

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINI
ELEKTRİK ENERJİSİNE DÖNÜŞTÜRMEDE KULLANILAN
YÖNTEMLER VE ÖRNEK UYGULAMALAR

İlhan UMUT
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR
EDİRNE 2008

Özet

Alternatif enerji kaynakları üzerine yakın geçmişte yapılan araştırma ve geliştirmeler, bu kaynakların geleneksel güç üretim sistemlerine katkı yapabilecek anlamda önemli bir potansiyele sahip olduklarını göstermiştir. Değişken doğal şartlara rağmen yük taleplerinin kesintisiz ve sürekli olarak karşılanabilmesi için farklı enerji kaynaklarının ve dönüştürücülerinin birlikte kullanımları, alternatif enerjinin daha yaygın kullanımını sağlayacaktır.

Bu çalışmada; rüzgar türbini, güneş paneli ve dizel jeneratör sistemlerinin sürekli güç üretimi için birlikte kullanımları ele alınmıştır. Sistem yerden ve zamandan bağımsız olarak dünya üzerinde nerede bulunursa bulunsun, yılın hangi günü ve saati olursa olsun güneşten maksimum faydalanılacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem ışığa duyarlı elemanlar yardımıyla güneşin ışık yoğunluğuna dayalı optik olarak aranması, ışığa duyarlı elemanlardan alınan bilgilerin Mikrodenetleyiciye aktarılması ve oradan da motorlara kumanda edilerek PV güneş panelinin otomatik olarak her zaman güneşe 90° lik açı ile bakması, dolayısıyla yüksek verimde elektrik enerjisi üretiminin sağlanması esasına göre çalışmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, hibrid güç sistemleri, güneş takibi, rüzgar enerjisi

Summary

Recent research and development of alternative energy sources have shown excellent potential as a form of contribution to conventional power generation systems. In order to meet sustained load demands during varying natural conditions, different energy sources and converters need to be integrated with each other for extended usage of alternative energy.

The paper focuses on the combination of wind, solar panel and diesel generator systems for sustained power generation. The System is designed in a way that it can act independent from place and time and no matter where it is located over the world, no matter which date of the year or the hour it benefits from the sun in maximum form. The System works according to the basis of; with the help of light sensitive elements, optical search depending on light intensive of Sun, transferring of the data taken from light sensitive elements to the Microcontroller and from here to the motors by commanding for PV Solar Panel directing to Sun always 90° automatically, thus, providing of high efficient electrical energy producing.

Key words: Renewable energy, hybrid power generation, solar tracking, wind energy

Önsöz

Yakın gelecekte fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması ve Kyoto kriterlerinde belirtildiği gibi karbondioksit emisyonunun da sınır değerlerin altında tutulması hedeflenmektedir. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, enerji üretim sistemleri için rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin sürdürülebilir, alternatif ve çevre dostu bir çözüm olması beklenmektedir.

Ülkemizin enerji sıkıntısına girdiği su günlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bu kaynakların kullanıldığı hibrid enerji sistemleri enerji piyasasında kendini göstermeye başlamıştır. Bu değişimle birlikte hibrid enerji sistemleri önemli bir konu haline almıştır.

Bu çalışma ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının birlikte kullanılabilirliği üzerine yapılan araştırmalara bir alternatif sunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin yazımının başından sonuna kadar emeği geçen ve beni bu konuya yönlendiren saygıdeğer hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR' a tüm katkılarından ve hiç eksiltmediği desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca Proje konusuyla yanına gittiğim andan itibaren ilgi ve desteğini hiç eksiltmeyen arkadaşım Ziya GKDAğLI' ya çok teşekkür ederim.

İçindekiler

Özet	i
Summary	ii
Önsöz	iii
Teşekkür.....	iv
İçindekiler.....	1
SİMGELER	5
ŞEKİLLER TABLOSU	6
TABLolar.....	8
1 GİRİŞ.....	9
1.1 Yenilenebilir Enerji	11
1.2 Hibrid Enerji Sistemlerinin Gelecekteki Yeri ve Önemi.....	12
1.3 Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	13
2 KAYNAK BİLGİSİ	15
3 MATERYAL VE METOT	17
3.1 Güneş'in Yapısı.....	17
3.1.1 Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji	17
3.1.2 Güneş'ten gelen enerjinin değişimi	18
3.1.3 Güneş ışınımının atmosferde yutulması.....	19
3.1.4 Bağlı hava kütlesi.....	20
3.1.5 Güneş Açıları.....	21
3.2 Güneş Takip Sistemleri.....	22
3.2.1 Sistemin dönüş eksenleri.....	23
3.2.1.1 Modülün z-ekseni etrafındaki dönüşü	23
3.2.1.2 Modülün x- eksteni etrafındaki dönüşü	24
3.2.2 Optimum eğim açısı araştırmaları.....	25
3.2.3 Güneş Takip Sistemlerinin sınıflandırılması.....	26
3.2.3.1 Yerçekimini kullanarak çalışan sistemler	26
3.2.3.2 Açık döngü sistemler	28
3.2.3.3 Kapalı döngü sistemler	28
3.2.4 Güneş takip sistemlerinin gerekliliği	29

3.2.5	Güneş Takip Sistemleri'nin Verimi	29
3.3	Güneş Pili.....	32
3.4	Güneş Pili Uygulamaları.....	34
3.4.1	Güneş pilleri ile sokak aydınlatması	34
3.4.2	Güneş pilleri ile güvenlik aydınlatma sistemleri	36
3.4.3	Güneş pilleri ile kişisel aydınlatma.....	37
3.4.4	Güneş pilleri ile ulaşım güvenliğinin sağlanması	37
3.4.5	İletişim alanında güneş pillerinin kullanımı	38
3.4.5.1	Telefon kulübeleri	38
3.4.5.2	Portatif am/fm radyolar	39
3.4.5.3	Radyo baz istasyonları.....	39
3.4.6	Küçük jeneratörler	40
3.4.7	Küçük pil şarj cihazları	40
3.4.8	Katlanabilir çantalar	40
3.5	Rüzgar Enerjisi	41
3.5.1	Rüzgar enerjisi tarihçesi	43
3.5.2	Rüzgar gücü.....	44
3.5.3	Rüzgar ölçümü.....	45
3.5.4	Rüzgar kullanım alanları	47
3.6	Elektriği Depolayan Akümülatörler	47
3.7	Motorlar	49
3.7.1	Elektrik motorları ile tahrik.....	50
3.7.2	Doğru akım motorları.....	50
3.7.3	Fırçasız doğru akım servomotorlar	51
3.7.4	Alternatif ve doğru akım motorların seçimi	51
3.8	Güneşin Konumunu Belirleyici Ünite	53
3.8.1	Optik algılayıcılar	53
3.8.2	Foto dirençler.....	53
3.9	Şarj Kontrol Cihazları ve Aküler İçin Sistem İzlemesi	54
3.9.1	Şarj kontrol cihazları.....	54
3.9.1.1	Lineer şarj kontrol cihazları.....	55
3.9.1.2	Anahtarlamalı kontrol elemanlar.....	56

3.9.2	Şarj kontrol teknikleri	58
3.9.3	Şarj kontrol cihazları için dizayn kriterleri	62
3.10	İnverterler.....	64
3.10.1	Pv inverterlerinin genel karakteristikleri.....	64
3.10.2	Şebekeye bağlı sistemler için inverterler	64
3.10.3	Bağımsız (tek başına) çalışma durumu için inverterler	66
3.10.3.1	Genel bakış.....	67
3.10.3.2	Kare dalga inverterler	67
3.10.3.3	Sinüsoidal AC çıkışlı inverterler	68
3.11	Güneş İzleme Sisteminde Kullanılan PIC Teknolojisi	69
3.11.1	PIC çeşitleri	69
3.11.2	PIC bellek çeşitleri.....	70
3.11.3	Osilatör devresi.....	72
3.11.4	Reset devresi.....	73
4	HİBRİD ENERJİ SİSTEM YÖNETİMİ	74
4.1	Teze Konu Olan Projenin Tanıtımı	74
4.2	Projenin Önemi	74
4.3	Çalışmada İncelenen Parametreler ve İzlenen Yöntem.....	75
4.4	Proje Uygulamasında Kullanılacak Sistem Elemanları.....	78
4.4.1	Fotovoltaik güneş pili.....	79
4.4.2	Akümülatör.....	79
4.4.3	Kontrol ünitesi	80
4.4.4	Rüzgar türbini	80
4.4.5	Dizel yakıt jeneratörü.....	81
4.5	Sistem Kontrol Algoritmaları.....	82
4.5.1	Batarya ve jeneratör kontrolü	82
4.5.2	Güneş takibi.....	83
4.6	Bilgisayar Programı.....	84
5	BUGULAR, HEDEFLENEN SONUÇLAR VE ÖNERİLER	86
5.1	Bulgular	86
5.2	Hedeflenen Sonuçlar	86
5.3	Öneriler.....	87

TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	88
Uluslar Arası Yayınlar	88
Ulusal Yayınlar	88
6 KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ.....	93
EKLER.....	94
Sistem Kontrol Programının Yazılımı.....	94

SİMGELER

- $n\gamma$: Bağlı hava kütlesi
 Θ : Geliş açısı ($^{\circ}$)
 γ_s : Güneş azimut açısı ($^{\circ}$)
 γ : Yüzey azimut açısı ($^{\circ}$)
 δ : Deklinasyon açısı ($^{\circ}$)
 Θ_z : Zenit açısı ($^{\circ}$)
 Φ : Enlem açısı ($^{\circ}$)
 ω : Saataçısı ($^{\circ}$)
 β : Eğim Açısı ($^{\circ}$)
 H : Yataya gelen güneş ışınımı miktarı (W/m^2)
 H_n : Maksimum direkt güneş ışınımı (W/m^2)
 H_b : Eğik yüzeye dik direkt güneş ışınımı miktarı (W/m^2)
 R_b : Pv panel üzerine gelen ışınımın yatay düzleme gelen ışınımına oranı.
 $H_{d,p}$: Eğimli bir yüzeyde difüz ışınım miktarı (W/m^2)
 H_d : Yatay bir yüzeydeki difüz ışınım miktarı (W/m^2)
 KT : Bulutluluk faktörü
 H_{gr} : Eğimli bir yüzeyde yansiyarak gelen ışınım miktarı (W/m^2)
 H_t : Eğimli bir PV panel yüzeyine gelen toplam ışınım miktarı (W/m^2)
 FF : Dolum çarpanı
 V_{mp} : Maksimum güç noktası gerilimi (V)
 I_{mp} : Maksimum güç noktası akımı (A)
 V_{oc} : Açık devre gerilimi (V)
 I_{sc} : Kısa devre akımı (A)
 P : Güneş pilinin çıkış gücü (W)
 η_e : Güneş pilinin verimi
 T_c : Hücre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 η_r : Referans güneş ışınımında güneş pilinin verimi
 T_r : Referans sıcaklıkta hücrenin sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 B : Güneş pilinin sıcaklık katsayısı (OCP)
 U_l : Birim alandaki PV ısı kayıp katsayısı ($W/m^2/^{\circ}C$)
 a : Yutma katsayısı
 T_a : Ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 τ : PV modülün güneş geçirgenliği
 t_p : Gün içindeki maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki zamanı (dk)
 A : PV dizisinin alanı (m^2)
 η_d : PV dizisinin verim kaybı faktörü
 I : Işınım (W/m^2)
 r : Hava yoğunluğu
 w : Güç /enerji (watt)
 A : Rüzgar türbini kanatları tarafından süpürülen alan (m^2)
 V : Rüzgar hızı (m/s)
 T : Fahrenheit + 459.69 olarak sıcaklık
 P : Yüksekliğe göre düzeltilmiş Mercury basıncı (inch)

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 3-1 Güneş'ten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi [26].....	19
Şekil 3-2 Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı.....	20
Şekil 3-3 Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol.....	20
Şekil 3-4 Güneş Açıları.....	21
Şekil 3-5 Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.....	23
Şekil 3-6 Modülün z- ekseni etrafındaki dönüşü.....	24
Şekil 3-7 Modülün x- ekseni etrafındaki dönüşü [27]	24
Şekil 3-8 Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere iki örnek.....	26
Şekil 3-9 Panelin güneş takibi	27
Şekil 3-10 Açık döngü sistemlerin blok diyagramı	28
Şekil 3-11 Gerçekleştirilen kapalı döngü sistem	28
Şekil 3-12 Yatay bir düzlemde güneş ısınımı [28]	29
Şekil 3-13 Bir güneş pilinde fotovoltaiik etki	32
Şekil 3-14 Güneş pilinin çalışması [31].....	33
Şekil 3-15 Güneş pilinin eşdeğer devresi [31]	33
Şekil 3-18 Güneş pili çevre aydınlatma sisteminden görünüm.....	35
Şekil 3-19 Sisteme ait bileşenlerin bağlantısını gösteren blok diyagram.	36
Şekil 3-20 Güvenlik aydınlatma sistemleri.	36
Şekil 3-21 Kişisel aydınlatma sistemleri.....	37
Şekil 3-22 Trafikte ışıklı ikaz sistemlerinden görünüm.....	37
Şekil 3-23 Radyo bilgilendirme sistemine ait aktarım istasyonu.	38
Şekil 3-24 Güneş pilli telefon kulübeleri.	38
Şekil 3-25 Güneş pili ile çalışan portatif am/fm radyolar.	39
Şekil 3-26 Güneş pili ile çalışan radyo baz istasyonları.	39
Şekil 3-27 Güneş pili ile çalışan jeneratörler.	40
Şekil 3-28 Güneş pili ile çalışan küçük pil şarj cihazları.	40
Şekil 3-29 Güneş pilli katlanabilir çantalar [32]	41
Şekil 3-30 Standartlara uygun bir rüzgar ölçüm istasyonu[34].....	46
Şekil 3-31 Rüzgardan elektrik üretme	47
Şekil 3-16 Paralel bağlanmış depo piller.	49

Şekil 3-17 Seri bağlanmış depo piller.....	49
Şekil 3-32 Voltaj kontrolü entegre edilmiş lineer şarj kontrol cihazı.....	55
Şekil 3-33 36 Hücreli bir PV modülü için I-V eğrisi [37].....	56
Şekil 3-34 (a)Seri ve (b)Paralel Kontrol Elemanlarının Prensibi.....	57
Şekil 3-35 Yüksek gerilim sistemleri için kısmi şönt kontrol sistemi [37].....	57
Şekil 3-36 Şarj süresince Akü gerilimi ve Akımı [37].....	59
Şekil 3-37 MPP'dağ tırmanışı'izleme algoritmasının çalışma prensibi [37].....	61
Şekil 3-38 Deşarj süresince batarya gerilimindeki ve yükteki değişiklikler [37]	61
Şekil 3-39 Şebekeye bağlı bir PV sistemin genel yapısı [37].....	65
Şekil 3-40 Farklı modül sıcaklıkları için maksimum güç noktası (MPP) [37].....	65
Şekil 3-41 Tek Fazlı şebekeye güç enjektisi [37].....	66
Şekil 3-42 Tek fazlı inverterlerde DC gerilimin MPP noktasından sapması [37]	66
Şekil 3-43 Bağımsız bir inverterin dizaynı [37].....	67
Şekil 3-44 İnverterin sembolize edilmesi.....	67
Şekil 3-45 Basit bir inverterin Kare dalga AC çıkış örneği [37].....	67
Şekil 3-46 H köprü tipi inverter [37].....	68
Şekil 3-47 Seramik ambalajlı cam pencereli PIC16C57.....	71
Şekil 3-48 Flash program belleğine sahip PIC16F84.....	72
Şekil 3-49 Kristal veya seramik rezonatör bağlantı biçimi.....	72
Şekil 3-50 Reset devresi.....	73
Şekil 4-1 Sistemin blok diyagramı.....	76
Şekil 4-2 Sistem bilgisayar simülasyonu ve baskı devresi.....	77
Şekil 4-3 Gerçekleştirilen güneş takip sistemi.....	77
Şekil 4-4 Kontrol Ünitesi.....	78
Şekil 4-5 Güneş Pili.....	79
Şekil 4-6 Air-X 12 V Marine.....	81
Şekil 4-7 Mitsubishi ALM 2200 M jeneratör.....	82
Şekil 4-8 Batarya ve dizel jeneratör kontrolü algoritması.....	83
Şekil 4-9 Güneş takip algoritması.....	84
Şekil 4-10 Program başlangıcı (Veritabanı bağlantısı).....	84
Şekil 4-11 Port ayar penceresi.....	85
Şekil 4-12 Programın kullanıcı ara yüzü.....	85

TABLolar

Tablo 1—1 Türkiye yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli [5].....	14
Tablo 3—1 Çeşitli gök durumları için ışı nım oranları.....	18
Tablo 3—2 Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ışı nımı, kWh/m ² , [29]	30
Tablo 3—3 Avustralya-Melbourne şehrinde günlük güneş ışı nımı kWh/m ² [29]	31
Tablo 3—4 Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler.	34
Tablo 3—5 Hatalı ölçümlerin enerji üretimine etkisi.	46
Tablo 3—6 Kristal osilatör için kapasitör seçimi.	73
Tablo 4—1 Güneş pilinin özellikleri.	79
Tablo 4—2 Huanyu HYS1223 marka kuru tip akümülatörün özellikleri.....	80
Tablo 4—3 Türbinin teknik özellikleri.....	81
Tablo 4—4 Jeneratörün teknik özellikleri.....	81
Tablo 4—5 Görev zaman tablosu.....	82

GİRİŞ

Bu çalışmada bilgisayar ve PIC kontrollü hibrid bir enerji üretim ve depolama sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistem geliştirilen bilgisayar programı ile anlık olarak izlenip elde edilen verileri veritabanına saklamakta ve verilerin grafiksel olarak istatistiklerini çıkarmaktadır. Program oluşacak herhangi bir durumda uyarı vererek kullanıcıyı bilgilendirmektedir. Program ayrıca oluşacak bir hata durumunda sisteme müdahale ederek veya durdurarak sistemi korumaktadır. Sistem bilgisayar kontrollü olmadan da kendi bünyesindeki PIC programı sayesinde kendini denetlemekte üzerindeki LCD ekran sayesinde kullanıcıya bilgi vermektedir. Güneşten elde edilen enerjiyi daha verimli hale getirebilmek için PIC'teki program ve gerekli sensörler ile Güneş takip edilmektedir.

Sistemde enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynakları ve dizel jeneratör kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak ta rüzgar ve güneş enerjisi tercih edilmiştir. İstersek daha farklı enerji kaynaklarını(hidrolik, jeotermal, biyomas gibi) veya birden fazla benzer enerji kaynağını ekleyebilmemiz için harici bir giriş bulunmaktadır.

Güneş enerjisi temel alınarak, rüzgâr enerjisi ile birlikte kullanılması ve elde edilen enerjinin ortak bir noktada depolanması amaçlanmıştır. Ayrıca, şartlar uygunsa 3. bir enerji kaynağı da sisteme entegre edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece, aynı anda üç farklı enerji kaynağının sürekli ve kesintisiz olması planlanmıştır. Herhangi kaynaktan birisi devre dışı kaldığında diğer kaynakların sistemi beslemeye devam etmesi ve enerjinin devamlılığı sağlanmıştır. Gerçekleştirilen bu örnek sistem ile Güneş, rüzgâr ve su enerjisinin aynı anda kullanılması sağlanmıştır. Sistem elektrik şebekesinden bağımsız olarak enerji üretmeyi amaçlamaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde, elektrik şebekesinin ulaşmadığı alanlarda, çevre aydınlatması, güvenlik sistemlerin devamlılığının sağlanması gibi bazı temel enerji gereksinimlerinin karşılanabilmesi sağlanacaktır.

Güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları toplam bu üç adet girişten alınan enerji değerleri anlık olarak ölçülerek kablolu veya kablosuz olarak bilgisayara

gönderilip verilerin kaydı, sistemin kontrolü ve durumu değerlendirilmektedir. Geliştirilen bilgisayar yazılımı ile üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre değerleri anlık olarak kaydedilip günlük, aylık ve yıllık istatistikler çıkartılıp grafiksel olarak da ifade edilebilmektedir.

Ölçüm verileri, herhangi bir bağlantıya ve iletişim hattına ihtiyaç duyulmaksızın kablosuz veri aktarım sistemi ile her ortamda merkeze düzenli olarak kesintisiz iletilmiştir. Ancak bütçenin yetersizliğinden dolayı veri aktarım sistemi 100 m olarak gerçekleştirilmiştir. Bütün sistemin enerjisi Güneş pilleri ile karşılanacağından şebekeden bağımsız olarak sistem her ortamda çalışabilmektedir. Ayrıca Güneş pili sisteminde maksimum elektrik üretimi sağlanabilmesi için gün boyu Güneş'i izleyen bir sistem kullanılmıştır. Güneşsiz günlerde ve gece periyotlarında da ölçüm alınabilmesi için bir depolama sistemi mevcuttur.

Güneşin gün boyu takip edilerek güneş pilinden maksimum gücün eldesi için geliştirilen model sayesinde tasarlanan sistemin gün boyunca ölçümleri alınmış ve elde edilen veriler yardımıyla ışınım, pil gücü, vb. analizleri ve verimlilikleri ileride verilmiştir

Bu tezde ilk olarak yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi verilerek ülkemizdeki durumu incelenecektir. Ardından Kaynak Bilgisi Bölümünde mevcut literatürlerde Güneş izlemeli sistemler hakkında yapılmış olan bazı çalışmalar incelenecektir. Materyal ve Metot Bölümünde ise sistemde var olan tüm bileşenler ve çalışma ile ilgili tüm konular ayrıntılı olarak açıklanıp sistemdeki amaçları ve gereklilikleri belirtilecektir. Tüm bu sistemle ilgili bilgiler verildikten sonra Hibrid Enerji Sistem Yönetimi'nin tanımı yapılip projenin öneminden, başlangıcından bitişine kadar olan süreçten, geliştirilen program algoritmaları ve sistem mantığından bahsedilecektir. Son bölümde ise çalışma sonunda elde edilen veriler ve beklenen sonuçlar gösterilip, ileride bu konuda gerçekleştirilecek çalışmalar için elde edilen tecrübeler anlatılacaktır.

1.1 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji (kaynakları), sürekli devam eden doğal süreçlerdeki varolan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar Güneş Işığı, rüzgar, akan su (hidrogüç), biyolojik süreç ve jeotermal olarak sıralanabilir.

En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, Güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji formu, Güneşten gelendir. Bazı formlar güneş enerjisini ve rüzgar gücünü depolar.

Yenilenebilir enerjinin tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Fosil yakıtlar, çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilir iken, istismar edilerek kullanılması sonucu yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Modern yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda listelenmiştir.

- *Rüzgar enerjisi*
- *Su gücü (Hidrogüç)*
- *Güneş enerjisi*
- *Jeotermal enerji*
- *Biyokütle*
- *Biyoyakıtlar*
- *Sıvı biyoyakıtlar*
- *Katı biyokütle*
- *Biyogaz*
- *Küçük ölçekli enerji kaynakları*
- *Piezoelektrik*
- *Termoelektrik*

- *Elektromanyetik (radyasyonelektrik) yenilenebilen enerji kaynaklarına örnektir.*

Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilir veya enerjinin başka bir formuna dönüştürülebilir. Doğrudan kullanım örnekleri, güneş enerjisi ile çalışan aletler, jeotermal ısıtma ve su veya rüzgar değirmenleridir. Dolaylı kullanıma örnek olarak ise, elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri veya foto voltaj pilleri verilebilir.

Yenilenebilir enerji, ücretsiz enerji olarak da kategorize edilebilirse de, çoğu yenilenebilir enerji kaynağına normalde ücretsiz enerji denemez. Mühendislikte, ücretsiz enerji ile kastedilen doğrudan doğadan elde edilebilen bir enerji ve insanlar tarafından tüketilmesi mümkün olmayan enerjidir.

Yenilenebilir enerjinin gelişimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının insanlar tarafından kullanımı ile ilgilidir. Yenilenebilir enerjinin gelişimine olan ilgi, fosil yakıtların çevreye verdiği atık gazlar ve fosil yakıtlar ve nükleer enerjinin kullanımının riskleri ile doğrudan ilişkilidir.

