

Tek Makine Sonsuz Bara Güç Sisteminde Sönümlenme Sargısı Sabitinin Rotor Açısı Kararlılığına Etkisi

Bilgehan TOZLU¹, Fatın SÖNMEZ²

¹ Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere Meslek Yüksekokulu, Osmancık/Çorum

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Artvin

(Geliş/Received:04.06.2014; Kabul/Accepted:13.09.2014)

Özet

Tek makine sonsuz bara güç sisteminde (SMIB) makinenin yani senkron generatörün sönümlenme sargısı sabitinin rotor açısı kararlılığına etkisi çalışılmıştır. Sistem, salınım denklemi adı verilen denklemle modellenmiştir ve bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Sistemin bütün değerleri sabit kabul edilerek sadece sönümlenme sargısı sabiti değeri değiştirilmiş ve rotor açısı kararlılığının nasıl etkilendiği izlenmiştir. Bu çalışmada, SMIB güç sistemlerinde rotor açısı kararlılığının, senkron makinenin sönümlenme sargısı sabitiyle nasıl değiştiği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rotor Açısı Kararlılığı, Sönümlenme Sargısı Sabiti, SMIB.

Effects of Damping Coefficient to Rotor Angle Stability in Single Machine Infinite Bus Power Systems

Abstract

This paper treats the effect of damping coefficient of machine which is synchronous generator in single machine infinite bus power systems, to rotor angle stability. The system is modeled by an equation named swing equation and it is simulated in computer by using Matlab/Simulink. It is observed that how the rotor angle stability is affected by changing damping coefficient when all values of the system except for damping coefficient were assumed to be permanent. In this study, it is investigated that how the rotor angle stability changes with damping coefficient of synchronous machine in SMIB power systems.

Keywords: Rotor Angle Stability, Damping Coefficient, SMIB.

1. Giriş

Doğrusal olmayan büyük bir enterkonnekte güç sistemi, sürekli haldeki bir çalışma noktasından uzaklaştığı zaman çok karmaşık olaylar göstermektedir. Ekonomik ve çevresel imkânsızlıklar yeni iletim ve üretim kapasitesi artırımını sınırladığı için güç sistemleri gittikçe daha da çok yüklenmektedir ve güç sistemleri kararlılık limitlerine her geçen gün daha da yaklaşmaktadır. Bu ağır şartlar altında çalışan güç sistemlerinde, gerilim düşümlerinin yanı sıra gerilim çökmesi olarak da adlandırılan yeni bir kararsızlık problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle güç sistemlerinin dinamik analizine son yıllarda önemli bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır [1,2].

IEEE ve CIGRE Komiteleri, güç sistemi kararlılığını; fiziksel bir karışıklık sonrası,

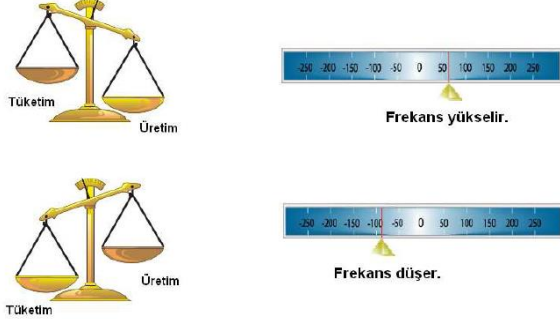
elektrik güç sisteminin verilen başlangıç çalışma şartları için yeniden dengeli çalışma durumunu kazanma kabiliyeti olarak tanımlamıştır [3].

Elektrik güç sistemi kararlılığı denildiğinde, geçici hal kararsızlığı problemi akla gelirdi. Ancak yeni teknolojilerin ve kontrolün kullanımı, yüksek stresli koşullardaki çalışmaların artışı gibi gelişen güç sistemi şartlarında, elektrik güç sistemi kararsızlığının yeni biçimleri ortaya çıkmıştır. Mesela gerilim kararlılığı, frekans kararlılığı ve iç salınımlar geçmişe nazaran daha çok önem kazanmaya başlamıştır [4,5].

Gerilim kararlılığı, bir güç sisteminin karışıklığa uğraması sonrası bütün baralardaki gerilim genliğinin kabul edilebilir sınırlarda olması kabiliyeti olarak tanımlanmıştır [6,7].

