

TASARIMA YARDIMCI BİLGİLER



FOTOVOLTAİK PİLLER VE BİR FOTOVOLTAİK SU POMPASININ TASARIM ESASLARI

Y.Doç.Dr. Mustafa ACAR*
Makina Müh.Böl.
AÜ-İSPARTA

SUMMARY

Scientific and technological studies on getting electrical energy by photovoltaic systems are rapidly developing. Nowadays the area of application of photovoltaic systems are limited because of their high cost of production. It is economical to take advantage of using of this systems in remote areas for communications, water pumping and lighting. In this paper the method of producing electrical energy from photovoltaic cells is briefly studied and then the principles of a photovoltaic water pumping system used in agricultural field is explained.

ÖZET

Fotovoltaik sistemlerle elektrik enerjisi elde etme konusunda bilimsel ve teknolojik çalışmalar hızla ilerlemektedir. Günümüzde fotovoltaik sistemlerin uygulama alanları, sistem üretim maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle sınırlıdır. Fakat bazı özel konumdaki alanlarda haberleşme, sulama ve aydınlatma için Fotovoltaik pillerin kullanımı ekonomiktir. Bu makalede Fotovoltaik pillerinden elektrik enerjisi elde etme yöntemi kısaca anlatılmış daha sonra tarımsal alanda kullanılan bir Fotovoltaik su pompalama sisteminin tasarım esasları açıklanmıştır.

GİRİŞ

Güneş pilleri hareketli aksamı olmaması, güvenilir, çok az bakım gerektirmesi ve çevre kirliliği yaratmaması gibi bir çok özelliği nedeniyle günümüzde ilgi çeken ve ilerisi için ümit vaad eden yeni bir enerji üretim sistemidir. 1970 öncesi yalnız uzayda kullanılan bu sistemler 1970 yılı sonrasında dünya petrol enerji krizinden sonra dünyamızda da kullanılmaya sınırlı olarak başlanmıştır. Günümüzde güneş pilleri üzerindeki araştırmalar oldukça yol katetmiş olup ticari amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Güneş pilleri sisteminin modüller olması istenilen düzeyde güç elde edilebilmektedir. Modüllerin birleşimi ile bir kaç wattlık güçlerden megawattlık güçlerin elde edilebilir olması bu sistemlerin yaygın kullanımına olanak sağlamıştır. Güneş pili modülleri çeşitli kombinasyonlarda bir araya getirilerek istenen gerilim (12 V, 24 V, 48 V, ..., vs.) ve istenilen akım sağlanmış olur.

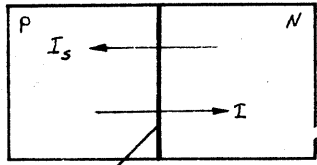
Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Enerjisi Elde Etme

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemlerin başında fotovoltaik etki ile çalışan güneş pilleri gelir. Güneş pilleri yarı iletken teknolojisine dayalı, üzerine düşen güneş ışınlarındaki enerjiyi teorik olarak % 30'a kadar doğru akım elektrik enerjisine çeviren enerji güç sistemleridir. Günümüzde silikon yaygın olarak güneş pillerinde kullanılan yarı iletken malzemedir.

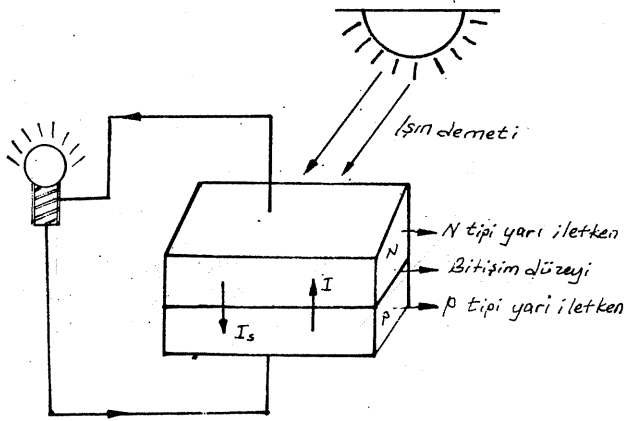
Işığın etkisi altında bulunan yarı iletkenlerin elektriksel özelliğinin değiştiği bilinmektedir. P ve N tipi yarı iletkenler bir düzlem üzerinde birleştirilsinler. P tipi maddeler dışarıdan elektron kabul etmeye ve N tipi maddeler ise dışarıya elektron vermeye daha yatkın-

