



Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu

Installation of Photovoltaic System That Can Supply Electrical Energy Needs of a House

Selman Alkan¹, Ali Öztürk¹, Sultan Zavrak¹, Salih Tosun¹, Emre Avcı¹

¹Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Düzce Üniversitesi

selmanalkan@duzce.edu.tr, aliozturk@duzce.edu.tr, sultanzavrak@duzce.edu.tr, salihtosun@duzce.edu.tr, emreavci@duzce.edu.tr

Özet

Bu çalışmada elektrik enerjisi ihtiyacı Fotovoltaik (FV) sistem ile sağlanan bir konut için elektriksel olarak projelendirme, matematiksel analiz ve fizibilite ortaya konulmuştur. Farklı değerlerde elektrik enerjisi taleplerine göre bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak FV sistemler gerçekleştirilmiştir. Uygulama şebekeden bağımsız ve güneş takip eden (tracking) sistem olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Özellikle Türkiye şartlarında dört kişilik bir ailenin oturduğu bir konutun ortalama elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak bir sistem olması sebebi ile kurulu gücü 2,5 kW bir tasarım üzerinde durulmuştur. Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olmak üzere iki farklı çözüm karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Sistem Düzce şartlarına göre projelendirildiğinden Türkiye, Batı Karadeniz Bölgesi'nde kendi elektrik enerjisini güneş enerjisinden sağlamak isteyenler için bir model olmuştur.

Abstract

In this study, electrical design, mathematical analysis and feasibility of a house which its electrical energy need is supplied with photovoltaic (PV) system are presented. PV systems that can supply the electrical energy needs of a house which demands variable electrical energy are realized. The application is implemented in two different forms as off-grid system and solar tracking system. Because it is a system that can supply average electrical energy of a house where four-person family lives, especially in Turkey conditions, it is concentrated on a design that its installed power is 2,5 kW. Two different solutions are presented as off-grid and on-grid comparatively. Because the system is designed for Duzce conditions, it is a model for the ones who want to provide electrical energy from solar energy in The Western Black Sea Region, in Turkey.

1.Giriş

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önem kazanmasıyla birlikte güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilen FV sistemler üzerindeki çalışmalar ve uygulamalar son yıllarda yaygınlaşmıştır. FV sistemlerin, güneş enerjisini doğrudan

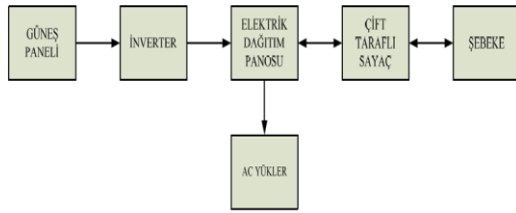
elektrik enerjisine dönüştürebilmeleri, çevreyi kirletmemeleri, yapılarının basit ve uygulamalarının kolay olmaları en önemli tercih sebebidir. FV sistemler çıkış gerilimi açısından şebekeye bağlı (on grid) ve şebekeden bağımsız (off grid) olarak iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Güneş panelinin konumu olarak da sabit ve hareketli sistemler olarak tasarlanabilmektedir. FV sistemler alanında yapılan çalışmalar sistemin modellenmesi ve tasarımı, güneş pillerinden maksimum gücün elde edileceği gerilimde sabit tutulması, optimum güneş paneli açısı, FV sistemlerde kullanılan cihazların kontrol edilmesi gibi alt başlıklar altında sıralanabilir[1,2]. FV sistemin analizi, modellenmesi ve tasarımı amacı ile güneş pili modeli oluşturulmuş, Modellenen güneş pili için farklı sıcaklık değerleri, farklı ışınım değerleri ve farklı sayıda seri ve paralel bağlı hücrelere bağlı olarak Akım-Gerilim ve Güç-Gerilim eğrileri elde edilmiştir [3]. Işınım ve sıcaklığın güneş pillerine etkisini incelemek için bu parametrelere bağlı bir matematiksel model oluşturulmuş ve bu model farklı türden güneş pilleri için test edilerek sonuçlar güneş pillerinin katalog bilgileriyle karşılaştırılmıştır[4]. Hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız FV sistemi temel olarak benzetim gerçekleştirilmiştir. Şebekeye bağlı sistemlerde kullanılan farklı sistem topolojilerini bilgisayar ortamında karşılaştırılması yapılarak, modül boyutu, batarya boyutu, modül eğiminin nasıl olması gerektiğini araştırılmıştır[5]. FV sistem bileşenleri olan modül, maksimum güç noktası izleyicisi, inverter, akü ve yük ele alınarak eğitim amaçlı FV sistem simülasyonları gerçekleştirilmiştir[6]. FV bir sistemde kullanılan inverterin matematiksel modeli oluşturularak inverterin iç kayıpları, lineer kayıpları ve yükten kaynaklanan kayıpların tespiti yapılarak inverterin verimi hesaplanmıştır[7]. Şebekeden bağımsız bir sistem ile bir sokak aydınlatmasının en uygun maliyette tasarımı için FV ve yakıt pilinden oluşan hibrid bir sistem önerilmiştir[8]. FV sistemlerde bataryanın şarj ve deşarj karakteristiklerini incelemek için farklı modeller üzerinde çalışılmıştır. Bir batarya üreticisinden elde edilen veriler kullanılarak batarya modeli geliştirilmiştir[9]. Farklı tip topolojiler güvenilirlik, bağlantı kayıpları ve uyumsuzluk açısından incelenmiş; modül topolojisinin en güvenilir ve en uyumlu topoloji, merkezi topolojide bağlantı kayıplarının en fazla olduğu saptanmıştır [10].

