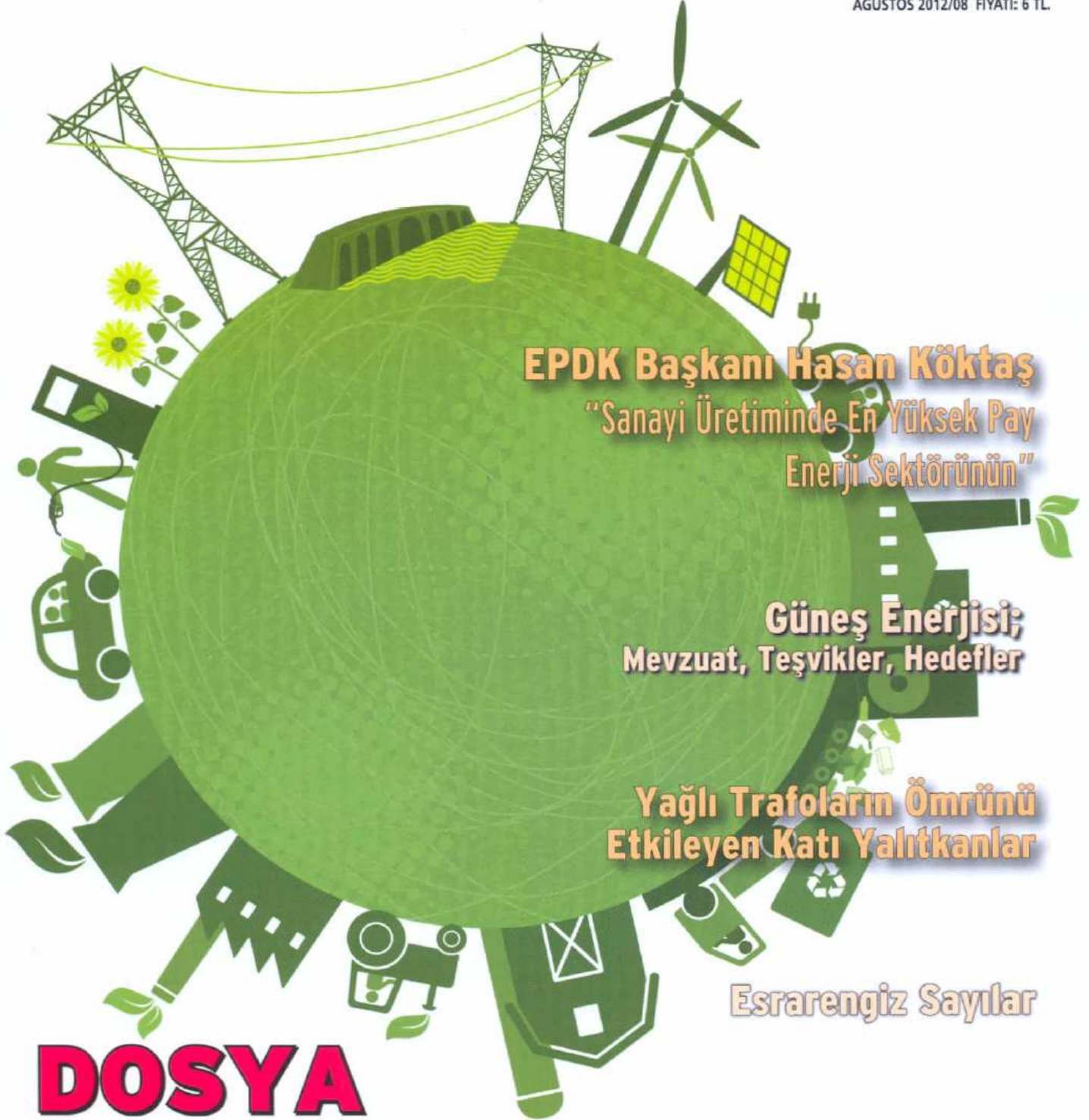




# 30 ELECTROTECH

SAYI: 218 AYLIK ENERJİ, ELEKTRİK, ELEKTRONİK TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

AĞUSTOS 2012/08 FİYATI: 6 TL.



