

## Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri İçin Şarj Regülâtörü Tasarımı

Erşan Ömer YÜZER\*<sup>1</sup>, Ali ERDUMAN<sup>2</sup>, Ali DURUSU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hakkari Üniversitesi, 30000 Hakkâri, Türkiye

<sup>2</sup>Hakkari Üniversitesi, 30000 Hakkâri, Türkiye

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, 34220 İstanbul, Türkiye

Geliş / Received: 21/11/2017, Kabul / Accepted: 20/02/2018

### Öz

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgâr enerjisini depolamak için mikroişlemci tabanlı bir hibrit şarj regülâtörü tasarlanmıştır. Regülâtör 12 V, 7 A'lık kuru tip akü grubu için tasarlanmış olup, sabit akım ve sabit gerilim yöntemi ile şarj kontrol sistemi yapılmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için PIC16F877 kontrolörlü bir ölçme devresi, kontrol devresi ve MOSFET'li bir anahtarlama devresi kullanılmıştır. Devrenin yazılım algoritması PICC kullanılarak, donanım kısmı ise Proteus programında gerçekleştirilmiştir. Devrenin giriş gerilim değeri 15 V, çıkış gerilim değeri 12 V ve maksimum devre akımı 10 A olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, sadece yazılım üzerinde yapılacak güncellemelerle değişik karakteristiklere sahip yüksek gerilimdeki aküler için uygulanabilecek ve gerilim seçenekleri artırılacaktır. Ayrıca değişik giriş gerilimlerinde şarj yapılabilecektir. Bu çalışmanın yapılmış diğer çalışmalardan farkı, değişik enerji kaynaklarından beslenen enerji dönüşüm sistemlerinde aküyü şarj etmesidir. Buna ilaveten, devreye bağlı herhangi bir alıcının kontrolünü gerçekleştirerek, aynı zamanda akü grubunun şarj-deşarj durumunun ve şarj devresine ait değerlerin ölçülmesidir. Sonuçta, PC ve sistem kontrolü aynı ünite içerisinde bir bütün olarak gerçekleştirilmiş olup, hem otomatik hem de manuel kontrol yapılabilen yeni bir şarj regülâtörü tasarımı yapılmış ve Proteus programı ile gerçekleştirilen simülasyon sonuçları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Akü, Hibrit sistem, Mikro denetleyici, Şarj regülâtörü

## Design of a Charging Regulator for Hybrid Renewable Energy Systems

### Abstract

In this study, microprocessor-based hybrid charging regulator to store renewable energy sources solar and wind energy has been designed. The regulator is suitable for 12 V, 7 A dry batteries. Charge control system is done by constant current and constant voltage method. To perform this operation, a measuring circuit with the PIC16F877 controller, the control circuit and a switching circuit with MOSFET are used. The software algorithm of the circuit is implemented by PIC C and the hardware parts of the circuit are implemented by Proteus. The maximum circuit current value is determined as 10 A as the input voltage and the output voltage are determined as 15 V and 12 V respectively. This study can be implemented to high voltage batteries, with different characteristics by only updating software and reducing the measurement resolution. In addition, choice of battery voltage level can be increased and the charger can be made with different input voltage levels. This study has some differences from other studies such as charging the battery from different power sources used. Moreover, to perform the control of any circuit connected to the load and the battery charge status and charge-discharge state can also be measured. Finally the PC and system control in the same unit as a whole have been carried out both automatic and manual controls that can be done to design a new charging regulator and simulation results in Proteus program are presented.

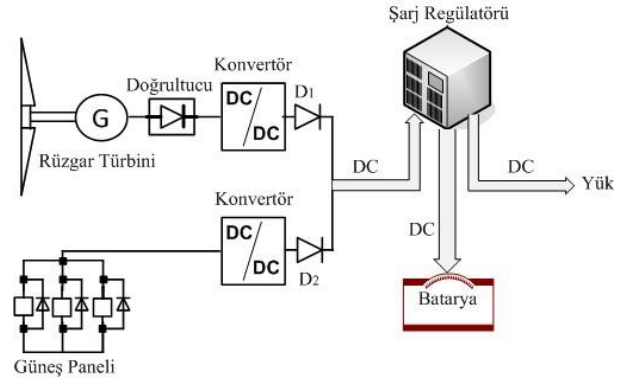
**Keywords:** Battery, Hybrid system, Microcontroller, Charging regulator

## 1. Giriş

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgâr enerjilerinden oluşturulmuş hibrit enerji santralleri için bir şarj regülâtörü tasarlanmıştır. Bu konu ile ilgili daha önceden yapılmış birçok çalışma olup, bu çalışmalar da şu eksikliklerin olduğu fark edilmiştir. Yapılan çalışmaların bazılarında şarj regülâtörleri farklı enerji kaynaklarından beslenecek şekilde tasarlanmamış, sadece tek enerji kaynağından gelen gerilim değeri ile akü şarjı yapılmıştır (Sadece PV panellerden gelen gerilimle ya da sadece rüzgâr türbininden gelen gerilimle akü şarjı veya şarj kontrolü). Şarj regülâtörleri tasarımında sadece akü şarjı üzerinde durulmuş, genel bir sistem çalışması yapılmamıştır. Yani sistem üzerinde yükün kontrolünü sağlayacak herhangi bir tasarım yapılmamış, devredeki bir yükün devreyi nasıl etkilediği önemsenmemiş ve sadece akü şarjına önem verilmiştir. Yük kontrolünün yapılmasına olanak sağlanmamıştır (Perez, 1993; Kolb, 2008; Li ve Gatland, 1996; Bower vd., 1991; Woodworth vd., 1994; İl-Song vd., 2009).

