



**KURŞUN ASİT AKÜLERİN OPTİMUM ŞARJ OLMASINI
SAĞLAYAN ŞARJ DEVRESİ**

Mustafa Emre ÖZERMİŞ

MAYIS 2010

DENİZLİ

**KURŞUN ASİT AKÜLERİN OPTİMUM ŞARJ OLMASINI
SAĞLAYAN ŞARJ DEVRESİ**

Pamukkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mustafa Emre ÖZERMİŞ

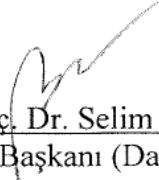
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ

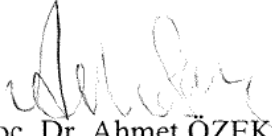
Mayıs 2010


DENİZLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

Mustafa Emre ÖZERMİŞ tarafından Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ yönetimi hazırlanan **“Kurşun Asit Akülerin Optimum Şarj Olmasını Sağlayan Şarj Devri** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ
Jüri Başkanı (Danışman)


Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK
Jüri Üyesi


Doç. Dr. Nazım USTA
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..../..../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Halil KARAHAN
Müdür

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince gerek bilimsel katkıları ve gerekse manevi yardımları ile desteğini esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ' ye, yönlendirici bilgilerinden yararlandığım Gökmen UMDU ve Sinan YILMAZ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans ve lisans öğrenimimde kendilerinden birçok ders almış olduğum, ders dışında da engin bilgilerinden faydalandığım değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK'e, Doç. Dr. Ceyhun KARPUZ'a, Doç. Dr. Serdar İPLİKÇİ'ye, teşekkürlerimi bir borç biliyorum.

Çalışmalarım esnasında göstermiş oldukları sabır, anlayışa ve manevi destekleri için aileme ayrıca burada ismini yazamadığım birçok hocama ve arkadaşşıma çok teşekkür ediyorum.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza:

ÖĞrenci Adı Soyadı: Mustafa Emre ÖZERMİŞ

ÖZET

AKÜ ŞARJ DEVRESİ

Özermiş, Mustafa Emre

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği ABD

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ

Mayıs 2010, 74 Sayfa

Aküler, elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren depolama üniteleridir. Doğru akım enerjisini depolamak için kullanılan aküler, günümüz teknoloji dünyasının vazgeçilmez unsurlarından biridir.

Depolanan DC gerilim ile birlikte elektrik enerjisinin olmadığı her yerde aküler sayesinde enerji elde etmek mümkün olabilmektedir. Ancak her enerji kaynağında olduğu gibi akünün de ömrü ve verimliliği söz konusudur. Aküler ne kadar verimli çalışırsa, ne kadar uzun ömürlü olursa kullanıcı için bir o kadar yararlı olur.

Bu nedenle akülerin optimum düzeyde, en yüksek verimle çalışması gerekmektedir. En yüksek verim, akü etiketinde yer alan elektriksel değerlerin yani, kapasite (Ah) ve CCA (soğukta marş basma akımı) değerlerinin T süresi boyunca sağlanabilmesidir. Burada belirtilen T süresinin optimize edilmesi gerekmektedir. Bu işlem ise, akünün şarj sistemine bağlıdır.

Akülerin uzun süre beklemesi sonucunda deşarj olması (kimyasal yapısında sülfatlaşma olması), şarjının azalması ya da tamamen bitmesi durumunda yavaş, çabuk, tampon şarj gibi şarj türleri vardır. Bu şarj çeşitlerinin hepsi akü şarj devresi ile gerçekleştirilerek akü ömründe artış sağlanır.

Devre, 220V şehir şebekesine göre tasarlanmış olup, doğrultmaç, transistör ve ayarlı potansiyometrelerden oluşmaktadır. Potansiyometrelerin ayarlanması ile istenilen çıkış elde edilerek istenilen şarj işlemi uygulanır. Devrenin diğer şarj devrelerinden farkı da budur. Aküler içeriğindeki kimyasallar nedeniyle sabit değerler ile şarj olmaz. Akü şarj veya deşarj işlemleri sırasında uyulması gereken bir takım kurallar vardır. Bu kurallar üretici firma kullanım talimatlarında belirtilmiştir. Bu talimatlar doğrultusunda gerekli şarj işlemi yapılabilir. Bu nedenle piyasada satılan şarj cihazları ile şarj yapmak doğru değildir. Çünkü bu şarj cihazlarında seçim sansı yoktur. Belirli değer aralıklarında şarj işlemi yapabilirsiniz. Halbuki tez içeriğinde anlatılan cihaz ile akım ve gerilim değerlerini görerek doğru şarjı yapma imkanı bulunmaktadır. Devrede yer alan üç adet potansiyometre ile akım değerleri ayarlanılarak istenilen değerlerde akım ile şarj işlemi gerçekleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Akü, Şarj Devresi, Deşarj

Doç. Dr. Nazım USTA
Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ
Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK

ABSTRACT

BATTERY CHARGE CIRCUIT

Özermiş, Mustafa Emre

M. Sc. Thesis in Electrical&Electronics Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Selim BÖREKÇİ

May 2010, 74 Pages

Storing energy is always one of the biggest problems for human being. Electrical energy is the most needed energy to store. Electrical energy can be stored only as DC. And batteries are the most common way to store it.

With DC voltage stored, it is possible to use electrical energy everywhere by means of batteries. But like every energy sources, batteries also have life and efficiency. Batteries are better for last users, if they have more life and more efficiency.

So, the batteries should work optimum and with high efficiency. High efficiency is to be providing the label values of the batteries as, capacity (Ah) and CCA (Cold Cranking Amps) along the T period. T period mentioned here should be optimized. And this optimization is up to charge system.

Holding the batteries for a long time as open circuit, it has consequences like to be discharged (sulphation in the chemical parts), reduction of the charge, completely discharged. In these cases, there are kind of charge methods like slow, fast and tampon charges. Battery life can be extended by using these methods with the help of the battery charger circuit.

Circuit was designed for 220V and also consisted of rectifier, transistor and adjustable potentiometer. Adjusting the potentiometer, output signal required is obtained. And also this is the difference from the other chargers. Batteries can not be charged with constant values because of the chemical ingredients. There are some rules that must be obeyed which are specified in the battery manufacturer instruction. According to this instruction, convenient charging can be applied. Because of this, charging with the chargers selling in the markets is not ok. These chargers do not have optional charge methods. However, with the charger detailed in the thesis, right charge method can be conducted according to amps and voltage values. Just to the three potentiometers, adjusting of the current can be done and charge operation can be completed successfully.

Keywords: Battery, Charge Circuit, Discharge

Associate Prof. Dr. Nazım USTA
Assistant Prof. Dr. Selim BÖREKÇİ
Assistant Prof. Dr. Ahmet ÖZEK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Yüksek Lisans Tezi Onay Formu.....	ii
Teşekkür.....	iii
Bilimsel Etik Sayfası.....	iv
Özet.....	v
Abstract.....	vii
İçindekiler.....	ix
Şekiller Dizini.....	x
Tablolar Dizini.....	xii
Simge ve Kısaltmalar Dizini.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Akünün Tanımı.....	1
1.2. Akü Malzemeleri ve Özellikleri.....	2
1.3. Plaka Grupları.....	4
1.4. Separetörler.....	6
1.5. Kutu Kapaklar.....	6
1.6. Kutup Çıkışları.....	7
1.7. Gaz Kapakları (Buşonlar).....	8
1.8. Elektrolit.....	8
1.9. Akünün Çalışma Prensibi.....	10
1.10. Akü Çeşitleri.....	15
1.10.1. Otomobil Aküleri.....	15
1.10.2. Sabit Tesis Aküler.....	15
1.10.3. Çekici Aküler.....	16
1.10.4. Madenci Aküleri.....	17
2. TEMEL KAVRAMLAR VE İŞLEMLER.....	18
2.1. Temel Kavramlar ve Hesaplamalar.....	19
2.1.1. Şarj.....	19
2.1.2. Deşarj.....	19
2.1.3. Voltaj.....	20
2.1.4. İç Direnç.....	20
2.1.5. Self Deşarj.....	21
2.1.6. Yoğunluk.....	21
2.1.7. Kapasite.....	26
2.1.8. Verim.....	31
2.1.9. Sülfatlaşma.....	32
2.2. Montaj ve Şarj İşlemi.....	33
2.2.1. Akülerin teslimi ve depolanması.....	33
2.2.2. Elektrolit hazırlama.....	34
2.2.3. Akü gruplarının montajı.....	37
2.2.4. Akü grubu oluşturma.....	39
2.3. Akülerin Muayanesi.....	40
2.3.1. Deşarj ve kapasite muayanesi.....	41

2.3.2. Şarj ve kapasite muayanesi.....	42
2.4. Şarj Çeşitleri.....	44
2.4.1. İlk şarj.....	44
2.4.1.1. İlk şarj koşullarının tespiti.....	44
2.4.1.2. Normal ilk şarj.....	45
2.4.1.3. Özel ilk şarj.....	46
2.4.2. Tampon şarj.....	46
2.4.3. Hızlı şarj.....	47
2.4.3.1. Manuel hızlı şarj.....	48
2.4.3.2. Otomatik hızlı şarj.....	49
2.5. Şarj Metotları.....	52
2.5.1. Sabit akımla şarj.....	53
2.5.2. Sabit voltajla şarj.....	54
2.5.3. Sabit akım sabit voltajla şarj.....	54
2.5.4. Sabit akım kademeli sabit voltajla şarj.....	55
2.5.5. Kademeli sabit voltajla şarj.....	56
2.6. Akü Şarj Seviyesinin Kontrolü.....	56
2.7. Akü Arızaları.....	58
2.8. Akünün Donması.....	60
2.9. Akü Seçimi.....	61
2.10. Akü Bakımı ve Alınacak Önlemler.....	62
3. KURŞUN ASİT AKÜLERİN OPTİMUM ŞARJ OLMASINI SAĞLAYAN ŞARJ DEVRESİ.....	65
3.1. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Amacı.....	66
3.2. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Elektriksel Gösterimi.....	73
3.3. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Uygulaması.....	74
4. SONUÇ.....	79
KAYNAKLAR.....	80
Özgeçmiş.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Otomobil (starter) aküsü	1
Şekil 1.2 Bir otomobil aküsünü oluşturan malzemeler	2
Şekil 1.1 Seperatörler	6
Şekil 1.2 Kutu ve kapaklar	7
Şekil 1.3 Otomobil akülerinin kutup şekli ve işaretleri (mm)	8
Şekil 1.4 Akü Üretim Prosesleri Blok Diyagramı	14
Şekil 1.5 Stasyonier akü	16
Şekil 1.6 Traksiyoner Akü	17
Şekil 1.7 Madenci aküsü	17
Şekil 2.1 Akü hücresi	18
Şekil 2.2 Hidrometre	22
Şekil 2.3 Kapasite, Akım, Voltaj Eğrileri	29
Şekil 2.4 Akü grubu (seri bağlantı)	39
Şekil 2.5 Akü grubu (paralel bağlantı)	40
Şekil 2.6 Manuel hızlı şarjda akım(A)-saat(h) ilişkisi	48
Şekil 2.7 Sabit akımlı şarj grafiği	53
Şekil 2.8 Sabit voltajla şarj	53
Şekil 2.9 Sabit akım-sabit voltajla şarj	55
Şekil 2.10 Sabit akım-kademeli sabit voltajla şarj	55
Şekil 2.11 Kademeli sabit voltaj	56
Şekil 3.1 Uygun şarj akım-gerilim grafiği	66
Şekil 3.2 Yıl bazında Türkiye'deki CO ₂ üretimi	67
Şekil 3.3 Sektörler bazında Türkiye'deki CO ₂ salınımı	68
Şekil 3.4 Örnek batarya modülü	70
Şekil 3.5 Batarya yönetim sistemi (BYS) şeması	70
Şekil 3.6 OEM şarj sistemleri içeriği tablo resmi	72
Şekil 3.7 Deney çalışması	73
Şekil 3.8 Normal şarj uygulamasında devre giriş ve çıkış verileri	75
Şekil 3.9 Normal şarj uygulamasında devrenin çıkışına göre akü gerilim durumu	75
Şekil 3.10 Yavaş şarj uygulamasında akü gerilimi ve çıkış akımının zamana göre değişimi	76
Şekil 3.11 Hızlı şarj uygulamasında elde edilen değerler	77
Şekil 3.12 Hızlı şarj uygulamasında zamana göre akü gerilimi ve devrenin çıkış akımı	77
Şekil 3.13 Deney çalışmasının fiili görüntüsü	78

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Akü bileşimi	3
Tablo 1.2 Akünün kurşun taşıyan bileşenlerinin yaklaşık bileşimi	4
Tablo 1.3 Sıcaklıkla yoğunluk değişim cetveli	10
Tablo 1.4 Elektrolit donma sıcaklıkları	10
Tablo 1.5 Araç cinslerine göre ortalama akü ağırlıkları	15
Tablo 2.1 Yoğunluk ve bome dereceleri	23
Tablo 2.2 Deşarj hesaplama tablosu	41
Tablo 2.3 Şarj hesaplama tablosu	43
Tablo 2.4 Yoğunluk-şarj seviye tablosu	57
Tablo 2.5 Açık devre voltaj-şarj seviye tablosu	58

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
Pb	Kurşun
Sb	Antimuan
Ca	Kalsiyum
PbSO ₄	Kurşun sülfat
PbO	Kurşun oksit
PbO ₂	Kurşun dioksit
TS	Türk standartları
d	Asit çözeltisinin yoğunluğu
Be	Asit çözeltisinin bome derecesi
V _p	Pozitif plaka gerilimi
V _n	Negatif plaka gerilimi
OGI	Otrsfeste gitterplatte
OGIV	Otrsfeste gitterplatte verschlossen
OPzS	Otrsfeste panzerplatte sonderseparation
SLA	Starting lightening accumulator
VRLA	Valve regulated lead acid

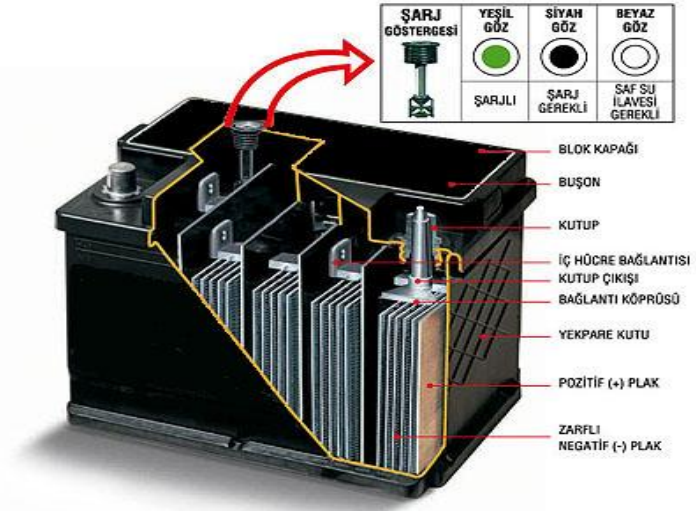
1. GİRİŞ

1.1. Akünün Tanımı

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüşümlü olarak birçok sefer çevirebilen cihazlara akü adı verilir.

Aküler şarj olurken dışarıdan verilen elektrik enerjisini içyapı değişimi ile kimyasal enerji olarak depolarlar. İstendiği zamanda kimyasal yapı değişikliği tersine döner ve aküden elektrik enerjisi alınmaya başlanır.

Kullanılan elektrolitin özelliğine bağlı olarak; bazlı ve asitli aküler yapılır. Bu çalışmada kurşun asit aküler ele alınmıştır. Tipik bir kurşun asit akünün kısımları ve genel görünüşü Şekil 1.1’de verilmiştir.



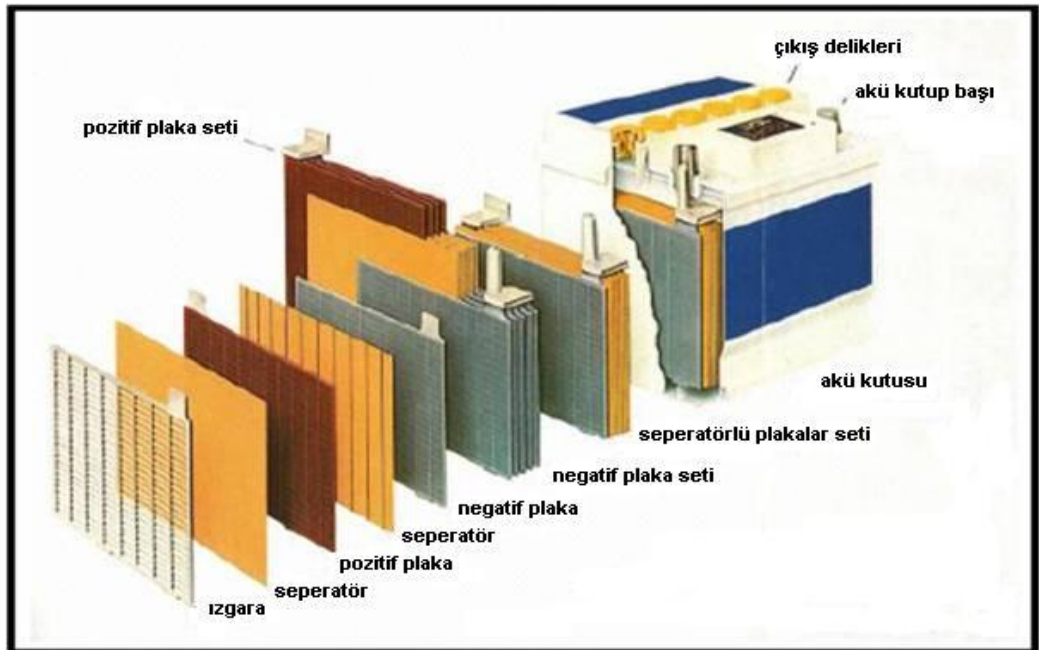
Şekil 1.1 Otomobil aküsü

1.2. Akü Malzemeleri ve Özellikleri

Kurşun asit akülerin içyapısı iki ana unsurdan oluşur. Bunlar elektrotlar ve elektrolittir. Elektrot olarak kurşun ve bileşikleri, elektrolit olarak ise sulandırılmış sülfürik asit kullanılmaktadır. Kapasitesinin büyüklüğüne göre elektrotların büyüklüğü de değişir. Kullanım amacına bağlı olarak elektrotlardaki plaka sayısı artırılıp azaltılır veya büyüklükleri değiştirilir. Şekil 1.2’de tipik bir otomobil aküsünün bileşenleri,

Tablo 1.1’de bileşimi,

Tablo 1.2’de ise akünün kurşun taşıyan bileşenlerinin yaklaşık bileşimi verilmektedir.



Şekil 1.2 Bir otomobil aküsünü oluşturan malzemeler

Tablo 1.1 Akü bileşimi

Sert kauçuk kasadaki 12V-44Ah-210A oto aküsü	% bileşim
Kurşun içeren bileşenler	58.8
Sert kauçuk	12.7
Sülfürik asit	26.2
Seperatörler	2.3
PP kasadaki modern 12V-44Ah-210A oto aküsü	
Kurşun içeren bileşenler	63.9
PP bileşenleri	5.0
Sülfürik asit	28.6
Seperatörler (PP, PVC, selüloz)	2.5

Bir bölme içinde bulunan elektrotların kapasite ve büyüklükleri ne kadar olursa olsun voltajı değişmez. Her bölme için 2V olarak alınır. Dolayısıyla değişik voltajlarda akü yapmak istenildiğinde, 2V'luk gözler birbirlerine seri bağlanırlar. Ticari ve özel nakil araçlarının aküleri 6V veya 12V'tur. Bunun için üç ya da altı adet 2V'luk hücreler seri bağlanmıştır.

Oto aküleri küçük boyutlu oldukları için genelde hücreler aynı kutu içinde kurşun köprülerle birbirlerine bağlanırlar. Endüstriyel alanda kullanılan çok değişik tipte ve büyüklükte aküler vardır. 220A'e kadar olan oto akülerine karşılık 12.000A'e kadar olan endüstriyel aküler üretilmektedir. Büyük kapasitelerde akü hücreleri tektir. Voltaja göre gerekli sayıda hücre seri olarak köprülerle bağlanır.

Tablo 1.2 Akünün kurşun taşıyan bileşenlerinin yaklaşık bileşimi

Izgara metali, kutuplar, köprüler		44%
Pb	96–98%	
Sb	2–4%	
Ca	<0.5%	
Macun		56%
PbSO ₄	60%	
PbO (PbO ₂)	19%	
Pb	21%	
Toplam		100%

1.3. Plaka Grupları

Aküye enerji vermesini sağlayıp, pozitif ve negatif olarak ikiye ayrılan hücrelerin iç içe geçerek, elektrot diye tanımlanan grubunu oluşturur.

Dolu bir aküde pozitif plaklar üzerinde kurşun dioksit (PbO₂), negatif plaklar üzerinde ise süngerimsi kurşun, aktif kimyasal madde olarak görev yapar. Plakalarda iskelet görevini üstlenen kurşun ızgaraların alaşımları ve dökümleri özel bir öneme sahiptir. Çünkü akımı toplayıp ileticek, aktif maddeyi üzerinde tutacak ve plakalara gerekli mukavemet gücünü verecek olan bu döküm parçalardır.

Kurşunun içindeki safsızlıklar iç direnci yükseltir. Bazı safsızlıklar ise iç direnci yükseltmenin yanında çabuk yıpranmaya da neden olur. Önemli bir alaşım elementi olan antimon, döküm kolaylıkları yanında kullanım sürecinde de önemli ölçüde mekanik ve kimyasal dayanıklılık verir (Torlak, 2001).

Aktif maddenin ızgaralar üzerinde tutulması değişik yöntemlerle sağlanır. Bu yöntemler;

- 1) Gözlü ızgara üzerine sıvama
- 2) Petekli ızgara ve plak
- 3) Petekli ızgara üzerine sıvama
- 4) Tüplü plak (Panzer tipi) gibi isimler alır.

Aktif madde ızgaralara dışarıdan bir karışım olarak verilir. Pozitif plakalar akım vermede esas alınan plaka grubudur. Sıvamalarda kurşun oksit, bazı katıklar, asit ve suyun muamelesi sonucu hazırlanan hamur ızgara yüzeyine yedirilir (Şekil 1.1). Sıvanan plakalar “çiğ plaka” diye adlandırılır. Formasyon denilen uzun bir şarj ile pozitif plaka üzerindeki aktif madde kurşun dioksit haline dönüşür. Bu dönüşüm sonucunda pozitif plaka akım vermeye hazır hale gelir. Akülerde genellikle önce yıpranan pozitif elektrottur. Negatife göre erken yıpranmasının nedeni oksidasyon reaksiyonu ile çalışan plaka olmasındandır.

Negatif plaka aktif maddesi, kurşun oksit içine genleştirici katıklar konularak su ve asit ile hazırlanan karışımdır. Kullanılan kurşun oksidin yüksek saflıktaki kurşundan yapılmış olması ömür açısından önemlidir. Negatif plakadaki aktif madde, formasyonda süngerimsi kurşun haline dönüşür. Sıkışık kurşun metali olmadığı için yeniden kolayca reaksiyona girebilir. Plakların sıvama teknikleri de ömür üzerinde önemli etkiye sahiptir. Basınç altında otomatik makinelerde sıvanan plaklar, ilkel yöntemlerle sıvanan plaklardan daha yüksek kapasiteli ve uzun ömürlü olurlar.

