

ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE DAĞITILMIŞ ÜRETİM

Ayşen BASA ARSOY¹

Canan PERDAHÇI²

Elektrik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi, 41050, Veziroğlu Kampüsü, Kocaeli

¹e-posta:aba@kou.edu.tr, ²e-posta:perdahci@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Dağıtılmış üretim, mikrotürbin, PV, rüzgar, yakıt pili, enerji depolama

ABSTRACT

Small size electric power generating units that are located at or near the loads and operating in stand alone or connected to distribution networks can be referred as distributed generation. Distributed generation (DG) concept brings a new era in power system structure design. It is an emerging approach providing electric power locally. Power systems may not be affected so much as penetration level of DGs is low. However, the system impact can become more significant as more DGs are included in the system.

In this paper, the definition and benefits of DG are discussed first. Then, DG technologies are presented and finally issues with the integration of DG sources into a distribution system are covered.

1. GİRİŞ

Elektrik güç sistemleri büyük güçlü elektrik santralleri ile üretim, kilometrelerce uzunluktaki hatlarla sağlanan iletim, ve radyal yapıdaki dağıtım sistemlerinden oluşur. Bu yapı, merkezi üretim sistemi olarak adlandırılır. Yıllardır, büyük güçlü elektrik santralleri birincil enerji kaynaklarının (kömür, fuel oil gibi) yoğun olduğu bölgelerde kurulur, bu santrallerde üretilen elektrik enerjisi, kayıp ve gerilim düşümünü azaltmak için üretim bölgelerinden tüketim bölgelerine yüksek gerilimde uzun iletim hatları ile dağıtım bölgelerine iletilirdi. Bu yapı, bazı nedenlerden dolayı değişime zorlandı[1]. Söz konusu nedenlerden birkaçı;

- Sürekli artan elektrik enerji ihtiyacı ve var olan şebekenin ihtiyaca yeterli güvenlik aralığında cevap verememesi,
- Coğrafik ve çevresel sınırlamalar,
- Kararlılık güvenlik problemleri,
- Yeniden yapılanma, ve
- Küçük güçlü üretim birimlerinin oluşumudur.

İşte bu nedenler, bir çok ülkenin tüketim merkezlerine yakın, alçak ya da orta gerilim seviyesinde elektrik enerjisi üretiminin gelişimi ve kullanımı yönünde

adım atmalarını sağladı. Bazı araştırma merkezlerinin beklentileri 2010 yılına kadar elektrik enerjisi üretiminin %25-30'u dağıtılmış üretim (DÜ) olacağı yönündedir [2,3]. Ülkemizde de birleşik ısı-elektrik üretimi yapan sanayi sektörlerinin sayısı giderek artmaktadır.

Elektrik enerjisinin yerel olarak üretilip dağıtılması son yıllarda ABD'de yaşanan ve dünyanın Türkiye dahil başka bölgelerinde yaşanması olası çok büyük bölgeleri etkileyen sistem çökmelerini azaltıcı yönde olacaktır. Bu yüzden DÜ gelecek üretim sistemleri içerisinde önemli bir yer alması beklenmektedir.

Bu çalışmada önce dağıtılmış üretimin tanımlanması yapıp yararları tartışılacak, sonra üretim kaynakları teknolojileri tanıtılacak, daha sonra da bu enerji kaynaklarının sistemde oluşturacağı etkiler incelenecektir.

2. DAĞITILMIŞ ÜRETİMİN GENEL TANITIMI

Dağıtılmış üretim (DÜ), düşük ya da orta gerilim seviyesinde (0,4-36kV) yapılan elektrik enerjisi üretimi ve enerji depolamadır. DÜ, tüketici merkezlerine yakın elektrik dağıtım şebekesine bağlı ya da tek başına çalışabilen, coğrafi olarak yayılı kaynakları içerir. Küçük güçlü santrallerin yanında, rüzgar, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, yakıt pili ve enerji depolama birimleri dağıtılmış üretim kaynaklarıdır. Dağıtılmış üretim literatürde farklı güç değerlerinde ele alınmıştır. Genel olarak bir kaç Watt'dan başlayabilen fakat 100MW'dan küçük güçlü santraller olarak ele alınır. Bu bağlamda dağıtılmış üretim mikro ölçek(1-5kW) küçük ölçek (5kW-5MW), orta ölçek (5MW-50MW) büyük ölçekte (>50MW) olmak üzere dört grupta sınıflandırılabilir.

