



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Li - İon Pillerin Farklı Kullanım Koşullarında
Performanslarının Ölçülmesi

VALA MÜHENDİS

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Anabilim Dalı

Aralık- 2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

VALA MÜHENDİS tarafından hazırlanan “Li-ion Pillerin Farklı Kullanım Koşullarında Performanslarının Ölçülmesi ” adlı tez çalışması 09/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. SEYFETTİN SİNAN GÜLTEKİN

Danışman

Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR

Üye

Dr.Öğr.Üyesi SABRİ ALTUNKAYA

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. SADETTİN ERHAN KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki tüm bilgilerin etik davranışlar ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmanın bana ait olmayan tüm ifade ve bilgilerin kaynaklarına tam bir referans içerdiğini beyan ederim.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

VALA MÜHENDİS

Tarih:09/12/2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS

Li - İon Pillerin Farklı Kullanım Koşullarında Performanslarının Ölçülmesi

VALA MÜHENDİS

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR

2019, 64 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR
Doç. Dr. SEYFETTİN SİNAN GÜLTEKİN
Dr. Öğr. Üyesi. SABRİ ALTUNKAYA

Elektrikli otomobil, zamanımızın önde gelen teknolojilerinden biridir. Elektrikli araç teknolojisi, yoğun bir araştırma ve geliştirme, akademik ilgi alanı ve aynı zamanda halkın ilgi alanıdır. Lityum ion piller, yüksek enerji yoğunluğu, uzun kullanım ömrüne ve minimum hafıza etkisi gibi önemli avantajlara sahiptir. Bu avantajlarından dolayı diğer pil teknolojileri olan kurşun asit piller, nikel tabanlı piller ve sodyum tabanlı pillere kıyasla elektrikli araçlarda daha yaygın kullanılmaktadır. Bu tezde, şarj ve deşarj işlemleri sırasında lityum ion pillerin durumunu incelenmiştir. Pillerin seri ve paralel bağlantıları sabit akım altındaki şarj ve deşarj eğrileri incelenmiştir. Aynı zamanda, lityum ion pillerinin iç direncinin dinamik yapısı da incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Elektrikli otomobil teknolojisi, Labview, Lityum İon Pil.

ABSTRACT

MS THESIS

Performance Measurement of Li - Ion Batteries Under Different Usage Conditions

VALA MÜHENDİS

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical and Electronic Engineering**

Advisor: Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR

2019, 64 Pages

**Jury
Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR
Doç. Dr. SEYFETTİN SİNAN GÜLTEKİN
Dr. Öğr. Üyesi. SABRİ ALTUNKAYA**

Electric Vehicles is one of the leading technologies of our time. Electric vehicle technology is an area of intensive research and development, academic interest, and also public interest. Lithium-ion batteries have important advantages such as high voltage, high energy density, long service life and memory effect. Because of these advantages, Li-ion batteries, which are other battery technologies, are more widely used in electric vehicles compared to nickel-based batteries and sodium-based batteries. In this thesis, the state of lithium ion batteries during charging and discharging processes are examined. The charge and discharge curves of the batteries under constant current are examined. At the same time, the dynamic nature of the internal resistance of lithium ion batteries has been investigated.

Keywords: Electric Vehicles, Electric car technology, Labview, Lithium Ion Battery.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam boyunca beni yönlendiren ve bilgilerinden faydalandığım değerli hocam Doç. Dr. BAYRAM AKDEMİR'e ve eğitim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

VALA MÜHENDİS
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Temel Kavramlar	3
1.1.1. Pil bileşenleri	3
1.1.2. Elektrokimyasal hücrenin çalışma prensibi	4
1.1.2.1. Şarj	4
1.1.2.2. Deşarj	5
1.2. Pillerin Sınıflandırılması	6
1.2.1 Birincil piller	6
1.2.2 İkincil (Yeniden şarj edilebilir) piller	7
1.3. Lityum İyon Pil Teknolojisi	8
1.3.1 Lityum ion pil nedir?	8
1.3.2 Lityum ion pil avantaj ve dezavantajları	8
1.3.3 Lityum ion pil genel bilgi	9
1.3.4 Lityum ion pil tasarımı	10
1.3.5 Lityum ion pillerinin çalışma prensibi	11
1.3.6. Lityum ion pil bileşenleri	13
1.3.6.1. Pozitif elektrot	13
1.3.6.2 Elektrolit	13
1.3.6.3 Negatif elektrot	13
1.4. Temel Pil Terimleri	14
1.4.1 Volt	14
1.4.2 Akım (Amper)	15
1.4.3 Direnç	15
1.4.4 Pil Kapasitesi (Amper-Saat) Ah	15
1.4.5 Şarj Durumu	15
1.4.6 Şarj ve Deşarj Oranı	16
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	17
2.1. Pil Modelleme Metotları	19
2.1.1. Deneysel devre modelleri	19
2.1.2. İstatistiksel devre modelleri	20
2.1.3. Elektrokimyasal devre modelleri	20
2.1.4. Elektriksel devre modelleri	20
2.2. Batarya Yönetim Sistemi	22

2.2.1. Pil hücre dengeleme	23
2.2.1.1. Pasif dengeleme	23
2.2.1.2. Aktif dengeleme	23
2.3. Batarya Şarj Durumunu (SoC) Belirleme	24
2.3.1 Doğrudan ölçme	24
2.3.2 Gerilim tabanlı SoC belirleme	24
2.3.3 Coulomb sayma yöntemiyle SoC belirleme	25
2.3.4 Diğer SoC belirleme yöntemleri	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Pil Teknolojileri	27
3.1.1. Kurşun-Asit (Pb-Acid) Piller	28
3.1.2. Nikel Kadmiyum (NiCd) Pille	28
3.1.3. Nikel Metal Hidrat (NiMH) Piller	28
3.1.4. Lityum İon (Li-ion) Piller	28
3.1.5. Lityum İon Polimer (LiPo) Piller	29
3.1.6. Lityum Demir Fosfat (LiFePO ₄) Piller	29
3.1.7. Lityum Sülfür (Li-S) Piller	29
3.2. Materyal ve Deneysel Düzenek	30
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR	56
EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

EA	Elektrikli Araç
EV	Electric Vehicle
SoC	Pil Doluluk Oranı
GKF	Genişletilmiş Kalman Filtresi
Li – ion	Lityum İon
<i>LiCoO₂</i>	Lityum kobalt oksit
<i>LiMn₂O₂</i>	Lityum mangan oksit
<i>LiFePO₄</i>	Lityum demir fosfat
<i>NiCd</i>	Nikel kadmiyum
<i>NiMH</i>	Nikel Metal Hidrat
<i>H₂SO₄</i>	Sülfirik Asit
<i>PbO₂</i>	Kurşun di oksit
Pb – acid	Kurşun Asit
NiCd	Nikel kadmiyum
NiMH	Nikel Metal Hidrat
LiPo	Lityum Polimer
4 LiFePO	Lityum demir fosfat
Zn – air	Çinko Hava
Li – S	Lityum Sülfür
Li – air	Lityum Hava

Tablo Listesi

Tablo 1.1 : Tekrar şarj edilebilir lityum ion pillerin avantaj ve dezavantajları	9
Tablo 3. 1: Elektrikli araçlarda kullanılan pil teknolojileri	26
Tablo 3. 2 : Lityum ion pil hücrelerinin özellikleri	30
Tablo 3.3 : Arduino Uno'nun özellikleri	32
Tablo 3.4 : Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü Teknik Özellikleri	33

Grafik Listesi

Şekil 1.1 : Şarj durumundaki bir pilin elektrokimyasal çalışma mekanizması	4
Şekil 1.2 : Deşarj durumundaki bir pilin elektrokimyasal çalışma mekanizması	5
Şekil 1.3 : Lityum ion pil hücreleri	8
Şekil 1.4 : Şarj edilebilir pillerin gravimetrik ve hacimsel enerji yoğunluklarının Karşılaştırılması	10
Şekil 1.5 : Lityum ion pil bileşenleri	11
Şekil 1.6 : Lityum ion pilleri çalışma mekanizmasını göstermektedir	12
Şekil 2.1 : Rint eşdeğer devre modeli	21
Şekil 2.2 : RC eşdeğer devre modeli	21
Şekil 2.3 : PNGV eşdeğer devre modeli	22
Şekil 3. 1 : Kurulacak deneysel düzeneğin şematik tasarımı	29
Şekil 3. 2 : Akım devresi	30
Şekil 3. 3 : Lityum iyon pil hücreleri	30
Şekil 3.4 : Veri toplama kartı	31
Şekil 3.5 : Voltaj ve Akım Sensör Modülü	33
Şekil 3.6 : Li-ion Pil Şarj Devresi	34
Şekil 3.7 : grafik kullanıcı arayüzünü	36

Şekil 4.1 : Oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre VOC değişimini	44
Şekil 4.2 : Oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre akım değişimini	45
Şekil 4.3 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla VOC değişimini	46
Şekil 4.4 : 60° 'de pil boşaldığında zamanla VOC değişimini	46
Şekil 4.5 : -15° 'de pil boşaldığında zamanla VOC değişimini	47
Şekil 4.6 : iki pil paralel bağlantısı	48
Şekil 4.7 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla 2pil paralel geriliminin değişimini	49
Şekil 4.8 : iki pil seri bağlantısı	49
Şekil 4.9 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla 2pil seri geriliminin değişimini	50
Şekil 4.10 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zaman zaman içindeki direnç değişimini	53

1. Giriş

Enerji, günlük hayatımızın vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Özellikle mobil uygulamalarda, enerji pillerle birlikte depolanır ve kullanılır. Piller, kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Birincil ve ikincil olmak üzere iki tür pil vardır. Birincil piller şarj edilemez ve tek kullanımlık pillerdir. İkincil piller ise şarj edilip tekrar kullanılabilen pillerdir.

Taşınabilir elektronik cihazların gelişimi ile bu cihazların enerji ihtiyacı da özel tip pillerin geliştirilmesi gereklidir. Bu pillerin, cihazların kolay kullanımı için esnek, düşük ağırlığa sahip ve az hacim kaplaması gibi bir takım özellikleri karşılaması gerekmektedir. Bu amaçla, piyasada çok çeşitli kimya pilleri bulunmaktadır. Bunlardan lityum ion piller en yaygın kullanılan pil türüdür. Lityum ion piller , yüksek enerji / düşük ağırlık nedeniyle en çok tercih edilen pillerdir (BİÇER, 2012).

Petrol fiyatlarındaki artışa paralel olarak, elektrikli arabalar ve hibrit elektrikli motorlu hibrit motorlar ön plana çıkmıştır. Tüm araç üreticileri piyasadaki mevcut araçlarına batarya yükleyerek çeşitli testlerden geçirmekte ve prototip ürün olarak çeşitli yerlerde sergilemektedirler . Açıkçası, tasarımcılar ve otomobil üreticileri için en önemli neden, pilleri hesaba katmaktır. Çünkü mevcut içten yanmalı motorlu araçlarda bir depo ile yaklaşık 500- 800 km gidilebilirken testleri yapılan elektrikli araçlar ile yaklaşık 100-150 km. yapılabilmektedir . Örneğin, 2012 yılında, piyasada satılan Renault Z-Fluence ZEN elektrikli aracının menzili yaklaşık 150 km'dir. . Bu menzil sorununu aşmanın önündeki en büyük engel ise bataryaların kapasitelerinin ve enerji yoğunluklarının artırılması gerekliliğidir . Li-ion piller son zamanlarda diğer pillere göre güç / hacim oranlarını önemli ölçüde arttırmış olsalar da, henüz yeterli seviyeye ulaşmamışlardır. Diğer bir dezavantaj, lityum iyon pillerin güvenlik problemleridir. Li-ion piller, bir aküye paralel / seri olarak bağlanır; bu da patlama ve yanma ile sonuçlanan güvenlik sorunlarına neden olur. Bu sorunun üstesinden gelmek için, aküler elektronik olarak kontrol edilir. Ancak, güvenliğin sağlandığını kesin olarak söylemek zordur. Ancak, birçok şirket Li-ion pilli elektrikli otomobiller piyasaya süreceğini beyan etmişlerdir(BİÇER, 2012).

Pillerin enerji depolama sistemleri için bir diğer potansiyel kullanımı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreye duyarlı enerji kaynakları olmalarından dolayı enerji üretim piyasasında giderek oranını artırmaktadır. Örneğin, 2020'de Almanya, enerjinin yaklaşık% 30'unu yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı planlıyor. Bu amaçla, enerji piyasasını düzenlemek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemek amacıyla, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 1991 yılında kabul edildi. Ancak, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen enerji düzenli değildir, yani kesiklidir. Bazen üretilen enerji şebekeye verilememektedir. Bu alanda enerji depolama sistemlerinin kullanılması kaçınılmazdır. Ancak, buradaki dezavantaj, büyük miktarda enerji depolamak için ihtiyaçtır . Bunu başarmak için, yeni nesil güç depolama sistemlerine ihtiyaç vardır (BİÇER, 2012).

Bu aşamada 1991 yılında piyasaya sunulan Li-ion piller, özellikle mobil uygulamalarda pazar lideri olmaya devam ediyor. Ticari olarak temin edilebilen tüm ürünler aktif katot malzemeleri olarak lityum bazlı alaşımlar barındırmaktadır . Bunlar özetle LiCoO_2 , LiMn_2O_4 ve LiFePO_4 katot aktif bileşiklerdir. Li-ion piller, diğer pil kimyasallarına kıyasla yüksek enerji yoğunluğu, düşük hacimler ve yüksek gerilimleri ile öne çıkmaktadırlar (BİÇER, 2012).

Bununla birlikte, bu pil tipi bir sınırlamadır, çünkü ağır metal içerir ve belirtilen enerjiyi verimli bir şekilde ve belirli bir hızda geri veremez. Bu nedenlerden dolayı, farklı enerji depolama yöntemleri üzerine araştırmalar ilerlemektedir. Bu pillerden biri radikal organik moleküller içermektedir. Organik radikal piller, ağır metal içermemeleri, enerjiyi yüksek verimde depolamaları ve hızlı şarj edilebilmelerinden dolayı ilgi çekici duruma gelmektedir(Nakahara ve ark., 2002; BİÇER, 2012). Bu konuda araştırmacılar nitroksit radikal grupları içeren organik polimerler üzerinde yoğun olarak çalışmaktadırlar (Aydın ve ark., 2011; BİÇER, 2012).

1.1 Temel Kavramlar

1.1.1. Pil bileşenleri

Pil, yapısındaki aktif maddenin kimyasal enerjisini elektrokimyasal oksidasyon azaltma reaksiyonları ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren bir cihazdır (Pop ve ark., 2008). Bu redoks reaksiyonları, elektrotların, elektrot / elektrolit ara yüzünde aküye harici olarak bağlı olan bir elektrik devresi boyunca elektrotların elektroaktif alanları arasında değiştirilerek meydana gelir (Pop ve ark., 2008).

Akünün en temel elektrokimyasal birimi hücre olarak adlandırılır. İki ya da daha çok hücre seri halinde (negatif bir elektrotla pozitif bir elektrot bağlanması), paralel veya seri paralel olarak bağlandığında, yapıyı belirtmek için “akü” terimi kullanılır (Dell ve ark., 2001).

Bir elektrokimyasal hücrenin en önemli bileşenleri, pozitif bir elektrot, negatif bir elektrot, ayrıca iyonların bu iki elektrot arasında transfer edilmesini sağlayan elektronik yalıtkan olan elektrolit ve seperatördür (Dell ve ark., 2001).

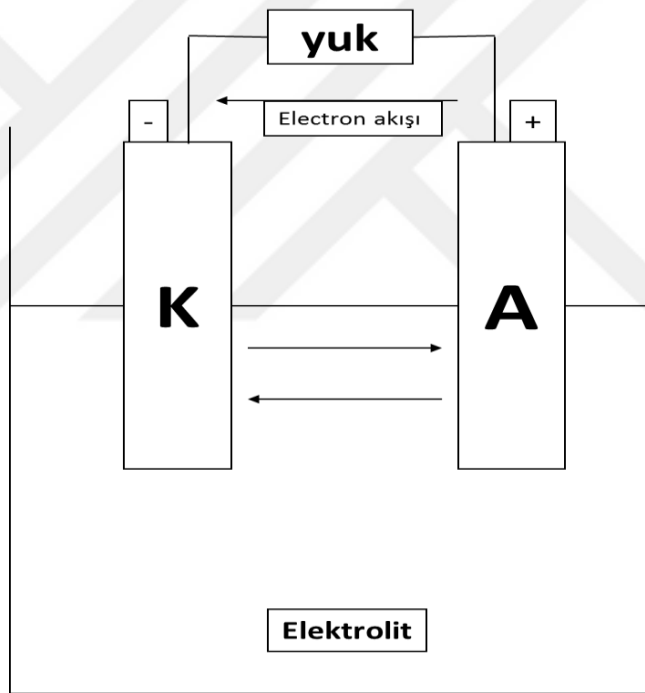
Elektrokimyasal hücrenin ana bileşenleri şunlardır:

1. Anot- Negatif Elektrot: indirgeyici- elektrokimyasal reaksiyon boyunca elektron vererek oksitlenir (DENİZLİ, 2011).
2. Katot – Pozitif elektrot: Oksitleyici- elektrokimyasal reaksiyon esnasında elektron alarak indirgenir (DENİZLİ, 2011).
3. Elektrolit- İyonik İletken: Yükü (iyon gibi) anot ve hücre içindeki katot arasında transfer etmek için araçlar sağlar. Elektrolitler tipik olarak iyonik iletkenliği arttırmak için tuz, asit veya alkali su veya diğer çözücüler içinde çözülerek hazırlanan sıvı çözeltilerdir. Bazı piller, hücrenin çalışma sıcaklığında iyonik iletken olan katı elektrolitler kullanır (DENİZLİ, 2011).
4. Seperatör: İki kutbun birbirine bağlanmasını engelleyen ve kısa devrenin meydana gelmesini engelleyen ince, gözenekli bir yalıtkan malzemesidir. Seperatör kullanılmazsa kısa devre olayı gerçekleşecektir. Seperatördeki gözenekler elektrikle doldurulur ve iyon akımı bu gözeneklerden geçirilir (Dell ve ark., 2001).

1.1.2. Elektrokimyasal hücrenin çalışma prensibi

1.1.2.1.Şarj

Şarj edilebilir pillerde gerçekleşen şarj işlemi esnasında, akımın yönü ters olacak şekildedir. Aşağıdaki şekil 1.1'de gösterildiği üzere, pozitif elektrotta oksidasyon meydana gelirken, negatif elektrottaysa indirgeme meydana gelmektedir. Deşarj sırasında indirgemenin meydana geldiği elektrot katot, oksidasyonunu gerçekleştirdiği elektrot ise anot şeklinde adlandırılır. Şarj reaksiyonu sonucunda bunun tam tersi olacak şekilde indirgeme anotta, oksitlenmeye katotta meydana gelmektedir (DENİZLİ, 2011).



Şekil 1.1 : Şarj durumundaki bir pilin elektrokimyasal çalışma mekanizması (DENİZLİ, 2011).

Anot malzemesi olarak Zn, katot malzemesi olarak C12 kullanılmaktadır.

