

DAĞITIK ÜRETİM SANTRALLERİNİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMUNA GENEL BİR BAKIŞ

Bilal ŞİMŞEK¹

M. Murat ÖCAL²

Erdal BİZKEVELCİ

TEDAŞ Genel Müdürlüğü

TÜBİTAK UZAY

AR-GE Planlama ve Dış İlişkiler Daire Bşk.

Güç Sistemleri Bölümü

¹e-posta: bilal.simsek@tedas.gov.tr

²e-posta: murat.ocal@tedas.gov.tr

e-posta: erdal.bizkevelci@uzay.tubitak.gov.tr

Özet

Bu çalışmada güncel bilimin sunmuş olduğu evrensel çözümler ışığında Türkiye'deki dağıtık üretim santrallerinin genel durumu ele alınacaktır. Daralan fosil yakıt kaynakları, yükselen çevreci kaygılar ve günümüz mikrodenetleyici ve yarıiletken teknolojisinin geniş bir aralıkta sunduğu çözümler nedeniyle orta gerilim (OG) seviyesinden (34,5 - 15,8 - 10,5 - 6,3 kV) bağlanan Dağıtık Üretim Santrallerinin (DÜS) toplam üretim içerisindeki oranı her geçen gün artmaktadır. Yakın zamana kadar zengin doğal kaynakların bulunduğu coğrafi bölgelerde büyük miktarlarda üretilen elektrik enerjisi uzun iletim hatlarıyla tüketiciye ulaştırılmaktaydı. Yeni yönelim ise elektrik enerjisinin merkezi değil dağıtılmış olarak üretilip tüketilmesidir. Hidrolik, jeotermal, biyogaz, güneş pilleri ve özellikle rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji üretim teknolojilerindeki gelişmeler dağıtık enerji üretimi konusunda kamuoyunu motive etmektedir. Öte yandan doğalgaz dağıtım sisteminin geniş bölgelere ulaşması ve bileşik ısı-güç santrali teknolojisindeki ilerlemeler de dağıtık enerji üretim yönelimini desteklemesine rağmen ithal bir fosil yakıt olan doğalgazın dağıtık üretimde kullanımı temel felsefe olması gereken yenilenebilir ve yerel enerji üretimi kavramı ile çelişmektedir. Dünyadaki genel eğilime paralel olarak Türkiye'de de dağıtık üretim sistemi oranının toplam üretim içindeki yerinin yakın gelecekte önemli seviyelere geleceği umulmakta ve bu açılımın dağıtım sistemi planlama ve işletme felsefelerini derinden etkileyeceği öngörülmektedir.

Bu çalışmanın giriş kısmında OG seviyesindeki dağıtık üretimin dünyada incelenen sorunları ve önerilen çözümler ele alınmış, devamında ise Türkiye’de TEDAŞ Genel Müdürlüğü ve bağlı dağıtım şirketlerince bağlantı görüşü verilen farklı yakıt tiplerindeki DÜS’lere ilişkin bilgiler sunulmuştur. İncelemede ayrıca DÜS’lerin dağıtım şebekesine bağlantılarının teknik ve ekonomik etkileri de yerel bilgiler ışığında irdelenmiştir.

1. Giriş

Artan enerji talebinin bir bölümünü dağıtık üretimden elde etme arzusu, çözülmesi gereken birçok mühendislik ve ekonomik problemi de beraberinde getirmiştir. Önümüzdeki dönemde devamlı artan miktar ve güçlerde DÜS şebekeye bağlanacağından dağıtım şebekesi planlama, işletim ve koruma zorlukları da katlanarak artacaktır. Bu zorluklara rağmen doğru yatırım ve bağlantı kriterleriyle sistemin dağıtık üretimden en yüksek verimi alması sağlanabilir [1]. DÜS içeren bir dağıtım şebekesinde kapasite artımı, yük yönetimi ve dağıtım otomasyonu tasarlanırken kayıplar, aşırı yüklenme senaryoları, güç kalitesi sapmaları ve çevresel faktörler gözönünde bulundurulur [2]. Dağıtık üretimin gömülü olduğu bir dağıtım sisteminin planlanması çok değişkenli bir optimizasyon problemidir [3]. Konuya ekonomik olarak bakıldığında ise özel dağıtım ve üretim şirketlerin içiçe olduğu bir dağıtım şebekesinde teknik kayıpların kime ne oranda yansıtılacağı, başka bir deyişle tümleşik sistemlerde kayıplardan hangi kullanıcının ve üreticinin ne oranda sorumlu olduğu, düzenleyici kurum açısından önemli bir problem teşkil etmektedir [4]. Enerji verimliliği, kalitesi ve devamlılığını esas alan bir sistemde meteorolojik bağımlılığı olan yenilenebilir enerji santrallerinin oranı arttıkça gerilim değişikliklerinin sorun yaratacağı öngörülmektedir. Bu durum sistemdeki baralarda gerilim dalgalanmalarına neden olabilir [5]. DÜS’lerin birçoğunda kullanılan mikrodenetleyicili yarı iletken anahtarlı güç dönüştürücüleri ise enerji kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle birden fazla ünitenin aynı dağıtım barasına bağlandığı durumlarda birden fazla güç dönüştürücü için ortak kontrol algoritması geliştirilmelidir [6]. Bazı dağıtık üretim uygulamalarında kullanılan 3-faz PWM evirgeç teknolojilerinde yüksek toplam harmonik bozuşma (THD) ve aşırı akım koruması sıkıntılarına rastlanır [7].

