



Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 28.12.2018
Kabul Tarihi : 16.07.2019

Received Date : 28.12.2018
Accepted Date : 16.07.2019

GÜÇ DAĞITIM ŞEBEKELERİNDEKİ FOTOVOLTAİKLERİN KARARLILIĞA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

STABILITY EFFECT OF INVESTIGATION OF PHOTOVOLTAICS IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS

Zeynel BAŞ¹, Ayşe İNCESU², Aya SABOH³, Ahmet Serdar YILMAZ^{3,*}

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir MYO, Uçak Teknolojisi PR, Eskişehir, Türkiye

² Kilis 7 Aralık Üniversitesi, TBMYO Elektrik ve Enerji Bölümü, Kilis, Türkiye

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

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

ÖZET

Güç sistemlerinde kararlılık, sistemin herhangi bir bozucu etkiye maruz kaldığı durumda ve bu etkiden sonra senkron generatörün senkronizmayı koruyabilme yeteneğidir. Güç sisteminde bu tür etkiler çok sık görülmektedir. Bu nedenle sürekli hal kararlılığı sistemin analizi ve sentezi bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada güç santrallerinde fotovoltaik (FV) enerji sistemlerinin kararlılığa etkisini görmek için iki farklı durum incelenmiştir. İlk durumda dağıtım şebekesinin bağlı olduğu sistemde üretim elemanı olarak şebekenin yanında senkron generatör bulunmaktadır. İkinci durumda ise dağıtım şebekesi ve generatöre ilaveten güneş panelleri gurubu da sisteme ilave edilmiştir. Böylece fotovoltaiklerin kararlılık üzerine etkisi incelenmiş ve sistemin kararlılık analizi yapılmıştır. Sistemin arıza oluştuğu sırada kararlı olup olmadığı ve kararsızlık durumundaki değişimler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kararlılık, Senkron Generatör, FV Sistem, Güç Santralleri

ABSTRACT

Stability in power system is the ability of the synchronous generator to protect synchronism if the system is exposed to ant disturbing effect and after this effect. Such effects are very common in the power system. Therefore, steady state stability is important for the analysis and synthesis of the system. In this study, two situations are investigated to observe the effect of photovoltaic systems on stability. In the first case, the system consists of the network and the synchronous generator as the generator. In the second case, solar panels have been added to the system in addition to distribution network and generator. Thus, the effect of photovoltaics on stability is investigated and stability analysis of the system is made. The changes in instability and whether the system is stable or not are investigated.

Keywords: Stability, Synchronous Generator, PV System, Power Plants

GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi ihtiyacı, teknolojik gelişmeler sonucunda nüfus ile orantılı olarak hızla artmaktadır. Artan bu talebi karşılamak için de büyük güçlü enerji santralleri kurulmuştur. Üretim merkezlerinin tüketim merkezlerinden uzakta kurulmasından dolayı üretilen elektrik enerjisinin uzun iletim hatlarıyla ve yüksek gerilim ile tüketim merkezlerine iletilmesi zorunluluğu gelmiştir. Elektrik güç sistemleri bu sebeplerden dolayı hızla büyümüş ve karmaşık bir hal almıştır. Güç sistemlerinin hızla büyümesi, elektrik enerjisi ihtiyacının artmasına neden olmakta ve bazı sorunların artmasına sebebiyet vermektedir. Kararlılık problemi bu sorunların en büyüğüdür ve güç sistemlerinde her zaman en önemli ilgi alanı olmuştur. Güç sistemlerinde frekans ve gerilim belirli torelans içinde kalmalı ve sürekliliğini korumalıdır. Başka bir deyişle güç sisteminden beklenen en önemli iki özellik kalite ve güvenilirliktir. Bu durumun sağlanması için sistemin kararlı bir şekilde çalışması gerekmektedir.

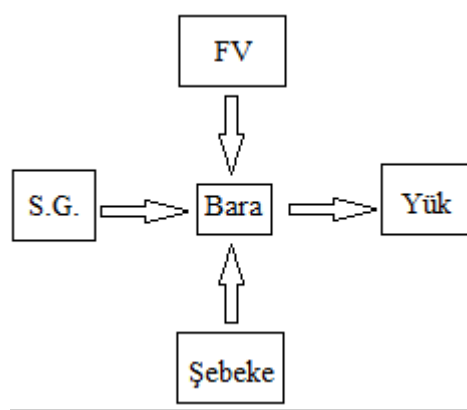
Güç sistemlerinde kararlılık, sistemin büyük bir bozucu etkiye maruz kaldığı durumda ve bu etkiden sonra senkron generatörün senkronizmayı koruyabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (N. Şerefoğlu ve D. Erdoğan).

