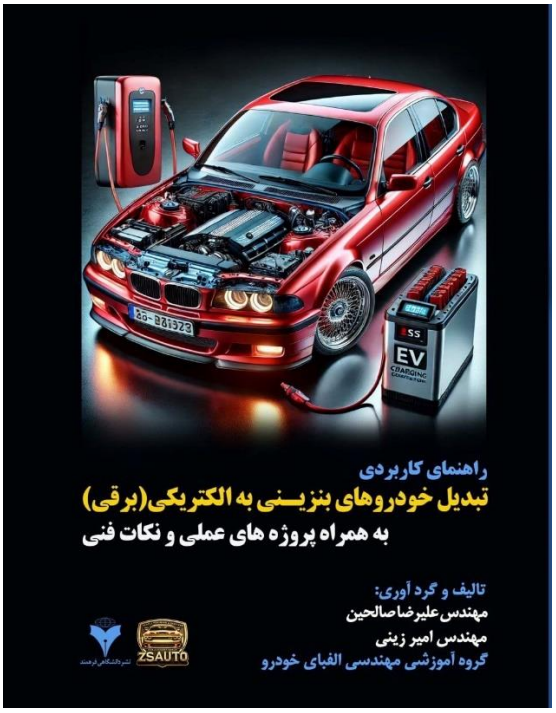
راهنمای کاربردی

تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی (برقی)

جلد اول (تمام‌رنگی)

به همراه پروژه‌های عملی و نکات فنی



تالیف و گردآوری:

مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی

(گروه آموزشی مهندسی الفبای خودرو)

نشر دانشگاهی فرهمند

نام کتاب: راهنمای کاربردی تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی (برقی) جلد ۱

تالیف و گردآوری: مهندس علیرضا صالحین، مهندس امیر زینی

ویراستاران: پویا آرزومند امیدی لنگرودی/ نیلوفر زینی/ علیرضا محسنی فخر/ بهزاد نادرخانی / حمیدرضا صالحین

سال چاپ: ۱۴۰۳

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

شابک: ۴-۱۴-۴۹۸۰-۶۲۲-۹۷۸

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهمند محفوظ می‌باشد.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ٤١٩

تلفن : ٦٦٤١٠٦٨٨ -٦٦٩٦٨٦١٤

www.farbook.ir

telegram: @farhamandpress

Instagram: @nashr.farahmand

با عشق و احترام بی‌پایان، تقدیم به مردمان شریف و نجیب سیستان و بلوچستان

آنان که خورشید شرافت را در دل‌هایشان می‌پرورانند...

هر بار که به یاد شما می‌افتیم، بغض گلویمان را می‌فشارد. چگونه می‌توان درد شما را به قلم آورد وقتی هر کلمه در برابر عظمت رنج‌هایتان شرمنده است؟ چگونه می‌توان از صبر شما نوشت وقتی واژه‌ها در توصیف استواری‌تان کم می‌آورند؟

کودکانتان با لب‌های تشنه می‌خندند و مادرانتان با چشم‌های اشک‌آلود، لبخند می‌زنند. پدرانتان زیر آفتاب سوزان، عرق می‌ریزند اما غرورشان را نمی‌فروشند. جوانانتان در حسرت فردایی روشن می‌سوزند، اما امیدشان را از دست نمی‌دهند.

چه دردناک است دیدن کودکی که با پای برهنه بر خاک داغ می‌دود و چه جانسوز است تماشای مادری که آخرین قطره‌های آب را در کاسه‌ای می‌ریزد تا به مهمانش تعارف کند. قلبمان به درد می‌آید وقتی می‌بینیم چگونه فرزندان این سرزمین، معصومانه رنج می‌کشند. چگونه پدران و مادران غیورتان، با دست‌های پینه‌بسته اما قامتی استوار، بار زندگی را به دوش می‌کشند.

تقدیم به پسران و دختران معصوم و غیورتان که در حسرت مدرسه و آرزوی فردایی بهتر نفس می‌کشند...

این کتاب را با نهایت احترام به شما عزیزان تقدیم می‌کنیم. به شما که در اوج محرومیت، سخاوتمندترین مردمان روی زمین هستید. به شما که با دل‌های شکسته، عشق می‌ورزید و با جان‌های خسته، مهربانی می‌کنید.

از طرف مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی زمستان ۱۴۰۳

پیشگفتار مؤلفین:

در عصر حاضر، که دغدغه‌های زیست‌محیطی و ضرورت کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی به دغدغه‌های اصلی جوامع بشری تبدیل شده‌اند، تحول در صنعت حمل‌ونقل بیش از هر زمان دیگری اهمیت یافته است. خودروهای الکتریکی، به عنوان راهکاری نوین، کارآمد و سازگار با محیط‌زیست، در کانون توجه جهانی قرار گرفته‌اند. گذار از خودروهای بنزینی با موتورهای احتراق داخلی به خودروهای تمام برقی، نه تنها یک الزام زیست‌محیطی است، بلکه فرصتی استثنایی برای توسعه فناوری‌های پیشرفته، ایجاد صنایع نوین و کاهش وابستگی به منابع محدود سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود.

کتاب "راهنمای جامع تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی (برقی)" در دو جلد و حدود ۱۰۰۰ صفحه، به منظور پاسخگویی به نیازهای فنی و چالش‌های این زمینه تدوین شده است. هدف اصلی این کتاب، ارائه یک مرجع تخصصی و کاربردی برای علاقه‌مندان و متخصصان این حوزه است. این کتاب، راهنمایی جامع و گام‌به‌گام برای تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی ارائه می‌دهد و شامل مراحل فنی، استانداردها و نکات کلیدی لازم برای این فرآیند است، علاوه بر این، در نوع خود، این کتاب کاملترین اثر در جهان می باشد که تاکنون به رشته تحریر درآمده است.

مؤلفین این اثر با بهره‌گیری از منابع معتبر (مطالعه بیش از ۲۰۰ کتاب و ده ها استاندارد) و تجارب جهانی، تلاش کرده‌اند تا اطلاعات مورد نیاز را در اختیار خوانندگان قرار دهند. هدف این است تا مخاطبان با دانش و آمادگی کافی، وارد این عرصه شوند. پیش‌بینی می‌شود که با افزایش دسترسی به تجهیزات و کیت‌های تبدیل در آینده، این کتاب به منبعی ارزشمند برای تکنسین‌ها، مکانیک‌ها و سایر علاقه‌مندان به خودروهای الکتریکی تبدیل شود.

یکی از ویژگی‌های بارز و متمایز کننده این کتاب، رویکرد کاملاً عملی و کاربردی آن است. هدف نهایی از تبدیل خودروهای بنزینی، دستیابی به یک وسیله نقلیه پاک، کارآمد و اقتصادی است که بتواند نیازهای حمل و نقلی روزمره را به بهترین شکل پاسخ دهد. بر همین اساس، کتاب حاضر با تاکید ویژه بر ارائه راهکارهای عملی، قابل اجرا و مبتنی بر واقعیت‌های موجود، تدوین شده است. در سراسر فصول کتاب، ضمن ارائه توضیحات جامع و دقیق فنی، راهنمایی‌های گام به گام، دستورالعمل‌های اجرایی و نکات کاربردی متعددی ارائه شده است تا خوانندگان بتوانند با اطمینان خاطر و دانش کافی، فرآیند تبدیل خودروی بنزینی خود را به یک خودروی برقی با موفقیت به انجام برسانند.

با درک عمیق از اهمیت حیاتی موضوع ایمنی در فرآیند تبدیل خودروها، کتاب به‌طور ویژه و مبسوط به مباحث مرتبط با ایمنی، پیشگیری از خطرات و کنترل ریسک‌های احتمالی پرداخته است. هدف اصلی در این بخش، آگاه‌سازی کامل خوانندگان از خطرات بالقوه کار با سیستم‌های ولتاژ بالا و ارائه راهکارهای عملی و موثر برای رعایت اصول ایمنی و جلوگیری از بروز حوادث ناگوار است. فصل دوم کتاب به طور خاص به "ساختار خودروهای تمام الکتریکی و ایمنی در کار با آنها" اختصاص یافته است و در فصل سوم نیز با عنوان "آماده‌سازی کارگاه و ملزومات ایمنی" به تفصیل به این موضوع پرداخته شده است. این تاکید مضاعف بر ایمنی، نشان‌دهنده مسئولیت‌پذیری مولفین و تعهد آنها به ارائه یک راهنمای نه تنها جامع و کاربردی، بلکه ایمن و قابل اعتماد است.

هدف اصلی این کتاب، ارائه یک راهنمای جامع، دقیق و کاربردی برای تمامی مراحل تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی است. با توجه به محدودیت‌های موجود در دسترسی به تجهیزات و کیت‌های تبدیل در شرایط فعلی ایران، تلاش شده است تا با استفاده از تجربیات جهانی، اطلاعات لازم برای آشنایی با اصول فنی این فرآیند فراهم شود. این کتاب ابزاری برای آماده‌سازی علاقه‌مندان و متخصصان برای ورود به این حوزه است. این مرجع، نه‌تنها دانش فنی مورد نیاز را ارائه می‌دهد، بلکه چگونگی مواجهه با چالش‌های احتمالی در این فرآیند را نیز پوشش می‌دهد.

مخاطبان این کتاب، طیف گسترده‌ای از افراد و متخصصان را شامل می‌شوند. مکانیک‌ها و تکنسین‌های خودرو، به عنوان گروه اصلی مخاطبان، می‌توانند با استفاده از این کتاب، دانش و مهارت‌های لازم را کسب کنند. دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی خودرو نیز می‌توانند از این کتاب به عنوان منبع درسی یا تحقیقی استفاده کنند.

این کتاب، به عنوان نخستین مرجع جامع و مستقل در زمینه تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی در ایران، با هدف ارائه محتوای فنی دقیق و استفاده از منابع معتبر تدوین شده است. این اثر، به ارتقای آگاهی عمومی و فرهنگ خودروسازی پایدار در کشور کمک می‌کند. این امر، به بهبود شرایط زیست‌محیطی منجر شده و می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و توسعه فناوری‌های بومی نیز کمک کند. در واقع، کتاب حاضر، هم به عنوان یک راهنمای آموزشی و هم به عنوان یک ابزار کاربردی، نقش مهمی در پیشبرد صنعت خودروهای الکتریکی در کشور ایفا می‌کند.

کتاب شامل فصول متعددی است که به بررسی جنبه‌های مختلف تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی می‌پردازد.

فصل اول: مروری بر خودروهای الکتریکی ، تاریخچه ، انواع خودروهای برقی ، شارژرها

این فصل به عنوان نقطه شروع کتاب، به ارائه یک مقدمه جامع و روشنگر در مورد خودروهای الکتریکی اختصاص یافته است. در این فصل، خوانندگان با تاریخچه خودروهای برقی، انواع مختلف خودروهای برقی موجود در بازار جهانی، شرایط و روش‌های شارژ این خودروها و همچنین باورهای غلط رایج در مورد خودروهای الکتریکی آشنا می‌شوند. علاوه بر این، فصل اول به بررسی وضعیت بازار خودروهای الکتریکی در جهان و ایران پرداخته و تحلیل اقتصادی دقیقی از مزایا و معایب تبدیل خودروهای بنزینی به برقی ارائه می‌دهد. هدف از این فصل، ایجاد یک دیدگاه کلی و جامع در مورد خودروهای الکتریکی و توجیه منطقی و اقتصادی ضرورت و مزایای تبدیل خودروهای بنزینی به برقی برای مخاطبان است.

فصل دوم: آشنایی با ساختار خودروهای تمام برقی

در این فصل که بسیار جامع است، ساختار و اجزای تشکیل دهنده خودروهای تمام الکتریکی به صورت کامل و دقیق تشریح شده است. مباحث کلیدی این فصل شامل ایمنی در کار با خودروهای الکتریکی و سیستم‌های ولتاژ بالا، آشنایی با چیدمان اجزای اصلی خودروهای برقی (موتور، باتری، سیستم کنترل و غیره)، بررسی انواع باتری‌های مورد استفاده در خودروهای برقی (شامل باتری‌های سربی–اسیدی، لیتیوم–یونی و پیل‌های سوختی)، معرفی انواع موتورهای الکتریکی و سیستم‌های کنترل آنها، بررسی سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع در خودروهای برقی، تشریح عملکرد سیستم‌های ترمزگیری (به ویژه ترمزهای احیا کننده)، آشنایی با

فرمان برقی و انواع آن، بررسی سیستم‌های انتقال قدرت در خودروهای برقی، معرفی واحد کنترل خودرو (VCU) و نقش آن در مدیریت پیشرانه الکتریکی و در نهایت، مباحث مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) و استانداردهای مربوط به آن در خودروهای الکتریکی می‌باشد. البته این فصل مورادی را که در رابطه با موضوع کتاب مفید واقع می گردد را پوشش داده است و به تمامی تکنولوژی های خودروهای برقی نپرداخته است.

فصل سوم: انتخاب و تجهیز کارگاه، برنامه ریزی برای تجهیزات و وسایل، کمک گیری از دیگران، مستندسازی، مهارت ها و نکات ایمنی

در این فصل سوم به نیازهای فنی، ایمنی و زیرساخت‌های لازم برای راه‌اندازی کارگاه‌های تخصصی ذکر گردیده است. در این فصل، نحوه انتخاب و تجهیز کارگاه مناسب برای انجام فرآیند تبدیل، مهارت‌های مورد نیاز برای تکنسین‌ها و متخصصان فعال در این حوزه و مهم‌تر از همه، نکات ایمنی مرتبط با کار بر روی خودروهای الکتریکی به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند. این فصل شامل آموزش‌های فنی و ایمنی، معرفی مهارت‌های لازم در زمینه‌های مکانیک، برق و الکترونیک برای تبدیل خودرو به مدل الکتریکی و ارائه نکات ایمنی برای کار با سیستم‌های برقی و ولتاژ بالا می‌باشد. در این بخش، اقدامات محافظتی فردی (مانند استفاده از تجهیزات ایمنی مناسب)، لباس کار مناسب و انتخاب ابزار کار ایمن و استاندارد مورد تاکید قرار گرفته است. همچنین، طراحی و چیدمان صحیح تجهیزات در کارگاه و ضرورت تهویه مناسب به ویژه برای کار با باتری‌ها در این فصل مطرح و بررسی شده است.

فصل چهارم: معیارها و کاندیدهای انتخاب خودرو میزبان برای تبدیل

انتخاب خودروی مناسب به عنوان خودروی میزبان برای فرآیند تبدیل به الکتریکی، از اهمیت بسزایی برخوردار است. فصل چهارم به تشریح معیارهای کلی برای انتخاب خودروهای مناسب برای تبدیل به الکتریکی اختصاص یافته است. در این فصل، وضعیت کلی خودروی پایه (از نظر فنی و بدنه)، وزن خودرو، وضعیت بدنه و شاسی، اجزای مرکزی خودرو، سیستم‌های الکترونیکی موجود و فضای بار خودرو به عنوان معیارهای کلیدی انتخاب مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرند. علاوه بر این، فصل چهارم به تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و مزایای اقتصادی تبدیل خودروهای مختلف و همچنین بردهای مسافت مورد انتظار برای خودروهای تبدیل‌شده بر اساس نوع خودرو و باتری‌های مورد استفاده می‌پردازد. در انتهای این فصل، فهرستی از خودروهای مناسب برای تبدیل در بازار ایران (شامل خودروهای مونتاژ داخل و خودروهای وارداتی) ارائه شده است تا راهنمای عملی برای مخاطبان ایرانی باشد.

فصل پنجم: اسکن و طراحی سه بعدی، استفاده از مدل های ۳ بعدی قطعات و خودروها برای جا نمایی قطعات و چیدمان بهینه در خوردوهای تبدیل شده

پیش از آغاز فرآیند عملی تبدیل، انجام مطالعات امکان‌سنجی دقیق و جامع، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. فصل پنجم به این موضوع مهم و همچنین اصول اندازه‌گیری دقیق و اسکن سه‌بعدی قطعات خودرو اختصاص یافته است. در این فصل، فرآیندهای مربوط به اسکن سه‌بعدی قطعات خودرو، انتخاب نرم‌افزارهای CAD مناسب برای طراحی و مدل‌سازی قطعات جدید و جنبه‌های مختلف طراحی دیجیتال در فرآیند تبدیل به تفصیل بررسی می‌شوند. هدف از این فصل، آشنا ساختن خوانندگان با روش‌های نوین مهندسی معکوس و طراحی به

کمک کامپیوتر (CAD) برای تسهیل و تسریع فرآیند تبدیل و اطمینان از جایگذاری صحیح و بهینه قطعات جدید در خودروی تبدیل‌شده است.

فصل ششم: روابط بنیادین و محاسباتی که برای برای تبدیل خودروی احتراق درونی به خوردوی الکتریکی باید در نظر گرفت

درک روابط بنیادین و محاسباتی مرتبط با عملکرد خودروهای الکتریکی، برای انتخاب صحیح قطعات و طراحی بهینه سیستم پیشرانه الکتریکی، امری حیاتی است. فصل ششم کتاب به این موضوع مهم اختصاص یافته و به بررسی روابط بنیادین و محاسباتی مرتبط با وزن، شتاب، مقاومت‌های حرکتی و نیروی محرکه خودروهای الکتریکی می‌پردازد. موضوعاتی همچون دینامیک وسایل نقلیه، آیرودینامیک خودرو و بررسی نیازهای کار و توان برای موتورهای مختلف در این فصل به صورت خلاصه و کاربردی پوشش داده شده است. هدف از این فصل، ارائه مبانی تئوری و محاسباتی لازم برای مهندسان و تکنسین‌های فعال در زمینه تبدیل خودروهای برقی و توانمندسازی آنها در انجام محاسبات دقیق و انتخاب قطعات مناسب بر اساس نیازهای خودروی مورد نظر است.

فصل هفتم: ساختار شناسی، قطعه شناسی و انتخاب قطعات از روی خودروی برقی دست دوم، نکات

مربوط به پک باتری ها، تهیه جداگانه یا استفاده از کیت های آماده

فصل هفتم به عنوان یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین فصول کتاب، به بررسی جامع قطعات الکتریکی مورد نیاز برای تبدیل خودروها و روش‌های مناسب برای انتخاب و نصب این قطعات اختصاص یافته است. در این فصل، موتورهای الکتریکی، باتری‌ها، سیستم‌های مدیریت توان و سایر اجزای کلیدی سیستم پیشرانه الکتریکی به تفصیل معرفی و بررسی می‌شوند. علاوه بر این، فصل هفتم به بررسی سامانه‌های کنترلی خودروی الکتریکی، ترمزهای تقویت‌شده، سیستم گرمایش و سرمایش کابین و حتی شبیه‌سازی صدا در خودروهای الکتریکی می‌پردازد. در ادامه این فصل، مباحث مربوط به طراحی رابط کاربری (User Interface) و نکات ایمنی در نصب VCU (واحد کنترل خودرو) به صورت تخصصی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، مستندسازی فرآیند تبدیل (شامل تهیه دیاگرام‌های سیم‌کشی و عملکرد سیستم) که برای اطمینان از عملکرد صحیح و ایمن خودروی تبدیل‌شده ضروری است، در این فصل به تفصیل شرح داده شده است. این فصل بسیار گسترده و حاوی نکات بسیار ارزشمندی می باشد.

