

# DAĞITIM ŞEBEKESİNDE GÜVENİLİRLİK ANALİZİ

**Nurşen DÜNDAR**

İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Ayazağa kampüsü/ İstanbul

**Belgin TÜRKAY**

## ABSTRACT

The reliability evaluation of electric power distribution system in İstanbul was done by using past system data. The analysis was developed by using computer programs for both analytical and Monte Carlo simulation methods. The basic reliability indices for load points were obtained using two methods, then the system performance indices (SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, ENS) could be calculated. Distribution system reliability evaluation can be done according to the system performance indices. The reliability evaluation is the comparing this indices with acceptable average values. In addition the effects of the type of the system and feeder automation on reliability was examined and some suggestions was given to improve the system reliability performance.

Keywords: Electric Power Distribution, Reliability, Monte Carlo Simulation

## 1.GİRİŞ

Elektrik güç sisteminin temel görevi, tüketicilere ekonomik, kaliteli ve kabul edilebilir derecede güvenilir enerji sağlamaktır. Sistemin işletme süresi boyunca, kendinden beklenen bu görevi yerine getirebilme yeteneği güvenilirlik olarak adlandırılır. Elektrik güç sisteminin güvenilirlik analizi üç seviyede gerçekleştirilmektedir [1]. Üretim bölgesini içeren seviyede güvenilirlik analizi sistemin üretilen gücün toplam sistem yükünü karşılayıp karşılamayacağını belirlemek amacıyla yapılır. Üretim ve iletim bölgelerini kapsayan seviye büyük yük noktalarında yük ihtiyacının karşılanmasına ilişkin sistemin değerlendirilmesidir. Her üç bölgeyi de kapsayan seviye genellikle sistemin boyutu nedeniyle sadece dağıtım sistemi güvenilirlik değerlendirmesi olarak ele alınmaktadır. Dağıtım sisteminde güvenilirlik değerlendirmesi, gerçek yük noktaları için uygun yeterlilik indislerinin hesaplanması ile yapılmaktadır. Üretim ve iletim bölgelerini kapsayan seviyede elde edilen indislerin tüketici yük noktası indislerinin analizindeki etkisi ihmal edilebilecek kadar azdır. İkinci seviyede elde edilen indislerin yük noktası indislerine etkisi %1 civarında olduğu istatistiklerle [1] verilmiştir.

Dağıtım sistemi enerjinin, tüketiciye ulaştığı kısım olması sebebi ile bu sistemde oluşacak bir arıza doğrudan tüketiciyi etkilemektedir. Bu nedenle dağıtım sisteminde

güvenilirlik değerlendirmesinin yapılması önemlidir.

Çalışmada Sarıyer bölgesine ait 10.5 KV'luk orta gerilim dağıtım şebekesinin Monte Carlo Simülasyonu ve analitik yöntem kullanılarak güvenilirlik analizi yapılmıştır. Güvenilirlik değerlendirmesi yapılabilmesi için örnek şebekenin temel yük noktası ve performans indisleri her iki yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. İndisler MATLAB'da geliştirilen program ile bulunmuştur. Çalışmada verilen bütün simülasyon sonuçları 64 MB RAM'li 366 MHz lik bilgisayar ile elde edilmiştir.

