

**T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ İÇİN
AKILLI ŞARJ KONTROL ÜNİTESİ TASARIMI**

Muharrem ATASORKUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2015

TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Muharrem ATASORKUN tarafından hazırlanan ve Doç. Dr. Veli TÜRKMENOĞLU danışmanlığında yürütülen "Rüzgar ve Güneş Enerjisi İçin Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi Tasarımı" adlı bu tez, jürimiz tarafından 26/03/2015 tarihinde oy birliği ile Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Veli TÜRKMENOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Tahsin TONKAZ

Üye : Doç. Dr. Veli TÜRKMENOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ünal KURT

İmza :

İmza :

İmza :

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 17/04/2015 tarih ve 2015/169 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

20/04/2015

Enstitü Müdürü
(Ünvanı, Adı Soyadı)
Prof. Dr. Mehmet Fikret BALTA

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası : TF-1421

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Muharrem ATASORKUN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ İÇİN AKILLI ŞARJ KONTROL ÜNİTESİ TASARIMI

Muharrem ATASORKUN

Ordu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, 2015
Yüksek Lisans Tezi, 65s.

Danışman: Doç. Dr. Veli TÜRKMENÖĞLU

Bu araştırmada, bir internet sitesi vasıtası ile dünyanın her izlenebilen rüzgar türbini ve güneş paneli için akıllı şarj kontrol sistemi tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan sistem rüzgar türbininden ve güneş panelinden aldığı enerji ile akü grubunu şarj ederken, aynı akü grubundan bir inverter vasıtası ile yüke enerji sağlanmaktadır. Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi bir mikrodenetleyici vasıtası ile ve PWM (Darbe Genişliği Modülasyonu) tekniği ile çalışmaktadır. Sistem akülerin gerilim ve sıcaklık bilgilerini, şarj ve yük akım bilgilerini rüzgar türbini ve güneş paneli gerilim değerlerini bir LCD ekranda gösterdiği gibi bir internet sitesi üzerinden de dünyanın her yerinden ulaşılabilir. Sitede bu değerlerin analiz ve grafikleri bulunmakta, panel ve türbin kameralar vasıtası ile izlenebilmektedir. İstenilen bir zamanda veya acil durumda istenilen yere kısa mesaj gönderebilmekte, aynı zamanda sistemi durdurabilmektedir. Burada amaçlanan şey rüzgarlı ve güneşli havalarda bataryalar vasıtası ile enerjiyi depolamak, dolayısı ile rüzgarsız ve güneşsiz havalarda depolanan bu enerjiyi elektrik şebekesi olmayan kırsal kesimlerde çeşitli amaçlar için kullanmaktır. Tasarlanan sistem ile kesikli ve kararsız olan rüzgar ve güneş enerjisinin şebekeye yada yüke zarar vermeyen kararlı bir şekilde kullanılması amaçlanmış ve bu gerçekleştirilmiştir.

Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi kartı, mikrodenetleyici yazılımı, tüm bilgisayar yazılımları bu tez projesi için geliştirilmiş ve özgündür.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Hibrit Enerji, Akıllı Şarj Kontrol, PWM Kontrol,

ABSTRACT

DESIGN OF SMART CHARGE CONTROL UNIT FOR WIND AND SOLAR ENERGY

Muharrem ATASORKUN

University of Ordu
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Renewable Energy, 2015
MSc. Thesis, 65p.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veli TÜRKMENOĞLU

In this research, a design of intelligent charge control system for solar panel and wind turbine which are accessible all over the world through internet. While this design of system charging the battery pack with the energy acquired from solar panels and wind turbines, energy taken from this battery pack is supplied into the load through an inverter. Smart Charge Control Unit for Wind and Solar Energy works through a microcontroller and with PWM (Pulse Width Modulation) technique. As far as you can see voltage and temperature data, charging and load current information, wind turbines and solar panels voltages on an LCD screen, at the same time it is also possible to access the system through internet all over the world. The analysis and graphs can be shown on the internet site via panels and turbine cameras. Thus, it is also possible to send SMS in a case of emergency or whenever you want or to stop the system at that time. The basic aim is to store energy through batteries on windy and sunny days, and then to use this stored energy in rural areas in which there is no electric wiring on windless and sunless days. With this design of system, it is aimed to use the intermittent and unstable wind and solar energy without damaging the network or in a stable manner that does not damage the load and this aim was able to carried out.

Smart charge control unit for wind and solar energy electronic circuit board, microcontroller software, and all computer software developed for this thesis project and they are unique.

Key Words: Renewable Energy, Hybrid Energy, Smart Charge Control, PWM Control,

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamn seiminde, yrtlmesinde, sonulandırılmasında ve sonularının değerlendirilmesinde bilgi ve deneyimleriyle desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Veli TÜRK MENOĞLU'na teşekkür ederim.

Araőtirmamn her aşamasında yardımlarını esirgemeyen çok değerli arkadaőlarım Asım KALYONCUOĞLU'na ve Devrim KARAVELİOĞLU'na en içten teőekkürlerimi sunarım.

Tez alıőması süresince verdiği destek, gösterdiği sabır ve anlayıőtan ötürü değerli eőim İmran ATASORKUN'a, kızım Zeynep'e ve oğlum Selim Emre'ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| TEZ BİLDİRİMİ | I |
| ÖZET | II |
| ABSTRACT | III |
| TEŞEKKÜR | IV |
| İÇİNDEKİLER | V |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | VIII |
| ÇİZELGELER LİSTESİ | X |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | XI |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve GENEL BİLGİLER | 3 |
| 2.1 Önceki Çalışmalar | 3 |
| 2.2 Genel Bilgiler | 13 |
| 2.2.1 Güneş Enerjisi | 13 |
| 2.2.1.1. PV Hücresi Gerilim, Akım Teorisi | 14 |
| 2.2.2. Rüzgar | 15 |
| 2.2.2.1. Rüzgar Hız Hesabı | 15 |
| 2.2.2.2. Rüzgar Türbinleri | 16 |
| - Yatay Eksenli Sistemler | 16 |
| - Türbin Bileşenleri | 17 |
| - Nacelle | 17 |
| - Kanatlar | 17 |
| - Kanatların Bağlantı Noktası | 18 |
| - Düşük Hız Şaftı | 18 |
| - Dişli Kutusu | 18 |
| - Mekanik Frenli Yüksek Hız Şaftı | 18 |
| - Jeneratör | 18 |
| - Elektronik Kontrolör | 18 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| - | Hidrolik Sistem | 18 |
| - | Soğutma Birimi Fanı | 18 |
| - | Kule | 19 |
| - | Rota Mekanizması | 19 |
| - | Anemometre ve Rüzgar Vanası | 19 |
| - | Düşey Eksenli Sistemler | 19 |
| 2.2.3. | Aküler | 20 |
| 2.2.3.1. | Akü Çeşitleri | 20 |
| - | Sulu Aküler | 20 |
| - | Kuru Aküler | 21 |
| - | AGM (Absorption Glass Mat) Aküler | 21 |
| - | JEL Akü | 21 |
| 2.2.3.2. | Akü Şarj Yöntemleri | 21 |
| - | Sabit Akımla Şarj | 22 |
| - | Sabit Gerilimle Şarj | 22 |
| - | Sabit Akım ve Sabit Gerilimle Şarj | 22 |
| 3. | MATERYAL ve YÖNTEM | 23 |
| 3.1. | Materyal | 23 |
| 3.2. | Yöntem | 28 |
| 3.2.1. | Elektronik Devreler ve Üniteler | 30 |
| 3.2.1.1. | Akım Ölçme Devreleri | 32 |
| 3.2.1.2. | Gerilim Ölçme Devresi | 33 |
| 3.2.1.3. | Seri Port Bilgisayar Haberleşme Devresi | 34 |
| 3.2.1.4. | Akü Sıcaklık Ölçme Devresi | 35 |
| 3.2.1.5. | Acil Durum Röle Sürücü Devresi | 35 |
| 3.2.1.6. | PWM Devresi | 37 |
| 3.2.1.7. | Algoritmik Akış Şeması | 38 |
| 3.2.1.8. | Mikrodenetleyici Programı | 39 |
| 4. | BULGULAR ve TARTIŞMA | 45 |

| | | |
|------|--------------------------------|----|
| 4.1. | Bulgular | 45 |
| 4.2. | Tartışma | 56 |
| 5. | SONUÇ ve ÖNERİLER | 58 |
| 6. | KAYNAKLAR | 61 |
| | ÖZGEÇMİŞ | 65 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| <u>Şekil No</u> | | <u>Sayfa</u> |
|-----------------|---|--------------|
| Şekil 2.1. | Web üzerinden izlenen PV sisteminin genel şeması | 10 |
| Şekil 2.2. | PV Hücresinin eşdeğer devresi | 14 |
| Şekil 2.3. | Basit bir rüzgar türbini iç yapısı | 17 |
| Şekil 2.4. | Darrieus tipi rüzgar türbinine bir örnek | 19 |
| Şekil 2.5. | Bir akünün iç yapısı | 20 |
| Şekil 3.1. | Monokristal güneş paneli | 23 |
| Şekil 3.2. | Rüzgar türbini | 24 |
| Şekil 3.3. | Tam sinüs inverter | 25 |
| Şekil 3.4. | ACS758 LCB100B hall-effect akım sensörü | 26 |
| Şekil 3.5. | Dump load direnci | 26 |
| Şekil 3.6. | Tasarlanan sistemde kullanılan jel aküler | 27 |
| Şekil 3.7. | 18F452 Mikrodenetleyicisinin bacak bağlantısı | 28 |
| Şekil 3.8. | Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi blok şeması | 29 |
| Şekil 3.9. | Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi | 30 |
| Şekil 3.10. | Elektronik devre şeması | 30 |
| Şekil 3.11. | Elektronik kontrol devresi baskı devre şeması | 31 |
| Şekil 3.12. | Sistem kontrol ünitesi | 31 |
| Şekil 3.13. | Sistem şarj ünitesi | 32 |
| Şekil 3.14. | Yük akımı ölçme devresi şeması | 32 |
| Şekil 3.15. | Şarj akımı ölçme devresi şeması | 33 |
| Şekil 3.16. | Gerilim ölçme devresi şeması | 34 |
| Şekil 3.17. | RS232 seri port haberleşme devresi şeması | 34 |
| Şekil 3.18. | Akülerin sıcaklıklarını ölçen devre şeması | 35 |
| Şekil 3.19. | Acil durum durdurma devresi açık şeması | 36 |
| Şekil 3.20. | Acil durum durdurma devresi baskı devre şeması | 36 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Şekil 3.21. | Acil durum LCD mesajı | 37 |
| Şekil 3.22. | PWM devre şeması | 37 |
| Şekil 3.23. | Tasarlanan sistemin algoritmik akış şeması | 38 |
| Şekil 4.1. | Acil durum kısa mesajı | 45 |
| Şekil 4.2. | Acil durumda masaüstü programı | 46 |
| Şekil 4.3. | Normal durumda masaüstü programı | 47 |
| Şekil 4.4. | Masaüstü programı üzerinde gösterilen kamera görüntüsü | 47 |
| Şekil 4.5. | Giriş ekranı | 48 |
| Şekil 4.6. | Web görüntüleyicisi | 48 |
| Şekil 4.7. | Web görüntüleyicisi üzerinde grafik ekran | 49 |
| Şekil 4.8. | Panel ve türbin gerilim grafiği | 49 |
| Şekil 4.9. | Yük ve şarj akım grafiği | 50 |
| Şekil 4.10. | Akü1 ve akü2 gerilim grafiği | 50 |
| Şekil 4.11. | Akü1 ve akü2 sıcaklık grafiği | 51 |
| Şekil 4.12. | Çıkış geriliminin osiloskop görüntüsü | 52 |
| Şekil 4.13. | Dump load devrede değil iken ölçülen akü şarj akımı | 53 |
| Şekil 4.14. | Dump load devrede iken ölçülen akü şarj akımı | 53 |
| Şekil 4.15. | Dump load devrede iken dump load üzerine düşen gerilim | 54 |
| Şekil 4.16. | $R= 0.9$ Ohm direnç için türbin yük eğrisi | 55 |
| Şekil 4.17. | $R= 6.67$ Ohm direnç için türbin yük eğrisi | 55 |
| Şekil 4.18. | $R= 10$ Ohm direnç için türbin yük eğrisi | 56 |

ÇİZELGELER LİSTESİ

| <u>Çizelge No</u> | | <u>Sayfa</u> |
|---------------------|--|--------------|
| Çizelge 2.1. | MGNİ algoritmalarının çeşitli parametrelere göre karşılaştırılması | 8 |
| Çizelge 2.2. | Ordu ili 1954-2013 yılları arasındaki aylık ortalama güneşlenme süresi | 13 |
| Çizelge 2.3. | Voltmetre ile açık devre voltajının ölçülmesi ve şarj yüzdeleri | 22 |
| Çizelge 3.1. | Güneş paneli teknik özellikleri | 23 |
| Çizelge 3.2. | Rüzgar türbini teknik özellikleri | 24 |
| Çizelge 3.3. | İnverter teknik özellikleri | 25 |
| Çizelge 3.4. | Tasarlanan sistemde kullanılan jel akülerin teknik özellikleri | 27 |
| Çizelge 4.1. | Rüzgar türbininden devir sayılarına göre alınan akım değerleri | 51 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------|---|
| I | : Akım |
| A | : Amper |
| V | : Volt |
| Hz | : Hertz |
| P | : Güç |
| W | : Watt |
| MGNİ | : Maksimum Güç Noktası İzleyici |
| MPPT | : Maximum Power Point Tracking |
| SPV | : Solar Photovoltaic |
| CUK | : Boost Cascaded by Buck |
| LCD | : Liquid Crystal Display |
| LED | : Light Emitting Diode |
| PWM | : Pulse Width Modulation(Pals Genişliği Modülasyonu) |
| DC | : Direct Current |
| AC | : Alternative Current |
| P&O | : Perturbation and Observation |
| PV | : Photovoltaic |
| IEC | : International Electrotechnical Commission |
| INC | : Incremental Conductance |
| R_s | : Seri Direnç |

| | | |
|-------------|---|--|
| R_{sh} | : | Şönt Direnç |
| RX | : | Receieve Data |
| TX | : | Transmit Data |
| a | : | İdeallik Faktörü |
| I_{ph} | : | Güneş Hücresi Akımı |
| I_s | : | Diyotun Ters Doyma Akımı |
| K | : | Boltzman Sabiti |
| T | : | Birleşme Sıcaklığı |
| N_s | : | Hücre Sayısı |
| ρ (ro) | : | Havanın yoğunluğu (kg/m ³), (deniz seviyesinde 1.22 kg/m ³ 'tür.) |
| C_p | : | Maksimum Güç Katsayısı |
| Π (pi) | : | 3.1416 |
| H | : | Yükseklik |
| k | : | Pürüzlülük Katsayısı |
| V | : | Rüzgar Hızı (m/s) |
| A | : | Rotorun Süpürdüğü Alan (m ²) |
| D | : | Rotor Çapı (m) |
| MOSFET | : | Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor |
| ICSP | : | In-Circuit Serial Programming |
| FPGA | : | Field Programmable Gate Array |

1. GİRİŞ

Yenilenebilir Enerji deyince akla ilk gelen enerji çeşitleri olan güneş ve rüzgar enerjisi dünyada en bol bulunan ve onlarca avantajları olan yenilenebilir enerji çeşitleridir. Buna rağmen kesikli ve değişken yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisi için depolama en önemli unsurlardan biridir. Birçok depolama yöntemi olmasına rağmen en çok kullanılan yöntem kimyasal bataryalar ile depolamadır. Güneş ve rüzgar var iken üretilen ve depolanan enerji, güneş ve rüzgar olmadığı zamanlarda depo edildiği bataryadan çekilerek, kesikli bir enerji kaynağından sürekli olarak faydalanmamızı sağlayacaktır.

İster rüzgar türbininden, isterse fotovoltaik panellerden gelen DC akımın bir bataryada en optimum düzeyde depolanması, bu sırada bütün gerekli akım ve gerilim değerlerinin, yapılan ‘Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi’ üzerinde bir LCD ekranda gösterilmekte, aynı zamanda bir bilgisayar üzerinde bir program ile analizi yapılmakta, istenilen verilerin grafik ve değerleri bir bilgisayar programı üzerinde gösterilmekte, dünyanın her yerinden ulaşılabilen bir internet sitesi üzerinden kameralar vasıtası ile görüntülü olarak takip edilebilmektedir. Ayrıca tasarlanan sistem acil durumlarda sistemi durdurup istenilen yere kısa mesaj gönderebilmektedir.

‘Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi’ 12-24 voltluk jel bataryalar için tasarlanmıştır. Sistem bataryayı PWM tekniği ve maksimum verim ile şarj ederek aşırı şarj, aşırı deşarj ve yükü aşırı akımdan korumaktadır. Bir LCD ve bilgisayar vasıtası ile anlık olarak bataryaların voltajı ve sıcaklıkları, yük akımı, panel ve türbin gerilimleri ve akımları göstermekte ve internet üzerinden dünyanın her yerinden hem görüntülü hem de uyarı sistemli olarak izlenebilmektedir. Sistemde akü grubu inverter vasıtası ile yüke bağlanmaktadır. Dolayısı ile çok rüzgarlı ve güneşli havalarda üretilen yüksek enerjinin şebekeye bağlı cihazlara vereceği zarardan korumakta, rüzgar ve güneşin az olduğu zamanlarda da yetersiz üretimde bataryayı devreye alarak şebekeye zararsız değişken olmayan enerji verilmesi sağlanmaktadır.

Tasarlanan mikrodenetleyici kontrollü ‘Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi’ düşük maliyetlidir. Ayrıca istendiğinde bir ağa bağlanıp uzaktan

izlenebilir, ulaşım zorluğu ve bakım maliyetleri yüksek olan uygulamalarda enerji depolamak için kullanılabilir. Örneğin şebeke hattı olmayan kırsal kesimlerdeki yayla evleri, baz istasyonu, meteoroloji ve benzeri gözlem merkezlerinde kullanılabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve GENEL BİLGİLER

2.1. Önceki Çalışmalar

Literatürde tez konusunu oluşturan akıllı şarj kontrol sistemine kaynak olabilecek çeşitli kitaplar, doktora tezleri, yüksek lisans tezleri, bildiri ve makalelerden oluşan çalışmalar ve yayınlar mevcuttur:

Pakfiliz (1997), tezinde sızıntıyla doldurma, yüklemeli doldurma, aşırı doldurma ve önleyici doldurma yöntemleri kullanarak akü şarj devresi tasarlamıştır. Çalışmanın asıl amacı akülerin servis ömürlerinin uzatılması olarak belirlenmiştir. Anahtarlamalı olarak tasarlanan sistem 72 Volt, 100 Ah'lik kapalı tip kurşun asit aküler içindir. Tezde yapılan deneysel çalışmalar ve ölçümlerin istenilen sonuçlara ulaştığı belirtilmiştir.

Sarıtaş ve ark. (2002), giriş güç katı, batarya şarjörü, sürücü katı, evirici katı, çıkış güç katı, örnekleme katı, kontrol katı ve 2 adet 12 V kuru akü birimlerinden oluşan 700 VA Kesintisiz Güç Kaynağı tasarlanmış ve sistem yapılmıştır. Darbe genişliği modülasyonu tekniği (PWM) ile çalışan sistemin ön panelinde sistemin çalışması hakkında bilgi veren LED göstergeler mevcuttur. Giriş enerjisi kesildiğinde 15 ile 30 dakika arasında kesintisiz enerji sağlayabildiği iddia edilmektedir.

Haberleşme güç kaynakları için yapılan bir çalışmada kullanılan akümülatör grupları için mikrodenetleyici kontrollü şarj yönetim ünitesi tasarımı yapılmış ve sistem gerçekleştirilmiştir. Akümülatör gruplarının şarj - deşarj durumu, üreticilerin vermiş olduğu şarj - deşarj eğrilerini ve kulometrik ölçümleri kullanarak durum tespiti yapmaya yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara göre sistem, kapasite kestiriminde %3-4'lük bir hassasiyetle ulaşıldığı iddia edilmektedir (Çadircı, 2003).

Buck, boost, buck-boost, ve CUK (boost cascaded by buck) dönüştürücüler, kaskat bağlanabilen DC-DC dönüştürücüler olarak kabul edilir. DC/DC çeviricilerin fotovoltaiik panellere kaskat bağlantılarını inceleyen bir çalışma da Walker ve Sernia, (2004), yapmışlardır. Matlab simülasyonları her topoloji verimliliğini karşılaştırmanın yanı sıra artan maliyet ve yararlarını değerlendirmek için kullanılır.

Buck ve sonra boost dönüştürücüler gösterilen en verimli topolojiler olmakla birlikte belirli bir maliyet ile en iyi uzun dizeleri elde etmek için ve kısa dizeleri artırmak için uygundur. Gerilim aralıkları, buck-boost ve CUK dönüştürücüler için esnek bir etkinlik ya da alternatif maliyet dezavantajı her zaman olmaktadır (Walker ve Sernia, 2004).

Faz kaymalı DC/DC dönüştürücü çalışması yapılmış, 100KHz, 150W gücünde akü şarj devresinin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiş, sonuçları ve bilgisayar benzetim sonuçları sunulmuştur. Ayrıca bu çalışmada anahtarlama kayıpları, sert ve yumuşak anahtarlama yapan rezonans topolojileri incelenmiştir (Gök, 2005).

Maksimum güç izleyici solar fotovoltaik (SPV) modülünden maksimum güç çekebilmek için kullanılır. Bu çalışma, bir rezistif yüke bağlı SPV modülü için bir maksimum güç noktası izleyiciyi (MPPT) gerçekleştirir. MPPT algoritması kontrol etmek için kişisel bilgisayar kullanılır. Güç izleyici laboratuvarında başarıyla geliştirilmiş ve test edilmiştir (Chaudhari, 2005).

Elias ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada Li-ion serisi pilleri şarj etmek için pil şarj gelişimi sunmuşlardır. Bu çalışma Li-ion pil şarjı için temel kavramlar olan şarj yöntemi, hücre dengeleme, şarj kontrol, izleme, güvenlik korumasının yanı sıra tasarım kısıtlamalarını irdelemektedir. Çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar da sunulmuştur.

Küçük ölçekli çift modül fotovoltaik (PV) sistemleri için geliştirilmiş maksimum güç noktası takibi (MPPT) kontrol yöntemi bu çalışmada sunulmuştur. Bu yöntemle, her modülün gerilim ve anlık bilgileri paylaşılarak ve gücünün ölçülmesine gerek olmadan maksimum güç noktası (MPP) tespiti için kullanılır (Park, 2006).

Xiao ve ark. (2006), bir çalışmalarında fotovoltaik güç sistemleri genellikle mümkün olan maksimum güç sağlamak için bazı özel kontrol algoritmaları ile entegre edilmiştir. MPPT sisteminde fotovoltaik dizinin maksimum güç noktasını doğrudan ziyade deneme yanılma aktif çalışmasını kullanarak belirlemek için ideal bir çalışmadır. Bu da maksimum güç noktası çevresinde istenmeyen osilasyona neden olmaktadır. Bir PV hücresinin çıkış özellikleri zaman zaman parlaklık ve sıcaklık ortam değişiklikleri ile farklılık gösterdiğinden, gerçek zamanlı işletim PV elektrik sistemleri yerel maksimum güç noktalarının varyasyonlarını izlemek için gereklidir.

Bu çalışmada önerilen gerçek zamanlı kestirim yöntemi, optimum işletme noktasının gerilimini belirlemek için yinelemeli en küçük kareler yöntemi ve Newton-Raphson yöntemi PV panellerin güç gerilim ilişkilerini göstermek için polinomları kullanır ve uygular. Önerilen yöntemlerin etkinliği, bilgisayar simülasyonları ve başlıca iki tip PV panellerin deneysel değerlendirmeleri vasıtasıyla başarıyla ile gösterilmiştir. Bu iki tip kristal, silikon ve bakır-indiyum-diselenide ince filmidir.