فصل هشتم: مراحل باز کردن و جداسازی قطعات از روی خودروهای اهدا کننده و میزبان و شناخت ابزار مورد نیاز

در بخش پایانی جلد اول کتاب که فصل هشتم است، به معرفی مراحل گام به گام به همراه نکات و تصاویر گویا در رابطه باز کردن قطعات از خودروی اهداکننده و میزبان، شامل جدا کردن قطعات شاسی، تخلیه مایعات، جداسازی موتور از گیربکس دستی و اتوماتیک، میل گاردان، دیفرانسیل و چهارشاخ گاردان، جعبه فرمان، برداشتن باک تا فروش قطعات پرداخته شده است. از سوی دیگر آماده‌سازی شاسی برای نصب جدید، به‌طور جامع توضیح داده شده است. نکات ایمنی و تجهیزات من جمله نکات در مورد بلند کردن، پیاده کردن، ایمنی کار با تجهیزات سنگین، ج کها، لیفترها مورد نیاز برای این مراحل بیان شده است.

در ادامه این بخش کتاب، یک راهنمای جامع ولی خلاصه از تمامی ابزار و لوازم مورد استفاده برای شما گردآوری شده است. از جمله وسایل مورد نیاز شامل وسایل عمومی و دستی، اتصالات (بستها)، پیچ، مهره ها، بست، پیچ گوشتی ها، آچارها، چکش ها، انبرها، ابزارهای برش دستی، قلاویز و حدیده، ابزارهای اندازه گیری، وسایل ابزار دقیق و سنجش، تجهیزات مورد نیاز شامل ابزار برقی، بادی و شارژی در انوع مختلف آنها، انواع دستگاه جوش، ماهیت و شرح کارکرد آنها برای شما آورده شده است. در ادامه این فصل نکات مربوط به باز کردن قطعات گیر کرده، جام کرده، پیچ و مهرههای زنگ زده، نحوه باز کردن آنها و تجهیزات که به احتمال زیاد در این تیپ پروژه ها با آن درگیر خواهید شد به صورت کامل پوشش داده شده است، علاوه بر آن تمیز کردن قطعات با روش های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. سپس به قطعاتی که جا دست و دید کافی ندارند و راه حل های و تجهیزات موجود در این رابطه برایتان بیان گردیده است.

در بخش آخر فصل هشتم، هم نکاتی تجربی در رابطه همکاری با همکاران، ساعات کاری، نحوه تعامل، مدیریت خشم اعصاب در کارگاه، لزوم استراحت در کارگاه و مواردی که مطالعه آن با توجه به فرهنگ ایران شایان ذکر بوده است برایتان نگارش گردیده است.

جلد دوم کتاب نیز که به همزمان با این جلد در حال انتشار است، به ادامه مباحث پرداخته است تا اطمینان حاصل گردد که با مطالعه این دو جلد کتاب، به سوالات بسیاری در دنیای واقعی و کف کارگاه، در زمینه تبدیل خودروهای بنزینی به برقی بشما پاسخ دهد تا با اطمینان خاطر بیشتری به پروژه‌های شخصی و یا تجاری خود را در این حوزه بپردازید.

کتاب پیش روی شما، تنها یک منبع آموزشی نیست، بلکه یک کاتالیزور برای ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و توسعه فناوری‌های نوین در کشورمان است. این کتاب عصاره ده ها کتاب و سالیان سال تجربه و بررسی مراجع مختلف می باشد.

تبدیل خودروهای بنزینی به برقی، تنها یک راهکار زیست‌محیطی نیست، بلکه یک فرصت استثنایی برای کارآفرینی و نوآوری است. تعمیرکاران و مکانیک‌های ماهر می‌توانند با ارتقای دانش خود در این زمینه، خدمات جدیدی به مشتریان خود ارائه دهند و کسب و کار خود را رونق بخشند. مهندسان و تکنسین‌های فنی می‌توانند شرکت‌های دانش‌بنیان و استارتاپ‌های نوپایی را در زمینه طراحی، تولید و نصب قطعات و سیستم‌های الکتریکی خودرو راه‌اندازی کنند و به توسعه فناوری‌های بومی در این حوزه کمک کنند. اساتید دانشگاه و دانشجویان نیز می‌توانند با انجام تحقیقات و پروژه‌های علمی در این زمینه، به مرزهای دانش نفوذ کنند و به پیشرفت این صنعت در کشورمان سرعت بخشند.

بازار خودروهای الکتریکی یا برقی در ایران نیز با رشد قابل‌توجهی مواجه است. در کشور خودروهای برقی در حال واردات و ساخت می باشند و تبدیل خودروهای با ارزش، با بدنه مستحکم، نوستالوژیک و خوش رکاب، فرصتی ناب برای این منظور فراهم آورده است. همچنین، با توجه به رشد سریع صنعت خودروهای برقی در سطح بین‌المللی، و نیاز بازارهای جهانی به نیروی کار متخصص در این زمینه، تسلط بر مطالب این کتاب می‌تواند فرصت‌های شغلی گسترده‌ای را برای تکنسین‌ها و مهندسان ایرانی فراهم آورد. دانشجویان ایرانی که در دوره‌های تخصصی خودروهای برقی و هیبریدی تحصیل می‌کنند، با استفاده از این کتاب می‌توانند دانش خود را به‌روز کنند و مهارت‌های موردنیاز برای ورود به بازارهای داخلی و بین‌المللی را کسب کنند. فراموش نکنیم

که ما ایرانیان، همواره در نوآوری و خلاقیت پیشگام بوده‌ایم. تبدیل خودروهای بنزینی به برقی، فرصتی است تا بار دیگر این توانمندی‌ها را به نمایش بگذاریم و در یک عرصه جهانی، حرفی برای گفتن داشته باشیم. با ارائه محتوای فنی دقیق و جامع، امید است که این کتاب به پیشبرد صنعت خودروهای الکتریکی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی کمک کند و در آینده‌ای نزدیک به عنوان منبعی اساسی در بازار ایران و مناطق مشابه استفاده شود.

امید است با تلاشی که برای خلق این اثر به‌عنوان جامع ترین مرجع با این عنوان در جهان (حتماً باوجود خطاهایی سهوی و شاید کاستی‌هایی) انجام پذیرفته، چراغ راه و کمکی برای جامعه مهندسی مکانیک و همچنین تکنسین‌های تعمیرات اتومبیل و همچنین علاقه‌مندان به حوزه واقع گردد. این اثر حاصل صدها ساعت جلسات فشرده فنی و تهیه به روزترین منابع موجود در جهان بوده است. چه شب هایی که نگارندگان این اثر تا صبح برای بوجود آمدن آن بیدار مانده اند و بارها و بارها بر روی فصل بندی، نیازهای واقعی جامعه هدف کار کرده اند تا این اثر پدید بیاید. این جلد اول کتاب، بیش از ۱۰۰۰ تصویر کیفیت رنگی انتخاب شده با وسواس بالا وجود دارد که مرحله به مرحله عصای دست شما در درک مفهومی، شماتیک و تصویرسازی بصری مطالب برایتان خواهد بود.

به خوانندگان محترم توصیه می گردد که پیش از مطالعه این کتاب، کتاب " خودروهای الکتریکی و هیبریدی (ویرایش سوم) چاپ تمام رنگی ۲۰۲۴" اثر Tom Delton و Hayley Pells که در همین انتشارات توسط همین مولفین، ترجمه گردیده است را مطالعه نمایند.

از حمایت و پشتیبانی جناب آقای علیرضا فرهمندزادگان، مدیر محترم نشر دانشگاهی فرهمند که در به چاپ رسیدن این اثر حداکثر حمایت را از ما داشته‌اند و زحمت کاره‌ای صفحه‌آرایی کتاب را کشیدند، کمال تشکر را داریم. از جناب مهندس پویا آرزومند امیدی لنگرودی که در بازخوانی و ویرایش این اثر به ما یاری رسانیدند، سپاسگزاریم.

هیچ اثر بی‌نقصی وجود ندارد، دیکته نانوشته همیشه ۲۰ است. لطفاً نقطه نظرات خویش را با نشر دانشگاهی فرهمند، با کانال: @farhamandpress، اینستاگرام: @nashr.farahmand، وب‌سایت: www.farbook.ir و شماره ۶۶۹۶۸۶۱۴-۰۲۱ یا ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳۰ تماس حاصل فرمایید. نحوه ارتباط با گروه الفبای خودرو در اینستاگرام: @alefbayekhodro و وب‌سایت www.caralphabet.ir می‌باشد. همچنین برای ارتباط با مدیر علمی نشر (مهندس علیرضا صالحین) با آیدی تلگرام: @Alirezasalehin مخاطبین محترم می‌توانند ارتباط برقرار نمایند.

مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی (گروه آموزشی مهندسی الفبای خودرو)، زمستان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

پیشگفتار
فصل ۱: مقدمه و اهداف
۱.۱ مروری بر خودروهای الکتریکی ، تاریخچه ، انواع خودروهای برقی ، شارژرها
۱.۲ خودروهای تمام الکتریکی
۱.۳ مزایا خودروهای الکتریکی
۱.٤ شارژ خودروهای الکتریکی
۱.٤.۱ موقعیت پورت های شارژ
۱.٤.۲ انواع روش های شارژ خودروهای الکتریکی
۱.٤.۲.۱ شارژ قطره‌ای
۱.٤.۲.۲ شارژ AC
۱.٤.۲.۳ شارژ DC
۱.٥چگونه یک خودروی الکتریکی کار میکند؟
۱.٥.۱ انواع خودروهای الکتریکی باتری دار
۱.٥.۲خودروهای الکتریکی با سلول سوختی
۱.٦ باورها و تصورات اشتباه در مورد خودروهای برقی
۱.٦.۱ افسانه ۱: خودروهای برقی محدوده پیمایش کافی برای کارایی ندارند
۱.٦.۲ افسانه ۲: خودروهای برقی ایمن نیستند
۱.٦.۳ افسانه ۳: خودروهای برقی سبزتر از خودروهای بنزینی یا دیزلی نیستند
۱.٦.٤ افسانه ٤: خودروهای برقی هزینه‌های بیشتری برای سرویس و تعمیر دارند
۱.٦.٥ افسانه ٥: خودروهای برقی کند هستند:
۱.٦.٦ افسانه ٦: خودروهای برقی گران هستند
۱.٦.۷ افسانه ۷: ایستگاه‌های شارژ عمومی کافی برای خودروهای برقی وجود ندارد
۱.٦.۸ افسانه ۸: باتری‌های خودروهای برقی دوام ندارند و باعث مشکلات بازیافت خواهند شد
۱.٦.۹ افسانه ۹: خودروهای برقی بسیار گران هستند
۱.٦.۱۰ افسانه ۱۰: شبکه برق نمی‌تواند از میلیون‌ها خودروی برقی پشتیبانی کند
۱.٦.۱۱ افسانه ۱۱: ذخایر فلزات کمیاب مورداستفاده در باتری‌ها و موتورها به پایان خواهد رسید
۱.۷ وضعیت خودروهای الکتریکی در جهان
۱.۷.۱ روندهای جهانی در فروش خودروهای الکتریکی تا سال ۲۰۲٤
۱.۷.۲ تنوع مد لهای خودروهای الکتریکی و گرایش به خودروهای بزرگ
۱.۷.۳ رشد بازارهای دست دوم خودروهای الکتریکی
۱.۸ فرصت و گزینه تبدیل خودرو بنزین سوز به الکتریکی (EV Conversion)
۱.۸.۱ نقش گروهها و پروژههای فعال در تبدیل خودروهای بنزینسوز به برقی در جهان

۱.۸.۲ تکنی کها و روشهای تبدیل خودروهای بنزینسوز به برقی
۱.۸.۳ تحلیل اقتصادی تبدیل خودرو به برقی
۱.۸.٤ فرصت ها و پتانسیل های موجود برای تبدیل خودروهای بنزین سوز به برقی در ایران
فصل ۲: آشنایی با ساختار خودروهای تمام برقی
۲.۱ ایمنی در کار، ابزار و مدیریت خطر
۲.۱.۱ اقدامات احتیاطی عمومی ایمنی
۲.۱.۲ راهنمایی‌های عمومی ایمنی
۲.۱.۳ اقدامات ایمنی ولتاژ بالا
۲.۱.٤ ولتاژ پایین و ولتاژ بالا
۲.۱.٥ تعریف ولتاژ بالا
۲.۱.٦ تجهیزات حفاظت شخصی (PPE)
۲.۱.۷ کابل‌ها و قطعات انرژی بالا
۲.۱.۸ شوک الکتریکی AC
۲.۱.۹ شوک الکتریکی DC
۲.۱.۱۰ وسایل حفاظتی
۲.۱.۱۱ روند کار ایمن
۲.۱.۱۱.۱ خطرات کار با خودروهای برقی (EVs)
۲.۱.۱۱.۲ دسته‌بندی‌های فعالیت
۲.۱.۱۱.۳ کار بر روی سیستم‌های الکتریکی ولتاژ بالا
۲.۱.۱۲ فرآیندهای کار
۲.۱.۱۲.۱ قبل از شروع کار
۲.۱.۱۲.۲ در حین کار
۲.۱.۱۲.۳ وقفه در کار
۲.۱.۱۲.٤ اتمام کار
۲.۱.۱۲.٥ تکنیک‌های بلند کردن
۲.۱.۱۳ کیسه‌های هوا و پیش کشنده ها
۲.۱.۱٤ مدیریت خطرات پس از تصادفات
۲.۱.۱٤.۱ پتانسیل شوک الکتریکی (مکان‌های خطر شوک الکتریکی)
۲.۱.۱٤.۲ واکنش اضطراری، رعایت روش‌های عملیاتی استاندارد (SOP)
۲.۱.۱٤.۳ خطوط برش (Cut Lines)
۲.۱.۱٤.٤ آتش‌سوزی
۲.۱.۱٤.٥ پیروی از روش‌های عملیاتی استاندارد (SOP/SOG)
۲.۱.۱٤.٦ مسائل مربوط به مواد خطرناک (HAZMAT)

۲.۱.۱٤.۷ غرق شدن خودرو در آب
۲.۱.۱۵ ابزارها و تجهیزات
۲.۱.۱۵.۱ ابزارهای دستی
۲.۱.۱۵.۲ تجهیزات تست
۲.۱.۱٦ تجهیزات کارگاه
۲.۱.۱۷ ابزارهای ولتاژ بالا
۲.۲ چیدمان خودروهای برقی
۲.۲.۱ شناسایی خودروهای برقی
۲.۲.۲ موتور منفرد
۲.۲.۳ موتورچرخ ها
۲.۲.٤ کابل‌ها و اجزاء
۲.۲.٤.۱ کابل‌های ولتاژ بالا
۲.۲.٤.۲ اجزاء خودرو
۲.۳ باتری‌ها
۲.۳.۱ توصیف باتری
۲.۳.۲ عمر باتری و بازیافت
۲.۳.۳ وضعیت شارژ
۲.۳.٤ وضعیت سلامت
۲.۳.۵ انواع باتری‌ها
۲.۳.۵.۱ باتری‌های سرب-اسیدی ($Pb–PbO_2$)
۲.۳.۵.۲ باتری‌های قلیایی (Ni-Cad، Ni-Fe و Ni–MH)
۲.۳.۵.۳ سدیم–نیکل کلرید (Na–NiCl2)
۲.۳.۵.٤ باتری‌های سدیم-گوگرد (Na-S)
۲.۳.۵.۵ باتری‌های لیتیوم-یون (Li-ion)
۲.۳.۵.٦ پیل‌های سوختی
۲.۳.۵.۷ ابر خازن‌ها
۲.۳.٦ فناوری‌های باتری
۲.۳.٦.۱ دمای محیط
۲.۳.٦.۲ دمای باتری
۲.۳.٦.۳ خنک‌سازی غیرمستقیم و غوطه‌وری
۲.۳.٦.٤ فرآیند فرار حرارتی
۲.۳.٦.۵ باتری‌های حالت‌جامد
۲.۳.٦.۷ هوش گروهی

۲.۳.٦.۸ تشخیص آتش
۲.۳.٦.۹ فناوری پیشرو (باتری لیتیوم-هوا)
۲.٤ موتورها و سیستم‌های کنترل
۲.٤.۱ انواع موتور
۲.٤.۲ ساختار و عملکرد موتورهای الکتریکی
۱.٤.۳ کارایی موتور
۲.٤.۳.۱ ویژگی‌های گشتاور و توان موتور
۲.٤.٤ شکل سیم‌پیچ‌ها و عایق‌بندی
۲.٤.٥ سیم‌پیچ‌های محوری و شعاعی
۲.٤.٦ سیستم کنترل
۲.٤.۷ عملکرد پایه
۲.٤.۸ رله‌های ولتاژ بالا DC
۲.٤.۹ کنترل قدرت
۲.٤.۱۰ مدولاسیون پهنای پالس (PWM)
۲.٤.۱۱ حسگرها
۲.٤.۱۲ باتری
۲.٤.۱۳ سیستم‌های مدیریت باتری (BMS)
۲.٤.۱۳ تعادل سلولی
۲.٤.۱٤ خنک‌سازی اجزاء
۲.٤.۱٥ انواع شارژ، استانداردها و زیرساخت‌ها
۲.٤.۱٥.۱ انواع ایستگاه های شارژ
۲.٤.۱٥.۲ زمان شارژ
۲.٤.۱٥.۳ روش‌ها، حالت‌ها و سوکت های شارژ
۲.٤.۱٥.٤ شارژ های بی‌سیم
۲.٥ سیستم های گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطلوع در خودروهای برقی
۲.٥.۱ سیستم‌های گرمایشی در خودروهای برقی (EVs)
۲.٥.۲ چالش‌های حرارتی
۲.٥.۳ سرمایش
۲.٦ ترمز در خودروهای برقی
۲.٦.۱ ترمزها احیاء کننده انرژی در خودروهای برقی
۲.٦.۱.۲ محدودیت‌های ترمزهای احیاء کننده
۲.٦.۱.۳ مزایای سیستم‌های ترمزگیری احیایی
۲.٦.۱.٤ چه زمانی ترمزگیری احیا کار نمی‌کند؟

