

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Yerel Elektrik Santrallerin Dağıtım Şebekelerinin Kararlılığına Etkisinin İncelenmesi

Investigating the Effects of Local Power Plants on the Stability of Distribution Networks

Ayşe İNCESU¹, Zeynel BAŞ¹, Ahmet Serdar YILMAZ^{1*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet Serdar YILMAZ, asyilmaz@ksu.edu.tr

ÖZET

Güç sistemlerinde kararlılık, bozucu bir etkiye maruz kaldığı durumda ve bu etkiden sonra senkron generatörün senkronizmayı koruyabilme yeteneğidir. Bu bozucu etkiye örnek olarak enerji iletim hatlarındaki büyük yük değişimi, açma-kapama durumları verilebilir. Güç sistemlerinde bu tür etkiler çok sık görülmektedir. Bu yüzden sürekli hal kararlılığı sistemin analizi ve sentezi bakımından önemlidir. Bu çalışmada dağıtım şebekesine bağlı senkron generatör güç açısı, hızı (rpm), aktif gücü, akım ve gerilim değerleri incelenmiş ve arıza kararlılık analizi yapılmıştır. Sistemin arıza oluştuğu zamanda kararlı olup olmadığı incelenmiş ve kararsızlık durumunda generatör güç açısı ve aktif gücünün değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kararlılık, Dağıtım şebekeleri, Senkron generatör, Güç santralleri.

ABSTRACT

Stability in power systems is the ability of synchronous generator to protect synchronism exposed to a disturbing effect and after this effect. Large load change in energy transmission lines, on-off states are an example of this effect. Such effects are very common in power systems. Therefore, continuous state stability is important in the analysis and synthesis of the system. In this study, synchronous generator's, linked to distribution network, power angle, speed (rpm), active power, current and voltage values are examined and fault stability analysis is made. It is examined whether the system is stable when the fault occurred. The power angle of generator and active power changes are examined in case of instability.

Keywords: Stability, Distribution networks, Synchronous generator, Power plants.

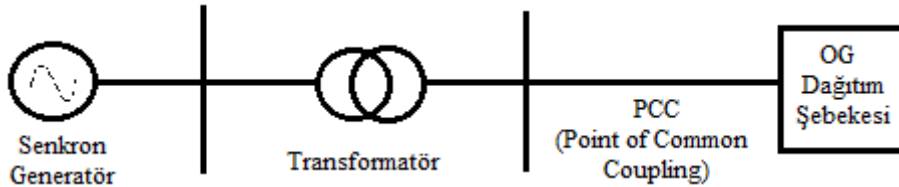
1. GİRİŞ

Günümüzde gerçekleşmekte olan teknolojik, ekonomik ve toplumsal gelişmelere paralel olarak, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin kesintisiz, kaliteli, güvenilir ve ekonomik koşullarda, çevresel etkileri dikkate alınarak üretilmesi zorunluluğu vardır. Fosil kaynaklı yakıtların sınırlı ömürleri ve çevre kirliliğine yol açmaları alternatif enerji kaynakları üzerinde yeni arayışları kaçınılmaz hale getirmektedir. Çevre kirliliği açısından fosil yakıtlara en büyük alternatif, yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (H. Gelber ve ark., 2003)

Elektrik enerjisi gereksinimi, çağımızdaki gelişmeler ve artan dünya nüfusu ile orantılı olarak hızla artmaktadır. Enerji sistemlerinin bir bozucu etkiye karşı davranışı bozucu etki tipine ve sürecine bağlıdır. Bir enerji sistemi ancak sisteme ilişkin mekaniksel giriş ve elektriksel çıkış güç kaliteleri arasında sürekli bir uyumun bulunması koşulu ile kararlı olarak çalışabilir. Sistemdeki senkron generatörlerin giriş güç kaliteleri mekanik regülatörler ile ayarlanır. Elektriksel çıkış enerjileri ise elektriksel yüklerle bağlıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında fotovoltaiklerde büyük öneme sahiptir. Tüketicilere yakın, küçük güçlü kurulabilecek PV ve rüzgar kaynakları, tüketilemeyen ve enerji dönüşümü sonucu çevreye zararlı atıklar vermeyen, kesikli ve değişken bir enerjiye sahiptir. Her iki sistemin de şebekeye bağlantısı için bir güç elektroniği dönüştürücü düzeneği gerekmektedir (A.B.Arsoy, C.Perdahçı, 2004).

