

# RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALLERİNİN ŞEBEKE BAĞLANTI ANALİZLERİ İÇİN SİMÜLASYON MODELİNİN OLUŞTURULMASI

**Mustafa DEMİROL**

ETKB,EİGM, Enerji Yatırımları Dairesi, Elektrik Mühendisi, ETK Uzm. Yrd.  
[mdemirol@enerji.gov.tr](mailto:mdemirol@enerji.gov.tr)

**Tuğba Nur DEMİROL**

SGK, Endüstri Yüksek Mühendisi, SGK Uzm. Yrd.  
[tdemirol@sgk.gov.tr](mailto:tdemirol@sgk.gov.tr)

## ÖZET

*Yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum düzeyde kullanılması için elektrik iletim/dağıtım sistemimize bağlanabilecek optimum yenilenebilir elektrik üretim kapasitesinin artırılması için her bağlantı noktası için dinamik analiz yapılması gerekmektedir. Rüzgâr enerjisinin şebeke entegrasyonunun artırılması için değişken formasyonun elektrik şebeke yönetimi açısından yönetilebilir hale getirilmesi hatta bu tesislerin şebeke gereklilikleri açısından pozitif yararlanması elektrik üretimimizin %52,6'sının ithal kaynaklarla karşılayan ülkemiz için sebebiyle kritik öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji üretim santrallerinin elektrik şebekesine entegrasyonu çalışmalarına katkı sağlamak için rüzgâr elektrik üretim santralının modellenmesini içeren ve şebeke ile senkron çalışırken yeteneklerinin irdelenmesi üzerindeki durulmuştur. Bu amaçla mevzuat altyapısının genişletilerek detaylandırılması ve elektrik üretim santral primer teçhizatın işletme döneminde problem oluşturmayacak ve yönetmelik kriterlerini sağlayacak şekilde ilgili standartlara uygun boyutlandırması büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yenilenebilir elektrik üretim santrallerinin şebekeye güveninilir şekilde bağlanabilmesini sağlamak amacıyla şebeke kriterleri (grid code) zorunlu hale getirilmiş olup, simülasyon çalışmalarında rüzgâr parkının reaktif güç, frekans tepkisi, Fault Ride Through (FRT) desteği gibi hususlardaki davranışları incelenmiş olup elde edilen sonuçlar şebeke gereklilikleri açısından kritik edilmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Grid Code, ENTSO-e, Rüzgâr Elektrik Santral Modeli, Simulasyon

## OCcurring SIMULATION MODEL OF GRID CONNECTION ANLYSIS FOR THE WIND POWER PLANT

### ABSTRACT

*In accordance with the aim of increasing the renewable energy sources in Turkish power system, the optimum wind power generation capacity in the power system shall be maximized. Since 52,6% of raw materials for operation of conventional electricity generation sources (e.g. natural gas) are imported, the integration of wind power plants to the Turkish power system plays a critical role in Turkish economy. In order to maximize the capacity of wind power plants and keep the stability constant in the system, Turkish Grid Code also needs to be detailed and expended. There are several requirements defined in transmission and distribution system grid codes in the World and in our country for stable connection of renewable energy sources. In this paper grid codes of several countries is examined and afterwards simulation models and connection assesment of wind power plants are explained.*

**Keywords:** *Grid codes, ENTSO-e, Modelling and simulation of the wind power plant*

## 1. GİRİŞ

Güneş pilleri ve rüzgâr elektrik üretim santrallerinin güç sistemlerine entegrasyonunun teknik ve ekonomik faktörler bakımından değerlendirildiği pek çok çalışma bulunmaktadır. Söz konusu çalışmalarda, rüzgâr santrallerinin güç sistemlerine entegrasyonunda dikkate alınması gereken faktörler farklı kategorilerde, teknolojilerde ve farklı bakış açıları ile değerlendirilmektedir.

Jauch C., *“International Comparison of Requirements for Connection of Wind Turbines to Power System”* çalışmasında Güvenli ve etkin bir şebeke ancak ve ancak “grid code” ile desteklenirse tesis edilebilir. Bu çalışmada rüzgar elektrik üretim santralleri için şebeke gerekliliklerinin Almanya, İsveç, Danimarka, İngiltere ve İrlanda “grid operatör”lerinin karşılaştırılması üzerinde durulmuştur.[1]

Le, H. T., Ve Santoso, S., *“Analysis of Voltage Stability and Optimal Wind Power Penetration Limits for a Non-Radial Network, with an Energy Storage System”*, isimli çalışmasında büyük ölçekli rüzgar elektrik üretim santralının şebekeye entegrasyonu sayısız faydalar sağlamakla birlikte çözülmesi gereken ciddi gerilim dalgalanmalarına ve stabilite sorunlarına sebebiyet vermektedir. Bu amaçla enerji depolama sistemlerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte optimizasyonu ele alınmış ve elde edilen gerçek bulgular belirtilmiştir. [2]

