سیستم های مدیریت باتری(BMS)

فهرست

۱. مقدمه ۲

۲. طراحی BMS ۲

۳. بلوک های ساختمانی BMS ۳

۴. باتری های هوشمند ۴

۵. سیستم کنترل خودکار ۶

۶. مانیتورینگ باتری ۶

۷. سیستم مدیریت باتری نیروگاه ۷

۸. سیستم مدیریت باتری خودرو ۸

۹. سیستم مدیریت باتری برای باتری لیتیومی ۱۰

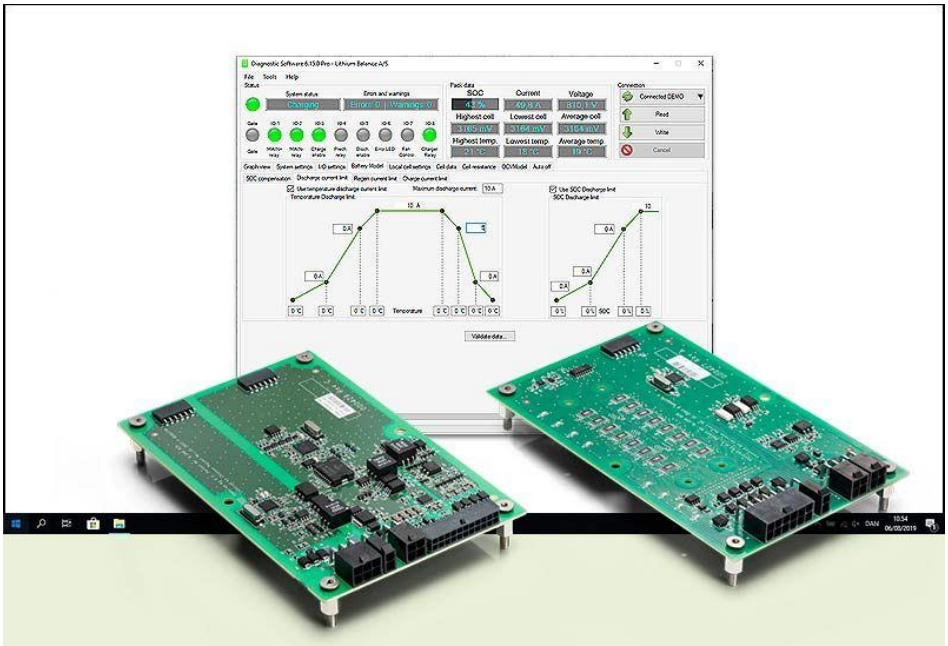
۱۰. نتیجه گیری ۱۱

۱. مقدمه

سیستم مدیریت باتری (BMS[1]) برای افراد مختلف معنای متفاوتی دارد، برای برخی این فقط مانیتورینگ باتری یعنی بررسی پارامترهای عملیاتی کلیدی در طول شارژ و دشارژ، مانند ولتاژ و جریان و دمای داخلی و محیط باتری است. مدارهای مانیتورینگ معمولاً ورودی‌هایی را برای دستگاه‌های حفاظتی فراهم می‌کنند که در صورت خارج شدن هر یک از پارامترها از حد مجاز، آلارم ایجاد می‌کنند یا باتری را از شارژر جدا می‌کنند. سیستم های مدیریت باتری نه تنها نظارت و محافظت از باتری را در بر می گیرند، بلکه شامل روش هایی برای آماده نگه داشتن آن برای ارائه توان کامل در صورت نیاز و روش هایی برای افزایش عمر آن می شوند. این شامل همه چیز از کنترل جریان شارژ تا تعمیر و نگهداری برنامه ریزی شده است. برای مهندسین خودرو، سیستم مدیریت باتری جزء یک سیستم مدیریت انرژی با عملکرد بسیار پیچیده‌تر است و باید با سایر سیستم‌های روی برد مانند مدیریت موتور، کنترل‌های آب و هوا، ارتباطات و سیستم‌های ایمنی ارتباط برقرار کند.

