

RÜZGAR SANTRALİNDE GEÇİCİ DURUM ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

M. Kenan DÖŞOĞLU¹, Ayşen BASA ARSOY²

¹Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

kenandosoglu@duzce.edu.tr,aba@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, toplam gücü 4.5 MW olan şebekeye bağlı rüzgar santralinde çeşitli geçici durum kararlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. 3 baralı bu güç sisteminde asenkron motorun farklı zaman içerisinde devreye girip çıkması ve 3 faz arızasından dolayı oluşan geçici durum analizlerinde, yük baralarındaki gerilim değişimleri, rüzgar santralindeki rotor hız ve DC gerilim değişimleri gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, asenkron motorun bağlı olduğu bara ile rüzgar santralinin bağlı olduğu baralarda geçici durumlardan çok etkilendiği bu çalışmada görülmüştür. Benzer şekilde, rüzgar santralindeki rotor hız ve DC gerilimlerinin de geçici durumların etkisinde kaldıkları gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar santrali, geçici durum kararlılığı, asenkron motor, 3 faz arızası

Giriş

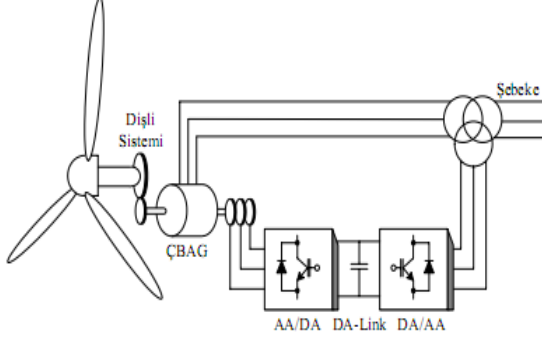
Son yıllarda fosil yakıtların sınırlı kullanılabilir hale gelmesi ve çevresel sorunların daha az olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeler başlamıştır. Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemli olanıdır. Dünya genelinde rüzgar türbinlerinin kullanımı her geçen yıl biraz daha artmaktadır [1]. Büyük güçlü olarak üretilen rüzgar santralleri karmaşık yapılu güç sistemleri ile birleşmesi ile güç sistemlerinin çalışma koşullarındaki iyileşme ve güvenilirlik gibi bir çok avantaj kazandırmaktadır. Ancak rüzgar santrallerinin çalışması esnasında oluşabilecek geçici durumlar rüzgar santrallerine zarar verebileceği gibi tüketicilerin kaliteli bir enerji elde edememesine neden olur. [2]. Bu geçici durum analizleri literatürde yapılmış olan bazı çalışmalarda gösterilebilir. Rüzgar santralinde oluşacak çeşitli arıza durumlarının rüzgar hızı, -kanat açısı, gerilim, stator ve rotor akımları, aktif güç ve reaktif güç, rotor hız değişimi üzerinde oluşturduğu etkiler yapılan çalışmada incelenmiştir [3]. Rüzgar hızının zamana bağlı olarak değişimi ile oluşan geçici kararlılık

durumlarında rüzgar santralinin koruma sistemine bağlı olarak gerilim kararlılığı analizi yapılmıştır [4]. Çeşitli rüzgar santrallerinin 9 baralı bir güç sisteminde arıza analizi olduğu andaki bara gerilim değişimlerinde oluşturduğu etkiler incelenmiştir [5]. Rüzgar santralinde rüzgar hızının değişimine bağlı olarak sistemin dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Gerilim, aktif güç, reaktif güç frekans ve açı değişimleri incelenmiştir [6]. Yine, çeşitli rüzgar santrallerinde arıza analizinde açı ve gerilim kararlılığı çalışmasında kritik temizleme zamanının gerilim, açı ve reaktif güç değişimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir [7]. Rüzgar santralinde güç kalitesinde önemli etkenlerden biri olan kırpışma analizi yapılmıştır. Gerilim, frekans ve moment değişimleri incelenmiştir [8]. Değişik rüzgar hızlarında güç üretimi yapan rüzgar santrallerinde enerji dönüşümü sırasında ortaya çıkabilecek geçici kararlılık durumlarında generatörlerin ürettiği çıkış güçlerine olan etkileri incelenmiştir [9].