Şebekeye bağlı bir FV sistem için inverter kontrol topolojisi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sistemin matematiksel modeli

oluşturularak inverterin PWM anahtarlama sinyali kontrol edilmiştir. Sistemin aktif güç ve reaktif güç cevabına bakarak tepki verme süreleri incelenmiştir [11]. FV sistemden maksimum verim alınacağı gerilimde tutmak için sistemde kullanılan doğru akım dönüştürücüsünün kontrolü sağlanmıştır [12]. FV panel en uygun eğim açısını bulmak için coğrafik faktör metodu, bulanıklık indeksi metodu ve deklasyon açısı metodu gibi yöntemler kullanılmıştır[13]. Bu çalışmada FV enerji ile beslenen bir konut için elektriksel olarak projelendirme, matematiksel analiz ve fizibilite ortaya konulmuştur. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak güce sahip bir FV sistem gerçekleştirilmiştir. Uygulama şebekeden bağımsız ve güneş takip eden (tracking) sistem olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Kurulum gücü 1-5 kW güçleri arasında değişen sistemlerin şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistem olarak kurulumları halindeki güç analizleri, kurulumda ihtiyaç duyulacak FV eleman sayıları ve maliyet hesabı yapılmıştır. Bu analiz hem sabit hem de hareketli sistem için ayrı ayrı yapılmıştır.

2. Şebekeye Bağlı PV Sistem

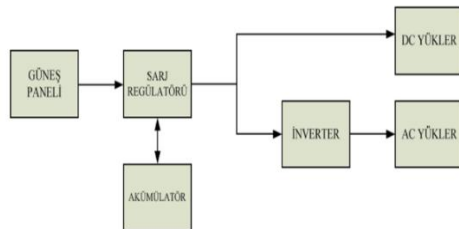
Şebekeye bağlı güneş sistemlerinin şebekeden bağımsız sistemlerden farkı akü grubunun olmamasıdır. Yani güneş panellerinin ürettiği fazla enerji depolanmaz şebekeye verilir. Yeterli enerji üretilmediği zaman ise şebekeden enerji alınır. Şekil 1’de şebekeye bağlı bir sistemin genel yapısı görülmektedir[14].



Şekil 1: Şebekeye bağlı bir sistemin genel yapısı

3. Şebekeden Bağımsız PV Sistem

Şebekeden bağımsız sistemler genellikle şebekeye erişimin zor olduğu yerleşim yerlerinden uzak olan bölgelerde telekomünikasyon ve trafik işaretleri gibi sistemlerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılırlar. Şekil 2’de şebekeden bağımsız bir sistemi oluşturan elemanlar görülmektedir. Genel olarak güneş paneli, şarj regülatörü, akümülatör(akü grubu) ve inverterden oluşmaktadır [14].