۲. طراحی BMS

برای کنترل عملکرد و ایمنی باتری، لازم است درک کنیم که چه چیزی باید کنترل شود و چرا به کنترل نیاز دارد. این امر مستلزم درک عمیق شیمی سل بنیادی، ویژگی های عملکرد و حالت های خرابی باتری به ویژه خرابی باتری لیتیومی است. در واقع باتری را نمی توان به سادگی به عنوان یک جعبه سیاه در نظر گرفت.



شکل۱: شماتیکی از مدار سیستم مدیریت باتری

[1] Battery Management System

۳. بلوک های ساختمانی BMS

اهداف اصلی مشترک برای همه سیستم های مدیریت باتری عبارت‌اند از:

۱-حفاظت از آسیب سل باتری

۲-افزایش طول عمر باتری

۳-نگهداری باتری در حالتی که قادر باشد الزامات کاربردی برنامه مورد استفاده را برآورده کند.

برای دستیابی به هر یک از اهداف بالا، BMS قادر است یک یا چند مورد از عملکردهای زیر را ترکیب کند.

۱)حفاظت سل: محافظت از سل باتری در برابر شرایط عملیاتی خارج از تحمل برای همه برنامه‌های BMS ضروری است. در عمل BMS باید حفاظت کامل سل را برای پوشش تقریباً هر احتمالی ارائه دهد. کارکردن باتری خارج از محدوده طراحی مشخص شده به ناچار منجر به خرابی باتری می شود. این امر به ویژه در مورد باتری های خودروهای ولتاژ بالا و قدرت بالا که باید در محیط های متخاصم کار کنند و در عین حال مورد استفاده کاربر قرار می گیرند، صادق است.

۲)کنترل شارژ: این یک ویژگی ضروری BMS است. باتری‌ها در اثر شارژ نامناسب بیش از هر علت دیگری آسیب می‌بینند.

۳)مدیریت تقاضا: این عملکرد اگرچه به طور مستقیم به خود باتری مربوط نمی شود، مدیریت تقاضا به برنامه ای که باتری در آن استفاده می شود اشاره دارد. هدف آن به حداقل رساندن تخلیه جریان روی باتری با طراحی تکنیک های صرفه جویی در انرژی در مدارهای کاربردی و در نتیجه طولانی کردن زمان بین شارژ باتری است.

۴)تعیین SOC[۱] (وضعیت شارژ): بسیاری از برنامه‌ها به (SOC) باتری یا سلول‌های جداگانه در زنجیره باتری نیاز دارند. این ممکن است صرفاً برای ارائه نشانی از ظرفیت باقی مانده در باتری به کاربر باشد، یا ممکن است در یک مدار کنترل برای اطمینان از کنترل بهینه فرآیند شارژ مورد نیاز باشد.

۵)تعیین SOH[۲] (وضعیت سلامت): (SOH) معیاری از توانایی باتری برای ارائه خروجی مشخص شده است. این برای ارزیابی آمادگی تجهیزات برق اضطراری حیاتی است و نشانگر نیاز به اقدامات تعمیر و نگهداری است.

۶)تعادل سلولی: در زنجیره باتری چند سلولی، تفاوت‌های کوچک بین سلول‌ها به دلیل تحمل تولید یا شرایط عملیاتی با هر چرخه شارژ/دشارژ بزرگ‌تر می‌شود. سلول‌های ضعیف‌تر در هنگام شارژ تحت فشار بیش از حد قرار می‌گیرند و باعث ضعیف‌تر شدن آن‌ها می‌شوند تا اینکه در نهایت از کار افتاده و باعث خرابی زودهنگام باتری شوند. تعادل سلولی راهی برای جبران سلول‌های ضعیف‌تر با یکسان کردن شارژ تمام سلول‌های زنجیره و در نتیجه افزایش عمر باتری است.

