

Transient Stability Analysis with Different Turbine Governor Models in Power Systems

Mustafa DURSUN
Asst. Prof. Düzce
University,
Düzce

M. Kenan DÖŞOĞLU*
Asst. Prof. Düzce
University,
Düzce

Gökhan POYRAZ
Exp. Bilecik Şeyh
Edebali University,
Bilecik

Bayram KÜÇÜK
Res. Assit. Gazi
University,
Ankara

Abstract

The correct modeling of the generators is very important for safe and economic operation of the power systems. In this study, transient stability of different turbine governor types in 14 buses power systems was analyzed. Power System Analysis Toolbox (PSAT) was carried out in this simulation study. System response of turbine governor 1 and turbine governor 2 in transient conditions occurred in line outage in 14 buses power system. In this simulation study, generator angular speed variations, generator angle variations and different bus voltage variation of 14 buses power system were achieved. According to the results obtained from 14 buses power system, turbine governor 2 types were found to yield more effective results against transient conditions.

Keywords: Governor types, line outage, transient conditions

Güç Sistemlerinde Farklı Türbin Yönetici Modelleri İle Geçici Kararlılık Analizi

Özet

Generatörlerin doğru modellenmesi güç sistemlerinin ekonomik çalışması ve güvenlik için çok önemlidir. Yapılan bu çalışmada 14 baralı güç sisteminde farklı türbin yöneticisi tiplerinin geçici durumlardaki karşılaştırma analizleri yapılmıştır. Bu benzetim çalışması Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT)'da gerçekleştirilmiştir. 14 baralı güç sisteminde hat kopması sonucu oluşan geçici durumlarda türbin yöneticisi 1 ve türbin yöneticisi 2'nin sistem cevapları incelenmiştir. Bu benzetim çalışmasında 14 baralı güç sisteminde, generatörlerin açısal hız değişimleri, generatör açı değişimleri ve farklı baralardaki gerilim değişimleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde tip 2 yönetici modelinin geçici durumlara karşı daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yönetici tipleri, hat kopması, geçici durum

GİRİŞ

Çok baralı güç sistemlerinde tüketici güç taleplerinin sürekli değişmesi ve geçici durumların çok sık oluşmasında kararlılık problemleri oluşmaktadır. Bu kararlılık problemlerinin en kısa zaman içerisinde ortadan kaldırılması ve oluşan salınımların sönümlenmesi son derece önemli bir konu olmaktadır. Özellikle de hat kopması ve arıza analizleri için kararlılığın iyileşmesi için literatürde yaygın çalışmalar yapılmaktadır.

Simetrik ve asimetrik arıza durumlarında güç sistemlerinde açılı ve gerilim kararlılığı açısından farklı derece modelleri kullanılmaktadır (Azmy ve Erlich 2005; Döşoğlu ve ark., 2015; Kundur ve ark., 2004). Bu derece modellerinin sistemi kısa zaman içerisinde kararlı hale getirdikleri görülmüştür. Dahası derece modellerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar santrallerinin şebeke entegrasyonunun sağlanmasında önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (Ekanayake ve ark., 2003; Erlich ve ark., 2007). Çok baralı güç sistemlerinde farklı zamanlarda devreye giren çıkan statik ve dinamik yük model etkileri ilgili çalışmada incelenmiştir (Renmu ve ark., 2006; Kosterev ve ark., 2008). Hem statik hem de dinamik yük modelleri kontrolü için senkron generatörde dinamik modellemeler geliştirilmiştir. Senkron generatörde diğer önemli bir kontrol yapısı uyarım akım kontrolüdür. Uyarım akım kontrol modelinin geliştirilmesi ile senkron generatör geçici durumlar karşısında kısa zaman içerisinde etkili sonuçlar verdiği çalışmalarda görülmüştür (Kumar ve Kothari 2005; Patin ve ark., 2008). Bu kontrol modelinin yanısıra farklı otomatik gerilim regülatör modellerinin etkileri de incelenmiştir. 3 tip olarak kullanılan otomatik gerilim regülatörün simetrik arızalardaki analizleri gerçekleştirilmiştir ve birbirleri ile karşılaştırmalar yapılarak yorumlanmıştır (Döşoğlu, 2016).

