

47011.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ENERJİSİ İLE TAŞIT TAHRİKİ

Mak.Müh. Tamer KILIÇASLAN

F.B.E. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Enerji Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Raif DURAK

İSTANBUL, 1995

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KÜTÜPHANE VE BİLGİ YATIRIM KURULU
YAYINLAMA MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i i i
ŞEKİL LİSTESİ	v i
TABLO LİSTESİ	i x
TEŞEKKÜR	x
TÜRKÇE ÖZETİ	x i
ABSTRACT	x i i i

BÖLÜM I

I.	ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN YAPISI.	1
1.1.	Elektrikli araçlar için güç ve enerji ihtiyacı.	10
1.2.	Hidrolik moment çeviriciler.	13

BÖLÜM II

II.	BATARYALARIN YAPISI	25
2.1.	İki kutuplu kurşun-asit bataryaları	28
2.1.1.	Deşarjdaki hücre.	31
2.1.2.	Şarjdaki hücre.	32
2.2.	Li/TiS hücreleri için kullanım ve polarizasyon verileri	35
2.2.1.	Tasarım tahminleri	37
2.2.2.	Li/TiS sistemi için sabit tasarım parametreleri	37
2.3.	Lityum sülfat bataryaları	38
2.4.	Çinko-bromin bataryaları	49
2.5.	Çinko-nikel oksit bataryaları	55
2.6.	Çinko klorin bataryaları.	57
2.7.	Nikel kadmiyum bataryaları.	58
2.8.	Nikel hidrojen bataryaları.	61
2.9.	Demir nikel oksit bataryaları.	65
2.10.	Sodyum sülfür bataryaları.	67
2.11.	Alkalın çinko mangan dioksit bataryaları.	68
2.12.	Alkalın metal oksit bataryaları	71
2.12.1.	Çinko-hava bataryaları	72
2.12.2.	Magnezyum-hava bataryaları	73
2.12.3.	Sodyum-hava bataryaları	73

BÖLÜM III

III.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE KULLANILAN TAHRİK MOTORLARI	78
3.1.	Faydalı frenleme	89

3.2.	Elektronik değiştirmeli motorlar	90
3.3.	Sabit mıknatıslı doğru akım motorları	91
3.4.	D.a. motorlarında yapılabilecek iyileştirmeler	93

BÖLÜM IV

IV.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİL KONTROL SİSTEMLERİ	98
4.1.	D.a. seri motorlarına yolverme	99
4.2.	D.a. şönt motorlarına yolverme	100
4.3.	D.a. seri motorlarında frenleme	100
4.3.1.	Direnimle frenleme çalışması	100
4.3.2.	Faydalı frenleme	101
4.3.3.	D.a. seri motorun ters akım bağlantısı ile frenleme	102
4.4.	D.a. şönt motorlarında frenleme çalışması	102
4.4.1.	D.a. şönt motorlarında direnimle frenleme	103
4.4.2.	D.a. şönt motorlarında faydalı frenleme	104
4.4.3.	Ters akım bağlantısıyla frenleme	104
4.5.	D.a. motor kontrol sistemleri	104
4.5.1.	D.a. kıyıcılı sistemler	106
4.5.2.	Alan kontrollü sistemler	109
4.5.3.	Geri beslemeli alan kontrollü sistemler	110
4.6.	A.a. motor kontrolü	114
4.6.1.	D.a. kıyıcısı ara devreli eviriciler	116
4.6.2.	Darbe genlik değiştirmeli eviriciler	117
4.7.	D.a. kıyıcılı ara devre ve darbe genişlik değiştirmeli eviricinin karşılaştırılması	118
4.8.	Evirici batarya şarj edicisi	119

BÖLÜM V

5.1.	General Motors elektrikli araç teknolojisi.	121
5.2.	Mercedes Benz elektrikli araç teknolojisi.	127
5.3.	BMW şirketinin elektrikli araç teknolojisi.	128
5.4.	Tayvandaki elektrikli araç teknolojisi.	130
5.5.	Chreysler şirketinin hibrid araç teknolojisi.	137
5.6.	GM - HX3 hibrid elektrikli araç teknolojisi.	139

BÖLÜM VI

6.	SONUÇ	142
	KAYNAKLAR	147

ÖZGEÇMİş

ŞEKİL LİSTESİ

BÖLÜM I

Şekil 1.1. ETX-I a.a. motorlu iki vitesli bir elektrikli otomobil.	6
Şekil 1.2. Ford Aerostar elektrikli minübüs ve birimleri.	7
Şekil 1.3. planet çarkların tertip şeması.	14
Şekil 1.4. elektrikli araçlarda kullanılan güç iletim aksamaları.	16
Şekil 1.5. elektrikli araçların yokuş çıkabilme özellikleri.	18
Şekil 1.6. elektrikli otomobillerin bağlı enerji tüketim özellikleri.	18
Şekil 1.7. gerilim değiştiricili ve hidrolik moment dönüştürücülü tahrik sistemi kontrolü.	21
Şekil 1.8. el kumandalı vites ve klasik tür debriyaj sistemlerini içeren hareket sistemi.	21
Şekil 1.9. hibrid araç kontrol sistemi.	22
Şekil 1.10. elektrikli araç sürüş sistem şeması.	23
Şekil 1.11. hibrid araç sürüş sistem şeması.	24

BÖLÜM II

Şekil 2.1. basit batarya yapısı	26
Şekil 2.2. asit dolaşımının kullanım ömrüne etkisi	30
Şekil 2.3. kurşun asit hücresinin tek boyutlu makro homojen modeli.	31
Şekil 2.4. Pb-asid şarjdeşarj şemaları.	34
Şekil 2.5. TiS_2 deşarj karakteristikleri	36
Şekil 2.6. sabit akımda malzeme kullanımı.	36
Şekil 2.7. TiS_2 kullanımının hücre voltajına etkisi.	36
Şekil 2.8. akım yoğunluğunun hücre voltajına etkisi.	36
Şekil 2.9. $LiFeS_2$ hücresinin voltaj/kapasite grafiği.	40
Şekil 2.10. $LiFeS_2$ hücresinin voltaj/kapasite grafiği.	40
Şekil 2.11. $LiFeS_2$ hücrelerinin voltaj/kapasite grafiği.	42
Şekil 2.12. lityum-demir sülfat bataryalı elektrikli araç tasarımı, batarya ısısal izolasyonu ve havalandırması.	44
Şekil 2.13. lityum sülfat iki kutuplu hücre tasarımı.	45
Şekil 2.14. lityum sülfat hücrelerinin iki kutuplu batarya tasarımı.	46
Şekil 2.15. iki kutuplu bataryalar için tasarım şekilleri	46
Şekil 2.16. $LiAl/FeS_2$ hücresinin kesit şeması.	48
Şekil 2.17. çinko bromin batarya sisteminin çalışma şeması.	52
Şekil 2.18. çinko bromin batarya özellikleri.	52
Şekil 2.19. çinko-nikel oksit batarya grubu dönen kapaklı mekanizması.	55
Şekil 2.20. çinko klorin sisteminin şematik diyagramı.	57
Şekil 2.21. Ni-Cd bataryalarındaki kimyasal işlemler.	58

Şekil 2.22.Ni-Cd sisteminin, 1,3 ve 5 saat oranında deşarjda hücre voltajı.	59
Şekil 2.23.Ni-Cd sisteminin normal ve normalin %180'i oranında şarjda hücre voltajı.	59
Şekil 2.24.Ni-Cd sisteminin deşarj ve yeniden şarj özellikleri.	60
Şekil 2.25.prizmatik nikel hidrojen hücresi.	64
Şekil 2.26.silindirik nikel hidrojen hücresi.	64
Şekil 2.27.silindirik Ni-H ₂ hücresinin performansı.	65
Şekil 2.28.demir nikel oksit bataryalarında voltaj özellikleri ve zaman/voltaj eğrileri.	67
Şekil 2.29.Na/S hücresinin açık görünüşü.	68
Şekil 2.30.MnO ₂ kullanım verimi.	69
Şekil 2.31.yuvarlak sarımlı MnO ₂ -Zn hücresi.	70
Şekil 2.32.iki kutuplu MnO ₂ -Zn batarya tasarımı.	71
Şekil 2.33.çinko-hava batarya şeması	74
Şekil 2.34.bataryaların maksimum ömür ve yol değişimi.	76

BÖLÜM III

Şekil 3.1. d.a. şönt motorunun esas bağlantı şeması	84
Şekil 3.2. d.a. seri motorunun esas bağlantı şeması	85
Şekil 3.3. d.a. compound motorun esas bağlantı şeması.	86
Şekil 3.4. seri ve şönt motorların yol verme şartları	87
Şekil 3.5. elektrikli otomobillerde kullanılan elektronik değiştirmeli motorların şeması	91
Şekil 3.6. d.a. ve a.a. motorlarının özelliklerinin karşılaştırılması.	95

BÖLÜM IV

Şekil 4.1. d.a. seri motorlarda $n=f(I)$ değişimi.	99
Şekil 4.2. d.a. şönt motorlarda $n=f(I)$ değişimi.	100
Şekil 4.3. d.a. seri motorun direnimsiz frenleme devresi.	101
Şekil 4.4. d.a. şönt motorları için motor ve fren çalışma karakteristikleri.	103
Şekil 4.5. d.a. şönt motorun direnimsiz frenleme eğrisi.	103
Şekil 4.6. otomatik alan zayıflatmalı d.a. seri motorunun doğru akım kısıyıcısıyla beslenmesi	105
Şekil 4.7. faydalı ve direnimsiz frenleme devresi	106
Şekil 4.8. d.a. motorlarında kısıyıcı akımı ve gerilimi değişimi	107
Şekil 4.9. d.a. kısıyıcılı kontrol devresi	107
Şekil 4.10.d.a. seri motorlar için güç-moment değişimi eğrisi	108
Şekil 4.11.serbest uyarlamalı motorun seri ve paralel bağlantıda moment değişim özellikleri	109
Şekil 4.12.geri beslemeli alan kontrol devresi	110
Şekil 4.13.hızlandırıcı transfer ünitesi fonksiyonları	112

Şekil 4.14.d.a. tahrik sistemi şematik diyagramı	114
Şekil 4.15.d.a. kıyıcı ara devreli evirici şeması	116
Şekil 4.16.faz sırası ile söndürme montajına sahip evirici devresi.	117
Şekil 4.17.a.a. tek fazlı darbe genişlik değiştirmeli evirici.	118
Şekil 4.18.evirici şarj edici güç devresi.	119

BÖLÜM V

Şekil 5.1. Zn/Ni oksit batarya özellikleri.	123
Şekil 5.2. Zn/Ni oksit bakaryası ile maksimum mesafe	123
Şekil 5.3. GM-512 elektrikli aracı.	123
Şekil 5.4. motor ve kontrol verimleri.	125
Şekil 5.5. batarya enerjisi ve güç yoğunluğu.	126
Şekil 5.6. Mercedes C tipi elektrikli aracın görünüşü.	128
Şekil 5.7. THEV II aracının donanımı.	133
Şekil 5.8. THEV II aracının batarya özellikleri.	134
Şekil 5.9. THEV II aracının çalışma blok diyagramı.	135
Şekil 5.10.THEV II aracının kontrol devresi.	136
Şekil 5.11.THEV II aracının hız-sürüklenme kuvveti diyagramı.	137
Şekil 5.12.GM-HX3 elektrikli hibrid aracın şekli.	140

BÖLÜM VI

Şekil 6.1. GM spor üstü açık aracın özellikleri.	145
--	-----

TABLO LİSTESİ

BÖLÜM I

Tablo 1.1. elektrikli araçlar için amaçlar	3
Tablo 1.2. elektrikli otomobil birimlerinin toplam ağırlık içindeki yüzdeleri	7
Tablo 1.3. birkaç tip bataryanın değişik açılardan karşılaştırılması	9
Tablo 1.4. şehir içi sürüş için elektrikli araç enerji ve güç ihtiyaçları.	12
Tablo 1.5. elektrikli ve mekanik aksam verimleri.	13
Tablo 1.6. elektrikli otomobilleri yakıt kullanımı ivmelenme ve hız verileri	20

BÖLÜM II

Tablo 2.1. kurşun-asit bataryalarının performans tablosu.	29
Tablo 2.2. lityum sülfat bataryalı GM elektrikli araçları ve hibrid araçlarının karşılaştırılması.	49
Tablo 2.3. çinko bromin batarya özellikleri.	53
Tablo 2.4. temel Ni-H ₂ hücre reaksiyonları.	61
Tablo 2.5. bataryaların karşılaştırılmış özellikleri.	75

BÖLÜM III

Tablo 3.1. direnç değişiminin araç çıkış verilerine etkisi	94
Tablo 3.2. elektrik motorlarının karşılaştırılması.	96

BÖLÜM IV

Tablo 4.1. evirici teknik verileri	113
Tablo 4.2. şarj edici teknik verileri	113

BÖLÜM V

Tablo 5.1. GM Impact elektrikli aracın güç ihtiyacı.	122
Tablo 5.2. GM elektrikli aracın verileri.	124
Tablo 5.3. Mercedes mini elektrikli araç özellikleri.	127
Tablo 5.4. THEV II aracının özellikleri.	132
Tablo 5.5. Chreysler Patriot elektrikli hibrid aracın özellikleri.	138
Tablo 5.6. batarya tahrikli elektrikli araçların karşılaştırılmaları.	141

TEŞEKKÜR

Dünya iki binli yıllara girmeye hazırlanırken karşısına en önemli sorun olarak enerji çıkmıştır. Fosil yakıtların azalması ve pahalılaşması enerji mühendislerini yeni enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Halen mühendisler güneş enerjisi, nükleer enerji, rüzgar enerjisi vb enerji kaynakları üzerinde çalışmaktadırlar. Bunlardan birisi olan elektrik enerjisinin geliştirilmiş bataryalardan elde edilmesi fikri yüzyılın başında ortaya atılmıştır. Halen bu tür araçların fikir ve teknik bazda geliştirilme çalışmaları sürdürülmektedir.

Öncelikle bu konuyu tez konusu olarak seçmemi sağlayan ve çalışmalarımda yardımını esirgemeyen rahmetli hocam Yrd. Doç.Dr. Adnan BALIK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca tezimi bitirmemde değerli katkılarıyla bana destek olan sayın Prof. Dr. Raif DURAK'a çok teşekkür ederim.

Müh. Tamer Z. KILIÇASLAN

1995 - İstanbul

TÜRKÇE ÖZETİ

Gerçekten ilerlemeler ve batarya teknolojisi elektrikli araçlar ve kamyonetleri gaz tahrikli araçların ciddi alternatifi yapabilir.

Mühendisler, çevre, medyada önemli konu oldu zaman veya yakıt maliyeti arttığı zaman elektrikli araçlar hakkında düşünmeye başladılar. Bu araçlar temiz, verimli ve fosil yakıtlara bağlı değildir. Bununla birlikte, geniş çaplı kabulünü engelleyen kısa mesafe sürüşü gibi engellerle de karşılaşabilirler. Fakat bu engelleri ortadan kaldırmak için çeşitli yollar bulunabilir.

Elektrikli araçlarda yeni bulgular kalabalık şehirlerde hava kirliliğini azaltmada yardımcı olduğunu gösterir. 40 -50 (mpg) yakıt ekonomisi ancak 2000 li yıllarda elde edilebilir.

Fakat henüz bu araçları alel acele piyasaya sürmeye gerek yoktur. Çünkü bu araçlar halen daha test aşamasındadır. Şehirlerde araç kullanımını incelediğimizde kullanıcılar hergün sınırlı bir mesafe için araçlarını kullanır ve gün sonunda onları merkezi yerlere geri getirir. Bu yüzden elektrikli kamyonet çalışmaları üzerinde yoğunlaşıldı.

Elektrikli araçların gelecekteki fikri düşünüldüğünde, günlük yapılan mesafenin sınırlı ve araçların gece

merkeze tekrar geleceği durumlara, kamyonetler daha çok uyarlar. Eaton test aracı, DSEP, kullanıma bağlı olarak 50-80 mil kapasitelidir. Bu araç 20 saniyede 50 mph'a çıkar ve kısa zamanda 70 mph'a varır. Bu araçta bulunan Nikel - Demir bataryalar 4 saat gibi kısa bir sürede şarj edilebilir.

Bu çalışmada elektrikli otomobillerde kullanılan bazı belli başlı bataryalar ve araç tahrik mekanizması ile ekipmanlar hakkında bilgiler verilecektir. Bununla birlikte ifade edilen bataryalar dışında başka batarya türleri de vardır, fakat bu bataryalar hakkında ya yeterli miktar bilgimiz yoktur veya daha araştırma ve geliştirme safhasındadır. Aynı zamanda bu araç bataryaları performans açısından kesinlikle içten yanmalı motorların performans verileriyle karşılaştırılmayacaklar ve sadece gelecekteki elektrikli otomobil fikri ile irdelenecektir.

ABSTRACT

Nowadays, developments and battery technologies can make electric cars and electric vans serious alternatives to gas powered vehicles.

Engineers started thinking about electric vehicles when environment was polluted and fuel cost was increased. Electric vehicles are very clean and don't depend on fossil fuels. However, they can face some problems such as short range, speed, acceleration that prevent their widely acceptance, but some solutions can be found.

The newest developments about electric vehicles show that they reduce the pollution coming from conventional vehicles. It is not possible to sell them to buyers just yet. Because researchers are still working on it. The main idea is that they can make certain range then come back and charge themselves. Because of this, this is useful for companies. This idea makes electric vans more attractive than electric cars.

Eaton's test van, DSEP, depending on utility has got 50-80 (mile) capacity. It can reach 50 (mph) in 20 seconds and in a short time 70 (mph). Its batteries can be charged in 4 hours. However, with advanced batteries, the range can be increased and charge time can be reduced to 3 hours.

In this study, in the first chapter general informations and structure of electric vehicles are given. Then in the second chapter, batteries used in electric vehicles are considered. In the third chapter, electric motors are studied and AC and DC motors and specific characteristics are given. At the last part, control circuits that are used in motor control systems are examined.

BÖLÜM I

1. Elektrikli araçların yapısı.

İnsanlar hareketi icat ettiklerinde bunun sonucunu tahmin edememişlerdi. Ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru gerçekten dünyanın en önemli keşiflerinden birisi yapıldı, içten yanmalı motorlar. Bu motorlar insanları yirminci yüzyılın sonlarına kadar uğraştırdı. Fakat bu tür motorların tüm olumlu özelliklerine rağmen ne zaman ki çevresini kirletmeye başlamıştır o zaman insanlar yeni ve temiz enerji kaynakları aramaya başladı. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi ve nükleer enerji bunlardan bazılarıdır. Fakat elektriğin keşfi endüstrinin birkaç kat daha hızlı artmasına sebep olmuştur. Çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkisi, araç maliyetini azaltmak girişimleri ve elektriğin otomobillerde kullanma merakı araştırmacıları elektriği otomobillerde kullanmaya itmiştir. Ancak bu otomobiller geçmişte pek başarılı olamamışlardır.

Elektrikli otomobiller geçmişte bir yarışta 106 (km/h) hız yaparak bir rekora bile imza atmışlardır. Teknolojik ilerlemeler ve batarya teknolojisi, elektrikli araçları klasik tip içten yanmalı motorlu araçların ciddi alternatifi yapabilirdi. Ancak 1900'lü yılların başında otomobil endüstrisinin % 40'ının elektrikli otomobillere ait olacağı düşünülürken, marş motorunun bulunması elektrikli araç keşiflerine önemli bir darbe vurmuştur.

Daha sonraları II. dünya savaşı sırasında Fransada ve 1970 petrol krizi döneminde elektrikli otomobiller tekrar gündem konusu oldu. O dönemde elektrikli otomobiller benzinli otomobillerin bozulup motorunun değiştirilmesiyle elde edilmişlerdi ve sayıları da çok azdı. Çevre medyada önemli bir yer tutmaya başladığında ve yakıt maliyeti arttığında mühendisler elektrikli otomobiller üzerine araştırmalar yapmaya başladılar. Bu araçlar temiz, verimli ve fosil yakıtlara bağlı değillerdi. Bununla birlikte geniş çaplı kullanımını etkileyen kısa mesafe sürüşü gibi etkenler ile karşılaşılabılır. Fakat bu engelleri ileri teknoloji yardımı ile aşmak mümkündür.

Elektrikli araçlarda şarj ile ilgili yeni bulgular büyük şehirlerde araçların hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olacağını gösterir. Fakat bu taşıtlar henüz test aşamasındadır ve kullanıma hazır değillerdir. Buna rağmen şehir içi araç sürüş koşullarına baktığımızda birçok aracın şehirde günde belirli mesafe aldıktan sonra tekrar ilk mekanlarına geri döndüğünü görürüz. Bu nedenden dolayı elektrikli kamyonet ve van teknolojisi elektrikli otomobil teknolojisinden daha gelişmiştir. Bir karşılaştırma yapmak gerekirse, A.B.D.'de 2.7 milyon kamyonet ve hafif kamyon tipli araç günde 100 (km) yol kateder. Bugünkü teknoloji ile dahi elektrikli araçlar aynı mesafede rahatça, ekonomik olarak, diğer taşıtlarla rekabet edebilirler.

Diğer bütün araçlar gibi, şehir içi elektrikli araçların yüksek performans tasarım amaçları tablo 1.1. de özetlenmiştir; a) minimum ağırlık, araç tırmanma ve ivmelenmesi için gerekli olan enerjiyi düşürdüğü kadar yuvarlanma direncini de azaltır; b) enerji dönüşüm verimini en aza düşürmek, motor ve bataryalar gibi hız kontrollerindeki ve yuvarlanma direncindeki kayıpları azaltmayla olur; c) aerodinamik sürüklenmeyi düşürmek (düşük ön alan, pürüzsüzlük ve düşük sürüklenme gibi) yüksek hızlarda seyir hızını azalmaya yardımcı olur.

Tablo 1.1. elektrikli araçlar için amaçlar.

AĞIRLIĞI AZALTMAK	}	→	EN AZ ENERJİ HARCAMI
ENERJİ DÖNÜŞÜM VERİMİNİ ARTIRMAK			
AERODİNAMİK SÜRÜKLENMEYİ DÜŞÜRMEK			

Araçta harcanan enerji aerodinamik sürüklenme, yuvarlanma direnci, yardımcı ekipman güç harcamı, ivmelenme enerjisi ve sürüş alan verimlilikleri ile hesaplanır. Aerodinamik sürüklenme araç ön alanının ve sürüklenme katsayısının fonksiyonudur. Yuvarlanma direnci, araç tasarımının ve lastik tipinin fonksiyonu olan sürüklenme ve sürtünme kayıplarıyla hesaplanır. Yardımcı yükler; aydınlatma, cam silecekleri ve ısıtma tesisatı ile hesaplanır. Enerji dengesinde bahsedilmeyen karşılık havalandırma yüklenmesidir. Bunun için yapılan hesaplamalarda 250 (watt)'lık ortalama bir yardımcı yük tahmini yapıldı. ivmelenme enerjisi, araç kütlesini istenen hıza kadar

hareket ettirmesidir. Araçtan istenen bir diğer özellik ise maksimum hız, sürüş modeli ve ivmelenmedir. Yeterli etki ve kullanıma sahip elektrikli araçlar için 50 (mil/saat) hız ile 0 dan 40 (mil/saat)'e 10 saniye içinde ivmelenmesi gereklidir.

Mil başına harcanan enerji miktarı, tabiki kullanılan sürüş sistemine bağlıdır. Belirli sürüş şartlarında, yuvarlanma direnci, aerodinamik sürüklenme ve en az ön alan değeriyle tasarlanmış araç için mil başına enerji harcamı;

$$E = 50 + 0.08 * W_t$$

$E = w$ -saat/mil

$W_t =$ araç toplam ağırlığı (lb)

Aerodinamik sürüklenme ve yardımcı yüklerin toplamı 50 (watt)'tır ve verilen sürüş sistemi için sabittir. 0.08 katsayısı, araç toplam ağırlığı ile direk ilgili bir enerji harcam katsayısıdır.

Elektrikli araç ağırlık analizi aşağıdaki şekilde yapılır.

$$W_t = \text{Temel ağırlık} + \text{Motor kontrolleri} + \text{ilave yük (insan + yük)} + (1 + F) * (\text{Batarya ağırlığı})$$

$F =$ batarya birleştirme faktörü

Temel ağırlık, şase, koltuklar, tekerlekler, yolcuların ağırlıkları, motor ve kontrol ağırlıklarıyla belirlendi. Elektrikli otomobil ağırlığını bulmak için her beygir gücü (hp) başına 6 (lb) motor ve kontrol elemanları toplam

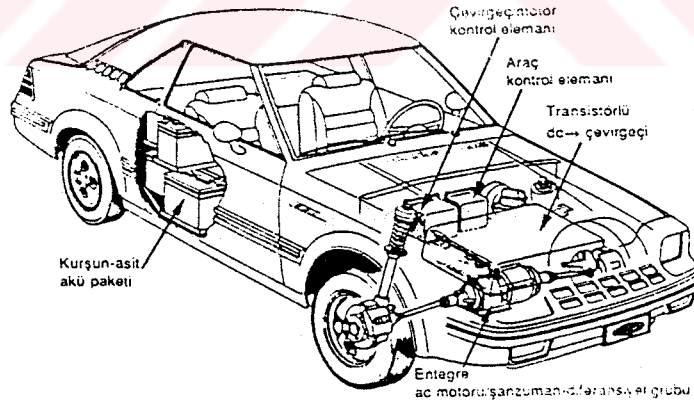
ağırlığı seçildi. Aracın 10 saniyede $0 \div 40$ (mil/saat) olan ivmelenme seviyesi için 40 (hp)'lik güç gerekecektir. Bundan dolayı motor ve kontrol ağırlığı $6 \times 40 = 240$ (lb) olacaktır ve buna ilave olarak yolcu sayısına bağlı ilave yükler de eklenmelidir. Araç tasarlanırken batarya ağırlığını "batarya birleştirme faktörü" ile çarpmak gerekir. Bu birleştirme faktörü, bataryanın ağırlığından dolayı, motor, kontrol ve tekerleklerdeki ilave montaj ağırlığıdır. Bu birleştirme faktörü tüm tasarımlar için önemlidir. Bu oran genellikle $0.25 \div 0.75$ arasında olabilir.

Bir elektrikli araç tasarımında en fazla önem , bataryalara verilmektedir. Eğer bu araçlar içten yanmalı motor kapasitesine ulaşmadıkça piyasada ciddi bir yer edinemezler. Bugünkü şartlarda elektrikli otomobiller iki şarj arasında 160-240 (km) yol alabilirler.

Elektrikli araçlarda düşük enerji maliyeti en büyük avantajdır ancak ilk üretim maliyeti ve bakım maliyeti bu avantajı ortadan kaldırır. Bir bataryanın ömrü kapasitesinin her seferinde %80 enerjisini kaybıyla kaç kez şarj edilebileceğinin göstergesidir. Bu tip araçlarda kurşun, asit, nikel, demir, tanyum, sülfür vb . bataryaları kullanılır ve bataryaların verdikleri enerji miktarına göre de alınan mesafe değişir. Batarya verimliliğini artırmak için batarya konstrüksiyonunda tasarım değişikliklerine gidilebilir. Mesela, jöleli elektroliti,

boru tipli elektrotlu ve zorunlu akışlı sistemleri sayabiliriz. Elektrikli otomobillerin en önemli bölümü olan bataryalardaki en önemli konu en düşük ağırlıkta en fazla enerjiyi temin edebilmektedir. Tüm bu araştırmaların yanında bazı batarya sistemlerinde ortaya çıkan yüksek sıcaklık etkisini (500 °C gibi) izolasyon yoluyla kontrol altına almak da bir zorunluluktur.

Elektrikli araçlarda kullanılan tahrik motorları doğru akım ve alternatif akım motorlarıdır. D.a. motorlu hareket sistemleri üzerindeki araştırmalar devam etmekle beraber imalata çok yakındır. Değişik firmalar ürettikleri değişik elektrikli araçlarda önden çekiş, arkadan çekiş, elektrik motorunu direk ön veya arka şafta monte etme gibi tasarımları kullanmışlardır.



Şekil 1.1. ETX-I a.a. motorlu iki vitesli bir elektrikli otomobil.

Elektrikli araçlar, çeşitli amaçlar için tasarlanıp üretilmektedir. Buna rağmen tüm elektrikli araçların belli başlı ortak özellikleri vardır. Bunlar özetle;

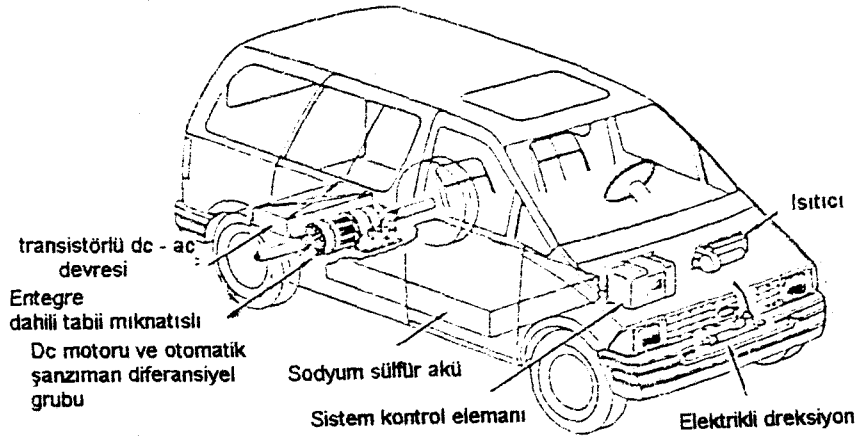
- Enerji depolama bölümü
- Tahrik motoru
- Kontrol birimi
- Şarj birimi
- Moment değıştirici ve debriyaj, olarak verilebilir.

Üretilen elektrikli minübüslerin tahrik için kullanılan bütün elemanlarının toplam minübüs ağırlığı içindeki oranları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

TABLO 1.2. elektrik ünitelerinin toplam içindeki yüzdeleri.

Enerji depolama ünitesi	—————>	1100 (kg)	% 70
Elektrik motoru	—————>	120 (kg)	% 7.6
Kontrol sistemi	—————>	46 (kg)	% 3
Şarj devresi	—————>	64 (kg)	% 4
Vites kutusu	—————>	46 (kg)	% 3
Kablo ve ilave mekanik parçalar	—————>	200 (kg)	% 12.4

Aşağıda üretilmiş bir elektrikli minübüs ve bunun bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Ford Aerostar elektrikli minübüsü ve birimleri.

Elektrikli araçlarda kullanılan elemanların kayıplarını düşürmek, batarya grubunun ağırlığını düşürmek, motor kütlesini azaltmak bu araçlar için yapılan çalışmaların büyük bir yüzdesini teşkil eder. Bir motorun uzun sürü düşük devirde ve yüksek akım altında çalışması motorun aşırı yorulmasına sebep olacağından motor türü her ne olursa olsun moment çeviriciler ve yol verme araçları bir zorunluluk olmuştur.

Eğer tahrikte senkon ve asenkron motorlar kullanılırsa, batarya çıkışındaki doğru gerilim, bir evirici ile üç fazlı alternatif akıma dönüştürülür ve bu şekilde motora gönderilir. Motor devir sayısı ve yol alma işlemi eviriciye uygulanan frekans yardımı ile değiştirilebilir. Alternatif akım motorunun konstrüksiyon açısından bir çok yararı olmasına rağmen 220 (V) batarya gerilimi altında verimi düşmektedir.

D.a. seri motorlarda, uyarma akımı ile endüi akımı aynıdır oysa şönt motorlarda, bu akımlar birbirinden farklı oldukları için uyarma devre akımı daha kolay ve ucuz maliyetle kontrol edilir. Seri motorlarda endüi ve uyarma akımlarının her ikisini de kontrol etmek gerektiğinden uygulanabilir değildir. Uyarma devresinin gerilimi küçük, akımı büyük olması endüi akımından bağımsız kontrolü olanaksız kılmaktadır. Ayar, sisteme yalnızca bir kıyıcı ilavesiyle mümkün olmaktadır. Aynı şartlar altında seri

motor faydalı frenlemesiyle enerji geri kazanımı % 5 olurken, seri motora ilaveten kontrol sistemlerinin enerji harcamında % 9'luk bir artış söz konusudur.

Elektrikli araçlarda kullanılan bataryalar ikiye ayrılıp, seri yada paralel bağlama olanağı vardır. Bu işlem ile motorun hız sınırı genişletilebilir. Ara bağlantılarda kullanılan diyotlar yardımıyla batarya bölümlerini simetrik olarak bölebiliriz. Mesela dört bölüme ayrılan bir batarya grubu ile üç değişik batarya çıkış gerilimi elde edilebilir. Bu devre için 6 adet diyot ve 3 adet anahtar gerekir. Batarya grubundaki bu çeşit düzenlemeler, düşük hızlar için düşük gerilim yüksek akım ihtiyacını kolay bir şekilde karşılar ve motor devir ve moment karakteristiklerine kolayca etki ettirebiliriz ve böylece kontrolde bir miktar kolaylık sağlayabiliriz. Önceden de söylediğimiz gibi batarya teknolojisiyle bataryanın

Tablo 1.3. batarya karşılaştırma verileri.

BATARYA TİPİ	TİP MODEL 6VOLT	ÖZGÜL ENERJİ (WH/KG)	%50 DEŞARJDA GÜÇ	MALİYET (\$/KW-H)	%80 DEŞARJDA ÖMÜR	ŞARJ MALİYETİ (\$/KW-H)
Jöleli/ Gözlü	GC-6V 200	M 22	80	124	500	0.32
Nikel/ Demir	NIF 225	M 53 BG 56	110 79	- 125	500 1125	- 0.13
Nikel/ Kadmi- yum	EV 180	M 44 BG 53	110 79	- 125	243 500	- 0.12

konstrüksiyonunda yapılan değişikliklerin yanında değişik malzemelerin kullanıldığı değişik bataryalardan değişik çıkış verileri sağlanabilir. Bir karşılaştırma maksadiyle aşağıdaki tablo incelemeye değerdir.

Şekil 1.4'te birkaç güç iletim sistemi verilmiştir. Şekil 1.4(a)'da sistemde hız ayarlaması için uyarma alanı kullanılır ve hidrodinamik çevirici ile kalkış anındaki moment ayarlaması yapılabilir. Motor kalkış koşullarını iyileştirmenin diğer bir yolu da mekanik sistem ile beraber bir tane de endüi akım kıyıcısı da kullanmaktır. Şekil 1.4(b) ve 1.4(d)'de buna ilgili örnek verilmiştir. Yüksek verim için, el kumandalı bir vites kutusu kullanarak yüksek verim aralıklarında alan zayıflatma yöntemi ile hız ayarlaması yapılabilir. Butün sistemler Şekil 1.4(c) ve 1.4(d)'de verilmiştir. Şekil 1.4(e)'de merkezkaç kuvvetiyle çalışan bir debriyaj sistemi yolalma için kullanılmaktadır. Hız ayarlaması yine uyarma alanının zayıflatmasıyla sağlanır. Kontrol edilen uyarma alanı hızları oranı $1/7$ ile $1/8$ civarındadır. Bu oran genişletilerek hız sınırları artırılabilir, güç aktarım organları ve diğer aksamalarda basitleştirme elde edilebilir.

1.1. Elektrikli araçlar için güç ve enerji ihtiyacı.

Elektrikli araçlar için uygun bataryaları tasarlamak için aracın enerji ihtiyaçlarını belirlemek gereklidir.

Elektrikli aracın hareket denklemi;

$$P_b = \frac{P_r}{E_m \cdot E_e} + \frac{P_a}{E_{ae}}$$

$$P_r = V \cdot (F_r + F_w + F_g + F_a)$$

$$F_r = M_v \cdot g \cdot K \cdot (1 + 0.022 \cdot V)$$

$$F_w = q_a \cdot C_d \cdot A_f \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$F_g = M_v \cdot g \cdot \sin \theta$$

$$F_a = 1.1 \cdot M_v \cdot \frac{dV}{dt}$$

- P_b = Bataryadan istenen güç (Watt)
 P_r = Arka tekerleklerden istenen güç (Watt)
 E_m = Sistemin mekanik verimi (Transmisyon, diferansiyel)
 E_e = Sistemin elektriksel verimi (Güç elektroniği, motor)
 P_a = ilave güç istekleri
 E_{ae} = Aksesuarların verimleri
 V = Araç hızı (m/s)
 F_r = Lastiklerin yuvarlanma direnci (Newton)
 M_v = Aracın test kütlesi (kg)
 g = Yerçekimi sabiti (9.807 m/s²)
 K = Lastikler için yuvarlanma direnci katsayısı (0.008-0.015)
 F_v = Rüzgar direnci (Newton)
 q_a = Hava yoğunluğu (kg/m³)
 C_d = Sürüklenme katsayısı (0.3-0.7)
 A_f = Araç ön yüzey alanı (m²)
 F_g = Yerçekimi kuvveti (Newton)
 θ = Yolun eğim açısı (°)
 F_a = ivmelenme kuvveti (Newton)

Tablo 1.4. de basit olarak araç özellikleri verilmiştir. Batarya tasarımları için bir rakam vermek gerekirse enerji harcamı 0.15 (kW-saat/ton-km) veya 0.15 (w-saat/kg-km) ve ivmelenme için güç ihtiyacı 35 (kW/ton)'dur. İyi bir araç tasarımı için araç kütlesinin % 30'u bataryalara ayrılmalıdır. istenen araç mesafesi ve batarya enerjisi aşağıdaki gibi bulunur.

$$R = \frac{SpE \cdot fb}{0.15}$$

R = Şehir içinde araç mesafesi (km)
 SpE= Bataryanın özgül enerjisi (w-saat/kg)
 fb = Batarya ile araç kütlesinin oranı

Tablo 1.4. Şehir sürüşü için elektrikli araç enerji ve güç ihtiyaçları

Enerji harcamı

Aksta	0.10-0.12 (kW-saat/ton-km)
Bataryadan	0.14-0.17 (kW-saat/ton-km)
Şarj ediciden	0.18-0.23 (kW-saat/ton-km)

Maksimum güç ihtiyacı
 (00ndan 50km/saat'e , < 10 saniye)

Aksta	25 (kW/ton)
Bataryadan	35 (kW/ton)

<u>Ortalama güç ihtiyacı</u>	<u>Aksta</u>	<u>Bataryadan</u>
Şehir sürüşü (Ort.32 km/saat)	3-3.5 (kW/ton)	4-5 (kW/ton)
50 km/saat seyir hızı	3-3.5 (kW/ton)	4-5 (kW/ton)

150 (km) mesafede 0.3 sürüklenme için batarya enerjisi 75 (watt-saat/kg) olmalıdır. Daha düşük enerji kapasiteli bataryalar bir elektrikli aracı 150 km mesafeye getiremez.

Elektrikli araçlar çalışırken vites kontroller, motor ve tekerlekler ile bataryalar arasında güç kayıpları oluşur. Elektrikli hibrid araçlarda, jeneratörde, jeneratör kontrollerinde, redresörde ve kontrol kablolarında ilave kayıplar vardır. Bu elemanlardaki verimler tablo 1.5. 'te verilmiştir.

Tablo 1.5. elektrikli ve mekanik aksam verimleri.

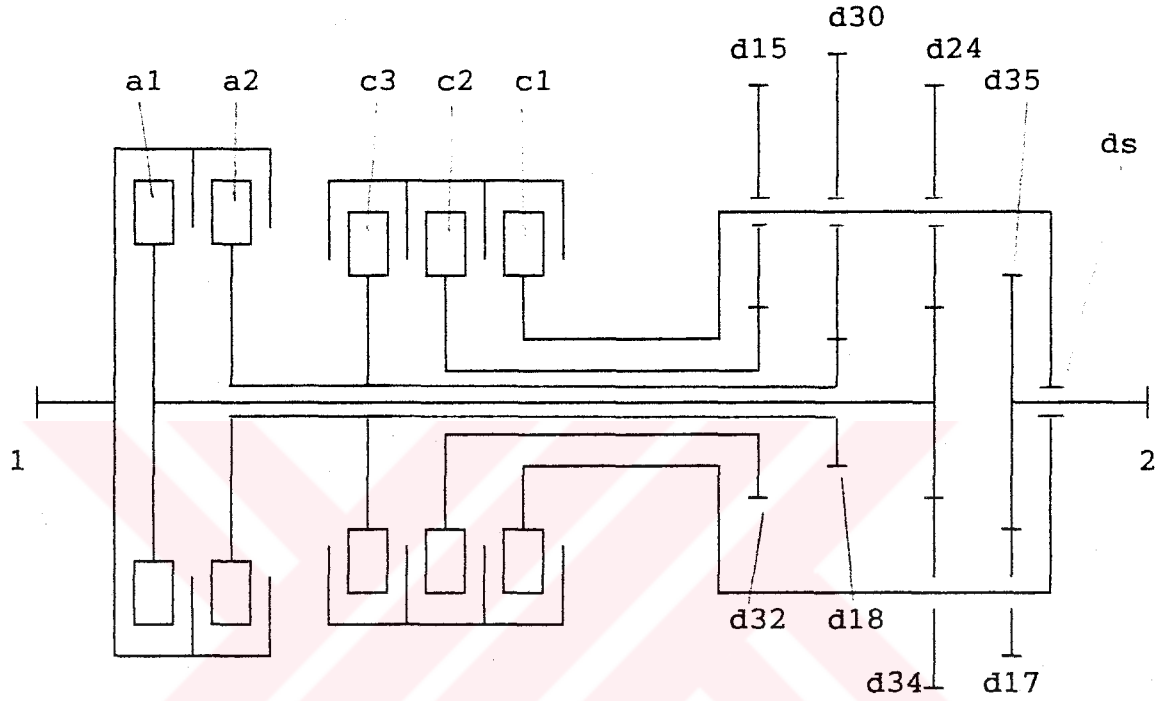
ELEKTRİKLİ ARAÇLAR		
Batarya kabloları verimi	—————>	0.97
Elektrik motoru verimi	—————>	0.85
Kontrollerin verimi	—————>	0.97
Vites verimi	—————>	0.94
Genel verim	—————>	0.75

Hesaplamalar yapıldığında ikinci derece güç ihtiyacı olan aydınlatma, sinyaller ve ısıtma-havalandırma yükü elektrikli otomobiller için 300 (Watt) ve kamyonetler için 400 (Watt) olarak ilave edilmelidir.

