

## KORUMA

**Bu makalede, yerel elektrik santrallerinin korunması için gerekli koruma sistemlerinin tasarımı ele alınmıştır. Bu koruma sistemleri santralin büyüklüğüne, şebekeye bağlantı biçimi ile yerel ve ana şebeke topraklamasının şekline göre farklı olarak tasarlanabilmektedir.**

### 1.1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarını daha verimli kullanmak ve özel girişimcileri elektrik güç üretimi sektörüne sokmak için alınan bir kısım teşvik kararları sonucunda Dünya'da ve Ülkemizde birçok yerel elektrik santrali kurulmuş ve elektrik şebekeleri ile paralel çalışır duruma getirilmiştir. Günümüzde halen birçok yerel elektrik santralının projelendirilmesi, kurulması ve işletmeye alınması işlemleri devam etmektedir. Bu tip elekt-

li ve diğer tüketiciler için teknik ve sistem güvenliği açısından bazı sakinler yaratmaktadır. Bu yüzden elektrik şirketleri kendi şebekelerine bağlanacak yerel elektrik santralleri için belirli kurallar getirmiştir [1,2,3]. Yerel elektrik santralleri paralel çalışacakları ana şebekenin bir parçası oldukları için yetkililerinin planlama, kurulma, işletmeye alma ve işletme aşamalarında ana şebeke yetkilileri ile sürekli temas halinde olmaları gerekmektedir.

## Yerel Elektrik Santrallerinin Korunması ve Röle Koordinasyonu

*Prof. Dr. Ömer USTA - Prof. Dr. Kemal SARIOĞLU  
(İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi)*

rik güç santralleri yerel yükleri beslemek için kurulmalarına rağmen, ana elektrik şebekesi ile paralel çalışmaktadır ve üretilen gücün yerel yükleri karşılama oranına bağlı olarak şebeke ile güç alış-verişinde bulunmaktadır. Endüstriyel elektrik santralleri, özel elektrik santralleri, tüketici elektrik santralleri ve eş-üretim (co-generation) santralleri gibi isimlerle anılmalarına rağmen, yerel elektrik santralleri ortak adı altında toplanmaktadır. Bu çeşit güç santrallerinin kurulmalarının temel nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Elektrik ihtiyacının yanısıra ısı üretiminin de aynı santralda yapılabilmesi (co-generation). Bu teknik; sıcak su, buhar ve hacim ısıtma ihtiyacı olan birçok kuruluş için daha ekonomik olmaktadır.
- Küçük kapasiteli ham enerji kaynaklarının elektrik güç üretiminde kullanılması.
- Ana şebekenin aşırı yüklendiği saatlerde üretim-tüketim dengesinin karşılanmasını desteklemeleri. Ayrıca, elektrik kesilmeleri durumunda yerel yükleri besleyerek, kritik yüklerin elektriksiz kalmalarını önleyebilmeleri.
- Güçleri oranında elektrik güç üretimi sektöründeki rekabet ortamına katkıda bulunmaları.
- Çevresel ve ekonomik faydaları.

Bütün bu yararları karşılık yerel elektrik santrallerinin ana şebeke ile paralel çalıştırılmaları; şebeke persone-

### 1.2 YEREL GÜÇ SANTRALARININ KURULUŞ AŞAMASINDA GÖZ ÖNÜNE ALINMASI GEREKEN TEMEL HUSUSLAR

Yerel güç santrallerinin ve ana şebekenin güvenli, sürekli ve ekonomik bir çalışma yapabilmeleri açısından aşağıdaki hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Yerel elektrik santralının varlığı diğer müşterilere sağlanan enerjinin kalitesini ve güvenilirliğini düşürmemelidir.
- Yerel elektrik santralleri şebekeye genellikle bir güç trafosu üzerinden bağlanır. Doğrudan bağlanmalarının gerektiği durumlarda bir bağlama reaktörünün kullanılması gerekebilir.
- Yerel elektrik santrallerinin ana şebekeye paralel bağlanması (senkronlanması), yerel santral operatörünün sorumluluğunda olmalı ve manuel senkronlamaya izin verilmemelidir. **Şekil-1**'de görüldüğü gibi, çalışmaya esneklik kazandırılması açısından senkronlama işlemi yerel baranın hem generatör tarafındaki (GK1) hem de şebeke tarafındaki (GK2) güç kesicileri üzerinden senkronlanabilir olmalıdır.
- Yerel koruma ve kontrol sistemi; yerel santral ve yerel yükler için tam bir koruma ve kontrol sağlamalıdır ve ana şebekenin koruma ve kontrol sistemi ile uyumlu bir şekilde çalışmalıdır[1-6]. Ayrıca yerel koruma ve kontrol sisteminin tasarımı aşamasında, yerel şebeke ile ana şebeke arasındaki güç akışı- ➔

