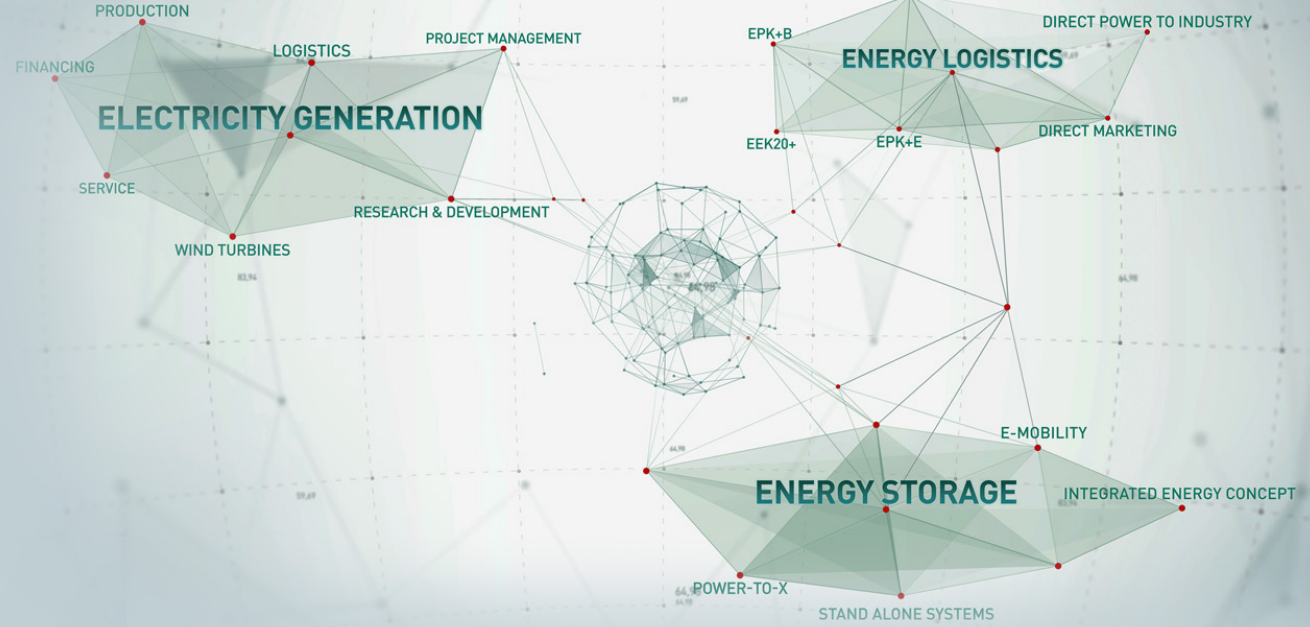


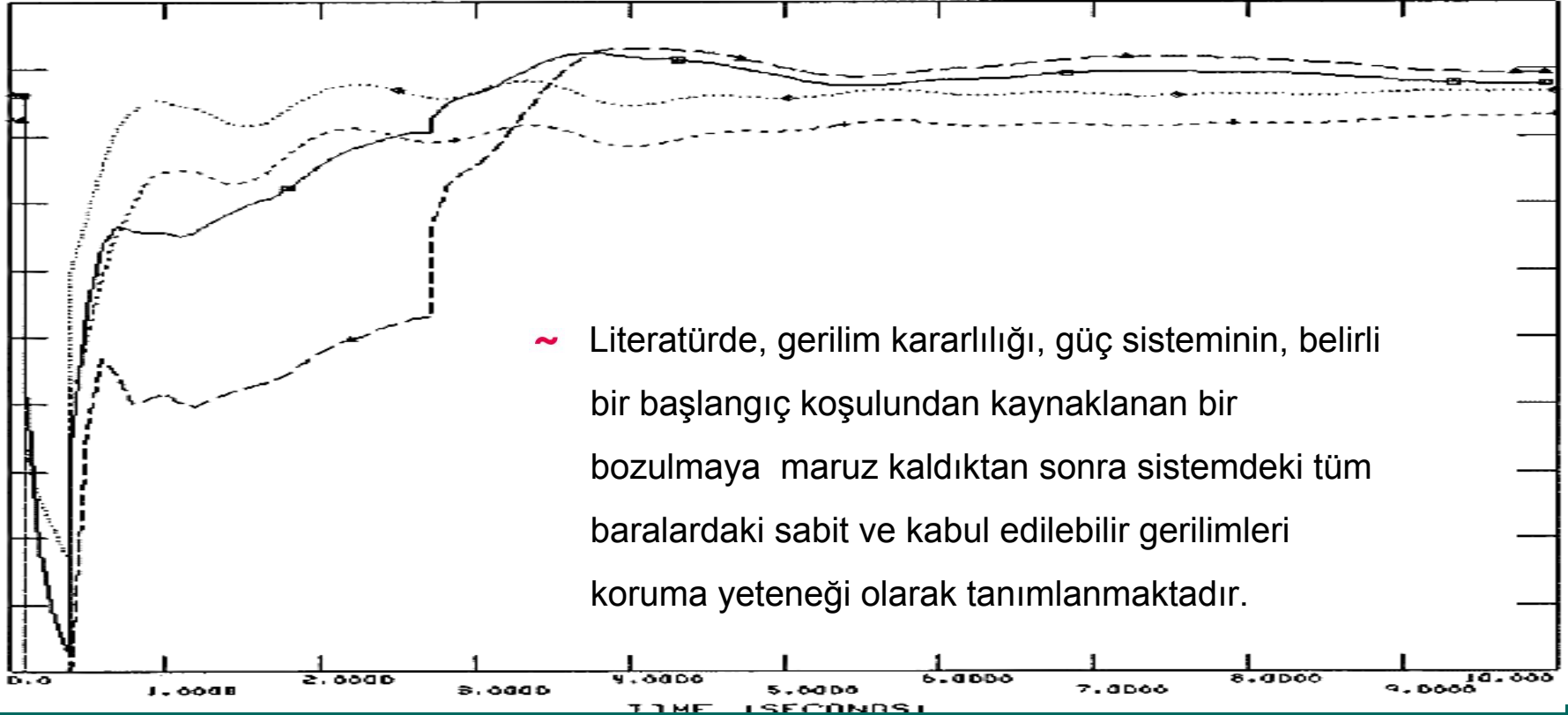


Şebekeye Bağlı Rüzgar Enerji Santrallerinde Gerilim Kararlılığının Araştırılması ve İyileştirilmesi