---

[۱] State of Charge

[۲] State of Health

۷)تاریخچه: نظارت و ذخیره تاریخچه باتری یکی دیگر از عملکردهای احتمالی BMS است. این برای تخمین وضعیت سلامت باتری و همچنین برای تعیین اینکه آیا مورد سوء استفاده قرار گرفته است یا خیر لازم است. پارامترهایی مانند تعداد سیکل ها، حداکثر و حداقل ولتاژ و دما و حداکثر جریان شارژ و دشارژ را می توان برای ارزیابی بعدی ثبت کرد. این می تواند ابزار مهمی در ارزیابی ادعاهای گارانتی باشد.

۸)احراز هویت و شناسایی: BMS همچنین امکان ثبت اطلاعات مربوط به سلول مانند تعیین نوع سازنده و شیمی سلول را می دهد که می تواند آزمایش خودکار و شماره سریال یا تاریخ ساخت را تسهیل کند که امکان ردیابی را در صورت خرابی سلول فراهم می کند.

۹)ارتباطات بیشتر: سیستم های BMS نوعی ارتباط بین باتری و شارژر یا تجهیزات آزمایشی را در خود جای می دهند. برخی از آنها پیوندهایی به سیستم های دیگر دارند که با باتری برای نظارت بر وضعیت یا تاریخچه آن ارتباط برقرار می کنند. رابط‌های ارتباطی نیز مورد نیاز هستند تا به کاربر اجازه دسترسی به باتری را برای اصلاح پارامترهای کنترل BMS یا برای تشخیص و آزمایش بدهد.
مثال‌های زیر سه کاربرد بسیار متفاوت BMS را در عمل نشان می‌دهند.

۴. باتری های هوشمند

عمر باتری های قابل شارژ نیکل-کادمیم و نیکل-متال هیدرید مانند باتری های مورد استفاده در ابزارهای برقی را می توان با استفاده از یک سیستم شارژ هوشمند که ارتباطات بین باتری و شارژر را تسهیل می کند، افزایش داد. باتری اطلاعاتی در مورد مشخصات، وضعیت فعلی و تاریخچه استفاده از آن ارائه می دهد که توسط شارژر برای تعیین مشخصات شارژ بهینه یا توسط برنامه ای برای کنترل از آن استفاده می شود. هدف اصلی از ترکیب شارژر/باتری اجازه ادغام طیف وسیع تری از مدارهای حفاظتی است که از شارژ بیش از حد یا آسیب به باتری جلوگیری می کند و در نتیجه عمر آن را افزایش می دهد. اگرچه برخی سلول‌های ویژه‌ای که هوش را در خود جای داده‌اند، توسعه یافته‌اند، اما احتمال بیشتری وجود دارد که این هوشمندی در بسته باتری پیاده‌سازی شود. سیستم به صورت زیر عمل می کند: باتری هوشمند، خروجی هایی را از حسگرهایی ارائه می دهد که وضعیت واقعی ولتاژ، جریان و دمای داخل باتری و همچنین وضعیت شارژ را نشان می دهد. همچنین می تواند عملکردهای آلارم هشدار را ارائه دهد که نشان دهنده خارج از شرایط تحمل است. باتری هوشمند همچنین حاوی یک تراشه حافظه است که توسط سازنده برنامه ریزی شده است و اطلاعاتی در مورد مشخصات باتری مانند:

۱-داده های تولید (نام، تاریخ، شماره سریال و غیره) ۲-شیمی سلولی ۳-ظرفیت سلول ۴-کد طرح مکانیکی
۵-محدودیت ولتاژ بالا و پایین ۶-حداکثر محدودیت جریان ۷-محدودیت های دما را داراست

پس از استفاده از باتری، حافظه ممکن است موارد زیر را نیز ضبط کند:
۱-چند بار باتری شارژ و دشارژ شده است. ۲-زمان سپری شده ۳-امپدانس داخلی باتری
۴-مشخصات دمایی که تحت آن قرار گرفته است ۵-عملکرد هر مدار خنک کننده اجباری ۶-مواردی که از محدودیت‌ها فراتر رفته است.