Kararlılık, güç sisteminin büyük bir bozucu etkiye maruz kalmasından sonra, senkron generatörün senkronizmayı koruyabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (S. Ekinci, 2015). Bu bozucu etkilere enerji iletim hatlarındaki kısa devreler, büyük yük değişimleri örnek olarak verilebilir. Güç sistemlerinin kararlılığı, güç sisteminin normal çalışma koşulları altında denge durumunu koruması ve herhangi bir bozucu etkiye maruz kaldıktan sonra etki öncesi çalışma koşullarına dönme yeteneği olarak tanımlanabilir (Anderson P.M., Found A.A, 1994). Kararlılık analizi, bozucu etkiden sonraki 3-5 saniyelik sürede incelenmektedir. Geçici kararlılık çalışmaları, üretim veya iletim tesislerinin kaybindan, ani veya süregelen yük değişikliklerinden ya da anlık hatalardan kaynaklanan büyük arızalar esnasında bir güç sisteminin senkronizasyon dahilinde kalabilme kabiliyetine dair bilgi sağlamaktadır. Özel olarak bu çalışmalar, bir arıza esnasında ya da hemen sonrasında sistem gerilimleri ve güç akışlarındaki değişiklikleri olduğu kadar güç sistemindeki makinelerin gerilimleri, akımları, güçleri, hızları, tork açıları ve torklarındaki değişiklikleri vermektedir. Bir güç sisteminin kararlılığı, yeni tesislerin planlanması için önem arz eden bir etkidir (Z. A. Shafeeq, 2012). Bir çalışmada, araştırmacılar şebekenin bağlı olduğu durumda kararlılığın dağıtılmış üretim üzerine etkilerini Matlab bilgisayar programı kullanılarak incelenmiştir (N.H. Viet, A. Yokoyama, 2010). Başka bir çalışmada ise güç sistemlerinin geçici hal kararlılık analizi, önceleri sistemin davranışlarını tanımlayan lineer olmayan diferansiyel denklemlerin elle adım adım çözülmesiyle yapıldığı görülmüştür. Bilgisayar teknolojisinde artan gelişmeler sonucu geçici hal kararlılık analizinde oldukça etkin olan sayısal simülasyon yöntemleri ortaya çıkmıştır (M.E. Tacer, 1990).

Bir elektrik enerji sisteminde, birbirine paralel bağlı olarak çalışan senkron generatörlerin her birinin kuruluş gücü bu sisteme bağlı olan tüketicinin elektrik enerjisi ihtiyacına cevap verebilecek kapasiteye sahip olması gerekmektedir. Enterkonnekte çalışan senkron generatörler grubunda generatörlerden herhangi birisi senkronizmasını kaybettiği takdirde tüketicinin elektrik enerjisi gereksinimi generatör grubundan başka bir generatör tarafından sağlanmaktadır. Bununla birlikte elektriksel yüklerde meydana gelebilecek değişiklikler generatörlerin mekaniksel giriş enerjileri ile karşılanmaktadır. Şekil 1'de yerel santrallerin dağıtım şebekesine bağlantı şeması gösterilmiştir.