Daha çok sulu tip akülerin şarj uygulamalarına ağırlık verilmiş olup, bu tip akülerin şarjının yapılmasına çalışılmıştır (Hua vd., 2000; Kautroulis ve Kalatzakir, 2004; Daoud ve Midoun, 2005). Kuru tip aküler üzerine fazla çalışma yapılmamıştır. Akünün ömrünü etkileyen önemli bir etken olan akü sıcaklık kontrolü üzerinde fazla durulmamış olunup, bu amaçla bir kontrol ünitesi tasarlanmamıştır. Ayrıca şarj regülâtörlerine ait ölçme ve kontrol devreleri üzerinde durulmamış ve bu konularla ilgili çalışmalara önem verilmemiştir. Herhangi bir zamanda şarj edilmesi istenen ancak doluluk oranının bilinmediği akünün devreye bağlanması durumunda akünün şarj durumunun izlenmesine önem verilmemiştir. Şarj regülâtörünün yapmış olduğu akü şarjı ile ilgili verilerin (akü akımı, gerilimi ve sıcaklık değerleri vb.) analizine yer

verilmemiştir (Viera vd., 2006; Bandara vd., 1999; Liang vd., 2008; Çiftçi ve Bilgin, 2007; Karabayır, 2006). Bu çalışma ile yukarıda bahsedilen eksikliklerin giderilmesi doğrultusunda orta güçlü bir regülâtör tasarımının bir bütün olarak yapılması amaçlanmıştır. 12 V güneş panelinden veya 24 V çıkışlı bir rüzgâr türbininden alınarak maksimum 15 V'da sabitlenen DC gerilim ile 12 V, 7 A'lik bir akü şarj edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak kuru tip akü şarjı ve kontrolü yapılması uygun görülmüştür. Bu aküler daha çok kesintisiz güç kaynaklarında (KGK) kullanılmaktadır.



Şekil 1. Sistem blok diyagramı

Blok diyagramı Şekil 1'de gösterilen sistem rüzgâr türbini ve güneş panellerinden elde edilen DC gerilimin aynı bara da birleştirilerek bir akü grubunda depolanması esasına dayanır. Bu aküler yedekleme amacıyla şarj edilmektedir. Akü grubu şarj edildikten sonra ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi dönüştürücü (DC/AC) sistemler tasarlanarak şebekeye verilebilmektedir. Böylece, tasarlanan sistem kesintisiz güç kaynağı görevini de üstlenecek bir duruma gelecektir. Şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada aşağıdaki hususlar hep birlikte ön plan çıkartılmıştır. Güneş panelinden (PV) veya rüzgâr türbininden gelen farklı değerlerdeki gerilimlerin konvertörler yardımıyla aynı DC bara'da birleşerek şarj regülâtörü kontrolünde kuru tip 12 V / 7A aküyü şarj etmesi ve bu değerlerin LCD ekran üzerinde

görüntülenmesi sağlanmıştır. Akü sıcaklık, akım ve gerilim değerleri sürekli bir döngü içerisinde ölçülecek şekilde tasarlanmış ve bu değerlerin LCD ekranda görüntülenmesi sağlanmıştır. Ayrıca ölçülen bu değerlerin seri port vasıtasıyla PC’de oluşturulacak TXT dosyasına aktarılması, kaydedilen değerlere göre MS Excel programı ve TXT dosyası arasında veri alışverişi ile grafik çizilmesi sağlanmıştır (Daoud ve Midoun, 2003; Daoud ve Midoun, 2005). Rüzgâr türbininden veya PV panellerden gelen gerilimlerden herhangi birisinin kesilmesi durumunda, LCD ekranda bu durum belli olacak şekilde tasarlanmış ve şarjın diğer kaynaktan gelen gerilimle devam ettirilmesi sağlanmıştır (Daoud ve Midoun, 2005; Mundra ve Kumar, 2007).

Akü doluluk yüzdesinin ( %25 – 50 – 75 – 100 ) LCD ekranda görülen bilgiler ve devreye bağlı LED lambalar vasıtasıyla kontrol edilmesi sağlanmıştır. Örneğin akü doluluk yüzdesinin % 25’in altına düşmesi halinde sistemin devre üzerindeki çift renkli ( kırmızı – yeşil ) LED lamba ve buzzer ile ikaz vermesi sağlanmıştır. Akünün maksimum şarj ve dip deşarj kontrolü yapılmış, bu durumun sesli ve görsel olarak ikaz vermesi sağlanmıştır. Yapılan şarj regülâtörü hem otomatik olarak hem de devre üzerindeki Buton keypad vasıtasıyla kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Butonlara farklı atamaların (set değerleri, akım değerleri, gerilim değerleri vb.) yapılabilmesi sağlanmıştır.

### Şarj Regülâtörleri

Bir aküde enerji depolarken, depolama işlemini gerçekleştirecek ve kontrol edecek temel eleman “ Şarj Regülâtörü ” olarak adlandırılmaktadır. Bu elemanlar, genel olarak iki tipte olmaktadır. Bunlar sürekli ve on-off regülâtörlerdir. Sürekli regülâtörler, kompleks bir düzene sahip olup, yüksek güçlü çok elemana ihtiyaç duydukları için fazla tercih edilmezler. On-off regülâtörler ise daha basit yapıda ve ucuz