این سیستم همچنین به دستگاه‌هایی نیاز دارد که ممکن است در باتری یا شارژر یا هر دو باشند که می‌توانند شارژ را با توجه به مجموعه‌ای از قوانین قطع یا تغییر دهند. به طور مشابه، تخلیه باتری را می توان توسط باتری یا مدارهای مدیریت تقاضا در برنامه کنترل کرد. باتری هوشمند همچنین به یک شارژر هوشمند نیاز دارد که بتواند با آن به زبانی که بتواند صحبت کند. شارژر طوری برنامه ریزی شده است که به ورودی های باتری پاسخ دهد، مشخصات شارژ را بهینه کند، تا زمانی که به دمای از پیش تعیین شده برسد، با حداکثر سرعت شارژ می شود، سپس شارژ را کاهش می دهد یا متوقف می کند و یا یک فن خنک کننده را روشن می کند تا از حد مجاز بیشتر نشود در نتیجه دما را محدود کرده و از آسیب دائمی باتری جلوگیری می کند. اگر خرابی امپدانس داخلی باتری نشان دهد که بازسازی مجدد ضروری است، شارژر را نیز می توان برای اصلاح باتری با قرار دادن آن در چندین چرخه شارژ عمیق و دشارژ برنامه ریزی کرد. از آنجایی که باتری حاوی اطلاعاتی در مورد مشخصات آن است که توسط شارژر قابل خواندن است، می‌توان شارژرهای جهانی ساخت که می‌توانند به طور خودکار مشخصات شارژ را با طیف وسیعی از مواد شیمیایی و ظرفیت باتری تا زمانی که با پروتکل پیام توافق شده مطابقت داشته، تطبیق دهند.

یک کانال ارتباطی جداگانه برای تسهیل تعامل بین باتری و شارژر مورد نیاز است. یکی از نمونه‌های مورد استفاده برای برنامه‌های کاربردی ساده، گذرگاه مدیریت سیستم (SMBus[۱]) است که بخشی از سیستم باتری هوشمند را تشکیل می‌دهد که عمدتاً در برنامه‌های کاربردی کم مصرف استفاده می‌شود. باتری هایی که مطابق با استاندارد SBS[۲] هستند، باتری هوشمند نامیده می شوند. باتری‌های هوشمند به طرح محدود نمی‌شوند و بسیاری از تولیدکنندگان طرح‌های اختصاصی خود را پیاده‌سازی کرده‌اند که بسته به نیازهای برنامه ممکن است ساده‌تر یا پیچیده‌تر باشند. با استفاده از چنین تکنیک هایی ادعا شده است که عمر باتری ۵۰ درصد افزایش یافته است.

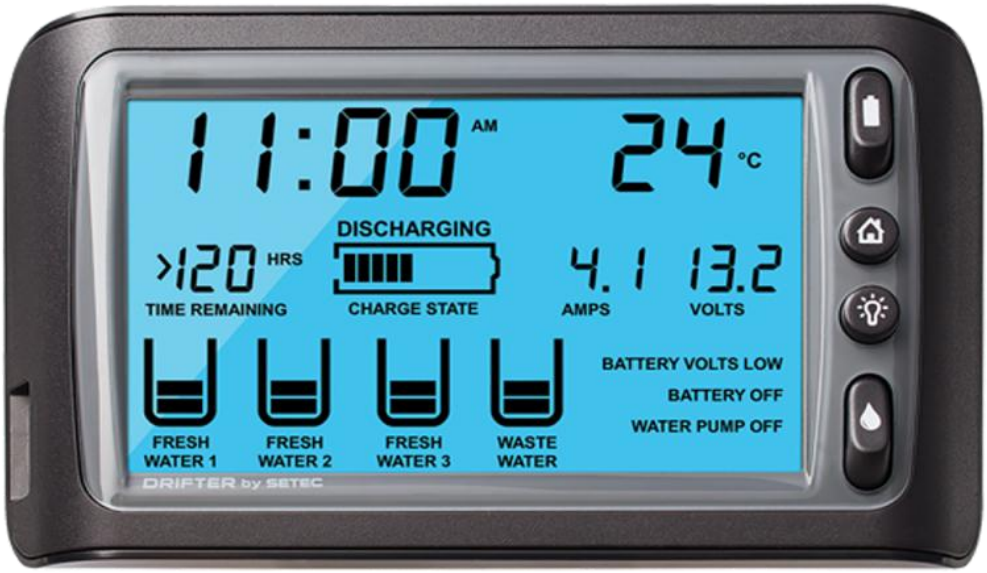
[۱] System Management Bus
[۲] Small Business Standard