Şekil 2: Şebekeden bağımsız bir sistemin genel yapısı

4. Bir Konut İçin FV Sistemin Tasarımı

Bir evin günlük enerji tüketimi her gün farklılık gösterebilir. Bunun için haftalık toplam enerji tüketimi bulunarak bir günlük ortalama enerji tüketimi hesaplanabilir. Çizelge 1 de bir evin haftalık enerji ihtiyaç değerleri verilmiştir.

Çizelge 1’e göre örnek olarak alınan değerler dikkate alındığında, günlük ortalama enerji tüketimi=32500/7≈4642 Wh olarak belirlenmiştir. Sistem tasarımının günlük Wh enerji ihtiyacı, otonom süresi, çalışma gerilimi, yükün günlük profili gibi bilgilerin elde edildikten sonra gerçekleştirilmesi verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır. FV sistemlerde üretilen gücün tamamı yüke aktarılamaz. Sistemde kullanılan cihazların verimliliklerine bağlı olarak enerji kaybı meydana gelir. Bundan dolayı üretilecek hesabında bu enerji kaybı dikkate alınması gerekir. Bütün cihazların verimlilik oranları farklıdır. Güneş panelinin verimliliği (η_{pv}) % 80, akülerin verimliliği (η_{akü}) % 80 ve inverterin verimliliği (η_{inv}) % 90 civarındadır. Bütün bunlar dikkate alındığında sistem için verimliliği (η_{sis}) denklem 1’e göre hesaplanmıştır.

$$\eta_{sis} = \eta_{pv} \cdot \eta_{akü} \cdot \eta_{inv} = (0.80)(0.80)(0.90) = 0.58 \quad (1)$$

$$YE = ÜGE \cdot (0.58) \quad (2)$$

Çizelge 1: Bir Evin Örnek Haftalık Enerji İhtiyacı

| | ÇALIŞMA SÜRESİ (h) | ORT. GÜÇ (W) | ADET | ÇALIŞMA GÜNÜ | HAFTALIK ENERJİ TÜKETİMİ (Wh) |
|---------------|--------------------|--------------|------|--------------|-------------------------------|
| BUZDOLABI | 8 | 200 | 1 | 7 | 11200 |
| TELEVİZYON | 4 | 250 | 1 | 7 | 7000 |
| BİLGİSAYAR | 2 | 250 | 1 | 5 | 3000 |
| ÜTÜ | 0.25 | 1600 | 1 | 1 | 400 |
| FİRİN | 0.5 | 1000 | 1 | 1 | 500 |
| AYDINLATMA | 6 | 25 | 8 | 7 | 8400 |
| ÇAM. MAK. | 1 | 2000 | 1 | 1 | 2000 |
| TOPLAM | | | | | 32500 |

Denklem 2 yükün gücünü hesaplamak için kullanılır. Burada YE yükün enerjisini, ÜGE üretilmesi gereken enerjiyi ifade etmektedir. Buna göre 4642 Wh YE değeri için ÜGE değeri 8004 Wh olarak hesaplanmıştır.

Panel sayısı günlük enerji ihtiyacına ve güneşlenme süresine göre belirlenir. Panel sayısının belirlenmesinde Denklem 3 kullanılır. Burada PS panel sayısını ifade etmektedir. Günlük enerji ihtiyacı ÜGE değerine eşit olmalıdır. 200 W gücünde panellerin kullanılması durumunda, Denklem 3’e göre PS 12 olarak belirlenmektedir.

$$PS = \frac{\text{günlük enerji ihtiyacı}}{(\text{bir güneş panelinin gücü}) \cdot (\text{güneşlenme süresi})} \quad (3)$$

$$= \frac{8004 \text{ Wh}}{(200 \text{ W}) \cdot (3.5)} = 11.43$$

Enerji üretilmediği zaman enerji ihtiyacı akülerden sağlanacağı için akü kapasitesi belirlenirken kapalı geçen gün sayısı kadar enerji depo edileceği düşünülerek hesaplanır. Aynı zamanda deşarj olma faktörü (depth of discharge) Akü kapasitesi hesabı Denklem 4 ile verilmiştir. KGGS kapalı geçen gün sayısını ifade etmektedir.

$$\text{Akü kapasitesi} = \frac{\text{günlük enerji ihtiyacı}}{\text{deşarj olma faktörü}} \times \text{KGGs} \quad (4)$$