Bu çalışmada ise senkron generatörlerde kullanılan farklı türbin yöneticisinin hat kopması durumlarında analizleri incelenmiştir. Bu analizlerde 2 farklı tip türbin yöneticisi modeli kullanılmıştır. 2 farklı tip türbin yöneticisinin 14 baralı güç sisteminde oluşturmuş olduğu etkiler şekiller ile gösterilerek, detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

SENKRON GENERATÖR MODELLEMESİ

Senkron generatör modellerinde 6. dinamik derece modeli kullanılmıştır. 6. dinamik derece modelinde d eksenine bir devre ve q eksenine iki devrenin ilave edilmesi ile elde edilmektedir. 6. dinamik derece modeli altı değişkenden oluşur. Bunlar; açılı, açısal hız, q eksen geçici gerilim kaynağı, d eksen geçici gerilim kaynağı, q eksen alt geçici gerilim kaynağı, d eksen alt geçici gerilim kaynağıdır. 6. dinamik derece modelinin elde edilmesinde kullanılan ifadeler denklem 1 ve denklem 6 arasında gösterilmiştir.

$$\delta = f_b(\omega - 1) \quad (1)$$

$$\omega = (P_m - P_e - D(\omega - 1)) / M \quad (2)$$

$$\dot{e}_q = \left(-e'_q - \left(x_d - x'_d - \frac{T_{d0}''}{T_{d0}'} \frac{x_d''}{x_d'} (x_d - x'_d) \right) i_d + \left(1 - \frac{T_{AA}}{T_{d0}'} \right) v_f^* \right) / T_{d0}' \quad (3)$$

$$\dot{e}_d = \left(-f_s(e'_d) + \left(x_q - x'_q - \frac{T_{q0}''}{T_{q0}'} \frac{x_q''}{x_q'} (x_q - x'_q) \right) i_q \right) / T_{q0}' \quad (4)$$

$$\dot{e}_q'' = \left(-e_q'' + e_q' - \left(x'_d - x_d'' + \frac{T_{d0}''}{T_{d0}'} \frac{x_d''}{x_d'} (x_d - x'_d) \right) i_d + \frac{T_{AA}}{T_{d0}'} v_f^* \right) / T_{d0}'' \quad (5)$$

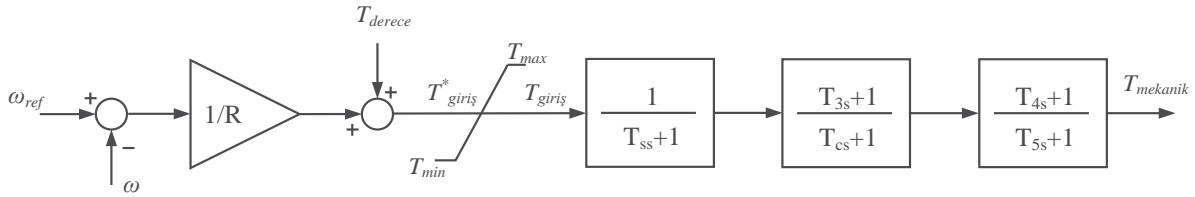
$$\dot{e}_d'' = \left(-e_d'' + e_d' + \left(x'_q - x_q'' + \frac{T_{q0}''}{T_{q0}'} \frac{x_q''}{x_q'} (x_q - x'_q) \right) i_q \right) / T_{q0}'' \quad (6)$$

Burada, f_b temel frekans, P_m mekanik güç, M moment, D sönümlenme katsayısı, x_d and x_q d-q eksen senkron reaktanslar, x'_d and x'_q d-q eksen senkron geçici reaktanslar, x_d'' and x_q'' d-q eksen senkron alt geçici reaktanslar, T_{d0}' and T_{q0}' d-q eksen açık devre geçici zaman sabiti, T_{d0}'' and T_{q0}'' d-q eksen açık devre alt geçici zaman sabiti, T_{AA} d-q eksen ilave kaçak zaman sabiti, i_d and i_q d-q eksen

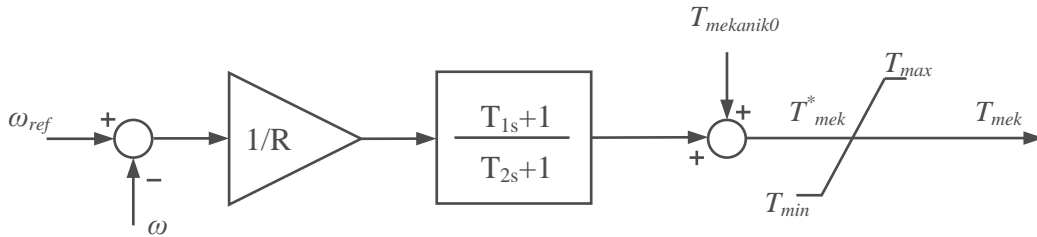
akımı, δ rotor açısı, w rotor hızı, v_f alan gerilimi, e'_d and e'_q d-q eksen geçici gerilim kaynağı, e''_d ve e''_q d-q eksen alt geçici gerilim kaynağıdır (Milano, 2005).

