

# Hurdaya Ayrılmış Bir Aracın Elektrikli Araca Dönüştürülmesi

Hikmet Rende <sup>\*1</sup>

Efecan Karaman <sup>2</sup>

Esin Altındal <sup>3</sup>

## ÖZ

Fazla yakıt tüketimi ve çevreye verdikleri zarar sebebiyle trafikten çekilen araçlar, hurdaya gönderilerek çürümeye bırakılmaktadır. Oysa bu araçların çoğunun yürüyen aksamaları iyi durumdadır. Bu çalışmada, hurdaya gönderilen içten yanmalı motorlu hafif binek bir aracın tam elektrikli hale dönüştürülmesi amaçlanmıştır. İçten yanmalı motorlu araçtan çıkartılan parçalar, elektrikli araçta bulunması gereken bileşenler ile yer değiştirilerek mekanik ve elektronik dönüşüm sağlanmıştır. Elde edilen elektrikli aracın ağırlığında 300 kg'a yakın azalma meydana gelmiştir. Ayrıca araç, 31 km/h sabit hızla 45,6 km menzili yaklaşık 4 kWh'lik enerji tüketimi ile tamamlayabilmiştir. Bu örnek çalışmayla, hurdaya çekilen eski araçlar tekrar sisteme kazanılarak, çevre dostu ve ekonomik ulaşım mümkün olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik motoru, elektrik enerjisi, içten yanmalı motorlu araç, çevre dostu, ekonomik ulaşım

## Converting Clunker Vehicle to an Electric Vehicle

### ABSTRACT

The vehicles which are withdrawn from the traffic because of consumption too much fuel and giving damage to the environment are given up to decay in the junkyards, whereas moving parts of many of them are agreeable. The aim of this study was to convert the light vehicle with an internal combustion engine sent to the junk to the electric car. The parts removed from the internal combustion engine powered vehicle were changed with the parts which required in an electric car. Thus, the mechanical and electronic conversions were completed. The electric car weight decreased almost 300 kilograms. In addition, the vehicle could complete the range of 45.6 kilometer with a speed of 31 km/h and about a power consumption of 4 kWh. The old vehicles that sent to the junkyards could save again with this pilot study. Hence, environment friendly and economic transportation could be possible.

**Keywords:** Electric motor, electric energy, internal combustion engine powered vehicle, environment friendly, economic transportation

---

\* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 02.06.2017

Kabul/Accepted : 08.09.2017

<sup>1</sup> Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya - hrende@akdeniz.edu.tr

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya - efecankaraman@akdeniz.edu.tr

<sup>3</sup> Milli Eğitim Bakanlığı, Kepez İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü, Antalya



## 1. GİRİŞ

Otomobil teknolojisi, içten yanmalı motorların kullanımının başlamasından bu yana benzin, motorin, LPG gibi yer altı kaynakları ve işlenmiş ürünleri kullanarak hareket enerjisi üretme yoluna gitmiştir. Otomobil fiyatlarının günümüzde makul seviyelerde olmasından dolayı trafikteki mevcut içten yanmalı motorlu otomobillerin sayısı oldukça fazla ve dolayısıyla şehirlerde çevreye salınan zararlı gazların büyük çoğunluğunu araçlar oluşturmaktadır. Çevreyi kirleten ve atmosfere atılan kirleticilerin tümü içinde; karbon monoksitin %65'i, azot oksitlerin %55'i, hidrokarbonların ise %45'i benzin ve dizel yakıtı kullanan taşıtların egzoz emisyonlarından kaynaklanmaktadır [1]. Bu zararlı gazların salınımı, insan sağlığı için son derece ciddi tehlikeler yaratmaktadır. Bu nedenle çevre ve insan için zararlı etkiler doğuran fosil yakıtların tüketiminin sonlanması için çözüm, elektrikli araçların yaygın olarak kullanılmasıdır [2].

Elektrik enerjisinin otomobillerde hareket enerjisi olarak kullanılabilirliği, çevre dostu oluşu ve ekonomiye katkısı, elektrikli araçlara olan ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır. Dolayısıyla otomobil üreticileri de elektrik enerjisinin avantajlarından dolayı elektrikli araçlara olan ilgiyi ve AR-GE çalışmalarını arttırmışlardır. Elektrik enerjisi günümüzde kömür, doğal gaz ve petrol türevleri gibi çevreye karbon salınımı yapan yakıtlardan üretilebildiği gibi hidroelektrik santralleri, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi gibi çevreye karbon salınımı anlamında zarar vermeyen doğal enerji kaynaklarından da üretilebilmektedir. Çevre dostu olmak amaçlandığında, içten yanmalı motorlu otomobillerin elektrikli otomobillere dönüştürülmesi ve elektrikli otomobillerin de elektrik enerjisi kaynağı olarak doğal enerji kaynaklarını kullanmasını sağlamak esas olmalıdır.

Günümüzde içten yanmalı motorlu otomobillerin sayısı elektrikli otomobillere göre oldukça fazladır. Öte yandan içten yanmalı motorlu bu araçların birçoğu da her yıl fazla yakıt tüketimi, çevreye yaydıkları gürültü kirliliği gibi sebeplerle trafikten çekilmektedir. Bu durum, araç hurdalıklarının her marka ve modelde çok çeşit ve sayıda araçla dolup taşmasına sebep olmaktadır. Son yirmi yıldır firmalar şase ve kaporta çürümelerine karşı on yıl garanti vermektedir. Dolayısıyla trafikten çekilen bu araçların çoğu şase ömrünü tamamlamamıştır. Bu nedenle, bu çalışmayla araç mezarlıklarında çürümeye bırakılmış, şase ve yürüyen aksamı iyi olan ve hurdaya ayrılan araçların elektrikliye dönüştürülerek tekrar kullanımı ve ekonomiye kazandırılması amaçlanmaktadır. Diğer bir amaç ise elektrikli araçları teşkil eden komponentlerin, Türkiye'de üretilmesi ve geliştirilmesini sağlamaktır.