Georgilakis, P.S., *“Technical Challenges Associated With The Integration of Wind Power into Power Systems”*, isimli makalesinde, düşük rüzgâr penetrasyonuna sahip (%5 ve altı) küçük ve orta ölçekli rüzgar türbinlerinin elektrik şebekesine entegrasyonuna ilişkin olarak, güç kalitesi, güç dengesizliği güç sisteminin işletme maliyeti, iletim sisteminin planlanmasında güç sistemi dinamiğine etkisi, üzerinde durulmaktadır. [3]

Sulla, F., *“Simulation of DFIG and FSIG wind farms in MATLAB SimPower System”*, isimli çalışmasında, çift Beslemeli Asenkron Makine “Doubly-Fed Induction Generator” (DFIG) ve Sabit Hızlı Asenkron Makine “Fixed Speed Induction Generator” (FSIG) tiplerinin rüzgar türbinlerinde şebeke ile çalışırken oluşan arızalı durumda şebekeye olan Low Voltage Ride Through (LVRT)

hususundaki katkıları irdelemiş simülasyonda mevcut türbin modelleri kullanmış ve türbin tiplerindeki farklı davranışları incelemiştir.[4]

Gupta, A., Shandilya,A., tarafından yazılan “*Challenges of Integration of Wind Power on Power System Grid a Review*” isimli makalede, rüzgâr enerjisinin değişkenliğinin, doğasından kaynaklandığı, ve özellikle zayıf enterkonnekte güç sisteminde stabilite, güç kalitesi, harmonik, gerilim salınımına, fliker ve şebeke güvenliği problemlerine sebebiyet verdiği üzerinden durulmaktadır.[5]

Wallnerström, G., Hilber, C., Söderström, P., Saers, R., Hansson, O., tarafından yazılan “*Potential of dynamic rating in Sweden*” makalede, “dinamik oranlamanın konsepti”, elektrik tüketim-üretim dengesindeki gerçek zamanda oluşan değerlerin hava koşulları, dış şartlar ve geçmiş yüklenme gibi parametrelerin güç sistemi üzerinde fayda maliyet analizi yapılmıştır.[6]

Yang Y., Chen W., Blaabjerg F., tarafından yazılan “*Advanced Control of Photovoltaic and wind Turbines Power System*” başlıklı makalede, özetle, rüzgar ve güneş pili gibi yenilebilir kaynaklı kurulu kapasitesiyi artırmak için tüm imkanlar seferber edilmekte iken, bu sistemlerin şebekeye entegrasyonunda karşılaşılan sorunların çözümü için yapılan çalışmaların önemi vurgulanmaktadır. Bu amaçla yapılmış olan ileri kontrol teknolojilerinin güneş pili ve rüzgar türbinlerinin şebeke entegrasyonunda kullanılmalarını, arıza anında reaktif güç desteği ve sabit güç üretimine ilişkin kontrol stratejileri incelenmiştir. [7]

García-Sánchez, T., tarafından yazılan “*Comparison of Voltage Dip Characterization under Grid-Code Requirements:Application to PV Power Plants*” konulu çalışmada şebekede oluşan arıza durumlarında meydana gelen gerilim düşmesi durumunda, farklı ülkelere ait şebeke gereklilikleri ve bu gerekliliklerin şartları verilerek güneş pili ve rüzgar türbinleri için değerlendirme yapılmaktadır.

J. Hossain and H. R. Pota, tarafından kaleme alınan “*Robust Control for Grid Voltage Stability: High Penetration of Renewable Energy, Power Systems*” konulu makalede özetle gerilim ve rotor açısı kararlılığı, gerilim kararlılığının

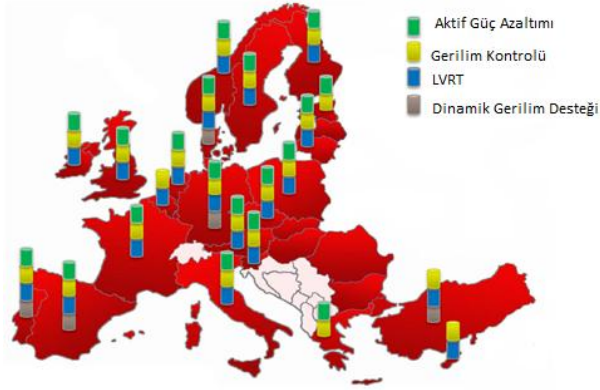
sebepleri, ve bu hususların analizi yapılmış olup, PV panel ile rüzgar türbinlerinin dinamik modelleri incelenmiştir.[8]

J. Hossain and H. R. Pota, tarafından kaleme alınan "*Robust Control for Grid Voltage Stability: High Penetration of Renewable Energy, Power Systems*" konulu makalede özetle gerilim ve rotor açısı kararsızlığı, gerilim kararlılığının sebepleri gibi bu hususların analizi yapılmış olup, PV panel ile rüzgar türbinlerinin dinamik modelleri incelenmiştir.[9]

Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş pili ve rüzgar elektrik üretim santrallerinin elektrik şebekesine fiziksel ve ticari işletme maliyetleri üzerindeki etkisi, yenilenebilir enerji kaynağının elektrik şebekesine entegrasyonunun düşük oranda dahil edilmesi durumunda (%5>veya daha az) düşük; yüksek oranda dahil edilmesi durumunda ise daha büyük (<%20) ama kabul edilebilir bir düzeyde olmaktadır.[22]

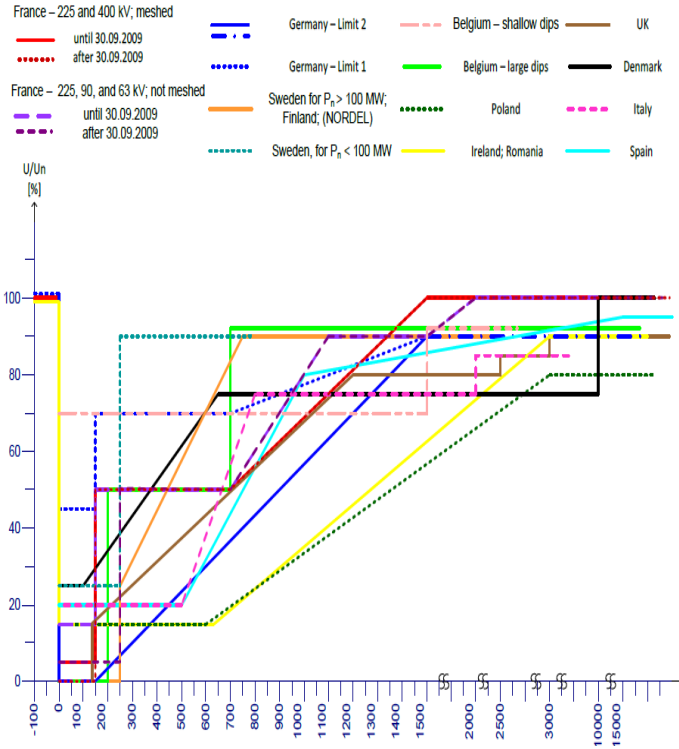
Rüzgâr türbinlerinin sebep olduğu güç dalgalanmaları ancak konvansiyonel santrallerle dengelenebilmektedir. Şebeke arızası veya aşırı Rüzgâr hızı nedeniyle santralin durması gibi nedenlerle Rüzgâr santrali üretimindeki beklenmeyen ani kayıplar için yeterli yedek kapasite ayrılması gerekmektedir. Artan Rüzgâr santrali kurulu gücünün sebep olacağı frekans dalgalanmalarının belirlenen sınırlar içinde tutulabilmesi için yedekte tutulan konvansiyonel santrallerin artan sistem gereksinimlerine cevap vermesi gerekmektedir. Sistem frekansının uygun sınırlar içinde tutulabilmesi için ayrılan yedek konvansiyonel santrallerin çok daha hızlı ve daha yüksek kapasitede devreye alınmalarının sağlanmasına yönelik teknik yeteneklerinin artırılması gerekmektedir.

Bu bağlamda rüzgâr santralinin şebekeye bağlanabilmesi için, gerilim değişimlerine ilişkin yönetmelikte belirlenen değerlere uygun rüzgar türbinlerinin seçimi, gelişmiş teknolojiye sahip türbinlerin kullanılması halinde şebekeye olan olumsuz etkilerin azalacağı değerlendirilmektedir.



**Şekil 1:** Avrupa ülkeleri içinde yenilenebilir elektrik üretim santrallerinde grid code uygulamaları [11]

Şekil-1’de görüldüğü üzere yenilenebilir elektrik üretim santrallerinden olan rüzgar türbinleri ve güneş pilleri için şebeke gereksinimleri aktif güç kontrolü, gerilim kontrolü, gerilim salınımı, arıza durumunda şebeke desteği ve dinamik gerilim desteği olarak gösterilmiştir.



**Şekil 2:** Entso-E Kapsamındaki Ülkelerden Bazılarının Fault Ride Through (FRT) Uygulaması[16]

Şekil 2’de ise çeşitli ülkelerde uygulanan şebeke gereksinimine ilişkin yenilenebilir elektrik üretim santrallerinin sağlaması gereken minimum gereklilikler gösterilmiştir.

