

Dağıtılmış Üretim Kaynaklarının Verimli Çalışmasına Yönelik Yeni Bir Yaklaşım

Fatih M. NUROĞLU
fnuroglu@kocaeli.edu.tr

Ayşen BASA ARSOY
aba@kocaeli.edu.tr

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Müh. Böl.

Anahtar Kelimeler: Dağıtılmış Üretim Kaynakları, verimlilik, ada modunda çalışma, çalışma bölgeleri, güç kalitesi

Dağıtılmış üretim kaynaklarının (DÜK) elektrik dağıtım şebekelerinde kullanımı hızla artmaktadır. Bu kaynakların şebekeye bağlantısı ve işletmesinde güvenilirlik ve güç kalitesi gereksinimlerinin de dikkate alınması gerekir. Şebekede oluşabilecek herhangi bir enerji kesintisi durumunda DÜK'ların devre dışı kalmamasının sağlanması güç sürekliliğini dolayısı ile güç kalitesini arttıracaktır. Gerek bağlantı standartları gerekse endüstriyel uygulamalarda bu durum göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu çalışmada standartlarda tanımlanmamış ada modu ve gerekli düzenlemelerin nasıl sağlanacağı belirlenmiştir. Böylelikle güç sürekliliği ve maksimum kapasite kullanımı sağlanmıştır. İzmit- Köseköy Transformator merkezine ait istatistiksel bilgiler çerçevesinde ada modu değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Küçük güçlü elektrik üretim kaynaklarının düşük ya da orta gerilim dağıtım şebekelerinde kullanımı son 20 yılda hızla artmaktadır. İletim şebekesine bağlı büyük güçlü senkron generatörlere dayalı üretim yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından, mikro türbin ve yakıt pillerine kadar farklı üretim teknolojilerinin yer aldığı küçük güçlü üretim ve yerinde tüketime dayalı dağıtılmış üretim sistemleri tercih edilmeye başlanmıştır.

DÜK'ların elektrik dağıtım şebekelerinde varlığı, bu duruma göre tasarlanmamış şebekede istenmeyen yönde akan arıza akımı ve aşırı gerilimlere neden olur [1,2]. Bundan dolayı güç kalitesi, koruma ve güvenilirlik sorunları yaşanır. Bu sorunları iyileştirebilecek yada olumsuz yönde etkileyebilecek sistem ve DÜK kaynaklı etmenlerin iyi belirlenmesi gerekir. Dağıtım şebekesinin tipi, transformator bağlantı şekli, hat empedansı, sistem yükleri, DÜK tipi, büyüklüğü, DÜK'nın sistemde bağlandığı yer ve çalışma şekli bu etmenlerden bazılarıdır.

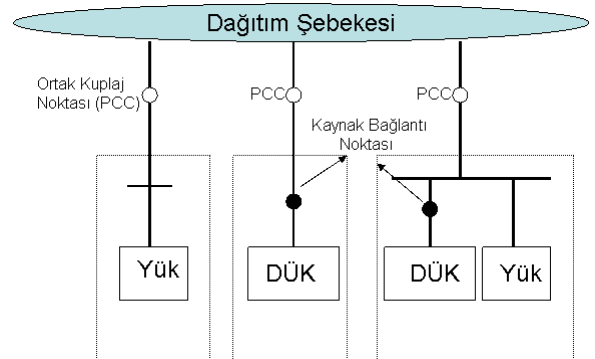
DÜK'ların şebekeye olan etkileri konusunda çok farklı çalışmalar yapılmış, bu etkilerin özeti Ref. [3]'de sunulmuştur. DÜK'nın dağıtım şebekesine bağlantısındaki bazı teknik özellik ve şartların bir

kısmı IEEE ve IEC standartları ile belirlenmiştir [4,5]. Bu bağlantı şartları bir iletim/dağıtım şirketi açısından Ref. [6]'da ele alınmıştır.

