

# FOTOVOLTAİK SİSTEMLER ŞEBEKEYE BAĞLI OLDUĞUNDA OLUŞAN SORUNLAR

Çiğdem KANDEMİR

Mehmet BAYRAK

Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek için fotovoltaik sistemlerin kullanımı bütün dünyada yaygınlaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu sistemlerin şebekeye bağlanması için standartlar geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Ülkemizde de belirli güçlerde lisans almadan fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması kolaylaşmıştır. Fakat bu sistemler sürekli çalışma durumunda şebekenin enerji kalitesinde özellikle gerilim bakımından olumsuz etkileri olabilmekte ve bazı güvenlik problemlerini doğurabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik sistemler, Güç adası oluşumu

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin büyük çoğunluğunun fosil esaslı kaynaklardan üretilmesi sonucunda dünyadaki rezervler azalmış ve sera gazı salınımları ile çevre kirliliği gibi olumsuz etkiler ortaya çıkmıştır. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek ve sera gazı salınımlarını azaltmak için yeni teknoloji sistemler ile yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Bu kaynaklardan fotovoltaik enerji sistemlerinin kullanımında dünyada özellikle son yıllarda çok büyük artış olmuştur. Avrupa ülkelerinde fotovoltaik sistemlerden enerji üretiminin oranı zamana ve mevsime bağlı olmakla birlikte, bazı durumlarda %50 seviyesine kadar çıktığı görülebilmektedir. Fotovoltaik santral güçleri de buna bağlı olarak artmış ve 100 MV ve üzerindeki güçlerde tek bir santralde üretim yapılmaya başlanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin elektrik güç sistemlerine paralel bağlanması için ölçme, kontrol ve koruma konularında oluşabilecek sorunların araştırılması gerekir. Bu sorunlar küçük güçlü bir fotovoltaik panelden büyük güçlü rüzgar türbinlerinin bağlanmasına göre farklılık gösterebilir. Fakat, şebekeye bağlı olan bu yerel kaynaklar hangi güçte olursa olsun şebekedeki arızalarda veya enerji kesilmelerinde şebekeden bağlantılarını ayıracak sistemleri bulundurmaları bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

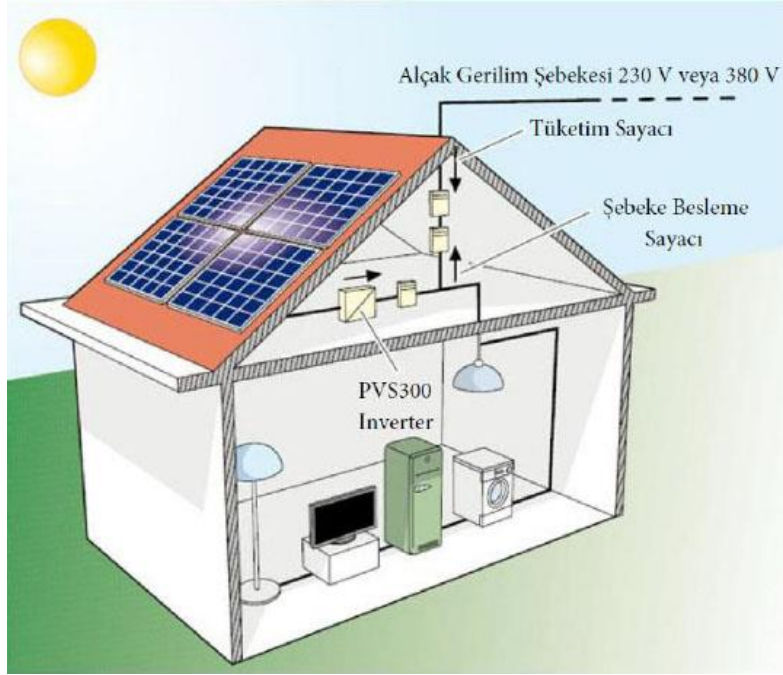
## 2. FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN ŞEBEKEYE BAĞLANMASI

Kurulu gücüne bağlı olarak fotovoltaik sistemler elektrik güç sistemlerine farklı gerilim seviyelerinden

