

RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNİN ŞEBEKEYE BAĞLANMASI DURUMUNDA ENERJİ KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Can UYGUN

Eti Maden İşt. Gn.Md., Bigadiç Bor İşt. Mşd., Balıkesir, cuygun@etimaden.gov.tr

M.Kubilay EKER

Balıkesir Üniversitesi, M.M.F., Elektrik-Elektronik Mşh. Böl., kubilay@balikesir.edu.tr

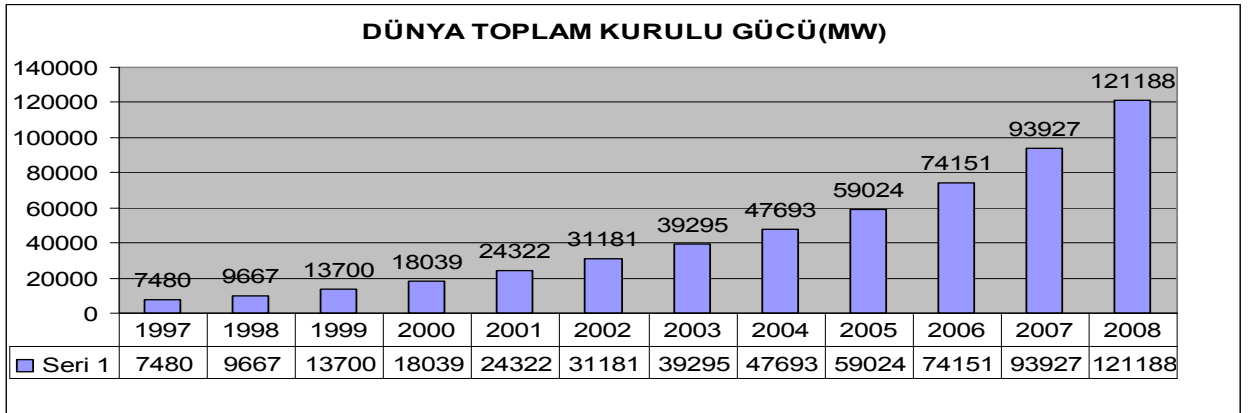
ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi, hidrolik enerjiden sonra elektrik üretimi konusunda diğerkaynaklara göre daha yüksek bir kurulum kapasitesiyle sisteme enerji sağlamaktadır. Ancak rüzgar enerjisinin şebekeye bağlantısı noktasında, enerji kalitesi ve şebeke etkileşimi yönünden bazı sıkıntılar mevcuttur. Rüzgârın kesikli ve değışken olan yapısı, rüzgar enerji santrallerinin şebeke sistemine bağlantısı noktasında, bozucu etkilere sebep olabilmektedir. Bu bozucu etkiler özellikle sistemin zayıf olduğı yerlerde, türbinlerin bağlanmasında kısıtlayıcı faktörler oluşturmaktadır. Rüzgar santrallerinin büyük çoğunluğunda asenkron elektrik makinası kullanılmasından dolayı, ihtiyaç duyulan reaktif enerjinin karşılanması için farklı yöntemler kullanılmakta ve bir kısım sistemlerde kullanılan güç elektroniğı dönüştürücüleri de harmonikler üretmektedir. Ayrıca iletim sisteminde meydana gelen kısa devre durumlarında rüzgar santrallerinin sisteme katkısı üzerine farklı yaklaşımlar mevcuttur. Rüzgar santrallerinin şebekeye bağlantısı sırasında oluşan bu olumsuz etkileri giderebilmek yada en aza indirebilmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, rüzgâr santrallerinin şebekeye bağlantısı sırasında sistem kararlılığını olumlu yönde etkileyecek yöntemler araştırılmakta ve rüzgar enerji santrallerinden kaynaklandığı düşünölen olumsuz etkiler irdelenmektedir.