2002 yılı kasım ayı Enerji Ajansı verilerine göre tüm dünyada kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji kaynakları içindeki payı % 13.8'dir. Bu payın dağılımı ise % 80 yanabilir ve yenilenebilir atıklar , % 16.5 hidro enerji, % 0.5 diğerleri (rüzgar, jeotermal, Güneş, dalga, gel-git olayları vs.) olarak verilmiştir

1.2 Hibrid Enerji Sistemlerinin Gelecekteki Yeri ve Önemi

Hibrid kelimesi, sözlük anlamıyla “melez” demektir. Adından da anlaşıldığı gibi birden fazla güç sisteminin birlikte kullanımı ile oluşan bir sistemdir. Hibrid Güç Sistemleri, elektrik enerjisi bakımından sıkıntılar yaşayan Türkiye için alternatif bir enerji kaynağı olarak önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, katı atık enerjisi, deniz kökenli enerjiler, vs.) elde edilebilecek enerjinin, enerji ihtiyacını tam anlamı ile karşılayabilmesi düşünülemez. Ancak, bir

depolama sistemi ile (batarya sistemi gibi) depolanan enerji, enerjinin en çok kullanıldığı zaman diliminde veya enerji kesintisi olduğu zamanlarda, sınırlı bir süre ihtiyacı karşılaması bakımından oldukça yararlıdır. Hibrid Güç Sistemleri, anakentlerde enerji ihtiyacını yukarıda saydığımız şekillerde karşılar, daha küçük yerleşim birimlerinde (çiftlik, köy, vs.) enerji ihtiyacını tamamen karşılamak amacı ile de kullanılır. Bu şekilde ülke ekonomisine de katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

1.3 Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye'nin 130 milyar kWh hidrolik potansiyeli bulunmakta ve bu potansiyelin %30'u kullanılmaktadır. Brüt hidrolik potansiyelimiz 433 milyar kWh civarında olup, teknik yönden değerlendirilebilir hidrolik potansiyel 216 milyar kWh'dır. Termik kapasitemiz ise yıllık 114 milyar kWh'dır. Linyit kömüründen elektrik enerjisi üretim miktarı, toplam potansiyelimizin %22'sidir. Elektrik üretiminde kullanılabilecek jeotermal kaynak potansiyelimiz 2450 MW (yıllık 16 milyar kWh) elektrik enerjisi üretimine eşittir. Rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretim potansiyelimiz ise 83000 MW (yıllık 300 milyar kWh) enerji üretimine eşdeğerdir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda ülkemizde kayda değer bir çalışma henüz hayata geçirilmiş değildir. TEAŞ 1999 yılı verilerine göre, elektrik enerjisi tüketim talebi bir önceki yıla göre %3,9 artarak 118484,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 2000'li yıllarda enerji arayışlarının yoğunlaşacağı, diğer yandan sürdürülebilir kalkınma ve çevresel etki tartışmalarının bilim ve teknoloji arayışlarını yönlendireceği kesindir. Ancak son on yıllık nüfus artışının %0.15 - %0.21 olduğu, sosyokültürel değerlerin ve ekonomik yapının geliştiği, sanayi tüketiminin büyüdüğü ülkemizde enerji yatırımlarının aynı oranda büyüdüğünü söylemek mümkün değildir[1]. Tablo1-1'de Türkiye'nin yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli gösterilmektedir.

Tablo 0—1 Türkiye yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli [5]

Yenilenebilir Enerji Türü		Kullanım Enerji Türü (MTEP: Mega Ton Eşdeğeri Petrol)	Doğal Potansiyel	Teknik Potansiyel	Ekonomik Potansiyel
Güneş Enerjisi		Elek. Enj.(milyar kWh)	977000	6105	305
		Isı (MTEP)	80000	500	25
Hidrolik Enerji		Elek Enj.(milyar kWh)	430	215	124,5
Rüzgar Enerjisi	Direkt Rüzgar Enj. Karasal	Elek. Enj.(milyar kWh)	400	110	50
	Direkt Rüzgar Enj. Denizsel	Elek. Enj.(milyar kWh)	-	180	-
	Deniz Dalga	Elek. Enj.(milyar kWh)	150	18	-
Jeotermal Enerji		Elek. Enj.(milyar kWh)	-	-	1,4
		Isı (MTEP)	31500	7500	2843
Biyomas Enerjisi		Yakıt(klasik MTEP)	30	10	7
		Yakıt (modern MTEP)	90	40	25

Bu açıklamalardan sonra daha önceden gerçekleştirilmiş sistemler incelenecektir.

KAYNAK BİLGİSİ

Güneş pilleri üzerine Dünya üzerinde yapılmış olan pek çok araştırmanın mevcut olduğu görülmektedir. Ancak maksimum gücün elde edilmesi için Güneş'in izlenmesi yönteminden ekonomik sebeplerden dolayı hep kaçınılmış ve NASA vb. büyük kuruluşların dışında pek fazla Güneş'i takip eden sistemler geliştirilmemiştir. Ayrıca Güneş'i izleyen ve çeşitli ölçümleri yaparak verilerini kablosuz iletişim yöntemiyle merkezi bir bilgisayara aktaran hibrid sistemlere rastlamak oldukça güçtür.

Dünyada bu kadar ilgi gören bu sistemlerin ülkemizdeki durumuna bakıldığında ise yeni yeni gelişme aşamasında oldukları görülmektedir. Haziran 1998'de Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve Ege Üniversitesi'nin ortak projesi çerçevesinde Didim EİEİ Güneş ve Rüzgar Araştırma Merkezi'nde demonstrasyon amaçlı 3,8 kWp gücündeki ve Nisan 2002'de Muğla Üniversitesi'nde kurulan toplam 50 kWp'lik şebekeye bağlı PV sistem mevcuttur. Ayrıca Haziran 2005'de Süleyman Demirel Üniversitesi (S.D.Ü.) Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Ve Uygulama Merkezi tarafından 1,5 kWp gücündeki bir sistem şebekeden bağımsız olarak S.D.Ü. Temiz Enerji Evi alt yapı projesi kapsamında S.D.Ü. Temiz Enerji Evi'nin enerji ihtiyacını karşılamaya başlamıştır. Yine aynı proje kapsamında güneş pilleri ile çevre aydınlatma sistemleri de faaliyete geçirilmiş olup bu sistemlerde kullanılan ekipmanlar sayesinde led lambalı aydınlatma sistemlerine göre daha fazla aydınlık şiddeti elde edilmektedir.

Mevcut literatürlerde Güneş izlemeli sistemler hakkında yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Wu ve arkadaşları, çoklu bir güneş paneli uygulaması yapmış DC/DC dönüştürücüler ile paralel akımları düzenlemeye çalışmışlardır. Burada iki adet panel ile maksimum güç noktası izleme (MPPT) ve akım paylaşımı analizini gerçekleştirmişlerdir [18].

Bachtırı, Fas için güneş enerjisi üzerine bir çalışma yapmış olup güneş paneli destekli bir pompalama sisteminin optimum işletme noktasının izlenmesini incelemiştir [19].

Fanney ve arkadaşları, Güneş panelleri ve Güneş paneli testlerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Burada bir izleme sistemi ele alınmış ve meteorolojik uygulamalarda kullanılabileceğine değinilmiştir [20].

Carlson ve arkadaşları bir güneş pilinde izleme sistemini ele almış ve maksimum güç durumuna göre yük seçimini incelemişlerdir [21].

Kutlu tarafından yapılan çalışmada ise güneş tarlası modeli göz önünde bulundurularak Isparta'da fotovoltaik enerjiden yararlanma şansı, araştırılmıştır. Bu araştırma esnasında bir güneş pili modülü ile çalışan sistem kurularak değişik koşullarda deneyler yapılmıştır. Deney düzeneği bir güneş pili, şarj regülatörü devresi, akümülatör, DC-AC çevirici invertör devresi, transformatör, yük ve ölçü aletlerinden oluşmaktadır. Deneyler Keçiborlu Meslek Yüksek Okulu'nda yapılmış olup, Güneş pili tam güneşe ve 37° eğime yerleştirilmiştir. Ancak bu çalışmada güneş pillerinin güneş'i izlemesi değinilmeden sistemdeki bileşenlerin (inverter, akü, vb.) verimlilikleri araştırılmıştır [22].

Yeşilkaya tarafından yapılan çalışmada ise güneş pillerinin mikroişlemci ile konum kontrolünün tasarımı ve gerçekleştirilmesi konusu ele alınmıştır. Bu çalışmada, güneş pillerinin Güneş'i izleyerek gün boyu maksimum güç üretimi amaçlanmış ve buna göre elektronik bir sistem gerçekleştirilmiştir. [23].

Sonraki bölümde sistem ilgilendiren tüm ekipman ve yöntemler ayrıntılı olarak incelenecektir.

MATERYAL VE METOT

Bu bölümde ilk olarak sistemin ana yenilenebilir enerji kaynağı olarak Güneş ve Güneş'in Yapısından bahsedilip daha sonra Güneş Takip Sistemleri, güneş pilleri ve örnek güneş pili uygulamaları hakkında bilgi verilecektir.

Güneş'ten sonra sistemdeki diğer yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi hakkında bilgi verilip Sistemde var olan parçalar (akümülatör, motorlar, sensörler, PIC gibi) ayrıntılı olarak anlatıldıktan sonra diğer bölümde sistem detaylı olarak incelenecektir.

1.4 Güneş'in Yapısı

1.4.1 Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji

Güneş, 1.39×10^9 m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve Dünya'dan ortalama $1,5 \times 10^{11}$ m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile 8×10^6 K arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneşten gelen raydan enerji çeşitli füzyon reaksiyonlara uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, Güneş'te serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ışınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde Dünya'ya ulaşır [24].

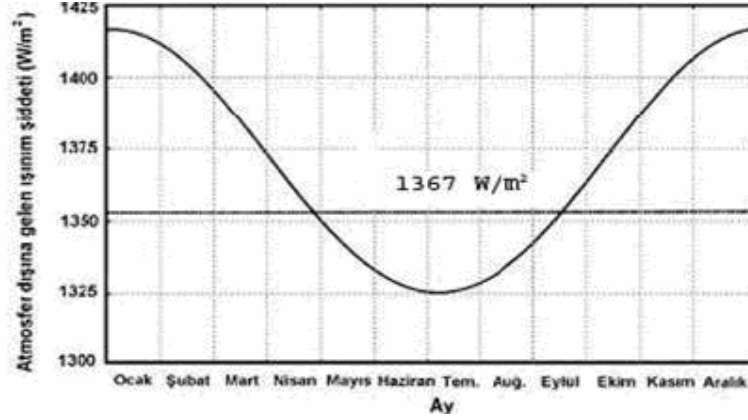
Güneş enerjisinden yararlanmada verimin artırılabilmesi için, Güneşin yer düzlemine göre, bir yıl içindeki hareketinin bilinmesi gereklidir. Güneşten Dünya atmosferi dışına gelen enerji, metrekaşe başına 1300 ile 1400 watt arasındadır. Bu enerjinin en az %3'ü atmosfer tarafından yutulmakta veya saçılmaktadır. Bulutsuz açık bir günde yere dik olarak gelen güneş enerjisi en fazla 1000 W/m² civarında olabilmektedir. Güneş ışınları morötesi, gamma ve x ışınlarını da ihtiva ederek Dünya'ya ulaşır. Fakat, Dünya atmosferini geçerken zararlı olan bu ışınların çoğu yutulur. Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışınımı (atmosferik ışınım) atmosfer içindeki partikül, toz ve havadaki moleküller vasıtasıyla yansımaya uğrar. Güneş ışınımının bu bölümüne difüz güneş ışınımı, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da direkt güneş ışınımı denir. Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları Tablo 3-1'de verilmiştir [25].

Tablo 0—1 Çeşitli gök durumları için ışınım oranları.

	Açık Gök	Puslu Gök	Tam Kapalı Gök
Toplam Işınım	600-1000 W/m ²	200-400 W/m ²	50-150 W/m ²
Yaygın Işınım	%10-%20	%20-%80	%80-%100

1.4.2 Güneş'ten gelen enerjinin değişimi

Güneş'ten yeryüzüne gelen ışınım şiddeti, gün içinde geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu şiddet, öğle vaktinde o gün içindeki en yüksek değerine ulaşır. Bunun sebebi, güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yolun öğle vaktinde en az olmasıdır.



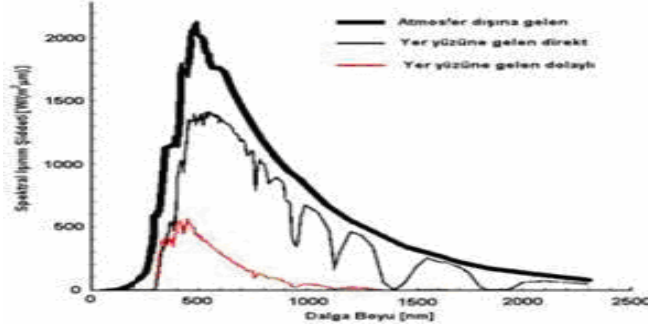
Şekil 0-1 Güneş'ten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi [26].

1.4.3 Güneş ışınımının atmosferde yutulması

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri Dünya-Güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama Dünya-Güneş uzaklığındaki güneş ışınımı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir. Bu değer son yıllarda yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda %1 hata ile 1367 W/m² olarak kabul edilmiştir.

Atmosferde bulunan su buharı, ozon ve karbondioksit, gelen ışınımın büyük bir kısmını yutar. Oksijen, azot ve metan gibi gazlar da mor ötesi ışınımın bir kısmını yutarlar. Ancak, bu gazlar tarafından yutulan ışınım miktarı, su buharı, ozon ve karbondioksit tarafından yutulan ışınımın yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Su buharının yutma spektrumu çok karmaşıktır. Değişik dalga boylarında çok sayıda yutma bandı mevcuttur. Özellikle, görülen ışınım ve kırmızı altı ışınımın büyük kısmı su buharı tarafından yutulur. Her dalga boyundaki yutulma çok farklıdır ve değişim düzgün değildir. Ozonun esas yutma bantları, morötesinde 0.21-0.34 μm görülen ışınım bölgesinde 0.44-0.74 μm dalga boyu aralıklarında bulunmaktadır. Ozonun azaltma katsayısı dalga boyunun 0.25 μm değerinde maksimum olmaktadır. Morötesi bölgede

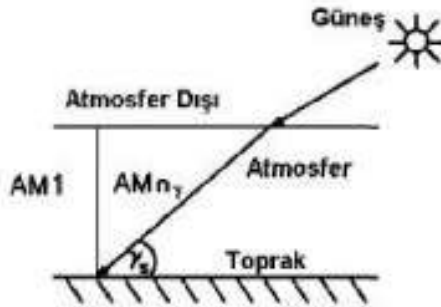
monokromatik güneş ışınımı şiddeti düşüktür. Bu nedenle, ışınımın tamamına yakınının ozon tarafından yutulmasına rağmen, yutulan toplam ışınım miktarı güneş sabitinin % 2,5 i mertebesindedir. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektrumu Şekil 3-2'de görülmektedir. [26]



Şekil 0-2 Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı.

1.4.4 Bağlı hava kütlesi

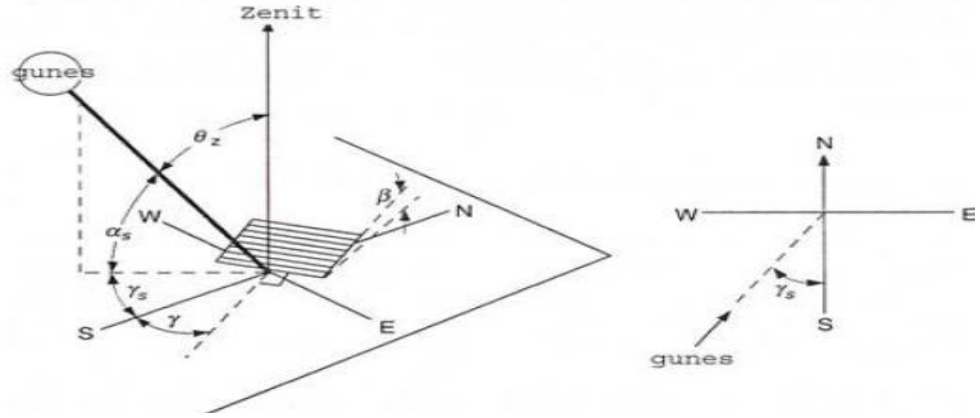
Güneş'ten gelen enerjinin atmosfer içinde zayıflaması, ışınların atmosfer içinde aldığı yolun uzunluğuna da bağlıdır. Bu yol, Güneş'in yatay eksenle yaptığı açığa, yani yükseklik açısına bağlı olarak tanımlanır ve bağlı hava kütlesi (Air Mass, AM_n) olarak adlandırılır. (Şekil 3-3) [26]



Şekil 0-3 Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol

1.4.5 Güneş Açıları

Güneş'in Konumu Yükseklik Açısı ve Azimut açıları ile belirlenir. Bu açılar Şekil 3-4'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir



Şekil 0-4 Güneş Açıları

Güneş açıları altta ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Yükseklik Açısı (α_s): Güneş ışınımı ile yatay arasındaki açıdır. Tanımlamaya göre $\alpha_s = 90 - \theta_z$ olur.

Güneş azimut açısı (γ_s): Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde, sapmasını gösteren açıdır.

Yüzey azimut açısı (γ): Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. Güneye bakan yüzeyler için $\gamma=0^\circ$ olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı değer alır. Batıya yönelen yüzeyde eksi değer alır.

Deklasyon açısı (δ): Saat 12'de güneş ışını ile ekvator düzlemi arasındaki açıdır.

Geliş açısı (θ): Yüzeyin normali ile güneş ışını arasındaki açıdır.

Zenit açısı (θ_Z): Işın ile yatay yüzeyin dikeyi arasında kalan açıdır. Yapılan tanımlamaya göre $\theta_Z = 90 - \alpha$ olur.

Enlem açısı (ϕ): Kuzey yarım kürede artı değerini alır.

Saat açısı (ω): Saat 12'de $\omega = 0^\circ$ olur. Bir saat 15° boylama eşittir. Öğleden önce açı artı değer alır. Öğleden sonra açı eksi değer alır.

Eğim Açısı (β): Yüzey ile yatay arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır .[27]

1.5 Güneş Takip Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, Güneş'in Radyasyonundan yararlanırlar. Adi bir camdan geçen direk radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun (enlem itibariyle) Dünya üzerindeki yerine, hangi yöne dönük olduğuna, günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuna bağlıdır.

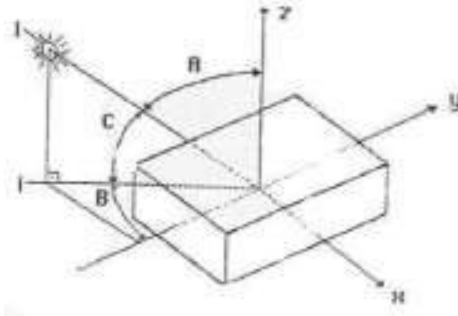
Güneş Açısından yararlanmak için geliştirilen sistemlere doğrudan radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının minimum hatta 0° olması gerekir. Panelin bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde etmek için farklı eğim açıları (β) gerekecektir. Dünyanın $23,5^\circ$ eğik eksen ve güneş açısının 0° olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekir. Bunun için kuzey - güney yönünde yani aşağı yukarı hareket ile tek eksen takip edilmesi gerekir.

Ayrıca Güneş'in her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için panel ve bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibariyle değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Geliş açısının minimum olabilmesi için Güneş'in doğu - batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir.

İşte Güneş Takip Sistemleri (Solar Tracking Systems) bu açılardan birinin veya her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının panel üzerine tam dik olarak

gelmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Güneş'in iki eksende hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı 90° olmaktadır. [27]

1.5.1 Sistemin dönüş eksenleri



Şekil 0-5 Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.

A: Güneş zenit açısı ($A=90^\circ-C$)

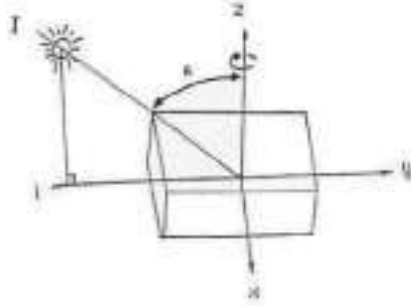
B: Kollektör azimut açısı

C: Güneş altitud (yükseklik) açısı

Pilin güneş ışığını dik alacak konuma gelmesi için bu iki açı sıfır oluncaya kadar pilin z-ekseni ve güneş ışını ile z eksenine dik eksen etrafında döndürülmesi gerekir. Önce B açısının sıfırlanması için gerekli dönmeyi inceleyelim. [27]

1.5.1.1 Modülün z-ekseni etrafındaki dönüşü

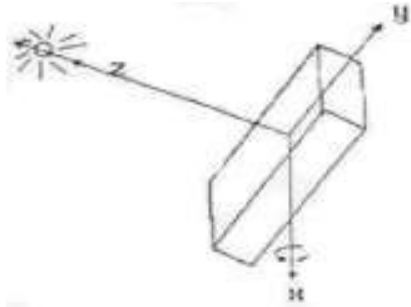
Modülün gün boyunca kendisine ait azimut açısının sıfır olması için güneşin bu açıya sebep olan doğu-batı yönündeki dönüş hareketini izlemesi gerekir.



Şekil 0-6 Modülün z- eksenini etrafındaki dönüşü.

Bunun için şekilden de görülebileceği gibi x,y-düzlemi, B açısı sıfır oluncaya kadar z-eksenini etrafında dönmelidir. Yani x,y- düzlemine ait yüzey normali N ile, güneş ışını I'nın, x,y- yatay düzlemindeki izdüşümü i, birbirlerine çakışmalıdır. [27]

1.5.1.2 Modülün x- eksenini etrafındaki dönüşü



Şekil 0-7 Modülün x- eksenini etrafındaki dönüşü [27]

Modül yüzeyinin herhangi bir anda güneş ışınına dik konumda olabilmesi için B açısından başka A açısını da sınırlayacak şekilde dönmesi gerekir. Bu dönüş, şekilden de görülebileceği gibi x- eksenini etrafında olmalıdır. Bu dönüş, $\pm 70^\circ$ lik bir açı tarayacaktır.

1.5.2 Optimum eğim açısı araştırmaları

Optimum eğim açısı için önerilen basit kural şöyledir;

Bütün yıl için yaklaşık olarak: eğim = enlem

Yaz için: eğim = enlem - 10°

Kış için: eğim = enlem + 10°

Benzer sonuçlara vararak yıllık optimum verim için (eğim = 0.9 x enlem) kuralını önerenler de mevcuttur. Konuyu ekonomik yönden inceleyenler ise kış için (eğim = enlem + 15°) kuralını geliştirmişlerdir.

Deriş'e göre optimum açı için aşağıdaki kurallar saptanmıştır;

a-Yıllık optimum verim için: $\beta = 0.9 \times \text{enlem}$

b-7 aylık kış mevsiminde optimum verim için: $\beta = \text{enlem} + 15^\circ$

c-Kış mevsiminde en soğuk üç ayda optimum verim: $\beta = \text{enlem} + 25^\circ$

d-Yaz mevsiminde optimum verim için: $\beta = \text{enlem} - 25^\circ$

Bu kuralların uygulanmasında katı davranılmamalı ve durumun özellikleri göz önünde tutulmalıdır. İklim şartları önemli bir faktördür. Örneğın bir yörede Aralık ve Ocak ayları %80 kapalı geçiyorsa, modül bu aylara göre yönlendirilmelidir. İkinci önemli faktör sistemin kullanım amacıdır. İlk veya sonbahar mevsimlerinde azami verimle çalışması gereken mevsimlik bir iş için sistem kurulacaksa eğim açısı buna göre hesaplanmalıdır. Bu kısımda verilen bilgi ile her türlü esnek uygulama olanakları sağlanabilir.

İdeal konumdan $\pm 15^\circ$ sapma halinde kayıp oranı %6 mertebesinde olacaktır. Bu nedenle mimari ve diğerk etkenler sebebi ile ideal açı uygulanamazsa kayıplar çok büyük olmayacaktır [27]

1.5.3 Güneş Takip Sistemlerinin sınıflandırılması

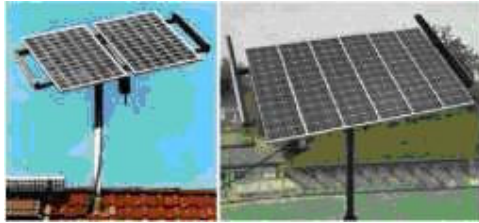
Güneş Takip Sistemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz:

- 1) *Takip eksenine göre;*
 - a) *Tek eksen kontrollü*
 - b) *Çift eksen kontrollü*
- 2) *Kontrol mekanizmasına göre;*
 - a) *Yerçekimini kullanan çözümler*
 - b) *Açık döngü (open loop) sistemler*
 - c) *Kapalı döngü(closed loop) sistemler*

Tek eksen ve çift eksenli takibin verimlerine ilişkin kıyaslama ileriki bölümlerde yapılacağından burada sadece kontrol mekanizmasına göre takip sistemi çeşitlerinden bahsedilecektir.