8004 Wh günlük enerji ihtiyacı, 0,65deşarj faktörü ve 1,5 kapalı geçen gün sayısı dikkate alındığında akü kapasitesi Denklem 4 'e göre 18460 W olarak hesaplanmıştır. Akü sayısı akü kapasitesine ve akünün kaç saat boyunca ne kadar akım üretebileceğini gösteren amper-saat(Ah) değerine göre belirlenir. İki tane 12 V 'luk akü seri bağlanırsa sistem gerilimi 24 V olur. 200 Ah'lik aküler kullanılırsa 18470 Wh enerji elde edebilmek için 2 tane akünün seri bağlı olduğu 4 paralel kola ihtiyaç vardır. Bu durumda her biri 200 Ah toplam 8 tane aküye ihtiyaç vardır. Böyle bir sistem 200x24x4=19200 Wh enerji depolayabilmektedir.

FV panellerde üretilen doğru akım değerini konutta kullanılacak alternatif akım değerine çevirmek üzere kullanılan inverter yükün çekebileceği maksimum gücü kaldırabilmelidir. Bir ev için bu buzdolabı, bilgisayar, ütü aydınlatma ve televizyon gibi cihazların aynı anda çalıştığı sırada çekilen toplam yük baz alınır. Çizelge 1 dikkate alındığında, 200 Wh*4 +250 Wh+1600 Wh +25 Wh*6=2700 W neticede, yaklaşık 2.5-3 kW değerine sahip inverter tercih edilmelidir. Sistemin şebekeden bağımsız veya şebekeye bağlı olmasına göre de inverter çeşidinin değişebileceği unutulmamalıdır

4.1 Maliyet Analizi

Sistemin maliyet hesabı yapılırken öncelikle şebekeden bağımsız olup olmadığına daha sonra hareketli sistem olup olmadığına karar verilir. Şebekeye bağlı sistemlerde akü grubu, sabit sistemlerde hareketli sistem modülü bulunmayacağı için bunlar hesaba katılmaz. Hareketli sistemlerde paneller hareketli sistemin üstüne yerleştirileceği için üçgen montaj ayağı maliyete dahil edilmez. Çizelge 2 de FV sistemde kullanılan elemanların birim fiyatları verilmiştir.

Çizelge 2: FV sistemde kullanılan malzeme fiyatları

| Malzeme Birim Fiyatları(\$/Adet) | |
|----------------------------------|------|
| Panel | 354 |
| Akü | 472 |
| MPPT | 137 |
| İnverter | 2208 |
| Kablo | 1,04 |
| Konnektör | 12 |
| Üçgen ayak | 12,5 |
| Hareketli sistem | 1656 |

Şebekeden bağımsız sistemlerde akü grubu bulunacağından akü maliyeti hesaba katılır. Eğer sistem sabit sistem ise hareketli sistem maliyeti hesaba katılmaz onun yerine üçgen profil ayaklar maliyete dahil edilir. Çizelge 3 de şebekeden bağımsız sabit bir sistemin(ŞBSS) ve Çizelge 4'de şebekeden bağımsız hareketli sistem (ŞBHS) maliyet tabloları görülmektedir. Sistem şebekeye bağlı ise akü maliyeti değerlendirilmez. Sistem hareketli sistem ise üçgen ayaklar yerine hareketli sistem platformu maliyet hesabına katılır. Çizelge 5 de şebekeye bağlı sabit bir sistemin maliyet hesabı görülmektedir. Çizelge 6 da ise şebekeye bağlı hareketli bir sistemin maliyet analizi görülmektedir.

Çizelge 3: 2.5 kW'lık ŞBSS Maliyet Tablosu

| Şebekeden Bağımsız Sabit Sistemin | | |
|-----------------------------------|-------|----------------|
| | ADET | \$ |
| Güneş Paneli(220 W) | 12 | 4248 |
| Akü (200 Ah) | 8 | 3776 |
| Mppt (Şarj Controller 30 A) | 3 | 412,41 |
| İnverter (3000 VA) | 1 | 2208,37 |
| Solar Kablo | 200 m | 208,86 |
| Konnektör | 8 | 415,36 |
| Üçgen Ayak | 6 | 70,8 |
| TOPLAM | | 11339,8 |