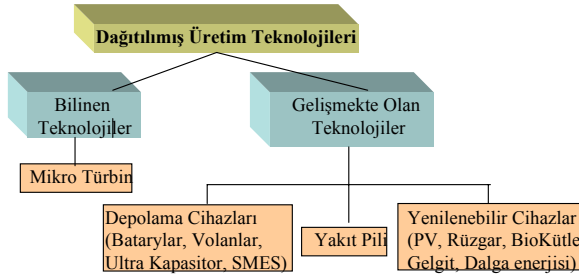
Genel olarak DÜ küçük ölçekte, süresiz üretim, kendi başına ya da dağıtım şebekesine bağlanan, tüketim merkezlerine yakınlık, enerji depolama ve tekrar dönüşüm imkanlarının olması gibi özelliklerden bir ya da birkaçına sahiptir.

Dağıtılmış üretim kaynakları, modüler olarak istenilen yere çok kısa zaman için kurulabilir. Daha fazla modül eklenerek ya da çıkarılarak toplam kapasite artırılabilir ya da düşürülebilir. Uzak yerleşim yerlerinde kurulan birleşik ısı elektrik üretimi yapan DÜ'ler daha ekonomiktir.

Ayrıca, küçük güçlü santrallerin kurulumu daha kolay, daha az yatırım maliyetlidir. DÜ'nün tüketim merkezlerine yakınlığı ile dağıtım ve iletim hat maliyetlerini ve hat kayıplarını düşürürken daha güvenilir bir elektrik enerjisi tüketiciye sağlanır. [4]

3. DAĞITILMIŞ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Dağıtılmış üretim teknolojileri iki ana grupta toplanabilir: 1- Küçük güçlü türbin generatör elektrik enerji üretimi olan alışlagelmiş teknoloji, 2- Yakıt pili, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji depolama elemanları gibi gelişmekte olan teknolojileri kapsar. Bu sınıflandırma Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dağıtılmış Üretim Teknolojileri

Dağıtılmış üretim kaynakları kısaca aşağıda verilmiş olup, ayrıca tablo olarak kullanım alanları ve özelliklerinin karşılaştırılması Tablo 1'de yapılmıştır.

A- MİKROTÜRBİNLER

Doğal gaz, fuel-oil ya da propan kullanılarak çalışan düşük kapasitedeki yanma türbinleridir. Bu türbinler yüksek sıcaklık ve türbin milini ve alternatörü döndüren basınçlı gaz üretirler. Boyutlarının küçük olması, kurulum yeri açısından avantaj sağlar. İstenilen yere kurulabilir. Daha verimli (%80 ve üstü) ve düşük emisyonla sahiptirler. Kolayca işletmeye alınabilir, ve az bakım gerektirir.

B- YAKIT PİLLERİ

Elektrokimyasal işlemler sonunda kimyasal enerjiden elektrik enerjisi ve ısı enerjisi üretmek için kullanılan bir cihazdır. % 60 verimlilikle elektrik enerjisi üretilebilir. Herhangi bir yanma işleminin olmaması nedeni ile oluşturacağı emisyon yok denilecek kadar azdır. Hem elektrik hem ısı üretimi dolayısı ile çift amaçlı kullanım için elverişlidir. Çıkış gerilimini düzenleme amacı ile güç elektroniğine dayalı bir ara yüzey birimine ihtiyaç duyarlar.

C- YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar, fotovoltaik (PV), jeotermal, biokütle ve güneş-ısı-elektrik, gelgit enerji kaynakları sayılabilir. Tüketicilere yakın, küçük güçlü kurulabilecek PV ve rüzgar kaynakları, tüketilemeyen, enerji dönüşümü sonucu çevreye zararlı atıklar vermeyen, kesikli ve değişken bir enerjiye sahiptir. Rüzgar-elektrik enerji sistemleri % 30 verime sahipken, PV sistemlerinin çalışma verimi %5-15 civarındadır. Her iki sistemin de şebekeye bağlantısı için bir güç elektroniği dönüştürücü düzeneği gerekir.

Rüzgar enerjisi yeni bir enerji türü değildir, yıllardır kullanılmaktadır. Bir rüzgar tribünü rotor, tribün pervaneleri, generatör, sürücü ve akuple cihazı, shaft, dişli kutusu ve generatör sürücüsünden oluşan tribün başlığını içermektedir. Rüzgar, pervaneleri, pervaneler de bağlı oldukları generatör milini çevirerek mekanik enerji elektrik enerjisine çevrilir. Elektriksel güç rüzgar hızının kübü ile orantılıdır. Rüzgar-elektrik enerji dönüşümü iki şekilde olabilir. Gerekli pervane hız kontrolü ile sabit hızda ve buna bağlı olarak sabit alternatif akım frekansında elektrik enerjisi üretilir. Bir diğer yöntem ise değişken rüzgar hızında mili döndüren asenkron generatörün üreteceği elektrik enerjisidir. Şebekeye bağlantısında frekans dönüştürücü düzenekleri kullanılır.

