HİBRİT RÜZGÂR – GÜNEŞ GÜÇ ÜRETİM ÜNİTESİNİN KURULUMU VE ENERJİNİN VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN GENEL AYDINLATMA SİSTEMİNİN PIC 16F877 KONTROLÖR İLE DENETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil Harun OĞUZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Eylül, 2012

Bu tez çalışması 10.TEF.05 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HİBRİT RÜZGÂR – GÜNEŞ GÜÇ ÜRETİM ÜNİTESİNİN KURULUMU VE ENERJİNİN VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN GENEL AYDINLATMA SİSTEMİNİN PIC 16F877 KONTROLÖR İLE DENETİMİ

Halil Harun OĞUZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Eylül, 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Halil Harun OĞUZ tarafından hazırlanan "HİBRİT RÜZGÂR – GÜNEŞ GÜÇ ÜRETİM ÜNİTESİNİN KURULUMU VE ENERJİNİN VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN GENEL AYDINLATMA SİSTEMİNİN PIC 16F877 KONTROLÖR İLE DENETİMİ" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 27/09/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

Başkan **:** Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ İmza

Üye **:** Doç. Dr. Yüksel OĞUZ İmza

Üye **:** Yrd. Doç. Dr. Murat CANER İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

……/……/…… tarih ve

……sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi.
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27.09.2012

Halil Harun OĞUZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HİBRİT RÜZGÂR – GÜNEŞ GÜÇ ÜRETİM ÜNİTESİNİN KURULUMU VE ENERJİNİN VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN GENEL AYDINLATMA SİSTEMİNİN PIC 16F877 KONTROLÖR İLE DENETİMİ

Halil Harun OĞUZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

Bu çalışmada, Afyonkarahisar ili iklim şartlarında güneş ve rüzgâr enerjisinden oluşan güç üretim sistemi ile iki adet laboratuarın aydınlatması için gerekli olan 1072 Watt'lık elektrik enerjisinin karşılanması amaçlanmış. Aynı zamanda laboratuar aydınlatmasına harcanan elektrik enerjisinde tasarruf sağlamak amacıyla PIC 16F877 ile yapılan yük kontrol sistemi uygulanmıştır. Güneş ve rüzgar enerjisinden oluşan güç üretim sistemi için; 190W 24V'luk 3 adet mono kristal güneş paneli ve rüzgarın yönüne göre 360^{o} dönebilen 600W'lık 3 fazlı sabit mıknatıslı senkron generatörlü (PMSG) rüzgar güç üretim sisteminden oluşan 1170 W'lık hibrit bir güç üretim sistemi kurulmuştur. Aynı zamanda tüketim fazlası olan elektrik enerjinin depolanması veya üretimin olmadığı zamanlarda enerjinin sürekliliğini yenilenebilir enerji sistemi üzerinden sağlayabilmek için 100Ah, 12V'luk 6 adet jel deep cycle akü gurubu hibrit güç üretim sistemi ile birlikte tesisi gerçekleştirilmiştir. PIC 16F877 ile yapılan yük kontrol sistemi için ise; Armatür gruplarına ayrı ayrı elektrik hattı çekilmiş ve dışarıdan gelen aydınlık şiddetine göre armatür gruplarını devreye alacak olan yük kontrol devresinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hibrit güç üretim sistemini oluşturan üretim ünitelerinden rüzgâr türbini, güneş paneli ve batarya grubundan ayrı ayrı 10 saniyelik aralıklarla kWh cinsinden veri kaydı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen güç üretim verilerinin aylık toplamları tablolar ve grafiklerle ayrı ayrı düzenlenmiştir. Bu elde edilen güç üretim verileri ile yük kontrol sisteminin aktif olmadığı ve yük kontrol sisteminin aktif olduğu

güç tüketim verilerinin ayrı ayrı analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hibrit güç sisteminin ürettiği aylık toplam elektrik enerji ile her iki durum için tüketicilerin kullandığı aylık toplam elektrik enerjisi verilere göre mukayesesi yapıldığında batarya destekli hibrit güç üretim sisteminin üretim gücü, tüketim gücünün üzerinde olduğu görülmüş. Ayrıca yük kontrol sisteminin uygulandığı durumda ise bir yıllık süreçte %20,6 oranında bir tasarruf sağlandığı tespit edilmiştir.

2012, xv +108 sayfa

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Enerjisi, Güneş Enerjisi, Hibrit Güç Üretim Sistemleri

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INSTALLATION OF WIND-PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM AND CONTROL OF GENERAL ILLUMINATION SYSTEM WITH PIC 16F877 CONTROLLER FOR EFFICIENT USE OF ENERGY

Halil Harun OĞUZ
Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric Education

Supervisor: Doç. Dr. Yüksel OĞUZ

In this paper, an isolated wind-photovoltaic hybrid power system with battery storage will be presented that can supply electricity to two laboratories with a capacity of 1072 W peak electrical power depending on the need at the laboratory illuminating where used. At the same time, for purpose of ensuring saving in electric power consumed at laboratory illumination, the load control system made with PIC 16F877 was applied. For the power generation system consists of solar and wind energy: A 1170W hybrid power generation system consists of a 190W 24V' 3 pieces mono crystal solar panel and 600W 3-phase permanent magnet synchronized generator (PMSG) wind power generation system, rotating 3600 according to direction of wind, was installed. Besides, to store the consumption excessive electric energy or in case of lack of generation, to ensure energy continuity via renewable power system, 100 Ah 12V 6 pieces gel jeep cycle accumulator groups were installed on the wind-solar hybrid power generation system. For the load control system made with PIC 16F877; an electric line was wired separately to armature groups and a design of the load control circuit to engage the armature groups according to power of light coming from outside was realized. In the hybrid power generation system, the data record in 10 second intervals (as kWh) was realized separately from each generation system. Monthly totals of obtained data were arranged separately in tables and graphics. With these obtained power generation data, analysis of power consumption data was made separately in which the load control system was inactive and the load control system was active. As a result of the analysis

made, when the total monthly electric power generated by the hybrid power system and monthly total electric power used by consumers for both situations were compared depending on the data, it was determined that the generation power of the battery supported hybrid power generation system was above its consumption power. Besides, when the load control system was applied, it was determined that a saving in rate of 20.6% was obtained in a one-year period.

2012, xv +108 page

Key Words: Wind Energy, Solar Energy, Hybrid Power Plants

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Yüksel OĞUZ'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımını gördüğüm değerli hocalarım Arş. Grv. Mehmet YUMURTACI, Arş. Grv. İsmail YABANOVA, Arş. Grv. Ali KIRKBAŞ ve değerli arkadaşlarım Şennur KURT, Ümit KÖK, Erdal ÖĞÜT, Ömer Şahin ASLAN ve Emrah OGUZ'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı annem Gülay OĞUZ, babam Hüseyin OĞUZ ve kardeşim Ceyhun OĞUZ' a teşekkür ederim.

Halil Harun OĞUZ

AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
RESİMLER DİZİNİ xiii
ÇİZİMLER DİZİNİ xiv
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ 5
2.1 ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI 5
2.1.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 7
2.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları 8
2.1.3 Türkiye'nin Enerji Durumu 9
2.2 HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMLERİ VE BİLEŞENLERİ 12
2.2.1 Rüzgâr Enerjisi 12
2.2.1.1 Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi'nin Durumu 13
2.2.1.2 Afyonkarahisar'da Rüzgâr Enerjisi'nin Durumu 14
2.2.1.3 Rüzgâr Enerjisinin Tarihçesi 14
2.2.1.4 Rüzgâr Türbini Bileşenleri 16
2.2.1.5 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması 19
2.2.1.5.1 Eksen yapılarına göre rüzgâr türbinleri 19
2.2.1.5.2 Kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri 20
2.2.1.5.3 Güçlerine göre rüzgâr türbinleri 21
2.2.1.5.4 Rüzgâr türbinlerinde kullanılan generatörler 21
2.2.2 Güneş Enerjisi 24
2.2.2.1 Türkiye'de Güneş Enerjisi'nin Durumu 24
2.2.2.2 Afyonkarahisar'da Güneş Enerjisi'nin Durumu 26
2.2.2.3 Güneş Pilleri Tarihçesi 26
2.2.2.4 Güneş Pillerinin Yapısı 29
2.2.2.5 Güneş Pillerinin Çalışma Prensibi 31
2.2.2.6 Güneş Pili Çeşitleri 33
2.2.3 Konvertörler 36

2.2.3.1 Alçaltıcı Konvertörler 37
2.2.3.2 Yükseltici Konvertörler 37
2.2.3.3 Alçaltıcı-Yükseltici Konvertörler 38
2.2.4 Invertörler 39
2.2.5 Aküler 40
2.3 AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN AMAÇLARI 41
2.3.1 Aydınlatmanın Tanımı 41
2.3.2 Aydınlatma Türleri 41
2.3.3 Aydınlatmanın Bileşenleri 41
2.3.3.1 Aydınlık Düzeyi 42
2.3.3.2 Işık Şiddeti 42
2.3.3.3 Parıltı 42
2.3.3.4 Doğal Aydınlık Düzeyi 42
2.3.4 Uygun Bir Aydınlatma için Gerekli Kriterler 43
2.3.4.1 Kontrast Duyarlılığı 43
2.3.4.2 Kamaşma 43
2.3.4.3 Yansıma 43
2.3.4.4 Adaptasyon 43
2.3.4.5 Işık rengi 44
2.3.4.6 Gölge 45
2.3.4.7 Parıltı dağılımı 45
2.4 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE KONTROL YÖNTEMLERİ 46
2.4.1 Aydınlatmada Kontrol Stratejileri 46
2.4.1.1 Aydınlık Zamansal Kontrol Stratejisi 46
2.4.1.2 Işık Bölgesel Kontrol Stratejisi 47
2.4.1.3 Sürekli Aydınlık Kontrol Stratejisi 47
3. MATERYAL VE METOT 48
3.1 GÜNEŞ - RÜZGÂR HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN TEMEL BAĞLANTI ŞEKLİ VE KULLANILAN ELEMANLAR 48
3.2 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN TEMEL BAĞLANTI ŞEKLİ VE KULLANILAN ELEMANLAR 52
3.2.1 PIC 16F877 ve Teknik Özellikleri 55
3.2.2 LCD'nin Teknik Özellikleri 56
3.2.3 Lux Sensörünün Teknik Özellikleri 56
3.3 BATARYA DESTEKLİ RÜZGAR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN KURULUMU 60

3.4 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN KURULUMU 65
3.5 TÜKETİM GÜCÜNE GÖRE BATARYA GRUPLARININ KULLANIM SÜRESİNİN BELİRLENMESİ 76
4. BULGULAR 79
4.1 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN AKTİF OLMADIĞI DURUM İÇİN YAPILAN TOPLAM TÜKETİM 79
4.2 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN AKTİF OLDUĞU DURUM İÇİN YAPILAN TOPLAM TÜKETİM 81
4.3 RÜZGÂR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN AYLARA GÖRE ENERJİ ÜRETTİM DEĞERLERİ 92
4.4 RÜZGÂR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİ İLE ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ 95
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 99
6. KAYNAKLAR 102
6.1 İNTERNET KAYNAKLARI 107
ÖZGEÇMİŞ 108

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

P_{FT}	Toplam Florasan Lamba Gücü
P_{TT}	Toplam Tasarruf Lamba Gücü
P_T	Toplam Lamba Gücü
L	Bobin
D	Diyot
S	Anahtar
C	Kondansatör
C_k	Akü Kapasitesi
E_g	Yasak Enerji Aralığı
E	Aydınlık düzeyi
lx	Lüks
Φ	Işık akısı
I	Işık şiddeti
L_p	Parıltı
K	Renk Sıcaklığı

Kısaltmalar

AA	Alternatif Akım
CIS	Bakır İndiyum Diselenoid
DA	Doğru Akım
EIA	Uluslar arası Enerji Ajansı
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
PV	Güneş Paneli
RT	Rüzgâr Türbini

ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEP	Ton Eşdeğeri Petrol
RSAG	Rotoru Sargılı Asenkron Generatör
PMSG	Sabit Mıknatıslı Senkron Generatörü
RSSG	Rotoru Sargılı Senkron Generatör
DMSG	Daimi Mıknatıslı Senkron Generatör
SKAG	Sincap Kafesli Asenkron Generatör
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
NREL	Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuarında
MPPT	Maksimum Güç Noktası Takibi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri.....6

Şekil 2.2 Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılan kaynakların oranları 11

Şekil 2.3 Dikey eksenli rüzgar türbini 19

Şekil 2.4 Yatay eksenli rüzgar türbini 20

Şekil 2.5 Güneş pili, hücre, modül ve panel 24

Şekil 2.6 Güneş pilinin iç yapısı.....30

Şekil 2.7 PN eklemin oluşması.....32

Şekil 2.8 Elektronun iletken banda geçişi.....32

Şekil 2.9 Alçaltıcı konvertörün temel devresi.....37

Şekil 2.10 Yükseltici konvertörün temel devresi 38

Şekil 2.11 Alçaltıcı-yükseltici konvertörün basit devre şeması 38

Şekil 2.12 Gözün değişik aydınlık düzeylerine adaptasyonu.....44

Şekil 3.1 Kurulumu yapılan rüzgar-güneş hibrit güç üretim sisteminin genel görünümü 48

Şekil 3.2 Kurulumu yapılan rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sistem elemanlarının açık bağlantı şeması 49

Şekil 3.3 VIND EFS600 Rüzgâr Türbininin Güç Eğrisi 50

Şekil 3.4 Kurulan hibrit güç üretim sistemi içerisinde yer alan şarj kontrol ünitesinin bağlantı şeması 51

Şekil 3.5 Yük kontrol sisteminin bağlantı şeması 53

Şekil 3.6 Yük kontrol sisteminin akış diyagramı 54

Şekil 3.7 PIC 16F877 mikro denetleyicisinin bağlantı uçları 55

Şekil 3.8 LCD uçları ve anlamları.....56

Şekil 3.9 Lux sensörünün genel görünümü.....57

Şekil 3.10 Lux sensörünün görüş alanı 57

Şekil 3.11 Lux sensörünün laboratuar içerisinde konumlandırılması 58

Şekil 3.12 Lux sensörünün bağlantısı ve lux çalışma aralığının tespiti 59

Şekil 3.13 Lux sensörünün çalışma düzlemi 59

Şekil 3.14 Ayırıcı devresinin baskı devre şekli 65

Şekil 3.15 Laboratuar ortamındaki kritik ölçüm noktaları 67

Şekil 3.16 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin ISIS programında hazırlanmış hali 72

Şekil 3.17 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin ARES programında hazırlanmış baskı devresi 73

Şekil 3.18 Besleme devresinin baskı devresi 75

Şekil 4.1 Aylara göre rüzgâr türbinin ürettiği enerji durumu 94

Şekil 4.2 Aylara göre güneş panelinin ürettiği enerji durumu 94

Şekil 4.3 Aylara göre batarya grubunun depoladığı enerji durumu 95

Şekil 4.4 Aylara göre toplam üretilen enerji ve toplam tüketilen enerji 96

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1 Türkiye rüzgar atlası 13

Resim 2.2 Afyonkarahisar ili rüzgar atlası 14

Resim 2.3 Smith-Putnam rüzgar türbini 15

Resim 2.4 Gedser rüzgar türbini 15

Resim 2.5 Rüzgar türbini bileşenleri 17

Resim 2.6 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası 25

Resim 2.7 Afyonkarahisar ili global güneş radyasyon dağılımı 26

Resim 2.8 Güneş pillerinin yapısı ve çalışması 32

Resim 3.1 Ankraj malzemesinin yerleştireceği temelin açılması 60

Resim 3.2 Beton dökümünün yapılması 60

Resim 3.3 Direğin parçaları 61

Resim 3.4 Direğin zemine montajı 61

Resim 3.5 Direğin parçalarının birbirine bağlanması ve hidrolik sistem 62

Resim 3.6 Güneş panellerinin ankraj malzemelerinin montajı 62

Resim 3.7 Elektrik bağlantı hattı 63

Resim 3.8 Elektrik panosunun son hali 64

Resim 3.9 Güneş-rüzgâr hibrit şarj kontrolör sisteminin son hali 64

Resim 3.10 Ayırıcı devresinin eleman montajı yapılmış hali 66

Resim 3.11 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin eleman montajından sonraki hali 74

Resim 3.12 Besleme devresinin eleman montajından sonraki hali 75

Resim 3.13 Yük kontrol sisteminin pano montajı 76

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Birincil enerji kaynakların üretimi 9

Çizelge 2.2 Birincil enerji kaynakların tüketimi 10

Çizelge 2.3 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....25

Çizelge 2.4 Renk sıcaklığı ile renk görünümü arasındaki ilişki dağılımı.....45

Çizelge 3.1 Hibrit sistem içerisinde bulunan elemanların teknik özellikleri 49

Çizelge 3.2 PIC 16F877'nin teknik özellikleri.....55

Çizelge 3.3 PIC'li yük kontrol devresinin kontrol algoritması değerleri 68

Çizelge 4.1 Laboratuar ders günleri ve ders saatlerini gösteren çizelge.....79

Çizelge 4.2 Yük kontrol sisteminin aktif olmadığı durumda laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge.....80

Çizelge 4.3 Ocak ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 81

Çizelge 4.4 Şubat ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge...82

Çizelge 4.5 Mart ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 83

Çizelge 4.6 Nisan ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 84

Çizelge 4.7 Mayıs ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 85

Çizelge 4.8 Haziran ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge.....86

Çizelge 4.9 Temmuz ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge.....87

Çizelge 4.10 Ağustos ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge.....88

Çizelge 4.11 Eylül ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 89

Çizelge 4.12 Ekim ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 90

Çizelge 4.13 Kasım ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge 91

Çizelge 4.14 Aralık ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerji'yi gösteren çizelge...92

Çizelge 4.15 Rüzgâr, güneş ve batarya grubunun aylara göre enerji üretim kapasitesi 93

Çizelge 4.16 Üretim ve tüketim değerlerinin karşılaştırılması 97

1. GİRİŞ

Enerji; hayatımızın her anında ve meydana gelen her etkinlikte insanın en önemli gereksinimidir. Çağımızda enerji, sanayinin alt yapısı ve günlük hayatımızın olmazsa olmazları arasına girmiştir. Günümüzde, ülkelerin ekonomik ve sosyal zenginliklerinin en büyük ölçütü, enerji üretimi ve kişi başına enerji tüketimi olmaktadır. Ülkelerin sanayi, teknoloji ve nüfus artışı ile doğru orantılı olarak enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı enerji ihtiyacı ülkemizin ve dünya ülkelerinin ortak, güncel bir sorunu olarak önemli bir yer işgal etmektedir.

Dünyada elektrik üretimi başta olmak üzere, endüstriyel alanda, ısınmada, ulaşımda vb. birçok alanda yoğun bir şekilde fosil yakıtların kullanıldığını görmekteyiz. Fakat fosil yakıtların yanması sonucu dünyaya bıraktığı CO_2 oranı tehlikeli boyutlara ulaşmış durumdadır. Bunun yanı sıra son yıllarda fosil yakıtların tüketimi aşırı derecede artmasıyla birlikte rezervler süratle tükenmektedir (Özkop at al.2008). Bu ve buna bağlı sebeplerden dolayı fosil yakıtlara olan bağımlılığın minimuma indirilmesi gerekmektedir. Dünyaya salınan CO_2 oranını azaltmanın ve ihtiyaç duyulan temiz enerjiyi elde etmenin tek yolu yenilenebilir enerji kaynaklarından geçmektedir. Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminin önünde duran en önemli engel üretilen enerjinin sürekliliğinin olmamasıdır(Engin ve Çolak 2005). Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre birbirini tamamlayıcı özellik gösteren alternatif enerji kaynaklarının birlikte kullanımının sistem güvenirliğini artıracağı belirlenmiştir (Bagul, Salameh ve Borowy 1996). Hibrit güç üretim sistemini gerçekleştirmek için sistem, ekonomiklik, güvenirlik, fiziksel ve işletimsel stratejilere, tabi çevresel önlemleri hesaba katılarak uygun bir şekilde tasarlanabilir (Wang and Sıngh 2006). Hibrit enerji sistemlerinin boyutlandırılması ve denetim stratejisinin iyi seçilmesi durumunda sistem maliyetinin optimal seviyede olabileceği belirtilmiştir (Kellogg at al. 1998). Hibrit enerji sisteminin maliyetini etkileyecek bir diğer önemli husus ise tüketimde yapılacak tasarruftur. Tüketimde yapılacak tasarrufun ise aydınlatma için on-off kontrol yada dimmer kontrol gibi yük kontrol yöntemleri olabileceği gibi eğer enerji sağlanacak yer daha kurulum aşamasında ise daha tasarruflu olan led aydınlatma elemanları tercih edilerek hem kurulum maliyeti hem de tüketim maliyeti aşağıya çekilmiş olacaktır.

Literatürde, hibrit rüzgar-güneş güç üretim sistemleri ile ilgili gerçek zamanda ve simülasyon ortamında yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Hibrit rüzgâr güç üretim sistemlerinin büyük bir çoğunluğu bölgesel çalışmaları içermektedir. Türkiye'de uygulamaya yönelik Söke meslek yüksek okulu yerleşkesine kurulması planlanan güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin güneş paneli kısmının kurulumu gerçekleştirilmiştir. Toplamda 560W gücünde olan 4 adet güneş paneli ile 9 adet armatür beslenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda güneş panelinin amortisman süresi hesaplanarak güneş paneli için 12 yıl, rüzgar türbini içinde 8 yıl olarak tespit edilmiştir (Başaran, Çetin ve Çelik 2011). Diğer bir bölgesel çalışmada, İzmir'de batarya destekli güneş-rüzgâr hibrit enerji sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır (Engin 2010). Bu çalışmada günlük ortalama tüketimi 12.1kWh ve en yüksek saat başına tüketimi 3.7kWh olan örnek ev otonom (özel)yük olarak kabul edilmiş ve sistemi boyutlandırmak için HOMER yazılımı kullanılmıştır. Rüzgâr hızı, güneş ışınımı ve sıcaklık verilerine göre boyutlandırılan sistemin duyarlılık analizi yapılmıştır. (Ref. Köse 2010)'da ise Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampus alanı içerisinde rüzgâr ve güneş enerjisinden oluşan şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı hibrit enerji sistemlerinden elektrik üretimi teorik olarak incelenmiştir. Bölgede rüzgâr ve güneş enerji potansiyeline ait veri analizinden elde edilen sonuçlara göre hibrit enerji üretim sisteminin boyutlandırılması yapılarak 1-10 kW arasında olan on adet şebekeden bağımsız, 15 kW ile 45kW arasında altı adet şebekeye bağlı olmak üzere toplam on altı adet farklı senaryo oluşturulmuştur.

Şebekeden bağımsız hibrit enerji üretim sistemlerinin genellikle talep edilen güç gereksinimini karşılayacak boyutta ve ekonomik olması, bölgenin enerji potansiyeli, enerjinin sürekliliğini devam ettirebilecek batarya veya diğer klasik enerji üretim üniteleri (diesel, gaz) göz önüne alınarak maliyet analizi yapılabilmektedir. (Ref. Koca 2006)'da mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarındaki teknolojik gelişmeler ayrı ayrı incelenmiş olup sistem verimliliğini artırmak ve enerji sürekliliğini devam ettirmek amacıyla hibrit enerji sistemlerinde kullanılabilecek enerji türleri belirlenmiştir. Aynı zamanda, örnek bir çalışma için müstakil bir evin enerji gereksinimi güneş paneli ve rüzgâr generatöründen sağlandığı düşünülerek yaklaşık sistem maliyet hesabı yapılmıştır. Muralikrishna M. ve arkadaşının yapmış olduğu çalışmada ise; hibrid güç sistemlerinin enerji depolama gereksinimlerinin azaltılması üzerine incelemeler

yapılmıştır (Muralikrishna and Lakshminarayana 2008). Bu amaçla yük'ün ihtiyacı oranında tek başına güneş paneli sistemi, tek basına rüzgâr türbini sistemi ve güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin simulink modeli hazırlanıp hibrit sistemin ekonomik değerlendirmesi için yaşam döngüsü maliyeti oluşturularak enerji kaynaklarının karsılaştırmalı maliyet analizi detaylı olarak incelenmiştir. Hibrit güç üretim sistemlerinin boyutlandırılmasına yönelik bir çalışmada, hibrit güneş-rüzgâr üretim sisteminin uygulama ve karakteristikleri için bir yöntem geliştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar geliştirilen modelin alan uygulama olasılığını onaylamaya, işletme performansı ve karakteristiklerini incelemeye yardımcı olmuştur. Yeni kavram ve teknolojilerin entegrasyonuyla hibrit güneş-rüzgâr güç üretim sisteminin optimizasyon yöntemi enerji maliyet hesaplamalarında yeni kavramlar ve düşük güç kaynağı sağlama olasılığına göre geliştirilmiştir. Hibrit güneş-rüzgar güç üretim sistemi optimizasyon modelinin uygulanmasıyla sistem güvenilirliği gereksinmelerine göre teknik ve ekonomik yönden boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir (Lu 2004).

Gabriele Seeling-Hochmuth'un yapmış olduğu proje çalışmasında (Lu 2004)'den farklı olarak, hibrit güç üretim sistemlerinin boyutlandırılması ve işletme kontrolünün optimizasyonu gerçekleştirilmiştir (Gabriele 1998). Bu çalışmada, gerekli olan enerji kaynağının güvenilirliği, her bir kWh başına maliyeti en aza indirmek amacı ile hibrit güç üretim sistemlerinin işletme kontrolü ve boyutlandırılması için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yeni yaklaşım genetik algoritmanın kullanımı ile olmuş ve eğim hesaplamalarına gerek görülmemiştir.

Hibrit güç üretim sistemlerinde; yenilenebilir enerji sistemlerinin, geleneksel fosil enerji sistemlerinin ve depolama sistemlerinin değişik birleşimlerinden oluşan farklı türleri mevcuttur (Wang et al. 2007). Fakat hibrit güç üretim sistemi uygulamalarında en fazla tercih edilen enerji kaynakları rüzgâr ve güneş enerjisidir. Her ikisi de yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasına karşın, etkin çalışma saatleri genellikle farklı olan rüzgâr ve güneş enerjilerinin birlikte kullanılması ile enerji üretiminde süreklilik sağlanabilmektedir (Yanıktepe et al. 2011).

Gençoğlu M. T.'nin yapmış olduğu çalışmada iç aydınlatmada ki ışık kaynaklarının karşılaştırması, aydınlatmada kaybedilen enerjinin nedenleri ve iç aydınlatmada uzaktan kumanda sistemlerinin incelemesi yapılmıştır (Gençoğlu 2005). Ayrıca aydınlatma

enerjisinden tasarruf etmek için ekonomik yöntemler ve ekonomik tedbirler tespit edilmiştir. Aydınlatma sistemlerinin kontrolü üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise bilgisayar, aydınlatma programı ile tipi ve konumu belirlenen lambalar, PLC vasıtası ile kademeli olarak kontrol edilmiştir. Lambaların açma kapama durumları gün ışığının değişimine bağlı olarak belirlenmiş. Sonuç olarak geleneksel (manuel) kontrollü aydınlatma sistemi ile bu çalışmadaki otomasyon sistemi mukayese edilmiş tasarruf edildiği görülmüştür (Toylan 2008). Bir diğer çalışmada ise aydınlatma amacı ile belirlenen doğu cepheli laboratuar, yüksek verimli flüoresan lambalarla yeni bir aydınlatma tesisatı döşenmiştir. Laboratuara yerleştirilen hareket sensörü ve ışık seviyesini ölçen devre yardımı ile kontrol sisteminin giriş değişkenleri belirlenmiş. Bilgisayarda gerçek zamanlı, olarak yapılan bulanık mantık kontrol sistemi ile laboratuarın aydınlatması, kademeli olarak yapılmış ve tasarruf sağlandığı tespit edilmiştir (Sağlam 2006).

Yukarda belirtilen nedenler göz önüne alındığında Afyonkarahisar ili iklim şartlarında elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin aydınlatılması için gerekli olan elektrik enerjisi batarya desteklemeli 1170W'lık güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminden karşılanması planlanmış ve üretilen enerjinin daha uzun süre armatür gruplarını besleyerek tasarruf sağlamasına imkan verecek olan yük kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan yük kontrol sistemi; laboratuar içerisine giren ışık şiddetine göre laboratuarda bulunan on iki ayrı armatür grubunu ayrı ayrı kontrol etmektedir. Yük kontrol sistemi içerisinde bulunan PIC 16F877, lüx sensöründen alınan ışık şiddeti değerlerine göre on iki ayrı armatür grubunu birbirinden bağımsız şekilde kontrol ederek laboratuarın en az tüketim ve en sağlıklı aydınlatma şiddetini sağlamaktadır. Böylece güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin ürettiği elektrik enerjisinin, tüketiminde manuel kontrollü aydınlatma sistemi ile otomatik kontrollü aydınlatma sistemi arasındaki enerji tasarrufunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

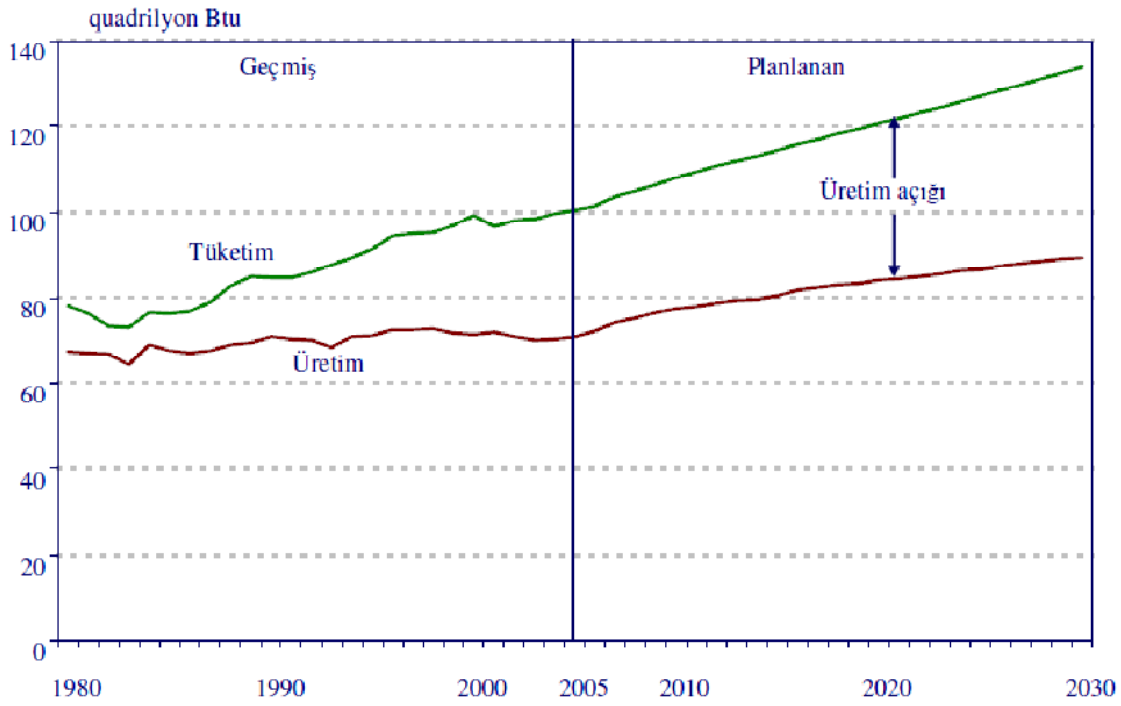
Enerji iş yapma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır ve farklı formlarda karşımıza çıkmaktadır. Bunlar;

- Isı enerjisi
- Işık enerji
- Mekanik enerji
- Elektrik enerjisi
- Kimyasal enerji
- Nükleer enerji vb. gibi.

Dünyada, milletlerin refah seviyelerini belirleyen en önemli ölçütlerden biri enerji kaynakları olmuştur. Bu sebepledir ki geçmişten günümüze sanayileşmenin de etkisiyle enerji kaynaklarını elde etmek devletlerin birincil amaçlarından biri olmuştur. Bu nedenlerle, enerji kaynakları ulusal ve uluslar arası gündemde önemli bir yer tutar.

Enerji kaynaklarının kullanımı zaman içerisinde farklılıklar göstermiştir. Önceleri, enerji kaynağı olarak odun ve benzeri yakacaklar kullanılırken, daha sonra kalori değeri daha yüksek kömür, petrol ve doğal gaz gibi kaynakların bulunması ile kullanılan enerji kaynakları çeşitlenerek farklılık göstermiştir. Bu çeşitlilik içerisine enerji kaynaklarının tekrardan kullanıla bilmesi, çevrede oluşturdukları olumsuz durunlar vb. etkileri fark edilmiş ve yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları şeklinde enerji kaynakları gruplandırılmıştır. Geçmişte ve günümüzde ülkeler için güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, ekonomik, sosyal ve siyasal hayatın temel problemleri arasında yerini almıştır. Sanayisi, ekonomisi ve nüfusu ile hızla büyümekte olan ülkemizde paralel olarak enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu sebeple, üretilen enerjinin verimli kullanılması, bunun yanı sıra alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ait potansiyelin değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Ülke ekonomilerinin hızla büyüyebilmesi için enerji üretimlerinin ve enerji tüketimlerinin de aynı hızda büyümesi gerektiği bilinen bir gerçektir. EIA (Uluslar arası Enerji Ajansı) tarafından oluşturulan istatistiksel verilere göre; enerji tüketimi ile enerji üretimi arasındaki fark son 20 yıl içinde beklenenden %57'i daha fazla artmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda Dünyanın toplam enerji üretim ve tüketimine dair eğriler şekil 2.1'de verilmiştir (Özsoy 2011).



