

EMBEDDED ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ANAŞEBEKE İLE ENTEGRASYONU

ÖMER USTA ve İSTEMİHAN GENÇ
Elektrik Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi
usta@ieec.org

Anahtar sözcükler: Embedded güç sistemleri, sistem koruma ve kararlılık.

ÖZET

Yaklaşık 20 yıllık bir geçmişe sahip olan Embedded (ilişik) elektrik üretimi giderek artmaktadır. Embedded güç üretim sistemlerinin ana elektrik şebekesi ile paralel çalışmaları şebeke yapısında bazı yapısal değişikliklere neden olmaktadır. Bu durum bazı potansiyel koruma, kontrol ve işletme problemlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu problemlerin bir kısmı zaman içinde çözüme kavuşmuşken bazı sorunların kısmen çözüldüğü görülmektedir. Bu bildiride, söz konusu potansiyel sorunların çözümleri ve embedded sistemlerin şebeke ile entegrasyonu üzerinde durulacaktır.

1. GİRİŞ

Embedded elektrik üretim sistemleri genel olarak paralel çalıştıkları ana elektrik şebekesi ile güç alışverişi yaparlar ve bunların güçleri bir kaç yüz kVA dan başlayıp, bir kaç yüz MVA ya kadar çıkarlar. Endüstriyel Elektrik Üretimi, Özel Üretim Sistemleri, Bağımsız Üretim Birimleri gibi çeşitli isimlerle anılmalarına rağmen, buldukları yöredeki yükleri beslemek için kurulmaları nedeniyle 'Yerel Elektrik Santralleri' olarak adlandırılabilirler. Buna rağmen kamuya ait veya kamu kontrolündeki elektrik şebekesine sonradan bağlanmaları ve işletmelerinin de ana şebeke sorumluları dışındaki kişilerce yapılması nedeniyle İlişik Üretim Birimleri (Embedded Generation Units) olarak adlandırılırlar. Genellikle elektrik dağıtım şebekelerine bağlanmaları nedeniyle de Dağıtmık (Distributed) Üretim Birimleri olarak anılırlar.

Embedded elektrik sistemlerinin anaşebekeye bağlanmaları bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı enterkonnekte sistemlerin sorumluları, kendi şebekeleriyle paralel olarak çalışacak Embedded Santraller için belirli kurallar koymuşlardır[1-3]. Bu kuralların amacı; bütün şebekenin emniyetli ve güvenilir bir çalışma yapmasını sağlamak ve diğer müşterilere sağlanan enerjinin kalitesini belirli standartlarda tutmaktır. Anaşebeke sorumluları, bu kurallara uymayan Embedded Güç Üretim Sistemlerinin kendi şebekeleri

ile paralel çalışmalarına ve güç alışverişi yapmalarına onay vermezler. Embedded güç santrallerinin ve anaşebekenin güvenli, sürekli ve ekonomik bir çalışma yapabilmeleri açısından aşağıdaki hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir[1-7].

- Embedded Üretimin şebekeye bağlanması diğer müşterilere sağlanan enerjinin kalitesini ve güvenilirliğini düşürmemeli.
- Embedded Üretim santralleri şebekeye genellikle bir güç trafosu üzerinden bağlanırlar, doğrudan bağlanmalarının gerektiği durumlarda bir bağlama reaktörü kullanılmalı.
- Embedded Üretimin ana şebekeye paralel bağlanması, yerel sistem operatörünün sorumluluğunda olmalı ve manual senkronlamaya izin verilmemeli.
- Çalışmaya esneklik kazandırılması açısından senkronlama işlemi yerel baranın hem generatör tarafındaki hemde şebeke tarafındaki güç kesicileri üzerinden yapılmalı.
- Yerel koruma ve kontrol sistemi; embedded sistem için tam bir koruma ve kontrol sağlamalı ve anaşebekenin koruma ve kontrol sistemi ile uyumlu bir şekilde çalışmalı[1-7].
- Anaşebekede arıza veya anormallik olması durumunda yerel koruma ve kontrol sistemi şebeke tarafındaki güç kesicisini açtırarak yerel yüklerin Embedded santralden beslenmesini sağlayabilmeli.
- Embedded sistemde bir arıza veya sorun olması durumunda yerel santral tarafındaki güç kesicisi açılarak yerel baraya bağlı yüklerin şebekeden beslenmeleri sağlanabilmeli.
- Anaşebekede elektrik kesilmesi durumunda, yerel elektrik santraline bağlı kalan anaşebeke parçası yerel santralden ayrılmalı ve istenirse yerel santral sadece kritik yerel yükleri beslemeye devam etmeli.
- Anaşebekedeki elektrik kesilmeleri sırasında, eğer diğer bazı özel müşteriler Embedded santralden elektrik almak istiyorlarsa, söz konusu yükler kesinlikle yerel baraya bağlı olmalı.

