



Avrupa Birliği tarafından
ortak finanse edilmektedir



AR-VET



MESLEKİ EğİTİMDE DEVRİM: ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK EğİTİMİ



2024-1-TR01-KA220-VET-000256976

[HTTPS://AR-VET.NET/](https://ar-vet.net/)



AR-VET





PROJE PARTNERLERİ



Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmaz. Avrupa Birliği veya EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.



Technical University of Sofia
We **succeed!**



İÇİNDEKİLER



<u>PROJE GENEL DEĞERLENDİRMESİ</u>
<u>BATARYALI ELEKTRİKLİ ARAÇLAR</u>
<u>ELEKTRİKLİ GÜÇ AKTARIM ALT SİSTEMİ</u>
<u>ELEKTRİK MOTORU VE BAĞLANTI ELEMANLARININ FİZİKSEL KONTROL, BAKIM VE ONARIM EĞİTİMİ</u>
<u>ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TARİHİ</u>
<u>AC/DC ŞARJ TEKNOLOJİLERİ VE HIZLI ŞARJ SİSTEMLERİNİN TEKNİK DEĞERLENDİRMESİ</u>
<u>DİREKSİYON, SÜSPANSİYON VE FREN SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ</u>
<u>ENTEGRASYON SEVİYELERİ VE MİMARİLERİ</u>
<u>AR/VR EĞİTİM SENARYOSU: FREN SİSTEMİ ARIZASI SİMÜLASYONU VE ONARIM SÜRECİ</u>
<u>GERÇEK HAYATTAN ÖRNEK OLAYLAR</u>
<u>HAREKET İLETİMİ VE ARAÇ DİNAMİKLERİ ÜZERİNE ETKİLEŞİMLİ MODÜLLER</u>
<u>ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİSİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ: KAPSAMLI BİR DEĞERLENDİRME VE UYGULAMA REHBERİ</u>
<u>YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİK TEHDİTLERİ VE KİŞİSEL KORUYUCU EKİPMAN</u>
<u>AR/VR DESTEKLİ SİMÜLASYON UYGULAMALARI İÇİN HİZMET ALANLARINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE OPERASYONEL AŞAMALAR</u>
<u>ACİL DURUM SENARYOLARI: YANGIN, ELEKTRİK ÇARPMASI, GAZ KAÇAĞI GİBİ DURUMLARDA YAPILMASI GEREKENLER</u>
<u>AR/VR TABANLI TEHLİKE TANIMA EĞİTİM MODÜLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN OPERASYONEL ADIMLAR</u>
<u>POSTER TASARIMI: "ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİSİNDE GÜVENLİ ÇALIŞMA KILAVUZU"</u>
<u>SONUÇ VE KAPSAMLI TAVSİYELER</u>





Projeye Genel Bakış

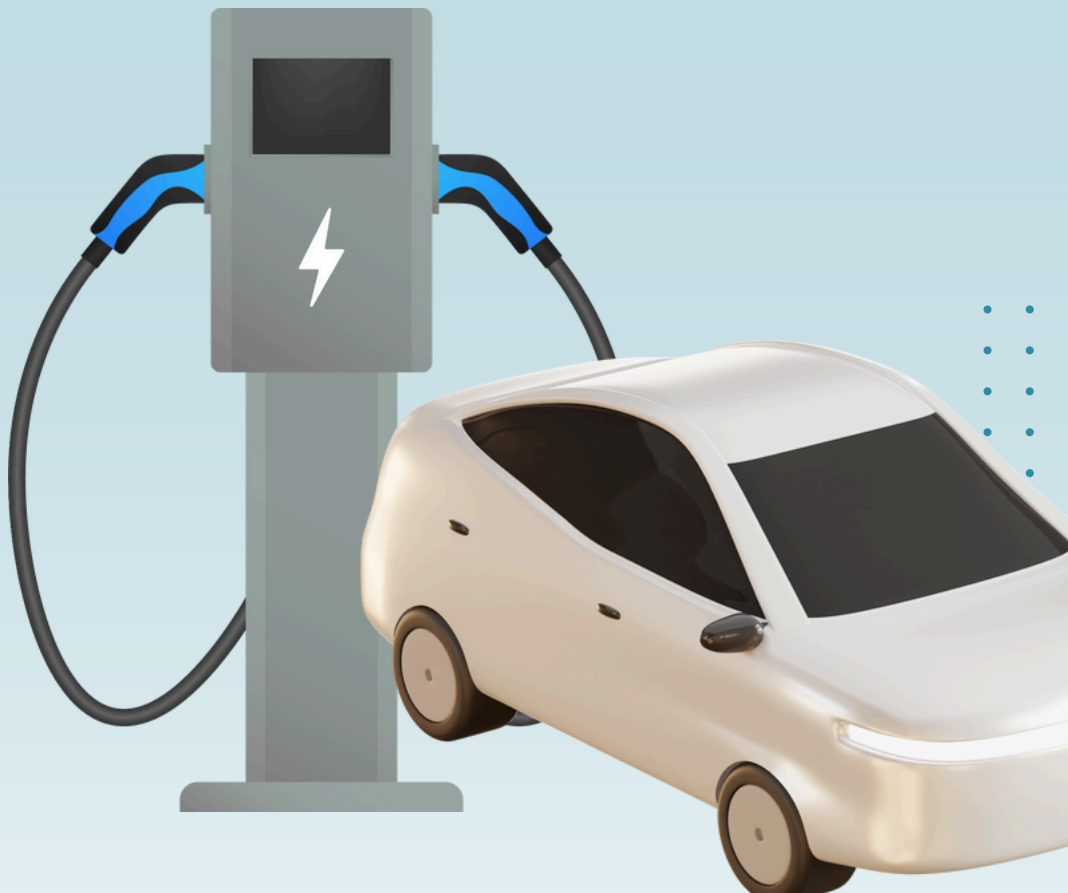
Mesleki Eğitim ve Öğretimi AR ile Birleştirme projesi, mesleki eğitim öğrencilerine hızla gelişen elektrikli araç (EA) sektöründe başarılı olmak için gerekli modern beceri, bilgi ve pratik deneyimi kazandırmayı hedeflemektedir. Bu müfredat, en son artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerini, batarya sistemleri, güç aktarma teknolojileri, dönüştürücüler, şarj altyapısı ve güvenlik protokollerini içeren kapsamlı EA içerikleriyle birleştirmektedir. Teori, vaka çalışmaları, etkileşimli simülasyonlar ve ilgi çekici görsel materyalleri bir araya getiren program, öğrenci katılımını artırmakta, anlamayı derinleştirmekte ve bilgi kalıcılığını geliştirmektedir. Sonuç olarak, mevcut mesleki eğitim ile yeni nesil motorlu araç teknolojilerinin talepleri arasındaki boşluğu doldurarak öğrencileri otomotiv sektöründe geleceğe yönelik kariyerlere hazırlamayı amaçlamaktadır.





BÖLÜM-1

BATARYALI ELEKTRİKLİ ARAÇLAR



1-BATARYA İLE ÇALIŞAN ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Genel batarya elektrikli taşıt (BEV), kavramsal olarak Şekil 1'de tasvir edilmiştir. Şekil 1'de belirtildiği üzere, güç aktarma sistemi elektrikli güç aktarma alt sistemi, enerji kaynağı alt sistemi ve yardımcı alt sistem olmak üzere üç ayrı alt sistemden oluşmaktadır.

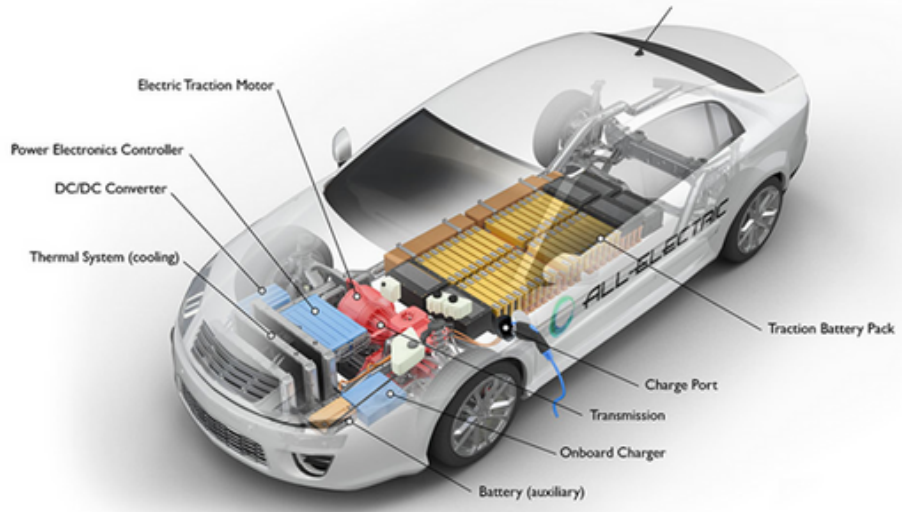
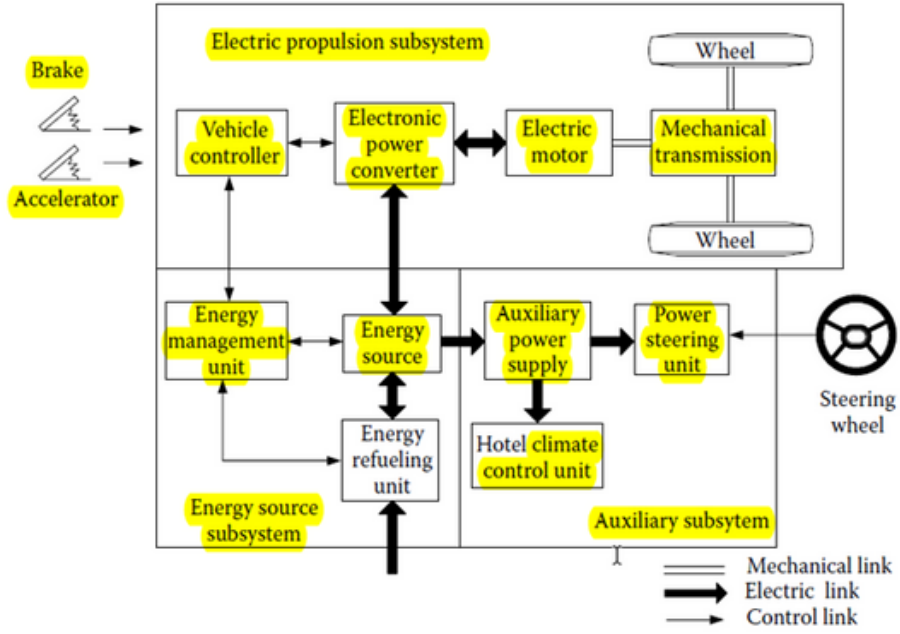
- Elektrikli güç aktarma alt sistemi; elektrikli çekiş motoru, güç dönüştürücü, elektronik kontrol ünitesi, termal yönetim sistemi ve mekanik şanzımandan oluşmaktadır.
- Elektrik motoru, çekiş bataryasından enerji alarak aracın tekerleklerini harekete geçirir. Son zamanlarda, bataryalı elektrikli araçlarda hem güç aktarım hem de rejenerasyon işlevlerini yerine getiren motor jeneratörleri kullanılmaktadır.
- Güç elektroniği kontrolörü, çekiş bataryasından sağlanan elektrik akımının akışını yönetir ve elektrikli çekiş motorunun hızını ile ürettiği torku kontrol eder.
- Termal yönetim sistemi (soğutma): Bu sistem, motorun, elektrik motorunun, güç elektroniğinin ve diğer bileşenlerin optimal çalışma sıcaklığı aralığını muhafaza eder.
- Mekanik şanzıman (elektrikli): Şanzıman, elektrikli güç aktarım motorundan gelen mekanik gücü tekerleklerle iletir.

Enerji kaynağı alt sistemi, batarya, enerji yönetim ünitesi ve enerjiyi kapsamaktadır. Çekiş batarya paketi, elektrikli çekiş motorunun çalışması için elektrik enerjisini depolar.

- **Akü (yardımcı amaçlı):** Araç aksesuarlarının çalışmasını sağlamak için elektrik temin eder.
- **DC/DC dönüştürücü,** çekiş batarya grubundan gelen yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek amacıyla gerekli olan düşük voltajlı DC gücüne dönüştürür.
- **Şarj portu,** çekiş batarya grubunu şarj etmek amacıyla aracın harici bir güç kaynağına bağlanmasına olanak tanır.
- **Yerleşik şarj cihazı,** şarj portu aracılığıyla sağlanan AC elektriğini alarak, çekiş bataryasını şarj etmek için DC gücüne dönüştürür. Ayrıca, şarj ekipmanıyla etkileşimde bulunur ve bataryayı şarj ederken voltaj, akım, sıcaklık ve şarj durumu gibi batarya özelliklerini izler.

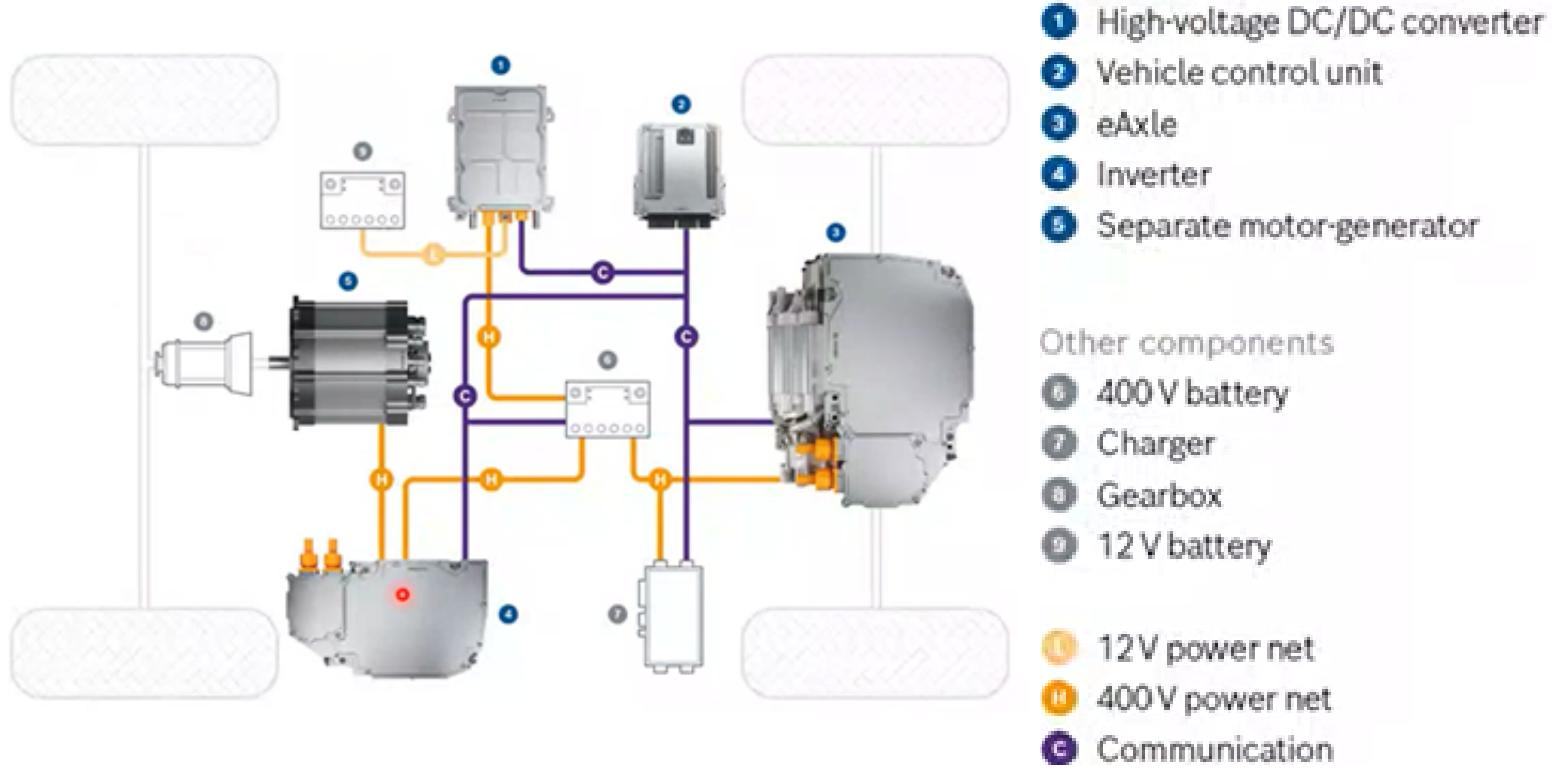


Yardımcı alt sistem, hidrolik direksiyon ünitesi, iklimlendirme kontrol ünitesi ve yardımcı besleme ünitesinden meydana gelmektedir.



Şekil 1. Genel bir BEV konfigürasyonunun kavramsal taslağı

Şekil 2'de farklı tipte batarya elektrikli güç aktarım sistemi bileşenleri gösterilmektedir. bataryalı elektrikli güç aktarım sistemi, yüksek voltajlı DC/DC dönüştürücü (1), araç kontrol ünitesi (2), eAks sistemi (motor ve şanzıman, güç elektroniği), invertör (4), ayrı motor jeneratörü (5), 400 V batarya (6), şarj cihazı (7), şanzıman (8) ve 12 V akü (9) içermektedir.

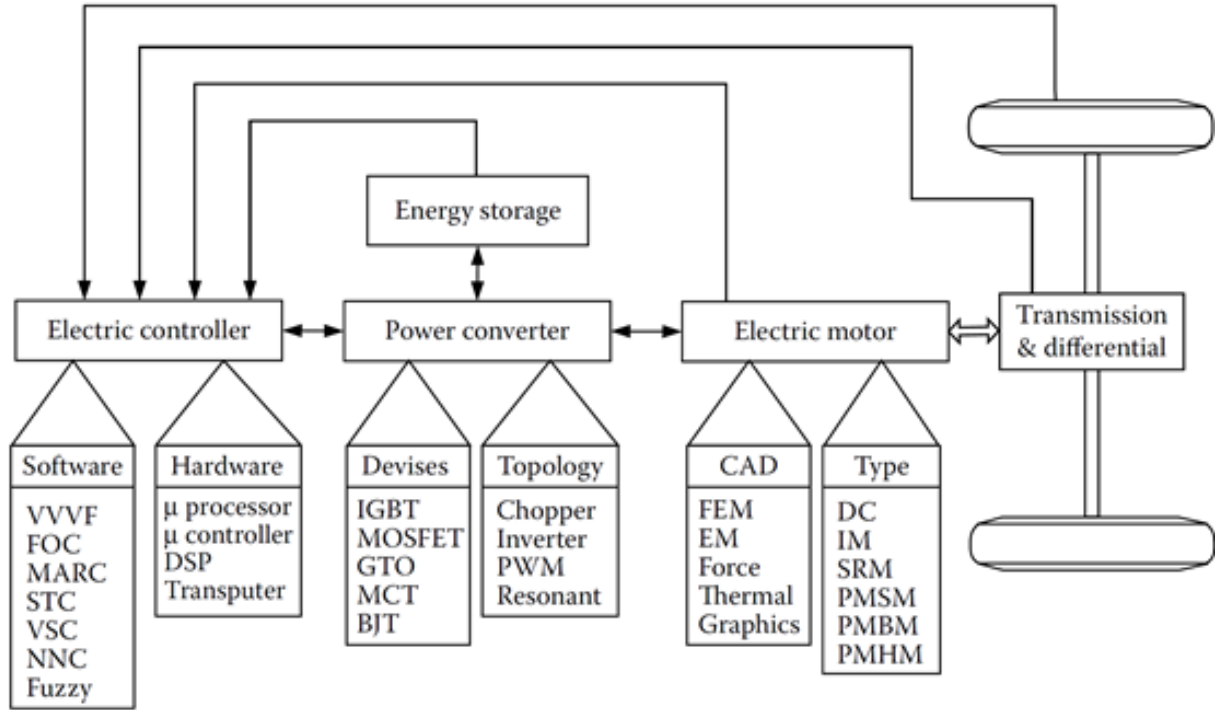


Şekil 2. BEV güç aktarım sistemleri



1.1 - ELEKTRİKSEL GÜÇ AKTARIM ALT SİSTEMİ

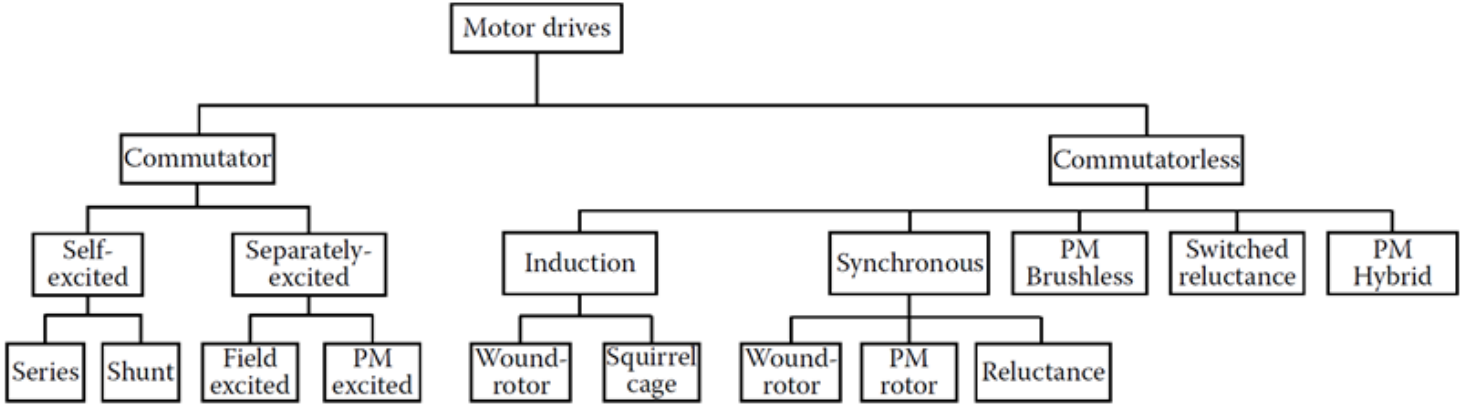
Elektrikli güç aktarım sistemleri, elektrikli araçların (BEV) temelini teşkil eder. Şekil 3'te gösterildiği üzere, elektrik motorları, güç dönüştürücüleri ve elektronik kontrolörlerden oluşmaktadır. Elektrik motorunun iki temel işlevi bulunmaktadır. İlk olarak, elektrik enerjisini aracı hareket ettirmek için mekanik enerjiye dönüştürür; ikinci olarak, rejeneratif frenlemeyi etkinleştirmek ve/veya elektrik üretmek amacıyla kullanılır. Güç dönüştürücü, elektrikli araçların beyni olarak işlev görür ve elektrik motoru ile araç içi enerji depolaması arasında uygun çift yönlü voltaj ve akım taşır. Araç kontrol ünitesi, sürücünden gaz ve fren pedallarını kullanarak bir sinyal alır ve ardından kontrol sinyallerini, elektrik motorunun uygun tork ve hızı üretmesi için çalışmasını yöneten güç dönüştürücüsüne iletir.



Şekil 3. Tipik bir elektrikli güç aktarım sisteminin işlevsel blok diyagramı.

1.1.1 - ELEKTRİK MOTORLARININ TANITIMI

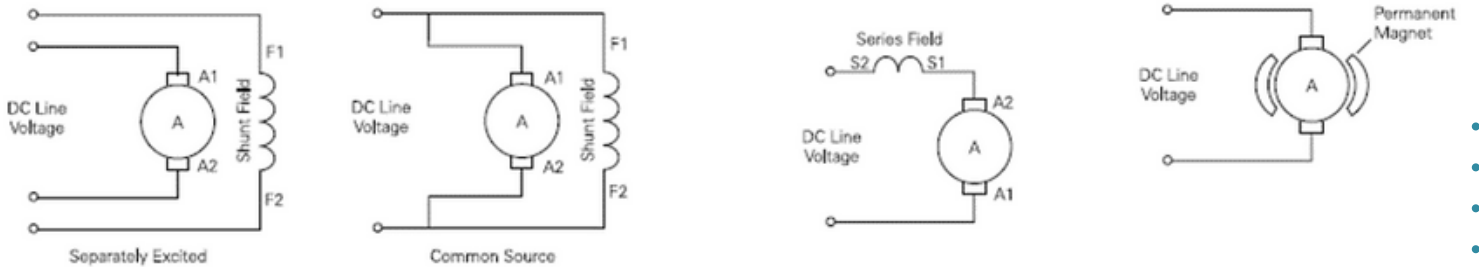
Elektrikli ve hibrit araçlarda kullanılan motorlar, genellikle sık sık kalkış ve duruş, yüksek hızlanma/yavaşlama oranları, yüksek tork ve düşük hızlarda yokuş tırmanma, düşük tork ve yüksek hızlarda seyir ile çok geniş bir çalışma hızı aralığı gerektirmektedir. Elektrikli araçlar için motor güç aktarımları, Şekil 4'te gösterildiği üzere, komütatörlü ve komütatörsüz motorlar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir.



Şekil 4. Elektrikli araç uygulamaları için elektrik motoru sürücüler

1.1.1.1-DC MOTORLARI

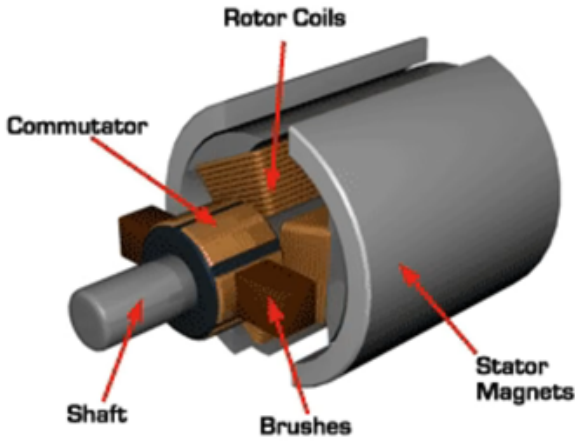
DC motorlar, komütatör motorları olarak adlandırılmaktadır. Elektrikli güç aktarım sistemlerinde kullanılan çeşitli DC motor türleri mevcuttur; bunlar seri uyarımlı, şönt uyarımlı, bileşik uyarımlı, ayrı uyarımlı ve kalıcı mıknatıslı (PM) motorlardır (Şekil 5'te gösterilmektedir).



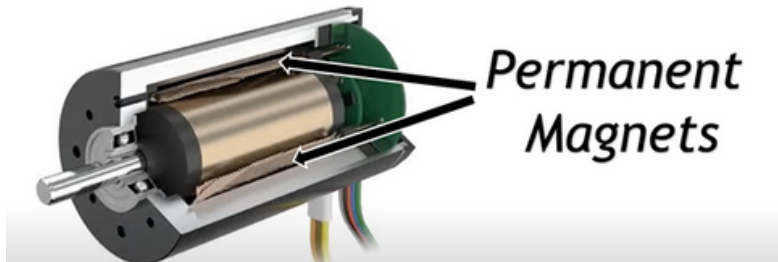
Şekil 5. DC Motor Çeşitleri

DC motorlar, Şekil 6'da gösterildiği üzere armatüre akım sağlamak için komütatörler ve fırçalar gerektirir; bu durum, onları daha az güvenilir hale getirir ve bakım gerektiren çalışma ile yüksek hız için uygun olmaktan çıkarır. Ayrıca, sargı uyarımlı DC motorlar, düşük özgül güç yoğunluğu ve fırçalarda meydana gelen ısı nedeniyle verim kaybı yaşar. Bu dezavantajlar, DC motorların elektrikli araçlarda kullanılmasının imkansız olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Diğer DC motor türü, Şekil 7'de gösterildiği üzere fırçasız kalıcı mıknatıslı BLDC motordur. Fırçalı DC motorlarla karşılaştırıldığında, BLDC motorlar daha güvenilir olup, bakım gerektirmeyen bir çalışma sunar. Ayrıca, yüksek başlangıç torkuna, yüksek verimliliğe ve düşük güçlü (60 kW) elektrikli araçlar için yüksek güç yoğunluğuna sahiptir. Bununla birlikte, bu DC motor türü kısa sabit güç aralığına, artan hıza bağlı olarak torkunun azalmasına ve kalıcı mıknatıs nedeniyle yüksek maliyete sahiptir.



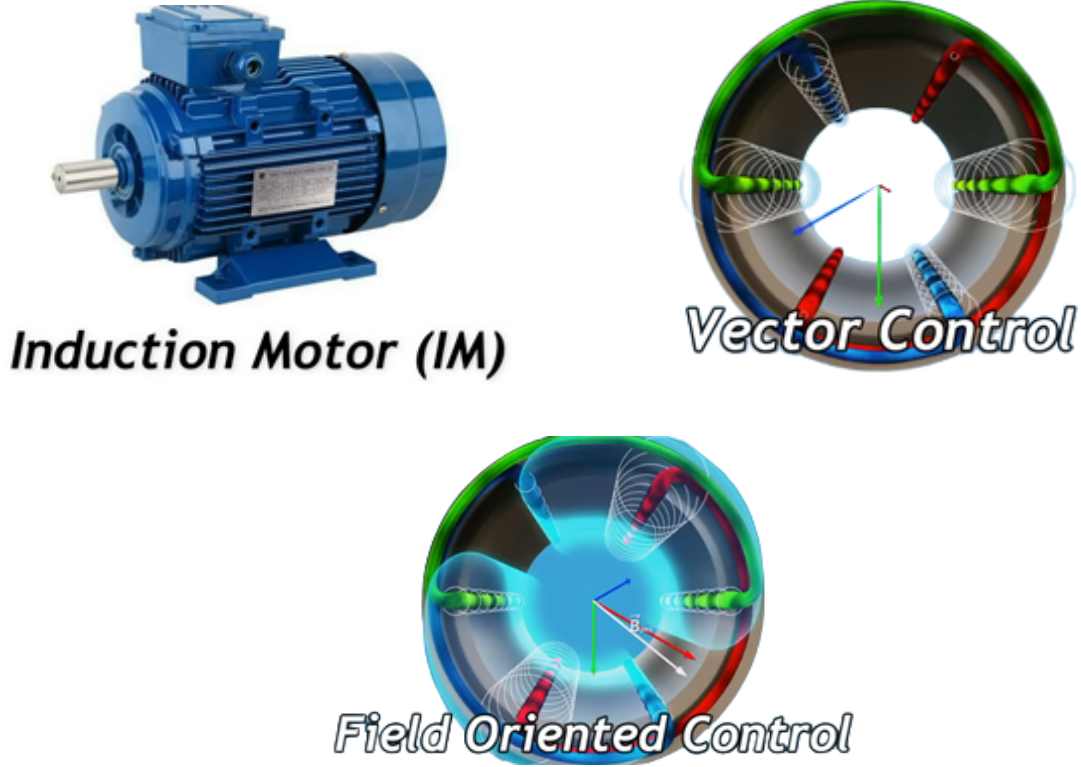
Şekil 6. Fırçalı Doğru Akım Motoru



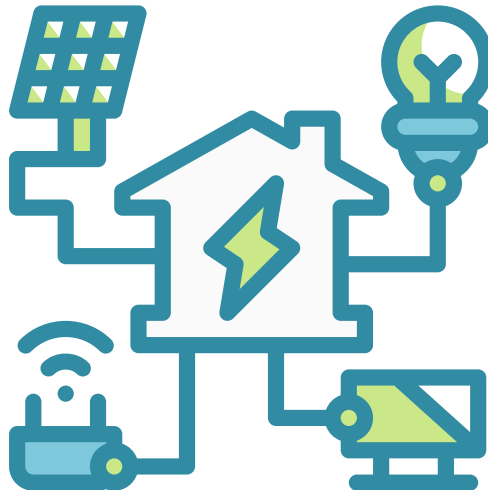
Şekil 7. Fırçasız Doğru Akım Motoru (BLDC)

1.1.2-ENDÜKSİYON MOTORLARI

Endüksiyon motorları, Şekil 8'de gösterildiği üzere, elektrikli araç güç aktarım sistemleri için komütatörsüz motor türü olarak tanımlanır. Bu durum, düşük maliyetleri, yüksek güvenilirlikleri ve bakım gerektirmeyen çalışma özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ancak, geleneksel endüksiyon motor kontrolü, değişken voltajlı değişken frekanslı sistemler gibi, istenen performansı sağlayamamaktadır. Karmaşık bir invertör devresine sahip olması ve endüksiyon motorunun kontrolünün zorluğu bu durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle, bu tür motorlar, vektör ve alan yönelimli kontrol topolojileri kullanılarak yüksek güç yoğunluğu elde etmek amacıyla değerlendirilebilir.

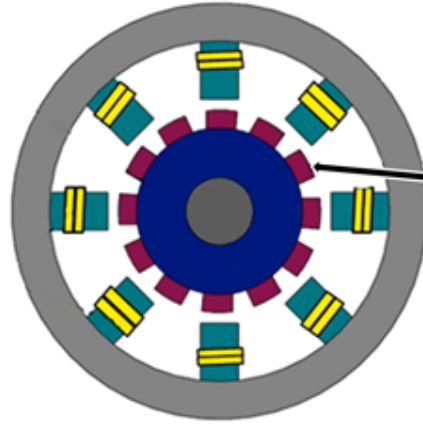


Şekil 8. Endüktif motor ve kontrol topolojileri



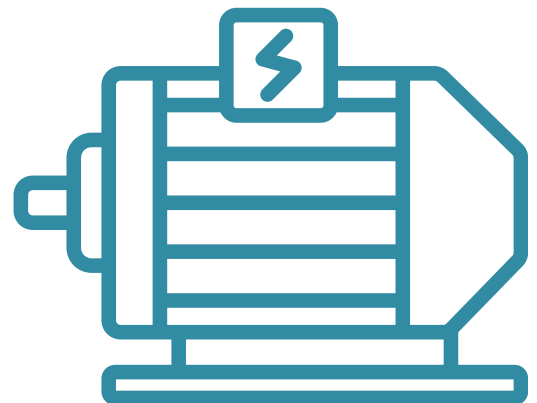
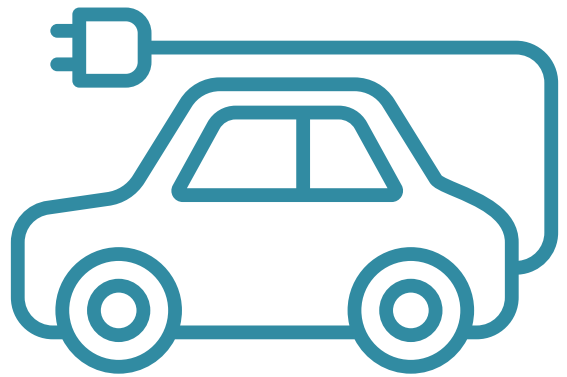
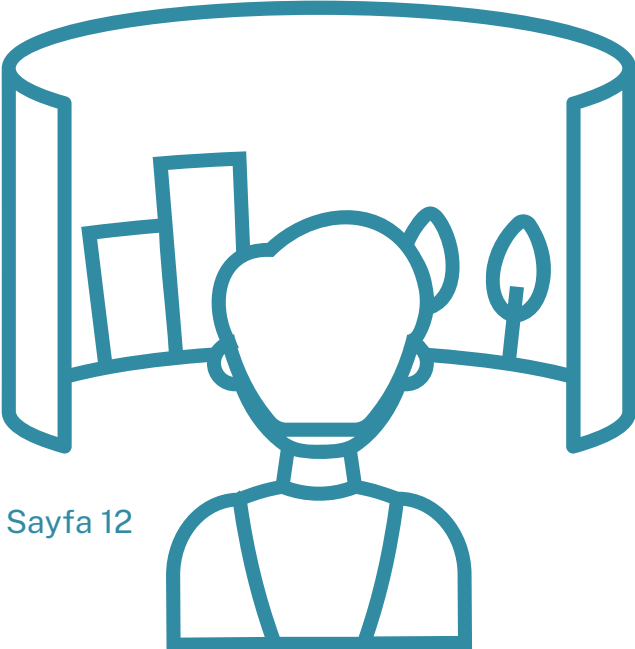
1.1.3-SENKRON MOTORLARI

Kalıcı mıknatıslı PM senkron motorlar, geleneksel fırçaları, kayar halkaları ve alan bakır kayıplarını ortadan kaldırarak PM fırçasız AC motor olarak da adlandırılmaktadır. Elektronik komütasyon olmaksızın darbeli dalga formu modülasyonu (PWM beslemesi) ile kontrol edilebilirler. Düşük hızlarda yüksek tork sunar ve dişli takımı olmadan farklı hız aralıklarında çalışabilirler. Yüksek güç yoğunlukları ve yüksek verimlilikleri nedeniyle elektrikli araçlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Dezavantajları ise diğer motor tiplerine kıyasla maliyetlerinin yüksek olması ve yüksek demir kayıplarıdır.



Permanent Magnets

Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)



1.2 - ELEKTRİK MOTORU VE BAĞLANTILARININ FİZİKSEL KONTROLÜ, BAKIMI VE ONARIMI EĞİTİMİ

Kalıcı mıknatıslı PM senkron motorlar, geleneksel fırçaları, kayar halkaları ve alan bakır kayıplarını ortadan kaldırarak PM fırçasız AC motor olarak da adlandırılmaktadır. Elektronik komütasyon olmaksızın darbeli dalga formu modülasyonu (PWM beslemesi) ile kontrol edilebilirler. Düşük hızlarda yüksek tork sunar ve dişli takımı olmadan farklı hız aralıklarında çalışabilirler. Yüksek güç yoğunlukları ve yüksek verimlilikleri nedeniyle elektrikli araçlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Dezavantajları ise diğer motor tiplerine kıyasla maliyetlerinin yüksek olması ve yüksek demir kayıplarıdır.

1.2.1-FİZİKSEL DENETİM

Isıl hasar kontrolü: Soketler çıkarıldığında gövdede kararma, ark oluşumu kontrolü, soket içinde erime ve yüksek gerilim kablolarında (HVC) erime.

1.2.2-GÖRSEL DENETİM

Elektrik motorundaki soğutma sıvısı ve yağ sızıntısı, motor tipine bağlı olarak farklılık gösterir. PMSM'de yalnızca soğutma sıvısı sızıntısı gözlemlenebilir. Motorda bir arıza meydana geldiğinde, arıza veya kopukluk kontrolü gerçekleştirilir.

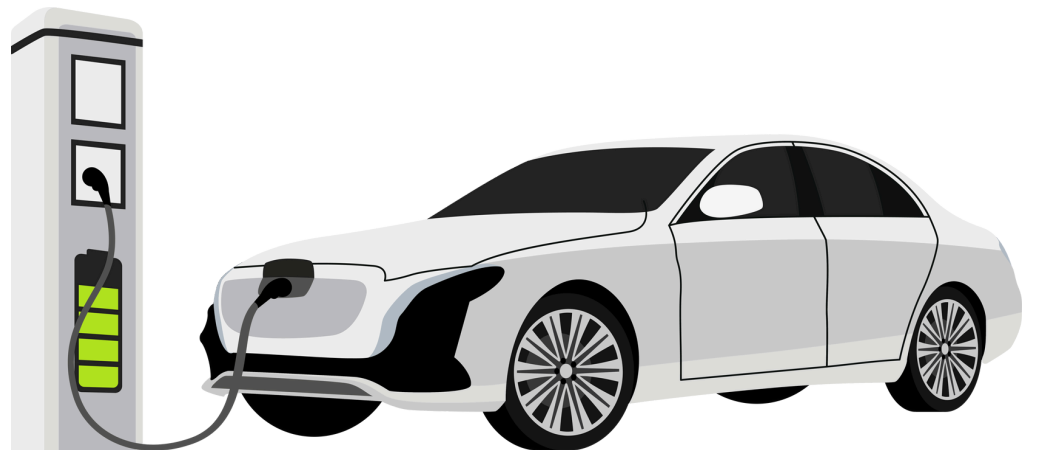
1.2.3-ELEKTRİK DENETİMİ

Yalıtım Ölçümü;

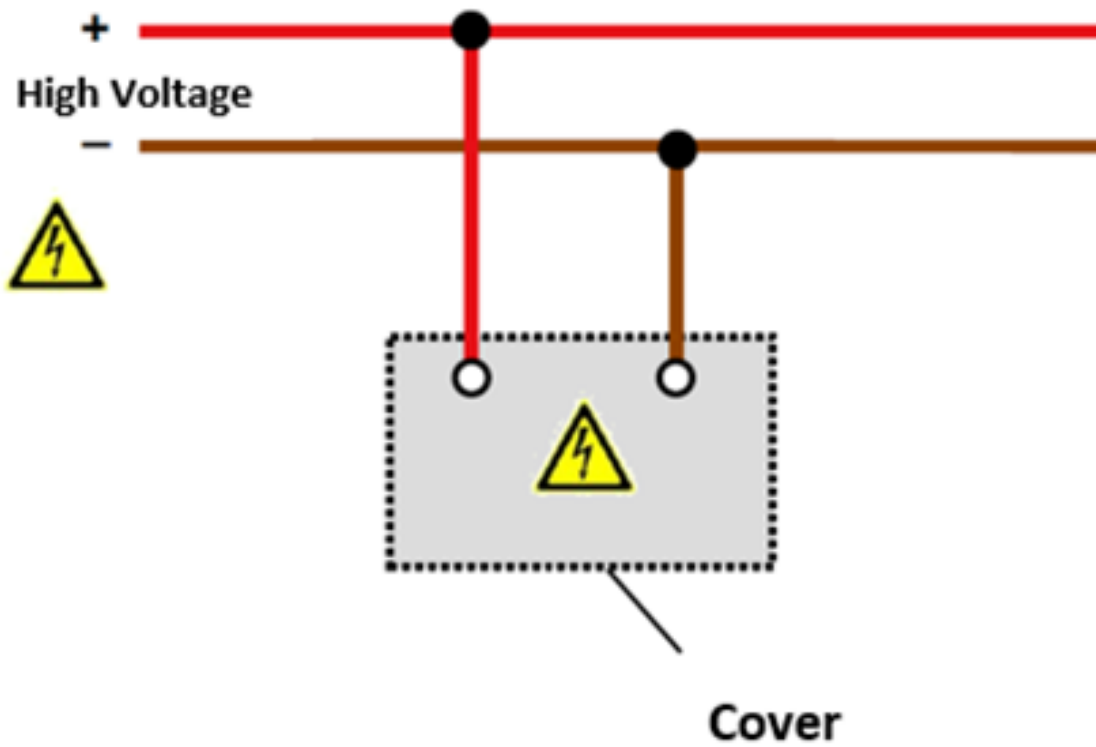
YG+ kablusunun gövdeye yalıtımı için YG+ ile gövde arasındaki direnç ölçülmektedir.

YG kablusunun gövdeye yalıtımını sağlamak amacıyla, YG ile gövde arasındaki direnç ölçülmektedir.

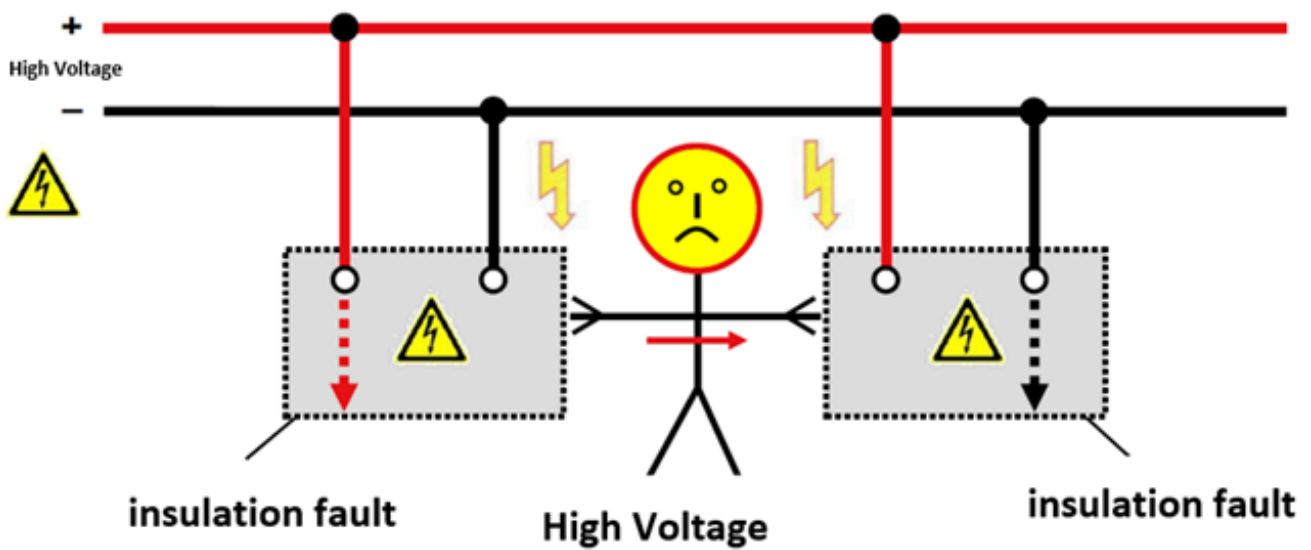
Ölçümlerin standartlara uygunluğunu belirlemek için ECE R 100 standardı kullanılmaktadır. Bu standarda göre, 500 ohm/V değerinin altında olmamalıdır.



