

Rüzgâr Türbinleri Güç Kalitesi ve Şebeke Kodları

Zerrin Taç ALTUNTAŞOĞLU

Elektrik Mühendisi, Kamu Yönetimi Yüksek Lisans

zaltuntasoglu@gmail.com

1.0 Özet

1990 yılında 2160 MW olan dünya rüzgâr kurulu gücü kapasitesi 2008 yılı sonunda 121188 MW'a ulaşmıştır. Rüzgâr türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi mevcut elektrik şebekesine verilmektedir. Şebekeye bağlı rüzgâr enerjisi uygulamalarında temel olarak üç husus önemlidir. Bunlardan birincisi, elektrik şebekesine güvenli en yakın bağlantıdır. Bu rüzgâr santralinin bağlantısı için şebekede yeterli kapasitenin olup olmadığı ve bağlantının o bölgedeki şebeke ve diğer müşteriler üzerinde yapacağı etkilerin belirlenmesini içerir. İkincisi, rüzgâr santralinin sisteme dahil edilmesi halinde şebekenin işletilmesi ile ilgili olup; genellikle rüzgâr enerjisinin kesikli yapısı ve rüzgâr enerjisinin şebekenin işletimini olumsuz etkilememesinin sağlanması konusundadır. Üçüncüsü, planlamada stratejik yaklaşımdır. Bu husus ise en fazla sayıda rüzgâr santralinin sisteme bağlanmasını sağlayacak hususların değerlendirilmesidir.

Elektrik iletim ve dağıtım şebeke işleticileri kaynak güvenliği, güvenilirlik ve güç kalitesi açılarından sistemin iyi ve güvenli çalışmaya devam etmesini sağlamak amacıyla şebekeye bağlanacak jeneratörlerin uyması gereken bazı kurallar koyarlar. Şebeke kodu olarak isimlendirilen bu kurallar iletim ve dağıtım sistemi kullanıcıları için gerekli koşulları düzenler. Bu bildiride güç kalitesi ile ilgili temel hususlar, farklı ülkelerin şebeke kodlarında rüzgâr türbinleri için istenen temel kurallar, rüzgâr türbinlerinin bu kurallara uygunluğu ve Türkiye'de rüzgâr santrallerinin uyması gereken kurallar incelenmektedir.

1.0 Rüzgâr Türbini Güç Kalitesi

Rüzgâr türbinlerinin güç kalitesi, elektrik üretim sistemindeki elektriksel performansı tanımlar. Şebekeye bağlanan rüzgâr türbinlerinin şebekenin gücü ve gerilim kalitesi üzerinde yaptığı etkidir ve özellikle şebekenin zayıf olduğu yerlerde rüzgâr türbinlerinin artan sayılarda şebekeye bağlanmasında kısıtlayıcı faktör olabilir.

Güç kalitesini etkileyen dört temel husus vardır:

- Ani Gerilim Değişimleri (Voltage step changes)
- Kırpışma (Fliker)
- Harmonik Bozulma
- Gerilim Dengesizliği

Güç kalitesini tahmin etmek ve yüksek seviyede gerilim kararlılığı sağlamak için kullanılacak rüzgâr türbinlerinin karakteristikleri ve şebekeye bağlantı noktasındaki elektriksel sistemin durumunun doğru olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. IEC 61400-21, bir rüzgâr türbini tasarımının güç kalitesinin belirlenmesi için uygun parametre ve ölçümlerden hesaplama yöntemleri tanımlayan uluslararası bir standarttır.

1.1 Ani Gerilim Değişimleri (Voltage step changes):

Ani Gerilim değişimi; bir anahtarlama işleminin ardından, geçici rejim şartları sönümlendikten sonra ve gerilim regülatörleri ve statik VAR kompanzatörlerinin çalışmasını takiben, kademe ayarları ve diğer anahtarlama işlemleri yapılmadan önce gerilimde ortaya çıkan değişimdir. Akımdaki ani düşüş ve yükselişler gerilim ani değişimlerine neden olur ve bu da diğer tüketicilerin gerilimlerini etkiler. Bu tür değişimler ana transformatörün kademe değiştiricisinin ayarlanması vb.gibi şebeke içerisinde kullanılmakta olan gerilim kontrol sistemlerinin bu değişiklikleri tolere etmesinden çok daha hızlı oluşabilir ve gerilimin şebeke içerisindeki herhangi bir noktasında tanımlanmış limitlerin dışına çıkmasına neden olur. Güvenli sistem işletimi için elektrik şebeke işleticileri gerilimdeki ani değişiklikler konusunda sınır değerleri belirler.