GİRİŞ

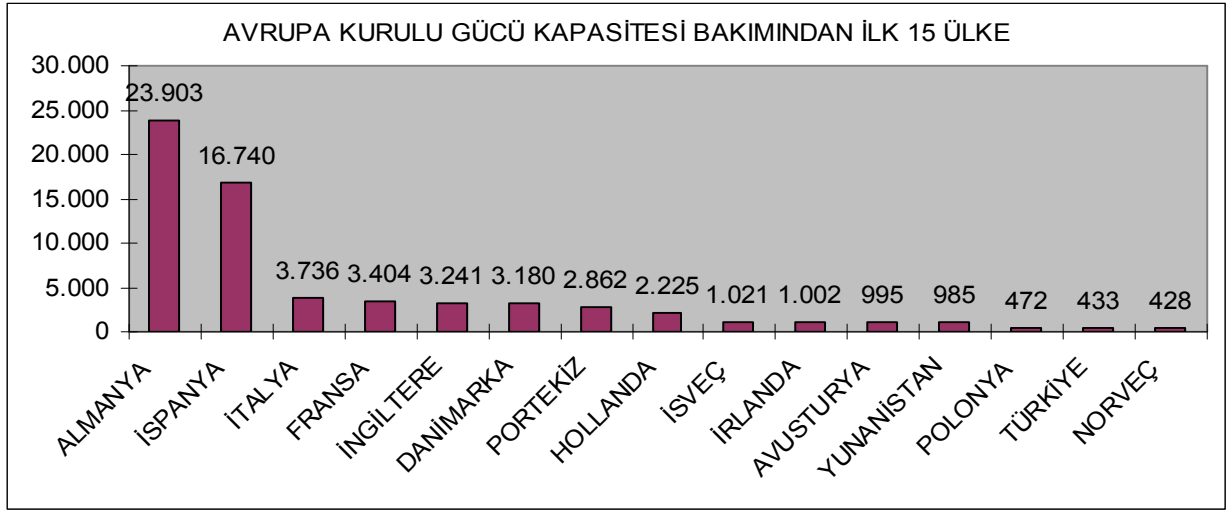
İnsanoğlunun varlığından beri yaşam gereksinimlerinin karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. 18. yüzyılda başlayan endüstri devrimi ile birlikte enerji tüketiminde büyük artış olmuş ve bu tüketimi karşılayabilmek için fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. 20. yüzyılın ortalarından itibaren fosil kökenli enerji kaynakları ile ilgili yaşanan çeşitli krizler ve çevreye vermiş oldukları olumsuz etkiler nedeniyle birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanabilmek için çalışmalara başlamıştır. Bu çerçevede tükenmeyen ve çevre dostu olması nedeniyle temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle de rüzgar enerjisinden teknolojik anlamda yararlanılması ön plana çıkmıştır.

Rüzgar enerjisi, üretim kapasitesi açısından dünyada en fazla büyüyen enerji kaynağıdır. 1998 yılı sonunda 9.667 MW olan dünya rüzgar enerjisi santrallerinin kurulu gücü, 2008 yılı içerisinde eklenen 27.261 MW gücündeki rüzgar santralleri ile 2008 yılı sonunda 1998 yılına göre 12.5 kat artarak 121.188 MW olmuştur. 2008 yılı sonunda dünya genelindeki rüzgar enerjisi santrallerinin yıllık elektrik üretimi 260 TWh olmuştur. Bu da dünya elektrik tüketiminin % 1,5 inden daha fazlasına eşdeğerdir. Rüzgar enerjisi sektörü, 2008 yılı sonunda oluşan 40 milyar € cirosu ve 440.000 kişiye yaratmış olduğu iş imkanı nedeniyle ekonomik anlamda da büyük fayda sağlamaktadır. Rüzgar enerjisi, bu hızla gelişmeye devam eder ve daha da fazla geliştirme politikaları uygulanırsa, 2020 yılında dünya kurulu gücünün 1.500.000 MW'ı aşması mümkün olabilecektir [1].



Şekil 1: Dünya rüzgar enerjisi kapasitesinin yıllara göre durumu [2].

Avrupa'daki rüzgar enerjisinin durumuna bakıldığı zaman, dünya kurulu gücünün yarıdan fazlasının burada olduğu görülmektedir. Avrupa'da, 1995 yılı sonunda 2.497 MW olan toplam kurulu güç, 2008 yılı içerisinde eklenen 8.877 MW gücündeki rüzgar santralleri ile 2008 yılı sonunda 65.933 MW' a yükselmiştir. Aşağıdaki tabloda Avrupa rüzgar gücü kapasitesi bakımından ilk 15 ülke gösterilmektedir. Türkiye, şu an itibariyle kurulu güç kapasitesi büyüklüğü bakımından Avrupa'nın 14. sırasında yer almaktadır [3].



Şekil 2: Avrupa rüzgar kurulu gücü kapasitesi bakımından ilk 15 ülke [3].

Avrupa Birliği Komisyonu, 2007 yılında "Yenilenebilir Enerji Yol Haritası" adlı raporunda yenilenebilir enerjinin varolan toplam enerjideki payının 2020 yılında %20 olması hedefini ortaya koymuştur. Ayrıca, toplam elektrik tüketiminin yaklaşık % 35' ini, ısı ihtiyacının % 25' ini ve ulaşımın % 10' unu yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı ana hedef olarak belirlemiştir [4].

Türkiye, rüzgar potansiyeli bakımından oldukça avantajlı bir ülkedir. Türkiye' de rüzgar enerjisinden elektrik üretimi konusunda ilk sistem 1985 yılında Danimarka'dan ithal edilip İzmir-Çeşme Altinyunus Turistik tesislerinde kurulan 55 kW gücündeki rüzgar türbinidir. Üç kanatlı yatay eksenli bu türbinden üretilen elektrik enerjisi adı geçen tesiste tüketilmektedir [5].