Şekil 1. Yerel santrallerin dağıtım şebekesine bağlantı şeması

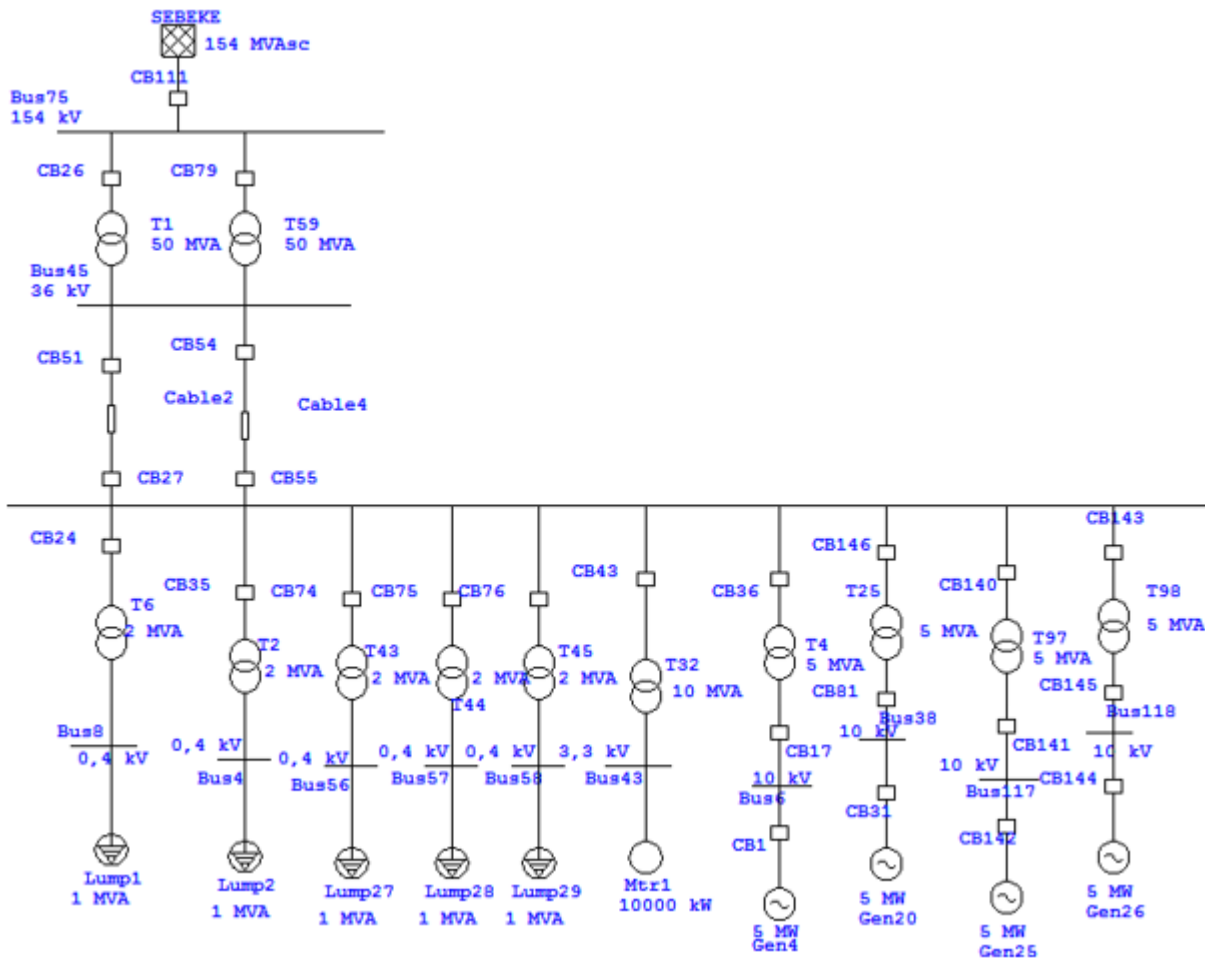
2. DAĞITIM ŞEBEKELERİNİN MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Senkron generatör uyartım kontrolü, güç sistem kararlılığı ve elektriksel güç kalitesinin sağlanmasında çok önemli rol oynamaktadır. Uyartım sistemleri normalde, yüksek kazanç ve küçük zaman sabitine sahip sistemlerdir. Yani farklı işletme şartlarında sistemde çok çabuk kompanzasyon ve sönmüleme yapabilecek kapasiteye sahiptirler. Yüksek kazançlı uyartım kontrolü genellikle geçici hal kararlılığı sağlar fakat kontrolörün ani cevabında kalıcı düşük frekans salınımları oluşmaktadır. Bu da diğer makinelerle arasında dinamik kararsızlık oluşmasına sebep olmaktadır. Güç sistemlerinde oluşabilecek bozucu etkiler sonucu mekanik ve elektriksel güç dengesinin bozulması durumunda sistemin açılabilir kararlılığını koruyabilmesi için öncelikle yeterli senkronizasyon momentinin üretilmesi gerekmektedir. Senkronizasyon momentini güçlendirmek için generatörlerin uyarma sistemine etkiyen otomatik gerilim regülatörleri kullanılır.

ETAP (Electrical Transient and Analysis Program), elektrik güç sistemlerinin tasarımı, benzetim çalışması, işletmesi, kontrolü, optimizasyonu ve analizi için geliştirilmiş en kapsamlı elektrik mühendisliği yazılımıdır. Güç sistemleri analiz modülleri yük akışı, gerilim düşümü, kısa devre analizi, motor başlatma, geçici hal kararlılık analizi modüllerini kapsamaktadır. Bu çalışmada sadece geçici hal kararlılık analizi ve yük akışı analizi modülleri kullanılmıştır.

Benzetim çalışması gerçekleştirilen sistemde yerel santrallerin bulunduğu dağıtım şebekesi modellenmiştir. Bir tane 154 MVA grid şebeke bulunmaktadır. Tüketim, üretimden fazla olduğunda şebekeden enerji sağlanmaktadır. Eğer üretim tüketimden fazla olduğu durumlarda ise fazla üretilmiş enerji şebekeye verilmektedir. Sistemde 1 MVA değerinde beş tane yük bulunmaktadır. Yükler 2 MVA değerinde indirgeyici transformatörlere bağlanmıştır. Bir tane 10 MW'lık asenkron motor bulunmaktadır ve 10 MVA değerinde indirgeyici transformatöre bağlanmıştır. Sistemde son olarak da dört tane 5 MW

değerinde senkron generatör bulunmaktadır. Senkron generatör, sistem için gerekli olan enerjiyi karşılamaktadır. Ele alınan gerçekleştirilen sistemin tek hat şeması şekil 2'de gösterilmiştir.