Xiao ve ark. (2007), yaptıkları başka bir çalışmada ise fotovoltaik güç sistemlerinde, fotovoltaik modüller ve karakteristik, ve doğrusal olmayan anahtarlamalı çeviriciler için çok zor bir kontrol problemi üzerinde durmuşlardır. Bu çalışma fotovoltaik güç sisteminin özelliklerinin gelişimi için derin, ayrıntılı bir analiz ve modelleme sunar. Bu çalışma fotovoltaik voltaj regülasyonu için gerekli olan kararlı bir kontrol sistemi tasarımı için Youla parametrelemesinin kullanımını sunar. Deneysel ve simülasyon sonuçları sunulan analiz, tasarım ve uygulamanın etkinliğini gösterir.

Ait Cheikh ve ark. (2007), yaptığı bir çalışma değişken ışınım ve sıcaklık değerleri altındaki bir fotovoltaik sistemin maksimum güç noktasını izlemesi (MPPT) için akıllı bir kontrol metodu önerisidir. Bu metod bir DC-DC konvertör cihazına bulanık mantık kontrolcüsü uygulanarak kullanılır. Bu kontrolör tasarımının farklı adımları simülasyonu ile birlikte sunulmaktadır. Bu simülasyonun sonuçları Perturbation and Observation (P&O) kontrolörü tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma bulanık mantık kontrolörünün çok daha iyi bir davranış sergilediğini gösterir.

Üstündağ ve Gedikpınar (2008), kesintisiz güç kaynakları incelemiş ve bir adet off-line yapıda kesintisiz güç kaynağı tasarlamıştır. Bir mikrokontrolör yardımıyla anahtarlama süresini azaltmaya yönelik yapılan ve beklenen özelliklere sahip olan sistem doğrultucu katı, akü grubu, DC-DC dönüştürücü, evirici katı, geçiş anahtarları ve mikrodenetleyici devresinden oluşmaktadır. Bu çalışmada kesintisiz güç kaynaklarının anahtarlama süresinin iyileştirilme sağlandığı iddia edilmektedir.

Ata ve Çetin (2008), Celal Bayar Üniversitesi, Kırkağaç Meslek Yüksekokulu Yerleşkesi'nde düşük güçlü bir rüzgar türbini kurmuşlardır. Bu türbinin kapasitesi 3kWh olup şebekeden bağımsızdır. 15 metre yüksekliğinde kurulan rüzgar türbinini

üç kanatlı, daimi mıknatıslı ve değişken hızlı bir rüzgar türbinidir. Sistem yarı otomatik olarak kumanda elamanları aracılığı ile çalıştırılmaktadır.

Güneş enerjisinden elde edilen enerjiyi daha verimli bir şekilde elektrik enerjisine çevirmek için yapılan mikrodenetleyici kontrollü bir DA/DA yükselten dönüştürücü çalışması da Demirtaş ve ark. (2008), tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sistemin çalışması için gerekli anahtarlama sinyalleri PWM (Power With Modulation) tekniğiyle mikrodenetleyici tarafından üretilmektedir. Dönüştürücünün girişindeki akım ve gerilim bilgileri mikrodenetleyici tarafından okunarak sistemin gücü hesaplanmakta dolayısı ile çıkış gücünün sürekli olarak en maksimum olması için giriş geriliminin değişimine bağlı olarak dönüştürücünün PWM sinyalinin, anahtarlama yaparak çıkışta her zaman maksimum gücü elde edecek bir sistem tasarlanmıştır. Demirtaş ve ark. (2008), sonuç olarak dönüştürücü çıkışındaki DC gerilim üzerinde bulunan dalgalanma IEC 61204 standardına uygun olduğu, normal çalışmaya göre % 36 daha verimli çalıştığı ve yükselten dönüştürücünün veriminin %92 olduğu deneysel çalışmalar sonucunda tespit edildiğini iddia etmişlerdir.

Elektrikli Araçlar için Lityum-Polimer bataryanın şehir şebekesinden şarj edilebilmesi için bir şarj cihazı dizaynı ve simülasyonu çalışması Kayıklı ve Balıkçı (2008), tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun için PSIM programında alçaltıcı çevirici ve batarya modeli hazırlanmış ve programdaki Embedded Software Block üzerinde koşturulan algoritma ile sistemin denetimi yapılmıştır. Bu çalışmada şebekeden çekilen akım gerilim, güç katsayısı gibi veriler grafikleriyle birlikte analiz edilmiştir.

Kıncay ve ark. (2009), derleme makalesinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Birleşme Eğilimi ele alınmıştır. Bu çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarının tek tek kullanımdan ziyade birleştirilmiş hibrid sistemlerde daha verimli olduğu savunulmuştur. Kıncay ve ark. (2009), yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamının, kurulduğu yerin iklim koşullarını da dikkate alarak birlikte optimum olarak kullanılmasını ve enerji ihtiyaçların tümünü karşılamayı hedefleyen birleştirilmiş yenilenebilir enerji sistemi kurulumuna yönelik çalışmalara adım adım yaklaşılmakta olduğunu belirtmişlerdir.

Düşük güçlü rüzgar türbinleri için yapılan çalışmalardan biri de Ertike ve ark. (2009), bir çalışması olan maksimum güç noktasını izleyen bir akü şarj sistemidir. Sistemin maliyetini düşük tutup verimi yükseltmek için güç elektroniği devrelerinin hız sensörü kullanmadan maksimum güç noktası izleme yöntemi sunulmuştur. Bu çalışmada modellenmesi yapılan türbin düşük güçlü rüzgar türbinlerinin geniş bir hız aralığında hız sensörü olmadan en yüksek gücü elde etmek için önerilen yöntem verilmiş ve sonuçları sunulmuştur.

Divya ve Østergaard (2009), yaptıkları çalışmada güç sistemi ağına yenilenebilir kaynaklardan (özellikle rüzgar enerjisi) kullanımı ve oranı son yıllarda giderek artmakta olduğunu bunun bir sonucu olarak güvenilir ve tatmin ediciliği konusunda ciddi endişeler bulunmakta olduğunu belirtmişlerdir. Önerilen çözümlerden biri bu sistemlerin güvenilirliğini ve performansını artırmak için güç sistemi ağına enerji depolama cihazları entegre etmek. Ayrıca, mevcut serbest piyasada bu depolama aygıtları, rüzgar çiftliği sahiplerinin kar marjlarını artırması için ve hatta arbitraj sağlamaları için kullanılabilir. Bu çalışma pil enerji depolama teknolojisi ve ekonomik menfaatlerini ve güç sistemi işlemleri üzerindeki etkisini değerlendiren yöntemleri ve bugünkü durumunu tartışmaktadır. Son olarak, çalışma güç sistemi uygulamaları bağlamında pil teknolojileri ve elektrik hibrid araçları için gelecekteki olası bir görünümünü vermektedir.

Chen ve ark. (2009), yaptıkları bir çalışmada sabit uygulamalar için elektrik enerjisi depolama teknolojileri gözden geçirilmektedir. Özellikle pompalanmış hidroelektrik depolama, sıkıştırılmış hava enerjisi depolama, volan, akım depolama, yakıt hücresi, termal enerji depolama, süper iletken manyetik enerji depolama, kapasitör/süper kapasitör, incelenmektedir. Teknik özellikleri, uygulamalar ve dağıtım durumu açısından bu teknolojiler arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Onat ve Ersöz (2009), yaptıkları bir çalışmada Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılmasını yapmışlardır. Bu çalışmada, MGNİ algoritmalarının genel sınıflandırması, hata ve gözlem, sabit akım ve gerilim, artan iletkenlik ve parazit kapasite algoritmalarının çalışma prensipleri tanımlamaları verilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar sonucu ortaya konulan verim aralıkları ve diğer karşılaştırma kriterleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. MGNİ algoritmalarının çeşitli parametrelere göre karşılaştırılması (Onat ve Ersöz, 2009)

| Karşılaştırma Parametreleri | MGNİ ALGORİTMALARI | | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|
| | Hata Gözlem | Sabit Gerilim | Artan İletkenlik | Parazit Kapasite |
| Verim | 81,5 - 85 | 88 – 89,9 | 73 - 85 | 99,8 |
| Panele Bağımlı Çalışma | Hayır | Evet | Hayır | Hayır |
| MGN'nin Tam Olarak Tespiti | Evet | Hayır | Evet | Evet |
| Analog veya Dijital Kontrol | Her ikisi | Her ikisi | Dijital | Analog |
| Periyodik Ayar Gereksinimi | Hayır | Evet | Hayır | Hayır |
| Yaklaşma hızı | Değişken | Orta | Değişken | Hızlı |
| Uygulama Karmaşıklığı | Düşük | Düşük | Orta | Düşük |
| Algılanan Büyüklükler | Gerilim Akım | Gerilim | Gerilim Akım | Gerilim Akım |

Tutuş (2010), yaptığı çalışmada hızla gelişen endüstride enerji depolama sistemlerini incelemiş, enerji depolama sistemlerinin sınıflandırılmasını yapmış ve enerji depolama sistemlerinin yalnızca teknik gereklilik olmadığını, mali açıdan da gerekli olduğunu savunmuştur.

Özermiş (2010), doğrultmaç, transistör ve potansiyometrelerden oluşan kurşun asit akülerin en verimli şarj eden bir şarj devresi çalışması yapmıştır. Diğer şarj devrelerinden farkı potansiyometrelerin ayarlanması ile istenilen çıkış elde edilerek şarj işlemi yapılır. Çalışmada akülerin kimyasallardan oluştuğu için akülerin sabit akım ve gerilim değerleri ile şarj olmaması gerektiğini belirterek tasarlanan devre ile akım ve gerilim değerlerini görerek doğru şarjı yapma imkanı bulunduğu savunulmaktadır.

Li ve ark. (2010), makalede taşınabilir uygulamalar için akıllı ve basit PV şarj devresi sunulmuştur. Bu devre sistem yapısını basitleştirmek için çeşitli analog çiplerden oluşmaktadır. PV dizisinin ve lityum pilin taleplerini karşılamak için üç mod şarj çözümü kullanılır. Bunlar maksimum güç noktası takibi (MPPT) modu,

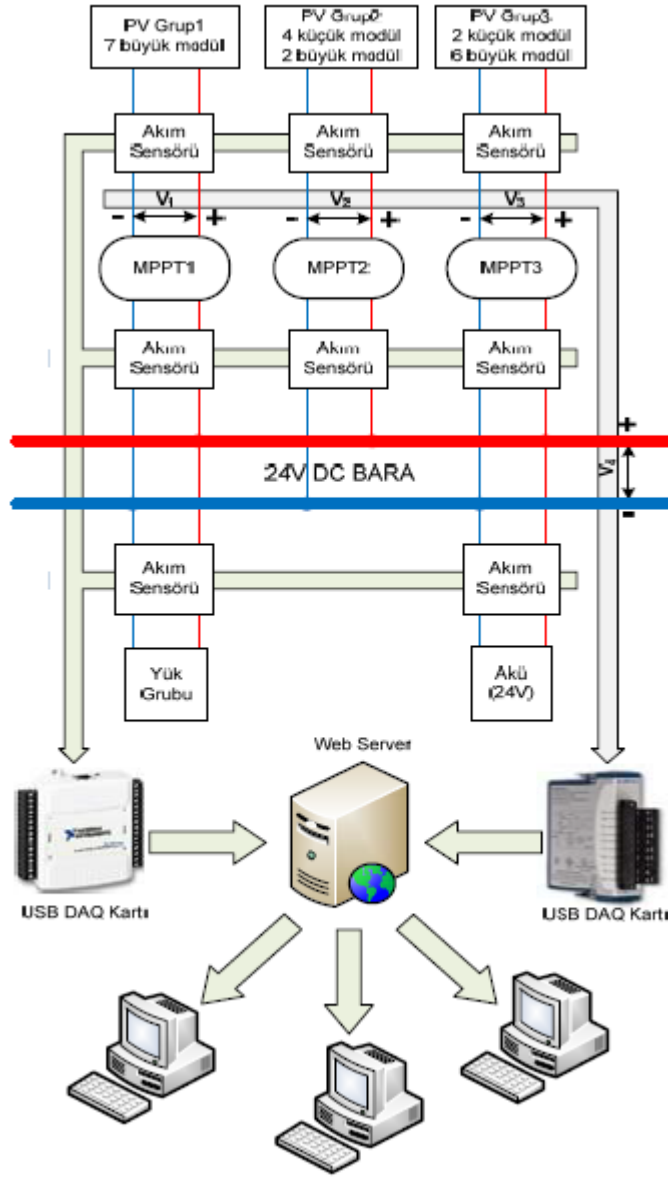
sabit voltaj modu ve akım sınırlama modudur. Uygun şarj modu PV dizinin kullanımını artırmak için ve pili korumak için akıllı anahtar tarafından otomatik olarak seçilebilir. Sonuç olarak, 60 W'lık bir prototip yapıp, önerilen çözümün etkinliğini doğrulamak için test edilmiştir.

Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi neredeyse maksimum seviyeye çıkmıştır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları çevre ve iklim koşullarına bağlı oldukları için, kesikli ve kararsız çalışma özelliği sonucunda oluşan sorunların hibrit sistemler ile giderilebildiği bilinmektedir. İşte tam bu noktada depolama ünitesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Erdinç ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada hibrit yenilenebilir ve alternatif enerji sistemlerinde kullanılan farklı enerji depolama yaklaşımlarını irdelemişlerdir.

Akın (2011), yaptığı bir çalışmada literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak tek fazdan alınacak maksimum güç ile hızlı ve yüksek verimli Li-ion akü şarj simülasyonu yapılmıştır. Bunun için güç faktörü düzeltmeli dual boost dönüştürücünün simülasyonu yapılmıştır. Tasarlanan dönüştürücü şebekeyi kirletmeyen, maksimum verimde, hızlı ve güvenilir olduğu ileri sürülmektedir. Sonuç olarak verim ve harmonik bozulma açısından dual boost dönüştürücü %98,4 verim ve %3,45 harmonik bozulma değerleri elde edildiği iddia edilmektedir.

Fotovoltaik panellerin web üzerinden takip edilmesini sağlayan bir çalışma da Öztürk ve ark. (2011), yapılan PV Panellerinin Web Üzerinden Labview Tabanlı Kontrolü ve İzlenmesi İçin Kullanıcı Arayüzü Tasarımı çalışmasıdır. Sistem PV panel, akü, yük ve Azami Güç Noktası İzleyicilerden (MPPT) oluşmaktadır. Labview tabanlı web kullanıcı arayüzü ile ölçülen akım ve gerilim değerleri bir internet sitesi vasıtası ile takip edilebilmekte ve PV sisteminin değişik güçlerdeki yüklere cevabı incelenebilmektedir.

Web üzerinden izlenen PV sisteminin genel şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Sistemdeki PV dizisi birbirinden bağımsız üç gruptan oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Web üzerinden izlenen PV sisteminin genel şeması (Öztürk ve ark. 2011).

LabVIEW ve MATLAB/Simulink programları kullanılarak tasarlanan maksimum güç noktasını takip edebilen bir fotovoltaik sistem simülatörü çalışması da Altın ve Yıldırımoglu (2011), tarafından yapılmıştır. Çalışmada bahsi geçen sistem fotovoltaik panel, DC/DC artıran dönüştürücü ve maksimum güç noktasını izleme algoritmasından oluşmaktadır. Labview programında modellenen sistemin önemli özelliklerinden biri de fotovoltaik panel için ticari panel üreticilerinin verdiği parametrelerin girilmesi yeterlidir. Bu çalışmada katalog verileri girilerek

modellendiği belirtilen fotovoltaiik panelin çeşitli ışınım ve sıcaklık değerlerinde maksimum gúc noktasını izleme yazılımı ile birlikte çalışması test edilmiş, akım-gerilim ve gúc-gerilim grafikleri çizdirilmiştir.

Gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar ile birlikte elektrikli araçların daha da yayılması bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunları ve çözüm önerilerini inceleye bir çalışma da şen ve ark. (2011), tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada elektrikli araçların dağıtım sistemlerine etkileri, faz dengesizliği, gúc kalitesi sorunları, transformatörler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

İçerisinde şarj birimi olan 400 W gücünde senkron jeneratörlü rüzgar türbini, akü birimi ve PWM inverterden oluşan düşük güçlü bir rüzgar enerjisi sistemi Toprak ve Akkaya (2011), tarafından tasarlanmıştır. Rüzgar türbininden elde edilen DC gücü AC'ye dönüştürmek için tek fazlı köprü tipi gerilim beslemeli bir inverter kullanılmıştır. Mikrodenetleyici (PIC 16F877) tarafından üretilen sinüsoidal darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniği ile kontrol edilen bir inverter kullanılmıştır. MATLAB simulink ortamında simülasyonu yapıldığı ve sonuçlarının uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Maksimum gúc noktasının izlenmesi fotovoltaiik (PV) gúc sistemlerinde önemli bir rol oynar. Çünkü fotovoltaiik (PV) panel sisteminden çıkan çıkış gücünü maksimize eder. Bu alışmalar Perturbation and Observation (P & O) ve artırımılı iletkenlik (INC)) isimli kontrol stratejileri ile bulanık mantık dijital kontrol arasında kıyaslama imkanı verir. özüm olarak fuzzy kontrolörünün talimatı ile her ne kadar sistemin parametrik varyasyonu çok olsa da maksimum gúc noktası takibinde çok iyi performans verir (Bouchafaa ve ark., 2011).

Maksimum gúc noktası ile ilgili bir çalışma da Takun ve ark. (2011), yapmışlardır. Bu alışma fotovoltaiik (PV) bir sistem için maksimum gúc noktası takibi (MPPT) yapan bir çeşit bulanık mantık kontrolü ileri sürmektedir. Önerilen teknik MPPT akım komutlarındaki artırımılı akım büyüklüğünü kullanan özel bir bulanık mantık metodu kullanır. Sonuç olarak çalışmada, önerilen algoritmanın maksimum gúc noktasına yaklaşma zamanı geleneksel Perturb ve Observation (P&O) tekniğinden daha iyi olduğu iddia edilmektedir.

Bu çalışma bir güneş fotovoltaik dizinin maksimum güç noktasını izlemek için yeni bir yaklaşımın FPGA (Field Programmable Gate Array - Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri) uygulanmasını önermektedir. Yaklaşım maksimum güç noktasını izlemek için Kalman filtresi algoritmasını kullanır. Bu yaklaşım ile maksimum güç noktasını izleme, ani hava değişiklikleri durumunda jenerik Perturb & Observe algoritmasını kullanarak çok daha hızlı olur. Deney hem optimal koşullar altında hem de ışık şiddeti düzeylerinin düştüğü yani bulutlu bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Önerilen tekniğin bir güneş PV dizinin maksimum güç noktasını kullanarak % 97.11 verimliliği elde edilmiştir. Ayrıca, maksimum güç noktası yaklaşımı, mevcut genel Perturb and Observe yaklaşımı ile karşılaştırıldığında önerilen algoritma kullanılarak 4,5 ms yani çok daha hızlı takip edilmiştir (Ramchandania ve ark., 2012).

Yenilenebilir enerji kaynakları için tasarlanan mikrodenetleyici kontrollü bir şarj sistemi de Demir (2012), tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kullanılması düşünülen yenilenebilir enerji sisteminin giriş akımı ve gerilimi, çıkış akımı ve gerilimi ölçülerek kontrol ve denetim sağlanmıştır. Demir (2012), tasarladığı sistem için “ Yenilenebilir enerji kaynağının karakteristik özelliklerine göre bu kaynaktan yüksek verimde faydalanılabilmesini de sağlamaktadır” demiştir.

Şebekeden bağımsız hibrit sistemler ile ilgili yapılan bir çalışmada, hibrit sistem ile batarya optimizasyonu tasarımı ve uygulaması yapılarak sistemden elde edilen veriler literatüre katkı sağlamıştır. Sistem rüzgar türbini, fotovoltaik, yakıt hücresi, batarya ünitelerinden oluşan hibrit bir sistemdir (Erdinç, 2012).

Bu çalışma PV uygulaması için Çoklu dize Güç Koşullandırma Sistemi ve Maksimum Güç Noktası Takibi ile ilgilidir. Bu çalışma, değişen gün ışığı koşulları altında sabit bir adım büyüklüğü ve değişken adım büyüklüğü ile Artımlı İletkenlik MPPT tekniği ile PSIM-9 yazılımıyla performans karşılaştırması sonuçlarını içermektedir (Joshi, 2013).

Özdemir ve ark. (2014), yaptıkları çalışmayı “Batarya enerji depolama teknolojisinin şimdiki durumu ve ekonomik uygulanabilirliği değerlendirme, uygulama metotları ve elektrik güç sistemi şebeke işletmesine katkıları ve etkileri incelemekte ayrıca, batarya ve ultra kapasitörden oluşan hibrit enerji depolama sistemleri (HEDS) açıklanırken Hibrit enerji dağıtım sistemlerinin yenilenebilir enerji destekli güç

sistemi uygulamaları bağlamında geleceğine yönelik yeni bakış açısı getirilmektedir.” cümleleri ile özetlemişlerdir.

2.2. Genel Bilgiler

2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi teknolojilerinin çok çeşidi olmasına rağmen fotovoltaik güneş teknolojisi ve Isıl güneş teknolojileri olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Ancak yapılan çalışma fotovoltaik güneş teknolojisi ile ilgili olduğu için burada fotovoltaik hakkında bilgi verilecektir (Ateş ve ark., 2009).

Güneşteki füzyon sonucu hidrojenin helyuma dönüşmesi ile açığa çıkan ısı ve ışık enerjisi yaklaşık 150 milyon km. yol alıp dünyamıza ulaşmaktadır. Nükleer bir ısı ve ışık reaktörü olan güneşten çeşitli dalga boylarında enerji yayılmakta ve yalnızca iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir.

Ordu ili günde ortalama 4.4 saat güneşli geçmektedir. En yoğun güneşlenme süresi 7.2 saat ortalama ile haziran, en az ise 2.3 saat ortalama ile aralık ve ocak aylarında görülmektedir. Ordu ilindeki 1954-2013 yılları arasındaki aylık ortalama güneşlenme süresi Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

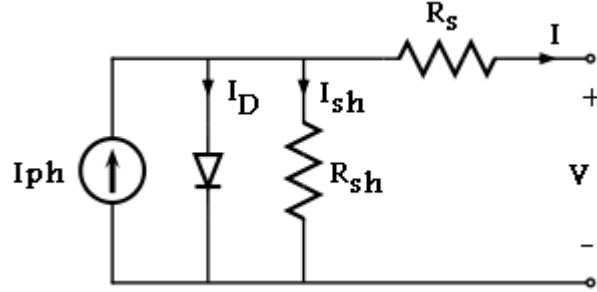
Çizelge 2.2. Ordu İli 1954-2013 yılları arasındaki aylık ortalama güneşlenme süresi (MGM, 2014).

| ORDU | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ortalama |
|---|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|----------|
| 1954-2013 yılları arasında gerçekleşen ortalama değerler (saat) | | | | | | | | | | | | | |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 2.3 | 3.1 | 3.2 | 4.2 | 5.5 | 7.2 | 6.3 | 6.2 | 5.2 | 4.2 | 3.3 | 2.3 | 4.4 |

Yukarıdaki tabloda da anlaşılacağı üzere ilimizin güneşlenme süresi güneş enerjisi için şu anda ideal olmayabilir ancak rüzgar enerjisi ile birlikte kullanılan düşük güçlü sistemlerde kullanılabilir yeterliliktedir.

2.2.1.1. PV Hücresi Gerilim ve Akım Teorisi

Bir fotovoltaik (PV) hücresinin eşdeğer devresi Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Bu devre, bir diyot, bir seri direnç (R_s) ve bir şönt direnç (R_{sh}) içerir.



Şekil 2.2. PV Hücresinin eşdeğer devresi (Salmi ve ark., 2012).

Bu eşdeğer devreden yola çıkarak aşağıdaki denklemler oluşturulur ve I , I_{ph} ve I_d değerleri hesaplanır.

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (2.1)$$

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{(V + IR_s)q}{akTN_s}} - 1 \right) - \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}} \quad (2.2)$$

$$I_{ph} = I_r \frac{I_{sc}}{I_{r0}} \quad (2.3)$$

$$I_d = I_s \left(e^{\frac{(V + IR_s)}{nV_t N_s}} - 1 \right) \quad (2.4)$$

$$I_d = I_{sc} \left(e^{\frac{(V_{oc})}{nV_t}} - 1 \right) \quad (2.5)$$

$$V_t = \frac{k.T}{q} \quad (2.6)$$

Bu denklemlerde, I_{ph} güneş hücresi akımı, I_s diyotun ters doyma akımı, V diyot üzerindeki gerilim, K Boltzmann sabiti, T birleşme sıcaklığı, N_s hücre sayısı ve ayrıca devrede bir diyot, R_s seri direnç, R_{sh} şönt direnç ve a ideallik faktörüdür (Hernanz ve ark., 2012).