Dağıtık üretimde incelenmesi gereken bir diğer konu ise ada modudur. Özellikle mikroşebekelerde ada çalışma prensipleri net bir şekilde tanımlanarak kontrol algoritmaları geliştirilmeli ve ada modu kararlılığı irdelenmelidir [8].

Dağıtık üretim etkilerinin ölçülebilir metriklerle bağlanabilmesi için bazı modeller geliştirilmiştir [9]. Böylece dağıtım şirketlerine, dağıtık üretim tesisi işletmecilerine ve kullanıcılara getirdiği ekonomik katkıların sayısal olarak belirlenmesi sağlanmıştır [10].

Dağıtık üretim santrali tasarımının bir diğer parametresi ise sistem kayıplarının azaltılmasıdır. Ağ topolojisindeki dağıtım sistemleri için, dağıtık üretim tesislerinin dağıtımdaki güç kayıplarını mümkün olan en aza indirecek şekilde yerleştirilmesi olasıdır [11]. DÜS'lerin sistemdeki güç akışını değiştireceği ve dağıtım kayıplarını değiştirmesi beklenen bir etkidir. Farklı teknoloji, yerleşim topolojisi ve reaktif güç kontrol stratejilerine sahip DÜS'ler dağıtım kayıplarını önemli ölçüde etkiler [12]. Dağıtık enerji üretim santrallerinin getirilerinin daha iyi anlaşılabilmesi ve değişik teknolojilere ait getirilerin karşılaştırılabilmesi için bu getiriler indisler ile sayısal hale getirilebilir [13].

Kalıcı durum gerilim profili, kayıplar, gerilim kararlılığı, geçici rejim kararlılığı, kısa devre akımı ve dengesiz arıza sırasında ortaya çıkan gerilim sarkmaları dağıtık santrallerin dağıtım sistemine dahil edilmesi sırasında göz önünde bulundurulması gereken ölçütlerdendir. Bu ölçütlerden yola çıkarak hangi tip generatör ve kontrolün bu sistem için uygun olduğunun bulunması gerekir [14].

Dağıtım sisteminin üretim ve tüketim katmanlarının yatay ayrıştırılmasıyla birlikte emre amadelik/yatırım oranı daha da önemli bir parametre haline gelmiştir. Bundan böyle dağıtım şirketleri içerdikleri gömülü üretim tesisleriyle kullanıcılara yeterli emre amadeliği sağlayacak sistemler sağlamakla yükümlü olacaktır [15].

Kırsal ve kentsel bölgelerdeki dağıtım şebekelerinde merkezi veya dağıtık gerilim kontrolü tekniklerinin uygulanması DÜS'ün sisteme girebilme oranı üzerinde etkilidir. Bu nedenle DÜS'lerin dağıtım kayıplarına etkileri incelenerek farklı gereksinimleri

olan kırsal ve kentsel şebekeler için farklı sistem kısıtları göz önünde bulundurulmalıdır [16].