Embedded Üretim Sistemlerinin enterkonnekte şebekeye bağlanmaları ile ortaya çıkan potansiyel sorunlar aşağıdaki gibi ele alınabilir.

2. POTANSİYEL KORUMA VE İŞLETME PROBLEMLERİ

Alışıl gelmiş olarak dağıtım sistemleri radyal olarak tasarlanırlar ve güç akışında kaynaktan yüke doğru tek yönlü olur. Bu gibi fiderlerin korunması klasik aşırı akım röleleri ile yapılagelmiştir. Ancak dağıtım fiderinin yük tarafı ucuna (düşük gerilim tarafına), bir Embedded generatör bağlanması, şekil-1 de olduğu gibi, güç akışının iki yönlü olmasına ve dağıtım fiderinin daha çok iletim hattı yapısına dönüşmesine yol açar. Dağıtım fiderine generatör bağlanması ve güç akışının da iki yönlü olması daha karmaşık bir sistem yapısını ve işletme koşullarını ortaya çıkarmaktadır. Bunlar; yük akışının iki yönlü olması, şebeke kısa devre gücünün artması, sistem topraklamasının değişmesi, güç adası oluşması ve faz farkı altında yeniden kapama olasılığının olmasıdır.

1.1 Kısa Devre Gücünün Artması ve Koruma

Koordinasyonu: Embedded Elektrik Sistemleri şebekeye bağlandıkları noktada şebekenin kısa devre gücünü artırır. Örneğin Şekil-1 de F_1 noktasındaki arıza sadece şebeke tarafından değil aynı zamanda Embedded Generatör (EG) tarafından da beslenecektir. Aynı durum F_2 noktasındaki bir arıza için de geçerlidir. Bu durumda EG nin şebekeye bağlanması ile, GK2, 3, 4, ve 5 kesicilerinin kısa devre anında keseceği güçler artmıştır.

Buna ek olarak Embedded Sistemlerin işletme topraklamasının şekli toprak arızaları durumunda arıza akımının değerini etkiler. Gerek kısa devre gücündeki artış ve gerekse Embedded santralin işletme topraklamasının şekli göz önüne alınarak koruma koordinasyonunun yeniden yapılması gereklidir.

Röle koordinasyonu için dikkat edilmesi gereken bir başka konu da şebeke trafosunun bağlantı biçimidir. Toprak arızaları sırasında sıfır bileşen akımının durumu trafonun bağlantı biçimine bağlıdır. Bu da toprak arızalarına karşı yapılacak korumanın yapısını belirler.

Eğer bu koordinasyon iyi yapılmazsa, F_2 noktasında oluşan bir arıza durumunda GK4 kesicisinden önce GK1 kesicisi açabilir. Benzer biçimde yerel barada oluşacak bir arıza sırasında GK1 ve GK2 kesicilerinin öncelikle açmaları sağlanmalıdır.

Eğer Embedded Sistem empedans üzerinden topraklanmış ise, topraklama empedansı/direnci üzerinde düşen gerilimi izleyen gerilim rölesi ve/veya buradan geçen akımı izleyen aşırı akım rölesi kullanılabilir. Eğer topraklama sonsuz empedans üzerinden yapılmışsa, bir başka ifade ile, anaşebekenin topraklamasından faydalanılıyorsa, bu

kez üç fazın geriliminin toplamını izleyen aşırı gerilim rölesinin kullanılması gerekmektedir. Bunun yerine her üç-faz için birer aşırı gerilim rölesi de kullanılabilir.

1.2 Ana Şebekeden Ayrılma: Embedded Sistemlerin şebeke ile paralel çalışması sırasında anaşebeke ile bağlantı her hangi bir yerden herhangi bir anda ve herhangi bir nedenle (arıza, yanlış manevra, anormal bir durum sonucu) kesilebilir. Bu durumda ana şebekenin bir parçası yerel santrale bağlı kalabilir ve bağımsız bir güç adası oluşabilir. Koruma sisteminin güç adası oluşmasına cevabı; güç adasındaki üretim/tüketim dengesizliğine bağlıdır. Eğer üretim ile tüketim arasında önemli bir fark var ise, sistem frekansı ve gerilimi normal sınırların dışına çıkar. Bunun sonucu olarak düşük/aşırı frekans rölesi ile düşük/aşırı gerilim rölesi anaşebekeden kopmayı algılayabilir. Koruma sistemi şebeke parçasını Embedded sistemden ayırır ve EG sadece yerel baraya bağlı yükleri beslemeye devam eder. Şebekedeki anormal/arıza durumu ortadan kalkınca, EG yeniden şebeke ile paralele alınır.