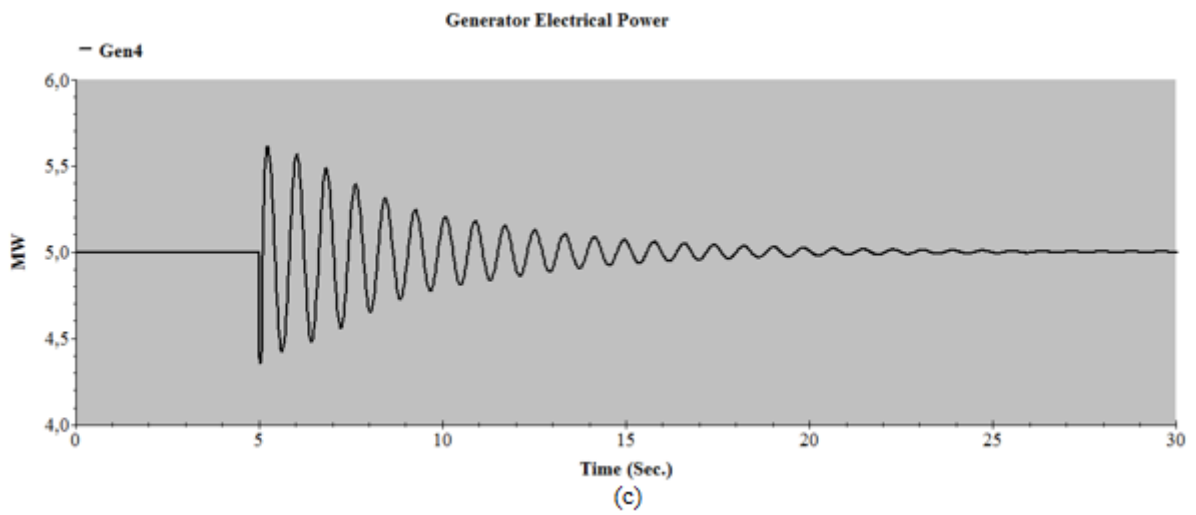
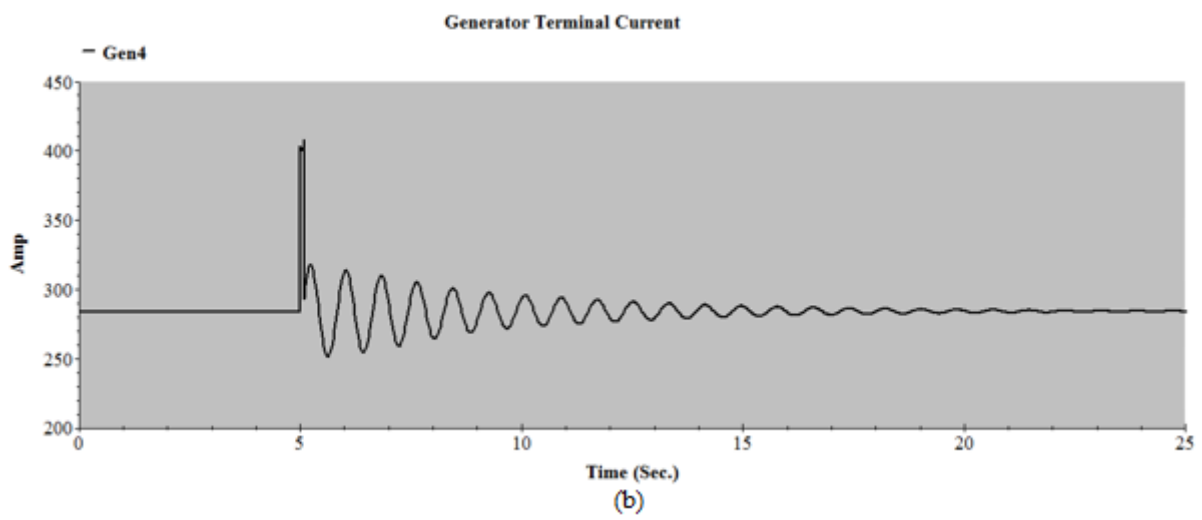
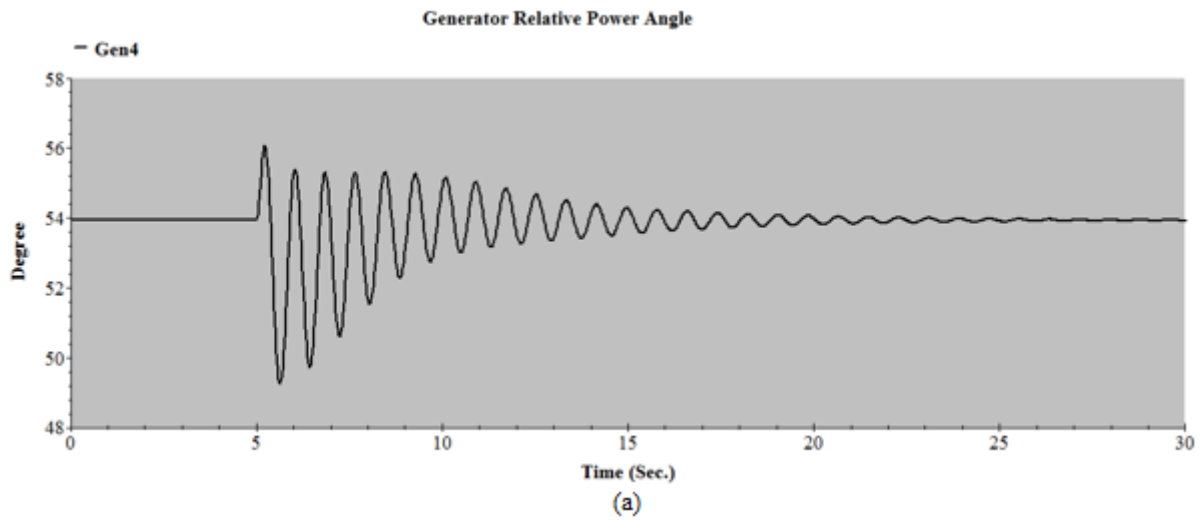