## 2. RÜZGAR ELEKTRİK ÜRETİM SANTRAL PROJESİNİN TASARIMI VE ANALİZİ

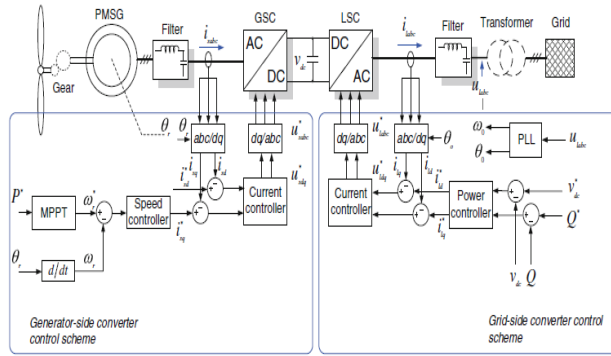
Güç sistemine bağlanan rüzgar türbinlerinin şebeke kalitesi problemlerine yol açmayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Bu hususta yapılacak statik ve dinamik simülasyon çalışmaları sayesinde bir rüzgar santralının şebekeye bağlandığında karşılaşılabilecek problemler ve kısıtlamalar varsa önceden belirlenip, RES OG sistemi tasarımı ve hatta türbin konvertörü seçimi doğru şekilde yapılabilir.

Simülasyon çalışmalarını;

- Primer teçhizatın yüklenebilirlik kapasitesinin belirlenmesi,
- Aktif güç ve frekans kontrolü,
- Arıza sonrası sisteme katkı yeteneği [Fault Ride Through],
- RGK (Reaktif güç kontrolü),

Şeklinde özetleyebiliriz.[19]

## 2.1. PRİMER TEÇHİZATIN BELİRLENMESİ



Şekil 3: Rüzgar türbini prensip şebeke bağlantısı [14]

Rüzgar türbininde üretilen elektrik enerjisi şekil-3'de de görüldüğü gibi, yükseltici transformatörlerin bağlı olduğu Ring Main Unit (RMU) hücreleri üzerinden genellikle 36 kV nadiren 20kV, nominal gerilim seviyesindeki yer altı kabloları ile şebekeye aktarılır. Rüzgar santrali simülasyon modeli ile yapılan yük akışı analizleri sayesinde kesici, akım trafosu, yer altı kablo yerleşim şartlarına göre modellenmiş kablo, ayırıcı, ve transformatör gibi primer teçhizat ekipmanlarındaki maksimum yüklenme, aktif güç ve reaktif güç kaybı gibi önemli parametreler elde edilir.[19][20][21]

Kısa devre hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle rüzgar türbinin tipi ve RES'in bağlanacağı TEİAŞ transformatör merkezinin kısa devre gücü bilinmelidir. Tip 4 rüzgar türbinlerinin stator tarafı şebekeye direkt bağlı olmadıkları için kısa devre sırasında en fazla nominal akımlarını şebekeye

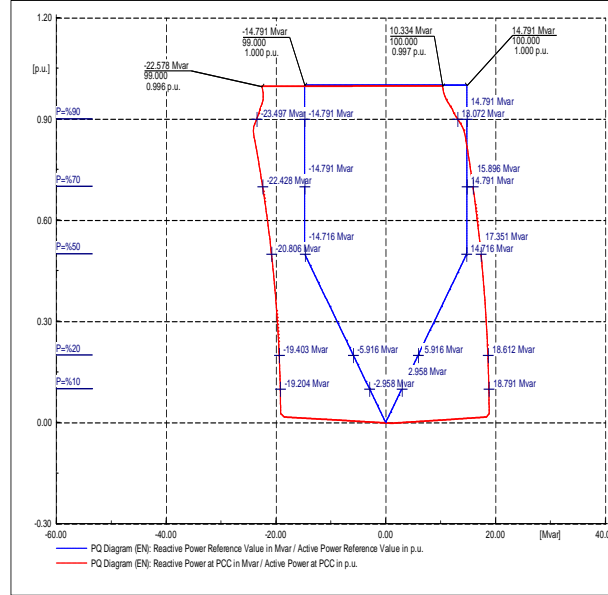


verirken Tip 3 rüzgar türbinlerinde kısa devre akımları nominal akımın, rüzgar türbinin boyutuna göre, 6 katına kadar çıkabilmektedir.

## **2.2. BAĞLANTI NOKTASINDAKİ REAKTİF GÜÇ KAPASİTESİNİN İNCELENMESİ**

RES'ler Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğinin (EŞY)'de belirlenen aktif güç oranına göre şebeke bağlantı noktasında sisteme belirli miktarda reaktif güç kapasitesini sunabilecek yetenekte olmalıdır. Bütün rüzgar türbini üreticileri her bir türbin için yüklenme eğrisini sağlayabilmektedir ancak burada önemli olan nokta reaktif güç kapasitesinin EŞY'e şebeke bağlantı noktası için tanımlanmasıdır, dolayısıyla türbin transformatörleri, RES OG şebekesi ve kullanılmış ise santral ana transformatöründe meydana gelecek reaktif güç kayıpları ve RES OG şebeke gerilimi dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Örnek olarak bir RES'in 154 kV şebeke bağlantı noktasında aktif değerine göre sağlayabileceği reaktif güç kapasitesi bir şebeke analiz yazılımı yardımıyla yapılan simülasyonunun sonuçları Şekil 16'da gösterilmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, RES'in istenilen şebeke kurallarına uygun olmadığı görülmektedir. Planlanan RES şebeke yönetmeliklerinde istenilen reaktif güç kapasitesini şebeke bağlantı noktasında karşılayamaz ise, reaktif güç kapasitesi daha geliştirilmiş konvertörler ve/veya daha yüksek kesitli kablolar kullanılmalıdır.



