

# Traksiyoner Tipi Aküler İçin Akıllı Redresör Tasarımı ve Uygulaması

Osman Demirci<sup>1\*</sup>, Sezai Taşkın<sup>2</sup>, Burcu Acar<sup>3</sup>, Ali Turan<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> İnci GS Yuasa Akü San. ve Tic. A.Ş., Organize Sanayi Bölgesi 45030 Manisa, Türkiye  
odemirci@incigsyuasa.com

<sup>2,3</sup> Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
45140 Manisa, Türkiye

\* İletişimden sorumlu yazar / Corresponding author

Geliş / Received: 12 Kasım (November) 2015

Kabul / Accepted: 10 Nisan (April) 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.18466/cbujos.60932>

## Özet

Traksiyoner tipi aküler genellikle endüstride forklift gibi mobil ağır iş makinelerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmadaki temel hedef, traksiyoner akülere yönelik akıllı bir redresör tasarımıdır. Bu amaçla, traksiyoner aküye ait bir hücrenin şarj edilebilmesi için 2.7 V ve 5 A limitlerine uygun bir redresör tasarlanmıştır. Aküdeki bir hücrenin şarjı esas alınarak yapılan bu çalışma tüm aküye uygun bir redresör tasarım sürecinin temelini oluşturmaktadır. Ana kart ve güç kartına ilişkin elektronik tasarım devresi gerçekleştirilmiş ve simülasyon ortamında performans testleri incelenmiştir. Daha sonra ise sırasıyla PCB kart tasarımı ve komponent montaj işlemleri ile donanım ve yazılımın doğrulama testleri yapılmıştır. Bu tasarımda aküye ilişkin akım-gerilim-sıcaklık parametreleri MATLAB programında tasarlanan bir GUI üzerinden analiz edilmiştir. Tasarlanan sistem, donanım ve yazılım geliştirme bakımından günümüzde yaygın olarak kullanılan redresörlerden şarj karakteristiği yönünden farklılık göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler** — Endüstriyel akü, akü şarj karakteristiği, traksiyoner akü, redresör.

## Design and Application of Smart Rectifier for Traction Type Batteries

### Abstract

Traction type batteries are commonly used for forklifts, pallet stackers, conveyors etc. This paper presents a smart charger design for traction batteries. The design criteria is limited with 2.7 V and 5 A so as to charge a single battery cell. However, the design limits can be expanded according to battery capacity and voltage. Firstly, electronic power card has been designed and simulated. Additionally, electronic control card developed. It analyses the measured signals which are current, voltage and temperature. According to the result of the analyzed signals the electronic power card is controlled by digital potentiometer. Then, the simulation results are performed for the selected electronic components, and finally the PCB card has been fabricated. The designed system is tested with an industrial traction battery cell. Furthermore, all the data on the PCB is monitored via MATLAB GUI. The presented system differs from commonly used chargers with regard to software and hardware design.

**Keywords** — Industrial battery, battery charge characterictic, traction battery, charger.

## 1 Giriş

Akü destekli elektrikli güç sistemleri özellikle kritik öneme sahip uygulamalar için oldukça önemlidir. Örneğin, raylardaki ve demiryolu geçitlerindeki sinyalizasyon ve güzergâh denetim sistemleri, elektrik şebeke arızalarında röle koordinasyonunun sağlanması gibi uygulamalar kesintisiz elektrik enerjisine

ihtiyaç duymaktadır. Benzer şekilde aşağıda verilen örnekler için de kesintisiz elektrik enerjisi sağlanması oldukça önemlidir.

Enerji santrallerinde elektronik kumandalar, iletişim sistemleri vs. gibi çok sayıda önemli tüketici akü destekli elektrik güç kaynakları üzerinden, elektrik kesintisine karşı emniyete alınmaktadır.

Hava trafiğindeki güvenlik için telsiz ve radar sistemlerinin, iniş pisti aydınlatmasının ve havaalanındaki diğer güvenlik tertibatlarının kesintisiz beslenmesi çok büyük önem taşımaktadır.

