

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN LİTYUM-
POLİMER BATARYA İÇİN ŞARJ CİHAZI GELİŞTİRME**

Tufan KAYIKLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Yrd.Doç. Dr. Abdulkadir BALIKÇI

GEBZE

2008

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN LİTYUM-
POLİMER BATARYA İÇİN ŞARJ CİHAZI GELİŞTİRME**

Tufan KAYIKLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Yrd.Doç. Dr. Abdulkadir BALIKÇI

GEBZE

2008



GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY FORMU

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : Yrd. Doç. Dr. Hakan HOCAOĞLU

ÜYE : Doç. Dr. Ercan ERTÜRK

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir BAUKÇI

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28.07.2008 tarih ve 2008/25 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 22.10.2008 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ öğrencisi Rıza KAYIKCI.....'ın çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu 20.11.2008 tarih ve 2008./36 sayılı kararıyla Elektronik Mühendisliği.....Anabilim Dalında Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Ali AKKUMRU

Enstitü Müdürü



ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum-Polimer Bataryalar İçin
Şarj Cihazı Geliştirme

YAZAR ADI : Tufan KAYIKLI

Günümüz enerji kaynaklarının sınırlılıkları, sürekli artmakta olan petrol ve türevlerinin yakıt fiyatları, toplum çevre bilincinin artması, otomotiv sektöründe alternatif enerjilerin kullanılması gibi etmenler farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını zorunlu kılmaktadır. Son zamanlarda adından sıkça söz ettiren ve kullanımı yaygınlaşmakta olan Elektrikli Araçlar, hızla gelişen batarya teknolojisi ile petrol ve türevlerinin kullanıldığı motorlu araçlara göre iyi bir alternatif olma arayışındadır.

Bu çalışmada, Elektrikli Araçlarda kullanılan bataryalar incelenmiş ve Lityum-Polimer batarya için bir şarj cihazı tasarlanmıştır. Lityum bataryalar enerji ve güç yoğunluğu bakımından diğer bataryalara göre daha iyi bir konumdadır. Birçok hücrenin seri-paralel bağlanması ile oluşturulan batarya grubunun şarjı ise daha karmaşık ve güçtür. Yeni bir yaklaşım ile hücrelerin her birini dikkatle izleyerek ömürlerini azaltmadan ve daha kısa sürede batarya şarj işlemi yapacak sistem tasarlanmıştır. Ayrıca bu sistem şebeke güç kalitesi bozmayacak bir güç katsayısı düzeltme birimine sahiptir.



SUMMARY

TITLE : A Lithium-Polymer Battery Charger Design for Electric Vehicles

AUTHOR : Tufan KAYIKLI

Energy is the fundamental element of people's life. Nowadays, because of the fact that oil sources and its derived is limited and its prices get more expensive, automotive producers are researching for alternative and renewable energy sources to oil and its derived in engine vehicles. Electric vehicles appear very strong alternative for fuel, related to the battery technology. Battery technology has grown up and produced much kind of battery and many density and power.

In this study, a lithium-polymer battery charger is designed for Electric Vehicles. Lithium-Polymer battery is a useful and more density in other batteries. But charge characteristics are more complex and difficult. A number of cells of the battery can be connected serial or parallel. Normally, each cell charges separately but this method requires more time. Obtaining charge of the battery groups is complex and difficult. With a new approach, The circuit of the battery charging is designed without life cycle and energy storage short duration. Additionally, this system has a unit of power factor correction without disturbing power network.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca gerek seminerler aşamasında gerekse tezimin hazırlanması aşamasında desteğini ve ilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir BALIKÇI'ya, beni teşvik eden değerli hocam Yrd. Doç. Dr.M.Hakan HOCAOĞLU'na, tezin donanım altyapısında katkılarından dolayı Texas Instruments Türkiye ofisinden başta Murat İLHAN ve diğer arkadaşlara, tez aşamasında fikir alış verişinde bulunduğum arkadaşım Erkan SUNAN'a, beni büyütüp-yetiştiren, okutan değerli anneme ve babama, manevi desteklerini ve sabırlarını esirgemeyen kıymetli büyüklerime, sevgili eşim Hatice'ye ve oğlum Mehmet Veli'ye teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	ii
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Şarj Düzeneklerinin İncelenmesi	3
1.2 Şarj Düzeneklerinin İncelenmesi	4
2. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYALARIN İNCELENMESİ	7
2.1 BATARYALAR	7
2.1.1 Kurşun-Asit Bataryalar	8
2.1.2 Nikel-Demir Batarya	9
2.1.3 Nikel-Çinko Batarya	9
2.1.4 Nikel Kadmiyum Batarya	9
2.1.5 Nikel-Metal Hidrür Bataryalar	10
2.1.6 Sodyum-Sülfür Bataryalar	10

2.1.7 Sodyum-Nikel Klorür Bataryalar	11
2.1.8 Alüminyum-Hava ve Çinko-Hava Bataryalar	11
2.1.9 Lityum-Demir Sülfat Bataryalar	11
2.1.10 Lityum-İyon Bataryalar	11
2.1.11 Lityum-İyon Polimer Bataryalar	12
2.2 BATARYA ŞARJ KARAKTERİSTİKLERİ	14
3. POLİMER BATARYA İÇİN ŞARJ CİHAZI TASARIMI	19
3.1 Genel Bakış	19
3.2 Doğrultucu Birimi	20
3.3 Güç Faktörü Düzeltme Ünitesi	23
3.4 Alçaltıcı Çeviri Birimi	29
4. BATARYA ŞARJ SİSTEMİNİN BENZETİMİ	31
4.1 Devre Topolojisi	32
4.1.1 Güç Katsayısı Düzeltme	32
4.1.2 Şarj Kontrol Devresi	33
4.2 Şarj Metodu ve Algoritması	34
4.3 Simülasyon Sonuçları	37
4.3.1 Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önceki Simülasyon Sonuçları	38
4.3.2 Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonraki Simülasyon Sonuçları	40
4.3.3 Batarya Şarj Karakteristiği	42

5. BATARYA ŞARJ SİSTEMİNİN GERÇEK ZAMANLI DENETİMİ	45
5.1 DONANIM	45
5.1.1 Güç Faktörü Düzeltme Birimi	56
5.1.2 Analog Ölçme Devreleri	48
5.1.3 Sayısal Kontrol Devresi	50
5.1.4 Güç Elektroniği Devresi	52
5.2 YAZILIM ALGORİTMASI	53
5.3 ALINAN SONUÇLAR	55
6. SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CO _x	KarbonOksit
NO _x	AzotOksit
LPG	Sıvılaştırılmış petrol gazı
LNG	Sıvılaştırılmış doğal gaz
CNG	Doğalgaz
Pb	Kurşun
ZEV	Sıfır Emisyonlu Araçlar
EA	Elektrikli Araçlar
İYM	İçten yanmalı motorlar
HEA	Hibrid elektrikli araçlar
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modulasyonu)
ZVS	Sıfır gerilim geçiş anahtarlama
PbO ₂	Kurşun-Asit
NiZn	Nikel-Çinko
NiMH	Nikel-Metal Hidrür
NiCd	Nikel Kadmiyum
Zn-Air	Çinko-Hava
NaS	Sodyum-Sülfür
Li-ion	Lityum İyon
Li/SRPE	Lityum Polimer
LiFSI	Lityum jel polimer
V _{DC}	Doğru Gerilim

DSP	Sayısal işaret işleyici
FFT	Hızlı Fourier Dönüşümü
DPF	Faz kayması faktörü
EMI	Elektromanyetik Girişim
THD	Toplam harmonik bozulma
f_c	Filtrenin köşe frekansı
f_s	Anahtarlama frekansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Sıfır Voltaj Anahtarlama Şarj Sistemi	5
1.2 Yükseltici ve Alçaltıcı Çevirici Şarj Cihazı	5
1.3 Çoklamalı Batarya Şarj Cihazı	6
2.1 Lityum-iyon hücrenin yapısı	12
2.2 Polimer Bataryanın şeması	13
2.3 Kurşun-Asit bataryaya ait şarj grafiği	14
2.4 NiMH ve NiCd bataryalara ait şarj grafiği	15
2.5 Lityum bataryanın eşdeğer devresi	16
2.6 Lityum bataryaya ait şarj grafiği	16
2.7 Lityum batarya için değişik şarj oranlarının karşılaştırılması	17
2.8 Değişik yapıdaki lityum bataryaların sıcaklık karakterisitkleri	18
2.9 Lityum jel polimer bataryaya ait şarj-deşarj grafiği	18
3.1 Sistemin Prensipteki Şeması	20
3.2 PSIM ile oluşturulmuş tam dalga doğrultucu devresi	21
3.3 Simülasyon ile elde edilen akım-gerilim grafikleri	21
3.4 Giriş Akımının frekans domeninde incelenmesi (FFT)	22
3.5 Giriş Akımı, Temel Bileşeni ve Yük Akımı	22
3.6 Pasif Devre ile Harmoniklerin süzülmesi	24

3.7	Aktif Devre ile Harmoniklerin süzülmesi	25
3.8	Örnek Kontrol Devresinin Blok Diyagramı	26
3.9	Sabit Frekans Kontrolü	27
3.10	Alçaltıcı Çevirici Prensip Şeması	29
3.11	Alçaltıcı Çeviriciye ait Dalga Şekli	29
4.1	Batarya Modeli	32
4.2	Güç Katsayısı İyileştirme Simülasyon Devresi	33
4.3	Şarj Kontrol Devresi	34
4.4	Şarj Kontrol Algoritması Akış Diyagramı	37
4.5	Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önce Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği	39
4.6	Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önce Şebekeden Çekilen Akımın FFT Analizi	40
4.7	Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonra Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği	41
4.8	Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonra Şebekeden Çekilen Akımın FFT Analizi	42
4.9	Batarya Şarj Gerilimi ve Akımı Grafiği	43
4.10	Alçaltıcı Çevirici Görev Zamanı Değişimi	44
5.1	Güç Katsayısı Düzeltmek için Kullanılan Denetleyici Entegre	46
5.2	Güç Katsayısı İyileştirme Kontrol Devresi	47
5.3	Analog Ölçüm devreleri	49
5.4	Kontrol Devresi	51
5.5	IGBT Sürücü Devresi	52
5.6	Yazılım Akış Şeması	54
5.7	Güç Katsayısı İyileştirilmeden önceki Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği	55
5.8	Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonraki Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği	56

5.9	Gerçek Zamanlı Şarja ait Akım-Gerilim Grafiği	57
5.10	Şarj Cihazının Kontrol ve Güç Elektronikği Kısmı	57
5.11	Şarj Cihazının Batarya Grubu Bağlantısı	58
5.12	Şarj cihazının yük üzerinde test edilmesi	58

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bataryaların Özellikleri	8
4.1	Batarya Özellikleri	31
4.2	Simülasyon Parametreleri	38
5.1	Şarj Sistemine Ait Parametreler	45

1.Giriş

Enerji, günümüzün vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Dünya, enerji gereksiniminin büyük bir kısmını geleneksel enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Mevcut fosil enerji kaynaklarının (doğalgaz, petrol, kömür vb.) gerek bilinen ömürlerinin azlığı, gerekse ortaya çıkardığı çevresel sorunlar herkesçe bilinmektedir. Yakıt seçiminde önceki yıllarda ucuzluk ve stratejik güvenlik ön planda iken, son yıllarda “çevre” önem kazanmıştır. Bu bilincin gelişmesindeki en önemli neden, “kirliletme” maliyetinin sonradan “temizleme”ye göre daha düşük olmasıdır. Çevresel sorunların temelini CO_x emisyonu teşkil etmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda oluşan CO_x’ in %60’ının taşıtlardan kaynaklandığını göstermektedir. Devamlı artmakta olan araç sayısına bağlı olarak, kirliliğin de hızla artması, sera etkisinin oluşması ve iklim değişikliği sorunları alternatif sistemlerin kullanılmasını gündeme getirmiştir.

Otomotiv sektöründe çözüm arayışları iki farklı gruba ayrılabilir. Birincisi yine fosil yakıtlardan oluşan Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG), Doğalgaz (CNG), Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG), Metanol, Etanol gibi benzin / dizel yakıtı göre daha az partikül, daha az CO_x ve NO_x emisyonu ve daha az Kurşun (Pb) açığa çıkaran yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması. Diğeri ise Sıfır Emisyonlu Araçlar (ZEV) olarak kabul edilen önümüzdeki yıllarda daha da yaygınlaşması beklenen Elektrikli Araçlar (EA).

Esasında otomobillerin tahriki için kullanılan elektrik enerjisi ve elektrikli araç teknolojisi yaklaşık 1800’lü yıllardan ve otomobilin icadından beri mevcuttur. Fakat 1900’lerin başlarında içten yanmalı motorlar (IYM), ağırlık/güç oranının düşük olması ve yakıt için kullanılan petrolün enerji yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle daha fazla ilgi görmekteydi. Elektrikli tahrik birçok açıdan üstün olmasına rağmen mevcut bataryaların enerji yoğunluğunun az olması nedeniyle 1970’lere değin geri planda kalmıştır. Ancak 1970’teki petrol krizi petrol fiyatının ve yakıt bağımlılığın artmasıyla birlikte yeni teknoloji arayışları ile elektrikli araçlar yeniden gündeme gelmiştir.



Bu amaçla 1997 yılında Japonya'da Toyota firmasının Prius modeli ile g
anlamda ilk kez modern elektrikli araç geliştirilerek pazara sunulmuştur. Bundan 2
yıl sonra Amerika'da Honda Insight üretilmiş ve bunu Honda Civic elektrikli aracı
takip etmiştir [1].

EA'lar, tamamen elektrikli olabileceği gibi, başka enerji kaynakları da
kullanarak hibrid yapıda da olabilirler. Hibrid elektrikli araçlarda (HEA) birincil
kaynak olarak İYM, ikincil enerji kaynağı olarak ise bataryalara ek olarak süper
kapasitörler ve volanlar kullanılmaktadır. Sıfır emisyonlu olmaları ve birincil enerji
kaynağının aynı miktarından %60 daha fazla tasarruf sağlayan EA'ların enerji
korunumu daha iyidir. Benzinli araçlara göre daha etkili ve daha kontrol edilebilir bir
emisyon azaltıcı sistem mevcuttur [2].

Sabit batarya boyutu ve ağırlığından ötürü en büyük sınırlılıklarından biri olan
elektrikli sürüş menzili, bugünün küçük arabalarında 65 mil/h ortalama hızında 125
mil'e ulaşmaktadır [2]. Sürüş menzilini artırmak için daha yüksek güç-enerji
yoğunluğuna sahip bataryalar geliştirme çabaları hızlanarak devam etmektedir.
Bunun yanı sıra batarya ömrünü kısaltmadan optimum şarj ve deşarj sistemlerini
gerçekleştirecek güç elektroniği teknolojisi ile batarya şarj edicileri de önem
kazanmaktadır. Birkaç yıla kadar elektrikli araçların çoğu esas olarak ticari amaçla
(personel taşımacılığı, kargo dağıtım vanlarında vb.) ve ikinci olarak endüstriyel
uygulamalarda (forklift vb) kullanılırdı. Günümüzde ise hususi amaçla kullanılan
oldukça çok EA olup, hızla yaygınlaşmaktadırlar [2].

Elektrikli araçlarda en çok kullanılan bataryalar, Kurşun-Asit ve Nikel-
Kadmiyum bataryalar olup yaklaşık enerjileri 30 kWh'tır. Ayrıca, yeni Lityum
bataryalar birkaç yıl içinde sürüş menzilini 200 ve hatta 300 mil'e çıkaracağını
göstermektedirler. Aynı araçtaki enerji/mil veriminden dolayı bu menzil artışı şarj
sistemlerinin evden yapılabilmesine ve de daha fazla güç gereksinimlerini oluşturur
[2]. EA'lar için yapılan batarya şarj sistemlerine baktığımızda farklı tasarımlar
görülür. İlk nesil şarj cihazları tam dalga diyot doğrultmaçlar ile yapıldı. Sonraki
nesil cihazlarda tristör tabanlı sistemler kullanılmaya başlandı. Yeni sistemlerde ise
mikroişlemci kontrollü, kimyasal süreçleri takip ederek şarj parametrelerini
değiştiren veya şarj işlemini sonlandıran şarj teknolojisi mevcuttur. Cihaz monitör
devresi batarya iç direncini ölçer, zamanı kontrol eder ve gerekli kapı anahtarlama



parametrelerini hesaplarlar. Çoğu devreler PWM tabanlı anahtarlama sistemleri ile sahip olup, gerideki düşünce Smart Battrey Charger yani diğer ünitelerle interaktif olarak batarya şarj durumu, enerji uygunluğu, tarifeler ve yönetim bilgilerini paylaşan cihazlar gerçekleştirme hedefidir [2].

1.1 Şarj Cihazının Özellikleri

Bu çalışma EA'da kullanılacak lityum-polimer bataryanın şehir şebekesinden şarj edilmesini kapsamaktadır.

Batarya şarj cihazlarından temelde basit ama aynı öneme sahip istenilen parametreler şöyle sıralanabilir; minimum şarj zamanı, boyut, ağırlık, doğrusalılık ve maliyettir. Bu beş bileşen göz önünde bulundurularak taşınabilir uygulamalar için şarj işlemini optimize eden verim algoritmaları geliştirilmektedir. Şarj akımı, şarj gerilimi, batarya sıcaklığı ve şarj zamanı günümüz bataryaları için izin verilen dar bir alanda bir şekilde buluşturmak amaçlanmaktadır [6].

Şarj süresini kısaltan, dayanıklı, şebekeye zarar vermeyen, maliyeti az, boyut ve ağırlığı oldukça düşük ve çevre ünitelerle bataryanın durumu hakkında bilgilendirme yapabilen bir şarj sistemi gerçekleştirmek bu çalışmanın temel amacıdır.

Bataryanın yükseltici ve alçaltıcı çeviriciler yardımıyla sabit akım-sabit gerilim bölgelerinde şarj işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle şebeke gerilim değişimlerinden etkilenmeden DC bara gerilimini sabit tutacak, güç katsayısını yükseltecek ve toplam harmonik dağılımlarını düşürecek bir yükseltici çevirici ve denetleme birimi tasarlanmıştır. Tasarlanan alçaltıcı çevirici ile şarj kontrolü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca güvenli ve verimli bir şarj için batarya hücrelerinin her birinin durumları gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde literatür taraması yapılarak EA'lar için geliştirilmiş batarya şarj düzenekleri irdelenmiştir. İkinci bölümde, EA'larda kullanılan bataryalar incelenmiş, yapıları, şarj karakteristikleri, birbirlerine göre karşılaştırmaları bir tablo halinde verilmiştir. Üçüncü bölümde şarj cihazı tasarımı için uygulanacak yöntemler, kullanılacak denklemler ve hesaplamalar ile metodlar işlenecektir. Dördüncü bölümde, PSIM programı ile sistemin benzetimi yapılmış,



sonuçları alınmış ve grafikler aktarılmıştır. Beşinci bölümde sistemin gerçek zamanlı kontrolünde kullanılan devreler ve deneysel sonuçlar yer almaktadır. Altıncı ve son bölümde ise benzetim ve gerçek zamanlı kontrol deneylerinde alınan sonuçlar irdelenmiş, önceki yapılmış çalışmalar ile kıyaslanmış ve sistemin avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur.

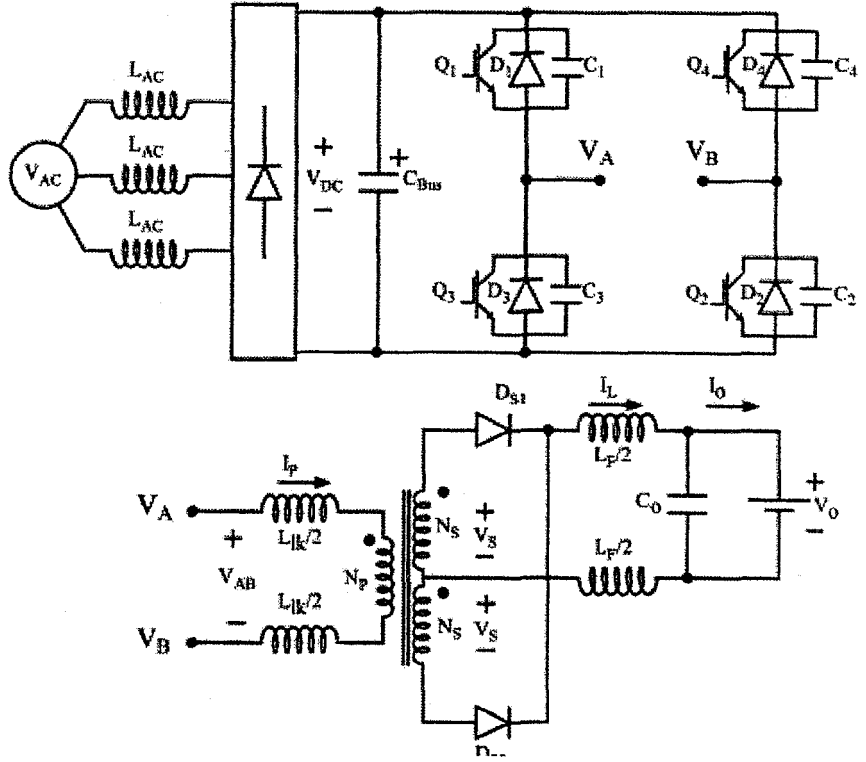
Şarj süresinin kısaltılabilmesi için batarya paketi tek bir hücre gibi ele alınmış ve şarj edilmiştir. Hücrelerin aynı karakteristiğe sahip olduğu varsayımı ile paketteki herhangi bir hücrenin şarj sınırlarına gelmesi ile bütün batarya grubu şarj edilmiş sayılmaktadır. Benzer şekilde seri bağlı hücrelerin her birinin enerji yoğunlukları eşit kabul edilmiştir.

Batarya veriminin ve ömrünün yüksek olması için şarj işlemi %85 doluluk miktarının altına düştüğünde başlatılmıştır. Ayrıca emniyet açısından hücre gerilimleri 2,9V'un altına düştüğünde düşük akımlı (0.1C) hassas şarj işlemi gerçekleştirilmiştir. Hücre gerilimlerinin 3,0V seviyelerine çıkması ile yığın şarj başlatılmıştır.