Pozitif ve negatif plakaları formasyon şarjı yapılarak monte edilmiş aküler “Kuru Şarjlı Aküler” diye adlandırılırlar. Plakların akü halinde şarj edilmesi de mümkündür.

Bugün tam kapalı akülerin tamamı ve diğerlerinin de bir kısmı, çığ plakadan yapılan aküler “Sulu Şarjlı Aküler” şeklinde üretilmektedir.

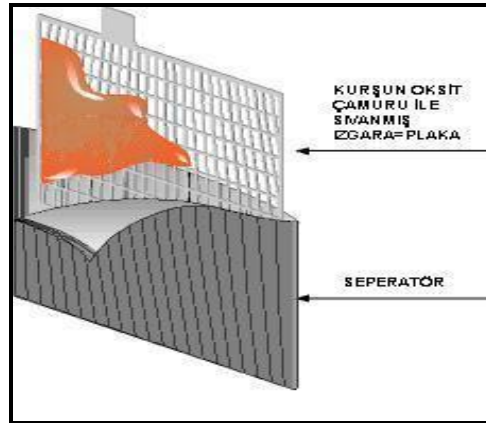
Plakalar istenen kapasiteye göre değişik sayıda kullanılabilir. Aynı hücredeki pozitif ve negatif plakalar kendi aralarında bir kurşun köprü ile birleştirilerek paralel bağlanırlar. Hücrelerin seri bağlanması ile istenilen voltajda aküler meydana gelir.

1.4. Seperatörler

Pozitif ve negatif plakaların birbirine değerek kısa devre yapmasını önlemek için aralara konan levha şeklindeki parçalara seperatör denir.

Seperatörlerin pozitif ve negatif plakaları birbirinden ayırmış olması yeterli değildir. Aynı zamanda elektriği taşıyan iyonların geçişine engel olmamalı ve en azından plakalar kadar çalışma ömrüne sahip olmalıdır.

Seperatör kalitesi, direnç, su emme, porozite ve mekanik mukavemet gibi özelliklerin testi ile belirlenir. PVC, kâğıt, kauçuk, cam elyafı gibi değişik malzemelerden olan seperatörler vardır. Günümüzde Şekil 1.1’de gösterilen zarf tipi denen ve plağın sadece birini içine alan polietilen seperatörler daha yaygın kullanılmaktadır.



Şekil 1.3 Seperatörler

1.5. Kutu ve Kapaklar

Sert ebonit veya plastik türü malzemelerden yapılır. Ebonit kutu ve kapaklar presleme, plastikler ise enjeksiyon yöntemi ile basılırlar. Otomobil akülerinde Şekil 1.2’de verilen polipropilen kutu ve kapaklar daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Akü kutu ve kapağı yeterli yalıtkanlığı sağlamalı, sızdırmamalı, uzun süre mekanik ve kimyasal özelliklerini koruyabilmelidir. Ebonit kapaklar tek tek düşünülerek dizayn

edilirler. Günümüzde ise birden fazla hücreli kutulara tek bir kapak kullanılmaktadır. Sadece çok büyük kapasiteli hücrelerin kapakları ebonit olarak yapılmaktadır.



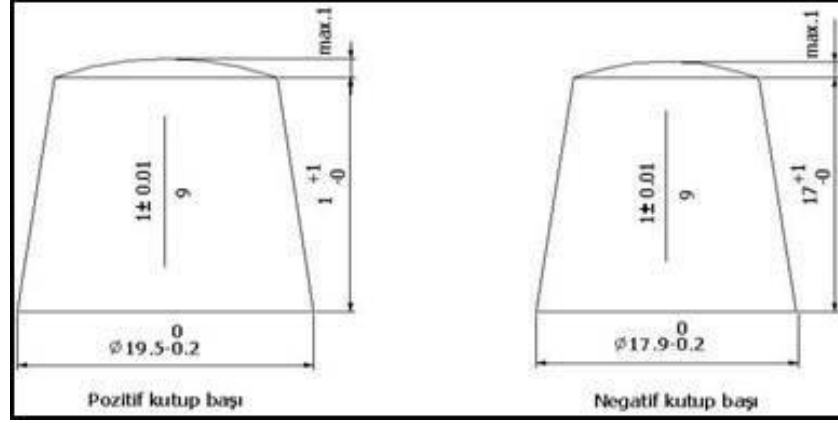
Şekil 1.4 Kutu ve kapaklar

1.6. Kutup Çıkışları

Akülerden elektrik enerjisi çekilmesi ve şarj edilmesi bu uçlar aracılığı ile sağlanır. Her hücrede plakaların bağlandığı bir pozitif bir de negatif çıkış bulunur. Pozitif plaka grubunun bağlı olduğu uca pozitif kutup başı (+), negatif plak grubuna bağlı uca negatif kutup başı (-) denir. Kutup üstüne veya yanlara (+) ve (-) işaretleri konulur. Endüstriyel akülerde özel bağlantı çıkışları vardır. Otomotiv akülerinde ise genel olarak çıkışlar belirli ebat ve yapıdadır.

TS 1353'te starter aküler için verilen kutup ölçü ve işaretleri 7

Şekil 1.3'de verilmiştir. Yıpranma pozitif kutupta daha fazla olduğundan dolayı negatif kutuptan bir miktar daha kalındır.



Şekil 1.5 Otomobil akülerinin kutup şekli ve işaretleri (mm)

1.7. Gaz Kapakları (Buşonlar)

Kurşun-asit aküler çalışma esnasında az veya çok miktarda H_2 ve O_2 gazı çıkartırlar. Çıkan bu gazların hücre içindeki basıncı belirli bir seviyenin üzerine çıkarmaması gerekir, aksi takdirde aşırı basınç sonucu akü patlayabilir. Oluşan bu gazların bir kısmının dışarıya çıkmasını sağlayan delikli kapaklara buşon adı verilir. Temel amaç gazın çıkışının sağlanmasıyla birlikte sıvı elektrolit kaçışının engellenmesidir. Çıkan gazın bir kısmını yoğunlaştıran kapak dizaynları da vardır. Ayrıca, patlamalara karşı akü içine alev girişini engelleyen buşonlar da yapılmaktadır. Gazlanmayı minimize eden veya çıkan gazların (H_2 ve O_2) önemli bir kısmının yeniden suya dönüşümünü sağlayan aküler bugün oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu tür bakım gerektirmeyen akülerde yeni bir dizayn ile bütün hücrelerin merkezi gaz bağlantısı sağlanır ve bir çıkış düzeneği konulur. Aşırı gaz basıncı oluştuğunda buradan atılır (Bauer 1996).

1.8. Elektrolit

Pozitif ve negatif elektrotların içine batırıldığı iyonları (+ ve - yükler) taşıyan sıvıdır. Kurşun asit akülerde elektrolit sulandırılmış sülfürik asittir. Deşarj sırasında sülfat kökleri her iki plaka cinsi üzerinde kurşunlara bağlanırken elektrolitin yoğunluğu da buna paralel olarak azalır. Şarj sırasında ise plakların bünyesinde bulunan sülfat kökleri ortama çıkararak elektrolit yoğunluğunu artırır.

Plakaların bünyesindeki sülfat köklerinin oranına göre ilk konulacak elektrolitin yoğunluğu değişir. Yani plakların formasyon şarj ölçülerine göre başlangıçta değişik elektrolit yoğunlukları kullanılır. Elektrolit yoğunluğu, birim elektrolit hacminin ağırlığıdır ve hidrometre ile ölçülür. Yoğunluk yerine bome deyimini Türkiye’de daha sık kullanılmaktadır. Öz olarak aynı olmakla birlikte sayısal olarak farklı değerler ile ifade edilirler. Birbirine dönüşüm formülü aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$Be = \frac{144,38(d - 1)}{d} \quad (1.1)$$

d: Asit çözeltisinin yoğunluğu

Be: Asit çözeltisinin Bome derecesi’dir.

Yüksek elektrolit yoğunluğu daha yüksek ve hızlı çalışma sağlar. Ancak özellikle negatif kutupdaki süngerimsi kurşunu çözerek plakların kısa sürede yıpranmasına neden olur. Çok düşük elektrolit yoğunluğu ise Volt ve marş basma gücünün düşmesine neden olduğu gibi kapasite içinde daha fazla hacimde elektrolit gerektirir. Bu ve benzeri nedenlerle, elektrolit yoğunluğunun ve miktarının uzun denemeler sonucunda belirli sınırlar içinde olması gerektiği tespit edilmiştir.

Türkiye’nin iklim koşullarına uygun olan elektrolit yoğunluğu 1.26 – 1.28 g/cm³ arasındadır. Tropikal iklimlerde daha düşük elektrolit yoğunluğu kullanılır.

Diğer tablolarda belirtildiği üzere yoğunluk, çözelti içindeki asit miktarına bağlı olduğu gibi sıcaklık ile de değişir. Otomotiv akülerinde hidrometrelerin 26,7°C (80°F) gösterdikleri değerler esas alınır.

26,7°C’in alt ve üstündeki sıcaklıklarda yapılan ölçüm değerleri için cetvelde görülen düzeltmeler yapılır. Elektrolit yoğunluğundaki değişim sıcaklıklarda doğrusala oldukça yakındır. Ortalama olarak her bir derece için 0,0007’lik değişim olur.

Tablo 1.3 Sıcaklıkla yoğunluk değişim cetveli

		28	
60		24	
54,4		20	İlave
48,9		16	Edilecek
43,9		12	Kısım
37,8		8	
32,2		4	
°C 26,7		0	
	21,1	4	
	15,6	8	Çıkartılacak
	10	12	Kısım
	4,4	16	
	1,1	20	
	-6,7	24	

Hidrometre ile okunan yoğunluk değerinden sonra bir termometre ile °C olarak sıcaklık okunur. Akünün sıcaklığı denilince elektrolitin sıcaklığı anlaşılır. Değişim tablosuna göre düzeltme yapılarak gerçek yoğunluk değeri bulunur. Her sıvının olduğu gibi, elektrolitin de bir donma derecesi vardır ve bu değer Tablo 1.4’de belirtildiği gibi yoğunluğa göre değişir.

Elektrolit hazırlanmasında kullanılacak asit ve su saf olmalıdır. Daima su içine asit konulur. Saf asit içine su koymak tehlikelidir. Elektrolite asit ve sudan başka bir madde konulmamalıdır.

Tablo 1.4 Elektrolit donma sıcaklıkları

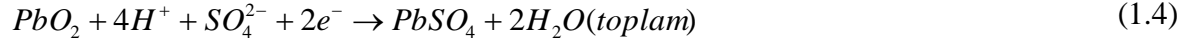
Yoğunluk (26.7°C)	Sıcaklık (°F)	Sıcaklık (°C)
1.280	-92	-69
1.265	-71,3	-57,4
1.250	-62	-52,2
1.200	-16	-26,7
1.150	5	-15
1.100	19	-7,2

1.9. Akünün Çalışma Prensibi

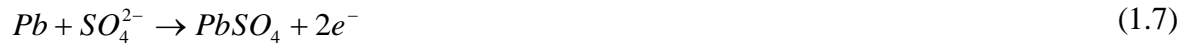
Elektrot olarak kurşun, elektrolit olarak ise sulandırılmış sülfürik asit kullanılan akülere kurşun asit akü denir. Akü plakaları şarjlı iken, (+) artı elektrotta reaksiyona girmeye hazır kurşun dioksit (PbO₂), eksi (-) elektrotta ise süngerimsi kurşun bulunur.

Deşarjda her iki elektrot kurşun sülfat ($PbSO_4$) tabakası ile kaplanır.

Deşarj sırasında (+) kutupta oluşan reaksiyon:



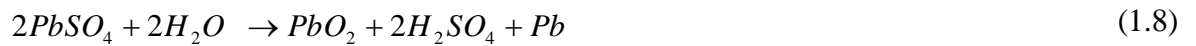
Deşarj esnasında (-) kutupta oluşan reaksiyon:



Reaksiyon sonuçlarında görüldüğü gibi her iki kutupta da sülfürik asit harcanması olarak kurşun sülfat meydana gelir. Bu reaksiyonlar sırasında (+) kutupta su meydana gelir.

Yukarıdaki reaksiyonların tersini düşünürsek akü şarj olmuş olur. Ancak reaksiyon yönünün tersine dönebilmesi için en azından akü geriliminin biraz üzerinde bir voltaj dışarıdan ters yönde uygulanmış olmalıdır. Her iki kutuptaki şarj ve deşarj reaksiyonlarını toplayacak olursak:

Şarj;



Deşarj;



Akü hücresinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan da görülebileceği gibi, kurşun asit akülerde gerilim, sülfürik asit konsantrasyonuna büyük ölçüde bağlıdır.

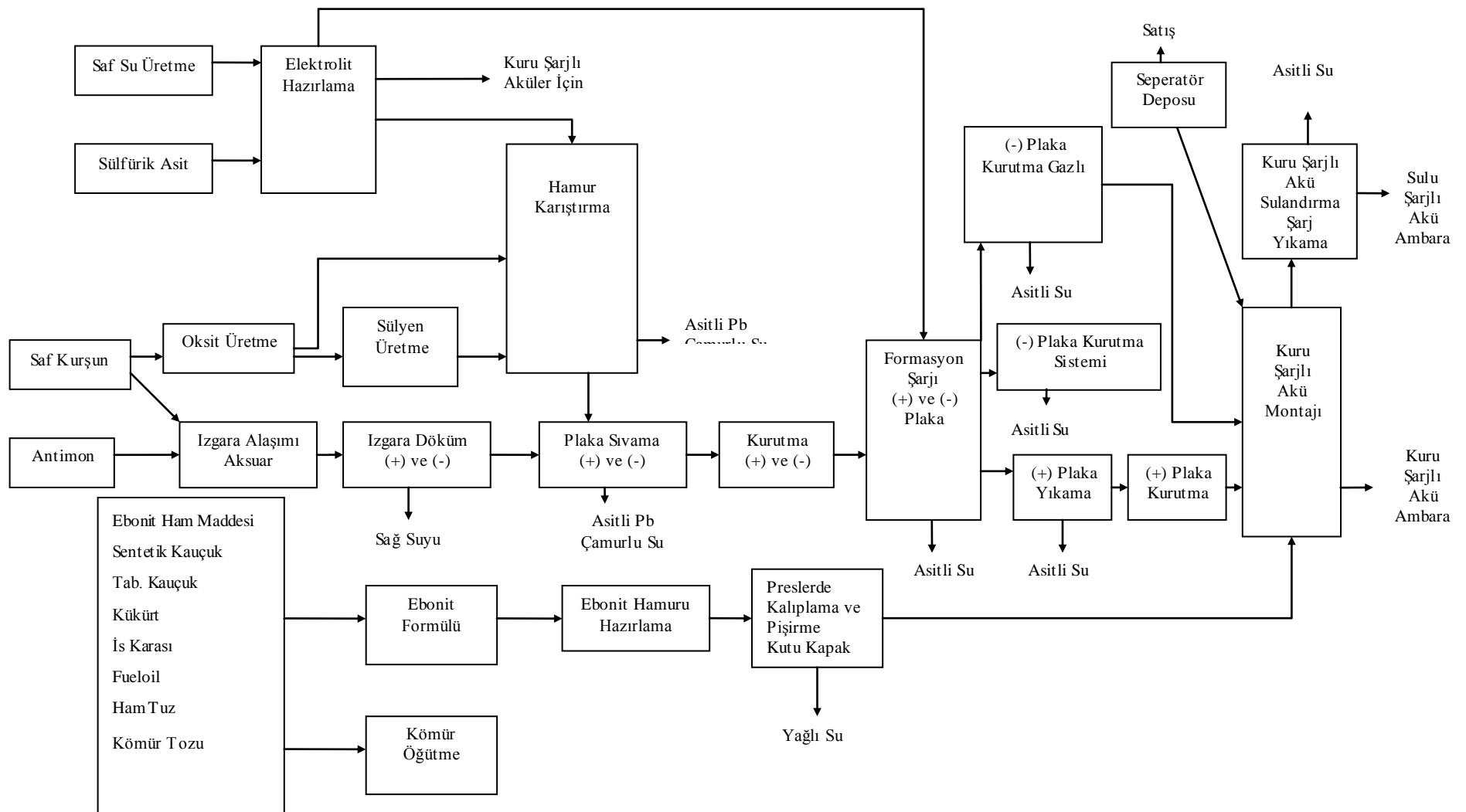
Bir hücrenin toplam voltajı, pozitif elektrot geriliminden negatif elektrot gerilimi çıkartılarak bulunur. Pozitif elektrotun gerilimi (+), negatif elektrotun gerilimi ise (-) işaretlidir. Elektrotları cinsine ve elektrolit olarak kullanılan maddeye göre voltaj değerleri değişir. Bir kurşun asit hücresinde voltaj teorik olarak $V = V_p - V_n = 1.74 - (-0.27) \approx 2$ voltur. Normal olarak 2V kabul edilen bir kurşun asit hücresinde gerçek voltaj elektrolit yoğunluğuyla bağlantılı olarak 2.05 – 2.15 volt/hücre arasındadır. Hücre başına voltaj değeri 2 volt alınarak hesaplanır. Araçlarda kullanılan aküler 6 veya 12 voltluk aküler olup 3 veya 6 hücrenin seri bağlanmaları ile oluşmuşlardır.

Bir kurşun asit akünün boşaldığı kabul edilen ortalama hücre gerilimi 1.75 Volt'tur. Deşarj için limit voltaj, çekilen akımın oranına göre değişir. Deşarj sonunda plakalardaki kimyasal maddenin tamamı dönüşüme uğramaz. Hücre içindeki toplam kimyasal enerjinin belirli bir oranı elektrik enerjisine dönüşür. Bunun değeri deşarj akımının miktarı ve alt limit voltajına göre değişir.

Aküde deşarj yolu ile elektrik enerjisine dönüşen toplam miktara kapasite denir. Kurşun asit akülerde kapasite, elektrotların özelliklerine, aktif maddeye, elektrolit yoğunluğuna, aktif maddenin dönüşüm yüzdesine, boşaltma akımının değerine, sıcaklığa ve boşaldığı kabul edilen minimum gerilime göre değişir. Aktif maddenin yüzey ölçüsü ve gözenekliliği de kapasiteyi etkiler. Otomobil akülerinde kapasite için minimum hücre geriliminin 1.75 V kabul edilmesinin nedeni yeniden normal şarj yapılabilmesi içindir. Kapasitenin yirmide biri bir akımla yapılan deşarjda 1.75 V/hücre'ye kadar oluşan PbSO₄ tanecikleri küçüktür. Bu voltajın daha altına inilirse kurşun sülfat taneleri büyür. Büyüyen PbSO₄ taneleri şarjı zorlaştırdığından iç direnç yükselmiş olur. Yukarıda da belirtildiği gibi hücre voltajının 1.75 voltun altına düşmesi,

reaksiyona girecek aktif madde kalmadığını göstermez. Ancak kalan aktif maddenin üzeri $PbSO_4$ taneleri ile kaplandığından akünün gerilimi hızla düşer. Boşaltma akımının şiddetine göre minimum hücre gerilimi değişir.

Şekil 1.4'de akü üretim tesisleri blok diyagramı verilmiştir. Bu blok diyagramı kısaca açıklayacak olursak, külçeler halindeki dökülmüş ham kurşun öncelikle ergitme işlemine tabi tutulur ve antimon ile kurşunun dayanıklılığı artırılarak ızgara alaşımı elde edilir. Izgara alaşımları döküm makinelerinde istenilen ebatlarda ızgaralara dönüştürülürler. Diğer taraftan kurşun, oksit üretiminde kullanılır ve elde edilen oksit, sülyen, saf su ve sülfürik asit karışımıyla elde edilen elektrolit ile karıştırılarak kurşun oksit çamuru (akü hamuru) elde edilir. Kurşun oksit çamuru ızgaraların yüzeylerine sıvanır ve plaka haline gelen ızgaralar kurutma odalarına alınırlar. Daha sonra formasyon şarjına tabi tutulan plakalar akü kutularına istenen kapasiteye göre (+) ve (-) plakalar sıralanarak kurşun köprülerle birbirlerine bağlanırlar. Plakalar akü kutularına sıralanırken aralarına seperatörler konularak kısa devre yapmaları engellenir. Bu kısımdan sonra aküler kuru şarjlı akü olarak veya içlerine elektrolitleri konularak sulu şarjlı olarak ambarlara gönderilirler.



Şekil 1.6 Akü Üretim Prosesleri Blok Diyagramı

1.10. Akü Çeşitleri

1.10.1. Otomobil Aküleri

Motosiklet, otomobil, minibüs, kamyon, kamyonet, otobüs, iş makineleri, jeneratörler, deniz araçları ve askeri araçlarda kullanılmak üzere 6V ve 12V olarak üretilen akülerdir. Pazar payı en büyük olan akü çeşitidir. Gün geçtikçe artan motorlu taşıt sayısına bağlı olarak beraber tüketimi de artmaktadır. Motorlu araç cinsine göre ağırlığı ve kapasiteleri değişiklik göstermektedir. Şekil 1.1’de tipik bir araç aküsünün görünümü,

Tablo 1.5’de araç cinslerine göre ortalama akü ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 1.5 Araç cinslerine göre ortalama akü ağırlıkları

Araç Cinsi	Motosiklet	Otomobil/Minibüs	Kamyon	Otobüs	Traktör
Ort. Ağırlık(kg)	3	15	42	58	28

1.10.2. Sabit Tesis Aküler

Sanayi tipi akülerdir. Sabit tesislerde çalışan, kurşun asit az bakımlı üretilen sabit tesis aküler 25 A’dan 5000 A’ye kadar 2’şer voltluk hücreler halinde OpzS (tüplü), OGI (sıvama) tip üretilip istenilen gerilime göre montaj yapılmaktadır. 12 voltluk ve 6 voltluk blok kutularda 300 Ah’e kadar üretim yapılmaktadır. Haberleşme, ulaşım, hastane, güç istasyonları, kontrol sistemleri, sulama ve pompa istasyonları, emniyet aydınlatmaları, güneş pilleri gibi her türlü kesintisiz güç gereken yerlerde kullanılırlar. Bütün tipleri çok az bakım isteyen özelliktedir. Şekil 1.5’de tipik bir sabit tesis aküsünün genel görünüşü verilmiştir.

Bu bilgilere ek olarak şu şekilde tanımlama yapabiliriz;

Sabit tesis aküleri, isminden de anlaşılacağı üzere sabit yani durağan yerlerde kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Çalışma prensibi ve plaka yapısı gereği, sabit akımı veya gücü uzun süre verme yeteneği mevcuttur. Bu kategoriye giren, oldukça geniş alt başlıkları mevcuttur. Bunlar da yine kendi aralarında fiziksel ve iç yapı farklılıkları gösterebilmektedir. Temel prensipte kurşun - asit özellikli ve tampon şarj kullanımına müsait olan akülerin, yüzdürme gerilimi ile hazırda bekleme özellikleri başlıca farklılıklarıdır. Teknolojik olarak sürekli geliştirilmektedir. Uzun işletme ömrüne ve

daha fazla döngü sayısına sahip olanlar tercih edilmektedir. Kapalı sistem ve bakımsız kuru özellikli olanları yaygın kullanım alanları bulabilmektedir. Çok ufak fiziki ebat ve kapasiteye (Ah) sahip olanları olduğu gibi, tamamen aynı çalışma prensibi ile yüksek güçlerdeki ihtiyaçlar için de çözüm alternatifleri kolaylıkla üretilebilmektedir. Cihaz içi, kapalı ortam vb. uygulamalar için bakımsız, valf ayarlı olması çok önemlidir. Bu sayede normal koşullarda gaz çıkarması veya sızdırma yapması öngörülmemektedir.

