

FOTOVOLTAİK PANEL BESLEMELİ GÜÇ LED'Lİ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Engin ÇETİN¹ Pehlül KELEŞ² Murat AYDOS³

^{1,2,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Pamukkale Üniversitesi, Kampüs, Denizli

¹e-posta: engincetin@pamukkale.edu.tr ²e-posta: pehlulkeles@yahoo.com

³e-posta: maydos@pamukkale.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Fotovoltaik Panel, Güç Ledi.

ABSTRACT

With the increasing amount of work on renewable energy sources, there has been a significant development on photovoltaic energy industry. Photovoltaic cells are often used in many application areas. One of these applications is illumination systems. The efficient usage of photovoltaic systems in illumination circuits is only possible by the use of materials that consume less energy but produce considerable amount of illumination. Therefore, the main focus of this work concentrated on power led's, which contain the above mentioned characteristics. In this work, an illumination system using a power led and fed by a photovoltaic panel is analyzed and improved, then the usability of this type of illumination system is investigated.

1. GİRİŞ

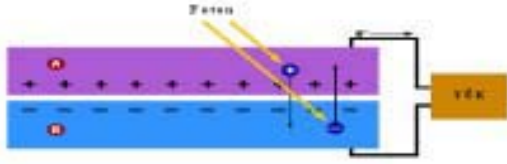
Geleneksel enerji üretim kaynaklarının, başta rezerv azalması ve çevreye olan olumsuz etkileri, insanları yeni teknolojilerin araştırılmasına yöneltmiştir. Dünya genelinde sıvı fosil yakıt üretiminin gelecek 15 yıl zarfında artmaya devam edeceği ve daha sonra azalmaya başlayacağı öngörülmektedir [1]. Bununla birlikte, fosil yakıt rezervlerinin paylaşımı, çıkarılması, işlenmesi, taşınması ve kullanılması esnasında savaş da dahil olmak üzere büyük insani ve çevresel felaketler yaşanabilmektedir. Günümüzde insanlık, yeni ve yenilenebilir enerji üretim kaynaklarına (YEK) olan ilgisini arttırmıştır. Bu noktada özellikle güneşten elektrik enerjisi üretimi anlamına gelen “Fotovoltaik Enerji”, çevreye zararlı etkilerinin minimum düzeyde olması, işletme bakım maliyetlerinin neredeyse sıfır olması,

modüler yapıya sahip olması ve özellikle şebekenin ulaşmadığı yerleşim birimlerinde reel bir çözüm olarak ortaya çıkması gibi nedenlerle popüler hale gelmiştir [2].

Hemen hemen her türlü alana uygulanabilen fotovoltaik enerji, son yıllarda “Güç Ledi” adı verilen aydınlatma elemanlarıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Sinyalizasyon, lokal aydınlatma, reklamasyon, işaretleme gibi pek çok alanda, şebekeden bağımsız besleme yapmak için fotovoltaik paneller, aydınlatma için de güç ledleri kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, güç ledi ve fotovoltaik panelle oluşturulan bir düzenek ele alınmış, bu düzenğin genel aydınlatma amaçlı kullanılabilirliği incelenmiştir.

2. FOTOVOLTAİK MODÜLLER

Fotovoltaik modüller, güneşten gelen enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştüren elemanlardır. Güneşten gelen fotonlar, üzerlerinde bulunan enerjiyi, bir yarıiletken olan modül üzerindeki hücrelerdeki jonksiyon bölgelerine aktarırlar. Aktarılan bu enerji, bir elektron hareketini meydana getirir. Bu da elektrik akımını doğurur. Bu elektrik akımı, hücrenin kontakları arasına yük bağlamak suretiyle DC olarak doğrudan doğruya kullanılabilir [2]. Şekil 1'de, bu durum görülmektedir.

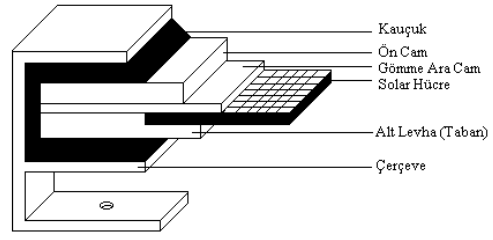


Şekil 1. Fotovoltaik hücreden elektriğin elde edilmesi

Fotovoltaik modüller, seri ve paralel bağlanarak istenilen çıkış geriliminde ve güçte diziler elde edilebilir.

