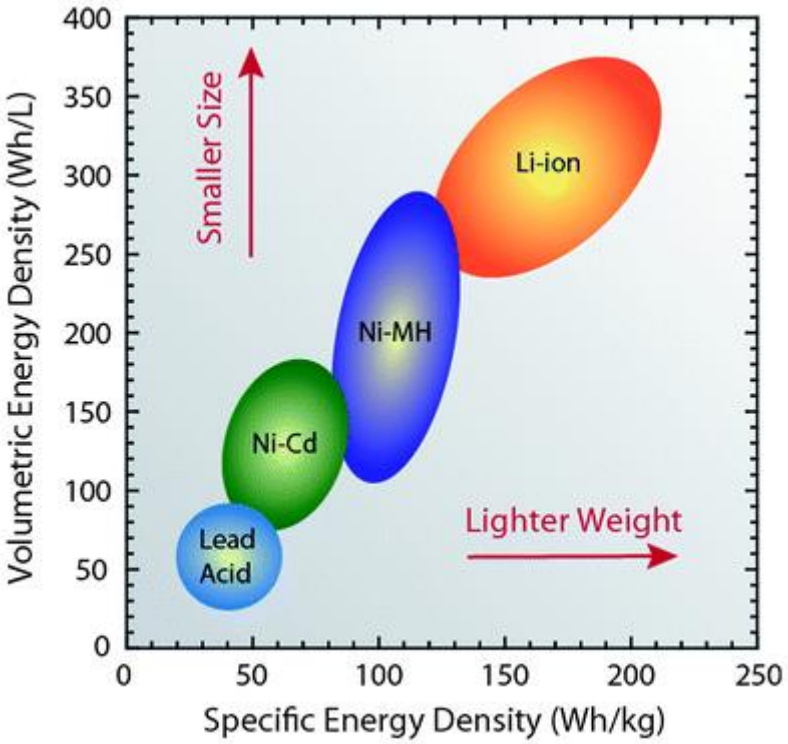
معرفی باتری لیتیومی

مقدمه

باتری های سرب – اسید از ابتدا در خودروها مصرف میشده و هنوز هم در خودروهای معمولی (احتراقی) مورد استفاده قرار میگیرد. البته انواع باتری های دیگری هم وجود دارد که مشخصات و کاربری آنها متفاوت میباشد. باتری های لیتیومی یکی ازین انواع میباشد که مخصوصا برای استفاده در انواع وسائل برقی قابل شارژ(کامپیوتر، ریش تراش، رادیو، ...) از آن استفاده میگردد. البته باتری لیتیومی در اوائل قرن بیستم شناخته شد، ولی به دلیل قیمت بالای آن کاربردی نداشت. تا اینکه بعد از مدتها در دهه آخر قرن بیستم شرکت سونی در واکمن ها و دوربین ها ازین نوع باتری استفاده کرد و بتدریج استفاده ازان تاحدی گسترش پیدا کرد.

ولی گسترش واقعی باتری های لیتیومی پس از گسترش خودروهای برقی در سالهای اخیر واستفاده ازاین باتری ها در خودروهای برقی بود. زیرا مقدار پیمایش خودروی برقی با ظرفیت باتری متناسب است و لذا باتری باید دارای ظرفیت زیاد و حجم و وزن کم باشد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده، دانسیته انرژی در باتری های لیتیومی (هم از لحاظ حجمی و هم از لحاظ وزنی) از باتری های مشابه بیشتر است.



ذکر این نکته لازم است که برخی از صنایع (و از جمله صنعت خودرو) دارای آنچنان مقیاسی هستند که طیف بزرگی از سایر صنایع را به دنبال خود میکشند. ازاین رو استفاده از باتری لیتیومی در خودروی برقی منجر به تحولات چشمگیری در تیراژ و قیمت و کیفیت باتری لیتیومی گردیده است. البته خودروی برقی پدیده جدیدی نیست. روند تاریخی تحولات خودرو در شکل زیر نشان داده شده است. ملاحظه میشود که خودروها در اواخر قرن نوزدهم و اوائل قرن بیستم دارای سه نوع قوای محرکه (بخاری، احتراق داخلی و برقی) بودند، که به اختصار توضیح داده میشود.

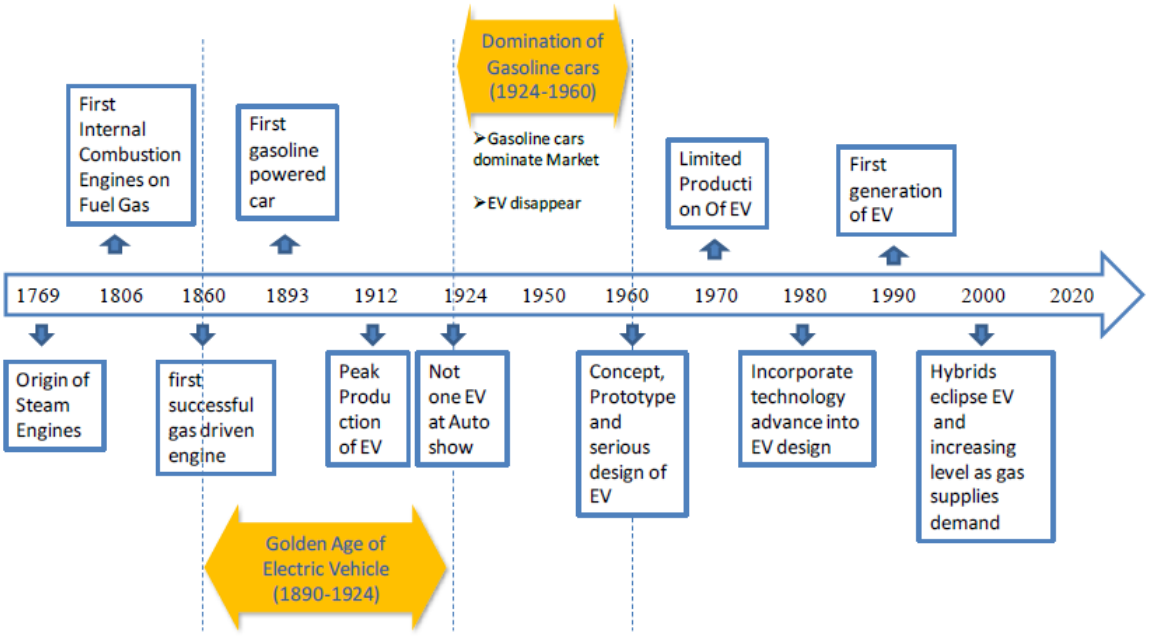


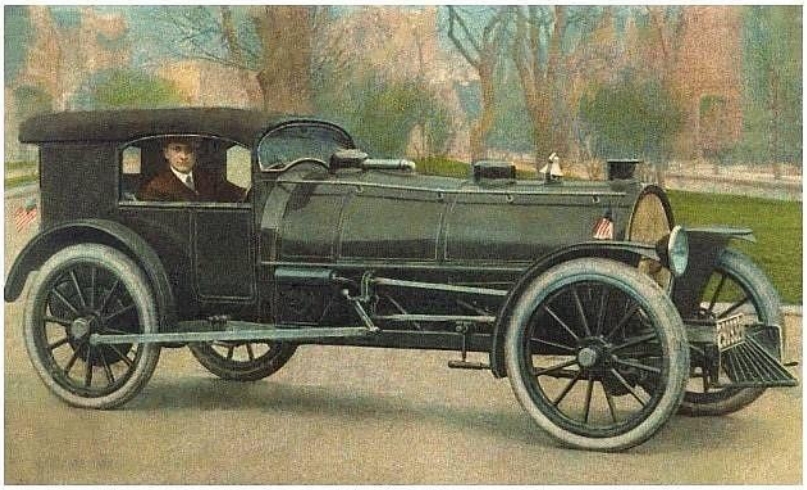
Figure 3: Historical development of automobile and development of interest and activity in the EV from 1890 to present day. Electric Vehicle merged into hybrid electric vehicle. [1]

1 – خودروهای بخاری

قوای محرکه این خودروها نیروی بخار بود و قدمت آن از دو نوع دیگر بیشتر بود و ضمنا نسبت به رقبای آنزمان دارای قدرت بیشتری بود. خودرو مجهز به دیگ بخار کوچکی بود که بخار مورد نیاز را تامین میکرد. طبیعتا آماده سازی این خودروها مستلزم روشن کردن کوره دیگ و صرف مدت زمانی برای تولید بخار بود. مضافا کوره باید مرتبا با ذغال سنگ شارژ میشد و دود ناشی از احتراق نیز آزار دهنده بود. در آنزمان حدود 40 درصد خودروهای در امریکا ازین نوع (بخاری) بودند.

دو تصویر از خودروهای بخاری در زیر ارائه شده است.