İzmir, 2019.10.19

Fatih Yenigün

- ~ Gerilim kararlılığı tanımı
- ~ Gerilim kararsızlığı nedenleri
- ~ Gerilim kararlılığının sınıflandırılması
- ~ Gerilim kararsızlığının sonuçları
- ~ Uzun süreli ve küçük bozulma gerilim kararlılığı (Statik gerilim kararlılığı)
- ~ Kısa süreli ve büyük bozulma gerilim kararlılığı (Geçici kararlılık)
- ~ Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi
 - ~ Fault ride through(FRT)
 - ~ Reaktif üç desteği
 - ~ Kısa devre oranının etkisi
 - ~ Türbin generator tipinin etkisi



~ Literatürde, gerilim kararlılığı, güç sisteminin, belirli bir başlangıç koşulundan kaynaklanan bir bozulmaya maruz kaldıktan sonra sistemdeki tüm baralardaki sabit ve kabul edilebilir gerilimleri koruma yeteneği olarak tanımlanmaktadır.

- ~ Gerilim kararsızlığının iki temel nedeni vardır.
- ~ *Yükteki artış*; yükle alakalı gerilim kararlılığı aynı zamanda yük kararlılığı problemi olarak da adlandırılır.
- ~ *Reaktif güç* talebinin karşılanamaması ya da diğer bir deyişle reaktif güç desteğinin olmaması, yetersiz kalması.

- ~ Bozulma tipine bağlı olarak sınıflandırma;
- ~ Küçük bozulma gerilim kararlılığı; Yükteki değişiklikler gibi küçük bozulmaların meydana gelmesi durumunda sistemin gerilimi kontrol etme yeteneğini ifade eder.
- ~ Büyük bozulma gerilim kararlılığı; Sistemin, yük atma, arızalar ve büyük yük değişimleri gibi büyük bozulmalara maruz kaldıktan sonra gerilimi kontrol etme yeteneğini ifade eder.

- ~ Bozulmanın gerçekleşme süresine bağlı olarak sınıflandırma
 - ~ Statik gerilim kararlılığı
 - ~ Dinamik gerilim kararlılığı

Gerilim Kararlılığı

- Sürekli kabul edilebilir gerilim sağlayabilme
- Reaktif Güç dengesi

Büyük Bozulma Gerilim Kararlılığı

- Şebekedeki büyük bozulmalar
- Anahtarlama ve manevralar
- YAKD dinamikleri
- Yükler
- Koruma ve kontrol koordinasyonu

Küçük Bozulma Gerilim Kararlılığı

- Sürekli durum PV ve QV ilişkileri
- Kararlılık Marjinleri (Reaktif güç rezervleri)

~ Dünyada yaşanan gerilim çökmesi örnekleri

- ~ 22 Eylül 1970 tarihli New York Power Pool gerilim çökmesi
- ~ 28 Aralık 1982 Florida sistemi gerilim çökmesi
- ~ 19 Aralık 1978 ve 12 Ocak 1987'de Fransız sistemindeki gerilim çökmeleri
- ~ 4 Ağustos 1982'de Kuzey Belçika'nın gerilim çökmesi
- ~ İsveç'in 27 Aralık 1983'teki gerilim çökmesi
- ~ 23 Temmuz 1987'deki Japon gerilim çökmesi
- ~ 18 Mart 1978 Tayland gerilim çökmesi
- ~ 13 Mart 1989 Kanada gerilim çökmesi
- ~ 2 Ocak 2001 Hindistan gerilim çökmesi
- ~ 28 Eylül 2003 İtalya gerilim çökmesi
- ~ 14-15 Ağustos 2003 Kuzeydoğu A.B.D. ve Kanada gerilim çökmesi
- ~ 18 Ağustos 2005 Java, Bali ve Endonezya gerilim çökmesi
- ~ 4 Kasım 2006 Almanya, Fransa, İtalya, İspanya gerilim çökmesi
- ~ 10-11 Kasım 2009 Brezilya ve Paraguay gerilim çökmesi
- ~ 30-31 Temmuz 2012 Hindistan gerilim çökmesi

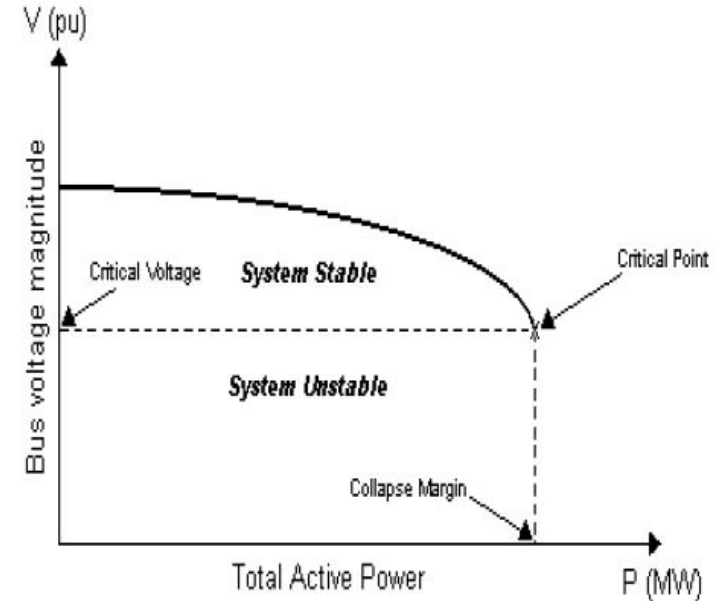
~ Ülkemizde Yaşanan Gerilim Çökmeleri;