1.5.3.1 Yerçekimini kullanarak çalışan sistemler

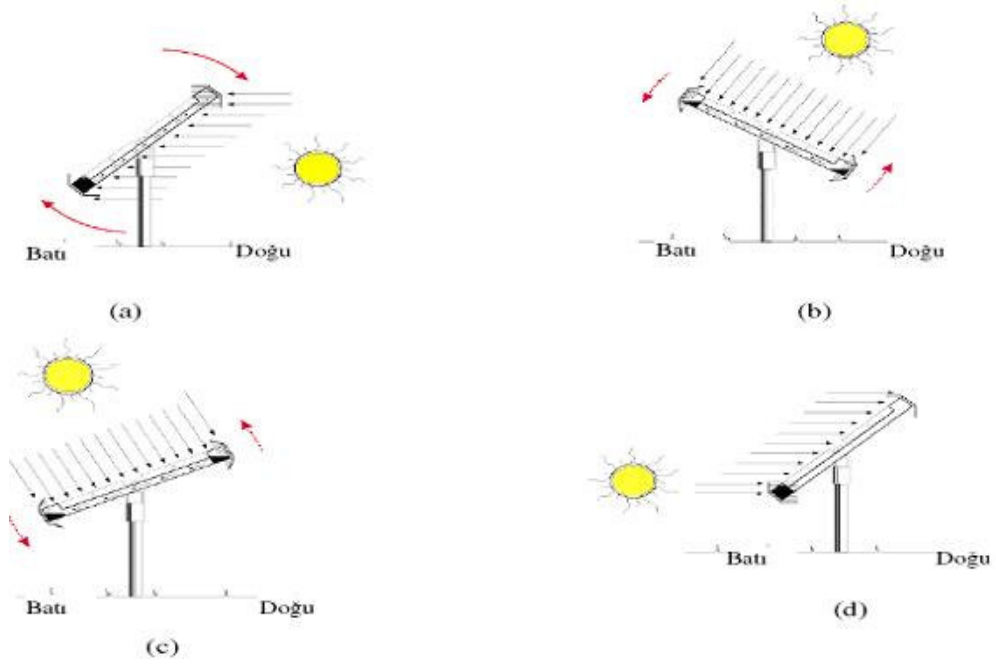
Bu sistemlerde panellerin sağ ve sol kenarlarına yerleştirilmiş ve içerisinde özel bir sıvı olan iki adet tüp bulunmaktadır (Şekil 3–8).



Şekil 0-8 Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere iki örnek

Bu tüpler birbiriyle bağlantılı olup birbirleri arasında sıvı geçişi olmaktadır. Tüplerin içerisinde bulunan sıvı ısıya karşı hassas ve genleşme katsayısı yüksektir. Paneller öncelikle ağırlık merkezine göre dengeli bir şekilde yerleştirilmektedirler. Daha sonra bu sıvı tüplerinden daha fazla güneş ışınına maruz kalan taraftaki sıvı genişerek

karşı tüpe doğru akmakta ve böylece panelin ağırlık merkezi kaydırıldığı için panel, güneşe doğru hareket etmektedir. Güneş ışınları panel yüzeyine dik gelinceye kadar panel hareketine devam etmektedir.



Şekil 0-9 Panelin güneş takibi

(a) Panel, gecedan batıya bakar şekilde kalmış, sabah güneş altındaki tüpe daha fazla güneş ısıyı gelmekte ve sıvı yukarı kaba doğru genişmekte.

(b) Güneş ışınları her iki tüpe eşit miktarda gelinceye kadar panel dönmekte.

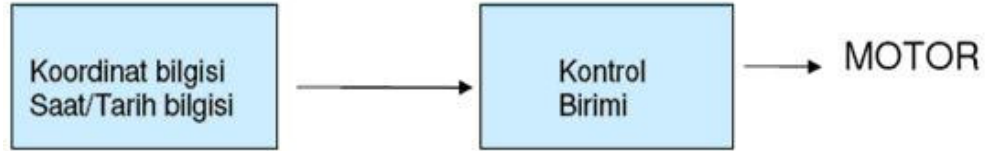
(c) Güneş hareket ettikçe belli bir açıyla panel de güneşi takip etmekte.

(d) Panel, akşam batıya dönük olarak kalmakta.

Güneş takibi için herhangi bir elektriksel aksam gerektirmeyen be sistemlerde takip genellikle tek eksenle yapılmaktadır. Rüzgarın olumsuz etkisini azaltmak için hidrolik damper kullanılmaktadır.

1.5.3.2 Açık döngü sistemler

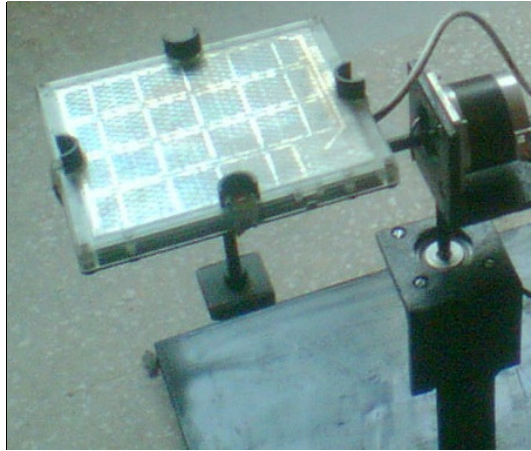
Aslında Dünya'nın herhangi bir noktası için güneşin yılın herhangi bir günü ve saatinde hangi koordinatlarda olacağı bellidir. Bu düşünceden hareketle güneşin yerini tespit etmek amacıyla sensör kullanılmasına gerek duymadan koordinat bilgilerine göre güneş takibi yapan mikroişlemci kontrollü sistemler bu gruba girmektedir (Şekil3-10).



Şekil 0-10 Açık döngü sistemlerin blok diyagramı

1.5.3.3 Kapalı döngü sistemler

Çeşitli sensörler vasıtasıyla güneşin yerini tespit ederek panellerin güneşe doğru yönelmesini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerde geri besleme olduğu için kapalı döngü olarak adlandırılmışlardır. Gerçekleştirdiğimiz devre bu gruba girmektedir Şekil 3-11'de ve 4. Bölümde bu tip sistemler ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Diğer sistemlere göre en gerçekçi takibi yapan sistemler kapalı döngü sistemlerdir. Dezavantaj olarak maliyeti yüksek ve bakımı diğerlerine göre zordur.

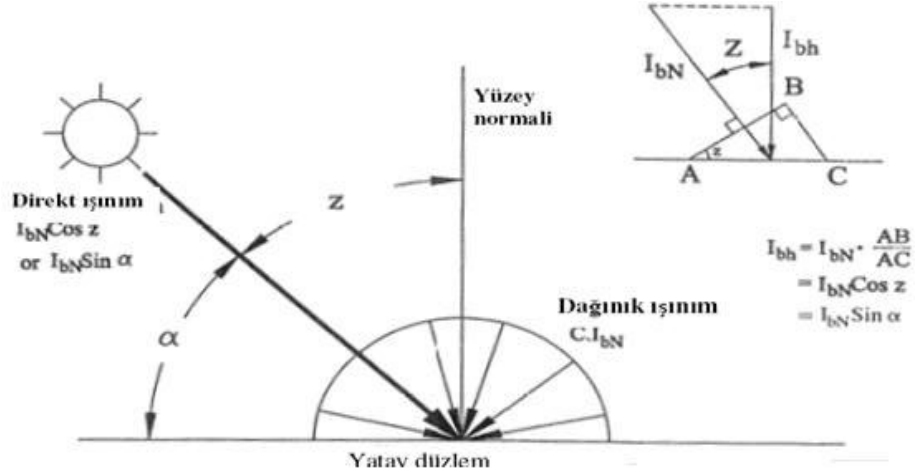


Şekil 0-11 Gerçekleştirilen kapalı döngü sistem

1.5.4 Güneş takip sistemlerinin gerekliliği

Şekil 3-10'de yatay bir düzleme çeşitli açılarla gelen direkt ve dağınık ısımlar görülmektedir. Burada biz daha çok direkt ısımla ilgileneceğiz. Yatay zemine z gelme açısıyla gelen ısımla birim yüzeye düşen anlık ısıma şiddeti $I_z = I \times \cos z$ 'dir.[28]

Şekil. 3-9'de görüldüğü gibi bir yüzeye güneş ısımları ne kadar dik gelirse birim yüzeye düşen ısıma şiddeti o kadar yüksek olacaktır. İşte bu noktada güneş takip sistemlerinin kullanım gereklilikleri ortaya çıkmaktadır. Güneş takip sistemlerinin kullanım amacı; güneş ısımlarının yüzeye sürekli dik gelmesini sağlayarak elde edilen enerji miktarını artırmaktır.



Şekil 0-12 Yatay bir düzlemde güneş ısımları [28]

1.5.5 Güneş Takip Sistemleri'nin Verimi

Bir önceki bölümde belirtildiği gibi güneş takip sistemlerini kullanım amacı elde edilen enerji miktarını artırmaktır. Bu artışın ne kadar olacağı da önemli bir husustur. Bu konuyla ilgili olarak ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından elde edilen bazı şehirlere ilişkin güneş ısımları şiddeti, tek eksende ve çift

eksende güneş takibi yapılması durumunda elde edilen enerji artışı verileri Tablo 3–2 ve Tablo 3-3’de sunulmuştur. Tablolardan aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- *Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 5,5 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.*
- *1-eksende takip yapılırsa; 7,2 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,2-5,5)/5,5 = \%30,9$ artış demektir.*
- *2-eksende takip yapılırsa; 7,4 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,4-5,5)/5,5 = \%34,5$ artış demektir.*

Tablo 0—2 Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ısınımı, kWh/m², [29]

Ay	Panel yere enlem–15° açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° açısı kadar eğimli		2- Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	1,77	1,77	2,06	2,06	2,24	2,24	2,24
Şubat	2,47	2,54	2,75	2,82	2,91	2,94	2,94
Mart	3,75	4,56	3,90	4,79	3,88	4,69	4,81
Nisan	4,32	6,02	4,25	5,99	4,04	5,54	6,06
Mayıs	5,01	7,39	4,78	7,05	4,41	6,22	7,41
Haziran	5,37	8,04	5,05	7,50	4,61	6,45	8,10
Tem.	5,14	7,66	4,87	7,21	4,47	6,28	7,69
Ağustos	4,59	6,60	4,45	6,46	4,18	5,87	6,62
Eylül	3,95	5,04	4,02	5,19	3,93	4,98	5,20
Ekim	2,74	3,01	2,95	3,27	3,02	3,31	3,33
Kasım	1,71	1,71	1,95	1,95	2,11	2,11	2,11
Aralık	1,56	1,56	1,83	1,83	2,02	2,02	2,02
ORT.	3,53	4,66	3,57	4,68	3,49	4,39	4,88

Tablo3–2’den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- *Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 3,57 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.*
- *1-eksende takip yapılırsa; 4,68 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,68-3,57)/3,57 = \%31,1$ artış demektir.*

- 2-eksende takip yapılırsa; 4,88 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,88-3,57)/3,57=\%36,7$ artış demektir.

Tablo 0—3 Avustralya-Melbourne şehrinde günlük güneş ısınımı kWh/m² [29]

Ay	Panel yere enlem-15° açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° açısı kadar eğimli		2-Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	7,15	9,95	6,60	9,39	5,78	8,19	9,99
Şubat	6,37	8,63	6,07	8,44	5,51	7,68	8,65
Mart	3,96	5,38	3,94	5,53	3,74	5,30	5,54
Nisan	4,14	5,06	4,41	5,49	4,45	5,55	5,58
Mayıs	3,51	3,93	3,96	4,49	4,20	4,74	4,76
Haziran	3,13	3,32	3,65	3,90	3,96	4,22	4,27
Temmuz	3,31	3,61	3,80	4,19	4,08	4,48	4,51
Ağustos	3,72	4,37	4,05	4,85	4,17	4,99	4,99
Eylül	4,61	5,89	4,72	6,17	4,59	6,04	6,19
Ekim	5,36	7,27	5,18	7,22	4,77	6,68	7,32
Kasım	5,37	7,62	5,01	7,25	4,45	6,39	7,63
Aralık	5,93	8,45	5,45	7,88	4,77	6,78	8,51
ORT.	4,71	6,21	4,74	6,23	4,54	5,92	6,50

Tablo3-3'den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 4,74 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 6,23 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,23-4,74)/4,74= \%31,4$ artış demektir.
- 2-eksende takip yapılırsa; 6,50 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,50-4,74)/4,74=\%37,1$ artış demektir. Her üç çizelgeden ayrıca aşağıdaki sonuçlara ulaşmak da mümkündür:

Yaz aylarında, panelin eğim açısı düşükken (enlem-15°) diğer iki duruma göre (enlem ve enlem+15°) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi açıktır yaz

aylarında güneş ışınları daha dik açıyla geldiğinden panelin eğim açısı daha düşükken ışınlar panele daha dik gelmektedir. (Tabi Güney Yarım Kürede bulunan Melbourne Şehri için durum tam tersi).

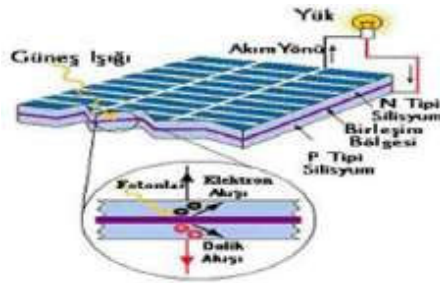
Kış aylarında, panelin eğim açısı yüksekken (enlem+15°) diğer iki duruma göre (enlem ve enlem-15°) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi de gayet açıktır güneş ışınları kış aylarında daha eğimli açılarla geldiğinden panelin eğimi yüksekken ışınlar daha dik vurmaktadır. (Tabii güney yarım kürede bulunan Melbourne şehri için durum tam tersi).

Yıllık güneş ışınımının ortalaması dikkate alındığında panellerin yatayla yaptığı enlem, enlem-15 ve enlem+15 derecelik eğimler arasında en uygun olan eğim açısının enlem derecesine eşit olan durum olduğu görülecektir.

Sonuç olarak her çizelgenin altında çıkartılan verim hesaplamalarına dikkat edilirse görülecektir ki, güneş takibi yapılmayan sabit durumlarda elde edilen enerji miktarlarına göre, 1-eksenli takip yapmak %31 civarında enerji kazancı sağlamaktadır. 2-eksenli takip yapmak %34-37 civarında enerji kazancı sağlamaktadır.

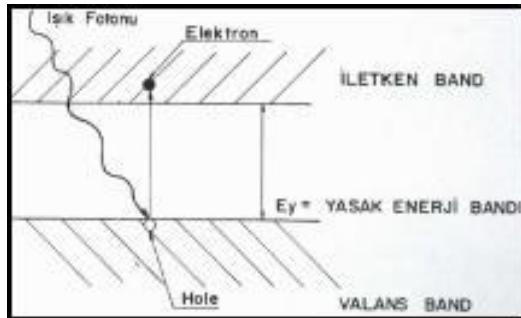
1.6 Güneş Pili

Enerji dönüşümü için, yarı iletken bir diyot olan PV eleman, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik olaydan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür [30]. Bu etki şekil 3-12'de gösterilmektedir.

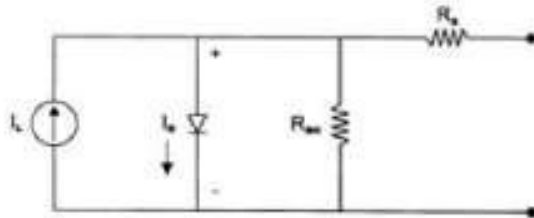


Şekil 0-13 Bir güneş pilinde fotovoltajik etki

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bantından oluşur. Bu bantlar "valans bantı" ve "iletkenlik bantı" adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarı iletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bantındaki bir elektrona vererek elektronun iletkenlik bantına çıkmasını sağlar. Böylece elektron-boşluk çifti oluşmuş olur. Bu olay, PN eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise, elektron-boşluk çiftleri buradaki elektrik alanı tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları N bölgesine, boşlukları da P bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-boşluk çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpması ile aynı şekilde devam eder. Yarı iletkenin iç kısımlarında da gelen fotonlar tarafından elektron-boşluk çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alanı olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar [22]. Üretim sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektro-statik bölge oluşturularak, bu elektronun serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken, enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkan elektronlar da, pil içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar.



Şekil 0-14 Güneş pilinin çalışması [31]



Şekil 0-15 Güneş pilinin eşdeğer devresi [31]

Fotovoltaik güneş pillerinin sürekli gelişimlerine bağlı olarak verimliliklerinin özetlendiği çizgilerin geçerlilik süreleri oldukça kısa olmaktadır. Ancak, karşılaştırılmalı bir kaynak olması amacı ile Fraunhofer Enstitüsü tarafından (ISE PV Charts yapılan en yüksek verimlilikleri gösteren özet aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 0—4 Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler.

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm ²)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Cu/In, Ga)Se ₂	0,4	17,7	NREL, USA
GaAS Tek Kristal	1	23,9	K.Univ,Nijmegen Hollanda

1.7 Güneş Pili Uygulamaları

1.7.1 Güneş pilleri ile sokak aydınlatması

Bu konuda, konut aydınlatması, dış mekan aydınlatılması, sinyalizasyon sistemleri ve konutlardaki diğer uygulamalarda (soğutma, ısıtma, enerji depolanması) ve diğer pratik konfor cihazlarının enerjisinin güneş pili vasıtasıyla karşılanması projeleri gerçekleştirilmektedir. Diğer uygulama alanları:

- *Çiftlik, dağ evleri, yazlıklar*
- *Küçük ve orta ölçekli işletmeler*
- *Elektriği olmayan şehre uzak köyler*
- *Su kalitesi ve çevresel veri izleyicilerin*
- *Acil iletişim sistemleri*

- *Otoyol ışıklandırılması*
- *Sulama ve pompa sistemleri*
- *Bahçe, sokak ve reklam panoları aydınlatılması*
- *Telekomünikasyon sistemleri*
- *TV ve radyo sistemlerinin elektrik ihtiyacı*

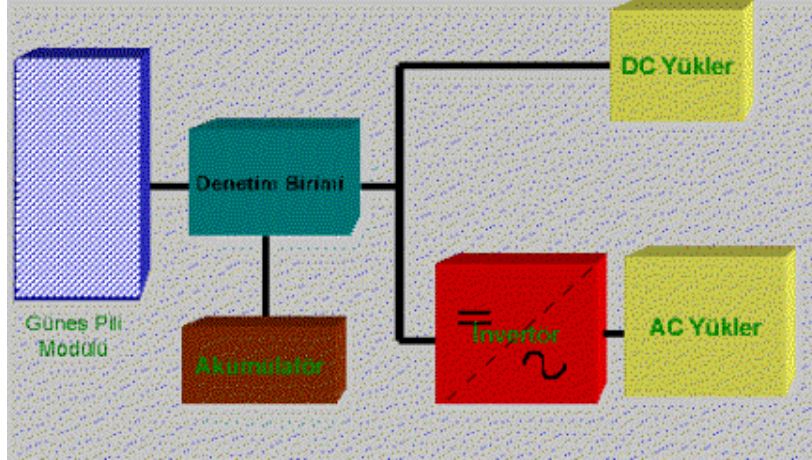


Şekil 0-16 Güneş pili evre aydınlatma sisteminden görünüm.

Bu tip uygulamalar özellikle doğal afet sonrası yaşanan enerji kesintilerinde son derece önemli bir rol kazanmaktadır. Bu tip aydınlatmalara örnek olarak ANDREW kasırgasının yaşandığı Miami'de PV sistemli evre aydınlatma sistemleri fırtına sonrası 33 saat süre ile enerji sağlamıştır. Ayrıca buradaki güvenlik istasyonlarının, tıbbi kliniklerin ve sığınakların da bu uygulamalar sayesinde enerji ihtiyacı karşılanmıőtır.

Bu tür sistemler aşağıdaki bileşenler ile ihtiyaca göre dizayn edilmektedirler:

- *1 adet güneş pili (32- 60- 80- 100- 120Wp)*
- *1 adet akü (30- 60- 100Ah)*
- *1 adet Şarj regülatörü (4- 6- 8 A)*
- *1 adet inverter (50- 150- 200- 300W)*
- *Lamba (1-4 adet, 10- 15- 20- 30W)*



Şekil 0-17 Sisteme ait bileşenlerin bağlantısını gösteren blok diyagram.

1.7.2 Güneş pilleri ile güvenlik aydınlatma sistemleri



Şekil 0-18 Güvenlik aydınlatma sistemleri.

Sığınak ve tıbbi klinikler çevresi, bu türden aydınlatma sistemleri sayesinde daha güvenilir bir hal almaktadır. Erin kasırgası sonrası halen fonksiyonelliğini koruyan küçük bir ünite aşağıdaki şekilde görülmektedir. Herhangi bir enerji kesintisinde dahi bu sistemler 3 - 6 gün süre ile gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmekte olup güvenlik ve izleme işlemleri sorunsuz bir şekilde yerine getirilmiş olacaktır .[32]

1.7.3 Güneş pilleri ile kişisel aydınlatma

Portatif kişisel aydınlatma sistemi, fenerlere flaş lamba ile karşılanabilir.



Şekil 0-19 Kişisel aydınlatma sistemleri.

1.7.4 Güneş pilleri ile ulaşım güvenliğinin sağlanması

Bir doğal afet sonrası, trafik işaretlerinin çalışmadığı, cadde işaretlerinin ve yolların enkazla kaplandığı yollarda seyahat etmek çok tehlikeli bir hal almaktadır. Bu şekildeki yollarda trafik tıkanık bir hale gelir. Buralarda trafik kontrolü, değiştirilebilen mesajlı işaret levhaları, yanıp sönen oklu boardlar, sinyalizasyon cihazları ve anayol yardımcısı olan radyolardaki gibi kullanılabilen PV destekli portatif trafik kontrol cihazları kullanılabilir.



Şekil 0-20 Trafikte ışıklı ikaz sistemlerinden görünüm.

Bu uygulamalar pek çok durumda insanların hayatını kolaylaştıran uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin anayol radyo uygulaması bir doğal afet sonrası

insanları yönlendirip gidecekleri istikamet hakkında sağlıklı bilgiler vererek insanların hayatını kolaylaştıran bir uygulamadır.



Şekil 0-21 Radyo bilgilendirme sistemine ait aktarım istasyonu.

1.7.5 İletişim alanında güneş pillerinin kullanımı

1.7.5.1 Telefon kulübeleri

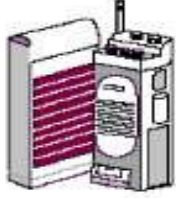
Bu telefonlar otobanlarda seyahat eden insanların en yakın karakol istasyonlarıyla iletişim kurmalarını sağlar. Bu ünitelerde 2 aküyü şarj etmekte kullanılan bir PV modülü bir radyo alıcı/verici sistemini çalıştırır.



Şekil 0-22 Güneş pilli telefon kulübeleri.

1.7.5.2 Portatif am/fm radyolar

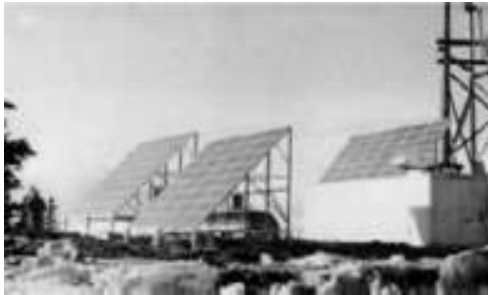
Portatif AM/FM radyo sistemi geniş ölçekli kullanılan bir tüketici uygulamasıdır. PV destekli bu radyoların çok farklı tip ve boyutları vardır. Bunları klasik AM/FM radyolarla kıyaslırsak her şeyden önce pil değiştirmekten kurtulunduğu görülmektedir.



Şekil 0-23 Güneş pili ile çalışan portatif am/fm radyolar.

1.7.5.3 Radyo baz istasyonları

Bir doğal afet sonrası haberleşme kabiliyeti oldukça önemlidir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi PV güç destekli bir radyo baz istasyonu görülmektedir. Bu istasyonlar modüler olup bir yerden başka bir yere taşınabilirler. Daha düşük güç gerektiren daha küçük radyolar için de bu sistem uygulanabilir.



Şekil 0-24 Güneş pili ile çalışan radyo baz istasyonları.

1.7.6 Küçük jeneratörler

Jeneratörlerin benzinle yada güneşle çalışan pek çok modeli vardır. Aşağıdaki şekilde, 2 adet 10w'lık PV modülden oluşan küçük portatif bir jeneratör görülmektedir.



Şekil 0-25 Güneş pili ile çalışan jeneratörler.

1.7.7 Küçük pil şarj cihazları

Çeşitli tip ve ebattaki pilleri şarj etmek için kullanılan,pek çok tipte ve ebatta küçük pil şarj cihazları mevcuttur. Aşağıdaki şekilde PV destekli küçük pil şarj etme cihazı görülmektedir.



Şekil 0-26 Güneş pili ile çalışan küçük pil şarj cihazları.