۵. سیستم کنترل خودکار

این نمونه ای از یک سیستم کنترل خودکار است که در آن باتری اطلاعاتی در مورد وضعیت واقعی خود به شارژر ارائه می دهد که وضعیت واقعی را با شرایط مورد نظر مقایسه می کند و یک سیگنال خطا تولید می کند که برای شروع اقدامات کنترلی استفاده می شود تا شرایط واقعی را مطابقت دهد. با شرایط مطلوب سیگنال‌های کنترل بخشی از یک حلقه بازخورد را تشکیل می‌دهند که باتری را برای نگه داشتن در پارامترهای عملیاتی مورد نظر خود فراهم می‌کند. نیازی به دخالت کاربر ندارد.

۶. مانیتورینگ باتری

باتری هوشمند علاوه بر صحبت با شارژر، می‌تواند با کاربر یا سایر سیستم‌هایی که باتری ممکن است بخشی از آن باشد، صحبت کند. همچنین از سیگنال هایی که ارائه می دهد می توان برای روشن کردن چراغ های هشدار یا اطلاع کاربر از وضعیت باتری و میزان شارژ باقی مانده استفاده کرد. نظارت بر وضعیت باتری یک بخش ضروری از تمام سیستم های مدیریت باتری است. در اولین مورد از دو مثال زیر، اقدامات کنترل به صورت دستی است. در مثال اول مهندس تعمیر و نگهداری نیروگاه هر گونه نقص را برطرف می کند و در مثال دوم باتری بخشی از یک سیستم کنترل خودکار است که از چندین حلقه بازخورد به هم پیوسته تشکیل شده است که خود باتری و نقش آن را به عنوان بخشی از سیستم کلی مدیریت انرژی کنترل می کند.