2. Yasal Düzenlemeler

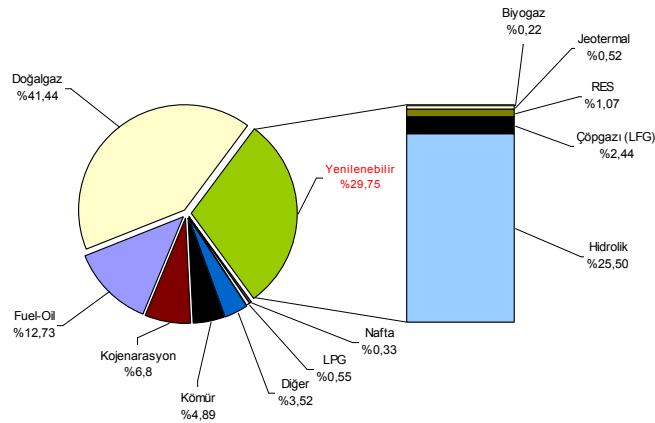
2001 yılında yürürlüğe giren “Elektrik Piyasası Kanunu” ile piyasa faaliyetleri ayrıştırılmış ve yürütülecek her bir faaliyet için ayrı lisans süreci başlatılmıştır [17]. Bugüne kadar talebin karşılanması, teknik kalitenin yükseltilmesi, tedarik sürekliliği ve iletim tesisleri ile bütünleşme gibi kriterlere göre planlanan dağıtım şebekeleri artık dağıtım sistemine gömülü DÜS’lerde üretilen elektrik enerjisinin yerel olarak iletimi için de kullanılacaktır. Bu durumda yeni bir dağıtım sistemi analiz, koruma ve planlama felsefesinin geliştirilmesi zorunludur. Dağıtık üretim santrallerinin devreye girmesiyle bugüne kadar pasif olan dağıtım şebekesi aktifleşecek, çift yönlü yük akışı nedeniyle planlama, işletme ve koruma koşulları farklılaşacaktır.

Son on yıl içerisinde dağıtık enerji üretimini destekleyen diğer kanunların da yürürlüğe girmesiyle Türkiye’de çok sayıda küçük güçteki hidrolik, rüzgar ve diğer yenilenebilir kaynağa dayalı santralin iletim ve dağıtım sistemine bağlantısı gündeme gelmiştir [18], [19]. Çevreci farkındalığın yükselişi, doğal kaynaklardan gelir elde etme arzusu ve verilmesi planlanan teşviklerin de yenilenebilir enerji ağırlıklı dağıtık üretimi artıracakı öngörülmektedir. Artan dağıtık üretim talebinin sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlamak için DÜS’lerin sisteme tümleşimi hayati önem taşımaktadır. Bu tümleşimin ilk adımı olan bağlantı noktasının seçimi üretimin miktarına göre iletim sisteminin OG barasından veya dağıtım sisteminden olmak üzere iki farklı şekilde olabilmektedir [20]. Buna göre bir dağıtım barası üzerinden dağıtım sistemine bağlanacak toplam kurulu güç en fazla 50 MW olabilir. 50 MW’ın üzerindeki güçlerin bağlantısının iletim seviyesinden yapılabileceği, 10 MW’ın altındaki üretim tesisleri için ise müstakil fider tahsisi yapılamayacağı sözkonusu yönetmelikle karara bağlanmıştır. Ancak kurulu gücü 10 – 50 MW arasında olan üretim santrallerinin sistem bağlantıları ile ilgili olarak yönetmelikte kesin bir hüküm yer almamaktadır. Bu çalışmada gücü 50 MW’ın altında olan ve dağıtım şebekesi ile paralel çalışan dağıtık üretim santralleri dağıtım sistemi operatöründen alınan bilgiler ışığında incelenmiştir [21], [22].

3. İşletmede Bulunan Dağıtık Üretim Santralleri

Küçük ünite gücü, kısa ve kolay inşaat süreci ve düşük işletme bakım giderlerinin yanı sıra iletim yatırımı gerektirmemeleri DÜS'lerin tercih edilmesinin başlıca nedenleridir. Öte yandan bu santraller çoğunlukla yenilenebilir birincil kaynaklı olmaları sebebiyle sera gazı emisyonunu düşürerek çevre dostu bir enerji üretim alternatifi sunmaktadır. Şebeke kayıpları açısından bakıldığında ise ulusal şebekenin uç noktalarından bağlanma özelliğinden dolayı iletim şebekesinin kayıplarını azaltma yönünde etkileri vardır. Dağıtık üretim Türkiye'de özel elektrik üretiminin önünü açan kanun ile başlamış ve doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ile birlikte hızlanmıştır [23]. Özellikle 1990'lı yılların ikinci yarısında Trakya, Sakarya, Ankara ve Bursa bölgelerindeki fabrikalarda doğalgaz ile çalışan otoprodüktör lisanslı birçok tesis işletmeye açılmıştır. Doğalgaza dayalı bu tip bir yapılanma iletim kayıplarını azaltmakla birlikte fosil yakıt bağımlılığı nedeniyle yenilenebilir dağıtık üretim felsefesiyle çelişmektedir.