Frekans kararsızlığı, generatör ve yükler arasındaki aktif güç dengesizliğinden kaynaklanmaktadır. Frekansın Şekil-1'de

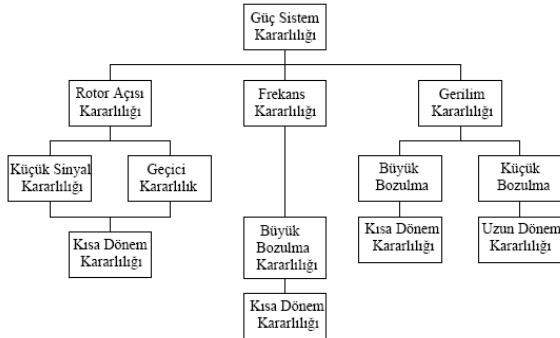
gösterildiği gibi, üretim ile tüketim arasındaki dengeyle kontrol edildiği belirtilmiştir[8].



Şekil 1. Elektrik üretimi-tüketimi ile frekans ilişkisi

Rotor açısı kararlılığı, bir güç sistemindeki birbirine bağlı senkron makinelerin senkronizasyon içinde kalabilme yeteneğidir[5]. Bu kararlılık problemi güç sistemindeki elektromekanik salınımlarla ilgilidir.

Kararlılık problemlerinin anlaşılması için kararlılığı alanlara göre sınıflandırmak gerekir[9]. Şekil 2.'de kararlılık sınıfları görülmektedir.

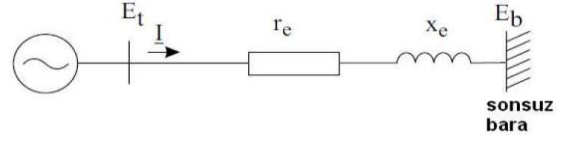


Şekil 2. Güç Sistemi Kararlılığı Sınıfları

2. Senkron Generatör-Sonsuz Bara Güç Sistemi (SMIB), Rotor Açısı Kararlılığı ve Sönümleme

Senkron generatörler nadiren tek başına çalışır, büyük çoğunluğu enterkonnekte sisteme paralel bağlanır. Senkron generatör baraya bağlandığında, rotor hızı ve terminal gerilimi sonsuz barayla sabitlenir ve “sonsuz barada çalışıyor” denilir.

Mekanik güç girişindeki değişim elektrik güç çıkışında değişim oluştururken, uyarma alanındaki değişim çalışma güç faktöründe değişim meydana getirir [10].



Şekil 3. Bir Senkron Generatör Sonsuz Bara Güç Sistemi

Şekil 3.'de gösterilen klasik bir tek makine sonsuz bara güç sisteminin salınım denklemi adı verilen denklemi şöyledir:

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (1)$$

$$M \frac{d\omega}{dt} + D\omega + P_e = P_m \quad (2)$$

$$P_e = \frac{E_g E_b}{x_g - x_e} \sin \theta \quad (3)$$

Burada;

ω : frekans

θ : rotor açısı

E : gerilim (generatör ve sonsuz bara)

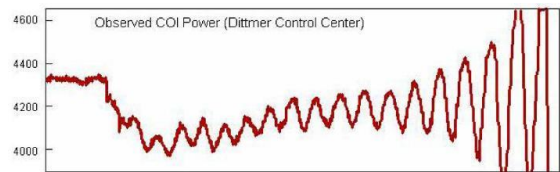
P_m, P_e : mekanik ve elektrik güçler

M : atalet sabiti

D : sönümleme sabiti olarak verilmiştir [11].

Sönümleme klasik modelde ihmal edilir. Bu yüzden sistem, bir karışıklık sonrası ya değişken genlikli osilasyonlara uğrar yada kararsızlıktan dolayı fazın kopmasına sebep olur. Bu gerçekçi değildir, dolayısıyla gerçek sistemlerde sönümleme vardır. Senkron makinelerde, sönümlemeyi sağlayan esas etken, sönümleme sargısı ve alan sargısıdır[12].

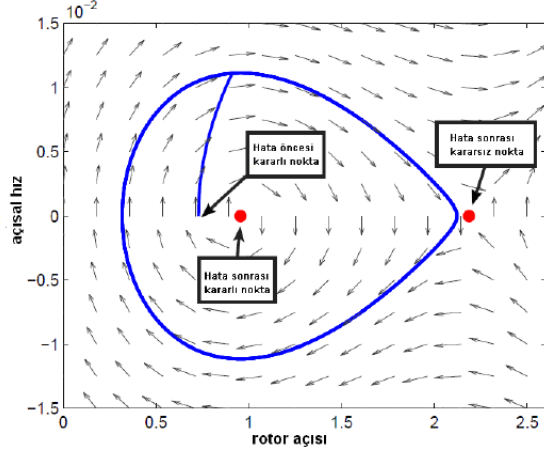
Sönümleme, güç sistemlerinde pratik bir kural olarak; osilasyonların genliğini 10 saniye içinde %50'ye düşürüyorsa yeterli sayılır. Sönümleme anormal durumlarda sönmeyen veya artan güç osilasyonları şeklinde negatif yönde olabilir[13].