شکل۲: نمایی از مانیتورینگ باتری

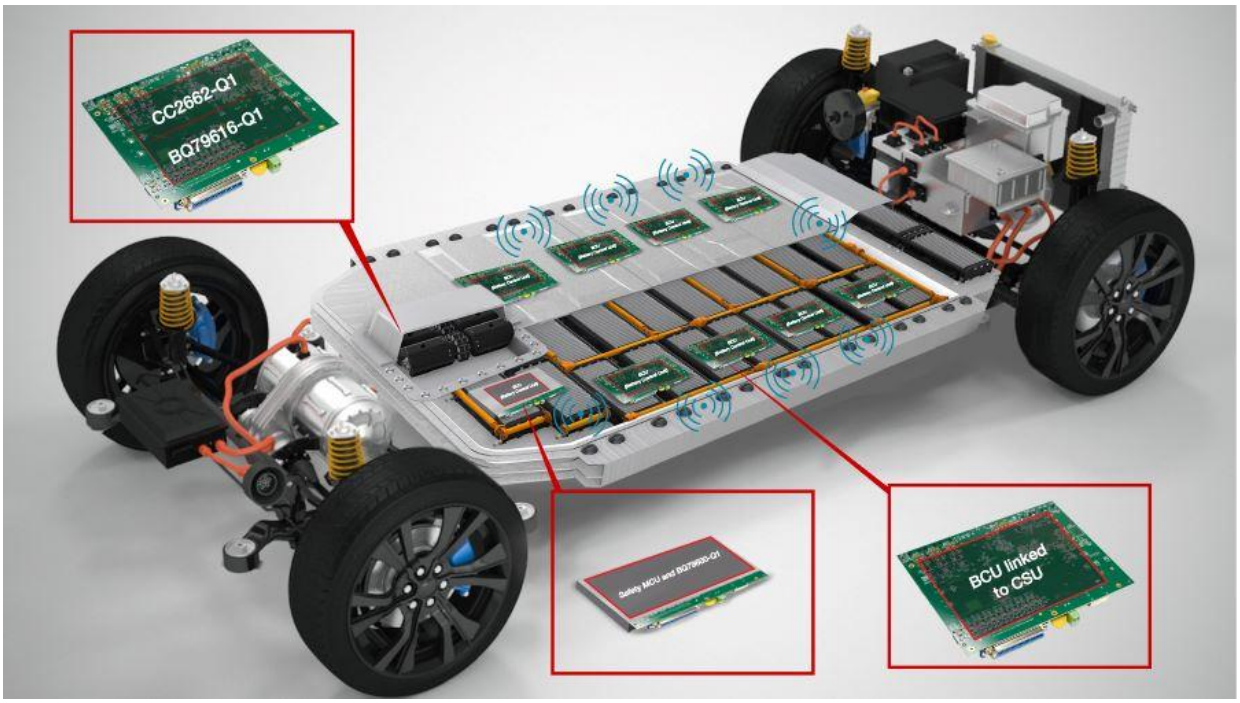
۷. سیستم مدیریت باتری نیروگاه

الزامات مدیریت باتری برای نصب در حالت آماده به کار و برق اضطراری کاملاً متفاوت است. باتری‌ها ممکن است برای مدت‌های طولانی غیرفعال باشند که هر از گاهی با یک بار شارژ سریع شارژ می‌شوند، یا مانند تاسیسات مخابراتی ممکن است روی شارژ شناور نگه داشته شوند تا همیشه شارژ کامل داشته باشند. طبیعتاً چنین تأسیساتی باید همیشه برای استفاده در دسترس باشند. یکی از مسئولیت های اساسی مدیریت چنین تاسیساتی، دانستن وضعیت باتری و اینکه آیا می توان برای تحمل بار آن در هنگام قطعی به آن اعتماد کرد یا خیر. برای این مهم است که SOH و SOC باتری را بدانید. در مورد باتری های اسید سرب، SOC سلول های جداگانه را می توان با استفاده از یک هیدرومتر برای اندازه گیری وزن مخصوص الکترولیت در سلول ها تعیین کرد. به طور سنتی، تنها راه برای تعیین SOH آزمایش دشارژ، یعنی تخلیه کامل باتری و اندازه گیری خروجی آن است. چنین آزمایشی بسیار ناخوشایند است زیرا برای یک راه اندازی وسیع ممکن است هشت ساعت تخلیه باتری و سه روز دیگر برای شارژ مجدد آن طول بکشد. در این مدت راه اندازی بدون برق اضطراری خواهد بود مگر اینکه باتری پشتیبان تهیه شود.

روش مدرن برای اندازه گیری SOH باتری، آزمایش امپدانس یا آزمایش رسانایی است. مشخص شده است که امپدانس یک سلول با SOC همبستگی معکوس دارد و رسانایی که متقابل امپدانس است با SOH سلول همبستگی مستقیم دارد. هر دوی این تست‌ها را می‌توان بدون تخلیه باتری انجام داد، اما با این حال بهتر است که دستگاه مانیتورینگ می‌تواند در جای خود باقی بماند و اندازه‌گیری دائمی روی خط را فراهم کند. این به مهندس کارخانه اجازه می دهد تا ارزیابی به روزی

از وضعیت باتری داشته باشد به طوری که هر گونه خرابی در عملکرد سلول را بتوان تشخیص داد و اقدامات تعمیر و نگهداری مناسب را می توان برنامه ریزی کرد.

۸. سیستم مدیریت باتری خودرو



مدیریت باتری خودرو بسیار بیشتر از دو نمونه قبلی است. این باید با تعدادی دیگر از سیستم های روی برد ارتباط برقرار کند، باید در زمان واقعی در شرایط شارژ و دشارژ در حال تغییر کار کند. همانطور که وسیله نقلیه شتاب می گیرد و ترمز می کند و باید در یک محیط خشن و کنترل نشده کار کند. این مثال یک سیستم پیچیده را به‌عنوان تصویری از آنچه ممکن است توصیف می‌کند، اما همه برنامه‌ها به همه توابع نشان داده شده در اینجا نیاز ندارند.