**Şekil 4:** RES'in Şebeke Bağlantı Noktasında Reaktif Güç Kapasitesinin EŞY ile karşılaştırılması

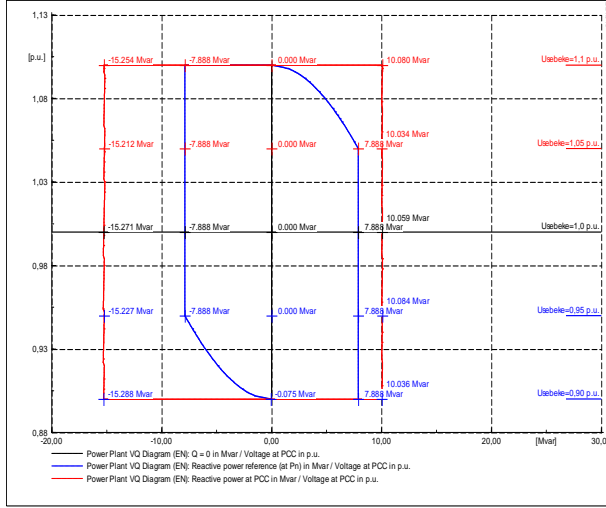
Bir RES projesinde iletim sistemin kararlılığı ve reaktif güç kapasitesi gibi koşulları ancak sistem işletmecisi TEİAŞ tarafından bilinebilecek konulardır. Dolayısıyla TEİAŞ tarafından uygun bağlantı görüşü verilmiş ise RES'in EŞY Ek-18'de belirtilen kriterlere uygun olması yeterlidir.

Şekil 5'te bir rüzgar türbinin şebeke bağlantı noktası gerilimine göre sisteme sağlayabileceği reaktif güç kapasitesi verilmiştir.

Şebeke bağlantı noktasında gerçekleşen gerilim değişiminin genliği ancak TEİAŞ tarafından bilinebilir. RES'den istenen sadece EŞY'de verilen limitler dahilinde sisteme reaktif güç kapasitesini sağlayabilmesidir.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta iletim sistemine bağlanan RES'lerde ana transformatörün yükte otomatik kademe değiştiriciye sahip olmasıdır. Bu kademe değiştirici yüksek gerilim (YG) tarafında kademeyi ayarlayarak OG tarafta gerilimi 0,99-1,00 p.u. aralığında tutmalıdır.

34,5 kV Dağıtım sistemine direkt bağlanan RES'ler için ise ya Yönetmelikte değişikliğe gidilmeli ya da hücre 38 kV'a dayanacak şekilde seçilmelidir.



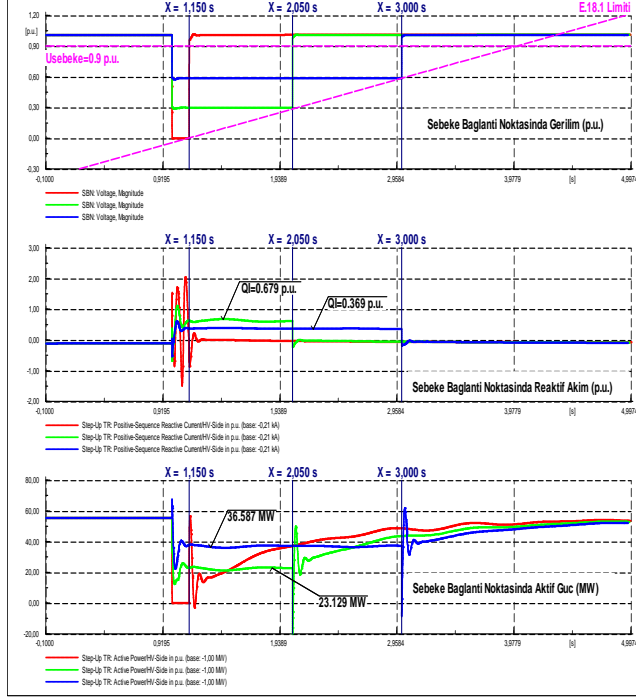
Şekil 5: Şebeke Bağlantı noktası gerilimine göre rüzgar santralının reaktif güç kapasitesi

### 2.3. FAULT RIDE THROUGH [FRT] ARIZA SONRASI SİSTEME KATKI YETENEĞİNİN İNCELENMESİ

Bu analizdeki temel amaç, iletim sisteminde yaşanacak bir arıza sırasında önceliği koruma ekipmanlarına vererek RES'lerin gereksiz yere sistemden çıkması önlemektir.