Bu bozucu etkiye örnek olarak enerji iletim hatlarındaki açma-kapama durumunu verilebilir ve bu bozucu etkiler güç sistemlerinde çok sık görülmektedir. Geçici kararlılık kısa devreler, üretim birimlerin veya güçlü tüketicilerin devre dışı kalması gibi etkilerden sonra sistemin senkronizmasını koruyup koruyamaması ile ilgilidir. Sistemin kararlılığı, bozucu etki öncesindeki çalışma noktasına ve bozucunun şiddetine bağlıdır. Geçici hal kararlılığını etkileyen faktörler generatörün ataleti, generatörün yüklenmesi, arıza temizlenme zamanı, arıza sonrası iletim sistemi reaktansı ve generatörün reaktansı olarak belirtilebilir. Başka bir deyişle güç sistemlerin 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 (P.M. Anderson ve A.A. Found). Kararlılık analizi, bozucu etkiden sonraki 3-5 saniyelik sürede incelenmektedir.

Bir çalışmada, araştırmacılar şebekenin bağlı olduğu durumda kararlılığın dağıtılmış üretim üzerine etkilerini inceleyerek arızanın meydana geldiği sırada sistemin kararlılığa tepkisi incelenmiştir (N.H. Viet ve A. Yokoyama). Başka bir çalışmada ise araştırmacılar dağıtım şebekelerinde FV'lerin (Fotovoltaik) yüksek ilgi uyandıracığı belirtilmektedir. Bulutların sebep olduğu gölgelenme dalgalanmasından ve FV gücünün kesik kesik olmasından dolayı ilk dikkat edilmesi gereken konu dağıtım besleyicileri karşısında gerilim değişimidir. Araştırmaya göre dağıtım besleyicilerin % 30-50 arasında dalgalanması akım ve gerilimde harmonik bozulmalara sebep olabilir. Bu yüzden araştırmacılar FV'lerin etkisini minimuma indirmek için dağıtım baralarına voltaj düzenleyici ve kondansatör gruplarını kontrol eden anahtarlama sistemi veya sabit bir sistem ile FV'lerin etkisi azaltıcı birçok metotlar sunmaktadır. (M. Karimi ve ark.)

DAĞITIM SİSTEMLERİNİN KARARLILIĞI

Fotovoltaik sistemler son zamanlarda fiyatlarının düşmesi ve verimliliklerin artmasıyla araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Ancak dağıtım şebekesinde gerçekleşen yenilenebilir enerji üretim entegrasyonlarının oluşturduğu yük akışı ve gerilim dalgalanmalarının kontrolü üretim miktarı arttıkça zorlaşacaktır. Kontrol edilemeyen yapılarda da enerji kalitesindeki bu dalgalanma, sistemin kendisinde ve tüketici ürünlerinde zararlar oluşturabilecektir. Bu nedenle dağıtım şebekelerinin sürekli izlenmesi ve kritik durumların oluşma riski görüldüğünde gerekli kontrol ve kumanda önlemlerinin alınması gerekmektedir. Şekil 1'de FV ve senkron generatörün bağlantı blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1. Fotovoltaik ve Senkron Generatör Bağlantı Blok Diyagramı

Dağıtılmış üretim kaynağı olarak FV ve rüzgar türbinlerde dikkate değer biçimde konvensiyonel senkron generatörde durağan eksikliği vardır. Bu durağan eksikliği frekansta sapmaya ve generator veya yükte kayıplara neden olmaktadır. Arz ve talep dengeli değildir. Frekans sapması eşitlik (1)'deki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$P_g - P_l = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} * J_{system} * \omega_{el} \right) \quad (1)$$

Burada P_g üretilen gücü, P_l tüketilen gücü, ω_{el} açılal frekans ve J_{system} sistem ataletini göstermektedir. Aniden ya şiddetli bozukluklardan dolayı elektriksel çıkış gücünde problemler oluşur. Bu değerler gücün çok düşük olduğunda ya da sıfır değerine düştüğünde ölçülebilir ve makinedeki ani salınımı kontrol etmek için (2)'deki eşitlik kullanılır.

$$P_m - P_e = \frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2 \delta}{dt^2} \quad (2)$$

Burada δ rotor açısını (rad), Pm mekanik gücü (p.u.), Pe elektriksel çıkış gücünü (p.u.), H atalet sabitini (MVA), ω_0 nominal hızı (rad/s) göstermektedir. Eşitlikten görüldüğü gibi mekanik güçteki azalma ve elektriksel çıkış gücündeki artma senkron generatorun rotor açısını aynı etkilemektedir.