۲.٦.۲ انواع سیستم‌های ترمز گیری احیا
۲.٦.۲.۱ احیای سری
۲.٦.۲.۲ احیای موازی
۲.٦.۳ اجزای سیستم ترمزگیری احیاء کننده
۲.٦.٤ سیستم ترمزگیری احیاء کننده و فشار سیلندر اصلی
۲.٦.٥ تقویت‌کننده ترمز الکترومکانیکی
۲.٦.٥.۱ اصول عملکرد
۲.٦.٥.۲ ویژگی‌های خاص
۲.٦.٦ سیستم ترمز پارک الکترونیکی (EPB)
۲.٦.٦.۱ انواع سیستم EPB
۲.٦.٦.۲ ویژگی‌های مضاعف EPB
۲.٦.٦.۳ مزایای EPB
۲.٦.۷ سیستم‌های ترمز-با-سیم
۲.۷ فرمان برقی (ePAS)
۲.۷.۱ انواع یا طراحی‌ها
۲.۷.۱.۱ سیستم فرمان برقی نصب شده روی رک
۲.۷.۲.۲ سیستم فرمان برقی نصب شده روی ستون
۲.۷.۲ قطعات و عملکرد سیستم
۲.۸ سیستم‌های انتقال قدرت (گیربکس) و ترنس‌آکسل‌ها در خوروهای برقی
۲.۸.۱ پیکربندی سیستم انتقال قدرت
۲.۸.۲ انتقال گشتاور
۲.۸.۳ انواع و عملکرد سیستم‌های انتقال قدرت (گیربکس)
۲.۸.٤ سیستم های گیربکس در خوردوهای تمام الکتریکی
۲.۸.٤.۲ سیستم انتقال قدرت دو سرعته (Two-Speed Gearing)
۲.۸.٤.۳ گیربکس‌های سه و چهار سرعته
۲.۹ سامانه کنترل خودرو VCU و سیستم محرکه
۲.۹.۱ سیستم محرکه یک وسیله نقلیه الکتریکی
۲.۹.۲ واحد کنترل خودرو برای وسایل نقلیه الکتریکی (VCU)
۲.۹.۲.۱ عملکرد
۲.۹.۲.۲ نمای کلی سیستم الکتریکی
۲.۹.۲.۳ مروری بر سیستم عملکردی
۲.۱۰ سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)
۲.۱۰.۱ منابع تداخل در سیستم الکتریکی DC خودرو

۲.۱۰.۲ ایمنی در برابر تداخل ناشی از میدان‌های الکترومغناطیسی
۲.۱۰.۳ جفت شدن و انتشار تداخل فرکانس بالا
۲.۱۰.٤ روش‌های تست وسایل نقلیه
۲.۱۰.۵ الزامات و استانداردهای قانونی
فصل ۳: انتخاب و تجهیز کارگاه، برنامه ریزی برای تجهیزات و وسایل، کمک گیری از دیگران، مستند سازی، مهارت ها و نکات ایمنی
۳.۱ انتخاب و تجهیز کارگاه، برنامه ریزی برای تجهیزات و وسایل
۳.۱.۱ چه فضای کاری و ابزارهایی در اختیار دارید؟
۳.۱.۲ مالکیت یا اجاره
۳.۱.۳ ابعاد و سایز محل کار
۳.۱.۳ فضای کافی برای ابزارها
۳.۱.٤ فضای کافی برای ابزارها
۳.۱.۵ گرمایش، سرمایش، نورپردازی و برق محل کار
۳.۱.٦ تمیز کردن گاراژ خود برای آماده شدن
۳.۱.۷ ترتیب خریدها و تحویل‌ها
۳.۱.۸ عکاسی و مستند سازی نمایید
۳.۱.۹ برچسب‌گذاری تمام سیم‌کشی‌ها
۳.۱.۱۰ ترتیب کمک گیری از افراد دیگر
۳.۱.۱۰.۱ کمک داخلی
۳.۱.۱۰.۲ کمک از خارج
۳.۲ مهارت‌های شما چیست و در چه مواردی نیاز به کمک دارید؟
۳.۲.۱ زیرساخت
۳.۲.۲ مکانیک
۳.۲.۳ برق
۳.۲.٤ الکترونیک
۳.۲.۵ مهارت‌ها
۳.۳ تکرار برخی موارد ایمنی
۳.۳.۱ خطر ولتاژ و آمپر بالا
۳.۳.۲ محافظت‌های مورد نیاز برای سر
۳.۳.۳ لباس
۳.۳.٤ دست‌ها
۳.۳.۵ ابزارها
۳.۳.٦ کفش‌ها

۳.۳.۷ اقدامات احتیاطی برای کار با سیستم HV
۳.۳.۸ سایر جنبه‌ها ایمنی دیگر
۳.٤ چیدمان وسایل و تجهیزات در کارگاه
۳.٤.۱ قرار دادن تجهیزات خاص خودروهای الکتریکی
۳.٤.۲ تهویه مناسب برای کار بر روی باتری در کارگاه
۳.۵ تصاویری از مراحل تبدیل، خودروهای تبدیل شده و کارگاه های تبدیل EV Conversion
فصل ٤: معیارها و کاندیدهای انتخاب خودرو اهدا کننده برای تبدیل
٤.۱ معیارهای کلی انتخاب خودرو
٤.۱.۱. وضعیت کلی خودرو
٤.۱.۲ وزن خودرو
٤.۱.۳. وضعیت بدنه، زنگ‌زدگی و داخل اطاق و نوع خودرو
٤.۱.٤. اجزای مرکزی
٤.۱.۵. سیمکشی و سیستم‌های الکترونیکی
٤.۱.٦. موتور احتراق داخلی
٤.۱.۷. گیربکس و سیستم انتقال قدرت
٤.۱.۸. فضای بار
٤.۱.۹. ایمنی
٤.۱.۱۰ چه خوردوی خودروهای برقی/ کیت‌های تبدیل را برای استفاده از قطعات استفاده کنیم.
٤.۱.۱۱ دفترچه راهنما فنی خودروها (نقشه های مکانیکی و سیم کشی) را دارید؟
٤.۱.۱۲ چک لیست
٤.۱.۱۳. مثال
٤.۱.۱٤ تحلیل عملکردی/سیستمی خودرو
٤.۲ ظرفیت و فضای باتری، BMS و شارژر
٤.۲.۱ ظرفیت باتری
٤.۲.۲ فضای مورد اشغال باتری
٤.۲.۳ سیستم‌های خنک‌کننده
٤.۲.٤ سیستم مدیریت باتری (BMS)
٤.۲.۵ سیستم شارژ
٤.۳. هزینه‌ها و مزایای اقتصادی
٤.۳.۱ هزینه‌های خرید خود خودرو
٤.۳.۲ صرفه‌جویی در هزینه‌ها
٤.۳.۳ لوازم یدکی جانبی
٤.۳.٤ هزینه قطعات که نو/ دست دوم

٤.٣.٥ هزینه و اجرت تعمیرات، قطعات یدکی
٤.٤ برد مسافت مورد انتظار برای استفاده از خودروی تبدیل شده
٤.٤.١ خودروهای برقی برای استفاده روزمره شهری
٤.٤.٢ ماشین دوم خانواده
٤.٤.٣ وانت بارهای سبک
٤.٤.٤ وانت بارهای سنگین
٤.٥ برای ایران کدام خودرو برای تبدیل به خودرو برقی مناسب است؟
٤.٥.١ برخی از خودروهای مونتاژ شده و ساخته شده مناسب داخل کشور
٤.٥.٢ برخی از خودروهای وارداتی، کلاسیک، خودروهای دهه ۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی
فصل ٥: اسکن و طراحی سه بعدی، استفاده از مدل های ۳ بعدی قطعات و خودروها برای جا نمایی قطعات و چیدمان بهینه در خوردوهای تبدیل شده
٥.١ چرا نیاز به مطالعات امکان سنجی داریم؟
٥.٢ اصول اندازه گیری و اسکن سه بعدی
٥.٢.١ مراحل اسکن سه‌بعدی
٥.٢.٢ انتخاب دوربین‌ها و اسکنرهای سه‌بعدی مناسب و دستورالعمل‌های استفاده
٥.٢.٢.١ معرفی تجهیزات اسکن سه‌بعدی در دسترس در ایران
٥.٣ اسکن سه‌بعدی قطعات و بخش‌های خودرو
٥.٣.١ آماده‌سازی محیط و قطعه برای اسکن
٥.٣.٢ فرآیند اسکن قطعات کوچک و پیچیده
٥.٣.٤ اسکن بخش‌های بزرگ‌تر خودرو، مانند بدنه، کاپوت یا صندوق عقب
٥.٤ خروجی گرفتن و انتقال مدل‌های اسکن‌شده به کامپیوتر
٥.٤.١ انتخاب فرمت مناسب برای خروجی گرفتن
٥.٤.٢ تنظیمات خروجی، دقت و حجم فایل
٥.٤.٣ باز کردن و بررسی مدل در نرم‌افزارهای سه‌بعدی
٥.٤.٤ اطمینان از صحت انتقال مدل
٥.٥ وارد کردن مدل‌های اسکن‌شده به نرم‌افزارهای CAD و جاگذاری آن‌ها در مدل خودرو
٥.٥.١ انتخاب نرم‌افزار CAD مناسب
٥.٥.٢ وارد کردن مدل‌ها به نرم‌افزار
٥.٥.٣ تمیزکاری و آماده‌سازی مدل‌ها
٥.٥.٤ جاگذاری مدل‌ها در مدل سه‌بعدی خودرو
٥.٦ نکات مهم و چالش‌های پیش‌رو در جانمایی و شبیه‌سازی سیستم‌ها در خودرو
٥.٦.١ محدودیت فضای فیزیکی برای نصب قطعات بزرگ
٥.٦.٢ نیاز به تهویه و خنک‌سازی مناسب

۵.۶.۳ تداخل با سیستم‌های موجود در خودرو
۵.۷ طراحی سیستم کابل‌کشی، جا نمایی و نقشه کشی با استفاده از AutoCAD Electrical
۵.۷.۱ جمع‌آوری اطلاعات اولیه و برنامه‌ریزی
۵.۷.۲ شناسایی اجزای الکتریکی و مشخصات آن‌ها
۵.۷.۳ تعیین مسیرهای کابل‌ها
۵.۷.٤ در نظر گرفتن اصول کابل‌کشی صحیح
فصل ٦: روابط بنیادین و محاسباتی که برای برای تبدیل خودروی احتراق درونی به خوردوی الکتریکی باید در نظر گرفت
٦.١ تا حد ممکنه وزن اضافی را از خودروی کم نمایید
٦.٢ محاسبات مبنا مرتبط با وزن و شتاب
٦.٣ محاسبات مرتبط با وزن و صعود
٦.٤ حذف وزن، در عین حال حفظ تعادل
٦.٥ محاسبات مرتبط با حرکت وسیله نقلیه
٦.٥.١ مقاومت‌های حرکتی
٦.٥.١.١ مقاومت کلی حرکت
٦.٥.١.٢ نیروی درگ آیرودینامیکی
٦.٥.١.٣ تعیین تجربی ضرایب برای نیروی درگ آیرودینامیکی و مقاومت غلتشی
٦.٥.١.٤ انتخاب کمترین ضریب درگ
٦.٥.١.٥ باد نسبی به کشش آیرودینامیکی کمک می‌کند
٦.٥.١.٦ شکل جریان هوای عقب
٦.٥.١.٧ شکل جریان هوای گلگیر چرخ و زیر بدنه
٦.٥.١.٨ جلوگیری از جریان هوای ورودی جلو و شکل‌دهی به آن
٦.٦ دینامیک وسایل نقلیه موتوری
٦.٦.١ ویژگی های دینامیک وسیله نقلیه
٦.٦.٢ دینامیک حرکت خطی
٦.٧ نیروی محرکه و سرعت موتور
٦.٧.١ خودرو با گیربکس دستی
٦.٧.٢ خودرو با گیربکس اتوماتیک
٦.٧.٣ نمودار نیروی کششی
٦.٧.٤ شتاب گیری
٦.٧.٥ شتاب گیری و ترمزگیری
٦.٧.٦ حداکثر شتاب و ترمزگیری (کاهش سرعت)
٦.٧.٧ کار و توان

٦.٨ بُرد و میزان مصرف انرژی خودروهای الکتریکی
٦.٩ آیرودینامیک خودرو
٦.١٠ لاستیک‌ها
٦.١١ دیفرانسیل
٦.١٢ تفاوت در مشخصات موتور در مقایسه موتور
٦.١٣ نسبت‌های دنده گیربکس
٦.١٤ گیربکس اتوماتیک در مقابل دستی (Manual)
٦.١٥ بررسی کلی محاسبات
٦.١٦ کاربرگ گشتاور مورد نیاز
فصل ۷: ساختار شناسی، قطعه شناسی و انتخاب قطعات از روی خودروی برقی دست دوم، نکات مربوط به پک باتری‌ها، تهیه جداگانه یا استفاده از کیت‌های آماده
۷.۱ چیدمان کلی قطعات روی خودرو نحوه انتقال قدرت
۷.۲ بررسی و انتخاب موتورهای الکتریکی
۷.۲.۱ انواع موتورهای الکتریکی و کاربرد آن‌ها
۷.۲.۲ معیارهای انتخاب موتور مناسب
۷.۲.۳ گزینه‌های هزینه‌بردار و صرفه‌جویی
۷.۲.٤ کوپلینگ و صفحه آداپتور
۷.۲.٥ محاسبات دقیق گشتاور و رابطه با گیربکس
۷.۲.٦ توان و ولتاژ موتور
۷.۲.۷ خنک‌سازی موتور
۷.۲.۸ هزینه بلندمدت و نگهداری
۷.۳ مبانی سیم کشی و شناخت قطعات
۷.۳.۱ مواد سازنده هادی‌های الکتریکی
۷.۳.۲ سیستم استاندارد سنج آمریکایی سیم (AWG)
۷.۳.۳ سیم‌های اتصال به زمین یا گراند یا اتصال بدنه
۷.۳.٤ اثر پوستی
۷.۳.٥ مراحل تصویری سوکت زنی
۷.۳.٤ کابل‌های باتری:
۷.۳.٥ مراحل تصویری ساخت اتصالات کابل شو
۷.۳.٦ فیوزها و قطعات محافظت‌کننده مدار
۷.۳.۷ درجه‌بندی فیوزها
۷.۳.۸ فیوزهای تیغه‌ای
۷.۳.۹ فیوزهای ماکس

۷.۳.۱۰ المنت‌های فیوز Pacific
۷.۳.۱۱ رنگ‌بندی فیوزهای ماکسی
۷.۳.۱۲ قطع‌کننده‌های مدار
۷.۳.۱۳ انواع قطع‌کننده‌های مدار
۷.۳.۱٤ محافظ‌های PTC
۷.۳.۱٥ لینک‌های فیوزی
۷.۳.۱٦ مگا فیوزها
۷.۳.۱۷ ترمینال‌ها و کانکتورها
۷.۳.۱۸ روش‌های تعمیر و اتصال سیم
۷.۳.۱۸.۱ لحیم کاری
۷.۳.۱۸.۲ پرس کابل شو یا آچار سوکت زن قوی
۷.۳.۱۸.۳ وارنیش حرارتی
۷.۳.۱۸.٤ کانکتورهای پرس و مهر
۷.۳.۱۸.٥ خرطومی‌های محافظ سیم‌ها
۷.۳.۱۸.٦ سایر قطعات مانند سوییچ‌ها و رله‌ها
۷.٤ باتری‌ها
۷.٤.۱ مقایسه باتری‌های لیتیوم-یون و سرب-اسید
۷.٤.۱.۱ باتری‌های سرب-اسید
۷.٤.۱.۲ باتری‌های لیتیوم-یون
۷.٤.۲ اجزای پشتیبانی‌کننده از پیشرانه برقی جدید
۷.٤.۳ جایگزین‌های عملکردهای کمکی
۷.٤.۲ راهکارهای مقرون‌به‌صرفه و گران‌تر
۷.٤.٥ راهکار فنی‌تر و گران‌تر
۷.٤.٦ دمای باتری
۷.٤.۷ حجم و وزن باتری‌ها
۷.٤.۸ مقایسه حجم و وزن باتری‌ها
۷.٤.۸ انتخاب باطری ها
۷.٤.۸.۱ رتبه‌بندی سلول‌ها
۷.٤.۸.۲ ظرفیت
۷.٤.۸.۳ توجه به حداکثر ظرفیت
۷.٤.۸.٤ حداکثر نرخ دشارژ
۷.٤.۸.٥ نرخ C
۷.٤.۸.٦ حداکثر نرخ شارژ

۷.٤.۸.۷ حداکثر تعداد چرخه‌ها
۷.٤.۹ ترکیب سلول‌های باتری لیتیومی برای ساخت بسته‌های باتری
۷.٤.۹.۱ افزایش ولتاژ با استفاده از اتصالات سری
۷.٤.۹.۲ ولتاژ اسمی و محدوده ولتاژ واقعی
۷.٤.۹.۳ افزایش ظرفیت با استفاده از اتصالات موازی
۷.٤.۹.٤ ترکیب اتصالات سری و موازی
۷.٤.۹.٥ ایمنی و خطرات
۷.٥ چرا باتری به BMS نیاز دارد؟
۷.۳.۱. چالش‌های تعادل سلول‌ها در باتری‌های سری و موازی
۷.٥.۲ مشکل عدم تعادل سلول‌ها
۷.٥.۳ چرا به BMS نیاز داریم؟
۷.٥.٤ ویژگی‌های اضافی BMS و مزایای آن
۷.٥.٥ انواع مختلف سیستم‌های تعادل
۷.٥.٦ مراحل اتصال BMS و سلول‌ها
۷.٥.٦.۱ انتخاب BMS مناسب برای نوع سلول‌ها
۷.٥.٦.۲ مراحل اتصال BMS به سلول‌ها
۷.٥.٦.۳ نکات ایمنی و مراقبت‌های لازم
۷.٥.٦.٤ توجه به ویژگی‌های موتورهای الکتریکی
۷.٦ گروه‌بندی سلول‌ها و ایجاد اتصالات در طراحی باتری
۷.٦.۱ تعیین ولتاژ، ظرفیت و جریان تخلیه
۷.٦.۲ انتخاب نوع اتصال سلول‌ها
۷.٦.۳ طراحی چیدمان باتری، پشته کردن و تنظیمات موازی و سری
۷.٦.٤ ایجاد اتصالات باتری
۷.٦.٥ نکات ایمنی در هنگام ساخت باتری
۷.٦.٦ تراز سلول و مهار
۷.۷ سیم کشی، کلیدهای ایمنی و حفاظت و اینورتر در پروژه‌های تبدیل و خودروی برقی
۷.۸ سیستم فرمان برقی
۷.۸.۱ پمپ هیدرولیک برقی
۷.۸.۲ سیستم فرمان برقی کامل
۷.۸.۳ تشریح سیستم‌های فرمان برقی (EPS) قابل انتخاب
۷.۸.۳.۱ سیستم EPS با کمک ستونی
۷.۸.۳.۲ سیستم EPS با کمک پینیون
۷.۸.۳.۳ سیستم EPS با درایو رک/تسمه