Çizelge 4: 2.5 kW'lık ŞBHS Sistem Maliyet Tablosu

| Şebekeden Bağımsız Hareketli Sistem | | |
|-------------------------------------|-------|-----------------|
| | ADET | \$ |
| Güneş Paneli(220 W) | 12 | 4248 |
| Akü (200 Ah) | 8 | 3776 |
| Mppt (Şarj Controller 30 A) | 3 | 412,41 |
| İnverter (3000 VA) | 1 | 2208,37 |
| Solar Kablo | 200 m | 208,86 |
| Konnektör | 8 | 415,36 |
| Tracking Sistem Platformu | 3 | 4968,39 |
| TOPLAM | | 16237,39 |

Çizelge 5: 2.5 kW'lık ŞBSS Maliyet Tablosu

| Şebekeye Bağlı Sabit Sistem | | |
|-----------------------------|-------|---------------|
| | ADET | \$ |
| Güneş Paneli(220 W) | 12 | 4248 |
| Mppt (Şarj Controller 30 A) | 3 | 412,41 |
| İnverter (3000 VA) | 1 | 2208,37 |
| Solar Kablo | 200 m | 208,86 |
| Konnektör | 8 | 415,36 |
| Üçgen Ayak | 6 | 70,8 |
| TOPLAM | | 7563,8 |

Çizelge 6: 2.5 kW'lık ŞBHS Maliyet Tablosu

| Şebekeye Bağlı Hareketli Sistem | | |
|---------------------------------|-------|-----------------|
| | ADET | \$ |
| Güneş Paneli(220 W) | 12 | 4248 |
| Mppt (Şarj Controller 30 A) | 3 | 412,41 |
| İnverter (3000 VA) | 1 | 2208,37 |
| Solar Kablo | 200 m | 208,86 |
| Konnektör | 8 | 415,36 |
| Tracking Sistem Platformu | 3 | 4968,39 |
| TOPLAM | | 12461,39 |

4.2 Şebekeye Bağlı Sistem İçin Analiz

Şebekeden bağımsız sistemlerde akü grubu kullanılmadığı için hesaba sadece inverter ve güneş panelinin verimleri dahil edilir.

Çizelge 7 de farklı güçlerdeki sistemler için analizi gösterilmektedir.

| | Panel Sayısı (220 W) | Akü Sayısı (200Ah) | Günlük Üretilen Enerji(Wh) | Yüke Aktarılacak Enerji(Wh) (Off Grid) | Yüke Aktarılacak Enerji(Wh) (On Grid) |
|--------|----------------------|--------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|
| 1 kW | 5 | 4 | 3850 | 2233 | 2806 |
| 2.5 kW | 12 | 8 | 8004 | 4642 | 5835 |
| 3 kW | 14 | 11 | 10780 | 6252 | 7859 |
| 4 kW | 19 | 14 | 14630 | 8485 | 10665 |
| 5 kW | 23 | 18 | 17710 | 10271 | 12910 |

Çizelge 7: Farklı güçlerdeki sistemler için analiz çizelgesi

4.3 Düzce Şartlarında FV Sistemin Kurulumu

Güneş panellerinin monte edileceği profiller zemine sağlam oturtulabilmesi ve güneş takip eden sistemin rüzgardan etkilenmemesi için yaklaşık 2 ton ağırlığındaki beton bloklar zemine konulmuştur. Güneş takip eden sistemin sabit ayağı beton hazırlanırken betonun içine gömülmüştür. Montaj bu ayağın üstüne yapılmıştır.

Güneş takip eden sistemi güneşin dik geleceği şekilde hareket ettirecek motor ve sürücüsü sistemin üzerine monte edilmiştir. Sistemin motoru enerjisini yine güneşten sağlamaktadır. Bunun için panellerin yerleştirileceği profillerin ucuna motoru beslemek için 17 V gerilim sağlayan 10 W gücünde panel konulmuştur. Güneş takip eden sistem güneş doğarken yönü doğuya dönüktür ve motoru beslemek için kullanılan güneş panelinin gerilimine göre hareket eder gerilim düştüğü zaman batıya doğru yönelerek güneşten maksimum gücün elde edildiği noktada konumunu sabitler. Güneş takip eden sistem güneş doğarken yönü doğuya dönüktür ve motoru beslemek için kullanılan güneş panelinin gerilimine göre hareket eder gerilim düştüğü zaman batıya doğru yönelerek güneşten maksimum gücün elde edildiği noktada konumunu sabitlemektedir. Şekil 3'de motorun sisteme montaj edildiği resmi görülmektedir.