Türkiye'de Mayıs 2009 itibarıyla 137'si otoprodüktör lisanslı olmak üzere 284 DÜS'ün toplam kurulu gücü 2.841 MW'tır. Bu miktar ülkenin mevcut kurulu gücünün %6,7'sidir. Şekil 1'de yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin toplam dağıtık üretim santralleri içindeki payı görülmektedir. Buna göre halen işletmede bulunan dağıtık üretim santrallerinin yalnızca %29,75'i yenilenebilir kaynaklarından karşılanmaktadır. Dağıtık üretim sistemi içerisinde büyük ölçüde doğalgaz ve fuel oil yakıtlı santraller yer almaktadır.

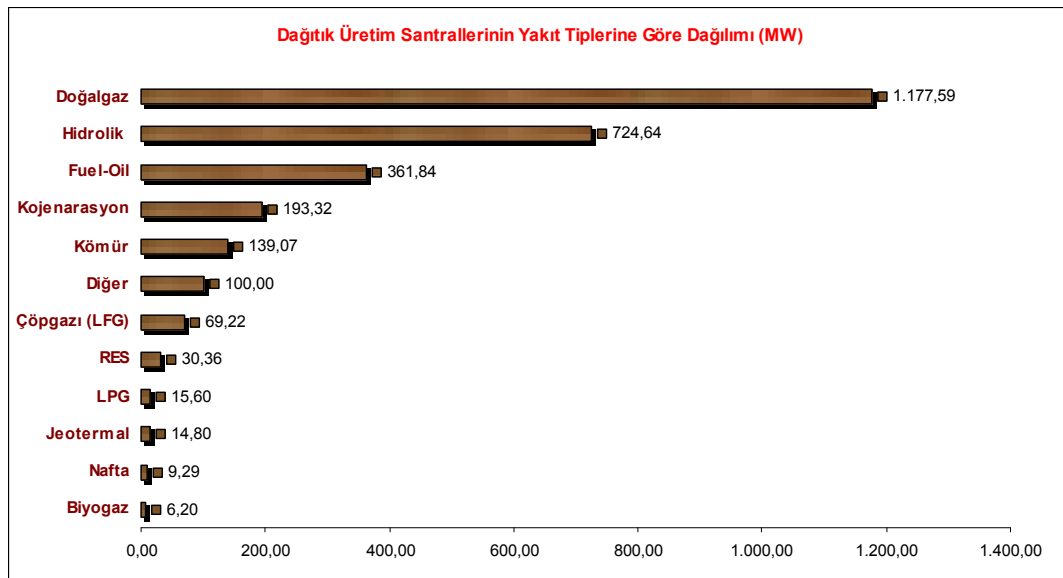


Şekil 1 Kurulu güçlerine göre yenilenebilir enerji santrallerinin DÜS içerisindeki oranı [21].

Tablo 1 Türkiye’deki mevcut dağıtık santral sayısı ve güçleri tablosu [21].

	Santral Tipi										Toplam	
	Biyogaz		Çöpgazı (LFG)		Rüzgar		Hidrolik		Termik			
	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)
Toplam (MW)	3	3,00	4	69,22	5	30,36	104	724,64	168	2.014,70	284	2.841,92

Mayıs 2009 itibariyle Türkiye’deki mevcut dağıtık üretim santrallerin birincil kaynaklara göre sayıları ve güçleri Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 2’de ise Türkiye’de dağıtık üretim santrallerinin elektrik üretiminde kullanılan yakıt tipine göre kurulu güçleri toplamını göstermektedir. Ülkemizde önemli miktarda yenilenebilir enerji kaynakları olmasına rağmen orta büyüklükteki birçok elektrik santrali fosil yakıtlarla çalıştırılmaktadır.



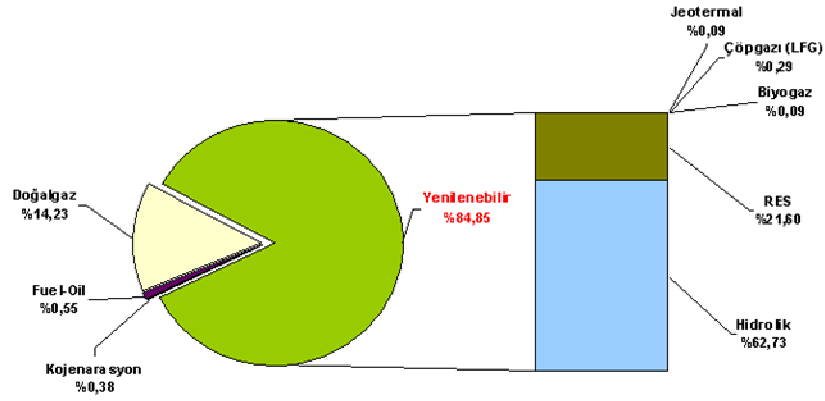
Şekil 2 Mevcut işletmedeki dağıtık üretim santrallerinin enerji kaynaklarına göre kurulu güçleri [21].