Şarj reaksiyonu, Zn / C12 hücresinde, negatif kutupta 1.1, pozitif kutupta 1.2 bir reaksiyonla meydana geldi ve toplam reaksiyonu 1.3'da gösterdi.

Negatif elektrot: katodik reaksiyon



Pozitif elektrot : anodik reaksiyon

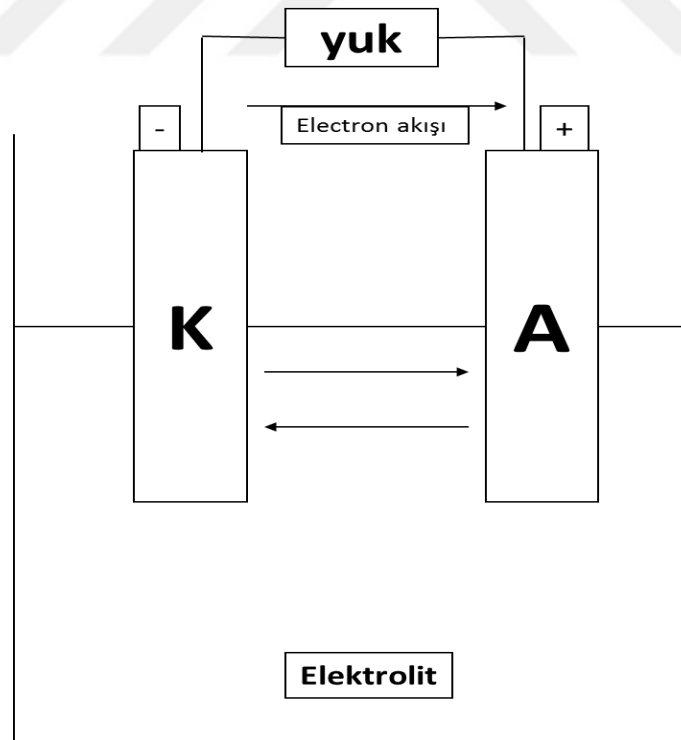


Toplam reaksiyon (şarj):



1.1.2.2. Deşarj

Şekil 1.2'de , deşarj sırasında hücre operasyonunun mekanizmasını şematik olarak göstermektedir. Bir element harici bir yüke bağlandığında, elektronlar anottan katoda aktarılır. Bu durumda, anot oksitlenir, elektron verir ve çıkan elektronlar alarak katot indirgenir. Elektrik devresi, elektrolitte sırasıyla anot ve katottaki anyonların (negatif yüklü iyonlar) ve katyonların (pozitif yüklü iyonların) hareketi ile tamamlanır (DENİZLİ, 2011).



Şekil 1.2 : Deşarj durumundaki bir pilin elektrokimyasal çalışma mekanizması (DENİZLİ, 2011).

Negatif elektrotta deşarj reaksiyonu 1.4'te, pozitif elektrotta 1.5'te, toplam reaksiyonda ise 1.6' da gösterilmektedir.

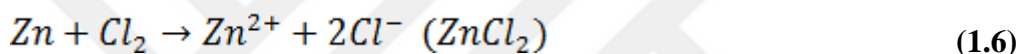
Negatif elektrot: anodik reaksiyon (oksitleme, elektron kaybı)



Pozitif elektrot : katodik reaksiyon (indirgenme, elektron kazanımı)



Toplam reaksiyon (deşarj):



1.2. Bataryaların sınıflandırılması

Hücreler ve elektrokimyasal piller, elektrik şarjlarından dolayı birincil (yalnızca deşarj edilebilir) ve ikincil (şarj edilebilir piller) olmak üzere iki sınıfa ayrılır (DENİZLİ, 2011).

1.2.1 Birincil bataryalar

Bu bataryaların elektriksel olarak rahat ve etkin bir biçimde şarj edilmesi oldukça güçtür. Yine bu bataryalar yalnızca bir kere boşalırsa daha kullanılamaz. Birincil bataryalar, Taşınabilir elektrikli ve elektronik aletler, aydınlatma, fotoğraf ekipmanları ve oyuncaklar gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılan ucuz ve kolay enerji kaynaklarıdır. Uzun raf ömrü, düşük ve orta deşarj oranlarında yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları, küçük boyutlarda olmaları, kullanımı kolay olma avantajlarına sahiptir (DENİZLİ, 2011).

1.2.2 İkincil (Yeniden şarj edilebilir) bataryalar

İkincil piller, deşarj olduktan sonra, akım yönünün deşarj akımının tam tersi yönüne çevrilmesi ile orijinal koşullarına dönerek elektriksel olarak yeniden şarj edilebilen pillerdir (DENİZLİ, 2011).

İkincil bataryaların uygulama alanları iki kategoriye ayrılır:

- 1) Otomotiv ve uçak sistemlerinde kullanılan bu ikincil piller, güç kaynakları, hibrit elektrikli araçlar ve sabit enerji depolama sistemlerinde (SES), ana güç kaynağına bağlı olan ve gerektiğinde bu enerjiyi dağıtan ana güç kaynağı olarak kurulan enerji depolama aygıtlarıdır (DENİZLİ, 2011).
- 2) Bu uygulamalarda kullanılan ikincil piller, birincil piller gibi deşarj edilmekte ancak, deşarj edildikten sonra hurdaya çıkartılmaktansa yeniden şarj edilmektedirler. Bu tip pil, portatif tüketici elektroniği ekipmanlarının, güç ekipmanlarının ve elektrikli ekipmanların maliyetini azaltmak için kullanılır (DENİZLİ, 2011).

İkincil bataryaların yeniden şarj edilebilmesi mümkündür. Bunun yanında yüksek güç yoğunlukları ve deşarj hızı, düz deşarj eğrileri ve iyi düşük sıcaklık performansına sahiptir. Enerji yoğunluğu birincil pillerden daha düşüktür (DENİZLİ, 2011).

Ni-Cd, NiMH ve Li-ion bataryalar, ikincil bataryalar olarak etiketlenmiştir (Pop ve ark., 2008).

1.3. Lithyum İon Pil Teknolojisi

1.3.1 Lithyum ion pil nedir?

Li-ion pil (Li-ion) bir tür tekrar şarj edilebilir pildir. Deşarj olduktan sonra şarj edilebilen elektrokimyasal hücrelerdir. Li-ion pilin keşfi 1912'de Gilbert N.Lewis tarafından gerçekleştirilmiştir. Yeniden doldurulabilme özelliğine sahip li-ion piller yaklaşık olarak yirmi yıl kadar üzerinde çalışılarak piyasaya sürülmüştür. 1991'de Sony bu pillerin ilk ticari versiyonunu oluşturmuştur.



Şekil 1.3 : Lithyum ion pil hücreleri

1.3.2 Lithyum ion pil avantaj ve dezavantajları

Lityum ion (Li-ion) pillerin hafıza etkisi yoktur ve kullanılmadığında enerji kayıplarını yavaşlatır. Başka bir deyişle, lityum ion piller için, pil yarı şarj olduğunda kesmeye veya şarj etmeye başlamak sorun değildir. Eğer uygunsuz bir şekilde kullanılırsa tehlike arz edebilmektedir. Gerekli önlemler alınmazsa, kullanım ömrü diğer pil türlerinden daha kısa olabilir. Daha gelişmiş lityum ion akü tasarımları arasında lityum polimer hücreleri ve lityum-titanyum hücreleri bulunur.

Bu piller, kimyasallarla hazırlanan diğer denklere nazaran en üst düzeyde doldurulabilme yoğunluklarından ötürü daha hafiftirler. Bu piller, küçük ve taşınabilir özelliktedir. Hafıza etkisi problemi yoktur, dolayısıyla da bu pilleri sarj etmek için bütünüyle boşalmalarını beklemek gerekli görülmemektedir. Öte yandan aynı sebepten ötürü şarjı yarıda kesmek pil açısından negatif bir etki meydana getirmeyecektir.

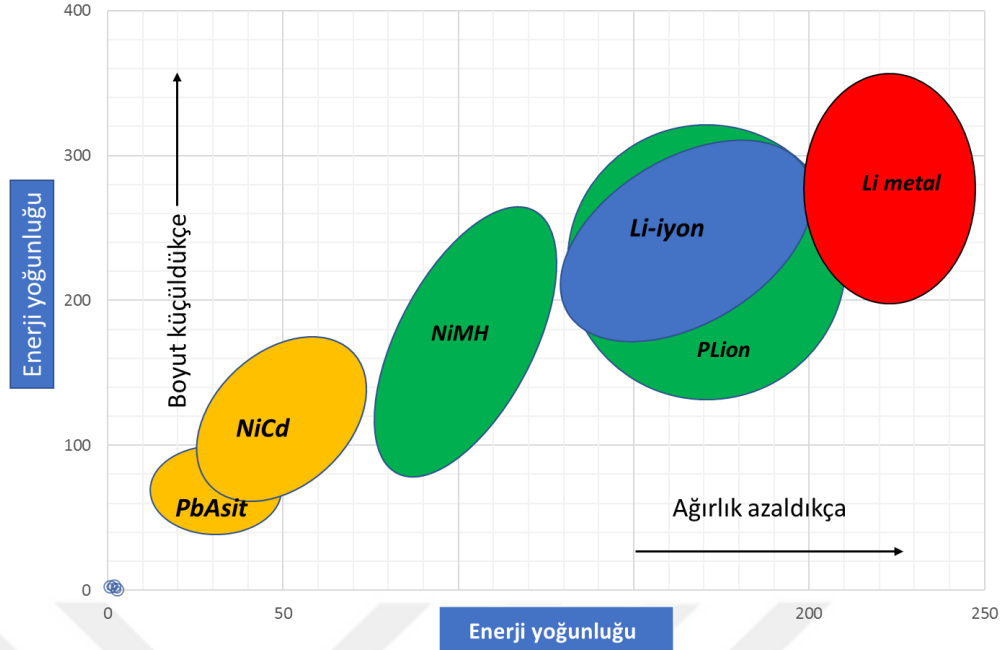
Tablo 1.1 : Tekrar şarj edilebilir lityum ion pillerin avantaj ve dezavantajları (Linden,2002).

Avantajlar
Kapalı sistem bakıma ihtiyaç duymaması
Ömrünün uzun olması
Çalışma aralığının oldukça geniş olması
Raf ömrü açısından uzun oluşu
Hızlı bir şekilde şarj olabilme yeteneğine sahip olması
Deşarj kapasitesinin yüksek güçlü olması
Enerji verimi açısından yüksek olması
Yüksek spesifik enerji ve enerji yoğunluğu
Hafıza etkisinin mevcut olmayışı
Dezavantajlar
Fiyatı
Aşırı sıcaklıklarda bozunması
Koruyucu devre ihtiyacının oluşu
Aşırı derecede şarj yapılıncaya kapasitesinin düşmesi ya da termal bozunma

Lityum ion piller için en büyük dezavantaj, 2V altında deşarj olduklarında yapılarının bozunması ve gereğinden fazla şarj edildiğinde hava alabilmeleridir. Su içeren pil kimyalarından farklı olarak, gereğinden fazla şarj olma durumunu hasarsız karşılayabilecek bir kimyasal mekanizmaları yoktur. Bu nedenle, gereğinden fazla şarj olma, deşarj olma ve yüksek sıcaklık durumlarına karşı koruyucu devre ekipmanları ve mekanik bağlantı kesme cihazları kullanılmaktadır. Diğer bir dezavantajı ise, düşük bir oranda bile olsa, yüksek sıcaklıklarda kapasite kaybı göstermeleridir (Linden,2002).

1.3.3 Li –ion pil genel bilgi

Lityum tabloda bulunan hacmi en az olan element olarak bilinir. Böylece yüksek enerji yoğunluklu Li-ion pillere katkıda bulunur. Şekil 1.4'te gravimetrik ve hacim enerji yoğunluklarını farklı pil sistemleriyle karşılaştırmaktadır. Şekil 1.4'te gösterildiği gibi, Li-ion piller gravimetrik ve hacim enerjisinde en yüksek yoğunluğa sahiptir (Katiyar ve ark., 2009).



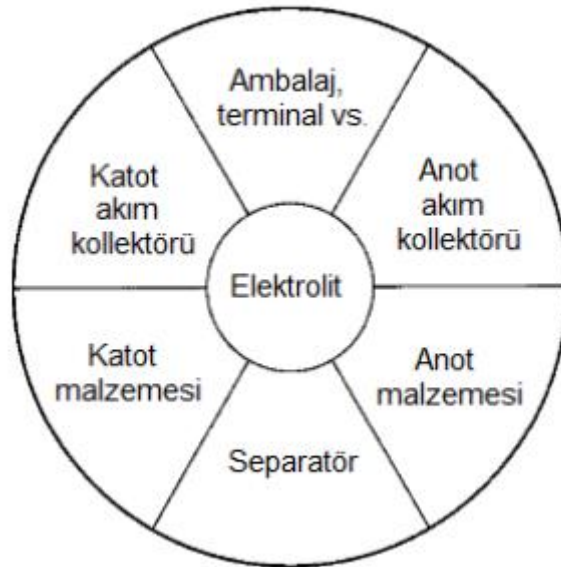
Şekil 1.4 : Şarj edilebilir pillerin gravimetrik ve hacimsel enerji yoğunluklarının karşılaştırılması(Katıyar ve ark., 2009).

Lityum ion piller, lityum eklenmiş bileşenleri pozitif ve negatif malzemeler olarak kullanan hücrelerden oluşur. Pil şarj olurken-boşalırken, pozitif ve negatif elektrotlar arasında lityum iyonları (Li^+) değiştirilir. Lityum ion pillere “sallanan sandalyeler” denir, çünkü lityum iyonlar negatif ve pozitif elektrotlar arasında hareket eder (DENİZLİ, 2011).

1.3.4 Lityum ion pil tasarımı

Lityum ion pillerin genel tasarımı, anot, katot, separator ve elektrolit olmak üzere dört ana bileşen üzerine kurulmuştur. Anot ya da negatif elektrot, dış devre üzerinden elektron verir ve elektrokimyasal reaksiyonlarla okside olur. Katot ya da pozitif elektrot ise, oksitleyici elektrot olarak görev alır ve dış devreden gelen elektronları alarak oluşan elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu indirgenir. Elektrolit ya da diğer adıyla iyonik iletken, pil içinde, anot ve katot arasında elektronların transferi için ortam oluşturur. Diğer bir parça olan separatorün görevi de, anot ve katodu ayırmak ve güvenliği sağlamaktır. Pil çok ısındığında, düşük erime noktasına sahip polimer separator erir ve pil içinden geçen akım kesilir (Zhong,2010). Elektrokimyasal sistemlerle iletilen maksimum enerji, kullanılan aktif malzeme yapısına ve miktarına bağlıdır. Pratikte, bataryanın teorik enerjisinin yalnızca bir kısmı elde edilir. Bu durum,

elektrolite ve ağırlığa ve hacme eklenen reaktif olmayan bileşenlere (pozitif – negatif kutuplar, separatörler, elektrotlar) olan ihtiyaçtan kaynaklanır (Şekil 1.5) (Linden,2002).

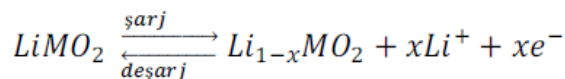


Şekil 1.5 : Lityum ion pil bileşenleri (Linden,2002).

1.3.5 Lityum ion pillerinin çalışma prensibi

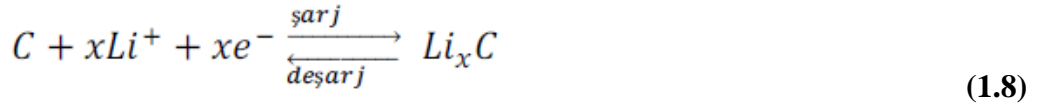
Lityum ion pillerin çalışma mekanizması, lityum iyonlarının lityumun bulunduğu elektrotların yapısına yerleştirilmesi ve ayrılması işlemine dayanır. Yalnızca sarj ve deşarj çevrimi esnasında lityum iyonlarının pozitif ve negatif elektrotlar arasındaki hareketlerine dayalı olan bu işleme topotaktik reaksiyonu denmektedir (DENİZLİ, 2011). Lityum ion hücre sarj edildiği zaman pozitif elektrot oksitlenir ve negatif elektrot indirgenir. Bu işlemde, lityum iyonları pozitif elektrotun yapısından ayrılır ve negatif elektrotun yapısına girer. Bunun tam tersi durum ise boşaltma işleminde gerçekleşir. Şarj etme / boşaltma, lityum ion pillerde, aşağıda 1.7 ve 1.8 'de tarif edilen reaksiyonlarla gerçekleştirilir. Toplam reaksiyon ise 1.9' da gösterilmektedir.