Şekil 4. Negatif sönümleme

Şekil 5'de verilen rotor açısı-açısal hız grafiğinde, rotor açısı kararlılığının hangi

sınırlarda hata öncesi ve hata sonrası kararlı veya kararsız olduğu görülmektedir [3].



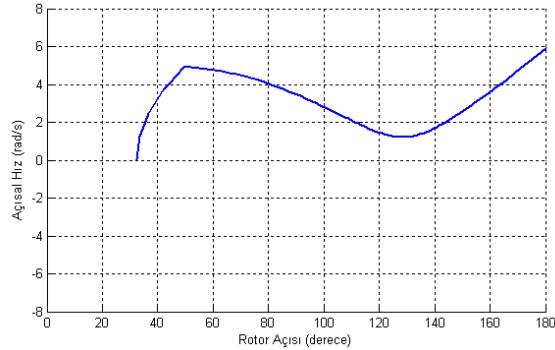
Şekil 5. Açısal hız-rotor açısı grafiği

3. Simülasyon Sonuçları

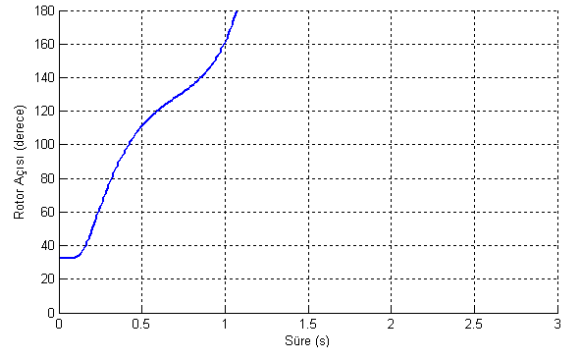
Tek makine sonsuz bara güç sisteminde bir hata sonrasında senkron generatörün sönümlenme sargısı sabitinin (D) rotor açısı kararlılığına etkisini görebilmek için oluşturulan MATLAB/SIMULINK simülasyonunda, senkron generatörün bütün parametreleri sabit tutularak sadece sönümlenme sargısı sabiti değerinin değişimiyle rotor açısı kararlılığı izlenmiştir.

Simülasyonda; senkron makine sabiti 3.75, hata öncesi elektrik gücü 1.86 p.u., hata sonrası elektrik gücü 1.26 p.u., hata temizleme süresi 6 periyot ve yeniden kazanma süresi 1000 ms olarak seçilmiştir.

D=0.97 için



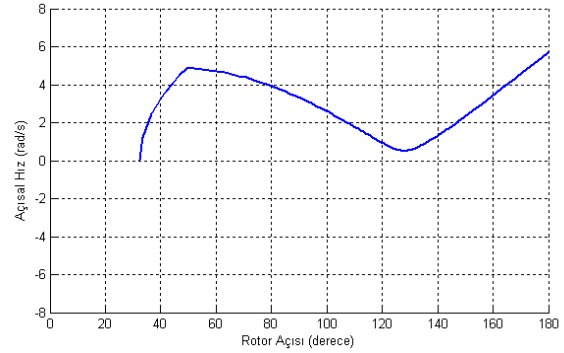
Şekil 6. D=0.01 için rotor açısı-açısal hız grafiği.



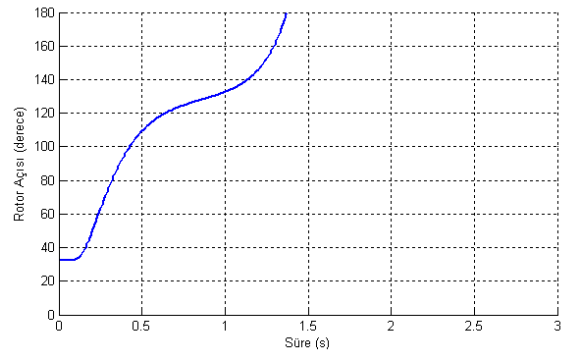
Şekil 7. D=0.01 için rotor açısı-zaman grafiği

D=0.01 için rotor açısı kararsızdır. Rotor açısı sabit değere oturmamış, 1 saniyede 130°'den sonra kaçmıştır.

