korumak amacıyla R1 = 500 kohm değerinde bir direnç bağlanmıştır.

Uygulanan yüksek gerilim, devredeki, S-96 marka kilovolt metre ile ölçülmüştür. Sistemde elektriksel büyüklükleri gözlemlemek için S1-57 tipi osilografтан yararlanılmıştır.

2.2. Yüksek Vakum Cihazı

Araştırmalarda alınan sonuçların fiziksel içeriğini belirlemek için, deneyler yüksek vakumda yapılmıştır. Kullanılan yüksek vakum düzeninin blok şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Yüksek vakum devresinin blok şeması

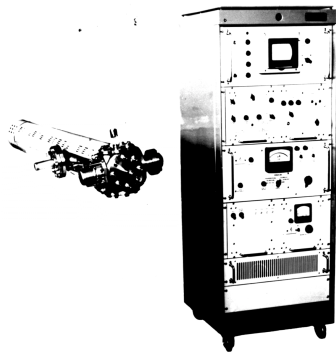
- | | |
|---------------------|------------------|
| 1: Yalıtkan malzeme | 5: Elektrotlar |
| 2: Deney kabı | 6: Bağlantılar |
| 3: Pompa | 7: Vakum pompası |
| 4: Basınç dengeleme | 8: Gaz tüpü |

Şekil 2'den de görüldüğü gibi vakum cihazı kütle spektrometresi ile bağlanarak, spektrometrenin hacminde 10^{-6} - 10^{-7} mmHg mertebesinde vakum oluşturmak olanaklı olur.

Değişik gaz ortamlarında elektriksel boşalmaların yalıtkan malzemelere etkisi araştırılırken, yüksek gerilim uygulanan elektrotlar ve yalıtkan malzeme yerleştirilen iki kapalı sistemde yüksek vakum oluşturularak, Şekil 2'deki 8 numaralı gaz tüpünden 2 numaralı deney kabına gaz gönderilir. Araştırma ortamında başka gazların atom ve moleküllerinin olmamasını sağlamak için, araştırmaların öncesinde deney kabı, 350-400°C sıcaklıkta, vakum ortamında, 2 saat süreyle ısıtılır. Yukarıda belirtilen işlemlerin tamamı yüksek hassasiyetle uygulanmıştır.

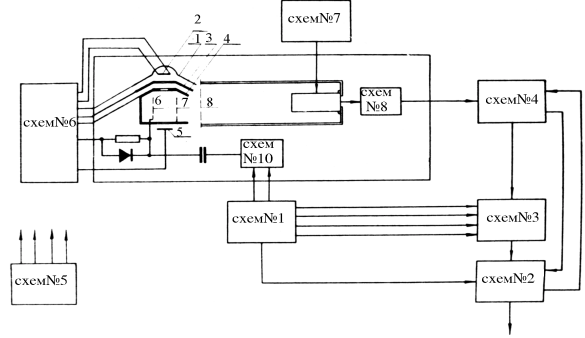
2.3. Kütle spektrometresi

Çeşitli uçuş zamanlı kütle spektrometresinin genel görünüşü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Kütle spektrometresinin genel görünüşü

Şekil 4'te kütle spektrometresinin blok şeması gösterilmiştir. Kütle spektrometresinin çalışma ilkesi aşağıdaki şekildedir: Elektron çığı K katodundan çıkararak, seri olarak yerleştirilmiş 2 kanal vasıtasıyla Δx kalınlığına sahip, ince film şeklinde formalaşır, aynı şekle sahip Şekil 4'teki 2 ve 3 numaralı elektrotlara paralel olarak iyonlaşma kamerasından geçer.



Şekil 4. Kütle spektrometresinin blok şeması

Elektron çığı, etki süresi Δt olan darbeciklerle geliştirildiğinde, iyonlaşma kamerasında iyon çığı meydana getirir. 4 elektrodu topraklanır. 2 ve 3 elektrotlarına uygulanan u_1 ve u_2 potansiyelleri 2-3 iyonlaşma kamerasında ve 3-4 aralığında, uygun olarak, E_2 ve E_1 şiddetli elektrik alanlarını oluşturur.