Günümüz şartlarında akümülatör seçiminde birkaç farklı kriter olabilmektedir.

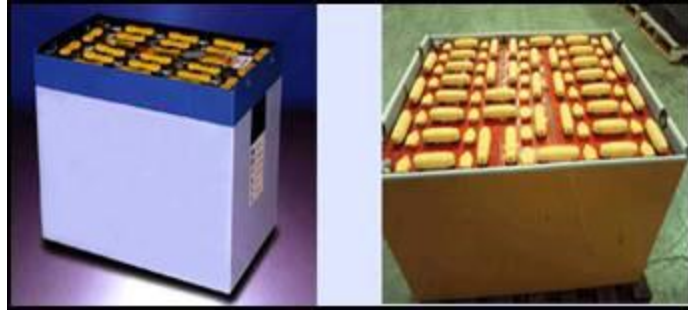
Bunlar uygulama, ihtiyaç, saha, ortam koşulları ve tabii ki bir de öngörülen bütçe ve ticari koşullardır. Başlıca ürün alt başlıkları OGI, OPZS, OPZV, SLA, VRLA, AGM, GEL, tubular jel ve nikel kadmiyumdur.



Şekil 1.7 Sabit tesis aküsü

1.10.1.3. Çekici Aküler

Tüplü pozitif plaka kullanılarak (PzS) yapılan yüksek güçlü çekici akülerdir. Malzeme kaldırma ve taşımalarında, elektrikli taşıtlarda, ambalaj platformları ve yükseltmelerde, otomatik yönlendirmeli taşıtlarda ve özel bazı hareket sistemlerinde kullanılırlar. Mükemmel çevrim özelliği ve yüksek marş kapasitesine sahip bu akülerin forkliftlerde kullanılan genel tipinin yanında, özel alev almaz kutu kapaklı dizel lokomotifler ve vagon aydınlatması için kullanılan farklı tipleri de vardır. Şekil 1.8' de tipik bir çekici akünün genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 1.8 Çekici Akü

1.10.4. Madenci Aküleri

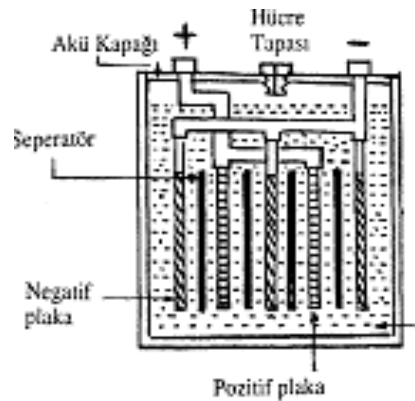
Maden ocakları ve tünel çalışmalarında kullanılan iç ve dış dizaynı ile tamamen özel bir aküdür. Akü ile bağlantılı olarak çalışan lamba başlığı vardır. 9'da tipik bir madenci aküsünün genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 1.9 Madenci aküsü

2. TEMEL KAVRAMLAR VE İŞLEMLER

Bir akü hücresi, yukarıda açıklanan elemanların, akü kabı içerisine tekniğine uygun bir şekil de yerleştirilmesi ile oluşturulur. Akü hücresi içindeki negatif plaka sayısı, pozitif plaka sayısından bir fazladır. Böylece pozitif plakanın iki yüzeyi de aktif durumda tutularak bükülmesi önlenir. Aşağıda iki pozitif ve üç negatif plakası olan bir akü hücresi görülmektedir.



Şekil 2.1 Akü hücresi

Şemada görüldüğü gibi bütün pozitif plakalar ve negatif plakalar ayrı ayrı hücre içinde kurşun köprülerle birbirine kaynak edilerek, her bir cins plaka grubunun müşterek kutupları hücre kapağından dışarı çıkarılır.

Akü grupları, hücrelerin (+) ve (-) kutuplarının birbirlerine harici köprülerle bağlanması suretiyle elde edilir. Harici köprülerin hücre kutuplarına bağlantısı, imalatçının tekniğine bağlı bir husustur. Bununla birlikte çoğunlukla civatalı veya kaynak yapmak suretiyle bağlanır.

2.1. Temel Kavramlar ve Hesaplamalar

2.1.1. Şarj

Aküye, bir DC güç kaynağından akım verme işlemine şarj denir ve akü bu işlemle enerji depolar. Bir akü şarj oldukça göz elemanlarında aşağıdaki değişimler olur.

- i) Pozitif plakalar kurşun sülfattan kurşun peroksit'e dönüşür.
- ii) Negatif plakalar kurşun sülfattan, sünger kurşuna dönüşür.
- iii) Pozitif ve negatif plakalardaki sülfatlar elektrolite geçtiği için elektrolit yoğunluğu yükselir.
- iv) Şarj boyunca akü voltajı artar.
- v) Şarj boyunca elektrolitte gazlanma oluşur.

2.1.2. Deşarj

Akünün bir alıcıya akım vermesi işlemine deşarj denir. Bir akü akım verirken elemanlarında şu değişimler olur.

- i) Pozitif plakalar, kurşun peroksitten, kurşun sulfata dönüşür.
- ii) Negatif plakalar, sünger kurşundan, kurşun sulfata dönüşür.
- iii) Elektrolitteki sülfat, plakalara gittiğinden elektrolitin yoğunluğu azalır.
- iv) Akü voltajı deşarj boyunca düşer.

2.1.3. Voltaj

Bir akü hücresinin (+) ve (-) kutupları arasında ölçülen potansiyel farkıdır. Bu

voltajın değeri akünün şarj seviyesine bağı olarak değişir. Sözü edilen voltaj değeri bazılarını özel sözcüklerle ifade edilir.

i) Anma voltajı (nominal voltaj) : Tam şarjlı bir akü hücrenin kutupları arasında ölçülen voltaj değeri. Aküler bu voltaj değeri ile anılırlar. Satılırken, alınırken ve üzerlerindeki etiketlerde, bu voltaj değeri ile belirlenirler. Kurşun asit türü bir akü hücrenin anma voltajı 2 volt'tur.

ii) Yavaş şarj voltajı: Aküyü tam şarjlı olarak tutmak için, bir DC enerji kaynağı ile yapılan şarjdaki voltaj değeri. Bir akü hücrenin yavaş şarj voltajı 2,2 ile 2,23 V arasındadır. Yavaş şarj, tampon şarj, zayıf şarj, float şarj gibi sözcüklerle de ifade edilebilir.

iii) Deşarj sonu voltajı: Bir aküden akım çekilirken düşmesine izin verilen en küçük voltaj değeri. Kurşun asit akülerde bu değer 1.8 V'tur.

Akülerin işletmesinde çeşitli şarj işlemleri uygulanır. Her bir şarjın özelliğine bağı olarak aküye uygulanan voltaj değeri değişiktir. Sözü edilen değerler daha sonraki bölümlerde açıklanacaktır.

2.1.4. İç direnç

Bir akü hücrenin içinde, akım yolunda bulunan plaka, seperatör ve elektrolit gibi elemanların toplam direncidir.

İç direncin değerini belirleyen iki ana faktör vardır.

i) Akünün yapısı: Aküyü oluşturan elemanların cins, özellik ve konstrüksiyonu. (Akünün imalatı tamamlandığında yapısal iç direnç takriben sabittir.)

ii) Akünün şarj seviyesi: Bir akü şarj oldukça iç direnci azalır. Diğer bir ifadeyle deşarj oldukça iç direnci artar. Tam şarjlı bir akü hücrenin iç direnci takriben 0.003 Ohm'dur. Tam deşarj akünün iç direnci ise şarjlı durumun takriben iki katıdır. Söz konusu rakamlar fikir vermek için belirtilmiş tipik değerlerdir.

2.1.5. Self deşarj

Servis dışı durumdaki bir akünün kendi kendine deşarj olmasıdır. Sebebi, elektrolitin, plakalara temas ettiği noktalarda, suyun, oksijen ve hidrojene ayrışmasıdır.

Kendi kendine oluşan deşarjın değeri iki etkene bağlıdır.

i) Elektrolit sıcaklığı arttıkça fazlaşır.

ii) Kurşun plaka içindeki antimuan oranı arttıkça artar.

Antimuan oranı % 1-2 gibi düşük olursa, deşarj ayda, anma kapasitesinin takriben %3 kadarıdır. Antimuan oranı % 3-6 gibi daha yüksekse kayıp ayda, anma kapasitesinin % 5'ine ulaşır. Akü yaşı ise bu değerler daha da artar.

2.1.6. Yoğunluk

Elektrolit, sülfürik asit ve saf su karışımı bir sıvıdır. Belli miktardaki elektrolitin içinde, saf su miktarına göre sülfürik asit miktarı ne kadar çoksa, o elektrolitin yoğunluğu o kadar çok demektir. Diğer bir ifadeyle yoğunluğu belli bir elektrolitin içine, sülfürik asit ilave edilirse, yoğunluğu fazlaşır, buna karşın saf su ilave edilirse yoğunluğu azalır.

Yoğunluğun en çok kullanılan birimi "gr / cm³" veya "kg / lt"dir. Birimlerden de anlaşılacağı gibi, yoğunluk, bir birim hacimdeki elektrolitin ağırlığıdır. Örneğin bir akü hücreinde, 1 cm'lik hacim işgal eden elektrolitin ağırlığı 1.220 gr ise, o akünün elektrolit yoğunluğu 1.220 gr/cm³tür denir (Cowlshaw 1974).

Servise verilmiş olan bir akünün işletme esnasında yoğunluğu iki durumda değişim gösterir.

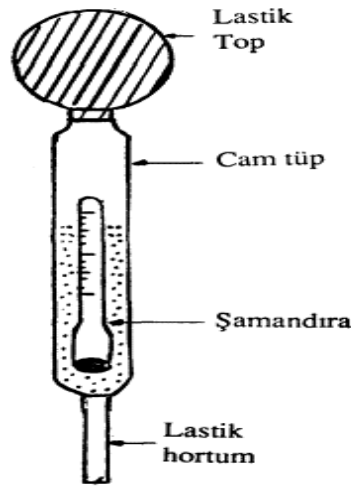
i) Elektrolit içindeki sülfürik asidin elektrolitten ayrılarak plakalara gitmesiyle (deşarjda),

ii) Sıcaklığın artmasıyla, elektrolitin genişmesi sonucu birim hacimdeki (1 cm), asit miktarının azalmasıyla,

Yukarıda açıklanan iki durumda da elektrolit yoğunluğu azalır. Ters durumlarında ise yoğunluk artar.

Elektrolit yoğunluğu, çoğunlukla hidrometre denilen aletle ölçülür. Alet, ölçekli bir cam şamandıranın sıvı içinde yüzmesi esasına göre çalışır. Şamandıra, yoğunluğu düşük elektrolite daha çok dalar, yoğunluğu yüksek elektrolitte ise yüzeye yakın seviyede yüzer.

Şekilde görüldüğü gibi hidrometre, üst taratma bir lastik top, alt ucuna ince bir lastik hortum takılmış cam bir tüptür, içinde ise ölçekli bir şamandıra vardır. Lastik top elle sıkılarak lastik hortum elektrolit içine daldırılır. Top yavaş yavaş bırakılarak cam tüp içine elektrolit çekilir. Ölçekli şamandıra elektrolitte yüzerken, sıvının yüzeyi hizasındaki ölçekte, yoğunluk değeri okunur.



Şekil 2.2 Hidrometre

Elektrolit yoğunluğu "Bome Derecesi" olarak da ifade edilebilir. Bu birimle, yoğunluk ölçen alet, hidrometreye benzer ve bomemetre olarak tanımlanır. Yoğunluğun, gr/cm³ veya bome derece olarak ifade edilmesi, akünün işletmesinde ve ilgili hesaplama metotlarında bir değişikliği gerektirmez, değişen yalnızca birim ve rakamsal değerlerdir.

Aşağıdaki Tablo 2.1’de, gr/cm^3 ve bome derece olarak yoğunluk değerleri gösterilmiştir (WEB_5).

Tablo 2.1 Yoğunluk ve bome dereceleri

gr / cm^3	Bome Derece
1,100	13
1,110	14,2
1,120	15,4
1,130	16,5
1,140	17,7
1,160	19,8
1,170	20,9
1,180	22
1,190	23
1,200	24
1,210	25
1,220	26
1,230	26,9
1,240	27,9
1,260	29,7
1,270	30,6
1,280	31,5

Elektrolit yoğunluğunun ölçümünde şu hususlara özen gösterilmelidir.

- i) Lastik top elle sıkılı iken, hidrometre hortumu, akü hücresi içinde elektrolite girecek şekilde tutulmalıdır.
- ii) Lastik top, parmaklar arasında yavaş yavaş bırakılarak hidrometrenin içine elektrolit girmesi sağlanmalıdır. Çekilen elektrolit tekrar hücre içine bırakılmalı böylece ölçümlere başlamadan önce hidrometre içinin ıslak hale gelmesi sağlanmalıdır.

- iii) Lastik top tekrar sıkılıp yavaş yavaş bırakılarak hidrometre içine bu kez ölçüm için elektrolit çekilmelidir.
- iv) Hidrometre sürekli dik tutulmalı, elektrolit çekilirken ve hücreye tekrar bırakılırken hidrometreden, hücre dışına elektrolit dökülmemelidir.
- v) Hidrometre içine, şamandıra serbest olarak yüzecek miktarda elektrolit çekilmelidir.
- vi) Ölçüm yapılırken, ölçüye, elektrolit yüzeyi hizasından bakılarak değer okunmalı bu işlem yapılırken lastik topa elle basınç yapılmamalı ve şamandıranın cam tüpün hiç bir tarafına temas etmeksizin dik ve serbest olarak yüzdüğünden emin olunmalıdır.
- vii) Ölçümler bittikten sonra, hidrometre içine temiz su çekilip tekrar dökülerek, elektrolit kalıntıları giderilmelidir.

Gerek hazırlanacak bir elektrolitin yoğunluğu, gerekse servisteki bir akünün elektrolit yoğunluğu, ölçümlerinde, hassas bir belirleme için, o andaki elektrolit sıcaklığının bilinmesi gerekir. Çünkü elde edilmesi gereken yoğunluk değeri akü imalatçısı tarafından önceden, belli bir sıcaklık için tayin edilmiştir (20 °C'de 1.220 gr/cm³). Ölçüm yapıldığı anda elektrolit, imalatçının belirttiği (nominal) sıcaklıkta ise, elde edilen yoğunluk değerinde bir düzeltme yapmak gerekmez. Ancak daha önce belirlenen nominal sıcaklıkta ölçüm yapmak nadiren mümkün olur. Özellikle hassas ölçümlerde ortam sıcaklığı nedeniyle gerekli düzeltme yapılır (Kummer 1982).

Yoğunluğun düzeltilmesi konusunda, deneyler göstermiştir ki, elektrolit sıcaklığındaki her 1.5 °C' lik değişime karşın, elektrolit yoğunluğu 0.001 değerinde değişir.

Bu özellik uygulamada aşağıdaki hususlar dikkate alınarak, yoğunluk değerinin sıcaklığa göre düzeltilmesinde kullanılır.

- i) Ölçüm esnasındaki elektrolit sıcaklığının nominal sıcaklıktan kaç derece fazla veya az olduğu belirlenir (Sıcaklık nominalden fazla olduğu zaman yoğunluğun düşük, nominalden az olduğu zaman ise yüksek olacağı dikkate alınır.).

ii) Tespit edilen sıcaklık farkında kaç tane 1,5 °C olduğu hesaplanır.

iii) Sıcaklık farkına tekabül eden yoğunluk farkı hesaplanır.

iv) Ölçüm anındaki sıcaklığı, nominal sıcaklığa göre yüksek veya düşük olması dikkate alınarak, yoğunluk farkı hesaplamaya dahil edilir.

Örnek olarak, 25°C deki yoğunluğu 1.215 gr/cm³ olduğu bilinen bir akünün, elektrolit sıcaklığı 13 °C iken, yoğunluğu ölçülmüştür. Bu ölçümde yoğunluk kaç olmalıdır?

$$\text{Sıcaklık farkı} \quad : 25 - 13 = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Farktaki, 1,5 } ^\circ\text{C adedi} \quad : 12 / 1,5 = 8$$

$$\text{Yoğunluk farkı} \quad : 8 \times 0,001 = 0,008$$

$$\text{Ölçümdeki yoğunluk} \quad : 1,215 + 0,008 = 1,223 \text{ gr/cm}^3$$

Sonuç olarak ölçüm esnasında elektrolit sıcaklığı, nominal sıcaklıktan 12 °C daha düşük olduğundan, yoğunluk daha büyük olacaktır.

Örnek 2: 20 °C da yoğunluğu 1.220 gr/cm³ olan bir elektrolit hazırlanacaktır. Elektrolit hazırlanıp bitirildiğinde, sıcaklığının 26 °C olduğu görülmüştür. Sıcaklığı 26 °C olan elektrolitin yoğunluğu ne olmalı ki, istenen elektrolit hazırlanmış olsun.

$$\text{Sıcaklık farkı} \quad : 26 - 20 = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Farktaki, 1,5 } ^\circ\text{C adedi} \quad : 6 / 1,5 = 4$$

$$\text{Yoğunluk farkı} \quad : 4 \times 0,001 = 0,004$$

$$\text{26 } ^\circ\text{C' deki yoğunluk} \quad : 1,220 - 0,004 = 1,216 \text{ gr/cm}^3$$

Sonuç olarak 26 °C'deki yoğunluğu 1,216 gr/cm³ olarak hazırlanan elektrolitin, sıcaklığı 20 °C'de düştüğünde, yoğunluğu artarak, 1.220 gr/cm³ olur (WEB_6).

2.1.7. Kapasite

Bir akünün, şarj işlemiyle kazandığı, esas olarak, deşarj işleminde verebildiği enerjiye akünün kapasitesi denir. Kapasitenin birimi 'Amper Saat' tir. Kısaca 'Ah' harfleri ile ifade edilir. Akünün etiket değerine anma kapasitesi denir. Bir akünün kapasitesi şu etkenlere bağlıdır.

i) Bir hücredeki plakaların adedine ve boyutlarına: Esasta, plaka adedinin çokluğu veya boyutlarının büyük olması, enerji depolayan aktif maddenin miktarının artması demektir. Plakalardaki aktif madde ne kadar fazla ise, akünün enerji depolama veya verme yeteneği, diğer bir ifadeyle kapasitesi o oranda fazla olacaktır.

ii) Elektrolitin yoğunluğuna: Bir aküye yüksek yoğunlukta elektrolit konursa kapasite belli oranda yükselir. Ancak, yoğunluğun artması diğer taraftan akü ömrünün kısalmaya demektir. Bu nedenle, elektrolit yoğunluğu istenildiği kadar artırılmaz.

Yukarıda açıklanan iki etken, akünün yapısı ile ilgilidir ve imalatı tamamlanmış bir akü için, tayin edilmiş durumdadır. Ayrıca, bir akünün kapasitesi, yaşına bağlıdır. Akü kullanıldıkça plakalardan aktif madde dökülmesi, aküyü oluşturan elemanların eskimesi ve yıpranması sonucu kapasite belli oranda azalır.

iii) Elektrolitin sıcaklığına: Bir akünün kapasitesi, elektrolit sıcaklığına bağlı olarak değişir. Sıcaklık arttıkça kapasite artar. Aşırı sıcaklık, kurşun ızgaralarda aşınmaya neden olur. Aşınan ızgara çubukları bel verir ve kırılır. Bu nedenle, kapasite artırma etkisine rağmen, aküler aşırı sıcaklığa maruz bırakılmamalıdır.

Testler göstermiştir ki, elektrolit sıcaklığındaki her 5 °C 'lik değişime karşın kapasite, anma kapasitesinin takriben %4 'ü miktarında değişmektedir.

Akü kapasitesi, anma sıcaklığı için verildiğinden, uygulamada, kapasitenin sıcaklıkla

ne miktarda değiştiğini belirlemede aşağıdaki yol izlenir.

- a) Akünün anma kapasitesi ve sıcaklığı, ilgili akü dokümanından belirlenir (Örneğin 20 °C için 100 Ah).
- b) O andaki elektrolit sıcaklığı ölçülür (30 °C).
- c) Sıcaklık farkı hesaplanır (30 °C - 20 °C = 10 °C).
- d) Yukarıdaki eşitlikte kaç adet 5 °C olduğu bulunur (10/5 = 2 adet).
- e) Buradan toplam kapasite değişimi hesaplanır (%4 x 2 = %8).
- f) Anma kapasitesinin %8'i hesaplanır (100x8/100 =8 Ah).

Test sırasındaki sıcaklık, anma sıcaklığından fazla ise, hesaplanan değişim, anma kapasitesine eklenir, anma sıcaklığından düşük ise, çıkarılarak sonuca gidilir. 7- 30 °C 'deki kapasite hesaplanır (100 + 8 = 108 Ah).

Sonuç olarak söz konusu akü aslında 100 Ah' lik bir aküdür. Sıcaklık o anda, nominalden 10 °C daha fazla olduğundan 8 Ah 'lik fazla bir kapasite verilmektedir.

iv) Deşarj akımına: Bir akünün kapasitesi, deşarj akımının değerine bağlı olarak, belli ölçüde değişir. Deşarj akımı arttıka kapasite belli oranda azalır.

Bir akünün 10 saat süreyle, nominal akımla ve hücre basma gerilimi 1.8 volta düşünceye kadar yapılan deşarjı sonunda verdiği kapasiteye, anma kapasitesi denir.

Bu kapasite değeri 'nominal kapasite' olarak da ifade edilir. Formüllerde çoğunlukla (K 10) sembolüyle gösterilir.

Akülerin üstündeki etikette yazılı değer, anma kapasitesidir. Nominal deşarj akımı, anma kapasitesinin 10 saate bölümünden elde edilen akım değeridir.

Kapasite birimi olan Ampersaat, deşarj akımı ile deşarj süresinin çarpımıdır. Yani;

Ampersaat = amper x saat. Bu eşitlik yalnızca, yukarıda açıklanan şarjlarda elde edilen anma kapasitesi için doğrudur. Nominal akımdan daha yüksek akımla yapılan deşarjlar için geçerli değildir.

Bir akünün kapasitesi, deşarj akımının, nominal deşarj akımından fazlalık derecesine bağlı olarak azalır. Örneğin 100 Ah 'lik bir akü, 10 Amperle 10 saat deşarj edildiğinde voltajı 1.8 V 'a düşer. Yani $10 \times 10 = 100$ Ah.'lik anma kapasitesini verir. Aynı akü 50 amperle deşarj edilirse voltajı 2 saatten önce 1.8 V 'a düşer. Diğer bir ifadeyle $2 \times 50 = 100$ Ah değil, daha düşüktür. Bu sonuç akünün yapısından gelen normal bir durumdur. Akü kapasitesinin, deşarj akımıyla değişim değerleri, ilgili deşarj ve kapasite eğrilerinin kullanılmasıyla belirlenir.