## 2. HURDALARDAKİ ARAÇLARIN ÖNEMİ

Her yıl yüzlerce araç, fazla yakıt tüketimi ve çevreye verdiği zarar sebebiyle trafikten çekilmektedir. Hâlbuki bu araçların çoğu şase ömrünü tamamlamamıştır. Araç hurdalıkları, araç mezarlıkları bu durumda olan her türlü araçla dolup taşmaktadır.

Trafikten çekilerek çürümeye bırakılan araçların sayısı her yıl artmaktadır. Bu araçlar çürümeye bırakılarak, başta buldukları alanlarda çevresel kirliliğe yol açmaktadır. Ayrıca metal yüzeyler zamanla paslanarak toprağa karışmakta, dolayısıyla çevreye zarar vermekte hem de tekrar geri kazandırılabilir iken malzemelerin işlevlerini yerine getirmeden ömürlerini tamamlamalarına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla her alanda bir zarar söz konusudur. Başta şehirlerde ya da bu araçların toplandığı alanlarda kötü bir görüntü oluşmakta, bu görüntüler şehirlerin popülaritesini ve hatta bu şehirlerdeki yaşam standartlarını da kötü yönde etkilemektedir. Hurdaya bırakılan araçlarda bulunan çok çeşit ve sayıdaki malzemeler gerektiği gibi kullanılmayarak, bir işlevi yerine getirecekken çürümeye bırakılıp hem malzeme zararına yol açmakta hem de ekonomiye olumsuz yönde etki etmektedir. Çürümeye bırakılan her bir araç milli servettir. Bu nedenle araç mezarlıklarında, araç hurdalıklarındaki araçların tekrar sisteme kazandırılması gerekmektedir.

Hurdalıklarda bulunan araçların elektrikli araca dönüştürülmesinin avantajları oldukça fazladır. Çürümeye bırakılmış bu araçlar tekrar sisteme kazandırılarak malzemelerin yeniden kullanılmasına imkân sağlayacaktır. Hurdaya çekilen araçların sebep olduğu çevre kirliliği ortadan kalkacaktır. Elektrikli motorun herhangi bir emisyonu



Şekil 1. Araç Mezarlıklarında Hurdaya Bırakılan Araçlar [3]



olmadığı için çevreye zararlı gaz salınımı olmayacaktır. Otomotiv sektöründe kullanılan malzemelerin çoğu ithal edilmektedir. Dolayısıyla hurdaya çekilen araçların dönüştürülerek kullanılması ekonomiye katkı sağlayacaktır.

### 3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN SINIFLANDIRILMASI

Elektrikli araçların sınıflandırılması farklı kriterlere göre yapılmasına karşın günümüzde piyasaya sürülen elektrikli araçlar baz alınarak üç farklı tip sınıflandırmadan bahsetmek mümkündür. Bunlar; hibrit elektrikli araçlar, yakıt hücreli elektrikli araçlar ve tam elektrikli araçlardır [4]. Yakıt hücreli ve tam elektrikli araçlar hidrojen ve benzeri yakıt kullanarak elektrik enerjisi üretirken veya yalnızca elektrik enerjisi ile çalışmakta iken hibrit elektrikli araçlar ise elektrik motoru haricinde içten yanmalı motora da sahiptirler [2]. Yapılan bu çalışma ise tam elektrikli araç kapsamına girmektedir.

#### 3.1 Hibrit Elektrikli Araçlar

Hibrit elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçlardaki gücün üretimi ve kullanımı esnasında oluşan kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla ortaya çıkmıştır ve piyasada var olan farklı versiyonları bu kayıpları azaltmaya yardımcı olmaktadır. Hibrit araçların en önemli özelliği içten yanmalı motorun gücünü elektrikli motorun gücü ile birlikte kullanmasıdır. Özellikle şehir içi trafığında bu iki güç kaynağının kombinasyonu oldukça kullanışlı olmaktadır. Sürüş koşullarına göre sadece elektrik motorunun gücünden faydalanarak ya da içten yanmalı motor ve elektrik motorlarını birlikte kullanarak hareket edebilmektedir [6]. Böylece içten yanmalı motorun en fazla yakıt harcadığı duruş ve kalkış anlarındaki kayıplar elektrik motoru sayesinde en aza indirilir. Performans ve hız gerektiren durumlarda ise içten yanmalı motor devreye girerek aracın ihtiyacı olan yüksek gücü sağlamaktadır. Ayrıca bazı hibrit türlerinde ise frenleme ile azaltılmaya çalışılan kinetik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülerek akülerde depolanmaktadır.

#### 3.2 Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar

Yakıt hücreli elektrikli araçlar, hidrojen ve türevi yakıtlar kullanarak kimyasal bir süreç sonucunda elektrik enerjisi üretirler. Bu elektrik enerjisi, elektrik motorunda mekanik enerjiye dönüştürülür. Bu tür araçlarda atmosfere salınan yalnızca su buharı olmakla birlikte, reaksiyon sonucunda bir miktar da ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Bu araçlarda yakıt olarak kullanılan hidrojen, doğal kaynaklardan elde edilebildiği gibi biyolojik atıklardan da elde edilebilmektedir. Seçilen yakıtların saflığının yüksek oranda olması çevre açısından olumlu bir faktör olmaktadır.



### 3.3 Tam Elektrikli Araçlar

Tam elektrikli araçlarda tahrik, elektrik motoru ile sağlanır. Elektrikli araçta itme kuvvetinin artırılması için birden fazla sayıda elektrik motoru kullanan çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bu araçlarda, elektrik motorunun çalıştırılması için gereken enerji bataryalarda depolanan enerjiden sağlandığı için içten yanmalı motorlarda olduğu gibi benzin, dizel ya da başka bir yakıt kullanılmamaktadır. Dolayısıyla emisyon açığa çıkmamaktadır [7]. Ancak araç menzili, bataryaların kapasiteleri dolayısıyla sınırlıdır ve batarya şarj süreleri uzun sürmektedir.