Şekil 2.1 Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri (Demirtaş 2008)

Yukarıda ki şekil 2.1'de görüldüğü üzere gelecekte üretilen enerji ile tüketilen enerji arasındaki açığın artarak devam edeceği ön görülmektedir. Üretilen enerji ile tüketilen enerji arasındaki farkı azalmanın iki yolu vardır. Bunlardan biri tüketimi azaltmak diğeri ise üretimi artırmaktır. Fakat sürekli büyüyen, sanayileşen ve tüket daha çok tüket düzeni içerişinde tüketilen enerjiyi sınırlamak çokta mümkün görünmemektedir. Üretilen enerjiyi artırmanın ise yenilenebilir ve yenilenemez enerji olmak üzere iki yolu vardır. Fakat bunun içerisinde yenilenemeyen enerjinin mevcut rezervleri ve dünyaya salınan CO_2 oranının tehlikeli boyutlara ulaşmasından ötürü pek mümkün görünmezken. Farklı yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji açığının kapatılmasının en uygun yol olduğu görülmektedir.

Enerji kaynakları, tekrardan kullanılıp kullanılamayacak durumda olmalarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak iki grupta incelenebileceği gibi, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından "birincil" ve "ikincil enerji kaynakları" olarak da kategorize edilebilir. Birincil enerji kaynakları hiçbir değişime uğramadan doğadaki haliyle kullanılan enerji kaynaklarıdır. Taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, jeotermal enerji, hidrolik enerji, güneş enerjisi, odun, hayvan ve bitki atıkları birincil enerji kaynaklarına örnek olarak gösterilebilir. İkincil enerji kaynakları ise, birincil enerji kaynaklarının çeşitli işlemlere tabi tutularak elde edilen enerji türüdür. Elektrik enerjisi, motorin, benzin, fueloil, gaz yağı vb. bu tür enerji kaynaklarına örnek olarak gösterilebilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, kullanıldığında özelliği ve miktarı değişmeyen enerji türüdür. Örneğin; güneş, rüzgâr, biokütle, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları, jeotermal bu tür enerji kaynağıdır. Yenilenemez enerji kaynakları; maddenin tekrar kullanılamayacağı, özelliğinde ve miktarında değişikliğe uğrayan enerji kaynağı olarak tanımlanır. Kömür, petrol, doğalgaz ve uranyum bu grup içinde yer almaktadır (Demirtaş 2008).

2.1.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları, adından da anlaşılacağı üzere enerji dönüşümü sonucunda kısmen veya tamamen yok olan ve aynı maddeden tekrar enerji üretiminin mümkün olmadığı enerji kaynaklarıdır. Fosil kaynaklar;

- Petrol
- Doğal gaz
- Taş kömürü
- Linyit
- Nükleer enerji olarak sıralanabilir.

Günümüze kadar enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamakta kullanılan yenilenemeyen enerji kaynaklarının hem rezervleri giderek azalmakta hem de yanları

sonucu Dünyaya salınan CO_2 nedeniyle enerji üretimindeki etkinlikleri azaltılmaya çalışılmaktadır.

2.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, tekrar tekrar kullanılarak enerji üretilebilen, yani tükenmeyen enerji kaynakları olarak ifade edilebilir.

Gelişen dünyada sanayi ve nüfus artışı ile sınırlı olan doğal kaynakların ziyan edilmeden ve en az zarar ile ihtiyaç duyulan enerjinin sağlanması günümüz insanının en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Özellikle1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi, nükleer enerji santrallerine karşı oluşan toplumsal tepkiler ve fosil yakıtlarının kullanımı sonucu ortaya çıkan CO_2'in salınımı ile oluşan çevre kirliliği; bilim insanlarını, yeni ve çevre üzerinde bu denli olumsuz durumlar oluşturmayacak enerji kaynakları yani yenilenebilir enerji kaynaklar üzerinde çalışmaya itmiştir.

Enerji üretiminde kullanılan kaynakların fosil (yenilenemeyen) kaynaklar olması ve enerji kullanımının bugünkü biçimde devam etmesi durumunda, atmosferdeki karbondioksit gazı miktarı, 2030 yılında ikiye katlanarak; atmosfer sıcaklığının 25^{o}C, deniz seviyesinin ise yaklaşık 18 cm artmasına neden olacaktır.Bu sorunlar yenilenebilir enerji kaynaklarında ki çalışmaları artırmıştır.Birçok yenilenebilir enerji çeşidi vardır. Bunlar;

- Hidrolik Enerji
- Rüzgâr Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Biyokütle Enerjisi
- Dalga Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi

2.1.3 Türkiye'nin Enerji Durumu

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de en temel enerji kaynakları petrol, doğalgaz, taş kömürü, linyit, hidroelektrik enerjisi ve jeotermal enerji kaynaklarıdır. Fakat Türkiye'nin oluşumu itibari ile büyük oranda 3. Jeolojik dönemde oluştuğundan petrol, doğalgaz ve taş kömürü gibi yenilenemeyen enerji kaynakları yönünden fakir durumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından ise Türkiye önemli bir coğrafya üzerinde bulunmaktadır. Büyüme oranlarına bakıldığında Türkiye'nin enerji ihtiyacının hızlı bir şekilde artacağı öngörülmektedir. Bu büyümeye rağmen enerji kaynakları alanının sınırlı olması, Türkiye'yi enerjiyi ithal eden ülke konumuna düşürmektedir. Ülke ihtiyacının %60'tan fazlasının ithal edildiği ve her yıl bu payın arttığı görülmektedir. Bu enerji ihtiyacının karşılanmasında, bölgesel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Kaya 2006).

Çizelge 2.1 Birincil enerji kaynakların üretimi (ETKB 2010)

YILLAR	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Taşkömürü(bin ton)	2 392	2 494	2 319	2 959	1 946	2 170	2 319	2 462	2 601
Linyit(bin ton)	60 854	59 572	51 660	46 168	43 709	57 708	61 484	72 121	76 171
Asfaltit(bin ton)	22	31	5	336	722	888	452	782	630
Petrol(bin ton)	2 749	2 551	2 442	2 375	2 276	2 281	2 176	2 134	2 160
Doğal Gaz(10^6 m^3)	639	312	378	561	708	897	907	893	1 017
Hidrolik + Jeo (GWh)	30 955	24 100	33 789	35 419	46 177	39 655	44 338	36 007	33 432
Jeotermal Isı (bin TEP)	6 48	687	730	784	811	926	898	914	1 017
Rüzgâr(GWh)	21	33	62	48	61	58	127	355	847
Güneş(bin TEP)	262	287	318	350	375	385	403	420	420
Odun(bin ton)	16 938	16 263	15 614	14 991	14 393	13 819	13 411	12 932	12 264
Hayv ve Bit Art. (bin ton)	5 981	5 790	5 609	5 439	5 278	5 127	4 984	4 850	4 883
Biyoyakıt(bin ton)	-	-	-	-	-	-	2	14	74
Toplam(bin TEP)	26 047	24 576	24 282	23 783	24 332	24 549	26 580	27 455	29 257

Türkiye'nin Enerji Politikası, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca; enerjinin, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde; zamanında, yeterli, güvenilir, rekabet edilebilir fiyatlardan, çevresel etkileri de göz önünde tutularak tüketiciye sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, 2009 yılı birincil enerji kaynak rezervleri; taş kömürü 1 334 615 bin ton, linyit 11 445 milyon ton, asfaltit 76 977 bin ton, ham petrol 42 milyon ton, doğalgaz 7 milyar metreküp kadar kaldığı ön görülmüştür. Ülkemizde 2008 yılı itibariyle birincil enerji kaynaklarının üretim ve tüketim değerleri Çizelge 2.2' de verilmektedir.

Çizelge 2.2 Birincil enerji kaynakların tüketimi (ETKB 2010)

YILLAR	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Taşkömürü(bin ton)	15 525	11 176	13 830	17 535	18 904	19 421	22 798	25 388	22 720
Linyit(bin ton)	64 384	61 010	52 039	46 051	44 823	56 571	60 184	72 317	75 264
Asfaltit(bin ton)	22	31	5	336	722	738	602	632	630
Petrol(bin ton)	31 072	29 661	29 776	30 669	31 729	31 062	31 395	32 143	30 756
Doğal Gaz($10^6 m^3$)	15 086	16 339	17 694	21 374	22 446	27 171	31 187	36 682	36 928
Hidrolik + Jeo (GWh)	30 955	24 100	33 789	35 419	46 177	39 655	44 338	36 007	33 270
Jeotermal Isı(bin TEP)	648	687	730	784	811	926	893	914	1 011
Rüzgar(GWh)	33	62	48	61	58	59	127	355	847
Güneş(bin TEP)	262	287	318	350	375	385	403	420	420
Odun(bin ton)	16 938	16 263	15 614	14 991	14 393	13 819	13 411	12 932	12 264
Hay ve Bit Art.(bin ton)	5 981	5 790	5 609	5 439	5 278	5 127	4 984	4 850	4 883
Biyoyakıt(Bin ton)	-	-	-	-	-	-	2	12	74
Elektrik İthalatı (GWh)	3 791	4 579	3 588	1 158	464	636	573	864	789
Elektrik İhracatı (GWh)	-437	-433	-435	-588	-1 144	-1 798	-2 236	-2 422	-1 122
Toplam(Bin TEP)	80 500	75 402	78 331	83 826	87 818	91 074	99 642	107 627	106 338

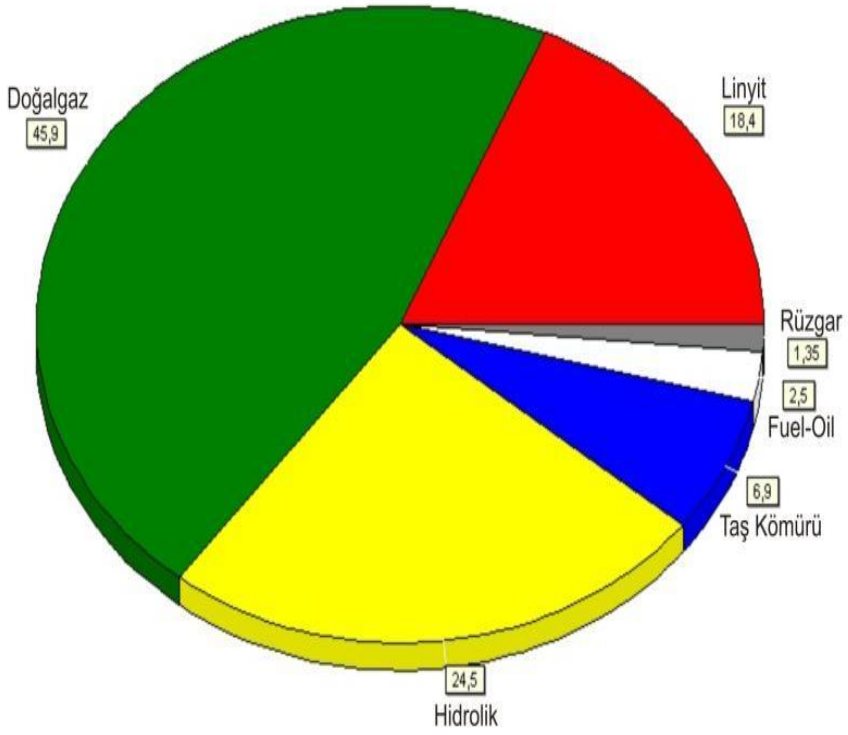
Yukarıdaki çizelgelerden de anlaşılacağı üzere enerji üretiminde gözle görülür bir artış olmamasına rağmen enerji tüketimi yıllara göre artış göstermiştir. Ülkemiz 2008 yılında

birincil enerji kaynaklarından 29 257 binTEP enerji üretmiş, 106 338 binTEP değerinde enerji tüketmiştir. Enerji tüketimi ile üretimi arasındaki yaklaşık 77 binTEP' lik fark, karşılayamadığımız enerji miktarını aynı zamanda dışarıya bağımlılığımızın oranını göstermektedir.

Türkiye de 2000'li yıllardan itibaren rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde önemli bir artış dikkatleri çekmektedir. Türkiye'nin hem mevcut enerji açığını hem de artan talebini, tüketmekte olan fosil yakıtlardan karşılaması mümkün değildir. Bu noktada rüzgâr ve güneş enerji gibi yenilenebilir kaynaklarının öneminin artacağı görülmektedir.

Türkiye'nin elektrik üretimi ve tüketimi gelişmekte olan ülkeler sınıfında değerlendirilmektedir.

Aşağıdaki şekil 2.2'e göre 2010 yılında gerçekleştirilen elektrik enerjisi üretiminin %45,9'si doğal gazdan, %18,4'ü linyit, %24.5'i hidrolik, %6,9'ü taş kömürü, %2,5'sı fuel-oil, %1,35'i rüzgar, %0,47 jeotermal ve biyogazdan sağlanmıştır (ETKB 2010).



Şekil 2.2 Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılan kaynakların oranları

2.2 HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMLERİ VE BİLEŞENLERİ

Hibrit enerji sistemleri, iki yada daha fazla enerji kaynağının elektrik enerjisi üretmek amacı ile bir arada kullanıldığı enerji sistemleri olarak tanımlanabilirler. Hibrit enerji sistemlerinde, şebekeye uzak veya yakın bir tesisin, kırsal veya kentsel bir evin elektrik enerjisi talebini karşılayabilmek için elektrik üretim (rüzgâr türbini, fotovoltaik panel, hidrolik, jeneratör vb.) elemanlarının bir kaçı bir araya getirilir. Hibrit enerji sistemleri merkezi elektrik şebekesinden bağımsız olabilecekleri gibi şebeke bağlantılı da olabilirler (Çetin 2010). Hibrit enerji sistemlerinde esas amaç yükün beslenmesidir. Fakat bunun dışında, tek kaynağa bağımlı enerji sistemlerinden farkı hibrit sistemdeki kaynaklardan birinin kesilmesi veya azalması durumunda diğer kaynağın elektrik enerjisi arzındaki güvenilirliği ve devamlılığı sağlamasıdır. Yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmuş bir hibrit enerji sistemi genellikle küçük yüklerin beslenmesinde yeterli olabilmektedir. Şebeke bağlantılı bir hibrit enerji sisteminde şebekeden elektrik enerjisi satın alınabileceği gibi belirli zamanlarda meydana gelebilecek olan üretim fazlası elektrik enerjisi şebekeye satılabilir. Şebeke bağlantısız sistemlerde üretilen enerjinin ihtiyaçtan fazla olması durumlarında ise, enerji bataryalarda depolanabilir.

2.2.1 Rüzgâr Enerjisi

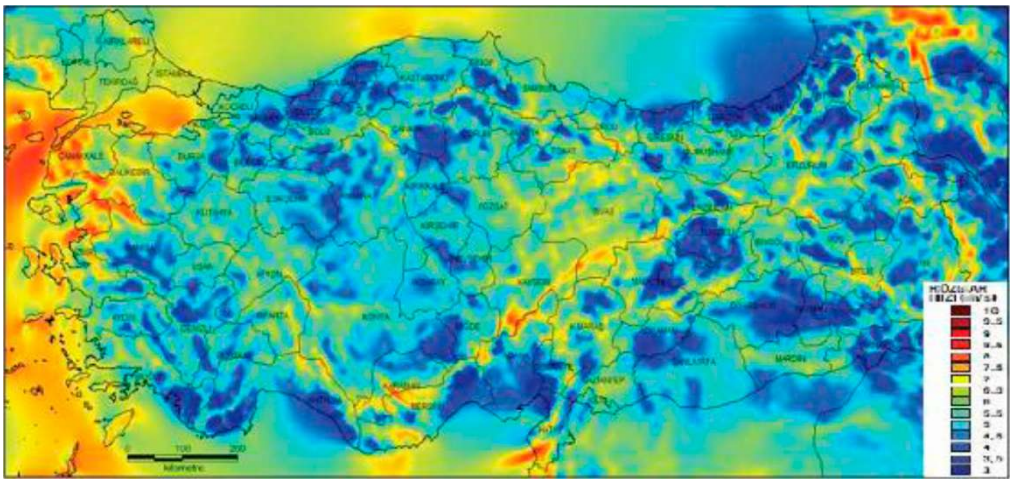
Rüzgâr enerjisi, yeryüzündeki farklı güneş radyasyonlarının neden olduğu basınç ve sıcaklık farklılıklarından dolayı oluşan enerjiye denir. Bu basınç ve sıcaklık farkından oluşan enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayan alete ise rüzgâr türbini denir.

Rüzgâr türbinlerinin çalışması çevreye zararlı gaz emisyonuna neden olmadığından enerji üretiminin geleceğinde ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role sahiptir. Geleneksel güç santrallerinin aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır. Ancak rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması, gürültü kirliliği oluşturması ve üretilen elektriğin kalite sorunları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (İnt. Kyn-1).

Dünya rüzgâr kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, günümüzde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 40.301 MW'tır. Bunun üçte biri Almanya'da bulunmaktadır. 2020 yılında 1,245 GW dünya rüzgâr gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro'dur. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 E-cents/kWh'dan 2,45 Euro-cents/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Rüzgâr türbinlerinde küresel piyasa 2020 yılına kadar şimdiki 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro yıllık iş hacmine çıkacaktır. Toplam potansiyeli en az 48.000 MW olan, yıllık ortalaması 7,5 m/s 'nin üzerindeki bölgelerde günümüz fiyatlarıyla ekonomik olabilecek yatırımlar yapmak mümkündür(İnt. Kyn-1).

2.2.1.1 Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi'nin Durumu

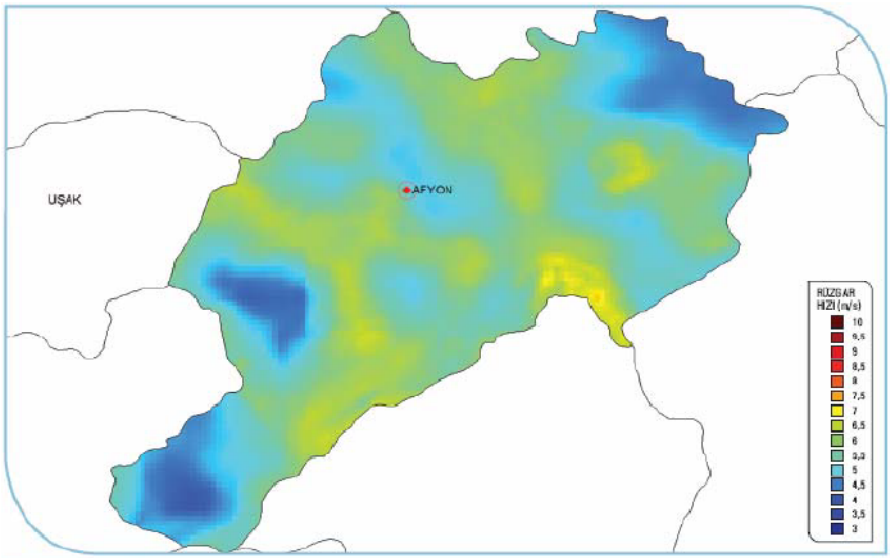
Ülkemiz rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından iyi bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası 2006 yılında EİE tarafından hazırlanmıştır. Bu atlasta verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir alt yapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değerler esas alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Resim 2.1'de 50 m yükseklik değeri için Türkiye rüzgar haritası verilmiştir.



Resim 2.1 Türkiye rüzgar atlası (50m yükseklik için)

2.2.1.2 Afyonkarahisar'da Rüzgâr Enerjisi'nin Durumu

Afyonkarahisar ili büyük güçlü rüzgâr türbinlerini yıl boyunca etkin bir kullanım imkânı sağlayacak rüzgâr gücüne sahip değilken. Orta güçlü ve küçük güçlü rüzgâr türbinlerinin ihtiyaç duyduğu rüzgâr enerjisine sahiptir. Aşağıdaki resim 2.2'de REPA'nın 2007 yılında Afyonkarahisar ili için oluşturduğu rüzgâr atlası görülmektedir.



Resim 2.2 Afyonkarahisar ili rüzgar atlası (50m yükseklik için)

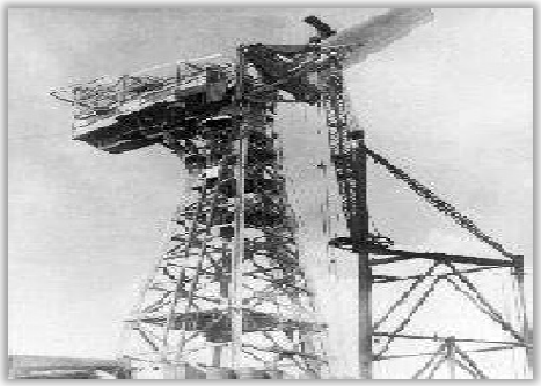
Afyonkarahisar ili itibariyle ortalama rüzgar hızının 5m/s ile 7m/s arasında değişim gösterdiği Resim 2.2' de ki skaladan okunabilmektedir.

2.2.1.3 Rüzgâr Enerjisinin Tarihçesi

Rüzgâr enerjisinin kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. İlk olarak, Asya Medeniyetlerinden Çin, Tibet, Afganistan ve İran'da kullanıldığı bilinmektedir. Rüzgâr Tribünlerinin (RT) kullanımına ait ilk yazılı bilgiler Büyük İskender tarafından M.Ö. 200-300 yıllarında basit yapıdaki yatay-eksenli rüzgâr türbinler hakkındadır. Düşey eksenli ilk rüzgâr türbinleri, M.Ö.500-900 yıllarında Farslılar tarafından dizayn edilip, buğday öğütme ve su pompalama amaçlı kullanılmıştır. Bu rüzgâr türbinleri merkezi düşey bir şafta bağlı, ağaç ve kamış dallarından yapılan düşey yelkenlerden oluşmuş bir yapıya sahiptir. Rüzgâr gücü kullanımı, Asya'dan Avrupa'ya 10.yüzyıl civarında geçmiştir. Bu geçişin ilk belirtileri olarak 11. ve 12.yüzyılda İngiltere de rüzgâr değirmenlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Mesela, 1190'lı yıllarda

Alman haçlıları rüzgâr değirmenlerini Suriye'ye getirmiştir. Dolayısıyla Orta çağ döneminde rüzgâr enerjisinin Avrupa da kullanıldığını görmekteyiz. Hala günümüzde birçok ülkede çiftçiler tarafından kullanılan rüzgâr değirmenleri daha çok kuyulardan su çekmek amaçlı kullanılmaktadır.

Endüstri devrimi ile birlikte, 18.yüzyılda buhar makinelerinin ortaya çıkması sonucunda dünya, enerji ihtiyacı temini için termodinamik işlemlere dayanan makinelerden yararlanmaya başlamıştır. Özellikle kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanımı ile beraber, bu makineler daha avantajlı bir duruma gelmiştir. İstenildiği anda enerji üretimi olanağı sağlamasından dolayı, rüzgâr enerjisinden daha popüler hale gelmişlerdir. Bu nedenle 19.yüzyılda ve 20.yüzyılın ortalarına doğru rüzgâr enerjisinin önemi azalmıştır. Sadece, Amerika, Rusya ve Avustralya gibi nüfusu geniş bir alana yayılmış olan ülkelerde rüzgâr enerjisi çiftçiler tarafından su çekmek için kullanılmıştır.1981 yılında Paul la Cour ve Danimarka Askov Folk High School bilim adamlarının oluşturduğu bir grup rüzgârdan elektrik enerjisi üreten ilk tribünü yaptılar. Danimarka hükümetinin desteğiyle de test amaçlı bir rüzgâr santrali kurdular (Özgener 2002).1918 yılına gelindiğinde Danimarka'da rüzgârdan elektrik enerjisi üretmek amacıyla kurulan 120 adet RT bulunmaktaydı. Güçleri 20-30 KW arasında değişen bu RT 'lerin toplu güçleri 3 MW civarındaydı. İkinci Dünya Savaşı yıllarında rüzgâr enerjisinde büyük gelişmeler oldu. Danimarkalı bir şirket olan F.L Smith 2 ve 3 kanatlı rüzgâr tribünleri inşa etmiştir. Bunların en büyüğü 1941yılında Vermont' da inşa edilen 1.25 megawatt Smith-Putnam makinesidir(Resim2.3).Yatay eksenli, 2 kanatlı ve 175-foot rotor çapına sahiptir.



Resim2.3 Smith-Putnam Rüzgar Türbini (Sülün 2007)

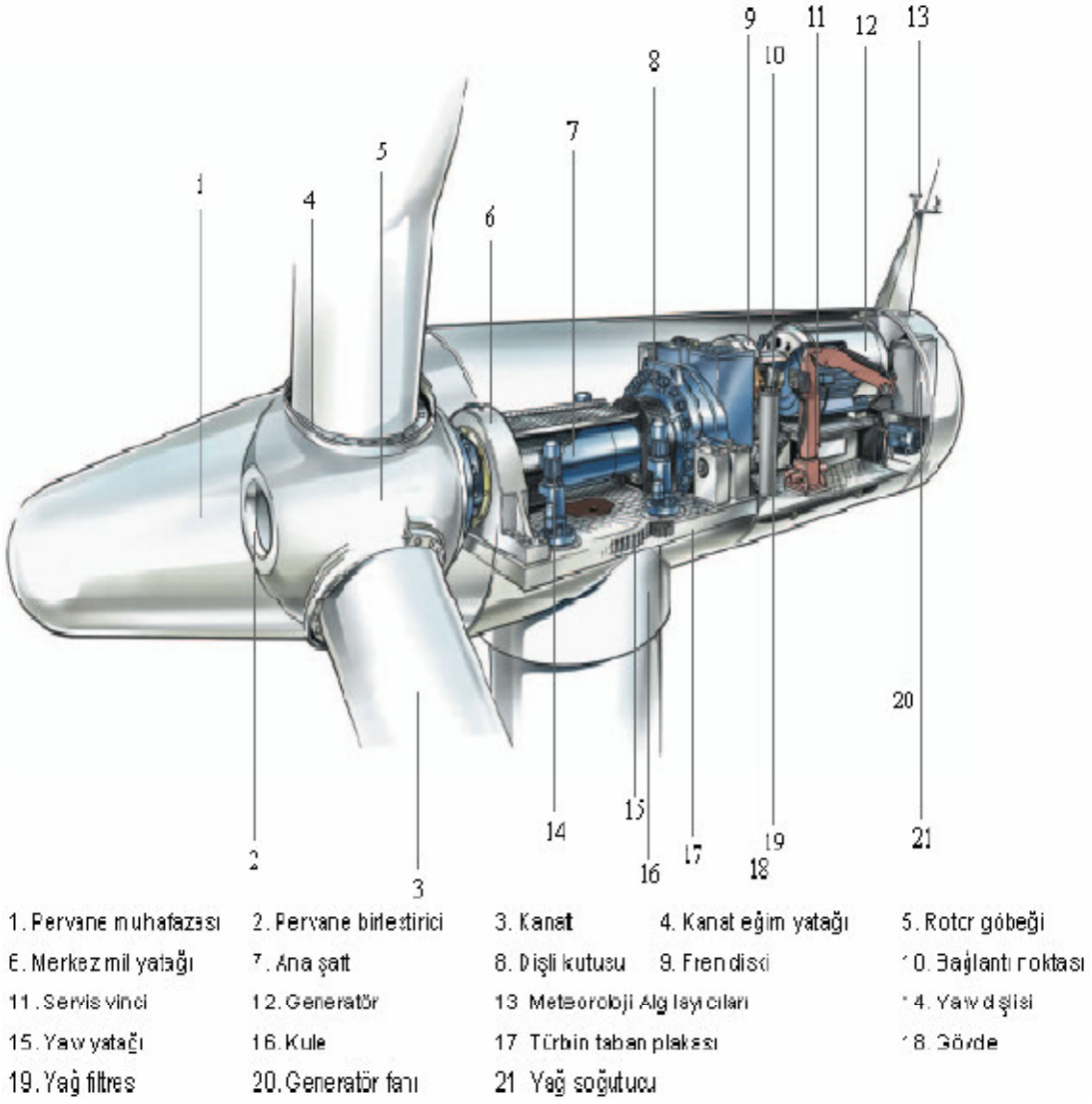
Resim 2.4 Gedser Rüzgar Türbini (Sülün 2007)

Bu zamana kadar inşa edilen tribünler doğru akım üretiyordu. 1951 yılından sonra doğru akım generatörlerinin yerini alternatif enerji üreten 35 kW asenkron makineler almaya başladı. 1960 yılların başında, 200 kW gücünde Gedser tribünü Juul tarafından SEAS elektrik şirketi için Gedser 'de yapılmıştır. Bu tribün 3 kanatlı, elektro manyetik yaw(yönerge) sistemini ve asenkron generatör kullanmaktaydı. Stall(durdurma) kontrol sistemine göre çalışan Gedser türbinin de ayrıca, aerodinamik üç fren bulunmaktaydı. Bu sistem günümüzde kullanılan türbinlerde de bulunmaktadır (Resim2.4).

1960'lı yıllardan sonra rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde ekonomik nedenlerden dolayı azalma meydana gelmiştir. Daha ucuz olan fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğal gaz vb.) kullanılarak yapılan termik santraller popüler olmaya başlamıştı.1973 dünya petrol krizi, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasına sebep olmuştur. Dünya enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan fosil yakıtların kısıtlı kullanım sürelerinin olması, enerjinin elde edilmesi sırasında çevreye yapılan tahribat ve gelecek nesillerin de enerji ihtiyacı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Rüzgâr Enerjisi; özellikle 1990'lı yıllardan itibaren önemli bir gelişme göstermiş, Amerika ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Yapılan araştırmalara göre; şu an yürütülmekte olan politikaların devam etmesi durumunda dünya üzerindeki elektrik enerjisi üretimindeki payının hızla artacağı tahmin edilmektedir.

2.2.1.4 Rüzgâr Türbini Bileşenleri

Rüzgâr türbinlerinin belli temel parçaları bulundurmakla birlikte eksenlerine, güçlerine vb. özelliğine göre imal edilebilirler. Aşağıdaki resim2.5'de bir rüzgâr türbinin de bulunması muhtemel parçalar görülmektedir.



Resim2.5 Rüzgâr türbini bileşenleri

Bir türbinde yer alan belli baslı bileşenler; kanatlar, fren düzeni, kontrol sistemi, dişli kutusu, jeneratör, yüksek ve düşük hız şaftları, gövde (yatak), pitch, rotor, kule rüzgâr vanası, yaw motoru ve tahrik gurubundan oluşmaktadır. Bu bileşenlere ait temel bilgiler aşağıda verilmiştir.

Kanatlar: Türbinler tek kanatlı, iki kanatlı, üç kanatlı ve çok kanatlı olarak imal edilebilmektedir. Bunun yanı sıra türbinlerin rüzgârı önden mi, arkadan mı aldığına göre de imalatı çeşitlilik göstermektedir.

Frenler: Acil durumlarda veya isteğe göre mekanik, elektriksel veya hidrolik olarak rotorun hareketini durdurulmasını sağlayan sistemdir.

Kontrolör (Kontrol Sistemi): Türbinlerin, saatte, 3 ile 5 m/sn'lik rüzgâr hızlarında, dönme hareketini başlatan, bu hareketi yöneten ve saatte 120 m/sn'yi asan yüksek hızlarda durduran beyin fonksiyonu icra eden kritik bir sistemdir.

Dişli kutusu: Dişli kutuları, düşük ve yüksek hız şaftlarının yataklandığı mekanizmalardır. Rüzgâr türbinlerinin kanatları düşük devirle döndüğünde bile dişli kutusu bu düşük devri yükselterek elektrik üretimi sağlamaktadır.

Generatör: Rüzgâr türbinlerin en temel elemanıdır. Türbinin ürettiği hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürler. Çok çeşitli yapılarda imal edilirler.

High-speed shaft: Generatörü süren, eğer mevcutsa dişli kutusu ile Generatör arasında bulunan şafttır.

Low-speed shaft: Kanatların bağlandığı mil dir.

Pitch: Kanatları, aşırı yüksek veya düşük hızlarda dönüsünü kontrol eden döndürme mekanizmasıdır.

Rotor: Kanatlar ve dişli kutusunun yuvalandığı kapalı mekana rotor adı verilir.

Kule: Yuvarlak veya kafes seklinde tasarlanan, çelikten yapılmış, tepe düzlemine türbin gövdesinin yerleştirilmesini sağlayan direklerdir.

Rüzgâr Vanası: Rüzgâr yönünü ölçerek, değişimlere göre, yaw (kuyruk) motoru ile haberleşmeyi sağlayan, türbini rüzgâr yönüne taşıyan mekanizmadır.

Yaw (Kuyruk) Tahrik: Üç kanatlı türbinlerin rotorları, rüzgâra doğru konuşlanır. Rüzgârın hız değişimine göre, rotor kafasını, rüzgâra dik tutacak tarzda ayarlayan mekanizmalardır, iki kanatlı rotorlar, kafalarını rüzgâr doğrultusuna ters konuşlandırdıklarından, kuyruk kontrol mekanizmasına ihtiyaç duymazlar.

Kuyruk motoru: Kuyruk tahrik sistemini hareketlendiren motordur.

2.2.1.5 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

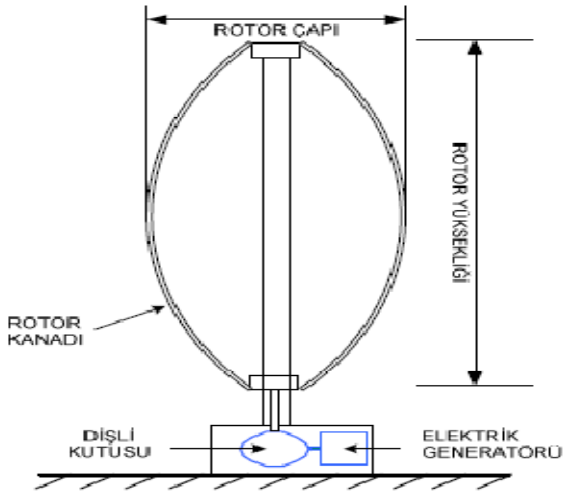
Kullanımdaki rüzgâr türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik göstermektedirler. Türbinler; dönme eksenine, kanat sayılarına, güçlerine ve kullanılan generatöre göre sınıflandırılabilirler.