**EPDK Başkanı Hasan Köktaş**  
"Sanayi Üretiminde En Yüksek Pay  
Enerji Sektörünün"

**Güneş Enerjisi;**  
Mevzuat, Teşvikler, Hedefler

**Yağlı Trafoların Ömrünü**  
Etkileyen Katı Yalıtkanlar

**Esrarengiz Sayılar**

**DOSYA**  
**Röle**

**BİLESİM 25.**  
YAYINCILIK, FUARCIKLIK VE  
TANITIM HİZMETLERİ A.Ş.  
**VİL**

**BEST'12**  
BİNA ELEKTRİK, ELEKTRONİK, MEKANİK VE KONTROL SİSTEMLERİ FİARİ  
İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı  
8-11 Kasım 2012

# Yağlı Trafoların Ömrünü Etkileyen Katı Yalıtkanlar

*Orta (OG) ve yüksek (YG) gerilim şebekelerinde çalışan trafolar, şebekelerin en pahalı ve kıymetli elemanlarıdır. Ayrıca, en kompleks üniteler olup, gerek magnetik devreleri ve gerekse sargıları ayrı ayrı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterir. Bu özellikler iyi bilinmediğinde ya da kontrol edilmediğinde devre dışı kalırlar; işletmenin başına büyük masraf açarlar, etrafa da tehlike saçarlar. Basında sık sık "Trafo Patladı" başlıklı haberler yer alır. Bu yazımızda sargıların birbirine, magnetik devreye ve diğer metal aksama karşı yalıtım koruması sağlayan katı yalıtkanları ve bunların trafo yağı ile olan uyumluluğunu, dolayısıyla trafo ömrüne olan etkisini inceleyeceğiz. İncelemeler, ilgili uluslararası standartlar ışığında laboratuvar test sonuçlarıyla pekiştiriliyor.*

Selim YÜREKTEN, Enpay

## 1.Giriş

Trafoların ömrü, büyük oranda içindeki selüloz bazlı katı yalıtkanların ve kâğıtların yağ ile uyumuna bağlıdır. Katı yalıtkanlar yağı ne kadar çabuk kontamine ederse, trafonun yaşlanması da o kadar hızlanır [1]. Her ne kadar yağlı trafolarda ağaç, kontrplak (laminated wood / plywood) vs gibi trafo yağının özelliğini oldukça çabuk bozan malzemeler de kullanılıyorsa da bunları başka bir yazımıza bırakıyoruz. Çünkü bunların zaten kullanılmaması ya da çok küçük miktarda yardımcı malzeme olarak değerlendirilmesini tavsiye ediyoruz [2].

Selüloz bazlı katı yalıtkanlar "transformerboard/

pressboard" çok özel ve itina ile elektroteknikte kullanım için hazırlanmış "electrical unbleached pulp with low lignin content" saf natron selülozundan elde edilir. En kaliteli selüloz, kuzey yarım küresindeki (soğuk iklim) yumuşak ağaçlardan "softwood-coniferous" elde edilir. Dünyada sayıları birkaç adet olan pressboard=presspan fabrikaları "Türkiye'de Enpay", selülozu akışkan hamur haline getirerek "%70 i su olmak üzere", çok ince tabakaların üst üste sarılmasıyla kalın karton levhaları üretirler [3][4]. Elbette bu birkaç fabrikadan başka özellikle Asya ülkelerinde 'kalitesiz selülozdan, ilkel teknolojiyle üretilen katı yalıtkanlar ülkemizde de kullanılmaktadır.

Yazıda bunlara ait bazı test sonuçlarını yurdumuzda (Enpay) üretilenlerle mukayeseli olarak bulacaksınız [5].

## 2.Kavramların Tanımı

Malzemenin kalitesini ve özelliklerini anlamak, yorumlamak için kavram ve birim değerleri aşağıda verilmiştir.

### A. Polimerizasyon derecesi

**(DP) "IEC 60 450":** Selülozdaki glikoz zinciri sayısını ifade eder, ömür tayininde kullanılır. 1300 ve üzerinde olmalıdır. Daha küçük değerler kalite düşüklüğünü ifade eder.

### B. Asidite değeri "IEC 62

**021":** Yağın yükselen asidite değeri, yağ ve pressboardun hızlı yaşlandığını gösterir.

### C. Dielektrik dissipasyon

**faktörü "IEC 60 247":** Selüloz

kalitesini gösterir.