Şekil 2.3'de bir akünün deşarj voltajı, deşarj akımı ve deşarj kapasitesi arasındaki ilişkileri gösteren grafikler görülmektedir. En üstteki eğriler, bir akü, belli bir akımla ve üstünde yazılı sürede deşarj edildiğinde deşarj başlangıcında ve sonunda hücre başına voltajın kaçta düşmesi gerektiğini göstermektedir. Kapasite (Ah) eğrisi, bir akü, belli bir akımla ve belli bir süre deşarj edildiğinde, anma kapasitesinin % kaçını vermesi gerektiğini göstermektedir. Deşarj akımı eğrisi ise, belli bir sürede, belli bir kapasiteyi elde etmek için o akünün kaç amperle deşarj edilmesi gerektiğini açıklamaktadır. Değerler, nominal sıcaklıkta tam kapasiteli yeni ve 100 Ah 'lik bir akü hücresi için geçerlidir. Bir akü grubu için, soldaki hücre voltajı değerleri, hücre sayısı ile çarpılmalı, 100 Ah haricindeki aküler için sağdaki akım ve kapasite değerleri ise % olarak dikkate alınmalıdır.

Aslında bu saplama yukarıdaki grafiğin peukert formülüne dayandırılmıştır. Aküler ne kadar yüksek akımla deşarj edilirse kapasitesi o kadar azalır. Bu nedenle akülerin grafikte görüldüğü gibi şarj ve deşarj grafikleri lineer değil, eksponansiyeldir.

Peukert kanunu;

$$C_p = I^K * t \quad (2.1)$$

C_p = Peukert'e göre kapasite (Ah)

I = Deşarj akımı (A)

t = Deşarj zamanı (t)

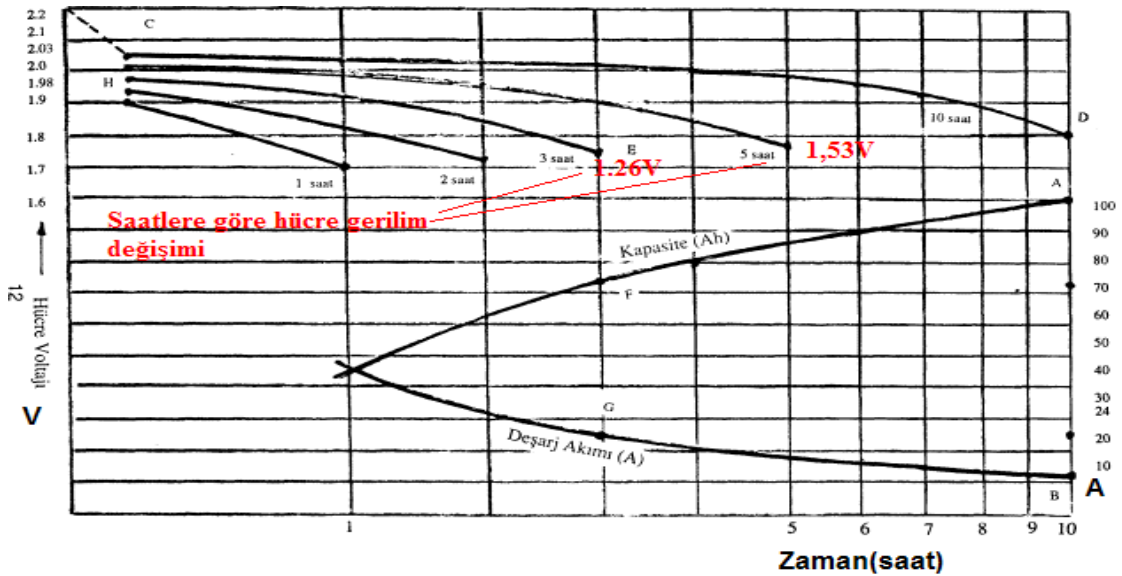
k = Peukert sabiti

Akü üretici firmaları kapasite değerlerini satış kataloglarında verebileceği gibi k değeri yaklaşık olarak 1,1 ile 1,3 arasındadır (D. Doerffel ve S.A. Sharkh, 2006).

Örneğin, 100 Ah'lik (A) bir akü, 10 amperle (B) deşarj edilirse, deşarj başlangıcında voltajı hemen 2,03 volta düşer (C) ve 10 saat sonra voltajı 1.8 V olur (D).

Başka bir örnek vermek gerekirse, 2000 Ah 'lik bir akü, 3 saatlik (E) bir süreyle deşarj edilerek test edilmek isteniyorsa, bu akü anma kapasitesinin %72 'sini (F) vermelidir. ($2000 \times 72 / 100 = 1440$ Ah) ve deşarj akımı, anma kapasitesinin %24 'ü (G) olmalıdır. ($2000 \times 24 / 100 = 480$ Amper). Ayrıca, bu de şarjın başlangıcında hücre voltajı 1.96 (K) ve 3 saat sonunda 1.75 (E) volta düşmelidir. Söz konusu deşarjda elde edilen kapasiteye K3 kapasitesi denir.

Örnek I: Bir haberleşme merkezinde yük akımı 50 amperdir. Merkezde meydana gelebilecek bir enerji arızasında haberleşme sistemlerinin 10 saat süreyle beslenmesi istenmektedir.



Şekil 2.3 Zamana göre hücre gerilimi değişimi ve deşarj şarj grafiği

Tayin edilmesi gereken K10 (Anma kapasitesi) olduğundan, kapasite formülü kullanılarak kolayca saptanır.

$$\text{Kapasite (Ah)} = \text{Amper} \times \text{Saat} = 50 \times 10 = 500 \text{ Ah}$$

Örnek 2: Haberleşme sistemlerinin 300 A. çektiği bir merkezde enerji arızası durumunda akülerin 5 saat süreyle sistemleri beslemesi istenmektedir. Merkeze kurulması gereken akülerin kapasitesi ne olmalıdır?

i) Akünün K5 kapasitesi belirlenir. ($300 \times 5 = 1500 \text{ Ah}$)

ii) Eğriden, K5'in K10 kapasitesinin % kaç olduğunu saptanır (%85)

iii) Bu ilişki formülleştirilerek sonuca gidilir. $K5 = \%85 * K10$, $K10 = K5 \times 100 / 85$
 $= 1500 \times 100 / 85 = 1764$ Merkeze anma kapasitesi 1764 Ah olan bir akü kurulmalıdır. Ancak akü kapasiteleri hesaptaki gibi küsuratlı olmayacağından, sonuca en yakın akü temin edilmelidir.

Örnek 3: Bir haberleşme merkezinde 400 Ah 'lik akü bulunmaktadır. Sistemler 32 A çekiyorsa enerji arızası durumunda akü, merkezi kaç saat süreyle besleyebilir?

Kapasite formülü kullanılırsa:

$$\text{Ampersaat} / \text{Amper} = 400 / 32 = 12,5 \text{ saat elde edilir.}$$

Deşarj süresi 10 saatten uzun olduğu için, kapasite eğrisinden yararlanmaya gerek yoktur. Elde edilen sonuç doğrudur.

Örnek 4: Bir bilgi işlem merkezinde 1200 Ah 'lik akü bulunmaktadır. Bir şebeke arızasında, aküler kesintisiz güç kaynağı (UPS) yoluyla, bilgisayar merkezini kaç saat süreyle besleyebilir?

i) Teorik olarak besleme süresi bulunur.

$$\text{Saat} = \text{Ampersaat} / \text{Akım} = 1200 / 400 = 3 \text{ saat}$$

Pratikte, 1200 Ah 'lik bir aküden 400 A çekilirse 3 saatten önce boşalır. Bu nedenle Kapasite eğrisini kullanarak, doğru zamanın saptanması gerekir.

ii) Akü, 400 Amperle K3 kapasitesine göre boşalmaktadır. O halde eğriden K10 kapasitesi 1200 Ah olan bir akünün, K3 kapasitesinin kaç Ah olduğu bulunmalıdır, bu %70 'tir. İlişki formülleştirilirse:

$$K3 = 1200 \times \%70 = 1200 \times 70 / 100 = 840 \text{ Ah}$$

iii) Gerçek besleme süresi = $840 / 400 = 2,1$ saat olarak bulunur.

Anma kapasitesi 1200 Ah olan bir akü, merkezi takriben 2 saat süreyle besleyebilecektir. Çünkü akımın yüksek olması, akünün kapasitesini düşürmüştür.

2.1.8. Verim

Bir aküden, deşarjda çekilen enerjinin, şarjda verilen enerjiye bölümünden elde edilen değere akünün verimi denir. Diğer bir ifadeyle, deşarjda aküden alınan kapasitenin, şarjda aküye verilen kapasiteye oranıdır.

Verimin belirlenmesinde şu hususlar sağlanmalıdır.

i) Akü, anma kapasitesinin 10 saate bölümünden elde edilen akımla, şarj ve deşarj edilmelidir.

ii) Deşarja, hücre voltajı, 1.8 volta düşünce son verilmelidir. Akülerde iki çeşit verim vardır.

Amper-saat verimi, (pAh) harfleri ile ifade edilir. Kurşun asit türü akülerin amper saat verimi takriben %90'dır. Formülleştirilirse:

$$(pAh) = \text{deşarj akımı} \times \text{deşarj süresi} / \text{şarj akımı} \times \text{şarj süresi} \quad (2.2)$$

Wattsaat verimi, pWh harfleri ile ifade edilir. Kurşun asit akülerin Wattsaat verimi takriben %75'tir.

Durum aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$(4Wh)=(\text{deşarj akımı} \times \text{deşarj voltajı}) \times \text{deşarj süresi} / (\text{şarj akımı} \times \text{şarj voltajı}) \times \text{şarj süresi} \quad (2.3)$$

Wattsaat veriminin farkı, hesaba akü voltajının da dahil edilerek, Amper x Volt = Watt olarak, şarj vedeşarjdaki güçlerin oranlanmasıdır.

Verim hesabında, akım ve voltajın, tüm şarj vedeşarj süresince sabitleştirilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, şarj vedeşarj sürelerinde ortalama akım ve voltaj değerleri bulunarak, hesaplamalarda kullanılmalıdır. Hassas hesaplamalar için şarj vedeşarj süreleri takriben 15 'er dakikalık dilimlere ayrılmalı, her dilimin kapasitesi hesaplanarak, sonuçta toplamdeşarj ve şarj kapasiteleri oranlanmalıdır.

2.1.9. Sülfatlaşma

Plakalardaki sülfatın sertleşerek, şarjda aktif hale gelememesi durumuna, sülfatlaşma denir. Aşağıda açıklanan durumlarda sülfatlaşma meydana gelir.

- i) Akünün uzun süre şarjsız durumda bekletilmesi,
- ii) Akünün sık sıkdeşarja bırakılması. (aşındeşarj)
- iii) Akünün aşın sıcaklıkta işletilmesi,
- iv) Elektrolit yoğunluğunun anma değerinden yüksek olması.

Şarj sırasında elektrolit yoğunluğunun yükselmemesi sülfatlaşmanın bir belirtisidir.

Sülfatlaşma, aşağıdaki işlemlerle kısmen giderilebilir.

- i) Elektrolit boşaltılır, yerine saf su doldurulur.
- ii) Akü kapasitesinin onda biri değerindeki bir akımla uzun süreli (18-20 saat) şarj edilir. Şarj süresince yoğunluk artacaktır. Şarja, yoğunluk artışı durana kadar devam edilir. Sabit akımla yapılan bu işlem boyunca şarj geriliminin göz başına 2.7 V 'den fazla yükselmesine izin verilmemelidir.
- iii) Yapılan şarj işlemi sonunda elektrolit yoğunluğu, anma yoğunluğundan genellikle biraz fazla olacaktır. Bu nedenle saf su ilave edilmek suretiyle, elektrolit yoğunluğu anma değerine getirilmelidir.

2.2. Montaj ve Şarj İşlemi

2.2.1. Akülerin teslimi ve depolanması

Aküler, tesis mahalline iki durumda teslim edilir.

- i) Kuru şarjlı: Plakaları, şarjı müteakip özel olarak yıkanıp kurutulmuş akülere kuru şarjlı akü denir. Bu tür akü hücreleri elektrolitsiz olarak tesis mahalline sevk edilir. Akü servise verileceği zaman elektroliti doldurulur.
- ii) Elektrolitli şarjlı: Aküler, imalat mahallinde, elektroliti doldurulmuş ve şarj edilmiş olarak hazırlanır ve kullanıcıya o şekilde teslim edilir.

Akülerin tesis mahalline sevkine müteakip, redresörlerin veya akü odasının hazır olmaması gibi bazı nedenlerle servise verilmesinde gecikme olursa, uygun çevre koşullarında bekletilmeleri gerekir. Depolama şartları özellikle kuru şarjlı aküler için önemlidir. Akü hücrelerinde elektrot bulunmadığından, plakaların havayla temas etmemesi gerekir. Depolama koşulları aşağıdaki gibidir.

- a) Akü, kapalı ve rutubetsiz ortamda bulunmalıdır.
- b) Çevre sıcaklığı 15 °C ile 30 °C olmalıdır.

c) Depolama mahalli temiz olmalıdır.

d) Bütün akü hücreleri mümkün olduğu kadar aynı çevre şartlarda bulunmalıdır (Bir kısmı hava akımı olan serin bir yerdeyken, diğerleri sürekli güneş alan sıcak ortamda olmamalıdır.).

e) Kuru şarjlı akülerin imalatçı firma tarafından yapılmış ambalajı bozulmamak özel olarak takılmış olan hava sızdırmaz hücre tapaları açılmamalıdır. (Tüm tedbirlerin esas hedefinin sünger kurşun halindeki negatif plakaların havanın oksijenini alarak kurşun oksit haline gelmesini önlemek için olduğu unutulmamalıdır.)

2.2.2. Elektrolit Hazırlama

Aküler için elektrolit hazırlama ihtiyacı, genel olarak iki durumda ortaya çıkar.

i) Aküler kuru şarjlı olarak teslim alınır. Servise verileceği zaman elektrolit hazırlanır.

ii) Kırılma, çatlama, devrilme gibi nedenlerle kısmen veya tamamen elektrolit kaybına uğramış aküler için yenisi hazırlanır (Kabı kırılmış olan akünün elektroliti akacağından, plakalar hava ile temas ederek aktif maddeleri kurur. Bunu engellemek için hasarlı akünün plakaları, en kısa zamanda yerinden alınarak, yeni akü kabına yerleştirilinceye kadar, içinde temiz su bulunan uygun bir kaptaki bekletilmelidir.).

Her iki durumda da, her şeyden önce elde edilmesi gereken bilgi şu olmalıdır. Söz konusu akünün elektrolit yoğunluğu, tam şarjda, hangi sıcaklık, için kaç gr/cm^3 olmalıdır. Bu veriler, imalatçı firmadan doğru olarak öğrenilmelidir (Örneğin, tam şarjda ve $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de $1,215\text{ gr/cm}^3$).

Elektrolit hazırlama işleminden önce, aşağıdaki, malzeme, test aletleri ve kaplar temin edilmelidir.

i) Elektrolit hazırlayacak elemanlar için aside dayanıklı eldiven, önlük, çizme gibi giysiler,

- ii) Temizlik için yeteri kadar kullanma suyu,
- iii) Elektrolit hazırlama ve boşaltma kapları,
- iv) Termometre ve hidrometre,
- v) Yeteri kadar sülfürik asit ve saf su.

Elektrolit hazırlama işleminde, cam ve metalik kapların kullanılmaması gerektiği, karışım elde edilirken elektrolit sıcaklığının yükseleceği, hatırlanmalıdır.

Elektrolit hazırlanırken, saf su içine sülfürik asit katılmalı, tersi yapılmamalıdır.

Akü imalatında kullanılan sulandırılmış sülfürik asidin yoğunluğu çoğunlukla 1.840 gr/cm³ ve ya 1.400 gr/ cm³'tür. Bu bakımdan, belli yoğunlukta bir elektrolit elde etmek için, bir ölçek aside, kaç ölçek saf su karıştırılması gerektiği, temin edilen asidin yoğunluğunun 1,840 'mı yoksa 1,400 'mü olduğunun iyi bilinmesine bağlıdır.

Daha önceki bölümlerde açıklanan hazırlıklar tamamlandıktan sonra gerekli miktarda elektrolit şöyle hazırlanır.

- i) Elektrolit hazırlama kabına yeterli ölçekte saf su konur.
- ii) Suyun içine yavaş yavaş karıştırılarak gerekli ölçekte sülfürik asit ilave edilir.
- iii) Hazırlanan elektrolitin sıcaklığı ölçülür. Sıcaklık fazla ise 15-25 °C arasındaki bir dereceye düşüncüye kadar beklenir.
- iv) Sıcaklığı normal değere düşen elektrolitin yoğunluğu ölçülür. Ölçekler doğru ayarlanmışsa elektrolit yoğunluğu takriben istenen değerde olacaktır. Değilse bir miktar saf su veya sülfirik asit ilavesiyle hedeflenen yoğunluk elde edilir.
- v) Yoğunluk değeri hassas olarak elektrolitin akü hücreleri ne doldurulmasını müteakip,

yapılacak ilk şarjda belirleneceğinden, bu aşamada elektrolit dinlenmeye bırakılır.

Uygulamada elektrolit, kuru şarjlı aküler için veya her hangi bir nedenle elektroliti dökülmüş aküler için hazırlanır. Bu akünün bir süre servis dışı kalması, dolayısıyla plakalarında kısmen sülfat bulunması demektir. Bu durumdaki aküye hazırlanan elektrolit doldurulup, şarj edildiğinde, elektrolit yoğunluğu, plakalardaki kısmi sülfatın da elektrolite dönmesiyle normalden daha fazla olur. Bu durum dikkate alınarak hazırlanan elektrolitin yoğunluğu normal değerinden 0,010 daha düşük tutulur (Örneğin $1,215 - 0,010 = 1,205 \text{ gr/cm}^3$).

Akü hücrelerine, hazırlanmış olan elektrolitin doldurulmasında aşağıdaki hususlar sağlanmalıdır.

- i) Akü hücreleri, elektrolitsiz durumda iken hafif olduğundan, elektrolit doldurulmadan önce, sürekli bulunacağı yere konulmalıdır.
- ii) Akü kuru şarjlı ise, ambalajları ve hava sızdırmaz kaplan elektrolit doldurmadan hemen önce açılmalıdır.
- iii) Hazırlanmış olan elektrolit her bir hücrede eşit miktarda bulunmalıdır. Bunu teminen dikkatle gözlenerek, her bir hücreye "maksimum" işaretine kadar doldurulmalıdır.
- iv) Elektrolitin doldurulmasını müteakip, yoğunluk ve sıcaklık değerleri ölçülerek bir cetvele yazılmalıdır.
- v) Elektrolit doldurulmuş aküler, takriben 2 saat süreyle dinlenmeye bırakılmalıdır.
- vi) Dinlenme süresinin ilk bir saati içinde takriben 15 dakikada bir, sıcaklık ve yoğunluk ölçümleri yapılarak ilgili cetvele kaydedilmelidir.
- vii) Elektrolitin dinlenme süresi sonunda hücrelerdeki elektrolit seviyeleri tekrar kontrol edilmeli, gerekiyorsa hücrelerden elektrolit alınarak veya ilave edilerek, tüm hücreler aynı seviyeye getirilmelidir (Çoğunlukla akülere elektrolit doldurulunca, plakalar ve seperatörler bir miktar elektrolit emeceğinden seviye biraz düşer.).

viii) Akü üzerinde elektrolit kalıntıları varsa, temizlenmeli ve kurulanmalıdır.

Söz konusu işlemlerden sonra akü, ilk şarja hazır demektir.

2.2.3. Akü gruplarının montajı

Aküler işletme esnasında, asit buharı ile hidrojen ve oksijen çıkarırlar. Asit buharının korozyon, hidrojenin tutuşma özelliği, bunların akü odasından, enerji odasının diğer bölümlerine yayılmadan, bina dışına atılmasını gerektirmektedir. Söz konusu nedenle, aküler için ayrı oda yapılır.

Akü odasının belirlenmesi ve düzenlenmesinde, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

i) Akü odası rutubetsiz olmalıdır.

ii) Akü odası sürekli güneş ışınlarına maruz bulunmamalıdır.

iii) Yeterli derecede aydınlatılmalıdır. Aydınlatma tesisatı gaz sızdırmaz özellikte olmalı, böylece yangın ihtimali ortadan kaldırılmalıdır.

iv) Akü odasının duvarları açık renk, aside dayanıklı yağlı boya ile veya benzeri özellikteki inşaat malzemeleri ile kaplanmalıdır.

v) Akü odasının tabanı, kaymayacak kadar düz olmalı ve aside dayanıklı herhangi bir malzeme ile kaplanmalıdır.

Akü odasının boyutlarının belirlenmesinde aşağıdaki iki husus dikkate alınmalıdır.

i) Kurulacak akü gruplarının boyutları: Akü hücreleri dizilerek grup teşkil ettiklerinde, özellikle tabanda işgal edecekleri alan ile akü bakımından sorumlu elemanların, ölçüm kontrol ve temizlik gibi işleri rahatlıkla yapabilmek için gerekli boş saha, akü odası boyutlarının tayininde en önemli faktördür.

ii) Akünün çıkaracağı hidrojen miktarı: Akülerin, hücre basma 2,3 voltun üstündeki şarjları süresince, hidrojen ve oksijenden oluşan gazlanma olayı meydana gelir.

Havadan daha ağır olan hidrojen, özellikle tabana yakın seviyede yoğunlaşır. Bu gaz, havalandırma sistemi ile bina dışına atılmazsa akü odasında birikerek patlama tehlikesi oluşturur. Akü odasının hacmi ne kadar büyük olursa söz konusu tehlike o kadar az olur. Aynı zamanda havalandırma sisteminin gücünde aynı oranda küçük olur. Diğer bir ifade ile zorunluluk nedeniyle akü odası küçük seçilmişse, havalandırma sisteminin gücü aynı oranda büyütülmelidir.

Akünün montajında ise aşağıdaki maddelere dikkat edilir.

i) Akü gruplarının, yerleştirilmesinde, akü dizişi ile duvar arasında en az 30 cm. diziler arasında ise en az 60 cm. mesafe bulunmalıdır. Bu düzenleme, akünün bakımından sorumlu elemanlara, hareket rahatlığı kazandıracak, akülerin bakımını kolaylıkla yapma imkanı verecektir.

ii) Akülerin alt yüzeyi, oda tabanından yalıtkan altlıklarla yükseltilmelidir. Bu iş için, akü imalatçısının verdiği altlıklar kullanılmalı veya imalatçı önerilerine uygun olarak hazırlanmalı ve monte edilmelidir.

iii) Harici köprülerin bağlanmasında, kaza ile hücre kutuplarının kısa devre olmasını önlemek için, üzeri yalıtkan kaplı, takımlar kullanılmalıdır.

iv) Kutup cıvataları, imalatçı firma önerilerine uygun değerde sıkılmalı, böylece aşırı sıkma sonucu çatlama veya gevşek sıkma sonucu, işletme esnasındaki aşırı ısınma ihtimali ortadan kaldırılmalıdır.

Akü gruplarının montajında her şeyden önce akü imalatçısının önerileri doğrultusunda işlem yapılmalıdır.

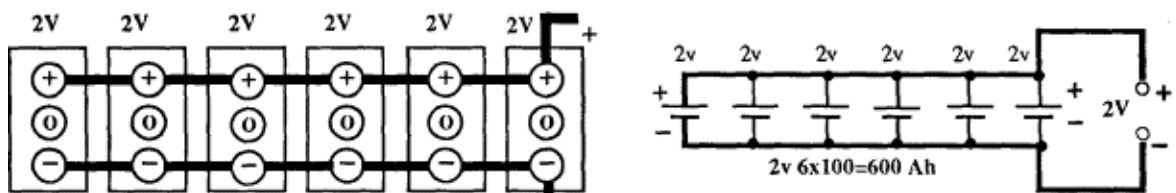
2.2.4. Akü grubu oluşturma

Akü hücrelerinin yan yana tesis edilerek, (+) ve (-) kutuplarının harici köprülerle birbirine bağlanmasıyla elde edilen toplam birime, akü grubu denir. Akü hücreleri iki maksatla grup haline dönüştürülür.

i) Voltajı artırmak için.

ii) Kapasiteyi (akımı) artırmak için.