SİSTEM MODELLENMESİ ve ANALİZİ

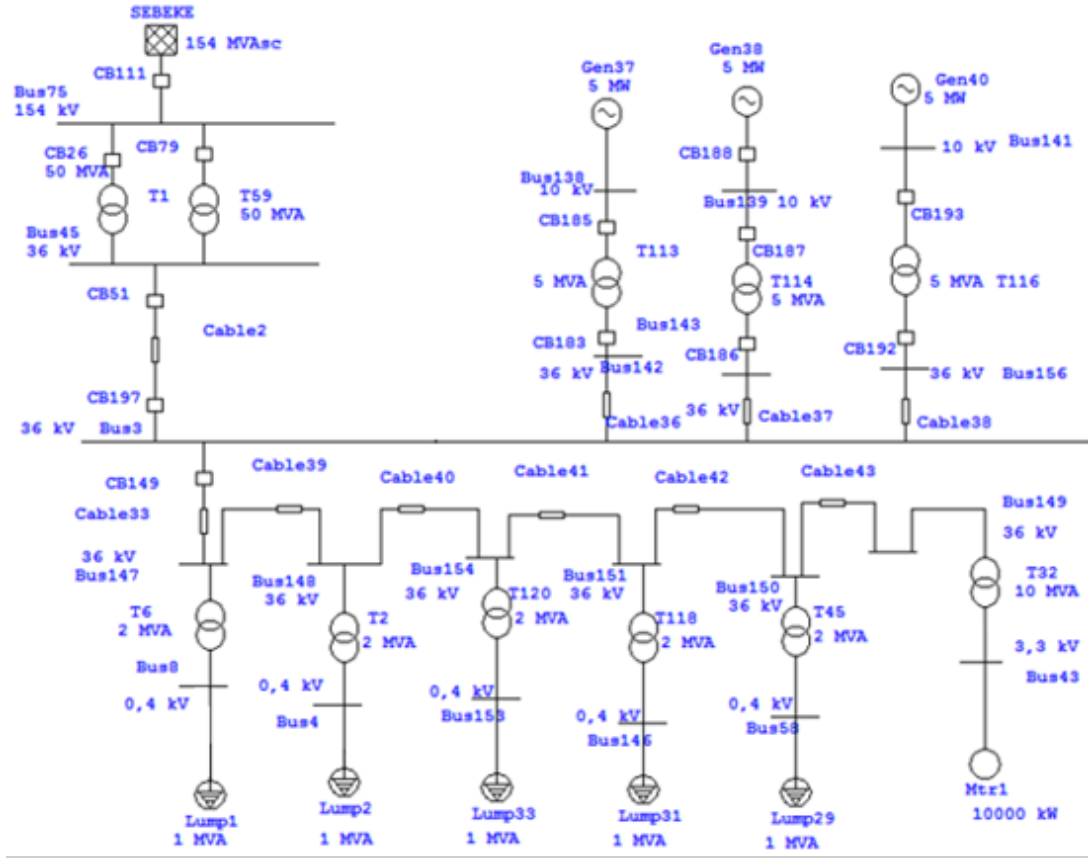
Senkron generator uyarım kontrolü, güç sistem kararlılığı ve elektriksel güç kalitesinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Yüksek kazançlı uyarım kontrolü genellikle geçici hal kararlılığını sağlar fakat kontrolünün ani cevabında kalıcı düşük frekans salınımları oluşmaktadır. Bu da diğer makineler arasında dinamik kararsızlık oluşmasına neden olmaktadır.

Çalışmada senkron generatör ve FV üretim sistemi gibi yerel santrallerin bulunduğu dağıtım şebekesi modellenmesi yapılmıştır. Sistemde üretim tüketimden fazla olduğu durumda fazla üretilmiş enerji şebekeye verilir. Eğer tüketim üretimden fazla olduğu durumlarda ise şebekeden enerji sağlamaktadır. Modellenen sistemde bir tane 10 MW'lık asenkron motor ve 1 MVA değerinde özdeş beş tane yükümüz bulunmaktadır. Üretim elemanı olarak özdeş üç tane 5 MW değerinde steam turbo türü senkron generatör bulunmaktadır. Üç özdeş generatörde üretilen 10 kV'luk gerilim 5 MVA değerinde yükseltici trafo sayesinde 36 kV'luk OG barasına bağlanmıştır. Sisteme Kyocera model 343 kW değerinde fotovoltaikler bağlanmıştır. Toplam beş fotovoltaik bulunup her biri 1480 panelden oluşmaktadır ve toplam gücü 1715 kW'dır. FV'ler model içerisinde belirlenen DC-AC inverterleri ile 480 V'luk baraya bağlanmıştır. Sistemde kullanılan elemanlar ve elektriksel güç değerleri çizelge 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Elektriksel Güç Değerleri