Bu çalışmada çift beslemeli asenkron generatöre sahip olan rüzgar santralinin şebeke bağlantısında geçici kararlılık analizi Matlab Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak sistemde asenkron motorun devreye alınması durumu ve sonraki aşamada da 3 faz arızası durumu ele alınmıştır. Her iki durum için bara gerilim değişimleri, asenkron generatör hız değişimi ve rüzgar santralinin dc gerilim değişimleri incelenmiş olup sistem üzerinde oluşturduğu etkilerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Çift Beslemeli Asenkron Generatör

Çift beslemeli asenkron generatör, rotor kısmına bağlı iki evirici devresinden oluşmaktadır. Çift beslemeli asenkron generatör devre modeli şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çift beslemeli asenkron generatör devre modeli

Çift beslemeli asenkron generatörlerde rotor kısmı gerilim kaynaklı eviriciye, stator kısmı ise direkt olarak şebekeye bağlıdır. Bu asenkron generatörde oluşan akımın değişken frekansta ve genlikte olması için stator geriliminin sabit olması gerekmektedir. İki evrici devresinde oluşan çift beslemeli asenkron generatörün rotor kısmında bulunan evirici, aktif ve reaktif güç kontrolünü sağlarken, stator kısmında bulunan evirici ise DA-link kapasitör gerilimini sabit tutmaktadır [10]. Çift beslemeli asenkron generatör modellemesinde 3 faz gerilimi ve akı değerleri park dönüşümü sonucu elde edilen p-q dönüşümlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Gerilim eşitlik denklemleri denklem 1, 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.

$$u_{ds} = p\psi_{ds} - w_1\psi_{qs} - r_s i_{ds} \quad (1)$$

$$u_{qs} = p\psi_{qs} - w_1\psi_{ds} - r_s i_{qs} \quad (2)$$

$$u_{dr} = p\psi_{dr} - w_s\psi_{qr} - r_r i_{dr} \quad (3)$$

$$u_{qr} = p\psi_{qr} - w_s\psi_{dr} - r_r i_{qr} \quad (4)$$

Çift beslemeli asenkron generatörde akı eşitlikleri denklem 5, 6, 7 ve 8'de gösterilmiştir.

$$\psi_{ds} = -L_s i_{ds} + L_m i_{dr} \quad (5)$$

$$\psi_{qs} = -L_s i_{qs} + L_m i_{qr} \quad (6)$$

$$\psi_{dr} = -L_r i_{dr} + L_m i_{ds} \quad (7)$$

$$\psi_{qr} = -L_r i_{qr} + L_m i_{qs} \quad (8)$$

Elektromanyetik tork ve hareket eşitlikleri denklem 9, 10, 11 ve 12'de gösterilmiştir

$$P = (T_m - T_e) / J \quad (9)$$

$$T_e = \frac{3}{2} N_p L_m (i_{qs} i_{dr} - i_{ds} i_{qr}) \quad (10)$$

$$w_s = S w_1 \quad (11)$$

$$\frac{d\theta_r}{dt} = w_r \quad (12)$$

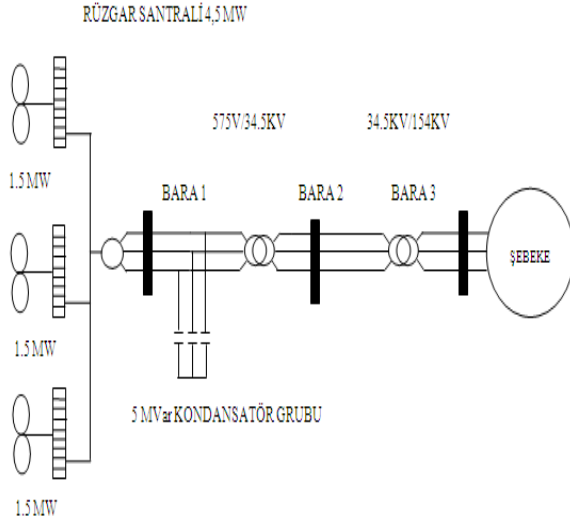
Bu ifadelerde s ve r stator ve rotoru temsil eden ifadeler, d ve q park dönüşümlerinde aktif ve reaktif bileşkenler, u gerilim, i akım, ψ akı, L_s ve L_r stator ve rotor endüktansları, L_m stator ve rotor arasındaki karşıt endüktans, T_m ve T_e giriş momenti ve elektromanyetik moment, J eylemsizlik momenti, P diferansiyel çalışma, N_p kutup sayısı, w_1 ve w_s senkron açılmal hız ve kaymaya bağlı açılmal hız, S kayma, θ_r stator faz akı açısıdır [11].