D=0.013 için



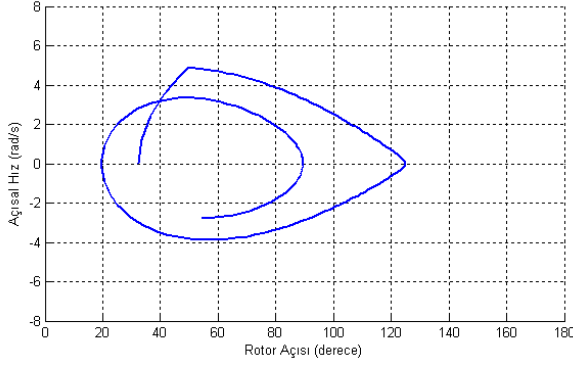
Şekil 8. D=0.013 için rotor açısı-açısal hız grafiği



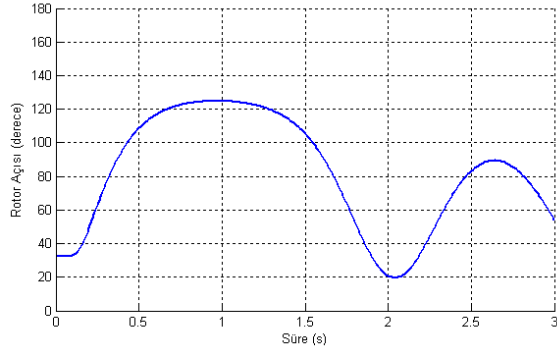
Şekil 9. D=0.013 için rotor açısı-zaman grafiği

D=0.013 için sistem hala kararlı değildir. Rotor açısı 1.5 saniyede 130°'den sonra kaçmıştır.

D=0.014 için

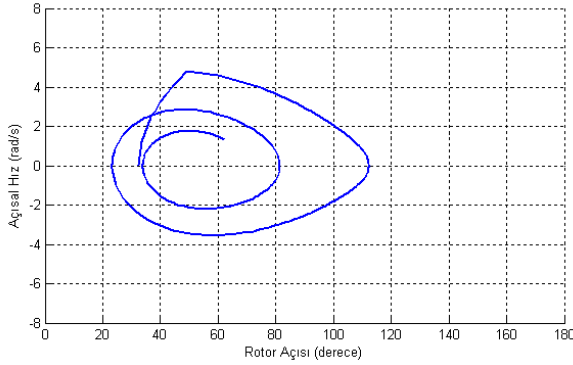


Şekil 10. D=0.014 için rotor açısı-açısal hız grafiği

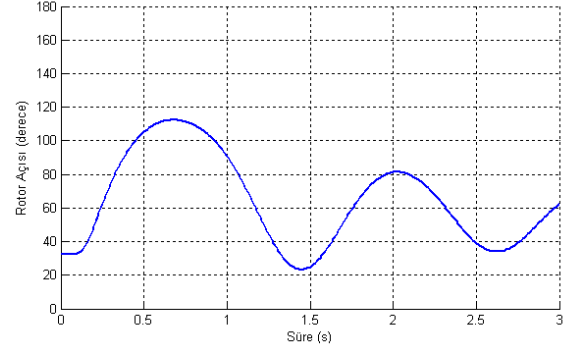


Şekil 11. D=0.014 için rotor açısı-zaman grafiği

D=0.014 için sistem kararlıdır. Rotor açısı ilk salınımı 2 saniyede yapmaktadır. Rotor açısı 125°'den sonra toparlanmaya başlamıştır.



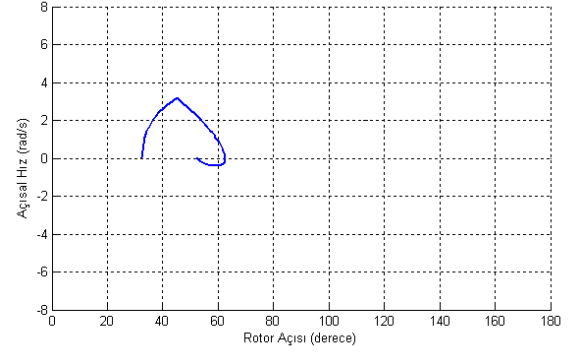
Şekil 12. D=0.02 için rotor açısı-açısal hız grafiği



