

**KAPAK**

**ÖNSÖZ**

**İÇİNDEKİLER**

**ÖZET**

**ABSTRACT**

**GİRİŞ**

**GEREÇ VE YÖNTEM**

**BULGULAR VE TARTIŞMA**

**SONUÇ**

**KAYNAKLAR**

**NKUBAP.00.24.KR.14.01 nolu Proje “ELEKTİRİKLİ ARABA TASARIMI”**

**Yürütücü : Doç.Dr.İlker Hüseyin ÇELEN**

**Araştırmacı : Yrd.Doç.Dr.Erdal KILIÇ**

**Yrd.Doç.Dr.Soner ÇELEN**

**Araş.Gör.Eray ÖNLER**

## **İÇİNDEKİLER**

ÖZET

ABSTRACT

GİRİŞ

GEREÇ VE YÖNTEM

BULGULAR VE TARTIŞMA

SONUÇ

KAYNAKLAR

## **ÖZET**

Elektrikli araba, hareketini elektrik motorundan, elektrik motorunun çalışması için gerekli enerjiyi ise üzerindeki bataryalardan alan bir taşıt çeşididir. Enerji tüketimi açısından yüksek verimde çalışabilmesi, gürültü kirliliği yapmaması, çevreyi kirletici emisyonlara sahip olmaması nedeniyle elektrikli araç teknolojisi yeşil bir teknolojidir.

Bu proje, batarya grubu tasarımı dışında bir otomobilde bulunan tüm bileşenlerin sıfırdan tasarımını ve elektrikli araca uygun şekilde geliştirilmesini kapsar. Bundaki temel amaç her bileşeni elektrik aksama uygun ve ilk hedef pazar olan Türkiye'nin koşullarına ve ihtiyaçlarına göre tasarlayarak aracın kalitesini ve performansını olabildiğince yüksek tutmaktır. Tüm tasarım kriterleri TÜBİTAK 2015 Alternatif enerjili Araçlar yarışında belirtilen kısıtlar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Bu kriterler altında alüminyum gövdeden oluşturulan araç çatısı üzerine, simülasyonlar ve teknik hesaplamalarla ortaya çıkan gövdenin karbon fiberden dökülmesiyle aracın şekli oluşturulmuştur. Batarya kontrol sistemi ve telemetri sisteminin geliştirilmesiyle aracın enerji ihtiyacının belirlenmesi ve kontrolü sağlanmıştır. Oluşturulan prototip tamamen yerli olup, TÜBİTAK 2015 Alternatif Enerjili Araçlar Yarışında Elektromobil kategorisinde yarışmıştır.

## ABSTRACT

Electric-powered car is a kind of car, which takes its motion from the electric motor and using batteries to provide required power. It is a green technology in the term of working with high efficiency, low noise pollution and releasing no emissions.

This project includes designing all parts and subparts of the electric-powered car except battery design. The main purpose is designing a high quality and performance electric car well suited to Turkish market's needs. All design criteria are determined by considering the constraints defined in the TUBITAK Alternative Energy Car Race rules.

The car body constructed from carbon-fiber after aerodynamic calculations and simulations and fitted onto the aluminium chassis. The control and monitor of energy consumption of the car are achieved by designed battery management and telemetry systems. Prototype car was performed at TUBITAK 2015 Alternative Energy Car Race: Electromobile Category

## GİRİŞ

Önemli bir teknolojik buluş olan otomobilin tarihi 19.yüzyılda enerji kaynağı olarak buharın kullanılmasıyla başlar ve içten yanmalı motorlarda petrolün kullanılmasıyla devam eder. Günümüzde otomobile olan talebin artması ve dünyamızdaki fosil yakıtların hızla tükenmesiyle birlikte alternatif enerji kaynakları ile çalışan otomobillerin üretilmesi konusunda çalışmalar hız kazanmıştır.

Otomobilin geleceği şüphesiz elektrikli otomobildir. Hemen her otomobil üreticisi artık petrol kullanmadan çalışan konseptler tasarlamıştır. Bunlarda gerek yakıt pili, gerekse batarya kullanılsın, tahrik genelde elektrikli motorla sağlanmaktadır. Elektrikli motor ile tahrik yüzyılı aşkın bir süredir bilinmektedir. Günümüzde bataryalarda gerçekleşen teknolojik gelişme sayesinde de elektrikli otomobiller normal otomobillerin performansına erişebilmektedirler.

Elektrikli Araç Geliştirme Takımının da ana güdüsü bu teknolojik gelişmeyi zamanında yakalayarak gelişime öncülük etmek, tamamı yerli bir elektrikli araç geliştirmek ve Türkiye'yi çağdaş toplumlar seviyesine taşımaktır. Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2008'de ülkemizde kayıtlı 6.796.629 otomobil vardır ve her sene buna yaklaşık 350bin yeni otomobil eklenirken 30bin kadarı da trafikten ayrılmaktadır. 2009 yılı sonunda trafikteki kayıtlı otomobil sayısının 7milyonu geçmesi beklenmektedir. [TÜİK]

Hızla büyümekte olan bu pazara 2008'de giren yaklaşık 300bin sıfır kilometre otomobilin 200binden fazlasını ithal otomobiller oluşturmaktadır. [ODD] Kalan 100binlik kısım da Türkiye'de fakat yabancı lisans ile üretilen otomobillerdir. Malesef bu durum ülkemizin dışa ekonomik bağımlılığının bir göstergesi olmakla birlikte; her gün her kesimden

insanımızın bu kadar içiçe olduğu bir teknolojiyi tamamen yerli üretmekten de aciz olduğunu ortaya koymaktadır.

Öte yandan, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun 2003 Elektrikli Araçlar Raporunda da belirttiği üzere; duruma ülkemiz açısından bakıldığında uzun dönemde beklenen derin etkilerin yanında bilhassa petrol kaynaklarının tamamının dışa bağıolduğu ve taşımacılığın büyük oranda karayolları tarafından sağlandığı görülmektedir. Bu nedenle taşımacılıkta şu an dahi sağlanacak en ufak verimlilik artışlarının getirisi oldukça yüksek olacaktır. Türkiye özelinde de gözlemediğimiz büyüme, beraberinde küresel arenada otomotiv sanayini pek çok konunun da paydaşı ve çözüm ortağı konumuna getirmiştir.

En başta gelen konular arasında uluslararası alanda yoğun çalışmalar yapılan küresel ısınmanın etkileri ve iklim değişikliği kapsamında, sera gazı emisyonlarını azaltma çalışmaları gelmektedir. Söz konusu çalışmalar, Dünya İklim Konferansları ile başlamış, ülkemizin de dahil olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve son olarak Kopenhag Uzlaşması kapsamındaki sorumluluklar çerçevesinde devam etmektedir.

Karayolu ulaşımında motorlu taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması çalışmaları, araçlarda daha düşük emisyon yayan, ileri içten yanmalı motor teknolojileri, alternatif yakıtlar, hibrit ve elektrikli araçlar gibi pek çok alternatif tahrik sistemlerinin kullanımını gündeme getirmiştir.

Bu alternatif sistemler içerisinde hibrit ve elektrikli araçlar, 2012 yılı ve sonrasında hedeflenen CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerini sağlamak için en önemli adaylar arasındadır.

Otto'nun motoru temel prensiplerinde önemli bir değişiklik yapılmaksızın otomobilleri bu güne kadar başarı ile taşımıştır. Ancak petrol türevleri yakıldığında ortaya çıkan zehirli gazlar ve benzin motorlarının çalışmasında oldukça önemli görevler üstlenen kurşun elementinin egzoz gazıyla çevreye yayılması ayrıca benzinli motorlarda kullanılan ve sıklıkla değiştirilen kullanılmış motor yağları önemli ölçüde hava ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bunlara ek olarak motorlu araç sayısının gün geçtikçe çok hızlı bir şekilde artması ve petrol kaynaklarının tükenme noktasına yaklaşması, artık vazgeçilmez bir araç olan otomobili farklı tahrik sistemleri ile hareket ettirmenin yollarını bulmayı kaçınılmaz kılmıştır.

Temiz ve yaygın bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin bu konunun dışında bırakılması ise mümkün değildir. Elektromobil adı verilen bu otomobiller çeşitli türlerdeki elektrik motorları ile hareket ettirilmektedirler. Bir elektrikli otomobilin tahrik sistemi temel olarak elektrik enerjisi kaynağı, elektrik motoru ve kontrol sisteminden oluşmaktadır. Çağımızın teknolojik gelişmelerinin yanında petrol kaynaklarının sonlu bir ömre sahip olduğu gerçeği düşük verimli içten yanmalı motorların yakın zamanda yerini alternatif enerjilerle çalışabilen araçlara bırakmasına zemin hazırlamaktadır. Elektrikli araçlar ise bu alternatif enerjili uygulamaların başında gelmektedir. Çünkü elektriğin kullanımı, işe dönüştürülmesi petrol ve diğer enerji türlerinden daha az maliyetli ve kolaydır.

Otomobilin geleceği şüphesiz elektrikli otomobildir. Hemen her otomobil üreticisi artık petrol kullanmadan çalışın konseptler tasarlamıştır. Bunlarda gerek yakıt pili, gerekse batarya kullanılsın, tahrik genelde elektrikli motorla sağlanmaktadır. Elektrikli motor ile tahrik yüzyılı aşkın bir süredir bilinmektedir. Günümüzde bataryalarda gerçekleşen teknolojik gelişme sayesinde de elektrikli otomobiller normal otomobillerin performansına erişebilmektedirler.

Elektromobilin çalışma prensibi içten yanmalı motorlu araçlara göre çok daha basittir. Vites kutusu, soğutma sistemi, debriyaj, egzoz gibi içten yanmalı motor için olmazsa olmaz kısımlar yoktur. Elektromobil en genel şekilde akümülatör grubu, motor hız kontrol sistemi, elektrik motoru ve mekanik diferansiyel kutusundan oluşur.

Elektrik motoru ihtiyaç duyduğu enerjiyi akülerden sağlar. Bir elektronik kontrol ünitesi motora verilecek akımı kontrol ve akım yönünü kontrol eder. Elektrik motoru döndürme hareketini diferansiyelli vites kutusuna iletir. Bu kutu da tekerleklerin dönmesini sağlar. Bu şekilde araç hareket ettirilmiş olur.

Elektrikli otomobilin içten yanmalı motorlardan farklı olan başlıca elektriksels ekipmanları şunlardır:

- Piller
- Elektrik motoru
- Akü şarj ünitesi
- Hız kontrol ünitesi

## **Piller**

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek bünyesinde depolayan cihazlara “pil” veya “akü” denir. Bu dönüşüm tek yönlü ise pil “primer” yapıda yani tek kullanımlık veya halk arasında kullanılan tabirle şarjsız bir sistemdir. Dönüşüm her iki yönde olabiliyorsa, yani elektrik enerjisi tekrar kimyasal enerjiye çevrilebiliyorsa ve bu suretle uzun sürelerle enerji kullanımı sağlanabiliyorsa pil “sekonder” yapıda veya diğer bir tabirle şarj edilebilir özelliklere sahip bir sistemdir.

Bir elektrik devresiyle bağlantı kurulduğunda, kimyasal enerji, elektrik enerjisine dönüşür. Bütün aküler yapısal olarak birbirine benzer ve bir grup elektrokimyasal hücreden oluşur. Her hücre bir pozitif, bir negatif elektrot ve bir ayıraçtan (seperatörden) oluşur.

Çoğunlukla aynı kimyasal yapıya, ölçülere ve elektrik kapasitelerine sahip piller, tek tek bir araya getirilerek pil grupları oluşturulabilir ve bunlara “batarya bloğu” veya kısaca adlandırıldığı gibi “batarya” denilebilir. Radyo, el feneri, oyuncak, cep telefonu, vb gibi cihazlarda piller tek tek kullanılırken, matkap, tornavida, gibi kablosuz güç aletleri kameralar, telsiz telefonlar, acil aydınlatma sistemleri vb sırasında batarya kullanılmaktadır. Elektromobillerde de batarya bloğu kullanılmaktadır. Çünkü pil grubunun

bakımı bu şekilde kolay olmakla birlikte, fabrika üretimi olmamakla kullanıcılar ihtiyaçlarına uygun şekilde batarya bloğu imal edebilmektedir.

Genel olarak piller, kullanıldıktan sonra atılan (Non-rechargeable)-primerve tekrar şarj edilebilen (Rechargeable) sekonder piller olarak ikiye ayrılır.

*Kullanıldıktan sonra atılan (şarj edilmeyen) piller:*

- a) Çinko-karbon pil –Düşük maliyetli, az enerji gerektiren uygulamalar için.
- b) Çinko-klorid –Çinko–karbon pilden biraz daha uzun ömürlüdür.
- c) Alkalin pil–Alkaline/manganez “uzun ömürlü” pillerdir, daha fazla güç ihtiyacı gerektiren uygulamalarda da kullanılabilir.
- d) Gümüş-oksit pil –Genelde işitme cihazlarında kullanılır.
- e) Lityum (Lithium) pil –Genelde dijital kameralarda kullanılır. Saat ve bilgisayar saatlerinde de kullanıldığı görülür. Çok uzun ömürlüdür, fakat pahalıdır.
- f) Civa (Mercury) pil –Genelde dijital saatlerde kullanılır.
- g) Çinko-hava pil –Genel olarak işitme cihazlarında kullanılır.
- h) Isıl (Termal) pil –Yüksek sıcaklık depolar. Askeri uygulamalarda önem taşır.

*Şarj edilebilen (tekrar kullanılabilen) piller:*

- a) Kurşun-asit pil –Araçlar, alarm sistemleri ve kesintisiz güç ihtiyacı olan yerlerde kullanılır.
- b) Lityum-iyon pil –Oldukça yaygın olan türdür. Yüksek şarj yoğunluğu vardır. Dizüstü bilgisayar, cep telefonları, müzik çalarlar ve daha birçok taşınabilir dijital cihazda kullanılır. Birçok elektromobil lityum-iyon pil kullanmaktadır.
- c) Lityum-iyon polimer pil Lityum iyon pilin temel karakteristiklerini taşır, farkı daha az şarj yoğunluğu olmasıdır. Bu pilin kimyası üreticinin ihtiyacına göre kullanım yeri avantajı yaratabilmesidir.
- d) Nikel metalhidrit (Ni-MH) Bir pil birimi 1,2 volt potansiyel üretir ve enerji depolama kapasitesi oldukça fazladır.
- e) Nikel-kadmiyum pil -Li-Ion ve Ni-MH pil tiplerinin tüm uygulamalarında kullanılabilir. Bu pil, uzun şarj adedine sahiptir (1500 defanın üzerinde). Fakat diğer tiplere göre daha az enerji yoğunluğuna sahiptir. Ni-Cd piller eski teknolojide kullanılmakta olup, hafıza sorunlarına yol açmalarından dolayı yerini modern pillere bırakmaktadır. Ayrıca içerdiği kadmiyum dolayısı ile kullanımı sınırlandırılmaktadır.
- f) Diğer şarj edilebilen pil çeşitleri: Sodyum-metal klorid pil, Nikel–çinko pil, Erimiş tuz pili, Sodyum-sülfür (NaS) pil, Nikel-demir pil

Taşınabilir cihazların vazgeçilmez enerji kaynakları olan piller bünyelerindeki aktif maddelerin kaybı ve istenmeyen kimyasal veya fiziksel değişimlerin sonucunda ömürlerini nihayette tüketirler.

Ömür kavramını ay veya yıl olarak tanımlamaktan ziyade, çevrim ömrü olarak ifade etmek daha doğru olacaktır. Buna göre bir şarj (doldurma) ve bunu takiben yapılacak bir deşarj (boşaltma) işleminin karşılığına bir çevrim denilmektedir. Tek kullanımlık veya diğer bir ifadeyle şarj edilemeyen türdeki pillerin çevrim ömrünün bir olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz.

Buna karşılık şarj edilebilir tip pillerde 500-1500 çevrime ulaşılması mümkün olabilmektedir. Her bir çevrim sonucunda pil başlangıçta sahip olduğu nominal enerji kapasitesini bir miktar kaybeder ve kapasite başlangıca nazaran %60-70'e düştüğü zaman o cihaz için pil ömrünü tamamlamıştır. Pil ömrü tanımlamasında iç direnç kavramı da geçerlidir. Piller kullanıldıkça iç dirençleri yükselmeye başlar ve genellikle iç direnç başlangıca nazaran 1,3 -2,0 misli arttığında pilin ömrü tamamlanmıştır. Ancak iç direnç ölçümü zor olduğundan, ömür tespitinde çevrim sayısının esas tutulması genellikle kabul edilmektedir.

Belirtilmesi gereken diğer bir husus, yukarıda tanımlanan çevrim sayısı kavramında pillerin tam şarjlı durumdan tamamen deşarj edilmiş duruma geçmeleri esas tutulmuştur. Eğer deşarj işlemleri tam yapılmayıp kısmi olarak gerçekleştirilirse çevrim ömrü çok daha uzun olacaktır.

Piller, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz olarak çevirebilen elektrokimyasal cihazlardır. Bu dönüşüm esnasında istenilen kimyasal reaksiyonlara paralel olarak, maalesef istenmeyen bazı yan reaksiyonlarda oluşur ve bu yan reaksiyonlar pilin aktif maddelerini negatif yönde etkiler. Aktif kütlelerin bu şekilde etkilenmesi, aktif kütlede azalma olmasa dahi, zaman içerisinde elektroliti tutan bölmenin çeperlerinde meydana gelen istenmeyen fiziksel ve kimyasal değişimler pil ömrünün ayrıca kısılmasına yol açar.

### Elektrikli Otomobillerde Kullanılan Pil Çeşitleri

Elektromobillerde genel olarak Nikel ihtiva eden pil çeşitleri kullanılmaktadır. Nikel metal hidrit piller (NiMH), Lityum iyon piller (li-on) ve Lityum polimer piller (Li-Polimer).

#### Nikel Metal Hidrit Piller (NiMH)

Bu pil sistemi şarjlı durumda, pozitif nikel hidroksit elektrot, negatif elektrotu teşkil eden bir hidrojen alaşımı ve bazik esaslı bir elektrolitten ibarettir. Nikel kadmiyum pillerinden temel farkı kadmiyum maddesinin yerini hidrojen alaşımının almasıdır. Pil sistemi üzerinde yapılan yoğun çalışmalar sonucunda NiMH pillerinin birim hacim esasına göre enerji yoğunlukları NiCd pillerinin çok üzerine çıkartılmıştır.

NiMH pillerinin geliştirilmesi çok yönlü boyutlarda gerçekleştirilmiş olup, elektrot ve elektrolit maddeleri farklılaştırılarak, pillerin çevrim ömürleri arttırılmış ve NiCd pillerine yakın bir seviyeye getirilmiştir. Ayrıca iç dirençleri çok düşük piller üretilerek, ısı oluşumu azaltılmış ve bu suretle pil performansı arttırılmıştır. Bu türdeki gelişmiş NiMH pilleri,

örneğin uzun süreyle 30 amper veya daha yüksek akım gereksinimi gösteren elektrikli bisikletlerde ( yokuş çıkışları esnasında) rahatlıkla kullanılabilir. Diğer bir gelişme yüksek sıcaklıklara dayanıklı NiMH pillerinin artık üretilebilmesidir. Bu özellikteki piller acil aydınlatma cihazlarına veya hafıza besleme devrelerine yerleştirilebilmekte ve bu suretle NiCd pillerine nazaran aynı kapasitede ancak daha az hacimli pillerin kullanılmasına imkan yaratılmaktadır. NiMH ve NiCd pillerinin esas itibariyle yapıları aynıdır. Ancak bugün NiMH pilleri ticari amaçlı kullanım yerlerinde hızlı bir şekilde NiCd pillerinin yerini almaya başlamıştır.