- ~ Son yıllarda yaşan en büyük elektrik kesintilerinden birisi 2006 yılında yaşanmıştır. Bursa Doğalgaz Çevrim Santrali'nde meydana gelen teknik bir arıza sebebiyle başta İstanbul'un Anadolu yakası ve İzmir olmak üzere Ege ve Akdeniz ile Marmara bölgelerindeki 13 kent enerjisiz kalmıştır. Kesinti yaklaşık olarak 6 saat sürmüştür.
- ~ Bir diğer büyük elektrik kesintisi ise çok güncel olan 31 Mart 2015 tarihinde yaşanan kesitidir. Saat 10:35 oluşan kesintinin 79 ilde ve 5,5 ila 8 saat arasında sürmüştür.

~ Kaynak: DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE ÖNEMLİ ELEKTRİK ÇÖKÜNTÜLERİ Sezai POLAT , Hacer ŞEKERCİ

Uzun süreli ve küçük bozulma gerilim kararlılığı (Statik gerilim kararlılığı)

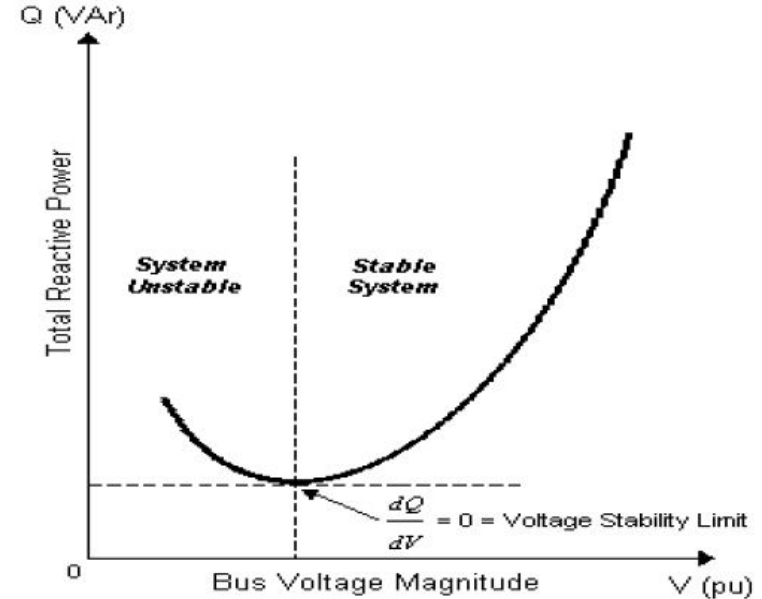
- ~ P-V eğrileri
- ~ Gerilim kararlılığı göz önüne alındığında, iletilen aktif güç (P) ve son alıcı gerilimi (V) arasındaki ilişkiden söz edilir. Gerilim kararlılık analizi prosesi, aktif gücün (P) bir sistemin bir bölgesinden diğerine aktarılmasını ve sistem gerilimine (V) olan etkileri izlemeyi içerir. Bu analiz türü genellikle bir P-V çalışması olarak adlandırılır.



Uzun süreli ve küçük bozulma gerilim kararlılığı (Statik gerilim kararlılığı)

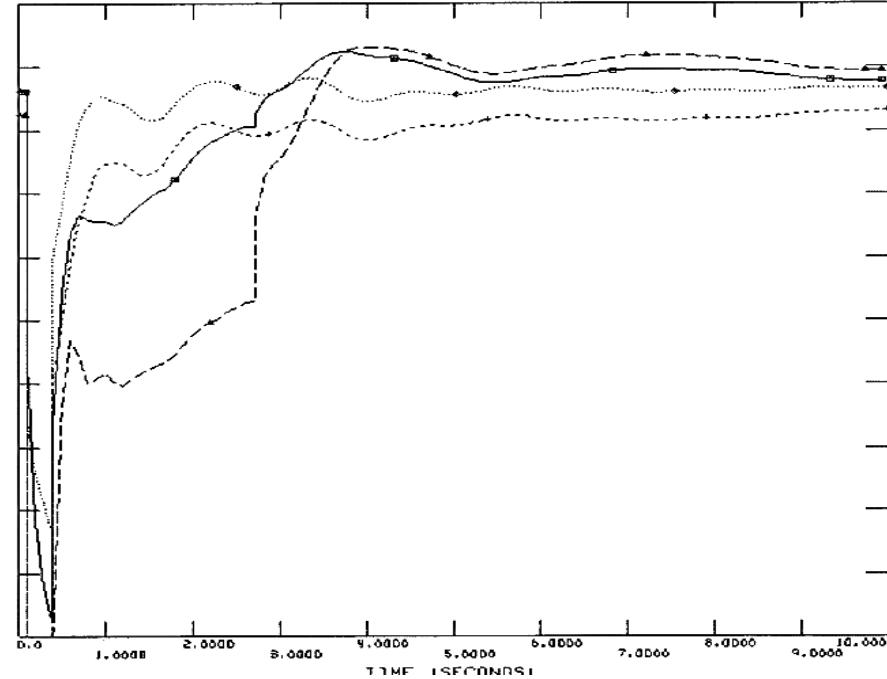
~ Q-V eğrileri

~ Alıcı uçtaki cihazların reaktif güç özelliklerinin etkisi, Reaktif gücün gerilim ile olan ilişkisinde daha belirgindir. Bu reaktif güç arzı veya tüketimine bağlı olarak bara gerilimlerinin duyarlılığını ve çeşitliliğini gösterir. Şekil , genel anlamda bir dizi yük akışı çözümleri ile üretilmiş tipik bir Q-V eğrisini göstermektedir. Bu şekil aynı zamanda, dQ/dV türevinin sıfır olduğu noktada bir gerilim kararlılık limitini göstermektedir.