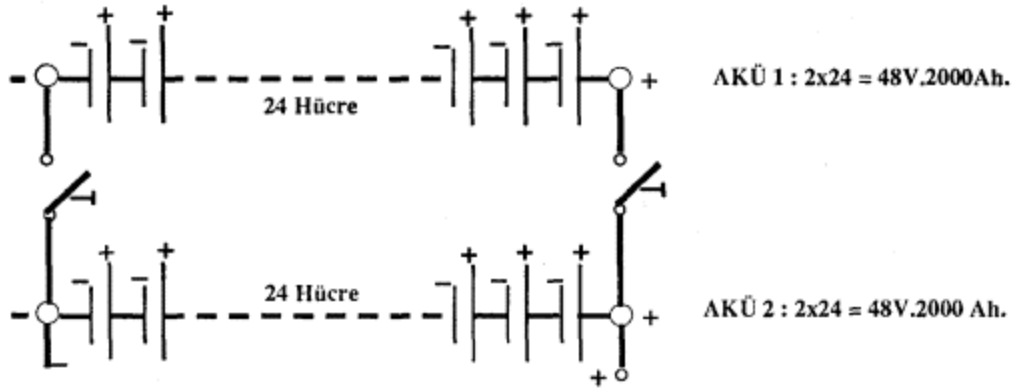
Bir akü hücrelerinin anma voltajı iki voltur. Bu nedenle anma voltajı ile orantılı daha yüksek voltaj elde edilmek istendiğinde, seri bağlama sözcüğüyle ifade edilen ve bir hücrenin (+) kutbunu, yanındaki (-) kutbuna bağlamak suretiyle istenen voltajda akü grubu elde edilebilir. Aşağıda 50 Ah, 2 voltluk 3 adet hücrenin seri bağlanması ile elde edilen 6 voltluk bir akü grubu seması görülmektedir.



Şekil 2.4 Akü grubu (seri bağlantı)

Akü hücrelerinin seri ve paralel bağlanmasıyla (diğer bir ifadeyle karışık bağlanmasıyla) hem voltajı, hem de kapasiteyi artırmak mümkündür.

Haberleşme merkezlerinde, birbirine seri bağlı 24 hücreden oluşan iki ayrı akü grubu, enerji sistemi yoluyla birbirine paralel bağlı olarak işletilmektedir. Aşağıda 2 V 2000 Ah 'lik hücreden oluşmuş iki akü grubu görülmektedir.



Şekil 2.5 Akü grubu (paralel bağlantı)

$$\text{Akü1} + \text{Akü2} = 2000 + 2000 = 4000 \text{ Ah } 48 \text{ Volt}$$

2.3. Akülerin Muayenesi

Aküler, yapısal ve işlevsel durumlarının saptanması maksadıyla, satın alınmasını müteakip ve işletme süresince gerek duyuldukça, aşağıdaki iki genel aşamada muayeneye tabi tutulur.

- i) Kabul muayeneleri, verilen akülerin, satın alanın taleplerini karşılama seviyesini saptamak için yapılan muayenedir.
- ii) İşletme muayeneleri ise işletme sürecinin, herhangi bir aşamasında akülerin durumunu kontrol ederek, bir enerji arızasında, işlevlerini hangi seviyede yapılabileceğini önceden saptamak için yapılan muayenedir.

Söz konusu iki muayenede de hedef aşağıdaki hususların saptanmasıdır.

- i) Deşarjda anma kapasitesinin elde edilip edilemediği,
- ii) Tekrar şarjda, anma kapasitesinin aküye kazandırılıp kazandırılmadığı,
- iii) Şarj ve deşarj işlemleri esnasında, akü hücrelerinde yapısal bir aksaklığın oluşup oluşmadığı durumlar.

Yukarıda açıklanan şarj, deşarj işlemlerinde, ölçümlerle elde edilen değerler kullanılarak, akünün anma kapasitesi, ampersaat ve wattsaat verimleri hesaplanır, şarj ve deşarj grafikleri çıkarılabilir. Muayeneler akü grubunun bütün hücrelerinde ölçüm yapılabileceği gibi, pilot hücrelerden de değer alınabilir. Aşağıda, 48 V 2200 Ah 'lik bir akü grubu için, tipik muayene formları ve hesaplamaları görülmektedir.

Bu muayene bilgileri batarya yönetim sistemleri için eş değer devre algoritma bilgisi olarak kullanılır.

2.3.1. Deşarj ve kapasite muayenesi

Anma kapasitesi : 2200 Ah
 Anma Yoğunluğu : 20 °C 'de 1.200 gr/cm³
 Deşarj Akımı : 220 A (Sabit)

Tablo 2.2 Deşarj hesaplama tablosu

Deşarj (saat)	Süresi	Pilot Hücrenin			Bir Saatlik Şarj Kapasiteleri	
		Yoğ.	Sıc	Volt.	K=I.t (Ampersaat) /	K= (IxU) x t (Wattsaat)
Deşarj'a Başlama 09.00		1.200	20 C	2.2	Akü grubu, anma kapasitesinin en az %10 fazlasına şarj edilmiş durumda (2200+220=2420 Ah)	
09.30	10.00	1.200	20	1,99	220x1=220 Ah	(220x1,99) x1=437,8 Wh
11.00		1,190	"	1,98	220x1=220 Ah	(220x1,97)x1=435,6 Wh
12.00		1,180	"	1,97	220x1=220 Ah	(220x1,97) x1=433,4 Wh
13.00		1,170	11	1,96	220x1=220 Ah	(220x1,96) x1=431,2 Wh
14.00		1,160	11	1,95	220x1=220 Ah	(220x1,95)x1=429 Wh
15.00		1,150	"	1,94	220x1=220 Ah	(220x1,94)x1=426,8 Wh
16.00		1,140	"	1,93	220x1=220 Ah	(220x1,93)x1=424,6 Wh
17.00		1,130	"	1,92	220x1=220 Ah	(220x1,92)x1=422,4 Wh
18.00		1,125	"	1,915	220x1=220 Ah	(220x1,915)x1=421,3 Wh
19.00	Deşarj sonu	1,115	"	1,90	220x1=220 Ah	(220x1,90)x1=418 Wh
					Top:2300 Ah	Toplam: 4280 Wh

Deşarj ve kapasite muayenesinden önce, akü grubu %100 kapasiteye ulaştırılmak üzere bir iki saat şarj edilir. Yukarıdaki tipik formda görüldüğü gibi değerler alınır. Saatlik kapasiteler ve toplam (Ah) ve (Wh) kapasiteleri hesaplanır.

2.3.2. Şarj ve kapasite muayanesi

Anma kapasitesi : 2200 Ah

Anma Yoğunluğu : 20 °C'de 1.200 gr./cm³

Deşarj Akımı : 2200 / 10 = 220 A (Sabit)

Şarj ve deşarjdaki ölçümlere göre takribi Ampersaat ve Watt saat verimlerinin hesabı:

Tablo 2.3 Şarj hesaplama tablosu

Şarj Suresi (Saat)	Pilot Hücrenin			Bir saatlik şarj kapasiteleri	
	Yoğ.	Sıc.	Volt.		
Şarj Başlama 08.00	1.115	22	1,95	Tam deşarjlı akü grubu 220 A sabit bir akımla 11 saat şarj edildi	
00.90	1,115	"	2,09	220x1=220Ah	(220x2,09) x 1= 459.8 Wh
10.00	1,115	"	2,10	220x1=220Ah	(220x2,10) x 1= 462 Wh
11.00	1,115	23	2,12	220x1=220Ah	(220x2,12) x 1= 466,4 Wh
12.00	1,115	11	2,14	220x1=220Ah	(220x2,14) x 1= 470,8 Wh
13.00	1,120	24	2,16	220x1=220Ah	(220x2,16) x 1= 475,2 Wh
14.00	"	"	2,19	220x1=220Ah	(220x2,19) x 1= 481,8 Wh
15.00	1,125	"	2,21	220x1=220Ah	(220x2,21) x 1= 486,2 Wh
16.00	1,145	25	2,25	220x1=220Ah	(220x2,25) x 1= 495 Wh
17.00	1,195	26	2,30	220x1=220Ah	(220x2,30) x 1= 506 Wh
18.00	1,205	27	2,62	"	(220x2,62) x 1=576,4 wh
19.00 şarj	1,205	28	2.62	"	(220x2,62) x 1=576.4 wh
				Top.:2420 Ah	Toplam: 5455,6 wh

Şarj ve Deşarjdaki ölçümlere göre takribi Ampersaat ve Wattsaat verimlerinin hesabı:

Deşarj Kapasitesi 2200 Ah.

Şarjdaki Kapasite 2420 Ah

= %90

Deşarjdaki Kapasite 4280 Ah

Şarjdaki Kapasite 5455.6 Ah

=%78

2.4. Şarj Çeşitleri

Akülere, imalattan itibaren servis dışı kalıncaya kadar çeşitli şarjlar uygulanır.

2.4.1. İlk şarj

Kuru şarjlı veya elektroliti doldurulmuş ve şarj edilmiş ancak bazı sebeplerle bir süre beklemiş akülere, servise verilmeden önce uygulanan şarja ilk şarj denir.

Hedef, aküyü, servise vermeden önce, tüm hücrelerin yoğunluk, voltaj ve elektrolit seviyelerini eşlemek ve kısmi sülfatlaşmayı gidererek, tam kapasiteli hale getirmektir.

İlk şarj şu durumda olan akülere uygulanır.

- i) Kuru şarjlı akülere elektrolit doldurulmasından itibaren iki saat sonra,
- ii) Elektrolitli ve şarjlı teslim edilmiş ancak üç ay süreyle beklemiş akülere, (üç ay sonunda ilk şarj uygulanan akü her hangi bir sebeple yine boşta bekletilmek zorunda kalırsa, her üç ayda bir, ilk şarj tekrar edilmelidir.) uygulanır.

2.4.1.1. İlk şarj koşullarının tespiti

Kuru şarjlı akü hücrelerine, elektrolit doldurulmasını takip eden bir saat içinde, elektrolitteki, yoğunluk değişimi tespit edilir. Söz konusu değerler, akülerin boşta bekletildiği sürenin ve ortamın etkilerinin bir göstergesidir. Elektrolit yoğunluğundaki değişim değerlerine bağlı olarak ilk şarj koşulları aşağıda açıklandığı şekilde saptanır.

- i) Elektrolit doldurulduğu andaki yoğunluk ile bir saatlik süre sonunda oluşan yoğunluk düşmesi, 0.020'den az ise, bu değer o akünün uygun bir ortamda ve 12 aydan daha az bir süre boşta bekletildiğini, dolayısıyla kapasite kaybının az olduğunu gösterir. Bu durumda olan bir aküye normal ilk şarj uygulanır.

ii) Elektrolit doldurulduğu andaki yoğunluk ile, bir saatlik süre sonunda oluşan yoğunluk azalması, 0.020'den fazla ise, bu değer söz konusu akünün olumsuz koşullarda ve 12 aydan daha uzun süre boшта bekletildiğini, dolayısıyla kısmi sülfatlaşma oluştuğunu gösterir. Bu durumda olan bir aküye, kısmi sülfatlaşmayı gidererek tam kapasiteyi kazandırmak için özel ilk şarj uygulanır.

2.4.1.2. Normal ilk şarj

Normal ilk şarj, akımı sınırlanabilen bir redresörle aşağıdaki gibi yapılır.

i) Hücre buşonları çıkarılır.

ii) Şarja K/20 değerindeki bir akımla başlanır ve bu akım şarj sonuna kadar sabit tutulur.

iii) Şarj süresince, hücrelerin elektrolit yoğunluğunun ve voltajlarının yavaş yavaş arttığı gözlenir.

iv) Hücre voltajlarının 2,6 voltta ulaşmasını müteakip, takriben 2 saat süreyle, voltaj ve yoğunluk tespitleri yapılırken, öte yandan gazlanma miktarı gözlenir.

v) 2 saat sonunda, hücre voltajları 2.7 V. hücre yoğunlukları nominal (+, -) 0.010 ve gazlanma miktarı sabitleşmişse şarja son verilir.

Şarj sonunda yukarıdaki şartlar sağlanamıyorsa hücre, asit ve saf su ilavesiyle yoğunluk ve seviye ayarı yapılmalıdır. Söz konusu düzeltmeyi müteakip, ilavelerin elektrolite karışması için, aküye bir saatlik bir ilave şarj uygulanmalıdır. Bu şarj sonunda hücre yoğunluk ve voltajları tekrar tespit edilerek, eşit olduklarından emin olunmalıdır.

Yukarıda açıklanan şarj işlemi sonunda akü, tüm hücrelerinin elektrolit seviyeleri, yoğunlukları ve voltajları eşit ve tam kapasitede, işletmeye verilmeye hazırdır.

2.4.1.3. Özel ilk şarj

Bu şarj, akımı sınırlanabilen bir redresörle aşağıda açıklandığı şekilde yapılır.

- i) Hücre buşonları çıkarılır.
- ii) Şarja, $K/10$ değerindeki bir akımla başlanır ve bu akım, şarj voltajı 2,4 volta ulaşınca kadar sabit tutulur.
- iii) Voltaj 2,4 volta ulaşınca, şarj kesilir ve akü bir saat süreyle dinlendirilir.
- iv) Bir saatlik süre sonunda şarja tekrar başlanır ancak bu aşamada şarj akımı $K/20$ değerine düşürülür ve şarj sonuna kadar bu değerde sabit bırakılır.
- v) Şarjın devamında, normal ilk şarjda açıklanan hususlar aynen uygulanır.

Yukarda açıklanan ilk şarj işlemlerinde, redresör voltajı hücre başına 2,7 volta kadar yükselmektedir. Bu voltaj değeri, alıcılara zarar verebilecek seviyededir. Bu nedenle, ilk şarj işlemi yapacak redresör, alıcılara bağlı olmamalıdır.

Ayrıca ilk şarj boyunca elektrolit sıcaklığının 35°C 'nin üstüne çıkmasına izin verilmemelidir. Böyle durumlarda şarj akımı daha düşük seviyede tutulmalıdır.

İlk şarj esnasında, gazlanmadan dolayı, elektrolit seviyesi az miktarda yükselebilecektir. Dikkate alınmamalıdır.

2.4.2. Tampon şarj

Akülerin self deşarjını önleyerek, tam kapasitede kalmalarını sağlamak için sürekli yapılan şarjdır. Zayıf şarj, float şarj gibi terimlerle de ifade edilir.

Yavaş şarj voltajının değeri aşağıdaki etkenlere bağlıdır.

- i) Elektrolit yoğunluğuna: Yoğunluğu 1,210 civarında olan, akülerde yavaş şarj voltajı

takriben 2,2 voltur. Yoğunluğu 1,250 civarında olan akülerde ise, şarj voltajının değeri 2.23 V'tur (Yoğunluğun artması, iç direnci artırır.).

ii) Akünün Yasına: Yeni akülerde yavaş şarj voltajının 2,2V olmasına karşın, yaşlı akülerde bu değer takriben 2,23 voltur (Akü eskidikçe kısmi sülfatlaşma nedeniyle iç direnci artar.).

iii) Plakaların Cinsine: Kurşun antimuan bileşimi plakalara sahip akülerde yavaş şarj voltajı 2,2V iken, saf kurşun plakalı akülerde 2,23 V'tur.

Yavaş şarj akımı, şarj voltajına bağlıdır. Şarj voltajının değeri, yukarda açıklanan etkenlere bağlı olarak ayarlanmakla birlikte, söz konusu ayarda, şarj akımında dikkate alınmalıdır. Akünün yaşına bağlı olarak şarj akımı aşağıdaki gibi olmalıdır.

i) Yeni akülerde kapasite başına 0,3 mA (100 Ah için 30 mA),

ii) 3 yıllık akülerde kapasite başına 0,5 mA (100 Ah için 50 mA),

iii) 6 yıllık akülerde kapasite başına 1,5 mA (100 Ah için 150 mA).

Yanlış ayarın etkileri ise aşağıdaki gibidir.

i) Yavaş şarj voltajı fazla olursa, aşın su kaybına neden olur.

ii) Yavaş şarj voltajı düşük olursa, zamanla hücreler arasında voltaj farklılığı oluşur.

2.4.3. Hızlı şarj

Kısmen veya tamamen deşarj olmuş bir aküye, tam kapasitesini tekrar kazandırmak için yapılan şarjdır. Tekrar şarj, boost şarj sözcükleri ile ifade edilir. Genelde iki türlü yapılır.

i) Manuel hızlı şarj: Akımı limitlenebilen bir redresör ve ilgili bir personelin kontrolü altında yapılan şarj işlemidir.

ii) Otomatik Hızlı Şarj: Şarj, akım limiti ve şarj voltaj değerleri önceden ayarlanmış bir redresörle, otomatik olarak yapılır, şarjın hiçbir aşamasında, personelce bir müdahale yapılmaz.

Voltaj, şarj başlangıcının ilk bir saatinde ve takriben sekizinci saatte biraz daha fazla olmak üzere tüm şarj süresi boyunca akü voltajı sürekli artar. Şarj sonunda sabitleşir.

Yoğunluk, şarjın ilk 3-4 saati boyunca yoğunluk takriben sabit kalır (Biraz düşebilir).

Beşinci ve sekizinci saatlerde biraz fazla olmak üzere şarj boyunca yoğunluk artar. Şarj sonunda sabitleşir.

Gazlanma, şarjla birlikte gazlanma başlar. Şarjın takriben yedinci saatinden itibaren gazlanma hızlanır. Şarjın sonunda gazlanma miktarı sabitleşir (Şarj kesildiğinde gaz kabarcıkları bir saat sonra kaybolur.).

2.4.3.1. Manuel hızlı şarj

Tamamen deşarj olarak hücre başına voltajı 1,8 volta düşmüş bir akü grubu, kademeli sabit akım metodu ile 12 saat süreli bir şarja tabi tutulduğunda, şarj aşağıda açıklandığı gibi gelişir.

i) Redresör çalıştırılarak, K/10 değerindeki akıma limitlenir.

ii) Şarjın ilk bir saati sonunda hücre voltajı 2,1 volta ulaşır.

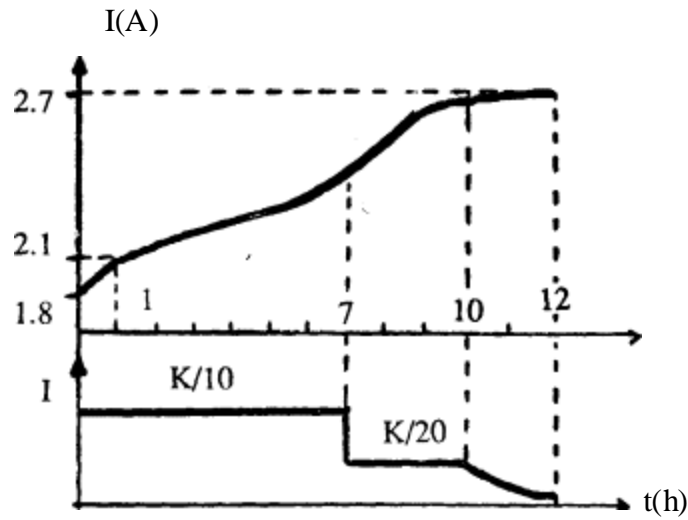
iii) Takip eden şarj süresi boyunca voltaj yavaş yavaş yükselir.

iv) Takriben yedinci saatte voltaj daha hızlı artar, aynı zamanda, gazlanma hızlanır, ve akü, nominal kapasitenin %75'ine ulaşır.

v) Bu aşamada, şarj akımının yarıya düşürülerek aşın gazlanmanın önlenmesi gereklidir. Bunu teminen redresör akımı yeniden K/20 ampere limitlenerek, şarj sonuna kadar bu

değerdeki akımla şarja devam edilir.

vi) Sabit akımla şarj devam ederken, şarj voltajı yavaş yavaş artarak, takriben onuncu saatte, voltaj hücre basma 2,7 V'a yükselerek gazlanma ve yoğunluk sabitleşecektir. Bu aşamayı müteakip 2 saat süreyle şarja devam edilerek, gazlanma ve yoğunluğun artmadığı gözlenirse şarja son verilir ve akü tam kapasitesine ulaşmış olur, şarj voltajı sabitleştiğinde, şarj akımının da azaldığı görülür.



Şekil 2.6 Manuel hızlı şarjda olması gereken akım saat ilişkisi

2.4.3.2. Otomatik hızlı şarj

Sürekli olarak servisteki redresörlere ve sisteme bağlı olan 2 grup akü, AC kesintisi sonucu deşarj olacaktır. AC enerji tekrar geldiğinde, herhangi bir personel müdahalesi olmaksızın redresörler aküleri otomatik olarak şarj edecektir, işlem otomatik olmakla birlikte, redresörün akım limit değeri ve şarj voltaj değerleri önceden uygun olarak ayarlanmalıdır.

Redresörün akım limit değerleri, hızlı şarj ve yavaş şarj voltajı değerlerinin seçimi ve ayarlarında şu hususlar dikkate alınmalıdır.

i) Hızlı şarjda akü şarj akımı, K/10'dan daha düşük olacak şekilde, redresör akımı limitlenmelidir.

ii) Hızlı şarjda, akü voltajı 2,4 V'a ulaştığında (aşın gazlanmayı önlemek için) şarj akımı mutlaka $K/20$ amperin altına düşürülmelidir.

iii) Şarjın hiçbir aşamasında, voltaj:

- 1) Analog haberleşme sistemleri bağlı olan redresörlerde 2.4 V'u (57.6 volt) geçmemelidir.
- 2) Sayısal haberleşme sistemleri bağlı olan redresörlerde ise, 2,35 V'u (56,4 volt) geçmemelidir.

Aküler, şarj oldukça voltajları artar ve bu voltaj, redresör voltajına zıt etki yaparak şarj akımını azaltır. Şarj akımının azalmasını önleyerek, sabit kalmasının yolu, akımın azalması oranında, redresör voltajının yükseltilmesidir. Redresörler otomatik voltaj regülasyonu devreleri ile bu işlemi yaparak sabit akımla şarja imkan verirler. Sabit akımla yapılan şarj süresince, redresör voltajı, akım limitleme devresinin kontrolündedir. Akünün şarj akımı ihtiyacı, redresörün limitlendiği değerin altına düştüğü anda, redresör voltaj kontrolü, akım limitleme devresinden, voltaj devresine otomatik olarak aktarılır.