Türkiye'de halen şebeke bağlantılı on yedi rüzgâr santrali vardır. Bu santrallerin toplam gücü 433,55 MW'tır. Bütün santrallerdeki türbinler de yatay eksenlidir. Türkiye'de kurulu bulunan ve kurulması planlanan rüzgar enerji santralleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: Türkiye’de kurulu bulunan ve kurulması planlanan rüzgar enerji santralleri [6].

Şirket	Mevkii	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Türbin adet ve kapasitesi
Alize A.Ş.	İzmir-Çeşme	1998	1,50	3 adet 500 kW
Güçbirliği A.Ş.	İzmir-Çeşme	1998	7,20	12 adet 600 kW
Bores A.Ş.	Çanakkale-Bozcaada	2000	10,20	17 adet 600 kW
Sunjüt A.Ş.	İstanbul-Hadımköy	2003	1,20	2 adet 600 kW
Yapısan A.Ş.	Balıkesir-Bandırma	I/2006	30,00	20 adet 1.500 kW
Ertürk A.Ş.	İstanbul-Silivri	II/2006	0,85	1 adet 850 kW
Mare A.Ş.	İzmir-Çeşme	I/2007	39,20	49 adet 800 kW
Deniz A.Ş.	Manisa-Akhisar	I/2007	10,80	6 adet 1.800 kW
Anemon A.Ş.	Çanakkale-İntepe	I/2007	30,40	38 adet 800 kW
Doğal A.Ş.	Çanakkale-Gelibolu	II/2007	14,90	13 x 800 kW+5 x 900 kW
Deniz A.Ş.	Hatay-Samandağ	I/2008	30,00	15 adet 2.000 kW
	Manisa-Sayalar	I/2008	30,60	38 adet 800 kW
Innores A.Ş.	İzmir-İliç	I/2008	42,50	17 adet 2.500 kW
Lodos A.Ş.	İstanbul-Gaziosmanpaşa	I/2008	24,00	12 adet 2.000 kW
Ertürk A.Ş.	İstanbul-Çatalca	I/2008	60,00	20 adet 3.000 kW
Baki A.Ş.	Balıkesir-Şamlı	II/2008	90,00	38 adet 3.000 kW
Dares A.Ş.	Muğla-Datça	II/2008	10,00	27 x 800 kW + 8 x 900 kW
İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI			433,35	
Ayen A.Ş.	Aydın-Didim	I/2009	31,50	2.100 kW
Ezse Ltd. Şti.	Hatay-Samandağ	II/2009	35,10	900 kW
Ezse Ltd. Şti.	Hatay-Samandağ	II/2009	22,50	2.500 kW
Rotor A.Ş.	Osmaniye-Bahçe	II/2009	135,00	54 adet 2.500 kW
Mazı3 A.Ş.	İzmir - Çeşme	II/2009	22,50	9 adet 2500 kW
Kores A.Ş.	İzmir-Çeşme	II/2009	15,00	2.500 kW
Soma A.Ş.	Manisa-Soma	II/2009	140,80	176 adet 800 kW
İNŞA HALİNDEKİ KAPASİTE TOPLAMI			402,40	
Alize A.Ş.	Balıkesir-Susurluk		19,00	17 x 800 kW + 6 x 900 kW
Borasco A.Ş.	Balıkesir-Bandırma		45,00	15 adet 3000 kW
Alize A.Ş.	Tekirdağ-Şarköy		28,80	14 x 2000 kW + 1 x 800 kW
Alize A.Ş.	Balıkesir-Havran		16,00	8 adet 2000 kW
Alize A.Ş.	Çanakkale-Ezine		20,80	10 x 2000 kW + 1 x 800 kW
Belen A.Ş.	Hatay-Belen		30,00	10 adet 3000 kW
Alize A.Ş.	Manisa-Kırkağaç		25,60	32 adet 800 kW
Boreas A.Ş.	Edirne-Enez		15,00	6 adet 2.500 kW
Doruk A.Ş.	İzmir-İliç		30,00	15 adet 2.000 kW
Yapısan A.Ş.	İzmir-İliç		90,00	36 adet 2500 kW
Doğal A.Ş.	İzmir-İliç		30,00	15 adet 2000 kW
Doğal A.Ş.	İzmir-Foça		30,00	15 adet 2000 kW
Poyraz A.Ş.	Balıkesir-Kepsut		54,90	61 adet 900 kW
Bilgin A.Ş.	Manisa-Kırkağaç		90,00	36 adet 2500 kW
Bares A.Ş.	Balıkesir-Kepsut		142,50	57 adet 2500 kW
TÜRBİN TEDARİK SÖZLEŞMESİ İMZALI PROJE TOPLAMI			667,60	
GENEL TOPLAM			1.503,35	