**D. Rezistivite değeri:** "IEC 60 247" dielektrik dissipasyon faktörüyle çok yakın ilişkisi vardır. Yüksek değerlerde olmalıdır.

**E. Kayıp faktörü "IEC 60 250 " Tan delta:** Kapasitif durumda akım-gerilim arasındaki faz farkının ölçülmesiyle, malzemenin elektriksel dayanım değeri hakkında güvenli bilgi edinilir. Ömür tayininde en büyük kanıtlardan biridir.

**F. Kısmi deşarj başlama gerilimi:** Yüksek değerlerde olmalıdır. Kayıp faktörü düşük olan malzemede kısmi deşarj yüksek değerde oluşur (IEC 60 270).

**G. Yağın yüzey gerilimi:** Kontaminasyonun ve çamurlanmanın olup olmadığı bu eğriden anlaşılabilir.

**H. Relativ permittivite "IEC 60 250":** Standartta geniş olarak test prosedürü izah edilmektedir.

**I. Kül oranı "IEC 60 641-2":** Alt bölüm 14'te test detayları verilmiştir.

Testlerde kullanılan yağın özellikleri IEC 60 296 da ve ASTM D 3455'te verilmiştir [6], [7].

### 3. Pressboardların Kalite Mukayesesi

Şimdi kısaca kalitesiz selülozdan üretilen ithal pressboardların birkaç önemli test sonuçlarını inceleyelim:

#### a. Metal Partikül Kontaminasyon Testi

Katı yalıtkanların içinde katı metal partikül bulunmaması



Testten önceki yüzey görünümü



Testten sonraki yüzey görünümü

Şekil 1. ENPAY pressboard test parçası

Tablo 1.

Testler	IEC 60641	ENPAY Pressboard	İthal Pressboard
İletkenlik	5-6	3	9,74
Kül Oranı	0,7	0,23	0,61
DP- değeri	1300	1300	1105

gerekir. Bunun tespiti için IEC 60 641-2'de detaylandırılan kimyasal test yapılır. Test sonucu malzeme içinde metal varsa, partiküller malzeme yüzeyinde mavi nokta ya da benekler halinde kendini gösterir.

Şekil 1'de, Enpay'a ait test numunesinin testten sonraki yüzeyinde bir değişme olmadığı görülüyor. Malzemenin tamamen metal partikülsüz olduğu anlaşılıyor. Şekil 2'de adı geçen ithal ürünün testten sonra yüzeyinde oldukça fazla miktarda mavi renkli metal partikülleri bariz olarak görülüyor.

İçinde bu kadar çok metal partikül olan bir katı yalıtkan, yağlı trafoda yalıtım görevini nasıl görür? Hangi gerilimde olursa olsun, kullanılmasına katıyen müsaade edilmemelidir. Zira bu metal partiküller kısa zamanda yağda intikal eder.

#### b. İletkenlik, Kül Oranı, DP-Değeri Testleri

Aynı malzemeler, birkaç testten daha geçirilerek sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.



Testten önceki yüzey görünümü



Testten sonraki yüzey görünümü

Şekil 2. İthal pressboard test parçası

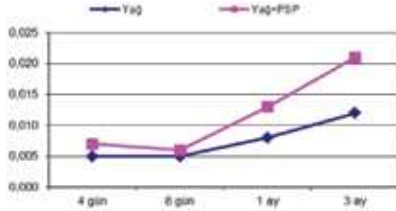
Tablodaki test sonuçları da malzemenin iyi kalitede olmadığını gösteriyor.