عملکرد یک BMS مناسب برای خودروهای الکتریکی هیبریدی به شرح زیر است:

۱-نظارت بر شرایط تک تک سلول هایی که باتری را تشکیل می دهند

۲-حفظ تمام سلول ها در محدوده عملکردشان

۳-محافظت از سلول ها در برابر شرایط خارج از تحمل

۴-ارائه یک مکانیسم "خرابی امن" در صورت شرایط کنترل نشده، از دست دادن ارتباطات یا سوء استفاده

۵-ایزوله کردن باتری در مواقع اضطراری

۶-جبران هرگونه عدم تعادل در پارامترهای سلولی در زنجیره باتری

۷- ارائه اطلاعات در مورد وضعیت شارژ (SOC) باتری. این تابع اغلب به عنوان "سنجش سوخت" یا "گاز سنج" نامیده می شود.

۸-ارائه اطلاعات در مورد وضعیت سلامت (SOH) باتری. این اندازه گیری وضعیت باتری استفاده شده را نسبت به باتری جدید نشان می دهد.

۹-ارائه اطلاعات برای نمایشگرها و آلارم های راننده

۱۰-پیش بینی محدوده ممکن با شارژ باقی مانده در باتری (فقط خودروهای الکتریکی به این نیاز دارند)

۱۱-پذیرش و اجرای دستورالعمل های کنترلی از سیستم های خودروی مرتبط

۱۲-ارائه الگوریتم شارژ بهینه برای شارژ سلول ها

۱۳-ارائه پیش شارژ برای امکان تست امپدانس بار قبل از روشن شدن و شارژ دو مرحله ای برای محدود کردن جریان های هجومی

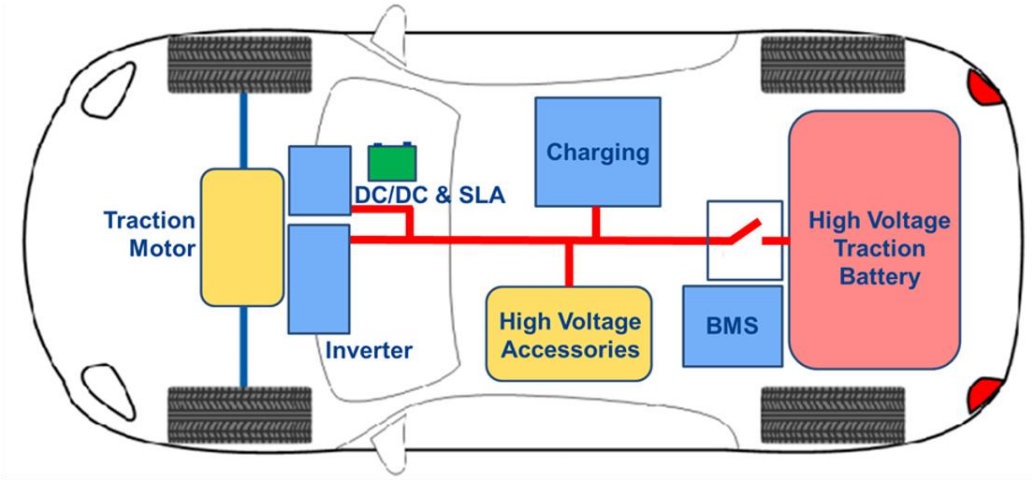
۱۴-فراهم کردن وسایل دسترسی برای شارژ سلول های فردی

۱۵-پاسخ به تغییرات در حالت عملکرد خودرو

۱۶-ضبط مصرف باتری (فرکانس، بزرگی و مدت شرایط خارج از تحمل) معروف به تابع Log Book

حالت اضطراری"Limp Home Mode " در صورت خرابی سلول.

بنابراین، در سیستم‌های عملی، BMS می‌تواند عملکردهای بیشتری از وسیله نقلیه را نسبت به مدیریت صرف باتری در خود جای دهد. این می تواند حالت کارکرد مورد نظر خودرو را ، اعم از شتاب گیری، ترمز، در حال حرکت یا توقف تعیین کند و اقدامات مربوط به مدیریت توان الکتریکی را اجرا کند.