## 2.DAĞITIM ŞEBEKESİ GÜVENİLİRLİK ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Elektrik güç dağıtım sistemlerinde güvenilirlik değerlendirmesi üç temel indise göre yapılmaktadır. Analizlerde her yük noktasına ait arıza oranları ( $\lambda$ ), tamir süreleri ( $r$ ) ve yıllık toplam kesinti süreleri ( $U$ ) temel olarak alınmaktadır. Bu indislerin hesaplanabilmesi için sistemin bütün elemanlarına ilişkin arıza ve tamir verilerinin biliniyor olması gerekmektedir. Bir çok elektrik kurumu güvenilirlik verilerini toplamadıkları için güvenilirlik analizi yapamamaktadırlar. Sistemin geçmiş performansın değerlendirilmesi ve gelecekteki sistem performansının tahmini için veriler toplanmalıdır. Gelecekteki performansın değerlendirilmesi, sistemin gelecek davranışını belirlerken, geçmiş performans değerlendirilmesi, sistemin zayıf yönlerini görmek ve iyileştirmeler yapmak açısından oldukça yararlıdır. Toplanan veriler ve onları kullanarak elde edilen indislerin değerlendirilmesinin kalitesi uygunluk ve güven olmak üzere iki temel faktöre bağlıdır. Burada önemli olan personelin, verilerin gelecekte kullanılacağı ve sistemin gelecekteki iyileştirilmelerini etkileyecek yönde etkili olacağı konusunun bilincinde olmaları ve gerekli dikkat ve özeni göstermeleridir. İstatistiksel indislerin kalitesi, verilerin ne şekilde işlendiği, ne kadar toplandığı ve düzenli olarak saklanan verilerin toplandığı zaman aralığına bağlıdır. Türkiye'de elektrik güç sistemi verilerini düzenli bir şekilde toplama ve değerlendirme işlemi olmamaktadır. Güvenilirlik analizinde kullanılan kesinti bilgileri, ancak Elektrik Kurumu'nun bölgesel olarak tuttuğu ve sadece o bölgeye ait olan kayıtlar sayesinde elde

edilebilmektedir. Bu bilgilerin bir sistem dahilinde tutulmamış olması da verileri derlemek için ayrıca bir çalışma yapılması gereğini ortaya koymaktadır. Verilerin kullanılarak güvenilirlik indislerinin hesaplanması iki yöntemle yapılabilir.

a) Analytik Yöntem:

Analytik yöntemde dağıtım sistemi matematiksel model ile gösterilir. Çalışmada indisler hesaplanırken şebeke elmanlarının birbirlerine seri bağlı oldukları kabulü yapılmıştır. Bu yöntemde her yük noktasına ait arıza oranı, tamir süresi ve yıllık toplam kesinti süresi indisleri aşağıdaki denklemler ile verilmiştir.

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad (1)$$

$$\bar{r}_s = \frac{1}{\mu_s} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \bar{r}_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \quad (2)$$

$$U_s = \lambda_s \bar{r}_s = \sum_{i=1}^N \lambda_i \bar{r}_i \quad (3)$$

(1)-(3) denklemleri ile tanımlanan eşitlikler temel yük noktası indisleridir. Bu indisler kullanılarak Bölüm 3 de tanımlanan performans indisleride hesaplanır.

b) Monte Carlo Simülasyonu ile Güvenilirlik Değerlendirmesi:

Monte Carlo Yöntemi, rastgele sayıları kullanan genel bir olasılıksal simülasyondur [2]. Monte Carlo yönteminde bir sisteme ait parametrelerin örneksel olarak çözümlenmek ve örnek sayısını arttırarak gerçek çözüme yaklaşmak esastır. Yöntem üç temel aşamada gerçekleşir. Birincisi düzgün rastgele değerler kümesinin oluşturulması, sonra bu değerleri istenen olasılık dağılımına göre dağıtılması, daha sonra da bu işlemler yeterli sayıda tekrarlanarak sonucun elde edilmesi sağlanır.

Dağıtım sisteminin boyutu büyüdükçe analitik yöntemin uygulanması zorlaşmaktadır. Monte Carlo simülasyonunun durum-süre örneklemeinde indislerin ortalama değerlerinin yanı sıra olasılıksal dağılımlarını da elde edilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca simülasyon yöntemi, tamir dağılımının karmaşık olduğu sistemlerde analitik yöntemde olduğu gibi bir çok kabul ve ihmaller yapmadan kolaylıkla uygulanabilir. Analitik yöntemi güvenilirlik ölçüsünün sadece ortalama ya da beklenen değerini verir. Beklenen değer, yüklerin güvenilirlik temel indisleridir ve daha kullanışlıdır. Bu nedenle güvenilirlik ölçülerinin değişimine artan ihtiyaç olasılıksal dağılımlar ile

karşılanmıştır. Amaç, arızanın kaç tane olacağının bilinmesi değil, olasılıksal dağılımlar ile arıza olma sayısının olasılığının bulunabilmesidir. Monte Carlo simülasyon yöntemi ile temel indislerin ortalama ve beklenen değerlerinin yanısıra, arıza sayıları, toplam kesinti süreleri ve performans indislerinin olasılıksal olarak dağılımı bulunur.