Rüzgar Türbinleri

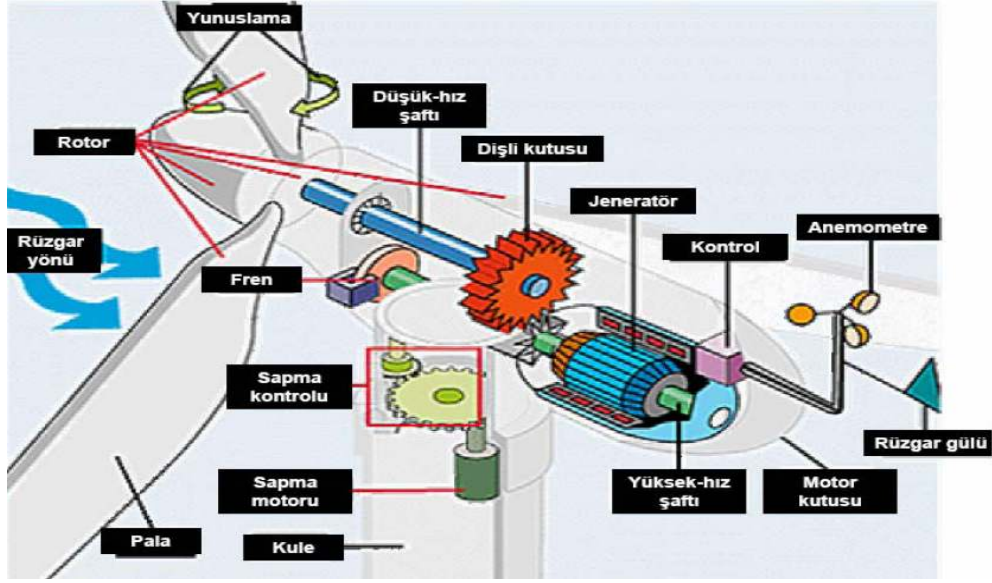
Rüzgar türbinleri; rüzgarın sahip olduğu kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye, daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Rüzgar türbinlerinden elde edilen verimin yüksek olması için arazi özelliklerine, rüzgar hızlarına ve kullanım amacına uygun rüzgar türbinleri seçilmelidir [7].

Rüzgar türbinleri, yapılarına, güçlerine ve şebekeye göre olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmaktadır. Yapılarına göre rüzgar türbinleri kendi içinde yatay eksenli rüzgar türbinleri, düşey eksenli rüzgar türbinleri ve eğik eksenli rüzgar türbinler olmak üzere üçe ayrılır. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, yer konumuna göre rotoru yatay ekseninde çalışmaktadır. Bu türbinlerde rotor kanatlarının sayısı azaldıkça rotorun dönüş hızı artmaktadır. Teknolojik ve ticari olarak en yaygın kullanılan türbinler bu türbinlerdir. Düşey eksenli rüzgar türbinlerinde dönme eksenini rüzgar eksenine rüzgar yönüne dik ve kanatları düşeydir. Eğik eksenli rüzgar türbinlerinin dönme eksenleri düşey ile rüzgar yönünde bir açı yapan rüzgar türbinleridir.

Güçlerine göre rüzgar türbinleri kendi içinde mikro türbinler, küçük güçlü türbinler, orta güçlü türbinler ve büyük güçlü türbinler olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Şebeke açısından rüzgar türbinleri de, kendi içinde şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sistemler olmak üzere ikiye ayrılır [5].

Rüzgar Türbinlerinin Parçaları

Rüzgar türbinleri, çevredeki engellerin rüzgar hızını değiştirmeyeceği yükseklikteki bir kule üzerine yerleştirilmiş gövde ve rotordan oluşur. Kanatlar ve göbek rotor olarak adlandırılır. Rüzgarın kinetik enerjisi rotor tarafından mekanik enerjiye çevrilir ve düşük devirli ana milin dönüş hareketi gövde içerisindeki iletim sistemine, oradan da jeneratöre aktarılır. Jeneratörler, rotorun mekanik gücünü elektrik gücüne çevirerek şebekeye aktarır. Asenkron jeneratörler rüzgar türbinlerinde en fazla kullanılan jeneratör tipidir [8]. Bir rüzgar türbininde bulunan genel parçalar Şekil 3 'de gösterilmektedir.



Şekil 3: Bir rüzgar türbininde bulunan aksamalar [5].

Rüzgar Santralleri Teknolojisi

Rüzgar türbinlerinde genel olarak üç tip jeneratör kullanılmaktadır. Bunlar, sincap kafesli asenkron jeneratörler, rotoru sargılı asenkron jeneratörler ve senkron jeneratörlerdir [5].