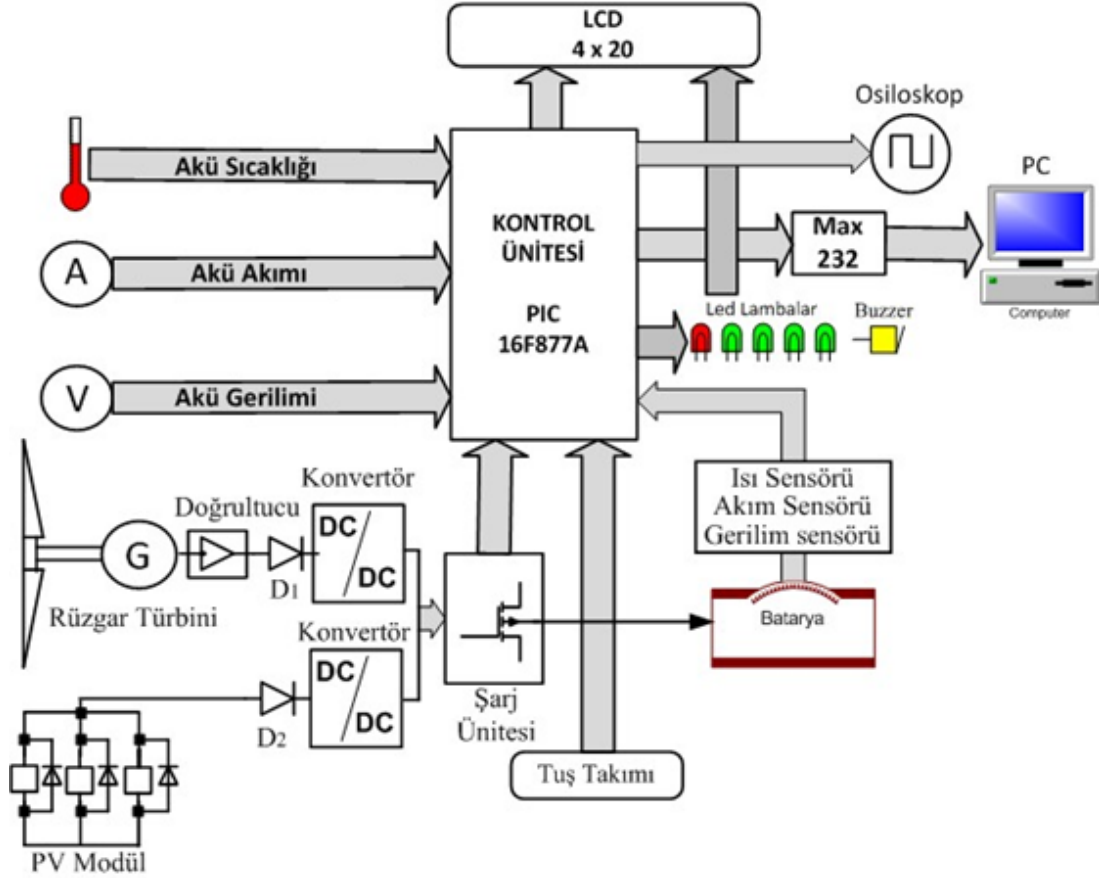
oldukları için yenilenebilir enerji sistemlerinde daha çok kullanılmaktadırlar (Karabayır, 2006). Bu çalışmada yapılacak şarj regülâtörü tasarımı ise her iki tipide kapsayacak DGM şarj regülâtörleridir.

Şarj Regülâtörleri, genel bir tanım olarak sistem durumuna göre şarj-deşarj ve enerji dağılımı işlemini gerçekleştiren ve yöneten, en ideal çalışma modunu otomatik seçen akıllı elektronik devrelerdir. Mikroişlemciler sayesinde güneş paneli, rüzgâr türbini, akü ve yükleri sürekli kontrol ederek en verimli enerji akışını yönlendirirler. Şarj regülâtörlerinin aynı zamanda DC gerilim çıkışları olduğundan, doğru akımla çalışan cihazlara direk gerilim verirler ve oldukça güçlü algoritmalara sahip yazılım içerirler. Geliştirilen şarj regülâtörü sistemi aşırı akım, aşırı gerilim ve dip deşarj gibi istenmeyen durumlardan korur. Bu problemlerden herhangi biri meydana geldiğinde regülâtör kendini ve sistemi korumaya alacağından, problem ortadan kalktığında kullanıcı müdahalesi gerektirmeden otomatik normal çalışmasına devam eder. Ayrıca geliştirilen regülâtör sistemde oluşabilecek kısa devrelerde koruma sağlar. Küçük sistemlerde en çok kullanılan regülâtör modelleri 12-24-48V DC değerlerinde üretilmektedir (Çiftçi ve Bilgin, 2007; Karabayır, 2006; Perez, 1993; Kolb, 2008; Arıkan vd., 2014; Durusu vd., 2016). Bu çalışmada da 15 V giriş gerilimi ve 12 V DC çıkış gerilimine sahip şarj regülâtörü geliştirilmiştir.

### Tasarımın Simülasyon Sonuçları

Bu çalışmada, orta güçlü (500 W) bir DGM şarj regülâtörü Proteus programında tasarlanmıştır. Şekil 2’de tasarlanan sistemin ayrıntılı diyagramında gösterildiği gibi güneş panelinden alınarak DC/DC konvertör vasıtasıyla sabitlenen gerilim veya rüzgâr türbininden gelen değişken gerilimin doğrultucu devresinden geçerek DC/DC konvertör vasıtasıyla maksimum 15 V’da sabitlenen DC gerilim ile 12 V’luk bir akü şarj edilmiştir. PIC 16F877 mikro

denetleyicinin analog girişlerinden okunan olduğu durumlarda akü, yük ve hibrit gerilim ve akım (akım-gerilim çevirici sistemden ayrılarak korunmuş ve şarj vasıtası ile) değerlerine bağlı olarak kontrolü yapılmıştır MOSFET sürülmüştür. Böylece gerekli