2.2.2. Rüzgar Enerjisi

Tarihte rüzgar enerjisi yelkenli gemilerde, yel değirmenlerinde ve su pompalamada; günümüzde ise teknolojinin gelişmesiyle rüzgar türbinleri elektrik üretiminde, sulama, dağ evleri, haberleşme santralleri gibi bir çok alanda kullanılmaktadır (Anonim, 2014a).

2.2.2.1. Rüzgar Hız Hesabı

Rüzgar hız hesabı yapılmadan önce farklı yüksekliklerde farklı rüzgar hızları ölçüldüğünü belirtmek gerekir. Dolayısıyla rüzgar hızının yüksekliğe göre değişimi (2.7) numaralı denklem ile hesaplanmaktadır.

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^k \quad (2.7)$$

Burada;

- H_1 : Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m),
- H_2 : Rüzgar hızının hesaplanacağı yükseklik (m),
- V_1 : H_1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s),
- V_2 : H_2 yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızı (m/s),
- k : Pürüzlülük katsayısını göstermektedir.

Rotorun süpürdüğü alanın hesaplanması (2.8) numaralı denklem ile yapılmaktadır.

$$A = \frac{\Pi D^2}{4} \quad (2.8)$$

Burada;

- $\Pi(\pi)$: 3.1416

- A : Rotorun süpürdüğü alan (m²)
D : Rotorun çapını (m) göstermektedir.

Rüzgarın güç hesabı (2.9) numaralı denklem ile hesaplanmaktadır.

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.9)$$

Rüzgarın gücü hesaplamasında A'nın denklemini güç denkleminde yerine yazılırsa

$$P = C_p \frac{1}{8} \rho \pi D^2 V^3 \text{ bulunur.}$$

Burada;

- P : Güç çıkışı (W)
C_p : Maksimum güç katsayısı, 0.25 – 0.45 (teorik olarak maksimum 0.59'dur)
ρ (ro) : Havanın yoğunluğu (kg/m³), (deniz seviyesinde 1.22 kg/m³ 'tür.)
V : Rüzgarın hızını (m/s) göstermektedir.

2.2.2.2. Rüzgar Türbinleri

Büyük, küçük veya deniz üstü rüzgar türbinlerinin genel olarak çalışma prensipleri aynıdır. Rüzgar türbinleri yatay eksenli ve düşey eksenli rüzgar türbinleri olarak ikiye ayrılırlar.

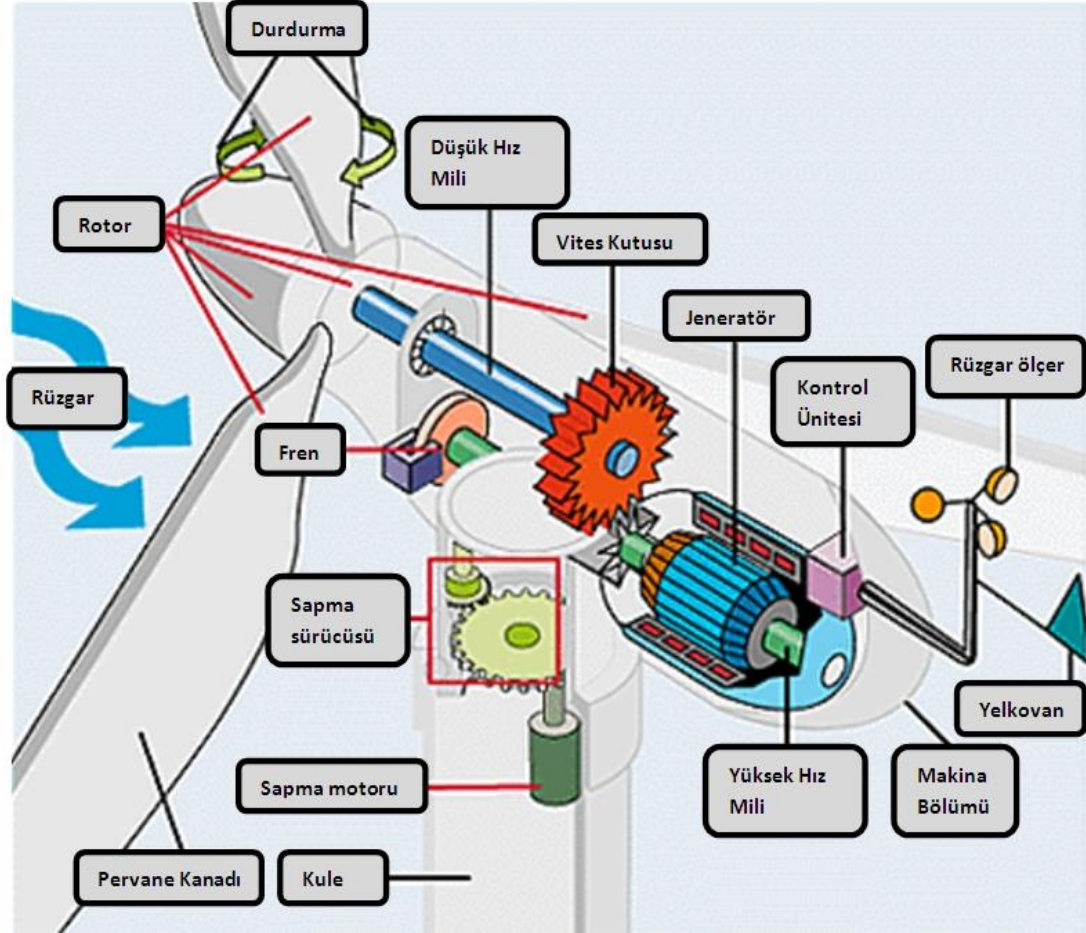
- Yatay Eksenli Sistemler

Yatay eksenli türbinlerde türbin mili rüzgar akımına paraleldir. En çok kullanılan ve genellikle 3 kanatlı olan rüzgar enerjisi sistemlerindedir. Elektrik üretiminde genellikle 3 kanatlı rüzgar türbinleri kullanılırken, yüksek bir moment sağlamak için su pompalama sistemlerinde çok kanatlı türbinler kullanılmaktadır. Yatay eksenli sistemlerde maksimum rüzgar alabilmek için kuyruk adı verilen bir düzenek vardır. Kuyruk türbinin sürekli rüzgar alacak şekilde döner ve rüzgarın alınmasını sağlar (Anonim 2014b).

Kanatlar rüzgarın etkisiyle döner ve bu hareket düşük hızlı şafta verilir. Düşük hızlı şafta bağlı dişli kutusu hızı yaklaşık 30 kat artırarak yüksek hızlı şafta verir. Yüksek

hızlı şafta bağlı jeneratör de yaklaşık 1500 devir/dakika hız ile enerji üretir. Eğer aşırı hız olursa aerodinamik olarak frenlenir.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin iç yapısı bütün parçaları ile Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Basit bir rüzgar türbini iç yapısı (Demircan, 2008)

- Türbin Bileşenleri

- Nacelle

Kulenin üzerinde rüzgar türbininin dişli kutusunu ve jeneratör dahil ana parçalarını içine alan alan kafa kısmıdır.

- Kanatlar

Rüzgarın etkisiyle dönen pervane şeklindeki kısımdır.

- Kanatların Bağlantı Noktası

Kanatları rüzgar türbininin yaklaşık 30 devir/dakika hızla dönen şaftına bağlandığı kısımdır.

- Düşük Hız Şaftı

Kanatlar ile dişli kutusu arasındadır. Türbin rotorları ortalama 30 devir /dakika civarında hız ile döner.

- Dişli Kutusu

Düşük hızlı şaftın dönme hızını yaklaşık 1500 devirlere çıkarmak için kullanılır.

- Mekanik Frenli Yüksek Hız Şaftı

Yaklaşık 1500 devir/dakika ile döner ve elektrik jeneratörünü çalıştırır. Üzerinde acil durumlarda yada bakım sırasında türbini durdurmak için mekanik bir fren mekanizması vardır.

- Jeneratör

Genellikle asenkron jeneratör kullanılır. Elektrik üreten kısımdır.

- Elektronik Kontrolör

Elektronik kontrolör ile hız, yön, rota gibi bilgiler ışığında türbini kontrol ettiği gibi acil durumlarda modem vasıtasıyla istenilen yere mesaj veya uyarı gönderen birimdir.

- Hidrolik Sistem

Türbindeki mekanik olmayan (aerodinamik) fren sistemi içindedir.

- Soğutma Birimi Fanı

Jeneratörü, dişli kutusu yağını soğutan kısımdır.

- Kule

Nacelle ve rotoru taşıyan kısımdır.

- Rota Mekanizması

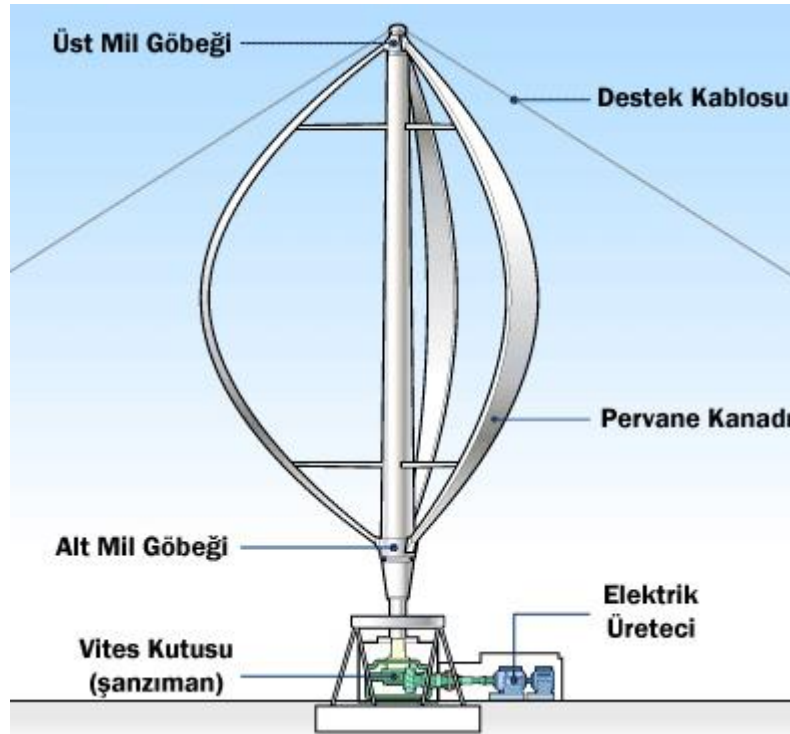
Anemometreden gelen hız ve yön bilgisini alan elektronik kontrolör tarafından kontrol edilerek rüzgarı en iyi alacak şekilde yönlendirmeye yarayan mekanizmadır.

- Anemometre ve Yelkovan

Türbinin arka kısmında bulunan anemometre rüzgarın hızını ölçerken rüzgar vanası ise yönünü belirler. Ölçülen bu yön ve hız bilgileri elektronik kontrolcüye gönderilir. Elektronik kontrolcü ise türbini en verimli yöne çevirerek 5 m/s hızda dönmeye başlamasını ve 25m/s hızda durmasını sağlar.

- Düşey Eksenli Türbinler

Düşey eksenli türbinlerde türbin mili ve rüzgar akımı birbirine dik olacak şekilde konumlandırılmıştır. Yaptığı iş olarak yatay eksenlilerden önemli bir farkı yoktur.

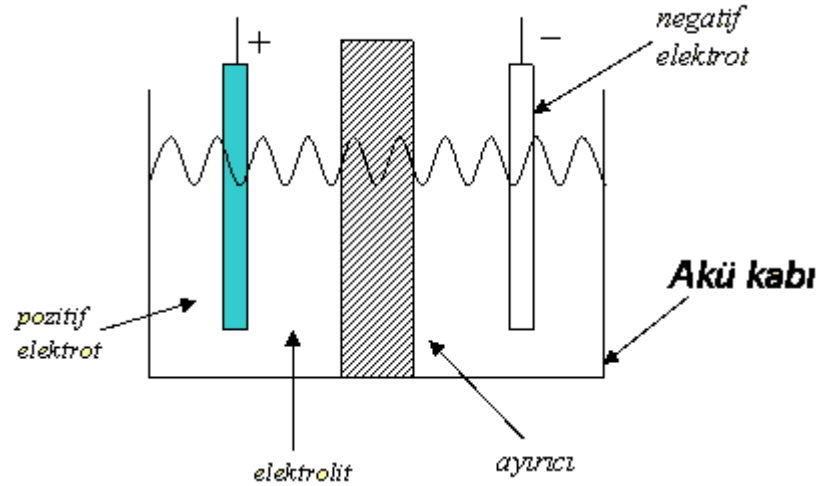


Şekil 2.4. Darrieus tipi rüzgar türbinine bir örnek (Akyazı, 2013)

Kuyruk gerektirmeyen dolayısıyla her yönden gelen rüzgarı alabilen bir yapısı vardır. Sistem Fransız mühendis G. Darrieus tarafından geliştirilmiştir (Anonim, 2013a).

2.2.3. Aküler

Aküler elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayabilen ve depolanmış olan bu enerjiyi istenildiğinde tekrar elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Şekil 2.5'te bir akünün iç yapısının temel görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Bir akünün iç yapısı (Aslan, 2005)

Akü seçimi yaparken depolama şartları, kapasitesi, deşarj derinliği, çevre şartları, döngü sayısı, ömür beklentisi gibi kriterlere dikkat edilmelidir (Anonim, 2015a).

Ayrıca akülerin çalışma ömrünü etkileyen depolama, düşük şarj, aşırı şarj, aşırı deşarj, sıcaklık, AC dalgalılık gibi faktörler vardır (Anonim, 2011).

2.2.3.1. Akü Çeşitleri

Günümüzde çok fazla akü çeşidi bulunmaktadır. En çok kullanılan akü çeşidi kurşun asit akülerdir. Temel olarak aküler, sulu ve kuru aküler olmak üzere ikiye ayrılır.

- Sulu Aküler

Aküde kullanılan elektrolit sıvı ise bu tip kurşun asit akülere sulu akü denir. Sulu akülerin en yaygın olanı çeşitleri starter yada başlatma işini yapan otomobil aküleridir (Gözcelioğlu, 2014).

- Kuru Aküler

Asit veya su ilavesine ihtiyaç olmayan ve bakım gerektirmeyen akülere kuru akü denir. VRLA akü (Valf Regulated Lead Acid) veya Valf ayarlı kurşun-asit akü olarak da bilinirler. VRLA aküleri diğer akülerden ayıran en önemli fark şarj ve deşarj esnasında gazların aküden çıkışını engelleyen, dolayısıyla sıvı kaybını en aza indiren, valf sisteminin bulunmasıdır (MEGEP, 2011).

Kuru aküler AGM akü ve jel akü olmak üzere ikiye ayrılır.

- AGM (Absorption Glass Mat) Aküler

Elektroliti seperatörlere emdirilmiş kuru tip akülerdir. Asit taşması veya sızdırma yapmazlar. Gaz çıkışı yok denecek kadar az olduğu için çok güvenlidirler. Rafta bekleme ömürleri çok daha uzundur. Ayrıca sulu akülere göre titreşime karşı daha dayanıklı ve taşınmaları kolaydır (Gözcelioğlu, 2014).

- Jel Aküler

Jel akülerde sıvı elektrolit bulunmamaktadır. Sülfürik asit belli bir oranda silika ile karıştırılarak elektrolit jel kıvamında elde edilir. Jel akülerde güvenlik nedeniyle sadece yüksek basınçta açan özel valf sistemi bulunur. Sulu akülere nazaran 4-5 kat daha fazla ömür beklentisi vardır. Derin deşarja dayanıklıdırlar. Bakımsız tip akülerdir (Turan, 2013).

2.2.3.2. Akü Şarj Yöntemleri

Aküler şarj edilirken kapasitesinin %10-%15'i kadar akım ile 10 saat şarj edilmesi uygundur. Örneğin 100 Ah bir aküyü 10 saat boyunca 10 A veya 15 A ile şarj etmek gerekir. Ayrıca akü geriliminin % 20'si kadar fazla bir gerilim ile şarj edilmelidir. Örneğin 12 V bir akünün şarj gerilimi 14,4 V olmalıdır. Bazı akülerde bu oran %15 gerilim ise 13,8 V olabilmektedir. 12 V bir akünün açık devre voltajı ve şarj yüzdesi Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Hızlı şarj akünün normal şarjda verilmesi gereken akımdan çok daha fazlasını vererek yapılan şarjdır.

Çizelge 2.3. Voltmetre ile açık devre voltajının ölçülmesi ve şarj yüzdeleri
(MEGEP, 2008)

| Açık Devre Voltajı | Şarj yüzdesi |
|--------------------|--------------|
| 12.6 V | Tam Şarj |
| 12.4 V | % 75 Şarj |
| 12.2 V | % 50 Şarj |
| 12.0 V | % 25 Şarj |
| 11.7 V | Deşarj |

Otomatik şarj ise akünün insan eli değmeden tüm işlemlerin bir şarj cihazı tarafından yapılan şarja denir.

Akü şarj yöntemleri genel olarak üçe ayrılır.

- Sabit Akımla Şarj

Bu yöntemde aküyü şarj süresince kademeli olarak, akü için gerekli olan sabit değerdeki bir akım ile şarj edilir. Örneğin 100 Ah bir akü, Ah değerinin %10'u olan 10 amper ile şarj edilmelidir.

- Sabit Gerilimle Şarj

Bu yöntemde aküyü şarj süresince kademeli olarak, akünün gerilim değerinin % 10 - % 20 fazlasına karşılık gelen gerilim değeri ile şarj edilir. Örneğin 24 Volt bir akü için 26,4 - 28,8 Volt değerinde bir gerilim ile şarj edilir.

- Sabit Akım ve Sabit Gerilimle Şarj

Bu yöntemde ise, sabit akımla şarja başlanır, bir süre sonra sabit gerilim ile şarja geçilir ve şarj bu gerilim ile tamamlanır (Özermiş, 2010).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Rüzgar ve Güneş Enerjisi İçin Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi tasarımında Çizelge 3.1’de teknik özellikleri verilen ve Şekil 3.1’de görülen güneş paneli kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Güneş paneli teknik özellikleri

| | |
|---|-----------------------|
| Maksimum Güç (P_{mp}) | 190 W |
| Maksimum Voltaj (V_{mp}) | 38.4 V |
| Maksimum Akım (I_{mp}) | 4.95 A |
| Açık Devre Voltajı (V_{oc}) | 44.6 V |
| Kısa Devre Akımı (I_{sc}) | 5.60 A |
| E | 1000 w/m ² |
| Ebat (mm) | 1580X808X40 |
| Ağırlık | 16 kg |
| Standartlara Uygunluğu | IEC61215 - IEC 61730 |
| Yapı | Monokristal |

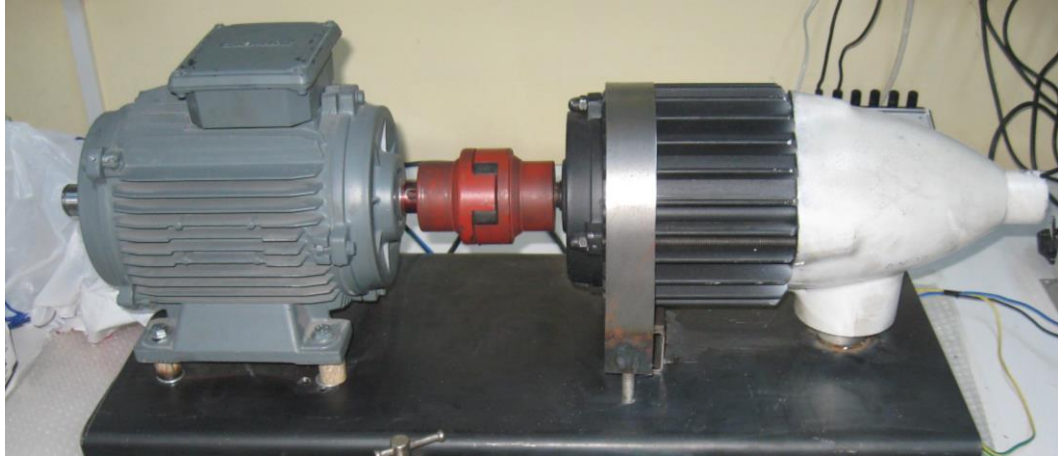


Şekil 3.1. Monokristal güneş paneli

Rüzgar ve Güneş Enerjisi İçin Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi tasarımında Çizelge 3.2’de teknik özellikleri verilen ve Şekil 3.2’de görülen rüzgar türbini kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Rüzgar türbini teknik özellikleri

| | |
|--------------------------------------|----------------|
| Gövde Malzemesi | Alüminyum |
| Başlama Rüzgar Hızı | 2 m/s |
| Optimum Rüzgar Hızı | 12.5 m/s |
| Kesme Rüzgar Hızı | 60 m/s |
| Voltaj | 3 FAZ 24V – AC |
| Maksimum Güç | 1500W |
| Türbin Ağırlığı | 17 kg |
| Kanat Uzunluğu | 100 cm |
| Kanat Ağırlığı (1 kanat için) | 600 g |



Şekil 3.2. Rüzgar türbini

Tasarlanan sistemde kullanılan 24 VDC giriş 220 VAC çıkış tam sinüs inverterin teknik özellikleri Çizelge 3.3’te, resmi şekil 3.3’te gösterilmiştir.

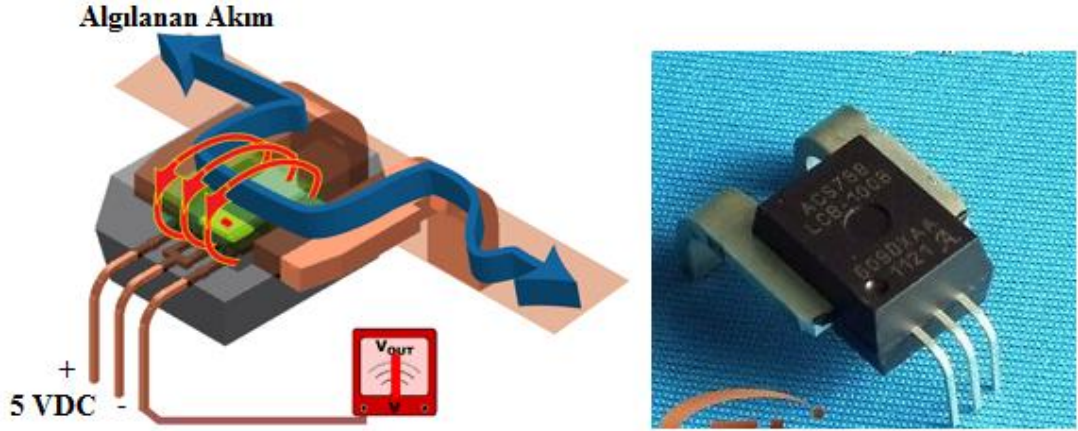
Çizelge 3.3. İverter teknik özellikleri

| | |
|--|----------------------------|
| İverter Çıkış Sinyali | 220 V AC Tam Sinüs |
| Demeraj Gücü | 3000 VA |
| Ayarlanabilir Solar Panel şarj gücü | Max 50A 24Volt |
| Verimlilik | >%95 |
| Ağırlık | 5 kg |
| Frekans | 50-60 Hz Otomatik Algılama |
| Ölçüleri | 330x250x95mm |



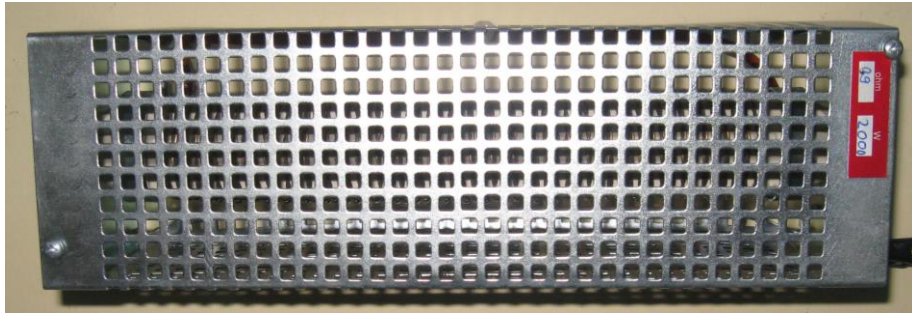
Şekil 3.3. Tam sinüs inverter

Akım ölçme devresinde Şekil 3.4'te görülen ACS758 LCB100B hall-effect akım sensörü kullanılmıştır.