NiMH pil teknolojisinde de klasik hafıza etkenine benzer bir “ tembelleşmiş pil” sendromu yaşanır. Geri dönüşlü olan bu etken pilin pozitif nikel hidroksit elektrotunda ortaya çıkmaktadır. Nedeni NiCd pillerinde olduğu gibi sürekli uygulanan aşırı şarjlar ve pil kapasitesinin kısmen kullanılmasıdır. Pilin deşarj gerilimin düşmesiyle ortaya çıkan bu tembelleşme durumu pilin tamamen boşaltılması ve bu tam şarj ve tam boşaltma işleminin ardı ardına 2-3 defa tekrarlanması sonucunda tamamen giderilebilir. Deşarj fonksiyonlarına sahip şarj cihazları bu sorunun giderilmesi için kullanılmaktadır. Tembelleşme sendromu NiCd pillerinde görülen hafıza etkeni kadar ciddi bir sorun yaratmaz ve gerilim düşüşü de çok fazla değildir.

#### Lityum İyon Piller (Li-on)

Pil teknolojilerinin geçmişinde lityum kullanılarak yeni bir pil türü geliştirilmesi çalışmaları yoğun bir şekilde yer almıştır. Bugün yüksek enerji yoğunluklarına ihtiyaç duyulan birçok uygulamada lityum iyon pilleri tercih edilmektedir. Şarj edilebilir nitelikteki lityum pillerinin bünyesinde metal halinde lityum bulunmaz. Li İyon pillerinin başlıca kullanım yerleri cep telefonları ve taşınabilir bilgisayarlardır. Endüstriyel türdeki Li İyon sistemleri ise bu gün hibrit türü elektrikli araçlar için önemli bir enerji kaynağını teşkil etmektedirler. Li İyon pilleri NiCd veya NiMH pilleri ile ölçüleri açısından birebir değişken değildir ve pillerin kullanım koşulları ile şarj metotları çok farklıdır.

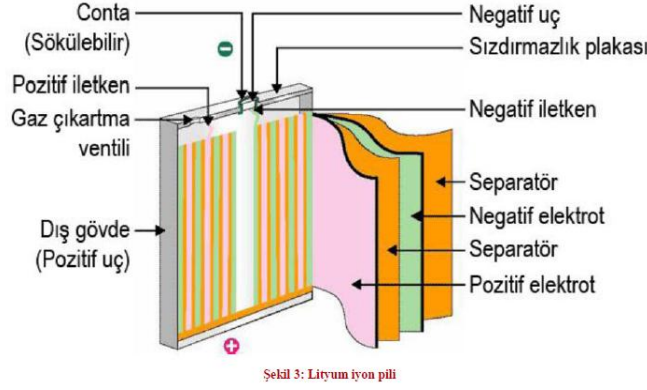
Diğer tüm pil sistemlerinin aksine, bu pilin bünyesindeki aktif maddeler reaksiyona girmez. Bunun yerine lityum iyonları şarj ve deşarj işlemleri esnasında pozitif ve negatif elektrotlar arasında sürekli yer değiştirir.

Li İyon pillerinin enerji yoğunluğu büyük ölçüde katot maddesine bağlıdır. Bu maksat için günümüzde kobalt oksit genellikle kullanılır. Bu suretle üretilen Lityum Nikel Kobalt pillerinde 240 Wh /kg seviyelerine kadar enerji yoğunlukları yaratılabilmektedir.

Şarjlı pil sistemleri arasında Li İyon pilleri ağırlık ve hacim esasına göre en yüksek enerji yoğunluklarına sahip olan sistemdir. Örneğin bu enerji yoğunluğu standart NiCd pillerine nazaran 2 mislidir. Ayrıca Li İyon pillerinin mevcut enerji kapasitelerini ileride daha da arttırmak mümkün görülmektedir. Pil geriliminin 3,6 volt olması çok önemli bir avantajdır. Cep telefonları genellikle tek bir Li İyon pili ile çalışır. Buna karşılık aynı görevi 1,2 volt gerilime sahip 3 adet nikel esaslı pil yapmak zorundadır.



Li İyon pil sistemlerinde hafıza veya tembellek sendromu yoktur. Buna karşılık pillerin %40'lık şarj seviyesinde depolanması birçok imalatçı tarafından tavsiye edilir.



Şekil 1. Pil yapısı

### Lityum Polimer Piller(Li-Polimer)

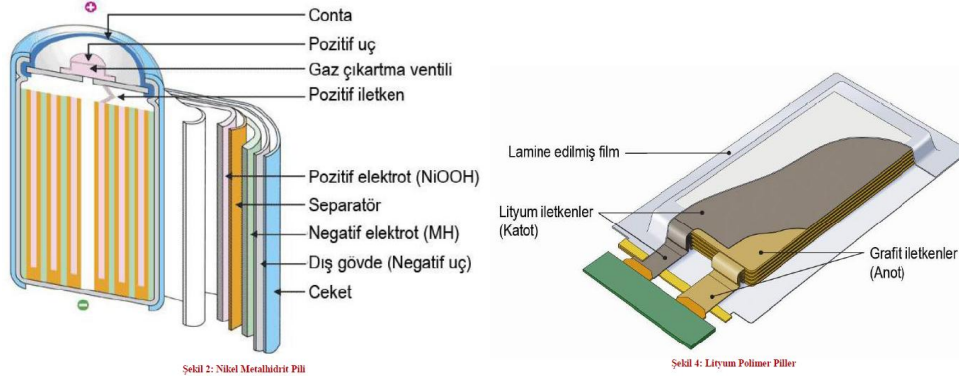
Uzun yıllardan beri bilim adamları pillerde kullanılan sıvı haldeki organik elektrolit maddesi yerine polimer tipi elektrolit kullanılması ve bu suretle pil bünyesinde yer alan klasik separatörün kaldırılması konusunda araştırmalar yapmışlardır. Li-Polimer pilleri diğer şarj edilebilir lityum pillerine nazaran kullanılan elektrolit maddesi bakımından farklılık gösterir. Li-Polimer sisteminde elektrolit, iletkenliği olmayan ancak iyonların geçişine müsaade eden plastik türü bir maddeden yapılmıştır. İyon tabirinden elektrik yüklü atomlar veya atom grupları anlaşılır.

Bu suretle elektrolit maddesine batırılmış gözenekli klasik separatör maddesi polimer türde bir elektrolitle değiştirilmiş durumdadır. Sıvı elektrolitin olmaması pildeki sızma olayını tamamen kaldırmakta ve metalik bir pil dış kabı kullanımı yerine alüminyum veya diğer tipte metal folyolar kullanılabilir. Katı halde polimer uygulaması da üretimi basitleştirmek-te, pil güvenliğini arttırmakta ve ince yapıllı pillerin oluşumuna imkan sağlamaktadır. Bu su-retle cihaz içerisinde mevcut kısıtlı hacme uyacak enerji kaynağının kullanılması da kolaylaş-maktadır. Bahis konusu elektrolit vasıtasıyla kalınlığı 1 mm'yi bulan folyo şeklinde lityum pilleri üretilmiş durumdadır.

Diğer taraftan, kuru haldeki lityum polimer pillerinin iletkenliği oldukça düşüktür. İç direncin yüksek oluşu modern iletişim cihazlarında ihtiyaç duyulan yüksek enerji gereksinimlerini karşılayamaz ve örneğin taşınabilir bilgisayarların hard disklerinde sorunlar çıkabilir. Pillerin 60oC veya üstüne ısıtılması iletkenliği arttırmakla beraber, taşınabilir türdeki böyle bir uygulamanın yapılması mümkün değildir.

Li-Polimer türü pilleri kullanan piyasadaki cep telefonlarının tamamı hibrit türündedir, yani jel şeklinde elektrolit maddesini içermektedirler. Dolayısıyla bu tür pillere Lityum

iyon polimer denilmesi daha doğru olacaktır. Li İyon ve Li İyon polimer pillerinin özellikleri ve performans verileri benzerdir. Jel halindeki elektrolit ilavesi tamamen iyon iletkenliğinin artırılması amaçıyla yapılmaktadır.



Şekil 2 Li-polimer Pili yapısı

## Elektrik motoru

Elektrik motorları, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren aygıtlardır. Her elektrik motoru biri sabit (Stator) ve diğeri kendi çevresinde dönen (Rotor ya da Endüvi) iki ana parçadan oluşur. Bu ana parçalar, elektrik akımını ileten parçalar (örneğin: sargılar), manyetik akıyı ileten parçalar ve konstrüksiyon parçaları (örneğin: vidalar, yataklar) olmak üzere tekrar kısımlara ayrılır. Alternatif akım ile çalışan elektrik motorlarında rotor ve statorun manyetik akıyı ileten kısımları fuko akımlarından kaçınmak amacıyla tabakalandırılmış saçlardan yapılır. Rotor ve Stator saç paketlerinin yapılması için 0,35 - 1,5 mm kalınlığında, tek ya da çift taraflı yalıtılmış saç levhalar makas tezgahlarında şeritler halinde kesilir. Bu şekilde oluşturulan saç şeritler şerit çekirdekli trafoların ve makinaların yapımında başka bir işleme gereksinilmeden derhal kullanılabilir. Makastan çıkan saç şeritler çok seri çalışan kalıp kesme presine verilir. Dakikada 300 - 500 kesme yapan 500 000 kp'lık presler stator ve rotor saç profillerini bir dizi kesme halinde arka arkaya çıkartır.

Rotor ve stator saç profilleri birbirinin boşluğunu dolduracak şekilde kesildiğinden (kalıpla), üretim sonu kırpıntı parça miktarı çok azdır. Büyük çaplı rotor ve stator saç paketleri genellikle tek -kesmede çıkartılır. Bunun için, önceden hazırlanmış disk şeklindeki saçlar üst üste gelecek şekilde yerleştirilir. Bu şekilde yerleştirilmiş saç tabakaları kalıp kesme presinde tek bir hamlede kesilir. Sargıların yerleştirilmesi için gerekli oluklar makinelerde açılır. İşlem görece par-ça miktarı fazla değil ise oluk açma otomatında oluklar tek tek açılır. Büyük sayıdaki parça miktarları ve büyük çaplı saçlar için her seferinde 5-6 oluk açabilen otomatlardan yararlanılmaktadır. Oluk açma

otomatlarından gelen saçlar özel sayıcı terazilerde tartılır, istif makine-sinde üst üste tabakalandırılır ve 5 -10 kp/cm2 lik bir basınç altında saç paketi halinde birleştirilir.

Stator ve rotor sargı oluklarına uygulamada genellikle karton döşenmektedir. Yalıtım amacıyla döşenen kartonun görevi: Oluk içindeki pürüzleri örtmek ve sargı tellerini hasarlardan korumaktır. Karton ile yalıtılan oluklara sargılar döşenir. Stator ve rotor sargıları tek kat ya da çift kat sarımlı yapılırlar. Tek katlı sargılarda her oluk içinde her bir sargının yalnız bir kenarı, buna karşın çift katlı sargılarda çift sayıda bobin kenarı (genellikle iki) bulunur. Stator Sargıları: Tek katlı sargılarda, önceden bir sargı makinesinde hazırlanmış ve izole edilmiş sargı paketleri açık oluklara tek tek yerleştirilir. Büyük gerilimli statorlarda açık oluklu saç paketleri kullanılır. Yarı açık oluklara sargılar özel kalıp ya da şablonlar yardımıyla tek tek döşenmektedir. Tam kapalı oluklar içine, teller statorun alın tarafından başlayarak, ipliğin iğneye geçirildiği gibi tek tek geçirilir. Sonra bu teller sargı haline getirilir. Oldukça uğraşılı bu tür sarım yerine özel sargı paketleri de kullanılmaktadır. Bu sargı paketlerindeki iletkenler sadece daha önceden hazırlanmış taraflarından oluklara sokulur. Bu şekilde olukların diğer tarafından dışarı çıkan sargı başları birbirleriyle sert lehim ya da kaynak suretiyle birleştirilir.

Şayet oluklara az sayıda ve büyük kesitli iletkenler sokulacaksa, çubuk şeklindeki iletkenler kullanılır. Bunlar sonradan kendi aralarında vidalarla ya da lehimlemek suretiyle birleştirilir. Tahta ya da fiberden yapılmış oluk kamaları ( ya da takozları ) oluk ağızlarını kapatmaya yarar. Oluklardan dışarı çıkan sargı başları pamuk ya da cam pamuğu ile sıkıca sarılarak yalıtılır. Sargıların devre bağlantıları sağlandıktan sonra stator bir fırın içinde 100 °C civarında kurutulur ve sonra yalıtkan vernik emdirilir. Vernik emdirme işlemi havasız bir ortam içinde yapılır. Bunun için önce stator bir vakum kabı içine yerleştirilir ve kap sıkıca kapatılarak havası çekilir. Sonra kabın üstünde bulunan vernik musluğu açılarak içeriye vernik gönderilir. Ortam havasız olduğundan içeriye gönderilen vernik sargıların en küçük aralıklarına dahi nüfuz eder. Vernik emdirme işleminden sonra stator tekrar kurutma fırınına sokulur ve burada son kurutma işlemi yapılır. Rotor sargıları elde ya da makinede sarılır. Bunun dışında uygulanacak bütün işlemler stator sargılarında olduğu gibidir.

Basit bir motor 6 temel parçaya sahiptir:

1. Armatür ve ya rotor(pervane)
2. Komütatör(çevirici)
3. Fırçalar
4. Aks(eksen,mil)
5. Alan mıknatısı
6. Bir tür doğru akım güç kaynağı

Elektrik motorları doğru akım motorları veya alternatif akım elektrik motorları, senkron elekt-rik motorlar veya asenkron elektrik motorlar gibi çeşitlere ayrılır. Piyasada birçok elektrik motoru türü mevcuttur. Bunların her birinin kendine özgü uygulama alanları vardır. Uygulamada kullanılan başlıca elektrik motoru çeşitleri şunlardır:

1. Alternatif Akım Elektrik Motorları (A.C. Elektrik Motoru)

- 1.1. Asenkron (Endüksiyon) elektrik motorları
  - 1.1.1. Kısa devre-rotorlu elektrik motorları (sincap kafesli motor)
- 1.2. Üç fazlı asenkron elektrik motorları (Trifaze Asenkron Elektrik Motoru )
- 1.3. Değişebilir hızlı kutup anahtarlama
- 1.4. Tek fazlı asenkron motorlar (Monofaze Asenkron Motor)
- 1.5. Daimi kondansatörlü
- 1.6. Çift kondansatörlü
- 1.7. Yardımcı direnç sargısı olan tek fazlı motorlar
- 1.8. Gölge kutuplu motorlar
- 1.9. Döner bilezik-rotorlu motor (rotoru sargılı asenkron motor, bilezikli asenkron motor)
- 1.10. Senkron elektrik motorları
2. Doğru Akım Elektrik Motorları (D.C Elektrik Motoru)
  - 2.1. Şönt motor (paralel sarımlı motor)
  - 2.2. Seri motor (seri sarımlı motor)
  - 2.3. Sabit mıknatıslı (PM)
  - 2.4. Fırçasız doğru akım motorları (BLDC)
  - 2.5. Üniversal Motor
3. Servo Motorlar
  - 3.1. Fırçalı DC Servo Motorlar
  - 3.2. Fırçasız AC Servo Motorlar
  - 3.3. Step motorlar
  - 3.4. Relüktans motoru

### Alternatif Akım Motorları (AC Motor)

Bu motorların asenkron tipleri standart bir aygıt olmuştur. Senkron tipleri ise, büyük güç gerektiren yerlerde kullanılabilir. Alternatif akım motorları iki grupta toplanabilir: asenkron motorlar (indüksiyon motorları) ve senkron motorlar. Bütün bu motorların temel ilkesi, metalden yapılmış bir kütlenin, döner bir elektromanyetik alan yardımıyla sürüklenmesine dayanır.

Bu iki grup motorlarda da eksenli iki armatür bulunur: bunların ilki olan stator sabit, ikincisi rotorsa hareketlidir. Senkron motorun statoru asenkron motorun statoruyla aynı şekilde ve aynı yapıdadır; birbirinden vernikle yalıtılmış manyetik saçlardan oluşan bir bilezik biçimindedir; bu saçların üzerindeki yivlere üç fazlı akımlarla beslenen bir sargı sarılmıştır.

Bir senkron motorda manyetik alanı, rotorun sargısını besleyen bağımsız bir doğru akım yaratır; burada rotorun çalışma hızı vardır. Bu tip motorların başlıca yetersizliği, rotorun kendi başına harekete geçmemesi sorunudur. "Özsenkron" denen motorlarda, rotorun sargısı yeri-ne sabit mıknatıslar kullanılır.

Asenkron motorun çalışması oldukça farklıdır: rotorun sargısı çok fazlıdır ve rotora yalnız statorun sağladığı tek alan akım indükler. Rotor başka hiçbir enerji kaynağına bağlı değildir. Dönme hızı ne olursa olsun (ilk çalışmada bile), mekanik bir

kuvvet çifti sağlar; düzenli çalışma sırasında bu hız senkron hızından (yani döner alan hızından) farklıdır; bu hız farkı motorun üzerindeki yüke bağlıdır.

Sincap kafesli motorlarda sargı, yapraklı bir rotorun yivlerine yerleştirilmiş bakır veya alüminyum çubuklardan oluşur; bu yapı basit, sağlam ve ucuzdur. Bu tip motorlar, imalat sanayi-inde, pompaların ve vantilatörlerin çalıştırılmasında veya ambalajlamada çok yaygın olarak kullanılan standart aygıtlardır. Bu aygıtlar artık, mikro işlemciyle denetlenen frekans dönüştürücüsü sayesinde doğru akım motoruyla rekabet edebilecek güçtedir.

Gücü 10 MW'ta kadar çıkabilen doğru akım motoru (1), çok hassas ayarları mümkün kılan güç dönüştürücüsünün basitliğiyle üstünlük sağlamıştır. En önemli olumsuzluğu ise üstünde sürtünen fırçalar nedeniyle aşınan ve kıvılcım üreten bir kolektörünün bulunmasıdır. Sincap kafesli üç fazlı asenkron motor (2), sağlam, basit ve ucuz olması nedeniyle sanayide yaygın olarak kullanılır. Başka hiçbir güç kaynağına bağlı olmayan rotoru, dönme hızı her ne olursa olsun bir kuvvet çifti üretir. Ama dönme hızı da statik bir frekans dönüştürücüyle ayarlanabilir. Nominal hızı dakikada 58,5 devir olan 12 MW'lık bu senkron motor (4), Belçika'da Sidmar çelik fabrikasında sıcak hadde makinesini alıştırılan ve tirostorlar aracılığıyla alternatif akımla beslenen iki dev motordan biridir. Hadde dizisi içine giren 23 cm. kalınlığında 23 t'luk çelik levhalar bu haddeden, yüksek kalitede ince saç bobinler olarak çıkmaktadır. Dev veya minik hangi güçte olursa olsun elektrik motorlarından her alanda yararlanılabilmektedir. Bunun bir örneği yaklaşık 60 kere büyütülmüş, sabit miktatıslı ve pille çalışan şu minik kol saati motorudur (3). Sürtünmesiz çalışması ve düşük tüketimi bu motora neredeyse sınırsız bir ömür kazandırmaktadır.

### Doğru Akım Motorları(DC Motor)

Hareketleri düzgün, kesin ve güçlüdür. Hızları kolaylıkla değiştirilebilir; ama bunlar çalışırken kıvılcım çıkarır. Eğer bir motor hem sık sık durup çalışacak, hem hassas hız ayarlarına elverişli olacak hem de yük altındayken ani frenlemeler yapacaksa, böyle bir motorun seçimi kolay değildir. Bu koşullar, en yüksek verimin istendiği uygulamalarda aranır. Bu durumda, güçleri onlarca megavatta ulaşan doğru akım motorları kullanılır.

Bu tip motorun en büyük kusuru, bir kolektörü akımla besleyebilmek için fırçaların kullanılması zorunluluğudur.; fırçalar bu işi kolektöre sürtünerek gerçekleştirir, dolayısıyla da kolektörü hem aşındırır, hem de kıvılcım üretir. Bu nedenle doğru akım motorları tümüyle kapalı bir çerçevenin içinde bulundurulur ve içeriye toz veya nem girmesine izin verilmez. Akaryakıt deposu gibi patlama tehlikesinin bulunduğu yerlerde bu tip motorlar kullanılmaz. Buna karşılık, doğru akım motorlarının çok geniş bir çalışma düzenine sahip olma gibi bir üstünlüğü vardır. Bu motorların hızı, bağlı değer olarak 1 ile 300 arasında değişebilir, oysa aynı güçteki bir asenkron motorun çalışma aralığı üç kez daha dardır.