Ancak ana şebekeden kopma sonucu oluşan güç adasında üretim ile tüketim arasında yaklaşık bir denge varsa, veya yerel kontrol sistemleri aracılığı ile bu üretim/tüketim dengesi sağlanmışsa, sistem gerilimi ve frekansı normal çalışma sınırları dışına çıkmaz ve yerel koruma ve kontrol sistemi bu olayı algılayamayabilir. EG kendisine bağlı kalan yerel yükleri ve şebeke parçasını beslemeye devam eder. Bu durum (ana şebekenin bir parçasının embeded generatöre bağlı kalması ve buradan beslenmesi) aşağıdaki nedenlerden dolayı çok sakıncalıdır:

- Güç adasına bağlı kalan yüklere sağlanan enerjinin kalitesi,
- Anaşebeke tarafından bakıldığında söz konusu şebeke parçasının gerilim altında olmadığı bilindiğinden şebeke personeli ve halkın güvenliği,
- Anaşebeke ile yeniden bağlanma aşamasında oluşacak karışıklıklar ve faz karşılaşması.

Mevcut regülasyonlara göre; yerel koruma sistemi ana şebekeden ayrılmayı algılamalı ve ana şebekeye ait yükleri yerel sistemden ayırmalıdır. Bu anaşebekeden ayrılmayı veya adalanmayı algılama olarak bilinmektedir. Bunun için gelişmiş koruma sistemleri gereklidir. ROCOF (rate of change of frequency relay) rölesi bazı firmalarca önerilmesine rağmen, bu amaca yönelik tam bir koruma sağlayamamaktadır. Bu konuda bir çok yeni teknikler geliştirilmesine rağmen ideal bir çözüme ulaşılamamıştır[6-9].

1.3 Faz Farkı Altında Yeniden Kapama: Orta gerilim şebekelerinde otomatik yeniden kapama, arızaların hızlı olarak temizlenmeleri için efektif bir yöntemdir. Eğer şebekeden ayrılmaya, (güç adası oluşmasına) neden olan devre kesicisi Otomatik

Yeniden Kamamalı ise, şebekeden ayrılmanın zamanında algılanamaması durumunda, EG sisteminin anaşebeke ile kontrolsüz bağlanma durumu ortaya çıkabilir. Böyle bir otomatik yeniden kapama durumunda iki sistemin gerilimleri ve gerilimlerin frekansları aynı olacak ve ana şebeke tarafından da sabite yakın tutulacaktır. Ancak iki sistem arasındaki faz farkı olma olasılığı her zaman bulunmaktadır. Bu durumu frekans ve gerilim tabanlı röleler alkılayamazlar. Böyle bir birleşme sonucu embedded sistemin ve yerel yüklerin zarar görmesi olasılığı çok yüksektir. Bunun önüne ancak anaşebekeden ayrılmanın efektif bir şekilde algılanması ile geçilebilir.

3. SİSTEM KONTROLU ve KARARLILIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Embedded Elektrik Üretimini, sistem kontrolü ve kararlılığı üzerine etkisi, embedded generatörün kapasitesine ve şebekeye bağlı olduğu noktadaki şebeke empedansına bağlıdır. Küçük ve orta kapasiteli generatörler ele alındığında, ana şebekenin yüksek atalet sabiti nedeniyle, EG'nin giriş gücündeki değişiklik, sistem frekansını pek etkilemez ve dolayısıyla mekanik regülatöre işaret gönderen yük kontrolörü doğrudan generatörün çıkışındaki aktif gücü ayarlar[5].

Benzer şekilde, ana şebekenin düşük empedansı nedeniyle yerel generatörün uyarma akımındaki değişiklik sistem gerilimini pek etkilemez. Bu durumda otomatik gerilim regülatörüne (AVR) giriş işareti gönderen güç faktörü kontrolörü EG nin sisteme verdiği reaktif gücü ayarlamaya yarar. Dolayısıyla küçük ve orta büyüklükteki embedded generatörlerin sistem frekansını ve geriliminin regülasyonuna katkıda bulunamazlar. Ancak şebekeye bir çok küçük ve orta kapasiteli ilişik santralin bağlanması ve bunların toplam gücünün şebeke kapasitesine göre büyük bir güce ulaşması durumunda, bu gücün şebeke frekansını üzerine önemli bir etkisi olacaktır[10].