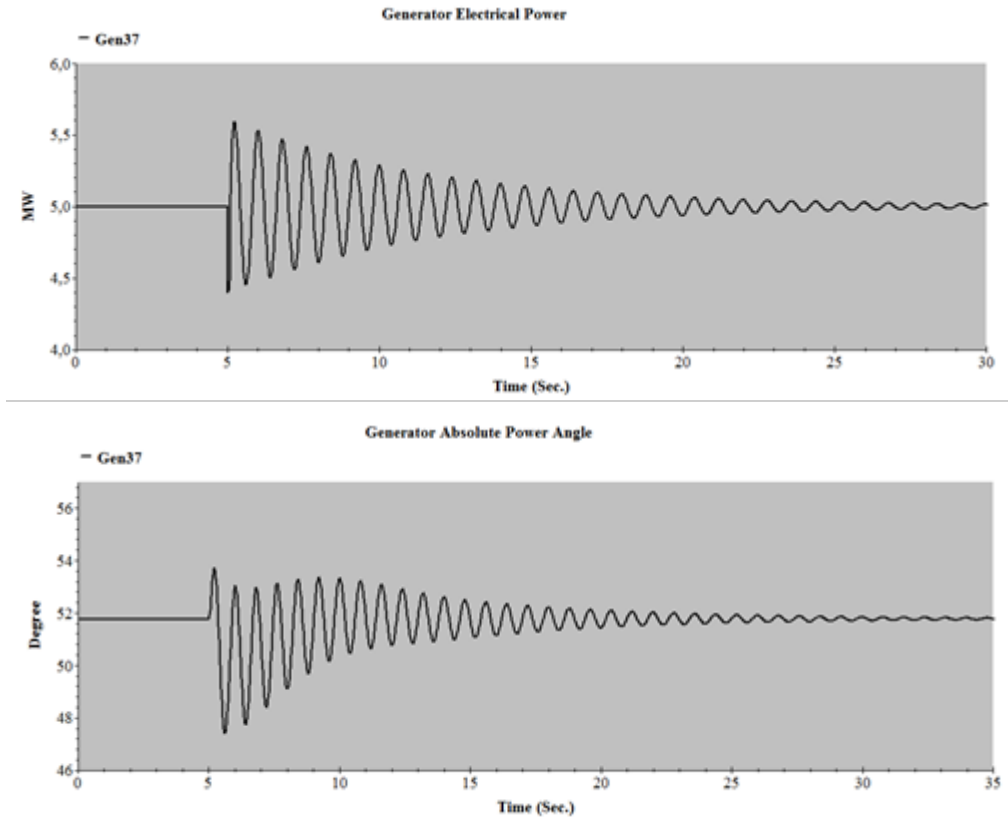
Değişkenler	Adet	Elektriksel Güç	Toplam Güç
Generatör	3	5 MW	15 MW
FV Grubu	5	343 kW	1715 kW
Yük Grubu	5	850 kW	4250 kW
Asenkron Motor	1	10 MW	10 MW

