

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ (PASİF DENGELEME)

HAZIRLAYANLAR

1030220035 Mehmet KAYACILAR

1030210073 Doğukan KANDUR

1030210583 Taha Mustafa DÖNMEZ

1030220208 Esmanur YURDALAN

DANIŞMAN

Dr.Öğr.Üyesi Ulvi DAĞDELEN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Bitirme Ödevi

OCAK 2024 KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Öğrencilerin**Adı Soyadı ve imzaları**

Taha Mustafa DÖNMEZ



Esmanur YURDALAN



Doğukan KANDUR



Mehmet KAYACILAR

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde Bitirme Ödevi olarak kabul edilmiştir

22/01/2024

Yürütücü/ Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ulvi DAĞDELEN

Üye : Prof. Dr. Enis GÜNAY

Üye : Prof. Dr. Recai KILIÇ

Üye : Arş. Gör. Ahmet Yasin BARAN

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduğunu onaylıyorum.

22/01/2024

Prof. Dr. Enis GÜNAY

Elektrik- Elektronik Müh. Bölüm Başkanı

BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ (PASİF DENGELEME)

Hayatımızın her alanına dahil olan teknolojik cihazların temelinde enerji ve pil kavramı vardır. Bu kavram günümüzde batarya ve batarya yönetim sistemi olarak olarak aktarılsa da bir çok son tüketici ve endüstriyel ürünlerin temel ihtiyaçlarından birisi haline gelmiştir. Öncelikle batarya yönetim sistemi (BMS) nedir sorusuna cevap vermek gerekirse şöyle açıklayabiliriz : Batarya yönetim sistemi yani bilinen diğer adıyla BMS, bir ya da daha fazla hücreden oluşan batarya paketlerinin şarj ve deşarj sırasında denetimini ve yönetimini yapan sistemlere verilen isimdir. Batarya paketlerinde akım, gerilim, sıcaklık ve benzeri gibi değerlerin ölçümlerini yapar. Yani başka bir deyişle Bataryanın bir nevi güvenlik sistemidir.

Son olarak BMS'nin kullanım alanlarına değinmek gerekirse : Batarya yönetim sistemleri günümüzde pek çok alanda kullanılır. Bu sistemler, şarj edilebilir bataryaların kontrol ve denetimini sağlayan kontrol mekanizmalarıdır. Aynı zamanda batarya koruyucu olarak da bilinirler. Bataryalar günümüzde mobil uygulamaların ana enerji kaynağı olarak kullanılır; elektrikli araçlar, yenilenebilir enerji sistemleri, telekomünikasyon, enerji depolama üniteleri ve benzeri gibi alanlarda BMS sisteminin kullanımı söz konusu olabilir. Batarya yönetim sistemi görevlerini şu şekilde sıralamak mümkündür; verileri izleme, hesaplama, koruma, optimizasyon.

Anahtar kelimeler : Batarya, batarya yönetim sistemi, hücre eşitleme, aktif batarya dengeleme, pasif batarya dengeleme

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM

There is the concept of energy and battery at the basis of technological devices that are included in all areas of our lives. Although this concept is transferred as a battery and battery management system today, it has become one of the basic needs of many end consumer and industrial products. First of all, if we need to answer the question of what is a battery management system (BMS), we can explain it as follows: Battery management system, also known as BMS, is the name given to the systems that control and manage battery packs consisting of one or more cells during charging and discharging. It makes measurements of values such as current, voltage, temperature and so on in battery packs.

Finally, to mention the usage areas of BMS: Battery management systems are used in many areas today. These systems are control mechanisms that provide control and supervision of rechargeable batteries. They are also known as battery savers. Batteries are used as the main energy source for mobile applications today; The BMS system may be used in areas such as electric vehicles, renewable energy systems, energy storage units telecommunications and the like. It is possible to list the functions of the battery management system as follows; data monitoring, calculation, protection, optimization.

Keywords: Battery, battery management system, cell equalization, active battery balancing, passive battery balancing

Şekiller Listesi

Şekil 1.1.	3S 12.6V BMS PCB Kart.....	1
Şekil 2.1.	TL-431.....	4
Şekil 2.2.	BD140.....	4
Şekil 2.3.	1N4007.....	5
Şekil 2.4.	LM 317.....	5
Şekil 2.5.	LED.....	6
Şekil 2.6.	POTANSİYOMETRE.....	6
Şekil 2.7.1	2R-1W DİRENÇ.....	7
Şekil 2.7.2	20K DİRENÇ.....	7
Şekil 2.7.3	1K DİRENÇ.....	7
Şekil 2.8.	100uF kapasitör.....	7
Şekil 3.1.	Hücre dengeleme yöntemleri	8
Şekil 3.2.	Pasif Dengeleme Yöntemi Akış Şeması.....	9
Şekil 4.1.1.	Şematik kütüphanesi oluşturulması.....	12
Şekil 4.1.2.	Elemanların PCB Üzerinde Ayaklarının Ayarlanması.....	12
Şekil 4.2.1.	Şema çizimi.....	13
Şekil 4.2.2.	PCB çizimi.....	13
Şekil 4.3.1.	Kartın üretim çıktısı.....	14
Şekil 4.3.2.	Üretim çıktısının bakır levhaya aktarılması.....	14
Şekil 4.3.3.	Kısa devre kontrolü.....	14
Şekil 4.3.4.	Kimyasallar ile bakır levhanın eritilmesi.....	14
Şekil 4.3.5.	Lehimleme işlemi.....	15
Şekil 4.3.6.	Li-ion pil ölçümleri.....	15
Şekil 4.3.7.	Üretilen kartın alt tarafı.....	15
Şekil 4.3.8.	Üretilen kartın üst tarafı.....	15
Şekil 7.1	Pasif Dengeleme Yöntemi.....	18

Tablolar Listesi

Tablo 5.1	Maaliyet Tablosu.....	19
Tablo 5.2	İş paketi-zaman planı.....	20

İÇİNDEKİLER

BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ (PASİF DENGEME).....	4
BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (PASSIVE BALANCE).....	5
Şekiller Listesi.....	6
Tablolar Listesi.....	7
İÇİNDEKİLER.....	9
1.BÖLÜM.....	1
1.1 Giriş ve Genel Bilgiler.....	1
1.2 Gerçekçi Kısıtlar ve Mühendislik Standartları.....	2
2. BÖLÜM.....	3
2.1 TL-431.....	4
2.2 BD-140.....	4
2.3 DİYOT.....	5
2.4 VOLTAJ REGÜLATÖRÜ.....	5
2.5 LED.....	6
2.6 POTANSİYOMETRE.....	6
2.7 DİRENÇLER.....	7
2.8 KAPASİTÖR.....	7
3. BÖLÜM.....	8
3.1 YÖNTEM.....	8
3.2 DEVRENİN ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	10
4. BÖLÜM.....	12
4.1 KÜTÜPHANE OLUŞTURULMASI.....	12
4.2 ŞEMATİK VE PCB TASARIMI.....	13
4.3 PCB KARTIN ÜRETİLMESİ.....	14
5. BÖLÜM.....	16
5.1 MAALİYET ANALİZİ.....	16
5.2 İŞ PAKETİ-ZAMAN PLANI.....	16
6. BÖLÜM.....	17
BULGULAR VE YORUMLAR.....	17
7. BÖLÜM.....	18
SONUÇLAR.....	18
ÖZGEÇMİŞ.....	19
KAYNAKÇA.....	23

1. BÖLÜM: GİRİŞ

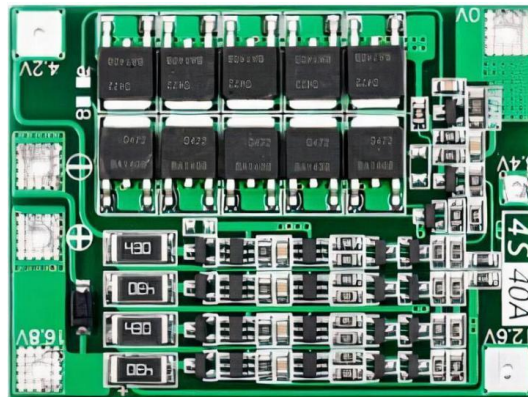
1.1. Giriş ve Genel Bilgiler

Batarya Yönetim Sistemi (BMS), günümüzde yaygın olarak kullanılan bataryaların güvenli ve etkili bir şekilde işleyişini sağlayan kritik bir teknolojidir. Bu bölümde, BMS'nin çalışma prensipleri ve temel işlevleri üzerine odaklanarak, bataryaların gelişen teknolojiyle birlikte nasıl evrim geçirdiği ve BMS'nin rolü ele alınmaktadır.

