

# ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ VE YENİ STANDARTLAR

M. Vefa RUMELİ, Ertan YANIKOĞLU, Türker F. ÇAVUŞ

**Özet** - Güvenilirlik, bir sistemin yada elemanın tanımlanan görevini belirli bir zaman aralığı içinde başarma olasılığı olup, sayısal bir özelliğe sahiptir. Sistem yada tüketicilerin önemli kısımları için risk analizi yapılmalıdır. Bu analizlerin yardımıyla sistemi, özel olasılık hesaplarına veya servis kesinti risklerine göre tasarlamak mümkün olur. Güvenilirlik analizi aracılığı ile, servis sürekliliğinin sağlanması gerçekleştirilerek bakım planlaması yapılabilir. Ayrıca dağıtım sistemlerinin güvenilirliğini artırmak üzere, sisteme ait güvenilirlik dizinlerinin hesaplanması ve derlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, temel güvenilirlik hesaplamaları ve Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği'nde güvenilirlik göstergelerinin hesaplanması ile ilgili belirlenen standartlar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Güvenilirlik, Dağıtım Sistemleri, Güç Kalitesi, Güvenilirlik Standartları

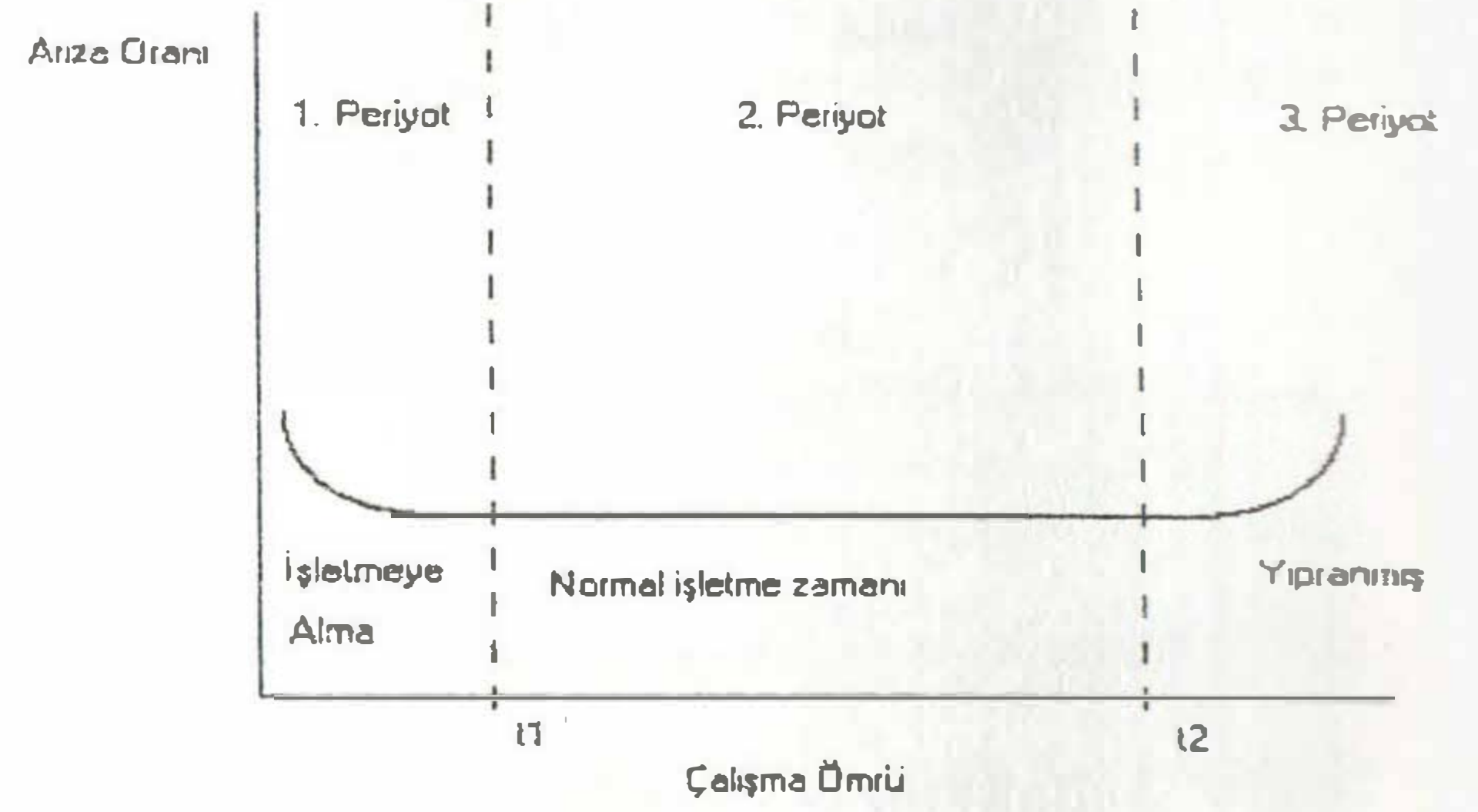
**Abstract** – Reliability is probability of succeeding a determined task for a system or an equipment in a period of time and has a numerical characteristic. Risk analyse should be do for system or important consumers. With aid of this analyses the system is designed according to special probability calculations or service cutting risks. With the reliability analyses the service continuity is proved and the maintenance plannings can be done. In addition, the reliability lists of the system must be calculated and must be arranged for increasing the distribution system's reliability. In this work, base reliability calculatings and in the Electrical Market Distribution Directory, the standards about calculating of the reliability indicators are examined.