1.2 Şarj Düzeneklerinin İncelenmesi

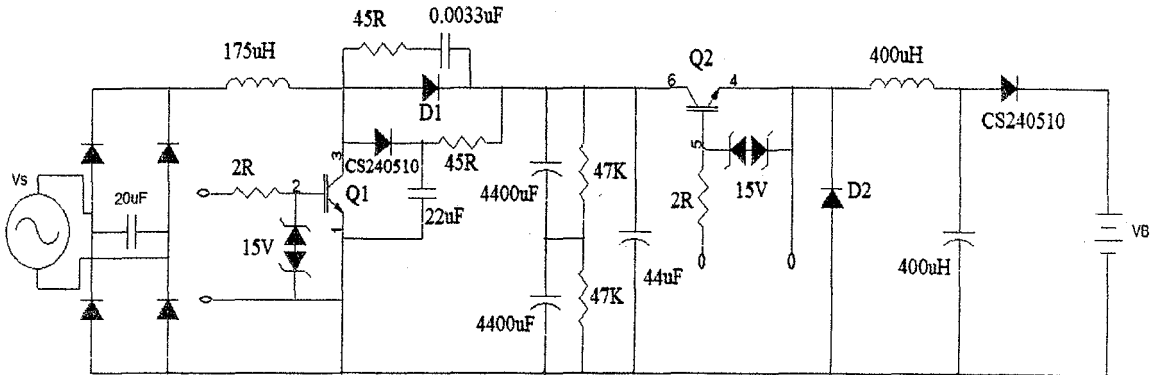
EA'lar için farklı batarya türleri üzerinde değişik yöntemlerle yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan biri Kurun-Asit batarya için Monash Üniversitesinde gerçekleştirilen 6 kW gücünde sıfır gerilim geçiş anahtarlamalı (ZVS) transformatör kuplajlı tam köprü bir sistemdir.

Bu sistem düşük güçlerde IGBT snubber kondansatörlerinin termal yönetimi, yüksek güçlerde kuyruk akımlarını ve görev çevrim kayıplarını minimize etmek gibi 3 anahtar parametre üzerine kurulmuştur. Bunlar ise ZVS kondansatörlerine, transformatör dönüştürme oranına, seri rezonant bobine ve IGBT'lere bağlıdır. Kuyruk akımı etkilerini bertaraf etmenin zorluğundan dolayı kondansatörler kayıp mekanizmasını azaltmak için mümkün mertebe büyük seçilir. Bu sistemin zorluğu termal yönetimin zorluğundandır. Üreticiler için en uygun parametreleri saptamak çok kritiktir. Düşük güçlerde %50'lerde olan verim yüksek güçlerde %94'e kadar çıkmaktadır [3].



Şekil 1.1 Sıfır Voltaj Anahtarlama Şarj Sistemi [3]

Sınırlı enerji kapasitelerinden ötürü EA bataryaları sık şarj edilmeye ihtiyaç duyarlar ve bunun mümkün olduğunca hızlı yapılması beklenir. Bu amaçla maksimum güç çıkışı sağlayabilen uyumlu denetleyicili, Yükseltici ve alçaltıcı çeviriciler ile yapılmış ve güç katsayısı düzeltilmiş başka bir uygulama Şekil 1.2’de görülmektedir.



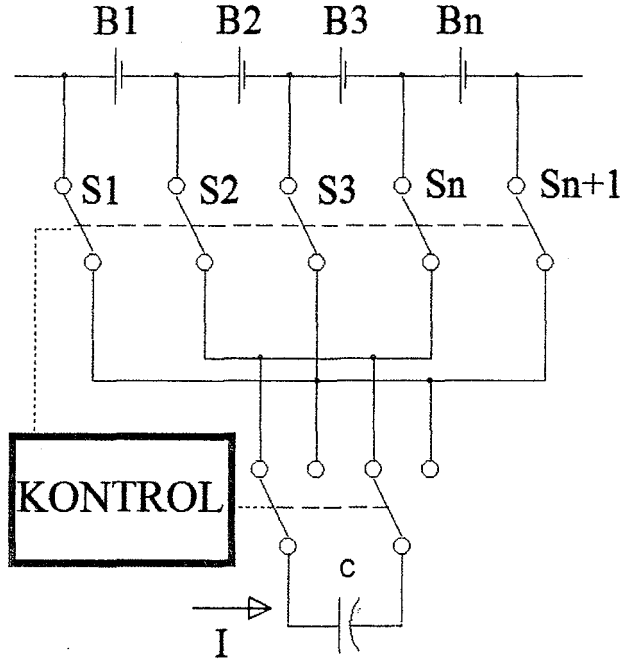
Q1,D1,Q2,D2 => CM 150 DY- 24H

Şekil 1.2 Yükseltici ve Alçaltıcı Çeviricili Şarj Cihazı [4]

NiFe batarya için tasarlanmış ve “On-Board Charger” olarak adlandırılan bu sistemde “yığın şarj” ve “damla şarj” olmak üzere iki evre tanımlanmıştır. Enerji

transferinin büyük çoğunluğunun gerçekleştiği yığın şarj süresinde olabildiğince fazla akım çekilir. Damla şarj evresinde ise düşük akımlar ile şarj işleminin sonlandırılması sağlanır. Buradan anlaşıldığı üzere şarj süresini belirleyen “yığın” evresidir ve kaynak akımı ile kullanılan güç elemanlarının termal parametreleri evrenin sınırlılıklarıdır [4].

Malezya üniversitesinde yapılan çoklama tekniği ile Lityum-İyon batarya için bir uygulama şeklinde görülmektedir.



Şekil 1.3 Çoklamalı Batarya Şarj Cihazı [5]

Her bir hücre ayrı ayrı şarj edilmek suretiyle oldukça hassas şarj karakteristiğine sahip hücrelerin verimli kullanılarak aşırı/az şarj veya deşarj gibi ömürlerini azaltacak durumlara maruz kalmaları önlenmiş olur [5]. Çoklama tekniğinin kullanıldığı sistemler bataryalar için oldukça verimli olmasına karşın şarj süresini uzatmaktadır.

2. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bataryaların İncelenmesi

Bataryalar, çevrim oranları, enerji ve güç yoğunluğu ile enerji verimliliğine göre karakterize edilirler. Çevrim oranı, bataryanın kullanışlı bir şarj tutma yeteneğini kaybetmeden ne kadar şarj-deşarj edilebileceğini temsil eder. Kullanışlı bir şarj tipik olarak başlangıç kapasitesinin %80'ninin altına düşmeyen durumdur. Çevrim oranıdeşarjın derinliğine bağlıdır. Şarj vedeşarjda batarya verimliliği olarak tanımlanan enerji, kayıplardan dolayı bataryaya aktarılan enerji ile tamamen eşit değildir. Spesifik enerji, araç menzilini hesaplamak için batarya ağırlığına bağlı enerji içeriğini, güç yoğunluğu ise, araç ivmelenme performansını hesaplamak için maksimum gücü ifade eder. Bir batarya yüksek enerji yoğunluğuna ve yüksek güç kapasitesine göre tasarlanır. Yüksek enerji yoğunluğu EA'lar için önemli iken yüksek güç yoğunluğu ise HEA'lar için önemlidir [7]. Enerji yoğunluğu aynı zamanda batarya tamamendeşarj olmadan ne kadar kullanılabileceğini de ifade eder. Bataryaların çalışma sıcaklıkları da bir diğer önemli parametredir. Bazı batarya grupları yüksek sıcaklıkta çalıştıklarından ötürü harici soğutma sistemlerine ihtiyaç duyarlar [1].

Aşağıdaki Tablo1.1'de batarya gruplarının sıcaklık, gerilim değerleri ve malzemeler, güç ve enerji yoğunluklarına göre kıyasları mevcuttur.

2.1 Bataryalar

Tablo1.1'de görüldüğü gibi çok çeşitli güç ve enerji yoğunluklarında değişik kimyasal yapılara haiz bataryalar mevcuttur. Bu bataryaların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olup, tasarlanan EA'nın güç, boyut, ağırlık, fiyat ve ömür bakımından en uygun olanı seçilmektedir.

Günümüzde Lityum ve NiMH gibi batarya teknolojilerinin hızla gelişmesi tablodaki değerlerin ve sıralamanın değişmesine neden olmaktadır.

Tablo1.1 Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bataryaların Özellikleri [1]

Batarya Tipi	Maksimum Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Maksimum Güç Yoğunluğu (W/kg)	%80 Tekrar Şarj Süresi (d)	Çalışma Sıcaklığı	Çevrim Sayısı	Maliyet (\$/kWh)	Nominal Hücre Gerilimi (V)
Kurşun-Asit (PbO ₂)	35	150	-	Ortam	1000	60	2.1
Nikel-Çinko (NiZn)	70	150	-	Ortam	300	200	1.7
Nikel-Metal Hidrit (NiMH)	70	200	35	Ortam	>2000	250	1.23
Nikel Kadmiyum (NiCd)	50	200	15	Ortam	2000	300	1.2
Çinko-Hava (Zn-Air)	200	140	-	Ortam	200	100	1.65
Sodyum-Sülfür (NaS)	110	150	-	350°C	1000	150	1.75
Lityum İyon (Li-ion)	160	1800	60	Ortam	>1200	150	3.6
Lityum Polimer (Li/SRPE)	200	2800	>60	80°C	>1000	140	3.7

2.1.1 Kurşun-Asit Bataryalar

İlk hareket bataryası olarak kullanılan düşük maliyet versiyonları negatif kurşun elektrotu, pozitif kurşun dioksit elektrotu ve de sülfürik asit elektrolit çözeltisinden oluşmaktadır. Genelde 6 tane hücre yaklaşık 12 voltu sağlamak için seri bir şekilde bağlanır. Bu batarya 100 yıllık bir gelişme süreci geçirmesine rağmen

25-35 Wh/kg gibi düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Buna karşın güç yoğunluğu ise 150 W/kg gibi yüksek bir değerdir. Kurşun asit bataryaları düşük çevre sıcaklıklarından şiddetli bir şekilde etkilenmektedir. Özellikle 10°C'nin altındaki çalışma koşullarında hem enerji hem de güç yoğunluğunda belirgin ölçüde düşüş görülür.

2.1.2 Nikel-Demir Batarya

Nikel demir bataryaları 1901 yılında Thomas Edison tarafından elektrik araçlarının daha uzun yol kat edebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Nikel demir bataryaları güvenilir, uzun ömürlü, fakat pahalı bir bataryadır. Bataryada nikel pozitif elektrot, demir negatif elektrot ve potasyum hidroksit ise sıvı elektrolittir. Nikel demir bataryalar -20°C'de dahi nispeten performanslarını korumaktadır. Azami güç yoğunluğu 100 W/kg'dır ve bu değer ivmelenme için iyi bir değerdir. Bu bataryaların yaklaşık 6 yıla karşılık gelen 2000 derin deşarj çevrimine kadar kullanım ömrü vardır.

2.1.3 Nikel-Çinko Batarya

Şarj edilebilen nikel çinko bataryalar ilk olarak 1899 yılında icat edilmiştir. Şarj esnasında çinko plakanın üzerinde dendritler kullanım ömrünü kısalttığından, bu bataryalar kullanımı yaygınlaşmamıştır. Son dönemde yüksek güç ve enerji yoğunluğu sayesinde EV'lerde kullanma imkanı doğmuştur. Enerji yoğunluğu 70Wh/kg ve güç yoğunluğu 150W/kg olmasına rağmen kullanım ömrünün 300 çevrim olması dezavantajdır. Bataryanın geniş bir çalışma sıcaklığı toleransı vardır (-39 ile +81°C arası). 30 günlük kullanım sonrası % 60 şarj azalması görülmektedir.

2.1.4 Nikel Kadmiyum Batarya

Son yıllarda özgül enerji, özgül güç, çevrim ömrü ve güvenilirlik bakımından en iyi dengeyi sağlayan bataryalar olarak kabul edilmektedir. Sinterlenmiş pozitif nikel elektrot, negatif kadmiyum elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum

hidroksitden oluşmuştur. Bu bataryalar yüksek şarj ve deşarj oranlarına sahip olduklarından EV'lerde kullanılabilir. Derin deşarj çevrim sayısı 2000 civarındadır. Kadmiyumun toksik ve çevreye zararlı olmasından dolayı, nikel-kadmiyum bataryaların geri kazanımı oldukça önemli ve bir o kadarda karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları durdurulmuştur.

2.1.5 Nikel-Metal Hidrür Bataryalar

Toksik özelliği olmayıp daha iyi performansa sahip olduklarından son zamanlarda birçok EV uygulamalarında nikel kadmiyum bataryanın yerini almıştır. NiMH, nikel kadmiyum bataryalara göre daha fazla enerji depolamaktadır. Metal hidrür karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılır. Bu alaşımlar AB_5 (nikel bileşenleri) ve AB_2 (titanyum vanadyum ve zirkonyum alaşımlı nikel bileşenleri) alaşımlarıdır. 70 Wh/kg dan fazla enerji yoğunluğuna ve 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna sahip bu bataryalar, kurşun asit bataryalardan yaklaşık 5 katı kadar daha pahalıdır. Batarya %80 derin deşarj durumunda 600'ün üzerinde tam şarj/deşarj çevrimine sahiptir ve hızlı bir şekilde % 80 tekrar şarj olması yaklaşık 35 dakikadır.

2.1.6 Sodyum-Sülfür Bataryalar

Sodyum sülfür batarya, ilk olarak 1960'li yıllarda Ford Araştırma laboratuvarında elektrikli taşıtlar için gerekli enerji ve güç yoğunluğunu sağlamak için geliştirilmiştir. Birçok Avrupa, Amerika ve Japon şirketinde ticari prototiplerde kullanılmaktadır. Batarya, negatif sodyum elektrotundan ve pozitif sülfür elektrotundan oluşmaktadır. Her iki elektrot bileşenleri de sıvı durumdadır. Optimum çalışma sıcaklığı 350°C'dir ve 200°C'nin altında çalışması durmaktadır. Bu sıcaklığın altında sodyum elektrolit donmaktadır. Sodyumun donması reaksiyonu yavaşlatarak, mekanik gerilmelere yol açması nedeniyle bataryaya zarar vermektedir.

2.1.7 Sodyum-Nikel Klorür Bataryalar

Nikel klorür pozitif elektrot sodyum ise negatif elektrotur. Sodyum tuzu elektroliti yerine sodyum klorür elektrotu yer almaktadır. Bu elektrotun donma noktası daha düşük olup 160 °C civarındadır. Bu batarya türü, sodyum sülfür bataryasına göre bir miktar düşük sıcaklıklarda çalışmakta (300°C) olup, benzer enerji (100 Wh/kg) ve azami güç yoğunluğuna (150 W/kg) sahiptir.

2.1.8 Alüminyum-Hava ve Çinko-Hava Bataryalar

Çinko ve alüminyum, bu türden uygulamalarda en fazla kullanılan metal elektrotlardır. Tüm metal hava bataryalarda ince gaz geçirgen katot ve potasyum hidroksit gibi alkali su bazlı elektrolit kullanılır. Alüminyum-hava bataryasının azami enerji yoğunluğu 220 Wh/kg, çinko-hava bataryasının ise 200 Wh/kg olarak belirtilmektedir. Ancak hava ve elektrolit arasındaki değiş-tokuş hızı güç yoğunluğunu belirler ve bu hız oldukça düşüktür.

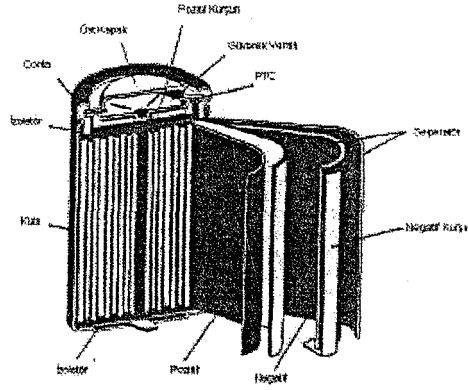
2.1.9 Lityum-Demir Sülfat Bataryalar

Elektrikli araçlarda kullanım alanı bulunan üçüncü yüksek sıcaklık bataryasıdır. Lityum, özellikle üstün enerji depolama yeteneği sağlayan yüksek elektrot potansiyeline sahip olmasından dolayı bataryalarda kullanılması uygundur. Demir sülfat pozitif elektrotu ve alüminyum lityum negatif elektrotu vardır. Çalışma sıcaklıkları 450°C civarındadır. Azami enerji yoğunluğu 150 Wh/kg, güç yoğunluğu 300 W/kg ve derin deşarj çevrimi 1000 mertebesindedir.

2.1.10 Lityum-İyon Bataryalar

Lityum-iyon hücrelerde negatif elektrot olarak grafit veya kalay oksit gibi negatif “host” kullanılır. Deşarj esnasında lityum iyonları negatif “host” tan organik elektrot yardımıyla mangan, kobalt ya da nikel oksit pozitif “host” a geçer. Şarj esnasında da tam tersi proses gerçekleşir. Lityum iyonları katot ve anot arasında

sarkaç gibi hareket eder. Yaklaşık 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna ve 1000 çevrimlik derin deşarj çevrimine sahiptir. Bu bataryalar %80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedir.



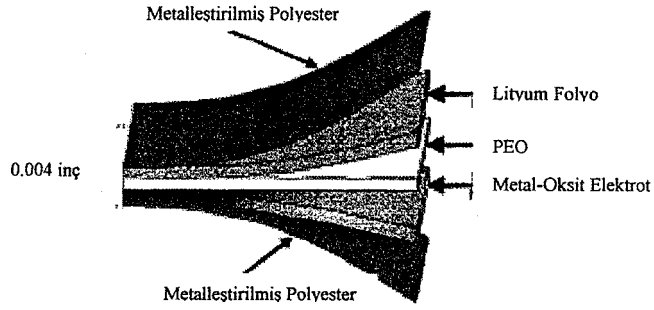
Şekil 2.1 Lityum-iyon hücrenin yapısı

Bu bataryayı, elektrikli araç uygulamalarında kullanılabilecek maliyet ve özelliklere getirebilmek için Japonya (Sony ve Panasonic), Avrupa (SAFT ve Varta) ve ABD’de (Duracell) çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Sony, 3500 derin deşarj çevrimli 35 kWh kapasite ve 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahip bir lityum-iyon batarya yaptığını bildirmiştir. Lityum bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, elektrikli araç uygulamaları için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek 15-20 yıl içinde lityum-iyon bataryanın henüz yüksek olan maliyetlerinin düşerek EV’lerde kullanılabilecek ekonomik seviyeye inebileceği öngörülmektedir.

2.1.11 Lityum-İyon Polimer Bataryalar

Lityum-Polimer olarak da adlandırılan bu bataryalar, li-ion bataryalardan farklı olarak lityum-tuzu organik çözelti yerine katı polimer karışımın içerisinde tutulur. Bu tasarımın katı polimerin yanıcı olmaması gibi birçok avantajı vardır. Bilindiği lityum bataryalar prizmatik veya silindirik metal kılıflarda olup, güneş ışığına maruz kalmaları halinde yanma özelliğine sahiptirler. Fakat Polimer bataryalarda esnek polimer kullanılması ile farklı şekil tasarımları da gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca ticari polimer ile iyon hücreler arasındaki farklardan biri de iyon hücrelerde metal

kılıfın elektrot ve ayırıcılara baskı yapması gerekirken polimer bataryalarda böyle bir durum söz konusu değildir. Metal kılıfa ihtiyaç duymadıklarından ötürü hafif ve kolay şekillendirilebilirler. Böylece iyon hücrelere göre eşit ağırlıkta %20 daha fazla hücre yerleştirilebilir ve hatta NiCd veya NiMH bataryalara göre de 3 kat daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptirler.

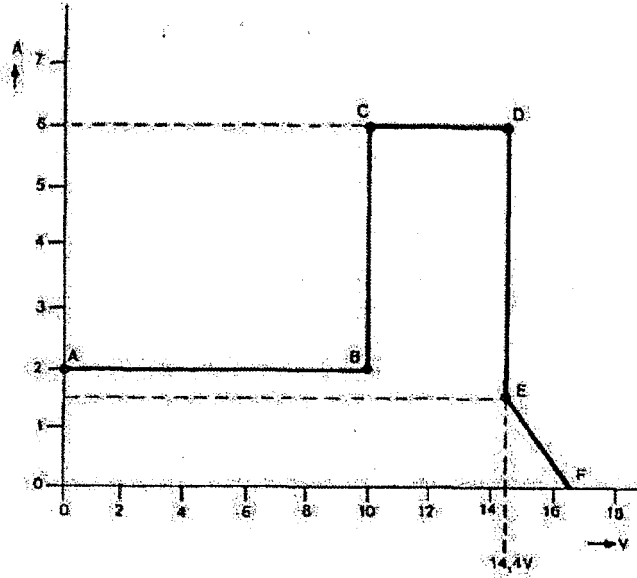


Şekil 2.2 Polimer Bataryanın şeması [9]

Polimer hücre gerilimi $2.7V$ (boş) ile $4.23V$ (tam dolu) arasında değişir ve karşı seri bağlı hücreler için $4.235V$ dan fazla şarja karşı korunmak zorundadırlar. Aşırı şarj durumları patlamaya veya yanmaya neden olabilir. Yine seri bağlı yapıdaki hücre için deşarj gerilimi $3.0V$ altına düştüğünde yük kaldırılmalıdır, aksi durumda batarya daha uzun bir şarjı kabul etmeyecektir. Gelişiminin ilk zamanlarında polimer teknolojisinin iç direnç problemleri vardı. Diğer olgunlaşmış teknolojilerle karşılaştırıldığında daha uzun şarj zamanı ve daha yavaş maksimum deşarj oranı vardır. Tipik olarak 1 saatten fazla şarj sürelerine ihtiyaç duyarlar. Son tasarımlar maksimum deşarj akımını hücre kapasitesinin 2 katından 30 katına kadar artırmıştır. Bu gelişmeler Elektrikli araç endüstrisinde geniş yankı uyandırmaktadır. İyon hücrelere göre daha fazla çerim oranlarına sahiptirler. Bununla birlikte, son yıllarda Sanyo gibi üreticiler %80 deşarj durumunda 500 çevrimden fazla olduğunu deklare etmişlerdir. Bir diğer polimer türü olan ince filmlili lityum polimer bataryalar ise 10.000 çevrimi aştığı bildirilmektedir[8]. Nominal çalışma sıcaklığı $60^{\circ}C$ ile $80^{\circ}C$ arasındadır. Polietilen Oksidin iyonik iletkenliği $80^{\circ}C$ 'de $10^{-3} \Omega cm^{-1}$ 'dir [9]. Fakat araştırmalar lityum bataryaların oda sıcaklığı koşullarında dahi hemen hemen aynı performansı verebildiğini göstermiştir.