Şebekede oluşabilecek herhangi bir arıza halinde RES'in 150 ms devrede kalma ve arıza temizlendikten sonra aktif gücünü dakikada nominal gücünün en az %20'si oranında yeteneği ancak türbin üreticisinden sağlanacak matematiksel modeller yardımıyla incelenebilir. Bu analizler için türbin üreticileri genellikle saha testleriyle doğrulanmış matematiksel modelleri özel gizlilik anlaşmaları ile temin edebilmektedirler.

Şekil 6'da RES'in şebeke bağlantı noktasında arıza empedansına bağlı olarak gerçekleşen gerilim düşümü ve belirli bir süre sonra arızanın temizlenmesi RES'in FRT davranışı verilmiştir.



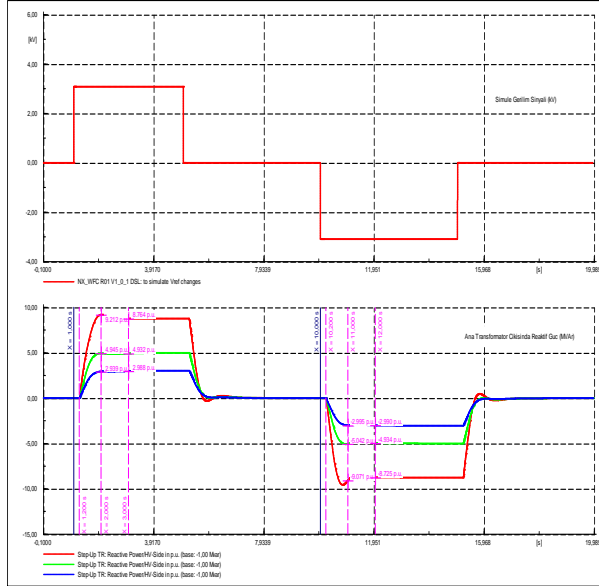
Şekil 6: RES FRT Kabiliyeti

## 2.4. REAKTİF GÜÇ DESTEĞİ SAĞLANMASI

RES'in sahip olduğu reaktif güç kapasitesi kadar bu kapasiteyi sisteme ne kadar sürede vereceğide önemlidir.

Ülkemizde 2013 yılında revize edilen EŞY Ek-18'e göre reaktif güç kapasitesi şebeke bağlantı noktası gerilimine göre bir "droop" değeri takip edilecek sağlanmalıdır. Droop değeri TEİAŞ tarafından %2-%7 aralığında bir değer olarak seçilebilir. En makul değer %4'lük bir değerdir ancak RES'in bağlı bulunduğu noktaya göre göre bu değer değişebilir.

Şeki 7'de farklı droop değerlerinde bir RES'in şebeke bağlantı noktası geriliminin ani değişimine göre sisteme sağladığı reaktif güç desteği gösterilmiştir.



**Şekil 7:** Farklı Droop değerlerinde bir RES'in şebekeye sağladığı reaktif güç desteği

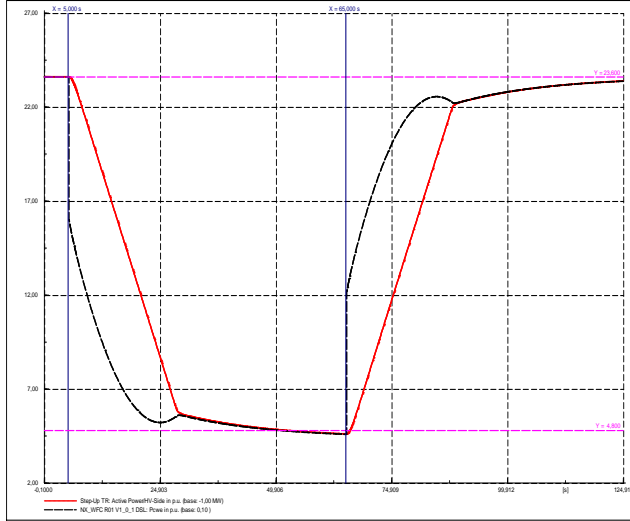
Yine bu çalışma için de üretici firmadan temin edilecek ana kontrolcü matematiksel modellerine ihtiyaç duyulmaktadır.