**Key Words** – Reliability, Distribution Systems, Power Quality, Reliability Standarts

M.V.RUMELİ, Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. Genel Müdürlüğü,  
Orhangazi Cd., 54100, Adapazarı – Sakarya, [vrumeli@mynet.com](mailto:vrumeli@mynet.com)  
E.YANIKOĞLU, SAÜ Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü,  
Sakarya  
T. F. ÇAVUŞ, SAÜ Müh. Fak. Elektrik Elektronik Müh. Bölümü,  
Sakarya

## I. GİRİŞ

Güvenilirliğin klasik tanımı; işletme süreci boyunca istenen işletme koşulları altında, bir cihaz yada sistemin işlevini, yeteri derecede karşılamasının olasılığı olarak verilebilir[1]. Diğer taraftan yalnızca hatanın olasılığı değil, aynı zamanda genliği, süresi ve sıklığı da önemlidir. Güvenilirlik değerlendirmesi, geçmişteki istatistiki bilgilere dayanılarak sistemin gelecekteki davranışı hakkında olasılık hesaplarının kullanılmasıyla yapılır[2].



Şekil.1 Arıza Oranı Eğrisi

Güvenilirlikte bir elemanın Şekil.1'de gösterilen çalışma ömrü süresince maruz kaldığı üç arıza tipi vardır[3-4]. Bunlar sırası ile şöyledir: Birinci tip arızalar eleman yaşamının ilk sürecinde oluşur. Eleman üretimi esnasında yetersiz kalite kontrol tekniklerinden kaynaklanır. Bu arıza tipi, kusurların giderilmesi işlemi ile yok edilir. İkinci tip arızalar, elemanların yorulması nedeniyle oluşan arızalardır. Yorulma arızaları elemanın yaşlanmasının bir belirtisidir. Bu arıza, yorulmaya neden olan elemanların düzenli aralıklarla değiştirilmesi ile önlenir. Üçüncü tip arızalar olan risk arızaları, rastgele, periyodik olmayan aralıklarda oluşur. Oluşumları hakkında öngörüm yapılamaz. Yeterli miktardaki uzun sürelerde oluşma sıklığı yaklaşık sabit olduğu varsayılır. Birinci ve üçüncü tip arızalar rastgele olduğundan bunlar rastgele olaylar kategorisine aittirler.