Şekil 3.4. ACS758 LCB100B hall-effect akım sensörü (Allegromicro, 2014)

Rüzgar türbininin çok hızlı döndüğü durumlarda frenleme mekanizması olarak kullanılan ayrıca üretilen fazla elektriğin harcanmasında kullanılan literatürde “dump load” olarak geçen 2000 W, 0.9 Ω değerinde bir yük direnci kullanılmıştır. Kullanılan direnç Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

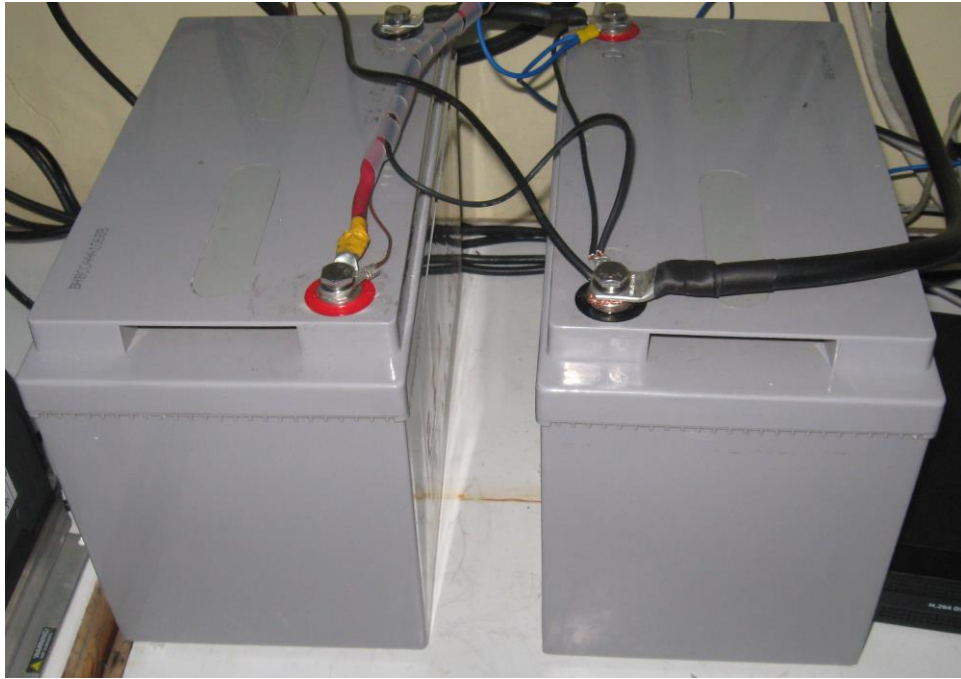


Şekil 3.5. Dump load direnci

Akıllı şarj kontrol sisteminin en önemli birimlerinden birisi olan depolama biriminde kullanılan ve seri bağlanarak 24 V elde edilen 12 V 100 AH jel akülerin Çizelge 3.4'te teknik özellikleri, Şekil 3.6'da resimleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Tasarlanan sistemde kullanılan jel akülerin teknik özellikleri

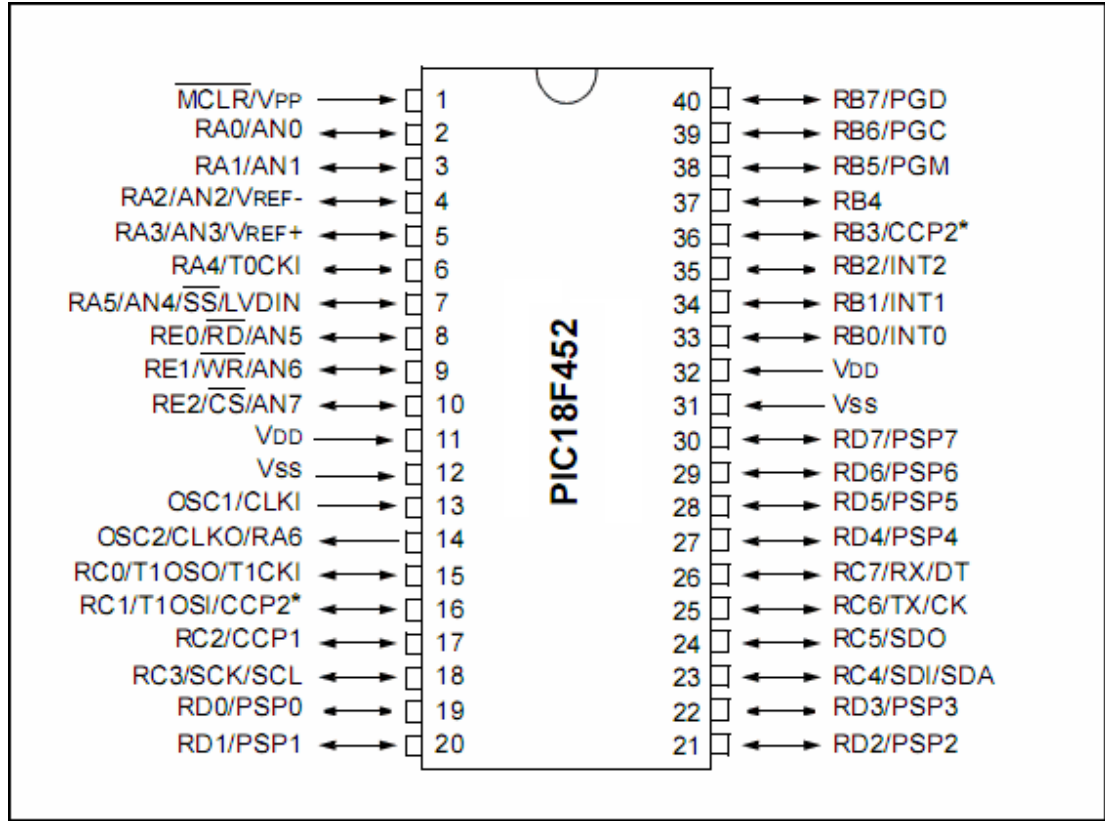
| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Nominal Voltaj | 12 V |
| Nominal Kapasite (10 saat) | 100 AH |
| İç Direnci | 4.9 m Ω |
| Şarj Başlangıç değerleri | Maksimum 30A, 14.4 V |
| 20 °C'deki Ömür Beklentisi | 10 Yıl |
| Ebatlar | 330x173x212 mm |
| Ağırlık | 34 kg |



Şekil 3.6 Tasarlanan sistemde kullanılan jel aküler

Mikrodenetleyici olarak 18F452 kullanılmıştır. 6 adet A portu, 3 adet E portu ve 8'er adet B, C ve D portları bulunan bu mikrodenetleyicinin tüm portları dijital giriş ve çıkış olarak kullanılabilir. A ve E portları analog dijital çevirici olarak kullanılabilir. Şekil 3.7'de bacak bağlantıları gösterilen mikrodenetleyicinin

32K flash belleği, 16384 program hafızası, 1536 Byte RAM belleği, 256 Byte EEPROM belleği, 2 adet 10 bitlik PWM portu bulunmaktadır (Microchip, 2006).



Şekil 3.7. 18F452 Mikrodnetleyicisinin bacak bağlantısı

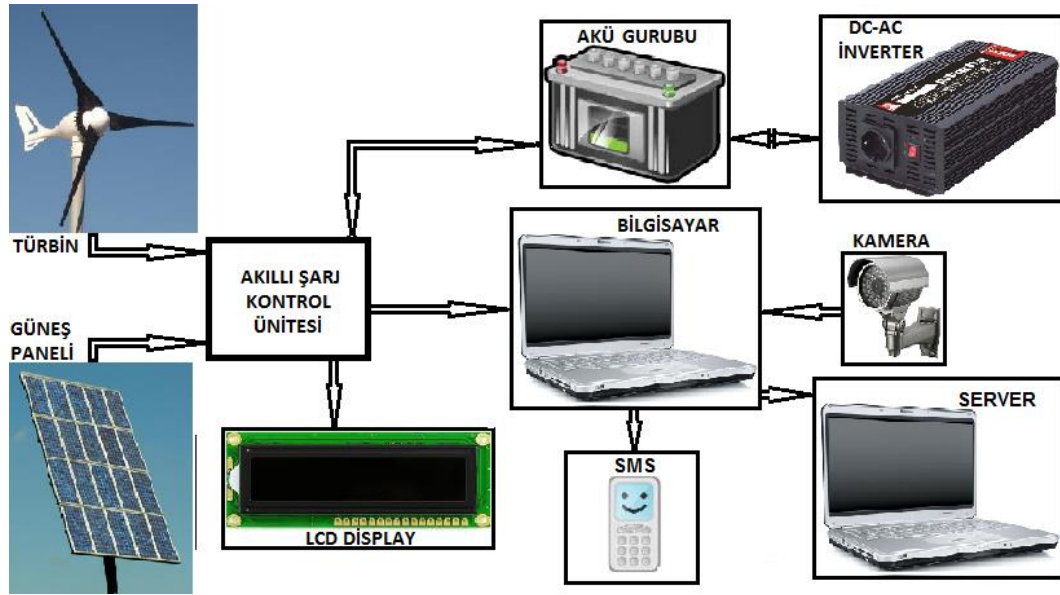
3.2. Yöntem

Güneş panelinden gelen 0-30 Volt DC gerilim ile rüzgar türbininden gelen üç fazlı AC 0-140 volt arasındaki gerilim üç faz doğrultma devresinden geçirilip PWM (Pulse Width Modulation) modülüne verilmektedir. Burada aynı zamanda akım sınırlaması da yapılmaktadır. Frekansı 500 Hertz olan sabit frekans ile darbe genişliği değerleri değiştirilerek üretilen PWM sinyali ile akım ve gerilim kontrolü, PIC mikrodnetleyi vasıtası ile yapılmaktadır. Akü için PWM modülünden gelen 28.3 V değerindeki gerilim akü grubunu şarj etmektedir. Bu akü grubu inverter vasıtası ile 220 V 50 Hertz tam sinüs gerilimi üreterek yüke bağlıdır.

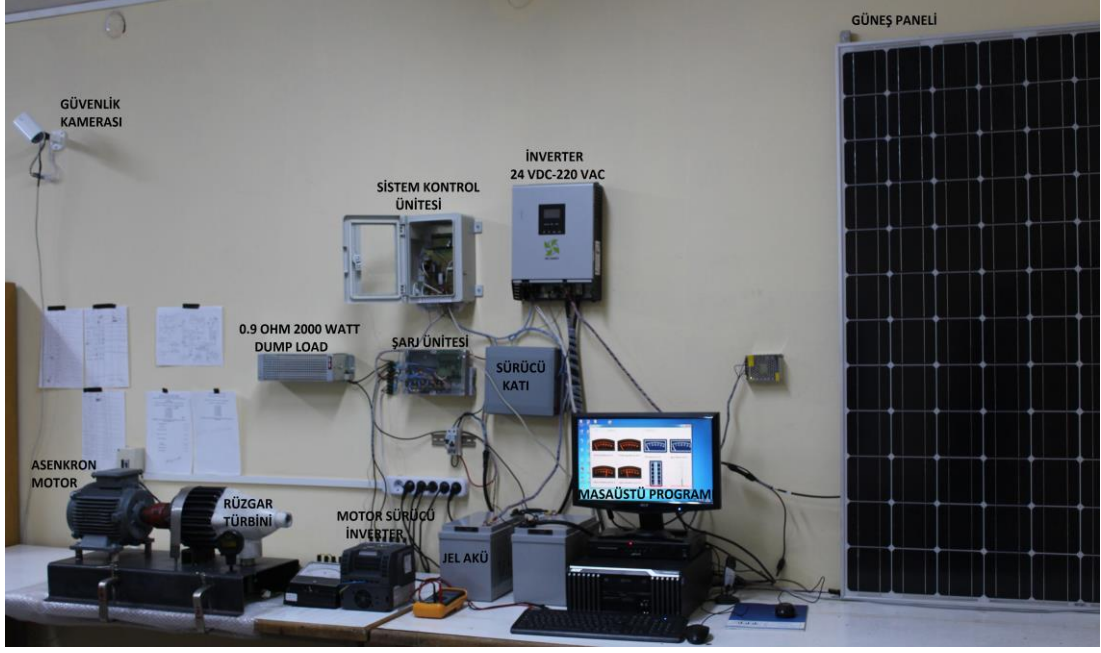
Elektronik kontrol devresi üzerinde bulunan ICSP (In-Circuit Serial Programming: Devre Üzerinde Seri Programlama) soketi vasıtası ile mikrodnetleyici devre üzerinde yeniden programlanabilmekte ya da program değişikliği yapılabilmektedir.

Sistemde birinci ve ikinci akü sıcaklıkları dijital DS18B20 sıcaklık sensörü vasıtası ile ölçülerek 45 °C'yi aştığında sistem otomatik olarak kapatılıp istenilen yere kısa mesaj ile bildirim yapabilmektedir. Ayrıca aküler 16 V gerilim değerini, şarj akımı 40 Amperi, yük akımı ise 15 Amperi aştığında da kısa mesaj atmaktadır. Sistemde birinci ve ikinci akü gruplarının gerilim değerleri, yük akımı, şarj akımı, güneş paneli gerilimi, rüzgar türbini gerilimi ölçülerek hem mikrodenetleyici tarafından kullanılmakta, hem dört satırlı bir LCD ekranda gösterilmekte, hem de bu bilgiler RS232 seri port vasıtasıyla bir bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara aktarılan bu bilgiler analizi yapıp grafikleri çıkarılıp ekranda görüntülenebilmektedir.

Ayrıca bu bilgiler bir server içerisine kaydedilmekte bir internet sitesi vasıtası ile dünyanın her yerinden takip edilebilmekte aynı zamanda da rüzgar türbini ve güneş paneli kamera ile bu site üzerinden izlenebilmektedir. Şekil 3.8'de sistemin blok şeması, Şekil 3.9'da sistemin bir fotoğrafı gösterilmiştir.



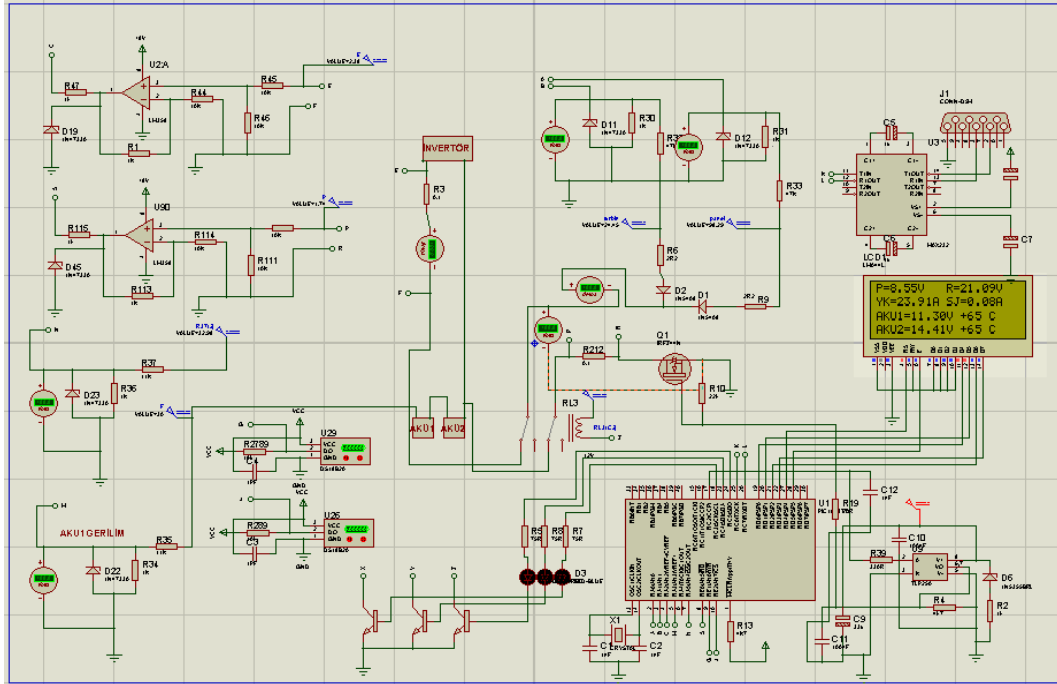
Şekil 3.8. Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi blok şeması



Şekil 3.9. Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi

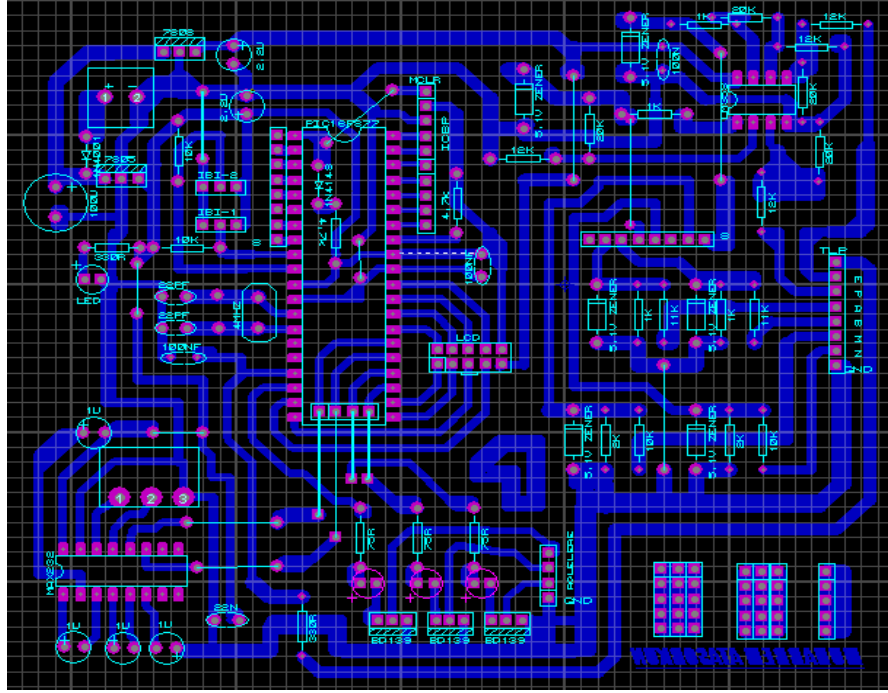
3.2.1. Elektronik Devreler ve Üniteler

Elektronik devre gerilim ölçme, akım ölçme, RS232 seri porttan bilgisayar ile haberleşme, röle kontrol, PWM, sıcaklık ölçme ve PIC 18F452 mikrodenetleyici devrelerinden oluşmaktadır



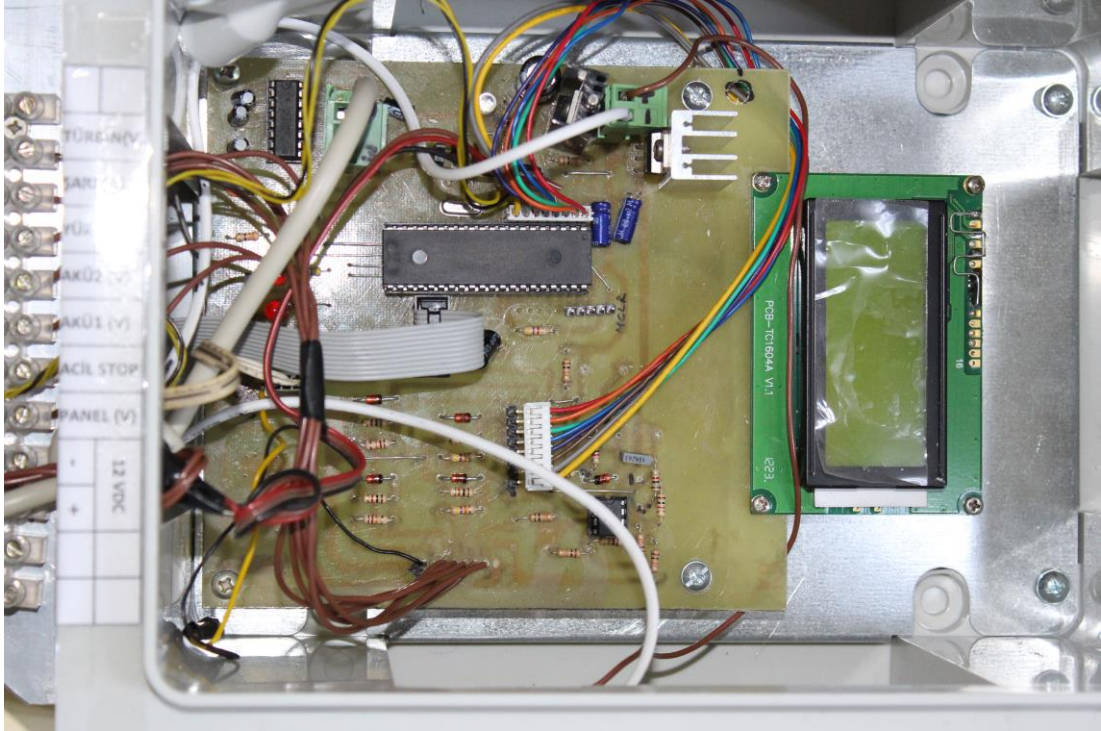
Şekil 3.10. Elektronik devre şeması

Sistemin elektronik devre açık şeması Şekil 3.10’da, baskı devre şeması Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



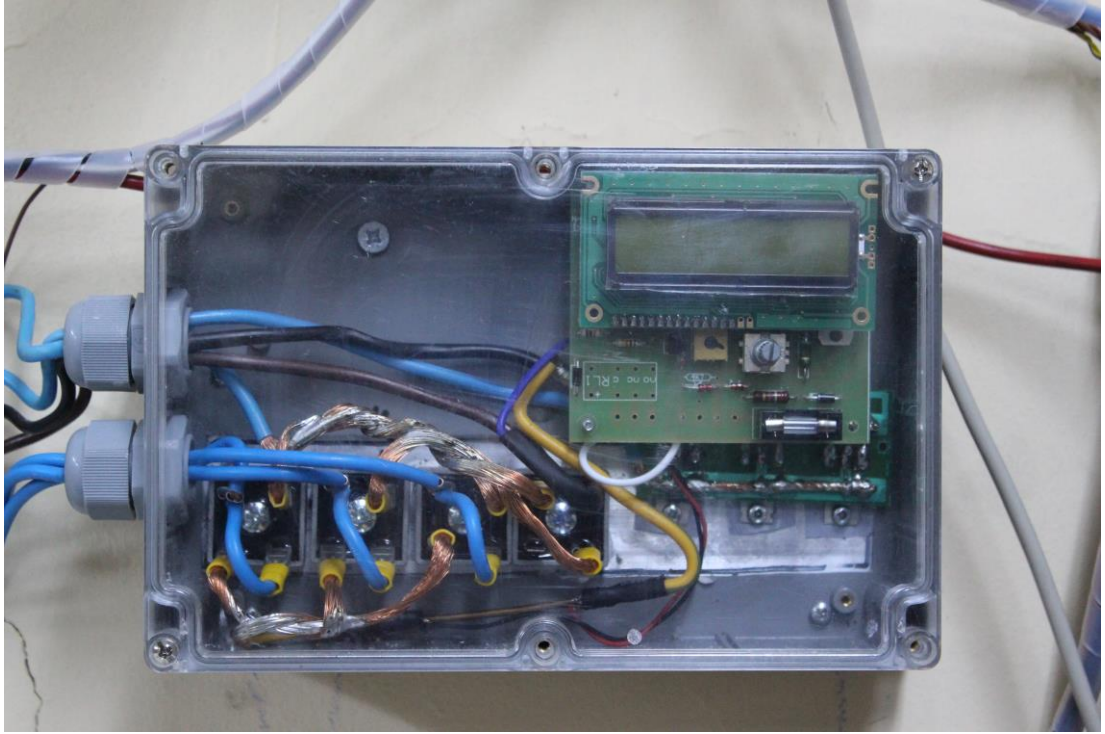
Şekil 3.11. Elektronik kontrol devresi baskı devre şeması