Gelişen teknolojiyle birlikte hayatımızda daha fazla yer kaplayan bataryalar, yeni nesil teknolojilerin ortaya çıkmasıyla da değişim göstermiştir. Bu bölümde, pil ve batarya kavramları arasındaki farklara değinilerek, kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümü ve depolanması süreçlerini içeren temel bilgiler sunulacaktır.

BMS'nin nasıl çalıştığını anlamak için, temel işlevlerine odaklanmak önemlidir. Bu bölümde, BMS'nin bataryaların akım, gerilim, sıcaklık gibi parametrelerini izleyerek, güvenliğini sağlamak ve enerji transferini yönetmek adına nasıl görevler üstlendiği açıklanacaktır. Bu alt bölümde, BMS'in en basit formundan bahsedilecek ve bataryaların hücre gerilimlerini kontrol etmek için kullanılan analog karşılaştırmalı devrelerinden, MOSFET'lerin kullanımına kadar detaylı bir açıklama sunulacaktır. Ayrıca, koruma devrelerinin aşırı gerilim, düşük gerilim, aşırı akım ve sıcaklık gibi durumlar için nasıl müdahale ettiği üzerinde durulacaktır.

Bu bölümde, 4 hücreli bir batarya için örnek bir BMS sisteminin çalışma prensipleri detaylı bir şekilde incelenecek ve resim-1 ile desteklenen bir örnek devre üzerinden açıklamalar yapılacaktır.



Şekil 1.1 3S 12.6V BATARYA PCB KARTI

1.2. Gerçekçi Kısıtlar ve Mühendislik Standartları

1. Projenin tasarım boyutu: Yapılacak projede amaç modellenir, gerekli donanım bir araya getirilerek sistem kurulur.

2. Projede bir mühendislik probleminin formüle edilmesi ve çözülmesi: Üretilen yeni bir formül bulunmamaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar üzerinden gidilerek 3S 12.6 Volt Batarya kartı tasarımı yapılacaktır.

3. Derslerde edinilen bilgi ve becerilerin kullanılması:Elektronik Devreler 1, Elektronik Devreler 2, Devre Analizi 1-2, Mesleki Teknik Resim, Ölçme ve Analiz Laboratuvarı, Elektronik Devre Laboratuvarı 1-2

4. Kullanılan veya dikkate alınan mühendislik standartları şunlardır:

5. Kullanılan veya dikkate alınan gerçekçi kısıtlar:

a)Ekonomi: Yapılacak projede minimum maliyet sağlanmaya çalışılmıştır.

b)Çevre Sorunları: TS EN ISO 14001 standardına bağlı kalınmıştır.

c)Sürdürülebilirlik: Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte bataryaya olan ihtiyaç her geçen gün daha biraz daha artmaktadır. Batarya yönetim sistemlerinin (BYS) üretim ve kullanım miktarları artarak pazar büyüklüğü 2019 yılında 4,3 milyar dolara ulaşmıştır. Pazar büyüklüğünün 2027 yılında 16,6 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (TMR, 2019) .İlk yıllarında bir ürün olarak ortaya çıkan bu teknoloji artık bir ihtiyaç durumundadır. Teknoloji var olduğu sürece Batarya Yönetim Sistemleri (BMS) ilerlemeye devam edecektir.

d)Üretilirlik: Piyasada var olan malzemeler yardımıyla farklı alanlarda kullanılmak üzere üretilir.

e)Etik: Etik kurallarına dikkat edilerek proje tasarlanmıştır.

f)Sağlık: TS 18001 standardı göz önünde bulundurularak sağlıklı bir çalışma ortamı hazırlanmıştır.

g)Güvenlik : Olası bir durumda, optimal değerler aşıldığında duruma müdahale etmek için alınan önlemleri kapsar. Sisteme yapılan müdahale ile sistemin korunmasını sağlar. Bataryalardan yüksek akım çekmesi, yüksek gerilimlerin oluşması, yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, yüksek basınç, kaçak akım ve benzeri gibi durumlarda sisteme müdahale eder ve koruma sağlar.

h)Verimlilik : Batarya ve yönetim sistemlerinden daha yüksek verim almak için şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Batarya grupları oluşturulurken üretim kaynaklı farkların minimize indirilmesi ve karakteristik özellikleri birbirine yakın olan hücrelerin aynı grup içinde kombinasyonu
- Batarya yönetim sistemlerinde akım, gerilim, sıcaklık değerlerinin yüksek doğruluk ile ölçülmesi, etkin ölçüm yönteminin seçilmesi ve düzenli kalibrasyon kontrolü
- SOH, SOC, RUL gibi değerlerin hesaplanmasında doğru ölçüm ve hesaplama algoritmasının oluşturulması
- Batarya paket içi sıcaklık farkının oluşumunu engelleyecek pasif ve/veya aktif soğutma sisteminin tasarımı
- Fayda-maliyet oranı yüksek, verimli bir dengeleme sisteminin seçilmesi ve etkin kullanımı
- Teknolojik gelişmelere açık altyapı

Çevreye duyarlı enerji üretiminin ve verimli şekilde tüketilmesinin her geçen gün daha fazla önem kazandığı günümüzde detaylar daha da önem arzedecektir.

i)Optimizasyon: Batarya yönetim sistemi, bataryaların kapasitesini en üst düzeye çıkarmayı ve dengelemeyi sağlar. Herhangi bir hücrede aşırı gerilim ya da düşük gerilim varsa müdahale eder. Gerektiği durumlarda en dolu hücreden enerjiyi alır ve ihtiyaç duyulan az yüklü hücreye transfer eder. Bu sayede bir denge sağlar.

2.BÖLÜM

2.1 TL-431 (Zener Diyot)

Bir yükü simüle edecek 4 diyotla seri bağlanmış bir PNP transistörümüz var. Transistörün tabanında ZENNER referans diyotumuz (TL431) belirli bir voltaj değerinde açılacak ve bu sayede transistörün tabanına toprak bağlayacak ve transistör aktif olduğunda pili baypas edip gücü boşa harcıyoruz. bunun yerine diyotlar. Bu ZENNER diyodu TL431'dir ve bir referans pimine sahiptir, bu nedenle potansiyometreyi ayarlayarak bu referansı 4,2V olarak ayarlayabiliriz, bu şekilde şarj işleminin ne zaman duracağını seçeriz.



Şekil 2.1 TL-431

2.2 BD140 (PNP Transistör)

BD140, BD Transistör Serisinde olup TO-18 kılıftadır. BD140, BJT PNP tipi bir Transistördür. BD140 Transistör, 1.5A kollektör akımına sahip olup 80V'luk Kollektör-Emiter gerilimine sahiptir.