Sincap kafesli asenkron jeneratörler, sincap kafesli rotor ve şebekeye doğrudan bağlı 3 sargılı statordan oluşur. Rüzgâr türbini rotoru ile jeneratör birbirine bağlı olup bunların arasında dişli mekanizması bulunmaktadır. Bu jeneratörler, sabit hızlı rüzgâr türbinleri olup, türbin rotoru artan rüzgâr hızıyla birlikte verimliliği düşürecek şekilde tasarlandığından rüzgârdan elde edilecek güç sınırlandırılmaktadır. Ayrıca, reaktif güç tüketirler ve gerilim kontrolüne katkıda bulunamazlar. Bağlantı noktasında gerilim düşüşünü engellemek için kapasitörler kullanılması gerekmektedir.

Rotoru sargılı asenkron jeneratörler, çift yönlü akım akışını sağlayan (back-to-back) gerilim kaynağı elektronik güç çeviricisi üzerinden şebekeye bağlıdır. Çevirici, ikaz sistemini kontrol etmekte, mekanik frekansın ve elektriksel rotor frekansının birbirinden bağımsız (decoupled) olmasını, ancak şebeke ile rotor frekansının birbiriyle uyumlu olmasını sağlamaktadır. Sabit hızlı jeneratörlerdeki gibi rüzgâr türbin rotoru dişli mekanizma üzerinden jeneratöre bağlıdır.

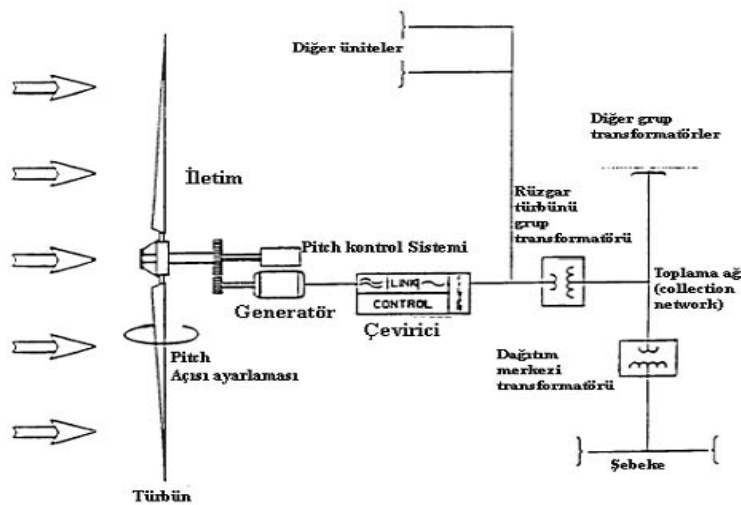
Senkron rüzgâr jeneratörlerinin en önemli özellikleri stator sargılarına bağlı elektronik güç çeviricisi ile şebekeden tamamen bağımsız olmalarıdır. Çevirici, şebeke tarafında gerilim kaynağı çeviricisi ve jeneratör tarafında da doğrultucu veya

gerilim kaynağı çeviricisinden oluşmaktadır. Senkron jeneratör, ikaz sistemi veya mıknatıs ile uyarılmaktadır [5].

Yapılan araştırma geliştirme çalışmaları kapsamında merkezi Kanada'da bulunan ExRo Technologies adlı şirketin, yeni bir jeneratör geliştirdiği ve bu jeneratörün, %50 civarında bir güç artışı ve rüzgar türbin maliyetinde düşüş sağladığı belirtilmektedir. Bu çalışmada, üretilen jeneratörün rüzgar türbinlerinde kullanılan diğer jeneratörlerden en büyük farkının, mekanik aktarım yerine elektronik aktarım kullanması olduğu vurgulanmaktadır [9].

Rüzgâr Türbinlerinin Şebekeye Bağlantısı

Rüzgâr türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi mevcut elektrik şebekesine verilmektedir. Bunun için rüzgâr türbinlerinde, sabit hızlı makineler ve değişken hızlı makineler olmak üzere iki farklı dönüşüm sistemi kullanılmaktadır. Sabit hızlı makineler, doğrudan doğruya şebekeye bağlanmaktadır. Elektrik sistemini kontrol edemezler. Başlama akımları yüksektir ve reaktif gücü de kontrol edememektedirler. Bunlara karşın, oldukça kolay ve sağlam bir yapıdadırlar. Değişken hızlı rüzgar türbinleri ise; elektrik sistemi ile etkileşim halindedir ve denetim yapılması kolaydır. AA/DA dönüşümleri rüzgar türbini ile şebeke arasında olmakta, herhangi bir sapmada frekans ve gerilim değişiklikleri kontrol edilebilmektedir. Güç elektroniği elemanları reaktif gücü de kontrol edebilmektedir [10]. Şekil 2' de bir rüzgar türbininin şebekeye bağlantısı gösterilmekte ve Tablo 2'de ise rüzgar türbinlerinin değişik teknolojilere göre performans değerlendirmesi verilmektedir.