### 3. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK ANALİZİ İNDİSLERİ

Elektrik güç dağıtım sistemlerinde güvenilirlik değerlendirmesi 3 temel indise göre yapılmaktadır. Analizlerde her yük noktasına ait arıza oranları ( $\lambda$ ), tamir süreleri ( $r$ ) ve yıllık toplam kesinti süreleri ( $U$ ) temel olarak alınmaktadır. Yük noktalarına göre değişim gösteren bu üç indis; analitik olarak ya da Monte Carlo simülasyonu ile bulunabilir. Bu indisleri kullanarak, yük noktaları için daha önce tanımlanmış ve *IEEE*, *EEL*, *EPRI* ve *CEA* gibi değişik gruplar tarafından tanınmış olan sistem performans indisleri hesaplanır [2-4].

Bu çalışmada kullanılan performans indisleri:

**SAIFI** : sistemin yıllık ortalama kesinti frekans indisi (kesinti sayısı/tüketici sayısı/yıl)

$$SAIFI = \frac{\sum_{i \in R} \lambda_i \times N_i}{\sum_{i \in R} N_i} \quad (4)$$

**SAIDI** : Sistemin ortalama kesinti süresi indisi (saat/tüketici sayısı/yıl)

$$SAIDI = \frac{\sum_{i \in R} U_i \times N_i}{\sum_{i \in R} N_i} \quad (5)$$

**CAIDI** : Tüketici ortalama kesinti süresi indisi (yıl/tüketici sayısı)

$$CAIDI = \frac{\sum_{i \in R} U_i \times N_i}{\sum_{i \in R} \lambda_i \times N_i} \quad (6)$$

**ASAI** : Ortalama servis mümkünlüğü indisi

$$ASAI = \frac{\sum_{i \in R} 8760 \times N_i - \sum_{i \in R} U_i \times N_i}{\sum_{i \in R} 8760 \times N_i} \quad (7)$$

**ENS** : Sağlanamayan yıllık enerji miktarının indisi

$$ENS = \sum_{i \in R} P_{ai} \times U_i \quad (\text{kWh/yıl}) \quad (8)$$

### 3. SARIYER BÖLGESİNİ BESLEYEN ORTA GERİLİM DAĞITIM ŞEBEKESİ

10,5 kV gerilim seviyesinde olan bu şebeke yük ve güç değerleri Tablo 1'de verilen 16 adet 10/0,4 kV'luk indirici transformatörden oluşmaktadır. Bu indirici transformatörlerin 8 tanesi 1. Ana besleme hattından, diğer 8 tanesi de 2. Ana besleme hattından beslenmektedir. Dağıtım

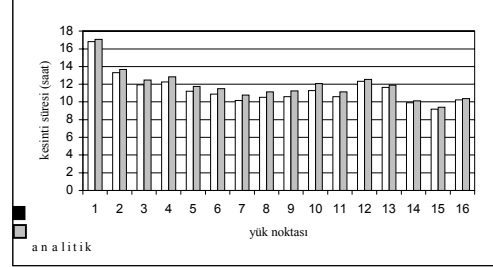
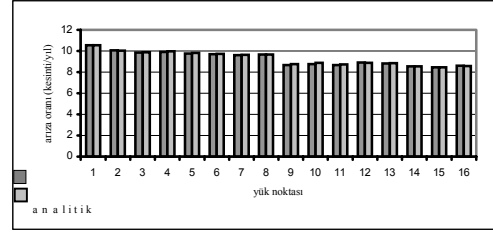


Tablo 2. Sarıyer bölgesine ait güç ve tüketici bilgileri

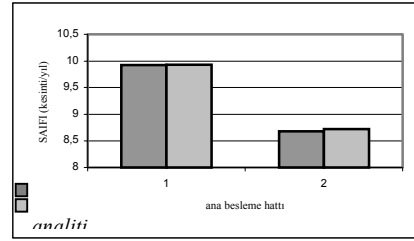
TM	YN	Kurulu güç (kVA)	puant yük (kW)	Tüketici sayıları
4220	LP1	630	510	470
4037	LP2	1000	960	410
4036	LP3	630	400	390
4189	LP4	400	310	1
4031	LP5	630	370	440
4063	LP6	630	610	580
4150	LP7	250	90	130
4076	LP8	630	500	245
4021	LP9	630	610	620
4182	LP10	630	490	340
4079	LP11	630	580	350
4430	LP12	1250	1100	460
4099	LP13	630	420	320
4490	LP14	1000	720	210
4215	LP15	400	370	350
4064	LP16	1250	800	300