4. 2003-2008 Yılları Arasında Verilen DÜS Bağlantı Görüşleri

Halen Türkiye’de geçerli olan yasa ve yönetmelikler uyarınca DÜS bağlantı süreci tüzel kişinin bağlantı talebini Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’na (EPDK) bildirmesiyle başlar. Mevcut düzenlemelere göre DÜS’ler elektrik şebekesine dağıtım sistemine doğrudan veya 380-154/OG TM’lerin OG barasına müstakil hat ile olmak üzere iki farklı şekilde bağlanabilir. Bağlantı talebini alan EPDK bu talebi uygun

bağlantı noktasına göre iletim sistem operatörü (TEİAŞ) veya ilgili dağıtım şirketine iletir. İlgili sistem operatörü bağlantı ve sistem kullanım görüşünü 45 gün içerisinde EPDK'ya bildirmek zorundadır [24]. 2003-2008 yılları arasında TEDAŞ Genel Müdürlüğü ve bağlı dağıtım şirketleri 814 adet DÜS için bağlantı görüşü vermiştir. Görüş verilen bu santrallerin toplam kurulu gücü 10.255 MW'tır.

Şekil 3'de EPDK'ya verilen bağlantı görüşlerine göre yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin toplam DÜS içindeki payı görülmektedir. Buna göre bağlantı görüşü verilen dağıtık üretim santrallerinin % 84,85'lik büyük kısmı yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır.



Şekil 3 2003-2008 yılları arasında OG seviyesinden bağlantı görüşü verilen DÜS'lerin enerji kaynaklarına göre oransal dağılımı [21].

2003-2008 yılları arasında TEDAŞ Genel Müdürlüğü ve bağlı dağıtım şirketleri tarafından dağıtım gerilimi seviyesinden EPDK'ya bağlantı görüşü verilen DÜS'lerin birincil kaynak bazında sayısı ve güçleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablodan görüldüğü gibi [18]'in yürürlüğe girmesiyle küçük güçteki birçok hidrolik santralin bağlantısının önü açılmış ve 2003-2008 yılları arasında bağlantı görüşü verilen toplam 10.255 MW'ın % 62,74'ünü HES'ler almıştır. Bu çalışmada 1 Kasım 2007 yılında yapılan rüzgar enerjisine dayalı santral başvuruları sonuçlanmadığından dikkate alınmamıştır. Bağlantı görüşü verilen HES'lerin % 33,75'lik kısmı Doğu Karadeniz Bölgesinde (Gümüşhane, Giresun, Trabzon, Artvin, Rize, Artvin) bulunmaktadır.

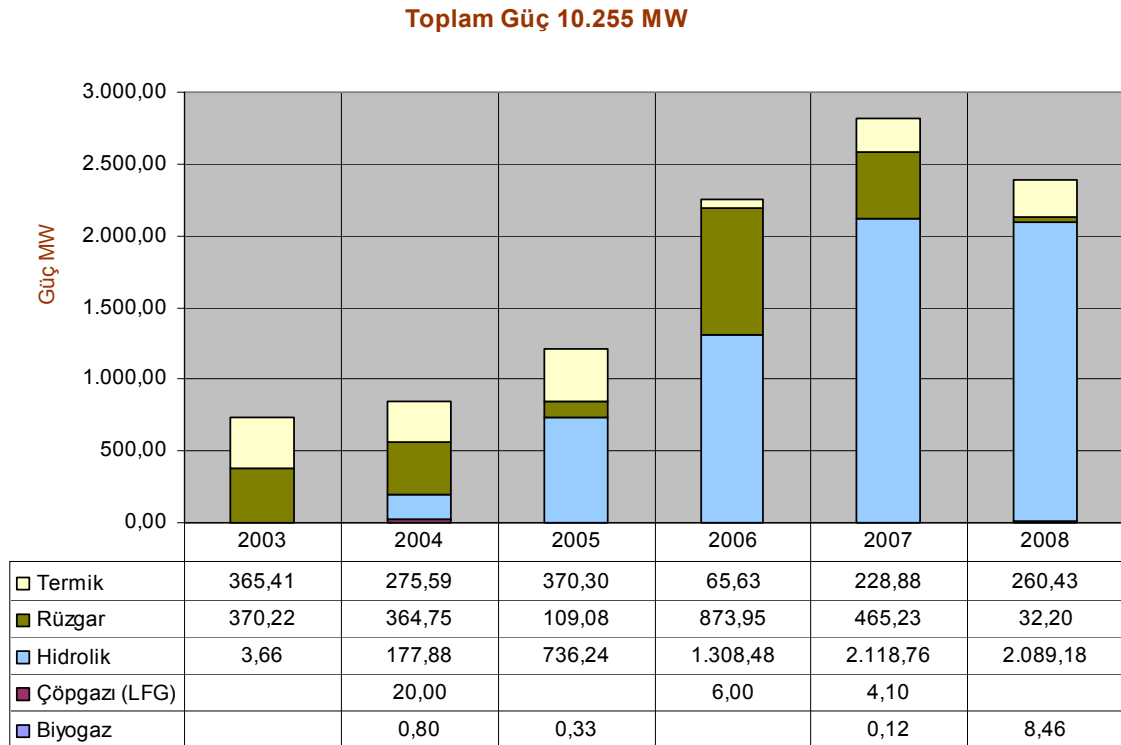
Tablo 2 2003-2008 yılları arasında EPDK'ya verilen DÜS'lerin sayı ve güçleri [21].