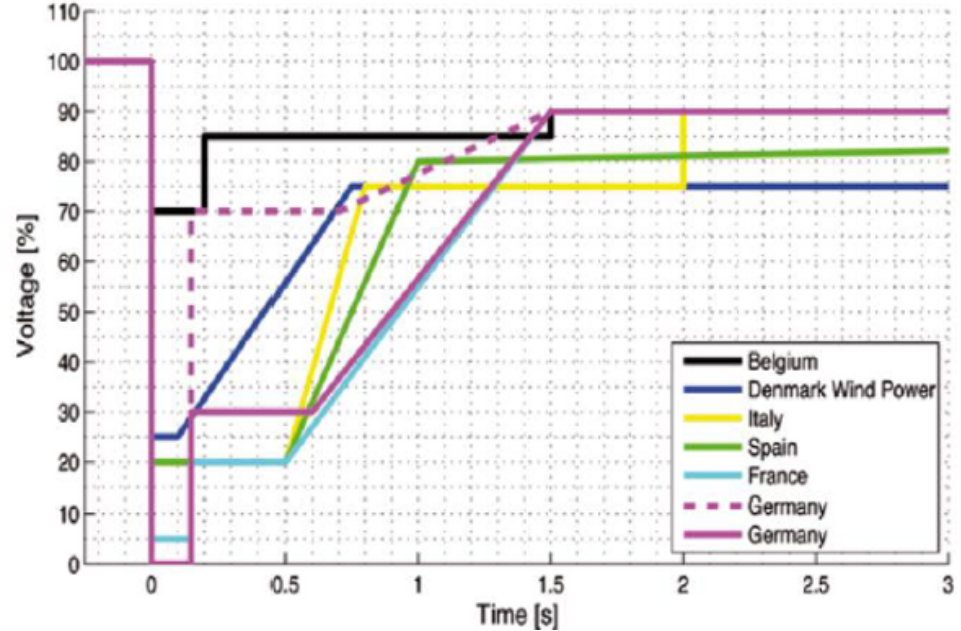
Kısa süreli ve büyük bozulma gerilim kararlılığı (Geçici kararlılık)

- ~ Geçici kararlılık, güç sisteminin iletim tesislerinde hata, üretim kaybı veya büyük bir yük kaybı gibi ciddi geçici bozulmalara maruz kaldığında senkronizasyonu sürdürme yeteneğidir.
- ~ Geçici gerilim kararlılığı büyük bozulmanın ve kısa süreli (0-10s) meydana gelen gerilim bozulmanın neden olduğu gerilim kararlılığını inceler.



Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi Fault ride through(FRT)

Fault ride through(FRT); Rüzgâr türbinlerinin gerilim düşmesi ile sonuçlanabilecek şebeke arızalarından sonra kararlılığını kaybetmeden şebekede kalabilmesi ve arıza sonlandırılıp normal işletme koşullarına dönünceye kadar şebekeyi destekleyebilmesi



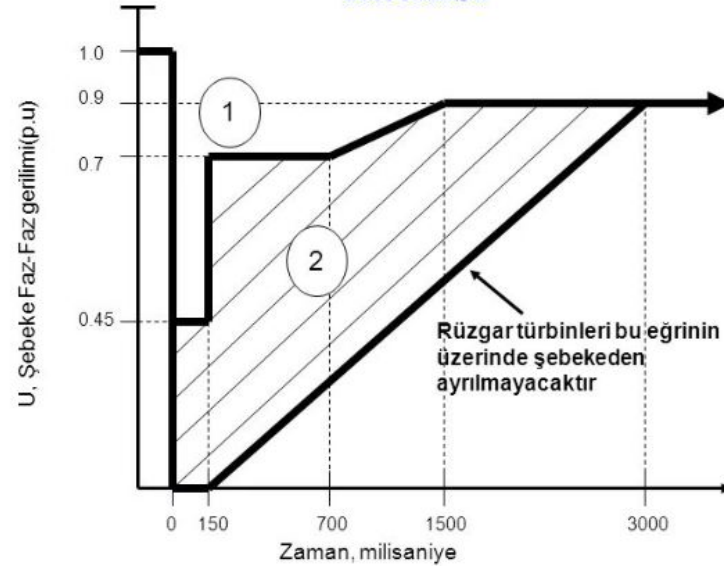
Avrupa'da uygulanan FRT uygulamalarından bazıları

~ Avrupa ülkelerin kendilerine ait şebeke gereksinimleri mevcut olup hepsi EN50160 ve EN 50438 standartların uyumlu olmalıdır. Bilindiği üzere, şebekedeki kısa devre arızasında dolayı meydana gelen gerilim düşümleri ve/veya yükselmesi çok karşılaşılan arıza türlerindendir.

