

POLYESTER İZOLATÖRLERDEKİ YAŞLANMANIN WEIBULL İSTATİSTİĞİYLE İNCELENMESİ

Ayten KUNTMAN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, 34800,
Avcılar, İstanbul
e-posta: akuntman@istanbul.edu.tr

Anahtar sözcükler: Polyester İzolatörler, Weibull İstatistiği

ÖZET

Weibull analizi günümüzde malzemelerin ömür hesaplarında, rüzgar enerjisiyle çalışan santrallerde üretilebilecek enerji kapasitesi hesabında ve bunlar gibi pek çok olasılık hesaplarında kullanılan güvenilir, gerçeğe yakın değerler çıkaran çok etkili bir analiz yöntemidir.

Bu çalışmada yüzeyde iz oluşumu yöntemiyle bozulma süreleri deneysel olarak belirlenen polimerik yüksek gerilim izolatörlerinin weibull dağılım parametreleri ve bozulma olasılıkları belirlendi.

1. GİRİŞ

Günümüzde endüstride malzemenin ömrünü önceden bilebilmek ve sistem hatalarından kaçınmak için reliability, availability ve maintainability (RAM) (güvenilirlik, kullanılabilirlik, korunabilirlik özelliklerinin kestirimi) mühendisli konusunda çalışmalar yapılmaktadır. RAM kestiriminin yanısıra Reliability, maintainability, safety, suffortability (RMS) kestiriminde (güvenilirlik, korunabilirlik, emniyet) üretim teknolojisi için yeni bir disiplin getirmiştir. Bu anlamda weibull analizi malzemelerin ve sistemin RAM ve RMS özelliklerini belirleyebilecek olasılık yöntemleri içinde en çok kullanılanıdır.

Weibull analizinin en güçlü yanı doğru bir bozulma analizi yapabilecek kabiliyette olması ve son derece küçük örnekler için önceden bozulma riskini bulabilmesidir[1-2].

Weibull analizi başarılı bir şekilde uzay, otomotiv ve üretim endüstrisinde beklenmeyen parçaların bozulmalarının tanımlamasını yaparak fazladan harcamaları önlemek için kullanılmaktadır. Petrol ve kimya endüstrileri bu teknikleri kullanarak bitki ve boru hatlarının risk analizini belirlemektedir. Bozulma, bakım ve maddelerin değişiminde mühendislik uygulamaları için iyi bir yöntemdir.

Elektrik ve elektronik endüstrisinde parçaların ömrünü tarif etmede kullanılır. Bunlar elektrik ampulleri, kapasitörler, disk sürücüler ve bunun gibi parçalar olabilir. Bir izolatörün servis ömrünü uygulanan gerilimle bozulma süresi arasındaki ilişki belirler.

Daha önceki çalışmalarda yüksek gerilim izolatörü olarak kullanılmaya uygun polyester izolatörlerin yüzeyde iz oluşumu yöntemi kullanılarak bozulma olasılıkları incelendi[3]. Bu amaçla örnekler hazırlandı. Standartlara göre hazırlanan örneklerin 4KV gerilimde stres, UV, rüzgar, rüzgar-UV, stres-UV gibi çevre etkileri gözönüne alınarak bozunma hızları belirlendi[4-5]. Bozunan örneklerin görüntüleri bilgisayar ortamına alınarak görüntü işleme yöntemleriyle oluşan izler analiz edildi. Bu amaçla CNN ve fraktal yöntemleri kullanıldı[6-7].

Bu çalışmada polyester izolatörlerin bozunma olasılıkları weibull istatistik yöntemleriyle incelendi. Bu amaçla c dilinde bir program yazıldı. Farklı çevre koşullarında yüzeyde iz oluşumu yöntemi ile bozunma süreleri belirlenen polyester izolatörler için weibull parametreleri ve bozulma olasılıkları belirlendi.