2.2.1.5.1 Eksen yapılarına göre rüzgâr türbinleri

Rüzgâr türbinleri eksen yapılarına göre iki'ye ayrılır. Bunlar;

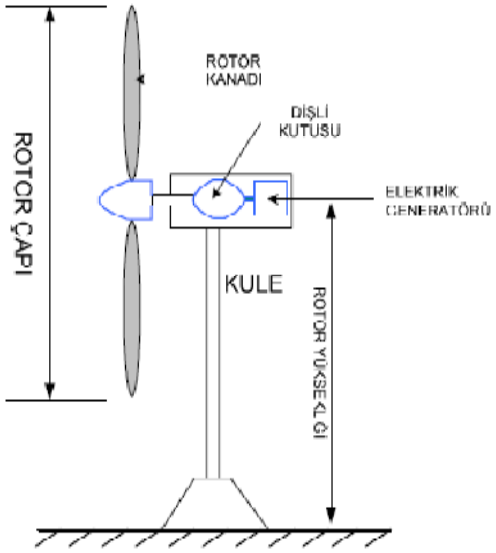
Dikey eksenli rüzgâr türbinleri:Dikey bir eksende dairesel bir hareket yaparlar ve böylece herhangi bir yönden gelen rüzgârı karşılama zorluğu yoktur. Güç ortaya çıkarmak daha kolaydır. Jeneratörü, dişli kutusunu vs. yere yerleştirilebilir ve makine için bir kuleye ihtiyaç duyulmaz. Rotoru rüzgâra karsı çevirmek için bir sapma mekanizmasına ihtiyaç yoktur. Fakat rüzgâr hızı toprağa yakın mesafelerde düşüktür, dolayısıyla kuleden tasarruf edilmesine rağmen verim azalmaktadır. Kendi kendine başlama problemleri vardır. Makineyi tutmak için çelik tellere ihtiyaç duyulabilir (Kocaman 2003, EİE 2000, Patel, M. R. 1999).

Başlangıç zorlamasında güçlü fakat devamlı olmayan dönmeler periyodik değişiklikler ortaya koymakta ve bu da güç regülâsyonunda elverişli olmayan bir durumdur. Dikey eksenlilerden güç ortaya çıkarmak nispeten daha kolaydır (Nayar, Islam ve Sharma 2001).



Şekil 2.3 Dikey eksenli rüzgâr türbini

Yatay eksenli rüzgâr türbini:Genellikle yatay eksenli rüzgâr türbin tipleri kullanılır. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri daha gelişmiş ve genellikle çok daha fazla tasarlanmışlardır. Tasarım sayılarının genişliği, ticari yönden elverişli ve kullanışlıdır. 50 W' tan 1,8 MW' a kadar üretilebilmektedir. Tarımda kullanılan rüzgâr türbinlerinde olduğu gibi genellikle birden çok kanat kullanılarak tasarlanmaktadır. En iyi elektrik üretimini ucuz şekilde sağlamak için iki veya üç kanatlı jeneratörlerin kullanımı yeterli verimliliği sağlamaktadır. Mekanik ve aerodinamik ayar üç kanatlı rotor için daha uygundur.Küçük rüzgâr türbinlerinde genellikle üç kanat kullanılır. Çok kanatlı rüzgâr türbinleri tarımda su pompalarında kullanılır. Yatay bir eksende dairesel bir hareket yaparlar. Kullanım alanları oldukça geniştir (Nayar at al. 2001, Kocaman 2003).



Şekil 2.4 Yatay eksenli rüzgar türbini

2.2.1.5.2 Kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri

Pervane kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri dört grupta incelenebilir. Bunlar;

- Tek Kanatlı Rüzgâr Türbinleri
- İki Kanatlı Rüzgâr Türbinleri
- Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinleri
- Çok Kanatlı Rüzgâr Türbinleri

2.2.1.5.3 Güçlerine göre rüzgâr türbinleri

Rüzgâr türbinlerinin eksen yapısı ve kanat sayılarına göre yapılan sınıflandırmalarda temel olarak Mekanik gövde yapısı üzerinden sınıflandırma yapılmaktayken, güç odaklı sınıflandırma yaklaşımında türbinlerin ürettikleri gücün büyüklüğüne göre üç'e ayrılmaktadır. Bunlar;

- Küçük Güçlü Rüzgâr Türbinleri
- Orta Güçlü Rüzgâr Türbinleri
- Büyük Güçlü Rüzgâr Türbinleri

2.2.1.5.4 Rüzgâr türbinlerinde kullanılan generatörler

Daha öncede belirtildiği üzere rüzgâr türbinleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elemanlardır. Rüzgâr türbinleri bu dönüşümü yapmak için üç çeşit generatör kullanılabilmektedir. Bunlar;

- Doğru akım generatörler
- Senkron generatörler
- Asenkron generatör

Doğru Akım Generatörleri: Doğru akım makineleri, düşük güvenilirlik ve bakım gerektirmesi gibi dezavantajlarına rağmen, hız kontrollerinin kolay olması nedeniyle rüzgâr türbinlerinde kullanılmaktadırlar. DA generatörleri küçük kapasiteli rüzgâr türbinlerinde, özellikle elektriğin şebekeden bağımsız olarak kullanıldığı yerlerde tercih edilmektedirler. Son yıllarda mekaniksel komütatörlü DA generatörleri, komütatörü elimine etmek için daimi mıknatıslı olarak tasarlanmaya başlanmıştır. Bu tertibatta üretilen alternatif akım yarı iletken doğrultucular yardımıyla doğru akıma dönüştürülür. Fırçasız doğru akım makineleri olarak da isimlendirilen bu makineler, daimi mıknatısların kapasitelerinin ve güçlerinin sınırlı olması nedeniyle, küçük güçlü rüzgâr türbinlerinde kullanılmaktadırlar (Mergen ve Zorlu 2005)

Senkron Generatör:Senkron generatör, harici bir yükü besleyen üç fazlı sargıların oluşturduğu bir stator ve manyetik alanı oluşturan bir rotordan meydana gelir. Rotorun oluşturduğu manyetik alan ya daimi mıknatıslardan ya da sargılardan akan doğru akımdan üretilir. Senkron generatörler sabit hızlı sistemler için daha uygundur. Bu nedenle sabit hıza bağlı olarak sabit frekansta çalışırlar. Rüzgar türbinlerinde, genellikle rotoru sargılı (alan sargılı) ve daimi mıknatıslı olmak üzere iki tip senkron generatör kullanılmaktadır.

Rotoru Sargılı Senkron Generatör (RSSG): Rotoru sargılı senkron generatörlerde; stator sargısı, dalga genişlik modülasyonu tekniğine göre anahtarlama yapabilen, çift yönlü akım akışının olabildiği gerilim kaynaklı iki invertörden meydana gelmiş, dört bölgeli bir güç konvertörü üzerinden şebekeye bağlanmıştır. Stator tarafındaki konvertör elektromanyetik torku, şebeke tarafındaki konvertör ise bu sistemin oluşturduğu aktif ve reaktif gücü regüle eder(Özsoy 2011).

Daimi Mıknatıslı Senkron Generatör (DMSG): DMSG herhangi bir enerji kaynaklarına gerek duymadan kendinden uyartımlı olması nedeniyle rüzgar türbini uygulamalarında önerilmektedir. En büyük avantajı herhangi bir hızda güç üretebilmesidir. Bakım maliyeti düşüktür. Küçük ve hafif uygulamalar için uygundur. Generatör hızı herhangi dişli kutusuna gerek kalmadan kontrol edilebilir ancak dişli sistemi ile beraber kullanılan modelleri de vardır. Daimi mıknatıslı senkron generatörün statoru sargılıdır ve rotoruna kalıcı mıknatıslar yerleştirilmiştir. Çok yaygın olarak kullanılan tipleri radyal akıllı, aksikal akıllı ve çapraz akıllı olanlarıdır (Özsoy 2011).

Asenkron Generatör:Rüzgâr türbinleri içerisinde çok yaygın olarak kullanılan bir generatör tipidir. Sağlamlık, mekanik olarak basitlik, büyük tiplerde üretilebilmesi, fiyatının düşüklüğü gibi avantajları vardır. En büyük dezavantajı duran kısım statorun, reaktif mıknatıslanma akımına olan ihtiyacıdır. Ani rüzgâr artışlarında oluşan tork titreşimlerini azaltmada çok iyidir (Mergen ve Zorlu 2006).

Bir asenkron makina, generatör olarak çalışmada makinanın güç kaynağı rotordan alınan mekanik güçtür. Asenkron generatörün statoru üç faz grubundan müteşekkil birçok sarıma yataklık yapar. Bu üç grup sargı fiziksel olarak stator etrafına yayılmıştır. Bu sargılar üzerindeki akım akışından dolayı rotor etrafında, çevresinde dönen bir

manyetik alan oluşur ki bu manyetik alan asenkron makinenin en önemli çalışma özelliğini oluşturur. Rotor akımı ile stator akısı arasındaki etkileşim bir momente neden olur. Eğer rotoru bir rüzgâr türbinine bağlarsak ve senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürürsek, rotorda indüklenen akım ve momentin yönü motor çalışma durumuna göre ters yönde olur. Bu durumda makina generatör olarak çalışır. Türbinin mekanik gücünü elektrik gücüne çevirir ve stator uçlarına bağlı yükü besler. Eğer makina şebekeye paralel olarak çalışıyor ise şebekeye güç temin edecektir. Yani makinanın generatör olarak çalışabilmesi için senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürülmesi gerekir. Asenkron makinelerde stator ile rotor arasında elektriksel bir bağlantı olmayıp, tamamen elektromanyetik endüksiyon prensibine göre çalışır. Asenkron generatörler rotor yapılarındaki farklılığa göre sincap kafesli asenkron generatör ve rotoru bilezikli (sargılı) asenkron generatör olmak üzere ikiye ayrılırlar (Patel 1999).

Sincap Kafesli Asenkron Generatör (SKAG): SKAG hem sabit hızlı rüzgâr türbinlerinde hem de değişken hızlı rüzgâr türbinlerinde kullanılır. Manyetik sesleri azaltmak ve iyi kalkınma momenti elde etmek için rotor olukları mile paralel olarak değil meyilli olarak açılarak, pres alüminyum döküm rotor sargısı elde edilir.

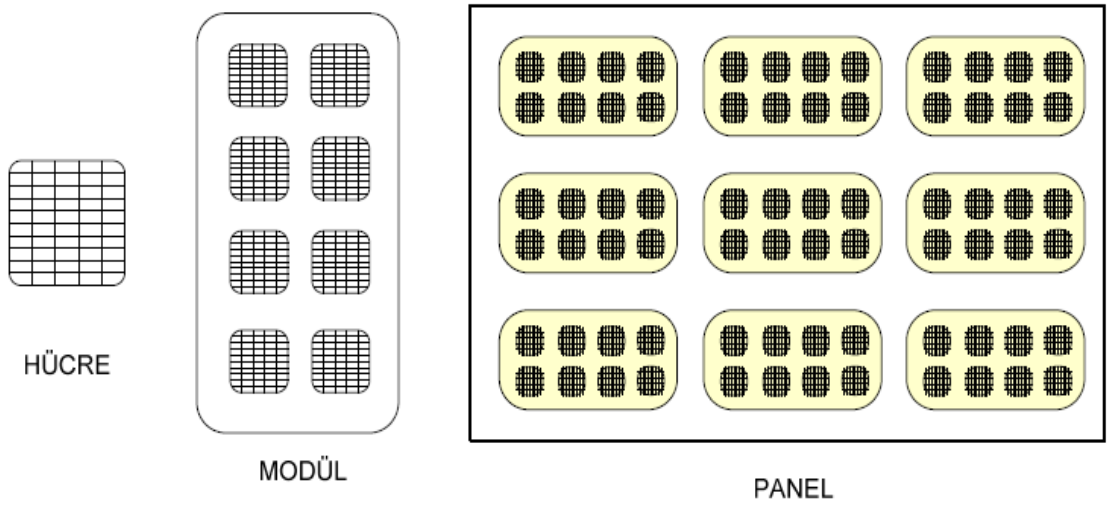
Sincap kafesli asenkron makinalar, fırçasız, güvenilir, ekonomik ve sağlam bir yapıya sahip olmaları nedeniyle uygulamada sıkça kullanılmaktadırlar. Dezavantajları; generatör parametrelerinin sıcaklık ve frekansla değişerek sistemin kontrolünü karmaşıklaştırmasıdır. Moment-hız eğrisi lineerdir. Böylece rüzgâr gücündeki dalgalanmalar direkt olarak şebekeye iletilir. Bu geçişler özellikle rüzgar türbininin şebeke bağlantısı sırasında kritiktir. Bu noktalarda nominal akımdan 7-8 kat daha hızlı akım geçişi olur ki bu sistemin dezavantajları arasında yer alır (Dursun ve Binark 2008).

Rotoru Sargılı Asenkron Generatör(RSAG): Bir RSAG'de rotorun elektriksel özellikleri dışarıdan kontrol edilebilir ve böylece rotor gerilimi değiştirilebilir. Rotor sargı uçları rotorla beraber dönen bileziklere bağlıdır. Bilezikler üzerinde sabit duran fırçalar yardımı ile rotor sargıları üç fazlı bir yol verici direncine ya da dış kaynağa bağlanabilir. Böylece yol alma akımı sınırlandığı gibi hız ayarı da yapılabilir.Dezavantajı ise pahalı olması ve SKAG kadar sağlam olmamasıdır.

2.2.2Güneş Enerjisi

Güneşin çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile oluşan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisine güneş enerjisi denir.

Tipik olarak bir PV hücre 25-30 cm^2 lik kare bir alana sahip olup, yaklaşık 1W'lık güç üretir. Yüksek güçler elde edebilmek için birçok PV hücre seri ve paralel olarak bağlanır ve büyük bir alana sahip bir modül elde edilir. Bir PV güneş paneli ise ihtiyaç olan akım ve gerilimi üretecek şekilde modüllerin seri-paralel kombinasyonlarını içerir.



Şekil 2.5 Güneş pili, hücre, modül ve panel

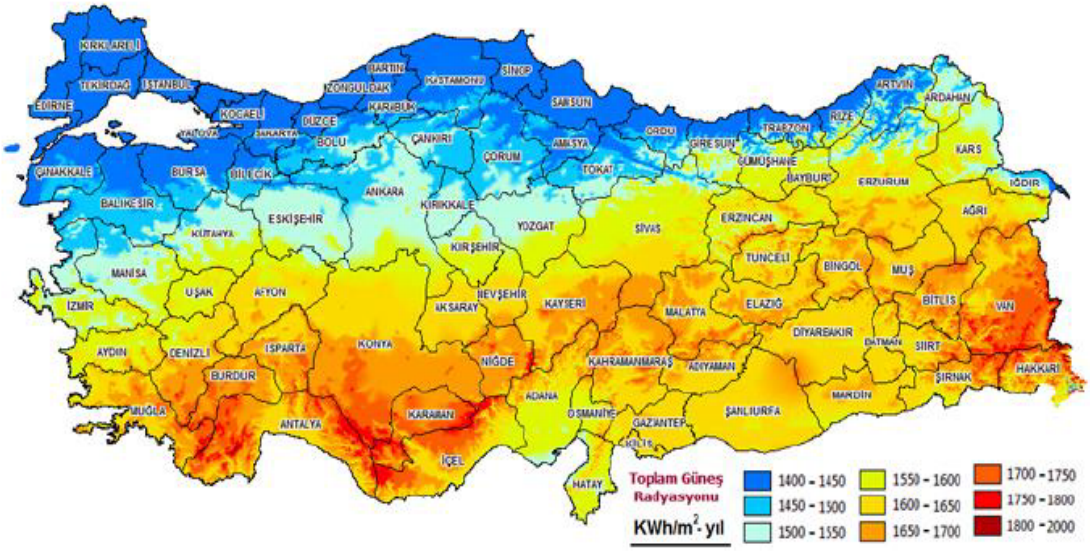
2.2.2.1 Türkiye'de Güneş Enerjisi'nin Durumu

Türkiye, coğrafi konumundan dolayı sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 2.3' de verilmiştir (İnt. Kyn-2).

Çizelge 2.3 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (İnt. Kyn-2)

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm^2-ay)	(kWh/m^2-ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKIM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm^2-gün	3,6 kWh/m^2-gün	7,2 saat/gün

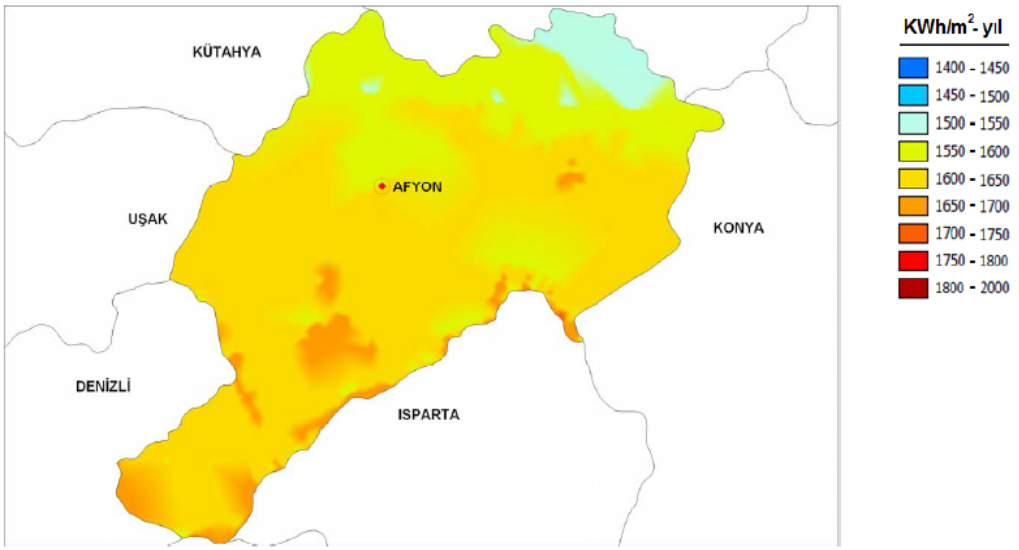
Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası Resim 2.6'da görülmektedir.



Resim 2.6 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (İnt. Kyn-3).

2.2.2.2 Afyonkarahisar'da Güneş Enerjisi'nin Durumu

Afyonkarahisar ili Türkiye'nin güneş radyasyon ortalaması itibariyle etkin bölgelerinden biridir. Aşağıdaki Resim2.7'de Afyonkarahisar ili global güneş radyasyon dağılımı atlası görülmektedir.



Resim 2.7 Afyonkarahisar ili global güneş radyasyon dağılımı(İnt. Kyn-4)

Afyonkarahisar ili itibariyle ortalama güneş radyasyonu yılda 1600-1650 KWh/m^2 civarındadır.

2.2.2.3 Güneş Pilleri Tarihçesi

İlk kez 1839 yılında Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek Fotovoltaik olayını bulmuştur. Katılarda benzer bir olay ilk olarak selenyum kristalleri üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunu izleyen yıllarda çalışmalar bakır oksit ve selenyuma dayalı foto diyotların, yaygın olarak fotoğrafçılık alanında ışık metrelerinde kullanılmasını beraberinde getirmiştir. 1914 yılında fotovoltaik diyotların verimliliği %1 değerine ulaşmış ise de gerçek anlamda güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik diyotlar ilk kez 1954 yılında Chapin tarafından silikon kristali üzerinde gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen bu tarihi izleyen

yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Fotovoltaik güç sistemleri 1960'ların başından beri uzay çalışmalarının güvenilir kaynağı olmayı sürdürmektedir (Jain ve Agarwal 2007).

Güneş pillerinin yeryüzünde de elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları 1954'ler de başlamış olmasına rağmen, gerçek anlamda ilgi 1973 yılındaki 1. petrol bunalımını izleyen yıllarda olmuştur. Amerika'da, Avrupa'da, Japonya'da büyük bütçeli ve geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme projeleri başlatılmıştır. Bir yandan uzay çalışmalarında kendini ispatlamış silikon kristaline dayalı güneş pillerinin verimliliğini artırma çabaları ve diğer yandan alternatif olmak üzere çok daha az yarı iletken malzemeye gerek duyulan ve bu nedenle daha ucuza üretilebilecek ince film güneş pilleri üzerindeki çalışmalara hız verilmiştir (Jain and Agarwal 2007).

1964 yılında Nimbug isimli uzay aracı 470 W'lık güneş pili ile uzaya gönderilmiştir. 1966 yılında ise 1 kW'lık güneş pili sistemine sahip Orbiting Astronomik gözlemci yörüngeye oturmuştur. 1977 yılına gelindiğinde ise Amerika Birleşik Devletleri'nde ulusal yenilenebilir enerji laboratuarı açılmıştır. 1982 yılında Dünya çapında güneş pili üretimi 21,3 MW'a kadar yükselmiştir (Fang and Hong 1999).

2000'li yıllara gelindiğinde ise Almanya'da 100.000 çatının güneş pilleri ile kaplanması için çalışma başlatılmıştır. Aynı dönemlerde Japonya'da 10.000 çatı programı başlatılmıştır. 2004 yılında, Almanya'nın Neustodt kentinde 2 MW kurulu güce sahip güneş fotovoltaik güç tesisi şebekeye bağlanmıştır. Tesis 70.000 m2 alan üzerine 7000 adet 300 W'lık panelden oluşmuştur. Yine Almanya'da, Saarbrück en havaalanında 1,4 MW'lık güneş pili tesisi Ocak ayında hizmete girmiştir. Tesis 40.000 m2'lik alan üzerine kurulmuştur. Tesisin yaklaşık kurulum maliyeti 6,5 milyon Euro olup 166 özel yatırımcı tarafından da desteklenmiştir (Fang and Hong 1999).

2004 yılının sonuna gelindiğinde Almanya'da güneş pili toplam kurulu gücü yaklaşık 53 MW olmuştur. Aynı yıl içinde Dünya Bankası 29 ülkede 30'dan fazla projeye destek vermek için bir fon açmıştır. Malta'da Malta Üniversitesi bünyesinde kurulmuş bulunan şebekeye bağlı sistemin kurulu gücü 7,5 kWp'dır. Sun Poker firması, A-300 silisyum güneş pili için Amerikan ulusal yenilenebilir enerji laboratuarında (NREL) ölçüm

yaptırarak %21,5'lik bir verime sahip olan bu güneş pilini mart ayında satışa sunmak için harekete geçmiştir. Amerika'da Brockton şehrinde Massochusetts Teknoloji firması tarafından 500 kW'lık bir güneş pili tesisi daha hizmete girmiştir. Polonya'da 2004 yılı sonunda kurulu güç toplamda 107 kWp olup bunun 47 kWp bölümü şebekeye bağlıdır. Çek Cumhuriyeti'nde ise toplam kurulu güç 150 kWp olup bunun 120 kWp'lık bölümü şebekeye bağlıdır. Hindistan'da 2004 yılı sonunda toplam PV Kurulu gücü 475 kWp olmuştur (Fang and Hong 1999).

2004 yılı eylül ayında ise Türkiye Büyük Millet Meclisi yeni bir yenilenebilir enerji yasasını çıkarmıştır. Bu yasa gelecek 5 yıllık dönemde 4-5 MW'lık bir yenilenebilir enerji kurulumunu desteklemektedir (Fang and Hong 1999).

2004 yılı ikinci yarısında; Sharp, Sanyo, Kyocera ve RWE Schott Solar gibi firmalar kurulu üretim kapasitelerini artıracaklarını açıklayarak bu alandaki teknolojik yatırımların ve gelişmelerin süreceğinin sinyallerini veriyorlardı. Sharp firması; 315 MW yıllık üretim kapasitesi ile en çok üretim yapan tesisi olarak Shinjo tesisinin olduğunu açıklarken, Sanyo elektronik firması; 2005 yılı üretim kapasitesinin %140'lık bir artışla 153 MW olacağını bildirmiştir. Kyocera ise üretim kapasitesini mart ayı itibariyle %25'lik bir artış oranıyla 100 MW ve haziran sonunda %20'lik artışla 120 MW olarak açıkladı. Bununla birlikte Avrupa'nın en geniş fotovoltaik pil üretim ağına sahip olan RWE Schott Solar firması 40 milyon Euro olan yatırımını artıracağını açıklamıştır (Fang and Hong 1999).

BP Solar ve Romag, PowerGlaz olarak adlandırdıkları cam levhalı güneş pilini geliştirdiklerini açıkladılar ve sistemin yılsonuna doğru satışa sunulacağını bildirdiler. Bu sistemin boyutları 3,3 m x 2,2 m olup bina dış cephelerine rahatlıkla uygulanabilecek düzeydedir. Santo Kuzey Amerika firması 200 kW'lık bir sistemi San Diego'da kurmuştur. Bu sistem 1056 adet Sanyo HIT-190 güneş pilinden oluşmaktadır. Bu sistemin enerji dönüşüm oranı %18,5'dir. Japon hükümeti, 2010 yılına kadar ülkedeki toplam kurulu PV gücünü 4820 MW olarak hedeflemiştir. Bu değer 2003 yılı sonunda 887 MW olarak açıklanmıştır. Japon PV Pazarı gelecek 5 yıl içinde yıllık ortalama %20 büyümenin devam ettirileceğini umut etmektedir (Fang and Hong 1999).

Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmenin, basit, çevre dostu olan fotovoltaik sistemlerin araştırılması ve geliştirilmesi, maliyetinin düşürülerek yaygınlaştırılması görevi uzun yıllar üniversitelerin yüklendiği ve yürüttüğü bir görev olmuş ve bu nedenle kamuoyunda hep laboratuarda kalan bir çalışma olarak kalmıştır. Ancak son yirmi yılda dünya genelinde çevre konusunda duyarlılığın artmasına bağlı olarak kamuoyundan gelen baskı, çok uluslu büyük şirketleri fosile dayalı olmayan yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda çalışmalar yapmaya zorlamışlardır. Büyük şirketlerin devreye girmesiyle fotovoltaik piller konusundaki teknolojik gelişmeler ve güç sistemlerine artan talep ve buna bağlı olarak büyüyen üretim kapasitesi, maliyetlerin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir. Yakın geçmişe kadar alışıla gelmiş elektrik enerjisi üretim yöntemleri ile karşılaşıldığında çok pahalı olarak değerlendirilen fotovoltaik güç sistemleri, artık yakın gelecekte güç üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak değerlendirilmektedir. Özellikle elektrik enerjisi üretiminde hesaba katılmayan ve görünmeyen maliyet olarak değerlendirilebilecek 'sosyal maliyet' göz önüne alındığında, fotovoltaik sistemler fosile dayalı sistemlerden daha ekonomik olarak değerlendirilebilir (Jain and Agarwal 2007).

Türkiye'de günümüzde ise güneş enerjisi araştırma ve geliştirme konularında EİE'nin yanında Tübitak Marmara Araştırma Merkezi ve üniversiteler (Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, ODTÜ, Kocaeli Üniversitesi, Fırat Üniversitesi) çalışmalar yapmaktadır (Yaow-Ming and Hsu-Chin 2001).

2.2.2.4 Güneş Pillerinin Yapısı

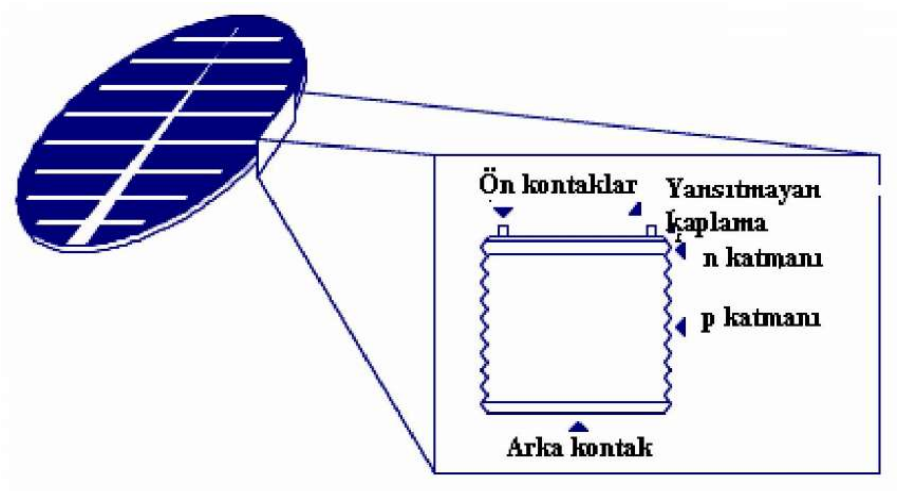
Güneş pilleri birçok farklı maddeden üretilmektedir. Günümüzde en çok kullanılan yarı iletkenler; Kristal Silisyum, Amorf Silisyum, Galyum Arsenit, Kadmiyum Tellürid, Bakır İndiyum Diseleneid'tir (Alaçakır 2001).

Kullanılan malzeme, üretim şekilleri ve diyotların çalışma ilkeleri, temelde benzerdir. Elektronik sanayisinin en önemli malzemelerinden olan silisyum kristali, bugün güneş pillerinin çoğunluğunun üretiminde kullanılmaktadır. Silisyum, teknolojik önemi nedeni ile en iyi bilinen yarı-iletken malzemelerden biridir. Tek kristalli silisyum güneş pilinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 gram'dan azdır. Pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır.

Kontakların altında 150 mm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum, üzerine düşen ısınımın üçte birine yakın kısmını yansıtacaktır. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde dizayn edilmiştir. Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunmaktadır (Çıtıroğlu 2000).

Güneş pilleri, güneş-elektrik çevriminin kalbi olup, optiksel ve elektriksel özellikleri bu dönüşüme uygun olarak seçilen yarı iletken malzemeden yapılmış diyotlardır. PV hücreler, gerçekte birbirine benzemeyen iki zayıf yarı-iletken malzemeden oluşmaktadır (P tipi yarı iletken ve N tipi yarı iletken). Yarı iletken malzemeler başlangıçta silikon malzemelerle yapılırken daha sonralarda farklı malzemelerden üretilmeye başlanmıştır (Boyle 2004).

Basit bir güneş pilinin iç yapısı Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6 Güneş pilinin iç yapısı (Çıtıroğlu 2000).

Güneş pilinin içyapısı, iki farklı katman halindedir. N katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında, p-n kavşağı denilen, pozitif ve negatif yüklü elektronların karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak yer alır (Çıtıroğlu 2000).

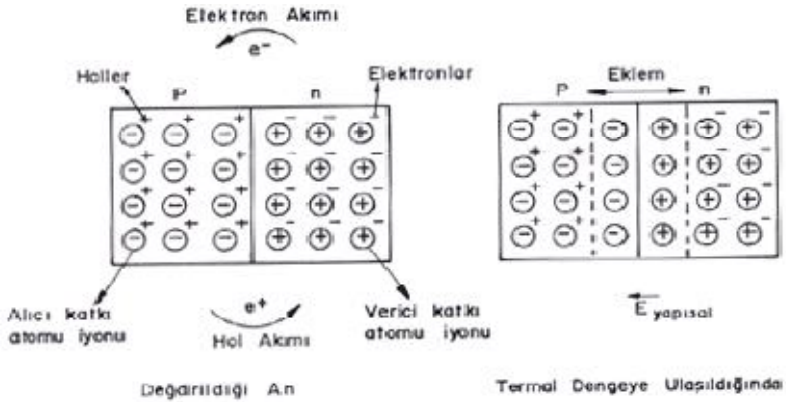
2.2.2.5 Güneş Pillerinin Çalışma Prensibi

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörlar, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir (İnt. Kyn. 5).

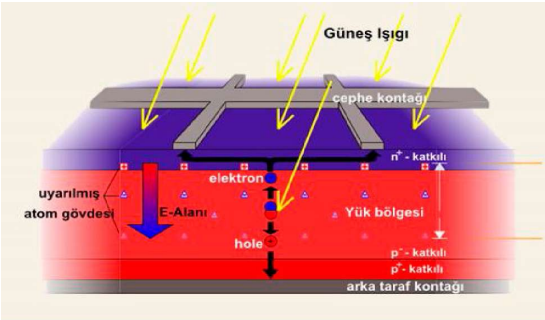
Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmeleri için n ya da p tipi katkılanmaları gereklidir. Katkılama, saf yarıiletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın güneş pili maddesi olarak kullanılan silisyumdan n tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyum'un dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle V. grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi denir (İnt. Kyn. 5).

P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "p tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir (İnt. Kyn. 5).

P ve N tipi katkılandırılmış malzemeler bir araya getirildiğinde yarıiletken eklemler oluşturulur. N tipi yarıiletkende elektronlar, p tipi yarıiletkende holler çoğunluk taşıyıcısıdır. P ve N tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür. Yani P tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, n tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. PN eklem oluştuğunda, N tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, P tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, P bölgesi tarafında negatif, N bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine "geçiş bölgesi" ya da "yükten arındırılmış bölge" denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan "yapısal elektrik alan (Ey)" olarak adlandırılır. Şekil 2.7'de PN eklemin oluşması şematize edilmiştir (İnt. Kyn. 5).

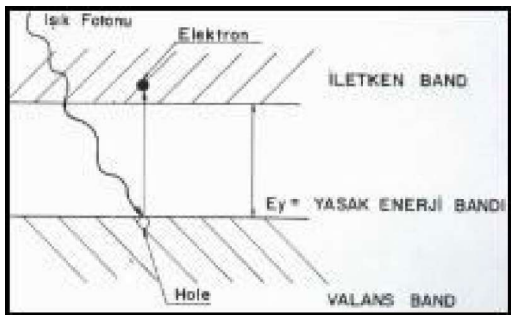


Şekil 2.7 PN Eklemin Oluşması (İnt. Kyn. 5)



Resim2.8 Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması (İnt. Kyn. 6).

Yarıiletken eklemin güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır (İnt. Kyn. 5).



Şekil 2.8 Elektronun İletken Banda Geçişi (İnt. Kyn. 5).

Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya

daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bandda ki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar (İnt. Kyn. 5).