Çalışmada kullanılan fotovoltaik modül, Siemens ST-10 modülüdür. Siemens ST-10 modülü, güneş ışığından doğrudan doğruya elektrik enerjisi üretir. Bu modül, sadece gün ışığını kullanarak, atık veya kirlilik yaratıcı bir oluşuma sebebiyet vermeksizin elektrik üreten bir katı-hal jeneratördür. Çalışma sıcaklığı -40 ile +85 °C arasındadır. 12V sistemlerde kullanım için dizayn edilen ST-10, AC ve DC uygulamalarda kullanılabilir bir yapıya sahiptir. Gün ışığının az olduğu durumlarda bile elektrik üretmeye devam eder [3].

ST-10 modülü, seri bağlı Copper Indium diSelenide (CIS) bazlı solar hücrelerden oluşan, monolitik (tek parça) bir yapıdır. Bu çok katmanlı yapılar, Siemens tarafından üretilen, geliştirilen ve "Power Max Thin Film Technology" şeklinde adlandırılan yapılardır. Bu teknoloji, gün ışığından en verimli şekilde faydalanmayı sağlar [3]. Şekil 2'de, ST-10 modülünün yapı kesiti görülmektedir.



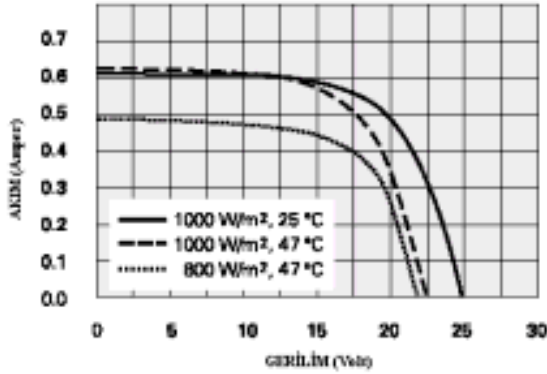
Şekil 2. Siemens ST-10 fotovoltaik modülünün yapı kesiti

ST-10 modülü, tekli kristal silikon teknolojisiyle imal edilmiştir. Böylelikle bu modülün; çoklu kristal, amorf-silikon ve diğer ince film teknolojileriyle üretilen modüllere göre daha verimli olması sağlanmıştır [4]. ST-10 modülünün ön katmanı, daha yüksek ışık aktarımı sağlar nitelikte özel cam ile kaplanmıştır. Aynı zamanda bu katman, yarıiletken tabakanın rüzgardan, dış darbe (modül, 2400 N/m² gibi çok yüksek basınçlara dayanabilir) ve etkilerden korunmasını sağlar. Yarıiletken tabakayı oluşturan solar hücreler, yüksek verimlilik için galyum ve sülfürün birleşimiyle meydana getirilmiştir. Modülün etrafındaki alüminyum çerçeve, modülü korur ve solar hücrelerin elektriki izolasyonunu sağlar. Bu çerçeve, mutlaka topraklanmalıdır.

Tablo 1'de, ST-10'un elektriksel özellikleri, Şekil 3'te ise, gerilim-akım karakteristiği görülmektedir.

Tablo 1. Siemens ST-10 fotovoltaik modülünün elektriksel özellikleri

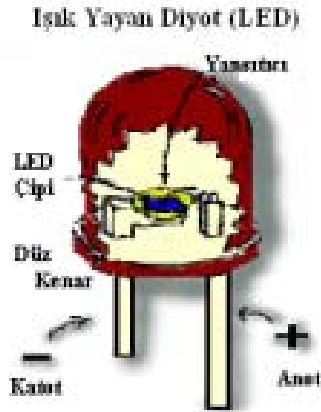
Siemens ST-10 Elektriksel Özellikleri		
Maksimum Çıkış Gücü	$P_{max} [W_p]$	10
Minumum Çıkış Gücü	$P_{min} [W_p]$	9
Nominal Akım	$I_{MPP} [A]$	0,64
Nominal Gerilim	$V_{MPP} [V]$	15,6
Kısa Devre Akımı	$I_{SC} [A]$	0,74
Açık Devre Gerilimi	$V_{OC} [V]$	21
Maks. Açık Devre Gerilimi	$V_{MOC} [V]$	30



Şekil 3. Siemens ST-10 gerilim-akım karakteristiği

Her fotovoltaik modülde olduğu gibi, ST-10 modülünün de en verimli şekilde kullanılabilmesi için, uygulama sahasına doğru bir biçimde yerleştirilmesi gerekir. Modülden yıl boyunca en verimli şekilde faydalanmak için, doğru yerleşim açısı belirlenir. Bu açı, yerleşim bölgesinin enlem olarak bulunduğu dereceye 20° eklenerek bulunur. Ayrıca modülün yüzü, yerleşim bölgesi kuzey enlemdeyse güneye, güney enlemdeyse kuzeye bakmalıdır.