	Santral Tipi										Toplam	
	Biyogaz		Çöpgazı (LFG)		Rüzgar		Hidrolik		Termik			
	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Güç (MW)
Toplam (MW)	6	9,71	4	30,10	96	2.215,43	529	6.434,20	176	1.566,22	811	10.255,66

Şekil 4'te 2003-2008 yılları arasında verilen bağlantı görüşlerine göre enerji kaynaklarının payı görülmektedir.

5. DÜS'lerin Teknik ve Ekonomik Etkileri

Radyal dağıtım şebekeleri üretim birimlerine ring iletim şebekeleri üzerinden bağlanır ve koruma sistemi de bu duruma göre tasarlanır. Dağıtım şebekelerine bağlanan DÜS'ler ise arıza akımlarının büyüklüğünü ve yönünü değiştirir. Dağıtık üretim içeren bir dağıtım şebekesinde koruma seçiciliği ve koruma felsefesi tekrar gözden



Şekil 4 2003-2008 yılları arasında OG seviyesinden bağlantı görüşü verilen DÜS'lerin kaynak çeşitlerine göre yıllara göre oranları [21].

geçirilmelidir. Aktif dağıtım şebekesinin koruma ve kontrol sistemi dağıtık üretim sistemi için tam bir koruma sağlamalı ve ana şebekenin koruma ve kontrol sistemi ile uyumlu bir şekilde çalışmalıdır. DÜS'lerin bağlantı yapılan noktalarında sistemin kısa devre gücünü artırdığı ve buna bağlı olarak mevcut koruma problemlerine yol açacağı düşünülmektedir.

DÜS'lerin TEDAŞ dağıtım hatlarına gömülü olduğu irtibat noktasında pasif fiderlerden farklı olarak otoprodüktör fider kriterleri uygulanmaktadır [25], [26]. Bu düzenlemeye göre DÜS'lerin bağlı olduğu dağıtım hat fiderleri en son yürürlükte bulunan otoprodüktör fider kriterlerine göre donatılmalıdır. Ayrıca, DÜS'lerin güç kalitesi parametrelerini (harmonik, fliker, reaktif güç, gerilim değişimleri v.b.) sağlayıp sağlamadığının denetimi yapılmalıdır. Dağıtım sistemine gömülü olarak faaliyet gösteren DÜS'ler diğer müşterilere sağlanan enerjinin kalite ve güvenilirliğini düşürmemelidir. Öte yandan bu üretim tesislerinin şebeke bağlantısı ister 380-154/OG TM'lerin OG barasından, isterse dağıtım sisteminden olsun ciddi bir hat yatırımı gerekmektedir. 2003-2008 yılları arasında EPDK'ya verilen DÜS'ler için dağıtım şirketlerinin tesis etmesi gereken havai hat uzunluğu toplam 7.823 km ve gerekli yatırım bedeli 503.3 milyon dolardır. Buna ek olarak 380-154/OG TM'lerde trafo gücü artırımı, trafo ilavesi ve dağıtım barası bölünmesi gibi yatırımlara da ihtiyaç vardır.