2.2.2.6 Güneş Pili Çeşitleri

Güneş pilleri, kullanılan yarı iletken malzemeler ve yapım türleri bakımından çeşitlilik göstermektedir. Kullanılan malzeme bakımından silisyum yarı iletkeni hem teknolojik üstünlük hem de ekonomik nedenlerden ötürü daha çok tercih edilmektedir. Yapım türleri açısından ise gerek silisyum gerekse diğer yarı iletken malzemeler ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda pratikte kullanılan bazı güneş pili türleri kısaca açıklanmıştır.

Kristal Silisyum Güneş Pilleri: Silisyum, yarı iletken özellikleri tipik olarak gösteren ve güneş pili yapımında en çok kullanılan maddedir. Fotovoltaik özellikleri daha üstün olan başka maddelerde olmakla birlikte, silisyum hem teknolojik üstünlüğü nedeniyle, hem de ekonomik nedenlerle tercih edilmektedir (İnt. Kyn. 7).

Tek-Kristalli Silisyum Güneş Pilleri: Monokristal silisyum güneş pili olarak da bilinmektedir. İlk ticari güneş pillerinde, "Chrozalski kristal çekme tekniği" ile büyütülen tek kristal yapılı silisyum kullanılmıştır. Fotovoltaik endüstrisinde hala en çok kullanılan yöntem olan bu teknikte, öncelikle ark fırınlarında silisyum oksit çeşitli kimyasal ve ısıl reaksiyonlardan geçilerek saf silisyum elde edilir. Daha sonra silisyum eriyiğe, çekirdek denen tek kristal yapılı bir silisyum parçası batırılır. Bu çekirdek eriyikten çıkarıldığında, soğuyan silisyum eriyik, çekirdeğin üzerine külçe şeklinde yığılmış olur. Bu silisyum külçe, elmas bir keski ile dilimlere ayrılır. Bu iki aşamada olur. Önce külçe dikdörtgen bloklar halinde kesilir, daha sonra bu bloklar dilimlere

ayrılarak pil şeklinde işlenir. Verimleri %15 civarındadır. Yapım sırasında malzeme kaybının çok fazla olması bu pillerin dezavantajlarıdır (Keçel 2007).

Yarı-Kristal Silisyum Güneş Pilleri: Yarı-kristal de denen bu tip piller, sıvı silisyumun soğutulması ile elde edilen kümelenmiş, küçük silisyum kristallerinden oluşur. Bu pillerin verimleri %14 civarında olup, kümelenmiş silisyum taneciklerinin sınırlarındaki kayıplara bağlıdır.

Çok-Kristalli Silisyum Güneş Pilleri: Çok kristalli malzemede damarların kristal yapılarının birbirilerine göre yönlenmeleri dışında elektriksel, optiksel ve yapısal özellikleri özdeştir. Damarların büyüklükleri kristalin kalitesi ile doğru orantılıdır. Damarlar arasındaki süreksizlik, özellikle elektriksel yük taşıyıcılarının aktarılmasında önemli ölçüde engelleyici rol oynar. Çok kristalli malzemenin elektriksel özelliklerinin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı olarak bozulması, elde edilebilecek verimliliğin tek kristalle karşılaştırıldığında küçük olmasına neden olur. Ancak çok kristalli silisyum üretim teknolojileri daha az enerji yoğun ve daha kolaydır, sonuç olarak çok kristalli silisyumun maliyeti önemli ölçüde düşüktür (İnt. Kyn. 8).Fakat çok kristalli silikonların verimi daha düşüktür. Çok kristalli pillerin verimlilikleri laboratuar üretimlerinde %18, seri üretimlerde ise %13-14 oranındadır. Her iki hücre pili için de yarıiletken tabakanın kalınlığının arttırılması ile verimliliğin artacağı savunulmaktadır (Demirtaş 2008).

İnce Film Güneş Pilleri: İnce film hücreler, yarı iletken malzemelerin; cam, paslanmaz çelik ya da plastikten yapılmış geniş yüzeyler üzerine ince film tabakası şeklinde kaplanması ile elde edilen hücrelerdir. Güneş pillerinde kullanılan malzemenin ve işçiliğin azaltılması, teknolojinin basitleştirilerek maliyetlerinin düşürülmesi yönünde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarından, yarı-iletken malzemenin geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplanması yöntemi, farklı bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş pilleri üretiminde kullanılabilecek birçok yarı-iletken malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermiştir. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir deyişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden-milyonda birine kadar değişen damarlardan oluşmaktadır. İnce film güneş pilleri arasında üç büyük aday öne çıkmaktadır. Bunlar; amorf-silisyum, kadmiyum ve tellür

elementlerinden meydana gelen bileşiklerdir. Optiksel özellikleri uygun seçilen bir yarı iletken malzemede milimetrenin binde biri kadar bir kalınlık içerisinde güneş ışınlarının tümüne yakın bir kısmı soğurulabilir. Dolayısı ile ince film fotovoltaik malzemede kalınlık, silisyum üzerinde yapılan pillere göre çok daha azdır. Ayrıca ince-film malzeme istenen oysa silisyum piller büyütülen kristalin boyutları ile sınırlıdır. Fotovoltaik modül yapımında ince filmlerin kullanımı daha kolay ve uygundur. Verimleri %5-8 arasındadır (Güçlü 2009).

Bakır İndiyum Diselenoid Güneş Pilleri: Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grupta yer alan elementlerin üç ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşikte, yarı iletkenlerin soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıkları güneşin spektrumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir. Bakır İndiyum ve Selenyumdan yapılan üçlü bileşik yarı iletkenle başlayan bu grup (CIS) güneş pilleri olarak anılır. Laboratuardaki küçük alan pillerinin verimliliği %18'e kadar ulaşırken, 900 cm^2 yüzey alana sahip modüllerin verimlilikleri %15 dolayındadır (Güçlü 2009).

Amorf Güneş Pilleri: Amorf silikon olarak bilinen güneş pilleri silikonların çok ince tabakalarından oluşmaktadır. Bu silikon atomları yukarıda belirtilen kristal formlara göre daha düzensiz şekilde yerleşmiştir. Amorf silikon hücrelerini üretmek diğer kristal silikonlara göre oldukça ucuzdur. Ayrıca bir Amorf Silisyum ışığı daha kolay içine çekmektedir. Bu pillerin üretim işlemleri kristal silikonlar için gerekenden daha düşük sıcaklıklardadır.

Düşük enerji ihtiyacı olan yerlerde daha çok tercih edilmektedir. Kristal yapı özelliği göstermeyen bu pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulaması olarak binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler, bina dış koruyucusu ve enerji üreteci olarak kullanılabileceği tahmin edilmektedir. Maliyeti düşük olması nedeniyle düşük verimliliğe karşın ekonomik olacağı görüşü hâkimdir (Güçlü 2009).

Kadmiyum Tellür İnce Film Güneş Pilleri: Periyodik tablonun ikinci grubunda bulunan Kadmiyum elementi ile altıncı grubunda bulunan Tellür elementinin bir araya

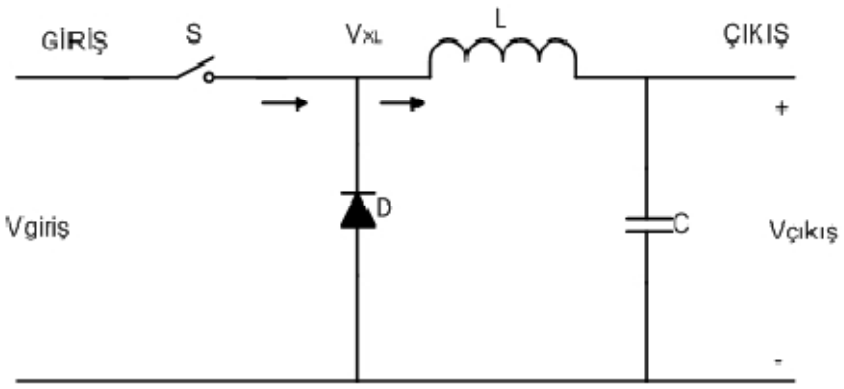
gelmesiyle oluşan CdTe'nin, oda sıcaklığında yasak enerji aralığı E_g = 1,5 eV değeri ile güneş spektrumundan maksimum dönüşümü elde etmek için gerekli olan değere oldukça yakındır. Yüksek soğurma katsayısı yanında, ince film büyütme teknolojisinin birçoğu ile kolayca üretime olanak tanıması, geniş yüzey alanlı güneş pili üretiminde CdTe birleşik yarı iletkeninin öne çıkmasını sağlamıştır. CdTe çoğunlukla kadmiyum sülfür CdS, ile bir araya getirilerek hetero eklem diyod üretilir. Yasak enerji aralığı yaklaşık 2,4eV olan CdS yarı iletkeni çok ince bir tabaka olarak uygulanır. Güneş ışınımının çoğunu geçiren CdS, hetero-eklem de pencere görevi yapar. CdT ince film büyütmede 2 teknoloji ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi olan yakın mesafeden buharlaştırma (close space sublimation, CSS) yöntemi ile en yüksek kalitede CdTe malzeme üretilmektedir. Bu yöntemde sıcaklık farklılıkları çok az olan kaynak ve filmin büyüdüğü yüzey birbirine çok yakın tutularak malzemenin sublimasyon yoluyla büyümesi sağlanır. İkinci CdTe büyütme yöntemi olan elekrodepozisyon yönteminde ise, kadyum ve tellür iyonu taşıyan elektrolitten akım geçirilerek CdTe yarı-iletkeninin katotta büyümesi sağlanır. Çok ucuz olan bu yöntemde büyüyen malzemenin denetimi CSS yönteminde olduğu kadar kolay değildir (Luque and Hegedus 2002). Laboratuar verimleri %16'dır.

2.2.3 Konvertörler

Konvertörler hibrid sistem elemanlarından elde edilecek elektrik enerjisinin, günün değişik zamanlarında farklı gerilim değerleri vermesi durumuna karşılık, üretilen elektrik enerjisi belli eşik değerleri içersinde olduğu müddetçe sabit bir çıkış gerilimi vermesini sağlamak için kullanılan elemanlardır. Konvertörlerin genel çalışma mantığı girişlerine bağlı olan enerji üretim kaynaklarından gelen, değişkenlik gösteren DA akımıyada AC akımı sabit bir DA akıma dönüştürmektir. Hibrit sistemler için en verimli uygulamanın maksimum güç noktası takibi (MPPT) olduğu belirlenmiştir. Maksimum güç noktası takibi işleminde elde edilen elektrik enerjisindeki değişimlerin sistemin çıkısında minimum seviyede hissedilmesi ve konvertör çıkış geriliminin sürekli olarak sabit tutulması amaçlanmaktadır. MPPT işlemi sırasında giriş gerilimi ve akımı değerlendirilerek, konvertör türüne bağlı olarak anahtarlama sinyalinin oranı sürekli olarak değiştirilmekte ve çıkış gerilimi sabit tutulmaktadır. Ancak bu işlemin yapılabilmesi için öncelikle kullanılacak olan elektrik üretim ünitesinin çıkış gerilim

aralıklarının bilinmesi gerekmektedir. Kullanılan konvertör çeşitleri ise yükseltici (boost), alçaltıcı (buck) ve alçaltıcı- yükseltici (buck-boost) konvertörler olarak tanımlanabilir.

2.2.3.1 Alçaltıcı konvertörler



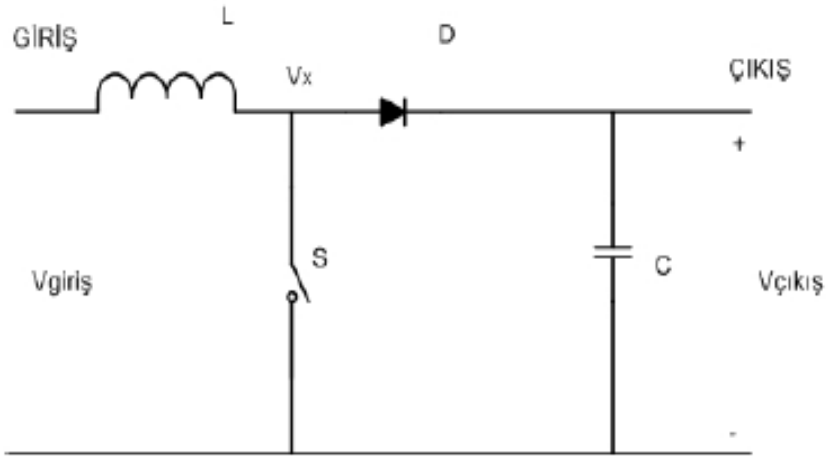
Şekil 2.9 Alçaltıcı konvertörün temel devresi

Şekil 2.9'da anahtar kapalıyken L bobini üzerinde bir gerilim düşümü meydana gelir. Diyot ters kutuplanmıştır. Giriş gerilimi hem bobine hem de çıkıştaki yüke enerji sağlar. Anahtar açık olduğu sürece bobin akımı diyot üzerinden akar ve üzerinde biriktirdiği enerjinin bir kısmını yüke aktarır. Uygulamada temel iki sorunla karşılaşılmaktadır. Bunlardan birincisi, her yükte az da olsa bir endüktif özellik bulunmaktadır. Bu, anahtarın endüktif enerjiyi yutması ya da dağıtması anlamına gelir(Aiello 2001). İkinci sakıncası ise, çıkış gerilimi sıfır ile giriş gerilimi arasında değişir. Bunun nedeni LC arasında bir osilasyonun oluşmasıdır. Alçaltıcı konvertörlerde var olan bu problemleri inceleyen bilim adamları, bu konvertöre bulanık mantık kontrol tekniğini uygulayarak ideal gerilim alçaltıcı konvertörü tasarlamak istemişlerdir(Tasi-Fu 1998).

2.2.3.2 Yükseltici konvertörler

Bu konvertörler, DA çıkış gerilimi giriş geriliminden daha yüksek olan konvertörlerdir. Şekil 2.10'daki devrede anahtar iletime geçince diyot ters kutuplanır ve çıkışı girişten ayırır. Bu anda devrede bulunan bobine enerji uygulanır. Anahtar kesime gidince, devrenin çıkışına hem girişten hem de bobinden enerji gider. Çalışma oranının sabit oluşu ve kayıplar bu konvertörlerde istenmeyen bir durumdur. Çıkışta kullanılan

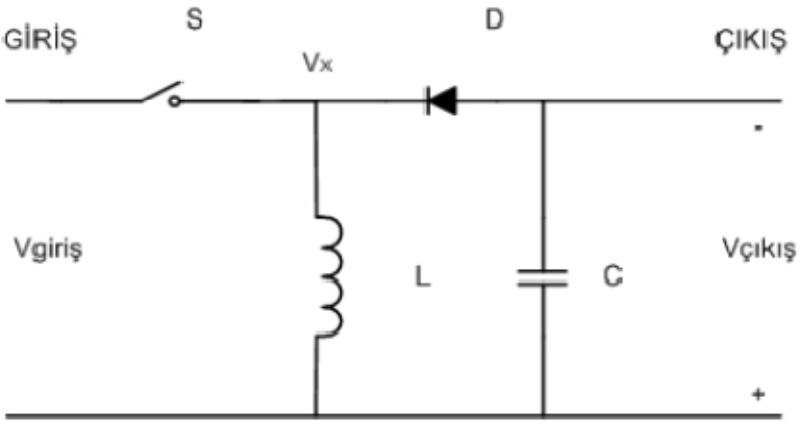
kapasitör filtre görevi yapar ve çıkış gerilimini sabit tutacak şekilde bir değerde olduğu kabul edilir (Palaz 2006).



Şekil 2.10Yükseltici konvertörün temel devresi

Yükseltici konvertörler, motor kontrol devrelerinde motorun beslemesinde kullanılmaktadır. Kullanılan konvertörün akım ve gerilim değerlerinin aynı fazda ve minimum güç kayıplarında olması istenir. Bu nedenle yükseltici konvertörlerde kontrol tekniği çalışmaları devam etmektedir(Tasi-Fu 1998).

2.2.3.3 Alçaltıcı- yükseltici konvertörler



Şekil 2.11 Alçaltıcı-Yükseltici konvertörün basit devre şeması

Şekil 2.11'de kontrollü anahtarın iletime geçmesiyle bobine enerji uygulanır. Diyot ters kutuplu olduğu için çıkışa enerji uygulanmaz. Anahtar kesime geçince bobinde depo edilen enerji çıkışa aktarılır. Klasik alçaltıcı yükseltici konvertörler, düşük anahtar verimliliğinden ötürü yüksek çalışma oranlarında uygun değildir (Tuncay 1995). İletim

kesim zamanı arasında bobinden geçen akımda bir azalma meydana gelir. Bu azalmadan ötürü yük üzerinden geçen akımda istenmediği halde azalma olacaktır. Klasik alçaltıcı yükseltici konvertörler, düşük anahtar verimliliğinden ötürü yüksek çalışma oranlarında uygun değildir.

2.2.4 İnvertörler

Doğru akımı alternatif akıma çevirmek için kullanılan elektronik elemanlara invertör denir. İnvertörler 12V, 24V veya 48V'luk bir akü voltajını 220V alternatif akıma çevirmek üzere kullanılırlar. Günümüzde 100 Watt'tan 10 kW'a kadar farklı çıkış güçlerine sahip invertör mevcuttur. Çıkış dalga özelliklerine göre ise eviriciler, kare dalga, düzeltilmiş sinüs dalga ve tam sinüs dalga olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Kare dalga ve düzeltilmiş sinüs dalga (Modifiye Sinüs) eviriciler daha ekonomik olmalarına rağmen lazer printer ve flüoresan lambalarda verim kaybına, müzik aletlerinde hışırtıya sebep olmaktadır. Buna karşılık tam sinüs eviriciler şebeke ile aynı kalitede hatta çoğu zaman daha yüksek kalitede çıkış verip hiçbir elektrikli aletin çalışmasında sorun çıkarmamaktadır. Şebekeye enerji aktarabilmek için tam sinüs evirici kullanılması gerekmektedir. Birçok motorlu alet ilk çalışma anında normal güç tüketiminin birkaç katı güç çektiği için kullanılan evirici kısa süreler için bu güçte (Surge Kapasitesi/Anlık Çekim Gücü) çalışma özelliğine sahip olmalıdır (Demirtaş 2008).

Eviriciler ürettikleri gerilim değerini elde etme yapılarına göre transformatörlü ve transformatörsüz olarak iki gruba ayrılırlar. Transformatörlü invertörler girişlerine uygulanan düşük seviyeli DA gerilimi önce tam veya modifiye sinüs haline getirir, daha sonra da elde edilen düşük değerli AA sinyali bir transformatörden geçirerek istenilen AA gerilim seviyesine ulaştırırlar. Transformatörsüz invertörler de ise giriş gerilim seviyesi yaklaşık olarak çıkışta istenilen gerilime yakın olmak zorundadır. Bu tür eviriciler daha hafif ve kullanışlı olmalarına rağmen, dezavantajları ise şebeke ile galvanik izolasyon sağlamazlar ve şebekeye DA bilesen enjekte ederler.

Kullanılan eviricinin verimi de bir başka önemli parametredir. Aküden aldığı enerjinin yüzde kaçını alternatif enerjiye çevirdiği verimi belirleyen unsurdur. Birçok eviricinin üzerinde akü şarj cihazının da entegre edilmiş olması sayesinde güneş panelleri ve rüzgar türbinleri veya şebeke direkt olarak akülerin şarjında kullanılır. Transfer

hızlarının oldukça iyi olmasından dolayı bu sistemler UPS olarak da kullanılabilir. Bu uygulamalarda seçilen aküler uygun bir evirici vasıtası ile şebekeden şarj edilirler, elektrik kesintisi başladığı zaman otomatik veya manuel olarak devreye girerek evde veya isletmede istenilen elektrikli aletleri belirlenen sürede kesintisiz olarak çalıştırırlar (Koizumi 2006).

2.2.5 Aküler

Aküler; elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır. Güneş enerjili sistemlerde en çok kurşun-asit ve Ni-Cd (Nikel kadmiyum) tipindeki aküler kullanılır. Özellikle günümüzde kuru tip kurşun-asit sınıfına giren tam kapalı Jel aküler sık rastladığımız akü çeşididir. Jel akülerin temel özelliği asit taşması veya sızdırması olmamasıdır. Gaz çıkışı minimumdur. Bu sebepten çok güvenilirdir ve rafta bekleme ömürleri daha uzundur. Jel akülerin temel bazı özellikleri aşağıdaki gibidir (Özsoy 2011).

- ✓ Bakım gerektirmezler.
- ✓ Kendi kendine deşarj seviyesi çok düşüktür. (2 yıl kullanılmadığında bile %75 oranında dolu kalır)
- ✓ Uzun deşarjlarda mükemmel performans sağlar.
- ✓ Yüksek sıcaklık uygulamalarına karşı dayanıklıdır.
- ✓ Çevrimsel ömrü uzatan ve ızgaralarda paslanmayı önleyen kalın plakalara sahiptir.
- ✓ Düşük iç dirençten dolayı yüksek performans sağlar.
- ✓ Daha çok sayıda şarj ve deşarj olabildikleri için günlük çevrimsel kullanım için idealdir.

2.3 AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN AMAÇLARI

2.3.1 Aydınlatmanın Tanımı

Aydınlatma; çevre ve nesnelerin en iyi şekilde görünebilmesi amacıyla gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır. Aydınlatma; öncelikle kişilerin asgari fizyolojik görme

ihtiyacına cevap veren, ekonomik koşullar altında görme konforunu ve iş verimini yükseltmeye çalışan ve mimarlıkta hacim ve yüzeylerin mimari özelliklerini vurgulamayı amaç edinen özel bir teknik haline gelmiştir. Aydınlatmanın hayatımızdaki bu yerinden dolayı, bu tekniğin bir ülkedeki önem derecesi, bu ülkenin yaşam standardının bir ölçüsü olarak kabul edilebilir konuma gelmiştir (Kocabey 1999).

2.3.2 Aydınlatma Türleri:

2.3.2.1 Doğal Aydınlatma: Ana kaynağı güneş olan gün ışığının, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir.

2.3.2.2 Yapma (Yapay) Aydınlatma: Ana kaynağı yapay ışık kaynaklarından üretilen ışığın, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir.

2.3.2.3 Bütünleşik Aydınlatma: Görsel konfor gereksinmelerini karşılamada, gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda takviye edici olarak yapma ışığın kullanıldığı aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir. Aydınlatılan yere göre sınıflandırmada ise, aydınlatmanın iki türde ele alındığını görüyoruz ki bu konuda yazılmış birçok kaynakta bu sınıflandırmayı görmemiz olasıdır.

2.3.2.4 İç Aydınlatma: Çeşitli yapısal öğelerle dış çevreden ayrılmış, iç mekânların aydınlatma sistemini konu alır.

2.3.2.5 Dış Aydınlatma: Bina dışı çeşitli ölçekteki yapma çevrenin aydınlatma sistemini konu alır (Durmaz 2010).

2.3.3 Aydınlatmanın Bileşenleri

Uygun bir aydınlatma için gerekli kriterlerden bahsetmeden önce, uygun aydınlatma kriterlerinde kullanılan büyüklüklerin tanımlanmasında yararlı olacaktır.

2.3.3.1 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi E harfi ile gösterilir. Birimi Lüks'tür. (Lüks: lx) Bir yüzeyin M noktasındaki ortalama aydınlık düzeyi, bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen

ΔΦışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırken ΔΦ/ΔS oranının limiti, bu noktadaki aydınlık düzeyini verir (Sağlam 2006).

$$E = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta S} = \frac{d\Phi}{dS} \quad (2.1)$$

Bu formülde Işık akısı (Φ) lümen ve yüzey alanı (m^2) alınırsa, E aydınlık düzeyi Lüks olarak bulunur.

2.3.3.2 Işık Şiddeti

Işık şiddeti I harfi ile gösterilir. Birimi Candela'dır. (cd) Noktasal bir ışık kaynağının bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısından çıkan $\Delta\Phi$ ışık akısının $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısına bölünmesi ile bulunur (Sağlam 2006).

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_\alpha \to 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta\Omega_\alpha} = \frac{d\Phi}{d\Omega_\alpha} \quad (2.2)$$

2.3.3.3 Parıltı

Parıltı doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Parıltı L_p harfi ile gösterilir. Birimicd/m^2'dir. Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin, ΔS' nin bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına oranının limitidir (Sağlam 2006).

$$L_p = \lim_{\Delta S_n \to 0} \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta S_n} = \frac{dI_\alpha}{dS_n} \quad (2.3)$$

2.3.3.4 Doğal Aydınlık Düzeyi

Güneş ışınlarının odanın pencerelerinden içeri girerek oluşturduğu aydınlık düzeyine "doğal aydınlık düzeyi" denir. Doğal aydınlatmanın bireyler üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Bu yüzden binalar inşa edilirken pencerelerin ışığı en iyi alacak şekilde yerleştirilmeleri doğal aydınlatmanın etkisini arttırması açısından önemlidir(Sağlam 2006).

2.3.4 Uygun Bir Aydınlatma İçin Gerekli Kriterler

Aydınlatılması yapılacak olan ortamların teknik anlamdaki özelliklerine, göz sağlığı açısından gerekli aydınlık şiddetine ve kullanım konforuna dikkat edilerek aydınlatılması gerekmektedir. Bu noktada bir eğitim ortamının aydınlatılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda belli başlıklar altında incelenmiştir.

2.3.4.1 Kontrast Duyarlılığı

Göz cisimleri, aydınlık-karanlık farkları, şekilleri, hareketleri ve renkleriyle ayırtetme yeteneğine sahiptir. Gözün cisimleri aydınlık-karanlık farkları ile ayırt etme yeteneğine 'kontrast duyarlılığı' denir (Sağlam 2006).

2.3.4.2 Kamaşma

Kamaşma; görsel alan içinde bulunan, birincil ve ikincil ışık kaynaklarının parıltıları arasındaki farklılığın gözün adapte olduğu parıltıdan daha büyük olmasından dolayı geçici olarak çevredeki cisimleri göremez duruma gelmesine denir.Aydınlatma tesislerinde en çok rastlanan ve şikâyet konusu olan hatalardan birisi kamaşmadır. Bir aydınlatma tesisi; aydınlık şiddeti, düzgünlük faktörü, gölge faktörü ve ışık rengi bakımından isteklere tamamen uygun olsa dahi eğer kamaşma var ise uygun bir aydınlatma temin edilmiş kabul edilemez (Kocabey 2008).

2.3.4.3 Yansıma

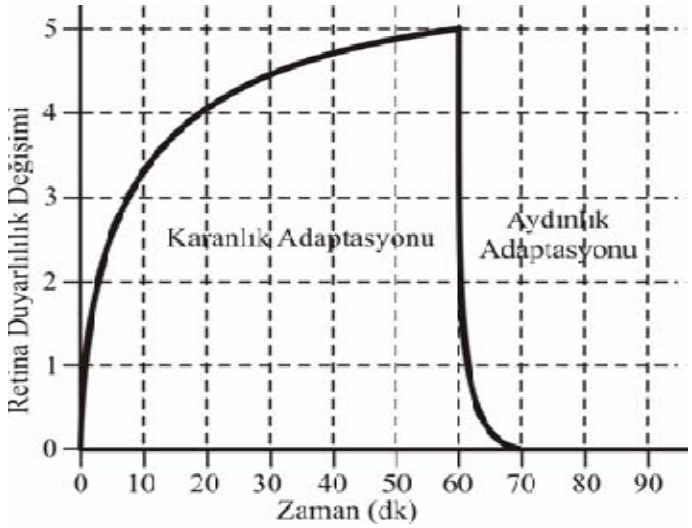
Işık ışınlarının önlerine çıkan parlak yüzeylere çarparak geri dönmelerine yansıma denir. Özellikle ayna gibi aşırı parlak yüzeyleri nedeniyle yansımaya sebep olabilecek cisimlerin dikkat ve görüş kalitesi istenen yerlerde bulundurulmaması gereklidir.

2.3.4.4 Adaptasyon

Adaptasyon; gözün farklı aydınlık düzeylerine uyma yeteneğine adaptasyon adı verilir. İki farklı adaptasyon vardır. Bunlar;

- Karanlık adaptasyon
- Aydınlık adaptasyon

Göz, aydınlık düzeylerinin değişimine yani parıltı değişmelerine ancak yavaş bir şekilde uyum sağlayabilir. Özellikle karanlık adaptasyonu oldukça büyük zaman gerektirir. Karanlık adaptasyonu denince, aydınlık bir yerden karanlık bir yere geçişteki adaptasyon anlaşılır. Aydınlatma tekniği bakımından karanlık adaptasyonunun etkisi çok önemlidir. Şekil 2.12'de görüldüğü gibi karanlık adaptasyonunda adaptasyon süresini arttırmak amacı ile bir aydınlık düzeyinden diğerine geçiş hızı azaltılır veya adaptasyon karakteristiğine uygun olarak iki aydınlık düzeyi arasındaki fark küçük tutulur. Bu sebepten komşu odaların ortalama aydınlık düzeyleri arasındaki oran 5/1'den büyük olmamalıdır. Aydınlık adaptasyonuna gelince, bu o kadar çabuk olur ki pratik bakımdan özel bir önleme gerek kalmaz (Kocabey 2008).



Şekil 2.12 Gözün Değişik Aydınlık Düzeylerine Adaptasyonu

2.3.4.5 Işık Rengi

Görsel konfor açısından, bir ortamdaki tüm cisimlerin özgün renkleri ile görülmesi istenir. Ancak cisimler yansıttıkları ışık nedeni ile görülür duruma geldiklerinden renkleri, üzerlerine düşen ışığın spektral özelliklerine ve kendilerinin değişik dalga boylarındaki ışınları yansıtma performanslarına göre değişir. Renkli yüzeyler, kendi renkleri dışındaki bütün renkleri yutacak sadece kendi renklerindeki ışığı yansıtacaklardır. Böylelikle renkli cisimlerin görülmesi olayı gerçekleşir. Bir cisim, ışık kaynağında mevcut olmayan bir renkteki ışığı yansıtamayacağına göre, cismin rengi en canlı olarak, o renkten bünyesinde çok bulunan bir ışık etkisi altında görülür. Eğer cismi

etkileyen ışık, yapısında cismin renginde ışık içermiyor ise cisim gerçektekinden daha farklı bir renkte görülecektir (Kocabey 2008). Işık kaynakları renk sıcaklıklarına göre üçe ayrılır bunlar;

- Sıcak Renk
- Orta Sıcak Renk
- Soğuk Renk

Renk sıcaklığı ile renk görünümü arasındaki ilişki aşağıdaki Çizelge2.4'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 2.4 Renk Sıcaklığı ile Renk Görünümü Arasındaki İlişki

Renk Sıcaklığı (K)	Renk Görünümü
5300 <	soğuk (mavimtırak beyaz)
3300 < … < 5300	orta sıcak (beyaz)
< 3300	sıcak (kırmızımtırak beyaz)

2.3.4.6 Gölge

Işık kaynağı ile aydınlatılan yüzey arasında bir veya bir kaç engel bulunuyorsa, o zaman aydınlatılan yüzeyde gölgeler meydana gelir. Yapılan görsel iş üzerine düşen gölgeler, aydınlık düzeyinin azalmasına sebep olurlar. Cisimlerin yan görünüşleri, büyük ölçüde gölge ile sağlanır. Bu yüzden çalışma ortamlarının aydınlatılmasının tamamen gölgesiz olması istenmez. Çalışma alanlarında 0,2 ile 0,8 arasında bir gölge faktörü olmalıdır (Sağlam 2006).

2.3.4.7 Parıltı Dağılımı

Cisimler parıltıları nedeni ile görülür. İkincil ışık kaynaklarının parıltısı, aydınlık düzeyi ile yüzeyin ışık yansıtma ya da geçirme çarpanlarının bir fonksiyonu olduğundan aydınlık düzeyinin görülebilirlikteki rolü oldukça yüksektir. Bir cisim gözden ne kadar uzakta bulunursa, yani cismin göze göründüğü açı ne kadar küçükse o cismin görülebilmesi için parıltısının o oranda büyük olması gerekir. Bir ışık kaynağı ne kadar büyük ve kaynak ne kadar göze yakın ise kamaşma tehlikesi, yani gözün görme yeteneğini kaybetme özelliği de o kadar büyüktür (Kocabey 2008).

2.4 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE KONTROL YÖNTEMLERİ

Gün içerisinde, bulunulan ortamın ihtiyaç duyduğu aydınlık şiddeti sürekli değişiklik gösterirken lambaların kontrolünün açık yada kapalı gibi sınırlı kontrolünün yapılabilmesi kullanıcılar açısından hem gereksiz enerji tüketimi hem de aşırı aydınlanma yada yetersiz aydınlanmaya sebebiyet vermektedir. Aydınlatma sistemlerinin kontrolü ile hem enerji tasarrufu sağlanır hem de sağlıklı aydınlatılmış ortamlar oluşturulmuş olacaktır.

Bu kontrol sistemlerinin amacı; kişilere kendi isteklerine ve çalışma koşullarına uygun bir aydınlatmayı temin etmek ve gün ışığının yeterli olduğu saatlerde yapay aydınlatmayı sınırlamaktır.

Gün ışığı sensörleri ve buna bağlı ayarlama birimleri, zaman anahtarları ve hareket sensörleri de aydınlatma kontrol sistemlerinin temel elemanlarındandır. Bu sistemler ile aydınlatmanın kullanılmadığı saatlerde lambaların kapatılarak yaklaşık %30' lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir. Dahili ortamlarda enerji tasarruflu ışık kaynakları, uygun aydınlatma araçları ve uygun kontrol sistemleriyle birlikte kullanılmasıyla %75' lere varan bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir(Tümer 2001, Onaygil 2003, Goven 2001, Rubinstein 1990).

2.4.1 Aydınlatmada Kontrol Stratejileri

Elektrik tüketimini azaltmak için kullanılabilecek üç farklı kontrol stratejisi vardır. Bu stratejiler tek başlarına ya da birbirleriyle iç içe olacak şekilde kullanılabilmektedir. Bu kontrol stratejileri sırasıyla açıklanacaktır.