Pozitif elektrot:

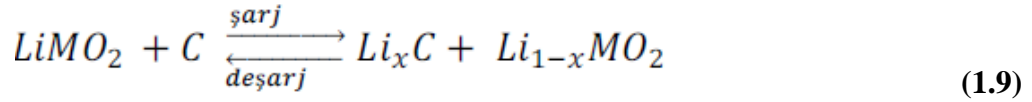


(1.7)

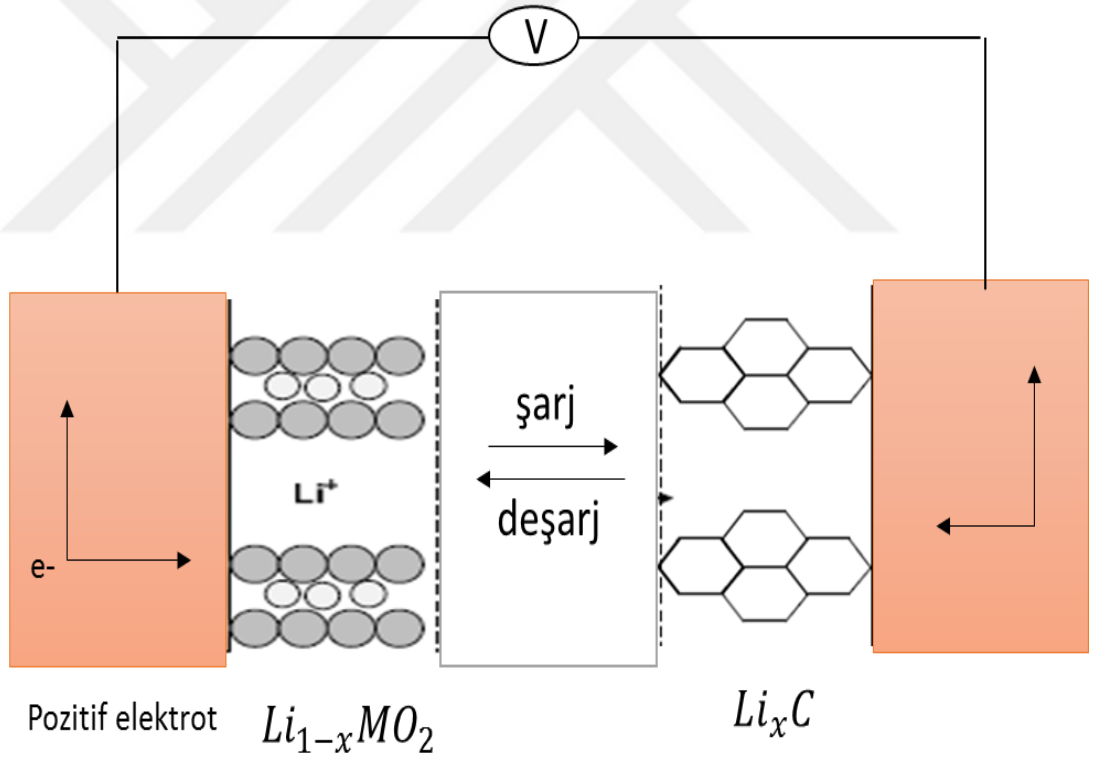
Negatif elektrot:



Toplam reaksiyon:



$LiMO_2$, $LiCoO_2$ gibi bir pozitif metal oksit malzemesidir. C, grafit gibi bir negatif elektrotun karbon maddesi. Hücredeki metalik lityum eksikliği nedeniyle, lityum ion piller daha güvenlidir çünkü kimyasal olarak daha az kimyasaldırlar ve negatif bir elektrot olarak kullanılan lityum ion pillerden daha uzun süre dayanırlar (DENİZLİ, 2011). Şekil 1.6, lityum ion pillerinin çalışma mekanizmasını şematize etmektedir



Şekil 1.6 : Lityum ion pilleri çalışma mekanizmasını göstermektedir (DENİZLİ, 2011)

1.3.6 Lityum ion pil bileşenleri

1.3.6.1 Pozitif elektrot

Lityum ion piller için yaygın olarak kullanılan bir pozitif elektrot, aktif malzeme olarak lityum metal oksit (LiCoO_2) kullanılmaktadır. Pil güvenliği ve maliyet konularını ele almak için 1990'lı yıllarda pozitif elektrot aktif madde spinel yapıdaki oksitler, LiMn_2O_4 veya LMO üzerine yoğun araştırmalar yapılmıştır (Katiyar ve ark., 2009). Bir katod malzemesi olarak kullanılmak üzere pozitif elektrottan beklenen özellikler şunlardır :

- Lityum ile reaksiyonda yüksek serbest enerji
- Büyük miktarda lityumun yapısına girebilmesi
- Yapısal değişiklik yapmadan lityum ile ters reaksiyona girebilmesi
- Elektrolitte çözünmemesi
- Düşük maliyetli hazırlanması

1.3.6.2 Elektrolit

Organik çözücülerde çözülmüş lityum tuzları içeren sıvı elektrolit, Li^+ iyonlarını taşır ve bir elektrik akımı harici devreden geçtiğinde katot ve anot arasında bir taşıyıcı görevi görür. Bununla birlikte, şarj sırasında anotta katı lityum tuzları ve organik çözücüler birikir, böylece pil aktivasyonu engeller. Yüksek güçlü uygulamalarda kullanım için alternatif elektrolitler yüksek iyonik iletkenlik Li^+ ve yüksek elektrokimyasal stabiliteye sahip olmalıdır (DENİZLİ, 2011).

1.3.6.3 Negatif elektrot

Lityum metal: Bir anot malzemesi olarak, lityum metalin en iyi olduğu görünüyor, yüksek spesifik kapasite ve yüksek indirgenme potansiyeline sahiptir (Vincent ve Scrosati, 1997; Limthongkul, 2002). Bu özelliklerinden dolayı, birincil li-ion bataryalarda negatif kutup olarak kullanılır (Limthongkul, 2002). Bununla birlikte, yüksek hassasiyetli metalik lityumun doğası, birçok geri kazanılabilir

malzemeye temas ettiğinde termodinamik olarak kararsızdır. Aşınmaya ve dendritik büyümeye bağlı olarak düşük döngü kararlılığına sahip olduğundan aşırı ısındığında güvenlik sorunlarına neden olur, bu nedenle şarj edilebilir lityum-iyon pillerin anotları için uygun değildir. Metal ve elektrolit arasındaki ara yüzde suda çözünmeyen elektrolitler kullanıldığında, paslanma tabakası oluşur ve bu da korozyon gelişimini önler. (Vincent ve Scrosati, 1997;Limthongkul, 2002). Bununla beraber, pasivasyon tabakası genel itibariyle homojen yapıda olmadığından ötürü, metalin üzerinde birtakım düzensizliklere sebebiyet verir. Bu da bataryada kısa devreye neden olur (Limthongkul, 2002). Bu film oluşumu, birincil lityum piller açısından uzun ömür sağlar ve ikincil lityum-iyon piller açısından ise birçok problemin oluşmasına sebebiyet verir(Vincent ve Scrosati, 1997). Bu sebepten ötürü de anot lityum metalin yerine anot malzemeler geliştirilmiştir (Nazri ve Pistoia, 2008).

1.4. Temel Pil Terimleri:

1.4.1 Volt

İki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkını gösterir. Bu potansiyel farkı elektromotif kuvvet olarak bilinir. Potansiyel farkı birimi Volt'dur. Potansiyel farkı, herhangi iki nokta arasındaki elektriksel olarak oluşan eşitsizliktir. Bu iki nokta birbirlerine bir tel yardımı ile bağlandığı takdirde, büyük potansiyel den düşük olan potansiyele doğru bir elektron akışı olur ki bu da elektrik akımını yaratır.

Potansiyel farkını su benzeşimi ile açıklarsak, suyun sabit basınçta aktığını farzedelim. Suyun bağlantıda akış yüksekliği ne kadar fazla ise, akan suyun basıncı daha yüksek olacak ve daha fazla su akacaktır. Burada Basınç farkı elektriksel sistemler için voltaj ile eşdeğerdir.

Arabalarda kullanılan elektriksel sistem binek araçları için 12 Volt DC, kamyon, otobüs v.b. Büyük araçlar için de DC 24 Volt'dur. Evlerde kullanılan elektriksel standard Avrupa ve Türkiye için AC 220Volt, Amerika için ise, AC 120 Volt'tur AC.

1.4.2 Akım (Amper)

Elektrik akım birimi amperdir. Birim zamanda iletken telden geçen elektron sayısı ile alakalıdır. Elektronların akış yönü sabit olabildiği gibi, aynı şekilde değişken de olabilir. Tek bir yönde akan akıma Doğru Akım (DC), yönü değişken olan akıma da Alternatif Akım (AC) adı verilir. Akülerdeki akım akışı sadece Doğru Akımdır. Akım, hidrolik benzeşim ile, hortumdan akan su miktarı gibi düşünülebilir.

1.4.3 Direnç

Herhangi bir malzemenin elektrik akımı geçişine karşı gösterdiği dirençtir. Tüm malzemelerin birer direnci vardır. Cam, kauçuk, plastik gibi malzemelerin elektrik akımına karşı direnci çok yüksektir. Bu tip malzemeler yalıtkan(insulator) olarak isimlendirilir. Bakır, alüminyum ve çoğu metaller, elektrik akımınının geçişine karşı daha az direnç gösterir, bu malzemeler iletken (conductor) olarak adlandırılır.

Hidrolik benzeşim ile değerlendirdiğimizde, direnç hortum çapı olarak düşünülebilir. Hortum çapı büyük olduğunda su daha fazla akacağı gibi, iletken tel çapı ne kadar büyük olursa, akım akışına karşı o kadar az direnç gösterir.

1.4.4 Akü Kapasitesi (Amper-Saat) Ah

Pilin elektriksel enerji depolama kapasitesini gösterir. Amper-Saat olarak ifade edilir. Pil amper-saat değeri yükseldikçe, pil kapasitesi de artar.

Genel olarak, amper-saat kapasitesi, gerçek pil boyutuyla orantılıdır.

1.4.5 Şarj Durumu

Pil doluluk miktarını gösterir. Bir pilde mevcut kapasitesinin tamamı kullanılabilir durumda ise, şarj durumu 100% dır. Pil kapasitesinin yarısını kullanıldığında ise, şarj durumu 50% dir.

1.4.6 Şarj ve Deşarj Oranı

Pil kapasitesi cinsinden ifade edilir. Pil amper-saat kapasitesinin, zaman faktörü ile bölümüdür. Bu zaman faktörü, pilinin kendini toplama zamanıdır.

Örnek 100 Amper-Saat kapasitesindeki bir akü, 10 saat içinde tamamen tükenmişse, neticede deşarj oranı 10 amperdir. Bu deşarj oranı C10 olarak adlandırılır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Elektrikli otomobillerde araştırma ve gelişmeler 20.yy'da petrol rezervlerinin tükenmesi ve sera gazlarının etkileri konusunda ortaya çıkmasına rağmen, kökenleri 18.yy'a uzanmaktadır (Chan, 2012).

İlk elektrikli araç , Robert Anderson tarafından 1832-1839 yılları arasında binek otomobil olarak geliştirilmiştir. 1835 yılında Profesör Strateng tarafından geliştirilen ilk elektrikli otomobil asistanı Christopher Baker tarafından üretildi. Thomas Davenport ve Robert Davidson, 1842'de şarj edilemeyen ilk bataryayla çalışan elektrikli otomobili geliştirdi. Sonra Gaston Blunt ve Camille Faure, şarj edilemeyen bataryalar yerine elektrikli araçlarda kullanım için şarj edilebilir bir batarya geliştirmiştir(Tuncay ve Üstün, 2012) . 1897 yılında Electric Carriage ve Wagon Company New York şehir taksilerinde elektrikli araçların ilk ticari uygulamasını başlattılar(Tuncay ve Üstün, 2012;Chan, 2012). 1901 yılında Ferdinand Porsche tarafından elektrikli ve içten yanmalı motorların kullanıldığı ilk hibrit elektrikli araç geliştirilmiştir. Bu araç içten yanmalı bir motorla tahrik edilirken aynı zamanda doğrudan aracın tekerleklerine bağlı elektrikli motorlar tarafından tahrik edilmektedir. Elektrik enerjisi kurşun-asit bataryalar tarafından sağlanan bu araç saatte 60 km hız yapabilen dönemin en hızlı aracı olmuştur(Sayin ve Yüksel, 2011) . Elektrikli fayton, 1902 yılında Woods tarafından geliştirildi ve 23 km / s hız yapabilmekteydi. Daha sonra, 1916 yılında Woods, içten yanmalı motor ile birlikte elektrikli motoru kullanarak ABD'deki ilk hibrid otomobili geliştirmiştir(Sayin ve Yüksel, 2011;Chan, 2012).1974'teki petrol krizi ile petrol fiyatlarındaki artış ve rezervlerin tükenmesi nedeniyle, birçok ülke resmi kaynaklardan destek alarak elektrikli otomobillerin geliştirilmesine yeniden başlamıştır(Sayin ve Yüksel, 2011; Chan, 2012).

Bugün üç tür otomobil teknolojisi var. Bunlar içten yanmalı motorlar, hibrit elektrikli araçlar ve tüm elektrikli araçlar. İçten yanmalı motorlara sahip araçlarda, araç yalnızca içten yanmalı bir motorla çalıştırılır. Kullanılan enerji kaynakları benzin, dizel yakıt, LPG ve doğal gaz gibi yakıtlardır. Hibrit elektrikli araçlar, içten yanmalı bir motor ve bir elektrik motoru tarafından sürülür. Enerji kaynakları olarak bataryalar, süper kapasitörler ve içten yanmalı cihazlar kullanılmaktadır. Düşük emisyonlara rağmen, pazar orta menzilli nedeniyle sınırlıdır. Tüm elektrikli araçlar elektrik motorlarıyla tahrik edilir. Şarj edilebilir piller, süper kapasitörler veya yakıt hücreleri,

güç kaynağı olarak kullanılır. Her ne kadar yakıt hücreli elektromobiller çok düşük emisyonu sahip olsalar da, yakıt hücrelerinin büyük hacimlerde veya ağırlıkta depolanması ihtiyacı ve pahalı hidrojen yakıtının tam ömrü gibi problemleri vardır. (Yong ve ark., 2015;Tuncay ve Üstün, 2012). Otomobil endüstrileri mevcut araç teknolojileri arasından, petrole olan bağımlılık, çevre kirliliği, enerji tüketimi ve verimliliği gibi nedenlerden dolayı elektrikli araç teknolojisi üzerine son 20 yılda önemli yatırımlar yapmıştır. Elektrikli araçlar yakıt olarak kullanılan daha sessiz, daha çevre dostu ve ekonomik bir elektrik taşımacılığı sağlar. Pb-asit (kurşun asit) (Kurzweil, 2010), NiCd (nikel-kadmiyum) (Rydh ve Svärd, 2003), NiMH (nikel ve metal hidrat) (Lin ve arkadaşları, 2016) ve lityum-iyon (lityum) iyonik) (Skrosati ve Garshe, 2010). Diğer batarya teknolojilerine kıyasla, lityum-iyon bataryalar tercih edilir çünkü yüksek voltaj, yüksek enerji yoğunluğu, uzun kullanım ömrü ve hafıza etkisi gibi önemli avantajlara sahiptirler. (Farmann ve Sauer, 2016; Saw ve ark., 2014).

Elektrikli araçlarda kontrolsüz pil kullanımı ciddi hasara neden olabilmektedir. Bu sebeple elektrikli araçlarda aküler batarya yönetim sistemile birlikte kullanılmaktadır(Lagraoui ve ark., 2014;Nugroho ve ark., 2015).Akü yönetim sistemi alt fonksiyonu olan akü doluluk oranını kullanarak akülerin denetiminin ve yönetiminin yapıldığı ünitedir(Pastor-Fernández ve ark., 2016). Ancak SoC doğrudan pil üzerinden ölçülememektedir. Bu sebeple, bataryanın dinamik davranışını en doğru şekilde temsil eden batarya modeli oluşturulmalı ve batarya üzerinden ölçülebilen değerler (akım, gerilim) ile model üzerinden kestirilmesi gerekmektedir (Chen ve ark., 2015).

Literatürde lityum-iyon bataryanın dinamik bir model oluşturmak için çeşitli yöntemler sunulmuştur(Rahman ve ark., 2016). Literatürde sunulan bu yöntemler dört ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar deneysel, istatistiksel, elektrokimyasal ve elektriksel devre modelleridir(Jongerden ve Haverkort, 2009; Fotouhi ve ark., 2016). Deneysel model, fiziksel eşitlikler yardımı ile sistemin fiziksel modelinin oluşturulmasına ve deneysel sonuçlarla model parametrelerinin tanımlanmasına dayanan basit ve hızlı bir yöntemdir. Ancak doğruluk performansı düşüktür(Rong ve Pedram, 2006). İstatistiksel model, kullanılacak model parametrelerinin veri örneklerinden anlamlı yapılar oluşturularak elde eden hızlı ancak düşük doğruluğa sahip bir yöntemdir. Elektrokimyasal model, bataryanın iç kimyasal bileşimine bağlı, çok karmaşık bir yöntemdir. Bu nedenle, bu yöntem yaygın olarak kullanılmamaktadır(Krintz ve ark.,

2004). Elektrikli model, eşdeğer devre modelinde matematiksel işlemlere olanak sağlayan yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir(Bae ve ark., 2014).

Lin ve arkadaşlarına göre Thevenin devre modeli birinci sınıf lityum-iyon batarya için üretildi ve genişletilmiş Kalman filtresi ile SoC kestirimi yapılmıştır. Kestirim performansı farklı başlangıç SoC değerlerinde ve amper-saat sayma yöntemi ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Santhanagopalana göre Lityum iyon bataryalar, elektrokimyasal yöntem kullanılarak tasarlanmıştır. Koksuz Kalman filtresi, model üzerinde geliştirildi ve SOC kestiriminde kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar farklı bataryalarda ve farklı çalışma yükü pozisyonlarında test edilerek doğrulanmıştır.

2.1. Pil Modelleme Metotları

Pil teknolojileri, basit elektroniklerden elektrikli otomobillere kadar çeşitlilik gösterir. Uygulama alanları farklılık gösterse de, performansları ve ömürleri güvenli çalışma alanına bağlıdır. Bu çalışma alanı aşırı şarj ve deşarj riskini önleyerek pil performansını artırır. Cihaz, emniyet ve performans için bataryaların bu güvenli yerde çalışmasını sağlayan bir batarya yönetim sistemidir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

Batarya yönetim sisteminde önemli bir yere sahip olan bataryanın durumuyla ilgili tahminler doğrudan batarya ile ölçülemez. Bu nedenle, ölçülen değerlere sahip uygun bir pil modeli gereklidir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

Akü modelleme yöntemleri ile ilgili literatürde farklı teknikler vardır. Bu yöntemler deneysel, istatistiksel, elektrokimyasal ve elektriksel devrelerini içerir.

2.1.1. Deneysel Devre Modelleri

Deneysel devre modelinde, sistemin fiziksel modeli, fiziksel eşitlikler yardımıyla oluşturulmakta ve modeldeki parametre değerleri deneysel sonuçlarla belirlenmektedir. Uygulamanın basit bir yolu ile ve hızlı sonuç alınabilir. Ancak,

sonuçların doğruluğu düşüktür ve bu tercih edilen bir yöntem değildir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.1.2. İstatistiksel Devre Modelleri

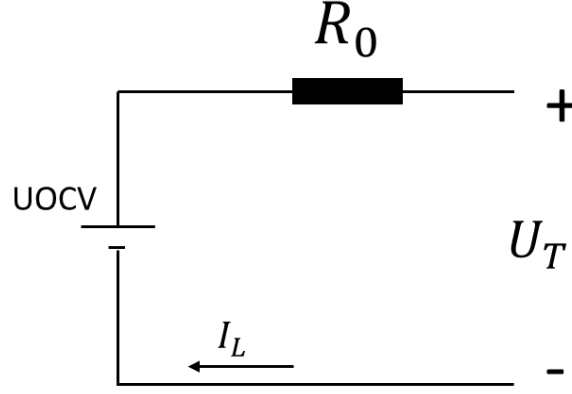
İstatistiksel daire modelinde, elde edilen veri örneklerinden anlamlı yapılar oluşturularak sistem modelinde parametre değerleri elde edilir. Deneysel devre modelinde olduğu gibi, uygulaması basit ve hızlıdır. Ancak, doğruluk performansı yetersiz olduğundan dolayı tercih edilmezdir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.1.3. Elektrokimyasal Devre Modelleri

Bu devre modelleri, aküye ait kimyasal yapıyı baz alan bir yöntemdir. Bu sebeple bataryanın şarj durumları ile ilişkilerini dolaysız bir şekilde kapsamaktadır. Fakat elektrokimyasal devre modelleri karmaşık işlemleri de içermektedir. Bu sebeple de uygulanması oldukça zahmetli ve çok fazla tercih edilmeyen bir yöntemdir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.1.4. Elektriksel Devre Modelleri

Bu modellerde, sistemin modeli eşdeğer devreler için tasarlanmıştır. Eşdeğer devrelerden meydana gelen batarya modeli, matematiksel işlemler yapmanızı sağlar ve batarya modelinin doğruluk performansını yükseltir. Literatürde kullanılan birçok eşdeğer devre modeli vardır. Elektriksel devre modelinde yaygın olarak kullanılan eşdeğer devre modelleri; Rint model, RC model, PNGV model. Rint modelin eşdeğer devresi Şekil 2.1'de, RC modelin eşdeğer devresi Şekil 2.2'de, PNGV modelin eşdeğer devresi Şekil 2.3'te verilmiştir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

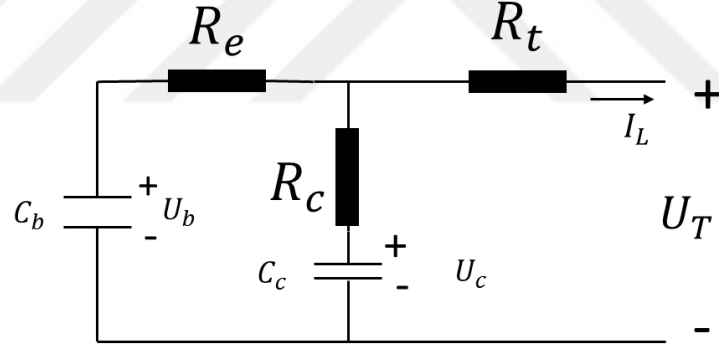


Şekil 2.1 : Rint eşdeğer devre modeli.