Bir doğru akım motorunun elektronik hız dönüştürücüsü basittir, hız değişim komutlarına ve ani yüklerle kusursuz cevap verir. Doğru akım motorları, düz malzemelerin yüksek bir

duyarlılıkla sarılması veya açılmasının gerektiği her yerde kullanılır. Konum kesinliliğinin ve düzenli hare-ket tekrarının önemli olduğu alanlarda bu tip motorlardan yararlanır. Otomobil sanayinde son derece gelişkin deneme tezgâhlarında, açılır-kapanır köprülerde ve teleferiklerde hâlâ elektrik motoru kullanılmaktadır. Metalürji sanayiinde son derece gelişkin işlemlerde, mesela metal ambalaj yapımında kullanılan saçların üretiminde, metalin hem işlenme hızı dakikada 800 m'ye ulaşır, hem de kalınlığı 0,17 mm'ye kadar inceler; işte çok duyarlı bir denetim sistemi gerektiren bu tip uygulamalarda doğru akım motorları tereddütsüz tercih edilir.

### Servo Motorlar

Küçük çaplı ve genellikle içerisinde kompanzasyon sargısı olan, kuvvetli manyetik alanı boyu uzun doğru akım motorlarına servo motor denir. D.C. motorlar gibi imal edilirler.

1 devir/dakikalık hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan yardımcı motorlardır. Örneğin hassas takım tezgâhlarında ilerleme hareketleri için genellikle servo motorlar kullanılır. Servo motorların AC ile çalışan modelleri fırçasız, DC ile çalışan modelleri ise fırçalıdır. Bunlar, elektronik yapılu sürücü/programlayıcı devrelerle birlik-te kullanılır. Günümüzde yapılan servo motor çalıştırma sürücüleri, tamamen mikroişlemci kontrollü ve dijital yapıdadır. AC Servo Motorlar Bu tip servo motorlar, genellikle iki fazlı sincap kafesli indüksiyon tipi motorlardır. İki fazlı asenkron motorlar, büyük güçlü yapılmakla birlikte çoğunlukla otomatik kontrol sistemlerinde servo motorlar olarak kullanılmak amacı ile küçük güçlü yapılıdır. Fırça ve kolektör olmadığından arıza yapma ihtimalleri az, bakımları kolaydır. A.C. servo motorlar, iki fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki tipte incelenir. A.C Servo Motorların Yapısı İki fazlı servo motorun statorunda eksenleri arasında 90° lik elektriksel açı olan referans ve kontrol sargısı olmak üzere iki adet sargı vardır. Rotoru ise sincap kafesli sargı taşır, fakat yüksek dirence sahip olması gibi birtakım özellikler kazandırılmıştır. A.C. servo motorlarında rotor devresi, oldukça yüksek dirence sahip olacak şekilde imal edilir. Bu işlem ya sincap kafes çubuklarında ya da çubukların bağlantı noktalarında yük-sek dirençli maddeler kullanılarak yapılır.

DC Servo Motorlar D.C. servo motorlar, genel olarak bir D.C. motoru olup, motora gerekli D.C. akımı aşağıdaki metotlarla elde edilir. Bir elektrik yükselteçten A.C. akımın doyumlu reaktörden geçirilmesinden A.C, akımın tristörden geçirilmesinden Amplidin, retotrol, regüleks gibi dönel yükselteçlerden elde edilir. D.C servo motorlar, çok küçük güçlerden çok büyük güç-lere kadar imal edilir (0,05 Hp'den 1000 Hp'ye kadar). Bu motorlar, klasik D.C. motorlar gibi imal edilir. Bu motorlar, küçük yapıdadır ve endüvileri (yükseklik.uzunluk/çap oranıyla) kutup ataleti momentini minimum yapacak şekilde tasarlanır. Küçük çaplı ve genellikle içerisinde bir kompanzasyon sargısı olan kuvvetli manyetik alanlı, boyu uzun doğru akım motorlarına da servo motor denir.

### **Hız Değişimi**

Bir elektrik motorunu istenen hızda döndürmek için, motora mikro işlemcili elektronik bir hız değiştiricisi takmak gerekir.

Değişen hızlar kullanmak söz konusu olduğunda, ilk seçim doğru akım motoru olur. Bu tip motorlarda sabit uyarı altında dönme hızı rotor üzerine uygulanan gerilimle doğru orantılı olarak değişir, kuvvet çifti ile rotordan geçen akımın şiddeti arasındaki oran aynı kalır. Bunun için motora bir redresör (doğrultucu) takmak gereklidir.

Asenkron motorun hız değiştiricisi çok daha karmaşıktır; bu iş için statik frekans dönüştürücü-sü kullanılır. Dönüştürme işi iki aşamada yapılır ve ilk aşama sabit bir doğru akımın elde edilmesidir. Dolaylı dönüştürücü denen bu dönüştürücü (konversitör), diyotlu bir redresör ile düzenleyici bir filtreden oluşur bu bileşim bir doğru akım kaynağı işlevi görür. Bunun ardın-dan, yarı iletken bir dalga üreticinden oluşan doğru akım-alternatif akım dönüştürücüsü gelir. Bu işlem için çoğunlukla, tam olarak bir sinüzoidal akım oluşturma üstünlüğüne sahip darbe genişliği modülasyonu tekniği uygulanır; elbette bu durumda sayısal işlemler için mikro işlemciler kullanmak gerekir.

Günümüzde işlemler dizisinin giderek kusursuz hale getirilmesine yönelik çabalar yoğunlaştırılmış ve bu amaçla “vektörel denetim” denilen yöntem geliştirilmiştir; bu yöntemde, bir başka modülleme tekniğiyle asenkron motorun denetimi basitleştirilmiştir. “Park dönüşümü” denen bir değişkenler değişimiyle, üç fazlı motorun statorundan geçen üç ani akıma tekabül eden iki akımdan yararlanır; Park stator akımını oluşturan bu iki bileşen, mıknatıslanma akımı ve etkin akımdır. Akı, kuvvet çifti ve dönme hızı buna bağlı olarak değişir. Böylece, doğru akım motoru ile artık onun kadar kolay denetlenebilen bu asenkron motor arasında benzerlik kurulabilir.

### Hız kontrol ünitesi

Hız kontrol ünitesi motorun devrini ve yönünü ayarlayan elemandır. İçten yanmalı motordaki gaz pedalının görevini burada ayarlı bir direnç almıştır. Bu direnç kullanıcının isteğine göre motor devrini ayarlamaktadır.

### Potansiyometreler

Potansiyometre, dışardan fiziksel müdahaleler ile değeri değiştirilebilen dirençlerdir. Potansiyometrelerin daha güçlülerine daha yüksek akım değerine sahip devrelerde kullanılanlarına da “reosta” denir. Potansiyometrelerin daha çok karbon veya karbon içerikli direnç elemanlarından yapılmasına rağmen, reostalar ise krom-nikel direnç tellerinden yapılmaktadırlar. Potansiyometreler devrelerde akımı sınırlamak ya da gerilimi bölmek amacıyla kullanılırlar.

Potansiyometreler üç uçlu ayarlı orta uç, direnç üzerinde gezinebilir. Potansiyometreler, direnç değerinin değiştirilmesi yoluyla gerilim bölme, diğer bir deyimle çıkış gerilimini ayarlama işlemini yapar.

Devre direncinin çok sık değiştirilmesi istenen yerlerde kullanılır. Potansiyometreler radyo gibi cihazlarda ses kontrolü için kullanılır. Sesin açılıp kapanması için kullanılır.

Potansiyometreler aşağıdaki üç grup altında toplanabilir.

- a) Karbon potansiyometreler
- b) Telli potansiyometreler
- c) Vidalı potansiyometreler

## LİTERATÜR ÖZETLERİ

Otomotiv Teknolojileri platformunda (2010) çıkan raporda belirtildiğı gibi; Hibrit ve elektrikli araçlar alt sistemleri arasında, aracın elektrik enerjisi ihtiyacını sağlayacak enerji depolama sistemleri(batarya, ultrakapasitör), araç tahrik sistemleri için elektrik motorları ve motor sürücüleri, aracın yardımcı sistemlerinin ve araç yüklerinin karşılanması ve de gerektiğinde şebeke üzerinden şarj imkanı sağlayacak güç çevirici üniteleri(AC/DC, DC/DC), konfigürasyon gereğı içten yanmalı motorun çalışmadığı durumlarda aracın diğer fonksiyonlarının devam ettirebilmesi için elektrik destekli yardımcı sistemler(elektrik destekli direksiyon ve fren sistemleri) ile tüm bu alt sistemlerin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayacak, onları izleyecek ve yönetecek elektronik kontrol üniteleri yer almaktadır.

Elektrikli araçlar yüksek verimleri, lokal kirlenmeye neden olmamaları ve ssiz olmaları sebebiyle gelecekte daha çok tercih edilecektir. Günümüzde elektrikli arabaların yaygınlaşmasını sınırlı kullanım menzili, uzun şarj süresi ve yüksek maliyetler engellemektedir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasını engelleyen bu üç fktörde batarya ile ilişkilidir (Erik Schaltz 2011)

Elektrikli araba yapımında DC veya AC elektrik motoru, vites kutusu kullanımı, yüksek veya düşük gereimli batarya, tek fazlı veya 3 fazlı şarj, 1 veya 1'de fazla elektrik motoru kullanımı vb. gibi seçenekler bulunmaktadır. (Chan ve ark., 2007)

Yakıt ekonomisi, performans, dayanıklılık ve daha düşük emisyon değerleri konusunda istekler arttıkça otomotiv endüstrisinin araçların elektrifikasyonuna olan ilgisi artmıştır. Gelecekteki araçlarda gaz pedalı, güç aktarma, anahtarsız kilit, arka tekerleklerin tahriki, havalandırma sistemi, sürücü yüksekliğinin ayarlanması, aktif süspansiyon sistemleri vb. birçok sistem elektrik sistemini kullanarak çalışacaktır. Bu nedenle ortaya çıkan bu yeni yükleri sağlayabilmek için aracın sistem voltajı daha yüksek kullanılmak zorundadır. (LukicS. ve Emadi A., 2004)

Günümüzde araç emisyonlarını azaltmanın yollarından birisi de hibrid araçların kullanımınıdır. Hibrid araçların dizaynı araca kurulacak olarak elektrik ve elektronik sistemlerin tüm sisteme verimliliğı arttıracak şekilde eklenmesiyle sağlanabilir (Mapelli ve ark., 2010)



Gao ve ark. 2007' de yaptıkları çalışmada elektrik ve hibrid araçlar için modelleme ve simülasyon ihtiyacını incelemişlerdir. Fizik temelli RCF (Resistive Companion Form) tekniği ve BG (Bond Graph) yöntemi güç aktarma ve tüm sistemin modellenmesi örnekleri üzerinde denenmiştir. PSAT ( Güç aktarma sistemi analiz toolkiti), ADVISOR (İleri seviye araç simülatörü, PSIM, VTB ( Virtual Test Bed) örnek uygulamalar üzerinde test edilmiştir.

Lityum-katı polimer bataryada diğer yüksek sıcaklık bataryalarından farklı olarak, ergimiş tuz elektroliti yerine iletken polimerler kullanılmaktadır. 150 Wh/kg enerji ve 300 W/kg güç yoğunluğuna sahiptir. Bataryanın düşük güçte dış ortam sıcaklıklarında çalışması mümkün olmakla birlikte, optimum çalışma sıcaklığı 80°C ve 120°C aralığındadır. Lityum-katı polimer bataryalar ve lityum-iyon bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, elektrikli araç uygulamaları için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek 15-20 yıl içinde lityum-iyon bataryanın henüz yüksek olan maliyetlerinin düşerek EA'larda kullanılacak ekonomik seviyeye inebileceği öngörülmektedir (Ünlü ve ark., 2003)

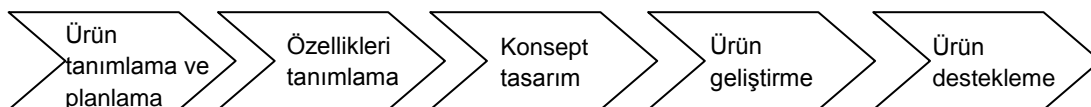
Günümüzdeki araçlar içten yanmalı motorlar kullanmaktadır Ancak elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla araç boyutları küçülebileceğinden trafik sorunu ve hava kirliliği azalacaktır. Modüler çok fonksiyonlu elektrikli araçlar (MMEV) konsepti ile araçların boyutları modüler hale getirilerek trafik için kullanılacak yol seçenekleri artırılarak (merdivenlerden tırmanma gibi) trafik sorununa çözüm olabilir. (Gogh, D.V. ve ark. 2006)

Otomatik kontrol alanında güvenilirlik ve zeka önemli faktörlerdir. Elektronik sensörlerin kapasiteleri ortam sıcaklığına göre değiştiği için güvenilirlik ve işlev konusunda hedeflere ulaşmak zor olabilmektedir. Çalışmada geliştirilen farklı koşullarda işlevsel ve güvenilirlik açısından dayanıklı bir araç geliştirilmiştir. Mini araba farklı sesleri ayırtedebilmekte, kaydedebilmekte, farklı hızlarda giderken bariyerlere olan mesafesini ölçebilmekte, GPS ile konumunu saptayabilmekte, sürücüsünün alkol seviyesini ölçebilmekte, tüm bu bilgiler bir LCD ekranda gösterilebilmektedir (Zhang, Y.Z ve ark. 2011)

## GEREÇ VE YÖNTEM

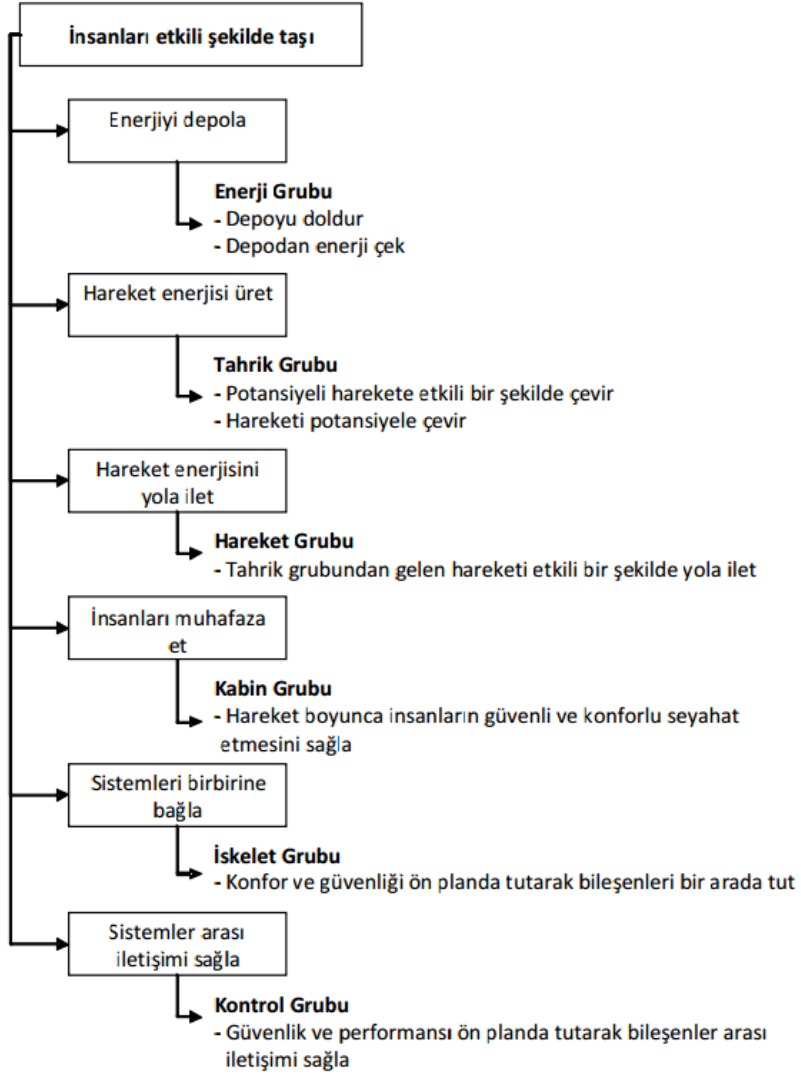
Organizasyonlar yeni ürünler geliştirmek için belli metodolojiler izlerler. Ürün yaratmanın sistematik yolları olan bu metodolojiler literatürde birçok kez tanımlanmıştır. Aralarında "devam/tamam" karar noktaları olan farklı aşamalardan oluşan bu modeller organizasyonun ihtiyaçlarına ve kapsamına göre bir ürün fikrinin doğuşundan ürünün geri dönüşümüne kadar olan süreyi kapsayabilir.

Bu projenin yürütülmesinde Ullman'ın ürün geliştirme metodu baz alınmıştır:



Şekil 3.: Ullman'ın ürün geliştirme modeli

Elektrikli arabanın amacı ve kullanım alanı değerlendirilerek ürünün ana işlevi “insanları etkili şekilde taşımak” olarak belirlenmiş ve alt bileşenleri fonksiyonlarına göre aşağıda gösterildiği gibi gruplara ayrıştırmıştır:



Şekil 4. İşlevsel ayrıştırma

## **Aracın Mekanik Tasarımı**

Araç TÜBİTAK tarafından düzenlenen Elektromobil yarışlarına katılacağı için TÜBİTAK tarafından belirlenen kurallara uygun olarak yapılmıştır. Tübitak kuralları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

### **1) Araç Ölçüleri:**

- Araç yüksekliği minimum 100 cm olacaktır.
- Araç genişliği 120 cm ile 180 cm arasında olacaktır.
- Araç boyu 200 cm ile 350 cm arasında olacaktır.
- Ön tekerlekler arası açıklık en az 100 cm arka tekerlekler arası mesafe ise en az 80 cm olacaktır.
- Ön ve arka tekerlekler arasında en az 130 cm mesafe olacaktır.
- Araç dört tekerlekli ve iki koltuklu olacaktır.
- Aracın yerden yüksekliği minimum 10 cm olacaktır.
- Araç ağırlığı sürücü hariç en az 200 kg olacaktır.

### **2) Araç Gövdesi:**

Araç gövdesi, bütün mekanik ve elektriksel parçaları içerisine alacak şekilde tasarlanmıştır. Önden, arkadan ve üstten araca bakıldığında tekerlekler dahil bütün parçalar tamamen gövdenin içinde kalması ve araç kabuğu gerektiğinde açılarak iç aksamlara kolay ulaşım sağlanmıştır.

Fren telleri, borular, hortum, elektrik kabloları ve elektrik ekipmanlarının yanma ve kısa devre gibi risklerden korunması amacıyla muhafazaya alınmıştır. Sürücü ve yolcunun araca girip çıkması için yanlarda açılan iki kapı yapılmıştır. Aracın yarış esnasında diğer araçlara zarar vermemesi için sivri ve keskin çıkıntıları bulunmamaktadır. Aracın üstü kapalıdır.

### **3) Güvenlik Donanımları**

#### **Frenler:**

Yarış kurallarında tekpedal ile harekete geçirilen ikidevrelilik hidrolik fren sistemi zorunludur. Aynı pedal, tüm frenleri harekete geçirecek şekilde bir fren sistemi oluşturulmuştur.

#### **Rollbar:**

Devrilme durumunda sürücünün güvenliğini sağlamak amacıyla rollbar kullanımı zorunludur. Kullanılacak rollbarlar her noktada en az 250Mpa çekme dayanımına sahiptir.

Kullanılacak rollbar gövde üzerine en az dörder noktadan min. Metrik 10 civatalar ile bağlanmıştır. Rollbar yüksekliği pilot kasklı halde otururken 5cm üzerinden yüksekliğe sahiptir.

### Rollcage:

Araç yan darbelere karşı koruyacak bir profil veya sağlam bir gövdeye sahip olması sağlanmıştır.

### Yangın Söndürücü

Yarış kuralları gereğince araçta 1 adet 1kg C tipi yangın söndürücü bulunması zorunludur.