Şekil 4: Bir rüzgar türbininin şebekeye bağlanması [11].

Tablo 2: Rüzgar türbinlerinin değişik teknolojilere göre performans tablosu [12].

	Sabit Hızlı Rüzgar Türbinleri	Değişken Hızlı Rüzgar Türbinleri	
		Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörler	Senkron Jeneratörler
Çıkış Gücü Kontrolü ve Frekans Kontrolü/ Kısa Dönem Dengeleme	Rüzgar türbinleri anahtarlama/blade kontrolü	Rüzgar türbinleri anahtarlama/pitch kontrolü ve elektronik güç çeviricisi	Rüzgar türbinleri anahtarlama/pitch kontrolü ve elektronik güç çeviricisi
İstenen Çıkış Gücü ve Uzun Dönem Dengeleme	Değişken karakteristikli rüzgarın birincil kaynak olması nedeniyle sorunludur.	Değişken karakteristikli rüzgarın birincil kaynak olması nedeniyle sorunludur.	Değişken karakteristikli rüzgarın birincil kaynak olması nedeniyle sorunludur.
Gerilim Kontrolü	İlave teçhizat olmadan mümkün görülmemektedir.	Elektronik güç çeviricisinin kapasitesine bağlı olarak bazı durumlarda kontrol mümkündür.	Elektronik güç çeviricisinin aşırı akımlara hassasiyeti nedeniyle mümkün görülmemektedir.
Arıza Akımını Besleme	Doğasına uygun olarak arıza akımına katkıda bulunur.	Elektronik güç çeviricisinin aşırı akımlara hassasiyeti nedeniyle bazı durumlarda sınırlıdır.	Elektronik güç çeviricisinin aşırı akımlara hassasiyeti nedeniyle bazı durumlarda sınırlıdır.
Rüzgar Santrallerinin Arıza ve Arıza Sonrası Sağlaması Gereken Tepkileri	Rüzgar hızı, arızanın süresi ve şebeke yapısına bağlı gerilim kararsızlığı riski vardır.	Elektronik güç çeviricisinin kontrol edilmesindeki eksiklikler nedeniyle sorunludur.	Uygun özellikte elektronik güç çeviricisi kullanılması durumunda teorik olarak mümkündür.

GÜÇ KALİTESİ VE ŞEBEKE ETKİLEŞİMİ

Güç kalitesi, mevcut elektrik şebekesinin frekansının, geriliminin ve gerilim dalga şeklinin ilgili standartlarda belirtilen değerler arasında kesintisiz ve sürekli olarak sağlanması olarak tanımlanabilir [13].

Ülkemizde, iletim sisteminin güvenilir ve düşük maliyetli olarak işletilmesinde ve enerji kalitesi ile sistem kararlılığının sağlanmasında uygulanacak standartlara ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği mevcuttur. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), rüzgar santrallerinin, hidrolik ve termik santrallerden farklı bir karakteristiğe sahip olması nedeniyle rüzgar santrallerinin şebeke bağlantısı sırasında uyması gereken kriterleri ayrıca belirtmektedir. Rüzgar santrallerinin arıza sonrası sisteme yapması gereken katkı, aktif güç kontrolü, reaktif

güç kontrolü, frekans tepkisi vs. gibi kriterler, Elektrik Piyasa Şebeke Yönetmeliği EK-18' de detaylı bir şekilde yer almaktadır.

EPDK' nın rüzgar santrallerinin kurulum güçlerini sınırlayan bağlantı noktasının kısa devre gücünün %5' ini aşmaması koşulu, her bağlantı noktasının karakteristiğine göre artırılabilir. Ayrıca, bir rüzgar santralinin şebekeyle en uygun şekilde enterkonnekte olabilmesi için, istenmeyen gerilim değişimlerinin önlenmesi, mevcut şebeke elemanlarının kısa devre akım limitlerini ve ısı dayanım kapasitelerini zorlamaması, fliker ve harmoniğin kabul edilebilir sınırlar içinde olması, anahtarlama ve anlık devreye girme gibi geçici durumlarda şebeke kararlılığının sınır değerler içinde kalması gereklidir [14].