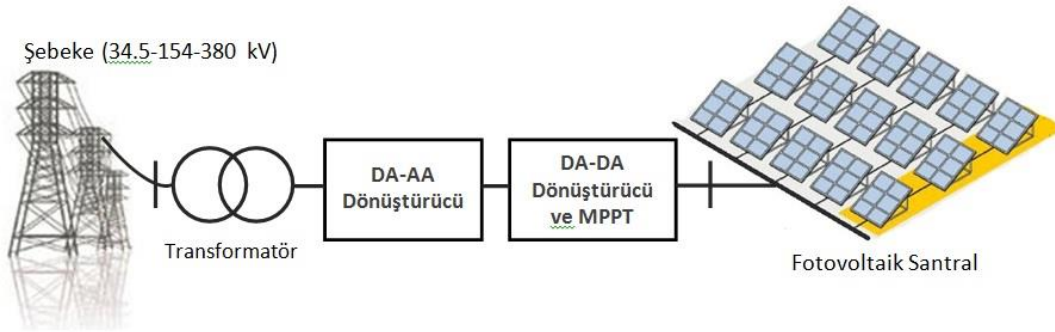
bağlanmaktadır. Kurulu gücü 11 kW'a kadar olan sistemler alçak gerilim (AG) seviyesinden (Şekil 1), 11 kW'tan büyük olanlar teknik incelemeler sonunda AG veya yüksek gerilim (YG) seviyesinden (Şekil 2) şebekeye bağlanırlar [1]. Ülkemizde kurulu gücü 1000 kW'ın altındaki yenilenebilir enerji kaynaklı sistemler için lisans almaya gerek yoktur. Bu üretim sistemlerinde bağlantı noktasına bağlanan çift yönlü sayaç yardımıyla ihtiyaç fazlası enerji şebekeye satılabilmektedir.

Fotovoltaik sistemler şebekeyle paralel çalışırken harmonik akımları ile güç faktörü belirli sınırların altında olmalı, şebekeye doğru akım vermemelidir. Ülkemizde bu konuda bir standart eksikliği olup, dünyada yaygın olarak ABD Elektrik Elektronik Mühendisliği Enstitüsünün IEEE 1547 standardı kullanılmaktadır [2].

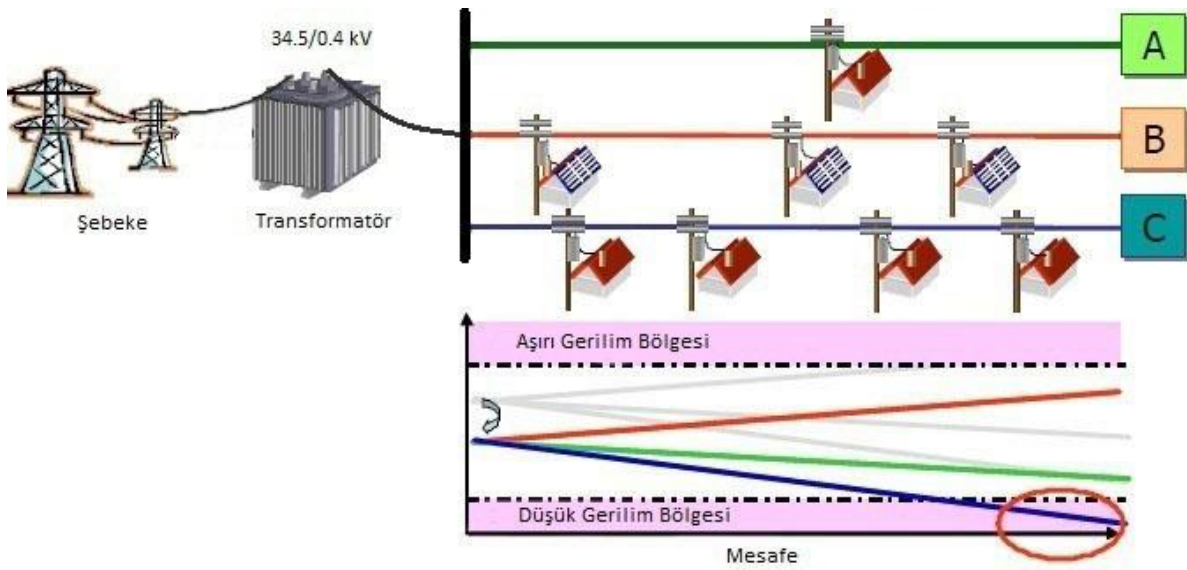
Küçük güçlü fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması için kullanılan eviricilerin filtre devreleri içermesi ve üç fazlı olmasıyla toplam harmonik bozulmaları çok düşük seviyede kalmaktadır. Gerilim sınırları için uluslararası standart olan EN50160 geçerli olup, alçak gerilimde nominal gerilimin  $\pm\%10$ 'una kadar bir değişime izin verilmektedir. 2 Ekim 2013 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğe göre, can ve mal emniyetinin sağlanması için şebekeyle paralel çalışan yerel üretim sistemlerinin şebeke kaybı veya kısa devre arızası oluşması durumunda şebeke bağlantısının kesilmesi zorunludur. Fakat bu yönetmelikte fotovoltaik sistemlerde kullanılan eviricilerin şebeke bağlantısını kesmek için hangi özelliklere sahip olması ve güç adası olayını nasıl algılaması ile ilgili açıklamalar yetersizdir. Ayrıca, bağlantı yönetmeliğine göre yapılan tesislerde güç adası olayını doğru biçimde algılayan eviriciler kullanılırken şebeke kaybı sonrasında şebeke bağlantısı kesilmesi Şekil 1'den de görüldüğü gibi [3] bütün yerel yüklerin enerjisiz kalmasına neden olmaktadır. Enerji depolama sistemleri olsa dahi bu bağlantı türünde yerel yükler beslenememekte ve kritik yüklerin olması durumunda da maddi kayıplar oluşabilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için şebeke bağlantısı eviriciler üzerinden değil de ayrı bir bağlantı sistemi üzerinden yapılmalıdır.