2. WEIBULL DAĞILIMI

Weibull dağılımı parametrelerini elde edebilmek için bozulma ve örnek geometrisi birleştirilerek oluşturulan iyi tanımlanmış fonksiyonlardan yararlanılır. Bu fonksiyonlar çeşitli hesaplama yöntemleri kullanılarak verilerini elde ederler. Kullanılabilecek hesaplama yöntemleri; ani durum hesaplayıcıları (moment estimators), en düşük kareler metodu (least-square), maksimum olasılık hesaplayıcıları (maximum likelihood estimators). Bu çalışmada maksimum olasılık hesaplama yöntemi kullanıldı. Olasılık hesaplayıcıları iki parametrelidir.

weibull dağılımıyla karakterize edilmiş bozunma verilerini hesaplamak için kullanılır. Non-linear gerileme hesaplayıcıları 3 parametrelili weibull dağılımı için bilinmeyen dağılım parametrelerini hesaplamada kullanılır.

Üç parametrelili weibull olasılığı yoğunluk fonksiyonu sürekli rasgele uzunlukta değişen "Σ" sembolüyle gösterilir ve denklemini şöyledir:

σ > γ için

$$f_{\Sigma}(\sigma) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{\sigma-\gamma}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} \exp\left[-\left(\frac{\sigma-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad (1)$$

σ ≤ γ için

$$f_{\Sigma}(\sigma) = 0 \quad (2)$$

1 denkleminde α Weibull modülü veya şekil parametresi (shape parameter), β weibull ölçü parametresi (scale parameter), γ eşik parametresi (threshold parameter). Kümülatif dağılım şu denklemlerle gösterilmiştir:

$$F_{\Sigma}(\sigma) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\sigma-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \sigma > \gamma \text{ için} \quad (3)$$

ve

$$F_{\Sigma}(\sigma) = 0 \quad \sigma \leq \gamma \text{ için} \quad (4)$$

Çoğunlukla eşik parametresi sıfıra götürülerek iki parametrelili weibull dağılım formülü elde edilir. Üstteki denklemlerden elde edilen daha basit denklem şu şekildedir:

$$f_{\Sigma}(\sigma) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{\sigma}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} \exp\left[-\left(\frac{\sigma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \sigma > \gamma \text{ için} \quad (5)$$

ve

$$f_{\Sigma}(\sigma) = 0 \quad \sigma \leq \gamma \text{ için} \quad (6)$$

Kümülatif dağılıma göre:

$$F_{\Sigma}(\sigma) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\sigma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \sigma > \gamma \text{ için} \quad (7)$$

ve

$$F_{\Sigma}(\sigma) = 0 \quad \sigma \leq \gamma \text{ için} \quad (8)$$

olur.

3. WEIBULL İSTATİSTİĞİ UYGULAMASI

Bu çalışmada iki parametrelili weibull analizi yapan bir program c dilinde yazıldı. Deneysel sonuçlar kullanılarak polyster izolatörlerin farkı çevre şartlarındaki bozunma olasılıkları hesaplandı. Elde edilen sonuçlardan weibull grafikleri çizildi.

Grafiklerden yararlanılarak weibull parametreleri hesaplandı. Her bir deney seti için için bozunma fonksiyonu F(t) belirlendi.

Weibull genel fonksiyonu (bozulma olasılığı):

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda(t-L)^m) \quad (8)$$

Burada λ :ölçü parametresi ölçü parametresi m:şekil parametresi L:konum parametresi t:zamana bağlı rastsal değişken