Akü gruplarının şarjı esnasında, nominal kapasitelerinin takriben %75'ine ulaştıklarında, şarj akımı ihtiyacı $K/10$ Amperden fazlada olabilir. Bu bakımdan akımın $K/20$ 'den daha düşük tutulması için gerekli otomatik kontrol yapılmalıdır. Bu işlem aşağıdaki kontrollerden biriyle yapılır.

a) Şarjda, hücre basma 2,4 V'a (Sayısal sistemlerde 2,35 V) ulaşıldığı andan itibaren şarj sonuna kadar, bu voltajla devam edilir (Bu durumda şarj akımı sürekli azalarak $K/20$ 'nin altına düşer.). Şarj sonunda 2,23 V'a ulaşıldığı anda hemen tampon şarja dönülür (Bu durumda da yine akım azalarak $K/20$ Amperin altına düşer.).

b) Şarja, 2,23 V 'luk tampon şarj voltajı ile başlanır. Şarj süresi bir zamanlayıcı ile önceden tayin edilerek, akünün şarj akımı ihtiyacının, bu şarjı tamamladığında $K/20$ 'nin altında olması sağlanır. Takriben 2,35 V'ta (veya 2,4 V) ikinci aşama şarj başlar. Şarj sonunda tampon şarja dönülür. Tampon şarja dönme metotları ise su şekildedir.

i) Şarj voltajı bir kontrol devresi tarafından izlenir. Akü şarj voltajının 2,4 volta ulaştığı algılandığı anda redresör voltajını otomatik olarak 2,23 voltluk tampon şarj voltajına düşürür. Şarj normal işletme süresince bu voltajla devam eder.

ii) Şarj akımı, bir kontrol devresi tarafından izlenir, akülerin çektiği akım, belli değere (örneğin K/30 Amper) düşüncü, durum "Akım Kontrol" devresince algılanıp ve redresör voltajı otomatik olarak 2,23 voltluk tampon şarj voltajına düşürülür. Şarj bundan sonra normal işletme süresince bu voltajla devam eder.

iii) Hızlı şarj, bir zamanlayıcının ayarına bağılı olarak sürer. Şarj süresi dolduğunda zamanlayıcı gerekli kumandayı yaparak, redresör otomatik olarak 2,23 voltluk tampon şarja döndürür, şarj normal işletme süresince bu voltajla devam eder.

Yukarda açıklanan hususların sağlanmasında dört temel hedef vardır.

i) Akü gruplarını, zamanında tekrar tam şarjlı duruma getirmek.

ii) Akü gruplarının hücre kapakları kapalı olduğundan, oluşan gaz miktarını, kapak deliklerinden atılabilecek derecede sınırlamak.

iii) Şarj akımını, aşırı sıcaklığa ve aşırı şarja yol açmayacak düzeyde tutmak.

iv) Şarj işlemi esnasında, haberleşme sistemlerinde devrede olduğundan şarj voltajı değerini sistemlere zarar vermeyecek düzeyde tutmak.

Bir akü grubunun, bütün hücrelerinin yoğunluk ve voltajlarını aynı seviyeye getirmek için uygulanan şarja dengeleme voltajı denir. Bakım şarjı, tazeleme şarjı terimleriyle de ifade edilir. Dengeleme şarjı ihtiyacının tespiti ise aşağıdaki maddeler gereğince yapılır.

i) Hücre voltajlarının ölçümünde, 0,05 V ve daha fazla fark elde edilmişse (Bu durum, redresör tampon şarjı voltajının normalden düşük değere aşarlı olması durumunda veya hücre elektrolit sıcaklıklarının 30 °C'den fazla, farklı olması halinde ortaya çıkar.),

ii) Hücre yoğunluklarının ölçümünde birbirine göre 0.010 ve daha fazla fark tespit edilmişse,

iii) i) ve ii) maddesindeki durumlar oluşmasa dahi, takriben altı ayda bir defa, akü grubuna dengeleme şarjı uygulanır.

Şarja başlamadan önce, redresör ve şarj edilecek akü, alıcılardan ayrılmalıdır (Şarj sonu vol tajı 2,7 volta kadar yükseltileceğinden, alıcılar için zararlı olabilir.).

i) Şarj akımı $K/20$ ampere limitlenerek, sabit değerdeki bu akımla şarj başlanır ve devam edilir.

ii) Şarj boyunca yükselen voltaj 2,7 volta ulaştığında yoğunluk ve voltaj ölçümlerine başlanır. Birbirini takip eden 2-3 saat boyunca yoğunluğun ve voltajın sabitleştiği tespit edilerek, şarja son verilir.

2.5. Şarj Metotları

Aküler, çeşitli metotlarla şarj edilebilir. Söz konusu usullerin hepsinde hedef aküyü tam kapasitesine ulaştırmak ve bu kapasitede muhafaza etmektir. Böylece deşarjda, aküden tam kapasiteyi elde ederek, verimli ve aksaksız bir işletme sağlamaktır.

Aküleri, aşağıdaki metotlarla şarj edebilmek için, voltaj regülasyonu ve akım limitleme özellikleri olan redresöre gereksinim vardır. Böyle redresörlerde, şarj voltajı, akımı ilgili trimpotların ayarına bağlı olarak istenen değerde seçilebilmektedir.

Şarj metotlarının hepsinde, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır (WEB_8).

i) Maksimum şarj voltajı hiçbir zaman hücre basma 2,7 V 'u geçmemelidir.

ii) Şarj akımı $K/10'$ dan fazla olmamalıdır.

iii) Elektrolit sıcaklığı 35 °C 'yi geçmemelidir.

iv) Şarj voltajı arttırılınca, akımında artacağı bilinmelidir.

v) Akü şarj oldukça, çekeceği akımın da giderek azalacağı hatırlanmalıdır.

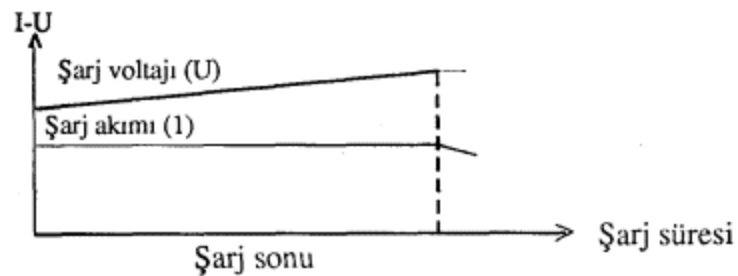
2.5.1. Sabit akımla şarj

Bir aküyü, sürekli ve aşamalı olarak, sabit değerdeki bir akımla şarj etmektir. Şarj akımı, redresördeki akım limitleme trimpotu ayarlanarak, istenen değere getirilir. Kısmen veya tamamen deşarjlı durumda olan akünün şarj akımı ihtiyacı, ümitlenen değerden fazla olduğu sürece, akım sabitlenebilir.

Bu şarj işletmede, redresörün önceden yapılmış ayarlarına bağlı olarak, otomatik yapılabildiği gibi, bir elemanın kontrolünde manuel olarak uygulanabilir.

Aşağıda, sabit akım metodundaki, akım ve voltaj eğrileri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi şarj akımının sabit tutulabilmesi için, voltaj yavaş yavaş artmaktadır. Otomatik şarjda redresördeki elektronik kontrol devresi, voltajı yavaş yavaş artırarak akımı sabitler, manuel şarjda ise, personel, ilgili trimpotu sürekli ayarlayıp voltajı artırarak aynı işlemi yapabilir.

Sabit akımla şarj, akünün şarj akımı ihtiyacı, limitlenen değer altına düşünce sona erer.



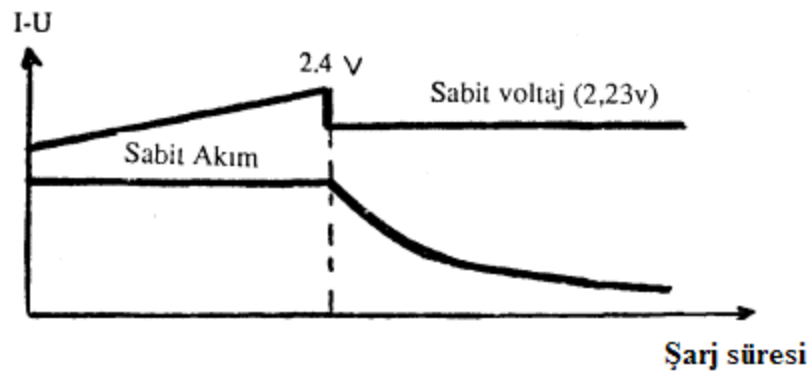
Şekil 2.7 Sabit akımlı şarj grafiği

2.5.2. Sabit voltajla şarj

Bir aküyü, sürekli ve aşamalı olarak, sabit değerdeki bir voltajla şarj etmektir. Şarj voltajı, redresördeki ilgili trimpot ayarlanarak istenen değere getirilir ve şarj boyunca bu değer sabit kalır. Akü ayarlanan bir akımla şarj olmaya başlar. Şarj süresince akım yavaş yavaş azalır, şarj sonunda voltaj ayarlandığı değerde sabit kalırken, akımda azalarak sabitleşir.

Aşağıda, bu metotla yapılan bir şarj işleminin, akım ve voltaj eğrileri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi, akü şarj oldukça akım ihtiyacı azalmakta sonunda iyice azalarak sabitleşmektedir.

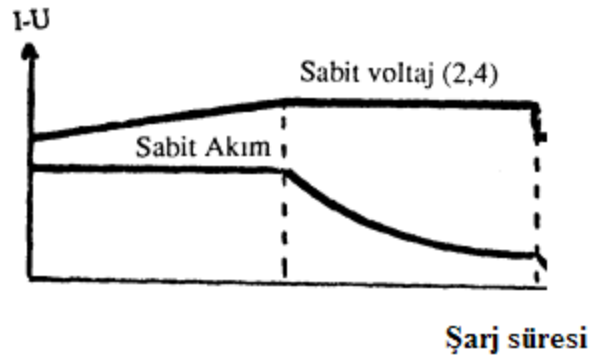
Uygulamada, kısmen veya tamamen deşarj olmuş bir akü için, ilk şarj voltajı fazla geleceğinden, şarj sonunda, voltaj otomatik veya manuel olarak, daha düşük değere alınır.



Şekil 2.8 Sabit voltajla şarj

2.5.3. Sabit akım, sabit voltajla şarj

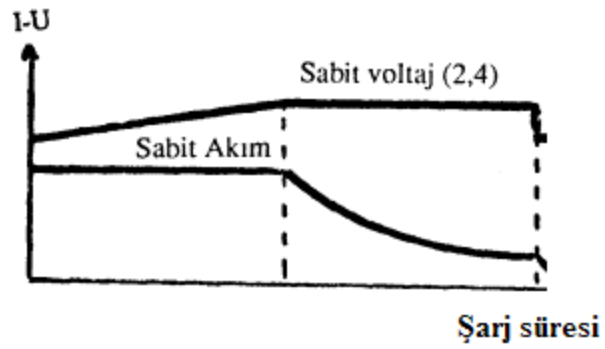
Bu şarj metodunda, sabit akımla şarja başlanır ve belli süre böyle devam edilir. Ardından, sabit voltajla şarja geçilir ve şarj bu voltajla tamamlanır. Bu şarj usulü çoğunlukla akülerin otomatik şarjında kullanılır. Sabit akımla şarj sürerken, voltaj takriben 2,4 V'a ulaştığında, otomatik olarak 2,23 V'luk sabit voltajla şarja geçilir. Bu değerdeki voltajla şarj, işletme süresince devam eder.



Şekil 2.9 Sabit akım, sabit voltajla şarj

Yukarda açıklananlar, üç temel şarj metodudur. Uygulamada birbiri ardına yukarıdaki metotların karışımı kullanılarak, şarj işlemleri de yapılabilmektedir.

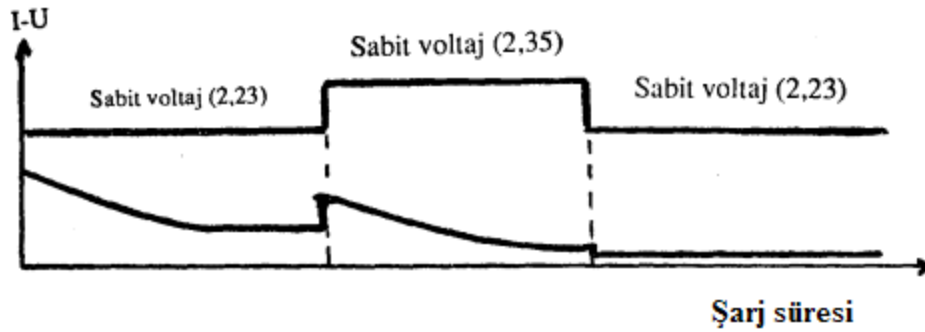
2.5.4. Sabit akım, kademeli sabit voltajla şarj



Şekil 2.10 Sabit akım, kademeli sabit voltajla şarj

Çoğunlukta, akülerin otomatik şarjında kullanılır.

2.5.5. Kademeli sabit voltajla şarj



Şekil 2.11 Kademeli sabit voltaj

Çoğunlukla, akülerin otomatik şarjında uygulanır.

2.6. Akü Şarj Seviyesinin Kontrolü

İşletme süresinde, zaman zaman akünün şarj seviyesinin tespiti gerekir. Bu kontroller sonucunda, aküde, şarj eksikliği olup olmadığı belirlenir, varsa tam kapasiteye ulaştırılacak şekilde, ilave şarj uygulanır.

Bir akünün şarj seviyesi iki türlü tespit edilir.

- i) Yoğunluk ölçümü ile,
- ii) Açık devre voltajı ölçümü ile,

Yoğunluk ölçümü ile şarj durumunun tespitinde, ölçülen yoğunluk değerinin, söz konusu akünün tam şarjlı yoğunluk değerinden ne kadar düşük olduğu dikkate alınır. Ölçüm değeri, tam şarjlı değerden takriben 0,050 eksikse yarım şarj, 0,100 eksikse tam deşarj sonucuna da varılır. Diğer değerler için, oranlama yapılarak şarj seviyesi tespit edilir.

Aşağıda, tam şarjlı yoğunluğu 1.200 olan bir akünün, çeşitli zamanlardaki ölçümlerde tespit edilen yoğunluk değerlerine bağlı şarj seviyeleri görülmektedir.

Aşağıda yer alan Tablo 2.4 yardımıyla tespit edilen yoğunluğa göre akünün yüzde kaç oranında dolu olduğunu görebiliyoruz.

Tablo 2.4 Yoğunluk-şarj seviye tablosu

Tespit edilen yoğunluk (gr/cm ³)	Akünün şarj devresi
1.200	Tam Şarjlı (%100 kapasiteli)
1.175 - (1,200 - 0,025)	3/4 şarjlı (%75 kapasiteli)
1.150 - (1,200 - 0,050)	Yarım şarjlı (%50 kapasiteli)
1,125 - (1,200 - 0,075)	1/4 şarjlı (%25 kapasiteli)
1,100 - (1,200 - 0,100)	Tam deşarjlı (pratik olarak %0 kapasiteli)

Bir akünün, redresöre ve yüke bağlı değilken gösterdiği voltaj değerine açık devre voltajı denir.

Testler sonucunda görülmüştür ki, bir akünün açık devre voltajı ile, o andaki yoğunluğu arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Bu ilişki formülleştirildiğinde aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\text{Açık devre voltajı} = 0,84 + \text{yoğunluk}$$

Söz konusu eşitliğin doğru olabilmesi için, ölçüm yapılmadan önce, iki şarttan birinin sağlanması gerekir.

i) Akünün, son şarjından itibaren takriben 12 saat boyunca açık devre halinde beklemiş olması.

ii) Akünün son deşarjına müteakip 1 saat süreyle açık devre halinde beklemiş olması.

Açık devre voltajı, aslında yoğunluğa, 0,84 sabit sayısının eklenmesi ile elde edilen değerden başka bir şey değildir. Bu nedenle, aktü şarj seviyesi, yoğunluk ölçümü yerine voltaj ölçümü ile de tayin edilebilmektedir.

Bu usulle şarj seviyesi tayininde, söz konusu akünün tam şarjlı yoğunluğu, dolayısıyla 0,84 sayısı eklenerek tam şarjlı açık devre voltajı önceden bilinmelidir (Örneğin tam şarjlı yoğunluğu 1,200 olan bir akünün, açık devre voltajı ölçülürse $1,200 + 0,84 = 2,04$ V elde edilir.).

Şarj seviyesinin belirlenmesinde, ölçülen açık devre voltajının, tam şarjlı açık devre voltajından ne kadar eksik olduğu dikkate alınarak sonuca gidilir (Elde edilen voltaj değeri, tam şarjlı voltaj değerinden 1,05 V düşükse yarım deşarj, 1,10 V düşükse tam deşarj ifade eder. Diğer değerler için oranlama yapılarak tespit yapılır.).

Aşağıda, tam şarjlı açık devre voltajı 2,04 V olan bir akünün, çeşitli zamanlardaki ölçümlerinde elde edilen, açık devre voltajlarına bağlı, şarj seviyeleri görülmektedir (Saslow 2002).

Tablo 2.5 Açık devre voltaj-şarj seviye tablosu

Açık devre voltajı (V)	Şarj seviyesi
2,04	Tam şarjlı
2,015	3/4 şarjlı
1,99	Yarım şarjlı
1.965	1/4 şarjlı
1,94	Tam deşarjlı

2.7. Akü Arızaları

Akülerde oluşan arızalar, doğrudan doğruya dışarıya yansıyor, bakımından sorumlu elemanın dikkatini çeken türden değildir. Aküdeki aksaklığın tespiti için, zaman zaman çeşitli kontrol, ölçüm ve testlerin yapılması gereklidir, imalat hatası dışında çoğunluğunun kaynağı, işletme hatalarıdır. Akülerin kendisinde ve işletmesinde oluşacak arıza ve aksaklıkların üç ana kaynağı vardır.

i) Akülerin periyodik bakımlarının zamanında uygun tarzda yapılmaması.

ii) Çevre şartlarının iyi düzenlenmemesi.

iii) Şarj sisteminin yanlış değerlere ayarlanmış olması.

Yukarıda açıklanan işletme hataları sonucu akülerde şu tür arızalar oluşur.

i) Kısmi sülfatlaşma: Belirtisi, deşarjda tam kapasite elde edilememesi, ölçümlerde nominal yoğunluktan daha düşük değer okunmasıdır. Sebepleri ve giderilmesi sülfatlaşma bölümünde açıklandığı gibidir.

ii) Tam sülfatlaşma: Belirtisi, deşarjda akü voltajının hızla düşerek, aküden kapasite elde edilememesi ve ölçümlerde yoğunluğun minimum değerde olmasıdır. Şarjda ise, akünün zaman, içinde düşmeyerek sabit değerde kalması ve hücrelerde gazlanması olmamasıdır. Sebepleri ve giderilmesi sülfatlaşma bölümünde açıklandığı gibidir.

iii) Kısmi kapasite kaybı: Belirtisi, deşarjda tam kapasitenin elde edilememesidir. Sebepleri çeşitlidir.

a) Yavaş şarj (float şarj) işletmesindeki ölçümlerde nominal yoğunluktan düşük değer elde ediliyorsa, akü grubu takriben %110 kapasiteye şarj edilmemiş demektir, yani şarjı eksiktir.

b) Yavaş şarj işletmesindeki ölçümlerde, nominal yoğunluktan biraz yüksek değer elde ediliyorsa, yaşlanma sonucu aktif madde dökülmesi olmuştur, yani şarjda, asit, aktif maddelere yeteri kadar gidemediğinden elektrolit içinde kalarak, yüksek değer göstermektedir. Normal düzeyde olmak kaydıyla, azar azar oluşacak kapasite kaybı normaldir. Aşın kapasite kaybı; normalden yüksek akımla şarj etme, aşın sıcaklık, sık sık yapılan aşın deşarjlar sonucu oluşur.

c) Giderilmeyen kısmi sülfatlaşma: Sülfatlaşma oranında, sürekli kapasite eksikliği oluşur. Yoğunluk, sülfatlaşma oranında, düşüktür. Akü grubu yenilenmelidir.

d) Hücre içinde kısa devre: Belirtisi, ölçümlerde hücre voltajının sıfıra yakın değer göstermesidir. Sebebi, imalat hatası veya aşın sıcaklık sonucu plakaların bel vererek,

seperatörün hasar yapıp, pozitif ve negatif plakaların kısa devre olasıdır. Hücre yenilenerek aksaklık giderilir.

e) Hücrelerde yoğunluk farkı: Belirtisi, hücrelerin yoğunluklarının ölçümünde, birbirlerine göre 0,020'den büyük değerler tespit edilmesidir. Sebepleri, herhangi şekilde elektrolit taşması, düşük float şarj voltajı, bir kısım hücrelerin diğerlerinden değişik çevre sıcaklığına maruz bırakılması, takriben altı aydan daha uzun süre hızlı şarj uygulanmamış olması gibi hususlardır.

Giderilmesi, akü grubuna dengeleme şarj yapılmasıdır.

f) Hücrelerde voltaj farkı: Belirtisi, hücre voltajı ölçümlerinde birbirine göre, 0,05'ten daha büyük değerler elde edilmesidir. Sebepleri ve giderilmesi önceki maddenin aynısıdır.

g) Yavaş şarj işletmede aşırı sıcaklık (aşın su kaybı): Sebepleri, normalden fazla değerde şarj voltajı, aşırı çevre sıcaklığı, akü kabinin aşırı kirlenmesi gibi hususlardır.

Giderilmesi için, şarj voltajı normal değerine düşürülmeli, akü temizlenmeli ve çevre sıcaklığının azaltıcı tedbirler alınmalıdır.

Yukarıda, akülerin işletmesinde olması muhtemel tipik arıza ve aksaklıklar açıklanmıştır. Belirtilen değerler, arıza nedenleri, giderilme işlemleri, tipik bir kurşun asit türü sabit tesis tipi akü grupları içindir. Esasta, yukarıda açıklanan hususlarda, imalatçı talimatlarıyla uyulmalıdır.

2.8. Akünün Donması

Elektrolit, sülfürik asit ve sudan oluşmuş bir sıvıdır. Suyun 0 °C'de donduğu bilindiğine göre, bir akü elektrolitinin 0 °C'de donması söz konusu değildir.

Sistem akülerinin, sürekli şarjda olmaları ve kapalı yerlerde kurulu bulunmaları nedeniyle, elektrolit sıcaklığının sıfırın altına düşmesi pratik olarak mümkün değildir.

Genelde, donma olayı, bina dışında kullanılan aküler için söz konusu olabilir. Özellikle soğuk mevsimlerde, elektrolit sıcaklığı, donma değerine düşerse, donmuş durumdaki elektrolitin hacminin artması nedeniyle, plakalar ve seperatörler, bükülür, kırılır, sonuçta akü çatlar.

Bir akünün donma olasılığı gündeme geldiğinde, elektrolit sıcaklığın düşüren çevre koşullarının yanında, deşarjda, elektrolit içindeki su oranının artacağı gerçeğini de göz önünde bulundurmaktadır. Bir akünün, tam deşarjdaki yoğunluğu, tam şarjdaki yoğunluğundan takriben, 0,100 ile 0,130 gr/cm³ daha düşüktür. Diğer bir ifadeyle, akü deşarj oldukça, asidin plakalara gitmesi sonucu, elektrolit, büyük oranda sudan ibaret kalarak, donma olasılığı artar (WEB_4).

Yukarda açıklanan hususlar örneklenecek olursa;

- i) Çevre koşulları nedeniyle, sıcaklığı (-15 °C) ve anma yoğunluğu 1,250 gr/cm³ olan bir akü için, tam şarjlı durumda, donma tehlikesi olmamasına karşın, deşarj sonucu, yoğunluğu 1,150 gr/ cm³ düştüğünde donma söz konusudur.
- ii) Anma yoğunluğu 1,220 gr/cm³, sıcaklığı (-13°C) olan bir akü deşarj olurken, yoğunluğu 1,150 'ye düşerse bir şey olmaz. Ancak bu durumda iken, ani bir soğuk dalgası sonucu sıcaklığı, -15 °C'ye düşerse, donar.

2.9. Akü Seçimi

Elektrolit sıcaklığı en fazla -8 °C'ye düşeceği belirlenen bir ortamda, anma yoğunluğu kaç olan akü kullanılmalıdır?