6. Sonuç

Türkiye'nin üyesi olmayı amaçladığı AB, 2020 yılında yenilenebilir enerjilerin toplam enerji içindeki payını % 20'ye çıkarmayı hedeflemektedir. Öte yandan Türkiye'de tüketilen enerjinin yaklaşık % 73'ü dış kaynaklı olup enerjide dışa bağımlılığımız her geçen gün artmaktadır. Bu bağımlılığın en çarpıcı göstergesi elektrik enerjisi üretiminde kullanılan doğalgaz miktarıdır. Dünya elektrik üretiminde doğalgazın payı % 20 civarında iken Türkiye'de bu oran % 50 civarındadır. Oysa Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılabilecek hidrolik, jeotermal, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve biyogaz olmak üzere önemli miktarda yenilenebilir enerji potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyel göz önüne alınarak Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretim içerisindeki payının 2023 yılında en az % 30 düzeyinde olması hedeflenmiştir [27]. Dağıtık ve yenilenebilir enerji üretiminin devlet tarafından teşvik edilmesi ve gerekli altyapı yatırımlarının yapılması durumunda, elektrik enerjisi talebinin önemli

bir kısmının bu yerel ve çevreci kaynaklardan karşılanması mümkündür. Bu şekilde enerjide dışa bağımlılık azaltılabileceği gibi dağıtım kayıpları da aşağılara çekilebilecektir.

DÜS'lerin planlanması bölgelerin coğrafi yapıları, iklimsel özellikleri, doğal çevre faktörleri, sosyo-ekonomik farklılıkları dikkate alınarak yapılmalıdır. Bazı bölgelerde kömür, rüzgar, jeotermal ve su enerjisine veya bunlardan birkaçına dayalı üretime yer verilmesi gerekecektir. Bu üretimlerin yıllık, mevsimlik veya anlık özellikleri dikkate alınarak, sunulan enerjinin sürekliliğini sağlayacak şekilde yedek kapasite ile birlikte iletim ve dağıtım şebekesine yapılacak yatırımların irdelenmesi sistem güvenliği açısından zorunluluk arz etmektedir. Öte yandan meteorolojik bağımlılığı olan rüzgar santralleri planlanırken sistem kararlılığı ve sıcak yedek ihtiyacı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

DÜS teknolojileri açısından bakıldığında gerekli önlemlerin acilen alınmaması halinde çok kısa sürede Türkiye'nin devamlılığı ve güvenilirliği olmayan, işletme ve bakım maliyetleri yüksek, hantal ve eski teknoloji bir DÜS çöplüğüne dönmesi olasıdır. Bu çalışmanın birinci kısmında özetlenen evrensel sorunlar ve çözümler ışığında gerekli tasarım, kurulum, bağlantı, işletme, koruma kriterlerinin yerel ihtiyaçları karşılayacak şekilde oluşturulması durumunda ise can, mal ve hizmet kayıplarının engellenmesi mümkündür. Yüksek kalitede çevreci bir dağıtık enerji üretimi ancak güncel bilime dayalı böyle bir evrensel yaklaşımla gerçekleştirilebilir.

Dağıtım sistemi açısından bakıldığında ise DÜS'lerden en yüksek verimin alınabilmesi için dağıtım sisteminin gelişim, işletim, koruma planlamasının dağıtık üretimle bir bütün olarak ele alınması ve birlikte planlanması zorunludur. Böylesi bütüncül bir yaklaşım üretim-tüketim dengesi, gerilim düşümü, reaktif güç kontrolü, güç kalitesi, emre amadelik, sistem koruma vs. gibi hayati konularda karşılaşılabilecek olası problemleri en aza indirgeyerek yüksek kaliteli, kullanıcı dostu ve en önemlisi çevreci bir dağıtık üretim sisteminin anahtarı olacaktır.