* Yazar 6. Cilt 1. Sayıda tanıtılmıştır.[s:21]

dır. Yeter enerjide bir ışın demeti PN bitişimi üzerine düştüğü zaman ışık demeti bir foton demeti olup atomik boyutlar küçük olduğu için foton bir serbest elektron, bir valans elektronu ya da bir boşlukla karşılaşabilir. Bu durumda bir yük hareketi meydana gelir. Foton absorblanması ile meydana gelen yük taşıyıcılar çoğunlukta olduğu bölgelere doğru sürüklenip bitişim düzeyinde bir I_s akımı oluşturur ve P bölgesi (+), N bölgesi (-) yüklenir (Şekil 1a). Burada I_s akımı bitişimi düz yönde kutuplar ve bundan dolayı P'den N bölgesine doğru I akımı geçer. Bitişim temas potansiyel farkı, mevcut elektrik alanı nedeniyle bir dış devre bağlantısı olmaması halinde devamlı azalır çoğalarak I_s akımı I akımı ile dengelenir. Eğer PN bitişimi bir yük üzerinden dış devre bağlantısı yapılırsa I_s akımının bir kısmı dış devreden akar ki bu durumda PN bitişimi ışığı elektrik enerjisine çevirmiş olur (Şekil 1b).



(a)



(b)

Şekil 1

Güneş Enerjisi ile Çalışan Derin Kuyu Su Pompalarının Tasarım Esasları

Burda İzmir ili çevresinde mevcut elektrik sisteminden yararlanamayan tarımsal bir alanın sulaması için güneş enerjili derin kuyu su

pompasının tasarım hesapları yapılacaktır. Sistemin çalışması için gerekli elektrik enerjisini sağlayacak güneş pili modüllerinin miktarı tespit edilecektir. Hesaplar iki başlık altında yapılacaktır.

Güneş Enerjisi ve Pompa Seçimi İçin Yapılan Hesaplar

Adım 1: Güneş Enerjisinin Toplanması

İzmir ili için değişik eğimlerde konumlandırılan güneş pili modüllerinde aylara göre toplanan günlük ortalama radyasyon miktarları hesaplanarak sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Sistemin tasarımı için güneş enerjisinden en az yararlanılan aydaki ortalama günlük radyasyon miktarı esas alınacaktır. Tablo 1'de görüldüğü gibi Aralık' ayında 60° 'lik eğim (tilt) açılı halde güneş enerjisinin ortalama günlük toplamı 3.30 kwh/m^2 gün değerinde olmaktadır.

Adım 2: Kullanılabilir Güneş Enerjisi Miktarı

Toplanan güneş enerjisinin tümü pompanın çalışmasında kullanılmaz. Bu nedenle pompanın çalışması ve durması sırasında toplanan güneş enerjisinin bir miktarından yararlanamayız. Bu nedenle bir enerji kayıp faktörü seçilir (deneysel ölçümlerden bu kayıp faktörünün 0.95 civarında alınabileceğini göstermiştir). Bu duruma göre kullanılabilir güneş enerjisi miktarı $3.30 \times 0.95 = 3.13 \text{ kwh/m}^2$ gün olur.