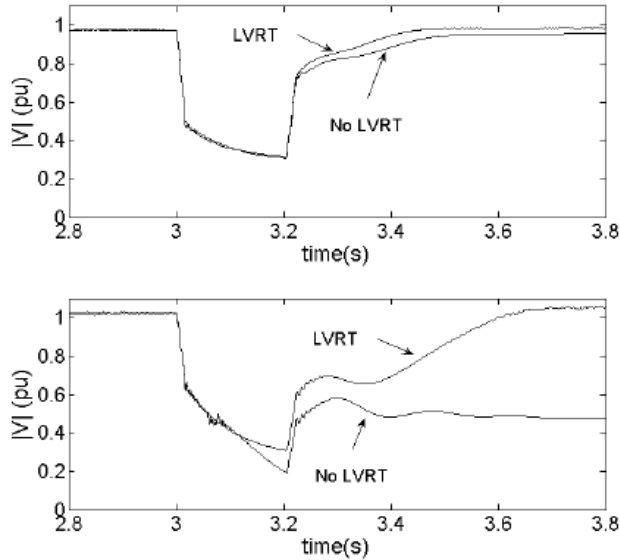
- ~ Şebeke arıza süresince ;
- ~ 1. Fault ride through(FRT) kapsamında, Low voltage ride throuh (LVRT) ve High voltage ride Throuh (HVRT), olarak da tanımlanabilen husus şebekede gerilim düşmesi ve yükselmesi olacağından Rüzgâr türbini şebeke ile bağlı kalmaya devam etmelidir.
- ~ 2. Rüzgâr türbini şebekeyi desteklemek amacıyla gerekli reaktif enerjiyi vermelidir.
- ~ 3. Arızanın şebekeden temizlenmesine müteakip, mevcut kapasitesinde aktif güç üretmeye devam etmelidir.

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

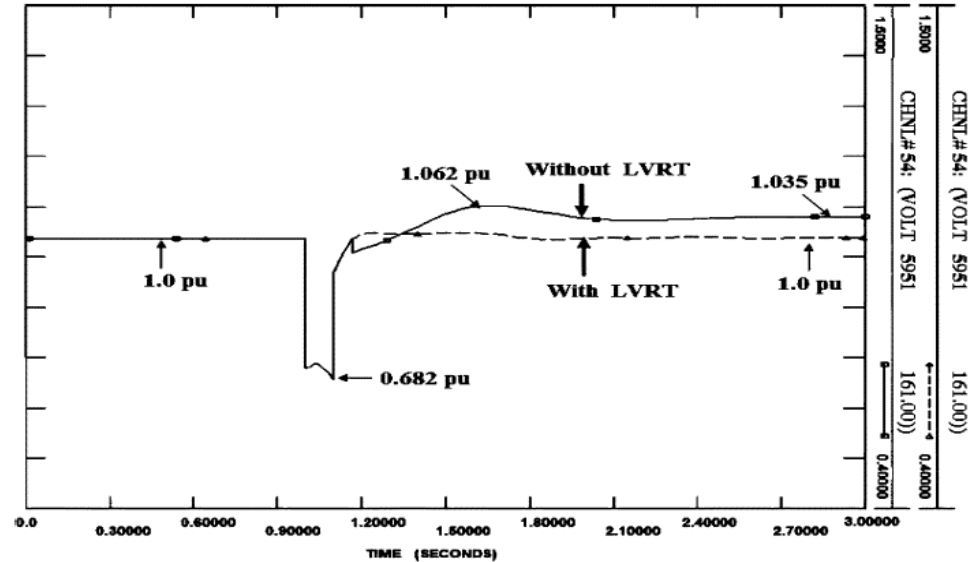
Fault ride through(FRT)



Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi Fault ride through(FRT)



Response of the magnitude V_{PCC} for cases of wind with LVRT and without, SCR = 6 (top) SCR = 2.5 (bottom).

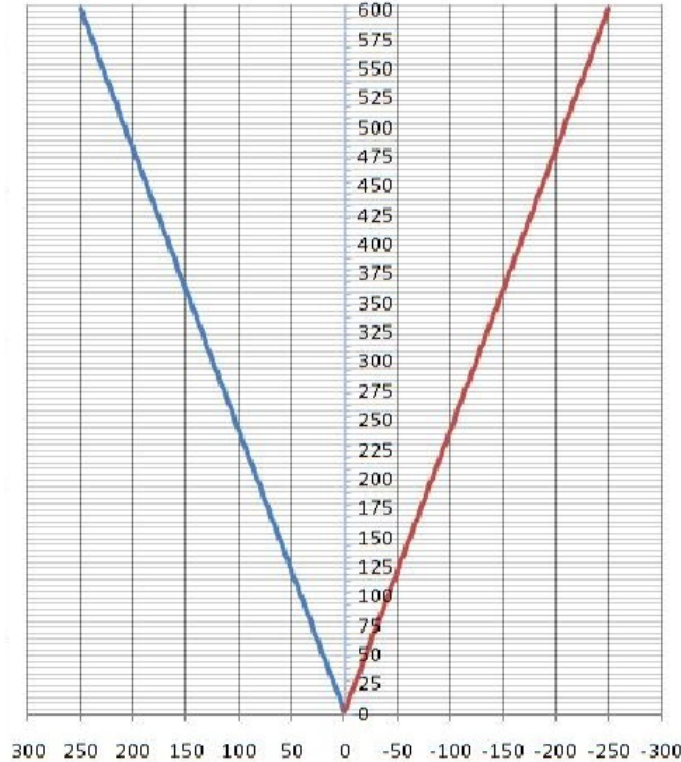


Dynamic voltage curve at the 400-MW wind farm PCC as the Mi-Li bus faults.