Günümüz telekomünikasyon teknolojisi, tüm alanlarında her an çalışır ve güvenilir elektrik güç kaynakları gerektirmektedir. Örnek olarak sayılan tüm bu uygulamalarda akü destekli enerji besleme sistemlerinin önemi açıkça görülmektedir. Dolayısı ile akünün kendisinden beklenen performansı gösterebilmesi ve uzun ömürlü olabilmesi için doğru bir şarj yöntemi uygulanmalıdır.

Endüstriyel aküler traksiyoner akü ve stasyoner akü olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Traksiyoner aküler genellikle endüstrideki yük taşıma, kaldırma vb. gibi araçlarda kullanılır. Traksiyoner tipi aküler forkliftler, yer temizleme makineleri, taşıyıcı ya da kaldırma platformları, elektrikli araçlar, hava alanı servis araçları ve yer altı maden lokomotiflerinde yaygın olarak kullanılır.

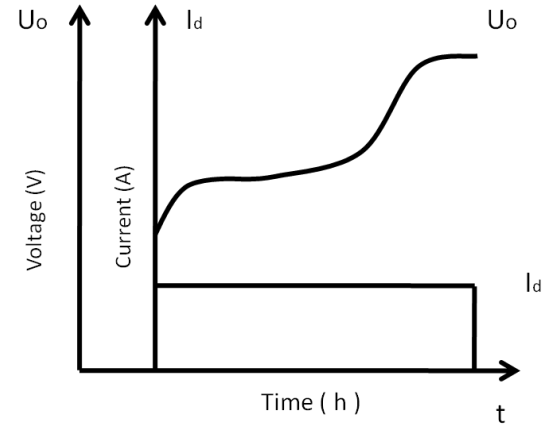
Traksiyoner akülerin %90'a varan kısmı aside dayanıklı kaplama yapılmış, üstü açık çelik kasa (kazan) içine 2 V'luk hücrelerin yerleştirilmesi ve hücre kutuplarının birbirine kurşun köprü ya da iletken bağlantı kabloları ile irtibatlandırılması sonucu oluşturulur. İstenen voltaj seviyesine göre uygun sayıda 2 V'luk hücrelerin seri olarak bağlanmasıyla 1 adet akü elde edilmiş olur [1].

Redresör diğer adıyla doğrultucu, bir ya da daha fazla yarı iletken elemandan oluşan alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan elektronik bir devredir. Doğrultma alternatif akımın (AC) doğru akıma (DC) dönüştürülmesi işlemidir. Bütün doğrultucular, AC'yi DC'ye dönüştürme işlemini daha verimli yapabilmek için birden fazla yarı iletken güç elemanın belirli bir şekilde birbirine bağlanmasıyla oluşturulur [2].

Redresörler kullanılmakta olan akünün tipine göre üretilmektedir. Piyasada çok çeşitli aküler bulunmaktadır. Bunlar jel akü, traksiyoner akü, stasyoner akü vb. Bu akülerin hepsinin şarj voltajları birbirinden farklıdır. Bataryaların

içerisinde bulunan hücre sayısı her bir hücrenin şarj gerilimi ile çarpılarak akü gerilim değeri bulunmaktadır [3].

Akü akım kontrollü şarj olduğu durumda akü gerilimi, gerilim kontrollü şarj olduğu durumda ise akü akımı akünün karakteristiğine göre değişmektedir. Şekil 1'de sabit akımla şarj durumuna ilişkin akım-gerilim grafiği sunulmuştur [4].



Şekil 1. Sabit akım akü şarj eğrisi

Bu çalışmada 24V- 48V'luk bir akü yerine uygulama kolaylığı bakımından tek bir hücre esas alınarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarımın yukarıdaki belirtilen gerilimlerdeki aküler için yapılmasıyla tek bir hücre göz önüne alınarak yapılması arasında temel bir fark yoktur. Hücre sayısına ve bu hücrelerin kendi içinde seri veya paralel bağlanma durumlarına göre gerilim/akım seviyeleri değişmektedir. Bu nedenle traksiyoner aküye ait bir hücrenin şarj edilebilmesi için 2.7 V ve 5 A limitlerine uygun bir redresör tasarımına ait teknik detaylar ve analizi bu çalışmada sunulmuştur.