Rüzgar santralinde geçici durum olayları

Asenkron motorun yük barasına bağlı olarak belli zaman içerisinde devreye girip çıkması sistemi kısa süreli olsa da etkilemektedir. Bu durumda asenkron motorun devreye girip çıkması geçici kararlılık olaylarından birisi olarak adlandırılmaktadır. Asenkron motorun kendi içerisinde bulunan koruma sistemi sayesinde bağlı olduğu baradaki gerilimi ve ilk kalkma akımına karşı çok hassas çalışmaktadır. Asenkron motorun koruma sistemi güç sistemini koruyacağı gibi asenkron motorunda daha güvenli çalışmasını sağlamaktadır [12]. Diğer bir geçici kararlılık durumu ise arızalardır. Bu arızalar bara gerilim ve akımları üzerinde oldukça etkili olurlar. Rüzgar santralinde bulunan koruma sistemi, arıza esnasında oluşan kararsızlık durumlarında şebeke arızasının süresine bağlı olarak sistemi devre dışı bırakır. Arızanın bitmesi durumunda tekrar rüzgar santralini şebekeye bağlayarak sistem güvenliğini sağlanmış olur.

Benzetim Çalışması

Benzetim çalışması kapsamında, 4.5 MW gücündeki rüzgar santralinin şebekeye bağlı olarak çalıştığı sistemde, asenkron motorun ve 3 faz arızasının sistem üzerinde oluşturduğu etkileri incelenmiştir. Matlab-Simulink'te benzetim çalışması yapılan sistem, şekil 2'de gösterilmiştir.

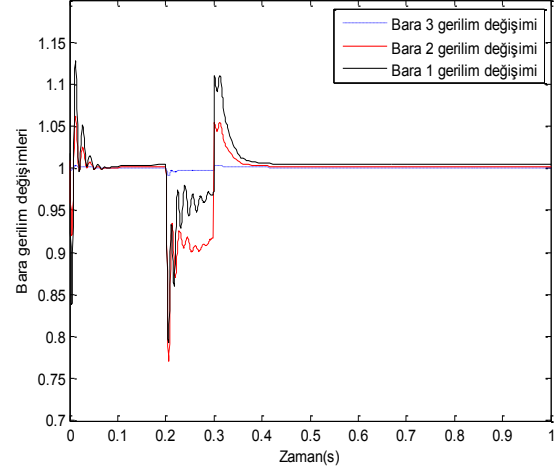


Şekil 2. Benzetim çalışması yapılan sistem

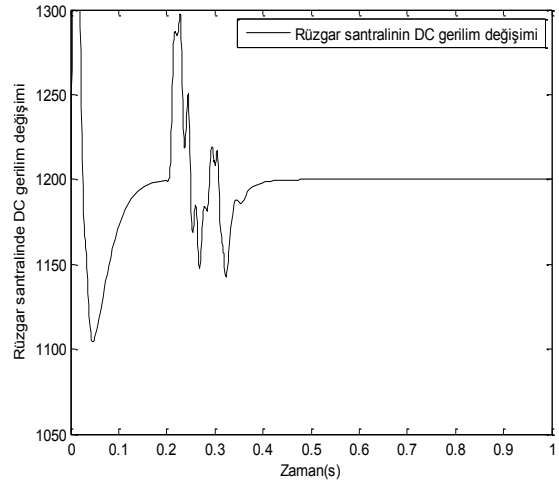
Bu sistemde 3 adet 1,5 MW'lık çift beslemeli asenkron generatöre sahip rüzgar santrali kullanılmıştır. Sistemde 3 adet bara bulunmaktadır. Bara 1, rüzgar santralini bağlı olduğu kısım, bara 3 ise şebekenin bağlı olduğu kısımdır. Rüzgar santralinin şebeke üzerinden reaktif güç ihtiyacını karşılayabilmesi için 5 MVar'lık kondansatör grubu kullanılmıştır. Bu devre modelinde 2 tane transformatör kullanılmıştır. Rüzgar santralindeki 575 V'luk gerilim yükseltici transformatör sayesinde 34,5 KV'ta yükseltilmiştir. Şebekeden gelen 154 KV'luk gerilim ise indirici- transformatör sayesinde 34,5 KV'ta düşürülmüştür. Geçici durumları temsilen, önce bara 2'ye 1,68 MW gücünde bir asenkron motor, sonrasında da aynı barada üç faz arızası oluşturulmuştur. Bara 2'ye bağlı asenkron motor, devreye 0,2 sn ile 0,3 sn arasında girmiştir. Asenkron motor bağlı olmaksızın, 3 faz arızası 0,2 sn ile 0,3 sn arasında oluşturulmuştur. Her iki durum için baraların gerilim değişimleri ile çift beslemeli asenkron generatörün rotor hız ve DC gerilim değişimleri incelenmiştir.

