

38937

KOCAELI UNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODERN ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE ELEKTRİKLİ
OTOMOBİLLERİN ENERJİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. Sule KUŞDOĞAN

Ana Bilim Dalı: ELEKTRİK

Programı: ELEKTRİK

NİSAN 1994


KOCAELI UNIVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU


MODERN ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE ELEKTRİKLİ
OTOMOBİLLERİN ENERJİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

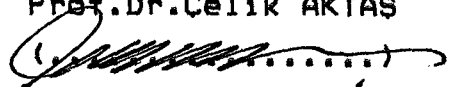
DOKTORA TEZİ

Y.Müh.Şule KUŞDOĞAN (KULÇAK)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Nisan 1994
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Temmuz 1994

Tez Danışmanı
Prof.Dr.Atıf URAL
(......)

Üye
Prof.Dr.Nusret YÜKSELER
(......)

Üye
Prof.Dr.Celik AKTAS
(......)

NISAN 1994

MODERN ELEKTRİKLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE ELEKTRİKLI OTOMOBİLLERİN ENERJİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sule KUSDOĞAN

Anahtar Kelimeler: Elektrikli otomobiller, enerji sistemleri, tahrik düzenleri, çevre, sonuçlar.

Özet: Çağımızda çevre kirliliği ve petrole bağımlı yakıtların tükenmekte olması, yarının taşıtları için farklı ve yeni çözümler aranmasını gerektirmektedir. Elektrikli otomobiller, çevre sorunları bulunan yoğun yerleşim bölgelerindeki ulaşım alternatif bir çözüm olacaktır. Yakın bir gelecekte, elektrikli otomobillerin şehir dışı uzun yollarda klasik otomobillerle rekabet etmesi beklenmektedir.

Kullanılacak olan elektrik motoruna gelince, bu motorun hem yüksek randıman vermesi, hem de havaya hiçbir kirletici madde salmaması gerekmektedir. Elektrikli taşıtlarda, iletim düzeni, içten yanmalı motorlu tip taşıtlara göre çok daha basittir ve bu birçok avantajlar sağlamaktadır. Böylece taşıtlar bakım gerektirmeden uzun mesafelerde kullanılabilir. Üstelik enerji kaybı sadece dişli sistemiyle sınırlı kalmaktadır. Bunun sonucu olarak motorun enerji randımanı bir içten yanmalı motorlu tip taşıtınkinden % 80 üstündür.

Elektrikli otomobillerin tahrik düzenlerinde, hem doğru akım motoru, hem de alternatif akım motoru kullanılmaktadır. Doğru akım motoru daha basittir, ama fazla bakım gerektirmektedir. Alternatif akım motoru ise, özel bir bakım yapılmaksızın uzun bir mesafe kullanılabilir; buna karşılık elektronik sistemi daha karmaşıktır.

Günümüzde, özellikle daha hafif ve daha az yer tutan bataryaların yapımı üzerinde çalışılmaktadır. Bataryaların gözönüne alınması gereken en büyük niteliği, elektrikli otomobili yüksek hızla uzağa götürmek; bataryanın ağırlığının mümkün olduğunca az ve fiyatının düşük olmasıdır.

Yapılan teknik değerlendirmelerin sonuca göre; elektrikli otomobiller, günümüzde seri olarak imal edilebilecektir. Gelecekte, çevre sorunları ve batarya teknolojilerindeki gelişmeler de bu yöndeki çalışmalara teşvik sağlayacaktır. Uzun vadede tek seçenek, elektrikli otomobillerdir.

Yapılan bu çalışmada, ilk defa olarak elektrikli otomobiller ile ilgili çok geniş bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bilimsel bir etüd sonucunda, elektrikli otomobillerin enerji ve tahrik sistemleri diğer ulaşım sistemlerinininkileriyle karşılaştırılmış ve geleceğin ulaşım aracı olan elektrikli otomobilin teknik, ekonomik ve ekolojik bakımlarından üstünlükleri kanıtlanmıştır.

Bu çalışma, çok yakın bir zamanda ülkemizde de başlayacağına inandığımız elektrikli ulaşım aracı üretimine başlayacaklara, ilk bilimsel katkıyı sağlayacaktır.

THE EVALUATION OF THE ELECTRICAL CARS IN TERMS OF ENERGY IN THE MODERN ELECTRICAL TRANSPORTATION SYSTEMS

Sule KUSDOGAN

Key Words: Electric cars, energy systems, propulsion systems, environment, results.

Abstract: In the 21st century, the environmental pollution and shortage of dependent fuel petrol, requires new solutions for the future's vehicles. The electric cars will be alternative solution for the transportation in the metropolitan cities which have environmental problems. In the near future, it's expected that electric cars will compete with conventional cars on the highways.

When we think of the engine that is to be used, it should give maximum efficiency and at the same time it shouldn't emit poisonous gases to the atmosphere. In electric vehicles, transmission is simpler than in internal combustion engines and it has a lot of advantages. So, the cars can be driven safe for long distances without any technical control. In addition, the loss of energy is limited to gear system. As a result, the energy efficiency of the engine is 80% more than an internal combustion engine.

Both d.c. and a.c. engine are used for the electric vehicle propulsion systems. D.C. engine is simpler but it requires more technical control, on the other hand a.c. engine can be used for long distances without any special technical control but it has a more complex electrical system.

Nowadays, the studies have concentrated on lighter and small batteries. The most important feature of the batteries that should be considered is that should drive the car for long distances with high speed and also the battery should be light and economical.

According to the technical evaluations, the electric cars will be prepared by mass production. In the future environmental problems and the developments in the battery technology will encourage this. In the future, the only choice is electric cars.

In this study, a wide literature review of electric cars was performed. As a result of scientific research, the energy and propulsion systems of electric cars were compared with the other transportation systems and it was proven that electric cars are superior to the conventional cars in terms economy, technology and ecology.

We believe that this study will contribute to the electric cars manufacturing that is hoped to start in the near future.

ONSÖZ ve TEŞEKKÜR

İnsanların ve eşyaların bir yerden bir yere hareketi toplumsal yaşamın bir gereğidir. Kentlerdeki nüfusun artmasıyla birlikte, çevreye zarar vermeyen ulaşım olan talep de artmaktadır. Bu talebi karşılamak için, birçok ülkede, çeşitli kurumlar, elektrikli taşıt üretimi konusunda çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların ürünü olan elektrikli otomobiller artık yollarda dolaşmaktadırlar. Ülkemizde de bu konuya gereken önem verildiğinde ve finans katkısı sağlandığında elektrikli otomobiller üretilebilir.

Bu arabaların avantajlarından biri, sessiz ve emisyon vermeyen ateşleme sistemleri olmasıdır. Böylece elektrikli araçlar kentsel bölgelerde gürültünün ve hava kirliliğinin azalmasına neden olacaktır. Ayrıca, ülkenin petrole olan bağımlılığını azaltacak, ticaret dengesine katkıda bulunacaktır. Elektrik şirketleri açısından ise elektrikli taşıtlar, yeni bir pazar açacaktır.

Elektrikli otomobiller, çevrenin korunmasında ve enerji tasarrufunda da çok büyük katkı sağlayacaktır.

Gerçekleştirilen çalışmanın, bu doğrultuda başlatılacak bir projeye katkısı olmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren, İsveç Asea Brown Boveri'de ve Adapazarı TÜVASAŞ'ta konu ile ilgili çalışmalarında bana her türlü desteği sağlayan danışmanım sayın Prof.Dr.Atıf URAL'a (KO.Ü) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. ELEKTRİKLi ULAŞIM DÜZENLERİNİN GENEL SINIFLANDIRMASI.....	5
2.1 Konvansiyonel Olmayan Sistemler.....	5
2.2 Konvansiyonel Sistemler.....	5
2.3 Elektrikli Ulaşım Araçları.....	6
2.3.1 Genel bir sınıflandırma.....	6
2.3.2 Elektrikli taşıtların yapım şekil- lerine göre sınıflandırılması.....	7
2.3.3 Akım cinsine göre sınıflandırma...9	
BÖLÜM 3. ELEKTRİKLi ULAŞIM DÜZENLERİ İÇİNDE ELEKTRİKLi OTOMOBİLİN YERİ VE ÖNEMİ.....	10
3.1 Elektrikli Taşıt Projesinin Gerekliliği..	10
3.2 Kullanılan Metot.....	13
3.3 Sistemin Tanımlanması ve Etki Alanları...14	
3.4 Kullanım Alanlarında Önerilen Yenilikler.15	
3.5 Taşıt Teknolojisi ve Özgül Alt Yapılar...17	

3.6	Kullanılan Taşıt Sayısı ve Kullanılan Yerler.....	18
3.7	Kullanım Sırasındaki Etkiyi Tahmin Etme...	19
3.8	Hukuk ve Hazine Durumunun Taslağı.....	19
3.9	Umulan Sonuçlar.....	20
BÖLÜM 4.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE ENERJİ BESLEME DÜZENLERİ.....	21
4.1	Bataryalı Taşıtların Getireceği Yenilik...	21
4.2	Elektrikli Taşıt Tahriği için Sodyum Sülfür Bataryası.....	24
4.3	Geliştirilmiş Sodyum Sülfür Bataryasının Nitelikleri.....	26
4.3.1	Bakım durumu.....	26
4.3.2	Şarj-deşarj verimi.....	27
4.3.3	Çevredeki sıcaklıktan bağımsız olması.....	27
4.3.4	Kullanım kolaylığı.....	28
4.3.5	Güvenilirlik.....	28
4.3.6	Malzemeler ve yeniden kullanma.....	29
4.4	Geliştirilmiş Sodyum Sülfür Bataryasının Teknik Nitelikleri.....	29
4.5	Kurşun Asitli Batarya.....	32
4.6	Nikel Kadmiyum Batarya.....	33
4.6.1	Gelişmelerdeki ilerleme.....	33
4.6.2	Taşıtların performansı.....	34
4.6.3	Batarya seçimi.....	35
4.6.4	Batarya maliyeti.....	36
4.7	Çinko Brom Batarya.....	37
4.8	Nikel Çinko Bataryalar ve Kurşun Asitli Batarya ile Karşılaştırılması.....	37
4.9	Kurşun Asitli ve Sodyum Sülfür Bataryalı Taşıtların Karşılaştırılması.....	39
4.9.1	Deşarj sırasında güç dağılımı.....	40

4.9.2	Menzil performansı.....	41
4.10	Enerji Depolama ve Güç Yoğunluğu.....	42
4.11	Batarya Verilerinin Genel Olarak Karşılaştırılması.....	43
4.11.1	Katedilen mesafe.....	44
4.11.2	Taşınan yükler.....	44
4.12	Elektrikli Taşıtlardaki Denemelere Genel Bakış.....	46
4.12.1	Elektrikli otomobillerdeki denemeler için bir tasarı.....	49
BÖLÜM 5. ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE TAHRİK SİSTEMLERİ.....50		
5.1	Elektrikli Taşıtın Tahrik Sistemleri.....	50
5.2	Doğru Akım Seri Sargılı Motor.....	51
5.2.1	Motor.....	51
5.2.2	Kontrol sistemi.....	52
5.2.3	DC-DC dönüştürücü.....	53
5.2.4	Dış lastikler.....	54
5.3	D.C. Ayrı İkazlı Motor.....	55
5.4	Daimi Mıknatıslı Elektrikli Taşıt Tahriği.....	57
5.4.1	Daimi mıknatıslı motor.....	58
5.4.2	Test sonuçları.....	59
5.4.3	Mikrodenetleyiciler.....	62
5.5	Elektrikli Taşıt İçin A.C. Motor Tahrik Sistemi.....	62
5.5.1	Elektrikle a.c. tahrik sisteminin amacı.....	63
5.5.2	Sistemin test sonuçları.....	65
5.5.3	Taşıt test sonuçları.....	66
5.5.4	A.C. asenkron motorlu NaS bataryalı prototip.....	67
5.6	A.C. ve D.C. Tahrik Sistemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması.....	69

5.6.1	Chrysler/GE ETV-1 taşıtında d.c. tahrik sistemi.....	69
5.6.2	Ford/GE ETX-I taşıtının a.c. tahrik sistemi.....	70
BÖLÜM 6.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE HALEN DENENMEKTE OLAN OTOMOBİL TİPLERİ.....	74
6.1	Elektrikli Taşıt Prototiplerine Genel Bakış.....	74
6.2	FIAT'ın Elektrikli Taşıt Prototiplerinin İncelenmesi.....	74
6.3	Üç Tekerlekli Elektrikli Taşıtlar.....	81
6.3.1	Taşıtların tipleri.....	83
6.3.2	Gövde.....	84
6.3.3	Motor.....	84
6.3.4	Taşıt performansı.....	84
6.4	En Son Geliştirilen Küçük Elektrikli Taşıt.....	86
6.4.1	Taşıtın dış yapısı.....	87
6.4.2	Gövde, iskelet yapısı ve sistem seçimi.....	89
6.4.3	Batarya, sistemdeki şarj ve diğer elektriksel sistemler.....	89
6.4.4	Performans testinin sonuçları..	90
6.5	Değişik Taşıtlarda Çalışma Denemeleri.	92
6.6	Chrysler T-115 için Elektrikli Tahrik Sistemi.....	92
6.7	Sodyum Sülfür Bataryası Kullanılarak Üretilen Elektrikli Taşıtlar.....	94
6.8	NaS Bataryalı Taşıtların Gelecekteki Performansı.....	95
6.9	ETX-II Test Taşıtı.....	96
6.9.1	Test taşıtının tasarım nitelikleri.....	97
6.9.2	Yerleştirme çalışmaları.....	98

6.9.3	Kurşun asitli ve sodyum sülfürlü batarya önerileri.....	99
6.9.4	Taşıttaki yerleştirme sistemi..	101
6.10	Güneş Işını Katkılı Elektrikli Taşıt..	102
6.11	Türkiye’de Üretilen Elektrikli Taşıt..	103
BÖLÜM 7.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN ENERJİ EKONOMİSİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	104
7.1	Enerji Açısından Değerlendirme.....	104
7.2	A.C. ve D.C. Tahrik Sistemlerinin Enerji Bakımından Değerlendirilmesi...	105
7.2.1	Enerji tüketimi.....	107
7.2.2	Taşıtların net enerji tüketimi.	107
7.2.3	Ortalama güç.....	108
7.2.4	Sistemin geri kazanımı.....	108
7.2.5	Sonuçlar.....	108
7.3	ETX-II Taşıtıında Enerji Kullanımının Test Sonuçları.....	109
7.4	Enerji Akışı.....	115
7.5	Farklı Taşıtlarda Enerji Tüketimi.....	116
BÖLÜM 8.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN DİĞER TİP ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI....	118
8.1	Taşıtların Enerji Tüketimi.....	118
8.2	Elektrikli Ulaşım Sistemleri ile İçten Yanmalı Motorlu Tip Taşıtların, Elektrikli Otomobil ile Karşılaştırılması..	118
BÖLÜM 9.	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN TEKNİK VE EKONOMİK BAKIMINDAN YAPILABİLİRLİK İNCELENMESİ.....	123
9.1	Elektrikli Taşıt Talebinin Belirlenmesi.....	123
9.2	Amerika ve Avrupa’da Elektrikli Taşıt Pazarı.....	124
9.2.1	Elektrikli taşıt fiyatları: U.S.A.	124

9.2.2	Elektrikli taşıt fiyatları: Avrupa.....	128
9.3	Amerika'daki Elektrikli Taşıt Endüstrisinin Uygulamaları.....	130
9.4	Potansiyel Çözüm.....	130
9.5	Elektrikli Taşıt Pazarının Geleceği...	131
9.6	Fransa'da Maliyet Analizi.....	131
9.7	21'inci Yüzyılda Türkiye'de Elektrikli Otomobil Gelişimini Sağlama Yolları...	132
9.7.1	Tüketicinin isteği doğrultusunda ürün geliştirilmesi.....	133
9.7.2	Taşıt üretimi.....	134
9.7.3	Özel destek.....	135
9.7.4	Hükümet desteği.....	136
9.7.5	Taşıt maliyeti ve fiyat desteği.....	137
9.7.6	Yakıt sağlanması ve dağıtımı...	138
9.7.7	Müessillik ve servis.....	139
9.8	Sonuç.....	139
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....		141
KAYNAKLAR.....		146
EKLER.....		153
ÖZGEÇMİŞ.....		154

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

c_d	: Çekme katsayısı
C_{RR}	: Yuvarlanma direncinin katsayısı
d	: Ömür faktörü
DOD	: Deşarjin durumu
e	: Enerji faktörü
ECU	: Elektronik kontrol birimi
K	: Bir yıl içinde elektrikli taşıtların kullanacağı güzergahın uzunluğunun ters değeri
l_e	: Elektrikle çalışma faktörü
M	: Max. motor momenti
N_{ee}	: Taşıtları elektrikleştirmenin gerekliliği büyüklüğü
NaS	: Sodyum sülfür
$NiCd$: Nikel Kadmiyum
n_N	: Nominal motor hızı
OCV	: Açık devre gerilimi
p	: Fiyat faktörü
P	: Dış lastiğin hava şişirme basıncı
P_{di}	: Dizel enerji fiyatı
P_e	: Bataryanın max. elektrik gücü
P_{el}	: Elektrik enerji fiyatı
P_M	: Motor şaftındaki max. mekanik güç
$P_{şaft}$: Şaft gücü
q	: Elektrikli taşıt cer faktörü
SOC	: Şarjın durumu

- ABB : Asea Brown Boveri
- A.R.M : Anahtarlı relüktans motor
- B.İ.Ü : Batarya idare ünitesi
- D.M.M : Daimi mıknatıslı motor
- E.T. : Elektrikli taşıt
- FRP : Fiber plastik
- GES : Gesellschaft für Elektrischen Strassenverkehr
Şirketi
- I.M : İndüksiyon motor
- I.Y.M.T : İçten yanmalı motorlu tip taşıt
- JARI : Japon otomobil araştırma enstitüsü
- T.N.E.T : Taşıt net enerji tüketimi

SEKİLLER DİZİNİ

Sekil 3.1	Elektrikli taşıt projesiyle gerçekleştirilecek ekonomik yararlar ve sosyal faydalar....	13
Sekil 3.2	Elektrikli taşıtları kullanım yöntemleri....	16
Sekil 3.3	Elektrikli taşıt gereksinmesi.....	18
Sekil 4.1	Elektrikli taşıt tahrik sistemi.....	22
Sekil 4.2	NaS bataryasının temel yapısı.....	26
Sekil 4.3	Şarj-deşarj verimi.....	27
Sekil 4.4	EY150 Tip kurşun asit batarya ve nikel çinko tipi SNZ200-B'in boşaltma periyodu sırasında I-V karakteristikleri.....	38
Sekil 4.5	EY150 Tipi kurşun asit batarya ve nikel çinko tipi SNZ200-B'in her süratte boşaltma karakteristikleri.....	39
Sekil 4.6	% 80 Deşarj durumunda ve tam şarjda taşıt ivmesi.....	41
Sekil 4.7	Deşarj seviyesine karşı taşıtın menzili.....	41
Sekil 4.8	Bataryaların nitelikleri.....	42
Sekil 4.9	Elektrikli otomobilin enerji düzenleri için akış şeması.....	48
Sekil 5.1	Elektrikli taşıtların genel sistemi.....	50
Sekil 5.2	Güç devresi.....	53
Sekil 5.3	Yuvarlanma direncinin katsayısı (Konvansiyonel dış lastik).....	54
Sekil 5.4	Yuvarlanma direncinin katsayısı (Ön lastik).....	54
Sekil 5.5	Yuvarlanma direncinin katsayısı (Arka lastik).....	55

Şekil 5.6	Daimi mıknatıslı ve indüksiyon makinalarının kayıplarının karşılaştırılması.....	58
Şekil 5.7	Daimi mıknatıslı makinanın şaftının gücünün indüksiyon motoru ile karşılaştırması.....	60
Şekil 5.8	Verim ve şaft gücü.....	60
Şekil 5.9	Hat akımı ve şaft gücü.....	61
Şekil 5.10	Sistemin blok diyagramı.....	63
Şekil 5.11	Evirici devre diyagramı.....	65
Şekil 5.12	Sistem verimi.....	65
Şekil 5.13	Gürültü seviyeleri.....	66
Şekil 5.14	Güç gurubu.....	67
Şekil 5.15	Maksimum yükte motorların verimleri.....	73
Şekil 6.1	Fiat'ın ürettiği elektrikli taşıtların tarihsel gelişimi.....	76
Şekil 6.2	Çift modlu taşıt 471 BM modelinin çalışması.....	81
Şekil 6.3	Günlük gidiş sürelerinin dağılımı.....	82
Şekil 6.4	BC-7 elektrikli taşıtı için ivme performansı.....	86
Şekil 6.5	Basit bileşenlerin plana göre düzenlenmesi.....	88
Şekil 6.6	ETX-II test taşıtı.....	98
Şekil 7.1	ETX-I ve ETV-1 hızlarının karşılaştırılması.....	106
Şekil 7.2	% 100 Şarj durumunda ivme ve hız.....	106
Şekil 7.3	ETX-II Taşıtının genel yapısı.....	111
Şekil 7.4	Enerji tüketimi test sonuçları.....	111
Şekil 7.5	40.23 km/h'de Enerji tüketimi.....	112
Şekil 7.6	56.33 km/h'de Enerji tüketimi.....	112
Şekil 7.7	72.42 km/h'de Enerji tüketimi.....	113
Şekil 7.8	88.5 km/h'de Enerji tüketimi.....	113
Şekil 7.9	Şehirlerarası bir yolda enerji tüketimi....	114

Şekil 7.10 Şehirçi bir yolda enerji tüketimi.....	114
Şekil 7.11 Farklı kararlı hallerde tüketilen enerjiler.....	115
Şekil 7.12 İnişli çıkışlı bir yolda enerji akış analizi.....	115
Şekil 7.13 Test araçlarının enerji tüketimi.....	117
Şekil 8.1 Çeşitli ulaşım araçlarının enerji harcamaları.....	119
Şekil 9.1 Elektrikli taşıt ile içten yanmalı motorlu tip taşıtların fiyatları.....	125
Şekil 9.2 G Van fiyatları : U.S.A.	126
Şekil 9.3 Amerika'da G van fiyatları.....	127
Şekil 9.4 Farklı ülkeler için kullanılabilirlik.....	128
Şekil 9.5 Ekonomik değerlendirme.....	131

TABLolar DIZINI

Tablo 1.1	Yayılan gazların nitelikleri.....	3
Tablo 4.1	Uç batarya tipiyle tahrik edilen T-115'in nitelikleri.....	25
Tablo 4.2	Standart pil verileri.....	29
Tablo 4.3	B11 tipi batarya için veriler.....	30
Tablo 4.4	B 120 ve B 240 tipindeki bataryalar için standart veriler.....	31
Tablo 4.5	B15 Tipi batarya için veriler.....	31
Tablo 4.6	Hagen kurşun asitli batarya sisteminin nitelikleri.....	32
Şekil 4.7	Ni-Cd prototiplerle ilgili karakteristikler.....	34
Tablo 4.8	Ni-Cd Bataryalarla Pb/PbO ₂ bataryanın karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.9	Çinko-Brom bataryanın nitelikleri.....	37
Tablo 4.10	Nikel çinko batarya nitelikleri ve kurşun asit bataryayla karşılaştırılması.....	38
Tablo 4.11	Batarya sistemleri arasındaki fonksiyonel farklılıklar.....	40
Tablo 4.12	Maksimum ağırlıkta (3760 kg) menzil karşılaştırması.....	43
Tablo 4.13	31 Aralık 1989'a kadar elektrikli taşıttaki denemeler.....	44
Tablo 4.14	Deneme alanlarında farklı Elektrik Master modelleri kullanıldığında ağırlıklar (kg)...	45
Tablo 4.15	31.12.1988'e kadar Elektrik Master'larda denenen çalışmalar ve görülen arızalar.....	46
Tablo 5.1	Cer motorları.....	51

Tablo 5.2	Doğru akım seri sargılı motor kullanılan elektrikli taşıtın nitelikleri.....	52
Tablo 5.3	DC/DC Dönüştürücü.....	53
Tablo 5.4	Tahrik ünitesinin nitelikleri.....	56
Tablo 5.5	Chrysler T-115 vanın performansı.....	56
Tablo 5.6	Batarya tahrik sistemi.....	57
Tablo 5.7	Motor verileri.....	64
Tablo 5.8	Evirici ve dc/dc dönüştürücü nitelikleri...	64
Tablo 5.9	Taşıt (açık tip) nitelikleri.....	66
Tablo 5.10	Dahili gürültü seviyeleri.....	66
Tablo 5.11	Sürüş performansı.....	67
Tablo 5.12	Tahrik gurubunun nitelikleri.....	68
Tablo 5.13	Sodyum sülfürlü taşıtların nitelikleri.....	68
Tablo 5.14	Eğimlilik ve ivme süreleri.....	68
Tablo 5.15	ETV-1 taşıtının d.c. tahrik sistemi nitelikleri.....	70
Tablo 5.16	ETX-I taşıtı a.c. tahrik sistemi nitelikleri.....	72
Tablo 6.1	FIAT 900E/E2 Van'ın nitelikleri.....	75
Tablo 6.2	IVECO FIAT DAILY E2 vanın nitelikleri.....	77
Tablo 6.3	IVECO DAILY minibüsün nitelikleri.....	78
Tablo 6.4	Fiat Panda Elettra'nın ana nitelikleri.....	79
Tablo 6.5	Çift modlu taşıt 471 BM'in nitelikleri.....	80
Tablo 6.6	Motor verileri.....	84
Tablo 6.7	Ana nitelikler ve performans.....	85
Tablo 6.8	2 ve 3 Tekerlekli süratli motorların nitelikleri ve performansları.....	87
Tablo 6.9	Nitelikler ve taşıtın performansı.....	90
Tablo 6.10	Performans test sonuçları.....	91
Tablo 6.11	Frenleme performansı.....	91
Tablo 6.12	BMW elektro'nun nitelikleri.....	92

Tablo 6.13	VW Jetta Strom nitelikleri.....	92
Tablo 6.14	Chrysler T-115 mini vanın nitelikleri.....	93
Tablo 6.15	Sodyum sülfürlü bataryaların hedef değerleri.....	95
Tablo 6.16	Sabit hız ile hesaplanan menzil.....	96
Tablo 6.17	Test taşıtının tasarım nitelikleri.....	98
Tablo 6.18	Ağırlık analizleri (kg).....	99
Tablo 7.1	Prototiplerin enerji tüketimi ve verimleri.	105
Tablo 7.2	D.C. ve a.c. tahrikli test taşıtları için ivme zamanı.....	105
Tablo 7.3	ETX-II taşıtının enerji kullanımı.....	109
Tablo 7.4	ETX-II taşıtında batarya kapasitesi.....	110
Tablo 7.5	ETX-II taşıtının verimi.....	110
Tablo 7.6	ETX-II taşıtının kullanım durumu.....	110
Tablo 9.1	Elektrikli taşıt fiyatları.....	124

GİRİŞ

Günümüzde, kalabalık yerleşim birimlerindeki trafik yoğunluğu kent içi yolcu taşımacılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Artan trafik, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaptığı gibi, hava kirliliği ve taşıma araçlarında kullanılan enerjiyi de, önemli ölçüde etkilemektedir. Sağlıksız kentleşme sonucunda birçok ekonomik problem ortaya çıkmaktadır.

İstanbul, Ankara, İzmir gibi nüfusu kalabalık şehirlerdeki şehir içi taşımacılıkta; ekonomiklik, gürültü, hava kirliliği ve konfor önde gelen faktörler olarak görülmektedir. Taşımacılıkta kullanılan araçlar, şehir trafiğini de etkileyeceğinden, enerji ekonomikliği yanında trafik durumu da göz önüne alınır. Dolayısıyla küçük, manevra kabiliyeti yüksek, çevreyi kirletme etkisi olmayan ve enerji ekonomikliği sağlayan elektrikli otomobiller iyi değerlendirilmelidir.

Ulaşım denince; kara, deniz, hava ve demiryoluyla, yük veya insanların bir yerden başka bir yere götürülmesi anlaşılmaktadır. Ulaşım sistemlerini; karayolu, denizyolu, demiryolu ve havayolu olmak üzere ayırabileceğimiz gibi elektrikli ulaşım sistemleri ve elektrikli olmayan ulaşım sistemleri olarak da ikiye ayırabiliriz.

Elektrikli olmayan ulaşım sistemlerinde enerji kaynağı genellikle petrol ürünleridir. Günümüzde elektrikli ulaşım sistemlerinin yaygın kullanımı, karayolu ulaşımı, hatta daha dar bir çerçeveye içine alırsak demiryolu taşımacılığındadır. Yaygın olarak demiryollarında

kullanılmasının nedeni, henüz çözümlenmeye uğraşılan enerji kaynağı sorunudur.

Demiryolu taşımacılığında enerji iletimi akım rayları ve seyr iletkenleri yardımı ile olabildiği için, enerji kaynağını beraberinde taşıma zorunluluğu yoktur. Aynı şekilde, çalıştığı güzergahlar belli olan trolleybüs, tramvay ve metrolarda da, elektrik enerjisi, kullanılabilir verimli bir enerji olarak karşımıza çıkmaktadır.

Elektrikli taşıtlar, günümüzde oldukça önem kazanan temizliği ve sessizliği yanında, enerji tüketimi bakımından da ekonomik olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

Petrol ve petrol ürünlerinin yakın bir gelecekte tükeneceği, hatta çok yakın bir gelecekte rezervlerinin azalmasıyla ekonomikliğini yitireceği düşünülerek, yerini doldurabilecek yeni seçenekler aranmaya başlanmıştır. Geleceği en parlak teknoloji de elektrikli taşıtlardır. Çünkü, bugünkü içten yanmalı motor tipli taşıtlara çok az bir değişiklikle uygulanabilir. Bir elektrikli taşıt, şehir trafiğinde, içten yanmalı motorlu tip bir taşıttan daha verimli enerji kullanır.

Bu tezde, modern elektrikli ulaşım sistemleri içinde yer alan elektrikli otomobiller enerji bakımından değerlendirilmiştir.

İlk olarak, bölüm 2'de elektrikli ulaşım düzenlerinin genel bir sınıflandırması yapılmış ve elektrikli otomobile konvansiyonel olmayan sistemlerde yer verilmiştir.

Bölüm 3'te, elektrikli ulaşım düzenleri içinde elektrikli otomobilin yeri ve önemi belirtilmiştir. Bu bölümde Dünya'da elektrikli taşıt projesinin gerekliliğinden yola çıkılarak, ekonomik ve çevresel

değişkenler gözönüne alınarak bu projeyle gerçekleştirilecek ekonomik ve sosyal faydalar açıklanmış, optimum kullanım yöntemleri ve kullanım süresindeki etkiler ortaya çıkarılmıştır. Aşağıdaki tablodan da elektrikli otomobilin, çevre yönünden gerekliliği açıkça görülmektedir.

Tablo 1.1 Yayılan gazların nitelikleri (g/km)

Yayılan gaz	Dizel/petrol'lü taşıt	Elektrikli taşıt
CO _x	11.1	0.17
NO _x	1.48	0.13
HC + NO _x	3.7	0.13
SO ₂	0.33	0.27
Toz, Cl, F	sınırsız	0.11

Bölüm 4'te, elektrikli otomobillerde enerji besleme düzenleri açıklanmıştır. Elektrikli otomobillerin genel bir tahrik sistemi verildikten sonra, bu sistemde bataryaların yeri ve görevleri açıklanmıştır. Elektrikli taşıt tahriği için kullanılan her bir batarya tipinin nitelikleri verilerek, birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Denenen batarya tipleri üzerinde genel bir menzile, taşıt ağırlık karşılaştırması verilmiş ve elektrikli otomobillerde genel bir değerlendirme yapılarak, ulaşılan kullanılabilirlik oranı ortaya konmuştur. Elektrikli otomobilin enerji düzenleri için, bir akış şeması da tasarlanmıştır.

Bölüm 5'te, elektrikli otomobillerde tahrik sistemleri incelenmiştir. Elektrikli taşıtın genel sistemi verilerek, elektrikle tahrik edilen taşıtlar için kullanılan cer motorları tek tek ele alınarak açıklanmış ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bölüm 6'da, elektrikli otomobillerde halen denenmekte olan otomobil tipleri incelenmiştir. 1960'lı yıllardan

başlayıp günümüze kadar gelen elektrikli taşıt prototipleri incelendikten sonra günümüzdeki en son denenen prototipe kadar bütün elektrikli otomobiller ve test sonuçları sunulmuştur.

Bölüm 7'de, elektrikli otomobilin enerji bakımından değerlendirmesi yapılmış ve konuyla ilgili test sonuçları verilmiştir.

Bölüm 8'de, elektrikli otomobilin diğer tip elektrikli ulaşım sistemleriyle karşılaştırılması yapılmadan önce, bu konuya ilişkin yeni bazı faktörler tanımlanmış ve elektrikli otomobilin, içten yanmalı motorlu tip otomobillere göre enerji yönünden de üstünlüğü ortaya koyulmuştur.

Bölüm 9'da, elektrikli otomobilin teknik ve ekonomik bakımdan yapılabilirlik incelenmesi yapılmıştır. Yurt dışındaki elektrikli taşıt pazarı incelenerek bu pazardaki maliyet analizi gözden geçirilmiştir. Ayrıca, 21'inci yüzyılda Türkiye'de elektrikli otomobil gelişimini sağlama yolları anlatılmıştır.

Sonuç bölümünde ise, yapılan çalışma sonucu elde edilen bilgiler sunulmuştur. Elektrikli ulaşım araçlarında, enerji kayıplarına neden olan mekanik kontrol ve kumanda donanımı olmadığından, ek bir enerji tüketimi olmayacaktır. Çünkü, elektrikli taşıma araçları, bilhassa son zamanlarda geliştirilen yarı iletken elemanlarla elektronik olarak, statik düzenlerle kontrol edilebilmektedir. Tamamen statik devre elemanlarıyla kontrol edilen bu araçlarda mekanik enerji kaybı az olmaktadır. Böylece elektrikli taşıtlar, içten yanmalı motorlu tip taşıtlara göre enerji yönünden daha verimlidir ve en iyi çözüm, elektrikli taşıt ulaşımına bir an önce geçmektir.

BÖLÜM 2

ELEKTRİKLİ ULAŞIM DÜZENLERİNİN GENEL SINIFLANDIRMASI

2.1 Konvansiyonel Olmayan Sistemler

- Transrapid magnetik yastıklı, lineer elektrik motorlu taşıma sistemi (uzak mesafeler için).
- M-Bahn, üst yolda hareket eden magnetik yastıklı, lineer elektrik motorlu (yakın mesafeler için).
- H-Bahn, üst yolda hareket eden, doğru akım seri motor veya lineer motor tahrikli (yakın mesafeler için).
- Elektrikli otomobil.
Bu alanda 100'den fazla öneri bulunmaktadır.

2.2 Konvansiyonel Sistemler

KUÇUK MESAFELERDE:

- Havai taşıyıcılar: teleferik, telesieji v.b.
- Dağ demiryolları.
- Asansörler (insan ve yük), kaldırma makinaları.
- Tröyler, transbordörler, gemi yükleme, boşaltma işini yapan makinalar gibi.

BÜYÜK MESAFELERDE:

- Ray üzerinde yapılan cer: elektrikli trenler, hızlı trenler, hafif metrolar, hızlı tramvaylar gibi.
- Yol üzerinde yapılan cer: dizel elektrikli otobüs, trolleybüs, akümülatörlü taşıtlar (elektrikli otobüs) gibi.
- Deniz üzerinde uygulanan cer: kıyı boyunca gemi çeken traktör, elektrikle tahrik pervaneli şilepler gibi.

2.3 Elektrikli Ulaşım Araçları

Elektrikli taşıtlar, elektrik motorlarıyla tahrik edilen taşıtlardır. Taşıtların sınıflandırması, çeşitli görüşlere göre yapılır.

2.3.1 Genel bir sınıflandırma:

I. Elektrik enerjisini dışarıdan bir akım alıcısıyla (seyr iletkeni veya akım rayı) alan taşıtlar. Taşıtların çalışma alanı akım alıcıların çalışma bölgesine bağlıdır.

II. Enerjilerini, enerji depolarına beraberlerinde taşıyan taşıtlar için, taşıtların çalışma alanı enerji deposunun kapasitesine bağlıdır. Bu depo:

a. Bir akümülatör bataryası (akümülatörlü taşıtlar).

b. Bir termik motoru besleyen bir yakıt deposu olabilir. Bu durumda termik motor, bir dizel motoru, bir buhar türbini veya bir gaz türbini olabilir. Buna göre:

* Dizel elektrikli taşıtlar.

* Buhar türbinli elektrikli.

* Gaz türbinli elektrikli. Burada termik motor, bir elektrik generatörünü tahrik etmekte, bunun sonucunda oluşan gerilim de elektrik motorunu beslemektedir.

2.3.2 Elektrikli taşıtların yapım şekillerine göre sınıflandırılması:

1. Tek demiryolu taşıtı olarak ray üzerinde giden elektrikli taşıtlar. Bunlar da,

- Lokomotifler yalnız makina bölümlerini, gerektiğinde de ayrıca bir yük bölümü kapsarlar.

* Akım girişine göre:

** Dışarıdan akım girişi olan lokomotifler.

** Kendi enerji kaynağı olan lokomotifler (akümülatörlü - dizel elektrikli veya gaz türbinli lokomotifler).

* Kullanılma amacına göre:

** Uzak mesafe demiryolu lokomotifleri (dışarıdan akım giriшли veya kendi enerji kaynaklı).

** Yakın mesafe demiryolu lokomotifleri (dışarıdan akım giriшли veya kendi enerji kaynaklı).

** Dağ demiryolu lokomotifleri. Dişli düzenli veya sürtünme yolu (hemen hemen hepsinde dışarıdan akım giriшли, bazı kere de kendi enerji kaynaklı). Demiryollarında her 2 akım cinsi de kullanılmaktadır. Doğru akım sistemi olarak 1500 ve 3000 V seyr iletkeni gerilimi, 11000, 15000, 20000 ve 25000 V ve 16 2/3, 25 ve 50, 60 Hz değerlerinde tek fazlı değişken gerilim, 3300 V ve 16 2/3 Hz değerlerinde 3 fazlı değişken gerilim sistemleri kullanılmıştır. Tali yollardaki demiryollarında ise hemen hemen hep demiryolları sistemlerindeki doğru gerilimin aynısı veya biraz düşük değerlileri kullanılır.

Dağ demiryollarında ise, ilk gelişim yıllarında 750 V'dan fazla olmayan ve frekansı 25, 40 veya 50 Hz olan üç fazlı gerilimler kullanılırken, 1500 V bazen 3000 V değerlerinde doğru gerilimle çalışan lokomotifler bulunmaktadır. Tek fazlı sistemlerin de nadiren de olsa kullanıldığı durumlar vardır.

Endüstride kullanılan lokomotifler de eskiden 2 sistemde kullanılırken, bugün çoğunlukla yeraltında çalışanlarda 220 V'un üstüne çıkılmamakta, yerüstünde çalışanlarda ise 1000, 1200, 1500 V kullanılmaktadır. Şimdi normal demiryolları sistemlerine bağlanan tek fazlı 25 kV, 50 Hz, 15 kV, 16 2/3 Hz veya 50 Hz'lik sistemler de bulunmaktadır.

Hızlı tramvaylar ve tramvaylar için bugün hemen hemen tümüyle doğru akım sistemi kullanılmaktadır. Hızlı tramvaylarda 500, 600, 750, 800, 1200 ve 1500 V, tramvaylarda ise 500, 600, 750 V sistem gerilimleridir. ** Yeraltında veya üstünde çalışan endüstri ve maden ocakları lokomotifleri (dışarıdan akım girişli, akümülatörler veya dizel elektrikli).

- Ototrenler (otomotris) bunlarda makina bölümlerinden çok yolcu kompartmanları ve bazen de posta, yük taşımaya yarayan bölümleri bulunmaktadır.

* Bunlar da akım girişine göre:

** Dışarıdan akım alıcı ototren.

** Kendi enerji kaynaklı ototren (akümülatörlü, benzinli veya dizel elektrikli).

* Kullanılma amacına göre:

** Uzak mesafe ototrenleri (dışarıdan akım girişli veya kendi enerji kaynaklı).

** Yakın mesafe ototrenleri (dışarıdan akım girişli veya kendi enerji kaynaklı).

** Şehir yolları için ototrenler (üst ve alt yollu (metro) demiryolu sistemleri) (daima akımın girişi dışarıdan).

** Tramvaylar için ototrenler (dışarıdan akım girişli veya nadiren akümülatörlü).

**** Dağ demiryolları için ototrenler (çoğunlukla dışarıdan akım girişli, bazen kendine özgü enerji kaynaklı).**

2. Yoldan yararlanan, yani ray üzerinde gitmeyen elektrikli taşıtlar. Bunlar da sırasıyla:

- Akümülatörlü taşıtlar: elektrikli otomobiller insan taşımacılığında, elektrikli kariyerler ise yük taşımacılığında kullanılırlar.
- Dizel elektrikli otobüsler veya ağır yük kamyonları.
- Trolleybüs: Bir akım alıcısına bağlı olmakla beraber, bazen bataryalı veya dizel elektrikli olabilen tipleri.

2.3.3 Akım cinsine göre sınıflandırma:

- Doğru akımla beslenen elektrikli taşıtlar.
 - Tek fazlı değişken akımlı elektrik taşıtları.
 - Üç fazlı değişken akımlı elektrikli taşıtlar.
- Yukarıdaki iki akım cinsiyle beslenip taşıt üzerinde akımın cinsinin değiştirildiği durumlar da vardır.

BÖLÜM 3

ELEKTRİKLİ ULAŞIM DÜZENLERİ İÇİNDE ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN YERİ VE ÖNEMİ

3.1 Elektrikli Taşıt Projesinin Gerekliliği

Bugün trafik büyük kentlerin en kötü problemlerinden biridir. Caddeler her gün binlerce taşıtla dolup taşmakta, dolaşım gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bunun nedeni ise, yolun yürünecek bölümüne ve caddelerin her iki tarafına arabaların park edilmesidir. Bu ürkütücü durumlar, bugün şehirlerimizde müsaade edilen sınırları çoktan aşmış, atmosferik ve akustik kirlenmenin sorumlularından biri olmuştur.

Bu sorunlar nedeniyle 1990 Nisan'ında, Milan'daki kentsel alanlarda, elektrikle güçlendirilmiş taşımacılığın kullanımı için, elektrikli taşıt projesine başlanmıştır. Önce fizibilite çalışmaları yapılmış ve atmosferik kirliliği, trafik tıkanmasını azaltmak amacıyla, özellikle Milan'ın, büyük şehir merkezleri pilot bölge olarak seçilmiştir. Tetkik edilmesi gereken, ancak her biri de değişik ölçü birimleri ile ölçülmüş birçok değişken vardır. Bu yüzden seçilecek metodun çevresel etkileri tayin edebilecek olması gerekmektedir. Öngörülen değerlendirme metodu ise, büyük şehir merkezlerindeki en iyi kullanım alternatiflerini bulmak ve bunları yapabilmek için gereken teşviklerin ve tüzüklerin tam olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Elektrikli akümülatör taşıtlarının ilk uygulamalarını içten yanmalı motorlu tip taşıtlarda görebiliriz.

Elektrikli akümülatör taşıtları ileri düzeydeki teknolojiyi yansıtırken firmaların, hastanelerin ve hava alanlarının iç ulaşımı için idealdir.

Büyük şehirlerdeki elektrikli taşıt kullanımı, teknik olarak uygunluğunun yanında, mutlaka gereklidir.

Bugünkü durum, düşük arzın olduğu bölgelerde tam bir kısır döngüdür. Ayrıca elektrikli taşıtlar için düşük satışlar tahmin edildiğinden, yeni parçaların araştırılmasını ve endüstriyel işlem için gerekli olan yatırımları önüyor.