## 2.5. AKTİF GÜÇ VE FREKANS KONTROLÜ

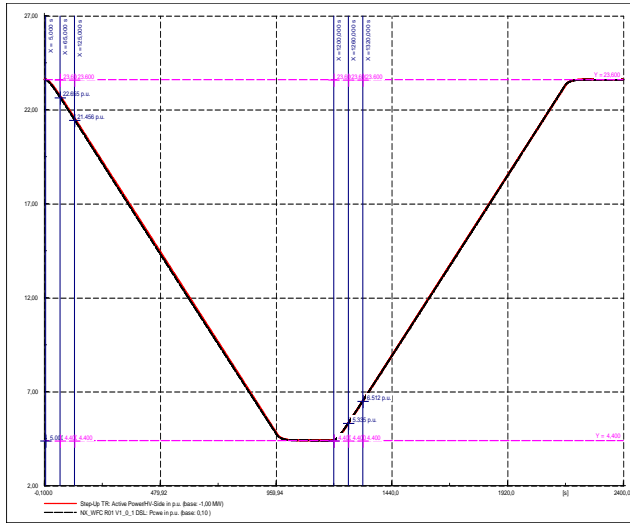
Temel olarak iki maddede aktif güç kontrolü ile ilgili olduğu için tek başlık altında değerlendirilmiştir.

Aktif güç kontrolü, RES'in aktif gücünün TEİAŞ tarafından gönderilecek sinyaller üzerinden otomatik olarak kontrol edilebilmesi için, frekans kontrolü aktif gücün artan frekansa göre %4 droop eğrisini takip ederek azaltmasıdır.

TEİAŞ tarafından RES'lerden talep edilen aktif güç ve frekans kontrolü konvansiyonel senkron generatörlere göre çok daha yavaştır. Bu nedenle RES'lerin ana kontrolcülere bir ramp üzerinden aktif güç kontrolü yapmalıdır. Şekil 8 ve şekil 9'da rüzgar santralının hızlı ve yavaş reaktif güç tepkileri gösterilmiştir.



**Şekil 8:** Ramp olmadan rüzgar santralının aktif güç set değerine verdiği tepki



**Şekil 9:** Ramp üzerinden rüzgar santralının aktif güç set değerine verdiği tepki

Burada EŞY'ye uygun olan tepki Şekil 9'dur.

### 3. SONUÇLAR

Avrupa Birliği ve ENTSO-e (European Network of Electricity Transmission System Operators) üyesi ülkelerin şebeke gereksinimlerinin belirlenmesinde temel prensipler çerçevesinde ortak çalışma yapması, ülkemiz şebeke gereksinimlerinin uyumluluğu açısından önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda söz konusu değişiklik için izlenecek yöntemler dikkatle takip edilmeli ve elde edilen kazanımların ülkemizde de uygulanmasına katkı sağlayacak çalışmalar yapılmalıdır.

Ülkemiz elektrik enerjisi ihtiyacının hâlihazırda yarıya yakın bir bölümünün doğalgaz santrallerinden karşılandığı göz önüne alındığında üretim kapasitemizdeki yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızdan azami düzeyde yararlanılabilmesi için şebeke bağlantı kapasitesinin yönetilebilir düzeyde artırılması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi ise rüzgar elektrik santrallerinin şebeke etkilerinin doğru ve gerçeğe en yakın şekilde tespit edilerek geleneksel şebeke yapısına adapte edilmesine bağlıdır.

Rüzgâr türbinlerinin negatif yönde sebep olduğu güç dalgalanmaları ancak konvansiyonel santraller ve çok limitli olan ENTSO-e enterkonnekte bağlantısı ile dengelenebilmektedir. Bu nedenle sistem stabilitesinin uygun sınırlar içinde tutulabilmesi için konvansiyonel santrallerin primer ve sekonder frekans kontrol rezervinin artırılması gerekebilir. Diğer taraftan konvansiyonel santrallerin çok daha hızlı ve daha yüksek kapasitede devreye alınmalarının sağlanmasına yönelik teknik yeteneklerinin artırılması gerekecektir.

Bütün bu anlatılanlar özetlenecek olursa; yenilenebilir enerji kaynaklı üretim tesislerinin sayısı ve kapasitesi arttıkça değişken elektrik üretim yapısı sebebiyle anlık sistem kontrolünün stabil bir şekilde sağlanabilmesi için yan hizmetlerin kullanımı ve bundan mütevellit oluşan maliyetler, sistem dinamik analizi doğru yapılmaz ise, artacaktır.

Bununla birlikte rüzgar türbinlerinin değişken rüzgar hızına göre konvansiyonel şebeke ile uyumlu çalışmasını sağlayan güç elektroniği sistemlerinin ülkemizde teşvik edilmesi halinde rüzgar elektrik santrallerinin şebeke bağlantı kapasitesinde belirgin bir artış olabileceği değerlendirilmektedir.