Fotovoltaik piller yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerden (kristal silisyum, amorf silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellürid, bakır indiyum diselenid) oluşur. İki veya daha fazla sayıda yarı iletken madde katmanı içeren güneş pili hücreleri ışığı emer, elektronları uyarır, akım taşımak için boşlukları oluşturur ve elektronların devrede dolaşmasını sağlayacak bir gerilim oluşur. Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanır.

D- ENERJİ DEPOLAMA BİRİMLERİ

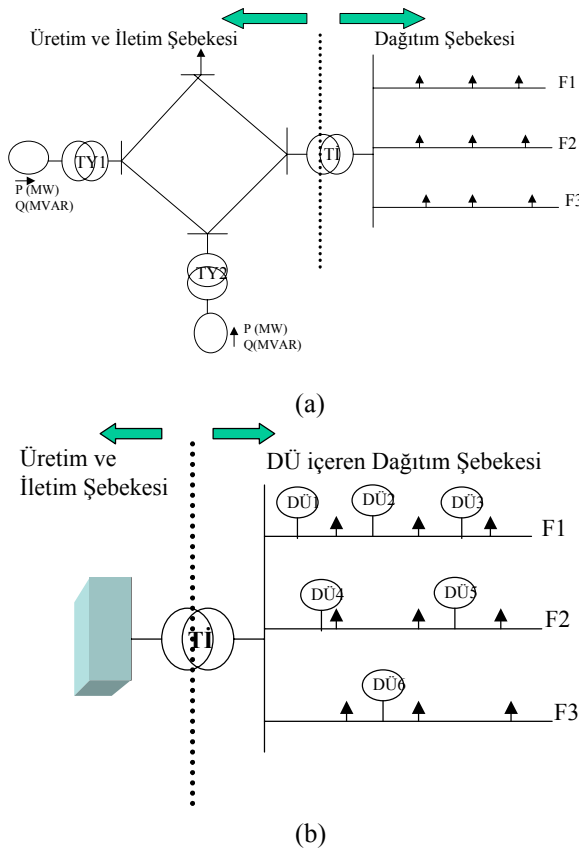
Günümüzde kullandığımız elektrik enerjisi elektriksel olarak depolanamaz, ama alternatif akım enerjisi başka bir enerji şekline dönüştürülüp o şekilde saklanabilir. Bunlardan elektrokimyasal olarak depolanan enerji *bataryalar*, elektromanyetik olarak depolanan enerji *süperiletken manyetik enerji* (SMES), kinetik olarak depolanan enerji *Volan* ve yük olarak depolanan enerji ise *Ultra kapasitör* olarak bilinir[5]. Bu depolama birimleri yük talebinin düşük olduğu zaman şarj edilir, kısa süreli ihtiyaçlarda da kullanılır. Enerji depolama tekniğinin kullanımını iki faktör belirler. Bunlardan biri depolanacak enerji miktarı, diğeri ise enerjinin depolanmasındaki hızdır. Yukarıda belirtilen enerji depolama teknikleri hem yüksek verime, hem de yüksek hızla şarj/deşarj olaylarını gerçekleştirebilir. Alternatif akım sistemlerine bağlanabilmeleri için ara yüzey birimleri gerektirir.

Tablo 1. Dağıtılmış Üretim Kaynaklarının Karşılaştırılması [2,3]

Enerji Tipi	Özellik, Uygulama Alanları ve modül başına güçleri
Mikro-Türbin	Hem aktif hem reaktif güç sağlar, yük eğrisindeki min ve pikleri düzenler, uzun dönemli ve temel yükü karşılar. Kojenerasyon amaçlı kullanılabilir. (35kW-1MW)
Depolama Elemanları	Hem aktif hem reaktif güç sağlayabilir. İhtiyaç olduğunda kısa bir süre için enerji sürekliliğini korumak amacıyla kullanılır (1kW-100MW)
Yakıt Pili	Sadece aktif güç sağlar, birleşik ısı-güç sağlama amacı için uygundur. Modüler tipleri uzun süreli temel yükü karşılayabilir. (1kW-5MW)
Yenilenebilir enerji kaynakları	Hava şartlarına bağlı olarak kesintili (sürekli) kaynaklardır. Sadece aktif güç sağlarlar, uzak yerleşim yerlerinde kendi başına kullanılabilen kaynaklardır. (20W-100MW)

4. DAĞITILMIŞ ÜRETİMİN DAĞITIM SİSTEMLERİNE ETKİLERİ

Santrallerden üretilen elektrik enerjisinin önce iletim sonra dağıtım şebekeleri üzerinden tüketicilere ulaştırılırken (Şekil 2.a), dağıtım şebekelerinde dağıtılmış enerji üretimi ile yüklerin sağlanması (Şekil 2.b), bazı belirsizlik ve teknik sınırlamalara neden olur.