TÜRBİN YÖNETİCİSİ

Türbin yöneticisi senkron generatörün ilk frekans ayarlayıcısı olarak adlandırılmaktadır. Mekanik moment limitleri ve düşme oranına bağlı olarak makinanın çalışma güç oranını tespit etmektedir. Sistemde mekanik moment sınır değeri başlangıç adımında doğrulanmaktadır. Senkron generatörün her çalışma adımı her durum için kontrol edilerek sistem kontrolü sağlanmaktadır. İki tip türbin yöneticisi kullanılmaktadır. İki tip türbin yöneticisi modelleri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Tip 1 Türbin Yöneticisi

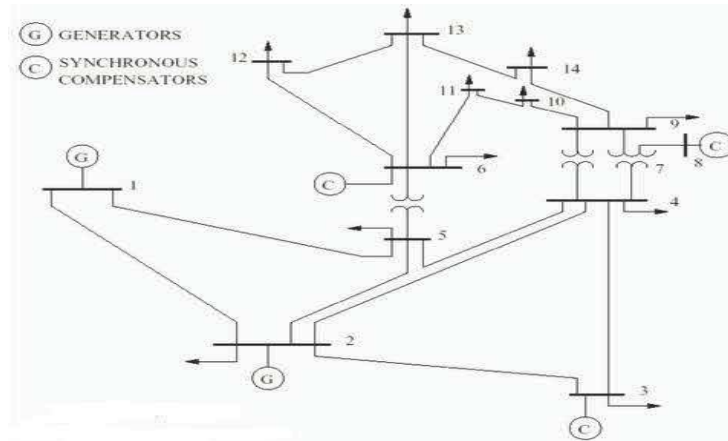


Şekil 2: Tip 2 Türbin Yöneticisi

Şekil 1'de açılmal hız ve açılmal hız referans değeri farkları alınarak elde edilen değer bir düşme oranı ile çarpılmaktadır. Sıra mekanik moment ile elde edilen değer toplanmaktadır. Çıkan sonuç bir sınırlandırıcı minimum ve maksimum değerleri arasında ayarlanmaktadır. sonuç çıktısı 3 farklı transfer fonksiyonuna girerek mekaniksel moment elde edilmektedir. Şekil 2'de açılmal hız ve açılmal hız referans değeri farkları alınarak elde edilen değer bir düşme oranı ile çarpılmaktadır. Elde edilen sonuç transfer fonksiyona girmektedir. sonuç çıktısı başlangıç mekaniksel moment ile toplanmaktadır. Daha sonraki adımda mekaniksel moment minimum ve maksimum değerde sınırlandırılmıştır (Milano, 2005).

BENZETİM MODELİ

Yapılan çalışmada IEEE 14 baralı güç sistemi üzerinde test edilmiştir. Bu analizde Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılmıştır (Milano, 2005). 14 baralı güç sisteminin devre modeli Şekil 3'de gösterilmiştir.