1.2. Hidrolik moment çeviriciler (Otomatik vites kutuları).

Bu tür vites uygulamalarında, dağıtıcı ve toplayıcı özellikleriyle birbirlerine seri bağlanmış planet mekanizmalarının kavramalar aracılığı ile devreye sokulup serbest bırakılması sonucu çıkış milinden değişik devir sayıları elde edilir. Kavramaların kumandaları genellikle, hidrolik bir sistemle otomatik olarak gerçekleştirilir. Bu hidrolik sistemin basıncı araç hızına göre değişir. Şekil 1.3. 'de bu tip bir vites kutusunun planet çarklarının tertip şeması verilmiştir. Bu vites kutuları başlıca dört kısımdan oluşur: 1) ileri ve geri vitesler için hidrolik kumandalı düz sürtünme yüzeyli kavrama grupları. 2) Değişik devirlerin elde edilmesi için valf, ventiler ve klapeler ile dişli çark hidrolik pompa

grubu. 3) Çeşitli devir sayıları için planet mekanizmalarının kısımlarını kilitleyen veya açan frenleme bölümleri.4) Dış dişli çarklarla temaslı planet mekanizması ve kolu.



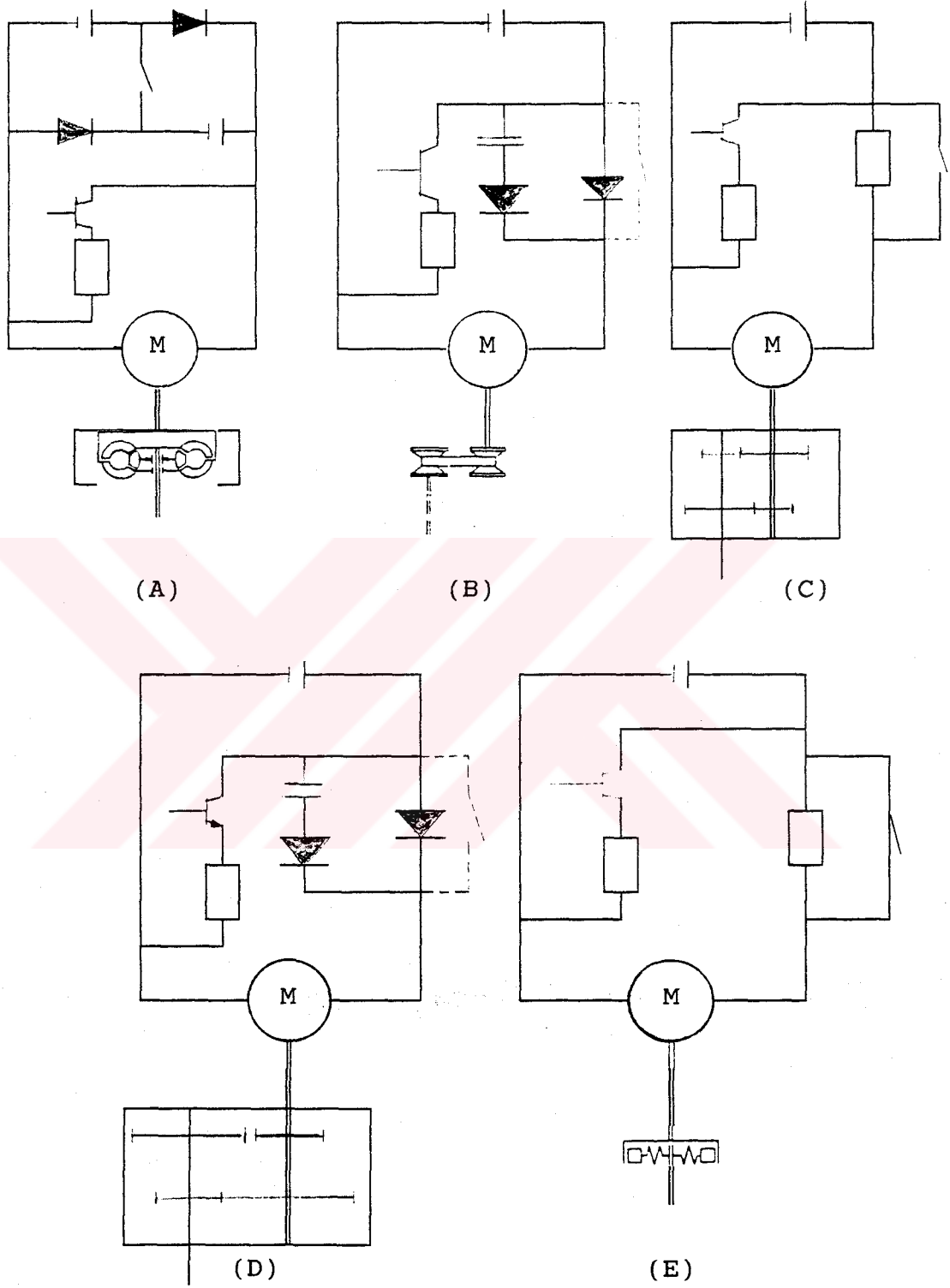
Şekil 1.3. planet çarkları tertip şeması.

Yukarıda şeması verilen hidrolik vites kutusunun çalışması şu şekildedir; önce a1 kavraması kapanır, bu c1 ve ds kollarını kilitletler. Hareket birinci milden a1 kavraması üzerinden d34 ve d17 dişli çiftinden ikinci mile akar. Böylece araç birinci vitese geçmiş olur. Hareket a1 kavramasından gelir. Bu esnada c1 freni açılır, c2 kapanır ve d32 güneş çarkı kilitlenir. ds kolu, hareketi d34, d17 çark çiftinden ikinci mile aktarır. Mekanizma planet olarak çalışır. Bu şekilde araç ikinci vitese geçmiş olur. Eğer c2

açılıp c3 freni kapanırsa, d18 güneş çarkı kilitlenir ve hareket ikinci viteste olduğu gibi çıkış miline akar. Geri vites ise; a1 kavraması açılır, a2 kapanır ve c3 açılır, c2 freni d32 güneş çarkını kilitler. Bu şekilde hareket planet mekanizması olarak d18, d30,ds üzerinden çıkış miline akar.

Elektrikli araçlarda kullanılan güç iletim elemanları, ağırlıkları ve sebep oldukları enerji kaybına rağmen kullanılması gereken elemanlardır. Bu ekipmanlar kalkış anında ihtiyaç duyulan batarya geriliminin çok daha altında olan gerilimlerle aracı hareket ettirir ve motorun bu esnada az yıpranmasını sağlar. Şekil 1.5.'te ve Şekil 1.6.'da iletim elemanları kullanmaksızın, tümüyle elektronik sistem tahrikli ve elektronik tahrikle birlikte hidrolik moment çeviricili durumlarda hız-enerji harcamı ve hız-eğim karakteristiklerini gösteren grafikler verilmiştir.Bu grafiklerden de anlaşılabacağı üzere, moment değiştirici ile tahrikte aracın tırmanma yeteneğinde bir artış ve düşük hızlarda enerji harcamında da azalma görülür.

Mekanik dönüştürücülü sistemlerin bu özelliğinden öncelikle şehir içinde kullanılan araçların durma ve hareket etme sıklığını ve düşük hareket hızını düşünürsek, çokça yararlanacaklarını söyleyebiliriz.Hidrodinamik moment çevirici ile düşük gerilimde yüksüz aracı hareket ettirebiliriz. Elektrik motorundaki uyarma alanını

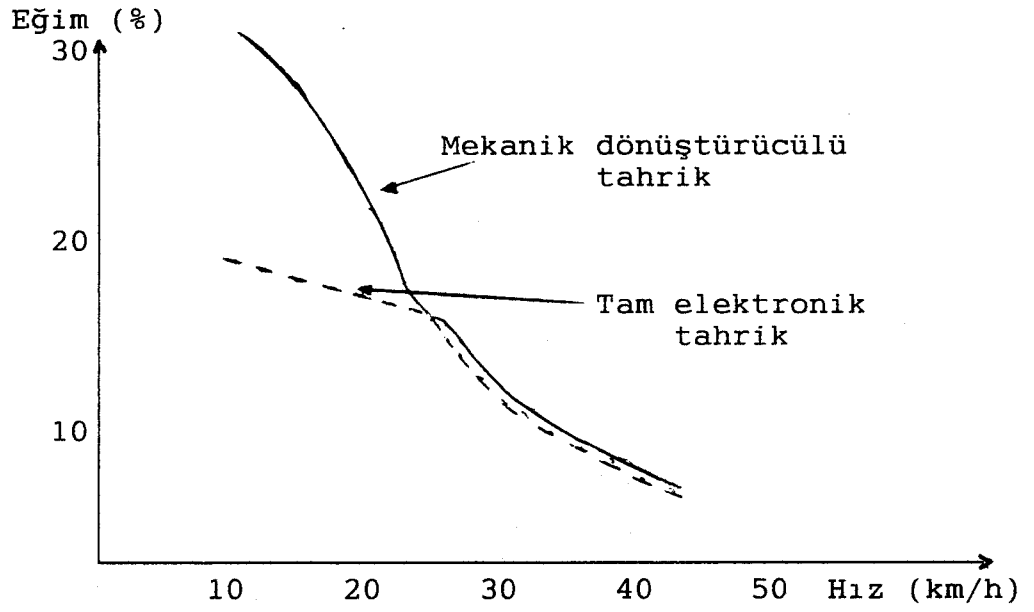


Şekil 1.4. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Güç iletim aksamaları.

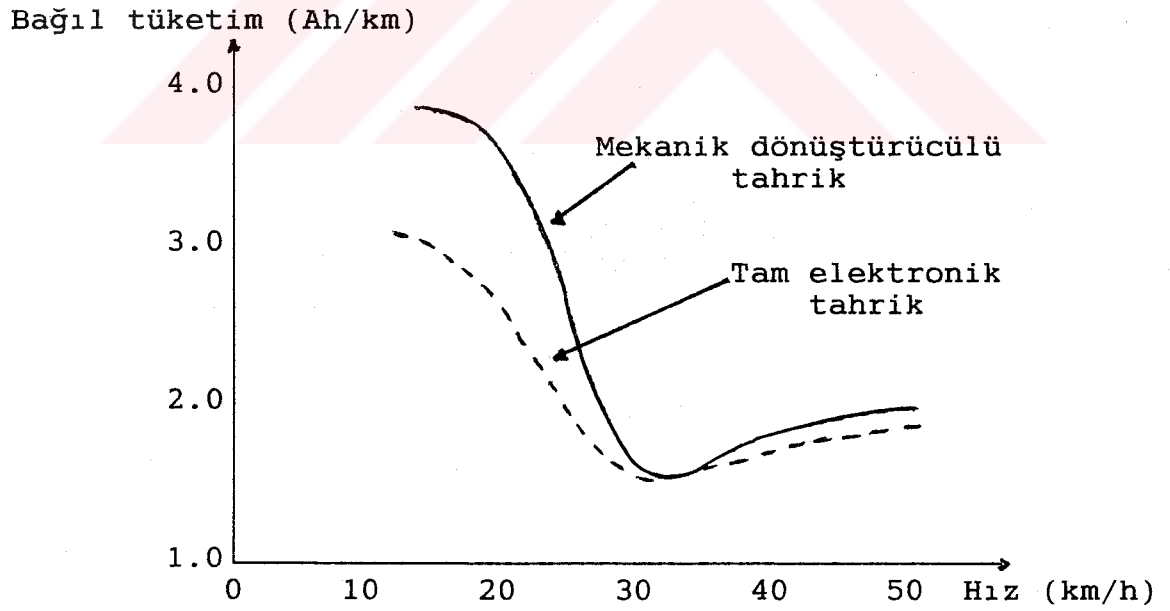
Mekanik dönüştürücülü sistemlerin bu özelliğinden öncelikle şehir içinde kullanılan araçların durma ve hareket etme sıklığını ve düşük hareket hızını düşünürsek, çokça yararlanacaklarını söyleyebiliriz. Hidrodinamik moment çevirici ile düşük gerilimde yüksüz aracı hareket ettirebiliriz. Elektrik motorundaki uyarma alanını ayarlayarak motor devrini ve dolayısıyla araç hızını ayarlayabiliriz. Nominal devir üzerindeki, uyarma akımının artırılması elektrik motorunu yavaşlatacak ve aradaki enerji farkı bataryalara geri aktarılacaktır.

Hidrodinamik moment çeviricilerde momentin iletildiği yön değişebilir ve bu şekilde faydalı frenleme yapma olanağı tanır. Mesela , 2500 (kg)'lık bir elektrikli minübüs, 50 (km/h) hızla giderken frenleme yapmasıyla yaklaşık olarak 40 (wh) enerji geri kazanımı sağlanabilir.

Motor ve araç aksamalarını kontrol etmek ve bunları korumak kontrol devrelerinin tasarımıyla ilgilidir. Bu devreleri tasarlarken maksimum devir sayısı (N_{max}), motor sıcaklığı (O_{max}), en düşük batarya gerilimi (U_{min}) ve dolu halde maksimum batarya gerilimi (U_{max})'ı gözönünde bulundurmamızdır. Sistemin doğası olarak gerilim değeri aşırı arttığında veya aksine azaldığında sistem kendi koruma işlevini kendiliğinden yerine getirir.



Şekil 1.5. Yokuş Çıkabilme Özellikleri.



Şekil 1.6. Bağıl Enerji Tüketim Özellikleri

Şekil 1.7.'de görülebileceği gibi, durma birimi, el freni ve frenleme biriminden aldığı sinyalle, endüi akımına kumanda eder ve aracın hareket etmesini önlemek amacıyla, endüi şalterinin açıldığı an uyarma akımı kontrol birimine uyarma akımını kesici sinyal de gönderir. Araç durduğu zaman veya rolantide çalışması gerektiği zaman uyarma akımı kontrol birimine (Nmin) sinyali gönderilir ve motorun en düşük gerilim ile çalışıp bataryadan fazla miktar gerilim çekmemesi sağlanır. Sürüş birimi, motoru kontrol etmek suretiyle araç hızını ayarlayan elektrikli araçların önemli bir bölümüdür. Batarya geriliminin minimum ve maksimum değerlerini, elektrik motorunun sıcaklığını ve en büyük motor evrini araç kullanıcısı, bu birim vasıtasıyla girer. Girilen bu değerler ara kontrol birimleri vasıtasıyla güvenli sınırlar arasında tutulur.

Bağlantı değiştirme birimi, batarya gerilim aralığını büyük tutmak ve bataryaları, duyulan gerilim ihtiyaca göre, paralel yada seri şekilde bağlama görevini üstlenir. Bu birim, girilen batarya gerilimi (U) ve devir sayısı (N) değerlerine göre, yüksek hız istenen durumda seri düşük hız istenen durumda ise paralel bağlama sistemleri oluşturur. Yüksek hızlarda bataryalar seri bağlanarak motor devrinin artırılması yoluna gidilir.

Şekil 1.8.'de debriyajlı-vitesli sistemde, vites mekanizması olduğundan değişik batarya gerilimlerine

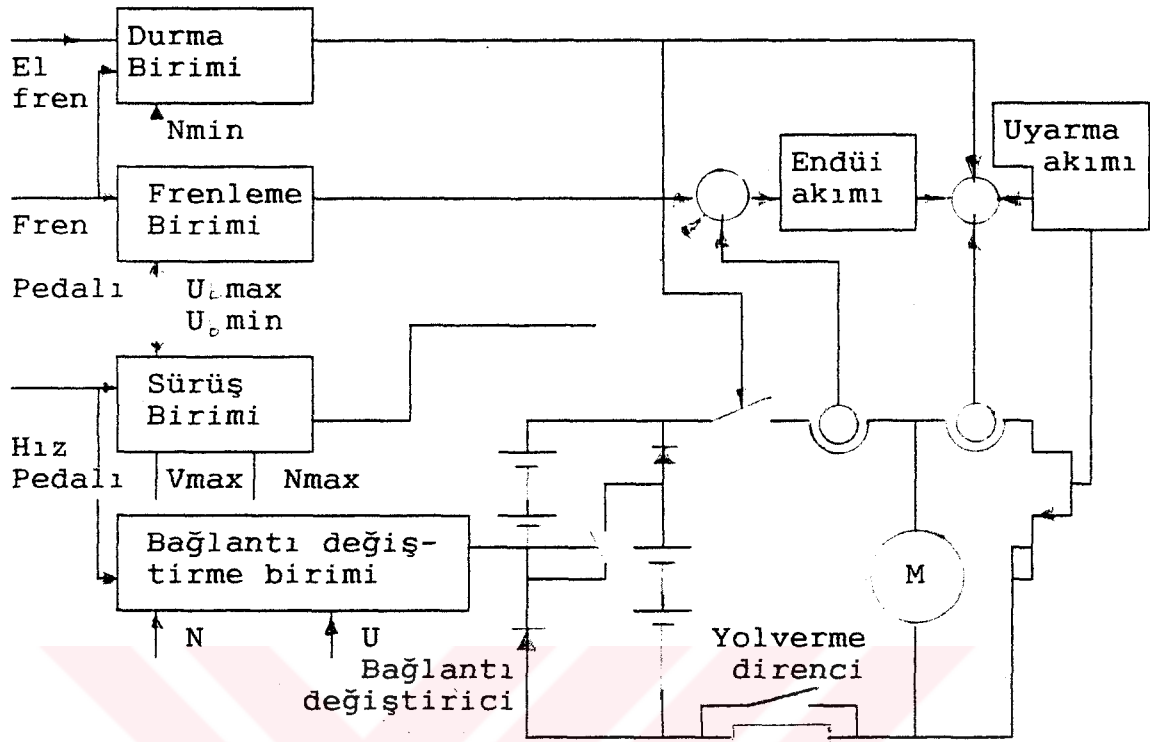
ihtiyaç duyulmaz. Bu sistemde, gerilim değıştirme birimi olmadığından faydalı frenleme aracı durdurmaya yetmez, bunun yanında dinamik frenlemeye ihtiyaç duyulur ki bu sorunu da yolverme direncinden faydalanarak aşarız.

Elektrikli araçlarda en yüksek verimleri isterken , araç vites kademelerinin (üç vitesli) çevrim oranları sırasıyla 0.84, 0.81 ve 0.80'dir.Tüm bu koşulları sağlarken veya daha yüksek verimlere ulaşmak isterken vites kutusu ağırlığının artmasına izin vermemeliyiz.

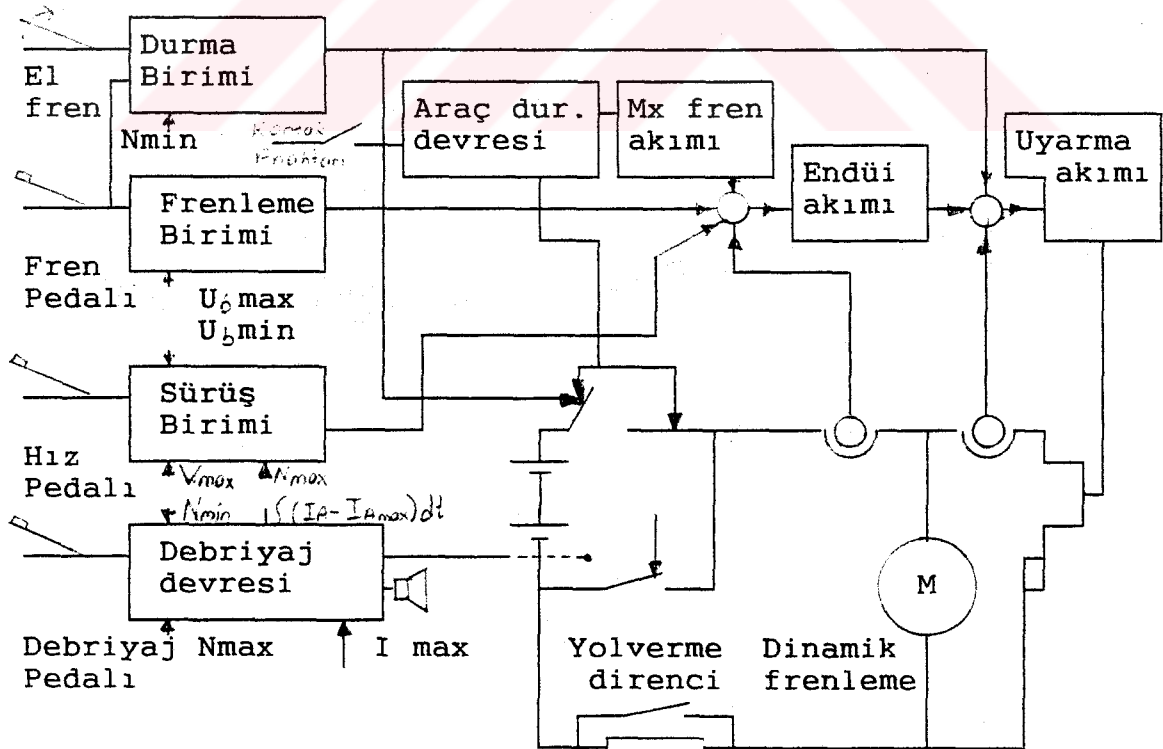
Elektrikli araçlarda incelenmesi gerekli olan bir konu da elektrikli hibrid araçlardır.Bu araçlar sistem olarak elektrikli araçlar ile içten yanmalı motorlu araçlar arasında yer alır.Sistem,birbirini tamamlayan ve birbirine debriyaj balatası ile bağlı bir elektrik motoru ve bir de içten yanmalı motor yardımıyla tahrik edilir. Bir hibrid aracın performansı ve kontrol sistem şeması aşağıdadır.

Tablo 1.6. elektrikli otomobil çıkış verileri.

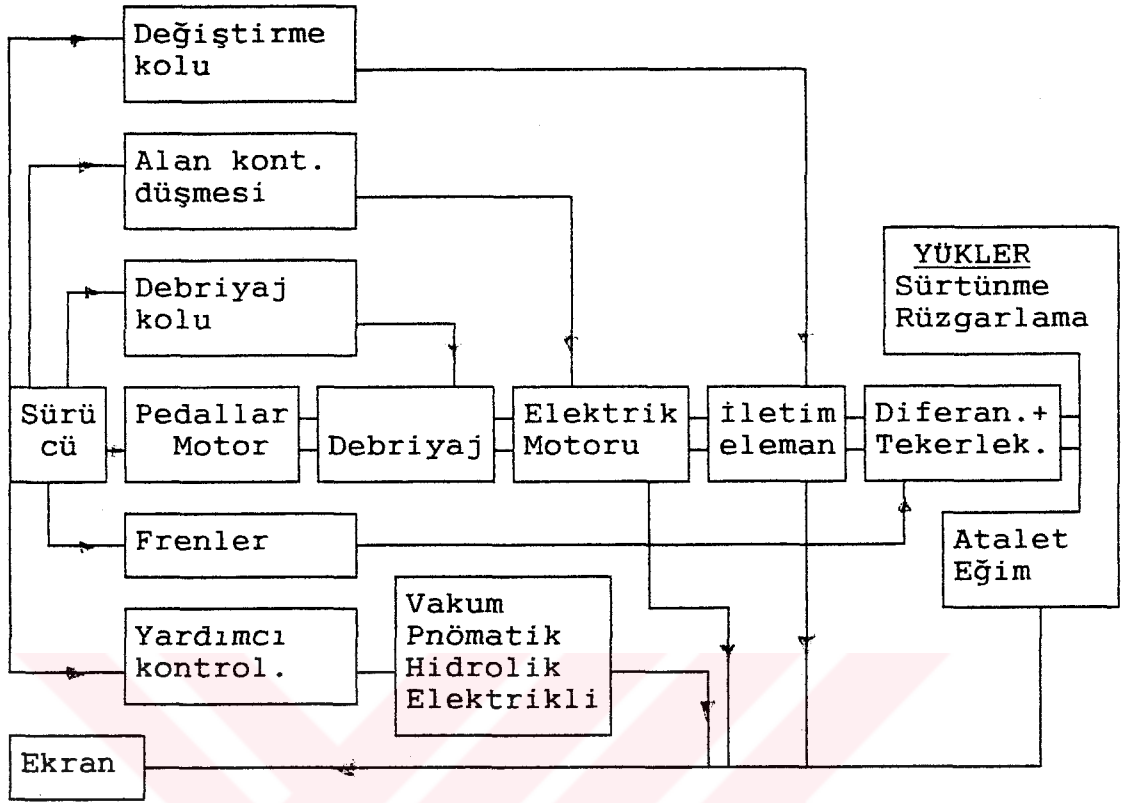
Araç ağırlığı	—————>	4370 (lb)
Yakıt kullanımı ;		
Ortalama günlük kullanım	—————>	20 m/s-26.7 mpg
Ortalama gece kullanımı	—————>	20 m/s-20.0 mpg
Bataryaların şarjları	—————>	0.50 (gph)
İvmelenme ;		
Birinci vites	—————>	1.9 (ft/s)
İkinci vites	—————>	1.4 (ft/s)
Hız ;		
Bulvar seyri	—————>	39.0 (m/s)
Duruş ve yarı hız seyri	—————>	33.7 (m/s)
% 4 eğim tırmanma	—————>	15.0 (m/s)
% 4 eğim inme	—————>	45.0 (m/s)



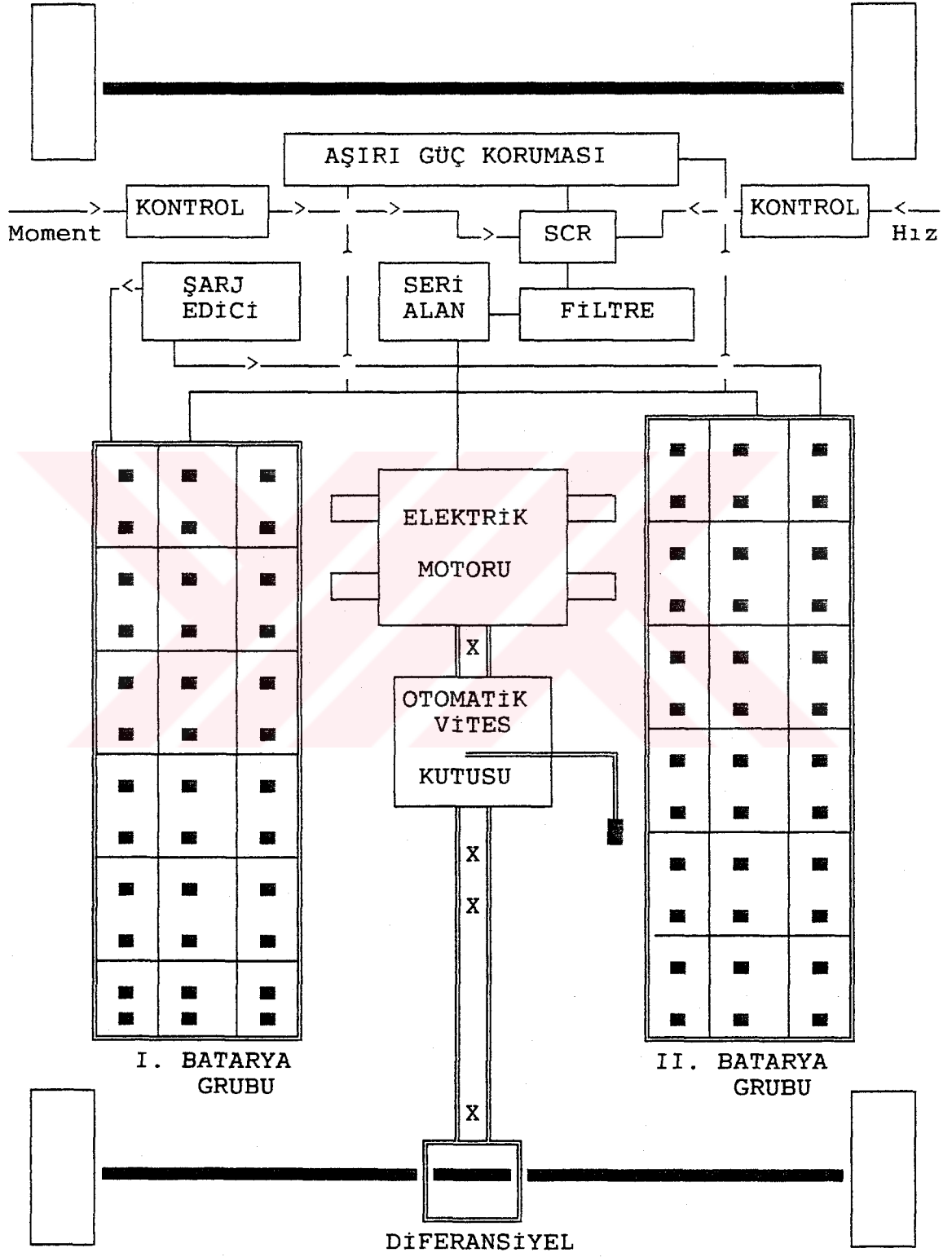
Şekil 1.7. gerilim değıştircili ve hidrolik moment dönüştürücülü tahrik sistemi kontrolü.



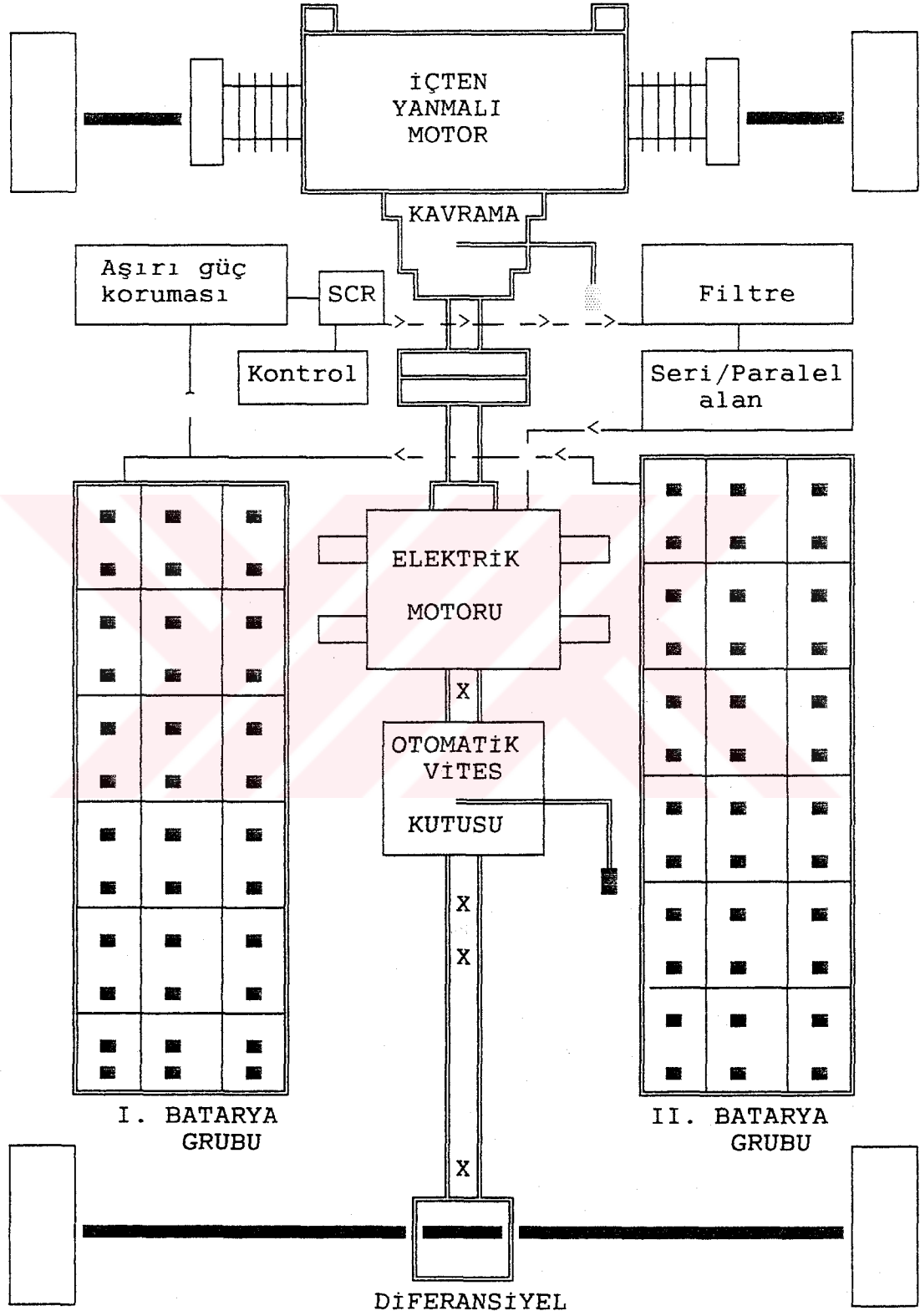
Şekil 1.8. el kumandalı vites ve klasik tür debriyaj sistemlerini içeren hareket sistem kontrolü.



Şekil 1.9. hibrid araç kontrol sistemi.



Şekil 1.10. elektrikli araç sürüş sistem şeması.



Şekil 1.11. hibrid araç sürüş sistem şeması.

BÖLÜM II

2. Bataryaların yapısı

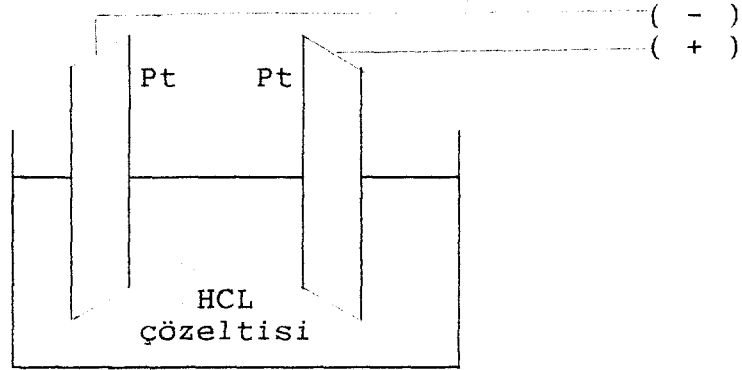
Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine, dönüşümlü olarak bir çok sefer çevirebilen cihazlara akümülatör adı verilir.

Pillerde, hücrede oluşan kimyasal reaksiyon tersinir değil veya tersinir olsa bile verimi düşüktür. Akümülatörlerde ise kimyasal reaksiyon hem tersinir, hem de yeniden boşalmada verim yüksektir. Öyleki, bu verim değeri, akümülatörün ilk kullanım zamanında bir önce alınan değerden bir sonraki boşalma değeri daha yüksektir.

Akümülatör yapımı için dışarıdan bir gerilim tatbiki ile geriye dönebilen herhangi bir elektrokimyasal olay kullanılabilir. Ancak ekonomik, verimli ve kullanıma uygunluk faktörleri arandığında kullanılabilen elektrokimyasal olaylar oldukça sınırlı kalır. Kullanılan elektrolitin özelliğine bağlı olarak bazlı veya asitli akümülatörler yapılabilir. Asitli akümülatörlerde kurşun elektrotları ve elektrolit olarak sülfirik asitli su, uygun bir kullanım sağlar.

Kurşun akümülatör, ilk olarak 1859 yılında Plante tarafından bulundu. Elektrot olarak kurşun, elektrolit olarak ise sulandırılmış sülfirik asit kullanılan akümülatörlere, kurşun asit akümülatörleri denir.

Asit,baz ve tuzların, sulu çözeltilerine iki metal levha daldırılır. Bu metaller üzerinde gerekli bir potansiyel uygulanırsa, o anda çözeltiden bir akım geçtiği ve bazı kimyasal reaksiyonların olduğu gözlenir.



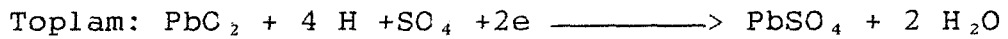
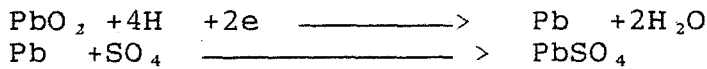
Şekil 2.1. Basit Batarya Yapısı.

Şarjlı halde iken (+) elektrotta reaksiyona girmeye hazır PbO_2 , eksi (-) elektrotta ise süngerimsi kurşun bulunur. Deşarjda her iki elektrot da $PbSO_4$ tabakasıyla kaplanır.

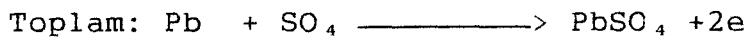
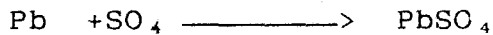
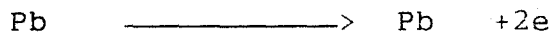
Şema olarak;

(-) $Pb, PbSO_4/H_2SO_4/PbSO_4, PbO_2, Pb$ (+) şeklinde verilir.

Boşalma sırasında (+) kutupta olan reaksiyon:



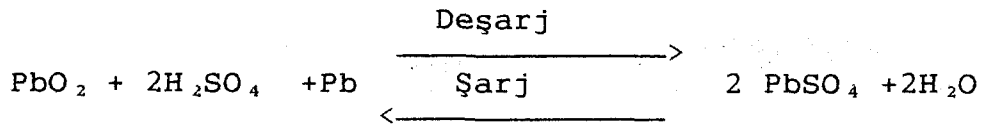
Boşalma sırasında (-) kutupta olan reaksiyon:



Görüldüğü gibi, her iki grupta sülfirik asit harcanması

olarak kurşun sülfat meydana gelir. Bu reaksiyonlar sırasında (+) kutupta şu da oluşur.

Yukarıdaki reaksiyonların tersini düşünürsek akümülatör şarj olmuş olur. Ancak reaksiyon yönünün tersine dönebilmesi için, en azından akümülatör geriliminin biraz üstünde bir gerilim dışarıdan ters yönde uygulanmış olmalıdır. Şarj ve deşarj reaksiyonlarını toplayacak olursak:



şeklinde hücre reaksiyonunu gösterebiliriz.

Hücrede meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan da görülebileceği gibi, akümülatörün gerilimi, sülfirik asit konsantrasyonuna büyük ölçüde bağlıdır. Bir hücrenin toplam elektrik gerilimi, pozitif elektrot geriliminden negatif elektrodun gerilimi çıkartılarak bulunur.

Hücre gerilimi teorik olarak;

$$E = E_p - E_n = 1.74 - (-0.27) = 2.01(\text{volt/hücre}) \text{ olur. (2.1)}$$

Hücre gerilimini veren diğer bir denklemde;

$$E = 1.85 + 0.917 \cdot (d-1) \quad \{\text{V/hücre}\} \text{ şeklindedir. (2.2)}$$

Pozitif ve negatif elektrotların voltajları ayrı ayrı kadmiyum voltmetresiyle ölçülebilir. Bir kurşun asit akümülatöründe, boşaldığı kabul edilen ortalama hücre

gerilimi 1.75 volttur. Bu gerilime kadar oluşan $PbSO_4$ tanecikleri küçüktür. Yeniden şarjda reaksiyon kolaylıkla tersine döner. Ancak 1.75 voltun altında oluşan $PbSO_4$ taneleri büyüktür. Büyüyen bu kurşun sülfat taneleri şarjı zorlaştırır. İç direnç büyür.

Akümülatör hücrelerinin boşaldığını gösteren 1.75 volt hücre gerilimi, kapasitesinin yirmi de biri değerinde bir akımla boşaltılması halinde geçerlidir.

Akü hücrelerinde gerilimin 1.75 volta düşmüş olması reaksiyona girecek aktif maddenin bittiğini göstermez. Ancak kalan aktif maddenin üzeri $PbSO_4$ taneleri ile kaplandığından gerilim hızlı bir şekilde düşmeye başlar.

2.1. İki kutuplu kurşun asit bataryaları

Kurşun-asit bataryalarının temelleri 1850 lerde atılmış olmasına karşın, geçen uzun zaman zarfında, yeterince gelişme elde edilememiştir. Bu gün kurşun asit bataryalarının enerji depolama yeteneği % 67, güç ise % 54 dolaylarındadır.