Şekil 2.2 BD140

2.3 DİYOT

1N4007 diyotu, devre içerisindeki gerilimi veya akımı yönlendirmek amacıyla kullanılan bir elektronik bileşendir. Bu diyot, elektrik sinyallerinin devre içinde istenmeyen yollar izlemesini engelleyerek, devrenin stabilitesini sağlama ve istenmeyen etkileşimleri önleme açısından son derece kritik bir rol oynamaktadır.

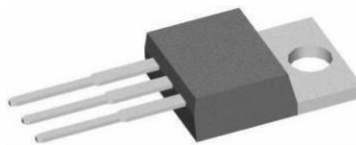


Şekil 2.3 1N4007

2.4 VOLTAJ REGÜLATÖRÜ

LM317 regülatörü, akım modu ve voltaj kontrol modu olmak üzere iki farklı konfigürasyonda devreye eklenmektedir. Bu bağlamda, akım modunda kullanılan LM317 regülatörü, çıkıştaki direnç tarafından belirlenen akım limitini kontrol eder. VREF bölü direnç değeri formülüne bu limit değerine eşittir. LM317 regülatörü için belirlenen VREF değeri sabit 1,25V'dir. Bu nedenle, uygun bir direnç seçimi yapılarak şarj akımı belirlenir, örneğin 600mA olarak kabul edilir.

İkinci bir LM317 regülatörü ise voltaj kontrol modunda kullanılır. Bu durumda, giriş voltajı başlangıçta tam olarak 4,2V olmalıdır. Ancak, pratikte, giriş voltajı bazen yalnızca 5V gibi düşük bir değere veya bir DC adaptöründen 12V gibi daha yüksek bir değere sahip olabilir. İkinci LM317 regülatörü kullanılarak çıkış voltajı 4,2V'a ayarlanır, bu sayede giriş voltajının ne olursa olsun, aküye iletilen voltaj sabit bir değer olan 4,2V olarak belirlenmiş olur. Bu çıkış değeri, belirlenen iki direnç tarafından belirlenir.



Şekil 2.4 LM 317

2.5 LED

İçerisinde kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç farklı renkte LED bulunduran bir aygıttır. Bu LED'leri ayrı ayrı veya bir arada yakarak gökkuşağının tamamını oluşturabilirsiniz. LED'lerin uzun bacakları artı uçtur. Uzun bacağa artı voltajı uygulandığında, diğer bacak toprağa bağlandığında ilgili LED rengi yanacaktır.

Bu aygıt, 1.5V ile 3V arasındaki gerilimle çalışmaktadır. Ancak, 5V ve daha yüksek voltaj değerleri için kullanılacaksa, uygun dirençlerle birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu durum, LED'lerin doğru bir şekilde çalışması ve aygıtın istenilen performansı sergilemesi açısından önemlidir.



Şekil 2.5 LED

2.6 POTANSİYOMETRE

Potansiyometre, reosta olarak da bilinen bir direnç türüdür ve öncelikle kontrol edilebilir direnç özelliği ile karakterizedir. Elektroniğin temel bileşenlerinden biridir ve birçok kontrol gerektiren devrede kullanılır. Potansiyometrenin sembolü, normal bir direncin üzerine bir ok eklenmesiyle oluşur. Bu sembol, direnç değerinin anlık olarak kontrol edilebildiğini ifade eder. Potansiyometreler, ses düzeyi kontrolü, parlaklık ayarı gibi birçok uygulamada kullanılır ve elektronik devrelerde önemli bir yer tutar. Potansiyometrelerin direnç değeri, ayarlanabilir bir düğme veya kol kullanılarak istenilen seviyeye getirilebilir, bu da devrenin performansını esnek bir şekilde yönetmeyi sağlar.



Şekil 2.6 POTANSİYOMETRE

2.7 DİRENÇLER

Dirençler, elektrik devrelerinde kullanılan temel pasif bileşenlerdir ve elektrik akımının dirençlerinden geçerken karşılaştığı zorlukları sağlayan elemanlardır. Ohm kanununa göre, direnç (R), voltaj (V) ile akım (I) arasındaki ilişkiyi tanımlar ve birimi ohm (Ω) olarak ifade edilir. Dirençler, devrelerdeki akımı kontrol etmek, gerilimi düşürmek ve devre elemanları arasında uygun voltaj düşüşlerini sağlamak amacıyla kullanılır. Elektronik tasarımlarda, dirençler sinyal işleme, filtreleme ve bölme gibi önemli işlevleri yerine getirir. Doğru direnç seçimi ve yerleştirilmesi, elektrik devrelerinin kararlılığını ve güvenilirliğini sağlamak için hayati bir öneme sahiptir.



Şekil 2.7.1 2R-1W DİRENÇ



Şekil 2.7.2 20K DİRENÇ



Şekil 2.7.3 1K DİRENÇ

2.8 KAPASİTÖR

Kondansatörler, elektrik yüklerini depolayan ve devrelerde enerji transferini sağlayan pasif elektrik bileşenleridir. Kapasitansları, elektrik alanında biriken yük miktarını depolayan özelliğini belirler ve birimi farad (F) olarak ifade edilir. Kondansatörler, hızlı enerji salınımı gerektiren uygulamalarda kullanılır ve özellikle darbe üreteçleri, güç kaynakları ve filtre devreleri gibi sistemlerde kritik bir rol oynar. Elektronik devrelerde, kondansatörlerin düşük frekanslı sinyalleri yüksek frekanslı sinyallere dönüştürmede ve filtrelemede önemli bir işlevi vardır. Doğru kapasitans değerinin seçimi ve kondansatörlerin devre tasarımında doğru bir şekilde yerleştirilmesi, elektrik devrelerinin performansını optimize etmek için önemlidir.