2.2 Batarya Şarj Karakteristikleri

Gelişen batarya teknolojileri ile birlikte bataryaların şarj karakteristikleri de değişmektedir. Geleneksel kurşun-asit bataryalar akım kapasitelerinin $1/10$ 'u kadar akımla voltaj regülatörlü olarak şarj edilirler.

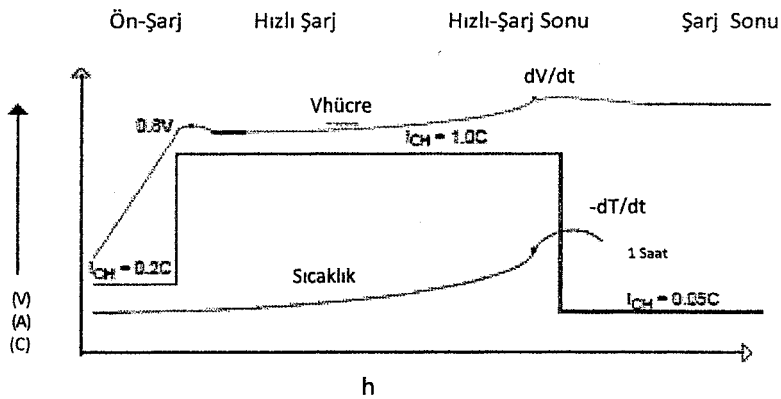


Şekil 2.3 Kurşun-Asit bataryaya ait şarj grafiği

Kurşun-Asit bataryalar, tekniğine uygun olarak şarj edildiğinde çok uzun süreler serviste kalabilirler. $12V$ Kurşun-Asit bir bataryanın olması gereken şarj akım - gerilim grafiği Şekil-2.3'te verilmiştir. Birinci aşama (A-B) sürecinde, akümülatör gerilimi $10 V$ civarına gelinceye kadar şarj akımı sınırlandırılmıştır. Bu sınırlamayla, bataryanın bulunduğu ortama, asit buharının yayılmasını ve oluşan kimyasal tepkimenin hızını düşürerek, özellikle pozitif kurşun plakaların dökülmesine engel olmaktadır. Akümülatör gerilimi $10.44V$ 'u geçtikten sonra (Hücre başına $1.74V$), ikinci aşama (C-D) gerilim değeri $14.4V$ ta gelinceye kadar batarya toplam sığasının $1/10$ u kadar bir akımla şarj edilmelidir.(Hücre başına $2.4V$) Bu aşamada şarj, 5-6 saat kadar devam edecektir. Gerilim değeri $14.4V$ 'a geldiğinde, batarya tam şarj olmuştur ve bundan sonra bataryanın iç direncinin iyice azalması sonucu kendi kendine boşalmasını engellemek amacıyla, çok küçük bir akımla şarj işlemine devam edilmesi gerekmektedir. Pratikte tampon şarj olarak adlandırılan bu üçüncü aşama

(E-F) sırasında, şarj gerilimi 16.44V'un üstüne çıkarılmamalıdır. (Hücre başına 2.74 V)

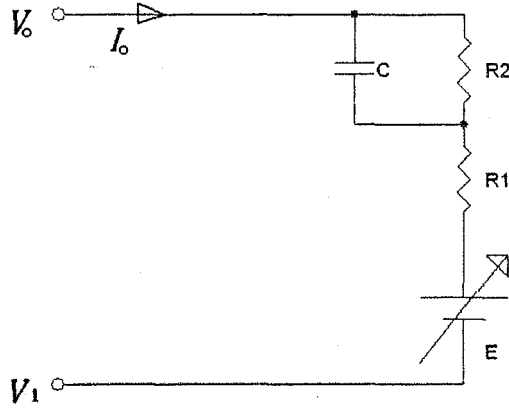
NiMH veya NiCd bataryalarda şarj karakteristiği hücre gerilimi 0.9V altında ise düşük akımla bu seviyeye getirilmeye çalışılır. Daha sonra hızlı şarj-Bulk evre başlar ve batarya kapasitesinin %50~100 daha fazla yüksek akımla şarj edilmeye başlanır. Batarya kapasite değerine ulaştığında üretici firmalar şarj işlemi tamamlamak için hassas-damla şarjı önermektedirler. Fakat bu durum, NiMH bataryalar için söz konusu değildir. Bu bataryalarda hassas şarj, aşırı ısınmaya ve batarya ömrünü kısaltmaya neden olmaktadır. Batarya kapasitesine ulaştığında daha fazla şarj kabul etmez. Bu noktayı tespit etmenin iki yöntemi vardır; biri batarya sıcaklığındaki ani artış, diğeri ise batarya voltajındaki düşüş ya da $-\frac{dv}{dt}$ değişimi. Fakat özellikle düşük şarj oranlarında voltajdaki değişimi yakalamak zordur, sıcaklıktaki $+\frac{dT}{dt}$ değişimini saptamak ise nispeten kolaydır. Dayanıklı bir tasarım için, her iki metot da hızlı şarj kısmını tamamlamak için kullanılmalıdır. NiMH bataryalar için hızlı şarj sonlandırıldığında, sürekli sabit şarj yerine tamamlayıcı şarj önerilir.



Şekil 2.4 NiMH ve NiCd bataryalara ait şarj grafiği [10]

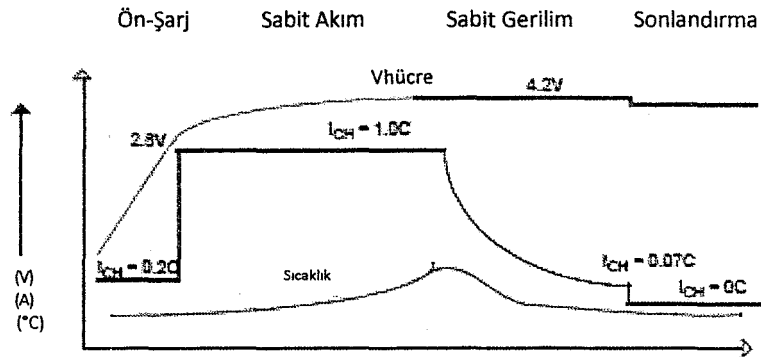
Yığın şarj evresi deşarj olmuş bir bataryaya kısa sürede maksimum enerjinin transfer edilmesini sağlar. Bu enerjinin sınırı bataryanın şarj akımına bağlıdır. Bataryanın %65'inin şarj edildiği bu evrede süre ne kadar az olursa toplam şarj süresi de o kadar azalmış olur. Yapılan çalışmalara bakıldığında şarj süresi en az yarılanmaktadır. Damla şarj evresi düşük akımların çekildiği ve bataryanın tam şarja yaklaştığı evredir. Bu evre aynı zamanda kısmen boşalmış bataryaları şarj etmek için de kullanılır. Bu süre uzun olsa da önemli değildir. Lityum bataryalar da ise durum

daha değişiktir. Bu bataryalar daha hassas şarj düzeneklerine ihtiyaç duyarlar. Sabit akım-sabit gerilim olarak adlandırılan bir teknik ile şarj edilirler.



Şekil 2.5 Lityum bataryanın eşdeğer devresi

Şekil 2.5’de bir bataryanın eşdeğer devresi görülmektedir. Batarya gerilimi hücre teorik gerilimi ile iç direnci üzerinde düşen gerilimin toplamına eşittir. Batarya gerilimi gerçek hücre gerilimi değerine yaklaşması ile çekilen akımla birlikte iç direnç üzerindeki gerilim de düşecek ve batarya tam dolu hale gelecektir. Bunu sağlayan akım-gerilim grafiği aşağıda görülmektedir.

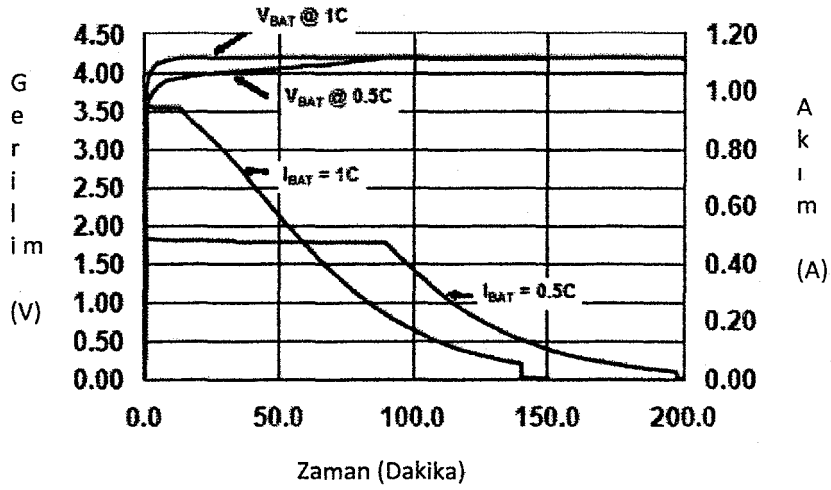


Şekil 2.6 Lityum-Polimer bataryaya ait şarj grafiği [10]

Şekil 2.6.’daki grafik incelediğimizde Lityum bataryalar için şarj profili hücre deşarj durumunun belirlenmesiyle başlar. Hızlı şarja geçebilmek için hücre geriliminin 3.0V’un üstünde olması gerekir. Bu değerın altında düşük akımlı şartlandırma evresi başlar. 3.0V seviyesinden sonra sabit akım evresi başlar, ta ki hücre gerilimi 4.2V seviyesine gelinceye kadar. Bu seviyeyle birlikte sabit voltaj evresi başlamış olur. Gerilim sabit tutulup, şarj akımının %7’ler seviyesine düşmesi ile şarj sonlandırılması şarttır. Aksi halde şarja devam edilmesi batarya zarar

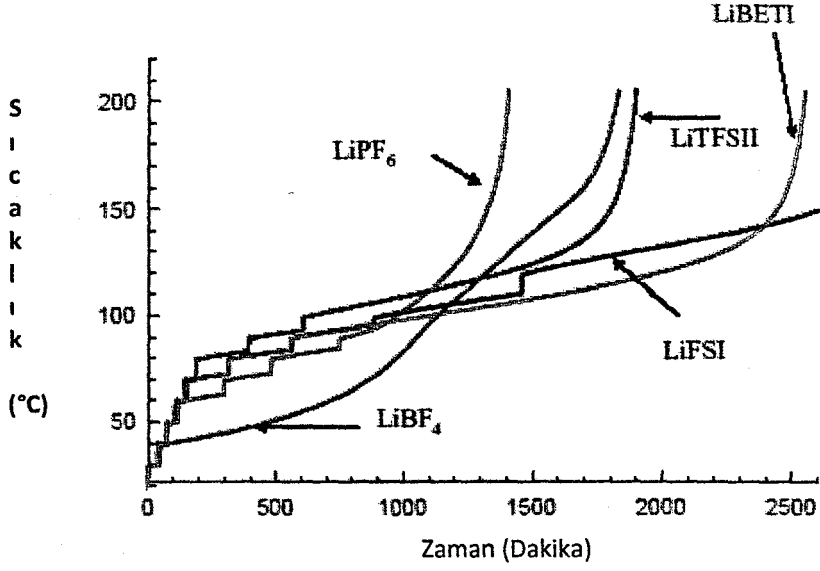
verecektir. Şarj sonlandırıldığında ise batarya gerilimi 4.0V seviyesine düşene dek yeni şarj işletimi başlatılmamalıdır [10].

Yığın ve Damla şarj metotlarından farklı olarak burada akımı sınırlayan batarya kapasitesidir. Örneğin bir hücre 1000mAh kapasiteye sahip ise - “1C” tam kapasite oranını göstermek üzere şarj akımı maksimum 1C seçilir. Deşarj akım sınırı ise 2C’dir. Genellikle uygulamalarda 1C ve altında seçilir. Bu seçim şarj süresine doğrudan etki eder. Yapılan uygulamalarda şarj akımının 1C ve 0.5C arasında %36’lık şarj süresi farkı oluşmuştur. [11].



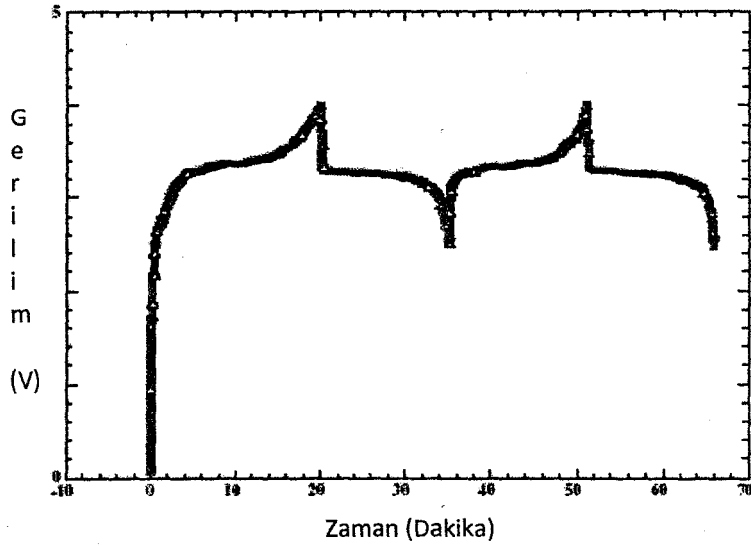
Şekil 2.7 Lityum batarya için değişik şarj oranlarının karşılaştırılması [11]

Bütün bataryalar oluşan kimyasal tepkimeler sonucu şarj/deşarj sırasında sıcaklık artışı gösterirler. Lityum bataryalar için de bu durum kontrol altında tutulması gereken oldukça önemli bir konudur. Öyle ki bataryalarda yanma ve hatta patlama görülebilir. Şekil 2.8’de değişik lityum bataryaların sıcaklık performansları gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Değişik yapıdaki lityum bataryaların sıcaklık karakteristikleri [12]

LiFSI (lityum jel polimer) bataryalar en güvenli görülmektedirler. Bu bileşenler ulaşım uygulamaları için düşük maliyetli lityum-ion jel polimer bataryalar üretmek için öne sürülmektedir. Bu batarya ait şarj-deşarj grafiği de aşağıdaki gibi tespit edilmiştir [12].



Şekil 2.9 Lityum jel polimer bataryaya ait şarj-deşarj grafiği [12]

Sistem tasarımcıları şarj süresi ve uygun kapasite arasında tercih yapmak zorundadırlar. Görüldüğü gibi bataryaları şarj ederken şarj akımı, batarya sıcaklığı ve batarya gerilimi en önemli parametreler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Yapılacak en iyi tasarım bu parametreleri dikkate alarak bataryanın ömründen ve kapasitesinden taviz vermeden şarj süresini kısaltacak bir tasarım seçmektir.

3. Polimer Batarya için Şarj Cihazı Tasarımı

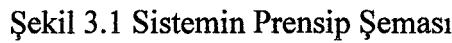
Günümüzde cep telefonu, bilgisayar ve taşınabilir cihazlar başta olmak üzere Lityum bataryalar yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Üretim ve şarj işlemleri üst teknoloji gerektirmekle beraber karmaşık ve zordur. Özellikle silikon entegre üreticileri bu zorluğu aşmak ve batarya kullanıcılarına daha az iş bırakmak için kıyasıya rekabete girmişlerdir. Bu silikon entegrelerle en fazla 4 hücreye kadar şarj işlemi gerçekleştirilebilmektedir. EA'larda kullanılan bataryaların hücre sayılarının fazla olması ve daha fazla güç ihtiyacı farklı tasarımları ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen tasarım daha kısa sürede fakat her bir hücrenin durumlarını denetleyerek en uygun şarj işlemi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

3.1 Genel Bakış

Bu çalışma, evvel yapılan uygulamaların avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak elektrikli araç uygulamasında kullanılabilecek, dayanıklı bir tasarımı öngörmektedir. Cihaz, plug-in seri hibrid elektrikli aracın polimer bataryasını şehir şebekesinden şarj etmekte kullanılacaktır. Sistem, şarj akımı ve hücre sayısı kullanıcı tarafından ayarlanabilir özellikte, diğer birimlerle batarya bilgilerini paylaşacak PC Arayüz programına ve iletişim becerisine sahiptir.

Batarya paketi lityum-ion polimer olup, $5000mAh$ kapasitedeki 60 hücreden müteşekkildir. Hücrelerin seri ve paralel bağlanması suretiyle toplam batarya gerilimi azami $252V$ DC'ye çıkarılmış ve toplam kapasite de $25Ah$ olarak ayarlanmıştır.

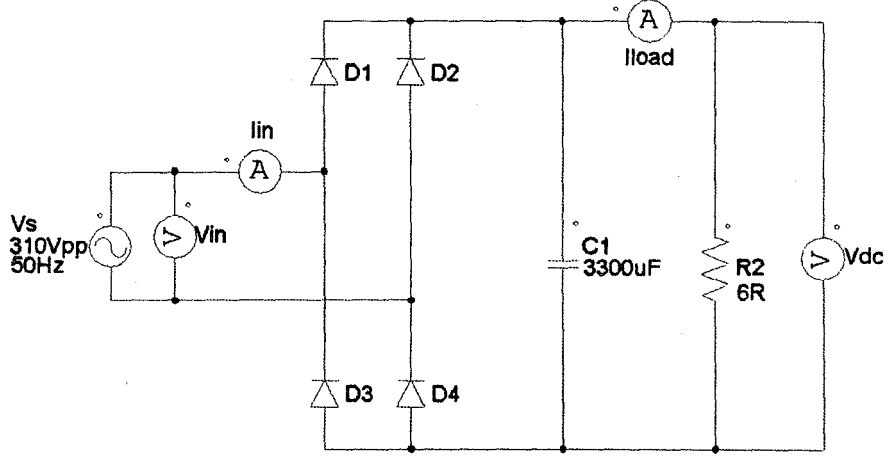
Şarj cihazı $220V$ AC şehir şebekesiyle çalışacak, $390V$ DC çıkış veren güç katsayısı düzeltme (yükseltici çevirici) birimine sahip, aşırı akım-kısa devre korumalı, $20kHz$ anahtarlama frekansında darbe genişlik modülasyonu tekniği kullanılarak IGBT anahtarlama çalıştırılan alçaltıcı çeviricidir. Bilgisayar bağlantısı sayesinde sistem parametrelerinin değişimi gerçek zamanlı olarak izlenmekte ve grafik olarak görülmektedir.



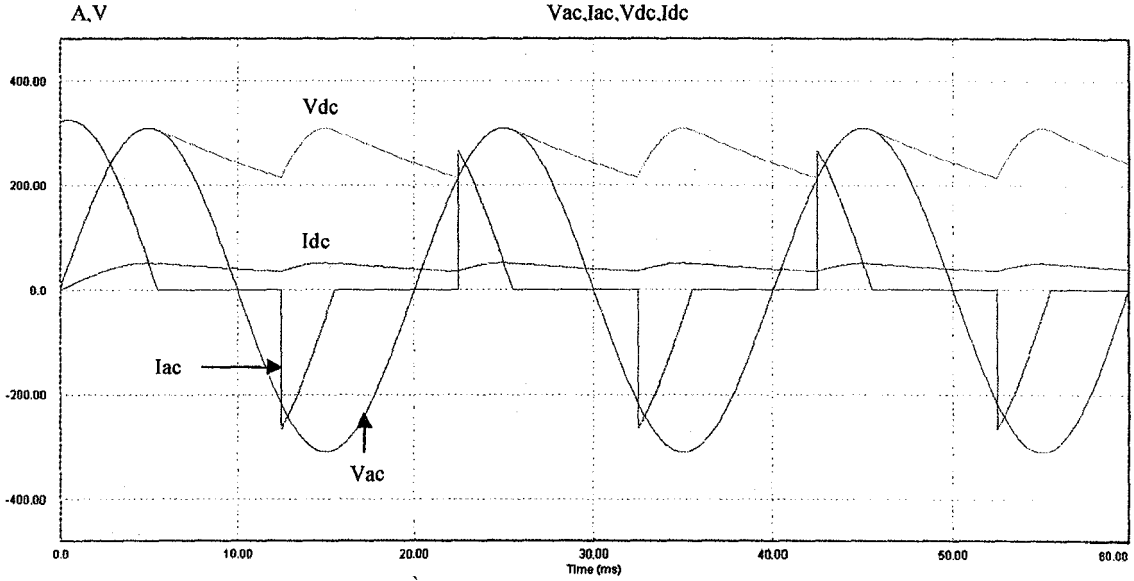
3.2 Doğrultucu Birimi

Bir doğrultucunun çıkış doğru gerilimi olabildiğince salınımsız olmalıdır. Bu nedenle, d.a tarafına filtre olarak büyük bir kondansatör bağlanmıştır. Bu kondansatör girişteki alternatif gerilimin tepe değerine çok yakın bir değere kadar doldurulur. Doğrultucudan akan akım, 50Hz'lik alternatif giriş geriliminin tepe

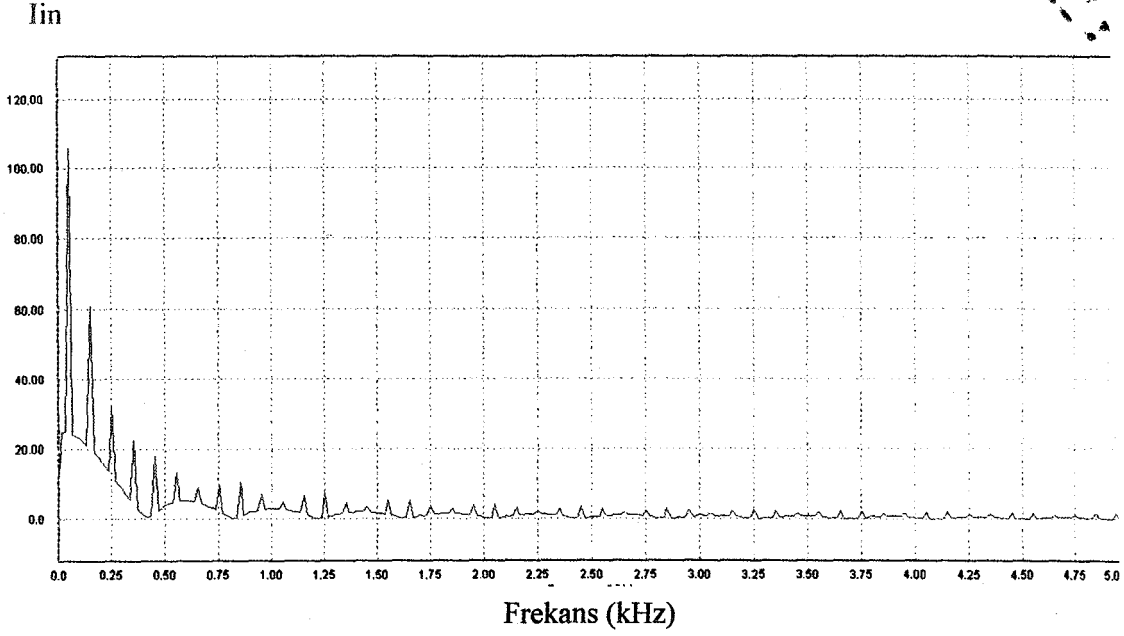
değerine yakın değerde en büyük değerindedir. Akım sürekli akmaz ve her frekansının her bir yarı periyodunda sonlu sürelerde sıfır değerindedir. Bu nedenle doğrultucuların dezavantajı, şebekeden oldukça bozulmuş (harmonikli) akım çekmeleridir [13].