۷.۸.٤ شناخت ساختارهای فرمان موجود بر روی خودروها
۷.۸.٤.۱ ستون‌های فرمان
۷.۸.٤.۲ ستون‌های فرمان تلسکوپی
۷.۸.٥ مکانیسم‌های فرمان مرسوم
۷.۸.٥.۱ نسبت دنده فرمان
۷.۸.٥.۲ مکانیزم فرمان ساچمه گردان
۷.۸.٥.۳ مکانیزم فرمان دنده شانه‌ای، قطعات و عملکرد
۷.۸.٦ اتصالات فرمان
۷.۸.۷ انتهای میله فرمان
۷.۸.۸ فرمان جلو در مقابل فرمان عقب
۷.۸.۹ سیستم فرمان برقی (Electric Power Steering System - EPS)
۷.۸.۱۰ سیستم فرمان الکتروهیدرولیک (EHPS)
۷.۹ ترمزها
۷.۹.۱ ترمزهای تقویت‌شده
۷.۹.۲ ترمزهای احیاء کننده انرژی (Regenerative Braking)
۷.۹.۳ سیستم‌های ترمز برقی
۷.۹.٤ سیستم ترمز الکتروهیدرولیکی
۷.۱۰ سیستم گرمایش کابین
۷.۱۱ سیستم سرمایش و کندانسور خنک‌شونده
۷.۱۱.۱ سیستم سرمایش باتری‌ها و اینورترها
۷.۱۱.۲ انتخاب و نصب سیستم‌های سرمایش
۷.۱۱.۳ کمپرسور برقی
۷.۱۲ شبیه‌سازی صدای موتور
۷.۱۲.۱ نکات کلیدی در استفاده از اسپیکر شبیه‌سازی صدای مورتو در خودروهای برقی
۷.۱۲.۱.۱ انتخاب و نصب صحیح اسپیکر
۷.۱۲.۱.۲ کیفیت صدا و توان اسپیکر
۷.۱۲.۱.۳ سیستم تقویت صدا (Amplifier)
۷.۱۲.۱.٤ مصرف انرژی اسپیکر در خودروهای برقی
۷.۱۲.۱.٥ هماهنگی با سیستم کنترل خودرو (VCU)
۷.۱۲.۲ تولید صدای شبیه‌سازی شده مناسب
۷.۱۲.۲.۱ سیستم‌های صداگذاری پویا
۷.۱۲.۲.۲ فرکانس‌ها و طیف‌های صدا
۷.۱۲.۳ چالش‌ها و محدودیت‌ها در استفاده از اسپیکر شبیه‌سازی صدای مورتو

۷.۱۲.۳.۱ فضای محدود در خودروهای برقی
۷.۱۲.۳.۲ تداخل با سیستم‌های دیگر
۷.۱۳ انتخاب و نصب سیستم‌های صوتی (اسپیکر)
۷.۱۳.۱ اسپیکرهای با کارایی بالا
۷.۱۳.۲ آمپلی‌فایرهای دیجیتال (Class D)
۷.۱۳.۳ طراحی و نصب سیستم صوتی
۷.۱٤.۱ واحد کنترل خودرو (VCU) برای خودروهای برقی تبدیل‌شده
۷.۱٤.۲ سازگاری با اجزا VCU
۷.۱٤.۲ قابلیت برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی
۷.۱٤.۳ رابط کاربری
۷.۱٤.٤ نکات ایمنی در نصب VCU
۷.۱٥ مستندسازی
۷.۱٥.۱ دیاگرام سیم‌کشی
۷.۱٥.۲ دیاگرام عملکرد
۷.۱٦ کیت‌های موجود برای تبدیل به خودروهای برقی
۷.۱٦.۱ کیت‌های تبدیل و رویکردهای مختلف
۷.۱٦.۱.۱ کیت‌های مخصوص مدل‌های خاص
۷.۱٦.۱.۲ کیت‌های یونیورسال
۷.۱٦.۱.۳ کیت تبدیل "حداقلی"
۷.۱٦.۲ معرفی برخی کیت های آماده تبدیل و مشخصات فنی آنها
۷.۱٦.۲.۱ شورولت و پیشرو در آینده سیستم‌های الکتریکی eCrate
۷.۱٦.۲.۲ کیت تبدیل تویوتا لندکروزر به سیستم الکتریکی
۷.۱۷ سایر قطعات افترمارکتی
۷.۱۸ نکات مهم خرید قطعات استوک و نوی مورد نیازتان از روی خوردوی تمام برقی
۷.۱۹ استفاده از مدارک فنی، نقشه ها، قطعات خودروها (مطالعه موردی ۲ کمپانی خودروساز برقی)
۷.۱۹.۱ محصولات شرکت Tesla
۷.۱۹.۲ محصولات شرکت BYD
فصل ۸: مراحل باز کردن و جداسازی قطعات از روی خودروهای اهدا کننده و میزبان و شناخت ابزار مورد نیاز
۸.۱ باز کردن قطعات از خودروی اهداکننده و میزبان
۸.۲ تخلیه مایعات
۸.۳ برداشتن قطعات شاسی
۸.٤ ساختار شماتیک سامانه ها و مراحل مکانیکی پس از باز کردن قطعات شاسی

۸.٦ باز کردن گیربکس
۸.٥ مراحل تصویری باز کردن موتور
۸.٦ باز کردن گیربکس دستی، اتوماتیک، میل گاردان، اکسل، دیفرانسیل و چهارشاخ گاردان
۸.٦.۱ مراحل تصویری باز کردن یک ترانس اکسل یا گیربکس دیفرانسیل خودروی FWD
۸.٦.۲ مراحل تصویری باز کردن گیربکس یک خودروی دیفرانسیل عقب یا RWD
۸.٦.۳ مراحل تصویری باز کردن گیربکس اتوماتیک
۸.٦.٤ طرح شماتیک میل گاردان و نحوه باز کردن آن
۸.٦.٥ تعویض اکسل و کاسه‌نمد دیفرانسیل
۸.٦.٦ مراحل تصویری باز کردن چهارشاخ گاردان
۸.۷ باز کردن جعبه فرمان
۸.۸ ۸.۸ برداشتن باک بنزین
۸.۹ فروش قطعات قدیمی
۸.۱۰ آماده‌سازی، زدن برش‌ها، علامت‌گذاری‌ها، و آماده‌سازی شاسی
۸.۱۱ نکات مربوط به باز کردن قطعات از خودروی برقی اهدا کننده قطعات
۸.۱۲ نکات مرتبط با انبارداری، نگهداری، نام‌گذاری و علامت‌گذاری قطعات بازشده
۸.۱۳ نکات در مورد بلند کردن، پیاده کردن، ایمنی کار با تجهیزات سنگین، جک‌ها، لیفترها
۸.۱٤ وسایل مورد نیاز شامل وسایل عمومی و دستی
۸.۱٤.۱ اتصالات (بست‌ها)، پیچ، مهره ها، بست در صنعت خودرو
۸.۱٤.۲ پیچ‌گوشتی‌ها
۸.۱٤.۳ آچارها
۸.۱٤.٤ چکش‌ها
۸.۱٤.٥ انبرها
۸.۱٤.٦ ابزارهای برش دستی
۸.۱٤.۷ قلاویز و حدیده
۸.۱٤.۷.۱ قلاویز
۸.۱٤.۷.۲ عملیات قلاویزکاری
۸.۱٤.۷.۳ حدیده
۸.۱٤.۷.٤ مهره‌های حدیده‌ای
۸.۱٤.۷.٥ مراحل رزوه زنی
۸.۱٤.۸ ابزارهای اندازه‌گیری
۸.۱٤.۹ ابزارهای کمکی و نگهداری
۸.۱٥ وسایل ابزار دقیق و سنجش
۸.۱٦ تجهیزات مورد نیاز شامل ابزار برقی

۸.۱۶.۱ دریل برقی
۸.۱۶.۲ سنگ ساب رومیزی
۸.۱۶.۳ مینی فرز سنگ انگشتی
۸.۱۶.٤ سنگ فرز و مینی فرز
۸.۱۶.٥ پروفیل‌بر برقی
۸.۱۶.٦ سنباده برقی
۸.۱۶.۷ اره برق افقی بر
۸.۱۶.۸ بکس برقی
۸.۱۶.۹ سشوار صنعتی
۸.۱۶.۱۰ مینی فرز ابزار همه کاره
۸.۱۶.۱۱ کارواش
۸.۱۶.۱۲ بلوور
۸.۱۶.۱۳ جاروبرقی آبی-خاکی صنعتی
۸.۱۶.۱٤ انواع دستگاه جوش، ماهیت و شرح کارکرد آنها
۸.۱۷ ابزار شارژی
۸.۱۷.۱ دریل/پیچ گوشتی شارژی
۸.۱۷.۲ بکس شارژی
۸.۱۷.۳ مینی فرز شارژی
۸.۱۷.٤ افقی بر شارژی
۸.۱۷.٥ فرز همه کاره شارژی
۸.۱۷.٦ آچار بکس جغجغه شارژی
۸.۱۷.۷ چراغ شارژی
۸.۱۸ ابزار بادی
۸.۱۸.۱ پمپ باد و متعلاقات آن
۸.۱۸.۲ بکس بادی
۸.۱۸.۳ آچار جغجغه بادی
۸.۱۸.٤ پیچ گوشتی بادی
۸.۱۸.٥ فرز انگشتی بادی
۸.۱۸.٦ دریل بادی
۸.۱۸.۷ اره و سوهان بادی
۸.۱۸.۷ چکش گل زن بادی
۸.۱۸.۷ سمباده نواری/گرد بادی
۸.۱۸.۸ چکش تخریب بادی

۸.۱۸.۹ پرس کابلشو بادی
۸.۱۸.۱۰ میخ کوب و منگنه کوب بادی
۸.۱۸.۱۱ پیستوله رنگ، سندبلاست و گازوییل پاش
۸.۱۸.۱۲ رعایت ایمنی مخصوص کار با تجهیزات بادی-پاششی
۸.۱۹ نکات مربوط به باز کردن قطعات گیر کرده، جام کرده، پیچ و مهره‌های زنگ‌زده، نحوه باز کردن آنها و تجهیزات و روند پیشنهادی برای حل آن مشکلات
۸.۱۹.۱ استفاده از WD40، روغن معمولی یا روغن ترمز
۸.۱۹.۲ استفاده از حرارت
۸.۱۹.۳ استفاده از چکش و ضربات ملایم
۸.۱۹.٤ استفاده از روش ها و ابزارهای ویژه برای پیچ‌های زنگ‌زده و گیر کرده
۸.۱۹.٤.۱ باز کردن سر پیچ های بکسی گرد شده
۸.۱۹.٤.۳ باز کردن مهره زنگ زده
۸.۱۹.٤.٤ باز کردن پیچ هرز شده
۸.۱۹.٤.٥ استفاده از محلول‌های شیمیایی مخصوص
۸.۱۹.٥ باز کردن قطعات گیر کرده یا جام کرده دیگر غیر پیچ و مهره ای
۸.۱۹.٥.۱ وینچ دستی
۸.۱۹.٥.۲ جک هیدرولیکی
۸.۱۹.٥.۳ فولی کش ها و بلبریگ کش ها
۸.۲۰ تمیز کردن قطعات
۸.۲۰.۱ حرارت‌دهی به قطعه
۸.۲۰.۲ سرد و منجمد کردن قطعات
۸.۲۰.۳ شست و شو با آب گرم و مواد شوینده و کارواش
۸.۲۰.٤ استفاده از بخار آب با فشار بالا
۸.۲۰.٥ شست و شو با مواد حلال پایه نفتی
۸.۲۰.٦ شست و شو با قطعه شور صنعتی
۸.۲۰.۷ سند بلاست
۸.۲۰.۸ شست و شو با حمام اولتراسونیک
۸.۲۰.۹ شست و شوی کاکنتورها و پین ها
۸.۲۱ قطعاتی که جا دست و دید کافی ندارند (دست‌رسی سخت یا طراحی غیرارگونومیک):
۸.۲۲ نکات مرتبط با همکاری، ساعات کاری، نحوه تعامل، مدیریت خشم و لزوم استراحت در کارگاه
۸.۲۲.۱ شناخت اتمسفر و فضای حاکم بر کارگاه
۸.۲۲.۲ تقسیم وظایف دقیق و شفاف

۸.۲۲.۳ اهمیت مدیریت ساعات کاری و پیشگیری از خستگی مفرط
۸.۲۲.٤ تعامل مؤثر با همکاران برای بهبود خروجی و بهره‌وری
۸.۲۱.٥ تعداد نفرات و هماهنگی در وظایف چندنفره
۸.۲۲.٦ نگهداری و چیدمان ابزارها برای پیشگیری از هرج و مرج
۸.۲۲.۷ توجه به مسائل ایمنی و بیمه
۸.۲۲.۸ پذیرش غیرقابل پیش‌بینی بودن پروژه
۸.۲۲.۹ فرهنگ نتیجه‌گرایی و پشتیبانی متقابل
۸.۲۲.۱۰ جمع‌بندی
پیوست: جداول تبدیل آحاد و فنی
فهرست منابع و استانداردهای مرجع

فصل اول: مقدمه و اهداف

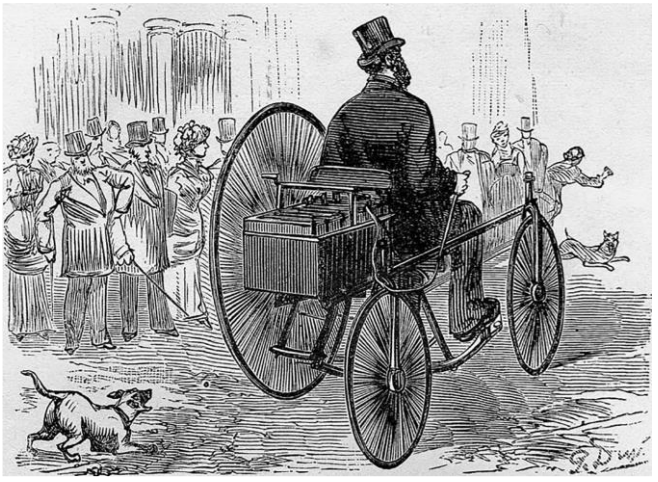
۱.۱ مروری بر خودروهای الکتریکی ، تاریخچه ، انواع خودروهای برقی ، شارژرها

تاریخچه سامانه‌های محرکه‌ی الکتریکی

سامانه‌های الکتریکی در خودروها پدیده‌ای نیست که به چند سال اخیر محدود شود. اولین وسیله نقلیه‌ای که به عنوان خودروی الکتریکی شناخته می‌شود، در سال ۱۸۸۱ توسط گوستاو تروو ساخته شد و یک سه‌چرخه بود. اولین خودروی الکتریکی آلمانی نیز در سال ۱۸۸۸ توسط فلوکن تولید شد. در این دوره، تولیدکنندگان متعددی در سراسر جهان خودروهای الکتریکی کاربردی و کارا را توسعه دادند که با خودروهای مجهز به موتورهای احتراقی داخلی، که آن زمان در مراحل اولیه توسعه بودند، رقابت می‌کردند.

دوره طلایی خودروهای الکتریکی بین سال‌های ۱۸۹۶ تا ۱۹۱۲ بود. خودروهای الکتریکی در آن زمان می‌توانستند با یک بار شارژ باتری مسافتی در حدود ۱۰۰ کیلومتر را طی کنند. برای افزایش محدوده حرکتی، خودروهایی توسعه داده شدند که در آن‌ها یک موتور بنزینی از طریق یک آلترناتور باتری را شارژ می‌کرد و باتری نیز نیروی موتور الکتریکی را تأمین می‌کرد؛ این دقیقاً مفهوم خودروهای هیبرید الکتریکی را معرفی می‌کرد.

با این حال، بعد از سال ۱۹۱۲، سهم بازار خودروهای الکتریکی به شدت کاهش یافت. دلایل این کاهش شامل عوامل زیر بود: محدوده حرکتی بسیار بیشتر خودروهای مجهز به موتورهای احتراقی داخلی، هزینه پایین سوخت بنزین، راحت‌تر شدن استفاده از موتورهای احتراقی داخلی به واسطه معرفی استارتر برقی و مشکلات موجود در باتری‌های کششی (traction batteries) بوده است.



شکل ۱.۱ اولین خودروی الکتریکی

روند الکتریکی‌شدن سیستم‌های محرکه تنها در اواخر قرن بیستم و زمانی که تقاضا برای کاهش آلایندگی گازهای خروجی اگزوز و صرفه‌جویی در مصرف سوخت افزایش یافت، بار دیگر شدت گرفت. دلیل اصلی مصرف زیاد سوخت توسط موتورهای احتراقی، بازده اندک آن‌ها بود که حداکثر به حدود ۴۰ درصد می‌رسید. اما

ماشین‌های الکتریکی با بازده بیش از ۹۰ درصد در این زمینه برتری داشتند. چنین پیشرفتی در ابتدا به دلیل وجود محدودیت‌های فناوری باتری‌های آن زمان و هزینه‌های بالا، اجازه نمی‌داد سیستم‌های محرکه‌ی الکتریکی با باتری‌های بزرگ به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرند. از آنجا که برد حرکتی خودروها با یک بار شارژ محدود بود، خودروهای هیبریدی – ترکیب سامانه‌ی محرکه الکتریکی با موتور احتراقی داخلی – به عنوان راهکاری موقت توسعه یافتند. پیشرفت در فناوری باتری‌ها به طور قابل توجهی محدوده حرکتی را افزایش داد. امروزه مجموعه‌ای متنوع از خودروهای الکتریکی در بازار موجود است و به طور قابل توجهی انتظار می‌رود که سهم بازار این خودروها در آینده افزایش یابد.

۱.۲ خودروهای تمام الکتریکی

خودروهای تمام الکتریکی (PEVs) به‌جای باک بنزین، باتری دارند و به‌عوض موتور احتراق داخلی(ICE) ، موتور الکتریکی دارند. این خودروها همچنین به‌عنوان خودروهای الکتریکی باتری دار (BEVs) یا صرفاً خودروهای الکتریکی (EVs) شناخته می‌شوند. خودروهای الکتریکی تنها با برق‌کار می‌کنند و برای شارژ مجدد به برق وصل می‌شوند. آن‌ها هیچ‌گونه انتشار آلاینده‌ای از اگزوز ندارند. در حال حاضر بیشتر این خودروها دارای بردی واقعی در محدوده ۱۰۰ تا ۳۰۰ مایل (۱۶۰.۹ کیلومتر تا ۴۸۲.۷ کیلومتر) با یک‌بار شارژ هستند.