Şekil 3.12’de tasarlanan sistemin kontrol ünitesinin bir resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Sistem kontrol ünitesi

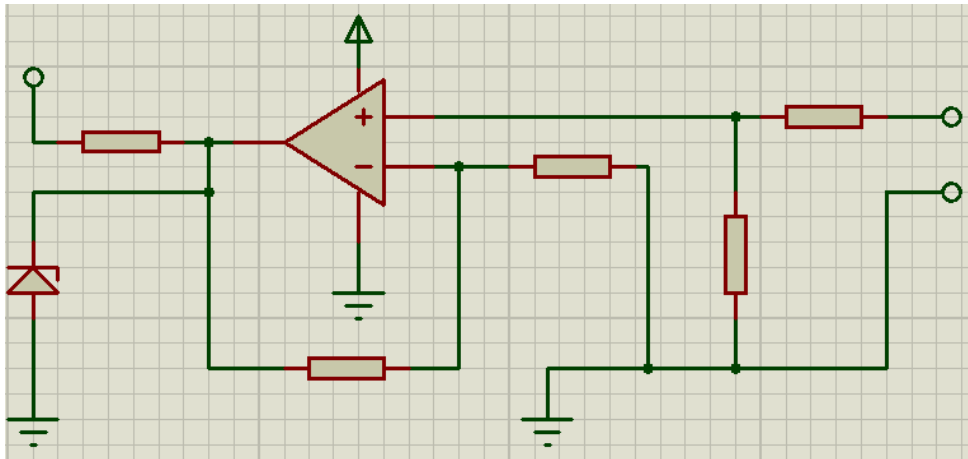
Şekil 3.13'te sistem şarj ünitesi gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Sistem şarj ünitesi

3.2.1.1. Akım Ölçme Devreleri

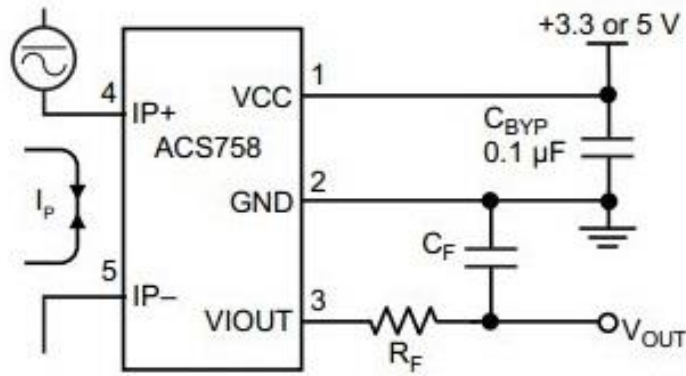
Yük akımı ölçme işleminde en çok kullanılan entegre devrelerden biri olan LM358 Op-Amp (İşlemsel Yükselteç) kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Yük akımı ölçme devresi şeması

Op-Amp girişine gelen gerilim değerini karşılaştırıp çıkışına mikrodenetleyicinin işleyebileceği 0-5 V seviyesine düşürerek PIC 18F452'nin ilgili analog/dijital çevirici portuna gönderir. Burada okunan analog değer dijitalle çevrilip hesaplanarak LCD ve bilgisayara gönderilir. Akım ölçme devre şeması Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

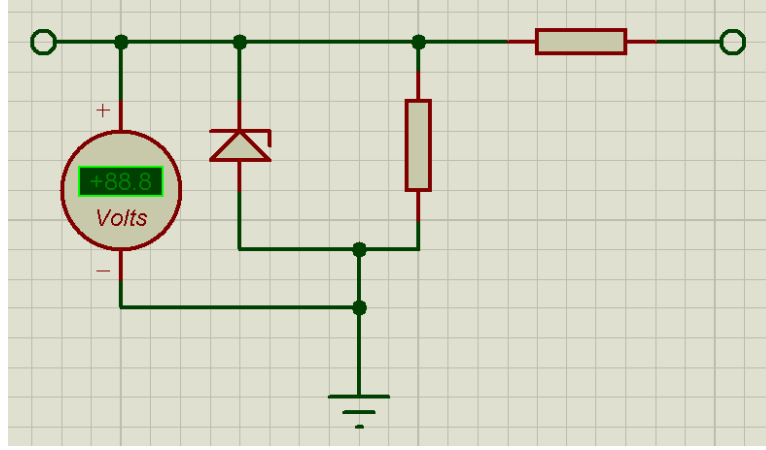
Şarj akımı ölçme işleminde ise kısa devre sorunlarından dolayı ACS758 LCB100B hall-effect akım sensörü kullanılmıştır. Bu sensör içinden akım geçen iletkenin etrafında oluşan manyetik alan vasıtası ile akım hesabı yapıp mikrodenetleyicinin işleyebileceği 0-5V arasındaki dijital sinyallere dönüştürmektedir. Aslında sistem hem şarj hem de deşarj akımını ölçmektedir. Sistem şarj oluyorsa şarj akımı pozitif deşarj oluyorsa şarj akımı negatif işaretle gösterilmektedir. Şekil 3.15'te bu sensör için üretici olan Allegro Micro Systems firmasının katalogunda belirtilen devre gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Şarj akımı ölçme devresi şeması (Anonim, 2015c)

3.2.1.2. Gerilim Ölçme Devresi

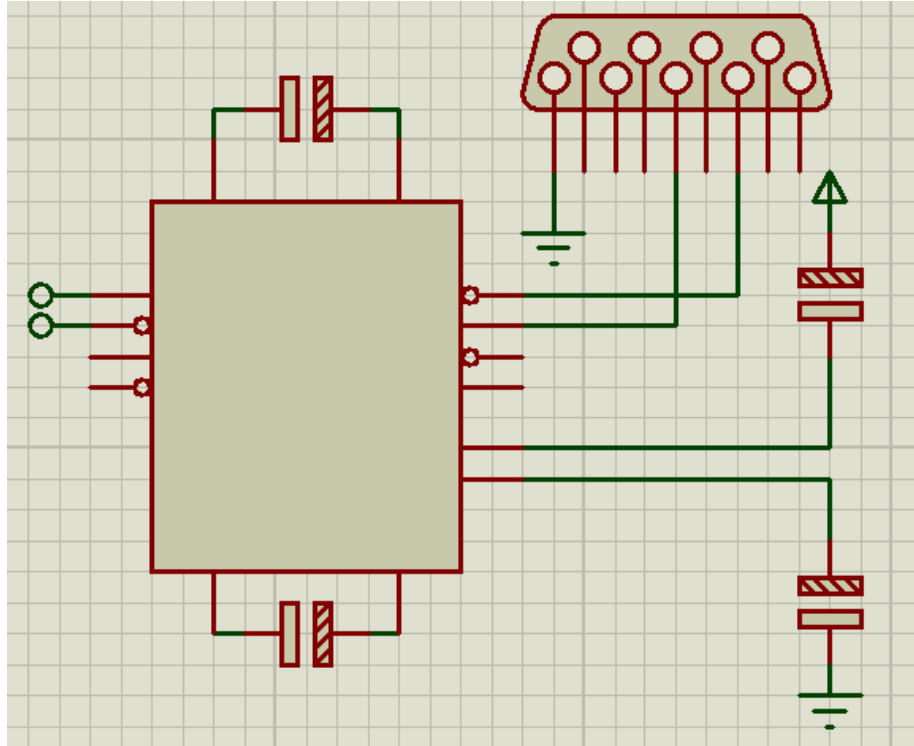
Ölçülecek gerilim önce gerilim bölücülerle PIC 18F452 mikrodenetleyicisinin analog/dijital çevirici portlarına uygun hale getirilir. Daha sonra mikrodenetleyici analog/dijital çevirici portlarına gelen bu analog bilgileri dijital bilgilere çevirip hesap yapılarak ve kontrol işlemlerinde kullanılarak, hem LCD ekrana hem de bilgisayara gönderilir. Şekil 3.16'da gerilim ölçme elektronik devresi şeması verilmiştir.



Şekil 3.16. Gerilim ölçme devresi şeması

3.2.1.3. Seri Port Bilgisayar Haberleşme Devresi

Şekil 3.17’de seri port haberleşme devresi şeması verilmiştir. RS232 seri port haberleşme protokolüne göre mikrodenetleyici ile bilgisayar haberleşmesini sağlayan elektronik devredir.



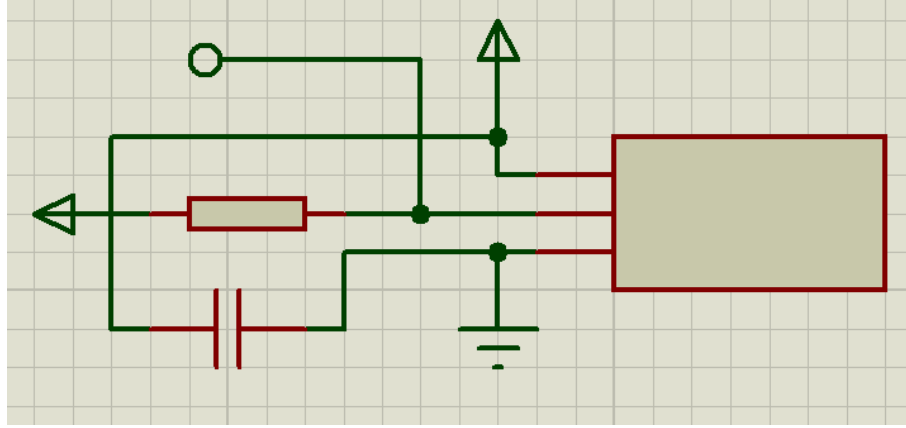
Şekil 3.16. RS232 Seri port haberleşme devresi şeması

Bu devrede MAX232 entegresinin RX ve TX uçları çapraz olarak bilgisayarın seri portunun RX ve TX uçlarına bağlanmıştır.

Mikrodenetleyici tarafından ölçülen ve hesaplanan bütün değerler ile kontrol durumları bu port ile bilgisayara aktarılmaktadır. Ölçülen değerler, birinci ve ikinci akü gruplarının gerilim, sıcaklıkları, yük akımı, şarj akımı, rüzgar türbini gerilimi ve güneş paneli gerilimidir.

3.2.1.4. Akü Sıcaklık Ölçme Devresi

DS18B20 son yıllarda en çok kullanılan ve çok hassas olarak sıcaklık değerlerini doğrudan mikrodenetleyicilere aktarabilen bir sensördür. İçerisinde analog dijital çevirici olan bir işlemci vardır. Analog sıcaklık değerlerini dijital verilere çevirip mikrodenetleyiciye gönderir. Bu sensör ile yapılan akülerin sıcaklığını ölçen elektronik devre Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



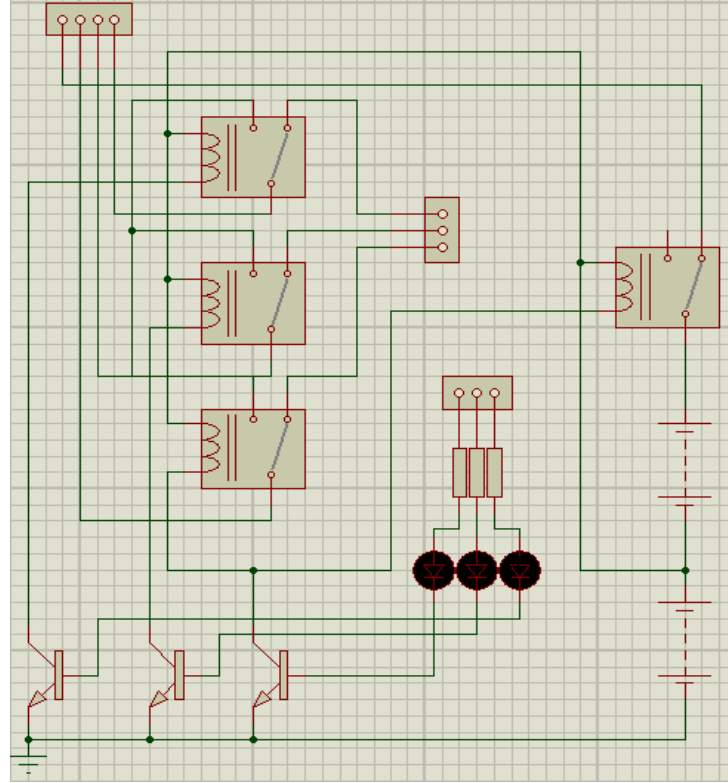
Şekil 3.18. Akülerin sıcaklıklarını ölçen devre şeması

3.2.1.5. Acil Durum Röle Sürücü Devresi

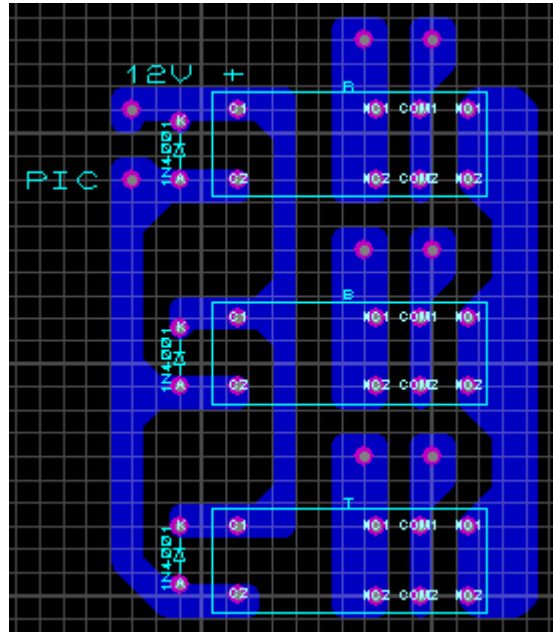
Şekil 3.19’da açık şeması, Şekil 3.20’de baskı devresi gösterilen acil durum durdurma devresi mikrodenetleyiciden gelen acil durum sinyali ile röleler kontaklarını çekerek sistemin durmasını sağlar.

Sistemde şarj akımı 40 Amperi, yük akımı 15 Amperi, aküler 16 V’u ve akü sıcaklıkları 45 °C’yi aştığında, mikrodenetleyici tarafından acil durum devresine durdurma sinyali gönderilir. Bu durumda LCD ekranda Şekil 3.21’de gösterilen mesaj yanıp sönmeye yazılmaktadır. Acil durumda durdurma devresi rüzgar türbinini üç fazını aynı anda devre ile bağlantısını keserek birbirine kısa devre etmektedir. Üç fazın birbirine bağlanması ile türbin frenlenmiş olur. Aynı zamanda acil durumda

akü bağlantıları kesilerek sistem korunmuş olur. Sistemin devreye alınması ve devreden çıkarılması işlemleri röleler ile yapılmaktadır.



Şekil 3.19. Acil durum durdurma devresi açık şeması



Şekil 3.20. Acil durum durdurma devresi baskı devre şeması

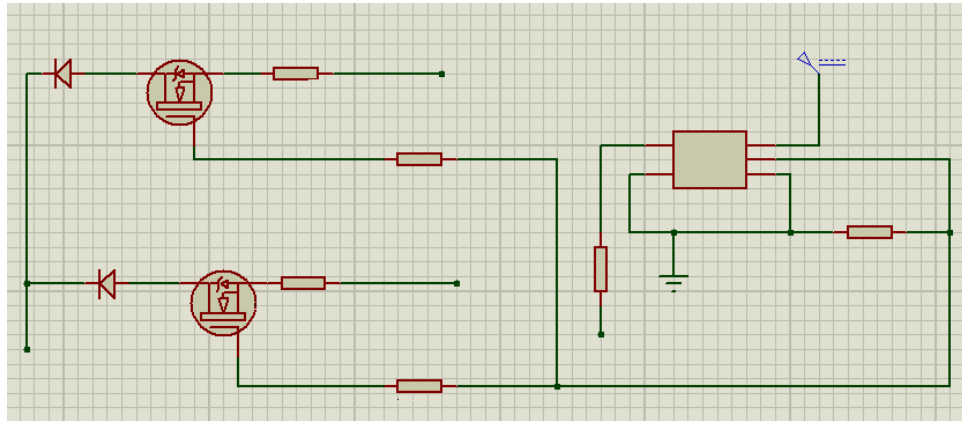


Şekil 3.21. Acil durum LCD mesajı

3.2.1.6. PWM Devresi

Şekil 3.22’de devre şeması gösterilen PWM devresi Akıllı Şarj Kontrol Ünitesinin en önemli kısımlarından biridir. mikrodenetleyici ile üretilen frekansı 500 Hertz olan PWM sinyali ile IRFZ 4310 serisi 140 Amper 120 V’luk paralel bağlı MOSFET’ler sürülmüştür.

MOSFET’ler yüksek frekanslarda kararlı olarak anahtarlama yapabilen ve yüksek akımlara dayanabilen bir devre elemanı olduğu için PWM sistemlerinde en çok kullanılan elektronik devre elemanlarıdır.



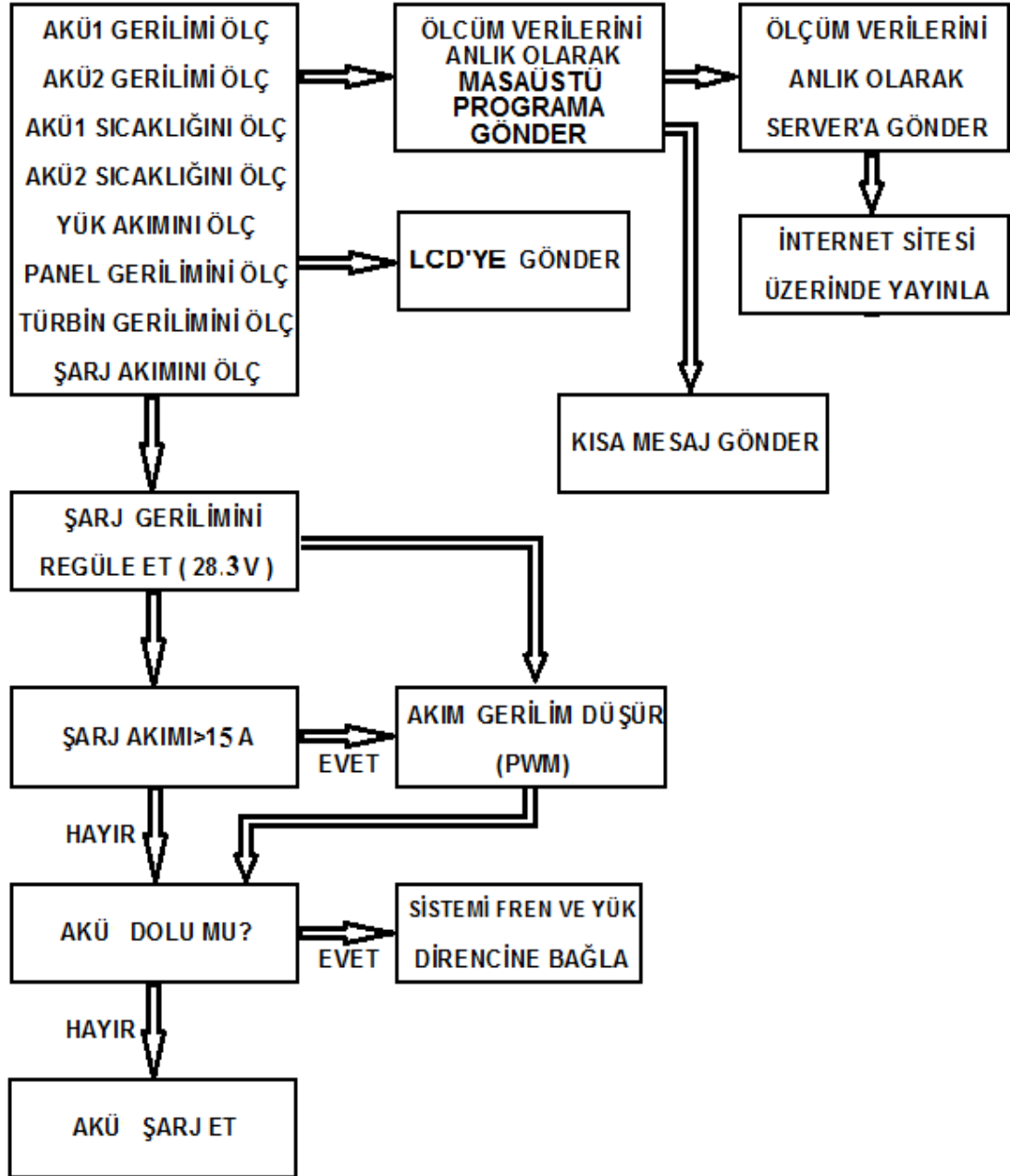
Şekil 3.22. PWM devre şeması

Burada da mikrodenetleyici tarafından üretilen PWM sinyalinin frekansı değişmeden duty değeri ölçülen gerilim ve akım değerine bağlı olarak akıllı bir şekilde ayarlanmaktadır. Dolayısıyla PWM sinyali ile MOSFET anahtarlanarak akım sınırlama ve aynı zamanda gerilim 28,3 V’a sabitleme görevi görmektedir.

Şarj ünitesi rüzgar türbininden gelen gerilim 28.3 V'u aştığında fazla akımı 0.9 Ω 2000 W değerindeki dump load direncine aktarmaktadır. Ayrıca akü dolduğunda float akımı ile aküyü dolu tutma görevi de bu ünitenin görevidir.

3.2.1.7. Akış Algoritmik Şeması

Tasarlanan sistemin algoritmik akış şeması Şekil 3.23'te gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Tasarlanan sistemin algoritmik akış şeması

3.2.1.8. Mikrodenetleyici Programı

Mikrodenetleyici programı olarak PICBASIC PRO programlama dili kullanılmıştır. Programlama editörü olarak Microcode Studio programı kullanılmıştır. Aşağıda Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesinin mikrodenetleyici programı verilmiştir.