Şekil 3.2 PSIM ile oluşturulmuş tam dalga doğrultucu devresi

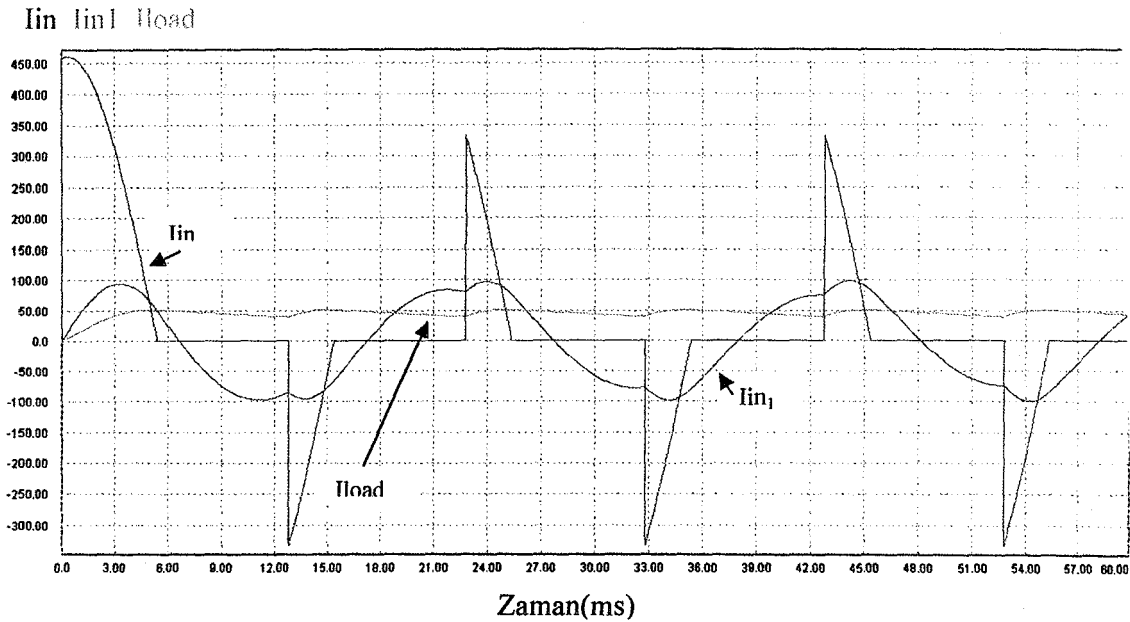


Şekil 3.3 Simülasyon ile elde edilen akım-gerilim grafikleri



Şekil 3.4 Giriş Akımının frekans domeninde incelenmesi (FFT)

Şekil 3.2 ve Şekil 3.5’de görüldüğü gibi şebekeden çekilen akım kondansatörün boşaldığı zamanlara tekabül etmekte olup, giriş gerilimi ile faz farklıdır. Bu nedenle giriş akımının temel bileşeninde çökmeler oluşur. Şebekeden akan akım şekli sinüsten çok uzak, bozuk bir dalga olup, kendisini besleyen elektrik şebekesinin geriliminde de bozulmaya yol açar. Eğer besleme kaynağı güçlü ise (iç empedansı küçük ise) bu bozulma da çok küçük olur.



Şekil 3.5 Giriş Akımı, Temel Bileşeni ve Yük Akımı

Şekil 3.4'de köprü tipi doğrultucunun girişinden çekilen akımın harmonik değerleri verilmiştir. Tek fazlı köprü-diyot doğrultmaçlar baskın olarak 3. ve 5. akım harmoniklerine sahiptir. Üç fazlı köprü-diyotlar doğrultmaçlar 5. Ve 7. harmoniklere sahiptir. Tristör köprülerinde ise pals sayısına bağlı olarak değişmektedir. 6 pals köprülerde 3,5 ve 7. harmonikler 11,13, ve 15. inci harmoiklerin de önemli etkisi ile baskındır. Toplam bozulum %70 ler kadar yüksektir. 12-pals köprülerde ise 5,11 ve 20.'den yüksek harmonikler baskın olup nispeten daha az %12-15 arası toplam harmonik bozuluma sahiptirler [2].

Bu türden doğrusal olmayan yükler akımın dalga şeklinin bozulmasına dolayısıyla harmoniklerin üretilmesine yol açmakta ve elektrik şebekesini kirletmektedir. Harmonikler, şebekede düşük güç faktörüne, elektromanyetik cihazlarda ısınmaya, mekanik cihazlarda titreşimli ve gürültülü çalışmaya, verimin düşmesine ve kayıplara neden olmaktadır [14]. Harmonikleri filtrelemek ve güç faktörünü artırmak için bir yöntem LC filtreler kullanılmasıdır. Pasif filtreler, büyük fiziksel boyutları, ayar problemleri ve seri/paralel rezonans gibi dezavantajlara sahip iken aktif filtreler ise maliyeti yüksek olması gibi dezavantajları vardır [14]. Modern AC-DC çevirici uygulamalarında ise güç faktörünü yükseltmek ve harmoniklerin etkisini bastırma işi boost(yükseltici) tipi çevirici ile yapılmaktadır.

3.3 Güç Faktörü Düzeltme Ünitesi

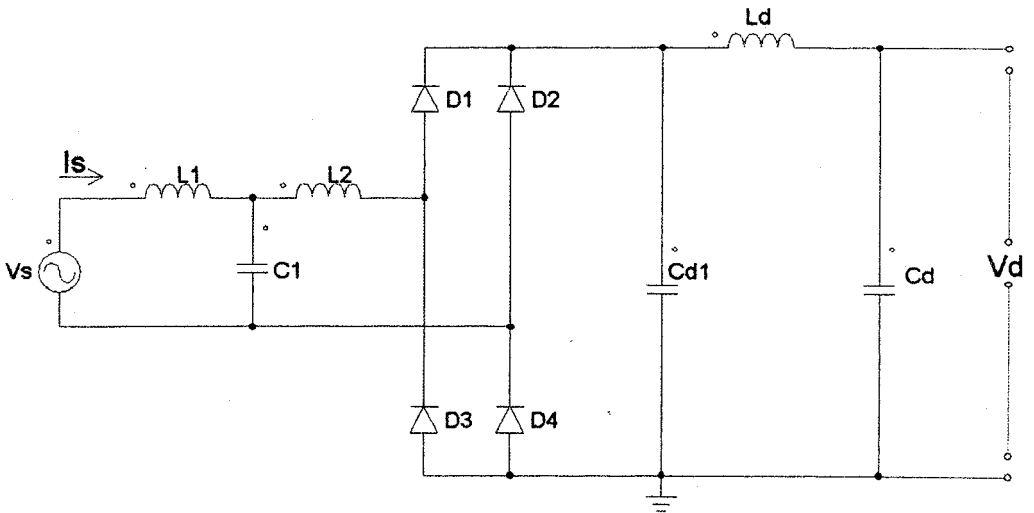
Şebeke enerji kalitesinin bozulması ve dalga şekli bozuk bir giriş akımı aynı zamanda güç elektroniği devresini de şöyle etkiler;

- Filtre kondansatörü, büyük akım darbelerine maruz kalır
- Etkin akım değeri büyüdüğü için, doğrultucu diyotlarında meydana gelen gerilim düşümü artar
- Doğrultucu girişinde kullanılan EMI filtresindeki bileşenler, akım darbelerinin tepe değerine boyutlandırılır
- Doğrultucu girişinde bir transformatör kullanılıyorsa, anma gücü büyütülmelidir.

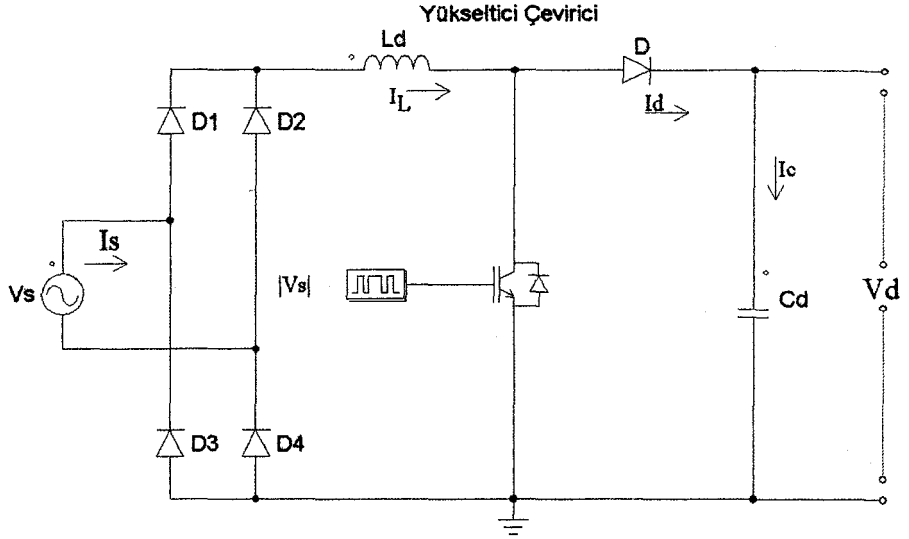
Güç katsayısının düşmesi şebekenin verimliliğinin de düşmesi demektir. Her ne kadar elektrikli batarya şarj cihazları için henüz bir güç katsayısı ve harmonik düzenlemesi zorunluluğu olmasa da elektrikli cihazların şebekeye en az zarar verecek seviyede tasarlanması gerekmektedir [2]. Şebekeden çekilen akımın dalga biçiminin iyileştirilmesi (sinüse yaklaştırılması) için pasif ve aktif düzeltme devreleri kullanılmaktadır.

Pasif devreler, doğrultucu girişine seri LC filtre türünden endüktans ve kondansatör kullanılarak yapılır. Bu yöntemle;

- Akım dalga şekli düzeldiği için, güç faktörü makul bir düzeye çıkarılır
- Giriş gerilimi, endüktanstaki gerilim düşümü nedeniyle yük akımına bağlı olarak değişir. Bu nedenle çıkış doğru gerilimi yüke bağlı hale gelir ve endüktans kullanılmadan önceki değerinden daha küçüktür. (yaklaşık %10)
- Kondansatör ve endüktans birlikte alçak geçiren bir filtre oluştururlar, bu nedenle doğrultucu çıkışındaki gerilim dalgalılığı azalır.
- Diyotların iletim kayıpları azalır, buna karşılık endüktanslardan dolayı bir kayıp ortaya çıkarsa da toplam kayıplar yaklaşık aynı düzeyde kalır.



Şekil 3.6 Pasif Devre ile Harmoniklerin süzülmesi



Şekil 3.7 Aktif Devre ile Harmoniklerin süzülmesi

Aktif filtre ise, güç elektroniği yardımıyla giriş akımının, gerilimle aynı fazda bir sinüs dalgası biçimine getirilmesi sağlanarak yapılır. Güç elektroniği çevircisinin seçimi aşağıdaki görüşler ışığında gerçekleşir.

- Genel olarak, ya motor kontrol devrelerinde olduğu gibi şebeke ile güç elektroniği devresinin beslediği yük arasında herhangi bir yalıtım gereksinmesi bulunmamaktadır, veya böyle bir yalıtım, anahtarlamalı güç kaynaklarında olduğu üzere ikinci bir devre katı kullanılarak zaten sağlanmıştır.
- Bir çok uygulamada tercih edildiği gibi çıkış doğru gerilimi, giriş geriliminin tepe değerini biraz aşacak bir değerde sabitlenmiştir.
- Şebekeden tarafında güç faktörü ideal olarak 1 değerindedir ve güç elektroniği devresi şebekeye karşı bir direnç gibi davranmaktadır. Bu durum aynı zamanda, enerji akışının şebekeden güç elektroniği devresine doğru yani tek yönlü olduğunu da göstermektedir.
- Akım şekillendiren devrenin maliyeti, boyutları ve kayıpları olabildiği gibi kadar küçük olmalıdır.

Yukarıdaki kabuller altında akım biçimlendirilişi sırasında, şebeke frekanslı bir yalıtım transformatörü kullanılmadan çıkış geriliminin kaynak geriliminin tepe değerinden daha büyük oluşu ancak bir yükseltici çevirici ile gerçekleştirilebilir. Bu

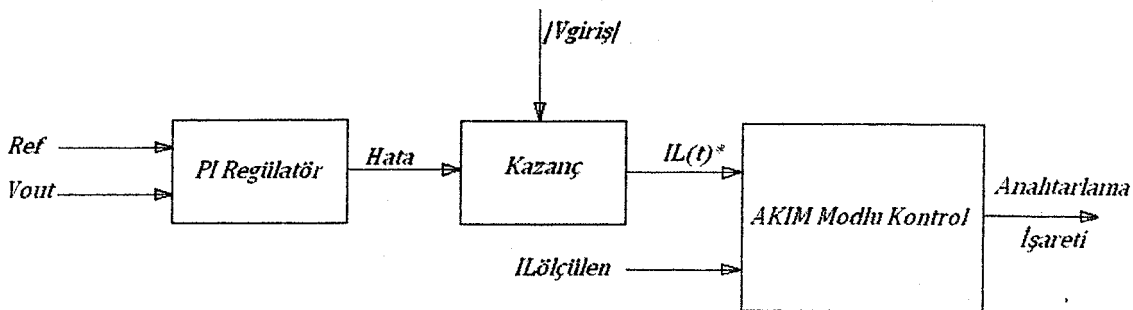
çevirici Şekil 3.7 'de gösterilmiş olup, C_d kondansatörü hem güç elektroniği devresinin reaktif enerji depolama gereksinmesini karşılamakta, hem de V_d 'deki dalgalılığı küçültmektedir. Çıkış akımındaki dalgalılık büyük ölçüde süzüldüğü için, yüke verilen doğru akım, aktarılan gücün akım bileşenini oluşturur.

Bu devrenin çalışma ilkesi çok yalındır. Şebekeden çekilen akımın sinüsoidal ve gerilimle aynı fazda olması istenir. Bunu sağlamak için yükseltici çevircinin görev zamanları değiştirilmek suretiyle yük oluşturulur. Bu sayede çıkış gerilimi de yükseltilmiş olur.

$$v_{d, \text{salınım}}(t) \cong \frac{1}{C_d} \int i_c dt = -\frac{I_d}{2\omega C_d} \sin 2\omega t \quad (3-1)[13]$$

Salınım değeri, uygun büyüklükte bir kondansatör kapasitesi Denklem 3-1'de ki hesaplara seçilerek sınırlandırılabilir. Doğru gerilimdeki dalgalılığı azaltmak üzere uygun biçimde ayar frekansı şebeke frekansının iki katı olan bir seri LC rezonans devresi, C_d kondansatörüne paralel olarak konabilir. Şunu hatırlamak gerekir ki, i_{diot} akımı içinde bulunan anahtarlama frekanslı bileşenler ve yük akımındaki yüksek frekanslı bileşenler de C_d kondansatöründen akacaktır.

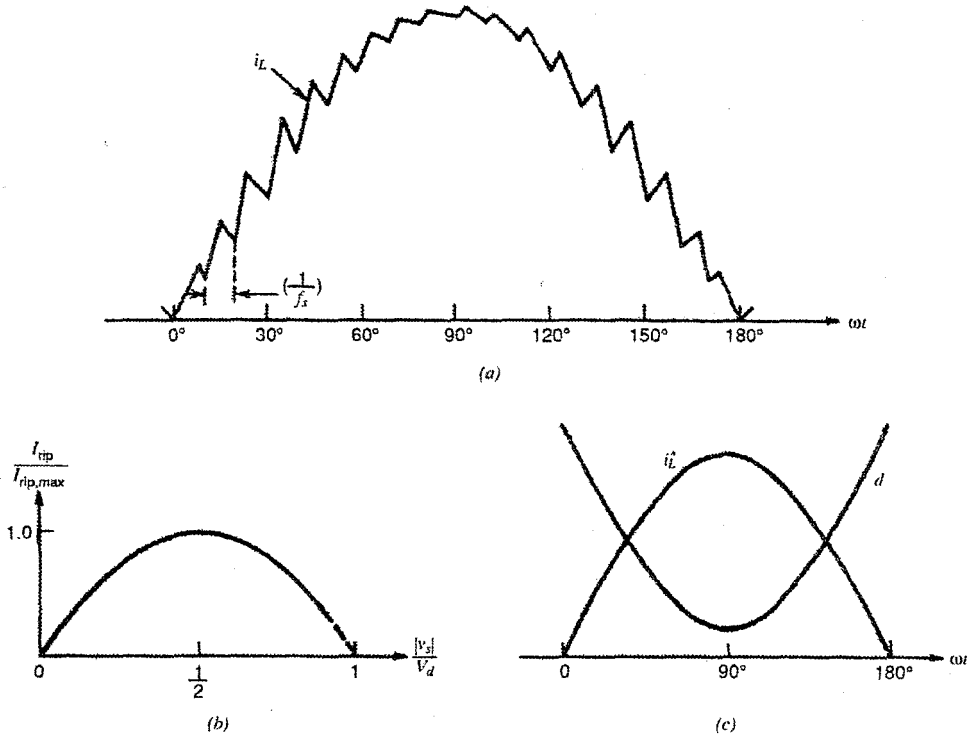
Yükseltici çevircinin girişindeki akımın dalga şeklinin biçimlendirilebilmesi için, çevircinin akım denetimli konumda çalıştırılması gerekmektedir. Şekil-3.8'de geri besleme kontrol devresi gösterilmiştir. Çıkış gerilimi V_{out} ve bobinden akan I_L akımı sistemin temel parametresidir. Çıkış gerilimi referans değerle karşılaştırılarak PI denetim biriminden geçirilerek giriş gerilimine bağlı bir kazanç ile çarpılarak bir referans bir $I_L(t)^*$ değeri bulunur. Gerçek $I_L(t)$ akımı ise $I_{Lölçülen}$ ile gösterilmiştir, akımın dönüş yolu üzerine konan bir direnç üzerindeki gerilim düşümünün ölçülmesi ile elde edilir. Yükseltici çeviricideki yarı iletken anahtarın konumu, gerçek I_L akımının $I_L(t)^*$ ile karşılaştırılması ile belirlenir.



Şekil 3.8 Örnek Kontrol Devresinin Blok Diyagramı

$I_L(t)^*$ ve $I_L(t)$ akımları elde edildikten sonra, yükseltici çeviriciyi akım denetimli konumda çalıştırmanın bir çok yolu vardır. Anahtarlama frekansı f_s , ve $I_L(t)$ akımının bir anahtarlama periyodunda iki tepe arasındaki dalgalılığı I_{rip} olmak üzere başlıca dört kontrol yöntemi vardır.

1. Sabit Frekanslı kontrol: anahtarlama frekansı sabit tutulur, $I_L(t)$ akımı referans $I_L(t)^*$ akımına ulaştığında, yükseltici çevirideki yarı iletken anahtar kesime geçirilir. Sonuçta oluşan $I_L(t)$ akımı Şekil 3.9a'da gösterilmiştir. Eğim kontrollü bir yükselme gerekli olup, bu yapılmadığı takdirde, anahtarın çalışma oranının 0,5'den büyük olduğu durumda $I_L(t)$ düzensizleşir. Birime indirgenmiş I_{rip} fonksiyonunun değişimi de Şekil 3.9b'de gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Sabit Frekans Kontrolü [13]

2. Sabit Bant Kontrolü: bu yöntemde $I_L(t)$ akımı öyle kontrol edilir ki, tepeler arasındaki I_{rip} dalgalılık değeri hep sabit kalır. Referans I_{rip} değeri belirlenir ve anahtarın konumu kontrol edilerek $I_L(t)^* + 0,5I_{rip} < I_L(t) < I_L(t)^* - I_{rip}$ arasında denetim sağlanır.

3. Değişken Bant Kontrolü: burada $I_L(t)$ akımındaki tepeler arasındaki I_{rip} dalgalılık, $|v_s|$ 'nin ani değerine bağlı olarak sürekli değiştirilir.
4. Süreksiz Akım Kontrolü: bu yöntemle yarı iletken anatar, $I_L(t) * akımı$ $2I_L(t) * değerine$ ulaşınca kadar iletimde, daha sonra $I_L(t) = 0$ oluncaya kadar kesimde tutulur. Bu iki değer arasında iletim ve kesim yaptırılarak akım kontrolü sağlanır. bu haliyle değişken bant kontrolünün özel hali olarak tanımlanır.