Harmonik, güç sistemlerinde akım ve/veya gerilimin dalga şeklinde meydana gelen periyodik sürekli hal bozulmaları olarak tanımlanmaktadır [15]. Rüzgar santrallerinin enerjinin kalitesine yönelik yaptığı olumsuz etkilerin başında harmonikler gelmektedir. Çeşitli filtreleme yöntemleri ile harmonikler elimine edilebilir. LC filtreleme kullanılarak yapılan bir benzetim çalışmasında, rüzgar türbininden elde edilen enerji AA-DA çeviricisiyle doğru gerilime çevrildikten sonra LC filtreden geçirilmekte, daha sonra eviriciyle yeniden alternatif gerilime dönüştürülmekte ve yeniden bir LC filtreden geçirilmektedir. 50 kW ve 30 kW'lık omik yük ve RL yükünün birlikte beslendiği bu benzetim çalışmasında yükler üzerindeki gerilimin dalga şekli sinüse çok yakın olmakta ve toplam harmonik bozulma standartlar içerisinde kalmaktadır. Kullanılan LC filtrelerin yeterli faydayı sağladığı belirtilmektedir [16].

Bir rüzgar santralinin performansı, santralin kurulacağı bölgenin rüzgar rejimine ve türbin tipine en uygun jeneratörün kullanılmasına bağlıdır. Büyük güçlü rüzgar türbinlerinde çift beslemeli asenkron jeneratör tercih edilmekte, ayrıca jeneratör üzerindeki moment titreşimlerini azaltmak ve çıkış gücünün kalitesini artırmak için darbe genişlik modülasyonu tekniğine göre anahtarlama yapabilen, back-to-back gerilim kaynaklı dört bölgeli güç konvertörünün tercih edilmesi gerekmektedir. Burada, darbe genişlik modülasyonu, sistemin giriş ve çıkışındaki akım harmoniklerini azaltmaktadır. Güç elektroniği teknolojisinde kaydedilecek yeni gelişmeler ile beraber, rüzgar güç sistemlerinin performansını optimize etmenin mümkün olabileceği belirtilmektedir [17].

Rüzgar tahmininde kullanılan mevcut teçhizatların hata paylarının yüksek olmasından dolayı, bu hata paylarının en aza indirilmesi için gerekli araştırmalar yapılmalı ve bunu sağlayacak cihaz ve sistemler ortaya konulmalıdır. Güç kalitesini

sağlamak amacıyla rüzgar santrallerinin özellikle arıza ve arıza sonrası sağlaması gereken kriterleri tam olarak yerine getirmesi gerekmektedir. Ayrıca enerji kalitesini bozan ani gerilim ve frekans dalgalanmalarının meydana gelmesini önlemek amacıyla, rüzgar santrallerinin toplam kurulu gücü kadar konvansiyonel sistemlerden sıcak yedek miktarı olması gerektiği vurgulanmaktadır [18].

Rüzgar santrallerinin kısa devre arızası durumunda vereceği tepkiler, sistem kararlılığı için oldukça önemlidir. Rüzgar santrallerinin sistem kararlılığına gerekli desteği sağlayabilmeleri için kısa devre arızası durumunda, arıza temizlenene kadar belli bir süre boyunca sistemden ayrılmaması gerekmektedir. Rüzgar santrali kurulu gücünün sürekli artması, konvansiyonel santraller ile oluşturulan yedek jeneratörlerin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu sorunu gidermek için jeneratörlerin teknik yetenekleri artırılmalı, yedek konvansiyonel santrallerin çok daha hızlı ve yüksek kapasitede (kısa tepki süreli ve üretim düzeyi yüksek) devreye alınmaları sağlanmalıdır. Üretim dalgalanmalarını dengelemek ve yük eğrisini izlemek amacıyla yeterli yedek konvansiyonel santral bulundurulmalıdır [5].

Rüzgar santrallerinin bağlandığı şebekenin güçlü ya da zayıf olması güç kalitesinde iyileşmeye veya bozulmaya yol açmaktadır. Şebekenin zayıf olduğu ve transmisyon hattının uzun olduğu noktalara bağlanan rüzgar türbinleri sürekli gerilim dalgalanmalarına, flikere ve harmoniklere sebep olarak güç kalitesini bozmaktadır [9].

Büyük bir rüzgar güç tesisi kurulurken, gruplar halinde konulan rüzgar türbinlerinin kurulum yerleri yerel koşullara, türbinlerin tipine ve hat empedansına göre belirlenmelidir. Genel olarak her türbindeki gerilim, rüzgar hızlarındaki farklılık, hat empedansları ve rüzgar türbin grupları arasındaki kompanzasyon nedeniyle birbirlerinden bağımsız olarak değişmektedir. Ama, rüzgar güç tesisinin elektrik sistemine geçişinin sağlandığı bağlantı noktası en önemli noktadır. Burada stratejik bir konumda olan reaktif güç kompanzasyonu, fazla sayıda rüzgar türbini içeren ve çok geniş bir alanda kurulan rüzgar güç tesisinde gerilim davranışlarını etkilemektedir. Ayrıca, asenkron jeneratörler tarafından kullanılan kapasitör kompanzasyonu da harmonikleri etkilemektedir [18].