Milan'da 1990 Nisan'ında başlatılan elektrikli taşıt projesinin amacı; elektrikli ulaşım taşıtlarının büyük şehirlerde kullanımını sağlamak ve özellikle Milan'ın ana kent merkezinde atmosferik kirliliği, trafik tıkanmasını azaltmak için bir fizibilite çalışması yapmaktır.

Bu elektrikli taşıtlar projesinin gerçekleştirilmesiyle kısır döngünün ortadan kaldırılması ve elektrikli taşıtların gelecekte günlük yaşantımızın içine girmesi amaçlanmıştır. Elektrikli taşıtlar geleceği çok parlak teknoloji ürünlerindedir. Öncelikle; kısa bir zaman dilimi için (gelecek 5 yıl) ve orta vadeli bir zaman dilimi için (gelecek 10 yıl) büyük şehirlerde hizmete sunulacak elektrikli taşıtların sayısını ve niteliklerini belirleyerek, bu taşıtların akustik ve atmosferik kirlenmenin azaltılmasında ve akümülatör israfını önlemede nasıl yardımcı olabileceklerini tayin etmek ve akıcı bir şehir trafiği sağlayarak hizmet vermek planlanmıştır.

Aynı zamanda, elektrikli taşıt kullanımını desteklemenin yasal ve parasal yönü de araştırılmaktadır. Çünkü bu faktörler, elektrikli taşıtların kullanılmasında önemli teşviklerdir.

Pilot bölge Milan'ın ana kent merkezini kapsamakla birlikte, gerçekleştirilmek istenen asıl amaç; elektrikli taşıtların başka kentlere uygulanabilirliğini araştırıp değerlendirmektir.

Elektrikli taşıtlar projesini İtalyan Çevre Bakanlığı, bazı büyük kamu firmaları ve özel firmalar (ABB, AEM, EFIM BRED, ENEL, FIAT, MAGNETI MARELLA, SELM) desteklediler.

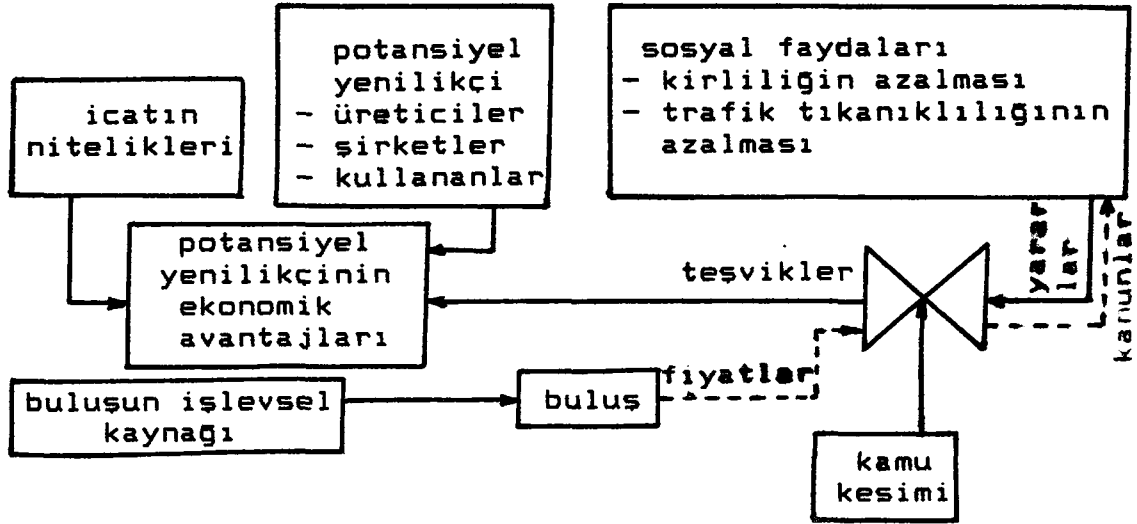
Aynı zamanda akümülatör ve diğer elektrikli araç gereç üreten firmalar, elektrikli taşıtları yeni bir piyasa olanağı olarak görüyorlar. Bu proje ile ilgilenen firmaların hepsi projenin başarısı için çok önemli olan teşvikleri veriyorlar. Bu kadar büyük katkının anlamı şudur; bu yenilik, üreticiler, şirketler, ve taşıtları kullanan herkes için önemlidir. Hatta bu yenilik sayesinde muazzam ekonomik gelir kazanacak üreticiler, bu yeniliğin onların güncel pozisyonlarını tehdit ettiğini anlayamamaktadırlar.

Bu nedenle bu elektrikli taşıt araştırmasını mümkün olduğunca genişletmeli ve sadece ekonomiye finansal yararlarını değil; ayrıca çevre kirliliğini akustik, atmosferik ve trafik tıkanmasını azaltma gibi sosyal faydalarını da düşünmeliyiz.

Bakış açımızı genişletirsek, ekonomik ve çevresel değişkenleri gözönüne alarak, gelişmeyi teşvik edici en uygun araçları tesbit etmek gerekir. Örneğin, kamu teşvikleri, kamu tüzükleri gibi. Böylece etkili bir sonuç da elde edebiliriz.

Bu proje sırasında, kamu yönetimi probleme gerekli çözümün uygun teşvik fonlarından geleceğini açıklayarak, bu yeniliğin görevinin sadece yarar sağlamak değil, aynı

zamanda vatandaşların yaşam kalitesini düzeltmek olduğunu da göstermiştir.



Şekil⁽¹⁾ 3.1 Elektrikli taşıt projesiyle gerçekleştirilecek ekonomik yararlar ve sosyal faydalar

Şekil 3.1'de bütün yukarıdaki fikirler kavramsal model haline getirilmiştir. Bu kavramsal modelde sistemin kontrolü için gerekli iki bağımlı değişken vardır. Bu proje ile elde edilecek ekonomik yararlar diğer taraftan bu yenilik sayesinde kazanılacak sosyal faydalar açıklanmıştır.

3.2 Kullanılan Metot

Farklı ölçü birimleriyle ölçülmüş farklı değişkenlerle ilgilenildiğinde, bunları çoğu zaman parasal terimlere çevirmek kolay değildir. Örneğin, şehirlerimizde düzenli olarak atmosferik kirlenmenin düşürülmesiyle ele geçecek sosyal faydaların parayla ifade edilmesi zor olur. Bu nedenle, daha önceden çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılmış metot, bu projede de kullanılmak üzere seçilmiştir.

(1) Pedrelli and Savoldelli 1990.

Bu metot birçok ülkede birçok değişik projenin fizibilitesini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ayrıca sosyal ve ekonomik terimlerin karşılaştırılması için birçok değişik alternatif sunar.

Bu çalışmada, büyük kentlerde elektrikli taşıtların değişik kullanımlardaki etkisi değerlendirilerek nicelendirilecektir. Bu kullanımlardan şimdiden sonra kullanım alternatifleri diye bahsedilecektir.

Öngörülen değerlendirme metodu 5'e ayrılır:

- 1) Sistemin ve etki sektörünün tanımı.
- 2) Kullanım alternatiflerinin üretimi.
- 3) Her bir alternatifin sistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi.
- 4) Üretilen alternatiflerden en iyisinin seçimi.
- 5) Bütün bunların gerçekleşmesi için gerekli olan teşviklerin ve tüzüklerin elde edilmesi.

3.3 Sistemin Tanımlanması ve Etki Alanları

Benimsenen metodun direkt sonucu sistemsel yaklaşımdır.

Aşağıdaki açıklamalar bütün sistemin değişik kesimlerini göstermektedir.

Amaçlar: Büyük şehirlerde, atmosferik kirlenmeyi azaltmak ve elektrikli taşıtların taşımacılıkta kullanılabilmesi için fizibilite çalışması.

* Teknolojik taşıma sistemleri:

- taşıtların nitelikleri,
- özel alt yapısı.

*** Taşıtların teknolojisi:**

- elektrikli taşıtlar ve parçaları,
- özel alt yapı.

*** Endüstriyel etkiler:**

- elektrikli taşıtlar ve parçaları,
- özel alt yapı,
- elektrik enerji üretimi ve dağıtımı.

*** Şehir problemleri:**

- şehir politikaları,
- alt yapı ağı,
- arz-talep ve trafik ağı.

*** Çevreye etkileri:**

- atmosferik kirlenme,
- akümülatör kirlenmesi,
- akustik kirlenme.

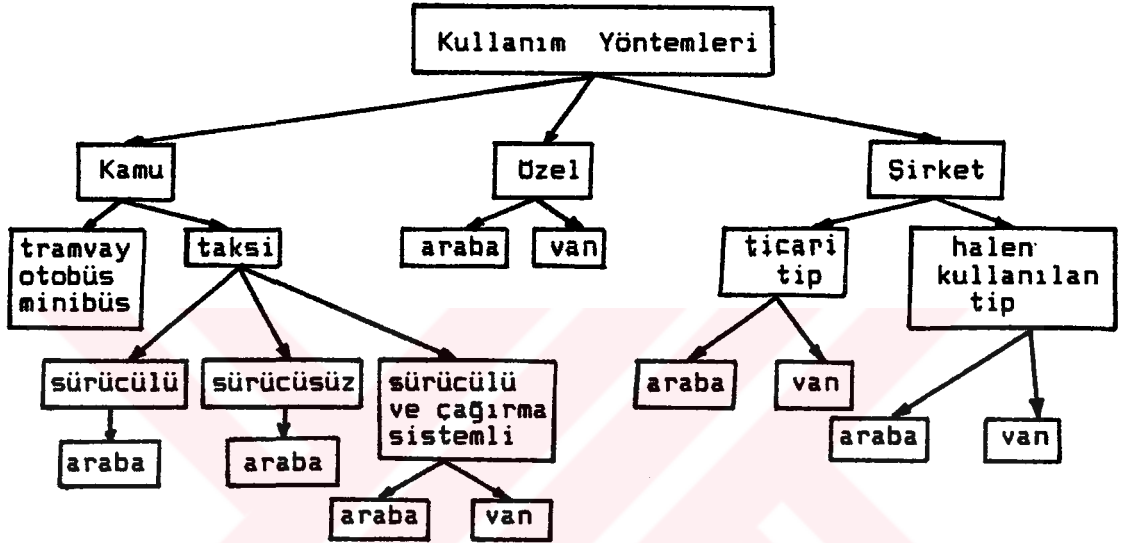
Açıklamalardan da görüldüğü gibi; her bir sektör, bir uzman tarafından işletilmek üzere alt bir proje yaratıyor.

3.4 Kullanım Alanlarında Önerilen Yenilikler

Kullanım alternatifleri aşağıdaki sayılan hususların birleşimini içermektedir:

- Kullanım şekilleri (taksiler, filolar, vanlar, özel arabalar, kiralık arabalar v.b.).
- Alt yapı desteklemesi (otopark, akümülatör, şarj tesisatı).
- Kullanım alanları (şehir merkezi, özellikle tıkanan bölgeler).
- Kullanılacak taşıt sayısı.

Bu çalışmayı desteklemek için uluslararası platformlarda, büyük kentlerde elektrikli taşıtları kullananların deneyimini öğrenmek için geniş bir araştırma yapılmıştır. Başlıca amaç ise; sistemin kullanımındaki başarının ya da başarısızlığın nedenlerini belirlemektir. Böylece bu nedenler çeşitli kullanım seçeneklerinin geliştirilmesinde birçok noktanın ortaya çıkmasını sağlayacaktır.



Şekil⁽²⁾ 3.2 Elektrikli taşıtları kullanım yöntemleri

İşi başlıca üç bölüme ayırmak mümkündür: Kamu, özel ve şirketler.

Taksiler için iki muhtemel kullanım modelinden bahsedebiliriz. Birincisi, kamunun sürücüsüz taksi enstitüsünde magnetik kartlardan yararlanılabilir; ikincisi ise, özel kablolar çağırma sisteminin iyileştirilmesinde kullanılabilir.

Şekil 3.2, kullanım yöntemlerinin detaylı bir gösterimidir.

⁽²⁾ Pedrelli and Savoldelli 1990.

3.5 Taşıt Teknolojisi ve Üzgöl Alt Yapılar

Buraya kadar elde edilen bilgiler, yukarıda bahsedilen kullanım yöntemlerine en iyi uyan taşıtların cinsi ve özel alt yapıları için verilmiş verilerdir.

Milan gibi bir şehir merkezinde, bir taksi günde ortalama 120-150 km dolaşır. Böylece eğer mevcut olan elektrikli arabalardan kullanmak isterseniz, bataryayı hızlı bir şekilde değiştirebilmek için bir sistem sağlanmalı ve bu sistem belli bir araçla yerleştirilmelidir. Bütün bunlar taksi olarak kullanılan arabalarda daha geniş bir iç hacim sağlanması avantajını getirir.

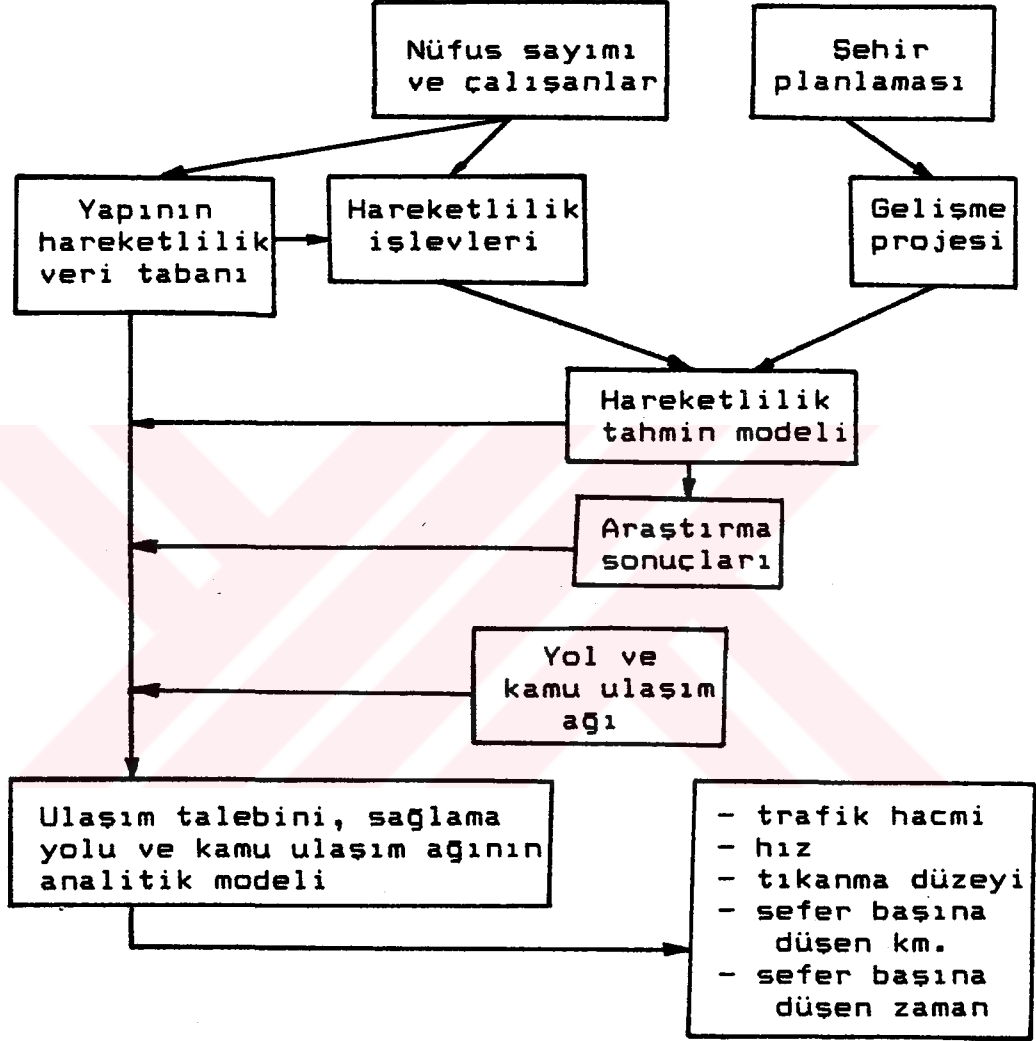
Bu taşıtların ulaşması gereken hıza bakılarak, yeni çalışmalarla, arabaların Milan'daki hızlarının saatte 25-30 km olduğu belirlenmiştir. Hangi taşıt seçilirse seçilsin bu koşulu yerine getirmesi gerekmektedir.

Eğer, elektrikli taşıtların kiralık olarak kullanıldığı düşünülürse, belki de magnetik kart sistemli ve akümülatörlü şarj edilenlerin sıkça ve farklı kişilerce kullanılabilir olması, küçük oluşu dolayısıyla kolay dolaşımı, park etmenin kolay olması, trafik ışıklarına göre ani duruşlarda dengeyi sağlamak için gerekli ve yeterli olan ivmenin mevcut kılınması nedeniyle güvenilir taşıtlardır.

Bu ve benzeri düşünceler, Milan'daki trafik akışı hakkındaki çalışmalarla birlikte elektrikli taşıtlarla ilgili, teknik veriler hakkındaki başlangıç çalışmalarını oluşturur.

3.6 Kullanılan Taşıt Sayısı ve Kullanılan Yerler

Her bir kullanım alternatifi için, ulaşım koşullarını karşılayıp karşılamadığı analiz edilirse, elektrikli taşıtlar için farklı hipotezler de incelenebilir.



Şekil⁽³⁾ 3.3 Elektrikli taşıt gereksinmesi

Yaygın olarak kullanılan küçük elektrikli kiralık arabaların, özel teşebbüs için kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek için, bu arabalara büyük şehir trafiğinde, hem bugün hem de gelecek bir kaç yıl için ne kadar ihtiyaç olduğunu bulmak gerekir. Bu bilgi şekil 3.3'de gösterilmiştir.

(3) Pedrelli and Savoldelli'den (1990) değiştirilerek alınmıştır.

3.7 Kullanım Sırasındaki Etkiyi Tahmin Etme

Her bir kullanım alternatifinin çevre ve endüstriyel üretim sistemleri üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilmelidir.

Çevre için, hem pozitif hem negatif etkiler olacaktır. Gürültü kirlenmesinin doğal olarak azaltılacağı umulmaktadır. Diğer taraftan, yassı bataryalar için geri kazanım yoluyla kullanma veya yok etme problemleri olabilir. Atmosferik kirlenmedeki problemi çözmeye çalışırken, motor aralığından çıkan egzoz dumanının ve elektrik güç istasyonlarından yayılan gazın artışının düşürülmesinin ölçülmesi de gözönüne alınmalıdır.

Endüstriyel üretim sorusuna geri döndüğümüzde önerilen çözümlerin asıl fizibilitesi ve maliyetleri değerlendirilmelidir. Bunu başarmak için, belli şirketlerde yapılacak çalışmada, üretilen taşıtlar, elemanları, elektrik enerjisi üreten ve dağıtan güç sağlayıcı alt yapılar ele alınmalıdır.

3.8 Hukuk ve Hazine Durumunun Taslağı

Hangi hukuki ve finansal teşviklerin elektrikli taşıtların büyük boyutlarda kullanılmasına yol açtığını saptamak çok gereklidir.

Elektrikli taşıtların gelişimi için, ulusal ve uluslararası fiyatlar analiz edilerek, yetersizlikler bulunabilir ve değişiklikler yapılabilir.

En önemli noktalardan biri de şu ki; bu olaylardan taşıtı kullananların kendileri direkt olarak yararlanmayacaklardır. Aslında bunu kullanan kişiler için, en büyük dezavantaj yüksek maliyettir. Ama tüm toplum, bu taşıtların geniş kullanımıyla elde edilecek yararları beklemektedir. Tüm yenilikçi işlemler için

ivme sağlanmalı, kullanan her bir ferдин avantajı vurgulanmalı ve en azından onun finansal yükünün bir kısmı paylaşılmalıdır.

3.9 Umulan Sonuçlar

Yukarıda açıkladığımız gibi, elektrikli taşıtların piyasa gelişimine en çok katkıda bulunacak teşvik, ortaya çıkacak sosyal faydalara verilecek ağırlık olacaktır.

Proje başlangıç çalışmalarından da anlaşılacağı gibi, elektrikli taşıtların kullanımı ile atmosferik kirlenmenin azaldığı çok aşikardır. Gelecek birkaç yıl içinde, elektrikli taşıt kullanımıyla, atmosferik ve akustik kirlenme büyük ölçüde önlenecektir.

Bu araştırmalarla elektrikli taşıtların şehir merkezlerinde kullanımı sağlanabileceği gibi; yapılması gereken çalışmalar için, kamu otoritelerine, şirketlere ya da özel sektöre kısa ve uzun vadede teşvikler verilerek, elektrikle tahrik edilen taşıtların avantajlarından yararlanılabilir.

BÖLÜM 4

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE ENERJİ BESLEME DÜZENLERİ

4.1 Bataryalı Taşıtların Getireceği Yenilik

Birçok değişik taşıtsal çözümün temelinde, çevre koruması konusundaki kalite üstünlüğü ve enerji kaynaklarının yeniden kullanımı, hatta sistemin kontrolü ve yapısındaki kolaylık açısından, elektriğin kullanılması yatmaktadır.

Elektrikle tahrik edilen taşıtların kullanılma olasılığı, elektrik enerjisinin, dışarıdan bir kaynaktan gövdenin kendisine iletimi modunu ortaya çıkarır.

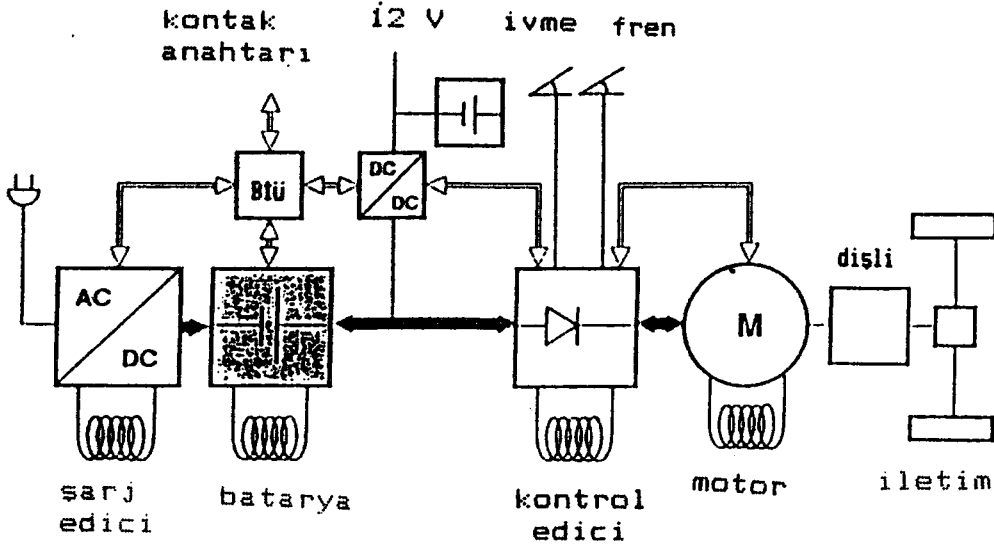
Enerji sağlama metotları başlıca iki tanedir:

- Taşıtlar durduğunda enerji sağlanması ve enerjinin gövde içinde korunumu.

- Taşıtlar sürekli hareket durumundayken, dıştan elektrikli kablo bağlantıları ile enerji sağlanması.

İlk durumda, bataryaların (pil, akü, vs.) yeniden doldurulma gereksinmesi, sürekli bir alt yapıyı ortaya çıkarır. İkinci durum ise, genel kullanım için sınır koşullarını oluşturur.

Aslında, tahrik sistemlerinin gerektirdiği enerji, bataryanın, motorun ürettiği enerjiyi ortaya çıkarması ile sağlanır. Bataryadan, hızlanma sırasında, eğimli yolda ve yüksek hızda en yüksek güç çekilir.



Sekil⁽⁴⁾ 4.1 Elektrikli taşıt tahrik sistemi

Elektrikli taşıtın tahrik sistemi bileşenleri: şarj edici, batarya idare ünitesi (BIÜ), batarya, kontrol edici, motor, iletim, 12 V gerilim kaynağı için dc/dc dönüştürücüdür. Sistem tasarımı ve performansı, daha çok bataryaya bağlıdır.

Batarya idare ünitesi ile ana batarya denetlenir. Kontrol edici, bir mikroişlemci vasıtasıyla fren pedalının yerini alır ve uygun olarak akımın yönünü düzenler. Elektrik motoru elektriği mekanik enerji haline dönüştürür ve iletim, tekerleklere diferansiyel ve direkt iletim veya bir dişli kutusu yolu üzerinden motor şaftına moment iletir (şekil 4.1).

Sistemdeki kontrol birimi elektronik ise (ECU: elektronik kontrol birimi), birçok ileri özelliği birleştirir:

- faydalı frenleme,
- programlanabilir akü şarj cihazı,
- yardımcı bir gerilim için 12 V'luk dc-dc dönüştürücü,
- kısa devre koruması,

(4) Dustmann 1991.

- motor kontrolü ve batarya sıcaklık koruması,
- şarj koruması,
- komutatör koruması,
- güvenli kilitleme düzeni.

Elektronik kontrol birimi (ECU), evirici kontrol birimi ve taşıt kontrol biriminden oluşur. Kontrol sistemi oldukça hızlıdır ve ivme durumundaki değişiklikler için doğru cevap verir, petrolü ve benzinli taşıtlarla karşılaştırma yapabilir. Kontrol programı, birkaç özel güvenlik içerir. Örneğin; cer bataryaları şarj edildiği sırada, tahrik sistemi çalıştırılmaz.

Tahrik sisteminde; motor, kontrol edici, transmisyon, bir birimi meydana getirir ve bu birim, taşıtın motor bölmesine rahatlıkla yerleştirilir.

Bataryalarda genellikle üç ana bileşen vardır. 1. Hücre kümesi: burada elektrokimyasal oluşumlar meydana gelir. 2. Tank: sirkülasyon elektroliti depo edilir. 3. Pompa: elektrolit yayar. Fakat geliştirilmekte olan bataryalarda bu yapı çeşitli değişikliklere uğramıştır.

Bir elektrikli taşıttaki batarya, gereken enerji depolama kapasitesini (kWh), hızlanmayı, taşıtın çıkabileceği eğimi ve maksimum gücü (kW) karşılayacak boyutta olmalıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile elektrikli taşıtlara daha yüksek maksimum güçlerin gerektiği görülmüştür, bu da daha hacimli bataryaların montajını gerektirir.

Bir taşıtın hızlanma performansını karşılamak için kullanılan batarya, maksimum ağırlık (kg), hacim (litre), enerji (kWh), maksimum güç (kW) terimleriyle anlatılabilir. Bu terimler, batarya tasarımı için gerekli kriterlere çevrilir: Wh/kg, Wh/l, W/kg ve W/l. Bu performans kriteri ayrıca çalışma süresi ve maliyet (TL/kWh) gibi ekonomik kriterlerle de ölçülmelidir.

Taşıtlar büyüyüp güç gereksinimleri arttığında birçok batarya sistemi, güç performansı kriterlerini (W/kg ve W/litre) karşılayamaz, fakat bazıları da bunu sağlar. Böylece ortaya enerji yoğunluğu ve çalışma ömrü gibi kavramlar çıkar. Bu da batarya tasarımını etkiler.

Batarya kapasitesi, ölçme aletiyle ölçülür. Ölçme aleti gerilim altında kullanılan, yüksüz durumda gösteren bir tiptir. Bataryanın terminal gerilimi yük durumuna bağlı olarak genişçe değiştirilir. Diğer taraftan gerilim, yüksüz durum altında az miktarda değişir. Elektrikli taşıtta, bu gerilim maksimum 5 volt civarında değişir. Kapasite ölçme aleti, analog olarak, yüksüz durum altında bu gerilimi gösterir. Ölçü aletinin işaret göstergesine bakılarak bataryanın yeniden dolma ihtiyacı anlaşılabilir.

Bu bölümde elektrikli taşıt için geliştirilmiş ve geliştirilmesine devam edilen batarya tiplerinin herbiri ayrı ayrı incelenecek ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılacaktır. Bunlar:

- Sodyum sülfür (NaS) bataryası,
- Kurşun asitli (PbO₂) batarya,
- Nikel-kadmiyum (Ni-Cd) batarya,
- Nikel-çinko batarya,
- Nikel-demir (NiFe) batarya,
- Çinko-brom (ZnBr₂) batarya.

4.2 Elektrikli Taşıt Tahriği İçin Sodyum Sülfür Bataryası

Sodyum sülfür bataryasının geçmişi oldukça yenidir. Bu batarya tipinin performanslarını geliştirme konusundaki çalışmalar halen devam etmektedir. Sodyum sülfür bataryası, elektrikli taşıt tahriği için en fazla gelişmiş batarya sistemlerinden biridir.

Tablo⁽⁵⁾ 4.1 Üç batarya tipiyle tahrik edilen T-115'in nitelikleri

Batarya Nitelikleri			Elektrikli Taşıt Nitelikleri		
Tip	Enerji (2 saatlik deşarj)	Ağırlık	Menzil 56 km/h' te	Maksimum Hız	50 km/h'e erişme zamanı
	kWh	kg	km	km/h	s
Pb/PbO ₂ (Hagen)	13	520	88	90	16
DeneySEL NaS	25	394	185	95	15
Prototip NaS	28	280	210	115	9

Sodyum sülfür bataryası, ilk olarak Brown Boveri & Cie. (BBC) tarafından 1983'te monte edildi. Bu batarya, yüzlerce seri/paralel bağlı hücreler, yekpare ve etkin bir ısı yalıtımı, başlangıç ısıtmasında ve sıcaklığın sabit tutulmasında ihtiyaç duyulan ısıtma sistemi ve artık ısının uzaklaştırılması için bir soğutma sistemi içermekteydi. Bataryanın 2/3 yüklü durumunda, enerji yoğunluğu iki saatlikdeşarj için 45 Wh/kg ve güç yoğunluğu 45 W/kg'dı. Performansı, kurşun asit bataryasınınkinden daha iyiydi, fakat sodyum sülfür batarya programı hedeflerinden henüz uzaktı. Son gelişmeler sonucunda; enerji yoğunluğu 85 Wh/kg (veya 93 Wh/l) ve güç yoğunluğu 125 W/kg (veya 140 W/l) oldu.

Chrysler T-115 mini van taşıtı üzerinde, ilk olarak kurşun asit bataryasıyla, daha sonra sodyum sülfür bataryasıyla deneme çalışmaları yapılmıştır. Test sonuçları NaS bataryasının açıkça üstünlüğünü göstermiştir. Üç batarya tipinin kullanılması durumunda taşıtın performans karşılaştırması tablo 4.1'dedir.

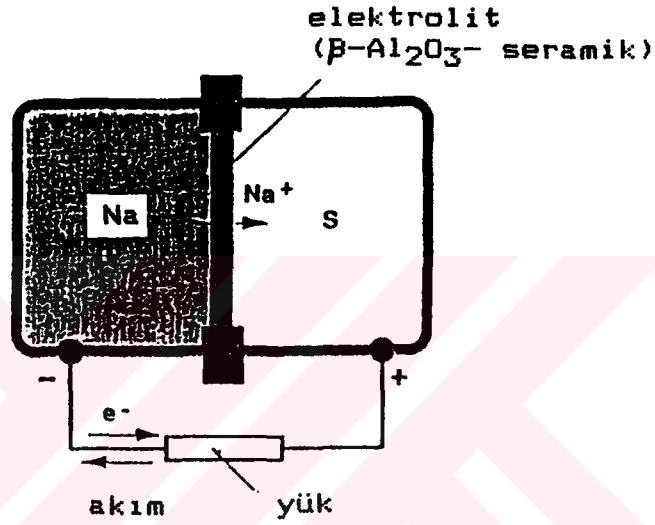
(5) Cornu 1990.

Sodyum sülfür bataryasının kullanılmasıyla hız, ivme, menzil ve aynı zamanda şarj/deşarj verimi artmıştır.

4.3 Geliştirilmiş Sodyum Sülfür Bataryasının Nitelikleri

4.3.1 Bakım durumu

Sodyum sülfür (NaS) bataryası temel prensip olarak şekil 4.2'de görüldüğü gibi bakım gerektirmez.

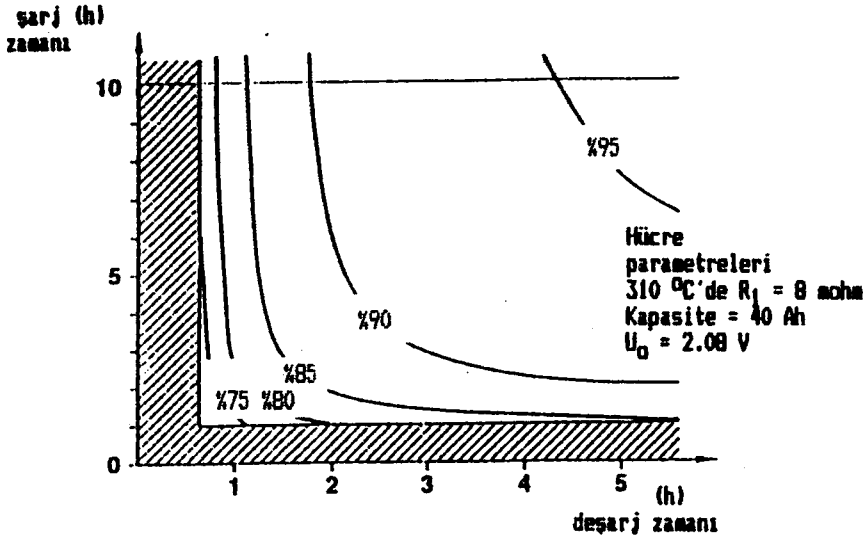


Şekil 4.2 NaS bataryasının temel yapısı

Bataryanın her bir pili, sodyum ve sülfür reaktansları, her sıvıda kutu içine konarak şekillenir, seramik elektrolit (β - Al_2O_3 -seramik) ile birbirinden ayrılır ve sodyum iyonları iletir, elektronlar için yalıtıcı olarak davranır. Örneğin sodyum oksit ve magnezyum oksit, alüminyum oksitten ibaret olan malzeme ile bu niteliği elinde bulundurur.

Elektronik akım akışı, dış yük elemanından geçerek,deşarj boyunca sodyum tarafından sülfür tarafına, elektrolit içinden geçerek sodyum iyonlarının akışını sağlamak uygundur. Böylece sodyum polisülfür şekillendirilir. Gerilim kimyasal reaksiyona 2.08 ile 1.87 V arasında, % 100deşarj için 2.04 V ortalama olarak verilir.

4.3.2 Şarj-deşarj verimi



Şekil (6) 4.3 Şarj-deşarj verimi

Sodyum sülfür bataryaları, bir saat şarj etme, bir saat deşarj etme şeklinde tasarlanmıştır. Alışılacağı şarj, normal ev içinde prizlerde her gece bekletilerek yapılır ve 2-3 kW verir. Bundan dolayı sistemdeki şarj zamanı 10 saat tasarlanmıştır. Ortalama olarak, % 90-96 enerji veriminde, şehir içinde araba kullanımı 2-5 saat deşarj sonucuna karşılık gelir (Şekil 4.3). Dağıtılan enerji, çalışma sıcaklığında bataryayı muhafaza etmek ve taşıt ısıtmasına yardımcı olabilmek için kullanılır.

4.3.3 Çevredeki sıcaklıktan bağımsız olması

Sodyum ve sülfür, 20 °C'de katıdır ve bataryanın çalışması için sıvı olacaktır, sıcaklık yükseltmeye devam edilmelidir. Çalışma sıcaklığı batarya içinde 290-350 °C'dir. Termos şişesi gibi çift duvarlı batarya kutusu içinde uzun süreli vakumun aşırı düşük ısı iletkenliği kullanılsın diye termal yalıtım geliştirilmiştir. Isı iletkenliği 0.004 W/mK olduğunda, iç batarya sıcaklığı çevre sıcaklığından

(6) Dustmann 1991.

tamamen dekopledir. Bundan dolayı, yüksek enerji batarya performansı hem 60 °C, hem de -40 °C'ye göredir. Eger, soğutma gerekli olursa, yüksek ısı farkı yeterli olduğundan, kolaydır.

4.3.4 Kullanım kolaylığı

NaS piller, şehir otobüsleri için geniş bataryalarla, şehir arabaları için küçük bataryalarla donatılarak gerekli akım ve gerilimi karşılamak amacıyla seri ve paralel olarak bağlanabilirler.

4.3.5 Güvenilirlik

Diğer batarya sistemlerinde şimdiye kadar bilinen limitler; sıvı elektrodlar ve katı iyon iletim elektroliti yüzünden eskime etkisi olmayan, NaS bataryasının da çalışma zamanıdır. Ayrıca, batarya teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişmeler sayesinde, önümüzdeki yıllarda dayanıklılık sınırlarının daha da artması beklenmektedir.

Sodyum sülfür bataryalarının gelişiminin başından beri, yapılan tasarımlarda, bütün güvenlik standartları karşılaştırılarak test edilmiştir. 10-150 Hz'de DIN VDE 0122'ye göre titreşim testleri, 1 oktav/dak 20 m/s² ve rezonans frekansında 10 dakika test zorlamasız 20 m/s² dir. Batarya, 80 ms için darbe testinde zarar görmeden kalmıştır.

Bataryanın çift katlı duvarları yüzünden, batarya biçiminin bozulmasına direnir. Batarya enerji depolama aygıtıdır, benzin tankı gibi depolanmış enerjiyi kontrolsüz bırakmayı önlemek için taşıt içine konur ve hasardan korunur.

4.3.6 Malzemeler ve yeniden kullanma

Sodyum sülfür bataryaları içinde bütün işlenmemiş malzemeler işe yarar. Bundan dolayı, düşük fiyatlı potansiyel sağlanır. Üretim teknolojisi geniş hacimde büyümektedir. Batarya malzemesinin % 97.5'u yeniden kullanılmaya olanak sağlar ve arta kalan % 2.5 herhangi bir çevresel tehlike olmaksızın çok ucuz fiyata piyasaya sürülebilir. Zaten pilot üretimle, test çalışmaları sırasında eskiyen bataryalar geri kazanım yöntemiyle geri kazanılır.

4.4 Geliştirilmiş Sodyum Sülfür Bataryasının Teknik Nitelikleri

ABB 1990 yılının başında yeni tip bataryalar geliştirdi. Varolan sistem küçük, orta ve büyük olarak üç boyutludur. Bunlar sırası ile 20 kW, 40 kW ve 60 kW'tır.

Piyasaya satış amacıyla üretilen bataryalarda 3 yıl pilot üretim yapıldı. Üretim kapasitesi 7 MWh olmasına rağmen tasarlanan kapasite 10 MWh'e erişmekte.

Batarya tasarımları, ABB standart pil tabanlıdır. Pil verileri tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo⁽⁷⁾ 4.2 Standart pil verileri

OCV (%100 / %0 SOC)	2.08/1.78	V
Kapasite	35	Ah
Direnç (310 °C)	10	mohm
Max. akım	50	A
Sürekli akım	35	A
Ağırlık	0.4	kg

(7) Dustmann 1990.

Tablo^(B) 4.3 B11 tipi batarya için veriler

Boyutlar (uzunluk*genişlik*yükseklik)	1420 * 485 * 360			mm
Enerji (2 h)	22			kWh
Enerji yoğunluğu (2h)	79.7			Wh/kg
Ağırlık	276			kg
Isı kayıpları	170			W
Nominal gerilim	90	120	180	V
OCV (%100 - şarj)	93.6	124.8	187.2	V
Minimum deşarj OCV	80.1	106.8	160.2	V
Paralel bağlantılar	8	6	4	
İç direnc (310 °C)	56	100	225	mohm
Kapasite	280	210	140	Ah
Tepe akımı (<3 dak.)	350	300	200	A
Sürekli deşarj akımı	280	210	140	A
Sürekli şarj akımı	140	105	70	A
Bağlantılar	ön yüzey, 80 mm ilave uzunluk			

ABB batarya tipi B11, 360 standart pil içerir. Bunlar 4,6 veya 8 paralel yol ile bağlanmışlardır ve muhafaza içine konularak tesbit edilmişlerdir. Vakum izole limitleri, termal ısı kaybı, bir kenarda konvansiyonel izoleye rağmen çalışma sıcaklığında, 170 W civarındadır. Isı penceresi, çalışma için, 290 °C den 350 °C ye kadardır.

Yüksek enerji batarya sistemi için gerekli bir parça olan ısıtıcı kapak, batarya idare birimi (Biü) ile birlikte bu sıcaklığı korur. B11 bataryası hava soğutma sistemine sahiptir.

ABB bataryasınının, B15 tipi 144 standart pil içerir. Bunlar 4, 6, 8 veya 12 paralel yol ile bağlanmışlar ve muhafaza içine konularak tesbit edilmişlerdir. Vakum izole limitleri, termal ısı kaybı, çalışma sıcaklığında 80 W civarındadır. Isı penceresi, çalışma için 290 °C'den 350 °C'ye kadardır. Yüksek enerji batarya sistemi için gerekli bir parça olan ısıtıcı kapak, batarya idare birimi (Biü) ile birlikte bu sıcaklığı korur. B15 bataryası soğutulmuş veya soğutulmamış şekilde kullanılabilir. B120 ile B15 öncelikli olarak aynı

(B) Dustmann 1990.

geometrik boyutlara sahiptir.

Tablo⁽⁹⁾ 4.4 B 120 ve B 240 tipindeki bataryalar için standart veriler

	B 120			B 240			
Boyutlar U*G*Y	730 * 312 * 315			730 * 540 * 315			mm
Nominal Enerji	9.6			19.2			kWh
Ağırlık	103			183			kg
Isı kayıpları	70			90			W
Nominal gerilim	60	48	24	120	96	48	V
OCV (%100 şarj)	62.4	49.9	25.0	124.8	99.8	50.0	V
Minimum deşarj OCV	56.1	44.9	22.4	112.2	89.8	44.9	V
Paralel bağlantılar	4	5	10	4	5	10	
İç direnc (310 °C)	60	38.4	9.6	120	76.8	19.2	mohm
Max. akım (<3 dak)	250	300	600	250	300	600	A
Sürekli deşarj akımı	160	200	400	160	200	400	A
Sürekli şarj akımı	80	100	200	80	100	200	A
Terminal yüksekliği	25			25			mm
Kapasite	160	200	400	160	200	400	Ah

Tablo⁽¹⁰⁾ 4.5 B15 Tipi batarya için veriler

Boyutlar	733 * 318 * 334				mm
uzunluk*genişlik*yükseklik					
Enerji (2 h)	9.2				kWh
Enerji yoğunluğu (2 h)	92				Wh/kg
	118				Wh/l
Ağırlık	100				kg
Isı kayıpları	80				W
Nominal gerilim	24	36	48	72	V
OCV (%100 - şarj)	24.9	37.4	49.9	74.9	V
Minimum deşarj (OCV) gerilimi	21.4	31.1	42.7	64.1	V
Paralel bağlantılar	12	8	6	4	
İç direnc (310 °C)	10	22.5	40	90	mohm
Kapasite	420	280	210	140	Ah
Tepe akımı (<3 dak.)	200	200	200	200	A
Sürekli şarj akımı	200	140	100	70	A
Bağlantılar	üst yüzey, 27 mm ilave uzunluk				

(9), (10) Dustmann 1990, 1991.

Sodyum sülfür bataryalar, geniş batarya sistemleri yapmak için seri veya paralel bağlanabilir. Seri bağlanmış bataryalar yolun sayısına eşittir.

B11 ve B15 bataryaları, 250 V sistem gerilimi için tasarlanmıştır.

4.5 Kurşun Asitli Batarya

İlerlemiş özellikleri ve güvenilir performansı nedeniyle Hagen kurşun asitli batarya sistemi Chrysler aracında kullanılmak üzere seçildi. The Gesellschaft für Elektrischen Strassenverkehr mbH (GES) şirketi vanın arka dingili üzerindeki arka taban alanına izoleli bataryayı yerleştirmeyi tasarladı ve sonra bunu monte etti.