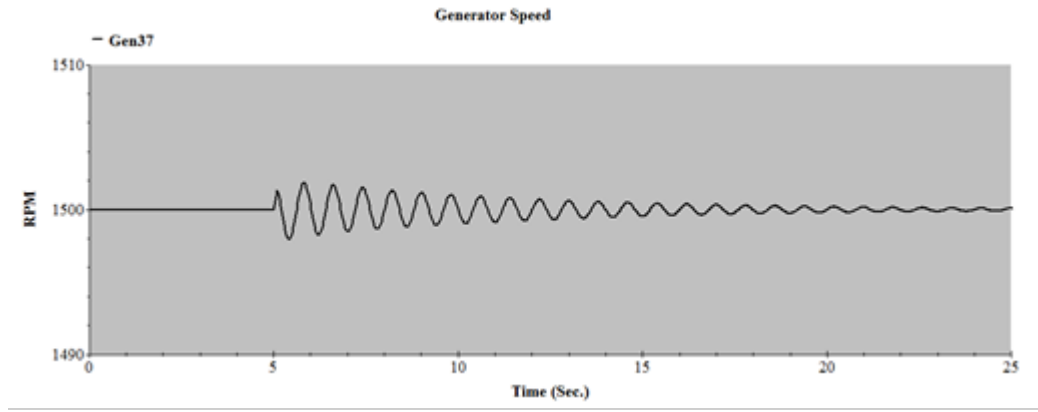
Bu çalışmada iki farklı senaryo bulunmaktadır. İlk durumda sistemde yalnızca şebeke ve senkron generatör bulunmaktadır. İkinci durumda ise şebeke ve generatöre ilaveten fotovoltaikler de sisteme eklenmiştir. Böylece dağıtım şebekelerinde fotovoltaiklerin senkron generatörün açılma hızı, elektriksel gücü ve akım değerine olan etkileri incelenerek sistemin kararlı olup olmadığı anlaşılmış olacaktır. Şekil 2'de senkron generatör ve şebekeden oluşan sistem gösterilmiştir.



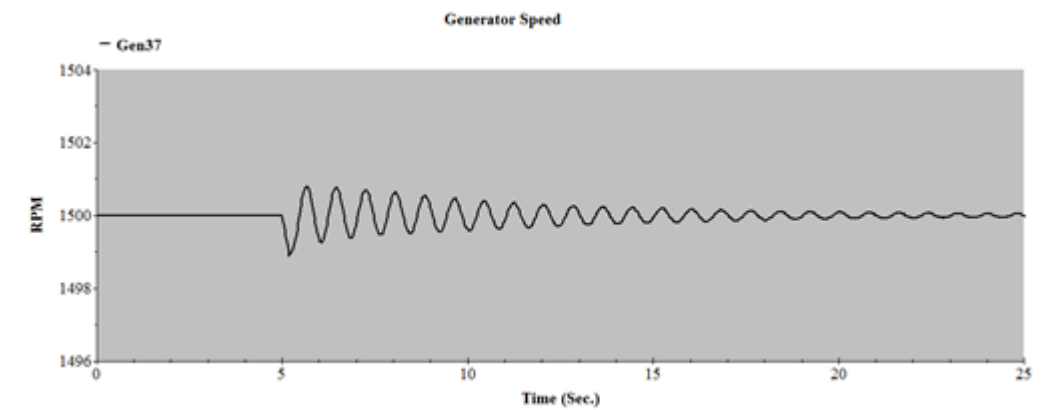
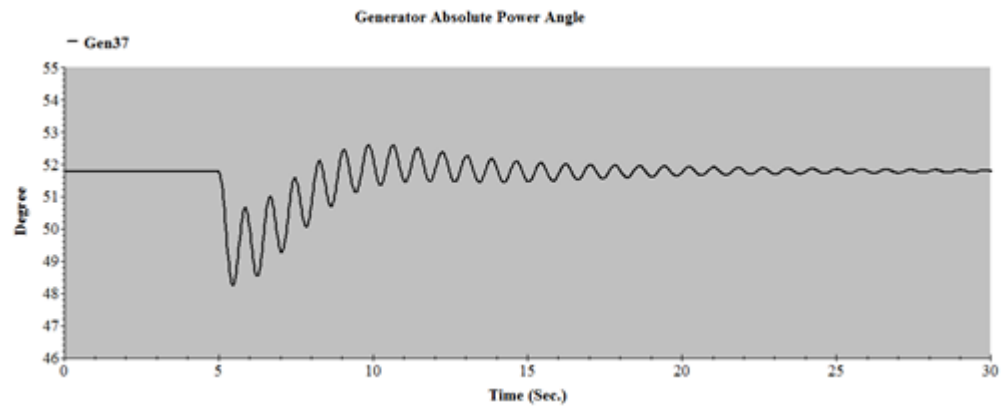
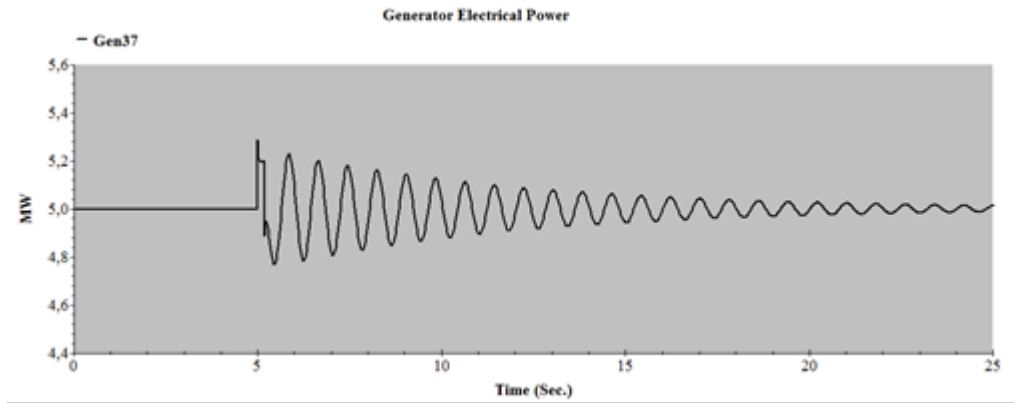
Şekil 2. Senkron Generatör ve Şebekeden Oluşan Sistem