Şekil 1. 11 kW'tan küçük güçlü fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması



Şekil 2. Büyük güçlü fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması



Şekil 3. Fotovoltaik sistemlerin oluşturduğu gerilim sorunları

Fotovoltaik sistemlerin AG şebekesine bağlı iken ortaya çıkan sorunlardan biri gerilimin belirlenen sınırların dışına çıkmasıdır. Sadece evsel enerji tüketiminin olduğu ve Şekil 3'te verilen şebekede A hattının yerleşimin az olduğu bölgeyi, C hattının yerleşimin fazla olduğu bölgeyi ve B hattının da fotovoltaik sistem bulunduran yerleşim bölgesini beslediğini düşünelim. Bu şebekede fotovoltaik sistemlerin bağlı olduğu hatta gerilim yükselmesi olmaması için transformatörün sekonder gerilimi belirli değerde tutulursa yüklü olan C hattının sonunda gerilim seviyesi sınır değerden daha düşük olacaktır. Bu gerilim seviyesini istenilen değere yükseltmek için transformatörün kademesi değiştirilirse bu durumda fotovoltaik sistemlerden şebekeye enerji satmak için B hattının gerilimi aşırı gerilim bölgesine girecektir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından hazırlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğe göre [4], güneş enerjisine dayalı üretim santrallerinin proje onaylarının yapılabilmesi için doğru akım (DA) tarafında gerilim düşümü ile akım taşıma kapasitesi hesabı maksimum ve minimum DA evirici giriş gerilim seviyesine göre panel seçim hesabı, alternatif akım (AA) tarafında gerilim düşümü, akım taşıma kapasitesi ve kısa devre hesabının yapılması istenmektedir. Bu hesaplarda fotovoltaik sistemlerin şebekedeki diğer tüketicilere olan etkileri araştırılmamaktadır. Ayrıca yerel üretim kaynakları şebekenin kısa devre akım kapasitesini değiştirmekte ve bazı durumlarda koruma elemanlarının ayarlarının değiştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle, dağıtım şirketleri lisanssız enerji üretim sistemlerine onay vermeden önce bu sistemlerin şebekede ve diğer tüketicilerde oluşturacağı olumsuz etkileri proje aşamasında kesinlikle incelenmelidir.