Ani gerilim değişimleri sabit hızlı indüksiyon jeneratörlü rüzgâr türbinlerinin devreye girmesi sırasında oluşabilir. Genellikle sabit hızlı pasif kontrollü (stall regulated) rüzgâr türbinlerinde oluşan bir sorundur. Çünkü bu türbinlerde devreye girme esnasında rotor hızlanırken kontrol yoktur. Aynı etki sabit iki hızlı rüzgâr türbinlerinde bir hızdan diğerine geçerken de oluşur. Ani gerilim değişimleri rüzgâr

türbini durdurulurken özellikle de tam güçte çalışırken rüzgâr türbininin maksimum hızı aşıldığı zaman da görülmektedir. Kanat açısı kontrollü (pitch regulated) rüzgâr türbinleri, başlatma anında rotor hızını kontrol edebilir dolayısı ile bu etki azalır. Değişken hızlı türbinlerde de bu etki daha azdır. Sabit hızlı makinelerde ani gerilim değişikliklerini azaltmak ve önemsenmeyen seviyeye indirmek için çoğunlukla "yumuşak geçiş" güç elektroniği elemanları kullanılır. Ayrıca bir rüzgâr santralinde türbinlerin devreye girmesinin eş zamanlı olamayacağı kabul edilir.

1.2 Kırpışma (Flicker) :

Ana gerilim seviyesinde çok hızlı ve art arda oluşan ani ve küçük değişiklikler kırpışma olarak isimlendirilir. Dalgali yüklerin ve/veya üretimin yol açtığı gerilim değişimleri gerilim kalitesi üzerindeki şikâyetlerin temel nedenidir. Ark-kaynak makineleri, ergiticiler ve devreye sık girip çıkan büyük motorlar tarafından oluşturulan kırpışma zayıf şebekelerde önemli bir sorun olabilir. Rüzgâr türbinlerinde kırpışma oluşturan en önemli olaylar; türbinlerin başlatma ve durdurmaları ve iki hızlı rüzgâr türbinlerinde jeneratörler arasındaki anahtarlamalı geçişlerdir. Bu geçişler uygun türbin kontrol programları ile sınırlandırılabilir. Değişken hızlı rüzgâr türbinleri için ise kırpışma bir sorun oluşturmaz.

Kırpışma değerlendirmeleri IEC 1000-3-7'ye göre yapılır. Değerlendirmenin esası, kare dalga uygulanmış bir akkor flamanlı lamba için görünürlük eşiğini veren ölçülmüş bir eğriye dayanır. Çıplak gözle görülebilen rahatsızlık P_{st} kırpışma şiddet faktörü olarak isimlendirilir P_{st} on dakikalık aralıkta ölçülürken, uzun dönem kırpışma şiddet faktörü olarak isimlendirilen P_{lt} iki saatlik peryotta belirlenir. IEC 1000-3-7'de, her iki kırpışma seviyesi ve toplam kırpışma seviyesi için aşılamayacak değerler yer alır.

1.3 Harmonikler :

Harmonik, şebeke geriliminin temel sinus dalga şeklindeki bozulmayla ilgili bir olgudur. Harmonik bozulma ark kaynakları, hız kontrollere, floresan lambalar, bilgisayarlar, fax, fotokopi makinaları, inverter .. gibi şebekeye bağlı doğrusal olmayan cihazlar tarafından üretilirler ve harmonik numarasına ve elektrikli cihazların türlerine göre farklı zararlara yol açarlar. Değişken hızlı rüzgâr türbinlerinde, temel frekansın (50 Hz veya 60 Hz) üzerinde frekans yayan güç elektronik dönüştürücüleri (konvertör) harmonik akımların oluşumuna ve müşteri şikâyetlerine neden olabilir.

Modern rüzgâr türbinlerinde güç elektronik konverterleri kullanılması her geçen gün daha yaygınlaşması nedeniyle harmoniklerin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Harmonik yayılımlarını istenen seviyelerde tutmak için rüzgâr türbinlerinde genellikle darbe genişlik modülasyonlu (PWM) konverter kullanılmaktadır. Bu konverterler çok düşük seviyelerde harmonik üretmekte olup (yaklaşık 2 kHz), oluşan harmonikler şebeke işleticilerinin tanımladıkları seviyenin altındadır.

IEC 1000-3-6 orta ve yüksek gerilim şebekeleri için planlama ve uyumluluk konusunda ana hatları belirlemekte ve her bir tesisin ayrıntılı rahatsızlık seviyesinde yarattığı etkinin belirlenmesi için gerekli yöntemleri vermektedir.