Kaynak: Effect of Low-Voltage-Ride-Through Technologies on the First Taiwan Offshore Wind Farm Planning, Wen-Tsan Liu, Yuan-Kang Wu, Ching-Yin Lee, and Chao-Rong Chen

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Reaktif düç desteği



FACTS özelliği olmayan türbinlerde
P-Q eğrisi

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Reaktif güç desteği

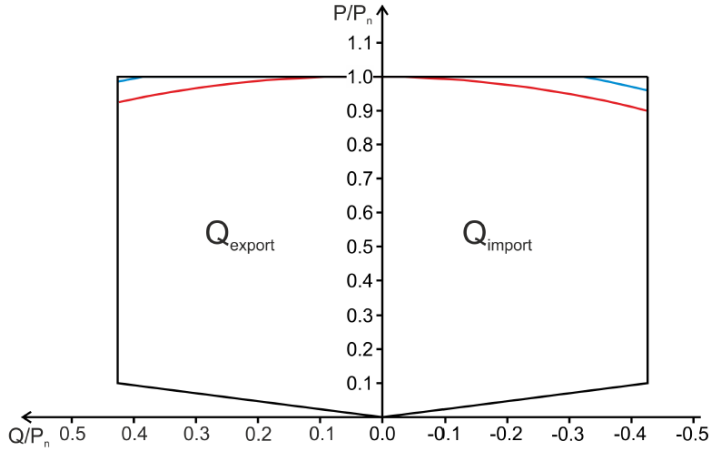


Fig. 1: Reactive power range as determined by active power and grid voltage

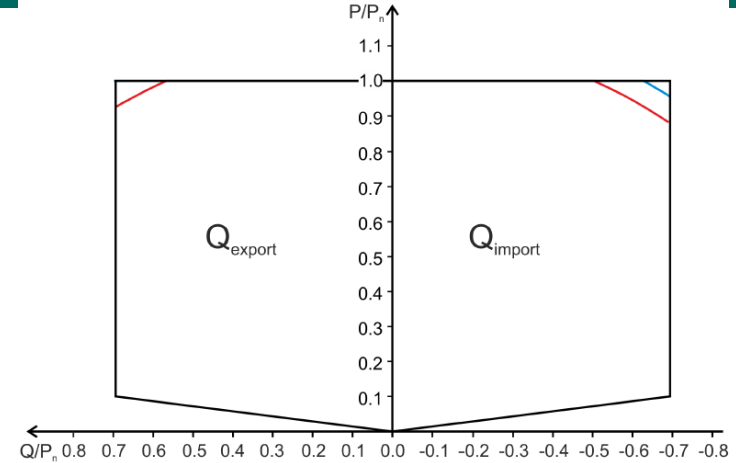


Fig. 1: Reactive power range as determined by active power and grid voltage



FACTS özelliği olan türbinlerde P-Q eğrisi

FACTS+Reaktif güç desteği olan türbinlerde P-Q eğrisi

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Reaktif güç desteği

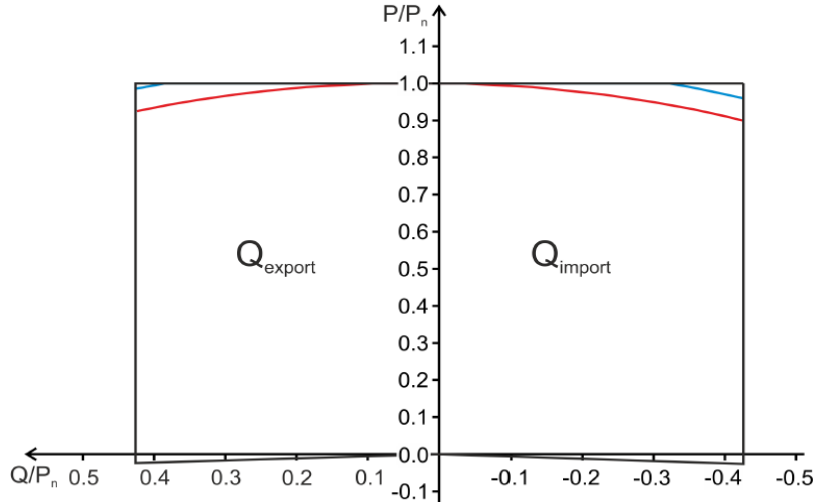


Fig. 1: Reactive power range as determined by active power and grid voltage

90 % U _n	
95 % U _n	
≥100 % U _n	

FACTS+STATCOM olan türbinlerde
P-Q eğrisi

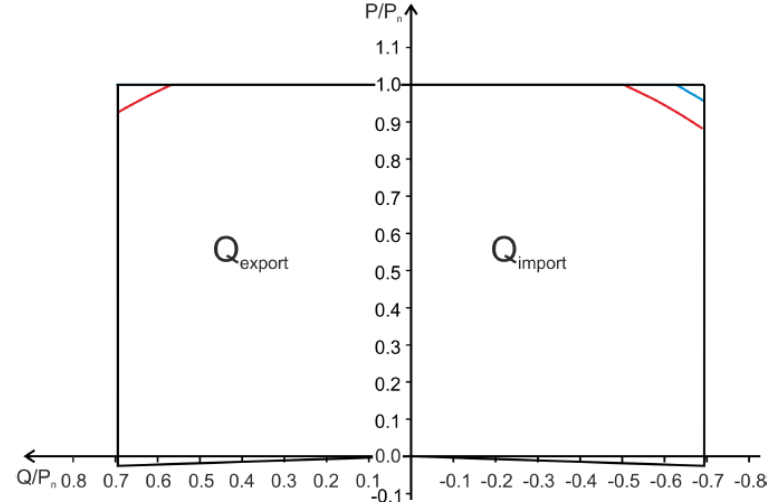


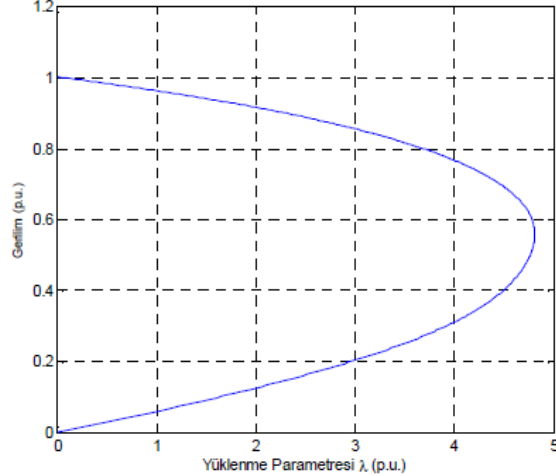
Fig. 1: Reactive power range as determined by active power and grid voltage