Burada R_0 seri direnç, U_{OCV} açık devre voltajı, U_T terminal voltajı ve I_L yük akımıdır.

Rint modelin eşdeğer devre üzerinden matematiksel eşitliği şu şekilde elde edilir.

$$U_T = U_{OCV} - R_0 I_L \quad (2.1)$$

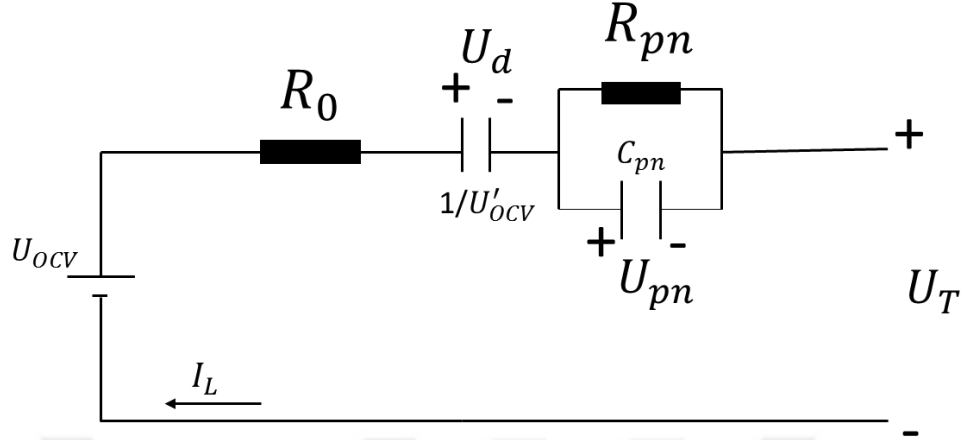


Şekil 2.2 : RC eşdeğer devre modeli.

Burada R_e uç direnç, R_c kapasitör direnci, R_t terminal direnci, C_b pilin açık devredeki kapasitesini temsil eden yığın kapasitörü, C_c küçük kapasiteli yüzey kapasitörü, U_b ve U_c sırasıyla C_b ve C_c üzerindeki voltajları, I_L yük akımı ve U_t terminal voltajıdır. RC modelin eşdeğer devre üzerinden matematiksel eşitliği şu şekilde elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_b \\ \dot{U}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1/C_b(R_s + R_c) & 1/C_b(R_s + R_c) \\ 1/C_c(R_s + R_c) & 1/C_c(R_s + R_c) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_b \\ U_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -R_c/C_b(R_s + R_c) \\ -R_s/C_c(R_s + R_c) \end{bmatrix} I_L \quad (2.2)$$

$$U_T = [R_c/(R_s + R_c) - R_s/(R_s + R_c)] \left[\frac{U_b}{U_c} \right] + \left[-R_t - \frac{R_s R_c}{(R_s + R_c)} \right] I_L \quad (2.3)$$



Şekil 2.3 : PNGV eşdeğer devre modeli.

Burada R_0 seri direnç, $1/U'_{OCV}$ seri kapasitör R_{pn} polarizasyon direnci, C_{pn} polarizasyon kapasitörü, I_L yük akımı, U_{OCV} açık devre voltajı ve U_T terminal voltajıdır. PNGV modelin eşdeğer devre üzerinden matematiksel eşitliği şu şekilde elde edilir.

$$\dot{U}_d = U'_{OCV} I_L \quad (2.4)$$

$$\dot{U}_{pn} = -\frac{U_{pn}}{R_{pn} C_{pn}} + \frac{I_L}{C_{pn}} \quad (2.5)$$

$$U_T = U_{OCV} - U_d - U_{pn} - I_L R_0 \quad (2.6)$$

2.2. Batarya Yönetim Sistemi

Pil teknolojileri oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Elektrikli araçlarda kullanılan batarya paketleri seri ve paralel bağlı hücrelerden oluşmaktadır. Seri ve paralel bağlı hücre sayılarına göre batarya paketinin gerilim, akım ve kapasite değerleri belirlenmektedir. Bu seri ve paralel bağlı hücreler arasındaki eşgüdümün sağlanması ve batarya paketlerinin güvenli çalışma alanının oluşturulması için batarya yönetim sistemi kullanılmaktadır. Batarya yönetim sistemi veri izleme, hesaplama ve koruma olmak üzere üç ana fonksiyondan oluşmaktadır. Veri izleme fonksiyonu batarya paketindeki

herbir hücrenin voltaj, akım ve sıcaklık gibi ölçülebilen anlık durumlarını gözlemlemektedir. Hesaplama fonksiyonu veri izleme fonksiyonundan gözlemlenen anlık değerleri kullanarak pil doluluk oranı, pil sağlık durumu, maksimum ve minimum şarj/deşarj akımı, maksimum ve minimum voltaj, çalışma süresi ve döngü sayısı gibi değerleri hesaplamaktadır. Hesaplama fonksiyonundan elde edilen değerler ile koruma fonksiyonunda hücrelerden ve batarya paketinden şarj/deşarj boyunca yüksek/düşük voltajların oluşmasına, yüksek akım çekilmesine, kaçak akıma ve yüksek/düşüksıcaklık oluşmasına engel olmaktadır (MURATOĞLU, OCAK 2017).

Batarya yönetim sistemin önemli görevlerinden bir diğeri hesaplama fonksiyonundan elde edilen pil doluluk oranını belirleyerek batarya paketlerindeki pil hücrelerinin şarj/deşarjboyunca dengede tutulmasını sağlamaktır. Bu dengeleme işlemi için farklı yöntemler kullanılmaktadır.

2.2.1. Pil Hücre Dengeleme

Batarya yönetim sisteminin temel görevlerinden biri de pil hücrelerinin dengelenmesidir. Bu işlemin amacı; bütün pil hücrelerinin şarj vedeşarj işlemlerinde aynı pil şarj olduğunda dengeli olacak şekilde gerçekleşmesidir. Dengeleme işlemi iki şekildedir. Bunlar; aktif ve pasif şeklindedir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.2.1.1. Pasif dengeleme

Pasif dengeleme, uygulanması kolay ve basit bir yöntemdir. Pasif dengeleme devresi, akü hücresinin en düşük voltaj seviyesini ve referans voltajın diğeri seviyelerini algılar ve voltaj seviyesini düşüren paralel direnç üzerinden iletir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.2.1.2. Aktif dengeleme

Pil hücrelerini dengelemede kullanılan bir diğeri yöntem ise aktif dengeleme yöntemidir. Aktif dengeleme devresi hesaplanan pil hücrelerinin voltaj seviyelerini ortalama bir seviyede dengeler ve voltajı metoda göre aktarır. Böylece, pasif dengeleme

için harcanan enerji, daha verimli dengeleme sağlamak için bataryanın diğer elemanlarına aktif dengeleme ile aktarılır (MURATOĞLU, OCAK 2017).

2.3. Pil Şarj Durumunu (SoC) Belirleme

Pilin şarj durumu State of Charge (SoC) ile ifade edilir. Bataryadaki kapasite ise amper-saat cinsinden (Ah) gücü gösterir. Teorik kapasite, içerdiği aktif madde miktarına bağlı olarak maksimum pil şarjı miktarıdır. Kalan kapasite, pil belirtilen yük koşulunda ve belirli bir sıcaklıkta boşaldığında kalan şarj miktarıdır. Diğer taraftan, tam tahliyede SoC% 0'dır. SoC bilgisi, elektrikli araçlarda şarj kontrol yöntemi ve batarya dengeleme sistemleri için dikkate alınması gereken bir kriterdir. SoC pilini belirlemek için kullanılan birkaç yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibidir.

2.3.1 Doğrudan Ölçme

SoC, doğrudan bir akü anma akımıyla boşaltılarak laboratuarda ölçülebilir. Bununla birlikte, bu yöntem doğru olmasına rağmen, pratik uygulamalarda tercih edilmeyen bir yöntemdir. Çünkü SoC belirlenmeden önce aküdeki tüm enerji boşaltmalıdır. Bu nedenle, doğrudan ölçüm yöntemi yalnızca pili test etmek için üreticiler tarafından kullanılır. Bu yöntemi kullanan bileşenin en büyük avantajı, aküye kalıcı olarak bağlanmaması gerektiğidir. Bataryaya bağlandığında ölçüm yapılabilir (Bergveld ve ark., 2002).

2.3.2 Gerilim Tabanlı SoC Belirleme

Bu yöntemin en büyük dezavantajı, bir açık devrenin akü voltajının SoC dışındaki faktörlere de bağlı olmasıdır. Bu faktörleri bilmek, aynı zamanda pilin tam şarj durumunu da bulmamızı sağlar. Bununla birlikte, her uygulamada bu koşulları tekrar tekrar hesaplamak ve bunları operasyonlara dahil etmek zordur. SoC'nin voltaj seviyesini belirlemek için, akü kapasitesindeki voltajdaki çok küçük değişiklikleri tespit etmek için ölçüm cihazları ve devrelere ihtiyaç vardır. Akü şarj / deşarj işlemlerinin bir sonucu olarak açık devre voltajları ve hücre kapasiteleri arasındaki ilişki zaman içinde değiştiğinden, doğru bir tahmin yapabilmek için bir süre sonra algoritmayı veya pili değiştirmeniz gerekecektir.

2.3.3 Coulomb Sayma Yöntemiyle SoC Belirleme

Bu yöntem, bataryadaki kalıntı kapasitelerini belirlemek için batarya içindeki ve dışındaki akımları ölçer ve bu akımları SoC bilgisi sağlamak için toplar. Tam pil şarjının durumunu belirlemek için, hesap çalıştırılmadan önce başlangıç değerinin bilinmesi gerekir. Pili girmek ve çıkmak için başlangıç noktasını hesaplayarak gerçek şarj seviyesini öğrenebilirsiniz. Eşitlik 2.7'de zamanında pil şarj durumunu gösterir.

$$SoC = SoC(0) \mp \frac{1}{C_{SoC}} \int_0^t i_b(t) \cdot dt \quad (2.7)$$

Bu kısımda $SoC(0)$ ilk olarak doluluk oranı i_b batarya akımını, C_{SoC} batarya kapasitesini temsil eder .

Coulomb yöntemini kullanarak doğru sonuçlar elde etmek için, hatalara neden olabilecek iki durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar hücrelerdeki kaçak akımın sensör üzerinden geçmemesi nedeniyle hesaplamalara dahil edilememesi ve batarya akımının ölçümünde kullanılan sensördeki kaymanın gerçek şarj durumunda da kaymaya sebep olmaktadır.

Bu yöntem uygulanırken şarj verimliliği çok önemlidir. Coulomb hesaplama yöntemini kullanarak gelen şarjın gücünü ölçerken, pili şarj etme verimliliği% 100'den farklı olduğunda hatalar oluşur. Bu hataları çözmek için farklı yöntemler kullanılabilir. Pil modeli ve sıfırlama yöntemleri yaygın olarak kullanılır. Coulomb sayma yönteminin uygulanması zaman içinde mevcut entegrasyonu gerçekleştirir.

2.3.4 Diğer SoC Belirleme Yöntemleri

Bataryalar özellikle doğrusal bir sistemde ilerlemediğinden dolayı şarj olayı tamamen matematiksel olarak gerçekleşmektedir. Kesin bir matematiksel işlem modeli oluşturmak zordur. Sonuç olarak, doğrusal olmayan problemler için yinelemeli yakınsak çözümler kullanarak. Kalman filtre, yapay sinir ağı ve uyarlamalı bulanık mantık literatürde bu tür problemleri çözmeye yöntemleri yaygın olarak kullanılır. Kalman filtre yöntemi çözüm özyinelemeli hesaplanır ve uyarlanabilir bir sistem tanımlayın durum

uzayı yöntemini kullanır (Plett ve ark., 2004). Doğrusal sistem için Kalman filtresi yavaş yavaş stabilize olur. Doğrusal olmayan akü karakteristikleri için Taylor Formülü, Kalman metodu ile hesaplanır ve daha sonra doğrusaldır. Bu sürece genişletilmiş Kalman filtresi (GKF) denir. GKF'nin hesaplanması ile SoC'yi tahmin etmek için:

İlk önce, aküye eşdeğer uygun modeli seçin. Daha sonra bileşik darbe test verilerini kullanarak devre modeli parametresini tanır ve uygun bir durum değişkenini seçerek durum denklemini ve devre modelinin denklemini oluşturur. Son olarak, Kalman filtresinin SoC yöntemini değerlendirin olacak.

Sinir ağı, doğrusal olmayan basit bir yapıdır, paralel yapıdır ve öğrenme yeteneğine sahiptir. Harici uyarıya cevap olarak Sinir ağı uygun çıkışları sağlayabilir. Yani pil dinamik bir özelliği simüle edebilir ve SoC'yi tahmin edebilir (Cheng-Hui ve ark., 2002). Bulanık bir sonuç, izlenmekte olan nesnenin olduğu anlamına gelir matematiksel modele bağlı değildir. Bununla birlikte, uzman bilgisi ve operatör deneyimi, bilgi görüntüleme ve çıkarma konusunda güçlü bir yeteneğe sahiptir. Bu bilgi ve tecrübe kurallarla tanımlanabilir ve netleştirilebilir. Bulanık mantığı ile, pil özelliklerini simüle etmek için bir insana benzer bir çözünürlük işlemi gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, bunun kendine adapte olma yeteneğinin sınırlı olması bir dezavantajı vardır (Cheng, 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde elektrikli araçlarda kullanılan pil teknolojileri, pil parametrelerinin kestirilmesi, batarya yönetim sistemi, deneysel düzenek konu başlıkları incelenecektir.

3.1. Pil Teknolojileri

Bugün, farklı voltaj değerlerine ve enerji yoğunluğuna sahip birçok pil teknolojisi bulunmakta ve geliştirilmektedir. Tablo 3.1’de batarya teknolojilerini ve halen incelenmekte olan elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılan özelliklerini göstermektedir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

Tablo 3. 1. Elektrikli araçlarda kullanılan pil teknolojileri.

Pil Çeşitleri	Nominal Voltaj (V)	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Çevrim Ömrü	Hafıza Etkisi	Çalışma Sıcaklığı (C°)
Pb-acid	2	35	1000	Yok	-15,+50
NiCd	1.2	50-80	2000	Var	-20,+50
NiMH	1.2	70-95	<3000	Nadir	-20,+60
Zebra	2.6	90-120	>1200	Yok	+245,+350
Li-ion	3.6	118-250	2000	Yok	-20,+60
LiPo	3.7	130-225	>1200	Yok	-20,+60
LiFePO ₄	3.2	120	>2000	Yok	-45,+70
Zn-air	1.65	460	200	Yok	-10,+55
Li-S	2.5	350-650	300	Yok	-60,+60
Li-air	2.9	1300-2000	100	Yok	-10,+70

3.1.1. Kurşun-Asit (Pb-Acid) Piller

Bu piller çoğu uygulamada kullanılan yaygın bir yöntemdir. Kurşun asitli akülerde elektrolit, negatif yüklü bir elektrotta kurşun, pozitif yüklü bir elektrot kurşun dioksit (PbO_2) ve sülfürik asit (H_2SO_4) kullanır. Bu piller, yüksek deşarj akımı, düşük kendiliğinden deşarj, bellek etkisi yok ve çok düşük maliyet gibi bazı özelliklere sahiptir. Öte yandan bu pillerin düşük nominal voltajı ve enerji yoğunluğu bulunmaktadır. Yine bu piller kullanılmadığı zamanlarda ise pil ömürleri düşük olmaktadır (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.2. Nikel Kadmiyum (NiCd) Piller

Bu bataryalar, kurşun-asit bataryalardan daha yüksek boşalma akımı ve daha yüksek enerji yoğunluğu sağlar. Ancak, bu pil teknolojisinin önemli dezavantajları vardır. Bunlar zayıf şarj/deşarj verimi, yüksek öz boşalım ve hafıza etkisidir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.3. Nikel Metal Hidrat (NiMH) Piller

Nikel-kadmiyum pillerin dezavantajlarına bir alternatif olarak geliştirilen bu piller, kadmiyum elektrot yerine metal hidrat kullanır. Eşit nominal voltaj değerleri altında bu pillerin enerji yoğunluğu oldukça yüksektir. Bununla birlikte, nikel-metal hidrat piller, kendiliğinden deşarj oranına ve nikel-kadmiyum pillere göre aşırı şarj durumunda daha düşük güvenilirliğe sahiptir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.4. Lityum İon (Li-ion) Piller

Lityum ion pillerdeki pozitif elektrotlar, lityum oksitler ve metaller gibi diğer malzemelere kıyasla düşük toksisite, yüksek kapasite ve düşük maliyet avantajı ile kullanılır. En yaygın kullanılan oksitler lityum kobalt oksit - $LiCoO_2$, lityum nikel oksit - $LiNiO_2$ ve lityum mangan oksit - $LiMn_2O_2$ 'dir.

Bu piller nikel pillerden farklı özelliklere sahiptir. Nikel pillerden daha yüksek voltaj ve daha yüksek enerji yoğunluğu bulunmaktadır (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.5. Lityum İyon Polimer (LiPo) Piller

Bunlar az çok lityum ion aküler gibidir. Ancak aralarında sadece bir fark var. Polimer malzeme, lityum ion polimer pillerde bir elektrolit olarak kullanılır. Polimerlerin elektrolit iletkenliği, diğer organik sıvı elektrolitlerinkinden daha yüksektir.