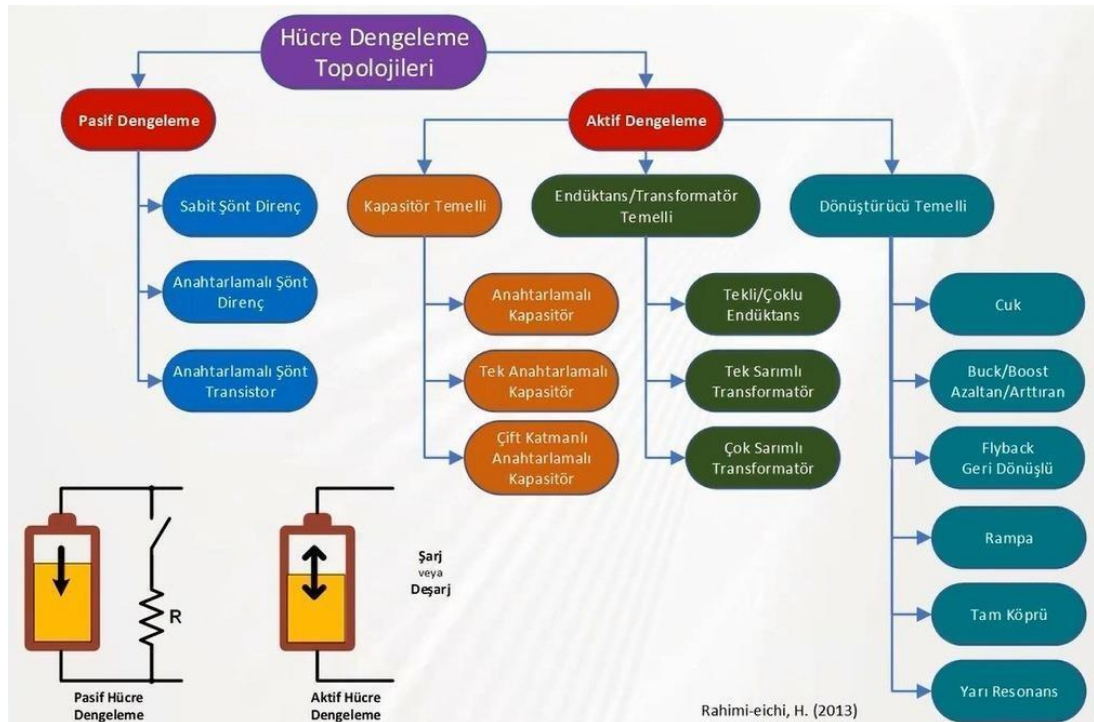
Şekil 2.8 100µF kapasitör

3.BÖLÜM

3.1 YÖNTEM

Batarya yönetim sistemi, batarya arızalarını minimize etmek, batarya ömrünü uzatmak ve verimliliği artırmak amacıyla kullanılan bir batarya paketi bileşenidir. Gerilim, akım ve batarya iç sıcaklık gibi kritik parametreleri izleyerek, şarj ve deşarj işlemleri sırasında önemli durumları kontrol eder ve sesli/görüntülü uyarılar ile bilgi sağlar. Gerekğinde batarya paketini yükten veya şarj cihazından ayırarak bataryayı koruma işlevi de üstlenir.

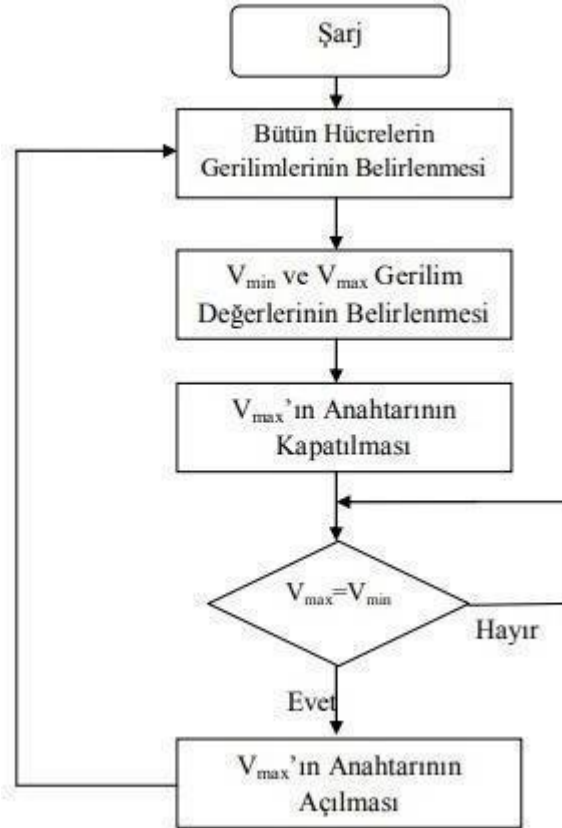
Zaman içinde batarya hücreleri arasında gerilim farklılıkları ortaya çıkabilir. Batarya yönetim sistemi, gerilim dengeleme işlemi ile şarj veya deşarj esnasında batarya hücre gerilimlerini dengeleyerek homojen bir performans sağlar. Bu hücre dengeleme yöntemleri genellikle pasif ve aktif hücre dengeleme olarak iki temel kategori altında incelenir.



Şekil 3.1 Hücre dengeleme yöntemleri

Pasif yöntemler ile fazla enerji ısıya dönüştürülerek harcanır. Aktif yöntemler enerjisi fazla olan hücreden enerjisi az olan hücreye, enerjisi fazla olan hücreden bataryaya veya bataryadan enerjisi düşük olan hücreye doğru enerji aktarımı yapılır.

Pasif dengelemeli batarya yönetim sistemlerinde, belirlenen bir eşik değeri kullanılarak her iki hücre arasındaki voltaj farkı ölçülür. Bu fark eşik değerini aştığında, enerjiyi dengeli bir şekilde kullanmak için bypass dirençleri devreye alınır. Pasif dengeleme genellikle "en üst şarj seviyesi" veya "en alt şarj seviyesi" gibi belirli bir noktada şarj durumunu eşitleme amacı güder. Bu, daha yüksek şarj seviyesine sahip hücrelerden enerji çekilerek gerçekleştirilir, ancak bu dengeleme yönteminin temel dezavantajı, bu enerjinin ısı olarak dışarı atılmasıdır. Bu, toplam batarya paketi düşünüldüğünde önemli bir enerji kaybına yol açabilir. Pasif dengeleme yönteminde sabit veya anahtarlama dirençler kullanılır. Ancak, sabit direnç ile dengeleme yönteminde hücrelerden sürekli olarak akım çekildiği için sistem verimi düşebilir.



Şekil 3.2 Pasif Dengeleme Yöntemi Akış Şeması

Projemizde, pasif dengeleme için anahtarlama şönt transistör yöntemi benimsenmiştir. Bu yöntemde, her bir hücreye paralel olarak bir transistör bağlanır.

Şarj işlemi sırasında, hücre belirlenen kesme voltajına ulaştığında, akım karşılık gelen transistörlerden geçer ve hücre hemen hemen sabit bir voltajda şarj olur. Bu dengeleme yöntemi, akımın sadece şarj işleminin sonunda eşitlendiği bir mekanizmaya dayanmaktadır.

Seri bağlı hücrelerin gerilim seviyeleri, kontrolcü tarafından ayrı ayrı ölçülmelidir. Bu sistem, bir anahtar, bir direnç ve bir kontrolörden oluşmaktadır. Anahtarlama şönt transistör yönteminin kullanımı oldukça yaygındır ve seri bağlı hücrelerin gerilimlerini kontrol etmek için etkili bir çözüm sunar.

Anahtarlama dengeleme için ideal yöntemlerden biri, bypass alanında etkili transistörlerin (MOSFET) kullanımıdır. Yeterince şarj almış bir hücrenin direnci artırılarak daha az akım çekmesi sağlanır, böylece diğer hücreler bu hücreyi yakalar. Bu yöntemdeki ana seçim, dengeleme entegresinin içinde bulunan ve düşük seviyede bypass akımına izin veren FET'leri kullanmak veya özel uygulama ihtiyaçlarına göre serbestçe uyarlanabilen harici FET'leri kullanmaktır.

Şarj işlemi sırasında farklı şarj seviyelerine sahip olan ve şarj miktarları gerilim seviyeleri ile belirlenen seri bağlı iki hücre (Hücre-A ve Hücre-B) arasında enerji farkı bulunmaktadır. Bu durum, daha yüksek enerjiye sahip Hücre-A'nın şarj işleminin, enerjisi daha düşük Hücre-B'den daha önce, "ta" anında, kesileceği üst noktaya (V_{max}) ulaştığını gösterir. Bu noktada, Hücre-A ile Hücre-B arasındaki büyük enerji farkı nedeniyle şarj işlemi durur ve Hücre-A üzerindeki enerjinin bir kısmı bir yük üzerinden boşaltılır; ardından "tb" anında şarj işlemi tekrar başlar. Şarj işleminin durdurulup Hücre-A üzerindeki enerjinin yük üzerinden boşaltılması işlemi, "tc-td" ve "te-tf" arasında tekrarlanır. Dolum işlemi tamamlandığında, her iki hücre arasındaki enerji farkı belirlenen seviyeye kadar azaltılır.

3.2 DEVRENİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bu devrenin temel işlevi, pilleri şarj etmek, aşırı gerilime karşı korumak, akımı sınırlamak ve birden fazla hücre içeren pilleri dengelemektir. Pil hücrelerinin şarj vedeşarj işlemleri kontrol edilmediğinde, hücreler aşırı şarjdan dolayı şişebilir, hatta patlayabilir ve derindeşarj pilin arızalanmasına yol açabilir. Bu nedenle, bir pil yönetim sistemi birimi veya BMS, aküden gelen voltajı ve akımı kontrol ederek pilleri güvende tutar.