Rüzgar elektrik üretim santralinde (RES) yapılan simülasyon çalışmaları, şebekeye uyumluluk açısından rüzgâr türbini tipinin seçiminde ve primer teçhizat ekipmanlarının boyutlandırılmasında ortaya çıkabilecek ekstra maliyetlerin önüne geçmekle birlikte ülkemiz enterkonnekte sistemin güçlenmesi için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile RES'in hem projelendirme aşamasında yapılan hem de tüm enterkonnekte sistem dahil edilerek yapılması gereken temel simülasyon hesaplamaları olan; arıza sonrası sisteme katkı, frekans tepkisi, aktif ve reaktif güç kontrolüne değinilerek ele alınmış olup simülasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. JAUCH C., ve Diğerleri, "International Comparison of Requirements for Connection of Wind Turbines to Power System ", Published online 28 July 2005 in Wiley Interscience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/we.160 Wind Energ. 2005; 8:295–306.
2. LE, H. T., SANTOSO, S., "Analysis of Voltage Stability and Optimal Wind Power Penetration Limits for a Non-Radial Network, with an Energy Storage System ", 1-4244-1298-6/07/\$25.00 ©2007 IEEE., 2007.
3. GEORGILAKIS, P.S., "Technical Challenges Associated With The Integration of Wind Power into Power Systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, 852–863, 2008.
4. SULLA, F., "Simulation of DFIG and FSIG wind farms in MATLAB SimPower System" Industrial Electrical Engineering and Automation CODEN:LUTEDX/(TEIE-7235)/1-007/(2009), April 2009)
5. GUPTA, A., SHANDILYA, A., "Challenges of Integration of Wind Power on Power System Grid a Review" International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 4, April 2014)
6. WALLNERSTRÖM, G., HILBER, C., SÖDERSTRÖM, P., SAERS, R., HANSSON, O. "Potential of dynamic rating in Sweden". In: 13th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS); Durham, UK, 7-10 July 2014. <http://www.diva-portal.org>; <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-147995>
7. Yang Y., Chen W., Blaabjerg F., "Advanced Control of Photovoltaic and wind Turbines Power System" T. Orłowska-Kowalska et al. (eds.), Advanced and Intelligent Control in Power Electronics and Drives, Studies in Computational Intelligence 531, DOI: 10.1007/978-3-319-03401-0\_2, \_ Springer International Publishing Switzerland 2014.



8. García-Sánchez, T., ve diğerleri, “**Comparison of Voltage Dip Characterization under Grid-Code Requirements:Application to PV Power Plants** ”, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15) La Coruña (Spain), 25th to 27th March, 2015, ISSN 2172-038 X, No.13, April 2015
9. J. Hossain and H. R. Pota, “**Robust Control for Grid Voltage Stability: High Penetration of Renewable Energy, Power Systems**”, Ol: 10.1007/978-981-287-116-9\_2, © Springer Science+Business Media Singapore 2014.
10. Bründlinger, R., “Distribution Grid Codes and the Integration of Smart PV Invertors in Europe” sunumu s.12-16. IEEE PES General Meeting, Vancouver, 2013, AIT Austrian Institute of Technology, Vienna, Austria.
11. Nguyen, T-D., “Verified Power Plants As a Reliable solution for Efficient System Integration”, PV power Plants – Turkey 09-10 April 2014, İstanbul.
12. THE GRID CODE ISSUE 5 REVISION 14 26 August 2015 © Copyright owned by National Grid Electricity Transmission plc, all rights reserved. 2015.
13. Montoro D.F., “038589 SUNRISE D2-3 Recommendations for unified technical regulations for grid-connected PV systems” EPIA (European Photovoltaic Industry Association), WIP, FIEC (the European Construction Industry Federation), AIE (the European Association of Electrical Contractors), UIA-ARES (International Union of Architects), www.pvsunrise.eu
14. Yang Y., Chen W., Blaabjerg F., “Advanced Control of Photovoltaic and wind Turbines Power System” T. Orłowska-Kowalska et al. (eds.), Advanced and Intelligent Control in Power Electronics and Drives, Studies in Computational Intelligence 531, DOI: 10.1007/978-3-319-03401-0\_2, \_ Springer International Publishing Switzerland 2014.
15. Degner, T., Arnold, G., Braun, M., Geibel, D., “Utility-scale PV systems: grid connection requirements, test procedures and European harmonisation” Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Kassel, Germany; R. Bründlinger, arsenal research, Electric Energy Systems, Vienna, Austria
16. Kling, W.L., ve Diğerleri, “Wind Power Grid Integration: The European Experience” 17th Power System Computation Conference Stockholm Sweden- August 22-26, 2011
17. García-Sánchez, T., ve diğerleri, “Comparison of Voltage Dip Characterization under Grid-Code Requirements:Application to PV Power Plants ”, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15) La Coruña (Spain), 25th to 27th March, 2015, ISSN 2172-038 X, No.13, April 2015
18. NETWORK CODE for Requirement for Grid Connection Applicable to All Generators ” Working Document.3. 17th Power System Computation Conference Stockholm Sweden- August 22-26, 2011

19. T. Ackermann, Ed., "Wind Power in Power Systems", Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
20. IEC 60287: "Electric cables-Calculation of the current rating", Version 11, 1993.
21. IEC 60909: "Short-circuit currents in three-phase AC systems ", Version 1, 2001.
22. GEORGILAKIS, P.S., "Technical Challenges Associated With The Integration of Wind Power into Power Systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, 852–863, 2008.