### Elektrik Devre Kesiciler:

Enerji üreten donanımla enerji tüketen birimler arasındaki her türlü elektrik bağlantısı, kıvılcım çıkarmayan ve biri araç içerisinde biri araç dışında 2 adet devre kesiciyle kesilebilmektedir. Araçtaki tüm elektrik kabloları, her bir iletkenin çapına uygun değerde bir aşırı akım kesiciyle korunmuştur.

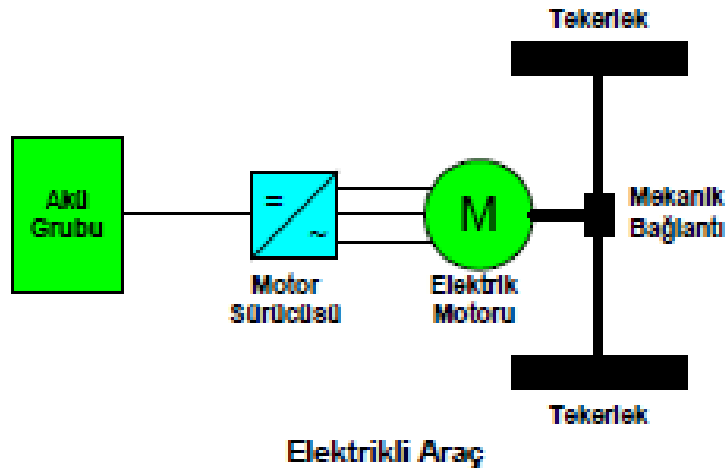
### Geri Görüş:

Kokpitin her iki yanında 50cm<sup>2</sup> yansıtma alanlı dikiz aynaları kullanılmıştır.

### Emniyet Kemerleri

FIA standartlarına göre 5 noktadan sabitlenen emniyet kemeri kullanılmıştır.

## 4) Aracın Elektrik Tasarımı

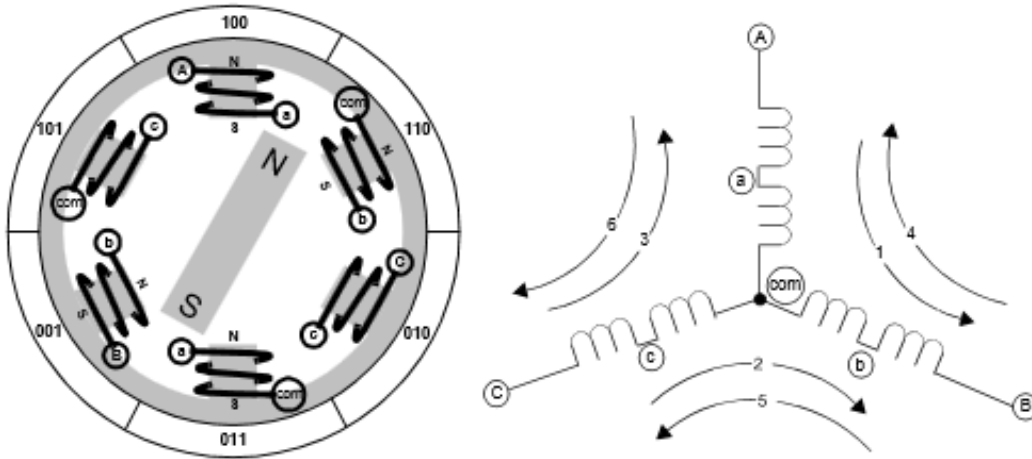


## Şekil 5 Elektrikli araç modeli

Elektrikli arabanın, elektriksel sistemi genel olarak batarya, motor sürücüsü, elektrik motoru kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 1). Ayrıca bataryanın verimli kullanılması için “enerji yönetim sistemi”, yine bataryaların güvenli aralıkta çalıştırılabilmesi için “batarya yönetim sistemi” ve güneş arabasının sensörlerinden alınan verilerin pist ekibine gönderilebilmesi için “telemetri” alt sistemlerinden oluşmaktadır.

### Elektrik Motoru

Tasarlanan yarış arabasında fırçasız doğru akım (BLDC) motoru kullanılmıştır. BLDC motorlar rotorunda kalıcı mıknatıs, statorunda ise kutup sargıları bulunan doğru akım motorlarıdır. Rotordaki kalıcı mıknatıslar ile stator sargılarındaki dönel manyetik alanın etkileşimi sonucunda elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülmektedir.

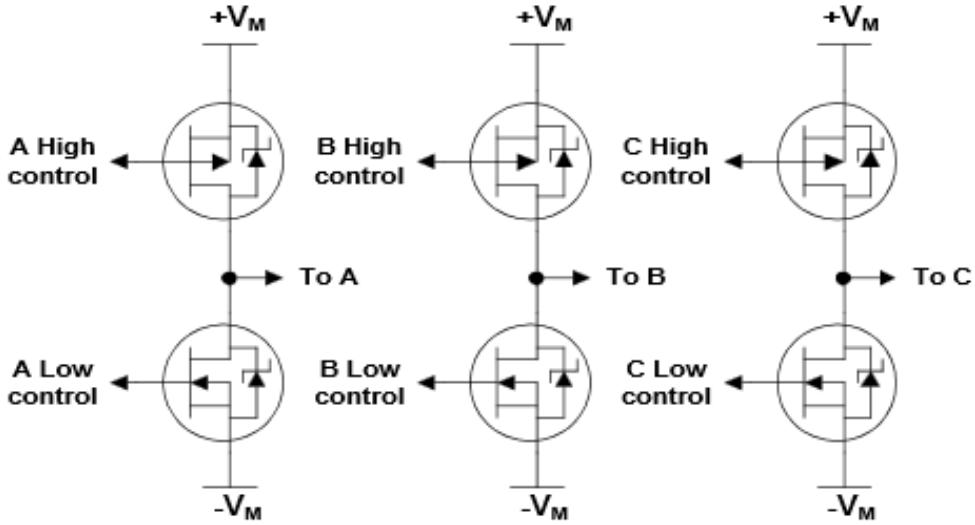


Şekil 6. Basitleştirilmiş BLDC motor diyagramı

Birçok BLDC motor’ da Şekil 2’ de görüldüğü gibi yıldız bağlantı ile bağlanmış üç fazlı sargı bulunmaktadır. Bu yapıdaki bir motor aynı anda iki faz sargısı enerjilendirilerek hareket ettirilebilir. Hangi fazların enerjilendirileceği rotorun konumuyla ilişkilidir. Bu nedenle rotor konumunun tespitini yapacak elektronik bir kontrol ünitesi (motor sürücüsü) kullanmak zorunludur.

### Motor Sürücüsü

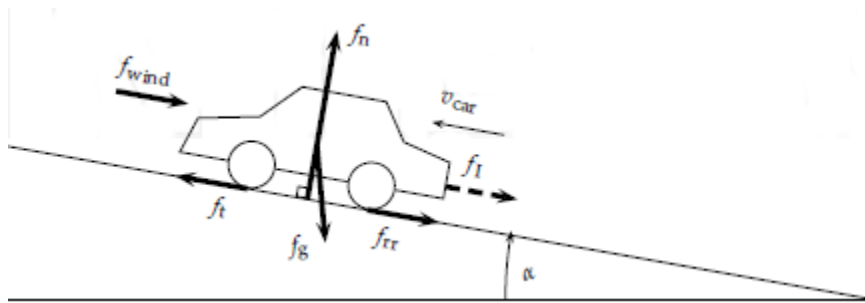
3 fazlı BLDC motorda sargıların doğru sırayla enerjilendirilmesi önemlidir. Bu hassas kontrol ancak elektronik bir kontrol ünitesi ile sağlanabilir. Şekil 3'te bir BLDC motor sürücüsünün basitleştirilmiş şekli gösterilmektedir. Rotor pozisyonu üreticiler tarafından motor sargılarına 120° aralıklarla yerleştirilen 3 adet HALL sensör ile algılanarak belirlenir ve aşağıdaki basitleştirilmiş şekilde gösterildiği gibi MOSFET'lerden oluşan bir sürücü ile kontrol edilir.



Şekil 7. BLDC Motor Sürücü

### Aracın Kuvvet Modeli

Elektrikli araçta motor ve motor sürücüsü seçimi, aracın gitmek istediği hız ve yenmesi gereken kuvvetlerin hesabına bağlı olarak yapılmaktadır. Tasarlanacak elektrikli araç yerçekimi kuvveti, yuvarlanma direnci, rüzgar ve atalet kuvvetlerini yenmek zorundadır. Bu kuvvetler Şekil 4.'te gösterilmektedir.



Şekil 8. Araç üzerine etkiyen kuvvetler

Araca ait çekme kuvveti aşağıdaki formülle ifade edilebilir (Ehsani ve ark. 2005)

$$f_t = M_{araba} \cdot a_{araba} + M_{araba} \cdot g \cdot \sin(\alpha) + \text{sign}(v_{araba}) \cdot M_{araba} \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot C_{rr} + \text{sign}(v_{araba} + v_{rüzgar}) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_{hava} \cdot C_{drag} \cdot A_{on} \cdot (v_{araba} + v_{rüzgar})^2$$

$$f_i = M_{araba} * a_{araba}$$

$$f_g = M_{araba} * g$$

$$f_{rr} = M_{araba} * g * \cos(\alpha) * c_{rr}$$

$$f_{normal} = M_{araba} * g * \cos(\alpha)$$

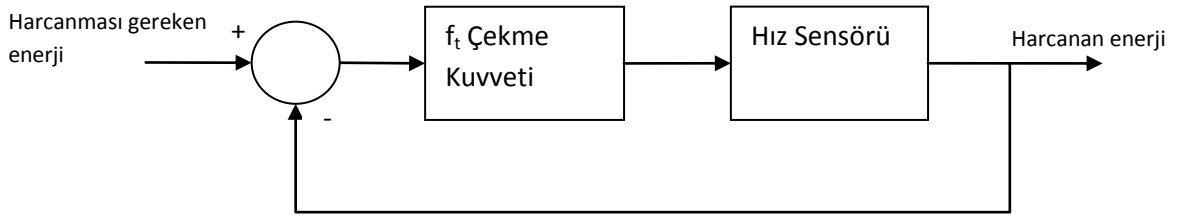
$$f_{rüzgar} = 1/2 * \rho_{hava} * C_{drag} * A_{ön} * (V_{araba} + V_{rüzgar})^2$$

$$c_{rr} = 0.01 * (1 + (3.6/100) * V_{araba})$$

|                      |                      |                                  |
|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| $f_t$                | [N]                  | aracın çekme kuvveti             |
| $f_i$                | [N]                  | aracın atalet kuvveti            |
| $f_{rr}$             | [N]                  | tekerleklerin yuvarlanma kuvveti |
| $f_g$                | [N]                  | yerçekimi kuvveti                |
| $f_{normal}$         | [N]                  | aracın normal kuvveti            |
| $f_{rüzgar}$         | [N]                  | rüzgar direnç kuvveti            |
| $\alpha$             | [rad]                | yol eğim açısı                   |
| $M_{araba}$          | [kg]                 | aracın kütlesi                   |
| $V_{araba}$          | [m/s]                | aracın hızı                      |
| $a_{araba}$          | [m/s <sup>2</sup> ]  | aracın ivmesi                    |
| $g=9.81$             | [m/s <sup>2</sup> ]  | yerçekimi ivmesi                 |
| $\rho_{hava}=1.2041$ | [kg/m <sup>3</sup> ] | 20°C' de kuru havanın yoğunluğu  |
| $c_{rr}$             | [-]                  | Lastiklerin yuvarlanma direnci   |
| $c_{drag}$           | [-]                  | aerodinamik sürtünme direnci     |
| $A_{ön}$             | [m <sup>2</sup> ]    | aracın ön kesit alanı            |
| $V_{rüzgar}$         | [m/s]                | karşıdan esen rüzgar             |

Aracın ihtiyaç duyduğu güç yukarıdaki formüllerden hesaplanarak motor, motor sürücüsü ve sistemde akacak akım büyüklüğüne göre kablo çapı seçimi yapılmıştır. Ayrıca yine aynı formül aracın yarış stratejisinin belirleneceği simülasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

Araç üzerine yerleştirilen hız, akım ve gerilim sensörlerinden alınan veriler ile aracın teorik olarak tüketmesi gereken elektriksel güç ve gerçekte tüketilen güç değerleri karşılaştırılarak, aracın enerji verimliliği izlenecek ve bir kontrol mekanizmasıyla bu verim artırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 9. Aracın enerji modeli

## Batarya

Elektrikli aracın kalbi kullanılan batarya paketidir. Kurşun-asit, nikel metal hidrid ve lityum-iyon vb. farklı batarya teknolojileri bulunmaktadır. Elektrikli araçlarda maliyetinden dolayı genellikle, spesifik enerjisi 33-42Wh/kg olan kurşun-asit bataryalar kullanılmaktadır. Ancak geliştirilen araç TÜBİTAK'ın düzenlediği elektrikli araç yarışlarında yarışacağı için aracın mümkün olduğunca hafif olması amaçlanmıştır. Bu nedenle tasarlanan araçta enerji yoğunluğu 100-265 Wh/kg olan lityum-iyon temelli bataryalar kullanılmıştır. Bu sayede batarya paketinin ağırlığı 3-6 kat arasında hafiflemiştir.

TÜBİTAK Elektromobil yarış kuralları gereğince araçta maksimum 3kWh enerji kapasitesine sahip batarya kullanılabilir. Batarya grubu bir koruma kabıyla kısa devre ve sızıntıdan korunacak ayrıca yangına dayanıklı bir yapıdadır. Batarya şoför kabininden ayrılarak sürücü güvenliği sağlanmıştır.

## Batarya Yönetim Sistemi

Lityum-iyon temelli bataryaların, yüksek enerji yoğunluğu, düşük self-deşarj özellikleri gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak şarj gerilimi, deşarj akımı ve batarya sıcaklığının sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir.



Batarya yönetim sistemi batarya grubunun güvenli işletim sınırları içerisinde çalışmasını sağlayan elektronik bir sistemdir. Bu amaçla kullanılacak batarya yönetim sistemi batarya grubunun voltajını, akımını, sıcaklığını, şarj durumunu ve tahmini kalan enerji miktarını gösterebilmektedir. Ölçülen bu değerler pilot tarafından bir gösterge üzerinde takip edilebilmekte ve aynı zamanda telemetri sistemi ile maksimum 2 km mesafedeki pist ekibine gönderebilmektedir. Tehlike durumunda sistem sesli ve görsel uyarı verebilmekte, gerek duyulduğunda ise batarya grubunun elektrik tüketen tüm ekipman ile bağlantısını kesebilmektedir (motor, motor sürücü, fan vs.).

### **Enerji Yönetim Sistemi ve Telemetri Sistemi**

Veri toplama elektrikli arabalar çok büyük bir öneme sahiptir. Bu sistem sayesinde aracın anlık durumu hem koruma hemde enerji yönetimi açısından araç dışında bulunan pist ekibi tarafından izlenebilmektedir.

En temel şekliyle, batarya gerilim, akım ve sıcaklığı sürekli izlenecek ve bataryaların güvenli çalışma sınırları içerisinde çalışması sağlanmıştır. Araç üzerinde bu değerleri ölçebilecek akım, gerilim ve sıcaklık ölçüm sensörleri bulunmaktadır. Bu sensörlerden alınan veriler araç sürücüsüne bir ekran vasıtasıyla iletilmekte, ayrıca internet bağlantısı ile alınan tüm bu verilerin pist ekibine gönderilmesi de sağlanmaktadır.

Bataryanın şarj durumuna ve kalan mesafeye bakılarak gidilmesi gereken hız ve mevcut şarj durumuyla atılabilecek tur sayısı konusunda sürücü bilgilendirilmektedir.

## SONUÇLAR VE BULGULAR

Çizelge 1. Aracın teknik özellikleri

| Özellik                     | Birim  | Değer  |
|-----------------------------|--|--|
| Uzunluk                     | mm   | 2800   |
| Genişlik                    | mm   | 1650   |
| Yükseklik                   | mm   | 1320   |
| Tekerlek Sayısı             | #  | 4  |
| Şasi                        | malzeme  | ALÜMİNYUM  |
| Kabuk                       | malzeme  | FİBERGLAS  |
| Fren sistemi                | hidrolik, disk, pabuç, ön, arka, el freni                        | HİDROLİK   |
| Lastikler çapı ön           | mm   | 330  |
| Lastikler genişliği ön      | mm   | 130  |
| Lastikler çapı arka         | mm   | 330  |
| Lastikler genişliği arka    | mm   | 130  |
| Telemetri                   | var/yok; Aktarılan bilgiler (hız, batarya durumu, sıcaklık, vb.) | VAR (HIZ, BATARYA GERİLİMİ, MAX VE MİN HÜCRE GERİLİMİ, BATARYA SICAKLIK, ÇEKİLEN AKIM, HARCANAN GÜÇ) |
| Motor                       | tipi   | FİRÇASIZ DC MOTOR  |
| Motor Sürücü                | (var/yok); Kendi tasarım, hazır ürün                             | VAR (HAZIR ÜRÜN)   |
| Motor gücü                  | kW   | 6  |
| Motor verimliliği           | %  | 85   |
| Motor Ağırlığı              | kg   | 22   |
| Batarya                     | türü   | Lİ İON   |
| Bataryanın Nominal Voltajı  | Volt   | 70.3   |
| Bataryanın Maksimum Voltajı | Volt   | 79.8   |
| Nominal Batarya Gücü        | Wh   | 2998,18  |

## **Motor**

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Güç                       | :6KW            |
| Nominal çalışma gerilimim | :72 V           |
| Ağırlık                   | :22 kg          |
| Verimlilik                | :%85            |
| Tip                       | :Fırçasız DC    |
| Marka                     | :Kelly controls |

## **Motor sürücüsü**

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Ayarlanabilir çalışma gerilimi | :18-90V         |
| Sürekli akım                   | :140 A          |
| Marka                          | :Kelly controls |
| Model                          | :KBL72301       |

## **Batarya Yönetim Sistemi (BYS)**

*Aşırı sıcaklık, gerilim, akım ve balans değerlerini göstermektedir.*

## **Devre tasarımı**

BYS devrelerinin şematik ve PCB (Printed Circuit Board) çalışmaları Altium Designer 14 programı kullanılarak çift katmanlı olarak tasarlanmıştır.

## **Dengeleme yöntemi**

Tasarlanan BYS devrelerinde pasif dengeleme mevcuttur. Pasif dengeleme, ortalama hücre geriliminin çok üzerinde bulunan hücrelerde devre üzerinde bulunan tranzistör vasıtası ile deşarj yolunu açarak bir direnç üzerinden deşarjı sağlanmaktadır. Böylelikle ortalama hücre geriliminden yüksek sevide olan hücreler ortalama gerilim seviyesine çekilmektedir. Bu yöntem ile deşarj gerilimi bandı ve akım seviyesi çeşitli yazılımsal algoritmalar ile geliştirilmeye açıktır.

## **Kontrol algoritması**

Her BYS devresi seri kol üzerinde ki 12 adet hücrenin gerilimini ölçmektedir. Ölçülen her bir hücre RS-485 haberleşmesi ile aracın diğer elektronik kartları ve EYS (Enerji Yönetim Sistemi) ile haberleşmektedir. Dengeleme işlemi BYS devresinin mikro denetleyicisi tarafından hücrelerin ortalama gerilimlerinin hesaplanması, belirlenen ortalamanın gerilime göre kritik deşarj bölgeleri oluşturulmaktadır. Ayrıca batarya gruplarında kullanılan pil çeşidinin datasheet bilgileri de referans alınmaktadır.

## **Simülasyon çalışmaları**

Simülasyon çalışmaları, tasarımın yapıldığı bilgisayar programı olan Altium Designer 14 programında yapılmıştır.