nın iki yönlü olaçağı gözönünde bulundurulmalıdır.

- Ana şebekede arıza veya anormallik olması durumunda yerel koruma ve kontrol sistemi şebeke tarafından GK2 güç kesicisini açtırarak yerel yüklerin yerel santraldan beslenmesini sağlayabilir. Yerel santralda bir arıza veya sorun olması durumunda yerel santral tarafından GK1 güç kesicisini açtırarak yerel baraya bağlı yüklerin şebekeden beslenmeleri sağlanabilir.

- Ana şebekede elektrik kesilmesi (ana kaynaktan ayrılma-güç adası oluşması) durumunda, yerel elektrik santralına bağlı kalan ana şebeke parçası yerel santraldan ayrılmalı (GK2 açtırılmalı) ve istenirse yerel santral sadece kritik yerel yükleri beslemeye devam etmelidir. Aksi durumda, güç adasına bağlı kalan yüklere sağlanan enerjinin kalitesi ve güvenilirliği minimum standartlar altına düşebilir. Ayrıca iki şebekenin senkronlama koşulları sağlanmadan otomatik olarak birleşmeleri söz konusu olabilir. Ana şebekenin enerjilendirilmesinden sonra yerel santralin tekrar ana şebeke ile (GK2 aracılığı ile) senkronlanma işlemi yapılmalıdır.

- Yerel elektrik santralları ana şebekeye ait ve elektriksiz durumda olan şebeke parçasına hiçbir zaman elektrik vermemelidir. Aksi durum ana şebeke personeli, halk ve diğer müşteriler açısından tehlike olabilir. Çünkü ana şebeke tara-

findan bakıldığında o bölgede elektriğin olmadığı bilinmektedir. Böyle bir sorunla karşılaşmamak için yerel santrallar şebekeden bağımsız çalışmaları durumunda, sadece yerel baraya bağlı yükleri beslemelidirler.

- Ana şebekedeki elektrik kesilmeleri sırasında, diğer bazı özel müşteriler yerel elektrik santralından elektrik almak istiyorsa, söz konusu yüklerin kesinlikle yerel baraya bağlı olmaları gerekmektedir.

### 1.3. YEREL ELEKTRİK SANTRALLARININ TOPRAKLANMASI

Koruma sistemlerinin tasarımında göz önüne alınacak birinci ve en önemli husus elektrik şebekesinin topraklanma şeklidir. Yerel elektrik santrallarının koruma sistemlerinin tasarımında hem ana şebekenin ve hem de yerel santralin topraklanma sistemlerinin durumları gözönüne alınmalıdır.