## 4. TAM ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN BİLEŞENLERİ

Elektrikli araçlarda kullanılacak bileşenlerin seçiminde belirleyici faktör, dönüşümü yapılacak araçtır. Aracın dönüşüm yapılmadan önceki hızlanma süresi, maksimum tork değeri, maksimum hız gibi faktörleri dönüşümde seçilecek olan bileşenlerin özelliklerinde belirleyici olacaktır. Bileşen seçiminde bir diğer önemli faktör ise elektrikli aracın maksimum menzildir. Dolayısıyla menzilin en büyük belirleyicisi de akü kapasitesidir. Elektrikli araçlarda kullanılan komponentler aşağıda açıklanmıştır.

### 4.1 Elektrik Motoru

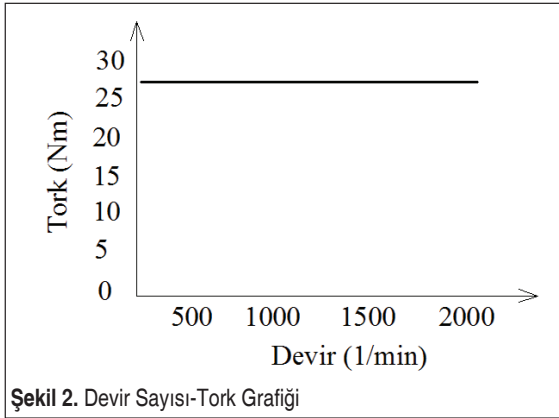
Elektrik motoru aracın özelliklerine ve elektrikliye dönüştürüldüğü zaman araçtan beklenen özelliklere göre değişmektedir. Fırçasız DC motor, elektronik olarak kontrol edilebilen bir motor türüdür. Fırçalı DC motorlarda elektrik iletimi, fırça-kolektör yapısı aracılığıyla rotordaki sarımlara iletilmektedir. Rotor sarımlarından geçen akımın yönü motor dönerken kendiliğinden değişmektedir. Ancak bu motorlar, aşınma ve kıvılcım çıkarma gibi problemlerden dolayı bakım gerektirmektedir. Fırçasız doğru akım motorlarında elektronik denetleyici ve bir mikro denetleyici sayesinde çalışır. Bu denetleme sistemi, anahtarlama ve zamanlama işlevini yerine getirir. Düşük ağırlık, yüksek verim, mikro denetleyici sistemi ve bakım maliyetlerinin düşük olması sayesinde bu motorlar elektrikli araç uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Kullanılan elektrik motorunun doğru akım bir motor seçilmesinin sebebi, ilave bir DC-DC veya DC-AC dönüştürücüye ihtiyaç duyulmasının gereğini ortadan kaldırmaktır. Doğru akım motorun fırçasız olması ile motor ömrü uzamaktadır. Çalışmada kullanılan elektrik motoru fırçasız ve doğru akım (DC) bir motordur. Ayrıca çalışmada motor seçiminde ekonomik etkenler dikkate alınmıştır. DC motorlarda kullanılan tork, hız ve güç hesaplarında aşağıda yer alan formül kullanılmaktadır.

$$T = \frac{P.9550}{n} \quad [\text{Nm}] \quad (1)$$

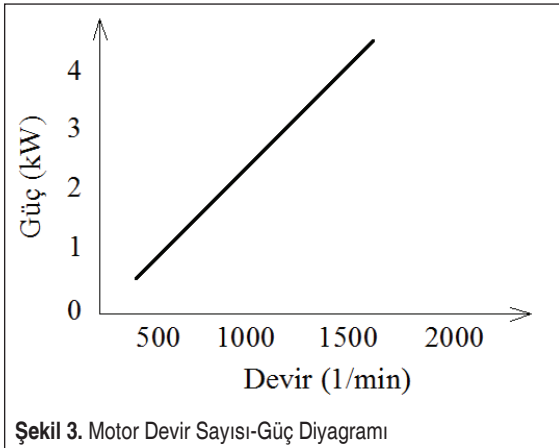


Denklem (1)'de verilen formülde;  $T$  tork [Nm],  $P$  güç [kW] ve  $n$  devir sayısını [1/min] göstermektedir. Kullanılan motorun devri 1500 1/min ve maksimum gücü 4 kW'tır. Bu durumda motorun torku, denklem (1)'deki formül kullanılarak 25,5 Nm olarak bulunmuştur. DC motorlarda, motorun ürettiği tork tüm devirlerde sabittir. Diğer bir deyişle, motor torku devirden ve güçten bağımsızdır. Şekil 2'de bulunan grafik, motor devri ile tork arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu durum motor gücü ile tork arasında da söz konusudur. Motor gücü ne olursa olsun tork her daim sabit kalacaktır.

Çalışmada kullanılan elektrik motorunun dakikadaki devir sayısına bağlı olarak güç değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Devir kontrolü sürücü devre tarafından motorun voltaj ve akımının kontrolü sayesinde gerçekleştirilir. Bu çalışmada, gerilimi 48 V olan bir DC motor seçilmiştir. Seçilecek motorun gerilimi ne kadar yüksek tutulursa, boyutları ve ağırlığı küçülmekte ve maliyeti de azalmaktadır. 4 kW gücündeki motor, bir tonun altındaki hafif binek araç için şehir içi ulaşımda yeterlidir.