1.4 Gerilim Dengesizliği (Voltage Imbalance) :

Gerilim dengesizliği genellikle alçak gerilim şebekelerinde karşılaşılan bir sorundur. Şebeke işleticileri şebekenin üç fazında da gerilimleri sabit ve aynı genlikte tutabilmek için her üç fazdan da çekilen akımların aynı seviyede olmasını sağlamaya çalışırlar. Dengesiz akımlar gerilimlerin farklılaşmasına neden olur bu da müşteri cihazlarına zarar verebilir. Gerilim dengesizliği şebeke işleticileri tarafından genellikle güç kalitesi kapsamında değerlendirilir.

Gerilim dengesizliği olan şebekelere bağlanan indüksiyon jeneratörlü bir rüzgâr türbini dengesizliği azaltacak şekilde davranabilir.

2.0 Diğer Hususlar

Rüzgâr türbinlerinin şebekeye bağlantısında güç kalitesi konusu dışında göz önüne alınan başka hususlar da vardır. Bunlar; şebekenin gücü veya dayanıklılığı, gerilim aralığı, ısınma ile ilgili sınırlar, arıza akım seviyeleri, zamanla ilgili kısıtlamalardır.

2.1 Şebekenin Gücü veya Dayanıklılığı

Rüzgâr türbinlerinin şebekeye bağlantısında göz önüne alınması gereken diğer önemli faktör şebekenin gücüdür. Şebeke gücü güçlüden "güçsüze veya zayıf"a kadar değişmektedir. Zayıf bir elektrik şebekesi genellikle MVA olarak ölçülen daha düşük bir "arıza seviyesi" veya "kısa devre gücü seviyesine sahiptir. Bir noktanın şebeke gücü; o nokta ile şebekedeki ana jeneratörlerin arasındaki empedansla belirlenir. Bir başka ifadeyle, şebeke üzerindeki zayıf bir nokta sistemin güçlü noktası

olan üretim noktalarından oldukça uzak olan nokta demektir. Şebekenin gücü aynı zamanda herhangi bir arıza anında çekilecek akımla da belirlenir.

Rüzgâr santrallerinin yer aldığı rüzgârlı kırsal alanlar çoğunlukla şebekenin zayıf olduğu noktalardır. Çünkü bu noktalar, nüfusun yoğun olduğu şehir merkezlerine ve jeneratörlere uzak nüfusun seyrek olarak yerleştiği düşük enerji talebine sahip alanlardır. Sadece şebekenin gücü tek başına bağlanabilecek maksimum rüzgâr kapasitesini göstermemesine rağmen bağlantı ile ilgili ortaya çıkan konular arasında iyi bir göstergedir. Yapılan çalışma sonucunda şebekenin yeni bir rüzgâr kapasitesinin ilave edilmesi için yeter derecede güçlü olmadığı belirlenmişse, daha uzakta daha güçlü olan bir şebekeye bağlantı yapılması veya sistemin güçlendirilmesi seçenekleri üzerinde çalışılmalıdır.

2.2 Gerilim Aralığı (Voltage Range):

Dağıtım şebekeleri için rüzgâr santrali civarında gerilim yükselmesi rüzgâr santralının büyüklüğünü sınırlayan bir faktördür. Rüzgâr santrali tarafından üretilen veya tüketilen aktif ve reaktif güç şebeke içindeki gerilim seviyelerinde değişime neden olur. Bir notadaki gerilim öngörülen sınırların dışına çıkacağı tahmin ediliyorsa, bu durumda aşağıdaki işlemler yapılabilir:

- Daha gelişmiş gerilim kontrol cihazları yerleştirmek;
- Güç faktörü düzeltme cihazı koymak,
- Rüzgâr santrali reaktif güç çıkışını kontrol etmek;
- Rüzgâr santralinin büyüklüğünü sınırlamak;
- Şebekeyi güçlendirmek

Bu işlemler aracılığıyla konu çözümlenmiyorsa, rüzgâr santralinin çıkış gücünü düşürülmesi veya şebeke karakteristiğine daha iyi uyum sağlayacak farklı bir türbin seçeneğinin konması düşünülebilir.

2.3 Isınma ile İlgili Sınırlar

Kablolar, havai hatlar ve transformatörlerin ısınması da sınırlama faktörü olabilmektedir. Bu durumda genellikle şebekenin güçlendirilmesi tek çözümdür.