### 4. Katı Yalıtkanlarla Yağların Uyumluluk Testleri

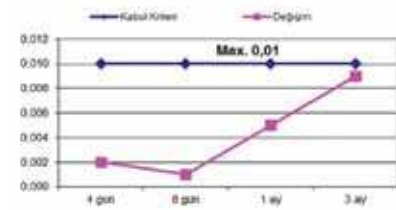
Diğer yandan, yağ içindeki pressboard'ların trafo ömrünü etkileyen özellikleri aşağıda verilen uyumluluk testleriyle "compatibility tests" tespit edilir. Bunun için gerekli test düzeneği ve "set-up" IEC 60 641-2 ye göre yapılır [5]. Testlerin tamamı Enpay'ın uluslararası (AB-0546-T) nolu ve (TS EN ISO/ IEC17025:2010) akreditasyon belgesine sahip olan test laboratuvarlarında yapılmıştır. Trafo içinde yağ ile pressboard birbirini etkiler ve kimyasal reaksiyon oluşur. Meydana gelen kontaminasyon ASTM D 3455'e göre test edilir [7]. Burada kural, testlerde 4, 8. gün ve 1. ay, 3. aylık test sonuçlarının

Tablo 2.

Test Süresi	Asidite [mg KOH/g]		Değişim
	Yağ	Yağ+PSP	
4 gün	0,005	0,007	+0,002
8 gün	0,005	0,008	+0,001
1 ay	0,008	0,013	+0,005
3 ay	0,012	0,021	+0,009



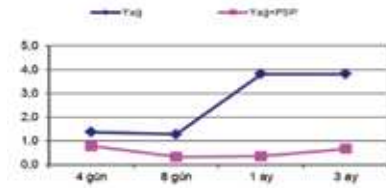
Şekil 3. Tablo 2'deki test sonuçlarının eğrileri



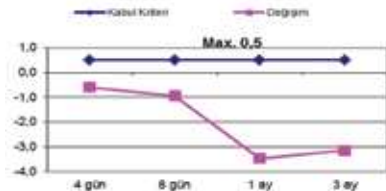
Şekil 4. Tablo 2'deki değişim değerlerinin eğrileri

Tablo 3.

Test Süresi	Dissipasyon Faktörü		Değişim
	Yağ	Yağ+PSP	
4 gün	$1,37 \times 10^{-3}$	$0,78 \times 10^{-3}$	$-0,59 \times 10^{-3}$
8 gün	$1,29 \times 10^{-3}$	$0,34 \times 10^{-3}$	$-0,95 \times 10^{-3}$
1 ay	$3,82 \times 10^{-3}$	$0,36 \times 10^{-3}$	$-3,46 \times 10^{-3}$
3 ay	$3,82 \times 10^{-3}$	$0,67 \times 10^{-3}$	$-3,15 \times 10^{-3}$



Şekil 5. Tablo 3'teki test sonuçlarının eğrileri

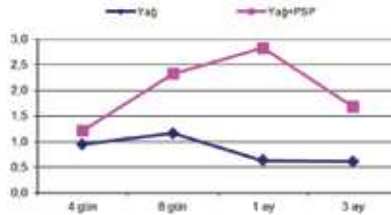


Şekil 6. Tablo 3'teki değişim değerlerinin eğrileri

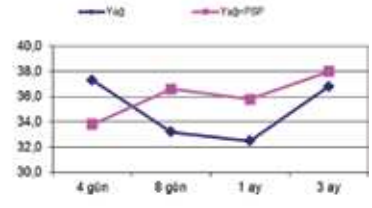
Tablo 4.

Test Süresi	Resistivite [Ωm]		Değişim
	Yağ	Yağ+PSP	
4 gün	$0,95 \times 10^{11}$	$1,22 \times 10^{11}$	$+0,27 \times 10^{11}$
8 gün	$1,16 \times 10^{11}$	$2,33 \times 10^{11}$	$+1,17 \times 10^{11}$
1 ay	$0,63 \times 10^{11}$	$2,83 \times 10^{11}$	$+2,20 \times 10^{11}$
3 ay	$0,61 \times 10^{11}$	$1,68 \times 10^{11}$	$+1,07 \times 10^{11}$

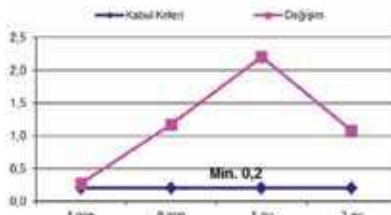
Katı yalıtkanların içinde katıyeni metal partikül bulunmaması gerekir. Bunun tespiti için IEC 60 641-2'de detaylandırılan kimyasal test yapılır. Test sonucu malzeme içinde metal varsa, partiküller malzeme yüzeyinde mavi nokta ya da benekler halinde kendini gösterir.