1.7.8 Katlanabilir çantalar

Askeri uygulamalarda, PV'den elektrik üretiminin oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir. Askeri amaçlar için geliştirilen bu çantalar katlanarak askerlerin sırt

çantalarında kolaylıkla taşınabilmektedir. Bu çantalar radyoların, ışıkların, gözetleme ve arama cihazlarının enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir.



Şekil 0-27 Güneş pilli katlanabilir çantalar [32]

1.8 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Güneş ışınları olduğu sürece rüzgar olacaktır. Rüzgar güneş enerjisinin bir dolaylı ürünüdür. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık % 2 kadarı rüzgar enerjisine çevrilir. Dünya yüzeyi düzensiz bir şekilde ısınır ve soğur, bunun sonucu atmosferik basınç alanları oluşur, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına hava akışı yapar.

Bir tropikal ada üzerindeki rüzgarlar (ticaret rüzgar) gündüz ve gece boyunca hemen hemen sabit bir rüzgar akışı sağlayarak oldukça bağımlıdır. Dünyanın her bölgesinde ticaret rüzgarları yoktur ve hava sistemleri her bir kaç gün süresinde hareket eder. Rüzgar hızında, durgun bir havadan bir fırtınaya kadar çok farklı değişimler vardır. Elektrik enerjisi kullanımı zamana bağlı olduğu için rüzgardaki günlük ve mevsimsel değişimler önemli bir göstergedir.

Eğer tüm arazi düz ve pürüzsüz olsa idi, bir yerden diğerine rüzgar değişimi çok küçük olurdu. Tepelerin, vadilerin, akarsu vadilerinin, göllerin katılması ile bir karmaşık

ve değişken rüzgar rejimi oluşur. Küçük ölçeklerde ağaçlar ve binalar da bu karmaşıklığa ilave edilir.

Tepeler, platolar ve uçurumlar bir rüzgar türbini için yüksek rüzgar hızı bulunabilecek yerlerdir. Daha alçak ve kapalı olan vadilerde rüzgar hızı düşük olur. Bununla beraber, tüm vadilerde rüzgar hızının düşük olması zorunlu değildir. Rüzgar akışına paralel olduklarında vadiler kanal gibi davranabilir ve rüzgar kaynağını artırabilir. Vadideki bir daralma dar bir alanda havayı hunileyerek rüzgar akışını daha da kuvvetlendirebilir. Bu genellikle rüzgara bakan dar dağ geçitlerinde olur.

Yakınındaki tepe üstleri rüzgarlı olsa bile vadiler genellikle geceleri sakindir. Soğuk ve ağır hava tepelerden aşağıya doğru akar ve vadilerde toplanır. Bunun üzerindeki bir seviyede soğuk havanın sonuç katmanı genel rüzgar akışından atılarak alçak arazilerde sakin durum oluşur. Bunun sonucu olarak, bir tepeye kurulan bir rüzgar türbini, daha alçak seviyeli bir yere kurulan rüzgar türbini çalışmazken, tüm gece boyunca güç üretebilir. Bu durum daha çok etrafına göre en az birkaç yüz feet yüksekliği olan yüksek arazilerde olur.

Yüksek arazi özellikleri rüzgar akışını hızlandırabilir. Yaklaşan bir hava kütlesi zirveyi aşarken genellikle ince bir tabaka içine sıkıştırılır, bunun sonucu hızı artar. Bir sırt üzerinde, rüzgar sırt hattına dik estiği zaman en büyük hız oluşur. İzole tepeler ve dağlar rüzgarları sırtlara göre daha az hızlandırır, çünkü daha fazla hava yanlara akışa meyleder. Yüksek rüzgar türbülansı olmasından dolayı yüksek arazilerin downward tarafından sakınılmalıdır.

Büyük su kütlelerine yakın kara alanları iki nedenden dolayı iyi rüzgarlı alanlar olabilir. İlk olarak, bir su yüzeyi bir kara yüzeyine göre çok daha düzgündür, bu nedenle su üzerinde akan hava daha az sürtünmeye tabidir. Hakim rüzgar yönünün sahile doğru olduğu sahil şeridi en iyi rüzgar alanıdır. İkinci, güneşli bir yaz gününde olduğu gibi, bölgesel rüzgar hafif olduğu zaman, deniz veya göl meltemi olarak bilinen yerel rüzgarlar oluşur, çünkü kara ve deniz ısınmaları farklı oranlardadır. Karalar suya göre çok daha çabuk ısındığı için, kara üzerindeki ısınan ve yükselen havanın yerine su üzerindeki soğuk hava gelir. Bu şekilde denizden karaya 8 ile 12 mph veya üzeri

hızında meltem oluşur. Geceleri kara çok daha çabuk soğuduğu için meltem durur veya ters yönde eser.

1.8.1 Rüzgar enerjisi tarihçesi

İnsanlık medeniyet tarihinde rüzgar çok önemli bir rol oynamıştır. Rüzgarın ilk kullanılması 500 yıl önce Mısır'da kayıkların bir sahilden diğerine yüzdürülmesinde kullanılmıştır. İlk tam rüzgar değirmeni MÖ 200 yılında antik Babylon'da inşa edilmiş olmalıdır, bu değirmen bir eksene tutturulmuş pervaneler ile dönüş hareketi üreten bir makinedir. MS 10. yy'a kadar doğu İran ve Afganistan'da 16 feetlik rüzgar yakalama kanatları ve 30 feet yüksekliği olan rüzgar değirmenlerinde tahıl öğütüldüğü bilinmektedir. Batı dünyası rüzgar değirmenlerini çok daha sonraları keşfetmiştir. Bu konudaki ilk yazılı kayıtlar 12 yy'a aittir. Birkaç yüzyıl sonra rüzgar değirmenleri geliştirilerek ve uyarlanarak su pompalamada kullanıldı.

Çok pervaneli yel değirmenleri 19. yy ikinci yarısında ABD'de icat edilmiştir. 1889 yılında ABD'de 77 tane rüzgar değirmeni fabrikası vardı ve yüzyılın sonunda rüzgar değirmeni ihracatı ABD ekonomisi için en büyük ihracat kalemi olmuştu. Dizel motorlar icat edilene kadar, ABD'deki büyük demiryolları büyük çok-pervaneli yel değirmenlerine bağlı kalmıştır (buhar lokomotifleri için su pompalama, yel değirmeni ile yapılmıştır).

1930 ve 1940 lı yıllarda ABD de yüzbinlerce elektrik üreten rüzgar türbini imal edildi. Bunlarda yüksek hızda dönen ve elektrik generatörünü çalıştıran iki veya üç ince pervane vardı. Bu türbinler çiftliklere elektrik sağladılar, depolama pillerini doldurmada, radyo alıcılıranı çalıştırmada ve bir veya iki aydınlatma ampülünü çalıştırmada kullanıldılar. 1950 başlarında ulusal şebekelerin her eve ulaşacak kadar yaygınlaşması ve elektrik düzenleme yasalarının çıkarılması ile rüzgar türbini bir duraklama devresine girdi.

1973 OPEC petrol ambargosunu takiben enerji fiyatlarındaki artış ve geleneksel enerji kaynaklarının sınırlılığı rüzgar enerjisine olan ilgiyi tekrar artırmıştır. Teşvikler ve resmi araştırma çalışmaları sonucu bir çok yeni türbin tasarımı yapılmıştır. Bazı modeller çok büyüktür. 300 feet pervane çaplı bir büyük türbin 700 evin elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Konutlarda, çiftliklerde kullanılmak üzere bir çok yeni küçük-ölçekli model geliştirilmiştir.

1970 li yıllarda ABD'de yaklaşık 50 tane yerli rüzgar türbin imalatçısı vardı.

Rüzgar sistemleri için yeni bir pazar olarak “rüzgar tarlaları” 1980 başlarında başladı. 1978 yılında ABD'de çıkarılan yasa ile rüzgar enerjisine getirilen teşvik ile elektrik dağıtım şirketleri rüzgar enerjisinden üretilen elektriği almak zorundaydılar.[33]

1.8.2 Rüzgar gücü

Rüzgar gücü mümkün rüzgar enerjisinin bir ölçümüdür. Rüzgar gücü rüzgar hızının kübünün bir fonksiyonudur. Eğer rüzgar hızı iki misline çıkarsa rüzgardaki enerji sekiz faktörü ile artar (23). Bunun anlamı şudur; rüzgar hızındaki küçük değişiklikler rüzgar enerjisinde büyük değişikliklere neden olurlar. Örneğin, 10 mph bir hız ölçümü yapan birine karşı başka biri aynı zamanda komşu bir yerde 12.6 mph hız ölçümü yapsın. Bu 2.6 mph farkına karşılık rüzgar gücünde % 100 oranında bir fark vardır ($10^3 = 1000$, $12.6^3 = 2000$). Yer seçimi veya ölçme hataları ile yapılabilecek küçük rüzgar hızı hataları bir rüzgar türbini yatırımında büyük hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle, rüzgar türbini satınalmadan önce, doğru ve sürekli bir rüzgar çalışması yapılmalıdır. Ekonomik olarak uygulanabilir olması için, bir rüzgar türbini kurulacak yerde yıllık ortalama en az 12 mph (5.4 m/s) rüzgar hızı olmalıdır. Bir rüzgar sistemi alınmadan önce çok iyi bir rüzgar incelemesi yapılmalıdır, kişisel gözlemlere göre bir rüzgar sistemi kurulamaz. İyi bir rüzgar incelemesi yapmadan rüzgar türbini satın alanlar genellikle sistemlerinin performansı ile hayal kırıklığına

uğramışlardır. Hakim rüzgar yönünün bilinmesi rüzgar türbinin en az engel bulunan yöne kurmak açısından çok önemlidir.

Rüzgardaki mümkün güç miktarı:

$$w = 1/2\rho Av^3 \text{ eşitliği ile verilir.}$$

Hava yoğunluğu yükseklikle, sıcaklıkla ve hava cepheleri ile değişir. Rüzgar gücü hesaplamalarında, hava cephelerinin etkisi önemsenmeyecek kadar küçüktür, böylece hava yoğunluğu formülü şöyledir:

$$P=(1.325xP)/T$$

Tipik ortalama hava sıcaklığı (59°F) deniz seviyesine indirgenerek hava yoğunluğu için bir standart değer kullanılabilir. Bu durumda güç eşitliği basit olarak aşağıdaki hale gelir:

Basitleştirilmiş Güç Eşitliği:

$$w = 0.625Av^3$$

Bu güç eşitliği rüzgar hızındaki artış ile rüzgar gücünde bir küplü artış gösterse de bile, uygulamada bir rüzgar türbininde gerçek güç artışı eşitlikte öngörülenden daha doğrusaldır. Bunun nedeni rüzgar türbininin mükemmel bir oranda verimli olmamasıdır. Bir rüzgar türbininin güç eğrisi gerçekte çok daha önemlidir. Sonuç olarak denilebilir ki, ortalama rüzgar hızındaki 2 mph artış bir türbin tarafından üretilen elektrik miktarında % 50 bir artış anlamına gelir.[33]

1.8.3 Rüzgar ölçümü

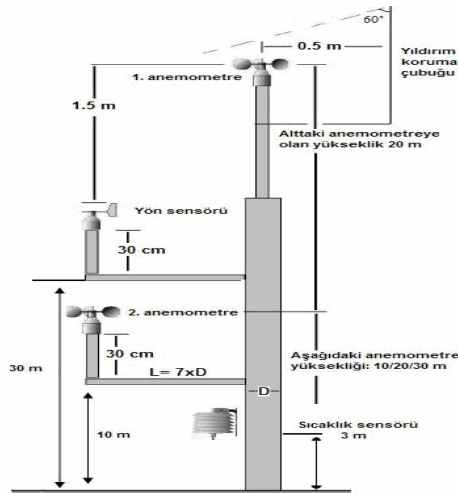
Rüzgar ölçümleri, birçok alan için gereklidir. Bunlara örnek olarak meteoroloji, iklim, tarım, endüstriyel uygulamalar ve bilimsel araştırmalar verilebilir. Yukarıdaki sayılan ölçümler, yapanların kendi ihtiyaçlarına ve standartlarına göre yerine

getirilmektedir. Fakat bunlardan hiç birisi rüzgar enerji üretim amacı için yapılan ölçümler kadar hassas ve dikkat gerektirmemektedir. Ölçümlerdeki çok ufak gibi görünen bir fark bile yatırımın ekonomikliğini etkileyebilmektedir ve planlanan yatırım için risk getirebilmektedir. Ölçümlerin en az 12 ay boyunca ve sürekli olarak yapılması gerektiği dikkate alınır, çok küçük veri kaybı dahi büyük problemlere yol açabilmektedir. En önemli parametre ise, yapılan ölçümlerin yapılacağı sensörlerin doğru bir şekilde seçilerek ölçüm direğine yerleştirilmesidir. Bu gibi sebeplerden meydana gelebilecek hatalar, verilerin doğru bir şekilde değerlendirilememesine neden olmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 3–5, çok küçük bir ölçüm hatasının enerji tahmininde meydana gelecek etkilerini göstermektedir. Görüldüğü gibi, ölçümlerde küçük gibi görünen bir hata bile enerji üretiminde büyük farklılıklara yol açmaktadır. [34]

Tablo 0—5 Hatalı ölçümlerin enerji üretimine etkisi.

Doğru Ölçüm 10 m = 4.4 m/s 30 m = 5.3 m/s	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0.047 m veya 78 m'de 6.08 m/s rüzgar hızı	600 kW kurulu gücünde bir rüzgar türbini için yıllık üretim: 1210 MWh
Olası sapmalar 10 m = 4.2 m/s 30 m = 5.5 m/s * Kalibrasyonsuz * Yanlış montaj	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0.288 m veya 78 m'de 6.63 m/s rüzgar hızı	Bu küçük ölçüm hatasında 600kW kurulu gücünde aynı rüzgartürbini için yıllık üretim: 1462 MWh
10 m'deki ölçüm hatası: -0.2 m/s (-%4.5) 30 m'deki ölçüm hatası: 0.2 m/s (%3.8)		Enerji üretimindeki fark: = %21



Şekil 0-28 Standartlara uygun bir rüzgar ölçüm istasyonu[34]

1.8.4 Rüzgar kullanım alanları

- *Elektrik üretme*
- *Pilleri şarj etme*
- *Su depolama*
- *Taşımacılık*
- *Su pompalama*
- *Tahulların öğütülmesi*
- *Soğutma*



Şekil 0-29 Rüzgardan elektrik üretme

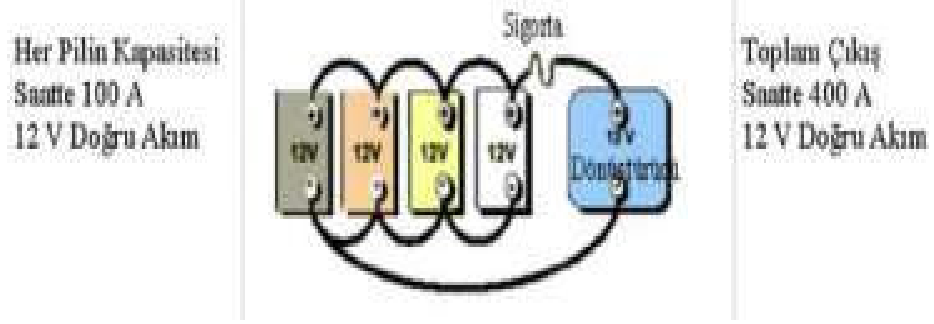
1.9 Elektriği Depolayan Akümülatörler

Güneş pilli sistemlerden güç, ancak güneşli saatlerde alınabilir. Fakat çoğu durumda diğer saatlerde de enerjiye ihtiyaç vardır ve genellikle daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur. Bu yüzden güneş pilli sistemlerin çoğu bugün için elektrik enerjisini depolayabilen pillerle birlikte kullanılırlar. Bu pillere depo piller veya ikincil piller adı verilir. Bu pillere gereksinim duyulmayan az da olsa bazı alanlar vardır. Bunlar içinde ilk akla gelen de uzay araçlarıdır. Uzay araçları sürekli güneş ışığını alabildikleri ve bu ek sistem ağırlıklarını arttıracakları için kullanılmazlar. Depo piller elektrik enerjisini

kimyasal enerjiye çevirirler. Elektrik enerjisine tekrar ihtiyaç olduğunda da (güneşin olmadığı saatlerde) yapılarındaki kimyasal enerjiyi tekrar elektrik enerjisine çevirirler. Depo piller tekrar tekrar şarj ve deşarj edilebilirler. Depo pillerde ölçü olarak dönüşüm ömrü ifadesi kullanılır. Dönüşüm ömrü, pilin elektrik enerjisinden kimyasal enerjiye çevirdiği gücün ne kadarının tekrar elektrik enerjisine çevrildiğini belirten bir ifadedir. Dönüşüm ömrü % 15 -20 arasındaki pillere yüzeysel döngülü piller , % 50–80 arasında dönüşüm ömrüne sahip piller ise derin döngülü piller olarak adlandırılır.

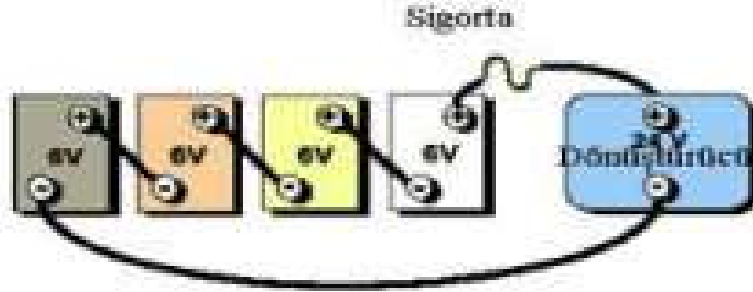
Depo pil olarak çeşitli piller kullanılabilir kurşun - asit piller, nikel -kadmilyum piller (Ni - Cad) ve nikel - demir piller (Edison Pilleri). Son ikisinin uzun ömür ve enerjiyi iyi koruyabilme gibi oldukça önemli özelliklerinin olmasına rağmen, pil başına olan gerilimin düşük oluşu (bir pilde 1,2 V ve 1,1 V) ve pahalı oluşu gibi dezavantajları bulunmaktadır. Kurşun - asit pillerde (bir pilde 2 V), pilin ağırlığı fazladır ve asit ile elektrolitin bir arada tutmak da başlı başına bir problemdir. Fakat bugüne kadarki sistemlerde genellikle tercih edilen depo pillerdir. Bu türde birkaç çeşit pil bulunmaktadır. Bunlardan ikisi, kurşun -kalsiyum ve sadece kurşunlu pillerdir. Kurşun -kalsiyum pilleri çoğu güneş pilli sistem ile kolayca uyum sağlayabilir. Yapıları küçüktür ve elektrolitlerinin değişmesine çok nadir olarak ihtiyaç duyarlar. Bakımı zor yapılabilecek yerlerdeki sistemlerde genellikle ilk önce tercih edilen depo pillerdir. Kurşunlu pillerin en çok kullanım alanları yedek güç sistemleridir. Bakım ihtiyacı minimum olduğundan uygulama alanı olarak genellikle ulaşımı zor yerlerdeki kominikasyon ve katodik koruma sistemlerinde tercih edilirler.

Depo piller de aynı modüle bağlanan güneş pilleri gibi amaca göre seri, paralel veya kombinasyonları şeklinde bağlanarak bir sistem oluştururlar. Paralel bağlamada negatif kutuplarla negatif kutuplar, pozitif kutuplarla da pozitif kutuplar bağlanarak sonuçta yine aynı gerilimde (tek bir pilin geriliminde) daha büyük akımda bir çıkış sağlanmış olur.



Şekil 0-30 Paralel bağlanmış depo piller.

Gerilim yüksek olması gereken yerlerde ise piller seri bağlanır. Çıkıştaki toplam akım ise tek bir pilin akımına eşittir.



Şekil 0-31 Seri bağlanmış depo piller.

Hem gerilimde, hemde akımda bir artışın olması istenen yerlerde ise istenen değerlere göre seri - paralel kombinasyonu şeklinde bağlanabilir.

1.10 Motorlar

Günümüzde çoğu pozisyon kontrol uygulamaları motor kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Pozisyon kontrol çıkışları genellikle motor şaftından alınır.

1.10.1 Elektrik motorları ile tahrik

Elektrik motorunun milinden sağlanan dönme hareketi doğrudan veya hızı değiştirilerek dolaylı yoldan sistemde kullanılabilir. Bunların otomatik olarak açılıp - kapanması ve devirlerinin değiştirilmesi, elektronik kontrol devrelerinin yardımı ile mümkündür. Güneş takip sisteminin gerektirdiği döndürme momentini sağlayacak doğru akım motorları, alternatif akım motorları ve step motorlar (adım motorları) mevcuttur. Sistemde doğru akım motorları kullanıldığından burada sadece bu tip motorlara değinilecek ve motor seçimindeki kriterler ele alınacaktır.

1.10.2 Doğru akım motorları

Doğru akım motorları kontrol amaçlı birçok uygulamada halen çok kullanılan motorlardır. Özellikle gerilimle devir sayılarının düzgün olarak değişmesi, basit yön değiştirme kabiliyetleri ve nispeten ucuz olmaları bu tip motorları hız ve pozisyon kontrollerinde rakipsiz hale getirmiştir.

Nümerik kontrollü tezgahlar gibi, kalkış ve duruş işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde yapılması gereken uygulamalarda doğru akım servomotorlar yüksek performansla kullanılabilir. Düşük atalet ve voltaj değişimlerine karşı hızlı cevap vermesi bu motorun özelliklerindedir. Buna ilave olarak çok düşük armatür indüktansı sayesinde düşük elektrik-zaman sabitine sahiptir (tipik olarak 0.05-1.5 ms). Bu özelliğin bir sonucu olarak, motorun giriş sinyaline cevabı oldukça hızlıdır. Doğru akım servomotorlar permanent-magnet, baskı devre ve hareketli çekirdek tiplerinde imal edilirler.[35] Birçok doğru akım motorunda halen fırça ve komütatör kullanmasına karşılık fırçasız doğru akım motorları da imal edilmiştir. Bunların iki büyük özelliği [36] .

1. Ters yönde dönebilme. Uygulanan gücün kutupları değiştirildiğinde motor ters yönde dönebilir.

2. Dönüş hızları değişkendir. Uygulanan gerilim değiştikçe motorun hızı da değişir.

1.10.3 Fırçasız doğru akım servomotorlar

Fırçasız doğru akım motorların içyapısı, terslenmiş doğru akım şönt motorların yapısına benzerler. Rotorla yerleştirilmiş permanent-magnet ya da DC bir gerilimle enerjilendirilmesi gereken sargılı rotorlar, stator sargıları tarafından oluşturulan bir akıya ihtiyaç duyarlar. Döner alan stator bölgesine yerleştirilen sargı tarafından oluşturulur. Bu sargılar 120°'lik açı farklarıyla yerleştirilmiştir ve enerji verilmesi durumunda döner bir manyetik alan oluştururlar. Bu konstrüksiyon sayesinde, rotorun ataleti azaltılmıştır. Rotor üzerindeki sabit kutuplar statorla oluşturulan döner zıt kutuplar tarafından çekilirler ve böylelikle rotor döner. Doğru akım şönt motorlarda üretilen tork, permanent-magnet alanın şiddeti ve sargıların oluşturulan iletkenler üzerindeki akım şiddeti ile doğru orantılıdır.

1.10.4 Alternatif ve doğru akım motorların seçimi

Maliyet: Genelde alternatif akım sürücüler, doğru akım sürücülerinden daha pahalıdır. Çünkü doğru akım sürücülerde kullanılan malzemeler daha az karmaşıktır. Alternatif akım sürücülerde hattan alınan alternatif akım önce doğru akıma daha sonra güç transistörleri ile tekrar alternatif akıma çevrilir. Halbuki doğru akım sürücülerde SCR'li doğrultucu ile güç doğrudan kontrol edilir.

Devreye Alma: Alternatif akım sürücüler genellikle dijital devre elemanlarıyla gerçekleştirilirler. Alternatif akım sürücü üzerinde bir mikroişlemci vardır. Dizayncı uygulamanın durumuna göre sürücü parametrelerini değiştirerek sürücüyü programlar ve dizaynını gerçekleştirir.

Hız Sahası: Genellikle düşük hızlı uygulamalarda doğru akım motorlar seçilir. Çünkü alternatif akım motorlar düşük hızlarda çok ısınır. Hız oranının 6:1 gibi düşük olduğu uygulamalarda alternatif akım motorlar, hız oranının 20:1 gibi yüksek olduğu uygulamalarda ise doğru akım motorlar kullanılır. Bu, maksimum hızın minimum hıza olan oranıdır.

Güç Faktörü: Düşük hızlarda ve yükte doğru akım sürücüler güç faktörünün düşmesine sebep olurlar. Bunun ölçülen değeri 20% ile 95% arasındadır. Alternatif akım sürücünün güç faktörüne etkisi yük ve hızdan bağımsız olup 95% civarındadır.