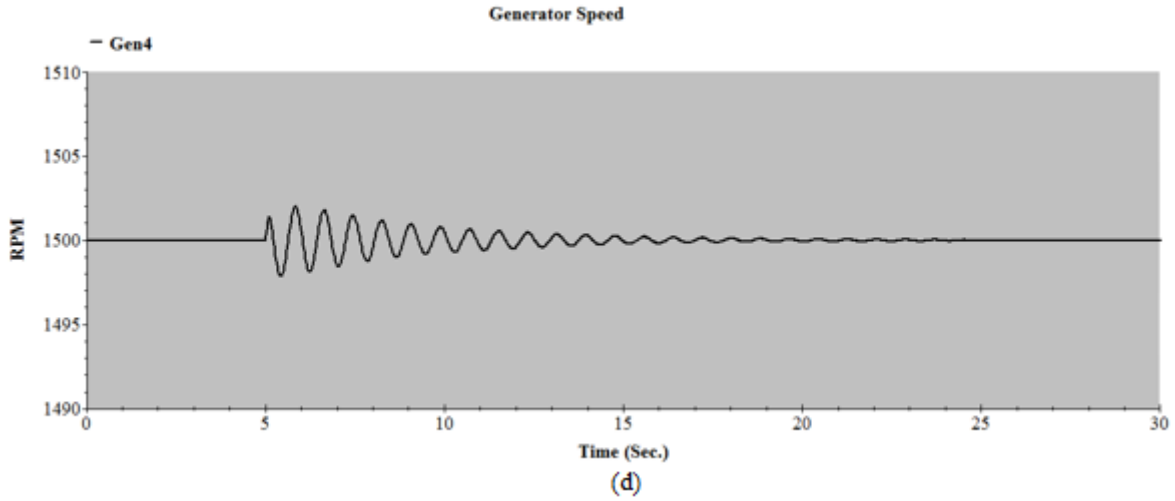
Şekil 2. Elektriksel tek hat şeması

3. DAĞITIM ŞEBEKESİNİN BENZETİMİ

Bu bölümde bir güç sisteminde kararlılığı etkileyen bir takım faktörlerin ETAP programı ile benzetim çalışması incelenmiştir. İlk olarak şebekenin normal durumu belirlenmiştir. Daha sonra normal şebeke durumu göz önünde bulundurularak farklı bara gerilim değerlerinde kısa süreli arızalar oluşturulmuştur. Tasarlanan sistemde 5 MVA değerinde beş adet yük ve 10 kW'lık bir tane asenkron motor bulunmaktadır. Bu yüklerin gerekli olan enerjiyi karşılaması için 5 MW değerinde dört tane senkron generatör bulunmaktadır. Bu durumda farklı bara gerilimlerinde oluşan arızaların generatör üzerine etkileri incelenmiştir. 154 kV yüksek gerilim barasında 100 ms'lik bir faz toprak arızası meydana geldiği durumda sistemin kararlı olup olmadığını incelemek için generatörün hızına (rpm), aktif gücüne, akım değerine, güç açısına ait grafikler şekil 3'te gösterilmiştir.

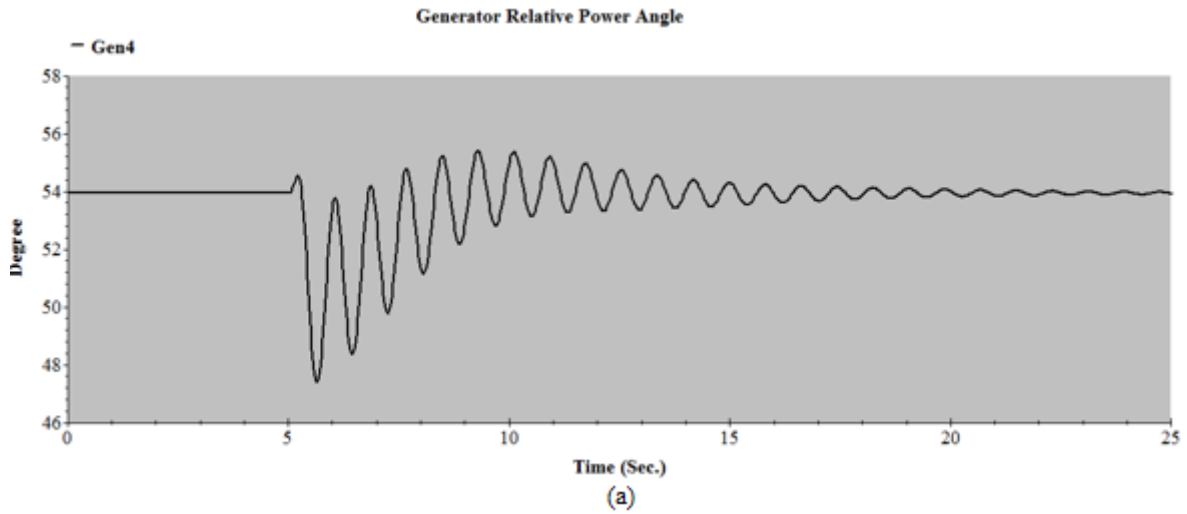
Sistemde bir faz toprak arızası meydana geldiğinde 154 kV'lık şebekede ve 3.3 kV'lık motor gerilim baralarında generatörün açıları, terminal akımları, güçleri ve hızlarındaki değişimler incelenmiştir. Her iki durumda da generatör rotor açıları geçici hal kararlılık limitleri içerisinde kalmaktadır. Arıza sonrası sistemin kendini toparladığı görülmüştür. Generatöre yakın bir yerde meydana gelen 3 faz toprak arızası durumunda ise generatör açısı ve aktif gücünde salınımlar oluşmuş sistem kararlı hale gelememiştir.