Anahtarlama süresi boyunca, çıkış geriliminin V_d değerinde ve yükseltici çeviricinin giriş geriliminin $|v_s|$ değerinde sabit olduğu varsayılmaktadır. Buna göre anahtar zamanları,

$$t_{on} = \frac{L_d I_{rip}}{|v_s|} \quad (3-2)$$

$$t_{off} = \frac{L_d I_{rip}}{V_d - |v_s|} \quad (3-3)$$

$$f_s = \frac{1}{t_{on} + t_{off}} = \frac{(V_d - |v_s|)|v_s|}{I_{rip} L_d V_d} \quad (3-4)$$

Sabit frekanslı kontrol için;

$$I_{rip} = \frac{(V_d - |v_s|)|v_s|}{f_s L_d V_d} \quad (3-5)$$

Şekil 3.9 b'de birime indirgenmiş I_{rip} 'in $(|v_s|/V_d)$ 'ye bağlı değişimi çizilmiştir. Bilindiği gibi yükseltici çeviricide $(|v_s|/V_d)$ oranı en çok 1 olabilir. En büyük akım dalgalılığı ise;

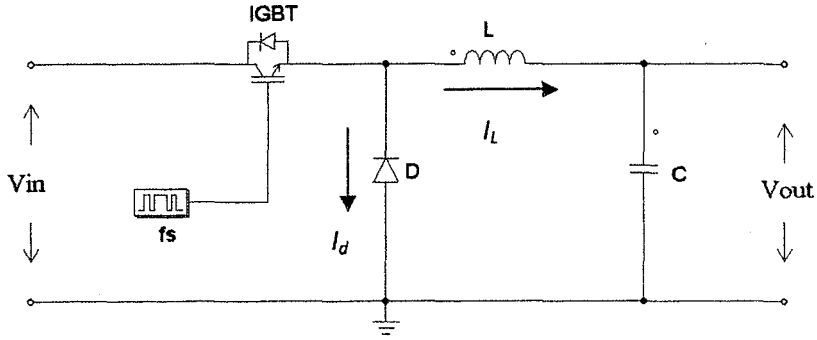
$$I_{rip,max} = \frac{V_d}{4f_s L_d} \text{ ise } |v_s| = \frac{1}{2} V_d \quad (3-6)$$

Yükseltici çevirici yapısı, giriş akımının biçimlendirilmesine çok uygundur. Anahtar kesimdeyken, giriş akımı diyot üzerinden çıkış katını beslemektedir. Şekil 3.9 c'de anahtarın çalışma oranı d , ωt 'nin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Bir yükseltici çeviricide çevirme oranı, $d = 1 - \frac{|v_s|}{V_d}$ dir. Şekil 3.9 c'de $I_L(t) * tepe$ değerinde iken, d 'nin en küçük değerini aldığı görülmektedir. Bu nedenle $I_L(t)$ akımının büyük değerlerinde anahtarın çok kısa bir an iletimde kaldığı görülmektedir. Bu durum ise anahtar kayıpları ve ısınma yönünden olumlu bir özelliktir. Günümüzde, birçok mikro elektronik firması, geliştirdikleri tüm devreleri

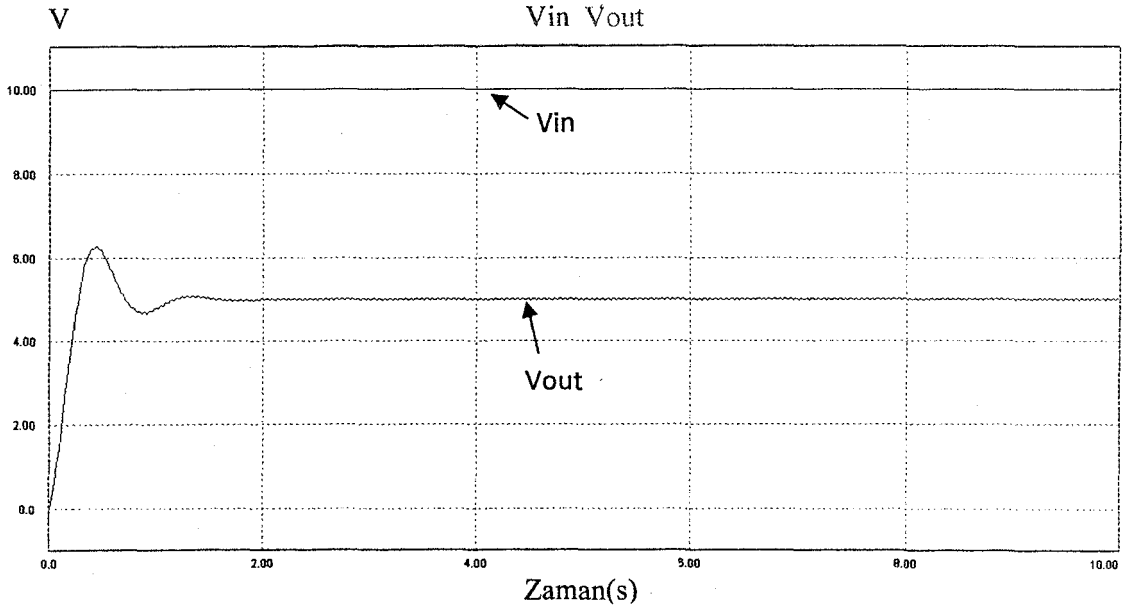
piyasaya sunmuştur. Seri üretim nedeniyle fiyatları makul düzeylere inmiş ve modüler olarak $PF=1$ özelliği olan bir fazlı doğrultucular kolaylıkla gerçekleştirilebilirler.

3.4 Alçaltıcı Çeviri Birimi

Şebekeden çekilen akım harmoniklerinin azaltılması ve güç faktörünün iyileştirilmesi için kullanılan yükseltici çevirici ile yükseltilen dc gerilimin daha düşük besleme ihtiyacına sahip sistemler için düşürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle kullanılan Alçaltıcı çevirici devresi şekil 3.10'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.10 Alçaltıcı Çevirici Prensip Şeması



Şekil 3.11 Alçaltıcı Çeviriciye Ait Dalga Şekli

Kavramsal olarak, şekil 3.10'daki temel devre saf dirençten oluşan bir yük için alçaltıcı oluşturur. Anahtar kusursuz, anlık giriş gerilimi V_{in} sabit ve yük saf direnç kabul edildiğinde, anlık çıkış geriliminin dalga şekli anahtar durumunun fonksiyonu olarak gösterilir. Ortalama çıkış gerilimi;

$$V_{out} = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_{out}(t) dt = \frac{1}{s} \left(\int_0^{t_{on}} V_{in} dt + \int_0^{t_{off}} 0 dt \right) = \frac{t_{on}}{t_{off}} V_{in} = D V_{in} \quad (3-7)$$

olarak bulunur. Anahtarın çalışma oranını değiştirerek çıkış gerilimi ayarlanabilir. Şekil 3.11'de çalışma oranı 0,5 olan bir alçaltıcı çeviricinin giriş ve çıkış akımlarının eğrisi görülmektedir. Gerçek uygulamalarda, yük çoğu zaman endüktiftir. Bu, anahtarın endüktif enerjiyi yutmasının ya da dağıtmasının gerektiği anlamına gelir. Anahtarın yanmaması için diyotla birikmiş enerji sorunu çözülebilir. Çıkış geriliminin dalgalılığı ise LC filtre ile giderilebilir. Filtrenin köşe frekansı f_c , anahtarlama frekansı f_s 'den düşük olacak şekilde seçilir, bu sayede çıkış geriliminde, anahtarlama frekansı nedeniyle oluşan dalgalanma neredeyse yok edilir. Çıkış gerilimindeki dalgalılık;

$$\Delta V_{out} = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{1}{C} \frac{1}{2} \frac{\Delta I_L T_s}{2} \quad (3-8)$$

$$\Delta V_{out} = \frac{T_s}{8C} \frac{V_{out}}{L} (1-D) T_s \quad (3-9)$$

$$\frac{\Delta V_{out}}{V_{out}} = \frac{1}{8} \frac{T_s^2 (1-D)}{LC} = \frac{\pi^2}{2} (1-D) \left(\frac{f_c}{f_s} \right)^2 \quad (3-10)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3-11)$$

Alçak geçiren filtrenin çıkıştaki f_c köşe frekansının $f_c \ll f_s$ olacak şekilde seçilmesiyle en küçük değerine getirilebilir.

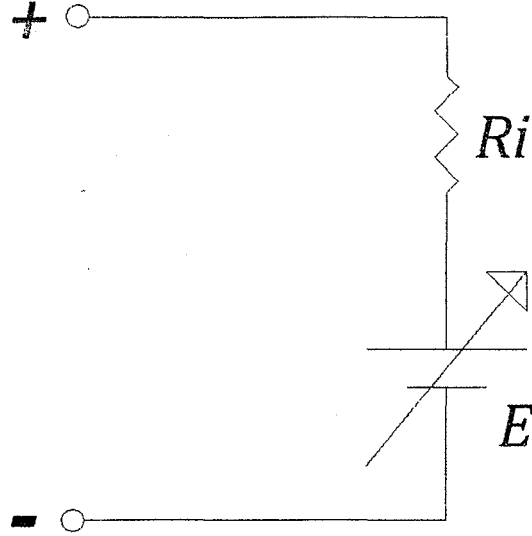
4. Batarya Şarj Sisteminin Simülasyonu

Bu kısımda, Elektrikli Araçlar için temel enerji kaynağı olan Lityum-Polimer bataryanın şehir şebekesinden şarj edilebilmesi için bir şarj cihazı simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun için PSIM programında alçaltıcı çevirici ve batarya modeli hazırlanmıştır. Sistemin denetimi programdaki Gömülü Yazılım Bloğu (Embedded Software Block) üzerinde koşturulan algoritma ile sağlanmıştır. Ayrıca şarj cihazının şebekeye zarar vermemesi ve verimliliğinin artması için güç katsayısı iyileştirme devresi de ilave edilmiştir.

Tablo -4.1 Batarya Özellikleri [15]

		Hücre	Batarya Paketi
Kapasite (0.5C, @25 °C)		25.0A	25.0A
Nominal Gerilimi		3.7V	296V
İç Direnci (mΩ)		-	-
Şarj	Akımı	25.0A	25.0A
	Gerilimi	4.2V±0.03V	336 ±2.4V
	Sıcaklığı	0 ~ +40 °C	
Deşarj	Sürekli Akımı	25.0A	25.0A
	Tepe Akımı	125.0A	125.0A
	Kesme Gerilimi	2.7V	216V
	Sıcaklığı	-20 ~ +60 °C	
Çevrim Ömrü		>800	
Boyut(mm)		220x215x6.5	
Ağırlık(g)		620	

Tablo-4.1’de verilen batarya özellikler dikkate alınarak 80 tane seri bağlı hücreden oluşan batarya paketinin iç direncinin değişmediği ve batarya sıcaklığının çalışma koşulları dışına çıkmadığı varsayımı ile Şekil-1’deki gibi bir batarya modeli oluşturulmuştur.



Şekil-4.2 Batarya Modeli

Burada denge potansiyeli [16] olarak adlandırılan E gerilimi, tipik şarj eğrisinden uyarlanarak oluşturulmuş zamana bağlı değişimi ifade eder. R_i ise bataryanın iç direncini temsil etmektedir.

4.1 Devre Topolojisi

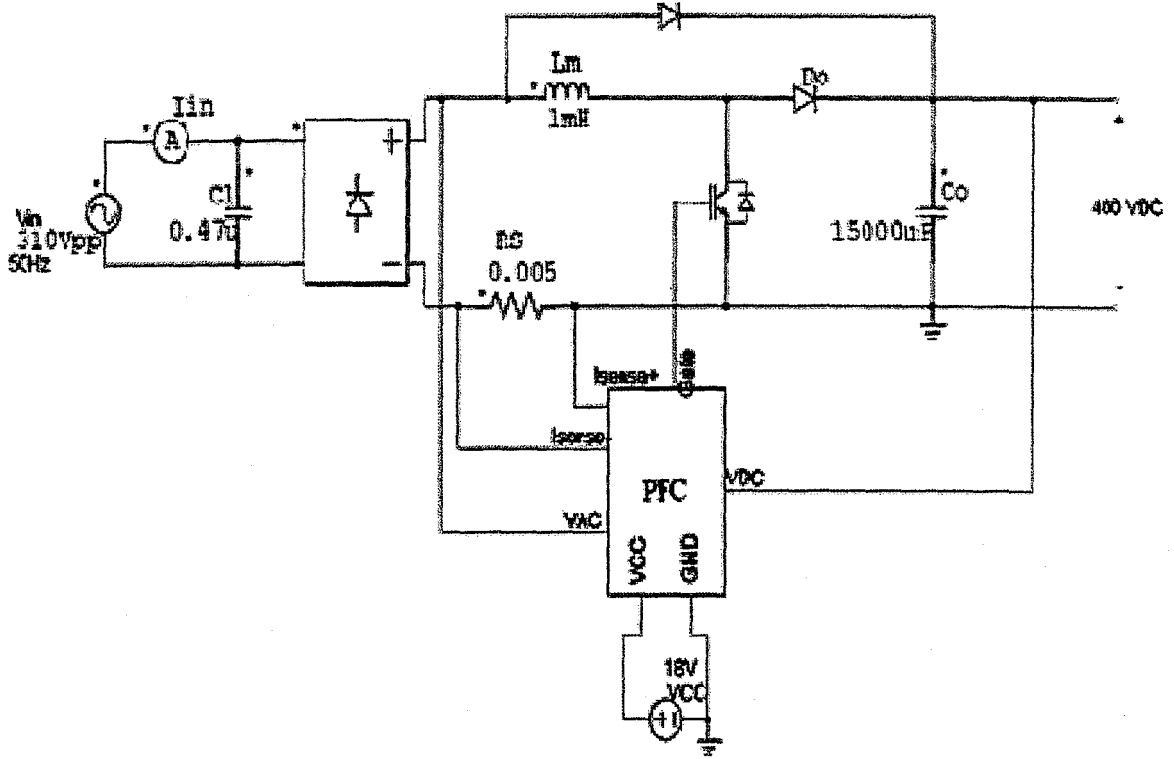
EA'ların batarya şarjı, yüksek voltaj dağılım seviyelerinde akım harmoniklerinin baskın olmasından dolayı elektrik şebekeleri için potansiyel bir problem teşkil etmektedir [17]. Şarj işlemi ile şebekeye salınan harmonikler, şebekenin ortak düğüm noktalarında gerilim bozulmalarına ve şönt kapasitörlerin aşırı yüklenmesine neden olmaktadır [18]. Akım harmonikleri kadar gerilim harmonikleri de enerji kalitesini etkilemekte ve verimliliği düşürmektedir [17].

4.1.1 Güç Katsayısı Düzeltme

Şarj sisteminin şebekeye en az zarar verecek şekilde harmonik bozulmaların etkisini azaltmak ve güç katsayısını yükseltebilmek için Şekil 4.2'deki gibi köprü tipi doğrultucudan sonra bir güç katsayısı iyileştirme denetimi yapan birim tasarlanmıştır.

UC3854 denetleyici entegresi ile oluşturulan bu kısım, entegrenin uygulama notunda yer alan tipik uygulama devresinden [19] yola çıkılarak oluşturulmuştur. Bu

entegre, ortalama akım modu kontrolü ile güç katsayısının %99'un üzerine, akım harmoniklerinin ise %5'in altına düşürülmesini sağlamaktadır. Evrensel (85-265 VAC) giriş geriliminde kararlı çalışmasına devam edebilmektedir [20].



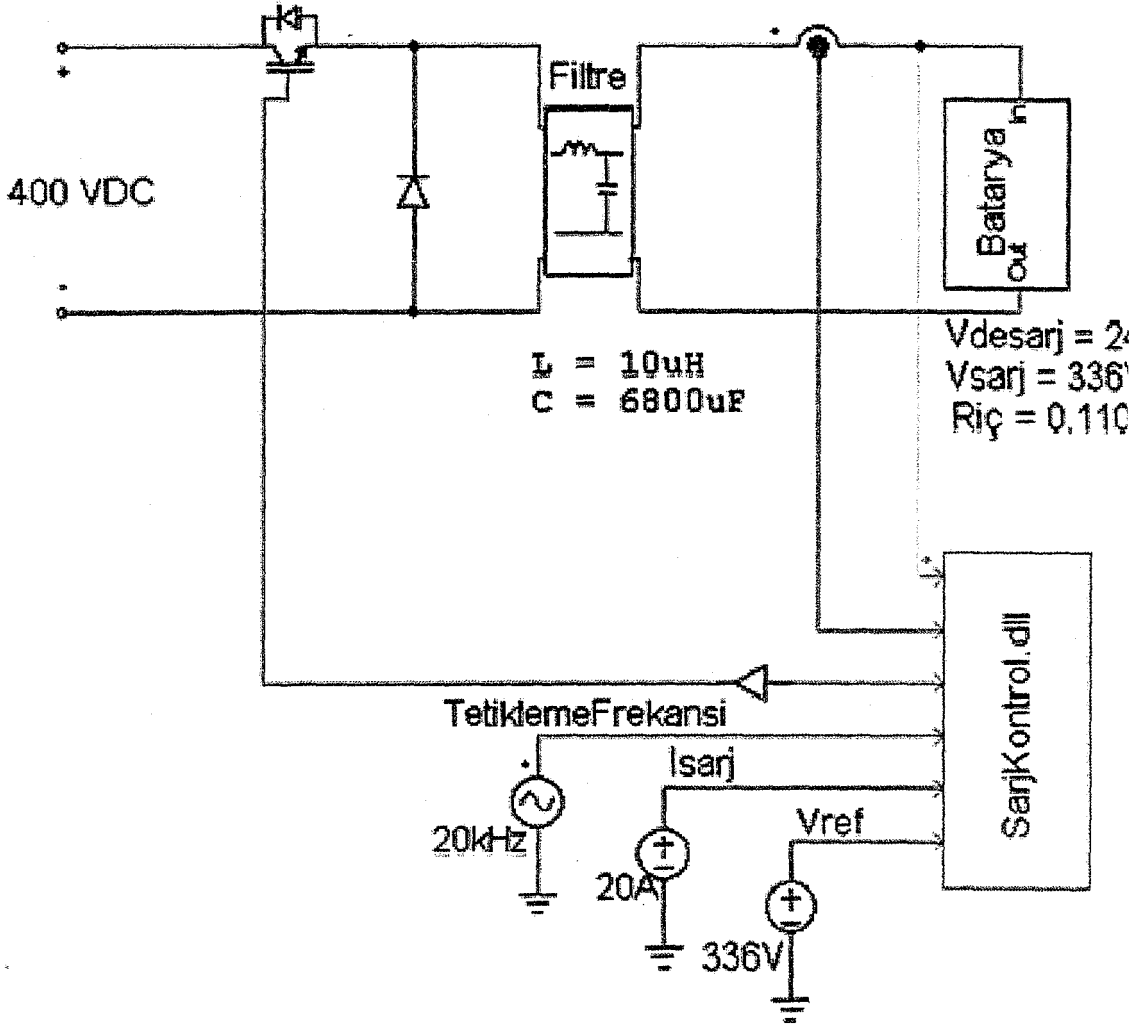
Şekil 4.2 Güç Katsayısı İyileştirme Simülasyon Devresi

4.1.2 Şarj Kontrol Devresi

Güç katsayısı iyileştirme devresi tarafından regüle edilmiş DC gerilim, bataryayı şarj edebilmek için kontrollü olarak Şekil 4.3'deki devre ile alçaltılır. Şarj akımı ve gerilimi Emebedded Software Block [21] adı verilen bir denetleyici vasıtasıyla sürekli izlenir ve çeviricinin darbe genişlik oranları değiştirilmek suretiyle kontrol işlemi gerçekleştirilir.

Embedded Software Block, tipik bir dinamik bağlantı kütüphanesi (DLL) dir. Geleneksel bir DLL'den farkı, giriş/çıkış olarak yapılandırılabilen sabit portlar yerleştirilmiş olmasıdır. Zamana bağlı olarak olayların kurgulanabildiği, giriş portlarının okunması ve çıkış portlarının sürülmesi içerisindeki "C" kodu ile

mümkündür. Özellikle Mikroişlemci veya DSP gibi gömülü aygıtları modellemek amacıyla düşünülmüştür [22].



Şekil 4.3 Şarj Kontrol Devresi

4.2 Şarj Metodu ve Algoritması

Lityum bataryalar diğer bataryalardan farklı şarj karakteristiğine sahiptir. Bunlar, sabit akım ve sabit gerilim olarak adlandırılan evrelerde şarj edilirler. Batarya şarj parametreleri akım, gerilim ve sıcaklıktır. Lityum bataryanın şarj akımı en fazla 1C yani maksimum kapasiteye eşit veya daha az olmalıdır[5]. Kullanılan batarya için

maksimum şarj akımı $20A$ ($0,4C$) seçilmiştir. Batarya maksimum $4,2V$ 'ta şarj edilmeli, $3,0V$ 'a kadar deşarj edilmelidir. Asgari deşarj sınırı ise $2,7V$ 'tur[15].

Sabit akım evresinde, batarya açık devre gerilimine ulaşınca kadar sabit akımda şarj edilir[22]. Bu evrede batarya %85 tam şarj edilmiş olmaktadır[5]. Bu noktadan sonra sabit gerilim evresi başlar ki bu evrede, batarya gerilimi korunarak şarj akımının eşik değerine altına inmesi ile şarj işlemi tamamlanmış olur[22].

Şarj kapasitesini Q bulmak için, hücre asgari deşarj gerilimine kadar boşaltılır, daha sonra azami şarj gerilimine (açık devre gerilimi) kadar sabit akımla şarj edilir.

$$Q = (i \ t)mAh \quad (4.1)$$

Şarj süresi t ve şarj akımı i 1 no'lu denklemde yerine konularak Q değeri elde edilir[23]. Aynı şekilde bataryanın kapasitans değeri olan C ise, kapasitenin asgari deşarj gerilimi ile azami şarj gerilimi farkına bölümü ile bulunur[24].

$$C = \frac{(it)}{V} \text{ Farad} \quad (4.2)$$

Örneğin; $25,0Ah$ ($0,5C$)'lik bir hücre $4,2V$ 'tan $2,7V$ 'a kadar deşarj edilirse, batarya paketinin kapasitans değeri Denklem-4.2'den yararlanarak şöyle bulunur:

$$C = \frac{(25,0 \times 2) \times 3600}{(4,2 - 2,7) \times 80} = 1500 \text{ Farad} \quad (4.3)$$

Bataryanın kalan şarj durumu (SOC) ise, Coloumb sayımı, doğrudan batarya gerilimi ölçümü veya gaz ölçümü adı verilen yöntemlerle belirlenebilir. Batarya gerilimin ölçümü en kolay ve en ucuz yöntemdir[25].