Geliştirilmiş olan kurşun asitli batarya tipleri, diğer batarya tipleriyle de karşılaştırılarak, kurşun asitli batarya tipinin nitelikleri ileride ayrıntılı olarak verilecektir.

Tablo⁽¹¹⁾ 4.6 Hagen kurşun asitli batarya sisteminin nitelikleri

Bataryayı imal eden firma	Hagen Almanya GES
Batarya şekli	18 tane 6 V'luk seri olarak birleştirilmiş
Nominal gerilim	108 V
Nominal kapasite	143 Ah
Batarya ağırlığı	550 kg
Batarya hacmi	390 l
Nitelikleri	- merkezi su doldurma - merkezi gaz toplama - izoleli batarya kutusu - entegre ısı idare sistemi

(11) Jürgen and Earl 1986.

4.6 Nikel Kadmiyum Batarya

1987'lerin başında elektrikli taşıtlarda Ni-Cd bataryalar, enerji bakımından, hızla NiFe bataryaların yerini almıştır. NiFe bataryalarda elektrikli taşıta uygulama sırasında, demirde sınırlı verim, zayıf güç kabiliyeti oluşuyordu. İyi bir elektrot elde etmek için, zorlamayla sulandırılmış alkalin elektrolit, demirde kalıcı bir kimyasal reaksiyon gösteriyordu. Oysa Ni-Cd bataryada, bu konularda herhangi bir zorluk oluşmuyordu.

1987 yılından beri, elektrikli taşıtlarda Ni-Cd batarya kullanımı hızla gelişti. Plastik kaplı negatif elektrot ve sinterlenmiş pozitif elektrodun davranışı bu konuda çok yardımcı olmuştur. Fransa'da SAFT endüstriyel batarya bölümünün ürettiği, monoblok STM 5-200 tipi bataryaların performansı, günümüzde bu konuda iyi bir pazar oluşmasını sağlamıştır.

4.6.1 Gelişmelerdeki ilerleme

Gelişmeleri sağlamak için gözönüne alınan ilk amaç, pozitif elektrottaki yeni yapılanmadan dolayı ortaya çıkan spesifik enerjinin arttırılmasıdır. Bu hiç şüphesiz ki maliyetteki azalmayı sağlamak içindir.

İkinci amaç ise elektrikli taşıtın günlük kullanımında maksimum konforu sağlamaktır. Burada dikkat edilecek nokta, şimdiye kadar, elektrik gücü için geliştirilmiş alkalin bataryaların açık hücreler şeklinde monte edilmiş olmasıdır. Bu yüzden gerekli oldukça şarj olma periyodu sınırlı olmasına rağmen elektrolitik solüsyon sıvısı oksijen ve hidrojen olarak ayrıştırıldı ve hücrelerdeki elektrolitiğin seviyesi her an ayarlandı.

Tablo⁽¹²⁾ 4.7 Ni-Cd prototiplerle ilgili karakteristikler

	STM 5-200 Bugünkü modül	STM 5-200 Gelecekteki modül	
modül boyutu	244*190*280	244*190*280	mm
gerilim	6	6	V
ağırlık	23.5	21.1	kg
<u>modül performansları</u>			
5 saatteki tipik kapasite	213	222 (+%4)	Ah
tipik enerji	1310	1370 (+%4)	Wh
tipik spesifik enerji	55.7	64.9 (+%16.5)	Wh/kg
	101	106 (+%5)	Wh/dm ³
1 saatteki tipik kapasite	202	210 (+%4)	Ah
tipik enerji	1172	1220 (+%4)	Wh
tipik spesifik enerji	49.9	57.8 (+%16)	Wh/kg
	90.3	94 (+%4)	Wh/dm ³
tepe gücü	4900	4900	W
enerji verimi	0.7	0.75 (+%7)	
beklenen kullanım (devir)	2000	2000	

Gerçekte Ni-Cd bataryaların gelişimi, güvenilirlik ve emniyet açısından, elektrikli taşıtlardaki kullanımına yeni bir bakış açısı sağlamıştır.

4.6.2 Taşıt performansı

Nikel kadmiyum bataryanın, kurşun asit bataryayla benzediğini düşünmek söz konusu bile değildir, çünkü bunlar tamamen zıt özelliklere sahiptir. Her iki çift de, aynı güce, aynı zamanda benzer özelliklere sahiptir. Asıl olan, her iki çiftin, birbirini tamamlayıcı özelliklere sahip olmasıdır. Bu yüzden, kullanıcının ihtiyaçlarına göre en iyi çözüm aranır.

(12) Cornu 1990.

Nikel kadmiyum bataryaların kullanıldığı arabaların performansları aşağıda belirtilmiştir:

Menzil: 90 - 170 km.

Maksimum hız: 80 - 120 km/h (50 - 75 dev/dak)

İvme: 8-15 saniye (0-50 km/h; 31 dev/dak)

Kullanım süresi: 100.000 - 200.000 km.

Bu verilerin tümü tecrübelerden elde edilmiştir. Burada etken olan fonksiyonlar; sürücü, taşıyabildiği yük, yol profili, güç karakteristikleri, taşıt ağırlığı vs...

4.6.3 Batarya seçimi

Bir nikel kadmiyum bataryanın spesifik enerjisi kurşun asitinkinin hemen hemen iki katıdır. Çok açıktır ki Ni-Cd bataryalı taşıtlar derece olarak iki kat daha üstün olacaktır. Bununla birlikte, uygulanmış olan ya da halen uygulanan gösteri programları birçok durumda, bir taşıtın günlük ortalama katedeceği mesafenin (km), umulandan daha az olduğunu göstermiştir. Bu yüzden, bu gibi durumlarda arabayı maksimum enerjiyle çalıştırmak bir sorun değildir, önemli olan en az enerjiyle çalıştırmaktır. Bu seçim sadece, nikel kadmiyum bataryanın mükemmel bir güç kabiliyetine sahip olmasından dolayı mümkündür. Gerçekte bataryanın enerjisi ne olursa olsun, elektrik motoruna gerekli olan güç aynı kalır. Açıktır ki, daha küçük enerjiye sahip bataryaların, büyük olan bataryalarla aynı gücü motora vermeleri gerekmektedir.

Sonuçta belli bir güç elde etmek, belli bir enerji kadar önemlidir. Bir taşıtı, yüksek spesifik enerjiye sahip olan bir bataryayla donatmak, eğer bu batarya tüm deşarj süresince gerekli enerjiyi sağlayamıyorsa hiç bir anlam taşımaz.

4.6.4 Batarya maliyeti

Birçok nedenden dolayı, nikel kadmiyumun maliyeti, kurşun asitinkine oranla çok yüksektir. Nikel ve kadmiyumun, kurşun yerine sıralı materyaller olarak kullanımı, nikel kadmiyumun imalat işlemi, sadece prototip durumundadır ya da en iyi durumda düşünülürse nikel kadmiyumun maliyeti kurşun asidinkine göre daha pahalıdır.

Gerçekte, müşteri bir batarya satın aldığıında, taşıtın tüm yaşamı boyunca gerekli olan benzin miktarını satın almış gibidir. Bu kWh fiyatına göre her yerde farklılık gösterir. Ayrıca diğer parametrelere de bağlıdır.

Çok açıktır ki, elektrikli taşıtın bakım maliyeti, içten yanmalı motorlu tip taşıtın maliyetine göre daha azdır.

Tablo 4.8'de dört farklı batarya tipi birbirleriyle karşılaştırıldı. Bunu yaparken, kurşun asit batarya aynı ağırlıkta veya aynı hacimdeki nikel kadmiyum bataryayla karşılaştırıldı.

Nikel kadmiyum bataryaların avantajlarını, çok çeşitli uygulamalarda bulabiliriz.

- Yüksek mertebede elektrikli taşıtlarda.

Pazara sunulmuş diğer bataryalara göre, nikel kadmiyum batarya, şarj başına oldukça yüksek menzili mümkün kılar. Eğer günlük ihtiyaç 100 km ya da daha çoksa ihtiyacı karşılayabilir.

- Dual ya da hibrid modlu sistemler için ideal kaynaktır.

Enerji ve güç kabiliyetini birleştirdiğinden ve tekrar şarj olabilme olasılığından dolayı, Ni-Cd bataryalar,

hibrid veya dual modlu çöp kamyonları, maden araçları ve otobüs gibi araçlara uygundur.

Tablo⁽¹³⁾ 4.8 Ni-Cd Bataryalarla Pb/PbO₂ bataryanın karşılaştırılması

	Pb/PbO ₂	Ni-Cd			Birim
		aynı ağırlık	aynı hacim	aynı menzil	
Spesifik enerji	32	52	52	50	Wh/kg
Kullanım	600	2000	2000	2000	devir
Batarya verimi	0.8	0.74	0.74	0.74	
Batarya ağırlığı	600	600	458	355	kg
E.T.'in max. menzili	60	96	78	60	km
E.T.'in günlük menzili	48	78	62	48	km
Toplam yapılan mesafe	28800	156000	124000	96000	km
Taşıdığı yük	800	800	942	1045	kg

4.7 Çinko Brom Batarya

Çinko-brom bataryaların nitelikleri tablo 4.9'da verilmiştir. Bu batarya, yüksek güç yoğunluğu, uzun devir ömrü, düşük imalat fiyatı ve yüksek enerji bakımından avantajlıdır.

Tablo⁽¹⁴⁾ 4.9 Çinko-Brom bataryanın nitelikleri

Gerilim	106	V
Kapasite (5 h)	80	Ah
Boyutlar (Uzunluk*genişlik*yükseklik)	650*540*300	mm

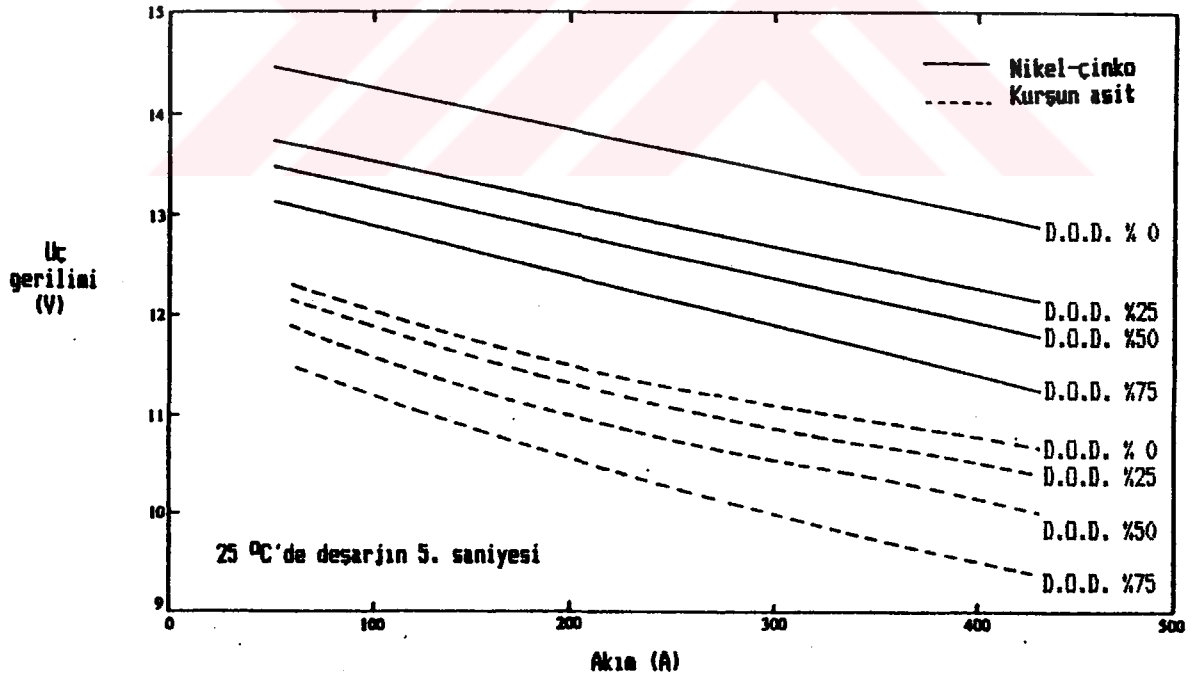
4.8 Nikel Çinko Bataryalar ve Kurşun Asitli Batarya ile Karşılaştırılması

Tablo 4.10, performansların karşılaştırmalarını gösterir. Bundan başka, şekil 4.4 ve 4.5'de nikel-çinko bataryanın karakteristikleri gösterilmiştir (SNZ 200-8).

(13) Cornu 1990, (14) Ishikawa and Furutani 1990.

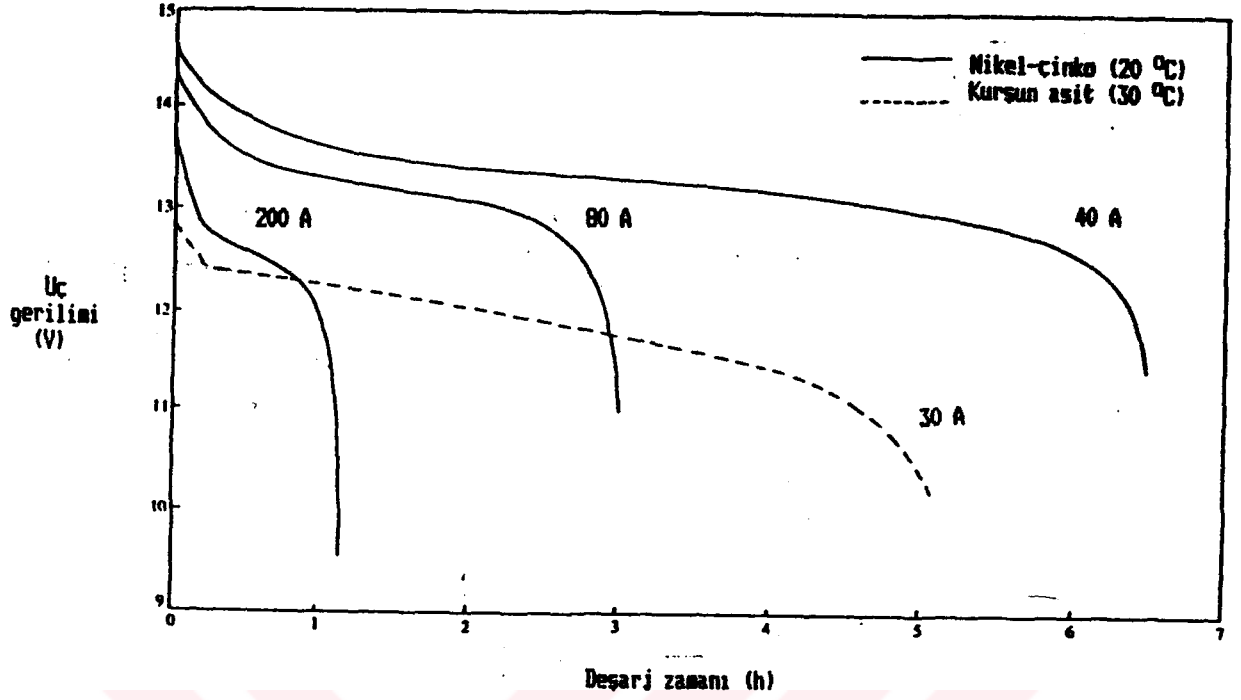
Tablo⁽¹⁵⁾ 4.10 Nikel çinko batarya nitelikleri ve kurşun asit bataryayla karşılaştırılması

	Kurşun-asit EY 150	Nikel-çinko batarya SNZ 200-B	
Dış Görünüş Pozitif(+) kutup/elektrolit/ negatif(-) kutup	PbO ₂ /H ₂ SO ₄ /Pb	Ni(OH)/KOH/Zn	
Enerji yoğunluğu	41.0	72.0	Wh/kg
	76	140	Wh/l
Güç yoğunluğu	165	180	W/kg
Çalışma ömrü	1000	400	devir
Ağırlık	42	44	kg
Boyutlar Genişlik*uzunluk*yükseklik	182*504*259	174*502*259	mm
Kapasite	150	200	Ah



Şekil⁽¹⁵⁾ 4.4 EY150 Tip kurşun asit batarya ve nikel çinko tipi SNZ200-B'in boşaltma periyodu sırasında I-V karakteristikleri

(15) Kawasaki et al 1990.



Sekil (16) 4.5 EY150 tipi kurşun asit batarya ve nikel-cinko tipi SNZ200-B'in her süratte boşaltma karakteristikleri.

4.9 Kurşun Asitli ve Sodyum Sülfür Bataryalı Taşıtların Karşılaştırılması

Burada elektrikli taşıtlarda kullanılan, iki farklı batarya teknolojisinin eşit şartlarda karşılaştırılması yapılacaktır. Her iki batarya sistemi de Chrysler T-115 üzerinde aynı gerilim ve akım limitlerinde denendi. Farklar sadece enerji ve güç yoğunluğu konusunda değil, başka şekilde de gözlenmiştir.

Tablo 4.11, batarya sistemleri arasındaki fonksiyonel farklılıkları göstermektedir.

Sodyum sülfür batarya teknolojisi, alışlagelmiş geniş batarya sistemlerinin ağırlıklarını taşıyamayan küçük araçlar için mükemmel bir menzil ve performans sağlar.

(16) Kawasaki et al 1990.

Tablo 4.11 Batarya sistemleri arasındaki fonksiyonel farklılıklar

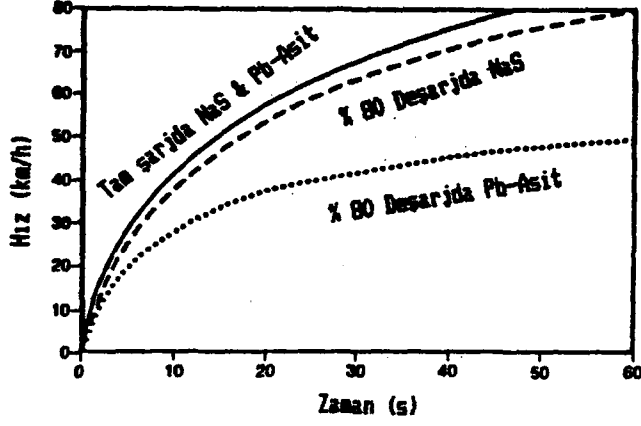
	Kurşun Asit	Sodyum Sülfür
Nominal dahili işletme harareti	20 °C	300-350 °C
Isı idare şartları	pil ısıtma pil sıcaklık eşitlemesi	pil ısıtma ve soğutma pil sıcaklık eşitlemesi
Düzenli bakım	pile su verme (haftada bir) arasına bağlantı-ları temizlemek	yok yok
Gaz üretimi	hidrojen	yok
% 100 Deşarjin etkisi	batarya ömrü azalıyor	yok
Boşta çalışma periyodunda genleşmenin etkisi (tamamen boş iken)	kalıcı kapasite azalması	yok
Yüksek oranlı şarjin etkisi	batarya ömrünü uzatır	yok
Güç kaynağı olmadan boşta çalışma periyodunda genleşmenin etkisi	yok	1-2 haftada batarya donar, yeniden başlamak için uzun ısıtma zamanı lazım.

4.9.1 Deşarj sırasında güç dağılımı

Kurşun asitli veya diğer batarya teknolojilerinden farklı olarak, sodyum sülfürlü batarya deşarj boyunca direnci sabit tutar. Ayrıca sistemin gerilimi sabittir ve tamamen boşaldığı zaman, tamamen dolu haldeki geriliminden % 15 daha azdır.

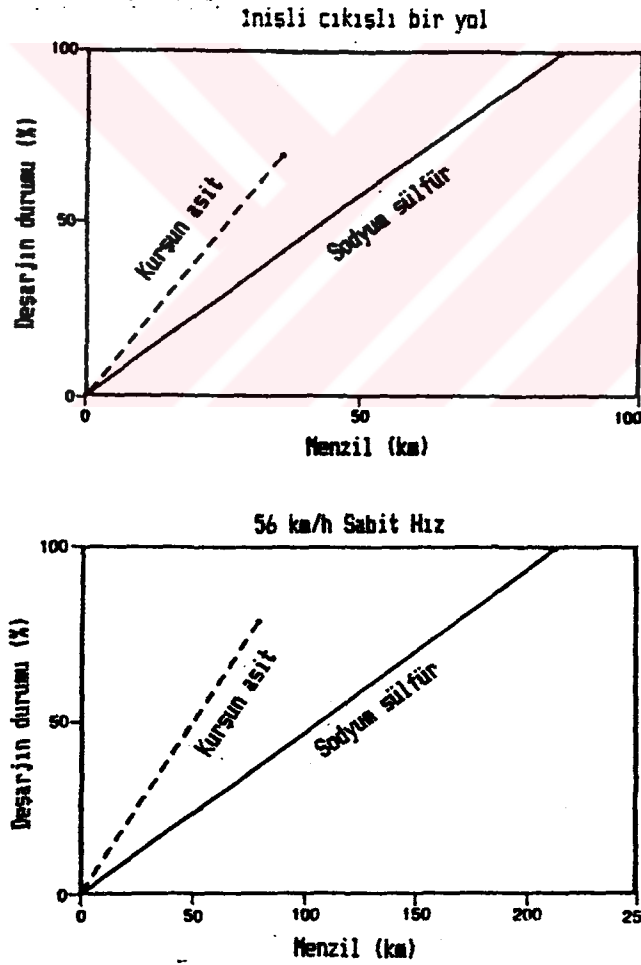
Araçların maksimum hızlanması, tamamen yüklü iken aynıdır. Ama % 80 boş iken kurşun asitli bataryanın performansı düşmüştür, sodyum sülfürlü batarya çok çok az bir azalma göstermiştir. Sodyum sülfürlü bataryanın bu niteliğinin iki ana avantajı vardır:

- Menzil boyunca mükemmel bir sürüş konforu.
- Sadece batarya kapasitesini arttıran bir faktörden çok, aracın menzili arttırılır.



Şekil (17) 4.6 % 80 Deşarj durumunda ve tam şarjda taşıt ivmesi

4.9.2 Menzil performansı

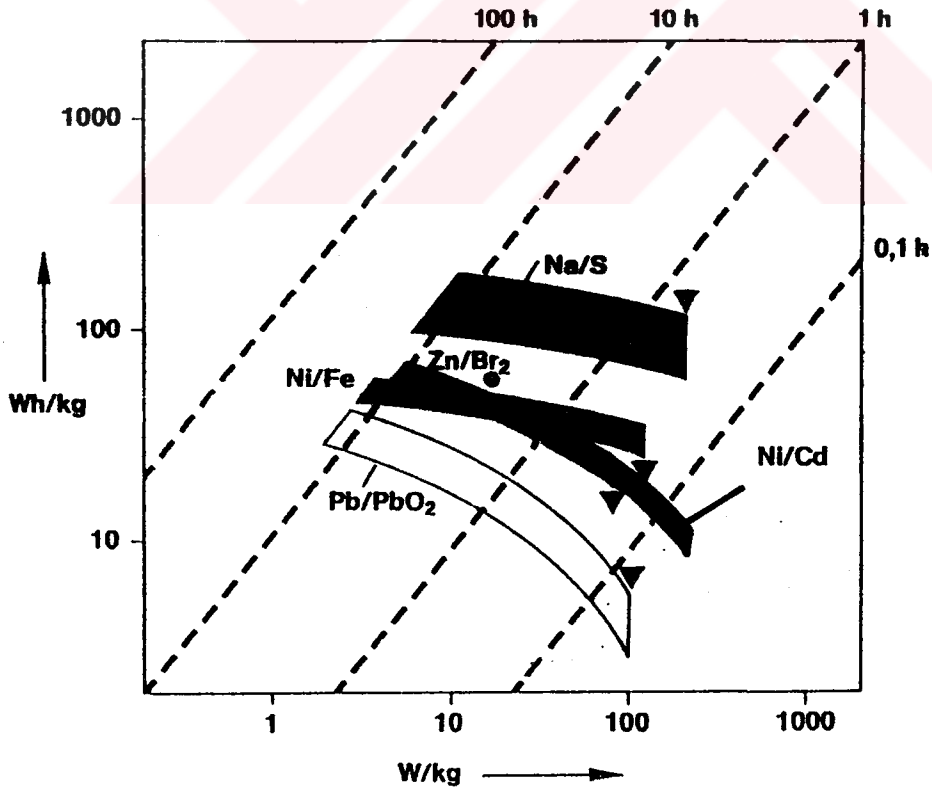


Şekil (17) 4.7 Deşarj seviyesine karşı taşıtın menzili
a. inişli çıkışlı bir yol b. 56 km/h sabit hız

Menzilin arttırılmasına, bataryanın sabit güç vermesi ile ulaşılır. inişli çıkışlı bir yolda ve 56 km/h sabit hızda yapılan test sırasında, her iki batarya sistemi için deşarjın seviyesine karşı menzil gösterilmektedir (Şekil 4.7).

Testlerde, sodyum sülfür bataryası, tamamıyla boşalma sağlanana kadar, test kriterlerini sağlayacak yeterli gücü vermektedir. Kurşun asitli batarya % 79.5 boş iken, 53 km/h'in altına düşmektedir. Benzer şekilde, inişli çıkışlı bir yoldaki test sırasında kurşun asitli batarya performansı, % 68.4 deşarj seviyesinde test kriterinin altına düşmektedir. Sonuçlar, aynı enerji yoğunluğunda sodyum sülfür bataryasının, kurşun asitli bataryaya göre daha büyük bir taşıt menzili sağladığını göstermektedir.

4.10 Enerji Depolama ve Güç Yoğunluğu



▼ Bataryanın 2/3 yüklü anındaki güç

Sekil (18) 4.8 Bataryaların nitelikleri

Bataryaların güç yoğunluğu ve düşük enerji depolaması, uzun şarj olma süreleri, benzin tankına tekrar yakıt alma ile karşılaştırıldığında bataryaların dezavantajları ortaya çıkar. Bundan dolayı bataryalar, en yüksek olasılıkla, enerji yoğunluğu ile kabul olunabilir. Şekil 4.8, elektrikli taşıtlar için aday olan, farklı elektrokimyasal sistemler için her kg bataryada ağırlık ile enerji-güç kabiliyetlerini gösterir. Pb/PbO₂ ve Ni-Cd bataryalar pazarda epeyce kabul ettirilmiştir. Gelişim evresi içinde en yüksek enerji yoğunluğuna sahip ZnBr₂, NiFe ve NaS bataryalar pazarlarda geçerli olmaya başlamıştır.

4.11 Batarya Verilerinin Genel Olarak Karşılaştırılması

Batarya tiplerinin genel olarak karşılaştırması Fransa'da Renault'un ürettiği prototipler üzerinde değişik tipteki bataryalar karşılaştırılarak yapılmıştır. Bu elektrikli taşıtlar iki tiptir. Biri Renault 5'in yükseltilmiş şasili tipi express'tir. Diğer tip ise daha çok geliştirilmiş olan master'dır. Elde edilen veriler tablo 4.12'de sunulmuştur. Master Elektrik tipindeki taşıtın performansı şöyledir:

Tablo⁽¹⁹⁾ 4.12 Maksimum ağırlıkta (3760 kg) menzil karşılaştırması

	Kurşun Asit Bataryalar	Nikel Demir Bataryalar	Nikel Kadmiyum Bataryalar	
60 km/h sabit hızda menzil	132	144	164	km
inişli çıkışlı bir yolda denenen menzil	95	116	137	km
Şehir içindeki denemelerde menzil	78	114	132	km

- maksimum hız = 80 km/h (dizel motoru 108 km/h yapar),

- ağırlık ve deşarjin durumuna göre ivmelenme;
- * 400 metre çalıştırma/durdurma = 29-31 s. : (28.5 s)
- * 1000 metre çalıştırma/durdurma = 57-61 s. : (56 s)
- maksimum ağırlığı tablo 4.12'de gösterilmiştir.

4.11.1 Katedilen mesafe

31 Ağustos 1990'da, Renault'un ürettiği 10 aracın 250319 km kullanılmış olduğu ortaya çıktı. Her taşıt ayda en az 6000 km kullanılmıştır. Şu anda hala Renault'un elektrikli taşıt atölyesinde kullanılan prototipler 332678 km yol yapmıştır. 8 Adet Master, NiFe ve 2 adedi de, Ni-Cd batarya ile bağlanmıştır. 1988 Mayıs'ında kurşun yerine Ni-Cd batarya kullanılmıştır. Tablo 4.13'deki elektrikli taşıt süreklilik göstergesi, taşıtların 1989'da ne durumda olduğunu göstermektedir.

Tablo⁽¹⁹⁾ 4.13 31 Aralık 1989'a kadar elektrikli taşıttaki denemeler.

	Kurşun Asit	Nikel Demir	Nikel Kadmiyum	Toplam/Ortalama
KM	78693	196960	18461	294114
Devir	2338	5707	302	8347
Ortalama km/devir	33	35	61	35

4.11.2 Taşınan yükler

Yasal Yükler: Yük, bir taşıtın seçiminde en önemli kriterlerden biridir, taşınan yük de gerçek kullanımın sonucudur. Elektrikli taşıtlar içten yanmalı motorlu tip taşıtlara göre bataryanın ağırlığına bağlı olarak daha az yük taşıyabilirler. Dahası bu taşıtların büyük bir bölümü yüklenmemiş durumda ek titreşimler yapmaktadır. Ağırlıklarla ilgili bilgi tablo 4.14'de verilmiştir.

Buna ek olarak yük iki katına çıkabilir (525-1060 kg). Master'larda toplam yük kapasitesi binek arabaların lisansı ve yapısına göre kurallarla sınırlandırılmıştır (3500 kg ve ek olarak da 260 kg kabul edildiğinde elektrikli motoru engelleyici unsur olarak görülür).

Gerçek Yükler: Bunlar nominal yükten her zaman az veya eşit değildir, bazı durumlarda daha fazla olabilir. Bu Master'ların yol yapımında asfalt taşıyan araçları için sık sık geçerlidir (4200 kg'a kadar). Master'ların Montlhery'deki hızlı yolda yapılan ölçümlerinde yükün tüketime olan etkisinin az olduğu görülmüştür. Bu şöyle açıklanabilir:

- yüksüz ve maksimum ağırlıkların arasındaki makul fark,
- ağırlığa orantılı olan yol direnci bu boyutta gayet iyidir: yaklaşık 80 N/t,

Tablo⁽¹⁹⁾ 4.14 Deneme alanlarında farklı Elektrik Master modelleri kullanıldığında ağırlıklar (KG)

	Boş ağırlık			Brüt taşıt ağırlığı			Ticari yük		
	PBO ₂	NiFe	Ni-Cd	PBO ₂	NiFe	Ni-Cd	PBO ₂	NiFe	Ni-Cd
Kamu hizmeti vanları (7 tane)	3330	2875	2805	3760	3760	3760	630	905	955
Yolcu vanları (2 tane)	3310	3035	2985 *	3835	3760	3760	525	725	775 *
Platform (4 tane)	3025	2750	2700 *	3760	3760	3760	735	1010	1060 *

* Geliştirilmesine çalışılıyor.

(19) Hilaire 1990.

- yükle orantılı olan faydalı fren sistemi kinetik enerjinin % 80'lik yüksek verimli geri dönüşüdür.

4.12 Elektrikli Taşıtlardaki Denemelere Genel Bakış

Elektrikli taşıtların genel değerlendirmesi tablo 4.15'de görülmektedir. Tatmin edici bilgi ve güvenilirlik açısından, alkali ve kurşun bataryaların farkını bu tablolar gösterir (% 94.2 ve % 96.7'ye karşılık bütün elektrikli taşıtlarda % 93.3).

Tablo⁽¹⁹⁾ 4.15 31.12.1988'e kadar Elektrik Master'larda denenen çalışmalar ve görülen arızalar.

Çalışmadığı günlerdeki neden			Kullanılabilirlik (%)
Taşıtlarla ilgili olmayan : % 70	Taşıtlar (elektrik sistemi hariç): 11	Özel elektrikli taşıtlar: 279	
Kurşun asit bataryalı 2 taşıtlar (1156 gün)	Test=1	Sasi=2	96.7 1118 Gün
NiFe+NiCd bataryalı 8 taşıtlar (4241 gün)	Test=49 Kazadan sonra onarılan:20 69	Sasi=9	94.2 3919 Gün
Bütün taşıtlar	5397 gün çalıştı 360 gün çalışmadı		93.3 5037 Gün

1988 yılında on araç için alınan sonuçlar % 95.45 kullanılabilirlikle somut bir başarıyı göstermektedir. % 4.55 yetersizliğin % 2.34'ü ilk gerçek yol vermiştir,

geri kalan da kullanım için gerekli test ve ölçümlerde kayıp olmaktadır.

Eğer ulaşmak istediğimiz sonuç, uzun vadede mutlak güvenilirlik, kısa vadede de % 98 kullanılabilirlikse buna son zamanlarda ulaşılmıştır.

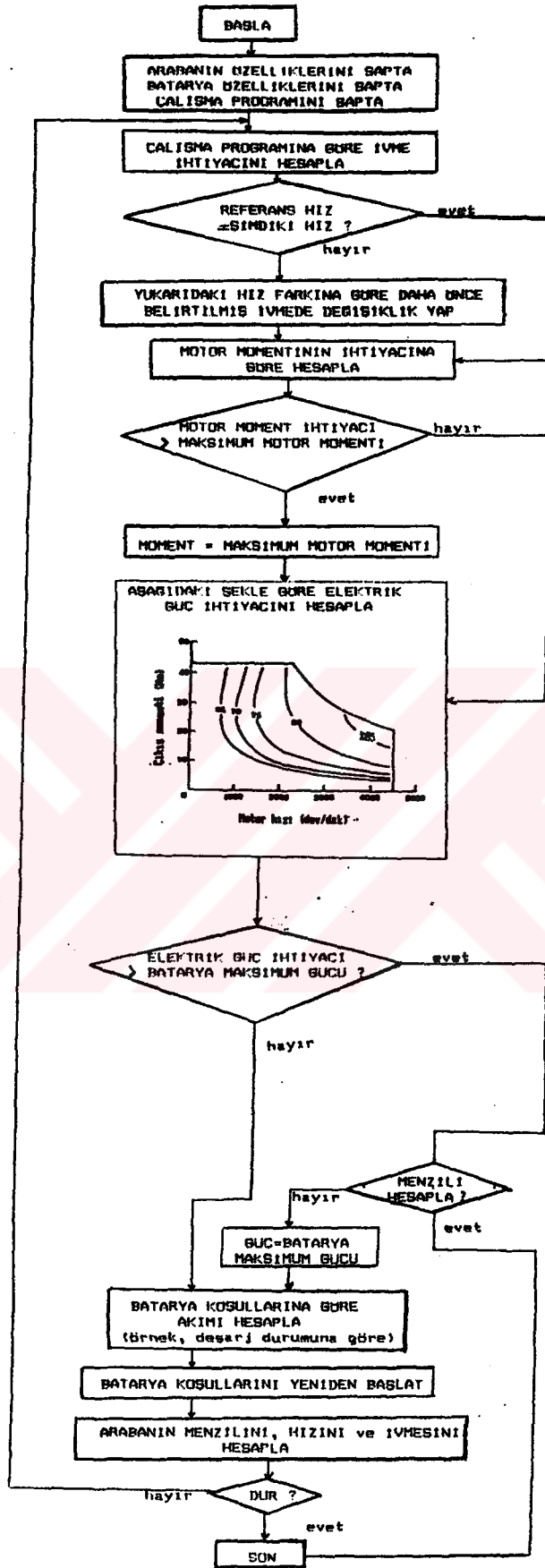
Eleştiriler, yüklenen zeminin yüksekliği, park etme sırasında direksiyon kullanma zorluğu, ilginç olarak da aracın sessiz çalışmasını yayaların fark edememesinden dolayı kaza riskinin var olduğu konusundadır.

Bazı nedenlerden dolayı yükleme sınırı aşılır, fakat bu araçta herhangi bir zayıflığa neden olmamaktadır. Ama yine de yükü gerekli sınırların içinde tutmak en iyisidir.

Yararlı hacim gerekeni aşmakta ve böylece yük limiti de aşılmaktadır. Böylece düşük hacimli batarya kullanmak, hafif ve daha fazla yük taşıyan araçların üretimini sağlar.

Dayanma kapasitesi de gereksinmeyi aşmakta ve bu da bataryaların % 50'ye varan nominal kullanımından ekstra avantaj sağlamaktadır. Şu anda kesin olarak söylenebilen, gelecekte yüksek kullanım süreli ve düşük kapasiteli bataryaların kullanılması, yükleme kapasitesine çok fazla etki yapacaktır.

Toplam olarak ileride yapılacak iş, kurşun asitli ve nikel-kadmiyum bataryaların daha uzun süre ve daha ekonomik olarak optimum kullanımını gerçekleştirmek, Ni-Cd bataryaları daha hafif, NaS bataryaları da daha ucuz olarak üretebilmektir.



Sekil 4.9 Elektrikli otomobilin enerji düzenleri için akış şeması

4.12.1 Elektrikli otomobillerdeki denemeler için bir tasarı

Burada elektrikli otomobilin, enerji düzenlerini teşkil eden bataryalar ile ilgili bir akış şeması tasarlanmıştır. Amaç, nitelikleri belli olan bir elektrikli otomobilin batarya koşullarını ve otomobilin, menzilini, hızını ve ivmesini hesaplamaktır.

Akış şeması şekil 4.9'da verilmektedir.

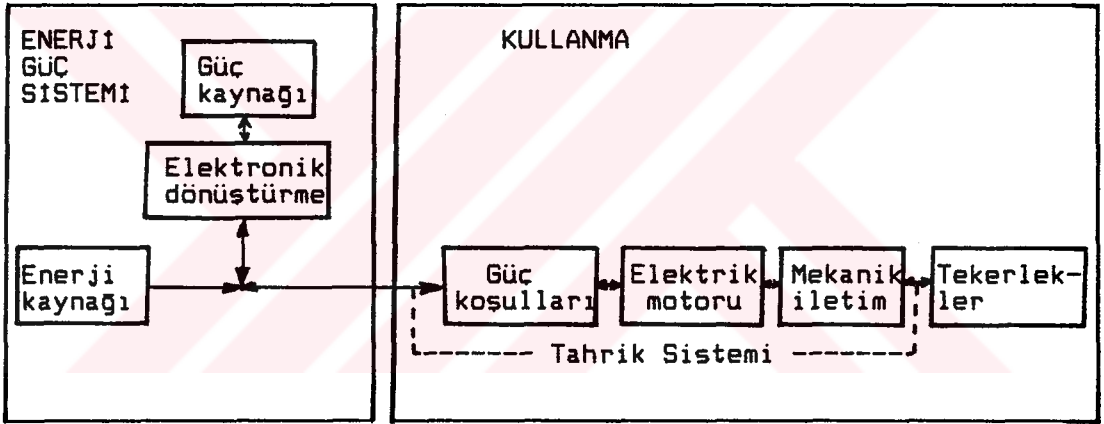


BÖLÜM 5

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE TAHRİK SİSTEMLERİ

5.1 Elektrikli Taşıtın Tahrik Sistemleri

Elektrikli tahrikle çalışan taşıtların genel şeması şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1 Elektrikli taşıtların genel sistemi

Bir elektrikli taşıtın tahrik sistemi, depolanmış elektrik enerjisini kinetik enerjiye çevirmek için kullanılır. Böylece taşıtın hareketi sağlanır. Bu iş değişik yollardan yapılabilir; ama, gözönüne alınması gereken özellikler şöyledir:

- maksimum verim,
- maksimum yolcu konforu (düşük gürültü, sarsıntı v.b.),
- gerekli minimum bir hacim ve ağırlık,
- minimum bir ekipman bakımı.

Gerekli olan bunların minimum bir maliyetle yapılmasını sağlamaktır. Tablo 5.1'de, elektrikle tahrik edilen taşıtlar için kullanılan ser motorları ve gerekli gelişmeler açıklanmıştır.

Tablo 5.1 Ser motorları

	D.C. Seri uyartımlı	D.C. Ayrı uyartımlı	A.C. Asenkron	Daimi mıknatıslı motorlar
Gelecekte	*ser için yaygın kullanım (forkliftler, endüstriyel yük arabaları)	*kolay idare edilebilir *endüvi devresi kısıyıcı olmayan ve dişli kaydırma ile veya dişli kaydırma olmayan kontrol imkanı *daha yüksek sistem performansı	*bakım gerektirmez *daha yüksek spesifik güç	*bakım gerektirmez *daha yüksek spesifik güç ve verim *kayıpsız rotor *a.c. asenkron motora göre azaltılmış elektronik devreler
Problemler/Gerekli gelişme	*ivme ihtiyaçları ve max. hızı karşılamak için dişli kaydırma ihtiyacı	*az masraf artışı	*daha fazla elektronik devre gerektirir *spesifik gelişme ihtiyacı	*sürekli mıknatısların fiyatı *spesifik gelişme ihtiyacı

5.2 Doğru Akım Seri Sargılı Motor

Doğru akım seri sargılı tahrik sistemine örnek olarak, Japonların üzerinde çalıştığı üç ve dört tekerlekli elektrikli taşıtları gösterebiliriz. Taşıtlarda 4 tekerlekli Golf Daihatsu araba sistemi ile aynı olan kontrol sistemi kullanılır.

5.2.1 Motor

Elektrikli taşıtta kullanılan doğru akım, seri sargılı motorun nitelikleri tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Doğru akım seri sargılı motor kullanılan elektrikli taşıtın nitelikleri

Boyutlar Uzunluk*genişlik*yükseklik	2000*1395*1430	mm
Yüklenmemiş ağırlık	550	kg
Max. yük	-	kg
Taşıma kapasitesi	2	kişi
Brüt taşıt ağırlığı	660	kg
Max. hız	50	km/h
Çıkabileceği eğim ($\tan \phi$)	0.268 (15 ^o , 13.5 km/h)	
Her şarjda gidebileceği mesafe (40 km/h sabit hızda)	50	km
Motor	Doğru akım seri sargılı motor	
Nominal çıkış	3.7	kW
Nominal gerilim	45	V
Kontrol sistemi	Transistör kıyıcı (faydalı frenleme)	
Dış lastikler Ön Arka	135SR10 135SR10	
Batarya tipi	Kurşun asitli batarya	
Kapasite	110/5	Ah/h
Gerilim	12	V
Bağlantı sayısı	4	
Toplam gerilim	48	V
Standart şarj süresi	8	h
A.C. giriş (3 faz) Gerilim Akım	200 9	V A

5.2.2 Kontrol sistemi

3 Tekerlekli taşıta yerleştirilen kontrol sistemi, faydalı frenlemeyle PWM transistör kıyıcıdır.

F : ileri doğru hareket için anahtar

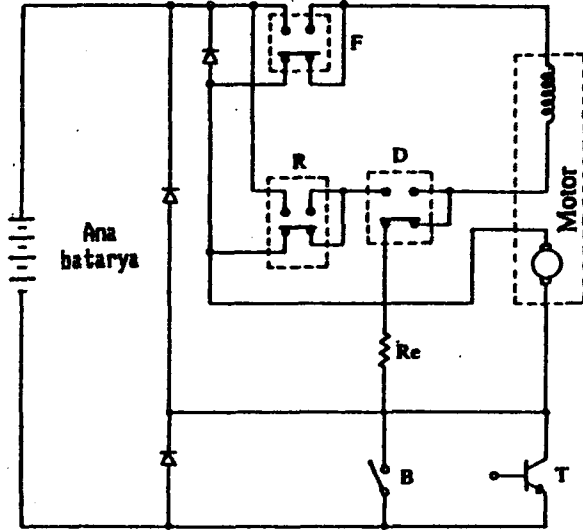
R : geriye doğru hareket için anahtar

D : çalıştırma (işleme) anahtarı

R_e: direnç hareket frenlemesi

B : ikinci yol anahtarı

T : transistör



Şekil (20) 5.2 Güç devresi

5.2.3 DC-DC dönüştürücü

Bu elektrikli taşıtta, 300 W d.c-d.c dönüştürücü kullanılır. Yardımcı batarya sistemine gerek yoktur. Tablo 5.3, dönüştürücünün niteliklerini gösterir.