Genellikle, bir LIPO pilin nominal voltajı tam şarj olduğunda 3,8 volt ve 4,2 volt arasındadır. Dolayısıyla pil hücresi bu değere ulaştığında şarj işlemi otomatik olarak durmalıdır, ve bu işlevi bu devre gerçekleştirir.

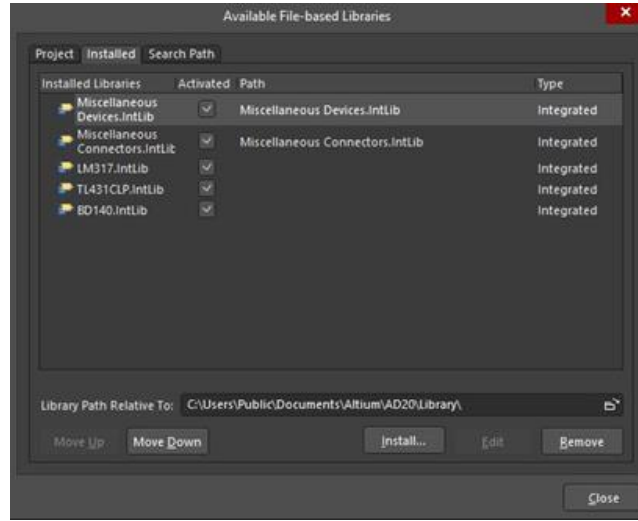
Tek bir hücre olduğunda, pilin korunması için sadece maksimum voltaj ve akım sınırlarına dikkat edilir. Ancak, 2S, 3S gibi birden fazla hücre içeren bir pil paketi olduğunda, her hücrenin değerini dengelemek gereklidir. Bu devrede, bir yükü simüle etmek için kullanılan 4 diyotla seri bağlı bir PNP transistör bulunmaktadır. Transistörün tabanındaki ZENNER referans diyotu belirli bir voltajda açılır ve transistör aktif olduğunda pili baypas edip gücü boşa harcar. ZENNER diyodu referans pimine sahip olduğundan, potansiyometreyi ayarlayarak bu referansı 4,2V olarak belirleyebiliriz, bu da şarj işleminin duracağı zamanı seçmemize olanak tanır.

Devrenin verimliliği düşük, çünkü diyotlar ve transistörler içinde güç tüketiyor. Ayrıca, yüksek güç kayıpları durumunda transistörün zarar görmemesi için bir ısı yayıcısına ihtiyaç duyulabilir. Ancak, bu devre verimlilik arayışında olmadığı için ana prizden bir besleme ile kullanılabileceği için verimliliği fazla önemsemiyoruz. Devrede ayrıca, akım modunda girişe LM317 regülatörü eklenmiştir. Bu konfigürasyonda, akım limiti çıkıştaki direnç tarafından belirlenir ve V_{REF} bölü direnç değeri formülüne eşittir. İkinci bir LM317 regülatörü, voltaj kontrol modunda eklenmiştir. Bu olmadan, giriş tam olarak 4,2V olmalıdır. Ancak bazen bir USB konektöründen yalnızca 5V veya bir DC adaptöründen 12V girişimiz olabilir. Böylece, bu ikinci LM317'yi kullanarak çıkışı 4,2V'a ayarlayabiliriz, böylece giriş değeri ne olursa olsun, aküye giden voltaj 4,2V olur. Çıkış değeri bu 2 direnç tarafından belirlenir. Güç kaynağımızı 4.2V ile besliyoruz. Multimetremizi çıkışa bağlıyoruz ve potansiyometreyi kullanarak önce eşik değerini 4,2V'un altında bir değer olan 4,16V civarında sabitliyoruz. Boşalmış ve 4,2V'un altında (3,8V idi) bir pil kullandık. Şarj cihazına bağlandığında LED sönüyor. 450 mA civarında bir akım akışımız var ve pil şarj oluyor. Bir süre sonra 4.16V'un üstüne çıktığımızda LED yanacak ve şarj işlemi tamamlanmış olacaktır. Akım şimdi diyotlardan ve transistörden akıyor ve pili atlıyoruz, böylece hücre aşırı gerilime karşı korunuyor. Devreyi alıp diğer özdeş devrelerde birleştirebiliriz. Artık 2S pil paketini, 3S veya daha fazlasını şarj edebiliriz ve ayrıca daha önce bahsettiğimiz gibi voltajı dengeleyebiliriz. Bu devre ile örneğin bir 3S pili şarj edebiliriz ve tek tek tüm hücreler 4.2V'de şarj etmeyi durdurur. Ayrıca, girişte iki adet LM317 regülatörü bulundurarak akım sınırlama korumasına sahibiz ancak aynı zamanda tüm devreyi 16 ila 20V ile besleyebiliyor ve aküye giden voltajı şarj voltajı olan 12.6V'a ayarlayabiliyoruz.

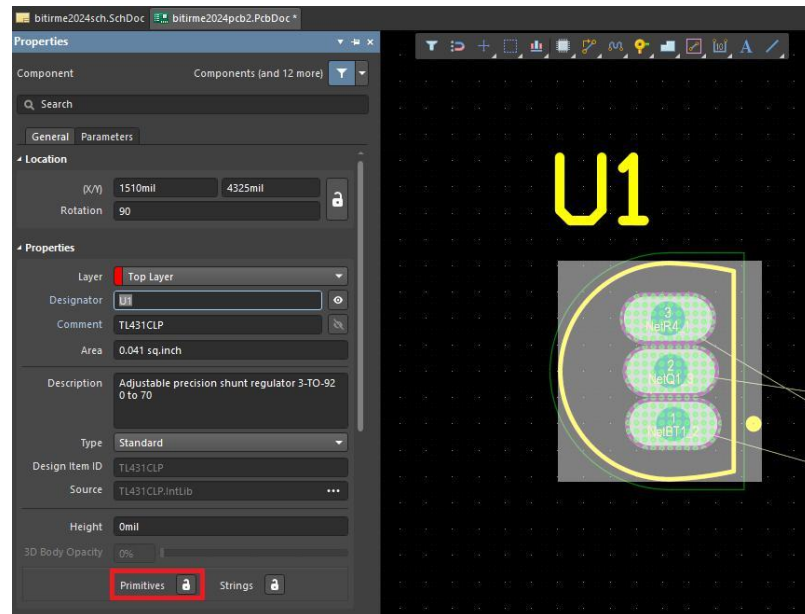
4.BÖLÜM

4.1 KÜTÜPHANE OLUŞTURULMASI

Malzemeler belirlendikten sonra her birinin veri sayfalarından (datasheet) kontrol edilerek uygun boyut ve ölçülerde şematik kütüphanesine komponent ve PCB kütüphanesine footprint çizilerek kütüphaneler oluşturulur