Kurşun - asit bataryalarının deneysel çalışmaları 1859 yılında Gaston PLANTE tarafından yapıldı. Daha önceleri Gautherot, De La Rue, Ritter, Grave FARADAY, Sinsteden, bataryaların yapısıyla ilgili çeşitli ilerlemeler

sağlamıştır; Bataryalar içerisinde işletme maliyetinin en düşük olduğu batarya kurşun - asit bataryalarıdır. Bu bataryaların malzemeleri oldukça ucuz ve bol bulunur. Deşarj rejimi sırasında voltajı en yüksek olan batarya kurşun - asit bataryalarıdır. Bataryada oluşan kimyasal reaksiyonlar plakalarda küçük fiziksel değişimlere sebep olurlar ve - 18 (°C) ile 43 (°C) (0 -110 °F) arasında çalışabilirler. Modern kuru şarjlı bataryalar iki yıl kadar kuru depolanabilir ve ilave sülfirik asit ile aktif hale getirildiğinde nominal kapasitenin % 75 ini verirler.

Geliştirilmiş kurşun asit bataryalar, 200 - 250 dolup boşalma ömürlü (%80 boşalmada) ve özgül enerjisi 29 (Wh/kg) olan bataryalardır. Gelişmiş bataryalara ilişkin performans değerleri tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1. Kurşun-Asit Bataryalarının Performans Tablosu

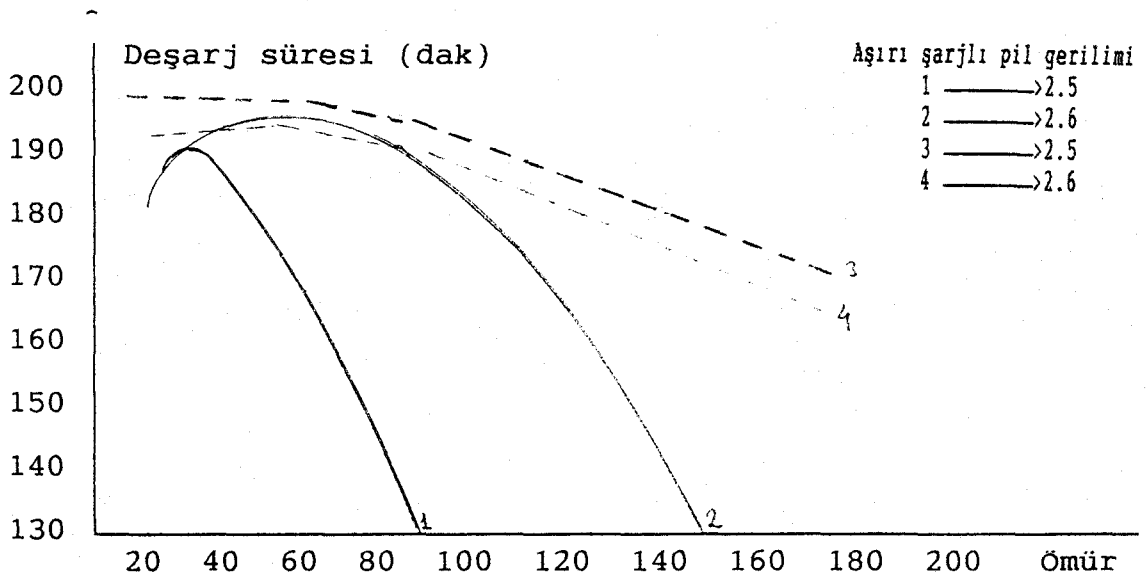
Özgül enerji	(% 100 boşalmada Wh/kg)	40
Özgül güç	(% 50 boşalmada W/kg)	100
Dolup boşalma sayısı	(% 80 boşalmada)	800
Enerji verimi	(%)	60

Bu tip bataryaların önemli noktalarından biriside elektrolit dolaşımıdır. Elektrokimyasal tepkimenin daha çabuk elde edilmesi için dolaşım, ilk gerekli etkenlerden biridir. Çok derin, aşırı bir boşalmada, elektrolitteki sülfirik asitin çok büyük bir bölümü tüketilir. Şarjda, elektrotların yüzeyindeki sülfirik asitin derişimi yoğunlaşır ve kabin dibine toplanır. Tortulaşma ise, kullanım

Ömrü ve elektriksel performans açısından batarya için zararlıdır.

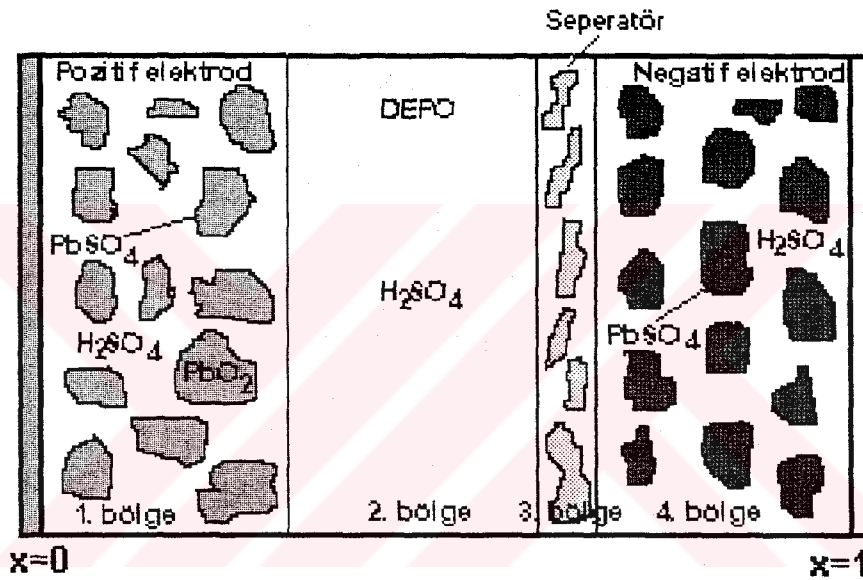
Elektrolitteki tortulaşma bataryanın şiddetli bir şekilde, aşırı şarj edilmesiyle giderilebilir. Fakat, maalesef aşırı şarj, kullanım ömrü için zararlıdır, pozitif etkin maddenin erimesi ve ızgaranın aşınmasını hızlandırır.

Elektrolit dolaşımı için, batarya biriminin her bir pili küçük propilen bir pompa içerir. Pompada hareketli parça yoktur ve düşük hava basıncının kısa darbeleriyle etkili olur. Pompalama sistemi yalnızca dolma ve boşalmada çalışır. Boşalma süresince enerjisini batarya grubundan alır ve enerji gereksinimi çok azdır. Elektrolit dolaşımı sayesinde kullanım ömrü artma faktörü 4, Coulomb tründen verim % 96, enerji verimi %82 ve özgül enerjideki iyileşme %5'i bulmaktadır.



Şekil 2.2. Asit Dolaşımının Kullanım Ömrüne Etkisi

Şekil 2.3. bir kurşun - asit bataryasının makro homojen modelini gösterir. Buradan görülebileceği gibi; birinci bölge pozitif elektrod, pozitif elektrod / depo yüzeyi, ikinci bölge asit deposu, depo/ayırıcı yüzeyi, üçüncü bölge ayırıcı (seperatör), ayırıcı / negatif elektrod yüzeyi ve dördüncü bölge negatif elektrodu ifade eder.



Şekil 2.3. kurşun-asit hücresinin tek boyutlu makro homojen modeli

2.1.1. Deşarjdaki hücre

Dış devre hücre terminaline bağlandığında, sülfat iyonları negatif şarjlı bir şekilde negatif plakaya hareket ederler. Bu negatif terminalden, pozitif terminale olan elektrik akışıyla boşalan plaka üzerinde aşırı negatif elektrik şarjı üretir. Negatif plakadan kondaktöre

olan aşırı elektron akımı kurşundan, kurşun sülfat oluşturmak için elektrolitte daha fazla sülfat iyonunun oluşmasını sağlar. Hidrojen iyonları suyu (H_2O) oluşturmak için elektrolitten pozitif plakaya doğru akar. Bu, sülfirik asit ile birleşip daha fazla su ve kurşun sülfat oluşturan bir miktar kurşunu açığa çıkarır.

Deşarj olduğunda ve akım gerçekleştiğinde, elektrolitteki asit kombinezyonuyla her iki tarafta da daha fazla kurşun sülfat oluşur. Bunun yanında elektroliti seyrelten su da oluşur ve elektroliti zayıflatır. Hücre voltajı hızla düşer (deşarj) ve bu aşamada, aktif malzemenin çoğu kurşun sülfata dönüşür ve plakaların kimyasal kompozisyonu aşağı yukarı eşittir.

2.1.2. Şarjdaki hücre

Deşarj esnasında hücrede yeralan kimyasal değişimleri değiştirmek için akımı hücreden ters yönde geçirmek gereklidir. Hücre ile temasta olan şarj kaynağı negatif plakaya aşırı negatif şarj uygular ve pozitif plakada azalma oluşturur. Sonuç; Kurşun (Pb) ve sülfirik asit (H_2SO_4) birleştiğinde, hidrojen iyonları negatif plakaya çekilirler.

Pozitif plakada oluşan kısıtlı şarj, sülfat iyonlarını çeker ve sudaki hidrojen ile birleşerek sülfirik asit

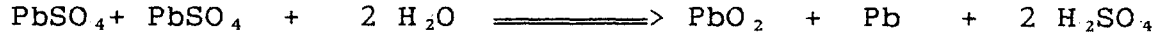
oluştururlar. Sudaki hidrojenin bir kısmı pozitif plakadaki kurşun ile birleşerek kurşun oksit oluştururlar. Negatif plakada sülfat ve hidrojenin tekrar oluşması sülfat olduğu sürece sürer. Kurşun sülfattan kurşuna olan dönüşüm tamamlandığında, negatif plakalardan oluşan hidrojen habbecikleri elektrolitten yukarı doğru çıkar.

Benzer olarak sülfat iyonları sülfirik asit oluşturmak için pozitif plakada su ile reaksiyona girerler ve kurşun dioksit oluşturmak için boştaki oksijen ve kurşun reaksiyona girer. Kurşun tükendiğinde oksijen pozitif plakada gaz olarak ortaya çıkar. Plakalardaki hidrojen ve oksijen formasyonu hücrenin tam şarj haline reaksiyon gösterdiğinin bir ifadesidir.

Şarj başladığında, plakalardan oluşan asit elektrolite geçer ve ağırlık yavaşça artar. Şarj esnasında elektrolitin ağırlığı bataryanın veya hücrenin şarj halinin bir göstergesi değildir. Bazı gaz oluşumları sirkülasyonun devamı için önemli olsada şarj esnasında ortaya çıkan güçlü asit ve aşırı ve devamlı gaz oluşumu iyi değildir ve bataryanın ömrünü plaka yüzeylerindeki aktif malzemeyi kazıyarak azaltabilir.

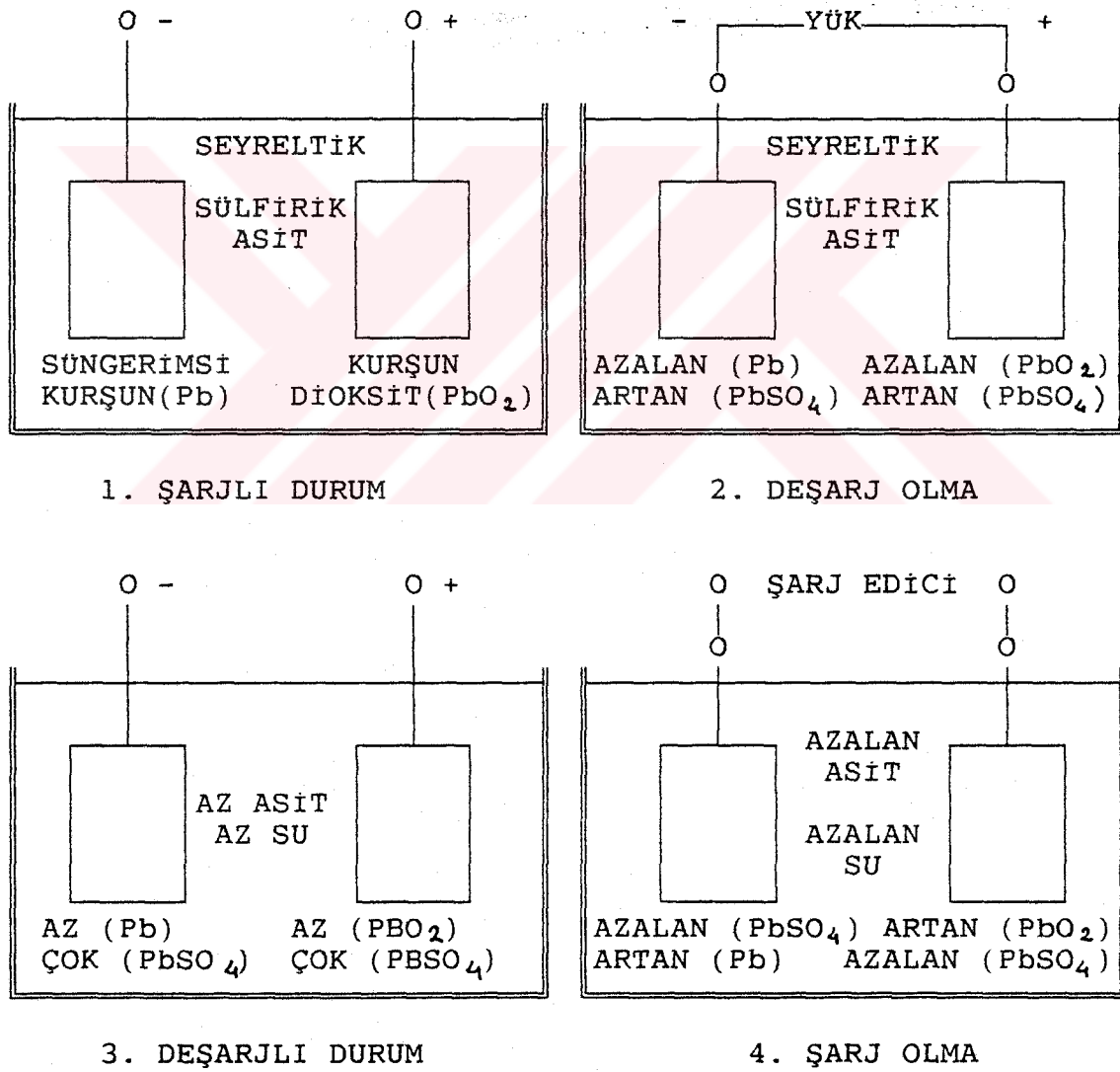
Zaman zaman elektrolitteki su azalması ilave su ihtiyacını doğurur. 10 (A-saat)'lik gazlama için 34 (cm³) suya ihtiyaç vardır ve bunun için batarya ağzına kadar su ile

doldurulacaktır. Aşırı suyun anlamı aşırı deşarj ve az miktar suyun anlamı ise düşük şarjdır. Kurşun - asit bataryalarının kimyasal reaksiyonu aşağıdaki gibi izah edilebilir;



Kurşun sülfat Pozitif
Kurşun Sülfat Negatif
Sulu elektrolit

Kurşun dioksit Pozitif
Kurşun Negatif
sülfirik asit



Şekil 2.4. Pb-asit şarj deşarj şemaları.

Son yıllarda yapılan geliştirme çalışmalarında; pozitif akım kollektöründe Sb (antimon), Ca (kalsiyum) ile değiştirildi. Pozitif elektrodta $PbO + Pb_3O_4$ yerine $4 PbO + PbSO_4$ kullanıldı. Düşük dirençli akım kollektörü üzerinde çalışmalar yapıldı ve elektrolit dolaşımında daha ileri teknikler üzerinde duruldu.

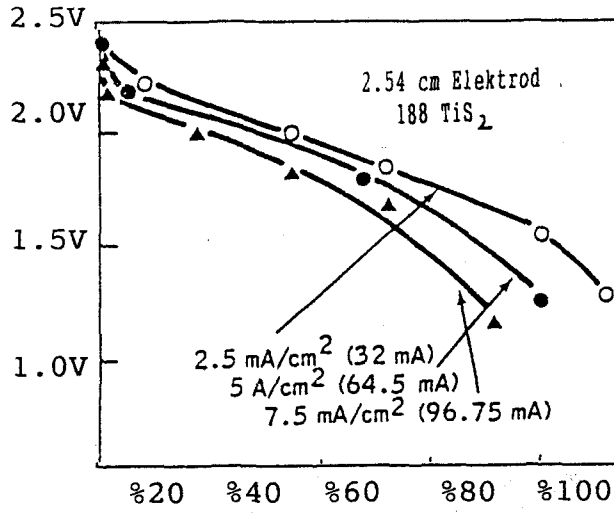
Ancak bütün bu geliştirme çalışmalarının yanında hala daha bazı problemlerle karşılaşıyor. Hücrelerin sızdırmazlık problemleri, pozitif akım kollektörünün korozyonu, PbO_2 'nin yapışması, yüksek iç direnç ve ağırlık problemleri bunlardan bazıları olarak sıralanabilir.

2.2. Li/TiS₂ hücreleri için kullanım ve polarizasyon verileri

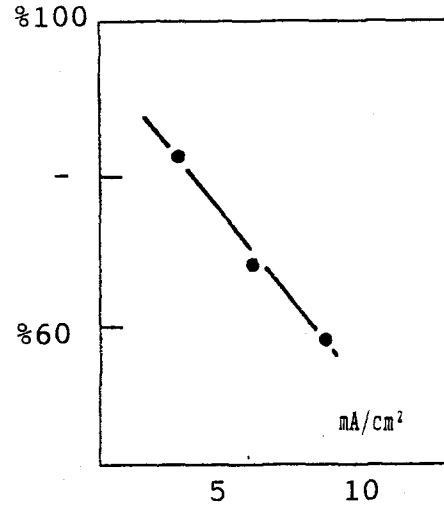
Şekil 2.5. Li metal anodlarını ve bağlı toz TiS₂ katodlarını içeren hücrelerin oda sıcaklığı performansını gösterir. Şekildeki eğriler LiClO (elektrolit tuzu) içeren bir 2.54 (cm) sınırlı elektrolit hücresinde sabit akım deşarjından elde edilir. Batarya 188 (mA-saat) veren 0.78 (g) TiS₂ içerir. Bununla beraber, pozitif elektrod kalınlığı 0.064 (cm) olarak tasarlandığında % 35 gözenekliliği sağlayabilmiştir.

Şekil 2.5. ve 2.7, 5, 7.5(mA/cm²)sabit akım yoğunluklarında tamamiyle şarjlı hücreler için temel deşarj eğrilerini gösterir. Bu veriler deniz seviyesinde geçerlidir. Şekil 2.6.

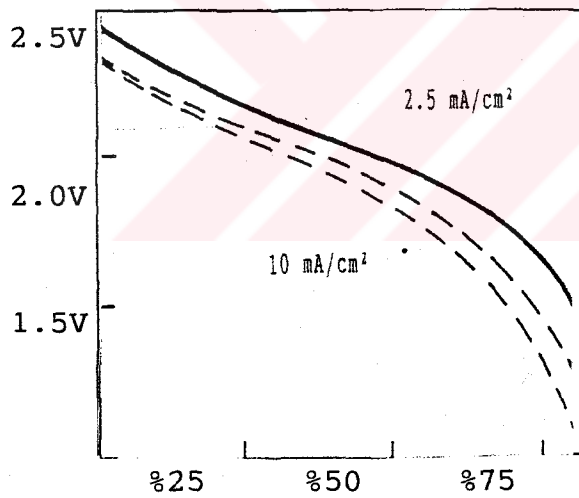
yaklaşık 3 saat tam deşarjlı durumda yüksek enerji katot metali TiS_2 'ün veri polarizasyonunu gösterir.



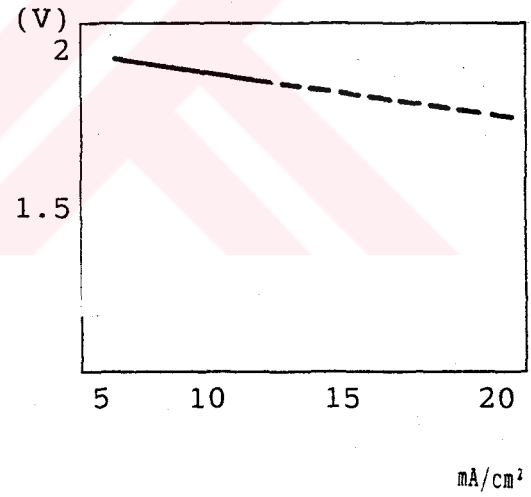
Şekil 2.5. TiS_2 deşarj karakteristikleri



Şekil 2.6. sabit akımda malzeme kullanımı



Şekil 2.7. TiS_2 kullanımının hücre voltajına etkisi



Şekil 2.8. akım yoğunluğunun hücre voltajıyla değişimi

Hücrelerin çevrim davranışları , deşarjda 1.5 (V)'a 10 (mA/cm^2) ve şarjda 2.5 (mA/cm^2)'e 16.25 (mA) dir.

Hücre dizaynı ve pozitif elektrod yapısındaki gelişmelere

rağmen, saf Lityum anodlu Li/TiS_2 hücreleri 250 gibi yüksek oranlı çevrimlerden daha fazlaları için % 60 metal verimliliğinden daha fazlasında çevrime sokulur.

2.2.1. Tasarım tahminleri

Li/TiS_2 sistemini destekleyen gerekli geometrik tasarımları ve sabit girdi verileri aşağıda gösterilir. Geniş çaplı bataryalar için özel performans tahminlerine duyulan ihtiyaç nedeniyle bu konuda araştırmalar gerekliydi. Elektrolit ağırlığı ve toplam gözeneklilik (pozitif elektrot ve ayırıcı) elektrolit çözeltisiyle doldurulmuş olarak düşünülür.

Bu tasarımlar tümüyle sınırlı pozitif elektrotlardır. Fazla miktar lityum, negatiften önce pozitif elektrotun tam deşarj veya şarja ulaşmasını sağlar. Yeterli derecede büyük hücre boyutu (400 A -saat) dir. Hücre boyutundaki büyüme enerji yoğunluğunu artırabilir. Benzer olarak daha yüksek voltaj sistemi oluşturmak için hücre boyutundaki azalmalar enerji yoğunluğunu önemli ölçüde düşürmemelidir.

2.2.2. Li/TiS_2 sistemi için sabit tasarım parametreleri

Pozitif Elektrot;

TiS_2 yoğunluğu _____ > 3.25 (g/cm³)

Coulomb kapasitesi _____ > 0.24 (A-saat/g)

Gözeneklilik	_____>	% 35
Izgara yapı (çelik)	_____>	5 Fe 7 - 3/0
Bağlayıcı madde	_____>	% 5

Negatif Elektrot;

Lityum kapasitesi	_____>	3.86 (A-saat/g)
Negatif elektrot	_____>	% 0
Lityum yoğunluğu	_____>	0.54 (g/cm ³)
Negatif kapasite	_____>	% 150
Izgara yapı (çelik)	_____>	5 Fe 7 - 2/0

Ayırıcı;

Kalınlık	_____>	0.013 (cm)
Gözeneklilik	_____>	% 50
Doğru yoğunluk	_____>	1.0 (g/cm ³)
Elektrolit yoğunluğu	_____>	1.2 (g/cm ³)

Geometrik Bilgilendirme;

Hücre boyutu	_____>	400 (A - saat)
Çelik kalınlığı	_____>	0.15 (cm)
Boyut	_____>	25 x 20 (cm)
Hücre donanımı	_____>	150 (g)
Hücre kafa boşluğu	_____>	5 (cm)

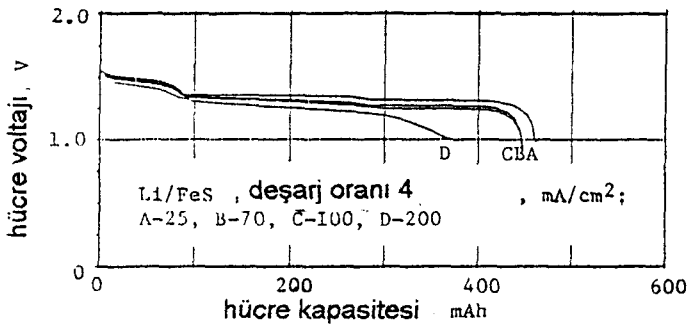
2.3. Lityum sülfat bataryaları

Geçen çeyrek yüzyılda, dünyadaki hemen hemen bütün batarya üretici şirketler, lityum negatif elektrod batarya geliştirme programlarıyla ilgilenirler. Çünkü lityumun laboratuvar araştırmalarında bazı avantajları gözlemlendi.

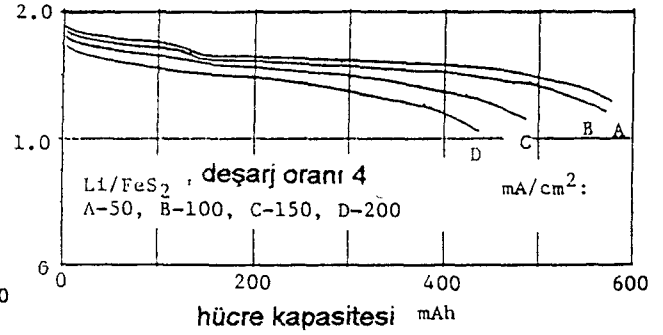
Lityum elektrodlu tasarımların en önemli avantajları :
(1) Li/Li^+ çiftinin potansiyeli oldukça negatiftir ve buyüzden, uygun pozitif elektrodlarla birleşmede alışık olunmadık yüksek voltajlı bataryalar üretmek mümkündür;
(2) lityum bataryalarının elektrik yoğunluğu lityumun atomik kütlelerinin düşüklüğünden dolayı potansiyel olarak yüksektir. (1 F, 7 (g) metalin erimesiyle açığa çıkar);
(3) bir lityum elektrodunun deşarjı yüksek akım yoğunluğunda yapılabilir ve; (4) bazı lityum bataryaları yeniden şarj edilebilir. Bu özellikler hem yeniden şarj edilebilen ve hem de şarj edilemeyen lityum bataryalarının yüksek enerji ve güç yoğunluğuna varabileceğini gösterir.

Bütün bunların yanında, lityum metalinin aşırı miktar reaktif oluşu (reaksiyona meyilli) birçok problem yaratır. Ortamda nem, oksijen bulunması ve hatta nitrojen azlığı gibi sorunların üstesinden gelinmeli. Bu yüzden lityum bataryalarının üretiminde olduğu gibi geliştirme çalışmalarında da özel teknikler kullanılmalıdır.

Gerçekte, birçok lityum batarya elektrolitlerinde, metal termodinamiksel olarak dengesizdir ve lityum sadece üzerinde şekillenmiş film tabakası nedeniyle batarya deposunda kalır. Bu batarya performansını etkileyen en önemli özelliktir. Bu film tabakası batarya performansını büyük miktarda azaltır ve film özellikleri tahmin edilemez.



Şekil 2.9. Li/FeS hücrelerinin voltaj/kapasite grafiği.



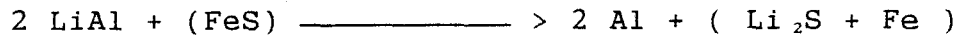
Şekil 2.10. Li/FeS₂ hücrelerinin voltaj/kapasite grafiği.

Erimiş tuz elektrolitli lityum sülfat (Li/FeS₂ veya Li/FeS) hücreleri iki kutuplu batarya tasarımlarına uygundur. Elektrolit eriyiğinin devamlı çalışma koşullarını sağlaması için hücreler normalde 375 ± 425 (°C) sıcaklıkları arasında çalışır. İleri teknoloji Li/FeS₂ hücresi elektrikli araç uygulamaları için yüksek performans ve uzun ömür sağlar. Yüksek performans ve denge, FeS₂ elektrod kullanımı ile % 25 mol LiCl, % 37 mol LiBr ve % 38 mol KBr erimiş elektrolit kompozisyonu kullanmakla elde edilir. Boşluklu elektrolit hücre çalışması yüksek performans sağlar. Bu hücreler iki kutuplu hücre çalışmaları için pratik olarak görülen aşırı şarj ve deşarjlı hücrelerdir. İki kutuplu lityum sülfat hücrelerinde en önemli çalışmalar dairesel sızdırmazlık elemanlarıdır. Bu çalışma için metal / seramik sızdırmazlık teknolojisi en iyi sonuçları vermiştir.

İleri hücre elektrokimyası Li/FeS₂ ve Li/FeS çiftlerini inceledi. Bunun yanında, MgO toz seperatörlü ve boşluklu elektrolit teknolojisi de bu alandaki ilerlemelerden

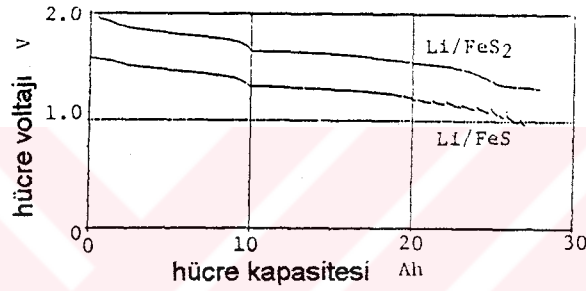
bazılarıdır. Önceden seperatörler için maliyetli fiberler kullanılırdı. Fakat şu an kullanılan MgO , aşırı elektrolit koşulları altında fiziksel olarak dengeli değildir. Bu yüzden, hücrede MnO sıvılaştırmaksızın hücrede sınırlı miktar elektrolitle beraber kullanılmalıdır. Düşük maliyetin yanında, MgO toz seperatörü aşırı şarj hücre koşullarında lityumun birim aktivitesinin üstesinden gelen termodinamiksel bir dengeye sahiptir. Yüklü hücrede 425 (°C)'de normalde % 30 daha düşük boşluklu elektrolitin iyonik iletkenliklerini artırmak için, elektrolit kompozisyonu, LiCl, LiBr, KBr eriyicilerinden % 25 daha yüksek iyonik iletkenliğe sahip olan zengin kompozisyonlu LiCl eriyenine dönüştürülür.

LiCl - LiBr - KBr elektrolit kullanımı Li/FeS hücrelerinin çalışmasını diğer elektrodlerden (LiCl-KCl, LiF-LiCl-LiBr) daha düşük sıcaklıklarda (400 ÷ 425 (°C))temin eder. LiF, LiCl, LiBr'lü boşluklu elektrolitli Li/FeS hücreleri genellikle 475 (°C)'de çalışırlar ve korozyon reaksiyonları çevrim ömrünü sınırlar. 475 (°C)'de çalışan Li/FeS bataryaları aktif ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duyar. Bu bataryaların deşarj reaksiyonları aşağıdaki gibidir.



1 (mm) kalınlığındaki FeS elektrodunun kapasite kullanımı (625 mA-saat teorik kapasite), 25 ÷ 200 (mA/cm²) arasında

değişen akım yoğunluklarında bulundu. Elektrodlar, dairesel seperatör katmanında izoleli seramik bilezikle beraber çelik kovanların içinde tutulur. Şekil 2.11.'de gösterildiği gibi, 100 (mA/cm²)'ye kadar olan FeS elektrodunun kapasite kullanımı yaklaşık % 70 dir. Buna ilave olarak, Li₂S deşarj ürünlerindeki artış elektrod iç dirençlerinin artmasına yolaçar.



Şekil 2.11. LiFeS iki kutuplu hücresinin voltaj / kapasite grafiği.

Bahsi geçen elektrodlarla düşük sıcaklıklardaki (390 ÷ 435 (°C)) işlem çevrim ömrüne faydalıdır. Tüm Li/FeS₂ hücre reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



FeS₂ elektrod deşarj ürünü, Li₂FeS₂, Li₂S'den daha yoğundur. Tasarımda, 1 (mm) kalınlığındaki FeS₂ elektrodu molibden mahfazanın içine konulur. (625 mA-saat teorik kapasiteli) FeS₂ elektrodlarının kullanım kapasitesi 425 (°C)'de 50 ÷

200 (mA/cm²) arasında değişen deşarj akım yoğunluklarında bulundu.

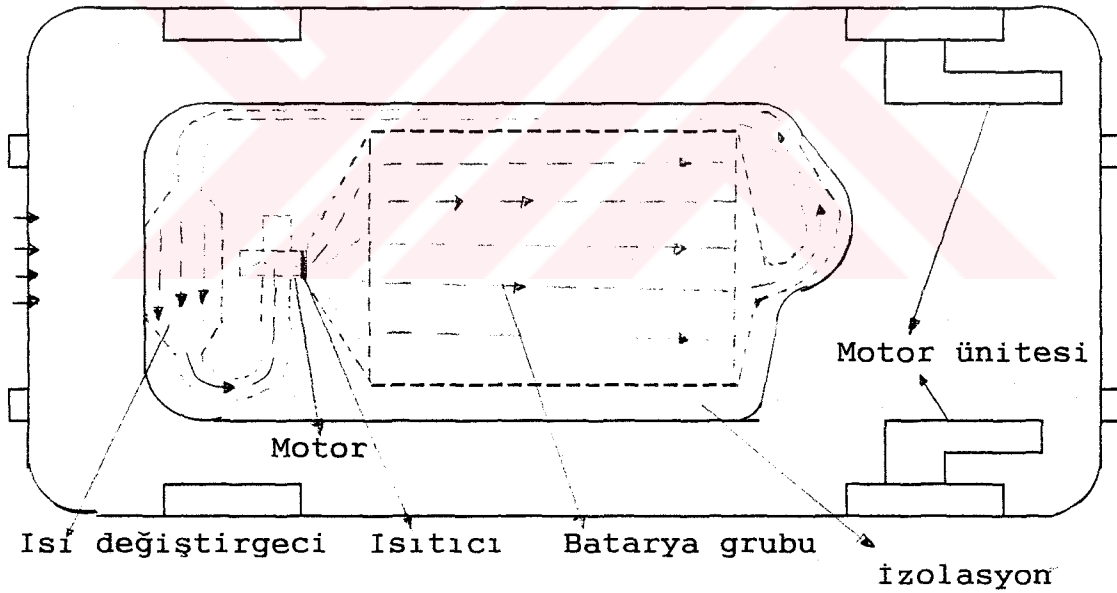
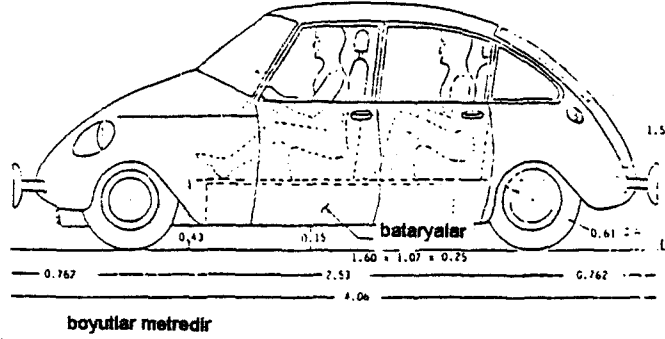
En mükemmel performans LiCl - zengin LiCl - LiBr - KBr elektrolit kompozisyonunda ve 425 (°C)'de elde edilir. Li/FeS₂ hücreleri için 1000 çevrim ömrü tespit edildi. Li/FeS hücreleri için düşük sıcaklıklardaki işlemler ömrü artıracak ve batarya ısısal çalışmasını iyileştirecektir.

Li/FeS₂ hücreleri 30 (W/kg) deşarj oranında 180 (W-saat/kg) enerji verirlerken, Li/FeS hücreleri 25 (W/kg) deşarj oranında 130 (W-saat/kg) enerji verirler. Bu hücrelerin düşük iç dirençleri % 80 derin deşarjda Li/FeS₂ için 400 (W/kg) ve Li/FeS için ise 240 (W/kg) değerlerini verir.

LiFeS batarya ömrü 1500 - 2000 deşarj olarak projelendirilmiştir. LiFeS dizaynı (\$50/KW-saat) iken, LiFeS dizayn fiyatı yaklaşık (\$60/KW-saat)'tir. Lityum demir sülfat bataryasının enerji depolama verimi % 70 -75 tir. ilk analizler, her iki batarya için ısıtıcı körük ekipman ortalama güç ihtiyacının 12 (W/KW-saat) olduğunu gösterir.

şekil 2.12., 385 (kg) [850 (lb)] lityum demir sülfat batarya ekipmanlı 1134 (kg) elektrikli binek aracının düşünölen dizaynını gösterir. Bu batarya 675 ve 775 (°K) arasında çalışır ve pasif-aktif ısısal kontrolün her ikisinde de ihtiyaç duyar. şekil 2.13. lityum demir sülfat bataryasının

mümkün olan ısısal izolasyonunu ve havalandırma sistemini gösterir.

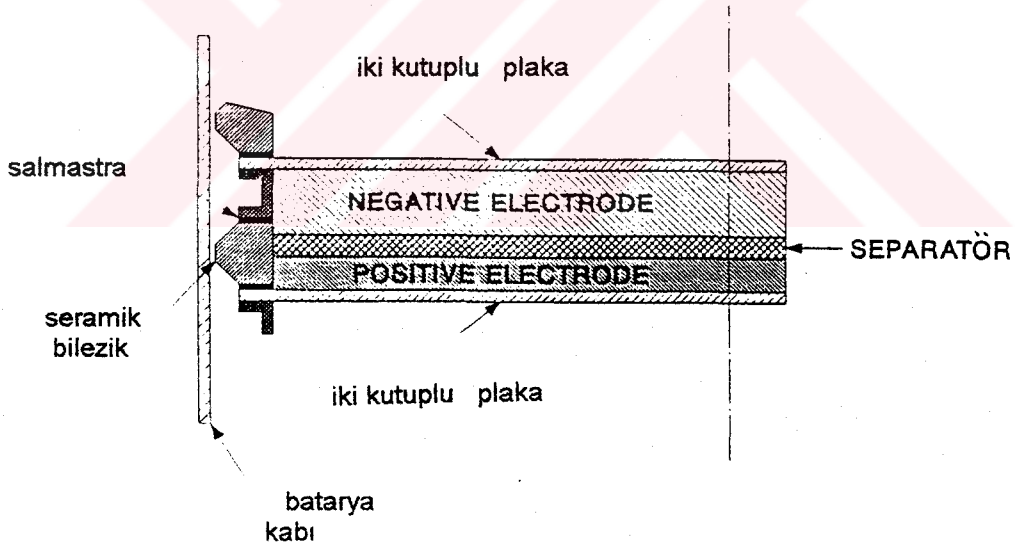


Şekil 2.12.lityum demir sülfat bataryalı elektrikli araç tasarımı, batarya ısısal izolasyonu ve havalandırması

iki kutuplu lityum sülfat bataryaları yüksek güç/enerji oranına sahip ve düşük batarya hacimlidirler. Bu da

elektrikli araçlar için istenen bir özelliktir. Küçük iki kutuplu batarya laboratuvar testleri, iki kutuplu bataryaların alan mukavemetlerinin % 80 deşarjda ve $0.5 \div 1.0$ (cm) toplam kalınlık için yaklaşık $0.4 (\Omega\text{-cm}^2)$ olduğunu gösterir.

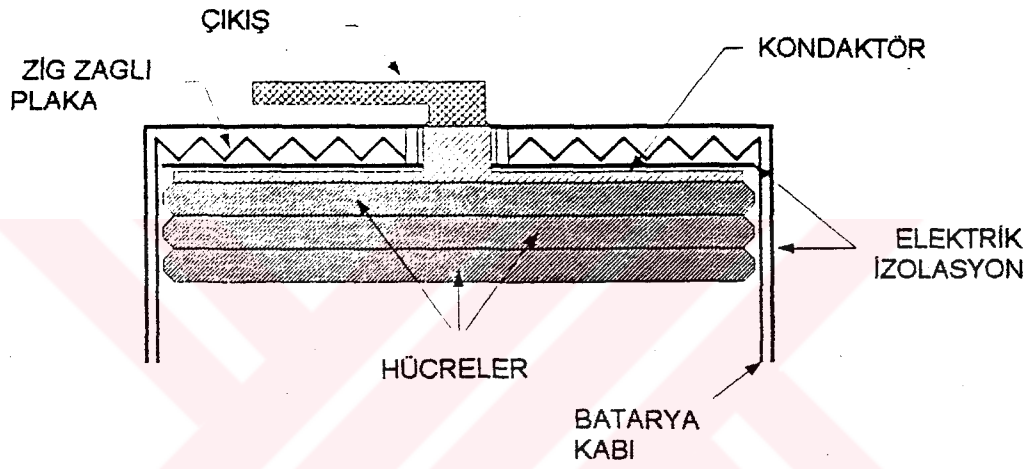
Hücre çemberi etrafındaki sızdırmazlık elemanları hiçbir elektrolit sızıntısına imkan vermez. Li/FeS₂ hücrelerinde, pozitif elektrodlar 0.13 (mm) kalınlığında molibden çanaklarda taşınırlar. Bu tutucular korozif etkili sülfür elementinin etkisinden dolayı en az korozif etkiye sahip olan molibdenden yapılmıştır.



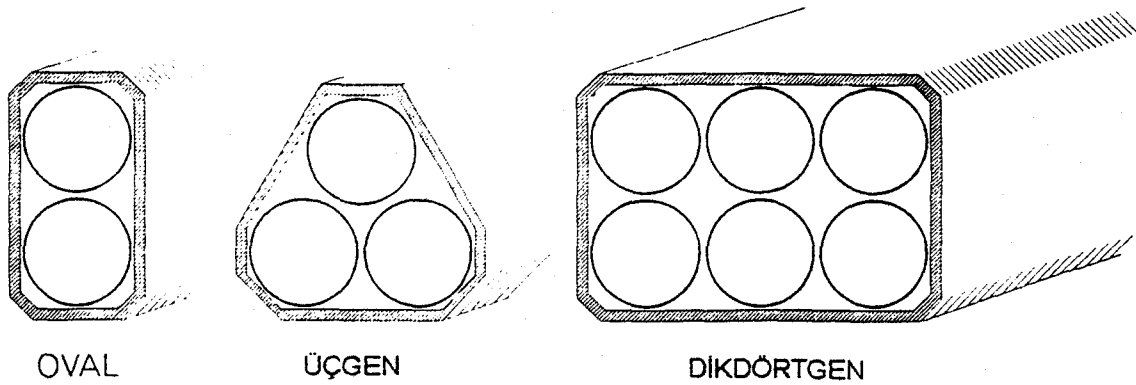
Şekil 2.13. lityum disülfat iki kutuplu hücre tasarımı.