IT NETWORK in HV SYSTEM

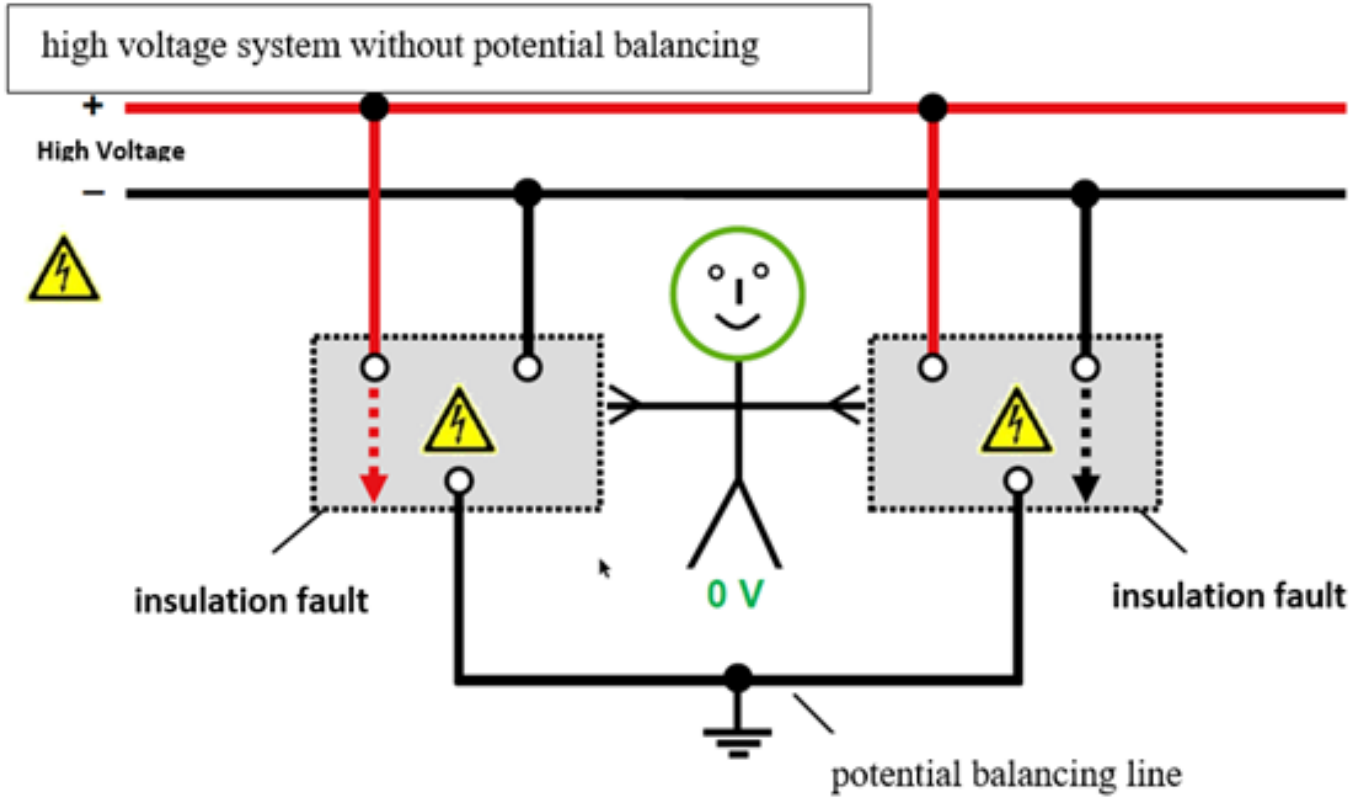


high voltage system without potential balancing



Potansiyel Dengeleme Ölçümü;

Yüksek voltajla çalışan tüm bileşenlerin toprak bağlantısı bulunmaktadır. Bu bağlantı noktası ile gövde arasındaki direnç, ECE R 100 standardına göre 200 miliohm'u geçmemelidir.



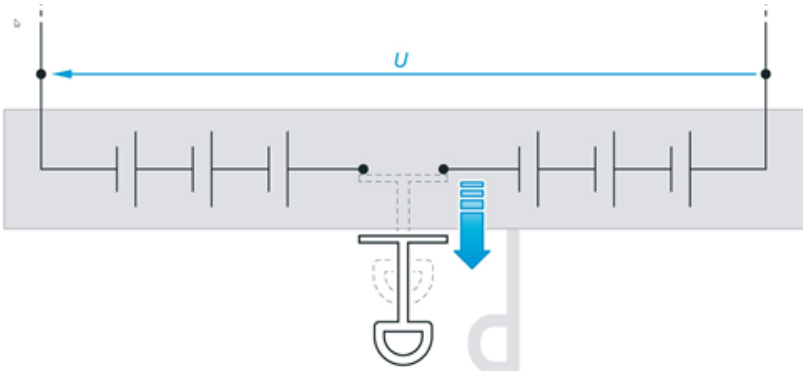
1.2.4 - ELEKTRİK MOTORU / JENERATÖR KONTROL SİSTEMLERİNDE HATA KODLARININ TANIMLANMASI VE ÇÖZÜLMESİ EĞİTİMİ

Elektriksel Hatalar; Yalıtım Hatası, Rotor Sensör Hataları, Sıcaklık Sensör Hataları, IGBT Hataları, İnverter/Konvertör Hataları.

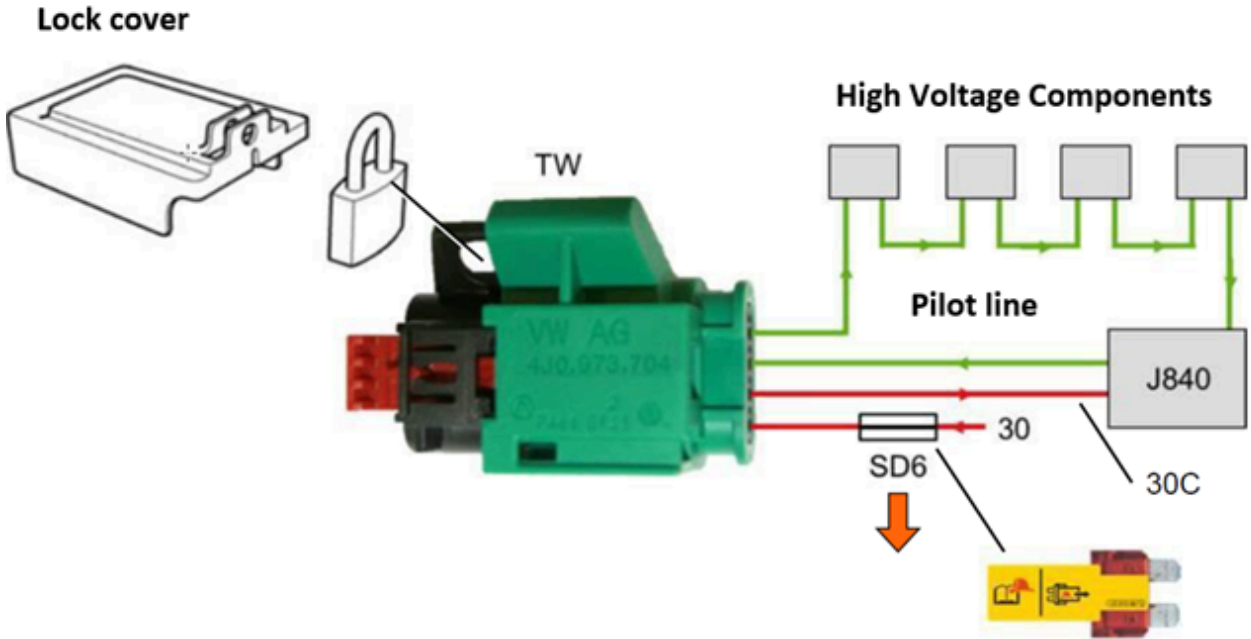
Fiziksel Arızalar; Elektrik Arkı, Yüksek Sıcaklık Kontrol Anahtarı Hasarı, Vücutta Fiziksel Hasar

1.2.5 - YÜKSEK GERİLİMDE GÜVENLİ KESME VE AKTİFLEŞTİRME EĞİTİMİ

Fiziksel Kapatma: Batarya modülleri arasındaki seri bağlantı noktası, mekanik bir anahtar aracılığıyla kontrol edilmektedir. Bu mekanik anahtar fiziksel olarak çıkarıldığında, yüksek gerilim hattı devre dışı kalır. Anahtar sistemden çıkarıldıktan 5 dakika sonra, kapasitörlerin deşarj olup olmadığını kontrol etmek amacıyla batarya çıkış voltajı ölçülmektedir.



Mantıksal Kapatma; Bir sinyal hattı (kilitleme döngüsü) veya kontaktör besleme hattı ayrılarak kontaktörler açılır ve böylece yüksek gerilim yeniden kapatılır. Acil durumlarda, güvenliği sağlamak amacıyla bu hat doğrudan kesilebilir.



1.2.6 - CANLI GERİLİM ALTINDA AKIM VE GERİLİM DEĞERLERİ UZMANLAR TARAFINDAN İZLENİR VE KONTROL EDİLİR.



1.2.7 - PILOT YÖNETİM SİSTEMİ VE BİLEŞENLERİNİN DENETİMİ

Batarya Paketinin (Batarya ve Batarya Üzerindeki Tüm Alt Ünitelerin) Fiziksel Kontrol Eğitimi, bataryayı çıkarmadan önce görsel muayene yapılmasını içerir; gövdede erime, kararma ve fiziksel deformasyon olup olmadığı kontrol edilir.

Bataryayı çıkardıktan sonra görsel inceleme; sıvı kontrolü, lityum sızıntı tespiti (modül içinde beyaz leke bırakıyor, buradan anlaşılıyor), bağlantı soketlerinin kontrolü (yüksek ve alçak gerilim kabloları inceleniyor), duman ve koku kontrolü, havalandırma vanalarında renk analizi.

Batarya Ünitesi, Batarya Yönetim Sistemi ve İletişim Kontrol Eğitimi

Bataryadaki tüm hücrelerin voltaj değerleri okunarak tanısal izleme gerçekleştirilir. Olası bir hücresel arıza, hücreler arasındaki voltaj dengesini bozarak performans ve menzil kaybına yol açar. Arızalı hücre, tanı cihazı tarafından tespit edildikten sonra ilgili modül değiştirilir.

Yüksek Gerilim Batarya Eğitimi: Arızalı/Hasarlı Ünitelerin Durum Analizi, Güvenli Depolama ve Kullanım Yöntemleri

Duman, yanık, ısı oluşumu, kasada çatlak, fiziksel deformasyon, korozyon, gevşek bağlantı, seri numarası ve güvenlik etiketi var mı kontrol edin.

1.2.8 - ELEKTRİKLI TAHRIK İLE SOĞUTMA VE ISITMA SİSTEMİ BAKIMI VE ONARIMI

Kontrol üç bölümden oluşmaktadır. Basınç kontrolü şeklinde icra edilir. Basınç kontrol testi, üreticinin talimatlarına uygun basınç değerlerinde gerçekleştirilir.

Ø Batarya Devresi

Ø Elektrik Motoru Devresi

Ø Genel Soğutma Devresi

Kontrol her zaman batarya devresinden başlamalıdır. Aksi takdirde, diğer devrelere basınç uygulandığında bataryada sıvı sızıntısı meydana gelirse, tüm soğutma sıvısı bataryaya dolacak ve bataryadaki soğutma sıvısı tamamen boşalacaktır.

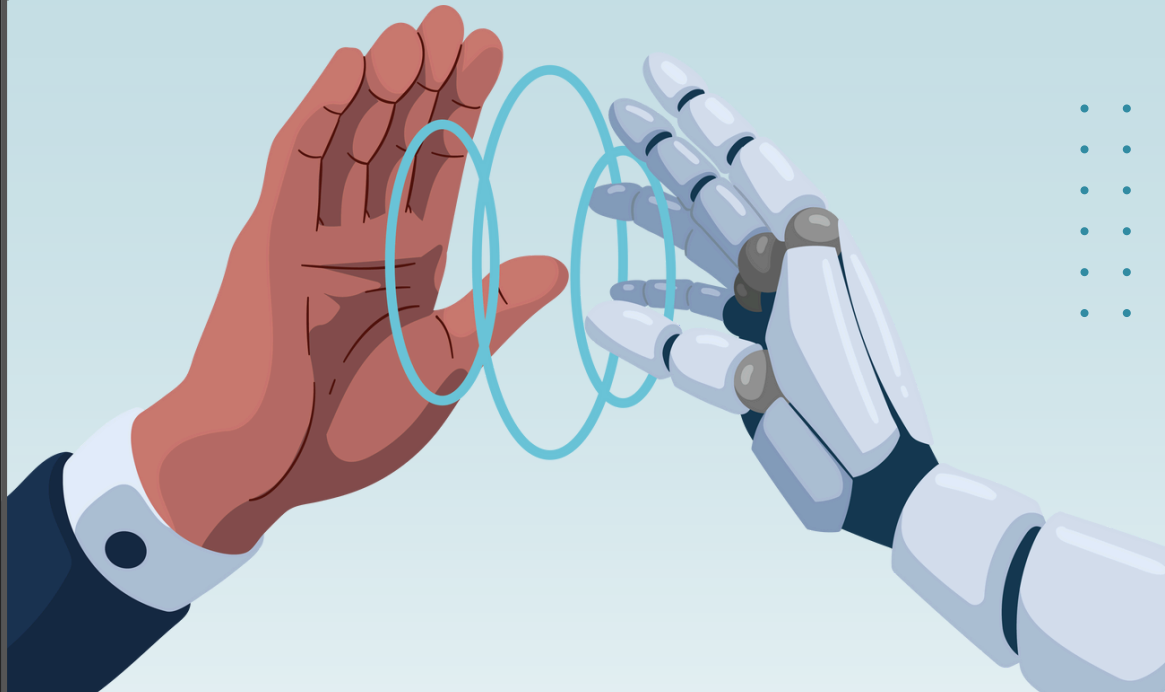
Daha sonra elektrik motoru devresinde basınç kontrolü gerçekleştirilir. Basınç uygulandığında elektrik motorunda sıvı kaçağı meydana gelirse, tüm soğutma sıvısı elektrik motoruna dolacaktır.

Genel soğutma devresine kapsamlı bir basınç testi uygulanır. Bu test, soğutma sistemi ekipmanlarını ve bağlantı noktalarındaki sızıntıları değerlendirir.

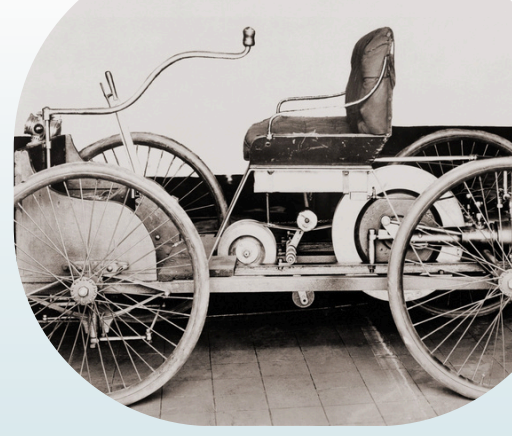


BÖLÜM-2

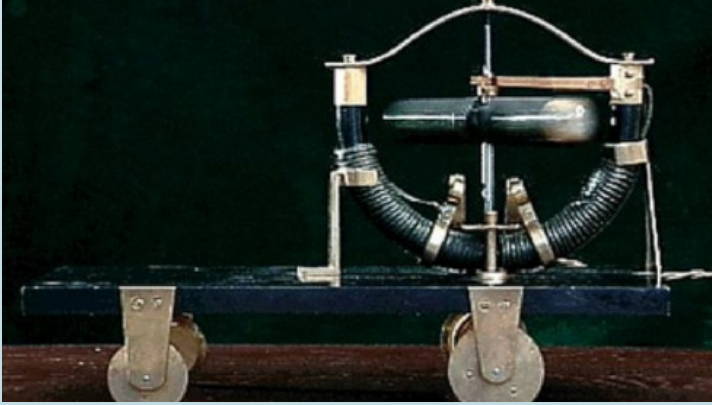
ŞARJ SİSTEMLERİ VE ALTYAPISI



Elektrikli Araçların Tarihçesi



Elektrikli araçların uzun ve köklü bir geçmişi bulunmaktadır. Çevresel sorunlar ve mevcut enerji kaynakları dolayısıyla, bu araçlara olan ilgi yıllar içinde önemli ölçüde değişim göstermiştir.



Şekil 1. Á. Jedlik tarafından 1828 yılında inşa edilen elektrikli araç modeli [2]

Elektrikli otomobillerin tarihi, elektrikli makinelerin tarihiyle derin bir bağ içerisindedir. 1827 yılında Macar Benediktin rahibi Ányos Jedlik, ilk basit fakat işlevsel doğru akım elektrik makinesini inşa etmiştir. Sadece bir yıl içinde, bu makineyi basit, küçük ölçekli bir araç modelini çalıştırmak için kullanmıştır.

Küçük ölçekli bir diğer elektrikli araç, 1835 yılında Groningen Üniversitesi'nde (Hollanda) kimya ve teknoloji profesörü Sibrandus Stratingh tarafından inşa edilmiştir. Yaklaşık 3 kg ağırlığındaki bu araç, tam şarjlı hücreleriyle 1,5 kg yük taşıyarak 20 dakika boyunca hareket edebilmekteydi.



Şekil 2. S. Stratingh tarafından 1835 yılında tasarlanan küçük ölçekli elektrikli araç modeli

İskoç Robert Anderson, ilk tam ölçekli elektrikli aracın mucididir. Prototipi, 1832-1839 yılları arasında Aberdeen'de geliştirilmiştir. Elektrik enerjisi üretmek için birincil hücreler (şarj edilemeyen piller) kullanmakta olup, maksimum hızı 12 km/s'dir.



Şekil 3. R. Anderson tarafından tasarlanan ilk elektrikli otomobil

Ticari olarak satışa sunulan ilk başarılı elektrikli otomobiller, ilham verici bir şekilde Electrobats adını aldı. İlk versiyonu, 1894 yılında Chicago'da bir makine mühendisi olan Henry G. Morris ve bir kimyager olan Pedro G. Salom'un kendi patentli teknolojileri üzerine ortak çabalarıyla üretildi. Bu ilk versiyon, çelik lastiklere sahip, yavaş ve oldukça ağır bir otomobildi. Şarj edilebilir bataryalar, aracın 2 tonluk brüt kütlesinin 725 kg'ından fazlasını oluştuyordu.

Sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetleri sayesinde, sonraki Electrobat modelleri daha hafif, daha hızlı ve daha az hantal hale geldi. Pnömatik lastiklere sahipti ve iki arka tekerlek tarafından yönlendiriliyordu. Bu araçlar, iki adet 1,1 kW pençe kutuplu motorla çalışıyordu. O dönemin en gelişmiş bataryaları sayesinde, tek bir şarjla ortalama 32 km/s hızla 40 km mesafe kat edebiliyordu. Bu araçlara olan yoğun ilgi nedeniyle, iki ortak, modele dayalı birkaç atlı araba modeli üreterek işlerini büyüttü.



Şekil 4. Electrobat arabasının şık bir modeli

Avusturya doğumlu Ferdinand Porsche'nin bu alandaki önemli başarılarından bahsetmek gerekmektedir. 22 yaşındaki yetenekli tasarımcı, 1899 yılında Jakob Lohner & Company'de çalışırken ilk elektrikli otomobilini tasarladı. Bu otomobil, saatte 25 km hıza ulaşabiliyordu. Elektrikli otomobiller, aracın tekerleklerini doğrudan harekete geçiren elektrikli göbek motoru gibi dönemin en ileri teknolojilerini barındırıyordu.



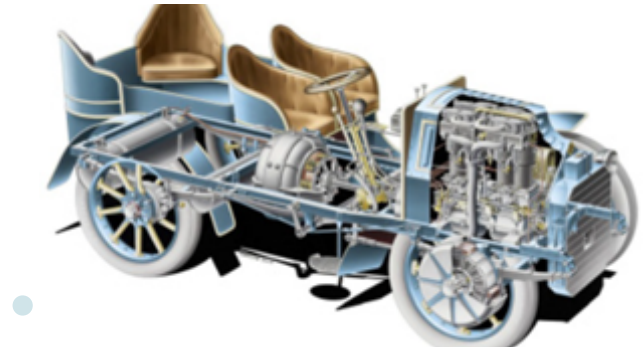
Şekil 5. Viyana Teknik Müzesi'nde bulunan bir Lohner-Porsche Phaeton

Üç yıl sonra, dört tekerleği de elektrikle çalışan dünyanın ilk işlevsel devrim niteliğindeki hibrit otomobili sergilendi. Bu otomobile "her zaman canlı" anlamına gelen Semper Vivus adı verildi. Porsche, yalnızca bataryaya güvenmek yerine, bataryayı şarj etmek amacıyla elektrik jeneratörlerini çalıştıran içten yanmalı motorlar (ICE) ekleyerek aracın menzilini artırdı. Orijinal 74 hücreli akümülatör, ağırlık ve yerden tasarruf sağlamak için 44 hücreli daha küçük bir akümülatörle değiştirildi. Aracın merkezine, her biri 90 V voltajda 20 A akım sağlayan iki bağımsız 1,84 kW jeneratörü çalıştıran iki su soğutmalı 2,6 kW içten yanmalı motor (ICE) yerleştirildi. Daha sonra, üretime hazır versiyonu Lohner-Porsche Mixte adıyla piyasaya sürüldü. Azami hızı 80 km/s idi.

eski bir tasarım

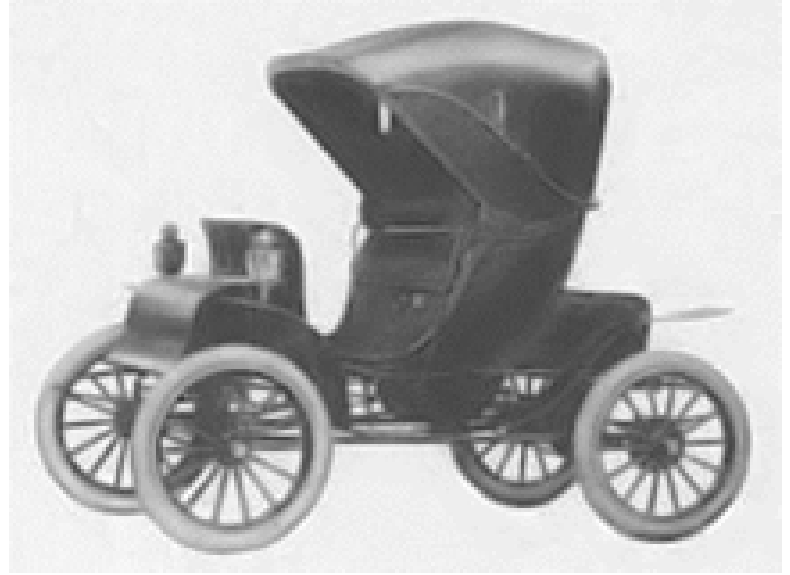


b) teknik ayrıntılar



Şekil 6. Ticari olarak piyasaya sürülen ilk hibrit otomobil olan Lohner-Porsche Mixte

Daha sonra Ferdinand Porsche, yakında elektrikli bir araç olarak geri dönecek olan ikonik Volkswagen Beetle'ın tasarımcısı oldu. Elektrikli araçların gelişiminde önemli bir kilometre taşı, 100 Mil Elektrikli Otomobil olarak adlandırılan modeldi.



Şekil 7. Fritchle'in 100 Mil Menzil Sunan Elektrikli Otomobili Victoria

Bu iki kişilik elektrikli otomobil 1.000 kg ağırlığındaydı ve bunun 350 kg'dan fazlası bataryalarda bulunmaktaydı. Elektrikli araçlar alanında önemli öncülerden biri olan Oliver Parker Fritchle tarafından 1908 yılında Denver'da üretildi. Hem batarya hem de otomobil üretimine kayda değer katkılarda bulundu. Adı, rejeneratif frenlemenin icadıyla da anılmaktadır. Geliştirmelerini yeni tasarlanan elektrikli otomobillerin dayanıklılığı üzerine yoğunlaştırdı. Eylül 1908'de cesur bir meydan okuma önerdi: Lincoln ve New York arasındaki 2.900 km'lik yolculuğu, hiçbir mekanik sorun yaşamadan elektrikli bir otomobille gerçekleştirmek. Yolculuğu 20 günde tamamladı ve günde ortalama yaklaşık 100 mil (160 km) mesafe kat etti.

ELEKTRİK BAĞLANTILARININ VE VOLTAJ SEVİYELERİNİN ANALİZİ

Elektrikli otomobil, elektrikli araç (EV) veya bataryalı elektrikli araç (BEV) olarak adlandırılmakta olup, içten yanmalı motor yerine elektrik motoruna sahiptir. İçten yanmalı motor kullanan geleneksel araçların aksine, elektrikli otomobiller bataryalardan elde edilen elektrikle çalışan bir elektrik motoru kullanmaktadır.

Elektrikli otomobillerin çeşitli türleri bulunmaktadır; bunlar şunlardır:

- Tamamen elektrikli: Tamamen elektrikli araçlar yalnızca bir batarya ile çalışır ve benzin tüketmezler.
- Hibrit elektrikli: Hibrit otomobiller, hem elektrik hem de benzinle çalışmaktadır.



Elektrikli otomobiller, bir güç kaynağından elektrik çekerek bunu bir bataryada depolayarak çalışmaktadır. Bu süreç, elektrikli otomobilin bir şarj noktasına bağlanması ve bataryanın tamamen şarj edilmesiyle gerçekleşir. Batarya, daha sonra tekerlekleri kontrol eden motoru harekete geçirir. Sürüş esnasında batarya, elektrik motoruna enerji sağlayarak benzinli motor ihtiyacını ortadan kaldırır. Elektrikle çalıştığı için araç, egzoz gazı salınımında bulunmaz ve yakıt pompası, yakıt hattı veya yakıt deposu gibi tipik yakıt bileşenlerini barındırmaz.

Çoğu elektrikli otomobil, tekerlekleri hareket ettirmek için bu tek vites teknolojisini kullandığından şanzımana ihtiyaç duymaz. Ancak, bazı yeni elektrikli araçlar, daha iyi performans ve daha uzun menzil elde etmeyi sağlayan, fakat şanzıman gerektiren ek viteslerle tasarlanmaktadır.

Bataryalı elektrikli araçlar (BEV'ler), motoru çalıştırmak amacıyla bir batarya grubunda depolanan elektriği kullanır.

En yaygın kullanılan batarya türü lityum iyon bataryalardır. Lityum iyon bataryalar, yüksek bir güç-ağırlık oranına sahip olup, bu durum bataryaların ağırlıklarına göre önemli miktarda enerji depoladıkları anlamına gelir. Bu özellik, elektrikli otomobiller için kritik öneme sahiptir; zira daha az ağırlık, aracın tek bir şarjla daha uzun mesafeler kat etmesine olanak tanır. Ayrıca, lityum iyon bataryalar uzun süre tam şarj tutma kapasitesini koruyabilmektedir, bu da bataryanın dayanıklılığını artırır. Tüm elektrikli otomobillerin farklı şarj aralıkları ve şarj hızlarına sahip olduğunu unutmamak önemlidir.

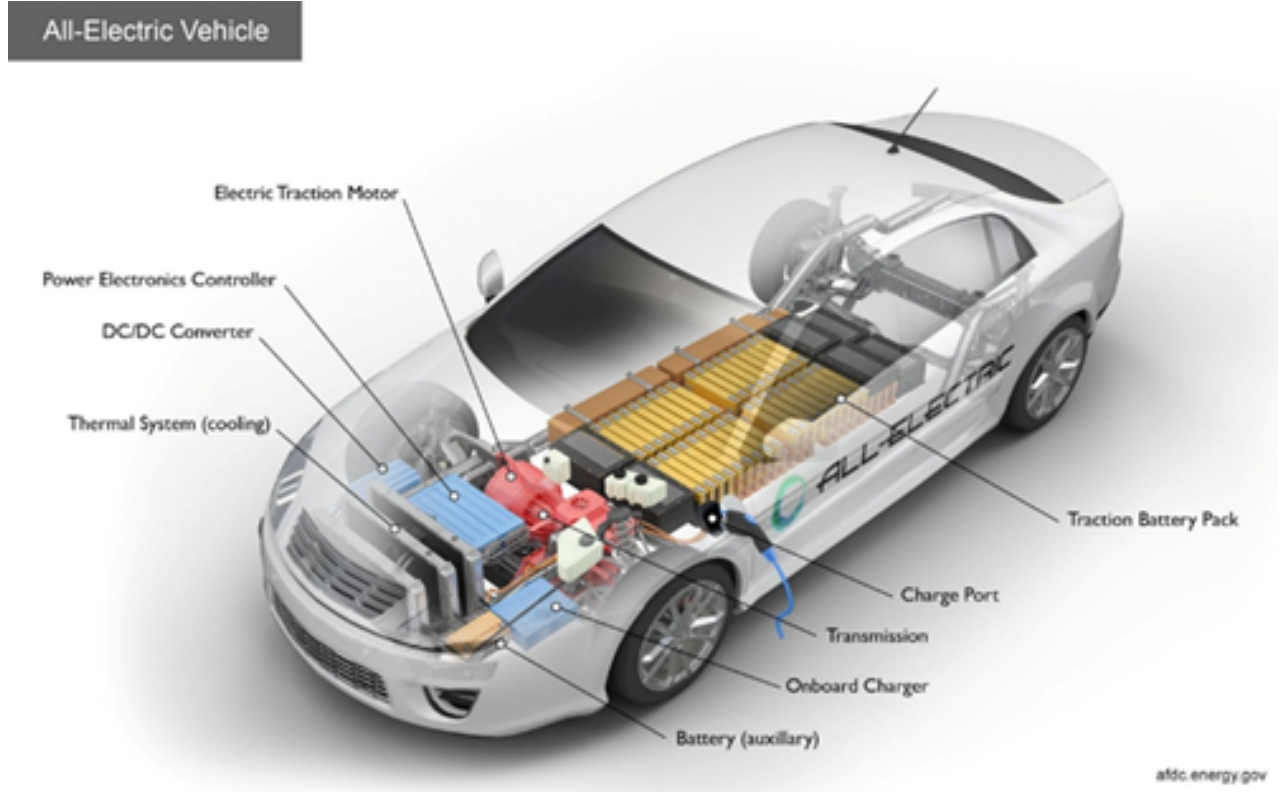
Elektrikli araç bataryaları tükendiğinde, şebeke elektriği ile şarj edilir. Bu işlem, ev prizlerinden veya kamuya açık bir şarj istasyonundan gerçekleştirilebilir. Lityum iyon bataryaların büyük bir kısmı, kullanım ömürlerinin sona erdiğinde geri dönüştürülebilir olduğundan, çevresel zararın azaltılması için etkili bir seçenektir.

Elektrikli otomobil motoru, bir mıknatıs setinin bir şafta, diğerinin ise şaftı çevreleyen bir yuvaya yerleştirilmesiyle çalışır. Elektrikli araç motoru, kutupları periyodik olarak ters çevirerek bu çekme ve itme kuvvetlerini kullanarak şaftı döndürür. Bu süreç, elektriği torka dönüştürür ve nihayetinde tekerlekleri hareket ettirir.



ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞEMASI

Bir elektrikli aracın çalışma prensiplerini anlamak için ana iç bileşenlerinin basit bir şemasını incelemek yararlı olabilir. Aşağıdaki şema, batarya, batarya grubu, motor ve şarj portu gibi bir elektrikli aracın işleyişini sağlayan bileşenleri göstermektedir.



Şekil 1

Temel bileşenler şunlardır:

- **Batarya:** Elektrikli bir arabada batarya, motoru ve diğer araç bileşenlerini çalıştırmak amacıyla bir batarya setinde elektrik depolar.
- **Şarj portu:** Şarj portu, aracın harici bir enerji kaynağına bağlanarak batarya grubunu şarj etmesine olanak tanır.
- **DC/DC dönüştürücü:** Bu cihaz, çekiş batarya grubundan gelen yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek için gerekli olan düşük voltajlı DC gücüne dönüştürmektedir.
- **Elektrik motoru:** Batarya grubundan gelen enerjiyi kullanan motor, elektriği torka dönüştürerek tekerlekleri döndürür.
- **Araç üstü şarj cihazı:** Araç üstü şarj cihazı (OBC), ev prizlerinde kullanılan yavaş şarj cihazları veya taşınabilir şarj cihazlarından elde edilen Alternatif Akımı (AC) Doğru Akıma (DC) dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır.

- Elektrik güç kontrol ünitesi: Elektrik Güç Kontrol Ünitesi (EPCU), araçtaki elektrik gücünün akışını kontrol eden neredeyse tüm cihazların verimli bir şekilde entegrasyonu ile oluşturulmuştur. İnvertör, Düşük Voltajlı DC-DC Dönüştürücü (LDC) ve Araç Kontrol Ünitesi'nden (VCU) meydana gelir.
- Soğutma sistemi: Soğutma sistemi, elektrik motoru, motor ve diğer bileşenler için ideal bir çalışma sıcaklığı temin eder.
- Çekiş bataryası seti: Elektrikli çekiş motorunun çalışması için elektrik enerjisini depolar.
- Şanzıman: Şanzıman, elektrikli çekiş motorundan elde edilen mekanik gücü tekerleklere iletir; ancak tüm elektrikli otomobillerde şanzıman mevcut değildir.

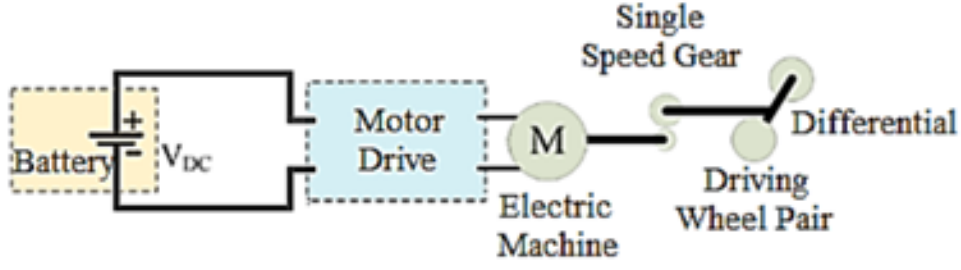
AC/DC ŞARJ TEKNOLOJİLERİ VE HIZLI ŞARJ SİSTEMLERİNİN TEKNİK DEĞERLENDİRMESİ

Birincil elektrikli araç türü, enerji kaynağı olarak yalnızca bataryaları kullanarak tamamen elektrikli tahrikle çalışabilir. Alternatif olarak, bir ICE aracıyla iş birliği yapma imkânına da sahiptirler. Bununla birlikte, alternatif enerji kaynaklarından da faydalanabilirler. Bu araçlara **hibrit elektrikli araçlar (HEV)** denir. *Uluslararası Elektroteknik Komisyonu*, bir HEV'i, en az bir enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi bulunan çok sayıda enerji kaynağı, depolama veya dönüştürücüye sahip bir araç olarak tanımlar. Bu tanım, HEV'ler için birçok kombinasyona olanak tanır. Bu nedenle, hem uzmanlar hem de genel halk, her kombinasyon türü için belirli isimler kullanmıştır: batarya ve kapasitörlü araçlara ultra kapasitör (UC) destekli EV'ler denir. Batarya ve yakıt hücresine sahip olanlar ise FCEV olarak adlandırılır. Bu ayrımlara göre, elektrikli araçlar dört gruba sınıflandırılmaktadır.

BATARYALI ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

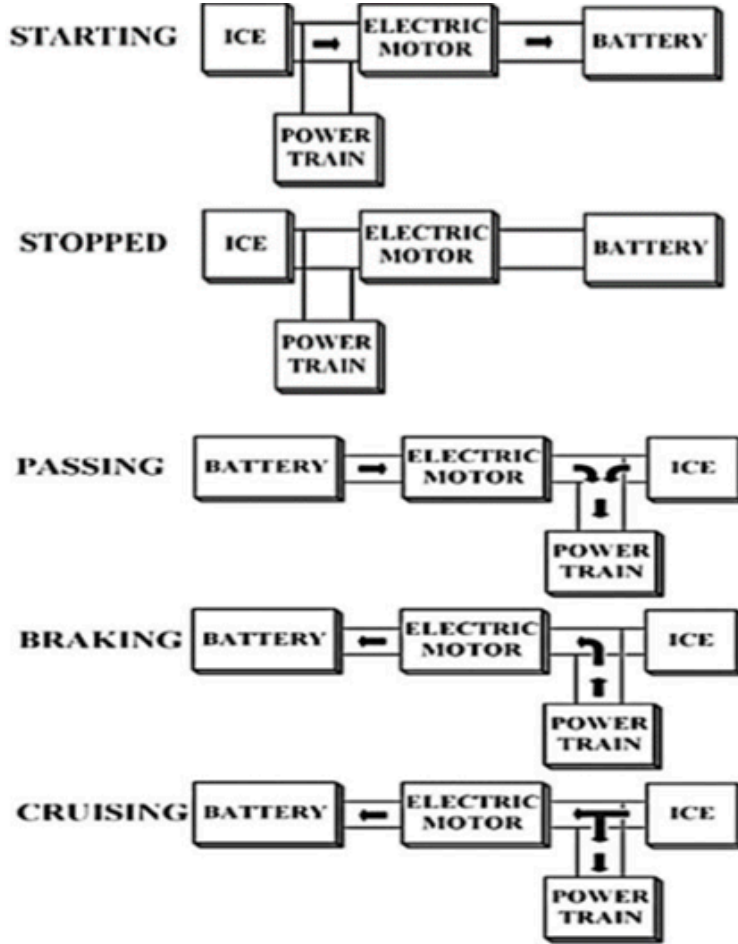
BEV'ler, güç aktarma organlarına yalnızca bataryalar aracılığıyla enerji sağlar ve tamamen depolanmış enerjiye dayanır. Bu nedenle menzil, batarya kapasitesine bağlıdır. Şarj başına ortalama menzil 100-250 kilometredir. Aslında, sürüş tarzı, yol koşulları, iklim, araç tasarımı, batarya türü ve araç yaşı gibi çeşitli değişkenler tarihsel olarak etkili olmuştur. Enerji tükendiğinde, bataryanın şarj edilmesi 36 saate kadar sürebilir; bu, normal bir içten yanmalı motorlu aracın yakıt ikmalinden önemli ölçüde daha uzundur. Daha az zaman gerektiren çeşitli tipleri mevcuttur, ancak hiçbirisi bir aracın yakıt ikmalisiyle karşılaştırılmaz.





Şekil 1. Bir BEV'in yapısı, invertör DC elektriğini AC gücüne dönüştürmektedir.

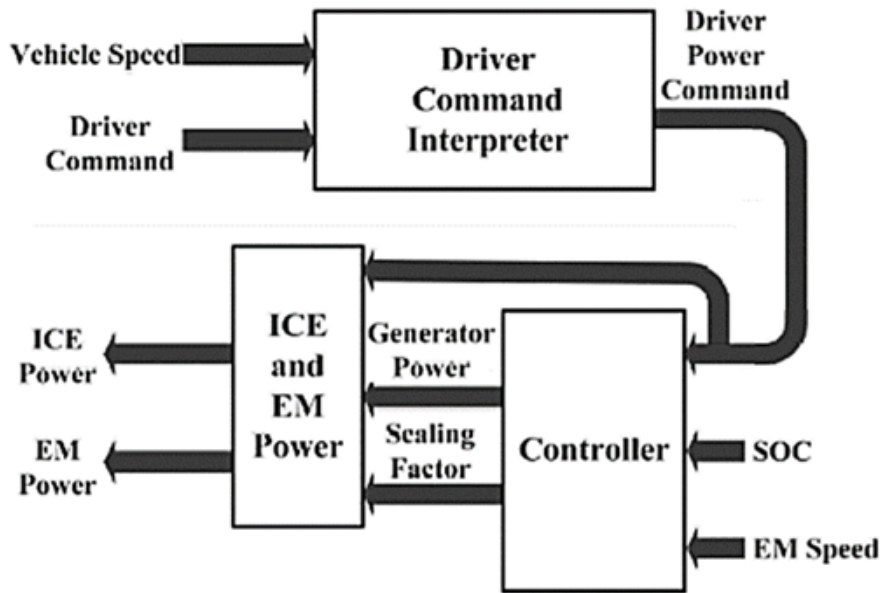
BEV'ler çeşitli avantajlar sunmaktadır: basit bir yapıya sahip olmaları, kullanım kolaylığı ve pratiklikleri ile öne çıkarlar. Sera gazı üretmemeleri, sessiz olmaları ve çevreye katkıda bulunmaları da önemli özelliklerindendir. Elektrikli tahrik, düşük hızlarda dahi anında yüksek tork sağlayabilmektedir. Bu avantajlar ve sınırlı menzil dikkate alındığında, BEV'ler şehir içi ulaşım için ideal bir seçenektir. Şu anda en çok satan BEV'ler arasında Nissan Leaf ve Tesla Model S yer almakta olup, BYD gibi bazı Çin markaları da mevcuttur. Şekil 2, BEV'lerin konfigürasyonunu göstermektedir: bataryalar, bir güç dönüştürücü devresi aracılığıyla EM'lere enerji sağlar ve motorlar tekerlekleri harekete geçirir.



Şekil 2. HEV'lerin güç akışı: (a) başlatma ve durdurma esnasındaki güç akışı; (b) hızlanma, frenleme ve seyir sırasında güç aktarımı.

HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇ

Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV), bir içten yanmalı motor (ICE) ile bir elektrikli güç aktarma organının (PT) birleşimiyle çalışır. Bu kombinasyon, aşağıda ele alınacak çeşitli şekillerde olabilir. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV), düşük güç talebi durumlarında elektrikli tahrik sistemini kullanarak, şehir içi ulaşım gibi koşullarda önemli bir avantaj sağlar; bu sayede rölantide (örneğin trafik sıkışıklığı sırasında) yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonları azalır. Daha yüksek hız gereksinimlerinde araç, içten yanmalı motora (ICE) geçiş yapar. Bu iki güç kaynağı, performansın artırılmasına katkıda bulunabilir. Acura NSX gibi turboşarjlı otomobiller, turbo gecikmesini azaltmak amacıyla sıklıkla hibrit güç sistemleri kullanmaktadır. Bu düzenek, vites değişimleri arasındaki boşluğu kapatır ve hızlanmayı artırarak performansı iyileştirir. Bataryalar, içten yanmalı motor veya rejeneratif frenleme ile şarj edilebilir. Sonuç olarak, Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV), gelişmiş yakıt ekonomisi sunan elektrikli tahrik sistemine sahip içten yanmalı motorla çalışan otomobillerdir. Otomobil üreticileri, bu avantajlar nedeniyle HEV düzenlerini genel olarak benimsemiştir. Şekil 11, temel bir HEV'nin enerji akışlarını göstermektedir. Şekil 11(a) ve 11(b), araç çalıştırıldığında İYM'nin aküde elektrik üretmek ve depolamak için motoru jeneratör olarak kullanabileceğini göstermektedir. Hem İYM hem de elektrik motoru (EM), geçiş sırasında PT'yi çalıştırdığından, aracın hızının artırılması gerekmektedir. Rejeneratif frenleme ile bataryayı şarj etmek için PT, hareket halindeyken motoru jeneratör olarak kullanır. Seyir sırasında İYM, jeneratör görevi görerek motoru çalıştırmak ve bataryaları şarj etmek için elektrik üretir. Araç tamamen durduğunda ise elektrik sistemi tamamen kapanır. HEV'lerin enerji yönetim mekanizmaları Şekil 12'de gösterilmiştir. Sürücü girdilerine, araç hızına, batarya şarj durumuna (SOC) ve yakıt ekonomisine bağlı olarak, güç İYM ve EM arasında dağıtılmaktadır.



Şekil 3. HEV'nin enerji yönetim sistemi

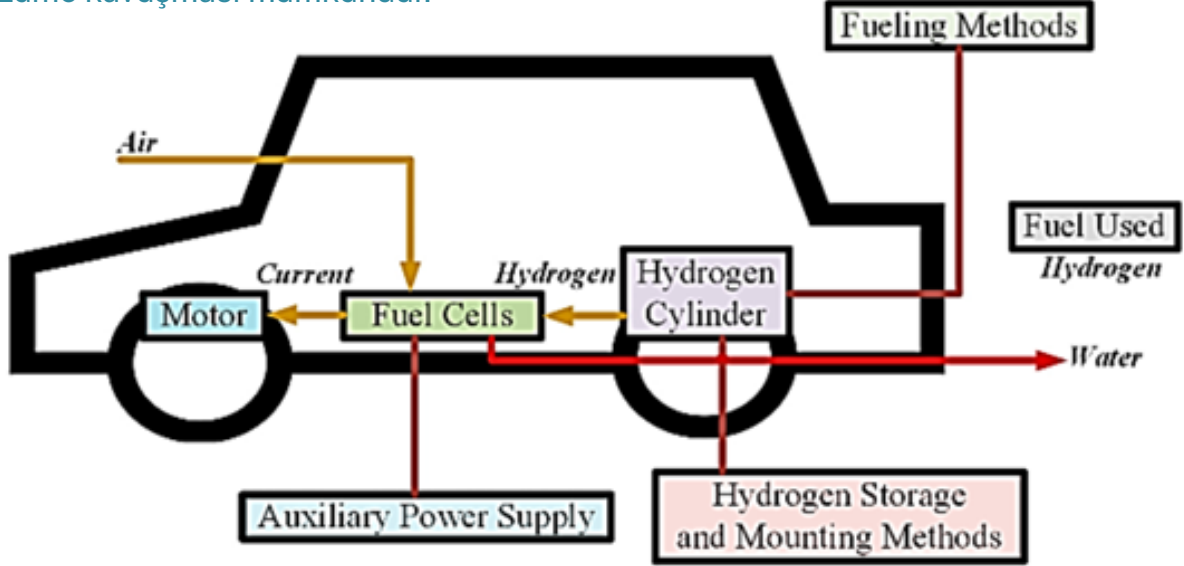
ŞARJ EDİLEBİLİR HİBRİT ELEKTRİKLİ OTOMOBİL

PHEV konsepti, tamamen elektrikli HEV'lerin menzilini uzatmak amacıyla geliştirilmiştir. PHEV'lerde içten yanmalı motor ve elektrikli güç aktarım sistemi kullanılmakta, ancak ana tahrik elektrik motoru olduğundan daha büyük bir batarya gerekmektedir. PHEV'ler elektrikle çalışır ve yalnızca bataryalar zayıfladığında içten yanmalı motor devreye girer. İçten yanmalı motor, bataryayı güçlendirerek veya şarj ederek aracın menzilini artırır. HEV'lerin aksine, PHEV'ler doğrudan şebekeden şarj edilebilir ve rejeneratif frenlemeden yararlanabilir. Çoğunlukla elektrikle çalıştıkları için PHEV'ler daha düşük karbon ayak izine sahiptir. Ayrıca daha az yakıt tüketmeleri, maliyetleri düşürmektedir. Şu anda piyasada bulunan hibrit araçlar arasında Chevrolet Volt ve Toyota Prius örnek olarak gösterilebilir.