۱.۳ مزایای خودروهای الکتریکی

اگرچه قیمت اولیه خرید خودروهای برقی ممکن است بیشتر باشد، اما این هزینه می‌تواند با کاهش هزینه‌های جاری جبران گردد:

- یک‌بار شارژ کامل در خودروی کاملاً برقی در زمانی که مالک خودرو در خانه شارژ کند و به تعرفه برق خارج از اوج دسترسی داشته باشد، معمولاً نصف هزینه سوخت معادل خودروی درون‌سوز است.
- تعداد قطعات مکانیکی در یک خودروی برقی کمتر از خودروهای معمول است که معمولاً منجر به کاهش هزینه‌های سرویس و نگهداری می‌گردد.
- مالیات بر وسیله نقلیه برقی کمتر است.
- خودروهای برقی دسترسی رایگان یا ارزان‌تر به مناطق کم انتشار و مناطق ازدحام دارند.
- در برخی شهرها و شهرک‌ها، برای خودروهای برقی پارکینگ رایگان فراهم نموده‌اند.
- در حال حاضر مشوق‌هایی برای خودروهای شرکتی وجود دارد تا به سفرهای سبزتر روی‌آورند.

۱.٤ شارژ خودروهای الکتریکی

۱.٤.۱ موقعیت پورت‌های شارژ

پورت شارژ، محلی است که کابل را به آن وصل می‌کنید تا به برق اصلی یا شارژر اختصاصی متصل گردد. این پورت معمولاً زیر بخشی شبیه به درب باک یا پشت آرم سازنده اتومبیل قرار می‌گیرد. چند نوع مختلف وجود دارد و ممکن است در قسمت جلو، عقب یا کنار خودرو قرار داشته باشد.

۱.٤.۲ روش‌های شارژ خودروهای الکتریکی

به‌طورکلی، سه روش برای شارژ خودروی برقی وجود دارد:

۱.٤.۲.۱ شارژ قطره‌ای: این روش کندترین روش برای شارژ خودروی برقی در خانه با استفاده از یک پریز استاندارد ۲۲۰ ولت است. این روش فقط در مواقع اضطراری توصیه می‌شود.

۱.٤.۲.۲ شارژ AC: نصب یک جعبه دیواری (وال‌باکس) به شما این امکان می‌دهد تا با استفاده از شارژ ACخانگی با سرعت ۳ تا ۴ برابر بیشتر شارژ نمایید. شارژ AC عمومی نیز به‌طور گسترده‌ای در دسترس بوده و برای محل‌های کار نیز محبوبیت دارد.

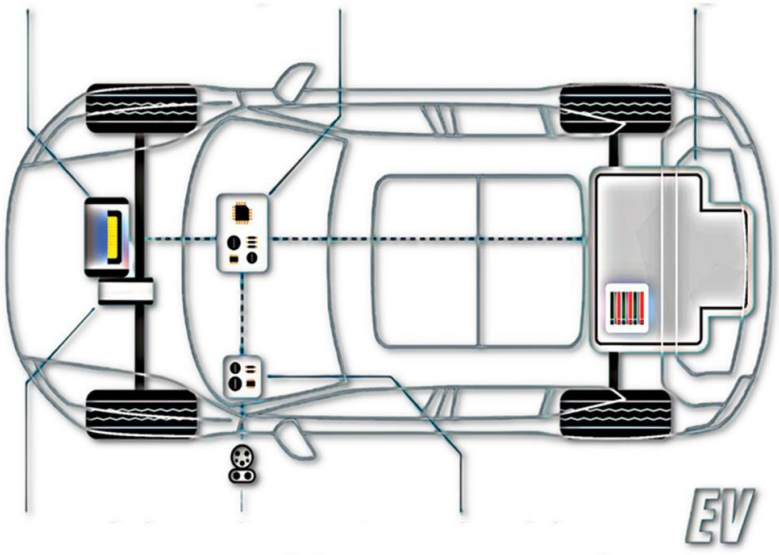
۱.٤.۲.۳ شارژ DC: سریع‌ترین روش برای شارژ یک خودروی برقی است، اما خودروهای برقی قدیمی این گزینه را ندارند. این ایستگاه‌های شارژ سریع عمومی DC معمولاً دارای توان ۵۰ کیلووات و بالاتر هستند. با این روش، به‌عنوان‌مثال، می‌توانید در حدود ۴۰ دقیقه یک باتری ۶۰ کیلووات‌ساعتی را از ۲۰ درصد به ۸۰ درصد شارژ نمایید. هم‌اکنون برخی از ایستگاه‌های شارژ فوق‌سریع نیز وجود دارند که توان ۱۵۰ کیلووات را ارائه می‌دهند و شارژرهای ۳۵۰ کیلووات‌ساعتی در آینده در دسترس خواهند بود.

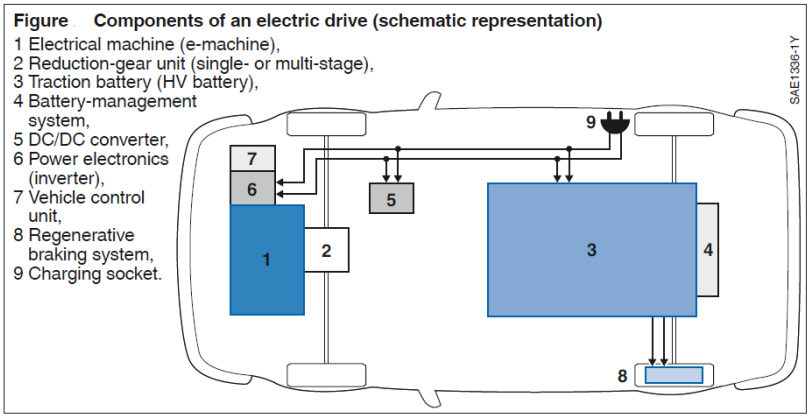
نکته فنی: شارژرهای DC می‌توانند برق را سریع‌تر تحویل دهند، زیرا اینورترهای بزرگ‌تری در ایستگاه شارژ دارند و این فرآیند از اینورتر داخلی خودرو عبور نمی‌نماید و برق را مستقیماً به باتری منتقل می‌کند.

۱.۵ چگونه یک خودروی الکتریکی کار می‌کند؟

انرژی مورد نیاز برای رانندگی یک EV توسط یک ایستگاه شارژ تأمین می‌شود، چه در خانه و چه در طول جاده. وقتی خودرو را به ایستگاه شارژ متصل می‌کنید، برق به باتری خودرو جریان می‌یابد. انرژی ذخیره شده در باتری جریان مستقیم (DC) است، مانند انرژی ذخیره شده در یک چراغ قوه یا کنترل تلویزیون. بیشتر خودروهای الکتریکی از DC استفاده نمی‌کنند، بنابراین جریان باید به جریان متناوب (AC) تبدیل شود. بیشتر لوازم خانگی شما، مانند یخچال، ماشین لباسشویی و تلویزیون، از جریان AC استفاده می‌کنند. بنابراین خودروهای الکتریکی به یک دستگاه، به نام اینورتر، نیاز دارند که جریان DC ذخیره شده در باتری را به جریان AC تبدیل کند. اینورتر به طور کارآمدی عمل می‌کند و تنها چند درصد از قدرت را از دست می‌دهد (شکل ۱.۲).

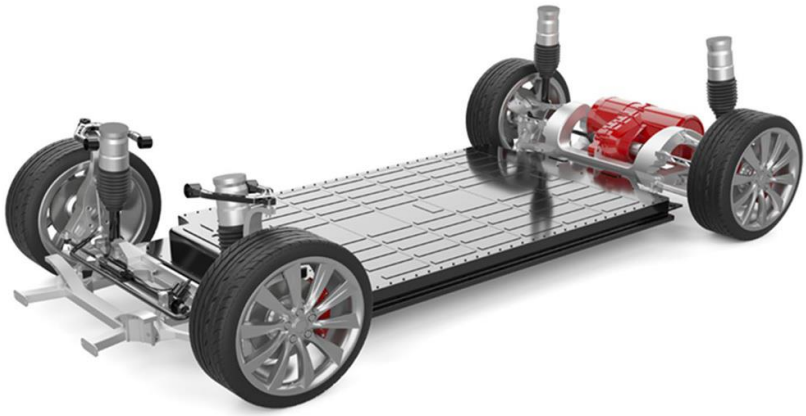
جریان AC از اینورتر خارج می‌شود و وارد موتور تراکشن یا موتور رانش می‌شود. موتور انرژی الکتریکی را به انرژی چرخشی تبدیل می‌کند و این انرژی چرخ‌ها را به حرکت درمی‌آورد. برخی از خودروهای الکتریکی دارای یک جعبه دنده هستند که به چرخ‌ها اجازه می‌دهد سریع‌تر از موتور بچرخند، درست مانند خودروهای ICE.





شکل ۱.۲ نمودارهای شماتیک یک سیستم محرک معمولی EV

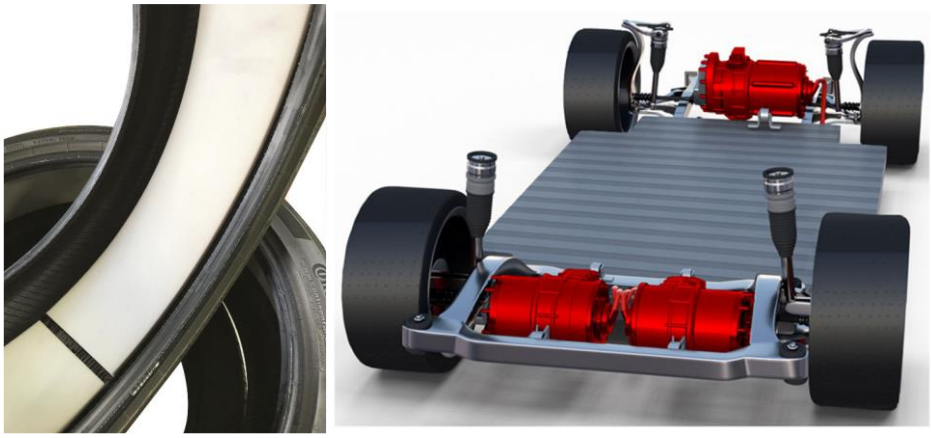
۱.۵.۱ انواع خودروهای الکتریکی باتری‌دار: چند موتور فکر می‌کنید در یک خودروی الکتریکی وجود دارد؟ تعداد زیادی اگر شما موتورهای کنترل صندلی، کنترل آینه جانبی و همه موتورهای دیگر راحتی را حساب کنید. اما چند موتور تراکشن—موتورهایی که خودرو را حرکت می‌دهند—در یک EV وجود دارد؟



شکل ۱.۳ نمایش یک شاسی EV با یک پیکربندی تک‌موتور

می‌تواند یکی، دو، سه یا چهار موتور باشد. یک موتور کافی خواهد بود تا مخصوصاً یک خودروی کوچک‌تر را در رانندگی عادی به حرکت درآورد. برای عملکرد بالاتر، دو موتور یک بهبود هستند. یک موتور چرخ‌های جلو و دیگری چرخ‌های عقب را قدرت می‌دهد. اگر خواهان عملکرد بالاتر هستید و آماده پرداخت هزینه آن، داشتن سه موتور بهتر از دو موتور است. دو موتور در عقب وجود دارد؛ هر یک چرخ خاص خود را قدرت می‌دهد. یک موتور در جلو است تا هر دو چرخ جلو را به حرکت درآورد. مزیت این پیکربندی این است که وقتی خودرو شتاب می‌گیرد، قسمت عقب خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند. شما می‌توانید این حرکت را هنگام تماشای مسابقات خودروهای شتاب‌دهنده مشاهده کنید. داشتن دو برابر قدرت در عقب از نیروی پایین‌برنده در طول شتاب‌گیری استفاده می‌کند و باعث افزایش چسبندگی تایر می‌شود.

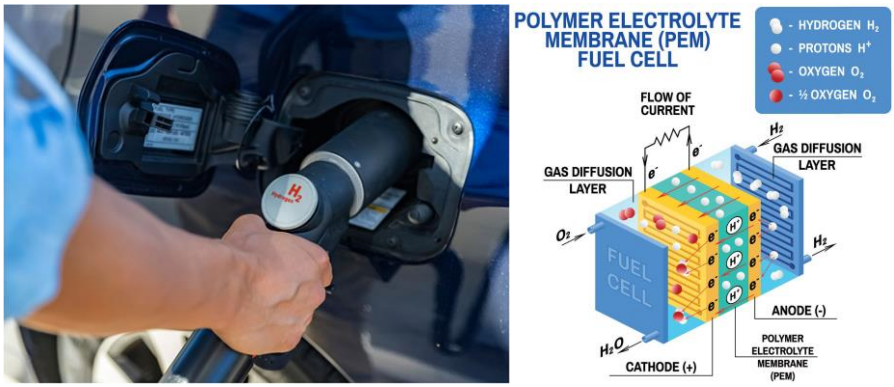
شکل ۱.٤ نمایش یک شاسی EV با پیکربندی دو موتور



شکل ۱.۵ نمایش یک شاسی EV با پیکربندی سه موتور و فوم مخصوص آکوستیک داخل تایرهای تسلا ۳

۱.۵.۲ خودروهای الکتریکی با سلول سوختی: خودروهای الکتریکی با سلول سوختی(FCEVs) ، که به عنوان خودروهای هیدروژنی نیز شناخته می‌شوند، از هیدروژن به عنوان منبع اصلی انرژی استفاده می‌کنند. هیدروژن به یک طرف یک سلول سوختی وارد می‌شود. اکسیژن که از هوای اطراف گرفته می‌شود، به طرف دیگر وارد می‌شود. هیدروژن از الکترون‌های خود جدا می‌شود و اکسیژن از پروتون‌های خود جدا می‌شود. جریان به دست آمده باتری‌ها را شارژ می‌کند. ترکیب هیدروژن و اکسیژن باعث تولید آب می‌شود که به زمین می‌چکد و مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند. شما ممکن است فکر کنید که ردیابی آب قابل مشاهده خواهد بود، اما اینطور نیست. FCEVها تقریباً به همان مقدار آب تولید می‌کنند که خودروهای بنزینی تولید می‌کنند.

مقایسه‌ای دیگر بین FCEV ها و خودروهای ICE: یک گالن بنزین برد رانندگی حدود ۲۵ مایل را فراهم می‌کند. یک گالن هیدروژن برد ۶۰ مایل را ارائه می‌دهد. فرایند تبدیل انرژی در FCEVها پاک است، اما فرایند تولید از ابتدا تا انتها ناکارآمد و می‌تواند بسیار آلاینده باشد. نود و پنج درصد از هیدروژن برای سوخت از طریق گرم کردن بخار یا اصلاح گاز طبیعی تولید می‌شود. این فرایند بخار با دمای بالا را با گاز طبیعی ترکیب می‌کند تا هیدروژن استخراج شود. تولید هیدروژن از طریق اصلاح بخار انرژی کمتری نسبت به گاز طبیعی در ابتدای فرایند دارد. بنابراین، ازنظر انرژی، این یک روش ناکارآمد است. همچنین مقدار زیادی آلودگی ایجاد می‌کند. از آنکه در آن از گاز طبیعی استفاده می‌شود، این یک منبع انرژی غیر سبز است. درصد کمی از هیدروژن از طریق الکترولیز تولید می‌شود، که از برق برای جدا کردن هیدروژن و اکسیژن از آب استفاده می‌کند. جدا کردن هیدروژن از اکسیژن به انرژی ورودی بیشتری نسبت به اصلاح بخار نیاز دارد و تنها ۷۰٪ کارآمد است.



شکل ۱.٦ نمودار شماتیک یک سلول سوختی هیدروژنی و سوخت‌رسانی یک FCEV با هیدروژن در یک ایستگاه سوخت‌رسانی هیدروژن

باتری‌های لیتیوم-یونی: بیشتر خودروهای EV توسط برقی که در باتری‌های لیتیوم-یونی ذخیره می‌شود تغذیه می‌شوند. این ممکن است در چند سال آینده تغییر کند، اما برای حال حاضر لیتیوم-یون حاکم است. دو چیز که قبلاً درباره باتری‌های لیتیوم-یونی می‌دانید: آن‌ها قابل شارژ هستند و از عنصر لیتیوم استفاده می‌کنند. این‌ها مهم‌ترین چیزها برای دانستن هستند. در اینجا ادامه داستان است. لیتیوم سبک‌ترین فلز است. یک یون لیتیوم یک اتم لیتیوم است که بار الکتریکی مثبت دارد. این یون می‌تواند تشکیل شود زیرا جدا کردن یک الکترون، که بار منفی دارد، از اتم آسان است. یک باتری شارژ شده مملو از یون‌های لیتیوم و تعداد مساوی الکترون‌های آزاد است. این الکترون‌ها از طریق یک مدار به عنوان برق جریان می‌یابند تا یک EV را به حرکت درآورند.

۱.٦ باورها و تصورات اشتباه در مورد خودروهای برقی

۱.٦.۱ افسانه ۱: خودروهای برقی محدوده پیمایش کافی برای کارایی ندارند: ده سال پیش، این افسانه درست بود. به عنوان مثال، در سال ۲۰۱۱، نیسان لیف اولین خودروی برقی تولید انبوه بود و محدوده پیمایشی معادل ۷۵ مایل داشت. اکنون محدوده پیمایشی لیف به ۲۲۶ مایل رسیده است. محدوده پیمایشی متوسط ۲۲ خودروی برقی تولید انبوه که در سال ۲۰۲۱ در آمریکای شمالی عرضه شدند، ۲۸۴ مایل بود. محدوده پیمایشی متوسط یک خودروی سوختی حدود ۲۷۵ مایل است. این افسانه مربوط به محدودیت محدوده پیمایشی به کلی باطل شده است. اضطراب برد پیمایش به ترسی اشاره دارد که راننده خودروهای برقی از این بابت دارد که خودرو ممکن است شارژ باتری کافی برای رسیدن به مقصد نداشته باشد و درنتیجه، راننده در میانه راه گیر بیفتد. این نگرانی به‌ویژه در سفرهای طولانی، در جاده‌هایی که نقاط شارژ کمیاب هستند، یا برای افرادی که تازه با این فناوری آشنا شده‌اند، بیشتر مشاهده می‌گردد. بااین‌حال، زیرساخت‌های ایستگاه‌های شارژ روزبه‌روز در حال بهبود هستند. یکی از بهبودهای کلیدی دیگر، افزایش برد پیمایش خودروها است. حتی اگر این ارقام را ۲۵ درصد کاهش دهیم تا با شرایط واقعی‌تر همخوانی داشته باشند، بازهم نتایج خوبی را نشان می‌دهند:

- **Tesla مدل ۳ پیمایش طولانی 379** مایل برد پیمایش (609.811km)
- **کیا ای-نایرو پیمایش طولانی 283** مایل برد پیمایش (455.347km)

- **دی‌اس ۳ کراس‌بک 199** مایل برد پیمایش (320.191km)
- **مینی کوپر S ۱۱٤٤** مایل برد پیمایش (231.696km)

همان‌طور که در مورد خودروهای احتراق داخلی (ICE) نیز صدق می‌کند، انتخاب خودرویی که با نیازهای کاربر مطابقت داشته باشد بسیار مهم است. جالب است بدانید که میانگین طول سفر روزانه برگشتی در انگلستان و اتحادیه اروپا حدود ۲۰ مایل (32.18km) است. میانگین طول سفر روزانه با خودرو/ون در سراسر انگلستان و ولز حدود ۱۶ کیلومتر (۱۰ مایل) است. آمریکایی‌ها به‌طور متوسط روزانه ۴۰ مایل رانندگی می‌کنند.