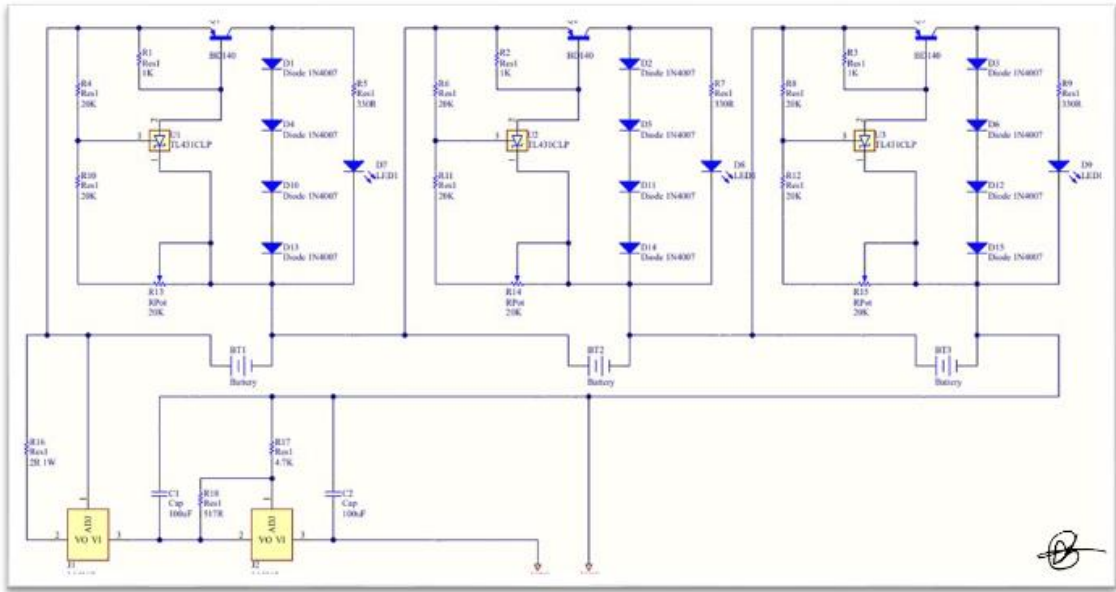
Şekil 4.1.1 Şematik kütüphanesi oluşturulması



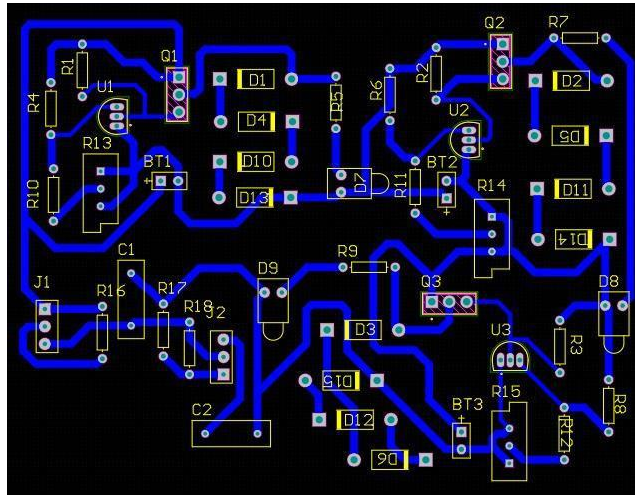
Şekil 4.1.2 Elemanların PCB üzerinde ayaklarının ayarlanması

4.2 ŞEMATİK VE PCB TASARIMI

3 Hücreli Batarya Yönetim Sistemi projesinde kullanılan elemanların kütüphane ve datasheet'lerini araştırarak Altium Designer ile şematik çizimini tamamlandı. Devre şu şekilde çalışmaktadır; girişimize uygulanan gerilimin LM317 voltaj regülatörü ile pile gidecek voltajı sınırlanır. 1. hücre için BD140 transistörümüzün Base ucunda Zener Diyodumuz ve emiterinde 4 adet seri bağlı diyodumuz bulunmaktadır. Referans Zener Diyot belirli bir voltaj değerinde açılacak ve transistörün base ucunu toprağa bağlayacak, bu sayede transistörümüz aktif hale gelecek ve bataryayı atlayacak ve gücü diyotlar üzerinden harcayacaktır.



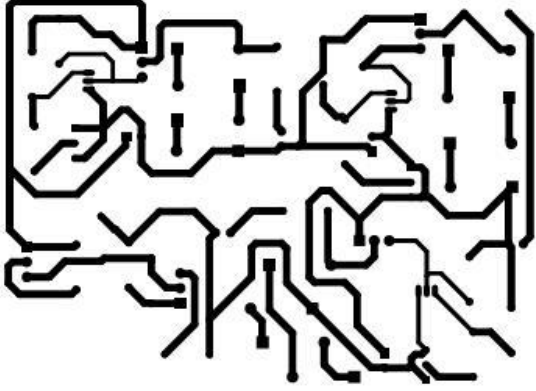
Şekil 4.2.1 Şema çizimi



Şekil 4.2.2 PCB çizimi

4.3 PCB KARTIN ÜRETİLMESİ

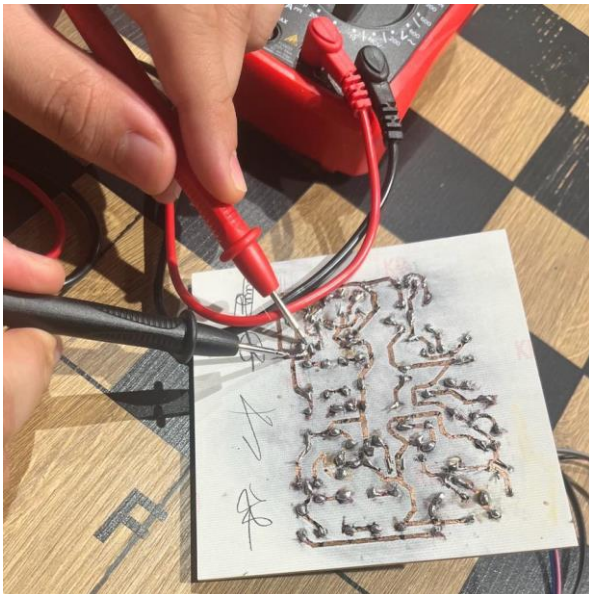
Tasarım yapılan program üzerinden kartın üretim çıktıları alınır. Daha sonra 10×10 cm'lik bakır levhaya yerleştirilen kağıt ütü vasıtasıyla bakır levha üzerine baskısı çıkarılır.



Şekil 4.3.1 Kartın üretim çıktısı

Şekil 4.3.2 Üretim çıktısının bakır levhaya aktarılması

Multimetre yardımıyla kısa devre kontrolü gerçekleştirilir. Belirgin olmayan yollar, kalınlaştırmak ve sağlamlaştırmak amacıyla baskı devre kalemi kullanılır. Belirli ölçülerde perhidrol (hidrojen peroksit) ve tuz ruhu, plastik içerisinde bulunan baskısı yapılmış bakır levhaya dökülür.