Şekil 2’deki sistemde Bus75 isimli şebeke barasında 5. saniyede oluşturulan bir faz-toprak arızasında senkron generatörün güç açısı, gücü ve hızında meydana gelen değişimler şekil 3’te, Bus 43’te 5. saniyede oluşturulan bir faz-toprak arızasında senkron generatörün gücü, güç açısı ve hızında meydana gelen değişimler şekil 4’te gösterilmiştir.

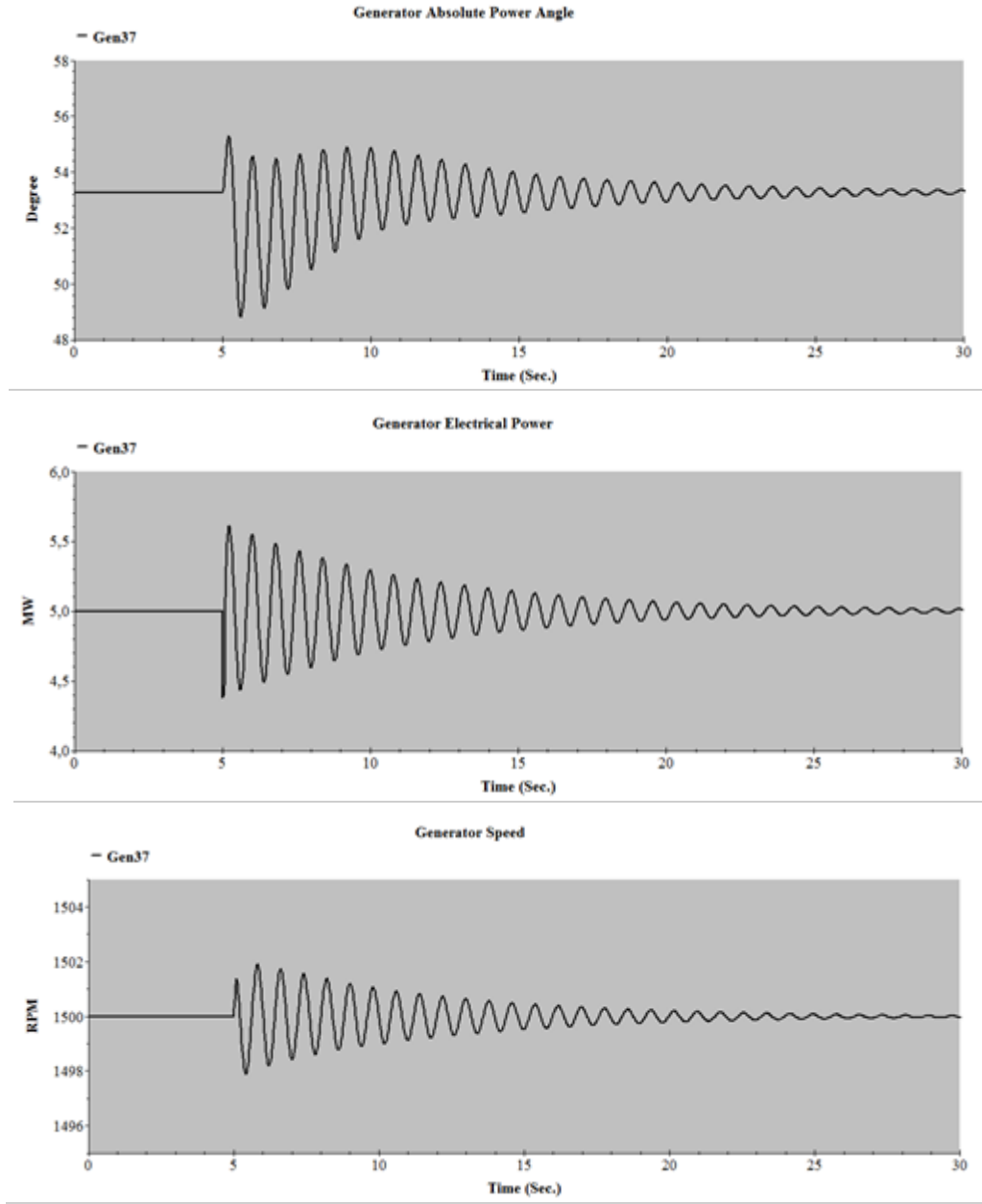




Şekil 3. Bus 75 Arızasında Senkron Generatör Gücü, Güç Açısı ve Hızındaki Değişimler

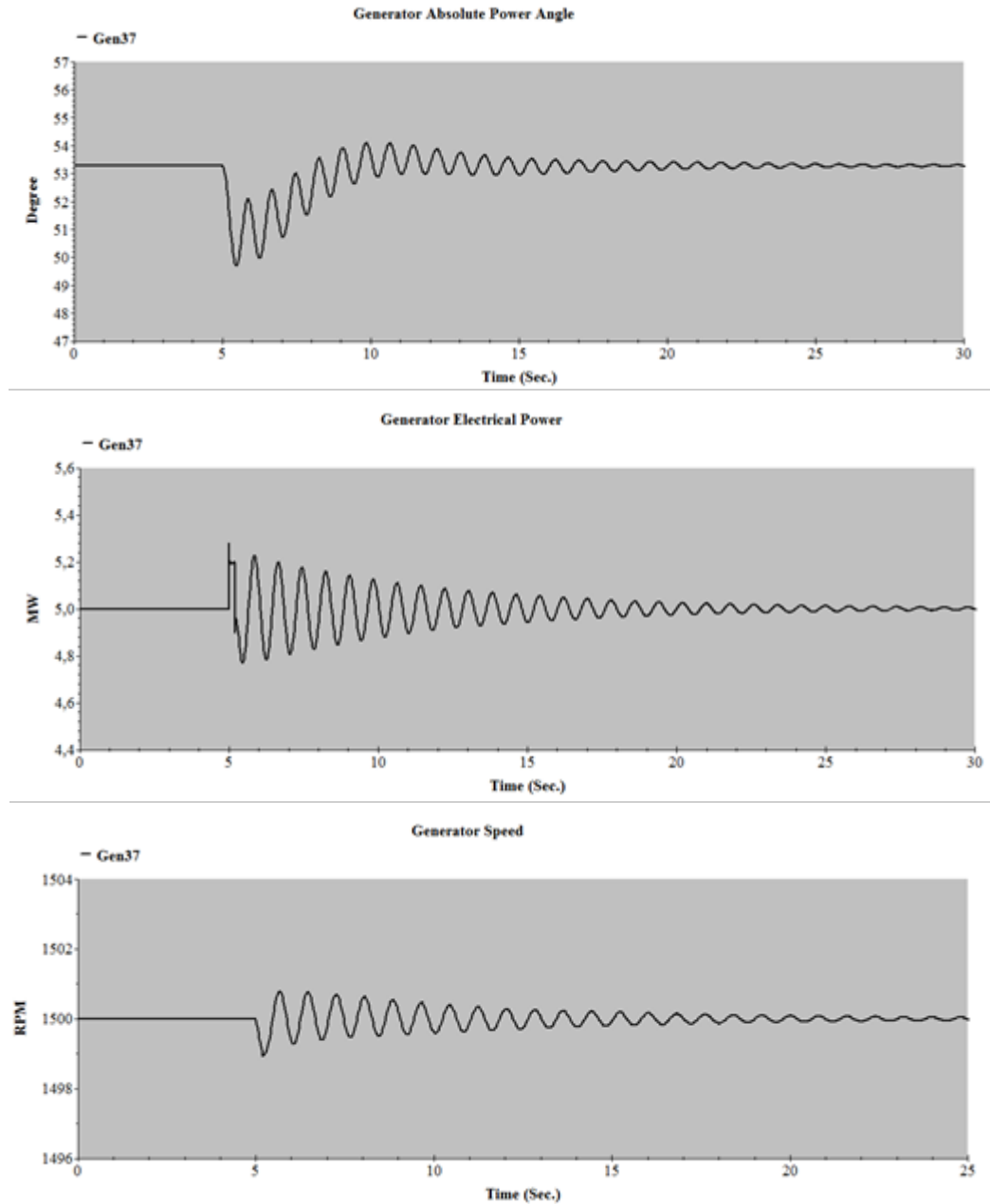


Şekil 4. Bus 43 Arızasında Senkron Generatör Gücü, Güç Açısı ve Hızındaki Değişimler