۱.٦.۲ افسانه ۲: خودروهای برقی ایمن نیستند: خودروهای برقی درواقع ایمن‌تر از خودروهای سوختی هستند به دو دلیل. اول، به دلیل محل قرارگیری باتری‌های آن‌ها، خودروهای برقی معمولاً مرکز ثقل پایین‌تری نسبت به خودروهای سوختی دارند. داشتن مرکز ثقل پایین‌تر باعث می‌شود که یک خودروی برقی کمتر احتمالاً واژگون شود. دوم، یکی از دلایل معمول آسیب در تصادفات مستقیم، وارد شدن موتور به داخل محفظه سرنشینان است. این بلوک بزرگ فلزی جایی برای رفتن ندارد جز اینکه به سمت شما فشار آورده شود.

شکل ۱.۷: کجا موتور رفت؟ زیر کاپوت یک خودروی برقی به اندازه کافی فضای برای یک صندوق عقب وجود دارد.

موتور یک خودروی برقی بسیار کوچکتر و سبک‌تر از یک موتور بنزینی یا دیزلی است. این موضوع چند مزیت دارد. اول، فلز سنگین کمتری وجود دارد که به سمت محفظه سرنشینان فشار آورده شود و باعث آسیب شود. دوم، موتورها در خودروهای برقی آنقدر کوچک هستند که به سازندگان اجازه می‌دهند فضای کافی برای قرار دادن یک صندوق عقب، یا "فرانک"، در جلوی خودرو ایجاد کنند. در صورت بروز تصادف، این "منطقه ضربه‌پذیر" بخش زیادی از ضربه را جذب می‌کند. منطقه ضربه‌پذیر مانند یک ضربه‌گیر عمل می‌کند. در آزمایش‌های ایمنی سازمان ملی ایمنی ترافیک جاده‌ای ایالات‌متحده، تسلا مدل ۳ ایمن‌ترین خودرو در تاریخ ۵۱ ساله تست خودروها بوده است. مدل ۳، یک خودروی برقی، کمترین احتمال آسیب در تصادف را در بین همه خودروها دارد.

شکل ۱.۸: محفظه موتور یک خودروی سوختی پر از فلزات سنگین است.

در آزمایش‌های تصادف، خودروهای برقی باید به همان استانداردها (اگر نگوییم سخت‌گیرانه‌تر از خودروهای ICE) برسند – و این کار را می‌کنند! ولتاژ بالایی که در خودروهای برقی استفاده می‌شود، قطعاً در صورت دست‌کاری توسط تکنسین‌های غیرمجاز خطرناک است. ولتاژهای بالا حتی در صورت تصادف نیز برای رانندگان و مسافران هیچ خطری ایجاد نمی‌کند. یک مطالعه اخیر در مورد آتش‌سوزی خودروها نتیجه‌گیری نموده که فراوانی و شدت آتش‌سوزی‌ها و انفجارها در سیستم‌های باتری لیتیوم–یون با خودروهای ICE برابر یا حتی کمتر است.

۱.٦.۳ افسانه ۳: خودروهای برقی سبزتر از خودروهای بنزینی یا دیزلی نیستند: گاهی اوقات شما می‌توانید یک ادعای کاملاً جعلی را با چشمان خود مشاهده نمایید. در هر تقاطع متوقف شوید و می‌توانید دودهای خروجی از خودروهای سوختی، به‌ویژه آن‌هایی که نیاز به تنظیم دارند، را مشاهده نمایید. از لوله اگزوز یک خودروی برقی چه می‌بینید؟ اتومبیل برقی حتی اگزوز ندارد! خودروهای برقی حداقل ۷۵ درصد از انرژی شیمیایی موجود در باتری‌ها را به انرژی مکانیکی در چرخ‌ها تبدیل می‌کنند. خودروهایICE تنها حدود ۲۵ درصد از انرژی ذخیره‌شده در بنزین/گازوئیل را تبدیل می‌کنند. خودروهای برقی هیچ‌گونه انتشار از اگزوز ندارند، اصلاً اگزوز ندارند! انتشار گاز آلاینده‌ای هم اگر باشد در نیروگاه‌های تولید برق می‌باشد، اما در مقام مقایسه، اینجا نیز همچنان بازدهی خودروهای الکتریکی بیشتر از خودروهای با موتور احتراق داخلی است. این‌طور است که روند قابل‌توجهی به سمت تولید انرژی سبزتر وجود دارد، بنابراین خودروهای برقی هرروز سازگارتر با طبیعت و سبزتر می‌گردند. همچنین اهمیت دارد که کل چرخه عمر یک خودرو را در نظر بگیریم.

شکل ۱.۹: به وضوح یک خودروی برقی نیست.

۱.٦.٤ افسانه ٤: خودروهای برقی هزینه‌های بیشتری برای سرویس و تعمیر دارند: خودروهای برقی نیز مانند تمام ماشین‌آلات پیچیده دیگر، نیاز به بررسی و سرویس منظم دارند. هر تجهیزی نیاز به تعمیر و نگهداری دارد؛ اما خودروهای الکتریکی، قطعات متحرک کمتری مستعد برای خرابی کمتری دارند. در مقام مقایسه بل خودروهای مشابه یا حتی پلتفرم‌های مشترکی که ICE می‌باشند، نشان داده که هزینه‌های سرویس برای خودروهای برقی کمتر است.

۱.٦.٥ افسانه ٥: خودروهای برقی کند هستند: چقدر سریع باید بروید؟ شروع از توقف، خودروهای برقی خیلی سریع‌تر از خودروهای بنزینی شتاب می‌گیرند. شما ممکن است متوجه شوید که مسابقات درگ ریس امروزه خودروهای برقی را از خودروهای سوختی جدا می‌کند، زیرا خودروهای برقی معمولاً برنده می‌شوند. خودروهای برقی سریع‌تر شتاب می‌گیرند، زیرا موتورها برق کامل خود را بلافاصله ارائه می‌دهند. برخلاف خودروهای سوختی، خودروهای برقی گشتاور کامل خود را در دور موتور پایین ارائه می‌دهند. خودروهای سوختی باید به‌سرعت بیشتری برسند تا گشتاور یا قدرت حداکثر خود را ارائه دهند. این امر به خودروهای برقی اجازه می‌دهد که به‌سرعت شروع کنند و توانایی عبور برتر داشته باشند. علاوه بر این، خودروهای برقی سریع‌تر شتاب می‌گیرند و این شتاب سریع هزینه کمتری برای مصرف‌کننده دارد. به عنوان مثال، فورد موستانگ Mach-E GTبنزینی برای شتاب‌گیری از ۰ تا ۶۰ مایل در ساعت در ۳.۵ ثانیه می‌رود. موتور الکتریکی ۱۰۰ درصد از گشتاور خود را به‌صورت آنی تولید می‌نماید. این وضعیت در تمامی سرعت‌ها یکسان است – به‌عبارت‌دیگر، یک منحنی گشتاور صاف را خواهیم داشت.

۱.٦.٦ افسانه ٦: خودروهای برقی گران هستند: برای نگهداری، خودروهای برقی بسیار ارزان‌تر از خودروهای سوختی هستند. سه هزینه بزرگ در استفاده از خودروهای سوختی شامل سوخت، تعویض روغن و تعویض ترمزها است. هزینه سوخت برای یک خودروی برقی بسیار کمتر است، حدود یک چهارم هزینه یک خودروی سوختی برای طی همان مسافت. هزینه پایین انرژی الکتریکی و بازدهی بالای موتورها باعث می‌شود خودروهای برقی بسیار ارزان‌تر از خودروهای بنزینی برای "سوخت‌گیری" باشند. یک خودروی سوختی برای طی مسافت مشابه بیش از شش برابر هزینه یک خودروی برقی را به شما تحمیل می‌کند. خودروهای برقی نیازی به تعویض روغن ندارند. دیگر نیازی به بردن خودرویتان برای تعویض روغن ندارید. به دلیل اینکه ترمزهای خودروهای برقی طول عمر بیشتری دارند، نیاز به تعویض آن‌ها بسیار کمتر است. ترمزهای خودروهای

برقی بیشتر عمر می‌کنند، زیرا خودروهای برقی از موتور خود برای کاهش سرعت استفاده می‌کنند که بخشی از بار ترمزها را کاهش می‌دهد. این فرآیند به عنوان "ترمز احیاء کننده انرژی" شناخته می‌شود. به دلیل اینکه موتورها در خودروهای برقی بسیار ساده‌تر از موتورهای سوختی هستند، ده مورد از رایج‌ترین تعمیراتی که روی خودروهای سوختی انجام می‌شود، برای خودروهای برقی ضروری نیست. هزینه پایین نگهداری و بهره‌برداری از خودروهای برقی یکی از قوی‌ترین نقاط فروش آن‌هاست.

۱.٦.۷ افسانه ۷: ایستگاه‌های شارژ عمومی کافی برای خودروهای برقی وجود ندارد: تعداد ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی سرتاسر دنیا در حال رشد و همه گیری است. از سال ۲۰۲۲ در ایالت متحده آمریکا بیش از ۴۶،۲۹۰ ایستگاه شارژ با ۱۱۳،۵۵۸ پورت شارژ در ایالات‌متحده وجود داشت. این رقم نسبت به سه سال پیش که حدود ۱۶،۰۰۰ ایستگاه شارژ عمومی با حدود ۴۳،۰۰۰ اتصال داشت. تسلا یکی از بزرگترین ارائه‌دهندگان ایستگاه‌های شارژ است. آن‌ها ۱،۳۷۰ ایستگاه سوپرشارژر با تقریباً ۲۰،۰۰۰ پورت دارند که بیشتر آن‌ها در امتداد بزرگراه‌های اصلی قرار دارند. اکثر صاحبان خودروهای برقی خودروهای خود را در خانه شارژ می‌کنند، که این امکان برای خودروهای سوختی وجود ندارد. بنابراین، مقایسه تعداد ایستگاه‌های بنزین با تعداد ایستگاه‌های شارژ عمومی نادرست است، زیرا هزاران ایستگاه شارژ خانگی نیز وجود دارد. بیشتر خودروهای برقی در خانه یا محل کار شارژ می‌شوند.

۱.٦.۸ افسانه ۸: باتری‌های خودروهای برقی دوام ندارند و باعث مشکلات بازیافت خواهند شد: خودروهای برقی که امروزه در بازار هستند از باتری‌های لیتیوم‌یونی استفاده می‌کنند. زمانی که نیسان در سال ۲۰۱۱ اولین خودروی برقی تولید انبوه خود را عرضه کرد، نگرانی‌هایی درباره کاهش ظرفیت باتری‌های لیف در طول زمان وجود داشت. با ده سال تجربه، ما می‌دانیم که این باتری‌ها حدود ۱٪ از ظرفیت خود را به ازای هر ۱۸،۷۵۰ مایل از دست می‌دهند، یا کمتر از ۲۰٪ پس از ۲۰۰،۰۰۰ مایل. البته، نتایج بسته به سازنده متفاوت خواهد بود، اما روند کلی درست است. یک نکته دیگر برای اعتماد به خودروهای برقی این است که آن‌ها موظف به داشتن گارانتی جداگانه برای باتری‌های خود به مدت حداقل هشت سال یا ۱۰۰،۰۰۰ مایل هستند. در مورد بازیافت، خودروهای سوختی از باتری‌های سرب–اسیدی استفاده می‌کنند. طبق گزارش شورای باتری، باتری‌های سرب–اسیدی دارای نرخ بازیافت ۹۹.۳٪ هستند که آن‌ها را به شماره یک محصولات مصرفی بازیافتی در ایالات‌متحده تبدیل می‌کند. باتری‌های لیتیوم‌یونی از فلزات ارزشمندتر و عناصر نادر زمین ساخته شده‌اند که احتمال بازیافت تجاری آن‌ها را بیشتر می‌کند. همچنین قابل ذکر است که باتری‌های خودروهای برقی معمولاً از خودرو به کارخانه بازیافت نمی‌روند، زیرا هنوز ظرفیت مفیدی دارند. بسیاری از باتری‌های استفاده شده خودروهای برقی زندگی پس از خودرو به عنوان ذخیره‌کننده انرژی خورشیدی یا بادی، یا در سایر کاربردهای شبکه برق خواهند داشت. دو روش اصلی برای بازیافت باتری‌های لیتیوم‌یونی وجود دارد. روش سنتی پیرومتالورژی است که منجر به بازیافت مواد در محدوده ۳۰٪ می‌شود. پیرومتالورژی شامل سوزاندن باتری‌های لیتیوم‌یونی بازیافتی برای حذف مواد با ارزش کم مانند پلاستیک‌ها می‌شود و بازیافتی از فلزات اولیه مانند مس، نیکل و کبالت را به همراه دارد. ذوب کردن یک روش معمول پیرومتالورژی است که نیاز به سوخت‌های فسیلی برای تولید حرارت دارد و گازهای خروجی مضر تولید می‌کند. هیچ‌کدام از این روش‌ها دوستدار محیط زیست نیستند. روش دیگر بازیافت باتری‌های لیتیوم‌یونی یک فرآیند به نام هیدرومتالورژی است که می‌تواند منجر به

بازیافت مواد در محدوده ۹۰٪ بالا شود. بیشتر تولیدکنندگان خودرو باتری‌های خود را حداقل به مدت ۸ سال یا ۱۰۰۰۰۰ مایل ضمانت می‌کنند. گزارش‌های متعددی نشان داده است که مدل‌های نیسان لیف هنوز پس از ۱۲۰۰۰۰ مایل ۷۵ درصد از ظرفیت باتری خود را دارا می‌باشند.

۱.۶.۹ افسانه ۹: خودروهای برقی بسیار گران هستند: اغلب ادعا می‌شود که خودروهای برقی گران‌تر از خودروهایICE هستند – اما آیا واقعاً این‌طور است؟ هزینه باتری یک عامل تعیین‌کننده است، اما این هزینه در حال کاهش است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده بیشتر نیز کاهش یابد. اهمیت دارد که هزینه بلندمدت را در نظر بگیریم. حتی اگر برخی از خودروهای برقی گران‌تر باشند، در طول زمان هزینه‌های جاری به‌طور قابل‌توجهی کمتر است، بنابراین ممکن است درمجموع ارزان‌تر گردند و باید با دید کلان اقتصادی به آن نگریست. مقایسه قیمت خودروهای برقی با خودروهای سوختی مشابه بستگی به بخش بازار دارد.

۱.۶.۱۰ افسانه ۱۰: شبکه برق نمی‌تواند از میلیون‌ها خودروی برقی پشتیبانی کند: تحقیقات آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر آمریکا نشان می‌دهد که شبکه موجود می‌تواند بار فعلی شارژ خودروهای برقی و تقاضایی که در صورت برقی شدن ۲۵٪ از خودروهای جاده‌ها ایجاد می‌شود را پشتیبانی کند. یکی از دلایل این است که اکثر خودروهای برقی زمانی شارژ می‌شوند که تقاضای شبکه پایین است. همچنین، باید توجه داشت که خودروهای برقی به این زودی‌ها به سهم ۲۵٪ بازار نخواهند رسید.

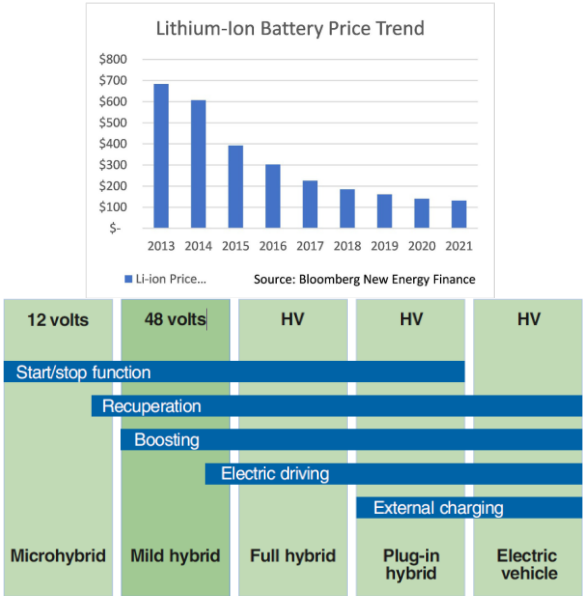
۱.۶.۱۱ افسانه ۱۱: ذخایر فلزات کمیاب مورداستفاده در باتری‌ها و موتورها به پایان خواهد رسید: ابتدا باید تفاوت بین منبع و ذخایر آن را تعریف کنیم. منبع، میزان کل مواد معدنی موجود در زمین‌شناسی را نشان می‌دهد. این مورد شامل مقادیر کشف‌شده و نشده می‌باشد؛ بنابراین، برآوردی محاسبه‌شده است. ذخایر، میزان منبعی هستند که کشف‌شده‌اند. به همین دلیل، آن‌ها دارای مقدار مشخصی هستند و از لحاظ اقتصادی برای استخراج مناسب‌اند. مسئله اقتصادی بودن، بسته به فنّاوری‌ها و تقاضا تغییر می‌نماید. به‌عبارت‌دیگر، با افزایش تقاضا برای فلزات کمیاب، ذخایر موجود نیز افزایش می‌یابند. همچنین، پیشرفت‌های تکنولوژیکی دیگری نیز در حال وقوع هستند.