2.1 Aktif Güç ve Frekans Kontrolü: Sistem frekansının ve geriliminin regülasyonuna katkıda bulunacak kadar büyük kapasiteli olan ve yeterince yedek güce (spinning reserve) sahip olan embedded elektrik santralleri frekans kontrolüne yardımcı olabilirler[11-13]. Ancak bu durum ana şebeke sorumlularının embedded santral yetkililerinden böyle bir istekte bulunup bulunmadıklarına bağlıdır. Böyle bir isteğin olması durumunda, EG'lerin kontrol sistemlerinin yapısı frekans regülasyonunun şeklini belirler. Eğer sadece primary (birincil) kontrol sistemi (hız regülatörü) var ise, ilişik sistem sadece frekansın standart sınırları içine getirilmesine yardımcı olabilir. Frekansın nominal değere getirilmesi ana şebekeye ilişkin ikincil kontrol sistemi vasıtası ile yapılabilir. Eğer yerel kontrol sistemi hem hız regülatörüne ve hemde otomatik üretim kontrol sistemine sahip ise,

bu durumda yerel kontrol sistemi tam bir frekans kontrolüne yardımcı olabilir.

2.2 Frekans kararlılığı: Güç iletim sistemlerinde frekans kararlılığı, uzun süreden beri irdelenmiş ve uygun kontrol yöntemleriyle şu zamana kadar başarıyla çözümlenebilmiştir. Buna karşın, Embedded Üretim frekans kararlılığı üzerine etkileri, İlişik Üretim geleneksel güç sistemlerindeki uygulamalardan farklılığı nedeniyle, dikkatle incelenmesi gereken bir konudur.

Enerji iletim sistemlerine doğrudan bağlanmayıp, dağıtım sistemleri içerisine yerleştirilen generatörlerin, büyüklüklerinin ve enerji iletim sistemlerinin dağıtım sistemlerine göre farklılığı nedeniyle, sistemin frekans dinamiğine ve kararlılığı üzerine etkileri araştırmalar oldukça yenidir. Güç iletim şebekesine gücü ve atalet sabiti büyük generatörler bağlanırken, dağıtım şebekelerine küçük güçlü ve küçük atalet sabitli generatörler yerleştirilmektedir (entegre edilmektedir). Bununla birlikte, radyal dağıtım sistemleri, iletim sistemlerine kıyasla yüksek hat empedansına sahiptir. Yüksek değerli hat direnci, salınımların sönmülendirilmesini kolaylaştırıcı yönde olmasına rağmen küçük değerli atalet sabitlerine sahip olan generatörler bölgesel salınımların sönmülendirilmesine ters bir etki yapmaktadır [11,13].

Generatörlerin atalet sabitleri, şebekeye bağlandıkları noktalar ve şebekenin yapısı, türbin ve generatörlerin kontrolör parametreleri, sistemin frekans dinamiğini ve kararlılığını etkileyen başlıca faktörler arasındadır. Bununla birlikte, sistemin değişen yük durumlarına göre sürekli değişen çalışma noktaları sistemin kararlılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Bütün bu koşullar, sistemi kararlı halde tutacak olan yöntemlerin ve kontrol sistemlerinin belirli bir ölçüde merkezi olmasını gerektirmektedir.

2.3 Gerilim Kontrolü: Reaktif güç ve gerilim kontrolü, frekans kontrolünün tersine, merkezi olmayan, bölgesel veya yerel bir denetim gerektirmektedir. Genel olarak, Embedded Üretim generatörlerinin gerilim profili üzerine etkileri, üretilen güce ve fider yüküne bağlıdır. Embedded Üretim generatörleri beslemekle sorumlu oldukları yüklerin yakınlarına yerleştirildikleri ve daha uzaktaki baralara güç iletimi gereksinimini azalttığı için gerilim profilini iyileştirmektedir. Buna rağmen fiderde gerilim açısından beklenen profil sağlanıyorsa yakınlarla yerel bir reaktif güç üretim ve kontrol birimi (SVAR)kurulabilir. Ancak böyle bir birimin güç adasında gerilimi sınırlar içerisinde tutabileceği ve güç adası oluşmasının algılanmasını zorlaştırabileceği unutulmamalıdır. Çünkü güç adası içinde kalan böyle bir birim doğrudan sistem gerilimine etki eder.