Ek olarak, bu malzemenin kullanımı, lityum polimer pilleri farklı şekillerde kolaylaştırır, hızlandırır ve üretir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.6. Lityum Demir Fosfat (LiFePO₄) Piller

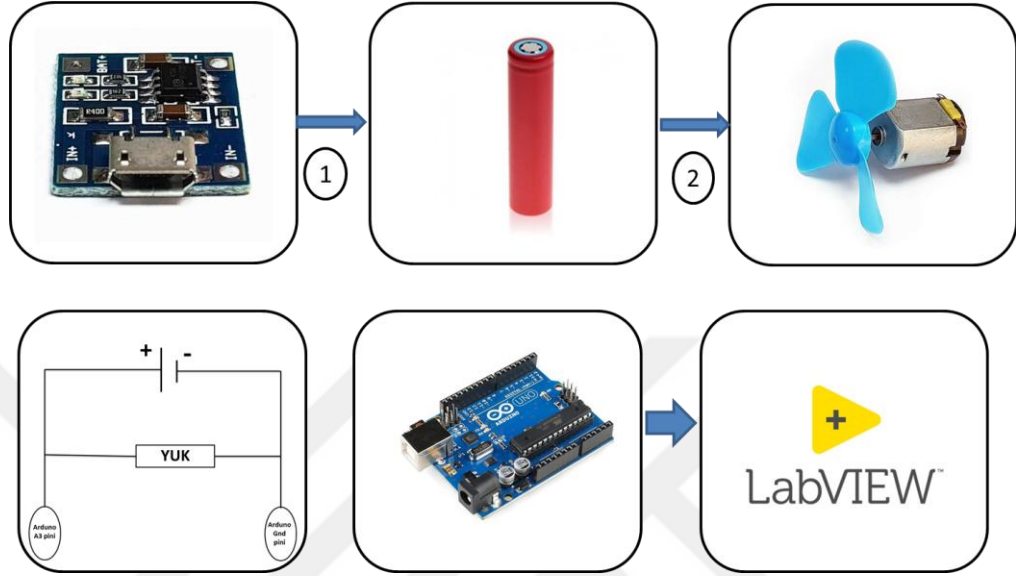
Pozitif elektrotun malzemesi, lityum demir fosfat içeren lityum pillerdir. Birtakım avantajları vardır. Bu avantajlar; enerji yoğunluğunun yüksek olması, yüksek hızda ve güvenilir çalışma koşullarına sahip olması gibidir. Fakat lityum iyon bataryalara nazaran daha düşük performansa sahiptir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

3.1.7. Lityum Sülfür (Li-S) Piller

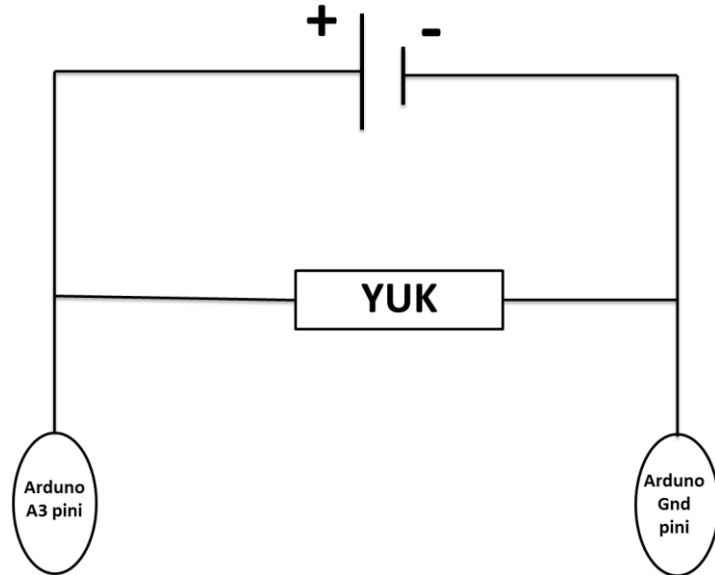
Li-Si piller, lityum bazlı pil gruplarından katod materyali olarak kullanılır. Yüksek enerji yoğunluğu, yüksek şarj verimliliği, düşük voltaj ve ortalama servis ömrüne sahiptir (MURATOĞLU, OCAK 2017).

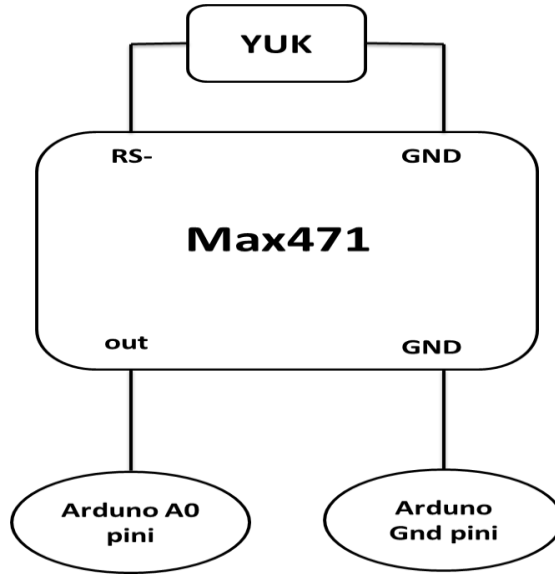
3.2. Materyal ve Deneysel Düzeneç

Deneysel düzeneğin kurulması için gerekli malzemeler ve bağlantı şeması Şekil 3.1’de verildiği gibi tasarlandı.

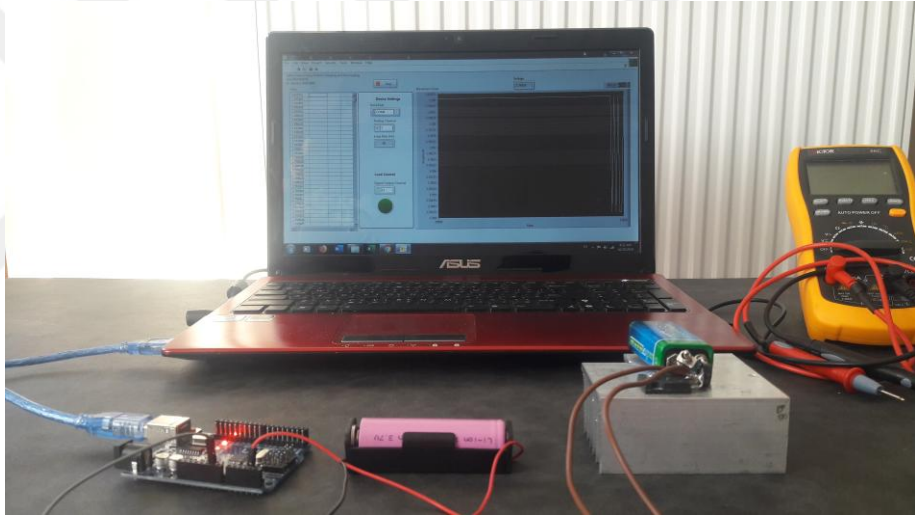


Şekil 3. 1 : Kurulacak deneysel düzeneğin şematik tasarımı.





Şekil 3. 2 : Akım devresi.



Li-ion Piller

Şekil 3.3'teki Li-ion piller, pil modelini oluşturmak ve pil koşullarını tahmin etmek için kullanılmıştır.



Şekil 3. 3 : Lityum ion pil hücreleri.

Tablo 3. 2 : Lityum ion pil hücrelerinin özellikleri.

Nominal Kapasite (mAh)	1200
Maksimum Şarj Değeri (V)	4.2
Minimum Deşarj Değeri (V)	2.1

Pillerin üstündeki yazılar ne demek



18650

18650 Pil kelimesini duyan herkes pilin 18650 MAh gücünde olduğuna dair yanlış bir kanaate kapılıyor. Aslında 18650 pil, endüstriyel yeniden şarj edilebilir pil anlamına gelmektedir ve de pilin boyutlarını simgeler. 18650 pil; 18 mm'lik bir çapa ve 65 mm'lik bir boya sahiptir. Aslında 18650'deki 18 ve 65'in çap ve boyu simgelediğini rahatlıkla görebilirsiniz. Aklınıza sondaki "0" rakamının ne anlama geldiği sorusu gelebilir. 18650 Pil modelindeki 18 çapı, 65 boyu ve 0; pilin biçimini simgeler. 0, 18650 pil modelinin silindirik şeklinde bir pil olduğunu simgeler.

3.7 v

Anma gerilimi ya da Beyan Gerilimi adı da verilen bu parametre bataryanın kaç volt çıkış verdiğini belirtir. Bir başka değişle bataryanın tam şarjlı haldeyken (+) ve (-) uçlarındaki potansiyel farkın değeridir. Bataryaların çıkışı DC'dir.

6800mAh

Pilin kapasitesi , bir prlinin belki de en önemli ölçütü kapasitesidir. Batarya kapasitesi ne demektir diye bakacak olursak, şöyle bir misal verebiliriz: Örneğin bir bataryanın kapasitesi 6800mAh olarak beyan edilmiş. Bu şu demek; bu batarya 1 saat boyunca 6800mA akım verebilir.

Veri işleme kartı

Deney düzeneğinde, bilgisayar ve li-ion pil arasındaki verilerin işlenmesinde, görüntülenmesinde, saklanmasında ve analiz edilmesinde kullanılan Şekil 3.4'te verilen veri işleme kartıdır.

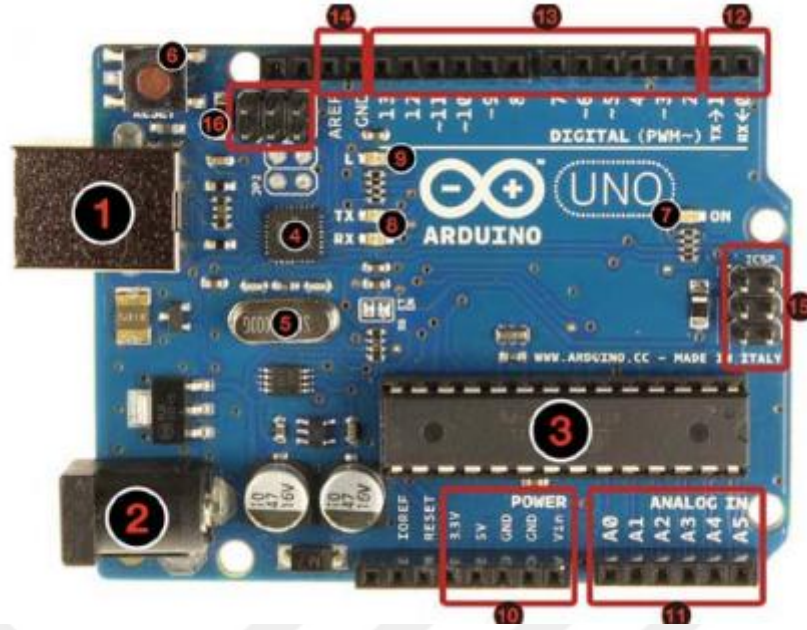
Arduino

Arduino, Atmel tarafından üretilen ve gelişmiş elektronik ve mikrodenetleyici bilgisi gerektirmeden çok çeşitli projelerde kullanılabilen AVR kontrol ünitesini içeren açık kaynaklı bir elektronik geliştirme platformudur. Arduino, farklı ihtiyaçları karşılamak için tasarlanmış çeşitli kartlara ve modüllere sahiptir.

Arduino Uno

Arduino Uno Atmel bir Atmega 328P mikrodenetleyici kartıdır.

14 dijital I / O on board (6 PWM (darbe genişliği modülasyonu), 6 analog giriş, 16 MHz osilatör, bir USB bağlantısı, bir DC güç girişi, bir ICSP bağlantı kafası ve flash belleğe sahip bir reset düğmesi içerir.



Şekil 3.4 : Veri toplama kartı.

Arduino Uno'nun temel bileşenleri

- 1 : USB jakı
- 2 : Power jakı (7-12 V DC)
- 3 : Mikrodenetleyici ATmega328
- 4 : Haberleşme çipi
- 5 : 16 MHz kristal
- 6 : Reset butonu
- 7 : Power ledi
- 8 : TX / NX ledleri
- 9 : Led
- 10 : Power pinleri
- 11 : Analog girişler
- 12 : TX / RX pinleri
- 13 : Dijital giriş / çıkış pinleri (yanında ~ işareti olan pinler PWM çıkışı olarak kullanılabilir.) PWM Pinler(3,5,6,9,10,11)
- 14 : Ground ve AREF pinleri
- 15 : ATmega328 için ICSP
- 16 : USB arayüzü için ICSP

Tablo 3.3 : Arduino Uno'nun özellikleri

Mikrodenetleyici	ATmega328
Çalışma Gerilimi	5V
Giriş Gerilimi (önerilen)	7-12V
Giriş Gerilimi (limit)	6-20V
Dijital G/Ç Pinleri	14 (6 tanesi PWM çıkışı)

Analog Giriş Pinleri	6
Flash Hafıza	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Saat Hızı	16 MHz
Uzunluk	68.6 mm
Genişlik	53.4 mm
Ağırlık	25 g

Güç : Arduino Uno, bilgisayarı bir USB kablosuna bağlayarak veya harici bir güç kaynağından çalıştırarak beslenebilir. Harici güç kaynağı bir pil olabilir.

Akım Sensör Modülü (Max471)

Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü ürünü akımı ve voltajı test etmek için kullanılır. Dirençli gerilim bölücü tasarım prensibine dayanan voltaj testi prensibi, kırmızı terminal konektör giriş voltajını 5 kat daha küçük hale getirebilir. 5V'a kadar Arduino analog giriş gerilimleri için, voltaj algılama modülü giriş voltajı $5V \times 5 = 25V$ 'den büyük değildir (3.3V sistemleri kullanılıyorsa, giriş voltajı $3.3V \times 5 = 16.5V$ 'den büyük değildir). Arduino AVR çipleri 10 bit AD'ye sahip olduğundan, bu modül 0,00489V ($5V / 1023$) çözünürlüğünü simüle eder, bu nedenle giriş voltajı algılama modülünün minimum voltajı $0.00489V \times 5 = 0.02445V$ 'dir. Kart üzerindeki Max471 entegresi yükün tüketilen akımını test etmek için kullanılır.



Şekil 3.5 : Voltaj ve Akım Sensör Modülü

Tablo 3.4 : Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü Teknik Özellikleri

Ölçülebilen gerilim aralığı	5V kullanılan Arduino kartları için : 3-25V DC 3.3V kullanılan Arduino kartları için : 3-16.5V DC
Ölçülebilen akım aralığı	0-3A DC

Li-ion Pil Şarj Devresi

1A LiPo Pil Şarj Devresi üzerinde bulunan TP4056 lineer şarj entegresi ile 4.2V - 3.6V arası çalışan 1S pilleri şarj etmek için tasarlanmıştır.

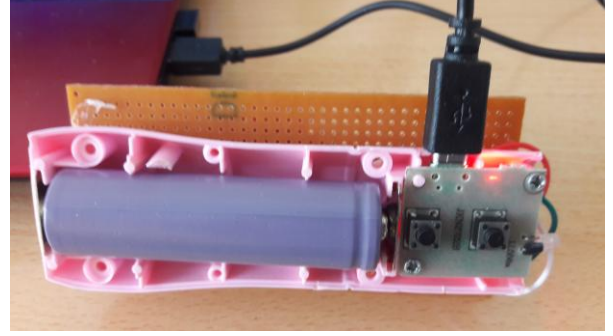
TLP4056, programlanabilir bir sonlandırma zamanlayıcılı, düşük maliyetli, tek hücreli, sabit akım-sabit voltajlı bir Li-Ion akü şarj cihazı kontrol cihazıdır. Birkaç harici bileşenle birleştirildiğinde, LTP4056, tek hücreli lityum-iyon piller için çok küçük bir bağımsız şarj cihazı oluşturur.

Şarj akımı ve şarj süresi, sırasıyla tek bir direnç ve kapasitörle harici olarak ayarlanır. LTP4056, $\pm\% 0,6$ doğru hassasiyette bir son şamandıra voltajına şarj olur. Manuel kapatma, TIMER / SHDN pininin topraklanması ile gerçekleştirilirken, giriş gücünü kesmek LTP4056 cihazını otomatik olarak uyku moduna geçirir. Hem kapatma hem de uyku modları bataryadan sıfıra yakın akıyor; kapatma modu, besleme akımını $40\mu A$ 'ya düşürür.

TLP4056 şarj aleti, üzerinde micro USB giriş bulunan ve lithium pilleri USB üzerinden şarj edebileceği oldukça kullanışlı, küçük boyutlu ve çok ekonomik bir üründür.

Ürün üzerinde micro USB konnektör bulunmaktadır. Bu bağlantı üzerinden mikro USB kablo ile güç girişi sağlanabilir veya kart üzerindeki IN+ ve IN- pinleri üzerinden herhangi bir 5V'luk kaynak ile besleme girişi yapılabilir.

Kartın alt kısmında yer alan BAT- ve BAT+ pinleri ise pil bağlantı noktasıdır. Bu bağlantı noktalarına 3,7V'luk bataryalar bağlanarak rahatlıkla şarj edilebilir.



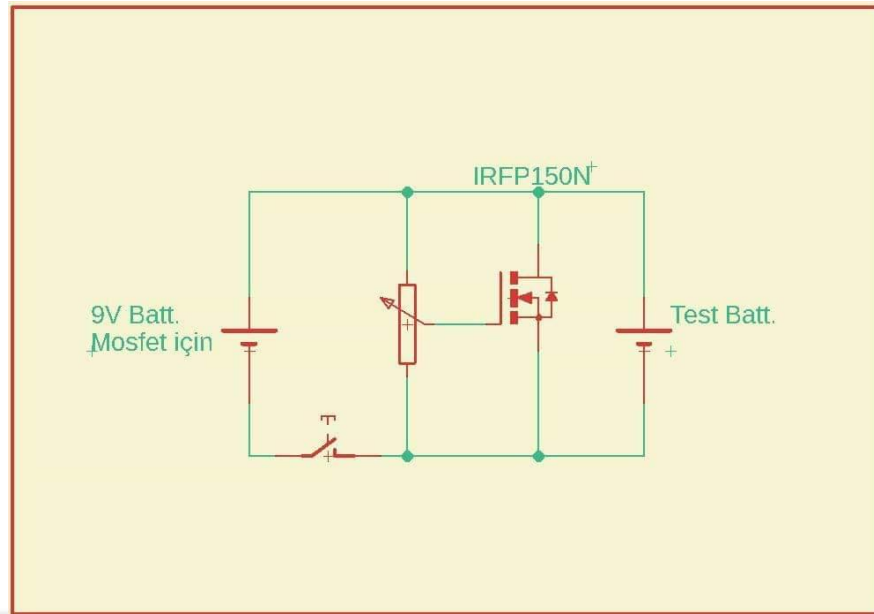
Şekil 3.6 : Li-ion Pil Şarj Devresi

Pil Şarj Devresinin Özellikleri

- Fazla şarj koruması
- Micro USB girişi
- Kırmızı ve Mavi LED göstergeler (Kırmızı şarj işleminin devam ettiğini, Mavi Şarj işleminin bittiğini belirtir)
- Değiştirilebilir akım değeri :1.2 A - 0.13 A
- Çıkış gerilimi : 2.9 V - 4.2 V (Pilin voltaj durumuna göre entegre tarafından akım ve voltaj ayarlanır)

Sabit akımlı yük:

İçinden üstündeki yükün gerilimi ne olursa olsun aynı akım geçen dinamik dirençtir. Böylece pilin sabit akımla boşalmasını sağlamış oluyoruz. Sistemde pil 1.5A ile boşalmasını sağladık. Paralel ve seri uygulamalarda da aynı akım seviyesi ile pili yüklemeyi hedefledik. Aynı akımla deşarj edildiğinde pillerin paralel yada seri bağlanmalarındaki performansını değerlendirdik.