3. GÜÇ LEDLERİ



Şekil 4. Güç ledinin kesiti

Şekil 4'te, bir güç ledinin kesiti görülmektedir. Geleneksel ışık kaynaklarının çoğunda görünür ışık, metal filamanların ısıtılmasıyla veya bir gaz boşalmasındaki mor-ötesi ısımanın görünür ışığa dönüştürülmesiyle ortaya çıkan bir yan üründür.

Ledlerde ise bunun aksine, elektrik akımı, ışık vermesine neden olacak şekilde katı bir kristal içerisinden geçirilir. Kullanılan kristallerde iki bölge vardır; elektronlarla aşırı dolu bir n-tipi bölge ve elektron eksikliği olan p-tipi bölge. Aradaki geçiş bölgesinde (ki p-n geçiş bölgesi veya bariyer birleşme yeri olarak da bilinir), kristale doğru akım uygulandığında elektron fazlalıklarının ve elektron eksikliklerinin dengelendiği yeniden birleştirme işlemiyle ışık üretilir [5].

Elde edilen ışığın emisyon spektrumunun bant genişliği küçüktür. Baskın çıkan dalga boyu yarı-iletken kristali üretmekte kullanılan malzemelere bağlıdır. Günümüzde, aydınlatma uygulamaları için imal edilen ledlerin kırmızı veya sarı olanları alüminyum indiyum galyum fosfat (AlInGaP) ve yeşil ya da mavi olanları indiyum galyum nitrat (InGaN) tabanlı olarak üretilmektedir [5].

Beyaz ışık, renk karıştırma veya ışıltama dönüşümü yoluyla üretilebilir. Işıltama boyaları mavi ya da mavi-yeşil ledlerin yaydığı ışımının birazını soğurur ve sarı-turuncu ışığa yayarlar. Bu emisyonlar üst üste geldiğinde gözlerimiz onları beyaz ışık olarak algılar. Bu sayede, renk sıcaklığı 3000^0 ile 7000^0 Kelvin arasında değişen beyaz ledleri üretmek mümkündür. Renksel geriverim indeksi 70-75 civarındadır [5].

Kırmızı-turuncu ve sarı-yeşil ışık yayan iki ayrı ışıltama boyası kullanıldığında daha iyi renksel geriverim ve daha düşük renk sıcaklıkları elde edilebilir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde ledlerin ışık veriminde kayda değer bir artış bekleyebiliriz. Zira henüz ne iç kuantum verimine (yarı-iletkenlerde yüzde 10 ile yüzde 100 arasında) ne de çıkarılan ürün (yüzde 10 ila 30 arasında) potansiyelinin tamamına ulaşmış değildir [5].

İlgili uygulamalar için üretilmiş olan ışığın veriminden ayrı olarak, ışık yayan diyodun uzun ömrü de toplam tasarrufta önemli bir faktördür. Ledlerin uzun ömrü, bu ışık kaynaklarıyla donatılmış

herhangi bir aydınlatma donanımının bakım periyodunu da bir hayli uzatmaktadır. Uygulamaların çoğunda led modüllerinin ömrü en az armatürlerinki kadardır. Bu nedenle böyle uygulamalarda aydınlatmanın hiç bakım gerektirmeyeceği varsayılabilir. Led endüstrisinin 2004 yılı sonuna kadar beyaz ve mavi ledlerin ömrünü yaklaşık 50.000 saate çıkarabileceği tahmin edilmektedir [5].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmada, fotovoltaik panel beslemeli, güç ledli bir devre tasarlanmıştır. Fotovoltaik modül olarak, ikinci bölümde bahsi geçen Siemens ST-10 fotovoltaik modülü kullanılmıştır. Şekil 5'te, Siemens ST-10 fotovoltaik modülü görülmektedir.

Şekil 6'da ise, deneysel çalışmada kullanılan Ninex F20A1HW-120 model güç ledi görülmektedir. Bu led, 3.4V nominal gerilim değeri altında 350mA akım çekmekte ve maksimum 16 lümen ışık akısı verebilmektedir.

Deneysel çalışmada kullanılan ve şekil 7'de görülen HW LA612 model kuru tip akü, 6V/1.2Ah nominal değerlere sahiptir.