Adım 3: Azami Güneş Saatleri

Azami güneşlenme saatleri sayısal olarak (Adım 2)'de bulunan kullanılabilir günlük ortalama güneş enerjisi miktarına eşit alınmaktadır. Buna göre,

$$\text{Azami güneşlenme saati} = 3.13 \text{ h/gün}$$

Adım 4: Günlük Kullanılacak Su Miktarı

Uygulama alanında tarımsal sulama için gerekli su miktarı 15 ton/gün kabul edildi.

Adım 5: Akış Debisi

Azami akış debisi, azami günlük güneş enerjisinden yararlanma saatleri süresince gerekli suyun pompalandığını kabul ederek hesaplanmaktadır. Buna göre,

$$\text{Azami akış debisi} = \frac{1500}{3.13 \times 3600} = 1.33 \text{ kg/s}$$

Adım 6: Azami Hız

1 1/4" iç çapında çelik boru seçildi. Buna göre boru içinde suyun azami akış hızı,

$$\text{Azami akış hızı} = \frac{1.33}{\frac{(3.175)^2}{4} \times 10^{-4} \times 1000} = 1.68 \text{ m/s}$$

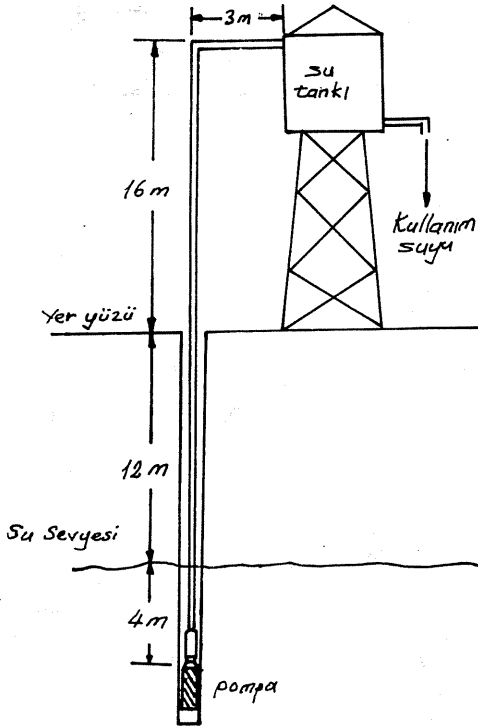
Pompa Yük Hesapları

Su gereksinimini karşılayacak kuyunun konumu ve tanka su pompalama sisteminin şematik bir görünüşü Şekil 2'de görülmektedir. Şekilde görülen yükseklik ölçüleri kabul edilmiştir. Kullanılan pompa su içinde çalışabilir özellikte olacaktır.

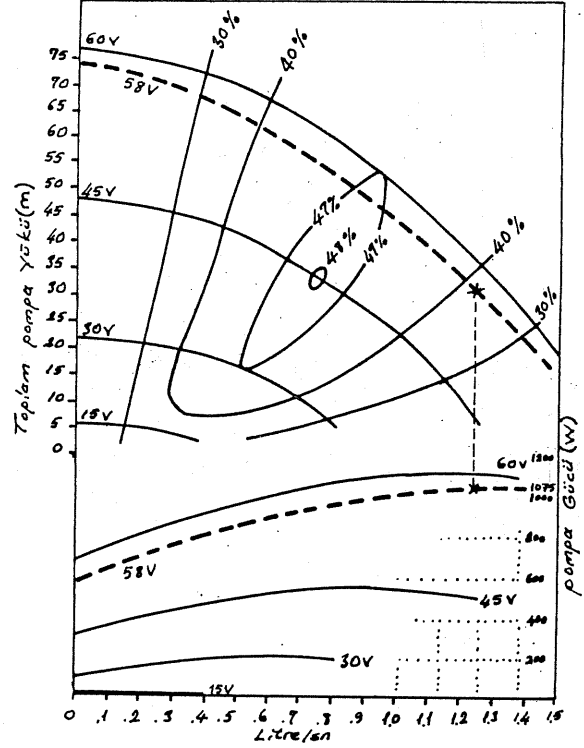
Statik Yük

Pompanın statik yük hesabında esas alınan yükseklik ölçüleri Şekil 2'deki su pompalama sisteminde kabul edilen yükseklik ölçüleridir. Su tankı atmosfere açık olduğundan sistemin basınç yükü sıfırdır. Buna göre;

Toplam statik yük = $-4 + 12 + 16 + 0 = 24 \text{ m}$ dir.