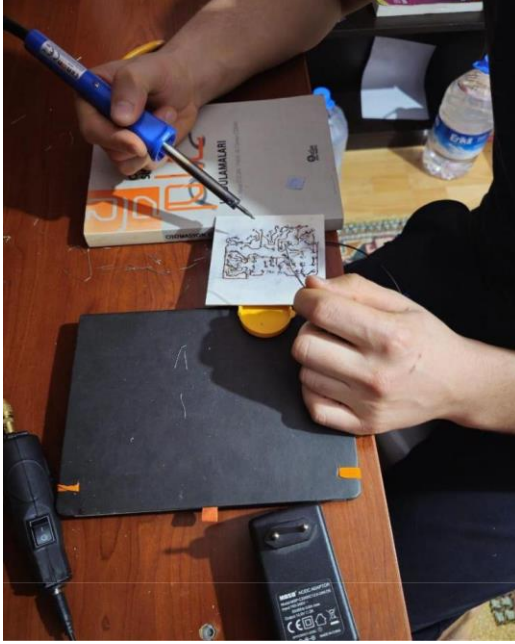


Şekil 4.3.3 Kısa devre kontrolü

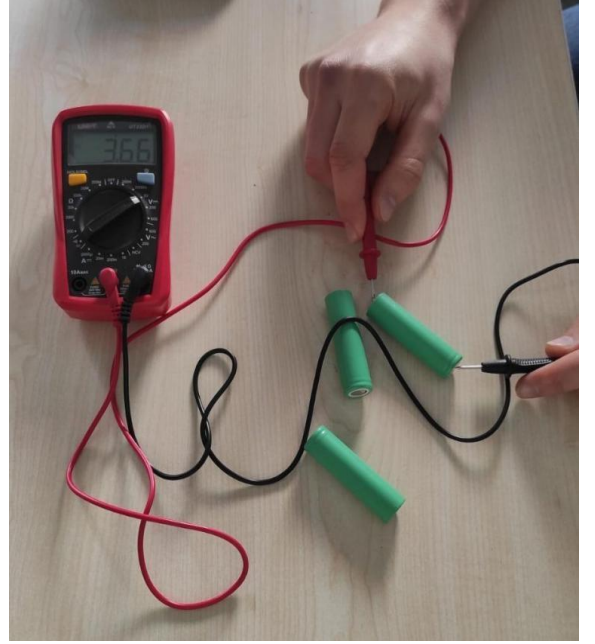


Şekil 4.3.4 Kimyasallar ile bakır levhanın eritilmesi

Kart üzerinde el matkabı yardımıyla delikler açıldıktan sonra, komponentlerin yerleşimleri gerçekleştirilir. Tek katlı (bottom) olarak çizilen tasarımın kartın üst tarafında komponentler, alt tarafında ise bağlantı yolları ve komponent bacakları olacak şekilde lehimleme işlemi yapılır. Li-ion piller ise kart üzerine silikonla sabitlenir.



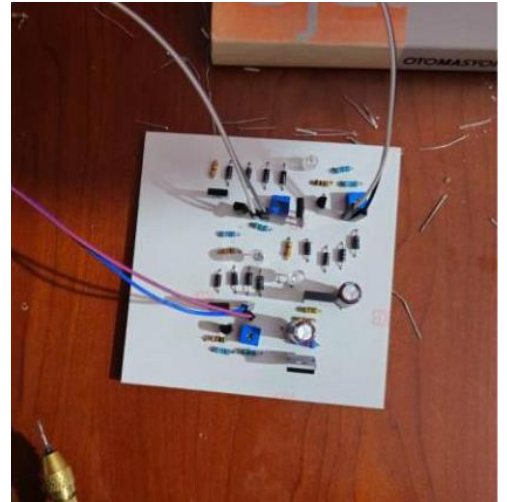
Şekil 4.3.5 Lehimleme işlemi



Şekil 4.3.6 Li-ion pil ölçümleri



Şekil 4.3.7 Üretilen kartın alt tarafı



Şekil 4.3.8 Üretilen kartın üst tarafı

5.BÖLÜM

5.1 MAALİYET ANALİZİ

Sıra No	Malzeme / Hizmet Açıklaması	Açıklamalar	Miktar	Birim Fiyat	İskonto Oranı	İskonto Tutarı	KDV Oranı	KDV Tutarı	Diğer Vergiler	Malzeme / Hizmet Tutarı
1	4.7K 1/4W Direnç	Döv.Bir.Fiy. :0,063 USD	50 Adet	1,8503 TL			% 20,00	18,51 TL		92,52 TL
2	100uF 50V Kondansatör 8x12mm	Döv.Bir.Fiy. :0,047 USD	2 Adet	1,3804 TL			% 20,00	0,56 TL		2,76 TL
3	1N4007 - 1000V 1A Diyot	Döv.Bir.Fiy. :0,021 USD	12 Adet	0,6168 TL			% 20,00	1,48 TL		7,40 TL
4	330R 1/4W Direnç	Döv.Bir.Fiy. :0,063 USD	50 Adet	1,8503 TL			% 20,00	18,50 TL		92,52 TL
5	5mm Flagör RGB Led	Döv.Bir.Fiy. :0,091 USD	15 Adet	2,6727 TL			% 20,00	8,02 TL		40,09 TL
6	1K 1/4W Direnç	Döv.Bir.Fiy. :0,004 USD	50 Adet	0,1175 TL			% 20,00	1,17 TL		5,87 TL
7	BD140 TO126	Döv.Bir.Fiy. :0,07 USD	3 Adet	2,0559 TL			% 20,00	1,23 TL		6,17 TL
8	TL431 TO 92	Döv.Bir.Fiy. :0,11 USD	3 Adet	3,2307 TL			% 20,00	1,94 TL		9,69 TL
9	MOR01SJ022JA10 / 2.2R 1 W	Döv.Bir.Fiy. :0,024 USD	5 Adet	0,7049 TL			% 20,00	0,70 TL		3,52 TL
10	3362U-200-20R 20R Potansimetre	Döv.Bir.Fiy. :0,33 USD	3 Adet	9,6921 TL			% 20,00	5,82 TL		29,08 TL
11	LM317T-HTC	Döv.Bir.Fiy. :0,33 USD	2 Adet	9,6921 TL			% 20,00	3,88 TL		19,38 TL
12	20K 1/4W %1 Metal Film Direnç	Döv.Bir.Fiy. :0,024 USD	25 Adet	0,7049 TL			% 20,00	3,52 TL		17,62 TL
13	510r 1/4w	Döv.Bir.Fiy. :0,094 USD	25 Adet	2,7608 TL			% 20,00	13,80 TL		69,02 TL
Mal / Hizmet Toplam Tutarı										395,64 TL
Hesaplanan KDV (% 20,00)										79,13 TL
Vergiler Dahil Toplam Tutar										474,77 TL
Ödenecek Tutar										474,77 TL

Tablo 5.1 Maaliyet Tablosu

5.2 İŞ PAKETİ-ZAMAN PLANI

İş Paketi Adımları	1. Ay (Ekim)	2. Ay (Kasım)	3. Ay (Aralık)	4. Ay (Ocak)
Malzemelerin Temini				
Devrenin bilgisayar ortamında çizimi ve simülasyonu				
Kartın üretimi, devre bağlantılarının yapımı ve montajı				
Sistemin test edilmesi				
Teslim				

Tablo 5.2 İş paketi-zaman planı

6.BÖLÜM

BULGULAR VE YORUMLAR

Pasif dengeleme, batarya yönetim sistemlerinde maliyeti düşük tutması açısından tercih edilen bir tekniktir. Ancak, Şekil 3'te görüldüğü gibi, doğası gereği bütün hücrelerin State of Charge (SOC) seviyelerini en düşük seviyedeki hücreye eşitlemeyi amaçlamakta ve oldukça verimsiz bir teknik olmaktadır. Ek olarak, çekilen enerji ısıya dönüştürülmekte ve dengeleme akımının seviyesi üretilen ısıyı ve BMS'in sıcaklık artışını belirlemektedir. Bu nedenle, dengeleme akımı genellikle 1 amperle sınırlıdır. Daha yüksek bir akım seviyesi, daha fazla ısı üretimine ve güvenlik sorunlarına yol açabilir. Diğer yandan, dengeleme akımı devam eden şarj süreciyle başa çıkmalı ve güvensiz hücre gerilimlerini düzeltebilmelidir. Dengeleme akımı, şarj akımıyla karşılaştırılabilir olmalıdır. İdeal olarak, sürekli devrede olduğunda dengeleme akımı, şarj akımının yüksek kaliteli, düşük çevrimli bataryalar için bile %3 - %5'i kadar olmalıdır. Bu, en güçlü pasif BMS ile yüksek kaliteli bir batarya paketine sahipseniz bile, şarj akımının 30 - 35 amperden fazla olmaması gerektiği anlamına gelir.