Benzetim Sonuçları

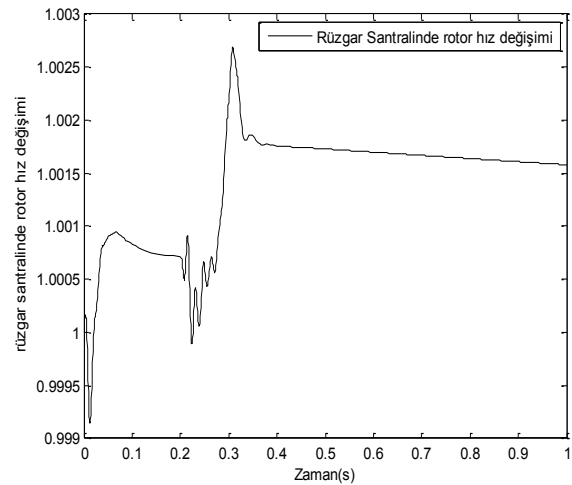
Asenkron motorun 0,2 sn ile 0,3 sn arasında devreye girip çıkması ile elde edilen gerilim, rotor hızı ve DC gerilim değişimleri şekil 3, şekil 4 ve şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Asenkron motorun bara gerilimleri üzerindeki etkisi



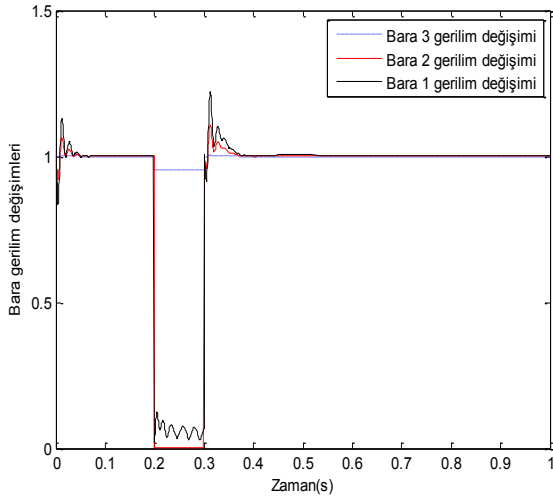
Şekil 4. Asenkron motorun DC gerilim üzerindeki etkisi



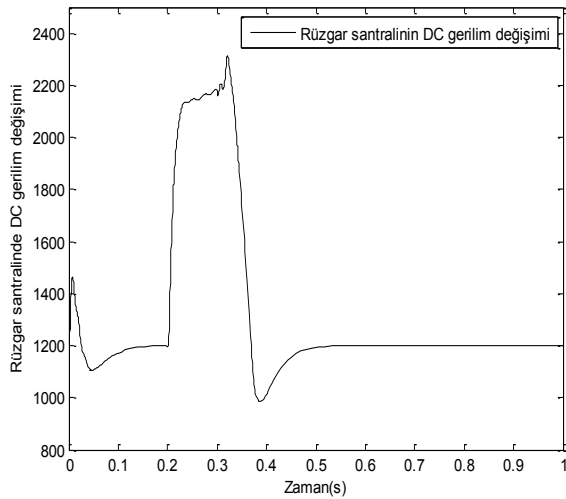
Şekil 5. Asenkron motorun rotor hızı üzerindeki etkisi

Asenkron motorun devreye girip çıkması sonucunda oluşan geçici kararlılık bara gerilimleri, rüzgar santralının DC gerilim ve rotor hızının asenkron motorun devreden çıkması ile kararlı hale geldikleri görülmüştür.