تصویر یک خودروی بخاری در مراحل ابتدائی در بالا و تصویر یک خودروی بخاری پیشرفته (در زمان خود) در زیر ارائه شده است



2 – خودروهای احتراقی

اصول کاری این خودروها همانند خودروهای امروزی احتراق درون سیلندر بود، ولی به صورت ابتدائی و با کیفیتی پائین. مثلا به علت ضعف تکنولوژی تبدیل حرکت رفت و برگشتی سیلندر به حرکت دورانی میل لنگ همراه با لرزش زیاد همراه بود که این ارتعاشات به خودرو و سرنشینان منتقل میشد. مضافا سر و صدای اگزوز و سوخت باکیفیت نازل و دود ناشی از احتراق ناقص سرنشینان خودرو را آزار میداد. مضافا اینکه خودروهای اولیه دینام برای شارژ باتری نداشتند و پس از هرمسافرت باید باتری های اسیدی مجددا شارژ شوند. ضمنا این خودروها با استارت دستی (هندل) روشن میشد. در آنزمان حدود 20 درصد خودروها در آمریکا احتراقی بودند.

3 – خودروهای برقی

نیروی محرکه این خودروها از باتری تامین میشد. این خودروها مشکلات دو نوع خودروی فوق را نداشت، سرعت این خودروها تا حدود سی کیلومتر در ساعت بود. خودروی برقی (با داشتن باتری شارژ شده) آماده حرکت بود و نیازی به آماده سازی اولیه نداشت و ضمنا برخلاف دو رقیب دیگر سر و صدا و دود و ارتعاش نیز نداشت و ازین لحاظ برتر از رقبا بود. تنها عیب آن محدودیت پیمایش به دلیل محدودیت ظرفیت باتری بود. در آنزمان حدود 40 درصد بازار آمریکا به خودروهای برقی تعلق داشت، لذا میتوان کفت که خودروی برقی پدیده جدیدی نیست.

تصویر چند خودروی برقی در زیر ارائه شده است.

Picture: Lohner-Porsche Electric Coupe, year 1899

Picture: german electric car, year 1904

تصویر یک خودروی برقی در آلمان. (جایگاه راننده در بالا و عقب قرار دارد)

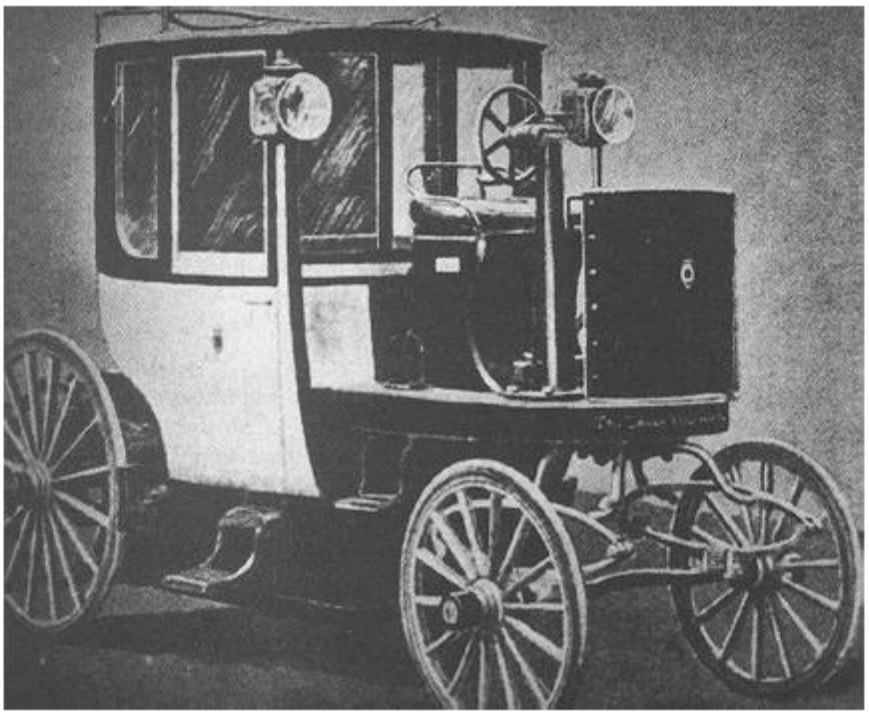


Fig. 3. *London Electrical Cab Company's taxi. Courtesy of Scientific American, Supplement; photo courtesy of History of the Electric Automobile [11].*

تصویر تاکسی برقی در لندن

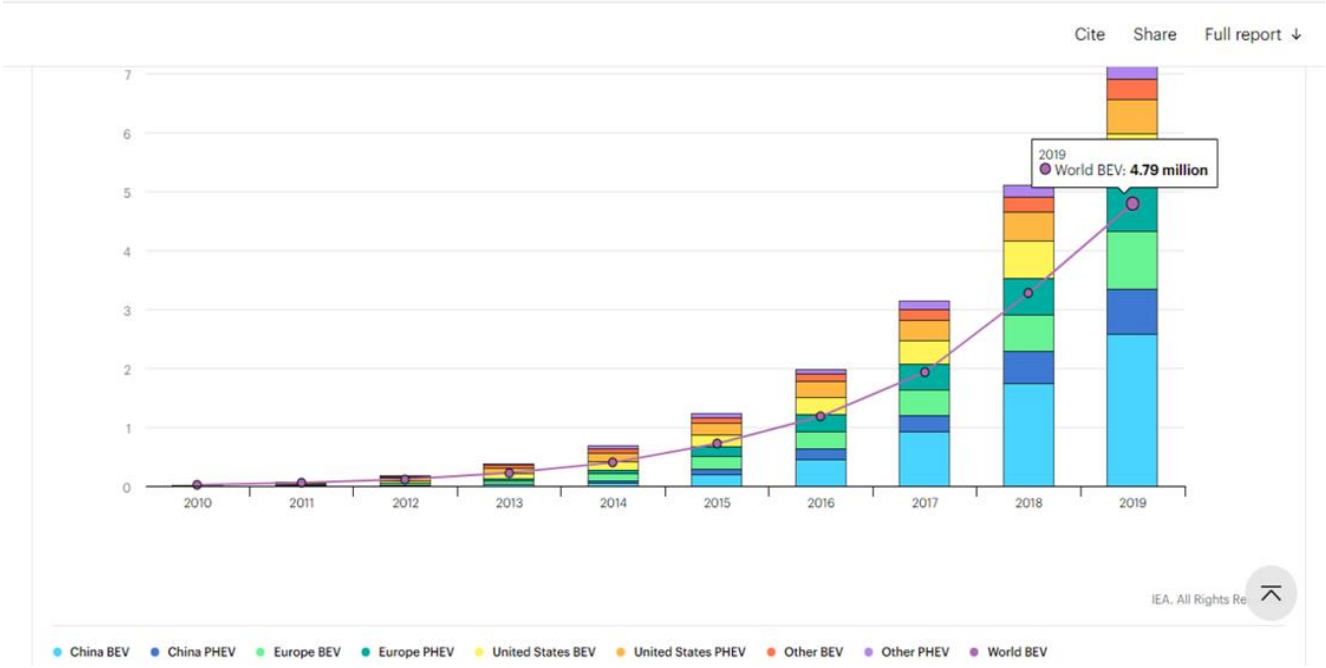
Fig. 9. *GE charging station with a Baker EV in the early 1900s.*

تصویر ایستگاه شارژ خودروی برقی در امریکا

همانطور که در شکل تحولات خودرو نشان داده شده است، دوران اوج خودروهای برقی از سال 1890 تا 1924 بوده و بیشترین تولید خودروهای برقی مربوط به سال 1912 میباشد. ولی کشف ذخائر عظیم نفت در اوائل قرن بیستم، به دوران طلائی خودروهای برقی خاتمه داد. با این ذهنیت که منبع لایزال و ارزانی برای تامین سوخت خودروهای احتراقی وجود دارد، تمام تلاش ها روی توسعه و بهبود فنآوری خودروهای احتراقی متمرکز گردید. مخصوصا با اختراع دینام، استارتر برقی، صدا خفه کن اگزوز، کمک فنر و بهبود کیفیت سوخت بنزین و گازوئیل، مشکلات اولیه خودروهای احتراقی تا حدودی زیادی برطرف گردید و به موازات پیشرفت خودروهای احتراقی بتدریج دو نوع خودروی دیگر از گردونه رقابت خارج شدند، و برای سالیان متمادی خودروهای احتراقی بازار را در انحصار داشتند. به طوریکه سالهای 1924 تا 1960 را میتوان دوران طلائی خودروهای بنزینی و دیزلی برشمرد. ولی مسائلی پیش آمد که این روند را تغییر داد. این مسائل را میتوان چنین خلاصه کرد.