Şekil 2.13.' de bu tür bir hücrenin şeması gösterilmiştir. Hücre sızdırmazlığını sağlamak için iki kutuplu plakaların

yüzeyine seramik bilezik yerleştirilir. Hücreler daha sonra birbirleri üzerine sabitlenir ve iki kutuplu plakalarların metal çemberlerine kaynaklanır. Daha sonra hücre kabının içine konulur. Hücrenin sonundaki dalgalı plakalar işlem esnasındaki basıncı ayarlar ve taşmayı engeller. Hücrelerin sonunda bir bakır kondaktör ve birde besleyici vardır. Şekil 2.14. bataryanın konstrüksiyonunu gösterir.



Şekil 2.14. lityum sülfat hücrelerin iki kutuplu batarya tasarımı.



Şekil 2.15. iki kutuplu bataryalar için tasarım şekilleri.

Şekil 2.15.'te, batarya içindeki silindirik hücreleri sarmak için düşünülen üç yöntem gösterilir. Oval, üçgen ve dikdörtgen. Batarya tasarımında dikdörtgen sarım şekli kullanarak en düşük toplam batarya hacmi elde edilir.

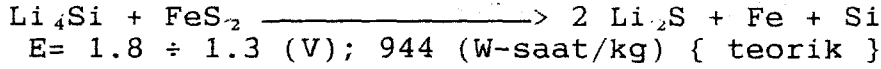
Lityumlu diğer bir batarya ise LiAl / FeS bataryalarıdır. LiAl / FeS hücresi 450 (°C)'de çalışır ve LiCl - KCl erimiş tuz elektroliti kullanır. Li ve S'ün sıvı halde kontrol zorlukları LiAl ve FeS katı reaktant kullanımını beraberinde getirmiştir. Bunlarla birlikte hücre dengesinde ve ömründe önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Bu tür bir sistemin hücre şeması şekil 2.16. de gösterilmiştir. Bataryanın seperatörleri boryum nitrattır. Seperatördeki ve elektrodlardaki gözenekler erimiş tuz elektroliti ile doldurulur ve hücre sızdırmaz yapılır. Hücre voltajı ise 1.1 ÷ 1.2 (V)'tur. Bu bataryaların kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir.



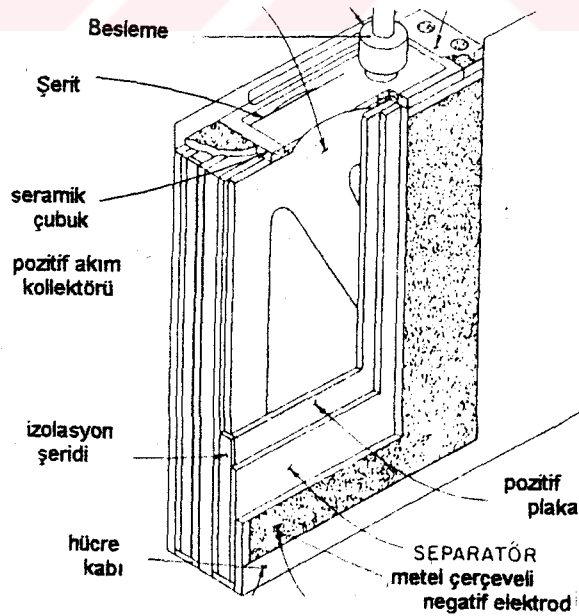
$$E = 1.33 \text{ (V)}; T = 450 \text{ (°C)} \text{'de } 458 \text{ (W-saat/kg) \{ teorik \}}$$

Bataryaların özgül enerjisi 30 (W/kg)'da 60 ÷ 100 (W-saat/kg) ve özgül güç ise maksimum 60 ÷ 100 (W-saat/kg) olarak ölçülmüştür. Bataryanın çevrim ömrü % 100 derin şarjda 300'den fazladır. Bu tip bir bataryanın çalışma ömrü 5000 (saat) üzerindedir ve birim maliyeti 100 (\$/kW-saat) olarak belirlenmiştir.

Bir diğ er Li hü cresi de $\text{Li}_4\text{Si}/\text{LiCl} - \text{KCl}/\text{FeS}_2$ hü cresidir. Bu sistemin teorik özgül enerjisi 944 (W-saat/kg)'dır ve pratikte 200 (W-saat/kg) özgül enerjisi ile şehir içinde 400 (km) kullanım sağlar. Bu bataryalar düşük özgül güçlerde, 180 (W-saat/kg) da, 700 çevrim ve yaklaşık iki yıllık ömür verir (15000 saat). Bataryanın birim maliyeti ise 100 (\$/kW-saat)'tir. Sistemin kimyasal denklemi aşağıda verilmiştir.



Bu sistemde depodan gerçekleş en sızı ntı, yüksek iç direnç, yüksek maliyetli seperatörler ve ısı kontrolü probemleri görülmektedir. Bu sistemi geliştirme ç abaları içinde, iki kutuplu hü cre tasarlaması, Li-Si elektrodların kullanımının geliştirilmesi, seperatörler üzerine ç alışmaları sayılabilir



Şekil 2.16. LiAl/FeS_2 hü cresinin kesit ş eması.

Düşük özgül enerji, hücre başına düşük voltaj, LiAl toplanması, kapasite kaybı, yüksek seperatör maliyeti, depo sızıntıları ve ısı kontrolü bu sistem için sayabileceğimiz başlıca problemlerdir.

Tablo 2.2 . lityum sülfat GM elektrikli araçları ve hibrid araçlarının karşılaştırmalı tasarım sonuçları.

	EV1	EV2	EV3	H1	H2	H3
Güç, kw	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Enerji, kw-h	40.0	40.0	40.0	18.0	15.0	15.0
Şarjda max voltaj, V	400	400	400	400	400	400
Toplam hücre sayısı	378	570	570	378	380	570
Hücre çapı, cm	16.1	13.4	13.4	16.1	16.3	13.4
Seperatör kalınlığı, mm	1.2	1.2	0.5	1.2	1.2	0.5
Batarya ağırlığı, kg	282.4	281.5	265.2	161.3	137.0	125.2

2.4. Çinko - bromin bataryaları

Çinko bromin bataryalar, elektrikli araçlarda kullanılmak üzere geliştirilen, düşük üretim bedelli (28 \$/kwh) ve iyi bir performans gösteren karakteristiklere sahip bataryalardır. Bunlara rağmen , elektrikli araçlarda , kurşun-asit bataryalar hakimdir. Bununla beraber, kurşun-asit bataryalar, üretim maliyeti, ağırlık, yavaş şarj olma gerekliliği, bakım onarım ve benzeri çeşit alanlarda sınırlı hizmet verebilmektedir.

Çinko bromin bataryalar, bugünkü kurşun asit batarya teknolojisinden daha büyük avantajlar sunmaktadır. Bu

sistemde, yakın geçmişte , sürekli ilerlemeler kaydedilmiş ve sistem, ileri bir batarya sistemi adayı olarak güze çarpmaktadır. Çinko-bromin sistemi için üretim maliyeti, kurşun-asit batarya üretiminin yaklaşık yarısı kadardır. Bu düşük maliyet pahallı elemanların kullanılmaması ile elde edilmiştir. Elektrolit malzemesi, doğrudan düşük bedelli ticari malzemelerden sağlanabilmektedir. Bataryaların yapısı, hemen tümüyle plastiktir.(Elektrotlar bile plastik içerir.) Geniş alanda plastik kullanılması, düşük ağırlık maliyet ve elemanların toplanmasında bir araya getirilmesinde kolaylık sağlar.

Örnek bataryalardaki elektrod ve elektrolitlerin performansı, tipik 20 (kwh)'lık tasarımda, 60 (Wh/kg) ile 130 (Wh/kg) arasındadır. Enerji ve güç yoğunluğu, 80(Wh/kg) ile 205 (Wh/kg) arasında elde edilebilir. Değişik şekilde bağlantılarla, batarya gurubu 36 (W) - 240 (W) arasında tasarlanır. Sistemin şarj verimi (d.a. /d.a olarak) % 70 dolaylarında iken, 400 kezden daha fazla derin dolma boşalma olanağı vardır.

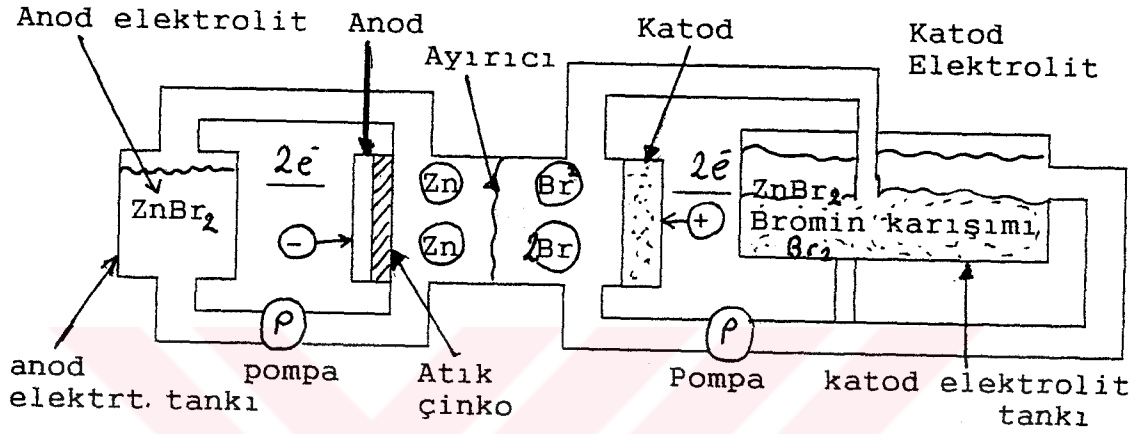
Bataryanın çalışması;

Çinko - Bromin bataryaların çalışması tümüyle elektrolit dolaşımına bağlıdır.Elektrolit dolaşımına dayalı, gelişmiş batarya tasarımları, çeşitli çiftler için önerilir. Bunlardan birkaçı, kurşun-asit, çinko-nikel, demir-nikel, çinko-klorin ve çinko -bromin olarak sayılabilir.Elektrolit

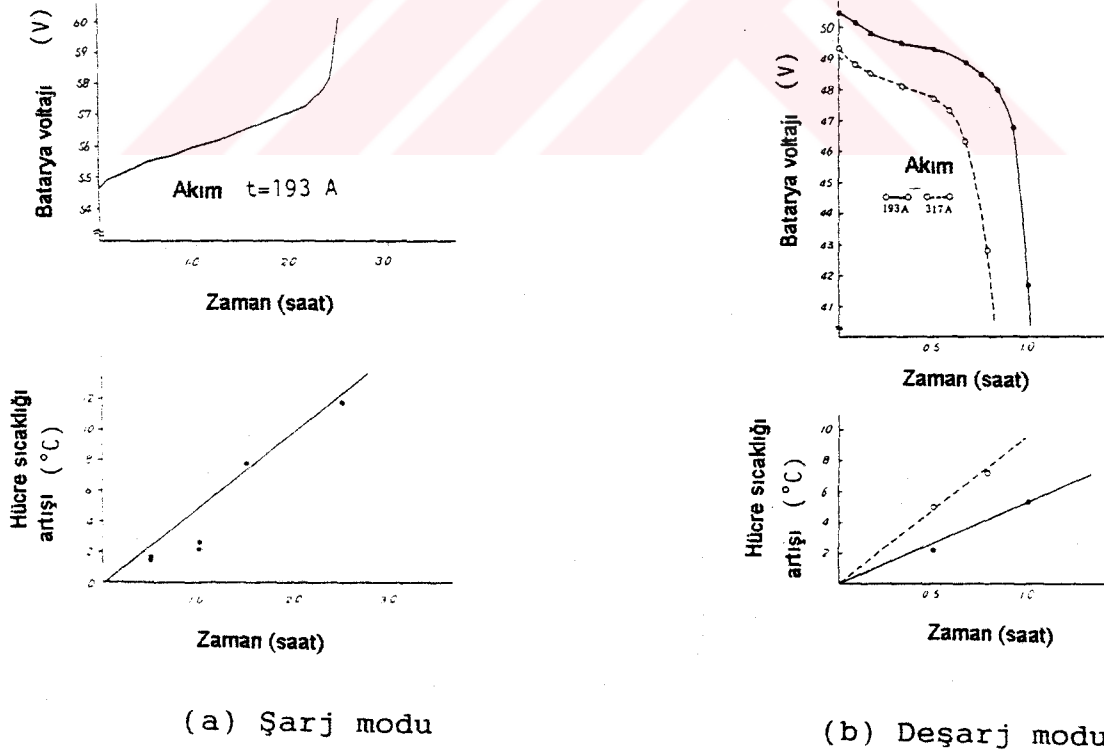
dolaşımı genellikle, etkili maddeyi beslemek, üretimi harekete geçirmek, sıcaklığın yayılmasına yardımcı olmak ve elektrolitte eş dağılımı sağlamak için kullanılır. Dolaşım sistemi, tasarımı karmaşıklaştırır, fakat buna karşın daha iyi performans ve daha yüksek enerjiye izin verir.

Çinko-Bromin bataryada üç ana eleman vardır. Elemanlardan birincisi, asıl elektrokimyasal maddenin yer aldığı elektrokimyasal bölümdür. ikincisi ise, elektrokimyasal bölümden dolaştırılan çinko-bromin ve bromin karışımının sulu çözeltisi olan, elektrolittir. Üçüncü bölümü, pompa ve dolaştırılan elektrolitin depo edildiği bölümler oluşturur. Şarj sırasında, negatif elektrod çinko ile kaplanırken, pozitif elektroddan bromin açığa çıkar. Bromin, karışım ile tepkimeye girerek, ikinci bir şekle dönüşür. Bromin yönünden zengin bu madde, elektrokimyasal bölümün dışına pompalanır ve çekimi ile depodaki katot birikintisi ayrılarak, çökeltilir. Bu batarya sistemi ile şarjı uzun süre korumak mükemmel şekilde korumak olasıdır. Buna neden olan, bromin çinkodan ayrı olarak uzakta saklanmasıdır. Deşarj sırasında, katot birikintisi kapakçığı açılır ve bromin karışımı, elektrokimyasal bölümü yeniden besler. Çinko ve bromin, elektrokimyasal tepkime ile orjinal şekline döner ve çinko bromin çözeltisi oluşur. Şarjda alınan enerji böylece serbest kalır. Ayırıcı (seperatör), anod ve katot çevrimlerinin doğrudan karışmasını önleyerek, kendi kendine deşarj olayı azaltılmış olunur.

Sabit olarak düşünölen bu bataryaların, hareketli bir elektrikli araca uygulanması için, öncelikle kontrol ve yardımcı devrelerin uygunlaştırılması gerekir. Depo hacminin değıştirilmesi gerekmez fakat depo şeklinin ve düşey düzlemlerin, araca uygun şekilde yeniden tasarlanması gereklidir.



Şekil 2.17. çinko bromin batarya sisteminin çalışma şeması.



Şekil 2.18. çinko bromin batarya özellikleri.

Bu bataryalar, çalışması için sirkülasyon pompasına ihtiyaç duyan elektrolit dolaşımli batarya tipidir. Şekil 2.17. çinko - bromin batarya çalışma prensibini gösterir. Elektrolit sulu çinko bromin çözeltisi ve bromin karışımlarını içerir. Şarjda çinko negatif elektrodan ayrılır ve pozitif elektrod yüzeyinde tekrar oluşur. Mevcut bromin, bromin karışımıyla reaksiyona girer ve tuz karışımı olarak tankta depolanır. Her şarj -deşarj çevrimi için negatif elektrod yüzeyindeki çinko dağılımının birleştirilmesi istenir, aksi taktirde çinko yoğunluğu iç depolama ve dentride oluşumuna sebep olur. Çinko - bromin bataryası oda sıcaklığında çalışabilir ve bakımı kolay ve ucuzdur.

Elektrodlar iletken karbon plastikten yapılmasına rağmen borular ve elektrolit tankı plastikten yapılır. Seri üretim koşullarında batarya maliyeti azalacaktır. Tablo 2.3. test için kullanılan 10 KW / 80 KWH'lik bir bataryanın özelliklerini gösterir.

Tablo 2.3. çinko bromin batarya özellikleri.

Deşarj gücü	_____>	10	(kW)
Şarj gücü	_____>	12.5	(kW)
Deşarj kapasitesi	_____>	80	(kW)
Voltaj oranı	_____>	50	(V)
Konfigrasyon	_____>	(30sx3p)x4p	

Birim hücre,			
Elektrod alanı	_____>	1600	(cm)
Elektrod akım yoğunluğu	_____>	13	(mA/cm)
Voltaj	_____>	1.67	(V)
Kapasite	_____>	166	(Ah/8h)
Boyutlar	_____>	1.37x1.59x1.67	(m)

Yardımcı ekipmanlar,
Elektrolit sirkülasyon pompası
Elektromanyetik valfler
Elektrolit soğutma sistemi
Su ayırıcı

Çinko - bromin batarya sistemi için, batarya şarjı esnasında elektrolit sirkülasyon pompası defosu, deşarj ve stand by işlem modu olarak düşünüldü. Stand by işlemi, şarj ve deşarj akımı olmaksızın elektrolitin elektroda doğru akışıdır. Bu defo hücre sıcaklığını artırır ve bu da hücre plastiğinde deforme oluşa ve elektrolit sızıntısına yolaçar. Pompa dursa bile elektrod içindeki elektrolit 2 saat şarj ve 1 saat deşarj işlemi mümkün olur. Sıcaklık artışı batarya akımına bağlıdır. Aşırı şarj batarya akımını 60 (V)'a yükseltir ve bu sayede voltaj koruma sistemi çalışır ve şarj işlemi durdurulur. Stand by metoduyla iç deşarja rağmen elektrod sıcaklığı 1 (° /saat) yükselir.

Bromin içeren elektrodlar çinko bromin ve iletkenliği artıran tek değerlikli tuzların bileşimidir. Bromin karışımları hidrofobiktir ve ikinci faz olarak ayrılırlar. Bu reaksiyon serbest bromin yoğunluğunu azaltırken elektrolitte halen sonlu yoğunluklu serbest bromin vardır. Sulu bromin organik maddelerle hemen birleşebilen oldukça güçlü bir okside edicidir.

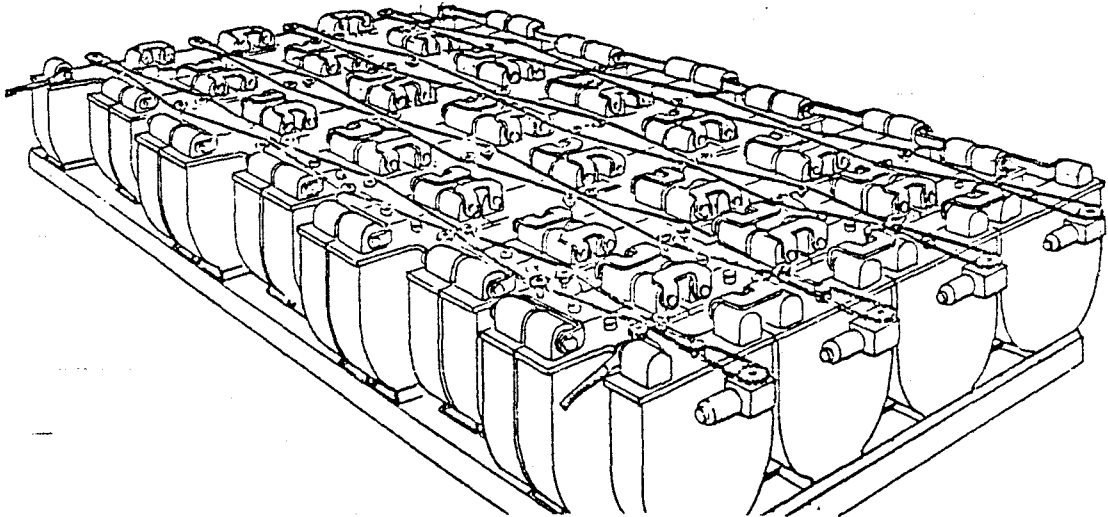
Exon şirketinde keşfedilen çinko - bromin bataryalarında kullanılan kullanılan karbon plastik elektrod iki karbon yüklü polyolefinik yapraklardan yapılmıştır. Her iki

yaprak da etilen propilen, siyah karbonlu kopolimer, fiberkarbon, fiberglass ve dumanlı silis asidinden yapılmıştır.

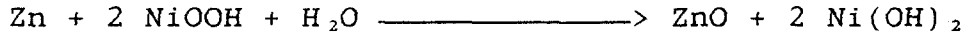
2.5. Çinko - nikel oksit bataryaları

Elektrikli araçlarda kullanılan bir diğer batarya türü ise, iki elektrod arasında dönen kapak sistemli bir dizaynı olan çinko nikel oksit bataryasıdır. Bu kapaklar bir saniyede yaklaşık bir dönüş yaparlar ve şarj akımı üretirler. Şekil 2.19. 1134 (kg) [2500 (lb)]'lık elektrikli binek araçlarında kullanılan çinko nikel oksit batarya sistemini gösterir.

ZnNiO bataryasının 1000 ile 3000 kuvvetli deşarj olacağı tahmin edilir. Toplam enerji verimi % 60-65 arasındadır. Sistemdeki dönen kapak mekanizmasını kullanmak için gereken güç, 2.5 (W/KW-saat) olarak hesap edilir.



Şekil 2.19. çinko-nikel oksit batarya grubu ve dönen kapak mekanizması



$$E = 1.735 \text{ (V)}; 326 \text{ (W-saat/kg) \{ teorik \}}$$

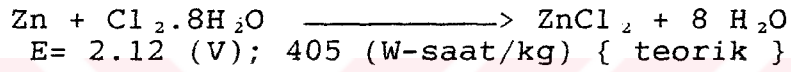
Çinko nikel oksit hücreleri genellikle 30 (W/kg) güçte 60 ÷ 75 (W-saa/kg) özgül enerjiye, 35 (W-saat/kg) özgül enerjide 100 ÷ 150 (W/kg) güce sahiptir. % 80 derin deşarjda, 25 ÷ 50 (W/kg) güçte 100 ÷ 200 çevrim elde edilebilir. Tüm bu şartları taşıyan bataryanın maliyeti >100 (\$/kW-saat)'tir.

Hücrenin yüksek özgül enerjisi olmasına karşın % 100 derin deşarjda minimum çevrim ömrü olarak (elektrikli araçlar için istenen değer) 300 çevrime varamamakta sadece 100 ÷ 200 çevrimde kalmaktadır. Çevrim ömrü çinko elektrod ve seperatörün kimyasal davranışıyla sınırlıdır. Çinko elektrodun (1) hücre ömrünü kısıtlayan yeniden şarj esnasındaki dentride oluşumu (2) çevrim esnasında çinkonun dağılışı (3) çevrim esnasında yoğunlaşma ve (4) deşarj esnasında pasifize olma gibi dezavantajları vardır. Ayrıca O_2 açığa çıkması nedeniyle hücre sızdırmazlığının sağlanması ve seperatörlerin iyileştirilmesiyle bu bataryaların araçlarda kullanımı artacaktır.

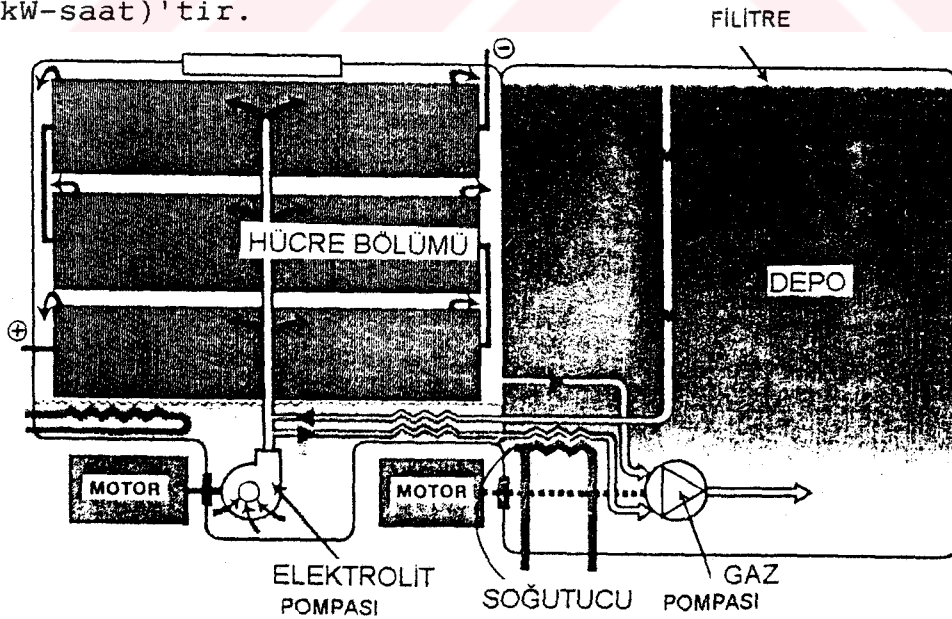
Bütün bu olumsuzlukları yok etmek için inorganik seperatör kullanımı (ZrO_2 , Ni(OH)_2 ...), mikro gözenekli organik seperatörler, sızdırmaz hücreler, cürufsuz elektrodlar ve 400 (A-saat)'lik hücrelerin tasarlanması gibi geliştirme önlemleri üzerinde çalışılıyor.

2.6. Çinko klorin bataryaları

Elektrikli araçlar ve stasyonel uygulamalar için çinko klorin batarya sistemi üzerinde birkaç yıldır çalışılıyor. Çinko negatif elektrodur. Klorin ise yeşil renkli, $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ şeklinde soğutma deposunda hüce dışında depolanır. Bu sistem ZnCl_2 dolaşımıyla buz haldeki $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 'yu eritir ve pozitif karbon elektrodlarıyla desteklenir. Sistemin kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir.



Sistemin $3 \div 4 \text{ (W/kg)}$ güçte özgül enerjisi $>66 \text{ (W-saat/kg)}$, ve gücü 70 (W/kg) 'dir. 1 (kW-saat) 'lik sistem ve elektrolit bakımlı hal için çevrim ömrü 1400 olarak hesaplanmıştır. Bu şartları yerine getirecek birim batarya maliyeti ise $>100 \text{ (\$/kW-saat)}$ 'tir.

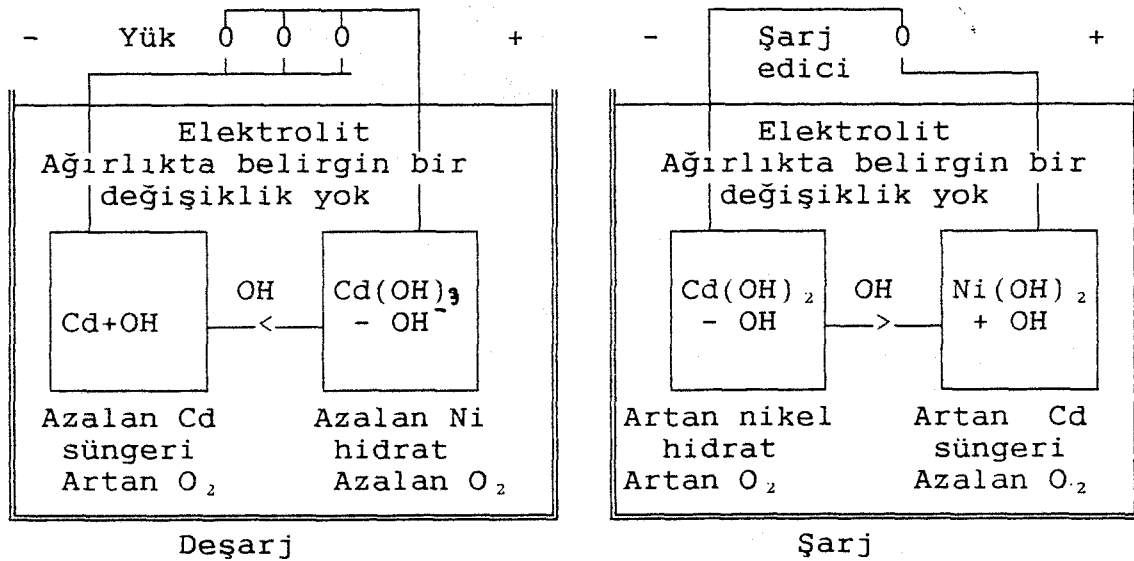


Şekil 2.20. çinko klorin sisteminin şematik diyagramı.

Sistemin, hacimli ve hantal, karmaşık, özgül gücünün düşük, kirlenmeye karşı hassas, düşük verimli, sızdırmazlık contaları gibi bazı olumsuz yanları vardır. Bu sistemin olumsuz yanları giderildiğinde tcari olarak kullanılabilir hale gelebilir.

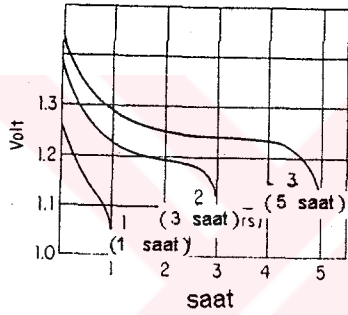
2.7. Nikel kadmiyum bataryaları

Nikel kadmiyum sisteminde, pozitif plakanın aktif malzemesi iletkenliği artırılmış grafit nikel hidrattır. Negatif plakanın aktif malzemesi ise iletkenliği artırılmış kadmiyum süngeridir. Bataryada kullanılan elektrolit 77 (°F) 1.160 ÷ 1.190 ağırlıklı KOH'tir. Az miktar lityum hidroksit kapasiteyi artırmak için ilave edilir. Ni-Cd sisteminin şarj ve deşarj reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

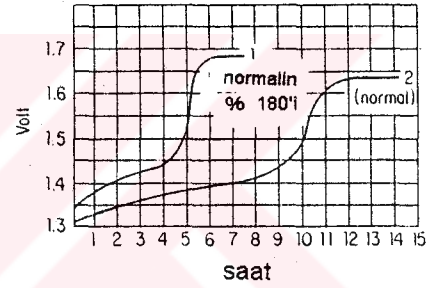


Şekil 2.21. Ni-Cd bataryalarındaki kimyasal işlemler.

Tamamiyle şarjda negatif plakanın aktif malzemesi metalik kadmiyum sünger iken nikel hidratlı pozitif plaka oksitlenir. Batarya deşarj olduğunda metalik kadmiyum süngerli negatif plaka oksitlenirken pozitif plakadaki aktif malzeme daha düşük oksite indirgenir. Reaksiyon bir grup plakadan diğerine iyonların transferini içerir. Bu tür bataryalarda elektrolit reaksiyonda rol almazken ağırlığıda şarj ve deşarj sırasında değişmez.



Şekil 2.22. 1-, 3- ve 5 saat oranlarında deşarjda hücre voltajı.

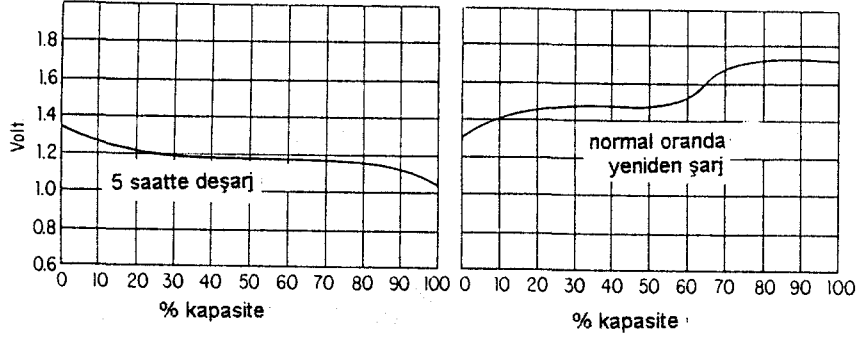


Şekil 2.23. normal ve normalin % 180'i oranında şarjda hücre voltajı.

Deşarjdaki Ni-Cd hücresinin nominal voltajı 1.2 (V)'tur. Aynı zamanda bu hücrelerin voltajı hücrenin açık devre, şarj veya deşarjda olup olmamasına bağlıdır. Açık devre voltajı 1.30 ÷ 1.38 arasında değişebilir ve şarj hali için bir gösterge değildir.

Şekil 2.22. üç değişik oranda voltaj düşüşlerini gösterir. Birinci eğri 1 (V) normal gerilimin beş katı kadar oranda

deşarj olan hücre voltajını gösterir ki bu oran normal sayılır. İkinci eğri 1(V)'luk gerilimin % 160 kadar orandaki hücre voltajını gösterir.



Şekil 2.24.deşarj ve yeniden şarj özellikleri.

Hücre şarja bağlandığı zaman önce voltajı hızla yükselir ve sonra bu hız normal artış hızına düşer. Bu sırada şarj % 70 tamamlanmıştır. Bu noktadan itibaren voltaj ilk andakinden daha da hızlı bir şekilde artar ve sonunda sabit bir seviyede kalır.

Elektrolit sıcaklığı sıfırın altına düştüğünde buz kristelleri oluşur. Aynı zamanda Ni-Cd hücresi 120 (°F)'ı aşmayan hücre sıcaklıklarında herhangi bir oranda şarj edilebilir. Normal koşullarda voltaj 1.45 ÷ 1.47 (V)'a ulaştığı zaman hücrede gaz oluşumu başlar. Bu oluşum su harcamasını artırır. Gaz oluşumu başladığı zaman da şarj oranı normale düşer. Bu normal oran Ni-Cd sisteminde sekiz saatlik oranda genelde 20 amper/ 100 amper-saat'tir.

2.8. Nikel hidrojen bataryaları,

Sistemin kimyası oldukça aşıktır. Katalitik gaz elektrodu yakıt hücresi teknolojisinden alınmıştır. Bu elektrod oldukça dengeli, uzun ömürlü ve hafif bileşenlidir. Sistemde sıvı bir alkalın elektrod ve hareketsiz (ağır) inorganik ayırıcı kullanılır. Deşarj anodik malzemesi hidrojen gazı iken hücre veya batarya gaz kaçağını önlemek için sızdırmaz bir kaba yerleştirilmelidir. Temel hücre reaksiyonları tablo 2.4. de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. temel Ni-H₂ hücre reaksiyonları.

Nikel elektrod



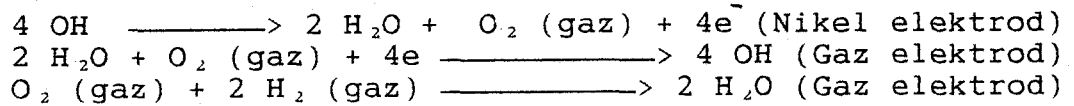
Katalitik elektrod



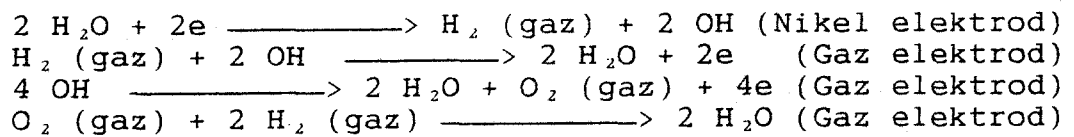
Tüm hücre reaksiyonu



Aşırı şarj



Aşırı deşarj



Hücre şarj olduğunda nikel elektrodteki nikel hidroksit

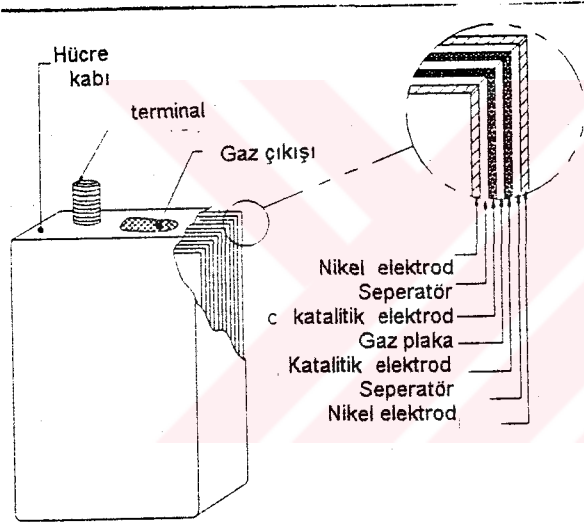
aktif malzemesi daha yüksek konuma okside olur. Basıncı yavaşça artırmak için hücre şarj olduğunda gaz hücre kabının içinde depolanır. Hücre deşarj olduğunda aktif nikel malzemesi kendi orjinal haline indirgenir ve hidrojen gazı gaz molekülleri başına iki elektron üreterek oksitlenir ve su oluşturur. Reaksiyona giren H_2 gazı azaldıkça basınç eski değerine düşer. Hücre basıncı hücre şarj halinin direkt yansımasıdır. Hücre kabının basıncı sabit ve H_2 de ideal halde ise ideal gaz kanunu $P.V=n.R.T$ formülü uygulanabilir. Burada "n" hidrojen gazının molekül sayısıdır. Net ortalama deşarj voltajı 1.25 (V)'tur.

Aşırı şarj ve deşarj sırasında hücrede net bir reaksiyonun olmadığı görülebilir. Bu belkide nikel hidrojen kimyasının en önemli özelliklerinden birisidir. Hücre hiçbir net etki olmaksızın aşırı şarj edilebilir. Diğer hiçbir batarya sistemi bu töleransa yaklaşılamaz. Aşırı şarj sırasında nikel elektrodunun oksijen ürettiği bilinir. Bununla birlikte, aşırı miktar hidrojen gazı ve iyi bir katalitik elektrod ışığı altında sonuç su oluşumuyla noktalanır. Oksijen oluştuğu hızla H_2 ile reaksiyona girer. Sistem hızla dengelenir ve basınç artışı durur. Reaksiyon egzotermiktir (dışarı ısı veren) ve batarya tasarımında aşırı şarjda bu potansiyel ısınma etkisi istenmektedir. Keza nikel elektrodun aşırı deşarjda da hidrojen gazı ürettiği bilinir ve sonuç yine su oluşumuyla noktalanır. Basınç yine dengelenecek ve sabit kalacaktır. Aşırı şarj ve deşarjın

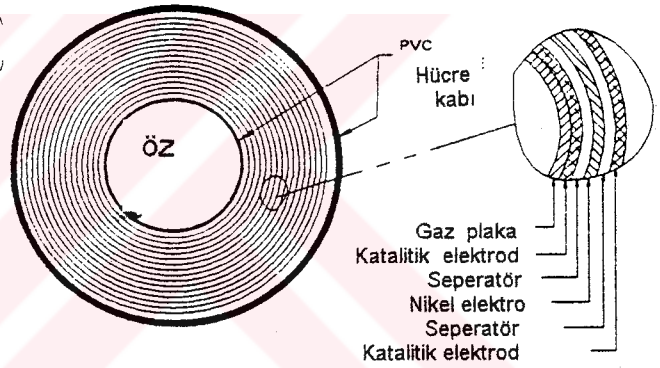
tek sonucu ısı oluşumudur. Birkaç kelimeyle hücre çalışmasını özetlemek gerekirse; hücre şarj olduğunda basınç şarj akımıyla orantılı olarak artar. Nikel elektrod tam şarj olduğunda oksijen oluşur ve bu oksijen sistemdeki hidrojen ile birleşerek su oluşturur. Hücre deşarj olduğunda, hücrede depolanan hidrojen gazı deşarj akımı oranında harcanır ve basınç düşer. Nikel elektrod aşırı deşarja ulaştığında tekrar hidrojen gazı oluşur ve bu da gaz elektrodta oksijenle birleşerek yine suyu oluşturur. Dengeli hal durumu bozulur, basınç yükselir ve maksimumda sabit kalır. Hücre, sabit akımda şarj veya aşırı şarj olduğunda, basınç zamanın fonksiyonu olarak lineerdir. Basınç ölçümü basit bir basınçölçer ile kolaylıkla ölçülebilir. Diğer bataryalarda işlem bu kadar kolay değildir.

Bu tip hücreler çok pahalıdır. Uydular için kullanılan tipik bir Ni-H₂ hücre tasarımı 6000 (\$) 'a kadar çıkabilmektedir. Hücrelerin içinde elektrodlar ve ayırıcıların dışında herhangi bir iç ekipman kullanılmaz. Bu basit yapı maliyete de olumlu yönde yansıyacaktır. Bu hücrelerde hidrojen gazı sızmasını önlemek için gaz elektrodlar sırt sırta sabitlenmiştir. Bu tip bir tasarım şekil 2.25. de gösterilmiştir. Gaz elektrodların bir yüzünde elektrokatalitik tabaka, diğer yüzünde ince delikli (boşluklu) gaz difüzyon zarı bulunur. Hidrojen gazı kontrollü şekilde zara nüfuz eder ve katalitik tabakada

reaksiyona girer. Sırt sırta sabitlenen iki elektrod arasına, zara doğru gaz çıkışını sağlamak için ince plastik bir gaz plaka konur. Nikel ve gaz elektrodlar seperatörlerle ayrılırlar. Hücre sıvı potasyum veya sodyum hidroksit ile aktif hale getirilir. Hücrenin tabanında daha fazla elektrolit bulundurmak için bir elektrolit deposu da vardır. Hücre kabı plastiktir ve ucuz olarak dökülebilir ve terminalleri arasındaki gaz giriş - çıkış bölümü hariç tamamen sızdırmazdır.