Bu çalışmada önce DÜK'ların dağıtım şebekesine bağlantı koşullarını belirleyen IEEE 1547 standardı değerlendirilmiştir. Standardın ve günümüzdeki uygulamaların yetersiz kaldığı durumlar tespit edilerek, şebeke-DÜK çalışma düzenleri için yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Ayrıca bu konunun önemi İzmit- Köseköy Transformator merkezi ele alınarak gösterilmiştir.

2. Dağıtılmış Üretim Kaynaklarının Şebekeye Bağlanma Şartları

Dağıtılmış üretim kaynaklarının şebekeye bağlantısı tüketicilerin şebekeye bağlantısına benzer bir düzenleme ile yapılır. Bu düzenleme Şekil 1'de gösterilmiştir. Burada, ortak kuplaj noktası (PCC) ile kaynağın bağlantı noktasının aynı olmadığına dikkat edilmelidir. İster senkron generatör, ister asenkron ya da dönüştürücü tabanlı DÜK olsun, başka noktalara yerleştirilseler bile, teknik bağlantı şartlarının PCC'de sağlanması gerekir.



Şekil 1: Dağıtılmış üretim kaynaklarının şebekeye bağlantısı

IEEE standardına göre; dağıtılmış üretim kaynaklarının şebekeye bağlantı şartlarından bazıları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Ortak kupaaj noktasında, dağıtılmış üretim kaynaklarının aktif olarak gerilim ayarı yapması beklenmez.
- Şebekeye paralele alınmada PCC'deki gerilim seviyesinin $\pm\%5$ 'inin dışına çıkaracak bir gerilim dalgalanmasına neden olmamalıdır.
- 250kVA üstü dağıtılmış üretim kaynak(larının) bağlandığı noktada, bağlantı durumu, aktif-reaktif güç ve gerilim değerleri izlenebilmelidir.
- Dağıtım şebekelerinde oluşan arıza durumunda dağıtılmış üretim kaynakları devre dışı kalmalıdır. Bu devre dışı kalma işlemi şebeke kesicilerinin tekrar kapanma durumundan önce olmalıdır.
- Dağıtılmış üretim kaynağını şebekeye bağlayan transformatörün bağlantısının topraklı yıldız-yıldız olduğu durum haricinde bağlantı sisteminin koruma fonksiyonları her faz-faz geriliminin efektif değerini; tek fazlı olma durumunda ise faz-nötr gerilim değerini saptamalıdır. Belirli gerilim aralıkları için DÜK'ün şebeke bağlantısını kesmesi için şart koşulan arıza giderilme süreleri Tablo 1'de verilmiştir. Arıza giderilme zamanı anormal koşulların oluşmasının başlangıcıyla DK'nin şebekeyi enerjilendirmeyi kesmesi arasındaki zamandır.

Tablo 1 Gerilime bağlı olarak arıza giderme süreleri

Gerilim aralığı (pu)	Arıza giderme süreleri(s) ^b
$V < 0,50$	0.16
$0,50 \leq V < 0,88$	2.00
$1,10 < V < 1,20$	1.00
$V \geq 1,20$	0.16

^b DK \leq 30 kW, maksimum arıza giderme süreleri;
DK > 30 kW, olağan arıza giderme süreleri.

Belirli sistem frekans aralığı için gereken arıza giderilme süreleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2 Frekansa bağlı olarak arıza giderme süreleri

DK gücü	Frekans aralığı (Hz)	Arıza giderme süresi (s) ^a
≤ 30 kW	> 60.5	0.16
	< 59.3	0.16
> 30 kW	> 60.5	0.16
	< (59.8 – 57.0)	0.16 ile 300
	< 57.0	0.16

^a DK \leq 30 kW, maksimum arıza giderme süreleri;
DK > 30 kW, olağan arıza giderme süreleri

- Şebekede bozucu etki giderildikten sonra, gerilim ve frekans aralığı istenen seviyeye gelene kadar, DÜK sisteme yeniden bağlanmamalıdır.
- DÜK'ün ortak kupaaj noktasından dağıtım şebekesinin bir kısmını enerjilendirdiği durumda (istenmeyen bir adalanma gerçekleşirse) DÜK bağlantı sistemi bu adalanma oluşumu sırasında 2 saniye içinde bu durumu saptamalı ve enerjilendirmeyi kesmelidir.