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"

ADCON1=%10000000

TRISA=%00111111: PORTA=0
TRISB=%00000000: PORTB=0
TRISC=%00000000: PORTC=0
TRISD=%11000000: PORTD=0
TRISE=%00000111: PORTE=0

DEFINE OSC 4

;*****ADC TANIMLAMALARI*****

DEFINE ADC_BITS    10
DEFINE ADC_CLOCK   3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 100

;*****PWM TANIMLAMALARI*****

DEFINE CCP1_REG PORTC 'Hpwm 1 pin port
DEFINE CCP1_BIT 2 'Hpwm 1 pin bit
DEFINE CCP2_REG PORTC 'Hpwm 2 pin port
DEFINE CCP2_BIT 1 'Hpwm 2 pin bit

;*****LCD TANIMLAMALARI*****

DEFINE LCD_DREG PORTD
DEFINE LCD_DBIT 0
DEFINE LCD_RSREG PORTD
DEFINE LCD_RSBIT 4
DEFINE LCD_EREG PORTD
DEFINE LCD_EBIT 5
DEFINE LCD_BITS 4
DEFINE LCD_LINES 2
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000
DEFINE LCD_DATAUS 50
DEFINE SHIFT_PAUSEUS 100
```

*****SENSÖR TANIMLAMALARI*****

Comm_Pin1 VAR PortE.1
Comm_Pin2 VAR PortE.2
Busy VAR BIT
HAM VAR WORD
ISI VAR WORD
SIGN VAR BYTE
SIGN_BITI VAR HAM.Bit11
NEGAT_ISI CON 1
TEMP VAR BYTE
Float VAR WORD

*****DİĞER DEĞİŞKEN TANIMLAMALARI*****

PANEL VAR WORD
AKU1 VAR WORD
AKU2 VAR WORD
RUZGAR VAR WORD
AKIMS VAR WORD
AKIMY VAR WORD
bolunen VAR WORD
bolen VAR WORD
tam VAR WORD
tam1 VAR WORD
kesir1 VAR WORD
kesir2 VAR WORD
SICAKLIK1 VAR WORD
SICAKLIK2 VAR WORD
HAM1 VAR WORD
HAM2 VAR WORD
YUK_AKIM VAR WORD
SARJ_AKIM VAR WORD
DUTY VAR BYTE
A VAR BYTE
p VAR BYTE
k VAR BYTE

DUTY=127

BASLA:

BOLEN=512

DUTY_AYARLA:

HPWM 1,DUTY,255

IF SARJ_AKIM>6 THEN GOSUB DUTY_AZALT

GOSUB DUTY_AZALT

DUTY_ARTIR:

DUTY=DUTY+1

```

IF DUTY=240 THEN DUTY=241
RETURN
DUTY_AZALT:
DUTY=DUTY-1
IF DUTY=255 THEN DUTY=0
RETURN
p=PANEL
GOSUB PANEL_OLC
gosub kesir_hesapla
lcdout $fe,$80,"P=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2
k=kesir1
serout2 PORTC.6,84,["p",tam,kesir1,kesir2]
GOSUB RUZGAR_OLC
gosub kesir_hesapla
lcdout $fe,$89,"R=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2
serout2 PORTC.6,84,["r",tam,kesir1,kesir2]
GOSUB YUK_AKIMI
gosub kesir_hesapla
LCDOUT $FE,$C0,"YK=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2
serout2 PORTC.6,84,["ya",tam,kesir1,kesir2]
YUK_AKIM=tam
GOSUB SARJ_AKIMI
GOSUB kesir_hesapla
LCDOUT $FE,$C9,"SJ=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2
serout2 PORTC.6,84,["sa",tam,kesir1,kesir2]
SARJ_AKIM=tam
bolen=512
GOSUB ISI1
gosub AKU1_OLC
gosub kesir_hesapla
lcdout $FE,$90,"AKU1=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2,"V ",Sign,DEC ISI," C"
serout2 PORTC.6,84,["b",tam,kesir1,kesir2]
SICAKLIK1=tam
IF ((tam=11) AND (kesir1=0)) THEN SARJ_BASLA
IF ((tam=14) AND (kesir1=9)) THEN SARJ_KES
GOSUB ISI2
gosub AKU2_OLC
gosub kesir_hesapla
LCDOUT $FE,$d0,"AKU2=",#tam,"." ,#kesir1,#kesir2,"V ",Sign,DEC ISI," C"
serout2 PORTC.6,84,["c",tam,kesir1,kesir2]
SICAKLIK2=tam
IF ((tam=11) AND (kesir1=0)) THEN SARJ_BASLA
IF ((tam=14) AND (kesir1=9)) THEN SARJ_KES
GOTO BASLA
PANEL_OLC:
    ADCIN 0,PANEL
    PAUSE 20
    if panel=0 then panel=p

```

```

    p=panel
    panel=p*DUTY/255
    bolunen=PANEL*60
RETURN
RUZGAR_OLC:
    ADCIN 1,RUZGAR
    PAUSE 20
    bolunen=ruzgar*60
RETURN
AKU1_OLC:
    ADCIN 3,AKU1
    PAUSE 20
    bolunen=aku1*30
RETURN
AKU2_OLC:
    ADCIN 4,AKU2
    PAUSE 20
    bolunen=aku2*30
RETURN
YUK_AKIMI:
    ADCIN 2,AKIMY
    PAUSE 50
    bolunen=AKIMY
    bolen=34
RETURN
SARJ_AKIMI:
    ADCIN 5,AKIMS
    PAUSE 50
    if AKIMS=0 then AKIMS=A
    A=AKIMS
    AKIMS=A*DUTY/255
    bolunen=AKIMS
    bolen=34
RETURN
KESIR_HESAPLA:
    tam = bolunen/BOLEN
    tam1 = (bolunen-(tam*BOLEN))*10
    kesir1 = tam1/bolen
    kesir2 = (tam1-(kesir1*BOLEN))*10/BOLEN
RETURN
ISI1:
    ADCON1=7
    OWOUT Comm_Pin1, 1, [$CC, $44]' ISI değerini oku
Bekle1:
    OWIN Comm_Pin1, 4, [Busy] ' Busy değerini oku
    IF Busy = 0 THEN Bekle1 ' hala meşgulmü? , evet ise goto Bekle..!
    OWOUT Comm_Pin1, 1, [$CC, $BE]' scratchpad memory oku
    OWIN Comm_Pin1, 2, [HAM.Lowbyte, HAM.Highbyte]

```



```

GOSUB Hesapla
  lcdout $FE,$89,Sign,DEC ISI,".",DEC1 (Float),"C " '2. satırda ısı
  if ISI=65535 then
    lcdout $FE,$80,"          "
    lcdout $FE,$80,"1. SENSORU TAKIN"
  endif
  ADCON1=%10000000
RETURN
ISI2:
  ADCON1=7
  OWOUT Comm_Pin2, 1, [$CC, $44]' ISI değerini oku
Bekle2:
  OWIN  Comm_Pin2, 4, [Busy]  ' Busy değerini oku
  IF Busy = 0 THEN Bekle2 ' hala meşgulumü? , evet ise goto Bekle..!
  OWOUT Comm_Pin2, 1, [$CC, $BE]' scratchpad memory oku
  OWIN  Comm_Pin2, 2, [HAM.Lowbyte, HAM.Highbyte]
GOSUB Hesapla
  lcdout $FE,$C0,Sign,DEC ISI,".",DEC1 (Float),"C " '2. satırda ısı
  if ISI=65535 then
    lcdout $FE,$C0,"          "
    lcdout $FE,$C0,"2. SENSORU TAKIN"
  ENDIF
  ADCON1=%10000000
RETURN
Hesapla:          ' Ham değerden Santigrat derece hesabı
  Sign = "+"
  IF SIGN_BITI = NEGAT_ISI THEN
    Sign = "-"
  temp=($ffff-ham+1)*625
  ISI = DIV32 10
  GOTO GEC
  endif
  TEMP = 625 * (HAM+1)
  ISI = DIV32 10      ' Div32 hassas hesap için 32 bit bölme yapıyoruz.
GEC:
  FLOAT = (ISI//1000)/100
  ISI=(ISI/1000)
RETURN
SISTEM_AC:
  CCP1CON.2=1
  CCP1CON.3=1
  PORTC.3=0
  PORTC.4=0
  PORTC.5=0
RETURN
SISTEM_KAPAT:
  CCP1CON.2=0
  CCP1CON.3=0

```