Tablo (20) 5.3 DC-DC Dönüştürücü

Giriş	48 V
Çıkış	12 V, 25 A
Kontrol frekansı	100 kHz
Boyutlar (genişlik*uzunluk*yükseklik)	155*215*65 mm
Ağırlık	2.1 kg

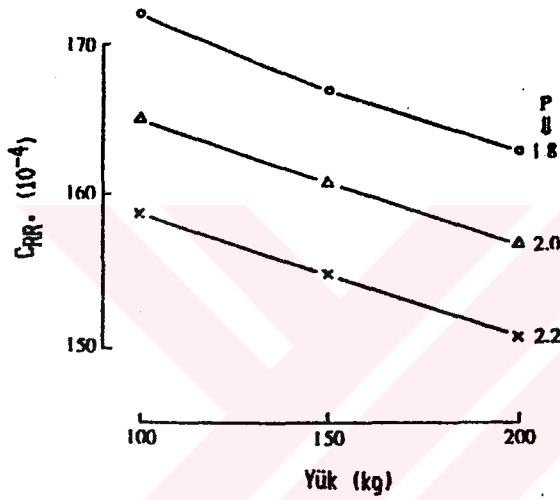
4 Tekerlekli elektrikli taşıtın nitelikleri tablo 5.2'de verilmiştir.

(20) Kawasaki et al 1990.

5.2.4 Dış lastikler

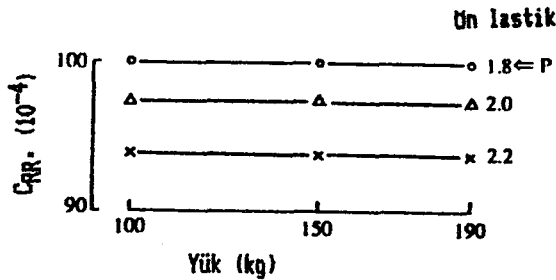
Elektrikli taşıtta, dış lastiklerin yuvarlanma dirençlerini korumak için çalışılmaktadır. Özellikle bu elektrikli taşıtın ön tekerleği için, daha küçük çapa sahip, yeni bir radyal dış lastik geliştirilmiştir. Arka lastiklerin yapımı sırasında, konvansiyonel dış lastiklerdeki gibi, malzemenin değişmesi ile yuvarlanma direncinin katsayısı azaltılır.

P : Dış lastiğin hava şişirme basıncı (kg/cm^2)



C_{RR} : Yuvarlanma direncinin katsayısı

Sekil (21) 5.3 Yuvarlanma direncinin katsayısı
(Konvansiyonel dış lastik)

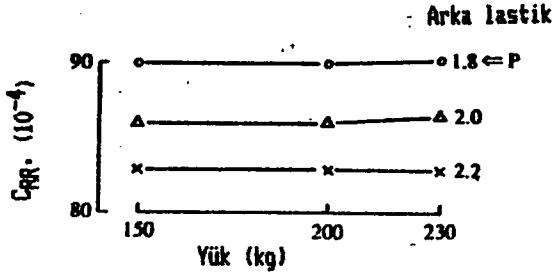


C_{RR} : Yuvarlanma direncinin katsayısı

Sekil (21) 5.4 Yuvarlanma direncinin katsayısı
(Ön lastik)

(21) Kawasaki et al 1990.

Şekil 5.3'de, konvansiyonel lastiklerin yuvarlanma katsayısı gösterilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi, düşük yükleme durumunda, konvansiyonel dış lastiklerde yuvarlanma direncinin katsayısı artmaktadır.



C_{RR} : Yuvarlanma direncinin katsayısı

Şekil⁽²¹⁾ 5.5 Yuvarlanma direncinin katsayısı
(Arka lastik)

Yeni geliştirilen dış lastiğin yuvarlanma direncinin katsayısına gelince; şekil 5.4 ön lastiğinkini, şekil 5.5'de arka lastiğinkini göstermektedir. Küçük menzil dahilinde, yuvarlanma direncinin katsayısı üzerinde, yükün etkisi açıktır, burada lastikler gerçekten kullanıma koyulur.

Binme konforunu optimum yapmak, dış lastik hava şişirme basıncı, ön lastik üzerinde 1.8 kg/cm²; arka lastikler üzerinde 2.0 kg/cm² olarak ayar edilmiştir. Yük yaklaşık olarak, ön lastik üzerinde 120 kg iken, arka lastikler üzerinde 170 kg'dır.

Bundan dolayı, doğal çalışma sırasında yuvarlanma direncinin katsayısı, arka lastiklerinki 0.0086 olduğu takdirde, ön lastiğinki 0.0100 olacaktır. Bu sayısal değerler konvansiyonel dış lastikler üzerinde olağanüstü ilerlemeleri göstermektedir.

5.3 D.C. Ayrı İkazlı Motor

Chrysler T-115 van taşıtının tahrik sisteminde ayrı ikazlı d.c motor kullanılmaktadır. Bu elektrikli taşıt,

Kanada Powerplex Teknolojisi ve Almanya Brown Boveri & Cie'nin ortak bir çalışması için yapılmıştır.

Tablo⁽²²⁾ 5.4 Tahrik Ünitesinin nitelikleri

MOTOR	
Tip	D.C. motor, ayrı ikazlı
Nominal çıkış	15 kW
Maksimum çıkış	25 kW (5 dak.)
Nominal gerilim	105 V
Nominal hız	2100 dev/dak
Maksimum hız	6700 dev/dak
Maksimum moment	130 Nm.
Boyutlar	245 mm genişlik, 400 mm uzunluk
Ağırlık	82 kg
KONTROLÖR/AKÜ ŞARJ CİHAZI	
Nominal gerilim	108 V
Boyutlar	500 * 360 * 225 mm
Ağırlık	37 kg
Endüvi kontrol edici	Tristör kıyıcı 0...300 A (5 dak)
Alan kontrol edici	Transistör kıyıcı 0...6 A
DC-DC dönüştürücü	700 W, 13.8 V
Sistemdeki şarj cihazı	220 V, 2.2 kVA, 50/60 Hz
	Güç faktörü = 1
	Darbe frekansı = 20 kHz

Almanya'da kullanılan ellinin üzerinde taşıtta, kumanda sisteminin yumuşak, güvenilir performansı, denenmektedir. Chrysler T-115 vanın teknik nitelikleri tablo 5.4'de sunulmuştur.

Tablo⁽²²⁾ 5.5 Chrysler T-115 Van'ın performansı

	Kurşun Asitli Batarya	Sodyum Sülfürlü Batarya
Menzil		
- 56 km/h'de sabit iken	81 km	209 km
- Şehir içi kullanımda	35 km	85 km
İvme		
- dolu iken	16 s	16 s
- % 80 deşarj olduğunda	58 s	17.2 s
Maksimum hız		
- düz yolda	95 km/h	95 km/h
- % 10 eğimli yolda	30 km/h	30 km/h
Enerji Tüketimi		
- sabit hızda	144 Wh/km	144 Wh/km
- şehir içi kullanımda	270 Wh/km	270 Wh/km

(22) Jürgen and Earl 1990.

Elektrikle tahrik edilen bu taşıt, küçük değişiklikler yapılarak, hem sodyum sülfürlü bataryalar için, hem de kurşun asitli bataryalar için kullanılabilir. Aynı şekilde dizayn, çok değişik işletme gerilimine de ayarlanabilir. Taşıtların performansları tablo 5.5'de sunulmaktadır.

Asea Brown Boveri (ABB)' nin ürettiği B120 ve B240 bataryalarıyla, 10 kW ve 60 kW arasındaki güç talepleri karşılanabilmektedir (Tablo 5.6).

Tablo⁽²³⁾ 5.6 Batarya tahrik sistemi

Boyut	Batarya	P_e (kW)	P_m (kW)	n_N (dak ⁻¹)	M (Nm)
küçük	B120	12	10	1600	60
	B240	24	20	3200	60
orta	B240	24	20	1740	110
	B120+B240	36	30	2600	110
büyük	2*B240	48	40	3480	110
	2*B240	48	40	1910	200
	3*B240	72	60	2860	200

P_e - bataryanın max. elektrik gücü

P_m - motor shaftındaki max. mekanik güç

n_N - nominal motor hızı; max. motor hızı 6700 dak⁻¹

M - 250 A'de max. motor momenti

5.4 Daimi Mıknatıslı Elektrikli Taşıt Tahriği

Günümüzde elektrikli taşıt programı üzerinde birçok çalışma yapılmaktadır. Çalışmalar sırasında, günümüzdeki bataryaların, sınırlı enerji depolama kapasitesine sahip oldukları kabul edilmekte ve verimi arttırmak için gerekli olan teknikler geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Sydney Üniversitesi'nde yapılmış bir çalışmadaki belli başlı sistemler şöyledir:

(23) Dustmann 1990.

Tahrik motoru: Daimi mıknatıslı motor kullanılan tahrik sistemi, herhangi bir sincap kafesli indüksiyon motorunun yarısından daha az yük kaybı gösterir.

Güç işlemi: Batarya ve motor arasındaki güç işlemi çok düşük kayıpla, bir mikrodenetleyicinin kontrol ettiği mosfet tarafından gerçekleştirilir.

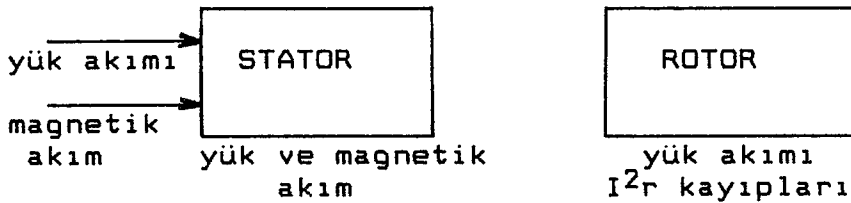
Batarya idaresi: Eğer enerji düzenli olarak üretilirse bataryanın sağladığı enerji maksimum düzeye erişmektedir. Sistem Suzuki van'da denenmiştir.

5.4.1 Daimi mıknatıslı motor

Son yıllarda elektrikli taşıt tasarımında, d.c. motorlardan indüksiyon motorlarına doğru bir talep vardır. Indüksiyon makinaları, aslında pek bakım gerektirmez ve birçok avantajlar sağlar.



(a) Daimi mıknatıslı makina



(b) Indüksiyon makina

Şekil⁽²⁴⁾ 5.6 Daimi mıknatıslı ve indüksiyon makinalarının kayıplarının karşılaştırılması

(24) Gosden 1990.

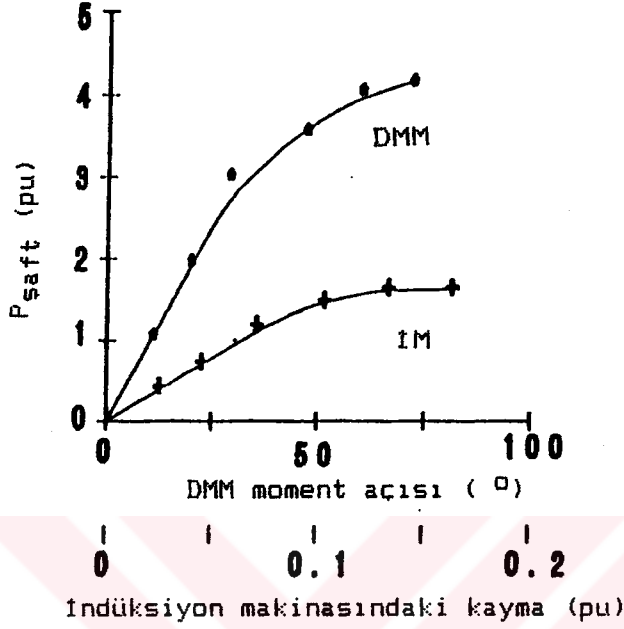
Özellikle yoğun olmayan neodim sayesinde, daimi mıknatıs malzemelerindeki yeni gelişmelerle, sincap kafesli indüksiyon makinasına göre, çok az kayıp sağlayan daimi mıknatıslı makinalar kullanılmaya başlanmıştır. Bu hipotez şekil 5.6'da gösterilen ve her bir makinadan arta kalan başlıca yük ve uyarma kayıplarına havale edilebilir. Magnetik alanla, daimi mıknatıslı motorlarda hemen hemen hiç kayıp olmayacaktır. Halbuki indüksiyon motoru, stator sargısı içinde, akış gösteren uyarma akımı ister. Daha da önemlisi, indüksiyon makinalarında akım, stator tarafından sağlanan magnetik alanla etkileşim gösterebilmek için rotor iletkenlerinden akış göstermelidir. Bu rotor akımı, kendisine denk bir stator akımı ile dengelenmelidir. Böylece yük akım kayıpları hem rotor hem de statorda yükselecektir. Diğer taraftan, daimi mıknatıslı motorlarda yük akım kayıpları sadece statorlarda artar. Daimi mıknatıslı makinalardaki çok küçük değerli çekirdek kayıpları ve toplam sürtünme kayıpları, indüksiyon makinalarındakinin yarısına eşittir.

Daimi mıknatıslı makinaların, indüksiyon makinaları ile karşılaştırılması için, bir test motorunda çalışmalar yapılmıştır. Test motoru dört kutuplu, 750 W'lık bir sincap kafesli indüksiyon motordur. Rotor, statorun iç çapından daha küçük, çapı 18 mm olan demir bir çekirdek ile değiştirilmiştir. Daimi mıknatıs parçaları, rotorun üzerine yerleştirilmiştir. Test sonuçları, bu motordan elde edilmiştir. Orjinal sincap kafesinin rotoru yeniden düzenlenmiş ve karşılaştırma yapabilmek için indüksiyon makinasından test sonuçları alınmıştır (Gosden 1990).

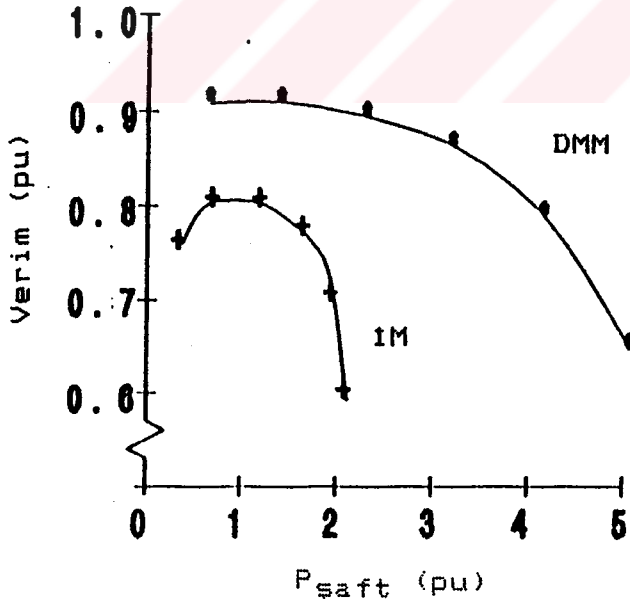
5.4.2 Test sonuçları

Maksimum güç çıkışını, verim ve hat akımını tesbit etmek için yapılan testler, 50 Hz'lik ana beslemesi olan makinalar ile yapılmaktadır. Daimi mıknatıslı makinalarda belli bir moment açısıyla elde edilen güç

cıkışı ölçülmekte ve indüksiyon makinalarından elde edilen eşdeğer bir güç çıkışının çeşitli değerlerdeki kayması ile karşılaştırılmaktadır (Şekil 5.7).



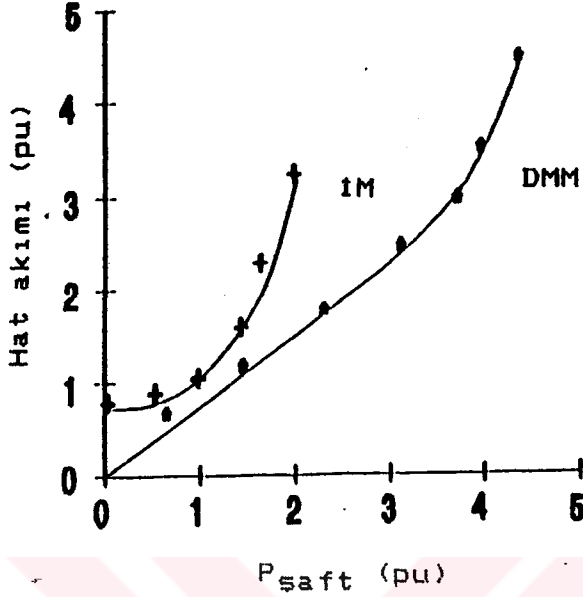
Sekil (24) 5.7 Daimi mıknatıslı makinanın şaftının gücünün indüksiyon motoruyla karşılaştırması



Sekil (24) 5.8 Verim ve şaft gücü

Daimi mıknatıslı makinalardaki tüm kayıpların verimlerinin karşılaştırması şekil 5.8'de açıklanmıştır. Daimi mıknatıslı makinaların kayıpları, indüksiyon

makinalarınınkinin aşağı yukarı yarısı kadardır. Ancak, daimi mıknatıslı makinalar çok yüksek güç seviyelerinde hatta relatif kayıpları çok düşük iken çalışabilirler.



Şekil (24) 5.9 Hat akımı ve şaft gücü

Daimi mıknatıslı makinaların düşük kayıpları, iki makinanın hat akımını ve güç çıkışını karşılaştıran şekil 5.9'da görülebilir. Daimi mıknatıslı makinalardaki hava boşluğu akısı, orjinal indüksiyon makinasındaki ile karşılaştırıldığında, daimi mıknatıslı makinadaki yüksüz akım, nominal gerilimde çok küçüktür.

Görülüyor ki, daimi mıknatıslı makinalardaki akım, indüksiyon makinalarınkinden azdır. Daimi mıknatıslı makinalardaki düşük kayıplar sebebi ile, fark çok yüksek seviyelerdedir, halbuki çok düşük seviyede mıknatıslanma akımının azlığı daha belirgin bir farka sebep olacaktır.

Elektrikli otomobillerde kullanılan eviricilerde, MOSFET'lerin anahtarlama hızı çok fazladır ve bu da anahtarlama kayıplarını azaltır. Eviricinin dizaynındaki problemleri aza indirmesi ise bir avantajdır. Anahtarlama zamanı 100 ns'den daha azdır.

(24) Gosden 1990.

5.4.3 Mikrodenetleyiciler

Elektrikli otomobil tasarımında mikrodenetleyici kullanılmasının en önemli sebebi, kontrol sistemindeki donanımı azaltmaktır. Yazılımda gerçekleşen kontrol fonksiyonlarının hangi ölçülerde mikrodenetleyiciler sayesinde direkt olarak giriş kontrolüne etki ettiğini bulmak için birçok araştırma yapılmıştır (örneğin, hızlandırıcı-fren pedalları, ileri-geri seçimi ve çeşitli kilitlenme şekilleri gibi).

Mikrodenetleyicinin girişleri, motor pozisyon kodlayıcısını, batarya gerilimini, akımını, fren ve ivme pedallarını, motor ısısını analog olarak kontrol eder.

Mikrodenetleyici sistem 80C196'dır ve kesilme modu kullanılarak çalıştırılır, böylece motor shaft kodlayıcısından gelen sinyaller, mikrodenetleyiciye gelen ve açığa çıkan sinyalleri keser. İçeriye yerleştirilmiş PWM kontrolcüsü ise gerilimi kontrol etmesi için kullanılır (Gosden 1990).

5.5 Elektrikli Taşıt İçin A.C. Motor Tahrik Sistemi

Elektrikli taşıt için yeni geliştirilen a.c. tahrik sistemi üç fazlı indüksiyon motoru, d.c/a.c evirici, elektronik kontrol ünitesi ECU ve iki çinko-brom bataryayı içerir. Evirici, yüksek frekans darbe genişlik modülasyonu ile çalıştırılır ve IGBT'lerin kullanımı yapılır. Sistem, çıkış gücü yükseldiği sırada, motor gürültüsünü minimum yapmak ve bütün esas bileşenlerde boyutları azaltmayı başarmak için tasarlanmıştır.

Toyota Motor Şirketi, iki oturma yeri olan elektrikli taşıt-30 için yüksek performanslı a.c. motor tahrik sistemi geliştirmişti. Şimdi, bu teknoloji daha güçlü sistemler üretmek için geliştirilmektedir. Burada bu

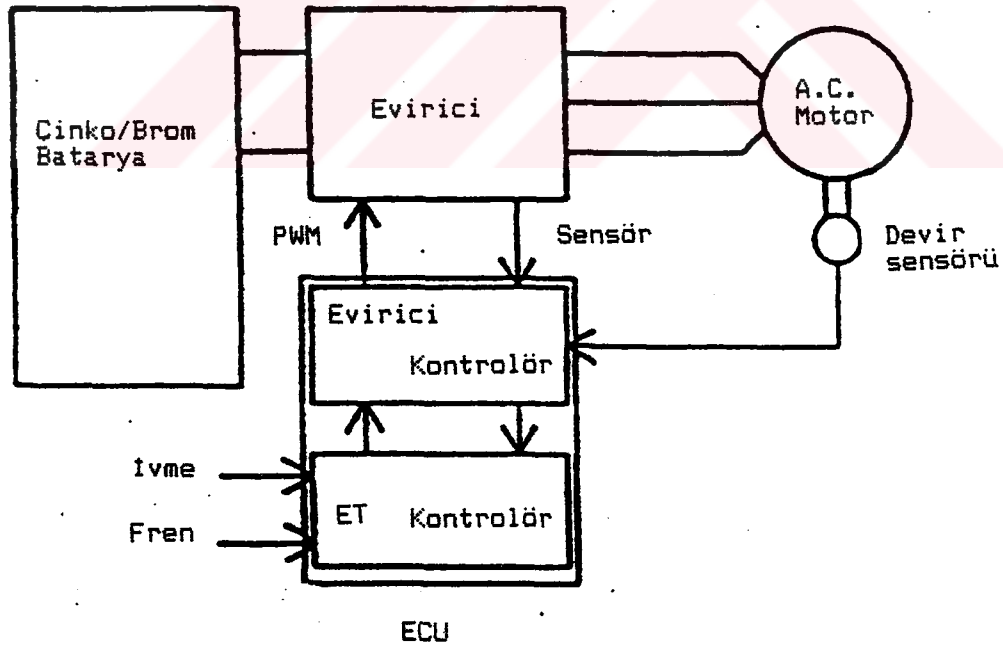
sistem hakkında bilgi verilerek elektrikli taşıt-40 için test sonuçları verilecektir.

5.5.1 Elektrikle a.c. tahrik sisteminin amacı

Bu sistem için aşağıdaki amaçlar belirlenmiştir:

- yüksek güç çıkışı,
- yüksek verim,
- hafiflik,
- sessizlik.

Geliştirilmiş sistemin şematik diyagramını şekil 5.10, kısaca göstermektedir. Yüksek verim kazanmak ve esas bileşenlerin boyutları azaltmak için, elektrikli taşıt-30 için geliştirilen çinko-brom bataryalar kullanılmak üzere seçilmiştir. Motor düşük hızlarda çalıştırıldığında, motor sesi ve sürüş bölümünün gürültüsü minimum yapılmıştır.



Şekil (25) 5.10 Sistemin blok diyagramı

Tablo 5.7, a.c. indüksiyon motorunun niteliklerini verir. Yüksek verim ve düşük çekirdek kayıpları için, stator ve rotor silikon çelik levhalardan yapılmıştır.

Stator yarıklarına rotor yarıklarının oranı, gürültünün minimum yapılabilmesi için dikkatli belirlenir. Motor boyutunu azaltmak ve yüksek çıkış gücü kazanmak için farklı bir metot kullanılır.

Tablo⁽²⁵⁾ 5.7 Motor verileri

Tip	A.C. indüksiyon motor
Çıkış gücü	20/30 kW
Nominal hız	4000 dev/dak
Nominal gerilim	120 V
Boyutlar	çap 300*402 mm
Ağırlık	85 kg

Yeni evirici, IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistör)'ye dayanarak geliştirilmiştir. Gelecekte bu eviriciyle motorun gürültüsünü minimum yapmak ve yüksek güç yoğunluğu sağlamak için yüksek taşıyıcı frekans kullanılacaktır. Optimum taşıyıcı frekans 10 kHz'de bulunmuştur. Motor üzerindeki gürültü ihmal edildiğinde, frekans arttığında verim azalır. Şekil 5.11'de eviricinin basitleştirilmiş devre diyagramı, tablo 5.8'de de eviricinin nitelikleri verilmektedir.

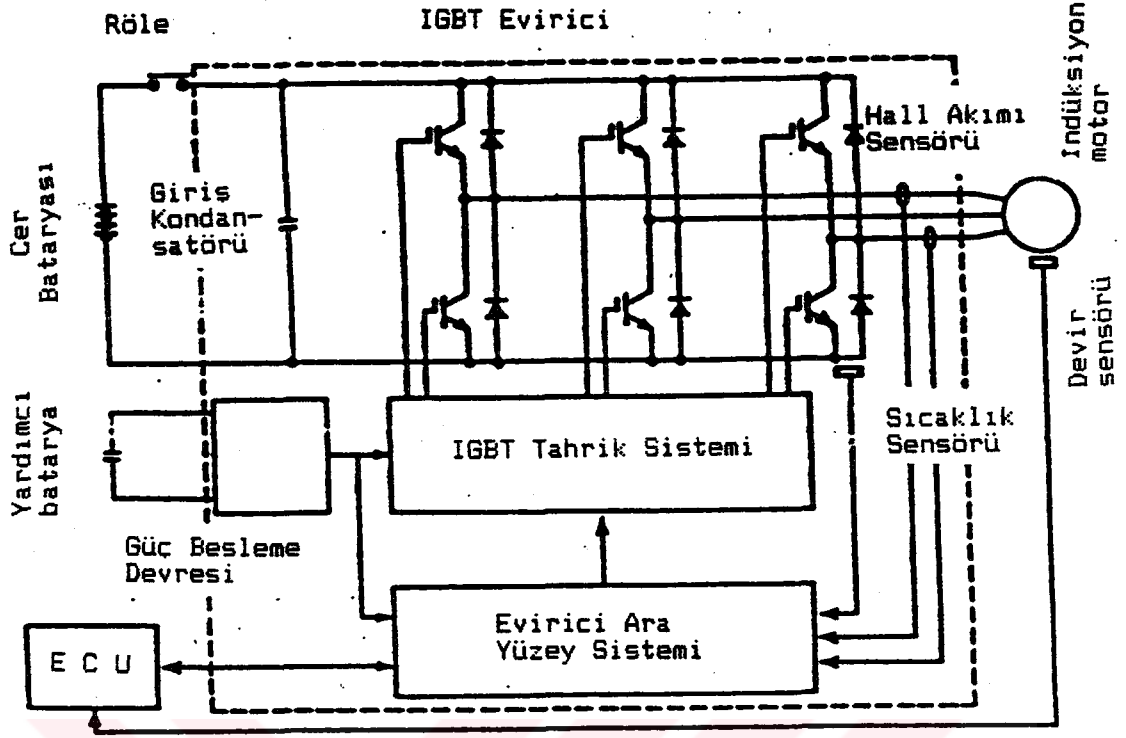
Tablo⁽²⁵⁾ 5.8 Evirici ve dc/dc dönüştürücü nitelikleri

Taşıyıcı frekans	10 kHz
Maksimum çıkış gücü	30 kVA
Çıkış gerilimi	212 V
Maksimum akım*	140 A (efektif)
Boyutlar (U*G*Y)	500*240*240 mm
Ağırlık*	25 kg
Soğutma	Mecburi hava soğutmalı

* D.C/D.C dönüştürücü dahil

Elektronik kontrol birimi (ECU), evirici kontrol edici ve taşıt kontrol ediciden oluşur. Tahrik sistemi, özel bir güvenlik olarak, cer bataryaları şarj edildiği sırada çalıştırılmaz.

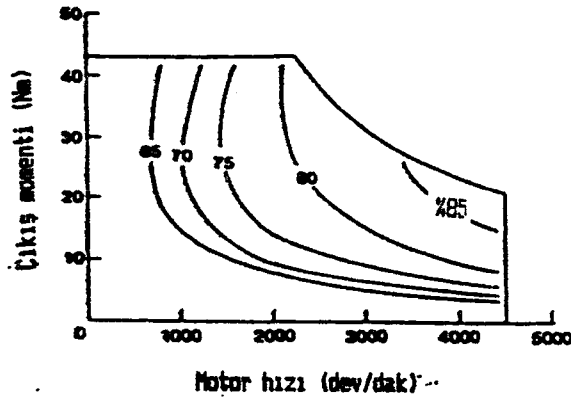
(25) Ishikawa and Furutani 1990.



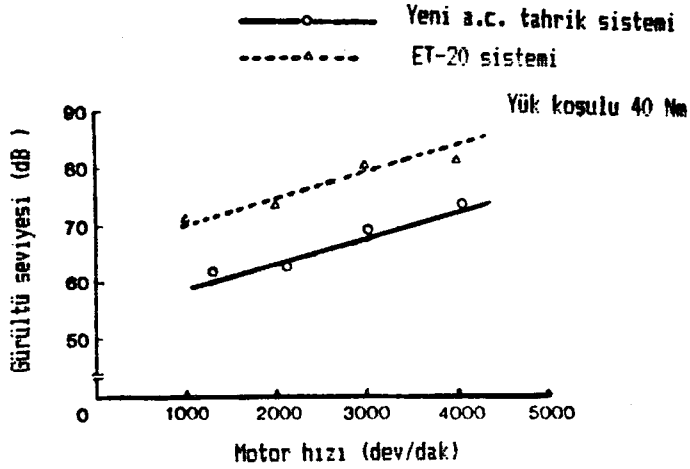
Şekil (25) 5.11 Evirici devre diyagramı

5.5.2 Sistemin test sonuçları

Şekil 5.12, yeni a.c. motor tahrik sisteminin verimini göstermektedir. Maksimum verim, % 86 gibi mükemmeldir. Şekil 5.13, arka plandaki gürültü dahil olmak üzere, yüksek ve düz yerdeki test ölçümlerinde gürültü seviyelerini göstermektedir. ET-20 için, beş yıl önce geliştirilen, a.c. motor tahrikli otomobil ile karşılaştırıldığında, motor gürültüsü en azından 10 dB azaltılmıştır.



Şekil (25) 5.12 Sistem verimi



Şekil 5.13 Gürültü seviyeleri

5.5.3 Taşıt test sonuçları

Tablo 5.9 Taşıt (açık tip) nitelikleri

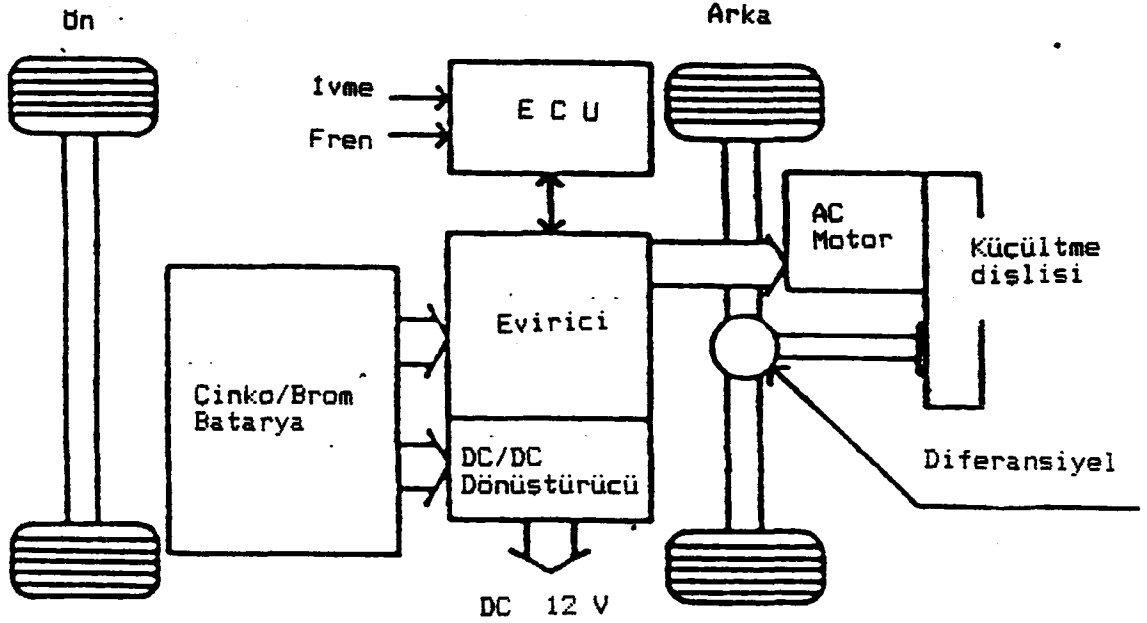
Tüm uzunluk	4280 mm
Tüm genişlik	1700 mm
Tüm yükseklik	2140 mm
Fren ağırlığı	1670 kg
Oturma kapasitesi	7
Motor dişli kutusu oranı	4.44
Diferansiyel dişli kutusu oranı	4.57

Bu sistemin performansı, elektrikli taşıt-40 üzerinde değerlendirilmiştir. Bu prototip yolcu taşıtı, fabrikalar, hava alanları ve oteller gibi özel alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Taşıtın nitelikleri tablo 5.9'da verilmektedir.

Taşıt gürültü seviyeleri, yolcu kabini içinde, hızlanma, frenleme ve 20 km/h'de ölçülmüştür. Sonuçlar tablo 5.10'da verilmektedir. Üç koşul altında da, elektrikli taşıt-40 yeterli sessizlik seviyesine erişmektedir.

Tablo 5.10 Dahili gürültü seviyeleri

İvme (0-20 km/h)	60.0 dB
Frenleme (20-0 km/h)	59.3 dB
Sabit hız (20 km/h)	55.3 dB



Sekil (25) 5.14 Güç gurubu

Sürüş performansı tablo 5.11'de verilmektedir. Elektrikli taşıt-40 gereken hıza erişmektedir. 188 Wh/km düşük özel enerji tüketimi yüzünden, tepe tırmanma kabiliyeti gerekenden daha fazladır. 15 km/h sabit hızda, her şarjda 90 km mesafe gidebilmektedir.

Tablo 5.11 Sürüş performansı

Üst hız	20 km/h
Tepe tırmanma kabiliyeti	$\tan \phi = 0.16$
Her şarjda menzil (15 km/h)	90 km

5.5.4 A.C. asenkron motorlu NaS bataryalı prototip

A.C. asenkron motorlarla çalışılan yeni tahrik sistemlerinde, performans potansiyelinden maksimum faydalanmak için, sodyum sülfürlü bataryalardan da yararlanılmaktadır.

(25) Ishikawa and Furutani 1990.

A.C. tahrik gurubunun performansını belirlemek için bir yolcu arabası ve üç van, prototip şeklinde kullanılmıştır. Taşıt performansının uygun menzilleri için, çekme mukavemeti taşıtlar arasında değişmektedir. Bütün taşıtlar, aynı dişli oranları kullanılarak, iki hızlı imal edilmiştir.

Tablo 5.12 Tahrik gurubunun nitelikleri

Nominal güç (sürekli)	28	kW
Maksimum güç (3 dak)	36	kW
Nominal gücün verimi (bataryadan motora)	% 87	

Tablo 5.13 Sodyum sülfürlü taşıtların nitelikleri

	Jetta	T115 Van	VW Van	G Van	
Ağırlık	1300	1800	2500	3300	kg
Ön alan	1.89	2.52	2.72	3.485	
Dişli oranları:					m ²
1. dişli oranı	12.67	11.47	18.36	18.36	
2. dişli oranı	4.71	4.32	6.14	6.14	
Yuvarlanma direnci k.	0.013	0.01	0.013	0.01	

Tablo 5.14'de ivme, maksimum hız, eğimlilik durumu her taşıt için ölçülmüştür. Bütün durumlarda tahrik gurubunun sürekli güç limiti dikkate alınmaktadır. Sonuçlar göstermiştir ki iki hızlanma oranı kullanılan tahrik sistemi, elektrikli taşıt için de uygundur.

Tablo 5.14 Eğimlilik ve ivme süreleri

	VW Jetta	Chrysler T-115	VW Van	G Van	
Max. hız (Sürekli)	126	115	105	100	km/h
Çıkabileceği eğim(%)	30	24	28	21	km/h
% 10 eğimde hız	50	46	35	30	
İvme	6	9	8	11	s

5.6 A.C. ve D.C. Tahrik Sistemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması

A.C. güç gurubu, elektrikli taşıtın fiyatını azaltmak ve performansını arttırmak için, önemli potansiyel göstermektedir.

Buradaki amaç, a.c. motorlu ETX-I prototipi ile, d.c. motorlu ETV-1 prototipini inceleyerek, her iki tahrik sistemi için, performans karşılaştırması yapmaktır.

5.6.1 Chrysler/GE ETV-1 taşıtında d.c. tahrik sistemi

DeneySEL dört yolcu kapasiteli elektrikli test taşıtı, ETV-1 olarak adlandırılmıştır. Bu taşıt Ford/GE'in ilk üretimi tek dingil (ETX-I) ile karşılaştırılmıştır. Motor, dingillerin arasından ve enine monte edilmiştir.

ETV-1 gövdesi aerodinamik olarak tasarlanmıştır. Yüksek başarı sağlamak için taşıt şasisi, çelik ağırlığa dayanıklı oranda, yüksek mukavemet ve düşük alaşımdan yapılmıştır. Taşıtların gövde panelleri ısısız işleme tabi tutulmuş alüminyumdan; kenar ve arka pencereler, ek ağırlıktan tasarruf için polikarbonat reçineden yapılmıştır. Taşıt nitelikleri; düşük yuvarlanma dirençli radyal dış lastikler, faydalı frenleme ve sistemdeki cer bataryasında şarj edicinin elektronik kontrole bağlı olmasıdır.

Cer motoru 4 kutuplu General Elektrik, ayrı ikazlı d.c. motordur. Bu motor, ön tekerleklerin ilerisine monte edilmiştir.

"Ayrı ikazlı d.c. motor, endüvi ve alan transistör kıyıcı kontrolüyle kontrol edilir. Tahrik sistemi, bilgisayarın komutası altındadır.

Cer motor kontrol stratejisinde, taşıt hızının 0'dan 48 km/h'e erişmesi için endüvi kontrolü kullanılır. Endüvi kontrol modu sırasında, alan akımı, alan kıyıcı ile sabit tutulurken, ortalama endüvi gerilimi 0 ve 108 V

arasında, endüvi kıyıcısı yardımıyla değiştirilir. Alan kontrol modunda (48 km/h civarında), alan akımı azaltılır ve dolu batarya gerilimini endüvi, kontaktör yoluyla üzerinden geçirir.

Alan kıyıcı devre, aynı zamanda sistemde cer batarya şarjı, a.c. hat gücü 60 Hz, 115 V kullanılarak sağlanır.

Hız testleri, dış magnetik alanların etkisi sıfırlanmış kabloyla test taşıtının elektriksel sistemine bağlanmış palet üzerindeki 6 V'luk 18 modül ile (108 V nominal yük gerilimiyle) yönetilir. Batarya, pahalı batarya tablo değişikliği gerektirdiği için, ETV-1 içine yerleştirilemiyordu; bununla beraber özel bir şekilde korunuyordu." (26)

Tablo 5.15 ETV-1 taşıtının d.c. tahrik sistemi nitelikleri

Taşıt yapısı	4-yolcu,merkezi arka temel gövde ünitesi
Test ağırlığı	1723 kg
Dış lastikler	Goodyear P175/75R13 Custom Polysteel
Yuvarlanma direnci katsayısı	0.0043 kg/kg
Test basıncı	45 psi
Ünede alan	1.84 m ²
Çekme katsayısı	0.32
Çekme alan koruması	6.34 (C _{dA})
Motor:	
Nominal motor çıkışı	15 kW (20 hp), 96 V, 175 A
Maksimum hız	5000 dev/dak
Diferansiyel	Hafifletilmiş üretim Omni
Tüm final tahrik oranı	5.48:1

D.C. tahrik sistemli ETV-1 taşıtının nitelikleri tablo 5.15'de verilmiştir.

5.6.2 Ford/GE ETX-I taşıtının a.c. tahrik sistemi

ETX-I a.c. tahrikli elektrikli taşıtı, Ford Motor Şirketi ve General Elektrik Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Amerika Enerji Bölümü ile ortak yapılmıştır.

ETX-I test taşıtında kurşun asitli bataryalar kullanılmaktadır. Sistemde, şarj kontrolünü sağlamak için batarya idare sisteminde bir mikroişlemciden yararlanılmaktadır.

ETX-I taşıtında, iki oturma yeri vardır ve ön tekerlek tahrikli güç gurubu geliştirilmiştir. Motor ve iletim, tahrik tekerlek eksenine ile ortak merkezlidir.

"Güç gurubu, dingil, genel ortak yağlama ve soğutma sıvılı 3 faz a.c. motor içerir; 250 A, 400 V Darlington transistör tabanlı, su soğutmalı evirici (bu evirici 200 V batarya gurubundan 300 A'ye kadar çalışır), gerekli motor tahrik sinyallerini üreten evirici/motor kontrol edici, motor momentini kontrol etmek için taşıt alt sistemleri, sürücü ile iç yüzeyleri kontrol eden taşıt kontrol edici, faydalı frenleme ve iletim içerir.

Cer motoru, yağ soğutmalı 37 kW, 2 kutuplu a.c. indüksiyon motordur. Motor 9000 dev/dak'ya kadar çalışmak üzere tasarlanmıştır. Maksimum motor çıkış gücü (153 V minimum batarya geriliminde) 6000 dev/dak'da, 244.5 A'de 39.5 kW'tır. Doğru akım; cer bataryalarından, ana kontaktörlerden geçerek eviriciye gider. Burada üç faz a.c.'a dönüştürülür ve daha sonra da indüksiyon motora verilir.

Evirici/motor kontrol edicinin ilk fonksiyonu, eviriciyi kontrol etmeyi sağlamaktır. Ayrıca, hem motor hem de geri besleme için indüksiyon motor momentinin kapalı devre kontrolünü sağlar. Evirici iki şekilde çalışır, darbe genişlik modülasyonu (PWM) ve altı adım kare dalga (SSSW). Düşük taşıt hızında ve güç ayarında, evirici darbe genişlik modülasyonu şeklinde çalışır. Evirici, yüksek taşıt hızı ve güç isteği sırasında, altı adım kare dalga biçiminde çalışır.

Evirici ve indüksiyon motor kontrol durumu, başlıca üç biçimde çalışır; bunlar sabit moment, sabit güç ve kayma sınırlandırma. Sabit moment tarzı çalışma, sıfır hızdan köşe noktasına kadar, hız ile lineer olarak artan gerilim ve ana frekans sırasında, evirici kontrolü ile elde edilmiş PWM şeklinde, sabit sıvı yoğunluğunu korumak için 3800 dev/dak'da oluşur. Kayma frekansı ve akım bu şekilde sabittir. Sabit moment çalışması maksimum durumdan gittikçe azalan akı ve alternatif akım sağlar.

Sabit güç modu, motorun maksimum çalışma hızına kadar (9000 dev/dak) köşe noktasından tamamlanır. Evirici, sabit güç modunda SSSW şeklinde kontrol edilir. Nominal motor hattan-hata gerilimi sabit tutulur ve hızdaki artış kayma frekansının artışı ile elde edilir. Sabit güç şeklinde, moment, motor hızının tersi olarak azalır. Kayma sınırı bölgesi, ikinci dişlide, 96 km/h (60 dev/dak) 'den maksimum model motor hızı üzerinde meydana gelir." (26)

(26) Macdowall and Crumley 1986.

Mikroişlemci tabanlı kontrol sisteminde, sürücü girişleri, hızlanma pedalı, fren pedalı ve şaft kolu kontrol edilir. Güç gurubu, hem pozitif hem de negatif momentlere (ivme ve geri beslemeye) sahiptir. ETX-I prototipinde kullanılan faydalı hidrolik frenlemede arka tekerlekler işe yarar; elektrikli faydalı frenleme ise sadece ön tekerleklere uygulanır.