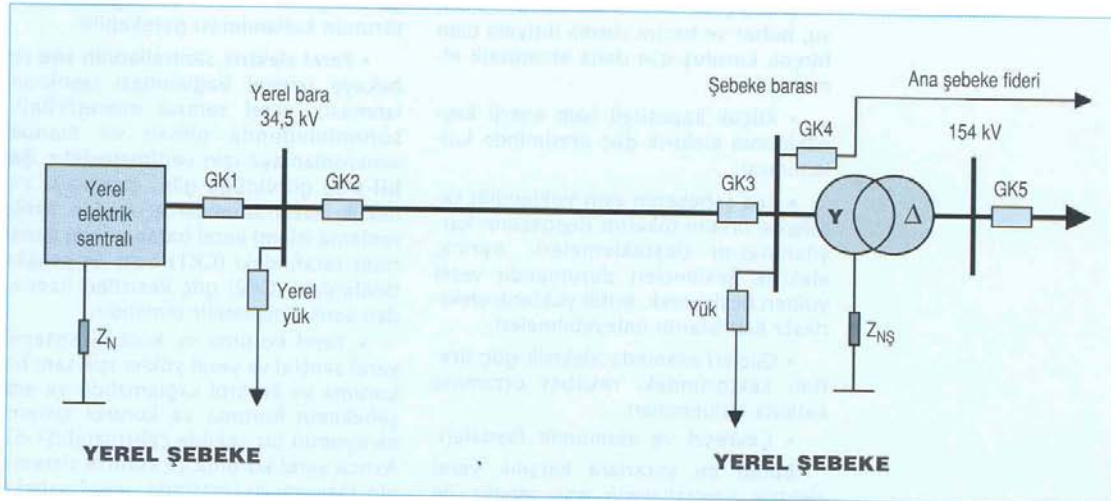
Yerel elektrik santralları, ya yüksek değerli bir direnç/empedans üzerinden topraklanır, ya da topraklama yapılmayıp ana şebekenin topraklanmasından faydalanılır. Her iki durumda da ana şebekede oluşacak bir toprak arızası yerel sistem üzerinden fazla akım akıtmayacaktır. Böylece yerel koruma sistemi ana şebekenin koruma sisteminin algılaması gereken toprak arızalarını algılama-

yacaktır. Aksi halde ana şebekedeki bir arıza durumunda yerel santralin devreden çıkma olasılığı doğacaktır.

Ancak herhangi bir nedenle yerel santral şebekeden bağımsız olarak çalışmaya başlar ve kritik yerel yükleri beslemeye devam ederse, bu durumda ana şebekenin topraklanmasından faydalanılamaz. Eğer yerel sistem yüksek değerli direnç/empedans üzerinden topraklı ise ve orta veya yüksek gerilimde çalışıyorsa, bu durum sorun oluşturmaz. Düşük gerilimlerde ise, ana şebekeden bağımsız çalışma sırasında yüksek değerli direnç kısa devre edilmelidir ve doğrudan topraklamaya geçilmelidir.

### 1.4. YEREL-ELEKTRİK SANTRALLARININ KORUNMASI

Yerel elektrik santrallarının koruma sistemleri çeşitli şekillerde tasarlanabilir. Bu tasarım; topraklanma şekline, santralin ana şebekeye bağlanma biçimine ve santralin büyüklüğüne göre değişebilir. Bazı durumlarda yerel santral ana şebekeye doğrudan bağlandığı gibi, bazı durumlarda da bir yükseltici trafo üzerinden şebekeye bağlanır. Birinci durumda jeneratör ve yerel yüklerin korunması göz önüne alınırken, ikinci durumda ise, jeneratör, trafo ve yükleri koruyacak biçimde koruma sistemi tasarımı yapılır.



Şekil: 1- Elektrik güç sistemi ile paralel çalışan bir yerel elektrik santrali modeli

#### 1.4.1 Jeneratörün doğrudan şebekeye bağlanması durumu

Yerel jeneratörler genellikle yıldız bağlıdır ve yıldız noktası yüksek değerli bir direnç/empedans üzerinden topraklanır. Yukarıda söz edildiği gibi, düşük gerilimlerde şebekeden ayrı çalışma durumunda bu direnç kısa devre edilir. Bu tip bir sistemin toprak arızalarına karşı korunması; topraklama direnci/empedansı üzerinde düşen gerilimle çalışan aşırı gerilim rölesi ve/veya buradan geçen akımla çalışan aşırı akım rölesi ile yapılabilir. Bu tip bir santralde toprak arızalarına karşı korumaya ek olarak aşağıdaki koruma fonksiyonları gereklidir[4-6].