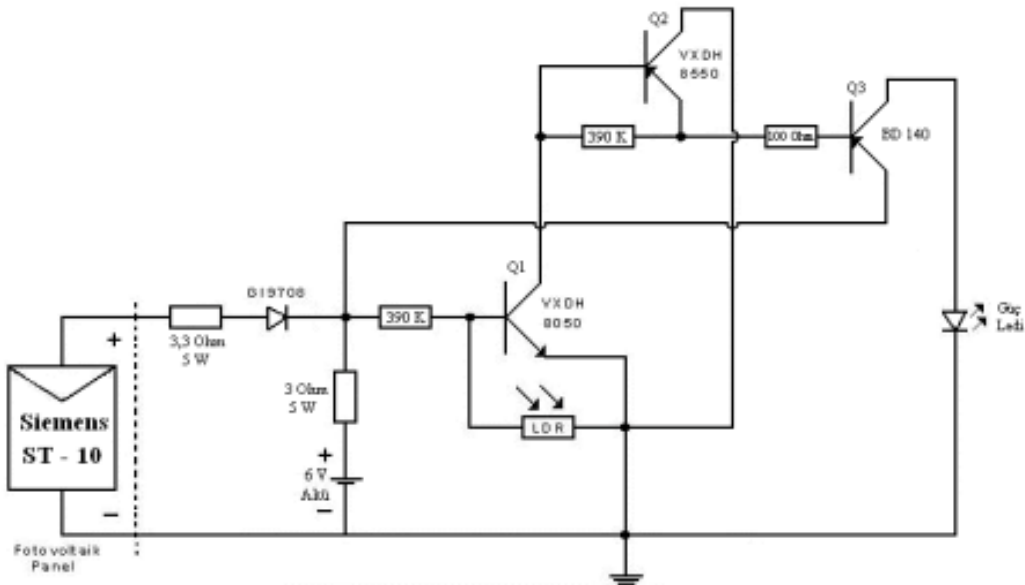
Şekil 5. Siemens ST-10 fotovoltaik modülü



Şekil 6. Ninex F20A1HW-120 model güç ledi



Şekil 7. HW LA612 model kuru tip akü



Şekil 8. Tasarlanan devre şeması

Şekil 8’de, tasarlanan devre şeması görülmektedir. Bu devre, LDR (Light Dependent Resistor) vasıtasıyla gün ışığını algılayabilmektedir. Gün ışığı mevcutken fotovoltaik panel ile akü şarj edilir. Gün ışığı mevcut değilken ise, akü üzerinden güç ledi beslenmekte ve böylelikle aydınlatma işlemi yapılmaktadır.

Şekil 9 ve 10’da ise, sistemin gün ışığı mevcutken ve mevcut değilkenki durumları görülmektedir. Gün ışığı etkisini oluşturabilmek için panel yüzeyi 250W’lık halojen lamba ile aydınlatılmıştır.

Şekil 11 ve 12’de, sırasıyla akü çıkış gerilimi ve güç ledi üzerine düşen gerilim değerleri görülmektedir.

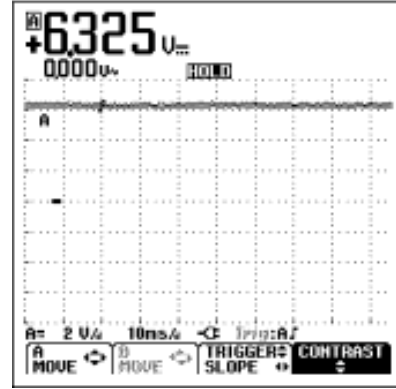


Şekil 9. Gün ışığı mevcutken sistemin durumu

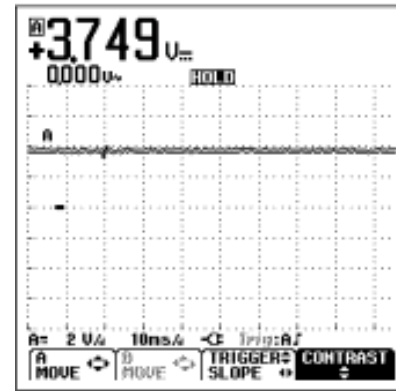


Şekil 10. Gün ışığı mevcut değilken sistemin durumu

Şekil 8’de tasarlanan devrede Siemens ST-10 fotovoltaik panelinden elde edilen 12V’luk gerilim $3.3\Omega / 5W$ ’lık taş direncin gerilim bölücü etkisi ile 6V-1,5A’lık aküyü gün ışığı altında şarj etmektedir. Sistemde bulunan GI9708 diyodu ile aküden panele doğru akım akışı engellenmiştir.



Şekil 11. Akü çıkış gerilim değeri



Şekil 12. Güç ledi üzerine düşen gerilim değeri

Akünün çıkışında elde edilen 6V’luk gerilim $1\Omega/5W$ ’lık dirençlerin gerilim bölücü etkisi ile devreye yaklaşık 4V olarak aktarılmaktadır.