Tablo 5.16 ETX-I taşıtı a.c. tahrik sistemi nitelikleri

Test taşıtı	2-yolcu, Mercury LN7
Test ağırlığı	1723 kg
Dış lastikler	Michelin P165/B0R13 XZX çelik kayışlı
Dış lastik basıncı	45 psi
Yuvarlanma direnci katsayısı	0.00438 kg/kg
Öndeki alan	2.9 m ²
Çekme katsayısı	0.416
Çekme alan koruması	7.95 (CdA)
Motor	
Nominal motor çıkışı	39.5 kW (53 hp), 153 V, 244.5 A
Maksimum hız	9000 dev/dak
İletim	İki hızlı otomatik geçici aks
Tahrik hattı oranı	
Birinci dişli	15.42
İkinci dişli	10.15

Mikroişlemci tabanlı kontrol sistemiyle, güç gurubunun kontrolü zamanında gerçekleştirilir, tahrik sisteminin farklı bileşenleri arasında, karşılıklı etkinin anında kontrolü sağlanır. Kontrola başlandığında en önemli karşılıklı dört etki: 1) sürücü ve güç gurubu, 2) cer bataryası ve güç gurubu, 3) evirici ve motor, 4) motor ve iletim.

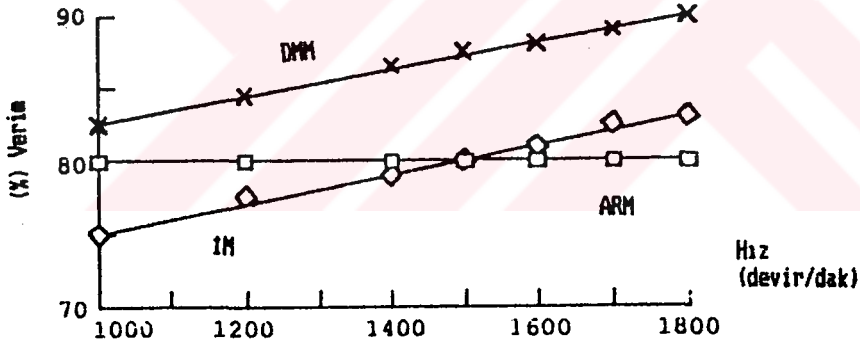
ETX-I prototipindeki, a.c. tahrik sisteminin nitelikleri tablo 5.16'da verilmektedir.

Denenen elektrikli taşıtlardan ETX-I prototipi daha çabuk hızlanmaktadır. Yavaşlama değerleri, aşağıda verilmiştir. Diğer karşılaştırmalar bölüm 7'de verilecektir.

ETV-1, hız-zaman değerleri:	ETX-I, hız-zaman değerleri:
T ₈₈₋₇₂ km/h = 22.20 s.	T ₈₈₋₇₂ km/h = 22.17 s.
T ₃₂₋₁₆ km/h = 42.20 s.	T ₃₂₋₁₆ km/h = 42.82 s.
T ₉₆₋₁₆ km/h = 154.16 s.	T ₉₆₋₁₆ km/h = 154.00 s.

Elektrikli taşıtların kullanılmasından elde edilen deneyimler göstermektedir ki, d.c. tahrikli elektrikli taşıtlarda, a.c. tahrikli elektrikli taşıtlardan daha sık ve bazen daha pahalı bakıma gereksinme vardır. A.C. tahrikli elektrikli otomobillerde bakım azaltılabilir, motor fiyatı daha düşük ve verim daha yüksek yapılabilir.

Yapılmış araştırmalar, daimi mıknatıslı motorun veriminin, indüksiyon motor ve anahtarlı relüktans motor tahriklerinin veriminden daha yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil (27) 5.15 Maksimum yükte motorların verimleri

BÖLÜM 6

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE HALEN DENENMEKTE OLAN OTOMOBİL TIPLERİ

6.1 Elektrikli Taşıt Prototiplerine Genel Bakış

Elektrikli taşıtlar sabahın erken saatlerinde ve gece yarısı, daha yoğun bir şekilde oluşan ses kirlenmesine ve ekzoz gazları ile oluşan hava kirlenmesine yol açmaz, kirlilik oranını düşürür. Bu yüzden elektrikli taşıtların daha geniş ve uzun kullanımını teşvik için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Son zamanlarda global derecede çevre şartlarının ilerlemelerinden artan özen, elektrikli taşıtlara artan özeni tekrar oluşturmıştır. Elektrikli taşıtların performanslarındaki gelişmeler ve maliyetlerindeki düşüşler, pazar rekabet gücünü arttırmaktadırlar. Bu bölümde 1960'lı yıllarından başlayıp günümüze kadar gelen ve gelişmeleri halen devam etmekte olan elektrikli taşıt prototipleri incelenecektir.

6.2 FIAT'ın Elektrikli Taşıt Prototiplerinin İncelenmesi

FIAT 1960'lı yıllardan beri, elektrikle tahrik edilen taşıtlar konusundaki araştırmalarını, çevre koruması bilinci içinde sürdürmektedir. 1970'li yıllardan başlayarak enerji kaynaklarının korunumu ilkesini de bu araştırmalara eklemiştir.

Bu hareketin ilk aşamasında kent içi uygulamalar için kolay kontrol edilebilen ve enerji tasarrufuna önem

veren tahrik sistemlerinin geliştirilmesine önem verilmektedir.

Aynı zamanda bataryaların ısı kullanımı, yan gereçleri ve güvenlik açısından optimum kullanılışı için depolama sistemi geliştirmektedirler. Daha sonraki aşamada ise, bu sistemlerin elektrikli taşıtın gövdesine yerleştirilmesine geçilmektedir.

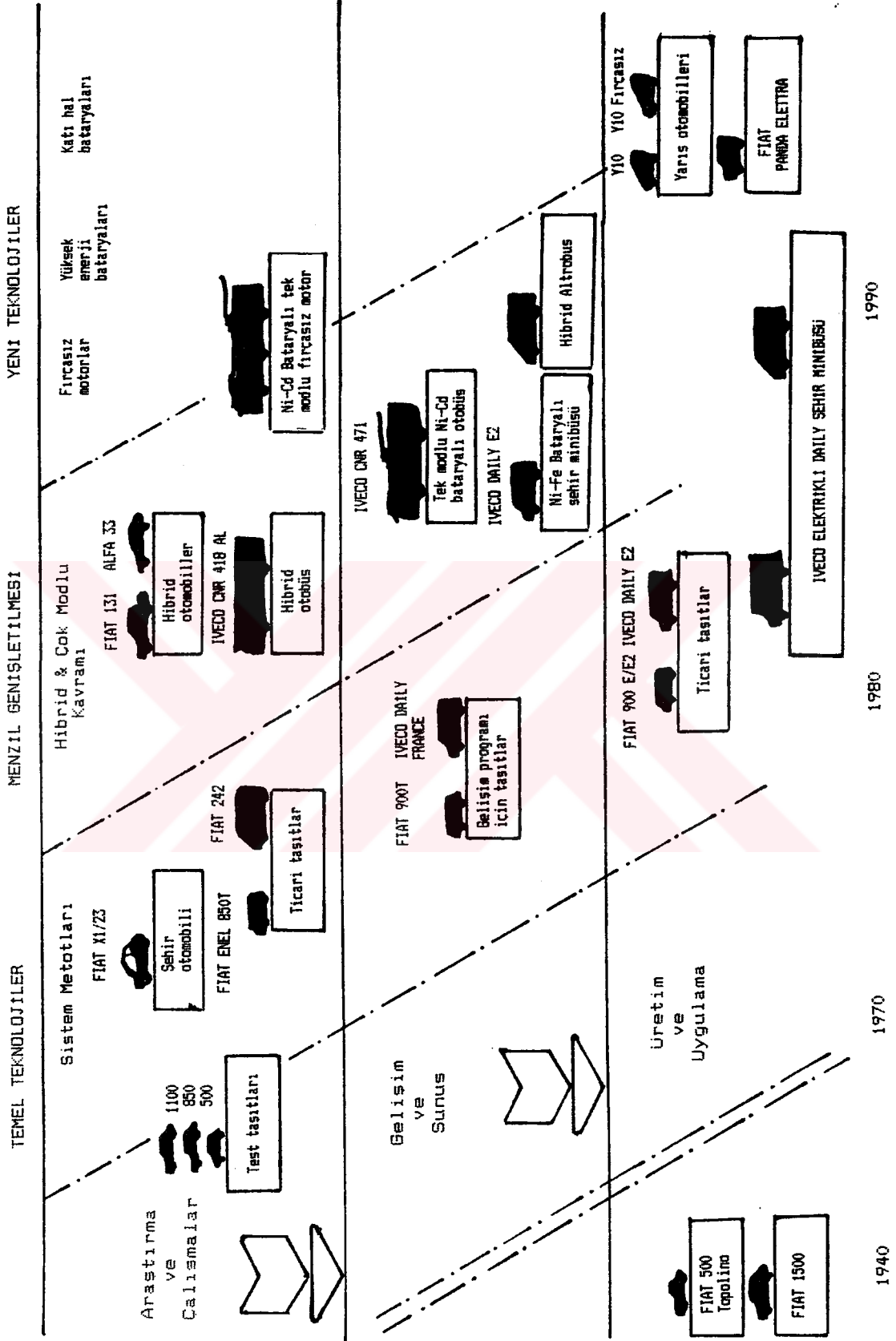
Yapılan çalışmalarla ortaya çıkan X1/23 kodlu taşıt, 1972-1974 yıllarında geliştirilen teknolojilerin, taşıt sisteminin içine uyarlanması, boyutsal uygunluk ve kent içi uygulamalara yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

Böylece dikkatler, bu taşıtların toplu taşımacılık için kullanılmasına odaklanmıştır. Aslında bu tip taşıma araçlarında elektrikle tahrik kullanımı çoktan tanımlanmıştır. Değişik prototipler geliştirilmiş ve gösterim amaçlı programlar, pilot servisler tasarlanmıştır.

Belirtilen alanda söz edilmesi gereken ilk kuşak, İtalyan Elektrik Kurumu ile ortak üretilen, Van Fiat Enel 850T' dir. Üretilen modelden türetilen 20 kadar van Fiat 900T İtalyan Elektrik Kurumu ve Posta İdaresi için üretilmiştir.

Tablo 6.1 FIAT 900E/E2 Van'ın nitelikleri

Batarya tipi	Kurşun asitli	
Batarya nominal gerilimi	96	V
Batarya ağırlığı	480	kg
Motor tipi	D.C. ayrı ikazlı uyarma	
Net ağırlık	1470	kg
İvme (0-50 km/h)	12	s
Menzil (50 km/h sabit hızda)	90	km
Maksimum hız	60	km/h
Taşıyabileceği yük	430	kg
Şehir içinde menzil	60-80	km



Sekil 6.1 FIAT'ın ürettiği elektrikli taşıtların tarihsel gelişimi

Bir ileri model de orta hafiflikteki elektrikli IVECO Daily Van'dır. Taşıtın nitelikleri tablo 6.2'de görülmektedir.

Tablo 6.2 IVECO FIAT DAILY E2 Van'ın nitelikleri

Batarya tipi	Kursun asitli
Batarya nominal gerilimi	180 V
Batarya ağırlığı	980 kg
Motor tipi	D.C. ayrı ikazlı uyarma
Motor nominal gücü	20 kW
Net ağırlık	2800 kg
İvme (0-50 km/h)	14 s
Menzil (50 km/h sabit hızda)	120 km
Maksimum hız	65 km/h
Taşıyabileceği yük	1000 kg
Şehir içinde menzil	80 km
Taşıtın boyutları	4676*2000*1520 mm
Uzunluk*genişlik*yükseklik	

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 1982'lerde ikinci kuşak küçük kapasiteli vanların üretimine geçilmiştir; Fiat 900E/E2 ve IVECO FIAT Daily E2 gibi. Bunlar kentsel uygulamaların gerektirdiği kullanma kolaylıklarına ve kent içinde sabit hızla gidebilme performans niteliklerine uygun taşıtlardır. Fiat 900E/E2 taşıtının nitelikleri tablo 6.1'de açıklanmıştır.

Avrupa Ekonomik Topluluğu'ndan bir komisyon, üretilen taşıtlardan 20 tanesini 1980'lerin ilk yarısının başında Dublin, Odense ve Torino'da gösterime sunmuştur.

Bu zaman aralığında aynı 12 örnek, Torino'da İtalyan Ulusal Araştırma Kurumu tarafından desteklenen, gösterim programlarına alınmıştır. Bu programda değişik elektrikli taşıtlar, çalışma becerisi ve enerji kullanım performansının denenmesi için, toplu taşımacılık ve belediye hizmetlerinin kullanımına verilmiştir.

Aynı programın çerçevesinde IVECO FIAT Daily modelinden üretilen 16 yolcu taşıyabilen, ad hoc gövdeli, kent kullanım amaçlı minibüsler geliştirilmiştir. Iveco daily modelinin nitelikleri tablo 6.3'de verilmiştir. Tahrik

ve batarya sistemi, modüler olarak 900E/E2 ve Daily E2 Van'ın sistemine dayandırılmıştır.

Tablo 6.3 IVECO DAILY minibüsün nitelikleri

Batarya tipi	Kurşun asitli veya NiFe
Batarya nominal gerilimi	192 veya 192 V
Batarya ağırlığı	960 veya 652 kg
Motor tipi	D.C. ayrı ikazlı uyarma
Motor nominal gücü	22 kW
Net ağırlık	3900 kg
İvme (0-30 km/h)	7 s
Menzil (50 km/h sabit hızda)	80-90 km
Maksimum hız	60 km/h
Taşıyabileceği yük	16-20 yolcu
Şehir içinde menzil	60-70 km

Ayrıca bu tip minibüs, küçük çapta üretime alınmış ve 8 adedi de Avrupa Topluluğu'nun komisyonu tarafından, programın ileri aşamasının çerçevesinde Roma'da işletilmiştir.

Bu taşıtlar halen Roma'da, Roma Toplu Taşıma Kurumu'nda ve daha başka taşıtlar da İtalya'nın değişik kentlerinde düzenli olarak servislerini sürdürmektedir. Çalışma uzunluğu, bir günlük servis için gerekli olan 150 km'ye kadar çıkmaktadır. Bu taşıtlarda kullanılan bataryaların doldurulması 10 dakikada yapılır.

1990 yılının baharında Fiat Panda Elettra'nın ticari olarak üretimine başlanmıştır. Bu elektrikli taşıtın nitelikleri tablo 6.4'de açıklanmaktadır.

Taşıt tasarımında göz önüne alınan kriter ve sistem için çalışmalar güvenlik, konfor, kentlerde kumanda, trafikte manevra becerisini ön plana alarak yapılmaktadır. Sınır limitlerini aşmak için başka bir yaklaşım da halen kullanılan tekrar doldurulabilen bataryaların yerine hibrid taşıtlar kullanılmasıdır. Bunlarda tahrik sisteminin enerjisi şasiye yerleştirilmiş iki kaynaklı - bildiğimiz akü ve kolayca yakıtı konulabilir bir kaynak (içten yanmalı tip motor vs.)- sistemden sağlanmaktadır.

Tablo 6.4 Fiat Panda Elettra'nın ana nitelikleri

Batarya	Kurşun asit
6 V'luk 12 tane modül seri bağlı, toplam 72 V	
Batarya ağırlığı	350 kg
Batarya şarjı	Otomatik sistem
	220 V, 16 A, tekrar dolma zamanı 8 h
Elektrik motoru	D.C. seri ikazlı
Nominal güç	9.2 kW
Dişli kutusu	4 ileri ve bir geri dişli
Menzil	
50 km/h sabit hızda	100 km
Şehir içinde	70 km
Ni-Cd batarya kullanıldığında	
50 km/h sabit hızda	180 km
Şehir içinde	100 km
Maksimum hız	70 km/h
İvme (0-40 km/h)	10 s
Çıkabileceği eğim	% 25
Taşıyabileceği yük	2 kişi ve 100 kg kargo
Yolcu bölümünü ısıtma	Benzin ısıtmalı
Yardımcı sistem	12 V batarya beslemeli d.c/d.c dönüştürücü
Taşıt net ağırlığı	1050 kg
Faydalı frenleme	Otomatik

Hibrid otobüs konusundaki bir deneysel gelişme Centro Richere Fiat tarafından, 1978-1981 yılları arasında İtalyan Ulusal Araştırma Kurumu'nun bir enerji projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir: dizel jeneratör-kurşun asit batarya-elektrik iletimi-d.c serbest uyarmalı motor ile tahrik sistemi.

Bu bataryalı taşıt sadece elektrik modunda, kent içi işletimlerde çevreyi kirletmeden çalışmaktadır. Fakat hibrid modundaki işletim de, sistemde ısı motoru var olmasına rağmen kirlilik ve enerji tüketimi açısından çalışma şartlarının gelişmesine fırsat tanır.

Torino'daki basit testlerde geliştirilen CNR-IVECO 418 AL taşıtı, aynı şartlarda çalışan aynı kapasiteli otobüslere göre, % 20 yakıt tasarrufu sağlamıştır. Bu konuda günümüzde somut bir yaklaşım da; IVECO-FIAT, Ansaldo, Genova Ricerche ortak çalışması kapsamında

Üretilen, daha da spesifik olarak kontrol edilen azaltılmış ekzoz gazı çıkışlı, Altrobus'tür.

Bir ileri çözümü de enerjisi iki modlu kaynaktan sağlanan çift modlu araçlardır: bir tanesi tipik olarak sadece elektrik ve diğeri de hemen yakıtı doldurulabilen sistemlerdir (içten yanmalı motorlu tip).

Çift modlu ve hibrid sistemlerin temel farkı şöyledir: çift modlu sistemde iki enerji kaynağı, ikisinden biri seçilerek çalışır, hibrid sistemde de iki enerji kaynağı organize şekilde beraber çalışırlar.

Diğeri bir olasılık da otobüsler için kullanılan trolleybüs sistemidir. Bu sistem de hareket halindeki otobüse elektrik hattıyla güç sağlanması ya da akü kullanımınıdır.

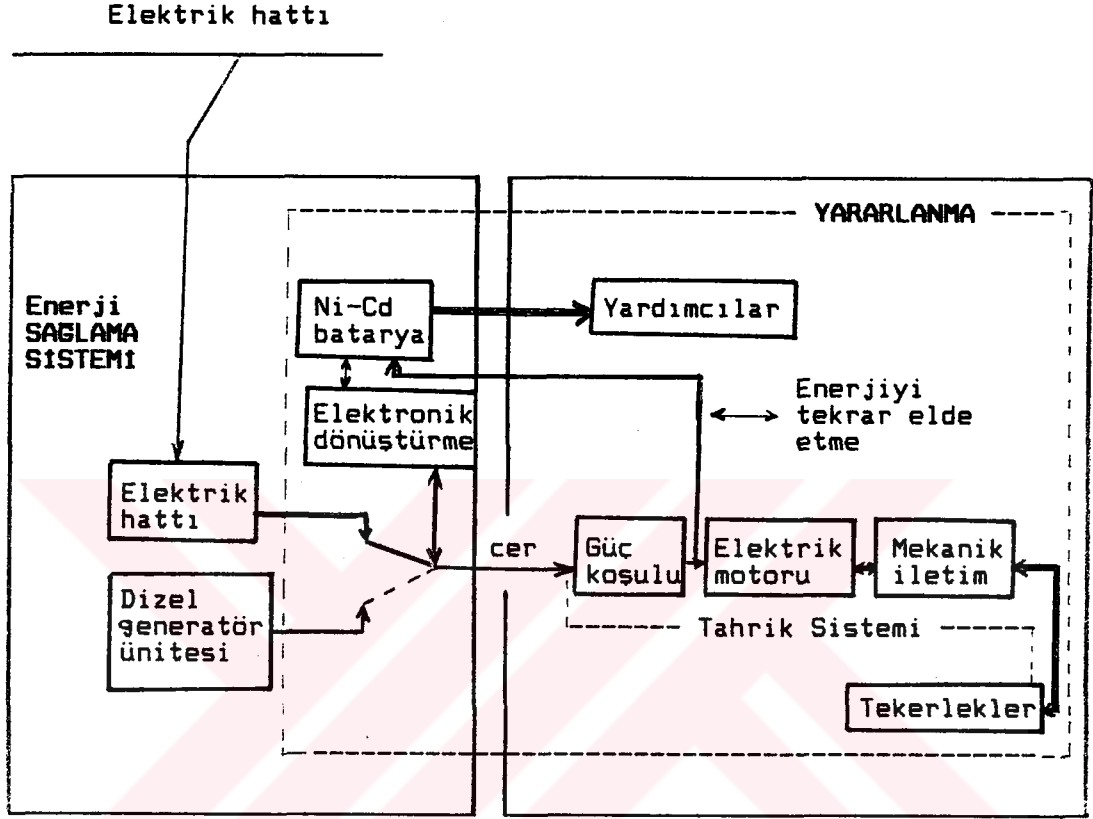
IVECO'nun desteğinde İtalyan Proje Geliştirme Dairesi'nin, Centro Ricerche Fiat ve Milano Belediyesi'nin ortak bir projesi kapsamında pratik başarılarının bir örneği de çift modlu otobüs IVECO FIAT 471'dir. Taşıtın nitelikleri tablo 6.5'de açıklanmıştır. Bu gerçekleştirilmede Ercole Marelli Trazione ve SEAC-Viberti'nin de payı vardır. Olayın ana yaklaşımı trolleybüs hattının dizel generatör ve yüksek güçlü nikel kadmiyum piller tarafından hibrid mantığı ile, sistemin seri bağlanmasıdır.

Tablo 6.5 Çift modlu taşıt 471 BM'in nitelikleri

Batarya tipi	Ni-Cd	
Batarya nominal gerilimi	240	V
Batarya ağırlığı	400	kg
Motor tipi	D.C. ayrı	ikazlı uyarma
Motor nominal gücü	90	kW
Net ağırlık	19000	kg
Hızlanma	1	m/s
Maksimum hız	65	km/h
Taşıyabileceği yük	140	kişi
Çift mod	dizel motor-nikel kadmiyum batarya	

FIAT, 1981 ve 1987 yılları arasında Aksiyon COST 302 taşıtını geliştirmiştir.

Şekil 6.2, sistemin ana niteliklerini göstermektedir.



Şekil 6.2 Çift modlu taşıt 471 BM modelinin çalışması

Yeni teknolojilerin başka bir kullanımı da Ni-Cd batarya ve fırçasız daimi mıknatıslı motorların kullanıldığı Y10 elektrikli araçından geliştirilmiş yarış aracıdır.

6.3 Üç Tekerlekli Elektrikli Taşıtlar

Daihatsu Motor Ltd.& Kansai Elektrik Güç Şirketi, 1990 yılında, çevre kirlenmesini önlemek için küçük, üç tekerlekli elektrikli taşıtlar planladı ve geliştirdi. Bu elektrikli taşıtlar, kamu hizmeti ve aynı zamanda ailelerin kullanacağı ikinci bir araba için de elverişlidir. Taşıt, BC-7 olarak adlandırılmaktadır.

Pratik kullanım için yeterli güç ve performansa sahiptir.

Gaz şirketleri ile su dağıtım bürolarında sayaç okuma gibi görevleri, personele bir taşıt kullanarak yaptırmak gerektiği zaman en iyi çözüm elektrikli taşıttır. Ayrıca, elektrikli taşıtların ihtiyarlar için kolay sürülen taşıt olarak veya ev halkı için kısa mesafede ikinci bir araba olarak kullanılmaya çok uygun olmasından dolayı, gelecekte artarak kullanılacağı tahmin edilmektedir. Kısa kullanımlar için günlük gidis sürelerinin dağılımı şekil 6.3'de verilmiştir.

Elektrikli taşıtların geliştirilmesinde şu noktalar gözönüne alınmıştır:

- 1) Bisiklet ve motosiklet kullanan okuyucular ve hesap toplayıcıları için kolay manevra yapabilen taşıtlar gereklidir.
- 2) Basitleştirilerek meydana getirilen çalışma için, taşıt kavraması ve dişli değiştirme problemi olmamalıdır.

Her gün katedilen mesafe	Yüzde (%)			
	10	20	30	40
0 - 10 km.	%6			
11 - 20 km.	%31			
21 - 30 km.	%21			
31 - 40 km.	%22			
41 - 50 km.	%12			
51 - 60 km.	%5			
61 - 70 km.	%3			

Şekil 6.3 Günlük gidis sürelerinin dağılımı

3) Taşıma kapasitesine gelince, tek kişi taşınması yeterli olabilir. Bununla beraber, bagaj için biraz yeri olması gereklidir.

4) Gündüz yağmurlu havalarda çalışabilmelidir.

5) Kullanım mesafesine ait uzaklık, tek gün için en azından 40 km olmalıdır.

Japonya'da, elektrikli taşıtların manevra kabiliyetini sağlamak için, üç tekerlekli, kapısız ve demir çubuktan tutacak sapı olan taşıtlar tasarlanmıştır. Burada Japonya'da yapılmış prototipler incelenmektedir.

6.3.1 Taşıtların tipleri

Elektrikli taşıtların farklı amaçlar için kullanılmasından dolayı, farklı dizaynlar üzerinde çalışılmaktadır. Aşağıda, çalışılan dizaynlarla ilgili bilgi verilmiştir:

Daha kolay giriş/çıkış ve bagajdan yüklü/yüksüz, azami şekilde yararlanmak için yan kapı geniş olarak yapılmıştır. Rüzgar koruma hacmi, sürücünün kendini daha serbest hissetmesi için arttırılmıştır.

Mümkün olan en iyi faydayı sağlayabilmek için, bagaj kapısının daha kolay kullanımına önem verilerek, bagaj kısmı arka tarafta ve sadece bir sepet gibi üstü açık olarak tasarlanmıştır. Dizayn için ilk uygulama, iş kullanımıdır.

Şehir kullanımı için dizayn edilen tip için, bagaj arka kısımda ve gerektiğinde üstten açılabilen kapalı bir şekilde, tasarlanmıştır.

Diğer bir dizayn da Daihatsu markası kullanılarak yapılan, rüzgardan koruyan düz, yassı cam özelliği olan bir tasarımı içermektedir.

6.3.2 Gövde

Dayanıklılığı da göz önünde tutarak yapılması başarılan en hafif ağırlıkta gövde, fiber plastik (FRP)'ten yapılmıştır. Örneğin, dayanıklılığı arttırmak için kapı alanlarının her iki yüzey bölümleri kıvrılmış ve gövdenin n/daha basık bölümünde etrafı sarılan kısım derinleştirilmiştir. Tip yapısı, bütün tipten azami Şekilde yararlanabilecek Şekilde sert kabul edilmiştir.

Sonuç olarak, taşıt ağırlığı 49 kg sınırları içinde, gerekli dayanıklılığı sağlayacak Şekilde tasarlanmıştır.

6.3.3 Motor

Doğru akım, seri sargılı motor kullanılmıştır. Motor verileri tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6 Motor verileri

Tip	Doğru akım, seri sargılı motor
Nominal ıkış/nominal gerilim	5 kW/45 V.
Maksimum ıkış/moment	8 kW/43.15 N
Ağırlık	29 kg

Her iki yüzeyin uc kaplamaları için motor ağırlık ölçüsünü azaltmak için alüminyum kullanılmıştır. Bundan dolayı, ağırlık 7 kg azalmış ve konvansiyonel motor ile karşılaştırılmıştır.

6.3.4 Taşıt performansı

Test sonuçlarına göre maksimum taşıt hızı 45 km/h'e ulaşmaktadır. Tek Şarj ile çalışma mesafesi, kursun asitli batarya kullanıldığında 40 km/h sabit hızda 101 km'dir. Bu alışma mesafesi nikel-çinko batarya

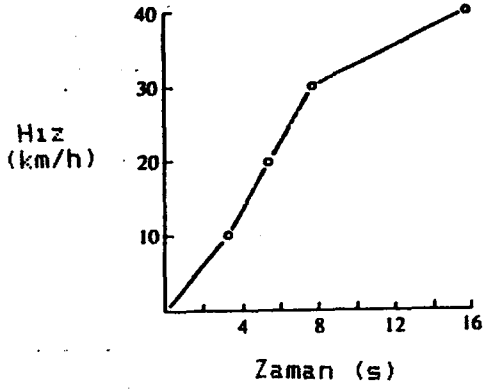
Tablo⁽²⁹⁾ 6.7 Ana nitelikler ve performans

BC-7		
Boyutlar ve ağırlık		
Baştanbaşa uzunluk	2080	mm
Baştanbaşa genişlik	1010	mm
Baştanbaşa yükseklik	1700	mm
Araç ağırlığı	440	kg
Yük kapasitesi	0	kg
Brüt araç ağırlığı	495	kg
Taşıma (kişi olarak)	1	
Performans		
Maksimum araç hızı	45	km/h
Menzil (40 km/h sabit hız)	100 (*180)	km
Kategori		
Nominal çıkış	Doğru akım, seri sargılar	
Nominal gerilim	5	kW
Nominal zaman	45	V
Kontrol metodu	1	h
	Transistör kıyıcı kontrolü	
Ana batarya		
Kategori		
	Kurşun-asit batarya	
	Nikel-çinko batarya	
Birim kapasite	150 (*200)	Ah/5 h
Bataryaların sayısı	4	
Bağlantı ve gerilim	Seri, 48	
Şarj sistemi		
Şarj sistemi tipi		
Şarj kontrol metodu		
Alternatif akım		
giriş güç kaynağı		
Faz sayısı	1	
Gerilim	200	V
Akım	13	A
Şarj süresi	8-10	h
Dış lastik boyutu	Ön	135/60 R10
	Arka	135/80 R10

* Sayılar, nikel-çinko batarya monte edildiği zamana aittir.

kullanıldığında 183 km'ye çıkmaktadır. Bu test sonuçlarına göre, şehir içinde kullanımlarda tek şarj ile işleme mesafesini en azından 40 km yapmak mümkündür. Tırmanma performansına gelince, elektrikli taşıt 20 km/h hızda, % 20 eğimde çalışmaktadır.

Şekil 6.4, ivme performansını göstermektedir. İvme, performansına rağmen 30-40 km/h hız sırasında kötüleşir, yükselen performans 30 km/h'e kadar epey iyidir.



Sekil 6.4 BC-7 elektrikli taşıtı için ivme performansı

Deneme için üretilen 16 taşıt Kansai Elektrik Güç Şirketi'nde çalıştırılmaktadır. Bu elektrikli taşıtlar, iş çalışmalarında kullanılmaktadır.

6.4 En Son Geliştirilen Küçük Elektrikli Taşıt

Burada, arkadan çekişli çok küçük elektrikli taşıtların son zamanlardaki gelişimi incelenmektedir. Elektrikli taşıt tasarımlarında, dört tekerlekli arabaların rahatlık ve güvenliği ile motosikletin hareket kabiliyeti birleştirilebilir.

Elektrikli taşıtlar, geleceği çok parlak teknolojilerden biridir. İçten yanmalı motorlu tip taşıtlar değişik problemlere yol açarlar, bu yüzden bazı düzenlemeler ile yeni elektrikli taşıtlar geliştirilmektedir. Projelerden biri, Tokyo Araştırma & Geliştirme Şirketi, Kyushu Elektrik Güç Şirketi ve Chubu Elektrik Güç Şirketi ile ortaklaşa gerçekleştirilen iki ve üç tekerlekli küçük motosikletlerin gelişimi programıdır.

Menzil için, içten yanmalı motorlu tip taşıtlar, süratli motorlu taşıtlar ile kısa mesafede karşılaştırılır. Ama bir gün içinde 30 km'den daha fazla uzaklık, süratli motorlu taşıt için çok nadiren kullanılır. Normal kurşun asitli bataryalarla elverişli hale getirilmiş elektrikli süratli motorlar kolaylıkla 30 km katedebilir.

Tablo⁽³⁰⁾ 6.8 2 ve 3 Tekerlekli süratli motorların nitelikleri ve performansları

	2 Tekerlekli	3 Tekerlekli
Uzunluk	1685 mm	1955 mm
Genişlik	615 mm	685 mm
Yükseklik	965 mm	1000 mm
Ağırlık	120 kg	166 kg
Maksimum hız	50 km/h	50 km/h
Menzil (30 km/h'de)	50 km	80 km
İvme (0'dan 30 km/h'e)	12 s	12 s
Max. çıkabileceği eğim	%15	%15
Motor tipi	Fırçasız D.C.	Fırçasız D.C.
Gücü	600 W	300 W * 2
Maksimum Moment	4.0 kgm	2.0 kgm * 2
Batarya tipi	Doldurulmuş kurşun asit	Doldurulmuş kurşun asit
Toplam gerilim	48 V	48 V
Kapasite	30 Ah	50 Ah
Toplam ağırlık	47.6 kg	71.2 kg
Tahrik sistemi	Direkt tahrik	Direkt tahrik

Nitelikler ve performans tablo 6.8'de verilmiştir.

Süratli motorların gelişmesi ile, hem süratli motorlu ve 4 tekerlekli arabalar tasarlanmış ve çok küçük elektrikli taşıtların karakteristikleri gelişmiştir.

Elektrikli taşıtlarda devamlı performans ve yeterli menzil sağlamak, ağırlığı minimum yapmak en önemli husustur.

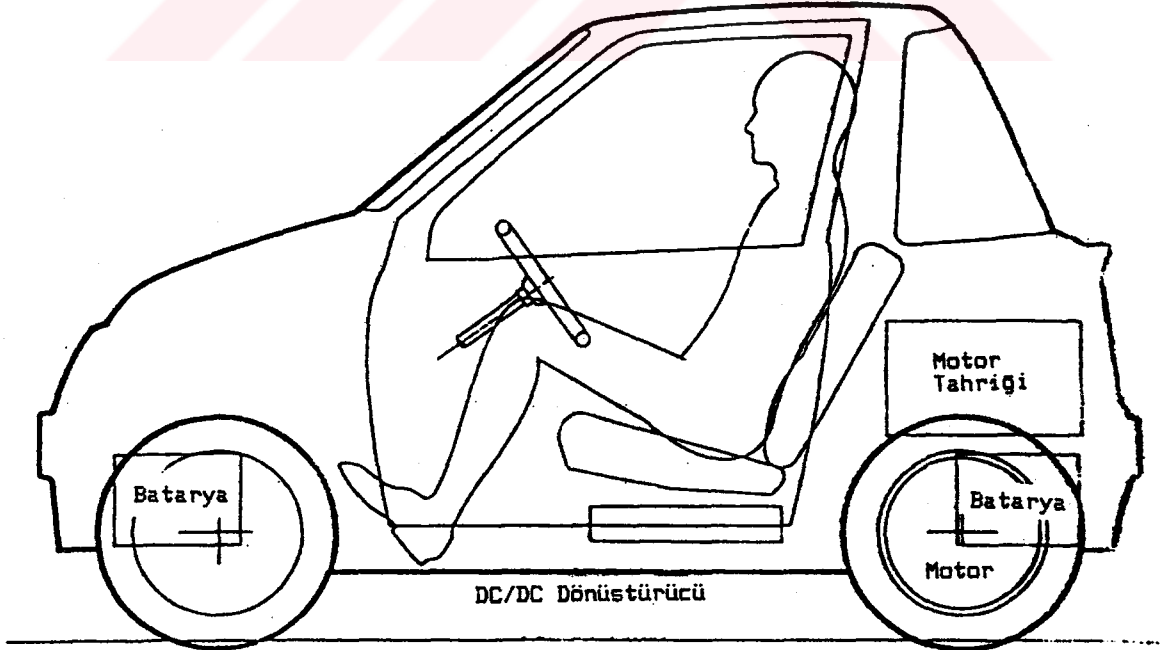
6.4.1 Taşıtın dış yapısı

Japonya'da en çok kullanılan elektrikli taşıtlar, 1.4 m genişlik ile 3.2 m uzunluğunda nominal değerlere sahiptir. Ama, bataryaların boyutları yüzünden, arabaların çoğu sadece iki oturma yerine sahiptir. Yapılan çalışmalarla iki kişilik taşıtın boyutlarının

(30) Nebashi et al 1990.

küçültülmesine çalışılmaktadır. Küçük boyutun anlamı, daha hafif ve daha iyi devamlı performans elde etmektir. Taşıtın mümkün olduğu kadar küçük tasarlanması ve minimum talebi doyurucu şekilde yapılması önemlidir. Bu yüzden bagaj için boşluğun minimum tutulması gerekir. Çünkü bu elektrikli taşıtlar, çoğunlukla kısa mesafede alışverişte veya işe gidip gelmede ve bunun gibi amaçlar için kullanılacak, sadece küçük bagaj boşluğu gerektirecektir.

Üzerinde çalışılan prototiplerde her bileşenin minimum boyutta yapılması ile, toplam uzunluk 2.4 metreye kadar azaltılmıştır. Prototip taşıtta kurşun asitli (Sonnenshine) batarya ön ve arka dingile, sistemdeki şarj edici, aynı zamanda arka batarya üzerine yerleştirilmiştir. Bagaj boşluğu koltuğun arkasındadır. Hava şartı ünitesi için kullanılacak boşluk, bataryanın önündedir. Bu şekilde tasarlanmasının sebeplerinden biri direkt arka tekerlek tahrikli motorun kullanımını



Şekil (30) 6.5 Basit bileşenlerin plana göre düzenlenmesi

gerçekleştirmektedir. Şekil 6.5, elektrikli taşıtın basit bileşenlerinin plana göre düzenlenmesini gösterir.

6.4.2 Gövde, iskelet yapısı ve sistem seçimi

Hafiflik ve dayanma gücü sağlamak için değişik gövdeler ve iskelet yapılarında çalışılmaktadır. Alüminyum ve çelik monoque yapısı özellikle üretim hacmi için daha üstündür, ama orjinal model için maliyet çok pahalı olmaktadır. Böylece sıkıca birleştirilen çok borulu çelik iskelet yapısı seçilmiş, takviyeli fiber plastik gövde ile birleştirilmiştir. Karbon fiber, iskelet ve ön örtü gibi bölgeler için, fiber glass yerine kullanılmıştır. Çünkü, bu parçalar ekstra mukavemet ve sertlik gerektirmektedir. Çelik panel yapısı kapı güçlendirmesi için kullanılmaktadır.

Ön ve arka için çift salıncaklı suspansiyon seçilmiştir. Çünkü, suspansiyon yükleri iskelet yapısına eşit olarak yayılmaktadır. Bu yapı, hem suspansiyonun hem de iskelet yapısının, ağırlığının azalmasına imkan vermektedir.

Fren sistemi seçiminde, hem ön hem de arka için kampanalı frenler seçilmiştir.

Daimi mıknatıstan yararlanan fırçasız d.c. motor, dış rotor özellikle tasarlanmış ve arka tekerlek direkt tahrik olarak hazırlanmıştır. Motor sürücüsü için anahtarlama aygıtı olarak mosfet seçilmiştir.

6.4.3 Batarya, sistemdeki şarj ve diğer elektrikselsistemler

Kurşun asitli (Sonnenshine A212/50A bataryalar) tahrik motoru için 120 volt elde edecek şekilde seri olarak bağlanmışlardır. D.C./D.C. dönüştürücü, ön ışıklar ve silecekler gibi yardımcıları için 12 volt sağlamak için

Tablo (30) 6.9 Nitelikler ve taşıtın performansı

Uzunluk	2400	mm
Genişlik	1395	mm
Yükseklik	1400	mm
Net ağırlık	675	kg
Oturma kapasitesi	2	kişi
Performans		
Maksimum hız	70	km/h
Menzil (40 km/h'de)	70	km
Maksimum çıkabileceği eğim	% 27	
Dönüş yarıçapı	0.34	m
Motor		
Tip	Fırçasız D.C.	
Nominal güç	3.5 kW * 2	
Maksimum moment	23 kgm * 2	
Batarya		
Tipi	Doldurulmuş kurşun asit (Sonnenshine A212/50A)	
Toplam gerilim	120	V
Kapasite	50	Ah
Toplam ağırlık	187	kg
Tahrik sistemi	Direkt tahrik	
Dış lastikler	155/60R13	

koyulmuştur. Sistemdeki şarj edici otomatik olarak geri çekilen kablo içermektedir. Nitelikler ve performans tablo 6.9'da verilmiştir.

6.4.4 Performans testinin sonuçları

JARI (Japon otomobil araştırma enstitüsü)'de ilk test uygulanmıştır. Rüzgar tünel testi aerodinamik sürüklenme katsayısını 0.395 olarak göstermiştir. Bu rakamlar Japonların küçük arabalarının benzeridir. Yuvarlanma katsayısı küçük arabalar ile kısa uzunluğa göre karşılaştırıldığında, katsayı tamamen yeterlidir. Performansı saptamak için çalışma testi yapılmıştır. Sonuçlar tablo 6.10'da gösterilmektedir.

Elde edilen bütün performans rakamları, daha önce elde edilen amaçların üzerindedir. Elde edilen rakamlar, bu

Tablo 6.10 Performans test sonuçları

Maksimum hız	71.1 km/h
İvme (0'dan 40 km/h'e kadar)	6.0 s
Menzil (40 km/h'de)	72.1 km
Çıkabileceği maksimum eğim	% 27

taşıttan beklenen değerler gibidir. Elektrikli taşıtın, normal şehir trafiğinde aksiliğe neden olmadan kullanılabilmesi mümkündür.

Duruş mesafesi ve pedal fren kuvveti ölçümünde elde edilen sonuçlar tablo 6.11'de gösterilmektedir.

Pedal basınç kuvveti, diğer küçük arabalar ile karşılaştırıldığında oldukça ağırdır. Çünkü, test aracı fren servo sistemi ile donatılmamıştır. Duruş mesafesi, diğer küçük arabalar ile benzerdir. Pedal basınç kuvveti, ikinci prototipte vakum servo donatımı ile azaltılacaktır.

Sonuç olarak, ilk orjinal modelin test sonuçları, temel performansın yeterli olduğunu göstermektedir. Japonya'daki iklim şartlarından dolayı, çoğu taşıtlar havalandırıcılara sahiptir. Böylece daha sonra yapılacak olan prototiplere elektriksiz hareket ettirici hava pompası koyulması iyi bir fikirdir. Havalandırma ile enerji tüketimi için daha geniş kapasitede bataryalar donanıma koyulabilir.

Tablo 6.11 Frenleme performansı

Pedal basınç kuvveti	25 kgf	
	39 kgf	
Duruş mesafesi	$V_0 = 40$ km/h	9.6 m
	$V_0 = 50$ km/h	13.4 m

Elde edilmiş iyi verilere rağmen birçok alanda verimin arttırılması, performans ve menzilin geliştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

6.5 Değişik Taşıtlarda Çalışma Denemeleri

Tablo 6.12 BMW elektro'nun nitelikleri

Taşıt ağırlığı	1.275	kg
Brüt taşıt ağırlığı	1.735	kg
Taşıyabileceği kişi	4	
Batarya	B11/180	V
Maksimum hız	93	km/h
İvme 0 - 50 km/h	9	s
Menzil 50 km/h'de	200	km
90 km/h'de	150	km
Şehir içi kullanımında	130	km

Tablo 6.13 VW Jetta Strom nitelikleri

Taşıt ağırlığı	1.200	kg
Brüt taşıt ağırlığı	1.530	kg
Taşıyabileceği kişi	4	
Batarya	B11/180	V
Maksimum hız	120	km/h
İvme 0 - 50 km/h	9	s
Menzil 50 km/h'de	200	km
90 km/h'de	135	km
Şehir içi kullanımı	125	km

B11 bataryası farklı araçlara yerleştirilmiş ve 360000 km işlemiştir. Taşıtların nitelikleri, BMW (tablo 6.12) ve VW Jetta Strom (tablo 6.13) için sunulmuştur.

Bu taşıtlar birçok farklı sürücü tarafından hiçbir kısıtlama olmaksızın, kontrol edilmiş laboratuvar pratik deney sonuçlarını çoğaltmak için kullanılmaktadır.

6.6 Chrysler T-115 için Elektrikli Tahrik Sistemi

Amerikan arabası Chrysler T-115 mini van için elektrikli d.c. tahrik sistemi tasarlanmış, donatılmış ve test edilmiştir. Bu taşıt genelde Dodge Karavan, Dodge Ram

mini van ve Olymouth Voyager adları altında satılır. Sistemi meydana getiren elemanlar 15 kW'lık ayrı ikazlı bir d.c. motor, kontrolör, programlanabilir sistem akü sarj cihazıdır.