##### (a) Senkronizasyon sistemi ve senkronlama kontrol rölesi

Yerel elektrik santrallerinin ana şebeke ile senkronlanmasında otomatik senkronlayıcılar kullanılmaktadır. Duruma göre bu senkronlama işlemi, jeneratör tarafındaki GK1 veya şebeke tarafındaki GK2 güç kesicisi üzerinden yapılabilir olmalıdır. Otomatik senkronlama sistemine ek olarak senkronlama kontrol rölesi yanlış senkronlamaya meydan vermemek için gereklidir. Bu röle güç kesicisinin her iki tarafındaki gerilimlerin arasındaki faz farkını izler, bu açı belli bir değerin altına düşmedikçe güç kesicisinin kapanmasına izin vermez. Bu röle senkronlama sistemi ile karıştırılmamalıdır.

##### (b) Düşük/aşırı frekans koruma rölesi

Bu röleler, yerel güç sistemlerini düşük ve aşırı frekans koşullarına karşı korumak için kullanılır. Özellikle yerel sistemin ana şebekeden bağımsız çalışması durumunda, sistem frekansının normal çalışma sınırları dışına çıktığını algılamak için gereklidirler.

##### (c) Düşük/aşırı gerilim koruma rölesi

Sistem geriliminin standartların dışına çıkması durumuna karşı yerel sistemi korumak için bu röleler kullanılır. Yerel santrallerin şebekeden bağımsız çalışmaları sıra-

sında frekans rölesi ile beraber müşterilere verilen gücün kalitesinin satandartlar dışına çıkması durumunu algılayarak santralin devre dışı bırakılmasını sağlarlar.

##### (d) Ters güç rölesi

Herhangi bir türbin arızasında veya türbini tahrik eden gücün kesilmesi durumunda jeneratör türbini yük olarak sürmeye başlar ve bunun için gerekli gücü şebekeden çekmeye başlar. Ters güç rölesi bu durumu algılayıp jeneratörü devreden çıkarmak için kullanılır.

#### Elektrik güç santralleri yerel yükleri beslemek için kurulmalarına rağmen, ana elektrik şebekesi ile paralel çalıştırılmaktadır ve üretilen gücün yerel yükleri karşılama oranına bağlı olarak şebeke ile güç alış-verişinde bulunmaktadır.

##### (e) Aşırı akım rölesi

Aslında aşırı akım rölesi bu gibi santralleri aşırı akıma karşı korumada yedek koruma olarak kullanılır. Buna rağmen, küçük güçlü jeneratörlerin stator sargılarını aşırı akıma karşı korumak için asıl koruma olarak kullanılırlar ve sürekli bir aşırı akım ve aşırı yüklenme durumunda jeneratörü devreden çıkarırlar. Bu iş için ters-zaman karakteristikli aşırı akım röleleri kullanılmaktadır.

##### (f) Adalanmayı algılama rölesi [1-6]

Yerel elektrik santralının şebeke ile paralel çalışması sırasında ana şebeke ile bağlantı herhangi bir yerden herhangi bir anda ve herhangi bir nedenle kesilebilir. Bu durumda ana şebekenin bir parçası yerel santrale bağlı kalabilir ve bağımsız bir güç adası oluşabilir. Kurallara göre; yerel koruma sistemi bu durumu algılamalı ve GK2'yi açarak ana şebekeye ait yükleri yerel sistemden ayırmalıdır.

Yerel koruma sisteminin güç adası oluşmasına cevabı; güç adasındaki üretim/tüketim dengesizliğine bağlıdır. Eğer üretim ile tüketim arasında önemli bir fark varsa, sistem frekansı ve gerilimi normal sınırların dışına çıkar. Böylece düşük/aşırı frekans rölesi ile düşük/aşırı gerilim rölesi bu olayı algılayabilir ve GK2'yi açarak ana şebekeye ait yükleri santraldan ayırabilir. Böylece yerel santralin gücü oranında yerel yükleri beslemesi sağlanabilecektir.

Ancak güç adasında üretim ile tüketim arasında yaklaşık bir denge varsa, sistem gerilimi ve sistem frekansı normal çalışma sınırları içinde kalır ve yerel koruma sistemi bu olayı algılayamaz. Bunun için daha gelişmiş koruma sistemleri gereklidir. ROCOF (rate of change of frequency relay) rölesi bazı firmalarca önerilmesine rağmen bu amaca yönelik tam bir koruma sağlayamamaktadır[4-6]. Bu konuda birçok yeni teknik geliştirilmesine rağmen ideal bir çözüme ulaşılamamıştır. Haberleşme gerektiren açma transferi koruma sistemi (transfer tripping) bu iş için ideal bir çözüm olmasına rağmen [4,5], tam otomasyona geçilmiş güç sistemlerinde ekonomik bir çözüm olmaktadır.