YAKIT HÜCRELİ ELEKTRİKLİ OTOMOBİL

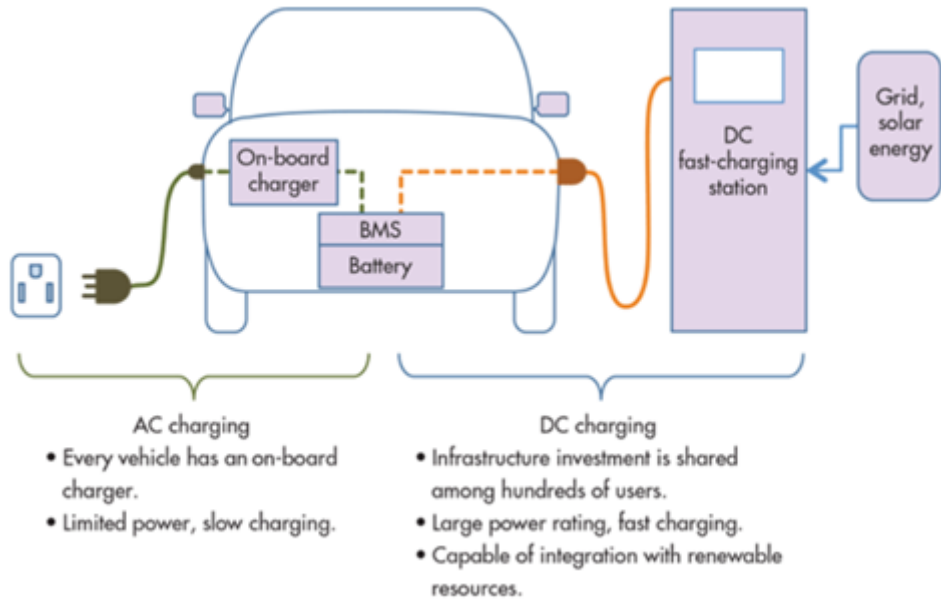
FCEV'ler, yakıt hücresi araçlar olarak tanımlanabilir ve bu elektrikli araçlar, kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla elektrik üreten yakıt hücreleri ile çalışır. FCEV'ler, hidrojen yakıt hücresi araçlarda kullanılır; çünkü hidrojen, bu sektörde en yaygın kullanılan yakıttır. Hidrojen, özel yüksek basınçlı tanklarda taşınmaktadır. Güç üretimi için oksijene de ihtiyaç duyulmakta ve bu oksijen, ortam havasından temin edilmektedir. Yakıt hücreleri tarafından sağlanan enerji, tekerlekleri döndüren elektrik motoruna aktarılır. Fazla enerji, bir bataryada veya süper kapasitörde depolanır. Bataryalar, Toyota Mirai ve Honda Clarity gibi ticari olarak pazarlanan birçok FCEV'de kullanılmaktadır. FCEV'ler, güç üretimi sırasında su üretir ve bu su, aracın egzoz borularından dışarı atılır. Şekil 5, bir FCEV'nin konfigürasyonunu göstermektedir. Bu araçlar, diğer tüm elektrikli araç türlerine kıyasla karbon emisyonu olmadan elektrik üretme avantajına sahiptir. Ayrıca, bir FCEV'nin yeniden doldurulması, geleneksel bir aracı benzin pompasında doldurmaktan daha fazla zaman almaz. Bu nedenle, bu araçlar yakında çok daha yaygın olarak önerilebilir. Ancak, hidrojen yakıt istasyonlarının yetersizliği, bu teknolojinin yaygın kullanımının önündeki en önemli engeldir. Oysa birkaç yıl öncesine kadar, BEV'ler veya plug-in hibritler için şarj istasyonları yaygın değildi. Bir diğer endişe ise tanklardan sızabilecek yanıcı hidrojenle ilgili güvenlidir. Tüm bu engeller ortadan kaldırılırsa, FCEV'ler araç taşımacılığının geleceğini temsil edecektir. Çünkü avantajları göz önüne alındığında, FCEV'ler birçok açıdan BEV'lerden daha iyi görünmektedir. Şekil 6, bu karşılaştırmayı göstermektedir. Sonuç olarak, şekil, ağırlık, başlangıç sera gazı emisyonları ve gerekli depolama hacmi gibi çeşitli kriterlerin yanı sıra diğer parametreleri de dikkate alarak iki menzili (320 km'ye karşı 480 km) karşılaştırmaktadır. Yatay eksen, BEV'nin FCEV'ye olan nitelik oranını temsil etmektedir. Tüm bu özellikler, daha yüksek oranların dezavantaj anlamına geleceğini belirtmektedir.

Bu verilere göre, elektrikli araçlar (BEV) kilometre başına yakıt maliyeti açısından daha avantajlıdır ve rüzgar enerjisi gerektirmektedir. Ancak, hidrojeni çevre dostu, ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde üretmenin bir yolu henüz keşfedilmediğinden, BEV'ler için bu durum hâlâ önemli bir dezavantaj teşkil etmektedir. Ayrıca, yakıt ikmal altyapısının da yetersiz olduğu görülmektedir. Yine de, tüm bu sorunların yakında çözüme kavuşması mümkündür.



Şekil 4. FCEV'nin konfigürasyonu

Genel olarak, şarj istasyonlarının erişilebilirliği, şarj gücü ve konektör uyumluluğu, hibrit ve elektrikli araç sahiplerinin şarj deneyimini etkileyen kritik unsurlardır. Kamusal şarj altyapısının sürekli olarak genişlemesi ve şarj teknolojilerinin evrimi, elektrikli araçların uygulanabilirliğinin artışına katkıda bulunmaktadır.



Şekil 5. Araç üstü şarj cihazları ile araç dışı şarj cihazları (veya DC hızlı şarj istasyonu) arasındaki farklılıkların şematik gösterimi



Sürdürülebilir mobilitenin evrimi bağlamında, hibrit ve elektrikli araçlar için araç içi ve araç dışı şarj sistemlerinin farklılıklarını anlamak ve avantaj ile dezavantajlarını değerlendirmek son derece önemlidir. Halka açık şarj istasyonları gibi araç dışı şarj istasyonları, uzun mesafeli seyahatler ve hızlı şarj gerektiren durumlar için ideal olan hızlı şarj imkanı sunar. Bu istasyonlar, kentsel alanlarda ve otoyollarda giderek daha fazla yer alarak elektrikli araçlara erişimi artırmaktadır. Ayrıca, bu istasyonların çoğu, model veya üreticiden bağımsız olarak geniş bir araç yelpazesıyla uyumludur. Bazıları yüksek güçlü şarj sağlayarak kısa sürede önemli miktarda enerji aktarımı yapar. Ancak, bazı halka açık istasyonlarla ilişkili kullanıcı ücretleri gibi, evde şarja kıyasla toplam şarj maliyetlerini artırabilen dezavantajlar da mevcuttur. Ayrıca, bazı bölgelerdeki yoğunluk ve sınırlı erişim, sürücüler için zorluk yaratabilir. Öte yandan, evde araç içi şarj, maksimum konfor sunarak aracı her zaman kullanıma hazır tutar ve halka açık şarj istasyonlarına gitme gerekliliğini ortadan kaldırır. Daha uygun enerji tarifelerinden faydalanarak gece boyunca şarj planlama imkanı, işletme maliyetlerini azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca, kullanıcı ücretlerinin olmaması bu seçeneği uzun vadede daha ekonomik hale getirir. Ancak, evde araç içi şarjın, kamu istasyonlarına veya hızlı şarj çözümlerine göre daha sınırlı bir şarj hızı gibi bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Bu durum, hızlı şarja ihtiyaç duyanlar için sorun teşkil edebilir. Ayrıca, mobilite, özel bir şarj istasyonunun kurulu olduğu yerlerle sınırlıdır ve özellikle mevcut elektrik sisteminde değişiklik yapılması gerekiyorsa, ilk kurulum önemli maliyetler doğurabilir. Sonuç olarak, araç içi ve araç dışı şarj sistemleri arasındaki seçim, sürücülerin bireysel ihtiyaçlarına göre belirlenmektedir. Genellikle en etkili yaklaşım, hibrit ve elektrikli araçların kullanım kolaylığını en üst düzeye çıkarmak ve işletme maliyetlerini düşürmek için her iki sistemi de birlikte kullanmaktır.

- Halka açık şarj istasyonları, hızlı şarj istasyonları ve kablosuz şarj sistemleri dahil olmak üzere araç dışı sistemler, şehir içi ve otoyollar boyunca geniş bir istasyon yelpazesi sunmaktadır. Bu sistemler, hızlı şarj sağlama yetenekleriyle tanınmakta olup, uzun mesafeli yolculuklar için idealdir. Ancak, bazı istasyonlardaki kullanım ücretleri nedeniyle daha yüksek maliyetler doğurabilir ve belirli bölgelerdeki trafik sıkışıklığından etkilenebilirler. Öte yandan, araç içi sistemler esasen ev şarj istasyonlarına dayanır. Sürücülere araçlarını doğrudan evde şarj etme imkanı tanıyarak maksimum kolaylık sunarlar. Bu yaklaşım, kullanım ücretlerini ortadan kaldırmakta ve uygun maliyetli enerji tarifesi saatlerinde şarj planlama esnekliği sağlamaktadır. Ancak, şarj işlemi yüksek güçlü halka açık istasyonlara kıyasla daha yavaş gerçekleşmekte ve bu durum hızlı şarj ihtiyacı olanlar için bir sorun teşkil edebilir.





Ayrıca, özel bir ev şarj istasyonunun kurulmasını gerektirir ve bu durum ilgili maliyetleri beraberinde getirir. Bu iki sistem arasındaki karşılaştırma, elektrikli araç sürücüleri için kritik bir öneme sahiptir çünkü şarj deneyimlerini ve ilgili maliyetleri önemli ölçüde etkileyecektir. Araç içi ve araç dışı sistemler arasındaki seçim, bireysel sürücü ihtiyaçlarına ve bulundukları bölgedeki mevcut şarj koşullarına bağlı olarak şekillenecektir.

HV/EV ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN ENTEGRE ŞARJ CİHAZLARI

OBC'lerde Hareket Etme Motivasyonu

- Araç üstü şarj cihazları (OBC'ler), elektrikli ve hibrit araçlarda dışarıdan gelen şarj cihazlarına kıyasla bir dizi önemli avantaj sunarak baskın bir teknoloji trendini temsil etmektedir. Öncelikle, araçlara doğrudan entegre edilebilmeleri, kullanıcılara önemli bir kolaylık sağlar. Harici bir şarj cihazı taşımaya veya özel şarj istasyonları aramaya gerek kalmaz. Standart bir prizden doğrudan şarj edebilme imkanı, sürücülerin günlük yaşamlarını büyük ölçüde kolaylaştırır. Ayrıca, OBC'ler aracın bataryasının ihtiyaçlarına özel olarak tasarlanıp optimize edilebilir, bu da şarj işlemi sırasında daha yüksek verimlilik sağlar. OBC'ler, çeşitli araçlara uyacak şekilde tasarlanması gereken dış şarj cihazlarına kıyasla daha tutarlı ve kontrollü şarj gücü sunabilir. OBC'lerin araçlara entegrasyonu, daha doğrudan ve gelişmiş iletişim imkanı da sağlar. Birçok OBC, aracın elektrik şebekesi ve şarj altyapısıyla etkileşim kurmasını sağlayan çift yönlü iletişim sistemleriyle donatılmıştır. Bu, düşük enerji fiyatlarından yararlanmak için şarj zamanını planlama veya şebeke ihtiyaçlarına göre gücü yönetme gibi gelişmiş özelliklerin önünü açar. Boyut ve ağırlık açısından, entegre OBC'ler harici şarj cihazlarından daha az yer kaplar ve araçlarda genel ağırlık tasarrufuna katkıda bulunabilir.
- Güvenlik açısından, OBC'ler aracın ve şarj sisteminin güvenliğini sağlamak amacıyla gelişmiş koruma sistemleri ile tasarlanabilir. Bu sistemler arasında kısa devre algılama, sıcaklık izleme ve aşırı yük koruması yer almaktadır. Ayrıca, OBC'lerin standartlaştırılması yönünde bir eğilim mevcuttur. Otomobil üreticileri ve endüstri kuruluşları, elektrikli ve hibrit araçların üretimini ve kullanımını kolaylaştırarak ortak standartlar oluşturmak için çaba göstermektedir. Özetle, araç üstü şarj cihazları, elektrikli ve hibrit araçların şarj edilmesi için pratik, verimli ve entegre bir çözüm sunmaktadır. Uzun yolculuklar veya kamu ihtiyaçları için harici şarj istasyonlarıyla desteklenebilmelerine rağmen, günlük şarj gereksinimlerini karşılama konusundaki baskın rolleri, elektrikli mobiliteye geçişte önemli bir adım teşkil etmektedir.





Standartlar ve Sınıflandırma

- Elektrikli araçlarda, Araç Üstü Şarj Cihazı (OBC) konnektörleri, batarya şarjında önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde, her biri kendine özgü özellikler ve uygulamalar sunan çeşitli konnektör tipleri mevcuttur. J1772 (Tip 1) konnektörü, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve diğer bazı bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, şarj hızı daha yeni standartlara kıyasla sınırlıdır ve bu konnektör, Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilen Nissan Leaf ve Chevrolet Volt gibi araçlarla ilişkilendirilmektedir. Tesla, Model S, Model 3, Model X ve Model Y dahil olmak üzere Tesla araçlarının şarjını önemli ölçüde hızlandıran yüksek şarj güçleri sunan tescilli bir konnektör kullanmaktadır.
- Ancak bu standart yalnızca Tesla araçlarına özgüdür ve diğer üreticilerin standartlarıyla uyumlu değildir. Japonya'da ve dünyanın bazı bölgelerinde CHAdeMO konnektörü yaygın olarak kullanılmakta olup, hızlı DC şarj imkanı sunmaktadır. Genellikle Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV ve Kia Soul EV gibi araçlarla ilişkilendirilmektedir. Kombine Şarj Sistemi (CCS) konnektörü ise Avrupa ve Kuzey Amerika'da giderek daha fazla kabul görmektedir.
- Hem DC hem de AC şarjı desteklemenin çok yönlülüğünü sunar ve BMW, Volkswagen, Ford, Audi gibi markaların araçlarıyla ilişkilendirilir. Avrupa'da, Tip 2 konnektör (IEC 62196) AC şarj için yaygın olarak kullanılmaktadır. Renault Zoe ve BMW i3 gibi araçlarla ilişkilendirilir. DC şarjı desteklemese de Avrupa'da iyi bir yer edinmiştir ve güvenilir şarj imkanı sunar. CCS (Tip 2), Avrupa'da kullanılan ve AC şarjı da içeren CCS standardının bir uzantısıdır. Bu standart, BMW, Volkswagen ve diğer birçok Avrupalı otomobil üreticisi tarafından DC ve AC şarj yeteneklerine sahip araçlar için kullanılmaktadır. Çin'de, GB/T konnektörü (GBT 20234) ulusal standart olarak benimsenmiş olup, DC ve AC şarjla uyumludur. BYD ve NIO gibi şirketler tarafından üretilen araçlarla ilişkilendirilir. Konnektör seçimi, Şekil 15'te açıklandığı üzere coğrafi bölgeye, otomobil üreticisine ve tercih edilen şarj stratejisine bağlıdır. CCS gibi küresel standartlar, araçlar arasındaki uyumluluğu ve şarj istasyonlarının erişilebilirliğini artırmak amacıyla giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak, bir elektrikli araç seçerken konnektörün araç ve yerel altyapı ile uyumluluğunu dikkate almak önemlidir. Elektrikli ve hibrit araçlarda kullanılan yerleşik şarj cihazları (OBC'ler), sağladıkları güç seviyelerine göre sınıflandırılabilir. Bu güç seviyeleri, bir aracın şarj karakteristiklerini belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Şimdi, genellikle kullanılan voltaj ve güç seviyelerinin bir açıklamasına bakalım.





	J1772	Tesla	CHAdeMO	CCS	Type 2	CCS (2)	GB/T
N. America	AC/DC	AC/DC	DC	DC			
Europe	AC	AC/DC	DC		AC	DC	
Japan	AC		DC				
China							AC/DC

Şekil 6. Konnektör türleri ve bunların ilgili alanlardaki kullanımları.

Standart güç seviyeleri "Seviye 1" ve "Seviye 2"yi kapsamaktadır. Seviye 1, 120 V (Amerika Birleşik Devletleri'nde) veya 230 V (Avrupa'da) tek fazlı voltajlarla tanımlanır ve genellikle yaklaşık 1,3-1,9 kW güç çıkışı sağlayabilir. Bu seviye, genellikle evde, özellikle gece boyunca şarj için tercih edilir ve daha küçük bataryalı araçlar için uygundur. Seviye 1 şarj cihazlarının şarj süresi, aracın batarya kapasitesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir; ancak bir aracı neredeyse boştan tam doluya şarj etmek genellikle birkaç saat alır. Seviye 2, 240 V (Amerika Birleşik Devletleri'nde) veya 230 V (Avrupa'da) tek fazlı voltajlarla çalışır ve cihazın tek aşamalı veya iki/çok aşamalı konfigürasyonuna bağlı olarak genellikle 3,7 kW ile 22 kW arasında değişen daha yüksek bir güç sunar. Bu seviye, ev ve genel şarj için en yaygın olanıdır ve çoğu elektrikli ve hibrit araç için uygundur. Seviye 2'deki şarj süreleri, Seviye 1'den önemli ölçüde daha hızlıdır; birçok araç, batarya kapasitesine bağlı olarak bir gecede veya birkaç saat içinde tamamen şarj edilebilir. Yüksek güç seviyelerine gelince, "Seviye 3" veya "DC Hızlı Şarj" bulunmaktadır. Bu seviye, çok daha yüksek voltajlar ve doğrudan DC dönüşümünü içerir. Voltajlar büyük ölçüde değişiklik gösterebilir, ancak 600 V veya daha yüksek olabilir ve güçler 50 kW'ı hatta 350 kW'ı (Tesla süper şarj cihazlarında olduğu gibi) aşabilir. Seviye 3 şarj cihazları olağanüstü hızlı şarj süreleri sunar. İlgili şarj cihazına ve araca bağlı olarak, bazı Seviye 3 şarj cihazları batarya kapasitesinin önemli bir kısmını 30 dakikadan bir saate kadar kısa bir sürede doldurabilir. Bu seviye, daha düşük seviyelere göre çok daha hızlı şarj sağlamak üzere tasarlanmıştır ve otoyollar ile halka açık alanlardaki hızlı şarj istasyonlarında kullanılmaktadır. Tek fazlı ve üç fazlı sistemler arasındaki seçim, esasen mevcut besleme voltajına ve elektrikli aracın özelliklerine bağlıdır. Tek fazlı sistemler, tek fazlı alternatif akım (AC) kullanır ve ev şarjı için en yaygın tiptir. 120 V veya 230 V'luk tek fazlı voltajlar için uygundurlar ve Seviye 1'e göre nispeten daha hızlı şarj süreleri sunarak ev şarjı için pratik bir çözüm teşkil ederler.

-
-
-
-
-
-
-



Bu konfigürasyon, evde şarj ve orta kapasiteli bataryalara sahip araçlar için idealdir. İki aşamalı konfigürasyon daha karmaşık olup, biri düşük güçlerde şarj, diğeri ise genellikle 22 kW'tan 350 kW veya daha fazlasına kadar yüksek güçlerde şarj için iki AC/DC dönüştürücü kullanır. Geniş bir şarj gücü aralığı gerektiren araçlar için uygundur. Daha fazla esneklik sunar ve yüksek güçlü DC şarjı destekleyerek şarj süresini önemli ölçüde kısaltır. Çok aşamalı konfigürasyon, en gelişmiş yapı olup, üç veya daha fazla AC/DC dönüştürücü kullanır. 350 kW'ın üzerindeki son derece yüksek şarj güçlerini kaldırarak şekilde tasarlanmış olup, ultra hızlı şarjı mümkün kılar. Bu konfigürasyon, ticari araçlar ve yüksek güçlü halka açık şarj istasyonları için kritik öneme sahiptir. Ancak, aynı zamanda uygulaması en karmaşık ve maliyetli olanıdır. Özetle, OBC konfigürasyonunun seçimi esasen elektrikli araçların güç gereksinimlerine bağlıdır. Tek aşamalı konfigürasyonlar orta güç ve ev şarjı için uygunken, iki aşamalı ve çok aşamalı konfigürasyonlar genellikle ticari araçlar veya halka açık şarj istasyonlarıyla ilişkilendirilen yüksek güçlü ve ultra hızlı şarj için gereklidir. Aşama sayısı arttıkça karmaşıklık ve maliyet de artacağından, seçim belirli şarj güçlerini destekleme ihtiyacına göre yapılır.

Doğrultucu, elektrik dönüşüm sistemlerinde kritik bir bileşen olup, genellikle elektrikli araçlardaki Araç Üstü Şarj Cihazı (OBC) konfigürasyonunun ilk dönüşüm aşamasını temsil eder. Temel işlevi, elektrik enerjisini genellikle alternatif voltaj (AC) formundaki başlangıç biçiminden, kullanılabilir bir form olan doğru voltaja (DC) dönüştürmektir.

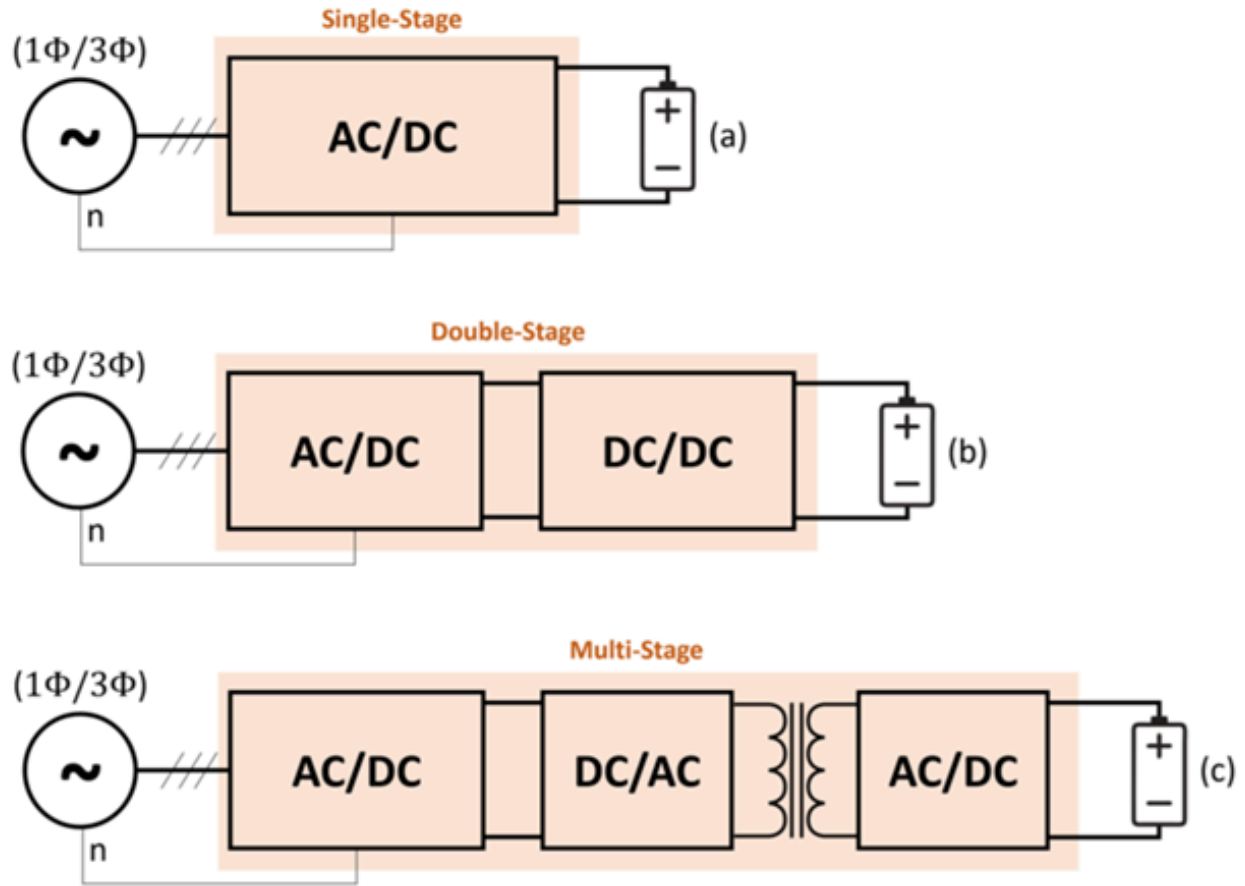
Bu dönüşüm, elektrikli araç bataryalarının etkin bir şekilde şarj edilmesi için elzemdir.

İki ana doğrultucu türü bulunmaktadır: pasif doğrultucular ve aktif doğrultucular. Her birinin kendine özgü bir çalışma prensibi mevcuttur. Pasif Doğrultucu: Pasif bir doğrultucu, AC'yi DC'ye dönüştürmek amacıyla diyot gibi pasif bileşenler kullanır. Diyot, pasif bir doğrultucunun temel bileşenidir. Pasif bir doğrultucunun işleyişi iki aşamada gerçekleşir: – Yarım Dalga Aşaması (Yarım Dalga Doğrultma): Bu aşamada, diyot giriş AC'sinden gelen pozitif voltajın geçmesine izin verirken negatif voltajı engeller. Bu durum, AC dalgasının yalnızca yarısının çıkış DC'sine iletildiği anlamına gelir. Enerjinin yarısının israf edilmesi nedeniyle bu işlem verimsizdir.

- Tam Dalga Fazı (Tam Dalga Doğrultma): Bu fazda, AC dalgasının hem pozitif hem de negatif bileşenlerini yakalamak amacıyla iki diyot kullanılmaktadır. Bu yöntem, daha verimli bir dönüşüm sağlasa da, AC dalgasının iki ayrı yarıya bölünmesi ve sonuç olarak darbeli bir DC dalgasının oluşması nedeniyle yine de bazı kusurlar içermektedir.



- **Aktif Doğrultucu:** Aktif bir doğrultucu, AC'yi DC'ye pasif bir doğrultucudan daha etkili bir şekilde dönüştürmek amacıyla transistörler veya kontrollü yarı iletken cihazlar kullanır. İki ana aktif doğrultucu türü bulunmaktadır: köprü doğrultucular ve kontrollü doğrultucular.
- **Köprü Doğrultucu:** Bu aktif doğrultucu türü, AC'yi DC'ye dönüştürmek amacıyla bir köprü devresinde dört diyot kullanır. Çalışma prensibi, pasif tam dalga doğrultucusuyla benzerlik gösterir; ancak iki diyot yerine dört diyot kullanılması, AC'nin DC'ye daha eksiksiz bir şekilde dönüştürülmesini sağlar. Bu, ev uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan doğrultucu türüdür.
- **Kontrollü Doğrultucu (Controlled Rectifier):** Bu tür doğrultucular, çıkış voltajını istenen seviyeye ayarlamak amacıyla kontrollü transistörler veya GTO'lar kullanır. Bu cihazlar, kontrollü bir biçimde açılıp kapatılabilme özelliğine sahiptir, böylece AC'nin DC'ye daha hassas ve esnek bir şekilde dönüştürülmesine imkan tanır. Kontrollü doğrultucular, anahtarlama güç kaynakları gibi hassas voltaj kontrolünün gerekli olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir.



Şekil 8. Bir OBC cihazının tipik yapılandırmaları: (a) yalnızca bir cihazla tek aşamalı olarak

• •
• •
• •
• •
• •
• •



AC/DC; (b) DC bağlantı gerilim seviyesine ulaşmak amacıyla bir doğrultucu ve bataryaya bağlı “kompakt” bir DC/DC dönüştürücü içeren çift aşamalı; ve (c) tipik galvanik izolasyonun entegre edildiği çok aşamalı.

Pasif ve aktif doğrultucular arasındaki temel farklılıklar:

Verimlilik: Aktif doğrultucular, genellikle pasif doğrultuculardan daha yüksek verimlilik sunar çünkü güç kayıplarını minimize ederler.

Kontrol: Aktif doğrultucuların çıkış voltajı üzerinde daha fazla kontrol sağlamasına olanak tanır.

Uygulamalar: Pasif doğrultucular basit uygulamalar için elverişlidir, aktif doğrultucular ise;

- Daha gelişmiş ve hassas güç dönüşümü gerektiğinde, doğrultucular tercih edilmektedir.
- Genel olarak, pasif ve aktif doğrultucu arasındaki seçim, uygulamanın özel gereksinimlerine ve verimlilik ile doğruluk taleplerine bağlıdır. DC/DC dönüştürücüler, elektrikli araç OBC cihazlarında elektrik enerjisinin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak önemli bir rol üstlenir. Temel amaçları, gelen doğru akım (DC) voltajını, bataryayı şarj etmek veya diğer araç sistemlerine güç sağlamak için gerekli olan DC voltajına düzenlemektir.

Bu dönüştürücüler genellikle aracın özel gereksinimlerine ve kullanım koşullarına bağlı olarak çeşitli modlarda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. En yaygın modlardan bazıları şunlardır:

- **Buck Modu:** Bu modda, dönüştürücü DC giriş voltajını daha düşük bir seviyeye indirir. DC çıkış voltajı seviyesi, soğutma sistemi veya kontrol devresi gibi düşük voltajlı cihazlara enerji sağlamak amacıyla çekiş bataryasının voltajını düşürmenin gerekli olduğu durumlarda faydalıdır.
- **Yükseltme modu:** Yükseltme modu, Düşürme modunun tam zıttıdır. Bu durumda, dönüştürücü DC giriş voltajını daha yüksek bir DC çıkış voltajı seviyesine yükseltir. Bu, bataryayı şebeke voltajından daha yüksek bir voltajda şarj etmek istediğinizde son derece önemlidir.
- **Buck-Boost Modülü:** Bu modül, giriş voltajından hem daha yüksek hem de daha düşük voltajları ayarlamanıza olanak tanır. Güç yönetiminde maksimum esneklik gerektiğinde son derece faydalıdır.



- 
- **İzolasyon Modu:** Bazı DC/DC dönüştürücüler, giriş ve çıkış arasında elektriksel izolasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu, araç devrelerinin güvenliğini ve korunmasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir.
 - **Düzenleme Modu:** DC/DC dönüştürücüler, çıkış voltajını belirli batarya şarj gereksinimlerine göre ayarlamak amacıyla da kullanılabilir; bu sayede şarj işlemi sırasında bataryanın doğru voltaj ve akım alması sağlanır.

OBC cihazlarındaki DC/DC dönüştürücüler, enerji kayıplarını en aza indirmek amacıyla genellikle yüksek verimlilikle tasarlanmaktadır. Bu, elektrikli araçların menzilinı maksimize etmek ve işletme maliyetlerini azaltmak açısından son derece önemlidir. Genel olarak, DC/DC dönüştürücüler elektrikli araç ekosisteminde kritik bir rol oynamakta ve OBC cihazlarının güvenilir ve verimli çalışmasının yanı sıra optimize edilmiş güç yönetimini desteklemektedir.

Elektromanyetik Girişim (EMI) filtreleri, hibrit ve elektrikli araçlardaki Araç Üstü Şarj Cihazı (OBC) sistemlerinin temel bileşenleridir. Ana işlevleri, elektrikli şarj işlemi sırasında meydana gelen elektromanyetik girişimi kontrol etmek ve azaltmaktır.

Şarj işlemi sırasında, elektromanyetik girişime yol açan akım ve voltaj dalgalanmaları oluşabilir. EMI filtreleri, bu elektromanyetik girişimi yakalamak ve toprağa iletmek veya absorbe etmek amacıyla tasarlanmıştır; böylece güç şebekesine yayılmasını veya diğer elektronik cihazlarla etkileşime girmesini engeller. Düzenleyici kurumlar ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) standartları, bir cihazın yayabileceği elektromanyetik girişim seviyesine kısıtlamalar getirir. EMI filtrelerinin montajı, OBC cihazının bu düzenlemelere uymasını, yasal cezalardan kaçınmasını ve güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. OBC cihazları, kontrol devreleri ve güç cihazları gibi hassas elektronik bileşenler içerir. Elektromanyetik girişim, bu bileşenlerin düzgün çalışmasını olumsuz etkileyebilir veya bunları bozabilir. EMI filtreleri, bu bileşenleri zararlı girişimlerden korur. Benzer şekilde, EMI filtreleri radyo dalgaları veya diğer girişim kaynakları gibi harici girişimlerin OBC cihazının işleyişini etkilemesini de engeller. **CISPR** (Commission Internationale de l'Éclairage Special Committee on Radio Interference) ve FCC (Federal Communications Commission) gibi EMC düzenlemeleri, elektrikli ve elektronik cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik emisyonlara sınırlamalar getirir. OBC cihazlarının diğer elektronik cihazlarla elektromanyetik uyumluluğunun sağlanması ve istenmeyen girişimlerin önlenmesi için bu yönetmeliklere uygun olarak tasarlanması gerekmektedir.





Ayrıca, düzenlemeler bölgeden bölgeye farklılık gösterebilir. Örneğin, Avrupa'da CE işareti, EMC yönetmeliklerine uyumu gösteren bir gerekliliktir. EMI filtreleri, şarj işleminin verimli, güvenli ve EMC yönetmeliklerine uygun olmasını sağladıkları için hibrit ve elektrikli araç OBC cihazlarında hayati bileşenlerdir. Elektronik bileşenleri korumak, harici parazitleri önlemek ve tasarım yönetmeliklerine uyumu sağlamak için bu varlıklar son derece önemlidir.

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TEKNOLOJİLERİNİN ANALİZİ

Elektrikli araçlara yönelik küresel talebin sürekli artışı, mühendisleri birçok yeni zorlukla karşı karşıya bırakmaktadır. Elektrikli araçların benimsenmesi, karbon ayak izinin azaltılması, çevreye zararlı emisyonların düşürülmesi ve yerleşim alanlarında hava kalitesinin iyileştirilmesi gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bu durum, içten yanmalı motorlu araçların yaygın olarak kullanıldığı yoğun nüfuslu kentsel alanlarda, havadaki yüksek ince partikül madde seviyelerinin ciddi bir sorun oluşturması nedeniyle hayati bir önem taşımaktadır.

Elektrikli araçların geliştirilmesinin yanı sıra, şarj istasyonlarına da yatırım yapılması gerekmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik şebekesine giderek daha fazla entegre olması, planlama, kesintisiz ve istikrarlı şebeke işletimini sürdürme, istikrar ve güvenliği sağlama gibi çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir.

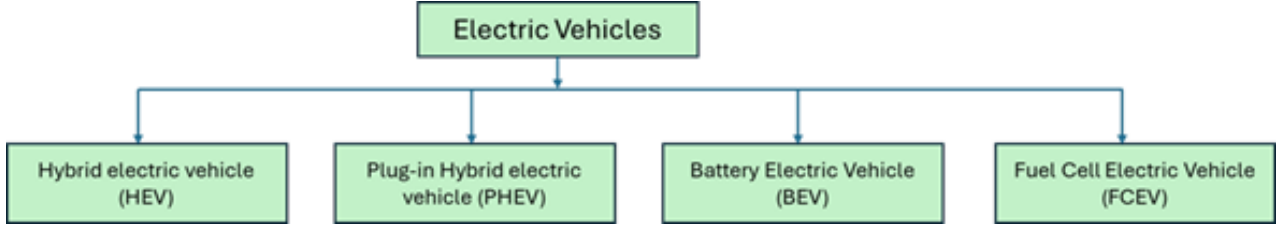
Elektrikli araçlar ve plug-in hibrit elektrikli araçlar, şarj istasyonlarında enerji alabilir. Çoğu kullanıcı, şarj işlemini evde gerçekleştirmeyi tercih etmektedir. İş yerlerinde, kamuya açık otoparklarda, akaryakıt istasyonlarında, büyük süpermarket zincirlerinde ve diğer alanlarda şarj istasyonlarının artışı, bu sektörün hızlı bir şekilde büyümesine katkıda bulunacaktır.

En büyük elektrikli araç pazarı, satışların sürekli ve hızlı bir şekilde arttığı Çin'dir; onu Avrupa izlemektedir. Avrupa'daki hızlı büyüme, satışları teşvik eden birçok Avrupa Komisyonu programıyla desteklenmektedir. Almanya'da, tamamen yeni bir elektrikli araç satın alan herkese 10.000 € tutarında sübvansiyon verilmektedir.

Elektrikli araç, bir veya daha fazla elektrik motoru ve şarj sistemine sahip yüksek voltajlı bir batarya paketinden oluşmaktadır. Elektrik motoru, elektrikli aracın tipine bağlı olarak tamamen elektrik gücüyle veya içten yanmalı motor (ICE) ile çalışır. Ayrıca, elektrik motoru bir jeneratör işlevi görerek aracın frenleme ve yavaşlama esnasında çift yönlü bir DC-AC dönüştürücü aracılığıyla bataryayı şarj etmek için enerji sağlar. Tersine, dönüştürücü, sürüş modu sırasında bataryadan motora enerji akışını yönlendirir.



Hibrit araç, geleneksel içten yanmalı motor tasarımına sahip olup, hem yakıt hem de elektrik enerjisi kullanarak çalıştırılan bir batarya ile donatılmıştır. Bataryanın kapasitesi, aracın elektrikli modda sağladığı sürüş menzilini aşmaktadır. Hibrit elektrikli araçlar (HEV'ler) ve şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar (PHEV'ler), piyasada bulunan iki ana hibrit araç türüdür.



Şekil 1. Elektrikli Araç Çeşitleri.

Şarj seviyeleri ve ekipmanları

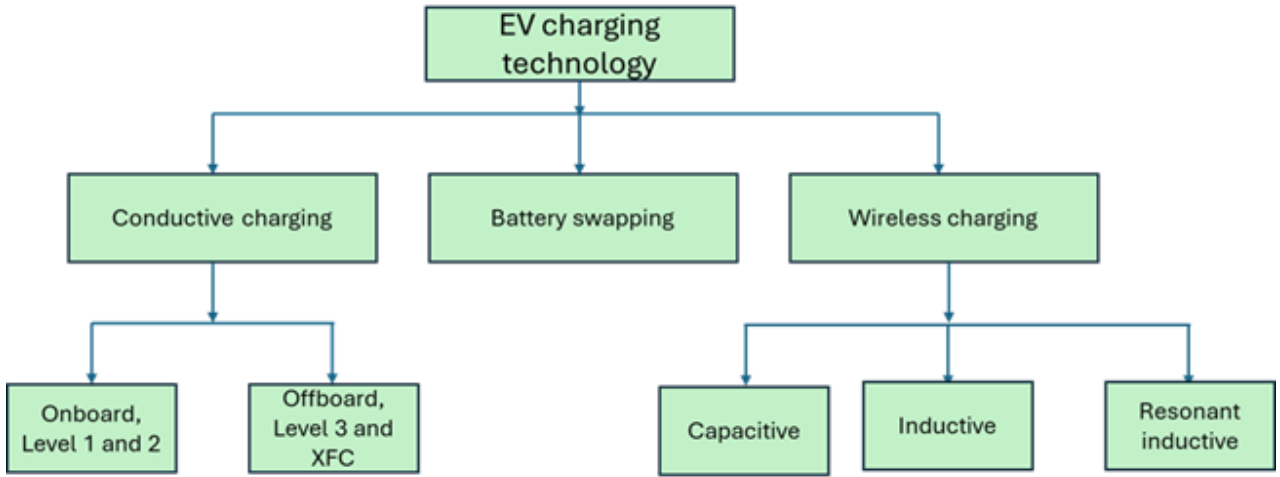
Elektrikli araçlar (EA) için, özel teknik ve enerji gereksinimlerine göre uyarlanmış çeşitli şarj teknolojileri bulunmaktadır. Piyasa entegrasyonunu kolaylaştırmak ve geleneksel içten yanmalı motorlu (ICE) araçlara kıyasla rekabet gücünü artırmak amacıyla, standartlaştırılmış elektrikli şarj seviyeleri ve modelleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Plug-in elektrikli araçların elektrikli güç aktarma organları genellikle yüksek voltajlı bir batarya grubu (stabil voltaj ve akım seviyeleri sağlar), bir batarya yönetim sistemi (BMS), voltaj düzenleme dönüştürücüleri, kontrol üniteleri ve tahrik invertörlerini kapsamaktadır.

Elektrikli araç şarj sistemleri, çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir: araç içi veya araç dışı; tek yönlü veya çift yönlü; enerji akış yönüne bağlı olarak; transformatörlü veya transformatörsüz. Şarj yöntemleri arasında, Şekil 2'de gösterildiği üzere, iletken şarj, batarya değişimi ve kablosuz (endüktif) şarj bulunmaktadır.

En yaygın kullanılan yöntem, bataryanın bir kablo aracılığıyla doğrudan elektrik şebekesine bağlandığı iletken şarjdır. Bu şarj türü, SAE J1772 standardına göre Seviye 1'den Seviye 3'e kadar üç seviyeye ve IEC 61851-1 standardına göre Mod 1'den Mod 4'e kadar dört moda ayrılmaktadır.

Kablosuz şarj, enerjiyi şebekeden aracın bataryasına iletmek amacıyla zamanla değişen manyetik alanlar kullanır. Çalışma prensibine göre bu şarj türü üç ana kategoriye ayrılmaktadır: *kapasitif, endüktif ve rezonans endüktif*.

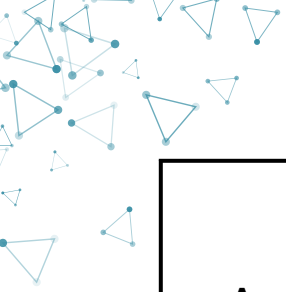


Şekil 2. Elektrikli Araçların şarj teknolojileri.

Elektrikli araç türlerinin özellikleri, araç tipi, batarya kapasitesi, sürüş menzili ve konektör tipi açısından Tablo 1'de yer almaktadır. Bir elektrikli aracın sürüş menzili, batarya kapasitesine ve yoldaki tüketim profilinin etkisine bağlıdır.

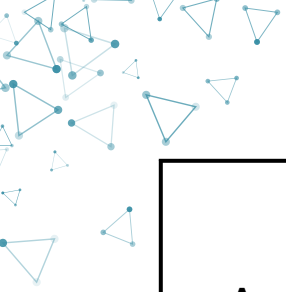
Bu nedenle, modern BEV'ler daha yüksek batarya kapasitelerine ve tek bir şarjla 200 ila 490 km sürüş menziline sahiptir. Hızlı ve son derece hızlı şarj istasyonları, EVSE ile yüksek güç gereksinimlerini karşılamak amacıyla giderek artmaktadır. Ortalama olarak, sıradan bir BEV'in 60 kWh'lik bir batarya paketini tamamen doldurması yaklaşık 8 saat sürer ve bu da 320 km'ye kadar mesafe kat edebilmesini sağlar.