Tablo 4. Sarıyer Dağıtım Şebekesine ait analiz sonuçları

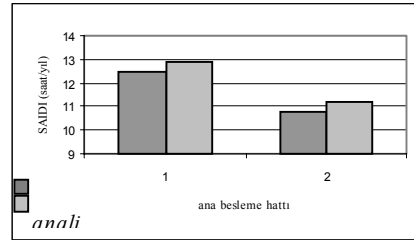
SARIYER						
HALKA ŞEBEKE						
halka	analitik			simülasyon		
	$\lambda$	r	$U=(\lambda \cdot r)$	$\lambda$	r	$U=(\lambda \cdot r)$
LP1	10,55	1,59	16,82	10,55	1,62	17,06
LP2	10,05	1,33	13,32	10,02	1,37	13,69
LP3	9,85	1,21	11,92	9,86	1,27	12,47
LP4	9,90	1,24	12,27	9,97	1,29	12,82
LP5	9,75	1,15	11,22	9,81	1,20	11,76
LP6	9,70	1,12	10,87	9,71	1,19	11,51
LP7	9,60	1,06	10,17	9,62	1,12	10,77
LP8	9,65	1,09	10,52	9,67	1,15	11,12
LP9	8,65	1,22	10,59	8,76	1,28	11,25
LP10	8,75	1,29	11,29	8,88	1,36	12,07
LP11	8,65	1,22	10,59	8,73	1,27	11,15
LP12	8,90	1,39	12,34	8,88	1,42	12,56
LP13	8,80	1,32	11,64	8,83	1,35	11,91
LP14	8,55	1,16	9,89	8,54	1,18	10,11
LP15	8,45	1,09	9,19	8,45	1,11	9,41
LP16	8,60	1,19	10,24	8,58	1,21	10,38



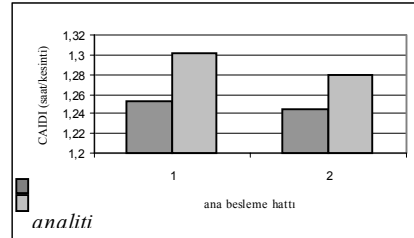
Şekil 2. Sarıyer şebekesi temel güvenilirlik indisi analitik ve simülasyon sonuçları



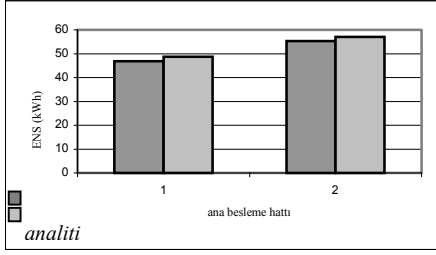
Şekil 3 Sarıyer şebekesi ortalama kesinti frekansı performans indisi



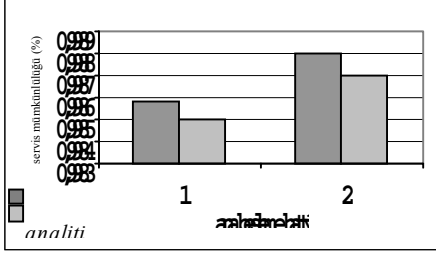
Şekil 4. Sarıyer şebekesi ortalama kesinti süresi performans indisi



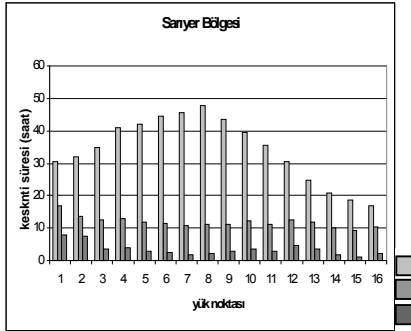
Şekil 5. Sarıyer şebekesi tüketici ortalama kesinti süresi performans indisi