2.4.1.1 Zamansal Kontrol Stratejisi:

Zamansal kontrol stratejisinde aydınlatma elemanları sadece gereksinim duyulan zamanlarda aktif olur, diğer zamanlarda pasif olurlar. İki farklı zamansal kontrol vardır. Bunlar öngörülebilen zamansal kontrol ve öngörülemeyen zamansal kontroldür.

Öngörülebilen Zamansal Kontrol; Aydınlatılması yapılacak olan yerin, çalışma saatlerinin bilindiği durumdur. Bu çalışma saatleri içerisinde aydınlatma aktif edilirken diğer zamanlarda aydınlatma pasif hale getirilerek kontrol stratejisi uygulanmaktadır.

Öngörülemeyen Zamansal Kontrol; Aydınlatılması yapılacak olan yerin, çalışma saatlerinin bilinmediği durumdur. Bu nedenle ortamın aydınlatmasının ne zaman aktif ne zaman pasif hale getirileceğini hareket algılayıcı sensörler tespit etmektedir.

2.4.1.2 Bölgesel Kontrol Stratejisi:

Aydınlatma kontrol sistemleri tasarlanırken aydınlatılması yapılacak olarak ortamda ihtiyaç duyulan en yüksek ışık şiddeti dikkate alınır. Ancak laboratuar gibi bazı özel yerlerde farklı ışık şiddetlerine ihtiyaç duyulabilir. Bu gibi durumlarda, ortam farklı çalışma bölgelerine ayrılarak her bölge için ayrı seviyede ışık şiddeti sağlayacak kontrol sistemleri tasarlanır (Sağlam 2006).

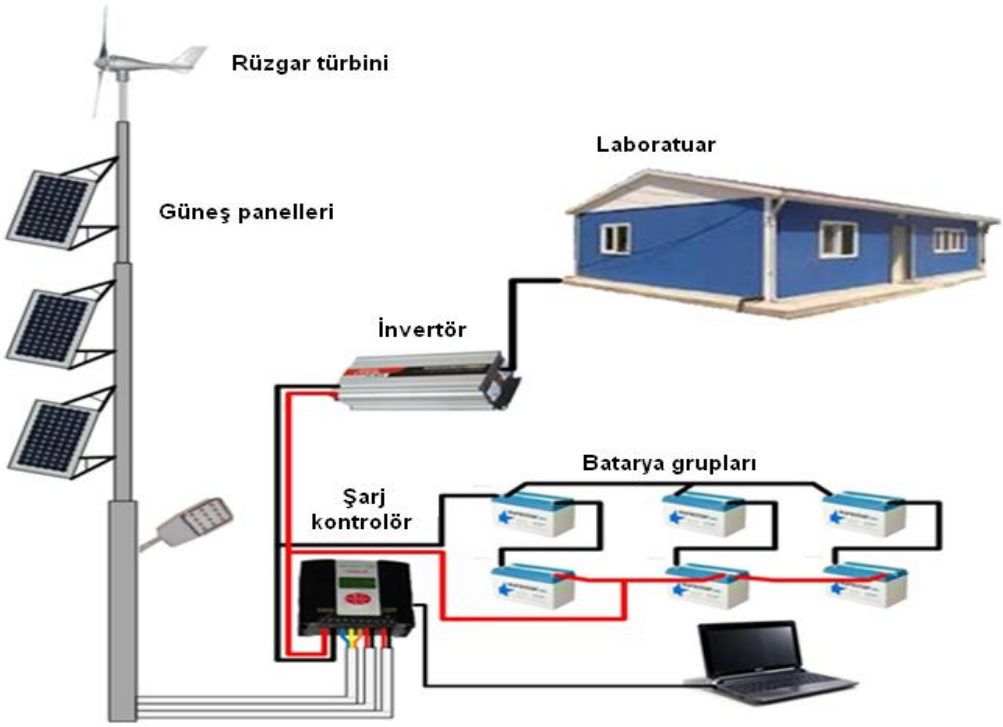
2.4.1.3 Sürekli Aydınlık Kontrol Stratejisi:

Bu kontrol stratejisinde aydınlatması yapılacak ortama dışarıdan gelen ışık şiddetine göre aydınlatma gerçekleştirilir. Aydınlatma işleminde lambalar o an ölçülen ışık şiddetine göre ya dimmer yöntemiyle ışık şiddeti ayarlanır ya da on-off kontrol şeklinde belli lambaların açılıp belli lambaların kapatılması şeklinde aydınlatma işlemi gerçekleştirilir.

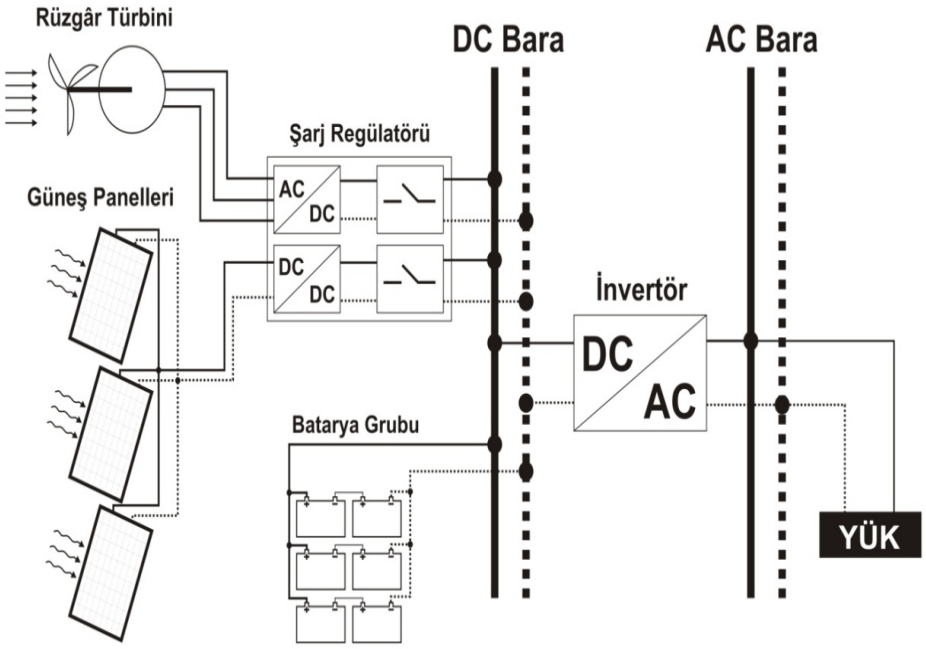
3. MATERYAL VE METOT

3.1 GÜNEŞ-RÜZGÂR HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN TEMEL BAĞLANTI ŞEKİLLİ VE KULLANILAN ELEMANLAR

Batarya desteklemeli güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin genel görünümü şekil3.1'de,açık bağlantı şeması ise şekil 3.2'de verilmiştir. 1170W'lık rüzgar-güneş hibrit güç üretim sistemi, 190W 24V'luk 3 adet monokristal güneş paneli ve rüzgarın yönüne göre 360^{o} dönebilen 600W'lık 3 fazlı sabit mıknatıslı senkron generatörlü (PMSG) rüzgar türbininden oluşmaktadır. Aynı zamanda tüketim fazlası olan elektrik enerjinin depolanması veya üretimin olmadığı zamanlarda enerjinin sürekliliğini yenilenebilir enerji sistemi üzerinden sağlanması için 100 Ah, 12V'luk 6 adet jel deep cycle akü gurubu hibrit güç üretim sistemi ile birlikte tesisi gerçekleştirilmiştir. Sistemde üretilen elektrik enerjisi şarj kontrol ünitesi ile regüle edilerek batarya gruplarının şarj edilmesi sağlanmaktadır. Şarj kontrol ünitesi üzerinden sistemde üretilen enerji 10 saniye aralıklarla takip edilip bir bilgisayar yardımı ile kayıt edilmektedir. Sistemde üretilen enerji 3 kW' lık tam sinüs inverter yardımı ile AC güce dönüştürülmekte ve yüklerimizin ihtiyacı olan enerji temin edilmektedir.



Şekil 3.1 Kurulumu yapılan rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sisteminin genel görünümü



Şekil 3.2 Kurulumu yapılan rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sistem elemanlarının açık bağlantı şeması

Hibrit sistem içerisinde bulunan elemanların teknik özellikleri Çizelge 3.1'de görülmektedir.

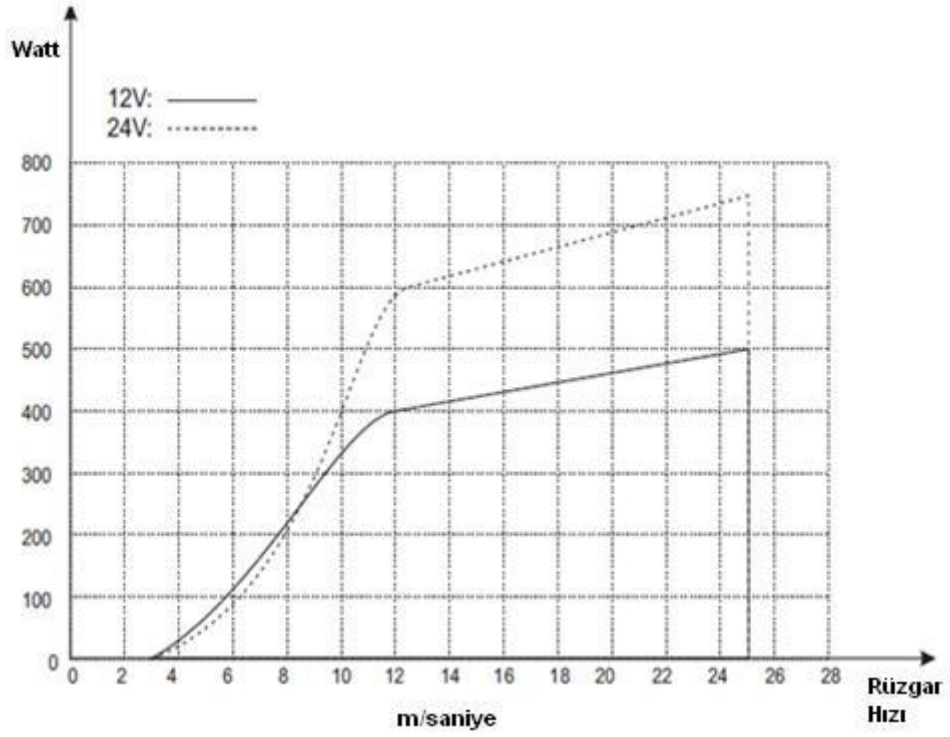
Çizelge 3.1 Hibrit sistem içerisinde bulunan elemanların teknik özellikleri

Rüzgâr Türbini	Çıkış Voltajı: 12/24 V	Gücü: 600 W Max Gücü: 750 W
Güneş Paneli	Gücü: 190 W Verimi: %17.75 Max. Güç Akımı: 5.12 A Kısa Devre Akımı: 5.54 A	Türü: Monokristal Max. Güç Voltajı: 37,08 V Açık Devre Voltajı: 44.48 V Çalışma Sıcaklık Aralığı: 40°C / +85°C
Şarj Kontrolör	600W RT/600W PV 24V sarj kontrol ünitesi LCD ekranda anlık ve dönemsel veri tanısı Anlık veri aktarma ve kayıt özelliği Rüzgâr türbinini devreye alma/kesme Yüksek voltaj, düşük voltaj korumalı	RT ve PV voltaj okuma RT ve PV akım okuma Akü güç okuma Kısa devre korumalı Low voltaj özellikli
Akü Grubu	Akü Gerilimi: 12 V	Akü Kapasitesi: 100 Ah Tipi: Jel tip kapalı akü
İnverter	Gücü: 3 kW Verim: >85%	Anlık Gücü: 6 kW Tipi: Tam sinüs

Çizelge 3.1(Devam) Hibrit sistem içerisinde bulunan elemanların teknik özellikleri

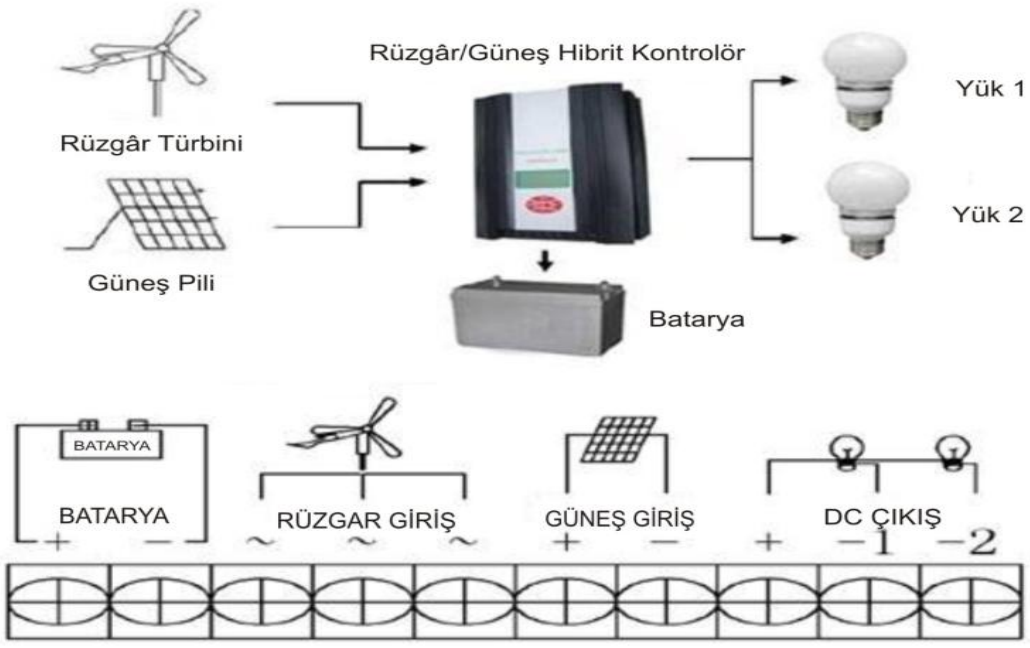
Kontrol Panosu	Akü gurubu, Hibrid şarj kontrol ünitesi, İnverter ve diğer elektronik devre ve çıkışların yer aldığı kilitli, elektrostatik toz boyalı harici pano.	
Direk	12m boyunda sıcak daldırma galvaniz kaplı, tüm statik ve dinamik yük hesapları yapılmış, sekizgen konik direk, altta menteşe bağlantılı, hidrolik sistemle kaldırmaya uygun.	
LED Cadde Armatürü	Güç Yüklenimi: 40 W Giriş Voltajı: 12 V Çalışma Sıcaklığı: -30 / 40° C	Lümen: 3000 LM Çalışma Frekansı: 47-63 HZ Çalışma Verimliliği: >90%

Çizelge 3.1'de rüzgâr türbini ile ilgili verilen teknik bilgilere ek olarak Şekil 3.3'de verilen *VIND EFS600* rüzgâr türbininin güç eğrisi incelendiğinde rüzgâr türbinimiz 3 m/sn hızda üretime başlarken 25 m/sn hızda ise kendini frenlemektedir. Frenleme işlemi 1dk sürmekte süre sonunda tekrar devreye girmektedir. Bunun yanı sıra rüzgâr türbini batarya voltajı 28,2 volt olduğunda yine kendini frenlemekte, batarya voltajı 28,2 volt'un altına düştüğünde eğer yeterli rüzgâr var ise tekrar üretime geçmektedir.



Şekil 3.3VIND EFS600 rüzgâr türbininin güç eğrisi

Hibrit güç üretim sistemi içerisinde bulunan bir diğer önemli elaman ise şarj kontrol ünitesidir. Şarj kontrol ünitesinin bağlantı şeması şekil 3.4'te görülmektedir. Şarj kontrol ünitesinin teknik özellikleri Tablo-1'de belirtilmiştir. Buna ek olarak şarj kontrol ünitemizin düşük voltaj özelliği 4V'ta devreye girmektedir. Yani rüzgâr türbini 4V üretecek hıza ulaştığında eğer batarya grupları 28,2V'un üzerinde bir voltaj değerinde değil ise üretime geçmektedir. Bu özellik rüzgâr türbininin düşük rüzgâr hızlarında dahi enerji üretmesini sağlamaktadır. Şarj kontrol ünitesinin iki adet DC çıkışı vardır. Bu çıkışlardan birincisi güneş paneli üzerine düşen aydınlık şiddetine göre şarj kontrol ünitesinin DC çıkışını aktif veya pasif hale getirmektedir. İkincisi ise güneş paneli üzerine düşen aydınlık şiddetine göre şarj kontrol ünitesinin DC çıkışını aktif yapar, ayarlanan zamanda da DC çıkışımızı pasif hale getirmektedir. Buda dış aydınlatmada kullanılan LED armatürün gereksiz yere enerji sarfiyatını önlemektedir.



Şekil 3.4 Kurulan hibrit güç üretim sistemi içerisinde yer alan şarj kontrol ünitesinin bağlantı şeması

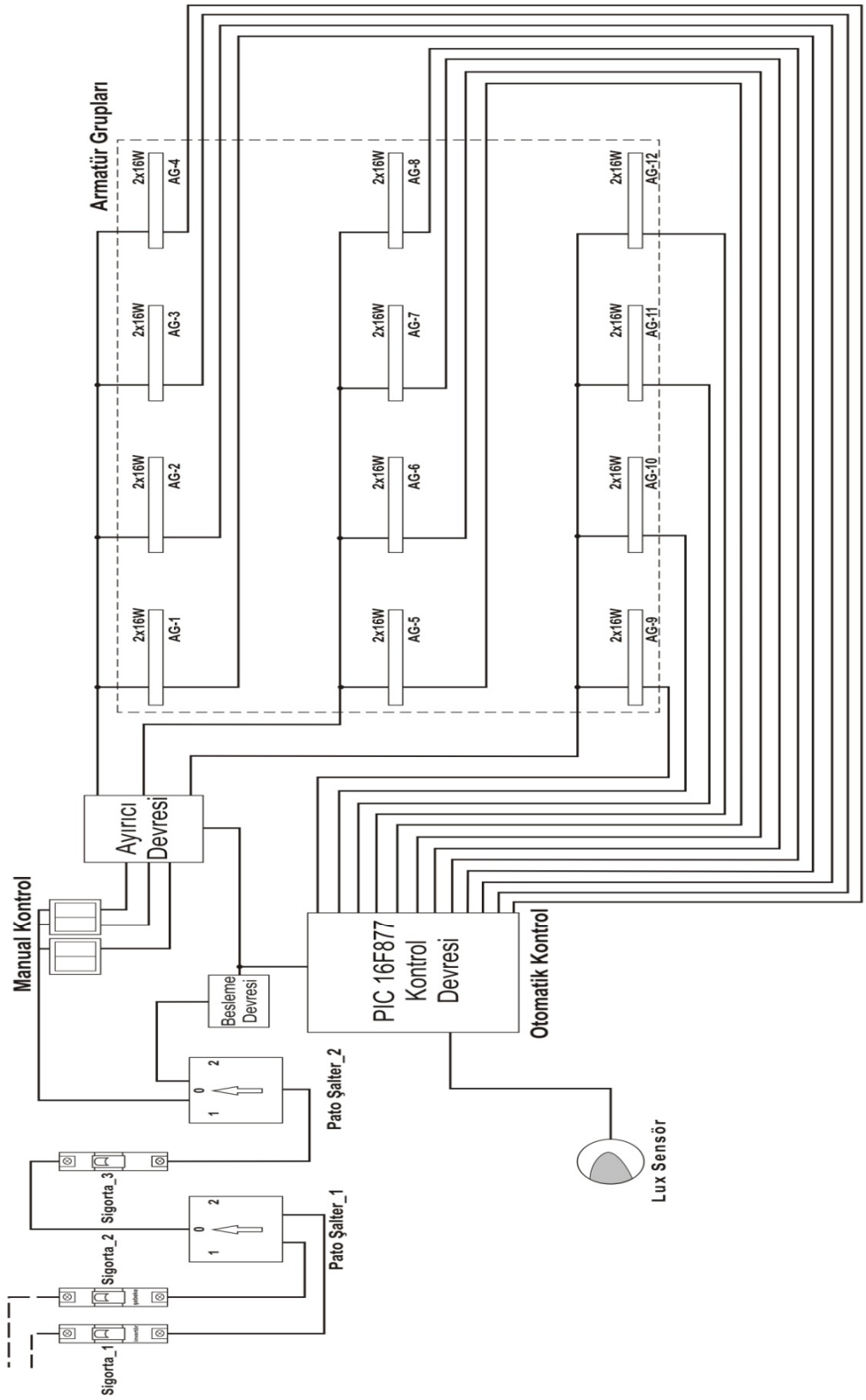
Hibrit güç üretimi tarafından üretilen DC enerjiyi AC enerjiye çevirmek için kullanılan eviricinin teknik özelliklerini Tablo 3.1'de belirtilmişti. Tablo 3.1'de belirtilenlerin dışında invertörün rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sisteminin ürettiği veya batarya gruplarının depoladığı enerji 20V'un altına düştüğünde invertör düşük voltaj konumuna

geçmekte ve kendini devre dışı bırakmaktadır. Bu durumda, bataryaların gerilim seviyesi 22V'un üzerine çıkana kadar laboratuarda bulunan lambalar otomatik kontrol devresi yardımıyla şebekeden beslenmektedir. Batarya gerilimi 22V'un üzerine çıktığında ise açık olan eviricinin kontakları otomatik kontrol devresi ile kapanarak lamba gruplarının enerji ihtiyacı hibrit güç üretim sistemi üzerinden karşılanmaktadır.

3.2 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN TEMEL BAĞLANTI ŞEKLİ VE KULLANILAN ELEMANLAR

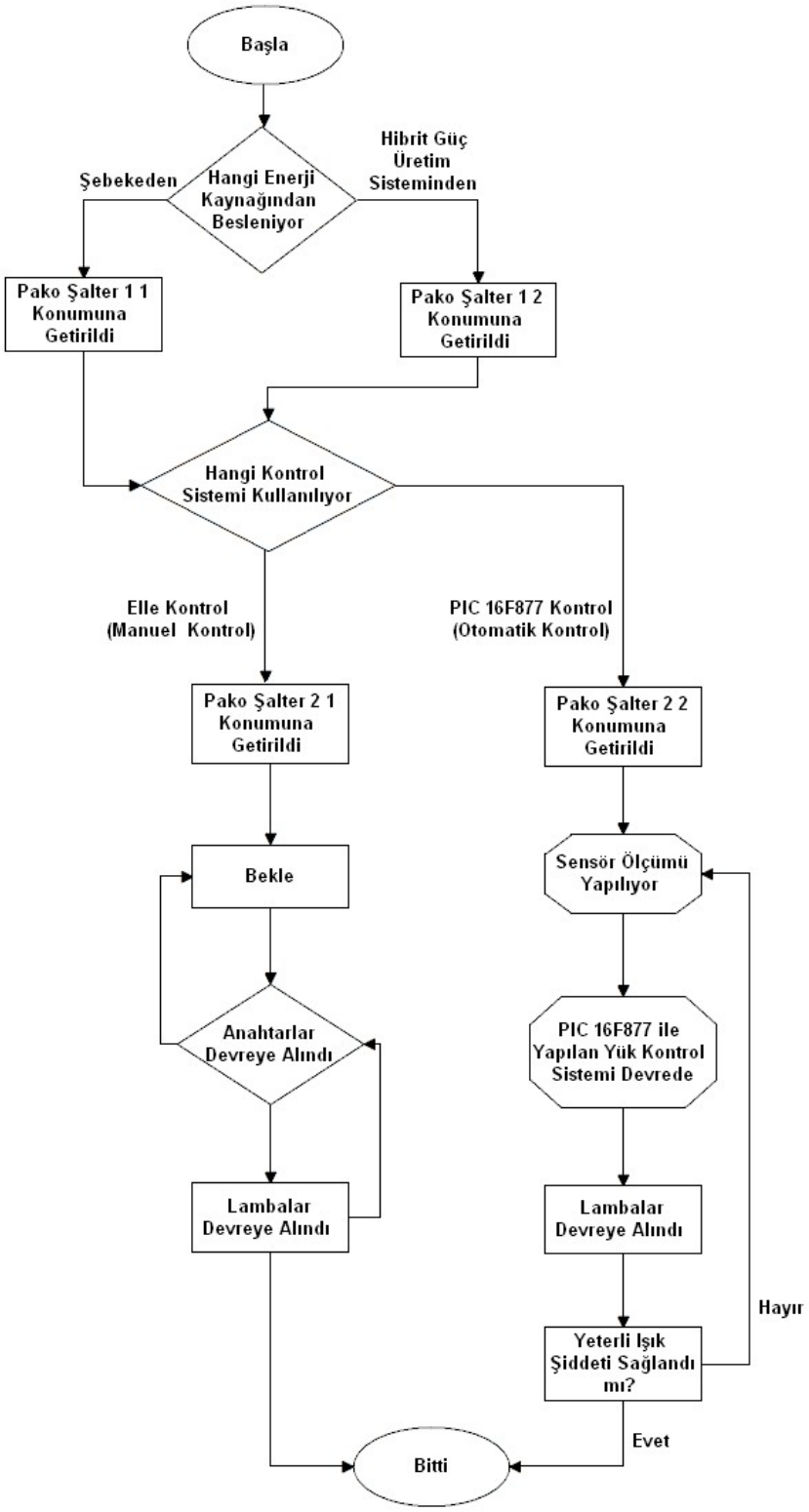
Yük kontrol sistemi ile laboratuar içerisinde bulunan armatür gruplarının kontrolü amaçlanmaktadır. Yapılacak olan kontrol sistemi, dışarıdan gelen güneş ışığının oranına göre içeride bulunan armatür gruplarını devreye alma veya çıkarma işlemleriyle laboratuarın aydınlık şiddetini 300lx kritik değerinin üstünde tutmayı amaçlamaktadır. Böylece güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin ürettiği elektrik enerjisinin daha uzun süre armatür gruplarını besleye bilmesi ve florasan lambaların ömürlerinde de ciddi bir tasarruf sağlanması planlanmaktadır. Yapılması planlanan yük kontrol sisteminin bağlantı şeması aşağıdaki şekil 3.5'de görülmektedir.

Yük kontrol sisteminin bağlantı şemasında görülen sigorta_1, rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sisteminden gelen hattı, sigorta_2 ise şebekeden gelen hattı ifade etmektedir. Bu iki elektrik besleme hattından hangisinin devrede olacağı pako_şalter_1 ile tespit edilir. Eğer pako_şalter_1 1 konumuna getirilirse armatür grupları hibrit güç üretim sistemi üzerinden beslenecektir. Yok eğer pako_şalter_1 2 konumuna getirilirse armatür grupları şebeke elektriğinden beslenecektir. Pako_şalter_1'den çıkan elektrik hattı sigorta_3 üzerinden pako_şalter_2'ye bağlanmaktadır. İki pako şalter arasına sigorta_3 koruma amacıyla bağlanmıştır. Yük kontrol sistemimizde bulunan Pako_şalter_2 ise florasan lambaların kontrol yöntemini belirlemektedir. Eğer pako_şalter_2 1 konumuna alınırsa armatür grupları anahtarlar yardımı ile manuel kontrol edilecektir. Yok eğer pako_şalter_2 2 konumuna alınırsa armatür grupları lux sensörü üzerine düşen ışık şiddetine göre otomatik olarak kontrol edilecektir. Yük kontrol sisteminin temel çalışma mantığı bu şekildedir. Yük kontrol devresinin yapımında kullanılan, elektronik elemanlardan önemli görünenleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.5 Yük kontrol sisteminin bağlantı şeması

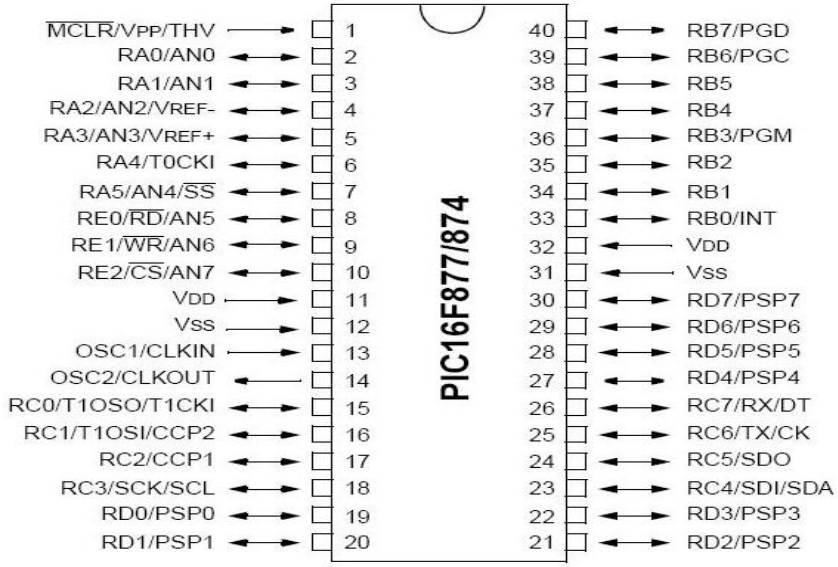
PIC 16F877 ile yapılan yük kontrol sisteminin çalışma mantığını gösteren akış diyagramı aşağıdaki şekil 3.6 da görülmektedir.



Şekil 3.6 Yük kontrol sisteminin akış diyagramı

3.2.1 PIC 16F877 ve Teknik Özellikleri

Yük kontrol sisteminin tasarımında Microchip firmasının üretmiş olduğu PIC 16F877 mikro denetleyicisi tercih edilmiştir. Bu mikro denetleyicinin tercih edilmesinin sebepleri ise; Yeterli sayıda giriş ve çıkış ucuna sahip olması ve analog giriş uçlarına sahip olmasıdır. Aşağıdaki şekil 3.7'de PIC 16F877 mikro denetleyicisinin bağlantı uçları görülmektedir.



Şekil 3.7 PIC 16F877 mikro denetleyicisinin bağlantı uçları

PIC 16F877 mikro denetleyicisinin bazı teknik özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

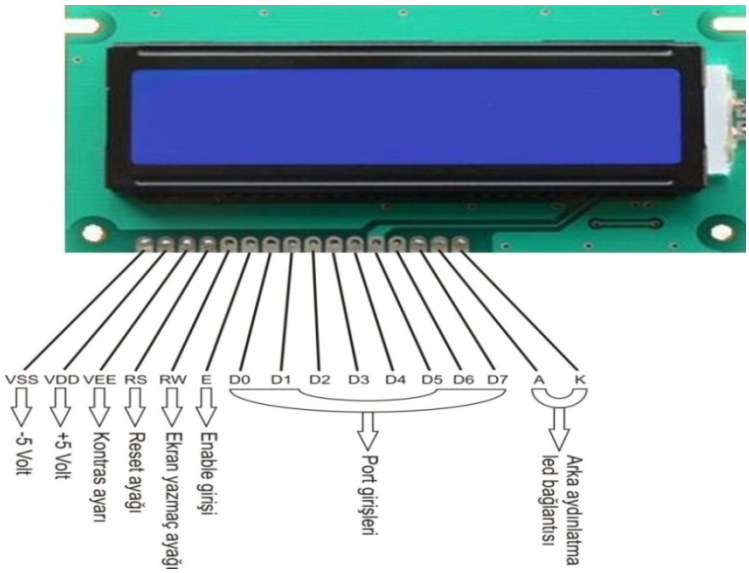
Çizelge 3.2 PIC 16F877'nin Teknik Özellikleri (İnt. Kyn-9)

Parametre Adı	**Değer**
Program Hafıza Tipi	Flaş
Program Memory (KB)	14
İşlemci Hızı (MIPS)	5
RAM Bytes	368
Veri EEPROM (bayt)	256
Dijital İletişim Çevre Birimleri	1-A/E/USART, 1-MSSP
Capture / / PWM Çevre Birimleri Karşılaştır	2 CCP
Zamanlayıcılar	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
ADC	8 kanal, 10-bit
Sıcaklık Aralığı (C)	-40 – 85
Çalışma Voltaj Aralığı (V)	2-5,5
Kont Pin	40

3.2.2 LCD'nin Teknik Özellikleri

LCD ilk olarak 1960 yılında kullanılmış olup günümüzde de kullanımı hızla yaygınlaşan yüksek teknolojik elemanlardır. LCD'ler genel olarak iki çeşittir. Bunlar;

1- LCD (Liquid Crystal Display): LCD'ler yeşil, mavi gibi zemin ışığı üzerine sadece yazı karakterlerini gösterebilen elektronik elemanlardır. Piyasada 1x8, 2x8, 2x16, 4x16, 4x20, 4x24 boyutlarında farklı çeşitleri mevcuttur. Bu sayılardan ilki satır sayısını, ikinci ise sütun sayısını temsil etmektedir. Piyasada en sık kullanılan ve bizimde devremizde kullanmış olduğumuz 2x16 boyutundaki LCD dir. Bu LCD'nin ayak bağlantı uçları ve bu uçların anlamları aşağıdaki şekil3.8'de görülmektedir.



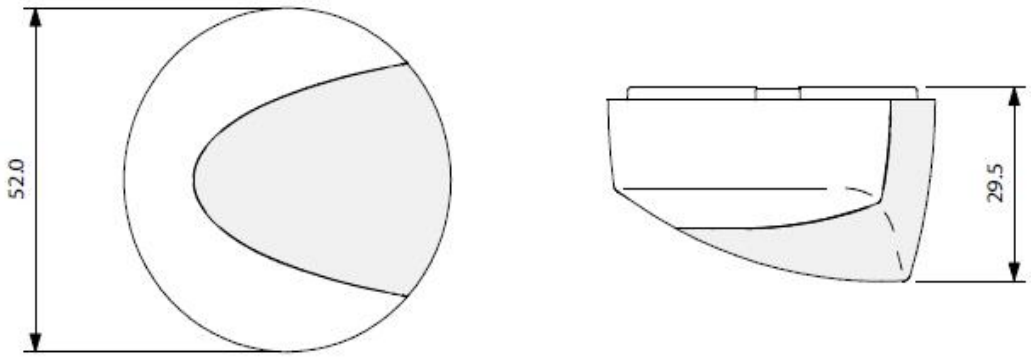
Şekil 3.8 LCD uçları ve anlamları

2- GLCD (Grapich Liquid Crystal Display): GLCD'ler ise cep telefonları gibi yazı ve görüntüyü renkli olarak gösterebilen elektronik elemanlardır.