2.4 Arıza Akım Seviyeleri

Şebekeye bağlanacak olan yeni santral şebekedeki mevcut devre kesicilerin daha pahalı olan daha yüksek kesme kapasitesine sahip olanlarla değişmesini gerekli kılabilir.

2.5. Zamanlama ile ilgili Kısıtlamalar

Büyük ölçekli rüzgâr santrallerinin şebekeye bağlantısı veya şebekenin güçlendirilmesi için gerekli süre rüzgâr projesinin tasarımı, finansmanı ve montajı için geçen süreden daha uzun olabilir. Zamanlama ile ilgili hususlar özellikle iletim sisteminde güçlendirme veya yeni hat yapılması halinde önemli olmaktadır.

3.0 Şebeke Kodları

İletim ve dağıtım şebeke işleticileri güç sisteminin iyi ve güvenli çalışmaya devam etmesini sağlamak amacıyla şebekeye bağlanacak jeneratörlerin uyması gereken bazı kurallar koyarlar. Şebeke kodu dokümanları iletim ve dağıtım sistemi kullanıcıları için gerekli koşulları düzenler. Rüzgâr enerjisi teknolojisi de bu kurallara uyabilmek için özellikle rüzgâr türbin ve kontrol sistemi tasarımı alanlarında yeni çözümler üreterek gelişmesini sürdürmektedir. Çalışmaların amacı, kaynak güvenliği, güvenilirlik ve güç kalitesi açılarından rüzgâr santrallerinin güç sistemi işletimini olumsuz etkilememesini sağlamaktır. Temel şebeke kodu kuralları frekans, gerilim ve şebeke arızaları durumunda rüzgâr türbini davranışı ile ilgilidir.

3.1 Frekans Kontrolü

Birçok şebeke kodu rüzgâr santrallerinin diğer santrallerde uygulandığı gibi primer ve sekonder kontrole katılımı ile ilgilidir. Frekans kontrolü kuralları; *frekans tepki kabiliyeti, sıçrama oranları sınırlaması ve aktif güç çıkışını* içerir.

Frekans tepkisi - aktif güç çıkışı: Frekans tepkisi sistem frekansındaki değişikliklere karşılık olarak, sistemin aktif güç çıkışını değiştirebilme yeteneğidir. Sıçrama oranları sınırlaması: Bazı iletim sistem işleticileri; aşırı rüzgâr değişiklikleri ve rüzgâr santrallerinin devreye girme ve devreden çıkmasının neden olduğu büyük frekans dalgalanmalarını bastırmak için aktif güç çıkışının yükselme ve hatta düşmesinin değişiminin sınırlanmasını isteyebilmektedir. Şebekedeki rüzgâr gücü yüksek oranlara ulaştığında, primer ve sekonder kontrolden sorumlu konvansiyonel santrallerin güç değişimini aşmaması için bu kuralların gittikçe daha da katı olması

beklenmektedir. Rüzgâr santrallerinin kendi sıçrama oranlarını kontrol etme yeteneği şebekede daha fazla rüzgâr gücü oranına ulaşılmasını sağlayacaktır.

3.2 Frekans Aralığı

Nominal işletim frekansı bir senkron işletim sistemi boyunca aynıdır ve normalde dar bir bant içerisinde çalışılır. Normal olmayan frekanslar jeneratör sargılarının işletme sıcaklığını artırır, izolasyon ömrünü kısaltır ve güç elektroniğine zarar verebilir. Daha önceleri şebeke işleticileri frekansın düşmesi halinde, rüzgâr türbinlerinin şebekeden ayrılmalarını isterdi. Ancak, şebekedeki rüzgâr gücünün gittikçe artması ile düşük frekanslarda devre dışı olması şebekenin yeniden toparlanma yeteneğini etkileyebilecektir. Günümüzde rüzgâr türbinlerinden daha geniş frekans bandında çalışması ve şebekeye bağlı kalması istenmektedir.

3.3 Gerilim kontrolü

Şebeke kodlarının temel kuralı olup; rüzgâr türbinlerinin nominal gerilim aralığında nominal çıkış gücünde çalışması, uçlardaki gerilimin sabit olmasının sağlanması ve tanımlanan *gerilim adım değişiklikleri* esnasında şebekeye bağlı kalması için gerekli kurallardır. Diğer kurallar ise *reaktif güç ve gerilim kontrolü* ile ilgilidir. Sistem içerisindeki sayıları arttıkça rüzgâr türbinleri sistemin dinamik yeteneği ve reaktif enerji dengesinin sağlanmasına katkı sağlayabilmelidir. Reaktif güç yeteneği ile ilgili şebeke kodları kuralları aralığı 0.925 (ileri) ve 085 (geri)'dir.