- آشکار شدن این نکته که منابع نفتی آنچنان که تصور میشد پایان ناپذیر نبوده و نیست و بناچار میباید به فکر استفاده از گزینه های جایگزین بود.
- معمولا یک فنآوری مراحل تولد، رشد، بلوغ و افول را طی میکند، و فنآوری موتورهای احتراقی مراحل بلوغ خود را پشت سر گذاشته و در محدوده این فنآوری نوآوری چندانی دیگر پیشبینی نمیشود.
- با شروع بحران انرژی در دهه های هفتاد و هشتاد میلادی، پایه های رویای انرژی ارزان با قیمت غیر قابل رقابت فرو ریخت.
- افزایش شدید مشکلات زیست محیطی به خاطر افزایش بیرویه مصرف سوخت نیز مزید برعلت گردید.
- خودروهای احتراقی در پیشرفته ترین حالت، گازکربنیک تولید میکنند، که از منابع اصلی گازهای گلخانه ای و گرمایش کره زمین میباشد.

مجموعه این عوامل باعث گردید که گزینه های دیگر بار دیگر مورد توجه قرار گیرد. از این میان خودروهای برقی پیشرفت سریعتری داشته است. روند رشد خودروهای برقی در سالهای اخیر درشکل زیر نشان داده شده است.



شکل فوق نشان میدهد که تا پایان سال 2019 بیش از هفت میلیون خودروی برقی در جهان تولید شده که حدود 4.8 میلیون دستگاه آن خودروی کاملا برقی (BEV) و بقیه هیبریدی بوده است.

شکل زیر درصد خودروهای برقی شماره شده در سال 2020 نسبت به کل خودروهای شماره شده در چند کشور منتخب را نشان میدهد. نکته قابل توجه در این آمار اینست که کشورهائی مثل نروژ و ایسلند که صنایع خودروسازی قوی نداشته اند، خیلی سریعتر با این تغییر (فنآوری خودروی برقی) خود را هماهنگ کرده اند.

Electric Mobility: Europe Races Ahead

Countries with the highest share of plug-in electric vehicles in new passenger car sales in 2020*

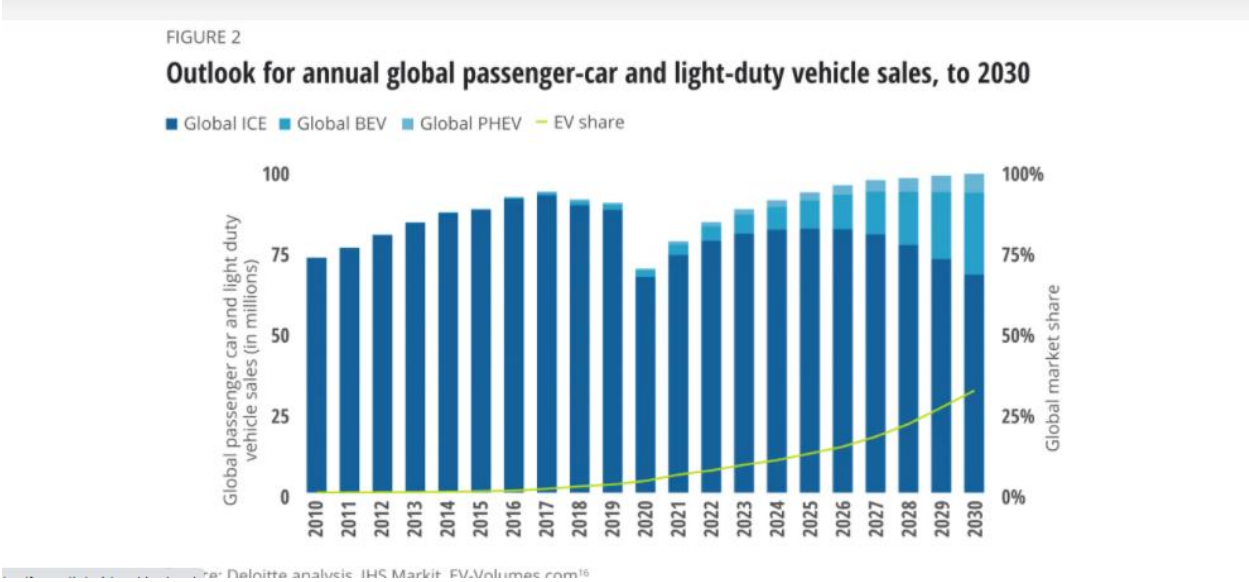
Norway	74.8%
Iceland	45.0%
Sweden	32.2%
Netherlands	24.9%
Finland	18.1%
Denmark	16.4%
Switzerland	14.3%
Portugal	13.5%
Germany	13.5%
Luxembourg	11.4%
France	11.3%
Belgium	10.7%
United Kingdom	10.7%
Austria	9.5%
Ireland	7.4%
China	6.2%
United States	2.3%

* including plug-in hybrids and light vehicles, excluding commercial vehicles

Sources: ACEA, CAAM, EV-Volumes

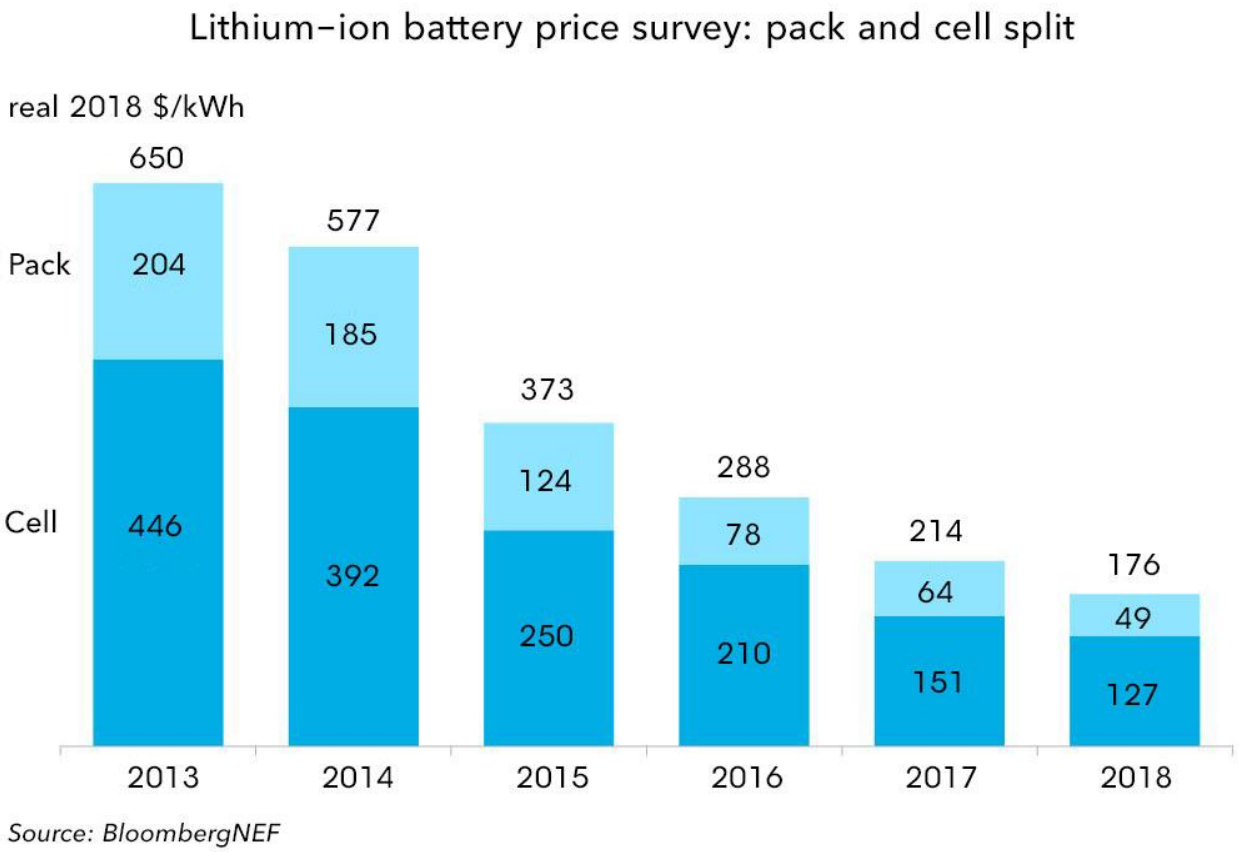
statista

همانطور که در شکل زیر بیان شده، پیشبینی ها نمایانگر آنست که روند افزایشی خودروهای برقی همچنان ادامه داشته باشد، و تا سال 2030 بیش از سی در صد بازار خودرو در جهان به خودروهای برقی تعلق خواهد داشت.