Araç modeli	Tip	Sürüş menzili (km)	Batarya kapasitesi kWh	Bağlayıcı çeşidi
Volvo XC40	PHEV	43	10.7	CCS, İpucu 2
Toyota Prius	PHEV	40	8.8	SAE J1772
Nissan Leaf	BEV	480	64	CHAdeMo, Tip2



Araç modeli	Tip	Sürüş menzili (km)	Batarya kapasitesi kWh	Bağlayıcı çeşidi
Tesla Model S	BEV	620	100	Süperşarj
Tesla Model 3	BEV	500	100	Süperşarj
Nissan Leaf	BEV	580	82	Süperşarj
Kia Nero	BEV	460	64	CCS, İpucu 2
Lexus UX 300h	BEV	320	54.3	CHAdemo, Tip2
BMW i3	BEV	310	37.9	CCS, İpucu 2





Araç modeli	Tip	Sürüş menzili (km)	Batarya kapasitesi kWh	Bağlayıcı çeşidi
Honda ve	BEV	220	28.5	CCS, İpucu 2
Porsche Taycan	BEV	410	93	CCS, İpucu 2
Volkswagen e-Golf	BEV	35.8	230	CCS, İpucu 2
Audi 3-tron	BEV	400	95	CCS, İpucu 2
Mercedes EQA	BEV	420	66.5	CCS, İpucu 2





Kablolu şarj, aracın şarj girişi ile bir şarj istasyonu arasındaki bağlantıyı tanımlar. Tablo 2'de belirtildiği üzere, şarj gücüne göre Seviye 1, Seviye 2 ve Seviye 3 olmak üzere üç kategoriye ayrılır. Seviye 1 ve Seviye 2, genellikle alternatif akım (AC) ile çalışan yerleşik şarj cihazlarında kullanılır ve aynı standartları uygular. Seviye 1 şarj cihazı, tek fazlı 120 V AC güçle çalışarak ek altyapı gerektirmeden 1,92 kW'a kadar güç çıkışıyla en yavaş şarj hızını sunar. Düşük güç tüketimi nedeniyle, bu şarj türü uzun süreli veya gecelik şarj için uygundur ve 15 ila 60 kWh kapasiteli bir elektrikli araç bataryasını şarj etmek genellikle 10 ila 40 saat sürer.

Seviye 2, Seviye 1'e kıyasla önemli ölçüde daha hızlı şarj olanağı sunarak kamu binaları ve otoparklar için tercih edilen bir seçenek haline gelmektedir. Daha yüksek güç kapasitesi sayesinde Seviye 2'nin şarj süresi 3 ila 5 kat daha kısadır. Bu şarj cihazları, tek fazlı 240 V güç kaynağı kullanarak 19,2 kW'a kadar güç sağlayabilmektedir. Bunun için özel elektrik bileşenleri ve doğru kurulum gereklidir. Şarj süresi, 30 ila 50 kWh kapasiteli bataryalar için genellikle 2 ila 3 saat arasında değişiklik göstermektedir.

Seviye 1 ve Seviye 2 şarj konnektörleri Avrupa'da IEC 62196-2 standardına uygunken, ABD'de SAE J1772 ve Tesla Supercharger standartları geçerlidir.

Seviye 2 şarj istasyonları genellikle kamuya açık garajlarda, alışveriş merkezlerinde ve ofis binalarında yer almaktadır. Mobil uygulama kontrolü ve zamanlama gibi akıllı şarj özelliklerini desteklemektedirler. Elektrik şebekesi kullanımını optimize etmek amacıyla bazı Seviye 2 istasyonları çift yönlü şarj özelliği sunmaktadır. Bu, aracın bataryasının geçici bir enerji depolama birimi (V2G - Araçtan Şebekeye) olarak işlev görmesini sağlamaktadır. Bu tür teknolojilerin gelişimi, elektrikli araçların geleceğin akıllı enerji sistemlerine entegrasyonunda önemli bir rol oynamaktadır.





Şarj düzeyleri	Şarj gücü, kW	Şarj cihazı türü	Şarj Noktası	Şarj süresi	Güç Kaynağı
Seviye 1	1.44 - 1.9	Gemide yavaş şarj işlemi.	yerleşim	200 km – 20 saat	230V, Tek fazlı
Seviye 2	3.1-19.2	Yerleşik yarı hızlı şarj cihazı	Özel ve ticari sektörler	200 km – 5 saat	230V, Tek fazlı
Seviye 3	20-350	Gemi dışı hızlı şarj işlemi	Reklam	200 km'nin %80'i – 5 saniye	400V Üç fazlı
Aşırı hızlı şarj XFC	>350	Araç dışı süper hızlı şarj	Reklam	Yaklaşık olarak Yüksek enerji yoğunluğuyla 5 dakika.	1000V DC, 400A





Seviye 3 şarj için doğru akım (DC) şebekesinin kullanımı, elektrikli araç (EV) bataryalarının hızlı ve verimli bir şekilde şarj edilmesini sağlamak amacıyla hem alternatif akım (AC) hem de DC'nin entegrasyonunu mümkün kılar. Seviye 3 şarj sistemleri, 20 kW ile 350 kW arasında geniş bir güç aralığında çalışmakta olup, harici şarj istasyonları aracılığıyla 300 Vdc ile 800 Vdc arasında DC voltajları sunar. Bu şarj cihazları, üç fazlı elektrik şebekesine entegre edilmiş araç dışı modüller aracılığıyla doğrudan araca bağlanır. 90 kW veya daha yüksek güçteki şarj cihazları, Seviye 1 ve Seviye 2 sistemlerine kıyasla belirgin şekilde daha hızlı olan 0,2 ila 0,5 saat arasında şarj sürelerine ulaşabilir. Seviye 3 şarj için CHAdeMO, Tesla Supercharger ve CCS Combo 1 ve 3 gibi çeşitli standart arayüzler kullanılmaktadır.

Seviye 3 şarj cihazlarının yüksek verimliliğine rağmen, düşük güçlü sistemler (Seviye 1 ve 2), yoğun talep dönemlerinde elektrik şebekesi üzerinde minimum etki yaratmaktadır. DC hızlı şarj cihazlarının büyük ölçekli dağıtımı, yüksek anlık enerji tüketimi nedeniyle yerel dağıtım altyapısının aşırı yüklenmesine yol açabilir. Bu nedenle, yük yönetimi ve tüketim optimizasyonu için akıllı enerji sistemlerinin entegrasyonu kesinlikle önerilmektedir.

Aşırı Hızlı Şarj (XFC) sistemleri, içten yanmalı motorlu bir aracın yakıt ikmaliyle karşılaştırılabilir bir şarj performansı sunmaktadır. Bu sistemler, 350 kW'ın üzerindeki güç seviyelerini destekler ve 800 Vdc dahili DC veri yolu voltajlarını kullanarak yaklaşık beş dakikada tam batarya şarjı gerçekleştirmektedir. XFC istasyonları, katı hal transformatörleri (SST), izole DC-DC dönüştürücüler ve hassas kontrolörlere sahip ön uç AC-DC dönüştürücü aşamaları gibi gelişmiş güç elektroniği bileşenleriyle tasarlanmıştır.

SST teknolojisi, geleneksel hat frekanslı transformatörlere göre daha yüksek verimlilik, daha kompakt tasarım ve gelişmiş koruma seçiciliği gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, SST çok aşamalı dönüşüm ve esnek gerçek zamanlı enerji akışı yönetimi imkânı tanımaktadır. XFC istasyonları, özellikle bekleme süresinin kritik bir unsur olduğu ulaşım koridorları ve lojistik merkezleri için idealdir. Şebeke üzerindeki yükü azaltmak amacıyla güneş panelleri ve enerji tamponlarını birleştiren hibrit konfigürasyonlar geliştirilmektedir. XFC altyapısının, geleceğin yüksek verimli ve sürdürülebilir elektrikli araç şarj ekosistemlerinin inşasında önemli bir rol oynaması öngörülmektedir.

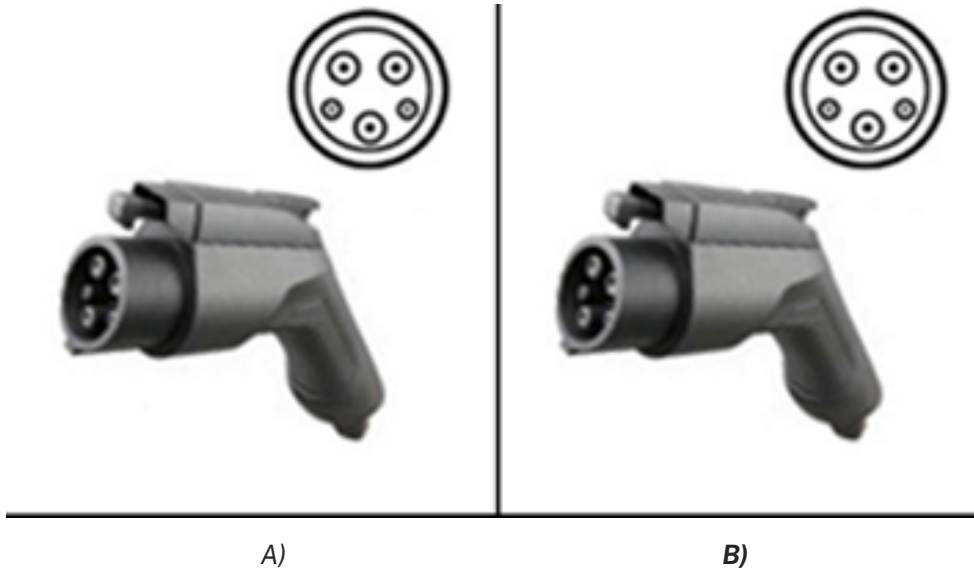


Elektrikli araçlar için şarj bağlantı noktaları

Elektrikli araç (EV) şarj cihazları, prizler, konnektörler, kablolar ve fişler gibi çeşitli temel bileşenlerden oluşur ve bunlar, EV besleme ekipmanının (EVSE) temelini oluşturur. Bu unsurlar, elektrik sisteminin güvenli ve güvenilir bir şekilde şarj edilmesini, deşarj edilmesini ve korunmasını sağlar. Teknik özellikler ve geçerli standartlar, ulusal düzenleyici çerçevelere ve pazar gereksinimlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ancak, düzenleyici kurumlar ve üreticiler, hem yavaş hem de hızlı şarj sistemleri için uluslararası standartlar, iletişim protokolleri ve evrensel konnektörler geliştirerek birlikte çalışabilirliği sağlamak amacıyla aktif bir iş birliği içinde bulunarak tutarsızlıkların ve teknik zorlukların önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

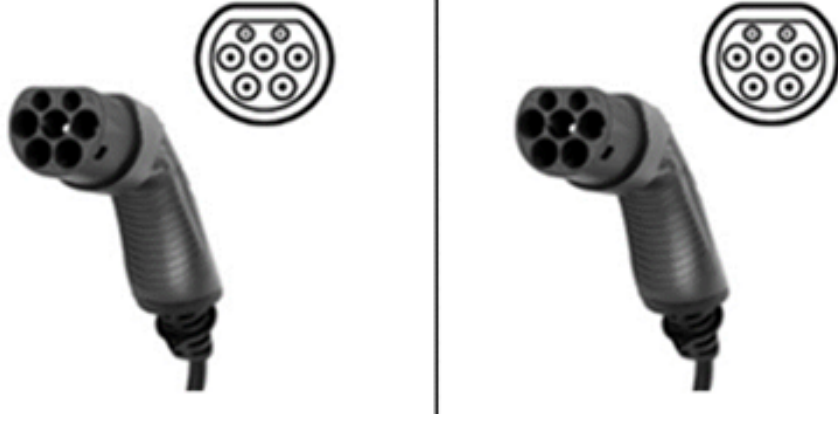
AC şarj cihazları genellikle yavaş şarj amacıyla kullanılır ve tam şarj süresi 6 ila 8 saat arasında değişebilir. Buna karşın, DC şarj cihazları esasen hızlı şarj için tasarlanmış olup, 400 kW'a kadar güç seviyelerini destekleyerek toplam şarj süresini önemli ölçüde kısaltır. EV konnektörleri, farklı araç markaları ve şarj altyapıları arasında uyumluluğu sağlayan IEC 62196-2 standardına göre üç ana gruba ayrılmaktadır.

Tip 1 konnektörler, Japonya ve ABD'de AC tek fazlı şarj için yaygın olarak kullanılmakta olup, SAE J1772 standartlarına uygundur. 120 V veya 240 V voltaj ve 80 A maksimum akım ile sınırlı düşük güçte şarj kapasitesine (maksimum 19,2 kW) sahiptirler.



Şekil 3. Tip 1 AC konnektörü, a) Japonya, b) Amerika Birleşik Devletleri.

Tip 2 konnektörler, IEC 61851-1 standartlarına uygun olarak tek fazlı ve üç fazlı şarjı destekleyen tüm ülkelerde standart tip olarak kabul edilmektedir [61]. Tip 2 - Mennekes konnektörleri Avrupa'da, Tip 2 - GB/T konnektörleri ise Çin'de kullanılmaktadır. Bu konnektör, 22 kW güçle şarjı desteklemektedir.



Şekil 4. Tip 2 konnektörüdür.

DC şarj cihazları veya süper şarj cihazları, birleşik akım sistemi (CCS) ve IEC 62196 standartlarına uygun olarak en hızlı şarj hızını sunar. IEC 62196-3 standardı, DC hızlı şarj cihazları için dört farklı kuplör konfigürasyonunu tanımlar. Bunlar AA konfigürasyonu (CHAdeMO), BB konfigürasyonu (GB/T), EE konfigürasyonu (CCS-Combo 1) ve FF konfigürasyonudur (CCS-Combo 2).

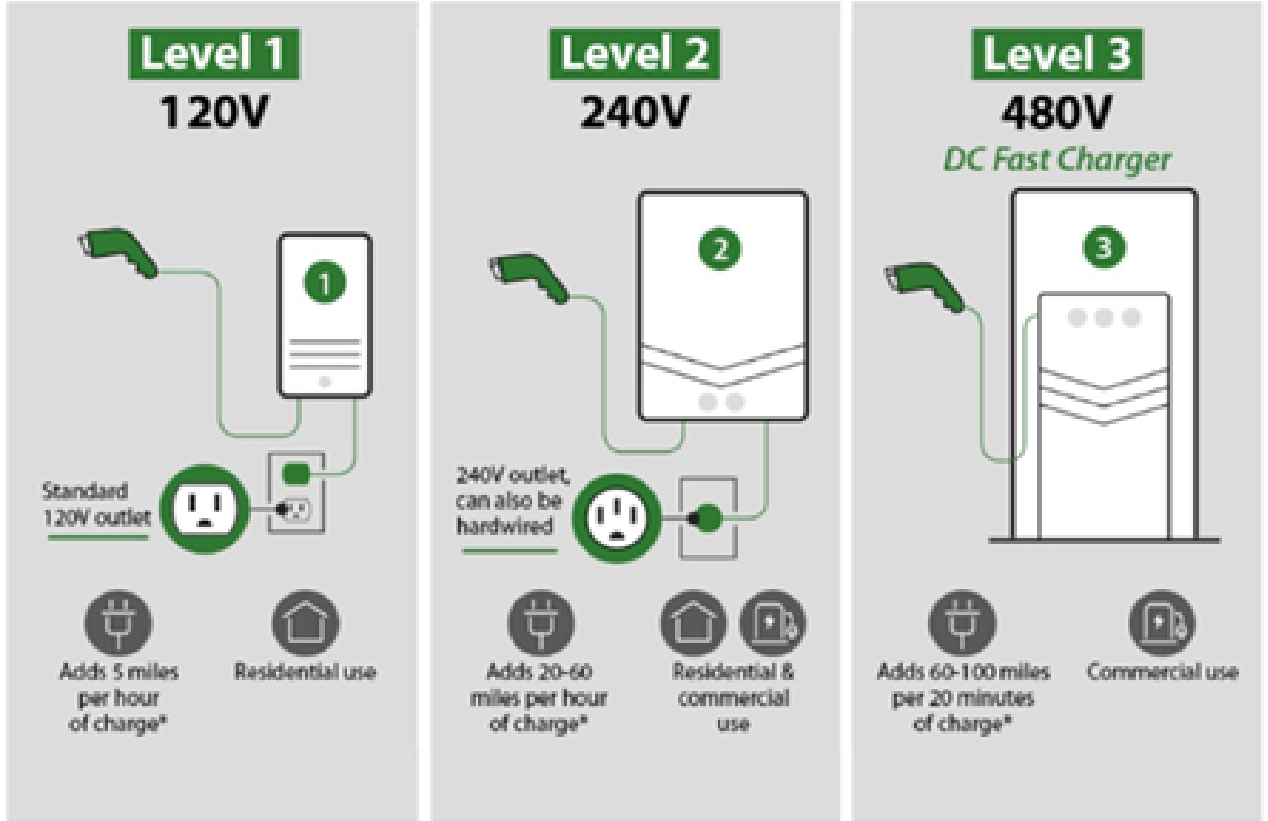


Şekil 5. DC konnektörü CHAdeMO.



Şekil 6. DC konnektör CCS Kombinasyon 1.

Seviye 3 Şarj / DC Hızlı Şarj (DCFC) Ticari kullanım amacıyla tasarlanan Seviye 3 Şarj, 480 V ve 125 A'ya kadar akım ile 90 kW güçle çalışmaktadır. Bu şarj türü, elektrikli aracın bataryasını doğrudan şarj etmek için diğer şarj türlerinde kullanılan yerleşik AC-DC dönüştürücüyü bypass eder. Ortalama şarj süresi 30 ila 60 dakika arasında değişmekte olup, 20 dakikalık şarj ile yaklaşık 95 ila 160 km menzil sağlamaktadır. Başlıca dezavantajı, yüksek güçlü elektrik altyapısı gerektiren yüksek kurulum maliyetidir. Ayrıca, Seviye 3 şarj, batarya termal yönetimi gibi teknik zorluklar da ortaya çıkarmaktadır [3].

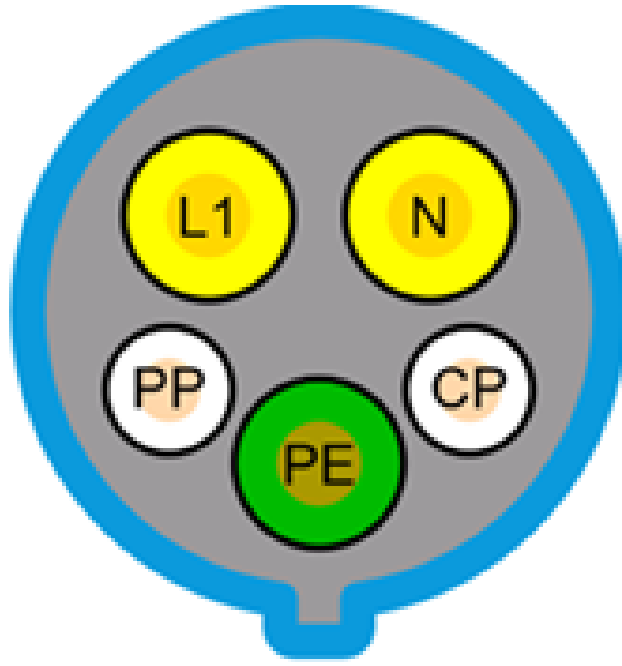


Şekil 1. Şarj İstasyonu Çeşitleri

Konnektör Türleri J1772 (Tip 1)

J1772, J Fişi olarak da bilinir ve Kuzey Amerika ile Japonya'da Seviye 1 ve Seviye 2 AC şarjı için standart bir konektör olarak kullanılmaktadır. Beş pin, iki tek fazlı AC hattı (L1, L2/N), yerleştirme sonrası sinyalleme için bir Kontrol pilotu (CP), yerleştirme öncesi sinyalleme için bir Yakınlık pilotu (PP) ve bir Koruyucu topraklama (PE) içermektedir. Bu türün dezavantajları, yalnızca tek fazlı kullanıma izin vermesi ve diğer konektörlerin kullandığı kilitleme mekanizmasının eksikliğidir.

Besleme girişi 120 V ile 240 V arasında olup, sırasıyla 16 A ve 80 A'dir.

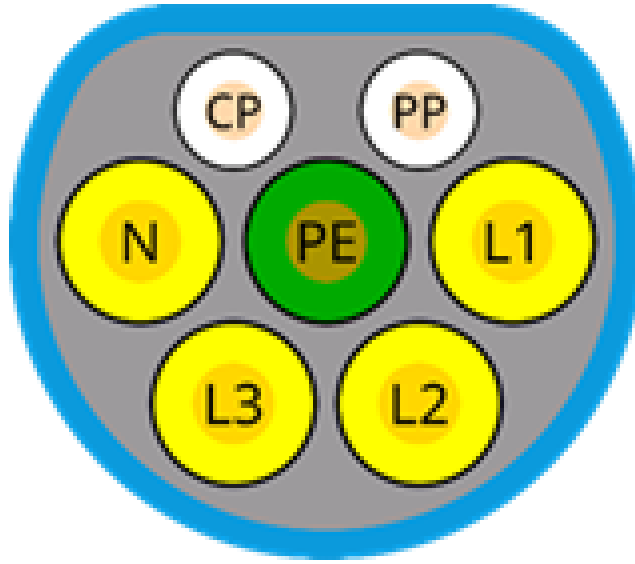


Şekil 2. J1772 (Tip 1) Bağlantı Noktası

Mennekes Konnektörü (Tip 2)

Tip 2 konektör, esasen AB ve Birleşik Krallık'ta entegre edilmiş bir AC Seviye 2 şarj konektörüdür. Hem tek fazlı (32 A ve 230 V) hem de üç fazlı akımı (32 A ve 400 V) desteklemesi nedeniyle Tip 1 konektörden daha fazla çok yönlülük sunar. Ayrıca, Mannekes, şarj sırasında kazara çıkarılmayı önleyen bir kilitleme mekanizması ile donatılmıştır. Bu tip fiş, üç fazlı AC ile çalışabilen 7 pin (3 hat pini), bir Nötr pin (N), CP, PP ve PE kullanılmaktadır. 230 V'ta 7,6 kW ve 400 V'ta 22 kW maksimum çıkış gücü sağlamaktadır.

- •
- •
- •
- •
- •
- •

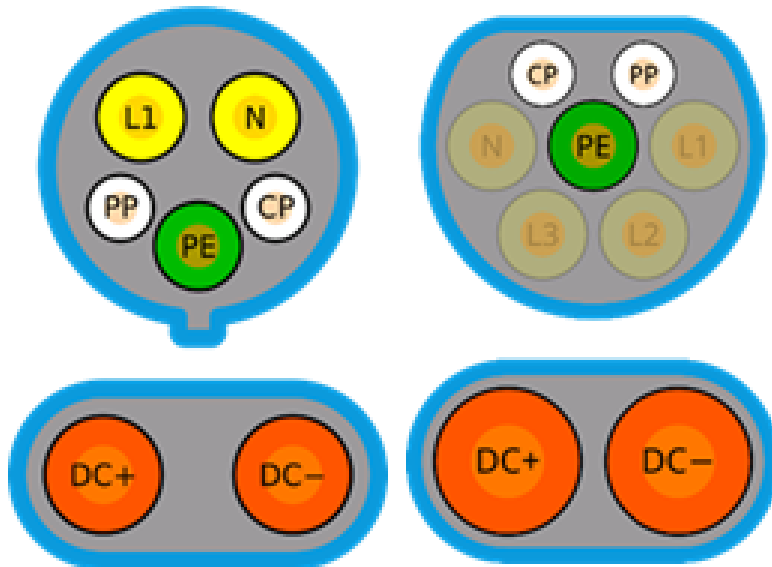


Şekil 3. Tip 2 Bağlantı Elemanı

Kombine Şarj Sistemi (CCS) Konnektörü (Tip 1 ve Tip 2)

Kombine Şarj Sistemi Konnektörü Tip 1 (CCS Combo 1), Kuzey Amerika için J1772'nin bir uzantısıdır; Tip 2 (CCS Combo 2) ise Avrupa Birliği ve Birleşik Krallık için tasarlanmıştır. Eklenen iki DC pini sayesinde yüksek güçlü hızlı şarj imkanı sunarlar. CCS Combo 1 ve CCS Combo 2, sırasıyla Kuzey Amerika ve Avrupa'da Seviye 3 / DC Hızlı Şarj (DCFC) için en yaygın kullanılan şarj konnektörleridir.

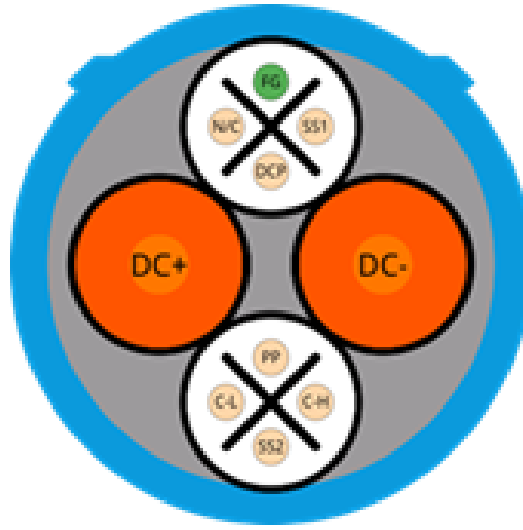
CCS Combo 1, 480 V kullanarak maksimum 500 A akım çıkışı sağlar ve 360 kW güç üretir. Diğer yandan, CCS Combo 2, 400 V'luk biraz daha düşük bir voltaj kullanmasına rağmen, maksimum akım çıkışı ve gücü Combo 1 ile aynıdır.



Şekil 4. CCS Combo 1 (solda) ve CCS Combo 2 (sağda) Konnektörü

CHAdeMO

Japonya menşeli CHAdeMO konnektörü, 400 V'da maksimum 400 A çıkış akımıyla şarj etme ve 400 kW güç üretme kapasitesine sahip bir DC hızlı şarj standardıdır. CHAdeMO, 10 pin içermekte olup, bunlardan ikisi güç iletimi amacı taşımamakta ve CAN (Kontrol Alanı Ağı) veri yolu iletişim protokolünü kullanan veri bağlantılarıdır. Pinler şu şekilde adlandırılmaktadır: Toprak (FG), Şarj sırası sinyali (SS1/SS2), Bağlı değil (N/C), Şarj etkinleştirme (DCP), DC Güç (DC+/DC-), PP, CAN Veri Yolu (C-H, C-L). Bu konnektör tipinin temel dezavantajı, kullanıcıların AC şarj için ek bir şarj portuna ihtiyaç duymasıdır.

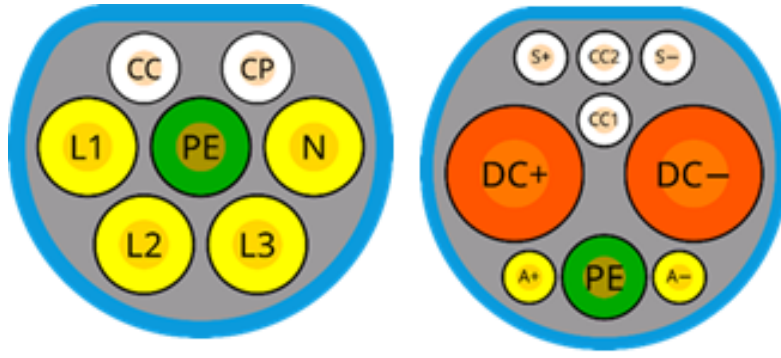


Şekil 6. CHAdeMO Bağlantı Noktası

GB/T (AC ve DC)

GB/T (Cuobiao ulusal standartları), Çin menşeli konnektör tiplerinden biridir; biri AC şarj tipi (Seviye 2), diğeri ise DC (Seviye 3) olarak sınıflandırılmaktadır. İlk tip, 250 V üç fazlı voltaj ve 32 A akımla çalışırken, ikinci tip 440 V ve 250 A kullanmaktadır. Maksimum çıkış güçleri sırasıyla 7,4 kW ve 237,5 kW'dır. GB/T (AC) 7 pine sahiptir: CC, CP, PE, N, L(1,2,3) ve GB/T (DC) 9 pine sahiptir: S+/S- (CAN Bus protokolü), CC1/CC2 Grafik onayı, DC+/DC- ana DC gücü, PE, A+/A- yardımcı DC gücü.

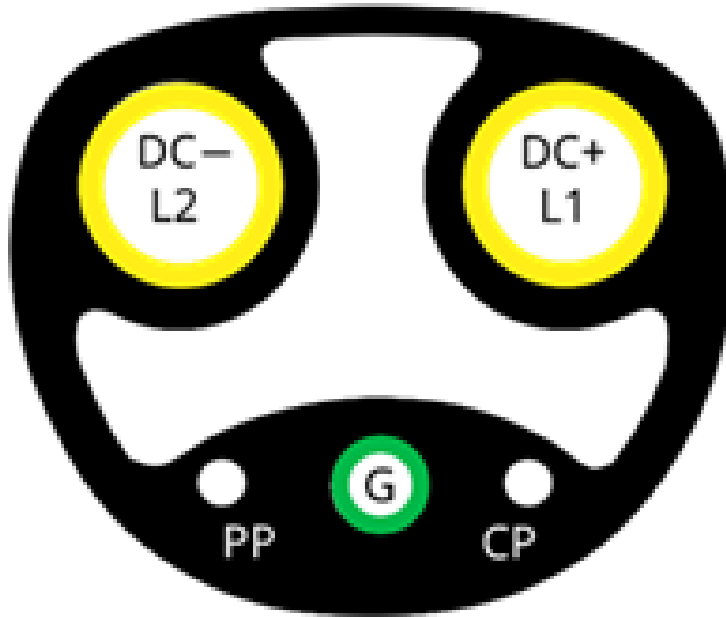
• •
• •
• •
• •
• •
• •



Şekil 5. GB/T (AC) (sol) ve GB/T (DC) (sağ) konnektörleri

TESLA, Kuzey Amerika'da hem AC hem de DC şarjı destekleyen ve tek ile üç fazlı besleme girişine olanak tanıyan Kuzey Amerika Şarj Standardı'nı (NACS) kullanmaktadır. NACS, AC için 48 A, DC için ise 400 A akım sağlayabilmektedir. Maksimum çıkış gücü 250 kW'dır. DC+/L1, DC-/L2, Toprak, CP ve PP pinleri bulunmaktadır.

Tesla, Avrupa ve dünyanın diğer bölgelerinde J1172 ve CCS istasyonlarını kullanan araçlar için adaptörler sunmaktadır.



Şekil 5. NACS Bağlantı Elemanları

ELEKTRIKLİ ARAÇLARDA AR VE VR TEKNOLOJİLERİNİN ENTEGRASYONU

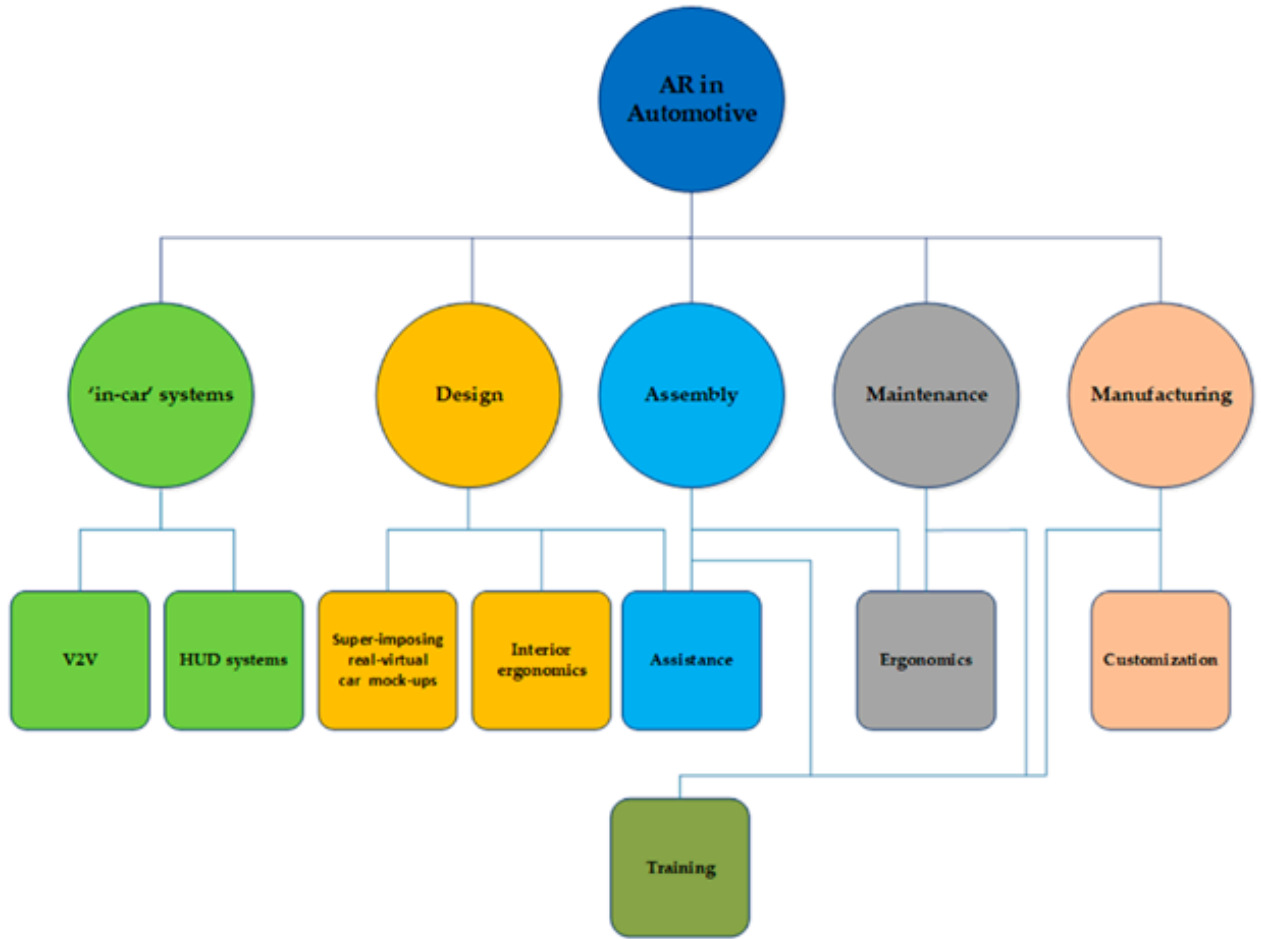
Elektrikli araçların (EA) yükselişi, araçların tasarım, işletim ve deneyimleme biçimlerinde paralel bir evrimi tetikledi. Batarya teknolojisi, otonom sistemler ve güç elektroniğindeki gelişmelerin yanı sıra, sürükleyici teknolojiler (özellikle Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR)), EA değer zincirinde giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, daha akıllı kullanıcı arayüzleri, daha verimli geliştirme döngüleri ve daha güvenli bakım ile eğitim ortamları sunmaktadır.

AR'nin elektrikli araçlardaki en önemli uygulamalarından biri, insan-makine etkileşimini (HMI) geliştirmektir. AR tabanlı baş üstü ekranlar (HUD'ler), hız, navigasyon ipuçları, batarya şarj durumu ve adaptif hız sabitleyici verileri gibi kritik sürüş bilgilerini doğrudan ön cama yansıtır. Bu katmanlar, sürücünün görüş alanıyla tam olarak hizalanır ve GPS, LiDAR ve araç içi kameralardan gelen gerçek zamanlı verileri kullanarak doğru konumsal farkındalığı sağlar. Bu, sürücülerin dikkatini yoldan ayırma ihtiyacını ortadan kaldırarak güvenliğini artırır ve bilişsel yükü azaltır.

AR'nin navigasyon sistemlerine daha fazla entegrasyonu, oklar ve şerit değiştirme göstergeleri gibi rota yönlendirme unsurlarını gerçek dünya ortamına entegre ederek durumsal farkındalığı artırır. HUD'lere veya mobil AR uygulamalarına entegre edildiğinde, bu işlev gerçek zamanlı karar verme süreçlerini destekler ve rota ayarlamalarını kolaylaştırır. Elektrikli araç sürücülerini için bu tür sistemler, şarj istasyonu kullanılabilirliği, tahmini bekleme süreleri ve güç çıkışı hakkında bilgileri doğrudan çevreye aktararak daha akıllı ve duyarlı bir sürüş deneyimi sunabilir.

AR, sürücü desteğinin yanı sıra teşhis ve bakım süreçlerini de destekler. AR özellikli gözlük veya tablet kullanan teknisyenler, sistem şemalarını görselleştirebilir, arıza kodlarını vurgulayabilir ve fiziksel bileşenlere yönelik rehberli onarım iş akışlarını takip edebilir. Bu özellik, eğitim süresini önemli ölçüde azaltmakta, servis verimliliğini artırmakta ve özellikle sıkı güvenlik gereksinimleri gerektiren yüksek voltajlı elektrikli araç sistemleri için kritik öneme sahip insan hatası riskini en aza indirmektedir.





Otomotiv sektöründe artırılmış gerçeklik uygulamaları

AR, gerçek zamanlı araç arayüzünü yeniden şekillendirirken, VR, elektrikli araçların kavramsallaştırılması, tasarımı ve doğrulanması süreçlerini dönüştürüyor. Otomotiv mühendisleri, araç platformlarının hızlı prototipleme ve dijital doğrulaması için VR ortamlarını kullanmaya başlamıştır. Sanal tasarım incelemelerinde, mekanik, elektrik ve yazılım alanlarındaki ekipler, fiziksel maketler olmaksızın ergonomik düzenleri, batarya modüllerinin termal paketlenmesini veya çarpışma dayanıklılığı senaryolarını iş birliği içinde değerlendirebilmektedir. Bu durum, daha hızlı yineleme döngülerine ve prototipleme maliyetlerinde azalmaya yol açmaktadır.

VR, sistem düzeyinde simülasyonda önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek doğruluklu fizik motorlarıyla birlikte mühendisler, güç aktarma organlarının davranışını, rejeneratif frenleme sistemlerini ve termal özelliklerini değişen yük ve çevre koşulları altında modelleyebilmektedir. VR tabanlı araç dinamiği simülasyonları, gömülü kontrol sistemlerini gerçek zamanlı olarak test etmek amacıyla Döngüde Donanım (HIL) çerçeveleriyle entegre edilebilir; bu durum, yol denemelerinden önce gerçekçi sürüş senaryoları altında yazılım doğrulamasını hızlandırmaktadır.

• •
• •
• •
• •
• •
• •



Üretim ve saha hizmetlerinde sanal gerçeklik (VR), personeli güvenli ve tekrarlanabilir bir ortamda eğitmek amacıyla kullanılmaktadır. Çalışanlar, elektrikli araç montaj süreçleri, batarya kullanım prosedürleri veya acil durum bağlantı kesme protokollerinin simülasyonlarına katılabilir; bu da yüksek voltajlı sistemlerle çalışmanın doğasında bulunan riskleri azaltır. Bu, özellikle canlı ekipmana maruz kalmanın pratik veya güvenli olmadığı durumlarda büyük bir önem taşımaktadır.

Ticari açıdan değerlendirildiğinde, AR ve VR, elektrikli araç müşteri deneyimini önemli ölçüde iyileştiriyor. Birçok OEM, potansiyel alıcıların araç özelliklerini keşfetmelerine, modelleri karşılaştırmalarına ve seçenekleri VR arayüzleri aracılığıyla (çevrimiçi veya bayi ortamlarında) özelleştirmelerine olanak tanıyan sanal sergi salonları ve etkileşimli konfigüratörler uygulamaktadır. Sanal test sürüşleri, müşterilerin tork tepkisini, kullanıcı arayüzü dinamiklerini ve destekli sürüş fonksiyonlarını tamamen sürükleyici bir simülasyonda deneyimlemelerini sağlayarak müşteri etkileşimini artırmakta ve satın alma kararlarını hızlandırmaktadır.

Volkswagen ID Serisi – AR HUD

- Volkswagen ID.3 ve ID.4 elektrikli araçlarında, navigasyon okları, şerit kılavuzu ve adaptif hız sabitleyici bilgilerini ön cama yansıtan artırılmış gerçeklik (AR) head-up display bulunmaktadır.
- Sistem, grafikleri sürücünün gerçek dünya algısıyla uyumlu hale getirmek amacıyla GPS ve sensör füzyonunu (radar, kameralar) kullanmaktadır.

Hyundai – Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Bakım Uygulaması

- Hyundai, fiziksel araç parçalarına bakım ve onarım talimatlarını sağlayan "Sanal Rehber" adlı bir artırılmış gerçeklik mobil uygulaması sunmaktadır.
- Bu, ev sahiplerinin Hyundai Ioniq 5 gibi modellerde akıllı telefonlarını kullanarak temel teşhis veya bakım işlemlerini yapmalarına olanak tanımaktadır.

Porsche Taycan – AR Şarj Kılavuzu

- Elektrikli performans aracı Porsche Taycan, sürücülerin şarj istasyonlarını bulmalarına ve bu istasyonlara ulaşmalarına yardımcı olmak amacıyla artırılmış gerçeklik (AR) özelliğini entegre ediyor. Bu özellik, bilgi-eğlence ekranı veya uyumlu mobil cihazlar aracılığıyla yön katmanlarını sunuyor.



EV GELİŞTİRME VE EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK (VR) UYGULAMALARI

Ford – EV Prototipleme ve Ergonomide Sanal Gerçeklik

- Ford, fiziksel prototiplemeden önce dokunmatik ekranlar, kontroller ve oturma ergonomisi ile insan etkileşimini simüle ederek Mustang Mach-E gibi elektrikli araç iç mekanlarını tasarlamak ve doğrulamak amacıyla sanal gerçeklikten faydalaniyor.
- Sürükleyici Araç Ortamı (iVE) platformu, uluslararası ekiplerin araç paketleme ve tasarımı alanında sanal gerçeklikte iş birliği yapmalarını mümkün kılıyor.

BMW – Sanal Montaj Eğitimi

- BMW, fabrika işçilerine yüksek voltajlı batarya kurulumu ve güvenlik protokolleri hakkında eğitim vermek amacıyla EV üretim hatlarında (örneğin BMW iX ve i4 için) sanal gerçeklik eğitim modülleri uygulamıştır.
- Katılımcılar, karmaşık prosedürleri risksiz bir ortamda uygulayarak oryantasyon süresini ve hataları azaltabilirler.

Audi – Müşteri Deneyiminde Sanal Gerçeklik

- Audi, e-tron elektrikli araç serisi de dahil olmak üzere, müşterilerine farklı konfigürasyonları keşfetme, simülasyonları test etme ve rejeneratif frenleme gibi özelliklerin işleyişini gözlemleme imkanı sunmak amacıyla VR showroom'larını kullanmaktadır.
- Bunlar, dünya genelindeki bayilerde ve pazarlama etkinliklerinde dağıtılmaktadır.

YAZILIM VE PLATFORM TEDARİKÇİLERİ

Unity ve Unreal Engine – Elektrikli Araç Simülasyonu

Otomotiv üreticileri, VR tabanlı elektrikli araç sürüş simülasyonları ve eğitim ortamları geliştirmek amacıyla Unity ve Unreal Engine gibi oyun motorlarından faydalanmaktadır.

- Bu platformlar, kapsamlı tasarım değerlendirmelerini, araç dinamikleri modellemesini ve batarya performansı görselleştirmesini teşvik eder.
- Porsche ve Holoride – Araç İçi Sanal Gerçeklik Deneyimi
- Porsche, elektrikli araçlarda gerçek zamanlı araç hareketiyle senkronize edilmiş yolcu sanal gerçeklik deneyimleri sunmak amacıyla VR eğlence şirketi Holoride ile iş birliği gerçekleştirdi.
- Sistem, arka koltuktaki yolcuların hareket tutmasını azaltmak ve sürüş deneyimini iyileştirmek amacıyla araç telemetrisini (örneğin hızlanma, dönüşler) kullanmaktadır.

EV GÜVENLİĞİ VE ACİL DURUM EĞİTİMİ İÇİN AR/VR TEKNOLOJİSİ

Jaguar Land Rover – Yüksek Voltajlı Elektrikli Araç Güvenlik VR Modülleri

- Jaguar Land Rover, Jaguar I-PACE gibi elektrikli araç modelleri üzerinde çalışan teknisyenler ve acil müdahale ekipleri için sanal gerçeklik tabanlı yüksek voltaj güvenliği eğitimi geliştirmiştir.
- Bu eğitimde tehlike tanımlama, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve acil durdurma simülasyonları bulunmaktadır.