Genel Değerlendirme:

- i) Yoğunluğu 1,100 gr/cm³'e düşen bir akü -7.7°C 'de donar (Genel kalaog bilgisidir).
- ii) Tam şarjda 1,230 yoğunlukta olan bir akü, tam deşarjda, takriben 1,100'e düşer.

Sonuç olarak, anma yoğunluğu 1,230 gr/cm³ olan bir akü, sıcaklığı en fazla 7.7°C'ye

düşen bir yerde kullanılabilir.

Bir akünün, donma tehlikesinden uzak, emniyetli bir biçimde işletilebilmesi için, eğer mümkünse, yukarıda açıklanan takribi değerlere itibar edilmeyip, akü imalatçısından, kesin tam şarj ve tam deşarjdaki yoğunluk değerleri ile elektrolitin donma derecesi öğrenilmelidir (Bartolozzi 1989).

2.10. Akü Bakımı ve Alınacak Önlemler

Aksaksız bir işletme için, akü bakımı, çevre şartları ve şarj sistemiyle bir bütün olarak dikkate alınmalıdır. Akülerin maksimum ömür ve kapasite ile hizmet vermesinde, özellikle sıcaklık ve temizlik yönünden çevre şartlarına, yeterli şarj bakımından ise, redresörlerin işletmesine bağlıdır.

Bu hususlar dikkate alınarak, periyodik bakımlarda aşağıdaki işlevler yerine getirilmelidir.

- i) Akü odası temiz olmalıdır.
- ii) Akü odası havalandırma sistemi kontrol edilerek çalışır durumda olması temin edilmelidir.
- iii) Akü odası duvarında termometre bulunmalı, oda sıcaklığının takriben 25 °C'den fazla olmaması temin edilmelidir.
- iv) Akü odası aydınlatması kontrol edilmeli, çalışır durumda olması temin edilmelidir.
- v) Aküler temiz olmalıdır. Gerekliyse temizlenmelidir.
- vi) Akü hücre tapalarının, gaz çıkarma delikleri kontrol edilmeli, temizlenerek açık durumda olması temin edilmelidir.
- vii) Akü kutuplarının ve hücreler arası bağlantı köprülerinin metalik kısımları kontrol edilmeli, gerekliyse korozyona karşı ince bir tabaka halinde vazelin sürülmelidir.

viii) Bağlantıcı civataları kontrol edilmeli, çatlak olanlar yenisi ile değiştirilmeli, gevşemiş olanlar sıkılmalıdır.

ix) Hücrelerdeki elektrolit seviyeleri kontrol edilmeli eksik olanlar saf su ilavesi ile tamamlanmalıdır.

x) Akü termometresi ile, elektrolit sıcaklıkla ölçülmeli 35 °C'den fazla ise, çevre sıcaklığı ve aşın şarj akımı etkisi yönünden sebep araştırılmalı ve giderilmelidir.

xi) Dijital Avometre ile hücre voltajları ölçülmeli, birbirlerine göre 0,05 V'tan fazla fark gözlenirse, akü grubuna dengeleme şarjı uygulanmalıdır.

xii) Elektrolit yoğunlukları ölçülmeli, hücre yoğunluk değerleri arasında 0,020'den büyük fark gözlenirse akü grubuna dengeleme şarjı uygulanmalıdır.

xiii) Dijital avometre ile akü grubu kutuplarından yavaş şarj voltaj değeri ölçülmeli, akü firmasının önerdiği değerde olup olmadığı gözlenmelidir. Değilse düzeltilmelidir.

xiv) Redresör üzerindeki akü ampermetresinden, uygun şarj akımı gözlenmeli, sıfır gösteriyorsa, ilgili devrelerde bağlantı kopukluğu aranarak, aksaklık giderilmelidir.

xv) Akü odasının boyası ve badanasından önce, akü grubunun üstü yalıtkan bir örtü ile kapatılarak, kazara düşecek bir maddenin, akü kutuplarını kısa devre etmesi önlenmelidir.

xvi) Bakımları esnasında, bakım personelinin gözüne elektrolit sıçrarsa, hemen bol su ile yıkanmalı ve bir sağlık kuruluşuna müracaat edilmelidir.

Herhangi bir sebeple akü, araç üzerinden alınacağı zaman önce - kutup başı daha sonra da + kutup başlığı sökülür. Söküş sırasında kutup başlarının ve akü kutusunun zarar görmemesi için özen gösterilir.

Bunun için tespit vidaları gevşetilir. Varsa kutup başlığı çektirmesi kullanılır.

Çektirme yoksa bir tornavidayı kutup başlığının ağızları arasına sokarak başlığın gevşeyene kadar açılması sağlanır.

Akü araç üzerine takılırken, akü emniyet çerçevesinin somunları yeterince sıkılır. Akü kabloları gereğinden daha uzun ve köşe yapacak kadar kısa olmamalıdır. Kutup başlan, kutup başlıklarını 1 ila 2 mm taşacak şekilde bağlanması doğru olur.

Tekrar etmek gerekirse, akünün boşalmasına deşarj, doldurulmasına da şarj etmek denir. Aküler şarj edilirken mutlaka toz kapakları sökülür ve elektrolit seviyeleri kontrol edilerek eksikse tamamlanır. Aküler şarj edilirken uygulanan şarj akımı miktarı, şarj çeşidine göre değişir. Aküler üç şekilde şarj edilir.

i) Yavaş şarj: Yavaş şarj, uzun süre beklemiş ve sülfatlaşmış akülere uygulanır. Şarj akımı 1 ila 2 amper olarak verilir.

ii) Normal şarj: Normal şarjda şarj akımı akü kapasitesinin $1/10$ 'u ile $1/20$ 'si kadar tatbik edilir. Yani kapasitesi 90 Ah olan bir aküyü normal şarja bağlamak için şarj akımı 5 ila 10 amper arasında seçilir.

iii) Çabuk şarj: Çabuk şarj kısmen boşalmış aküleri kaldırmak amacıyla yapılır, şarj akımı, akü kapasitesinin $1/4$ ile $1/3$ 'ü arasında seçilir. Yani 90 Ah kapasiteli bir akü için 22 ila 30 amper arası şarj akımı verilir. Çabuk şarj, yaşlı ve yandan fazla boşalmış akülere uygulanmaz. Aksi halde plakalardaki aktif maddeler dökülebilir ve akü hiç kullanılmaz hale gelir (David ve Thomas 2002).

3. KURŞUN ASİT AKÜLERİN OPTİMUM ŞARJ OLMASINI SAĞLAYAN ŞARJ DEVRESİ

Günümüzde her ne kadar kurşun asit aküler yetersiz kalmaya başlasa da, son dönemlerde yapılan optimum ızgara çalışmaları ile mikro ve makro hibrit araçlarda kurşun asit aküler kullanılabilir.

Bütün bu çalışmaların yanında aküden maksimum ihtiyacı karşılayabilmek şarjın ne derecede uygun yapıldığına bağlıdır.

Aküler, daha önceki bölümlerde de detaylandırılmış olan, bir çok yöntemle ve süreyle şarj edilebilmektedir. Bunlar bazen sabit akım, bazen sabit gerilim ile, yavaş, normal ve hızlı şarj zaman kavramının ağır bastığı tanımlamalar ile anlatılmaktadır. Aküler üretim esansında ilk şarjını, gerçekleştirip, kontrolleri yapıldıktan sonra kullanıma hazır hala gelirler. Akülerin ömürleri de bu aşamada başlamış olur. Akülerin uzun ömre sahip olması kullanım koşullarına bağlıdır. Bu etkenlerin başında şarj sistemi ve sıcaklık gelir. Akünün elektrokimyasal yapısını oluşturan kurşun ızgara, hamur (aktif madde) ve elektrolit (su-sülfürik asit)'in kimyasal yapısını uzun süre koruyarak, akünün şarj-deşarj çevrim süresini artırmak elektriksel olarak şarj edilmesi ile alakalıdır.

Eğer akü sülfatlaşmışsa en iyi yöntem $1/20 C_n$ akımı ile şarj etmektir. Eğer akü sülfatlaşmamışsa IU yöntemini kullanmak optimum sonucun elde edilmesini sağlar. Tez konusu olan devre ile her türlü akü istenilen yöntem ile şarj edilebilmektedir (WEB_7).

Kurşun asit akümülatörler, IU (sabit akım, gerilim) tekniğine uygun olarak şarj edildiğinde çok uzun süreler serviste kalabilirler. Bu bekleme süresi akü plakalarında sülfatlaşmaya neden olur. 12 V Kurşun asit bir akümülatörün olması gereken şarj akım - gerilim grafiği şekil 3.1' de gösterilmiştir. Birinci aşama (A-B) sürecinde, akümülatör

gerilimi 10 V civarına gelinceye kadar şarj akımı sınırlandırılmıştır. Bu sınırlamayla, akümülatörün bulunduğu ortama, asit buharının yayılmasını ve oluşan kimyasal tepkimenin hızını düşürerek, özellikle pozitif kurşun plakaların dökülmesine engel olmaktadır. Akümülatör gerilimi 10.44 V'ü geçtikten sonra (hücre başına 1.74 Volt), ikinci aşama (C-D) gerilim değeri 14.4 V' a gelinceye kadar akümülatör toplam sığasının 1/10'u kadar bir akımla şarj edilmelidir (hücre başına 2.4 Volt). Bu aşamada şarj, 5-6 saat kadar devam edecektir. Gerilim değeri 14.4 V'a geldiğinde, akümülatör tam olarak şarj olmuştur ve bundan sonra akümülatörün iç direncinin iyice azalması sonucu kendi kendine boşalmasını engellemek amacıyla, çok küçük bir akımla şarj işlemine devam edilmesi gerekmektedir. Pratikte tampon şarj olarak adlandırılan bu üçüncü aşama (E-F) sırasında, şarj gerilimi 16.44 V'un üstüne çıkarılmamalıdır (hücre başına 2.74 Volt) (Siemens 1978).



Şekil 3.1 Uygun şarj akım-gerilim grafiği

3.1. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Amacı

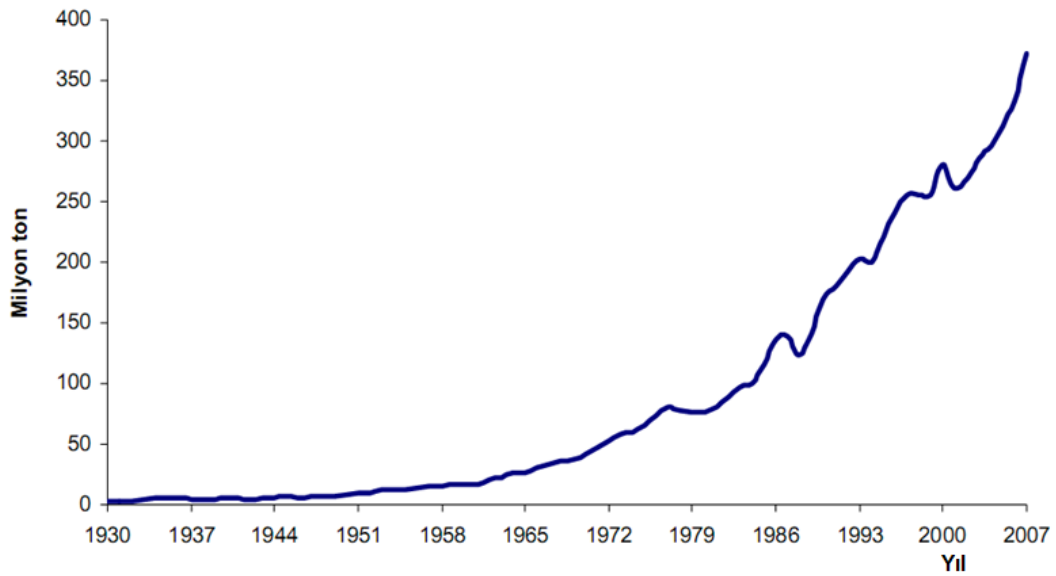
Optimum akü şarj devresinin amacı, gittikçe önem kazanan enerji depolama sektöründe, mevcut sistemi daha verimli halde kullanmayı hedeflemektir.

Kurşun-asit aküler bilindiği üzere içten yanmalı motorlara sahip tüm taşıtların marş ve servis sistemlerinde kullanılmaktadır. İlgili taşıtların her birinde de aküyü ayakta tutan ve tekrar taşıta hayat vermesini sağlayan şarj sistemleri bulunmaktadır.

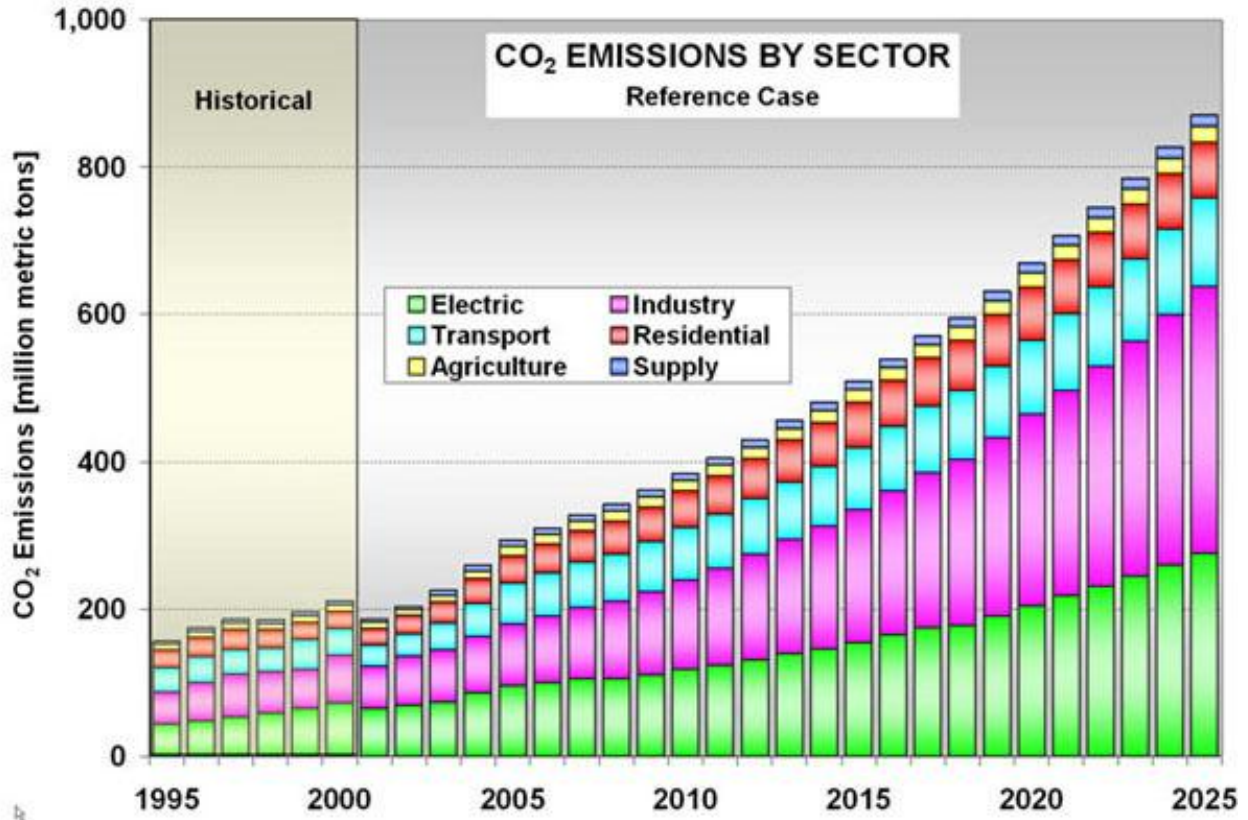
Gerek şarj sistemlerinin çalışma prensibi, gerekse kullanıcı hatası nedeniyle kurşun asit akülerin ömürleri yarı yarıya azalmakta, bu da hem dünya ekonomisine, hem de ekolojiye olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Bu olumsuz etkinin başında CO₂ salınımı gelmektedir.

Bu salınımı önlemeye çalışmak, elektrikli ve hibrit araçların önemini arttırdığı gibi, akülere de gün gittikçe önem kazandırmaktadır. Yeni taşıt sistemlerinde aküler ya da diğer adıyla bataryalar oldukça yüksek maliyete sahiptirler. Bu nedenle bataryaların korunması ve ömrünün artırılması ile ancak yeni araç pazarı ticaretleştirilebilecektir.

Yeni nesil araçların kullanımının yaygınlaşmasının istenmesi en büyük ana neden, çevre kirliliği ve küresel ısınmadır. Bugün CO₂ salınımının %10'u gibi büyük bir payı içten yanmalı motorlar tarafından üretilmektedir. Bu olumsuzluğu gidermekte ancak temiz enerji kaynaklarının kullanılması ile giderilebilecektir (WEB_2).



Şekil 3.2 Yıl bazında Türkiye'deki CO₂ üretimi



Şekil 3.3 Sektörler bazında Türkiye'deki CO₂ salınımı

Optimum şarj devresi ile aküler daha çevreci olabilmekte ve daha verimli şarj edilebilmektedir. Daha verimli şarj ile aküleri oluşturan plakaların üzerinde yer alan pozitif ve negatif aktif malzemelerin kimyasal yapısı en az zararla işlevini sürdürebilmektedir.

Otomotiv üreticileri yani OEM'lerin şarj sistemleri incelediğinde akülere genel donanım içerisinde yeterli önemi verilmediği görülmektedir. Bunun ana sebebi içten yanmalı motor sistemine sahip araçlarda akü maliyetinin, toplam maliyet içerisinde çok düşük olmasıdır.

Araç üreticilerinin şarj sistemleri incelendiğinde akülerin kimyasal yapısını bozmayı engelleyecek her hangi bir koruma olmadığı görülmektedir. Halbuki akülerin kimyasal yapısının bozulması, akünün ömrünü büyük ölçüde azaltmaktadır. Akünün kimyasal bozunması, akü içerisinde yer alan kimyasal hamurun tanecik yapısının bozulması demektir. Şu anki teknoloji ile bu yapıların eski haline döndürülmesi imkansızdır. Ancak bu bozunma süresi azaltılarak akü ömrü arttırılabilir. Bu nedenle aküler belirli

bir gerilim altına düştüğü takdirde şarj edilmelidir. Aksi durumda akülerin gereğinden fazla deşarj olması söz konusudur. Bu olaya derin deşarj denir ve akü tasarımımda deep of discharge (Dod) olarak tanımlanır. Kurşun asit akülerin Dod değeri en fazla %20 olmalıdır. Yani akünün en fazla %20'si deşarj edilebilir. Bu da, akü geriliminin 12,10V altına düştüğünde akım vermemesi, bilakis şarj olması gerektiği anlamına gelir.

Akülerin gerilim değerinin belirli bir gerilimden aşağı düştüğünde devre dışı kalmasını sağlayan sisteme cut-off sistemi denir. Cut-off sistemi ile akünün derin deşarj olması yani sülfatlaşması önlenmiş olur.

Araç şarj sistemlerinde yer alan şarj cihazları, yani alternatörler incelendiğinde akülerin istenilen değerlerde şarj olmadığı tespit edilmektedir. Çünkü akü, %80 deşarj olmuş ve sülfatlaşmışsa alternatör ile şarj edilemez. Sebep, otomobil alternatörlerinin sonunda regülatör bulunmasıdır. İlgili regülatör çıkış gerilimini sabitler, ve istenilen şarj metodunun uygulanmasını imkansız kılar. Bu nedenle akülerin bir yönetim sistemine ihtiyacı vardır.

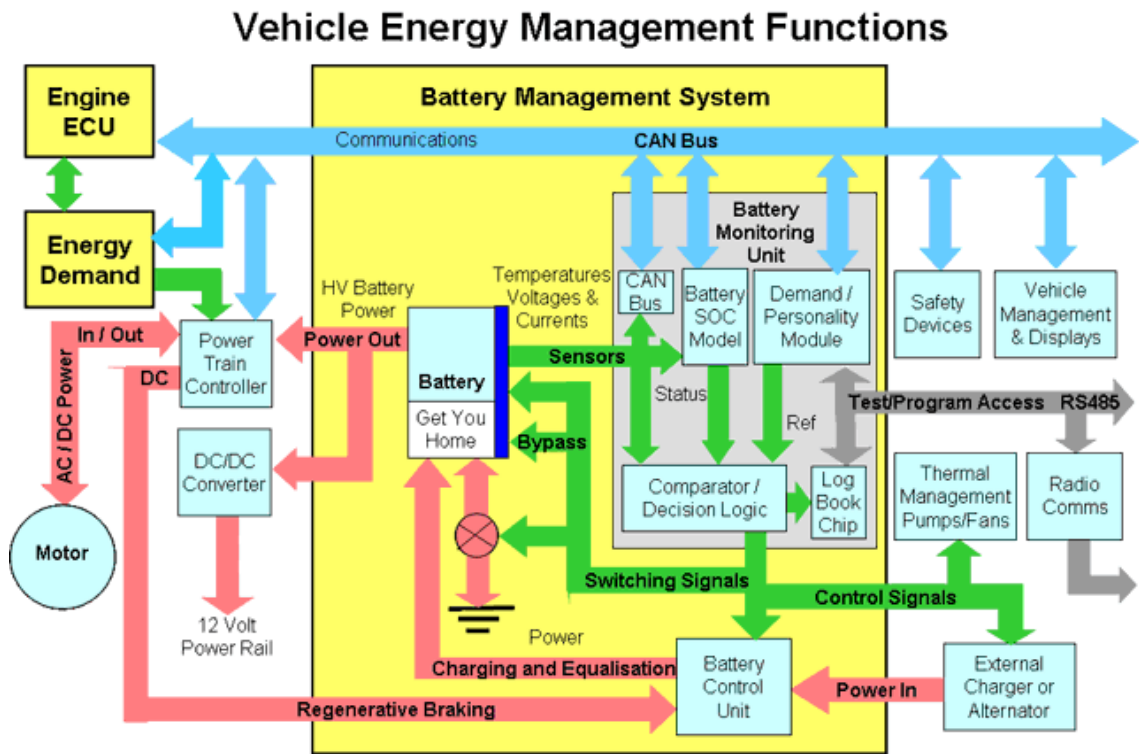
Deney alışması yapılan optimum şarj devresi, entegre sistemler ile birleşip akü paketlerinin oluşmasını da sağlayabilecektir. Entegre sistemler ile akünün durumu tahribatsız muayene ile şarj sistemine iletilip, uygun şarj programı seçilebilecektir. Bu entegre sistem, araçların elektronik kontrol sistemi olarak bilinen can bus ile haberleştirilip, sürücüye akü hakkında detaylı bilgilerde verebilecektir.

Yukarıda bahsedilen nedenlere istinaden bataryalar, popülerliliğini gün geçtikçe arttırmakta ve yeni bir market oluşturmaktadır. Aşağıda bataryaların verimini arttıracak sistem şeması yer almaktadır. Batarya yönetimi olarak adlandırılan sistem, yeni nesil batarya sistemleri için şarttır (WEB_3).

Description	Full EV Pack
Configuration	96s4p
Modules /Subpacks /Cells	16/8/384
Min. Pulse Voltage	240 V
Max Pulse Voltage	400 V
Nominal Capacity	74 Ah
Total Energy	26 kWh
Volume	222 Liter
Mass	285 Kg
Cooling	Forced Air
Specific Energy (pack level)	91 Wh/Kg
Energy Density	117 Wh/l



Şekil 3.4 Örnek batarya modülü



Şekil 3.5 Batarya yönetim sistemi (BYS) şeması

Akıllı aküler, BYS'ye sahip akülerdir.