Tüm bu verilerden yola çıkılarak seçilen Lityum-Polimer batarya için Şekil - 4.4'teki algoritma geliştirilmiştir. Batarya çevrim oranının azalmaması için öncelikle bataryanın %70 doluluk oranından ($235,2V$) daha düşük ise şarj işlemi başlamaz. Sabit Akım evresinde batarya gerilimi $336V$ 'a ulaşınca kadar alçaltıcı çeviricinin darbe genişliği değişken oranda sürekli arttırılır. Bu oran çekilen akım ile referans akım değerinin farkının Denklem-4.4 ve Denklem-4.5'deki PI kontrol metodu ile işlenerek belirlenir. Sabit Gerilim evresi şarj gerilimi $336V$ seviyesine ulaştığında başlar, bataryanın çektiği akımın eşik değerine ($1A$) altına düştüğünde biter. Bu evrede

gerilimin sabit tutulması amaçlandığından bataryanın aşırı şarj durumuna geçmemesi için alçaltıcı çeviricinin darbe genişlikleri Denklem 4.6 ve Denklem 4.7'deki PI kontrol hesabıyla ayarlanarak değiştirilir.

$$e_i = I_{bat} - I_{ref} \quad (4.4)$$

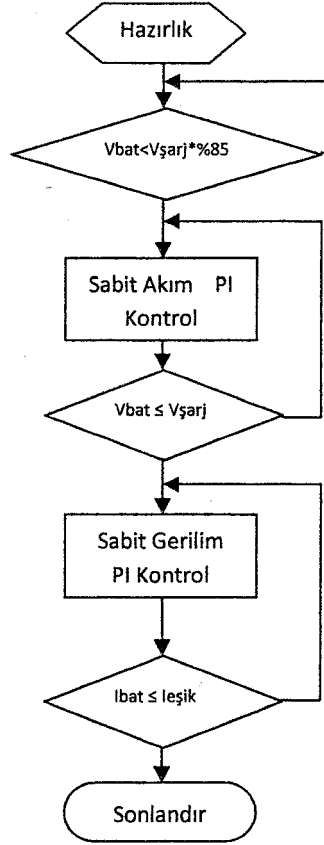
$$Duty += (K_p \times e_i) + [K_i \times (e_i + e_{ison})] \quad (4.5)$$

$$e_v = V_{ref} - V_{bat} \quad (4.6)$$

$$Duty += (K_p \times e_i) + [K_i \times (e_i + e_{ison})] \quad (4.7)$$

Denklemlerde verilen simgelerin ifade ettikleri değerler şöyledir:

I_{bat}	→	Bataryanın şebekeden çektiği akımın ani değeri
I_{ref}	→	Bataryanın çekebileceği maksimum akım değeri
$Duty$	→	Alçaltıcı çevirici görev zamanı,
K_p	→	PI Kontrol oran katsayısı
K_i	→	PI Kontrol integral katsayısı
V_{ref}	→	Batarya geriliminin maksimum değeri
V_{bat}	→	Batarya geriliminin ani değeri



Şekil 4.4: Şarj Kontrol Algoritması Akış Diyagramı

4.3 Simülasyon Sonuçları

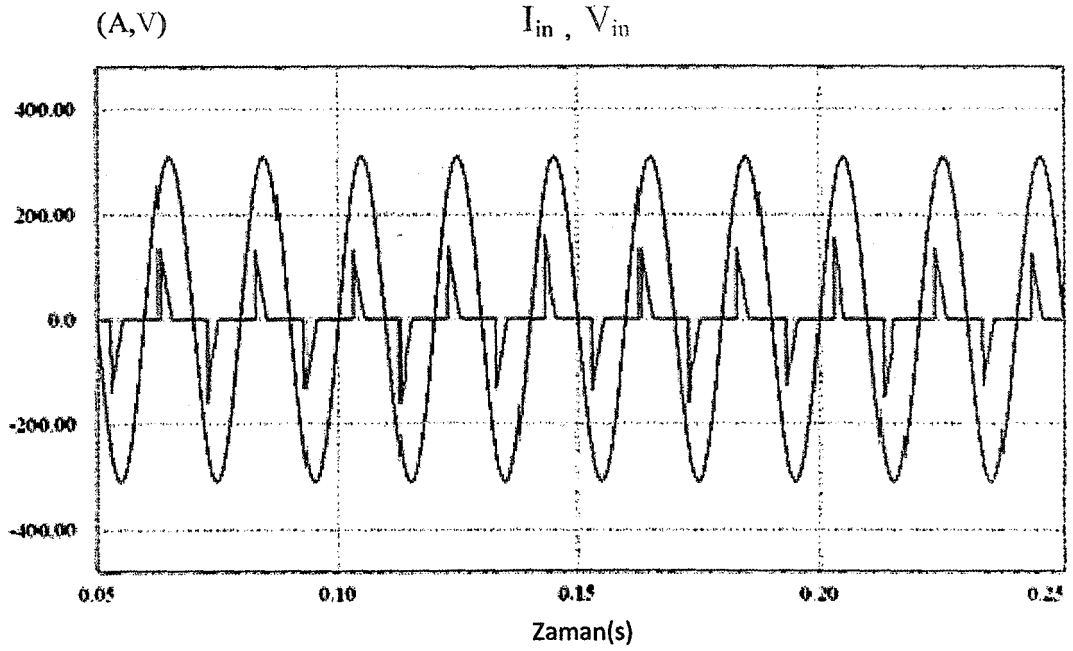
Yukarıda verilen devreler ve şarj kontrol algoritması ile PSIM yazılımı üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlar, iki kısma ayrılmıştır. Birinci kısım, güç katsayısı iyileştirme devresi olmaksızın şarj işleminin gerçekleştirilmesi, ikinci kısım ise güç katsayısı iyileştirme devresinin ilave edilerek yapılan simülasyonlar. Simülasyon parametreleri Tablo-4.2'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo-4.2: Simülasyon Parametreleri

Adım Aralığı (Time Step)	1E-06 (1 μ s)
Toplam Zaman (Total Time)	4h
Çıktı Aralığı(Print Step)	10
V _{in}	220VAC (310 V _{pp})
I _{şarj} _{referans}	20ADC
V _{deşarj} ₀	216VDC
V _{deşarj} ₁	240VDC
V _{şarj} _{referans}	336VDC

4.3.1 Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önceki Simülasyon Sonuçları

Burada giriş gerilimi bir yükseltici çevirici vasıtasıyla 400V DC seviyelerine yükseltilerek batarya şarj edilmiştir. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi giriş geriliminin akım ve gerilim işaretleri arasında faz farkı vardır. Faz açısı doğrultucu çıkışında kullanılan kondansatörün değerine göre değişmektedir. Yapılan ölçümde giriş güç katsayısı 0,52 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5 Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önce Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği

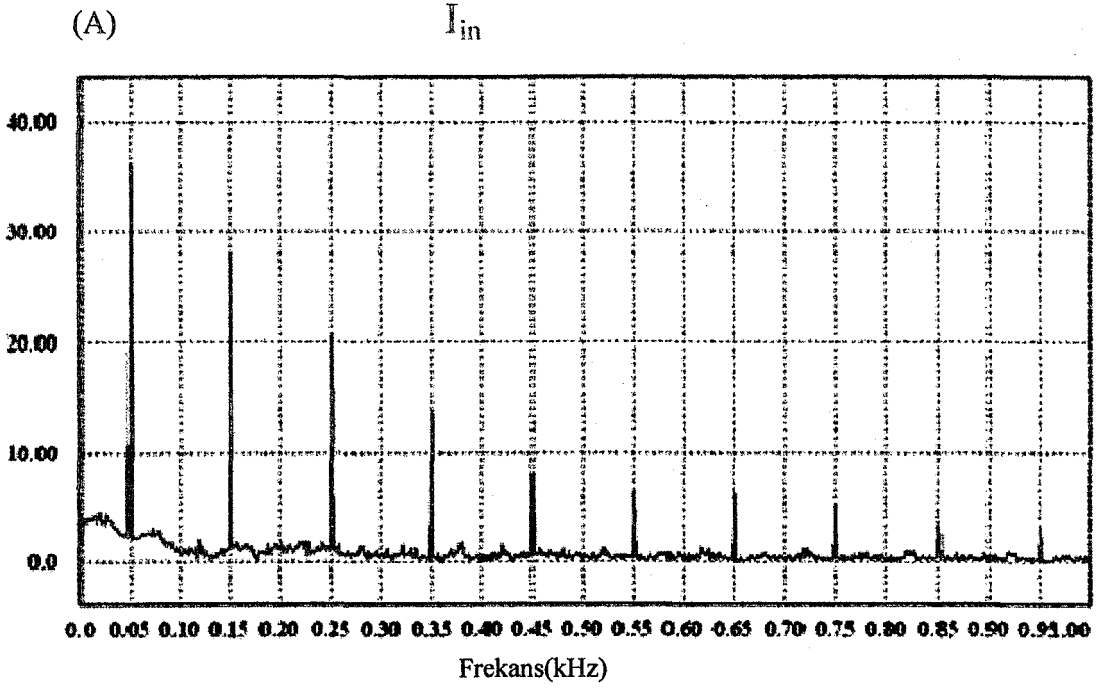
Şekil 4.6'da ise giriş akımının frekans domeninde incelenmesi vardır. Burada sistemin şarj akımını karşılayan temel bileşenin (50Hz frekanslı) yanında 3., 5. ve 7. bileşenlerinde kayda değer nicelikte olduğu gözlenmektedir. Denklem 10'da şarj sisteminden şebekeye akımında oluşturulan toplam harmonik bozulumu hesaplanmıştır.

$$\%THD_i = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1} \times 100 \quad (4.10)$$

$$\gg \frac{\sqrt{44,27^2 - 32,19^2}}{32,19} \times 100$$

$$THD_i \cong \%94,4$$

Sistemin güç katsayısı 0,543 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.6 Güç Katsayısı İyileştirilmeden Önce Şebekeden Çekilen Akımın FFT Analizi

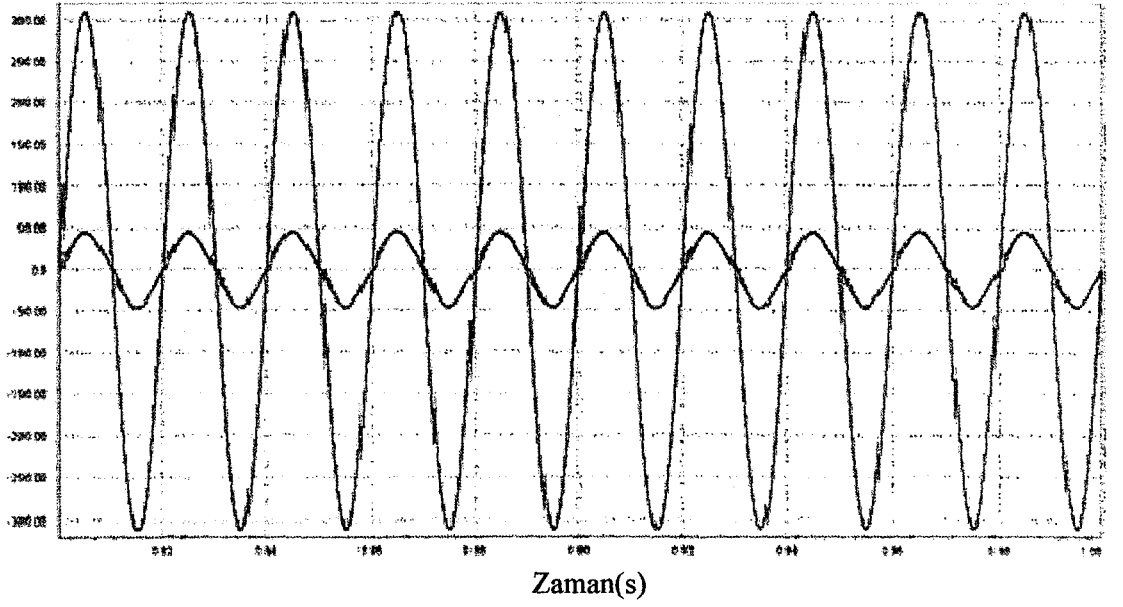
4.3.2 Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonraki Simülasyon Sonuçları

Şekil 4.2'deki güç katsayısı iyileştirme devresinin sisteme entegre edilmesi ile şebekeden çekilen akımın şebeke gerilimi ile aynı fazda olması sağlanmaya çalışılmıştır. Şekil 4.7'de şebekeden çekilen akım ve gerilimin güç katsayısı iyileştirme devresi ilave edildikten sonraki grafikleri görülmektedir. Akım sinüsoidal forma oldukça yaklaştırılmıştır. Bu devrenin güç katsayısı 0,993 olarak ölçülmüştür.



(A,V)

I_{in}, V_{in}

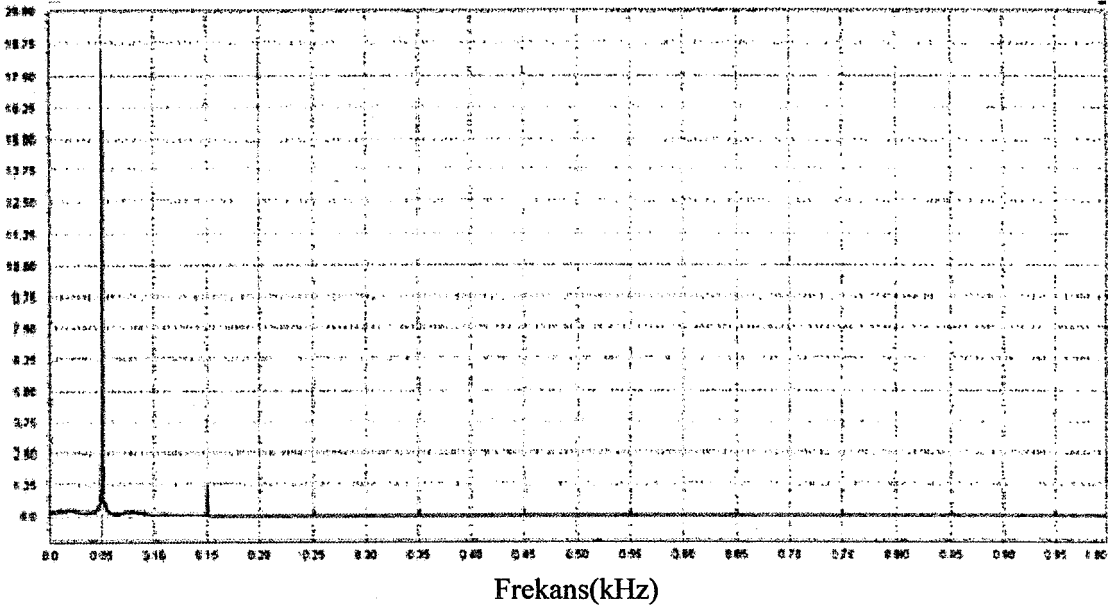


Şekil 4.7 Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonra Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği

Benzer şekilde şebekeden çekilen akımın frekans domenindeki grafiği Şekil 4.8’de görülmektedir. Çekilen akımın neredeyse tamamı temel bileşene ait olup sadece 3. harmoniğin var olduğu görülmekle birlikte temel bileşen yanında ihmal edilebilir seviyededir. Dolayısıyla aktif güç katsayısı düzeltme işlemi sadece verimi artırmakla kalmıyor, şebekeye salınan bozulmaları da yok etmektedir. Bileşenler Denklem 4.10’daki yerlerine konulduğunda ;

$$\%THD_i = \frac{\sqrt{33,936^2 - 33,81^2}}{33,81} \times 100 \cong \%8,6$$

(A)

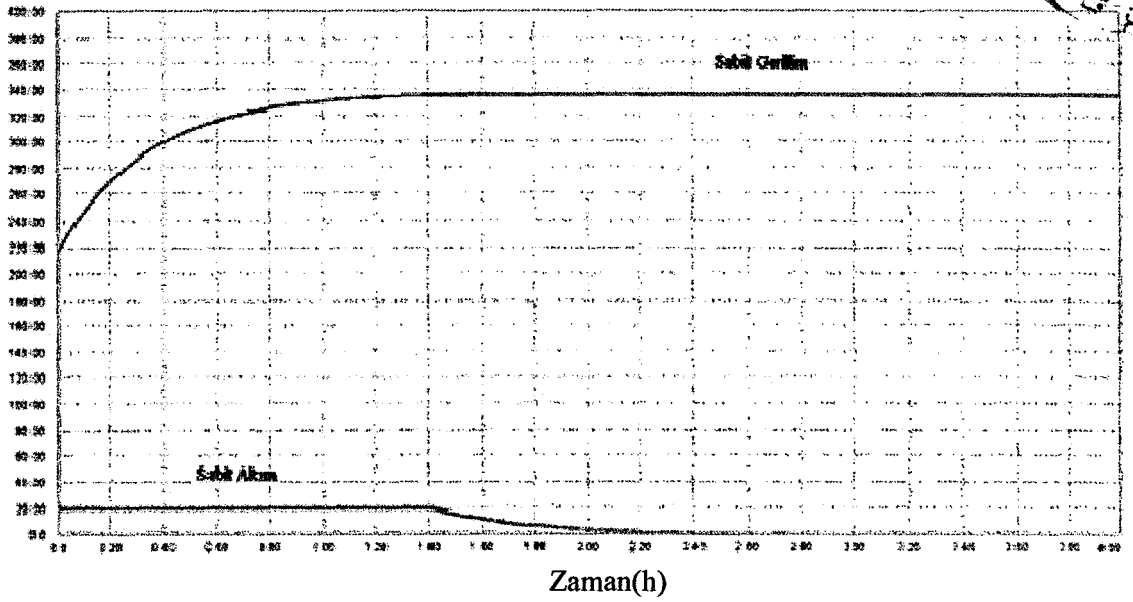
 I_{in} 

Şekil 4.8 Güç Katsayısı İyileştirildikten Sonra Şebekeden Çekilen Akımın FFT Analizi

4.3.3 Batarya Şarj Karakteristiği

Dört saatlik simülasyon sonucu batarya modelinin şarj karakteristiği Şekil 4.9’da verilmiştir. Şarj Gerilimi hücrelerin asgari deşarj sınırı olan $2,7V$ – Batarya paketi için $216V$ ’tan başlatılmış ve $4,2V$ – Batarya için $336V$, seviyesine kadar tam şarj edilmeleri sağlanmıştır. Sabit Akım ve Sabit Gerilim bölgeleri açıkça belirli olmaktadır. Sabit Akım evresi 1,40 saat olmak üzere şarj işlemi 2,60 saat sürmüştür. Dolayısıyla sabit akım evresi toplam şarj süresinin %53,84’üne tekabül eder. Bu süre şarj akımına bağlı olarak değiştirilebilir.

A, V

 I_m, V_m 

Şekil 4.9 Batarya Şarj Gerilimi ve Akımı Grafiği

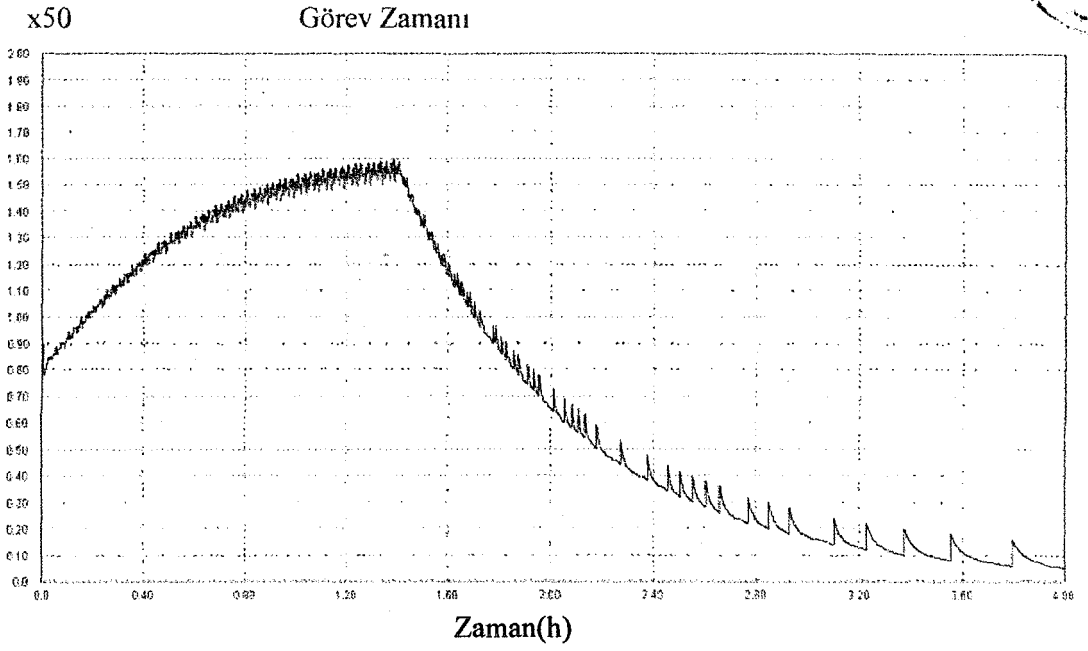
Bataryanın şarj durumu, gerilim grafiğine bakılarak söylenebilir. Aynı zamanda Şekil 4.10'da verilen grafik de alçaltıcı çeviricinin görev zamanını vermekle beraber şarj işleminin seyrini de göstermektedir. Dikkat edilecek olursa görev zamanı değişimi sabit akım ve sabit gerilim bölgelerinin birleşimidir. Sabit akım evresinde görev zamanı %80'lere varırken, sabit gerilim evresinde hızla azalma eğilimindedir.