## **Baskı devre çalışmaları**

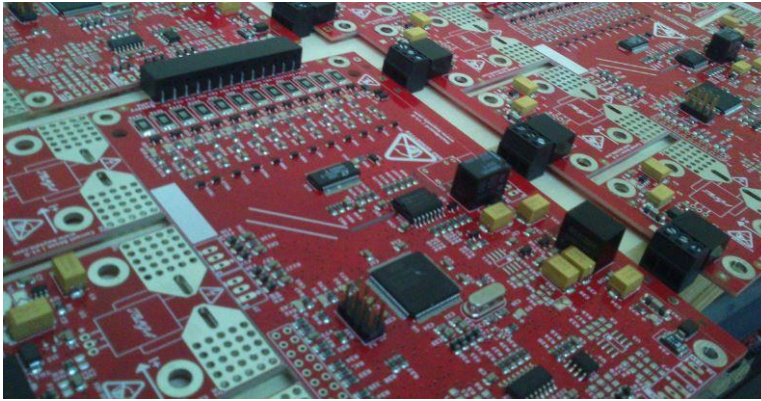
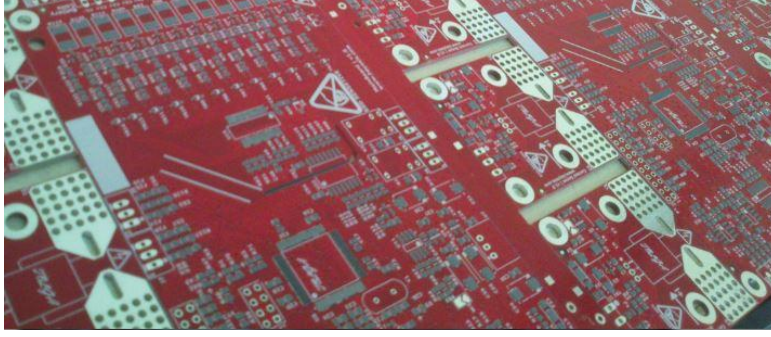
Bilgisayar ortamında tasarlanan şematiklerin ve çok katmanlı pcb modellerinin baskı devresini ekibimize destek olan **pcb sponsoru tarafından yapılmıştır.**

## **Üretim çalışmaları**

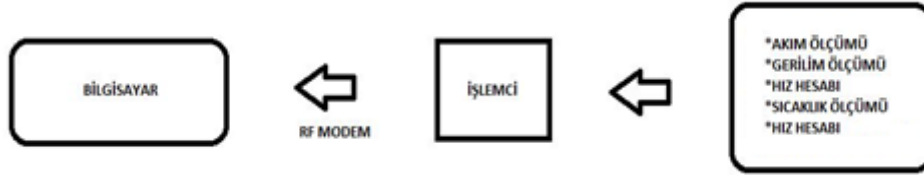
Baskı devre haline gelmiş pcb'lerin üretimi çelik elek üzerinde krem lehimlenmiş daha sonra el ile elektronik devre elemanları pcb üzerinde dizilmiş son olarak lehimin daha tutucu hale gelebilmesi için pcb fırınlamıştır. Tasarımda komponent olarak smd malzemeler seçildiği için bu üretim metodu tercih edilmiştir.

## **5. Telemetri**

Tasarlanan elektrikli araba için geliştirdiğimiz telemetri sistemi seri haberleşme protokolü üzerinden araç ile strateji birimi arasında kablosuz veri iletişimini sağlamaktadır. Veri toplama sistemi tarafından yapılan ölçümler telemetri sistemi üzerinden strateji ekibine anlık olarak gönderilmektedir. Merkez bilgisayarda kullanılan bir arayüz programı ile gelen veriler belirli algoritmalar çerçevesinde işlenip matematiksel hesaplar yaparak bu verilerin bir kısmını oluşturulan veri tabanında kayda alarak bir kısmını da araca geri göndermektedir.



Şekil 10. Devre çalışmaları



Şekil 11. Devre akışı

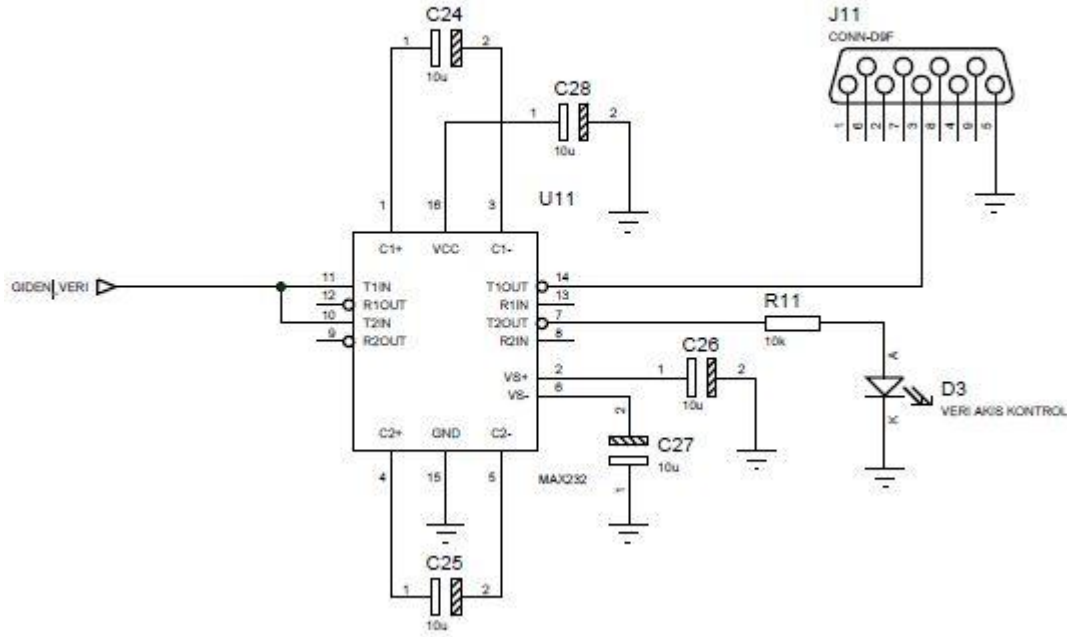
Elektrikli arabanın elektronik sistemi vasıtası ile yapılan temel ölçümler kablosuz olarak yüksek performanslı bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra burada yarış stratejisini oluşturacak matematiksel hesaplar yapılmaktadır. Yapılan hesaplamalardan bazıları motor gücü, toplam, bataryadan çekilen anlık net akım, batarya gerilimi, harcanan Wh, kalan Wh, harcanan Ah, kalan Ah, menzil, maksimum ve ortalama sıcaklık, maksimum ve ortalama hız bilgileridir. Yarış anında ve öncesinde bu matematiksel hesapların sonuçlarına göre strateji ekibi tarafından yarış senaryosu oluşturulmaktadır.



Şekil 12. Telemetri arayüz programı

### Devre tasarımı

Tasarımlarımızın şematik ve PCB çizim aşamalarını, analizlerini Proteus programında gerçekleştirilmiştir. Ana kart üzerinde kablosuz haberleşmeden sorumlu bir mikroişlemci ve MAX232 entegrsi mevcuttur. İletişimin tamamlanması için araç içerisinde RF modem ve uygun özelliklere sahip anten kullanılmıştır.



Şekil 13. Devre

## Haberleşme protokolleri

Kablosuz haberleşme sistemimiz olan Telemetri sisteminde Seri Port protokolleri kullanılmıştır. Elektronik cihazların birbiri arasında iletişim sağlayan sistemlerden biride seri port haberleşmesidir. UART Haberleşmesi olarakta bilinir. UART seri port bağlantılarında kullanılan bir çip türüdür ve seri port sistemlerinin hepsinde bu veya bu tarz çipler bulunur. Seri port haberleşmesi 8 bitle yapılır. 8 bit gönderilen bit sayısıdır.Örneğin "a" harfi 01000001 şeklindeki dizidir.

Baud Rate: Seri Port'un saniyede yazabildiği bit miktarıdır. ÖR: BaudRate'i 9600bps(bites per second) olan bir seri portun 12 karakterlik veriyi yazma hızı şöyle hesaplanır:  $12 \times 8 = 96$  bittir.  $96 / 9600 = 0.01$  sn'dir.

Durma Bitleri: Her byte'ın sonunda 1 tane durma biti yollanır.Bu alıcı cihaza byte değerinin sonlandığı haberini verir ve cihaz kendini tekrar senkonize eder.

Parity(Eşlik): İletimdeki hataları saptamak için kullanılır.Her bayt ile birde fazladan eşlik biti gönderilir.Bu eşlik biti ile birlikte bayt'taki toplam "1" sayısı her zaman çift veya her zaman tek olmalıdır.Serinin eşliği, boş(N), tek(O), çift(E), işaret(M) veya boşluk(S) olabilir.

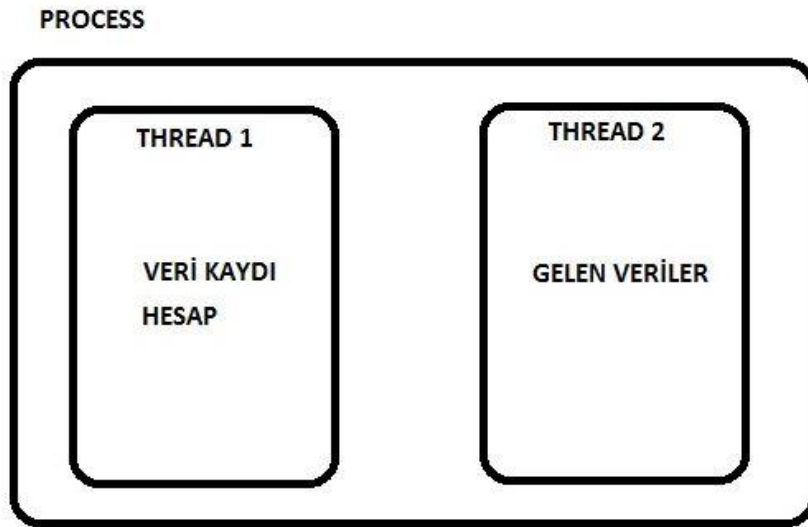
## Baskı devre çalışmaları

Haberleşme devresi anakart üzerinde özerk bir katmandan ve sisteme entegre RF modemlerden oluşmaktadır. Telemetri haberleşme sistemi için kullanılan verilere ait ölçümlerin tamamı yapılmaktadır. Bunlar; hız, akım, gerilim, sıcaklık, devir gibi temel analog ölçümlerdir.

## Üretim çalışmaları

Telemetri Sistemi, yazılım ve donanımın ortaklaşa çalışması sonucunda oluşmuştur. Donanım kısmı "Bakı Devre Çalışmaları" başlığı altında anlatılmıştır. Yazılım kısmı ise Microsoft Visual Studio 2013 programlarında C# ve Visual Basic dilinde yapılmıştır

Telemetri sistem algoritması "MultiThreading" programlanarak yazılmıştır. Öncelikli amaç performans artışı sağlamaktır ve program işleyişinde ki donma ve aksamaların önüne geçmektir. Özellikle birden çok işlemci çekirdeğinin bulunduğu bilgisayarlarda hız ciddi biçimde artış görülmektedir. Multi-Threading programlamak pek çok algoritmanın gerçekleştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Birden fazla Thread'ten oluşan programlarda, dışsal bir olay gerçekleştiğinde programın tamamı bloke olmaz, yalnızca bir thread bloke olur.



Şekil 14 Thread program

Thread bir programın bağımsız olarak çizelgelemeye giren bir parçasına denir. Bir process; birden fazla alt process'e (alt işleme) yani thread e sahip olabilir. Bu anlamda thread'leri bir process'i meydana getiren parçalardır. Elbette her process birden fazla thread ten oluşacak diye bir kural yoktur. Ancak belirli kazanımlar için processler birden fazla thread e bölünmüş olarak tasarlanabilir.





|    | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | V1   | V2   | V3   | V4   | V5   | V6   | V7   | V8   | V9   | V10  |
| 2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3615 |
| 3  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3615 |
| 4  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3613 |
| 5  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3613 |
| 6  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3615 |
| 7  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3613 |
| 8  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3613 |
| 9  | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3613 |
| 10 | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3613 |
| 11 | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3613 |
| 12 | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3613 |
| 13 | 3615 | 3616 | 3616 | 3618 | 3616 | 3616 | 3616 | 3616 | 3618 | 3615 |

|    | A   | B       | C    | D     | E | F        |
|----|-----|---------|------|-------|---|----------|
| 1  | Hiz | Gerilim | Akim | Durum |   | Saat     |
| 2  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:05 |
| 3  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:06 |
| 4  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:07 |
| 5  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:08 |
| 6  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:09 |
| 7  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:09 |
| 8  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:10 |
| 9  | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:11 |
| 10 | 19  | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:12 |
| 11 | 6   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:13 |
| 12 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:13 |
| 13 | 6   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:14 |
| 14 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:15 |
| 15 | 25  | 0       | 0    | 0     |   | 14:18:16 |
| 16 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:21 |
| 17 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:21 |
| 18 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:22 |
| 19 | 0   | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:23 |
| 20 | 13  | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:24 |
| 21 | 13  | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:24 |
| 22 | 19  | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:25 |
| 23 | 50  | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:26 |
| 24 | 32  | 0       | 0    | 0     |   | 14:19:27 |

Şekil 15b. Telemetri sisteminin windows işletim sistemi tabanlı arayüz programı

## Yerleşik Şarj Birimi

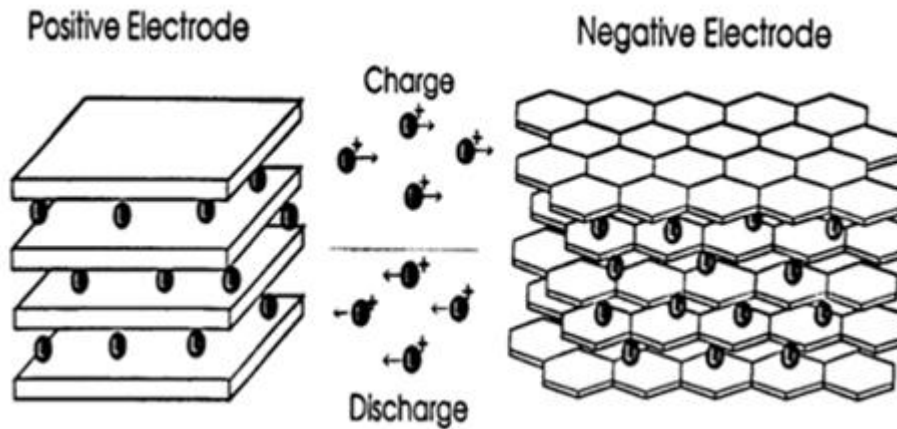
Kurşun-asit, nikel metal hidrid (NiMH), nikel-kadmiyum (NiCd), Lityum iyon (Li-ion), Lityum-demir fosfat (LiFePO<sub>4</sub>) gibi şarj edilebilir bütün bataryalar aynı temel prensibe göre çalışırlar.

Herbiri tersinir elektrokimyasal reaksiyondan faydalanmaktadır. Şarj işlemi bataryaya uygulanan akımın hücre içerisinde depolanmasıdır. Tersinir reaksiyonda ise bataryada depolanan bu enerji dışarı salınır.

Lityum temelli teknoloji iki temel nedenle tercih edilmektedir:

- Lityum en elektro-positif metal (yani daha yüksek pozitif yüke sahip olabilir) olduğu için lityum bataryalar diğer şarj edilebilir bataryalara göre daha yüksek hücre gerilimine sahiptir (lityum bataryaların nominal hücre gerilimleri 3.6 V iken nikel tabanlı bataryalarda hücre gerilimi 1.2 ile 1.5 arasında değişmektedir.)
- En hafif metal olması (sadece hidrojen ve helyum elementleri daha hafiftir) nedeniyle birim ağırlıkta daha fazla enerji depolanabilmesine imkan tanır (Lityum bataryalar için 3600 Ah/kg iken kurşun bataryalar için ise 260 Ah/kg'dır)

Günümüzde lityum iyon bataryalar pozitif ve negatif elektrotlar için iki bileşik kullanırlar. Pozitif elektron LiCoO<sub>2</sub>'den oluşurken, negatif elektrot için grafit kullanılmaktadır. İşlem sırasında pozitif materyal okside olurken negatif materyal azalmaktadır. Bir elektrodan diğerine geçiş olduğunda iyonların potansiyel enerjisi artmaktadır. Batarya bir güç kaynağı olarak kullanıldığında iyonlar ters yönde hareket ederek depolanan enerjiyi açığa çıkarırlar.



Şekil 16 Li atomların hareketi

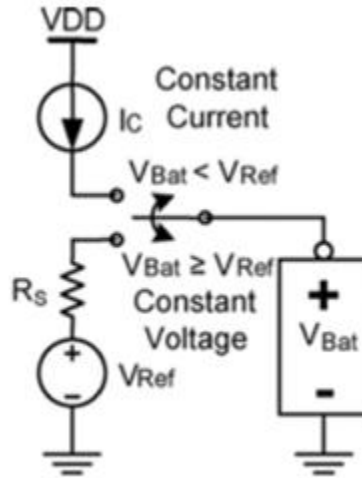
Lityum iyon bataryalarda, lityum atomları bir bileşikten diğerine şarj veya deşarj durumuna göre hareket eder.

Bu işlem basit bir işlem gibi görünmesine rağmen bazı tehlikeler içermektedir. Bu tehlikelerin en önemlisi batarya aşırı şarj edildiğinde ortaya çıkmaktadır. Aşırı şarj durumunda, kobalt oksidten çok fazla lityum iyonu boşa çıkararak grafitte geçmesi durumunda batarya kararsız bir duruma geçerek potansiyel bir tehlike oluşturabilir.

### Lityum-iyon Şarj Karakteristikleri

Lityum iyon bataryaların aşırı şarja karşı duyarlılıkları nedeniyle şarj işlemi sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir. Ancak lityum iyon pillerin şarjında tek sorun aşırı şarj problemi değildir, ayrıca çok düşük şarj seviyesinde kapasiteyi önemli ölçüde azaltacaktır. Örneğin tam şarj gerilimiinden 1.2' kat azalan gerilim pil kapasitesini %9 azaltacaktır. Bu nedenle bataryayı yüksek kapasiteli olarak şarj edebilmek için optimum şarj geriliminin %1'lik sınırlar içinde şarj etmek gerekmektedir.

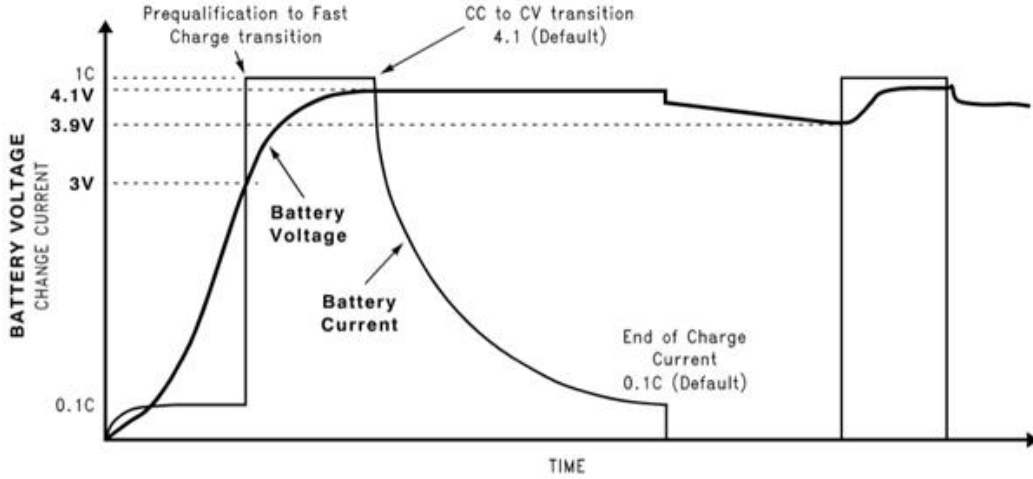
Modern şarj devreleri genellikle regüle edilmiş sabit bir akımla şarj etmekte ve batarya dolmaya yakın ise batarya tam şarj gerilimine ulaşabilsin diye kademeli olarak bu akımı düşürmektedir. Aşağıdaki şekilde CC/CV (Sabit akım/Sabit Gerilim) şarj rejimi gösterilmektedir.