Şekil 2. Devir Sayısı-Tork Grafiği



Şekil 3. Motor Devir Sayısı-Güç Diyagramı

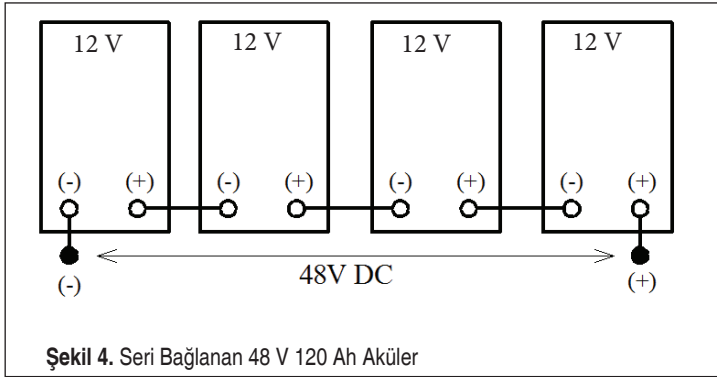


## 4.2 Akü (Enerji Deposu)

Farklı özellik ve türlerde aküler günümüzde mevcuttur. Aküler kullanım yeri, kullanım ömrü, istenen güç talepleri ve maliyet gibi çeşitli faktörlere göre seçilerek kullanılmaktadır. Özetle, teknolojik bir dönüşüm amaçlanıyorsa Li-ion veya NiMH aküler, maliyet önemli bir faktörse kurşun-asit aküler tercih edilebilir. Çalışmada maliyet faktörü göz önüne alınarak kurşun asitli aküler kullanılmıştır. 12 V 120 Ah dört adet akü seri bağlanarak 48 V 120 Ah elektriksel kapasite elde edilmiş olup formüle edilmiş şekli denklem (2)'de mevcuttur.

$$W=I \cdot U \text{ [W]} \quad (2)$$

Denklem (2)'de verilen formülde;  $W$  elektriksel güç [Watt],  $I$  elektrik akımı [A] ve  $U$  akülerin gerilimini [V] göstermektedir. Seçilen akü türünden bağımsız olarak, hemen her elektrikli araç modelinde aküler seri bağlanarak motor için gerekli olan voltaj değeri elde edilmektedir. Motorun ihtiyaç duyduğu voltaj ne kadar fazla ise kullanılan akü sayısı da o kadar orantılı olarak artacaktır. Piyasada genellikle 6 V veya 12 V'luk paketler halinde bulunan akülerde seri bağlantı oluşturulmaktadır. Bu tür seri bağlantılarda akünün bir saatte verdiği akım değeri oluşturulan sistemin bir saatte verdiği akım değerine eşit olmakta, sadece gerilim artmaktadır. Örneğin 120 Ah kapasiteye sahip akülerden oluşturulan seri bağlantıda akım değeri 120 Ah olmakta, sadece gerilim yükselmektedir.



## 4.3 Akü Şarj Cihazı

Akü şarj cihazlarının tasarımında sabit akımla şarj, sabit gerilimle şarj veya sabit akım-sabit gerilimle şarj gibi özellikler tanımlanmaktadır. Sabit akım özellikli bir şarj cihazı kullanılıyor ise şarj süresince gerilim zamanla yükseltilerek akımın sürekli sabit kalması sağlanır. Bu tür şarj cihazlarında, şarj akımının yüksek seçilmesi akünün şarj sırasında fazla ısınmasına veya aşırı şarj olmasına neden olabilmektedir. Bu yön-

temde kısa süreli şarj işlemi gerçekleştirilebilmektedir. NiMH aküler için en uygun yöntem ise sabit akım ile şarj yöntemidir.

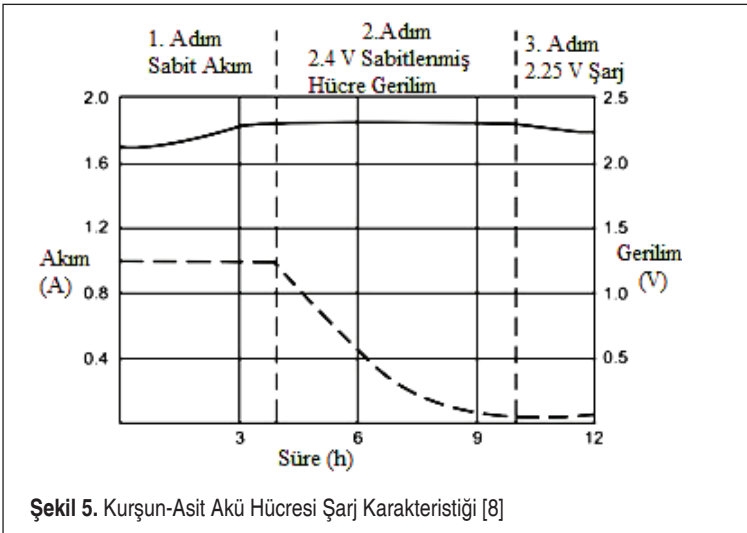
Gerilimi sabit tutularak şarj gerçekleştirilen akü şarj cihazlarında ise şarj başlangıçta akü iç direncinin çok düşük olmasından dolayı bir miktar yüksek gerilim verilerek bir süre sonra bu gerilim sabitlenerek şarj bitene kadar da sabit tutulur. Zamanla akü iç direncinin artmasıyla gerilim sabit kalır, fakat akım düşer. Bu tür şarj cihazlarında şarj süresi fazla olmakla birlikte akünün kullanım ömrü daha uzundur.

Sabit akım ve sabit gerilimle şarj edilen cihazlarda ise aküye şarj başlangıcından itibaren sabit akım gönderilir. Akü iç direncinin şarj süresince artmasından dolayı azalan şarj gerilimi belli bir değere ulaşıncaya, gerilim sabit tutularak akım değiştirilir. Diğer bir deyişle, sabit gerilimde devam eden şarj işlemi sabit gerilimle bitirilir.

Bir akünün şarjı sırasında, şarj akımının çok yüksek tutulması şarj işleminin daha kısa sürede biteceği anlamına gelmez. Ancak verimli bir şarj işlemi ile şarj süresi kısaltılabilir. Bunun için ise akü parametrelerini şarj esnasında ölçerek ona göre şarj akım ve gerilimini ayarlayan akıllı kontrol üniteleri kullanılabilir.