Şebeke kodları, otomatik gerilim düzenleyici aracılığı her bir rüzgâr türbininin terminal gerilimini sabit bir değerde tutmasını ister. Bu düzenleme, jeneratörü iletim sistemindeki gerilim dalgalanmaları ile baş etmede özellikle önemli olan aşırı veya düşük uyarma koruması ile çok fazla reaktif güç çekme veya vermeden korur. Modern bir rüzgâr santrali şebekeye bağlantı noktasında gerilimini iletim sistemi işleticisinin talimatlarına göre kontrol etme özelliğine sahiptir. Çalışmalar, şebekede veya şebekenin bir kısmında reaktif talebin daha iyi dengelenmesi olanağını sağladığı için, rüzgâr türbinlerinin genişletilmiş reaktif güç (MVar) kapasitelerine sahip olmasının şebeke işleticileri için avantaj olduğunu göstermiştir.

3.4 Geçici Kararlılık Kuralları (FRT; Fault ride-through requirements)

İletim sistemi işleticilerinin temel kaygısı iletim sisteminde bir arıza oluştuğunda jeneratörlerin kararlı durumda ve şebekeye bağlı kalarak çalışabilmelerini

sürdürebilmelerdir. Bu durum geçici kararlılık yeteneği (FRT) veya düşük gerilim kararlılığı (low-voltage- through capability) olarak adlandırılır.

Genelde Şebekeye doğrudan bağlı olduğu yerlerde konvansiyonel senkron jeneratörlerin şebekede kalıcı bir arıza oluştuğunda devre dışı olması beklenir. Arıza noktasına nispeten uzak olan sağlıklı noktalara yakın bağlanmış olan diğer jeneratörler arızalı olan bölüm şebekeden ayrıldıktan sonra şebekeye bağlı ve kararlı durumda kalmalıdır. Her bir şebeke üretim kapasitesinin belirlenmiş belli bir oranının ani kaybına dayanacak şekilde tasarlanır ve işletilir.

4. Rüzgâr Türbinlerinin Şebeke Kodu Kurallarına Uygunluğu

Farklı rüzgâr türbin tasarımları şebeke kodu kurallarına farklı şekilde uyum sağlamaktadır. Bazı ülkelerde 2003 yılında yürürlüğe giren katı bağlantı kurallarından önce üretilen rüzgâr türbinlerini içeren santraller bu kurallara uyum sağlayabilmek için ilave donanım gerektirmektedir. En son teknolojiyi uygulayan yeni tip rüzgâr türbinleri şebeke işletimine katkı sağlayacak ve yönetmeliklere tamamiyle uyacak şekilde tasarlanmaktadır.

4.1 Frekans İşletim Aralığı

İlk rüzgâr türbinleri (Tip A: Bir veya iki hızlı sabit hızlı rüzgar türbinleri) bir çok şebeke kodlarında açıklanan daha geniş frekans işletme aralığında çalışamaz. Bununla nedeni özellikle güç elektroniğinde kullanılan ve düşük sıcaklık sabitine sahip donanımların aşırı ısınma nedeniyle yüklenmesidir. Olası çözüm kısa süreli aşırı yüklenen konvertörlerin genellikle makul bir maliyet karşılığında daha yüksek değerlere sahip olanlarla değiştirilmesidir. Artan çalışma sıcaklığının diğer bir sonucu azalan izolasyon ömrüdür. Bununla birlikte frekans sapmalarında işletme nadir olarak gerçekleştiği için etkisi de ihmal edilebilir ve frekans aralığının aşırı uçlarında güç çıkışının sınırlandırılması ile azaltılabilir. Buna rağmen genellikle rüzgâr türbinleri daha geniş frekans aralığında çalışacak şekilde üretilmelidir.

4.2 Frekans Kontrolü

Herhangi bir jeneratör için frekansın kontrolü primer gücün kontrolünü gerektirir. Rüzgâr kontrol edilemez olmasına rağmen, çoğu modern rüzgâr türbinlerinin güç çıkışı kontrol edilebilir. Beklenmeyen talep artışı olduğu zamanlarda veya şebekede bir üretim elemanının kaybından sonra şebeke frekansının desteklenmesi için

jeneratörün güç çıkışını artırma yeteneği şebeke işletimi için önemlidir. Kanat açısı kontrollü rüzgâr türbinleri bu tür sistem desteklerini daha önce kendi nominal çıkış güçlerinin altında güç verecek şekilde düzenlenmişse ve rüzgârın da mevcut olduğu durumlarda kolaylıkla yapabilir. Bu özellik bu türbinlerin primer ve sekonder frekans kontrolü yapmalarını sağlar.