Şekil 6. Sarıyer şebekesi sağlanamayan enerji miktarı performans indisleri



Şekil 7. Sarıyer şebekesi ana besleme hatları mümkünlülüğü performans indisleri



Şekil 8. Sarıyer bölgesi kesinti sürelerinin şebeke şekline göre değişimi

Elektrik dağıtım sistemleri, radyal, halka, açık halka ve ya gözlü şebeke şeklinde çalışmaktadır. Türkiye’de genellikle açık işleyen halka şebekeler kullanılmaktadır, radyal şebekelere de rastlanmaktadır. Radyal şebekeler yapıları gereği tek taraftan besleme yaptığı için, sistemdeki kesinti süresi diğer sistemlere oranla daha yüksektir. Sistemin küçük bir kısmında arıza olduğunda başka bir besleme kaynağı olmadığından tüm tüketiciler enerjisiz kalacaktır. Radyal şebeke arıza sürelerine bakıldığında ortalama olarak 20-25 saat kesinti süresi olduğu görülmektedir.

Sarıyer bölgesi dağıtım şebekesinin radyal, açık halka işleme durumlarında simülasyon ile elde edilen yük noktalarına ait yıllık kesinti sürelerinin şebeke şekline göre gösterdiği değişim Şekil 8’de görülmektedir. Sonuçlar şebekenin her iki ana

besleme şebekesi için ayrı ayrı yapılmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi radyal şebekelerde hattın sonlarına doğru beslenen yüklerin kesinti sürelerinde bir artış olmaktadır. Daha koyu renkli gösterilen açık halka işleme durumunda kesinti süreleri Sarıyer de 8 saate kadar düşmektedir.

## 5. SONUÇ

Çalışmada, gerçek dağıtım sistemleri üzerinde güvenilirlik analizi analitik ve Monte Carlo simülasyonu yöntemleri ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçları karşılaştıracak olursak, halka şebeke olarak işleyen bu şebekelerin kesinti sayıları ve süreleri gibi temel yük noktası indisleri ve performans indisleri simülasyon yönteminde daha fazla çıkmaktadır. Bunun en büyük nedeni simülasyonun sistemin tüm doğal davranışını yansıtabilmesidir. Örneğin analitik yöntemde çözüm yapılırken açık halka şebeke için arıza durumunda diğer besleme hattının %100 güvenilir olduğu varsayılmaktadır. Böylelikle kesinti süresi ve arıza oranları gerçek sistem değerlerinden düşük çıkmaktadır.

Elektrik dağıtım sistemlerinin güvenilirliği bir çok faktöre bağlı kalmaktadır. Dağıtım sistemindeki gerilim seviyesi, sistem tasarımı, otomasyon, hattın çeşidi (hava hattı, kablo hattı), sistemdeki değişiklikler, çevre koşulları personel nitelikleri ve sistemde kullanılan elemanların hepsi bir bütün olarak sistemin güvenilirliğini etkilemektedir.

Sarıyer şebekesi gerçek (açık halka) çalışma durumu gözönüne alınarak değerlendirilirse güvenilir olmadığını görülmektedir. Eğer gelecekte şebekeye otomasyon uygulanırsa gibi güvenilir bir şebeke haline gelecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Reliability Evaluation of Engineering Systems R. Billinton., R.N. Allan, Plenum Press, New York & London, 1992
- [2] Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods, R. Billinton. and W. Li, Plenum, New York, 1994.
- [3] “Monte Carlo Simulation Applied to Distribution Feeder Reliability Evaluation”, L. Goel and R. Billinton, Elsevier, Electric Power System Research, (29), 1994.
- [4] “Distribution system Reliability Evaluation using the Monte Carlo Simulation Method”, X. Liang and L. Goel., Elsevier, Electric Power System Research, (40), 1997.
- [5] Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Güvenilirlik Analizi, Nurşen Dündar, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Ens., 2002
- [6] “Evaluation of Interrupted Energy Assessment Rates in Distribution Systems”, L. Goel and R. Billinton., IEEE Transactions of Power Delivery, 6 (4), 1991.
- [7] Power Distribution Engineering Fundamentals and Applications, J.J. Burke, Marcel Dekker, Inc., New York, 1994.
- [8] TÜBİTAK-BİLTEN, Seminar on The Planning of The Feeder Automation of Transmission and Distribution Systems in Istanbul., 1995.