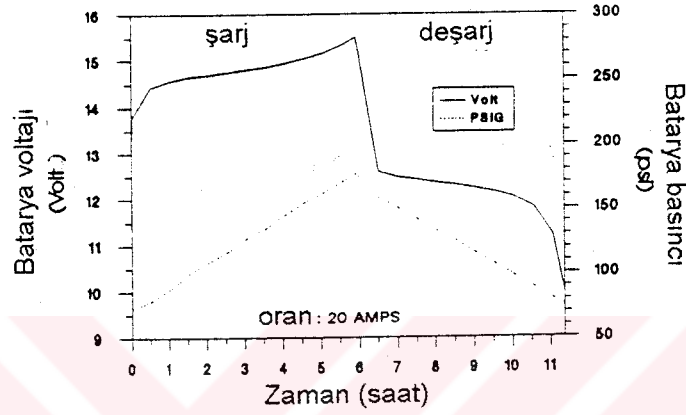
Şekil 2.25. prizmatik nikel hidrojen hücresi.



Şekil 2.26. silindirik nikel hidrojen hücresi.

Prizmatik batarya Eagle-Picher laboratuvarlarında New Mexico şehrinde test edildi. Test sonucu batarya çıkışları 120 (A-saat) ve 12 (V) olarak bulundu. Batarya kabı propandan üretildi. Maliyet açısından incelendiğinde ise aynı işlevi gören (aynı çıkış şartlarını taşıyan) bataryalarla rekabet edebilir. Gelecekte kurşunun toksit etkilerinden dolayı

kullanımının kanunlarca yasaklanma oranının yüksek olduğunu, nikelin toksitlik oranını, yeniden kazanım malzemelerini ve ekonomik faydasını düşünürsek bu bataryaların daha çok rekabete açık olacağını görürüz. Şekil 2.27. Ni-H₂ bataryalarının şarj ve deşarj eğrilerini gösterir.



Şekil 2.27. silindirik Ni-H₂ hücresinin performansı.

Maliyetinin azaltılması koşuluyla gelecekte bu hücrelerin elektrikli araçlarda kullanılması yaygınlaşacaktır. Halen labaratuvar çalışmaları devam etmekte ve nikel-fiber kullanımıyla üretim maliyetinin düşürülmesine çalışılmaktadır.

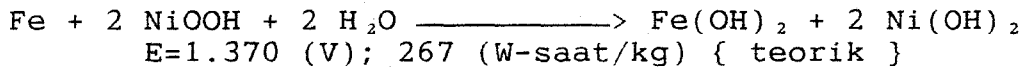
2.9. Demir nikel oksit bataryaları

Eski Edison hücresinin modern versiyonu olan (Fe/KOH/NiOOH) son zamanlarda üzerinde çalışılan bir bataryadır ve Pb/PbO₂ hücrelerinden daha fazla özgül enerjiye sahiptir.

Gelecekte Fe ve NiOOH elektrodalarda geliştirme çalışmaları, 200 ÷ 300 (A-saat) hücre tasarımları ve elektrikli araçlar için kullanılacak boyutlarda batarya tasarımları bu sistemin diğer bataryalar karşısında daha rekabete açık hale getirecektir.

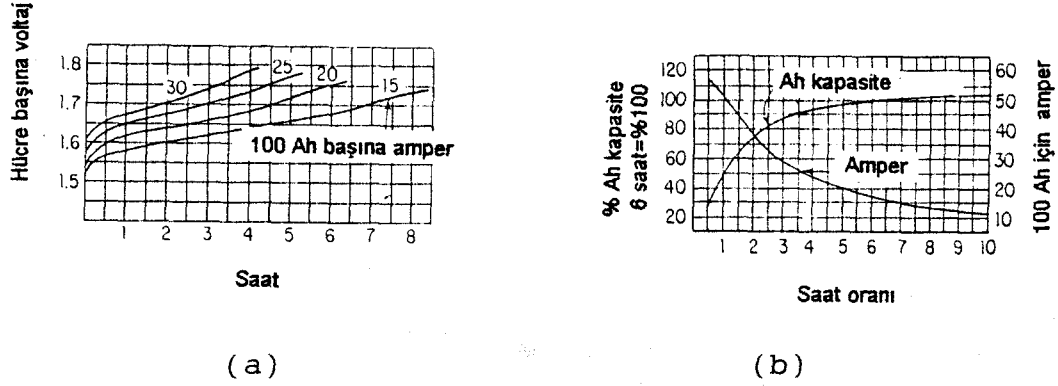
Ancak yeniden şarj esnasında açığa çıkan H₂'nin açığa çıkması ve sızmasının önlenememesi, çalışma esnasında aşırı miktar ısıнын açığa çıkması, ≈ % 60 gibi düşük bir verimlilikte çalışması ve düşük sıcaklıklarda kapasite kaybı bu sistemin önemli problemlerindendir. Üstte bahsettiğim geliştirme çabaları bu problemleri kısmen de olsa ortadan kaldıracaktır.

Bu sistemden 10 (W/kg) güçte 40 ÷ 50 (W-saat/kg) özgül enerji, 10 (W-saat/kg)'da 50 ÷ 100 (W/kg) güç alınabilir. % 80 derin şarjda, 10 ÷ 25 (W/kg) güçte 300 ÷ 500 çevrim ömrü elde edilebilir. Bütün bu koşullar altında çalışan bataryanın maliyeti ise 100 (\$/kW-saat)'tir.



Tamamiyle şarjlı bir hücrede hücredeki aktif malzemeleri nikel oksihidrat (NiOOH), metalik demir sünger (Fe), potasyum hidroksit elektroliti (KOH) ve lityum hidroksitli sudur. Sonuç pozitif elektrodta nikel hidroksit ve negatif elektrodta demir hidroksit formunda oksijen transferidir.

Elektrolit reaksiyonda yer almaz, sadece bir transfer elemanı gibi davranır.

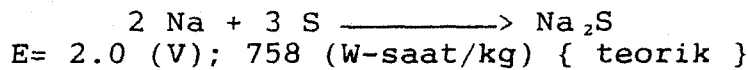


Şekil 2.28. (a) sabit deşarj ve yeniden şarjda tipik voltaj özellikleri ile (b) değişik oranlarda zaman - voltaj deşarj eğrileri.

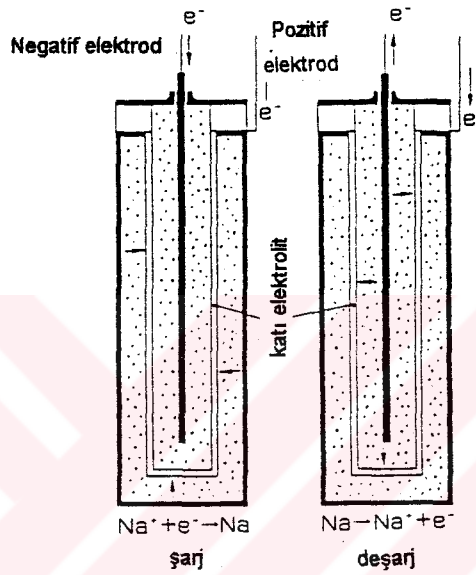
Bütün bunlara ilaveten iç direncinin fazla olması ve yüksek deşarj oranlarında ani voltaj düşüşleri bu tip bataryaların henüz elektrikli araç tahrikinden uzak olduğunu gösterir.

2.10. Sodyum sülfür bataryaları

Sodyum sülfür bataryalarının özgül enerjisi 30 (W/kg) güçte 85 ÷ 140 (W-saat/kg) ve özgül gücü ise 60 ÷ 130 (W/kg)'dir. Hesaplanan çevrim ömrü 200 ÷ 1500 arasında olup kullanım ömrü yaklaşık 3000 ÷ 15000 (saat) arasındadır. Bu koşullar altında batarya birim maliyeti 100 (\$/kW-saat)'tir. Bu bataryaların kimyasal reaksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir.



Sülfür ile temaslı olan malzemelerin sülfürün korozyon etkisinden dolayı korozyona uğraması, sızdırmazlık elemanlarının pahalı olması düşük maliyetli elektrolit ihtiyacı, özgül gücün düşük olması sistemin dezavantajlarıdır. Aşağıdaki şekil 2.29.'de Na/S hücresinin bir şeması gösterilmiştir.



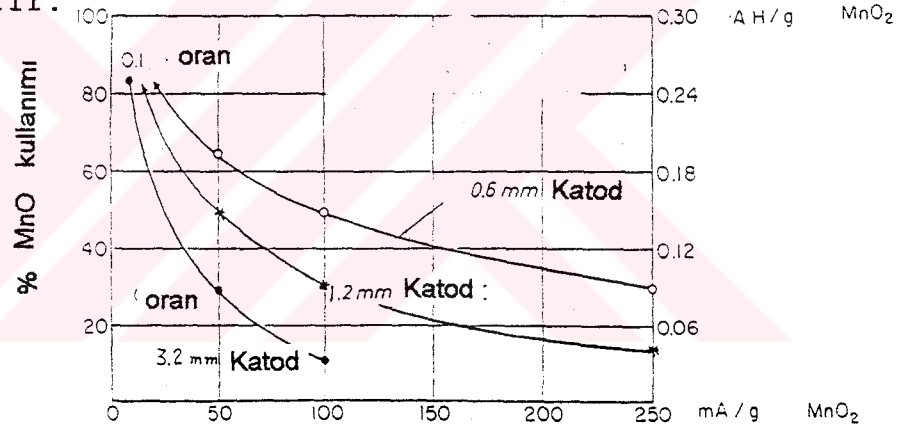
Şekil 2.29. Na/S hücresinin açık görünüşü.

2.11. Alkalın çinko mangan dioksit bataryaları

Bu bataryalar 1970'li yılların başında A.B.D. ve Finlandiyada ticari olarak üretilmeye başlandı. Bununla birlikte bu sistem Ni - Cd ve kurşun-asit sistemleriyle rekabet edecek iyilikte değildi. Fakat yıllar süren çalışmalarla bazı önemli gelişmeler sağlandı:

MnO_2 ile deşarj olmasını önlemek için çinko anodunun

kapasitesi sınırlandırıldı. Kafes yapının fiziksel sınırlamaları ve kafes dengeleyici ilavesi çevrim ömrünü iyileştirdi. Katoda katalizör ilavesi ile aşırışarj kapasitesi artırıldı. Uygun katalizör kullanımıyla, aşırışarj sırasında artan oksijen miktarı stokiyometrik olarak uygulanan akıma denktir. Son yıllarda hücredeki cıva bileşimi % 0.025'e (ağırlık bazında) düşürülebildi. İleride sıfırlanması için çalışmalar devam ediyor. Bu da çevreye verilen zararın önemli ölçüde azalması anlamına gelir. Seperatörler, kısmi deşarj halleri altında, 200 çevrimden daha fazlasına imkan tanırırlar. Şekil 2.30. MnO_2 kullanım verimini gösterir.

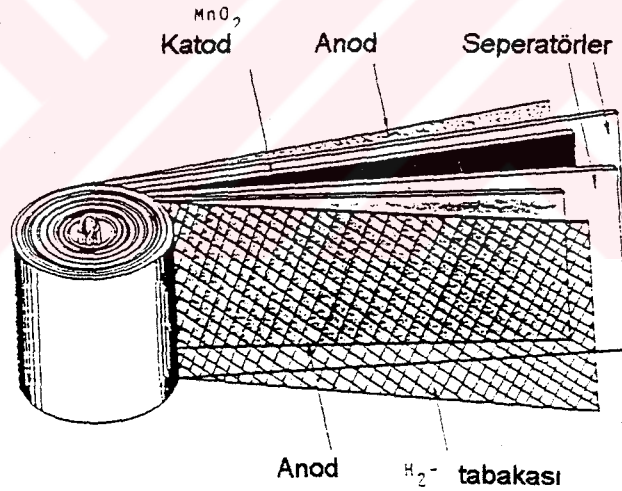


Şekil 2.30. MnO_2 kullanım verimi.

Tüm ticari spiral hücreler ucuz olarak seri üretilebilirler ve maliyetleri parakende satış fiyatlarıyla orantılıdır. MnO_2 -Zn hücrelerini içeren batarya, paralel olarak her biri 24 hücre içerecek şekilde 20 katmanda düzenlenmiştir. Katmanlar 30 (V) verecek şekilde seri halde birleştirilir. Nominal olarak bu, 25 (V), 24 (A-saat) veya 0.6 (KW-saat)'lik bir bataryadır. Ağırlığı 12 (kg) ve enerji yoğunluğu

50 (W-saat/kg)'dir. En yüksek güç yoğunluğu 24 (A) veya 600 (W), 60 (W/kg)'dir.

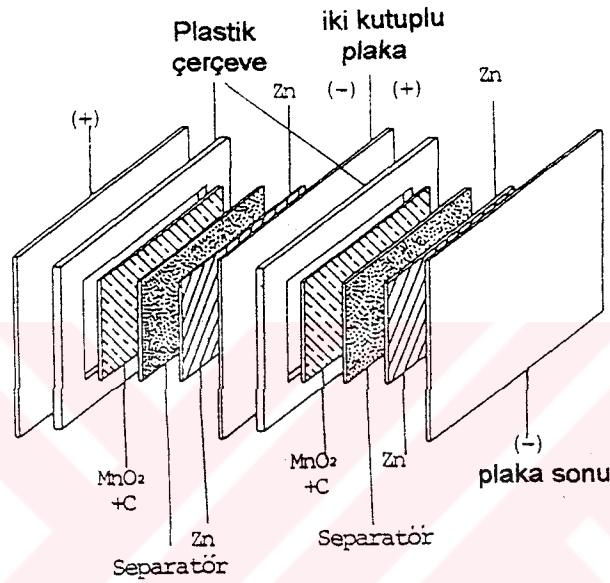
Bu bataryalar iki üç yıl kullanım ömrüne denk $150 \div 200$ (A-saat) kullanım kapasitesi sunarlar. Bataryalar kullanılmadıkları takdirde ve yaz sıcaklarında bile mükemmel bir süreklilik sağlayabilirler. Bu özellikleri 50 ($^{\circ}\text{C}$)'nin altında kendi kendine deşarj olan ve sık kullanılmadığı durumda voltaj kaybına uğrayan Ni - Cd hücreleri ile karşılaştırıldığında önemli avantajlarından birisidir. MnO_2 -Zn bataryaları kapasiteleri yarıya ininceye kadar 50 derin şarj sağlayabilirler.



Şekil 2.31. yuvarlak sarımlı MnO_2 - çinko hücresi.

Şekil 2.30. ince katmanlı katodların (0.6 mm) çok verimli olduklarını gösterir. Spiral hücreler geniş yüzey alanları temin ederler ve bu yüzden akım yoğunluğu 5 (mA/cm^2)'ye düşürülür. Bu hücrelerde çinko kullanılmayıp yerine

hidrojen kullanıldığından çevrim davranışlarında çinko etkisi yoktur ve bu yüzden ömür yükseltilmiştir. Bu tip spiral bir hücre şekil 2.31. de gösterilmiştir. Katod ve anod malzemeleri, plastik ve grafitten yapılan iletken katmanların yüzeyine yerleştirilir. İki kutuplu batarya şekli ise şekil 2.32. te gösterilmiştir.



Şekil 2.32. İki kutuplu MnO₂-Zn batarya tasarımı.

2.12. Alkalın metal hava (oksijen) bataryaları

Alkalın metal oksijen bataryalar, ilk depolarizeli eski hava hücreleri gibi aynı sistem üzerine temellenmiştir. Pozitif elektrod, oksijenin azaldığı ve negatif elektrodun okside olan bir metal kimyasal yapısıyla temsil edilir. Yüksek oranlı oksijen elektrodlarının keşfi ve oksijenden metale tekrar dönüşüm olasılığı depo sistemlerinin kullanımını mümkün kılmıştır.

2.12.1. Çinko hava bataryaları

İlk yeniden şarj edilemeyen çinko-hava hücreleri güvenilir uygulamalarda kullanılır. Son zamanlarda, uzun zaman aralıklarında düşük seviye gücü ve askeri kullanımlar için daha iyi çinko-hava hücreleri üretildi. Bu ilk hücrelerin çinko maliyetinden dolayı sivil amaçlar için yararlı bir güç kaynağı olacağı düşünülmez. Mesela, 1 kg çinko yaklaşık 1 kw-saat depolu enerji temin edebilir. Bu ortalama araç için 3 (mil) yeterli olur. Saf çinko yakıt maliyeti 0.30 (\$/KG) ve 0.10 (\$/MiL) kadardır.

Şu an keşfedilmiş ve en yüksek ilgi çeken yeniden şarj edilebilir metal-hava sistemi çinko-hava bataryasıdır. Bu sistem, diğer volt hücrelerinde kullanılanlara benzer bir anod ve yakıt hücrelerinde kullanılanlara benzer hava (oksijen) katodu kullanılır. Bu bir yarı yakıt pilli bataryadır. Kullanılan elektrolit, alkalin depo bataryalarındakine benzer KOH çözelti konsantrasyonudur. Bu tür bataryalarda hücreler iki türlü yapılır : durgun elektrolit ve dönüşlü (devridaimli) elektrolit tipi. İlk etapta her deşarjdan sonra okside olmuş çinko elektrodları uzaklaşır ve yeni elektrodla (taze çinko) ile yer değiştirir. Bu olay sadece mekanik tip hücrededir. Sabit elektrodlu çinko - hava bataryaları 100 (W-saat/lb) 'lik projelendirilmiş enerji kapasitesine göre üretilmiştir.

ikinci tip yeniden şarj edilebilir hücrelerde, sistem aynen veya hücreli sistemlere benzer. Çünkü elektrolit, yeniden şarjı kolaylaştırmak için sisteme gönderilir ve hava ile birlikte hücreye girmesi için zorlanır. Bununla birlikte, boru ve pompa kayıpları da vardır. 60-80 (W-saat/lb) toplam spesifik enerji, 50 (kw-saat) kapasite ile büyük boy bataryalar projelendirilir.

Çinko - hava bataryaları araca yaklaşık 150-200 mil mesafe sağlayabilirler. Bu batarya grubunun ağırlığı 1000 (lb) dir ve ömrü 6 aydan 1 yıla kadar değişir. Bunun dışında oda sıcaklığında çalışması, tüm bileşenlerinin yenilenebilir olması ve sıvı olmayan elektrolite ihtiyaç duyması avantajları olarak sıralanabilir.

2.12.2. Magnezyum hava bataryaları

Magnezyum - hava bataryaları yıllarca askeri amaçlar için kullanıldı. NaCl çözeltisini elektrolit olarak kullanarak, hücre 10 (mA/cm) hava elektrodundaki akım yoğunluğunda 1.30 (Volt)'dan yaklaşık 60 (W-saat/lb) enerji yoğunluğunu verirken 60 (mA/cm) de 1.00 (V) verdi. Ticari olarak henüz kullanıma hazır değildir.

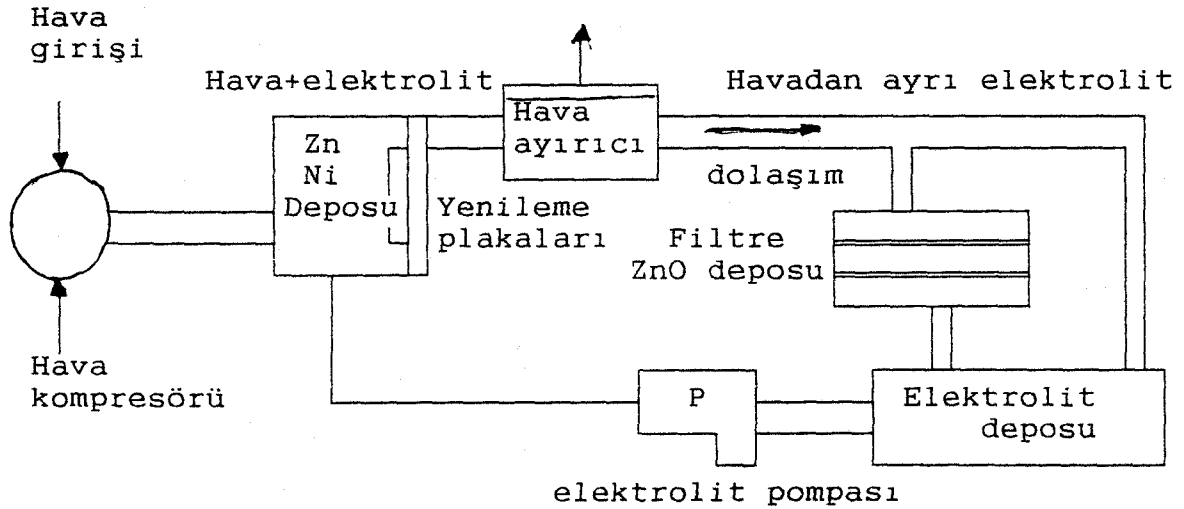
2.12.3. Sodyum hava bataryaları

Son zamanlarda üzerinde çalışılan sodyum hava sistemi

saf sodyum ile sulu elektrolit arasında orta bir adım gibi civalı karışım kullanır. Bu seri şekilde bağlı bir civalı hava ve civalı sodyum hücrelerinin birleşimidir. Civalı hava hücresinin elektroliti sulu sodyum hidroksit çözeltisi ve civalı sodyum hücresinin elektroliti erimiş tuzdur. Hücre yaklaşık 130 de çalışır. Net hücre reaksiyonu NaOH formuna hava ve su karışımı ile olan sodyum oksitlenmesidir. Tekrar şarjda sodyum yeniden şekillenir ve oksijen serbest kalır. Bu sistem halen daha test safhasındadır. Labaratuar sonuçları sodyum hava bataryaları ile 100 (W-saat/lb) üzerinde enerji yoğunluğunu verir.

Fakat maliyet büyük bir problemdir, çünkü sistem fazla miktar civaya ihtiyaç duyar. Bu da oldukça pahalıdır. Şu ana kadar, bu tür uygulamalar için maliyeti az ve yeterli performansta bir hava elektrodu bulunamadı. Bu da ileri araştırmaları daha ilerye erteler.

Aşırı hava + nitrojen



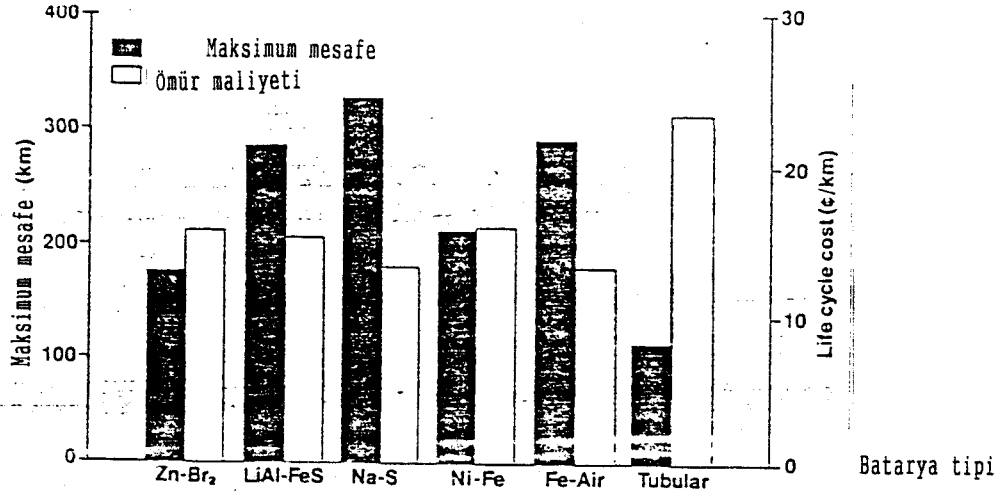
Şekil 2.33 . Zn-hava batarya şeması.

Metal hava elektrodları hava elektrodundaki yüksek polarizasyondan dolayı güç limitlidir. Maksimum güç yoğunlukları 30-40 (W/lb)'dir. Metal oksijen bataryalar daha iyi güç yoğunluğu veririler fakat araç gövdesinde oksijen depolama probleminin yanında maliyet ve saf oksijen kullanım tehlikesi söz konusudur.

Lityum - hava bataryaları ise gaz tahrikli araçların enerji yoğunluğundan üç kat daha iyidir. Bu bataryalarla araç şehir içinde 400 mil ve şehir dışında 1000 mil yapabilir. Bununla birlikte batarya kimya yapısı çok karmaşıktır ve yeniden şarj edilemez.

Tablo 2.5. bataryaların karşılaştırılmış özellikleri.

BATARYA TİPİ	ENERJİ YOĞUNLUĞU (WH/Kg)	% 80 DEŞARJDA GÜÇ YOĞUN. (W/Kg)	MALİYET (\$/KWH)	%80 DEŞARJDA ÇEVİRİM ÖMRÜ
KURŞUN-ASİT; -DEĞİŞKEN ELEKTROLİTLİ -SİLİNDİR ELEKTROTLU -TEK KUTUPLU -İKİ KUTUPLU NİKEL-DEMİR NİKEL-KADMIYUM ÇİNKO-BROMİD LİTYUM-DEMİR SÜLFAT SODYUM-SÜLFÜR DEMİR-HAVA ÇİNKO-HAVA LİTYUM-HAVA İÇTEN YANMALI MOTOR	47 36 35 57 49 44 55 89 136 70 200 - 300 800 -1200 400 - 500	105 80 200 --- 103 110 88 100 180 83 --- --- ---	72 --- 63 --- 125 72 75 91 91 91 --- --- ---	181 + 800 - 1000 600 1200(TAHHİN) 2000 700 50 + 350 - 1000 810 + 48 + 6 - 12 mos YENİDEN ŞARJ EDİLEMEZ ---



Şekil 2.34 bataryaların maksimum ömür ve mesafe değişimi.

Bütün bu anlatılanların ışığı altında gelecekteki elektrikli elektrikli araç fikri şu doğrultularda gelişecektir.

1) Gelecek yıllarda kurşun-asit bataryalı elektrikli araçlar çoğalacak.

2) Elektrikli araçların gelecekteki bataryaları büyük bir olasılıkla Fe/KOH/NiOOH, Zn/KOH/NiOOH alkalın sistemleri olacaktır. Çinko nikel oksit hücreleri yüksek enerjili ve sızdırmazlık kapasitesiyle diğer bataryalar arasında avantajlıdır. Çinko elektrodun elektrikli araçlar için çekici olması için ömrü uzatılmalıdır. En azından derin şarjda 300 çevrim ömürlü olmalıdır.

3) LiAl / FeS hücresi çok kuvvetlidir ve elektrikli araçlar için çekici özelliklere sahiptir, fakat 100 (W-saat/kg)'lık enerjisi kullanımını sınırlar.

4) Li₄Si / FeS₂ hücresi yüksek performans veir fakat malzeme problemleri çözülmelidir.

5) Katı elektrolitli Na/S hücresi pratik uygulamalar için uygundur fakat ısı çevrimi ve malzeme problemi çözülmelidir.

6) $ZnCl_2$, $ZnBr_2$, metal / hava ve yakıt hücresi gibi reaktantları içeren bataryalar elektrikli araç kullanımından uzaktır. Çünkü bu sistemler çok ağırdır.

7) Çevre sıcaklıklı lityum negatif elektrodlu yeniden şarjlı hücreler istenmeyen yüksek sıcaklıklı işlemler hariç yüksek enerji verirler.

8) Yeniden şarj edilebilir oksijen elektrodlarının aşırı voltajları ve düşük maliyetleri metal / hava ve yakıt hücrelerine bakış çısını değiştirebilir.

9) Düşük maliyetli ve uzun ömürlü alkalın yakıt hücreleri elektrikli araçlar için kırılma aş amonyak kullanan çekici güç kaynakları olabilir.

BÖLÜM III

3. Elektrikli otomobillerde kullanılan elektrik tahrik motorları.

Elektrikli otomobillerde elektrik enerjisini kinetik enerjiye çeviren makinanın elektrik motoru olduğu göz önüne alındığında istenen özelliklerinin elde edilmesinde motor seçiminin önemli olduğu görülür. Bu bölümde elektrikli otomobil tahrikinde kullanılan elektrik motorlarının genel özellikleri, karşılaştırmaları işlenecektir. Bilindiği gibi elektrikli motorlar genelde iki ayrı gruba ayrılırlar:

A) Doğru akım motorları (d.a.)

B) Alternatif akım motorları (a.a.)

Bu motor türleri kendi aralarında sınıflandırılırsa;

A-) 1. (d.a.) Serbest uyarlamalı motorlar

2. (d.a.) Şönt uyarmalı motorlar

3. (d.a.) Seri uyarmalı motorlar

4. (d.a.) Kompound uyarmalı motorlar, ve

B-) 1. (a.a.) Senkron motorlar

2. (a.a.) Asenkron (indüksiyon) motorlar, olarak karşımıza çıkacaktır.

Elektrikli araçlarda kullanılacak en uygun elektrikli motoru seçebilmek için araç açısından önemli olan özellikler ile istenen motorun özelliklerinin karşılaştırılması gerekecektir. Elektrikli otomobillerde

kullanılacak motorlardan beklenen özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Üretiminin ekonomik olması ve maliyetinin düşük olması,
2. Araç için gerekli sürüş özelliklerine sahip olması, (kalkış momenti ve maksimum hız gibi)
3. Olabildiğince hacminin küçük ve ağırlığının az olması,
4. İstenen özellikleri verirken enerji harcamasının az olması,
5. Bakım ve onarımının kolay, hızlı ve ucuz olması,
6. Motorun hız ve moment kontrolü için kullanılacak kontrol sisteminin ekonomik olması.

Yukarıda sıralanan özelliklerin hepsinin birarada olduğu bir motor türü henüz üretilmemiştir. Fakat buna karşın birçok özelliği bünyesinde barındıran motorlar kullanılmaktadır.

Motorları moment bakımından genellersek karşımıza iki tip motor karakteristiği çıkar. Bunlar aşağıda moment-akım karakteristiği ve devir sayısı-moment karakteristikleri verilen;

1. Seri motor
2. Şönt motordur.

Seri motor karakteristiklerine sahip tek motor (d.a.) seri motor olmasına karşılık, güç elektroniğindeki ilerlemelerle farklı tiplerdeki motorlarla da aynı karakteristik elde edilebilmektedir. Şönt motor karakteristiğine sahip motorlar ise (d.a.) şönt motor ve (a.a.) asenkron motordur. Bazı kompond motor ve serbest uyarlamalı motorlarda aynı karakteristiğe sahip olmasalar bile anahatlariyle aynı özellikleri gösterirler.

Burada doğru akım motorları için genel moment bağıntısı;

$$M = k_m \cdot \theta \cdot I \quad (3.1)$$

k_m = motorun yapısına ilişkin bir katsayı,

θ = uyarma akısı,

I = endüi akımıdır. Şönt motorlarda endüi akımı ile uyarma akısı birbirlerinden bağımsız oldukları halde, seri motorlarda durum farklıdır.

$$\theta = k_u \cdot I$$

$$M = k_m \cdot k_u \cdot I \quad (3.2)$$

olur ki momentin endüi akımının karesiyle orantılı olduğu görülür. Bu bağıntıdaki k_u , uyarma akısı ile uyarma akımı arasındaki katsayıdır.

Devir sayısı-moment arasındaki matematiksel ilişki ise şönt karakteristikli motorlarda uyarma akısının sabit olduğu düşünülürse genel moment ifadesi;

$$M = C_m \cdot I \quad (3.3)$$

olarak alınabilir. Burada C_m sabiti, θ uyarma akısını da içine alan bir katsayıdır. Bu bağlantı n devir sayısı, U

endüi uç gerilimi olmak üzere;

$$n = \frac{U}{ke \cdot \theta} - i \frac{R}{ke \cdot \theta} \quad (3.4)$$

bağıntısında yerine konur ve uyarma akısının da sabit olduğu düşünülürse;

$$n = \frac{U}{ke \cdot \theta} - M \frac{R}{ke \cdot Cm \cdot \theta} \quad (3.5)$$

$$n = \frac{U}{Ce} - M \frac{R}{Ce \cdot Cm} \quad (3.6)$$

elde edilir. Görüldüğü gibi bağıntı ötelenmiş bir doğrudur.

Aynı bağıntı seri motor için çıkaracak olursak:

$$n = \frac{U}{ke \cdot \theta} - I \frac{R}{ke \cdot \theta} \quad (3.7)$$

formülünde $\theta = ku \cdot I$ yerine konarak,

$$n = \frac{U}{ke \cdot ku \cdot i} - \frac{R}{ke \cdot ku} \quad (3.8)$$

bulunur. ku ve ke birer sabit olduklarından, çarpımlarını Ce olarak gösterilirse;

$$n = \frac{U}{Ce \cdot i} - \frac{R}{Ce} \quad (3.9)$$

bağıntısı elde edilir. Görüldüğü gibi bu da, ötelenmiş bir hiperifadesidir.

Elektrikli araçlarda istenen, kalkış anındaki yüksek moment ile birlikte aşırı akım çekmemesi ve istenen momente göre devrini kendiliğinden düşürmesi özelliklerinden dolayı seri karakteristikli motorlar en çok kullanılan, istenenleri en iyi verebilen motorlardır. Fakat tüm bunların yanında

kontrol güçlükleri gibi sorunlar nedeniyle değişik motor tip ve sistemleri aranma yoluna gidilmiştir. Kontrol açısından en uygun olan serbest uyarlamalı motorlar ele alınmış, gelişen güç elektroniği yardımı ile de istenen karakteristikler elde edilmiştir. Buna rağmen, en iyi sürüş koşullarının ve ekonominin elde edilmesi için elektronik biliminden de yararlanarak daha uygun seçenekler arama zorunluğu halen daha devam etmektedir.

Elektrikli otomobiller için ileri derecede geliştirilmiş deneysel motor ve sürüş sistemlerindeki iyileştirmeler verim ve performans açısından %20'ye varan artışlar getirirken, maliyetinde de %15'lik bir tasarruf yapma olanağı tanır. Kullanılmakta olan d.a. motorlarındaki iyileştirme çabaları, maliyetinde ancak %10 ve performans ile verimde ise yalnızca %3'lük bir iyileşmeye izin verebilmektedir. Bugün üzerinde ciddi çalışmalar içeren ve umut verici görülen iki ileri gelişmiş motor tipi görülür. Bunlar elektronik çeviricili (kollektörlü) motorlar ve sabit mıknatıslı motorlardır. Burada, elektrikli otomobil tahrikinde önemli yer tutan elektrikli motorlar, seçimi, özellikleri ve prensip bağlantı şemaları ile birlikte incelenecektir.

Elektrikli otomobil tahrikinde, şönt karakteristikli motorlar önemli yer tutmaktadır. Üstün işletme özelliklerine sahiptir. Devir sayıları geniş sınırlar arasında dengeli

olarak değiştirebilirler. Ward - Leonard bağlantısı ile d6n6ř y6n6 kolaylıkla değiştirilebilir.

ř6nt motorların 6zellikleri;

1-) Kalkış anında momentleri y6ksek olmadığından y6kl6 iken kalkmaları zordur.

2-) Devir sayıları y6ke g6re dar sınırlar arasında değişir.

3-) Motor boşta iken devir sayısı sabittir. Ancak uyarım sargısının kopması veya devreden 6ıkarılması halinde devir sayısı tehlikeli değerlere y6kselebilir.

4-) Devir sayıları kontrol elemanları yardımıyla geniş sınırlar arasında ayarlanabilir.

5-) Fren 6alışmaya 6ok elverişli ve faydalı fren 6alışmasına uygundur.

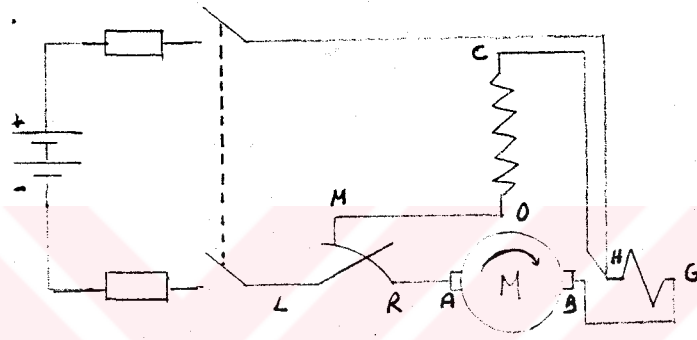
6-) Bu motorların paralel 6alışmaları pratik olarak m6mk6n değildir.

şekil 3.1.'de 66 adet 66lu yolverme reostasını i6eren bir doğru akım ř6nt motorunun esas bağlantı şeması g6sterilmiştir.

Bu şemada; P - N,doğru akım bataryasının pozitif ve negatif baralarını, LMR,66 66lu yol verme reostasını, A - B, end6vi 66larını, G - H,kom6tasyon sargısı 66larını g6stermektedir.

Doğru akım motorlarında en 6nemli hususlar ; bu motorlar,

her ne kadar şönt karakteristikli ve sabit devirli olsada, yüksüz çalışırken endüvisi devrede olduğu halde herhangi bir şekilde şönt alan sargısı devre dışı edilirse yukarıda da bahsedildiği gibi ambale olurlar. Diğer bir husus da alan sargısının devreye alınıp devre dışı bırakılması esnasında bu sargıda meydana gelen yüksek endüksiyon gerilimidir. Bu gerilimin minimum değerde tutulması gereklidir.



Şekil 3.1. D.A. Şönt Motorlarının Esas Bağlantı şeması.

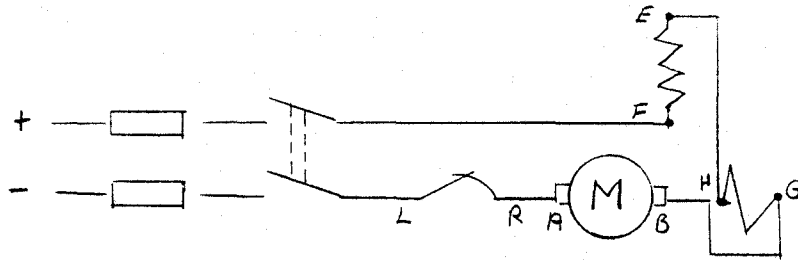
Seri karakteristikli motorlar elektrikle tahrik sistemlerinde önemli bir yere sahiptir. Büyük yolalma momentine sahiptir, devir sayısı yük ile geniş bir alan içerisinde değişir, yüksüz kalırsa ambale olur. Bu yüzden yüksüz kalabilen ve devir sayısının sabit kalması istenen yerlerde kullanılmaz. Bu elektrikli motorların devir sayısının yük ile değişimi yararlıdır. Bu motorlar şönt motorlarının tam tersine ortak mil üzerinde kolaylıkla çalışabilirler. Bu özelliğiyle seri motorlar arkadan çekişli

elektrikli otomobillerde arka aksa direkt olarak bağlanabilir. Ayrıca çift sayıda bu tahrik motorlarını aralarında seri ve paralel bağlamak sureti ile bu motor grubuna en az kayıp ile yol vermek ve ekonomik devir sayısını elde etmek mümkündür.

Özet olarak seri motorların özellikleri ise:

- 1-) Seri motorların ilk kalkış momentleri çok yüksektir.
- 2-) Seri motorun yükü arttıkça devri düşer buna karşın döndürme momenti artar. Yük azaldıkça devir sayısı artar buna mukabil döndürme momenti azalır.
- 3-) Seri motorlar boşta çalıştırılmazlar. Bu motorlar boşta çalıştırılırlarsa devir sayıları tehlikeli şekilde artar ve araca zarar verir.
- 4-) Seri motorlar şönt motorların aksine aynı mil üzerinde kolaylıkla çalışabilirler.

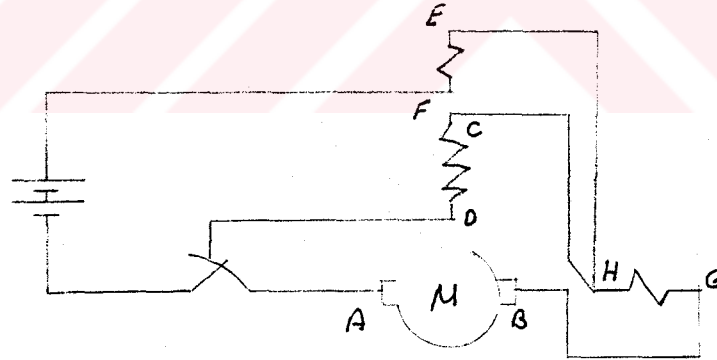
Doğru akım seri karakteristikli motorun bağlantısı, bütün devre elemanları : alan, komütasyon ve kompensasyon sargıları ve yol verme direnci endüvi ile seri bağlıdır. Doğru akım seri bağlı motorun esas bağlantı şeması şekil 3.2. de gösterilmiştir. Bu bağlantı şemasında :LR,iki uçlu yol verme reostası ve EF, seri alan sargısıdır.



Şekil 3.2. D.A. Seri Motorun Esas Bağlantı Şeması.