Şekil 2



Şekil 3 Pompa karakteristikleri

Dinamik Yük

Şekil 3'deki boru uzunluklarına ve akış hızına bağlı olarak hesaplanan hız yükü 0.14 m ve sürtünme yükü 3 m'dir. Buna göre,

Toplam dinamik yük = $0.14 + 3 = 3.14 \text{ m}$ dir.

Toplam Pompa Yükü

Pompanın toplam yükü, toplam statik yükle toplam dinamik yükün toplamıdır. Buna göre,

Pompanın toplam yükü = $24 + 3.14 = 27.14$

Pompa Seçimi

Güneş enerjisi ile çalışan değişik tipte derin kuyu pompaları kullanılabilir. Ancak pompa su içinde çalışabilir olmalıdır. Bu uygulamada karakteristik değerleri Şekil 3'de verilen Jacuzzi SJI-D10 tipi pompa seçildi. Şekil 3'e göre seçilen pompanın bazı karakteristik değerleri şunlardır:

Motor voltajı = 58 volt
Elektrik gücü (motora giren elektrik gücü)
= 1075 w

Pompa için günlük elektrik enerjisi gereksinimi günlük su gereksinimini karşılamak için gerekli elektrik enerjisi günlük azami güneşten yararlanma saati ile pompa motorunun elektrik gücünün çarpımına eşittir. Buna göre,

Günlük elektrik enerjisi gereksinimi

$$= 1075 \times 3.13 = 3365 \text{ wh/gün}$$

Güneş Pili Modül Miktarının Hesabı

Seçilen pompanın elektrik enerji gereksinimini sağlayacak güneş pili modüllerinin miktarı seçilerek modül tiplerine göre değişmektedir. Günümüzde değişik tipte ve kapasitede güneş pili modülleri üretilmektedir. Bu uygulamada SX-146 tipi modüller seçildi. Şekil 4'de bu tip elektriksel karakteristikleri görülmektedir. Şimdi pompanın elektrik enerjisini sağlayacak SX-146 tip modüllerden kaç tane kullanılması gerektiği hesaplanacaktır.

Adım 1: SX-146 Tipi Modülün Bazı Elektriksel Karakteristikleri

Üretici firmanın SX-146 tipi modül için Şekil 4'de vermiş olduğu elektriksel karakteristikleri hesaplarda esas alıyoruz. Bu karakteristikler:

Maksimum güçte modül voltajı : 18 volt
Maksimum güçte modül akımı : 2.67 Amper
Garanti edilen maksimum güç : 46 Watt
(Bu değerler standart deney koşullarında elde edilmiştir.)

Adım 2: Toplam Enerji Gereksinimi

Güneş pili modüllerinin vereceği toplam enerji pompa/motor grubunun günlük enerji gereksinimine eşittir. Bu değer daha önce hesaplandığı gibi 3365 wh/gün'dür.

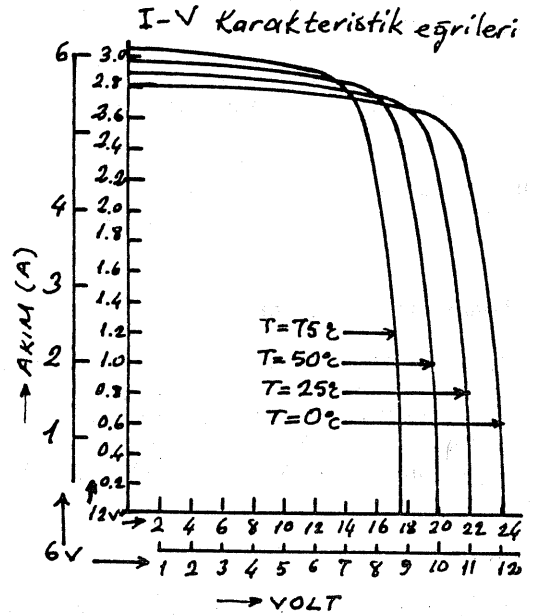
Adım 3: Modül Sisteminin Gerekli Güç Çıkışı

Pompa/motor bağlantılarındaki kayıplar ve modüllerin gün boyu maksimum verimde çalışmayacağı nedenlerinden dolayı modül güç çıkışı daha fazla olmalıdır. Bu nedenle 0.9 mertebesinde bir verim faktörü düşünülerek modül ge-

modül gerekli güç çıkışı = $3365 / 0.9 = 3738 \text{ wh/gün}$ olarak hesaplandı.

Adım 4: Modülün Çalışma Voltajı

Çalışma koşullarındaki modül çalışma voltajı maksimum güçteki modül voltajının 0.8-0.9



MODÜLÜN STANDART

ELEKTRİK KARAKTERİSTİKLERİ

	12-volt	6-volt
Garanti edilen azami güç	46 W	46 W
Azami güçteki voltaj	18 V	9 V
Azami güçteki akım	2.67 A	5.34 A

Şekil 4 Modül karakteristikleri

arasındaki bir kayıp faktörü ile çarpılarak bulunur. Bu uygulamada kayıp faktörü 0.85 kabul edilerek

modül çalışma voltajı = $18 \times 0.85 = 15.3 \text{ Volt}$ bulundu.

Adım 5: Modül Başına Günlük Enerji Çıkışı

$$46 \text{ Watt} \times 3.13 \text{ h/gün} = 144 \text{ wh/gün}$$

Adım 6: Gerçek Modül Başına Günlük Enerji Çıkışı

Gerçek çalışma koşulları ile standart deney koşulları arasındaki sıcaklık farkından doğacak kayıp faktörleri 0.85 ile 0.95 arasında alınır. Buna göre,

$$\begin{aligned} \text{gerçek modül başına günlük enerji çıkışı} \\ = 144 \times 0.9 = 130 \text{ wh/gün} \end{aligned}$$

Adım 7: Günlük Enerji Gereksinimini Sağlayacak Modül Sayısı

Günlük gerekli enerji gereksiniminin gerçek modül başına günlük enerji çıkışına bölmele elde edilir.

$$3738/130 = 29 \text{ modül}$$

Adım 8: Sıra Başına Modül Sayısı

Her sırada gerekli modül sayısı motor voltajının modül voltajına bölünmesiyle bulunur.

$$58 \text{ volt}/15.3 \text{ Volt} = 4 \text{ modül}$$

Adım 9: Paralel Sıra Sayısı

Günlük enerji gereksinimini karşılayacak modül sayısının bir sıradaki modül sayısına bölmekle elde edilir. Buna göre paralel sıra sayısı,

$$29/4 = 8 \text{ sıra olur.}$$

Adım 10: Gerekli Toplam Modül Sayısı

Bir sıradaki modül sayısının sıra sırasıyla çarpımıyla elde edilir. Buna göre,

$$4 \times 8 = 32 \text{ modül}$$

Emniyetli çalışma koşullarında düşünerek gerekli toplam modül sayısı $4 \times 9 = 36$ modül kabul edildi. Bu durumda 36 adet SX-146 tipi güneş pili modülü ile elektrik enerjisi gereksinimi karşılanacaktır.