Uygulama Alanları	Teknoloji	Örnek
Sürücü Destek Sistemi	İLE	VW ID.4 – Navigasyon ve güvenlik amacıyla AR HUD
Müşteri Tecrübesi	Sanal Gerçeklik	Audi e-tron – VR sergi alanları ve sanal test sürüşleri
Bakım ve Eğitim	AR/VR	Hyundai Sanal Rehberi, BMW fabrikası sanal gerçeklik eğitimi
Tasarım ve Prototip Oluşturma	Sanal Gerçeklik	Ford Mustang Mach-E – VR tasarım onayı
Eğlence/Bilgi-eğlence	Sanal Gerçeklik	Porsche + Holoride – Arka yolcular için sanal gerçeklik

REFERANSLAR

1. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/12/4259>
2. IEA (2025), IEA, Paris <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>
- 3. IEA (2025), Küresel elektrikli otomobil satışları, 2014-2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-sales-2014-2024>, Lisans: CC BY 4.0
- 4. ABD Ulaştırma Bakanlığı <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/sarj-hizlari>
- 5. <https://www.linkedin.com/pulse/types-charging-stations-exploring-level-1-2-dc-fast-chargers>
- 6. EVESCO <https://www.power-sonic.com/blog/ev-sarj-konnektörü-tipleri/>
- 7. <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
- 8. Husain, I. (2011). Elektrikli ve Hibrit Araçlar: Tasarım İlkeleri. CRC Press.
- 9. Larminie, J. ve Lowry, J. (2012). Elektrikli Araç Teknolojisi Üzerine Açıklamalar. Wiley.
- 10. Chan, C.C. (2007). Elektrikli, Hibrit ve Yakıt Hücresi Araçların Güncel Durumu. IEEE Bildirileri.
- 11. <https://www.tesla.com>
- 12. <https://www.bmw.com>
- 13. <https://www.nissan-global.com>
- 14. <https://www.audi.com>
- 15. <https://www.researchgate.net> – elektrikli tahrik kontrolü üzerine bilimsel makaleler
- 16. <https://www.sciencedirect.com>





BÖLÜM-3

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN GÜÇ AKTARIM SİSTEMLERİ



Direksiyon, süspansiyon ve fren sistemlerinin temelleri

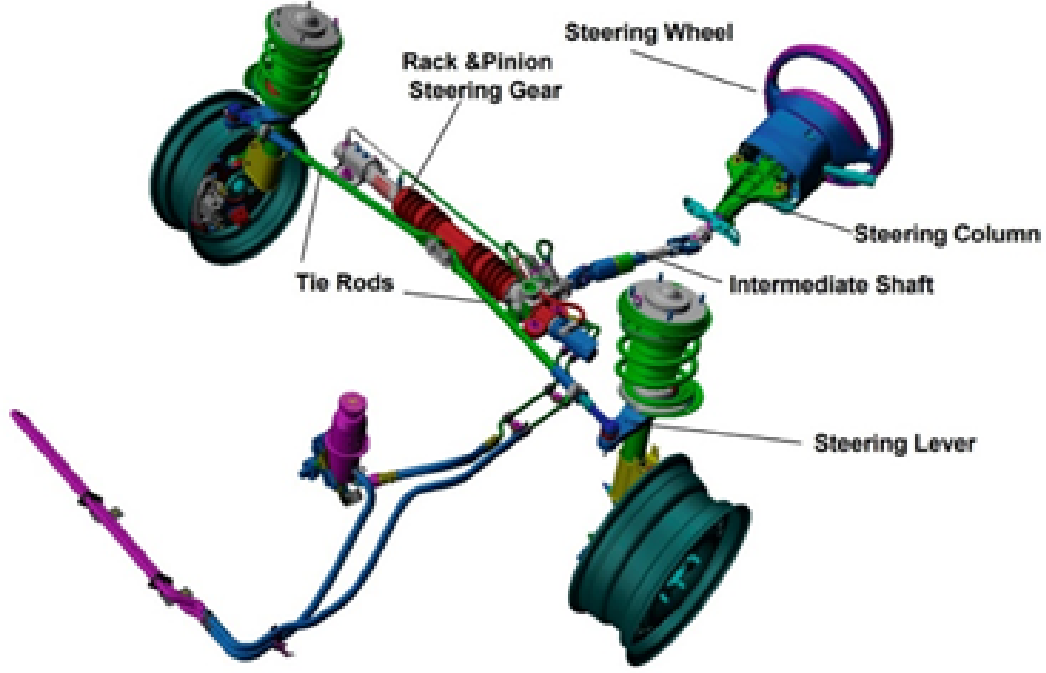
Otomobiller, insanları ve eşyaları verimli, konforlu ve güvenli bir şekilde taşımak amacıyla tasarlanmış karmaşık makinelerdir. Bir otomobilin işleyişinin merkezinde, her biri aracın belirlenen işlevini yerine getirmesinde kritik bir rol üstlenen, birbirine bağlı çeşitli alt sistemler yer alır. İyi entegre edilmiş bir araç tasarımı, bu alt sistemlerin sorunsuz bir şekilde birlikte çalışmasını sağlayarak sürücülere kesintisiz ve kontrollü bir sürüş deneyimi sunar. Bu alt sistemler, yönettikleri farklı operasyonel özelliklere göre genel olarak kategorilere ayrılabilir.

Direksiyon Mekanizması

Direksiyon sistemi, sürücünün aracın yönünü kontrol etmesine olanak tanır. İyi işleyen bir direksiyon sistemi, sürüş esnasında güvenlik, yol tutuşu, manevra kabiliyeti ve konfor sunar. Elektronik sistemlerin ve otonom sürüş teknolojisinin ilerlemesiyle, direksiyon sistemleri tamamen mekanik bağlantılardan akıllı kontrol modüllerine evrim geçirmektedir. Tipik bir direksiyon sistemi, sürücünün komutlarını direksiyon hareketine dönüştürmek üzere birlikte çalışan birkaç temel bileşenden oluşur:

- **Direksiyon:** Sürücü ile direksiyon sistemi arasındaki etkileşim.
- **Direksiyon Kolonu:** Direksiyon simidini direksiyon mekanizmasına bağlayan mil.
- **Direksiyon Dişlisi (Şanzıman):** Direksiyon kolunun dönme hareketini tekerlekleri döndürmek amacıyla yanal harekete dönüştürür. Yaygın türleri arasında kremayer ve pinyon ile bilyalı sistemler yer almaktadır.
- **Bağlantı Çubukları:** Direksiyon dişlisini direksiyon mafsallarına bağlayarak kontrollü bir hareket sağlar.
- **Direksiyon Mafsalları:** Tekerleklerin sola veya sağa hareket etmesini sağlayan pivot noktaları.
- **Hidrolik Direksiyon Sistemi:** Hassasiyeti artırmak ve direksiyon eforunu azaltmak amacıyla hidrolik veya elektrikli destek sunar.

Direksiyon sistemi, sürücünün ön tekerlekleri döndürerek aracı istenen yönde yönlendirmesine olanak tanır. Direksiyonu çevirdiğinizde, direksiyon kolunu döner ve bu kolon, genellikle kremayer veya bilyalı şanzıman olarak adlandırılan bir direksiyon mekanizmasına bağlanır. Bu mekanizma, direksiyon simidinin dönüşünü yanal harekete dönüştürerek, tekerleklerle bağlı rot kollarını iter veya çeker. Tekerlekler, mafsalları üzerinde dönerken direksiyon hareketine göre yumuşak bir şekilde yön değiştirir. Doğru hizalama, sürüş sırasında denge ve hassas kontrol sağlar.



Şekil 1. Direksiyon Sisteminin Bileşenleri -Kaynak

Modern otomobillerde hidrolik veya elektrikli hidrolik direksiyon, sürücüye yardımcı olarak gerekli fiziksel çabayı önemli ölçüde azaltmaktadır. Hidrolik Direksiyon Sistemleri (HPS), direksiyona destek sağlamak amacıyla genellikle motor tarafından çalıştırılan bir pompanın ürettiği sıvı basıncını kullanır. Elektrikli Hidrolik Direksiyon Sistemleri (EPS) ise direksiyon desteği sağlamak, yakıt verimliliğini artırmak ve şerit takip asistanı ile otomatik park gibi gelişmiş özellikler sunmak için bir elektrik motoruna dayanır.

Direksiyon sistemleri, güvenlik ve performansın sağlanması amacıyla düzenli kontroller gerektirir. Tekerlek hizalaması, sıvı seviyesi kontrolleri ve aşınmış bileşenlerin zamanında değiştirilmesi gibi rutin bakım işlemleri, sistemin ömrünü uzatabilir. Yaygın sorunlar arasında, düşük hidrolik direksiyon sıvısı veya HPS'de pompa arızası ya da arızalı bir EPS motorunun göstergesi olabilen sert direksiyon; aşınmış rot kolları, direksiyon dişlisi veya burçlar nedeniyle oluşan direksiyon boşluğu veya gevşekliği; ve genellikle dengesiz jantlar veya aşınmış süspansiyon parçalarından kaynaklanan direksiyon simidi titreşimi yer almaktadır.

SÜSPANSİYON SİSTEMİ

Süspansiyon sistemi, yol düzensizliklerinden kaynaklanan darbeleri emerek ve lastiklerin zeminle temasını koruyarak (özellikle viraj alma, frenleme veya hızlanma sırasında) sürüş konforunu, araç dengesini ve gelişmiş yol tutuşunu ile kontrolünü sağlar. İyi tasarlanmış bir süspansiyon sistemi, aracın gövdesi ile yol arasında aracılık eder ve güvenlik, konfor ve araç performansı açısından hayati önem taşır. Otomotiv teknolojisi geliştikçe, süspansiyon sistemleri daha akıllı ve adaptif hale gelmektedir. Tipik bir süspansiyon sistemi birkaç temel parçadan oluşur:

Yaylar: Aracın ağırlığını destekler ve tümseklerden ile çukurlardan gelen enerjiyi emer ve dağıtır. Yaygın türleri arasında helezon yaylar, yaprak yaylar, burulma çubukları ve hava yayları bulunmaktadır (aşağıdaki Şekle bakınız).

Amortisörler (Sönümleyiciler): Yayların geri tepmesini ve sıkışmasını düzenleyerek aşırı sıçramayı engellerler.

Destekler: Yay ve amortisörü tek bir ünite içinde birleştiren yapısal bir bileşendir (aşağıdaki Şekle bakınız).

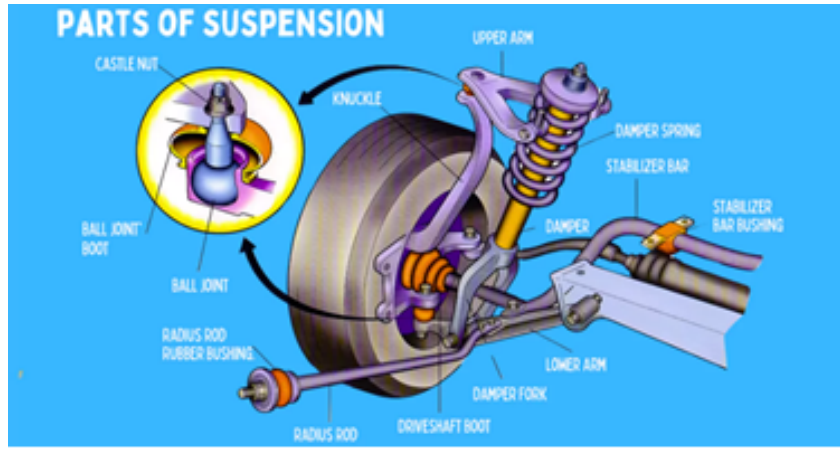
Kontrol Kolları: Tekerlekleri şasiye bağlayarak yukarı ve aşağı hareket etmelerini sağlar.

Bilyalı Mafsallar ve Burçlar: Süspansiyon bileşenlerinin kontrollü hareketini sağlayan esnek mafsallardır. Metal parçalar arasındaki sürtünmeyi ve gürültüyü minimize ederler.

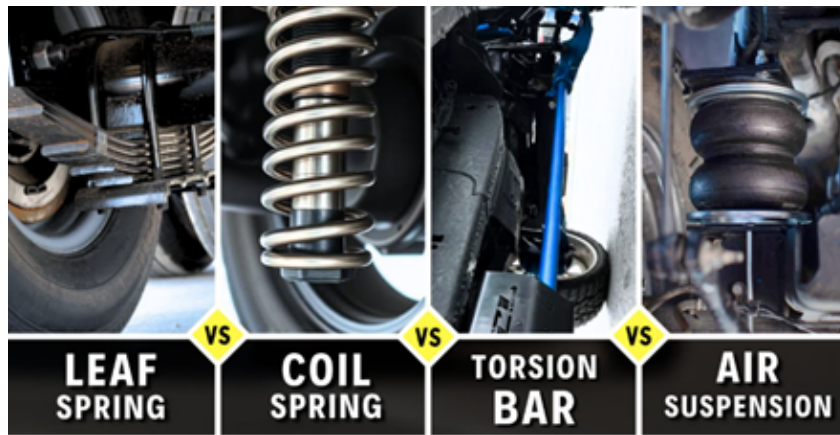
Denge Çubukları (Viraj Denge Çubukları): Virajlarda gövdenin kaymasını azaltarak daha iyi bir denge sunar.

Modern süspansiyon sistemleri, optimum performans sağlamak amacıyla sertlik ve sönümlemeyi gerçek zamanlı olarak ayarlayabilen giderek daha karmaşık bir yapıya bürünmektedir. Son dönemdeki çığır açan gelişmeler arasında, sürüş koşullarına bağlı olarak sönümleme kuvvetini anlık olarak ayarlayan adaptif veya aktif süspansiyon sistemleri ile aracın tekerleklerinin ve akslarının şasiye göre dikey hareketini kontrol etmek için sensörler ve aktüatörler kullanan sistemler bulunmaktadır.





Şekil 2. Süspansiyon Sisteminin Bileşenleri -Kaynak



Şekil 3. Yay Türleri

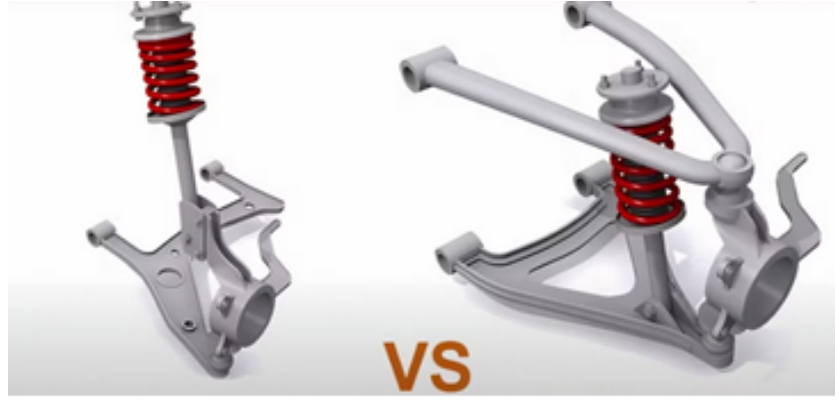


Şekil 4. Destek -Kaynaklar

Araba süspansiyon sistemleri genel olarak iki ana kategoriye ayrılabilir:

Bağımlı (Katı Akslı) Süspansiyon: Katı bir aks, tekerlekleri birbirine bağlar. Bir tekerlekteki hareket, diğerini etkiler. Bu tip, kamyonetlerde, SUV'larda ve eski araçlarda yaygındır. Dayanıklılık sağlar; ancak, daha az konfor ve yol tutuş hassasiyeti sunar.

Bağımsız Süspansiyon: Her tekerleğin bağımsız hareket etmesi, yol tutuşunu ve konforu artırır. Ancak, onarımları daha karmaşık ve maliyetli hale gelir. Bu süspansiyon türü, modern binek otomobillerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağımsız süspansiyon örnekleri arasında MacPherson Strut (bir amortisör ve bir helezon yayı tek bir üniteye birleştirir; kompakt ve maliyet etkindir) ve Çift Salıncak Kolu (direksiyonu tutmak için iki salıncak kullanır; daha iyi kontrol sağlar, ancak maliyetlidir ve spor otomobillerde tercih edilir) yer almaktadır.



Şekil 5. MacPherson Strut ile Çift Salıncak Kolu Karşılaştırması

Rutin amortisör, burç ve hizalama kontrolleri, sistemin düzgün ve güvenli bir şekilde çalışmasını temin eder. Arızalı bir süspansiyon sistemi şu sorunlara yol açabilir: dengesiz lastik aşınması, aşırı zıplama veya burun aşağı kayması, direksiyon dengesizliği ve tıkırtı ya da gıcırtı sesleri.

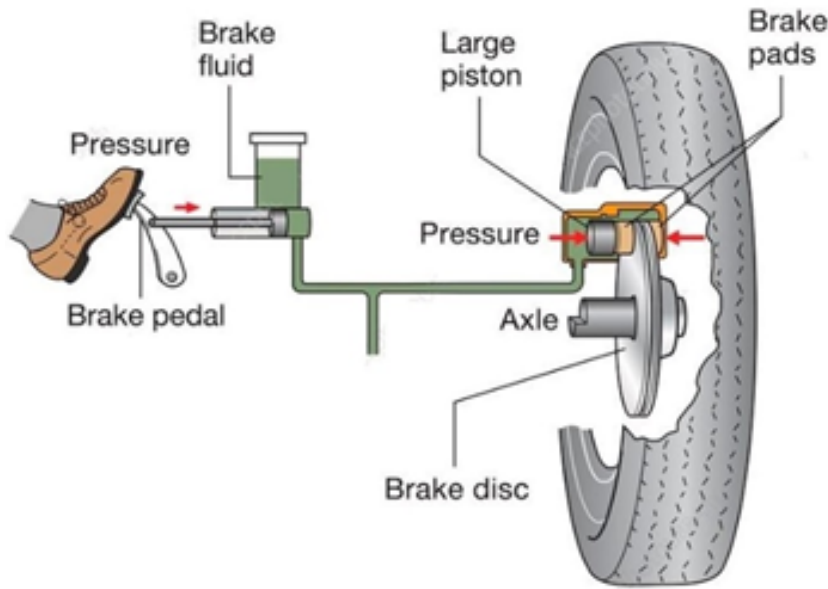
FREN MEKANİZMASI

Fren sistemi, bir aracın en önemli güvenlik bileşenlerinden biridir. Kinetik enerjiyi ısıya dönüştürerek aracın güvenli ve etkili bir şekilde yavaşlamasını veya durmasını sağlar. Bu genellikle sürtünme yoluyla gerçekleştirilir, ancak modern sistemler hidrolik veya elektronik bileşenler de içerebilir. İyi çalışan bir fren sistemi, sürücünün, yolcuların ve yayaların güvenliğini temin eder, acil durumlarda kontrol sağlar ve farklı yol koşullarında aracın yol tutuşunu artırır. Bu nedenle frenlerin düzenli olarak kontrol edilmesi gereklidir. Fren sistemi genellikle şunları içerir:

- •
- •
- •
- •
- •
- •

- **Fren Pedalı:** Sürücünün frenleme işlemini başlatmasına olanak tanır.
- **Ana Silindir:** Pedal kuvvetini hidrolik basınca dönüştürmektedir.
- **Fren Boruları ve Hortumları:** Fren sıvısını ana silindirden her bir tekerleğin fren kaliperlerine veya kampanalarına ileten ve frenlere basıncı aktaran borulardır.
- **Disk veya Kampana Frenleri:** Tekerlekleri yavaşlatmak amacıyla sürtünme oluştururlar.
- **Fren Balataları ve Rotorlar:** Sürtünme oluşturmak amacıyla birbirine temas eden aşınabilir bileşenlerdir.
- **Kilitlenmeyi Önleyici Fren Sistemi (ABS):** Bu sistem, acil frenleme anında frenlere hızlı bir şekilde basarak tekerleklerin kilitlenmesini engeller ve sürücünün kontrolü sağlamasına yardımcı olur.

Sürücü fren pedalına bastığında, ana silindir bu kuvveti hidrolik basınca dönüştürür. Fren sıvısı, fren balatalarını rotorlara doğru iten (tekerleklerle birlikte dönerler) kaliperlere akar ve bu da sürtünme oluşturur. Bu şekilde tekerlekler yavaşlar ve araç durur. *Kilitlenmeyi Önleyici Fren Sistemi (ABS)* bulunan araçlarda sensörler tekerlek hızını izler. Bir tekerlek kilitlenmek üzereyse, ABS tutuşu sağlamak amacıyla frenleri devreye alır. Modern araçlarda, hidrolik sistemler yerine elektronik kontroller kullanan elektronik fren teknolojisi veya hibrit ve elektrikli araçlarda kinetik enerjiyi yeniden elektrik enerjisine dönüştüren rejeneratif frenler gibi fren sistemlerinde yeni eğilimler de gözlemlenmektedir.



Şekil 6. Kırılma Sisteminin Bileşenleri -Kaynak

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN MEKANİK-ELEKTRİK ENTEGRASYON ÖRNEKLERİ

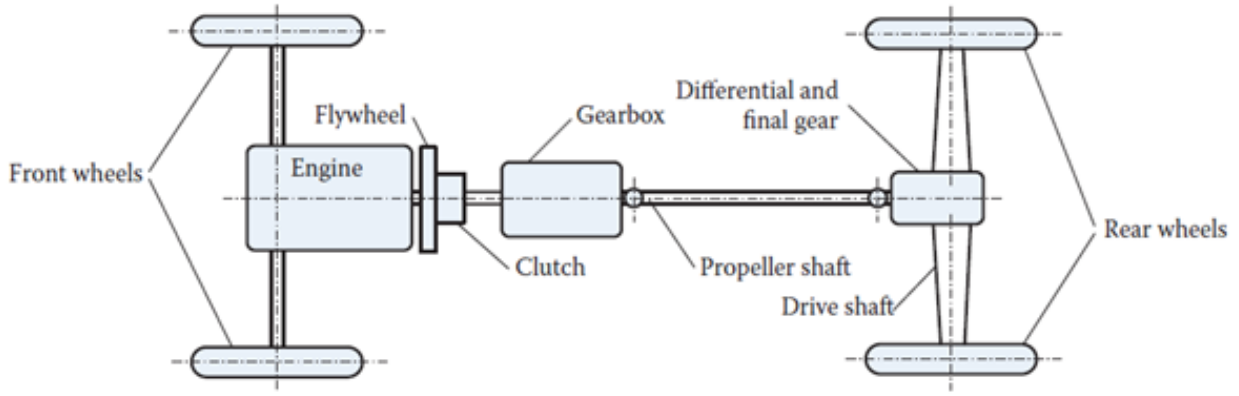
Otomotiv endüstrisindeki yenilikçi prensipler, içten yanmalı motorlardan (İYM) elektrikli araçlara (EV) geçişi mümkün kılmıştır. Geleneksel araçlar ağırlıklı olarak mekanik sistemlerden oluşurken, EV'ler şasi, aktarma organları, güç aktarma organları, termal sistemler ve bataryalar, motorlar, güç elektroniği gibi elektrikli bileşenler ile mekanik unsurlar arasındaki sinerjiye dayanan alt sistemler içermektedir. Bu kombinasyon, daha verimli, daha güvenli ve optimize edilmiş bileşenler elde etmek amacıyla bu iki alt sistemi entegre ederek alan ve ağırlığı azaltmakta, yapı ve montaj karmaşıklığını olumlu yönde etkilemektedir.

Mekanik-elektrik entegrasyonunun temel bileşenlerinden biri, elektrik enerjisini depolamak için kullanılan ve her elektrikli aracın en önemli ve en ağır unsurlarını temsil eden batarya paketleridir. Entegrasyon, batarya modüllerinin araç şasisinin yapısal bir elemanı olarak monte edilmesiyle yansıtılır ve şasinin sağlamlığına katkıda bulunan kompakt bir ürün sunar. Bir diğer elektrikli araç bileşeni ise geleneksel araçlardaki içten yanmalı motorların (ICE) yerini alan elektrik motorudur. Entegrasyon, esas olarak elektrik motorlarının dişli kutuları ve soğutma sistemleriyle birleştirilmesiyle ilgilidir ve bu sayede verimli enerji tüketimi sağlanır. İnvertörler, konvertörler ve kontrol ünitelerini (CU'lar) içeren güç elektroniği sistemleri, elektrikli araçların güç akışını yönetir ve genellikle entegre tahrik ünitelerinde elektrik motorlarıyla birlikte bulunur. Paylaşımlı soğutma üniteleri de, batarya paketleri, motorlar ve diğer elektronik aksamalar için optimum çalışma sıcaklıkları sağlamak amacıyla elektrikli araç şasisine dahil edilir. Rejeneratif frenlemenin kinetik enerjiyi geri kazanmak için kullanıldığı fren sistemleri, mekanik frenler ile elektrikli araçların elektronik kontrol sistemleri arasındaki sinerjiyi örneklemektedir.

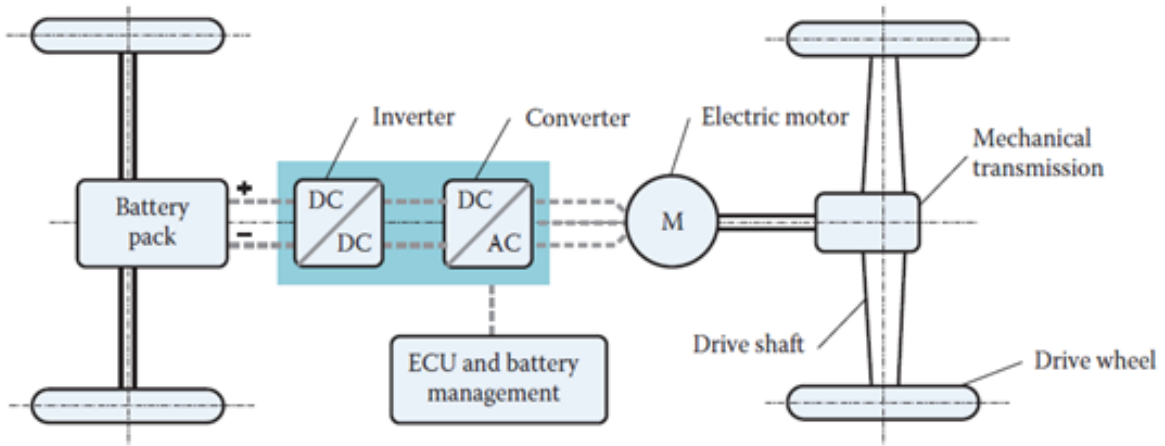
ENTEGRASYON SEVİYELERİ VE MİMARİLERİ

BİLEŞEN SEVİYESİNDE ENTEGRASYON

Bileşen düzeyinde entegrasyon, optimize edilmiş fiziksel ve işlevsel birleşim için birleştirilmiş elektrikli araç elemanlarının yeniden tasarımına dayanır. Geleneksel içten yanmalı motorlarda (ICE), motordan gelen mekanik güç, bir debriyaj ve kısa bir şaft aracılığıyla şanzımana iletilir; şanzıman da gücü diferansiyel dişlilere aktararak tekerlekleri iki tahrik şaftı aracılığıyla hareket ettirir (Şekil 7a). Elektrikli araçlarda ise bileşen düzeyinde entegrasyon, güç elektroniği ve elektrik motorlarının birleşimini içerir (Şekil 7b). Bu sistemde, bataryalardan gelen doğru akım (DC), motorlar için alternatif akıma (AC) dönüştürülür. Üretilen mekanik enerji, tahrik şaftı aracılığıyla tahrik tekerleklerine iletilir. Entegre tasarımlar, karmaşıklığı azaltarak kurulum alanını en aza indirir ve esneklik sağlar. İnvertör, elektronik motor kontrolü ve izleme sayesinde güvenilir ve isteğe bağlı bir güç kaynağı sunar.

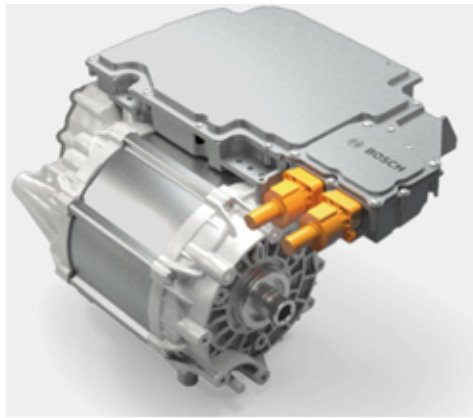


Şekil 7a: Geleneksel ICE'ler



Şekil 7b Geleneksel Evler

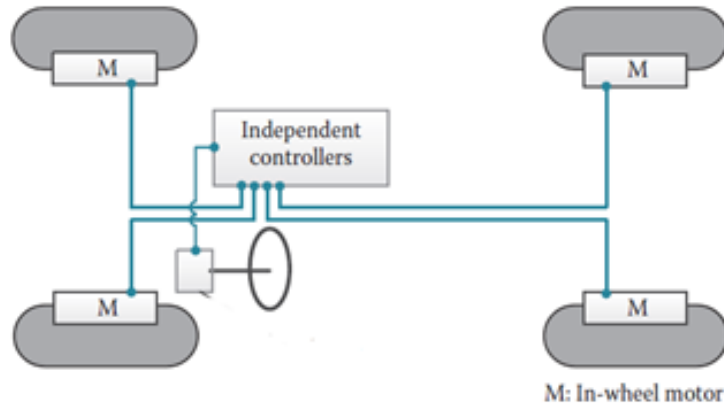
Şekil 8'deki elektrikli tahrik modülü buna bir örnek teşkil etmektedir. Bu modül, enerji yoğunluğunu ve termal yönetimi iyileştirirken, tek elemanlı değişim için komple sökme gerektiren modüler tasarımlar nedeniyle onarım maliyetlerini artırabilir.



Şekil 8 Elektrikli Tahrik Modülü – Bosch Kaynağı

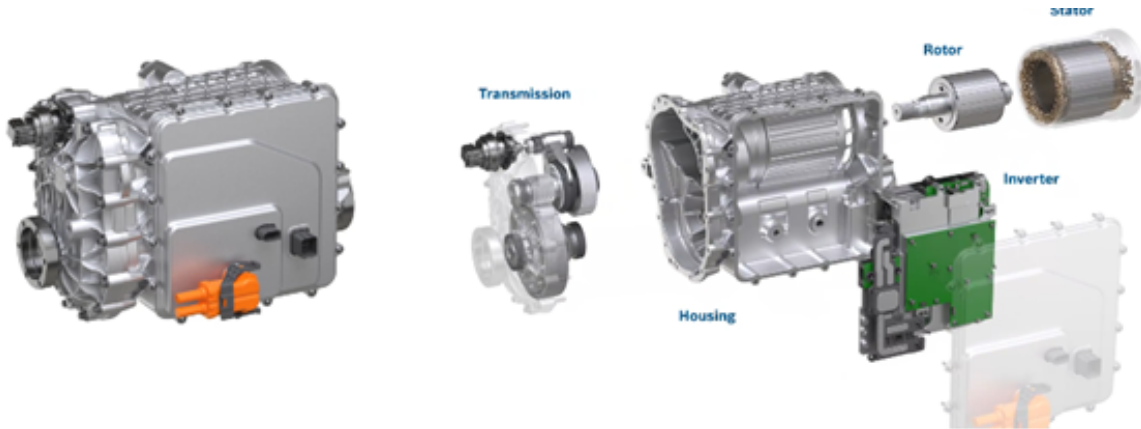
ALT SİSTEM ENTEGRASYONU ÖRNEĞİ

Bu entegrasyon, motorları, invertörleri ve şanzımanları tek bir üniteye bir araya getiren elektrikli tahrik üniteleri gibi çok sayıda bileşeni tek bir işlevsel yapı altında toplar. Elektrikli araçların mekanik tasarımını sadeleştiren tekerlek içi motor aktarma organları buna bir örnektir. Tekerlek içi motorlar, önden çekişli, arkadan çekişli veya dört tekerlekten çekişli sistemlerde kullanılabilir (Şekil 9) ve rejeneratif frenleme sağlarken araçları doğrudan harekete geçirir. Avantajları arasında esnek üretim ve etkileyici hızlanma için yüksek tork bulunmaktadır.



Şekil 9: Tekerlek içi motoru

Modüler tasarımlar, karmaşıklığı azaltarak güç, tork ve montaj alanı özelleştirmesine olanak tanır. Bosch eAxle (Şekil 11), tüm elektrikli araç modellerinde kullanılabilen kompakt bir sistemdir.

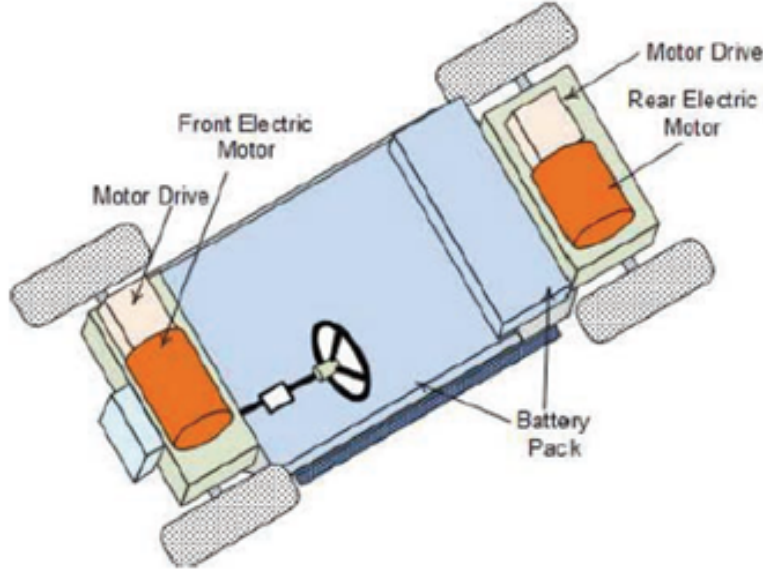


Şekil 11 Bosch eAxle Sistemi Kaynağı



YAPISAL BÜTÜNLEŞME

Yapısal entegrasyon, batarya grupları gibi bileşenleri şasiye entegre ederek aracın sertliğini ve çarpışma performansını artırmaktadır. Elektrikli güç aktarma organlarının basitliği, enerji kaynakları ve elektrikli güç aktarma organlarının şasi içinde yer aldığı kaykay şasi tasarımlarının gelişimine yol açmıştır (Şekil 12). İlk olarak 2002 yılında GM tarafından hayata geçirilen (AUTOonomy şasi) bu konsept, daha fazla esneklik, yolcu alanı ve çeşitli araç tipleri için modüler platformlar sunmaktadır.



Şekil 12 Kaykay Şasisi Kaynakları

KABLOLU TEKNOLOJİ ÖRNEĞİ

Geleneksel araçlar, sürücünün kontrollerini mekanik unsurlar aracılığıyla aracın sürüş bileşenlerine ileten pedallara ve direksiyonlara sahiptir. İçten yanmalı motorlarda (ICE) mekanik ve hidrolik bileşenlerin yerini elektronik bileşenler ve elektromekanik aktüatörlerin almasına elektronik tahrik teknolojisi denir. Elektronik tahrik teknolojilerine örnek olarak direksiyon ve fren sistemleri verilebilir.

TELEFON İLE YÖNLENDİRME

Bu teknoloji, mekanik direksiyon bağlantılarını (direksiyon mili, kolunu ve redüksiyon dişlisi) ortadan kaldırmak amacıyla algoritmalar, elektronik bileşenler ve aktüatörler kullanır. Fiziksel direksiyon simidi-lastik bağlantıları mevcut olmadığında, motor kontrolörleri çıkış torkunu kontrol etmek için konum sensörleri ve faz akımı geri beslemesi kullanır (Şekil 13).

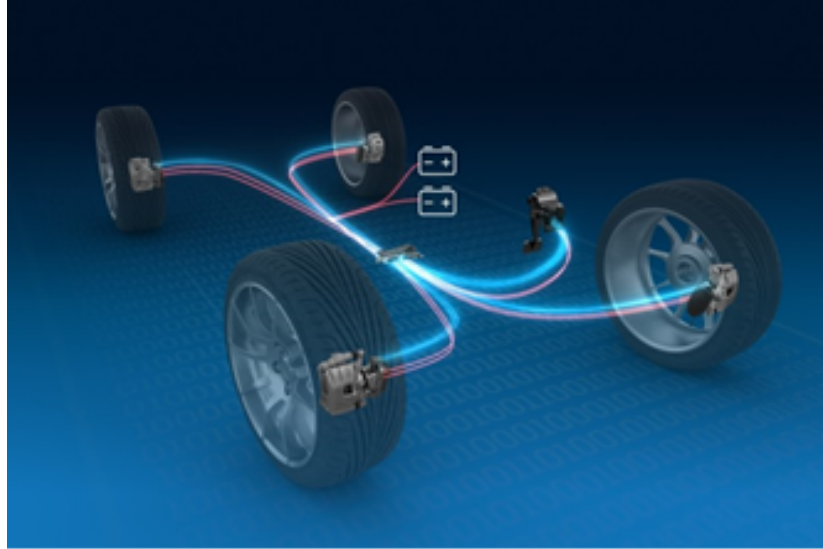
- •
- •
- •
- •
- •
- •



Şekil 13 Telsizle yönlendirme konsepti Kaynağı

TELSİZ FREN

Telsiz fren sistemi, elektronik kontrollere ve elektromekanik aktüatörler aracılığıyla frenleri devreye alarak, geleneksel hidrolik fren işlevlerini desteklerken daha hızlı tepki, daha akıcı kontrol, geliştirilmiş paketleme ve kolay montaj imkanı sunar (Şekil 14). Güvenlik ve denge özelliklerini basitleştirir, sürtünmeyi azaltarak yakıt ekonomisini iyileştirir. Hidrolik pompaların ve fren hidroliğinin ortadan kaldırılması, güvenilirliği ve bakım kolaylığını artırır. Kuvvet sensörleri, aktüatörler için elektrik motoru torku komutları üreten geri bildirimlerle fren sıkma kuvvetini tahmin eder.



Şekil 14 Tel Fren Kaynağı



AR/VR EĞİTİM SENARYOSU: FREN SİSTEMİ ARIZASI SİMÜLASYONU VE ONARIM SÜRECİ

GİRİŞ

Elektrikli araçlar giderek daha karmaşık hale geldikçe, teknisyenlere arıza teşhisi ve onarım süreçleri konusunda eğitim verme yeteneği kritik bir önem taşımaktadır. Geleneksel uygulamalı eğitim, maliyet, güvenlik ve gerçek arızalı sistemlere erişim gibi unsurlarla sınırlıdır. Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR), öğrencilerin ve profesyonellerin arıza senaryolarının gerçekçi simülasyonlarıyla etkileşimde bulunabilecekleri, sürükleyici ve etkileşimli eğitim ortamları sunmaktadır. Bu bölüm, elektrikli araçlardaki fren sistemi arızasına odaklanan bir AR/VR eğitim senaryosunun geliştirilmesi ve pedagojik değerine odaklanmaktadır.

SENARYO GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Aşağıdaki senaryo, katılımcıyı profesyonel bir elektrikli araç servis alanını yansıtan son derece ayrıntılı bir sanal atölyeye yerleştiriyor. Tam ölçekli bir elektrikli araç şasisi, çeşitli teşhis cihazları, dijital multimetreler ve duvara monte ekranlarda yansıtılan canlı yayın sistemi analizleriyle çevrili, programlanabilir bir kaldıraç üzerinde asılı duruyor. VR katılımcıları kulaklık takarak alanda gezinirken, AR kullanıcıları fiziksel fren bileşenlerindeki etkileşimli katmanları görüntülemek için tablet veya akıllı gözlük kullanıyor.



Şekil 15. VR katılımcıları, kulaklık takarak alanda dolaşıyor.



Başlangıçta, kursiyerler aracın kontrol sisteminin simüle edilmiş bir OBD-II arayüzü aracılığıyla bir dizi arıza kodu sunduğunu gözlemlemektedirler (elektrikli fren performansındaki anormallikleri vurgulayarak). Yanıp sönen bir ABS simgesi ve renk kodlu bir enerji geri kazanım göstergesi gibi uyarı göstergeleri, temel arızaya, yani düzensiz rejeneratif frenleme çıkışına dikkat çekmektedir. Ayrıntılı telemetri grafikleri, örneğin dalgalanan hidrolik basıncı ve tutarsız motor torku komutlarını gösterebilirken, zaman damgalı kayıtlar, yavaşlama testleri sırasında geri kazanılan kilovatsaatlerde istikrarlı bir düşüşe işaret edebilir.

Öğrenciler daha sonra sanal tarama aracını kullanarak simgelere dokunarak hata açıklamalarını alma ve canlı sensör verilerine erişme görevini üstleneceklerdir. Simülasyonu duraklatarak geçmiş performans grafiklerini inceleyebilir veya darbe genişlik modülasyonu düzensizlikleri ve kodlayıcı hata sayımları hakkında bilgi edinmek için ham CAN veri yolu mesajlarını gözden geçirebilirler. Teşhis verileri toplandıktan sonra, kursiyerler fren aktüatör tertibatıyla fiziksel veya sanal olarak etkileşime girerek gövdeyi açabilir ve tek tek parçaları incelemek için hareket tabanlı kontroller uygulayabilirler.

SİMÜLASYONDAKİ ONARIM İŞ AKIŞI

Onarım sürecinin simülasyon iş akışı şu adımları içermelidir:

1. İlk Teşhis

Sanal tanılama tabletini kullanarak sistemi tarayın:

- Tableti açın ve “Fren Alt Sistemi” profilini seçin.
- Hidrolik basınç, aktüatör motor akımı ve sensör voltajı için anlık veri akışlarını görüntüleyin.
- Belirli veri karelerini daha detaylı incelemek amacıyla hareket kontrollerini veya dokunmatik ekranı kullanın.

Fren aktivasyonu ve basınç sensörleriyle ilgili hata kodlarını edinin:

- Etkin hataları listelemek amacıyla “Hata Kodları” menüsünü açın (örneğin, C1215: Aktüatör geri bildirim hatası; C1382: Basınç sensörü uyumsuzluğu).
- Her bir koda dokunarak ayrıntılı açıklamaları ve olası nedenleri görüntüleyin.
- Her arıza koduna ilişkin önerilen sorun giderme adımlarına ulaşın.





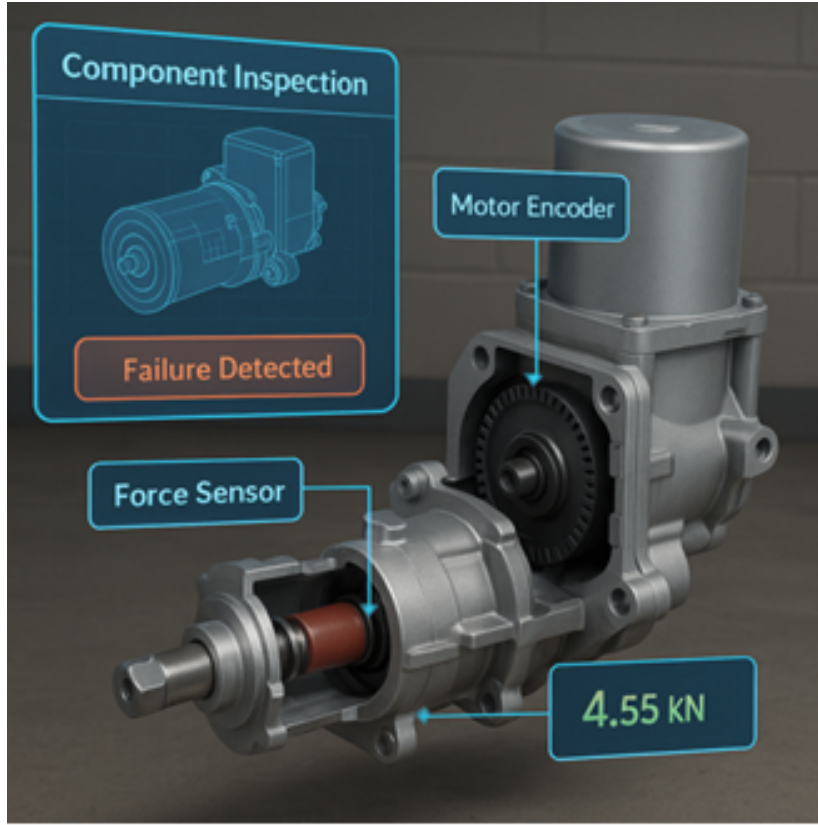
Şekil 16. Hata kodlarının elde edilmesi

Geçmiş performans kayıtlarını ve sensör anormalliklerini gözden geçirin:

- Son 100 km'deki fren hattı basıncının araç hızına göre zaman damgalı grafiklerini görüntülemek için "Performans Günlükleri" kısmına gidin.
- Yerleşik tolerans eşiklerini aşan değerlerde vurgulanan anomali göstergelerini tespit edin.
- Basınç düşüşlerini veya ani yükselmeleri, ilgili ABS uyarıları ve tork komutu sapmalarıyla ilişkilendirmek amacıyla zaman çizelgesini gözden geçirin.
- Bileşen Kontrolü
- Simülasyonda fren aktüatörünü etkileşimli bir şekilde sökün.
- Montaj cıvatalarını gevşetmek ve aktüatör kapağını çıkarmak için sanal ayırma aracını kullanın.
- Aktüatör tertibatını dışarı kaydırmak için el takip veya kontrol girişlerini kullanarak iç dişliler ve elektronik aksamı açığa çıkarın.
- İzole inceleme amacıyla bileşenleri sanal çalışma tezgahına yerleştirin.

Sensörleri gözden geçirin ve test edin (örneğin, kuvvet sensörleri ve motor kodlayıcıları):

- Dahili tanılama rutinlerini (örneğin, kuvvet sensörü kalibrasyon testi, kodlayıcı sinyal bütünlüğü kontrolü) uygulamak amacıyla her bir sensör modülünü seçin.
- Newton cinsinden kuvvet değerlerini ve kodlayıcı darbe sayılarını canlı olarak gözlemleyin ve bunları nominal aralıklarla karşılaştırın.
- Düzensiz davranış sergileyen veya spesifikasyon dışı sonuçlar üreten sensörleri daha kapsamlı analiz için işaretleyin.