Bu teknikte, BMS devresinde her bir hücrenin +/- uçlarına denk gelecek şekilde bir yarı iletken veya röle anahtar ile buna seri bağlı bir direnç bulunur. BMS yazılımı, yaptığı gerilim ölçümlerini analiz ederek gerilimi ortalamanın üzerinde kalan hücrelere denk gelen anahtarları bağlayarak direnç üzerinden akım akmasını sağlar. Bu sayede hücrenin enerjisi belli bir süre boyunca V^2/R gücünde "harcanmış" olur.

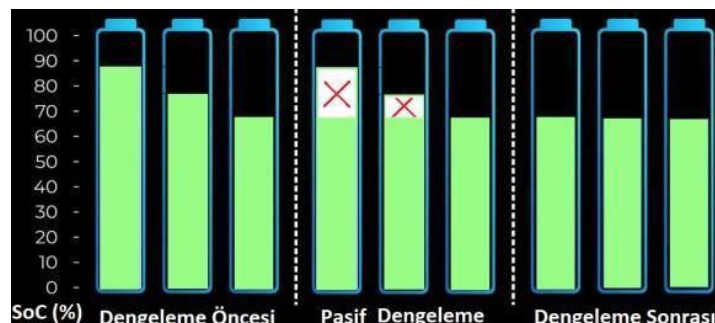
Hücreler arasındaki enerji dengesini sağlamak amacıyla kullanılan pasif dengeleme devrelerinde, enerjisi azalan hücrelerin gerilimi de düşmektedir. Bu tür devrelerin elektronik yapısı sadece bir anahtarı açıp kapatma prensibine dayanmaktadır. Ancak, bu pasif dengeleme yönteminde temel bir sorun, direnç üzerinde oluşan ısının etkili bir şekilde atılmasıdır. Hızlı bir dengeleme gerektiğinde, dengeleme akımının yüksek olması önemlidir ve bu durumda direnç daha küçük bir değerde seçilmelidir. Örneğin, 1A dengeleme akımı ile bir hücrene 3.2 Ohm direnç ile balans yapılması gerektiğinde, bu dengeleme işlemi 3.2V'de 3.2W ısı üretecektir. Bu durum, devre kartı üzerinde zor dağıtılan ve soğutucu malzemelerin bağlanmasını gerektiren ısı sorununa neden olur.

7.BÖLÜM

SONUÇLAR

Elektronik sektörünün geleceği olan araç bataryalarına ait dengeleme sistemleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Seri elektriksel bağlantının temel gereksinimi olan "modüllerin eşit voltaja sahip olması" üretim veya işletme farklılıkları sebebiyle ihlal edildiğinde, aynı grup içindeki pillerin dengesiz yüklenmesine ve kayıpların oluşmasına neden olur. Bu sorunları gidermek için aktif ve pasif dengeleme yapabilen batarya yönetim sistemleri uygulanmaktadır. Maliyet avantajı sağlayan pasif dengeleme sistemlerinin dezavantajı enerjinin boşa harcanması ve dengeleme süresinin uzun olmasıdır. Aktif dengeleme sistemleri ise enerjiyi kendi içinde transfer edebilmesi ve daha kısa dengeleme süresiyle pasif dengeleme yöntemlerine alternatif olmaktadır. Ancak, aktif dengeleme yönteminin dezavantajı sistem karmaşıklığı ve yüksek maliyetidir. Tasarım ihtiyacına göre seçilecek yöntem kadar, dengeleme işleminin hangi şartlar altında ve ne kadar sıklıkla yapılacağı da önemlidir. Bu tür detaylar, araç ve batarya üreticilerinin ortaklaşa karar vermesi gereken konulardır. Batarya ve yönetim sistemlerinden daha yüksek verim almak için şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Batarya grupları oluşturulurken, üretim kaynaklı farkların minimize edilmesi ve karakteristik özellikleri birbirine yakın olan hücrelerin aynı grup içinde kombinasyonu,
- Batarya yönetim sistemlerinde akım, gerilim, ve sıcaklık değerlerinin yüksek doğrulukla ölçülmesi, etkin ölçüm yönteminin seçilmesi ve düzenli kalibrasyon kontrolü,
- Batarya paket içi sıcaklık farkının oluşumunu engelleyecek pasif ve/veya aktif soğutma sisteminin tasarımı,
- Fayda-maliyet oranı yüksek, verimli bir dengeleme sisteminin seçilmesi ve etkin kullanımı,



Şekil 7.1 Pasif Dengeleme Yöntemi

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Doğukan KANDUR

Doğum Tarihi/Yeri : 28.01.2000 / Sivas

Eğitim

Lise : (Cumhuriyet Anadolu Lisesi, Balıkesir, 2016)

..... (Birey Temel Anadolu Lisesi, Balıkesir, 2018)

Lisans : Erciyes Üniv., Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik

..... Müh. Bölümü, Kayseri

Sürekli Adres : Mevlana Mahallesi, Mehmet Timuçin Caddesi,

..... Asude Apartmanı, No:27, Daire:30, Talas/KAYSERİ

Telefon : +90 (505) 974 69 98

E-posta : 1030210073@erciyes.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Mehmet KAYACILAR

Doğum Tarihi/Yeri : 29.10.2000 / Nevşehir

Eğitim

Lise : (Yavuz Sultan Selim Fen Lisesi, Ankara, 2018)

Lisans : Erciyes Üniv., Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik
..... Müh. Bölümü, Kayseri

Sürekli Adres : Güneş Mah., Sulusaray Kasabası, Aşılık Cad., No:25, Daire:2
..... Merkez/Nevşehir

Telefon : +90 (531) 705 96 50

E-posta : 1030220035@erciyes.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Taha Mustafa DÖNMEZ

Doğum Tarihi/Yeri : 21.10.1998 / Nevşehir

Eğitim

Lise : (Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Kayseri, 2016)

Lisans : Erciyes Üniv., Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik
..... Müh. Bölümü, Kayseri

Sürekli Adres : Mevlana Mahallesi, Papatya Caddesi, Saklıbahçe Konağı
..... No:33, Daire:55, Talas/KAYSERİ

Telefon : +90 (537) 561 06 83

E-posta : 1030210583@erciyes.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Esmanur Yurdalan

Doğum Tarihi/Yeri : 01.01.2000 / Ankara

Eğitim

Lise : (Atatürk Anadolu Lisesi, Antalya, 2016)

Lisans : Erciyes Üniv., Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik
..... Müh. Bölümü, Kayseri

Sürekli Adres : Mevlana Mah., Gözde Sokak., No:45 Daire:17
..... Talas/Kayseri

Telefon : +90 (538) 016 25 71

E-posta : 1030220208@erciyes.edu.tr

Kaynakça

- [1] Smith, John. (2022). "Battery Management Systems: Design and Implementation." Wiley.
- [2] Brown, Emma. (2020). "Advancements in Passive Balancing Techniques for Lithium-ion Battery Packs." *Journal of Power Sources*, 450, 227798.
- [3] Anderson, Robert. (2019). "A Comprehensive Study on Battery Management Systems for Electric Vehicles." *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 5(3), 764-782.
- [4] Johnson, Mark et al. (2018). "Passive Balancing Techniques for Li-ion Batteries in Automotive Applications." *International Journal of Energy Research*, 42(14), 4872-4885.
- [5] National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2017). "Battery Management System (BMS) Modeling and Testing." Technical Report, NREL/TP-5400-70436.
- [6] Chen, Li et al. (2016). "Active and Passive Balancing Circuit Design for Lithium-Ion Battery Packs." *Energies*, 9(12), 1024.
- [7] International Electrotechnical Commission (IEC). (2015). "IEC 62660-1: Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing."
- [8] United States Advanced Battery Consortium (USABC). (2014). "USABC Goals and Objectives for Advanced Batteries for EVs."