Şekil 2. Tasarlanmış sistemin ayrıntılı diyagramı

Sistemde kullanılan rüzgâr türbini, PV paneller ve akü grubuna ait değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hibrit sistem bileşenlerinin değerleri

Sistem bileşeni	Değeri
Rüzgâr türbini	500 W
PV modül	80 Wp
Akü grubu	7 Ah

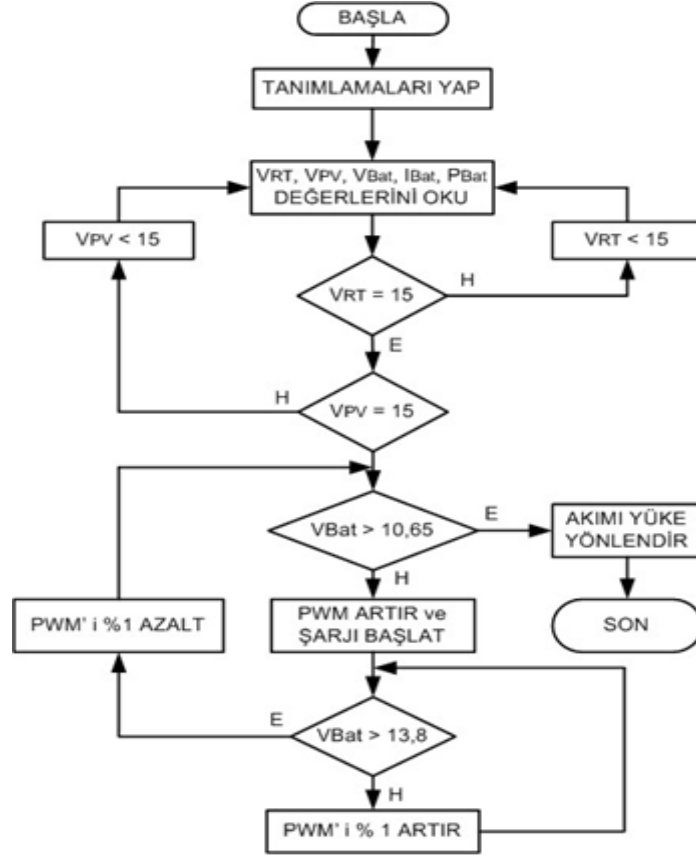
Bu sistemde 6 adet analog ölçüm devresi mevcuttur. Bu ölçüm devreleri Op-amp’lar vasıtasıyla gerçekleştirilmiş ve bu değerler PIC’e girilmiştir. Tasarlanan devrede 2 DGM çıkışı vardır. Birisi rüzgâr türbininden gelen gerilimi, diğeri ise PV panellerden gelen gerilimi konvertörler yardımıyla aküye verecektir. Aynı zamanda ne kadar akım verildiği de gösterilecektir. Konvertörler;

günün değişik zamanlarında rüzgâr türbinlerinden doğrultularak elde edilen farklı DC gerilim ile PV panellerden elde edilen farklı DC gerilimin sabit değerde olmasını sağlamaktadır (Demirbaş vd., 2008; Demirbaş, 2008). Bu sistemde dört yerden gerilim okunması sağlanmıştır. Bunlar akü gerilimi, DC bara gerilimi ve giriş gerilimidir. Giriş geriliminin ölçümü, rüzgâr türbininden ve PV panellerden gelen gerilimlerin ayrı noktalarda ölçülerek aynı DC bara da birleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 15 V’luk gerilimin PIC’e girilmesi için de gerilim bölücü devreleri tasarlanmıştır. Aynı zamanda iki yerden de akım okunması için devre tasarlanmış ve bunun için akım sensörü kullanılmıştır. Bunlar ise akü akımı ve yük akımıdır (Hua vd., 2000; Koutroulis ve Kalatzakir, 2004;

Daoud ve Midoun, 2003; Woodworth vd., 1994). Şarj sisteminin akış diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılması planlanan kuru tip 12 V / 7 A aküler normal şartlarda 13,8 V ile 14,4 V aralığındaki gerilim değerlerinde şarj edilebilmektedir. Bu sistemde DGM ile aküye gerilim verilmiş ve akü gerilim değeri

ölçülmüştür. Ölçülen değer eğer 13,8 V ise akü dolmuştur anlamına gelecek, eğer ölçülen değer 10 V ise akünün boşalması anlamına gelerek sistemin uyarı vermesi sağlanmıştır. Akü gerilimi düşerse sistem yine aküyü şarj edecektir.