## 2 Tasarım Kriterleri

### 2.1 Güç Devresi

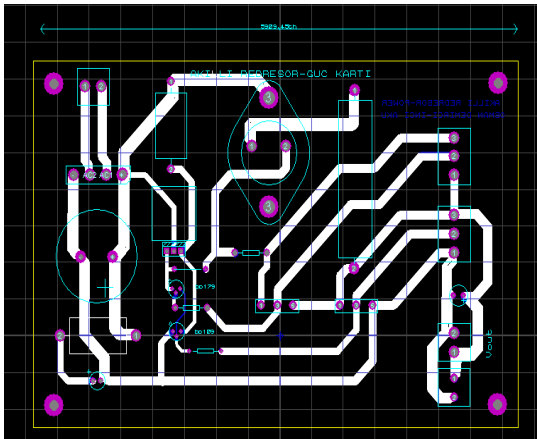
Güç elektroniği devresinin tasarımı kullanılan akünün karakteristiklerine ve şebeke gerilimine göre yapılır. AC gerilim köprü tipi diyotla tam dalga doğrultma yapılarak DC forma getirilir. Doğrultucu çıkışındaki dalgalı DC gerilimini tam DC gerilimine çevirmek için 4700 µF kapasite kullanılmıştır [5].

Devrede yer alan 2N3055 güç transistörü P tipi transistördür [6]. Push-pull olarak kullanıldığında, karakteristikleri benzer olan bir N tipi transistörle beraber kullanılır, buna 'Complementary' tamamlayıcı transistör adı verilir.

BC179-BC109 transistörleri ile akım ve gerilim ayarı dijital potansiyometre üzerinden gerçekleştirilmektedir. Devrede manuel potansiyometre yerine dijital potansiyometre kullanılarak akım ve gerilim ayarı ana kontrol kartı vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Dijital potansiyometre için çıkışlar soket vasıtasıyla güç kartına aktarılmaktadır.

Akünün çekeceği akımı üzerinden aktaran 2N3055 güç transistörü soğutucu ile devreye bağlanmaktadır. Yüksek akımlarda bu transistörün ısınmasına karşı önlem almak üzere transistörün bağlı olduğu soğutucu plaka, fan motoru yardımıyla soğutulmaktadır.

Devrede yer alan BC109 transistörü örneğin 10 saat gibi uzun süreli çalıştırılması durumunda belli bir oranda ısınmaktadır. Fakat transistör yüksek sıcaklık derecelerine dayanıklı olduğu için sorun teşkil etmemektedir. Şekil 2'de tasarlanan güç katına ait baskı devre çizimi gösterilmiştir.



Şekil 2. Güç katı baskı devre şeması

## 2.2 Ana Kontrol Devresi

Ana kontrol devresi sistemin otonom çalışmasını sağlayan bölümdür. Kontrolör olarak Arduino Mega kullanılmıştır. Akım, gerilim ve sıcaklığa ilişkin parametreler ilgili sensörlerden gelen sinyal bilgilerine göre

sistemi kontrol etmektedir. Bu sensörlere ilişkin teknik bilgiler aşağıda kısaca verilmiştir.

Akım ölçümü için ACS712 5A Hall Effect (Manyetik Alan Etkili) akım sensörü kullanılmaktadır. Akü'nün anlık çektiği akım bu sensör vasıtasıyla kontrolöre aktarılmaktadır. Akünün bulunduğu ortamın sıcaklığının algılanması için NTC tipi sıcaklık sensörü, redresöre ait metal kutunun kapalı ortam sıcaklığının ölçümü için ise "LM35" tipi yarı iletken sıcaklık sensörü kullanılmıştır.