4.3 Reaktif Güç ve Gerilim Kontrolü

Bir rüzgâr türbininin gerilim ve reaktif güç kontrol özelliği jeneratör türüne bağlıdır. Sabit hızlı rüzgâr türbinlerinde (Tip A) sincap kafesli indüksiyon jeneratörü bir reaktif güç tüketicisidir ve reaktif gücün hızlı bir şekilde kontrolü için ilave donanım ihtiyacı vardır (örneğin Statik Var kompesatörü-SVC veya STATCOM). Reaktif güç kontrolü rüzgâr santralına merkezi bir kompanzasyon ünitesi veya her bir rüzgâr türbinine kompanzasyon ünitesi koyarak gerçekleştirilebilir. MW büyüklüğündeki modern Tip A rüzgâr türbinleri çoğunlukla bu tip donanımlarla teçhiz edilmiştir. Çift sargılı (doubly-fed) indüksiyon jeneratörü (Tip C) reaktif güç kontrolü yapabilme özelliğine sahiptir, bunu 0.925 ileri güç faktörü ile zorluk yaşamadan yerine getirir, ancak 0.85 geri güç faktörü gerektiği zaman maksim güç çıkışında sorunlar yaşanabilir. Bu kurala uyum sağlama frekans konvertörlerinin oranları ve muhtemelen rotor ve stator sargılarının oranlarının artması demektir.

4.4 Geçici Kararlılık (Fault-ride through (FRT))

Şebekedeki gerilimin düşmesi halinde rüzgâr santrallerinin şebekeyi desteklemeye devam etmesi konusu hala gelişmekte olan bir alandır. Tip A rüzgâr türbinlerinin elektrik sistemi büyük gerilim düşüşlerinin olması halinde otomatik olarak şebekeden ayrılır. Tip A'ların daha eski modellerinde geçici kararlılık (FTR) özelliğine yoktur. Tip A rüzgâr türbinlerinin gelişmiş modellerinde ise kesintilerde yerel şebekeye destek sağlayabilecek UPS (Private communication, Siemens Bonus, June 2005) sistemi teçhiz edilebilir. Tip C rüzgâr türbinleri içinde FTR olanaklıdır. Kullanılan teknik yöntem “manivela koruma” olarak isimlendirilen korumaya dayanır. Tip D rüzgâr türbinlerinin geçici kararlılık yeteneği invertöre uygulanmış spesifik kontrol stratejileri ile gerçekleştirilir.

5.0 Türkiye’de Rüzgâr Türbinlerinin Uyması Gereken Kriterler

Türkiye’de kurulacak rüzgâr santralleri 24 Eylül 2008 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ve Şebeke Yönetmeliği Ek-18’de belirtilen “Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Şebeke Bağlantı Kriterleri”ni sağlamak zorundadır. Bu ekte yer almayan konular için ise Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğinin ilgili hükümleri ve diğer yönetmelikler geçerliliğini sürdürmektedir. Ek-18’de yer alan kriterler iletim sistemine bağlı rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisleri ile dağıtım sistemine bağlı kurulu gücü 10 MW ve üzerinde olan rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesislerini kapsamaktadır.

Ek-18’de yer alan kriterlerde şebeke kodu dokümanlarında belirtilen bazı kurallar yer almaktadır. Bunlar rüzgâr türbinlerinden arıza sonrasında sisteme katkı yapması, aktif güç kontrolü, frekans tepkisi, reaktif güç kapasitesi ve rüzgâr santrallerinin şebeke bağlantı trafosu ile ilgili gerekli koşullardır.