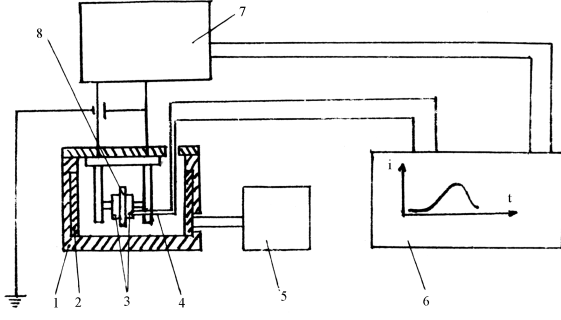
3 ve 4 elektrotları set şeklinde hazırlanır. İyonlaşma kamerasında oluşan iyonlar E_1 alanında hız alarak, D kollektörüne doğru hareket ederler. İyonun oluşma koordinatından (x) asılı olarak, iyonlar kaynaktan $eu(x)$ enerjisi alarak, kollektöre doğru hareket ederler. L uzunluğuna sahip olan sürüklenme mesafesinde belirli $m\cdot e$ 'ye sahip olan iyonun hareket süresi aşağıdaki gibi belirlenir:

$$t = L\sqrt{m/2eu} \quad (1)$$

Kaynaktan çeşitli $m\cdot e$ 'ye sahip olan karışık yapıdaki iyon çığı çıkarsa, onlar sürüklenme süresi boyunca aynı adlı iyon paketlerinde gruplaşarak, iyon kollektörüne ulaştığında, ölçü cihazının r direncinde gerilim darbesi oluştururlar. Bu darbeler kuvvetlendirilerek, osilografların yatay levhalarına verilir ve böylelikle kütle spektri kayda alınır. Kütle spektrometresinin ayırt etme yeteneği $R = t/\Delta t$ ile belirlenir. Burada t iyonun kollektöre çarpma zamanı, Δt iyon akım darbesinin etki süresidir.

2.4. Malzemelerde Elektrik Yüklerinin Yok Olmasının Kaydı

Elektrik etkilerine maruz kalan yalıtkan malzemelerde toplanmış elektrik yüklerinin yok olma hızı (relaksasyonu), malzemeleri sabit hızla ısıtarak, oluşan akımı iki koordinatlı potansiyometrede kayda alarak belirlenir. Deneylerin yapıldığı sistem Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Elektrik yüklerini kaydeden devre

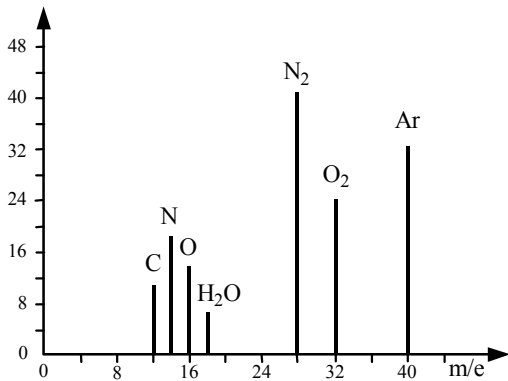
Araştırılan 1 numunesi, özel ısıtıcı 2 deney düzeneğinin 3 elektrotları arasında yerleştirilir. Sıcaklık 20°C den 450°C ye kadar yükseltilir. Numune $2^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ hızla ısıtılır. Gözlemlenen akım, Şekil 5'te 5 numara ile gösterilen iki koordinatlı potansiyometre vasıtasıyla kaydedilir. Sıcaklığın lineer olarak değişimi 4 numara ile gösterilen elektron devresi yardımıyla sağlanır. Kayda alınan, akımın sıcaklığa bağlı eğrisi, yalıtkan malzemenin elektrofiziksel özellikleri hakkında bilgi edinmeye olanak verir.

3. SONUÇLAR

3.1. Elektriksel Gaz Boşalmalarının Etkisi Altındaki Sistemlerde Gözlemlenen Davranışların Değerlendirmesi

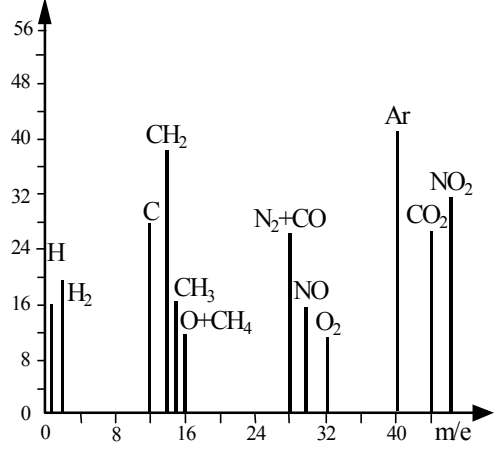
Araştırmalar atmosfer hava gazlarında ve SF_6 gazı ortamında yapılmıştır. Araştırmada kristalleşme özelliğine sahip olan kalınlığı 0,3 mm, polietilen ve polivinilidenflorid polimer-yalıtkan malzemeler kullanılmıştır.