SONUÇ

Yapılan hesaplardan görüldüğü gibi İzmir'in tarımsal bir alanında günlük 15 ton sulama suyunu açılan bir kuyudan temin etmek için gerekli elektrik enerjisi 36 adet güneş pili modüllerinden karşılanabilmektedir. Bu çalışmada sistemin ekonomikliğı konusu tartışılmamıştır. Günümüzde güneş pillerinden elde edilen elektriğin konvansiyonel yolda elde edileninkinden oldukça pahalıdır. Bu nedenle sistemin günümüzde yaygın olarak kullanımı olanaksızdır. Ancak son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar bu konuda ümit vericidir. Pahalı olmasına karşın güneş enerjisinin bol bulunması, işletme masraflarının düşük olması, 20 seneye kadar varan ömrün olması gibi üstünlüklerden dolayı, yerleşim bölgelerinden uzak olan ve ulusal elektrik sisteminden yararlanamayan yerlerde sulama tesislerinde, haberleşmede, aydınlatmada güneş pillerinden yararlanmak günümüzde olasıdır. Günümüzde sınırlı olsa da başta uzay teknolojilerinden olmak üzere bir çok alanda güneş pilleri kullanılmaktadır.

Son beş yılda güneş pillerinden elde edilen elektrik enerjisinin maliyetleri % 50 oranında düşürülmüştür. 1990'lı yılların başlarında bu enerjinin maliyeti 0.15-0.30 dolar/kWh değerine düşeceği bilim adamlarınca tahmin edilmektedir. Bu da günümüzdeki elektrik enerjisi fiyatlarına oldukça yaklaşılmaktadır.

ÖNERİLER

Az gelişmiş ülkemizde ulusal elektrik sisteminden yararlanamayan bir çok tarımsal alanlarımız vardır. Coğrafi bakımdan Türkiye güneş enerjisi bol olan ülkelerdendir. Güneş enerjili su ısıtıcıların kullanımı ülkemizde yaygınlaşmıştır. Buna paralel olarak güneş pilleri konusunda da bilimsel ve teknolojik çalışmalar etkin şekilde yapılmalıdır. bu yoldan elde edilecek elektrik enerjisinin tarımsal alanlarda sulama olanakları yaratabilecek dolayısıyla ekonomiye katkısı olacaktır. Günümüzde sınırlı kullanılan bu enerjinin maliyetine etki eden faktör üzerindeki çalışmalar olumlu sonuçlar verdikçe kullanım alanı genişleyecektir.

KAYNAKLAR

1. Alabama Solar Energy Center Photovoltaics The University of Alabama in Huntsville, Stand-Alone System, Sizing Procedures, pp.635-647, Alabama 35899 USA.
2. Grundfos Solar-Powered Submersible Pumping System, Grundfos DK-8850 Bjerringbro, Denmark.
3. Taylor, M., "Photovoltaics", Ashare Journal, October, 1986.

Tablo 1 Aylara Göre Eğimli Yüzeylere Gelen Ortalama Güneş Enerjisi (kwh/m²-gün)

Aylar	Eğim Açılar					
	0	20	30	40	50	60
Ocak	2.04	2.83	3.13	3.36	3.60	3.55
Şubat	2.85	2.83	3.86	4.03	4.10	4.07
Mart	4.09	4.72	4.88	4.92	4.85	4.66
Nisan	5.60	5.89	5.85	5.67	5.36	4.94
Mayıs	7.03	6.91	6.64	6.23	6.70	5.06
Haziran	7.73	7.35	6.95	6.42	5.77	5.03
Temmuz	7.93	7.70	7.33	6.81	6.15	5.39
Ağustos	7.14	7.33	7.18	6.87	6.40	5.79
Eylül	5.70	6.45	6.59	6.57	6.39	6.06
Ekim	4.00	5.06	5.41	5.63	5.71	5.64
Kasım	2.55	3.55	3.92	4.20	3.37	4.42
Aralık	1.81	2.57	2.86	3.09	3.24	3.30
Yıllık Ort.	4.87	5.33	5.38	5.32	5.13	4.83