5.1- Arıza Sonrasında Sisteme Katkı

1. Herhangi bir fazda veya tüm fazlarda oluşan gerilim düşümlerinde rüzgâr türbini şebekeye bağlı kalmalıdır. Bununla ilgili olarak arıza sırasında gerilim düşümünün bulunduğu bölgeye göre (Şekil -1):
 - Gerilim düşümünün 1 numaralı bölgede olması halinde rüzgâr türbini aktif gücü arıza temizlendikten hemen sonra saniyede nominal gücünün % 20’si oranında artırılarak, üretilebilecek maksimum aktif güç değerine ulaşması
 - Gerilim düşümünün 2 numaralı bölgede olması halinde rüzgâr türbini aktif gücü arıza temizlendikten hemen sonra saniyede nominal gücünün % 5’i oranında artırılarak, üretilebilecek maksimum aktif güç değerine ulaşması
2. Gerilim dalgalanmalarında rüzgâr türbininin reaktif güç tepkisi Şekil -2 ye göre olmalıdır. Şebeke geriliminde meydana gelebilecek % 10’a kadar olan dalgalanmalarda rüzgâr türbini tepki vermeyecektir. Bunun üzerindeki dalgalanmalarda nominal gerilimin % 1’lik değişimi için nominal akımın % 2’si oranında reaktif akım desteği sağlanmalıdır. Bu destek 20 milisaniye içinde gerçekleşmeli ve 3 saniye boyunca sürdürmelidir.

5.2 Aktif Güç Kontrolü

İletim sistemine bağlı rüzgâr santrallerinde acil durumlarda TEİAŞ tarafından gönderilecek sinyallerle tesisin toplam kurulu gücünün 20-%100'ü arasında otomatik olarak aktif güç kontrolü yapabilme özelliği olmalıdır. Bu kapsamda yük alma/ yük atma hızı:

- Kurulu gücü 100 MW ve altındaki RES'ler için dakikada kurulu gücün % 5'i
- Kurulu gücü 100 MW ve üzerindeki RES'ler için dakikada kurulu gücün % 4'i

5.3 Frekans Tepkisi

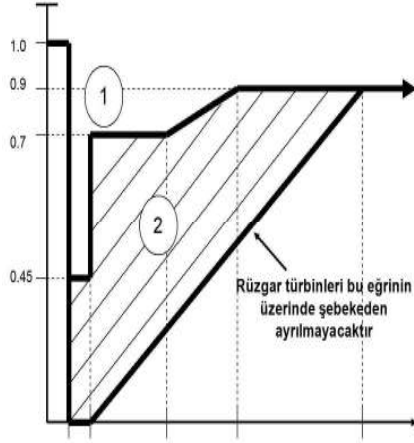
1. Rüzgâr türbinleri Şebeke Yönetmeliğinin 11. maddesinde belirtilen frekans aralıkları ve çalışma sürelerine göre çalışmalıdır
2. Şebeke frekansı 50.2 Hz'in üzerinde olduğu durumlarda ilave rüzgâr türbini devreye girmemelidir.
3. Rüzgâr türbini şebeke frekansı 47.5-50.3 Hz aralığında olduğu sürece emre amade gücünün tamamını üretebilmeli, şebeke frekansının 50.3'ün üzerine çıkması halinde her 100mHz frekans artışı için emre amade gücünün % 5'i oranında yük atabilmelidir (Şekil-3) .

5.4 Reaktif Güç Kapasitesi

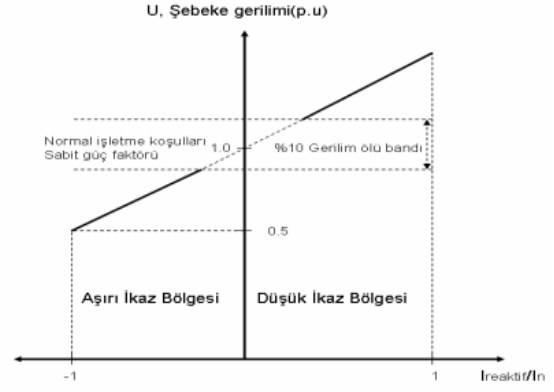
1. Rüzgâr üretim tesisi iletim sistemine bağlantı noktasında Şekil-4'de koyu çizgilerle belirtilen sınırlar arasındaki güç faktörü değerleri için (düşük ikaz güç faktörü .835-aşırı ikaz güç faktörü 0.835) her noktada çalışabilmelidir.
2. Şebekeye bağlı trafonun kademe oranları, Şekil-5 Z noktasında (şebeke bağlantı noktasındaki trafonun yüksek gerilim tarafındaki noktada) nominal gerilimin +/- %10'u olan her gerilim değeri için Y noktasında (trafonun orta gerilim tarafında) nominal gerilimi sağlamalıdır.