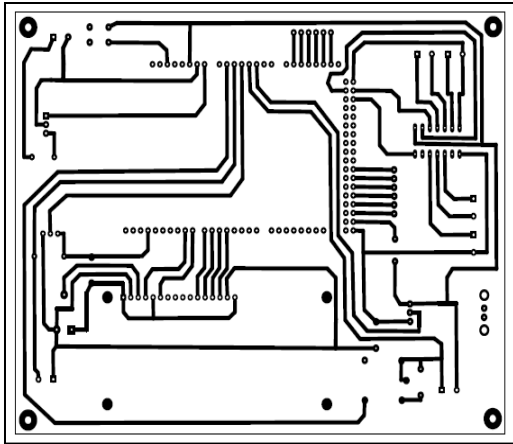
Dijital potansiyometre, analog çıkış değerini dijital olarak ayarlayabilen potansiyometredir. Bu potansiyometre vasıtasıyla akım ve gerilim, analog potansiyometreye gerek kalmadan kontrolör vasıtasıyla otomatik olarak ayarlanmaktadır.

Arduino Mega 5-17 V arası DC giriş gerilimi ile çalışmaktadır. Minimum değer olan +5 V'un altında besleme gerilimi verildiğinde sistem çalışmamaktadır. Belirtilen limitin üstünde gerilim verilmesi durumunda kontrolör bozulmaktadır. Hata sinyalini denetlemek ya da bağlantı kopukluğunda ses ile uyarı sağlamak üzere devrede buzzer kullanılmıştır.

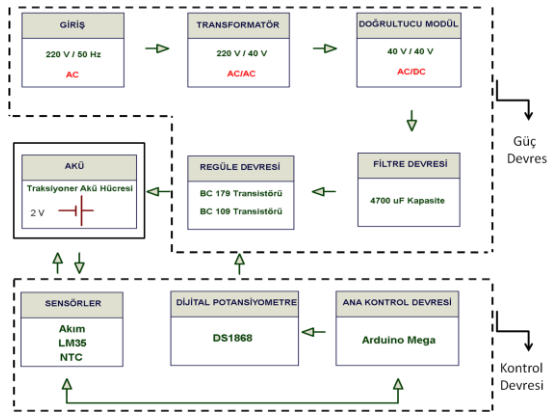
Akü hücre gerilimi Arduino'nun analog girişinde ölçülmektedir. Tasarlanan sistemin daha fonksiyonel hale getirilmesi durumu göz önüne alınarak sisteme ilave edilecek sensör vb. aygıtlar için 6 analog ve 6 dijital pin çıkışı kart üzerinde harici olarak soketlerle ayrılmıştır. Sistemin Start-Stop vb. başlatma, sonlandırma komutlarını vermek üzere ana kart ve güç kartına ek olarak buton kartı tasarlanmıştır. Şekil 3'te tasarlanan ana kontrol devresine ait baskı devre çizimi gösterilmiştir.

Şekil 4'te ise sistemin çalışmasına ait genel bir blok diyagram verilmiştir. Burada, tasarlanan akıllı redresör devresine ait güç ve kontrol katı bileşenlerinin işleyişi gösterilmiştir. 2 V'luk traksiyoner akü hücresinden ölçülen akım bilgisi ana kontrol kartına iletilmektedir. Bu kontrol kartı içindeki gömülü yazılımın yönlendirmesine göre dijital potansiyometrenin otomatik olarak

ayarlanması ile akü hücrelerini şarj eden regüle devresi kontrol edilmektedir.

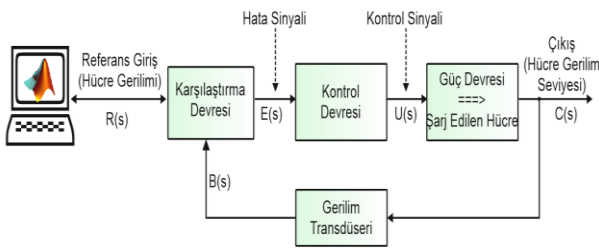


Şekil 3. Ana kontrol devresi baskı devre şeması



Şekil 4. Akıllı redresör blok diyagramı

Şekil 5'te de redresöre ait kontrol devresinin kapalı çevrim blok şeması verilmiştir.