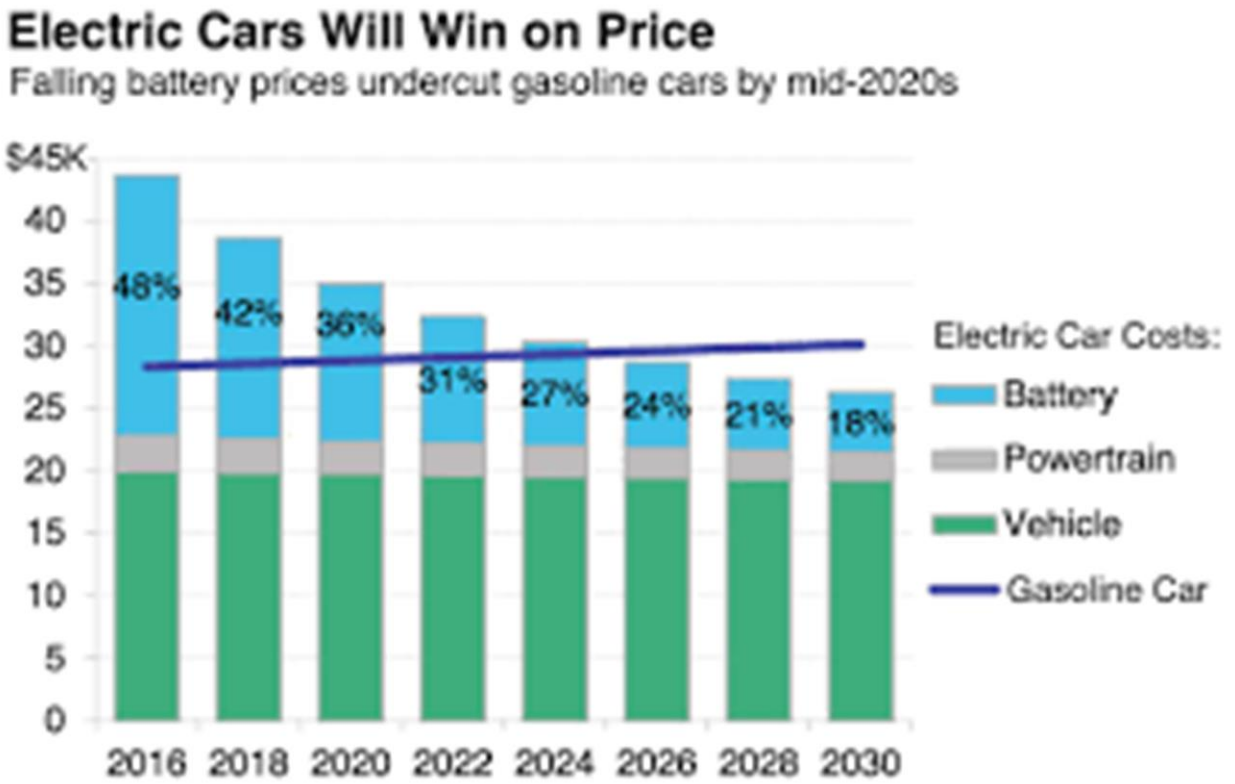
موارد زیر از جمله دلائلی است که باعث گسترش تمایل عمومی به استفاده از خودروهای برقی شده است.

- به طور کلی، میزان آگاهی عمومی نسبت به آثار سوء آلایندگی ها افزایش یافته و مردم عموما نسبت به انواع آلاینده ها حساس شده اند. خودروهای برقی که از آنها به عنوان خودروهای بدون آلایندگی (zero emission vehicles) نام برده میشود، به خوبی جوابگوی این مشکل هستند.
- خودروهای برقی تنها خودروهائی هستند که در حالت ایستا آلایندگی ندارند.
- درحال حاضر قیمت خودروهای برقی گرانتر از خودروهای احتراقی است، که این تفاوت قیمت عمدتا ناشی از قیمت باتری است. گفتنی است که باتری لیتیومی حدود چهل درصد قیمت خودروی برقی را تشکیل میدهد. ولی فنآوری باتریهای لیتیومی در مراحل رشد است و قیمت آن روند کاهشی دارد. همانطور که در شکل زیر دیده میشود قیمت پک باتری لیتیومی از 650 دلار برای هر کیلوواتساعت در سال 2013 به 176 دلار برای هر کیلوواتساعت در سال 2018 کاهش پیدا کرده است.



Source: BloombergNEF

- کاهش قیمت باتری لیتیومی به نوبه خود قیمت خودروی برقی را کاهش داده است، به طوریکه در سال2016 حدود 48% قیمت خودروی برقی مربوط به باتری لیتیومی بود. این نسبت در سال 2020 به 36% رسیده است و پیش بینی میشود در سال 2030 به 18% برسد. با توجه به این روند نزولی قیمت باتری لیتیومی، برآورد میشود قیمت خودروبرقی در سال 2025 مشابه خودروی بنزینی مشابه گردد.



- تعمیرات و نگهداری یک خودروی برقی به مراتب از خودروی مشابه احتراقی کمتر است. زیرا که اولا هیچکدام از قطعات در معرض دمای بالا (احتراق) نیستند، ثانیا از تعداد قطعات متحرک بسیار کاسته شده و در نتیجه استهلاک کمتر میشود و ثالثا کلا در خودروی برقی تعداد قطعات کمتر است. (به طور کلی یک خودروی احتراقی معمولی حدود سی هزار قطعه و خودروی برقی مشابه حدود دوهزار قطعه دارد.)
- خودروهای برقی به مواد مصرفی مثل بنزین، روغن موتور، ضدیخ، ... نیاز ندارند.
- مضافا که مکانیزم خودروهای برقی بسیار ساده تر از خودروهای احتراقی است.

آشنائی مختصر با خودروهای برقی

خودروهای برقی را میتوان در سه دسته زیر تقسیم کرد.

1 – خودروی کاملا برقی (battery electric vehicles - BEV)

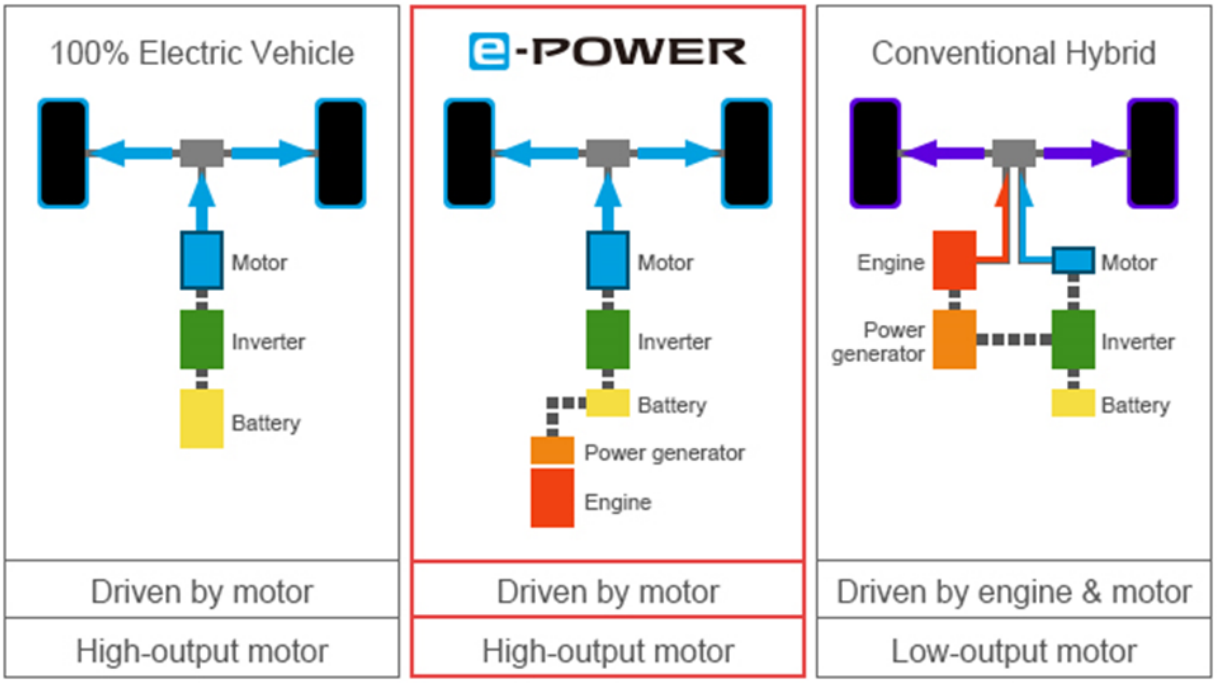
در این خودروها همانطور که در شکل زیر نشان داده شده، انرژی الکتریکی خیره شده در باتری از طریق اینورتر به مشخصات برق مورد نیاز الکتروموتور (افزایش ولتاژ، مستقیم یا متناوب، ...) تغییر کرده و الکتروموتور (خودرو) را به حرکت در میآورد.