Verilen bir sistemin arızalanma olasılığını zamanın bir fonksiyonu olarak; T arıza süresini gösteren rastgele bir değişken, F(t), sistemin t süresince arızalı kalma olasılığı olmak üzere,

$$P(T \leq t) = F(t) \quad t \geq 0 \quad (1)$$

şeklinde gösterilir. Bu ifadede  $F(t)$  aynı zamanda güvenilirlik fonksiyonu olarak bilinen arıza dağılım fonksiyonudur. Bundan dolayı sistemin, verilen bir  $t$  zamanında, istenen fonksiyonu işletmeden ayrılmaksızın yerine getirme olasılığı, sistemin güvenilirliği olarak tanımlanır. Böylece güvenilirlik fonksiyonu olarak  $R(t)$ ;

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

olarak hesaplanır. Bu ifadede  $R(t)$  güvenilirlik fonksiyonu, sistemin  $t$  süresinde işlevini sürdürebilme olasılığını göstermektedir.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

olur. Arıza yoğunluk işlevi,

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (4)$$

olarak ifade edilir.

## II. SİSTEMLERDE GÜVENİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ

Güvenilirlik değerlendirmelerinde temel olasılık bağlantılarından yararlanılmakta ve sistemin sağlam olma olasılığı ile arızalı olma durumunun birbirinin tümleyeni olduğu belirtilerek, iki elemanlı bir sistem için elemanlarının arızalı ve sağlam olma olasılık durumları dört şekilde aşağıdaki gibi verilmektedir.

Bir elemanın güvenilirliği  $R_1$ , diğerinin  $R_2$  ise her iki elemanın sağlam kalması olasılığı durumu,

$$R_{sis} = R_1 \cdot R_2 \quad (5)$$

$Q_1$ , birinci elemanın arızalanma olasılığı ve  $Q_2$  de ikinci elemanın arızalanma olasılığı ise; elemanların biri ve her ikisinin arızalanma olasılığı durumu,

$$Q_{sis} = Q_1 + Q_2 - Q_1 \cdot Q_2 \quad (6)$$

$$Q_{sis} = 1 - R_1 \cdot R_2 \quad (7)$$

$$Q_{sis} = 1 - R_{sis} \quad (8)$$

Elemanların biri veya her ikisinin sağlam olma olasılığı durumu,

$$R_p = R_1 + R_2 - R_1 \cdot R_2 \quad (9)$$

Elemanların her ikisinin de arızalanma olasılığı durumu,

$$Q_p(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t) \quad (10)$$

$$Q_p(t) = 1 - R_p(t) \quad (11)$$

şeklinde belirtilebilmektedir.

Bağımsız elemanlı  $n$  adetli bir seri sistemde sistemin güvenilirliği,

$$R_{sis} = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot P(E_3) \cdot \dots \cdot P(E_n) \quad (12)$$

$$R_{sis}(t) = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_n \quad (13)$$

olarak hesap edilebilir.

Bağımsız elemanlı  $m$  adetli bir paralel sistemde sistemin güvenilirliği,

$$Q_{sis} = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot P(E_3) \cdot \dots \cdot P(E_m) \quad (14)$$

$$Q_{sis} = Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \dots \cdot Q_m \quad (15)$$

$$R_{sis} = 1 - Q_{sis} \quad (16)$$

olarak hesaplanır.

Burada tüm birimlerin eşzamanlı işledikleri ve arızaların, çalışan diğer alt sistemlerin güvenilirliğine etkilemediği kabul edilmektedir.

## III. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN STANDARTLAR

Dağıtım Sistemleri, bir tüketim bölgesi içerisinde, elektrik enerjisini, üretim ve iletim sistemlerinden alarak, tüketicilere kadar ulaştırmak için kurulan sistemler olup, üretim ve iletim sistemleri ve tüketiciler arasındaki son bağlantıyı sağlayan özelliği ile tüm elektrik sistemlerinin en önemli bölümüdür. Birçok durumda bu bağlantılar radyal olarak tasarlandığından, tek bir arıza olayı nedeniyle devre dışı kalmaya yatkın olmaktadır.