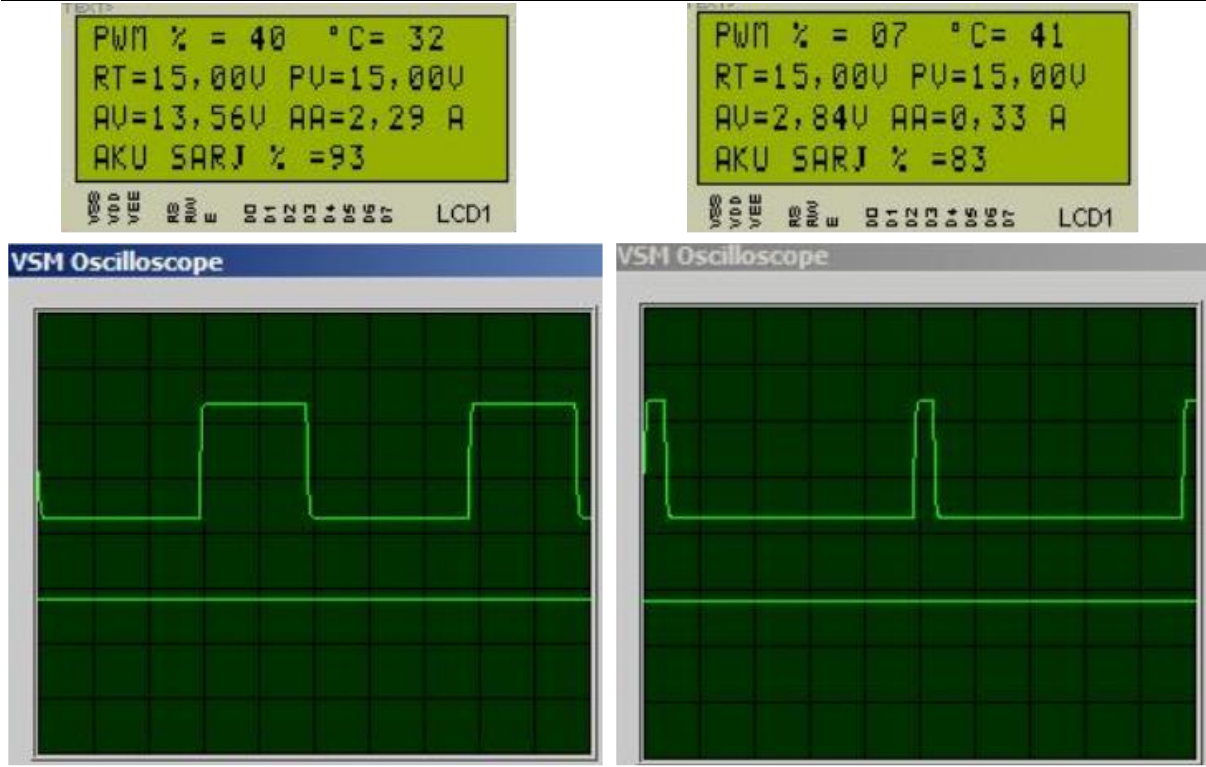


Şekil 3. Şarj sisteminin akış diyagramı

Sistemde DGM şarj metodu kullanılmıştır. Bu sebeple gerilim kararlılığını sağlamak için DC bara da bir kondansatör grubu kullanılması gerekmiştir. Sistem akü gerilimini ölçüp DGM'i ayarlayacak, akü gerilimi düşünce DGM iş gücünü artıracak, gerilim artınca da iş gücünü azaltacaktır. DGM, akünün doluluk durumuna göre çalışacaktır. Akü doluluk yüzdesi'de gerilim seviyesine göre belirlenerek devre üzerindeki LED lambalar ile gözlem yapılması sağlanmıştır. Akülerin kullanım ömrünü

etkilediği için akülerin sıcaklık ölçümü yapılmış ve bu duruma göre hareket edilmiştir. Bu iş için bir ısı sensörü (LM 35) devreye bağlanarak sıcaklık değerleri belirlenmiş ve LCD ekranda gösterilmesi sağlanmıştır (Perez, 1993; Li ve Gatland, 1996; Bower vd., 1991; Hua vd., 2000; Koutroulis ve Kalatzakir, 2004).

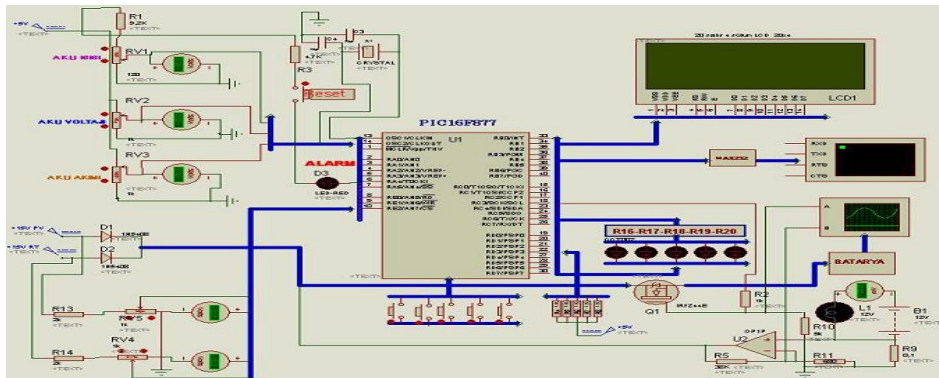
Tasarlanan simülasyon devresinde değişik akü gerilim ve akım değerlerine göre DGM karakteristiği Şekil' 4 de görülmektedir.



Şekil 4. Değişik akü gerilimi ve akım değerlerine göre LCD ekran bilgileri ve DGM karakteristikleri

LCD'nin kontrast ayarının yapılabilmesi içinde potansiyometre veya sabit dirençler kullanılmıştır. Ayrıca LCD yakınlarına hattın endüktif drenajını düşürmesi ve anlık yüksek PIC akımlarında entegre beslemesi için tantal ya da elektrolitik kondansatörler kullanılmıştır.

Şekil 5'de görüldüğü gibi proteus simülasyonu ile devrenin giriş gerilim ve akımı ile çıkış gerilim ve akımının ölçülmesi için gereken devreler kurulmuştur. Bu devrelerden elde edilen değerlerin PIC 16F877 mikro denetleyicisine gönderimi gerçekleştirilmiştir.