2 – خودروی هیبریدی سری (e-power)

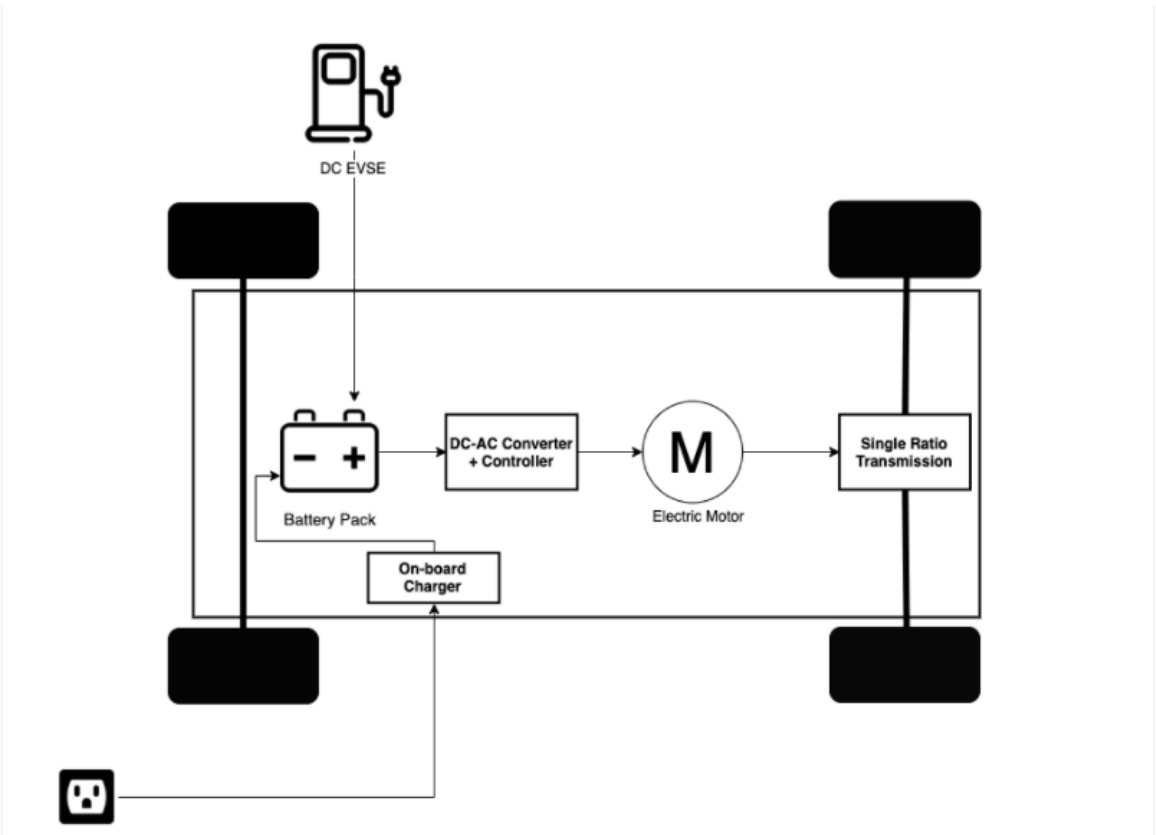
این خودروها همانطور که در شکل زیر نشان داده شده، علاوه بر قوای محرکه الکتریکی، دارای یک موتور احتراقی نیز میباشد. ولی موتور احتراقی مستقیما به چرخها ارتباطی ندارد، بلکه به یک ژنراتور وصل است، که در مواقع لزوم باتری را شارژ میکند.

3 – خودروهای هیبریدی معمولی (conventional hybrid)

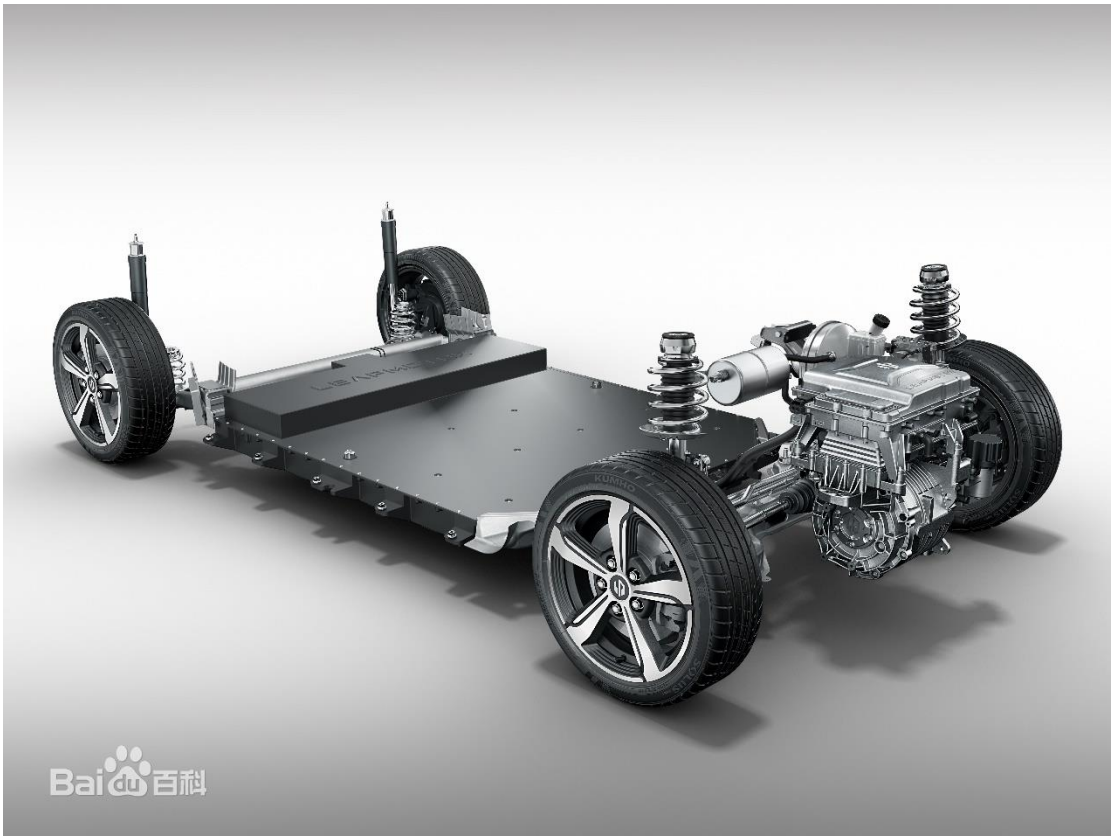
این خودروها دارای دو نوع قوای محرکه (برقی و احتراقی) هستند که بطور موازی قرار رفته اند، و هر کدام از دو قوای محرکه را میتوان به چرخها وصل نمود. این خودروها دارای یک باتری نسبتا کوچک (در مقایسه با خودروهای کاملا برقی) هستند. این باتری را میتوان مستقیما از برق شبکه شارژ کرد و یا از طریق برق تولیدی توسط ژنراتور.



در این مقاله تمرکز روی خودروهای کاملا برقی (BEV) است. شکل شماتیک و تصویر پلاتفورم یک خودروی برقی در زیر نشان داده شده است.



شکل شماتیک قوای محرکه یک خودروی برقی



پلاتفورم یک خودروی برقی (پکهای باتری در کف قرار دارند)

فرآیند کار باتری لیتیومی

باتری لیتیومی یک سلول الکتروشیمیایی است که در خودروها، دوربین‌های دیجیتال، کامپیوترها، ساعت‌ها و ... استفاده می‌شود. این باتری‌ها قابل شارژ هستند و در مقایسه با سایر باتری‌ها دارای چگالی انرژی بالایی هستند .انرژی الکتروشیمیایی نوعی ازانرژی الکتریکی است که از طریق واکنش‌های شیمیایی ایجاد میگردد. عملکرد یک سلول الکتروشیمیایی ناشی از فرآیند بین دو الکترود است که از طریق الکترولیت بایکدیگر در ارتباط هستند. الکترولیت به عنوان یک بافر عمل کرده و محیطی برای حرکت یون‌ها بین دو الکترود را بوجود می آورد. حرکت الکترون‌ها در داخل الکترولیت بین الکترودها باعث ایجاد جریان الکتریکی می‌شود.