```
PORTC.3=1
PORTC.4=1
PORTC.5=1
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80," Acil Durum  "
LCDOUT $FE,$C0," Servise Basvurun  "
LCDOUT $FE,$D3," Sistem Kapatildi  "
PAUSE 300
RETURN
SARJ_KES:
    CCP1CON.2=0
    CCP1CON.3=0
RETURN
SARJ_BASLA:
    CCP1CON.2=1
    CCP1CON.3=1
RETURN
END
```

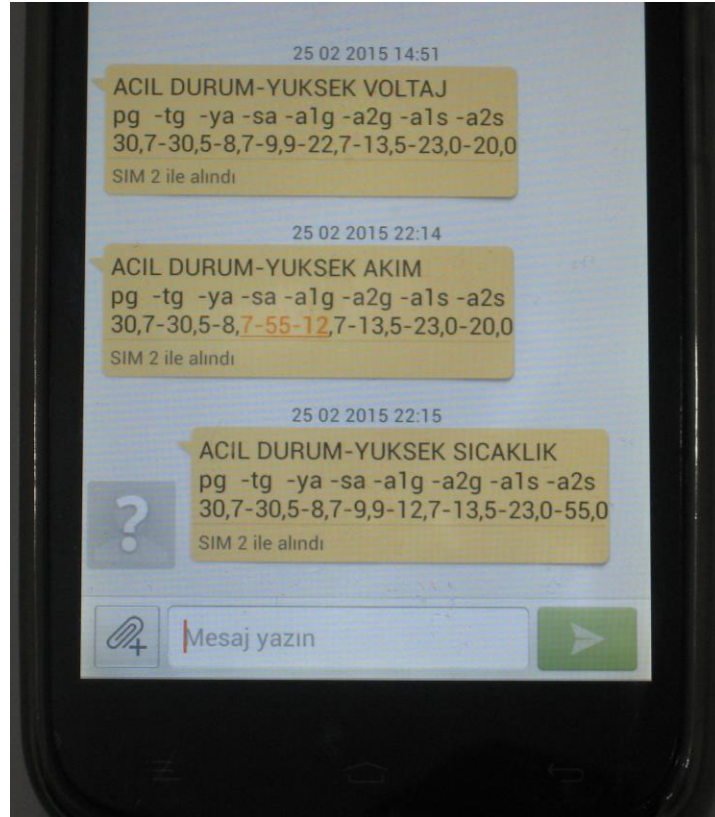
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi bilgisayar programları yazımında Microsoft Visual Studio 2010 kullanılmıştır. Masaüstü ve webservis programı Visual Studio 2010 içindeki Visual Basic programı ile yazılmıştır. Uzak bilgisayar hosting üzerindeki web sayfaları Visual Studio 2010 içindeki asp.net ile oluşturulmuştur.

Akıllı şarj kontrol sisteminden gelen veriler sistemin bağlı olduğu ana bilgisayara RS232 portu vasıtası ile aktarılır. Burada çalışan masaüstü program üzerinde veriler ve sistemi gösteren kamera görüntüsü ekranda gösterilir. Ekranın sağ alt tarafında kısa mesaj gönderilecek telefon numarası girilir.

Sistemde şarj veya deşarj akımı 40 Amperi, yük akımı 15 Amperi geçtiğinde üst satırda “ACİL DURUM – YÜKSEK AKIM”, alt satırda ise tüm akım gerilim ve sıcaklık bilgilerini yazan bir kısa mesaj gönderilir.



Şekil 4.1. Acil durum kısa mesajı

Aküler 16 V’u geçtiğinde üst satırda “ACİL DURUM – YÜKSEK VOLTAJ”, alt satırda ise tüm akım gerilim ve sıcaklık bilgilerini yazan bir kısa mesaj gönderilir.

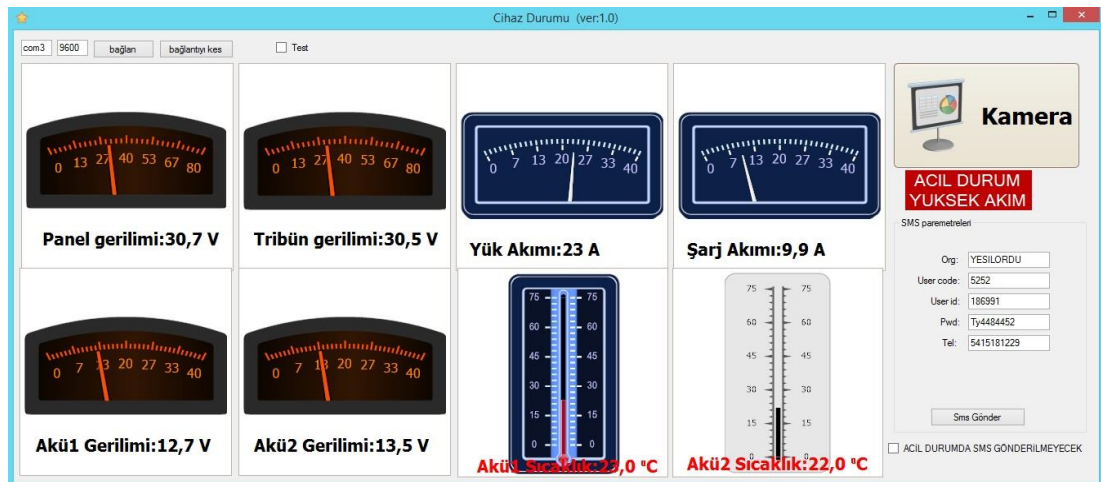
Akü sıcaklıkları 45 °C’yi aştığında üst satırda “ACİL DURUM – YÜKSEK SICAKLIK”, alt satırda ise tüm akım gerilim ve sıcaklık bilgilerini yazan bir kısa mesaj gönderilir.

Gönderilen bütün kısa mesajlarda hangi değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 4.1’de gönderilen kısa mesajın bir örneği gösterilmiştir.

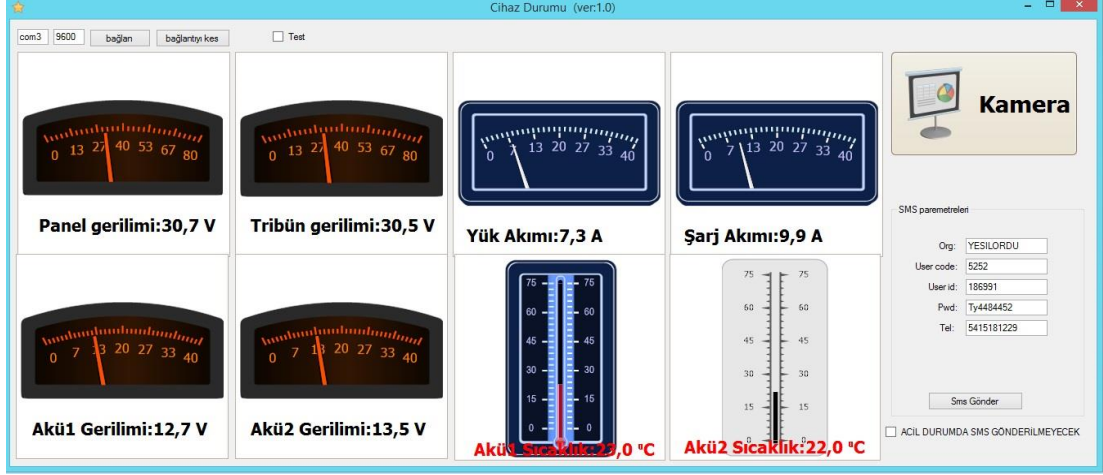
Acil durumda gönderilen kısa mesajın ulaşmama ihtimaline karşı, acil durum devam ediyorsa kısa mesaj beş dakika aralıklarla üç defa gönderilir.

Aynı zamanda mikrodenetleyici tarafından acil durum devresine durdurma sinyali gönderilir. Ayrıca istenildiğinde acil bir durum olmadan da bütün akım, gerilim ve sıcaklık değerlerini gösteren bir kısa mesaj gönderilebilmektedir. Bu gönderme işlemi masaüstü bilgisayar programının sağ alt köşesinde bulunan “SMS Gönder” butonuna basılarak ekranda görülen ve daha önceden girilen telefon numarasına kısa mesaj gönderilir. Aynı zamanda bu program bu verileri internet ağı vasıtasıyla webserverdeki veritabanına gönderir. Burada webservis programı verileri kaydetmek, gelen verileri ve kamera görüntüsünü ekranda gösterir. Ayrıca istenildiği zaman gelen verilerin grafiğini ekranda gösterir.

Masaüstü programı üzerinde; Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te seri port bağlantı ayarları, kamera görüntüsünü açma butonu, kısa mesaj ayarları ve akıllı şarj kontrol ünitesinden gelen akım, gerilim ve sıcaklık değerleri bulunmaktadır.

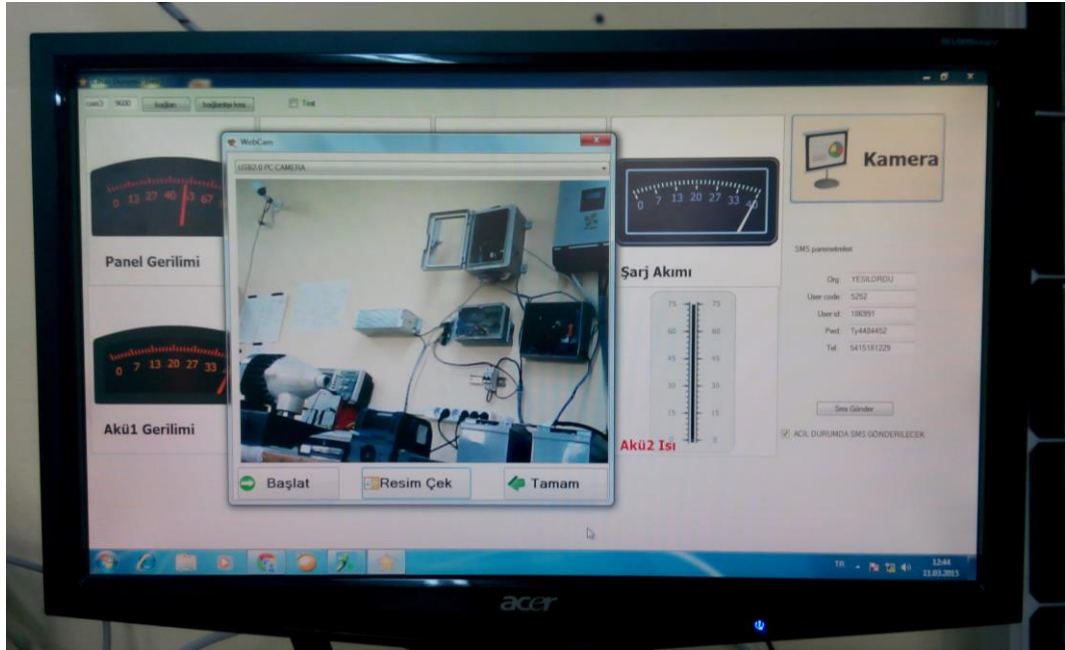


Şekil 4.2. Acil durumda masaüstü programı



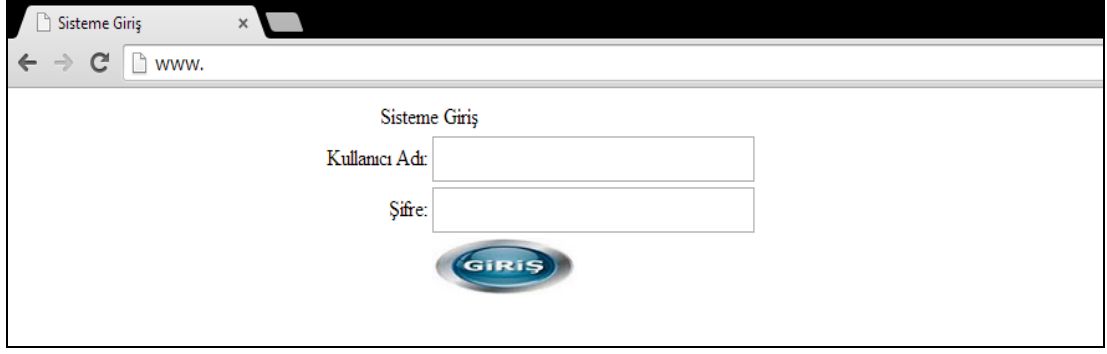
Şekil 4.3. Normal durumda masaüstü programı

Tasarlanan sistemin masaüstü programı üzerinde gösterilen kamera görüntüsü Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Masaüstü programında ekranın sağ üst köşesindeki kamera butonuna basıldığında kamera görüntüyü ekrana aktarır.



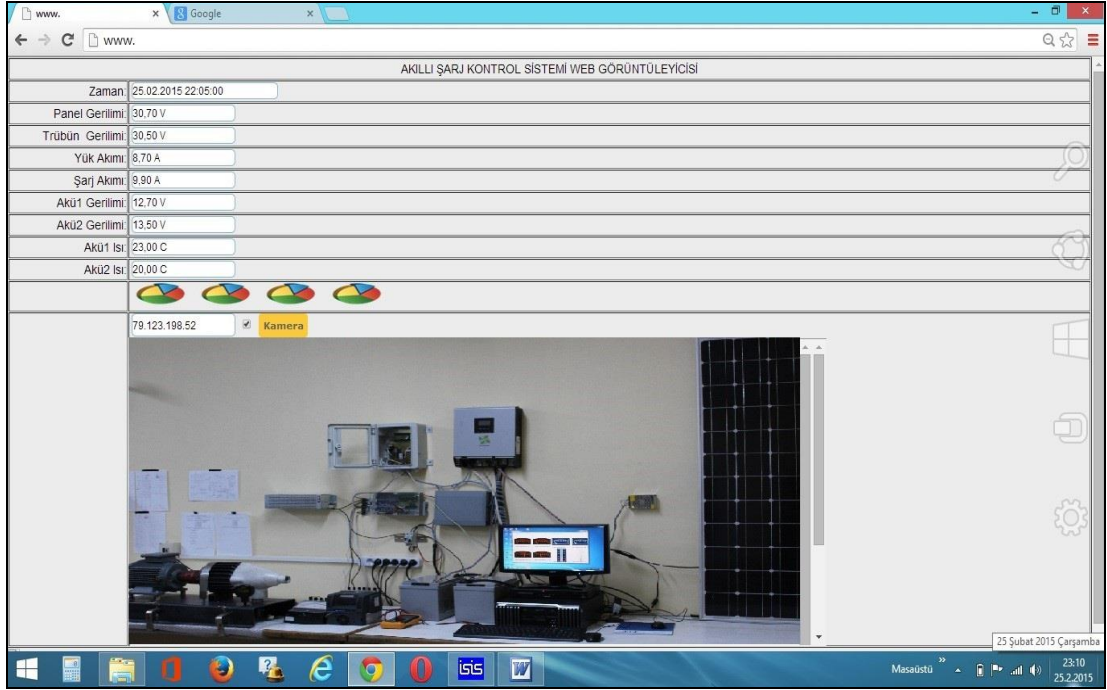
Şekil 4.4. Masaüstü programı üzerinde gösterilen kamera görüntüsü

İnternet bağlantısı olan dünyanın herhangi bir yerinden internet tarayıcısı adres satırına sistemin yayın yaptığı adres yazıldığında karşımıza önce Şekil 4.5'te görülen giriş ekranı gelir. Bu ekranda kullanıcı adı ve parolası girildiğinde yayınlanmakta olan internet sayfası açılır.



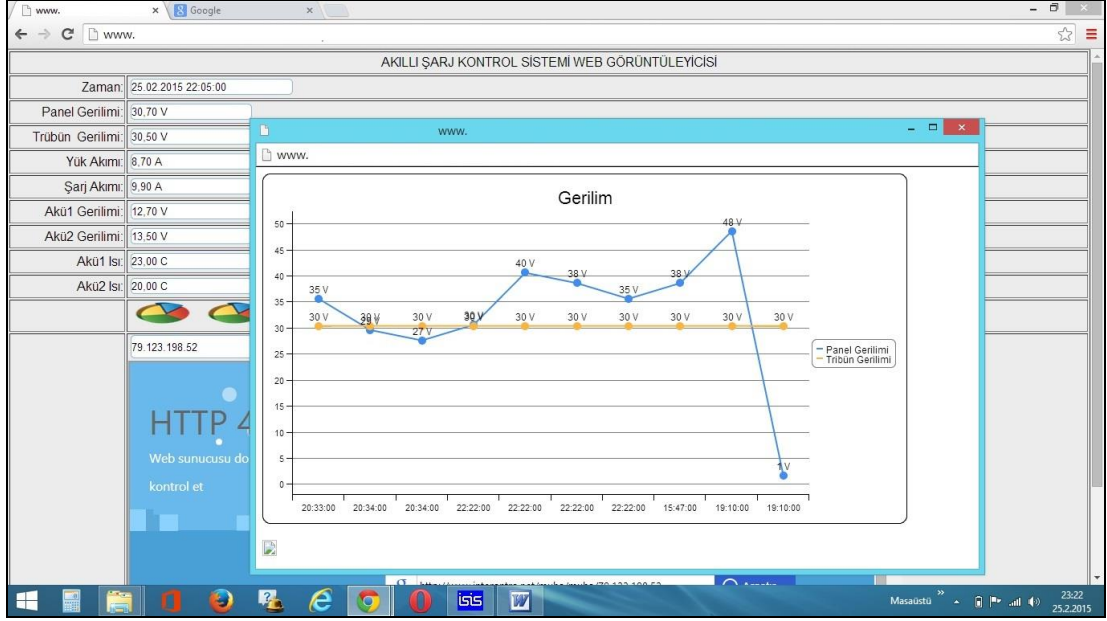
Şekil 4.5. Giriş ekranı

Şekil 4.6’da görülen akıllı şarj kontrol sistemi web görüntüleyicisi üzerinde kayıt zamanı, panel ve türbin gerilimleri, yük ve şarj akımları akü1 ve akü2 gerilimleri, akülerin sıcaklık değerleri anlık olarak görüntülenmekte, veritabanına kaydedilmektedir.



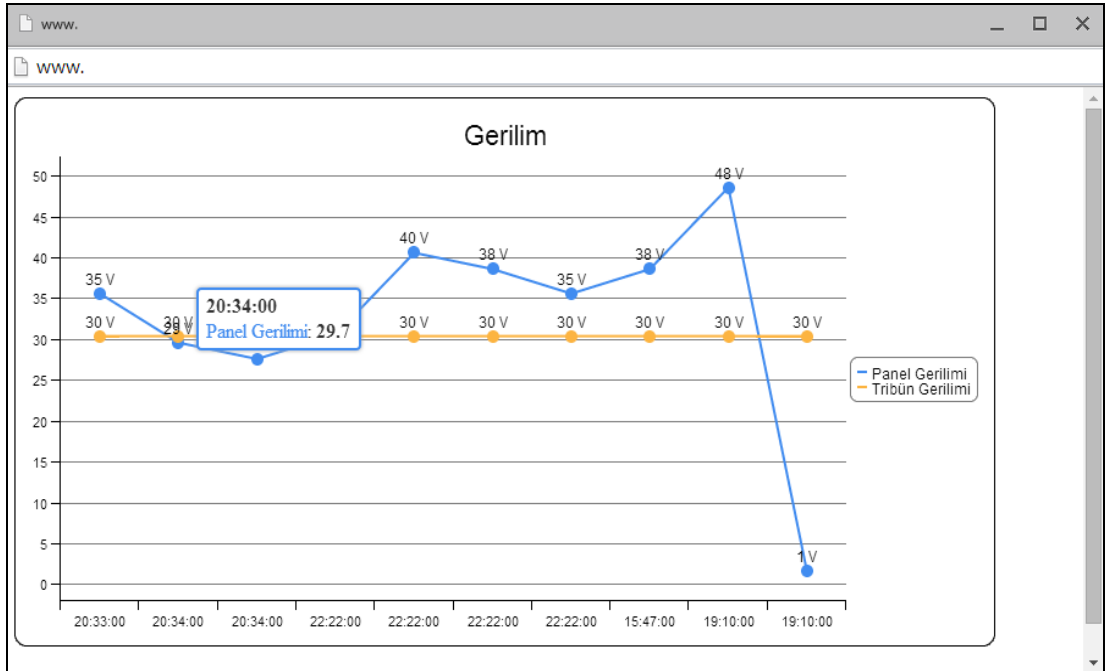
Şekil 4.6. Web görüntüleyicisi

Yukarda görülen web görüntüleyicisi üzerinde bulunan daire şeklindeki grafik sembollerine basılarak istenilen akım gerilim ve sıcaklık grafikleri Şekil 4.7’deki gibi görüntülenebilmektedir.



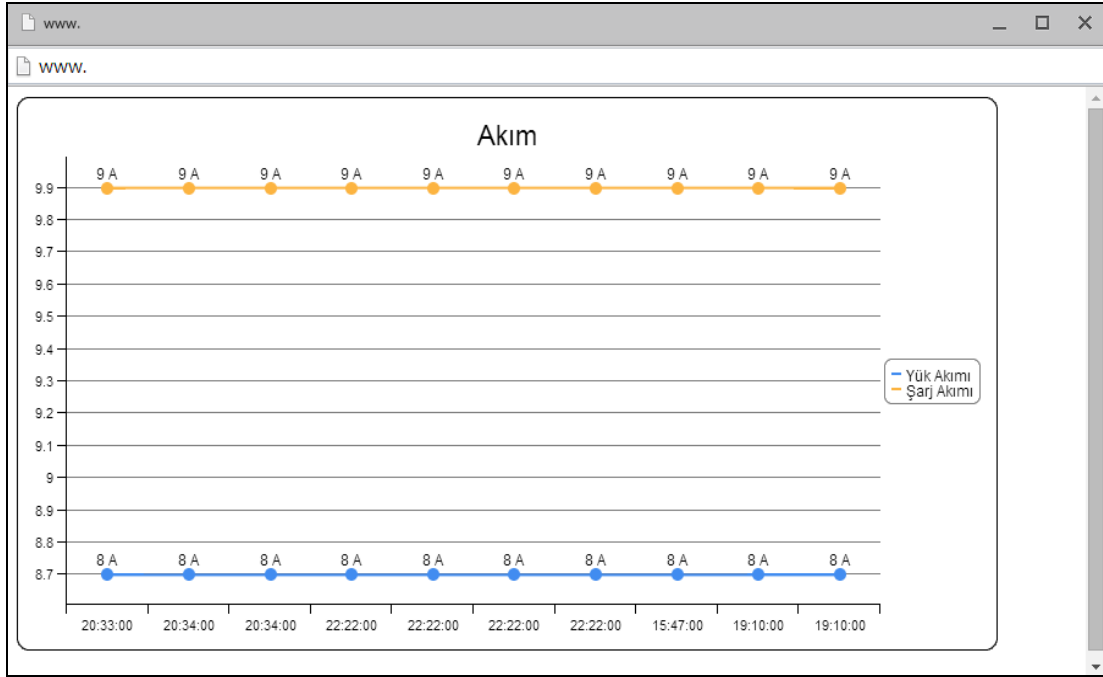
Şekil 4.7. Web görüntüleyicisi üzerinde grafik ekran

Web görüntüleyicisinde ekranda gösterilen bütün değerlerin grafikleri ekranın altındaki grafik butonlarına basıldığında gösterilmektedir. Grafik butonlarından birincisine basıldığında Şekil 4.8'deki güneş paneli ve rüzgar türbininin gerilim grafiği görüntülenmektedir.



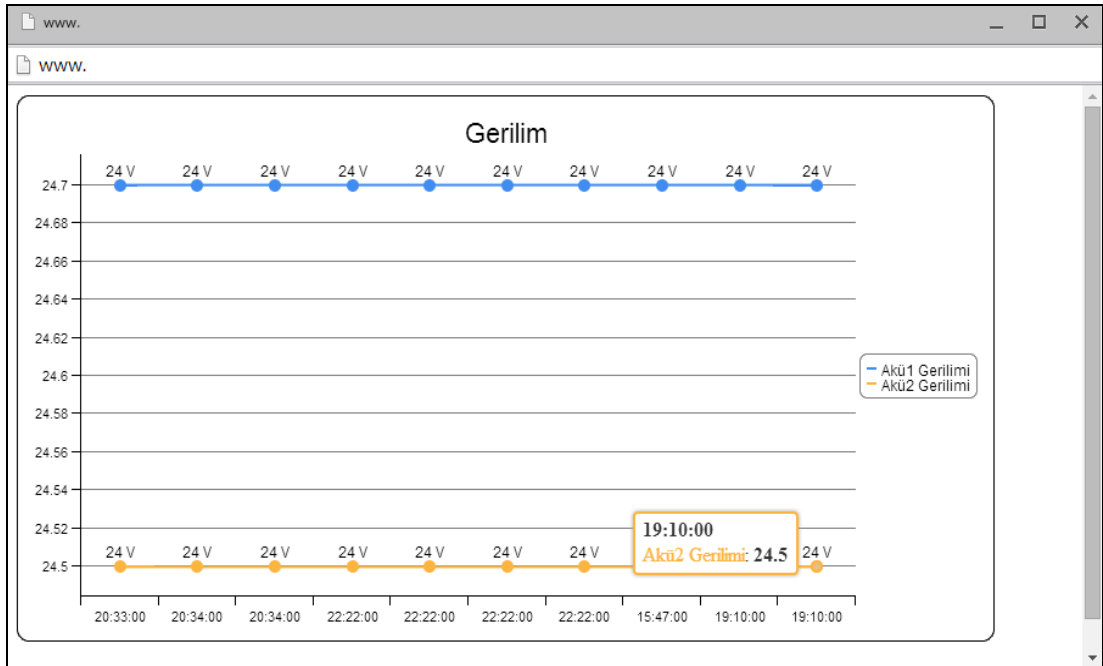
Şekil 4.8. Panel ve türbin gerilim grafiği

Grafik butonlarından ikincisine basıldığında Şekil 4.9'daki yük akım ve şarj akım grafiği görüntülenmektedir.



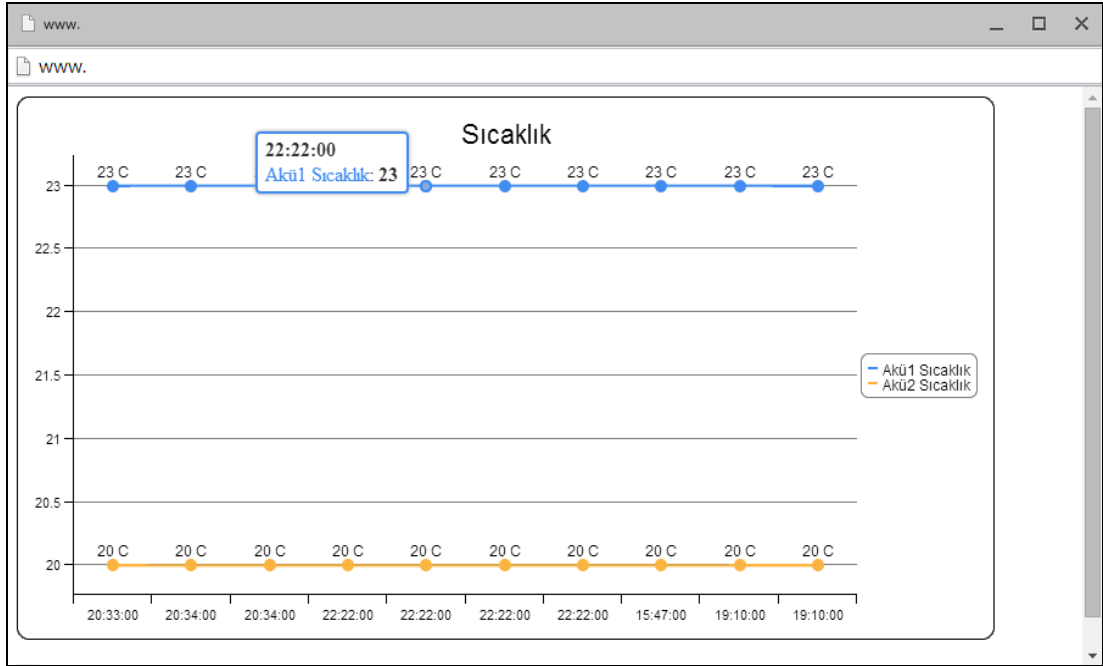
Şekil 4.9. Yük ve şarj akım grafiği

Grafik butonlarından üçüncüsüne basıldığında Şekil 4.10'daki birinci ve ikinci akünün gerilim grafiği görüntülenmektedir.



Şekil 4.10. Akü1 ve akü2 gerilim grafiği

Grafik butonlarından birincisine basıldığında Şekil 4.11'deki birinci akü ve ikinci akünün sıcaklık grafiği görüntülenmektedir.



Şekil 4.11. Akü1 ve akü2 sıcaklık grafiği

Akü boş iken yapılan şarj testlerinde Çizelge 4.1'de gösterilen akım değerleri elde edilmiştir.

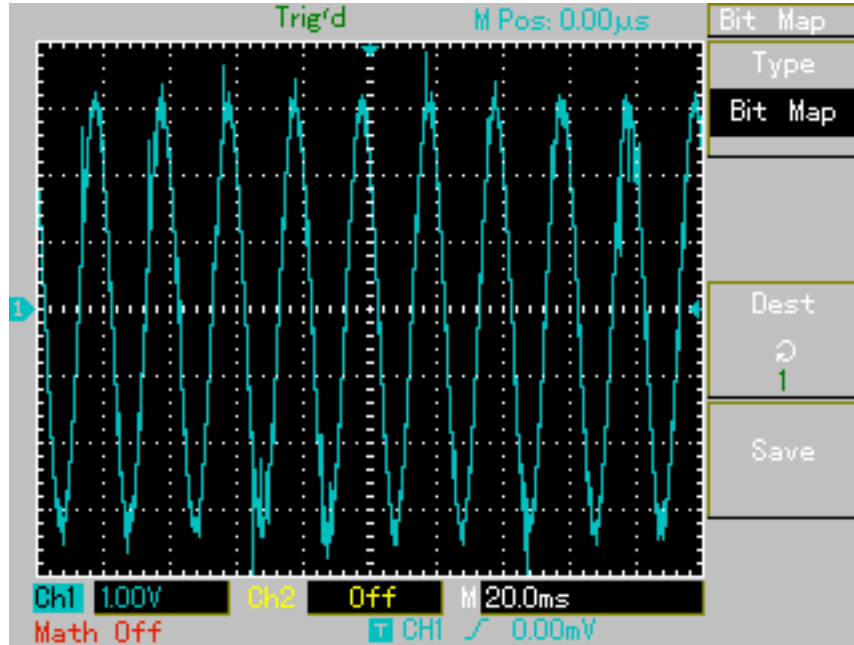
Çizelge 4.1. Rüzgar türbininden devir sayılarına göre alınan akım değerleri

| Devir Sayısı | Çekilen Akım |
|--------------|--------------|
| 400 Devir | 17.2 A |
| 500 Devir | 21.1 A |
| 600 Devir | 25.3 A |
| 700 Devir | 29.8 A |
| 800 Devir | 33.4 A |
| 900 Devir | 39.1 A |
| 1000 Devir | 42 A |

Akıllı şarj kontrol sisteminde inverterin 220 VAC çıkışına yük bağlı iken ölçülen gerilimin dijital osiloskop ekran görüntüleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir. 0.1 Ω değerindeki şönt direnç üzerinden osiloskopun X10 kademesinde ölçülen sinyalin periyodu 20ms, dolayısıyla frekansı 50 Hz ve tam sinüs olduğu görülmüştür. Ekran görüntüsünden V_{max} $3.5 \times 1 = 3.5$ V olduğu görülmektedir.

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad (4.1)$$

(4.1) numaralı denklemde V_{max} yerine konulduğunda $V_{rms} = 2.48$ V olduğu görülür. Osiloskopun x10 kademesi de hesaba katıldığından ölçülen yük akımının 2.48 A olduğu hesaplanır.

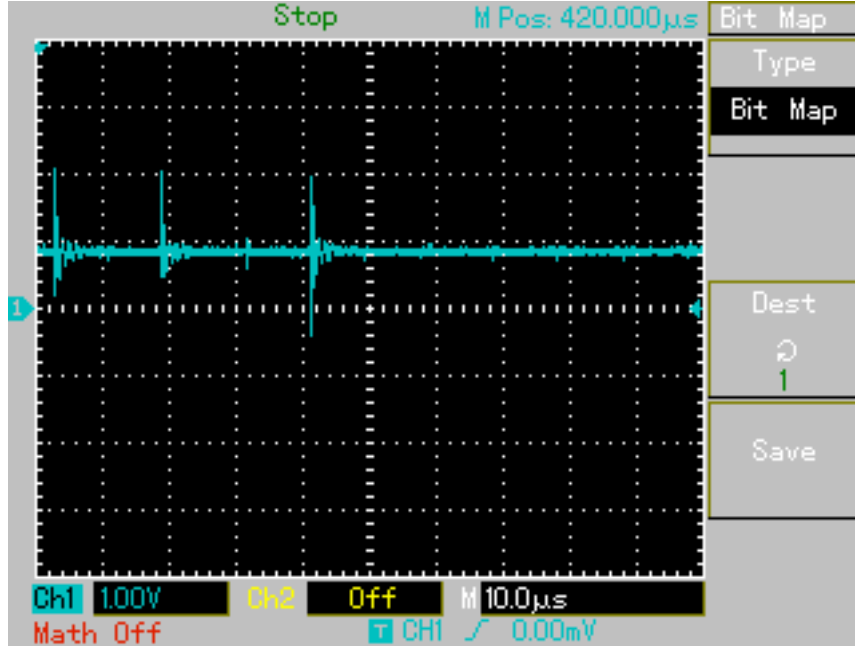


Şekil 4.12. Çıkış geriliminin osiloskop görüntüsü

Dump load devrede değil iken osiloskop ile ölçülen akü şarj akımını gösteren grafik Şekil 4.13’te gösterilmiştir. 0.1 Ω şönt direnci üzerinden ölçülen gerilimin 0.9 V olduğu görülmektedir. Ohm kanununa göre osiloskoptan okunan gerilim değeri (4.2) numaralı denklemde yerine konulduğunda;

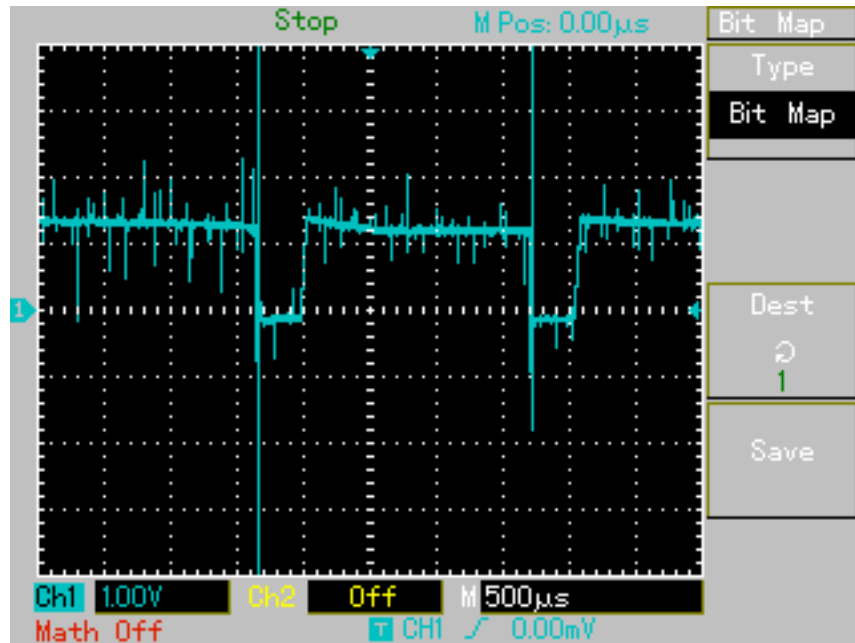
$$I = \frac{V}{R} \quad (4.2)$$

$I = \frac{0.9V}{0.1\Omega} = 9A$ ile şarj %100 darbe genişliği yani tam DC ile şarj olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Dump load devrede değil iken ölçülen akü şarj akımı

Dump load devrede iken osiloskop ile ölçülen akü şarj akımını gösteren grafik Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Dump load devrede iken ölçülen akü şarj akımı

Burada osiloskop ekranından 4 kare ile 500µs çarpıldığında sinyalin periyodunun 2000 µs= 2x10⁻³ s olduğu görülmüştür.

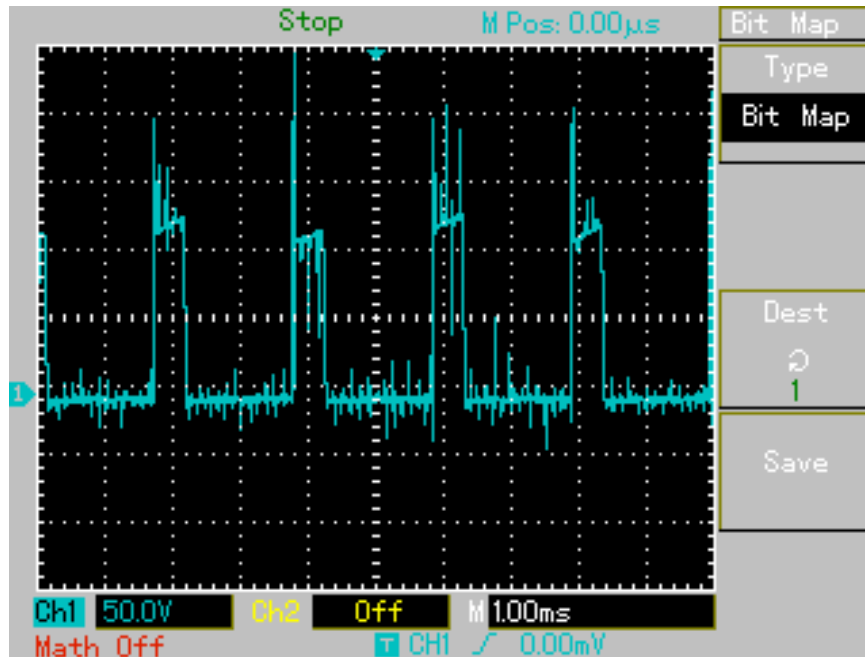
$$f = \frac{1}{T} \quad (4.3)$$

(4.3) numaralı formülde osiloskoptan ölçülen periyot değeri yerine konulduğunda

PWM frekansının $f = \frac{1}{2 \times 10^{-3}} = 500\text{Hz}$ olduğu görülür.

Tasarlanan sistemin mikrodenetleyiciden 500 Hz PWM sinyali ile şarj edildiği, kararlı ve net bir şekilde çalıştığı yapılan ölçümler sonunda görülmüştür. Yine aynı hesaplamalar Şekil 4.15'teki osiloskop sinyali için yapıldığında PWM sinyalinin net olarak 500 Hz olduğu görülür.

Dump load devrede iken osiloskop ile 0.9 Ω 2000 Watt değerindeki dump load direnci üzerine düşen gerilimin ekran görüntüsü Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

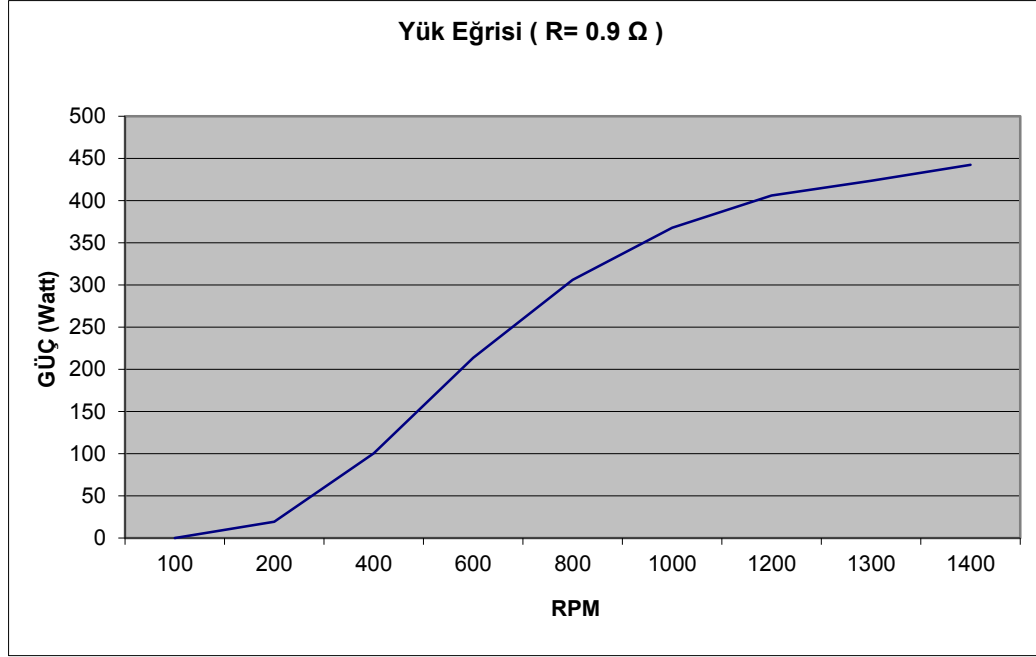


Şekil 4.15. Dump load devrede iken dump load üzerine düşen gerilim

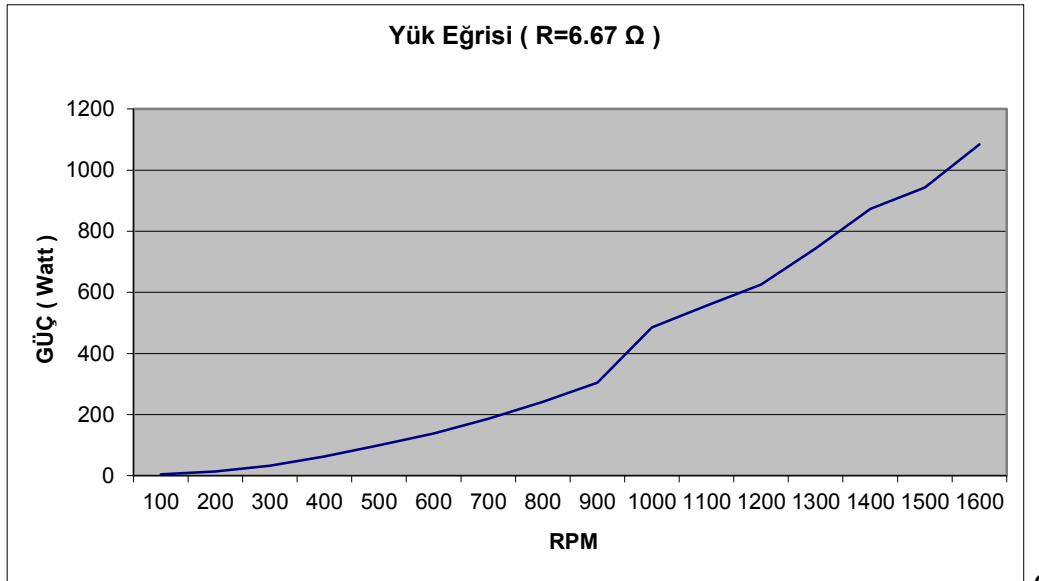
Tasarlanan sistemde türbinden gelen üç fazlı alternatif akım doğrultulmakta, PWM ile mosfetler anahtarlanarak 28.3 V sabit gerilim elde edilmektedir. Osiloskop ekranından gerilimin yaklaşık 135 V, PWM sinyalinin darbe genişliği (duty) ise

yaklaşık % 21 olduğu görülmektedir. 135 V'un % 21'i hesaplandığında 28.35 V olduğu görülmüştür. Dolayısıyla sistemin kararlılığı bir kez daha doğrulanmıştır.

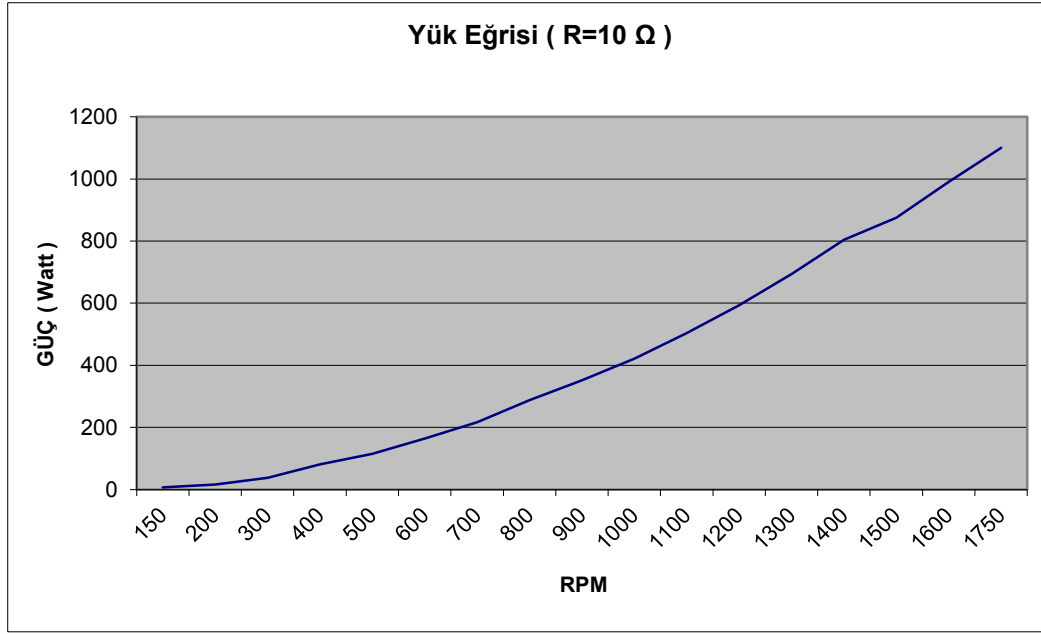
Rüzgar türbini 0,9 Ω , 6,67 Ω ve 10 Ω dirençler bağlanarak yapılan testlerde elde edilen ölçüm sonuçları ile oluşturulan yük eğrileri Şekil 4.16, Şekil 4.17. ve Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.16. R= 0.9 Ω direnç için türbin yük eğrisi



Şekil 4.17. R= 6.67 Ω direnç için türbin yük eğrisi



Şekil 4.18. R= 10 Ω direnç için türbin yük eğrisi

4.2. Tartışma

Pakfiliz (1997), Sarıtaş ve ark. (2002), Çadircı (2003) akü şarj ömrünü artırma ve aküyü optimum şarj etme üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar sadece aküyü şarj etme yöntemleri ve verimliliği artırma üzerine yapılmıştır. Bu çalışmaların bizim çalışmamız ile benzerlikleri olsa da şarj için kullanılan enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynağı olarak belirtilmemiştir. Bizim yaptığımız çalışmada ise şarj için enerji kaynağı ise rüzgar ve güneş olmak üzere dünyada en çok bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Gök (2005), yüksek lisans tezinde gerçeklediği faz kaymalı PWM DC/DC dönüştürücülü akü şarj devresi yine şebekeden şarj yapmaktadır. Bu çalışmada kullanılan sabit akım sabit şarj yöntemi bizim şarj yöntemimize çok yakın bir şarj yöntemi olan sabit sabit akım şarj yöntemidir. Bizim çalışmamızın bu çalışmadan farkı tüm akım ve gerilim değerlerinin bir bilgisayar programında ekrana gösterilmesi ve aynı zamanda bir server vasıtası ile tüm dünyadan izlenebilmesi denilebilir.

Özermiş (2010), yüksek lisans tezinde kurşun asit akülerin optimum şarj olmasını sağlayan şarj devresi tasarlanmıştır. Bu çalışmada tasarlanan sistemde tüm akım ve

gerilim değerleri manuel olarak potansiyometre ile ayarlanmaktadır. Bizim tasarımıımızda ise bu çalışmadan farklı olarak yenilenebilir enerji sistemleri için en uygun akü çeşitlerinden biri olarak bilinen ve kullanılan jel aküler kullanılmıştır. Ayrıca tım akım ve gerilim değerleri sistem tarafından s¼rekli ¼l¼l¼p kapalı çevrim kontrol sağlanmıştır.

Fotovoltaik panellerin web ¼zerinden takip edilmesini sağlayan bir çalışma da ¼zt¼rk ve ark. (2011), yapılan PV Panellerinin Web ¼zerinden Labview Tabanlı Kontrol¼ ve İzlenmesi İçin Kullanıcı Aray¼z¼ Tasarımı alışmasıdır. Labview tabanlı web kullanıcı aray¼z¼ ile ¼l¼len akım ve gerilim değerleri bir internet sitesi vasıtası ile takip edilebilmekte ve PV sisteminin değişik g¼çlerdeki y¼klere cevabı incelenebilmektedir. Yapılan çalışmanın bizim çalışmamıza benzerlikleri bulunmakla birlikte sadece fotovoltaik bir sistem için tasarlanmış olması ve sistemi g¼steren kameraların bulunmaması başlıca farklılıklarıdır. Ayrıca gerçeklenen sistem labview tabanlı bir ¼l¼m ve kontrol ¼zerine tasarlanmıştır. Bizim çalışmamız ise mikrodenetleyici ile kontrol esası ¼zerine inşa edilmiştir. Bir diğer farklılık ise bizim tasarladığımız sistemde fotovoltaik panel yanında bir r¼zgar t¼rbininin de bulunmasıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tasarlanan, gerçekleştirilen, test ve ölçümleri yapılan “Rüzgar ve Güneş Enerjisi için Akıllı Şarj Kontrol Sistemi” aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Maksimum gücü 1500 watt, kanat çapı 2.00 metre olan 3 kanatlı bir rüzgar türbini ve 190 watt gücünde bir güneş paneli kullanılmıştır.
- 24 VDC giriş gerilimi 2400 watt çıkış gücü, 220 VAC, 50 Hertz frekansında tam sinüs çıkış sinyali elde edilmiştir.
- 24 Volt 100 Ah akü grubu 500 Hertz PWM sinyali ile şarj edilmektedir.
- Güneş olmadığı zamanlarda türbinin ürettiği gerilim ve akımın panele zarar vermemesi için yüksek akıma dayanıklı diyot bulunmakta aynı şekilde rüzgar olmadığı zamanlarda panelin ürettiği akım ve gerilimin türbine zarar vermemesi için yüksek akıma dayanıklı diyot bulunmaktadır.
- Sürekli olarak akım, gerilim değerleri bir LCD ekranda gösterildiği gibi sistemin bağlı olduğu bir masaüstü bilgisayara ve bir server sayesinde dünyanın her yerinden izlenebilmektedir.
- Acil aşırı akım aşırı gerilim ve aşırı sıcaklık durumlarında şarj sistemini aküden ayırmakta türbin boşa çıkarılarak elektrik frenlemesi yapılmaktadır.
- Acil durumda ana bilgisayar ekranında ve LCD ekran üzerinde acil durum bilgisi uyarısı verilmekte, istenilen bir GSM numarasına bütün verilerin de bulunduğu bir acil durum mesajı atmaktadır. Bu acil durum mesajı ulaşamama ihtimaline karşı 5 dakika aralıklarla 3 kez atılmaktadır.
- Ayrıca istenildiğinde yani acil durum olmadan da sistemin akım gerilim ve sıcaklık değerleri kısa mesaj olarak gönderilebilmektedir.
- Bir internet adresi üzerinden parola ve kullanıcı adı girilerek sistem ile ilgili tüm akım gerilim ve sıcaklık değerleri görülebildiği gibi bu değerlerin grafikleri de görüntülenebilmektedir.
- İstenildiğinde bu ara yüz vasıtası ile dünyanın her yerinden kamera görüntüleri izlenebilmektedir.