Batarya şarj kapasitesi Q ve C değerleri, Denklem-4.1'den yola çıkılarak

$$Q = i_{ort} \times t_{toplama} = 14,87 \times 2,6 = 38,662 \text{ Ah}$$

$$C = \frac{(38,662) \times 3600}{(4,2 - 2,7) \times 80} = 1160 \text{ Farad}$$

Bu değerler, batarya modelinin gerçeğe %77,33 yaklaştığını göstermektedir.



Şekil 4.10 : Alçaltıcı Çevirici Anahtarlama Elemanına ait Görev Zamanı Değişimi

Şekil 4.10'da alçaltıcı çeviricideki anahtarlama elemanının görev zamanının değişimi sabit ve sabit gerilim bölgelerinde anahtarın yorulma zamanlarını göstermektedir. Buna göre anahtar sabit akım evresinin bitiminde en fazla çalışma oranına, sabit gerilim evresinin bitiminde de en az çalışma oranına sahiptir.

5. Batarya Şarj Sisteminin Gerçek Zamanlı Denetimi

60 hücreden oluşan bataryanın gerçek zamanlı şebekeden şarj işlemini sağlayacak 8kW gücünde bir sistem tasarlanmıştır. Bir fazdan beslemeli aktif güç katsayısı düzeltmeye sahip, IGBT anahtarlama, sayısal işaret işleyici ile kontrol edilen sistem bilgisayarla haberleşme yeteneğine sahiptir. Test bilgileri bilgisayardaki arayüz programında takip edilebilmekte ve raporlanabilmektedir.

Sistem parametreleri Tablo-5.1'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo-5.1 Şarj Sistemine Ait Parametreler

Parametre	Asgari Değer	Azami Değer	Birim
Giriş Gerilimi	200	240	V (AC)
Giriş Akımı	-	40	A (AC)
Yükseltici Çevirici Gerilimi	380	400	V (DC)
Batarya Gerilimi	162	256	V (DC)
Batarya Akımı	-	20	A (DC)
Batarya Hücre Sayısı		60	
Anahtarlama Frekansı	20	65	kHz
Şarj Akımı Eşik Değeri	0.5	2	A
Şarj Gerilimi Eşik Değeri	172	180	V (DC)

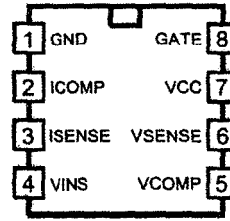
5.1 Donanım

Gerçekleştirilen sistemin donanımı güç elektroniği, sayısal kontrol, analog ölçme, güç faktörü düzeltme ve darbe genlik modülasyonu sürme gibi altyapıları içermektedir.

5.1.1 Giriş Güç Faktörü Düzeltme Birimi

Güç katsayısı düzeltme (Power Factor Correction-PFC) olarak da adlandırdığımız bu kısım, denetleyici, sürücü ve geri besleme devrelerine sahiptir.

Denetleyici olarak Texas Instruments firmasına ait UCC28019 entegre devresi seçilmiştir. 8 ayaklı olan bu denetleyici sabit 65kHz anahtarlama frekansı ile ileri yönlü iletim kontrolü yaparak çalışır.



UCC28019

Şekil 5.1- Güç Katsayısı Düzeltmek için Kullanılan Denetleyici Entegre

Giriş hattı dedektörü olmaksızın ortalama akım modu kontrolü ile giriş akımının dalga biçimlendirmesinde düşük bozulmaları başarmış bu denetleyici harici eleman ihtiyacını da en aza indirmiştir. Tepe akımı sınırlaması, yumuşak aşırı akım, açık devre, giriş besleme düşüklüğü, çıkış düşük/yüksek gibi ciddi sistem seviyesinde korumalar içermektedir.

ICOMP ayağı; akım kompanzasyonu için kullanılan dahili yükselticinin çıkış ucudur. Bir kondansatör ile şaseye çekilir. Bu uçtaki gerilim 0.6V'un altına düştüğünde denetleyici devre dışı olur.

ISENSE ayağı; bobin akımı algılama ucudur. Harici akım algılama dirençleri yardımıyla gürültü ve dalgalanmaların etkisini azaltmak için akımın ortalama değeri alınır. Yumuşak aşırı akım sınırlaması yapılır. Her bir periyotta denetim yapılarak pik akım çekilmesi durumunda anında sürme devresi etkisiz hale getirilir.

VINS ayağı; giriş alternatif gerilimi algılama için kullanılır. Başlangıçta Brown-out taraması yapılarak buradaki dirençler üzerindeki gerilim üst eşik değere (1.5V) ulaşincaya kadar denetleyici devre dışıdır. Eşik değerinden sonra yumuşak

Regulasyon iki devre ile başarılıdır. İç devre akım biçimlendirmesi, ileri yönlü bobin iletim durumlarında ortalama akım ile giriş sinüzoidal akımın karşılaştırılması ile yapılır. Dış gerilim devresi ise çıkış regülasyonu ve giriş akım dalga şeklinin takibi için dahili kazanç parametrelerini ayarlar.

5.1.2 Analog Ölçme Devreleri

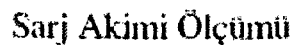
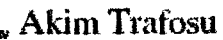
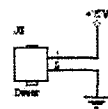
Şekil 5.3'de akım, gerilim, sıcaklık gibi analog işaretlerin ölçülmesi için devreler tasarlanmıştır. Bu devreler işlemcinin analog portuna gönderilmeden önce işlemcinin algılayabileceği seviyeye uygun hale getirebilmek için op-amp entegreler ile tamponlanmıştır.

Batarya şarj akımını ölçmek için LEM firmasına ait LA55P akım trafosu kullanılmıştır. 0-50A ölçüm sahası olan bu trafo simetrik beslemeye sahip ve akım bilgisini analog gerilim olarak vermektedir. Çıkış azami 50mV seviyesinde olduğundan yükseltilerek işlemcinin analog portuna gönderilmiştir.

0 - 336V DC seviyesinde olan batarya gerilimi önce gerilim bölücü dirençler yardımıyla düşürülür ve tampon görevi yapan bir op-amp ile işlemciye gönderilir.

Sıcaklık ölçümleri için LM35 ısı algılayıcı kullanılmış olup, batarya ve güç modüllerinin sıcaklığını ölçmekte kullanılabilecek ölçümleri yapılmaktadır.

Hücre gerilimlerini algılayabilmek için Texas Instruments firmasına ait CD4051B 1:8 Çoklayıcı (Multiplexer) entegresi kullanılmıştır. Bu entegre ile 8 adet hücre bilgilerini çoklamak suretiyle ölçülebilmektedir.



7.05		Armed & Dangerous			
Sub A/E	Disarmament Number Liquor Possession Statute Not Charged				Ref 7.05
7.05	Mugshot Date/Time 10.10.1997		Arrest	10	10

5.1.3 Sayısal Kontrol Devresi

Sayısal işaret işleyicisi Microchip firmasına ait motor kontrol ailesinden DSPIC33FJ256MC710 işlemcisi olup, 256 kB flash bellek, 8 kanal motor kontrol PWM (Darbe Genişlik Modulatörü), 24 kanal ADC, 2 adet SPI, 2 adet UART, 2 adet I²C, 2 adet CAN haberleşme kanallarına ve 2 adet DMA modüllerine sahiptir. 16 bitlik veri yoluna ve risc mimariye sahiptir.

3,3V besleme ile çalışan işlemci 5V toleranslı giriş-çıkış'lara sahiptir. Gömülü yazılım firmanın kendisine ait geliştirme ortamı üzerinde C editörü ve derleyicisi ile geliştirilmiştir. Ondalıkli sayılarla hızlı işlem yapabilme yeteneği ile FFT gibi işaret işleme algoritmalarını başarı ile yerine getirebilmektedir.

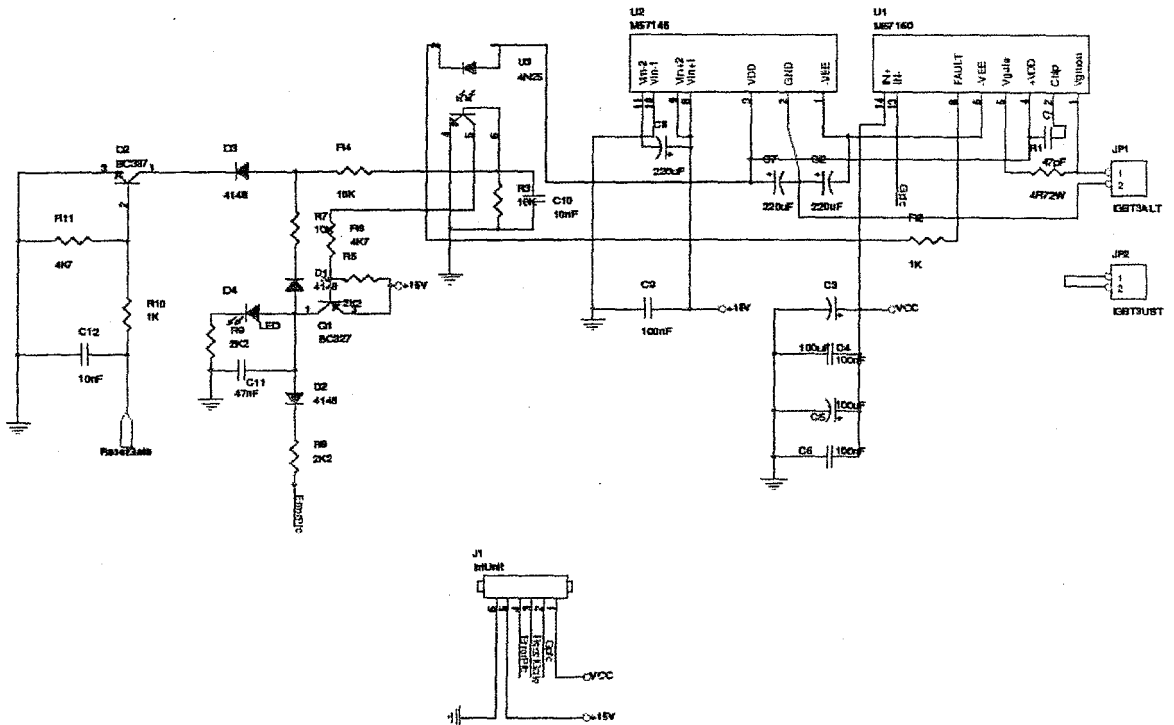
Şekil-5.4'de görüldüğü gibi ayarlar ve kalibrasyon bilgilerinin saklanabilmesi için Atmel firmasına ait 24LC256 256B E²PROM hafıza, araç içerisindeki yönetim birimleri ile haberleşme imkanını sağlamak amacıyla Phillips firmasına ait PCA82C250 Can2.0 hat alıcı-verici ve şarj-deşarj sürelerini testleri için gerçek zaman bilgisi sağlayan Maxim-Dallas firmasına ait DS1307 entegreleri de sayısal kontrol devresine dahil edilmiştir.

Analog ölçme devrelerinden gelen işaretler sayısal işlemcinin analog-dijital çevirici uçlarından alınarak 10bit'lik dijital bilgi olarak gerekli değişkenlere aktarılırlar. Analog işaretlerini okuma işlemi dahili bir zamanlayıcı ile periyodik olarak yapılmaktadır. Bu işaretler, DC bara gerilimi, şarj akımı, güç elektroniği devresi modüllerinin sıcaklık bilgisi, batarya sıcaklık bilgisi, herbir hücreye ait şarj gerilimleri ölçüm bilgileridir. Bu bilgiler yazılımda oluşturulan PI kontrolörde işlenerek alçaltıcı çevirici için uygun PWM tetikleme açıları hesaplanmış olur.

5.1.4 Güç Elektroniği Devresi

Yüksek frekanslı ve yüksek gerilime sahip güç elektroniği anahtarlama devreleri kontrol ve ölçme devrelerinin izolasyonları oldukça güçtür. Bu tür uygulamalarda ortak referans noktalarının bulunması, diğer elemanların zarar görmemesi ve ölçümlerin sağlıklı olabilmesi için birbirlerinden yalıtımlarını gerektirir. Şekil 5.5'deki gibi IGBT elemanlarını sürerken işlemciden gelen PWM sinyalleri ile IGBT arasına izolatör yerleştirilmiş olup güç devresinde oluşabilecek herhangi bir olumsuzluk durumunda işlemcinin zarar görmesi engellenmiş olacaktır. Ayrıca bu devre yüksek akım ve gerilimle ($\pm 15V$, 1A) anahtarlama yapan IGBT'ler için ayrı bir dc-dc çeviriciye de sahiptir.

Kullanılan hibrid devreler PowerEx firmasının yüksek frekanslı anahtarlama için üretmiş olduğu devrelerdir. 1200V / 600A kadar IGBT'lerde kullanılabilen bu devreler, 20kHz anahtarlama imkanı tanımaktadırlar.



Şekil 5.5 IGBT Sürücü Devresi

5.2 Yazılım Algoritması

DSP tabanlı işlemcinin gömülü yazılımı “C” dili ile geliştirilmiştir. Yazılımın temel amacı, hücre gerilimleri ve şarj akımını istenen değerler arasında tutabilmek için güç elektroniği devresinin ihtiyacı olan anahtarlamaı sağlamaktadır. Bunun yanında şebekedeki enerji uygunluğunu, kullanıcı tarafından verilen ayarların kayıt edilmesi, CAN veri yolundan gelebilecek isteklere cevap verilmesi, bataryayı gerçek zaman kullanarak şarj-deşarj testine tabi tutması gibi işlemleri de yürütmektedir. Bütün bunları başarmak için işlemci içerisindeki dahili “zamanlayıcı (Timer) ve modülleri kullanmaktadır.

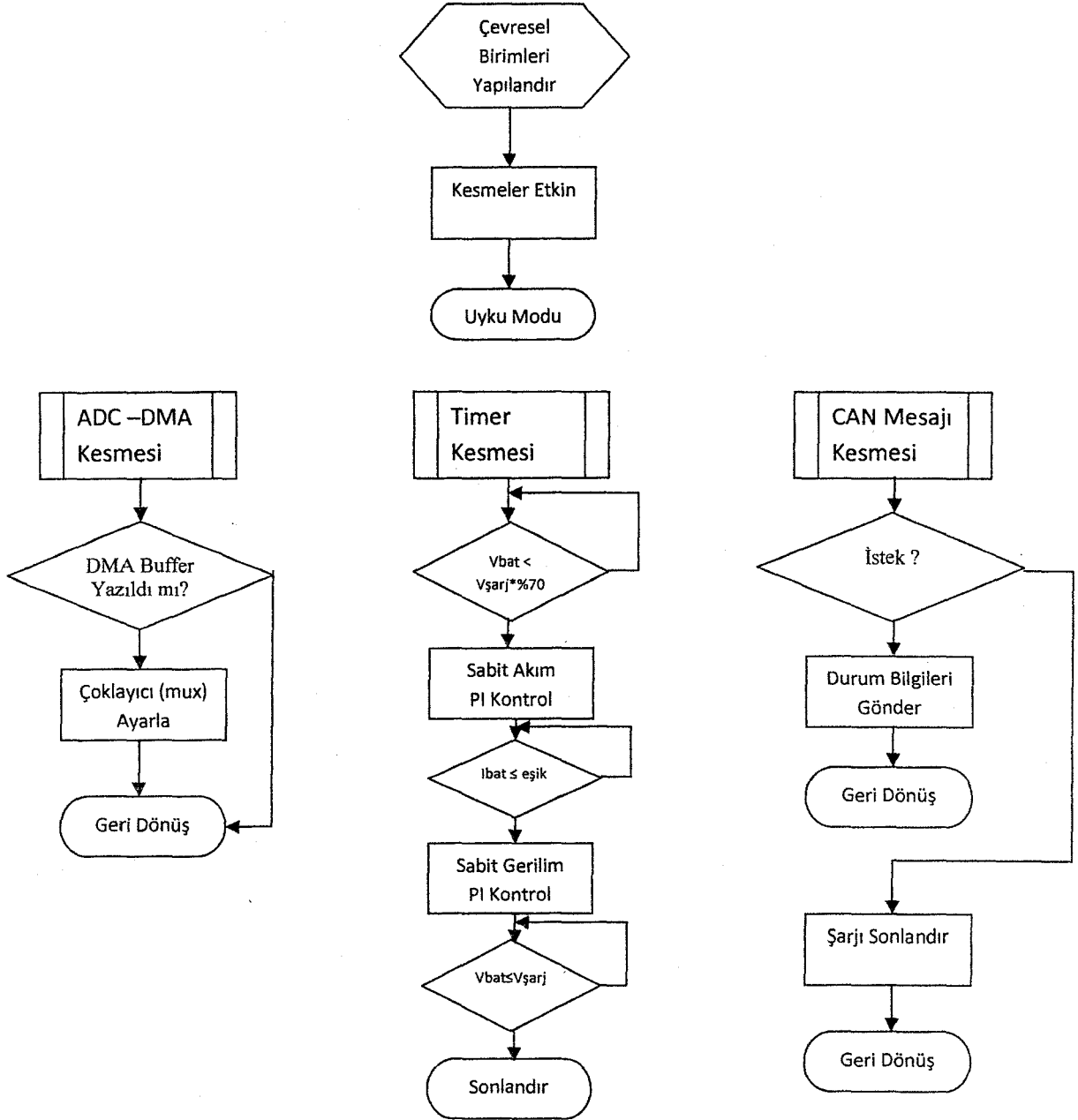
Yazılım başlangıçta işlemcinin donanımına ait çevresel birimlerin kurulum ayarlarını yapar. I²C haberleşmesi kurulur ve hafızada bulunan referans ve ayar bilgileri alınır. Led, buton ve diğer giriş-çıkış port yapılandırılması ayarlanarak kullanıcı tarafından herhangi bir istek olup olmadığı kontrol edilir. SPI haberleşmesi kurulur gerçek zaman bilgileri alınır. CAN haberleşmesi bir mesaj geldiğinde kesme (interrupt) yapacak şekilde ayarlanır. ADC ve DMA modülleri birbirleriyle ilişkilendirilerek analog işaretler okunup DMA kayıtlarına geçtikten sonra kesme oluşturulur. Timer 10ms’de bir kesme oluşturacak şekilde kurulur. Bu kesmeler haricinde işlemci uyku moduna geçmektedir.

CAN mesajı geldiğinde oluşan kesmede gelen istekler değerlendirilir. Bu istekler şarj sonlandırma, batarya şarj doluluğu, hücre gerilimleri, şarj parametreleri alma/verme, enerji uygunluğu bilgileri alınır veya verilir.

ADC kesmesinde ise okunan çevrim sonuçları DMA belleğe yazıldığı için çoklayıcı için bir sonraki ayarlar yapılır. 60 hücrenin okunma işlemi sıra ile bittikten sonra tekrar başa dönülerek devam eder.

Timer kesmesinde buton ve ledlerin kontrolü gerçekleştirilir. Şarj işleminin seyrine göre led durumları ve yanıp-sönme zamanları değişir. Butonlardan gelecek kullanıcı istekleri değerlendirilir. Bu istekler şarj işlemini sonlandırma, hızlı/normal şarj

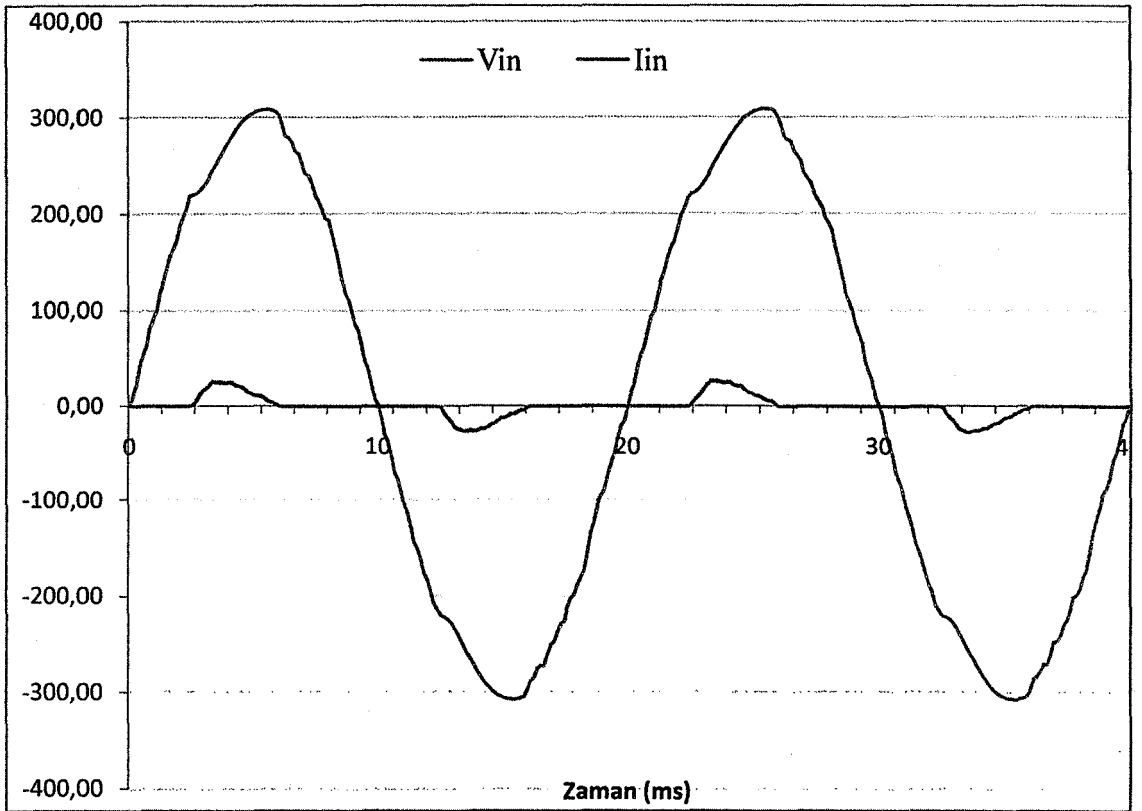
seçeneklerini değiştirme, şarj akımı sınırlarını artırma/azaltma, şarj gerilimi sınırlarını artırma/azaltma işlemleri gerçekleştirilir. Aynı zamanda burada okunmuş analog işaretler referanslar ile karşılaştırılarak PI sũrũř hesabı yapılır. ıkan sonuç ile alçaltıcı çeviricinin gũrev zamanı gũncellenmiř olur.