Kurşun- asit bir akünün şarj sırasında sergilediği karakteristik Şekil 5'te yer almaktadır. Burada birinci adımda akım sabit kalmakta, ikinci adımda hücre gerilimi 2,4 V olarak sabitlenmekte ve son olarak da şarj 2,25 V hücre geriliminde sonlanmaktadır.

Çalışmada, elektrikliye dönüştürülen aracın şarj edilebilmesi için 48 V 25 A sabit gerilimli bir şarj cihazı kullanılmaktadır. Bu şarj cihazında giriş ve çıkış akım sigortaları ayrıdır. Kaba ve ince akım ayar yapılabilen iki adet kontrol butonu vardır. Ağırlığı







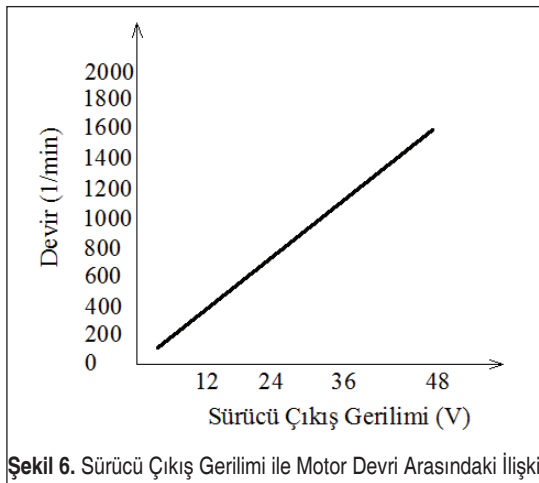
22 kg olan bu şarj cihazı araca monte edilmemiş olup, araç şarj edileceği zaman bu cihaza bağlanmaktadır. Kısa devre korumalı ve şarj bittiğinde akım kesici özelliklere sahip bir şarj cihazıdır.

#### 4.4 Kontrol Ünitesi/Sürücü

Sürücüler, aküden gelen elektriğin açılıp kapanmasını ve kontrolünü sağlayan, içerisinde yüksek akımlı transistörler ve dirençler olan devre elemanıdır. Bu elemanlar yurt dışından temin edilebildiği gibi yerli piyasadan da özel siparişle veya hazır satın alımla temin edilebilmektedir. Sürücüler, doğru akım devreleri için 12, 24, 48, 72, 144, 360, 450 V gerilim bantlarında isteğe göre bulunmaktadır. Yine istenilen özelliklere göre 25 A – 650 A akım kontrol edebilen sürücüler de seçilebilmektedir.

Bu üniteler yüksek akım değerlerini kontrol ettikleri için meydana gelen ısının sisteme zarar vermemesi amacıyla, montaj yapılırken soğumanın kolayca sağlanabileceği şekilde etraflarında yeterli boşlukların bırakılması gerekmektedir. Kontrol ünitesinin yüksek akım elektrik girişine yüksek akım sigortası ve düşük akım devresine de ona uygun bir sigorta bağlanmalıdır. Düşük akım için 5-10 A, yüksek akım için 100-200 A aralığı seçilebilir.

Kontrol üniteleri AC ve DC olarak seçilebilmektedirler. Akülerden alınan akım DC olduğu için DC kontrol üniteleri daha basit ve ucuzdur. Dönüşümü yapılacak araçta AC elektrik motoru kullanılıyor ise akülerden gelen DC enerjinin AC'ye dönüştürülmesi gerekmektedir ve bunun için DC-AC dönüştürücü kullanılmaktadır. Fakat bazı AC kontrol üniteleri hem DC-AC dönüşüm hem de sürücü olarak imal edilmekle birlikte, bu kontrol ünitelerinin fiyatları aynı güçteki DC kontrol ünitelerinden çok



Şekil 6. Sürücü Çıkış Gerilimi ile Motor Devri Arasındaki İlişki

daha fazladır. Kontrol ünitesi 48 V'luk gerilimi arttırarak veya azaltarak motorun devrini değiştirmektedir. Bu ilişki Şekil 6'da bulunan grafikte gösterilmektedir.

#### 4.5 Kontaktörler

Kontaktörler, aşırı yük işletme şartları ve normal devre şartlarında akımları kapamaya, taşımaya ve kesmeye yarayan uzaktan kumanda edilebilen

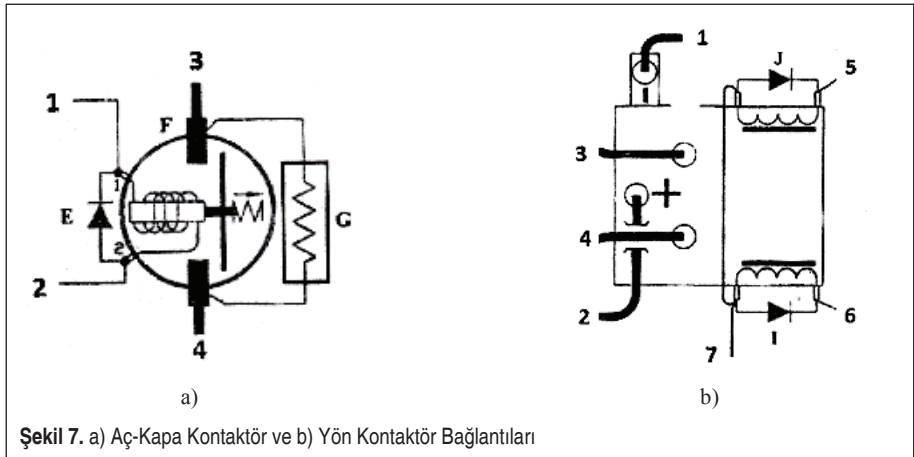
anahtarlama düzenekleridir. Elektrik motorlarına yol verilmesinde kullanılır. Motorlar için kontaktör seçimi yapılırken, çalışma gerilimi, işletme akımı, motor kalkış akımı, kalkış sıklığı, operasyon sayısı önemli parametrelerdir [9]. Çalışma ve kullanma tarzı bakımından kontaktörü diğer anahtar türlerinden ayıran en önemli özeliği devreyi daha sık açıp kapamaya ve aynı zamanda uzaktan kumandaya elverişli olmalarıdır.