5.5 Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Şebeke Bağlantı Trafosu

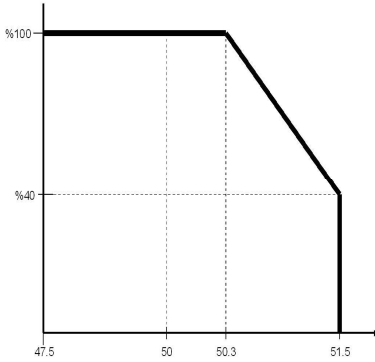
1. İletim sistemine doğrudan bağlı rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisinin şebeke bağlantı trafosu yük altında otomatik kademe değiştirme özelliğine sahip olmalıdır.
2. Trafoların sahip olması gerekli diğer özellikler Şebeke Yönetmeliği ve Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği'nde tanımlananlara uygun olacaktır.



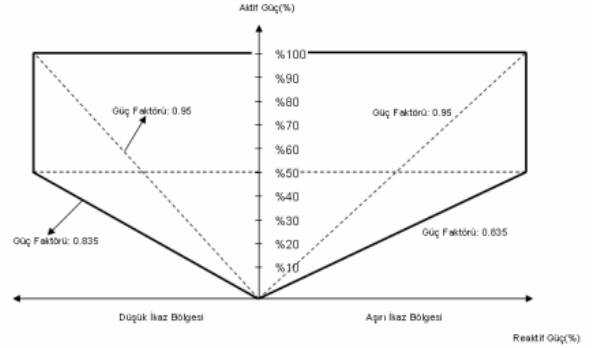
Şekil-1



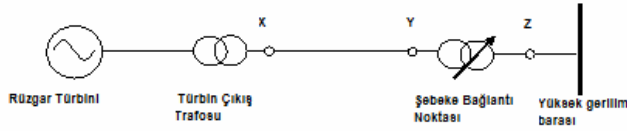
Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4



Şekil-5

Sonuç

Rüzgâr türbinlerinin güç kalitesi, elektriksel karakteristikleri tarafından tanımlanır. Rüzgâr türbinlerinin güç kalitesinin belirlenmesi konusunda uluslararası (IEC 61400-21 ve MEASNET) ve farklı ülkelerin ulusal standartları güç kalite ölçümlerine ilişkin şartları belirlemektedir. Anahtarlama işlemlerinin söz konusu olduğu durumdaki güç tepeleri, harmonik yayın, reaktif güç, kırpışma ve elektriksel davranış bu standartlara göre ölçülmektedir. Değişken-hızlı rüzgâr türbinleri (Tip C ve D) sabit-hızlı rüzgâr türbinleriyle (Tip A) karşılaştırıldığında daha yumuşak bir güç çıkışına sahiptir ve aktif ve reaktif gücü kontrol edebilir. Ancak değişken-hızlı

türbinler, harmonik yayın üretme dezavantajına sahiptir. Lokal seviyede, kararlı-durum değişimi, genelde şebeke bağlantısı için sınırlayıcı faktördür.

Şebeke arızaları (gerilim düşüşleri) ve aktif ve reaktif gücün kontrolü söz konusu olduğunda, şebekenin desteği gibi rüzgâr türbinlerinin ve rüzgâr çiftliklerinin şebeke bağlantısına ilişkin olarak ilâve hususlar ülkelerin şebeke kodu dokümanlarında mevcuttur.

Genel olarak, rüzgâr enerjisi endüstrisi, yeni enterkoneksiyon standartlarında verilen artırılmış şartlara uygun olabilir. Ancak, bazı durumlarda, bu, bir rüzgâr türbininin ya da rüzgâr çiftliğinin toplam maliyetini büyük ölçüde artırabilir.

Türkiye’de Mayıs 2009 itibariyle EPDK tarafından lisans verilen 91 adet rüzgar projesinin toplam gücü toplam 3371.5 MW’tır. Halen toplam gücü 440 MW olan 18 adet şebekeye bağlı olarak çalışmakta, toplam gücü 552 MW olan 15 adet rüzgar santralinin de inşasının %25’den fazlası tamamlanmıştır olup bu santrallerin 2009 yılı sonuna kadar işletmeye gireceği tahmin edilmektedir. Türkiye’de rüzgâr santrallerinin 2005 yılından beri her yıl artan oranlarda sistemde yer almaya başladığı düşünüldüğünde kaynak güvenliği, güvenilirlik ve güç kalitesi açılarından sistemin güvenli çalıştırılabilmesi için şebeke kodlarına uyum sağlayacak türbinlerin seçimi önem kazanmaktadır.

Kaynak

- 1- EWEA, *Wind Energy The Facts, An Analysis of Wind Energy in the EU-25*, EWEA February 2004
- 2- Large Scale Integration Of Wind Energy In The European Power Supply, EWEA, 2005
- 3- Wind Power in Power Systems, Edited By Thomas Ackermann, John Wiley & Sons, Ltd