Büyük güçlü santraller için bunlara ek olarak aşağıdaki koruma fonksiyonları da gereklidir:

##### (g) Diferansiyel koruma rölesi

Jeneratör veya jeneratör-trafo grubunu faz sargılarında oluşacak arızalara karşı korumak için en efektif koruma şekli diferansiyel korumadır. Eğer santral jeneratörden oluşuyorsa jeneratör sargılarını, jeneratör-trafo grubundan oluşuyorsa hem jeneratör hem de trafo sargılarını koruyacak şekilde diferansiyel rölenin bağlantısı yapılır.

##### (h) Negatif bileşen aşırı akım rölesi

Bu aşırı akım rölesi sistemde oluşacak negatif bileşen akımının genliğini izler. Söz konusu akımın belli bir değerin üstünde olması sistemde bir dengesiz arızanın varlığını veya sistemde aşırı bir dengesiz yüklenmenin olduğu-

nu gösterir. Böyle bir durumda, röle santrali devreden çıkarır.

#### (i) Rotor toprak arızası rölesi

Büyük güçlü jeneratörlerin rotor sargılarının korunması için gerekli koruma fonksiyonlarından biridir. Bu iş için akım enjeksiyon yöntemi kullanılabilir.

#### (j) Alan kaybı ve kutup kayması rölesi

Uyarma alanı kaybı ve kutup kayması arızaları sistem kararlılığını doğrudan etkileyen arıza çeşitleridir. Özellikle orta ve büyük güçlü santrallarda bu arızalara karşı koruma yapmak son derece gereklidir. Bu iş için genellikle empedans rölesi kullanılmaktadır.

#### 1.4.2 Jeneratörün şebekeye yükseltici trafo üzerinden bağlanması durumu

Yerel güç santrali jeneratör-trafo grubundan oluşması durumunda da yukarıda açıklanan koruma fonksiyonları (a), ..., (j) gereklidir. Ancak burada iki nokta gözden kaçırılmamalıdır.

- Yerel koruma sistemi jeneratör-trafo grubunu koruyacak şekilde tasarlanıp bağlanmalıdır.
- santralin toprak arızalarına karşı korunması; jeneratörün ve trafonun topraklanması durumuna göre tasarlanmalıdır. Genellikle trafonun jeneratör (düşük gerilim) tarafı üçgen ve yüksek gerilim (şebeke) tarafı ise yıldız bağlı ve yıldız noktası empedans üzerinden toprağa bağlanmıştır. Bu durumda düşük gerilim tarafında oluşacak toprak teması arızalara karşı koruma jeneratörün topraklanma durumuna bağlıdır. Eğer jeneratörün yıldız noktası empedans üzerinden topraklanmış ise yukarıda söz edildiği gibi, topraklama empedansı/direnci üzerinde düşen gerilimi izleyen gerilim rölesi ve/veya buradan geçen akımı izleyen aşırı akım rölesi kullanılabilir. Eğer jeneratörün yıldız noktası sonsuz empedans üzerinden topraklanmışsa, bu kez üç fazın geriliminin toplamını izleyen aşırı gerilim rölesinin kullanılması gerekmektedir. Bunun yerine her üç-faz için birer aşırı gerilim rölesi de kullanılabilir.

#### 1.5. YEREL-ANAŞEBEKE ARA-BAĞLANTI BÖLGESİNİN KORUNMASI

Yerel santralda olduğu gibi, yerel baradan sonra ana şebeke tarafında oluşacak arıza ve anormal koşullara karşı sistemi korumak için gerekli koruma sistemleri çeşitli şekillerde tasarlanabilir. Yerel güç santralının korunmasında olduğu gibi, burada da göz önüne alınması gereken en önemli noktalardan biri, yerel şebeke ile ana şebeke arasındaki güç akışının çift yönlü olmasıdır. Bu bölgenin koruma sisteminin karmaşıklığı ve önemi bu açıdan kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak söz konusu koruma sistemi, yerel koruma sistemi ile koordineli olarak çalışacak şekilde tasarlanmalıdır.