آنود و کاتود این باتری‌ها به ترتیب از کربن و اکسید لیتیم ساخته شده‌اند. الکترولیت از نمک‌های لیتیوم ساخته شده‌است. جنس آنود بیشتر گرافیتی است. جنس کاتود می‌تواند اکسید کبالت لیتیوم ($LiCoO_2$) ، فسفات لیتیوم آهن ($LiFePO_4$) یا اکسید منگنز لیتیوم.($LiMn_2O_4$) باشد. الکترولیت‌ها نمک لیتیوم مانند لیتیوم هگزافلوروفسفات($LiPF_6$) ، لیتیوم تترافلوئوروبات($LiBF_4$) ، لیتیوم پرکلرات ($LiClO_4$) و ... هستند، که در حلال‌های عالی مانند اتیلن کربنات، کربنات دی متیل، دی اتیل و محلول کربنات حل

شده‌اند. الکترولیت مورد استفاده باید یک محلول غیر آبی باشد، زیرا لیتیوم در حضور آب شدیدا واکنش نشان داده و هیدروکسید لیتیوم و گاز هیدروژن تولید میشود که قابلیت انفجار بالائی دارد. (به همین دلیل لیتیوم را نمیتوان در هوا نگهداری کرد و باید در روغن و یا نفت آنرا نگهداشت)

در زمان شارژ، یون لیتیوم از کاتود به سوی آنود حرکت کرده و در آنود ساکن می‌شود. جریان یون لیتیوم از طریق الکترولیت است. وقتی این فرایند انجام می‌گیرد، باتری شارژ می‌شود و انرژی الکتریکی در آن ذخیره می‌گردد و به اصطلاح باتری شارژ میگردد. در طی فرایند تخلیه و یا دشارژ، لیتیوم یون از طرف آنود به طرف کاتود از طریق مدار بیرونی (مصرف) بر می‌گردد.

به عبارت دیگر، در فرآیند شارژ، لیتیوم فلزی موجود در ساختار کاتد به یون لیتیوم تبدیل شده و یون‌های لیتیوم موجود در الکترولیت در بین لایه‌های کربن (گرافیت) ذخیره می‌شود. فرآیند شارژ در کاتد به صورت زیر فرموله میشود.

$$LiCoO2 \rightarrow Li1\text{-}xCoO2 + xLi+ + xe$$

و فرآیند شارژ در آند به صورت زیر است.

$$xLi+ + xe- + 6C \rightarrow LixC6$$

انواع باتری های لیتیومی

از لحاظ ساختار شیمیایی باتری های لیتیومی به دو دسته کلی تقسیم میشوند، که عبارتند از باتری های لیتیوم یون (Li-Io) و باتری‌های لیتیوم پلیمر (Li-Po). این دو مدل باتری امروزه کاربرد زیادی دارند و در زیر شرح داده میشوند.

1 - باتری لیتیوم یون

تولید این نوع باتری از سال 1912 شروع شد. البته در آنزمان استفاده عمومی نداشت. تا اینکه در سال ۱۹۹۱ توسط شرکت سونی در دوربین‌های هندی کم و واک من و ... از این باتری استفاده شد. ولتاژ تخلیه باتری 3.7 ولت و ولتاژ شارژ 4.2 ولت میباشد. باتری‌های لیتیوم یون ظرفیت انرژی بالایی دارند و به نسبت انرژی خروجی از قیمت مقرون به صرفه‌تری در مقایسه با باتری‌های لیتیوم پلیمری برخوردارند. اما باتری لیتیوم یونی عمر کوتاه‌تری دارند و اگر سیکل شارژ آن‌ها درست رعایت نشود و یا پس از مدتی شارژ نشوند، سلول مربوطه از بین خواهد رود. از این رو نسبت به زمان شارژ شدن بسیار حساس خواهند بود. از مدل‌های پر مصرف این باتری لیتیومی نوع 18650 میباشد، که از باتری قلمی (AA) کمی بزرگتر بوده و در شکل زیر نشانداده شده است.

2 - باتری لیتیوم پلیمری

تولید این نوع باتری‌ها در دهه 1970 شروع گردید. اولین نوع این باتری از یک الکترولیت پلیمری جامد که ظاهری شبیه به فیلم پلاستیکی داشت؛ تشکیل شده بود. باتری لیتیوم پلیمر را میتوان با ابعاد و اشکال مختلف و حتی در ابعاد و ضخامت کارت اعتباری نیز تولید کرد. باتری لیتیوم پلیمر دارای ولتاژ تخلیه 3.7 ولت و ولتاژ شارژ 4.2 ولت میباشد. این نوع باتری‌ها علاوه بر ایمن بودن وزن کمتری هم دارند. در مقایسه باتری لیتیوم پلیمر با نوع لیتیوم یون، هزینه تولید لیتیوم پلیمر بیشتر بوده و انرژی خروجی کمتری نسبت به لیتیوم یون دارند. یک نمونه از باتری لیتیوم پلیمر در شکل زیر نشانداده شده است.

گفتنی است که تاریخ تولید و ماندگاری باتری در انبار بسیار اهمیت دارد. لذا یکی از نکته‌های مهم در هنگام تهیه باتری لیتیومی چه مدل لیتیوم پلیمر و چه مدل لیتیوم یونی، اینست که باید به تاریخ تولید آن‌ها دقت کرد. علاوه بر آن مدت زمانی که باتری بدون شارژ در انبار راکد مانده است، هم اهمیت دارد. ضمنا دقت شود که صدمات مکانیکی به باتری لیتیومی میتواند باعث آتش سوزی گردد.

پک باتری (Battery Pack)

برای مصارفی که به توان بزرگی تری نیاز میباشد، مثل خودروی برقی، از پک باتری استفاده میکنند. در حقیقت پک باتری، مجموعه ای است از تعداد زیادی باتری کوچک که به صورت موازی و سری بیکدیگر متصل شده اند تا بتوانند ولتاژ و شدت جریان مورد نیاز را تامین کنند. با توجه به کوچکی باتری ها، مجموعه ای از باتری ها را درون یک بسته بندی قرار داده و آنرا پک باتری (battery pack) مینامند. یک پک باتری معمولا مرکب از 18 تا 30 عدد باتری است که به صورت موازی باهم

متصل هستند . تعدادی ازین رشته های موازی به صورت سری قرار گرفته اند تا بتوانند ولتاژ مورد نیاز را تامین کنند. مثلا در باتری خودروی تسلا مدل 3 که 400 ولت است، 96 رشته باتری به هم سری شده اند.

مدل S تسلا دارای 7,616 عدد باتری نوع 18650 میباشد و شکل شاسی آن در زیر نشان داده شده است.

چگونگی استفاده بهینه از باتری های لیتیومی

در سالهای اخیر به موازات گسترش بازار خودروهای برقی، استفاده از باتری های لیتیومی به شدت رو به افزایش بوده است. گفتنی است که برخی از ویژگی های باتری های لیتیومی با باتری های معمولی متفاوت است. مثلا باتری لیتیومی بر خلاف باتری نیکل کادمیوم (NiCad)، حافظه شارژ (charge memory) ندارد. برای دوام عمر باتری های لیتیومی و استفاده بهینه از آنها باید به این ویژگی ها توجه نمود.

میزان کارآئی باتری با ظرفیت نگهداری شارژ باتری و مقاومت داخلی آن و تخلیه خود به خودی باتری سنجش میگردد. با فنآوری امروز، باتری لیتیومی مورد استفاده در خودرو معمولا میتواند تا 5000 سیکل (شارژ – دشارژ) را جوابگو باشد. البته این تعداد سیکل بسته به شرائط استفاده از باتری و نوع کاربری تغییر میکند. بدیهی است در صورت استفاده نامناسب عمر باتری میتواند کمتر ازین ها باشد، ولی در اغلب موارد بیشتر است. درهرحال عوامل زیر روی عمر باتری تاثیرگذار است.

- سرعت شارژ باتری.
- حدود بالا و پائین برای پر و خالی کردن (شارژ و دشارژ) باتری.
- سرعت تخلیه باتری. (شدت بار گذاری روی باتری)
- افزایش دما.
- زمان هر سیکل و زمان بیکاری.

طبیعی است که همه باتری های قابل شارژ و از جمله باتری های لیتیومی مستهلک میشوند. از نظر سازندگان باتری وقتی ظرفیت باتری به 80 درصد ظرفیت نامی افت کرد، باتری مستهلک شده است. البته باتری مستهلک شده، هنوز قابل استفاده است، اگرچه بهره دهی آن کاهش یافته است. معمولا عمر باتری با تعداد سیکل کاری آن بیان میشود، ولی تعداد سیکل کاری و عمر باتری میتواند تفاوت داشته باشد. در حقیقت شارژ و دشارژ متوالی باتری تغییرات شیمیائی در مواد کنشگر باتری را باعث میشود، و در نتیجه مقاومت داخلی آن افزایش و ظرفیت آن کاهش مییابد. ولی پدیده کاهش ظرفیت حتی اگر باتری کار هم نکند، اتفاق خواهد افتاد. بیشترین مقدار کاهش ظرفیت در موقعی است که باتری کاملا شارژ باشد.

برای افزایش دوام باتری های لیتیومی توصیه میشود موارد زیر رعایت گردد.

1 – از قرار دادن باتری در دمای بالا خودداری شود.

توصیه میشود که باتری تا حد امکان در دمای مشابه دمای اتاق (25 – 20 درجه سانتیگراد) نگهداری شود. برخی از وسائل و از جمله خودروی برقی معمولا مجهز به سیستم کنترل دمای باتری میباشد و در صورت لزوم این سیستم فعال شده و دمای باتری را کاهش میدهد. در هنگام رانندگی خودرو این سیستم به طور اتوماتیک فعال است. در سایر مواقع، یا خودرو را در سایه (محیط خنک) باید پارک کرد و یا آنرا به برق شبکه وصل نمود، تا سیستم کنترل دما با استفاده از برق شبکه، دما را تنظیم کند.