Şekil 5. Akıllı redresör kapalı çevrim blok şeması

### 2.3 Matlab (GUI) Arayüzü

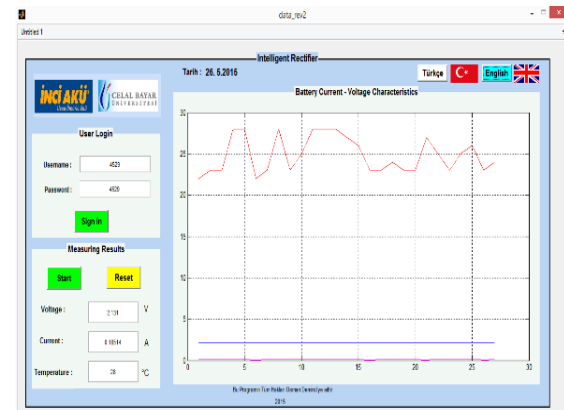
Matlab GUI (Graphical User Interfaces) grafiksel kullanıcı arayüzü oluşturulmasına imkân tanıyan bir araçtır. GUI yapısı kullanılarak Matlab tabanlı kullanıcı ile etkileşimli komut düğmeleri, kaydırma çubukları, liste kutuları gibi bileşenlerin

kullanımı sayesinde oldukça fonksiyonel kullanıcı ara yüzleri tasarlanabilir [7].

Bu bölümde tasarlanan grafiksel kullanıcı ara yüzünün yapısı hakkında bilgi verilecektir. Kullanıcı ara yüzünde kullanıcı girişi, ölçüm sonuçları ve aküye ait verilerin grafiksel gösteriminin yer aldığı bölümler yer almaktadır.

Aküye ilişkin akım, gerilim, sıcaklık verilerinin anlık olarak değerleri "Ölçüm Sonuçları" penceresinden nümerik olarak görülmektedir. Aynı zamanda verilerin zamana bağlı olarak değişimi grafik üzerinde kaydedilmektedir. Ayrıca akım-gerilim ve sıcaklığa ilişkin parametreler istenilen örnekleme süresinde anlık olarak çizdirilmektedir. Matlab ile Arduino arasında Seri Haberleşme protokolü ile verilerin transferi sağlanmaktadır [8].

Bu program ile verilerin Matlab ortamında anlık olarak analizi, gösterimi ve kaydı yapılmaktadır. Akünün şarj eğrisine ilişkin tüm değerlendirmeler elde edilen grafiğin istenen şarj eğrisi ile karşılaştırılmaktadır. Doğru şarj karakteristiği ile şarj edilen akünün verimi artacaktır. Şekil 6'da sistemin çalışması esnasındaki Matlab GUI arayüzü üzerinden bir örnek verilmiştir.



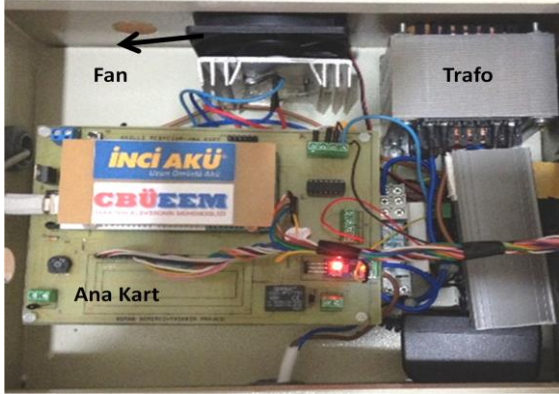
Şekil 6. Matlab GUI arayüzü örnek çalışması

### 3 Ana Kart İle Güç Kartının Entegrasyonu

Güç Kartı ve Ana Kart ilgili bölümde anlatılan tasarım kriterleri doğrultusunda baskı devre haline getirilmiştir ve birbirine entegre edilerek çalıştırılmıştır. Ana kart, Güç kartı,

Trafo ve diğer elektronik ekipmanlar metal kutu içinde gerekli bağlantılar yapılarak çalışır hale getirilmiştir. Tasarlanan sisteme ait resimler Şekil 7 ve 8'de gösterilmiştir.