Elektrikli taşıta çevirmek için Chrysler T-115 mini vanın seçilmesinin nedeni ise, tekerlek kapasitesinin alt kaporta değişimine izin vermesi, taşıtın hem yolcu hem de yük taşımada kullanılabilmesi, piyasada kabul edilirliliği yüzündendir.

Üretilen taşıtlar Hagen 108 V'luk kurşunlu batarya sistemi ile denenmiştir. Bir taşıt ise 112 V'luk sodyum sülfür batarya ile yeniden denenmiştir. Sodyum sülfür bataryası taşıtın menzili, az yüklü durumdaki performansı, bakımı ve operasyon ile ilgili nitelikleri yönünden birçok avantajlara sahiptir.

56 km/h'de kurşun asitli elektrikli taşıt 81 km'lik menzile, sodyum sülfürlü taşıt ise 209 km'lik menzile ulaşmıştır. Her iki taşıt da 95 km/h'lik maksimum hıza erişmiştir ve de 0 km/h'den 50 km/h'e 16 saniyede ulaşmıştır.

Chrysler T-115 mini vanın nitelikleri tablo 6.14'de verilmiştir.

Tablo 6.14 Chrysler T-115 mini vanın nitelikleri

Tekerlek tabanı	2845	mm
Taşıtın boyu	4468	mm
Taşıtın genişliği	1768	mm
Taşıtın yüksekliği	1647	mm
Taşıt taban ağırlığı		
- ön dingil	768	kg
- arka dingil	434	kg
Maksimum nominal brüt taşıt ağırlığı		
- ön dingil	1043	kg
- arka dingil	1089	kg
Ön alan	2.523	m ²
Lastik yuvarlanma yarıçapı	0.306	m
İletim	4 hızlı	
Dişli oranları-1/2/3/4	3.29/2.40/1.21/0.88	
Son kavrama oranı	3.57	

6.7 Sodyum Sülfür Bataryası Kullanılarak Üretilen Elektrikli Taşıtlar

Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da kurşun asitli bataryalar kullanılarak yapılan elektrikli taşıtlarla ilgili denemeler sodyum sülfürlü bataryalar kullanılarak da yapılmaktadır.

Yapılan taşıt dönüşümleri, sodyum sülfürlü bataryaları geliştirmede kullanılmaktadır. Bu elektrikli taşıtlar karayollarında 1.5 milyon kilometreden fazla yol yapan d.c. tahrik sisteminin gün geçtikçe güvenilirliğini göstermektedir. Taşıtların çalıştırılmasından elde edilen deneyimler, seri üretim için hazırlanan d.c. tahrik sistemiyle sonuçlanmıştır.

Bu tahrik sistemi, son yıllarda orjinal sodyum sülfür ile güçlenmiş araçlarda, Almanya ve Kanada'da kullanıldı. Bu taşıtlar 1986'dan beri işletiliyor ve bu taşıtlar yollarda 70000 km yol yaptı.

Beş farklı seride üretilen taşıtlar BMW, T-115 mini van, daimler benz 190E, volkswagen jetta, volkswagen caddy sodyum sülfür bataryalı taşıta çevrildiler ve sodyum sülfür bataryası ile donatıldı.

BMW otomobillerinde iki hızlanma dişlisi otomatik olarak dizayn edilmiştir. Diğer bütün elektrikli taşıtlarda dişli, diğer içten yanmalı motorlu tip benzerlerinde olduğu gibi elle geçirilmektedir.

Technischer Überwachungsverein Baden adındaki Alman şirketi Almanya'da taşıtların değerlendirilmesi ve ruhsat verilmesinden sorumlu bir organizasyondur. Bu organizasyon ABB'nin işlettiği, sodyum sülfür bataryası ile çalışan elektrikli taşıtların hepsine hiçbir kısıtlama olmaksızın devlet karayollarında seyredebileceklerine dair ruhsat vermiştir.

Şehir şartları, otobandaki kullanmalar ve elektrikli taşıt yarışları dahil olmak üzere, taşıtlar periyodik olmayacak şekilde işletilmiş ve taşıtların sık sık sürücüleri değiştirilmiştir. Bunun sebebi normal bir vatandaşın çok az bir açıklamayla arabayı kullanabileceğini göstermektir.

VW-Jetta'nın ölçüm sonuçlarına göre 105 km/h maksimum hızda, 120 km menzil ve 12 saniyede 0-50 km/h menzil elde edilmiştir. Diğer taşıtlar da benzer sonuçları vermiştir. Performanslar arasındaki farklar brüt ağırlığa, aerodinamiğe, sürtünme katsayısına ve dişli kutusunun etkinliğine bağlanabilir.

Yapılan testlerle elektrikli otomobillerin ve vanların performansları ortaya çıkarılmaktadır. Böylece NaS bataryalar, elektrikli taşıtların artan performans potansiyelini ve tahrik gurubunun gelişimini kabul ettirmektedir.

6.8 NaS Bataryalı Taşıtların Gelecekteki Performansı

Fren randımanı bütün elektrikli taşıtlar için % 90 olarak kabul edilmektedir. 300 kg'lık ağırlık faktörü taşıtların hesaplanan ağırlıklarına eklenmektedir. Dört aracın performansını gösteren rakamlarda sodyum sülfür B-11 bataryasının hedef değerleri kullanılmaktadır (Tablo 6.15).

Tablo⁽³¹⁾ 6.15 Sodyum sülfürlü bataryaların hedef değerleri

	B11	2 * B11	
Acık devre gerilimi	200	200	V
Sürekli güç	33	66	kW
Maksimum güç	50	100	kW
Enerji (2h)	32	64	Ah
İç direnç	168	84	mohm
Pillerin sayısı	384	768	
Bağlantı	4	8	

Tablo⁽³¹⁾ 6.16 Sabit hız ile hesaplanan menzil (km)

V (km/h)	Jetta	T115	VW Van	G-Van
30	305	300	400	380
40	310	295	405	390
50	315	270	375	350
60	285	250	335	305
70	255	215	295	265
80	225	185	255	225
90	195	155	220	190
100	170	125	185	155
110	140	100	155	110
120	120	75		
130	95			
Sehir içi kullanımı	190	170	245	220

Jetta ve Chrysler T-115 mini van deneylerinde tek bir batarya kullanılırken VW mini van ve G vandaki hesaplar, paralel devrede iki batarya kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 6.16'da hız durumu her bir taşıt için belirtilmektedir.

Sonuç olarak sodyum sülfür bataryaları elektrikli taşıt pazarında tamamıyla yeni bir otomotiv sahası başlatmaktadır. Bu pazarda potansiyel talepler, yolcu taşıyan otomobilleri ve ticari nakliye kamyonetlerini içermektedir. Taşıtlarda bataryalarla iki ileri hızlanma dişlisini birleştiren tahrik sistemi, çeşitli durumlarda uygun esnekliği sağlar.

6.9 ETX-II Test Taşıtı

Tek şaftlı elektrikli tahrik sistemi teknolojisi geliştirme programının (ETX-II) amacı, test taşıtında, cer bataryası dışında, tahrik sisteminin bütün bileşenlerinin yük zemini üzerinde yük bölmesi içinde yerleştirilerek ticari üretim seçeneği haline

(31) Angelis and Sedgwick 1990.

getirilmesi ve endüstriye sunulmasıdır. Test taşıtı olarak Ford Motor Şirketi'nin üretimi olan, 5 yolcu kapasiteli arkadan çekişli bir Ford Aerostar tercih edilmiştir.

Vanın yük taşınan kısmının altına yerleştirilen batarya dışında tüm motor elemanları normal üretimdeki gibi monte edilmektedir. Programda kullanılan cer bataryası sodyum sülfürlü bataryadır.

Tasarı varsayımları, yeni parçaların sasiye bağlanmasının veya çıkarılmasının ağırlığa etkisinin incelenmesini kapsamaktadır. Yapılan çalışmalarda sistemin sınır koşullarını belirlemek için biçimsel, fonksiyonel gereksinimler, ağırlık çalışmaları ve yol-yük titreşimleri v.b. konular da gözönüne alınmaktadır. Buna ek olarak, motor için tasarım gereksinimleri ve evirici soğutulması, sodyum sülfür bataryasının yerleşimi, elektrikli güç sistemi ve elektrikli frenler araştırılması gereken konulardır. Cer bataryasının alt sistemi Aerostar vanın yük taşınan bölümünün tabanına yerleştirilebilir. Taşıtta, o bölüme yerleşim yapabilmek için herhangi bir uyarlamaya gerek yoktur.

6.9.1 Test taşıtının tasarım nitelikleri

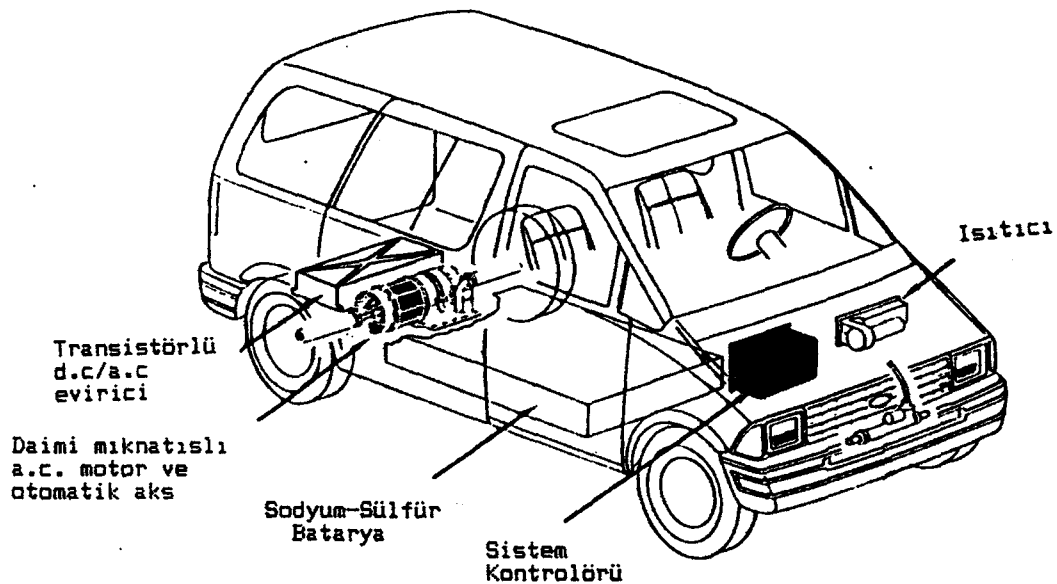
Test taşıtının nitelikleri tablo 6.17'de listelenmiştir. Arkadan çekiş özelliği, ETX-II için gereken, çekiş ve yük taşıma kapasitesini sağlamaktadır. Test taşıtı, maksimum 1065 kg eksenel yük taşıyabilme kapasiteli ön süspansiyon içerir. Arka süspansiyon da (P215/70 R14) lastikli, ağır yük şokları ve ağır yayları kapsar. Arka aksta sınırlayıcı faktör P215 tekerleğinin yük taşıma kapasitesidir.

Tablo 6.17 Test taşıtının tasarım nitelikleri

Taşıt	Ford Aerostar
Fren ağırlığı	1815-2770 kg (bataryaya göre değişir)
Yük	225-450 kg (yolcu ve kargosu)
Çekme katsayısı (C_d)	0.37
Yuvarlanma direnci	0.009
Tekerlek kayıpları	25.72 N.m
Ön alanı	2.9 m ²
İvme	% 60 dolu bir bataryayla 0-80 km/h'e 20 saniyede ulaşır
Max. hız	96 km/h
Eğimlilik	30° eğimli yol
Enerji tüketimi	0.25 kWh/km
Batarya	
Enerji	50 kWh
Güç	65 kW
Ağırlık	500 kg
Motor	70 hp daimi mıknatıslı a.c.
Evirici	Değişken gerilim & değişken frekans
Aks	Otomatik, iki hız ileri ve geri dişli ile tamamlanmış

6.9.2 Yerleştirme çalışmaları

Deney taşıtında atalet merkezi hesaplanarak, ağırlık, ebat ve yerleşime karar verilmektedir.



Sekil 6.6 ETX-II test taşıtı

Tablo⁽³²⁾ 6.18 Ağırlık analizleri (kg)

Tanımlama	toplam ağırlık	ön aks ağırlığı	arka aks ağırlığı
Aerostar fren ağırlığı	1385	835	550
İçten yanmalı tip motor çıkarıldığında toplam ağırlık	450	310	140
ETX-II'nin top. ağırlığı (2 powerplex B11'ler ve + yard. donanım)	860	280	580
Güç gurubu	285	-	-
Batarya	575	-	-
ETX-II fren ağırlığı	1795	805	990
Aerostar max. brüt taşıt ağırlığı	2310	-	-
Geçerli yük	515	-	-

Aerostar için yapılmış en son içten yanmalı motor tipi tasarımı incelenerek elektrikli taşıt için gerekli ekleme/çıkarma listesi belirlenmiştir. Elektrikli taşıt parçaları ve ağırlıkları belirtilmiştir. Ağırlık analizi tablo 6.18'de gösterilmiştir.

6.9.3 Kurşun asitli ve sodyum sülfürlü batarya önerileri

ETX-II'nin tasarımı ilk olarak ETX-I ve ET-800 taşıtlarının kargo bölümünün tabanına, kurşun asit batarya yerleştirilerek başlamıştır. Buradaki amaç, toplam bir sistem olarak atalet merkezini hesaplayabilmektir. ETX-II için, batarya monobloğunun yaklaşık yerinin bilinmesi; içten yanmalı motor tipinin çıkarılan parçalarının ve eklenen elektrik parçalarının yer ve ağırlıklarının bilinmesiyle ön ve arka aksa düşen maksimum yük konusunda bilgi elde edilebilmektedir. Bu bilgi de motor, şaft ve süspansiyon için bir tasarım

(32) Stokes et al 1990.

kriteri sağlamaktadır.

Sodyum sülfür bataryası bu program için taşınabilir halde kullanılmaktadır. Batarya, tabanda, kargo bölümüne yerleştirilmiştir. Ebatlar da elde bulunan taşıtın kargo bölümünden alınmıştır. Sonuçta taşıtın içinde, tercih edilir bir büyüklük elde edilmiştir. Tercih edilen ebatlar, tabanda 1520 mm toplam uzunluk, 1070 mm genişlik ve 460 mm yüksekliktir. Maksimum ebatlar ise 1830 mm uzunluk, 1190 mm genişlik ve 610 mm yüksekliktir. Taşıta değişik bataryaları test edebilmek için ek bir montaj yapılmıştır.

Powerplex bataryaları iki adet B11 bataryasını kapsar ve taşıtın kargo bölümünde tabana monte edilmiştir. Her B11 bataryası kendi soğutmasını ve ısı kontrolünü sağlayan bir üniteye sahiptir. Her iki fanın yeri de taşıtın sol tarafında yer alır. Isı kontrol ünitesinin yeri, yine sol taraftadır; ama kargo bölümünde çapraz panelin dışında yer alır.

Sodyum sülfür bataryasını tabana akuple edebilmek için, bataryaların yanlarına yerleştirilmiş braketlerin altına silikon kauçuk tamponlar kullanılır. Silikon kauçukları brakete yapıştırabilmek için bazı özel (Pacer HP500 veya HP3000) yapıştırıcılar kullanılır. Yapıştırıcı herhangi bir özelliğini kaybetmeksizin ve zehirleyici madde çıkarmadan 114 °C'ye kadar ısıtılır. Sonunda tamponlar metale yapışmış olur ve braketler yalıtım malzemesi epoksi kaplayıcıyla kaplanır. Silikon malzemesi yüksek sıcaklıktaki özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Herbir B11 bataryası için bağlantı şeritleri yerleştirilir ve silikon kauçukla tamponlanır. 2.54 cm kalınlığındaki cerraboard denen izolasyon malzemesi, powerplex batarya ile batarya muhafazası ve silikon tamponun arasına yerleştirilir.

6.9.4 Taşıttaki yerleştirme sistemi

Test programında d.c'den a.c akım evirici, arka tarafta tabana monte edilmiştir. Eviricinin normaldeki yeri tabanın altında motor/dingilin arkasında, her yüzeye bağlı braketlerle, taşıtın gövdesine uzunlamasına bağlanmıştır. Temel bağlama şekli braketlerin ters köşelere yerleştirilmesi yani şoför ve yolcu tarafındaki plakalara montajıdır. Metal yüzeyleriyle braketlerin araları kauçuk tamponla izole edilir. Braketlerin etrafı da elektrik yalıtıcı epoksi kaplama maddesiyle kaplanır. Kullanılan kablo ve soğutma tüpü uzunlukları gerekenden uzun tutulur, böylece herhangi bir şekilde test ve kontrol için indirme gerekirse kabloları gevsetmek yeterli olacaktır. Evirici çevresi de koruyucu bir plastikte kaplıdır.

Isı değiştiricinin yeri Ford Aerostar'ın içten yanmalı motor tipiyle aynıdır. Isı değiştiricinin yeri için optimum çözüm, taşıtın önüdür.

Evirici soğutması için 50/50 su/glisol karışımı, motor/dingil için de H tipi akışkan kullanılır. Hem evirici için, hem motor/dingil için tasarlanan ısı değiştiriciler standart radyatör (açık sistem) tipidir. Sadece eviricinin, ısı değiştiricinin arkasına yerleştirilen bir fana gereksinimi vardır. Soğutma pompası da ön kafesin arkasına ısı değiştiricisinin hemen önüne monte edilir. Motor/dingil soğutucu pompası da aks muhafazası üstüne monte edilir. Aynı zamanda soğutucu pompa motoru, sürücü tarafının arkasında yük bölümünde tabanın üstüne, arka kapağın arkasına yerleştirilir.

Ön tekerlek hız sensörleri ve tekerleğin uyarıcı bilezikleri kilitlemeyen bir fren sistemi içermektedir.

ETX-II fren sisteminde ek bir donanım kullanılmaktadır. Motor/dingil sistemi arka dingil üzerine yerleştirilmektedir.

Bu çalışmalara dayanarak elektrikli Aerostar'ın üretiminin uygun olduğuna karar verilmektedir. Bunun sebebi de taşıtın ağırlık merkezidir.

ETX-II üzerinde yapılan çalışmalar 900 kg taşıt ağırlığında, 90 kg'lık bir avantaj sağlandığını göstermektedir. Bu avantaj da güç sistemi için kullanılmaktadır.

6.10 Güneş Işını Katkılı Elektrikli Taşıt

Bu çalışma, bu konudaki en yeni çalışmadır. Günümüzde foto voltaik hücrelerin verimi arttıkça, fiyatları düşmektedir. Bu yüzden elektrikli taşıtlarda da, güneş enerjisini kullanmaya yarayan, tepeye yerleştirilen foto voltaik donanım kullanılmaktadır. Bu donanım, Suzuki van elektrikli taşıta yerleştirilmiştir. Böylece güneş enerjisinin bu projeye olacak katkıları ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır.

Yalıtılmış yatay elektrikli taşıtın üzerine yerleştirilen donanımın alanı 2.6 m^2 'dir. Bu alan foto voltaik donanımla kaplanmaktadır. Böylece imalatta % 15 verimlilik sağlanmaktadır. Yatay bir alanda yıllık güneş ışınlanması güney-doğu Avusturalya'da ortalama 200 W/m^2 dir ve bu elektronik güçle kontrol edildiğinde % 97 verimlilik sağlanmaktadır. Bataryaya verilen gücün ortalaması;

$$P_0 = 200 * 2.6 * 0.15 * 0.97 = 76 \text{ Watt olur.}$$

Bataryayla birlikte beslenen gücün ortalama seviyesi şöyle açıklanmaktadır: Bir miktar enerji sağlanırken taşıt çalışmaktadır. Bu yüzden batarya verimliliğinin

% 90' a ulaşması sağlanmalıdır. Bu da batarya terminallerinde yıllık enerjinin;

$$W = 76 * 24 * 365 * 0.9 = 600000 \text{ Wh} = 600 \text{ kWh}$$

olmasını sağlar. Elektrikli taşıtlardaki enerji çalışmalarında bataryadan 160 Wh/km alınmış ve 31 Wh/km faydalı frenleme ile geri gönderilmiştir. Faydalı frenleme ile bataryanın yeniden doldurma veriminin % 85 civarında olduğu görülmüştür. Bu da, $160 - (31 * 0.85) = 134 \text{ Wh/km}$ 'lik net enerji harcamasına neden olur.

Eğer yıl boyunca güneş enerjisi kullanılırsa $600000/134 = 4478 \text{ km}$ 'lik enerji sağlanır. Elektrikli taşıtın çalışmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda toplanan enerjinin % 80 kadarı taşıtı yıllık $4478*0.80 = 3580 \text{ km}$ kadar götürebilir.

6.11 Türkiye'de Üretilen Elektrikli Taşıt

Türkiye'de, Adapazarı TÜVASAŞ'ta bir elektrikli taşıt prototipi üretilmiştir. TÜVASAŞ'ta yaptığımız çalışmalara göre, bu elektrikli taşıtın nitelikleri şöyledir:

- 4 metrelik yerde manevra kabiliyetine sahip olup 2300-1450 mm boyutlarındadır. Taşıt açık tiptir ve 3 kişiliktir.
- 50 km hızla 2.5 saat yolculuk yapılabilir.
- 150 km şarj etmeden kullanılabilir.
- 200 amper, 12 Voltluk iki adet kurşun asitli batarya içerir.
- 4 tekerlegi hidrolik frenlidir.
- 1.3 kW'lık d.c. seri motor kullanılmaktadır.

BÖLÜM 7

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN ENERJİ EKONOMİSİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1 Enerji Açısından Değerlendirme

Ülke teknolojilerinin gelişmesiyle, dünyadaki enerji ihtiyacı da artmaktadır. Taşıma işleminde enerji, önemli bir faktör olduğundan; ülke ekonomisi ve enerji harcama bakımından da taşıma araçlarının önemi artmaktadır. Taşıma araçlarında kullanılan enerji varolan ve ucuz enerji olduğu takdirde ekonomiklik; aksi halde pahalı enerji kullanılarak ekonomik bir yük getirilmiş olacaktır.

Bilhassa dünya çapında yaşanan petrol krizi, bilim araştırmacılarını yeni enerji kaynakları bulmaya ve bunları kullanılabilir hale getirme çalışmalarına yöneltmiştir. Bunun tabii sonucu olarak elektrik enerjisi, taşımacılıkta önem kazanmıştır. Ayrıca elektrik enerjisi, petrol ve kömüre dayalı enerjilere göre ikincil enerji olduğundan birçok avantajı da bulunmaktadır. Örneğin, taşıma problemi, diğer enerjilere göre çok ucuzdur. Petrol ve kömür termik santrallerinden elde edilebileceği gibi, su hidroelektrik santrallerinden de elde edilebilir. Hatta günümüzde güneş enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları hızla gelişmektedir.

7.2 A.C. ve D.C. Tahrik Sistemlerinin Enerji Ekonomisi Bakımından Değerlendirilmesi

ETV-1 d.c tahrikli bir prototip, ETX-1 a.c tahrikli bir prototiptir. Bu taşıtlar üzerinde yapılan testlerde enerji tüketimi ve verim açısından bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Tablo 7.1, cer bataryasında % 100 şarj durumunda verim ve performansın durumunu göstermektedir.

Tablo⁽³³⁾ 7.1 Prototiplerin enerji tüketimi ve verimleri

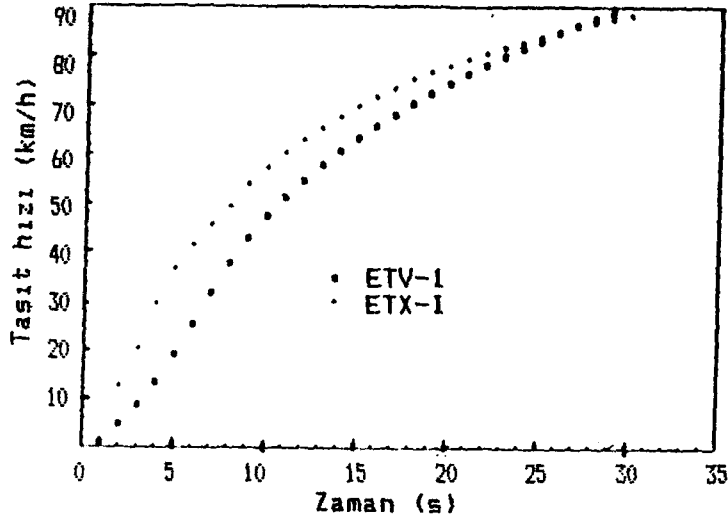
		Taşıtın net enerji tüketimi (yardımcı batarya dahil)	Ortalama güç (yard. bat. dahil)	Kontrol edici/evirici verimi	Sistem verimi (yard. bat. dahil)	Geri kazanım
		Mh/km	kW	%	%	%
72 km/h	ETV-1	108	7.8	97.9	82.2	-
	ETX-1	136	9.7	87.8	66.0	-
88 km/h	ETV-1	131	11.4	98.2	84.4	-
	ETX-1	153	13.4	91.1	71.7	-
İnişli çıkışlı bir yolda deneme	ETV-1	157	7.4	97.7	-	10.8
	ETX-1	176	8.2	88.4	-	11.0
İnişli çıkışlı bir yolda deneme (şehirlerarası)	ETV-1	180	4.0	96.8	-	10.4
	ETX-1	208	4.6	77.2	-	9.8

Tablo⁽³³⁾ 7.2 D.C. ve a.c. tahrikli test taşıtları için ivme zamanı

İvme Zamanları					
		0-48 km/h	0-80 km/h	0-88 km/h	
ETV-1		10.4	23.7	28.8	s
ETX-1		7.7	21.4	29.6	s

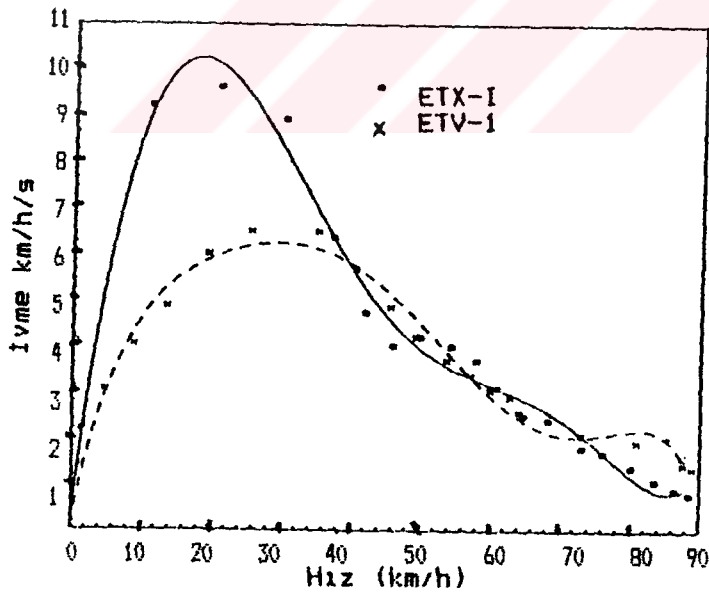
Bu ivmelerin grafiksel gösterimi şekil 7.1'dedir. Her iki eğri, % 100 şarj durumundadır.

(33) Macdowall and Crumley 1986.



Sekil (33) 7.1 ETX-1 ve ETV-1 hızlarının karşılaştırılması

ETX-1 taşıtı 48 km/h'e, ETV-1'den daha çabuk erişmektedir; yine ETX-1, 80 km/h'e ETV-1'den iki saniye daha hızlı ulaşmaktadır. Bununla birlikte ETV-1, 88 km/h'e, ETX-1'den daha erken ulaşmaktadır. 88 km/h'e ulaştığında, seyahat mesafesi ETV-1 için 0.45 km ve ETX-1 için 0.5 km'dir.



Sekil (33) 7.2 % 100 Şarj durumunda ivme ve hız

ivme değerleri şekil 7.2'de gösterildiği gibi, hız egrilerine bağlıdır. Bu egriler ETV-1'in 88 km/h'e ETX-1'den neden daha erken ulaştığını göstermektedir. 72

km/h'in üzerinde ETV-1, ETX-1'den daha yüksek hızlanma oranını korumaktadır. 72-88 km/h'de, ETV-1'in ETX-1'i yakalaması 3.5 saniye almaktadır.

7.2.1 Enerji tüketimi

ETX-1 ve ETV-1 taşıtlarının enerji tüketimi, sabit hız ve devir testleri sırasında ölçülmektedir. Sabit hızlar 72 km/h ve 88 km/h olarak alınmıştır. Şehirlerarası inişli çıkışlı yollarda da devir testi yapılmıştır. Her tip prototip için, iki çalışma testi yapılmaktadır. Tablo 7.1, bu testlerin özetidir. Enerji tüketimi, güç ortalaması ve sistemin veriminin sonuçlarına hem cer bataryası, hem de yardımcı bataryadan güç kullanımı dahildir.

Her iki test taşıtı, kurşun asit bataryalar ile güçlendirilmektedir. ETX-1 sisteminde 16 tane 12 V'luk batarya kullanılmaktadır. 192 V'luk gurup, sabit hız testleri sırasında 160 V'ta deşarj olmaktadır. ETV-1 taşıtı da, 18 tane 6 V'luk batarya içermektedir. Devir testi sırasında 108 V'luk batarya gurubu, 89.1 V'ta ve sabit hız testi sırasında 94.5 V 'ta deşarj olur.

7.2.2 Taşıtların net enerji tüketimi

Taşıtların net enerji tüketiminde (TNET), toplam enerji ve cer yardımcı bataryalarının çekmesi, seyahat edilen mesafeye bölünmüştür.

$$TNET = [E(\text{Yard}) + E(\text{cer bataryası}) - E(\text{geri kaz.})] / \text{Mesafe}$$

Sonuçlar, ETV-1 için daha az enerji tüketimi göstermektedir. En büyük fark, 72 km/h'de meydana gelmektedir. ETX-1'de, her km için, ETV-1'den % 26 daha fazla enerji kullanılmaktadır.

7.2.3 Ortalama güç

Ortalama güç, testin süresi ile test sırasında kullanılan enerji tüketimi bölünerek hesaplanmaktadır. D.C. güç gurubu, a.c. güç gurubundan ortalama % 11-24 daha az güç gerektirmektedir.

7.2.4 Sistemin geri kazanımı

Geri kazanım, yavaşlama ve tekrar hızlanma, frenleme sırasında, cer bataryasına geri dönen enerjinin miktarıdır. Sistem geri kazanımı, test sırasında, cer bataryasından çıkarılan toplam enerjiyle bölünen geri kazanılan enerjidir.

Testler sırasında yapılan analizde güçler 88 km/h'de 9.6 kW ve 72 km/h'de 6.4 kW alınmaktadır. Tekerleklerle verilen enerjiyi kabul etmek için, her testin devam süresi ile bu değerler çarpılmaktadır. Sistem verimi, bu dağıtılan enerjinin toplam enerji kaynağı ile (cer ve yardımcı bataryalarla) bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

Test sonuçlarında, a.c. güç gurubunun kontrol edici/evirici verimi, d.c. kontrol edici/eviriciden, bazı noktalarda daha az verimlidir. Benzer şekilde, tüm sistem verimi, a.c. güç gurubu için tahrik devir rejimi hassasiyeti daha fazladır ve d.c. sisteme göre bazı noktalarda verim daha azdır.

7.2.5 Sonuçlar

ETX-I düşük hızlarda, ETV-1'den daha çabuk hızlanmaktadır. Buna rağmen, her iki test taşıtı, 88 km/h'e hemen hemen aynı zamanda ulaşmaktadır. ETV-1'de d.c. güç gurubunun taşıt net enerji tüketimi, ETX-I'de a.c. güç gurubundan % 12-26 daha düşüktür. Benzer şekilde, d.c. güç gurubu, a.c. güç gurubundan % 11-24 daha az ortalama güç gerektirmektedir. D.C. güç

gurubunun kontrol edici/evirici verimi, bütün testlerde a.c. sisteme göre çoğunlukla daha verimlidir. D.C. güç gurubunun bütün sistem verimi de, sabit hız testi sırasında a.c. güç gurubundan bazı noktalarda daha verimlidir. Her iki sistem için başlıca eşitlik, geri kazanım performansıdır.

7.3 ETX-II Taşıtında Enerji Kullanımının Test Sonuçları

ETX-I taşıtında, daha yüksek verim elde edilebilmesi için, Ford araştırma bölümü tarafından ETX-II prototipi geliştirilmiştir. Bu taşıtta test ağırlığı 2050 kg kabul edilmekte ve 100 Wh/kg'lık sodyum sülfür bataryasıyla 250 Wh/km enerji tüketim seviyesi belirlenmektedir. Brüt taşıt ağırlığının % 25'inden daha ağır bataryalar kullanılmadığı zaman, taşıtın 160 km daha gitmesi sağlanmaktadır. Dış lastik yarıçapı 0.295 m'dir. ETX-II taşıtı üzerinde yapılan enerji testinden şu sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 7.3 ETX-II Taşıtının enerji kullanımı

Enerji Kullanımı (kWh)			
	Deşarj	Geri kazanım	Net
Cer bataryası	3.321	-0.259	3.062
Yard. cer bat.	3.263	-0.259	3.004
Motor girişi	2.922	-0.335	2.586
Motor çıkışı	2.547	-0.396	2.152
Tekerlekler	2.078	-0.742	1.335
DC/DC dönüş.girişi	0.055	0.010	0.065
DC/DC dönüş.çıkışı	0.032	0.005	0.037
Yağ pompası	0.054	0.008	0.062
Yard. batarya	0.009	-0.000	0.009
Sistem kontr.	0.129	0.000	0.129
Evir.:pompa+fan	0.005	0.000	0.005

Tablo 7.4 ETX-II Taşıtında batarya kapasitesi

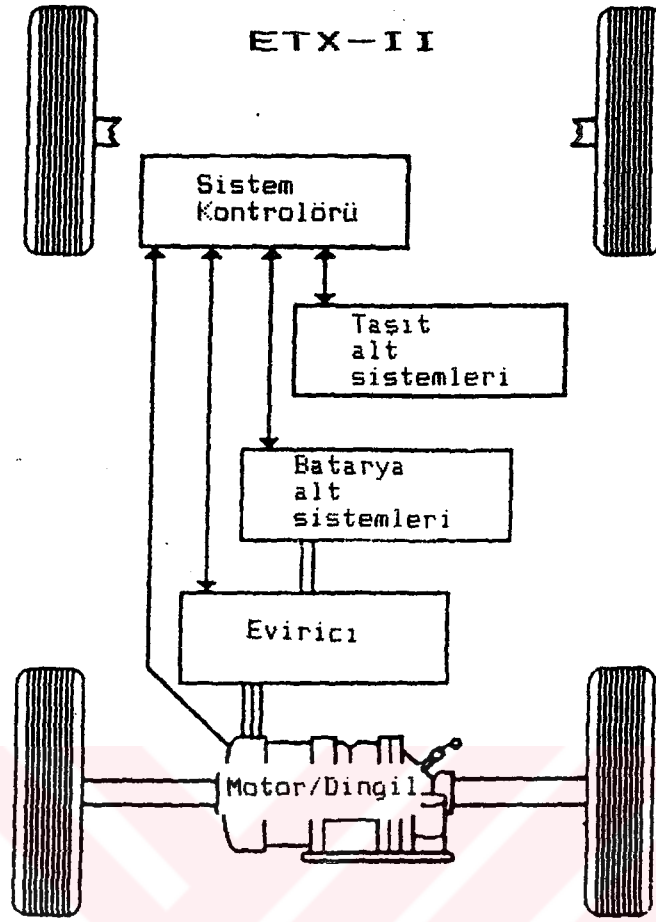
Batarya kullanımı (Ah)			
	Deşarj	Geri kazanım	Net kapasite
Cer bataryası	16.3	-1.3	15.0
Yardımcı batarya	0.7	-0.0	0.7

Tablo 7.5 ETX-II Taşıtının verimi

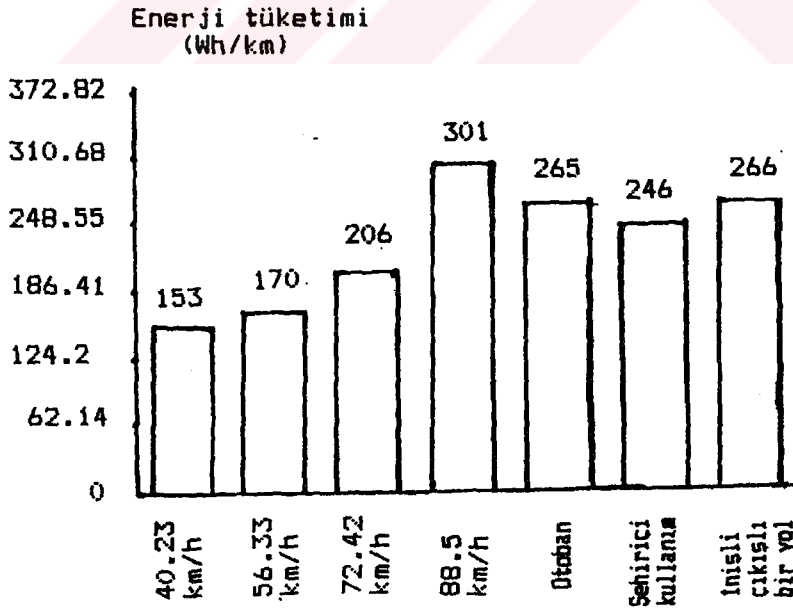
Verim		
	Deşarj	Geri kazanım
Batarya/son tahrik	0.626	0.349
Batarya/son tahrik(yard.)	0.637	0.349
A.C. evirici	0.952	0.980
A.C. evirici(yard.)	0.950	0.973
Motor	0.872	0.847
Dingil	0.816	0.533
DC dönüştürücü	0.562	

Tablo 7.6 ETX-II Taşıtının kullanım durumu

Kullanım Özeti	
Uzaklık	11.849 km.
Zaman	22.950 dakika
Ortalama hız	30.979 km/h
Deşarjda kullanılan batarya enerjisi	0.280 kWh/km
Faydalı frenlemede kullanılan bat. en.	-0.022 kWh/km
Taşıt çalışması(+)	0.175 kWh/km
Taşıt çalışması(-)	-0.063 kWh/km



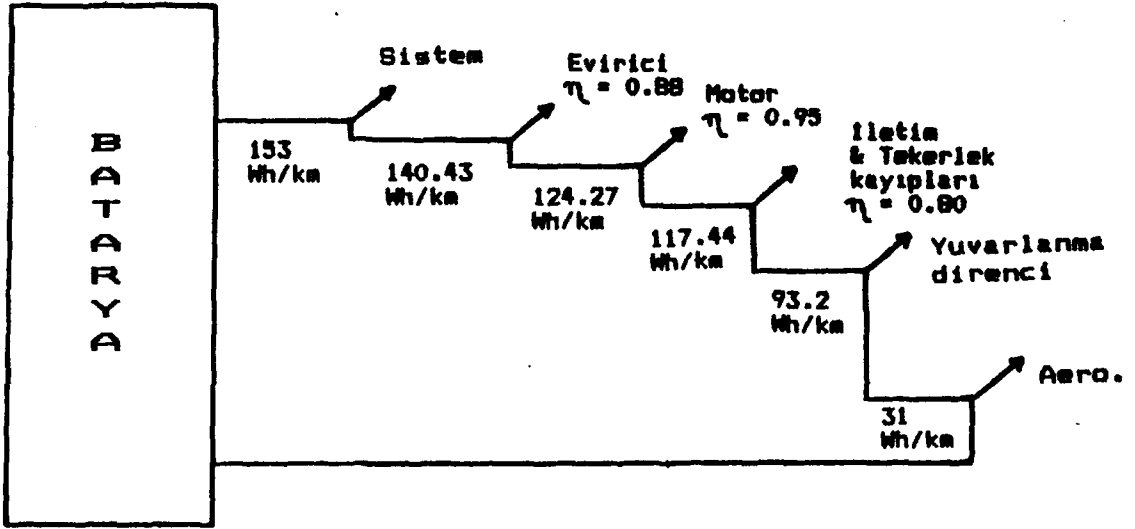
Sekil (34) 7.3 ETX-II Taşıtının genel yapısı



Sekil (35) 7.4 Enerji tüketimi test sonuçları

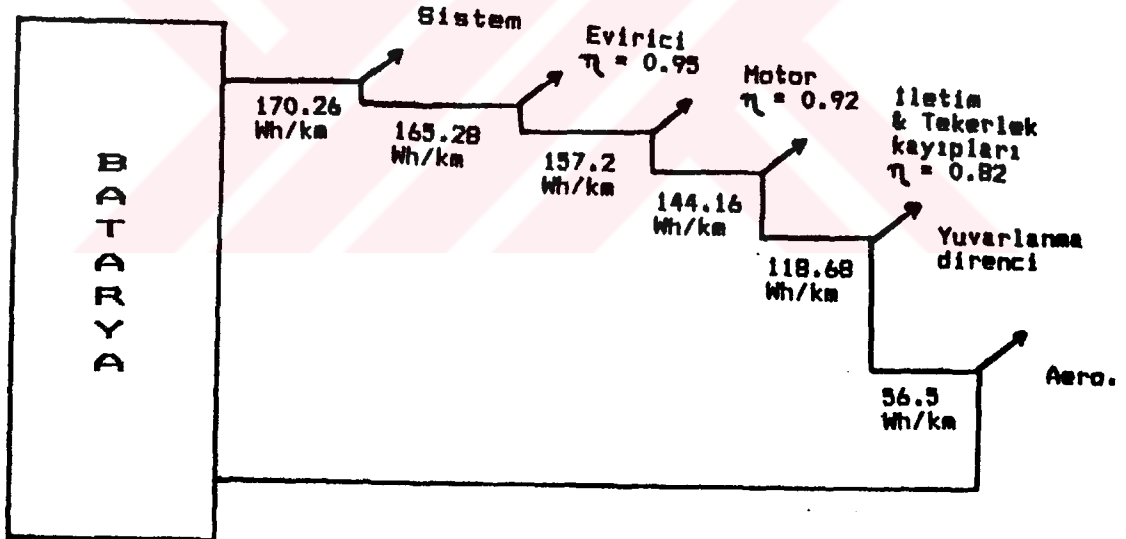
(34) Bates et al 1990.

