

# ORTA GERİLİMDEN BAĞLANAN ÖZEL SEKTÖR ELEKTRİK SANTRALLERİNİN ŞEBEKE GÜVENİLİRLİĞİNİN ARTTIRILMASINDAKİ ROLÜNÜN İNCELENMESİ

Levent KILIÇ

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
İş Kuleleri Kule 2  
34330 4.Levent İstanbul  
[lkilic@sisecam.com](mailto:lkilic@sisecam.com)

Ayşen BASA ARSOY

Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Fakültesi  
Kocaeli Üniversitesi, 41100 İzmit Kocaeli  
[aba@kocaeli.edu.tr](mailto:aba@kocaeli.edu.tr)

## Özet

Ulusal şebekeye bağlanan özel sektör elektrik santrallerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Çeşitli büyüklükte güçteki bu santrallerin şebekeye olumlu katkısı olmaktadır. Santrallerin şebekeye bağlanması için gerekli hesaplamalar daha çok ekipmanların seçiminde ve korumaların hangi değerlere göre ayarlanacağını belirlemede rol oynamaktadır. Santrallerin kurulum hesaplamalarının ve işletmeciliğinin doğru yürütülmesinin sistem güvenilirliğinin artırılmasındaki önemi büyüktür. Bu çoğu zaman en kötü durumlar için baz alınmaktadır. Bu makalede, OG seviyesinde şebekeye bağlanan özel sektör santrallerinin santral ve şebeke güvenilirliği bakımından ve rezerv olarak değerlendirilmesi incelenmiştir. Makalede gerçek santralin işletme verileriyle bağlı olduğu bara incelenecektir. Elde edilen sonuçlar, başka bir bölgeninki ile karşılaştırılarak, şebekede sağladığı fayda görülecektir.

## 1. Giriş

Ülkemizde gerek dağıtım bölgelerinin özelleştirilmesi ve gerekse de bu sistem üzerinden şebekeye bağlanmak isteyen ve çeşitlilik arz eden özel sektör santrallerinin sayısının gün geçtikçe artması [1], iki önemli değerlendirme kriterini ortaya çıkarmaktadır: Bunlardan birincisi dağıtım şebekesinin modellenirken normal koşullara göre nasıl olması gerektiği, ikincisi ise işletme ve arıza hallerinde nasıl bir tepki beklenmesi gerektiğinin belirlenmesidir.

Şebeke yapısı, normal olarak başlangıçta statik olarak planlanmakta ve daha sonra buna göre bağlantı

izinleri verilmektedir [2-7]. Yapı, olumsuzlukların azaltılması amacıyla çeşitli kısıtlayıcı kriterleri de beraberinde getirmektedir. Ancak, günümüz rekabetçi piyasasında, bu kabul kriterlerinin başlangıçtan itibaren tüm katılımcılar için belli ve aynı olması, tüm bölgeler için standartlaştırılması ve yüksek kalite hedeflerine, şebeke işletmecisi tarafından da uyulması beklenmektedir.

Artık özel sektör olarak düşünülmesi gereken dağıtım şirketlerinin, güç kalitesi bakımından da belirli yükümlülükleri gerçekleştirmesi gerekmektedir. Aksi durumda kendileri tarafından uygulanmakta olan reaktif ceza, yan hizmetlere uymama cezası benzeri bir ceza, kendilerine karşı da “güven sağlayamama” cezası şeklinde bir uygulamaya gidilmelidir.