Ana kart ile güç kartının haberleşmesi SPI(Serial Peripheral Interface) protokolü ile yapılmaktadır. SPI düşük ve orta hızda veri aktarmak için kullanılan en yaygın haberleşme protokolüdür [9].



Şekil 7. Akıllı redresör sistemi elektronik yapısı



Şekil 8. Akıllı redresörün genel görünümü

#### 4 Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada hücre, kapasitesinin %10'una karşılık gelen sabit akımla şarj edilmiştir. Şarjın sona erme koşulu hücre geriliminin 2.7 V'a ulaşmasıdır. Şekil 9'da örnek bir teste ait veriler verilmiştir.

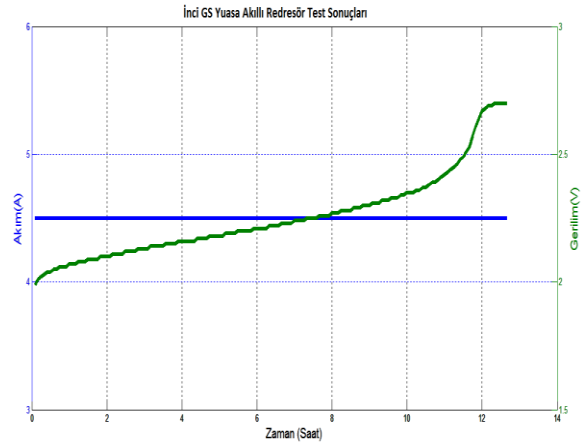
Test Parametreleri;

**Sabit Akım:** 4.5 A

**Akü Kapasitesi:** 45 Ah

**Şarj Süresi:** 12 saat 20 dk

**Ortam Sıcaklığı:** 26 °C



Şekil 9. Test sonuçları

Tasarlanan sistemin geliştirilmesine yönelik iyileştirme çalışmaları şu şekilde özetlenebilir:

- ◆ Elektromanyetik girişimlere karşı devre tasarımının güçlendirilmesi
- ◆ Güç kartının kontrolü için dijital potansiyometre yerine örneğin PWM kontrol yönteminin kullanılması
- ◆ Yüksek hassasiyette ve düşük tepkime zamanlı sensörler kullanılarak sistemin okuma ve kontrol hassasiyetinin artırılması.
- ◆ Sistem hem yazılım hem de donanımsal olarak iyileştirilirse aynı anda iki kanaldan hem akım hem gerilim kontrol edilebilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Lisans Tasarım Projesi Dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya destek olan İnci GS Yuasa Akü San. Ve Tic. A.Ş Ar-Ge Merkezine teşekkür ederiz.

#### 5 Referanslar

- [1] <http://blog.inciaku.com/traksiyoner-aku-nedir/>
- [2] Pastacı, H. Elektronik Devreler, İstanbul, 1998; 389.
- [3] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane>

- [4] DIN 4772 Standard. Static Power Convertors, Semiconductor Rectifier Equipment, Examples of Characteristic Curves for Equipment Operating in Parallel with Batteries. 1979; 11.
- [5] Sefa, İ.; Altın, N. Ayarlanabilir Hızlı Sürücülerin Şebeke Ara Yüzleri İçin 30 Darbeli Bir Doğrultucu Tasarımı. Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fak. Derg. 2009; 24, 675-685.
- [6] Ellis, J.N.; Osadchy, V.S. The 2N3055: a case history. IEEE Transaction on Electron Devices. 2001;11, 2477-2484.
- [7] Taşkın, S.; Akaslan, D. MATLAB ile Teknik Programlama. 2015.
- [8] Güllü, A.; Arda, M.; Kuşçu, M. Servo Sistemlerin Matlab Üzerinden Gömülü Sistemler ile PID Kontrolü. 16. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu. 2013; 29-33.
- [9] Oudjida, A.K.; Berrandjia, M.L.; Liacha, A.; Tiar, R.; Tahraoui, K.; Alhoumays, Y.N. Systems Signals and Devices, 7<sup>th</sup> International Multi-Conference, Amman, Jordan. 2010; 122-128.