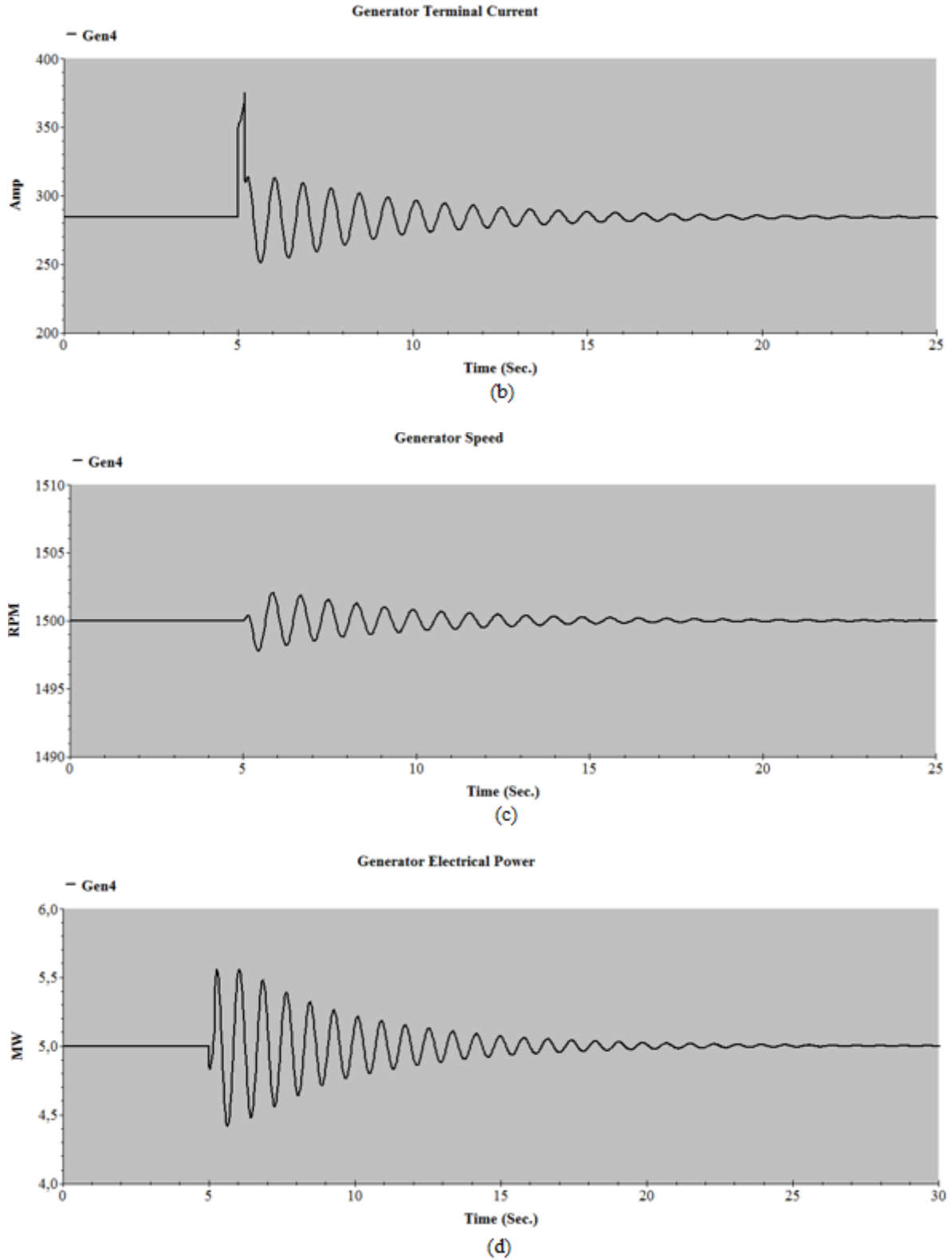




Şekil 3. 154 kV şebekedeki arıza durumunda generatörün güç açısı (a), terminal akımı (b), gücü (c) ve hızındaki (d) değişimler