Doğru akım kompond motoru şönt motorla seri karakteristikli motorun arasındaki boşluğu dolduran her iki motor özelliğini de üzerinde toplayan bir tahrik motorudur. Motorun magnetik alanına hem seri ve hem de şönt alan sargısı katılır. Seri alan sargısı kompond motora, şönt motorlara göre daha büyük yol alma momenti sağlar. Şönt alan sargısı da seri motorun boşa ambale olma tehlikesini ortadan kaldırır ve faydalı fren çalışmasına imkan sağlar.

Gerektiği taktirde, kompond motorda seri yada şönt alandan birisi daha etkin olarak kullanılabilir. Bu motorlarda şönt alan sargısı kuvvetli tutulduğu takdirde karakteristiği şönt motor karakteristiğine seri alan karakteristiği kuvvetli tutulduğu taktirde ise seri motor karakteristiğine yaklaşır.



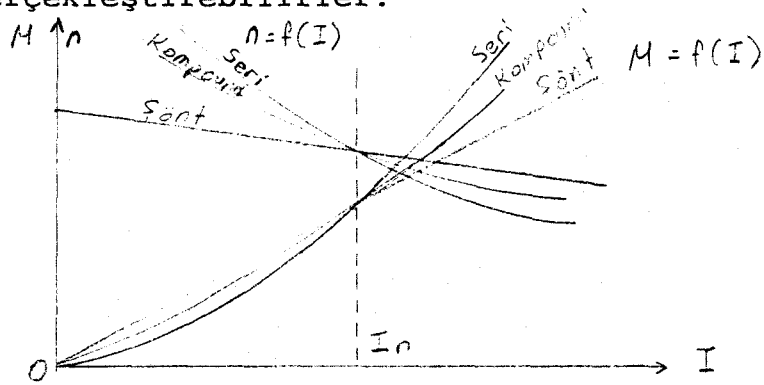
Şekil 3.3. D.A. Kompond Motorun Esas Bağlantı Şeması.

Doğru akım kompond motoru küçük bir değişiklikle iki farklı şekilde bağlanır. Kompond motorun bağlantı şeması şekil 3.3.'de gösterilmiştir. Birinci şekilde şönt alan şebekeye direkt olarak bağlıdır ve daha etkindir. Oysa

ikinci devrede seri alan sargısı daha etkin şekilde bağlanmıştır.

Motorlar arasında bir karşılaştırma yapmak için plaka ve anma değerleri aynı olan iki motor seçilmesi gerekir. Normal çalışma esnasında iki motorun tüm verileri eşittir.

Bir d.a. tahrik motorunda motora yol verme işlemi çok önemlidir. Çok kısa bir sürede gerçekleşse bile, bu olayın önemsiz olduğu anlamına gelmez. Yolverme esnasında bu motor, normal momentlerin yanında dinamik momentlerinde üstesinden gelmek zorundadır. Bu yüzden motor çalışmaya başlar başlamaz normal momentin en az iki hatta üç katı momente ihtiyaç duyar. Bu momenti her iki, seri ve şönt, motordan da sağlamak mümkündür. Ancak seri motorlar şönt motorlara göre daha kolay bir şekilde bataryalardan daha az bir akım çekerek yolalmayı gerçekleştirebilirler.



Şekil 3.4. Seri, Şönt ve Compound Motorun Yol Verme Şartları

Şekil 3.4.'te iki motorun moment ve akım özellikleri verilmiştir. Bu şekilden de anlaşılabacağı üzere, şönt

motorları tam yük momentinin iki katı momenti, bataryadan iki kat akım çekerek oysa seri motorları ise 1.41 kat akım çekerek gerçekleştirebilirler.

Yükte yolalan seri motor uygun yolalma olanakları, rahat kalkış ve kısa yolalma zamanına sahiptir. Şönt motorlarıyla karşılaştırıldığında yolalma akımı, yolalma gücü ve güç kayıpları daha düşük olur. Değişken yük ortamında motor, şebekeden daha fazla akım çekmeden ve aşırı yük puvantları oluşturmadan çalışabilir.

Elektrikli araçlarda istenen, kalkış anındaki yüksek moment aşırı akım çekmemesi ve momente göre devrini kendiliğinden ayarlaması gibi özelliklerinden dolayı, seri karakteristikli motorlar en çok kullanılan elektrik motorları olmuştur. Fakat bunların yanında kontrol güçlüğü bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmıştır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için kontrol açısından en uygun olan serbest uyarlamalı motorlar ele alınmış ve ileri elektronik teknolojisi yardımıyla beklenen özellikleri vermesi sağlanabilmiştir.

Elektrikli otomobillerde teknolojik gelişmelerle motor ve sürüş sistemlerinde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Bunlar verim ve performansta % 20 ve maliyette % 15 tasarruf olarak belirlenmiştir. Oysa kullanılmakta olan doğru akım motorlarında maliyetinde ancak % 10 ve performans ile verimde % 3'lük bir iyileşme elde edilebilmiştir. Bütün

bunların ışığı altında, elektronik çeviricili ve sabit mıknatıslı motorlar ümit verici motorlar olarak görülür.

3.1. Faydalı Frenleme

Faydalı frenleme, aracın dış etkenlerden dolayı motorun doğal devir sayısının üzerine çıkarsa, motor jeneratör çalışma bölgesine geçer. Bu çalışma bölgesinde moment ve güç yön değiştirir. Bu çalışma konumunda elektrik motoru sahip olduğu kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çevirerek batarya sistemine geri gönderir.

Şönt motorlarının en önemli özellikleri faydalı frenleme çalışmasına son derece uygun olmasıdır. Şönt motor bağlantısında herhangi bir değişiklik yapılmadan fren çalışması sağlanabilir. D.a. şönt motorlarının tahrik ayarlama sistemlerinde çokça kullanılır. Bu sayede enerji tasarrufu ve güvenli çalışma temin edilmiş olur. Bu çalışmada elektrik motor çalışma devir sayısı altında fren çalışması söz konusu değildir.

Oysa d.a. seri motorlarının çalışma sınırları genellikle normal çalışma devrinin sınırları içerisinde olduğundan kolayca faydalı fren çalışması yapamazlar. Gerçekte seri motorları ideal devir sayısı üzerinde çalıştırmak mümkündür. Ancak bu durumda geri kazanılan enerjinin çoğu endüviye seri yada paralel bağlı dirençlerde ısı şeklinde

kaybolur. Bu yüzden pek pratik çalışma değildir.

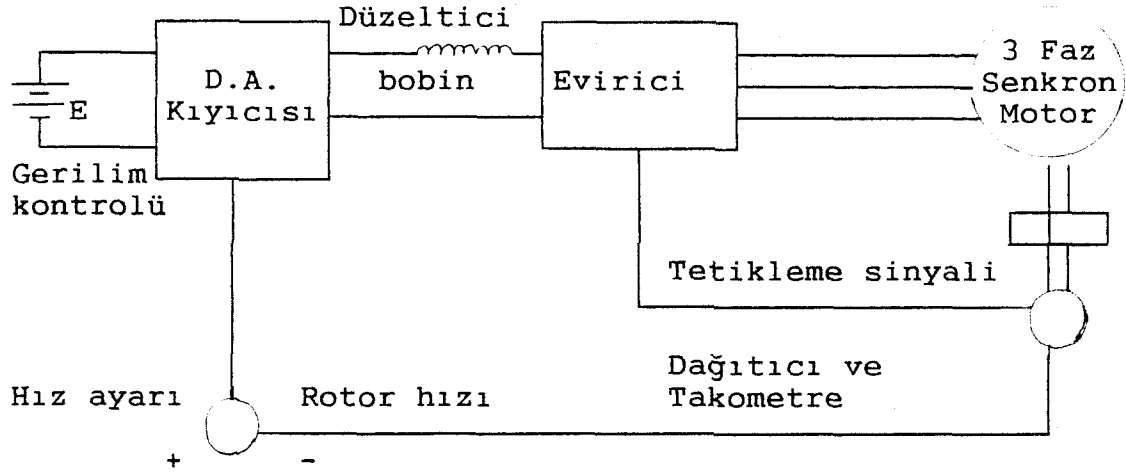
3.2. Elektronik Değiştirmeli Motorlar

Elektronik değiştirmeli tip motorlarda akım düzgünleştirici, bobin evirici ve üç fazlı senkron motor aynı yapı içerisindedir. Dağıtıcı ve algılayıcılar, elektrik motorunun rotorunu ve endüi ile uyarma akımı arasındaki 90 lik elektriksel açığı algılar.

Doğru akım kıyıcısı ile, bataryadan alınan doğru akımı alternatif akıma çevirir. Uyarma alanını rotorda bulunan mıknatıslar sağlar. Böylece doğru akım motorlarında bulunan kollektör, bilezik ve fırça gibi mekanik sistemlerden uzak durulur.

Elektronik değiştirmeli motorların kullanılmasıyla şu yararları sağlayabiliriz.

- 1-) Daha düşük motor ağırlığı,
- 2-) Genel verimde % 5 artış,
- 3-) Endüi'nin statorda olması nedeniyle, aşırı yüklenebilme imkanı olması,
- 4-) Güvenilirliğinin yüksek olması ve bakım maliyetinin düşük olması,
- 5-) Alternatif akım motor üretimine göre daha düşük maliyette olması.
- 6-) Motor kontrol sistemleri % 20 daha ucuza malolur.



Şekil 3.5. Elektrikli Otomobillerde Kullanılan Elektronik Değiştirmeli Motorların Sistem Şeması

Sayılan bu faydalar ışığı altında yani motor ağırlığının düşük olması ve genel motor verimindeki %5 'lik bir artış araç için düşünülen 80 (km)'lik referans mesafesinde yaklaşık 12 (km) mesafe artışı sağlanmıştır. Motor'un daha ucuza malolmasının sebebi maliyeti düşük olan senkron motorlardır.

3.3. Sabit Mıknatıslı Doğru Akım Motorları

Yüksek verimli sabit mıknatıslı motorların gelişimi ile elektrikli otomobillerin aldığı mesafe artırılmış ve bu motorlar elektrikli otomobillerde seri, şönt ve kompond motorların yerini almıştır. Manyetik aln uyarımı için sabit mıknatısları kullanarak, sargılardaki elektriksel kayıplar en aza indirilmiştir veya yok edilmiştir. Bu büyük avantajına rağmen motorun çok ağır olması bu motorların

elektrikli otomobil tahrikinde kullanılmasını engeller. Bugüne kadar ve bugün halen kullanılan araçlarda aracı hareket ettirmek için şaft, diferansiyel ve arka mil gibi araç aksamaları kullanılmıştır. Oysa bu disk tipi motorları kullanma ile arka tekerleklerle doğrudan bağlantı ile mekanik bağlantılar azaltılmış küçük ve kullanışlı sistemler elde edilmiş ve üretim maliyeti düşürülmüştür. Bu tip motor kullanmanın avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- 1-) Düşük ağırlık,
- 2-) Daha az kayıp, daha yüksek verim ve daha iyi sistem performansı,
- 3-) Şanzıman kutusu, diferansiyel ve şaft gibi mekanik elemanlara ihtiyaç duymaz,
- 4-) Araç şasesine uygun bir şekil,
- 5-) Uygun bir soğutma yüzeyine sahiptir.

Bütün bu faydaların yanında sabit mıknatıslı motorları elektronik değiştirmeli motorlar gibi kullanarak daha verimli halde çalıştırılabilir. Eğer elektrikli otomobillerde bu tip motorlar kullanarak % 95 verime ulaşmak ve ağırlıkta %35 tasarruf etmek mümkün olacaktır.

Bu iyileştirmeler sonunda araç maksimum mesafasında % 20 lik artış ve motor maliyetinde % 15'lik bir tasarruf sağlanır. Bu motor tipinin geliştirilmesiyle elektrikli otomobillerin maksimum mesafelerini daha da artırabiliriz.

Bu da araştırmacılar için yeni bir araştırma alanı olacaktır.

3.4. Doğru Akım Motorlarında Yapılabilecek iyileştirmeler

1-) Endüideki direnç üzerinde oluşan kayıpları ($I_a R_a$) azaltmak için sargıların iletkenliğini arttırmak,

2-) Alan sargılarındaki kayıpları ($I_f R_f$) azaltmak için yine iletkenliği arttırmak yada sabit mıknatıslı kutuplar kullanarak tümüyle ortadan kaldırmak,

3-) Demir kayıplarını azaltmak için saçları inceltmek,

4-) Yine demir kayıplarını azaltmak için kullanılan silisli saçlardan, düşük kayıplı saçlara geçmek veya endüi çekirdek boyunu uzatmak veya ikisini aynı anda yapmak,

5-) Yatak, fan ve fırçaların neden olduğu kayıpları azaltmak için bunları iyileştirmek (sürtünme ve vantilasyon kayıplarını azaltmak)

6-) Uyarma gereksinimini azaltmak için hava ağırlığını düşürmek.

Bu değişiklikler sonucu motorun kütlesi ve maliyeti performansı ile birlikte artar. Elektrikli otomobillerde kullanılan doğru akım elektrik motorlarındaki kayıplarların toplam kayıplar içindeki yeri aşağıdaki gibi verilebilir.

1-) Endüi bakır kayıpları (fırça kayıpları dahil),	% 40
2-) Uyarma alanı bakır kayıpları,	% 15
3-) Demir kayıpları,	% 25
4-) Mekanik kayıpları,	% 20

Tablo 3.1. direnç değişiminin araç çıkış verilerine etkisi.

DİRENÇ (p.u)	YÜK (kg)	BATARYA AĞIRLIĞI (kg)	ARAÇ AĞIRLIĞI (kg)	72 km/h SABİT HIZDAKİ VERİM (%)	ALINAN MESAFE (km)
1.0	135	600	1335	86.0	80.5
0.9	135	600	1335 (1350)	86.6	82.5(81.0)
0.8	135	600	1335 (1370)	87.2	84.2(82.4)
0.7	135	600	1335 (1395)	87.8	86.1(82.5)
1.2	135	600	1335 (1315)	84.9	76.1(77.7)

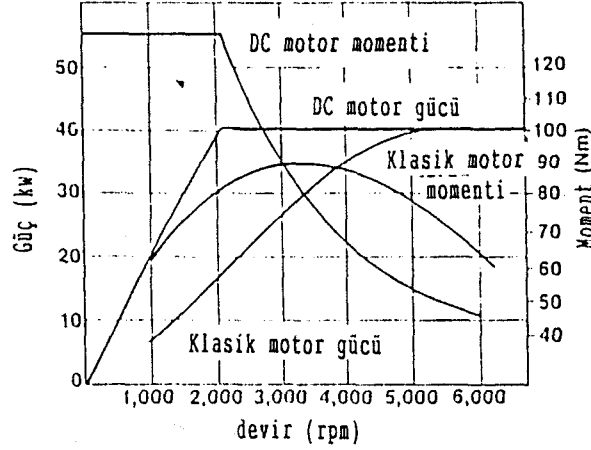
Tablo 3.1.' den da görüleceği üzere ilave ağırlıksız motor direnci % 30 azaltıldığında alınan mesafe % 7 ve 72 (km/h) sabit hızda verim % 2 artmaktadır.Kalkıştaki hızlanmada ise % 8 artış sağlanabilir.

Son grup üretilen elektrikli araçlar ile ilk üretilenler arasındaki en önemli fark bu tür araçların % 50 sinin d.a. motoru yerine a.a (alternatif akım) motoruyla tahrik edilmesidir.

A.a. motoru kullanıcıları bu motor tipininbir bölümünde aks ve transmisyon gibi diğer kullanım bileşenleriyle çok daha kolay uyum sağlayacağını ve bu motorların daha az bakıma ihtiyaç duyduklarını söylerler. A.a motorları daha hafif ve kolaylıkla piyasadan temin edilebilirler. Ayrıca d.a. motorlarına nazaran verimleri daha yüksektir.

A.a. motorunun kontrolleri keza daha çok gelişmiştir, çünkü a.a motorlarında akım üç fazlı gelir. Hız genellikle değiştirilen frekans ile kontrol edilir. D.a motorlarında

kontroller frekans ayarlayıcılarla (Chopper) kontrol edilir. A.a. motorlarının kontrol birimi daha karmaşık olmasına rağmen daha ucuzdur.



Şekil 3.6. D.A. ve A.A. Motorlarının Karşılaştırılması.

Güç elektroniği'nin yaptığı aşamaya kadar olan dönemde d.a. motorları en uygun motorlar olarak düşünülürdü. Bunun nedenleri ise; d.a. motorunun düşük motor hızlarında ve kalkış anındaki motor momentinin yüksek oluşu ve bu motorların hareket iletici sistemlere çok fazla gereksinim duymaması. Doğru akım motor momentini, uyarma alanına tamamiyle bağlı olmakla beraber, d.a. seri motorunda düşük hızlarda uyarma sargılarından geçen akım'ın büyük olmasından dolayı uyarma alanını kuvvetlendirerek momentin yükselmesini sağlamıştır. Bununla birlikte diğer doğru akım motorlarında ilave kontrol birimleri olmadan aynı moment ayarlamalarını yapmak mümkün olmayacaktır. Mesela doğru akım şönt motorlarında bu moment besleme gerilimine bağlıdır. Fakat bütün bunlara rağmen güç elektroniğinin gelişimi, elektrikli otomobillerde kullanılabilen motor çeşitini

artırmış ve motor kontrolünün düşük kayıp ve az bakımla sürekli olarak ayarlanmasına imkan vermiştir.

Elektrikli araçlarda kullanılan elektrik motorlarının özellikleri gün geçtikçe artırılıyor. Bu araçlar ilk icad olunduğunda doğru akım motorları kullanılıyordu. Daha sonra alternatif akım motorları kullanılmaya başlandı. Şimdi senkron ve asenkron motorları üzerinde birçok firma test çalışmaları yapmaktadır. Aşağıda, tablo 3.2. de elektrikli araç motorlarının birçok yönden karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 3.2. elektrik motorları karşılaştırması.

Motor çeşitleri		DA	ASM	SM	USM	SRM	TFM
Özellikler							
K	Verim	- -	+	+	+	+	+
	Performans, güç yoğunluğu	- -	+	+	+	+	+
	Elektrik alan	+	+	+	- -	+	- -
	Maksimum devir	- -	+	+	+	+	- -
	Güvenilirlik	+	+	+	+	+	+
İ	Geliştirme aşaması	+	+	+	-	- -	- -
	Maliyet	+	+	-	- -	+	- -
	Otomotize etmek	-	+	-	+	-	-
	Yeniden kazanım	-	+	+	- -	+	- -
	İlave olma imkanları	Orta	İyi	Az	Orta	?	?

DA : Doğru akım motoru
ASM: Asenkron motor
SM : Senkron motor

USM: Uyarımlı senkron motor
SRM: Reluktant motor
TFM: Transfer motor

+ + : Çok iyi
+ : İyi

- : Tatmin edici
- - : Minimum koşullarda yeterli

Asenkron motora alternatif olarak reluktans motor tipi tahrik motoru olarak kullanılabilir. Bu motor tipi ile daha yüksek devir sayılarına ulaşılabilir, ancak çalışma sırasında daha fazla gürültü ve avans vurması problem olarak ortaya çıkar. Bu motor tipinde gerilimi artırarak enerji harcamını düşürebilir ve verimi artırabiliriz. Bununla birlikte asenkron motorların testlerde en avantajlı olduğu görülmüştür. Bunlar standardlaştırılabilirler, düşük maliyetlidirler ve gerilimleri ile akımları kolaylıkla ayarlanabilir.

BÖLÜM IV**IV. Elektrikli otomobil kontrol sistemleri.**

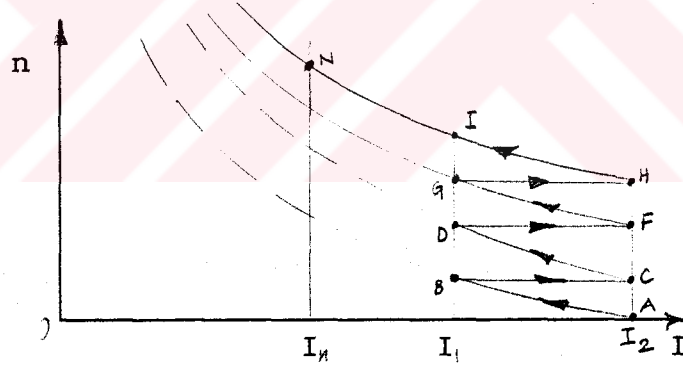
Otomobillerde araç kontrolü, mekanik ve elektrikli olarak iki şekilde sağlanır. Oysa elektrikli otomobillerde bu büyük çoğunlukla elektrikli kontroldür. Bu tür araçlarda kontrol ihtiyacı genellikle d.a. veya a.a elektrikli motorların kontrolünde, batarya ekipmanlarının hareketlendirilmesinde ve araç ek yüklerinin karşılanmasında kullanıldı. Bu ihtiyaçların en önemlisi ise elektrik motorunun kontrol edilmesidir. Elektrikli araçların yüksek verimde hareket edebilmesi, zamanında ivmelenen ve yavaşlatılabilmesi ve motor frenlemesi yapabilmesi elektrik motor kontrolünün önemini açıkça gösterir. Elektrikli otomobil motor kontrol sistemlerinden beklenen özellikler; motor ile uyumlu çalışabilme yeteneği, enerji geri kazanım olayını sağlayabilmesi yüksek verimle çalışabilme ve faydalı frenlemeye uygun olmasıdır. Bu özelliklerin tümünü içeren motor türü henüz mevcut değildir. Ancak değişik tip motorlardan değişik özellikler sağlanması, kontrol sistemleri kullanmak suretiyle mümkündür. Kullanılan kontrol sistemlerini aşağıdaki gibi gruplanabilir.

- 1-) D.a. motorlarının kontrol sistemleri,
 - a-) D.a. kıyıcılı sistemler,
 - b-) Alan kontrollü sistemler,
 - c-) Batarya gerilimini değiştiren sistemler.
- 2-) A.a. motorlarında kullanılan kontrol sistemleri,
 - a-) D.a. kıyıcılı enversörler,
 - b-) Genlik kontrollü enversörler.

Elektrikli otomobillerde motor kontrol sistemleri, yukarıda saydığımız kontrol sistemlerinin biri veya birkaçının kombinasyonu olarak kullanılır. Bu kontrol sistemlerinin kullanıldıkları en önemli yerlerin başında motora yol verme ve frenleme devreleri gelmektedir.

4.1. D.A. Seri Motorlarında Yolverme

Elektrik motoru $n=0$ durumunda çalışmaya başladığında bataryadan aşırı akım çeker. İlk anda bataryanın bu akımı karşılaması olanaksızdır. Fakat yolverme dirençlerinin kullanılması motorun kademeli ve zararsız sınırlar içinde hızlanmasını sağlar. Kademeli dirençler kullanarak yolalma

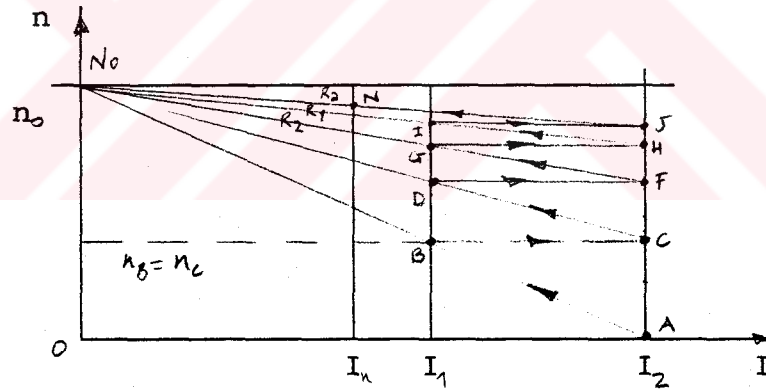


Şekil 4.1. D.A. Seri Motorlarında $n=f(I)$ Değişimi

için gerekli olan akımın 1.5 ile 2.5 katı arasında bir değere düşürülür. Motor devri arttıkça, yolverme dirençlerine ihtiyaç duyulmaz ve kademeli olarak veya tümünden devreden çıkarılır. Bu yöntemle yolvermenin en büyük dezavantajı dirençlerde kaybedilen enerji miktarıdır.

4.2. D.A. Şönt Motorlarında Yol verme

Şönt motorlarında yolverici olarak iki veya üç uçlu el ile yada tam otomatik kontrollü hava ve yağ soğutmalı metal yolvericiler kullanılır. Endüvi devresine koyulan yol verme dirençleri, motor için gerekli olan devir sayısını gerekli yolalma momentini vererek ve zararsız sınırlar içinde 1.5 ile üç kat düşürebilir. Motora yolverirken tüm yolalma dirençleri devreye sokulur ve motor hızlandıkça yol verme dirençleri kademe kademe devreden çıkarılır. En son direnç de devreden çıktığında motor normal devrine erişmiş demektir. Aşağıda d.a. şönt motorlarında devir - akım karakteristiklerini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.2. D.A. Şönt Motorlarında $n=f(I)$ Değişimi

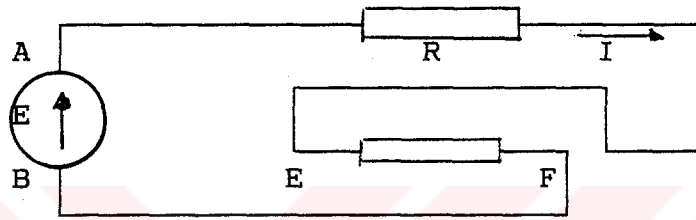
4.3. D.A. Seri Motorlarında Frenleme

Seri motorların fren çalışmasında üç yöntem uygulanır.

4.3.1. Direnimle Frenleme Çalışması

Bu yöntemle, belirli bir devirde dönmekte olan bir seri motorun jeneratör olarak kullanılıp üretilen gerilimin dirençlere uygulanmasıyla enerji ısıya çevirilir. D.a. seri motorlarında direnimle frenlenme iki şekilde uygulanabilir.

- Kendiliğinden uyarımla,
- Serbest uyarımla.



Şekil 4.3. D.A. Seri Motorun Direnimle Fren Devresi

Kendiliğinden uyarımla frenlemede seri alan sargısı devrede iken, motor uçları şebekeden ayrılıp yolverme dirençleri üzerine kapatılır. Fakat seri motorun bu tür bağlantı ile frenleme çalışması yapabilmesi için bazı değişiklikler yapılması gerekecektir. Motor uçları dirençler üzerine getirilmeden önce endüvi veya alan sargı uçları değiştirilmeli ve ikincisi toplam endüvi devresi direnci kritik dirençten daha küçük olmalıdır.

4.3.2. Faydalı Fren Çalışması

Bu yöntemle frenlemede, elektrik motorunun devrinin düşürülmesi sağlanırken aynı zamanda motor jeneratör

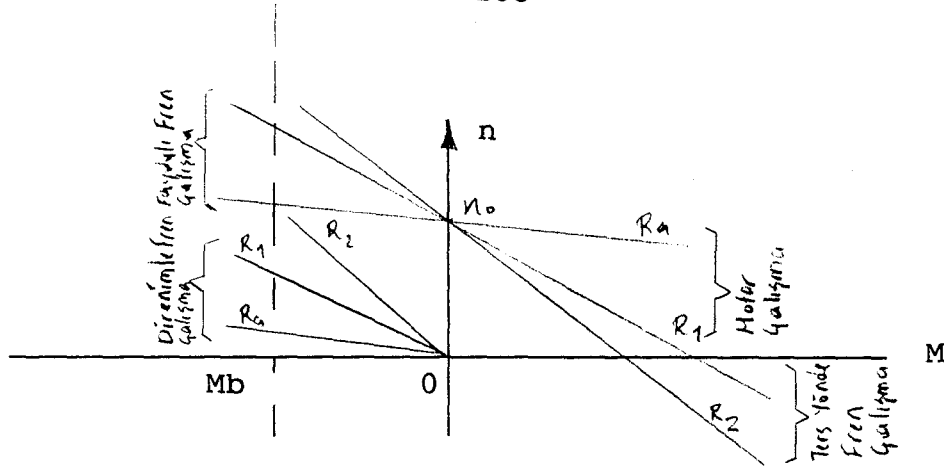
olarak kullanılarak motor milindeki kinetik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür. Ancak seri motorlar için, faydalı fren çalışması pek faydalı değildir. Bu motorların seri çalışma şartı, ayrılmış uyarım sargıları ve motorun tek bir kaynaktan tahrik olmasıdır.

4.3.3. D.A. Seri Motorun Ters Akım Bağlantısı ile Frenleme

Daha geniş bir alan içerisinde daha etkili frenleme yapmak için ters akım bağlantısı kolaylıkla kullanılır. Bu frenleme çalışması iki şekilde gerçekleştirilebilir. Devrelerde hiç bir değişiklik yapmadan sadece endüvi devresine bir direnç ekleyerek ve dışarıdan motor üzerine uygulanan yük ile motorun dönüş yönü değiştirilebilir. ikincisi ise endüvi veya alan sargılarının uç bağlantılarını değiştirerek frenleme çalışması yapılabilir. Birinci tip bağlantı şekliyle frenleme yapmak elektrikli otomobillerde kullanım olanağı bulamaz.

4.4. D.A. Şönt Motorlarında Frenleme Çalışması

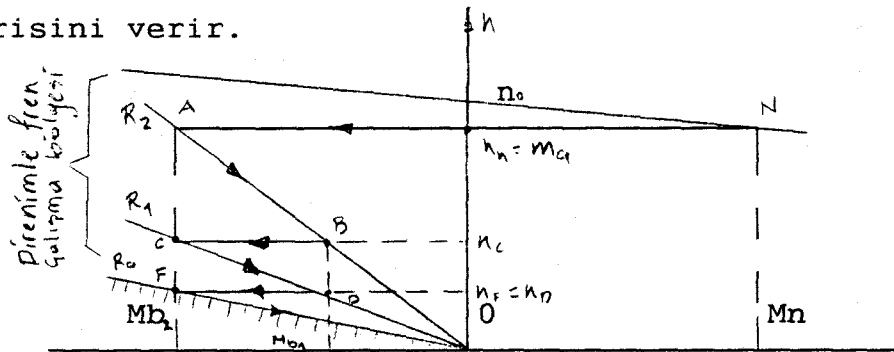
Şönt motorları fren çalışmaya son derece uygun bir yapıya sahiptir. Bu motorları herhangi bir şarta bağlamaksızın seri motorlar gibi frenleme yapmamız mümkündür.



Şekil 4.4. D.A. Şönt Motorları İçin Motor ve Fren Çalışma karakteristikleri.

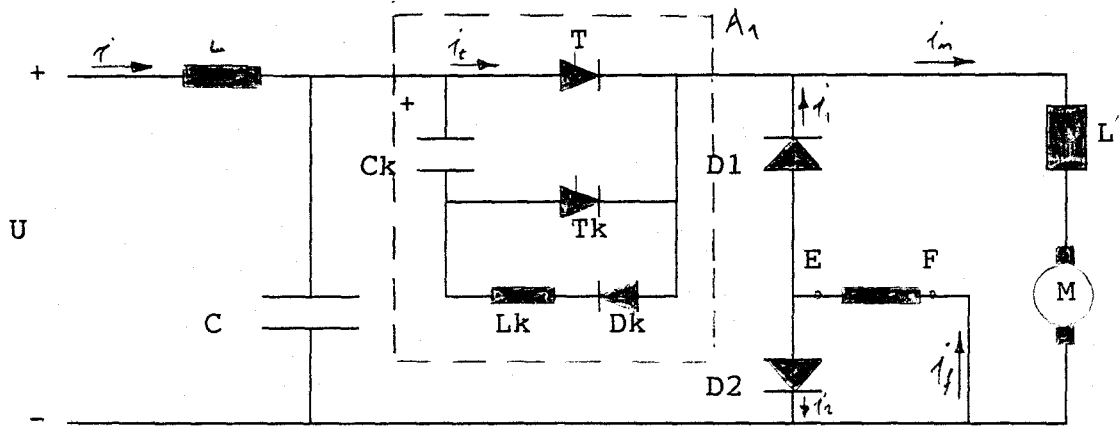
4.4.1. D.A. Şönt Motorlarında Direnimle Frenleme

Bu fren şekliyle bağlantılarda değişiklik yapmak gerekmektedir. Prensip olarak alan sargıları şebekeyle bağlantı halindeyken, endüvi sargılarının devre ile olan bağlantısı kesilir ve bir direnç üzerine bağlanır. Bu aşamada EMK aynı doğrultuda ve değerde kalmasına rağmen devredeki akım sıfır olur ve bundan dolayı akımın yönü değişir. Motor çalışma halindeyken durdurulması istenirse, şekilde görüldüğü gibi endüvi uçlarından geçen akım birbiri ardına direnç eğrileri üzerinden devrini kaybeder ve nihayet sıfırlanır. Aşağıdaki şekil direnimle frenleme eğrisini verir.



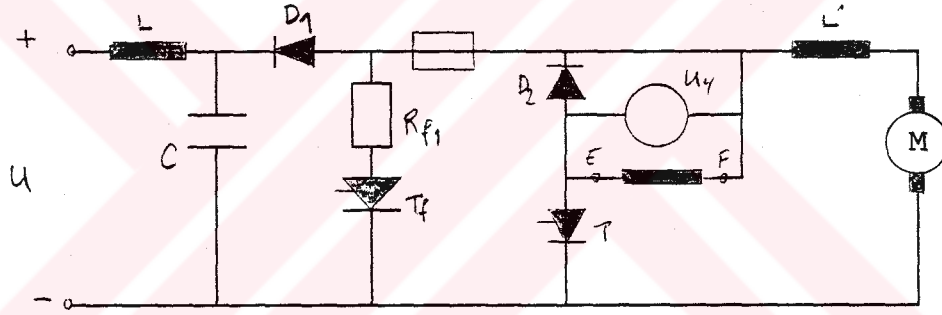
Şekil 4.5. D.A. Şönt Motorun Direnimle Frenleme Eğrisi

diyodu ve Lk self'i vardır. Bu devre ekipmanlarıyla, d.a. motorunun yolverme ve kontrolü, klasik yöntemlerle olduğu gibi batarya akımının sınırlandırılması ile yapılır. Bu elemanlarla oluşturulan akım kıyıcı devresi şekil 4.6. de gösterilmiştir. Devre çalışma sisteminde, Ck kondansatörü kutuplanmıştır. Ana tiristör tetiklendiğinde yük akıma izin verir. Bu arada Ck kondansatörü T, Lk ve Dk elemanları üzerinden boşalarak, ters yönde kutuplanır. Dk diyodu, Ck'nin boşalmasını önleyerek komütasyon anına kadar şarjlı olmasını sağlar. T ana tristörünün kesime geçmesi için Tk tetiklenir. Bu esnada, gerilimler seri bağlı olduğundan toplanırlar. Toplam gerilimin değeri, besleme geriliminden büyük olduğu için akım Tk tristöründen geçer. Böylece iletimden çıkan T ana tristörü söndürülmüş olur. Tk tristöründen geçen akım, Ck'nin boşalıp ilk durumdaki kutuplanmasına dek sürer ve kesilir.



Şekil 4.6. Otomatik Alan Zayıflatmalı D.A. Seri Motorun doğru akım kıyıcısıyla beslenmesi.

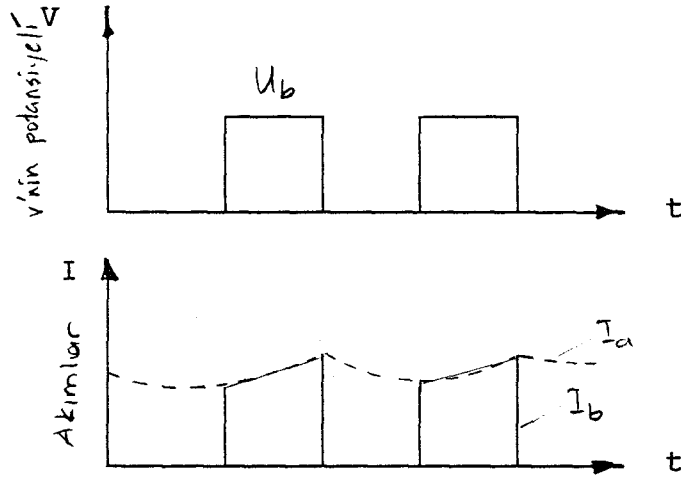
Doğru akım kısıyıcısını klasik sistemlerden ayırdeden özelliklerin başlıcaları: Bataryanın motoru besleyen gerilimi sıfır ile motor çalışma devri "nominal devir" arasında kolaylıkla değiştirilebilir. Bu devreler gerektiğinde ısınma sınırını geçmemek şartıyla, karakteristik verilerin üzerine çıkabilirler. Ayarlama devresinde direnç kullanılmaması çalışma verimini yükseltir. Hareket serbestliğinin kesintisiz olması ve bu kontrol sistemlerinin hızlı kontrol sağlaması motor ve iletim sistemlerinde aşınma ve eskime probleminin azaltır. Sürekli kontrol kullanım rahatlığı da sağlar.



Şekil 4.7. Faydalı ve Direnimle Frenleme Devresi

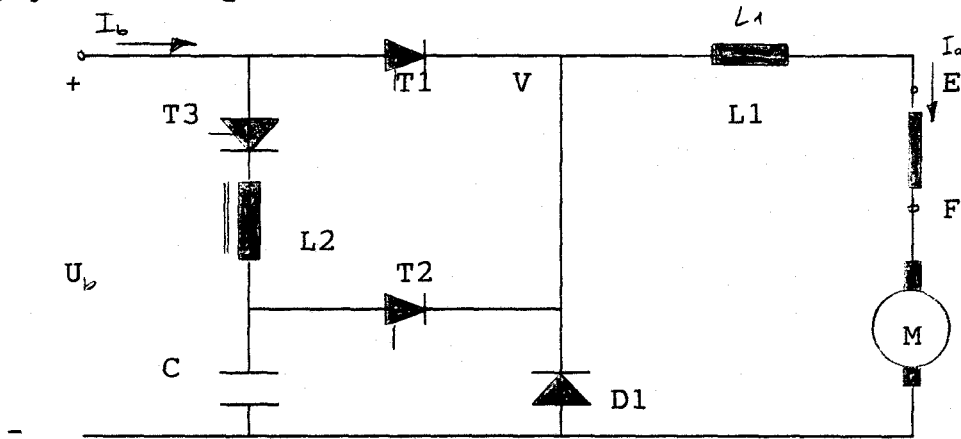
4.5.1. D.A. Kısıyıcılı Sistemler

Sistemde bataryadan çekilen akım sürekli değiştiği için V potansiyeline bağlı olarak değişir. Bunu önlemenin yolu batarya ile akım kısıyıcısı arasına filtre koymaktır. Aşağıda şekil 4.8. 'de batarya potansiyeli ve akımının zamana göre değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.8. D.A. Kırıyıcı Akım, Gerilim Değişimleri

D.a. kırıyıcılı sistemler, motorun hız ayar alanını, düzgün bir şekilde kontrol edip, ayarlama aralığını geniş tutacak genişliğe sahiptir. T1 tristörünün devre akımını kesmesi için, T2, T3, L2 ve C komütasyon elemanları kullanılır. T1 tristörü, devre akımını kestiğinde, motorda halen mevcut olan magnetik enerjiden dolayı D1 diyodundan akım geçer ve L1 selfi, bunun nedeni olan kıyılmış gerilim ve devre gerilimi arasındaki farkı azaltır. Bu nedenle devreden fazla akım geçmesini engeller.



Şekil 4.9. D.A. Kırıyıcılı Kontrol Devresi

Elektrikli otomobil tahrik sistemi kontrolünde, d.a. kıyıcılı sistem kullanımında, güç (P) ve moment (T)'in motor devriyle değişimi şekil 4.10.' de verilmiştir. Düşük motor devirlerinde moment sabit iken devir sayısı, P noktasını aştığı zaman azalan şekilde düşer. Araç motorunun tam gerilimde çalışma noktası, p noktasıdır.

Şekil 4.10.'de, düşük devir sayıları için, endüi akımı $I_a = s b t$ ve moment $T = s b t$ 'tir. Oysa devir sayısı arttığında, güç ve moment değişimleri;

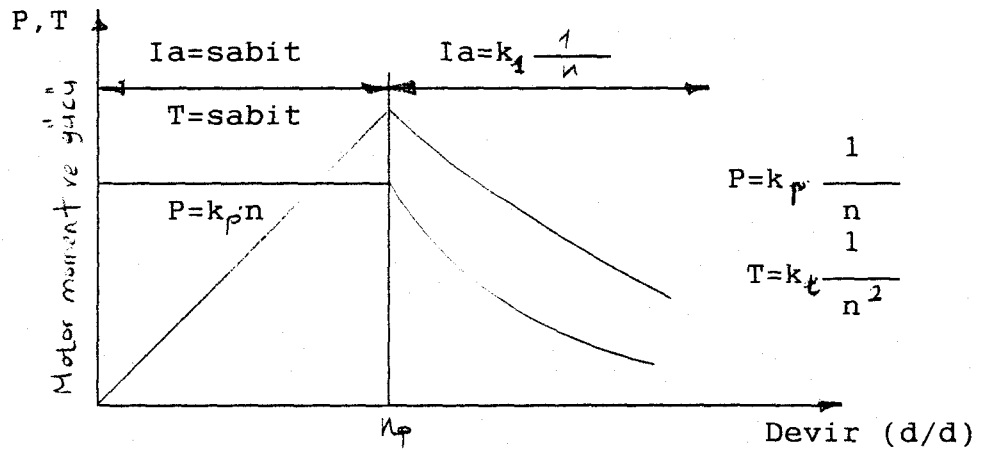
$n > n_p$ için;

$$I_a = k_I \frac{1}{n} \quad (4.1)$$

$$T = k_t \frac{1}{n^2} \quad (4.2)$$

$$P = k_p \frac{1}{n} \quad (4.3)$$

şeklinde verilir.