Kaynakça

- [1] R. C. Dugan, T. E. McDermott, "Distributed generation," *IEEE Magazine on Ind. Appl.*, vol.8, issue.2, pp.19-25, 2002.
- [2] R. C. Dugan, T. E. McDermott, G. J. Ball, "Planning for distributed generation," *IEEE Magazine on Ind. Appl.*, vol.7, issue.2, pp.80-88, 2001.
- [3] W. El-Khattam, Y. G. Hegazy and M. M. A. Salama, "An integrated distributed generation optimization model for distribution system planning," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, pp. 1158-1165, May 2005.
- [4] E. Carpaneto and J. S. Akilimali, "Branch current decomposition method for loss allocation in radial distribution systems with distributed generation," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 21, pp. 1170-1179, Aug. 2006.
- [5] T. Senjyu, Y. Miyazato, A. Yona, N. Urasaki and T. Funabashi, "Optimal distribution voltage control and coordination with distributed generation," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 23, pp. 1236-1242, Apr. 2008.
- [6] M. Pradonovic and T. C. Green, "High-quality power generation through distributed control of a power park microgrid," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 53, pp. 1471-1472, Oct. 2006.
- [7] M. N. Marwali and A. Keyhani, "Control of distributed generation systems – Part 1: Voltages and currents control," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 19, no.6, pp. 1541-1550, 2004.
- [8] Y. Mao and K.N. Miu, "Switch placement to improve system reliability for radial distribution systems with distributed generation," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 18, pp. 1346-1352, Nov. 2003.
- [9] H. A. Gil, G. Joos, "Models for quantifying the economic benefits of distributed generation," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol.23, No.2, pp.327-335, 2008.
- [10] S. Haffner, L. F. A. Pereira, L. A. Pereira, L. S. Barreto, "Multistage model for distribution expansion planning with distributed generation—Part I: Problem formulation," *IEEE Trans. Power Del.*, vol.23, No.2, pp.915-923, 2008.
- [11] C. Wang, M. H. Nehrir, "Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol.19, No.4, pp.2068-2076, 2004.
- [12] V. H. M. Quezada, J. R. Abbad, T. G. S. Roman, "Assessment of energy distribution losses for increasing penetration of distributed generation," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol.21, No.2, pp.533-540, 2006.

- [13] P. Chiradeja, R. Ramakumar, "An approach to quantify the technical benefits of distributed generation," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 19, no.4, pp.764-773, 2004.
- [14] W. Freitas, J. C. M. Vieira, A. Morelato, L. C. P. da Silva, V. F. da Costa and F. A. B. Lemos, "Comparative analysis between synchronous and induction machines for distributed generation applications," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 21, no. 1, pp. 301-311, 2006.
- [15] A. A. Chowhury, S. K. Agarwal and D.O. Koval, "Reliability modeling of distributed generation in conventional distribution system planning and analysis," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 39, pp.1493-1498, Sep./Oct. 2003.
- [16] P. N. Vovos, A.E. Kiprakis, A.R. Wallace and G.P. Harrison, "Centralized and distributed voltage control: impact on distributed generation penetration," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, pp.476-483, Feb. 2007.
- [17] "Elektrik piyasası kanunu," *Resmî Gazete sayı.24335, kanun no.4628*, 3 Mart 2001.
- [18] "Elektrik piyasasında üretim faaliyetinde bulunmak üzere su kullanım hakkı anlaşması imzalanmasına ilişkin usul ve esaslar hakkında yönetmelik," *Resmî Gazete sayı.25150*, 26 Haziran 2003.
- [19] "Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun," *Resmî Gazete sayı.25819*, kanun sayı.5346, 18 Mayıs 2005.
- [20] "Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği," *Resmî Gazete sayı.25001*, İletim sistemine bağlantı esasları, madde no.5, 22 Ocak 2003.
- [21] "Türkiye'de dağıtık üretim santrallerinin mevcut durum değerlendirme raporu," *Tedaş Genel Müdürlüğü Ar-Ge Planlama ve Dış İlişkiler Daire Başkanlığı*, 2009.
- [22] "Dağıtım şirketleri bazında tesis edilmesi gereken havai hatlar inceleme raporu," *Tedaş Genel Müdürlüğü Ar-Ge Planlama ve Dış İlişkiler Daire Başkanlığı*, 2009.
- [23] "Türkiye elektrik kurumu dışındaki kuruluşların elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve ticareti ile görevlendirilmesi hakkında kanun," *Resmî Gazete sayı.18610*, kanun sayı.3096, 4 Aralık 1984.
- [24] "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği," *EPDK, Resmî Gazete sayı.24836*, madde no.9, 4 Ağustos 2002.
- [25] "Dağıtım tesislerine bağlanacak üretim santralleri için fider kriterleri," *TEDAŞ Genel Müdürlüğü Yönetim Kurulu*, karar no.5-35, 31 Ocak 2008.
- [26] "TEİAŞ OG barasına doğrudan bağlı otoproduktör fiderler için proje kriterleri," *TEİAŞ Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı*, karar no. 1073-11029, 22 Mayıs 2003.
- [27] "Elektrik enerjisi piyasası ve arz güvenliği stratejisi belgesi," *Yüksek Planlama Kurulu*, karar no.2009/11, 18 Mayıs 2009.