از سوی دیگر، شارژ باتری در دمای زیر صفر مناسب نیست. زیرا شارژ در دمای زیر صفر میتواند به تشکیل فلز در قطب آند باتری منجر شود. این پدیده میتواند باعث ایجاد اتصال کوتاه در داخل باتری شود، که موجب داغ شدن و از کار افتادن باتری میشود. برخی از شارژرهای خودرو به سنجشگر دما مجهز هستند تا دمای باتری را مانیتور کنند.

به نظر میرسد که روش معمول استفاده از کامپیوتر شخصی درحالتی که اکثرا کامپیوتر به برق شبکه (شارژر) وصل است، برای باتری مناسب نیست. زیرا اتصال به شارژر باعث میشود که باتری صد درصد شارژ شده و در حالت شارژ اضافی (overcharge) قرار گیرد و مضافا کامپیوتر در موقع کار، گرم و حتی داغ میشود. در حالیکه هر دوی این عوامل (شارژ اضافی و گرم شدن باتری) باعث کاهش عمر باتری لیتیومی میشود. در حقیقت باید پس از شارژ شدن باتری، ازآن استفاده کرد و مخصوصا از شارژ اضافی آن خودداری کرد.

2 – از شارژ و دشارژ کامل باتری حتی المقدور خودداری کنید.

همانطور که گفته شد، باتری لیتیومی بر خلاف باتری نیکل- کادمیوم حافظه شارژ ندارد، و لذا تخلیه کامل باتری قبل از شارژ لزومی ندارد. درحقیقت بهتر که باتری را در حالیکه هنوز شارژ دارد، شارژ کرد. ولی شارژ صد درصد نیز لازم نیست و توصیه شده که باتری را بین 20 تا 80 درصد شارژ

نگهداشت. دقت شود که رابطه زمان شارژ با میزان شارژ باتری خطی نیست. به عبارت دیگر حدود 80 درصد ظرفیت شارژ باتری درنصف مدت زمان شارژ انجام میگیرد.

برای نمونه، شرکت خودروسازی کیاموتورز(کره جنوبی) روی خودروی برقی مدل سول (Soul) باتری لیتیومی به ظرفیت kWh 64 نصب کرده که با هربار شارژ 386 کیلومتر پیمایش دارد. راهنمائی این شرکت در مورد چگونگی شارژ باتری آن به شرح زیر است.

- اگر با خودرو آنقدر کار کنید که باتری خالی شود و سپس آنرا شارژ کامل کنید. تا هزار بار میتوانید باتری را شارژ کنید.
- اگر با خودرو تا نیمی از ظرفیت باتری کار کنید و سپس آنرا شارژ کنید، تا 5000 بار میتوانید باتری را شارژ کنید.
- اگر فقط 20% ظرفیت باتری را استفاده کنید و سپس آنرا شارژ کنید تا 8000 بار میتوانید باتری را شارژ کنید.

البته در مورد باتری های لیتیومی توصیه میشود که پس از حدود 30 مرتبه شارژ، یکبار باتری تخلیه کامل شود و سپس آنرا شارژ کنید. زیرا تداوم حالت قبلی (شارژ مجدد قبل از تخلیه کامل) باعث پدیده ای به نام (digital memory) میگردد که دقت سنجشگر قدرت را کاهش میدهد. تخلیه کامل هرازگاهی باتری، باعث کالیبره شدن مجدد این سنجشگر میشود.

اگر باتری لیتیومی آنقدر تخلیه شود که ولتاژ هر سلول آن به زیر 2.5 ولت افت کند، مدارایمنی داخلی باتری فعال شده و باتری را غیر فعال میکند.

3 – از شارژ سریع باتری تاحد امکان خودداری کنید.

شارژ سریع با شدت جریان بالا انجام میشود و تداوم استفاده از جریان بالا برای شارژ تغییراتی در مواد شیمیائی باتری ایجاد میکند. همانند باتری های معمولی (سرب – اسیدی)، باتری های لیتیومی در صورتیکه با شدت جریان کم شارژ شوند، کارآئی بهتری دارند.

4 – در صورتیکه از باتری برای مدت طولانی استفاده نمیکنید، وضعیت شارژ باتری را در حالت بهینه نگهدارید.

نگهداری خودرو (و یا کامپیوتر ویا ...) برای مدت طولانی با باتری خالی (دشارژ= 0) و یا باتری پر (شارژ کامل = 100)، هر دو عمر باتری را کاهش میدهد. لذا توصیه میشود که با استفاده از یک سیستم تایمر، وضعیت شارژ بین 25 تا 75 درصد حفظ گردد.

5 – باتری را انبار نکنید.

باتری به مرور زمان کارآئی خود را از دست میدهد، اعم ازینکه استفاده بشود یا نشود. مثلا اگر همزمان با خرید تلفن موبایل، یک باتری یدکی برای آن خریداری کنید. عمر هر دو باتری (آنکه روی گوشی تلفن نصب است و درحال کار است و دیگری که یدکی است) کم و بیش همزمان به سر خواهد آمد.

برای انبارش باتری تلفن موبایل و یا کامپیوتر، توصیه میشود که آنرا تا حدود 40 درصد شارژکرده و در یخچال (دمای بالای صفر) نگهداری کرد.

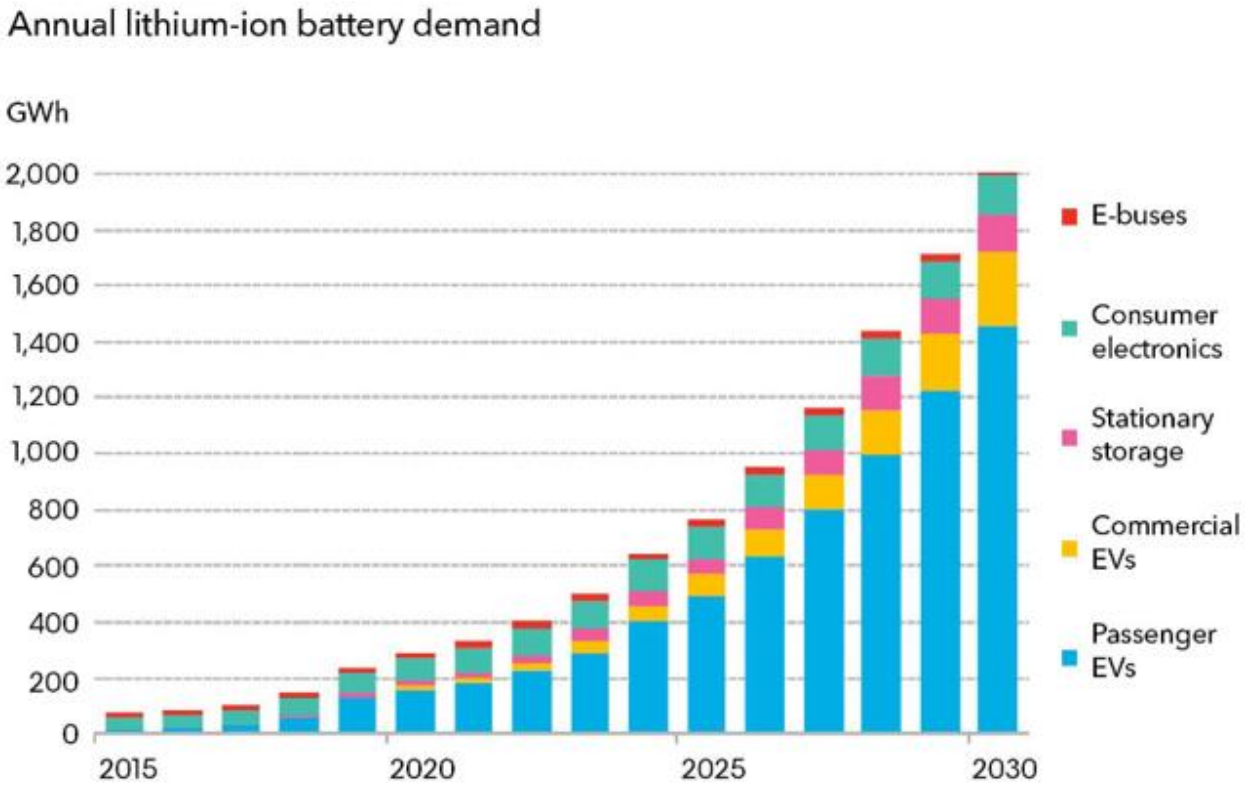
6 – ولتاژ پک باتری لیتیومی خودرو زیاد است و موارد ایمنی باید رعایت گردد.