90 % U _n	
95 % U _n	
≥100 % U _n	

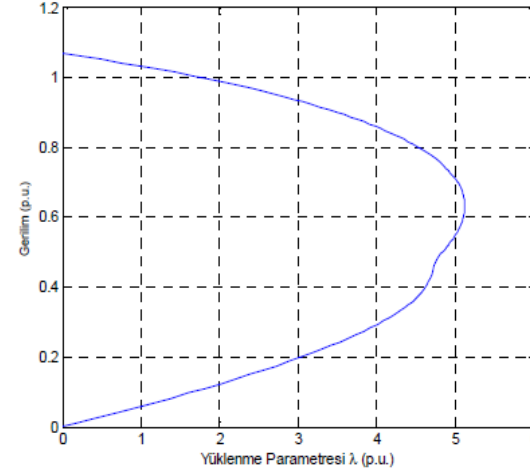
FACTS+Reaktif güç desteği+STATCOM
olan türbinlerde P-Q eğrisi

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Reaktif düş desteği



Temel durum λ -V eğrisi (The base case λ -V curve)



STATCOM eklenmesi durumu λ -V eğrisi (λ -V curve in the case of added as STATCOM)

Kaynak: Effects of facts devices voltage stability: Talha Enes Gümüüş 1*, Mehmet Ali Yalçın1

Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi Reaktif düş desteği

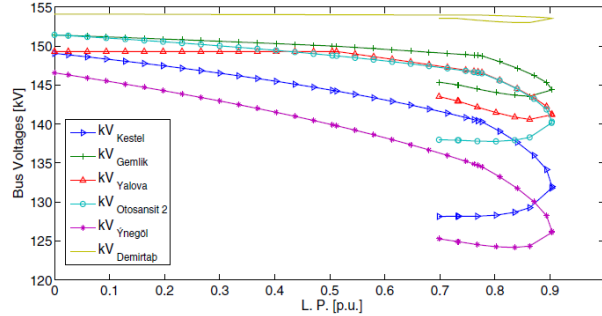


Figure 3. Voltage profiles of the buses for normal operation condition before wind farm integration.

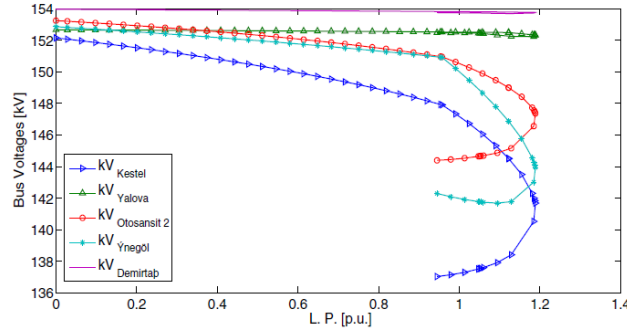


Figure 5. Voltage profiles when 200 MVA STATCOM is connected to İnegöl

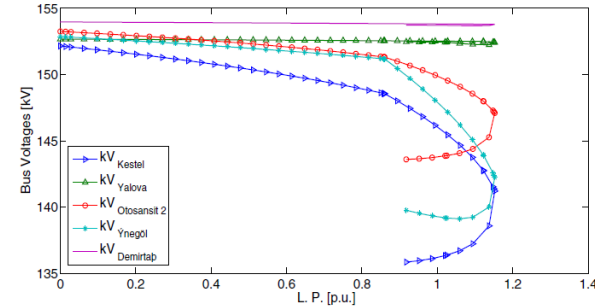


Figure 6. Voltage profiles when 200 MVA SVC is connected to İnegöl

Case	MLM
Normal operation	0.93628

Case	MLM
200 MVA STATCOM to İnegöl	1.1890
200 MVA SVC to İnegöl	1.1524

Kaynak: Effects of A Wind Farm and FACTS Devices on Static Voltage Stability of Bursa Transmission system in Turkey, Merve Guleryuz, Aysen Demiroren

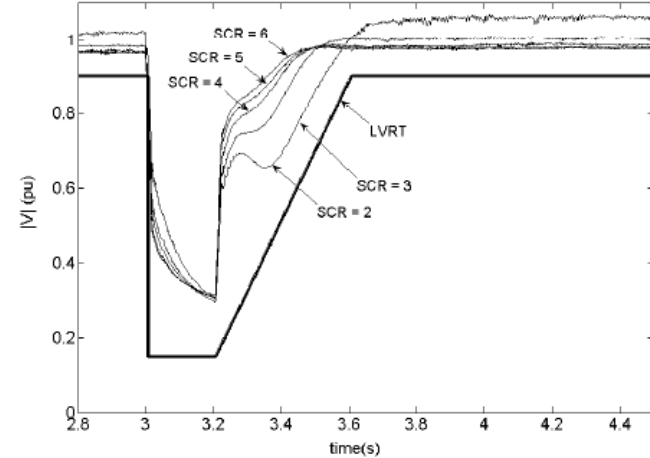
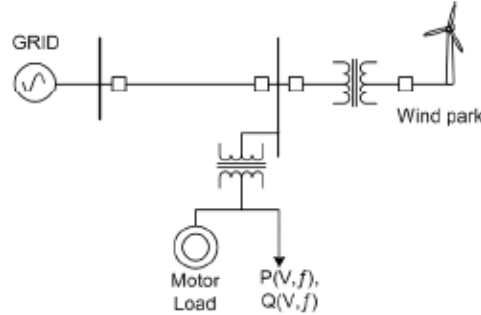
Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Kısa devre oranının etkisi