BYS, şarj ve deşarj sırasında, gerilim, akım, batarya iç ve dış çevre sıcaklığı gibi, anahtar operasyon parametrelerinin kontrolünün sağlanmasıdır. Devreleri incelemek, batarya için belirtilen değerlerinin her hangi birinin limit değeri dışında kalması durumunda uygun görülen alarmin çalışması ya da bataryanın bağlı olduğu yük ve ya şarj devresinden ayrılmasını sağlar (WEB_1).

BYS sistemlerinin görevi, sadece bataryaların korunması ve gözlenmesi değil, aynı zamanda istenildiği süre zarfına kadar bataryayı en yüksek enerji verimliliğinde tutmaktır.

Otomotiv mühendisliği için BYB, hızlı işlem yapabilen kompleks bir sistemin parçasıdır. BYB muhakkak diğer araç sistemleri olan, motor yönetimi, klima, iletişim kontrol ve güvenlik sistemleri ile ara yüze sahip olmalıdır. Bu nedenle BYB 'nin bir çok değişken parametresi mevcuttur.

Batarya performansını ve güvenliğini kontrol etmek için, nelerin kontrol edilmesi gerektiği ve neden kontrol edilmesi gerektiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu da, hücre kimyasının, performans karakteristiklerinin, hata modlarının temellerinin tam olarak anlaşılmasıyla sağlanır.

Genel olarak BYB'lerin 3 hedefi vardır.

- i) Hücreleri ya da bataryayı korumak.
- ii) Bataryanın ömrünü arttırmak (uzatmak).
- iii) Bataryanın tüm fonksiyonlarını yerine getirebilecek halde çalışmasının devamlılığını sağlamak.

BYB 'nin bu hedefleri sağlayabilmesi için aşağıdaki fonksiyonları sağlaması gerekmektedir;

- i) Hücre korunma

- ii) Şarj kontrol
- ii) İhtiyaç yönetimi (enerji koruma)
- iv) Şarj durumunu tespit etme
- v) Sağlık durumunu tespit etme
- vi) Hücreler arası balans
- vii) Geçmiş verileri depolama
- viii) Hücre üretim bilgilerini kaydetme
- xi) Haberleşme

Aşağıda 5 araç üreticisinin şarj sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgi doğrultusunda deney çalışmasının gündelik hayata geçirilmesinin gerekliliği ispatlanmaktadır. Aşağıdaki tabloda akü şarj sistemi için olmazsa olmaz 3 sisteminin kriteriği yapılmıştır.

	OEM1	OEM2	OEM3	OEM4	OEM5
1	CUT-OFF SİSTEMİ YOK	CUT-OFF SİSTEMİ YOK	CUT-OFF SİSTEMİ YOK	CUT-OFF SİSTEMİ VAR	CUT-OFF SİSTEMİ YOK
2	SBT.GERİLİM ŞARJ SİSTEMİ VAR	SBT.GERİLİM ŞARJ SİSTEMİ VAR	SBT.GERİLİM ŞARJ SİSTEMİ VAR	SBT.GERİLİM ŞARJ SİSTEMİ VAR	SBT.GERİLİM ŞARJ SİSTEMİ VAR
3	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ YOK	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ YOK	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ YOK	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ YOK	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ YOK

Şekil 3.6 OEM şarj sistemleri içeriği tablo resmi

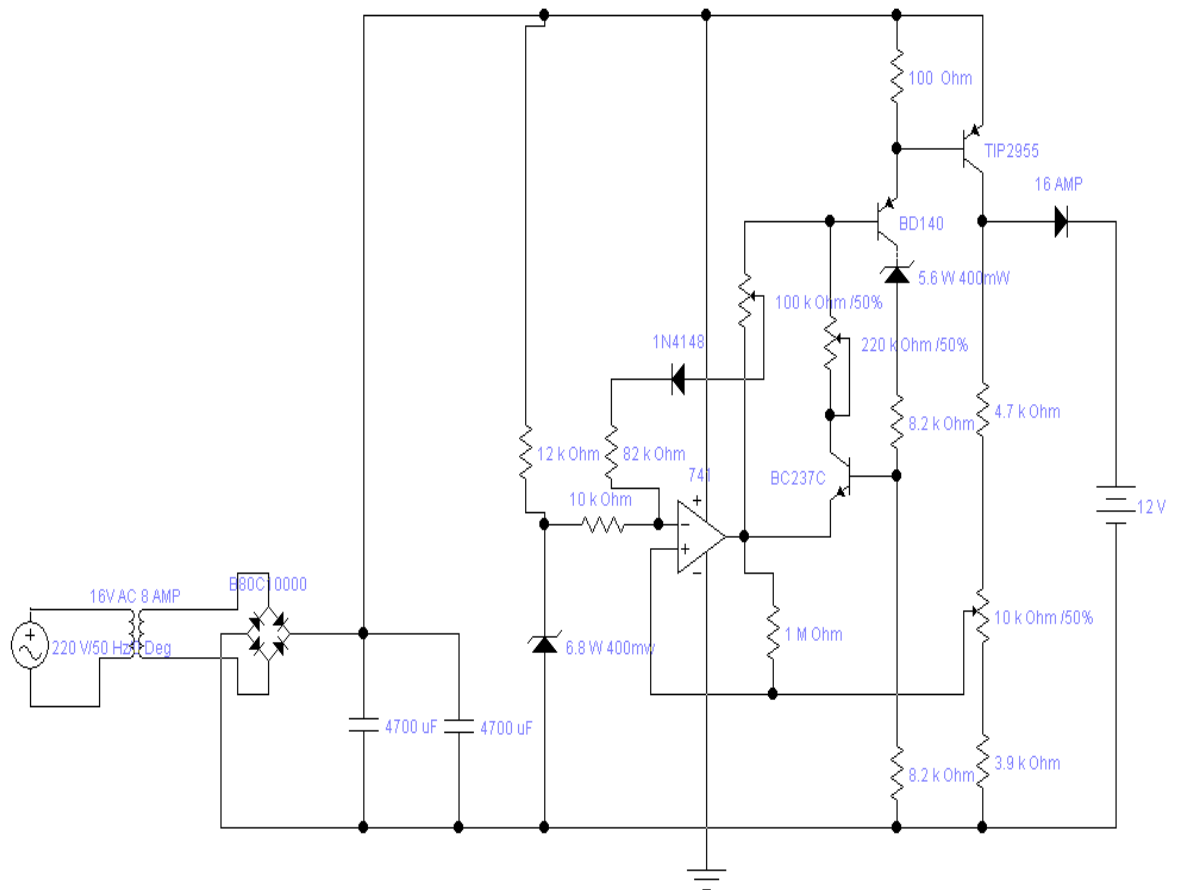
Şekil 3.6'da yer alan otomotiv üreticilerinin şarj sistemleri incelendiğinde, şu an ki şarj sistemleri ile geleceğin otomobillerinde başarılı olunamayacağı gibi günümüzde kullanılan kurşun asit akülerin kullanımı için uygun olmadığı açıktır. Bunların sebepleri;

i) Kurşun asit akünün derin deşarj olmasını önleyen ve böylece akünün kimyasal yapısının bozulmaması sağlayan bir besleme kesme devresi (cut-off) sistemi yoktur.

ii) Araç üzerindeki akünün durumuna göre şarj metot seçeneği yoktur. Sabit gerilim ile tek şarj sistemi mevcuttur.

iii) Akünün sağlık durumu olarak bilinen state of health, akünün doluluk oranı gibi bilgileri tespit eden batarya yönetim sistemi mevcut değildir.

3.2. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Elektriksel Gösterimi



Şekil 3.7 Deneysel çalışması

Şekil 3.7’de gösterilen devrenin ayarlaması aşağıda belirtilmiştir.

Ayara başlamadan önce akümülatörün dolu olması gerekir (14.4 V). Akümülatör şarj devresi çıkışına bağlanır ve devre çalışır. P3 ayarlı direncini sağa veya sola doğru çevirerek IC 1’ in çıkışının salınım yapması sağlanır. P1 direncini de aynı şekilde ayarlayarak şarj edilecek akümülatörün sığasının 1/20’si kadar bir akımın akması sağlanır. Daha sonra akümülatör boşaltılarak gerilimin 11 voltun altına indirilmesi ve P2 direncini ayarlayarak akümülatör sığasının 1/10 ’nu kadar bir akım geçmesi sağlanır. Şayet Akümülatör tam şarj olduğunda, şarj gerilimi, 16.44 voltu geçtiği görüldüğünde, P3 ayarlı direnci hafifçe ayarlayarak, devrenin çıkışından akım akması kesilir.

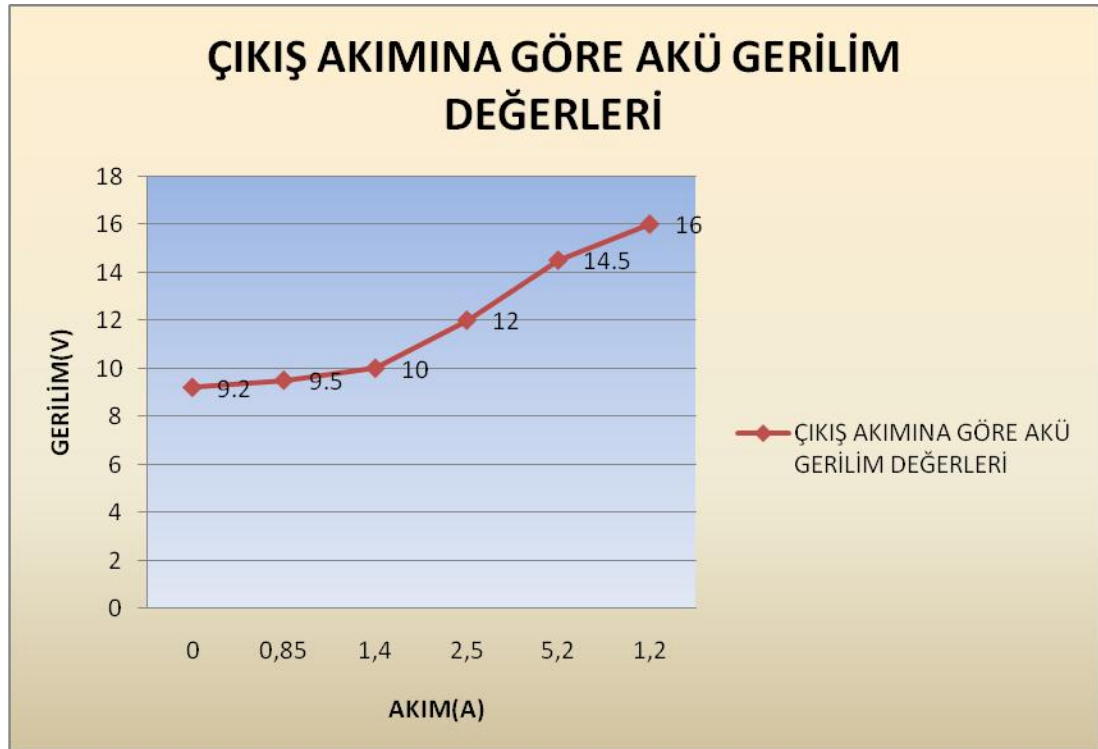
Tamamı boşalmış bir akü devreye bağlandığında, T1 transistörü kesimdedir, IC1’in çıkışı sıfırdır. T2 ve T3 üzerinden akacak akımı, P1 direncinin değeri belirler. Bu değer akünün toplam sığasının 1/20 ’sinden daha büyük olmamalıdır. Akü gerilimi 10-14 V arasındayken, D3 üzerinden T1 tetiklenir ve ilettime geçer. Bu anda, IC 1’ in çıkışı hala sıfırdır. Şarj akımını, P1 ve P2 dirençlerinin değerleri birlikte belirler. P3 direncini gerilimi (IC 1’ in <+> girişinde) D1 zener diyotunun 6.8 voltluk zener değerini geçtiğinde IC1’ in çıkış gerilimi, 1 Mohm’ luk direnç üzerinden geri besleme alarak, 6.8 voltluk zener diyotun değerine yakın bir gerilimde salınım yapar. Bu anda, T1 tekrar kesime girer ve şarj akımını P1’in değeri belirler.

3.3. Kurşun Asit Akü Optimum Şarj Devresinin Uygulaması

Şekil 3.7’de elektriksel gösterimi yer alan deney çalışması, akülerin her durumunda kimyasal yapısını bozmadan düzgün olarak şarj olmasını sağlamaktadır. İlgili deney çalışması sonucu oluşturulan elektriksel devre ile elde edilen deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

VERİLER	R1(kΩ)	R2(kΩ)	R3(kΩ)	Io(A)	Akü Gerilimi(V)
1	100	220	2,2	0	9,2
2	90	210	2,2	0,85	9,5
3	70	210	2,2	1,4	10
4	50	210	2,2	2,5	12
5	50	102	2,2	5,2	14,5
6	50	102	8	1,2	16

Şekil 3.8 Normal şarj uygulamasında devre giriş ve çıkış verileri



Şekil 3.9 Normal şarj uygulamasında devrenin çıkışına göre akü gerilim durumu

Deney çalışmasında normal şarj uygulamasında elde edilen akü şarj durumu yukarıda belirtildiği gibidir. Grafikselsel analiz incelendiğinde;

i) I_0 'ın R_1 'e göre matematiksel modeli

$$I_0 = -0,1906 (R_1)^4 + 2,4016 (R_1)^3 - 10,192 (R_1)^2 + 17,701R_1 - 9,7583 \quad (3.1)$$

ii) I_0 'ın R_2 'ye göre matematiksel modeli

$$I_0 = -0,0783 (R_2)^4 + 0,7788 (R_2)^3 - 2,1403 (R_2)^2 + 1,9369 (R_2)^1 \quad (3.2)$$

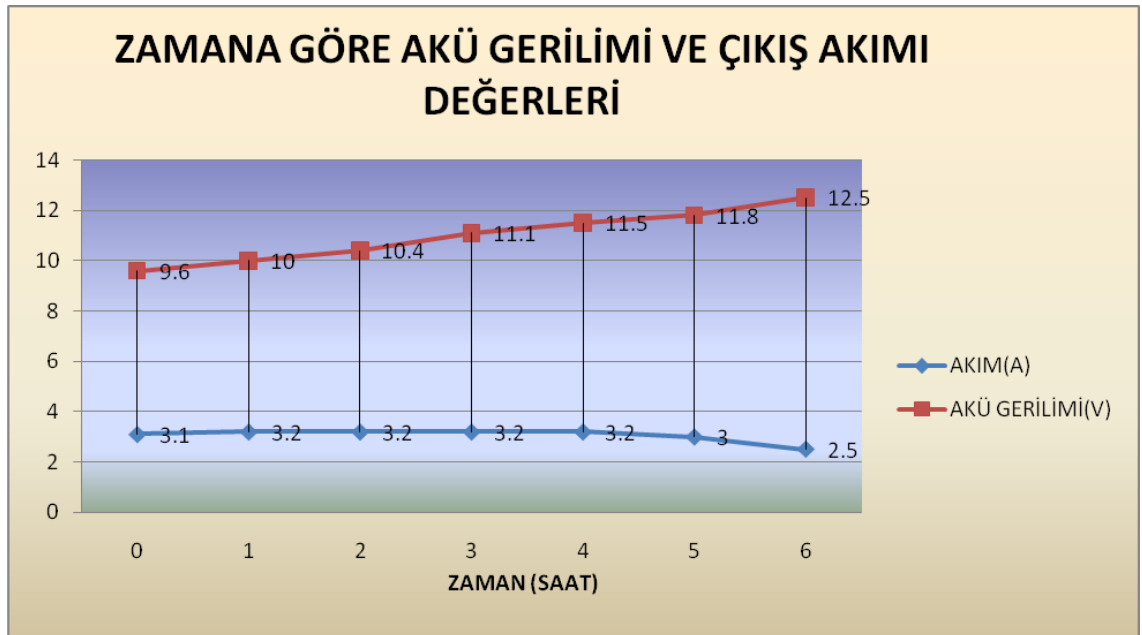
iii) I_0 'ın R_3 'e göre matematiksel modeli

$$I_0 = 0,0399 (R_3)^4 - 0,2535 (R_3)^3 - 0,0435 (R_3)^2 + 2,0946 (R_3) \quad (3.3)$$

Elektriksel devrenin yavaş şarj ve hızlı şarj uygulamasındaki davranışı da aşağıda gösterilmiştir.

Yavaş şarj uygulaması aküsü sülfatlaşmış ve marş basmayan hafif ticari araç üzerinde denenmiş ve olumlu sonuçlanmıştır. Uygulama sırasında sabit akım ile şarj işlemi yapılmış olup, şarj sonunda akü aracı çalıştıracak duruma gelmiştir.

Oluşturulan düzenekte devre, 12 V 60Ah'lik aküye bağlanmıştır. İlgili akü yavaş şarj methodu ile 3 A ($C_n = 60Ah$, $1/20 * C_n = 3A$) civarında bir akım ile 6saat boyunca şarj edilmiştir. Deney çalışması başarılı olmuştur.



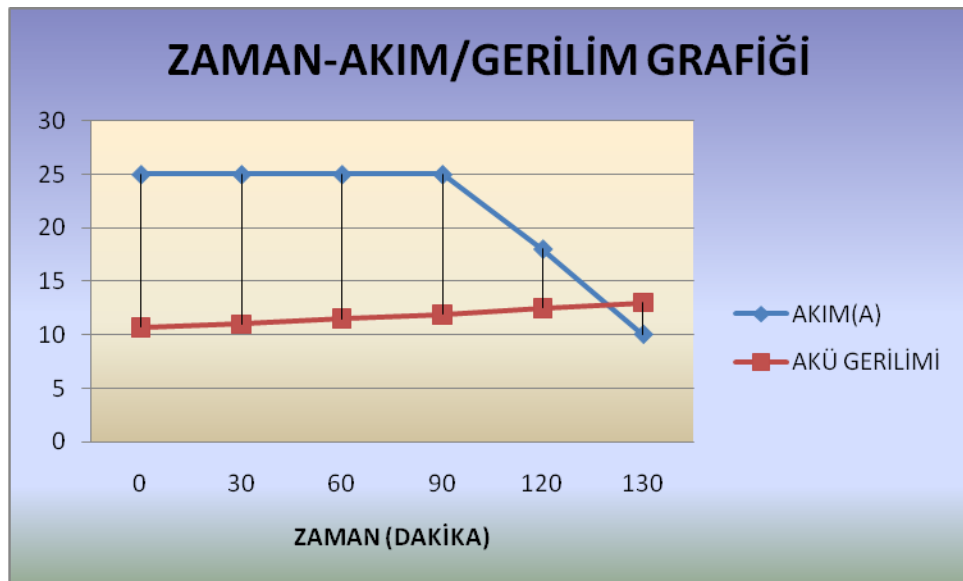
Şekil 3.10 Yavaş şarj uygulamasında akü gerilimi ve çıkış akımının zamana göre değişimi

Hızlı şarj uygulamasında ise 90Ah'lik 6 ay boyunca kullanılmış filo aracı üzerinde deney yapılmıştır. Hızlı şarj uygulaması, yüksek akımla gerçekleştiği için sızıntılı ve yaşlı akülerde yapılmamalıdır.

90 Ah'lik aküye uygulanan sabit akım, gerilim ve zaman verilerini içeren tablo resmi şekil 3.11'de gösterilmiştir. Hızlı şarj uygulamasının grafiksel gösterimi şekil 3.12 'de gösterilmiştir.

VERİLER	Io(A)	Akü Gerilimi(V)	Zaman(Dakika)
1	25	10,7	0
2	25	11	30
3	25	11,5	60
4	25	11,9	90
5	18	12,5	120
6	10	13	130

Şekil 3.11 Hızlı şarj uygulamasında elde edilen değerler



Şekil 3.12 Hızlı şarj uygulamasında zamana göre akü gerilimi ve devrenin çıkış akımı



Şekil 3.13 Deneý çalışmasının fiili görüntüsü

4. SONUÇ

Aküler gün geçtikçe önem kazanan enerji sektörünün dünya üzerinde en çok kullanılan depolama üniteleridir.

Bu depolama üniteleri her ne kadar çok yaygın kullanılsalar da, içeriklerinde bulunan kurşun ve sülfürik asit nedeniyle bir o kadar zararlıdır. Bu nedenle kurşun asit aküleri verimli kullanmak ülke ekonomisi ve ekolojik denge için çok önemlidir.

Deney çalışmasında akü yapısı, akü şarj yöntemleri, günümüzde araçlarda kullanılan şarj sistemleri, kullanılması gereken şarj üniteleri incelenmiştir.

Deney, gerçekleştirilen kurşun asit akü optimum şarj devresinin 3 adet aküye uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. Üç adet aküye sırasıyla yavaş şarj, normal şarj ve hızlı şarj uygulanmıştır. Şarj sonlarında elde edilen grafiklerde akülerin kimyasal yapısını bozmadan şarj edilmesini sağlayacak uygun değerler elde edildiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Cowlishaw, M. F. (1974) The Characteristics and Use of Lead-Acid Cap Lamps, Trans. *British Cave Research Association*, 1(4): 199-214.
- David, L. and Thomas B. R., (2002) Handbook of Batteries, *Mcgraw Hill*, New York, 23s.
- WEB_1. (2007). Evc's website. <http://evchargernews.com> (14.02.2010).
- WEB_2. (2009). Greencarcongress's website. <http://www.greencarcongress.com/2007/09/fuji-heavy-spee.html> (10.12.2009).
- WEB_3. (2010). 928 UK'S website. <http://928uk.com/battery-conditioners.html> (06.03.2010).
- Saslow, M., (2002) Electricity, Magnetism, and Light, *Mcgraw Hill*, New York, 12: 302-304.
- WEB_4. (2010). Windsun's website. http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm (16.01.2010).
- WEB_5. (2009). Electropaedia's website. <http://www.mpoweruk.com/soc.htm> (12.12.2009).
- WEB_6. (2010). BCI's website. <http://www.battery council.org/LeadAcidBatteries/BatteryRecycling/tabid/71/Default.aspx> (10.02.2010).
- WEB_7. (2005). Cadex's website. <http://www.batteryuniversity.com/> (09.01.2010).
- Bartolozzi M., (1989) Development of redox flow batteries. *J. Power Sources*, 27: 219–234.
- Kummer J. T., (1982) A chemically regenerative redox fuel cell, *J. Appl. Electrochem.*, 12: 87–100.
- WEB_8. (2010). Eurobat's website. <http://www.batteryfaq.org/> (01.12.2009).
- Bauer H., (1996) *Bosch Automotive Handbook*, Stuttgart, 4: 803-807.
- Doerffel, D. and Sharkh A., (2006) A critical review of using the Peukert equation for determining the remaining capacity of lead-acid and lithium-ion batteries, *Journal of Power Sources*, 155: 395–400.
- Siemens, (1978) Components report, *Siemens 8*, Germany, s. 5-20.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında İzmir’de doğdu. Elektrik-Elektronik Mühendisliği lisans derecesini Pamukkale Üniversitesi’nden 2005 yılında aldı. Sonra, 6 ay boyunca bir Elektrik ltd. Őti.’nde mühendis olarak çalıştı. 2006 yılında Odsel Elektronik A.Ő.’de kalite sorumlusu olarak görev yaptı. 2010 Ocak ayından beri İnci Akü A.Ő.’de ar-ge mühendisi olarak görev yapmaktadır.