**Ara-bağlantı bölgesini düşük/aşırı gerilim ve düşük/aşırı frekans gibi anormal durumlara karşı korumak için düşük/aşırı gerilim ve düşük/aşırı frekans röleleri kullanılmaktadır. Yine bu bölgede oluşacak toprak arızalarına karşı koruma yapmak için, ana şebeke topraklama empedansı üzerinde oluşan gerilimi izleyen aşırı gerilim rölesi ve/veya buradan geçen akımla çalışan aşırı akım rölesi kullanılabilir.**

Ara-bağlantı bölgesini düşük/aşırı gerilim ve düşük/aşırı frekans gibi anormal durumlara karşı korumak için düşük/aşırı gerilim ve düşük/aşırı frekans röleleri kullanılmaktadır. Yine bu bölgede oluşacak toprak arızalarına karşı koruma yapmak için, ana şebeke topraklama empedansı üzerinde oluşan gerilimi izleyen aşırı gerilim rölesi ve/veya buradan geçen akımla çalışan aşırı akım rölesi kullanılabilir. Aynı kısımda oluşacak faz arızalarını algılamak için aşırı akım röleleri

veya iki bölgeli bir mesafe rölesi kullanılabilir. Bütün bu rölelerin açma zamanları yerel santralin korunmasında kullanılan aynı tür koruma rölelerinin açma zamanından daha küçük olmalıdır. Bu hem iki koruma sisteminin (yerel ve ara bölge) uyumlu çalışmasını sağlarken, hem de ana şebekede oluşacak arızaları öncelikle ara-bölgenin koruma sisteminin algılamasını sağlar. Bu koruma sisteminin cevap vermemesi durumunda, yerel koruma sistemi harekete geçer ve yerel şebekeyi ana şebekede oluşan arızalara karşı korumuş olur.

#### 1.6. SONUÇLAR

Bu makalede, yerel elektrik santrallerinin korunması için gerekli koruma sistemlerinin tasarımı ele alınmıştır. Bu koruma sistemleri santralin büyüklüğüne, şebekeye bağlantı biçimi ile yerel ve ana-şebeke topraklamasının şekline göre farklı şekillerde tasarlanabilmektedirler. Ancak ne şekilde tasarlanırsa tasarlanırsa, yerel koruma sistemi ana-şebeke koruma sistemi ile uyumlu çalışacak şekilde düzenlenmelidir. Yerel güç sisteminin sahipleri kendi sisteminin korunması ve kontrolünden sorumludur. Ayrıca yerel santral operatörleri ve ana-şebeke operatörleri arasında, koruma, kontrol ve işletim açısından sürekli bilgi alış-verişi olmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- [1] ELECTRICITY COUNCIL, "Notes of Guidance for the Protection of Private Generating Sets for Operation in Parallel with Electricity Board Distribution Networks." Engineering Recommendation G59, London, June 1985.
- [2] ANSI/IEEE Standard 1001-1988, "IEEE Guide for Interfacing Dispersed Storage and Generation Facilities with Electric Utility Systems." IEEE, NY, 1999.
- [3] IEEE Special Report, "Inter-tie Protection of Consumer-Owned Source of Generation, 3 MW or less." IEEE 88THO224-6-PWR 1989.
- [4] Ö Usta, "A Power Based Digital Algorithm for the Protection of Embedded Generators", PhD Thesis University of Bath, Bath England, 1993.
- [5] M A Redfern, Ö Usta and G Fielding, "Protection Against Loss of Utility Grid Supply for a Dispersed Storage and Generation Unit.", IEEE Trans. on PWRD-8,(3), pp.948-954, 1993.
- [6] M A Redfern, J Barrett and Ö Usta, "A New Microprocessor-Based Islanding Protection Algorithm for Dispersed Storage and Generation Units.", IEEE Trans. on PWRD-10,(3),pp.1249-1254, 1995.