### 3. GÜÇ ADASI OLUŞMASI SORUNU

Yerel elektrik santralleri şebekeyle paralel çalışırken güvenlik sorunları da ortaya çıkmaktadır [5]. Bu güvenlik sorunlarından en önemlisi şebekenin kaybı sırasında yerel santralin şebekeyle bağlantısını devam ettirmesi ve şebekenin enerjisiz zannedilen kısmını beslemesidir. Lisanssız Elektrik Üretimine ilişkin yönetmeliğe göre, can ve mal güvenliğinin sağlanması için fotovoltaik sistemlerin şebeke kaybı veya kısa devre arızası oluşması durumunda şebekeyle bağlantısının kesilmesi zorunluluğu vardır. Fakat bu yönetmelikte güç adası olarak bilinen bu durumu algılamak için eviricilerin nasıl bir ölçme sistemine sahip olması ile ilgili bilgiler yer almamaktadır. Buna karşılık EN 50438 standardına göre gerilim değeri  $207 V \leq V_e \leq 253 V$ 'un frekans değeri  $48 Hz \leq f \leq 50.5 Hz$ 'in dışına çıktığında güç adası olduğu kabul edilmektedir [6]. Fakat gerilim ve frekans değerlerinin bu aralıkta kaldığı güç adası oluşması durumunda can ve mal güvenliği tehlikesi söz konusu olmaktadır. Güç adası algılama sistemlerinin geliştirilmesi uzun yıllardan beri güncelliğini korumuş araştırmalar olarak

karşımıza çıkmaktadır. Yerel elektrik santrallerinin güç adası oluşması durumunda şebekeyle bağlantısını kesmek için geliştirilen algoritmalar aktif ve pasif yöntemler olmak üzere temelde iki gruba ayrılmaktadır. Aktif yöntemler,

- Reaktif gücün değişiminin izlenmesi,
- Sistem arıza seviyesinin gözlenmesi.

biçimindedir. Geliştirilen pasif yöntemler ise,

- Düşük/yüksek gerilim
- Düşük/yüksek frekans
- Frekans değişim oranı
- Aktif güç değişim oranı
- Faz açısı kayması
- Nötr geriliminin kayması

temeline dayanmaktadır. Fotovoltaik sistemlerde kullanılan eviriciler genellikle güç adasının algılanması için düşük/yüksek gerilim ile düşük/yüksek frekans tabanlı algoritmaları kullanmaktadır [7,8]. Fakat bu algılama yöntemleri yük değişiminin çok fazla olmadığı şebeke kaybı durumlarını algılayamamaktadır. Bu durum özellikle AG tarafında can ve mal güvenliği açısından son derece tehlikelidir.

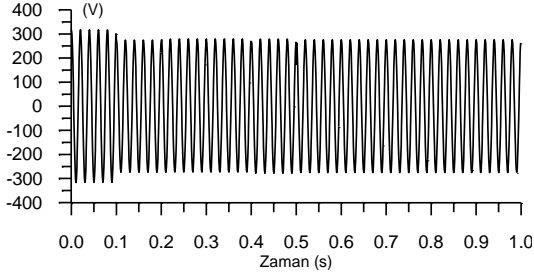
### 4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Şebekeyle paralel çalışan fotovoltaik sistemlerin oluşturduğu sorunları daha iyi açıklamak amacıyla PSCAD/EMTDC programı kullanılarak bilgisayar benzetimleri yapılmıştır. Benzetimlerde Şekil 3'te verilen üç farklı AG hattı ile buna ilişkin yük ve fotovoltaik sistemlerden oluşan gerçek şebeke modeli kullanılmış transformatör gücü 1000 kVA seçilmiştir. Yönetmeliklerde de belirtildiği gibi, benzetimde kullanılan fotovoltaik sistemlerin toplam gücü transformatör gücünün maksimum sınırı olan %30 değerini aşmamıştır. Benzetim çalışmalarında şebekede gerçek hayatta oluşabilecek farklı anahtarlama olayları durumunda sistemin gerilim, akım ve güç değişimleri incelenmiştir.