۱.۷ وضعیت خودروهای الکتریکی در جهان

چرا اکنون خودروهای برقی (EV) در حال تجربه موفقیت چشمگیری هستند؟ محصولات معمولاً زمانی به تصویب عمومی می‌رسند که توانسته باشند سه مشکل عمده مصرف‌کنندگان را حل کنند. در مورد خودروهای برقی، سه مشکل اصلی وجود داشت: قیمت، محدوده پیمایش و طراحی. این سه مشکل به‌طور مؤثری حل شده‌اند و این امر در نهایت باعث افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان شده است.

قیمت: برای دستیابی به قیمتی جذاب، تولیدکنندگان باید هزینه‌های اصلی را کاهش دهند. دو عامل اصلی در هزینه ساخت خودروهای برقی، باتری‌ها و حجم تولید پایین است. در طول ۱۵ سال گذشته، هزینه باتری‌ها به‌طور مداوم کاهش یافته است، به‌طوری‌که اکثر خودروهای برقی اکنون می‌توانند در محدوده قیمتی بازار لوکس میانی رقابت کنند. هنوز امکان قیمت‌گذاری در سطح خودروهای اقتصادی وجود ندارد، اما منحنی‌های هزینه نشان می‌دهند که این امکان در چند سال آینده محقق خواهد شد. در سال ۲۰۱۰، هزینه باتری‌های لیتیوم‌یونی به ازای هر کیلووات‌ساعت ۱۰۰۰ دلار بود. تا سال ۲۰۲۱، این هزینه به ۱۳۲ دلار به ازای هر کیلووات‌ساعت کاهش یافته است و همچنان در حال کاهش است. هزینه ۱۰۰ دلار به ازای هر کیلووات‌ساعت به‌طور گسترده‌ای

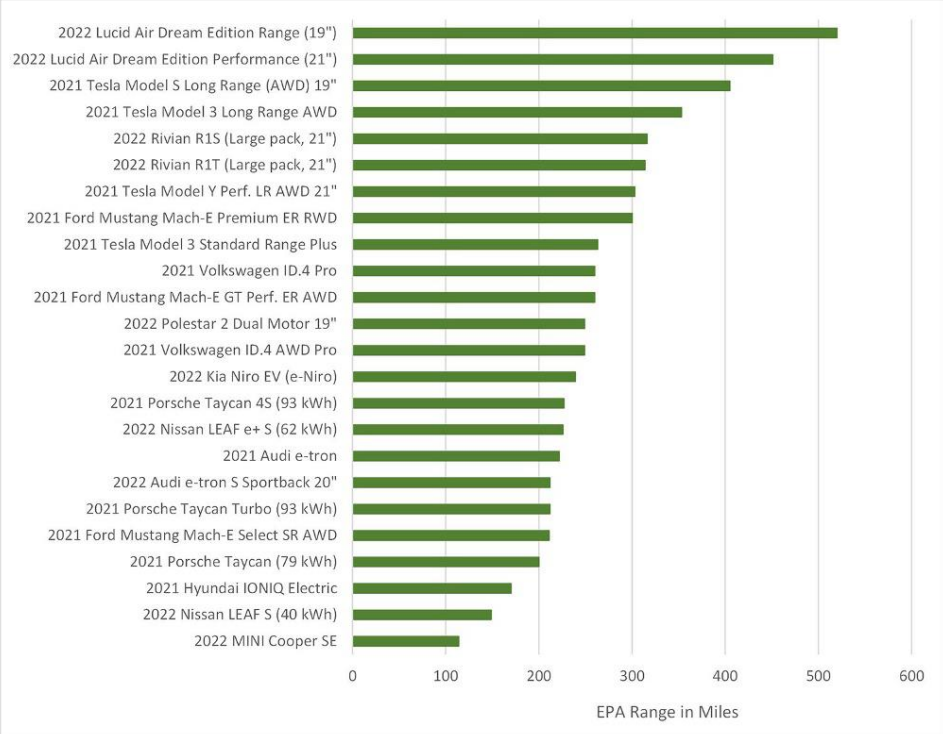
به عنوان نقطه‌ای پذیرفته شده است که در آن خودروهای برقی و خودروهای ICE ازنظر قیمت خرید اولیه قابل مقایسه خواهند بود. در اواخر سال ۲۰۲۰، هزینه باتری‌های لیتیوم‌یونی خودروهای برقی برای اولین بار به نزدیک ۱۰۰ دلار به ازای هر کیلووات‌ساعت رسید. شرکت‌های مختلف در سراسر جهان در حال رقابت برای بهبود فناوری و کاهش بیشتر هزینه‌ها هستند. پیشرفت‌ها به‌سرعت در حال وقوع هستند. هزینه باتری‌های خودروهای برقی سال به سال کاهش یافته است.



شکل ۱.۱۰: نسل‌های مختلف باتری‌ها و قیمت‌های باتری لیتیوم‌یونی در طول زمان

محدوده پیمایش: محدوده پیمایش خودروهای برقی به معنای فاصله‌ای است که خودرو می‌تواند با یک‌بار شارژ طی کند. بدون نیاز به پیشرفت‌های فناورانه رادیکال، محدوده پیمایش خودروهای برقی در دهه گذشته به‌طور مداوم بهبود یافته است. بر خلاف خودروهای ICE، خودروهای برقی معمولاً در شهرها مصرف سوخت بیشتری دارند، که در آن ترمزهای احیاکننده می‌توانند انرژی را در هنگام ترمز کردن بازیابی کنند. همچنین، در سرعت‌های بالاتر، تمام وسایل نقلیه مقاومت‌های بیشتر (مقاومت هوا و اصطکاک با جاده) را تجربه می‌کنند. خودروهای ICE، با استفاده از دنده‌های بالاتر و اوردرایو، برای رانندگی با سرعت بالا و مسافت طولانی جذاب‌تر می‌شوند تا رانندگی در شهر. حتی در بزرگراه‌ها، خودروهای ICE هنوز هم در مقایسه با کارایی خودروهای برقی، ناکارآمد هستند. در شکل زیر محدوده پیمایش EPA را برای نمونه‌ای از خودروهای برقی فروخته شده در آمریکای شمالی خلاصه گردیده است. محدوده پیمایش خودروهای برقی به چندین عامل بستگی دارد، ازجمله وزن خودرو، مقاومت غلتشی تایرها، آیرودینامیک، استفاده از سیستم‌های گرمایش و سرمایش، و سبک رانندگی (شروع‌های سریع در مقابل رانندگی آرام). با این حال، بزرگ‌ترین عامل تأثیرگذار، میزان انرژی‌ای است که باتری می‌تواند ذخیره کند. باتری‌ها سنگین‌ترین اجزای یک خودروی برقی هستند، بنابراین تولیدکنندگان سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در کاهش وزن آن‌ها انجام داده‌اند. تضاد اینجاست که برای دستیابی به محدوده

پیمایش بیشتر، نیاز به ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتر در باتری است و این به معنای افزایش وزن است. بنابراین، تولیدکنندگان همواره در جستجوی باتری‌هایی هستند که بتوانند انرژی بیشتری نسبت به وزنشان ذخیره کنند.



شکل ۱.۱۱: حتی خودروهای با کمترین محدوده پیمایش نیز برای بیشتر رانندگی‌های روزانه کافی هستند. خودروهای با بیشترین محدوده پیمایش قابل مقایسه با خودروهای ICE هستند.

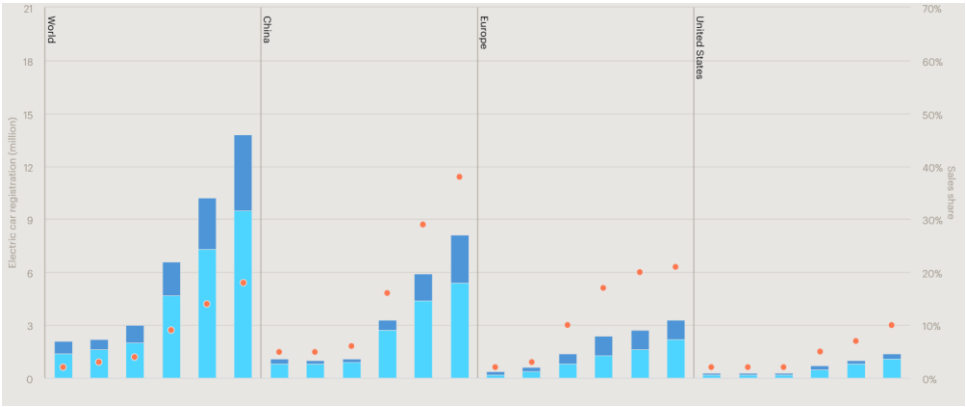
۱.۷.۱ روندهای جهانی در فروش خودروهای الکتریکی تا سال ۲۰۲٤: بازار خودروهای الکتریکی در حال حاضر در مسیر بلوغ و گسترش قرار دارد و با وجود چالش‌های اقتصادی و تغییرات سیاستی همچنان روند رشد خود را ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۲۳، فروش جهانی خودروهای الکتریکی به عدد قابل توجهی رسید و نزدیک به ۱۴ میلیون دستگاه از این خودروها در سراسر جهان به فروش رفت. این افزایش ۳۵ درصدی نسبت به سال گذشته و شش برابر شدن آمار فروش از سال ۲۰۱۸، نشان‌دهنده پذیرش روزافزون خودروهای الکتریکی است. به طوری که اکنون این خودروها حدود ۱۸ درصد از کل فروش خودروهای جهان را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که این رقم در سال ۲۰۲۲ تنها ۱۴ درصد و در سال ۲۰۱۸ تنها ۲ درصد بوده است. بازار خودروهای الکتریکی در حال حاضر در سه منطقه اصلی دنیا متمرکز است: چین، اروپا و ایالات متحده. این سه منطقه به تنهایی بیش از ۹۵ درصد از فروش جهانی خودروهای الکتریکی را به خود اختصاص می‌دهند. چین به عنوان بزرگ‌ترین بازار خودروهای الکتریکی، با ثبت ۶۰ درصد از کل ثبت‌نام‌های جدید، عمده سهم بازار را در دست دارد. در واقع، در چین از هر سه خودروی جدیدی که به فروش می‌رسد، یکی از آن‌ها الکتریکی است. این کشور با توجه به برنامه‌های حمایتی و توسعه زیرساخت‌های خود، به سرعت در حال پیشرفت است و

تولیدات داخلی و صادرات خودروهای الکتریکی آن به بیش از ۱.۲ میلیون دستگاه در سال ۲۰۲۳ رسید. این کشور حتی با وجود قطع یارانه‌های دولتی برای خرید خودروهای الکتریکی، همچنان به رشد خود ادامه داد.

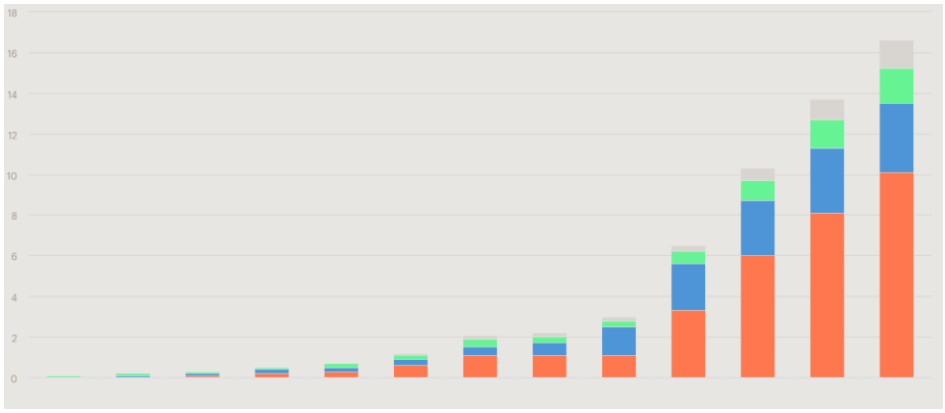
در ایالات متحده نیز، ثبت‌نام خودروهای الکتریکی در سال ۲۰۲۳ به ۱.۴ میلیون دستگاه رسید که افزایش بیش از ۴۰ درصدی را نسبت به سال ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. این افزایش چشمگیر عمدتاً به دلیل تغییرات در قوانین اعتباری مالیاتی و کاهش قیمت‌ها بوده است. از سوی دیگر، مدل‌های تجاری جدید مانند اجاره بلندمدت خودروهای الکتریکی نیز باعث شده‌اند که این خودروها برای بخش‌های بیشتری از جامعه قابل دسترس‌تر شوند. این تغییرات، همراه با حمایت‌های قانونی، موجب شده است که ایالات متحده در حال تبدیل شدن به یکی از بازارهای کلیدی خودروهای الکتریکی باشد.

در اروپا نیز بازار خودروهای الکتریکی شاهد رشد ۲۰ درصدی در سال ۲۰۲۳ بود و به ۳.۲ میلیون دستگاه رسید. کشورهای مختلف اروپایی به ویژه آلمان، فرانسه و نروژ در پذیرش خودروهای الکتریکی پیشرو هستند. آلمان با ثبت ۵۰۰ هزار خودروی الکتریکی جدید، به سومین کشور بزرگ پس از چین و ایالات متحده تبدیل شده است. با این حال، پایان برخی از یارانه‌های دولتی در آلمان سبب کاهش نرخ رشد فروش خودروهای الکتریکی در این کشور شد، که خود نشان‌دهنده چالش‌هایی است که صنعت خودروهای الکتریکی ممکن است در آینده با آن‌ها روبرو شود.

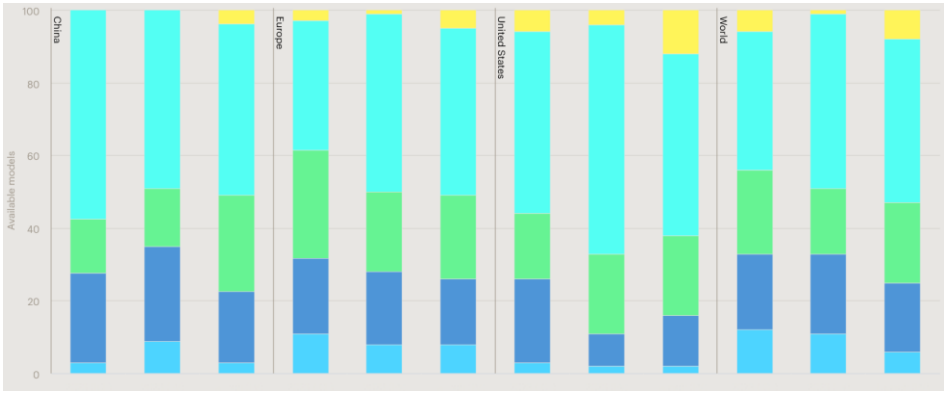
به طور کلی، اگرچه بازار خودروهای الکتریکی به‌طور قابل توجهی در حال گسترش است، اما همچنان موانع و چالش‌هایی مانند عدم حمایت‌های مالی کافی در برخی کشورها، مشکلات زیرساختی و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در این زمینه وجود دارد. (مرجع آمار: Global EV Outlook 2024، www.IEA.org)



شکل ۱.۱۲: آمار ثبت نام و فروش خودروهای برقی از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ (آبی فیروزه‌ای: BEV، آبی پر رنگ: PHEV)



شکل ۱.۱۳: آمار تعداد فروش خودروهای برقی از ۲۰۱۲ تا ۲۰۲٤ (قرمز: چین، آبی: اروپا، سبز: آمریکا)



شکل ۱.۱٤ تعداد مدل‌های خودروی موجود در سال ۲۰۲۳ و مدل‌های جدید مورد انتظار بر حسب پیشرانه، کشور یا منطقه و بخش، ۲۰۲٤-۲۰۲۸

۱.۷.۲ تنوع مدل‌های خودروهای الکتریکی و گرایش به خودروهای بزرگ: در سال ۲۰۲۳، تعداد مدل‌های موجود خودروهای الکتریکی به نزدیک ۵۹۰ مدل رسید که این رقم نسبت به سال‌های گذشته افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. این افزایش ۱۵ درصدی به وضوح نشان‌دهنده رشد قابل توجه در تنوع و انتخاب مدل‌های خودروهای الکتریکی است. این تغییرات در حالی رخ می‌دهند که به‌طور هم‌زمان رقابت میان تولیدکنندگان برای عرضه مدل‌های جدید، با ویژگی‌های بهتر و قیمت‌های متنوع‌تر، در حال شدت گرفتن است. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۸، تعداد مدل‌های جدید خودروهای الکتریکی به ۱۰۰۰ مدل برسد. بلوغ رسیدن صنعت خودروهای الکتریکی و جایگزینی آن‌ها با خودروهای بنزینی در بسیاری از بخش‌ها است. هم‌زمان با افزایش تعداد مدل‌ها، روند تغییرات در اندازه خودروها نیز در حال شکل‌گیری است. در سال ۲۰۲۳، دو سوم مدل‌های موجود خودروهای الکتریکی شامل خودروهای بزرگ، مانند SUVها و وانت‌ها بودند. این تغییرات به‌ویژه در بازارهای ایالات متحده به وضوح مشاهده می‌شود، جایی که تنها ۲۵ درصد از فروش خودروهای الکتریکی در دسته خودروهای کوچک و متوسط قرار دارد. این در حالی است که در اروپا، این رقم به حدود ۴۰ درصد و در چین به ۵۰ درصد می‌رسد. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از ترجیحات متفاوت مصرف‌کنندگان در مناطق مختلف باشد. به‌ویژه در ایالات متحده، تمایل به خودروهای بزرگ‌تر و با ظرفیت بالاتر نسبت به بازارهای

دیگر مشهود است. در مقابل، در اروپا و چین، که تمرکز بیشتری بر روی خودروهای جمع‌وجورتر و شهری است، مدل‌های کوچک و متوسط سهم بیشتری از بازار خودروهای الکتریکی را به خود اختصاص می‌دهند.

۱.۷.۳ رشد بازارهای دست دوم خودروهای الکتریکی: با بلوغ بازار خودروهای الکتریکی، بازار دست دوم این خودروها نیز به تدریج اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. همانطور که در دیگر محصولات فناوری مشاهده می‌شود، بازار دست دوم به مصرف‌کنندگان این امکان را می‌دهد که خودروهایی ارزان‌تر و در دسترس‌تر خریداری کنند. در اتحادیه اروپا، ۸۰ درصد از شهروندان خودروهای خود را به صورت دست دوم خریداری می‌کنند، و این رقم در گروه‌های درآمد پایین و متوسط به حدود ۹۰ درصد می‌رسد. در ایالات متحده نیز، حدود ۷۰ درصد از خودروهای فروخته‌شده دست دوم هستند، که نشان‌دهنده اهمیت این بازار است. در سال ۲۰۲۳، فروش خودروهای الکتریکی دست دوم در چین به حدود ۸۰۰,۰۰۰ دستگاه رسید، در ایالات متحده ۴۰۰,۰۰۰ دستگاه و در کشورهای بزرگ اروپایی بیش از ۴۵۰,۰۰۰ دستگاه فروش داشت. پیش‌بینی می‌شود فروش خودروهای دست دوم در آمریکا در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال قبل حدود ۴۰ درصد افزایش یابد. این افزایش، رشد قابل توجه بازار خودروهای الکتریکی دست دوم را تأیید می‌کند و نشان‌دهنده روند فزاینده تقاضا برای خودروهای ارزان‌تر و مقرون به صرفه است.