Şekil 17. Yerleşik tanıma rutinlerinin çalıştırılması

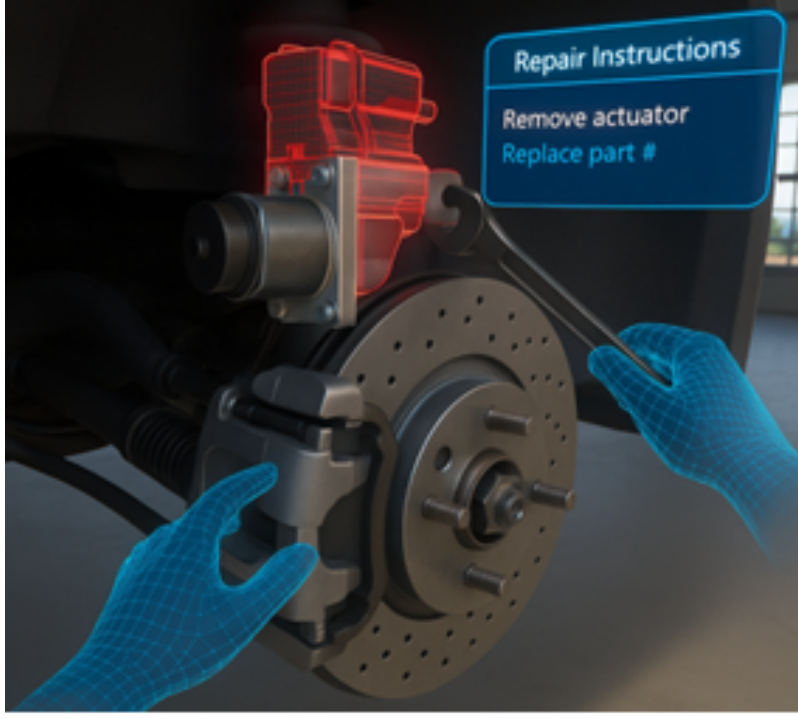
Veri noktalarını ve arıza konumlarını görüntülemek amacıyla AR katmanlarını kullanın:

- Termal sıcak noktaları gösteren ısı haritalarını doğrudan aktüatör gövdesine entegre etmek için AR modunu etkinleştirin.
- Sensör düğümleri için en son bilinen voltaj/akım değerlerini ve arıza geçmişlerini yansıtan renk kodlu çağrılarını görüntüleyin.
- Tam arıza noktalarını tespit etmek için kaplama modları (voltaj, sıcaklık, titreşim genliği) arasında geçiş yapın.

1. Tamir ve Değişirme

- Arızalı aktüatörü veya sensörü çıkarın ve sanal ortamda değiştirin:
- Arızalı aktüatörü/sensörü sanal bir araçla yuvasından çıkarın.
- Dijital parça kutusundan yedek parçayı çıkarın ve montaj noktalarıyla hizalayın.
- Yeni bileşeni, montaj cıvatalarını belirtilen değerlere sıkarak güvence altına alın.





Şekil 18. Arızalı aktüatörün sanal olarak değiştirilmesi.

Simüle edilmiş yazılım araçları kullanarak kontrol ünitesini yeniden kalibre edin:

- Sanal tanı tabletinde kalibrasyon arayüzünü etkinleştirin.
- Pozisyonel ofsetleri sıfırlamak amacıyla “Fren Aktüatörü Sıfır Noktası” rutinini uygulayın.
- Basınç eşiklerini ve geri bildirim kazançlarını üretici spesifikasyonlarına uygun şekilde ayarlayın.
- Bir test çalıştırma döngüsü gerçekleştirerek kalibrasyon parametrelerini kaydedin ve doğrulayın.
- Gerekirse sistem yazılımını güncelleyiniz.
- Simülasyon menüsünden “Firmware Manager”a erişin.
- En güncel ürün yazılımı görüntüsünü yükleyin ve güncelleme sürecini başlatın.
- Hatasız bir şekilde başarılı bir flaş sağlamak için ilerleme çubuklarını ve günlükleri takip edin.
- Kontrol ünitesini hızlı bir şekilde yeniden başlatın ve sürüm numarasının güncellenmiş sürümle uyumlu olduğunu doğrulayın.

• •
• •
• •
• •
• •

1.Doğrulama

Sanal bir yol testi yapın (örneğin, dur-kalk trafiği olan şehir içi güzergah):

- Simülasyon menüsünden “Şehir Döngüsü” senaryosunu tercih edin.
- Kavşaklarda, trafik ışıklarında ve yaya geçitlerinde dikkatli olun.
- Farklı hızlarda ve yol koşullarında (ıslak, kuru, yokuş yukarı) birden fazla frenleme işlemi gerçekleştirin.



Şekil 19. Sanal yol testinin uygulanması

Gerçek zamanlı telemetriyi izleyin: fren basıncı, aktüatör yanıt süresi, ABS performansı:

- Canlı fren hattı basınç eğrilerini ve aktüatör konum grafiklerini sergileyen yüzen telemetri panosunu görüntüleyin.
- Acil durumlarda ABS aktivasyon göstergelerini ve darbe frekanslarını izleyin.
- Performans hedeflerini güvence altına almak amacıyla pedal girişi ile aktüatör hareketi arasındaki tepki gecikmesini izleyin.
- Simülasyonu sonlandırmadan önce güvenlik kontrol listesini tamamlayın:
- Tüm *Tanısal Sorun Kodlarının* temizlendiğini doğrulayın.
- Ölçülen fren basıncının ve aktüatör tepki sürelerinin belirtilen toleranslar çerçevesinde olduğunu onaylayın.
- ABS'nin yalnızca eşik koşullarında devreye girdiğini ve tekerlekleri kilitlemediğini doğrulayın.

• •
• •
• •
• •
• •

ÖĞRENME AMAÇLARI

Frenleme ve rejeneratif frenleme sistemlerinin işlevselliğini kavrayın:

- Elektronik pedal çalıştırma, sinyal işleme ve aktüatör mekaniğinin temel prensiplerini açıklayın.
- Rejeneratif frenlemenin sürtünme frenlemesiyle nasıl entegre olduğunu ve enerji geri kazanımını maksimize etmek ile güvenliği sağlamak için nasıl kullanıldığını açıklayın.
- Tek motorlu ve çift motorlu rejenerasyon stratejileri de dahil olmak üzere çeşitli EV frenleme mimarilerini karşılaştırın.
- Dijital araçlar ve sistem geri bildirimleri aracılığıyla arızayı teşhis edin:
- Hataları, sensör kayıtlarını ve performans grafiklerini elde etmek ve analiz etmek amacıyla sanal tanılama tabletlerini kullanın.
- Hata kodlarını basınç eğrileri, motor akım artışları ve ABS aktivasyon olayları gibi gerçek zamanlı telemetri ile ilişkilendirin.
- Fren performansındaki aralıklı arızaları ve desen anormalliklerini tespit etmek amacıyla geçmiş veri kayıtlarını değerlendirin.

EV frenleme bileşenlerini değiştirmek ve kalibre etmek için prosedür adımlarını izleyin:

- Doğru alet seçimi ve tork özellikleri de dahil olmak üzere artırılmış veya sanal gerçeklikte güvenli sökme protokollerine uyun.
- Aktüatör ve sensör değiştirme prosedürlerini uygulayın, doğru parça hizalamasını ve elektrik bağlantılarını temin edin.
- Simüle edilmiş yazılım arayüzleri kullanarak sıfır ofset kalibrasyonu, basınç tahliye rutinleri ve kontrol ünitesi yapılandırması gerçekleştirin.

Veri odaklı doğrulama aracılığıyla onarım etkinliğini değerlendirin:

- Sonuç metriklerini değerlendirmek amacıyla farklı senaryolar altında (şehir içi dur-kalk, yüksek hızlı acil frenleme) sanal yol testleri uygulayın.
- Temel performans göstergelerini değerlendirin: fren hattı basınç tutarlılığı, aktüatör tepki gecikmesi ve yenilenen enerji oranları.
- Belge sonuçlarını, sistem parametrelerinin toleranslar dahilinde geri yüklendiğini doğrulamak amacıyla onarım öncesi ve sonrası verileri karşılaştıran elektronik bir kayıt defterine kaydedin.



GERÇEK HAYATTAN ÖRNEK OLAYLAR

EV ARIZA DURUMU 1: BATARYA TERMAL YÖNETİM SİSTEMİ HATASI

Arıza Tanımı

Elektrikli aracın gösterge panelinde şu uyarı belirmektedir: "batarya sıcaklığı çok yüksek. Düşük güç modu etkinleştirildi." Sürücü, uyarının 20-30 dakikalık sürüş sonrasında ortaya çıktığını bildirmektedir. Araç ivmesinde ani bir düşüş yaşanmakta ve soğutma fanı kapanmadan sürekli çalışmaktadır.

2. İlk Değerlendirme

- Servis elemanı, soğutma suyu haznesini uygun sıvı seviyesi açısından inceler ve batarya grubu çevresindeki soğutma suyu hatlarında sızıntı veya çatlak olup olmadığını kontrol eder. Fanın çalışmasını ve olağandışı sesleri dinler. Ardından, bir teşhis aracı kullanarak Arıza Teşhis Kodlarını (DTC'ler) gözden geçirir. Bu sorun için yaygın DTC'ler şunlardır: P0A82: AbataryaGrubu Soğutma Sistemi Performansı, P0A80: Hibrit Batarya Grubunu Değiştirin veya U0293: Hibrit/EV batarya kontrol modülüyle iletişim kesildi.

3. Detaylı Tanı Prosedürü

- Servis elemanı, aracın Elektronik Kontrol Ünitesi'ne (ECU) bağlanarak batarya hücresi sıcaklıkları ve soğutma suyu pompası durumu için gerçek zamanlı verileri izlemek amacıyla DTC'leri kaydeder. Ardından, soğutma suyu pompasının işlevini kontrol eder. Pompa çalışmıyorsa, pompa konektörünün voltaj beslemesi ve direnci incelenmelidir. Bir sonraki adım, soğutma suyu sıcaklık sensörlerini gözden geçirmek ve batarya modüllerindeki sıcak noktaları tespit etmek için termal kamera kullanmaktır.

4. Kök Neden Belirlendi?

- Servis elemanının arızayı tespit ettiğini varsayalım: Soğutma suyu pompası, dahili bir elektriksel kısa devre nedeniyle arızalanmış, soğutma suyunun batarya grubunda dolaşımını engellemiş ve aşırı ısınmaya neden olmuştur.

5. Düzeltici Faaliyet

Arızalı parça değiştirilmelidir. Arızalı soğutma suyu pompası sökülmeli, soğutma suyu boşaltılmalı ve hatlar ile konektörler çıkarılmalıdır. Ardından, hortumlar ve kablolar yeniden bağlanmalı ve soğutma suyu sistemi tekrar doldurulmalıdır; böylece yeni bir soğutma suyu pompası takılabilir. Bu, sistemde hava cepleri oluşumunu engeller. Son olarak, servis personeli DTC'leri temizlemeli, pompayı tarama cihazıyla test etmeli ve yük altında soğutma suyu akışını ile batarya sıcaklığını sabit tutmalıdır.



6. Onarım Sonrası Testler

Son olarak, servis personeli, herhangi bir uyarı mesajı veya DTC'nin yeniden ortaya çıkmadığından emin olmak amacıyla gerçek zamanlı sıcaklık kaydı ile bir yol testi gerçekleştirir. Ardından, fan davranışını ve soğutma suyu seviyesini kontrol eder ve araç performansının normale döndüğünü doğrular.

7. Müşteri Devir Teslimi ve Raporlama

- Servis elemanı, arızanın nedenini ve onarım süreçlerini müşteriye detaylı bir şekilde açıklar ve düzenli soğutma suyu kontrol aralıkları gibi önleyici önerilerde bulunur.

•

Özet Tablo – Adım Tanımı

- Arıza: Batarya sıcaklığı uyarısı, düşük verimlilik
- Başlangıç: Görsel denetim, DTC taraması
- Teşhis: Soğutma suyu pompası yanıt vermiyor.
- Neden: Pompada iç elektrik arızası
- Eylem: Pompayı değiştirin, soğutma sıvısını ekleyin.
- Test: Yol testi, veri izleme
- Kapat: Müşteri tanımı, belgeler

EV ARIZA DURUMU 2: REJENATİF FRENLEME SİSTEMİ HATASI

Arıza Tanımı

Sürücü, gaz pedalını bıraktığında aracın beklenildiği gibi yavaşlamadığını ve fren pedalının normal çalışmasına rağmen yavaşlamanın azaldığını gözlemliyor. Gösterge panelinde rejeneratif frenleme simgesi yanmıyor ve enerji akışı ekranı, aküye daha az enerji geri döndüğünü gösteriyor.

2. İlk Değerlendirme

- Servis elemanı, tekerlek hız sensörlerinin görsel muayenesini gerçekleştirir ve uyarı ışıklarını (ABS, ESC, fren sistemi) kontrol eder. Ardından, fren pedalı konum sensörü kablolarını inceler ve batarya şarj seviyesini kontrol eder; çünkü batarya neredeyse tamamen dolduğunda rejeneratif frenleme sınırlıdır. En önemlisi, bu aşamada DTC'leri kontrol etmek için bir teşhis aracı kullanır. Bu durumdaki standart arıza kodları şunları içerebilir: C1234: Fren pedalı konum sensörü arızası, P1C73: Rejeneratif frenleme devre dışı, U0401: Fren kontrol modülünden geçersiz veri ve P0C79: Jeneratör invertör performansı.

• •
• •
• •
• •
• •
• •

3. Detaylı Tanı Prosedürü

Servis elemanı, tarama cihazını bağlayarak fren kontrol modülü ile invertörden gelen DTC'leri okur. Fren pedalı konum sensörü verilerini ve rejenerasyon isteği sinyalini izler. Tarama cihazı bağlıken, invertör durumunu kaydetmek, rejenerasyon tork değerlerini izlemek ve fren basıncı ile pedal sensörü sinyallerini not etmek amacıyla bir test sürüşü gerçekleştirir. Ayrıca, invertörün ve motor-jeneratörün frenleme komutuna verdiği tepkiyi inceler ve test eder.

4. Kök Neden Belirlendi?

Servis elemanının arızayı tespit ettiğini varsayalım: Fren pedalı konum sensörü arızalıdır ve invertöre tutarsız veya hiç rejeneratif istek sinyali göndermemektedir. Sensörün analog voltaj çıkışı beklenen aralığın dışındadır (örneğin, 0,5 V ile 4,5 V arasında değişmesi gerekirken 0,2 V'ta sabit kalmıştır).

5. Düzeltici Faaliyet

Servis elemanı, arızalı parçayı (fren pedalı konum sensörü) değiştirmelidir. Öncelikle, 12V ve HV sistemlerini güvenli bir şekilde ayırır; ardından fren pedalı konum sensörünü söküp değiştirir. Sonrasında, sensör konektörünü ve kablo demetini kontrol edip temizler ve bir tarama cihazı kullanarak sensörü yeniden bağlayıp kalibre eder. Ayrıca, DTC'leri temizlemeli, rejeneratif frenlemeyi test etmeli ve diğer sistemleri (örneğin ABS, ESC) iletişim açısından gözden geçirmelidir.

6. Onarım Sonrası Testler

Düzeltici işlem (kırık parçanın değiştirilmesi) sonrasında, servis elemanı gaz pedalından ayağını çektiğinde düzgün bir yavaşlama sağlandığını doğrulamak amacıyla bir yol testi gerçekleştirmeli ve rejenerasyon göstergesinin etkinleştiğini teyit etmelidir. Rejenerasyon torkunu ve bataryaya giden enerji akışını izlemek için bir tarama cihazı kullanılmalı ve sistemde tekrarlayan arıza veya uyarı olup olmadığını kontrol etmelidir.

7. Müşteri Devir Teslimi ve Raporlama

Son olarak, servis elemanı rejeneratif frenlemenin işlevini ve arızanın niteliğini müşteriye açıklar. Rejeneratif frenlemenin etkinliğini sürdürmek amacıyla bataryayı tam şarj etmekten kaçınma gibi onarım sonrası önerilerde bulunur. Ayrıca, servis kaydını günceller ve gerektiğinde bakım göstergelerini sıfırlar.



Özet Tablo - Adım Tanımı

- **Arıza:** Regeneratif frenleme devre dışı, araç hızını azaltıyor.
- **Başlangıç:** Görsel denetim, DTC taraması, pedal sensörü testi
- **Tanı:** Pedal sensörü regenerasyon talebi iletmiyor.
- **Neden:** Arızalı fren pedalı konum sensörü
- **Eylem:** Sensörü değiştirin, sistemi kalibre edin.
- **Test:** Regenerasyon torkunu gözlemleyin, yol testi
- **Kapat:** Onarımı detaylandırın, kayıtları güncelleyin

SORUN ÇÖZME ÖRNEKLERİ

Meydan Okuma: Dişli Oranı Bulmacası

Arka Plan: Elektrikli bir araçta (EA), motor genellikle çok yüksek hızlarda dönerken, tekerlekler çok daha düşük hızlarda döner. EA'nın verimli ve güvenli bir şekilde çalışabilmesi için motor hızının bir şanzıman aracılığıyla düşürülmesi gerekmektedir. Bu çalışma, tek vitesli bir redüksiyon sistemi için uygun dişli oranını hesaplamaya ve etkilerini anlamaya odaklanmaktadır.

Veri:

Parametre	Değer
Motorun Maksimum Hızı	12.000 RPM
İstenilen Maksimum Tekerlek Hızı	1.200 RPM
Motor Tork Çıkışı	250 Nm
Şanzıman Verimliliği	%95
Tekerlek Çapı	0,6 metre
Araç Ağırlığı	1.500 kg



Öğrenci Sorumlulukları:

Gerekli asgari dişli oranını hesaplayın.

Motor Hızı: _____ Tekerlek Hızı: _____ Dişli Oranı: _____

Tekerleklerdeki çıkış torku nedir?

Motor Torku: _____ Dişli Oranı (Q1'den): _____ Şanzıman Verimliliği: _____
Tekerleklerdeki Çıkış Torku = _____ Nm

3. Elektrikli araç aktarma organlarında hız düşürmenin önemi nedir?

En iyi iki cevabı seçin ve gerekçelerini belirtin:

- A) Tekerleklerdeki torku artırmak amacıyla
- B) Motor sıcaklığını iyileştirmek amacıyla
- C) Motor RPM'sini tekerlek gereksinimleriyle uyumlu hale getirmek amacıyla
- D) Akü voltajını düşürmek amacıyla

- Cevap Seçenekleri: _____ ve _____
- Açıklama: _____



2. Meydan Okuma: Şanzıman Vızıltısı Sesi

Arka Plan: Şanzıman gürültüsü, motor maskeleye gürültüsünün eksikliği nedeniyle özellikle elektrikli araçlarda belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Bir prototip elektrikli araca tek vitesli redüksiyonlu şanzıman entegre edildikten sonra, mühendislik ekibi yüksek hızda artan uğultu sesi ve 4000 RPM civarında zirve yapan titreşimleri gözlemledi.

Veri:

Parametre	Değer
Dişli Türü	Düz kesimli mahmuzlu dişliler
Motor Maksimum Devir/Dakika	12.000 RPM
Tekerlek Hedef Devir Sayısı	1.200 RPM
Ölçülen Titreşim Zirve Değeri (Hz)	67 Hz
Şanzıman Malzemesi	Döküm alüminyum kasa
Şanzıman Montaj Türü	Sabit çerçeve vidalı
Kabin Gürültü Düzeyi 60 km/s	63 dB
Kabin Gürültü Seviyesi Hedefi (Elektrikli Araçlar)	≤ 58 dB



Öğrenci Sorumlulukları:

Gözlemlenen uğultu ve titreşimin muhtemel iki mekanik nedenini tanımlayın. Cevabınızı desteklemek amacıyla yukarıdaki tablodaki verileri kullanın.

- Cevap 1: _____
- Cevap 2: _____

5. Dişli Örgü Frekansını Öngörün

Varsayalım ki: Çıkış milinin her bir dönüşü için 1 dişli birbirine geçmektedir. Motor hızını ve dişli kutusu oranını kullanarak, Hertz cinsinden dişli uyum frekansını hesaplayın.

Çıkış mili devri = _____
Örgü frekansı = _____ Hz

Hesaplama:

Gürültü ve titreşimi azaltmak amacıyla pratik bir tasarım veya malzeme değişikliği önerin.

Cevap: _____

7. Gürültü ve titreşim sorunları, elektrikli araçlarda içten yanmalı araçlara kıyasla neden daha belirgindir?

Cevap: _____



3. Zorluk: Yenilenme Verimliliğinde Keskin Düşüş

Arka Plan: Elektrikli araçlar, yavaşlama esnasında enerjiyi geri kazanmak ve bataryayı geri beslemek amacıyla rejeneratif frenleme teknolojisini kullanır. Ancak, sürücüler zaman zaman rejenerasyon enerjisinde ani bir düşüş yaşandığını bildirmektedir. Bu durum, sıcaklık, batarya şarj durumu (SOC) veya motor kontrol sınırlamaları gibi etkenlerden kaynaklanabilir. Bu çalışmada, öğrenciler verileri analiz edecek ve rejenerasyon verimliliğindeki düşüşün olası nedenlerini tartışacaklardır.

Veri:

Parametre	Değer
İlk Batarya Şarj Durumu	%92
Batarya Sıcaklığı	44°C
Ortam Sıcaklığı	31°C
Rejen Verimliliği Dün	%72
Rejen Verimliliği Bugün	%35
Fren Pedalı Basıncı Uygulanmıştır	Orta



Öğrenci Sorumlulukları:

Rejeneratif frenleme verimliliğindeki yüzdelik değişim nedir?

Eski Rejenerasyon Verimliliği: _____

Yeni Rejenerasyon Verimliliği: _____

Yüzde Değişim = _____ %

Formülü kullanınız: Yüzde Değişim = $((\text{Eski} - \text{Yeni}) / \text{Eski}) \times 100$

9. Aşağıdakilerden hangisi verimlilik kaybının en muhtemel nedenidir?

- A) Soğuk batarya
- B) Tam şarjlı batarya (yüksek SOC)
- C) Düşük fren basıncı
- D) Motor arızası

Cevap: _____

Bu senaryoda rejenerasyon verimliliği nasıl artırılabilir?

İki belirli teknik veya uygulamaya dayalı öneri sunun.

1. _____

2. _____



Cevap Anahtarı İpuçları:

Dışlı Oranı Hesaplama:

Formülü kullanın: Dışlı Oranı = Motor Hızı / Tekerlek Hızı Dışlı Oranı = 12.000 / 1.200 = 10:1

2. Tekerleklerdeki Çıkış Torku:

formülü kullanın:

Çıkış Torku = Motor Torku × Dışlı Oranı × Şanzıman Verimliliği

Çıkış Torku = 250 Nm × 10 × 0,95 = 2.375 Nm

3. En İyi Yanıtlar:

- A) Tekerleklerdeki torku artırmak amacıyla
- C) Motor devir sayısını tekerlek gereksinimleriyle uyumlu hale getirmek

4. Olası Mekanik Nedenler:

- Zayıf dişli uyumu (örneğin, düz kesimli düz dişliler, helisel dişlilerden daha fazla gürültü üretir)
- Sert bir şekilde monte edilmiş bir dişli kutusundan kaynaklanan rezonans
- Döküm alüminyum gövde üzerinde titreşim sönümlleme eksikliği.

5. Dişli Örgü Frekansı Tahminleri:

Verilen:

- Motor Devri = 12.000
- Dışlı Oranı = 10:1
- Çıkış RPM = 12.000 ÷ 10 = 1.200 RPM
- 1.200 RPM ÷ 60 = 20 RPS → Dişlilerin birbirine geçme frekansı yaklaşık 20 Hz'dir.
- Harmonikler 40 Hz, 60 Hz gibi frekanslarda zirvelere yol açabilir.
- 67 Hz'deki titreşim tepe noktası, 3. harmonik veya gövde rezonansını işaret ediyor olabilir.

6. Tasarım ve Malzeme Değişiklikleri:

- Daha sessiz bir birleşim için helisel dişlilere geçin.
- Sönümlü ya da kompozit dişli kutusu muhafazası tercih edin.
- İzolasyon amacıyla elastomerik (yumuşak) montajlar ekleyin.

7. Elektrikli araçlar ile içten yanmalı motorların gürültü ve titreşimi:

- Elektrikli motorlar neredeyse sessizdir; bu nedenle dişli sesi gibi mekanik sesler, motor gürültüsünün maskeleyip içten yanmalı motorlara kıyasla elektrikli araçlarda daha belirgin hale gelir.

8. Yüzde Değişimi:

- $((72 - 35) / 72) \times 100 \approx \%51,39$ düşüş

9. En İyi Yanıt:

- B. Tam şarjlı batarya (yüksek SOC)
- Açıklama: Batarya neredeyse tam dolu olduğunda (%90'ın üzerinde), aşırı şarjı engellemek amacıyla rejeneratif frenleme sınırlandırılır.

10. Öneriler aşağıdakileri içerebilir:

- Bataryanın ideal sıcaklığa önceden ayarlanması
- Uzun inişlere yüksek SOC ile başlamaktan sakının.
- Rejenerasyonu önceliklendiren karma frenleme yöntemlerinin uygulanması

HAREKET İLETİMİ VE ARAÇ DİNAMİKLERİ ÜZERİNE ETKİLEŞİMLİ MODÜLLER

Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu (ICE) araçlardan temel olarak farklı bir güç aktarma sistemi mimarisi kullanmaktadır. Daha az mekanik parçaya sahip olmasına rağmen, donanım ve yazılım arasında daha fazla entegrasyon bulunması, torkun nasıl üretildiğini, kontrol edildiğini ve yola nasıl aktarıldığını anlamayı teknik açıdan zorlayıcı ve eğitim açısından değerli kılmaktadır. Bu hareket iletim süreci, araç dinamiklerini (örneğin, bir aracın hızlanma, frenleme ve viraj alma esnasındaki davranışları) güçlü bir şekilde etkilemektedir.

- Bu bölüm, öğrencilerin sanal ortamlarda aktarma organı bileşenlerini ve dinamik parametreleri görselleştirmelerine ve düzenlemelerine olanak tanıyan etkileşimli simülasyon modüllerinin potansiyel çözümlerini açıklamaktadır. Bu modüller, gerçek dünyadaki elektrikli araç senaryolarını taklit edecek şekilde tasarlanmış olup, fiziksel olarak keşfedilmesi zor, tehlikeli veya maliyetli olabilecek değişkenlerle deneyler yapılmasına imkan sağlar.

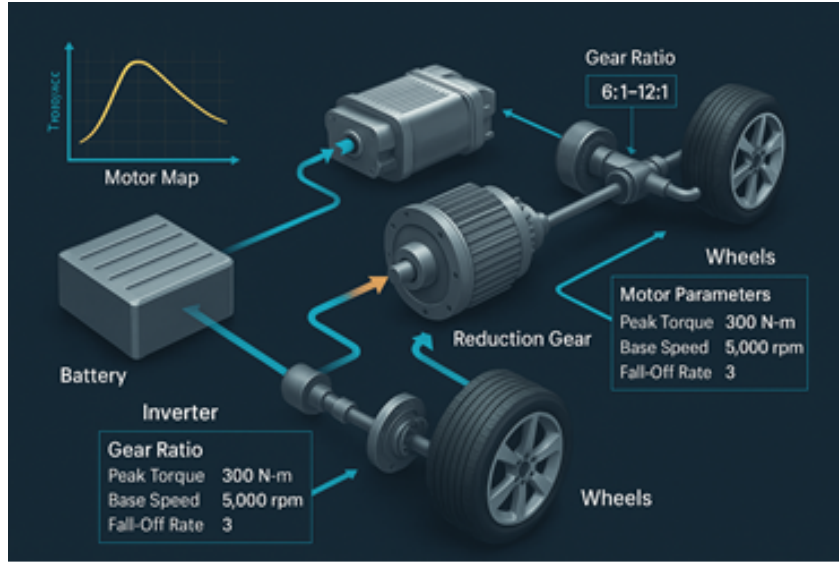
MODÜL 1 – GÜÇ AKTARMA ORGANLARI İNCELEMESİ

Bu modül, öğrencilere elektrikli bir aracın bataryasından tekerleklerle güç iletimine dair temel kavramları tanıtmaktadır. Elektrikli araçlar, genellikle içten yanmalı motorlarda bulunan karmaşık çok vitesli şanzımanlardan yoksun olsalar da, istenen performans ve verimliliği sağlamak için motor özelliklerinin ve redüksiyon dişli oranlarının titizlikle ayarlanması gerekmektedir. Modül, öğrencilerin bu sürecin her aşamasını görselleştirip yönetmelerine ve farklı sürüş koşullarının araç davranışı üzerindeki etkisini değerlendirmelerine olanak tanır.

Etkileşimli Enerji Akış Şeması

Aşağıdaki dinamik, renk kodlu sistem diyagramı, enerjinin tam yolunu göstermektedir: batarya deşarjından, invertör ve motordan geçerek, redüksiyon dişlisi ve diferansiyelden geçerek, nihayetinde tahrik tekerleklerine ulaşır. Görsel akış, her aşamadaki voltaj, tork ve enerji kaybı gibi gerçek zamanlı değişkenleri yansıtan titreşimli oklarla da canlandırılabilir.





Şekil 20. Etkileşimli enerji akış şeması

Ayarlanabilir Motor Parametreleri

Öğrenciler, performansın nasıl evrildiğini gözlemlemek amacıyla motor özelliklerini kavramsal olarak değiştirebilirler. Ayarlanabilir alanlar şunlardır:

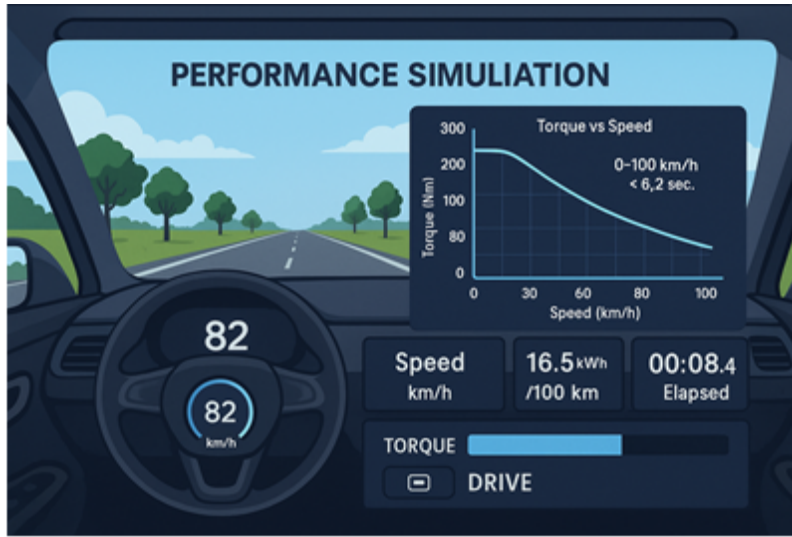
- Maksimum tork (örneğin, 250 Nm ile 500 Nm)
- Temel hız (örneğin, 4.000 ile 7.000 RPM)
- Tork düşüş oranı, temel hızın ötesindedir. Bu ayarlar, tork eğrisini şekillendirir ve güç çıkışı ile motor kontrol stratejisi arasındaki dengeyi yansıtır.

Motor Verimliliği Haritaları

Aşağıdaki kavramsal 3B verimlilik grafiği, motor performansının hız ve torka göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Kullanıcılar çalışma alanlarını keşfedebilir ve en yüksek verimlilik bölgelerini belirleyebilirler. Yük koşulları veya araç hızı değiştiğinde, simülasyon verimlilik izini değiştirerek öğrencilerin sürüş alışkanlıklarının enerji tüketimini nasıl etkilediğini anlamalarına yardımcı olur.

Resim 21, tork iletimi, vites oranı seçimi, hızlanma süresi ve enerji tüketimi hakkında gerçek zamanlı veriler sunan simüle edilmiş bir elektrikli araç gösterge panelini sergilemektedir. Farklı aktarma organı ayarlarının araç performansını nasıl etkilediğini görsel olarak temsil eden bu gösterge paneli, yapılandırma seçeneklerini ölçülebilir sürüş sonuçlarıyla birleştirerek etkileşimli görevleri güçlendirmektedir.

• •
• •
• •
• •
• •
• •



Şekil 21. Simüle edilmiş elektrikli araç gösterge paneli

Görevler ve Faaliyetler

Etkileşimli modülün bir parçası olarak, öğrenciler elektrikli araç güç aktarma organlarının davranışları ve performans dengeleri konusundaki anlayışlarını derinleştirmek amacıyla tasarlanmış çeşitli simülasyon tabanlı görevlerde yer alırlar.

- İlk aktivite, 0'dan 100 km/sa hızlanma simülasyonlarının gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Katılımcılar, çeşitli dişli oranları ve motor torku ayarlarını yapılandırarak hızlanma süresi, tekerlek kayması olayları ve batarya enerji tüketimi gibi sonuçları analiz ederler. Termal eşikleri aşmadan veya çekiş kaybına yol açmadan hızlı hızlanma sağlayan optimum konfigürasyonu belirlemeleri beklenmektedir.
- Bir diğer temel etkinlik, 90 km/sa gibi sabit bir hızda simüle edilen 10 kilometrelik bir sürüşte otoyol verimliliğinin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Öğrenciler, düşük enerji tüketimi için optimize edilmiş çalışma bölgelerini seçerek farklı motor verimliliği haritalarını inceler. Aktarma organları ayarının uzun mesafe sürüş verimliliği üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla farklı konfigürasyonlardaki toplam enerji tüketimini karşılaştırırlar.

Öğrenciler ayrıca, ayar kararları ile gerçek sürüş koşulları arasındaki ilişkiyi güçlendirmek amacıyla tork iletim karşılaştırmaları gerçekleştirirler. Gerçek zamanlı veri katmanları etkinleştirildiğinde, şehir içi dur-kalk trafiği veya yokuş yukarı tırmanışlar gibi farklı koşullar altında tork çıkış eğrilerini incelerler. Bu alıştırmalar, güç aktarma organı davranışının gaz tepkisini ve araç yol tutuşunu nasıl etkilediğini vurgular.

İleri düzey öğrenciler için isteğe bağlı bir görev, motor ve invertördeki termal yükün izlenmesi olabilir. Bu etkinlik, öğrencilerin agresif tork profillerinin bileşen ısınmasını nasıl artırdığını görselleştirerek, termal değer kaybı ve uzun vadeli sistem güvenilirliği için sıcaklık yönetiminin önemini pekiştirir.

MODÜL 2 – REJENERATİF FRENLEME SİMÜLATÖRÜ

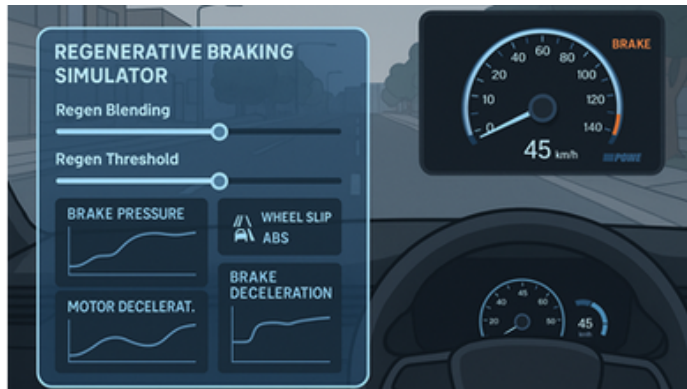
Rejeneratif frenleme, yavaşlama esnasında aracın kinetik enerjisinin bir kısmını elektrik enerjisine dönüştürerek elektrikli araçların enerji verimliliğinde hayati bir rol üstlenir. Ancak, enerji geri kazanımı ve araç güvenliği açısından rejenerasyon ile geleneksel sürtünme frenlemesi arasında optimum bir denge sağlamak son derece önemlidir. Bu modül, öğrencilerin farklı sürüş koşullarında rejeneratif frenleme parametrelerini etkileşimli bir şekilde ayarlamalarına ve bu değişikliklerin fren performansı, araç stabilitesi ve enerji verimliliği üzerindeki etkilerini gözlemlemelerine olanak tanır.

Simülasyon Araçları

Rejeneratif frenleme simülasyon modülü, öğrencilerin fren performansını ve enerji geri kazanımını etkileyen temel parametreleri keşfetmelerine ve düzenlemelerine olanak tanıyan kullanıcı dostu bir arayüze sahip olmalıdır. Temel özelliklerinden biri, rejeneratif frenlemenin kuvvetini ve karışım oranını ayarlama yeteneğidir. Bu sayede öğrenciler, geleneksel hidrolik fren sistemine kıyasla elektrik motorunun yavaşlama kapasitesini kontrol edebilirler. Bu, frenleme kuvvetinin farklı koşullar altında nasıl dağıtıldığını keşfetme fırsatı sunar.

Öğrenciler ayrıca, rejeneratif frenlemenin hangi pedal konumunda veya hangi yavaşlama hızında etkinleşip devre dışı kalacağını belirleyerek eşik tetikleyicilerini yapılandırabilirler. Bu, öğrencilerin sistem ayarlarının gerçek sürüş senaryolarında akıcılık ve tepkisellik üzerindeki etkilerini anlamalarına yardımcı olur. Buna ek olarak, canlı telemetri ekranları fren kuvveti, batarya şarj girişi ve yavaşlama hızı hakkında anlık veriler sunarak kullanıcıların sistem davranışını gerçek zamanlı olarak değerlendirmelerine olanak tanır.

Şekil 22, fren basıncı, rejeneratif güç geri kazanımı ve ABS aktivasyonu için canlı telemetri grafikleri içeren bir rejeneratif frenleme ayar modülünün simüle edilmiş arayüzünü sergilemektedir. Karışım eğrilerinin ayarlanmasının frenleme senaryoları sırasında enerji geri kazanımını ve araç stabilitesini nasıl etkilediğini görsel olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 22. Rejeneratif frenleme ayar modülüne ait simüle edilmiş arayüz

Senaryolar

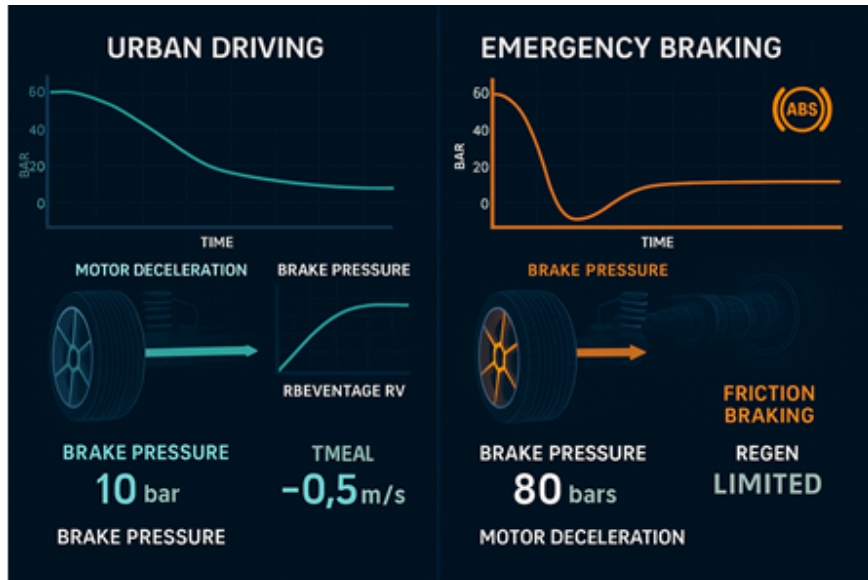
Şehir İçi Sürüş Simülasyonu

- Öğrenci, sık sık durarak, orta hızlarda ve değişken trafik akışında 10 dakikalık bir şehir içi sürüş döngüsünü simüle eder. Amaç, akıcı ve öngörülebilir bir frenleme deneyimini sürdürürken enerji geri kazanımını en üst düzeye çıkarmaktır. Öğrenciler, karışım parametrelerini ayarlayarak sürüş hissi, rejenerasyon kWh kazanımı ve fren mesafesi üzerindeki etkilerini gözlemler. Düşük hızlarda sertlik veya dengesizlik oluşturmada yüksek enerji geri dönüşü sağlayan ayarları belirlemeleri gerekmektedir.

2. Acil Frenleme Senaryosu

Yaya geçidi veya ani trafik durmasını simüle eden yüksek hızlı bir acil duruş tetiklenir. Öğrenciler, rejeneratif yavaşlamanın güvenli fiziksel sınırına ulaştığında sürtünme frenlerinin yeterince hızlı devreye girmesini sağlamak amacıyla rejeneratif kesme eşiğini ayarlamakla görevlendirilir. Tekerek kilitlenmesini önlemeli ve canlı kayma oranı grafikleri ile ABS geri bildirimlerini kullanarak yön dengesini korumalıdır. Başarı, durma mesafesi ve rejeneratif ile sürtünme sistemlerinin sorunsuz ve öngörülebilir bir şekilde devreye girip girmediğine göre ölçülür.

Aşağıdaki Şekil 23, iki frenleme senaryosunu (şehir içi ve acil durum) karşılaştırarak yavaşlama davranışını, enerji geri kazanım seviyelerini ve fren sistemi tepkisindeki farklılıkları sergilemektedir. Rejeneratif frenlemenin verimlilik ve hızlı frenleme için farklı şekillerde ayarlanması gerektiğini görsel olarak vurgulamaktadır.



Şekil 23. Kentsel ve acil frenleme senaryolarının mukayesesi

MODÜL 3 – AR/VR ETKİLEŞİMLİ SENARYOLAR

AR ve VR teknolojileri, öğrencileri gerçekçi sürüş ortamlarına entegre ederek elektrikli araç dinamikleri konusunda etkili eğitim araçları sunar. Ekranlardaki geleneksel simülasyonların aksine, AR/VR, öğrencilerin aracın tepkisini bir sürücü perspektifinden deneyimlemelerine, her dönüşü, freni ve yüzey değişikliğini hissetmelerine, canlı telemetriyi gözlemlemelerine ve gerçek zamanlı sistem geri bildirimi almalarına olanak tanır. Bu modül, öğrencileri ayarlama kararlarına dinamik olarak yanıt veren yüksek kaliteli elektrikli araç senaryolarının içine yerleştirerek soyut mühendislik prensiplerini uygulamalı deneyime dönüştürür.

Çevre Vurguları

Gerçekçi Sürüş Koşulları

Öğrenciler, şehir sokakları, yüksek hızlı otoyollar, dağ yolları ve engebeli araziler gibi çeşitli simüle edilmiş koşulları keşfedebilirler. Yağmur, buz, çakıl veya ısıdan etkilenen asfaltı simüle etmek amacıyla hava ve yüzey özellikleri gerçek zamanlı olarak değiştirilebilir. Bu ortamlar, araç düzeneklerinin gerçek dünyada maliyetli veya güvensiz olabilecek şekillerde test edilmesine olanak tanır.

Canlı Telemetri Katmanları

Gerçek zamanlı veriler, kullanıcının görüş alanına yansıtılır veya fiziksel araç modellerine (AR) entegre edilir. Bunlar arasında sapma hızı, yanal ivme, tork dağılımı, fren basıncı, rejeneratif enerji akışı, lastik kayma açıları ve tekerlek hızı farkları yer almaktadır. Ayrıntılı analiz için katman, belirli alt sistemlere odaklanabilir veya açılıp kapatılabilir.

Çoklu Duyusal Entegrasyon:

Deneyim, süspansiyon geri bildirimini, titreşimleri ve G kuvvetlerini simüle eden dokunsal direksiyonlar, fren pedalları ve hareket platformlarıyla zenginleştirilmiştir. ABS aktivasyonu veya motor perdesi gibi ses ipuçları, gerçekçiliği artırmaktadır. Bu ipuçları, fiziksel hissi sistem davranışıyla ilişkilendirilerek öğrencilerin öğrenimini pekiştirmektedir.

Örnek Senaryoları

Islak Viraj Testi

Öğrenciler, simüle edilmiş ıslak bir virajda farklı hızlarda sürüş yaparak, aktif tork vektörleme ile ve bu olmadan araç stabilitesini karşılaştırmaktadırlar. Sistem, ön ve arka akslar arasındaki tork dağılımını ayarlamalarına olanak tanırken, bu durum önden savrulma/aşırı savrulma davranışında, kayma açılarında ve sapma stabilitesinde meydana gelen değişiklikleri gözlemlemelerini sağlar. Bu senaryo, düşük sürtünmeli ortamlarda dinamik tork yönetiminin önemini öğretmektedir.

Resim 24, ıslak viraj senaryosuna sahip bir VR sürüş simülasyonunu sergilemektedir. Lastik kayma açısı, tork dağılımı ve sapma oranı gibi gerçek zamanlı telemetri katmanlarını vurgulamaktadır. Ayrıca, düşük çekiş koşullarında ayar kararlarının araç davranışını nasıl etkilediğini görsel olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 24. Islak viraj senaryosuna dayanan VR sürüş simülasyonu



Şekil 25. Yüksek hızlı acil şerit değiştirme işleminin sanal gerçeklik sürüş simülasyonu

2. Hızlı Şerit Değiştirme

Bu alıştırımda, öğrenciler 100 km/s hızla ani bir çift şerit değişimi gerçekleştirir. Süspansiyon sertliğini ve sönümleme ayarlarını önceden değiştirerek, farklı ayarların aracın tepki süresine, gövde salınımına ve yön kontrolüne etkilerini değerlendirirler. Kurulum hataları (örneğin, aşırı yumuşak sönümleme) direksiyon tepkisinde gecikmelere veya dengesizliklere yol açarak öğrencilerin sonuçlar üzerinden öğrenmelerine katkı sağlar.

3. Acil Engellerden Kaçınma

Öğrenciler, 90 km/s hızla beklenmedik bir engele yaklaşmakta ve bu engeli aşmak için fren yapıp direksiyonu çevirmek zorunda kalmaktadır. Senaryo, sistem ayarlarını (fren tepkisi, süspansiyon sertliği, tork vektörleme) ve bireysel refleksleri test etmektedir. Başarı, mühendislik kurulumuna ve gerçek dünya koşullarını yansıtan sürüş tekniğine bağlıdır.