Şekil 3'te dağıtım şebekesi için geçici hal kararlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tek hat şeması şekil 2'de gösterilen gen 4'te bir arıza benzetimi yapılmıştır. Bu arıza benzetimi 1 faz toprak kısa devresi olup 100 ms içinde temizlenmektedir. Şekil 3a'da generatör rotor açısı geçici hal kararlılık limitleri içerisinde kalmakla birlikte arıza temizlendikten saniyeler sonra tekrar arıza öncesi koşullara dönmektedir. Generatörde salınımlar yaşanmış ancak kararlılık sağlandığı şekil 3a ve 3c'den de görülmektedir. Şekil 3d'de generatör hızında değişimler frekanstaki değişimlerine bağlı olarak çok yüksek genlikte oluşmamaktadır. Bununla birlikte şekil 3b'den görüldüğü gibi arızanın ilk anında generatör akımında %10'a yaklaşan artmalar gözlenmiş ve bir süre sonra kararlılık tekrar yakalanmıştır. Bu endüstriyel dağıtım sisteminin kararlılık açısından bir sorun yaşamamasında en önemli etken olarak büyük güçlü şebeke bağlantısı gösterilebilir. Aynı arıza durumu için 3.3 kV motor gerilim barasında 200 ms'lik bir faz toprak arızası meydana geldiği durumda sistemin kararlı olup olmadığını incelemek için generatörün hızına (rpm), aktif gücüne, akım değerine, güç açısına ait grafikler şekil 4'te gösterilmiştir.

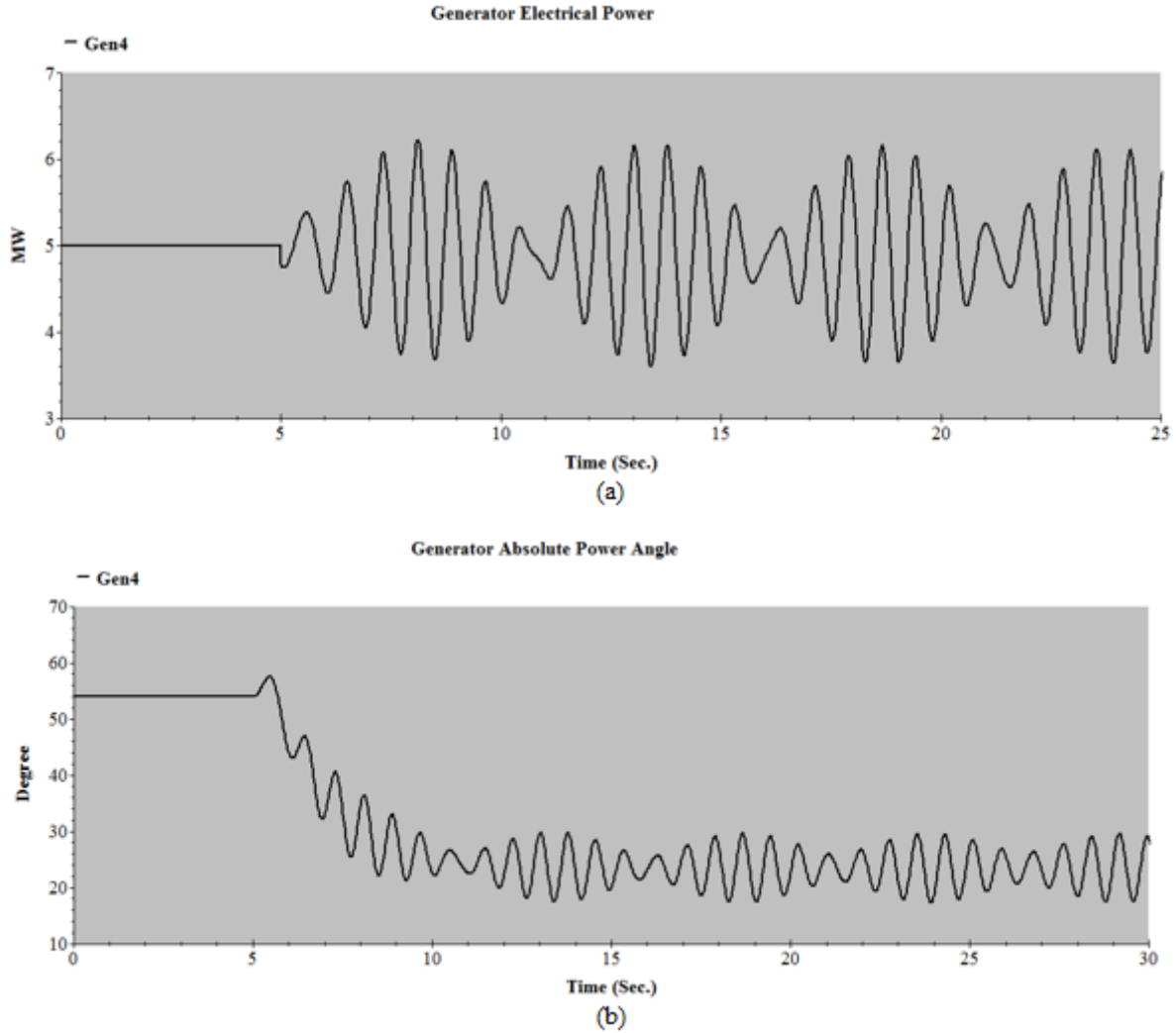




Şekil 4. 3.3 kV gerilim barasında 1 faz toprak arıza durumunda generatörün güç açısı (a), terminal akımı (b), gücü (c) ve hızındaki (d) değişimler