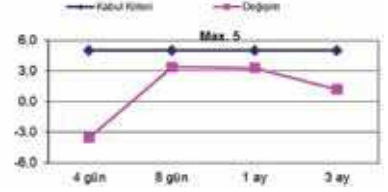
Şekil 7. Tablo 4'teki test sonuçlarının eğrileri



Şekil 9. Tablo 5'teki test sonuçlarının eğrileri



Şekil 8. Tablo 4'teki değişim değerlerinin eğrileri



Şekil 10. Tablo 5'teki değişim değerlerinin eğrileri

Tablo 5

Test Süresi	Yüzey Gerilimi [mN/m]		Değişim
	Yağ	Yağ+PSP	
4 gün	37,3	33,8	-3,5
8 gün	33,2	36,6	+3,4
1 ay	32,5	35,8	+3,3
3 ay	36,8	38	+1,2

değerlendirilmesidir [5], [8], [9]. Test süresi, standartlarda 3 ay verildiği için kriterler de 3 aylık test süresine göre belirlenmiştir. Test süresinin uzatılması durumunda test sonuçları ve değişim sonuçları 3



Şekil 11. Adı geçen testlerin yapıldığı laboratuvar



Şekil 12. Presboard malzemeden üretilen geometriler



Şekil 13. 1200 kV sargı çıkış grubu



Şekil 14. 1200 kV sargı çıkış grubunun trafo sargısına montajı

aylık test kabul kriterlerine göre değerlendirilemez. Test kabul kriterleri de test süresinin uzadığı süreye göre revize edilmesi gerekmektedir. Bu testleri başarıyla geçen katı yalıtkanların

kullanıldığı yüksek gerilim yağlı güç trafolarının ömrü diğerlerine nazaran daha uzun olacaktır. Enpay pressboard malzemeleri yukarıda belirtilen testlerden devamlı geçirilmektedir. Bunlardan üretilen çeşitli geometriler Şekil 12 de görülmüyor. Bu malzemeler, global en yüksek işletme gerilimi olan 1200 kV'luk trafolar ve reaktörlerde başarıyla kullanılmaktadır [10], [11]. Şekil 13 ve 14' te 1200 kV işletme geriliminde çalışan bir trafo için üretilmiş, yüksek gerilim sargısı çıkış grubu (lead exit) görülmüyor. Enpay, bu ürün cinsini dünyada üretebilen iki firmadan biridir.

*Teşekkür: Laboratuvar testlerini organize eden Elk.Müh. Faruk Erenler'e teşekkür ederim.*

### Kaynakça

- [1] Task force D1.01.10, Ageing of cellulose in mineral-oil insulated transformers, CIGRE, October 2007
- [2] S.Yürekten, Güç trafolarında katı

- yalıtkanların önemi ve özellikleri, Kaynak Elektrik, Ağustos 2007
- [3] S.Yürekten, Trafo Sargı Yalıtkanı Malzemesi Transformerboard, Kaynak Elektrik, Ekim 2009
  - [4] S.Yürekten, Transformerboard, 3E Electrotech, Şubat 2010
  - [5] IEC 60 641-2 part 2, Pressboard and presspaper for electric Purposes, method of tests, June 1993
  - [6] IEC 60296 fluids for electrotechnical applications- unused mineral insulating oils for transformers and Switchgear, November 2003
  - [7] ASTM D 3455 compatibility of construction material with electrical insulating oil of petroleum Origin, 2002
  - [8] "TU 10049 - Test Report - Oil Contamination", Dr.Werner Lick, Graz University, Institute of High Volt Engineering and System Management, February 20, 2011
  - [9] F.Erenler, S.Yürekten, G.Newesely, Compatibility test of Pressboard with Transformer Oil, CIGRE International Colloquium Transformer Research and Asset Management, Dubrovnik, May 16-18, 2012
  - [10] S.Yürekten, Magnetic and Insulation Solution for HV. Power Transformers and gapped- core Reactors. Travek, XIII International Scientific and Technical Conference, Moscow, June 19-20, 2012
  - [11] S.Yürekten, E.Öztürk, F.Erenler, Insulation Components for HV. Power Transformers, Travek, X International Scientific and Technical Conference, June 21-22, 2011