Şekil 3: Güneş takip eden sisteme profillerin montajı

Sabit paneller zemine oturtulmak için 6 adet üçgen montaj ayağı kullanılmıştır. Montaj ayaklar yer ile 30° lik açı yapacak şekilde betona vida ile sabitlenmiştir. Şekil 4 da üçgen montaj ayakları görülmektedir. Sabitlenen paneller üzerine 9 metre boyundaki alüminyum profiller vidalanarak paneller için uygun zemin oluşturulduktan sonra panellerin montajı yapılmıştır.



Şekil 4: Üçgen montaj ayakları

4 adet güneş takip eden sistemde 8 adet sabit olmak üzere toplam 12 panel kullanılmıştır. Şekil 5 sistemin genel görünümüdür.



Şekil 5: Sistemin genel görünümü

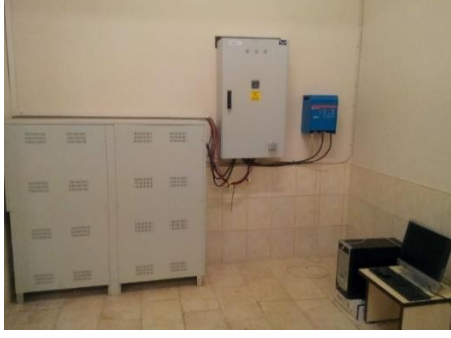
Akülerin muhafaza edileceği dolap 8 akü alabilmektedir. Akülerin her biri 12 V ve 200 Ah lik değere sahiptir. Akülerin ikişerli olarak seri ve seri olanlarda birbirlerine paralel olarak bağlanmaktadır. Böylelikle toplamda 24 V gerilim ve 800 Ah (amper saat) güce sahip akü grubu elde edilmiştir. Şekil 6 'de akülerin bağlanması görülmektedir.



Şekil 6: Akülerin bağlanması

Güneş panellerinden gelen enerji şarj kontrol cihazına uğradıktan sonra akülere gitmektedir. Şarj kontrol cihazları ve sigortalar bir elektrik panosunda muhafaza edilmektedir. Şekil 7 de akü dolabı, elektrik panosu, inverter ve sistemi izlemek için bilgisayarın genel görünümü verilmiştir. Elektrik panosunun içinde 4 adet şarj kontrol cihazı bulunmaktadır. Güneş takip eden sisteme ait 4 panel bir grup sabit panellerdeki 3'er panel birer grup ve kalan 2 panel bir grup olacak şekilde paneller paralel bağlanarak 4 grup oluşturulmuştur. Bu 4 grup ayrı ayrı şarj kontrol cihazlarına girmektedir. Bir şarj cihazının kaldırabileceği maksimum akım 30 amperdir. Dolayısıyla güneş panellerinden gelen toplam akım 30 amperi geçmemelidir. Şarj kontrol cihazlarının çıkışları akülere

bağlanmıştır. Akülerden de enerji inverter giderek AC güç elde edilmektedir.



Şekil 7: Akü dolabı, elektrik panosu, inverter ve sistemi izlemek için bilgisayarın genel görünümü

5. Sonuç

Yapılan bu çalışma ile 1-5 kW güçlerindeki sistemler için hem yenilenebilir enerji ile beslenen bir konut için elektriksel olarak projelendirme hem de matematiksel analiz ve fizibilite ortaya konularak maliyet hesabı yapılmıştır. Maliyet hesabı hem şebekeye bağlı olup olmaması durumuna hem de sabit veya hareketli olması durumlarına göre analiz edilmiştir. Farklı türden ve farklı güç sistemleri için gerekli malzemelerin hesabı yapılarak toplam maliyet hesabı yapılmıştır. Çizelge 8 de farklı sistemlerin maliyetleri görülmektedir.