Hızın Artırılması: Doğru akım motorların hızı, motorun armatürüne uygulanan voltaj ile doğru orantılıdır. Alternatif akım motorlarda ise hız, voltaj ve frekansın bir fonksiyonudur.

Bir den Fazla Motorun Çalıştırılması: Doğru akım sürücülerde, bir sürücü ile ancak bir motor kontrol edilebilir. Fakat alternatif akım sürücülerde bir sürücü ile birden fazla motoru çalıştırmak mümkündür. Ancak burada motorlar aynı hızda dönmek zorundadırlar.

Hızlı Durdurma: Hızlı durma anında motorlar jeneratör gibi çalışırlar. Oluşan rejeneratif enerjiyi dinamik - fren direnci gibi bir söndürücü üzerinde harcamak yada AC hatta tekrar vermek gerekir. Doğru akım sürücüler rejeneratif enerjiyi besleme hattına geri verirler. Alternatif akım sürücülerde ise bu enerjiyi dinamik-fren direnci üzerinde harcamak için ilave lojik devre ve güç transistor ü gerekir. Lojik devre frenleme anında dinamik-fren transistörünü tetikleyerek rejeneratif enerjinin dinamik-fren direnci üzerinde harcanmasını sağlar. [35]

1.11 Güneşin Konumunu Belirleyici Ünite

1.11.1 Optik algılayıcılar

Işık, sıcaklık, nem, basınç manyetik alan, konum gibi fiziksel bir büyüklüğü algılayan ve bunu elektriksel işarete dönüştüren elemanlara "algılayıcılar" adı verilir. Sıcaklık ve ışık en çok ölçülen fiziksel parametrelerdir. Bütün algılayıcıların, girişi ve çıkışı arasında doğrusal bir bağlantı olması istenir. Böyle bir doğrusal özellik hem analiz hem de sinyali kullanma işlemlerini basitleştirir. EM (elektromanyetik) ışınım kavramı, endüstriyel kontrolde görülebilir veya kızıl ötesi dalga boylarındaki ölçme, yani algılama işlemlerinde kullanılır. Uygulama teknikleri "optik"olarak adlandırılır.[23]

1.11.2 Foto dirençler

En bilinen foto algılayıcılardan biri olan foto direnç, bir yarı iletken maddenin ışık şiddeti ile iletkenliğindeki değişim temeline dayanmaktadır. İletkenlikteki değişim aynı zamanda direnç değerinde de değişim anlamına geldiği için bu adı almıştır. İletkenlik değişimi açısından da analizler yapıldığından fotoiletken algılayıcı olarak ta adlandırılırlar.

Yarı iletken maddelerde valans elektronları ile iletkenlik elektronları arasında bir enerji farkı vardır ve yarı iletken tarafından bir foton soğurulduğu zaman bir elektron, valans bandından iletkenlik bandına çıkar. Bu şekilde birçok elektronun iletkenlik bandına geçmesi yarı iletkenin direncinde azalmaya neden olur. Bu da ışık şiddeti ile yarı iletkenin direncinin ters orantılı olarak değişmekte olduğu anlamına gelir. Foto

dirençler film şeklinde imal edilirler. Filmin şekli ve boyutları, detektörün karanlıktaki direncini ve duyarlılığını belirler. Spektrumun görünür bölgesi dikkate alındığında yapım maddeleri olarak genelde Kadmiyum Sülfid (CdS) ve Kadmiyum Selenit (CdSe) kullanılmaktadır. Enerji band aralıkları CdS ve CdSe için sırasıyla 2,42 eV ve 1,74 eV'tur. Bu maddelerin öz dirençleri oda sıcaklığında aşırı yüksek olduğu için pratikte kullanılmayacak kadar yüksek direnç değerleri ortaya çıkmaktadır. Foto dirençler pek fazla tercih edilmezler. Tipik maksimum güç harcamaları, boyutları ve üretim şekillerine bağlı olarak 50mW ile 500mW arasında değişmektedir. Foto dirençler genel olarak yavaş tepki gösterirler. Duyarlılıkları her bölgede aynı değildir. Bu nedenle hızlı sayısal bilgi aktarım sistemlerinde kullanılmazlar. Mevcut literatür incelendiğinde foto diyotların kullanıldığı görülmüştür.[23]

1.12 Şarj Kontrol Cihazları ve Aküler İçin Sistem İzlemesi

Aküler, Güneş pilleriyle karşılaştırıldığı zaman ömürleri maksimum 8–10 yıl olup çoğu zaman 3 ila 6 yıl arasındadır. Oysaki güneş pilleri 25 yıl boyunca üretici firma garantisine sahiptir. Görüldüğü üzere Akülerin ömrü Güneş pillerine nazaran oldukça düşüktür. Pv sistemlerinde tatmin edici bir işletim ve minimum ömür maliyetinin eldesinde şarj kontrol cihazı, inverter gibi donanımlarla donatılmış aküler önemli bir yer tutar.

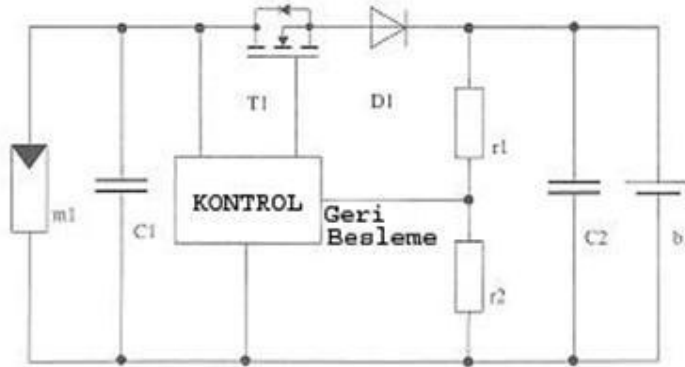
1.12.1 Şarj kontrol cihazları

Bir şarj kontrol cihazının temel görevi depolama elemanının güvenli şartlar altında (akünün aşırı doldurulmasının ve aşırı deşarj edilmesinin önlenmesi) çalışmasını sağlamaktır. PV sistemlerde şarj gücü ve enerjisi değişen güneş ışınımı ve yük talebiyle sınırlı olup bu faktörlere bağlıdır. Sabit akım-Sabit gerilimde şarj (cc/cv) gibi bilinen

şarj teknikleri ya da daha karmaşık şarj teknikleri bilinmektedir. Ancak bu teknikler Pv sistemlere birebir uygulanamaz. Örneğin Pv sistemlerinde şarj akımı ışınımına göre değişmektedir. Bununla birlikte, sabit akımla şarj terimi kullanılmaktadır. Hatta akü ömrü bakımından çok önemli olan, bataryanın düzenli tam şarjı da garanti edilememektedir. Ayrıca çok yüksek enerji verimi, PV sistemlerindeki sistem bileşenlerinin bütün dengesi için oldukça önemlidir.

1.12.1.1 Lineer şarj kontrol cihazları

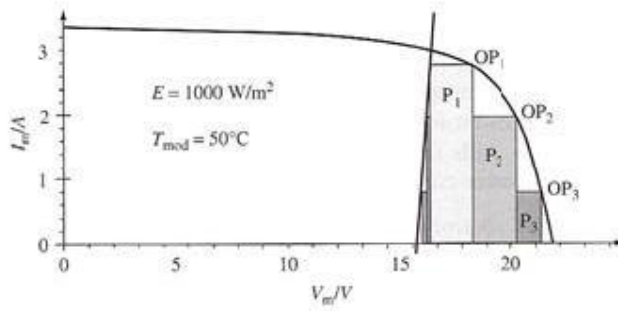
Pv uygulamaları başladığında bilinen prensiplerle çalışan klasik lineer şarj kontrol cihazları fotovoltaiklere uyarlanmıştır. Bu prensipler güneş pillerinin kendine has özelliklerinden faydalanamamıştır. Örneğin, bunlar kısa devrelere son derece yatkındırlar. Lineer bir şarj kontrol cihazında, şarj akımı sürekli denetimde olan ve güneş jeneratörüne seri ya da paralel olarak bağlanmış olan son bir kontrol elemanı tarafından ayarlanır.



Şekil 0-32 Voltaj kontrolü entegre edilmiş lineer şarj kontrol cihazı.

Kontrol elemanının uygun bir şekilde sürülmesiyle, batarya geriliminin şarj sonu limit değerini aşması engellenmiş olur. [37] Şekil3–30’da lineer bir seri şarj kontrol cihazının blok devre diyagramı (Sabit akımlı durum) görülmektedir. Güneş jeneratörünün işletim (çalışma) noktası, batarya gerilimi ve anlık ışınım ile belirlenir. Kontrol elemanındaki güç kayıpları bu bağlantı durumunda çoğunlukla ihmal edilir.

Çoğu durumda çok düşük bir ileri voltaj düşmesine sahip shottky diyot olan D1 blok diyotu boyunca meydana gelen voltaj düşüşünden dolayı ilave bir güç kaybı meydana gelmektedir. Güç kayıplarını minimize etmek için, blok diyodu yerine T1'e arka arkaya seri bağlanmış bir mosfet daha kullanılabilir. Bu tür dizayn edilmiş bir sistemde ise gece periyodu boyunca her iki mosfette kapalı konumda olacağından güneş jeneratörüne ters bir akımın akması engellenmiş olur. Şarj sonu gerilime ulaşıldığı zaman T1 mosfeti için kapı (gate) gerilim kontrol elemanı tarafından azaltılır, çıkış gerilimi, şarj akımı bataryanın artan şarj durumuna göre yavaş bir şekilde azalırken sabit tutulur. Şekil 3-31'de üç farklı şarj akımı için işletim noktalarının gösterildiği bir örnek görülmektedir. Koyu gösterilmiş olanlar, kontrol elemanındaki güç kayıplarına orantılıdır.

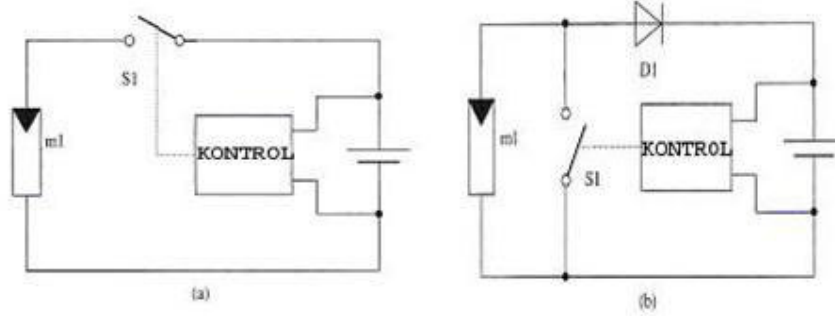


Şekil 0-33 36 Hücreli bir PV modülü için I-V eğrisi [37]

1.12.1.2 Anahtarlamalı kontrol elemanlar

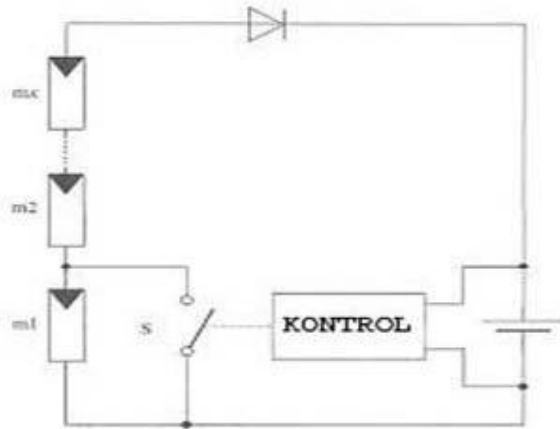
Lineer şarj kontrol elemanlarında oluşan ısı kayıpları anahtarlamalı kontrol elemanlarının kullanılması ile ortadan kaldırılabilir. Bu sistemlerde, Kontrol elemanı ya tamamen açıktır (blok engel durumu) ya da tamamen kapalıdır (iletim durumu). İdeal şartlar altında, her iki durumda da güç kaybı sıfırdır. Çünkü kontrol elemanında ki voltaj ya da akımdan birisi sıfırdır (Güç= Gerilim x Akım). Önceki sistemde olduğu gibi, bu sistemde de ilave bir enerji kazancının PV sisteminin bir fonksiyonuyla ilişkisinin olmadığına dikkat edilmelidir. Ancak, ısı üretimindeki azalma eleman maliyetlerinde (soğutucu plaka) bir tasarruf sağlar ve daha düşük eleman sıcaklıklarından dolayı sistemin güvenilirliğini artırır.

Şekil 3–32’de görüldüğü gibi [37] seri bir kontrol elemanında, şarj akımı, güneş jeneratörü ile seri bağlanmış bir anahtarlama elemanı olarak röleler



Şekil 0-34 (a)Seri ve (b)Paralel Kontrol Elemanlarının Prensibi.

kullanılmakta idi fakat bugün pek çok uygulamada yarı iletken teknolojisi ile üretilmekte olan mosfetler kullanılmaktadır. Seri kontrol elemanlarının ilave bir avantajı da diğer enerji kaynakları içinde uygulanabilir olmasıdır. Bunun nedeni de kısa devre toleranslarının olmamasıdır. Örneğin rüzgar jeneratörü uygulamaları içinde oldukça uygundur. Ayrıca, paralel kontrol elemanları ile kıyaslandığında, anahtar için gerilim dalgalanması daha düşüktür. Tam dolu bir aküde, Güneş jeneratörü açık devre modunda çalışır.



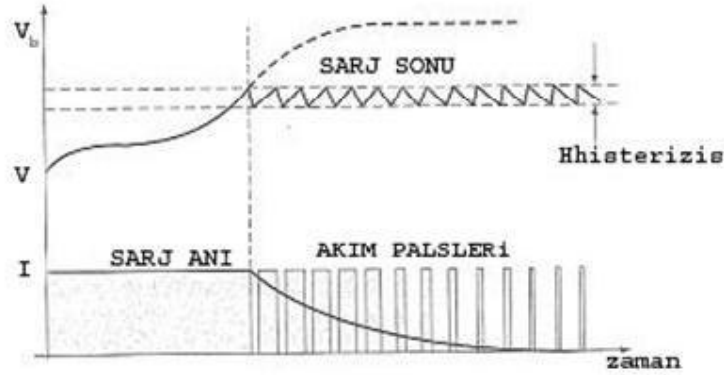
Şekil 0-35 Yüksek gerilim sistemleri için kısmi şönt kontrol sistemi [37]

Şekil 3–32.b’de şönt de denilen paralel bir kontrol cihazı görülmektedir. Sabit akımlı şarj modunda, modül akımı D1 diyodu üzerinden aküye akar, şarj sonu gerilimine ulaşıldığında, PV modülü S1 anahtarı ile kısa devre edilir. Bu durumda blok diyodu panele akacak ters bir akımı engellemektedir. Ayrıca, gece boyunca PV ye doğru oluşabilecek deşarj akımını bastırmaktadır. Seri kontrol devrelerine karşın, bu tür

devreler tamamen boşalmış bir aküde şarja başlarken güvenli olacaktır. Çünkü anahtar akü tamamen dolduğunda enerjilenebilecektir. Hibrid şarj kontrol cihazları, aslında engelleme diyodunun şarj modunda ikinci bir transistörle bypass edilmesiyle modifiye edilmiş bir şönt kontrol devresidir. Bu durum kontrol elemanındaki güç kayıplarını azaltır dolayısıyla soğutucu plaka daha küçük seçilir ve ısıl gerilmeler daha düşük seviyede gerçekleşir. Diğer bir şönt kontrol tipi de, yüksek voltajlı sistemler için geliştirilmiş olan kısmi şönt kontrol sistemi olup şekil 3-33'te görülmektedir.

1.12.2 Şarj kontrol teknikleri

Şarj sonu gerilimine ulaşıldığı ilk anda aslında batarya tam olarak dolmamıştır. Akünün şarj sonu geriliminde tutulması sağlanarak %5-%10 luk şarj kaybının telafisi sağlanabilir. Bu sabit voltaj durumunda, şarj akımı yavaşça azaltılır. İki pozisyonlu kontrolde, şarj akımı, şarj sonu gerilimine ulaşır ulaşmaz seri anahtar açılarak yada şönt anahtar kapatılarak sıfıra indirilir. Bunun sonucu, batarya terminal gerilimi azalır. Şarj akımı, şarj sonu gerilimden 5-50mv/cell daha düşük bir eşik geriliminin altına düştüğünde yeniden uygulanır. Bu işlem seri olarak periyodik biçimde tekrarlanır ve şarj palsleri daha kısa bir hale gelir. Kutup gerilimleri sabit iken, ortalama şarj akımı azalır. Yukarıda tanımlanan çevrimin periyodu sabit değildir ve akü kapasitesine, şarj durumuna, şarj yada deşarj akımına bağlıdır, bu periyot mili saniye ile dakika arasında değişir.



Şekil 0-36 Şarj süresince Akü gerilimi ve Akımı [37]

Pratikteki ikinci kontrol rejimi ise darbe genişlik modülasyonu (Pulse-width modulation) denilen iki adımlı kontrol elemanı gibi çalışır. Fakat kontrol elemanının anahtarlama frekansı sabittir. Genellikle frekans 100 Hz dir. Sabit akımla şarj durumunda, anahtar sürekli olarak kapalıdır ve aküye tam şarj akımı akar, şarj sonu gerilime ulaşıldığı zaman şarj zamanı ve çevrimin periyodu arasındaki oran pwm ile sifıra doğru azalacaktır. Yukarıda anlatıldığı üzere ortalama şarj akımı düşecek ve akü gerilimi sabit kalacaktır. PWM kontrolün bir avantajı anahtarlama frekansının bilinmesi ve sabit olmasıdır. Elektromanyetik uyumluluk problemi daha kolay çözülebilir ve ayrıca ortalama şarj akımının izlenmesi daha kolay bir hal alır.

Batarya geriliminin ve pv üreticinin gerilimi, şarj durumunun değişmesinden ve sıcaklık, ışınım gibi sınır şartlarından dolayı çalıştırılma süreci esnasında geniş bir aralıkta değişir. Direkt bağlantı yapıldığı zaman, güneş jeneratörünün gerçek ve optimum işletme voltajı (mpp voltajı) arasında bir uyumsuzluğa yol açar. Bu da enerji kayıplarına yol açar. Bu dönüştürücülerin güç durumları, buck tipi, boost tipi ya da ters dönüştürücüler gibi bilinen topolojilere karşılık gelir. Kontrol bölümü özellikle pv şartlarına uygun hale getirilmiş olup iki kontrol döngüsünden oluşmaktadır. Bunların biri giriş için diğeri ise çıkış içindir. Şarj sonu gerilimine ulaşılmadığı müddetçe, giriş gerilim kontrolü pv jeneratör gerilimini dc/dc dönüştürücünün anahtarlama rejiminin (pwm) uygun olarak ayarlanması ile sabit bir seviyede tutulur. Şarj sonu gerilimine ulaşıldığı zaman, çıkış gerilim kontrolü sistemi denetim altına alınarak batarya voltajını sabit bir seviyede tutar. Bir güneş jeneratörünün maksimum güç noktasının bulunması ve izlenmesi için algoritim geliştirilmiştir. Bunları iki katagoride gruplandırmak mümkündür:

a- Endirekt maksimum güç noktası izleyiciler: Bu tip mpp izleyiciler, mpp gerilimini basit kabullerle ve ölçümlerle tahmin ederler.

Bazı örnekler;

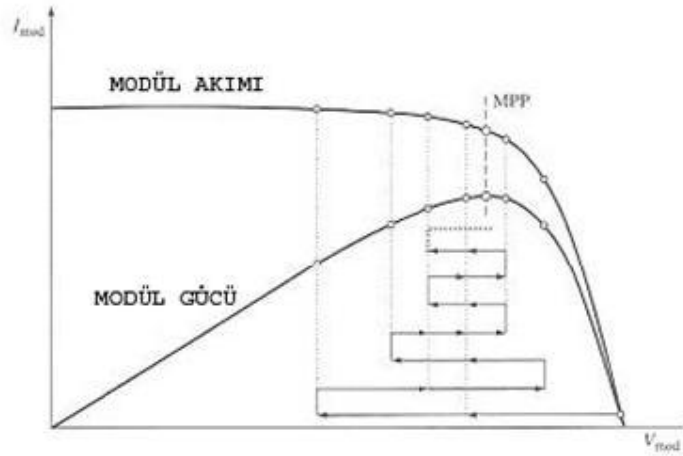
Güneş jeneratörünün işletme gerilimi mevsimsel olarak ayarlanabilir. Kış aylarında, hücre sıcaklığının düşüklüğünden dolayı daha yüksek bir mpp gerilimi beklenebilir, işletme gerilimi, modül sıcaklığına uygun olarak ayarlanabilir. İşletme gerilimi, sabit bir faktörle(örneğin silikon kristalli güneş pilleri için 0,8) çarpılarak anlık açık devre geriliminden elde edilebilir. Açık devre gerilimi yükün 1 mili saniye için ayrılmasıyla periyodik olarak (2 saniyede bir) ölçülür. Yukarıda bahsedilen prosedürün avantajı basit olmasıdır. Ancak onlar sadece optimum işletme noktasının bir tahminini verir. Bunlar, güneş jeneratörünün kirlenme ve eskimeden dolayı değişen karakteristiklerine adapte olamazlar.

b- Direkt mpp izleyiciler: Bu sistemlerde, optimum işletme gerilimi pv jeneratörün ölçülen akım, gerilim yada güç değerinden elde edilir. Bu yüzden, bunlar jeneratörün performansındaki değişimlere tepki gösterirler,

Bazı örnekler;

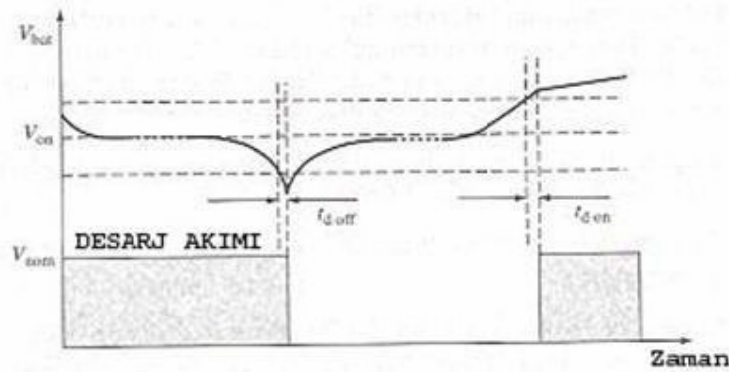
-I-V eğrisinin bir bölümünün periyodik olarak taranması. Burada, modülün işletme gerilimi, DC/DC dönüştürücü vasıtasıyla, verilmiş bir gerilim aralığında değişmektedir. Maksimum modül gücü belirlenir ve sonra işletme gerilimi, voltaj seviyesi karşılığına ayarlanır. Pratikte bu işlem, DC/DC dönüştürücünün çıkış akımını ölçmekten ve onu maksimize etmekten daha kolaydır.

Dağ tırmanışı algoritması: Burada işletme gerilimi periyodik olarak küçük adımlarla değişir. Bu artış sabit bir biçimde yada şekil 3.52'de görüldüğü gibi anlık işletme noktasına adapte edilmek şeklinde olabilir. Eğer modülün gücü (ve dolayısıyla şarj akımı) bir adımdan diğerine artarken, arama yönü sabit tutulur aksi halde adım ters döner. Bu yolla, mpp bulunur ve işletme noktası gerçek mpp civarında dengede kalır.



Şekil 0-37 MPP'dağ tırmanışı' izleme algoritmasının çalışma prensibi [37]

Derin deşarjdan koruma: Maksimum bir işletim ömrünün eldesinde bataryanın derin deşarjının önlenmesi önemlidir. Bu yüzden akünün şarj durumunun belirli bir seviyesinin altına düştüğü zaman yük otomatik olarak aküden ayrılmalıdır. Yükün tekrar bağlanabilmesi için akünün şarj durumunun elverişli bir seviyeye gelmiş olması gerekecektir. Daha karmaşık ve teknolojik şarj kontrol cihazlarında derin deşarja ulaşıldığı zaman bir uyarı sinyali devresi bulunur. Hatta farklı yükler öncelik sırasına göre devreden ayrılmaktadır. Burada, deşarj sonu seviyesinin altında 10–60 s arasında uygun bir gecikme zamanı olmalıdır ve bu durum şekil 3-36'da görülmektedir.