"F(t)" test örneğinin belli bir t anındaki bozulma olasılığıdır. Ölçü parametresi "λ", polyster örneğinin tam bozunması için geçen sürenin %63.2 sini gösteren bir parametredir. şekil parametresi "m" dağılık bozunma süresinin bir ölçütü ve "L" ise uygulanan gerilim ile bozunma olasılığının tartışıldığı süre arasındaki zaman dilimini ifade etmektedir. Buna göre:

$$0 < t \leq L \text{ için } F(t) = 0 \quad (9)$$

maksimum olasılık (maximum likelihood) doğrusal kestirim (linear estimation) ve grafiksel çizim teknikleri (graphical plotting technique) parametrelerin hesaplanmasında kullanılan metotlardır. Maksimum olasılık tekniği bunlar arasında en iyisidir. Çünkü fazla test örneği için geliştirilmiştir. Bu açıdan verilerin doğruluk oranı çok yüksektir. Doğrusal kestirim tekniği de geliştirilmiş iyi bir yöntemdir fakat her test örneğinin boyutu için ayrı bir ağırlık tablosuna ihtiyaç duyulmaktadır. Grafiksel çizim tekniği kullanımı açısından son derece uygun ve basit bir metottur. Grafiksel çizim tekniğine göre:

t_i, hatanın olduğu i.nci zamanı gösterirse ; F(t):

$$F(t) = V / (1+N) \quad (10)$$

Burada i :örnek numarası , N:toplam örnek sayısıdır Güvenilirlik Fonksiyonu R(t) şu şekilde ifade edilir:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (11)$$

Yani

$$R(t) = 1 - (N+1)/(N+1) \quad (12)$$

eğer (11) ifadesi (8) de yerine yazılırsa L=0 için R(t) ;

$$R(t) = \exp(-\lambda(t)^m) \quad (13)$$

$$\ln R(t) = -\lambda(t)^m \quad (14)$$

(14) bağıntısının her iki tarafının logaritması alınırsa ;

$$\ln[\ln R(t)] = m \cdot \ln t + \ln \lambda \quad (15)$$

elde edilir. Buradan ;

$$-ln R(t) = ln (N+1)/(N+1-t) \quad (16)$$

(16) ifadesi çeşitli zaman değerleri için polyester izolatörün bozunma olasılığını yüzde olarak gösteren bir denklemdir.

4. UYGULAMA VE ELDE EDİLEN BULGULAR

C dilinde yazılan program polyester izolatörlerin çeşitli ortamlarda bozunmasını inceleyen deneylerden elde edilen sonuçların analizi için kullanıldı. Yüzeyde iz oluşumu yöntemi kullanılarak mekanik, rüzgar, UV, mekanik-UV ve mekanik-rüzgar etkileriyle bozulma süreleri belirlenen polyester örneklerin weibull eşitlikleri yardımıyla bozulma olasılıkları hesaplandı, weibull grafikleri çizildi. Kullanılan yöntemle örnek Tablo 1 ve Şekil 1 de verilmektedir.

Tablo 1: Herhangi bir etki olmaksızın yapılan deneyler için hesaplanan bozunma olasılıkları

ÖRNEK NO	SÜRE(DAKİKA)	LN (N+1)/(N+1-t)
1	10	0.105361
2	11	0.223144
3	15	0.356675
4	16	0.510826
5	16	0.693147
6	20	0.916291
7	24	1.203973
8	26	1.609438
9	30	2.302585