Kullanılacak Programlar

- LabVIEW
- NI-VISA
- VI Package Manager
- MakerHub Toolbox
- Arduino

NI-VISA

Bu, daha sonra LabVIEW'e eklenecek olan GPIB, VXI, PXI, Seri, Ethernet veya USB arayüzlerinden oluşan programlama sistemleri için bir eklentidir.

Başka bir deyişle, kuracağımız Arduino kütüphanesiyle gelen fonksiyonları kullanmamıza izin verecek bir araçtır. Eklentiye kurduğumuzda, Arduino COM adresi LabVIEW'de görüntülenecektir, böylece Arduino ve LabVIEW ile iletişim kurabiliriz.

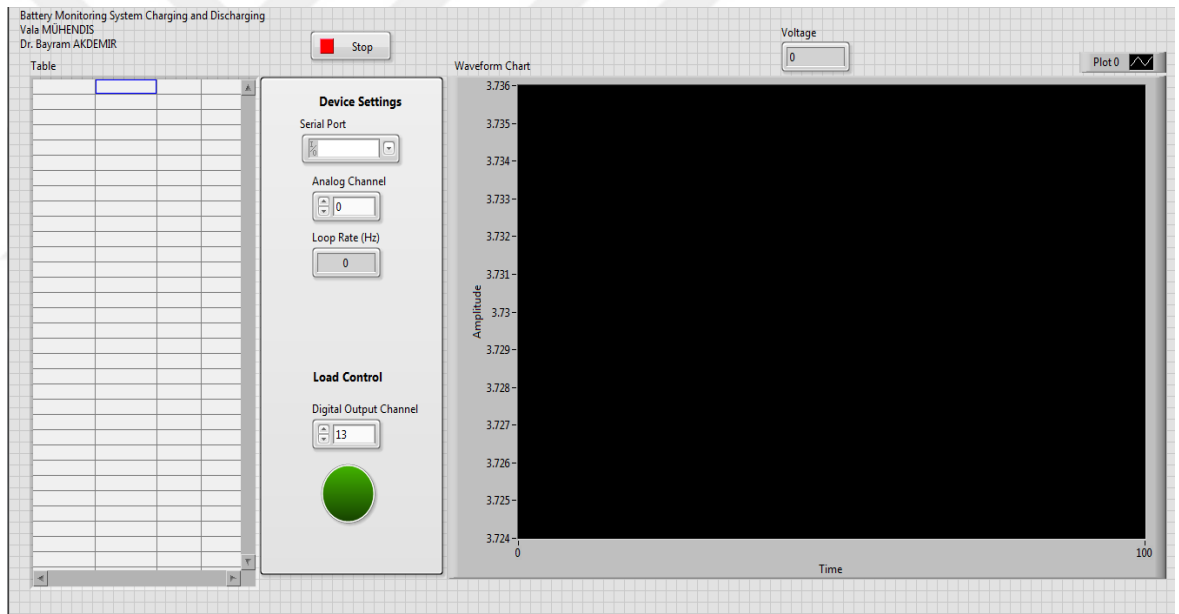
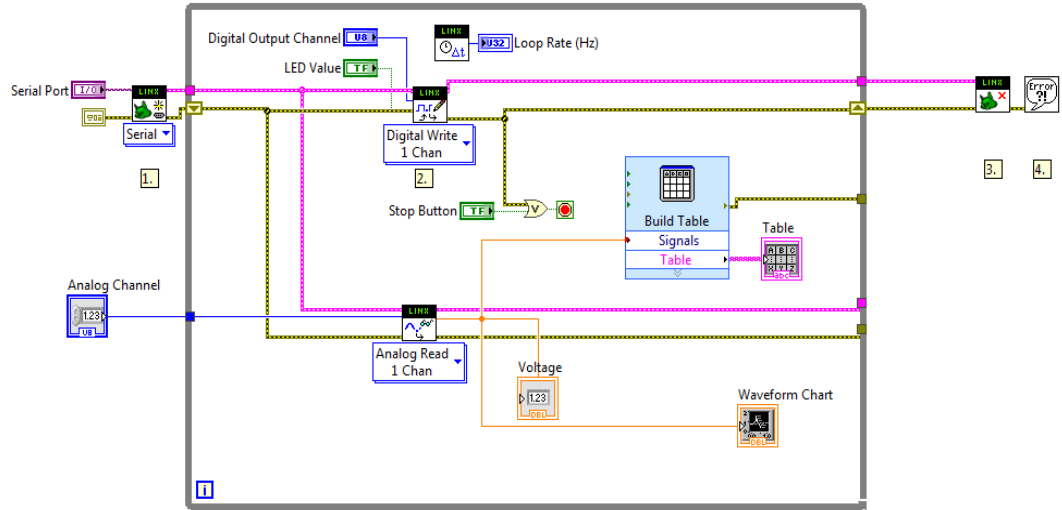
VI Package Manager

Paket Yöneticisi VI, LabVIEW kurulumuyla birlikte gelen paketlerden biridir. Paket Yöneticisi VI'yı kullanarak, Arduino programlama için gerekli özelliklerin listesini yüklüyoruz.

LabVIEW

LabVIEW, Laboratuvar Sanal Enstrüman Mühendisliği Tezgağı kısaltmasından gelen ve programlama ortamını tanımlayan bir isimdir. Bu programda, fonksiyonel noktaları verilerin içinden geçtiği hatların yardımı ile birleştirerek grafiksel bir gösterim programı oluşturulmuştur. LabVIEW bir programlama dilinden daha fazlasını vaat ediyor. LabVIEW uygulamaları Windows, Mac OSX veya Linux'ta çalışır. LabVIEW çok güçlü bir programlama dili kullanır ve birçok LabVIEW kullanıcılarına "G" adı verilir (Grafiksel). Geleneksel programlama dilleri kullanılarak haftalar veya aylar içerisinde yazılabilen programlar LabVIEW kullanılarak saatlerde tamamlanır. LabVIEW, verileri analiz etmek, ölçmek ve sonuçları kullanıcıya sunmak için özel olarak tasarlanmıştır. LabView ayrıca gelişmiş bir grafik kullanıcı arayüzüne sahiptir. LabVIEW, standart laboratuvar araçlarına göre daha fazla esneklik sağlar çünkü yazılıma dayanır.

LabVIEW kullanarak aşağıdaki grafik kullanıcı arayüzünü tasarlanmıştır.

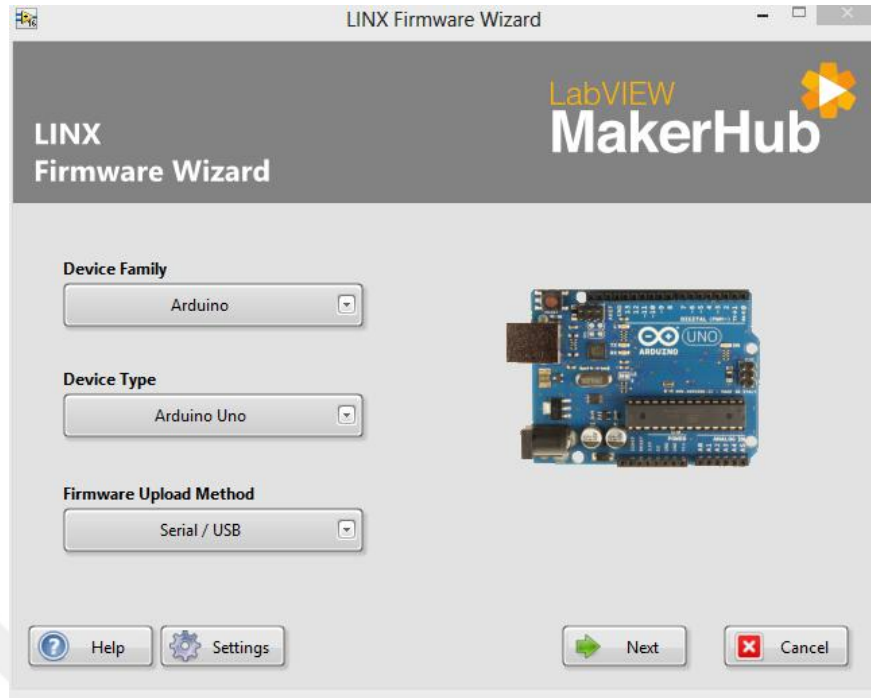


Şekil 3.7 : grafik kullanıcı arayüzünü

Yukardaki grafiksel kullanıcı arayüzü tasarlanmak için:

Aşağıda gösterilen pencereyi açmak için Araçlar> MakerHub> LINX> LINX Firmware Sihirbazı'na gidin. Bu pencerede, programlamada kullanmak için Arduino

modelini seçiyoruz. Seçimlerden sonra “Next” demeye devam ediyoruz.



Programdaki fonksiyonlar

While döngüsü, Bu, metin tabanlı programlama dillerinde bir süre döngüsüne benzer. Koşul karşılandığında döngü sona erer. Kontrol ucunun yapısı for döngüsü ile aynıdır. Biri çıkış isteğine göre doğru veya yanlış olarak seçilir.



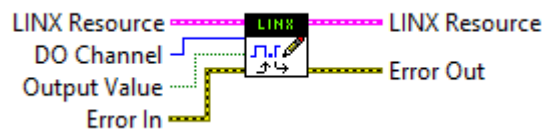
Open Fonksiyonu, İletişimi ilk olarak başlatmaktadır, Bu alanda her program değişik açma pozisyonları ile başlaması gerekmektedir.



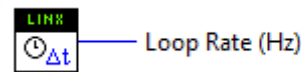
Close Fonksiyonu, programa ilişkin sonu takip etmekte ve her program mutlaka Close fonksiyonları ile sonlanması gerekmektedir.



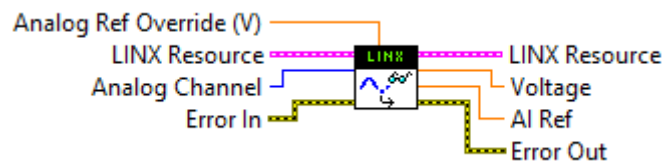
Digital Write Fonksiyonu, Bu, Arduino'da kullanılacak sayısal girişin adresini belirlememizi sağlar. Çıkış değerinin girilmesi bağlı veya iletilen değer tarafından etkinleştirilir.



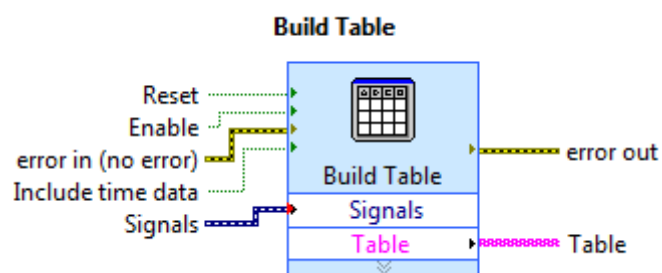
Loop Frequency Fonksiyon alanına ilişkin HZ alanını açık şekilde görebilmektedir.



Analog Read fonksiyonu, seçilen analog giriş kanalının değerini okuyabilmektedir.



Build Table fonksiyonu, Bir sinyali veya sinyalleri bir veri tablosuna dönüştürür.



Arduino

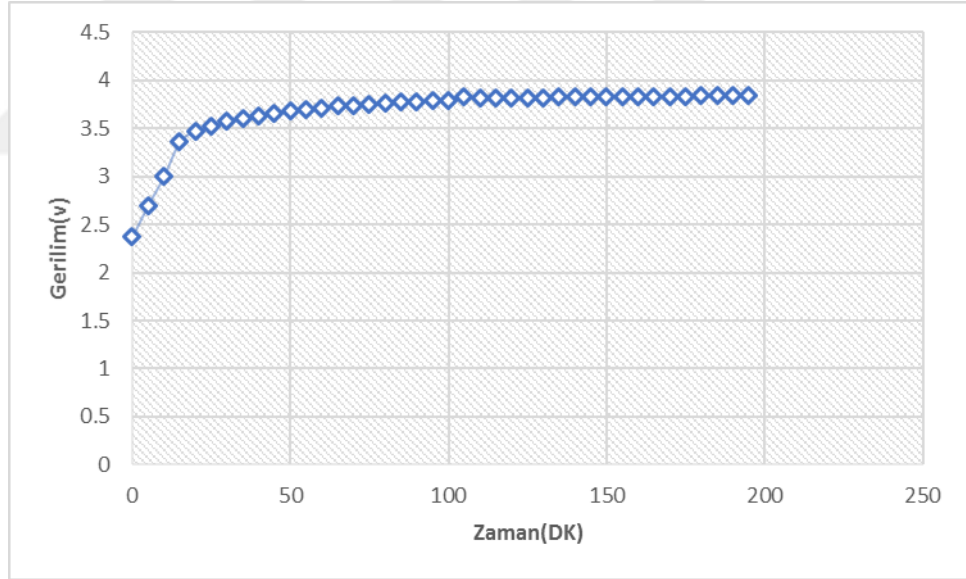
Arduino programı gerilim analiz emek için Ek 1, akım ise Ek 2 olarak eklenmiştir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

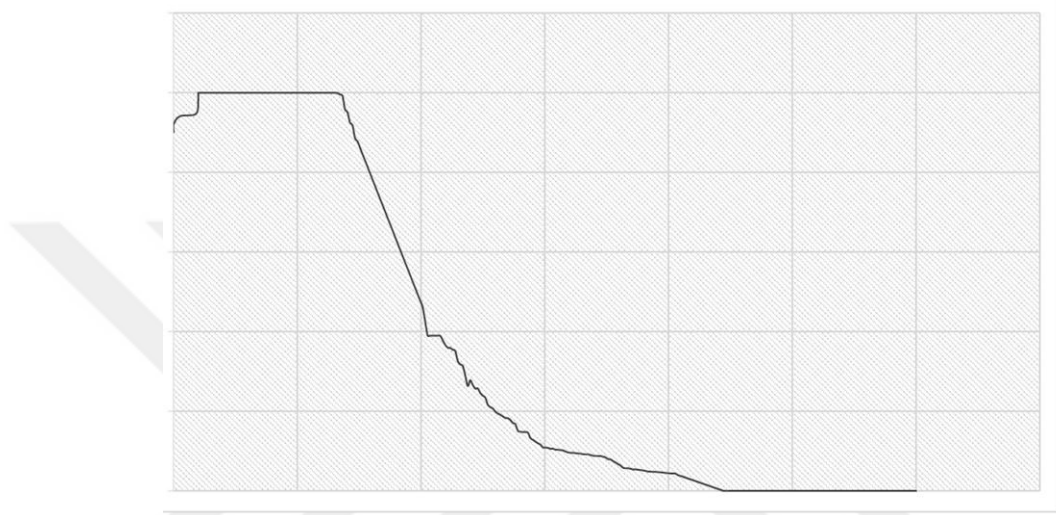
Akü şarj-deşarj diyagramları, bilgisayara alınan batarya gerilim değeri Labview kullanarak elde edilmiştir.

Şekil 4.1’de , oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre VOC değişimini gösterir. Aküyü şarj etmeden önce, VOC voltajı 2.5V olarak ölçüldü. Pilin tam şarj süresi yaklaşık 2-3 saattir. Şarj işlemi tamamlandığında VOC gerilimi 4.2 V ölçülmüştür. Başlangıçta şarj voltajındaki değişim seviyesinin, şarjın ilk 25 dakikasında çok yüksek olmasına rağmen, şarj eğrisi, şarj oranının arttığı bir noktaya ulaştığında, voltaj eğrisindeki değişimin değerinin şarjın ikinci aşamasında azaldığı ve bu değer azaldığı belirtildi. Yani doluluk oranı arttıkça, voltaj eğrisindeki değişimin azaldığı ve bu şekilde değiştiği not edilmiştir. Şarj sona erdiğinde, pil voltajı düşmeye başlar. Zamanla, açık devre voltajı 3,70V ile 4.0V / hücre arasında bir değere yerleşecektir.



Şekil 4.1 : Oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre VOC değişimini.

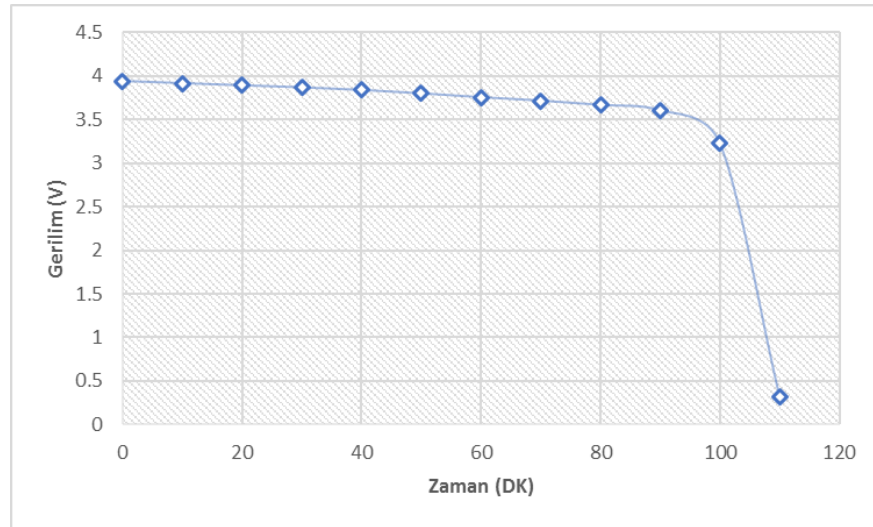
Şekil 4.2’de , oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre akım değişimini gösterir. Şarj eğrisinin birinci aşamasında, aküdeki voltaj istenen eşiğe ulaşınca kadar akım sabit kalır. Akü voltaj eşiğine ulaştığında ve akım nominal akımın yüzde 3'üne düştüğünde tam şarj gerçekleşir. Akım seviyeleri düşükse ve daha fazla azaltılamazsa, pil tam olarak şarj olmuş olur. Şarj işlemi sırasında bataryanın sıcaklığını koruduğu belirtilir. Bazan, tam şarj olduğunda, yaklaşık 5 ° C sıcaklık artışı yaşayabilir.



Şekil 4.2 : Oda sıcaklığında pil şarj edilirken zamana göre akım değişimini.

Şekil 4.3’te , oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla VOC değişimini gösterir. Pili boşaltmadan önce VOC gerilimi 4 V ölçülmüştür. Pilin tam boşalma süresi yaklaşık 2-3 saattir. Pilin % 100 deşarj olmayacağına ve belirli bir noktada pilinin zarar görmemesi için deşarjın duracağına dikkat edilmiştir. Pil dinleme süresi bittikten sonra pil voltajı 2 V değerinde dengelenir. Boşalma sırasında pilinin sıcaklık artışı kaydedilmiştir.

Boşalma voltajındaki değişimin büyüklüğü başlangıçta küçük olmasına rağmen (Aşama 1), voltaj belirli bir eşiğe (3V) ulaştığında, şarj oranının azalmaya başladığı eşiğin boşalma voltajındaki değişimin büyüklüğünün hızla artmaya başladığı bulundu.