KARARLI HAL
40.23 km/h

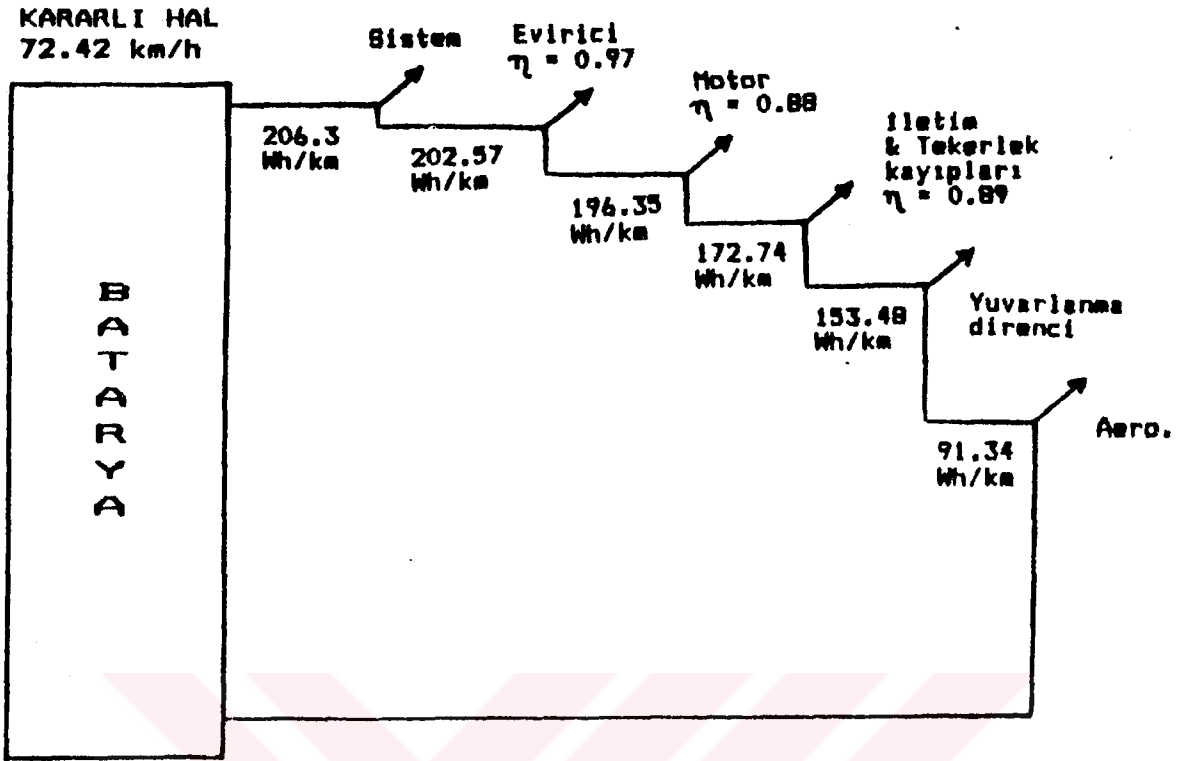


Şekil (35) 7.5 40.23 km/h'de Enerji tüketimi

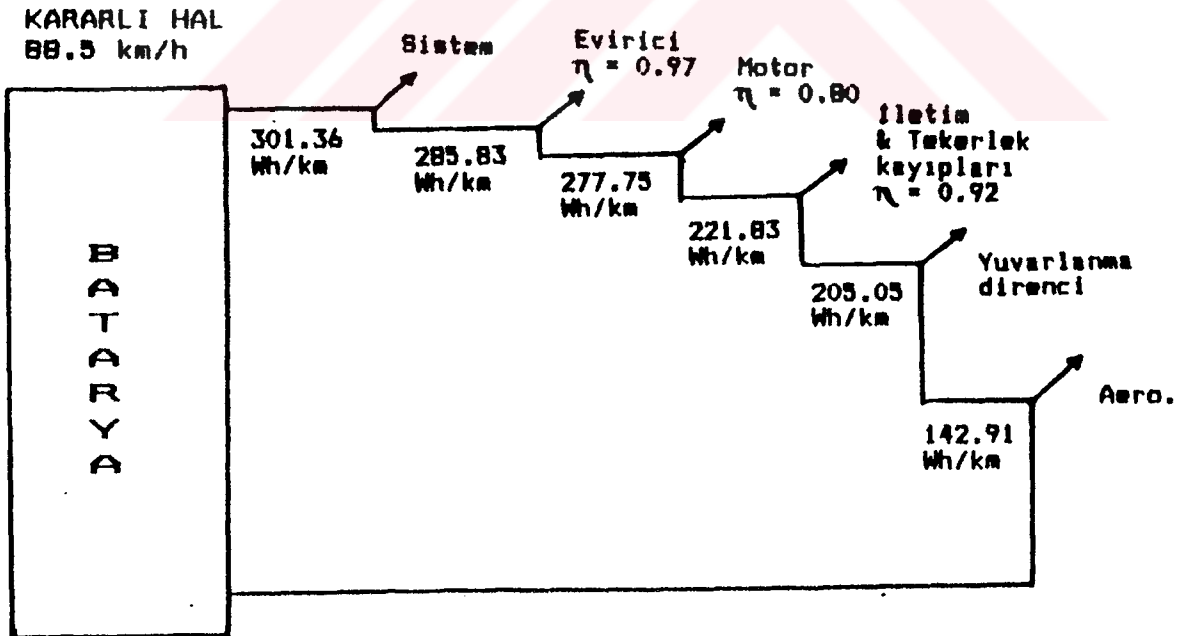
KARARLI HAL
56.33 km/h



Şekil (35) 7.6 56.33 km/h'de Enerji tüketimi

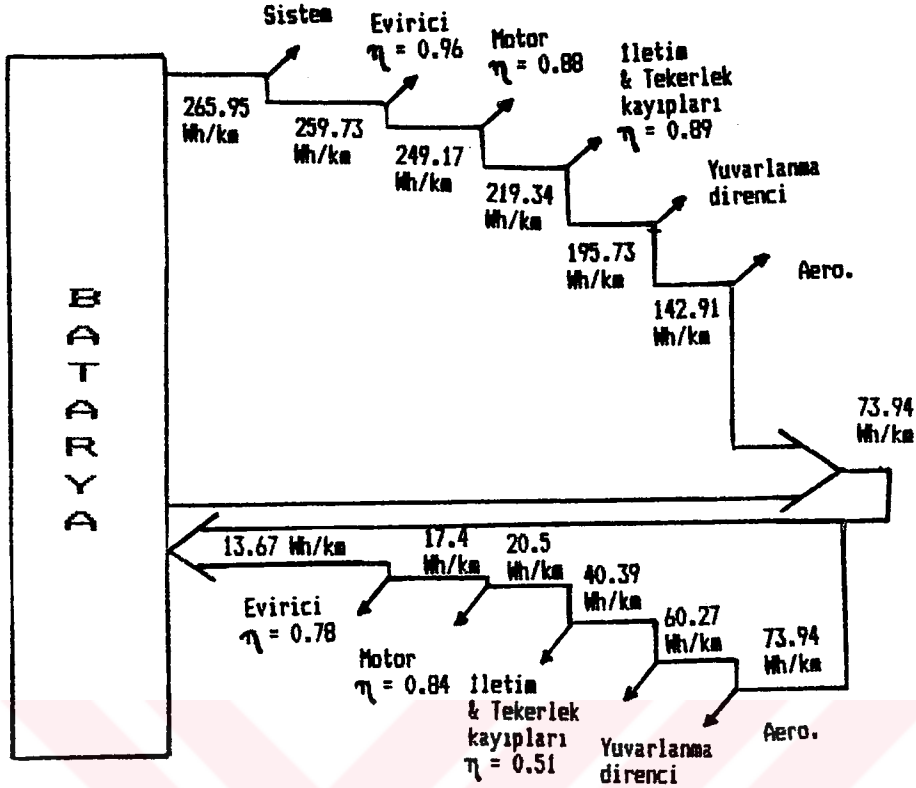


Sekil (35) 7.7 72.42 km/h'de Enerji tüketimi

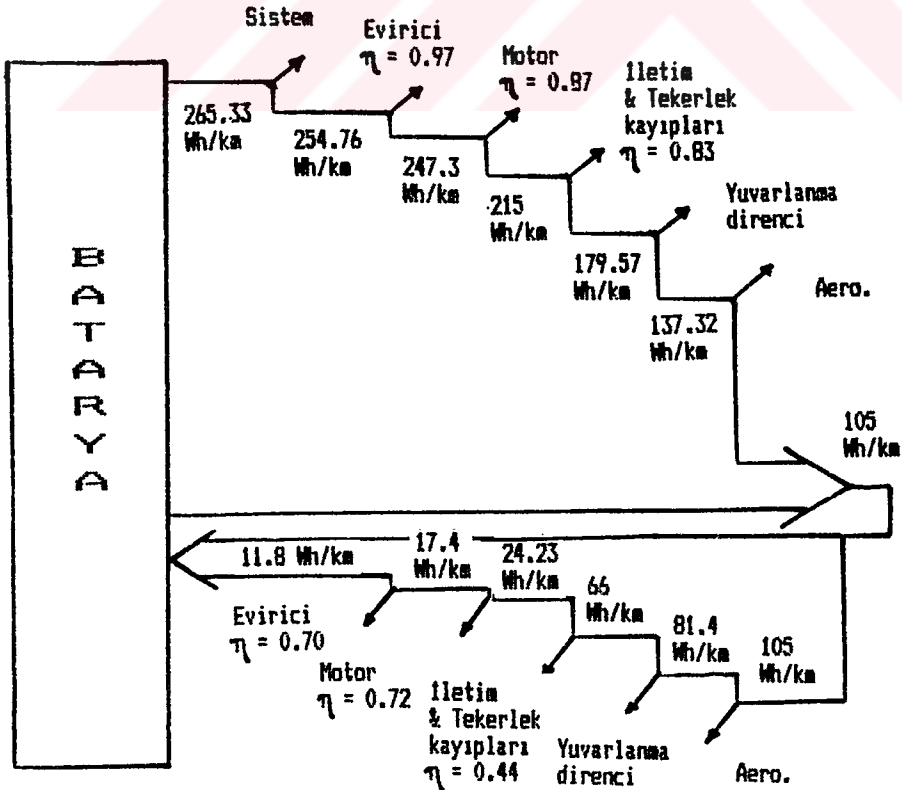


Sekil (35) 7.8 88.5 km/h'de Enerji tüketimi

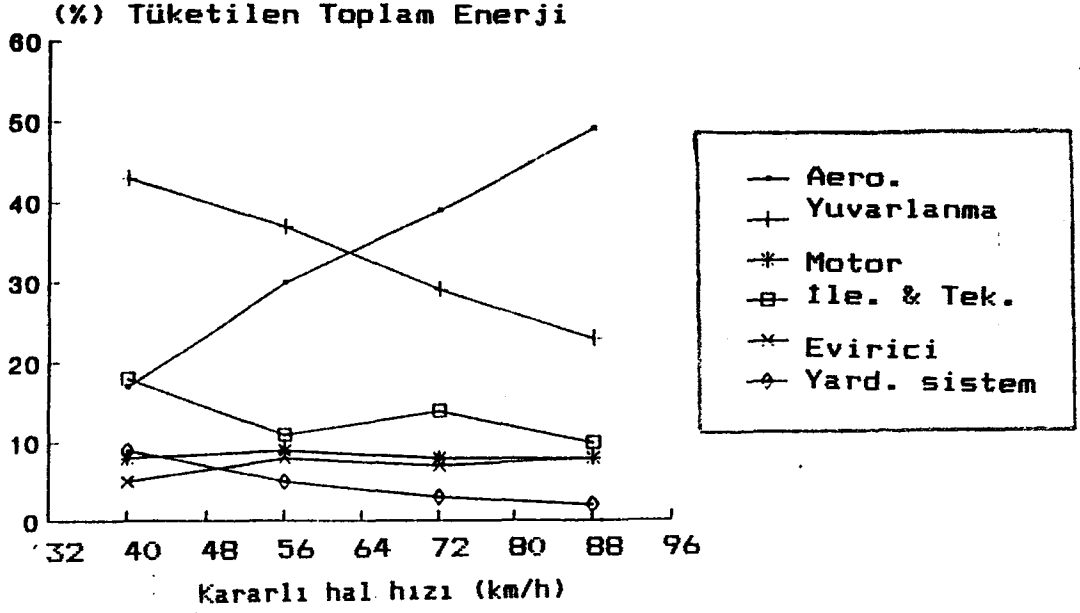
(35) Fenton and Sims'den değiştirilerek alınmıştır.



Sekil (35) 7.9 Şehirlerarası bir yolda enerji tüketimi

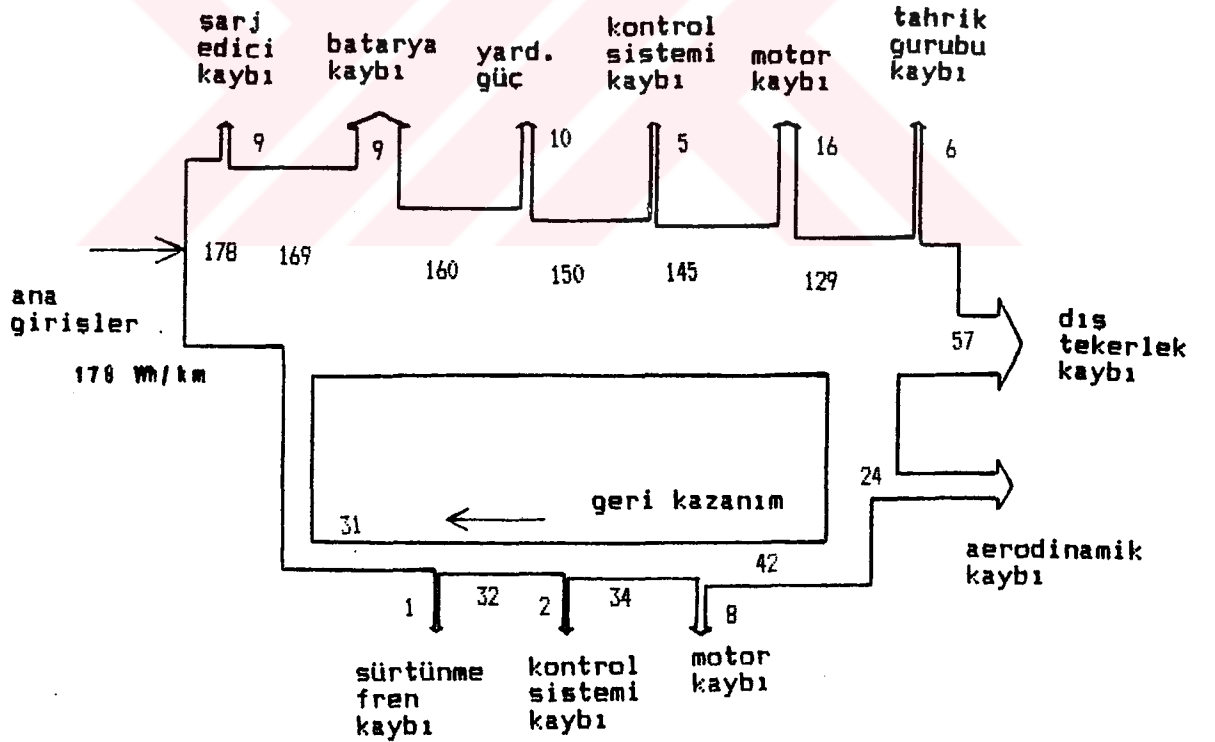


Sekil (35) 7.10 Şehir içi bir yolda enerji tüketimi



Sekil 7.11 Farklı kararlı hallerde tüketilen enerjiler

7.4 Enerji Akışı



Sekil (36) 7.12 inişli çıkışlı bir yolda enerji akış analizi

En büyük amaç yüksek verim sağlayacak, sınırlı batarya

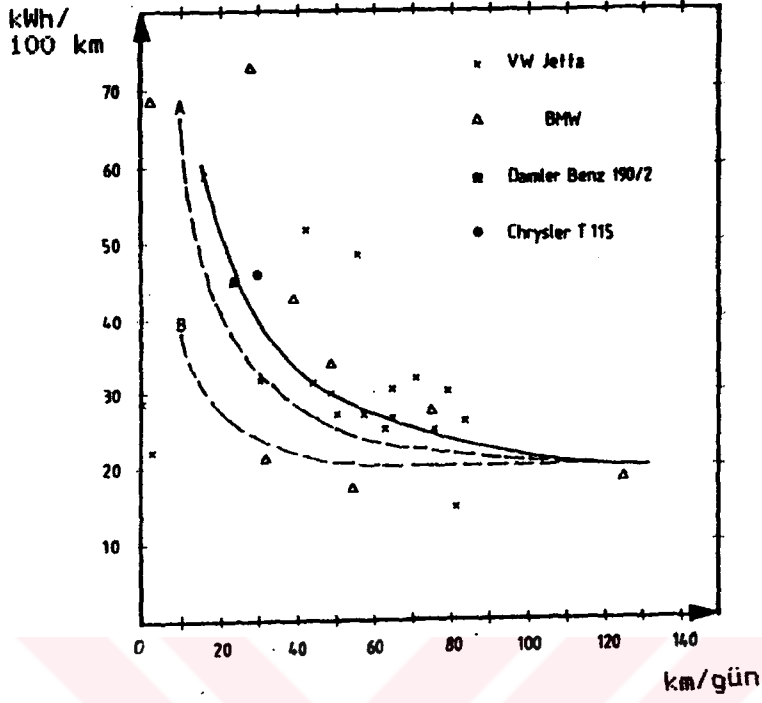
enerjisini kullanmaktır. Elektrikli arabaların toplam enerji harcamalarını hesaplamak için enerji akış analizi, bu taşıtların kullanıldığı şehirlerde yapılmaktadır. Şekil 7.12'de elektrikli bir vanda enerji tüketiminin dağılımı görülmektedir.

Test edilen taşıt 1980 model Suzuki van ile, yol yükü testleri orjinal lastiklerle yapılmış ve lastiğin yuvarlanma direnci 0.015 ve aerodinamik çekme 0.55 bulunmuştur. Düşük sürtünmeli lastikler diğer testlerde kullanılmaktadır. Fakat, ilk test için orjinal lastikler, değişik lastiklerin direncini karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

7.5 Farklı Taşıtlarda Enerji Tüketimi

Şekil 7.13, bir günde ortalama sürülen mesafeye bağlı olarak, her 100 km'de gereken enerjiyi göstermektedir. Kullanmadaki farklılıklar dolayısıyla ve değişik tip yollarda kullanmanın sonucu olarak, veriler dağınıktır. Belli bir güzergahta ve farklı hatlarda denenen elektrikli taşıtların, şehiriçi kullanımında enerji tüketimi şekil 7.13'de karşılaştırılmaktadır. Alınan sonuçlardaki A eğrisi, mevcut B11 bataryası içindir. B eğrisi, düşük ısı kaybı olan bataryalarda, batarya idare ünitesinde (BM1) yüksek verim sağlanmış ilerlemeleri göstermektedir.

Tramvaylarda ve şehir otobüslerinde ABB yüksek enerji bataryaları uygulanabilmektedir. 16 tane B11 bataryası, yapılan testler sırasında, 70 tramvayda son derece memnun edici sonuçlar göstermiştir.



Şekil (37) 7.13 Test araçlarının enerji tüketimi

BÖLÜM 8

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN DİĞER TİP ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

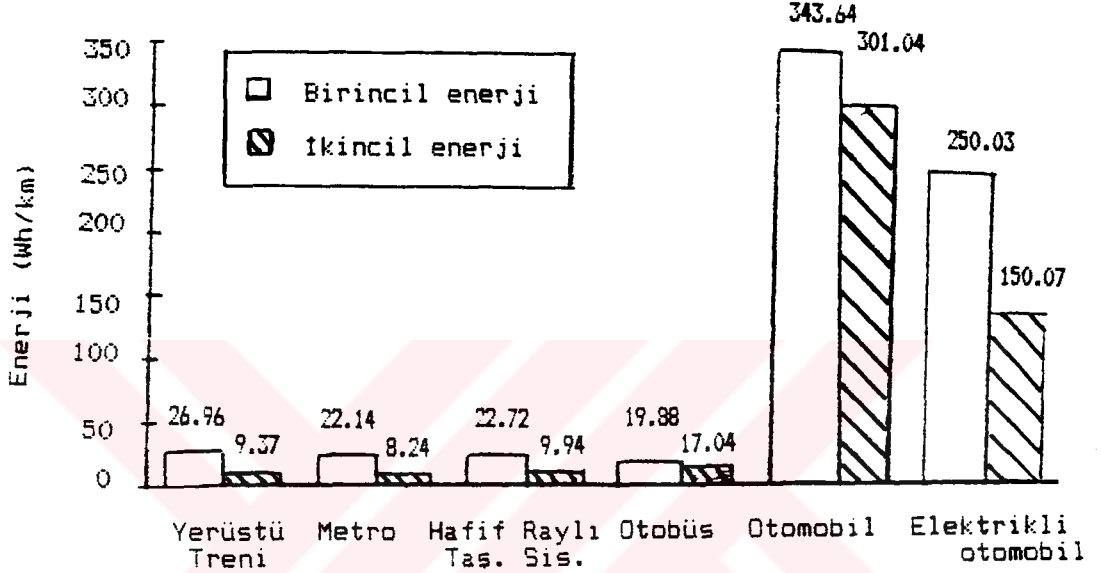
8.1 Taşıtların Enerji Tüketimi

Çağımızda, çevre kirliliği ve petrole bağımlı yakıtların tükenmekte olması, yarının taşıt araçları için farklı ve yeni çözümler aranmasını gerektirmektedir. Elektrik enerjisinin sürekli elde edilebilir bir enerji şekli olması, demiryolu ve toplu taşımacılıkta kullanılan en uygun, sağlıklı enerji şekli olması, binek araçları için de uygun çözüm olabileceğini göstermektedir. Üretildiği yerden tüketildiği yere iletiminin ve kontrolünün kolay oluşu ile, verimliliği en büyük etkenlerden sayılabilir. Bu yüzden, bu bölümde elektrikli otomobiller, diğer elektrikli ulaşım sistemleri ile karşılaştırılarak; elektrikli taşıtlar hayatımıza girdiğinde, diğer taşıtlara göre avantajları belirtilecektir.

8.2 Elektrikli Ulaşım Sistemleri ile İçten Yanmalı Motorlu Tip Taşıtların, Elektrikli Otomobil ile Karşılaştırılması

Ulaşım araçlarında enerji harcamalarını karşılaştırırken enerjinin Wh cinsinden eşdeğeri hesaplanarak değerlendirme yapılmaktadır. Petrol, kömür ve diğer enerji kaynakları, örneğin su enerjisi, nükleer enerji gibi enerjiler, km başına herbir yolcu için Wh elektrik enerjisi eşdeğeri ile gösterilebilmektedir. Şekil 8.1'de gösterilen karşılaştırma kolonları; çeşitli ulaşım sistemlerinin enerji harcamalarını göstermektedir. Wh/km

olarak enerji; 1 km'lik mesafeye bir yolcu taşınmasında harcanması gereken veya ihtiyaç duyulan enerji miktarıdır. Şekil 8.1'deki enerji tüketimi, taşıtların çalışmasındaki gerekli olan miktarları göstermektedir. En kolay taşınan ve ikincil enerji olan elektrik enerjisinin kullanım avantajlarından dolayı, birincil enerjiler, bir dönüşüm sonucu daha kolay taşınmaktadır.



Şekil 8.1 Çeşitli ulaşım araçlarının enerji harcamaları

Günümüz raylı sistemlerinde kullanılan enerji, katı yakıt maddelerinin, başta petrol ve kömürün, yakılmasıyla elde edilen elektrik enerjisidir. Ayrıca su enerjisi ve nükleer enerjiden üretilen elektrik enerjisi de kullanılmaktadır. Bunlardan su enerjisi ve nükleer enerjiden elde edilen elektrik enerjisi, petrol ve diğer katı yakacaklardan elde edilen elektrik enerjisinden daha ekonomik olmaktadır. Taşımacılıkta kullanılacak elektrik enerjisi, tamamen bu birincil kaynaklardan elde edilebilmektedir. Yani petrol ve kömür gibi kaynaklardan elde edilen enerjiye, taşımacılıkta bir alternatif vardır. Buna karşılık hava, deniz ve kara taşıtlarının hepsinde sadece petrol kullanılmakta, dolayısıyla maliyette o oranda artmaktadır.

Bütün dünyada katı yakıtlar, petrol, su enerjisi ve nükleer enerji gibi birincil, temel enerjilerden üretilen elektrik enerjisi her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla bir ülkede taşımacılıkta birincil yani temel enerji kaynakları veya bunlardan birisinden üretilen elektrik enerjisiyle işletilmesinin ekonomiklik açısından incelenmesi durumunda bazı faktörler göz önüne alınmalıdır.

Bu faktörleri belirlemede çeşitli yaklaşımlar ve baz alınan değere göre değerlendirmeler yapmak mümkündür. Bunlardan enerji faktörü [e()] olarak;

$e = \text{Üretilen elektrik enerjisi} / \text{Petrol üretimi}$

Üretilen elektrik enerjisi (kcal), petrol üretimi (kcal) cinsinden tanımlanabilir. Petrol üretimi, elektrik enerjisi üretiminden fazla olan ülkelerde bu faktör, 1'den küçük olmaktadır. Ters durumda 1'den büyük olmaktadır. Fiyat faktörü [p()] olarak;

$p = p_{el} \text{ (TL)} / p_{di} \text{ (TL)}$

tanımlanabilir. Burada; p_{el} , elektrik enerji fiyatı (TL) ve p_{di} , dizel enerji fiyatı (TL)'dir. Ömür faktörü [d(yıl)];

$d = \text{Petrol rezervleri} / \text{Yıllık petrol üretimi}$

Petrol rezervleri (ton), yıllık petrol üretimi (ton/yıl) olarak tanımlanabilir. Elektrikli taşıt cer faktörü [q(1/km)];

$q = \text{Elektrikli taşıtın çalışacağı güzergahın uzunluğu (km)} / \text{ülke yüzölçümü (km}^2\text{)}$

olarak tanımlanır. Elektrikle çalışma faktörü [I_e (%)];

l_e =Elektrikli taşıtların çalıştığı güzergahın uzunluğu (km).100 /
ülkedeki karayolu güzergahının uzunluğu (km)

olarak (%) belirtilebilir.

Elektrik enerjisinin avantajları açısından taşımacılıkta tercih edilen enerji türü olması, yukarıdaki faktörlerin gözönüne alınmasıyla ortaya çıkmaktadır. Petrol rezervlerinin sınırlı olduğunun kabul edilmesiyle, elektrikle işletmenin gerekliliği durumu ortaya çıkarılabilir.

Bir yıl içinde, elektrikli taşıtların kullanacağı güzergahın genişleyebileceği uzunluğunun ters değeri $K(\text{yıl/km})$ olarak kabul edilirse; taşıtları elektrikleştirmenin gerekliliği büyüklüğü'nü [$N_{ee}(\)$] kontrol için;

$$N_{ee} = K \cdot l_e \cdot e \cdot 10^3 / p \cdot d \cdot q$$

ifadesi kullanılabilir.

Görüldüğü gibi bu faktör, 1'den büyük çıkarsa bu ülkelerde elektrikli taşıtların işletilmesi gerekliliğini göstermektedir. Petrol rezervlerinin fazla olduğu ülkelerde bile bu zamanla azalacağından N_{ee} faktörü 1'e yaklaşacak ve bunu aşacaktır.

K faktörü hesaplamalarda 0'dan büyük 1'den küçük olarak kabul edilmiştir. Türkiye için $K = 1/50$ (yıl/km), Avrupa ülkeleri içinse daha küçük bir değer ($K = 1/300$ (yıl/km) gibi) alınmıştır. Enerji faktörü ise her zaman, 0'dan büyük fakat sonsuzdan küçük kabul edilmiştir.

Sanayileşmiş ülkelerde, elektrik enerjisinin petrolden değil de hidroelektrik veya nükleer santrallerde üretilmesi enerji açısından daha avantajlı olmaktadır. Dünyadaki çeşitli ülkelerde, enerji rezervleri

hakkındaki uluslararası komisyonların tahminlerine göre, tüm dünya enerji ihtiyacını karşılayacak uranyum rezervleri vardır. Bu durumda elektrik enerjisi, gelecekte nükleer santrallerde veya yeni bir alternatif kaynak olan güneş enerjisinden elde edilebilme durumu göz önüne alınarak bu faktörler değerlendirilirse; e, l, q faktörleri zamanla artacaktır. Buna karşılık p, d faktörleri azalacaktır. Dolayısıyla N_{ee} faktörü artacaktır. Sonuç olarak elektrikli araç taşımacılığı gerekli hale gelecektir.



BÖLÜM 9

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİN TEKNİK VE EKONOMİK BAKIMDAN YAPILABİLİRLİK İNCELENMESİ

9.1 Elektrikli Taşıt Talebinin Belirlenmesi

Yakın gelecekte, elektrikli aracın hayatımıza girişi, sağladığı ekonomiklik, uygunluk ve rahatlıkla belirlenecektir. Belirlenen elektrikli taşıt talebi, ana faktörleri ortaya koymaktadır. Taşıt fiyatı ve yürürlükteki yasalar aşağıda daha detaylı olarak açıklanmaktadır.

- Taşıt Karakteristikleri:

- * Fiyat,
- * Performans.

- Yürürlükteki Yasalar:

- * Yayma yönetmeliği,
- * Mali yatırım.

- Gerekli Tesisler:

- * Satış/servis ağı,
- * Şarj istasyonları.

Hem Avrupa'da hem de Amerika'da gerekli tesisler henüz az gelişmiştir. Elektrikli taşıt talebi, önemi kanıtlanana kadar, değişmeyip aynı kalacaktır.

9.2 Amerika ve Avrupa'da Elektrikli Taşıt Pazarı

Elektrikli taşıt fiyatları Avrupa ve Amerika'da çok farklıdır. Elektrikli taşıt pazarına bağlı olarak, faktörlerin etkileri değişmektedir. Taşıt karakteristikleri; yani fiyat ve performans, Amerika'daki taşıt sürücüleri için talebin anahtarıdır. Rekabet edilen elektrikli taşıt fiyatı, Avrupa'da daha önemli potansiyeldir. Elektrikli taşıtlar, Avrupa'da içten yanmalı motorlu tip taşıtlarla fiyat rekabeti yapmaktadır ve petrolün yüksek fiyatı yüzünden üstün gelmektedir. Elektrikli taşıt fiyatı Amerika'da yasal olarak belirlenmesine karşılık, Avrupa'da da fiyat rekabeti önemlidir. Elektrikli taşıt kullanımında, Amerikan pazarı, Avrupa'dan daha düşük olan petrol fiyatları nedeniyle, yasal düzenlemeler olmaksızın, çok uygun değildir.

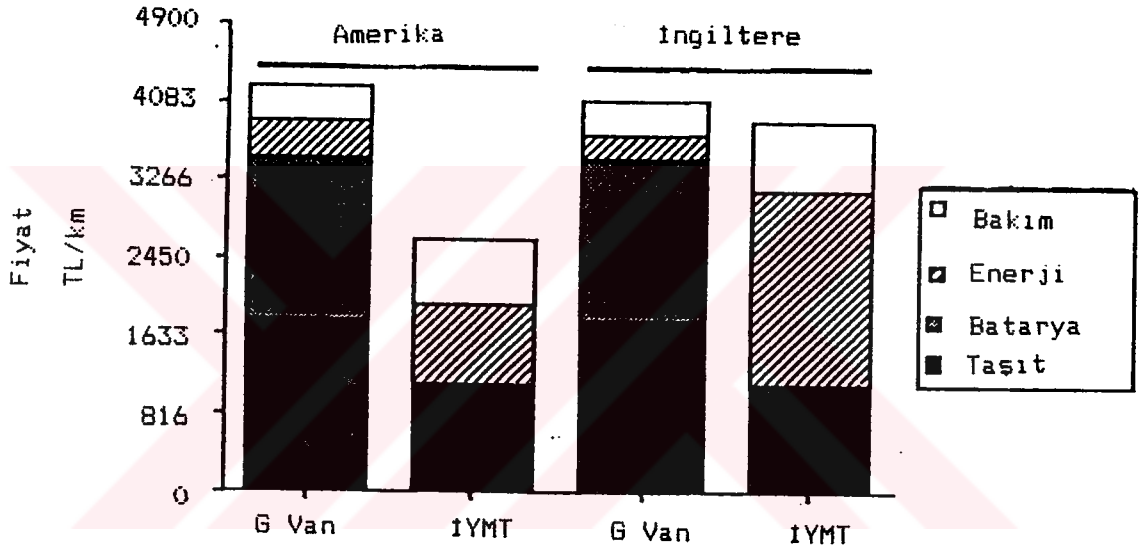
9.2.1 Elektrikli taşıt fiyatları : U.S.A.

Tablo 9.1 Elektrikli taşıt fiyatları

	G-Van	İçten Yanmalı Motorlu Tip Van	
Taşıt Fiyat	327.000.000	170.000.000	TL
Max. dayanma zamanı	10	8	yıl
Max. mesafe	193121	152877	km
Kurşun Asitli Batarya Fiyat	85.000.000.-		TL
Azami menzil	96.56		km/gün
Max. dayanma zamanı	4.0		yıl
% 50 menzilde dayanma zamanı	3.8		yıl
Tam menzilde dayanma zamanı	1.9		yıl
Enerji/Yakıt			
Her km'de ortalama tüketim	0.58 kWh	0.23 litre	
Fiyat	655 TL/kWh	3458 TL/litre	
Diğer Fiyatlar			
Her km'deki bakım	342	497	TL
Kazanç oranı	% 5	% 5	
Her yıldaki çalışma günü	250	250	

Tablo 9.1'de verilen elektrikli taşıt fiyatları, kurşun asit bataryalı G-van içindir. Bu G-van Amerika pazarında geçerlidir.

Elektrikli G-Van ve içten yanmalı motorlu tip van için her km'deki dayanıklılık farklıdır. Şekil 9.1, İngiltere ve Amerika'da G-van ve içten yanmalı motorlu tip van arasındaki fiyatlardaki ana farklılıkları göstermektedir.



Sekil (38) 9.1 Elektrikli taşıt ile içten yanmalı motorlu tip taşıtların fiyatları

* Günlük seyahat 88.5 km farz edilmektedir.

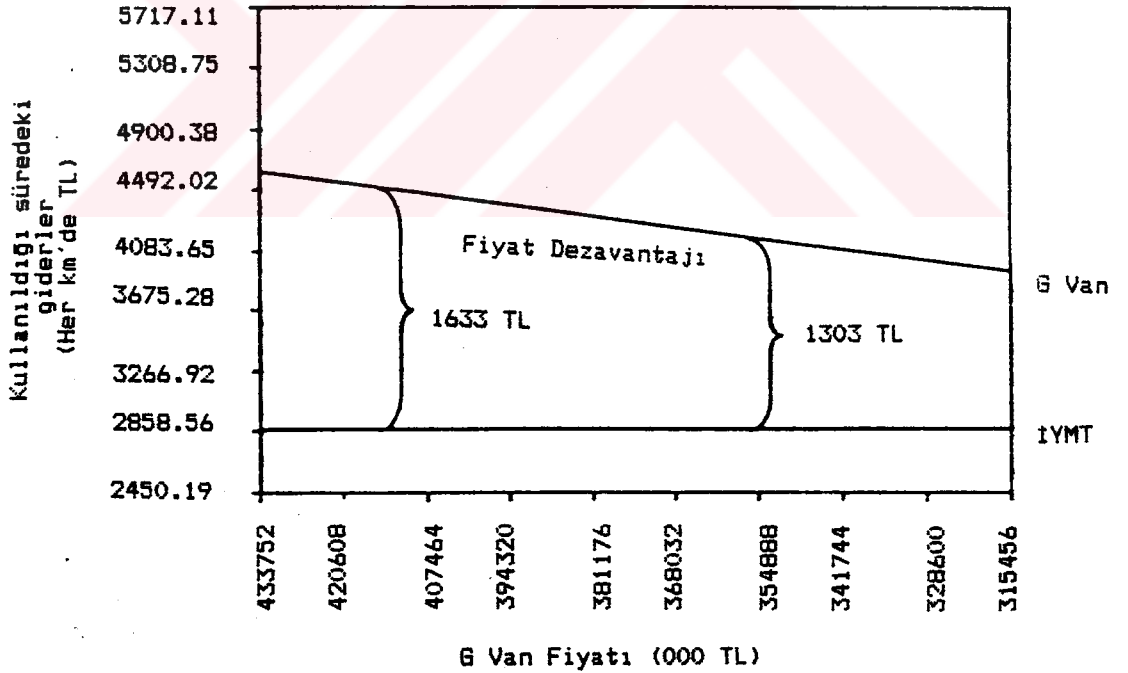
G vanların maliyetle ilgili dezavantajları, İngiltere'de daha düşüktür. Çünkü, İngiltere'de petrol fiyatı, daha yüksektir.

Elektrikli G van için taşıt fiyatı, batarya fiyatı, enerji (petrole karşı elektrik) ve bakım fiyatlarının bileşenlerini içermektedir. G van fiyatları İngiltere ve Amerika'da aşağı yukarı, ana hatlarıyla eşittir. Bununla

(38) Lindquist et al 1990.

beraber, içten yanmalı motorlu tip van fiyatları oldukça farklıdır. Amerika'da daha düşük petrol fiyatı yüzünden, içten yanmalı motorlu tip van İngiltere'den daha ucuzdur. Bir litre petrol İngiltere'de 7286 TL, Amerika'da 3459 TL'dir. Sonuç olarak, G vanın fiyat dezavantajı Amerika'da her km için yaklaşık olarak 1633 TL, ama İngiltere'de her km için yaklaşık olarak sadece 326 TL'dir.

Elektrikli taşıtlar için, yatırım maliyetlerinin artmasıyla, fiyat dezavantajları azalmaktadır. Bununla beraber, elektrikli taşıt imalatçılarına göre G vanın toplam fiyatının 354.000.000 TL'dan daha aşağı düşmeyeceği ileri sürülmektedir. Şekil 9.2'de gösterildiği gibi, bu azalma yeterli değildir. Fiyatın 413.000.000 TL'dan 354.000.000 TL seviyelerine düştüğü gibi, fiyat dezavantajı 1633 TL/km'den 1303 TL/km'ye düşecektir.



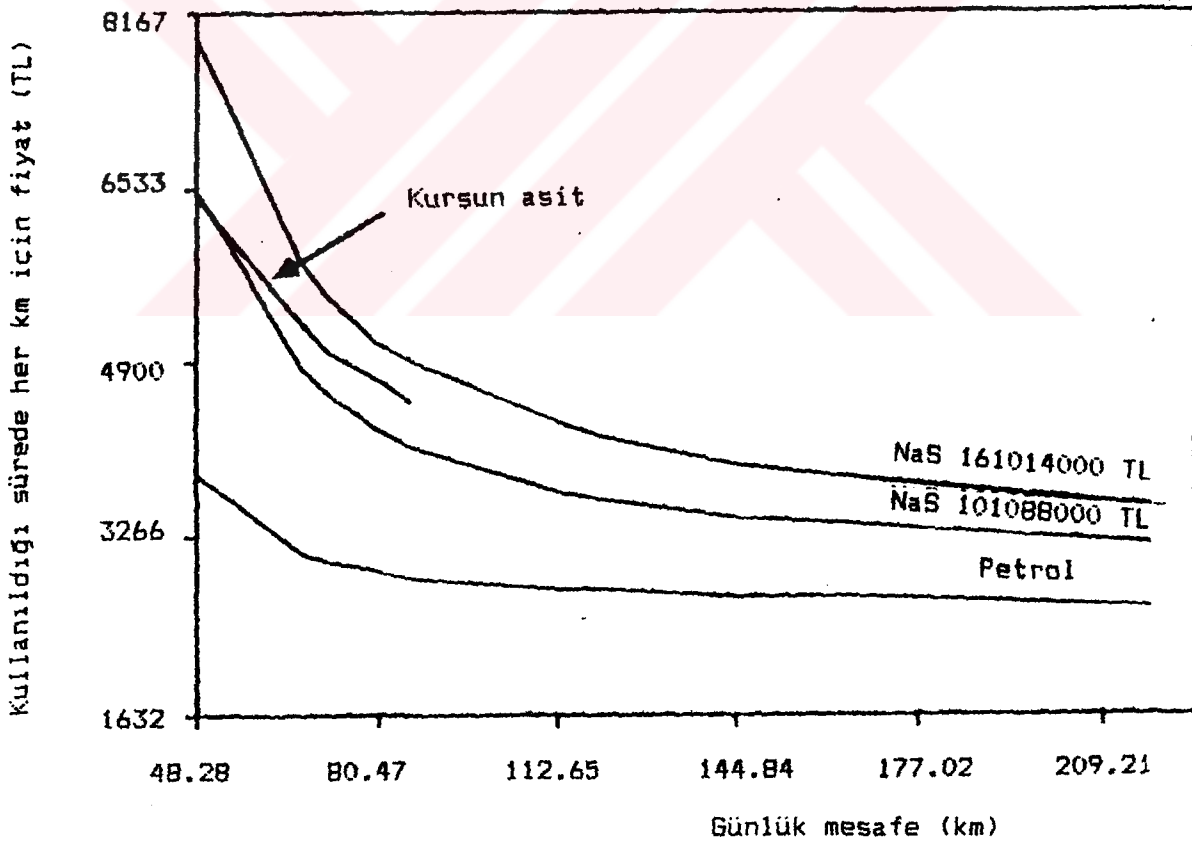
Şekil⁽³⁸⁾ 9.2 G Van fiyatları : U.S.A.

* Seyahat 88.5 km/gün farz edilmektedir.

Eğer, elektrikli G van fiyatları 354.000.000.- TL'na düşerse, elektrikli taşıt için fiyat dezavantajı 1303 TL/km olacaktır.

Sekil 9.3'de görüldüğü gibi kurşun asit bataryalı G vanlar, 160.000.000 TL'lik sodyum sülfür bataryayla günde 88.5 km sürüldüğünde, her km başına 1633 TL'lik dezavantaja sahiptir. Sodyum sülfür bataryalı G vanlar bu dezavantajı km başına 1225 TL'na indirirler (NaS bataryaların 161 km'lik bir menzili olduğu, 4 yıl dayandığı ve her km'de 0.3 kWh harcadığı varsayılır). Fiyatı 101.000.000 TL'na indirmekle dezavantaj da km başına 816 TL'na inmektedir.

Bu faktörlerin birleşimi, 101.000.000 TL fiyatlı sodyum sülfür bataryayla birlikte, 354.000.000 TL sermaye fiyatıdır. Her km, yaklaşık 408 TL fiyat dezavantajını düşürmektedir. Eğer taşıt her yıl 32187 km kullanılırsa bu hala önemlidir.

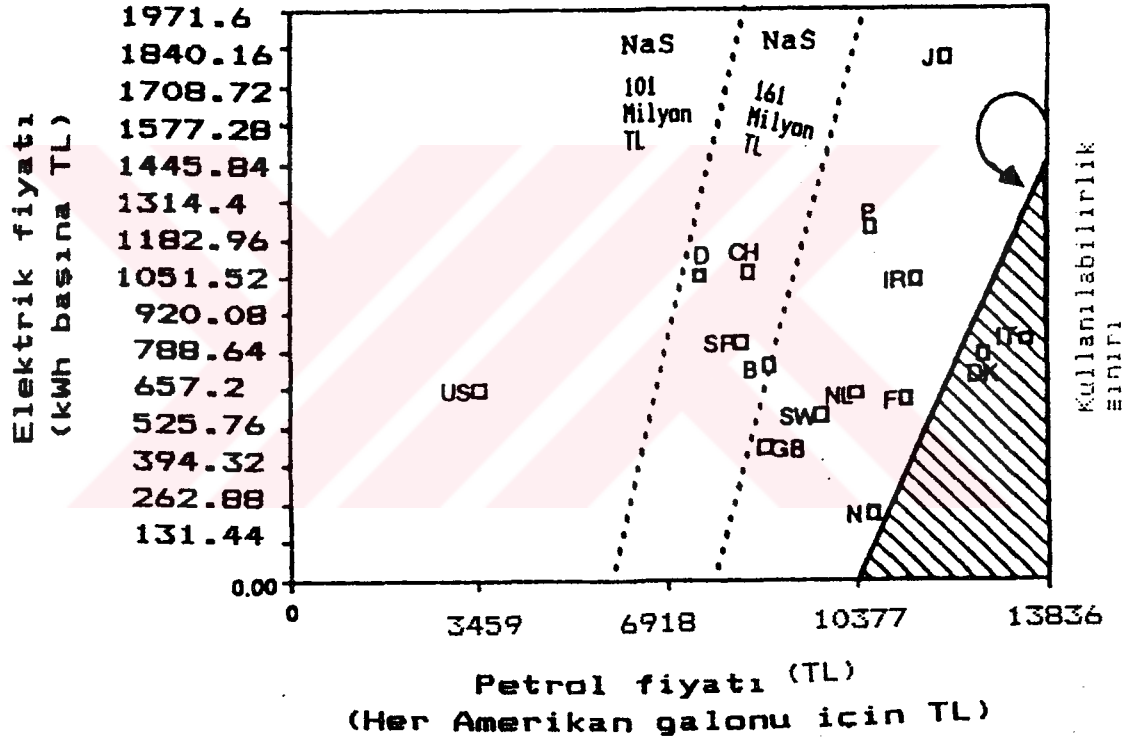


Sekil (38) 9.3 Amerika'da G van fiyatları

* G vanın fiyat dezavantajı, sodyum sülfürlü batarya fiyatı ile azalacaktır, ama yok edilemez.