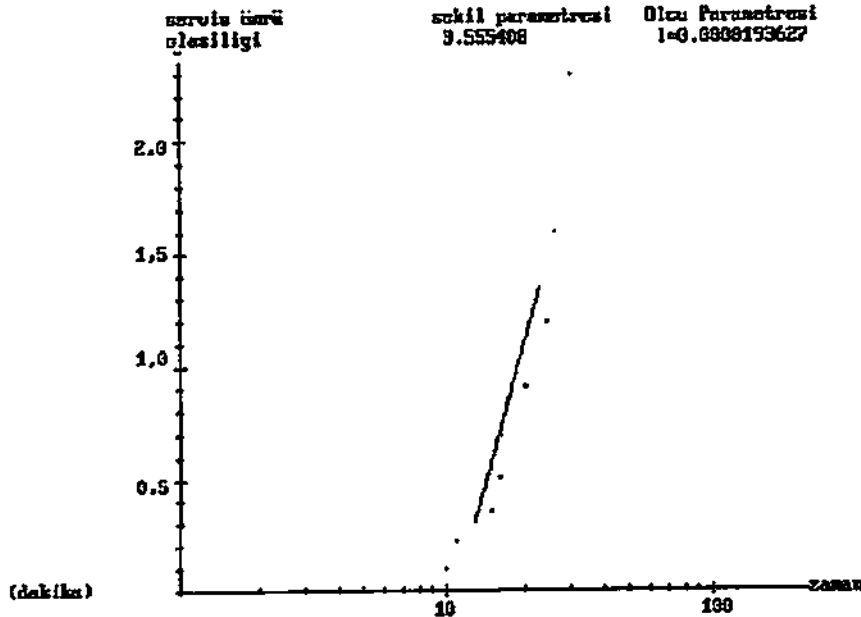
Tablo 1de herhangi bir etki olmaksızın yapılan deneylerde polyester izolatörlerin bozunma süreleri ve çeşitli zaman değişimi için bozunma olasılıkları görülmektedir. Şekilde ise aynı deney seti için grafikten hesaplanan ölçü ve şekil parametreleri görülmektedir. Her bir deney seti için hesaplanan weibull istatistik parametreleri ve bozunma fonksiyonları Tablo 2'de toplu halde verilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Weibull istatistiksel dağılımı bize elde edilen sonuçların tutarlılığı hakkında bilgi vermekte ve kullanılan polyester malzemenin belli "t" anındaki bozulma olasılığının belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır.

Bunun için deneylerden elde edilen verileri kullanarak her bir deney grubu için weibull grafiklerini çizildi.ve weibull parametreleri hesaplandı.

Yapılan bu deneyler iki parametrelili weibull dağılımına uygun olduğu için şekil ve ölçü parametreleri bulundu. Bulunan bu parametreleri genel formüllerde yerine koyarak her bir deney grubu için bozunma fonksiyonu (F(t))ve güvenilirlik fonksiyonu (R(t))' yi hesaplandı. Oluşturulan tablodan yararlanılarak herhangi bir ortamda polyester izolatörün herhangi bir t anındaki bozunma ihtimali bulunabilir. Bunun yanısıra elde edilen sonuçlar CNN ve fraktal yönteminde olduğu gibi deneylerle uyum içindedir.



Şekil 1: Herhangi bir etki olmaksızın yapılan deneyler için elde edilen weibull grafiği

Tablo 2 : Polyester izolatörler için elde edilen weibull istatistik parametreleri ve bozunma ve fonksiyonları