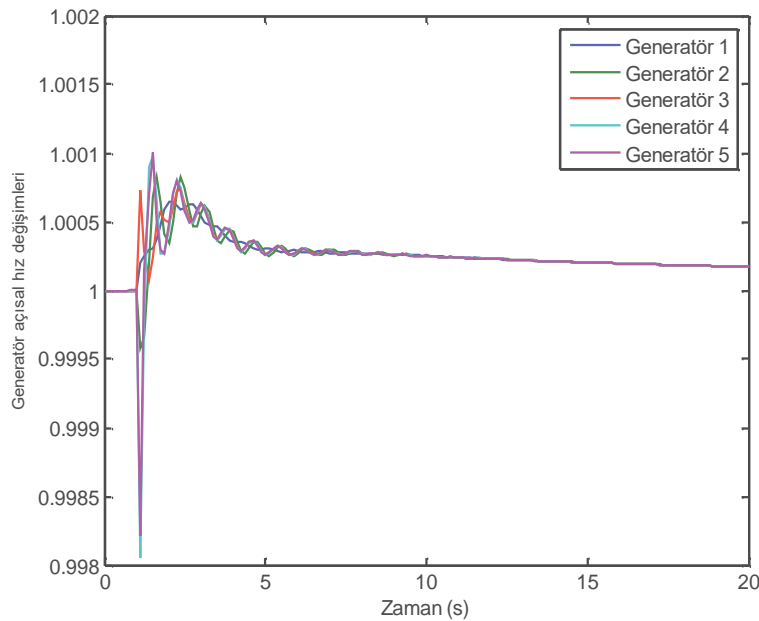


Şekil 3: 14 Baralı Güç Sistemi

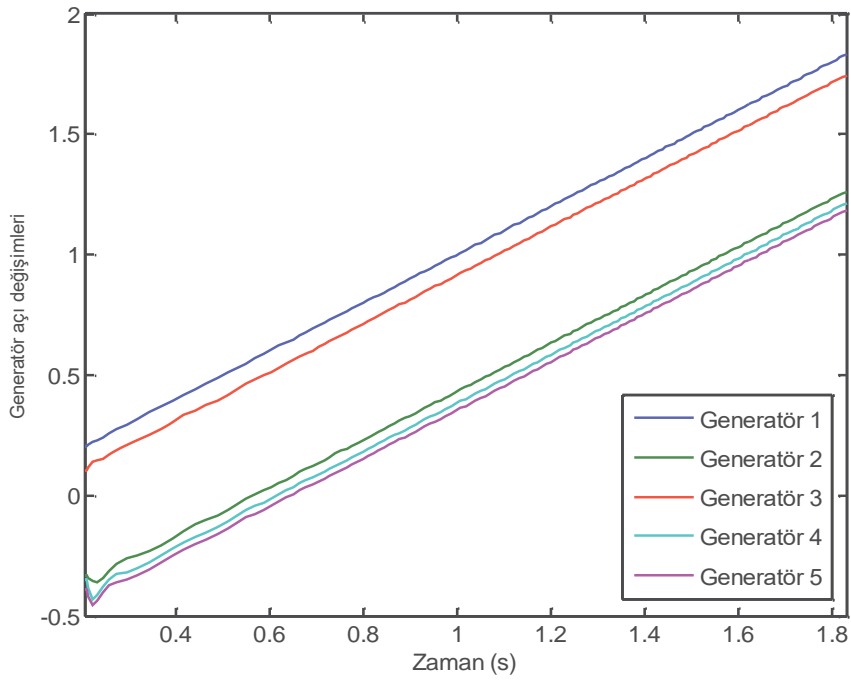
14 baralı bu güç sisteminde 1 numaralı bara sonsuz bara olarak kullanılırken, 2, 3, 6 ve 8 numaralı baralar jeneratör barası olarak kullanılmıştır. Diğer geri kalan 9 bara ise yük barası olarak kullanılmıştır. Bu sistemin 5-6, 4-8 ve 4-9 iletim hatlarında gerilimi düşüren transformatörler kullanılmıştır. 5-6 ve 4-9 numaralı iletim hatları arasındaki transformatörlerde kademe değiştirme ve faz kaydırma işlemleri yapılmaktadır. 4-8 numaralı transformatör 3 sargılı olarak kullanılmıştır. 2 ve 4 numaralı baralar arasında kesicinin açması sonucu oluşan kararsızlık durumu bu çalışmada incelenmiştir. Benzetim çalışması iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada sistemde kullanılan 1 ve 2 numaralı senkron jeneratörlerde tip 1 modeli türbin yöneticisi kullanılmıştır. Tip 1 modelin kullanılması ile senkron jeneratör açısal hız, açı ve bara gerilim değişimleri incelenmiştir. İkinci aşamada ise tip 2 modelin 1 ve 2 numaralı senkron jeneratörde kullanılması ile geçici durum anında senkron jeneratör açısal hız, açı ve bara gerilim değişimleri incelenmiştir.