Araştırma ortamının gaz içeriği hakkında tam bilgi almak için, sistemde basınç 10^{-6} mmHg olan halde, atmosfer havasının gazlarını temsil eden ve basıncın 10^{-6} mmHg değerinde kütle - spektrogramı kaydedilmiştir. Şekil 6'da atmosfer havasının kalıcı gazlarının kütle spektrogramı verilmiştir.



Şekil 6. Atmosfer havasının atık gazlarının spektrogramı

Şekil 6'dan görüldüğü gibi kütle spektrogramında, sistem azot, oksijen gazlarının atom ve molekülleri ile, H_2O , C, Ar gazlarının da mevcut olduğu kayda alınmıştır. Gösterilen gaz ortamına sahip olan atmosfere, gaz boşalması etkisi dikkate alındığında kütle spektrogramı şekil 7'de verilmiştir.

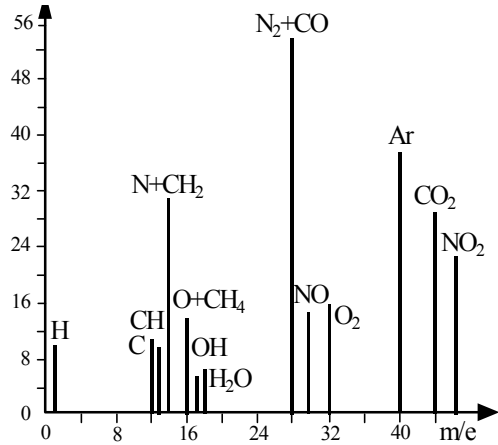


Şekil 7. Gaz boşalması etkisi altında kaydedilen spektrogram

Kütle-spektrogramının analizinden, gaz boşalmasının etkisi sonucunda ortamda gaz tepkimeleri başlayarak ON, SO, SO_2 , SN, SN_2 molekülleri oluşur.

Gösterilen ilk sonuçlar elde edildikten sonra gaz boşalmasının polietilen ve polivinilidenflorid malzemelerine etkileri araştırılmıştır.

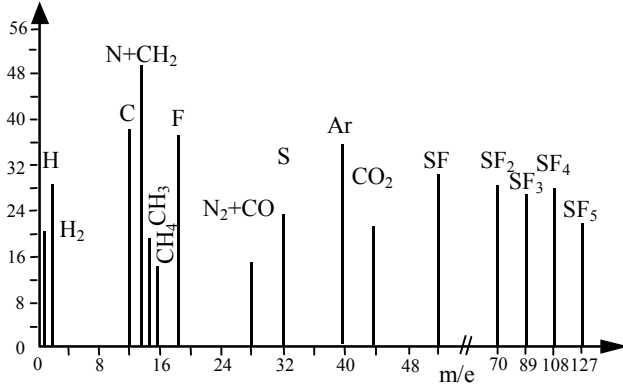
Şekil 8'de polietilen malzemesinin gaz boşalması etkisi altında kaydedilmiş kütle-spektrogramı verilmiştir.



Şekil 8. Polietilen malzemesinin gaz boşalmasının etkisi altında kaydedilen spektrogramı

Şekil 8'den görüldüğü gibi S ve N atomlarından oluşmuş moleküllere ait olan genlikler dikkate değer ölçüde yükselmiştir. Alınan sonuç gaz boşalmasının etkisine maruz kalan polietilenin yüzeyinden N ve S atomlarının kopmasını ve malzemenin yüzeyinden gaz

durumunda SN_2 moleküllerinin ayrılmasını ispatlamaktadır. Bu şekilde gaz boşalmasının etkisi altında bulunan malzemede yavaş yavaş bozulma meydana gelir.



Şekil 9. SF_6 gazı ortamında kayda alınan spektrogram

Şekil 9'da, açıklanan deneyin SF_6 gaz ortamında yapılırken kaydedilmiş kütle spektrogramını göstermektedir. Bu durumda SF_6 gazının aktif SF_6 , SF_5 , F ve diğer iyonlarının etkisi sonucunda malzemenin yüzeyinde SN_2 molekülünün kopması prosesinin yoğunluğu artar ve malzeme kısa sürede önemli ölçüde bozulmaya uğrar.