Şebekeden bağımsız sistemlerde en önemli unsurlardan birisi de depolama işlemidir. Akıllı şarj kontrol sisteminde 12 V, 100 Ah değerinde ikili jel akü grubu seri bağlanarak 24 V'luk depolama elde edilmiştir. Sistem akülerin en verimli ve en uzun ömürlü olması için tasarlanmış ve en optimum şekilde şarj etmektedir.

Şarj yöntemi olarak burada hem akım hem de gerilim kontrollü bir şarj kontrol yöntemi benimsenmiştir. Sürekli olarak bütün akım, gerilim ve sıcaklık değerleri ölçülerek kapalı çevrim bir akıllı şarj kontrol sistemi tasarlanmış, laboratuarda testleri ve ölçümleri yapılmıştır.

Tasarlanan sistem hem akü grubunu şarj etmekte, hem aynı kaynaktan beslenmekte hem de aynı kaynağın şarj akımını ölçme durumun da olduğu için kısa devre ve ölçme problemleri olmuştur. Bu problem gidermek için ACS758 LCB100B Hall-Effect akım sensörü kullanılmıştır. Bu sensör içinden akım geçen iletkenin etrafında oluşan manyetik alan vasıtası ile akım hesabı yapıp mikrodenetleyicinin işleyebileceği 0-5V arasındaki sinyallere dönüştürmektedir. Bu sensörün kullanılmasıyla sistem akım ölçme devresi şarj sisteminden yalıtıldığı için hem kısa devre sorunları ortadan kalkmış hem de oldukça kararlı ölçüm sonuçları alınmıştır.

Kontrol kartında tasarım aşamasında mikrodenetleyici olarak PIC 16F877A kullanılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda ve deneylerde mikrodenetleyicinin program hafızasının yetmediği görülmüştür. Bu problem daha gelişmiş bir mikrodenetleyici olan PIC 18F452 kullanılarak ve programlamada değişiklikler yapılarak aşılmıştır.

Ayrıca sistem ile dünyanın her yerinden akım gerilim ve sıcaklık değerleri ve bu değerlerin grafikleri, kamera görüntüleri görülebilmekte ancak kontrol edilememektedir.

Bu tasarımın geliştirilmesi ve daha sonra yapılacak olan çalışmalarda dünyanın her yerinden sistemin açılıp kapatılması, mail atması gibi özellikler üzerinde çalışılabileceği düşünülmektedir.

Bütün bunlara ek olarak internete bağlı olan cep telefonu, tablet gibi herhangi bir cihaz ile sistemin kontrol edilmesi ileride sisteme ilave edilebilir.

Tasarlanan sistemin zayıf yönü olarak, akıllı şarj kontrol sistemi akü grubunu hem şarj pozisyonunda hem de alıcıyı besleme durumunda olması öngörülebilir. Ancak off-grid sistemlerde bu tür bir çalışma zorunludur. Buna çözüm olarak 24 V'luk iki ayrı akü grubu oluşturup birinci grup şarj olurken ikinci grup yüke bağlı olan ve sürekli aküleri kontrol altında tutan bir sistem önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Ait Cheikh, M.S., Larbes, C., Tchoketch Kebir G.F., Zerguerras, A. 2007. Maximum Power Point Tracking Using a Fuzzy Logic Control Scheme. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 10, No. 3, 387 – 395, 2007.
- Akın, B. 2011. Elektrikli Arabalarda Kullanılan Li-İyon Akülerin Tek Fazdan Hızlı Ve Verimli Şarjı İçin Güç Faktörü Düzeltmeli Dual Boost Dönüştürücü. Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 2011, Elazığ.
- Akyazı, Ö. 2013. Rüzgâr Türbinleri ve Aerodinamik Karakteristikleri, <http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/74>, (Erişim tarihi: 26.11.2014).
- Allegromicro, 2014. Thermally Enhanced, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 100 $\mu\Omega$ Current Conductor, 2014.
- Altın, N., Yıldırımoglu, T. 2011. Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü, Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, Cilt 14, Sayı 4, 2011.
- Anonim, 2011. Aküler. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/akuler/4230#ad-image-0>. (Erişim Tarihi: 30.01.2015).
- Anonim, 2013a. Rüzgar enerjisi. <http://www.alternaturk.org/ruzgar.php>-(Erişim tarihi: 20.11.2014).
- Anonim, 2014a. <http://www.alternaturk.org/ev.php>-(Erişim tarihi:30.11.2014).
- Anonim, 2014b. Rüzgar enerjisi. <http://www.alternaturk.org/ruzgar.php>-(Erişim tarihi: 20.04.2014).
- Anonim, 2015a. <http://www.akunedir.com/> (Erişim tarihi: 29.01.2015).
- Anonim, 2015b. http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=6607. (Erişim Tarihi: 29.01.2015).
- Aslan, N. 2005. Güneş Arabasında Fizik Ve Elektronik. Formula-G Yarışları, 2005. <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>(Erişim tarihi: 28.01.2015).
- Ata, R., Çetin, N.S. 2008. 3 KW Otonom Bir Rüzgar Türbini Kurulumu Ve Enerji Eldesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No. 1, 41-47, 2008.
- Ateş, M.B., Demir, H., Üresin, E., Tunç, Ş., Erdi, H. 2009. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi • Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi-Haziran 2009.
- Bouchafaaa, F., Hamzaouia, I., Hadjammara, A. 2011. Fuzzy Logic Control For The Tracking of Maximum Power Point of a PV System. *Energy Procedia* 6, 633-642, 2011.
- Chaudhari, V.A. 2005. Automatic Peak Power Tracker For Solar Pv Modules Using Dspacer Software. Energy Centre Maulana Azad National Institute Of Technology, Master Tezi. July, 2005.
- Chen, H., Cong, T.N., Yang, W., Tan, C., Li, Y., Ding, Y. 2008. Progress in Electrical Energy Storage System: A Critical Review. *Progress in Natural Science*, Vol. 19, 291–312, 10 March 2009.

- Çadırcı, Y.R. 2003. Haberleşme Güç Kaynaklarında Kullanılan Kuru Tipte Kurşun Asit Akümülatörler İçin Yeni Bir Sayısal Yönetim Sistemi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Doktora Tezi, 75, 2003, Ankara.
- Demir, M. 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Zeki Denetimli, Genel Amaçlı Şarj Denetleyicisinin Gerçekleştirilmesi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 90, 2012.
- Demircan, O. 2008. <http://www.euronewsport.com/Arsiv.aspx?Mkl=275>, 2008, (Erişim tarihi: 10.11.2014).
- Demirtaş, M., Sefa, İ., Irmak, E., Çolak, İ. 2008. Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı DA/DA Yükselten Dönüştürücü. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 23, No. 3, 719-728, 2008.
- Divya, K.C., Østergaard, J. 2009. Battery energy storage technology for power systems -An overview. Electric Power Systems Research, Vol. 79, Issue 4, 511–520, April 2009.
- Elias, M.F.M., Nor, K.M., Arof, A.K. 2005. Design of Smart Charger for Series Lithium-Ion Batteries. Power Electronics and Drives Systems, International Conference on IEEE. Vol. 2, 1485 – 1490, 2005, Kuala Lumpur.
- Erdinç, O. 2012. Şebekeden Bağımsız Uygulamalar İçin Hibrit Bir Rüzgâr Türbini / Fotovoltaik / Yakıt Hücreli / Batarya Sisteminin Optimizasyonu, Tasarımı Ve Uygulanması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 158, 2012, İstanbul.
- Erdinç, O., Uzunoğlu, M., Vural, B. 2011. Hibrit Alternatif Enerji Sistemlerinde Kullanılan Enerji Depolama Üniteleri. Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 2011, Elazığ.
- Ertike, Ş., Yıldırım, D., Turhan, E., İnal, T.T. 2009. Düşük Güçlü Rüzgar Türbinleri İçin Maksimum Güç Noktasını İzleyen Bir Akü Şarj Sistemi. Rüzgar Enerjisi Sempozyumu, 4-5 Haziran 2009, Samsun.
- Gök, İ. 2005. Faz Kaymalı Darbe Genişlik Modülasyonlu DC/DC Dönüştürücü Kullanan Akü Şarj Devresi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2005.
- Gözcelioğlu, B. 2014. <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/dr-hilkat-ozgun-ile-soylesi#sthash.G88WPHvx.dpuf>. (Erişim tarihi: 01.02.2015).
- Hernanz, J.A.R., Cmpayo, J.J., Larranaga, J., Zulueta, E., Barambones, O., Motrico, J., Gamiz, U.F., Zamora, I. 2012. Two Photovoltaic Cell Simulation Models In Matlab/Simulink, International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), Published by International Organization of IOTPE ISSN 2077-3528, Issue 10 Vol.: 4 Number 1 Pages 45-51, March 2012.
- Joshi, L. 2013. Incremental Conductance Based Maximum Power Point Tracking for PV Multi-string Power Conditioning System. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Vol. 3, Issue 4, Nisan 2013.

- Kayıklı, T., Balıkçı, A. 2009. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum-Polimer Aküler İçin Bir Şarj Cihazı Tasarımı. ELECO, 26-30 Kasım 2008, Bursa.
- Kıncay, O., Utlu, Z., Ağustos, H., Akbulut, U. 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Birleşme Eğilimi. Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma, 27, 60-82, 21.05.2009, İstanbul.
- Li, W., Zheng, Y., Li, W., Zhao, Y., He, X. 2010. A Smart And Simple PV Charger For Portable Applications. Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty-Fifth Annual IEEE, 2080 – 2084, 21-25 Feb. 2010, Palm Springs, California.
- MEGEP, 2011. T.C.Millî Eğitim Bakanlığı, Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alanı, Kata Getirme Sistemi, 522EE0275, sayfa: 42-52, Ankara, 2011.
- MEGEP, 2008. T.C.Milli Eğitim Bakanlığı, Denizcilik Alanı, Aküler Modülü, sayfa: 29 Ankara, 2008.
- MGM, 2014. [http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ORDU-\(Erişim tarihi:10.09.2014\)](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ORDU-(Erişim tarihi:10.09.2014)).
- Microchip Technology Inc., 2006. PIC18FXX2 Data Sheet, High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D, 2006.
- Onat, N., Ersöz, S. 2009. Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması. 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 50-57, Haziran 2009, Diyarbakır.
- Özdemir, E., Çaliker, A., Koç, İ.M. 2014. Yenilenebilir Enerji Kaynağından Beslenen Elektrik Güç Sistemleri İçin Hibrit Enerji Depolama Teknolojileri. Uluslar Arası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı, 24-26 Nisan 2014, İstanbul.
- Özermiş, M.E. 2010. Kurşun Asit Akülerin Optimum Şarj Olmasını Sağlayan Şarj Devresi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2010, Denizli.
- Öztürk, O., Köksoy, A., Karacasu Ö., Hocaoğlu, M.H. 2011. PV Panellerinin Web Üzerinden Labview Tabanlı Kontrolü ve İzlenmesi İçin Kullanıcı Arayüzü Tasarımı. Fırat Üniversitesi Elektrik Elektronik Bilgisayar Sempozyumu, 2011, Elazığ.
- Pakfiliz, A.G. 1997. Yüksek Güç ve Frekansta Anahtarlama Akü Şarj Edici Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tez, 218, Ekim 1997.
- Park, J.H., Ahn, J.Y., Cho, B.H. 2006. Dual-Module-Based Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic Systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.
- Ramchandania, V., Pamarthib, K., Varmac, N., Chowdhurya, S.R. 2012. International Journal of Smart Grid and Clean Energy Implementation of Maximum Power Point Tracking Using Kalman Filter for Solar Photovoltaic Array on FPGA. Dept. of Electronics & Communication Engineering, 14 Haziran 2012, Nagpur, India.

- Salmi, T., Bouzguenda, M., Gastli, A., Masmoudi, A. 2012. MATLAB/Simulink Based Modelling of Solar Photovoltaic Cell, International Journal Of Renewable Energy Research, Vol.2, No.2, 2012.
- Sarıtaş, M., AYDEMİR, M.T., DALBAZ, A. 2002. 700 VA Kesintisiz Güç Kaynağı Devresinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 17, No 1, 33-42, 2002.
- Şen, G., Boynueğri, A.R., Uzunoğlu, M. 2011. Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri Ve Araçların Şebekeyle Bağlantısında Karşılaşılan Problemlere Yönelik Çözüm Önerileri. Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011, Elazığ.
- Takun, P., Kaitwanidvilai, S., Jettanasen, C. 2011. Maximum Power Point Tracking using Fuzzy Logic Control for Photovoltaic Systems. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 Vol. 2, IMECS 2011, 16-18 Mart 2011, Hong Kong.
- Toprak, A., Akkaya, R. 2011. Düşük Güçlü Bir Rüzgar Enerji Sistemi İçin İnverter Uygulaması. Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011, Elazığ.
- Turan, A. 2013. Neden Jel Akü ?. <http://blog.inciaku.com/neden-jel-aku/04> Mayıs 2013. (Erişim tarihi: 28.01.2015).
- Tutuş, A. 2010. Hızla Gelişen Endüstri - Enerji Depolama Sistemleri. 16. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı, 32-36, 12-14 Mayıs 2010.
- Üstündağ, M., Gedikpınar, M. 2008. Pıç Kontrollü Kesintisiz Güç Kaynağı Tasarımı ve Gerçeklemesi. e-Journal of New World Sciences Academy, Vol. 3, No. 1, 2008.
- Walker, G.R., Sernia, P.C. 2004. Cascaded DC-DC Converter Connection of Photovoltaic Modules. IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 19, No. 4, July 2004.
- Xiao, W., Lind, M.G.J., Dunford, W.G., Capel, A. 2006. Real-Time Identification of Optimal Operating Points in Photovoltaic Power Systems. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.
- Xiao, W., Dunford, W.G., Palmer, P.R., Capel, A. 2007. Regulation of Photovoltaic Voltage. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 54, No. 3, June 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muharrem ATASORKUN
Doğum Yeri : Uşak
Doğum Tarihi : 15.01.1976
Yabancı Dili : İngilizce
E-mail : atasorkun@gmail.com
İletişim Bilgileri : Altınordu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

Öğrenim Durumu :

| Derece | Bölüm/ Program | Üniversite | Yıl |
|-----------|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| Lisans | Elektronik ve Bilgisayar Öğr. | Sakarya Üniversitesi | 1995-1999 |
| Y. Lisans | Yenilenebilir Enerji | Ordu Üniversitesi | 2013-Devam ediyor |

İş Deneyimi:

| Görev | Görev Yeri | Yıl |
|----------|--|-----------|
| Öğretmen | Altınordu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi | 1999-2015 |

Yayınlar :

1. Türkmenoğlu, V., Atasorkun, M., Ulutaş, H. 2014. Economic Wind Direction and Speed Measurement System Design. 7th International Ege Energy Symposium & Exhibition, June 18-20, 2014, Uşak, Turkey.
2. Türkmenoğlu, V., Ulutaş, H., Atasorkun, M. 2014. Rüzgar Hız ve Yön Ölçüm Sistemi Tasarımı ve SWOT Analizi. Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, Cilt:1 Sayı:1 Yıl:2014.