Gerek yukarıda özetlenen standartlar ve gerekse endüstriyel uygulamalarda DÜK'ların şebekeye üretim desteği vermediği durumlar vardır. DÜK'ların devre dışı kaldığı durumlar:

- Dağıtım fiderinde herhangi bir aşırı akım veya kısa devre arızasının oluşması,
- Şebekede gerilim ve frekans dalgalanmasının oluşması ve
- Herhangi bir sebeple şebekede enerji kesintisi oluşmasıdır.

DÜK'ları içeren sistemleri bölgelere ayırarak ada modunda çalışması ile devre dışı kalmalar en aza inecektir. Böylelikle DÜK'lardan azami derecede yararlanılmış ve sistemde güç sürekliliği artırılmış olacaktır. Bu da şebekenin güç kalitesini artıracaktır.

3. Ada Modunda Çalışma

İşletmede olan bir DÜK'nın şebekeden ayrılarak yerel yükleri beslemesi ada modunda çalışma olarak tanımlanır. Ada modunda çalışma DÜK'larının farklı bir kabiliyetini ortaya çıkarsa da, uygulaması teknik ve standartlar açısından bazı düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır. DÜK'lar tek başına yerel olarak gerilim ve frekans kontrolünü mevcut durumda sağlamamaktadır. Fider üzerinde enerji kesmede çoğunlukla sigortalar kullanılmaktadır. Sigortalara ise dışarıdan kontrol edilemez. Bu da kontrollü olarak ada moduna geçişi engellemektedir. Ayrıca sistem elemanlarının birbirleriyle etkili olarak iletişimlerini sağlayan ve karar vererek yönlendirme yapacak bir mekanizmada yoktur. Bu problemlerin aşılması için fiderlerin çalışma bölgelerine ayrılması; bölge içinde gerilim ve frekans kontrolünün sağlanması gerekir [7,8].

3.1. Çalışma Bölgelerine Ayırma

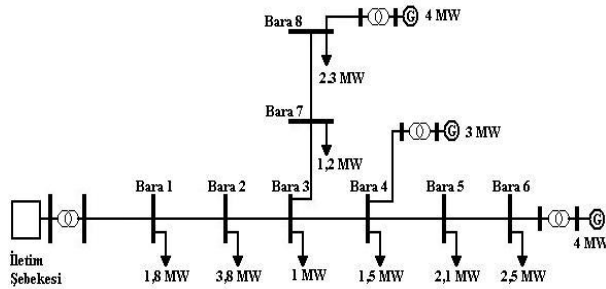
Bir veya birden fazla DÜK içeren fider üzerinde çalışma bölgeleri oluşturulmalıdır. Bölgelere ayırırken bölge içindeki DÜK üretimlerinin toplam yükten fazla olmasına dikkat edilmelidir. Belirlenen bölgeler uzaktan kumandalı kesicilerle birbirlerinden ayrılmalıdır. Transformatör merkezine yerleştirilecek

bir merkezi kontrol ünitesiyle bölgeler arası koordinasyon sağlanmalıdır. Bu koordinasyon sağlanırken merkezi kontrol ünitesi;

- Sistemdeki bozucu etkileri (aşırı akımlar, gerilim ve frekansa dalgalanmalar ve enerji kesintisi) algılamalı,
- Önceden belirlenen çalışma senaryolarından uygun olanı seçmeli ve
- DÜK'lara ve bölge kesicilerine gerekli uyarı sinyalinin göndermelidir.