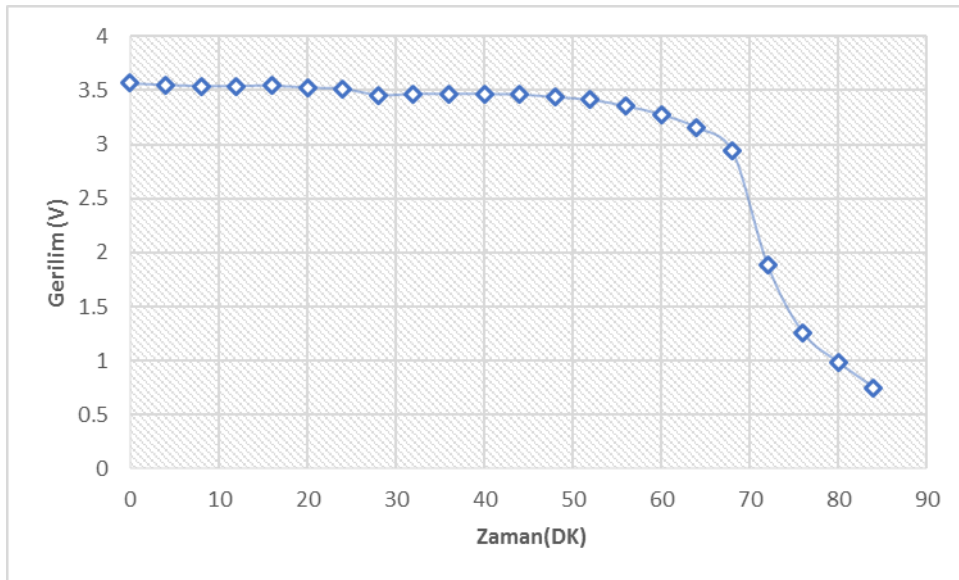
Şekil 4.3: Oda sıcaklığında pil boşaldığında zamanla VOC değişimini.

Hücre performansı sıcaklıkla birlikte değişebilir.

Batarya oda sıcaklığında boşalırken mükemmel performans sağlayabilir. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken, batarya performansı oda sıcaklığında % 75'i geçemez.

Batarya performansı düşük sıcaklıklarda daha da azalır ve oda sıcaklığında performansının % 50'sine ulaşır. Bu durumda, batarya düşük deşarj oranında çalışır.

Şekil 4.4'te , 40° de batarya boşaldığında zamanla VOC değişimini gösterir.



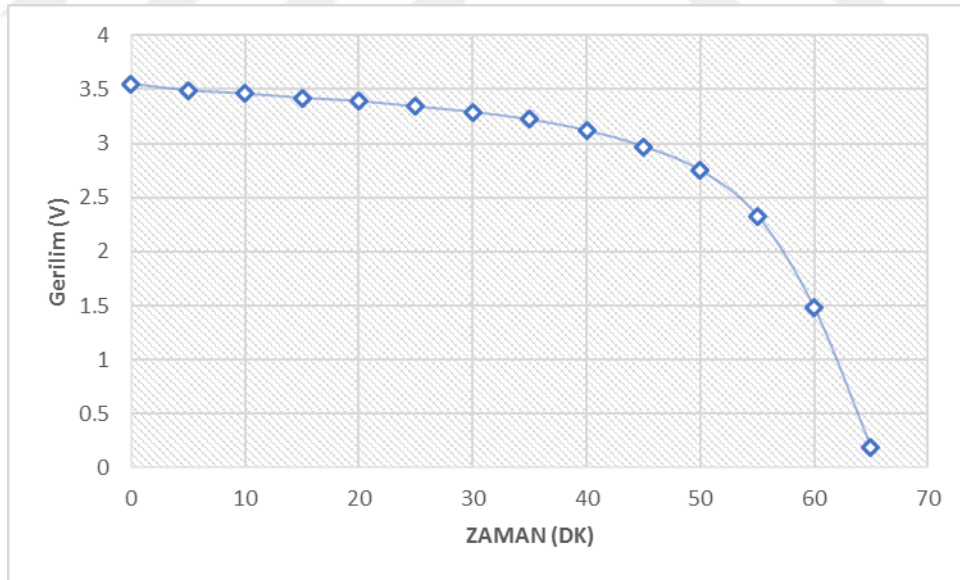
Şekil 4.4 : 50° 'de pil boşaldığında zamanla VOC değişimini.

Çok yüksek sıcaklıklarda batarya zarar görmesine neden olur, bu da ömürlerini ciddi şekilde etkiler.

Piller kusurlu bir şekilde üretildiğinde veya yanlış kullanıldığında termal kaçış olabilir. Termal kaçış genellikle yüksek sıcaklıklarda meydana gelir, burada yüksek sıcaklık pillerde ekzotermik reaksiyonlara neden olur. Bu reaksiyonlar daha fazla ısı yayar ve bu da bataryalardaki sıcaklığı artırır. Kontrolsüz ısı üretimi, bataryaların bu termal dayanıklılığını aştığında, yangın ve patlama meydana gelir.



Düşük sıcaklıklarda, lityum piller kapasitenin düşmesinden muzdariptir. Şekil 4.5'te , çalışma sıcaklığı azaldıkça Lityum İyon pillerin performansının nasıl kötüleştiğini göstermektedir.



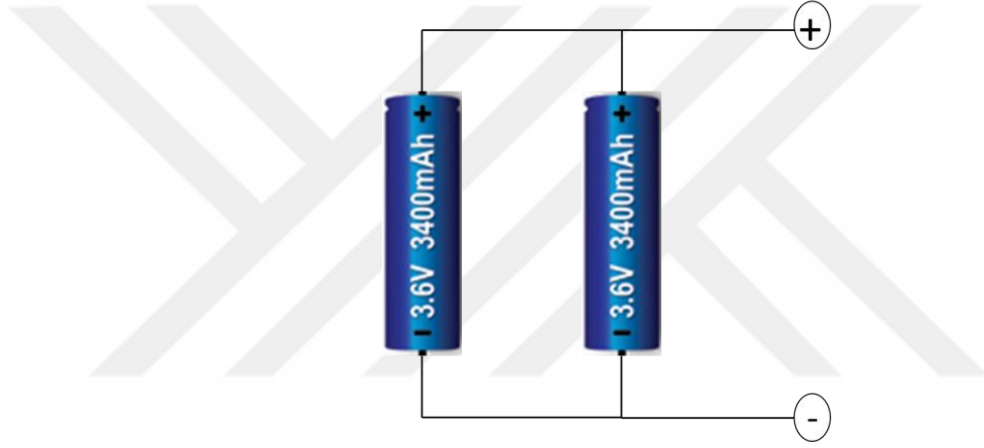
Şekil 4.5 : -15° 'de pil boşaldığında zamanla VOC değişimini.

Paralel ve Seri bağlantısı

Paralel bağlantısı

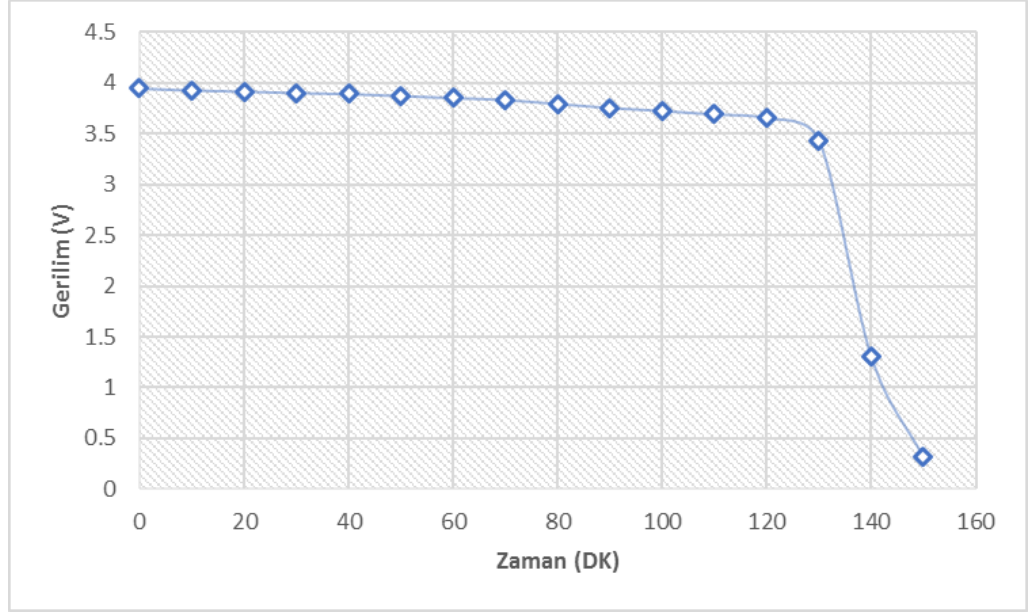
Daha yüksek akımlara ihtiyaç duyulursa ve daha büyük hücreler mevcut değilse, bir veya daha fazla hücre paralel olarak bağlanabilir. Çoğu akü kimyası, minimum yan etkiye sahip paralel konfigürasyonlara izin verir. Şekil 4.6'da paralel bağlanmış iki hücreyi göstermektedir. Gösterilen pilin nominal voltajı 3,60 voltta kalır, ancak kapasite (Ah) ve çalışma süresi iki kat daha yüksektir.

Şekil 4.6'da gösterildiği gibi, birinci pilin pozitif kutbu, ikinci pilin pozitif kutbuna ve birincinin negatif kutbuna, ikincinin negatif kutbuna bağlanır.



Şekil 4.6 : iki pil paralel bağlantısı

Paralel olarak bağlandığında, ayrı ayrı bir bataryanın voltajını korurken batarya kapasitesi (amp saat) iki katına çıkar , ve bu daha iyi performans ve daha uzun süre sağlar .



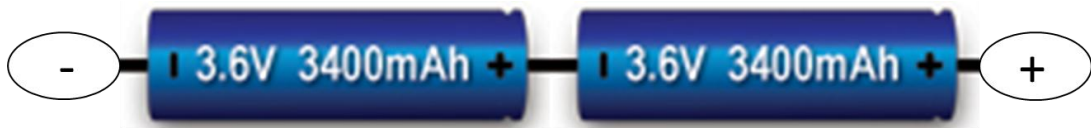
Şekil 4.7 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla 2pil paralel geriliminin değişimini.

Seri bağalantısı

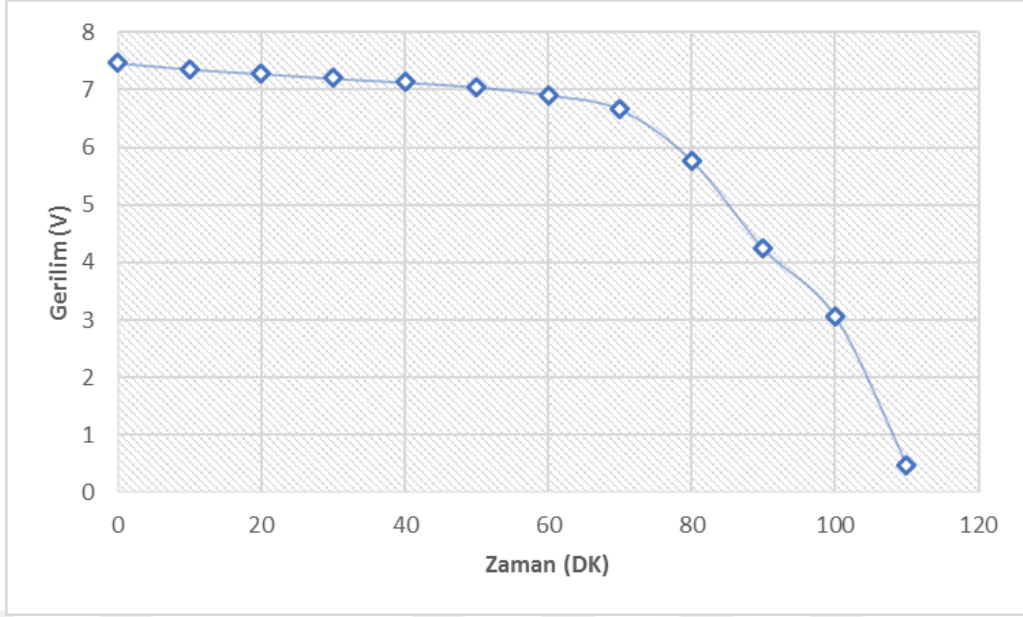
Yüksek voltaj gerektiren cihazlar, seri bağlı iki veya daha fazla hücreli pil takımlarını kullanır. Aküden gelen voltaj, cihazda gereken voltajdan daha yüksek olmalıdır .

Şekil 4,8’de gösterildiği gibi seri bağlantıdaki, birinci bataryanın artı kutbu, ikinci bataryanın eksi kutbuna bağlanır.

Şekil 4.8’de, nominal olarak 7.2 volt ürettiği bilinen zincirde iki adet 3.6 volt hücreli bir pil takımını göstermektedir.



Şekil 4.8 : iki pil seri bağalantısı.



Şekil 4.9 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zamanla 2pil seri geriliminin değişimini.

Aynı akü tipinin eşit voltaj ve kapasitede (Ah) kullanılması önemlidir. Zayıf bir hücre dengesizliğe neden olabilir. Bu, zincir konfigürasyonunda özellikle önemlidir, çünkü akü, zincirdeki en zayıf halka kadar güçlüdür.

Zayıf bir hücre gerilimi etkilemeyecek ancak düşük kapasite nedeniyle düşük çalışma süresi sunar. Azaltılmış hücre aşırı ısıya neden olabilir ve yangın tehlikesi oluşturabilir.

Pilin İç Direnci :

İç Direnç, bir nesnenin iletkenen geçen elektronların akışını engelleme yeteneği olarak tanımlanabilir. Dirençler, karbon veya plastik gibi yalıtkanlardan, içinden elektronların akışını yasaklayan malzemelerden yapılmıştır. Bu yetenek kendi yapısına yatarılır.

Bir batarya, birbirine bağlanan iki kuyucuğa benzemektedir, burada bir oyuktaki elektron hacmi diğerinden daha büyüktür. Bağlandığında, bir dürtme, doğal olarak, hacimleri eşitleninceye kadar ikinci kuyucuktaki fazla elektronları ilk kuyuya itecektir.

Bununla birlikte, bazı nedenlerden dolayı, bu devir teslim mutlak bir sadakat elde etmemektedir; Her elektron diğer tarafa göç etmez. Bu işlem sırasında bir miktar elektrik enerjisi kayboluyor gibi görünüyor. Gerçek pillerde, bu kaybedilen enerji pilin sıcaklığındaki artışa çevrilir.

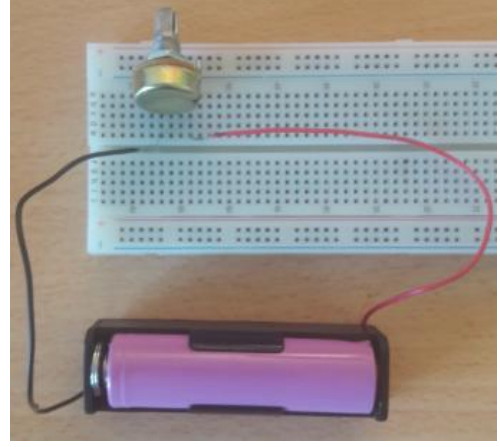
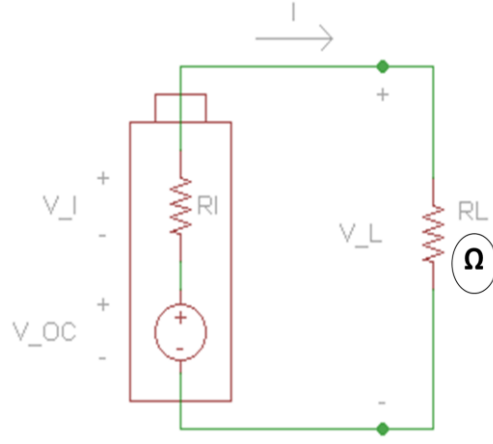
Bu iç ısıtma elemanı, bir akım dalgalanması içinden geçtiğinde, ısı biçiminde gücü yayan geleneksel bir direnç gibi davranır. Bu elemente bataryanın iç direnci diyoruz.

Btaryalar sıfır olmayan dirençlere sahip malzemelerden üretilir. Bir bileşenin iç direnci yapısal kusurlardan veya düzensizliklerden kaynaklanır. Tüm bileşenlerin görünüşte anlaşılabilir dirençleri, sonlu, algılanabilir bir büyüklüğün toplam direncini arttırmaktadır.

Hiçbir kristal yapı mükemmel değildir. Bir metal bile, kirlilikler veya rastgele ısınma nedeniyle bir iletkenin kütleindeki elektronların çarpışması gibi çeşitli faktörler nedeniyle bir miktar dirence sahiptir. Bir gerçek pilin saf bir voltaj kaynağı olmadığı sonucuna varılabilir.

Bu kaçınılmaz engeli hesaba katmak için, bir voltaj kaynağı, küçük bir iç direnci olan serideki bir voltaj series ile temsil edilir.

Bu voltaj resmen elektromotor kuvveti olarak bilinir. Elektronları harekete geçiren kuvveti sağlar. Bu devreyi tamamlamak için seri halinde bir yük olan harici bir direnç RL 'yi bağlarsak, Ohm kanununa göre şunları buluruz:



$$V_I = V_{OC} - V_L \quad (4.1)$$

$$V_L = I * R_L \quad (4.2)$$

$$I = \frac{V_L}{R_L} \quad (4.3)$$

$$V_I = I * R_I \quad (4.4)$$

$$R_I = \frac{V_I}{I} \quad (4.5)$$

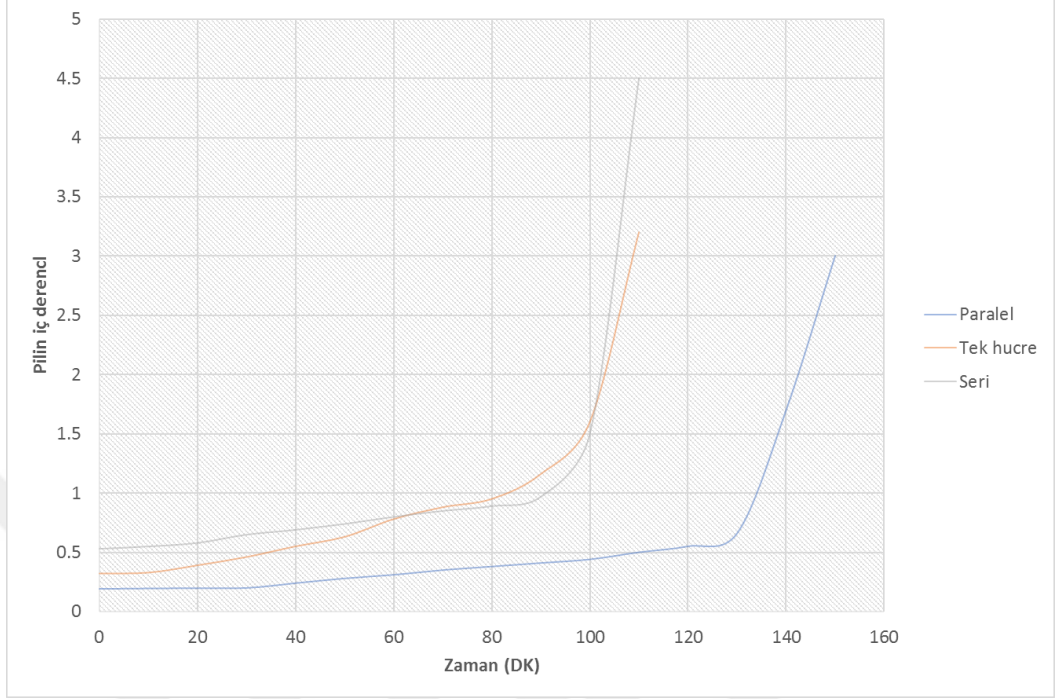
$$R_I = \frac{V_I}{V_L / R_L} = \frac{V_I * R_L}{V_L} = \frac{(V_{OC} - V_L) * R_L}{V_L} \quad (4.6)$$

İç direncin varlığı hiçbir voltaj kaynağının mükemmel olmadığını göstermektedir. Diğer bir deyişle, elektrik güçlerini harici bir devreye aktarırken, pillerin tam olarak verimli olmadığı anlamında mükemmel değildirler. Ne kadar küçük olursa olsun, kesirli miktarda bir güç her zaman harcanacak ve böylece bu dirençte boşa harcanacaktır.