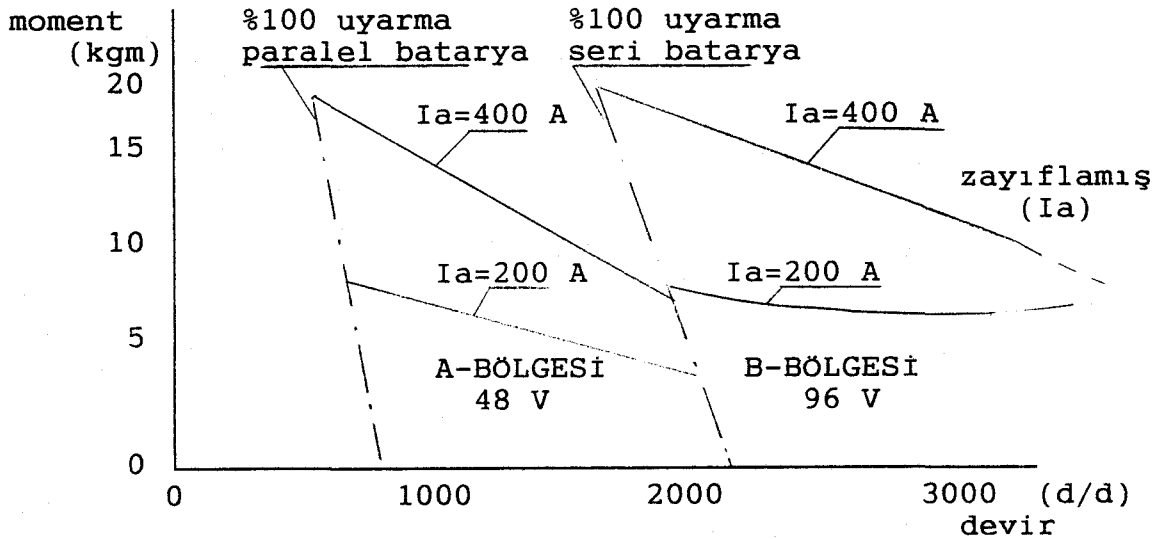


Şekil 4.10. seri motorlar için güç ve moment değişimi

4.5.2. Alan Kontrollü Sistemler

Düşük hızlarda , serbest uyarımlı motorlar için geliştirilen ve ağırlık, boyut ve maliyet avantajlarından dolayı akım kısıyıcısı olmaksızın yeterli performansa ulaşabilirler. Alan kontrol sisteminden beklenen yararlar şunlardır.

- En düşük güç kaybıyla çalışmayı sağlamak,
- Seri ve paralel batarya bağlantıları arasındaki geçişleri yumuşak bir şekilde sağlamak,
- Motorun her an seri bağlı hale gelmesine herhangi bir engel teşkil etmemek,
- Diğer birimlerle uyum içinde çalışmak,
- Arızasız çalışma için koruma önlemlerine sahip olmak,
- Faydalı frenleme çalışmasına olanak sağlamak,
- Düşük ve yüksek hızlarda hız kontrolünü sağlamak.

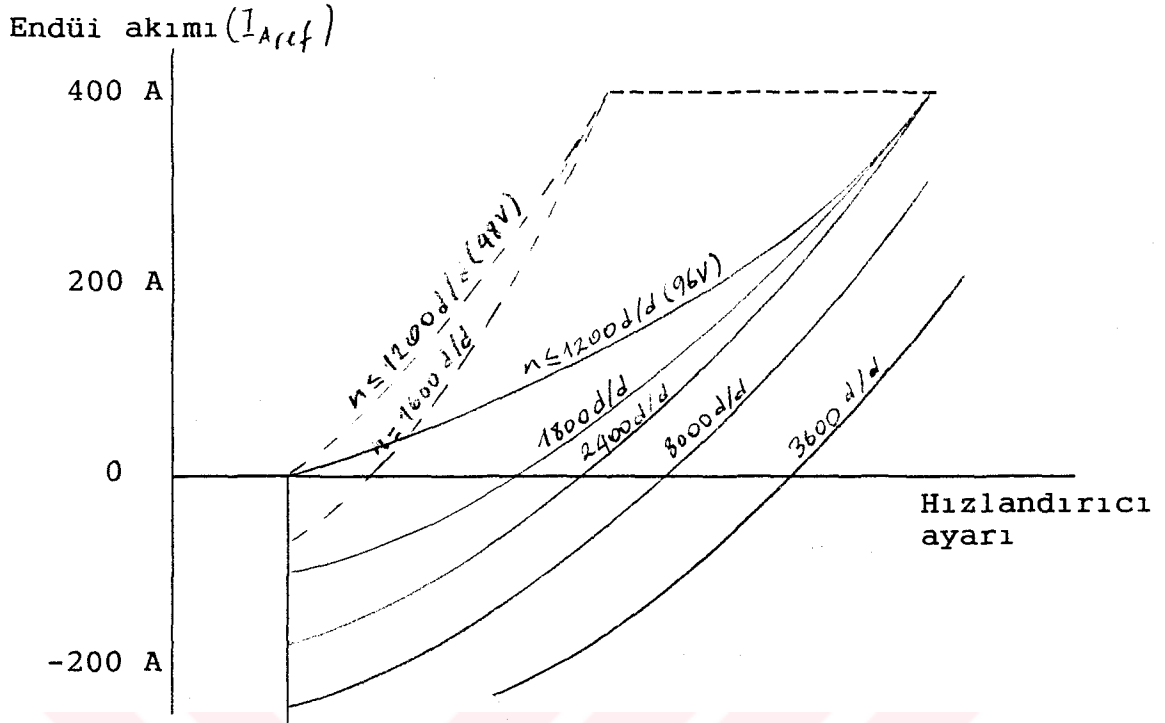


Şekil 4.11. Serbest Uyarlamalı Motorun Seri ve Paralel

Bağlantıda Moment Değişimi

Aracın yol alması esnasında, hız ayarı (T) sıfırın üzerine çıkarılır ve (L) düşük gerilim kontaktörü kapatılır. Düşük gerilim kontaktörü (L) kapalıyken devre gerilimi 48 volt olur. Bataryalar düşük devirdeki yüksek güç ihtiyacı nedeniyle paralel bağlıdır. Bu esnada elektrik motorunda en büyük uyarma akımı mevcuttur ve rolanti devri yaklaşık 950 (d/d)'dır. Sürücü hızlandırıcı ünite yardımıyla (hızlandırıcı pedala basarak) uyarma akımını zayıflatır ve endüi akımını artırır. Bu, motor devrini artırır. Motor devri düşürülmek istendiğinde bataryalar (L) anahtarları yardımıyla paralel (A çalışma bölgesi) ,devir artırılmak istendiğinde, (H) anahtarı yardımıyla seri (B çalışma bölgesi) bağlanır.Hızlanma esnasında düşük gerilim (paralel çalışma) çalışmasından yüksek gerilim (seri çalışma) çalışmasına yaklaşık yarım saniyede geçilir. Bu esnada 48 (V)'ta çalışan motor 96 (V) karakteristiklerinde çalışmaya başlar. Çalışma eğrileri kesikli konumda iken geçişle birlikte düz çizgili karakteristiklere geçer. Endüi referans akımı ve hızlandırıcı ayarına bağlı (n) motor devir sayısı, aşağıda şekil 4.13.'de verilmiştir.

Şekil 4.13. 'de de görüldüğü gibi, motor faydalı frenleme yapmak istediğinde pozitif endüi akımı azltılır ve sonunda akım negatif olur. Faydalı frenlemeden elde edilen enerji aracın yavaşlamasına bağlıdır. Belli bir noktanın altına kadar devrini düşüren motor, batarya bağlantısının seri bağlamadan paralel bağlama şekline geçmesini sağlar. Bu hem



Şekil 4.13. Hızlandırıcı Transfer Ünitesi Fonksiyonları

etkili frenlemeye ve hemde frenlemeden elde edilen enerjinin bir miktar artmasına yol açar. Aşırı çalışmadan bataryalardan fazlaca akım çekilirse endüi gerilimi en düşük değeri olan 28 (V)'a düşecektir.

125 (V)'luk iki chopper kontrol devreli d.a. motorlu tahrik sistemi, şekil 4.14.' te gösterilmiştir. Bu uyarılama işlemi, A ve B temasta iken faydalı frenleme ve tahrik esnasında kullanılabilir. Ana güç butonu TH1 tristörüdür. Bu tristör kendisini kapatan yardımcı tristör TH2, diyod D, indüktör L ve kapasitör C'yi içerir. Görevlerinden birisi kontrolü açıp diğeri kapatmak olan bu tristör yüksek kontrol ve esnekliğe izin verir. Devreyi çalıştırmak için, kapasitörler önce TH2 tristörü tetiklemeli.

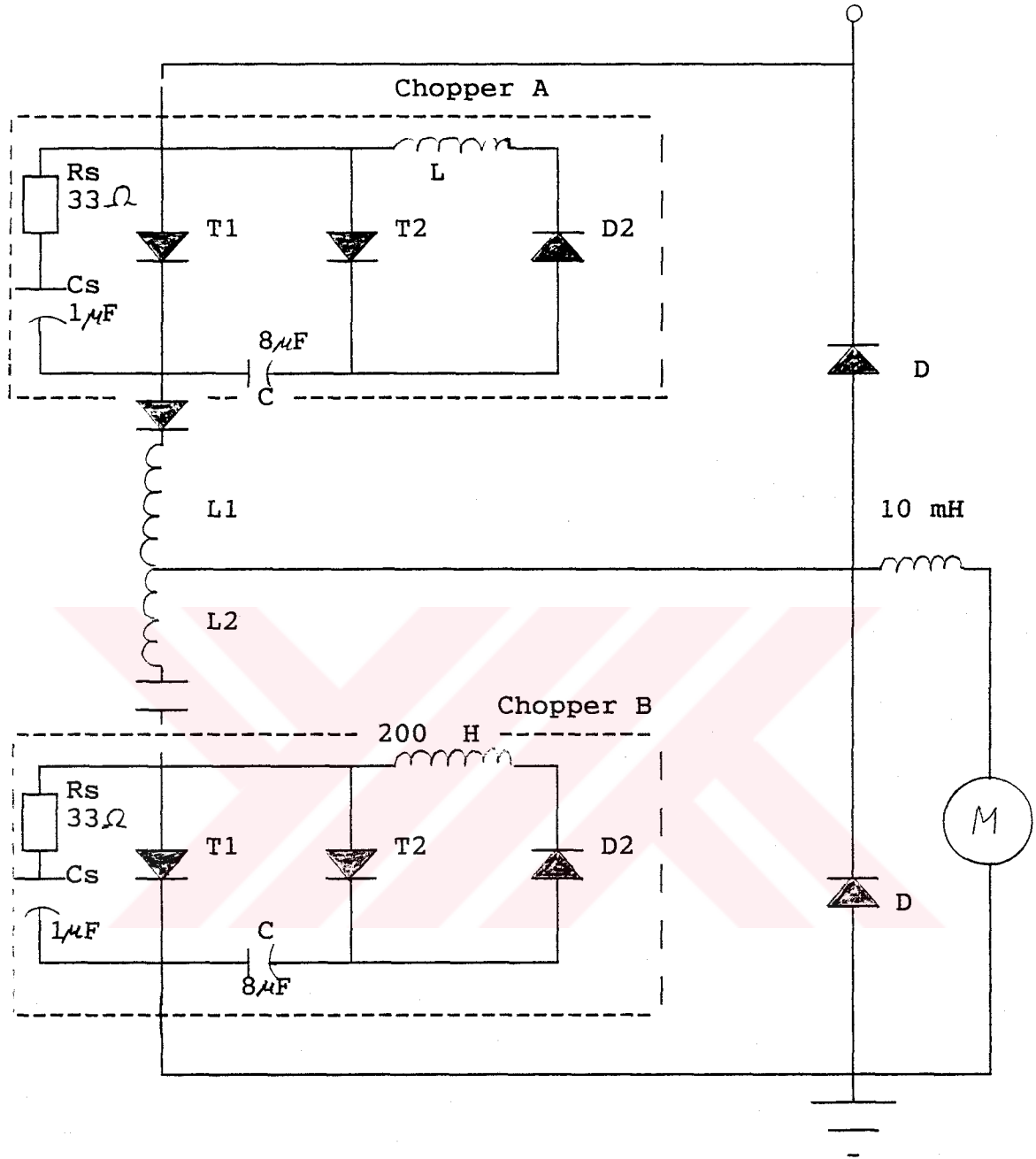
Seyir halinde, kontrol, TH1 ve TH2 tristörlerinin temas durumlarının değişimiyle sağlanır. Birinci tristör batarya akımını devreye bağlar ve devre akımı (I_a) pozitif davranır. TH1 aynı zamanda pozitif değer sağlamak için D2 diyodundan ve L'den C kapasitörünü şarj eder. Chopper B, motor hızı referans hızını aştığı zaman faydalı frenlemeyi kontrol eder.

Tablo 4.1. Eviricinin Teknik Verileri

Maksimum motor hat akımı (A,RMS)	→	375
Motor pik mil gücü (KW)	→	34
Nominal batarya gerilimi (D.A. V)	→	132
Verim (15 KW ve 575 d/d için)	→	93
Isıl yeterlik (PWM)	→	SÜREKLİ
Ağırlık (KG)	→	46.5
Hacim (M)	→	0.047

Tablo 4.2. Şarj Edicinin Teknik Verileri

Giriş gerilimi (A.A. V)	→	84-264
Çıkış gerilimi (D.A. V)	→	80-180
Çıkış gücü (A.A. 220 V) (KW)	→	3.6
(D.A. 120 V) (KW)	→	1.8
Verim (%)	→	80-86



Şekil 4.14, Tahrik Sistemi Şematik Diyagramı

4.6. Alternatif Akım Motor Kontrolü

Elektrikli otomobil tahrikinde, elektrik enerjisinin depolama problemi nedeniyle doğru akım motorları kullanma

zorunluluğu vardı. Oysa gelişen güç elektronik ilmi sayesinde alternatif akım motorları kullanılmaya başlandı. Fakat halen daha a.a. motorları üzerinde geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. A.a. motorlarında asenkron motorlar kullanım halindeyken, senkron motorlar daha araştırma safhasındadır. Asenkron motorların genel kullanım verimleri d.a. motorlarına göre daha yüksek olmasına karşın senkron motorlara göre birim ağırlık ve hacimi daha düşük ve verimi daha azdır. A.a. motorlarının elektrikli otomobillerde kullanım üstünlükleri şunlardır.

- Yüksek devir sayılarında yararlanma faktörleri iyi olmasına rağmen, en yüksek devir sayılarına erişinceye kadar nominal gücü vermez. Ancak yüksek devir sayılarında yüksek güç verirler.

- A.a. motorları bakıma pek gereksinim duymazlar.

- Kolay üretim ve düşük maliyetle düşük ağırlık avantajları bu motorları önemli bir alternatif yapar. Aynı hacim ve şartlardaki d.a motorlarına göre daha hızlı ve güçlüdür.

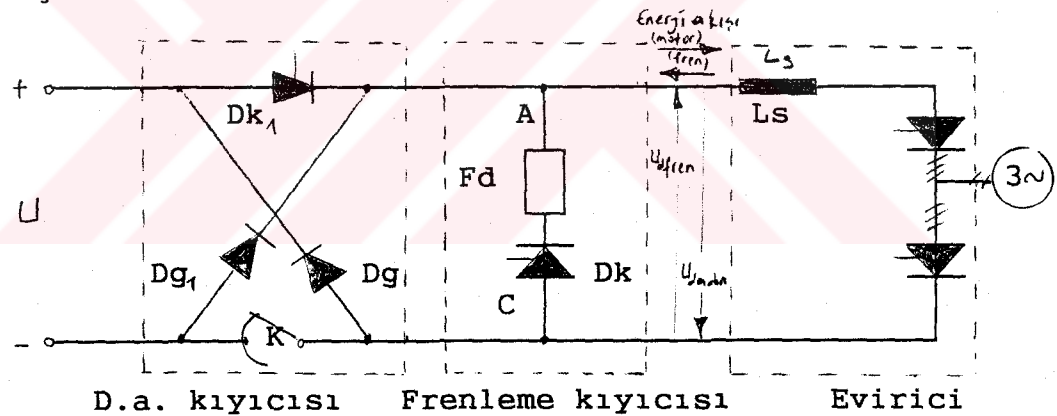
Bu çalışmamda asenkron motorlarının kontrol devreleri üzerinde duracağım. Asenkron motorlarının kontrolünde iki türlü yol takip edilir.

- 1-) D.a. kıyıcısı ara devreli eviriciler,

- 2-) Darbe genişlik değiştiricili eviriciler.

4.6.1. D.A. Kısılcısı Ara Devreli Eviriciler

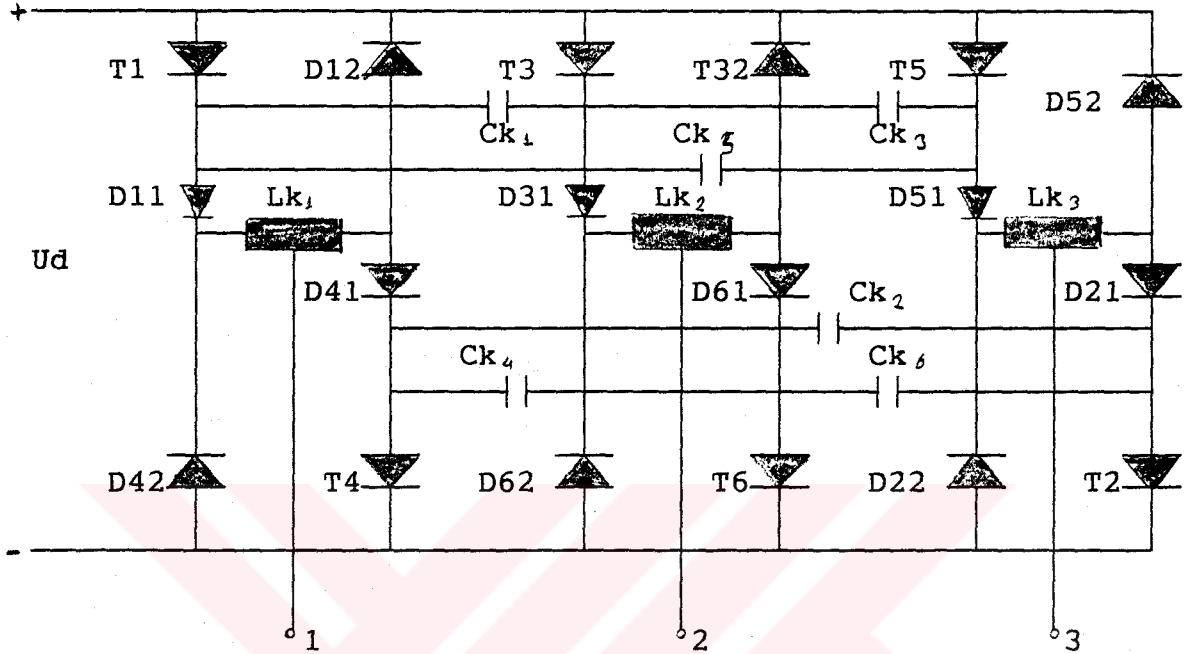
Sistem esas olarak bataryadan gelen doğru akımın d.a. kıyıcısıyla alternatif akıma dönüştürülmesiyle ve daha sonra motor için zararlı olacak darbelerin bir bobinde giderilip en sonunda , eviricide akım frekansının motor frekansına ayarlanması şekliyle çalışır. Bu elektrikli motor kumanda devresi batarya besleme akımının hem genliğini değişken ve hem de frekansını motor frekansına getirme işlemini çok düşük bir kayıpla gerçekleştirir. Bununla ilgili kontrol devre şeması şekil 4.15. 'de verilmiştir.



Şekil 4.15. D.A. Kıyıcısı Ara Devreli Evirici Şeması

Faydalı fren çalışması için, K anahtarı kapatılır ve kıyıcının önüne koyulan bir bobin, eviricinin doğrultucu olarak çalışmasını sağlayacaktır. Dış etkiler vasıtasıyla ters yönde çalışan motor generatör görevini görür ve ürettiği akımı K anahtarı vasıtasıyla geri bataryaya geri

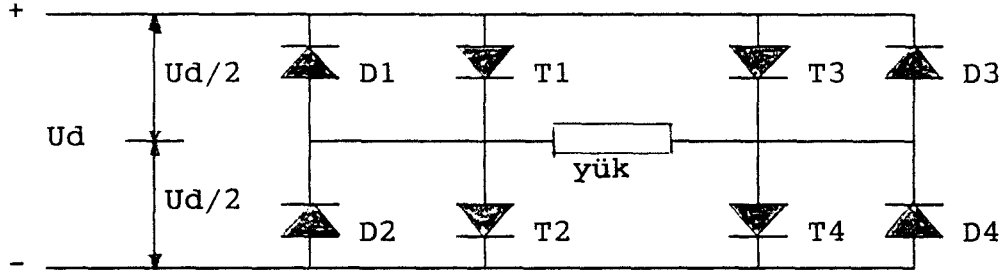
gönderir. Bu geri gönderme esnasında akım diyodlardan geçerken kayba uğrar.



Şekil 4.16. Faz Sırası ile Söndürme Montajına Sahip Evirici Devresi.

4.6.2. Darbe Genlik Değiştiricili Eviriciler

Bu tür genlik değiştirmeli evirici devresinde, T1-T2 ve T3-T4 tristörleri peşpeşe yarı periyod süresince iletim sağlayarak bir dikdörtgen dalga oluşturulur. Toplam gerilim U_d olarak oluşur. Bu sistemde gerilim, bir periyod içerisindeki darbe genişliklerini değiştirerek ayarlanabilir.



Şekil 4.17. Tek Fazlı Darbe Genişlik Değiştirmeli Evirici

4.7. D.A. Kılıcılı Ara Devre ve Darbe Genişlik Değişmeli Eviricilerin Karşılaştırılması

Darbe genişlik değiştirmeli evirici, stator üzerindeki sinüs eğrilerine yakın olması, döndürme momentinde salınım oluşumunu önler. Oysa ara devreli evirici ile tahrikte, salınım hareketlerinin oluşmasına mani olunamaz.

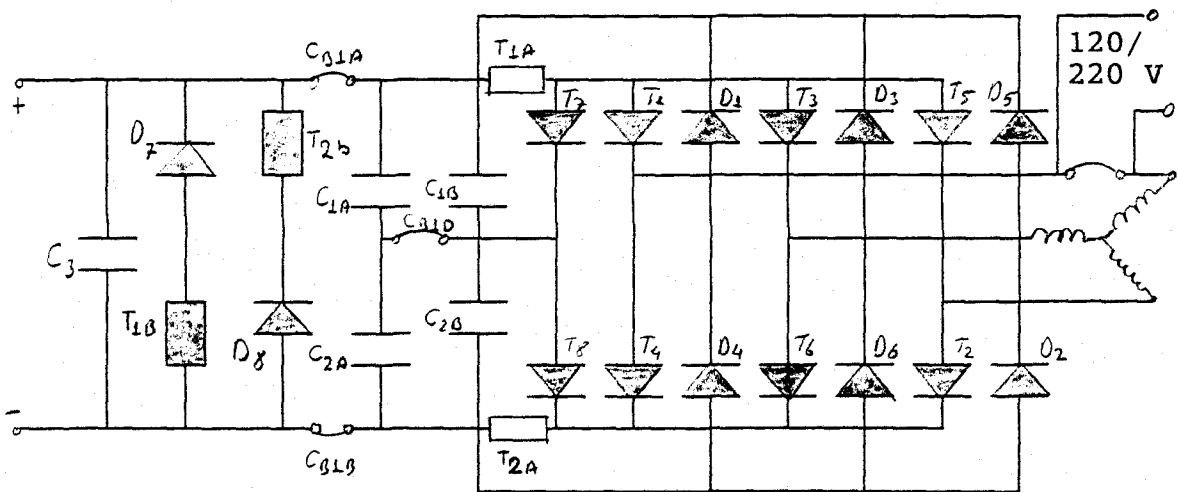
Ara devreli eviriciler için normal hızlı tristörler kullanılabilirken, genlik değiştiricili eviricilerde hızlı tip tristörler kullanılmalıdır.

Darbe genişlik değiştiricili eviriciler, bataryalardan direkt beslandıkları için yüksek güç değerlerine erişebilirler ve faydalı frenlemeden tamamiyle faydalanılabilmektedir. Tabii ki devrenin de batarya besleme gerilimine göre tasarlanması gerekecektir. Oysa ara devreli eviricinin tasarım parametreleri batarya geriliminin altında olabilir.

Darbe genişlik değişmeli evirici, motor sargılarına gerilim darbeleri uygular. Bu da stator akım eğrilerinde sapmalara neden olur. Bunun azaltılması için kaçak reaktansının büyük tutulması gerekir. Ara devreli eviricide, motor stator akımı, dikdörtgen şeklindedir. Bu durumda aşırı gerilimi ortadan kaldırmak için stator sargısı mümkün olduğunca küçük reaktansı olmalıdır.

4.8. Evirici Batarya Şarj Edicisi

CB1 anahtarı kapalı konumdayken batarya, evirici ve a.a. motoru bağlantılı konuma gelir. Devrede kondansatörler paralel bağlanır. Şekil 4.18.'de görüldüğü gibi, motor uçları bataryanın pozitif ve negatif uçlarına ayrı ayrı bağlanır. Komütasyon tristörü (T7)'ye gerilim ulaştığında C1 kondansatöründeki gerilim, Tr1A transformatöründen akım geçirir. Tr1A transformatöründeki gerilim, batarya besleme



Şekil 4.18. evirici şarj edici güç devresi

geriliminden daha büyükse, T1 ve T3 ana tristörleri kesime geçerler. Bunlar söndüğü zaman toplam akım, motor akımına eşit olur.

Şarj işlemi için CBl anahtarı bataryalar ile şebeke birbirinden ayrılmıştır. C1A ve C2A kondansatörleri seri bağlandığından dolayı şebekenin filtre kondansatörü olarak iş görür. Devre kesme anahtarı otomatik olarak devreye girer ve çalışma esnasında elle kumanda edilerek kapatılır. Devrede bulunan evirici motorda üretilen dalgalı akımı, doğru akıma çevirir.

Evirici - şarj edici devrelerden denemeler sonucu olumlu sonuçlar alınmıştır. Batarya şarjında kullanılan komütasyon elemanları ve d.a./a.a. dönüştürücü gücü 3.6 (KW)'dır. Toplam 25 (KWH)'lik tahrik bataryaları, 220 (V) a.a. şebeke gerilimi % 86 ve % 95'dir. 134 (V)'luk batarya grubu asenkron motoru çalıştırırken, evirici motor milinden 34 (KW) (45 HP) güç iletebilir. Faydalı fren çalışmada ise, bu güç aktarımı 45 (KW) (60 HP)'dir.

BÖLÜM V**5.1. General Motors elektrikli araç teknolojisi.**

Kurşun-asit bataryalı GM - Impact elektrikli araç prototipi Amerikan standartlarına uygun şekilde üretildi. Bu araç klasik özellikleri dışında ısıtma ve havalandırması ile beraber üretilen ilk batarya tahrikli elektrikli araçtır. Ayrıca 0 dan 96 (km/h)'a 8 (saniye)'de ivmelenme kabiliyetine sahip ve bununla birlikte hızın devir sınırlayıcısı ile 120 (km/h)'ta sınırlandırılmasına rağmen bu aracın maksimum hızı 160 (km/h) olarak projelendirilmiştir. GM - Impact elektrikli aracı 89 (km/h) normal seyir hızında 193 (km) mesafe katedebilir.

Aracın ön tekerleklerine bağlanmış 10.5 ile 1 iletim oranlı planet vites üniteli iki alternatif akım motoru vardır. Planet vites ünitesinin verimi 96 (km/h) seyir hızında % 94 ve maksimum % 96'dır. Mesela, 96 (km/h) otoban hızında, motorların her ikisi de, 9500 (d/d)'da kullanılabilir maksimum gücün 85(kw)'ın onda biri olan 8.5(kw) güç harcar. Diğer güç ise yeri geldiğinde manevralar için kullanılır.

Elektrik motoru en yüksek güce ihtiyaç duyulduğu zaman (ivmelenme, tepe tırmanma gibi) cebri soğutulur. Normal seyir hızında, vantilatörler kapatılır ve soğutma hava akışıyla sağlanır. Motor kontrol grubu üç fazlı akım sağlamak için dokunmatik MOSFET doğru akımı alternatif akıma çeviren dönüştürücüye sahiptir. Kontrollerin 100 (kw)

kapasitesi olmasına rağmen, 28 (kg)'lık düşük bir kütleye sahiptir. Bu konumda (kg) başına 3.6 (kw) önerilir.

Araç bataryaları 10 (V)'luk seri bağlanmış 32 adet Delco-Remy bataryalarıdır. Şarj edici MOSFET dönüştürücü ile temaslı haldedir. 400 (V) ve 50 (A) şarj oranında bataryalar iki saat içinde yeniden şarj olur. Bataryalar, iki saatlik deşarj oranında, 320 (V) açık devre voltajında, 395 (kg) kütlede ve 0.18 (m) hacimde 13.6 (kW-saat) enerji kapasitesine sahiptir.

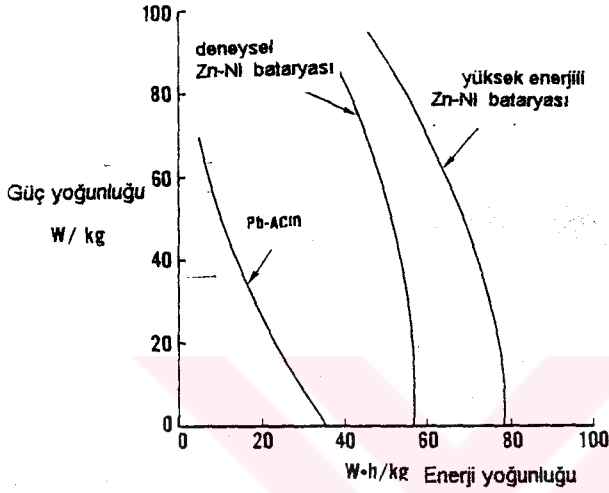
Standart hava yoğunluğu 1.17 (kg/cm) hava koşullarında, aerodinamik sürüklenme katsayısı $C_d=0.19$, lastik katsayısı $C_l=0.0048$, araç test kütlesi 1159 (kg), araç ön yüzey alanı 1.779 (m²) iken araç hızına karşın istenen güçler aşağıda tablo 5.1. da verilmiştir.

Tablo 5.1. GM-Impact elektrikli aracının güç ihtiyaçları.

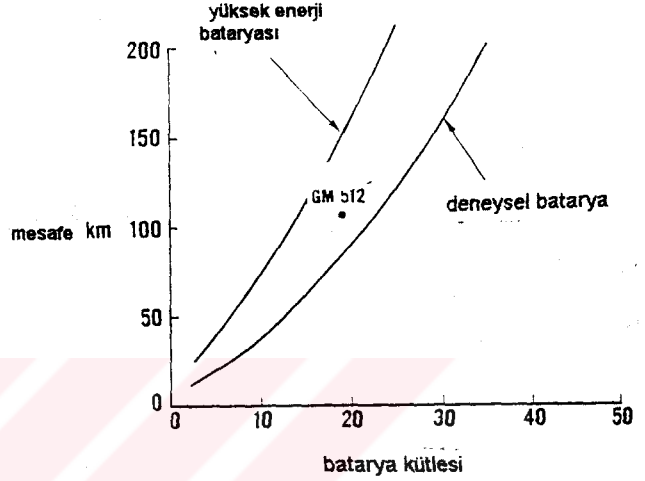
Hız (kph)	Lastikler (Watt)	Aerodinamik (Watt)	Toplam (kW)
40.0	631	274	0.91
60.0	947	926	1.87
96.6	1524	3863	5.39
160.0	2524	17555	20.10

Düşük lastik yuvarlanma direnci elektrikli aracın daha uzun sürüş mesafesi almasını sağlayacaktır. Mesela, yuvarlanma direnci katsayısı normalin yarısı olan 0.0048'dir. Lastik şişirme basıncı, P 165/65R14 Goodyear marka lastik kullanımıyla 448 (kpa)'da normalin iki katıdır.

General Motors'un diğ er bir ç alışması ise GM 512 elektrikli aracıdır. Bu aracın ağırlı ğ ının % 25'i kadar ağırlıktaki Zn/NiO bataryasıyla araç 110 ÷ 200 (km) arasında mesafe alabilir. Ş ekil 5.1. ve 5.2. GM 512 elektrikli aracında kullanılan çinko nikel oksit bataryalarının özelliklerini

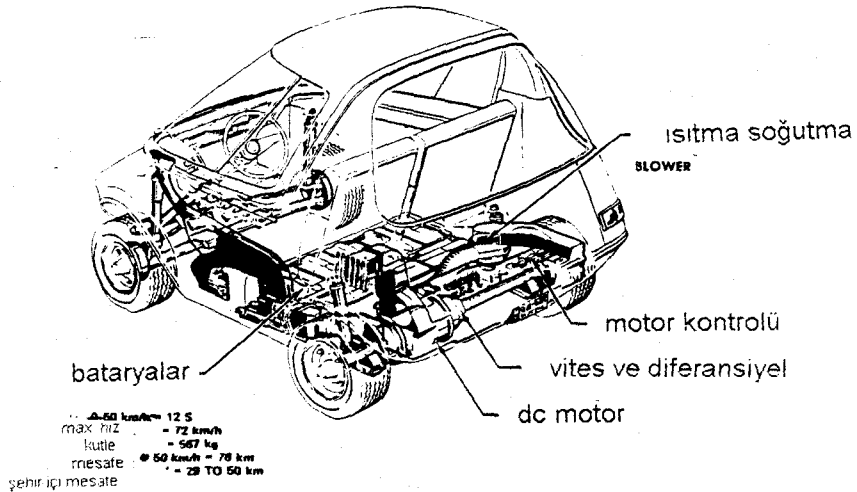


Şekil 5.1. Zn/Ni oksit batarya karakteristikleri



Şekil 5.2. Zn/Ni oksit bataryası ile maksimum mesafe

Şekil 5.3.'te ise General Motors firmasının iki kişilik batarya tahrikli elektrikli aracı gösterilmiştir. Tablo 5.2. te bu aracın tasarım özellikleri verilmiştir.



Şekil 5.3. GM 512 elektrikli aracı.

Bu araç için düşünülen batarya zeminin altına yerleştirilebilir sızdırmaz tip Zn/Ni oksit bataryasıdır. Sızdırmaz tip hücre, mümkün olduğunca az masraflı bakımlı olduğu için seçildi. Yaklaşık 1000 (kg) toplam araç kütlesi ve 222 (kg) batarya kütlesiyle mesafe, sürüşe bağlı olarak, 88 (kw-saat/kg)'lık bataryalarla 100 (km) den 200 (km) ye olacaktır. Tüm hesaplamalar elektrikli araçlar için uygulanan genel amaçlı araç simulatör bilgisayar programı kullanarak yapıldı.

Tablo 5.2. özel amaçlı elektrikli araç.

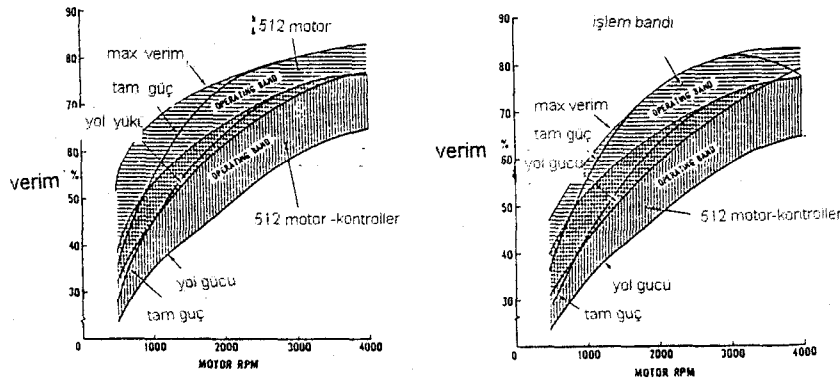
Toplam kütle	_____>	989 (kg)
Araç kütlesi	_____>	807 (kg)
Alabileceği yük	_____>	182 (kg)
Maksimum hız	_____>	90 (km/saat)
Zn/Ni oksit bataryasıyla mesafe { 88 (W-saat/kg)}		
Duruşlu kalkışlı	_____>	90 ÷ 150 (km)
Seyir hali { 50 (km/saat)}	_____>	200 (km)
İvmelenme { 0 ÷ 50 (km/saat) }	_____>	10 (saniye)
Batarya kütlesi	_____>	222 (kg)
Motor gücü	_____>	16.8 (kw)

Bu araçtaki önden çekiş sistemi arka tekerlekler arasındaki boşluktan daha iyi yararlanabilmek için seçildi. Atık batarya ısısı iç kabin ısıtması için kullanıldı. Yolcu kabini iki kişilik ve oldukça geniştir. Aynı zamanda arkada bir bagaj bölmesi vardır. Alt zemin tamamen düzdür.

Tüm aydınlatmalar, korna, kontrol birimi ve ısı üfleyici (bu aynı zamanda motor ve kontrol devresi soğutmasında da kullanılır) 12 (V)'luk bir batarya ve gece sürüşlerinde

hızı artırmak için ana bataryadan DC den DC ye çevirici ile ayrı olarak tahrik edilir. Yüksek güç ihtiyaçlı bir hava soğutma ünitesi $\{1 \div 2 \text{ (kw)}\}$ batarya kütlesini $\% 30 \div \% 35$ oranında artırır. GM 512 aracı 149 (kg)'lık kurşun-asit bataryalarına sahiptir. Bu araç, 50 (km/saat)'te 76 (km) mesafe ve 12 (saniye)'de 0 dan 50 (km/saat) hıza ivmelenme yeteneğine sahiptir ve şehir içi 30 $\div$ 50 (km) sürüş mesafesi vardır.

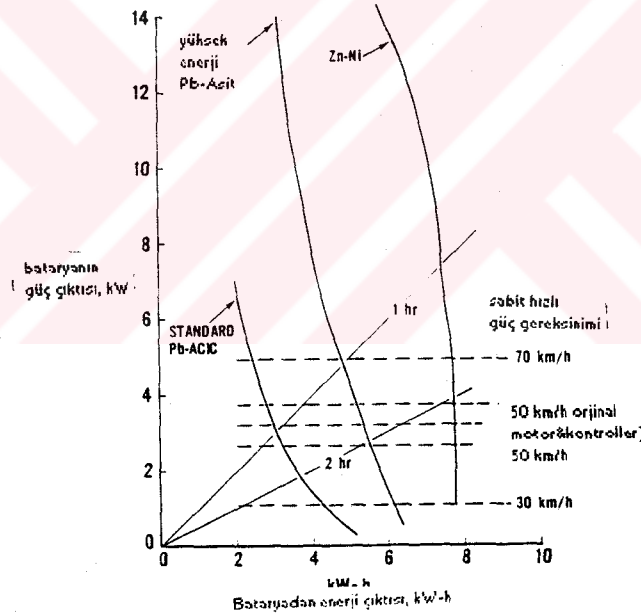
GM 512 elektrikli aracında bulunan orjinal motor seri bağlı DC motordur. Kontrol devresi, frekans ve gerilime bağlı olarak değiştirilebilen SCR akım ayarlayıcısıdır. Eş eksenli motor tasarımı nedeniyle az sayıda motor ekipmanı gerekir. Kullanılan rotor yeniden sarılmış ve 120 (V) gerilime sahiptir. Oysa orjinal kullanım 84 (V) tur. Daha yüksek voltaj, eşdeğer moment çıkışı için akım seviyesini düşürür ve bu yüzden daha düşük araç hızlarında verimi artırır. Ayarlama frekansı, tırmanma hızı hariç, indüktör



Şekil 5.4. motor ve kontrol verimleri.

cihazına daha az motor kayıpları ve daha düşük güç seviyesine imkan veren 400 Hz frekansta sabitlendi. Önceden bu frekans 37 ÷ 625 Hz arasında değişirdi. Yeni ayarlayıcı gürültüyü 91 db den 73 db e 0.5 (m) içerisinde azalttı. Şekil 5.4. de görülebileceği gibi 2000 (rpm)'de { 32 (km/saat) } tam güçte, yol yükleme verimi % 47 den % 53 e yükselirken toplam verimde % 62 den % 73 e yükseldi.

Düşünülen bir diğer ayarlama daha geniş çaplı motor kullanmaktır. Manyetik alan ve rotor elektriksel olarak birbirinden ayrıdır ve her ikisinde ayrı ayrı kontrol edilir.



Şekil 5.5. batarya enerji ve güç yoğunluğu.