Şekil 4'te 3.3 kV'luk gerilim barası için geçici hal kararlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tek hat şeması şekil 2'de gösterilen gen 4'te bir arıza benzetimi yapılmıştır. Bu arıza benzetimi 1 faz toprak kısa devresi olup 200 ms içinde temizlenmektedir. Şekil 4a'da generatör rotor açısı geçici hal kararlılık limitleri içerisinde kalmakla birlikte arıza temizlendikten saniyeler sonra tekrar arıza öncesi koşullara dönmektedir. Generatörde salınımlar yaşanmış ancak kararlılık sağlandığı şekil 4a ve 4c'den de görülmektedir. Şekil 4d'de generatör hızında değişimler frekanstaki değişimlerine bağlı olarak çok yüksek genlikte oluşmamaktadır. Bununla birlikte şekil 4b'den görüldüğü gibi arızanın ilk anında generatör akımında

%10'a yaklaşan artmalar gözlenmiş ve bir süre sonra kararlılık tekrar yakalanmıştır. Şekil 5a ve 5b'de sistemde generatöre yakın bir noktada 3 faz toprak arızası meydana geldiğinde generatör açısı ve gücündeki kararsızlık gösterilmiştir. Generatör açısındaki ve aktif gücündeki salınımlar sistemde arızanın temizlenemediğini ve kararlılığın sağlanamadığını göstermektedir.



Şekil 5. Generatöre yakın bir noktada 3 faz toprak hatası durumunda generatörün aktif gücü (a) ve güç açısındaki (b) değişimler

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yerel santraller ya da daha yaygın adıyla dağıtık üretim tekniklerinin gelişmesi ve uygulamalarının artması, dağıtım şebekelerinde kararlılık problemlerinin tartışılmasına yol açmaktadır. Büyük ve geniş şebekeler için problemlerin başında gelen kararlılık problemi artık dağıtım şebekeleri içinde söz konusu olmaktadır. Bu makalede gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında yerel santrallerin olduğu bir dağıtım şebekesi ele alınmıştır. Şebekede değişik noktalarda kısa devreler izlenmiş ve arıza temizlendikten sonra yerel santrallerdeki kararlılık seviyeleri gözlenmiştir. Yapılan benzetimlerde görüldüğü gibi generatör baraları gibi yakın baralarda (kısa devre gücü yüksek gerilim şebekesi kadar olmasa bile) kısa devreler yapıldığında kararlılığının sağlanamadığı anlaşılmaktadır. Arızaların generatörden uzakta olması durumunda kararlılığın eninde sonunda sağlandığı gözlenmiştir. Yani arıza yerinin kararlılıktaki etkisi hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Kararlılık problemlerinde arıza türü, kısa devre gücü, arıza süresi gibi parametrelerinde etkisi olacağı aşikardır. Bu makalede arıza noktası açısından iki örnek üzerinde benzetimler gerçekleştirilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Anderson P.M., Found A.A.(1994). Power System Control and Stability - IEEE

Arsoy A.B., Perdahçı C.(2004) Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Dağıtılmış Üretim, *ELECO*.

Barker P.P., Mello R.W.(2000). Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems-IEEE

Eke İ., Taplamacıoğlu M.C., Kocaarslan İ., (2011). Rotor Açısal Kararlılığı İçin Güç sistemi Dengeleyicisi Tasarımı, *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol.3, No.2, pp.6-11.

Gelberi H., Yıldız M., Yılmaz A.S., Yalçın M.A.(2003). Rüzgar Türbinlerinde Dinamik Kararlılık, *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt.7, Sayı.2, s.199-204.

Gelberi H., Uyaroğlu Y., Abacı K., Yalçın M.A., Pehlivan İ., Onduk A. Rüzgar Türbinlerinin Dağıtım Şebekelerine Bağlanması ve Dinamik Simulasyonu, *EMO Bilimsel Dergisi*, s.18-23.

Gorinevsky D. (2015). Stability Analysis of Distributed Power Generation with Droop Inverters-IEEE

Shafeeq Z. A., (2012). Bir Güç Sistemi İçin Geçici Kararlılık Çalışması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.

Şerefoğlu N., Erdoğan D. Enerji Sistemlerinin Kararlılığı, *Nobel Akademik Yayıncılık*.

Tacer M.E.(1990). Enerji Sistemlerinde Kararlılık – İ.T.Ü.

Viet N.H., Yokoyama A.(2010). Impact of Fault Ride-Through Characteristics of High-Penetration Photovoltaic Generation on Transient Stability, *International Conference on Power System Technology*

Waqfi R., Nour M. (2017) Impact of PV and Penetration into a Distribution Network Using Etap-IEEE