Kontaktörler esas itibarıyla ana akım yolu ve tahrik sisteminden meydana gelirler. Ana akım yolu elemanları ana ve yardımcı kontaklar, büyük kontaktörlerde kullanılan seperatör (ark söndürme hücreleri) ve bağlantı uçlarıdır. Tahrik sistemi elemanları ise demir nüve, bobin veya yaydan meydana gelir.

Kontaktör, çekirme bobinine enerji verilerek çalışır. Bu bobine elektrik verildiğinde, alt gövdede bulunan silisli saclarda manyetik bir alan oluşur. Bu manyetik alan üst gövde silisli saclarını kendisine doğru çeker. Üst gövde silisli sacları üzerinde hareketli kontak baraları bağlıdır. Manyetik alan üst gövdedeki kontak bloğunu aşağı doğru çeker. Böylece, hareketli kontaklarla sabit kontaklar birbirine temas eder. Bu temas sayesinde devre tamamlanarak akım iletilmiş olur. Çekirme bobinin enerjisi kesildiğinde, açtırma yayı üst gövde silisli sacını ve dolayısıyla hareketli kontakı yukarıya doğru iterek, sabit kontakla temasını keser. Böylece, devreden akım geçişi engellenmiş olur [10].

Bu çalışmada, bir adet aç-kapa kontaktör ve bir de akımın akış yönünü değiştirerek geri vites özelliğini sağlayan yön kontaktörü olmak üzere iki adet kontaktör kullanılmaktadır. Elektronik sürücünün akım yönü değiştirme özelliği var ise yön kontaktörüne ihtiyaç duyulmaz.

Şekil 7a’da bulunan aç-kapa kontaktöründe 1 ve 2 numaralı uçlar kontrol uçlarıdır. Bu uçlara kontak anahtarından gönderilen sinyalle kontaktör açılmakta, 3 ve 4 numaralı



Şekil 7. a) Aç-Kapa Kontaktör ve b) Yön Kontaktör Bağlantıları



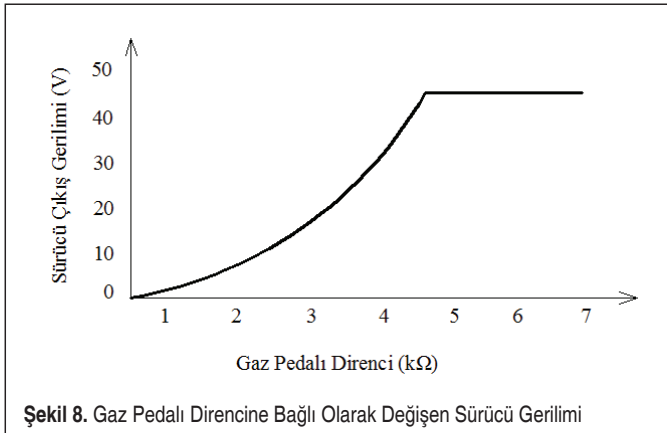
uçlardan akım geçişine müsaade edilmektedir. Akım geçişine müsaade edilerek sürücü beslenmektedir.  $G$  sembolüyle gösterilen kontak, koruyucu dirençtir;  $F$  sembolü aç-kapa kontaktörlerinin sembolüdür ve  $E$  sembolü ise kontaktör sargılarını korumak için yerleştirilen diyotu göstermektedir. Şekil 7b'de yön kontaktörünün elektrik bağlantıları gösterilmiştir. 2 numaralı bağlantı kontrol ünitesi üzerindeki (+) uca bağlanmaktadır. 1 numaralı uç, kontrol ünitesinin M (-) soketine bağlanmaktadır. 3 ve 4 numaralı uçlar ise doğrudan elektrik motoruna gitmektedir. 7 numaralı bağlantı, kontaktör sargılarının (-) ucudur. 5 ve 6 numaralı bağlantılar ise ileri ve geri vites butonundan gelen düşük akım kablolarıdır.  $I$  ve  $J$  sembolleriyle gösterilen diyotlar ise sargıları korumak amacıyla yerleştirilmiştir.

#### 4.6 Kablo ve Soketler

Hareketli yerlerde kullanılan birden fazla damara sahip ve dışı yalıtıkanlı bakır kablolar elektrikli araçlarda kullanılmaktadır. Bu kablolar kesit ve akım taşıma kapasitelerine göre ayrılmaktadır. Devreden geçecek elektrik akımı miktarına göre uygun kesitli kablolar seçilmektedir. Çalışmada, yüksek akımın geçtiği ve motoru besleyen kablolar ile bu kabloların seri bağlandığı tesisatta  $25 \text{ mm}^2$  kesit alanına sahip kablolar, elektrik tesisatının diğer düşük akım geçen yerlerinde ise  $2 \text{ mm}^2$  kesit alanına sahip kablolar kullanılmıştır.  $25 \text{ mm}^2$  kesitli kablolar 100 A sınırına kadar,  $2 \text{ mm}^2$  kesitli kablolar ise 20 A sınırına kadar ısınmadan görev yapabilmektedir.