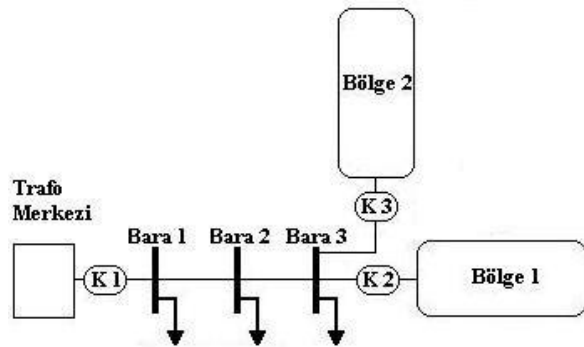
Merkezi kontrol ünitesinin durum algılaması ve uyarı sinyallerini gönderebilmesi için bu ünite ile kesiciler ve DÜK arasında haberleşme ağının oluşturulması gereklidir. Bu haberleşme ağı DÜK ve kesiciler arasında da iletişimi sağlamalıdır.

Şekil 2.'de örnek bir dağıtım şebekesi fideri verilmiştir. Böyle bir fider üretim ve tüketimler göz önüne alınarak çalışma bölgelerine ayrılabilir.



Şekil 2: DÜK İçeren Örnek Dağıtım Şebekesi Fideri

Şekil 2.'deki fider, 2 çalışma bölgesine ayrılmıştır. Bu durum Şekil 3.'de görülmektedir. Burada; bölge 1 bara 4, bara 5 ve bara 6'dan; bölge 2 ise bara 7 ve bara 8'den oluşmaktadır. Bölgeler birbirlerinden K1, K2 ve K3 kesicileriyle ayrılmaktadır.



Şekil 3 Çalışma bölgelerine ayrılmış fider

3.2. Gerilim ve Frekans Kontrolünün Sağlanması:

Mevcut kullanımda DÜK'lar gerilim ve frekans kontrollü olarak çalışmamaktadır. Şebekeyle beraber paralel olarak çalışması ve güç kontrollü moda şebekeyi beslemesi beklenmektedir. Ada modunda çalışma durumunda en az bir DÜK gerilim kontrollü

olarak çalışabilecek şekilde sisteme entegre edilmiş olmalıdır. Merkezi kontrol ünitesi bir bölgeyi ada modunda çalışmaya geçirdiğinde, o bölge içerisindeki gerilim kontrollü çalışması beklenen DÜK'larla haberleşip güç kontrollü moddan gerilim kontrollü moda geçmesi sağlanmalıdır. Aksi takdirde bölge içerisinde gerilim dengesi sağlanamaz.

Ada modunda çalışmada, birden fazla DÜK'nın aktif yük değişimlerine karşı uyumlu çalışması gerekir. Bu da bölge içerisindeki en büyük güçlü DÜK'nın frekans kontrollü çalıştırılması ile sağlanır.

3.3 Ada Modundan Normal Çalışma Moduna Geçilmesi:

Bozucu etkiler giderildikten sonra çalışma bölgeleri tekrar ana şebekeye bağlanmalıdır. Ada modunda DÜK'lar şebekeden bağımsız çalıştığı için ada moduyla şebeke arasında faz kaymaları oluşacaktır. Bu durum DÜK'ların tekrar şebekeye bağlanmasında problem oluşturacaktır. Bunu önlemek için bölgeleri ayıran kesicilerde senkrisasyon sağlayan düzenekler konulmalıdır.

4. İzmit Köseköy Transformatör Merkezinin İncelenmesi

İki adet 100 MVA'lık transformatör ile iletim şebekesine bağlanan İzmit-Köseköy transformatör merkezinde 17 adet 34,5 kV gerilimde dağıtım fideri mevcuttur. Bu fiderlerden bir kısmı DÜK içermektedir.