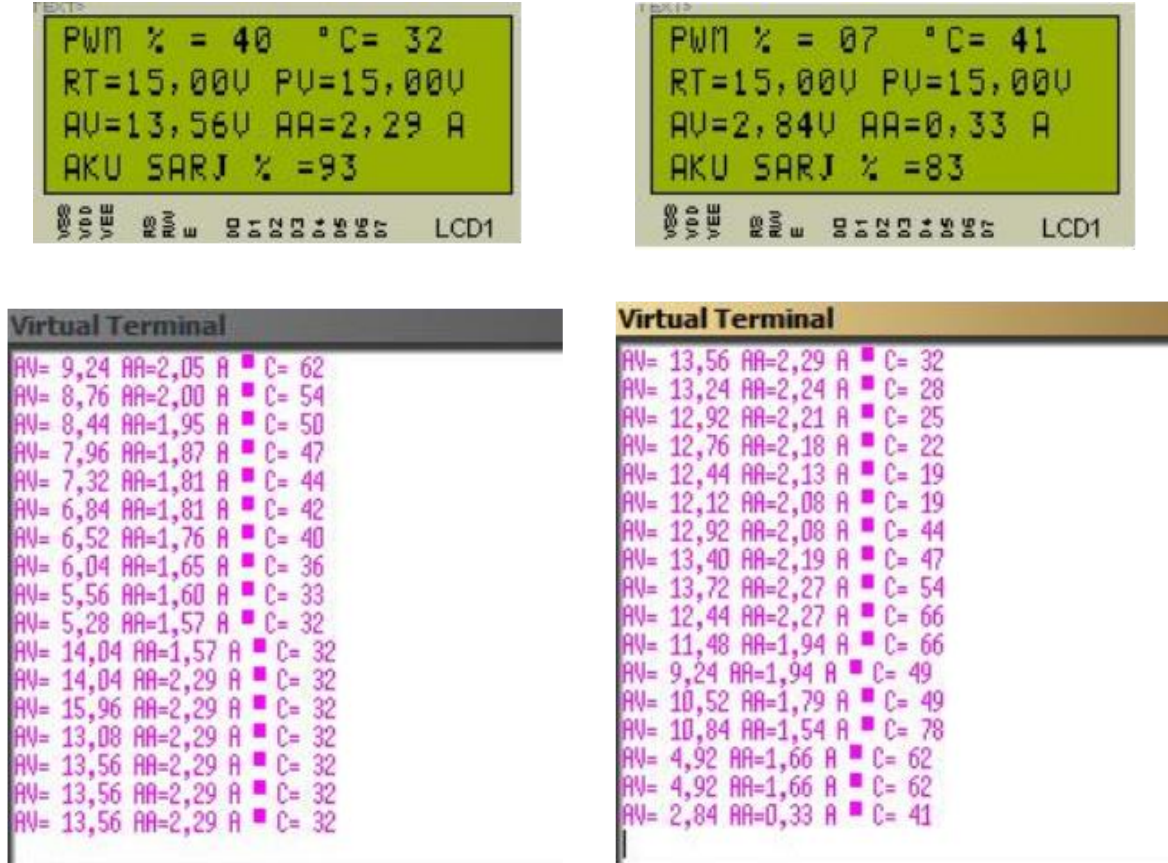
Şekil 5. Proteus programında hazırlanan simülasyon devresi

Tasarlanacak şarj regülâtörü, rüzgâr türbininden ve PV panellerden gelen değişik değerlerdeki gerilimleri 15 V değerinde sabitleyip aynı bara da birleştirerek 12 V DC çıkış gerilimiyle akü şarjını

gerçekleştirmiştir. Rüzgâr türbini ve PV panellerden gelen değişik değerlerdeki gerilimleri aynı değerinde sabitleyecek gerilim regülâtörleri mevcuttur.

Bu çalışma için önerilen 8 – 45 V / 15 V işlemini gerçekleştirilebilecek gerilim regülâtörleridir. Aynı zamanda rüzgâr türbininden veya PV panellerden herhangi birinden gelen gerilimin kesilmesi halinde akü tek bir sistemden beslenecek kabiliyette tasarlanmıştır. Ayrıca bu kaynaklardan gelen gerilim değeri 15 V'un altına düştüğünde sistem otomatik olarak şarjı durduracak şekilde olacaktır. 15 V olarak sabitlenen gerilim şarj regülâtörüne D1 ve D2 diyotları üzerinden geçerek girmiştir. Genel olarak devrenin bütün yönetimi PIC 16F877 mikroişlemci ve üzerine yüklenen program vasıtasıyla sürdürülmüştür. D1 ve D2 diyotlarının kullanılmasının amacı, sistem üzerinde kullanılan iki farklı sistemden gelen gerilimi ayırmaktır. Yani PV paneller ile rüzgâr türbini devrelerinin birbirine akım vermelerini önlemektir. Sistemde anahtarlama (on – off) elemanı olarak bir adet MOSFET kullanılmış ve IRFZ44E modeli tercih edilmiştir. Aynı işlemi transistörle de gerçekleştirmek mümkündür. Ancak sistemde gerilim düşümünün fazla olmasını önlemek ve iç dirençlerinin daha küçük olmasından dolayı MOSFET'ler tercih edilmiştir. Ayrıca MOSFET'lerin hızı da yüksektir. Devrede MOSFET'in tetiklediği