Temel güvenilirlik teorisinin endüstriyel dağıtım sistemlerine uygulanması ve sayısal sonuçları, analiz yönteminin pratik olduğunu göstermektedir. Bu uygulama ile dağıtım sistemlerine ait güvenilirlik durum değerlendirme yapılarak, endüstriyel tüketiciler için önemli güvenilirlik çıktıları elde edilebilir.

Türkiye'de elektrik kalitesi ve hizmet sürekliliğine ilişkin yasal boşluklar 19 Şubat 2003 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği ile kısmen giderilmeye çalışılmıştır[5]. Yönetmelikte tanımlanan hizmet sürekliliğine ilişkin performans göstergelerinin, yani dağıtım sistemi için güvenilirlik indislerinin tespit edilmesine ilişkin standartlar getirilmiştir. Yönetmelikte belirtilen performans göstergeleri aşağıda verilmiştir.

### Eşdeğer Kesinti Süresi Göstergesi:

Bu gösterge her bir fider için ayrı hesaplanır ve altı aylık dönem içinde ilgili fiderin toplam saat olarak ne kadar süre kesintiye uğradığını gösterir.

$$EKSÜREG_f = \sum_{i=1}^{TKS_f} t_i$$

$t_i$  i'inci kesintinin süresini,  $TKS_f$  "f" fiderinin son altı ay boyunca uğradığı toplam kesinti sayısını ifade etmektedir.

### Eşdeğer Kesinti Sıklığı Göstergesi:

Bu gösterge, bir "f" fiderinin altı ay içinde uğradığı kesinti sayısı olarak sunum güvenilirliğini ifade edilmektedir.

$$EKSİKG_f = TKS_f$$

### Eşdeğer Kesinti Süresi Göstergesi:

Bu gösterge, her bir kullanıcı için hesaplanır.  $EKSÜREG_j$  kullanıcı "j"nin altı aylık dönemde uğradığı kesintilerin saat olarak toplam süresini,  $t_j$  kullanıcı "j"ye ait i'inci kesintinin süresini,  $TKS_j$  kullanıcı "j"nin son altı ay içindeki toplam kesinti sayısını ifade etmektedir.

$$EKSÜREG_j = \sum_{i=1}^{TKS_j} t_i$$

### Eşdeğer Kesinti Sıklığı Göstergesi:

Bu gösterge, altı aylık süre içinde, bir kullanıcının uğradığı kesinti sayısı olarak sunum güvenilirliğini ifade etmektedir.

$$EKSİKG_j = TKS_j$$

### Sistem Ortalama Kesinti Süresi Göstergesi:

$$OKSÜREG = \frac{\sum_j [(j \text{ Olayının Süresi}) \times (\text{Etkilenen Kullanıcı Sayısı})]}{(\text{Sistemdeki Toplam Kullanıcı Sayısı})}$$

### Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı Göstergesi:

$$OKSİKG = \frac{\sum_j (j \text{ Olayından Etkilenen Kullanıcı Sayısı})}{(\text{Sistemdeki Toplam Kullanıcı Sayısı})}$$

OKSÜREG ve OKSİKG göstergeleri, dağıtım şirketinin genel hizmet kalitesi performanslarının ölçülmesini sağlamaktadır ve bu değerler için özel bir sınır belirlenmemiştir.

Tablo.1 EKSÜREG<sub>f</sub> ve EKSİKG<sub>f</sub> Göstergeleri İçin Sınır Değerler

	Aşama 1-2-3	Aşama 4
MD <sub>EKSÜREG<sub>f</sub>Kent</sub>	24 saat	36 saat
MD <sub>EKSİKG<sub>f</sub>Kent</sub>	16 kez	28 kez
MD <sub>EKSÜREG<sub>f</sub>Kırsal</sub>	36 saat	48 saat
MD <sub>EKSİKG<sub>f</sub>Kırsal</sub>	20 kez	36 kez