İzmit-Köseköy transformatör merkezindeki fiderlere ait yıllık toplam arıza açma süreleri ve fider üzerindeki DÜK'ların toplam üretim kapasiteleri Tablo 3.'de görülmektedir. Bu açmalar sadece aşırı akım ve kısa devre arızasından kaynaklanmış olup, her bir fider yıllık ortalama 19 saat devre dışı kalmıştır. Tablodaki değerler, şebekedeki gerilim ve frekans salınımları ve iletim şebekesindeki enerji kesintilerinden dolayı DÜK'nın devre dışı kalma durumlarını yansıtmamaktadır.

Bozucu etkilerden dolayı DÜK'lar devre dışı kalarak 77,1 MW'lık toplam üretim kapasitesi tam kullanılamamıştır.

Ada modu için gerekli düzenlemeler yapılırsa DÜK üretiminin verimi artırılmış olur.

5. Sonuç

DÜK'ların elektrik dağıtım şebekelerinde varlığı benimsenmiş olup olumlu ve olumsuz etkileri akademik çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Bu kaynakların şebekeye bağlantı şartları uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Bununla beraber bazı durumlar vardır ki standartlar yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada önce DÜK'lerin dağıtım şebekesine bağlantı koşullarını belirleyen IEEE 1547 standardı bazı maddeleri incelenmiş, sonra standardın ve günümüzdeki uygulamaların yetersiz kaldığı durumlar tespit edilmiştir. Dağıtım fiderleri bölgelere ayrılarak ada modunda çalışmanın mümkün olduğu, bunun için bazı düzenlemelerin yapılması gerektiği önerilmiştir. Ayrıca bu konunun önemi İzmit- Köseköy Transformator merkezi ele alınarak gösterilmiştir.

Tablo 3 İzmit-Köseköy Trafo Merkezine ait fider bilgileri

Fider Numarası	Açma Süresi (Saat)	Fidere Bağlı DÜK'lerin Toplam Gücü (MW)
1	13,1	30
2	13,2	
4	25,7	
6	13,2	2,3
7	28,8	2,3
8	14,1	
10	31,0	
11	19,5	
12	33,5	5,2
14	23,4	
15	10,9	
16	12,8	11,5
17	16,3	18,8
18	5,8	
20	25,3	
21	17,0	7
22	19,2	
Yıllık Ortalama Açma Süresi	19,0	

TEŞEKKÜR

İzmit-Köseköy transformator merkezine ait veriler TEİAŞ . 5. İLETİM TESİS ve İŞLETME GRUP MÜDÜRLÜĞÜ'nden alınmıştır. Bu çalışma 105E105 nolu Tubitak Projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. W. Freitas, J.C.M.Vieira, A. Morelato, L.C.P. da Silva, V.F. da Costa, F.A.A. Lemos, "Comparative Analysis Between Synchronous and Induction Machines for Distributed Generation Applications," *IEEE Trans Power Systems*, vol.21, pp.301-311, Feb. 2006
2. Fatih M. Nuroğlu, Aysen Basa Arsoy, "Voltage Profile and Short Circuit Analysis in Distribution Systems with DG", *IEEE EPEC08*
3. Working Group on Distributed Generation Integration, "Summary of Distributed Resources Impact on Power Delivery Systems," *IEEE Tran on Power Delivery*, vol.23, pp.1636-1643, July 2008.
4. IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, *IEEE 1547-2003 Std.* July 2003
5. S.A. Papathanassiou, 'A Technical Evaluation Framework for the Connection of DG to the Distribution Network', *Electric Power Systems Research*, 77, 2007
6. N. Nagpal, et all. 'Dispersed Generation Interconnection – Utility Perspective', *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 42, No.3 May/June 2006
7. Sukumar M. Brahma, Adly A. Girgis, "Development of Adaptive Protection Scheme for Distribution Systems With High Penetration of Distributed Generation", *IEEE Tran on Power Delivery*, VOL. 19, NO. 1, JANUARY 2004
8. Roberto Caldon, Andrea Stocco, Roberto Turri, "Feasibility of adaptive intentional islanding operation of electric utility systems with distributed generation", *Electric Power Systems Research* 78 (2008) 2017–2023