Ne batarya teknolojisi, ne de G vanın ana fiyatındaki indirimler, G vanın dezavantajlarıyla ilgili sorunları, Amerika'daki içten yanmalı motorlu tip taşıtlara göre, relatif olarak elimine ederler. Elektrikli taşıta talebin artması için elektrik kuruluşlarından veya hükümetten geniş ölçekli destek gerekmektedir. Ayrıca ehemmiyetli artan petrol fiyatları koyulabilir. Bu tür önlemler alınmazsa, Amerika'da meydana gelen elektrikli taşıt pazarı, aynı durumda kalacaktır.

9.2.2 Elektrikli taşıt fiyatları : Avrupa



Sekil (38) 9.4 Farklı ülkeler için kullanılabilirlik

* Menzil, kurşun asitli batarya için 88.5 km ve NaS batarya için 160.93 km farz edilmektedir.

Sekil 9.4, Avrupa'da varolan elektrikli taşıtların, batarya teknolojisiyle nasıl avantajlı yapılabildiğini göstermektedir. Her ülke için, farklı olarak

(38) Lindquist et al 1990.

değiştirilen elektrik ve petrol fiyatları hariç tutularak, modellerin aynı olduğu söylenebilir. Koyu çizgi "kullanılabilirlik sınırını" gösterir. Bugünkü G vanların kullanım ömrü fiyatları, elektrik ve petrol fiyatı maliyetlerinin aynı seviyede birleşmesiyle, içten yanmalı motorlu tip vanlara, eşit olur. Örneğin, bir litre petrol fiyatı 11388 TL'sıyla birleştirilen 524 TL/kWh elektrik fiyatı, içten yanmalı motorlu tip van ve kurşun asit bataryalı G van için, aynı kullanım ömrü fiyatında sonuçlanmaktadır.

Elektrikli taşıtların kullanıldığı süredeki giderleri içten yanmalı motorlu tip taşıtlardan daha azdır.

Avrupa'da, yüksek olan petrol fiyatlarının bir fonksiyonu olarak, fiyat dezavantajı meydana çıkmaktadır. Ama, sodyum sülfürlü bataryalar, Avrupa'da elektrikli taşıtların fiyatını, klasik otomobillerle rekabet edebilecek gibi yapmaktadır.

Avrupa'da, İtalya ve Danimarka'da, G van taşıtlarının çalışması, karşılaştırılan içten yanmalı motorlu tip vandan daha ucuzdur. Sodyum sülfürlü batarya fiyatı 160.646.500 TL'si civarındadır. Kullanılabilirlik sınırı Japonya, Portekiz, İsveç, Fransa, Norveç, İrlanda, Hollanda, Büyük Britanya'da rekabet eden G van fiyatlarını cazip hale getirmek için desteklenmektedir. Sodyum sülfür batarya fiyatının 101.000.000 TL'na düşmesiyle, G van rekabeti Belçika, İspanya, Almanya ve İsviçre'de de olacaktır. Bununla beraber, bu teknolojiye rağmen, şekil 9.4'den de açıkça görüldüğü gibi, Amerika bu sınırın dışındadır. Bu, düşük petrol fiyatı olan, Amerika için bir kusurdur.

9.3 Amerika'daki Elektrikli Taşıt Endüstrisinin Uygulamaları

Amerika'da içten yanmalı motorlu tip taşıtlarla, elektrikli taşıtların rekabet edebilme olasılığı düşüktür. Bundan dolayı, elektrikli taşıt talebi, elektrik şirketleriyle vakıf kurumlarının finansal desteğiyle, kanun baskısıyla yaratılmış ve devam ettirilmektedir. Elektrikli taşıt talebi de durumun gerçekten böyle olduğunu göstermektedir. İlk yapılan 500 G van öncelikle elektrik idarelerine satılmıştır. Çünkü elektrikli taşıtın başarılarında, elektrik idarelerinin büyük desteği olmaktadır. Elektrikli arabaların maliyet dezavantajı, alıcıları olumsuz yönde etkilemektedir. Amerika'daki elektrikli taşıtlara bir piyasa yaratmak için yapılan diğer atılımlar, Los Angeles'ta başlatılmıştır ve 1995'e kadar 1000 elektrikli taşıtın üretilmesi planlanmaktadır. Genelde, elektrikli taşıtların çevreyi temiz tutma avantajına ve kanun üzerinde verilen öneme rağmen, Avrupa'da kanunların bu konudaki hareketi çok yavaş olduğu için ilerlemeler çok hızlı olamamaktadır.

9.4 Potansiyel Çözüm

Öneri olarak, Amerika ve Avrupa'daki elektrikli taşıt sanayisinin işbirliği yapması düşünülebilir. Avrupa elektrikli taşıt piyasası, uzun vadede Amerika elektrikli taşıt piyasasından daha çok yaşayabilir. Çünkü Avrupa'da elektrikli taşıt piyasası yasanın suni teşviğine bağlı olmayacak ve ekonomik faktörler bunu destekleyecektir. Amerika, zaten bir süredir G-van gibi uygun bir ürüne sahiptir. Gerektiğinde bu taşıt değiştirilebilir ve taşıtlar Avrupa'da, bir Avrupa şirketinin katkısıyla, piyasa bulabilir.

Amerika'daki elektrikli taşıt endüstrisinde, daha çok elektrikli taşıt üretebilmek için, büyük bir market

yaratılmaya çalışılmalıdır. Bir yandan da elektrikli otomobil üreticilerini destekleyen uygun bir kanun tasarısı çıkarılmaya çalışılmalıdır.

Elektrikli taşıt piyasası, elektrikli otomobil ihracatındaki ticaret engellerini incelemeyi, ve aynı zamanda elektrikli otomobil tüketicisinin ihtiyaçlarını anlamayı gerektirmektedir.

9.5 Elektrikli Taşıt Pazarının Geleceği

Avrupa, elektrikli taşıtların başarısı için, iyi bir gelecek vaat etmektedir. Avrupa pazarının yoğunluğu, Amerikalı elektrikli taşıt üreticilerine daha uzun süre üretim imkanı verecek, bu da elektrikli taşıtların maliyetini düşürecektir. Bu yüzden Amerika'da daha geniş kapsamlı bir stratejiyle elektrikli taşıt piyasası devam ettirilmelidir.

9.6 Fransa'da Maliyet Analizi

	Enerji Fiyatı		Toplam Fiyat	
	TL/100km	TL/100km*t	TL/100km	TL/100km*t
	1	2	3	4
Kurşun Asit	51060	82140	91020	144300
Ni-Fe	79920	88800	126540	139860
Ni-Cd	37740	39960	77700	82140

Şekil (39) 9.5 Ekonomik değerlendirme

Kilometrenin Ortalama Maliyeti: Şekil 9.5, birinci kolonda, Renault MASTER prototiplerinin maliyeti 1776 TL/km'dir. Bu maliyet, motoru soğuk çalıştırmaktan dolayıdır.

Ortalama Kullanılabilen Maliyet: Şekil 9.5, ikinci kolona bakınız.

(39) Hilaire 1990.

Elektrolit Kullanımı Maliyeti: Elektrolit maliyeti NiFe Master'ların demineralize suyunu, diğerlerine göre daha çok tüketmelerinden dolayı dikkate alınmalıdır.

Ortalama tüketim (1/100 km) : Pb:1 - Fe:10 - Cd:1.3

Demineralizasyon maliyeti (TL/km) : Pb:6 - Fe:75.4 - Cd:9

Servis Maliyeti: Burada ortaya konan maliyetler sırasında dikkate alınması gerekenler şöyledir:

- Elektrikli taşıtlarda içten yanmalı motorlu tip taşıtlara göre, daha az yağlama gerekmektedir. Çünkü, mekanik sistemler kadar yük ve sıcaklıkla karşılaşmıyorlar.

- Ek yük olarak, batarya ağırlığı taşıtı etkilediğinden, elektrikli taşıtta tekerleklerin maliyeti daha yüksektir.

Sonuç olarak, elektrikli taşıtların ortalama maliyeti, içten yanmalı motorlu tip taşıtlarla aynıdır.

Bazı kompleks servis işlemleri, yani motorları temizlemek gibi artık gerekli değildir. Çünkü, elde edilen tecrübeye göre bakımlar çok uzun periyotlarda yapılmaktadır (50000 km veya 3 yıl), daha fazlasını da zaman gösterecektir.

Ekonomik Karlılık: Karlılık, genel anlamda taşıtın kendini amortize etmesinde ve bataryasındadır. Fiyat/kullanım süresi bağıntısı bu problemin kalbini oluşturmaktadır.

9.7 21'inci Yüzyılda Türkiye'de Elektrikli Otomobil Gelişimini Sağlama Yolları

21. yüzyılın başında elektrikli taşıtların, 20. yüzyıldaki tüketime göre elektrik gereksinmesini arttıracak tahmin edilmektedir. Bundan daha önemlisi

büyük kentlerde hava kalitesinin düzeleceği ümit edilmektedir.

Elektrikli taşıtların geliştirilmesi için, elektrikli otomobil üreticilerinin, belediyelerin ve en önemlisi toplumun kendisinin çaba göstermesi gerekmektedir.

Elektrikli otomobillerin geliştirilmesi için yapılması gerekenler şöyledir:

- Tüketicinin gereksinmelerine yönelik ürün geliştirilmesi.
- Araç üretimi.
- Özel sektör desteği.
- Hükümet desteği.
- Maliyetin düşürülmesi ve fiyatın desteklenmesi.
- Yakıt sağlanması ve dağıtımı.
- Mümessillik ve servis dağılımı.

Görüldüğü gibi ilk bakışta, oldukça zor bir iş olarak gözüküyor... Elektrikli otomobillerin ticari amaçla kullanımı bir defada olacak iş değildir. 2000'li yıllarda gökyüzünü tertemiz görebilmek için çeşitli alanlarda uygulanması gereken yöntemler şöyledir:

9.7.1 Tüketicinin isteği doğrultusunda ürün geliştirilmesi

Elektrikli taşıtlar, günümüzde gelişme aşamasında olan bir teknolojinin temsilcisidir. Bu yüzden, benzinle çalışan araçlarla rekabetleri oldukça zordur. 2000'li yıllarda mavi gökyüzlerine ulaşabilmek için büyük performans problemleri aşılmalıdır. Elektrikli otomobil teknolojisinin yenmek zorunda olduğu engeller şöyledir:

- Batarya ve Çalışma Sınırları: 2000'li yıllara gelinirken, batarya gelişmeleri veya hibridizasyon 240

km sürekli kullanım ve 80.000 km'lik toplam çalışma mesafesine ulaşılacak için kullanılmalıdır.

- Performans: 2000'li yıllara gelinirken elektrikli otomobiller saatte 110 km hız yapabilmelidirler ve ivmelenme, yokuş yukarı çıkabilme gibi diğer performans gereksinimleri de halledilmelidir.

- Araç Tipi: Mümkün olan en kısa süre içinde, sınırlı bir prototip, küçük kapasiteli vanlar ve binek arabaları için bir çalışma yapılmalı ve ön üretime geçilmelidir. Aynı zamanda 2000'li yıllara girilirken, birçok otomobil tipinin tasarımı tamamlanmış olmalıdır.

- Yeniden Şarj Edilebilme: En yakın gelecekte, yeniden şarj etme işlemi sırasında, 6-8 saat şarj süresi öncelikli olacak şekilde, kullanılan ekipmanlar standartlaştırılmış olmalıdır. 2000 yılının elektrikli otomobilleri 1-2 saat içinde hızlı şarj edilebilen batarya paketleri ile şarj edilebilir. 2010 yılında da 10 dakikada şarj edilebilme başarılmış olmalıdır.

Belirtilen teknolojik gelişmeler her ne kadar kaldırılması güç engeller olarak gözüke de, elde edilen gelişmeler bu engellerin geçileceğini göstermektedir. Büyük batarya üreticileri, yüksek güç ve enerji yoğunluğu olan ve uzun kullanımı sağlayan teknolojileri geliştirmektedirler. Ayrıca elektronik, motor tasarımı, malzeme, aerodinamik konusunda da çalışmalar devam etmektedir.

9.7.2 Taşıt Üretimi

Yapılan araştırmalara göre elektrikli otomobil üretiminde geniş bir hacime ihtiyaç vardır. Örneğin, Los Angeles'ta 2010 yılında standart hava temizliği kalitesine ulaşabilmek için 6.7 milyon ultra hafiflikte elektrikli otomobil gerekmektedir (Resh 1990).

Kurulu olan ve yeni kurulmuş, büyük üreticiler en kısa zamanda elektrikli otomobil kullanımını yaygın olarak başlatabilmek için, yıllık 30.000-50.000 adetlik sınırlı bir üretime başlamış olmalıdırlar. 2000 yılında yaklaşık 15 üreticinin 20.000 adetlik üretimi, toplamda da 300.000 adetlin üretimi tamamlanmış olmalıdır. Eğer hemen harekete geçilmezse Dünya'daki elektrikli otomobil gereksinmesi hiç de kolay karşılanacak gibi değildir.

Bu üretim seviyelerine nasıl geleceğimizi sorabilirsiniz. Ülke içindeki ve dışındaki büyük otomobil üreticileri 4-5 yıl içinde seri üretime geçecek şekilde tezgahlarını, test aletlerini ve sınırlı üretimini geliştirmek zorundadır. Ayrıca büyük otomobil üreticileri, elektrikle tahrik edilen sistemler için, üretim planlamalarına ve pilot fabrikalarına öncelik tanımayı kabul etmek zorundadırlar.

9.7.3 Özel destek

Elektrikli otomobiller hava kalitesi yönünden pozitif potansiyel sunan bir teknolojinin temsilcisidir. Ancak kısa bir dönem içinde, gerekli gelişmeler, bir çeşit özel destekle gerçekleştirilebilir.

Günümüzde, elektrikli otomobillerin ticari kullanımına destek olan bazı organizasyonlar yapılmalıdır. Böylece birçok konuda büyük başarılar kazanılabilir. Bu gurupların çalışmaları iyi bir şekilde organize edilebilirse, bireylerin ayrı ayrı elde edebileceği başarıdan daha fazlası elde edilebilir.

Bizler yeryüzüne yayılacak bir organizasyonu geliştirmek zorundayız. Böylece kamu sektörünü de içine alan bir çalışma başlatılabilir.

Elektrikli otomobil için sağlanabilecek özel destekler, finansiyel ve organizasyon açısından üreticileri, pilot

fabrikaların kurulmasını ve üretim planlamasını desteklemek için kullanılmalıdırlar. Ayrıca elektrik üreticileri ve ilgili kurumların katılımıyla özel sektörden kapital sağlanmalıdır. Bunların yanı sıra bölgesel ve yerel yönetimlerde, arz ve talep dengesinin çözülmesi için bazı düzenlemeler yapılmalıdır.

9.7.4 Hükümet desteği

Devlet, bölgesel ve yerel yönetimler, elektrikli otomobil için düzenleyici destek sağlarsa ileride olacak araştırmalar ve potansiyel güçlenecektir. Bekle-gör dönemi veya desteğin eksilmesi, havanın temiz olmasının maliyetini her an yükseltmektedir.

Bu konuda devletin sunabileceği çeşitli alternatifler oluşturulabilir:

- Temiz hava hisse senetleri satılarak fon oluşturulabilir. Böylece, elektrikli otomobil satışı arttırılıp, araştırma ve geliştirme ürünleri desteklenebilir.

- Ekzoz emisyonuna göre, temiz yakıtlı araç alımını arttırmak için, klasik taşıtlar için çok yüksek kirlenme vergisi koyulabilir. Elde edilen fonlar, elektrikli otomobil satışını desteklemek için kullanılabilir.

- Elektrikli taşıt net satış fiyatları, içten yanmalı motorlu tip otomobillerle rekabet edebilecek ve 2000 yılında azalmaya başlayacak şekilde desteklenebilir.

- Sabit emisyonlara ulaşabilmek için teşvik/krediler sağlanabilir, kirliliği azaltabilmek için sabit ya da hareketli yakıt istasyonlarının kurulması desteklenebilir.

- Bazı pilot uygulamalarla, büyük şehirlerde elektrikli otomobil kullanımı zorunlu yapılabilir.
- Yatırım teşvik kredisine benzer bir metotla elektrikli otomobil üretimi desteklenebilir.
- Satış vergileri ayarlanıp, elektrikli taşıt satışı cazip hale getirilebilir.

Devletin sunabileceği bu alternatiflerin yanında, tabii ki bölgesel ve yerel yönetimler de bazı alternatifler oluşturmaktadır:

- Emisyon standartlarını zorlayıp elektrikli otomobil kullanımını bölge içinde ve dolmuş tipi taşımacılıkta desteklemelidirler.
- Şu anda az olan elektrikli otomobil üretimi, düşük faiz veya finansal destek şeklinde fonlar sağlanarak 2000'li yıllarda desteklenebilir.

9.7.5 Taşıt maliyeti ve fiyat desteği

Tüketici elektrikli otomobillere nasıl çekilebilir ? Başlangıçta fiyat açısından elektrikli taşıt üreticileri, benzinle çalışan taşıtlarla rekabet edemeyecektir. Doğal olarak da birçok müşteri için fiyat en önemli unsurdur. Müşteriye uygun fiyat ancak, daha sonraki yıllarda diğer araç tipleriyle rekabet edebilir düzeye gelecektir. Bu da ancak aşağıdaki metotlardan birinin ya da kombinasyonlarının uygulanması ile gerçekleştirilebilir:

- 2005 yılında kesilmek üzere elektrikli otomobil alıcılarına subvansiyon uygulanması.
- Sürekli uygulanmak üzere, her türlü taşıtın özelliğine göre, satış fiyatının içine kirlenme vergisi konulması.

- Daha önce bahsedildiği gibi, cezbedici fiyat uygulaması.

Birkaç yıl içinde, bu talep artışının sonucu olarak, elektrikli otomobillerin, potansiyel pazarda çekiciliği diğer taşıt üreticilerine sunulacaktır. Böylece fiyatlar, diğer üreticileri elektrikli otomobillere çekecektir. Ortaya çıkan olay, 1970 yıllarında Japon araba üreticilerinin A.B.D. de ulaştıkları başarıya benzer bir yol açacaktır. Satış stratejisinde ilk aşamalarda, zararı göze alarak satış fiyatı düşürülür. Gittikçe artan satış hacmi olduğunda, ünite başına düşük kar oranları koyularak üreticinin yüksek kazancı ortaya çıkar.

9.7.6 Yakıt sağlanması ve dağıtımı

Elektrikli otomobil konusunda elektrik üreticilerinin ilk çabası, gelecek 5-10 yıl içinde gerekecek yeni tesislerin planlanmasıyla uğraşmak olmalıdır. 2000 yılından hemen sonra elektrikli otomobillerin çoğalmasından dolayı, ülkenin artan elektrik gereksinimleri için gerekli çalışmalar başlatılmış olmalıdır.

Elektrikli taşıtlarda tüketilecek elektrik miktarı düşünülürse, ek üretim gereksinimi ortaya çıkar. Her bir milyon elektrikli taşıt yılda 7.5 milyar kWh elektrik tüketir. Bilindiği gibi büyük bir güç santralının kapasitesi 850 megawatttır. Örneğin Los Angeles'ta 2010 yıllarında istenen hava kalitesine ulaşılabilmesi için 6.7 milyon elektrikli taşıta gereksinme vardır ve bu da yaklaşık olarak 5700 megawatt demektir. Elde bulunan santrallar bu gereksinimin bir bölümünü karşılasa da yeni santrallara duyulan ek gereksinme açıkça ortadadır.

Batarya teknolojisindeki gelişmeler yeniden şarj edilmeyi hem gece, hem de gündüz hızlandırmalı ve

kolaylaştırmalıdır. Fakat bu gelişen teknolojilerle yeni sorunlar gündeme gelecektir. Örneğin, bataryaların gündüz şarj edilmesi yeni yüzyılın ilk on yılında şehir şebekesine oldukça büyük bir yük getirebilir. Bütün bu yüklerin kolayca kaldırılabilmesi için elektrik üreticilerinin planlarını yapması gerekmektedir.

Elektrik üreticilerinin, yakıt sağlanması ve dağılımı konusunda da yükümlülükleri vardır. Özel sektör yakın gelecek için, elektrik üreticilerinin önemli yatırımlarının alt yapıya, istasyonlara ve benzeri ekipmana yönelmesini sağlayabilir. 2000'li yıllarda hızlı şarj veya batarya değiştirme istasyonları kurulmuş olmalıdır.

9.7.7 Mümessillik ve servis

Sonuç olarak elektrikli taşıtlar tüketiciye ulaştırılıp bakımı sağlanmalıdır. Bunun da anlamı daha fazla alt yapıdır:

- Büyük temsilci firmalar ürünlerin satılmasında büyük rol oynar. 2000'li yıllarda temsilci firmalar ürünlerde büyük sorumluluklara sahip olacaklardır.
- Yakın gelecekte satış ve dağıtım, çeşitli kuruluşlarda hep anahtar rolü oynayacaktır.
- Büyük otomobil üreticilerinin finansal kollarının ve bankaların, sınırlı da olsa elektrikli taşıt satışını desteklemeye başlamaları zorunludur.

9.8 Sonuç

Günümüzün basit bir prototipinden, geleceğin yüksek performanslı ve karmaşık, milyonlarca elektrikli taşıtına ulaşıncaya kadar gideceğimiz oldukça fazla yol vardır. Eğer günümüzün oldukça kirli havasından,

yarının tertemiz havasına ulaşmak istiyorsak titizlik göstermemiz gereken konular var: Sorumluluklar yerine gelmeli, vergiler ödenmeli, bütün kamu ve özel guruplar koordine edilmelidirler.

Geçmişteki elektrikli taşıtlarla ilgili çabalar enerji ve petrol bağımlılığını azaltmak içindi. Ancak petrol istasyonları gelişince bu çabalar başarısızlıkla sonuçlanmıştı. Günümüzdeki petrol fiyatlarının yüksekliği elektrikli taşıtları hala çekici kılmaktadır; fakat sadece bu sebep elektrikli taşıt teknolojisini geliştirecek kadar yeterli değildir. Elektrikli taşıtların ticarileşmesini sağlayacak çözüm o kadar uzakta olmamalıdır, havanın temizliği, düşük enerji ve bakım fiyatı, daha az ses kirliliği v.b. çok önemli faktörlerdir. Gerekli alanlarda yapılacak sıkı bir çalışmayla elektrikli taşıtlar gelecekte çok önemli roller oynayabilirler.

Burada elektrikli taşıtların yaygınlaşması için gerekli yollar açıkça gösterilmiştir. Bu konuda başarılı olunabilmesi için bütün yolların yakın gelecekte uygulanması gereklidir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrikle tahrikli otomobillerin geliştirilmesinde en büyük etken, yoğun yerleşim bölgelerinde gözlenen çevre kirliliğidir. Bunu önleyebilmek için en iyi çözüm çevreyi kirletme etkisi olmayan ve enerji ekonomisi sağlayan elektrikli otomobiller'dir.

Elektrikli otomobiller; benzin ya da dizel motorlu otomobillerle karşılaştırıldığında, birçok yönden üstünlükleri görülebilir. Elektrikli otomobillerin atmosfere gaz yayması yok gibidir. Ayrıca, bu tip otomobiller, dünyada gittikçe azalan petrolden bağımsızdırlar. Diğer benzinli, ya da dizel motorlu otomobillerden daha sessiz çalışırlar, kumanda ve bakımları daha kolaydır, çok uzun ömürlüdürler ve bakım gereksinimleri de çok azdır.

Ülkemizde, elektrikli otomobillerde ne yazık ki seri üretime geçilmediği gibi, konuyla ilgili sektörde herhangi bir çalışma yapılmaması da çok düşündürücüdür.

Seri üretime geçildiğinde; elektrikli otomobillerde hangi tahrik sisteminin daha uygun olacağı sorununu çözebilmek için kullanıcının isteklerini, gereksinimlerini ve otomobile ödeyeceği bedeli değerlendirmek gerekir. Optimal çözüm; genellikle yüksek teknoloji ile buna ödenecek bedelin ara kesitinde bulunur.

Elektrikli otomobillerin tahrik sistemleriyle ilgili beklentiler; uzun mesafe, yüksek ivme, yüksek hız sınırı, eğimli yolda gidebilme yeteneği, sessiz

çalışabilme, uzun ömür, güvence, güvenilirlik ve konfor'dur.

Belirli bir sürücü isteği pek çok teknolojik niteliği etkileyebilmektedir. Örneğin, yüksek ivme arzusu; motorda, büyük moment üretilmesini, motordan büyük akımların akmasını, akülerin gerekli gerilimi sağlamasını gerektirirler; bu ise, sistemin çabuk ısınma etkisini doğurur.

Tahrik sistemi seçilirken ve sistem optimize edilirken tüm sistem elemanlarının birlikte çalışma zorunluluğunda olduğu, elemanların birbirlerini etkilediği ve bataryaların durumu, göz önünde bulundurulmalıdır.

Tahrik sistemine elektronik ve elektromekanik elemanlarla kumanda edilir. Gereksinmeye ve koşullara göre bu elemanlar diğer elemanlardan bağımsız olarak sisteme eklenip çıkarılabilir olmalıdır. Kumanda devreleri, diğer elemanlar tarafından hiçbir şekilde etkilenmemelidir.

Elektrikli otomobillerden beklenenler; doğal olarak içten yanmalı motorlu tip otomobillerin teknolojisinin sağladığı avantajlardan daha az olamazlar. Bugünkü bataryaların kapasitesi, elektrikli otomobilin mesafe, hız, ivme ve enerji depolama niteliklerini belirlerler. Yapılan çalışmalar ise; mesafeyi daha çok arttırabilmek ve fiyatları daha ekonomik yapmak içindir. Sodyum sülfürlü batarya teknolojisi, mükemmel bir uzun mesafe ve performans sağlar. Bu nitelikleri de diğer bataryalarla yarışabilmesini sağlar. Otomobillerdeki test sonuçları; brüt ağırlığa, aerodinamik niteliklere, sürtünme katsayısına ve dişli kutusunun etkisine bağlı olarak farklılıklar gösterirler.

Elektrikli otomobillerde kullanılabilir enerji kapasitesinin sınırlı olması, elektrik motorlarının

kolay kontrol edilebilir olması, çeşitli tahrik düzenlerinin kullanılması sonucunu doğururlar. Bölüm 5'te, bu tahrik sistemleri ve nitelikleri açıklanmıştır. Tahrik sistemi ele alındığında; motorla birlikte elektriksel kumanda düzeni, dişli düzeni ve soğutma sistemi de gözönüne alınmalıdır. Sistemler ana hatlarıyla karşılaştırıldığında; bugün doğru akım motorları ekonomik bakımdan, alternatif akım motorları ise teknik yönden en iyi çözümü verirler. Bu sonuç, yüksek verim, küçük kütle, küçük boyut, yüksek ivme ve aşırı yüklenebilirlik gibi nitelikler için de geçerlidir.

Elektrikli kumanda sistemi, asenkron ve daimi mıknatıslı motorlar için aynıdır. Farklı motorlar için gerekli davranışlar mikroişlemciler programlanarak elde edilir. Tahrik sistemi için, daimi mıknatıslı senkron ya da relüktans motor kullanıldığında daha az rotor kayıpları oluşur. Stator sargılarında zorunlu su soğutması kullanılırsa, çıkış gücü, bir hava soğutmalı motorun iki katına kadar arttırılabilir. Ayrıca, gürültü düzeyinin daha düşük oluşu ve kayıpların ısıtma için klimada kullanılması da birer avantajdır.

A.C. tahrik için geliştirilen ETX-II prototipi; yüksek verimi, performansı ve tahrik sisteminin kullanılabilirliğinin yüksekliği nedenleriyle elektrikli otomobil sektöründe daha büyük pazar alabilir. Otomobil, daimi mıknatıslı bir motora sahiptir ve bu motor 2 vitesli daimi aksla akupledir. Güç, transistörlü evirici ile bataryadan elde edilerek, optimum tasarıma ulaşılmıştır. Böylece; elektrikli otomobil sistemleri geliştirilerek endüstrinin ilgisi çekilip piyasa rekabeti başlatılmıştır. Sistemde, elektrikli motor ve tahrik, aynı aks üzerinde tekerleklerle akupledir.

Genelde elektrikli otomobil teknolojisinin gelecekteki gelişme amacı; tahrik sisteminin veriminin arttırılması,

geniş bir hız aralığında daha uygun hız-moment karakteristiğinin geliştirilmesidir. Hız aralığı daimi mıknatıslı senkron motorlarda alan zayıflatma yöntemiyle genişletilebilir. Enerji geri kazanımı, güvence ve konfor, sistem göz önüne alınarak değerlendirilir. Tahrik sisteminde kullanılan elemanların fiyatlarındaki düşüşler gelecekteki uygulama ve gelişme yönünü belirlerler.

Elektrikli otomobiller, çevre sorunları bulunan yoğun yerleşim bölgelerindeki ulaşım alternatif bir çözümdür. Bataryaların hızlı gelişimi, elektrikli otomobilin kullanımına en büyük desteği vermektedir. Uygulamalar, elektrikli otomobillerin bugün seri olarak üretilebileceğini göstermektedir.

Elektrikli otomobillerin kullanıldığı süredeki giderleri, icten yanmalı motorlu tip otomobillerden daha azdır.

Elektrikli otomobiller enerji tüketimi açısından incelendiğinde, doğru akım motorlu elektrikli otomobillerin, alternatif akım motorlu otomobillere göre daha az enerji tükettikleri görülür. Fakat, son zamanlarda yapılan ilerlemelerle alternatif akım motorlu otomobillerin enerji tüketimi de gün geçtikçe azaltılmaktadır.

Gün geçtikçe artan petrol fiyatları, elektrikli otomobilleri ekonomik açıdan cazip hale getirmektedir. Ayrıca, yapılan bu çalışma ile elektrikli otomobiller için tanımlanan yeni faktörlerle ve yapılan maliyet analizleriyle; elektrikli otomobilin klasik otomobillere göre üstünlüğü kanıtlanmıştır.

Teknolojik bilgiler, üretimde kullanıldıkça, yeni yaklaşımlardaki gelişmeler aynı paralellikte sürmektedir. Bu gelişmeler, elektrik tahrikli sistemlere

enerji sağlanması ve ekonomik kullanımı açısından çok önemlidirler.

Ülkemizde de, ne şekilde olursa olsun elektrikli otomobilin geliştirilme çabalarına devam edilmelidir. Bu konuda gerekli çalışmaların yapılması için gerekli bilgiler bölüm 9'da elektrikli otomobilin teknik ve ekonomik bakımdan yapılabilirlik incelenmesinde verilmiştir. Petrol, yavaş yavaş azalan ve yenilenmesi mümkün olmayan bir kaynaktır ve şu anda yeteceği güvencesi şüphelidir.

Yakın zamanda, elektrikli otomobilin hayatımıza girişi, sahibine sağladığı ekonomiklik, uygunluk ve rahatlıkla belirlenecektir. Uzun vadede tek seçenek olabilir.

Sonuç olarak; bu çalışma, bu alanda ülkemizde yapılmış ilk bilimsel araştırmadır. Konu ilk defa bu kadar geniş bir şekilde ele alınmıştır. Bu bilimsel etüd, gelecekteki çalışmalara ve üretilere de çıkış noktası olacaktır. Gereken önem verildiğinde ve finans katkısı sağlandığında ülkemizde de bu tip modern elektrikli otomobiller üretilebilir. Bu çalışma, bu işin yapılabileceğini de teknik bakımdan kanıtlamaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- ACKVA, A. and RECKHORN, T., 1990. On-Board Supply System with Bidirectional Converter for Electric Vehicles. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 324-329, Hong Kong.
- 2- ANDERSON, W.M. and CAMBIER, C., 1990. An Advanced Electric Drivetrain for EVs. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 209-221, Hong Kong.
- 3- ANDERSSON, B. and ESSE, B., 1990. EV Operations: Results of a 3 Year Follow Up Program and Suggestions to Promote EV Utilization. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 804-817, Hong Kong.
- 4- ANGELIS, J. and SEDGWICK D., 1986. Drive Characteristics of Sodium Sulphur Battery Operated Vehicles. VIII. International Electric Vehicle Symposium, p.650-658, Washington.
- 5- BATES, B. and STOKES, G.P. and CICCARELLI, M.F., 1988. ETX-II-A Second Generation Advanced A.C. Propulsion System. IX. International Electric Vehicle Symposium, p.60-69, Toronto.
- 6- BAUSCH, H. and EHRHART, P., GRUNDL, A., HEIDELBERG, G., 1990. Road Vehicle with Full Electric Gear. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.104-114, Hong Kong.
- 7- BIRNBREIER, H. and FISCHER, W., 1986. A Sodium-Sulphur Battery for Electric Vehicle Propulsion. VIII. International Electric Vehicle Symposium, p.324-327, Washington.
- 8- BRUSAGLINO, G., 1990. Electric Propulsion Development in Fiat for Diversified Applications. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.284-305, Hong Kong.

- 9- BUONAROTA, A. and MENGA, P., SCARIONI, V., 1986. Setting Up of Effective Procedures for Battery Management as Regards Recharging and State of Charge Evaluation. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 358-367, Washington.
- 10- BURKE, A.F. and DOWGIALLO, E.J., 1990. Evaluation of Pulse Power Devices in Electric Vehicle Propulsion Systems. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 421-438, Hong Kong.
- 11- CAMBIER, C. and GOGUE, G., 1990. Engine Management for Hybrid Electric Vehicles (An Advanced Electric Drive Train for EVs). The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 760-776, Hong-Kong.
- 12- CORNU, J.P., 1990. The Ni-Cd Battery : The Actual Best Electrochemical Generator for EV. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.553-558, Hong Kong.
- 13- DRIGGANS, R.I. and HITEHEAD, G.D., 1988. Performance Characterization Testing of the GM Griffon and G van. EVS-9, p.95-102, Toronto.
- 14- DUSTMANN, C.H., 1990. ABB High Energy Batteries Ready for the Market. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.888-897, Hong Kong.
- 15- DUSTMANN, H.C., 1991. High Energy Battery and Drive System for Electric and Hybrid Vehicles. ELBIL, p.1-10, Germany.
- 16- FALT, J. and KARLSSON, R., HYLANDER, J., 1990. Design of Electric Motors and Convertors for Electric Vehicles. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.351-358, Hong Kong.
- 17- FENTON, J.E. and SIMS, R.I., 1990. Advanced Electric Vehicle Powertrain (ETX-II) Performance: Vehicle Testing. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.867-877, Hong Kong.
- 18- FIJALKOWSKI, B., and KROSNICKI, J., 1990. Novel Experimental Proof of Concept Electromechanical Single Shaft Automotive Very Advanced Propulsion Spheres. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 115-131. Hong Kong.

- 19- FLOYD, A.W., 1988. Electric Vehicle Propulsion and Magnetic Levitation. SAE 881168, p. 249-256, San Francisco.
- 20- FUKINO, M. and IRIE, N., 1990. Development of Nissan Micra EV-2. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 200-208, Hong Kong.
- 21- GRIS, A. and SHLADDOVER, S.E., 1989. Evaluation of Potential Hybrid Electric Vehicle Applications. U.S. Department of Energy, p.722-737, Washington.
- 22- GOSDEN, D.F., 1990. Sydney University EV Research Program. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.154-164, Hong Kong.
- 23- HAUCK, B. and KAHLEN, H., 1990. Energy Measuring Device for Electric Vehicles. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 950-958, Hong Kong.
- 24- HAYDEN, C.L., 1990. Electric and Hybrid Vehicle Progress in the Americas. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.1-5, Hong Kong.
- 25- HERMANN, B. and WILFRIED F., GARY, N.B., 1986. A Sodium-Sulphur Battery for Electric Vehicle Propulsion. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 324-327, Washington.
- 26- HILAIRE, J., 1990. Renault Master Electrique ; 300.000 Kilometers in Daily Urban Use. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.857-866, Hong Kong.
- 27- ISHIKAWA, T. and FURUTANI, M., 1990. A.C. Motor Propulsion System for Electric Vehicle. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.228-234, Hong Kong.
- 28- ITOH, K. and WATANABE, T., ITO, Y., 1990. Development of Light Commercial Van "Every" Electrically Powered, for Multi Purpose Use. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.71-79, Hong Kong.
- 29- JAMES, W.S., 1986. G.M. Griffon Van Customer Opinion Research. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 296-230, Washington.

- 30- JERRY, M. and BRUNNER, J., 1988. Electric Vehicle Commercialization. IX. International Electric Vehicle Symposium, p.56-64, Toronto.
- 31- JOHNSON, W.N., 1986. Establishing the Infrastructure for A Major EV Fleet. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.530-538, Washington.
- 32- JOHNSON, W.N., 1990. A Life Support System for Electric Vehicles. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 845-850, Hong Kong.
- 33- JURGEN, A. and EARL, A.H., 1986. An Electric Drive System for the Chrysler T-115 Van. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.194-197, Washington.
- 34- KAWASAKI, T. and ARIYOSHI, M. and NAKAMURA, H., 1990. Development of Small and Attractive EV. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.88-97, Hong Kong.
- 35- KELLEDES, W., 1986. Optimization of An Integrated A.C. Propulsion System. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.379-386, Washington.
- 36- KENNETH, B. and WILLIAM, R.M., 1986. EV Tecnology- Where We Were, Where We Are and Where We're Going. The 8th International Electric Vehicle Symposium, p.103-109, Washington.
- 37- KING, R.D. and SCHENECTADY, N.Y., KONEDA, P.T., 1986. Advanced Electric Vehicle Powertrain (ETX-I) Performance - Component Testing. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.387-396, Washington.
- 38- KING, R.D. and DELGADO, E., SZCZESNY, P. M., TURNBULL, F.G., 1986. High Performance ETX-II 70-hp Permanent Magnet Motor Electric Drive System. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.587-595, Washington.
- 39- KING, R.D. and PARK J.N., 1986. Integration and System Tests of the Ford/General Electric A.C. Electric Drive System. SAE, 850199, p.120-127, Amerika.

- 40- KING, R.D., 1990. ETX-II 70 Hp Electric Drive System Performance - Component Tests. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.878-887, Hong Kong.
- 41- KROPP, C.F., 1986. A Municipal Electric Utility's Perspective of the Electric Vehicle. 21st Intercociety Energy Conversion Engineering, p.826-830, San Diego.
- 42- KUNO, H. and KIMURA, Y., 1990. Development of the IGBT Inverter for Electric Vehicle. The 10th International Electric Vehicle Symposium, P.235-242, Hong Kong.
- 43- LECHNER, E.H. and EMPEY, D.M., 1990. Testing of A Roadway Powered Vehicle Prototype. The 10th International Electric Vehicle Symposium, P.959-973, Hong Kong.
- 44- LENTS, J.M., 1990. Electric Vehicles and Future Air Quality in the Los Angeles Basin. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.1076-1082, Hong Kong.
- 45- LINDQUIST, J. and SHAH, H. and WILLS, A., 1990. Electric Vehicle Cost Competitiveness in the United States and Europe : Implications for the US Electric Vehicle Industry. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.1000-1006, Hong Kong.
- 46- MACDOWALL, R.D. and CRUMLEY, R.L., 1986. Comparative Performance Evaluation of Advanced A.C. and D.C. Propulsion Systems. Proceedings of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.142-151, Washington.
- 47- MANCO, G. and PAGANO, E., SCARANO, M., 1990. Inverter-fed Asynchronous Motors Controlled via PC as Multipurpose Electrical Motors. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.243-253, Hong Kong.
- 48- MANGAN, M.F., 1988. Sodium-Sulphur Batteries for Electric Road Vehicles. Beta Battery Workshop V11, p.16-20, Amerika.
- 49- MARONGIU, I. and PERFETTO, A., 1990. Brushless Motors Especially Driven for Optimal Traction Performances. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.191-199, Hong Kong.

- 50- MILLER, J.F. and LEE, J., 1986. Batteries for Hybrid Vehicles or Other High Power Applications. Proceeding of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p.172-178, Washington.
- 51- NEBASHI, I. and KITAOKA, T. and ONO, M., 1990. Development of the Ultimate Small Electric Vehicle "Dream Mini". The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.80-87, Hong Kong.
- 52- NEILL, D.R. and YU, C.H., LU, J., 1990. Report on Hawaii's Electric Vehicle Program. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.913-921, Hong Kong.
- 53- NELSON, T. and LIGHTHPE, R., CAMBIER, C., 1990. A Natural Gas Hybrid Electric Minivan. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.777-783, Hong Kong.
- 54- NEUMANN, G. and KAHLEN, H., 1990. Drive System for An Electric Vehicle with Bus Connection. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.132-145, Hong Kong.
- 55- PATIL, P.B. and REITZ, P.T., 1988. ETX-II Vehicle Control System. FISITA Congress, p.25-31, Michigan.
- 56- PATIL, P.B. and DAVIS, R.I., 1988. ETX - II Propulsion System Design. IX. International Electric Vehicle Symposium, p.420-431, Toronto.
- 57- PEDRELLI, M. and SAVOLDELLI, A., 1990. Electric Vehicle Project. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.922-933, Hong Kong.
- 58- RESH, T.J., 1990. Commercial Consequences of Electric Transportation in the 21st Century. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.989-994, Hong Kong.
- 59- RISSER, R. and BEVILACQUE, O., 1990. PG & E's Evaluation of the Electric G-Van. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p.818-831, Hong Kong.

- 60- ROY, A. and LAWRENCE, G., 1986. The Hybrid Vehicle Revisited. Proceeding of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 219-228, Washington.
- 61- SARIDAKIS, N. and JOSEFOWITZ, W., 1986. Petrol-Electric Hybrid Drive in the VW Golf. Proceeding of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 241-249, Washington.
- 62- SETO, T. and ITO, N., ENDO, K., SHIMODA, T., 1990. High Efficiency Motor and Controller Using Rare Earth Magnets. The 10th International Electric Vehicle Symposium, p. 175-187, Hong Kong.
- 63- STOKES, G.P. and BRETZ, J.F. and KINNELLY, A.A., 1988. ETX-II Test Vehicle. IX. International Electric Vehicle Symposium, p.70-79, Toronto.
- 64- URAL, A., 1991. Modern Elektrikli Ulaşım Sistemleri, s.1-7, Türkiye.
- 65- URBANKE, C., 1987. Three-Phase Technology for Electric and Diesel-Electric Vehicles and Locomotives. IEE International Conference on Electric Railway Systems for A New Century, No.279, p.48-52, London.
- 66- VICTOR, W., 1986. Two Decades of High Performance EV Fleet Experience. Proceeding of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 82-97, Washington.
- 67- WERNER, H., 1993. Moderne Antriebssysteme für Elektroautos. Siemens Zeitschrift, No.67, p. 38-41, Germany.
- 68- WILLIAM, H., 1986. Hybrid Vehicles and Consumer Preferences. Proceeding of the Eighth International Electric Vehicle Symposium, p. 109-117, Washington.
- 69- YUTAKA, A., 1986. State of the Art and Overview on R and D and Demonstration for EHV in Japan. Japan Electric Vehicle Association, p. 20-25, Tokyo.

EKLER

Bu tez hazırlandığı sırada, maliyet hesapları aşağıdaki döviz kurları baz alınarak yapılmıştır:

1 \$ = 13.114.- TL

1 FF = 2.220.- TL



ÖZGEÇMİŞ

Sule KUŞDOĞAN, 1967 yılında Nevşehir'de doğdu. İlk öğrenimini Kocaeli'nde Seka İlkokulu, orta öğrenimini İnkılap Ortaokulu ve İzmit Lisesi'nde tamamladı. 1984 yılında girdiği Y.Ü. Koceli Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 1988 yılında Elektrik Mühendisi olarak mezun oldu. Ekim 1989-Ocak 1990 yılları arasında, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.

1989 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde Elektrik Yüksek Mühendisi olarak görev yapmaktadır.