BENZETİM MODELİ SONUÇLARI

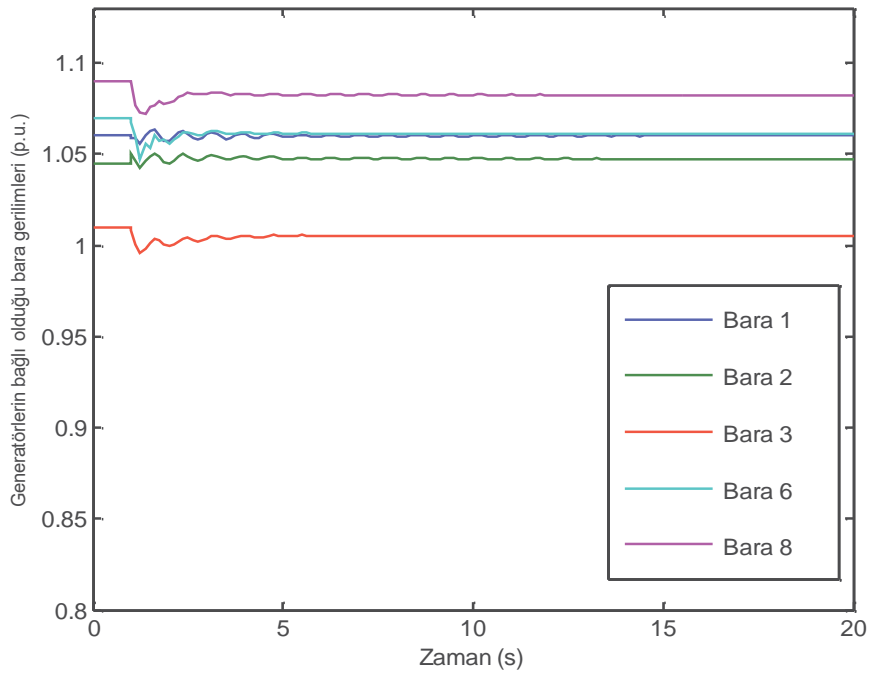
14 baralı güç sisteminde senkron jeneratörde tip 1 türbin yöneticisinin kullanılması durumunda geçici durum analizi incelenmiştir. Senkron jeneratörün açısal hız, açı ve bara gerilim değişimleri Şekil 4 ile Şekil 6 arasında gösterilmiştir.



Şekil 4: Türbin Yöneticisi Tip 1 Modelinde Senkron Jeneratörlerin Açısal Hız Değişimleri



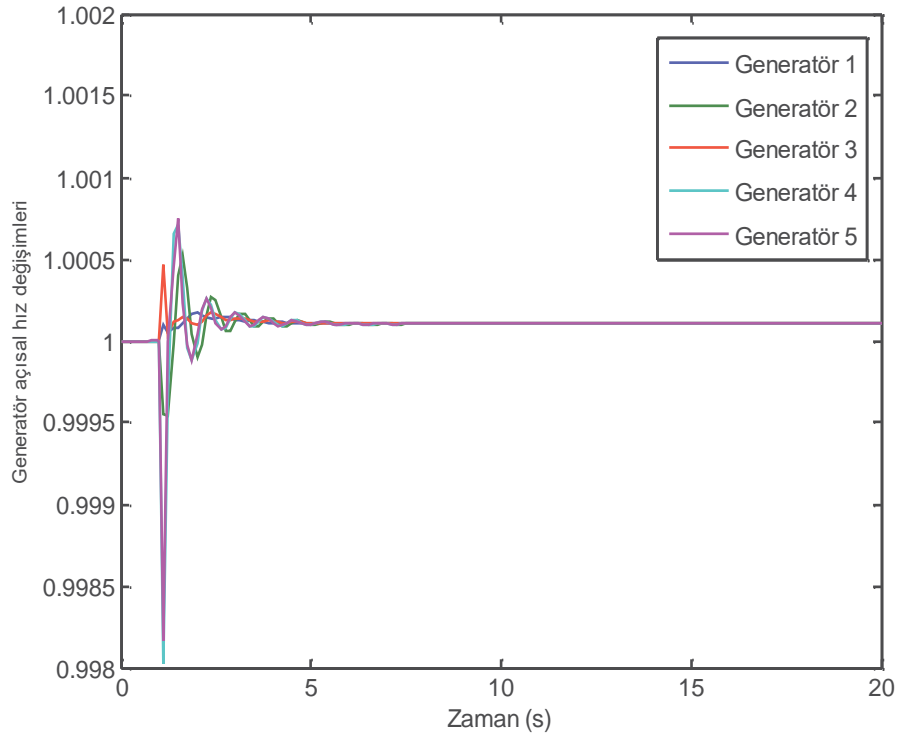
Şekil 5: Türbin Yöneticisi Tip 1 Modelinde Senkron Generatörlerin Açık Değişimleri