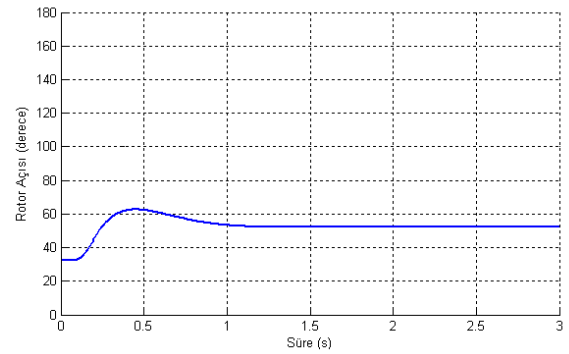
Şekil 13. D=0.02 için rotor açısı-zaman grafiği

D=0.02 için sistem daha kararlıdır. Rotor açısı 110°'ye geldikten sonra, sistem toparlanmaya başlamıştır.

D=0.2 için



Şekil 14. D=0.2 için rotor açısı-açısal hız grafiği



Şekil 15. D=0.2 için rotor açısı-zaman grafiği

D=0.2 için sistem çok daha kararlıdır. Rotor açısı 60°'ye geldikten sonra, sistem toparlanmıştır.

4. Sonuç

Tek makine sonsuz bara güç sisteminde yukarıda verilen generatör değerleri sabit tutularak, senkron generatörün sadece sönümlenme sargısı sabiti değiştirilmiş ve senkron generatör sönümlenme sargısı sabitinin rotor açısı kararlılığı üzerine etkisi incelenmiştir.

Şekil-6-7'de generatörün verilen değerleri için sönümlenme sargısı sabitinin 0.01 olması durumunda ($D=0.01$) rotor açısı kararlılığının sağlanmadığı görülmüştür. Şekil 8-9'da sönümlenme sargısı sabitinin 0.013 olması durumunda rotor açısı kararlılığının halen sağlanmadığı görülmüştür. Şekil 10-11'de sönümlenme sargısı sabitinin 0.014 olması durumunda rotor açısı kararlılığın sağlandığı görülmüştür. Şekil-12-13 ve Şekil-14-15'lerde ise sönümlenme sargısı sabiti değeri büyüdükçe rotor açısı kararlılığının daha çabuk ve daha kolay sağlandığı görülmektedir.

Sistem kararlılığının parametrelere olan hassas bağımlılığı Şekil-8-9-10-11'de açıkça görülmektedir.

Sönümlenme sabiti D değeri büyüdükçe;

- rotor açısının zamana göre salınımı azalıyor ve daha kısa sürede kararlı hale geliyor.
- açısız hız daha küçük aralıklarda salınım yapıyor.
- Rotor açısı salınım aralığı daralıyor.

Senkron generatörün sönümlenme sabiti büyüdükçe sistem daha kararlı hale gelmiştir.

5. Kaynaklar

1. Xufeng, S., 2003, Dynamic Modeling Issues For Power System Applications. *Master Thesis*, Texas A&M University.
2. Abacı, K., Yıldız, M., Yalçın, M. A., Uyaroğlu, Y., 2008, Hat Sonunda Svc Bulunan Güç Sisteminde Catallasma Analizi ile Dinamik Gerilim Kararlılığının İncelenmesi. *Sakarya University Journal of Science*, Volume 12, no 1, pp. 32-37.
3. Griffo, A., 2006, Novel Facts Controllers For Power System Stability Enhancement, s. 5-12.
4. Crary S. B., Herlitz I., Favez B., 1948, Cigre Sc32 Report, System Stability and Voltage, Power and Frequency Control. *CIGRE*, Appendix 1, Rep. 347.
5. Cigre Report, 1966, Definitions of General Terms Relating to The Stability of

Interconnected Synchronous Machine. *Cigre*, paper no: 334a.

6. Cutsem, T. Van and Vournas, C., 1998, Voltage Stability of Electric Power Systems, Norwell, MA: cited at p. 19, 56, Kluwer.
7. Cutsem, T. Van, 2000, Voltage instability; phenomena, counter measures, and analysis methods. *Proc. IEEE*, vol. 88, no. 2, pp. 208-227.
8. Bose, A., Power System Stability: New Opportunities For Control, Washington State University.
9. Andersson, G., 2008, Modelling And Analysis of Electric Power Systems, *ITET ETH Zurich*, pp. 86, Zurich.
10. Chan, T., Synchronous Machines, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
11. Bevrani, H., 2009, Power System Control, Lecturer Notes, Kumamoto University.
12. Andersson, G., 2009, Dynamics and Control of Electric Power Systems. *ETH Zürich*.
13. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Power System Dynamics, Zürich.