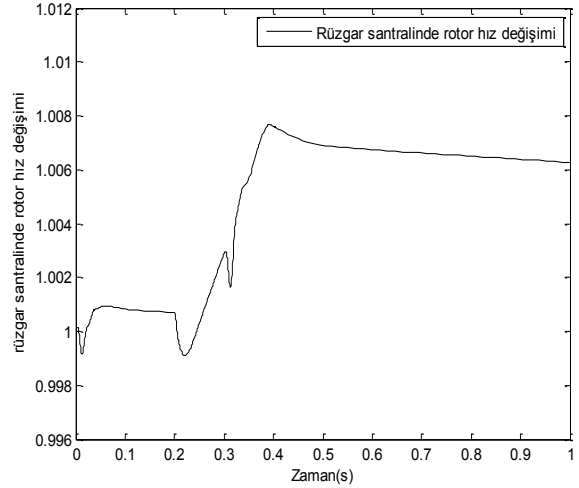
2 numaralı barada 3 faz arızası olduğu durumdaki bara gerilimleri, DC gerilim ve rotor hız değişimleri şekil 6, şekil 7 ve şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 3 faz arızasının bara gerilimleri üzerindeki etkisi



Şekil 7. 3 faz arızasının DC gerilim üzerindeki etkisi



Şekil 8. 3 faz arızasının rotor hızı üzerindeki etkisi

3 faz arıza analizinde ise bara 2 ve bara 1 gerilimlerinin 0.p.u. kadar düştüğü görülmüştür. DC ve rotor hızının da arıza sonrası kararlı hale geldikleri görülmüştür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, rüzgar santrali-şebeke bağlantılı bir sistem üzerinde oluşabilecek geçici durumların analizi gerçekleştirilmiştir. Kısa süreli bir asenkron motorun devreye girmesi ve oluşan bir kısa devrenin, bara gerilimleri ve rotor hızına etkileri incelenmiştir. Her iki durumda da şebekenin bağlı olduğu bara hariç, bara gerilimlerin düştüğü, rotor hızının ise geçici durum sonrasında yükseldiği görülmüştür. Asenkron motorun devreden çıkması ve 3 faz arızasının sonlandığı anda bara gerilimleri, rüzgar santralının DC gerilimi ve rotor hızının başlangıç durumundaki değerlere geldiği görülmüştür.

REFERANSLAR

- [1] Dai S., Shi L., Ni Y., Yao L., Bazargan M., Transient Stability Evaluation of Power System with Large DFIG Based Wind Farms, IEEE Power and Energy Engineering Conference, 2010.
- [2] Fernandez R. D., Battaiotto P. E., Mantz R. J., Wind Farm Nonlinear Control for Damping Electromechanical Oscillation of Power Systems, Renewable Energy, vol.33, pp. 2258-2265, 2008.
- [3] Sun T., Chen Z., Blaabjerg F., Voltage Recovery of Grid Connected Wind Turbines with DFIG After a Short Circuit Fault, IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp. 1991-1997, 2004.
- [4] Ko H. S., Jatskevich J., Dumont G. A., Moshref A., Increase of Fault RideThrough Capability for the Grid Connected Wind Farms, IEEE Power Engineering Society General Meeting (PES), pp. 1-6, 2006.

[5] Zhang X. Y., Wang W. Q., Voltage Transient Study of Wind Farm under Power System Fault, International Conference on Sustainable Energy Technologies, pp. 169-172, 2008.

[6] Hou H., Lin L., Comparison of Transient Stability between Wind Farm Based on DFIG and Traditional Power Plant in Actual Grid, IEEE Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), pp. 1-4, 2010.

[7] Meegahapola L., Flynn D., Litter T., Transient Stability Analysis of a Power System with High Wind Penetration, Universities Power Engineering Conference, (UPEC), pp. 1-5, 2008.

[8] Papathanassion S. A., Santjer F., Power Quality Measurements in an Autonomous Island Grid with High Wind Penetration, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 21, no. 1, pp. 218-224., 2006.

[9] Usaola J., Ledesma P., Rodriguez J. M., Fernandez J. L., Beato D., Iturbe R., Wilhelmi J. R.,

Transient Stability Studies in Grids with Great Wind Power Penetration. Modeling issues and Operation Requirements, IEEE Power Engineering Society General Meeting (PES), pp. 1-6, 2003.

[10] Erlich, I. Wilch, M. Feltes, C., Reactive power generation by DFIG based wind farms with AC grid connection, Power Electronics and Applications European Conference, pp:1-10, 2007.

[11] Jia X., Tian L., Xing Z. X., Su X. B., Dynamic Model and Simulation of Double Feed Induction Generator Wind Turbine, IEEE International Conferences on Automation and Logistics, pp.1667-1671, 2009.

[12] Tanneeru S., Mitra J., Patil Y. J., Ranade S. J., Effect of Large Induction Motors on the Transient Stability of Power Systems, North American Power Symposium, pp.223-228, 2007