3.2.3 Lux Sensörünün Teknik Özellikleri

Rüzgar-güneş hibrit güç üretim sisteminin üretmiş oldugu elektrik enerjisinin daha verimli ve daha uzun süre armatür gruplarını besleyebilmesi için yük kontrol devresi hazırlandı. Hazırlanan devre, laboratuvar içerisinde bulunan armatür gruplarını dışarıdan gelen ışık şiddetine göre kontrol edecektir. Bu nokta da dışarıdan gelen ışık

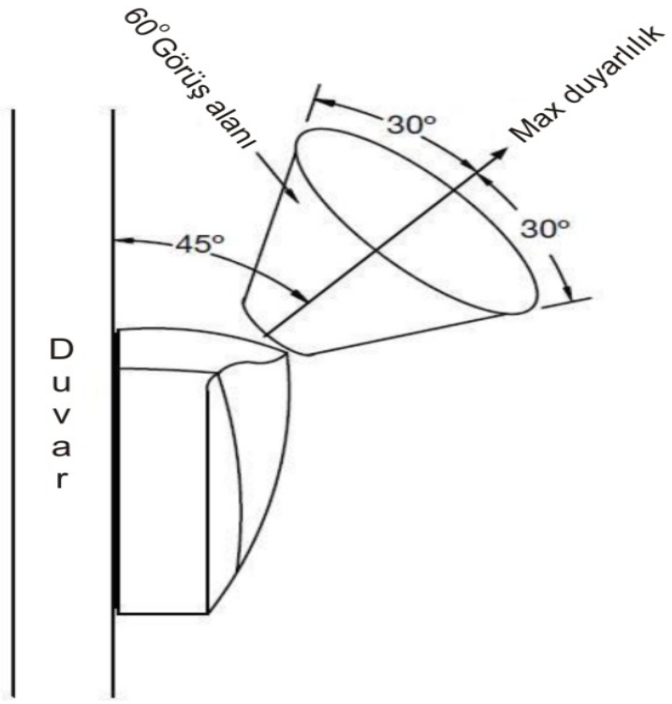
şiddetinin ölçümünü yapacak olan lux metre'nin genel görünümü şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9 Lux sensörünün genel görünümü

Lux metrenin laboratuar içerisinde konumlandırılması önemli bir noktadır. Burada uyulması gereken iki önemli kriter vardır;

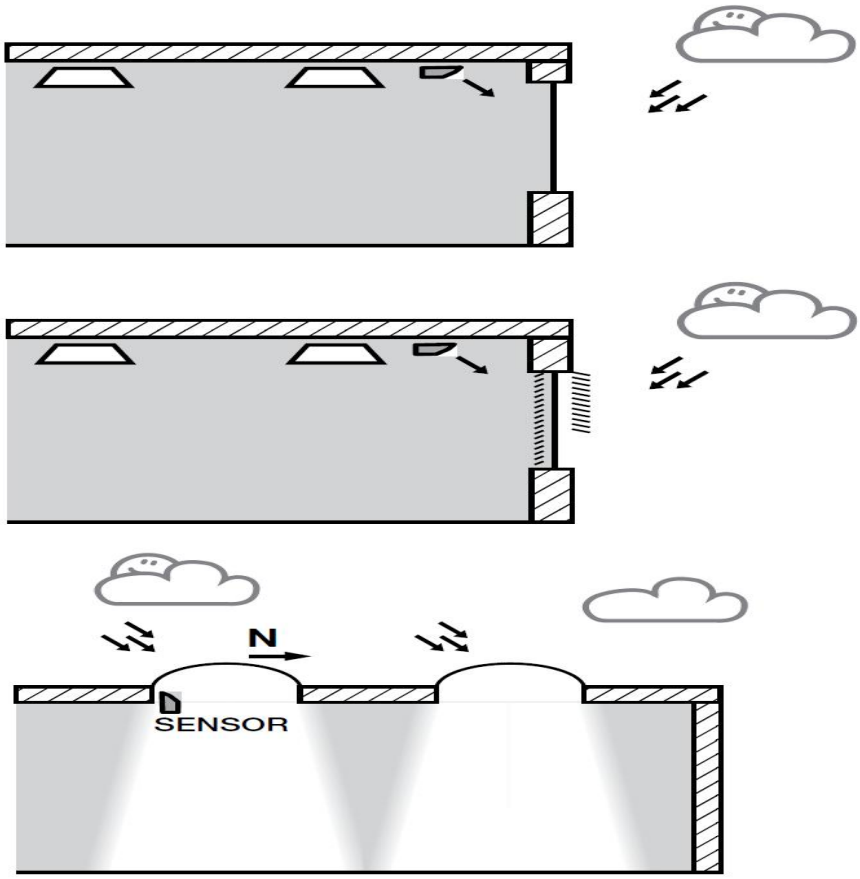
1- Lux sensörünün görüş alanı: Sensörün görüş alanı aşağıdaki şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10 Lux sensörünün görüş alanı

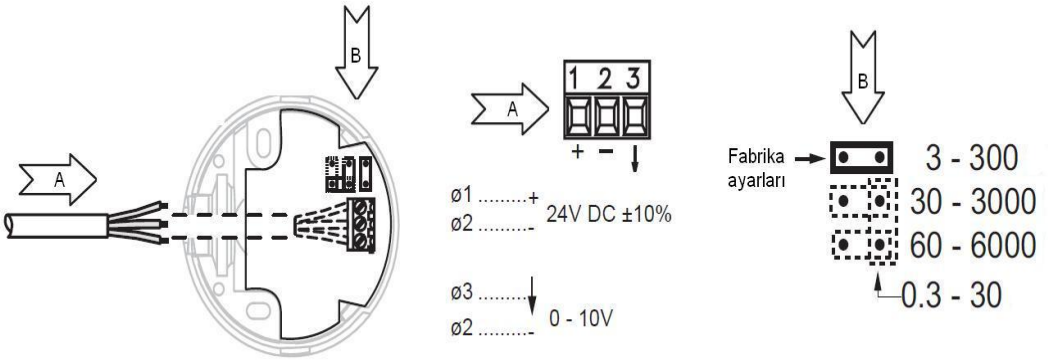
Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı üzere sensörün yerleştirildiği zeminden 45^{o}'lik bir uzaklıkta max duyarlılık alanının 30^{o} etrafında etkili olan bir görüş alanına sahiptir. Bu, sensörün konumlandırılmasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biridir.

2- Laboratuar'ın mimari yapısı: Laboratuvarın mimari yapısı ile anlatılmak istenen şey; sensör'ün görüş alanının laboratuarın ışık alan noktası yada noktalarıyla örtüştürülmesidir. Böylece yapılan ölçümlerin etkinliği ve doğrulu sağlanmış olacaktır. Lüx metre'nin Laboratuar içerisinde konumlandırılması ile ilgili görseller aşağıdaki şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11 Lux sensörünün laboratuar içerisinde konumlandırılması

Lux metre'nin konumlandırılması yapıldıktan sonra lux sensörü ile yük kontrol devresi arasındaki besleme ve veri aktarım kablosu bağlantıları yapılmalı aynı zamanda sensörün lux çalışma aralığı belirlenmelidir. Lüx metre'nin bağlantılarının nasıl yapılacağı ve lüx çalışma aralığının nasıl tespit edileceği şekil 3.12'de görülmektedir.

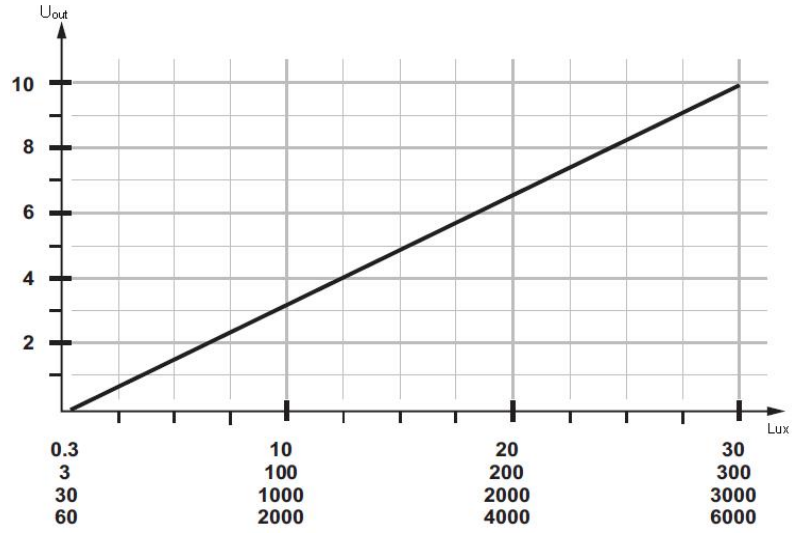


Şekil 3.12 Lux sensörünün bağlantısı ve lux çalışma aralığının tespiti

Yukarıdaki şekilde A ile gösterilen yer sensörün besleme ve veri aktarım uçlarının bağlanacağı klemensleri göstermektedir. Burada 1 numaralı uç 24V'un artı ucunu, 2 numaralı uç 24V'un eksi ucunu ve veri aktarım ucunun eksi noktasını temsil ederken, 3 numaralı uç ise sensörün üzerine düşen ışık şiddetine göre 0-10V arasında çıkış veren, veri aktarım ucunu temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde B ile gösterilen kısım ise sensörün lüx çalışma aralığının tespitinin yapıldığı yerdir. Laboratuar aydınlatmaların da 300lüx değeri kritik değer olarak kullanıldığından sensörün çalışma aralığı 30 – 3000 olarak belirlenmiştir.

Lux sensörü ve benzeri ölçü aletlerinin en önemli özelliklerinden biride çalışma aralığının doğrusal değişimidir. Kullanılan lüx sensörünün çalışma aralığının değişimini gösteren grafik aşağıdaki şekil 3.13'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.13 Lux sensörünün çalışma düzlemi

3.3 BATARYA DESTEKLEMELİ RÜZGÂR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN KURULUMU

1170W'lık rüzgar-güneş hibrit güç üretim sistemi içerisinde bulunan190W 24V'luk 3 adet güneş paneli, 600W'lık 3 fazlı rüzgar türbini, 100 Ah12V'luk 6 adet akü, hibrit şarj kontrolörü ve invertörün temini yapıldıktan sonra sistemin kurulacağı yere direğin ve elektrik panosunun sabitleneceği beton zemin için çukur kazılarak direğin ve elektrik panosunun tutturulacağı ankraj malzemeleri yerleştirilip beton atımı gerçekleştirildi. Bununla ilgili görseller aşağıdaki resim 3.1 ve resim 3.2'de görülmektedir.

Resim 3.1 Ankraj malzemesinin yerleştireceği temelin açılması

Resim 3.2 Beton dökümünün yapılması

Beton dökümü işlemi bittikten sonra betonun 1 hafta boyunca kendini çekmesi için beklendi bu sırada betonun düzenli olarak kontrolü yapıldı ve sulandı. Bu süre sonunda betonun hazır hale geldiği kanaatine varılarak direğinin montajına başlandı. 12m boyundaki direk 3 parçadan oluşmaktadır. Direğin parçalar halinde olmasının nedeni;nakliyat sorunu ve direk dikildikten sonra üzerinde montajın zor olacağı düşünülerek 3 parça halinde oluşturulmuştur. Direğin parçaları birbirine menteşeler ile eklenebilmekte ve parçalar hidrolik kaldıraç ile birbiri üzerine kolaylıkla kaldırılıp cıvatalar ile sabitlenebilmektedir. Direğin montajı ile ilgili görseller aşağıdaki resim 3.3, resim 3.4 ve resim 3.5'de görülmektedir.

Resim 3.3 Direğin parçaları

Resim 3.4 Direğin zemine montajı

Resim 3.5 Direğin parçalarının birbirine bağlanması ve hidrolik sistem

Direğin parçaları birleştirip hidrolik ile bağlantısı yapıldıktan sonra güneş panellerinin montajının yapılacağı ankraj malzemelerinin direğin üzerine montajına geçildi. Aşağıdaki resim 3.6'da güneş panellerinin ankraj malzemelerinin montajı görülmektedir.

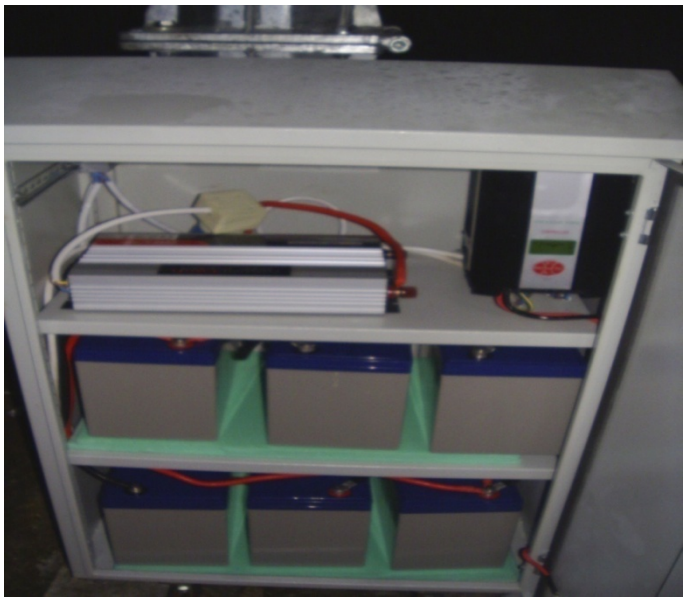
Resim 3.6 Güneş panellerinin ankraj malzemelerinin montajı

Güneş panelleri sabit olacağından güneş ışınlarından maksimum düzeyde faydalanmak için pusula ile yön tespiti yapılarak ankraj malzemeleri sabitlendi. Ankraj malzemesi üzerine güneş panelleri ve rüzgâr türbini montajı yapıldı.

Diğer yandan güneş-rüzgâr hibrit güç üretim sisteminin elektrik panosu ile laboratuar arası elektrik bağlantısını sağlamak için elektrik hattı kazıldı. Kazılan hat içerisinden galvanizli boru ile elektrik hattı çekildi. Kazılan hat aşağıdaki resim 3.7'de görülmektedir.

Resim 3.7 Elektrik bağlantı hattı

Kablo çekim işlemi bittikten sonra direğin yanında bulanan pano yerine oturtuldu ve sabitlendi. Sistemimizin beyni olan hibrit şarj kontrolörü panoya sabitlendi daha sonra sistemin ürettiği elektrik enerjisini depolayacak 6 adet 12volt-100Ah akünün kendi arasındaki bağlantısı yapıldı ve akü uçları ilk olarak hibrit şarj kontrolöre bağlandı. Daha sonra sırasıyla rüzgar türbini, güneş paneli ve gece direğin çevresinin aydınlık olması için takılan led armatür'ün uçları hibrit şarj kontrolör sistemine bağlandı. Pano içerisinde son olarak akü uçlarından alınan + ve – uçlar invertörün giriş uçlarına, laboratuar ile pano arasına çekilen hattın uçları ise invertörün çıkış uçlarına bağlanarak pano içerisindeki tüm bağlantılar gerçekleştirildi. Tüm bağlantılar yapıldıktan sonra pano içerisinin son hali aşağıdaki resim 3.8'de görüldüğü gibidir.



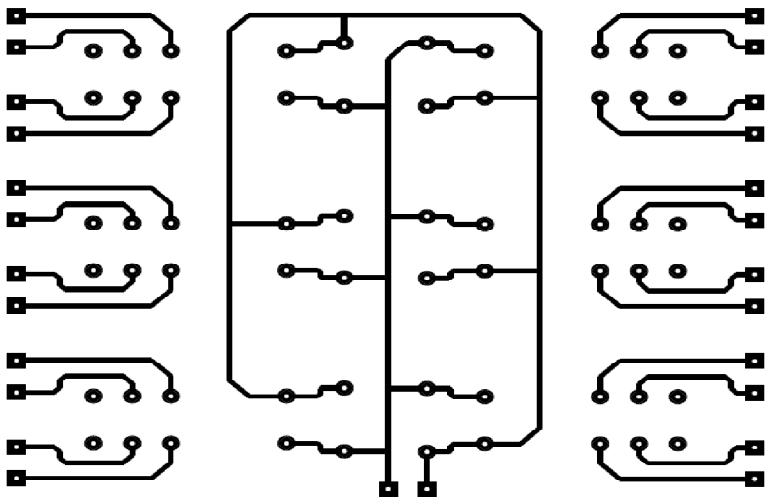
Resim 3.8 Elektrik panosunun son hali

Pano iç bağlantıları bittikten sonra atolye içerisindeki aydınlatma tesisat bağlantısı bir pako şalter ile hem hibrit sistemden gelen elektrik ile beslenebilecek hem de istenildiğinde Tedaş elektrik şebekesinden beslenebilecek şekilde bağlantı şekli değiştirildi. Laboratuar içerisindeki tüm bağlantılar gerçekleştirildi ve enerji verilerek çalışması kontrol edildi. Tüm kontroller yapıldıktan sonra güneş-rüzgar hibrit şarj kontrolör sisteminin son hali aşağıdaki resim 3.9'da görüldüğü gibidir.

Resim 3.9 Güneş-rüzgâr hibrit şarj kontrolör sisteminin son hali

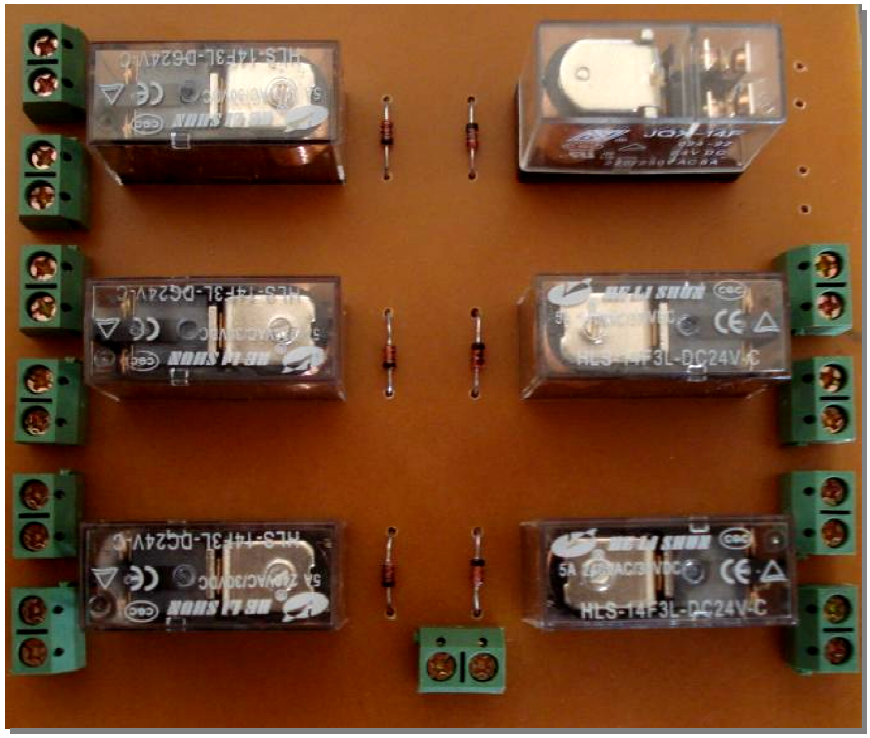
3.4 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN KURULUMU

Laboratuar aydınlatmasın da kullanılan mevcut durum; Lambaların dörderli armatür gruplar halinde, manuel kontrol edilmesi şeklindedir. Bu durumun yarattığı gereksiz enerji tüketiminin yanında ortamın aşırı aydınlatılmasına bağlı olarak iş kazalarına sebep olabilmektedir. Bu noktada hem hibrit rüzgâr güneş güç üretim sisteminin ürettiği elektrik enerjisinden tasarruf edebilmek ve kullanılan ekipmanların ömrünü uzatmak hem de insan sağlığı ve güvenliğini sağlayabilmek için PIC ile yük kontrol devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan devre günün farklı saatlerin de laboratuara gelen güneş ışığına göre yanan armatür grubu sayısını değiştirecek. Böylece hem güç tasarrufu sağlayacak hem de laboratuarın aydınlık düzeyini ideal seviyede tutulacaktır. Bu noktada laboratuar da bulunan armatürlerin kontrolünde iki seçenek sunulmuştur. Bunlardan biri mevcut manuel kontrol iken diğeri PIC'li yük kontrol devresi ile yapılmak istenen otomatik kontroldür. Bu iki durum arasındaki tercih üç konumlu bir pako şalter ile sağlanmaktadır. Bu noktada otomatik kontrolde her bir armatür grubu ayrı ayrı kontrol edilirken, manuel kontrolde dörderli armatür grupları şeklinde üç anahtar ile kontrol edilmektedir. Armatür gruplarının kontrolünde ki bu farklılığın oluşturacağı sıkıntıları ortadan kaldırabilmek için armatür grupları manuel kontrol edilirken birbirine paralel bağlanan dört armatür grubunu, otomatik kontrol tercih edildiğinde ayıcı devresi ile birbirinden ayırarak iki kontrol arasındaki farklılıktan doğan problem giderilmiştir. Oluşturulan ayırıcı devresinin baskı devre hali aşağıdaki şekil 3.14'de görülmektedir.



Şekil 3.14 Ayırıcı devresinin baskı devre şekli

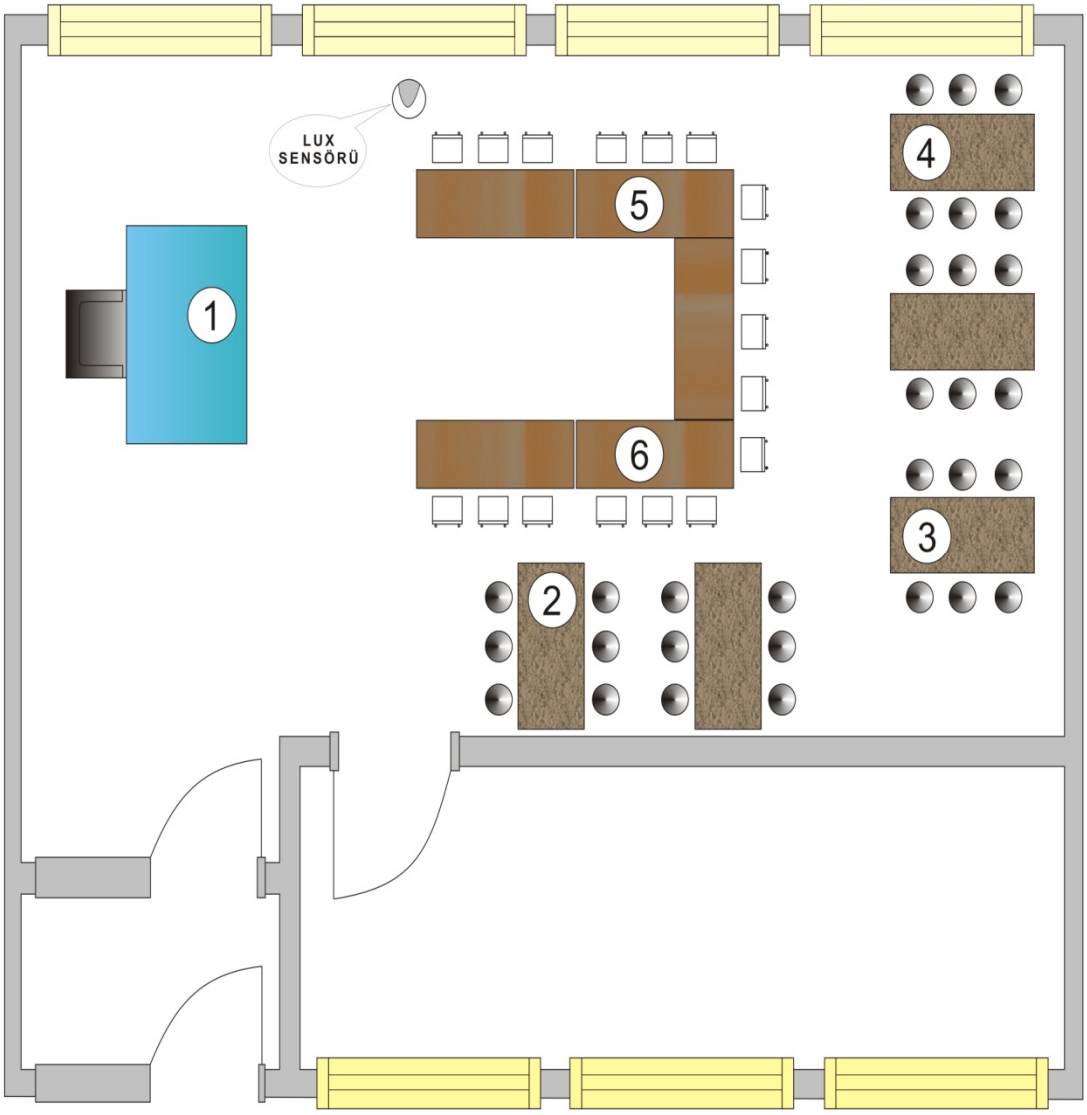
Yukarıdaki ayırıcı devresinin plaket üzerine aktarılmış ve eleman montajı yapılmış hali aşağıdaki resim 3.10'da görülmektedir.



Resim 3.10 Ayırıcı devresinin eleman montajı yapılmış hali

Yukarıdaki ayırıcı devresi manüel kontrolde ki dörderli kontrol edilen armatür gruplarını otomatik kontrole geçildiği anda birbirinden ayırmaktır. Böylece armatür grupları otomatik kontrol tercih edildiğinde ayrı ayrı kontrol edilmekte iken, manuel kontrol tercih edildiğinde dörderli armatür grubu şeklinde kontrol edilecektir.

Ayırıcı devresinden sonra, tasarlanacak olan PIC'li yük kontrol devresinin laboratuar ortamında bulunan 12 armatür grubunu farklı kombinasyonlar da kontrol edeceği için, öncelikle armatür gruplarının kontrol algoritması oluşturulmalıdır. Kontrol algoritmasının oluşturulabilmesi için öncelikle laboratuar içerisinde kritik ölçüm noktaları tespit edilmeli ve bu ölçüm noktalarına göre kontrol algoritması oluşturulmalıdır. Bu bağlamda laboratuar içerisinde altı kritik ölçüm noktası belirlenmiştir. Laboratuara dışarıdan gelen ışık şiddetine bağlı olarak ölçüm noktalarında ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır. Bu kritik ölçüm noktaları ve dışarıdan gelen ışık şiddetini ölçen lüx sensörün konumu aşağıdaki şekil 3.15'de görülmektedir.



Şekil 3.15 Laboratuar ortamındaki kritik ölçüm noktaları

Şekil 3.15 de görülen kritik ölçüm noktaları tespit edilirken iki önemli kriter dikkate alınmıştır. Bunlar; en sık kullanılan alan ve laboratuarın tamamını temsil etmesi olmuştur. Yapılan ölçümlerde dışarıdan gelen ışık şiddetine göre atölye içerisinde belirlenen altı kritik noktada ölçümler yapılmış ve bu ölçümlerde laboratuar aydınlatması için alt sınır olarak kullanılan 300 lüx değeri kritik nokta olarak belirlenmiştir. Ölçüm noktaları itibari ile 300 lüx kritik değerine göre armatür gruplarından hangilerinin aktif hangilerinin pasif olacağı belirlenir. Yapılan ölçümler doğrultusunda oluşturulan kontrol algoritması aşağıdaki Çizelge 3.3'de görülmektedir.

Çizelge 3.3 PIC'li Yük kontrol devresinin kontrol algoritması değerleri

Veri Sayısı	Dışarıdan Gelen Işık Şiddeti	Ölçüm Noktası I	Ölçüm Noktası II	Ölçüm Noktası III	Ölçüm Noktası IV	Ölçüm Noktası V	Ölçüm Noktası VI	Yanan Armatür Grupları
1	26	348	348	351	301	333	353	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12
2	58	327	348	356	310	318	345	1,2,3,5,6,7,9,10,11,12
3	73	321	339	356	348	333	342	1,2,3,5,6,7,9,10,11,12
4	93	336	339	365	362	345	348	1,2,3,5,6,7,9,10,11,12
5	105	327	342	327	307	305	356	2,3,5,6,7,10,11,12
6	114	304	348	330	327	305	351	2,3,5,6,7,10,11,12
7	125	310	351	336	339	300	359	2,3,5,6,7,10,11,12
8	134	313	342	336	345	310	356	2,3,5,6,7,10,11,12
9	146	315	351	353	345	310	368	2,3,5,6,7,10,11,12
10	155	327	336	301	336	301	351	2,3,5,6,7,10,12
11	166	333	356	301	353	304	356	2,3,5,6,7,10,12
12	175	333	356	307	365	310	362	2,3,5,6,7,10,12
13	187	301	342	333	383	315	321	1,2,5,6,9,10
14	204	305	351	342	435	359	336	1,2,5,6,9,10
15	236	310	342	336	482	397	342	1,2,5,6,9,10
16	257	310	345	356	520	430	362	2,5,6,9,10
17	304	327	356	342	599	421	371	2,5,6,9,10
18	348	313	315	359	664	544	307	1,5,9,10
19	374	333	304	359	734	535	321	1,5,9,10
20	406	353	310	383	801	596	315	1,5,9,10
21	435	351	304	394	930	620	336	5,9,10
22	482	374	318	400	994	678	374	5,9,10
23	549	424	336	424	1146	786	389	5,9,10
24	590	453	353	432	1225	892	415	5,9,10
25	657	509	389	292	1257	959	397	5,9
26	690	573	380	318	1217	1012	444	5,9
27	750	597	305	318	1378	1098	365	9
28	800	621	301	297	1571	1178	350	

Çizelge 3.3'de görüldüğü üzere dışarıdan gelen ışık şiddetine göre atölye içerisinde belirlenen altı kritik noktada ölçümler yapılmış ve bu ölçümlerde laboratuar aydınlatması için alt sınır olarak kullanılan 300 lüx değeri kritik nokta olarak belirlenmiştir. Belirlenen kontrol algoritması C programlama dili ile PIC'in anlayacağı programlama dili haline getirilmiştir. Programın son hali aşağıda görüldüğü gibidir.