gerilimi anında tutmak ve filtreleme yapmak için kondansatörler kullanılmıştır. Sistemde akü sıcaklığını ölçmek için LM35 ısı sensörü kullanılmıştır. Bu sensörlerde gerilim, derece başına 10 mV olarak artacak şekildedir. Bu devrede sıcaklık değeri 75 derece gibi bir yerde sınırlanacak ve bu değer yeterli olacaktır. Bunun yanında akü akımı ve gerilimini okuyacak op-amp devreleri tasarlanmış ve sensörler vasıtasıyla bu değerlerin ölçülmesi sağlanmıştır. Devredeki reset butonu ile sistemin şarjı istenildiği zaman kesilerek şarj durdurulmuştur (Viera vd., 2006; Li ve Gatland, 1996; Hua vd., 2000; Daoud ve Midoun, 2003; Woodworth vd., 1994). Devrede işlemciden çıkan sinyalin PC seri portuna uyum sağlaması ve sinyal seviyesi uyumu için RS 232 entegresi ve kondansatörler kullanılmıştır. Sistem programın her döngüsünde TXT dosyasından veri alabilecek ve bu değerlere bağlı olarak Excel programında grafik çizdirilebilecektir (Liang vd. 2008; Daoud ve Midoun, 2003; Mundra ve Kumar, 2007). Şekil 6'da tasarlanan simülasyon devresinde değişik akü gerilim (AV), akım (AA) ve sıcaklık (°C) değerlerinin seri port vasıtasıyla PC ekrandaki görüntüsü görülmektedir.

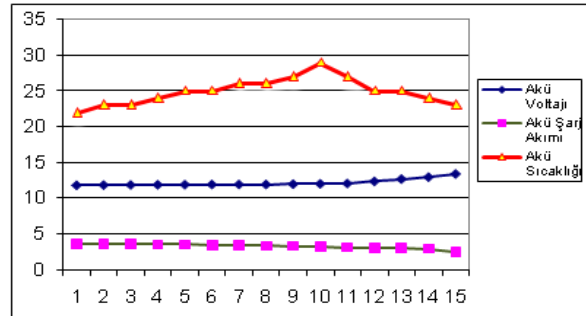


**Şekil 6.** Tasarlanan simülasyon devresinde değişik akü gerilim(AV), akım(AA) ve sıcaklık(°C) değerlerinin seri port vasıtasıyla PC ekrandaki görüntüsü

Sistemde akünün şarj durumunu gösteren aynı zamanda belli yüzdelik değerlerinde (%25 – %50 – %75 – %100) sesli ve görsel olarak uyarı verebilen bir alarm devresi mevcuttur. Bu alarm sisteminde akü tam boşalmışsa sesli ikazla uyarı veren bir devre tasarlanmıştır. Devredeki 5 buton ataması ile set değerleri, alarm, gerilim düşük değerler girilebilecektir. Devre üzerinde kullanılan 4\*20 LCD ekranda yukarıda da bahsedilen DGM değeri, akü sıcaklığı, akü akımı, akü gerilimi, akü şarj yüzdesi, rüzgâr türbininden gelen gerilim ve PV panellerden gelen gerilim gibi değerler görüntülenerek bu ekranda kullanıcıların bilgilendirilmesi sağlanmıştır. Bu değerlerden bazıları Şekil 4 ve Şekil 6'daki LCD ekran görüntülerinde gösterilmiştir. Enerji tasarrufu sağlanması açısından da LCD ekranın belli zaman aralıklarında kapanması sağlanmıştır (Bandara vd., 1999; Li ve Gatland, 1996;

Hua vd., 2000; Daoud ve Midoun, 2003; Woodworth vd., 1994).

Simülasyon devresinde alınan akü gerilimi, akü akımı ve akü sıcaklık değerlerine göre seri port vasıtasıyla bilgisayar ekranında çizilecek grafik Şekil 7'de değerler ise Tablo 2'de verilmiştir.



**Şekil 7.** Simülasyon devresinde alınan akü gerilimi, akü akımı ve akü sıcaklık değerlerine göre seri port vasıtasıyla PC ekranında çizilecek grafik



**Tablo 2.** Simülasyon devresinde alınan akü gerilimi, akü akımı ve akü sıcaklık değerleri

Sıra No	Akü Şarj Gerilimi (V)	Akü Şarj Akımı (A)	Akü Sıcaklığı (°C)	Sıra No	Akü Şarj Gerilimi (V)	Akü Şarj Akımı (A)	Akü Sıcaklığı (°C)
1	11,8	3,59	22	9	11,95	3,3	27
2	11,82	3,59	23	10	11,99	3,25	29
3	11,85	3,55	23	11	12,05	3,1	27
4	11,87	3,5	24	12	12,35	3,0	25
5	11,89	3,5	25	13	12,67	3,0	25
6	11,91	3,4	25	14	12,95	2,9	24
7	11,91	3,35	26	15	13,4	2,5	23
8	11,92	3,33	26				

## 2. Sonuç ve Tartışma

Güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak oluşturulan hibrit sistemlerde, sistemin çıkışından elde edilen enerjiyi her zaman aktif olarak kullanmak neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle bu tip uygulamalarda sistemden elde edilen enerji üçüncü bir elemanda depo edilerek sistemin kullanıcıya veya yüke sürekli olarak enerji üretebilmesi sağlanmaktadır. Enerjiyi depolayarak daha sonra kullanma amaçlı olarak da aküler ve şarj sistemleri kullanılabilir. Bu çalışma ile güneş ve rüzgâr enerjilerinin birlikte kullanıldığı hibrit yenilenebilir enerji sistemleri için enerjinin depolanmasını sağlayan 15 V giriş, 12 V DC çıkış değerinde çalışabilen ve maksimum devre akımı 10 A olan orta güçte bir DGM şarj regülâtörü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Akünün kullanım ömrünü uzatmak amacı ile gerekli olan kriterlerin (sıcaklık, dip deşarj vb. gibi) analizleri yapılarak akünün sıcaklığının ölçülmesi ve şarj / deşarj kontrolünün yapılması için gerekli devreler tasarlanmıştır. Sistem; akü sıcaklık, akım ve gerilim değerlerini sürekli bir döngü içerisinde ölçebilecek şekilde tasarlanmış, aküye ait verilerin LCD ekrana aktarılmasının yanında