Şekil 0-38 Deşarj süresince batarya gerilimindeki ve yükteki değişiklikler [37]

Bu yükün şebekeden büyük başlangıç akımlarıyla ayrılması sakıncalarını önler. Örneğin, motorlar, buzdolapları, çamaşır makineleri. Güvenlik nedenlerinden dolayı, Algoritma tabanlı derin deşarj koruma sistemleri basit eşik gerilimi tabanlı kontrol sistemi ile birlikte çalışmalıdır. Yükün yeniden bağlanabilmesi için eşik gerilimi doğru

ayarlanmalıdır. Eğer bu oldukça düşük ise, bataryanın açık devre gerilimi eşiği geçecektir ve yük periyodik olarak yeniden bağlanacaktır. Koruma sistemine rağmen, akü derin deşarj olacak ve hasar görecektir. tdon gibi bir zaman gecikmesi, yükün yeniden bağlanmasından önce minimum bir şarj durumunu garanti etmek için uygun bir yöntemdir.

1.12.3 Şarj kontrol cihazları için dizayn kriterleri

a- Şarj hali:Şarj sonu eşik voltajı kullanılan aküye (2,3–2,5 V/hücre–25 C) uygun olmalıdır. Aşırı hatalı ayarlamayı önlemede, ayar aralığı bu limitlerin ötesine uzamamalıdır. Şarj sonu voltajı sistem voltajına (12–24 V) otomatik olarak ayarlanabilmelidir. Eğer batarya sıcaklığı, işletim anında ortalama sıcaklıktan $\pm 10^{\circ}\text{C}$ daha fazla sapması bekleniyorsa, şarj sonu gerilimi bir sıcaklık kompozisyonuna sahip olmalıdır (yaklaşık olarak hücre cell başına 4-6mv/k). Eğer sıcaklık sapması daha küçükse, sıcaklık kompanzasyonu zorunlu değildir ve eşik ortalama batarya sıcaklığına göre ayarlanır. Eşik değeri sıcaklık ve zamana göre kararlı olmalıdır. Eğer kontrol elemanı olarak röle kullanılıyorsa, minimum anahtarlama periyodu 1 ila 5 dk olmalıdır. Şarj kontrol cihazı tüm flat aküleri şarj etmeye uygun olmalıdır. Şarj 1,5 v olan hücre voltajından başlamalıdır. Batarya gerilimi ayrılmış sensör kabloları yardımıyla kontrol edilebilir, bu durum batarya kablo sisteminin uzun mesafeli olduğu ve dar kesitli olduğu durumlarda tavsiye edilmektedir. Şarj kontrol cihazı, üreticinin tavsiyelerine göre dengeli şarj ya da gazlı şarja otomatik olarak adapte olabilmelidir. Bunlar subap korumalı akülerde gazlanmayı önleyebilmelidir. Çıkış gerilimi, bataryasız bir sistemde güvenli bir değerde sınırlandırılabilir olmalıdır.

b- Derin deşarj koruma: Derin deşarj koruması uzun ve güvenilir bir servis ömrü için zorunludur. Eşik gerilim değeri hücre başına 1,5 ila 2 V arası ayarlanabilir olmalıdır. Ayarlama aralığı, aşırı derecede yanlış ayarların önlenmesi için bu oranın ötesine geçmemelidir. Eşik değeri sıcaklık ve zamana göre kararlı olmalıdır. Eşik değeri, anlık batarya akımına otomatik olarak adapte olabilmelidir. Yetersiz eşik

modülasyonunda ve yükün sistemden ayrılması arasında 10 ila 60 saniyelik bir gecikme zamanı uygulanmalıdır. Derin deşarj durumuna yaklaşıldığında bir uyarı sinyali verilebilir. Yükün sistemden ayrılması, yüklerin öncelik durumlarına göre yapılmalıdır. Yük sistemden ayrıldıktan sonra aküden çekilen akım sadece sızıntı akımı olmalıdır. Yükün sisteme yeniden bağlanabilmesi için eşik değeri rölatif olarak yüksek olmalıdır. Örneğin hücre başına 2,1 volt.

c- Verim: Şarj kontrolün parazitlik tüketimi, PV üreteç gücünün %0,2'sinden daha az olmalıdır. Örneğin 12V/50W lık bir kontrol cihazında 8mA den daha küçük olmalıdır. PV giriş uçları ve akü uçları arasında ölçülen gerilim düşümü tam şarj akımının %4'ten daha az olmalıdır. Örneğin, 12 V luk bir sistemde yaklaşık 0,5 V civarındadır. Yük uçları ve akü uçları arasında ölçülen gerilim düşümü tam şarj akımının %4 ten daha az olmalıdır. Örneğin, 12V luk bir sistemde yaklaşık 0,5V civarındadır.

d- Güvenlik durumu ve kodlara uyumluluk: Şarj kontrol cihazının giriş voltajı ve akü voltajı sigorta ve diyotlar yardımıyla ters polarizasyona karşı korunmalıdır. Şarj kontrol cihazı PV üreticinin olası maksimum açık devre gerilimine devamlı bir surette dayanmalıdır. Bu hal, maksimum ısınım ve minimum modül sıcaklığında gerçekleşir. Giriş ve çıkışlar geçici yüksek voltajlara karşı uygun voltaj tutucularla örneğin varistörlerle, korunmuş olmalıdır. Şarj kontrol cihazı çalıştırılacağı bölgenin ortam sıcaklığına uygun olarak dizayn edilmiş olmalıdır. Şarj kontrol cihazının muhafaza kutusu kullanılacağı yere uygun olarak çevresel etkilere dayanmalıdır. Elektronik elemanlar vernikle ya da kapsülle korunmuş olmalıdır. Şarj kontrol cihazı elektrik güvenliği ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) ile ilgili kodlara ve yönetmeliklere uygun olmalıdır. Bu cihazlar CE (communautes europeenes) etiketine sahip olmalıdır.

1.13 İverterterler

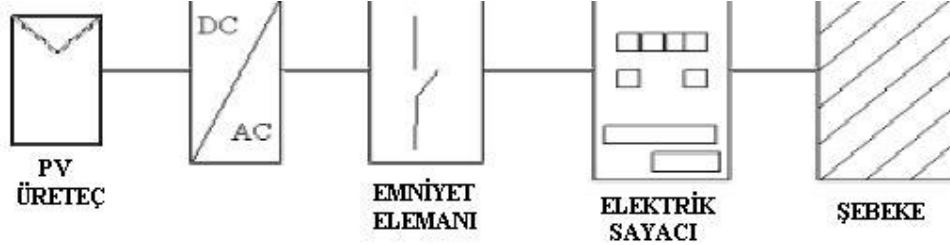
1.13.1 Pv inverterlerinin genel karakteristikleri

PV elektrik üretim maliyeti çeşitli zamanlarda, klasik elektrik üretim tekniklerinden daha pahalı olmuştur. Çevirme verimi tüm pv sistemin ekonomik yapısında daha ön plana çıkmıştır. Şebekeye enterkonnekte bağlı sistemlerde olduğu kadar şebekeden bağımsız çalışan sistemlerde de inverter önemli bir yere sahiptir.

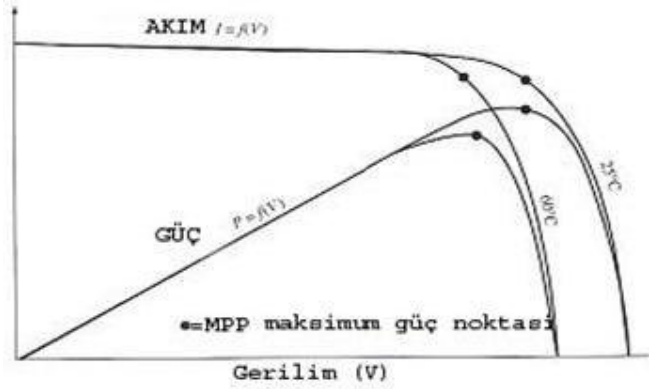
1.13.2 Şebekeye bağlı sistemler için inverterler

Bu yapılandırma esas olarak şekil 3–37’de de görüldüğü gibi PV üreteç, inverter, emniyet elemanları ve bazı durumlarda da sayaçdan oluşmaktadır. Eğer emniyet elemanlarındaki ve sayaçtaki kayıplar ihmal edilirse PV üreticinin reel gücü ile inverterin veriminin çarpımı bize şebekeye aktarabileceğimiz güç miktarını verir. Önemli olan belli bir periyot sonunda sistem tarafından üretilen enerjidir (örneğin işletmeye alındıktan bir yıl sonra). Bu durumda inverterin bir yıl boyunca tüm yük durumlarını içine alan esas verimi önemli bir hal alır. İverterde ilk adım, PV üreticinin (MPP) maksimum güç noktasına karşılık gelen çalışma gerilimine ayarlanabilme olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3–38). Çoğu inverter bu işletme gerilimini sürekli olarak gerçek MPP’ye ayarlar. Bu işlem maksimum güç noktasını izleme (MPPT) olarak adlandırılır. Bu metotta çoğunlukla, maksimum güç eldesi için giriş gerilimi değiştirilerek MPPT düzenlenmesi kullanılır. Simülasyon sonucunda şebekeye bağlı PV sistemlerinde CV işlemi düzgün ayarlama yapıldığı zaman sadece %1 ila %2 arası bir kayba yol açmaktadır. PV enerjisinin optimum kullanılmasında MPPT ve CV işlemi eşit gibi görünmektedir. Bunların çalışma prensiplerinden birisi, çoğunlukla küçük ölçekli PV

sistemlerde ($P < 5 \text{KWp}$) kullanılan tek fazlı inverterler MPP'den DC dalgalanmalar sebebiyle sapmalar gösterirler. Bunu şöyle açıklayabiliriz; AC güç şebekeye verilirken, besleme akımı şebeke voltajı ile aynı fazda olmalıdır yani güç faktörü ($\cos\phi$) 1'e eşit olmalıdır.

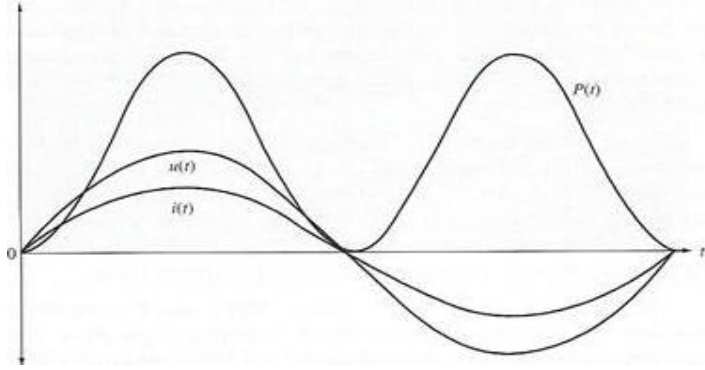


Şekil 0-39 Şebekeye bağlı bir PV sistemin genel yapısı [37]

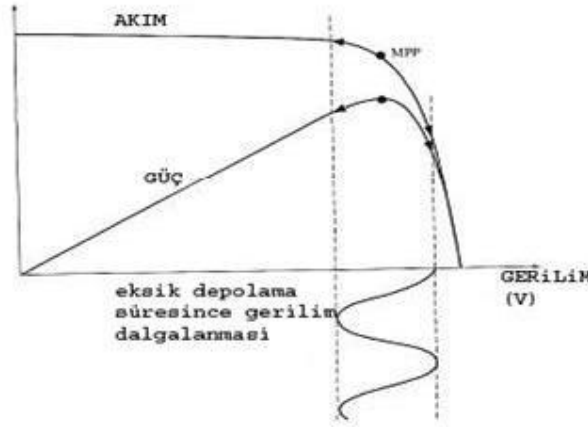


Şekil 0-40 Farklı modül sıcaklıkları için maksimum güç noktası (MPP) [37]

PV üretici sürekli ve hemen hemen sabit güç sağladığından ve şebekeye güç enjektisinde, her bir tek fazlı inverter bir depolama elemanına ihtiyaç duyar. Depolama elemanı olarak bir kondansatör ya da bobin kullanılabilir. Ekonomik sebeplerden dolayı bu depolama elemanları sınırlı olmalıdır. Gerilim dalgalanması tüm tek fazlı inverterlerin DC bölümünde olabilir. Bu dalgalanmalar PV üreticinin MPP'den sapmasına yol açar. Bu durum şekil 3-40'ta görülmektedir.



Şekil 0-41 Tek Fazlı şebekeye güç enjektörü [37]



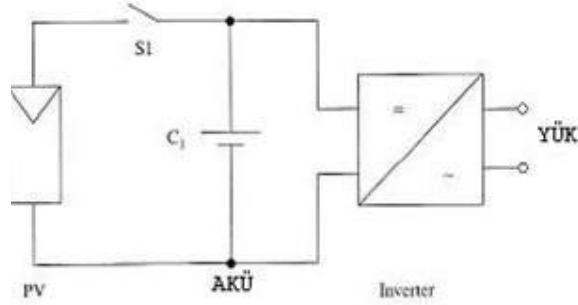
Şekil 0-42 Tek fazlı inverterlerde DC gerilimin MPP noktasından sapması [37]

1.13.3 Bağımsız (tek başına) çalışma durumu için inverterler

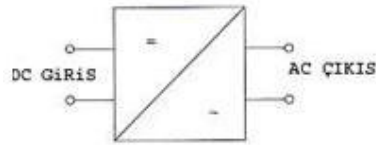
Bu tip inverterler genellikle aküleri besleme de kullanılır. Bunlar yükün durumu ne olursa olsun sabit gerilim ve frekans sağlamak zorundadırlar. Hibrid PV sistemlerinde, çift yönlü moda çalışabilir olmalıdır. Bunun anlamı AC moda çalışırken üretilen güç miktarında fazlalık var ise bu fazla güç miktarı ile de akü şarj edilmelidir. Temelde, şebekeye bağlı ve bağımsız tip çalışan inverterlerin her ikisi de güç elektroniğine uygun olan benzer donanım elemanlarından oluşurlar. Farklılıklar ise inverterlerin kontrolünde ortaya çıkmaktadır.

1.13.3.1 Genel bakış

Temelde inverterler doğru akımı (DC), istenen bir AC frekansa doğru akım polaritesinin ritmik olarak ters çevrilmesiyle, alternatif akıma (AC) çevirirler. Şekil 3-41'da görülen inverter, Şekil 3-42'de görüldüğü gibi sembolize edilir.

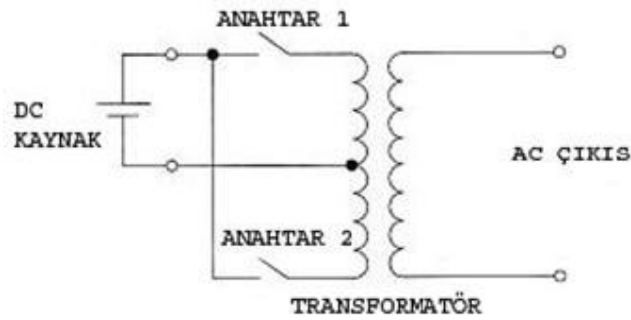


Şekil 0-43 Bağımsız bir inverterin dizaynı [37]

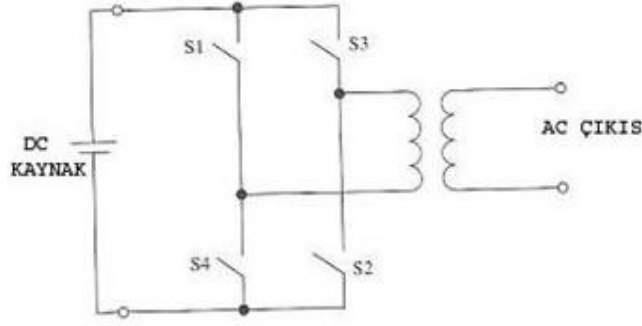


Şekil 0-44 İnverterin sembolize edilmesi.

1.13.3.2 Kare dalga inverterler



Şekil 0-45 Basit bir inverterin Kare dalga AC çıkış örneği [37]



Şekil 0-46 H köprü tipi inverter [37]

Trafonun Primer sargısındaki AC, 1 ve 2 anahtarlarının kurallı bir şekilde kapatılmasıyla elde edilir. Eğer 1 nolu anahtar kapalı ise 2 nolu anahtar bunun tersine açık konumdadır. AC çıkıştaki gerilim, kare dalga olduğundan dolayı omik yüklerde (Akkor Flamanlı lambalar, vb.) kullanılabilir. Şekil 3-44'te de görüldüğü gibi ikiden fazla anahtar kullanılırsa iki bölümden oluşan Primer sargı tek bölüme indirgenebilir.

Bu tip dizaynda, anahtarlar ikili çiftler halinde kurallı bir biçimde açılır ya da kapanır. Örneğin S1 ve S2 ile S3 ve S4 birer grup oluştururlar. Bu dönüşüm sadece gerilim dönüşümünde gereklidir.

1.13.3.3 Sinüsoidal AC çıkışlı inverterler

Pek çok tüketici ve elektrik şebekesi temelde sinüs dalga geriliminde çalıştığından, daha kaliteli olan inverterler bu tipte bir AC çıkış verebilmektedir. Bu gerilim formu gerilim dönüşümü prensipleriyle elde edilebilir. en çok bilinen dönüşümlerin isimleri step-down ve step-up dönüştürücü ve bu iki tipin kombinasyonu olan dijital sentezdir.

1.14 Güneş İzleme Sisteminde Kullanılan PIC Teknolojisi

1.14.1 PIC çeşitleri

Microchip ürettiği mikrodenetleyicileri 4 farklı gruba (genellikle aile diye adlandırılır) ayırarak isimlendirilmiştir. PIC ailelerine isim verilirken kelime boyu (word length) göz önüne alınmıştır. Microprocessor veya mikrodenetleyiciler kendi içlerindeki dahili veri saklama alanları olan registerleri arasındaki veri alış verişini farklı sayıdaki bit'lerle yaparlar. Örneğin 8088 micro işlemci çip içerisindeki veri alış-verişini 16-bit ile yaparken, Pentium işlemcileri 32-bit'lik verilerle iletişim kurarlar. Bir CPU veya MCU'nun dahili veri yolu uzunluğuna kelime boyu denir.

Microchip PIC'leri 12/14/16 bit'lik kelime boylarında üretmektedir ve buna göre aşağıdaki aile isimler verilmektedir.

- *PIC16C5XX ailesi 12-bit kelime boyu,*
- *PIC16CXXX ailesi 14-bit kelime boyu,*
- *PIC17CXXX ailesi 16-bit kelime boyu,*
- *PIC12CXXX ailesi 12-bit/14-bit kelime boyuna sahiptir.*

Bir CPU veya MCU'nun chip dışındaki harici ünitelerle veri alışverişini kaç bit ile yapıyorsa buna veri yolu bit sayısı denir. PIC'ler farklı kelime boylarında üretilmelerine rağmen harici veri yolu tüm PIC ailesinde 8-bit'tir. Yani bir PIC, I/O portu aracılığı ile çevresel ünitelerle veri alışverişini yaparken 8-bit'lik veri yolu kullanır. PIC programlayıcıları program kodlarını yazarken bir komutun kaç bit'lik bir kelime boyundan oluştuğuyla pek fazla ilgilenmezler. Seçilen bir chip'i programlarken uyulması gereken kuralların ve o chip'le ilgili özelliklerin bilinmesi yeterlidir. Bu özellikler PIC'in bellek miktarı, I/O portu sayısı, A/D dönüştürücüye sahip olup olmadığı, kesme (interrupt) fonksiyonlarının bulunup bulunmadığı, bellek tipinin ne olduğu (Flash, EPROM, EEPROM, vs) gibi bilgilerdir. Bu özelliklerin en son

değişikliklerini içeren güncel ve tam bir listesine microchip'in kataloglarından ulaşmak mümkündür.

1.14.2 PIC bellek çeşitleri

Farklı özellikte program belleği bulunan PIC'ler microchip firması tarafından piyasaya sürülmektedir. Bunlar:

- *Silinebilir ve programlanabilir bellek (Erasable PROGRAMMABLE Memory - EPROM)*
- *Elektriksel olarak silinebilir ve programlanabilir bellek (Electricly Erasable PROGRAMMABLE Memory - EEPROM). FLASH bellek olarak da adlandırılır.*
- *Sadece okunabilir bellek. (Read - Only Memory - ROM)*

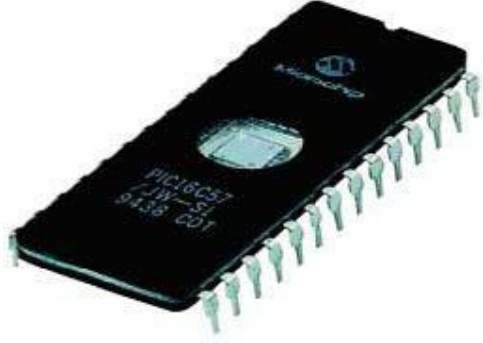
Her bellek tipinin kullanılacağı uygulamaya göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu avantajlar, fiyat, hız, defalarca kullanmaya yatkınlık gibi faktörlerdir.

EPROM bellek hücrelerine elektrik sinyali uygulayarak kayıt yapılır. EPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Ancak silip yeniden başka bir program yazmak için ultra-viole ışını altında belli bir süre tutmak gerekir. Bu işlemler EPROM silici denilen özel aygıtlarla yapılır. EPROM bellekli PIC'ler iki farklı ambalajlı olarak bulunmaktadır.

Seramik ambalajlı ve cam pencereli olan tip, silinebilir olan tiptir. Plastik ambalajlı ve penceresiz olan tipler ise silinemez OTP tiptir.

Seramik ambalajlı ve pencereli olan bellek içerisindeki programın silinmemesi için pencere üzerine ışık geçirmeyen bir bant yapıştırılır. Ultra-viole ışığı ile silinmesi istenildiğinde bu pencere açılır ve silici aygıt içerisinde belirli bir süre bekletilir. Plastik ambalajlı EPROM'lar ise programlandıktan sonra silinmesi mümkün değildir ve fiyatı

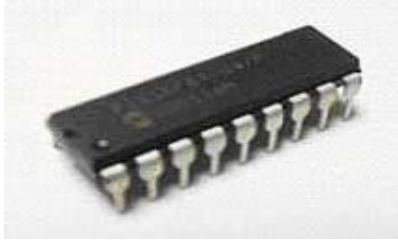
silinebilirliğe göre oldukça ucuzdur. Silinemeyen tipe OTP (One Time Programmable - Bir defa programlanabilir) olarak adlandırılır.



Şekil 0-47 Seramik ambalajlı cam pencereci PIC16C57.

EEPROM belleği bulunan bir PIC içerisine program yazmak için PIC programlayıcı vasıtasıyla elektriksel sinyal gönderilir. EEPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Programı silmek veya farklı yeni bir program yazmak istenildiğinde PIC programlayıcı dan elektriksel sinyal gönderilir. Bu tip belleğe sahip olan PIC'ler genellikle uygulamalı geliştirme amacıyla kullanılırlar. Microchip bu tip belleğe çoğu zaman FLASH bellek olarak da adlandırılır. Fiyatı silinemeyen tiplere göre biraz daha pahalıdır. Bellek erişim hızları ise EPROM ve ROM'lara göre daha yavaştır. PIC 16C84 ve PIC 16F84'ler bu tip program belleğine sahiptir.

ROM program belleğine sahip PIC'ler programları fabrikasyon olarak yazılırlar. EPROM ve EEPROM eşdeğerine nazaran fiyatları oldukça düşüktür. Ancak fiyatının düşüklüğünden dolayı gelen avantaj bazen çok pahalıya mal olabilir. ROM bellekli PIC programının fabrikasyon olarak yazılması nedeniyle PIC'in elde edilme süresi uzundur. Programda oluşabilecek bir hatanın PIC'e yazdıktan sonra tespit edilmesi, eldeki tüm PIC'lerin atılmasına da neden olabilir. Bu tip PIC'ler çok miktarda üretilecek bir ürünün maliyetini düşürmek amacıyla seçilir. Program hataları giderilemediği için uygulama geliştirmek için uygun değildirler. Microchip, ROM program bellekli PIC'lere parça numarası verirken "CR" (PIC16CR62, PIC16CR84 gibi) harfler kullanılır .[38]



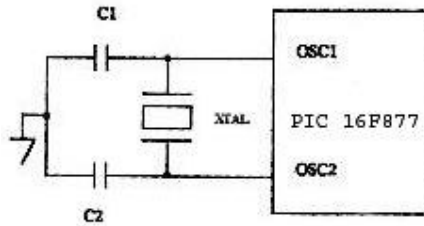
Şekil 0-48 Flash program belleğine sahip PIC16F84.

1.14.3 Osilatör devresi

PIC16F877'nin değişik osilatör imkanları ile zamanlaması yapılabilir. Kullanıcı FOSC 1 ve FOSC 2 hazırlama bitleri ile aşağıdaki dört seçenektan birini tercih eder.

- *LP Düşük güçlü osilatör*
- *XT Kristal / Rezonatör*
- *HS Yüksek hızlı kristal / rezonatör*
- *RC Direnç - Kapasitör*

XT, LP, HS seçimlerinde kristal veya seramik rezonatör, tümleşik devrenin 13 numaralı bacağı OSC 1 / CLKIN ile 14 numaralı bacağı OSC 2 / CLKOUT'a bağlanabilir. Bağlantı biçimi Şekil 3-47'deki gibidir.