TÜBİTAK, TEİAŞ, ODTÜ, YTÜ, DEÜ ve Hacettepe Üniversitesi ortaklığı ile Güç Kalitesi Milli Projesi adlı projede yürütülen çalışmada, Türkiye Elektrik İletim Sistemi'nde güç kalitesine etki eden değişkenleri ve güç akışını izlemek, problemleri tespit etmek, değerlendirmek ve karşı önlemleri hayata geçirebilmek amaçlanmaktadır. Bu kapsamda frekans değişimleri ve kontrolü, güç kalitesine etki

eden parametreler ve sınır değerleri, aylık bazda g sisteminde reaktif enerji akışı ve kademeli sınır değerleri, güç sisteminde oluşan harmoniklerin akım, gerilim bileşenleri ve sınır değerlerini incelemeye yönelik lme ve değerlendirmelerin yapılabilidiği bir izleme sistemi bulunmaktadır. Bu sistem rüzgar enerji santrallerinin de verilerini kaydetmekte ve proje grubu tarafından değerlendirmeye tutulmaktadır [13].

SONUÇ

Rüzgar, yenilebilir bir enerji kaynağı olması, genel olarak basit bir yapıda olması ve elde edilen verimin yüksek olması, diğer santrallere göre çok kısa bir sürede kurulabilmesi nedenleriyle elektrik enerjisi üretiminde kullanımı sürekli olarak artan bir enerji kaynağıdır. Ancak, rüzgar santrallerinin diğer konvansiyonel santrallerden farklı yapıda olması nedeniyle bulundukları bölgelerde elektrik şebekesine bağlantıları sırasında güç kalitesi yönünden bazı sorunlar meydana gelmektedir. Bu sorunları giderebilmek adına yapılan çalışmalar göstermektedir ki; doğruluk oranı yüksek rüzgar tahminlerinin yapılması, uygun ve teknik kapasitesi yüksek jeneratör seğimi, gerilim dalgalanmalarının en aza indirilmesi, harmonik ve flikerin belirlenen sınır değerler içinde tutulması, rüzgar türbininin arıza ve arıza sonrası tepkilerinin ilgili kriterlere uyması, aktif ve reaktif gücün kontrolünün yapılması güç kalitesini artıran en önemli faktörlerdir.

KAYNAKLAR

- [1] “World Wind Energy Report 2008” , www.wwindea.org (World Wind Energy Association)
- [2] “Global Wind 2008 Report” , www.gwec.net (Global Wind Energy Council)
- [3] “European Wind Map” , www.ewea.org (European Wind Energy Association)
- [4] P.Dündar, “Daha İyi Rüzgar Türbinleri”, Tübitak Bilim ve Teknoloji Haberleri, www.biltek.tubitak.gov.tr
- [5] ÖZAKTÜRK, M., “Rüzgar Enerjisinin Güç Kalitesi Açısından İncelenmesi”, Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2007
- [6] “Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu” , www.epdk.gov.tr

- [7] Nurbay N., Çınar A. “Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbiriyle Karşılaştırılması”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, MERSİN, 2005
- [8] Akhmatov V., “Induction Generators for Wind Power”, Multi-Science Publishing Company, 2005
- [9] Agabus H., Palu I., “Wind Energy Integration Impact on Power Quality in Estonia”, European Wind Energy Conference & Exhibition, İtalya, 2007
- [10] Uyar S.T, “Rüzgar Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler”, Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye’deki Uygulamalar Konferansı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, 1999
- [11] Demir M., “Rüzgar Türbinleri Şebeke Bağlantısı”, www.melikedemir.com/sb.htm
- [12] TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı, “Yenilenebilir Kaynaklardan Değişken Üretim Yapan Santrallerin Elektrik Üretim-İletim Sistemine Teknik ve Ekonomik Etkileri ve AB Uygulamaları”, 2005.
- [13] “Güç Kalitesi Milli Projesi”, www.guckalitesi.gen.tr
- [14] Akdeniz E., “Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin şebekenin enerji kalitesi ve kararlılığı üzerine etkilerinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006
- [15] Bilge M., “Güç Sistemlerinde Harmoniklerin Pasif Filtrelerle Eliminasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2008
- [16] Altaş İ.H., Mengi O.Ö., “Rüzgar Enerji Sistemlerinde Harmoniklerin Azaltılması” , VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, s:691-698, İstanbul, 2008
- [17] Uyar M., Gençoğlu M.T., Yıldırım S., “Değişken Hızlı Rüzgar Türbinleri İçin Jeneratör Sistemleri”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, MERSİN, 2005
- [18] Muljadi E., Butterfield C.P., Chacon J., Romanowitz H., “Power Quality Aspects in a Wind Power Plant”, IEEE Power Engineering Society General Meeting, Kanada, 2006