Aşağıdaki görsel, yüksek hızlı acil şerit değiştirme işleminin sanal gerçeklik sürüş simülasyonunu sergilemektedir. Hızlı direksiyon tepkisi, araç gövde salınımı ve süspansiyon davranışı ile yanıl ivmelenme hakkında anlık geri bildirimler sunarak, dinamik ayarların ani manevralar esnasında kontrol ve denge üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

-
-
-
-
-
-
-



BÖLÜM-4

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ (İSG)



Elektrikli Araç Bakımında İş Sağlığı ve Güvenliği: Kapsamlı Bir Analiz ve Uygulama Rehberi

Giriş

Elektrikli araçlar (EA'lar), çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda otomotiv sektöründe devrim niteliğinde bir dönüşüm başlattı. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltma ve daha temiz bir gelecek inşa etme potansiyeliyle EA'lar, günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmektedir. Bu hızlı büyüme, EA servis operasyonlarının önemini artırırken, geleneksel araç servislerinden farklı ve daha karmaşık yeni iş sağlığı ve güvenliği (İSG) risklerini de beraberinde getirmektedir. Özellikle yüksek voltajlı elektrik sistemleri, lityum iyon bataryaların kendine özgü tehlikeleri ve bu teknolojilerin gerektirdiği özel bakım prosedürleri, servis teknisyenleri için ciddi güvenlik sorunları oluşturmaktadır.

Bu rapor, elektrikli araç servis operasyonlarında karşılaşılan temel İSG risklerini derinlemesine incelemeyi, bu riskleri azaltmak için gerekli kişisel koruyucu ekipman (KKD) ve çalışma prosedürlerini detaylandırmayı ve artırılmış gerçeklik (AR) ile sanal gerçeklik (VR) destekli simülasyon uygulamalarının entegrasyon adımlarıyla birlikte hizmet alanlarındaki risk analizi metodolojilerini açıklamayı hedeflemektedir. Ayrıca, yangın, elektrik çarpması ve gaz kaçağı gibi senaryolar için acil müdahale adımları ve AR/VR tabanlı tehlike tanıma eğitim modüllerinin geliştirilme süreçleri ele alınacaktır. Son olarak, alanda farkındalığı artırmak amacıyla "Elektrikli Araç Servisinde Güvenli Çalışma Rehberi" başlıklı bir poster tasarım önerisi sunulacaktır. Bu kapsamlı analiz, elektrikli araç servislerinde çalışan personelin güvenliğini sağlamak ve sektörde proaktif bir güvenlik kültürü oluşturmak için gerekli bilgi ve stratejileri temin etmeyi amaçlamaktadır.

YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİK TEHDİTLERİ VE KİŞİSEL KORUYUCU EKİPMAN

Elektrikli araç servislerinde yüksek voltaj, teknisyenler için en önemli güvenlik risklerinden birini teşkil etmektedir. Bu bölümde, yüksek voltajın tanımı, elektrikli araçlardaki voltaj seviyeleri, yüksek voltajla ilişkili olası tehlikeler ve bu tehlikelere karşı önlem almak için gerekli kişisel koruyucu ekipman ile çalışma prosedürleri detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

1.1. YÜKSEK GERİLİM TANIMI VE ELEKTRİKLİ ARAÇLARDAKİ UYGULAMALARI

Yüksek voltaj, iş güvenliği yönetmeliklerinde 1000 volttan fazla voltajlar olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik önlemleri açısından, 1000 voltun üzerindeki tüm voltajlar yüksek voltaj olarak kabul edilirken, etkin değeri 50 voltun üzerinde olan tüm voltajlar "tehlikeli voltaj" olarak sınıflandırılmaktadır. Bu ayrım, elektrikli araç hizmetlerinde çalışırken karşılaşılan risklerin ciddiyetini anlamak için temel bir başlangıç noktasıdır.

Elektrikli araçlarda genellikle iki temel voltaj sistemi mevcuttur:

- **Düşük Voltajlı Sistemler:** Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlarla benzerlik gösteren elektrikli araçlar, 12V kurşun-asit aküler barındırır. Bu aküler, aydınlatma, bilgi-eğlence sistemleri ve diğer yardımcı elektrikli aksesuarlar gibi aracın temel işlevlerini destekler.
- **Yüksek Voltaj Sistemleri (Çekiş Bataryaları):** Elektrikli araçların tahrik sistemini oluşturan lityum iyon batarya paketleri, genellikle 400 V ile 800 V arasında değişen voltaj seviyelerinde çalışmakta olup, bazı modellerde 1200 V'a kadar çıkabilmektedir. Bu yüksek voltaj, aracın performansını ve hızlı şarj kapasitesini sağlamak için elzemdir. Özellikle, DC hızlı şarj istasyonları 400 V ile 900 V voltaj aralıklarında faaliyet göstermektedir.

Elektrikli araçlardaki geniş voltaj aralığı, servis teknisyenleri için tek tip elektrik güvenliği eğitiminin yetersiz kalacağını göstermektedir. Her voltaj seviyesinin kendine özgü risk profilleri ve müdahale gereksinimleri bulunmaktadır. Örneğin, hava yastıklarının hala açılma olasılığı nedeniyle 12V akü devre dışı bırakıldıktan sonra 3 dakikaya kadar, yüksek voltaj batarya devre dışı bırakıldıktan sonra ise kapasitörlerin deşarj olması için 5 dakikaya kadar beklenmesi önerilmektedir. Bu durum, teknisyen eğitiminde genel elektrik güvenliği yerine, belirli voltaj seviyeleri için ayrıntılı ve pratik modüller geliştirme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu modüller, "*Düşük Voltaj Sistemi Güvenliği*" ve "*Yüksek Voltaj Sistemi Güvenliği*" gibi ayrı başlıklar altında her voltaj seviyesi için belirli prosedürleri ve riskleri kapsamalıdır.

1.2. YÜKSEK VOLTAJLA İLGİLİ TEHDİTLER

Yüksek voltajlı elektrikli araç sistemleri, çeşitli ciddi tehlikeler teşkil etmektedir:

- **Elektrik Çarpması:** Elektrik çarpması, insan vücudundan geçen elektrik akımının yol açtığı fizyolojik bir tehlikedir. Bu tehlikenin derecesi, akım yoğunluğu, voltaj, akım türü (AC/DC), maruz kalma süresi, temas yüzey alanı, iletkenliği artıran faktörler (su teması gibi) ve akımın vücutta izlediği yol gibi birçok unsura bağlıdır. Elektrik çarpmasından en çok kalp ve sinir sistemi etkilenir; kalp durması (asistol) veya düzensiz ritimler (ventriküler fibrilasyon) ve solunum durması gibi hayati tehlikeler ortaya çıkabilir. Düşük akımlarda karıncalanma hissedilirken, 50-100 mA'lık akımlar ventriküler fibrilasyona, 5-10 A'lık akımlar ise asistoliye neden olabilir. Yüksek voltajlı bir bataryanın yanlışlıkla çıkarılması veya hasarlı bileşenlere dokunulması, elektrik deşarjına ve ciddi elektrik çarpmasına yol açabilir.
- **Ark Parlaması ve Ark Patlaması:** Ark parlaması, yüksek voltajlı elektrik devrelerinde meydana gelen ani ve şiddetli bir enerji salınımıdır. Bu olay, aşırı yüksek sıcaklıklara (binlerce santigrat derece), parlak ışığa, basınç dalgasına ve erimiş metal sıçramasına yol açarak ciddi yanıklara, körlüğe ve travmatik yaralanmalara neden olabilir. Özellikle servis fişi gibi kritik yüksek voltajlı devrelere müdahale ederken akım sıçraması veya kıvılcımlanma riski bulunmaktadır. Koruyucu giysilerin ark parlamasına karşı etkinliği, kalori cinsinden ölçülen "ark derecesi" ile belirlenir.
- **Termal Kaçak ve Yangın Riski:** Lityum iyon bataryaların termal kaçacağı, elektrikli araç servislerinde karşılaşılan en ciddi yangın risklerinden biridir. Bu durum, batarya hücrelerinin kontrolsüz bir şekilde aşırı ısınmasıyla başlar ve yangın, patlama ve zehirli gaz salınımı gibi tehlikelere yol açar. Batarya yangınları sırasında sıcaklıklar 1000°C'ye kadar ulaşabilir. Yanan bataryalar, hidrojen florür, fosfor oksiflorür ve karbon monoksit gibi zehirli gazlar salar ve bu gazların solunması zehirlenmelere neden olabilir. Kazalar, aşırı şarj, mekanik hasar ve aşırı sıcaklıklar (özellikle %15-%85 şarj aralığının dışında şarj etmek veya bataryayı aşırı sıcak/soğuk ortamlara maruz bırakmak) termal kaçacağı tetikleyebilir. Hasarlı yüksek voltajlı bataryalar, bir kazadan sonra bile yangın riski oluşturabilir.

Yüksek voltaj riskleri genellikle tekil olaylar değildir; aksine, bir riskin tetiklenmesi diğerini tetikleyerek "*kaskad etkisi*" oluşturabilir. Örneğin, elektrik çarpması sırasında meydana gelen bir ark parlaması, bataryada mekanik hasara yol açarak termal kaçaklara neden olabilir. Bu durum, yangın, zehirli gaz salınımı ve hatta patlama gibi bir zincirleme reaksiyonu başlatabilir. Bu nedenle, risk yönetimi yalnızca bireysel tehlikeleri değil, aynı zamanda olası zincirleme reaksiyonları ve bunların birleşik etkilerini de dikkate alan dinamik bir modelleme gerektirir. Önleyici tedbirler ve acil durum planları, bu kaskad etkisini kırmayı hedeflemelidir.



1.3. YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİĞİ İÇİN KİŞİSEL KORUYUCU EKİPMAN (PPE)

Tehlikelerin tamamen ortadan kaldırılamadığı durumlarda, çalışanların korunması için kişisel koruyucu ekipman son derece önemlidir. İşverenler, uygun, standartlara uygun ve bakımı yapılmış KKD sağlama yükümlülüğüne sahiptir. Yüksek voltajlı ortamlarda çalışan teknisyenlerin, elektrik çarpması, ark parlaması ve termal yanıklara karşı koruma sağlamak amacıyla özel olarak tasarlanmış ve sertifikalandırılmış KKD kullanmaları gerekmektedir.

- **Yalıtımlı Eldivenler:** EN 60903 standardına uygun, CE belgeli ve çalışılacak gerilim seviyesine göre yalıtımlı olmalıdır (örneğin; düşük gerilim sistemleri için Sınıf 00). Eldivenler, dikiş, çatlak, yırtık ve kabarcık gibi kusurlardan arınmış olmalıdır. Yüksek gerilim devrelerine müdahale ederken yalıtımlı kauçuk eldiven kullanımı zorunludur.
- **Yüz Siperlikleri / Vizörlü Kasklar:** Ark parlaması ve kıvılcım riskine karşı yüz siperliği kullanımı zorunludur. Kasklar, başa düşen cisimlere, darbelere ve enerjili iletkenlere karşı koruma sağlar ve entegre, ayarlanabilir bir göz koruma aparatına (EN 166 uyumlu) sahip olmalıdır.
- **Ark Dereceli Giysiler (Ark Parlaması Elbisesi):** Elektrik arkının termal tehlikelerine karşı koruyucu giysiler, ASTM F1959 ve IEC 61482 gibi standartlara uygun olmalıdır. Bu giysiler, belirli bir kalori/cm² (cal/cm²) enerji direnç derecesine (ATPV veya EBT) sahip olmalı ve erimemeli veya damlamamalıdır. Farklı ark dereceleri, risk kategorilerine göre belirlenir (örneğin, Kategori 1 için 4 cal/cm², Kategori 4 için 40 cal/cm²).
- **Yalıtımlı Ayakkabı:** Elektrik işlerinde yalıtımlı ayakkabı kullanımı zorunludur. 20 EN ISO 20345 standardına uygun, S3 – CI – SRC sınıfındaki iş ayakkabıları genel koruma sağlarken, elektrik işlerinde özel yalıtımlı tabanlı ayakkabaların tercih edilmesi gerekmektedir.
- **Yalıtım Matları:** Yalıtım matları, teknisyen ile elektriksel iletken yüzeyler arasında koruyucu bir bariyer işlevi görecektir şekilde çalışma alanında zemine serilerek kullanılmalıdır.
- **Solunum Koruyucuları:** Yangın veya termal kaçış sırasında toksik gaz emisyonlarına karşı tam yüz maskeleri ve filtreli solunum cihazları kullanılmalıdır. EN 136 (tam yüz maskesi), EN 140 (yarım yüz maskesi) ve EN 141/EN 143 (gaz ve toz filtreleri) gibi standartlara uygun solunum koruyucuları tercih edilmelidir.



KKD'ler, bireysel parçalar olarak değil, bir "sistem" olarak değerlendirilmelidir. Yalıtımlı eldivenler, ark korumalı giysiler ve yüz siperlikleri gibi çeşitli KKD bileşenleri, bir araya geldiklerinde eksiksiz bir koruma katmanı oluşturur. Bu durum, her bir KKD parçasının uyumlu olmasını ve tehlikeye karşı bir bütün olarak maksimum koruma sağlamasını zorunlu kılar. Ayrıca, KKD'nin doğru kullanımı ve düzenli bakımı, etkinliği için tedarik kadar önemlidir.

1.4. YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİĞİ İÇİN ÇALIŞMA PROSEDÜRLERİ

Yüksek voltaj risklerini yönetmek amacıyla KKD kullanımına ilave olarak, belirli çalışma prosedürlerine titizlikle uyulması gerekmektedir:

- **Enerji İzolasyonu ve Kilitleme/Etiketleme (LOTO):** LOTO, herhangi bir makine veya cihazın beklenmedik şekilde çalışmasını veya bir hattan tehlikeli maddelerin sızmasını önlemek amacıyla uygulanan bir kilitleme ve etiketleme yöntemidir. Bu, tehlikeli enerjiyi kontrol altına almak ve ekipmanı "sıfır enerji durumuna" getirmek için birincil ve tercih edilen yöntemdir. LOTO kilitleri, tesisteki diğer kilitlerden ayırt edilebilir olmalı ve etiketler standart, dayanıklı olmalı ve "ÇALIŞTIRMAYIN", "AÇMAYIN", "ENERJİ VERMEYİN" gibi net uyarılar içermelidir. Vardiya değişiklikleri sırasında dahi LOTO prosedürleri eksiksiz bir şekilde uygulanmalı, gelen çalışan kilitlemenin doğru yapıldığını kontrol etmeli ve kendi kişisel kilidini takmalıdır.
- **Tek El Kuralı ve Yalnız Çalışma Yasağı:** Elektrikli ekipmanlarla çalışırken "tek el" kuralı ve "asla yalnız çalışma" kuralı uygulanmalıdır. Tek el kuralı, mümkünse ölçümler sırasında yalnızca bir elin kullanılmasıyla, elektrik çarpması durumunda akımın kalpten geçmesini önlemeyi amaçlar. Yalnız çalışma yasağı, bir kaza anında yardıma sağlanmasını ve elektrik işleri gibi tehlikeli işlerde hatalı işlemlerin önlenmesini temin eder. Mevzuatta yalnız çalışmaya ilişkin özel bir yasak bulunmamakla birlikte, bu kuralın risk değerlendirmesine dayalı olarak uygulanması hayati önem taşır. Elektrik çarpması veya hatalı kablolama gibi durumlar, yalnız çalışırken çok daha ciddi sonuçlara yol açabilir.
- **Üretici Talimatlarına Uygunluk:** Elektrikli araç şarj cihazları ve ilgili tüm ekipmanlar, üreticinin talimatlarına uygun bir şekilde kurulmalı, kullanılmalı ve bakımı yapılmalıdır. Bakım ve onarım işlemleri, araç kataloglarına göre gerçekleştirilmelidir ve el aletleri kullanılırken üreticinin talimatlarına ve kurallarına riayet edilmelidir. Elektrikli araç teknolojileri hızla ilerledikçe, her model ve bileşenin kendine özgü güvenlik gereksinimleri bulunabilir. Üretici talimatlarına titizlikle uymak, hem ekipman güvenliğini hem de çalışan sağlığını korumak için temel bir ilkedir.



LOTO, tek el kuralı ve yalnız çalışma yasağı gibi prosedürel güvenlik önlemleri, teknik riskleri azaltmanın yanı sıra yasal sorumlulukları da etkiler. Bu prosedürlerin ihlali, işveren ve çalışanın iş yeri kazalarındaki yasal sorumluluğunu artırabilir. Operasyonel olarak, bu kurallar iş süreçlerinde bir "disiplin kültürü" oluşturarak hata oranlarını azaltır ve verimliliği artırır. Yüksek voltajlı işlerin doğasında bulunan yüksek risk göz önüne alındığında, bu prosedürel kontrollerin iş yeri kazalarını önlemedeki kritik rolü, yasal bir zorunluluk olmasının yanı sıra, bu kurallara uyulmamasının yalnızca teknik riskleri artırmakla kalmayıp aynı zamanda işverenler ve çalışanlar için yasal sorumluluklar da doğurduğunu göstermektedir. Bu durum, prosedürel güvenliğin yalnızca bir "yapılması gereken" değil, aynı zamanda "yasal ve operasyonel bir zorunluluk" olduğunu vurgulamaktadır.



Aşağıdaki tabloda elektrikli araç hizmetlerindeki yüksek voltaj riskleri, ilgili kişisel koruyucu ekipmanlar ve ilave güvenlik önlemleri özetlenmiştir:

Tablo 1: Elektrikli Araç Servislerinde Yüksek Voltaj Tehditleri ve İlgili Kişisel Koruyucu Ekipmanlar

Risk Türü	Risk Tanımı	İlgili Kişisel Veriler	KKD Standardı/Sınıfı	Ek Güvenlik Tedbirleri
Elektrik Çarpması	Vücuda elektrik akımının geçmesi sonucunda meydana gelen fizyolojik hasarlar; kalp durması, solunum durması ve sinir hasarıdır.6	Yalıtım Eldivenleri, Yalıtım Ayakkabıları, Yalıtım Matları	EN 60903 (Sınıf 00, vb.), EN ISO 20345 (S3, CI, SRC) 18	LOTO (Kilitleme/Etiketleme), Tek El Kuralı, Tek Başına Çalışma Yasağı, Üretici Talimatlarına Uygunluk 16
Ark Flası	Yüksek gerilim devrelerinde ani enerji boşalması; yüksek sıcaklık, parlak ışık, basınç dalgası ve erimiş metal sıçraması.10	Yüz Koruyucu/Siperlikli Kask, Arka Korumalı Giysiler, Yalıtımlı Eldivenler	EN 166, ASTM F1959 (ATPV/EBT), IEC 61482 9	LOTO, Güvenli Çalışma Mesafesi, Voltaj Doğrulaması 16
Termal Kaçak ve Yangın Güvenliği	Lityum iyon bataryaların kontrolsüz aşırı ısınması, yangın, patlama ve zehirli gaz salınımına neden olabilir. 12	Solunum Koruyucuları (Tam yüz maskesi, filtreli solunum cihazı), Ark Korumalı Giysiler, İzole Eldivenler	EN 136, EN 140, EN 141, EN 143, EN 403, ASTM F1959, IEC 61482 10	Batarya Soğutma Sistemleri, Şarj Seviyesi Yönetimi, Mekanik Hasar Önleme, Acil Durum Planı 12

AR/VR DESTEKLİ SİMÜLASYON UYGULAMALARI İÇİN HİZMET ALANLARINDA RİSK ANALİZİ VE OPERASYONEL SÜREÇLER

Elektrikli araç servis alanları, yüksek voltajın yanı sıra çeşitli kimyasal, ergonomik ve mekanik riskler barındıran karmaşık ortamlardır. Bu risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, kapsamlı bir risk analizi metodolojisi ve yenilikçi eğitim yaklaşımları gerektirmektedir. Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) destekli simülasyon uygulamaları, bu alanda önemli bir potansiyel sunmaktadır.

2.1. HİZMET ALANLARINDA RİSK ANALİZİ YÖNTEMOLOJİSİ

Risk değerlendirmesi, elektrikli araç hizmetlerindeki potansiyel tehlike ve riskleri sistematik bir şekilde belirlemek, analiz etmek ve kontrol altına almak için kritik bir adımdır. Bu süreç yalnızca yasal bir gereklilik olmanın ötesinde, proaktif güvenlik yönetiminin temelini oluşturur ve ISO 45001 gibi uluslararası standartlarla uyumlu bir çerçeve sunar.

- **Risk Değerlendirmesinin Önemi:** Ticari ve endüstriyel tesislerde elektrikli araçların şarj edilmesinden kaynaklanabilecek yangın riskleri titizlikle incelenmelidir. İşyerinde sağlık ve güvenliği tehdit eden unsurların tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması esastır. Tehlikeli veya çok tehlikeli sınıftaki hiçbir çalışmaya risk değerlendirmesi ve acil eylem planı olmaksızın başlanmamalıdır.
- **Risk Analizi Yaklaşımları:** *Hata Ağacı Analizi (FTA)* gibi yapılandırılmış metodolojiler, elektrikli araç yangınları gibi karmaşık olayların temel nedenlerini ve olası senaryolarını derinlemesine anlamak için etkili araçlardır. Bu yaklaşım, beş ana nedeni belirleyerek bütünsel bir perspektif sunar: insan faktörleri, araç faktörleri, yönetim faktörleri, dış faktörler ve bilinmeyen faktörler. Bu, yalnızca semptomları değil, altta yatan nedenleri hedef alan kontrol önlemlerinin geliştirilmesine olanak tanır.

Hizmet Alanına Yönelik Riskler ve Alınacak Önlemler:

Şarj Alanları: Şarj noktaları için yeterli ve güvenli park alanları sağlanmalı, ayrıca şarj ekipmanları ve kabloları acil çıkışları engellememelidir. Şarj noktaları, araçlardan kaynaklanan mekanik hasarlara karşı korunmalıdır (örneğin, bordürler, bariyerler). Şarj alanları, proses ve depolama alanlarından fiziksel olarak ayrılmalı ve binaların boş olduğu zamanlarda risk kontrolü sağlanmalıdır. Kapalı otoparklar için sprinkler koruması şiddetle önerilmektedir. Kullanım ömrü sona eren lityum iyon bataryalar uygun bir şekilde imha edilmelidir.

- •
- •
- •
- •
- •
- •



Genel Hizmet Alanı Düzeni: İş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınarak çalışma alanı düzenli ve güvenli bir şekilde korunmalıdır. Yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı maddelerle çalışırken özel güvenlik önlemleri uygulanmalıdır. Araç kaldırma ve indirme işlemleri sırasında gerekli güvenlik önlemleri sağlanmalıdır.

Kimyasal Riskler: Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryalar, üretim hataları, yanlış kullanım, aşırı ısınma veya çarpışmalar sonucunda gaz veya sıvı sızıntılarına yol açabilir. Bu sızıntılar, toksik ve aşındırıcı hidroflorik asit (HF) üretebilen elektrolitler içerebilir. Ayrıca, elektrikli araç klimalarında kullanılan soğutucular (örneğin, R-134a, R-1234yf) sızıntı durumunda tehlike arz edebilir. Bazı soğutucular (R32, R600A) yanıcıdır ve kıvılcımlara maruz kaldıklarında patlayıcı karışımlar oluşturabilir. Bu gazlara maruz kalmak, akciğer tahrişi, pulmoner ödem, baş ağrısı, baş dönmesi ve kalp aritmileri gibi sağlık sorunlarına neden olabilir. Yakıt hücreli araçlarda kullanılan hidrojen gazı da son derece yanıcı ve patlayıcıdır; ayrıca, kokusuz ve soluk alevi tespit etmeyi zorlaştırır.

Ergonomik Riskler: Elektrikli araç bileşenleri, özellikle yüksek voltajlı bataryalar, ağır ve hacimli olabilmektedir; bu durum manuel taşımayı zorlaştırarak kas-iskelet sistemi bozukluklarına (MSD) yol açabilecek fiziksel zorlanmalara neden olmaktadır. Bataryaların ve diğer ağır bileşenlerin takılması, çıkarılması, depolanması ve taşınması esnasında kaldırma yardımcıları ve cihazları kullanılmalıdır.

Mekanik Riskler: Servis alanlarında el aletlerinin, kaldırma ve taşıma araçlarının güvenli kullanımı ile kesme, törpüleme, taşlama ve delme gibi temel mekanik işlemler, uygun kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımını ve makine koruyucularının mevcut olmasını zorunlu kılar.

Elektromanyetik Alan (EMA) Riskleri: Elektrikli araçlardaki yüksek akımlar, insan vücudunda girdap akımlarına yol açabilen manyetik alanlar oluşturabilir. EMA'ya maruz kalmak, özellikle kalp bataryayı kullanan bireyler için potansiyel olarak tehlikeli olabilir.

2.2. AR/VR DESTEKLİ SİMÜLASYON UYGULAMALARI İÇİN OPERASYONEL AŞAMALAR

AR/VR teknolojileri, elektrikli araç hizmetlerinde risk analizi ve güvenlik eğitimini dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, "görünmez tehlikeleri" (örneğin, gaz sızıntıları veya aşırı ısınmış batarya noktaları) gerçek zamanlı olarak görselleştirerek durumsal farkındalığı artırabilir. Bu durum, risk analizinin statik ve periyodik bir süreçten sürekli ve dinamik bir sürece evrilmesini sağlar.

- AR/VR destekli simülasyon uygulamalarının geliştirilmesi ve entegrasyonu şu adımları içermelidir:

İhtiyaç Analizi ve Kapsam Belirleme:

Mevcut Durum Değerlendirmesi: Hizmet alanındaki mevcut riskler, kaza verileri ve mevcut eğitim programlarının etkinliği gözden geçirilir. Hangi tehlikelerin (yüksek voltaj, termal kaçak, kimyasal sızıntı vb.) AR/VR ile daha etkili bir şekilde ele alınabileceği tespit edilir.

- **Hedef Kitle Belirleme:** Eğitim alacak teknisyenlerin (yeni işe alınanlar ve deneyimli uzmanlar) ile İSG yöneticilerinin ihtiyaçları, bilgi seviyeleri ve öğrenme stilleri incelenir.
- **Uygulama Alanlarının Belirlenmesi:** Risk analizi, acil durum tatbikatları, tehlike tanıma eğitimi veya prosedür rehberliği gibi belirli uygulama alanları netleştirilir.

2.Teknik Altyapı ve Ekipman Seçimi:

- **Yazılım:** Simülasyon yazılımları, Unity gibi fizik motorları ve C# ile Javascript gibi programlama dilleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Havelsan'ın H-ARF (Artırılmış Gerçeklik Platformu) gibi AR/VR platformları ve sanal bakım eğitmenleri buna örnek teşkil etmektedir.
- **Donanım:** Kullanıcı deneyimi ve uygulama amacına uygun VR kulaklıklar (örneğin Oculus, HTC Vive) veya AR gözlükler (örneğin Microsoft HoloLens), akıllı telefonlar, tabletler ve diğer cihazlar tercih edilir.
- **Veritabanı:** Kullanıcı verileri (performans, hata oranları, eğitim ilerlemesi) MySQL gibi veritabanları kullanılarak kaydedilir, böylece eğitim etkinliğinin izlenmesi ve raporlanması mümkün olur.

3. Simülasyon İçeriği ve Senaryo Geliştirme:

- **3D Modelleme ve Ortam Oluşturma:** Elektrikli araç servis alanı, araç modelleri, yüksek gerilim kabloları, batarya paketleri, şarj istasyonları ve diğer ekipmanlar, gerçekçi 3D modellerle tasarlanmaktadır.
- **Etkileşimli Senaryo Akışları:** Dallanmış senaryolar, kullanıcı kararlarının ve eylemlerinin sonuçlarını sergilemek amacıyla tasarlanmıştır. Örneğin, hatalı KKD seçimi, LOTO prosedürlerine uyulmaması veya acil durum müdahalesindeki hataların muhtemel sonuçları simüle edilebilir.

- 
- **Tehlike Görselleştirme:** AR, gerçek dünyaya dijital bilgiler (tehlikeli alan işaretleri, voltaj seviyeleri, gaz kaçağı uyarıları, aşırı ısınmış batarya noktaları) entegre ederek anında durumsal farkındalık sunar. VR ise, yangın, elektrik çarpması veya gaz patlamaları gibi tehlikeli durumların güvenli bir sanal ortamda deneyimlenmesine olanak tanır.
 - **Geri Bildirim Mekanizmaları:** Kullanıcı performansını değerlendiren, hataları tespit eden ve düzeltici eylemler öneren sistemler entegre edilmiştir. Anlık geri bildirim, öğrenme sürecini hızlandırır ve hataların tekrarlanmasını engeller.

Modül Testi, Geri Bildirim ve Sürekli Gelişim:

- **Pilot Uygulama:** Geliştirilen simülasyonlar, sınırlı bir hedef kitle (pilot grup) üzerinde test edilmektedir.
- **Performans Analizi:** Kullanıcıların tehlike tanıma, karar verme ve müdahale yetenekleri ölçülmektedir. Kaydedilen performans verileri, eğitimin etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.
- **Geri Bildirim Toplama:** Katılımcılardan ve eğitmenlerden kullanıcı deneyimi, teknik sorunlar ve içerik kalitesi hakkında kapsamlı geri bildirimler toplanır.
- **İyileştirme Döngüsü:** Modül, toplanan veriler ve geri bildirimler doğrultusunda sürekli olarak geliştirilmekte ve güncellenmektedir. Teknik altyapı güncellemeleri ve içerik yenilemeleri düzenli aralıklarla gerçekleştirilmektedir.

AR/VR simülasyonları, yalnızca eğitim araçları olarak değil, aynı zamanda gerçek zamanlı risk analizi ve "durumsal farkındalık" araçları olarak da işlev görebilir. Servis teknisyenleri, AR gözlükleri aracılığıyla bir aracın yüksek voltajlı bileşenlerini, durumunu veya olası gaz sızıntılarını gerçek zamanlı olarak görselleştirebilir; bu da görünmez tehlikelerin daha hızlı ve daha doğru bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Geleneksel risk analizi genellikle statik ve periyodik olsa da, AR/VR'nin gerçek zamanlı verileri entegre etme ve görselleştirme yeteneği, dinamik ve acil tehlikelerin daha hızlı tespit edilmesini sağlayarak durumsal farkındalığı artırır ve proaktif müdahaleyi mümkün kılar. Bu durum, risk analizinin sürekli ve dinamik bir süreç haline gelmesini sağlar.

Aşağıdaki tabloda elektrikli araç servislerinde AR/VR destekli simülasyon uygulamalarının aşamaları ve beklenen yararları özetlenmiştir:

Tablo 2: Elektrikli Araç Servislerinde AR/VR Destekli Simülasyon Uygulamaları: Aşamalar ve Elde Edilen Kazanımlar

Adım	Tanım	AR/VR'nin Rolü	Beklenen Avantajlar
İhtiyaç Değerlendirmesi	Mevcut risklerin, kaza verilerinin ve eğitim eksikliklerinin tespit edilmesi. Eğitim hedeflerinin ve hedef kitlenin belirlenmesi.	Potansiyel uygulama alanlarının tespit edilmesi amacıyla riskler görselleştirilmesi ve analizi.	Risk farkındalığının artırılması ve eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi.
2. Teknik Altyapı	Yazılım platformunun (Unity, C#, Javascript), donanımın (VR/AR gözlükleri, tabletler) ve veritabanının (MySQL) seçimi ve kurulumu.	Simülasyon ortamının temelini oluşturur. Gerçekçi fizik motorları ve görselleştirme yetenekleri sunar.	Geliştirme sürecinin etkinliği, sistem performansı ve ölçeklenebilirliği.
3. İçerik Geliştirme	Hizmet alanı, araç ve ekipmanların üç boyutlu modellenmesi. Etkileşimli senaryo akışlarının tasarımı, tehlike görselleştirilmesi ve geri bildirim mekanizmalarının geliştirilmesi.	Tehlikeli durumları (yangın, elektrik çarpması, gaz kaçağı) güvenli bir sanal ortamda (VR) deneyimleyin. Anlık rehberlik ve tehlike tespiti için dijital bilgilerin gerçek ortama (AR) entegrasyonu.	Artan risk bilinci, azalan hata oranları, gelişen bilgi tutma yeteneği, güvenli davranışların güçlendirilmesi.
4. Test ve Geliştirme	Geliştirilen modüllerin hedef gruplarla pilot testlerinin gerçekleştirilmesi. Kullanıcı geri bildirimlerinin ve performans verilerinin analizi. Sürekli gelişim ve güncellemeler.	Kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi, simülasyonun gerçekçiliğinin ve etkinliğinin doğrulanması.	Eğitim kalitesinin, maliyet etkinliğinin ve uyarlanabilirliğinin sürekli olarak geliştirilmesi.

3. ACİL DURUM SENARYOLARI: YANGIN, ELEKTRİK ÇARPMASI, GAZ KAÇAĞI GİBİ DURUMLARDA ALINACAK ÖNLEMLER

Elektrikli araç hizmetlerinde ortaya çıkabilecek acil durumlar, hızlı ve doğru müdahale gerektiren karmaşık durumlardır. Bu bölümde, yangın, elektrik çarpması ve gaz kaçağı senaryoları için genel yönetim ilkeleri ve ayrıntılı müdahale adımları incelenecektir.

3.1. ACİL DURUM YÖNETİMİ TEMEL İLKELERİ

Her elektrikli araç servis alanının kapsamlı bir acil durum eylem planına sahip olması gerekmektedir. Bu plan düzenli olarak prova edilmeli, değerlendirilmeli ve güncellenmelidir.

- **İlk Müdahale ve İletişim:** Acil bir durum ortaya çıktığında, ilk adım sakin kalmak ve panik yapmamaktır. Alarm sistemini devreye alarak tüm çalışanları ve acil durum ekiplerini uyarmak, ardından itfaiyeye, acil durum koordinatörüne ve diğer ilgili birimlere ayrıntılı bilgi vererek derhal bildirimde bulunmak son derece önemlidir.
- **Personel Eğitimi:** Tüm personele acil durum prosedürleri, temel ilk yardım bilgisi (özellikle elektrik çarpması) ve hızlı iletişim numaraları hakkında eğitim verilmelidir.

3.2. YANGIN ACİL DURUM SENARYOSU VE MÜDAHALE SÜRECİ

Elektrikli araç yangınları, geleneksel araç yangınlarından farklı niteliklere sahiptir ve özel müdahale stratejileri talep eder.

Elektrikli Araç Yangınlarının Özellikleri: Lityum iyon batarya yangınları, yanma esnasında 1000°C'ye kadar yüksek sıcaklıklar üretebilir. Bu yangınlar, suyla etkileşime girerek hidrojen gazı üretebilen reaktif kimyasallar içerir. Ayrıca, yanıcı ve zehirli gazların (hidrojen florür, fosfor oksiflorür, karbon monoksit gibi) salınımıyla da tanımlanır. Elektrikli araç yangınları söndürüldükten sonra bile yeniden alev alabilir ve saatlerce devam edebilir.

Müdahale Aşamaları:

- **Güvenli Bölge Oluşturma:** Yanan aracı güvenli bir alana çekmek ve çevresinde en az 10-15 metrelik bir güvenlik bölgesi oluşturmak esastır. Yanan batarya paketlerinden çıkan zehirli gazların solunmamasına özen gösterilmelidir.

- **Elektriksel İzolasyon:** Şarj ünitesine ve bağlı araçlara giden elektriği kesmek için ana elektrik kesme butonları kullanılmalıdır. Acil durumlar haricinde yüksek gerilim kesme şalterinin kapatılmaması gerektiği, yüksek gerilim kablolarının veya bataryaların asla kesilmemesi gerektiği, aksi takdirde ciddi yaralanmalara veya ölüme yol açabileceği unutulmamalıdır.

2.Yangın Söndürme ve Kontrolü:

Su Kullanımı: Su, lityum iyon batarya yangınlarını söndürmek için en etkili madde olup, doğrudan batarya sistemine uygulanmalıdır. Sürekli termal kamera izleme ile en az 10 saat boyunca soğutma işleminin sürdürülmesi hayati öneme sahiptir.

Özel Söndürücüler: AVD (Sulu Vermikülit Dispersiyonu) 51 ve Lith-Ex söndürücüler, lityum batarya yangınları için özel olarak tasarlanmış söndürme maddeleridir. 51 Watermist teknolojisi ve F500 söndürme maddesini içeren sistemler de etkili sonuçlar sağlayabilir.

Diğer Söndürücüler: Elektrikli şarj ünitesinde meydana gelen yangınlar için karbondioksit (CO2) veya kuru kimyevi toz (DCP) tipi söndürücüler kullanılabilir. Ancak, CO2 ve diğer kimyasalların batarya yangınlarında bataryayı soğutma, yeniden tutuşmayı engelleme ve hatta zehirli/patlayıcı gazların salınımına yol açma potansiyeli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Köpük uygulaması genellikle tavsiye edilmez.

- **Yangın Battaniyesi:** Elektrikli araç, alevlerin yayılmasını kontrol altına almak amacıyla bir yangın battaniyesi ile kaplanabilir.
- **Havalandırma:** Yangın bir binanın içinde meydana geldiğinde, havalandırmanın sağlanması ve egzoz sistemlerinin devreye alınması büyük önem taşımaktadır.
- **Profesyonel Müdahale:** Söndürme ekibinin kapasitesi aşıldığında, itfaiye çağrılmalı ve yangın alanları ile elektrik izolasyon tesisleri gibi tehlike bilgileri açık ve öz bir şekilde iletilmelidir.

Geleneksel yangın söndürme yöntemleri (alevleri tamamen bastırmak) elektrikli araç batarya yangınları için yetersiz kalabilir. Bu tür yangınlarda temel amaç, termal kaçakları durdurmak ve yeniden tutuşmayı önlemek için bataryayı uzun süre (10 saate kadar) soğutarak toksik gaz emisyonlarını kontrol altına almaktır. Bu durum, itfaiye ve hizmet ekiplerinin "yangını söndürme" yaklaşımından "yangını kontrol altına alma ve soğutma" yaklaşımına geçişini gerektirir. Lityum batarya yangınlarının yüksek sıcaklık ve yeniden tutuşma eğilimi göz önüne alındığında, yalnızca alevleri söndürmenin yeterli olmadığı ve bataryaların uzun süreli soğutulması ile termal kaçakların önlenmesinin öncelikli olduğu gerçeği, bu yeni felsefenin temelini oluşturmaktadır.



3.3. ELEKTRİK ÇARPMASI ACİL DURUM SENARYOSU VE İLK YARDIM UYGULAMALARI

Elektrik çarpması olaylarında en önemli nokta, kurtarıcının kendi hayatını tehlikeye atmamasıdır.

Kurtarıcının Güvenliği ve İzolasyonu: Mağduru akım kaynağından iletken olmayan bir cisimle (örneğin tahta) uzaklaştırmak gerekmektedir. Yüksek gerilime 20 metreden fazla yaklaşımdan kaçınılmalı ve mutlaka akımın kesilmesi beklenmelidir. Akımı kesmek için şalterin kapatılması, ortamın nemli veya ıslak olmaması, mümkünse lastik eldiven giyilmesi ve kurtarma sırasında iletken olmayan bir yüzeyde (örneğin tahta) durulması önem arz etmektedir.

İlk Yardım Uygulamaları (ABCD Protokolü):

	Acil Tıbbi Sisteminin (112) Etkinleştirilmesi	Hemen 112'yi arayarak acil tıbbi yardım talep edin.
	Hızlı Kalp Masajı	Eğer mağdur bilinçsizse ve nefes almıyorsa, gecikmeden hızlı bir şekilde kardiyopulmoner resüsitasyona (CPR) başlayın. Mümkünse otomatik harici defibrilatör (AED) kullanın.
	Giysilerin Çıkarılması	Yanmış giysiler, ayakkabılar ve kemerler, süre ısı temasını önlemek amacıyla derhal çıkarılmalıdır. ⁷
	Travma Yaklaşımı	Elektrik çarpmasına maruz kalan her hasta, travma hastası olarak değerlendirilmelidir ve omurga koruması sağlanmalıdır. ⁷
	Hastane Nakli	Elektrik akımına maruz kalan her hasta önceli bir sağlık kuruluşuna yatırılmalı ve muayene sonrasında ilgili merkezin izniyle taburcu edilmelidir. Yüksek voltaja maruz kalma, göğüs ve kafadan akım geçişi, sistemik semptomlar, anormal EKG bulguları veya aritmi şüphesi durumunda hastaneye yatış önerilmektedir. Elektrik çarpması vakalarında, dışarıdan görülebilen hasarların (cilt yanıkları) iç organ hasarını (kalp, sinir sistemi) tam olarak yansıtmayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum, kapsamlı tıbbi değerlendirme ve uzun süreli takibin (24-48 s EKG takibi) önemini artırmaktadır.

3.4. GAZ KAÇAĞI ACİL DURUM SENARYOSU VE MÜDAHALE YÖNTEMLERİ

Elektrikli araç servislerinde, özellikle klima sistemlerinden sızan soğutucu akışkanlar veya yakıt hücreli araçlardaki hidrojen sızıntıları nedeniyle gaz kaçakları oluşabilmektedir.

Gaz Kaçaklarının Çeşitleri ve Tehlikeleri:

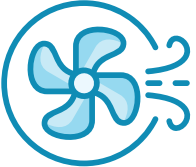
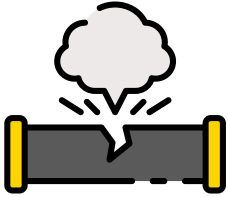
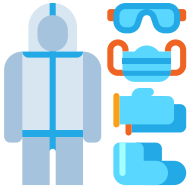
Soğutucu Gazlar: Modern elektrikli araç klimaları genellikle çevre dostu R-134a veya R-1234yf gazlarını kullanmaktadır. Ancak bazı soğutucular (örneğin R32, R600A) yanıcı olabilir ve kıvılcımlara maruz kaldıklarında belirli konsantrasyonlarda patlama riski taşımaktadır. Bu gazların solunması, akciğer tahrişi, pulmoner ödem, baş ağrısı, baş dönmesi ve kalp aritmileri gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir.

- **Hidrojen Gazı:** Yakıt hücreli elektrikli araçlarda hidrojen gazı kullanılmaktadır. Lityum iyon batarya yangınlarında da hidrojen gazı salınımı gerçekleşebilir. Hidrojen, havayla karıştığında son derece yanıcı ve patlayıcı bir özellik taşır. Kokusuz ve soluk alevi, varlığının tespitini zorlaştırabilir.

Soğutucuların veya hidrojenin kokusuz özellikleri ve soluk alevi, geleneksel yöntemlerle tespit edilmelerini güçleştirir. Bu durum, teknisyenlerin "görünmez bir tehdit" ile karşılaşmasına yol açar.



Müdahale Aşamaları:

	Panik Yapmayın ve İletin	İlk adım, sakin kalmak, bir güvenlik alanı oluşturmak ve gaz kaçağının meydana geldiği yerden ilgili personeli ve amirleri (örneğin Türkiye'de 187 Doğal Gaz Acil Hattı) güvenli bir mesafeden aramaktır.52
	Gaz Kaynağını Kapatın	Gaz vanasını kapatmak ve acil durdurma butonuna basmak gerekmektedir. 52
	Havalandırma	Alanı havalandırmak amacıyla kapı ve pencerelerin açılması önemlidir. Gaz havadan ağırsa, alçak ve تنها bölgelerden süpürülmelidir; daha hafifse, yukarıdan süpürülmelidir.
	Tutuşma Kaynaklarını Engelleyin	Kıvılcım çıkarabilecek aydınlatma ve iletişim araçlarını (elektrik anahtarları, cep telefonları, sigaralar) kullanmamak, elektrik anahtarlarını dokunmamak, telefon kullanmamak ve sigara kibrit/çakmak gibi açık alev kaynaklarından kaçınmak hayati önem taşımaktadır.52
	Tutuşmuş Gaz Kaçağı	Sızıntı kaynağından kesilebiliyorsa alev söndürülür ve sızıntı durdurulur. Gaz yangınlarına su ile müdahale edilmemelidir. Silindir gövdesinde sızıntı varsa, silindir açık bir alana alınmalı ve kontrollü bir şekilde boşaltılana kadar yanması sağlanmalıdır.
	KKD kullanımı	Müdahale öncesinde kişisel koruyucu ekipman (koruyucu maske, ağız/burun ıslak mendille kapatılması) kullanılmalıdır.52
	Zehirlenme Durumunda	Zehirlenen kişi derhal ortamdan uzaklaştırılmalı solunum sistemi kontrol edilmelidir. Eğer solunum durmuşsa, suni solunum uygulanmalı kişi kurtarma pozisyonuna getirilmelidir. Oksijen sağlanmalı, giysileri gevşetilmeli, sıcak tutulmalı ve en yakın sağlık kuruluşuna bildirilmelidir. 5



Gaz yangınlarına su ile müdahale etmek veya kıvılcım çıkarmak gibi hatalı eylemler, patlama riskini artırmakta ve bu durum, acil durum eğitimlerinin özellikle bu "yanlış müdahale" senaryolarına odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Gaz sızıntılarının "görünmez bir tehdit" haline gelmesi, gaz dedektörleri ve AR/VR tabanlı tehlike görselleştirme eğitimi gibi teknolojik çözümlerin önemini artırmaktadır.