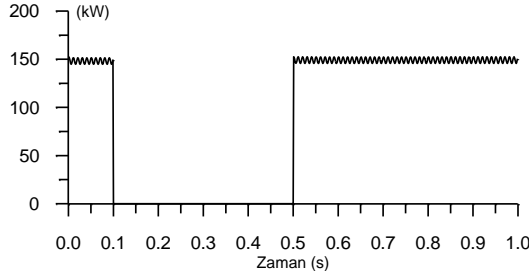
İlk olarak fotovoltaik sistemler şebeke ile paralel çalışırken transformatörün AG tarafındaki şalterin açılması durumunda gerilim değişimleri gözlenmiştir. Anahtarlama olayı olmadan önce fotovoltaik sistemlerin bölgedeki toplam enerji tüketimine yakın bir enerji verdiği kabul edildiğinden, anahtarlama öncesi 220 V olan gerilim anahtarlama sonrası 208 V değerine inmiştir (Şekil 4). Bu değer eviriciler için normal çalışma sınırlarının içerisinde olup, bu senaryo durumunda güç adası algılanmamıştır.

İkinci olarak, yerel yükleri beslemek için şebekeden 150 kW'lık bir güç çekilirken (Şekil 5) YG tarafında kesicinin açması ve sonra tekrar kapanması durumunda AG tarafındaki gerilim değişimi izlenmiştir. Fotovoltaik sistemlerin toplam gücü anahtarlama anında tüketilen güçten daha düşük

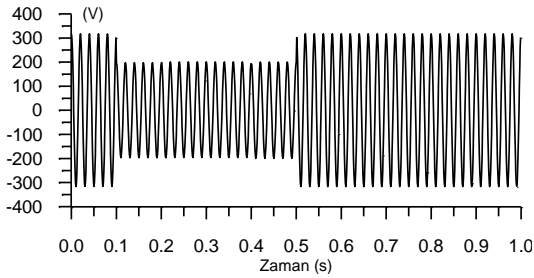
olduğundan, gerilim kısa süre için 141 V değerine inmiş ve sonra tekrar 220 V değerine çıkmıştır (Şekil 6). Güç adası olayını algılamak için fotovoltaik sistemlerde kullanılan eviricilerin algılama süresi 2s olduğundan, bu geçici olayda ada çalışma durumu algılanamayıp, yine bir tehlike söz konusu olmaktadır.



Şekil 4. AG tarafında anahtarlama olayı sonrası gerilim değişimi



Şekil 5. Anahtarlama sırasında transformatörden çekilen güç

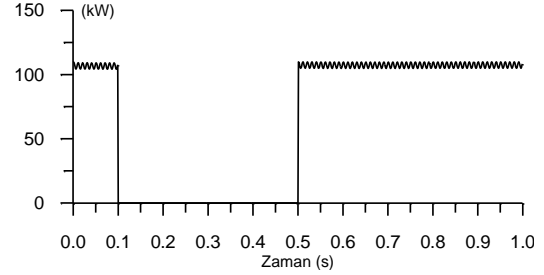


Şekil 6. AG tarafında gerilim değişimi

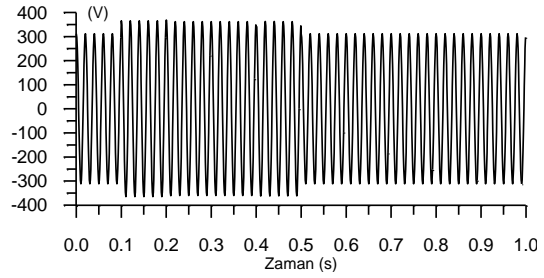
Fotovoltaik sistemlerden alınan enerji yerel yüklerin tükettiği enerjiden daha fazla iken YG tarafında kesici açıp sonra tekrar kapanması durumunda şebekeye verilen gücün değişimi Şekil 7'de görülmektedir. Yerel üretim tüketimden daha fazla olduğundan gerilim geçici olarak 252 V seviyesine çıkmış ve daha sonra 220 V seviyesine inmiştir. Burada da geçici aşırı gerilim oluşmuş, fakat evirici normal çalışma durumu gibi algılamıştır.

Can ve mal güvenliği bakımından en tehlikeli sayılabilecek durum, YG tarafındaki kesicinin herhangi bir nedenle açıp, kısa bir süre sonra faz farkı

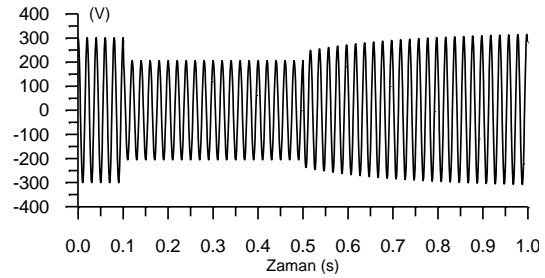
olacak biçimde tekrar kapanmasıdır. Anahtar açıldığında eğer yerel yükler tüketimden fazla ise gerilim düşecek ve sonra tekrar eski konumuna dönmeye çalışacaktır (Şekil 9). Fakat, YG tarafında kesici açıldığında fotovoltaik sistem kısa süre aşırı yüklenecek ve faz farkı ile tekrar kapandığında evirici akımı çok artacaktır. Bu durum fotovoltaik paneller ve eviriciler için çok tehlikelidir.