Sanayi işletmeleri şebekeden kaynaklanan güç kalitesi olumsuzluklarını azaltmak ve enerji verimliliği için kendi imkanları ile yatırımlarda bulunmaktadır. Bu yatırımların başında elektrik ve ısının aynı anda üretildiği, doğrudan buhar kullanımının olduğu kojenerasyon ve buharın tekrar elektrik üretim amacıyla kullanıldığı kombine çevrim santralleri gelmektedir. Özellikle termik olan bu tür elektrik santrallerinin gerek enerjisini karşıladığı sanayi işletmesine ve gerekse de ulusal şebekeye çeşitli katkıları bulunmaktadır [8]. OG seviyesinden şebekeye bağlanan santraller, normal koşullar altında şebekeyle senkron, arıza durumlarına karşı ve istenildiğinde olmak üzere ada modunda çalışmaya uygun tasarlanmakta, olumsuz şebeke koşullarında, kısmi üretim yapılmasını gerektirecek durumlarda, barasında bulunan fabrikaların üretim sürekliliğinin

sağlanabilmesi amacıyla, yük atma sistemi oluşturulmaktadır.

Bu makalede, iki farklı dağıtım bölgesinde işletilmiş ve işletilmekte olan özel sektör elektrik santrallerinin ve şebeke verilerinden yola çıkılarak, normal koşullardaki, 1.) santral güvenilirliğinin artırılması, 2.) şebeke güvenilirliğinin artırılması, 3.) orta gerilim (OG) seviyesinden bağlı santrallerin rezerv olarak değerlendirilmesi incelenecektir.

## 2. Güvenilirlik Değerlendirilmesi

Güvenilirlik bir ekipmanın/sistemin belirlenen koşullar altında ve zaman içinde kendisinden beklenen amacı sağlaması demektir. Elektrik santrallerinde kapasite artırımının gerek santral gerekse şebeke açısından güvenilirliğe etkisinin iyi belirlenmesi gerekir. Bu bölümde, santral ve şebeke güvenilirliği ile rezerv marjının nasıl hesaplanacağı ile ilgili ifadeler çıkarılacaktır.

### 2.1. Santralin Güvenilirliği

Elektrik santrallerinde kapasite artırımı çok sık ortaya çıkan bir durumdur. Gerek baradan beslenen yük talebinin artması, gerekse de piyasada etkin oyuncu olabilmek koşullarının değişmesi mevcut yapıya ilave makine eklenmesini gerektirebilmektedir.

Elektrik santralleri pahalı yatırımlardır. Ulusal şebekeye bağlanacakları için etkilerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Gerek santral ve gerekse de şebeke tarafındaki verilerin doğru sağlanması ve işlenmesi, hesapların doğruluğunu arttıracaktır. Yapılan hatalar, teknik olarak mümkün olsa da, yapının değişmesi nedeniyle, düzeltilmesi mümkün olamamaktadır. Bu da aynı işlemlerin sıfırdan, maliyetlerin artarak yeniden yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca bu nedenle şebeke tarafında da şebeke yöneticisi tarafından sert kısıtlamalara gidilmektedir.

Amerikan Güvenilirlik Konseyi tarafından tanımlanan güvenilirlik formüllerinin santraller için düzenlenmiş halleri Denklem 1 ve 2'de belirtilmektedir [9]:

$$AV = \frac{D - (B + A)}{D} \quad 1.$$

$$R = \frac{D - (B + A)}{(D - B)} \quad 2.$$

AV = Emreamelik, R= Güvenilirlik, D = Dönem zamanı [Saat, Gün, Ay, Yıl], B = Bakım zamanı [Saat, Gün, Ay, Yıl], A = Arıza zamanı [Saat, Gün, Ay, Yıl] olarak tanımlanmaktadır.

Santral içerisinde (n) tane benzer büyüklük ve güvenilirlik faktörüne sahip ünite düşünülürse, (m) sayıda ünitenin devrede olma olasılığı (P) binom dağılımı kullanılarak,

$$P(m) = \sum \frac{n!}{m! (n-m)!} R^m (1-R)^{n-m} \quad 3.$$

Binom açılımının a ve b olayları için basitleştirilmesi ile alttaki ifadelere elde edilebilmektedir [10,11]:

$$P(a \cup b) = P_a + P_b - P_a P_b$$

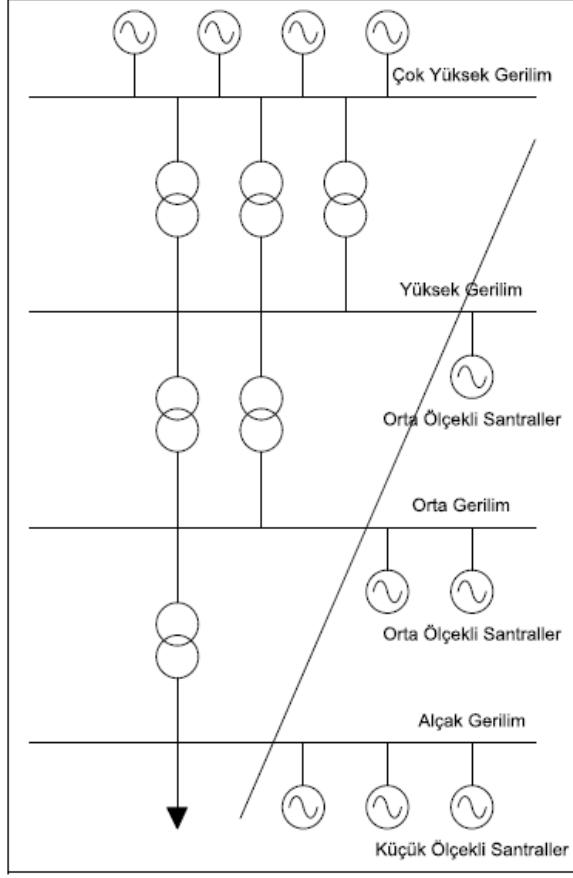
$$P(a \cup b) = 1 - (1 - P_a)(1 - P_b)$$

n olay için aşağıdaki genelleştirilmiş hali kullanılabilir:

$$P(a \cup b) = 1 - (1 - P_a)(1 - P_b) \dots (1 - P_n) \quad 4.$$

### 2.2. Şebeke Güvenilirliği

2\*100 MVA trafodan oluşan ve kendisine bağlı OG santral ve yüklerin olduğu tipik bir santral ve bağlı bulunduğu OG şebeke yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Tipik Bir Santral Bağlantı Tek Hat Diyagramı

Dağıtım sisteminde güvenilirlik kesinti sayısı ve süreleri ile değerlendirilmektedir. Güvenilirlik endekslerinden bazıları aşağıda tanımlanmaktadır [12].

$$SAIFI = \frac{\text{Toplam Musteri Kesilme Sayısı}}{\text{Musteri Sayısı}} \quad 5.$$

$$SAIDI = \frac{\text{Musteri Kesilme Süresi}}{\text{Musteri Sayısı}} \quad 6.$$

$$CAIDI = \frac{\text{Musteri Kesilme Süresi}}{\text{Toplam Musteri Kesilme Sayısı}} \quad 7.$$

### 2.3. Rezerv Marjı

Güç santralının çıktısı

$$P = n.R.P_u \quad 8.$$

olarak alınabilir. Burada n ünite sayısını, R güvenilirlik faktörünü ve  $P_u$  da ünite gücünü göstermektedir.

Güç sisteminin  $\sigma$  standart sapması, 8, 9 ve 10 denklemindeki varyanstan hesaplanabilir:

$$\sigma = \sqrt{V} \quad 9.$$

$$V = N.R.(1-R).P_u^2 \quad 10.$$

Farklı büyüklük ve güvenilirlik faktörlerine sahip santrallerde,  $V_i$  her ünitenin kendi değerlerinin toplamıyla belirlenecektir.

$$\sigma = \sqrt{\left(\sum(V_i)\right)} \quad 11.$$

Her santralin varyansı ( $\sigma_i^2$ ) gerçek santral işletme tecrübelerine dayanarak tahmin edilecektir.