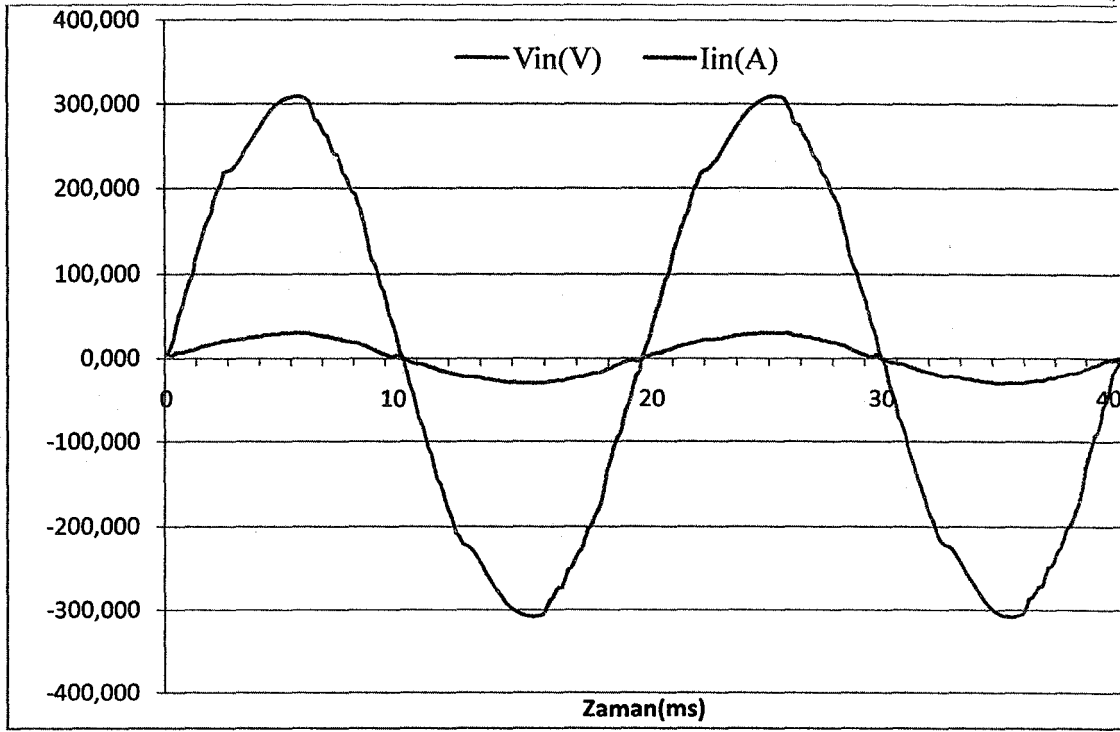
şekil 5.6 Yazılım Akış şeması

5.3 Alınan Sonuçlar

Tablo-5.1’de belirtilen batarya şarj cihazına ait parametreler izlenerek bataryanın güç katsayısı iyileştirilmeden ve güç katsayısı iyileştirildikten sonraki şebekeden çektiği akım ve gerilime ait grafik Şekil 5.7’de verilmiştir. Görüldüğü gibi akım ile gerilim işaretleri arasında belirgin bir faz farkı olup, sistemin güç katsayısı 0,65 olarak ölçülmüştür.

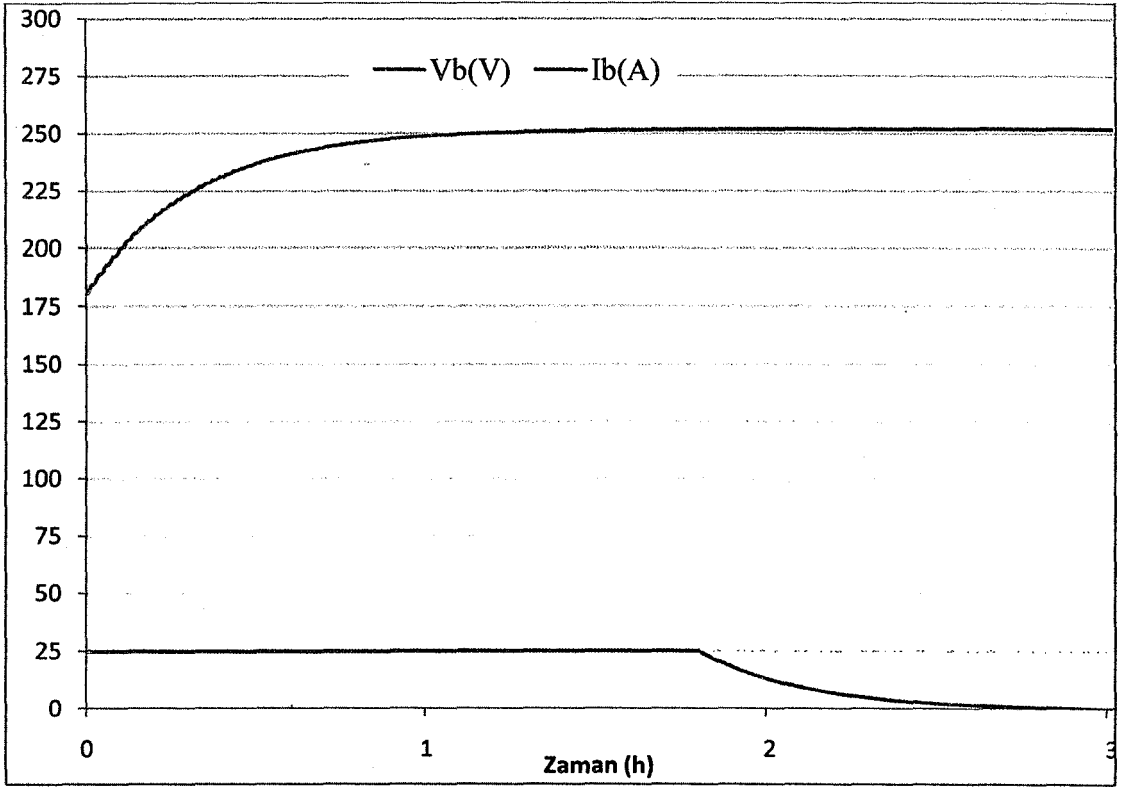


Şekil 5. 7 Güç Katsayısı İyileştirilmeden önceki Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği

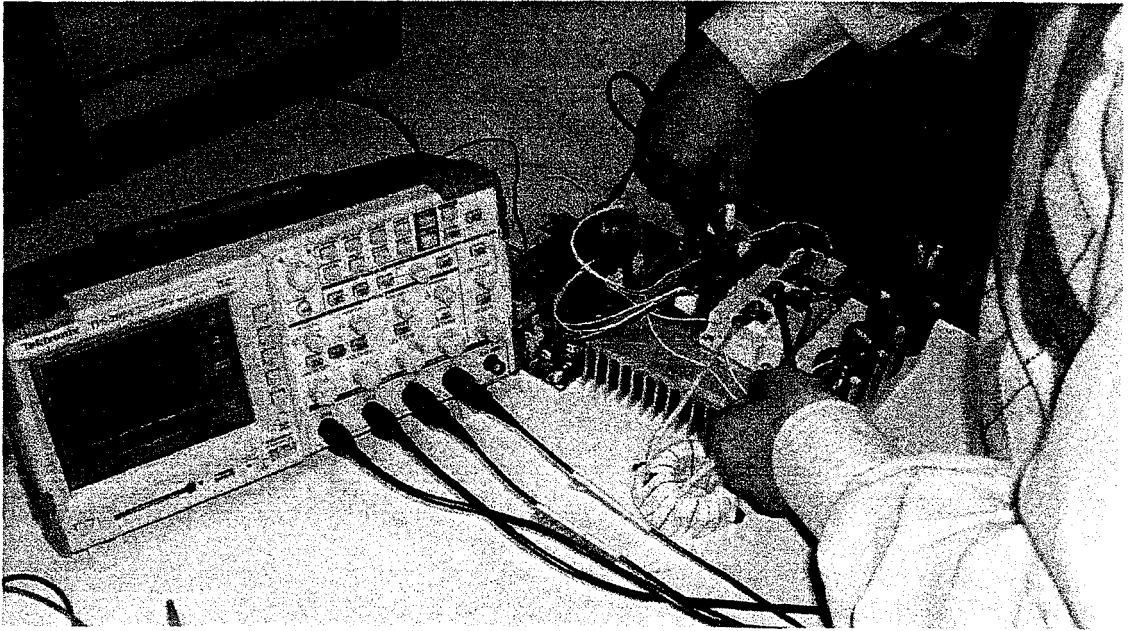


Şekil 5. 8 Güç Katsayısı İyileştirildikten sonraki Şebekeden Çekilen Akım-Gerilim Grafiği

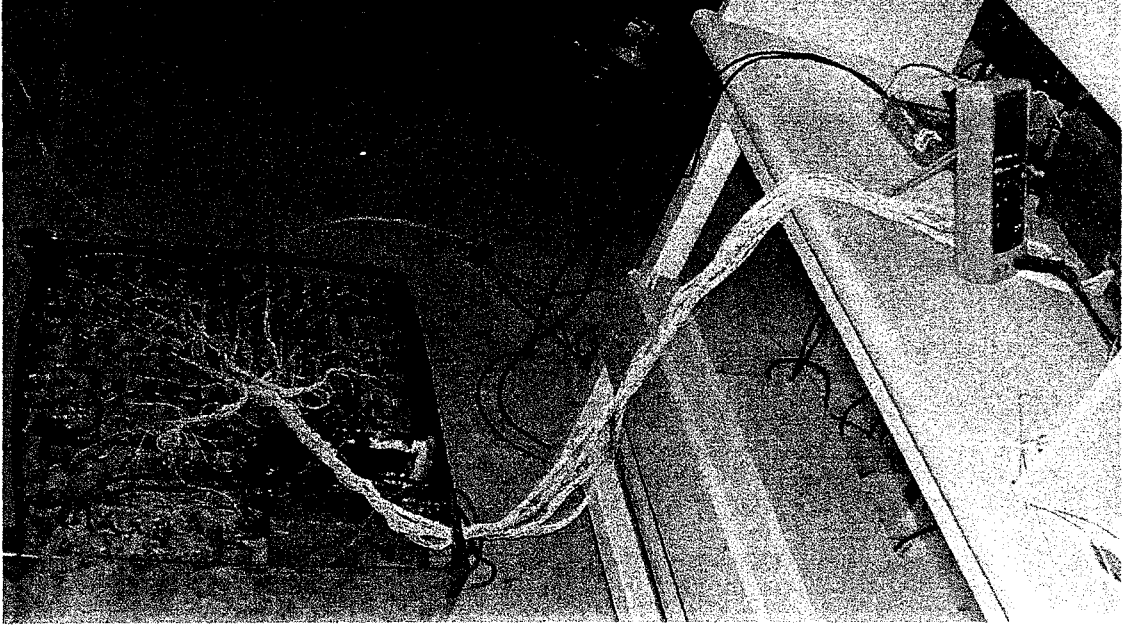
Bataryanın gerçek zamanlı şarjında elde edilen sonuçlara ait akım ve gerilim grafikleri Şekil-5.7 ve Şekil-5.8'de görülmektedir. Yaklaşık 3 saat süren test süresi sonucunda veriler bilgisayara aktarılmış, excel programı yardımıyla grafikler çizdirilmiştir.



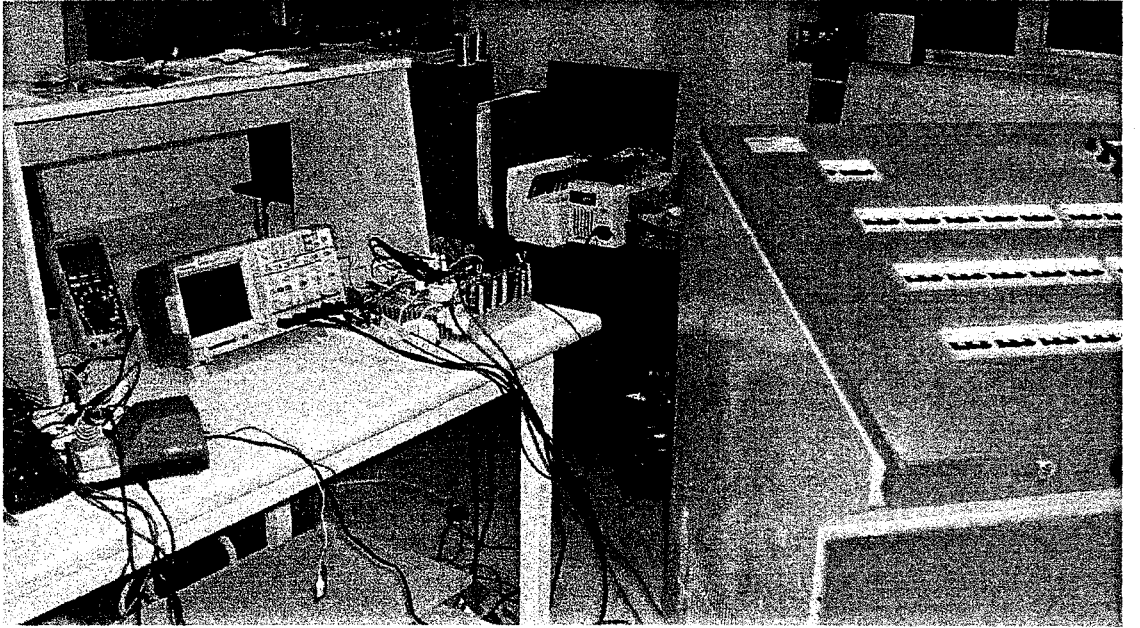
Şekil 3.9 Gerçek Zamanlı Şarja ait Batarya Akım-Gerilim Grafiği



Şekil 5.10 Şarj Cihazının Kontrol ve Güç Elektronik Kısım



Şekil 5.11 Şarj Cihazının Batarya Grubu Bağlantısı



Şekil 5.12 Şarj cihazının yük üzerinde test edilmesi

6. SONUÇ

Bu çalışmanın giriş kısmında EA'larda kullanılan bataryalarla ilgili yapılmış farklı yöntem ve teknikleri içeren çalışmalar verildi. Bu çalışmalarda batarya ömrünü azaltmayan, daha az şarj süresi gerektiren, şebekeyi kirletmeyen bir şarj cihazı tasarlanması amaçlanmıştır. Bu üç değişkeni de lityum-polimer batarya için en uygun hale getirmek oldukça güçtür. Yapıları gereği lityum bataryalar özel bir şarj tekniğine sahiptirler. Hücrelerin şarj gerilimleri dikkatle gözlenmeli ve sınır değerleri aşmaması sağlanmalıdır. Her bir hücrenin ayrı ayrı şarjını gerçekleştiren yöntemde şarj süresi hücre sayısı arttıkça daha da fazlalaşmaktadır. Tüm bataryanın bir kaynaktan topluca şarj edilmesinde ise hücrelerin şarj gerilimleri kontrol edilmediği takdirde ömürlerin azalmasına yol açmaktadır.

Bu tezde, şebekeden alınan enerji güç katsayısı düzeltme ünitesi ile 390VDC gerilime yükseltilmiş ve alçaltıcı çeviricinin dsp kontrolü ile bataryalar şarj edilmiştir. Bataryadaki 80 adet her bir hücrenin şarj gerilimi değerleri gerçek zamanlı olarak gözlenmiş ve herhangi bir hücredeki aşırı şarj durumunda şarj işlemi sonlandırılmıştır. Ayrıca bu çalışma ile şebekeden çekilen enerjinin güç katsayısı yükseltildiği için harmonik yayılımı ve kirlenmeler asgariye indirilmiştir. Bataryanın şarj süresi bir tek hücrenin şarj süresi ile eşdeğerdir.

Düşük maliyetli, optimum performanslı ve dayanıklı bir sistem yeni bir sistem geliştirilmiştir. bu sistemin bir dezavantajı olarak birkaç hücrenin şarj gerilimine ulaşması halinde şarj işlemi sonlandırılacağından diğer hücrelerin tam şarj olmamaları gibi bir durum söz konusudur. Sistemin böyle bir sorunda hangi hücrenin ne kadar şarj olduğunu göstermesi ise bakım ve onarım çalışmasındaki süreyi kısıltacaktır.



Kaynaklar

- [1] Tubitak Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, “*Elektrikli Araçlar*”, www.osd.org.tr/elektrikliarac.pdf, Tubitak-OSD 2003, sy.15-17, erişim: 10.01.2008.
- [2] Gomez J.C, Morcos M.M., “*Impact of EV Battery Chargers on the Power Quality of Distribution Systems*”, IEEE Transactions on Power Delivery, 2003;18, sayfa.1
- [3] McGrath, H, McGoldrick, M., “*Design of a Soft-Switched 6-kW Battery Charger for Traction Applications*”, IEEE Transactions On Power Electronics. 2007;22, sayfa 1.
- [4] Masserant B.J, Stuart T.A.,”*A Maximum Power Transfer Battery Charger for Electric Vehicles*”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 33, July 1997, sayfa 1-2.
- [6] Lima F. , Renkema G.,”*A Novel Universal Battery Charger for NiCd, NiMH, Li-Ion and Li-Polymer*”, IEEE, vol.3 , 2003 sayfa 2.
- [5] Elias M., Nor M., Rahim A.,Arof K.,”*Lithium-Ion Battery Charger for High Energy Application*”, IEEE, vol.3, 2003 sayfa 2.
- [7] Mierlo J.,Bossche P., Magetto G. “*Models Of Energy Sources For EV And HEV: Fuel Cells, Batteries, Ultracapacitors, Flywheels And Engine-Generators*”, Journal of Power Sources 2004;128 sayfa 2.
- [8] Lithium ion polymer battery, http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer.htm, erişim : Jan 2008.
- [9] Visco S.,Jonghe L.C, “*Thin-Film Polymer Batteries for Electric Vehicles*”, IEEE WESCON/apos;93. Conference Record, Sep 1993, sayfa 3.
- [10] Cleveland T., “*Using the MCP1631 Family to Develop Low-Cost Battery Chargers*”, Microchip Tech. Inc., App. Note, AN1137, 2007
- [11] Dearborn S., “*Power Management in Portable Applications: Charging Lithium-Ion/Lithium-Polymer Batteries*”, Microchip Tech. Inc, App. Note AN947, 2004
- [12] Zaghbi K., Charest A., “*Safe Li-ion Polymer Batteries for HEV Applications*”, Journal of Power Sources, Vol.134, Issue 1, 12 July 2004.

- [13] Mohan N., Undeland T., Robbins W., "*Power Electronics*", 2nd Edition, John Wiley & Sons Pub, 1995
- [14] Uçar M., Kesler M., Özdemir E., "*DSP Tabanlı Paralel Aktif Güç Filtresinin Tasarımı ve Uygulaması*", ELECO 2006, Elektrik Mühendisleri Odası, www.emo.org.tr/resimler/ekler/3eb4194278df0f9_ek.pdf, erişim : 06.2007.
- [15] KOKAM Co. Ltd., "*SLPB60216216 25Ah Lithium-Polymer Cell Specification Data*", http://www.kokam.com/product/product_pdf/high_energy_density/EL-301_SLPB60216216_25Ah_Grade.pdf, erişim : 15.05.2008
- [16] Lijun Gao, Shengyi Liu, and Roger A. Dougal, "*Dynamic Lithium-Ion Battery Model*", IEEE Transactions On Components and Packaging Technologies, Vol.25, no.3, September 2002, sayfa 1.
- [17] Staats P. T., Grady W. M., Arapostathis A., Thallam R., "*A Statical Analysis of the Effect of Electric Vehicle Battery Charging on Distribution System Harmonics Voltages*", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 2, April 1998, sayfa 1,7.
- [18] Lian K. L., Perkins B.K., Lehn P. W., "*Harmonics Analysis of a Three-Phase Diode Bridge Rectifier Based on Sampled-Data Model*", IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 23, No. 2, April 2008, sayfa 1.
- [19] TODD P.C., "*UC3854 Power Factor Correction Circuit Design*", Application Note U-134, 5 Eylül 1999, Texas Instruments, <http://focus.ti.com/lit/an/slual44/slual44.pdf>, erişim tarihi : 01.03.2008
- [20] Texas Instruments, "*High Power Factor Controller*", 5 Eylül 1999, <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/uc3854.pdf>, erişim tarihi: 01.03.2008.
- [21] Powersim Tech. Inc., "*New Features in PSIM ver. 7.0*", www.powersimtech.com/manual/new_features_psim_v7.0.pdf, erişim tarihi:02.03.2008.
- [22] Tsai C.C, Lin C.Y., Hwang Y.S., Lee W.T., Lee T.Y., "*A Multi-Mode LDO-Based Li-Ion Battery Charger in 0.35µm CMOS Technology*", IEEE Asia-Pasific Conference on Circuits and Systems, 9 December 2004, sy.2.
- [23] Carlos M., Soylien D., Goodrich R., Chandler L., Magnuson D., "*Using Cell Balancing to Maximize the Capacity of Multi-Cell Li-Ion Battery Packs*", 7 June 2005, Application Note 167.0, sy.2, Intersil Cooperation, <http://www.intersil.com/data/an/an167.pdf>, erişim:03.03.2008.

- [24] Drori Y., Martinez C., "*The Benefits of Cell Balancing*", July 5 2005 Application Note 141.0, sy.2, Intersil Cooperation www.intersil.com/data/an/an141.pdf, erişim: 10.03.2008
- [25] Qian J., Vega M., "*Host-Side Gas-Gauge-System Design Considerations For Single-Cell Handheld Applications*", 2007, Analog Application Journal, <http://focus.ti.com/lit/an/slue458/slue458.pdf>, erişim : 06.03.2008

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Kırşehir'de doğan Tufan KAYIKLI, lisans eğitimini Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümünde 2004 yılını tamamladı. Beykoz Denizcilik Meslek Lisesi'nde Elektronik ve Bilgisayar Bölümlerinde bir dönem öğretmenlik yaptı. Güç Elektroniği ve Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların ArGe bölümlerinde tasarım ve geliştirme faaliyetleri yürüttü. Son olarak bir Medikal Teknoloji firmasında ArGe Yöneticisi olarak tıbbi cihaz tasarımları gerçekleştirmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimini devam ettirmektedir.