Şekil 2: (a) Merkezi Üretim ve Dağıtım
(b) DÜ içeren Dağıtım Şebekesi

İletim şebekelerinde güç akışı çift yönlü olabilirken dağıtım şebekeleri genellikle radyal yapıda olmasından dolayı güç akışı tek yönlüdür. İletim şebekelerinde hat direnci hat reaktansı yanında ihmal edilebilirken, dağıtım sistemlerinde direnç gerilim düşümü ve hat kayıplarında büyük önem taşır. DÜ entegrasyonu yerel gerilim seviyelerinde önemli bir etkisi olabilir

Dağıtılmış üretim kaynaklarının dağıtım şebekesinde yaratacağı etkileri ve gözönünde bulundurulması gereken durumlar aşağıda kısaca ele alınmaktadır.

A. KORUMA

Radyal dağıtım şebekeleri üretim birimlerine ring iletim şebekeleri üzerinden bağlanır, ve koruma sistemi de bu duruma göre tasarlanır. Dağıtım şebekelerine bağlanan dağıtılmış üretim kaynakları olası arıza akımlarının büyüklüğünü, süresini ve yönünü değiştirir. DÜ içeren bir dağıtım şebekesinde koruma seçiciliğinin kontrol edilip, tekrar ayarlanması gerekir.

Şekil 2a'da F3 fiderindeki bir noktada arıza meydana geldiğini kabul edelim. Bu durumda oluşacak arıza akımı ile Şekil 2b'de olduğu gibi bu fidere DÜ6 kaynağı bağlanma durumundaki arıza akımları birbirinden farklı olacaktır.

Şekil 2b'de F3 fiderindeki arıza akımı F2 fiderinde üretilen akımdan küçükse F2 fiderindeki koruma bu fideri devre dışı bırakabilir. Bu durumda koruma ayarları öyle yapılmalı ki fiderlerdeki üretim birimleri devre dışı kalmayın.

Bu nedenlerden dolayı DÜ içeren bir dağıtım şebekesinde koruma seçiciliği her bir üretim kaynağı için kontrol edilmeli, gerekirse tekrar ayarlanmalıdır.

B. DÜ KAYNAKLARININ YERLEŞİMİ

DÜ kaynakları bir dağıtım sisteminde kayıpları minimum yapacak bir şekilde yerleştirilmelidir. Bir trafo istasyonundan çıkan üç fider boyunca bir DÜ yerleşimi söz konusu olduğunda aşağıdaki adımlar izlenebilir:

- Fider boyunca belirli düğüm noktalarında herhangi bir DÜ bağlı değilken kayıp hesaplanır. (Şekil 2.a gibi)
- Bu düğüm noktalarından her birinde DÜ olduğu durumdaki kayıplar hesaplanır.
- Güç kaybındaki en fazla azalışın olduğu düğüm o fider için DÜ bağlanabilecek nokta olarak seçilir.

Eğer dağıtım şebekesinde bir döngü yoksa, her bir fiderde sadece bir DÜ yerinin seçimi kolaydır. Eğer bir fiderde birden fazla DÜ yerleşimi olursa ya da şebeke gözlemlenirse en uygun noktanın seçimi zorlaşacaktır. Yerleşim seçiminde sadece kayıp

azaltma değil aynı zamanda gerilim profili, fiderlerde yük dengelenmesi güç kalitesi ve sürekliliğin sağlanması gibi faktörlerde ele alınabilir.

C. ŞEBEKE BAĞLANTISI VE KONTROL

Dağıtılmış üretimin şebekeye bağlantısı, bilinen merkezi üretim birimlerinin şebekeye bağlantısından oldukça farklıdır. DÜ içeren şebekelerin kontrolü koruması ve bakımı karmaşıktır.