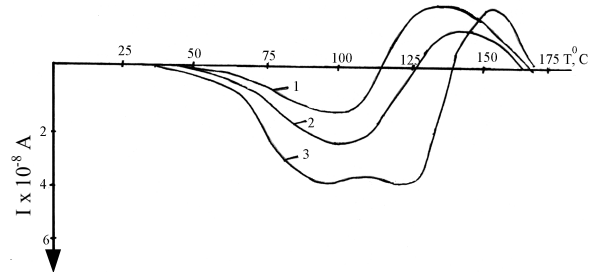
Atmosfer havası ve SF_6 gazı ortamında elektriksel gaz boşalmasının etkilerine maruz kalan polivinilidenflorid malzemesinin incelenmesinden görülmüştür ki, SF_6 gazı ortamında PVDF malzemesinin bozulması daha güçlü olur.

Bu durumda, malzemeden SN_2 molekülü ile aynı zamanda F iyonları da hacim olarak artar. Bu da malzemenin bozulmasını hızlandırır.

3.2. Gaz Boşalması Etkisiyle Yalıtkanlarda Elektrik Yüklerinin Birikimi Olayının Araştırılması

Çeşitli gaz ortamlarında plazma elektrik gaz boşalmasının etkisine maruz kalan polietilen ve polivinilidenflorid malzemelerinde elektrik yüklerinin birikimi (toplanması) olayı araştırılmıştır. Bunun için gaz boşalmasının etkisine maruz kalan polimer numunelerinin her iki yüzeyinde, vakum ortamında uçurulma yöntemi ile, ince alüminyum elektrik kontakları oluşturularak, blok şeması Şekil 5'te verilen devre yardımıyla, malzemede elektrik yüklerinin yok olmasını (relaksasyonu) karakterize eden yok olma spektrumu verilmiştir.

Bu durumda maksimum genliği ve uygun olarak, biriken yüklerin miktarı diğer bilinen durumlardan daha çok olduğunu kaydetmek lazımdır. Bu araştırma SF_6 gazının iyonlarının malzemenin bozulmasına daha güçlü etki göstermesini kanıtlamaktadır.



Şekil 10. Polivinilidenflorid malzemesinden elektrik yüklerinin yok olma spektri.

Şekil 10'da SF_6 gazı ortamında polivinilidenflorid malzemesine plazma gaz boşalması etki ettiğinde kaydedilmiş yok olma spektri verilmiştir.

Bu durumda maksimum genliği ve uygun olarak, toplanan yüklerin miktarı diğer bilinen durumlardan daha çok olduğunu belirtmek gerekir. Bu araştırma SF_6 gazı iyonlarının malzemenin bozulmasına daha güçlü etki ettiğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Yapılan araştırmalar sonucunda, elektriksel yalıtkan malzemelerin elektrik etkilerinden eskimesi sürecinde çevre gaz ortamının önemli etkisi olduğu görülmüştür. Atmosfer havası ve SF_6 gazı ortamlarında polietilen ve polivinilidenflorid malzemelerinin araştırılması, çevrede oluşan gaz tepkimelerinin kaydedilmesi, yalıtkanın yüzeyinde ve hacminde mümkün olan fiziksel ve kimyasal olayların mekanizmalarının anlaşılmasına ve çevreyi dikkate alarak kullanılmasına olanak verir.

5. KAYNAKLAR

- [1] G. A. Lusheykin, "Plastik Maddeler", No. 3, 1970, s. 34-37 (Rusça).
- [2] A. A. Tager, "Polimerlerin fiziko-kimyası", Kimya Dergisi, 1968, s. 536 (Rusça).
- [3] V. A. Kargin, G. L. Slonimskiy, "Polimerlerin fiziko-kimyası üzerine notlar", Kimya Dergisi, 1967, s. 230 (Rusça).
- [4] A. A. Strepikheev, V. A. Derevitskaya, G. L. Slonimskiy, "Yüksek moleküllü birleşim kimyasının temelleri", Kimya Dergisi, 1967, s. 515 (Rusça).
- [5] V. V. Korshak, "Polimer kimyasının başarıları", Kimya Dergisi, 1966, s. 300 (Rusça).
- [6] G. Sesler, "Elektretler", Mir, 1983, s. 486 (Rusça).
- [7] F. K. Dzheyl, "Polimer monokristaller", Kimya Dergisi, 1968, s. 551 (Rusça).
- [8] A. Bradwell, *Electrical Insulation*, Peter Peregrinus Ltd., London, 1983.
- [9] N. H. Malik, A. A. Al-Arainy, M. I. Qureshi, *Electrical Insulation in Power Systems*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1998.