EKSÜREG<sub>f</sub> ve EKSİKG<sub>f</sub> göstergeleri için kabul edilebilir Tablo.1 de gösterilen sınır değerler, kesinti süresi ve kesinti sıklığı açısından yönetmelikle standart hale getirilmiştir. Bu tabloda verilen Aşama 1-2-3 dağıtım şirketinin dağıtım lisansını almasından itibaren gerekli şartları yerine getirebilmesi için ihtiyaç duyulan süreçler olup, yaptırım anlamında bağlayıcılık bulunmamaktadır. Aşama 4 ise ilk üç aşamanın tamamlanmasından sonra kullanıcı bazında hesaplanan performans göstergelerinin, yaptırım anlamında bağlayıcılığının olduğu süreçtir ve sınır değerlerin aşılması halinde tazminat ödeme yükümlülüğü ortaya çıkar. Bu değerlere ilişkin,

1) Eşdeğer Kesinti Süresi Göstergesi açısından;

$$\dot{O}TM_f = [(EKSÜREG_f - TES_f) - MDEKSÜREG_f] \times SEB \times AD_f$$

$\dot{O}TM_f$  "f" fideri için tutturulamayan hedefler nedeniyle kullanıcıya ödenecek tazminat miktarını,  $EKSÜREG_f$ , son altı ay içinde "f" fideri için hesaplanan göstergesi,  $TES_f$ , son altı ay içinde "f" fideri için daha önce tazmin edilen saatleri,  $MDEKSÜREG_f$ ,  $EKSÜREG_f$  göstergesi için kabul edilebilir sınır değeri,  $SEB$ , sunulamayan enerjinin bedeli (kurum tarafından belirlenir),  $AD_f$ , son altı ayda "f" fiderindeki kW olarak ortalama talebi, ifade etmektedir.

2) Eşdeğer Kesinti Sıklığı Göstergesi açısından;

$$\dot{O}TM_f = [(EKSİKG_f - TEF_f) - MDEKSİKG_f] \times (EKSÜREG_f / EKSİKG_f) \times SEB \times AD_f$$

$\dot{O}TM_f$ , "f" fiderinde kullanıcıya ödenecek tazminat miktarını,  $EKSİKG_f$ , "f" fiderinde son altı ay için hesaplanan göstergesi,  $TEF_f$ , son altı ay içinde "f" fideri için daha önce tazmin edilen kesinti sayısını,  $MDEKSİKG_f$ ,  $EKSİKG_f$  göstergesi için kabul edilebilir sınır değeri ifade etmektedir.

Bir fider için, aynı hesap döneminde hem EKSÜREG<sub>f</sub> hem de EKSIKG<sub>f</sub> göstergeleri için sınır değerlerin aşılması durumunda, dağıtım şirketi tarafından kullanıcıya en yüksek olan tazminat miktarı ödenir.

#### IV. SONUÇ

Ülkemizde Enerji Piyasası Kanunu ve buna bağlı yönetmelilerin çıkarılması ile birlikte enerjide serbest piyasa oluşmaya başlamıştır. Tam rekabet piyasasında enerji kalitesi önemli bir yer arz etmektedir. Enerji kalitesini belirleyen etkenlerden bir tanesi de güvenilirlik indisleridir.

Dağıtım sistemlerinde güvenilirliğin artırılması ile, servis sürekliliği sağlanarak, devre dışı kalmalar hesaplanarak bu anlardaki maliyetler tespiti yapılabilir. Böylece servis sürekliliğinin sağlanması ve bakım planlaması gerçekleştirilebilir.

Temel güvenilirlik teoreminin elektrik dağıtım sistemlerine uygulanmasıyla güvenilirlik düzeyinin tespiti sağlanır.

#### KAYNAKLAR

- [1]. Gönen, T., "Electric Power Distribution System Engineering", McGraw Hill Series in Electrical Engineering, New York, 1986
- [2]. Billinton, R., "Power System Reliability Evaluation", Gordon and Breach, Science Publishers, New York, 1976
- [3]. Billinton, R., Allen, R. N., "Reliability Evaluation of Engineering Systems", Plenum Press, New York, 1992
- [4]. Bazovsky, I., "Reliability Theory and Practice", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1961
- [5]. "Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği", sayfa 30, 25025 nolu Resmî Gazete, Ankara, 2003