Kaynaktan elde edilen akım, Q_1 transistörünün bazı ile emetörü arasına bağlı LDR ışık altındayken baz-emetör arasını kısa devre yaparak Q_1 transistörünün ilettime geçmesini engeller. LDR, ortam karanlığa döndüğünde Q_1 transistörünün baz-emetör arasını açık devre yaparak, Q_1 transistörünün ilettime geçmesine izin verir. İlettime geçen Q_1 transistörü Q_2 transistörünün bazını tetikleyerek Q_2 ’nin ilettime geçmesini sağlar. İlettime geçen Q_2 transistörü Q_3 güç transistörünü sürerek güç ledinin enerjilenmesini sağlar.

Tasarlanan devredeki gerilim değerleri osiloskopa gözlenmiştir. Bataryadan elde edilen gerilim,

Şekil 11'de görüldüğü üzere 6.325V'tur. Güç ledi üzerine düşen gerilim ise, Şekil 12'de görüldüğü üzere 3.749V'tur. Bu gerilim değerleri altında güç ledinin çektiği akım 332,4mA'dır.

Lüksmetre ile yapılan ölçümde güç ledinin aydınlık düzeyi 633lux olarak ölçülmüştür (karanlık ortamın aydınlık düzeyi 3lux).

Tasarlanan devrenin çıkışında kullanılan BD 140 güç transistörü ile lede aktarılan kazanç artırılıp çıkışta 3.8 V, 1110 mA değerlerine kadar ulaşılabilmiştir. Bu değerler, devreye birden fazla güç ledi bağlanmasına olanak verir. Ayrıca Q₂ transistörünün bazı ve emetörü arasına konan 390K'lık direnç, ortam loş ışık altında ise ledin enerjilenmesini engeller, ortam tam karanlığa geçtiği anda ise ledin enerjilmesine izin verir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, enerji üretim sektöründe kullanım alanı her geçen gün artan fotovoltaik enerji dönüşüm sistemleri ve son yıllarda süratli bir gelişme göstererek kullanım alanı genişleyen ve aydınlatmada tasarrufu ön plana çıkaran güç ledi teknolojisi ele alınmıştır.

Fotovoltaik bazlı aydınlatma sistemleri 1989 yılından itibaren fotovoltaik sistemlerin en geniş şekilde uygulandığı alanlardan biri olmaya başlamıştır. Fotovoltaik bazlı reklam panoları ve işaret aydınlatmalarının dünya üzerinde 15 binden fazla örneği oluşmuştur. Bu noktada tasarrufu ön plana çıkaran güç ledleriyle fotovoltaik panellerin entegrasyonu yoluna gidilmiştir. Güç ledleri üzerine yapılan çalışmalar, bu teknolojinin yakın bir

gelecekte klasik aydınlatma elemanlarının yerini alacağını göstermektedir.

Yapılan bu çalışmada; uzun süre boyunca yüksek aydınlatma düzeyine ulaşabilmek için; gündüz güneş enerjisi ile şarj olan akü, gece olması ile birlikte otomatik olarak özel lambasını (güç ledi) enerjilendirerek aydınlatma sağlamaktadır. Bu düzenek sayesinde tüm gece boyunca verimli bir aydınlatma yapmak mümkündür. Sistemin geliştirilmek suretiyle uygulanabilirliğinin artırılması hedeflenmektedir.

Teknolojik gelişmeler, petrol, doğalgaz, kömür gibi bilindik enerji üretim hammaddelerinin azalma eğilimi içine girmesi, bu tür enerji üretim kaynaklarının ekolojik dengeye karşı olumsuz etkileri, enerjinin verimli kullanımı gibi daha bir çok etken, yapılan bu çalışmanın ne derece önemli ve popüler bir alan üzerine inşaa edildiğini gösterir niteliktedir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde bu alanda patlama niteliğinde gelişmeler olacağını beklemek, fazla hayalcilik olmasa gerek.

KAYNAKLAR

- [1] Veziroğlu T. N. ve Noyan Ö. F., 21. Yüzyılın Enerjisi: Hidrojen Enerji Sistemi, Türkiye 4. Enerji Sempozyumu, s. 11-34, Ankara, 2003.
- [2] Çetin E., Sıfır Akım Anahtarlama Tekniğinin AC Besleme Yapan Bir Fotovoltaik Enerji Dönüşüm Sistemine Uygulanması, PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [3] Siemens ST-10 Datasheets, 2001.
- [4] Siemens Solar Product Catalog, 1999.
- [5] Kınalı, N., "COB Teknolojisi", Tridonic Atco, www.tridonicatco.com