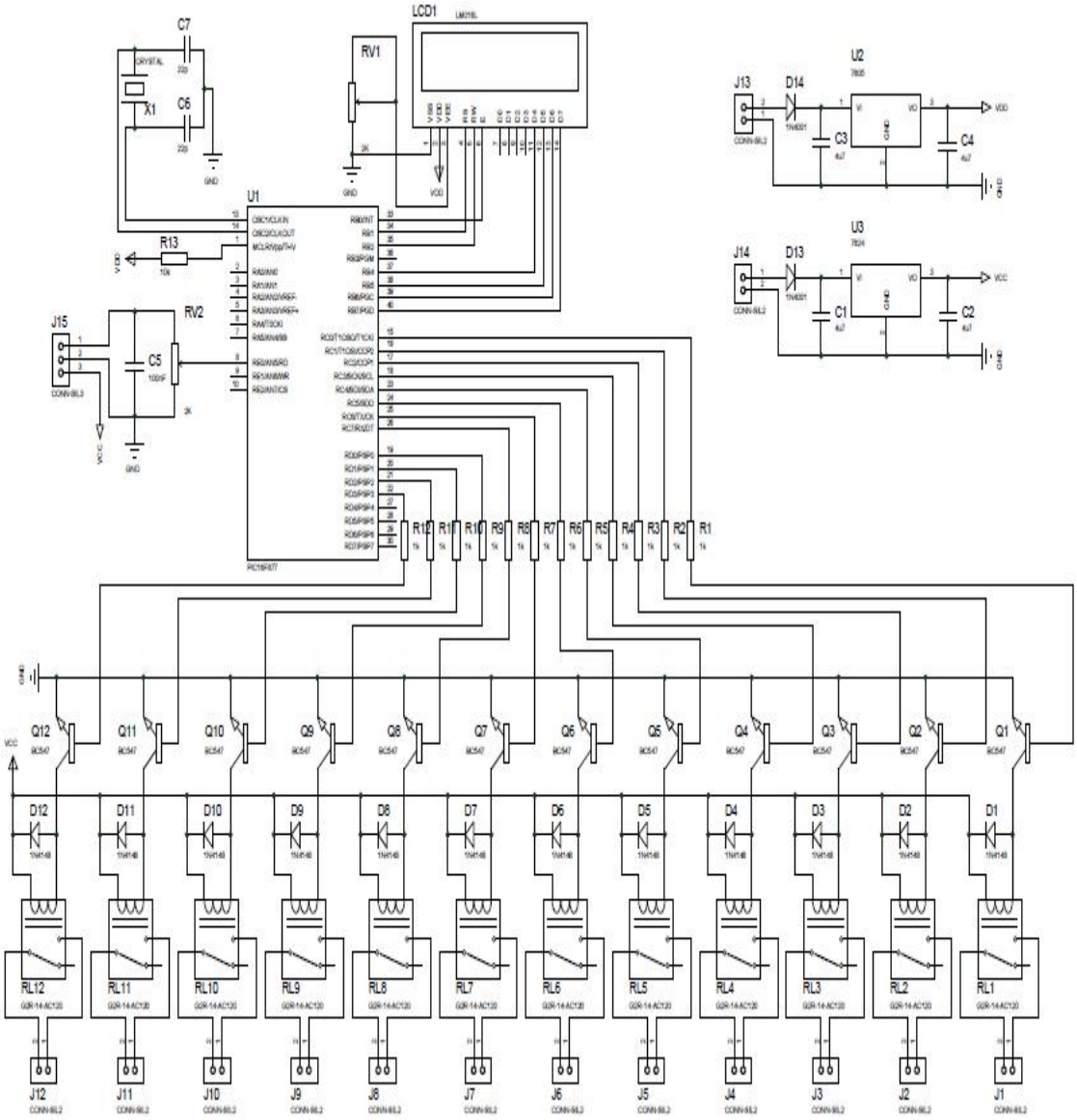
```
#include <16f877.h>            // Kullanılacak denetleyicinin başlık dosyası tanıtılıyor.
#device ADC=10                 // 10 bitlik ADC kullanılacağı belirtiliyor.

// Denetleyici konfigürasyon ayarları

#fuses
XT,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,NOLVP,NOPUT,NOWRT,NODEBUG,
NOCPD
#use delay (clock=4000000)      //Gecikme fonksiyonu için kullanılacak osilatör frekansı
belirtiliyor.
#define use_portb_lcd TRUE          // LCD B portuna bağlı
#include <lcd.c>                    // lcd.c dosyası tanıtılıyor
unsigned long int bilgi;         //İşaretsiz 16 bitlik tam sayı tipinde değişken tanımlanıyor.
float voltaj;                     // Ondalıklı tipte voltaj isminde değişken tanımlanıyor.
unsigned long int lux;           // İşaretsiz 16 bitlik tam sayı tipinde değişken
tanımlanıyor.
unsigned int aktif;              // İşaretsiz 16 bitlik tam sayı tipinde değişken tanımlanıyor.
unsigned long int yuk;           // İşaretsiz 16 bitlik tam sayı tipinde değişken tanımlanıyor.
//********************ANA PROGRAM FONKSYYONU ********************
void main ( )
{
  setup_psp(PSP_DISABLED);                  // PSP birimi devre dışı
  setup_timer_1(T1_DISABLED);               // T1 zamanlayıcısı devre dışı
  setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);           // T2 zamanlayıcısı devre dışı
  setup_CCP1(CCP_OFF);                      // CCP1 birimi devre dışı
  setup_CCP2(CCP_OFF);                      // CCP2 birimi devre dışı
  set_tris_c(0x00);                         // C portu komple çıkış
  set_tris_d(0x00);                         // D portu komple çıkış
  set_tris_e(0x0F);                         // E portu komple giriş
  output_c(0x00);                           // C portu çıkısını sıfırla
  output_d(0x00);                           // D portu çıkısını sıfırla
  setup_adc(adc_clock_div_32);              // ADC clock frekansy fosc/32
  setup_adc_ports(ALL_ANALOG);              // Tüm AN girişleri analog
  lcd_init();                               // LCD hazır hale getiriliyor.
  printf(lcd_putc,"\fOtomatik Kontrol");    // LCD'ye yazı yazdırılıyor
  delay_ms(1500);
  while(1)                                  // Sonsuz döngü
{
set_adc_channel(5);            //RE0/AN5 ucundaki sinyal A/D işlemine tabi tutulacak.
    delay_us(20);
bilgi=read_adc();              //ADC sonucu okunuyor ve bilgi değişkenine aktarılıyor
voltaj=0.004875855*bilgi;      //Dijitale çevirme işlemine uğrayan sinyalin gerilimi
hesaplanıyor.
    lux=600*voltaj;            //Analog çevirme işlemine uğrayan sinyalin lüx değeri
hesaplanıyor.
    yuk=36*aktif;              //Aktif olan yük değeri hesaplanıyor.
    delay_ms(1000);
```

```
    printf(lcd_putc,"\fLux=%lu",lux);          //AN5 ucundaki sinyalin gerilim değeri
LCD'ye aktarılıyor
    printf(lcd_putc,"\nYuk=%lu",yuk);       // Aktif olan yük değeri LCD'ye aktarılıyor.

    if(lux<40)
{
      output_C(0xFF);
      output_D(0x0F);
aktif=12;
}

    if((lux>=40)&&(lux<95))
{
      output_C(0x77);
      output_D(0x0F);
aktif=10;
}

    if((lux>=95)&&(lux<150))
{
      output_C(0x76);
      output_D(0x0E);
aktif=8;
}

    if((lux>=150)&&(lux<180))
{
      output_C(0x76);
      output_D(0x0A);
aktif=7;
}

    if((lux>=180)&&(lux<240))
{
      output_C(0x33);
      output_D(0x03);
aktif=6;
}

    if((lux>=240)&&(lux<320))
{
      output_C(0x32);
      output_D(0x03);
aktif=5;
}

    if((lux>=320)&&(lux<420))
{
```

```
        output_C(0x11);
        output_D(0x03);
aktif=4;
}

    if((lux>=420)&&(lux<630))
{
        output_C(0x10);
        output_D(0x03);
aktif=3;
}

    if((lux>=630)&&(lux<720))
{
        output_C(0x10);
        output_D(0x01);
aktif=2;
}

    if((lux>=720)&&(lux<800))
{
        output_C(0x00);
        output_D(0x01);
aktif=1;
}
    if(lux>=800)
{
        output_C(0x00);
        output_D(0x00);
aktif=0;
}
}
}
```

Yukarıda ki program içerisinde öncelikle PIC ve LCD için temel ayarlar yapılmış, ardından kontrol algoritması için yapılan ölçümlerle bağlantılı olarak PIC programı yazılmıştır. Yazılan programda ölçülen lüx değerine göre aktif edilecek çıkışlar aktifleştirilmiş ve o an için aktif olan armatür gruplarının sayısı aktif değişkenine atanarak çekilen gücün LCD'de gösterilmesi sağlanmıştır. Son olarak hazırlanan program PIC 16F877'ye yüklenmiştir.

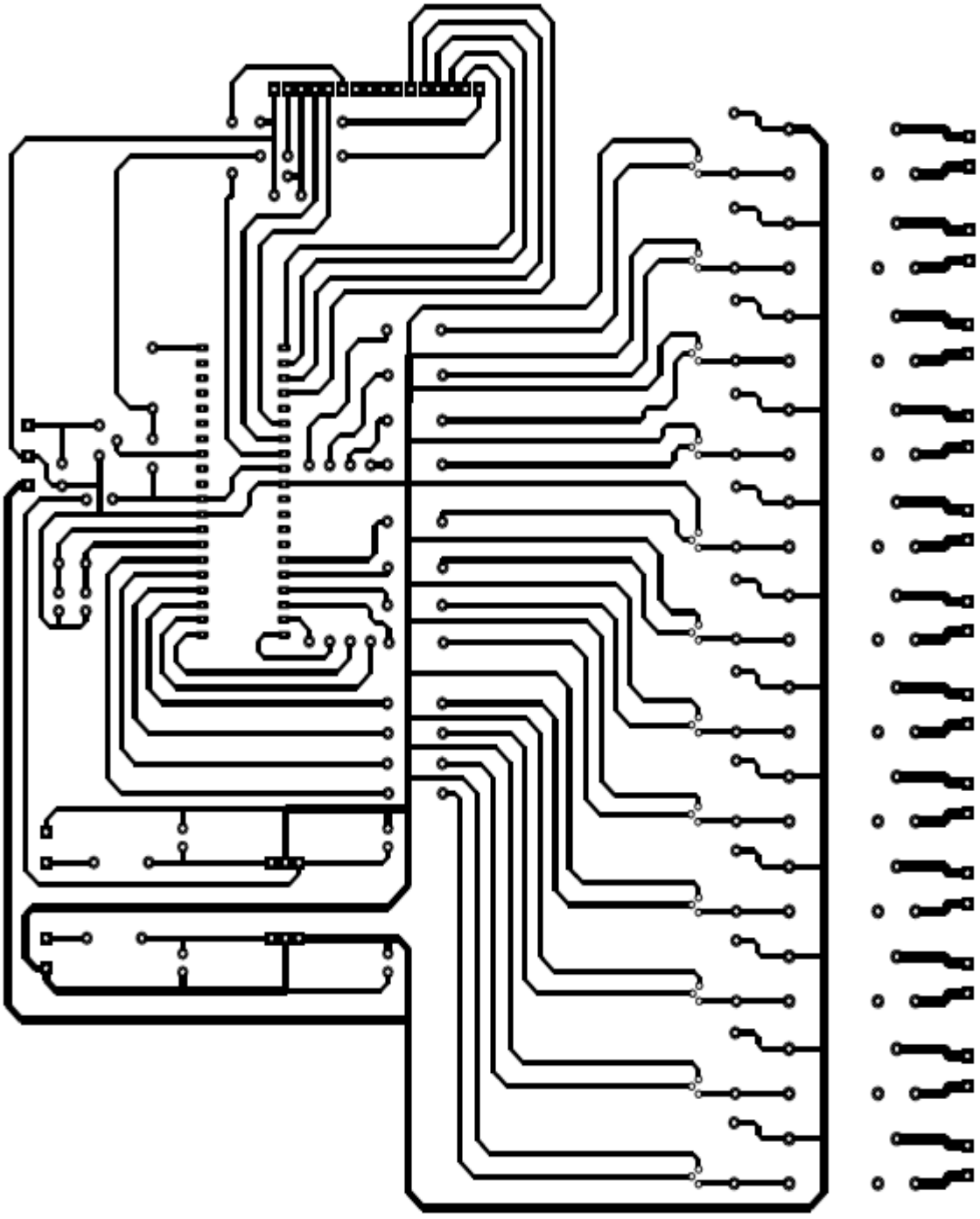
Tüm bunlar yapıldıktan sonra PIC ile yapılan yük kontrol devresinin baskı devresi İSİS ve ARES programlarında oluşturulmuştur. Oluşturulan devrenin İSİS programındaki hali şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.16 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin ISIS programında hazırlanmış hali

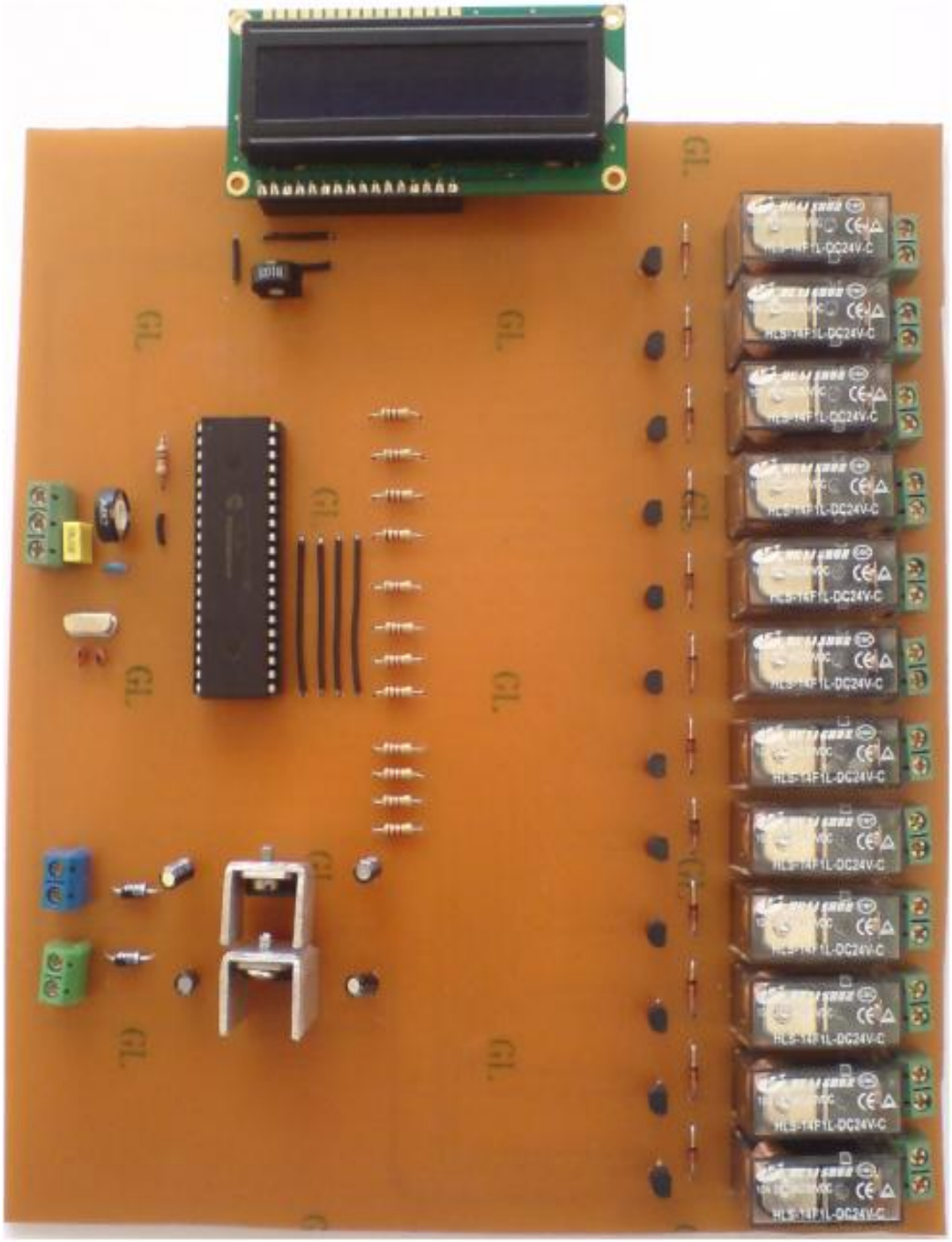
Şekilde de görüldüğü üzere kullanılan 16F877'nin C ve D portları bc547 transistorları üzerinden 12 röleyi sürmektedir. Bu röleler laboratuarımızda bulunan 12 adet armatür grubunu kontrol etmektedir. Bunun dışında PIC'in B portları 2 satır, 16 sütunluk LCD'nin sürülmesinde kullanılırken, E0 port'u lüx sensörünün analog veri girişi olarak kullanılmıştır. Sağ üst kösede gördüğümüz 7805 entegresinin bağlı olduğu devre PIC' in 5V'luk regüleli gerilimini sağlarken, altında 7824 entegresinin bağlı olduğu devre ise 24V'luk regüleli gerilimi ile röleleri sürmekte ve lüx sensörünü beslemektedir. İSİS programında oluşturulan devre ARES programına aktarılıp devrenin baskı devresi

oluşturulmuştur. Oluşturulan yük kontrol devresinin baskı devre şeması aşağıdaki şekil 3.17'de görülmektedir.



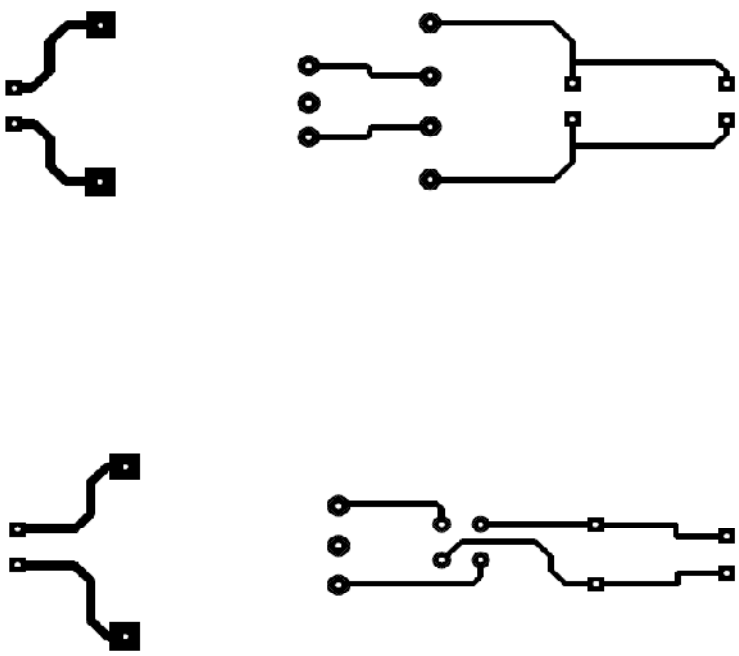
Şekil 3.17 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin ARES programında hazırlanmış baskı devresi

Yukarıdaki PIC ile yapılan yük kontrol devresinin plaket üzerine aktarılmış ve eleman montajı yapılmış hali aşağıdaki resim 3.11'de görülmektedir.



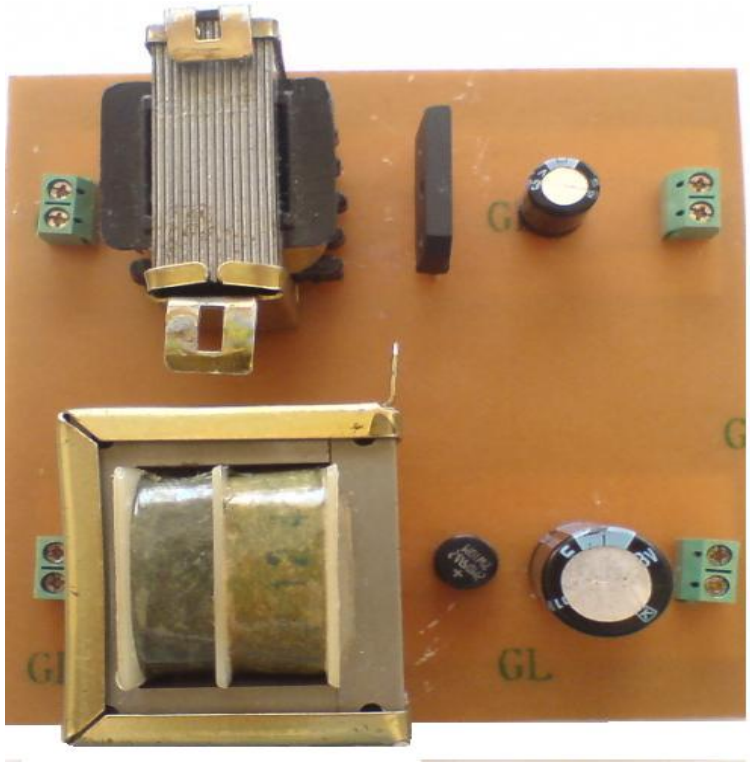
Resim 3.11 PIC ile yapılan yük kontrol devresinin eleman montajından sonraki hali

Yukarıda ki şekil de yük kontrol devresinin son hali görülmektedir. Bunun yanı sıra 7805 ve 7824 entegrelerinin bulunduğu elektronik devrelerin ihtiyacı olan besleme gerilimini sağlayacak olan devrenin baskı devresi şekil 3.18' de görülmektedir.



Şekil 3.18 Besleme devresinin baskı devresi

Yukarıdaki besleme devresinin plaket üzerine aktarılmış ve eleman montajı yapılmış hali aşağıdaki resim 3.12'de görülmektedir.



Resim 3.12 Besleme devresinin eleman montajından sonraki hali

Tüm bu devrelerin armatür grupları ile kendi aralarındaki bağlantılar yapılıp pano montajından sonraki durumu resim 3.13'de görülmektedir.

Resim 3.13 Yük kontrol sisteminin pano montajı

3.5 Tüketim Gücüne Göre Batarya Gruplarının Kullanım Süresinin Belirlenmesi

Rüzgâr - güneş hibrit güç üretim sisteminden elde edilen elektrik enerjisini depolamak için 300 Ah'lik bir akü grubu oluşturulmuştur. Hibrit güç üretim sisteminde enerji üretiminin olmadığı zamanlarda laboratuarların aydınlatması için gerekli olan enerji öncelikli olarak akülerden temin edilecektir. Akü grubunun tam olarak dolu olduğunu ve her iki laboratuardaki tüm lamba gruplarının da devrede olduğu kabul edilerek akü

grubunun ne kadar süre sisteme enerji sağlayabileceği aşağıda yapılan hesaplamalarla bulunmuştur.

Bir laboratuarın aydınlatılmasında 16W'lık 2 adet tasarruf lambası ve 18W'lık 24 adet florasan lambası kullanılmıştır. Bir laboratuarın aydınlatılmasında kullanılan lamba gruplarının toplam gücü;

Florasan Lamba

$$P_{FT} = \text{Lamba Sayısı x Lamba Gücü} \quad (3.1)$$

$$= 24 \text{ x} 18$$

$$= 432 \text{ W}$$

Tasarruf Lambası

$$P_{TT} = \text{Lamba Sayısı x Lamba Gücü} \quad (3.2)$$

$$= 2 \text{ x } 16$$

$$= 32 \text{ W}$$

Toplam Lamba Gücü

$$P_T = P_{FT} + P_{TT} \quad (3.3)$$

$$= 432 + 32$$

$$= 464 \text{ W}$$

Bir laboratuarın aydınlatması için gerekli olan kurulu güç 464W'tır. Her iki laboratuarda bulunan lamba sayısı ve cinsi aynı olduğundan hibrit sisteminin beslediği toplam güç;

$$\text{Toplam Güç} = 464 \text{ x } 2 \quad (3.4)$$

$$= 928\text{W'tır.}$$

Akülerin lamba gruplarını ne kadar süre besleyebileceği aşağıdaki formül (3.5) ile bulunabilir;

$$\text{Zaman} = \frac{\text{Tüketilen Toplam Enerji}}{\text{Toplam Güç}} \tag{3.5}$$

Her iki laboratuarın aydınlatması için gerekli olan lamba gruplarının toplam gücü 928W'tır. Akü hesabı yapılırken, akü kapasitesinin %20' sinin emniyet şarjı olarak tutulması prensibi göz önüne alınarak kurulu olan 300Ah'lik akü grubunun %80'lik kapasitesi bulunur.

$$C_k = 300 \text{ x } 0{,}8 = 240 \text{ Ah} \tag{3.6}$$

Elde edilen bu sonuca göre akü seçmek doğru olmaz. Çünkü aküde ve tesisatta meydana gelen kayıp enerjinin de ilave edilmesi gerekmektedir. Aküde %10, tesisatta %2 kayıp enerji olduğu düşünülürse doğru olan akü kapasitesi;

$$C_k = 240 \text{ x } 0{,}9 \text{ x } 0{,}98 = 211{,}68 \text{ Ah} \tag{3.7}$$

Son olarak akü kapasitesinin sistem gerilimiyle çarpımı harcanacak toplam enerjiyi verecektir.

$$\begin{aligned} \text{Tüketilen Toplam Enerji} &= C_k \text{ x Gerilim} \\ &= 211{,}68 \text{ x } 24 \\ &= 5080{,}32 \text{ VAh} \end{aligned} \tag{3.8}$$

Burada, denklem (3.8) ile bulunan değer denklem (3.5)'te yerine yazılacak olursa tüm lamba gruplarının devrede olması durumunda akü gruplarının yaklaşık olarak 5.5-6 saat süre ile lamba gruplarını besleyebileceği bulunur.

$$\text{Zaman} = \frac{\text{Tüketilen Toplam Enerji}}{\text{Toplam Güç}}$$

$$\text{Zaman} = \frac{5080{,}32}{928}$$

$$\text{Zaman} = 5.46 \text{ saat}$$

$$\text{Zaman} \cong 5.5 - 6 \text{ saat}$$

4. BULGULAR

Kurulumu yapılan yük kontrol sisteminin verimlilik analizini yapabilmek için iki laboratuarda yapılan haftalık ders saatlerine göre genel aydınlatma da harcanan elektrik enerjisi değerinin yük kontrol sisteminin aktif olduğu ve yük kontrol sisteminin aktif olmadığı durum içinde bilinmesi gerekmektedir. Daha sonra hibrit güç üretim sistemi tarafından üretilen elektrik enerjisinin laboratuarlarda genel aydınlatma için harcanan elektrik enerjinin ne kadarını karşıladığının tespiti yapılır. Elde edilen verilere göre kurulu olan yük kontrol sistemini kullanmakla tüketilen enerjiden ne kadar tasarruf yapıldığı belirlenir. Elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin ders günleri ve saatleri çizelge 4.1'de görüldüğü gibidir. Ders saatleri ve günleri baz alınarak 12 ay ayrı ayrı ölçümler yapılmış ve ölçümler ayrıntılı olarak aylara göre tablolaştırılmıştır.

Çizelge 4.1 Laboratuar ders günleri ve ders saatlerini gösteren çizelge **(1 Hafta)**

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.
Pazartesi	Kumanda Teknikleri Lab. (3 saat)	Enerji Sistemleri Lab. (2 saat)
Salı		Elektrik Makineleri Lab. (2 saat)
Çarşamba		Kontrol Sistemleri Lab. (2 saat)
Perşembe		
Cuma		

4.1 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN AKTİF OLMADIĞI DURUM İÇİN YAPILAN TOPLAM TÜKETİM

Yük kontrol sisteminin aktif olmadığı durumda, ders günlerine göre laboratuarlarda harcanan toplam elektrik enerjisini bulmak için elektrik laboratuarı-I'in aydınlatma hattının girişine sayaç bağlanmış ve tüm aydınlatma elemanları açılarak elektrik laboratuarı-I'in 1 saatte harcadığı toplam enerji 588Wh olarak bulunmuştur. Her iki laboratuar birbirinin simetriği seklinde olduğu için elektrik laboratuarı-II'de ayrı bir

ölçüm yapılmamıştır. Buna göre yük kontrol sistemi olmadığı durum da laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.2 Yük kontrol sisteminin aktif olmadığı durumda laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1764Wh	1176Wh	2940 Wh
Salı	0	1176Wh	1176 Wh
Çarşamba	0	1176Wh	1176 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1764 Wh	3528 Wh	
Haftalık Toplam:	5292Wh		

Çizelge 4.2'den de anlaşılacağı üzere yük kontrol sistemi aktif olmadığında günlük tüketilen minimum enerji 1,176kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,940kWh dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 5,292kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı, yük kontrol sisteminin olmadığı durum için bir aylık toplam tüketim enerjisini verecektir.

Bir Aylık Toplam Tüketim = 5292 x 4

= 21,168kWh olarak bulunur.

Yük kontrol sisteminin aktif olmadığı durum için tüm aylarda tüketilen elektrik enerjisinin aynı olacağı için, aylara göre bir ölçüm gerçekleştirilmemiştir.

4.2 YÜK KONTROL SİSTEMİNİN AKTİF OLDUĞU DURUM İÇİN YAPILAN TOPLAM TÜKETİM

Yük kontrol sisteminin aktif olduğu durumda, ders günlerine göre laboratuarlarda harcanan toplam elektrik enerjisini bulmak için elektrik laboratuarı-I'in aydınlatma hattının girişine sayaç bağlanmış fakat bu sefer devrede olacak olan armatür gruplarını, dışarıdan gelen güneş ışığına bağlı olarak, PIC ile yapılan yük kontrol devresi ile belirlenmektedir. Elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin birbirinin simetriği olması, yük kontrol sisteminin kurulum maliyeti ve zamanın kısıtlılığı nedenlerinden ötürü PIC ile yapılan yük kontrol devresi sadece elektrik laboratuarı-I'e kurulmuştur. Bu nedenle ölçümler Elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin ders saatleri dikkate alınarak elektrik laboratuarı-I de gerçekleştirilmiştir. Buna göre PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre ocak ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.3'de görülmektedir.

Çizelge 4.3 Ocak ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1550 Wh	1135 Wh	2685 Wh
Salı	0	1176 Wh	1176 Wh
Çarşamba	0	1176 Wh	1176 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1550 Wh	3487 Wh	
Haftalık Toplam:	5037 Wh		

Çizelge4.3'den de anlaşılacağı üzere ocak ayı itibariyle yük kontrol devresi ile yapılan ölçümlerde günlük tüketilen minimum enerji 1,176kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,685kWh dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 5,037kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı ocak ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Ocak Ayı Toplam Tüketimi = 5037 x 4

= 20,148 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre şubat ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.4'de görülmektedir.

Çizelge 4.4 Şubat ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1314 Wh	1010 Wh	2450 Wh
Salı	0	1176 Wh	1176 Wh
Çarşamba	0	1046 Wh	1046 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1314 Wh	3232 Wh	
Haftalık Toplam:	4546 Wh		

Çizelge 4.4'den de anlaşılacağı üzere şubat ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, şubat ayında tüketilen minimum enerji 1,046kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji

2,450kWh dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,546kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı şubat ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Şubat Ayı Toplam Tüketimi = 4546 x 4

= 18,184 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre mart ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.5 Mart ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1205 Wh	926 Wh	2131 Wh
Salı	0	1146 Wh	1146 Wh
Çarşamba	0	1064 Wh	1064 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1205 Wh	3136 Wh	
Haftalık Toplam:	4341 Wh		

Çizelge 4.5'den de anlaşılacağı üzere mart ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, mart ayında tüketilen minimum enerji 1,064kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,131kWh dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,341kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı mart ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Mart Ayı Toplam Tüketimi = 4341 x 4

= 17,364kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre nisan ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.6 Nisan ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1104 Wh	878 Wh	1982 Wh
Salı	0	1021 Wh	1021 Wh
Çarşamba	0	1013 Wh	1013 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1104 Wh	2912 Wh	
Haftalık Toplam:	4016 Wh		

Çizelge 4.6'dan da anlaşılacağı üzere nisan ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, nisan ayında tüketilen minimum enerji 1,013kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 1,982kWh dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,016kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı nisan ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Nisan Ayı Toplam Tüketimi = 4016 x 4

= 16,064 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre mayıs ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.7'da görülmektedir.

Çizelge 4.7 Mayıs ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1123 Wh	823 Wh	1946 Wh
Salı	0	1013 Wh	1013 Wh
Çarşamba	0	958 Wh	958 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1123 Wh	2794 Wh	
Haftalık Toplam:	3917 Wh		

Çizelge 4.7'den de anlaşılacağı üzere mayıs ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, mayıs ayında tüketilen minimum enerji 0,958kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 1,946kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 3,917kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı mayıs ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Mayıs Ayı Toplam Tüketimi = 3917 x 4

= 15,668 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre haziran ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge4.8'de görülmektedir.

Çizelge 4.8 Haziran ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1024 Wh	750 Wh	1774 Wh
Salı	0	924 Wh	924 Wh
Çarşamba	0	874 Wh	874 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1024 Wh	2548 Wh	
Haftalık Toplam:	3572 Wh		

Çizelge 4.8'den de anlaşılacağı üzere haziran ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, haziran ayında tüketilen minimum enerji 0,874kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 1,774kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 3,572kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı haziran ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Haziran Ayı Toplam Tüketimi = 3572 x 4

= 14,288 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre temmuz ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge4.9'da görülmektedir.

Çizelge 4.9 Temmuz ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	965 Wh	707 Wh	1672 Wh
Salı	0	871 Wh	871 Wh
Çarşamba	0	824 Wh	824 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	965 Wh	2402 Wh	
Haftalık Toplam:	3367 Wh		

Çizelge 4.9'dan da anlaşılacağı üzere temmuz ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, temmuz ayında tüketilen minimum enerji 0,824kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 1,672kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 3,367kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı temmuz ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Temmuz Ayı Toplam Tüketimi = 3367 x 4

= 13,468kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre ağustos ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.10 Ağustos ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1020 Wh	747 Wh	1767 Wh
Salı	0	920 Wh	920 Wh
Çarşamba	0	870 Wh	870 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1020 Wh	2537 Wh	
Haftalık Toplam:	3557 Wh		

Çizelge 4.10'dan da anlaşılacağı üzere ağustos ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, ağustos ayında tüketilen minimum enerji 0,870kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 1,767kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 3,557kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı ağustos ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Ağustos Ayı Toplam Tüketimi = 3557 x 4

= 14,228kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre eylül ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.11'de görülmektedir.

Çizelge 4.11 Eylül ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1167 Wh	855 Wh	2022 Wh
Salı	0	1053 Wh	1053 Wh
Çarşamba	0	996 Wh	996 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1167 Wh	2904 Wh	
Haftalık Toplam:	4071 Wh		

Çizelge 4.11'den de anlaşılacağı üzere eylül ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, eylül ayında tüketilen minimum enerji 0,996kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,022kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,071kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı eylül ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Eylül Ayı Toplam Tüketimi = 4071 x 4

= 16,284kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre ekim ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.12'de görülmektedir.

Çizelge 4.12 Ekim ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1233 Wh	903 Wh	2136 Wh
Salı	0	1113 Wh	1113 Wh
Çarşamba	0	1052 Wh	1052 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1233 Wh	3068 Wh	
Haftalık Toplam:	4301 Wh		

Çizelge 4.12'den de anlaşılacağı üzere ekim ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, ekim ayında tüketilen minimum enerji 1,052kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,136kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,301kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı ekim ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Ekim Ayı Toplam Tüketimi = 4301 x 4

= 17,204kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre kasım ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.13'de görülmektedir.

Çizelge 4.13 Kasım ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1356 Wh	1037 Wh	2393 Wh
Salı	0	1176 Wh	1176 Wh
Çarşamba	0	1106Wh	1106 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1356 Wh	3319 Wh	
Haftalık Toplam:	4675 Wh		

Çizelge 4.13'den de anlaşılacağı üzere kasım ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, kasım ayında tüketilen minimum enerji 1,106kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,393kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 4,675kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı kasım ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Kasım Ayı Toplam Tüketimi = 4675 x 4

= 18,700 kWh olarak bulunur.

PIC ile yapılan yük kontrol devresinin aktif olduğu durum da, laboratuarların ders saatlerine ve günlerine göre aralık ayında yapılan ölçümler sonucunda 1 haftada harcanan toplam enerji aşağıdaki çizelge 4.14'de görülmektedir.

Çizelge 4.14 Aralık ayı için PIC'li yük kontrol devresinin aktif olduğu durumda, laboratuar ders günlerine göre harcanan toplam enerjiyi gösteren çizelge (1 Haftalık)

	Elektrik-1 Lab.	Elektrik-2 Lab.	Günlük Toplam
Pazartesi	1577 Wh	1155 Wh	2732 Wh
Salı	0	1176 Wh	1176 Wh
Çarşamba	0	1176Wh	1176 Wh
Perşembe	0	0	0
Cuma	0	0	0
Toplam:	1577 Wh	3507 Wh	
Haftalık Toplam:	5084 Wh		

Çizelge 4.14'den de anlaşılacağı üzere aralık ayı itibariyle yük kontrol sistemi ile yapılan ölçümlerden ve günlük güneşlenme sürelerinden yararlanılarak hesaplanan, aralık ayında tüketilen minimum enerji 1,176kWh iken günlük tüketilen maksimum enerji 2,732kWh"dir. Haftalık toplam tüketilen enerji ise 5,084kWh'dir. Bulunan haftalık tüketim değerinin dört katı aralık ayı için toplam tüketim enerjisini verecektir.