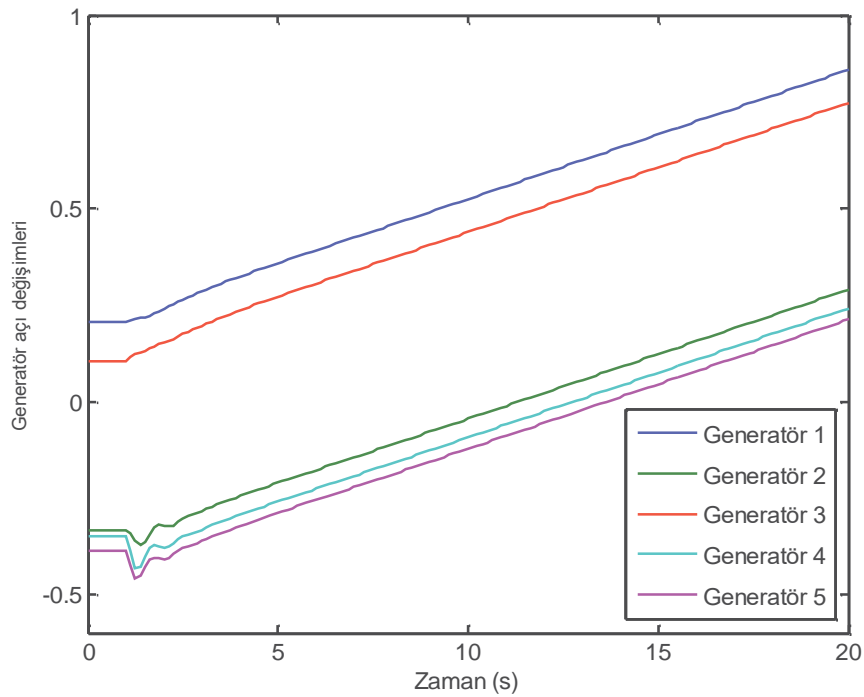
Şekil 6: Türbin Yöneticisi Tip 1 Modelinde Senkron Generatörlerin Bağlı Olduğu Baralardaki Gerilim Değişimleri

Türbin yöneticisi tip 1 modelinin kullanılması ile senkron generatörlerin açısal hız değişimlerinin yaklaşık olarak 9 saniyede kararlı hale geldiği görülmüştür. Senkron generatörün açı değişimlerinde salınımlar oluşmazken, senkron generatörlerin bağlı olduğu bara gerilimlerinin yaklaşık olarak 13 saniyede kararlı hale geldiği görülmüştür. 14 baralı güç sisteminde senkron generatörde tip 2 türbin yöneticisinin kullanılması durumunda geçici durum analizi incelenmiştir.

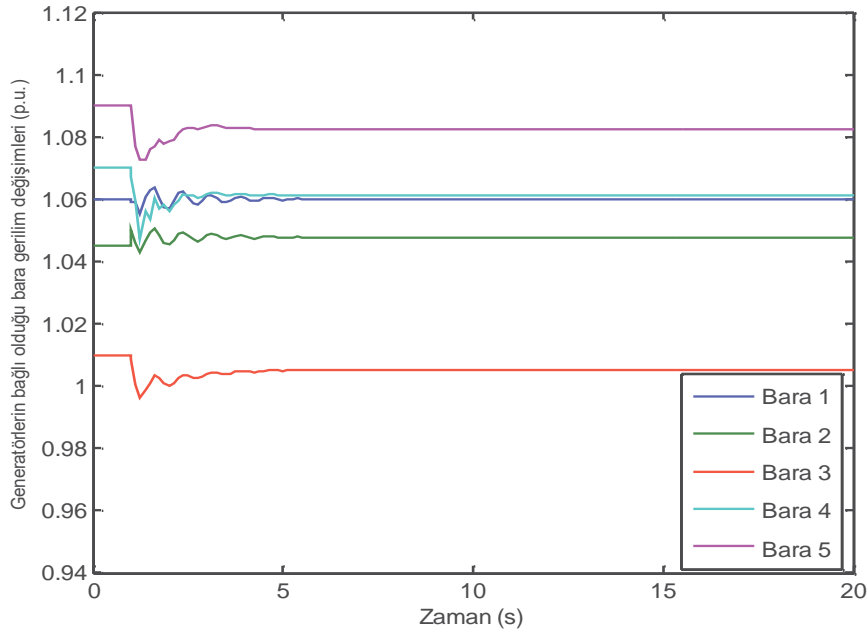
Senkron generatörün açısal hız, açı ve bara gerilim değişimleri Şekil 7 ile Şekil 9 arasında gösterilmiştir.