Bir akünün acil ihtiyaçlarından biri, düşük iç dirençtir. Milimetrik olarak ölçülen iç direnç, çalışma süresini büyük ölçüde belirleyen kapı bekçisidir. Direnç ne kadar düşük olursa, pilin gerekli güç artışlarını sağlamada karşılaştığı kısıtlamalar o kadar az olur.

Şekil 4.10'da akü boşaldıkça zaman içindeki direnç değişimini gösterir. Sonuçlar, batarya oda sıcaklığında çalışırken, batarya dolduğunda direnç değerinin en

düşük değerde olduğunu ve bataryadaki voltajın (şarj miktarı) değerini düşürerek direnç değerinin arttığını göstermiştir.



Şekil 4.10 : Oda sıcaklığında batarya boşaldığında zaman zaman içindeki direnç değişimini.

İki batarya paralel bağlandığında, çalışma süresinin bir hücre veya iki batarya seri bağlandığından daha fazla olduğunu fark ettik. Aynı zamanda iki pilin paralel bağlantısı en düşük iç direnç değerine sahiptir. Direncin en büyük değeri seri bağlantı durumundaydı. Bataryadaki voltaj azaldıkça direnç değeri artar ve direnç değeri arttıkça batarya sıcaklığı yavaş yavaş artar. Bu yüzden seri bağlantı durumunda en yüksek sıcaklık değerini gözlemlendi.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında elektrikli araçlarda yaygın kullanılan lityum iyon pilin enerji depolama ayrıntılarında incelenmiştir.

Gerçekleştirilen deneylerin sonuçları, gerilim ve akım veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayar ortamına alınmıştır. Farklı sıcaklıklarda şarjı ve deşarj değerleri için grafik sonuçları Labview'de sunulmuştur.

Bu çalışmada batarya sabit akım ve gerilim ile şarj/deşarj deneyleri yapılmıştır. Şarj akımını artırmak, tam şarj durumunu çok fazla hızlandırmaz. Pil voltajı tepe noktasına daha hızlı ulaşmasına rağmen, doygunluk şarjı buna göre daha uzun sürer.

Li-ion aşırı şarjı almamalı .Tamamen şarj olduğunda, şarj akımı kesilmelidir. Sürekli bir damlama şarjı güvenliği tehlikeye atar. Tam olarak şarj edilmiş bir bataryaya giren elektrik enerjisi, ısının yükselmesine ve istenmeyen kimyasal olmayan reaksiyonlara neden olur. Bataryanın üst sınırın üzerinde şarj edilmesi, bataryaya zarar verebilecek geri dönüşümsüz kimyasal reaksiyonlara neden olur. Batarya patlayabilir ve tehlikeli kimyasalları serbest bırakarak yangına neden olabilir.

Lityum piller işlemi sırasında orta sıcaklıkta kalmalıdır. Pilinin sıcaklığı arttıkça, kimyasal reaksiyonlar hızlanacaktır. Yüksek sıcaklıklar performansı artırırken istenmeyen kimyasal reaksiyonlar pil ömrünü kısaltır.

Raf ömrü ve şarjın tutulması, kendi kendine boşalma hızına bağlıdır ve kendi kendine boşalma, bataryadaki istenmeyen kimyasal reaksiyonların sonucudur. Sonuç olarak, sıcaklık hem raf ömrünü hem de çevrim ömrünü etkiler.

Taşınabilir cihazlar şarj olurken kapatılmalıdır. Bu, akünün sorunsuz bir şekilde elektrik voltajına ulaşmasına neden olur ve şarj düşük akımla durmasına sebep olur. Parazit yükü akü voltajını taşır, şarj cihazını geciktirir ve doygunluk aşamasında akımın düşmesini önler. Batarya tam olarak şarj olmasına rağmen, şarj olmaya devam edecektir. Bu, pilde gereksiz yere zorlanmalara neden olur ve bir güvenlik açığı oluşturur.

Lityum-iyon piller hiçbir zaman tamamen boşalmamalıdır ve bunun önlenmesi için birçok koruma vardır. Gerilim 3,0 volta düştüğünde, cihaz akımı keser ve boşalmayı durdurur. Gerilim 2,70 volt veya altına düşerse, pil devresi pili uyku moduna geçirir. Bu, pili devre dışı bırakır ve çoğu şarj cihazı bu durumda pili şarj edemez. Pili önerilen düşük voltaj sınırının altına deşarj etmek, aktif kimyasal maddeler arasında istenmeyen reaksiyonlara neden olabilir ve kalıcı hasara neden olabilir. Bunu önlemek için, uzun süre kullanılmayacak piller kısmen şarj edilmeli ve saklanmalıdır.

Batarya ömrü aynı zamanda çalışma faaliyetlerine de bağlıdır ve çoğu zaman boşalmaya zorlanan batarya ömrü kısalmır.

Pil ömrünü uzatmak için, bataryanın aşırı şarj ve deşarj olmasını önleyerek, normal sıcaklıklarda ve güvenli bir çalışma alanında kullanılmalıdır. Bir batarya bu limitler dahilinde kullanıldığında verimliliği artar ve doğru akımla şarj / deşarj olduğunda batarya hızla şarj ve deşarj olur.

KAYNAKLAR

- Aydın, M., Esat, B., Kılıç, Ç., Köse, M., Ata, A. ve Yılmaz, F., 2011, A polythiophene derivative bearing TEMPO as a cathode material for rechargeable batteries, *European Polymer Journal*, 47 (12), 2283-2294.
- Bae, K.-c., Choi, S.-C., Kim, J.-H., Won, C.-Y. ve Jung, Y.-c., 2014, LiFePO₄ dynamic battery modeling for battery simulator, *2014 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 354-358.
- Bergveld H J, Kruijt W S and Notten P H L, 2002, Battery Management Systems, Design by Modelling Philips Research Book Series.
- BİÇER, E., 2012, LİTYUM İYON PİLLERDE YENİ ORGANİK POLİMERLER.
- Chan, C. C., 2012, The rise & fall of electric vehicles in 1828–1930: Lessons learned [scanning our past], *Proceedings of the IEEE*, 101 (1), 206-212.
- Cheng-Hui, C., Dong, D., Zhi, Y., 2002, “Artificial Neural Network in Estimation of Battery State-of-Charge (SoC) with Non-Conventional Input Variables Selected by Correlation Analysis.” *Proceedings of International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, s:1619–1625.
- Chen, Z., Xia, B., You, C. ve Mi, C. C., 2015, A novel energy management method for series plug-in hybrid electric vehicles, *Applied energy*, 145, 172-179.
- Dell, R., Rand, D. A. J., Connor, P. ve Bailey Jr, R., 2001, Understanding batteries, Royal Society of Chemistry, p.
- DENİZLİ, F., 2011, LİTYUM İYON PİLLERİ İÇİN ELEKTRON DEMETİ İLE FİZİKSEL BUHAR BİRİKTİRME (EBPVD) YÖNTEMİ KULLANILARAK İNCE FİLM ANOT MALZEMESİ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU.
- Dubarry, M., Bonnet, M., Dailliez, B., Teeters, A. ve Liaw, B. Y., 2005, Analysis of electric vehicle usage of a Hyundai Santa Fe fleet in Hawaii, *Journal of Asian Electric Vehicles*, 3 (1), 657-663.
- Farmann, A. ve Sauer, D. U., 2016, A comprehensive review of on-board State-of-Available-Power prediction techniques for lithium-ion batteries in electric vehicles, *Journal of power sources*, 329, 123-137.
- Fotouhi, A., Auger, D. J., Propp, K., Longo, S. ve Wild, M., 2016, A review on electric vehicle battery modelling: From Lithium-ion toward Lithium–Sulphur, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1008-1021.

- Grahn, M., Anderson, J., Wallington, T. ve Williander, M., 2009, The role of ICEVs, HEVs, PHEVs, BEVs and FCVs in achieving stringent CO2 targets: results from global energy systems modeling, *World Electric Vehicle Journal*, 3 (3), 519-530.
- Jansen, A., Amine, K. ve Henriksen, G., 2004, Low-cost flexible packaging for high-power Li-Ion HEV batteries, *Argonne National Lab., Argonne, IL (US)*.
- Jongerden, M. R. ve Haverkort, B. R., 2009, Which battery model to use?, *IET software*, 3 (6), 445-457.
- Karner, D. ve Francfort, J., 2007, Hybrid and plug-in hybrid electric vehicle performance testing by the US Department of Energy Advanced Vehicle Testing Activity, *Journal of power sources*, 174 (1), 69-75.
- Katiyar, R. K., Singhal, R., Asmar, K., Valentin, R. ve Katiyar, R. S., 2009, High voltage spinel cathode materials for high energy density and high rate capability Li ion rechargeable batteries, *Journal of power sources*, 194 (1), 526-530.
- Krintz, C., Wen, Y. ve Wolski, R., 2004, Application-level prediction of battery dissipation, *Proceedings of the 2004 international symposium on Low power electronics and design*, 224-229.
- Kurzweil, P., 2010, Gaston Planté and his invention of the lead–acid battery—The genesis of the first practical rechargeable battery, *Journal of power sources*, 195 (14), 4424-4434.
- Lagraoui, M., Doubabi, S. ve Rachid, A., 2014, SoC estimation of lithium-ion battery using kalman filter and luenberger observer: A comparative study, *2014 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 636-641.
- Limthongkul, P., 2002, Phase transformations and microstructural design of lithiated metal anodes for lithium-ion rechargeable batteries, *Massachusetts Institute of Technology*.
- Lin, C., Zhang, X., Xiong, R. ve Zhou, F., 2014, A novel approach to state of charge estimation using extended kalman filtering for lithium-ion batteries in electric vehicles, *2014 IEEE Conference and Expo Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)*, 1-6.
- Linden, D., 1995, Handbook of batteries, Fuel and Energy Abstracts, 265.
- Lin, S.-L., Huang, K.-L., Wang, I.-C., Chou, I.-C., Kuo, Y.-M., Hung, C.-H. ve Lin, C., 2016, Characterization of spent nickel–metal hydride batteries and a preliminary economic evaluation of the recovery processes, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66 (3), 296-306.

- MURATOĞLU, Y., OCAK 2017, ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN LİTYUM İYON PİLLERİN ŞARJ DURUMLARININ KOKUSUZ KALMAN FİLTRESİ İLE KESTİRİLMESİ.
- Nazri, G.-A. ve Pistoia, G., 2008, Lithium batteries: science and technology, Springer Science & Business Media, p.
- Nugroho, A., Rijanto, E., Wijaya, F. D. ve Nugroho, P., 2015, Battery state of charge estimation by using a combination of coulomb counting and dynamic model with adjusted gain, *2015 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA)*, 54-58.
- Pastor-Fernández, C., Bruen, T., Widanage, W., Gama-Valdez, M. ve Marco, J., 2016, A study of cell-to-cell interactions and degradation in parallel strings: implications for the battery management system, *Journal of power sources*, 329, 574-585.
- Plett, G. L., 2004, "Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs Part 3. State and parameter estimation." *Journal of Power Sources*, Cilt:134, s:277-292.
- Pop, V., Bergveld, H. J., Danilov, D., Regtien, P. P. ve Notten, P. H., 2008, Battery management systems: Accurate state-of-charge indication for battery-powered applications, Springer Science & Business Media, p.
- Rahman, M. A., Anwar, S. ve Izadian, A., 2016, Electrochemical model parameter identification of a lithium-ion battery using particle swarm optimization method, *Journal of power sources*, 307, 86-97.
- Rong, P. ve Pedram, M., 2006, An analytical model for predicting the remaining battery capacity of lithium-ion batteries, *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 14 (5), 441-451.
- Rydh, C. J. ve Svärd, B., 2003, Impact on global metal flows arising from the use of portable rechargeable batteries, *Science of the Total Environment*, 302 (1-3), 167-184.
- Santhanagopalan, S. ve White, R. E., 2010, State of charge estimation using an unscented filter for high power lithium ion cells, *International Journal of Energy Research*, 34 (2), 152-163.
- Saw, L., Ye, Y. ve Tay, A., 2014, Electro-thermal analysis and integration issues of lithium ion battery for electric vehicles, *Applied energy*, 131, 97-107.
- Sayin, A. A. ve Yüksel, İ., 2011, ELEKTRİKLİ RENAULT FLUENCE ARACI, LİTYUM-İYON BATARYASININ MODELLENMESİ VE BATARYA YÖNETİMİ, *Engineer & the Machinery Magazine* (615).
- Scrosati, B. ve Garche, J., 2010, Lithium batteries: Status, prospects and future, *Journal of power sources*, 195 (9), 2419-2430.

- Svens, P., 2014, Methods for Testing and Analyzing Lithium-Ion Battery Cells Intended for Heavy-Duty Hybrid Electric Vehicles, *KTH Royal Institute of Technology*.
- Tuncay, N. ve Üstün, Ö., 2012, Elektrikli araçlarda geçmişten geleceğe bakış, *MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu Raporu, İstanbul, Haziran*.
- USABC, D., 1996, National Laboratories: Electric Vehicle Battery Test Procedures Manual Rev 2. 1996.
- Vetter, J., Novák, P., Wagner, M. R., Veit, C., Möller, K.-C., Besenhard, J., Winter, M., Wohlfahrt-Mehrens, M., Vogler, C. ve Hammouche, A., 2005, Ageing mechanisms in lithium-ion batteries, *Journal of power sources*, 147 (1-2), 269-281.
- Vincent, C. A. ve Scrosati, B., 1997, v knize: *Modern Batteries, An Introduction to Electrochemical Power Sources*, druhé vydání, kapitola 3, Butterworth-Heinemann, Burlington.
- Whittingham, M. S., 1976, Electrical energy storage and intercalation chemistry, *Science*, 192 (4244), 1126-1127.
- Yong, J. Y., Ramachandaramurthy, V. K., Tan, K. M. ve Mithulananthan, N., 2015, A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 365-385.
- Zhong, C., 2010, Development of new electrode materials for lithium ion batteries.

<https://www.bisikletforum.com/konu/lityum-ion-pillerin-sarj-edilmesi.117948/>

<https://dergipark.org.tr/download/article-file/555150>

EKLER

EK-1

```

// Standart kütüphane dosyaları . Bunlar her zaman dahil edilmelidir.
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Servo.h>
#include "LabVIEWInterface.h"

void setup()
{
  syncLV();          “ Seri Bağlantı Noktasını Baud Hızıyla Başlatır ”
}

void loop()
{
  checkForCommand(); “ LabVIEW’den Bilgileri alıp ve işlenir ”

  if(acqMode==1)
  {
    sampleContinuously();
  }
}

// LabVIEW ile senkronize olur ve kart hakkında bilgi gönderir.
void syncLV()
{
  Serial.begin(DEFAULTBAUDRATE);
  i2cReadTimeouts = 0;
  spiBytesSent = 0;
  spiBytesToSend = 0;
  Serial.flush();
}

```

```
}  
// LabVIEW'dan yeni bilgileri kontrol eder ve varsa bunları işler.  
int checkForCommand(void)  
{  
#ifdef STEPPER_SUPPORT  
    for (int i=0; i<8; i++){  
        steppers[i].run();  
    }  
#endif  
  
    int bufferBytes = Serial.available();  
  
    if(bufferBytes >= COMMANDLENGTH)  
    {  
  
        for(int i=0; i<COMMANDLENGTH; i++)  
        {  
            currentCommand[i] = Serial.read();  
        }  
        processCommand(currentCommand);  
        return 1;  
    }  
    else  
    {  
        return 0;  
    }  
}  
  
Her Analog Pini Okur  
void analogReadPort()  
{  
  
    int pin0 = analogRead(0);  
    int pin1 = analogRead(1);  
    int pin2 = analogRead(2);
```



```
int pin3 = analogRead(3);
int pin4 = analogRead(4);
int pin5 = analogRead(5);
}
// 60 Bitlik Veriden 8 Baytlık Paket Oluşturur
{
char output0 = (pin0 & 0xFF);
char output1 = ( ((pin1 << 2) & 0xFC) | ( (pin0 >> 8) & 0x03) );
char output2 = ( ((pin2 << 4) & 0xF0) | ( (pin1 >> 6) & 0x0F) );
char output3 = ( ((pin3 << 6) & 0xC0) | ( (pin2 >> 4) & 0x3F) );
char output4 = ( (pin3 >> 2) & 0xFF);
char output5 = (pin4 & 0xFF);
char output6 = ( ((pin5 << 2) & 0xFC) | ( (pin4 >> 8) & 0x03) );
char output7 = ( (pin5 >> 6) & 0x0F );
}
8 Baytlık Paketi Seri Bağlantı Noktasına Yazar
{
Serial.print(output0);
Serial.print(output1);
Serial.print(output2);
Serial.print(output3);
Serial.print(output4);
Serial.print(output5);
Serial.print(output6);
Serial.print(output7);
}
```

EK-2

```
#include <Wire.h>

#define VT_PIN A0 // connect VT
#define AT_PIN A1// connect AT

#define ARDUINO_WORK_VOLTAGE 5.0

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Current (A)");
}

void loop()
{
  int at_temp = analogRead(AT_PIN);

  double current = at_temp * (ARDUINO_WORK_VOLTAGE / 1024.0) * 4 ;
  Serial.print("Analog1: "); Serial.print(at_temp); Serial.print(" ----- ");
  Serial.println(current);
  delay(1000);
}
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : VALA MÜHENDİS
Uyruğu : Türk
Doğum Yeri ve Tarihi : Halep 29.01.1990
Telefon : 05511248327
Faks :
E-Posta : Eng.wmohandes90@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muaye			2007
Üniversite	: HALEP ÜNİVERSİTESİ			2013
Yüksek Lisans	: KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ			2019
Doktora	:			

UZMANLIK ALANI ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

YABANCI DİLLER Arapça ve İngilizce

YAYINLAR

Lithium-İon battery charging and discharging monitoring system based on STM32