~ Şekil 2, LVRT'nin yerel sistemin kararlılığı üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılabilen rüzgar parkları için tipik bir bağlantıyı göstermektedir. Farklı SCR ve çeşitli özellikler arasında gezinti göz önüne alındığında, karakteristiklerin yerel kararlılık üzerindeki etkisine ilişkin bazı eğilimler tanımlanabilir. SCR aşağıdaki gibi verilir:

~ Burada S_{base} Rüzgar enerji santralının maksimum demandıdır. (SCC) Kısa devre kapasitesi ise aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$SCR = \frac{SCC}{S_{base}} \quad SCC = \frac{V_{base}^2}{|Z_{base}|}$$



Gerilim kararlılığının iyileştirilmesi

Kullanılan genrator tipinin etkisi

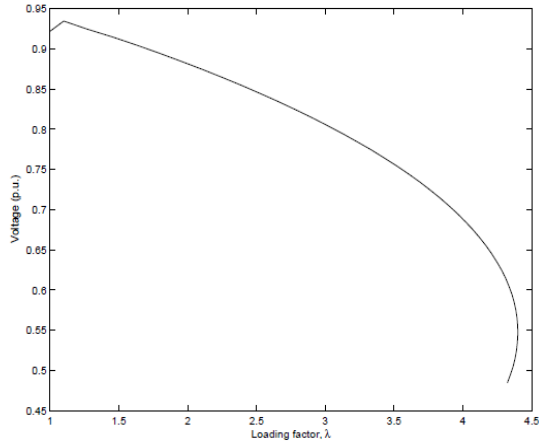
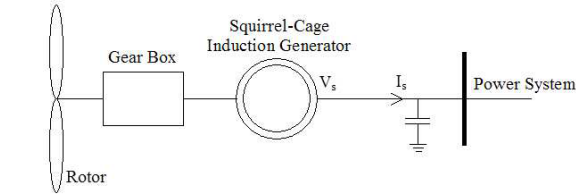


Fig. 17. PV curve for improved PQ model of SCIG on 57 bus system

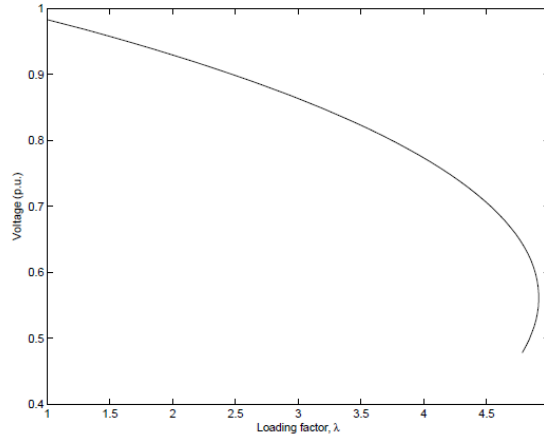
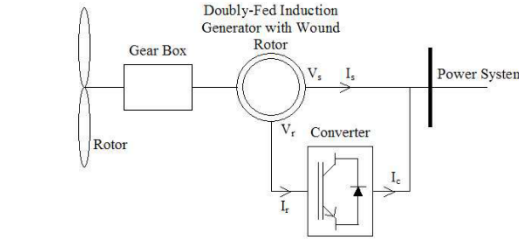


Fig. 18. PV curve for PQ model of DFIG on 57 bus system

Model	Critical Point
PQ (SCIG)	4.4
PQ (DFIG)	4.92

Kaynak: Genevieve Coath, Majid Al-Dabbagh Effect of Steady-State Wind Turbine Generator Models on Power Flow Convergence and Voltage Stability Limit

Publisher	ENERCON GmbH • Dreckamp 5 • 26605 Aurich • Germany Telephone: +49 4941 927-0 • Fax: +49 4941 927-109 • e-mail: info@enercon.de • Internet: http://www.enercon.de Managing Directors: Hans-Dieter Kettwig
Copyright notice	Court of jurisdiction: Aurich • Commercial register number: HRB 411 • VAT ID No.: DE 181 977 360 The contents of this document are protected by the German copyright law and international treaties. All copyrights concerning the content of this document are held by ENERCON GmbH, unless another copyright holder is expressly indicated or identified. Any content made available does not grant the user any industrial property rights, rights of use or any other rights. The user is not allowed to register any intellectual property rights or rights for parts thereof. Any transmission, surrender or distribution of the contents of this document to third parties, any reproduction or copying, and any application and use – also in part – require the express and written permission of the copyright holder, unless any of the above are permitted by mandatory legal regulations. Any infringement of the copyright is contrary to law, may be prosecuted according to §§ 106 et seq. of the German Copyright Act (UrhG), and grants the copyright holder the right to file for injunctive relief and to claim for punitive damages.
Registered trademarks	Any trademarks mentioned in this document are the intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.
Reservation of right of modification	ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

Document details

Document-ID	20180711_ppt-template_169_en
Note	This is a translation 20180621 ppt-template_169_de

Date	Language	DCC	Plant / Department
20180711	en		Marketing

Revisions

Rev.	Date	Change
0	20180711	Document created
1	20190712	Document updated