4. SONUÇ

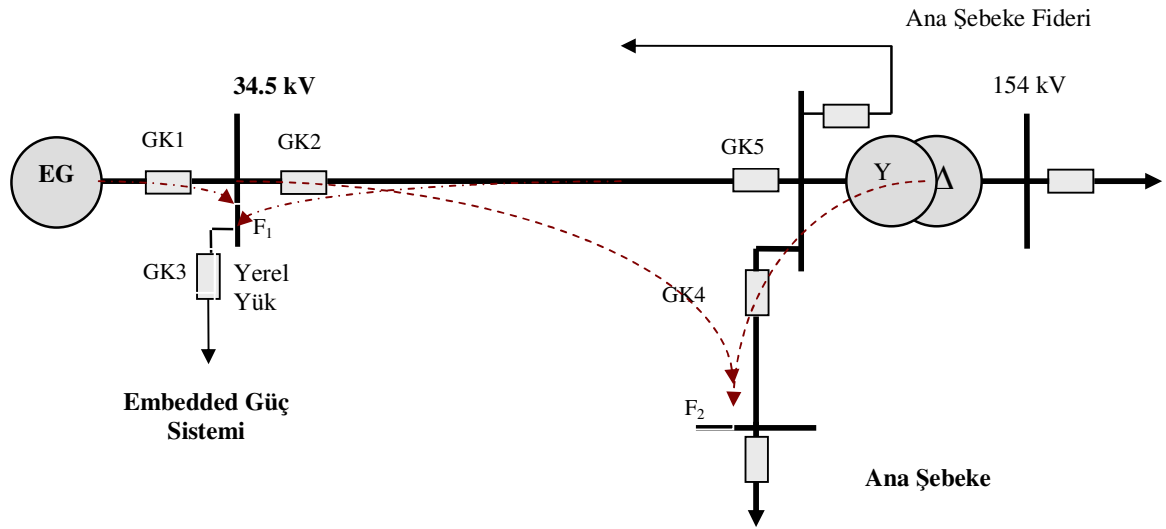
Embedded Elektrik Üretim Sistemlerinin enterkonnekte şebekeye bağlandıkları noktada sistemin kısa devre gücünü artırması, santralin topraklamasının şekli koruma sisteminin yeniden gözden geçirilmesini ve röle koordinasyonunun yeniden yapılmasını gerektirmektedir. Buna ek olarak; ana şebekeden ayrılmayı (loss of mains-islanding) algılamamanın halen ideal çözüme kavuşturulamamış olması işletme açısından sorunların devam ettiği göstermektedir.

Diğer yandan, küçük ve orta büyüklükteki EG'lerin şebeke frekansı ve geriliminin kontrolü üzerine etkilerinin yok denecek kadar az olmasına rağmen, büyük güçlerde olanların sistem frekansı ve geriliminin kontrolüne katkıda bulunabilecekleri açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] ELECTRICITY COUNCIL, "Notes of Guidance for the Protection of Private Generating Sets for Operation in Parallel with Electricity Board Distribution Net-works." 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, New York, 1989.
- [3] IEEE Special Report, "Inter-tie Protection of Consumer-Owned Source of Generation, 3MW or less." IEEE88TH0224-6-PWR 1989.
- [4] Ö. Usta, İ. Genç, "Embedded Elektrik Üretiminin Enterkonnekte Sistem Üzerine etkileri", 3e Electrotech Dergisi, ss.70-73, Aralık 2003.

- [5] G Fielding and J Bradly, "Local Generation." IEE Review March 1990.
- [6] K Kauhaniemi, L Kumpulainen, "Impact of Distributed Generation on the Protection of Distributed Network, IEE Developmen on Power System Protection Conf., pp.315-318, Amsterdam 2004.
- [7] L Powell, "An Industrial View of Utility Co-generation Protection Requirements." IEEE Trans on IA-24, pp 75-85, 1988.
- [8] 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, vol.8, No.3, July 1993.
- [9] M A Redfern, J I Barrett and Ö Usta, "A New Microprocessor Based Islanding Protection Algorithm for DSG Units." 95 WM 090-1-PWRD, IEEE WM, NY Jan/Feb 1995.
- [10] K. Bhattacharya, M. H. J. Bollen, J. E. Daalder, "Operation of Restructured Power Systems", Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [11] M. Ilic, F. Galiana, L. Fink, "Power Systems Restructuring: Engineering and Economics", Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [12] İ. Genç and Ö. Usta, "Impact of DSG on the Oscillatory Stability of Interconnected System". ELEKTRİK Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, Vol.13, Num.1, pp.149-161 2005.
- [13] L. Kojovic, "Impact of Distributed Generation on Voltage Regulation", IEEE PES Summer Meeting, vol. 1, 2002.



Şekil-1 Embedded Generator İçeren Elektrik Şebekesi