Güç sistemi, güvensiz olabilen santraller nedeniyle oluşacak açığı kapamak için rezerve ihtiyaç duymaktadır. Rezerv gereksinimi (RR) n sigma güven seviyesine (Z) bağlı olarak aşağıdaki formüle göre tanımlanabilir:

$$RR = \sum\left((1-R_i).P_{ui}\right) + Z.\sigma \quad 12.$$

Çoğu durumda güç sistemlerindeki en büyük ünite rezerv gereksinimi belirlemektedir. Rezerv gereksinimi aşağıdaki formül olarak basite indirgenebilir:

$$RR = \sum\left((1-R_i).P_{ui}\right) + P_{maks} \quad 13.$$

Eğer güç santrallerinin güvenilirliği en büyük santral olmadan, örneğin %95 ise ve en büyük santral system yükünün %10 una sahipse, rezerv gereksinimi %15 olacaktır ((%100-%95)+%10) [13].

Rezerv Marjı (fazlalığı) güç sistemi planlanırken gözönüne alınan kriterlerdendir. Rezerv Marjı (RM);

$$RM = \frac{\text{Kapasite} - \text{Tepe Yük}}{\text{Tepe Yük}} \quad 14.$$

Z sigma düzeyindeki rezerv güç gereksinimi yukarıdaki formül kullanılarak, aşağıdaki şekilde düzenlenebilir:

$$RM = \frac{n.P_u - (n.P_u.R - Z.\sigma.P_u)}{n.P_u.R - Z.\sigma.P_u}$$

$$= \frac{1 - (R - Z.\sigma/n)}{R - Z.\sigma/n} \quad 15.$$

$$RM = \frac{1 - R + Z.\sigma/n}{R - Z.\sigma/n}$$

### 3. Gerçek Durum Çalışması: Santral – Şebeke Güvenilirliğinin Arttırılması, Orta Gerilim (OG) Seviyesinden Bağlı Santrallerin Rezerv Olarak Değerlendirilmesi, Rezerv Marjının Belirlenmesi

1. Bölgede, baraya, güçleri 5 – 50 MW arasında değişen 20 adet farklı büyüklüklerde, yakıt türlerinde ve farklı güvenilirliklere sahip güç santrallerinin bağlı olduğu görülmektedir [14]. 2. Bölgede ise baraya tek bir santralin bağlı bulunması, güç sistemine bağlanan santral sayısının artmasının şebeke güvenilirliğine de olumlu katkı sağladığını gösterebilecektir.

Elektrik santralleri arıza, bakım, vb. durumlarda devre dışı olabilmektedirler. Kapasite planlaması ve makine sayı/büyüklük seçimi yapılırken plansız meydana gelen bu duruşlar çok kritiktir. Tablo 1’de ülkemizin farklı bölgesinde çalışan ve farklı makine tiplerine ait iki santralin Amerikan Güvenilirlik Konseyi tarafından tanımlanan güvenilirlik formüllerinin elde edilen veriler doğrultusunda kullanılmasıyla elde edilen 5 yıllık ortalama hesaplanmış verilerini göstermektedir [10,11].

Tablo 1: Santral Verilerine Göre Hesaplanmış Değerler

Santral	Makine	Güvenilirlik (R)	Emreamadelik (A)
A Santrali	1	96.93	95.68
	2	96.09	94.85
B Santrali	1	98.17	95.32
	2	97.40	94.77

A Santrali değerlerini her ünitenin R=0.96 güvenilirliğe sahip olduğunu kabul ederek, en azından bir ünitenin devrede olma (Denklem 5’den) olasılığı [13]

$$P(1) = 1 - (1 - 0.96)(1 - 0.96) = 0.9984$$

olduğu, aynı santrale bir ünitenin daha ilave edilmesiyle,

$$P(1) = 1 - (1 - 0.96)(1 - 0.96)(1 - 0.96) = 0.9999$$

hesaplanabilir. Santral makine sayısını, büyüklüğünü ve koruma beklentisini seçerken gözönüne alınması gereken bir kriterdir.

İki farklı dağıtım bölgesinin incelenmesiyle arıza ve bakım dolayısıyla sadece elektrik kesilmesine bağlı santral barasında hesaplanmış değerler Tablo 2’de verilmektedir [15,16].