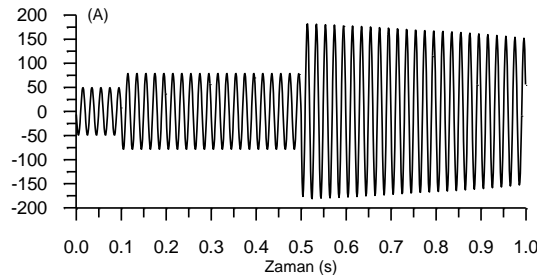
Şekil 7. Anahtarlama sırasında şebekeye verilen güç



Şekil 8. AG tarafında gerilim değişimi



Şekil 9. AG tarafında gerilim değişimi



Şekil 10. Faz farkı ile kapanma sırasında evirici akımı

## 5. SONUÇLAR

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından hazırlanan “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik” sonrasında kurulu gücü 1000kW’ın altında yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ve fazla enerjinin şebekeye satılması çok kolaylaşmıştır. Üretim sistemlerinin veya tesislerin projelendirilmesinde yönetmeliklere göre gerilim düşümü, kesit ile kısa devre hesaplarının yapılması yeterlidir. Bu sistemlerin şebekeye bağlanması sonucu diğer tüketicilerde veya şebekede oluşacak gerilim değişimi hesapları yapılmamaktadır. Yapılan bilgisayar benzetimlerinden de görüldüğü gibi, fotovoltaik sistemlerin kurulmasına plansız biçimde yük akışı hesapları yapılmadan izin verildiğinde şebekenin bazı bölgelerinde gerilim izin verilen en düşük seviyeden daha az olabilmektedir. Ayrıca, fotovoltaik sistemler şebekeyle paralel çalışırken evirici şebekeyle bağlantıyı kestiğinde yerel yüklerin de devre dışı kalması söz konusu olmaktadır.

Can ve mal güvenliğini sağlamak amacıyla şebeke kaybı olması durumunda eviricilerin güç adası olayını algılayıp sistemin şebeke bağlantısını kesmeleri gerekir. Fakat ülkemizde güç adası olayını algılamak için fotovoltaik sistemlerde kullanılan eviricilerde olması gereken özellikler ile ilgili standartlar halen yeterli değildir. Özellikle büyük güç değişimi olmayacak biçimde oluşan güç adası durumunda eviriciler şebekeye bağlı kalabilmektedir. Bu durum can güvenliği bakımından çok tehlikelidir. Bu nedenle, fotovoltaik sistemlerin bağlı olduğu AG şebekelerinde özel uyarı levhaları bulunmalı, bakım sırasında enerji kesilmesinden sonra hat kesinlikle topraklanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı 28783, Ekim 2013.
- [2] IEEE Working Group, “IEEE 1547 Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems” 2013.
- [3] Solar Inverters, ABB String Inverters PVS300.
- [4] [http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/lisanssiz\\_uretim/LUYGunesProjeOnayGerekliEvrak.pdf](http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/lisanssiz_uretim/LUYGunesProjeOnayGerekliEvrak.pdf)
- [5] Usta, Ö., Bayrak, M., “Yerel Elektrik Santrallerinde Koruma ve Kontrol Problemleri”, Elektrik-Elektronik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi, Bursa, 1995.
- [6] “Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks,” BS EN 50438, 2007.

- [7] Ye, Z., ve diğerleri, “A New Family of Active Antiislanding Schemes based on DQ Implementation for Grid-Connected Inverters”, IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004.
- [8] Xu, M., ve diğerleri, “Modelling Anti-Islanding Protection Devices for Fotovoltaic Systems”, Renewable Energy, Cilt:29, No:15, 2004.