Aralık Ayı Toplam Tüketimi = 5084 x 4

= 20,336 kWh olarak bulunur.

4.3 RÜZGÂR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİNİN AYLARA GÖRE ENERJİ ÜRETTİM DEĞERLERİ

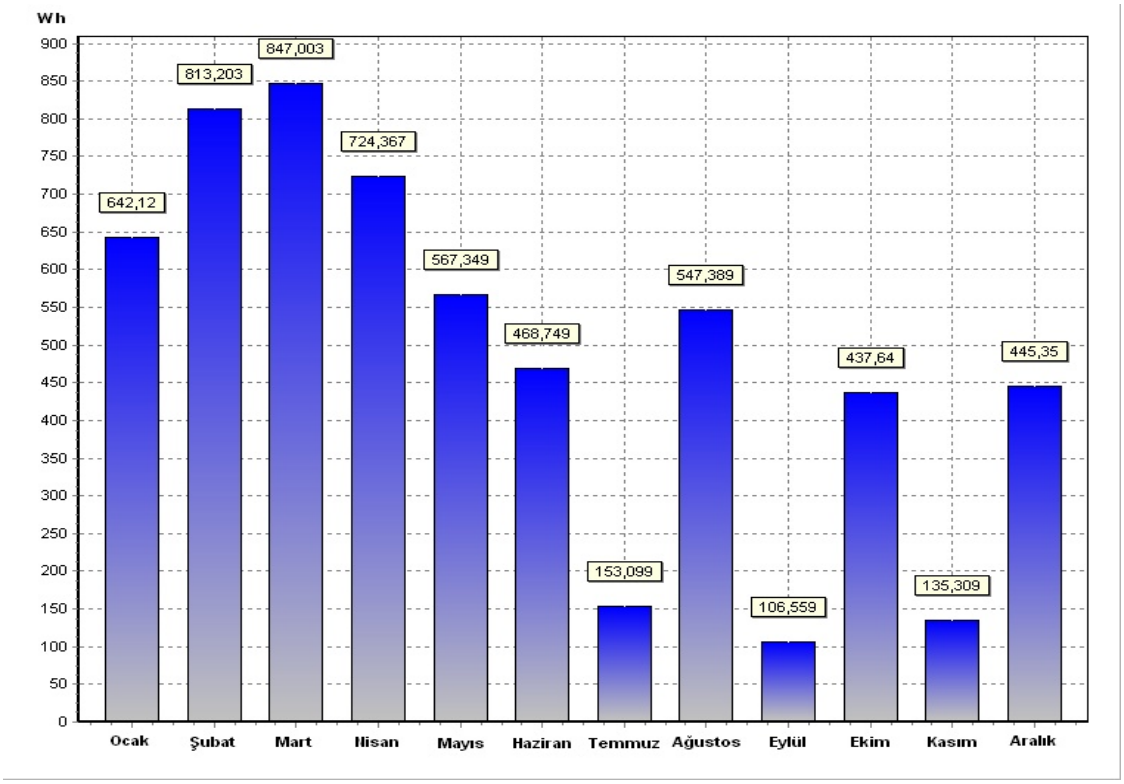
Batarya destekli rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sisteminde bulunan şarj regülatörü aracılığı ile bir yıl boyunca düzenli olarak veri kaydı yapılmış. Yapılan veri kayıtlarında güneş paneli ve rüzgâr türbinin ürettiği, batarya gruplarının da depoladığı elektrik enerjisi değerleri şarj regülatörüne bağlı bir bilgisayar yardımıyla 10sn aralıklarla

kaydedilmiş. Kaydedilen veri adedinin fazlalığı nedeniyle Wh cinsinden alının veriler aylık baz da düzenlenmiş. Düzenlenen veriler rüzgâr, güneş ve batarya grubu olmak üzere ayrı ayrı çizelge 4.15'degösterilmiştir.

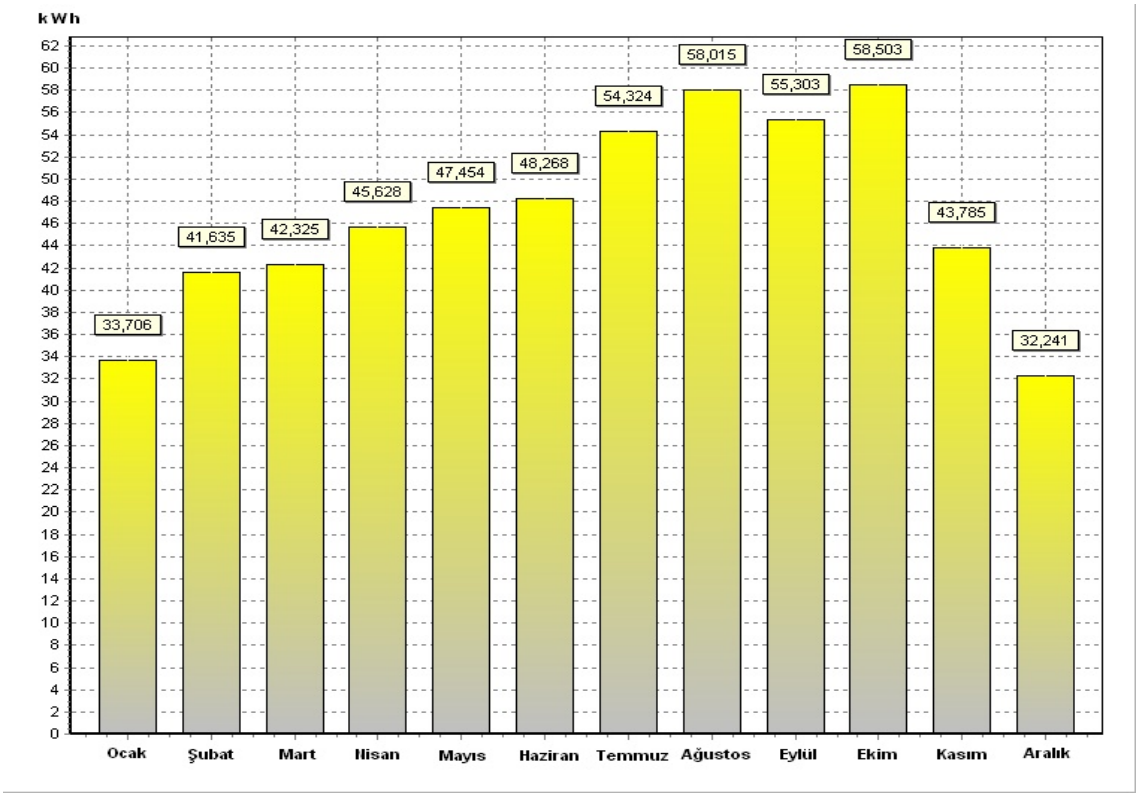
Çizelge 4.15 Rüzgâr, güneş ve batarya grubunun aylara göre enerji üretim kapasitesi

	Wind (Wh)	Sun (Wh)	Battery (Wh)
OCAK	642.1201423	33706.4242	34348.5443
ŞUBAT	813.2031341	41635.42969	42448.63281
MART	847.0031201	42325.2369	43172.24001
NİSAN	724.3671201	45628.17631	46352.5433
MAYIS	567.3493717	47454.87112	48022.2205
HAZİRAN	468.7499924	48268.2869	48737.0369
TEMMUZ	153.0999983	54324.49828	54477.59828
AĞUSTOS	547.3899917	58015.75	58563.13999
EYLÜL	106.5599976	55303.14844	55409.70844
EKİM	437.6400223	58503.68763	58941.32765
KASIM	135.3099823	43785.42969	44137.3125
ARALIK	445.3500123	32240.9275	32686.27751

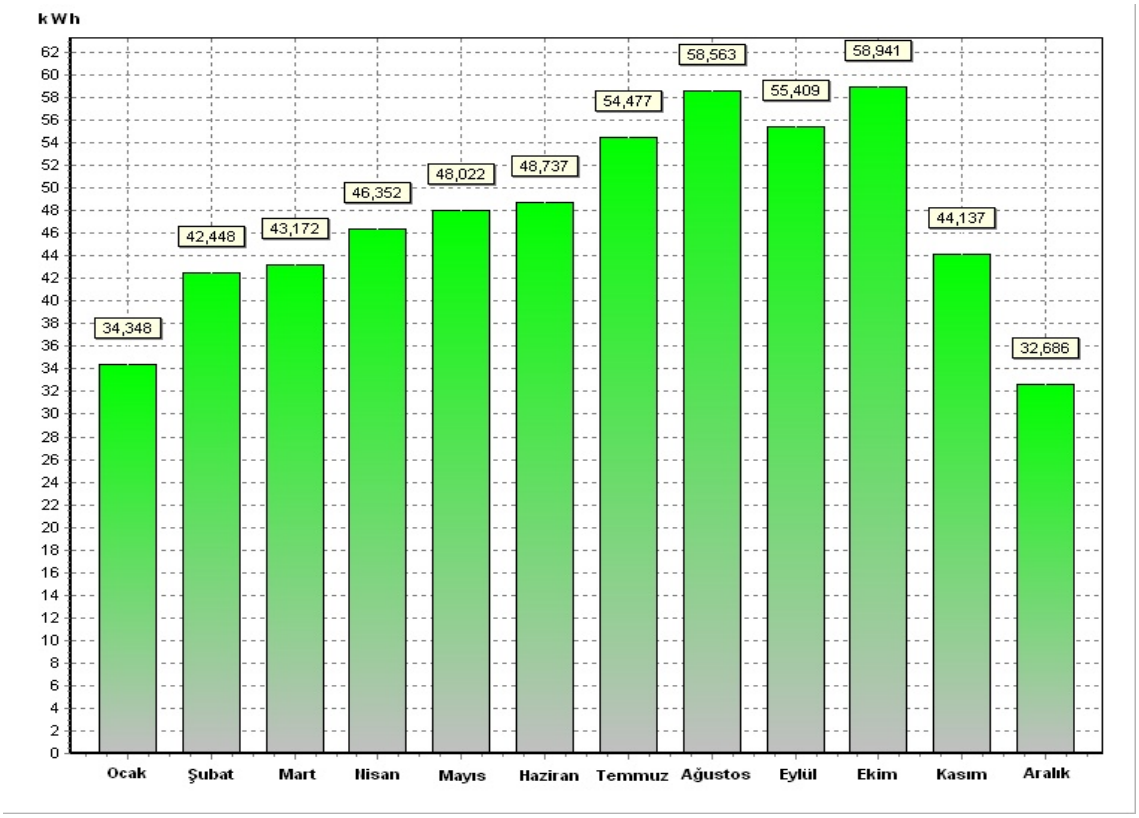
Çizelge 4.15 de görülen veriler doğrultusunda aylara göre rüzgar türbinin, güneş panellerinin ve batarya gruplarının güç üretim grafikleri sırasıyla aşağıda ki şekil 4.1, şekil 4.2 ve şekil 4.3 de görülmektedir.



Şekil 4.1 Aylara göre rüzgâr türbinin ürettiği enerji durumu (Wh)



Şekil 4.2 Aylara göre güneş panelinin ürettiği enerji durumu (kWh)

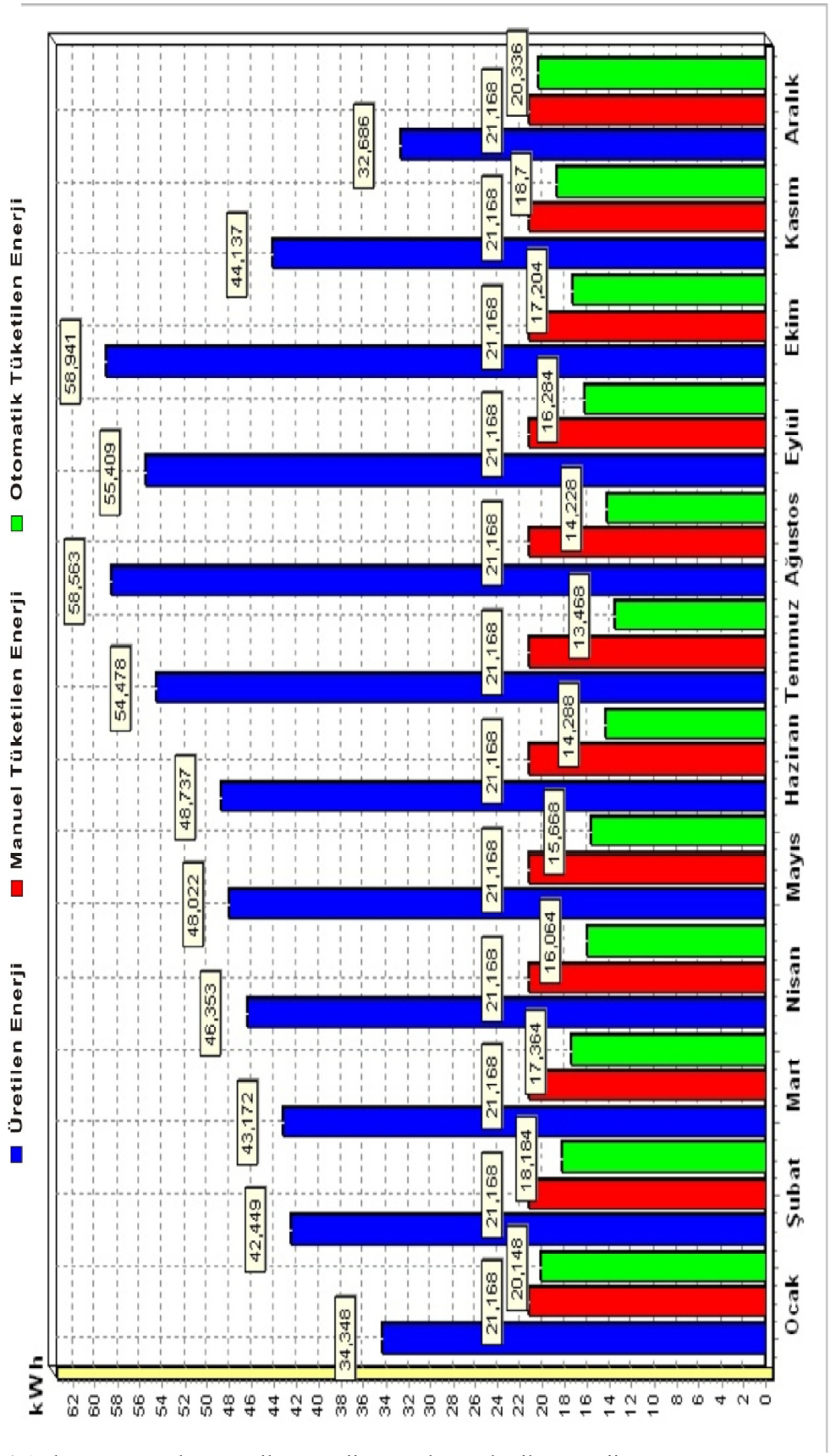


Şekil 4.3 Aylara göre batarya grubunun depoladığı enerji durumu (kWh)

Bir yıllık üretim ve tüketim verilerine bakıldığında güneş panellerinden elde edilen enerjinin rüzgâr türbininden oldukça fazla olduğu görülmüştür. Toplamda en düşük enerji üretiminin haziran ayında olmasının sebebi ise; bu ay içerisin de hibrit güç üretim sisteminde oluşan arızadan dolayı 7 gün veri alınamamasından kaynaklanmaktadır.

4.4 RÜZGÂR-GÜNEŞ HİBRİT GÜÇ ÜRETİM SİSTEMİ İLE ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Rüzgâr türbini ve güneş panellerinin üretmiş oldukları elektrik enerjisi batarya gruplarında depo edilmektedir. Armatür gruplarının enerji talebi olduğu anda batarya gruplarına bağlı bulunan invertör batarya depo edilen DC enerjiyi AC enerjiye dönüştürerek armatür gruplarını beslediği daha öncede belirtilmiştir. Bu bağlamda kullanılacak olan elektrik enerjisinin batarya guruplarında depo edilen enerji olduğu görülmektedir. Aylara göre bataryalarda depo edilen enerjinin armatür gruplarının yük kontrolünün olmadığı (manuel kontrol) ve yük kontrolünün olduğu (otomatik kontrol) durumlarında toplam tüketimi karşılayıp karşılamadı aşağıdaki şekil 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.4 Aylara göre toplam üretilen enerji ve toplam tüketilen enerji

Üretilen elektrik enerjisinin, tüketilen elektrik enerjisi ile karşılaştırmalı analizi çizelge 4.16'da görülmektedir. Bu karşılaştırma işleminde hibrit güç üretim sisteminden üretilen enerjinin manuel kontrol durumunda ve otomatik kontrol durumunda talep edilen elektrik enerjisini karşılayıp karşılamadığı ayrıca yük kontrolü için PIC16F877 kullanılarak tasarlanan otomatik kontrol ile sağlanan tasarruf değerleri aylara göre ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çizelge 4.16 Üretim ve tüketim değerlerinin karşılaştırılması

	Üretim (Ü) (kWh)	Manuel Kontrol Tüketim (T_{mk}) (kWh)	Otomatik Kontrol Tüketim (T_{ok}) (kWh)	T_{mk}-T_{ok} (kWh)	Ü-T_{mk} (kWh)	Ü-T_{ok} (kWh)
Ocak	34,348	21,168	20,148	1,200	13,180	14,200
Şubat	42,449	21,168	18,184	2,984	21,281	24,265
Mart	43,172	21,168	17,364	3,804	22,004	25,808
Nisan	46,353	21,168	16,064	5,104	25,185	30,289
Mayıs	48,022	21,168	15,668	5,500	26,854	32,354
Haziran	48,737	21,168	14,288	6,880	27,569	34,449
Temmuz	54,478	21,168	13,468	7,700	33,310	41,010
Ağustos	58,563	21,168	14,228	6,940	37,395	44,335
Eylül	55,409	21,168	16,284	4,884	34,241	39,125
Ekim	58,941	21,168	17,204	3,964	37,773	41,737
Kasım	44,137	21,168	18,700	2,468	22,969	25,437
Aralık	32,686	21,168	20,336	0,832	11,518	12,350
TOPLAM	**567,295**	**254,016**	**201,936**	**52,260**	**313,279**	**365,359**

Çizelge 4.16'dan da anlaşılacağı üzere rüzgâr-güneş hibrit güç üretim sisteminden üretilen elektrik enerjisi manuel kontrol tüketimi durumunda da otomatik kontrol tüketimi durumunda da ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılamakta. Ayrıca manuel kontrol yönteminin kullanılması durumunda 313,279kWh üretim fazlası elektrik

enerjisi, otomatik kontrol yönteminin kullanılmasında ise 365,359kWh üretim fazlası elektrik enerjisi batarya gruplarında depo edilmektedir. Bu nedenle gerekli antlaşmalar ve teknik alt yapının oluşturulması halinde üretim fazlası elektrik enerjisinin Tedaş'a satımı yapılabilir ve hibrit güç üretim sisteminin kendi amortisman süresi kısaltılabilir.

Laboratuarın aydınlatılmasında manuel kontrol yönteminin kullanılması durumunda yıllık tüketim değeri 254,016kWh olurken, otomatik kontrol yönteminin kullanılması durumunda yıllık tüketim değeri 201,936kWh olarak bulunmuştur. Bu değerlerde bize gösteriyor ki tasarlanan otomatik yük kontrol sisteminin kullanılması, yıllık bazda 52,26kWh'lik bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hibrit rüzgâr-güneş güç üretim ünitesinin kurulumu ve elektrik atölyesinin genel aydınlatması isimli çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi, Ahmet Necdet Sezer yerleşkesinde bulunan Teknik Eğitim Fakültesi'nin, elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin aydınlatma enerjisi rüzgâr türbini ve güneş panellerinden oluşan hibrit güç üretim sistemden sağlanmaya çalışılmıştır.

Afyon Kocatepe Üniversitesi'nin bilimsel araştırma projeleri kurulunun 10.TEF.05 proje numaralı 21.000.00 tl'lik proje desteğinin alınmasıyla birlikte, hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sisteminin malzeme temini ve kurulumu gerçekleştirilmiş. Kurulumu tamamlanan hibrit güç üretim sisteminden bir yıl boyunca enerji üretim verileri alınmıştır.

Hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sisteminin üretmiş olduğu elektrik enerjisini daha verimli bir şekilde kullanabilmek ve laboratuarların ihtiyaç duydukları minimum 300lüx'lük ışık şiddetini sağlayabilmek amacıyla yük kontrol sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem; laboratuar ortamına dışarıdan gelen ışık şiddetini bir lüx sensörü ile ölçmektedir. Ölçülen değer yük kontrol sistemi üzerinde bulunan PIC 16F877'ye gönderilir. PIC ise içerisine yüklenen yazılıma bağlı olarak armatür gruplarını aktif ya da pasif konuma getirmektedir.

Işık şiddeti göre yük kontrolü sürecinde mevsime bağlı olarak güneşin izlediği yörünge ve güneş ışınlarının açısına bağlı olarak farklı güneşlenme süreleri ve doğal aydınlanma süreleri görülmüştür. Güneşlenme süreleri fotovoltaik panellerin ürettiği elektrik enerjisini, doğal aydınlanma süreleri ise yapay aydınlatmanın (armatürlerin) devrede kalma sürelerini etkilemiştir.

Aydınlatılması yapılan elektrik laboratuarı-I ve elektrik laboratuarı-II'nin haftalık ders programına (3-9 Haziran 2012 tarihleri arasında laboratuar-I ve laboratuar-II de ders yapılan saatler dikkate alınmıştır) bağlı olarak yapılan ölçümler sonucunda bir yıllık toplam tüketim değerlerine bakıldığında; eski, anahtarlamalı (manuel kontrol)sistem için tüketim 254,016kwh iken yeni PIC kontrollü (otomatik kontrol)sistemin tüketimi 201,936kWh olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerde bize gösteriyor ki tasarlanan otomatik

yük kontrol sisteminin kullanılması, yıllık baz da 52,26kWh'lik bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yüzdelik olarak bu değer %20,6 oranında bir enerji tasarrufuna karşılık gelmektedir.

Hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sisteminden elde edilen elektrik enerjinin kimyasal enerjiye çevrilerek depolandığı akümülatör grubunun kapasitesi 300 Ah'tir. Ölçümler sırasında ve alınan verilere bakıldığında bu kapasite değerinin tamamı kullanılmadığı için, şebeke desteğine hiç ihtiyaç duyulmamıştır. Yani aydınlatma sisteminde kullanılan enerjinin tamamı hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sistemi tarafından üretilmiştir.

Sonuç olarak; laboratuarların aydınlatması için yük kontrol sisteminin kullanılması ile hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sisteminden üretilen elektrik enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılmasının sağladığı ortaya konulmuştur.

Aydınlatma sisteminin, çalışma düzleminde 300 lux aydınlık şiddetini sağlayacak şekilde dış aydınlık seviyesine bağlı olarak çalışması sağlanmıştır. Ayrıca Armatürlerin dörderli gruplar halinde değil on iki ayrı grup halinde devreye alınmaları ile gereğinden fazla ışık akısının oluşmasının önüne geçilmiştir. Çalışma düzlemindeki aydınlık şiddeti belirlenen 300 lux değerinin üzerine çıktığında veya altına indiğinde sürekli olarak ölçüm yapan lüx sensörü dışarıdan gelen ışık şiddetine göre armatürleri devreye alarak ya da devreden çıkartarak, doğal aydınlatmadan da en üst seviyede yararlanılması sağlanmıştır.

Hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sistemlerinde kullanılan güneş panellerinden elde edilen verimin artırılmasında en sık kullanılan yöntem, güneşi takip sistemleridir. Çünkü güneş panellerinden elde edilecek en yüksek verim, güneş ışınlarının panel yüzeyine dik olarak düşürülmesi ile elde edilmektedir. Hibrit sistem içerisindeki rüzgâr türbininin veriminin artırılmasında ise özellikle türbininin seçiminde kutup sayısının fazla olmasına dikkat edilmelidir. Çünkü kutup sayısı arttıkça rüzgâr türbini daha düşük rüzgâr hızlarında elektrik üretimine başlamaktadır. Bunların yanı sıra seçilecek olan şarj regülatörünün düşük voltaj (low voltaj) özelliğinin bulunmasına dikkat edilmesi halinde %20'ler civarında enerji üretim verimliliği sağlanabileceği düşünülmektedir.

Yük kontrol sistemi ile enerji tüketiminde belli oranda tasarruf sağlanmıştır. Bu tasarrufun artırılabilmesi için, ya kurulum aşamasında daha verimli aydınlatma elemanları tercih edilmeli ya da aydınlık kontrolünü dimmer kontrol şeklinde yapmaya imkan sağlayan aydınlatma elemanlarının tercih edilmesi tüketilen elektrik enerjisinde tasarruf sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

Aiello N., Gennaro F., Santori R. (2001). VIPower: Low Cost Power Supplies Using VIPer12A In Non Isolated Applications. STMicroelectronics, Italy.

Alaçakır F. B. (2001). Didim Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemi. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Aydın.

Bagul A. D., Salameh Z. M., Borowy B. (1996). Sizing of a Stand-Alone Hybrid Wind-Photovoltaic Systemusing a Three-Event Probability Density Approximation. Solar Energy, Vol. 56, No. 4, pp. 323-335.

Başaran K., Çetin N. S., Çelik H. (2011). Rüzgar-Güneş Hibrit Güç Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ.

Boyle G. (2004). Solar Photovoltaics. Renewable energy power for a sustainable future, 1st ed., Oxford University Press, 66-83

Çetin E. (2010). Fotovoltaik-Rüzgar-Yakıt Pili Hibrit Güç Sistemi İçin Bir Mikro Doğru Akım Dağıtım Şebekesi Tasarlanması, Uygulanması ve Analizi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Çıtıroğlu A. (2000). Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi. Mühendis ve Makine Dergisi, 485:1-5.

Demirtaş M. (2008). Güneş Ve Rüzgâr Enerjisi Kullanılarak Şebeke İle Paralel Çalışabilen Hibrid Enerji Santrali Tasarımı Ve Uygulaması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Durmaz E. (2010). Afet Anlarında Helikopter Pistlerinin Bilgisayar Kontrolü ile Aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Dursun E. ve Binark K.A. (2008). Rüzgar Türbinlerinde Kullanılan Generatörler. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 17-19 Aralık.

EİE (2000). Elektrik İsleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. Rüzgar enerjisi, Ankara,1-20.

Engin M. (2010). Bornova için Güneş-Rüzgâr Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı. C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, Cilt:2, Sayı:13.

Engin M., Çolak M. (2005). Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sisteminin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2, Vol. 11.

ETKB. (2010). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İle Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri. Ankara.

Fang L. L., Hong Y. (1999). Switched İnductor Two-Quadrant DC/DC Converter With Fuzzy Logic Control. Power Electronics and Drive Systems, PEDS '99.Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on, 2:773 – 778.

Gabriele S. H. (1998). Optimization of Hybrid Energy Systems Sizing and Operation Control. Ph.Thesis, University of Kassel, Germany.

Gençoğlu M. T., (2005). İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu. III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi.

Goven, T. (2001). Energy Efficient Lighting of Indoor Workplaces. International Lighting Congress, İstanbul, 12-14 September

Güçlü S. (2009). Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüs Çevre Aydınlatma Elektrik Enerjisinin; Güneş Enerjisi ile Sağlanması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Jain S., Agarwal V. (2007). Comparison Of The Performance Of Maximum Power Point Tracking Schemes Applied To Single-Stage Grid-Connected Photovoltaic Systems. Electric Power Applications, IET, 1(5):753 – 762.

Kaya D. (2006). Renewable energy policies in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews,10: 152-155.

Keçel S. (2007). Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri İle Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kellogg W. D., Nehrir M. H., Venkataramanan G., Gerez V. (1998). Generation Unitsizingcostanalysis For Stand-Alone Wind, Photovoltaic, And Hybrid Wind/Pv Systems. IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 13, No. 1.

Koca N. (2006). Konutlarda Hibrit enerji Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Kocabey S. (1999). Dahili Ortamlarda Aydınlık Seviyesinin Kontrolü ile Enerji Tasarrufunun Sağlanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kocabey S. (2008). İç Hacimlerde Aydınlık Düzeyi Dağılımının Bulunması Ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kocaman B. (2003). Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri. Birsen Yayınevi, İstanbul, 177-180.

Koizumi H., Mizuno T., Kaito T., Noda Y., Goshima N., Kawasaki M., Nagasaka K., Kurokawa K. (2006). A Novel Microcontroller for Grid-Connected Photovoltaic Systems Industrial Electronics. IEEE Transactions on.

Köse G. (2010). Hibrit (Güneş +Rüzgar) Enerji Sisteminden Elektrik Üretimi: Kütahya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Lu L. (2004). Investigation On Characteristics and Application of Hybrid Solar-Wind Power Generation Systems. The Hong Kong Polytechnic University, 2004

Luque, A. and Hegedus, S. (2002). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. John Wiley and Sons, USA.

Mergen, A.F. ve Zorlu, S. (2005). Elektrik Makineleri 2 Asenkron Makineler. Birsen Yayınevi.

Muralikrishna M., Lakshminarayana V. (2008). Hybrıd (Solar and Wind) Energy Systems for Rural Electrıficatıon. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 3, No. 5.

Nayar, C.V., Islam S.M., Sharma H. (2001). Power Electronics For Renewable Energy Sources. Power Electronics Handbook, Rashid, M. H., Academic Press Series in Engineering, USA, 562-571.

Onaygil, S., Güler, Ö. (2003). Determimation of the Energy Saving by Daylight Responsive Lighting Control Systems with an Example from Istanbul. Building and Environment, Vol 38

Özgener Ö. (2002). DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. Cilt:4, Sayı:3, sh. 159-173.

Özkop E., Altaş İ.H., Sharaf A.M. (2008). Rüzgar/Fotovoltaik Karma Sisteminden Beslenen DA Yükler için Üç Çevrim Destekli PID Denetleyici. Eleco'2008 Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı Bildirileri.

Özsoy M. F. (2011). Hibrit Rüzgar-Güneş Enerji Üretim Sistemi İle Bir Elektrik Laboratuarının Genel Aydınlatma Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon

Palaz B. S. (2006). Bulanık Mantık Denetimli Simetrik Konvertör Tasarımı Ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Patel, MR. (1999). Wind and Solar Power Systems. CRC Press, 35-41, 85-86, 93-98 Washington.

Rubinstein, F., Siminovitch, M., Verderber, R. (1990). 50% Energy Savings with Automatic Controls. IEEE

Sağlam Ş., (2006). Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Aydınlatma Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü. Doktora, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sülün M. (2007). Rüzgâr Enerjisi. Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir

Tasi-Fu Wu (1998). Modeling PWM DC/DC Converters Out of Basic Converter Units. IEEE, 3:5

Toylan H., (2008). Laboratuar İç Aydınlatmasının PLC ve Bilgisayar Yardımı ile Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tuncay N., Gökaşan M., Boğosyan S. (1995). Güç Elektroniği. Literatür Yayınları,172-211.

Tümer P. (2001). Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinde Kullanılacak Verilerin Yapay Bulanık Mantık ile Belirlenmesi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran

Wang C., Wang L., Shi L., Ni Y. (2007). A Surveyon Wind Power Technologies İn Power Systems. IEEE Power Engineering Society General Meeting 2007, Tampa, FL, USA, 24-28 June.

Wang L., Singh C. (2006). PSO-Basedmultidisciplinarydesign Of A Hybrid Power Generation System With Statistical Models Of Wind Speed And Solar İnsolation. International Power Electronics, Drivesand Energy Systems, PEDES'06, 12-15 Dec.

Yanıktepe B., Özalp C., Savrun M. M., Köroğlu T., Cebeci Ç. (2011). Rüzgar-Güneş Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ.

Yaow-Ming C., Hsu-Chin W. (2001). Determination Of The Solar Cell Panel İnstallation Angle. 4th IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, (2): 549 – 554.

6.1 İnternet Kaynakları **Erişim Tarihi**

1- http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=ruzgar&bn=231&hn=&nm=384&id=40696 08.05.2012

2- http://www.eie.gov.tr/turkce/yek/gunes/tgunes.html 09.07.2012

3- http://www.aydinlatmax.com/BLOG/turkiye-gunes-enerjisi-atlasi.htm 17.07.2012

4- http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/gepa/AFYON-GEPA.pdf 12.07.2012

5- http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/pvilke.html 12.07.2012

6- http://www.derinmarin.com/Derin-Marin-Urunler-Gunes-Pili-Gunes-Pilinin-Yapisi.htm 14.07.2012

7- http://www.yesildoga.com.tr/?Page=PageInclude&Id=934 05.06.1012

8- http://www.unienerji.com/?p=186 05.06.2012

9- http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010241 25.07.2012

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil Harun OĞUZ

Doğum Yeri ve Tarihi : İçel 26.06.1986

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : 0535 855 13 99 halilharunoguz@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Tarsus Endüstri Meslek ve Teknik Lisesi, 2004

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 2008

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Tarsus Ticaret ve Sanayi Endüstri Meslek Lisesi 2008-2009 eğitim dönemi.

Afyon Kocatepe Üniversitesi 2009-2010 eğitim dönemi.

Yayınları (SCI ve diğer) :

Oğuz Y., Oğuz H., Yabanova İ., Oguz E., Kırkbaş A. (2012). Efficiency Analysis of Isolated Wind-Photovoltaic Hybrid Power System with Battery Storage for Laboratory General Illumination for Education Purposes. Internatıonal Journal of Renewable Energy Research, Vol.2, No.3.

Çimen H., Oguz E., Oğuz Y., Oğuz H. (2012). Power Flow Control of Isolated Wind-Solar Power Generation System for Educational Purposes. Australasian Universities Power Engineering Conference, P099, Bali, Endonezya, 26-29 Eylül.