Şekil 6. Bus 75 Arızasında Senkron Generatör Gücü, Güç Açısı ve Hızındaki Değişimler

Şekil 6’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 görülmektedir. Generatör hızında değişimler frekanstaki değişimlerine bağlı olarak çok yüksek genlikte oluşmamaktadır.



Şekil 7. Bus 43 Arızasında Senkron Generatör Gücü, Güç Açısı ve Hızındaki Değişimler

Aynı arıza durumu için 3.3 kV motor gerilim barasında (Bus 43) 200 ms'lik bir faz toprak arızası meydana geldiği durumda generatör rotor açısının geçici hal kararlılık limitleri içerisinde kaldığı ve arıza temizlendikten saniyeler sonra tekrar arıza öncesi koşullara döndüğü şekil 7'den görülmektedir. Sistemde FV grubu yokken Bus 75'teki arızada generatör açısı 57°'den 44°'ye, Bus 43'teki arızada ise 52,5°'den 48,1°'ye düşmekte arıza sonrasında ise sistem kendini yaklaşık 20. saniyede toparlamaktadır. FV grubu sisteme eklendiğinde ise Bus 75'teki arızada generatör açısı 55,5°'den 48,8°'ye, Bus 43'teki arızada ise 54,1°'den 49,5°'ye düşmekte ve arıza temizlendiğinde ise sistem kendini toparlamaktadır. FV grubu eklendiğinde generatör açısındaki değişim yaklaşık 6,7° civarında iken eklenmeden önceki durumda 5,9° civarındadır. FV grubunun eklenmesiyle generatör açısında düşme ve dolayısıyla generatörün daha kararlı halde çalıştığı görülmektedir.

SONUÇLAR

Yerel santrallerin yani diğer adıyla dağıtık üretim santrallerin artmasıyla, dağıtım şebekelerinde kararlılık problemleri ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada yerel ve yenilenebilir santrallerin olduğu bir dağıtım şebekesi ele alınmıştır. Yenilenebilir enerji santrali olan fotovoltaiklerin sistem kararlılığı üzerinde etkisi Etap programında analiz edilip yorumlanmıştır. Fotovoltaiklerin generatöre etkisini görmek amacıyla iki farklı durum oluşturulmuştur. İlk durumda şebeke ile beraber senkron generator bulunmaktadır ve iki farklı barada (Bus 75 ve Bus 43) arıza oluşturulmuştur. Arıza sonunda sistem belli bir süre sonra kendini toparlamaktadır ve kararlı hale geçmektedir. İkinci durumda ise şebeke ve senkron generatöre ilaveten fotovoltaikler sisteme bağlanmaktadır. İkinci durumda da aynı baralarda arıza oluşturulmuş ve grafiklerde görüldüğü üzere generatördeki salınımların genliğinin arttığı, sistemin kendini toplamasının daha uzun sürdüğü fakat generatörün daha kararlı halde çalıştığı görülmektedir.

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.

Azmy A.M., Erlich I. (2005) Impact of Distributed Generation Penetration on the Stability of Electrical Power System-IEEE.

Dondi P.,Bayoumi D.,Haederli C., and Suter M. (2002) Network Integration of Distributed Power Generation, Journal of Power Sources,106 , pp.689-700.

Gelberi D., 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.

Karimi M., Mokhlis H., Naidu K., Uddin S. And Bakar A.H. (2016) Photovoltaic Penetration Issues and Impact in Distribution Network, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53(364-0321), pp. 494-605.

Kempener R., Komor P.(2013) Smart Grids and Renewables, Colorado:IRENA.

P. Kundur, (1994) Power System Stability and Control, New York.


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


Tacer M.E., Enerji Sistemlerinde Kararlılık, Ofset Yayıncılık, 1990.


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.

ORCID

Zeynel BAŞ  <https://orcid.org/0000-0002-4407-2458>

Ayşe İNCESU  <https://orcid.org/0000-0001-9746-1935>

Aya SABOH  <https://orcid.org/0000-0003-2596-6963>

Ahmet Serdar YILMAZ  <https://orcid.org/0000-0002-5735-3857>