ولتاژ پک باتری لیتیومی خودرو زیاد است و البته این ولتاژ با توجه به نوع و مشخصات خودرو متفاوت است ولی مثلا در مورد خودروی نیسان لیف حدود 360 ولت میباشد. لذا استفاده نادرست از باتری میتواند خطرآفرین باشد. معمولا سیستم کنترلی به نام BMS (Battery Management System) در پک باتری وجود دارد که کار باتری را کنترل میکند. این سیستم اجازه نمیدهد که باتری فراتر از محدوده ایمنی کار کند و از جمله میتوان به موارد زیر اشاره کرد.

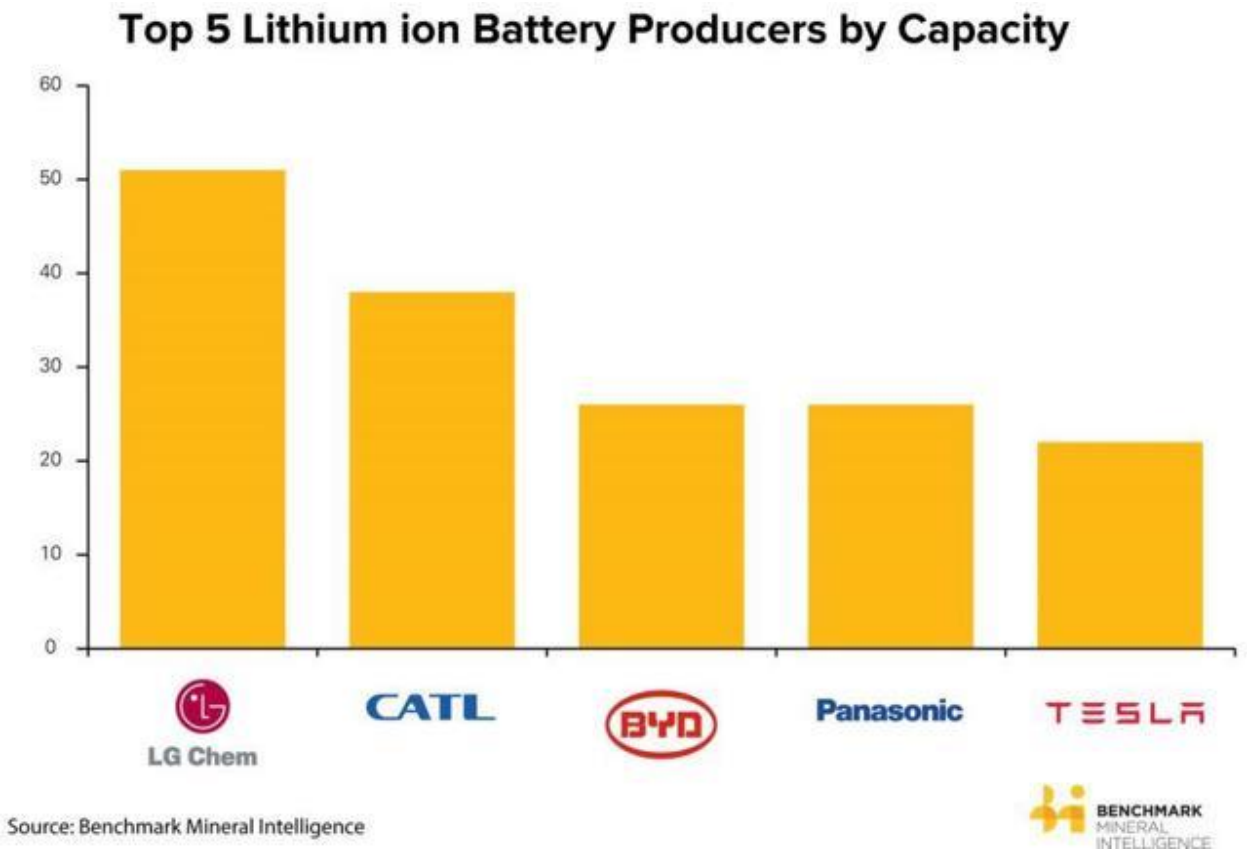
- مدار کنترل کننده: این مدار بر ولتاژ و شدت جریان در باتری نظارت می‌کند. پس ازینکه باتری 80% شارژ شد، BMS شدت شارژ را کاهش میدهد.
- کلید کنترل: این کلید پس از دریافت سیگنال از مدار کنترل، فرایند شارژ یا تخلیه را قطع می‌کند.
- فیوز گرمائی: هنگامی که دمای باتری از میزان معینی بالاتر رود، فیوز جریان را قطع میکند.
- ترمیستور: جریان برق در باتری به کمک ترمیستور کنترل می‌شود، که مقاومت آن با توجه به جریانی که از آن میگذرد می‌تواند متفاوت باشد.
- کلید PTC (Positive Temperature Coefficient): از این کلید در برخی از باتری‌های لیتیومی به جای ترمیستور، برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد باتری استفاده می‌شود.

سازندگان عمده باتری لیتیومی در جهان

روند نیاز باتری لیتیومی در شکل زیر ارائه شده است.



سازندگان عمده باتری لیتیومی عبارتند از:



شرکت تسلا اخیرا با برپائی کارخانه گیگا فاکتوری در نوادای امریکا با مشارکت شرکت پاناسونیک به جمع سازندگان باتری لیتیومی پیوسته است. شرکت تسلا در مدل های S و X از باتری های 18650 استفاده کرده است، ولی در مدل جدید 3 از باتری 21700 که در کارخانه گیگا فاکتوری ساخته میشود استفاده میکند. (یعنی قطرباتری 21 مم و طول آن 70 مم) تسلا ادعا میکند که دانسیته انرژی این باتری 877 واتساعت برلیتر است.

استفاده از باتری لیتیومی در بانکهای ذخیره سازی انرژی در مقیاس بزرگ

از بانکهای باتری برای گذر از پیک بار شبکه و نیز مقابله با نوسانات ناگهانی بار مصرفی استفاده میشود. قبلا هم اینکار با پمپاژ آب در مواقع کمباری و استفاده از توربین در پیک بار مرسوم بوده است. ولی کارآئی بانکهای باتری خیلی سریعتر و مناسبتر است. در دهه 1980 برای اولین بار از باتری های سرب اسیدی در بانکهای ذخیره انرژی استفاده شد. دردهه های بعد از باتری های نیکل – کادمیوم و سدیم – سولفور در این بانکها استفاده شد. از سال 2010 عمدتا از باتری های لیتیومی در بانکهای ذخیره انرژی استفاده شده است. البته انرژی الکتریکی ذخیره شده در باتری به صورت برق جریان مستقیم (DC) میباشد، در صورتیکه برق شبکه به صورت متناوب (AC) میباشد. لذا نیاز به اینورتر (inverter) میباشد تا بتوان انرژی الکتریکی باتری را به برق متناوب ولتاژ بالای شبکه تبدیل نمود. از لحاظ ساختاری بانکهای ذخیره انرژی مشابه Uninterruptible Power Supplies (UPS) هستند ولی در مقیاس بزرگتر.

از آنجا که وارد مدار شدن این بانکها نیاز به حرکات مکانیکی ندارد، لذا کنترل و زیر بار رفتن این بانکها در کسری از ثانیه امکانپذیر است. و نکته دیگر سرعت در اجرای آنها است، به طوریکه تجربه نشان داده که یک بانک ذخیره یکصد مگاواتی را میتوان در کمتر از یکصد روز برپا نمود.

نام تعدادی از بانکهای ذخیره انرژی که در سالهای اخیر برپا شده اند، در جدول زیر ارائه شده است.

Name	Commissioning Date	Energy (MWh)	Power (MW)	Duration (hours)	Type	Country
Alamitos Energy	January 2021	400	100	4	Lithium-ion	USA
Gateway Energy	August 2020	250	250	1	Lithium-ion	USA
Hornsdale Power	December 2017	193	150		Lithium-ion	Australia
Escondido Substa.	February 2017	120	30	4	Lithium-ion	USA
Pomona Substa.	January 2017	80	20	4	Lithium-ion	USA
Mira Loma Substa.	January 2017	80	20	4	Lithium-ion	USA
Tesla Solar Plant	March 2017	52	13	5	Lithium-ion	USA
Stocking Pelham	July 2018	50	50	1	Lithium-ion	England
Jardelund	June 2018	50	48	1	Lithium-ion	Germany
Minamisoma	February 2016	40	40	1	Lithium-ion	Japan
Buzen Substa.	March 2016	300	50	6	Sodium-sulphur	Japan
Rokkasho Aomori	May 2008	245	34	7	Sodium-sulphur	Japan
BESS Alaska	November 2003	6.25	25	0.25	Nickel-Cad.	USA

تهیه و تدوین اتوسط : رسول هادیزاده ، ورودی مکانیک سال 1348

کمیته صنعت ، معدن و تجارت

کانون مهندسین فارغ التحصیل دانشکده فنی دانشگاه تهران

خرداد 1400