Şekil 0-49 Kristal veya seramik rezonatör bağlantı biçimi.

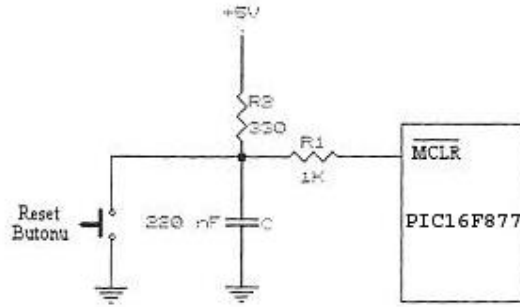
Tasarımda 4 MHz'lik kristal osilatör (XT) kullanıldı, C1 ve C2 kapasitörleride Tablo 3-6 aracılığıyla 15 pF seçildi ve Şekil 3-47'deki bağlantı biçimi uygulanabilir.

Tablo 0—6 Kristal osilatör için kapasitör seçimi.

Osilatör Tipi	Kristal Frekansı	C 1 Değeri	C 2 Değeri
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 KHz	15 pF	15 pF
XT	200 KHz	47 – 68 pF	47 – 68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF
	20 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF

1.14.4 Reset devresi

Herhangi bir ihtiyaç durumunda yazılımı tekrar baştan çalıştırmak için, tüm devreyi beslemeye yarayan anahtarı kullanmamak amacıyla butonlu bir reset devresi eklenebilir. Buna ait devre aşağıdaki gibidir.



Şekil 0-50 Reset devresi

Tüm bu açıklamalardan sonra hibrid enerji yönetim sistemi gelecek bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

HİBRİD ENERJİ SİSTEM YÖNETİMİ

1.15 Teze Konu Olan Projenin Tanıtımı

Bu çalışmada, güneş enerjisi temel alınarak, rüzgâr enerjisi ile birlikte kullanılması ve elde edilen enerjinin ortak bir noktada depolanması amaçlanmıştır. Ayrıca, şartlar uygunsa 3. bir enerji kaynağı da sisteme entegre edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece, aynı anda üç farklı enerji kaynağının sürekli ve kesintisiz olması planlanmıştır. Herhangi kaynaktan birisi devre dışı kaldığında diğer kaynakların sistemi beslemeye devam etmesi ve enerjinin devamlılığı sağlanmıştır. Gerçekleştirilen bu örnek sistem ile güneş, rüzgâr ve su enerjisinin aynı anda kullanılması sağlanmıştır. Sistem elektrik şebekesinden bağımsız olarak enerji üretmeyi amaçlamaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde, elektrik şebekesinin ulaşamadığı alanlarda, çevre aydınlatması, güvenlik sistemlerin devamlılığının sağlanması gibi bazı temel enerji gereksinimlerinin karşılanabilmesi sağlanacaktır. Güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları toplam bu üç adet girişten alınan enerji değerleri anlık olarak ölçülerek kablolu veya kablosuz olarak bilgisayara gönderilip verilerin kaydı, sistemin kontrolü ve durumu değerlendirilmektedir. Geliştirilen bilgisayar yazılımı ile üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre değerleri anlık olarak kaydedilip günlük, aylık ve yıllık istatistikler çıkartılarak grafik olarak da ifade edilebilmektedir

1.16 Projenin Önemi

Hibrid kelimesi sözlük anlamıyla “melez” demektir. Adından da anlaşıldığı gibi birden fazla güç sisteminin birlikte kullanımı ile oluşan bir sistemdir. Hibrid Güç Sistemleri, elektrik enerjisi bakımından sıkıntılar yaşayan Türkiye için alternatif bir

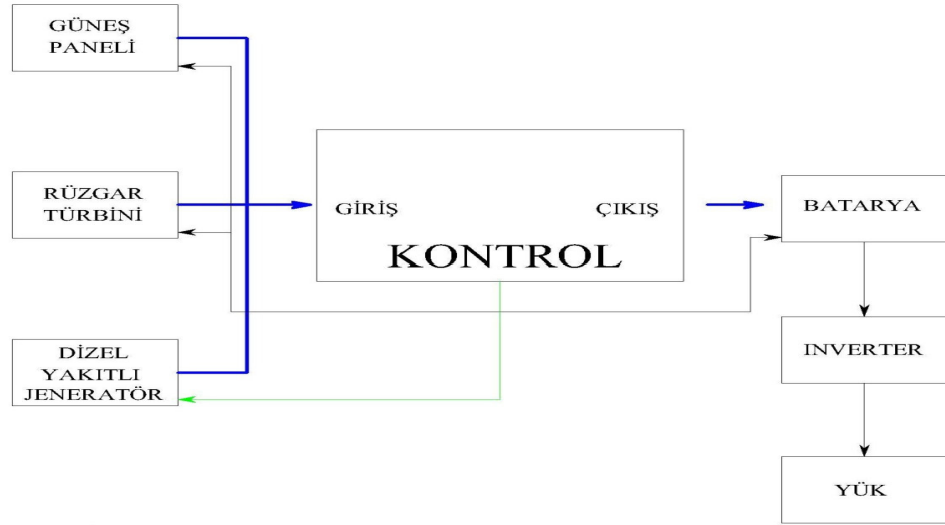
enerji kaynağı olarak önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, katı atık enerjisi, deniz kökenli enerjiler, vs.) elde edilebilecek enerjinin, enerji ihtiyacını tam anlamı ile karşılayabilmesi düşünülemez. Ancak, bir depolama sistemi ile (batarya sistemi) depolanan enerji, enerjinin en çok kullanıldığı zaman diliminde veya enerji kesintisi olduğu zamanlarda, sınırlı bir süre ihtiyacı karşılaması bakımından oldukça yararlıdır. Hibrid Güç Sistemleri, anakentlerde enerji ihtiyacını yukarıda saydığımız şekillerde karşılarken, daha küçük yerleşim birimlerinde (çiftlik, köy, vs.) enerji ihtiyacını tamamen karşılamak amacı ile de kullanılır. Bu şekilde ülke ekonomisine de katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

1.17 Çalışmada İncelenen Parametreler ve İzlenen Yöntem

Sistem düşey ekseninde izlemede $+360^\circ$ ve -360° , yatay ekseninde ise 360° lik bir hareket (izleme) kabiliyetine sahiptir. Kullanılan güneş pili solar panel #686- SP250-12V olup $V_{oc} = 18V$, $I_{max} = 250 \text{ mA}$, $P_{max} = 4,5 \text{ W}$ gücündedir. Sistem, tüm enerjisini güneş pillerinden almaktadır. Sistem çıkış gerilimleri DC (+12 V, +5 V, +9 V,+24 V) dır. Tasarımı ve imalatı yapılan sistemin blok diyagramı şekil 4-1'deki gibidir.

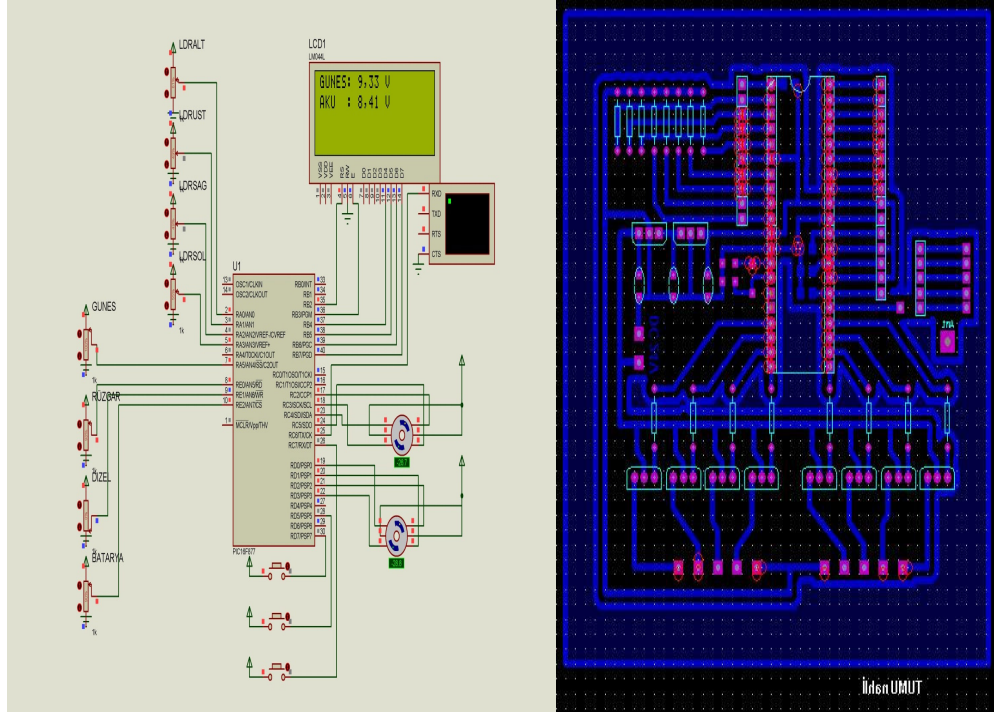
Güneşin izlenmesi konusunda modülün x ve y eksenlerindeki hareketinin sağlanması için gerekli güneş açılarının değişiminin ölçülerek değerlendirilmesi, modülün izleme konum parametrelerinin belirlenmesi, meteorolojik verilerden bulutlu gün sayısına bağlı olarak akü depolama kapasitesinin belirlenmesi, güneş ışınımını tespit ve takip edecek elektronik devredeki foto optik algılayıcıların seçimi ve izleme mekanizmasına komuta edecek elektronik devre parametrelerinin tespit edilerek gerçekleştirilmesi, mekanizmaya optimum hareket kabiliyeti kazandıracak makine elemanları ve mekanizmaların seçimi ve konum parametrelerinin belirlenerek imalatın gerçekleştirilmesi, sisteme uygun pv, inverter, şarj kontrol cihazı, rüzgar türbini, dizel yakıtlı jeneratör ve depolama elemanının seçilmesi ve buna uygun şarj kontrol cihazının imalat parametrelerinin belirlenerek imal edilmesi, sisteme uygun ölçü sistemleri uyum

parametrelerinin belirlenerek uygun ölçü sistemlerinin seçiminin yapılması ve buna bağlı olarak kablolu ve kablosuz veri aktarımı (wireless) sisteminin tasarlanması sırasıyla incelenmiş parametrelerdir.



Şekil 0-1 Sistemin blok diyagramı

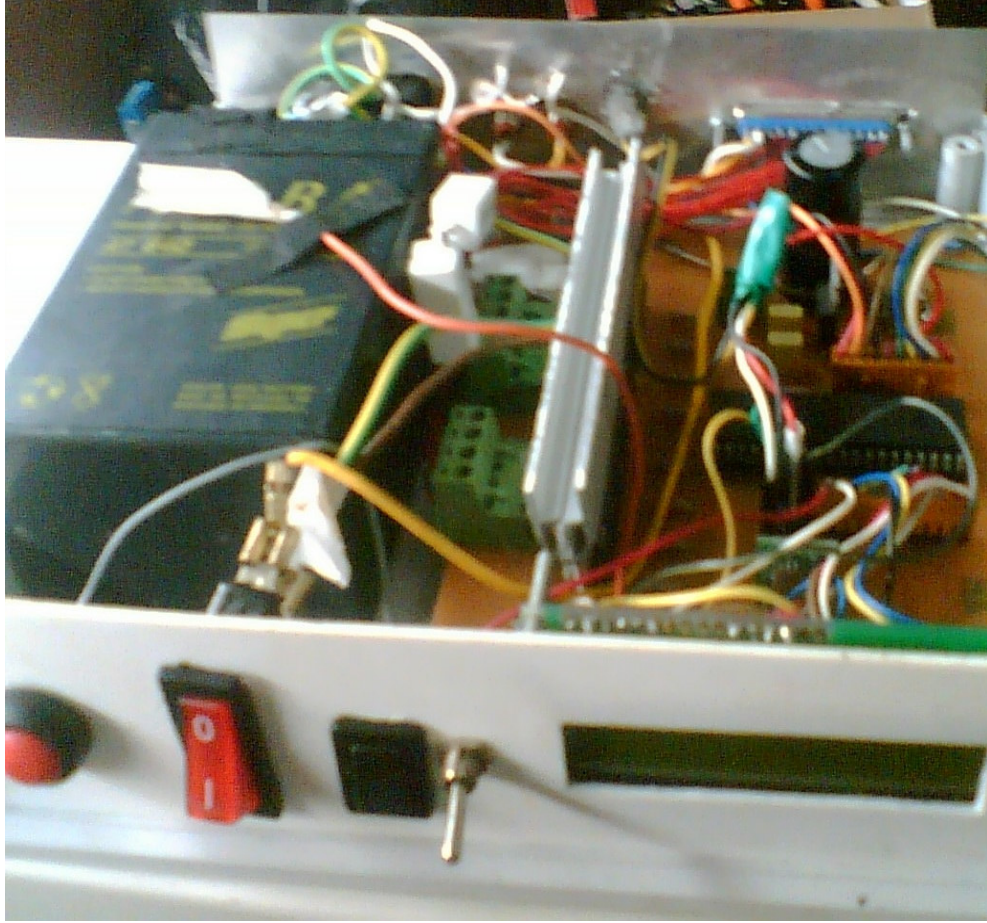
Daha sonra sisteme güneş pilinin ve güneş pilini taşıyan mekanizmanın montajı gerçekleştirilerek motor bağlantısı yapılmıştır. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen inverter, şarj regülatörü, güneş izleme sistemini gerçekleştiren mikro kontrol devreleri tek bir kutu içine montajlanarak sisteme bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Foto sensörler panellerin köşelerine yerleştirilmiş olup Sisteme bir LCD ekran bağlanılarak fotosensörlerden ölçülen değerler ve motorun hareket yönleri ekrandan takip edilebilmektedir. Sistemde kullanılan mikrokontrolde PIC16F877 kullanılmış ve bunun için bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki şarj kontrol cihazları 12 V, 8 Amperlik invertörler ise 12V DC / 220 V AC, 50 Hz 300 W lık bir çıkışa sahiptir.



Şekil 0-2 Sistem bilgisayar simülasyonu ve baskı devresi



Şekil 0-3 Gerçekleştirilen güneş takip sistemi.



Şekil 0-4 Kontrol Ünitesi

1.18 Proje Uygulamasında Kullanılacak Sistem Elemanları

Deneyleer sırasında ölçüm cihazı olarak 1 adet Almemo marka global güneş radyasyon sensörü, 1 adet Fluke (189) marka dijital multimetre, 1 adet Protek (506) marka dijital multimetre, bir adet güneşin konumunu belirleyen ve buna göre kontrol yapan güneş izleme kartı kullanılmıştır. Ayrıca deney düzeneğinde bir adet güneş pili, rüzgar türbini, dizel yakıt jeneratörü, iki adet Step motor, bir adet lcd ekran, bir adet kablosuz veri aktarım modülü (alıcı, verici, anten) ve bir adet akü kullanılmıştır.

1.18.1 Fotovoltaik güneş pili

Güneş pili SOLAR PANEL marka tipinde ve 352 cm² yüzey alanına sahiptir. Tablo 4-1’de güneş pilinin standart şartlarda (1000 W/m² ışınım ve 25°C pil sıcaklığında) elektriksel ve fiziksel özellikleri verilmiştir. Sistemde kullanılan panel şekil 4-2’de verilmiştir.

Tablo 0—1 Güneş pilinin özellikleri.

Elektriksel Özellikler	
Gerilim (Voc)	18V (max.)
Güç	4.5W
Akım (Isc)	250mA (max.)
Fiziksel Özellikler	
Hücre sayısı	Bir seride 36 adet
Birim ölçüleri (mm)	187 x 255 x 17
Birim ağırlık	450 gr



Şekil 0-5 Güneş Pili

1.18.2 Akümülatör

Deneylerde HUANYU (HYS1223) marka kuru tip kurşun-asit akümülatörler kullanılmıştır. Teknik ve fiziksel özellikleri tablo 4-2’de verilen akümülatörler yapıları gereği doğru akımla şarj ve deşarj edilirler.

Tablo 0—2 Huanyu HYS1223 marka kuru tip akümülatörün özellikleri

Elektriksel Özellikler	
Nominal gerilim	12 V
Nominal Kapasite	2.3 Ah
İç direnci (25 °C)	50 mΩ
Self deşarj (20 °C)	<0.8% hafta başına
Ömrü (20 °C)	3–5 yıl
Fiziksel Özellikler	
Uzunluk	178 mm
Genişlik	34 mm
Yükseklik	60 mm

1.18.3 Kontrol ünitesi

Geliştirilen sistem ve yazılım sayesinde güneşin gün boyunca hareketi izlenmiş ve güneş pilinden maksimum güç eldesi sağlanmıştır. Güneş izleme sisteminde kullanılan microchip 16F877 dir. Burada 16F877 nin 4 analog girişi fotodirençlerden gelen verileri analiz etmek için kullanılmıştır.

Bu çalışmada, fotodiyotların yerine fotodirençler kullanılarak sistemin nasıl bir tepki vereceği araştırılmıştır. Geliştirilen yazılım sayesinde sistem bulutlu havalarda bile oldukça kararlı çalışmaktadır. Bu tip uygulamalarda fotodirençlerin kullanımı sayesinde fotodiyotlar için gerekli olan ilave yükseltme devrelerine gerek kalmamaktadır. Sonuçta LCD ekran üzerinde okunan değerler yardımıyla sisteme ilave edilen manuel kontrol butonları vasıtasıyla istenilen hassasiyete göre sistemin çalışması sağlanabilmektedir

Ayrıca fotodirençler fiyatları ve bulunabilirlikleri açısından da oldukça avantajlıdır. Güneş izleme sistemleri için fotodirençlerin ilave bir yazılım sayesinde rahatlıkla kullanılabilceği ortaya çıkmaktadır.

1.18.4 Rüzgar türbini

Sistemde türbin olarak Air-X 12 V Marine kullanılmıştır. Ürün özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 0—3 Türbinin teknik özellikleri

Rotor Çapı	115 cm
Aylık ortalama kWh	5,4 m/sn de 38 kWh elektrik üretimi
Kanat sayısı	3 karbon fiber kompozit
Üretime Başlama	3.6 m/sn
Rüzgara Dayanım Gücü	49,2 m/sn
Voltaj	12, 24, 34 ve 48V
Güç	12.5 m/sn de 400 W
Türbin Regülatör	Bilgisayar bazlı entegre regülatör, maksimum güç denetleyici
Koruma Sistemi	Elektronik
Direk, Flanş	OD 48 mm
Gövde	Alüminyum döküm gövdeli, sadece iki hareket eden parça, tam bakımsız
Nakliye boyutu / Ağırlık	686 x 38 x 228 mm / 7,7 kg
Ağırlık	5,85 kg



Şekil 0-6 Air-X 12 V Marine

1.18.5 Dizel yakıt jeneratörü

Sistemde Mitsubishi ALM 2200 M jeneratör olarak kullanılmıştır ürünün teknik özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 0—4 Jeneratörün teknik özellikleri

Motor gücü	4 HP
Silindir hacmi	126cm ³
Maksimum güc	2,2kVA
Voltaj	220 V 50 Hz
Boş Ağırlık	43 Kg
Yakıt tank kapasitesi	2,5 lt
Yakıt tüketimi	0,8 lt/saat
Yakıt cinsi	Kurşunsuz benzin



Şekil 0-7 Mitsubishi ALM 2200 M jeneratör

1.19 Sistem Kontrol Algoritmaları

Sistem belirli aralıklarla aşağıda Tablo 4–5 de belirtilen görevleri gerçekleştirir. Bunlar gerçek zamanlı olup sistem açık durduğu sürece tekrarlanır.

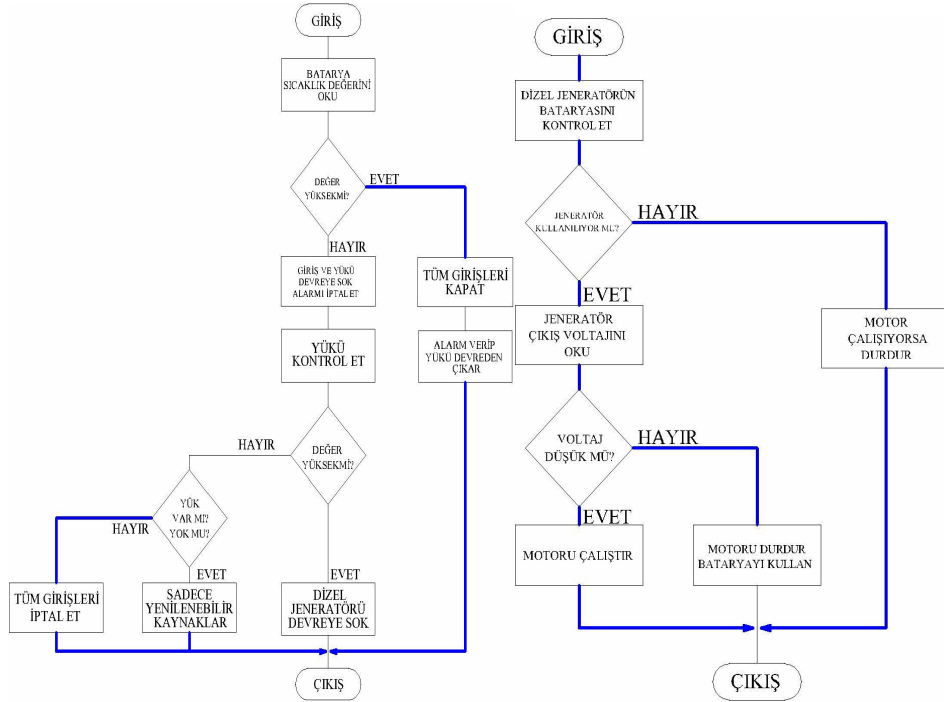
Tablo 0—5 Görev zaman tablosu

Görev	Zaman(sn)
Test LCD	1
Test güneş paneli	3
Test dizel jeneratör	3
Test batarya	20
Test yük durumu	1
Test sensörler	0,5
Test güneş takibi	0,5
Görüntüleme	2
Bilgisayarla iletişim	5

1.19.1 Batarya ve jeneratör kontrolü

Batarya ve jeneratörler aşağıda belirtilen algoritmalar kullanılarak sürekli kontrol altında tutulur. Batarya sıcaklığı yükseldiğinde sistem otomatik olarak durdurularak

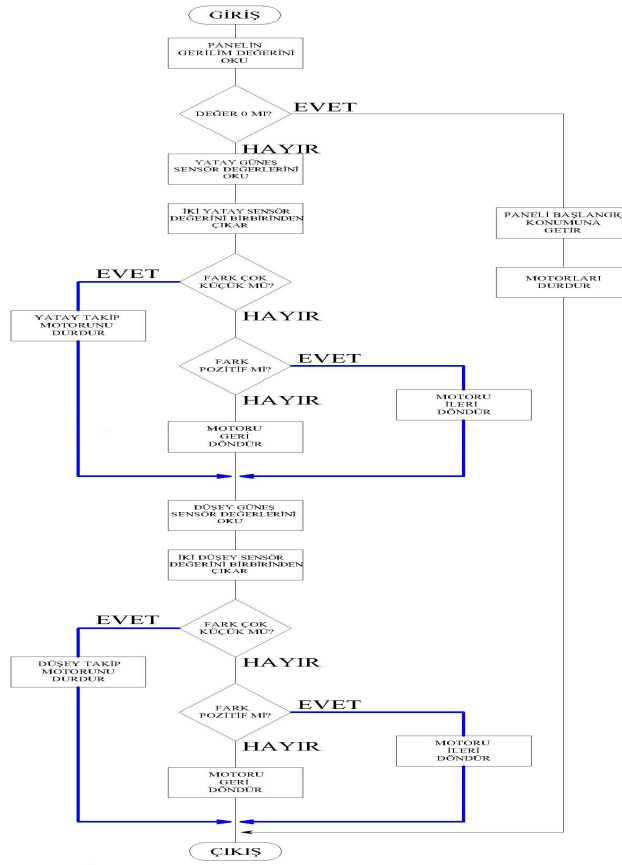
korunur. Jeneratör gerekmedikçe kullanılmaz ve bu sayede büyük bir tasarruf sağlanmış olur



Şekil 0-8 Batarya ve dizel jeneratör kontrolü algoritması

1.19.2 Güneş takibi

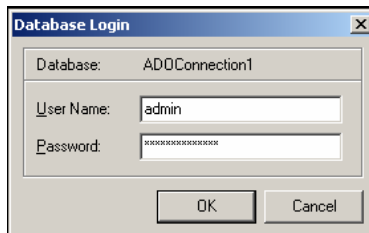
Şekil 4–9 daki algoritma kullanılarak. Güneş sensörlerinden alınan bilgiler değerlendirilerek panelin yatay ve düşey ekseninde hareketi sağlanıp panelin gün boyu güneşe 90° lik dik bir açıyla bakması dolayısıyla güneşten maksimum verim elde edilmesi amaçlanmaktadır. Zaman ve mekandan bağımsız olarak çalışan bu algoritma güneş ışığının durumuna göre paneli yatay veya düşey ekseninde hareket ettirir. Gece olması durumunda sistemi başlangıç konumuna getirerek kapatır. Böylece gereksiz enerji harcanmaz. Bu sistemde hassas olması için step motor kullanılmıştır. Sistem 4 dakikada bir ölçüm yaparak güneşin konumunu tespit edip motorları istenilen yönde hareket ettirerek güneşin konumunu yakalar. Sürekli ölçüm yaparak sistemi gereksiz yere meşgul etmez.