Orta ölçekte özellikle küçük DÜ teknolojilerinde ucuz olmasından dolayı asenkron generatörler kullanılır. Asenkron generatörler senkron generatörlere göre farklı işletme karakteristiklerine sahiptirler. Direk şebekeye bağlı asenkron generatörler reaktif güç üretemezler. Mikrotürbin dışındaki diğer üretim kaynakları sadece aktif güç sağladıklarından reaktif gücün sağlanabilmesi için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:

- Sabit bir kapasitör kullanımı
- Sabit güç katsayısını veren kontrol edilebilir kapasitör
- Şebekeye güç elektroniği ara yüzeyi ile bağlanması

Mikro ölçekli DÜ'ler ise güç elektroniğine dayalı dönüştürücü gibi bir arayüzey birimi üzerinden şebekeye bağlanırlar. Güç elektroniği dönüştürücülerinin sisteme girmesi hem bağlı olduğu sistemin güç kalitesini etkiler hem de yeni kontrol düzenlemeleri gerektirir.

Ayrıca, dağıtım şebekelerinin düşük gerilim uçları genellikle SCADA sistemine bağlı değildir. DÜ içeren dağıtım sistemleinde veri toplama işlemi oldukça zordur. Bu durum güç sistemlerindeki rekabetçi pazar ortamı geliştikçe daha da karmaşık hal alacaktır.

D. GÜVENLİK VE KARARLILIK

Dağıtım şebekeleri çok sık çeşitli arızalara maruz kalırlar. Arızalı fidere bağlı bir DÜ'nün arızayı beslemesini önlemek için DÜ hemen devre dışı bırakılmalıdır. Bir DÜ için gerilim ve frekans düzenlemesi normal işletmede büyük sistemlere göre daha az önem taşıyabilir. Ada durumunda bir bölgenin arıza sonrası kararlı olabilmesi için DÜ'lerin gerekli kontrol ve düzenleme birimleri ile donanımlı olması gerekir.

E. İŞLETME SINIRLAMALARI

İşletme sınırlamaları sürekli durumda DÜ'nün tipine göre değişir[2].

Mikrotürbin tiplerde iki sınırlama vardır. Bunlardan ilki, kaynak gücünün en büyük ve en küçük güç sınırlamalarına sahip olmasıdır. Birleşik üretim

söz konusu olduğunda en küçük çıkış gücünün bilinmesi önemlidir. Isıl ya da aşırı yüklenme değerleri gözönüne alındığında ise en büyük çıkış gücü kaynak gücü için sınırlayıcı olur. İkinci sınırlama ise çıkış gücünü belirli bir sürede arttırma için oluşan doğal gecikmedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarında üretimin hemen yönlendirilmesi mümkün olmayabilir. Bu tip üretimde üretilen güç kaynağın bağlı olduğu bara gerilimi ve frekansına bağlıdır.

Depolama elemanlarının bazı çeşitlerinde çıkış gücü ve bu gücün sağlanabilme sürekliliği kontrol edilebilir. Her tip farklı karakteristiklere sahip olurken, sınırlama şu şekilde ifade edilebilir.

$$\sum_{t=1:j} P_{gt} T \leq E$$

Bu ifadede P_{gt} , t anındaki çıkış gücü; E, toplam depolanabilen enerji; ve T, ise geçen süredir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma dağıtılmış üretim kaynakları ve onların kullanım alanı arttıkça dağıtım sistemlerinde oluşacak etkileri ortaya koymuştur. Bir kaç Watt'dan birkaç yüz MWatt gücüne sahip dağıtılmış üretim kaynakları kolay kurulabilir, kurulum maliyeti düşük ve dağıtım ve iletim kayıplarını azaltır. Bununla beraber her bir kaynağın teknolojisi ve buna bağlı olarak elektriksel karakteristikleri farklı olacağından, bunların yayılı olarak dağıtım sistemlerinde kullanımı beraberinde farklı sorunlar getirecektir. Bu etkenler arasında koruma, aktif reaktif güç kontrolü, ada modunda çalışabilme, arıza sonrası tekrar devreye alma gibi durumlar vardır. DÜ içeren bir dağıtım şebekesi tasarımında bu etkenler gözönünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] N. Hadjsaid, J-F Canard, F. Dumas, Dispersed Generation Impacts on Distribution Networks, Computer Applications in Power, April 1999
- [2] T. Ackermann, G. Andersson, L. Söder, Distributed Generation, A definition, Electric Power Systems Research 57 2001, 195-204
- [3] W. EL-Kattam, M.M.A. Salama, Distributed Generation Technologies, definitions and Benefits, Electric Power Systems Research 71 2004 119-128
- [4] R. Ramakumar, Handbook for Electric Power Systems, CRC Distributed Power Generation
- [5] P.F. Ribeiro, B. K. Johnson, M.L. Crow, A. Arsoy, Y. Liu, Energy Storage Systems for Advanced Power Applications, Proceedings of the IEEE, Vol. 89, No:12 1744-1756.