#### 4.7 Gaz Pedalı

Elektronik sürücü, ünitenin kontrolünü sağlayan devre elemanıdır. Klasik gaz pedallarından farklı olarak içerisinde ayarlı direnç (potansiyometre) bulunmaktadır. Sürücü devrenin özelliğine göre sıfırdan belli bir direnç değerine veya tam tersi şekilde çalışmaktadır. Çalışmada kullanılan gaz pedalı 0-5 k $\Omega$  aralığında bir potansiyometreye



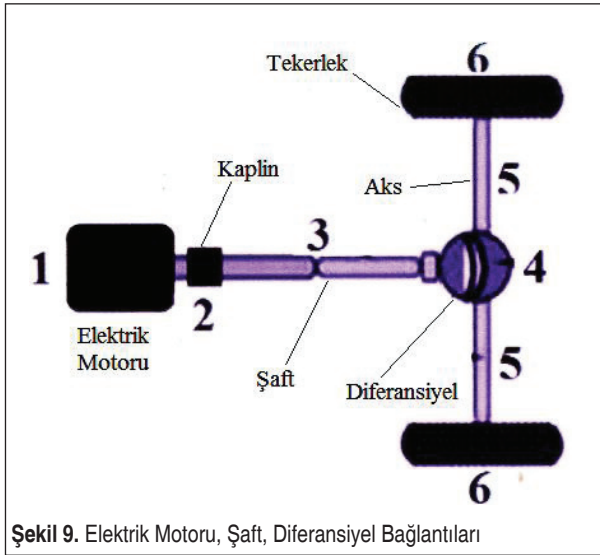
sahiptir.  $0 \Omega$  kademesinde sürücü elektrik akımını keser.  $0 \Omega$ 'dan  $5 \text{ k}\Omega$  değerine doğru sürücü elektrik akışına artan bir şekilde izin verir. Direnç  $5 \text{ k}\Omega$  üzerine çıktığı zaman sürücü elektriğin gerilimini arttırmaz ve  $48 \text{ V}$ 'da sabit bırakır. Piyasada bulunan gaz pedallarının bazılarında aç kapa anahtarı yer almaktadır. Gaz pedalına basıldığı anda potansiyometrenin devresini açma ya da kapama görevini yapmaktadır. Çalışmada kullanılan sürücü devre bu anahtarın görevini de yerine getirdiği için anahtarlı gaz pedalı kullanımına ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 8'de, gaz pedalındaki direnç değerine bağlı olarak sürücünün ayarladığı gerilim değeri gösterilmiştir.

## 5. MEKANİK DÖNÜŞÜM SÜRECİ

İçten yanmalı motorlu aracın elektrikli araca dönüştürülmesi iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir:

- İçten yanmalı motor çıkarılmadan yapılan dönüşüm
- İçten yanmalı motor çıkarılarak yapılan dönüşüm

Çalışmada dönüşüm şekli tam elektrikli araç olacak şekilde tercih edilmiş olup, içten yanmalı motor, debriyaj ve vites kutusu araçtan çıkartılmıştır. Araç arkadan çekişli olup motoru yolcu kabinin altında bulunmaktadır. Şayet aracın hibrit bir elektrikli araca dönüşümü amaçlanırsa, içten yanmalı motor ve hareket iletim organlarının çıkartılmasına gerek olmayacaktır. Söküm işlemi ile araçtan çıkarılan motor ve hareket organları sayesinde aracın ağırlığı önemli ölçüde azalmıştır.





Dönüşüm aşaması aracın yeni işlevine sahip olması için ilave edilecek sistemleri kapsamaktadır. Dönüşüm süreci mekanik dönüşüm ve elektronik dönüşüm olarak ikiye ayrılmıştır:

Mekanik dönüşüm; elektrik motoru, kaplin, şaft ve diferansiyelin montajı anlamına gelmektedir. Yalnızca motor ile diferansiyel arasına bir şaft eklenerek hareket aktarımı sağlanmıştır. Şekil 9’da elektrik motoru, şaft ve diferansiyel bağlantısı gösterilmektedir. Elektrik motoru diferansiyele ne kadar yakın yerleştirilirse şaft boyu o kadar küçülecektir.

Elektrik motorunun maksimum devri 1500 1/min’dir. Elektrik motorunun çıkış torku 25,5 Nm olarak hesaplanmıştır. Ayrıca lastik çapı 0,55 m’dir. Bu verilerden yola çıkılarak, aracın hızı denklem (3) kullanılarak hesaplanmış ve 31 km/h olarak bulunmuştur. Teorik olarak hesaplanan hız ile yapılan testlerde elde edilen değerler örtüşmektedir.

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot R \cdot 60}{i \cdot 1000} \quad [\text{km/h}] \quad (3)$$

Denklem (3)’te verilen formülde;  $V$  aracın hızı [km/h],  $n$  devir sayısı [1/min],  $i$  diferansiyel çevrim oranı ve  $R$  lastik çapı [m]’dir. Dönüşüm yapılmadan önce içten yanmalı motorlu aracın kütlesi yaklaşık olarak 900 kg iken aracın motoru, hareket iletim organları ve egzozu çıkartılarak 50 kg’lık elektrik motoru yerleştirilmiştir. Her biri 35 kg olan akülerin toplam ağırlığı 140 kg’dır. Elektrikliye dönüştürüldükten sonraki aracın ağırlığı 690 kg olmuştur. Motorun çıkış torku 25,5 Nm ve diferansiyel çevrim oranı 5’tir. Aracın yük taşıma kapasitesi 700 kg ile test edilmiş olup, hız ve çekişinde herhangi bir düşüş gözlenmemiştir. Elektrik motoru ile diferansiyel arasına devir arttırıcı bir redüktör konularak aracın hızını arttırmak mümkün olabilir; ancak kullanılacak aracın amacı doğrultusunda torkun azalmasını önlemek adına redüktör kullanılmamıştır.