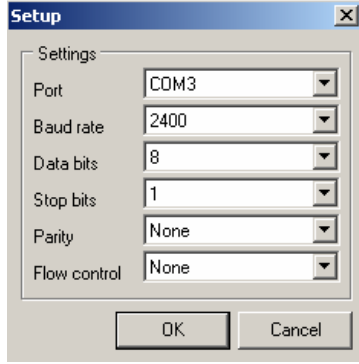
Şekil 0-9 Güneş takip algoritması

1.20 Bilgisayar Programı

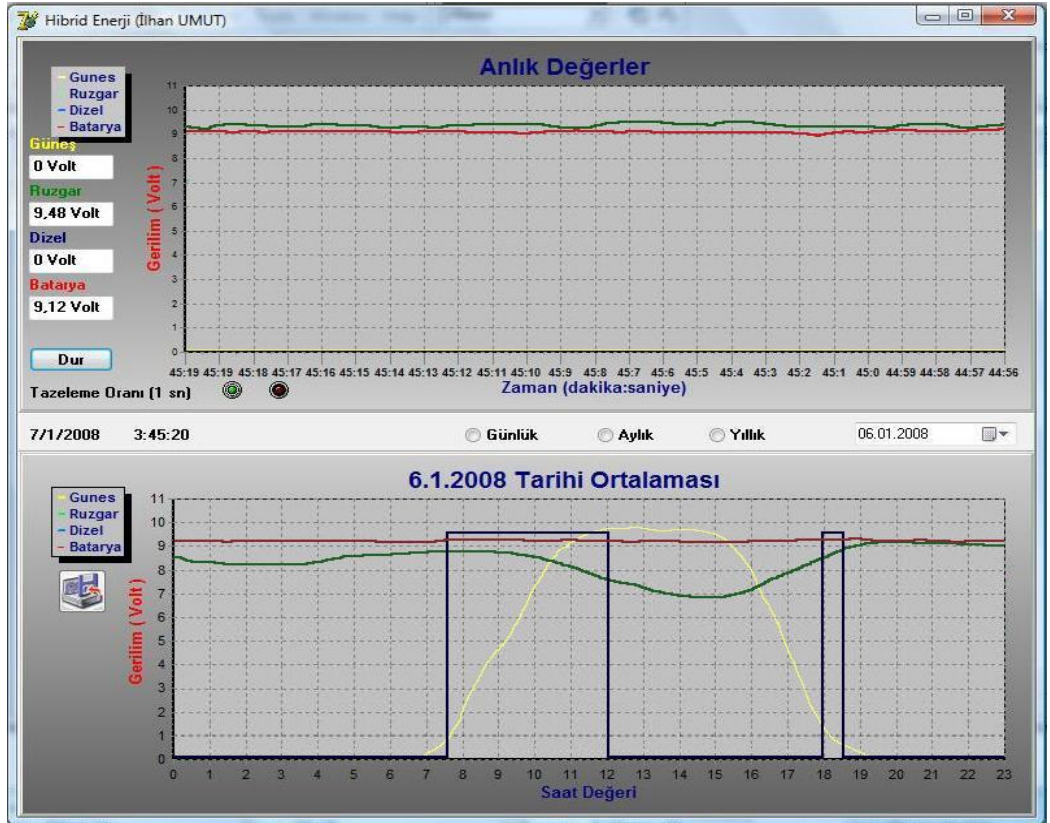
Delphi dili kullanılarak geliştirilen program COM porttan gelen verileri anında grafiksel olarak görüntüleyerek veritabanında saklamaktadır. Sistem durumu görüntülenerek kontrolü sağlanır. Programın kullanıcı ara yüzü şekil 4-12'deki gibidir.



Şekil 0-10 Program başlangıcı (Veritabanı bağlantısı)



Şekil 0-11 Port ayar penceresi



Şekil 0-12 Programın kullanıcı ara yüzü

BUGULAR, HEDEFLenen SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1.21 Bulgular

Sistem şebekeden bağımsız olarak enerji üreterek elektriğin ulaşmadığı bölgelerde verimli bir şekilde çalışmaktadır. Güneş takip edilerek sabit panele göre güneş enerjisinden % 37 daha fazla verim elde edilmiştir. Sisteme çok sayıda yenilenebilir enerji kaynağı bağlanabildiğinden herhangi bir kaynağın kesilmesi durumunda yük diğer kaynaklardan beslenip ihtiyacını karşılamış fazla enerji akülerde depolanmıştır. Tüm enerji kaynakları tükendiğinde yada aşırı yük gerektiğinde dizel jeneratör devreye girerek sistemin devamlılığı sağlanmıştır. Deneyler Mayıs ve Haziran aylarında toplam 7 ayrı gün için 9 ayrı ölçüm şeklinde yapılmıştır.

17.05.2007 tarihinde yapılan deneyde Kırklareli bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Saat 11:35 için izlemeli yüzeye 1036 W/m² ışınım gelirken yataya gelen toplam ışınım 894 W/m² ölçülmüştür. İzlemeli sisteme gelen ışınım değeri saat 17:30'a kadar 800 W/m²'nin üzerinde iken yatay düzleme gelen toplam ışınım değeri saat 11:00 ve saat 15:00 arası 800 W/m² değerine yakın değerler almaktadır. İzlemeli sistemin yüzeyine gün boyu daha fazla enerji geldiği görülmektedir.

1.22 Hedeflenen Sonuçlar

Geliştirilen bilgisayar programı sistemdeki verileri ve değişiklikleri anında görüntüleyerek sistem durumundan haberdar olmayı ve herhangi bir hata durumunda sisteme anında müdahale etmemizi sağlamıştır. Sistem ayrıca kontrol panelindeki

butonlar sayesinde manuel olarak da kontrol edilmiştir. Yapılan testlerde sistem sorunsuz bir şekilde çalışıp yükün ihtiyacını her koşulda karşılamıştır.

Bu çalışmada, hibrid sistem ile yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji maliyetini düşürme yönünde yararlanılabileceğini göstermiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları büyük kapasitelerde kurulduğunda verimli sonuçlar alınmaktadır. Bununla birlikte fazla enerjinin depolanması ve gerektiğinde elektrik enerjisi olarak kazanımı ile çevre dostu bir geri dönüşüm ortamı da yaratılacaktır. Konvansiyonel kaynakların tükenebilecek olması göz önünde bulundurularak bütünleşik yenilenebilir hibrid teknolojilerin, gelecekte önemli bir enerji kaynağı olması kaçınılmazdır.

1.23 Öneriler

Yenilenebilir enerji kaynaklarına ait sağlıklı ve güvenilir veri setleri oluşturulmalı ve bu veri setlerinin sürekliliği ve güncellenmesi sağlanmalıdır. Mesela güneş ve rüzgar enerjisi ölçümleri yerel ve kesintisiz olarak yapılmalı ve kaydedilmelidir. İç kaynakların en uygun koşullarda kullanılmasına, bu kaynakların doğaya en az zarar vermesine ve ekonomik gelişime maksimum katkı sağlamasına dayalı yeni bir enerji politikasının belirlenmesi, Türkiye için 2000’li yıllarda bir zorunluluk olmalıdır. Bu nedenle yenilenebilir ve çevresel zararları en az olan ve ülke içinde bol olarak bulunan enerji kaynaklarına yönelmek, Türkiye’yi hem enerji darboğazından kurtaracak hem de dışa bağımlılığı azaltacaktır.

TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

1.24 Uluslar Arası Yayınlar

İ. UMUT, E. UÇAR, “Micro-Controller Based Electrical Energy Producing From Solar Energy System Design”, Assen Zlatarov University, International Conference Education, Science, Economics and Technologies in the Global World, 2008, Bulgaria.

1.25 Ulusal Yayınlar

İ. UMUT, E. UÇAR, “Güneş ve Yenilenebilir Diğer Enerji Kaynaklarının Enerji Üretiminde Birlikte Kullanılabilirliği Üzerine Örnek Bir Uygulamanın Geliştirilmesi.” Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, II. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 2008, Eskişehir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Bayram, Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı Olarak Pirina: Üretimi, Özellikleri, Değerlendirilmesi. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 106–112, İzmir, 2001.
- [2] T.S. Uyar, Enerji Sorunu Nedir? Alternatif Enerji Çözüm müdür? NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium, 23–26, Lefkoşa TRNC, 2001.
- [3] N. Öztürel, R. Zilan ve A. Ecevit, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin İzlenmesi Gereken Strateji, Planlama Politikaları ve Bunların Sosyal ve Siyasi Etkileri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 28–32, İzmir, 2001.
- [4] 1998 Enerji Raporu. Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 1998.
- [5] Ulusal Enerji Politikaları. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 1–12, İzmir, 2001.
- [6] M.T. Gençoğlu ve M. Cebeci, Büyük Hidroelektrik Santraller ile Küçük Hidroelektrik Santrallerin Karşılaştırılması. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 265–271, İzmir, 2001.
- [7] İ.H. Tavman ve T.K. Önder, Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 316–323, İzmir, 2001.
- [8] Güneş ve Rüzgar Enerjisi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Çalışmaları. <http://www.meteor.gov.tr/webler/arge/argealt25.htm>.
- [9] A. Özdamar ve M. Çolak, İzmir’de Yapılan Dört Yıllık Rüzgar Ölçümlerine Dayanan Bir Enerji Değerlendirmesi. III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 309–321, İstanbul, 2000.
- [10] F.B. Alaçakır, Ülkemizde Elektrik Üretimini Destekleyen Bir Çözüm: Güneş Pilleri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 182–185, İzmir, 2001.

- [11] M.G. Drahor, D. Kumlutaş ve G. Göktürkler, Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Kullanımı. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 61–68, İzmir, 2001.
- [12] E. Solmaz ve S.K. Solmaz, Jeotermal Enerji Kavramı Bursa’daki Potansiyeli ve Çevre Etkileri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 283–290, İzmir, 2001.
- [13] M. Acaroğlu ve M.Ö. Ültanır, Türkiye’de Biyokütle (Biyomas) Enerji Potansiyeli ve Değerlendirilmesi İçin Öneriler. Türkiye 8.Enerji Kongresi, 2, 161–171, Ankara, 2000.
- [14] M. Acaroğlu, H. Öğüt ve K. Çarman, Biyokütle Enerjisinin Yakıt Olarak Türkiye’ye Sağlayacağı Ekolojik ve Ekonomik Potansiyelin Belirlenmesi. NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium, 37–40, Letkoşa TRNC, 2001.
- [15] K.E. Yeager, Electric Vehicles and Solar Power: Enhancing the Advantages of Electricity. IEEE Power Engineering Review, Vol. 2, No.10, October 1992.
- [16] J.A. Duffie and W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons Inc, 1991.
- [17] M.M. EI-Wakil, Powerplant Technology. McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1984.
- [18] Wu, W., Pongratananukul, N., Qiu, W., Rustom, K., Kasparis, T., Batarseh. I., “Dsp-Based Multiple Peak Power Tracking For Expandable Power System”, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2003. APEC’03. 18th Annual IEEE, Volume: 1, 2003 Page(s): 525-530, <http://apec.engr.ucf.edu/>
- [19] Bachtır, R.E., “Modeling of A Pumping Photovoltaic Station – Tracking of Optimal Operating Point”, International Forum on Renewable Energies FIER’2002 Proceedings, Volume 1, <http://www.fst.ac.ma/fier/33.Pdf>

- [20] Fanney, A.H., Dougherty, B.P., “Building Integrated Photovoltaic Test Facility”, *Journal of Solar Energy Engineering*, August 2001, Vol. 123 / 199, <http://fire.nist.gov>
- [21] Robert Carlson, Daniel Felhofer, Paul Rondeau., “Design And Construction Of A Maximum Power Tracking System For A Solar Panel”, Course Number:24.400, Group Number:6, Date of Preparation: 11.10.2002, www.ee.umanitoba.ca
- [22] Kutlu, S., “Güneş Tarlası İle Elektrik Enerjisi Üretimi Ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 2002.
- [23] Yeşilkaya, M.A., “Güneş Pillerinin Mikroişlemci ile Konum Kontrolünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998, Ankara.
- [24] Kılıç, A. ve Öztürk, A., “Güneş Enerjisi”, Kipaş Dağıtımcılık, S.331,1983, İstanbul.
- [25] Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdalli, Y., “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri”, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, 1997, Gebze-Kocaeli.
- [26] Batman, M. A., “Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Arttırıcı Yeni Bir Yöntem”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2001.
- [27] Deriş, N., “Güneş Enerjisi Sıcak su ile ısıtma tekniği”, Sermet matbaası, 1979, İstanbul.
- [28] U.S. Census Bureau , “International Population Reports WP/02”, *Global Population Profile: 2002, U.S. Government Printing Office*, 11 (2004).
- [29] Messenger, R.A., Ventre, J., “Photovoltaic Systems Engineering 2nd ed.”, *CRC Pres*, New York, 21-25, 31-35, 415-431 (2004).

- [30] Özel, S., “Fotovoltaik Güneş Enerjisi Ve Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması”. <http://elektrikci.hypermart.net/pv/pv.htm>
- [31] Ramakumar, R., Barnett, A.M., Kazmerski, L.L., Benner, J.P., Coutts, T.J. “Power Systems and Generation”, The Electrical Engineering Handbook, Ed. Richard C. Dorf Boca Raton, CRC Press LLC, 2000
- [32] Young, W.R., “Photovoltaic Applications For Disaster Relief”, University Of Central Florida Florida Solar Energy Center November 2, 19951679 Clearlake Road Cocoa, Florida 32922 (407) 638-1000.
- [33] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_en_hak.html
- [34] Durak M “Rüzgar Ölçümlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar” Meteoroloji Mühendisliği Dergisi – 2005
- [35] Özkan, A., “PLC ve SCADA Destekli Pozisyon Kontrolü”, Erciyes Üniversitesi, F.B.E., Elektronik Mühendisliği A.B.D., 1999, Kayseri.
- [36] Ünsaçar, F., “Düzlem Kollektörlerde Güneş Takip Sisteminin Geliştirilerek Uygulanması”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,1990, Konya.
- [37] Luque, A., Hegedus, S., “Handbook Of Photovoltaic Science And Engineering”, John Wiley & Sons, Inc, 2002, U.S.A.
- [38] Altınbaşak, O., “Mikrodenetleyiciler PIC Programlama”, Atlas Yayıncılık ve Elektronik Tic. Ltd. Şti., Mart 2004, İstanbul.
- [39] Şenol, R. , “ Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005, Isparta
- [40] Bilgin, Z., “Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Sürekli Adres

Uzunhacı Köyü
59550 Çerkezköy TEKİRDAĞ
Tel: (282) 757 83 18
E-posta: ilhanumut@trakya.edu.tr

İş Adresi

Kırklareli Teknik Eğitim Fak
Kavaklı KIRKLARELİ
Tel: (288) 246 20 49
E-posta: ogr67@trkya.edu.tr

KİŞİSEL BİLGİLER

Uyruğu
Doğum Yeri
Doğum Tarihi
Medeni Hali

TC
Çerkezköy / TEKİRDAĞ
12.11.1980
Bekâr

EĞİTİM BİLGİLERİ

1994–1998
1998 – 2003

2005-...

Şişli Teknik Lisesi, İstanbul
Marmara Üniversitesi, İstanbul
Lisans, Bilgisayar ve Kontrol
Öğretmenliği (%70 İng).
Trakya Üniversitesi, Edirne
Yüksek Lisans, Fen bilimleri Enstitüsü,
Bilgisayar Mühendisliği

EKLER

1.26 Sistem Kontrol Programının Yazılımı

```

INCLUDE "modedefs.bas"
    Pause 255          ' LCD'nin açılışı için bekle.
    DEFINE OSC 4      'Oscillator = 4MHz
    /////////////////////////////////////////////////// LCD PORT TANIMLAMASI ////////////////////////////////////////
    DEFINE LCD_BITS 4          ' LCD ile 4 bitlik iletişim kuruluyor.
    DEFINE LCD_LINES 4
    Define LCD_DREG    PORTB
    Define LCD_DBIT    4
    Define LCD_RSREG   PORTB
    Define LCD_RSBIT   2
    Define LCD_EREG    PORTB
    Define LCD_EBIT    3
    /////////////////////////////////////////////////// I-O PORT TANIMLAMASI ////////////////////////////////////////

    DEFINE ADC_BITS 10          '10 bit adc çevirme
    DEFINE ADC_SAMPLEUS 50     'Örnekleme hızı (microsaniye)
    DEFINE ADC_CLOCK 2
    LCDBUTON VAR PORTD.5
    RSTBUTON VAR PORTD.7
    MODBUTON VAR PORTC.7
    LDRAL VAR WORD
    LDRUS var word
    LDRSOL var word
    LDRSAG var word
    GUNES VAR WORD
    S1 VAR WORD
    S2 VAR WORD
    AKU VAR WORD
    ADIMU VAR word
    ADIMA VAR word
    I VAR BYTE
    AU VAR BYTE
    AA VAR BYTE
    RST VAR BIT

    TRISA = 255
    TRISB = %00000000
    TRISC = %10000000
    TRISD = %10100000
    TRISE = 7
    PORTA=0
    PORTB=0
    PORTC=0
    PORTD=0
    PORTE=0
    SETUP:
    ADCON1 = %10000000          'Port A Analog Girişli.
    ADCON0 = %10000001
    ADIMU = 200
    ADIMA = 200

```

```

LCDout $fe,2, "GUNES TAKIP"
PAUSE 2000
START:
CALL OLCUM
IF (LDRSAG<300) AND (LDRSOL<300) AND (LDRAL<3000) AND (LDRUS<300) THEN CALL GECE
IF ABS(LDRAL-LDRUS)<40 AND ABS(LDRSAG-LDRSOL)<20 AND MODBUTON=1 THEN
FOR I=1 TO 240
PORTC = PORTC & %11000011
PORTD = PORTD & %11110000
PAUSE 850
CALL OLCUM
NEXT
ENDIF
call MOTORA
CALL MOTORU
IF (ADIMA<1) OR(ADIMA>399) THEN CALL MOTORA_RST
IF LDRSAG<LDRSOL and abs(LDRSAG-LDRSOL)>20 THEN
IF ADIMU>200 THEN
ADIMA=ADIMA+1
call MOTORA
ELSE
ADIMA=ADIMA-1
call MOTORA
ENDIF
ENDIF
IF LDRSAG>LDRSOL and abs(LDRSAG-LDRSOL)>20 THEN
IF ADIMU>200 THEN
ADIMA=ADIMA-1
call MOTORA
ELSE
ADIMA=ADIMA+1
CALL MOTORA
ENDIF
ENDIF
IF (ADIMU<1) OR(ADIMU>399) THEN CALL MOTORU_RST
IF LDRAL<LDRUS and abs(LDRAL-LDRUS)>40 THEN
ADIMU=ADIMU+1
call MOTORU
ENDIF
if LDRAL>LDRUS and abs(LDRAL-LDRUS)>40 then
ADIMU=ADIMU-1
call MOTORU
ENDIF
IF (RSTBUTON=1) THEN
PAUSE 2000
IF RST=0 THEN CALL BEKLEME_MODU
ENDIF
RST = 0
goTo START

```

```

OLCUM:
ADCIN 0, LDRAL
PAUSE 5
Adcin 1, LDRUS
PAUSE 5
ADCIN 2, LDRSAG
PAUSE 5
ADCIN 3, LDRSOL
PAUSE 5
ADCIN 4, GUNES
PAUSE 5
ADCIN 5, S1
PAUSE 5

```

```

ADCIN 6, S2
PAUSE 5
ADCIN 7, AKU
PAUSE 5
IF LCDBUTON=1 THEN
IF MODBUTON=1 THEN
LCDout $fe,2, "Kaynak1: ", DEC(S1/110),",",DEC(S1//110) ,"V "
LCDout $fe,$C0,"Kaynak2: ", DEC(S2/110),",",DEC(S2//110) ,"V "
ELSE
LCDout $fe,2, "A", DEC(LDRAL)/10,"U",DEC(LDRUS)/10,"U",DEC(ADIMU)," "
LCDout $fe,$C0,"S", DEC(LDRSOL)/10,"S",DEC(LDRSAG)/10,"A",DEC(ADIMA)," "
ENDIF
ELSE
LCDout $fe,2, "GUNES: ", DEC(GUNES/110),",",DEC(GUNES//110) ," V "
LCDout $fe,$C0,"AKU : ", DEC(AKU/110),",",DEC(AKU//110) ," V "
ENDIF
PAUSE 50
SEROUT PORTC.6,N2400,["G",#GUNES,"A",#AKU,"S1",#S1,"S2",#S2,"S"]
PAUSE 20
RETURN

MOTORU:
AU=ADIMU//8
IF AU=0 THEN
PORTC.2=1
PORTC.3=0
PORTC.4=0
PORTC.5=1
ENDIF
IF AU=1 THEN
PORTC.2=1
PORTC.3=0
PORTC.4=0
PORTC.5=0
ENDIF
IF AU=2 THEN
PORTC.2=1
PORTC.3=0
PORTC.4=1
PORTC.5=0
ENDIF
IF AU=3 THEN
PORTC.2=0
PORTC.3=0
PORTC.4=1
PORTC.5=0
ENDIF
IF AU=4 THEN
PORTC.2=0
PORTC.3=1
PORTC.4=1
PORTC.5=0
ENDIF
IF AU=5 THEN
PORTC.2=0
PORTC.3=1
PORTC.4=0
PORTC.5=0
ENDIF
IF AU=6 THEN
PORTC.2=0
PORTC.3=1
PORTC.4=0
PORTC.5=1

```

```
ENDIF
IF AU=7 THEN
PORTC.2=0
PORTC.3=0
PORTC.4=0
PORTC.5=1
ENDIF
return

MOTORU_RST:
IF (ADIMU=200)THEN RETURN
IF ADIMU<200 THEN
PAUSE 30
ADIMU=ADIMU+1
CALL MOTORU
ELSE
PAUSE 30
ADIMU=ADIMU-1
CALL MOTORU
ENDIF
GOTO MOTORU_RST

MOTORA:
AA=ADIMA//8
IF AA=0 THEN
PORTD.2=1
PORTD.3=0
PORTD.0=0
PORTD.1=1
ENDIF
IF AA=1 THEN
PORTD.2=1
PORTD.3=0
PORTD.0=0
PORTD.1=0
ENDIF
IF AA=2 THEN
PORTD.2=1
PORTD.3=0
PORTD.0=1
PORTD.1=0
ENDIF
IF AA=3 THEN
PORTD.2=0
PORTD.3=0
PORTD.0=1
PORTD.1=0
ENDIF
IF AA=4 THEN
PORTD.2=0
PORTD.3=1
PORTD.0=1
PORTD.1=0
ENDIF
IF AA=5 THEN
PORTD.2=0
PORTD.3=1
PORTD.0=0
PORTD.1=0
ENDIF
IF AA=6 THEN
PORTD.2=0
PORTD.3=1
PORTD.0=0
```

```

PORTD.1=1
ENDIF
IF AA=7 THEN
PORTD.2=0
PORTD.3=0
PORTD.0=0
PORTD.1=1
ENDIF
return

MOTORA_RST:
IF (ADIMA=200)THEN RETURN
IF ADIMA<200 THEN
PAUSE 30
ADIMA=ADIMA+1
CALL MOTORA
ELSE
PAUSE 30
ADIMA=ADIMA-1
CALL MOTORA
ENDIF
GOTO MOTORA_RST

GECE:
LCDOUT $FE, 1,"GECE"
pause 2000
IF ADIMU <> 200 THEN CALL MOTORU_RST
IF ADIMA <> 200 THEN CALL MOTORA_RST
PORTC = PORTC & %11000011
PORTD = PORTD & %11110000
CALL START
RETURN

BEKLEME_MODU:
LCDOUT $FE, 1,"STOP"
pause 2000
IF (RSTBUTON=1) THEN
CALL START
ELSE
RST = 1
IF ADIMU <> 200 THEN CALL MOTORU_RST
IF ADIMA <> 200 THEN CALL MOTORA_RST
PORTC = PORTC & %11000011
PORTD = PORTD & %11110000
GOTO BEKLEME_MODU
ENDIF
RETURN

```