Şekil 17 Lityum iyon batarya sabit akım-sabit gerilim şarj cihazı şematiği

Eğer batarya derin deşarj olursa (örneğin hücre başına 3V'un altında) öncelikle tam şarj akımının %10 kadar bir akımla ön şarj işlemi uygulanır. Böylece tam şarj akımına geçilmeden önce bataryaların aşırı ısınması önlenmiş olur. Sabit akımla şarj evresinde batarya 1C veya daha azıyla şarj edilir (1C bataryanın 1 saatte verebileceği maksimum akıma eşittir. Örneğin 2 Ah bir batarya için C=2 A olacaktır.) Sabit akımla şarj evresi batarya 4.1 V gerilime ulaşana kadar devam eder.

Batarya gerilimi 4.1 V'a ulaştığında sabit gerilimli şarj aşamasına geçilerek aşırı şarjın önüne geçilir. Yüksek kaliteli şarj cihazları sabit akımdan sabit gerilimli şarj aşamalarına çok yumuşak bir şekilde geçerek bataryaya zarar vermeden maksimum kapasite ile dolmasına izin verir. Sabit gerilimli şarj aşamasında akım 0.1 C seviyesine düşer



Şekil 18 Lityum iyon şarj profili

## Devre Tasarımı

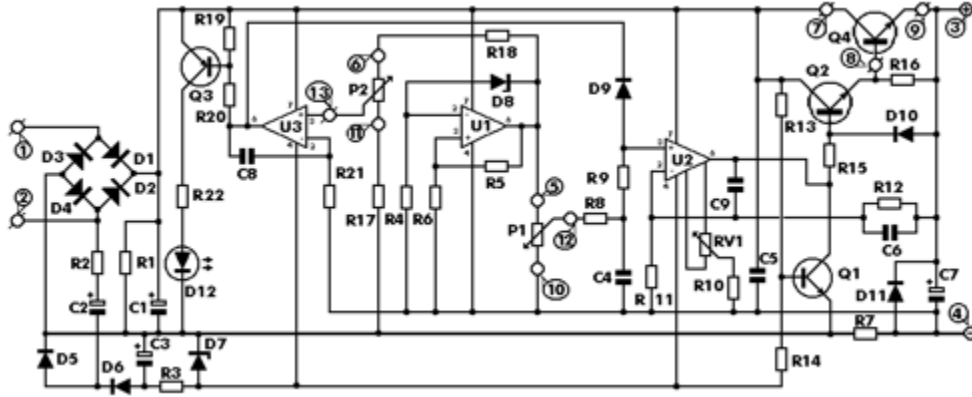
Tasarımlarımızın şematik ve PCB çizim aşamaları, analizleri Proteus programında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen devrede, gerilim 0 ile 90 VDC arasında ayarlanabilmektedir. Ayrıca çıkış akımının bir sınırlandırıcı ile 2mA-7 A arasında ayarlanabilmesi mümkündür. Akım sınırlayıcısının devrede olup olmadığı görülebildiği için devrenin fazla akım çekme isteği anlaşılabilir. Genel teknik özellikler şöyle sıralanabilir;

**Giriş Gerilimi** :220 VAC

**Giriş Akımı** :7A (max)

**Çıkış Gerilimi** :0-90 VDC ayarlanabilir

**Çıkış Akımı** :2mA-7A ayarlanabilir

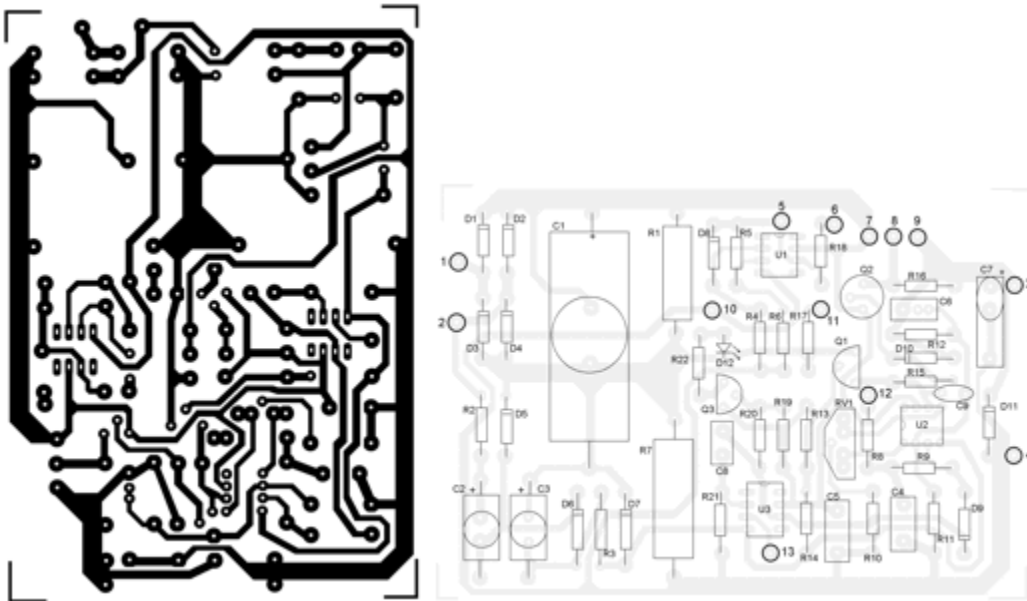


Şekil 19. Şematik Diyagram

### Simülasyon Çalışmaları

Geliştirilen donanımın simülasyonu Proteus programında yapılmıştır.

### Baskı Devre Çalışmaları



Şekil 20. PCB şeması ve elemanların devre üzerindeki yerleşimi

Baskı devre yazıcıdan alınan PCB çıktısının bir ütü ile bakır plaka üzerine geçirilmesiyle başlamıştır. Baskı sonucu düzgün çıkmayan devre yolları bir asetat kalemi ile belirginleştirilmiştir. PCB şeması çıkartılırken tek taraflı bir devre olmasına ve devre yollarının üzerinde taşıyacağı akım için yeterli genişlikte olmasına dikkat edilmiştir.

PCB Şeması bakır plaket üzerine uygun bir Şekilde aktarıldıktan sonra, bu plaka tuz ruhu ve perhidrol karışımına atılarak uygun baskı devre elde edilmiş. Elemanların takılacağı delikler bir el matkabı ile delinmiştir.

## **Üretim Çalışmaları**

Üretilen baskı devre üzerine devre elemanlarının uygun Şekilde lehimlenmesi gerçekteşirilmiiştir. Devre elemanlarının baskı devre üzerine yerleştirilmesinden sonra geliştirilen donanım bir muhafaza içine alınarak kolay kullanımı ve izolasyonu sağlanmıştır.

## **Enerji Yönetim Sistemi (EYS)**

Araç içi analog ölçüm, haberleşme, enerji ve güç hesaplamaları gibi işlemlerden sorumlu bir elektronik devreden oluşmaktadır.

## **Kontrol algoritması**

Kontrol mekanizması hem Telemetri haberleşmesi hem de kontrolünü ve yönetimini sağlayacağımız sisteme referans olabilecek temel analog ölçümlerdir. Enerji yönetimi için yapılan ölçüm ve kontroller kısaca şunlardır.

Hız Ölçüm, Gerilim Ölçümü, Akım Ölçümü, Sıcaklık Ölçümü, Araç İçi Göstergeler

Bu ölçüm ve kontrollerin her biri enerji yönetim sisteminin bir parçasını oluşurmaktadır. Her biri özerk katmanlar Şeklinde bulunmaktadır. Ölçümler neticesinde referans değerler nominal değerleri çok aştığında genel devre kesiciler ve röleler ile sistemin ilgili kısmı kendini kapatmaktadır. EYS bunun için dışarıdan veri almaya uygundur.

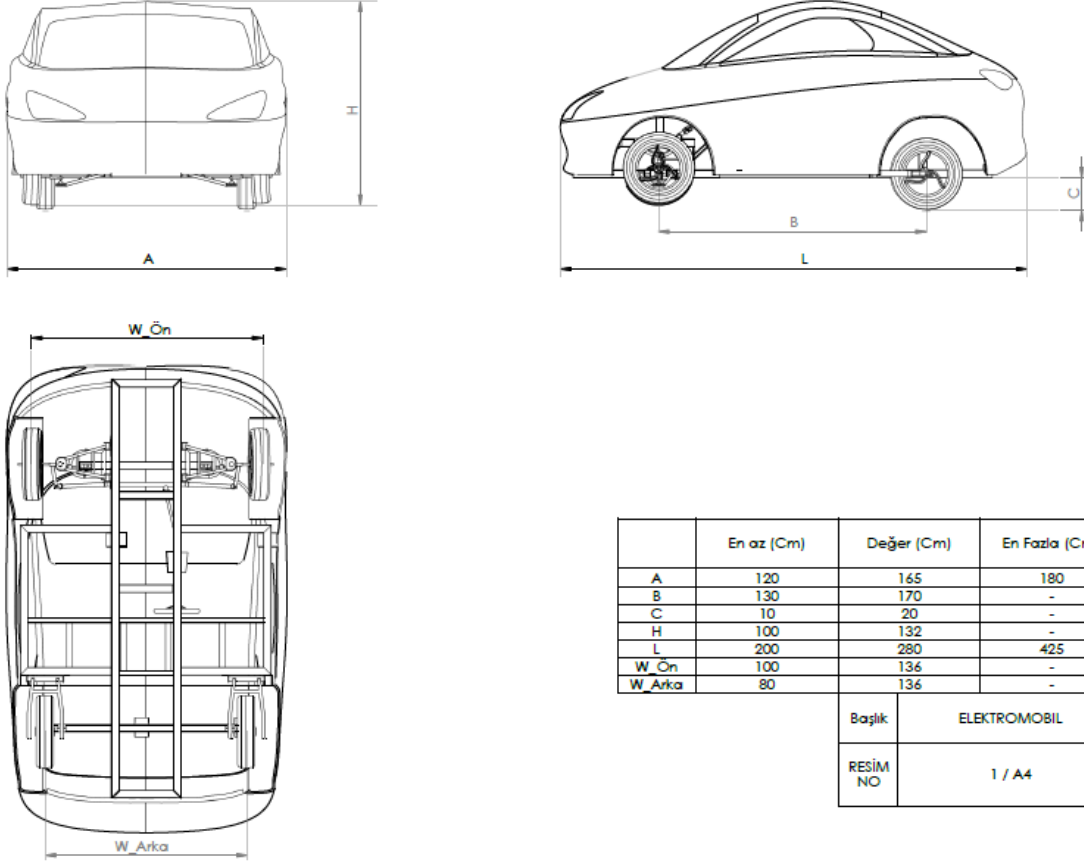
## **Simülasyon çalışmaları**

Tasarımlar simülasyon çalışmaları ve komponentler belirlenerek bilgisayar ortamında Altium Designer 14 programında yapılmıştır. Çift katmanlı olarak tasarlanan devreler ekibimize destek veren bir PCB firması tarafından gerçekteştirilecektir.

## **Uygulama çalışmaları**

Baskı devre haline gelmiş pcb'lerin üretimielik elek üzerinde krem lehimlenecek daha sonra el ile elektronik devre elemanları pcb üzerinde dizilecek son olarak lehimin daha tutucu hale gelebilmesi için pcb fırınlanacaktır. Tasarımda komponent olarak smd malzemeler seçildiği için bu üretim metodu tercih edilmiştir.

## Mekanik Detaylar



Şekil 21. Teknik ölçüler

## Mukavemet analizleri

Mukavemet analizleri SOLIDWORKS programında yapılmıştır.



Şekil 22. Solidworks analiz şekli



Üzerinde simülasyon yapılan malzemenin malzeme özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Ad                      | :Alaşım Çelik (SS)                  |
| Model Tipi              | :İzotropik Doğrusal Elastik Analizi |
| Varsayılan Hata Kriteri | :Maks. Von Mises Gerilimi           |
| Akma Mukavemeti         | : 6.20422e+008 N/m <sup>2</sup>     |
| Gerilme kuvveti         | : 7.23826e+008 N/m <sup>2</sup>     |
| Kütle                   | :12.5146 kg                         |
| Hacim                   | :0.00162527 m <sup>3</sup>          |
| Yoğunluk                | :7700 kg/m <sup>3</sup>             |
| Ağırlık                 | :122.643 N                          |

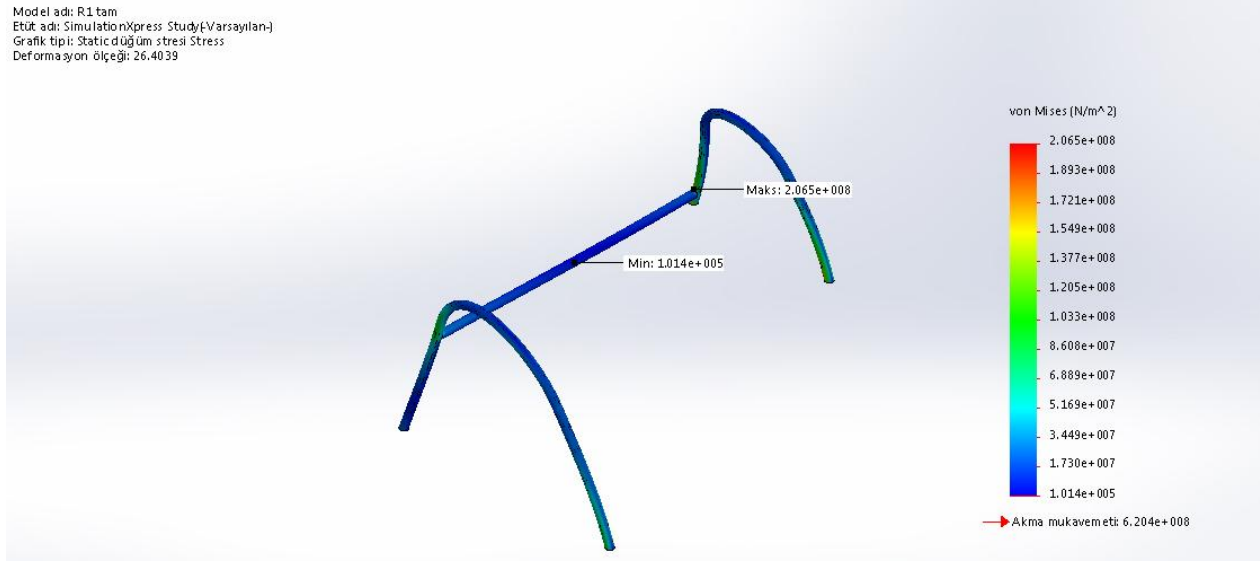
Çizelge 2. Mesh Bilgisi

| Mesh tipi  | Katı Mesh     |
|--|---------------|
| <b>Kullanılan Meshleyici:</b>                        | Standart      |
| <b>Otomatik Geçiş:</b>                               | Kapalı        |
| <b>Mesh Otomatik Döngülerini Ekle:</b>               | Kapalı        |
| <b>Jakoben noktalar</b>                              | 4<br>Noktalar |
| <b>Eleman Boyutu</b>                                 | 10.2784<br>mm |
| <b>Tolerans</b>                                      | 0.51392<br>mm |
| <b>Mesh Kalitesi</b>                                 | Yüksek        |
| <b>Toplam Düğüm</b>                                  | 61479         |
| <b>Toplam Elemanlar</b>                              | 35635         |
| <b>Maksimum En Boy Oranı</b>                         | 110.72        |
| <b>En-Boy oranı &lt; 3 olan elemanların % oranı</b>  | 15.3          |
| <b>En-Boy oranı &gt; 10 olan elemanların % oranı</b> | 45.6          |
| <b>Şekli bozulmuş elemanların (Jakoben) % oranı</b>  | 0             |
| <b>Mesh tamamlama süresi (sa;dk;sn):</b>             | 00:00:53      |

Çizelge 3a. 1 kN yük için sonuçlar

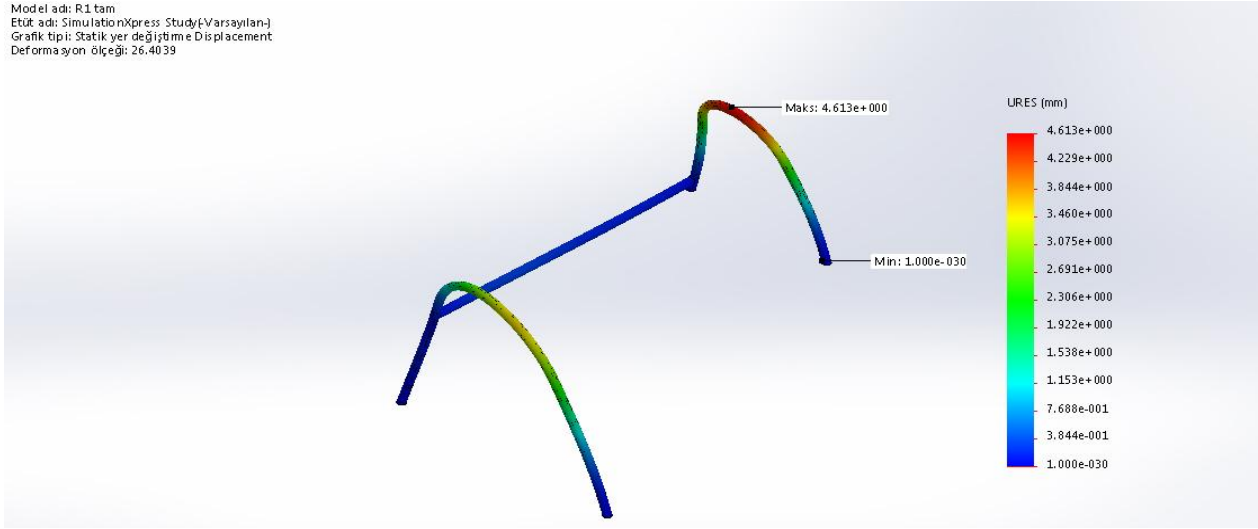
| Ad     | Tip                   | Min                     | Maks                         |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| Stress | VON: von Mises Stresi | 101426 N/m <sup>2</sup> | 2.0646e+008 N/m <sup>2</sup> |
|        |                       | Düğüm: 24269            | Düğüm: 25641                 |

Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Static düğüm stresi Stress  
Deformasyon ölçeği: 26.4039



| Ad           | Tip                          | Min         | Maks       |
|--------------|------------------------------|-------------|------------|
| Displacement | URES: Sonuç Yer Değiştirmesi | 0 mm        | 4.61296 mm |
|              |                              | Düğüm: 1889 | Düğüm: 847 |

Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Statik yer değiştirme Displacement  
Deformasyon ölçeği: 26.4039



Çizelge 3b. 1 kN yük için sonuçlar

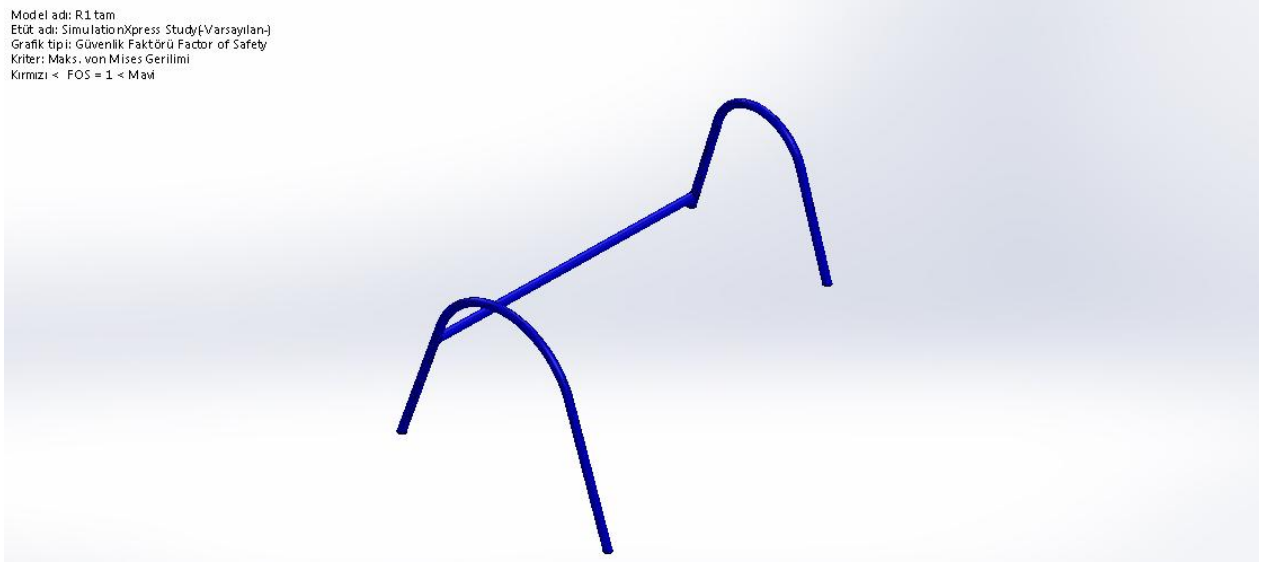
| Ad          | Tip           |
|-------------|---------------|
| Deformation | Deforme Şekil |

Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Deforme Şekil Deformation  
Deformasyon ölçeği: 26.4039



| Ad               | Tip                      | Min          | Maks         |
|------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| Factor of Safety | Maks. von Mises Gerilimi | 3.00505      | 6116.97      |
|                  |                          | Düğüm: 25641 | Düğüm: 24269 |

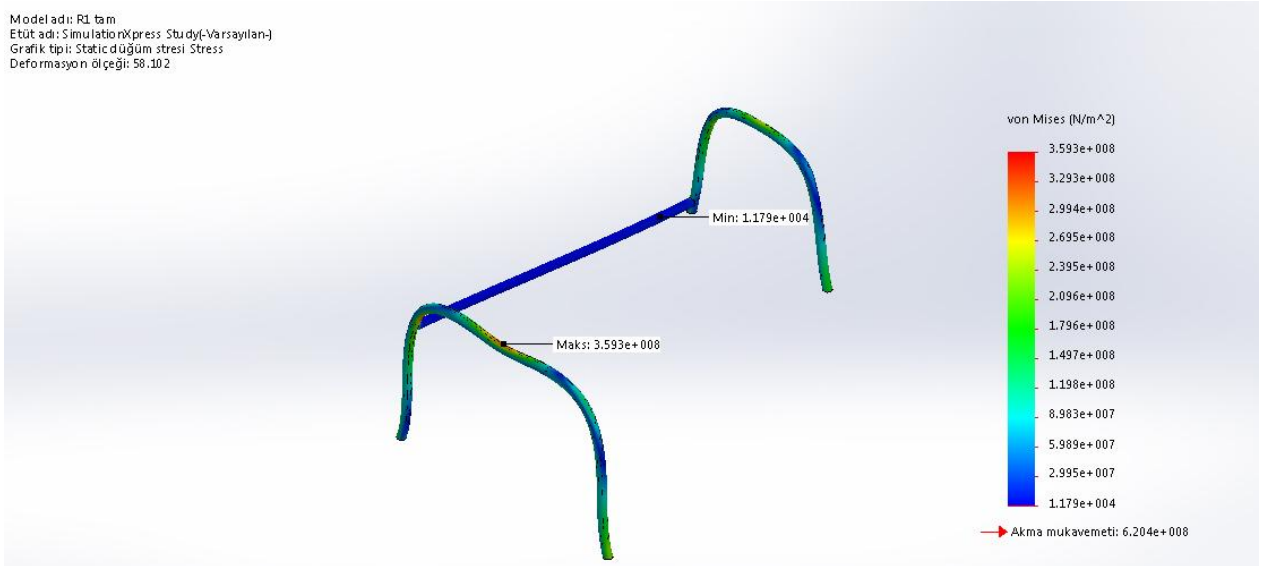
Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Güvenlik Faktörü Factor of Safety  
Kriter: Maks. von Mises Gerilimi  
Kırmızı < FOS = 1 < Mavi



Çizelge 4a. 40 kN yük için sonuçlar

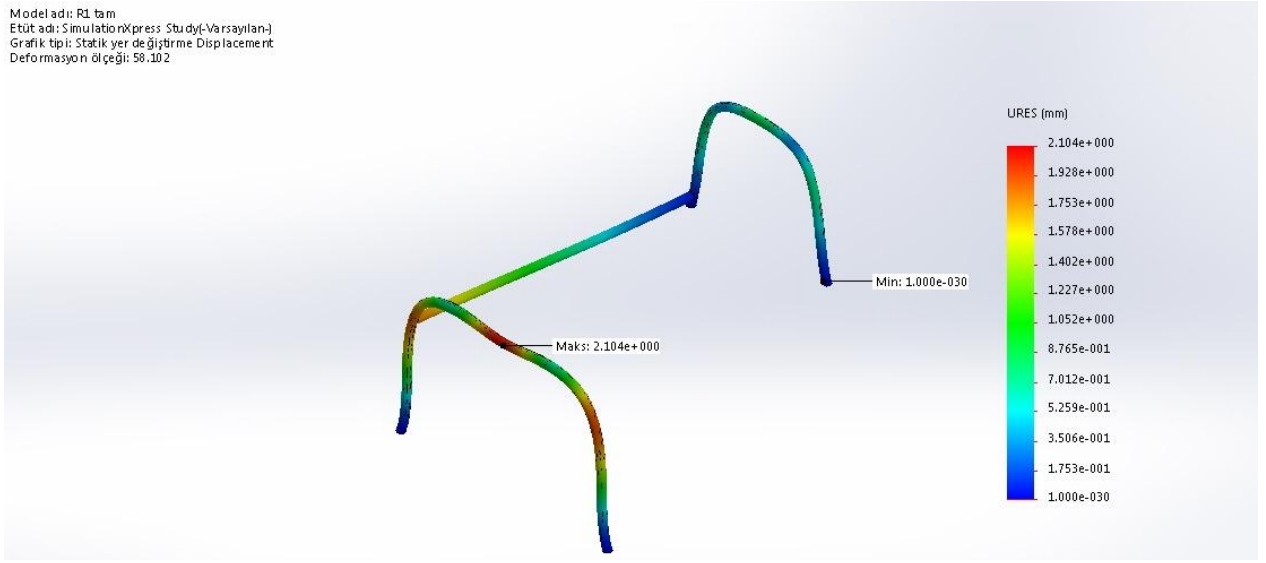
| Ad     | Tip                   | Min                      | Maks                          |
|--------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Stress | VON: von Mises Stresi | 11790.8 N/m <sup>2</sup> | 3.59267e+008 N/m <sup>2</sup> |
|        |                       | Düğüm: 12349             | Düğüm: 437                    |

Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Static düğüm stresi Stress  
Deformasyon ölçeği: 58.102



| Ad           | Tip                          | Min         | Maks       |
|--------------|------------------------------|-------------|------------|
| Displacement | URES: Sonuç Yer Değiştirmesi | 0 mm        | 2.10352 mm |
|              |                              | Düğüm: 1889 | Düğüm: 168 |

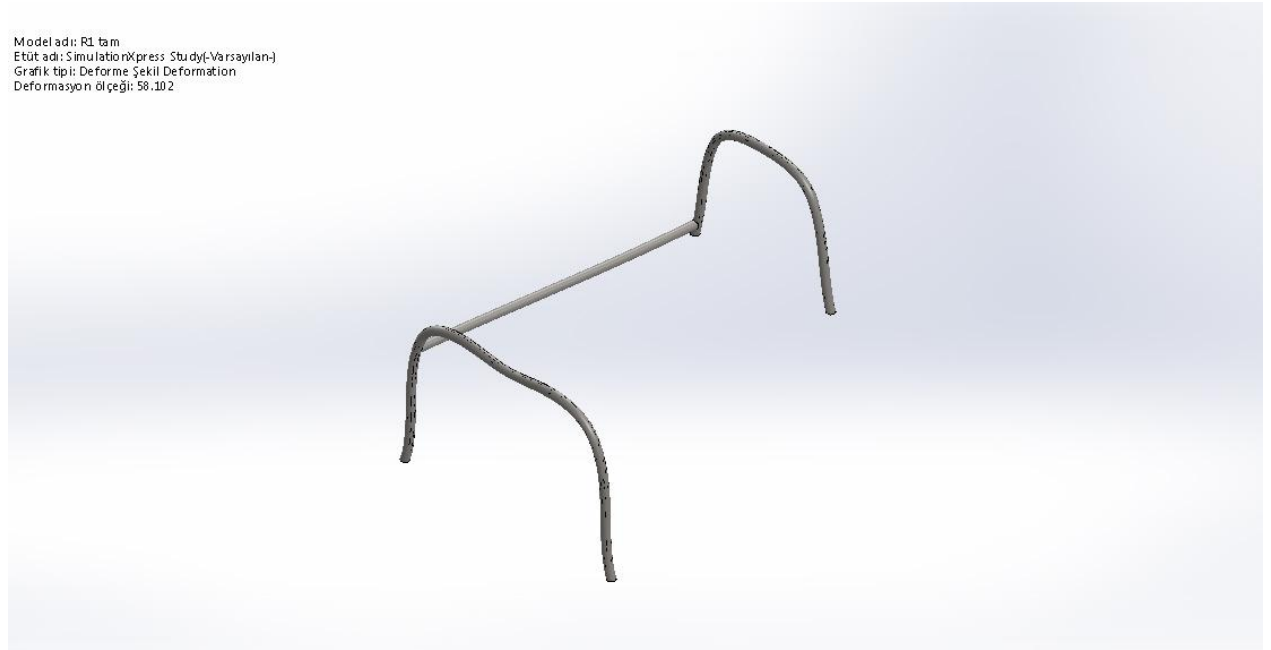
Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Statik yer değiştirme Displacement  
Deformasyon ölçeği: 58.102



Çizelge 4b. 40 kN yük için sonuçlar

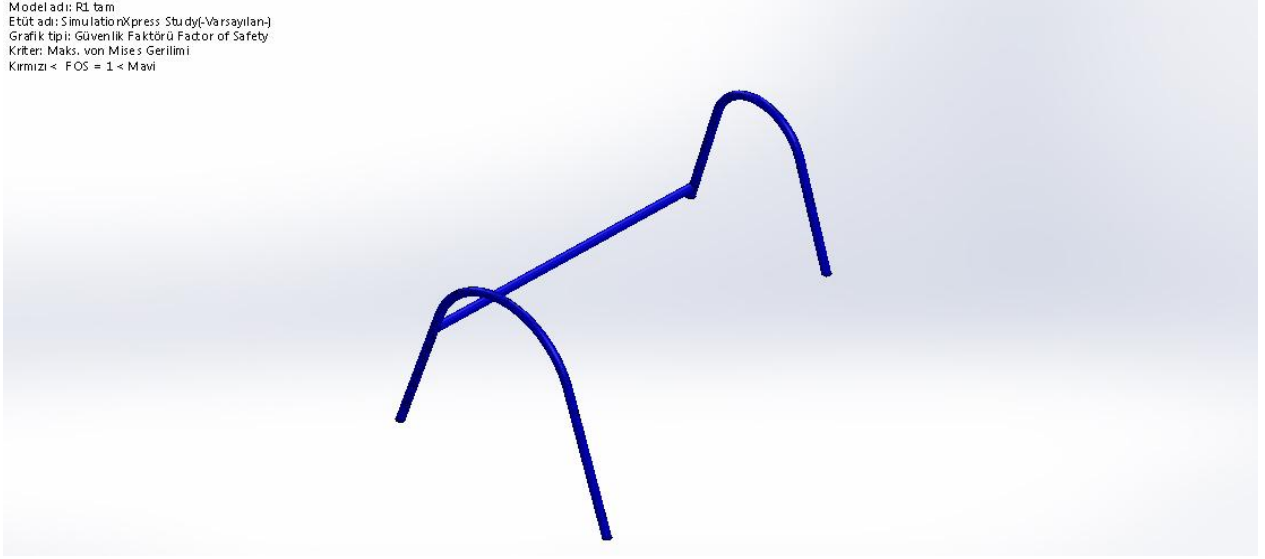
| Ad          | Tip           |
|-------------|---------------|
| Deformation | Deforme Şekil |

Model adı: R1 tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan-)  
Grafik tipi: Deforme Şekil Deformation  
Deformasyon ölçeği: 58.102



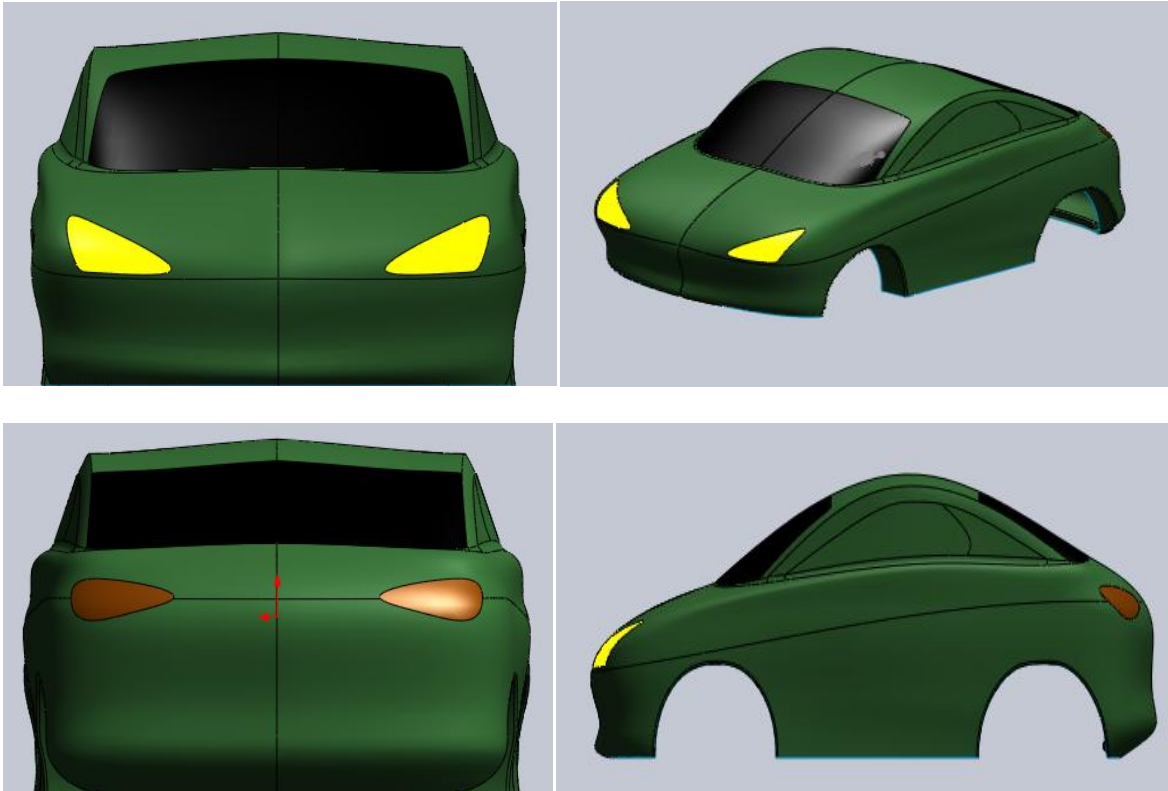
| Ad               | Tip                      | Min        | Maks         |
|------------------|--------------------------|------------|--------------|
| Factor of Safety | Maks. von Mises Gerilimi | 1.72691    | 52619        |
|                  |                          | Düğüm: 437 | Düğüm: 12349 |

Model adı: R1\_tam  
Etüt adı: SimulationXpress Study(-Varsayılan)  
Grafik tipi: Güvenlik Faktörü Factor of Safety  
Kriter: Maks. von Mises Gerilimi  
Kırmızı < FOS = 1 < Mavi



## Dış kabuk üretimi

Dış kabuk tarafımızdan Solidworks çizim programı ile çizilmiş, simülasyon testleri sonucunda son şeklini almıştır. Daha sonra Hexagon firması tarafından karbon fiber malzemeden 5 eksenli CNC de kalıp oluşturularak üretilmiştir.



Şekil 23 Araç kabuğu

## Enerji Tüketimi ve Maksimum Tırmanma Eğimi Hesabı

Elektrikli araca ait enerji tüketiminin sayısal olarak anlaşılabilmesi için modelleme yapılması gerekmektedir. Bu sayede aracın en fazla enerji tüketen kısımlarının anlaşılabilirliği iyileştirilmesi sağlanabilmektedir.

### a) Aerodinamik Kayıplar

Aerodinamik kayıplar araç 40 km/saat'ten yüksek hızda giderken tüketilen enerjinin büyük bir bölümünün temel kaynağıdır. Düşük hızlarda ise aerodinamik kayıplar daha önemsiz olacaktır. Aerodinamik kayıplar sonucu harcanacak güç Watt cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir.

$$P_A = (0.0125).V^3.A.C_d$$

Bu formülde;

$P_A$ : Aerodinamik kayıplar sonucu harcanacak güç (W)

$V$ : Aracın hızı (km/saat)

$A$ : Aracın önden kesit alanı ( $m^2$ )

$C_d$ : Aerodinamik sürtünme katsayısı

Aerodinamik kayıplar nedeniyle km başına tüketilecek enerji ise Watt-saat cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir.

$$EPK_A = (0.0125).V^2.A.C_d$$

Bu formülde;

$EPK_A$ : Aerodinamik kayıplar nedeniyle km başına tüketilecek olan enerji (W-h)

$V$ : Aracın hızı (km/saat)

$A$ : Aracın önden kesit alanı ( $m^2$ )

$C_d$ : Aerodinamik sürtünme katsayısı

Aerodinamik kayıplar havanın yoğunluğuna göre doğrusal olarak değişmektedir. Bu nedenle aracın kullanıldığı yüksekliğe göre formüllerde güncelleme yapılması gerekmektedir.

## b) Sürtünme Kayıpları

Sürtünme kayıpları düşük hızlarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmını, yüksek hızlarda ise önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Sürtünme dirençleri aracın ağırlığıyla doğrudan ilişkilidir ve aracın hızı ile doğrusal olarak değişmektedir.

Sürtünme kayıpları doğrudan seçilen lastik ve aracın kullanıldığı yüzey karakteristikleri ile de ilişkilidir. İnce ve yüksek basınçlı lastikler, kalın ve düşük basınçlı lastiklerden daha düşük sürtünme kaybına neden olmaktadır.

Sürtünme kayıpları ile harcanacak güç aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P_R = (0.278) \cdot C_{rr} \cdot \left[ 1 + \frac{V}{161} \right] \cdot W \cdot V$$

Bu formülde;

$P_R$ : Sürtünme kayıpları ile tüketilen güç (Watt)

$C_{rr}$ : Sürtünme katsayısı

$V$ : Aracın hızı (km/saat)

$W$ : Aracın ağırlığı (N)

Sürtünme kayıpları sonucu km' de tüketilen enerji ise Watt-saat cinsinden aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$EPK_R = C_{rr} \cdot \left[ 1 + \frac{V}{161} \right] \cdot W$$

Bu formülde;

$EPK_R$ : Sürtünme kayıpları ile km'de tüketilen güç(W-h)

$C_{rr}$ : Sürtünme katsayısı

$V$ : Aracın hızı (km/saat)

$W$ : Aracın ağırlığı (N)



### c) Motor Sürücü Sistemi

Elektrikli araçlar genellikle fırçasız DC motorlar kullanmaktadır. Kullanılan sistemin kalitesine göre motor verimi değişmektedir. Bu verim enerji hesabında dikkate alınmalıdır.

### d) Parazitik Kayıplar

Elektriksel parazitlerden kaynaklanan bir çok kayıplar bulunmaktadır. Bu kayıplara fan, konvertörler, fren lambaları, korna vb. neden olabilmektedir. Genellikle 30 W seviyesinde bir kayıp makul kabul edilebilir.