Aşağıdaki tabloda elektrikli araç hizmetlerinde karşılaşılabilecek acil durum senaryolarına ilişkin özet müdahale akış şeması bulunmaktadır:

Acil Durum Senaryosu	İlk Adımlar (Bildirimler, Güvenlik)	Müdahale Yöntemleri (Söndürme/İzolasyon/İlk Yardım)	Sonrası (İzleme, Raporlama, Normalleştirme)
Ateş 	Sakin olun, alarmı devreye alın, itfaiyeyi (112) ve ilgili birimleri arayın, ayrıntılı bilgi verin, güvenli bir alan oluşturun (10-15 m).5	Elektriği izole edin (ana kesme düğmeleri), yüksek voltajlı kablolar kesmeyin. Uzun süreler boyunca suyla soğutun (termal kamera izleni ile 10 saat). AVD/Lith-Ex gibi özel söndürücüler kullanın. Yangın battaniyesiyle örtün. İç mekan havalandırmasını sağlayın.	Profesyonel itfaiye ekiplerini bekleyin ve onlara bilgi verin. 28 Tekrar tutuşma riski için sürekli izleme gerçekleştirin. 21 Olay raporu hazırlayın ve kök neden analizi yapın. 21
Elektrik Çarpması 	Kurtarıcının güvenliğini temin edin (iletken olmayan nesne, 20 m mesafe, elektrik kesintisi) 6 112'yi arayın. 7	Mağduru akım kaynağından uzaklaştırın, elektriği kesin ve izole bir zemine geçin. Bilinci yerinde değilse hızlı bir şekilde CPR uygulayın. Yanmış giysileri çıkarın ve travma hastası gibi yaklaşın.	Hastayı en yakın sağlık kuruluşuna yönlendirin. Yüksek voltaj veya sistemik semptomlar mevcutsa hastaneye yatırın ve 24-48 saat EKG izleme gerçekleştirin.
Gaz Kaçağı 	Panik yapmayın, güvenlik çemberi oluşturun ve ilgili birimleri arayın (örneğin, 187).52	Gaz vanasını kapatın, acil durdurma butonuna basın. Kapıları ve pencereleri açarak ortamı havalandırın. Tutuşturma kaynaklarını önleyin (elektrik anahtarları, telefon, sigara). Tutuşma durumunda kaynağı kapatın, su kullanmayın. Kişisel koruyucu donanım kullanın. Zehirlenen kişiyi ortamdaki uzaklaştırın ve ilk yardım uygulayın (solunum, oksijen).	Alanı havalandırın, gaz dedektörleriyle kontrol edin. Olay raporu oluşturun. Güvenlik önlemlerinin sürekli izlenmesi ve gözden geçirilmesi.

4. AR/VR TABANLI TEHLİKE TANIMA EĞİTİM MODÜLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN OPERASYONEL ADIMLAR

Geleneksel iş sağlığı ve güvenliği (İSG) eğitimi, bilginin akılda tutulması ve davranış değişikliği açısından bazı sınırlamalara sahip olabilir. Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, çalışanların risk algısını ve güvenli davranış alışkanlıklarını geliştirerek bu sınırlamaların üstesinden gelmek için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu bölüm, AR/VR tabanlı bir tehlike tanıma eğitim modülünün geliştirilmesine yönelik adım adım süreçleri açıklayacaktır.

4.1. EĞİTİM İHTİYAÇ ANALİZİ VE HEDEFLERİN BELİRLENMESİ

Modül geliştirme sürecinin ilk ve en önemli aşaması, kapsamlı bir ihtiyaç analizi gerçekleştirmektir.

- **Mevcut Durum Analizi:** Geleneksel İSG eğitimlerinin etkinliği, bilgi tutma konusundaki sınırlamalar ve öğretmenler/eğitmenler arasında AR/VR teknolojileriyle ilgili bilgi eksikliği değerlendirilmektedir. En sık karşılaşılan tehlikeleri ve ilgili bilgi veya beceri boşluklarını belirlemek amacıyla mevcut kaza verileri ve kıl payı atlatılan olaylar incelenmektedir.
- **Hedef Kitle Belirleme:** Elektrikli araç servis teknisyenleri (yeni işe alınanlar ve deneyimli personel) ile eğitim alacak İSG yöneticileri gibi çeşitli grupların ihtiyaçları, öğrenme stilleri ve mevcut bilgi düzeyleri tespit edilir. Örneğin, yeni işe alınanlar için temel tehlike tanıma, deneyimli personel için ise karmaşık acil durum senaryoları hedeflenebilir.
- **Eğitim Hedefleri:** Yüksek voltaj tehlikelerini tanıma, uygun kişisel koruyucu donanımı (KKD) seçme ve kullanma, Kilitleme/Etiketleme (LOTO) prosedürlerini uygulama, acil durum müdahale becerilerini geliştirme ve genel risk farkındalığını artırma gibi belirli, ölçülebilir ve ulaşılabilir hedefler belirlenmektedir.

4.2. İÇERİK GELİŞTİRME VE SENARYO TASARIMI

Belirlenen ihtiyaçlar ve hedefler doğrultusunda eğitim içerikleri ile senaryoları tasarlanmaktadır.

Tehlike Tanıma Senaryoları: Gerçek hizmet ortamlarından veya potansiyel risk taşıyan alanlardan tehlike senaryoları titizlikle tasarlanır. Bu senaryolar arasında hasarlı yüksek gerilim kabloları, akü sızıntıları, hatalı park edilmiş araçlar, arızalı şarj ekipmanları, gaz sızıntıları gibi durumlar yer alabilir. Senaryolar, teknisyenlerin karşılaşabileceği gerçek dünya sorunlarını yansıtmalıdır.

Etkileşimli Öğrenme Modülleri:

- **VR Modülleri:** Tehlikeli görevler (örneğin, yangın senaryoları, elektrik çarpması simülasyonları, kimyasal sızıntılar) güvenli bir sanal ortamda deneyimlenmektedir. Bu modüller, kullanıcılara gerçek dünya riskleri olmaksızın kritik karar verme ve müdahale becerilerini geliştirme fırsatı sunar. Örneğin, bir batarya yangınına müdahale etmek veya elektrik çarpması durumunda ilk yardım uygulamak sanal bir ortamda gerçekleştirilebilir.
- **AR Modülleri:** Dijital bilgiler (yüksek voltaj uyarıları, KKD kullanım talimatları, LOTO noktaları, tehlikeli gaz tespiti, aşırı ısınmış bileşenler) gerçek servis ortamına entegre edilerek anında rehberlik ve tehlike görselleştirmesi sunulmaktadır. Örneğin, bir aracın yüksek voltajlı bileşenlerinin AR gözlükleriyle işaretlenmesi, teknisyenlerin görünmez tehlikeleri tespit etmelerine yardımcı olabilir.
- **Geri Bildirim ve Değerlendirme Mekanizmaları:** Kullanıcı performansını değerlendiren, hataları tespit eden ve düzeltici eylemler öneren sistemler entegre edilmiştir. Anlık geri bildirim, öğrenme sürecini hızlandırır ve hataların tekrarlanmasını engeller.

4.3. TEKNİK ALTYAPININ GELİŞTİRİLMESİ VE ENTEGRASYONU

Eğitim modülünün teknik gereksinimleri tanımlanır ve geliştirme süreci başlatılır.

Yazılım Platformu Seçimi: Simülasyon yazılımları, Unity gibi güçlü fizik motorları ve C# ile Javascript gibi programlama dilleri kullanılarak geliştirilir. Havelsan'ın H-ARF (Artırılmış Gerçeklik Platformu) gibi çözümler, çeşitli işletim sistemlerinde uygulama geliştirmeye imkan tanıyan modüler bir altyapı sunar.

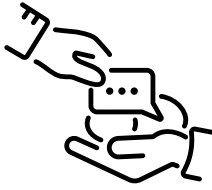
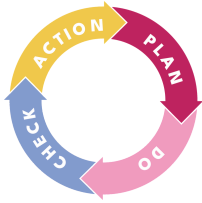
Donanım Seçimi: Hedeflenen deneyim ve bütçeye göre VR kulaklıklar (örneğin, Oculus, HTC Vive), AR gözlükler (örneğin, Microsoft HoloLens) veya akıllı telefonlar/tabletler gibi donanımlar tercih edilir.

Veritabanı Entegrasyonu: Eğitim verileri (katılım, performans, hata oranları, senaryo tamamlama süreleri) MySQL gibi veritabanlarına kaydedilerek bireysel ve kolektif ilerlemenin izlenmesi ve raporlanması sağlanır. Bu veriler, eğitim etkinliğinin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi gereken alanların tespitinde kullanılır.

Mevcut İSG Yönetim Sistemleriyle Entegrasyon: Geliştirilen modülün, şirketin mevcut İSG yönetim sistemleriyle (örneğin ISO 45001) entegre edilmesi amaçlanmaktadır. Bu entegrasyon, eğitim verilerinin genel güvenlik performansı ile ilişkilendirilmesine olanak tanır.

4.4. PİLOT UYGULAMA, DEĞERLENDİRME VE SÜREKLİ GELİŞTİRME

Geliştirilen modülün gerçek dünya koşullarında test edilmesi ve sürekli iyileştirme sürecine tabi tutulması büyük önem taşımaktadır.

	Pilot Eğitimi	Geliştirilen modül, sınırlı bir hedef kitle üzerin pilot olarak uygulanmaktadır. Bu aşamada, modülün teknik performansı, kullanılabilirliği eğitim hedeflerine ulaşma düzeyi değerlendirilmektedir.
	Performans Değerlendirmesi	Simülasyonda toplanan veriler aracılığıyla katılımcıların tehlike tanıma, karar verme ve müdahale yetenekleri değerlendirilmektedir; oranları, yanıt süreleri ve doğru prosedür uygulama yüzdeleri analiz edilmektedir.
	Geri Bildirim Toplama Süreci	Katılımcılardan ve eğitmenlerden kullanıcı deneyimi, teknik sorunlar, içerik kalitesi ve eğitim modülünün genel etkinliği hakkında kapsamlı geri bildirimler toplanmaktadır.
	İyileştirme Süreci	Modül, toplanan veriler ve geri bildirimler doğrultusunda sürekli olarak geliştirilmekte v güncellenmektedir. Bu sayede içerik güncel kalmakta, teknik sorunlar çözülmekte ve kullanıcı deneyimi optimize edilmektedir.

AR/VR tabanlı eğitim, yalnızca bilgi aktarımını değil, aynı zamanda çalışanların "risk algısını" ve "güvenli davranış" alışkanlıklarını da dönüştürebilir. Geleneksel yöntemler yalnızca "bilgi" sağlarken, AR/VR "deneyim" sunar. Bu deneyim, çalışanların tehlikeli durumları "gerçekmiş gibi" yaşamalarını sağlayarak risk farkındalığını artırır ve güvenli davranışları pekiştirir. Sonuç olarak, amaç yalnızca "ne yapılması gerektiği" değil, "neden yapılması gerektiği" konusunda da bir anlayış geliştirmek ve bu da davranış değişikliğine yol açar. Bu, bilginin kalıcılığını ve gerçek hayatta uygulama oranlarını önemli ölçüde artırır.

Aşağıdaki tablo, AR/VR tabanlı tehlike tanıma eğitim modülünün geliştirilme sürecini ve temel bileşenlerini özetlemektedir.



Sahne	Alternatif Adımlar	Temel Faaliyetler	AR/VR Entegrasyonu	Beklenen Sonuçlar
İhtiyaç Değerlendirme	Mevcut Durum Değerlendirmesi, Hedef Kitle Tanımlaması, Eğitim Amaçlarının Belirlenmesi	Kaza/kırık kaza verilerini analiz edin, anketler ve görüşmeler gerçekleştirin, İSG uzmanlarının görüşlerini derleyin.	Potansiyel eğitim alanlarını belirlemek amacıyla riskleri ve tehlikeleri üç boyutlu olarak görselleştirin.	Net eğitim hedefleri, hedef kitle profili ve önceliklendirilmiş risk senaryoları.
2. İçerik Geliştirme	Tehlike Tanıma Senaryoları, Etkileşimli Öğrenme Modülleri, Geri Bildirim Sistemleri	Gerçekçi senaryolar, 3D modelleme, animasyonlar, etkileşimli görev akışları ve hata senaryoları oluşturun.	VR ile tehlikeli durumları güvenli bir ortamda deneyimleyin. AR ile gerçek ortama dijital bildirimler ve yönlendirmeler ekleyin.	Detaylı senaryo belgeleri, 3D varlık kütüphanesi, etkileşimli eğitim modülleri.
3. Teknik Altyapı	Yazılım Platformu Tercihi, Donanım Tercihi, Veritabanı Entegrasyonu, Mevcut Sistem Entegrasyonu	Unity/C#/Javascript ile yazılım geliştirin. VR/AR gözlükleri edinin. MySQL veritabanını kurun. ISO 45001 ile entegre edin.	Simülasyonun teknik altyapısını oluşturun. Gerçekçi fizik ve görselleştirme sunun.	Fonksiyonel yazılım, uyumlu donanım, veri kayıt sistemi ve entegrasyon altyapısı.
4. Pilot Uygulama	Pilot Eğitimi, Performans Değerlendirmesi, Geri Bildirim Toplama, İyileştirme Süreci	Küçük bir grupla test eğitimi gerçekleştirin. Katılımcıların performansını değerlendirin. Anketler ve görüşmeler aracılığıyla geri bildirim toplayın.	Gerçekçi koşullar altında kullanıcı deneyimini ve eğitim etkinliğini analiz edin.	Modül geliştirme raporu, revize edilen senaryolar, teknik düzeltmeler.



5. POSTER TASARIMI: “ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİSİNDE GÜVENLİ ÇALIŞMA KILAVUZU”

Güvenlik posterleri, önemli güvenlik bilgilerini görsel ve özlü bir biçimde iletmenin etkili bir yoludur. Bu bölümde, güvenlik posterlerinin amacı, etkinliğini artıran temel tasarım ilkeleri ve "*Elektrikli Araç Servisinde Güvenli Çalışma Rehberi*" başlıklı poster için tasarım önerileri ele alınacaktır.

5.1. GÜVENLİK POSTERLERİNİN HEDEFİ VE ETKİSİ

Güvenlik posterleri, çalışanların dikkatini çekmek, güvenlik mesajlarını güçlendirmek, eğitimi desteklemek, farkındalığı artırmak ve işyerinde olumlu bir güvenlik kültürü oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır.

Amaç: Posterler, belirli güvenlik sorunlarını vurgulamalı, gerçek sorunları hedef almalı ve olumlu eylemleri teşvik etmelidir. Eğitimde sunulan bilgileri görsel olarak pekiştirerek, çalışanların güvenlik kurallarını hatırlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olurlar.

Etkinliği Artırma Yöntemleri:

- **Yerleştirme ve Rotasyon:** Posterler düzenli olarak farklı konumlara taşınmalı ve sıkça görüldükleri çeşitli "sıcak noktalara" (tuvaletler, mola odaları, girişler, zaman saatleri, asansörler) yerleştirilmelidir. Aynı yerde uzun süre bırakılan posterler zamanla gözden kaybolur.
- **Güncelleme Sıklığı:** Çoğu güvenlik uzmanı, posterlerin düzenli olarak değiştirilmesinin etkinliği artırdığına inanmaktadır. Yeni renkler, görseller ve sloganlar dikkat çekmektedir.
- **Açık ve Tek Mesaj:** Posterler, tek bir açık ve anlaşılır mesaj içermelidir. Karmaşık ifadelerden ve aşırı bilgi yüklemesinden kaçınılmalıdır.
- **Mizah Kullanımı:** Uygun olduğunda mizah, mesajın akılda kalıcılığını artırabilir. Ancak mizah, her güvenlik konusu için uygun olmayabilir.



5.2. TEMEL TASARIM PRENSİPLERİ

Etkili bir güvenlik posteri tasarlarırken, görsel iletişim ilkeleri dikkate alınmalıdır.

Görsel Hiyerarşi ve Net Mesaj: Tasarımda hiyerarşi, önemli bilgilerin (başlık, ana mesaj) görsel ağırlık, boyut, renk veya konum ile vurgulanmasını sağlar. Mesajın okunabilir, anlaşılır ve net olması, gereksiz karmaşadan kaçınılmasını gerektirir.

Renk, Denge, Kontrast ve Özgünlük: Parlak renkler ve yüksek kontrast dikkat çekici olabilir, ancak aşırıya kaçılmamalıdır. Görsel ağırlığın dengeli dağılımı (simetrik veya asimetrik denge) estetik bir görünüm oluşturur. Özgün görseller ve temalar, çalışanların posteri fark etmesine yardımcı olur.

Hedef Kitleye Uygunluk ve Olumlu Yaklaşım: Mesaj, hedef kitlenin (teknisyenler, yeni çalışanlar) bilgi seviyesine uygun olmalı ve deneyimli çalışanlara karşı küçümseyici bir dil kullanılmamalıdır. Olumlu, cesaretlendirici bir ton benimsenmeli ve "yap" mesajları "yapma" mesajlarına tercih edilmelidir.

Görsel Okuryazarlık ve Kültürel Uygunluk: Güvenlik posterlerinin etkinliği, yalnızca teknik tasarım ilkelerine değil, aynı zamanda hedef kitlenin "görsel okuryazarlık" düzeyine ve çalışma ortamının "kültürel dinamiklerine" de bağlıdır. Örneğin, mizah kullanımı her ortamda veya her güvenlik konusu için uygun olmayabilir. Posterler, yalnızca bilgi iletmekle kalmamalı, aynı zamanda çalışanların değerlerini ve algılarını dikkate alarak bir güvenlik "kültürü" oluşturma amacına da hizmet etmelidir. Bu, posterlerin bir iletişim aracı olarak yalnızca bilgi sunmakla kalmayıp, güvenlik kültürünü yansıtmayı ve şekillendirmesi gerektiği anlamına gelir.



5.3. “ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİSİNDE GÜVENLİ ÇALIŞMA REHBERİ” POSTER TASARIMI İÇİN ÖNERİLER

"Elektrikli Araç Servisinde Güvenli Çalışma Rehberi" başlıklı poster için aşağıdaki tasarım önerileri göz önünde bulundurulabilir:

İçerik Merkezli:

- **Yüksek Voltaj Uyarıları:** Turuncu yüksek voltaj kablolarının görselleri 9, tehlikeli voltaj seviyeleri (örn. "400V+", "800V+") 2 ve servis fişi/bağlantı kesme anahtarının konumu ve önemi.
- **KKD Kullanımı:** Yalıtımlı eldivenler, yüz siperlikleri, ark dereceli giysiler ve yalıtımlı ayakkabılar gibi temel KKD'lerin net ve anlaşılır görselleri ile kısa kullanım talimatları.
- **LOTO Prosedürü:** Kilitleme/Etiketleme cihazlarının (kilit, etiket) basit görselleri ile "ENERJİYİ KESİN!" ve "ÇALIŞTIRMAYIN!" gibi açık uyarılar.
- **Acil Durum Numaraları:** İtfaiye (112), Ambulans (112), Gaz Acil Durumu (187) gibi önemli acil durum numaraları net bir şekilde belirtilmelidir.
- **Batarya Güvenliği:** Batarya sıcaklığı, ideal şarj seviyesi (%20-%80), mekanik hasar uyarıları ve termal kaçak belirtileri (duman, koku).
- **Tek El Kuralı / Yalnız Çalışmanın Yasaklanması:** Bu kuralları ifade eden basit semboller veya metinsel hatırlatmalar.

Görsel Unsurlar ve Sloganlar:

- Açık, sade ve dikkat çekici simgeler ile piktogramlar tercih edilmelidir.⁵⁸
- Minimalist tasarım ve "az çoktur" prensibi benimsenmelidir.⁵⁵
- Kısa ve akılda kalıcı sloganlar tercih edilmelidir (örneğin, "Yüksek Gerilim, Yüksek Alarm!", "Güvenlik Sizin Elinizde!", "Önce Güvenlik, Sonra Hizmet!").
- Hedef kitlenin (teknisyenlerin) dikkatini çekecek gerçekçi veya karikatürize görseller tercih edilebilir.
- Renk paleti, uyarı ve tehlike renklerini (sarı, turuncu, kırmızı) içermeli, ancak genel olarak sade ve profesyonel bir görünüm sunmalıdır.
- **Yerleştirme Stratejileri:** Posterler, hizmet alanı girişleri, mola odaları, şarj istasyonları ve tehlikeli bölgelerdeki yüksek voltajlı ekipmanların yakınları gibi stratejik konumlara yerleştirilmelidir. Mesajın güncelliğini ve farkındalığını sağlamak amacıyla posterlerin düzenli olarak değiştirilmesi ve güncellenmesi önerilmektedir.

• •
• •
• •
• •
• •
• •

Örnek Poster Tasarımı (Metinle Açıklamalı):

Poster Başlığı: Elektrikli Araç Bakımında Güvenli Çalışma Kılavuzu

Tasarım Konsepti: Minimalist ve simge odaklı, mesajların hızlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Ana renkler: Koyu mavi (arka plan), parlak turuncu (yüksek voltaj/uyarı), beyaz (metin), sarı (dikkat).

Üst Kısım (Başlık ve Logo Bölgesi):

- **Başlık:** "ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİSİNDE GÜVENLİ ÇALIŞMA REHBERİ" (Büyük, kalın, beyaz yazı tipi)
- **Altyazı/Slogan:** "Yüksek Gerilim, Yüksek Alarm! Güvenlik Sizin Kontrolünüzde." (Daha küçük, beyaz yazı tipi)
- Sağ üst köşede şirket logosu veya İSG amblemi.

Orta Bölüm (Ana Mesaj Alanları - Üç Sütun Düzeni):

Sütun 1: YÜKSEK GERİLİM EMNİYETİ

Simge: Yüksek voltajı temsil eden parlak turuncu şimşek sembolü.

Metin:

- "400V -800V+" (Büyük, turuncu yazı tipi)
- "Turuncu Kablolar: Yüksek Gerilim!"
- "Servis fişini alın, 5 dakika bekleyin!"
- "Yüksek Gerilim Kablolarını Kesmeyin!"
- "Tek El Kuralını Uygula."
- "Asla Yalnız Çalışmayın!"

Sütun 2: Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)

İkon: Kask, eldiven, gözlük simgeleri.

Metin:

- "Doğru KKD Hayat Kurtarır!"
- Yalıtımlı Eldivenler: EN 60903 (Sınıfa uygun)
- Yüz Siperliği/Siperlikli Kask: Arka Flaşa Karşı
- Ark Dereceli Giysiler: ATPV/EBT Değerini Kontrol Edin
- Yalıtımlı Ayakkabılar: S3 Standardı
- Solunum Maskesi: Zehirli Gazlara Karşı
- "Her Kullanımdan Önce Kişisel Koruyucu Donanımınızı Kontrol Edin."

SAFE WORK GUIDE IN ELECTRIC VEHICLE SERVICE



High Voltage, High Alert! Safety in Your Hands.

HIGH VOLTAGE SAFETY



**400V
-800V+**



**Pull Service
Plug,
Wait 5 Minutes!**



**Never Cut
High Voltage
Cables!**

**Orange
Cables:
High
Voltage!**



**Apply One
Hand Rule.**



**Never
Work Alone!**



Sütun 3: ACİL DURUM VE MÜDAHALELER

Simge: Alev, elektrik akımı, gaz sembolleri.

Metin:

- "Panik Yapmayın! Derhal Harekete Geçin!"
- Yangın: "İtfaiyeyi (112) arayın."
- "Su ile soğutun (10 saatlik termal kamera izleme)."
- "AVD/Lith-Ex yangın söndürücü kullanın."
- Elektrik Çarpması: "Ambulansı (112) arayın."
- "Elektriği kesin, ilk yardım (CPR) uygulayın."
- Gaz Sızıntısı: "Gaz Acil Servisi'ni (187) arayın."
- "Alanı havalandırın, kıvılcım oluşumunu engelleyin."
- "Acil Durum Planınızı Tanıyın, Tatbikatlara Katılın."

Alt Bölüm (Ek Bilgiler ve İletişim):

- "Üretici Talimatlarını Takip Edin."
- "Risk Değerlendirmesi ve LOTO İşlemleri Kritik Öneme Sahip."
- "Daha Fazla Bilgi İçin İSG Uzmanıyla İletişime Geçin."
- Şirketin iletişim bilgileri veya İSG departmanının iletişim bilgileri.

Bu poster tasarımı, elektrikli araç hizmetlerinde görev yapanlar için temel riskleri ve alınması gereken önlemleri hem görsel hem de metinsel olarak etkili bir şekilde iletmeyi hedeflemektedir. Açık simgeler, dikkat çekici renkler ve kısa, eyleme yönelik mesajlarla, çalışanların farkındalığını artıracak ve güvenli çalışma alışkanlıklarını pekiştirecektir.



SAFE WORK GUIDE IN ELECTRIC VEHICLE SERVICE



High Voltage, High Alert! Safety in Your Hands.

HIGH VOLTAGE SAFETY



400V–800V+

**Orange Cables:
High Voltage!**

**Pull Service Plug,
Wait 5 Minutes!**

**Never Cut
High Voltage Cables!**

**Apply One
Hand Rule.**

Never Work Alone

PERSONAL PROTECTION



**Wear Insulating
Gloves!**

Use Safety Footwear!

**Always Wear
Eye Protection!**

**Choose Protective
Clothing!**

**Wear Required
Respirator**

Never Work Alone

EMERGENCY AND INTERVENTION



Don't Panic! Act Now!

Fire:

Call Fire Dept (112)

**Cool with Water
(10 Hre Thermal
Camera Monitor).**

**Use AVD/Lith-Ex
Extinguisher.**

Electric Shock:

Call Ambulance (112).

**Cut Power, Administer
First Aid (CPR).**

Gas Leak:

Call Gas Emergency (87).

**Ventilate Area,
Avoid Sparks.**

**Know Your Emergency
Plan, Participate in Drills**

Follow Manufacturer Instructions.

**Risk Assessment and LOTO Procedures
Are Vital.**

Consult OHS Expert for More Information.

**Company contact information or OHS department contact
information**



6. SONUÇ VE KAPSAMLI TAVSİYELER

Elektrikli araç servis operasyonları, otomotiv sektörünün geleceğini temsil etmesine rağmen, geleneksel yöntemlerle yönetilmesi güç olan yeni ve karmaşık iş sağlığı ve güvenliği risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu raporun bulguları, bu risklerin çok boyutlu yapısını (yüksek voltaj, termal kaçak, ark parlaması, kimyasal maruziyet, ergonomik zorlanmalar) ve potansiyel domino etkilerini ortaya koymuştur. Bu risklerin etkili bir şekilde yönetilmesi, yalnızca yasal uyumluluğu değil, aynı zamanda proaktif bir güvenlik kültürü ve sürekli iyileştirmeye odaklanan bütünlük bir yaklaşımı da gerektirmektedir.

6.1. TEMEL BULGULARIN ÖZETİ VE ENTEGRE YAKLAŞIM

Elektrikli araç hizmetlerinde karşılaşılan temel riskler ve bunlara yönelik stratejiler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **Yüksek Voltaj Riskleri ve KKD:** Elektrikli araçlardaki yüksek voltajlı sistemler (400V-800V ve üzeri), elektrik çarpması, ark parlaması ve termal kaçak gibi ciddi tehlikeler yaratmaktadır. EN 60903 standartlarına uygun yalıtımlı eldivenler, ASTM F1959/IEC 61482 standartlarına uygun ark korumasına sahip giysiler, yüz siperlikleri ve yalıtımlı ayakkabılar gibi özel kişisel koruyucu ekipmanların kullanımı bu risklere karşı zorunludur. KKD'yi yalnızca bir ürün olarak değil, bir "koruma sistemi" olarak değerlendirmek ve düzenli bakımını sağlamak hayati önem taşır.
- **Güvenli Çalışma Prosedürleri:** Enerji izolasyonu ve Kilitleme/Etiketleme (LOTO) prosedürleri, beklenmedik enerji salınımlarını önlemek amacıyla temel idari kontrol yöntemleridir. "Tek el kuralı" ve "asla yalnız çalışma" prensipleri, özellikle yüksek riskli elektrik işlerinde, olası kazaların etkilerini azaltmak ve anında müdahaleyi sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Tüm işlemler, hızlı teknolojik gelişmelere uyum sağlamak için üretici talimatlarına titizlikle bağlı kalarak gerçekleştirilmelidir.
- **Risk Analizi ve Çevresel Faktörler:** Yangın, kimyasal (özellikle batarya elektrolitleri ve soğutucu akışkanlar), ergonomik (ağır batarya kullanımı) ve mekanik riskler için servis alanlarında kapsamlı risk değerlendirmeleri (örneğin, Hata Ağacı Analizi) gerçekleştirilmelidir. Şarj alanlarının fiziksel olarak ayrılması, mekanik hasara karşı koruma sağlanması ve lityum iyon bataryaların uygun bir şekilde bertaraf edilmesi gibi önlemler alınmalıdır.

• •
• •
• •
• •
• •
• •



Acil Durum Yönetimi: Yangın, elektrik çarpması ve gaz kaçağı gibi acil durumlar için kapsamlı ve önceden hazırlanmış eylem planları oluşturulmalıdır. Elektrikli araç yangınlarının yüksek sıcaklık, zehirli gaz salınımı ve yeniden tutuşma eğilimi gibi kendine özgü özellikleri nedeniyle, "söndürme" yerine "kontrol ve soğutma" stratejisi (özellikle suyla uzun süreli soğutma) benimsenmelidir. Elektrik çarpması durumlarında, kurtarıcının güvenliği ve profesyonel tıbbi müdahale ile hızlı CPR (Kalp-Akciğer Canlandırması) en önemli unsurlar iken, gaz kaçağı durumlarında tutuşma kaynaklarının önlenmesi ve havalandırmanın sağlanması önceliklidir.

- **AR/VR Destekli Eğitim:** Geleneksel eğitimin sınırlılıkları göz önüne alındığında, AR/VR tabanlı simülasyonlar, tehlike tanıma, risk farkındalığı ve acil durum müdahale becerilerini geliştirmede devrim niteliğinde bir potansiyel sunmaktadır. Bu teknolojiler, çalışanların riskleri "deneyimsel" bir şekilde öğrenmelerini sağlayarak bilgi birikimini artırmakta ve güvenli davranışları pekiştirmektedir. AR/VR, aynı zamanda gerçek zamanlı bir risk analizi ve durum farkındalığı aracı olarak da işlev görebilir.
- **Yasal Düzenlemelere Uyum:** Türkiye'de, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK) tarafından belirlenen "Akü Elektrikli ve Hibrit Araç Bakım ve Onarımcısı" ulusal meslek standartları, TSE standartları ve uluslararası standartlar (OSHA, NFPA, ISO 45001) bu alandaki temel yasal çerçeveyi oluşturmaktadır. Asgari düzeyde güvenliğin sağlanması amacıyla bu düzenlemelere uyum zorunludur.

6.2. SÜREKLİ GELİŞİM, EĞİTİM VE GELECEĞE DAİR BAKIŞ AÇILARI

Elektrikli araç teknolojileri sürekli olarak evrildiğinden, İSG stratejilerinin de dinamik ve uyumlu bir şekilde gelişmesi gerekmektedir.

- **Sürekli İyileştirme:** İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) yönetim sistemleri (ISO 45001), sürekli bir iyileştirme döngüsü içinde olmalıdır; risk değerlendirmeleri düzenli olarak güncellenmeli ve teknolojik gelişmeler (katı hal bataryaları, gelişmiş batarya yönetim sistemleri) titizlikle izlenmelidir. Bu sayede yeni riskler öngörülebilir ve proaktif önlemler alınabilir.
- **Eğitim ve Yeterlilik:** Elektrikli araç teknisyenlerinin sürekli ve uzmanlaşmış eğitim alması son derece önemlidir. MYK gibi kuruluşlar tarafından sağlanan yeterlilik belgeleri, bu alandaki yeterliliği standartlaştırmaktadır. AR/VR teknolojilerinin bu eğitimlerin etkinliğini artırma potansiyeli tam anlamıyla değerlendirilmelidir. Eğitim, yalnızca teknik bilgi değil, aynı zamanda pratik beceriler ve karar verme yeteneklerini de geliştirmeyi amaçlamalıdır.

- 
- **Proaktif Güvenlik Kültürü:** Sadece kurallara uymakla kalmayıp, aynı zamanda çalışanların risk farkındalığını artırarak ve onları güvenlik süreçlerine dahil ederek proaktif bir güvenlik kültürü oluşturmak son derece önemlidir. Bu yaklaşım, çalışanların güvenliği kendi sorumlulukları olarak algılamalarını sağlar ve iş yerinde güvenli davranışları teşvik eder. Güvenlik posterleri gibi görsel iletişim araçları, bu kültürü pekiştirmede kritik bir rol oynamaktadır.
 - **Geleceğe Bakış:** Elektrikli araç teknolojilerinin (örneğin, kablosuz şarj, akıllı şarj yönetimi) ilerlemesiyle birlikte yeni riskler ortaya çıkabilir ve İSG stratejilerinin buna uygun olarak güncellenmesi gerekebilir. Araştırma ve geliştirme faaliyetleri, daha güvenli batarya teknolojilerine ve yangınla mücadele yöntemlerine odaklanmalıdır.

Sonuç olarak, elektrikli araç servis operasyonlarında iş sağlığı ve güvenliği, çok katmanlı ve sürekli gelişen bir alandır. Kapsamlı risk analizi, kişisel koruyucu ekipmanların doğru kullanımı, titizlikle uygulanan çalışma prosedürleri, etkili acil durum planlaması ve AR/VR destekli yenilikçi eğitim yaklaşımlarının entegrasyonu, bu alandaki güvenlik standartlarını en üst düzeye çıkarmak için elzemdir. Bu entegre ve proaktif yaklaşım, hem çalışanların sağlık ve güvenliğini koruyacak hem de elektrikli araç sektörünün sürdürülebilir büyümesine katkıda bulunacaktır.



Referanslar

- 1 tedas.gov.tr, "İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği".
- 2 carsguide.com.au, "400V ve 800V: Farkları Nelerdir? Elektrikli Araç Batarya Voltajı Açıklaması".
- 3 neware.net, "Araç Akü Voltajları".
- 4 bluepowertr.com, "Elektrikli araçlar için mevcut şarj seviyeleri nelerdir?".
 - 5 sssjournal.com, "Tamamen Elektrikli Araçlarda Yangınla Mücadele Eden İtfaiyecilerin Analizi".
 - 6 anesteziweblne.com, "Yüksek voltajlı elektrik akımına maruz kalma".
 - 7 tkd.org.tr, "İleri Kardiyak Yaşam Desteği Eğitimi / Elektrik".
- 8 ownersmanual.kia.com, "Elektrikli araçlar için ek önlemler".
 - 9 yanginsempozyumu.org, "Yangın Sempozyumu 2022".
- 10 skanwear.com, "ASTM F1959".
- 11 marinatextil.com, "ASTM F1959/F Koruma Kumaşı Standardı".
- 12 basnet.com.tr, "Lityum pil yangın söndürme".
- 13 dergidergi.org.tr, "Elektrikli Araçların Yapısı ve Yangın Tehditleri".
- 14 skywell.com.tr, "Elektrikli araçlar hangi voltajda çalışır".
 - 15 spinny.com, "EV Bakımında En İyi Uygulamalar".
 - 16 emo.org.tr, "EKED-LOTO".
 - 17 portal.myk.gov.tr, "16UMS0517-4 Rev 01 Akülü Elektrikli ve Hibrit Araç Bakım ve Onarım Uzmanı".
- 18 csgb.gov.tr, "MTA KKD Kılavuzu".
- 19 usakisg.meb.gov.tr, "EK-4 KKD EN STANDARTLAR KILAVUZU.doc".
- 20 jbtools.com, "Elektrikli Araç Projeleri için Güvenlik Ekipmanları ve En İyi Uygulamalar".
- 21 otokocotomotiv.com.tr, "Otokoc Otomotiv Acil Durum Planı".
- 22 ekedpronet.com, "OSHA".
- 23 blog.komponentci.net, "Elektriksel Güvenlik Ölçüm Cihazlarının Kullanımında Dikkat Edilmesi Gerekenler".
- 24 isgfrm.com, "Gece Vardiyasında Elektrikçi Personelinin Bulundurulması".
- 25 calismaortami.fisek.org.tr, "Bireysel Çalışma ve İş Güvenliği".
- 26 wirechiefelectric.com, "Elektrik İşlerini Kendi Başınıza Yapmamanızın Nedenleri".
- 27 hrphoenix.com, "Elektrik İşleri İçin Profesyonel Birini Tutmamanın 9 Riski".
- 28 isgTurkiye.com, "Elektrikli araç yangınları için güvenlik önerileri".
- 29 mtegm.meb.gov.tr, "MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ ALANI/KALFALIK/OTOMOTİV_ELEKTRİKÇİ.docx".
- 30 kalite.uludag.edu.tr, "Elektrikli El Aletleri Kullanım Kılavuzu".
- 31 lexpera.com.tr, "TEİAŞ İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği".
- 32 intertek-turkey.com, "ISO 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi".
- 33 elektriktesisatportali.com, "Hata ağacı analizi kullanılarak elektrikli araç yangın risk değerlendirme çerçevesi Bölüm 1".





34 safezonejournal.com, "İşyerlerindeki En Önemli Teknolojik Tehlike: Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonları".

35 oshwiki.osha.europa.eu, "Elektromobilite".

36 klimamontaj.com.tr, "Klima gaz kaçağının nasıl tespit edileceği".

37 klimasistemi.com, "Araçlarda Elektrikli Klima Gazı Değiştirilirken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar".

38 macsmobileairclimate.org, "HFO-1234yf İçin Özel Güvenlik Prosedürleri".

39 forum.donanimhaber.com, "Hangi Klima Tercih Edilmeli: R32 Gaz ve R410 Gaz Arasındaki Farklar".

40 nj.gov, "1,1,2-Trikloro-1,2,2-Trifloroetan Tehlikeli Madde Bilgi Formu".

41 hpkon.net, "Hidrojen Gaz Yakıtlarının İletimi ve Depolanmasında Uygulanacak Güvenlik Kuralları ve Önlemleri".

42 ugetam.istanbul, "Doğalgaz Yangın Müdahale Yöntemleri".

43 journalwjarr.com, "Tehlike Tanımlama Risk Değerlendirmesi için Gelişmiş Gerçeklik".

44 frontiersin.org, "İSG'de XR'nin Kabulü".

45 safedrivingssimulator.com, "Sanal gerçeklik temelli simülasyon uygulamaları".

46 havelan.com, "Simülasyon ve Eğitim Teknolojileri Kataloğu".

47 simovate.com, "Üretim süreçlerinin sanal ortamda VR ve AR ile test edilmesi".

48 pixcap.com, "Eğitim ve Öğretimde Artırılmış Gerçeklik".

49 safezonejournal.com, "Sanal Gerçeklik ve Risk Farkındalığı: VR ve AR Tabanlı İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi".

50 isosenerji.com, "Elektrikli araç şarj istasyonlarında güvenlik önlemleri".

51 protek.gen.tr, "AVD taşınabilir lityum iyon pil yangın söndürücü su bazlı vermikülit dispersiyonu".

52 tahliyeplanlari.com, "ADP CHP07 Gaz Kaçağı MEB".

53 baskentdogalgaz.com.tr, "Acil Durumlar".

54 yegitek.meb.gov.tr, "Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Değerlendirilmesi".

55 compliancesigns.com, "Güvenlik Posterlerinin Kullanım Nedenleri".

56 seekurico.be, "Garantili Etkili Güvenlik Afişleri".

57 dendro.com.tr, "Temel Tasarım Prensipleri".

58 teknolojitasarimci.com, "Evrensel Tasarım ve İlkeleri".

59 tr.pinterest.com, "İş Sağlığı ve Güvenliği".

60 mevzuisg.com, "İSG Afişi".

61 gun.av.tr, "Türkiye'de Yeni Elektrikli Araç İthalat Yönetmeliği".

62 osha.gov, "1910.302-Elektrik Kullanım Sistemleri".

63 otomol.com.tr, "Elektrikli Araçlarda Periyodik Bakım ve Onarım".

64 hdisigorta.com.tr, "Elektrikli araç muayenesi ne sıklıkla gerçekleştirilir".

65 csgb.gov.tr, "Sıkça Sorulan Sorular".

66 ergosafepartner.com, "Yalnız Çalışan Güvenlik Çözümü".





67 csgb.gov.tr, "Oto Yedek Parça Üretiminde İş Sağlığı ve Güvenliği".

68 tubitak.gov.tr, "TÜBİTAK 24-25 Ar-Ge ve İnovasyon Konuları".

69 kho.msu.edu.tr, "Silahlı İnsansız Hava Araçları: AR Drone".

70 web.itu.edu.tr, "Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği".

71 megep.meb.gov.tr, "YG Tesislerinde Topraklama Sistemi".

72 nfpa.org, "NFPA 70E Ekip Eğitimi".

73 protek.gen.tr, "Yangın Algılama Sistemleri".

74 voltify.com.tr, "Elektrikli Araçlar İçin En İyi İzleme ve Güvenlik Sistemleri".

75 roadsafetyatwork.ca, "Elektrikli Araç Güvenliği".

75 roadsafetyatwork.ca, "Elektrikli Araç Güvenliği".

76 emo.org.tr, "Enerji Kesme Yöntemi".

77 gulecmuhendislik.net, "Elektrik İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği".

78 spinalbulten.com, "Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik".

79 epa.gov, "Soğutucu Güvenliği".

80 dukasafety.com, "Elektrik İş Güvenliğinin Türk Mevzuatındaki Önemi".

81 guvenliinfaat.csgb.gov.tr, "İSG Konuları / Elektrik İşleri".

82 ktu.edu.tr, "İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları".

83 gmgenvirosafe.com, "Elektrikli Araç Onarım Güvenliği".

84 naruc.org, "Elektrikli Araç Vaka Çalışmaları Kataloğu".

85 youtube.com, "R1234yf Klima Sistemlerinin Bakımında Doğru Uygulama Yöntemleri".

86 kalite.sinop.edu.tr, "Sinop Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği İç Yönergesi".



Terimler Sözlüğü

AVD (Sulu Vermikülit Dispersiyonu): Lityum iyon batarya yangınlarını söndürmek, kontrol altına almak ve soğutmak amacıyla özel olarak formüle edilmiş su bazlı vermikülit dispersiyonlu yangın söndürme maddesidir.

Ark Flaşı: Yüksek voltajlı elektrik devrelerinde ani ve şiddetli enerji boşalması sonucunda yüksek sıcaklık, ışık ve basınç dalgası meydana gelmesi.

ATPV (Ark Termal Performans Değeri): Bir malzemenin elektrik arkına maruz kaldığında ikinci derece yanık veya kırılma oluşturmada dayanabileceği enerji miktarı, kalori/cm² cinsinden ölçülmektedir.

EBT (Kırılma Eşiği Enerjisi): Bir malzemenin ikinci derece yanık oluşmadan önce dayanabileceği kırılma enerjisi miktarı.

EMF (Elektromanyetik Alan): Elektrikli araçlardaki yüksek akımlarla bağlantılı olan ve insan vücudunda girdap akımlarına yol açabilen manyetik alanlar.

FTA (Hata Ağacı Analizi): Bir sistemdeki istenmeyen bir olayın (örneğin yangın) olası nedenlerini ve bu nedenlerin mantıksal ilişkilerini grafiksel olarak sunan, kök neden analizinde kullanılan bir metodolojidir.

KKD (Kişisel Koruyucu Donanım): Çalışanları iş yerindeki tehlikelerden korumak amacıyla geliştirilmiş ekipman.

DCP (Kuru Kimyasal Toz): Yangın söndürme işlemlerinde kullanılan, alev geciktirici özellik gösteren ince kimyasal parçacıklardır.

LOTO (Kilitleme/Etiketleme): Bir makine veya cihazın beklenmedik bir şekilde çalışmasını veya tehlikeli enerjinin serbest kalmasını engellemek amacıyla uygulanan bir güvenlik prosedürü.

MSD (Kas-İskelet Sistemi Bozuklukları): Fiziksel zorlanmalardan, örneğin ağır veya hacimli nesnelerin elle taşınmasından kaynaklanan bozukluklar.

AED (Otomatik Harici Defibrilatör): Kalp ritmi bozukluklarında elektrik şoku vererek kalbin normal ritmine dönmesine yardımcı olan taşınabilir tıbbi cihazdır.

Termal Kaçak: Lityum iyon hücrelerinin kontrolsüz bir şekilde aşırı ısınmasıyla tetiklenen ve yangın veya patlamaya neden olabilen zincirleme reaksiyon.

VR (Sanal Gerçeklik): Kullanıcıyı tamamen dijital bir ortamda deneyimlemeye yönlendiren ve gerçek dünyadan izole eden bir teknolojidir.

AR (Artırılmış Gerçeklik): Gerçek dünya görüntülerinin üzerine dijital bilgileri (metin, resim, 3B modeller) entegre ederek gerçekliği zenginleştiren bir teknolojidir.



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir



Mesleki Eğitim ve Öğretim Artırılmış Gerçeklikle Entegre Edilmesi: Araçlardaki Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Potansiyelini Ortaya Çıkarmak

2024-1-TR01-KA220-VET-000256976

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Ancak, ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmaz. Avrupa Birliği veya EACEA bu hususlardan sorumlu tutulamaz.



Technical University of Sofia
We succeed!