DENEYLER	ŞEKİL PAR. (m)	ÖLÇÜ PAR. (λ)	BOZUNMA FONK. $F(t)=1-e^{-\lambda.t^m}$	GÜVENİLİRLİK FONKSİYONU $R(t)=1-F(t)$
HİÇ BİR ETKİ YOKKEN	3,555408	$1,93627.10^{-3}$	$1-e^{-1,94.10^{-3}.t^{3,56}}$	$e^{-1,94.10^{-3}.t^{3,56}}$
SICAKLIK SAĞDAN 10 CM	7,623580	$9,39.10^{-3}$	$1-e^{-9,39.10^{-3}.t^{7,62}}$	$e^{-9,39.10^{-3}.t^{7,62}}$
SICAKLIK SOLDAN 20 CM	2,464976	$1,51361.10^{-3}$	$1-e^{-1,51.10^{-3}.t^{2,46}}$	$e^{-1,51.10^{-3}.t^{2,46}}$
SICAKLIK SOLDAN 10 CM	4,183218	$2,12308.10^{-3}$	$1-e^{-2,12.10^{-3}.t^{4,18}}$	$e^{-2,12.10^{-3}.t^{4,18}}$
SICAKLIK ÖNDEN 20 CM	2,942758	$1,02328.10^{-3}$	$1-e^{-1,02.10^{-3}.t^{2,94}}$	$e^{-1,02.10^{-3}.t^{2,94}}$
SICAKLIK ÖNDEN 10 CM	3,53933	$1,73445.10^{-4}$	$1-e^{-1,73.10^{-4}.t^{3,54}}$	$e^{-1,73.10^{-4}.t^{3,54}}$
AĞIRLIK 5 KG	3,642178	$2,69412.10^{-4}$	$1-e^{-2,69.10^{-4}.t^{3,64}}$	$e^{-2,69.10^{-4}.t^{3,64}}$
AĞIRLIK 2,5 KG	2,859153	$4,11172.10^{-4}$	$1-e^{-4,11.10^{-4}.t^{2,86}}$	$e^{-4,11.10^{-4}.t^{2,86}}$
TERS AĞIRLIK 2,5 KG	2,737712	$3,23434.10^{-3}$	$1-e^{-3,23.10^{-3}.t^{2,74}}$	$e^{-3,23.10^{-3}.t^{2,74}}$
TERS AĞIRLIK 5 KG	2,964144	$1,35951.10^{-3}$	$1-e^{-1,36.10^{-3}.t^{2,96}}$	$e^{-1,36.10^{-3}.t^{2,96}}$
RÜZGAR ÖNDEN 25 CM	4,847388	$1,6012.10^{-3}$	$1-e^{-1,60.10^{-3}.t^{4,85}}$	$e^{-1,60.10^{-3}.t^{4,85}}$
RÜZGAR YANDAN 25 CM	3,643035	$1,17179.10^{-3}$	$1-e^{-1,17.10^{-3}.t^{3,64}}$	$e^{-1,17.10^{-3}.t^{3,64}}$
RÜZGAR+TERS AĞIRLIK 5 KG	1,653196	$4,80748.10^{-2}$	$1-e^{-4,81.10^{-2}.t^{1,65}}$	$e^{-4,81.10^{-2}.t^{1,65}}$
RÜZGAR+SICAKLIK	5,345168	$1,49263.10^{-3}$	$1-e^{-1,49.10^{-3}.t^{5,34}}$	$e^{-1,49.10^{-3}.t^{5,34}}$

* Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: 1333/280799

KAYNAKLAR

- [1] S.F. Duffy, I.m. powers, and a. Starlinger, "reliability analysis of structural ceramic components using A three-parameter weibull distribution," J. Eng. Gas turb. Power, 115 [3]: 109-116 (1993).
- [2] J. Margetson and N.R. Cooper, 1984, "brittle material design using three parameter weibull Distributions," in the proceedings of the utam symposium on probabilistic methods in the mechanics of Solids and structures, eds. S. Eggwertz and n.c. lind (springer-verlag, berlin, 1984) 253-262.
- [3] A. Merav , Polimerik katı yalıtkanlarda yüzey aşınımının mekanik etkenler karşısındaki değişimi; Yüksek Lisans Tezi ,İstanbul Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı 1999.
- [4] M. Uğur, A. Kuntman and A. Merav, Investigation the effect on environmental factors on the performance of polymeric outdoor insulation , Proc. of the 1999 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), pp.743-746, October- Texas , USA.
- [5] A. Merav, A. Kuntman, M. Uğur.. Katı izolatör olarak kullanılan polyesterlerin yüzey bozulmasını hızlandıran doğal etkenler , Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi , Eylül 1999.
- [6] M. Uğur, O.N. Uçan, A. Kuntman, A. Özmen and A. Merav, Analysing the 2-D surface tracking pathterns by using Cellular Neural Networks , Proc. of the 1999 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomeno (CEIDP), pp.154-157, October-Texas, USA.
- [7] A. Kuntman, M. Uğur, A. Merav, A study on the investigation of surface tracking in polyester insulators, Proc. of Int. Conference on Electrical and Electronics Eng. ELECO'99, Electronics: pp. xx-xx, Bursa, Turkey, 1-5 December 1999.