### e) Yokuş Kayıpları

Yokuş çıkarken harcanan enerji aracın ağırlığı ve hızı ile doğru orantılıdır. Ayrıca çıkılan yolun eğim açısına göre değişiklik göstermektedir. Yokuş çıkmak için harcanacak güç aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$P_G = (0.278) \cdot W \cdot V \cdot \sin \theta_G$$

Bu formülde;

$P_G$ : Yokuş çıkmak için harcanacak güç (Watt)

$W$ : Aracın ağırlığı (N)

$V$ : Aracın hızı (km/saat)

$\theta_G$ : Yolun eğim derecesi

Yokuş çıkma nedeniyle km başına harcanacak enerji ise aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$EPK_G = W \cdot \sin \theta_G$$

Bu formülde;

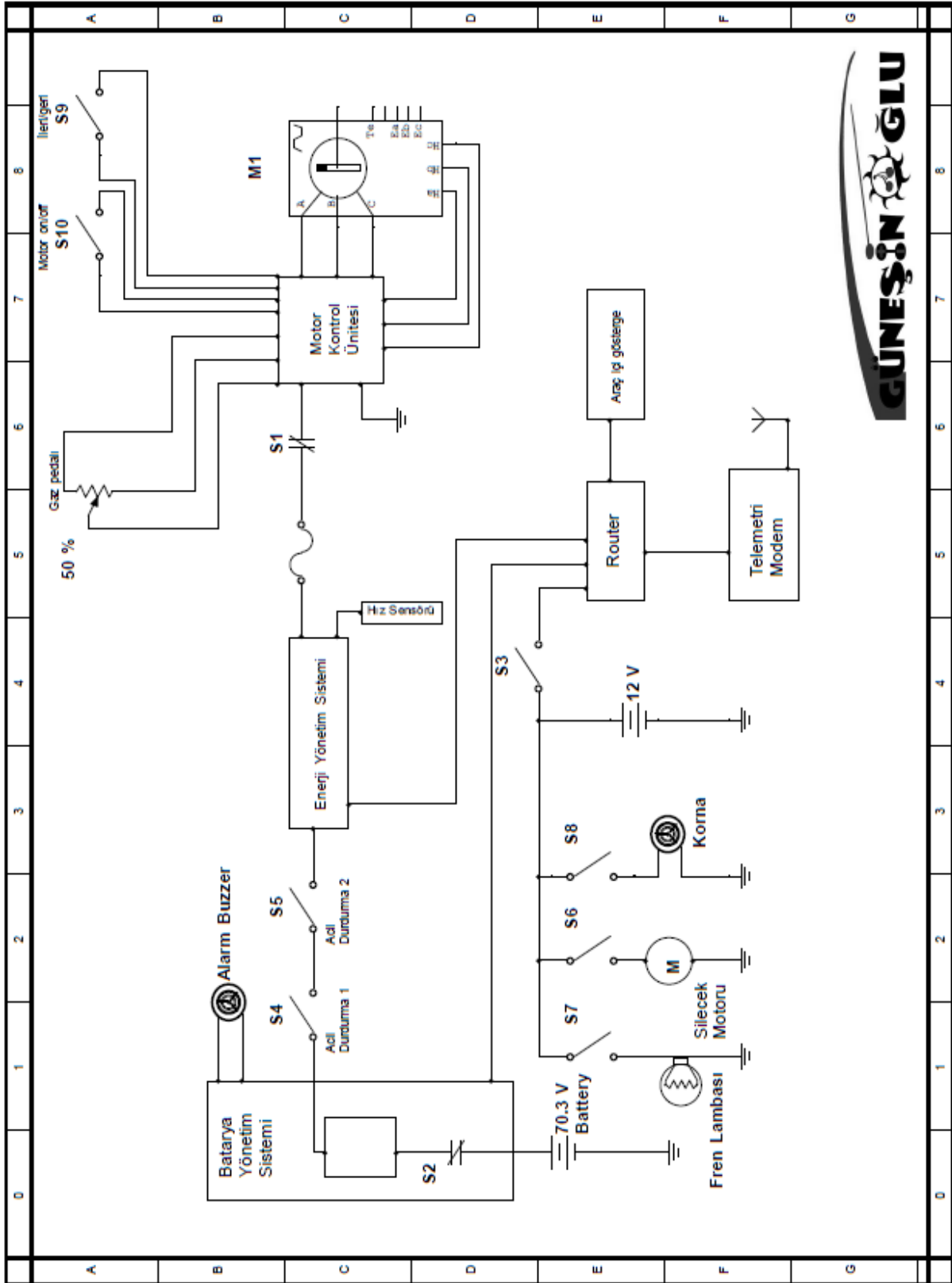
$EPK_G$ : Yokuş çıkmak için km başına harcanacak enerji (W-h)

$W$ : Aracın ağırlığı (N)

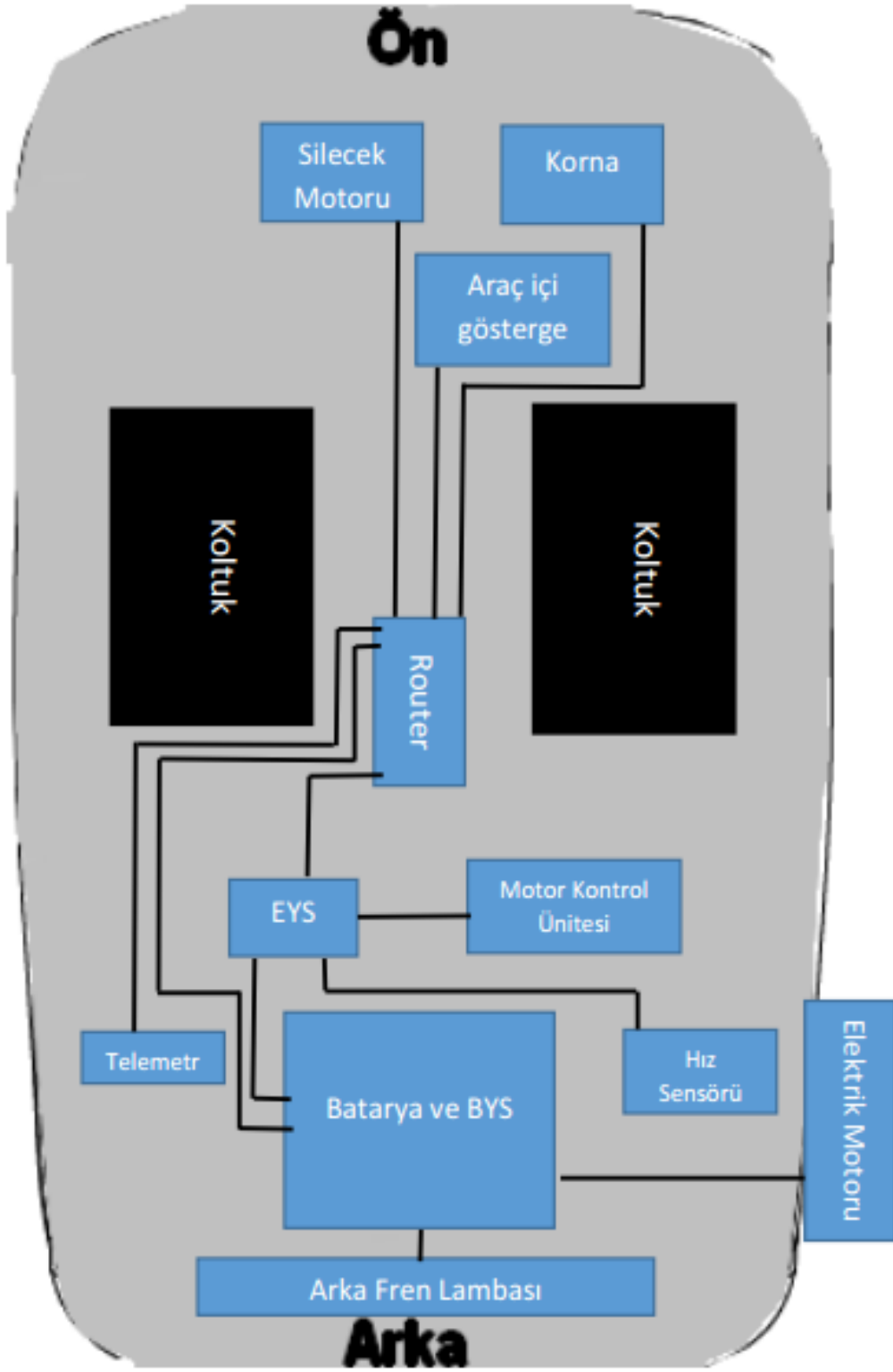
$\theta_G$ : Yolun eğimi

## **Araç Elektrik Şeması**

Aracın elektrik donanımının tüm güç devrelerini gösteren A4 boyutlarında (21x29,7cm) bir çiziminin verilmesi zorunludur. Çizim; akü, sigorta, devre kesiciler, güç ayar düğmeleri, kapasitörler, motor kontrol araçları, motor ya da motorları, şarj ünitesini, bağlantı kablolarını vb. içermelidir. Araca tepeden bakan ikinci bir çizimle de bu bileşenlerin araç içindeki yerleri açıkça gösterilmelidir.



Şekil 25 Elektrik şeması



Şekil 26 Ana elemanların yerleşimi

## SONUÇLAR

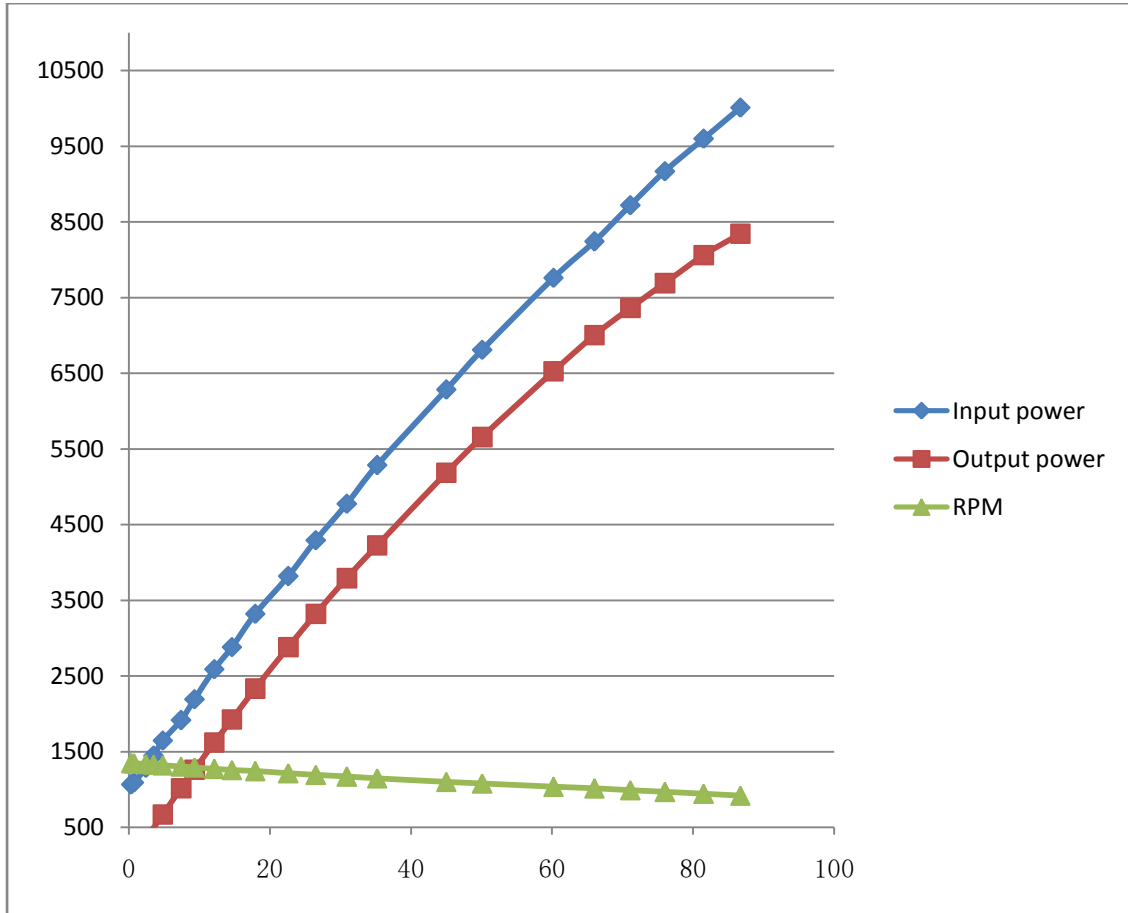
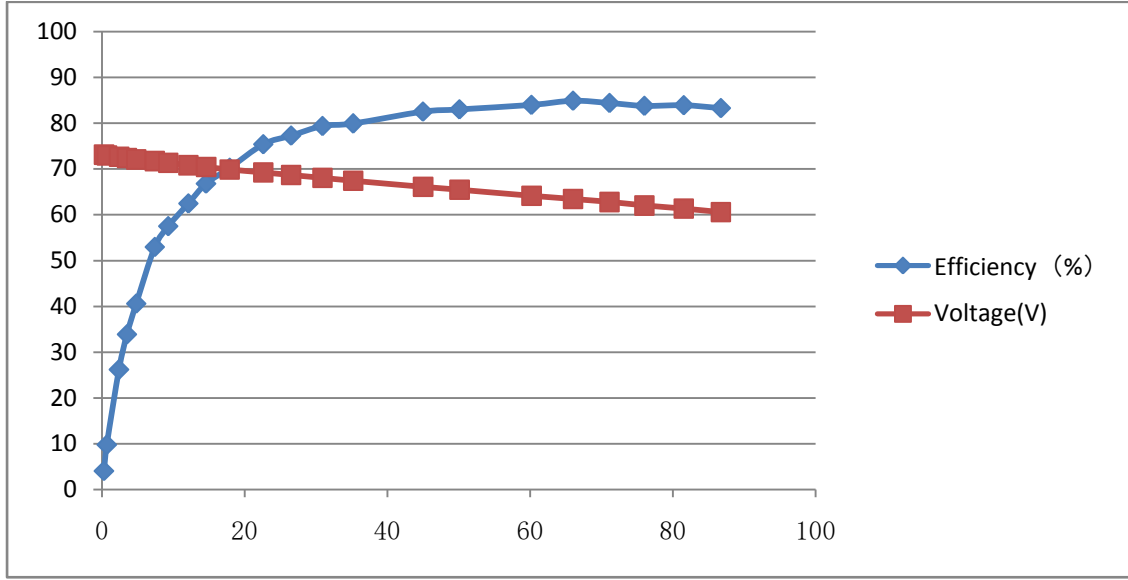
Yapılan hesaplamalarda 2000 metrelik düz bir parkurda 60 km/h sabit hızda enerji tüketimi 93.56 Wh olarak hesaplanmıştır. Yarışlarda aynı hız ve mesafede tüketim 100-130 Wh arasında olmuş ve hesaplamaların yaklaşık olarak doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Aracımız yaptığımız hesaplamalara göre 60km/h sabit hızda %10'luk eğime sahip bir yolda maksimum 22,16 km mesafe kat edebilmektedir. Ancak yarışlarda koyulan maksimum 100 amper kullanabilme kuralından dolayı batarya yönetim sistemi maksimum 100 amper çıkışa izin vermektedir. Bu nedenle aracın çıkabileceği maksimum eğim %8.5 ile sınırlandırılmış durumdadır.

Ölçümlerde elektrik motorundan maksimum 10 kW çıkış alınabilmiştir.

Tekerlek boşta iken yapılan ölçümlerde maksimum hız: 115.9 km/h olarak kaydedilmiştir.

Elektrik motorundan ölçülen maksimum tork 86.7 Nm olmuştur. Ölçümlerden elde edilen verim, güç ve devir sayısına ait grafikler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Ölçümlerden elde edilen verim, güç ve devir sayısı

Elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması ile

- Petrole olan bağımlılık azaltılabilir
- CO<sub>2</sub> emisyonuna bağlı hava kirliliği azaltılabilir
- Elektrikli motorlarının sessiz çalışması sayesinde şehir içi gürültü kirliliği azaltılabilir

Bu araçta rüzgar ve hız simülasyonları kullanılarak kendine özgü bir gövde tasarımı oluşturulmuştur. Bu gövde enerji tüketimini minimuma getirecek şekilde tasarlanmıştır.

Prototip üzerine yerleştirilecek olan telemetri ve enerji yönetimi proje ekibi tarafından tasarlanmış ve kullanılmıştır.

Ayrıca üniversitemizde geliştirilen bu araç ile Namık Kemal Üniversitesi öğrencileri bu yeni alan hakkında bilgi ve pratik sahibi olacak ve gelecekte bu teknoloji hakkında söz sahibi olabileceklerdir. Bunun yanısıra bölgemizde ilk defa yerli üretim bir elektrikli arabası üretilmiş ve üniversitemizi TÜBİTAK tarafından düzenlenen Elektromobil 2015 yarışlarında temsil etmiştir.

Bundan sonra geliştirilecek araçlara gerek tecrübe gerekse prototip olarak bir örnek teşkil edecektir.

- Ortaya çıkacak elektrikli araba ile hem öğrenciler hem de bilim insanları bu konuda deneyim kazanacaklar ve kazandıkları bu deneyimle teknolojiyi geliştirme şansı bulacaklardır.
- Prototip ile farklı araba elemanları (motor, şasi, fren, akü vb ) geliştirilmesinde kullanılabilir.
- Elektrikli arabalar ile dünyamızın sıkıntısı olan bazı sorunlar çözülebilir;
- Elektrik motorunun yüksek torku sayesinde araç hızlanmasını daha kısa sürede tamamlamak, daha sessiz çalışma birçok tasarım kısıtlamasının önüne geçilmiş olur
- Frenlemeyle, yokuş aşağı inmeyle, düz yolda ilerlemede şarj olabilme
- Aracın çeşitli noktalarına yerleştirilecek farklı elektrik üreteçleri (güneş panelleri vb) ile şarj edebilme
- Vites kutusu, egzoz sistemi, motor bloğu, soğutma, yağlama gibi kısımlara ihtiyaç duyulmaması
- Periyodik bakım giderlerinin düşük olması
- Sıfır CO<sub>2</sub> salınım değeri
- Birçok ülkenin KDV ve MTV gibi vergilerini düşük tutması, bu araçların satışını desteklemesi
- Motorunun daha ucuz olması, uzun ömürlü olması, kolay değiştirilebilmesi ve ucuz olması
- Daha az mekanik aksama ihtiyaç duyulması
- Yüksek verimle çalışması
- Var olan aracı yeni teknolojilere sonradan adapte edebilme

- Petrol türevi yakıtların rezervleri kısıtlı iken; elektrik, güneş sistemi var oldukça varlığını koruyacak

Hazırlanacak arabayla TÜBİTAK tarafından düzenlenen Alternatif Enerjili Araçlar yarışında bizde varız diyebileceğiz

## Kaynaklar

Anonim (2010) Elektrikli Araç Çalışma gurubu Raporu. 9 Kasım, Versiyon 1.

Chan, C. C. (2007). *Electric, hybrid & fuel cell vehicles: Overview, state-of-the-art, key technologies & issues*. Piscataway, NJ: IEEE.

Gao, D. W., Mi, C., & Emadi, A. (2007, 12). Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles. *Proceedings of the IEEE,95(4)*, 729-745. doi: 10.1109/JPROC.2006.890127

Gogh, D. V., Omae, M., Kawakami, K., Hashimoto, N., & Shimizu, H. (2006, 12). Design Concept of the Future Electric Vehicle-society: Applications of a Multi-functional Modular Electric Vehicle MMEV and its Consequences on the Present and Future Road Net. *Journal of Asian Electric Vehicles,4(1)*, 869-879. doi: 10.4130/jaev.4.869

Lukic, S., & Emadi, A. (2004, 12). Effects of Drivetrain Hybridization on Fuel Economy and Dynamic Performance of Parallel Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology,53(2)*, 385-389. doi: 10.1109/TVT.2004.823525

Mapelli, F., Tarsitano, D., & Mauri, M. (2010, 12). Plug-In Hybrid Electric Vehicle: Modeling, Prototype Realization, and Inverter Losses Reduction Analysis. *IEEE Transactions on Industrial Electronics,57(2)*, 598-607. doi: 10.1109/TIE.2009.2029520

Schaltz, E. (2011). *Electrical Vehicle Design and Modeling*. INTECH Open Access Publisher.

Ünlü, N., Karahan, Ş, Tür, O, Uçarol, H, Özsu, E, Yazar, A, Turhan, L, Akgün, F, Tırıs, M, 2003). Elektrikli Araçlar. TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Endtitüsü, Gebze- Kocaeli.

Zhang, Y. Z., & Zhao, Q. M. (2011, 12). The Optimize Design of the Intelligent Electric Mini-Car. *Advanced Materials Research,201-203*, 1882-1885. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.201-203.1882