Tablo 2: Santral Bölge Verilerine Göre Hesaplanmış Değerler

	SAIFI [adet/yıl]	SAIDI [dakika]	CAIDI [dakika/adet]
1. Bölge	6.0	489.8	81.63
2. Bölge	48.8	2029.6	41.59

Güç sistemi tarafından bakıldığında ve aynı hesaplama kabulleri kullanıldığında %99.84 güvenilirlikte 94 MW, %96.00 güvenilirlikte ise yaklaşık 98 MW rezerv bulunmaktadır. Göreceli olarak daha düşük değere sahip olan bu santral gruplarının şebeke güvenilirliğinin de kendisi gibi düşük kabul edilmesi durumunda bile 100 MW’lık baranın güvenilirliğini, gerekli koordinasyonlar ve etkin işletmecilik sağlanması halinde %96.00 dan %99.84 e çıkaracağı görülmektedir.

Denklem 15’de görüldüğü üzere, rezerv marjı gereksinimi sistemdeki ünite sayısı ve her ünitenin güvenilirliğine bağlıdır. Eğer n sonsuz ise, rezerv

marjı  $\frac{1-R}{R}$  dir. Eğer R %90-97 aralığında değişirse,

rezerv marjın %3-11 olması beklenir.

Sistem yükü 10 benzer üniteye bölündüğünde, her ünitenin %97 güvenilir olduğu varsayıldığında rezerv marjı %14.91, 5 ünite için ise %30.58 yükselmektedir. Aynı ünite sayısı %95 güvenilirlik için sırasıyla, %17.61, 5 ünite için ise %33.24’ e yükselmektedir.

Güç sistemi tasarlanırken, özellikle konvansiyonel, yüksek güvenilirliğe sahip santrallerin rezerv olarak düşünülmesi gerektiği görülmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, OG seviyesinden bağlanan özel sektör santrallerindeki kapasite artırımının enerji santrali ve şebeke açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Farklı bölgelerdeki çeşitli zaman dilimlerinde alınan gerçek verilere dayanarak güvenilirlik ve rezerv marjı hesaplamaları yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucu, OG sisteme bağlanan elektrik santrallerinin şebeke güvenilirliğini arttırmaya katkı sağladığı açıktır. Bunların rezerv olarak değerlendirilmelerinin mümkün olduğu, güvenilirliği artan şebekede, arıza oranlarının düştüğü, güç kalitesinin arttığı görülmektedir. Bu gerek enerji sağlayıcısına ve gerekse de baradan beslenen tüketicilere olumlu yansımaktadır.

#### Kaynaklar

- [1] [www.turkoted.org](http://www.turkoted.org)
- [2] 26.11.2009 Tarih ve 27418 Sayılı Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği
- [3] 16 Aralık 2009 Tarihli ve 27434 Sayılı Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
- [4] 26.11.2009 Tarihli ve 27418 Sayılı Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği
- [5] 16.12.2009 Tarihli ve 27434 Sayılı Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
- [6] 13.05.2010 Tarihli ve 27580 Sayılı Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği
- [7] 10.11.2004 Tarihli ve 25639 Sayılı Elektrik

İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalite Yönetmeliği

- [8] Kılıç L., Arsoy Ayşen B., Enerji Kalitesinin İyileştirilmesinde Kojenerasyon Katkısı, EVK’ 07, Kocaeli
- [9] IEEE Standard 762
- [10] Smith, David J. Reliability, Maintainability and Risk, 6th Edition 2001, Elsevier Butterworth-Heinemann
- [11] Akdeniz, Fikri, Olasılık ve İstatistik, Adana 2000, Baki Kitabevi
- [12] IEEE Standard 1366
- [13] Vuorinen, Asko, Planning of Optimal Power Systems, 2009 Edition, Finland
- [14] TEİAŞ Büyükkarıştıran İşletme Verileri
- [15] Şişecam Trakya Kombine Çevrim Santrali Verileri, Murat Çolak, Oğuz Durmaz
- [16] Şişecam Topkapı Elektrik Santrali Verileri, Levent Kılıç