شکل۳: مدلی از سیستم مدیریت باتری موجود در خودرو

۹. سیستم مدیریت باتری برای باتری لیتیومی

چرا BMS برای باتری لیتیومی بسیار مهم است؟ این باتری ها بسیار قدرتمند هستند، اما واکنش آنها به سوء استفاده می تواند خطرناک باشد. بنابراین، نظارت بر هر سلول الکتروشیمیایی برای جلوگیری از چنین مواردی از استفاده غیرمجاز ضروری است.

سلول‌های لیتیومی نسبت به محیط خود بسیار حساس هستند: اگر در معرض شرایط بسیار شدید (ولتاژ، دما) قرار گیرند یا در معرض ضربه قرار گیرند، این می‌تواند منجر به مشکلات ایمنی در باتری شود. از آنجایی که الکترولیت مایع است، خطر اتصال کوتاه به دلیل نشت می تواند به سرعت خطرناک شود و با هوا یا آب واکنش می دهد و به شدت خورنده می شود.

موارد بحرانی عبارتند از:

۱-شارژ بیش از حد ۲-قرار گرفتن در معرض دمای خیلی بالا یا خیلی پایین

۳-تخلیه بیش از حد و به دنبال آن شارژ مجدد ۴-مدار کوتاه

پیامدهای این موارد بحرانی عبارتند از:
۱-کاهش قابل توجهی در عملکرد باتری ۲-کاهش عمر باتری ۳-خطر آتش سوزی

سیستم مدیریت باتری با کیفیت موارد زیر را به ارمغان می آورد:
۱-قبل از اینکه برای عمر باتری حیاتی شود، تخلیه سلول‌ها را قطع می کند.
۲-شارژ سلول‌ها را قبل از شارژ بیش از حد قطع می کند.
۳- بارگذاری همگن از یک سلول به سلول دیگر را بهینه می کند
۴-دما سل را کنترل میکند
۵-به طور دائم از قطعات در برابر اضافه ولتاژ یا کمبود ولتاژ محافظت می کند.
۶-با تعیین محدوده استفاده بهینه برای سلول های الکتروشیمیایی، عمر باتری شما را افزایش می دهد.
۷-پیر شدن باتری را از طریق SOH تخمین می زند و می تواند تعداد چرخه های انجام شده را به شما بگوید.
۸- SOC به شما امکان می دهد در زمان واقعی از وضعیت شارژ باتری خود مطلع شوید.
۹-از طریق گذرگاه ارتباطی خود، می‌تواند شارژرها و مصرف‌کنندگان مانند کنترل‌کننده موتور را کنترل کند تا مصرف باتری و رفتار کلی سیستم را بهینه کند.
۱۰-این می تواند چندین باتری را به صورت موازی یا سری مدیریت کند تا سیستم های قدرتمندتر یا خازنی تر را مدیریت کند.

۱۰. نتیجه گیری

سیستم‌های مدیریت باتری، یکی از ابزارهای کاربردی در کنترل مشخصه‌های موجود در باتری شامل : ولتاژ، دما، سطح شارژ و ایمنی و مانیتورینگ است. امروزه سیستم‌های مدیریت باتری در بسیاری از سیستم‌های کوچک و بزرگ کاربرد دارد و بر بسیاری از پارامترهای حیاتی در حفظ و نگه داری باتری‌ها موثر است. بنابراین نتیجه کلی که می‌توان گرفت آن است که برای هر یک از ابزارهای حال حاضر، سیستم های مدیریت باتری مناسبی طراحی شود و لازمه اینکار همکاری محققین حوزه ذخیره سازهای انرژی با مهندسین برق است. در نهایت بهره گیری از تمامی امکانات موجود در طراحی، می‌توان سیستم های مدیریت باتری قدرتمندی را ساخت که می‌تواند گزارشات عملکرد باتری را در اختیار محققین باتری قرار دهد تا باتری هایی با عملکرد عالی و ایمنی کافی را بسازند.