## 6. DEĞERLENDİRME

İçten yanmalı motorlu bir aracın elektrikli araca dönüştürülmesi amacıyla yapılan çalışmada, akülerin toplam kapasitesi 5,76 kWh olarak hesaplanmış olup, motor gücü 4 kW’tır. Araçtan elde edilen devir, hız, güç ve tork parametrelerine ilişkin değerler Tablo 1’de gösterilmektedir. Aracın 20 km/h hızla gittiği varsayılırsa, aracın ihtiyaç duyduğu güç 2,5 kW olmaktadır. Bu durumda seyir süresi 2,3 saat olarak bulunur. Aracın sabit hızla gittiği varsayılırsa, menzili 46 km olarak hesaplanır. Şayet aracın 31 km/h sabit hızla seyrettiği düşünülürse, bu defa aracın ihtiyaç duyduğu güç 3,92 kW olmaktadır. Bu durumda da seyir süresi 1,47 saat olmakta ve menzili 45,6 km bulun-



**Tablo 1.** Elektrikli Aracın Devir, Hız, Güç ve Tork Değerleri

Devir (1/min)	Hız (km/h)	Güç (kW)	Tork (Nm)
800	16,58	2,09	127,5
900	18,65	2,35	127,5
1000	20,72	2,61	127,5
1100	22,80	2,87	127,5
1200	24,87	3,14	127,5
1300	26,94	3,40	127,5
1400	29,01	3,66	127,5
1500	31,09	3,92	127,5

**Tablo 2.** Akü Göstergesinden Okunan Değer ve Anlamları

Açık Devre Gerilimi	Yaklaşık Şarj Durumu
12,6 ve Üstü	Çok Yüksek
12,4	%75
12,2	%50
12,0	%25
11,8	Çok Düşük
10,8	Boş

maktadır. 5,76 kWh’lik aküleri doldurmak için kayıplarla birlikte yaklaşık 6 kWh’lik elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Tamamen boş olan akülerin, 25 A-48 V’luk bir şarj cihazı ile doldurulması yaklaşık 5 saat sürmektedir.

Araçta akülerin durumunu gözlemlemek için bir akü durum göstergesi bulunmaktadır. Bu gösterge, bir akünün voltajı üzerinden akülerin doluluk oranı konusunda bilgi vermektedir. Göstergeden okunan değerlere göre akü durumu hakkında bilgi edinilebilir (Tablo 2).

## 7. SONUÇ

Çalışmada, hurdadan alınmış bir aracın elektrikli araca dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda dönüşümü yapılan araç, 30 km/h hıza ulaşarak yarım saat süresince 700 kg ağırlığında bir yükü taşımıştır. Elektrik enerjisi ile çalışan araçta fosil yakıtlardan dolayı oluşan çevreye zararlı gaz salınımı olmamaktadır. Araç, düşük enerji tüketimi ile yaklaşık olarak 46 km yol gidebilmektedir. Dolayısıyla içten yanmalı motorlu araçlarda yakıt tüketimlerinin fazla olması ve yanma veriminin düşük olması sonucu oluşan zararlı emisyonun yarattığı çevre kirliliği sebebiyle hurdaya bırakılan araçların elektrikliye dönüşümü sağlanarak, çevre dostu ve ekonomik olarak yeniden



kullanılması mümkündür. Hurdalıklarda çürümeye bırakılmış araç malzemelerinin de paslanmadan dolayı çevreye verecekleri zarar önlenecektir. Ayrıca içten yanmalı motorlu aracın elektrikliye dönüştürülmesi durumunda, motorun sessiz çalışmasından dolayı gürültü kirliliği oluşmayacaktır. Otomotiv sektöründe kullanılan malzemelerin çoğu ithal edilmektedir. Yapılan bu örnek çalışmada olduğu gibi, hurdaya çekilerek çürümeye bırakılan araçların malzemeleri yeniden ülkemizde değerlendirilerek, ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacaktır. Elektrikli araçların mekanik olarak fren ve lastikleri haricinde herhangi bir bakıma ihtiyaç duymaması, eski araçların yeniden kullanımını ekonomik ve avantajlı hale getirecektir. Çalışmada örnek olarak dönüşümü gerçekleştirilen elektrikli araç, insan ve yük taşımacılığında, fabrikalarda, yol olan her yerde kullanılabilir. Gelecek yıllarda ülkelerin benzinli ve dizel motorlu araçların kullanımına kısıtlamalar getireceği dikkate alınır, içten yanmalı motorlu araçların elektrikli araçlara dönüşümünün önemi daha da artacaktır.

## SEMBOLLER

- I : Elektrik Akımı (A)  
i : Diferansiyel Çevrim Oranı  
n : Motor Devri (1/min)  
P : Güç (kW)  
R : Lastik Çapı (m)  
T : Tork (Nm)  
U : Akülerin Gerilimi (V)  
V : Aracın Hızı (km/h)  
W : Elektriksel Güç (W)

## KAYNAKÇA

1. **Keskin, A.** 2009. “Hibrid Taşıt Teknolojileri ve Uygulamaları,” Mühendis ve Makina, cilt 50, sayı 597, s. 12-20.
2. **Peças Lopes, J. A., Soares, F. J., Rocha Almeida, P. M.** 2011. “Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System,” Proceedings of the IEEE, vol. 99, no. 1, p. 168-183.
3. Teknotalk.com. 2017. “Hurda Araç Yasası 2017,” <http://www.teknotalk.com/hurda-arac-yasasi-2017-57218/>, son erişim tarihi: 28.07.2017.
4. **Kempton, W., Tomic, J.** 2005. “Vehicle-to-Grid power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue,” Power Sources, vol. 144, no. 1, p. 268–279.



5. **Karnama, A.** 2009. “Analysis of Integration of Plug-in Hybrid Electric Vehicles in the Distribution Grid,” Master of Science Thesis, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
6. Toyota Hybrid. “Sıkça Sorulan Sorular,” <https://www.toyota.com.tr/hybrid-innovation/faqs/hybrid-faq.j>, son erişim tarihi: 28.07.2017.
7. **Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A., Turhan, L., Akgün, F., Tırıs, M.** 2003. Elektrikli Araçlar, TÜBİTAK MAM Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze.
8. **Buchmann, I.** 2017. “Charging Lead Acid,” [http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/charging\\_the\\_lead\\_acid\\_battery](http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/charging_the_lead_acid_battery), son erişim tarihi: 24.07.2017.
9. Federal Elektrik. “Kontaktörler,” <http://federal.com.tr/online-katalog/kontaktörler/>, son erişim tarihi: 30.07.2017.
10. İmaj Teknik. “DC Kontaktör,” <http://www.imajteknik.com.tr/dc-kontaktör>, son erişim tarihi: 29.07.2017.