PC'ye aktarılması için RS 232 bağlantısı ile de bu verilerin grafiksel analizi gerçekleştirilmiştir. Gerilim ölçme devresi ile akü doluluk oranının tespiti yapılmış ve bu durumun LED lambalar ile gösterilmesi sağlanmıştır. Sistem aynı zamanda aşırı akım, gerilim ve deşarj gibi istenmeyen durumlarda devreyi koruma altına alacak şekilde tasarlanmış ve bu istenmeyen durumlardan herhangi biri meydana geldiğinde, kendini ve sistemi korumaya alarak, problem ortadan kalktığında kullanıcı müdahalesi gerektirmeden otomatik olarak çalışmasına devam edebilmektedir. Ayrıca sistemde oluşabilecek kısa devrelerde koruma sağlamaktadır. Simülasyon sonucunda, sistemin maksimum verimle çalıştırılabildiği ve akü şarj işleminin yanı sıra hata durumlarında sistemi ve aküleri korumaya alma işlevlerini de tam olarak yerine getirebildiği simülasyon ortamında da görülmüştür. Bu çalışma; yazılım ve donanım güncellemeleri ile farklı gerilim ve karakteristiklere sahip daha düşük güçlü sistemler için uygulanabilecek şekilde tasarlanmış, ayrıca akıllı bir ağa bağlanıp uzaktan kontrol edilebilecek, ulaşım zorluğu ve bakım maliyetleri yüksek olan uygulamalarda enerji depolamak için kullanılabilir.

Akü tipinde yapılacak herhangi bir değişikliğe, uyum sağlayarak şarj eğrisini verebilme ve farklı şarj stratejisini uygulama özelliği de bu şarj regülâtörlerine ilerleyen zamanlarda eklenecek özellikler içerisinde yer alabilecektir.

### 3. Kaynaklar

Arıkan, O., Kekezoğlu, B., Durusu, A., İşen, E., Erduman, A., Bozkurt, A. 2014. Comparison of Charge Controllers on PV Panel Performance: An Experimental Study, International Journal of Advancements in Electronics and Electrical Engineering – IJAEEE, 3, 121-125.

Bandara, G.E.M.D.C., Ivanov, R., Gishin, S. 1999. Intelligent Fuzzy Controller for a Lead-Acid Battery Charger, IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, s. 185-189, Tokyo, Japonya.

Bower, W.I., Dunlop, J.P. 1991. Maytrott, C.W., Performance of battery charge controllers first year test report, 21st IEEE Photovoltaic Specialists Conference, s. 640-645, Kissimmee, FL, USA.

Çiftçi, N.B., Bilgin, E.R. 2007. Mikroişlemci Tabanlı Maksimum Güç Noktası İzleyicili Şarj Regülâtörü Tasarımı, Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İzmir.

Daoud, A., Midoun, A. 2003. Commande floue de la charge d'une batterie dans une installation photovoltaïque, International Congress on Photovoltaic and Wind Energies ICPWE'2003, s. 67-72.

Daoud, A., Midoun, A. 2005. Fuzzy Control of a Lead Acid Battery Charger, Journal Electrical Systems, 1-1(2005), 62-72.

Demirtaş, M. 2008. Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Kullanılarak Şebeke ile Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Demirbaş, Ş., Demirtaş, M., Sefa, İ. 2008. Çolak, İ., Building of W&S Energy System, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, s. 1466 – 1469, İtalya.

Durusu, A., Kekezoğlu, B., Erduman, A., Arıkan, O., İşen, E., Bozkurt, A. 2016. Reliability Analysis of a Wind/PV/Battery Hybrid System: A Case Study for YTU Davutpasa Campus, 2nd South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, s. 1-7, Slovenya.

Hua, C.C., Lin, M.Y. 2000. A study of charging control of lead-acid battery for electric vehicles, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, s.135-140, Puebla, Mexico.

Il-Song, K., Pyeong-Sik, J., Un-Dong, H., Chin-Gook, L., Hong-Gyu, K. 2009. State estimator design for solar battery charger, IEEE International Industrial Technology Conference, s. 1-6.

Karabayır, S. 2006. Solar Şarj Regülâtörü, Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İzmir.

Kolb, M. 2008. Pansat Power Subsystem, A Major Qualifying Project Plan Submitted to the faculty of the Worcester Polytechnic Institute.

- Koutroulis, E., Kalatzakis, K. 2004. Novel battery charging regulation system for photovoltaic applications, *Electric Power Applications, IEE Proceedings*, 151(2), 191-197.
- Liang, R.C., Jin, J.C., Neng, Y. C. 2008. Current – Pumped Battery Charger, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(6), 2482-2488.
- Li, H., Gatland, H.B. 1996. Conventional fuzzy control and its enhancement, *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics*, 26(5), 791-797.
- Mundra, T.S., Kumar, A. 2007. An innovative battery charger for safe charging of NiMH/NiCd batteries, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 53(3), 1044-1052.
- Perez, R. 1993. Lead-Acid Battery Satate of Charge vs Voltage, *Home Power*, 36, 66-69.
- Viera, J.C., Gonzalez, M., Anton, J.C., Campo, J.C., Ferrero, F.J., Valledor, M. 2006. NiMH vs NiCd Batteries under High Charging Rates, *IEEE Telecommunications Energy Conference*, s. 1-6, Providece, RI, USA.
- Woodworth, J.R., Thomas, M.G., Stevens, J.W., Harrington, S.R., Dunlop, J.P., Swamy, M.R., Demetrius, L. 1994. Evaluation of the batteries and charge controllers in small stand-alone photovoltaic systems, *IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, s. 933-945, FL, USA.