در حال حاضر، بازارهای دست دوم خودروهای الکتریکی در کشورهای چین، اروپا و ایالات متحده گزینه‌های مقرون به صرفه‌تری را ارائه می‌دهند. در ایالات متحده، بیش از نیمی از خودروهای الکتریکی دست دوم با قیمت‌های کمتر از ۳۰,۰۰۰ دلار به فروش می‌رسند و قیمت متوسط این خودروها به سرعت به سمت ۲۵,۰۰۰ دلار کاهش می‌یابد. در اروپا، خودروهای برقی دست دوم با قیمت‌هایی بین ۱۵,۰۰۰ تا ۲۵,۰۰۰ یورو یافت می‌شوند. این تغییرات در قیمت‌گذاری، به مصرف‌کنندگان این امکان را می‌دهد که به خودروهای الکتریکی دست دوم با قیمت‌های مناسب‌تری دسترسی پیدا کنند و این امر می‌تواند موجب افزایش تقاضا برای این نوع خودروها در بازارهای مختلف شود.

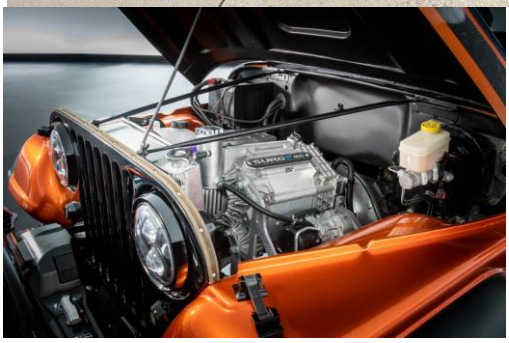
ارزش فروش مجدد خودروهای الکتریکی نیز به طور قابل توجهی افزایش یافته است و از سال ۲۰۱۷ از میانگین دیگر انواع خودروها پیشی گرفته است. این امر به تقویت تقاضا در بازار دست دوم کمک کرده و موجب افزایش فروش خودروهای جدید نیز می‌شود. ارزش بالای فروش مجدد، خودروهای الکتریکی را به انتخابی جذاب‌تر تبدیل کرده است و این روند، به افزایش خرید و فروش در بازارهای دست دوم کمک می‌کند.

همچنین، تجارت بین‌المللی خودروهای الکتریکی دست دوم نیز در حال گسترش است. همانند خودروهای با پیشرانه احتراق داخلی (ICE)، انتظار می‌رود که تجارت خودروهای الکتریکی دست دوم به بازارهای نوظهور افزایش یابد. چین در حال حاضر شروع به صادرات خودروهای کارکرده خود به کشورهای جدیدی مانند خاورمیانه کرده است و در اتحادیه اروپا نیز تجارت خودروهای الکتریکی دست دوم در حال افزایش است. این خودروها به کشورهای همسایه مانند نروژ و ترکیه صادر می‌شوند، که نشان‌دهنده گسترش دسترسی به خودروهای الکتریکی در بازارهای جدید است.

۱.۸ فرصت و گزینه تبدیل خودرو بنزین سوز به الکتریکی (EV Conversion)

تحول به سمت خودروهای برقی به‌عنوان راهکاری اصلی برای کاهش آلایندگی هوا و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی در سراسر جهان مطرح شده است. تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به خودروهای تمام‌الکتریکی

نه‌تنها به حفظ محیط زیست کمک می‌کند، بلکه می‌تواند اقتصادی مقرون‌به‌صرفه برای مالکین خودروهای قدیمی‌باشد. در دهه ۱۹۹۰، خودروهای برقی بیشتر به‌عنوان پروژه‌های تحقیقاتی و آزمایشی مورد توجه بودند. بحران نفتی و افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی باعث شد تا برخی تولیدکنندگان بزرگ مانند تویوتا و جنرال موتورز به تولید خودروهای برقی روی بیاورند. بهبود تکنولوژی باتری‌های لیتیوم–یون ظرفیت و کارایی آن‌ها را افزایش داد و فاصله قابل پیمایش خودروهای برقی را بیشتر کرد. رشد آگاهی عمومی نسبت به مسائل زیست‌محیطی و عوامل اقتصادی نیز به افزایش تقاضا برای خودروهای برقی کمک کرد. کشورهای مختلف با ارائه سیاست‌های تشویقی مانند تخفیف‌های مالیاتی، زیرساخت‌های شارژ و محدودیت‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای، به گسترش استفاده از این خودروها پرداخته‌اند. شرکت‌هایی مانند تسلا با مدل‌های موفق خود نظیر Model S و Model 3 نقش مهمی در رشد بازار خودروهای برقی ایفا کرده‌اند. سازندگان بزرگ خودرو مانند BMW، مرسدس بنز، فولکس‌واگن و هیوندای نیز مدل‌های برقی متنوعی را معرفی کرده‌اند. در این میان، چین با حضور فعالی در زمینه تولید خودروهای برقی و ادوات مرتبط، و با شرکت‌های متعدد مانند BYD، GWM، Geely، SAIC و Chery نیز به‌طور چشم‌گیری در حال گسترش تولیدات خود است.



شکل ۱.۱۵ نمونه پروژه تبدیل یک جیپ قدیمی CJ به تمام برقی

پیشرفت در زمینه باتری‌ها، به ویژه باتری‌های لیتیوم-یون، ظرفیت و کارایی آن‌ها را بهبود بخشیده است که این امر به افزایش مسافت قابل پیمایش خودروهای برقی کمک کرده است. کشورهای مختلف برای تشویق به استفاده از خودروهای برقی، سیاست‌هایی مانند ارائه تخفیف‌های مالیاتی، گسترش زیرساخت‌های شارژ و اعمال محدودیت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پیش گرفته‌اند. افزایش آگاهی عمومی در خصوص مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی، تقاضا برای خودروهای برقی را فزونی بخشیده است. شرکت‌های نوظهوری مانند تسلا با ارائه مدل‌های موفقی چون Model S و Model 3 نقشی کلیدی در رشد بازار خودروهای برقی ایفا کرده‌اند. افزایش تعداد ایستگاه‌های شارژ عمومی و خصوصی در سراسر جهان نیز به دسترسی راحت‌تر به خودروهای برقی کمک کرده است. سازندگان بزرگ خودرو از جمله BMW، مرسدس بنز، فولکس‌واگن و هیوندای مدل‌های برقی متنوعی را روانه بازار کرده‌اند که تجربه رانندگی بهتری را با قیمت‌های رقابتی‌تری فراهم می‌کنند.

۱.۸.۱ نقش گروه‌ها و پروژه‌های فعال در تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی در جهان:

شرکت‌های مختلف در سراسر جهان با تلاش در تبدیل خودروهای کلاسیک و اسپرت به برقی، نقشی حیاتی در تسهیل پذیرش این فناوری ایفا می‌کنند. در آمریکا، شرکت‌هایی مانند EV West و Electric GT شناخته شده‌اند. EV West به خاطر تولید کیت‌های تبدیل ویژه برای خودروهای مشهور مانند Chevrolet Camaro و Dodge Charger شناخته می‌شود. از سوی دیگر، Electric GT تمرکز خود را بر روی تبدیل خودروهای اسپرت و کلاسیک نظیر Porsche 911 و Ford Mustang قرار داده است. در آلمان،

Zelectric Motors با تبدیل خودروهای کلاسیک اروپایی مانند Volkswagen Beetle و Jeep Wrangler به برقی، به شهرت رسیده است. پروژه‌های موفق متعددی نیز به نمایش قدرت تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی پرداخته‌اند. به عنوان مثال، پروژه Warrior یک Toyota Land Cruiser را با استفاده از کیت‌های آماده و قطعات دست دوم به خودرویی برقی بدل کرده است. دانشگاه‌ها نیز در این حوزه فعال بوده‌اند، نظیر پروژه‌های دانشگاه‌هایی مثل University of California, Irvine که خودروهای بنزین‌سوز را هم به عنوان پروژه‌های تحقیقاتی و نمونه‌های عملی به برقی تبدیل کرده‌اند.

شکل ۱.۱۶ پروژه تبدیل پورشه ۹۱۱ به تمام برقی و ادوات برقی استفاده شده در آن

۱.۸.۲. تکنیک‌ها و روش‌های تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی: یکی از روش‌های نوین و مقرون به صرفه برای تبدیل خودروهای بنزینی به برقی استفاده از کیت‌های آماده است. این کیت‌ها تجربه ساخت و تبدیل را به میزان قابل توجهی ساده می‌کنند. برای مثال، کیت‌های Tesla Conversion Kit شامل همه چیزهایی است که یک تبدیل موفقیت‌آمیز به آن‌ها نیاز دارد، از جمله موتورهای برقی پیشرفته، کنترلرها، باتری‌ها و دیگر تجهیزات الکترونیکی. این کیت‌ها به علاقه‌مندان امکان می‌دهند تا با دسترسی به فناوری‌های پیشرفته تسلا، فرآیند تبدیل را به نحو مطلوبی مدیریت کنند. از سوی دیگر، شرکت West EV نیز کیت‌های متنوعی برای مدل‌های مختلف خودرو ارائه می‌دهد. این کیت‌ها تمامی قطعات مورد نیاز برای تبدیل خودروهای کلاسیک تا مدرن را در بر می‌گیرند. همچنین، کیت‌های DIY نیز محبوبیت زیادی بین علاقه‌مندان به کارهای دستی دارند که با ارائه دستورالعمل‌های گام به گام و ابزارهای لازم، فرآیند تبدیل خودروها به پروژه‌ای جذاب و آموزشی تبدیل می‌شود.

استفاده از قطعات دست دوم نیز راهی مؤثر و اقتصادی برای تبدیل خودروهای بنزینی به برقی به شمار می‌آید. به عنوان مثال، استفاده از موتورهای برقی دست دوم از خودروهایی مانند Nissan Leaf یا Tesla بین علاقه‌مندان رواج دارد. این نوع موتورها، که معمولاً از خودروهای تصادفی یا اسقاطی خارج می‌شوند، همچنان کارایی بالایی دارند و استفاده مجدد از آن‌ها می‌تواند هزینه‌ها را به شدت کاهش دهد. همچنین، باتری‌های دست دوم از پک‌هایی که در خودروهای برقی مورد استفاده بوده‌اند، تهیه می‌شود. این باتری‌ها با دقت مورد آزمایش قرار می‌گیرند تا اطمینان حاصل شود که هنوز ظرفیت کافی برای بهره‌برداری دارند. به همین ترتیب،

قطعات الکترونیکی مورد نیاز برای تبدیل، مانند کنترلرها و سیستم‌های مدار، از خودروهای برقی دست دوم جمع‌آوری و به کار گرفته می‌شوند.

از نظر فنی، تکنیک‌های اسمبل کردن قطعات مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد تا عملکرد خودروی برقی بهینه شود. یکی از مراحل کلیدی در این فرآیند، طراحی مجدد سیستم‌ها است. در این مرحله، طرح‌هایی مهندسی می‌شوند که بتوانند قطعات متنوعی همچون موتور، سیستم انتقال قدرت و واحدهای الکترونیکی را به صورت هماهنگ به کار گیرند. برنامه‌نویسی کنترلرها نیز یکی از دیگر از بخش‌های مهم است، که با استفاده از نرم‌افزارهای ویژه، تنظیماتی اعمال می‌شود تا همکاری بین موتور، باتری و سیستم‌های دیگر به بهترین شکل ممکن انجام گیرد. نهایتاً، سازگاری قطعات شامل اطمینان از تطبیق فیزیکی و الکترونیکی اجزای دست دوم با ساختار و سیستم‌های خودروهای بنزینی است؛ این مورد به خصوص برای جلوگیری از مشکلات فنی و اطمینان از عمر طولانی سیستم‌های جدید ضروری است.

۱.۸.۳ تحلیل اقتصادی تبدیل خودرو به برقی: کاهش هزینه‌های تبدیل خودروهای بنزینی به برقی یکی از انگیزه‌های اصلی برای استفاده از کیت‌های آماده و قطعات دست دوم است. تبدیل با استفاده از کیت‌های آماده به طور معمول هزینه‌ای بین ۱۰,۰۰۰ تا ۳۰,۰۰۰ دلار در بر دارد، که این مبلغ بسته به نوع خودرو و کیت انتخابی متفاوت است. در مقابل، استفاده از قطعات دست دوم می‌تواند هزینه‌ها را تا ۲۰ درصد نسبت به استفاده از کیت‌های آماده کاهش دهد، چرا که این قطعات ارزان‌تر بوده و دسترسی بیشتری به آن‌ها موجود است. یکی از فاکتورهای مهم دیگر در کاهش هزینه‌ها، پیشرفت فناوری باتری‌های لیتیوم–یون است که منجر به کاهش وزن و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید و تبدیل شده است. افزایش تعداد خودروهای برقی در بازار باعث افزایش قابل توجه در دسترسی به قطعات دست دوم مانند موتورهای برقی و پک‌های باتری شده است. این قطعات که از خودروهای برقی کارکرده به دست می‌آیند، گزینه‌های متعددی را برای علاقه‌مندان به تبدیل خودروها فراهم می‌کنند. تنوع بالای این قطعات در بازار دست دوم به سازندگان اجازه می‌دهد تا بر حسب نیاز و ویژگی‌های دقیق پروژه خود، بهترین و مناسب‌ترین قطعات را انتخاب نمایند. این تنوع نه تنها انعطاف پذیری پروژه‌های تبدیل را افزایش می‌دهد، بلکه به بهینه‌سازی هزینه‌ها نیز کمک می‌کند. کاهش قیمت جهانی باتری‌ها، به‌ویژه باتری‌های لیتیوم–یون، در نتیجه افزایش تولید و پیشرفت تکنولوژی‌ها نقش مهمی در کاهش هزینه‌های کل پروژه‌های تبدیل ایفا می‌کند. علاوه بر باتری‌ها، قیمت سیستم‌های الکترونیک و کنترل نیز به دلیل نوآوری‌ها و تقاضای رو به افزایش، به مراتب کاهش یافته است. این کاهش هزینه‌ها، مزایای اقتصادی چشمگیری را برای صاحبان خودروهای برقی به ارمغان می‌آورد. صرفه‌جویی در هزینه‌های سوخت سالانه، کاهش نیاز به نگهداری به دلیل داشتن قطعات متحرک کمتر و سیستم‌های ساده‌تر، و همچنین افزایش ارزش و عمر مفید خودرو، از جمله مزایای کلیدی استفاده از خودروهای برقی است. چنین مزایایی نه تنها به نفع صاحبان خودرو است، بلکه به تشویق بیشتر به سوی آینده‌ای پایدارتر و پاک‌تر کمک می‌کند.

۱.۸.٤ فرصت‌ها و پتانسیل‌های موجود برای تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی در ایران: تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی در ایران دارای فرصت‌های فراوانی است. یکی از این فرصت‌ها، واردات کیت‌های آماده از چین است که به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان کیت‌های تبدیل، محصولات متنوعی را با قیمت‌های رقابتی عرضه می‌کند. واردات این کیت‌ها به دلیل هزینه مقرون‌به‌صرفه و تنوع بالا برای مدل‌های

مختلف خودرو، دارای مزایای قابل توجهی است. با این حال، چالش‌هایی مانند ضرورت اطمینان از کیفیت و هماهنگی کیت‌ها با استانداردهای ایمنی و زیست‌محیطی بر سر راه قرار دارد. علاوه بر این، لازم است زیرساخت‌های قطعات یدکی و خدمات پس از فروش نیز به خوبی تأمین شود تا پایداری این روند تضمین شود. روش دیگری که می‌تواند مؤثر باشد، استفاده از قطعات اصلی دست دوم خودروهای برقی است که ممکن است از کشورهای همسایه وارد شوند. این روش می‌تواند هزینه‌های تبدیل را کاهش داده و دسترسی سریع‌تری به قطعات را برای مدل‌های خاص فراهم کند. اما چالش‌هایی مانند حصول اطمینان از کیفیت و کارایی قطعات وارداتی و نیاز به تنظیمات خاص برای تطبیق آن‌ها با مدل‌های موجود در ایران، همچنان وجود دارد. تطبیق قطعات و سیستم‌ها با یکدیگر برای دستیابی به موفقیت در این حوزه ضروری است.

شکل ۱.۱۷ پروژه تبدیل فولکس بیتل به تمام برقی

توسعهٔ تولید داخلی کیت‌های تبدیل و قطعات برقی نیز از فرصت‌های مهم به شمار می‌رود. ایجاد ظرفیت تولید داخلی نه تنها وابستگی به واردات را کاهش و هزینه‌ها را پایین می‌آورد، بلکه موجب سازگاری بیشتر قطعات با نیازهای بازار محلی و خودروهای موجود می‌شود. این رویکرد می‌تواند به ایجاد شغل و توسعه مهارت‌های فنی محلی کمک کند. تمرکز بر تبدیل مدل‌های پرطرفدار و خودروهای قدیمی با قطعات یدکی فراوان یک فرصت بزرگ است، خصوصاً برای خودروهای کلاسیک پرطرفدار دهه ۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی که هنوز طرفداران زیادی دارند.

تبدیل خودروهای بنزین‌سوز به برقی در ایران نه تنها مزایای زیست‌محیطی، بلکه مزایای اقتصادی نیز به همراه دارد. کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، بهبود کیفیت هوا و حفاظت از منابع طبیعی برخی از این مزایا هستند. اقتصادی‌تر بودن خودروهای برقی به دلیل کاهش هزینه‌های سوخت و نگهداری، باعث حفظ ارزش خودرو و افزایش عمر مفید آن می‌شود. تولید و استفاده از این خودروها می‌تواند به رشد اقتصادی کشور و ارتقای نوآوری و تکنولوژی کمک کند. با این همه، چالش‌هایی مانند کمبود متخصصان و نیاز به زیرساخت مناسب وجود دارد که باید با ارائه تسهیلات مالی، ساده‌سازی واردات، توسعه زیرساخت‌های شارژ و ارتقای آگاهی عمومی در جامعه مورد توجه قرار گیرد.

شکل ۱.۱۸ پروژه تبدیل شورلت سابربن (Suburban) محبوب به تمام برقی