Keza bu test aracında yeni tip bir batarya kullanıldı. Orijinal batarya, Delco - Remy Division of General Motor firması tarafından üretilen düşük ağırlıklı bir kurşun-asit

batarya ünitesidir. Yedi adet 12 (V)'luk bataryaların toplam ağırlığı 149 (kg)'dır. Şekil 5.5., deneysel yüksek enerjili Delco bataryası ile standard kurşun - asit bataryalarının karşılaştırılmasını gösterir. Enerji yoğunluğundaki iyileşme % 50 ÷ % 100 arasındadır. Aynı şekilde gösterilen ZnNi bataryasının enerjisi yüksek enerjili kurşun-asit bataryalarından yaklaşık % 30 ÷ % 100 daha yüksektir.

5.2. Mercedes Benz elektrikli araç teknolojisi.

Mercedes firması alternatif enerji kaynaklarından yararlanabilmek için çalışmalarını elektrikli araçlara yönlendirmiştir. Aşağıdaki şekil 5.6.'da mercedesin üzerinde çalıştığı elektrikli otomobil ve tablo 5.3.'te bunun özellikleri görülebilir.

Tablo 5.3. Mercedes mini elektrikli araç özellikleri.

Elektrik sistemi;

Motor tipi _____>	asenكرون
Motor üreticisi _____>	AEG
Motor performansı _____>	25 (kw)
Motor maksimum performansı _____>	40 (kw)
Motor maksimum momentı _____>	155 (Nm)
Motor maksimum devri _____>	9000 (d/d)
Şanzıman _____>	Festuntersetzung 8,3

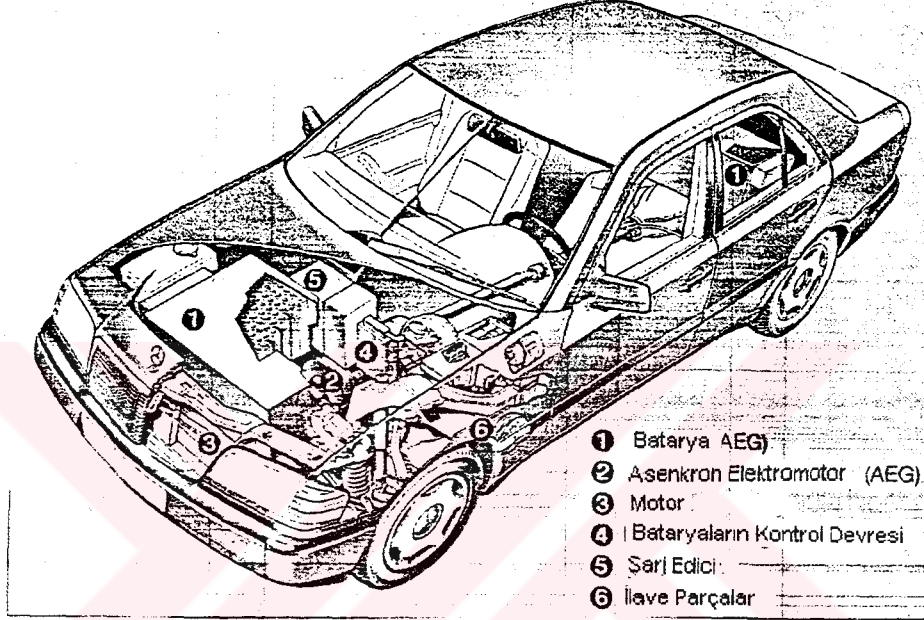
Bataryalar;

Batarya _____>	NaNiCl
Üretici _____>	AEG
Toplam gerilim _____>	552 (V)
Toplam enerji _____>	32 (kw-saat)
Hücre sayısı _____>	426 (adet)
Ağırlık _____>	330 (kg)

Yüksek spesifik enerji _____>	150÷200 (w-saat/kg)
Deşarj sayısı _____>	>1000 (defa)
Ömür _____>	>5 ÷ 10 (yıl)

Kaporta;

Boştaki ağırlık _____>	1005 (kg)
Yük kapasitesi _____>	400 (kg)
İvmelenme _____>	4.6 (saniye)
Maksimum hız _____>	120 (km/saat)
Alabileceği mesafe _____>	120÷250 (km)



Şekil 5.6. Mercedes C-klas elektrikli aracın görünüşü.

5.3. BMW şirketinin elektrikli otomobil teknolojisi.

BMW otomobil şirketi, elektrikli araçların gelecekte her amaç için kullanılamayacağını ancak şehir içi, kalabalık yerleşim birimleri ve kısa mesafeli araç sürüş koşulları için kullanılabileceğini ileri sürer. Kullanışlı bir elektrikli araç için sürüş mesafesinin en çok 200 (km/gün), şehir içi trafiğinde performansını yeterli olması, maksimum 120 (km/saat) hızda, 300 (l) yük kapasiteli, 4 kişilik ve yüksek güvenlikte olması gerekir.

BMW henüz yüksek sıcaklıklı Sodyum/Nikel-Klorat bataryasını test ediyor. Yüksek sıcaklıklı bataryalar kurşun-asit bataryalarının üç katı daha fazla enerji depolayabilir. Nikel kullanımı pahalı olan bir malzeme olmasına rağmen elektrikli araç bataryası tasarlaması üzerine çalışan BMW bu alternatif batarya üzerine çalışıyor ve ilk elektrikli BMW aracını 1998 yılında üretmeyi planlıyor.

Bununla birlikte elektrikli araçlar konusundaki uzlaşma zemini hibrid araçlar üzerindedir. Bazılarına göre hibrid araçlar bu amaçlar için uygun olmamakla beraber bazıları için de büyük bir potansiyel ihtiva eder. BMW de ikinci tip düşünenlerle aynı kanıdadır. BMW'nin elektrikli araçlara iki yaklaşımı vardır; birincisi bir içten yanmalı motor ile elektrik motorun paralel çalışması, ikincisi ise koşullara göre içten yanmalı bir motor, jeneratör ve elektrik motorunun seri halde çalıştığı hibrid sistemler. BMW her iki hali de araştırmaktadır. Bu şirketin asenkron motorlu 518i model paralel sistemli elektrikli hibrid aracı oluşturuldu. Debriyaj ve şanzıman birbirlerine bağlıdır. Aynı zamanda motor jeneratör görevi de görür. Elektrikte serbest çalışmada, debriyaj motor ile transmisyon sistemini birbirinden ayırır. Bu sistem kullanıldığında 1700 (rpm)'de 295 (Nm) moment verecektir. Seri hibrid çalışmada, içten yanmalı motor bataryaların sistemi enerji ile beslemeleri gerekte güçleri yetmezse otomatik olarak devreye girer. Şirket şu anda paralel hibrid çalışmaya uyacak asenkron

motor iyileştirme çabasıdır.

5.4. Tayvandaki elektrikli araç teknolojisi.

Tayvan kendine özgü bazı parametrelerden dolayı belki de dünyada elektrikli araç kullanımına en uygun ülkelerden biridir. Bu parametreleri sıralarsak : 1) Tayvandaki araçlar için, yüksek nüfus yoğunluğu (450 kişi/km²) ve adanın boyutlarından (36,000 km²) dolayı seyahat mesafesi hız ve ivmelenme ABD veya diğer sanayileşmiş ülkelere göre çok kısadır. 2) Sıcak iklimden dolayı, soğuk hava esnasındaki bataryalar için düşük verim problemi Tayvan için önemli değildir. 3) Tayvanda elektrik enerjisinin yaklaşık % 50'si nükleer santrallerden üretilmektedir. Bu ülkedeki elektrikli araç keşiflerinin anlamı ham petrol bağımlılığının daha da azaltılmasıdır. Bundan başka, Tayvanda geceyarısı elektrik yükü maksimum yükün %60 ÷ %65 olduğundan, maksimum yüklü saatlerde elektrikli araç bataryalarını şarj etmek yükleme faktörünü artıracaktır. 4) Elektrikli araçların keşfi Tayvandaki büyük şehirlerde ciddi hava ve gürültü problemini azaltacaktır. Bugünlerde Taipei şehrinde hava kirliliğinin yaklaşık %90'nının benzin ve dizel yakıtlı araçlardan geldiği tespit edilmiştir. Artan araç sayısı ile bu daha da kötüye gideceğe benzer.

Yukarıdaki faktörlerin ışığı altında, Ulusal Tsing Hua üniversitesi 1973 yılından beri elektrikli araç programıyla

ilgilileniyor. Bu programın amacı Tayvanda elektrikli araçların kullanılabilirliğinin ekonomik ve teknik açıdan belirlenmesi ve bunların Tayvanda ve giney - doğu Asyada pazarlamaktır.

Tsing Hua elektrikli araç proramı iki faz içerir. Tayvan elektrik krumu tarafından desteklenen birinci faz programı, ileri araç test programları dışında hesaplandı. Birinci fazda, Tsing Hua, yüksek performanslı kurşun - asit batarya yapım tekniği, yüksek hızlı DC motor ve SCR (silikon kontrollü redresör) akım kesici devre sistemini keşfetmek için bölgedeki endüstrilerle çalıştı. Dört yolcu kapasiteli bir araç teknik ve ekonomik açıdan tasarlandı ve üretildi. Son zamanlarda başlanan ikinci fazın amacı, bölgesel endüstri yardımıyla değişik prototipler oluşturmaktır.

Birinci programın başında, benzin motoru tahrikli bir araç elektrik motoru tahrikli hale getirildi ve elektrikli araç tahminleri, üretimi ve tasarım problemleriyle bağlantılı mühendislik problemini çözmek için bir test aracı olarak kullanıldı. ismine de THEV I denildi. Motor bir DC doğru akım şönt bağlı elektrik motoruyla ve daha sonra DC doğru akım seri bağlı bir elektrik motoruyla yer değiştirildi. Farklı tip kurşun - asit bataryaları (toplam 96 V) kullanıldı ve SCR akım ayarlayıcı kontrol sistemi tasarlandı. Bu program esnasında Tsing Hua, yüksek enerji yoğunluklu bataryalar için Tayvan Yuasa batarya şirketiyle

ve yüksek hızlı DC motor için Tongyuan Elektrik ve Makina şirketiyle bağlantı kurdu.

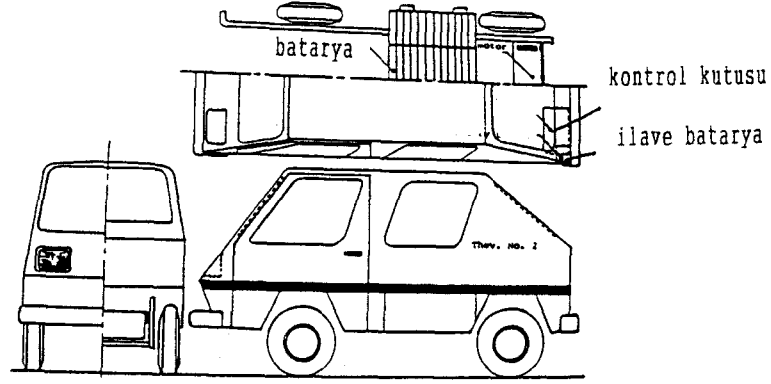
THEV I aracından değerli sonuçlar elde ettikten sonra, dört yolcu kapasiteli THEV II aracı üretildi. FRP fiberglass gövdeli yapılmış araç iki yolcusuyla beraber 45 (km/saat) sabit hızda 160 (km) mesafe ve maksimum 90 (km/saat) hız yapabildi. Şehir içi yol testleri, THEV II için gerçek sürüş mesafesinin 120 ÷ 130 (km) arasında olduğunu ve elektrik harcamasının 0.25 (kw-saat/km)'den daha az olduğunu gösterir. Bu yol testlerinden, THEV II aracının Tayvan trafik şartlarına uygun olduğu söylenebilir. Tablo 5.4. THEV II aracının özelliklerini verir. Bütün bunlara ilaveten Tayvandaki hız sınırının otobanlar dışında 60 (km/saat) olduğunu ve Taipei şehrinde araçların günde ortalama 50 ÷ 60 (km) yaptıklarını söylemek bu araştırmanın önemini bir kat daha artırmaktadır.

Tablo 5.4. THEV II aracının özellikleri.

Maksimum hız	> 90 (km/saat)
Mesafe	> 160 (km) {iki kişi için 45 (km/saat)'te}
Ağırlık	> 1200 (KG) { FRP gövde }
Bataryalar	> 500 (kg), 192 (V), 48 (w-saat/kg) { 5 saatlik kullanım }
Motor	> 80 (kg), 20 (kw), DC seri bağlı 6000 (rpm){ maksimum 7000 (rpm) }
Kontrol	>SCR akım ayarlayıcı ve sabit vites oranlı
Tırmanma yeteneği	> Sin θ = % 18 { θ = 10° }
İvmelenme	> 12 saniyede 0 dan 60 (km/saat)
Yolcu sayısı	> 4

Şekil 5.7.'te gösterilen THEV II aracının gövdesi FRG

fiberglass ve polüüretan malzeeden yapılmıştır. Şose olarak mevcut Subaru şosesi seçildi. 16 adet batarya arka



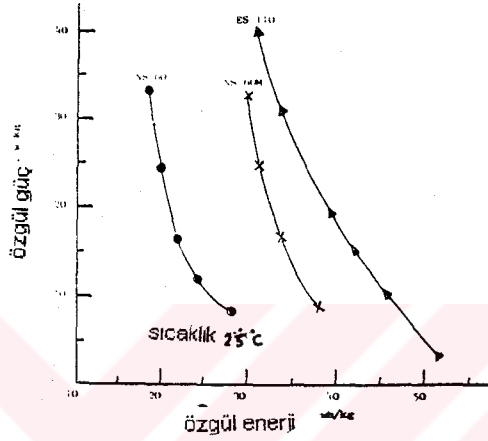
Şekil 5.7. THEV II elektrikli aracı donanımı.

koltukların altına yerleştirildi. Batarya paketi değiştirme için içeri ve dışarı çıkarılabilecek bir şekilde kızak üzerine yerleştirilmiştir. Batarya değiştirme süresi 5 dakikadır. Elektrik motoru arka aksa bağlıdır. Kontrol panelide tozdan korumak için arka bölmenin altına yerleştirildi.

THEV II için batarya paketi seri bağlı 12 (V)'luk 16 adettir. Bataryaların boyutları 275 x 295 x 175 dir. Tsing Hua tarafından tasarlanan ve Tayvan Yuasa batarya şirketi tarafından üretilen araç bataryasının enerji yoğunluğu 48 (w-saat/kg) ve batarya ömrü 150 derin çevrim kadardır. Şekil 5.8. bu araçta kullanılan batarya özelliklerini gösterir. ES110 için ömür testi 26.5 (amper) deşarj, 10.2

(volt) ve 45 (°C)'de 7 saat şarj koşulları arasında performansı ölçüldü. ilk ve son test koşulları altında (150 çevrim) ES110'un enerji yoğunluğunda % 25 düşüş vardır.

	YS 110	NS 110	ES 110
Özellik	15.7kg	15.7kg	30.2kg
AM	15 at 11 Amp	15 at 10 Amp	15 at 20.5 Amp

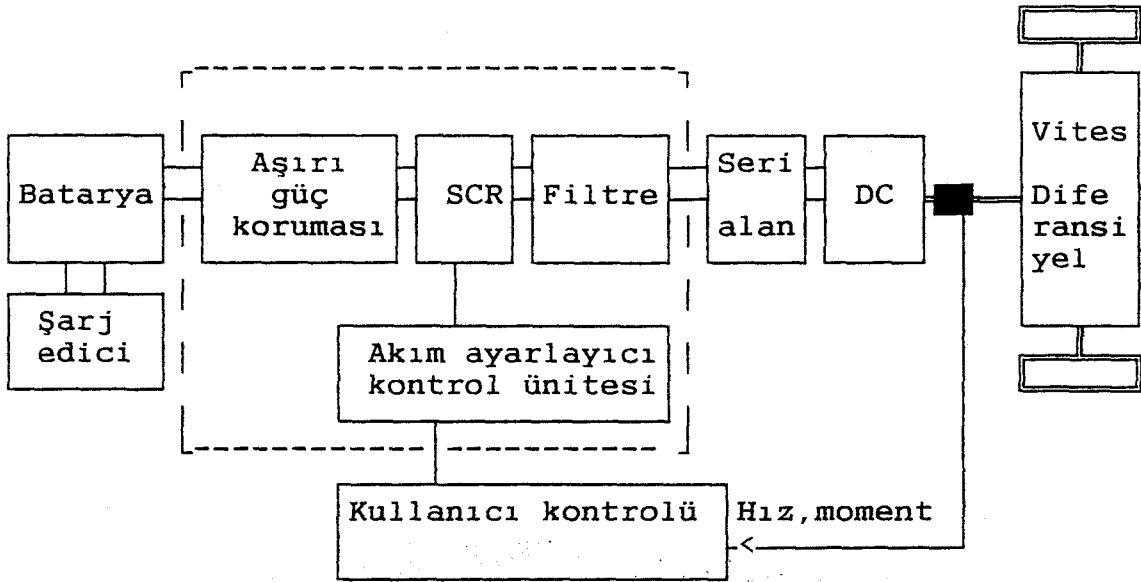


Şekil 5.8. THEV II aracının batarya özellikleri.

Şekil 5.9. THEV II araç güç çalışma sisteminin blok diyagramını gösterir. Elektrik gücü bir SCR akım ayarlayıcısı ile kontrol edilir. kontrolden sonra voltaj dikdörtgen dalga halinde olur. Akımı düzleştirmek için bir elektrik filtresi kullanılır. Elektrik gücü, 20 (kw)'lık yüksek hızlı seri bağlı bir motorla mekanik güce çevrilir.

Mekanik güç sağlandıktan sonra 1.6 ÷ 1 iletim oranlı vites kutusundan geçirilerek arka teker diferansiyeline iletilir. DC doğru akım motoru, 0.25 (kw/kg) güç yoğunluğuna sahiptir.

Şekil 5.10. THEV II elektrikli aracın kontrol devresini

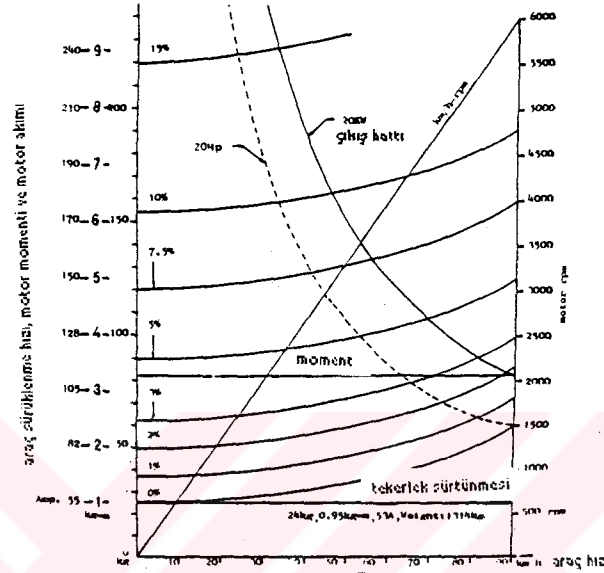


Şekil 5.9. THEV II araç çalışma blok diagramı.

gösterir. Devre esasen, iki akım ayarlayıcısı (SCR), iki diyot, bir ana anahtar, ileri ve geri sürüşler için manyetik kondaktör, elektrik akımını düzeltmek için bir starter, bir jeneratör, bir kömür ve değiştirme için bir kapasitörden oluşur. Jeneratör aracı sıfırdan maksimum hıza prüzsüz olarak erıştirebilir ve kontrol edebilir. Aşırı yükte korunma için herhangi bir korunma yoktur.

Hız - sürüklenme kuvveti diyagramı şekil 5.11.'de verildi. Sıfır hızda iki kişi yolculu 1314 (kg) araç ağırlığı için deneysel olarak 24 (kg) statik sürüklenme kuvveti belirlendi. Aerodinamik sürüklenme, sürüklenme katsayısının 0.5 ve ön yüzey alanının 1.88 (m²) olduğu farzedilerek çizildi. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere araç 90 (km/saat) te seyrederken 20 (kw)'tan daha az enerjiye ihtiyaç duyar. Bu, araca yüksek hızlarda da ivmelenme çmkanı verir. % 18

eğim için 10.5 (kg.m) araç için yeterli olacaktır. Motor 30 (km/saat)'den daha fazla bir hızla % 18 eğimden daha az eğimleri tırmanmak için yeterli gücü sağlayacaktır. Aracı 0 dan 60 (km/saat) hıza çıkaran $1.2 \text{ (m/s}^2\text{)}$ ivmelenme için gerekli zaman şekil 5.11.'den 14 saniye olarak hesabedilir.



Şekil 5.11. hız sürüklenme kuvveti düyagramı.

5.5. Chreysler şirketinin hibrid araç teknolojisi.

Patriot yarış aracının tasarımında, enerji/ağırlık oranının yüksek oluşundan dolayı, Chreysler içten yanmalı motor yerine gaz türbini ve yüksek enerji depolama ile giriş çıkış özelliklerinden ötürü "ultra volan" seçimi yaptı. Elektrik motoru faydalı frenlameye uygundur. Patriotun dört ana bileşeni vardır; bir gaz türbini, bir alternatör, karbon - fiber volan ve elektrik motor/jeneratör. Patriot elektrikli hibrid aracın gaz türbini 370 (kW)'lık SatCon technologies ürünüdür.

Alternatör aynı şaft üzerinde gaz türbini ve elektrik motoruyla bağlantılıdır. Gaz türbin - alternatör grubu çok küçük hacimde 185 (kW) enerji üretir. 90 (kg)'dan daha az bir kütleyle sistem 4.3 (kW/kg) güç yoğunluğu verir ve 3.1 (kg/kW-saat) yakıt harcar.

Alternatörün içine alınan hava düşük hızda türbin-alternatör grubu içinde sıkıştırılır. Daha sonra iç soğutucuya ve oradanda sıkıştırma ısısının alınması için ikinci kademeye gönderilir. Yüksek basınçlı hava yakıt ile karışıp yanacağı yanma odasına gönderilir. Bu yüksek basınç ve sıcaklıktaki hava türbini çalıştırır. Türbine bağlı olan alternatör de ürettiği elektrik enerjisini sisteme dağıtır.

Tablo 5.5. Chreysler Patriot elektrikli hibrid aracın özellikleri

		Araç
Tip		FIA üstü açık spor araba
Minimum kütle	(kg)	720
Arka kanat uzunluğu	(cm)	465
Genişlik	(cm)	200
Kanat yüksekliği	(cm)	96.5

		Elektrik motoru/kontrolleri
Tip		4 kutuplu, 3 fazlı alternatif akım motoru
Kütle	(kg)	65
Maksimum hız	(d/d)	24000
Muhafaza malzemesi		aleminyum
Yağlama		yağ
Soğutma		su
Kontroller		72 IGBTs
Vites		8:1
Voltaj	(V)	525

Turbo/Alternatör

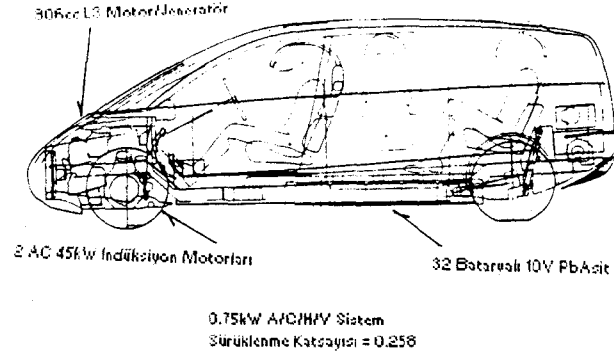
Tip	_____>	iki alternatör bağlantılı iki kademeli türbin
yakıt	_____>	doğal gaz
Hız;		
düşük hız kademesi (d/d)	_____>	50000
yüksek hız kademesi (d/d)	_____>	100000
içsoğutucunun yeri	_____>	düşük ve yüksek hız kompresörlerinin arası
Kütle	(kg) _____>	85
Alternatör tipi	_____>	72 IGBTs kontrol devreli üç fazlı alternatif akım
Malzemeler	_____>	kompozitler, seramikler, titanyum ve çelikler
Soğutucu	_____>	su

Volan sistemi

Tipi	_____>	yüksek hızlı, vakumlu kompozit volan
Kütle	(kg) _____>	67
Maksimum hızı	(d/d) _____>	58000
Montaj	_____>	çapraz mafsallı
Motor tipi	_____>	üç fazlı geçici neodyum-demir bor mıknatıslı
Malzemeler	_____>	karbon-fiber jant (6.3 GPa) karbon-fiber mahfaza (2.8 GPa)
Vakum	(mPa) _____>	1.3
Yataklar	_____>	mekanik yuvarlak
Kontroller	_____>	72 IGBTs
Soğutma	_____>	su

5.6. GM-HX3 hibrid elektrikli aracı.

Bu araç kurşun asit bataryalı beş yolcu kapasiteli içten yanmalı ve batarya tahrikli bir araçtır. Araç kütlesi 1807 (kg)'dır. Şekil 5.11. araç ile batarya, elektrik motor ve içten yanmalı motorun araç tasarımındaki yerini gösterir. HX3 elektrikli hibrid aracı iki adet 45 (kw) alternatif akım motoruyla tahrik edilir. Her bir elektrik motorunun kütlesi 23 (kg)'dır.



Şekil 5.12. GM-HX3 elektrikli hibrid araç şekli.

GM Impact elektrikli aracı gibi, motor kontrolleri üç fazlı akım üreten MOSFET eviriciye sahiptir. Batarya grubu seri bağlı 32 adet 10 (V)'luk kurşun - asit bataryası içerir. Bataraya grubu 220 (V)'ta 2 saat içerisinde yeniden şarj edilebilir. Bu süre daha düşük voltajlarda uzar.

906cc L3 SOHC model içten yanmalı dört stroklu motorun kütlesi 68 (kg)'dır. Motor devri 2500 (d/d)'ya ayarlıdır ve 40 (kW)'lık alternatör ile otomatik olarak batarya grubunu yeniden şarj eder. Motor elle kumanda edilerek istenilen yerde devre dışı bırakılabilir. Motor yakıt tankı kapasitesi ise 10 (galon)'dur. Araç şasesinin üstündeki güneş hücreleri güneşli günlerde otomatik olarak havalandırmayı çalıştırır. Aracı aerodinamik sürüklenme katsayısı 0.258 ve lastikler Goodyear P175/65R/17 marka lastiklerdir.

Tablo 5.6. karşılaştırmalı batarya tahrikli elektrikli araçlar

Marka & yıl	test küt. kg	maks. hız kph	mesafe km @ kph	özg. mes. km/kWh	bat. kapast. kWh @5h	bat. küt. kg	motor kW
Daihatsu87	1430	90	170 @40	8.5	19.5	331	12
Mazda87	1420	90	200 @40	9.5	21.2	353	12
Mazda85	1450	80	130 @40	7.2	18.0	600	12
Mitsubishi85	1030	70	90 @40	6.3	14.4	480	14
NissanMarc87	1180	70	186 @40	8.9	20.8	580	15
Nissan85	1200	90	160 @40	7.7	20.8	347	10
Suzuki85	1005	75	80 @40	7.0	11.5	383	10
Suzuki87	1030	80	110 @40	7.6	14.4	480	10
ToyotaEV30	580	43	165 @30	19.4	8.5	106	4
ToyotaEV20	1260	100	120 @40	8.9	13.5	450	15
ToyotaEV10	1265	105	120 @40	9.1	13.2	440	15
Electrovair	1545	130	65 @89	2.6	25.4@1	309	86
GMImpact90	1159	120	193 @89	14.2	13.6@2	395	85
GMHX3hyb91	1807	---	700 @89	2.0	353.0	425	HC+bat

Tüm bu anlatılanlardan sonra 1991 yılına kadar üretilen elektrikli araçların bazılarını karşılaştırdığımızda ilginç sonuçlar elde ederiz. Bu karşılaştırma tablo 5.6'da verilmiştir.

BÖLÜM VII

7. SONUÇ

Elektrikli otomobiller, 19. y.y. sonlarında bataryaların keşfedilmesiyle gündeme gelmiştir. İlk çalışmalar mevcut araçların tahrik sistemlerini içten yanmalı motordan elektrik motoruna çevirmekle başlanmıştır. Ancak batarya tahrikli elektrik motoru kullanıldığında elde edilen performans içten yanmalı motorların kullanımından elde edilen performanstan çok daha düşük olduğu görüldüğünde güç kaynağı olarak bataryalardan daha fazla güç çekme ihtiyacı doğmuştur.

Günümüzde araçların sürüş koşullarına baktığımızda şehir içi koşullarda yaklaşık 100 ÷ 120 (km) yol yaptığı hesaplanmıştır. Şu an bile eldeki batarya teknolojisi aracı bu mesafeden daha uzağa getirebilir. Yanlız elektrikli otomobiller tasarlanırlarken bu sınırlar gözetilmelidir. Bu araçlarda sınırlı mesafe sürüşü sözkonusu olduğu için ve her sürüşten sonra araç bataryalarının yeniden şarjı gerektiği için bu koşullara en iyi uyan kamyonetler ilerleme sağlamıştır.

Elektikli araç genel olarak bataryalar, elektrik motoru, kontrol devreleri, hidrolik moment çevirici ve iletim elemanlarından oluşmuştur. Sisteme verilen elektrik akımının cinsine göre sistemde alternatif akım veya doğru akım motoru kullanılabilir. Bu konumda doğru akım olarak depolanan elektrik enerjisi eviricilerle alternatif akıma

dönüştürülebilir. Hibrid araçlarda ise, sistem elemanlarına ilave olarak bir kavrama ile elektrik motoru şaftına bağlanmış küçük bir içten yanmalı motor mevcuttur. Bu motor aracın ani güç ihtiyacı isteklerinde otomatik olarak devreye girer.

Aracın performansı (ivmelenme , yokuş tırmanma gibi) tamamiyle bataryalara bağlıdır. Şu ana kadar yapılan batarya çalışmalarında çok geniş metal ailesi elektrod olarak kullanıldı ve halen geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Bunların arasında Li ve alaşımlarından yapılan bataryalar gelecek vadetmektedirler. Batarya performansını arttıran en önemli etkenler; elektrolit dolaşımı, gözenekli elektrodlar ve tasarım şekilleridir.

General Motors'un ürettiği elektrikli otomobilde motor ve bataryaları kullanarak elde edilen verimi tablo 6.1. de gösterilmiştir. Bu tabloya üretici firma ile desteklenmiş motor performans verileri ve birkaç tane sistem kontrol testleri ilave edilmiştir. Bu kontrolörler basit IR kondaktör testleri, terminaller, özel vites soketleri ve yönlendiricilerdir.

Şarj verimleri ve test sonuçları tablo 6.2. te verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi şarj verimleri umulanın altındadır. Bununla birlikte işletme ekonomisi hesapları için % 55 test değeri batarya şarj depolama verimi olarak

kullanılabilir.

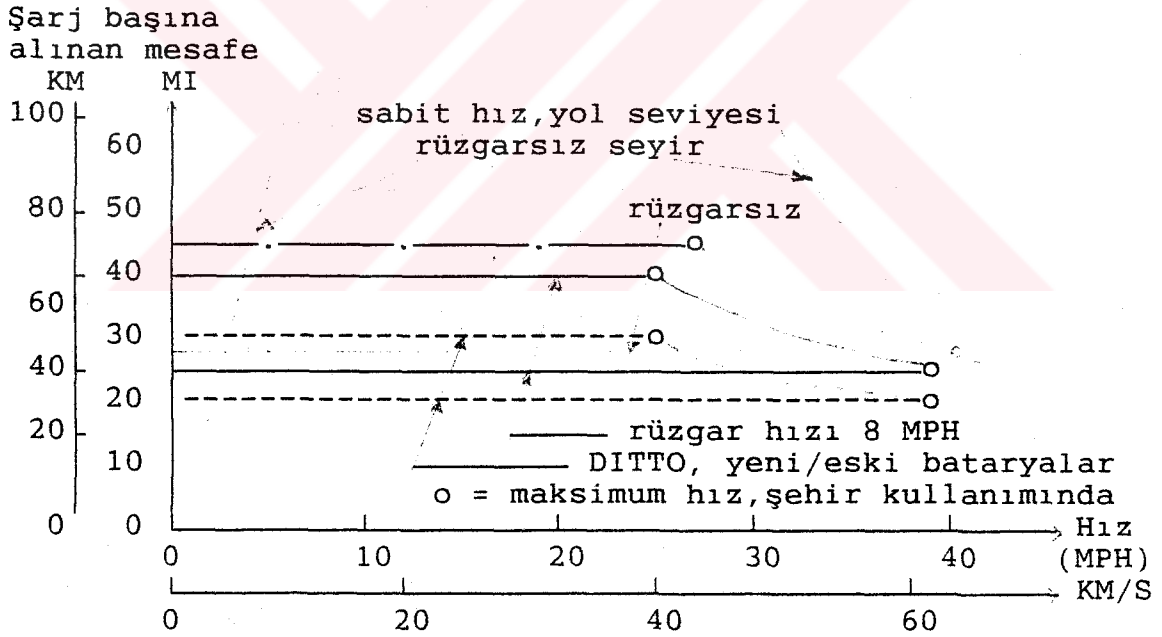
Tablo 6.1. güç sistemi verimleri.

Araç operasyonu	η dağ	η kond	η kont	η mot	η sürş	η dönş
İvmelenme 0-25 MPH (6.7 s)	0.90	0.95	0.80	0.62	0.96	0.41
İvmelenme 25-32 MPH (5.8 s)	0.90	0.96	0.90	0.65	0.96	0.49
Seyir hızı 32 MPH	0.93	0.98	0.99	0.74	0.96	0.64
Maksimum seyir hızı ≈38 MPH	0.92	0.98	0.98	0.75	0.96	0.64
Seyir hızı 25 MPH	0.96	0.98	0.99	0.70	0.96	0.63
Seyir hızı 15 MPH	0.97	0.99	0.98	0.65	0.96	0.59
%12 tırmanma (14 MPH)	0.92	0.97	0.97	0.70	0.96	0.58

Tablo 6.2. şarj verimleri ve test sonuçları.

	η şarj edici	η batarya	η çalışma	η depolama
Hedef değerler	0.85	0.88	0.90	0.67
İlk testler,yeni batarya A - şarjedicisi	0.76	0.88	0.83	0.56
İlk testler,yeni batarya B - şarjedicisi	0.70	0.88	0.85	0.52

Elektrikli araçlar hakkında en önemli iki soru ne kadar hızlı gidebilecekleri ve ne kadar mesafe alacaklarıdır. Otomobil mühendisleri elektrikli araç testlerinde; a) bölgesel, b) metropoliten alan sürüş koşulları ve enerji ihtiyaçlarını belirlerler. Bu fark araç hızına 30 (m/s) ve 45 (m/s) olarak yansır. Genelde duruş ve şehir içi sürüşlerde değişik maksimum hızlar için mesafe 45 (km) veya daha fazladır. Şekil 6.1. iki kişilik üstü açık batarya tahrikli spor bir arabanın hız eğrilerine karşı mesafeyi gösterir. Eğrinin maksimumdan aşağı inen kısmı, yol seviyesinde ve rüzgarsız ortamda hesaplanan mesafeyi gösterir.



Şekil 6.1. GM spor üstü açık aracın özellikleri (800 lb)

Dünyadaki birçok dev otomobil üreticisi (Mercedes, BMW, General Motors gibi) elektrikli ve hibrid otomobiller ile

ilgili araştırmalar yapmaktadırlar. şu ana kadar varılan sonuçlar elektrikli otomobillerin geleceğinin sınırlı mesafe sürüş koşullarında, kamyonetler başta olmak üzere binek otomobilleri için, uzun ömürlü ve hafif batarya grupluru ile mümkün olacağını gösterir.



KAYNAKLAR

- 1- AKAY, M., 1984. Electric vehicles. Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul: 37 - 66
- 2- Akümülatör sanayicileri Derneği, 1989. Türkiye 1. akümülatör sanayii sempozyumu, İstanbul: 123 - 127
- 3- BIRCH, Stuart, 1994. Advanced research at BMW. Automotive engineering, October: 12 - 15.
- 4- CAIRINS, Elton J. Batteries of the future for vehicle applications. Electrochemistry in industry, Case center for electrochemical sciences and Case western reserv university, Cleveland, Ohio: 131 - 151.
- 5- COATES, Dwaine., ROUMPF, Galen., BAER, Steve. Nickel hydrogen batteries for terrestrial applications. Eagle Picher industries, Missouri. Zomeworks corporations, New Mexico: 452 - 457.
- 6- ÇAKMAK, Suat. 1992. Planet mekanizmaları. Yıldız teknik üniversitesi, İstanbul. 78 - 80.
- 7- ÇİZMECİ, Y., 1974. Electric vehicles. Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul: 114 - 150
- 8- DEMİRİSOY, Mustafa., 1989. Motorlu araçların gelecekteki kaynakları. 2. otomotiv ve yan sanayii sempozyumu, Bursa: 249 - 250.
- 9- DVORAK, P., 1989. The shocking truth about electric vehicles. Machine design, September, 21, 1989. 86 - 94
- 10- GİRGIN, T., 1990. Akümülatörlerin teknik yapısı. Mühendis ve makina dergisi, 361: 36 - 41
- 11- HALICI, K., 1994. Elektriğin sanayie uygulanması. Yıldız teknik üniversitesi yayınları, 161: 176 - 280
- 12- HIRAM, Gu., NGUYEN, T. V., WHITE, R. E., 1987. A mathematical model of a lead-acid hücresi. Journal of electrochemical society, vol. 134, no.12: 2954.
- 13- ISHIKAWA, Rikio., ISHIKAWA, Tadao., ARIGA Yasuo. Central research institute of electric power industry. Performance test of advanced sattery under severe conditions: 480 - 485.
- 14- JOST, Kevin, 1994. The Patriot's hybrid - electric drivetrain. Automotive engineering, December: 30 - 40.
- 15- KASSEKERT, D., ISENBERG, A., BROWN, J. High power density bipolar lead-acid battery for electric vehicle propulsion, Westinghouse electric corporation, Pennsylvania. 11th IECEC: 411 - 417.

16- KAUN, T., DUOBA, M., JOHLL, W., LUONG, V., MRAZEK, F., PALKON, D., SIMON, D. Development of prototype sealed bipolar lithium/sulfide cells. Electrochemical technology program, Argonne.

17- KORDESCH, K., DANIEL, J., KAHRAMAN, E., MUSSNIG, R. The rechargeable alkaline zinc - manganese dioxide battery. Technical university Graz, Austria.

18- LEWIS, H., FRANCIS, Robert., NEWMAN, Gerald., RAO, B, 1991. Ambient temperature electric vehicle batteries based on lithium and titanium disulfide, Exxon Research and Engineering Company, Linden, New Jersey U.S.A. :418-422

19- MAO, K., HWANG, G. Development of electric vehicles in Taiwan. National Tsing Hua university. 11th IECEC: 357-362.

20- MING - Chih, Yew., Mc CULLOCH, Dean. Small electric vehicle considerations in view of performance and energy usage, General Motors Corporations. 11th IECEC: 363 - 368.

21- NELSON, P., KAUN, T. Modeling of lithium / sulfide batteries for electric and hybriide vehicles. Argonne national laboratory, Argonne.

22- ÖZTEK, T., 1974. The future of electric cars. Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul: 13 -31

23- ÖZKAHRAMAN, T., 1988. Elektrikli otomobiller. Yüksek lisans tezi, Yıldız Üniversitesi, İstanbul: 15 - 75

24- SHIPPS, Paul. Minimizing electric cars to maximize performance, Shipps engineering service, California. 11th IECEC: 369 - 376

25- SUDAR, S., Thomson W., 1991. Electric vehicle performance with alternate batteries, Atomics International, Rockwell International, California, U.S.A.: 424 - 429

26- ULBRICH, Erwin. Application of a shunt motor and a 2 cylinder gasoline engine as a hybrid drive for an automobile. Creative automotive research, Byron. 11th IECEC: 396 - 403.

27- WILLIAM, D., 1989. Elektrikli taşıt araçlarının öncüsü Teknik ve uygulama dergisi, 21: 21 - 25

28- WYCZALEK, Floyd., 1991. GM electric vehicle technology in the 1990's. HSST NA Engineering, U.S.A.

29- Von LEOPOLD, Mikulic., KNÖRZER Günther., PANTEN, Detlef ., WOLF, Klaus., SHRÖTER, Dirk, 1994. Elektrofahrzeug der zukunft lösungsansätze und technologie. ATZ Automobiltechnische zeitschrift, 234: 450 - 459.

30- MANTELL, C.L. Batteries and energy systems, 1970. Mc Graw - Hill book company.

SEKOGRETA TURKIA
SULU MANTASYON MERKEZİ



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad soyad	Tamer Z. KILIÇASLAN
Doğum Tarihi	22 Kasım 1970
Doğum Yeri	İstanbul
Tabiyeti	T.C.
Bildiği yabancı dil	İngilizce

Öğrenim Durumu

İlk Öğretim

Kocasinan İlkokulu	1976 - 1981
--------------------	-------------

Orta Öğrenim

Kocasinan lisesi	1981 - 1983
------------------	-------------

Abdurrahman Gazi İlköğretim okulu	1983 - 1984
-----------------------------------	-------------

Pendik Lisesi	1984 - 1987
---------------	-------------

Yüksek Öğrenim

Lisans

Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümü	1987 -1991
---	------------

Yüksek Lisans

Yıldız Teknik Üniversitesi Makina mühendisliği, Enerji programı	1991 -
--	--------