Şekil 7: Türbin Yöneticisi Tip 2 Modelinde Senkron Generatörlerin Açısal Hız Değişimleri



Şekil 8: Türbin Yöneticisi Tip 2 Modelinde Senkron Generatörlerin Açı Değişimleri



Şekil 9: Türbin Yöneticisi Tip 2 Modelinde Senkron Generatörlerin Bağlı Olduğu Baralardaki Gerilim Değişimleri

Türbin yöneticisi tip 2 modelinin kullanılması ile senkron generatörlerin açısal hız değerlerinin yaklaşık 7 saniyede kararlı hale geldiği görülmüşürken, sen kron generatör açı değişimlerinde değişiklik olmamıştır. Senkron generatörlerin bağlı olduğu bara gerilimlerinin yaklaşık 6 saniyede kararlı hale geldiği görülmüştür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada 14 baralı güç sisteminde 1 ve 2 numaralı senkron generatörlerde farklı türbin yöneticisi tip modellerinin etkileri incelenmiştir. Türbin yöneticisi 1 ve türbin yöneticisi 2 tip modelinin karşılaştırılması yapılmıştır. 14 baralı güç sisteminde senkron generatörlerde 2 numaralı türbin yöneticisi tipinin kullanılmasının daha etkili olduğu bu çalışmada görülmüştür. Her iki tip modelinin karşılaştırmasında tip 2 modelinin tip modeline göre açısal hız ve bara gerilim değişimlerinde sistemin daha kısa zamanda kararlı hale geldiği görülmüştür. Senkron generatörün açı değişimlerinde salınımların oluşmadığı bu çalışmada gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Azmy, A.M., ve Erlich, I. (2005, June). Impact of distributed generation on the stability of electrical power system. *IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005.* (pp. 1056-1063), USA, San Francisco.
- Döşoğlu M.K., (2016, April) Farklı Otomatik Gerilim Regülatörünün Çok baralı Güç Sistemindeki Etkilerinin İncelenmesi, *1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*,(pp. 498-502), Turkey, Afyon.
- Döşoğlu, M.K., Güvenç, U., Poyraz, G., ve Küçük, B. (2015). Senkron generatörlerin farklı derece modelindeki analizlerinin incelenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 4(2), 72-80.
- Ekanayake, J.B., Holdsworth, L., ve Jenkins, N. (2003). Comparison of 5th order and 3rd order machine models for doubly fed induction generator (DFIG) wind turbines, *Electric Power Systems Research*, 67(3), 207-215.
- Kosterev, D., Meklin, A., Undrill, J., Lesieutre, B., Price, W., Chassin, D., ve Yang, S. (2008, July). Load modeling in power system studies: WECC progress update, *Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE* (pp. 1-8), USA, Pittsburgh.

- Kumar, P., ve Kothari, D.P. (2005). Recent philosophies of automatic generation control strategies in power systems, *IEEE transactions on power systems*, 20(1), 346-357.
- Kundur, P., Paserba, J., Ajarapu, V., Andersson, G., Bose, A., Canizares, C., ve Cutsem, T.V. (2004). Definition and classification of power system stability IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions, *IEEE Transactions on Power Systems*, 19(3), 1387-1401.
- Milano, F. (2005). Documentation for PSAT version 1. 3. 4., [Online]. Available: <http://www.Power.uwaterloo.ca/fmilano/archive/psat-1.3.4.pdf>.
- Milano, F. (2005). Power System Analysis Toolbox, Version 1.3.4, Software and Documentation, <http://faraday1.ucd.ie/psat.html> adresinden 01 Haziran 2017 tarihinde alınmıştır.
- Patin, N., Vido, L., Monmasson, E., Louis, J.P., Gabsi, M., ve Lecrivain, M. (2008). Control of a hybrid excitation synchronous generator for aircraft applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(10), 3772-3783.
- Renmu, H., Jin, M., ve Hill, D.J. (2006). Composite load modeling via measurement approach. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21(2), 663-672.