| GÜÇ | ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ SİSTEM | | ŞEBEKESİNE BAĞLI SİSTEM | |
|--------|---------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | Sabit | Hareketli | Sabit | Hareketli |
| | \$ | \$ | \$ | \$ |
| 1 kW | 6511,32 | 8132,05 | 4623,32 | 6279,45 |
| 2.5 kW | 11339,8 | 16237,39 | 7563,8 | 12532,19 |
| 3 kW | 13769,13 | 20311,05 | 8577,125 | 15201,65 |
| 4 kW | 19837,5 | 28000,22 | 13229,5 | 21510,22 |
| 5 kW | 23614,7 | 33409,93 | 15118,7 | 25055,53 |

Çizelge 8: Farklı sistemlerin maliyetleri

Aynı güce sahip sabit bir sistem hareketli sistem olarak kurulduğunda maliyetin yaklaşık % 25 arttığı görülmüştür. Yine aynı güce sahip şebekeden bağımsız bir sistemin şebekeye bağlı şekilde kurulması halinde maliyetin % 30 azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada aynı zamanda bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak güce sahip bir FV sistem gerçekleştirilmiştir. Bir evin enerji ihtiyacını karşılayacak bir sistem şebekeden bağımsız sabit sistem olarak kurulmak istenirse maliyeti yaklaşık 11000 \$ olacaktır. Uygulama şebekeden bağımsız, güneş takip eden (tracking) sistem ve sabit sistemden meydana gelmektedir. Sistemin kurulu gücü yaklaşık 2.5 kW dır. Güneş panellerinin maksimum verimde çalışması için mppt özelliğine sahip şarj kontrol cihazları kullanılmıştır. Bu şarj kontrol cihazları güneş panellerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayarak verimi arttırdığı görülmüştür. Ayrıca akü grubunun güç kapasitesi 19 kW dır. Dolayısıyla aküler tamamen boş iken dolmaları yaklaşık 20 saat sürmektedir. Akülerin tam dolu iken güneş panelleri hiç enerji

üretme bile bir evin enerji ihtiyacını aküler 3 gün boyunca karşılayabilmektedir. Kendi elektrik enerjisini güneş enerjisinden sağlamak isteyenler için bir model olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Kumbasar A., Da çevirici temelli fotovoltaik elektrik üretim sistemlerinin incelenmesi ve simülasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, (2010).
- [2] Özdemir Ş., Fotovoltaik sistemler için mikrodenetleyicili en yüksek güç noktasını izleyen bir konvertörün gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, (2007).
- [3] Şahin M. E., Okumuş H. İ., Güneş pili modülünün matlab/simulink ile modellenmesi ve simülasyonu, Cilt 3, Sayı 5, Haziran (2013) 17-25.
- [4] Chenni, R., Makhlof, M., Kerbache, T., and Bouzid, A, A detailed modeling method for photovoltaic cells, *Elsevier*, 32., (2007), 1724-1730.
- [5] Çekinir S., Fotovoltaik güç sistemlerinin modellenmesi ve benzetimi *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2012).
- [6] Kılıç I. M., Fotovoltaik sistem eğitimi için bir simulink araç kutusu tasarımı ve uygulaması *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2007).
- [7] Eltawil, M. A., and Zhao, Z., Renewable and sustainable energy reviews, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, doi: 10.1016/j.rser..07.015 (2009)112-129.
- [8] Lagorse, J., Paire, D., and Abdellatif, M., Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, pv and battery, *Renewable Energy*, 34, (2009) 683-691.
- [9] Tremblay, O., Dessaint, L., and Dekkiche, A., A generic battery model for the dynamic simulation of hybrid electric vehicles, *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, (2007) 284-289.
- [10] Rohouma, W. M., Molokhia, I. M., and Esuri, A. H. , Comparative study of different pv modules configuration reliability, *Solar Energy*, 209, doi: 10.1016/j.desal.2007.04.020 (2007) 122-128.
- [11] Elhelali S., Hidouri N., Sbita L., A controlled topology for a grid connected photovoltaic system *Proceedings Engineering & Technology* Vol 1 (2013) 173-180.
- [12] Khateb A., Rahim N. A., Selvaraj J., Optimized pid controller for both single phase inverter and mppt sepıc dc/dc converter of pv module *IEEE International Electric Machines & Drives Conference*, (2011) 1036-1041.
- [13] George A., Anto R., Analytical and experimental analysis of optimal tilt angle of solar photovoltaic systems *978-1-4673-2636-0/12 IEEE*, (2012) 234-239.
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter