www.sbargh.ir

www.sbargh.ir

www.sbargh.ir

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد زنجان

دانشکده مهندسی برق

گزارش سمینار کارشناسی ارشد

کنترل و مدیریت انرژی خودروهای برقی هیبریدی

نام و نام خانوادگی:

استاد راهنما:

www.sbargh.ir

زمستان ۱۳۹۷

www.sbargh.ir

چکیده

امروزه استفاده روز افزون از سوخت‌های فسیلی به عنوان یکی از در دسترس‌ترین منابع انرژی، نتایج نامطلوبی همچون افزایش آلودگی هوا، گرم شدن زمین و کاهش منابع سوخت‌های فسیلی را در پی داشته است. طبق آمار ارائه شده از سوی انجمن و سازمان انرژی آمریکا، سیستم حمل و نقل در سراسر جهان یک سوم کل مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است و به دلیل تولید آلودگی‌های کربنی از منابع اصلی آلایندگی زیست محیطی به حساب می‌آیند. بر اساس این آمار، در صورتی که ۱۰ درصد خودروهای سراسر جهان به خودروهایی با میزان آلایندگی صفر تبدیل شوند، آلایندگی‌های زیست محیطی در حدود ۱ میلیون تن در سال کاهش خواهند یافت و ۶۰ میلیون تن گاز دی اکسید کربن گلخانه‌ای نیز حذف می‌شود. برای این منظور، ابتدا استفاده ازخودروهای الکتریکی پیشنهاد گردید. با توجه به مزایای خودروهای الکتریکی بر خودروهای احتراقی از جمله، عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و صوتی، راندمان بالا، مصرف بهینه انرژی، نیاز به تعمیر و نگه‌داری کم، طول عمر زیاد، تولید حرارت نسبتاً کم، عیب‌یابی آسان، امکان بازیافت انرژی ترمزی و ساختمان مکانیکی ساده‌تر از این خودروها استقبال شد. اما سپس ایده استفاده از خودروهای هیبرید مطرح گردید که با ترکیب موتورهای درون‌سوز و موتورهای الکتریکی، خودروی هیبرید الکتریکی[1] طراحی وساخته شد. خودروهای هیبریدی از ادغام دو یا چند پیشرانه انتقال تشکیل شده‌اند که معمولاً با تلفیقی از موتور الکتریکی و موتور درون‌سوز طراحی و ساخته می‌شوند. خودروهای هیبریدی از لحاظ کارایی همانند خودروهای احتراقی عمل می‌نمایند با این تفاوت که بهبود قابل توجهی در مصرف سوخت و کاهش انتشار آلایندگی دارند. در این خودروها بازگشت انرژی ترمزی، سبب بازدهی بیشتر و افزایش بازه رانندگی می‌شود. همچنین، در مقایسه با خودروی الکتریکی باعث انطباق هر چه بیشتر آن با الگوی مصرفی خودروهای احتراقی می‌گردد.

[1] Hybrid Electric Vehicle (HEV)

www.sbargh.ir

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ خودروهای برقی ۲
۱-۳ خودروهای هایبرید ۴
۱-۴ نحوه عملکرد خودروهای هایبرید ۴
۱-۶ مزایا و معایب خودروهای برقی ۸
۱-۷ مدیریت انرژی در خودروهای هیبریدی - الکتریکی ۱۲
۱-۸ معرفی خودروی طراحی شده ۱۶
۱-۹ نقش باتری در خودرو و معرفی باتری‌های لیتیوم یون ۱۸
۱-۹-۱ تخمین حالت شارژ و حالت سلامت باتری ۲۱
۱-۹-۲ تخمین میزان شارژ باتری از طریق ولتاژ مدار باز ۲۱
۱-۹-۳ الگوریتم تخمین حالت شارژ با روش فیلتر کالمن دوگانه ۲۲
۱-۱۰ تخمین میزان شارژ باتری از طریق فیلتر کالمن ۲۳
فصل دوم: مروری بر مقالات ۲۵
۱-۲: مقدمه ۲۶
۲-۲ مقاله‌ی اول [۱] ۲۶
۲-۲-۱ چکیده ۲۶
۲-۲-۲ مدلسازی و اصول اولیه ۲۷
۲-۲-۲-۳ اصول پایه ۲۷
۲-۲-۳ معیار مقایسه ۲۹
۲-۲-۵ فازی سازی ۳۱

www.sbargh.ir

۲-۲-۶ مکانیزم استنباط ۳۲
۲-۲-۷ تخریب پذیری ۳۳
۲-۲-۸ تشخیص الگوی رانندگی خاموش(افلاین) ۳۵
۲-۲-۹ تنظیم پارامتر مطلوب (بهینه) OFF-LINE ۳۶
۲-۲-۱۰ یادگیری ویژگی‌های رانندگی آنلاین ۳۷
۲-۲-۱۱ تنظیم پارامتر رانندگی انلاین ۳۸
۲-۲-۱۲ نتیجه گیری ۳۹
۲-۳ مقاله دوم [۲] ۳۹
۲-۳-۱ چکیده ۳۹
۲-۳-۲ ساختار رانندگی وسیله نقلیه هیبریدی ۴۱
۲-۳-۳ استراتژی توزیع منطقی فازی ۴۲
۲-۳-۴ نقش و تأثیر تابع عضویت بر عملکرد کنترل ۴۶
۲-۳-۵ بهینه سازی برآورد قطع جریان طلایی در تابع عضویت ۴۶
۲-۳-۶ نتیجه گیری ۵۱
۲-۴ مقاله سوم [۳] ۵۲
۲-۴-۱ چکیده ۵۲
۲-۴-۲ مقدمه ۵۲
۲-۴-۳ مدلسازی ۵۳
۲-۴-۴ بهره برداری و مشخصات SOC ۵۳
۲-۴-۵ فرمول بندی مساله ۵۴
۲-۴-۵-۱ پیشنهاد چارچوب EMS در خط برای PHEVS ۵۴
۲-۴-۵-۲ روابط کنترل کننده ۵۵

www.sbargh.ir

۲-۴-۵-۳ الگوریتم تکاملی ۵۶
۲-۴-۵-۴ استراتژی کنترلی شارژ باتری ۵۶
۲-۴-۶ بهینه سازی آنلاین ۵۷
۲-۴-۷ نتیجه گیری ۵۸
۲-۵ مقاله چهارم ۵۹
۲-۵-۱ چکیده ۵۹
۲-۵-۲ فرمولبندی مساله ۶۰
۲-۵-۳ ارزیابی سیستم کنترل وسایل نقلیه ۶۱
۳-۵-۴ نتایج شبیه سازی ۶۲
۲-۶ مقاله پنجم [۵] ۶۳
۲-۶-۱ چکیده ۶۳
۲-۶-۲ ساختار سیستم و ساختار سیستم کنترلی ۶۴
۲-۶-۳ فرمول بندی مساله ۶۵
۲-۶-۴ فرمول بندی کنترل کننده سطح پایین ۶۶
۲-۶-۵ نتایج شبیه سازی ۶۶
۲-۶-۶ نتیجه گیری ۶۸
فصل سوم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۶۹
۳-۱ نتیجه گیری ۷۰
۳-۲ پیشنهادها ۷۰
مراجع ۷۰

www.sbargh.ir

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: خودروی هایبرید سری ۵
شکل ۱-۲: خودروی هایبرید موازی ۶
شکل۱-۳: سه حالت عملکرد منابع هیبریدی..... ۱۵
شکل ۱-۴: سیستم به اشتراک گذاری انرژی موازی ۱۷
شکل ۱-۵: نمای شماتیک یک باتری لیتیوم یون ۲۰
شکل ۱-۶: مدل مداری باتری در هنگام شارژ و دشارژ ۲۲
شکل۱-۷: الگوریتم محاسبه حالت شارژ به روش فیلتر کالمن دوگانه ۲۳
BUSINOVAشکل۲-۱: باس هیبریدی ۲۷
شکل ۲-۲: نمودار بلوک کنترل AFEMS پیشنهادی..... ۳۰
شکل ۲-۳: کنترل AFEMS ۳۱
شکل ۲-۴: عملکرد عضویت در تقاضای انرژی..... ۳۱
شکل۲-۵: عملکرد عضویت UC SOC..... ۳۲
شکل ۲-۶: طبقه بندی رانندگی ۳۲
شکل ۲-۷: (A) تابع عضویت از جریان باتری بسته(B) تابع عضویت خروجی سازگار ۳۴
شکل ۲-۸: (A) NO. 49SDC. (B) NO. 92 SDC. (C) NO. 143 SDC ۳۶
شکل ۲-۹: نمودار جریان روند بهینه انتخاب پارامتر ۳۷
شکل ۲-۱۰: ساختار درایو B + SC خودرو هیبریدی..... ۴۱
شکل ۲-۱۱: کنترل کننده منطق فازی برای تقسیم قدرت. ۴۳
شکل ۲-۱۴: چرخه رانندگی..... ۴۸
شکل ۲-۱۵: جریان باتری تحت توابع عضویت اولیه ۴۸
شکل۲-۱۶: جریان ابررسانای تحت توابع عضویت اولیه در ۴۹

www.sbargh.ir

شکل ۲-۱۷: جریان باتری تحت توابع عضویت بهینه شده در UDDS ۴۹
شکل ۱-۱۸: جریان ابررسانای تحت توابع عضویت بهینه شده ۴۹
شکل۲-۱۹: مدل جدید خودرو هیبریدی قدرت الکتریکی ۵۰
شکل۲-۲۰: SOC ابررسانای تحت عملکردهای عضویت اولیه ۵۰
شکل۲-۲۱: SOC ابر رسانای تحت توابع عضویت بهینه سازی شده ۵۱
شکل۲-۲۲: نمودار مد اولیه ۵۴
شکل ۲-۲۳: مرجع سیگنال های کنترلی ۵۷
شکل۲-۲۴: نتایج در سیگنال های کنترلی مختلف ۵۸
شکل ۲-۲۵: توپولوژی سیستم مورد مطالعه ۶۱
شکل ۲-۲۶: نتایج شبیه سازی ۶۳
شکل ۲-۲۷: گشتاور موتور ۶۳
شکل ۲-۲۸: ساختار خودروی مورد مطالعه ۶۴
شکل ۲-۲۹: شماتیک کنترل کننده چند سطحی ۶۵
شکل ۲-۳۰: نتایج شبیه سازی در سناریوهای مختلف با سیگنال های کنترلی ۶۷

فهرست جدول ها

جدول ۱-۱: مزایا و معایب انواع خودروها ۱۰
جدول ۱-۲: مزایا و منابع منابع انرژی مورد استفاده در خودروهای هیبریدی ۱۴
جدول ۱-۳: مزایا و معایب باتری لیتیوم یون ۲۰
جدول ۲-۱: چهار زیرمجموعه ۳۳

www.sbargh.ir

جدول ۲-۲: نتایج تنظیم پارامترهای بهینه شماره ۷۱ SDC ۳۷
جدول ۲-۳: پارامترهای باتری و SUPERCAPACITOR ۴۲
جدول ۲-۴: قوانین منطقی فازی..... ۴۴
جدول ۲-۵: قوانین منطقی فازی..... ۴۴
جدول ۲-۶: قوانین منطقی فازی..... ۴۴
شکل۲-۱۲: عضویت یک کنترل منطقی فازی. ۴۶
شکل ۲-۱۳: توابع عضویت بهینه شده..... ۴۷
جدول ۲-۷: پارامترهای خودرو..... ۶۱

www.sbargh.ir

فصل اول:

کلیات

www.sbargh.ir

۱-۱ مقدمه

آلودگی شهرهای بزرگ سالهاست که به یک مسئله حاد تبدیل شده است. تحقیقات کارشناسی نشان می‌دهد که علت اصلی آلودگی شهرها ،خودروهای موتور احتراق داخلی می‌باشند. خودروهای احتراقی معایب فراوانی دارند که از آن جمله می‌توان به مواردی چون وابستگی به یک نوع انرژی خاص (نفت)،گازهای گلخانه‌ای مانند Co_2 ، تولید گازهای سمی مانند No_2 , So , Co، تولید آلودگی صوتی راندمان پائین سیستم و در نتیجه اتلاف انرژی اشاره نمود. با توجه به موارد فوق خودروهای برقی از دهه ۰۹۸۱ مطرح شده و تا دهه ۰۳۹۱ پرطرفدار بوده‌اند. با افزایش تکنولوژی ساخت خودرو و زیاد شدن تعداد خودروهای احتراق داخلی نیاز جامعه به وجود خودروهای پاک(خودروهایی با آلایندگی کم) بیشتر احساس می‌شد. بنابراین در اروپا و آمریکا قوانینی وضع شد که شرکتهای تولید کننده خودرو را ملزم به ساخت خودروهایی با آلایندگی کم می‌کرد. از طرف دیگر، به علت کاهش روز افزون منابع سوخت نفتی باید تفکراتی می‌اندیشید تا از این منبع مهم و حیاتی حفاظت شود. بنابراین شرکتهای مهم ساخت خودرو رو به ساخت خوردوهای برقی نهادند، که در ساختار آنها سعی شده بخش عمده‌ای از انرژی حرکتی خودرو را توسط باتری‌ها تامین کنند پس اهمیت باتری بیش از پیش در خودروهای برقی پر رنگ‌تر شد. بر این اساس در دو دهه گذشته، تصور می شدکه با افزایش کیفی در تکنولوژی ساخت خودروهای باتریها و المانهای الکترونیک قدرت، عملا خودروهای برقی جایگاه خاصی را در صنعت حمل و نقل به خود اختصاص خواهند داد، اما امروزه، تجربه ثابت نموده است که علی رغم پیشرفت‌های بعمل آمده، خودروهای برقی خالص با محدودیت‌های بسیاری روبرو بوده و تنها قابلیت استفاده در مسافتهای رانشی محدود و در کاربردهای خاص را دارا هستند. در چند ساله اخیر مجموعه عوامل فوق سبب گردیده است که راستای تحقیقات و مطالعات پیرامون خودروهای برقی به سمت نوع هایبرید آن معطوف گردد.

۱-۲ خودروهای برقی

www.sbargh.ir

همانطور که در بالا اشاره شد، استفاده وسیع از باتری‌های الکتریکی به عنوان نیرو محرکه وسایل نقلیه امتیازات متعددی دارد. هدف انرژی الکتریکی در این خودروها علاوه بر بهبود در وضعیت محیط زیست (به خاطر عملکرد بی سر و صدا و بدون آلودگی خودرو برقی) منجر به حفاظت از منابع نفت خام و عملکرد بهینه‌تر سیستم برق شهر در نتیجه ترازبندی بار می‌گردد، که این امر در اثر شارژ شبانه باتری‌های خودروهای برقی حاصل می‌گردد. سابقه وسائل نقلیه برقی به اواخر دهه ۰۳۸۱ بر می‌گردد، از زمانی که اولین کالسکه برقی دنیا در اسکاتلند ساخته شد.

تاکنون صدها هزار نوع از وسایل نقلیه برقی ساخته شده‌اند و روانه بازار گردیده‌اند. اجزای متحرک خودروهای برقی از سایر خودروها کمتر بوده و بدلیل فقدان ذاتی ارتعاش در موتورهای برقی از فرسایش آن جلوگیری به عمل می‌آید، که در نتیجه نیاز به نگهداری و مراقبت کاهش می‌یابد وطول عمر خودرو افزایش می‌یابد. کنترل الکترونیکی و سیستم ترمز احیاء شونده، موجب تسهیل در راندمان خودروهای برقی بخصوص در ترافیک سنگین شهری گردیده است. علیرغم اینکه رکورد تایید شده جهانی سرعت برای خودروهای برقی بیش از ۸۸۱ mph اعلام شده، اما در حال حاضر هیچ خط تولید عمده‌ای برای خودروهای سواری برقی یا سواری تجاری وجود ندارد. سرعت، شتاب و برد اغلب خودروهای برقی کنونی به سبب دانسیته انرژی و توان کم باتری‌های رانشی محدود شده است. یک خودرو خانوادگی معمولی، با وزن تکمیل ۱ تا ۱/۵ تن برای طی مسافت ۰۵ کیلومتر نیاز به ۵ تا ۰۱ وات ساعت انرژی دارد. اگر رقم کوچکتر (۵ وات ساعت) را در نظر بگیریم این خودرو تقریبا ۳/۹ کیلو گرم بنزین مصرف می‌کند. برای اینکه یک باتری سرب_اسیدی قادر به اجرای نرخ مفیدی از کار چرخه عمیق گردد باید بطور متوسط دارای دانسیته انرژی ۵۲ wh/kg باشد، از این رو برای طی همان مسافت (۰۵ کیلومتر) به باتریی با وزن ۵۲ kg و حجم dm^3 ۵۲ نیاز است. به عبارت دیگر ذخیره انرژی در باتری سرب – اسیدی تا ۰۵ برابر سنگین‌تر و تا ۵۲ برابر، فضای اشغال شده‌اش بیشتر از معادل بنزین می‌باشد. نقاط ضعف دیگر خودروهای برقی محدودیت توان قابل استفاده برای شتاب و صعود و نیاز به زمان لازم برای شارژ باتری می‌باشد. برای

www.sbargh.ir

مقایسه، زمان شارژ ۶ تا ۲۱ ساعت باتری را با چند دقیقه‌ای که برای پرکردن مخزن بنزین لازم است را در نظر بگیرید.

۱-۳ خودروهای هایبرید

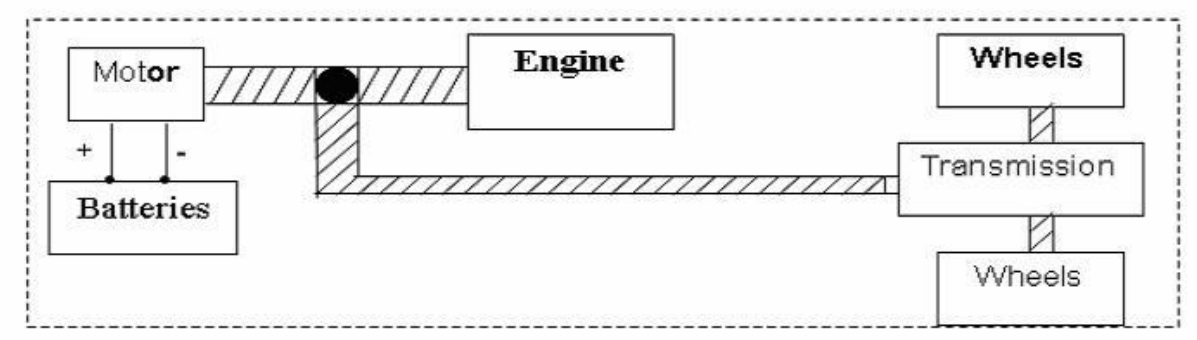
خودروهای صرفا الکتریکی به علت مسائلی که در قسمت قبل اشاره شد برای مسافت‌های طولانی بین شهری زیاد مناسب به نظر نمی‌رسند، همچنین باتری‌های آنها برای شارژ مجدد نیاز به مدت زمان طولانی دارند و در طی زمان شارژ شدن نمی‌توان از آنها استفاده کرد. ضمنا همانطور که گفته شد به علت دانسیته انرژی پایین نسبت به سوخت‌های بنزینی دیگر خودروهای برقی نمی‌توانند جوابگوی انعطاف و کشش و شتاب لازمه در جاده‌ها باشند بنابراین برای عبور از این محدودیت‌ها خودروهای هایبرید در اولین دهه از قرن بیستم اختراع شده و به سرعت روند روبه رشد خود را طی کردند. این نوع خودروها، ترکیبی از خودروهای الکتریکی و خودروهای احتراق داخلی (که می‌تواند بنزینی و یا گازوئیلی باشد) می‌باشند. خودروهای هایبرید معمولا از سه قسمت عمده تولید قدرت – انتقال قدرت – ذخیره سازی قدرت تشکیل شده است.

باتری‌ها را می‌توان به عنوان عمده‌ترین منابع ذخیره سازی در خودروهای هایبرید شناخت. اما در زمینه‌های مختلف دیگر ذخیره سازی انرژی تحقیقات و پیشرفتهای انجام شده است. در قسمت موتور احتراق داخلی از یک موتور احتراق داخلی با تزریق مستقیم تراکمی استفاده شده است. از جمله ویژگیهای این خوروها راندمان بالای آنهاست که بستگی به رفتار و چگونگی ارتباط زیر سیستم‌های مختلف آن به یکدیگر دارند که با توجه به استراتژی کنترلی و طریقه اتصال این اجزاء به یکدیگر مشخص می‌شوند.

۱-۴ نحوه عملکرد خودروهای هایبرید

www.sbargh.ir

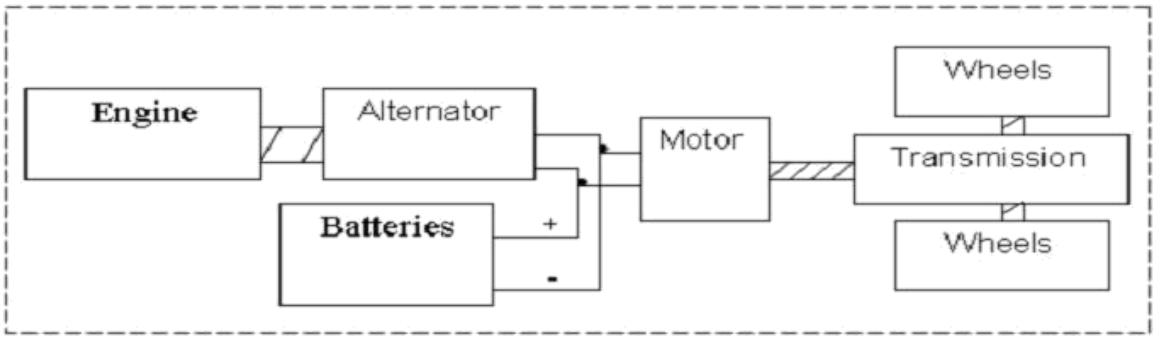
می‌توان خودروهای هایبرید را با توجه به ساختار و سیستم کنترلی آنها به سه نوع سری و موازی و ترکیبی تقسیم بندی کرد. در نوع سری، این خودروها فقط با نیروی الکتریکی حرکت می‌کند و در حقیقت بخش عمده تولید نیرو محرکه به عهده این موتور الکتریکی است که دارای حجم نسبتا بزرگی است (که این از معایب این نوع خودروها محسوب می‌شود) توسط باتری تغذیه می‌شود و در شرایط تخلیه و کاهش شارژ ازمینیمم مقدار از قبل تعیین شده، موتور احتراقی که ژنراتور را می‌چرخاند بکار می افتد، شارژ باتری به میزان مطلوب خواهد رسید. در شکل ۱-۱ خودروی هایبرید سری نشان داده است.



شکل ۱-۱: خودروی هایبرید سری

در نوع موازی، موتورهای الکتریکی و احتراقی با هم کوپل هستند و هر دو نقش رانش خودرو را به عهده دارند. در سرعتهای بالا (در بزرگراهها و. . .) موتور احتراق داخلی نقش عمده قسمت محرکه را به عهده دارد ولی در سرعتهای پایین‌تر و در ترافیک موتورهای الکتریکی نیز شروع به فعالیت کرده و عمل تولید نیرو محرکه را انجام می‌دهند. (شکل ۲-۱)

www.sbargh.ir



شکل ۱-۲: خودروی هایبرید موازی

نوع ترکیبی، ترکیبی از حالت سری و موازی می‌باشد که دارای راندمان بالاتر و بهتری است . خودروی هایبرید ترکیبی در واقع ترکیبی از دو سیستم سری-موازی است. مولفه های سیستم رانشی در خودروهای هایبرید ترکیبی عبارتند از:

۱-دو منبع تولید توان،یک موتور احتراقی یا پیل سوختی و. . . بهمراه یک موتور ترکشن جهت ایجـاد نیـروی محرکـه و بازیابی انرژی.

۲-سیستم انتقال متغیر پیوسته،CVT

۳- یک کلاچ الکترو مغناطیسی برای سیستم انتقال توان

۴-یک موتور الکتریکی کوچک برای تولید انرژی الکتریکی(شارژ)و استارت موتور احتراقی ۵-باتری‌ها

۱-۵ روند تولید خودروهای هایبرید در دنیا

در حال حاضر دو شرکت هوندا و تویوتا شروع به تولید و عرضه این خودروها در بازارهای تجاری دنیا نموده‌اند. شرکت تویوتا با ساخت خودرو هایبرید نوع موازی پریوس (Prius) و شرکت هوندا با ساخت خودرو Honda INSIGHT این خودروها را در دهه ۰۹۹۱ و سالهای اخیر روانه بازارهای اروپایی و جهانی کرده‌اند. البته شرکت دیگر نظیر دایملر کرایسلر- فیات – فورد و . . . شروع به تولید خودروهای هایبرید نموده‌اند و به زودی روانه بازار خواهند نمود. همانطور که گفته شد در خودرو پریوس شرکت تویوتا از یک سیستم هایبرید موازی استفاده شده است. عملکرد این خودرو بدین صورت است که در سرعت‌های بالا توسط موتور احتراقی عمل

www.sbargh.ir

می‌کند و در سرعتهای پایین فقط از موتور الکتریکی استفاده می‌شود. در خودرو شرکت هوندا از یک سیستم هایبرید نوع موازی استفاده می‌شود، ولی در این خودرو موتور احتراقی همواره فعال است و در مواقع شتاب (و یا صعود)، موتور الکتریکی به کمک موتور احتراقی آمده و توان را بالا می‌برد. همانطور که مشاهده می‌شود این خودروها علیرغم شباهت کلی ساختاری، عملکرد آنها در حالت کنترلی متفاوت است. به علت نبود یک شیوه مشترک در تولید خودروهای برقی می‌توان متوجه شد که هنوز یک سیستم بهینه خودرو هایبرید تولید نشده که از همه لحاظ از دیگر خودروهای هایبرید بهتر و جامع‌تر باشد. در ادامه اگر به قسمت‌های ذخیره‌های سازی انرژی در خودروهای هایبرید دقت کنیم مشاهده می‌شود که در این خودروها علاوه بر لزوم باتریها با دانسیته انرژی بالا و همچنین ارزان نیاز به شارژرهای سریع می‌باشد تا باتری‌ها بتوانند در زمان محدود توسط موتورهای شارژ شوند (که البته شارژ سریع طول عمر باتری را بطور محسوس کاهش می‌دهد) پس باید یک شارژر مناسب و سریع و در عین حال مطمئن با راندمان بالا برای این خودروها طراحی شود. مطلب بعدی استفاده از نوع باتری در این خودروها می‌باشد. همانطور که بارها اشاره شد وجود باتری‌های با دانسیته بالا در خودروهای هایبرید الزامی است، علاوه بر این موضوع باید مسایلی از جمله هزینه ساخت، طول عمر (سیکل عمر)، سیکل تولید و بازیافت و سازگاری با دما و محیط و فضای خودرو در نظر گرفته شود. باتری‌های مورد استفاده از خودروهای هایبرید و خودروهای برقی و باتری‌هایی که تاکنون به صورت عملی یا تئوری در خودروهای برقی و خودروهای هایبرید مشاهده شده و یا استفاده می‌شوند بطور فهرست وار عبارتند از:

باتری‌های سرب- اسیدی

باتری‌های سدیم – کلراید نیکل

نیکل – ئیدرید فلز

نیکل – کادمیم

در حال حاضر خودروهای پریوس و هوندا اینسایت هر دو از باتری نیکل – ئیدرید فلزاستفاده می‌کنند. باتری‌های نیکل – ئیدرید فلز شرکت Ovonic با ویژگیهای ترکیبی که دارند از توان بالا و دانسیته انرژی مطلوب برای استفاده در خودروهای الکتریکی هایبریدی عاری از انتشار (ZEV) مناسب هستند. مجموعه فوق

www.sbargh.ir

متشکل از باتری‌های پر قدرت با انرژی بسیار بالا که محدوده اندازه‌های آنها از ۰۲ Ah تا ۰۹ Ah هستند، می‌باشد. توان ویژه آنها بیش از ۰۰۵ w/kg و انرژی ویژه آنها نزدیک به ۰۷ wh/kg است. این باتری‌ها بصورت سری به خودروی هایبریدی، بدون نیاز به شارژ، متصل می‌شوند. خودروهای هایبریدی شرکت Toyota Prius که با باتری ۵۲Ah Ovonic مجهز شده‌اند قادر به طی محدوده‌ای حدود ۵۲ مایل هستند. در حال حاضر شرکت‌های بزرگ باتری سازی بدنبال ساخت و تولید باتری‌هایی با دانسیته و شرایط بهتر هستند.

۶-۱ مزایا و معایب خودروهای برقی

به دلیل کمبود انرژی و تأثیر موتورهای درونسوز در آلودگی‌های هوا و نشر گازهای گلخانه‌ای، بیشتر تحقیقات به سمت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر ترکیبی به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی و تجدیدناپذیر در صنایع خودروسازی پیش رفته است. خودروهای هیبریدی – الکتریکی، خودروهایی هستند که از ترکیب دو یا چند منبع قدرت و ذخیره کننده‌های انرژی برای تأمین توان مورد نیاز برای به حرکت درآوردن خودروها استفاده می‌کنند. بدین منظور در سالهای اخیر خودروهای هیبریدی به عنوان جایگزین مناسب برای خودروهای با سوخت فسیلی شناخته شده‌اند. در خودروهای هیبریدی- الکتریکی رویکرد متفاوتی باید نسبت به انرژی الکتروشیمیایی هیدروژن داشت. بازده تبدیل سوخت هیدروژن در پیل سوختی حدود سه برابر موتورهای درونسوز می‌باشد. خودروهای موتور احتراق داخلی با استفاده از بنزین و سوخت‌های فسیلی، انرژی مورد نیاز بار خودروها را فراهم می‌کنند. نوع دیگری از خودروها، خودروهای الکتریکی‌اند. خودروهای الکتریکی به جای موتور درونسوز از یک موتور الکتریکی و به جای مخزن سوخت از یک باتری الکتریکی استفاده می‌کنند، باتری‌های قابل شارژ می‌توانند از طریق اتصال به شبکه‌ی برق، انرژی ترمز خودرو و حتی منابع الکتریکی غیر شبکه‌ای نظیر پیل سوختی و پیل خورشیدی شارژ شوند. خودروهای الکتریکی به سه دسته‌ی خودروهای هیریدی- الکتریکی[۲]، خودروهای الکتریکی- باتری[۳] و خودروهای الکتریکی پیل سوختی[۴] تقسیم بندی

[2] HEV
[3] BEV
[4] FCEV

www.sbargh.ir

می‌شوند، قیمت بالای باتری‌های این نوع از خودروها، زمات شارژ طولانی و ایمنی و دوام پایین از موانع اصلی تجاری سازی خودروهای الکتریکی محسوب می‌شوند. خودروهای هیبریدی [5]فناوری جدیدی در صنعت خودروسازی هستند که با ترکیب منابع مختلف انرژی، از مزایای چندین منبع به صورت همزمان برای تأمین توان خودروها استفاده می‌کنند. در خودروهای هیبریدی یکی از اجزا به عنوان منبع ذخیره و دیگری برای تبدیل انرژی استفاده می‌شود. نوعی دیگر از خودروهای هیبریدی، خودروهای هیبریدی – الکتریکی‌اند که از یک موتور احتراق داخلی و یک یا چند موتور الکتریکی استفاده می‌کنند و باتری‌های آنها قابلیت جذب انرژی از موتور بنزینی و ترمز خودرو را دارند. هدف در خودروهای هیبریدی – الکتریکی بدست آوردن حداکثر بازده سوخت با ورود راندمان بالاتر نسبت به خودروهای بنزینی است. بطور کلی فناوری هیبریدی – الکتریکی در چهار ساختار سری، موازی، سری – موازی و مجتمع عرضه می‌شود. خودروهای هیبریدی – الکتریکی قابل اتصال به شبکه[6] نوعی از خودروهای هیبریدی – الکتریکی به همراه باتری‌های شارژ شونده‌اند که قابل شارژ از شبکه‌ی برق اصلی بوده و نسبت به خودروهای هیبریدی- الکتریکی دارای باتری‌های بیشتری هستند. تفاوت اصلی باتری‌ها در این دو نوع از خودروها این است که باتری‌های خودروهای پلاگین بایستی قابلیت شارژ و تخلیه سریع را داشته باشند، در حالیکه باتری‌های خودروهای هیبریدی – الکتریکی در حالت تقریباً شارژ کامل عمل می‌کنند و تخلیه در آنها به ندرت اتفاق می افتد. نوع دیگری از خودروها، خودروهای پیل سوختی‌اند.[7] خودروهای پیل سوختی شبیه خودروهای الکتریکی‌اند با این تفاوت که در آنها از پیل سوختی به عنوان منبع تولید انرژی استفاده می‌شود. پیل‌های سوختی پلیمری گزینه‌ی مناسبی برای این نوع از خودروها هستند. خودروهای پیل سوختی به دو دسته‌ی خودروهای پیل سوختی ساده که در آنها خود پیل و توده‌ی سوختی آن به عنوان منبع تولید توان بوده و هیچ گونه باتری کمکی در آن استفاده نمی‌شود و خودروهای هیبریدی پیل سوختی[8]، تقسیم بندی می‌شوند. خودروهای هیبریدی-الکتریکی پیل سوختی اساساً یک خودروی هیبریدی – الکتریکی است که به پیل سوختی مجهز شده است. نوعی این نوع از خودروها بطور

[5] HV
[6] PHEV
[7] FCV
[8] FCHV

www.sbargh.ir

همزمان از بیشترین بازده انرژی پیل سوختی و توان بالا و امکان راه اندازی سریع باتری‌ها استفاده می‌کنند.

مزایا و معایب هر کدام از انواع خودروها در جدول۱-۱ آورده شده است.

جدول ۱-۱: مزایا و معایب انواع خودروها

انواع خودرو	مزایا و معایب							
	سوخت پاک	هزینه پایین	در دسترس بودن	قابلیت اعتماد	زمان کارکرد طولانی	وابستگی به باتری‌های شیمیایی	ارتباط مداوم با شبکه برق	استارت و پاسخ دینامیکی سریع
احتراق داخلی		□	□	□	□			□
BEV	□			□		□		□
HV	□			□	□			
HEV	□			□	□	□		□
PHEV	□			□	□	□	□	□
FCEV					□	□		
FCHV	□	□	□	□		□		□

www.sbargh.ir

پیل سوختی به دلیل ظرفیت بالای انرژی، بازده تبدیل سوخت بالا، میزان گازهای آلاینده‌ی صفر و قرارگرفتن در دسته‌ی سوخت‌های تجدیدشدنی به عنوان منبع اصلی تولید انرژی در خودروهای هیبریدی- الکتریکی است. با توجه به باتری با انرژی بالا، پذیرش میزان حداکثری شارژ برای بیشینه بهره وری از انرژی ترمز بازیافتی، امکان راه اندازی سریع و طول عمر طولانی به عنوان دومین منبع تولید توان مورد نیاز سیستم هیبریدی- الکتریکی عمل می‌کند. ابرخازن به دلیل داشتن سریع‌ترین پاسخ توان و قابلیت جذب و ذخیره‌ی سریع انرژی جنبشی، تأمین کننده‌ی اصلی انرژی در لحظات اولیه‌ی شتاب گیری موتور است و بصورت بالقوه به عنوات دومین منبع ذخیره کننده انرژی در خودروهای هیبریدی- الکتریکی برای تامین توان بارگذاری باتری‌های شیمیایی به کار می‌رود. واحد ذخیره‌ی انرژی[9] با ترکیبی مناسب و به اندازه از این منابع انرژی برای تأمین توان مورد نیاز سیستم‌های هیبریدی، گامی بزرگ و اساسی در ایجاد تحولی عظیم در صنعت خودروسازی برداشته است. در بسیاری از کارهای اخیر، پیل سوختی و منبع انرژی ابرخازن، پیل سوختی و منبع انرژی باتری، پیل سوختی و منابع هیبریدی ابرخازن و باتری، برای استفاده در یک خودروی هیبریدی – الکتریکی ترکیب شده است.

از مقایسه‌ی مطالعات انجام گرفته، نتایج نشان می‌دهند مجموعه‌ای که شامل ترکیب منابع انرژی هیبریدی ابرخازن و باتری در خودروهای هیبریدی- الکتریکی پیل سوختی[10] است، می‌تواند یک سیستم کششی مناسب و بسیار عملی و در دسترس را رهبری کند. بدلیل ورود موانع زیادی از جمله پاسخ دینامیکی ضعیف، استارت کند و سخت پیل سوختی، عدم توانایی در ذخیره انرژی سینتیکی خهودرو هنگهام ترمهز در سرازیری‌ها در استفاده‌ی تنها از پیل سوختی به عنوات تأمین کننده‌ی توان مورد نیاز سیستم هیبریدی، ملزم به استفاده از منابع انرژی هیبریدی مثل باتری و ابرخازن در سیستم هیبریدی – الکتریکی می‌باشیم برای بهبود عملکرد دینامیکی، جذب و ذخیره‌ی سریع انرژی جنبشی خودرو در هنگام ترمز، بهبود راندمان خودروی هیبریدی و برطرف شدت مشکلات و معایب موجود در یک سیستم کنترل انرژی برای مدیریت حلقه‌های تقسیم انرژی و کنترل منبع داخلی سیستم‌های هیبریدی از طریق حلقه‌های کنترلی و کنترل کننده‌ها در

[9] ESUS
[1] FCHV [0]

www.sbargh.ir

حاالت کاری مختلف در سیستم قرار می‌گیرد. در تحقیقات گذشته، استراتژی کنترل و اداره‌ی انرژی در خودروهای هیبریدی الکتریکی بیشتر به شکل سری بررسی شده است. در استراتژی کنترل سری، جریان توان بین منبع توسط اتصال سری آنها کنترل شده و منابع چگالتر انرژی برای تحویل توان موردنیاز برای شارژ سیستم‌های ذخیره کننده‌ی انرژی، پاسخ توان سریع به تغییرات بار و تعدیل باس DC در سیستم هیبریدی به کار برده می‌شود. اما در این بخش روش کنترل به اشتراک گذاری انرژی موازی در خودروهای هیبریدی – الکتریکی بحث می‌شود. در استراتژی کنترلی موازی، جریان توان بین منابع انرژی و باس DC از طریق حالتی موازی کنترل مهیا می‌شود، بدین صورت که هر سه منبع انرژی همزمان و مداوم به باس DC توسط مبدل‌های الکترونیک قدرت DC/DC متصل‌اند و تمامی منابع انرژی به صورت همزمان و ترکیبی با توجه به ویژگی‌هایش و قوانین کنترل انرژی تعریف شده، سهمی مشخص و متفاوت در تأمین توان موردنیاز بار و حفظ و تثبیت ولتاژ باس DC خواهند داشت.

۱-۷ مدیریت انرژی در خودروهای هیبریدی - الکتریکی

یکی از مهمترین فاکتورها برای بهبود راندمان و عملکرد دینامیکی سیستمی هیبریدی متشکل از ژنراتور پیل سوختی و باتری و ابر خازن، مدیریت انرژی است. یکی از مهمترین اهداف سیستم مدیریت انرژی، ترسیم حلقه‌های تقسیم انرژی بین منابع انرژی مختلف)پیل سوختی، باتری و ابرخازن(، تعیین وظیفه‌ی هر یک از منابع و چگونگی استفاده از آنها در حالت کاری مختلف یک خودروی هیبریدی – الکتریکی است. مدیریت انرژی در خودروی هیبریدی پیل سوختی متشکل از منابع هیبریدی باتری و ابر خازن با توجه به خصوصیات بارز بار خودرو و ویژگی‌های منحصر به فرد و متفاوت هر کدام از منابع انرژی و سیستم‌های ذخیره کننده‌ی توان در چهار حالت مختلف کاری صورت می‌گیرد. حاالت کاری مختلف یک خودروی هیبریدی شامل مراحل راه اندازی)استارت(، شتابگیری)حالت گذرا(، حالت مسافت طولانی)حرکت با سرعت ثابت(و ترمزگیری است.

فناوری فتوولتاییک([1] (PV به صورت مستقیم و بدوت استفاده از مکانیزم های مکانیکی،انرژی تابشی خورشید

www.sbargh.ir

را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. پنل ها یا ماژولهای خورشیدی یکی از بخش‌های اصلی سیستم‌های فتوولتاییک اند که مبدل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از نوع DC اند و از سری و موازی شدن مجموعه‌ای از سلولهای خورشیدی در کنار یکدیگر بوجود می‌آیند و قابل استفاده و نصب بر روی خودروهای خورشیدی برای تأمین توان مورد نیاز بار می‌باشد. انرژی باد همانند انرژی خورشیدی یکی دیگر از منابع تجدیدپذیر است که می‌توان از تبدیل انرژی باد به انرژی الکتریکی در توربین‌های بادی و نیروگاههای بادی برای تأمین توان و انرژی مورد نیاز خودروها استفاده نمود، ضمنا این دو منبع تجدیدپذیر قابلیت استفاده‌ی همزمان و ترکیبی را در خودروهای هیبریدی – الکتریکی دارند. هیدروژن با داشتن بیشترین دانسیته ی انرژی، میزان گازهای آلاینده‌ی ناچیز و با امکان تولید همزمان انرژی از سوخت‌های فسیلی و هم منابع تجدیدپذیر، بهترین جایگزین برای بنزین و سوخت‌های فسیلی است. پیل سوختی دستگاهی است الکتروشیمیایی که انرژی حاصل از یک واکنش شیمیایی بین هیدروژن و اکسیژن را به انرژی الکتریکی مفید و آب به صورت مستقیم تبدیل می‌کند. بیشترین بازده تبدیل انرژی هیدروژن برای پیل سوختی در خودروهای هیبریدی – الکتریکی است) حدود ۶۶درصد(که تقریباً سه برابر بازده خودروهای بنزین سوز می‌باشد. نوع قویتری از خازنهای الکترولیتی است که توانایی جذب و ذخیره‌ی انرژی بصورت الکتریسته ساکن و ذخیره‌ی مقدار بار بسیار بزرگی را داراست، البته نسبت به باتری توانایی ذخیره‌ی انرژی کمتری را دارد. ابرخازن بصورت ترکیبی با منابع انرژی دیگر توانایی تأمین قسمتی از توان مورد نیاز بار سیستم هیبریدی – الکتریکی و جذب و ذخیره‌ی انرژی جنبشی خودروها در هنگام ترمز را داراست. باتری یا منبع توان الکتروشیمیایی، دستگاهی است که انرژی آزاد شده از واکنش شیمیایی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و قابلیت استفاده در خودروهای الکتریکی و ترکیب با منابع انرژی دیگر در قالب منابع انرژی هیبریدی و ذخیره‌ی انرژی ترمز در خودروهای هیبریدی – الکتریکی را دارد. باتری‌های هیبرید نیکلی لیتیمی دو نوع عمده‌ی باتری‌هایی هستند که در خودروهای الکتریکی استفاده می‌شوند. باتری‌های نیکلی بیشتر به عنوان منبع ثانویه در خودروهای هیبریدی و باتری‌های لیتیمی به عنوان منبع اصلی خودروهای الکتریکی استفاده می‌شوند. مزیت باتری‌های نیکلی نسبت به نوع لیتیمی، ایمنی بیشتر و قیمت بسیار کمتر آنهاست، در عوض باتری‌های لیتیمی

www.sbargh.ir

سبک‌ترند. قیمت بالای باتری‌ها مخصوصاً باتری‌های لیتیمی بدلیل کمبود منابع لیتیم و مشکلات بازیافت لیتیم از باتری‌ها از جمله دغدغه‌های باتری‌هاست. تمامی مزایا و معایب منابع انرژی مورد استفاده در خودروهای هیبریدی – الکتریکی در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲: مزایا و منابع منابع انرژی مورد استفاده در خودروهای هیبریدی

منبع تولید انرژی	مزایا و معایب									
	انرژی پاک	توانایی ذخیره انرژی	هزینه راه اندازی و نگهداری پایین	توانایی تولید انرژی از منابع مختلف	عدم نیاز به سوخت فسیلی	امکان استفاده در خودروهای هیبریدی	پایداری بالا	کار در فرکانس های مختلف	توان خروجی بالا	طول عمر بالا
فتوولتاییک	✓				✓	✓	✓	✓		✓
باد	✓				✓		✓	✓	✓	✓
پیل سوختی			✓	✓		✓	✓	✓	✓	
باتری	✓	✓	✓			✓		✓		
ابرخازن	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓

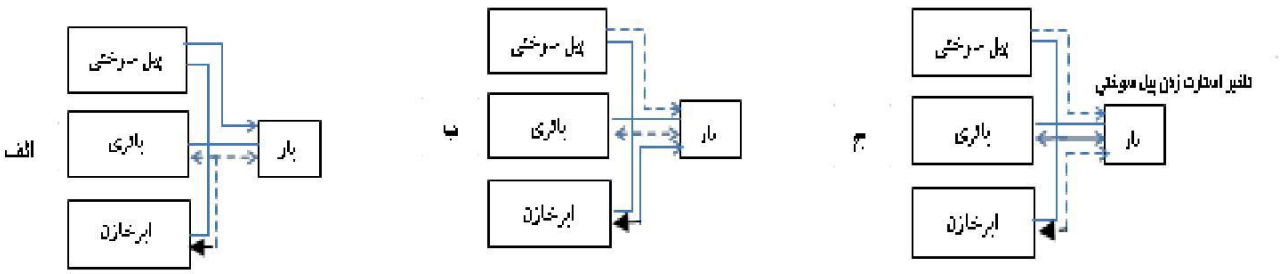
اجزا بار خودروهای هیبریدی– الکتریکی پیل سوختی و منابع هیبریدی باتری و ابرخازن در دو نوع بار ثابت و بار گذرا تقسیم بندی می‌شوند. بار ثابت که شامل مقاومت ، کشش آیرو دینامیکی و نیروی گرانش در سربالایی‌ها و سرازیری‌هاست، توسط ژنراتور پیل سوختی تأمین می‌شود. اما بار گذرا وابسته به توان موردنیاز در طول حرکت پر شتاب، کم شتاب و ترمز است که این بارها، پاسخ گذرای سریع توان را سبب می‌شوند و بایستی به وسیله‌ی بافر انرژی یا واحدهای ذخیره‌ی انرژی جبران شوند. پیل سوختی کندترین پاسخ توان را نسبت به دو منبع دیگر)باتری و ابر خازن(داراست و مقاومت نسبتاً بالایی دارد. پیل سوختی به عنوات ژنراتور توان در سیستم هیبریدی برای تأمین متوسط توان و تغذیه‌ی سیستم در حالت یکنواخت عمل می‌کند. در حالت کار بدون شتاب با حرکت با سرعت ثابت، پیل سوختی عمده‌ترین تأمین کننده‌ی توان مورد نیاز بار است. ردیاب توان در طی این حالت در شکل)۱(قسمت)الف(نشان داده شده است. ردیاب توان در حالت مسافت طولانی بستگی به حالت شارژ باتری، حالت شارژ ابر خازن و سرعت خودرو دارد. همچنین در این حالت عملکردی، شارژ باتری و میزان ولتاژ ابر خازن توسط پیل سوختی تأمین می‌گردد.

ابر خازن‌ها به عنوان اولین ابزار برای کمک به توان موتور در شتابگیری و سربالایی رفتن هستند. ابر خازن‌ها

www.sbargh.ir

به صورت بالقوه به عنوات دومین منبع ذخیره کننده‌ی انرژی بعد از باتری عمل می‌کند و برای تأمین توان بارگذاری باتری شیمیایی و برای ثابت نگه داشتن ولتاژ در مواقعی که چگالی انرژی پایین است، در سیستم هیبریدی مورد نیاز است. ابر خازن در طی مرحله‌ی شتاب یا مرحله‌ی گذرا می‌توان به عنوات بافر انرژی و تأمین کننده اصلی انرژی عمل می‌کند. حالت ردیاب توان در طی مرحله‌ی گذرا در شکل)۱(قسمت ب نشان داده شده است.

پاسخ توان ابر خازن نسبت به باتری و پیل سوختی سریعتر است. ابر خازن به دلیل فرآیند خود دشارژی)تخلیه شارژ ابر خازن(با مشکلاتی در طی مرحله‌ی راه اندازی روبرو می‌شود همچنین پیل سوختی شروع مجدد به کار آهسته‌ای را داراست و به مقداری زمان برای تثبیت شرایط خود بعد از مرحله‌ی راه اندازی نیاز دارد. با توجه به مشکلات ابرخازن و پیل سوختی در مرحله راه اندازی، نیروی اصلی از منبع انرژی دیگر یعنی باتری تأمین می‌شود. باتری در خودروهای موتور احتراق داخلی نیز به عنوان راه انداز عمل می‌کند. بسیاری از نیروی اصلی در طی مرحله‌ی راه اندازی همانطور که در شکل ۱-۳ قسمت (ج) پیش بینی شده است از باتری تأمین می‌گردد.



شکل۱-۳: سه حالت عملکرد منابع هیبریدی در طی الف(مرحله پیوسته)یکنواخت، ب(مرحله گذرا)، ج(مرحله استارت زدن start up) (پیکانهای یکپارچه: جریان توان اصلی و پیکانهای نقطه چین: جریان توان فرعی

باشناخت مناسب از منابع هیبریدی و نیاز به تصمیم گیری در مورد استفاده‌ی هدفمند و پر بازده منابع انرژی در شرایا کاری مختلف خودروهاو مصرف بهینه سوخت، اهمیت ورود سیستم مدیریت انرژی و حلقه‌های تقسیم انرژی بین منابع مختلف آشکار است. همچنین برای کنترل رریات توان بین منابع هیبریدی، باس DC و

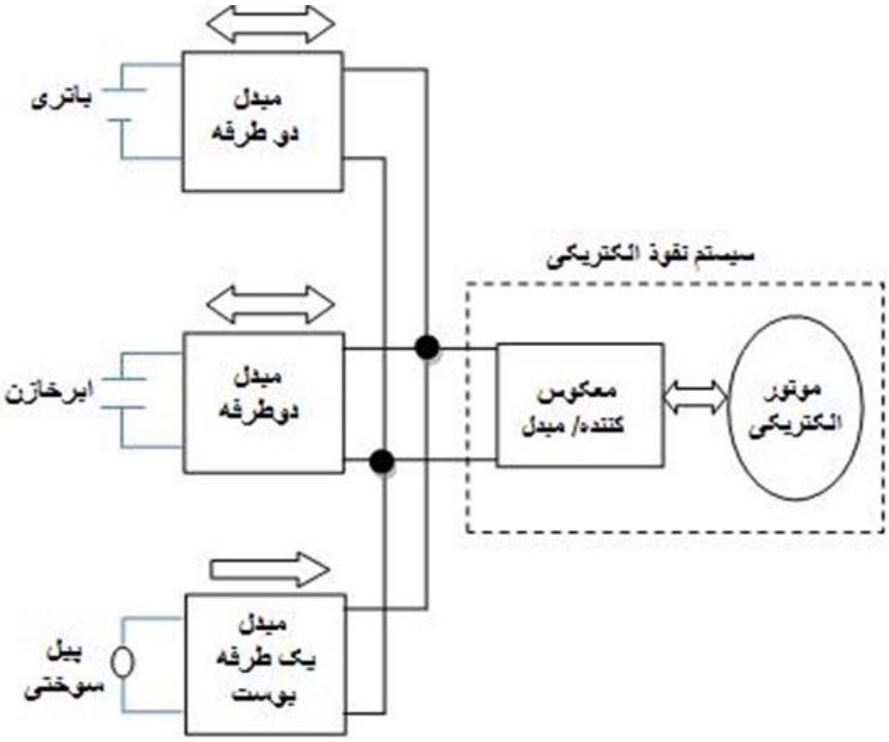
www.sbargh.ir

مبدل‌های الکترونیک قدرت DC/DC و کنترل منابع داخلی خودروها از طریق حلقه‌های کنترلی و کنترل کننده‌ها، یک روش کنترل به اشتراک گذاری و مدیریت انرژی در سیستم هیبریدی لازم می‌باشد.

۸-۱ معرفی خودروی طراحی شده

در این نوع خودروهای هیبریدی-الکتریکی مورد طراحی، از سه منبع انرژی باتری، ابر خازن و پیل سوختی استفاده می‌شود. در این ساختار هیبریدی طراحی شده با منابع توان ترکیبی، ابر خازن برای برآوردن نیاز به پیک توان در طی حالت شتابگیری و جذب انرژی جنبشی خودرو در طی ترمز واکنشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین ابر خازن براساس انرژی جنبشی خودرو برای جلوگیری از استرس‌هایی در طی پیک توان و کارایی در سیستم هیبریدی قرار گرفته، باتری برای شارژ داخلی ابر خازن و تأمین توان موردنیاز حالت راه اندازی استفاده شده است. حالت شارژ باتری بدلیل وابستگی به ابر خازن با انرژی جنبشی خودرو، تابع سرعت سیستم هیبریدی-الکتریکی موردنظر می‌باشد. پیل سوختی نیز به دلیل ظرفیت بالای انرژی، توانائی تأمین متوسط توان در حالت یکنواخت خودرو را داراست. شکل ۱-۴ ساختار سیستم هیبریدی خودروی طراحی شده و سیستم به اشتراک گذاری انرژی موازی را نشان می‌دهد.

www.sbargh.ir



شکل ۱-۴: سیستم به اشتراک گذاری انرژی موازی

در این ساختار به غیر از سه منبع انرژی هیبریدی، برای کنترل جریان توان از طریق هر منبع و متصل کردن منابع انرژی باس DC به یکدیگر از مبدل‌های الکترونیک قدرت DC/DC استفاده شده است. همانطور که در شکل ۱-۴ مشخص است، باتری و ابر خازن بدلیل دارا بودن قابلیت شارژ و دشارژ و باتوجه به انتقال دو جهته ی توان، از طریق یک مبدل دو طرفه‌ی DC/DC به باس DC متصل شده‌اند. برای افزایش ولتاژ خروجی ژنراتور پیل سوختی در همان لحظه و با توجه به یکسویه بودن جریان توان پیل سوختی، از یک مبدل یک طرفه بوست برای اتصال پیل سوختی به باس DC استفاده شده است. در این ساختار از یک لینک DC مشترک نیز استفاده شده است که سیستم کششی خودرو و لوازم آن از طریق باس DC مشتر در یک ولتاژ منظم و ثابت نگهداری می‌شود. همچنین برای کنترل جریان توان بین منابع انرژی هیبریدی، باس DC، مبدل‌های الکترونیک قدرت یک طرفه‌ی بوست و دو طرفه‌ی DC/DC نیازمند به روشی برای کنترل به اشتراک گذاری و مدیریت انرژی که هدف آن کنترل منابع انرژی داخلی خودروها از طریق حلقه‌های کنترلی و کنترل کننده‌هاست می‌باشیم که این استراتژی کنترلی انرژی به صورت موازی خواهد بود. بدین صورت که هر کدام

www.sbargh.ir

از منابع به طور همزمان و مداوم با اتصال به باس DC از طریق مبدلهای DC/DC، تأمین کننده‌ی بخشی از توان موردنیاز بار و تعدیل باس DC می‌باشند. مجموعه باتری، ابر خازن، پیل سوختی، مبدل‌های الکترونیک و باس DC توسا یک معکوس کننده/مبدل به موتور الکتریکی متصل می‌شوند.

همانطور که گفته شد در سیستم به اشتراک گذاری انرژی موازی یا استراتژی کنترل انرژی، رریات توان بین منابع انرژی و باس DC در یک خودروی هیبریدی – الکتریکی از طریق حالت موازی کنترل می‌شود. شکل ۱-۴، ساختار کنترلی سیستم مدیریت انرژی معرفی شده به صورت موازی را نشان می‌دهد. این ساختار کنترلی شامل مجموعه‌ای از شش حلقه‌ی کنترلی است که کنترل کننده‌ها در آنها همگی کنترل کننده‌ای تناسبی – انتگرالی PI[1] هستند. این شش حلقه‌ی کنترلی عبارت است از یک حلقه‌ی کنترل ولتاژ باس DC، سه حلقه‌ی کنترل جریان‌های داخلی منابع، یک حلقه‌ی کنترل ولتاژ ابر خازن و یک حلقه‌ی کنترل شارژ باتری. حلقه‌ی کنترلی ولتاژ باس DC برای منظم کردن و ثابت نگه داشتن ولتاژ باس DC در یک ولتاژ مشخص سیستم کنترلی قرار گرفته، جریان بار باید توسط حلقه‌ی کنترل ولتاژ باس DC تعیین شود که توسط سه منبع باتری، ابر خازن و پیل سوختی تأمین می‌شود. این حلقه‌ی کنترلی جریان منبع را به سه حلقه‌ی کنترلی جریان‌های داخلی می‌دهد. سه حلقه‌ی کنترل جریان داخلی برای کنترل جریان‌های پیل سوختی، ابر خازن و باتری به منظور محدود کردت شیب جریان منبع به ترتیب برای پیل سوختی، ابر خازن و باتری استفاده می‌شوند. از دو فیلتر پایین گذر با مقادیر زمانی ۱ و ۲ در ساختار کنترلی استفاده شده، مقدار نهایی جریان رفرنس ابر خازن به وسیله‌ی تزریق کردت جریان بار تولید شده از حلقه‌ی ولتاژ باس DC از جریان باتری و پیل سوختی بدست می‌آید. برای عملکرد صحیح باتری در یک سیکل شارژ و دشارژ محدود، جریان پیل سوختی از جریان باتری کم شده است. با انجام این کار تنها پیل سوختی تأمین کننده‌ی توان پیوسته‌ی حالت یکنواخت است. همچنین یک محدودکننده‌ی شیب توان برای جلوگیری از آسیب پیک پاسخ گذاری پیل سوختی به آن موردنیاز است.

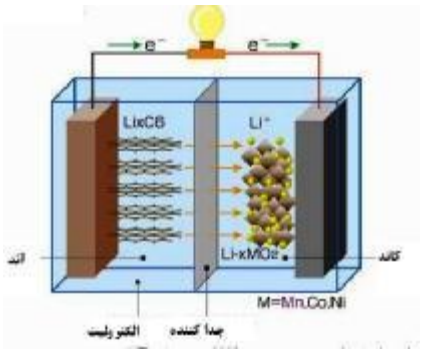
۹-۱ نقش باتری در خودرو و معرفی باتری‌های لیتیوم یون

www.sbargh.ir

باتری‌ها در تکنولوژی‌های نوین سیستم‌های هوشمند قدرت برای تولید پراکنده و نیز در وسایل الکترونیکی همچون کامپیوترهای قابل حمل و سیستم‌های انرژی‌های نو و برگشت پذیر نقش اساسی دارند. در تمامی موارد فوق باتری‌ها می‌بایست دارای قابلیت اطمینان بالایی باشند و همچنین بتوانند در زمانی که سیستم به انرژی نیاز دارد آن را به خوبی و در کمترین زمان تامین کنند. تخمین حالت شارژ تامین کننده انرژی سیستم از دو جنبه اهمیت دارد اول به دلیل افزایش عمر مفید باتری و درنتیجه کاهش هزینه‌های سالیانه تعمیر و نگهداری دستگاه و دوم به دلیل نمایش میزان شارژ باقی مانده به مصرف کننده و یا اپراتور به منظور تصمیم گیری برای شارژ مجدد باتری و یا اتصال و عدم اتصال خودروی هیبریدی به برق شبکه برای تامین برق مورد نیاز . تخمین دقیق حالت شارژ باتری سیستم مدیریت باتری[۲] را قادر می‌سازد تا باتری را به بهینه‌ترین حالت مدیریت کند. حالت بسیار زیاد شارژ باتری و یا بسیار کم آن می‌تواند صدمات زیادی به باتری بزند. در سالهای اخیر تحقیقات گسترده‌ای برای ارتقای دقت تخمین حالت شارژ شده و روشهای زیادی برای حل این مسئله بیان شده است. شرایط عملکرد باتری در کاربردهای مختلفی همچون سلول‌های خورشیدی و خودروهای الکتریکی و هیبریدی بسیار متفاوت است. پس بیان یک متد باید برای یک عملکرد مخصوص و مشخص باشد و نمی‌توان برای تمامی عملکردهای باتری یک روش خاص را پیشنهاد داد. مدل‌های پیشنهادی در این مقاله می‌توانند به تجزیه و تحلیل بسیاری از مشکلات تخمین باتری از جمله شارژ بیش از حد[۳] و بپردازند.

یون لیتیوم در این نوع باتری‌های قابل شارژ بین دو الکترود کاتد و آند باتری در حال حرکت است. این یون در هنگام دشارژ از کاتد به سوی آند در حرکت است و در هنگام شارژ مجدد باتری این مسیر معکوس می‌شود. باتری‌های لیتیومی بصورت معمول عمری برابر ۳۰۰ تا ۵۰۰ بار شارژ و دشارژ دارند. بهتر است این باتری‌ها تخلیه نسبی شوند و عمق دشارژ آنها [۴] نباید از حدی کمتر شود این باتری‌ها اثر حافظه ندارند. [۵] خاصیت حافظه دار بودن به خاصیتی از باتری می گویند که اگر باتری‌ها برای چند بار مثلا تا ۲۰ درصد دشارژ شوند و دوباره استفاده شوند بعد از چند سیکل شارژ و دشارژ فقط ۸۰ درصد باتری قابل شارژ خواهد بود. البته اگرچه این باتری‌ها اثر حافظه ندارند، باتری‌های لیتیومی که گیج الکتریکی دارند، دچار اثری به نام حافظه دیجیتال هستند.

www.sbargh.ir



شکل ۱-۵: نمای شماتیک یک باتری لیتیوم یون

از مزایای این نوع باتری باتری می‌توان به چگالی انرژی بالای آنها اشاره نمود یعنی این نوع باتری در حجم و ابعاد کمتر می‌توانند انرژی بیشتری را تولید نمایند. همچنین این نوع باتری به دلیل نداشتن سرب که در باتری‌های سرب اسیدی به فراوانی یافت می‌شوند و همچنین کادمیم که در باتری‌های نیکل کادمیم وجود دارند برای محیط زیست بسیار کم خطر می‌باشند. در جدول ۱-۳ مزایا و معایب این نوع باتری به صورت اختصار آمده است.

جدول ۱-۳: مزایا و معایب باتری لیتیوم یون

ردیف	مزایا	معایب
۱	چگالی شار بالا	هزینه اقتصادی بالا
۲	نبوداثر حافظه[۷] در باتری	کمبود متخصص در به کارگیری باتری
۳	عمر بالا	
۴	تعداد سیکل شارژ بسیار زیاد(۱۰۰۰ سیکل)	
۵	دوست دار محیط زیست به دلیل نداشتن کادمیم و سرب در مقایسه با باتری‌های سربی و نیکل کادمیم	

www.sbargh.ir

۱-۹-۱ تخمین حالت شارژ و حالت سلامت باتری

مشکل اساسی در تخمین حالت سلامت باتری (SOH) و نیز تخمین حالت شارژ((SOC تاثیر دما بر روی بر روی امپدانس داخلی باتری است. روش‌های قبلی توانستند با رابطه میان امپدانس و SOC ، به تخمین حالت شارژ دست بیابند اما مشکل اساسی در این روش این است که از پر بودن باتری تا زمانی که باتری تخلیه کامل گردد امپدانس تنها به صورت جزیی تغییر می‌کند که این امر مسبب ایجاد یک خطای بزرگ در تخمین حالت شارژ باتری است. در مورد باتری‌های لیتیوم – یون تا حد ۴۰ درصد تخلیه باتری‌گاهاً نا دیده انگاشته می‌شود که این‌اصلاً قابل توجیه نیست. دیگر مشکل به دست آوردن حالت شارژ با استفاده از امپدانس این است که امپدانس باتری بر اثر دما ونیز طول عمر افزایش می‌یابد و ثابت نمی‌باشد بنابراین طرح امپدانس به عنوان تابعی از SOC می‌تواند موجب ایجاد خطا گردد. همچنین مقاله نشان می‌دهد که برای برخی سیکل‌های متفاوت ، امپدانس‌های متفاوتی دارای حالت شارژ یکسان شده‌اند که این برای سیستم مدیریت باتری مشکل ساز خواهد بود. همچنین میزان جریان باتری می‌تواند باعث غیر خطی شدن تغییرات SOC گردد.

این مقاله یک روش برای حل این مشکلات ارائه می‌شود تا بتواند مشکلات فوق را کاهش دهد، در این روش جهت تخمین ولتاژ EMF در زمان دشارژ از جریان و ولتاژ ترمینال بهره می‌بریم. EMF همان ولتاژ باتری در زمان تعادل کامل و در حالت مدار باز گفته می‌شود. ولتاژ EMF با میزان SOC باتری‌گیری‌همبستگی دارد. اندازه با هم ولتاژ و جریان باتری می‌تواند خطاهای ناشی از استفاده امپدانس باتری را کاهش‌دهد.

۱-۹-۲ تخمین میزان شارژ باتری از طریق ولتاژ مدار باز

روش ولتاژ مدار باز به صورت گسترده‌ای برای تخمین حالت شارژ استفاده می‌شود. ولی رابطه بین حالت شارژ و ولتاژ در باتری‌های مختلف ممکن است تفاوت داشته باشد. برای تخمین میزان حالت شارژ باتری راه‌های

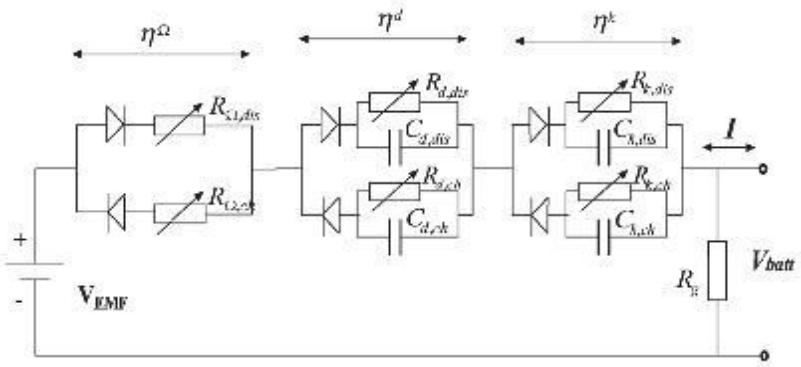
www.sbargh.ir

زیادی وجود دارد. یکی از ساده‌ترین راهها برای این امر اندازه گیری مستمر جریان است اما به دلیل خطای انباره‌ای[۹] بسیار زیاد این روش تخمین دقیقی از حالت شارژ نمی‌دهد. روش ولتاژ مدار باز روش دقیق‌تری است ولی این روش نیازمند آن است که زمان ریست شود که در عملکردهایی همچون خودروهای هیبریدی قابل دستیابی نیست.

تخمین دقیق حالت شارژ باتری به دلیل اینکه به فاکتورهای متعددی از جمله دما ،ظرفیت باتری و مقاومت درونی باتری بستگی دارد، آسان نیست. در بیشتر کاربردها اندازه گیری آمپر ساعت باتری می‌تواند منجر به تخمین حالت شارژ شود اما به دلیل رفتار غیر خطی باتری سیستم مدیریت باتری قادر به تخمین این نوع رفتار باتری در اتومبیل‌های هیبریدی نیست.

۳-۹-۱ الگوریتم تخمین حالت شارژ با روش فیلتر کالمن دوگانه

همواره برای آنکه بتوانیم رفتار یک باتری را تحلیل و بررسی کنیم باید برای آن یک مدل مداری مناسب بیابیم. تاکنون مدلهای مداری زیادی برای باتری در زمان شارژ و دشارژ مطرح شده‌اند. این مقاله مدلی را مطرح می‌کند که بتواند هم در لحظه شارژ و هم در لحظات دشارژ باتری خودرو رفتار آن را شبیه سازی کند.

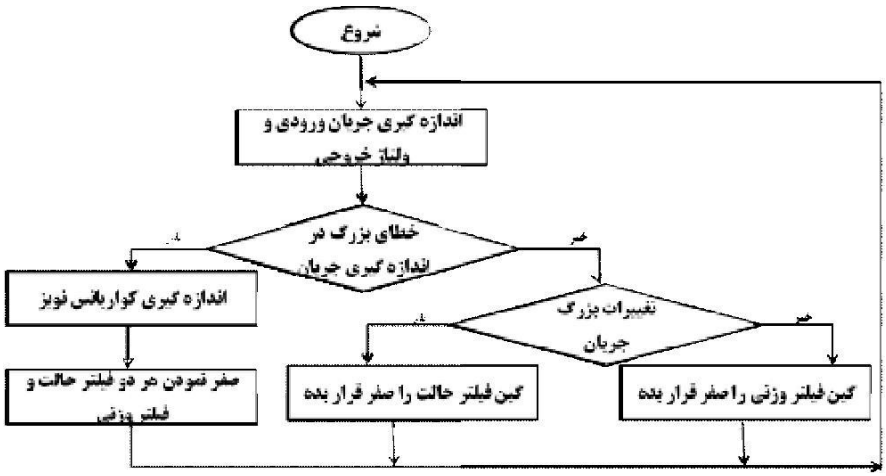


شکل ۱-۶: مدل مداری باتری در هنگام شارژ و دشارژ

شکل ۱-۶ نمایش دهنده یک مدار دو سویه معادل با باتری می‌باشد که شارژ و دشارژ و نیز جهت جریان همسو با جهت دیودهای به کار رفته در باتری است. اصل مدل برگرفته از مدل کلی می‌باشد که در آن V_{EMF}

www.sbargh.ir

ولتاژ EMF باتری می‌باشد. در شکل تمامی ولتاژهای ممکن پیش بینی شده‌اند و از یکدیگر تفکیک شده‌اند که ناحیه η^{Ω} نمایشگر اضافه ولتاژ اهمیک است و شامل دو مقاومت شارژ و دشارژ می‌شود. دومین ناحیه η^{d} می‌باشد که نمایش دهنده اضافه ولتاژ در حالت تخلیه می‌باشد که مقادیر مقاومتهای شارژ و دشارژ و خازنهای شارژ و دشارژ را شامل می‌شود که همگی وابسته به زمان‌اند. ودر نهایت ناحیه η^{k} نمایش دهنده مقاوت های دینامکی در زمانی است که باتری سولفات شده است.



شکل۱-۷: الگوریتم محاسبه حالت شارژ به روش فیلتر کالمن دوگانه

۱-۱۰ تخمین میزان شارژ باتری از طریق فیلتر کالمن

در روشهای قدیمی تخمین حالت شارژ به روش مدار باز از اندازه گیری ولتا/ز مدار باز در تست دشارژ بهره می‌بردند. اما مقادیر به دست آمده نمی‌تواند برای تمامی باتری‌ها یکسان باشد حتی اگر باتری‌ها از یک ماده یکسان ساخته شده باشند و دارای ساختاری مشابه باشند. پس استفاده از مقادیر قدیمی اندازه گیری شده نمی‌تواند به یک الگوریتم تخمین قابل قبول بیانجامد.

www.sbargh.ir

www.sbargh.ir

فصل دوم:

مروری بر مقالات

www.sbargh.ir

۲-۱: مقدمه

پس از آشنایی با کلیات خودروهای هیبریدی و مزایا و معایب و نحوه کنترل آن‌ها، در این فصل ۵ مقاله‌ی جدید و معتبر در زمینه کنترل این سیستم‌ها شرح داده خواهند شد.

۲-۲ مقاله‌ی اول [۱]

عنوان مقاله: استراتژی مدیریت انرژی هوشمند بر اساس شبکه‌های فازی مصنوعی برای خودروهای هیبریدی

۲-۲-۱ چکیده

این مقاله یک استراتژی مدیریت انرژی هوشمند برای وسایل نقلیه هیبریدی هیدرولیکی و الکتریکی برای به حداقل رساندن مصرف انرژی پیشنهاد می‌کند. ابتدا مدل کل مصرف انرژی خودرو مدل شده سپس به کمینه سازی یک تابع انرژی که در آن انرژی‌های کل مصرف شده به صورت مجموع انرژی الکتریکی ارائه شده، مورد بررسی قرار می‌گیرد. به بیان دیگر، در این مقاله یک کنترل کننده هوشمند ارائه شده است که به سبب آن افزایش کلی کارایی خودروی هیبریدی و به حداقل رساندن مصرف انرژی کل، ایجاد می‌شود. استراتژی پیشنهادی متشکل از یک کنترل پیشرفته نظارتی در بالاترین سطح (سوم) است که با یک سیستم فازی منطبق با مناسب‌ترین تصمیم گیری حالت عملیاتی سیستم عمل می‌کند. در سطح دوم، یک استراتژی کنترل بهینه مطلوب مبتنی بر منطق فازی قرار داده شده است. سپس، در سطح اول، کنترل کننده‌های فازی محلی برای تنظیم نقاط تنظیم شده زیر سیستم‌های خودرو برای دستیابی به بهترین عملکرد عملیاتی وجود دارد. مزیت استراتژی پیشنهادی می‌تواند به شرح زیر خلاصه شود:

۱- این شیوه را می‌توان به صورت آنلاین اجرا کرد.

www.sbargh.ir

۲- مصرف انرژی را در مقایسه با روش‌های سنتی کاهش می‌دهد. اعتبارسنجی استراتژی پیشنهادی با استفاده از ترکیبی از نرم افزار MATLAB / Simulink انجام می‌شود.

۲-۲-۲ مدلسازی و اصول اولیه

هدف این بخش، مدل سازی و بررسی اصول سیستم مورد مطالعه، یعنی باس هیبریدی BUSINOVA است که توسط شرکت SAFRA توسعه داده شده است (شکل ۲-۱). باس هیبریدی مورد مطالعه شامل EM، HM، ICE و باتری به عنوان نیروی ترانسفورماتور قدرت موتور خودرو است.

شکل۲-۱: باس هیبریدی BUSINOVA

۳-۲-۲-۲ اصول پایه

در فرایند طراحی EMS، بدون توجه به نظم یا قضیه که از آن توسعه یافته است، اصول پایه (محدودیت‌ها) همیشه باید در ذهن داشته باشید. سه اصل اساسی در جریان توسعه EMS پیشنهاد شده وجود دارد:

اصل شماره ۱

www.sbargh.ir

تقاضای قدرت چرخه رانندگی باید همواره رضایت بخش باشد. اگر چه سیستم نیروی محرکه و سناریوی استفاده ممکن است متفاوت باشد، EVS باید بتواند مانند وسایل معمولی اجرا شود، به عنوان مثال، رانندگی EV باید حداقل از احساس رانندگی یک وسیله نقلیه متعارف متفاوت باشد. بنابراین الگوی رانندگی مورد نیاز (سیکل رانندگی در شبیه سازی ها و آزمایش‌ها) همیشه باید حاصل شود.

اصل شماره ۲

طول عمر باتری، کارایی و وضعیت سلامت (SOH) به میزان زیادی بستگی به شرایط کاری دارد، از جمله مقدار مطلق جریان باتری و پویش فعلی باتری. به خوبی شناخته شده است که جریان تخلیه بزرگ به طور قابل توجهی باعث کاهش میزان مصرف انرژی در مقاومت داخلی باتری می‌شود که منجر به دمای کار بالا، بازده باتری کم و عمر چرخه کوتاه می‌شود. همچنین، تغییرات بزرگی در جریان تخلیه منجر به آسیب به باتری می‌شود، که همچنین به معنای طول عمر باتری و SOH ضعیف است. در مقاله ای مشابه نویسنده نشان می‌دهد که بار پالس منجر به افزایش دمای بالاتر نسبت به بار متوسط ثابت می‌شود. بنابراین، جریان باتری باید در پایین‌ترین حد ممکن نگه داشته شود و تا حد امکان پایدار باشد. سیستم صرفه جویی در مصرف انرژی برای کاهش استرس بر روی باتری صرف نظر از اینکه چه نوع EMS استفاده می‌شود ناتوان است؛به همین دلیل است که باید سلولهای UC را مورد توجه قرار داد.

اصل شماره ۳

مهم است که توجه داشته باشید که باتری‌ها باید تنها منابع انرژی واقعی در خودرو باشند. با توجه به خواص باتری‌ها و UC ها، انرژی مورد نیاز توسط چرخه رانندگی باید توسط انرژی تنها از باتری تامین شود، و UC ها باید به عنوان بافر انرژی استفاده شوند. یعنی UCs منبع قدرت هستند. هدف از استفاده از UC ها، کاهش و نمای بارگیری بسیار نرمال از بسته باطری را تضمین می‌کند و هرگز انتظار نمی‌رود که انرژی خالص را همانند آنچه که باتری کار می‌کند، تامین کند. در حالت ایده آل، SOC یک سلول UC در انتهای سفر انتظار می‌رود که همانند ابتدای سفر باشد، یعنی انرژی ذخیره شده در سلول UC مصرف نمی‌شود.

www.sbargh.ir

۳-۲-۲ معیار مقایسه

برای ارزیابی عملکرد EMS، معیارهای مقایسه باید تعیین شود. مهم‌ترین جنبه‌ای که همیشه باید در نظر گرفت، بازده سیستم است. بسیاری از محققان عملکرد سیستم را به عنوان معیاری در ارزیابی‌های خود گرفته‌اند. از نظر HESS مورد بحث در این مقاله بر اساس صرفه جویی در انرژی سیستم، که EDC انرژی مصرف شده توسط چرخه رانندگی است، درست است،EBatteryPack انرژی خالص عرضه شده توسط بسته باتری EUCPack انرژی خالص عرضه شده توسط بسته UC و ELoss از دست دادن کل انرژی سیستم است. در این فرمول، ELoss شامل چهار بخش است.

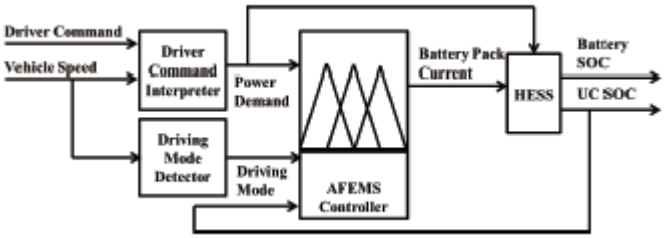
با این حال، استفاده از کارایی سیستم تنها کافی نیست. این نشان داده شده است که تنوع مکرر جریان به طور چشمگیری طول عمر باتری لیتیوم یون را کاهش می‌دهد. با توجه به این مشاهدات، مقدار تغییرات جریان باتری نیز باید در ارزیابی در نظر گرفته شود. برای سادگی، فقط جریان از بسته باتری (I BatP) به جای یک سلول باتری تنها در نظر گرفته می‌شود. در هر گام زمانی، تفاوت فعلی بین مراحل زمان نزدیک(و متوالی) به عنوان یک آرایه ثبت می‌شود. در پایان یک دوره رانندگی، قاعده L-2 این آرایه n بعدی به عنوان معیار دوم F2 تعریف می شود. مقدار F2 بزرگ نشان می‌دهد که بسته باتری ممکن است جریان بیش از حد پویا را پوشش دهد.

همانطور که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است، مقدار انرژی که از بسته UC مصرف می‌شود یا در بسته UC انتقال یافته است، در F3 در نظر گرفته شده است، به این معنی که بسته UC به جای منبع انرژی منبع تغذیه می‌باشد. این معیار توسط نظارت بر تفاوت SOC سلول UC بین SOCUC اولیه (t0) و SOCUC (TF) حالت نهایی بدست می‌آید. اگر UC SOC بدون تغییر باشد، کاملا به عنوان یک بافر انرژی عمل می‌کند. با این حال، درک وضعیت کامل دشوار است. بنابراین F3 باید حداقل ممکن باشد.

www.sbargh.ir

۲-۲-۴ استراتژی مدیریت انرژی مبتنی بر منطق فازی سازگار

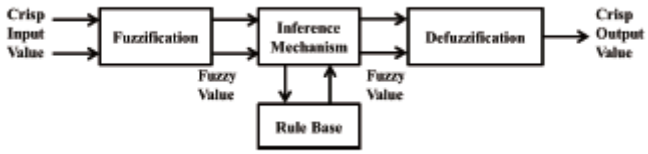
نمودار بلوک جریان کنترل باتری / UC HESS در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. "مترجم فرمان راننده" این است که دستورات راننده و سرعت خودرو را به تقاضاهای قدرت تبدیل کند. 'ردیاب حالت آشکارساز' برای تصمیم گیری حالت رانندگی استفاده می‌شود همانطور که در شکل ۲-۳ مشخص شده، که بعدا توضیح داده خواهد شد. AFEMS Controller دارای سه ورودی است: تقاضای قدرت از مترجم فرمان راننده؛ حالت رانندگی خودرو از حالت رانندگی آشکارساز؛ و UC SOC که نشان دهنده وضعیت HESS است. توجه داشته باشید که باتری به عنوان تامین کننده انرژی درازمدت در این مقاله محسوب می‌شود و بنابراین SOC تنها بر کارایی سیستم تاثیر می‌گذارد. بنابراین، تنها UC SOC برای نشان دادن وضعیت HESS استفاده می‌شود. خروجی کنترلی AFEMS جریان خروجی باتری است که به عنوان یک سیگنال مرجع برای کنترل HESS استفاده می‌شود. این سیگنال مرجع، همراه با تقاضای قدرت، تصمیم می‌گیرد که اجزای ذخیره انرژی در HESS چگونه عمل کنند و چگونه SOC آن‌ها به ترتیب تغییر کند.



شکل ۲-۲: نمودار بلوک کنترل AFEMS پیشنهادی.

به طور کلی، کنترل کننده AFEMS با سه روش کار می‌کند: فازی سازی ورودی‌ها، مکانیزم استنتاج و تخریب خروجی‌ها، همانطور که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.

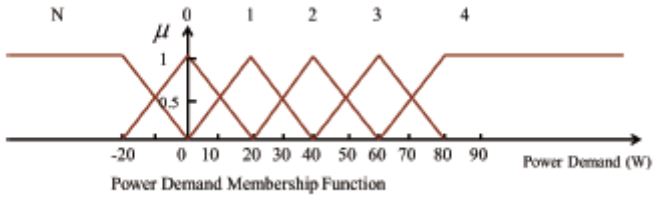
www.sbargh.ir



شکل ۲-۳: کنترل AFEMS

۲-۲-۵ فازی سازی

در منطق فازی، تابع عضویت برای تبدیل ورودی‌های موجدار به ورودی‌های fuzzified استفاده می‌شود. ورودی موجدار در AFEMS پیشنهادی تقاضای نیرو از وسیله نقلیه و UC SOC است. شکل ۲-۴ عملکرد عضویت در تقاضای انرژی را نشان می‌دهد. این قدرت مجعد(crisp) را به سطح فازی تبدیل می‌کند.



شکل ۲-۴: عملکرد عضویت در تقاضای انرژی

در این مقاله، تقاضای قدرت به پنج دسته تقسیم می‌شود: N، ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، و هر کدام از آنها دارای مقدار μخود است. به عنوان مثال، وقتی تقاضای برق ۳۰ وات است، مقادیرμ 'N'، '۰'، '۳' و '۴' همه ۰، و مقادیرμ '۱' و '۲' هر دو ۰. ۵ است. به طور مشابه، تابع عضویت یک ورودی مجعد UC SOC، در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.

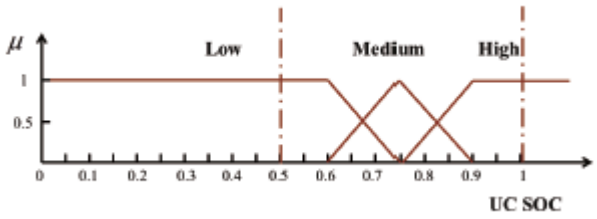
این UC SOC مجعد را به سطوح فازی تبدیل می‌کند. UC SOC به سه دسته تقسیم می‌شود: "کم"، "متوسط" و "بالا"، و هر یک از آنها دارای مقدار μخود نیز هست. به عنوان مثال، در این مقاله زمانی که UC

www.sbargh.ir

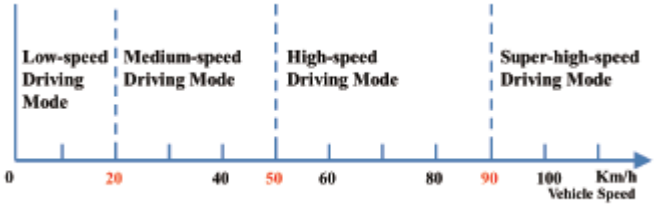
SOC برابر ۰. ۶۵ است، مقدار مربوطه μ مقدار 'Low' 0. 5 است، مقدارμ 'Medium' 0. 5 است و μمقدار 'High' 0 است.

۶-۲-۲ مکانیزم استنباط

پس از ورودی‌های fuzzified به دست آمده، در مکانیزم استنباط، پایه قانون برای به دست آوردن نتایج فازی استفاده می‌شود. این قسمت بیشتر شبیه یک سیستم متخصص است زیرا تجربه و اطلاعات اکتشافی برای تصمیم گیری کنترل استفاده می‌شود. قبل از تنظیم پایه قانون، در AFEMS پیشنهادی، سرعت خودرو به چهار دسته تقسیم می‌شود تا یک پایگاه قانون بزرگ را به چهار زیرمجموعه موازی تقسیم کند.



شکل۲-۵: عملکرد عضویت UC SOC.



شکل ۲-۶: طبقه بندی رانندگی

همانطور که در شکل ۲-۶ نشان داده شده است، ما چهار حالت رانندگی را تعریف می‌کنیم: حالت سرعت کم (LS)، حالت متوسط سرعت (MS)، حالت سرعت بالا (HS) و حالت فوق العاده با سرعت بالا (SHS) با توجه به سرعت‌های مختلف خودرو. سپس چهار زیرگروه برای این چهار حالت رانندگی تعریف می‌شود، همانطور که

www.sbargh.ir

در جدول ۲-۱ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که برای اجتناب از جداول قوانین خسته کننده، جداول زیربنایی فقط دارای دو درجه آزادی هستند، یعنی سرعت خودرو و UC SOC

جدول ۲-۱: چهار زیرمجموعه

(a) Low-speed Mode Rule Base

I_BatP Level		Power Demand Level					
		N	0	1	2	3	4
UC SOC	L	1	1	2	2	3	3
	M	0	1	1	2	2	3
	H	0	0	1	1	2	2

(b) Medium-speed Mode Rule Base

I_BatP Level		Power Demand Level					
		N	0	1	2	3	4
UC SOC	L	1	2	2	3	3	4
	M	1	1	2	2	3	3
	H	0	1	1	2	2	3

(c) High-speed Mode Rule Base

I_BatP Level		Power Demand Level					
		N	0	1	2	3	4
UC SOC	L	2	2	3	3	4	4
	M	1	2	2	3	3	4
	H	1	1	2	2	3	3

(d) Super-High-speed Mode Rule Base

I_BatP Level		Power Demand Level					
		N	0	1	2	3	4
UC SOC	L	2	3	3	4	4	5
	M	2	2	3	3	4	4
	H	1	2	2	3	3	4

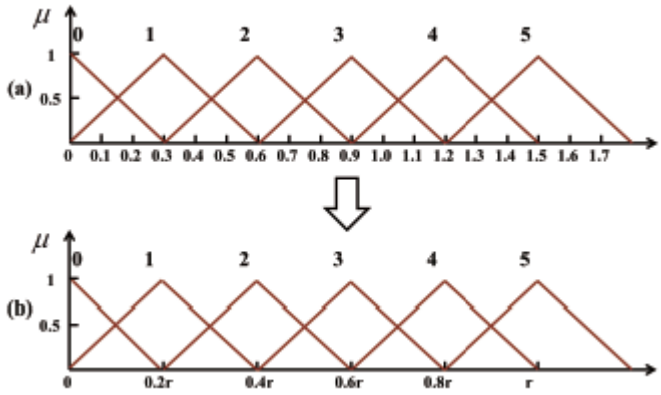
نتیجه گیری‌های انجام شده از این قانون‌های پایه، سطوح فعلی باتری , فازی شده است که با شش سطح ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، هنگامی که سرعت خودرو ۴۰ کیلومتر بر ساعت است، یعنی در حالت MS، جدول دوم به عنوان پایه قانون برداشته می‌شود. در عین حال، اگر مقادیر μ از 'کم'، 'متوسط' و 'بالا' ۰. ۵، ۰. ۵ و ۰ در شرایط UC SOC سطوح و مقادیر μ از 'N'، '۰'، '۱'، '۲'، '۳'، '۴' هستند ۰، ۰. ۵، ۰. ۵، ۰، ۰، و ۰ در شرایط سطح تقاضای برق ، μ مقادیر '۰'، '۱'، '۲'، '۳'، '۴'، '۵' از لحاظ سطوح فعلی باتری فازی ۰، ۰، ۰، ۰. ۵، ۰. ۵ و ۰ است. بدیهی است که می‌توان متوجه شد که عمدتا تقاضای بیشتر برق و یا پایین‌تر از وضعیت UC SOC منجر به سطح جریان بسته باتری بزرگ‌تر می‌شود.

۲-۲-۷ تخریب پذیری

www.sbargh.ir

تابع عضویت خروجی برای تبدیل خروجی‌های fuzzified به خروجی‌های واضح همانطور که در شکل ۲-۷ نشان داده شده تعریف شده است. بسیاری از روش‌ها می‌توانند برای تخریب پذیری مورد استفاده قرار گیرند. روش جاذبه‌ی مرکزی (COG) شایع‌ترین در عمل می‌باشد.

جایی که bi نشان دهنده مرکز تابع عضویت برای نتیجه قوانین است، μمقدار از سطح خروجی i^{th}است و μ crisp مقدار خروجی مجعد(crisp) است.



شکل ۲-۷: (a) تابع عضویت از جریان باتری بسته(b) تابع عضویت خروجی سازگار

به منظور دستیابی به عملکرد کنترل بهتر، تابع عضویت خروجی به صورت دوره‌ای در این مقاله بر اساس اطلاعات تاریخچه چرخه رانندگی به صورت دوره‌ای تجدید می‌شود. به عبارت دیگر، کنترل کننده باید به الگوهای مختلف رانندگی سازگار باشد. این کار با تبدیل تابع عضویت خروجی نشان داده شده در شکل ۲-۷ (a) به یک(تابع) نشان داده شده در شکل ۲-۷ (b) بدست می اید. بنابراین، اطلاعات چرخه رانندگی گذشته در تابع عضویت تخریب پذیری در نظر گرفته شده است. در اینجا پارامتر r نشان داده شده در تابع عضویت دیگر ثابت نیست همانطور که در شکل ۲-۷ (a) نشان داده شده است؛مقدار آن با توجه به اطلاعات چرخه رانندگی گذشته تغییر می‌کند. در اینجا مقدار r یک پارامتر کلیدی است که باید با استفاده از بهینه سازی آفلاین و تکنولوژی بروزرسانی به صورت انطباقی تعیین شود. روش تصمیم گیری مقدار r شامل دو گام آفلاین و دو مرحله بر خط است. ایده اصلی این است که تجزیه و تحلیل قطعات چرخه رانندگی کوتاه (که در این

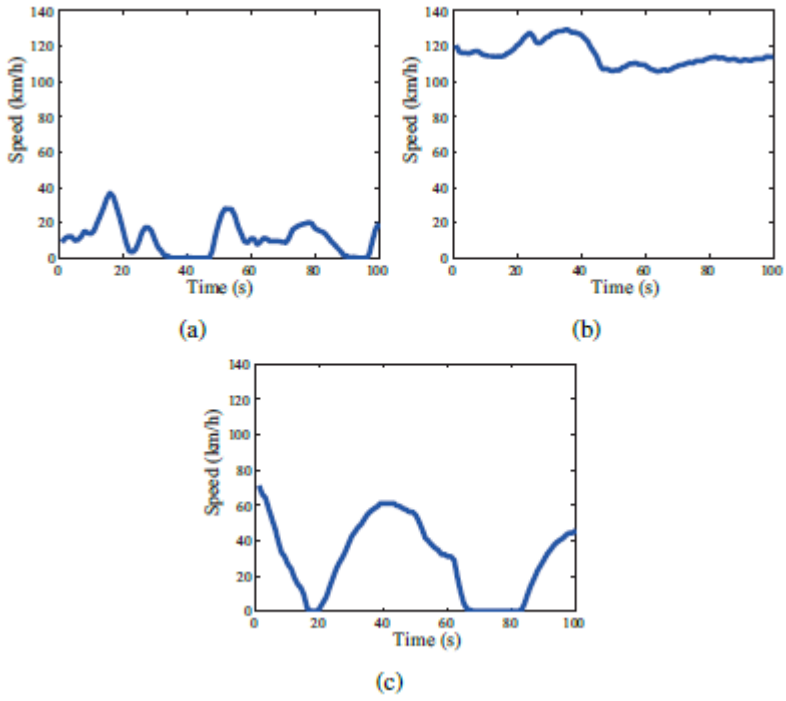
www.sbargh.ir

مقاله به نام "چرخه‌های فرعی رانندگی" نامیده می‌شود) حاصل از چرخه‌های رانندگی معمول و برای پیدا کردن مقادیر بهینه پارامتر برای هر یک از آنها با توجه به شرایط رانندگی مختلف (UOC SOC های مختلف و حالت‌های رانندگی(استفاده می‌شود،سپس مقادیر بهینه پارامتر و همچنین شرایط رانندگی مربوطه در قالب جداول قانون ذخیره می‌شوند. هنگامی که وسیله نقلیه در جاده است، کنترل کننده با ارجاع به جداول قانون انتخاب شده مقدار پارامتر را تعیین می‌کند. جزئیات روش به شرح زیر است.

۸-۲-۲ تشخیص الگوی رانندگی خاموش(افلاین)

ده چرخه رانندگی معمولی به عنوان بخش قبلی ذکر شده است که می‌تواند الگوهای رانندگی متنوع را پوشش دهد. به عنوان مثال، JC08 ویژگی‌های شرایط رانندگی شهری را و HWFET شرایط رانندگی بزرگراه را نشان می‌دهد. هشت نفر از ده، NEDC، NYCC، UDDS، US06، IM240، FTP، La92 و SC03 در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرند و هر یک از این هشت سیکل رانندگی به سیکل‌های سیلندر (SDC) با طول‌های مساوی ۱۰۰ ثانیه‌ای تقسیم می‌شود. بنابراین ۱۵۴ SDC دریافت می‌شود. توجه داشته باشید که این ۱۵۴ SDC ها باید قادر به پوشش بیشتر الگوهای احتمالی باشند. اگر یک پروفایل رانندگی خاص وجود داشته باشد که الگوهای آن شبیه به هر کدام از SDC ها نیستند، این کنترل کننده منطقی فازی هنوز کار خواهد کرد اما احتمالا با کارایی نسبی پایین‌تر کار خواهد کرد. در این راستا، این مشخصات رانندگی ویژه باید به این روش تشخیص الگو اضافه شود. سه نفر از آنها در شکل ۲-۸ نشان داده شده‌اند از جمله No. 49 SDC، No. 92 و No. 143 SDC، و آنها ظاهرا الگوهای رانندگی متفاوت را نشان می‌دهند. پس از آن، هر SDC کمی با چهل وچهار پارامتر الگوهای رانندگی تجزیه و تحلیل می‌شود. این پارامترهای الگو رانندگی می‌تواند چرخه رانندگی را مشخص کند.

www.sbargh.ir



شکل ۲-۸: (a) No. 49SDC. (b) No. 92 SDC. (c) No. 143 SDC.

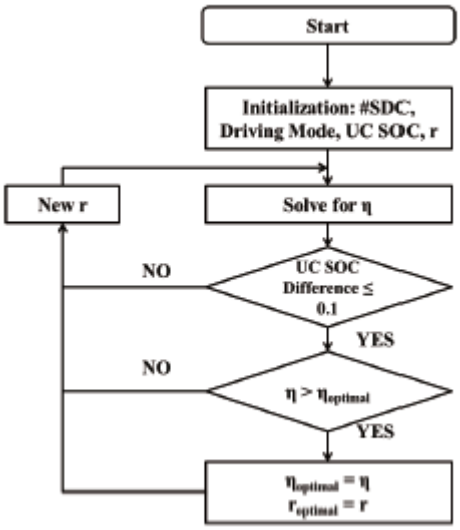
۲-۲-۹ تنظیم پارامتر مطلوب (بهینه) Off-Line

گام دوم این است که یک مقدار بهینه R را تعیین کنیم که بیشترین کارایی سیستم را برای هر SDC در شرایط رانندگی مختلف (به عنوان مثال، حالت‌های مختلف رانندگی و SOCs اولیه UC متفاوت) بدست می اید. یک روش جستجوی تکراری با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری باید به منظور صحت تصمیم به مقدار مطلوب R به کار رود و شکل ۲-۸ نمودار جریان این روش تکرار را نشان می‌دهد.

اصول بیان شده تأکید می‌کند که UC ها نباید انرژی خالص یا حداقل ممکن را فراهم کنند. بنابراین یک محدودیت در حین روش تنظیم پارامتر مطلوب به این صورت است: تفاوت UC soC بین آغاز یک چرخه رانندگی و پایان چرخه رانندگی تاجایی که ممکن است باید کوچک باشد و در اینجا حد بالای این تفاوت برابر ۰. ۱ است. جدول ۲-۲ نتیجه‌های تنظیم پارامتر مطلوب SDC No. 71 را نشان می‌دهد. مقدار ۲. ۱ در گوشه شمال غربی به این معنی است که اگر وسیله نقلیه در حالت کم سرعت باشد و UC SOC در حال حاضر ۰.

www.sbargh.ir

۵۵ باشد، مقدار مطلوب r برای تابع عضویت خروجی ۲. ۱ است. توجه داشته باشید که دو مرحله اول خارج از خط(off-line) انجام می‌شود ، در نتیجه تلاش‌های محاسباتی خود را بر کارایی AFEMS پیشنهادی تاثیر نمی‌گذارد.



شکل ۲-۹: نمودار جریان روند بهینه انتخاب پارامتر

جدول ۲-۲: نتایج تنظیم پارامترهای بهینه شماره ۷۱ SDC

	LS Mode	MS Mode	HS Mode	SHS Mode
0.55	2.1	1	1	0.7
0.6	1.5	0.8	0.8	0.5
0.65	1.2	0.7	0.6	0.4
0.7	0.9	0.6	0.4	0.4
0.75	0.7	0.7	0.3	0.3
0.8	0.7	0.5	0.3	0.3
0.85	0.8	0.4	0.3	0.2
0.9	0	0.3	0.3	0.2
0.95	0	0.3	0.3	0.1

۲-۲-۱۰ یادگیری ویژگی‌های رانندگی آنلاین

از طریق تشخیص الگو رانندگی خارج از خط و تنظیم پارامتر بهینه Off-Line، ۱۵۴ عدد ۴۴ بعدی را تولید می‌کند که نشان دهنده الگوهای رانندگی هر SDC و ۱۵۴ ۹ ۴ * جدول ماتریس است که پارامترهای بهینه را برای هر SDC در شرایط مختلف رانندگی نشان می‌دهد. هنگامی که آن را در زمان رانندگی انلاین است،

www.sbargh.ir

آخرین چرخه رانندگی ثبت شده با طول S۱۰۰ با ۴۴ پارامتر الگوی تجزیه و تحلیل می‌شود. کنترل کننده AFEMS با هدف پیدا کردن یکی از شبیه‌ترین‌ها در میان این ۱۵۴ SDC ها و نتیجه تنظیم پارامتر مطلوب SDC خواهد بود که این SDC با توجه به حالت رانندگی فوری و UC SOC اعمال خواهد شد.

۱۱-۲-۲ تنظیم پارامتر رانندگی انلاین

اگر چه پارامترهای بهینه در مراحل قبلی یافت می‌شوند، اما هنوز دو مسئله وجود دارد که ممکن است آنها را غیرقابل بهینه سازد. اول، تنها یک SDC مشابه وجود دارد، در اکثر موارد SDC یکسان نیست. ثانیا، حتی یک SDC یکسان پیدا شده است، مقدار پارامتر بهینه بر طبق چرخه رانندگی S۱۰۰ قبلی پیش رفته است. ممکن نیست درست باشد که چرخه رانندگی آینده همچنان همانند بخش قبلی ۱۰۰ ثانیه ادامه خواهد یافت. بنابراین تغییرات UC SOC احتمالا بزرگ‌تر یا کوچکتر از آنچه انتظار می‌رود است، که اصل اساسی ۳ را تأیید می‌کند. برای حل این مشکل، باید با بازتاب کنترل عملکرد، مقدار r نیاز دارد که تنظیم شود. اگر UC SOC افزایش یابد، r باید کوچکتر شود؛ در غیر این صورت r باید بزرگتر شود. فرمول تعریف شده برای r به صورت زیر نشان داده شده است

جایی که $r(t_k)$ مقدار پارامتر در مرحله k است؛ $r_{optimal}(t_k)$ مقدار پارامتر مطلوب خارج از خط(off-line)؛ PN مدت مجازات است؛ $soc_{uc}(t_{k-1})$ uc soc در مرحله k است؛ $soc_{uc}(t_{k-1})$ uc soc در مرحله k-1 است؛ $soc_{uc}(t_0)$ uc soc اولیه است.

در نهایت، فرکانس کنترل کننده باید به دقت مورد توجه قرار گیرد زیرا این امر مربوط به پویایی جریان باتری است. فرکانس کنترل بالا منجر به تغییرات جریان باتری مکرر می‌شود، که برای سلامت باتری مضر است. برعکس، فرکانس کنترل پایین باعث سخت شدن راضی کردن HESS برای رفع چرخه رانندگی می‌شود(برای مثال، UC SOC احتمالا بین دو مرحله کنترل بسیار بالا یا پایین باشد(. بنابراین، چگونگی انتخاب فرکانس کنترل مناسب یک مسئله حیاتی است. باز هم یکی از اصول پایه این است که UC ها فقط به عنوان بافر انرژی در نظر گرفته می‌شوند و UOC SOC باید تا حد امکان پایدار باشد. بنابراین فرکانس

www.sbargh.ir

کنترل به روش زیر تعیین می‌شود: یک فشردگی کنترل موثر خواهد بود اگر و فقط اگر تغییر UC SOC بیش از یک آستانه باشد، و این باعث می‌شود که فرکانس کنترل سازگار با UC SOC تغییر کند.

۲-۲-۱۲ نتیجه گیری

در این مقابه یک استراتژی مدیریت انرژی هوشمند برای وسایل نقلیه هیبریدی هیدرولیکی و الکتریکی برای به حداقل رساندن مصرف انرژی پیشنهاد می‌کند. ابتدا مدل کل مصرف انرژی خودرو مدل شده سپس به کمینه سازی یک تابع انرژی که در آن انرژی‌های کل مصرف شده به صورت مجموع انرژی الکتریکی ارائه شده، مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاکی از بهبود عملکرد سیستم در بکارگیری این روش بود.

۲-۳ مقاله دوم [۲]

عنوان: استراتژی بهینه سازی سلسله مراتبی و مدیریت یکپارچه مدیریت باتری برای وسایل نقلیه هیبریدی هیدروالکتریک

۲-۳-۱ چکیده

هدف اصلی این مقاله، توصیف یک استراتژی کنترل مدیریت قدرت جدید برای سیستم ذخیره سازی انرژی ترکیبی باتری و ابررسانا(Supercapacitor) با هدف که تقاضای قدرت بار در دستگاه‌های ذخیره انرژی توزیع می‌شود به گونه‌ای که هر دستگاه بتواند به طور مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. مقاله توصیف طراحی و کنترل چنین سیستم ذخیره سازی انرژی هیبرید در شبانه روزرا توصیف می‌کند. استراتژی کنترل خاص بر اساس یک کنترل کننده منطقی فازی (FLC) طراحی شده است که مزیت انعطاف پذیری و استحکام را ارائه می‌دهد و به طور گسترده‌ای برای مدیریت انرژی یا توزیع قدرت سیستم چند منبع انرژی یک وسیله الکتریکی برای

www.sbargh.ir

جلوگیری از عملکرد پایین عملکرد منطقه هر منبع قدرت و دستیابی به کارایی بالا بدون تضعیف عملکرد مکانیسم مورد استفاده قرار گرفته است،

با این حال، کنترل پیشگیرانه منطق فازی، اغلب در تشخیص توزیع بهینه بین باتری و ابررساناها دشوار است. در تحقیق ارائه شده، روش بهینه سازی بر اساس قانون برش طلا برای پیش بینی میزان اجرای hybridization (DOH) و تابع عضویت کنترلی فازی برای تحقق کارایی مطلوب کنترل کننده منطق فازی پیشنهاد شده است. روش بهینه سازی پیشنهاد شده ساده و موثر است و می‌تواند به طور مستقیم به سیستم ترکیبی عملی اعمال شود. در نهایت، اثربخشی روش پیشنهادی با استفاده از پلت فرم شبیه سازی ADVISOR مورد بررسی قرار گرفت و در آن سیستم ذخیره سازی انرژی هیبریدی توسعه داده شد و در مدل خودرو الکتریکی قرار گرفت. پارامترهای مدل از آزمایش وسیله بدست امده است. نتایج شبیه سازی نشان داده است که روش پیشنهادی می‌تواند در توزیع قدرت بین باتری و ابر رسانا برای تحقق هدف طراحی مشخص شده موثر باشد.

به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که با استفاده از باتری تنها در خودروهای الکتریکی (EVs) با چالش‌های متعددی مواجه شده است، از جمله شدت کم قدرت، چرخه عمر کوتاه، چالش‌های مدیریت حرارتی در شرایط قدرت بار زیاد. از سوی دیگر Super-capacitor (SC) چگالی قدرت بیشتری دارد و به عنوان یک جفت جذاب برای باتری‌ها ظاهر شده است. به عنوان یک نتیجه از ذخیره انرژی هیبریدی، اجازه می‌دهد تا یک باتری برای کاهش وزن کاهش سایز دهد، و اجازه می‌دهد تا باتری بدون آسیب بزرگ جریان برای زندگی طولانی عمل کند. اما پیوستن ابر رسانا مدیریت انرژی را برای EVs پیچیده‌تر می‌کند، از قبیل تقسیم قدرت بین باتری و ابررسانا برای بهبود عملکرد و کارایی EV ها.

در سال‌های اخیر، بسیاری از تحقیقات در استراتژی توزیع قدرت خودروهای هیبریدی کار می‌کنند. YANG [1] و همکارانش استراتژی تخصیص توان را با روش آستانه منطقی اعمال کرد. شی و ژانگ و همکاران [۲] استراتژی کنترل فازی را با توجه به حالت‌های عملیاتی سیستم قدرت هیبریدی با استفاده از میزان مصرف انرژی و زمان شتاب به عنوان یک تابع هدف مشخص کردند. هو [۳] الگوریتم NSGA-II را برای بهینه سازی

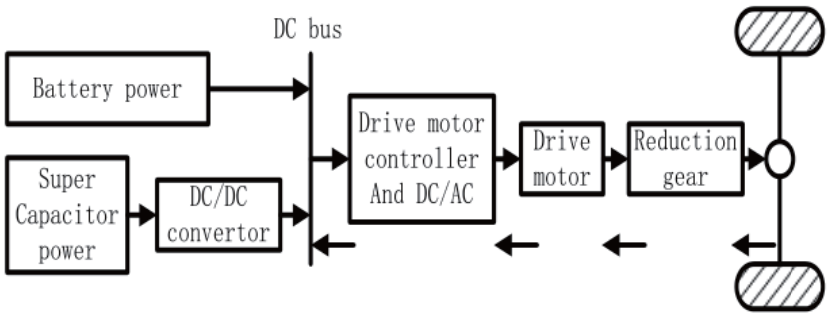
www.sbargh.ir

اتوبوس الکتریکی تصویب کرد. یکی از اهداف اصلی در استراتژی مدیریت انرژی، مدیریت تقسیم قدرت بین دو مولفه و تضمین عملکرد است. کنترل منطقی فازی اساسا یک کنترل سازگار و غیر خطی است که عملکرد قوی را برای سیستم‌های خطی و غیر خطی ارائه می‌دهد. [۴].

در این مقاله یک وسیله نقلیه هیبریدی باتری / ابررسانا مورد مطالعه قرار گرفته و از یک کنترل کننده منطقی فازی برای مدیریت توزیع قدرت بین باتری و ابررسانایی استفاده شده است. برای طراحی توابع عضویت کنترل کننده منطقی فازی، یک روش بهینه بر اساس قانون برش طلا پیشنهاد شده است. توسعه ثانویه برای نرم افزار شبیه سازی وسیله نقلیه الکتریکی ADVISOR بر اساس معماری سیستم وسیله نقلیه الکتریکی که در آن سیستم ذخیره سازی انرژی هیبریدی توسعه یافته است و برای بررسی روش طراحی مطلوب طراحی شده، اجرا می‌شود.

۲-۳-۲ ساختار رانندگی وسیله نقلیه هیبریدی

ساختار درایو B + SC پیشنهاد شده است، همانطور که در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است. Supercapacitor و DC / DC در اتصال سری هستند و باتری به طور موازی به اتوبوس DC وصل می‌شود. مزایای این ساختار این است که supercapacitor می‌تواند قدرت پیک را فراهم کند و انرژی ترمز را بازیابی کند به طوری که بار باتری لیتیوم کاهش می‌یابد و عمر باتری را با شارژ و تخلیه کمتر افزایش می‌دهد.



شکل ۲-۱۰: ساختار درایو B + SC خودرو هیبریدی

www.sbargh.ir

در این مقاله، مدل‌های باتری و supercapacitor توسط ADVISOR ارائه شده است و پارامترهای آنها به صورت جدول ۲-۳ نشان داده شده است:

جدول ۲-۳: پارامترهای باتری و supercapacitor

Projects	Total voltage	Cell voltage
Lithium battery	300V	12V
Supercapacitor	187.5V	2.5V

۲-۳-۳ استراتژی توزیع منطقی فازی

استراتژی مدیریت انرژی باید قدرت تقسیم بین باتری لیتیوم و ابررسانا را تعیین کند در حالیکه قدرت بار مورد نیاز را با توجه به محدودیت‌های پویا به باتری لیتیوم و سوپراسپیتسور منطبق می‌کند. مطالعات متعددی، کنترل کننده‌های منطقی فازی را برای تعیین تقسیم قدرت بین منابع قدرت مختلف نشان دادند که اقتصاد سوخت خوب و راندمان سیستم را نشان می‌دهد.

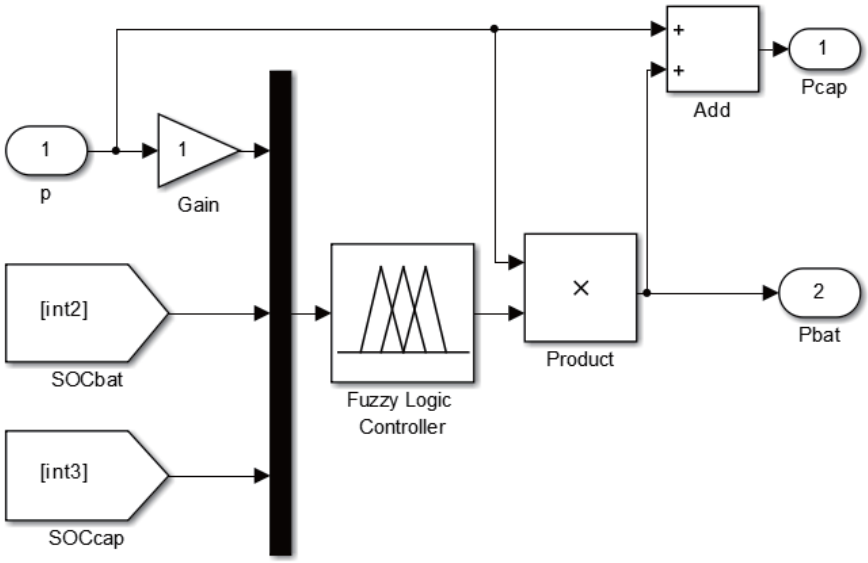
در این مطالعه، یک کنترل کننده منطقی فازی با توجه به تقاضای برق بار، SOC باتری لیتیوم و SOC ابررسانایی ارائه شده است. شکل ۲-۱۱ کنترل کننده منطق فازی برای تقسیم قدرت را نشان می‌دهد.

کنترل کننده منطق فازی برای تصمیم گیری نسبت باتری لیتیوم وابررسانا برای تقاضای برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. تقاضای برق قدرت وسیله نقلیه مورد نیاز برای رانندگی است. یک کنترل منطقی فازی یک نقشه از ورودی کنترل کننده به خروجی با مجموعه‌ای از قوانین منطقی است. طبق ساختار و حالت کار هیبرید، اهداف طراحی قدرت هیبریدی به شرح زیر است:

• باتری قدرت خروجی ثابت را فراهم می‌کند و supercapacitor توانایی گذرا در روند خودرو را فراهم می‌کند. در طی بازداری انرژی ترمز، به منظور محافظت از بسته باتری و جلوگیری از انفجار بزرگ جریان به آسیب

www.sbargh.ir

رساندن به باتری، ابررسانا جذب تمام ترمزهای احیا کننده انرژی و باتری درگیر نمی‌کند. با توجه به ساختار راندن خودرو در بالا، حالت عمل سیستم قدرت هیبریدی عمدتا به چهار نوع تقسیم می‌شود:



شکل ۲-۱۱: کنترل کننده منطق فازی برای تقسیم قدرت.

۱) باتری به تنهایی. انرژی خاصی از باتری می‌تواند همچنان برای تامین نیروی مورد نیاز برای وسایل نقلیه و supercapacitor در این کار در جریان سفر خودرو شرکت نکند؛علاوه بر این، این نیز زمانی که تقاضای برق کمتر است از این نوع کار استفاده می‌کند

۲) Supercapacitor به تنهایی. چگالی قدرت بالا و ویژگی‌های تخلیه سریع با قدرت بالا می‌توانند بهتر نیازها را برطرف کنند زمانی که وسایل نقلیه در طول شروع یا شتاب نیاز به خروجی با قدرت کم و بالا دارند. . علاوه بر این، ویژگی‌های خوب دمای پایین از supercapacitor به خوبی می‌تواند نیاز مصرف برق خودرو را در هنگام راه اندازی در دمای پایین به دست آورد.

۳) سیستم ترکیبی با باتری و supercapacitor. وسایل نقلیه در هنگام تسریع یا صعود تپه نیاز به قدرت بیشتری دارند. عملکرد دینامیکی وسایل نقلیه ممکن است از بین برود زیرا باتری نمی‌تواند قدرت بالای لحظه‌ای را فراهم کند. برای پاسخگویی به این نیاز، supercapacitor نیاز به همکاری با باتری برق دارد.

www.sbargh.ir

۴) بازیابی انرژی تجدید پذیر ترمز. موتور درایو در حالت ترمز احیا کننده است هنگامی که وسایل نقلیه را کاهش می‌دهد یا در حال حرکت به حالت افتاده(نزول)است. در این زمان قدرت ترمز بهبود یافته به داخل بانک supercapacitor جریان می‌یابد. جدول ۲-۴ پایه قانون کنترل منطقی فازی را نشان می‌دهد. تابع عضویت سه گوشه (مثلث)پذیرفته می‌شود. توابع عضویت در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۲-۴: قوانین منطقی فازی

K		The value of SOC_{bat} when SOC_{cap} =LOW		
		LOW	MED	BIG
P	NH	LE	LE	LE
	NM	LE	LE	LE
	NS	LE	LE	LE
	ZE	ML	GE	GE
	PS	GE	GE	GE
	PM	GE	GE	GE
	PB	GE	GE	GE

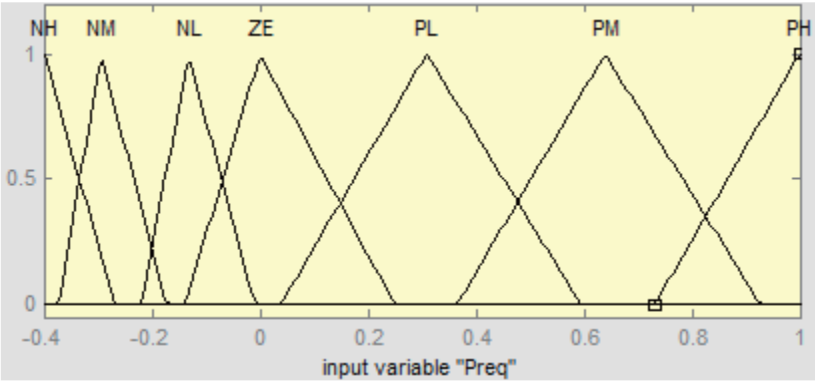
جدول ۲-۵: قوانین منطقی فازی

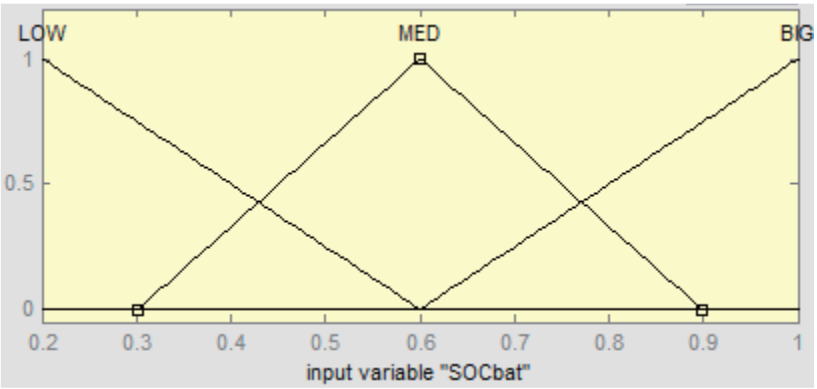
K		The value of SOCbat when SOCcap =MED		
		LOW	MED	BIG
P	NH	LE	LE	LE
	NM	LE	LE	LE
	NS	LE	LE	LE
	ZE	LE	GE	GE
	PS	ML	ME	GE
	PM	ME	MB	GE
	PB	ME	GE	GE

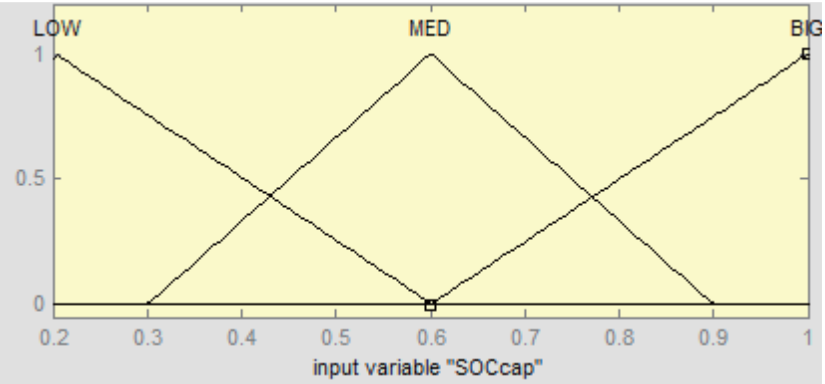
جدول ۲-۶: قوانین منطقی فازی

www.sbargh.ir

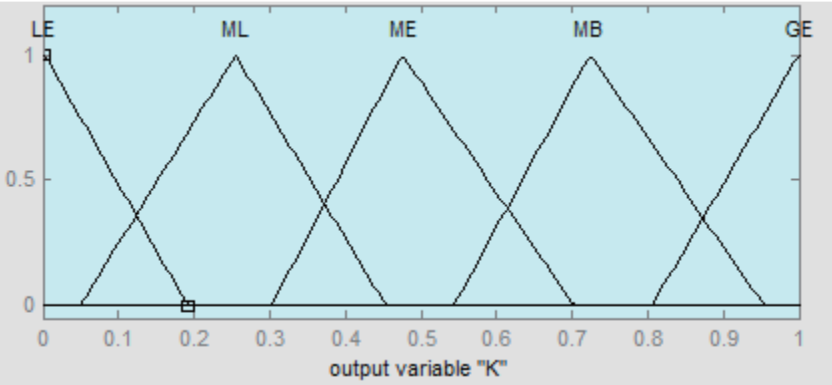
K		The value of SOCbat when SOCcap =BIG		
		LOW	MED	BIG
P	NH	LE	LE	LE
	NM	LE	LE	LE
	NS	LE	LE	LE
	ZE	GE	GE	GE
	PS	LE	MB	GE
	PM	LE	MB	GE
	PB	ML	MB	MB







www.sbargh.ir



شکل۲-۱۲: عضویت یک کنترل منطقی فازی.

بهینه سازی تابع عضویت بر اساس قانون نرخ قطع جریان طلایی

۲-۳-۴ نقش و تأثیر تابع عضویت بر عملکرد کنترل

تابع عضویت، اساس تئوری مجموعه فازی است که در آن به مشکلات عملی اعمال می‌شود. در سیستم کنترل فازی، زمانی که قوانین فازی تعیین می‌شود، عملکرد سیستم کنترل فازی به میزان زیادی بر قابلیت عضویت هر زیر مجموعه بستگی دارد.

بهینه سازی پارامترهای سیستم از توابع عضویت می‌تواند به مسائل بهینه سازی پارامترهای چند بعدی تحت محدودیت تبدیل شود. با این حال، در منطق فازی، یک متغیر زبان به طور کلی دارای زیرمجموعه‌های فازی چندگانه است و هر زیرمجموعه دارای پارامترهای چندگانه است، بنابراین یک مشکل پیچیده چند بعدی‌ای برای جستجوی فضایی است، زمانی که مشکل حل می‌شود، یعنی حل آن نیز لزوما مطلوب نیست. به طور کلی، شکل تابع عضویت تندتر است، هرچه وضوح بالاتر، حساسیت کنترل بالاتر است؛ برعکس، اگر تغییر عملکرد عضویت نسبتا کند باشد، مشخصه کنترل نیز نسبتا مسطح است، و ثبات سیستم خوب است. توابع عضویت مثلث به طور گسترده‌ای در طراحی کنترل صنعتی برای محاسبه ساده و پیاده سازی ساده استفاده می‌شود. اما برای شکل و توزیع، چند مقوله در مورد چگونگی طراحی وجود دارد. در بیشتر موارد، آن بر اساس تجربه طراح و به طور تصادفی بزرگ است.

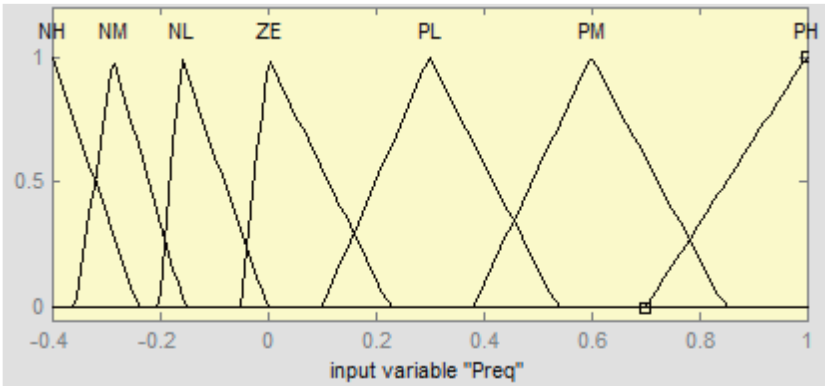
۲-۳-۵ بهینه سازی برآورد قطع جریان طلایی در تابع عضویت

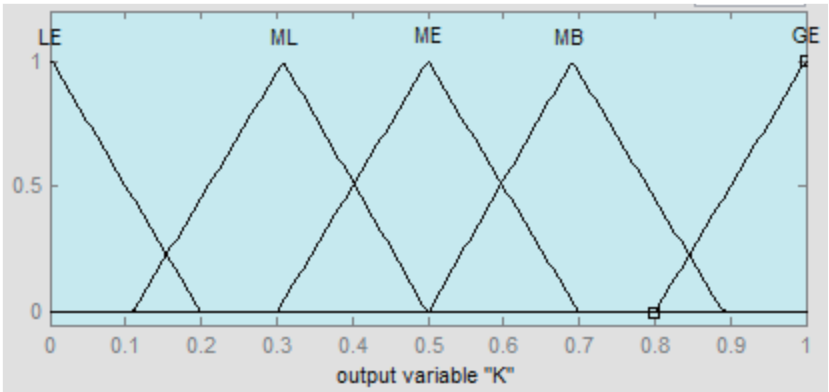
www.sbargh.ir

تئوری دامنه متغیرهای ورودی به[L,L-] و در مورد تقارن محوری طولی باشد، N = 2J + 1≥3 زیر مجموعه‌های فازی را انتخاب کنید، از جمله J مثبت، J منفی و یک صفر است. هر مجموعه فازی تصویب عملکرد عضو سه گانه است که بر اساس قانون برش طلایی cut-off است. (همانطور که در ۲-۱۳ زیر نشان داده شده است، یعنی ab = bc = 0. 618). و اعمال قانون طلایی، مرکز هر مجموعه فازی ∂_iتوزیع می‌تواند به صورت زیر نمایش داده شود:

در میان آنها، مرکز زیرمجموعه فازی Jth در مرز دامنه تئوری قرار گرفته است، و ∂_i در محور مرکز قرار دارد.

با استفاده از این قاعده بر تابع عضویت از Preq (قدرت مورد نیاز) و Kbat ((عامل قدرت که توسط باتری لیتیوم ارائه می‌شود)، می‌توانیم توابع عضویت بهینه سازی شده را به شکل ۲-۱۳ دریافت کنیم:



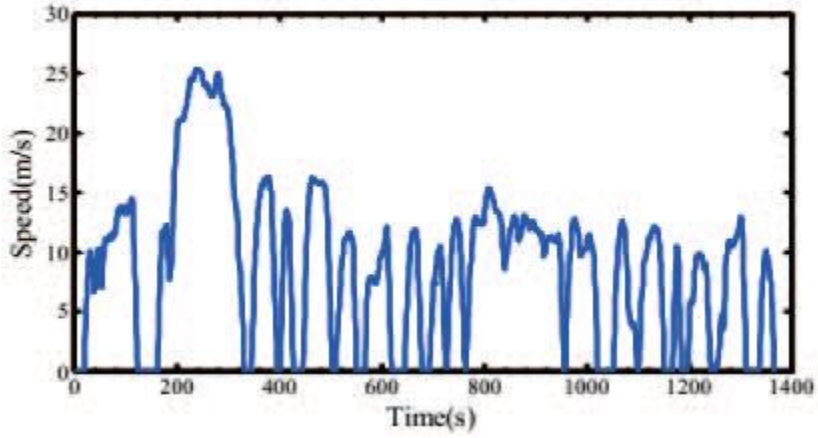


شکل ۲-۱۳: توابع عضویت بهینه شده

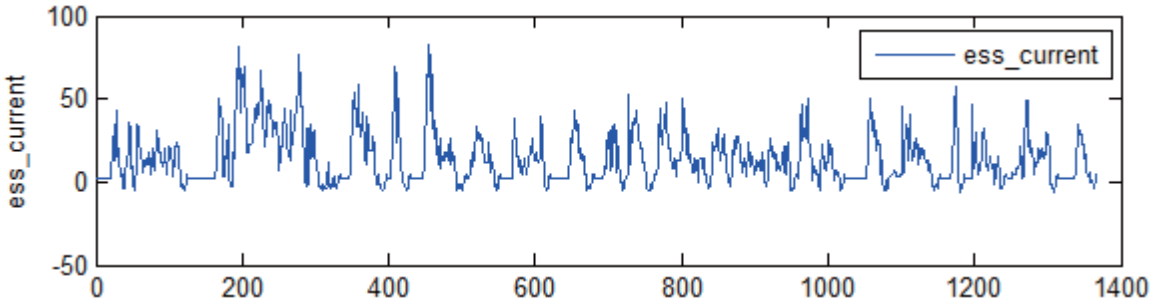
www.sbargh.ir

نتایج عملکرد دو تابع عضویت در ADVISOR (مشاوره)

در ADVISOR، مدل جدید خودرو هیبریدی الکتریکی را از طریق توسعه نرم افزار ثانویه تأسیس می‌کند و چرخه رانندگی UUDS را (در شکل ۲-۱۳ نشان می‌دهد) برای اعتبار سنجی انتخاب می‌کند. شکل ۲-۱۴ مدل جدید است، جریان باتری و ابررسانای و SOC ابر رسانا تحت توابع عضویت اصلی و توابع عضویت بهینه سازی شده به شکل ۲-۱۵ است:

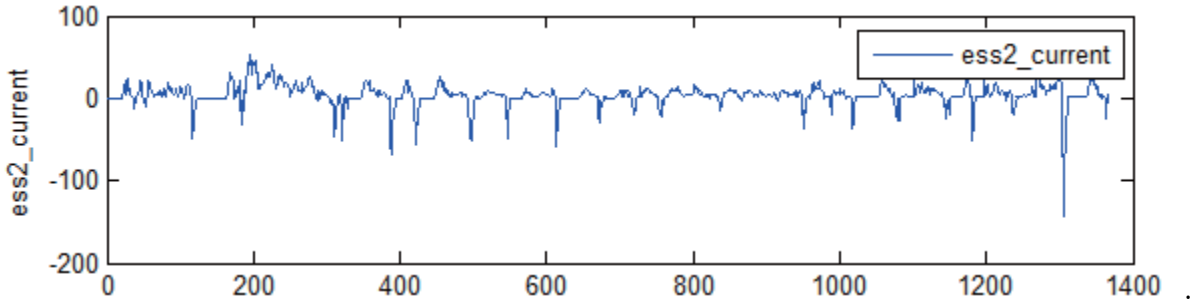


شکل ۲-۱۴: چرخه رانندگی

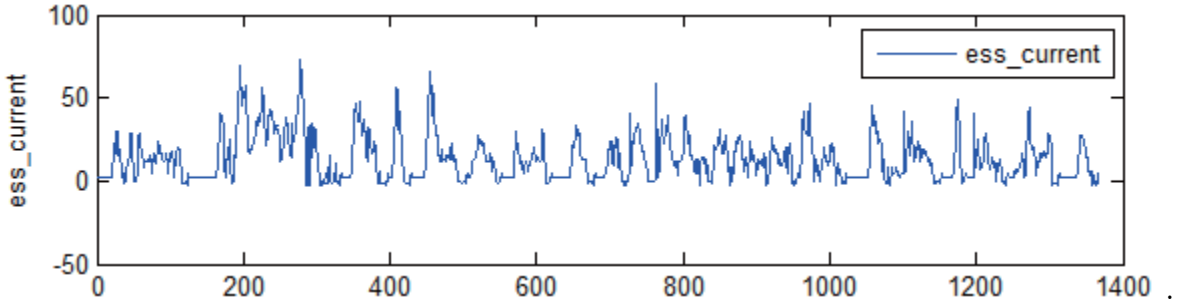


شکل ۲-۱۵: جریان باتری تحت توابع عضویت اولیه

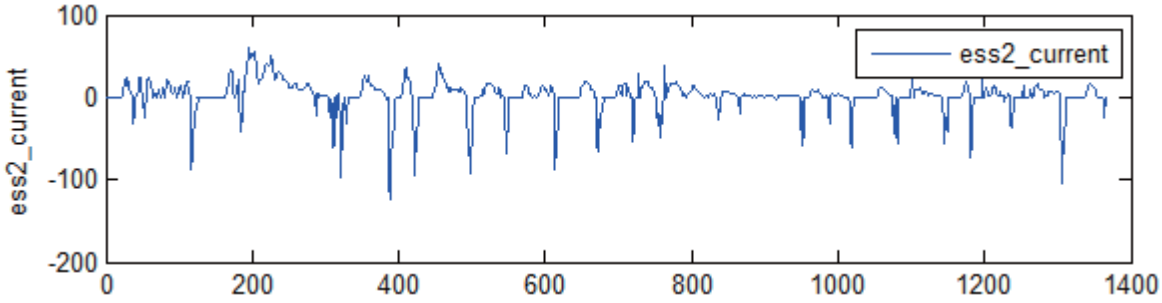
www.sbargh.ir



شکل۲-۱۶: جریان ابررسانای تحت توابع عضویت اولیه در



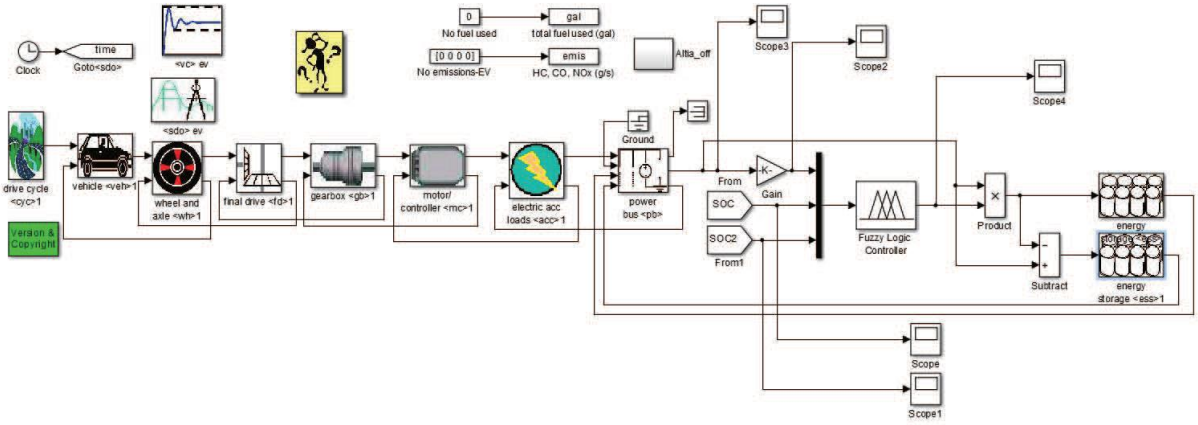
شکل ۲-۱۷: جریان باتری تحت توابع عضویت بهینه شده در **UDDS**.



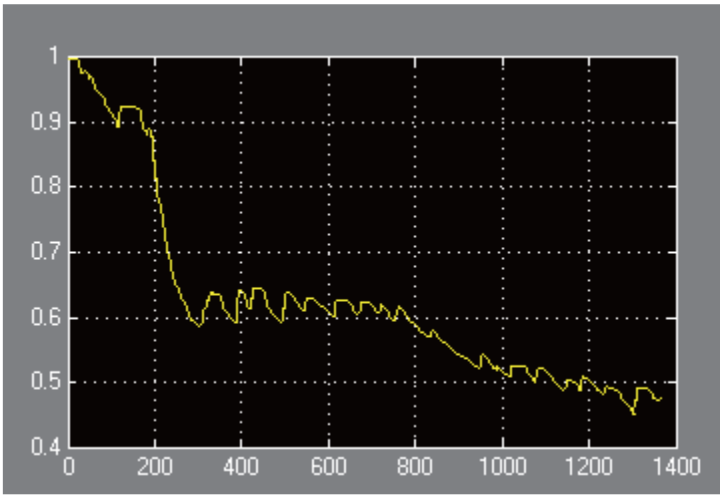
شکل ۱-۱۸: جریان ابررسانای تحت توابع عضویت بهینه شده

www.sbargh.ir

.

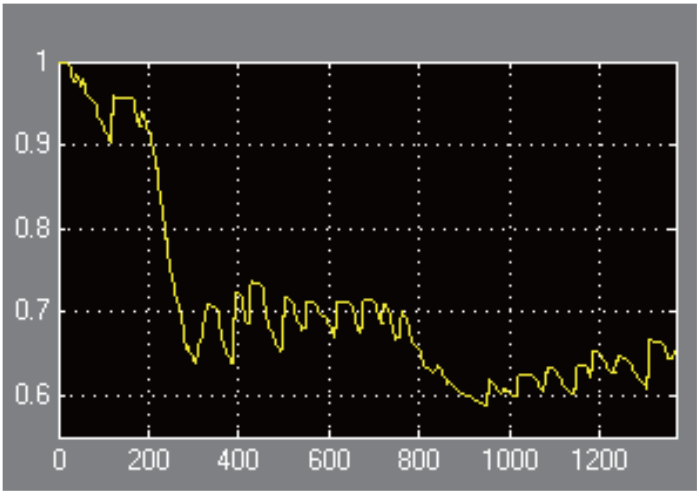


شکل۲-۱۹: مدل جدید خودرو هیبریدی قدرت الکتریکی



شکل۲-۲۰: SOC ابررسانای تحت عملکردهای عضویت اولیه.

www.sbargh.ir



شکل۲-۲۱: SOC ابر رسانای تحت توابع عضویت بهینه سازی شده

به عنوان نتیجه، ما می‌توانیم ببینیم که در مقایسه با توابع عضو اصلی، توابع عضویت بهینه شده، جریان تخلیه باتری را کاهش می‌دهد زمانی که ماشین نیاز به قدرت بزرگ و طولانی دارد، بنابراین می‌تواند باعث آسیب به باتری و طول عمر آن شود.

۶-۳-۲ نتیجه گیری

این مقاله یک روش بهینه سازی بر اساس قانون برش طلا برای بهینه سازی توابع عضویت ارائه می‌دهد. ابتدا طراحی و کنترل چنین سیستم ذخیره سازی هیبریدی در شبانه روزی را توصیف می‌کند و استراتژی کنترل ویژه بر اساس یک کنترل کننده منطقی فازی (FLC) طراحی شده است. سپس، قوانین برش طلا نسبت به اعمال عضویت FLC را اعمال کنید. آخر، شبیه سازی در پلت فرم ADVISOR نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند به طور موثر توزیع قدرت بین باتری و ابررسانا برای به دست آوردن اهداف طراحی بیان کند. نتایج نشان می‌دهد که روش بهینه نسبتا موثر ، ساده، متمایز و آسان است. این مقاله بهترین راه برای بهینه سازی عملکرد ماشین‌های الکتریکی دوگانه است.

www.sbargh.ir

۲-۴ مقاله سوم [۳]

عنوان: توسعه و ارزیابی یک سیستم مدیریت انرژی مبتنی بر الگوریتم تکاملی برای وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین

۲-۴-۱ چکیده

وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین (PHEVs) به عنوان یکی از معدود اقدامات امیدوار کننده برای استفاده از انرژی و حفظ کیفیت محیط زیست در ارتباط با حمل و نقل در نظر گرفته شده است. در مقایسه با وسایل نقلیه الکتریکی معمولی، توسعه یک سیستم مدیریت انرژی (EMS) برای خودروهای الکتریکی هیبریدی به دلیل ترانسفورماتور پیچیده‌تر آنها چالش برانگیز است. در این مقاله، یک چارچوب کلی EMS آنلاین برای PHEV ها ارائه می‌کنیم که بر اساس یک الگوریتم تکاملی است. این امر شامل چندین استراتژی کنترل برای مدیریت وضعیت باتری (SOC) است. تست شبیه سازی و ارزیابی شیوه با استفاده از داده‌های ترافیکی در دنیای واقعی نشان می‌دهد که استراتژی‌های کنترل SOC در EMS آنلاین از استراتژی کنترل معمولی بهتر است. مقایسه شیوه‌های موجود با استفاده از پیش بینی کوتاه مدت نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی می‌تواند به بهترین شکل در بهبود سوخت کمک کند و همچنین نیاز به اطلاعات کمتری در مورد مسافت‌های طی شده دارد.

۲-۴-۲ مقدمه

آلودگی هوا و تاثیرات تغییرات آب و هوایی مرتبط با استفاده از سوخت‌های فسیلی سبب رو آوردن به سیستم‌های حمل و نقل برقی شده است. در زمینه برق رسانی، در دهه گذشته از نظر تحقیق و توسعه خودروهای الکتریکی هیبریدی (HEVs) و وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) شاهد تغییرات بسیاری بوده است. به عنوان ترکیبی از HEVs و EVs، خودروهای الکتریکی هیبریدی پلاگین (PHEVs) می‌توانند به شبکه برق

www.sbargh.ir

متصل شوند تا باتری خود را شارژ کنند، در نتیجه افزایش مصرف برق و دستیابی به بازده کلی سوخت بیشتر، برای اینکه موتور احتراق داخلی قدرت و بازده خود را حفظ می‌کند می‌تواند در صورت نیاز مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۴-۳ مدلسازی

به طور معمول، سه نوع اصلی از ساختارهای PHEV وجود دارد، سری، موازی و سری – موازی. این مطالعه بر روی معماری تقسیم قدرت متمرکز است که موتور احتراق داخلی (ICE) و موتورهای الکتریکی می‌توانند به تنهایی یا با هم برق خودرو را در حالی که سیستم ذخیره ساز را به طور همزمان از طریق ICE شارژ می‌کنند، متوقف کند. روش‌های مختلفی با سطوح مختلف پیچیدگی برای مدلسازی نیروی برق PHEV پیشنهاد شده است. با این حال، مدل PHEV پیچیده با تعداد زیادی از حالت‌ها ممکن است برای بهینه سازی کنترل انرژی PHEV مناسب نباشد. یک مدل قدرتمند ساده شده اما به اندازه کافی دقیق قدرت تقسیم قدرت در MATLAB توسعه یافته است و در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

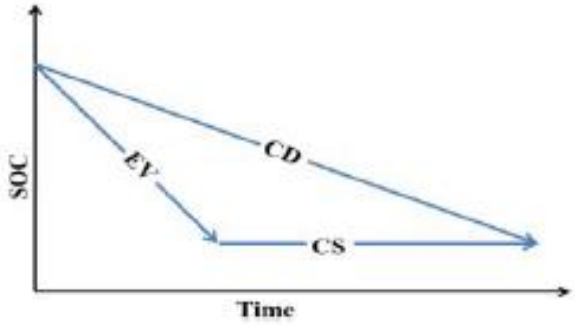
۲-۴-۴ بهره برداری و مشخصات SOC

در طول بهره برداری از PHEV، SOC ممکن است با زمان تغییر کند، بسته به اینکه چگونه منابع انرژی با هم کار می‌کنند تا نیروی نیرو را در هر لحظه فراهم کنند. پروفیل SOC می‌تواند به عنوان یک شاخص از حالت‌های عملیاتی PHEV، یعنی شارژ نگهداری (CS)، وسیله نقلیه الکتریکی (EV) و حالت شارژ (CD)

همانطور که در شکل ۲-۲۲ نشان داده شده است، استفاده شود. CS حالت زمانی اتفاق می افتد که SOC در یک سطح معینی (معمولا پایین‌ترین حد SOC) با استفاده از قدرت از هر دو بسته باتری و ICE نگهداری می‌شود. حالت EV خالص زمانی است که وسیله نقلیه تنها با برق کار می‌کند. حالت CD نشان دهنده وضعیت زمانی است که وسیله نقلیه با استفاده از قدرت در درجه اول از بسته باتری با نیروی اضافی از ICE در صورت

www.sbargh.ir

لزوم عمل می‌کند. در حالت CD ، ICE روشن می‌شود اگر موتور الکتریکی قادر به ارائه نیروی موتور به اندازه کافی نیست و یا باطری بسته است (حتی زمانی که SOC بسیار بالاتر از حد پایین است) که این امز برای دستیابی به سوخت اقتصادی بهتر مناسب می‌باشد.



شکل۲-۲۲: نمودار مد اولیه

۲-۴-۵ فرمول بندی مساله

در ادامه به فرمولبندی مساله پرداخته می‌شود.

۲-۴-۵-۱ پیشنهاد چارچوب EMS در خط برای PHEVs

در این مقاله، یک چارچوب EMS در خط برای PHEVs، با استفاده از ساختار کنترل افق به عقب پیشنهاد پیشنهاد می‌شود. چارچوب پیشنهادی EMS شامل کسب اطلاعات (از منابع خارجی)، پیش بینی، بهینه سازی و کنترل تقسیم قدرت می‌باشد. با کنترل افق عقب مانده، کل سفر به بخش‌ها یا افق‌های زمان تقسیم می‌شود. همانطور که در شکل ۲-۲۳ نشان داده شده است، افق پیش بینی (مراحل زمان نمونه گیری N) باید طولانی‌تر از افق کنترلی (مراحل زمان نمونه گیری M) باشد. هر دو افق در حال حرکت به جلو (در سبک افقی نورد) در حالی که سیستم عامل است. به طور خاص، مدل پیش بینی برای پیش بینی تقاضای قدرت در هر گام

www.sbargh.ir

نمونه برداری (یعنی هر ثانیه) در افق پیش بینی استفاده می‌شود. سپس، منبع تغذیه ICE بهینه برای هر ثانیه در طول افق پیش بینی با این اطلاعات پیش بینی شده محاسبه می‌شود.

در هر افق کنترل، تصمیمات کنترل بهینه به طور پیش بینی شده به سیستم کنترل قدرت انتقال (به عنوان مثال، واحد کنترل الکترونیکی (ECU)) در فرکانس نمونه برداری مورد نیاز وارد می‌شود. در این مطالعه، ما بر روی بهینه سازی انرژی به صورت آنلاین تمرکز می‌کنیم، فرض بر این است که مدل پیش بینی کوتاه مدت در دسترس است.

۲-۴-۵-۲ روابط کنترل کننده

از لحاظ ریاضی، بهینه کردن (از لحاظ اقتصادی و مصرف سوخت) مدیریت انرژی برای PHEV ها می‌تواند به عنوان یک مساله بهینه سازی محدودانه غیر خطی مطرح شود. هدف این است تابع بهینه سازی کل مصرف سوخت توسط ICE در کل مسیر طی شده را به حداقل برساند.

$$\begin{cases} \min\left\{\int_0^T h\,(\omega_e, q_e, t)dt \right. \\ subject\ to: \\ SOC = f\,(SOC\,, \omega MG1, qMG1, \omega MG2, qMG2) \\ (\omega_e, q_e) = g(\,\omega MG1, qMG1, \omega MG2, qMG2) \\ SOCmin \le SOC \le SOCmax \\ \omega_{min} \le \omega_e \le \omega_{max} \\ q_{min} \le q_e \le q_{max} \end{cases} \quad (۲-۱)$$

www.sbargh.ir

چنین فرمول بندی ایده آل برای روش‌های بهینه سازی سنتی ریاضی با پیچیدگی محاسباتی بالا مناسب است. به منظور تسهیل بهینه سازی در خط، ما در اینجا در اختیار قدرت موتور و اصلاح مشکل بهینه سازی بیان شده توسط (۱) به شرح زیر است:

$$\text{Min} \quad \lambda_i^{eng} / \sum_{k=1}^{T} \sum_{i=1}^{N} x(k,i) P_i^{eng} \qquad (۲-۲)$$

۲-۴-۵-۳ الگوریتم تکاملی

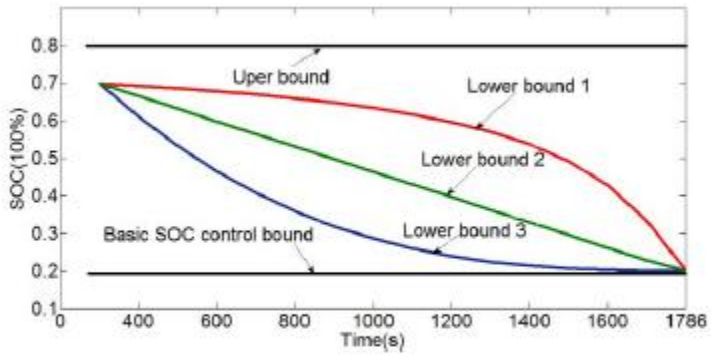
انگیزه‌های اصلی استفاده از الگوریتم تکاملی عبارتند از: ۱) در مقایسه با روش‌های بهینه سازی مشتقی یا شبیه سازی های سنتی، الگوریتم‌های تکاملی‌ها ساده‌تر هستند و نیاز به مدل‌های پیچیده‌تر ریاضی ندارند؛ ۲) در حل مسائل بهینه سازی غیر محدب در جایی که چندین نقطه‌ی بهینه محلی وجود دارد بسیار خوب عمل می‌کند و ۳) برای مقابله با مشکلات بهینه سازی چند منظوره، استفاده از الگوریتم تکاملی بسیار انعطاف پذیر است.

۲-۴-۵-۴ استراتژی کنترلی شارژ باتری

انتخاب یک استراتژی مناسب برای کنترل SOC برای دستیابی به سوخت مطلوب اقتصادی در PHEV بسیار مهم است. در فرمول بندی‌ای که قبلا ارائه شده است، محدودیت اصلی SOC تعریف می‌شود. بدین معنی که در هر مرحله SOC باید در محدوده از پیش تعریف شده (از جمله ۰. ۲ تا ۰. ۸) باشد تا از آسیب رسیدن به باتری جلوگیری شود. بسته با این حال، این محدودیت ممکن است به اندازه کافی برای سرعت بخشیدن به جستجو برای راه حل بهینه نباشد. از این رو، محدودیت اضافی برای استفاده از باتری (به عنوان مثال، مرجع SOC باید برای بهبود خط EMS معرفی شود. برای بررسی اثربخشی راهبردهای مختلف SOC در چارچوب

www.sbargh.ir

پیشنهادی، دو نوع استراتژی کنترل SOC، یعنی کنترل مرجع و کنترل خودکار، در این مطالعه طراحی و ارزیابی شده است.



شکل ۲-۲۳: مرجع سیگنال های کنترلی

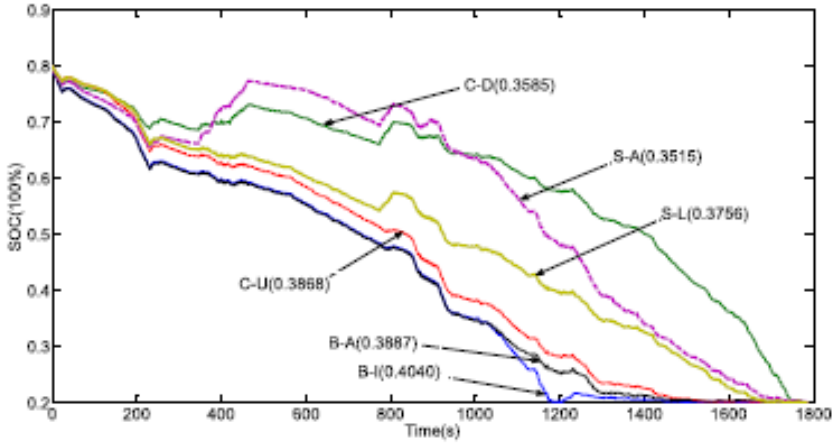
۲-۴-۶ بهینه سازی آنلاین

برای ارزیابی عملکرد استراتژی‌های پیشنهادی خطی EMS، آن‌ها را با کنترل استراتژیک باینری معمول (قابل اجرا در زمان واقعی) و همچنین استراتژی کنترل مطلوب جهانی خارج از خط (با استفاده از برنامه نویسی دینامیکی) مقایسه می‌کنیم. مقایسه‌ها در هر دو سناریو تک مسیره و چندین مسیره انجام می‌شود. هنگامی که آزمایش تک مسیره انجام می‌شود، مصرف سوخت و پروفیل‌های SOC با استراتژی‌های مختلف در شکل ۲-۲۴ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، الگوریتم SA پیشنهاد شده با کمترین مصرف سوخت (۰. ۳۵۱۵ گالن) تنها ۱. ۵۶٪ بدتر از بهینه جهانی به دست آمده است. به عنوان مثال، SOC بسیار سریع در استراتژی B-I کاهش می‌یابد و در حدود ۱۲۰۰ ثانیه به پایین‌ترین حد (یعنی ۰. ۲) می‌رسد زیرا استفاده از قدرت باتری همیشه در هر زمانی که در دسترس است اولویت بندی می‌شود. بنابراین، ICE باید بیشتر از قدرت مورد نیاز را پس از ۱۲۰۰ ثانیه عرضه کند. این بسیار شبیه به موارد استراتژی B-A و C-U است.

در حالتی که قدرت باتری نیز در ابتدای سفر با شدت بسیار کم مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر،

www.sbargh.ir

استراتژی‌های S-L و C-D بهتر عمل می‌کنند از آنجا که قدرت باتری خود را در طول سفر با احتیاط مورد استفاده قرار می‌گیرد. این یافته‌ها با نتایج بسیاری از مطالعات دیگر مطابقت دارد، در این صورت توزیع نرمال باتری از مصرف باتری در طول مسیر باعث افزایش بازده سوخت می‌شود.



شکل۲-۲۴: نتایج در سیگنال های کنترلی مختلف

۲-۴-۷ نتیجه گیری

در این مطالعه، چارچوب یک سیستم مدیریت انرژی در خط برای وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین را توسعه می‌دهیم. چارچوب استراتژی خود سازگار برای کنترل وضعیت خودرو (SOC) در افق نورد به منظور پیاده سازی در زمان واقعی است. کنترل SOC وسیله نقلیه به عنوان یک مشکل بهینه سازی ترکیبی است که می‌تواند با الگوریتم توزیع تخمینی (EDA) به طور موثر حل شود. سیستم مدیریت انرژی پیشنهاد شده به طور جامع با استفاده از تعدادی از پروفایل‌های سفر استخراج شده از داده‌های ترافیکی در دنیای واقعی ارزیابی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که استراتژی کنترل اقتدارگرا که در سیستم پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از راهبرد کنترلی کنترل باینری معمولی با میانگین صرفه جویی در مصرف سوخت ۱۰. ۷٪

www.sbargh.ir

بدون توجه به فرصت شارژ و صرفه جویی در مصرف سوخت ۳۱. ۵٪ با توجه به فرصت شارژ، برتر است. تجزیه و تحلیل عملکرد زمان واقعی نشان می‌دهد که حالت پیشنهادی بسیار محاسباتی کارآمد است و می‌تواند در زمان واقعی با استفاده از بهینه سازی تکاملی اجرا شود.

۲-۵ مقاله چهارم [۴]

عنوان: مدیریت انرژی بهینه برای HEVs با توجه به مسائل زیست محیطی با استفاده از کنترل پیشبین Bi-level

۲-۵-۱ چکیده

استفاده وسیع از سیستم ناوبری داخلی خودرو، وسایل نقلیه را به سمت تغییر و بهبود بهره وری انرژی سوق می‌دهد. در این مقاله، یک استراتژی مدیریت انرژی محاسباتی با استفاده از کنترل پیش بین برای یافتن تقسیم گشتاور بهینه، انتقال دنده و کنترل سرعت یک خودرو الکتریکی هیبریدی موازی (HEV) پیشنهاد شده است. وسایل نقلیه در رانندگی شهری در نظر گرفته شده است. یعنی مسیر خودرو توسط زیرساخت‌ها (نشانه‌های جاده‌ای) و وسایل نقلیه دیگر (ترافیک) محدود می‌شود. محدود بودن نسبت دنده‌های گسسته، دینامیک غیرخطی وسایل نقلیه و به خصوص مقیاس‌های زمانی مختلف بین مسیر سرعت و بهینه سازی تقسیم گشتاور، پیدا کردن متغیرهای کنترل در یک مسئله بهینه را کاملا چالش برانگیز کرده است. بنابراین، این مقاله با استفاده از روش دو سطح برای کاهش زمان محاسبات و ساده سازی مساله ی کمینه سازی با جدا کردن اجزای آن به حل این مهم می‌پردازد. در حلقه بیرونی، مسیر یابی سرعت بهینه با حل یک مسئله بهینه مطلوب متغیر با زمان غیر خطی با استفاده از روشKrylov برای بهبود بهره وری محاسباتی بدست می‌آید. به عنوان مساله ی دوم، یک راه حل بهینه از نسبت اختلاف گشتاور بهینه و چرخش چرخ دنده با ترکیب حداقل اصل Pontryagin و روش‌های عددی در چارچوب MPC ارائه می‌شود. نتایج شبیه سازی بر روی یک

www.sbargh.ir

مدل AMESim از یک HEV با سرعت انتقال دستی و اتوماتیک در طی چندین آزمایش رانندگی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که هر دو مقوله‌ی بهره وری انرژی و سرعت محاسباتی بهبود یافته است.

۲-۵-۲ فرمولبندی مساله

برای مسأله بهینه مسیر سرعت، هدف یافتن سرعت بهینه خودرو است که مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، بدین ترتیب دستیابی به سبک رانندگی زیست محیطی می‌تواند به عنوان یک مسئله کنترل بهینه مطرح شود که عبارت است از:

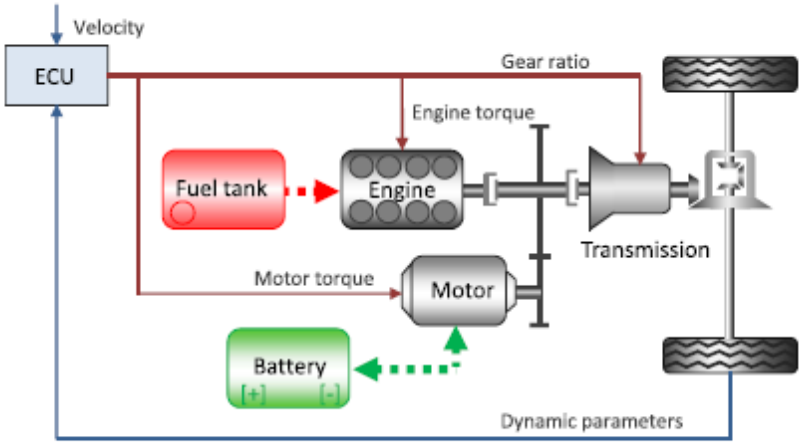
$$\text{Min J} = \theta\,(x(t+T)) + \int_t^{t+T} L\,(x,u,t)\,dt \qquad (۳-۲)$$

از نقطه ضعف قدرت یک ماشین، مصرف عمدتا به دلیل مقاومت در برابر آیرودینامیک کششی، مقاومت نورد و مقاومت گرادیان است که به صورت

$$P_{loss}\,(x,u,t) = \tfrac{1}{2}\,\rho c_d A_f v^3\,(t) + M c_r g v(t) \qquad (۴-۲)$$

توپولوژی انتقال نیرو HEV در شکل ۲-۲۵ نشان داده شده است. در پاسخ به تقاضای مثبت قدرت، بسیاری از مسیرهای جریان برق را می‌توان در نیروی موازی HEV ایجاد کرد.

www.sbargh.ir



شکل ۲-۲۵: توپولوژی سیستم مورد مطالعه

۲-۵-۳ ارزیابی سیستم کنترل وسایل نقلیه

این بخش نتایج چند شبیه سازی را برای نشان دادن اعتبار بهینه سازی پیشنهاد شده در دو سطح و مشاهده راندمان انرژی ارائه می‌دهد. برای این مطالعه یک سیستم قدرتمند هیبریدی خنک کننده خودروی سواری برای این مطالعه انتخاب شده است که پارامترها در جدول ۲-۷ نشان داده شده است.

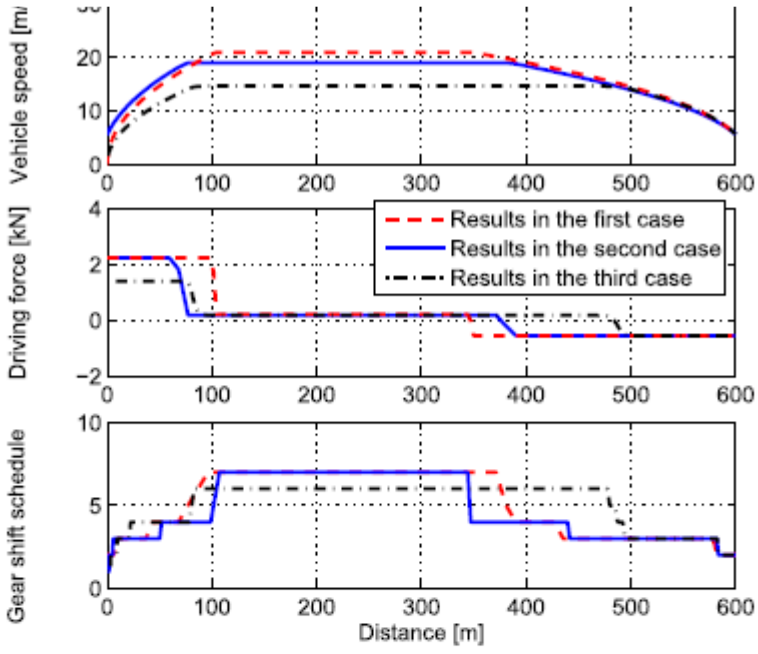
جدول ۲-۷: پارامترهای خودرو

Symbol	Description	Value [Unit]
M	Vehicle mass	1800 [kg]
ρ	Air density	1.205 [kg/m^3]
A_f	Face area	2.08 [m^2]
c_d	Coefficient of air resistance	0.36
i_0	Final drive speed ratio	3.94
f	Coefficient of rolling resistance	0.011
η_t	Drive train total efficiency	0.96
r	Dynamic tire radius	0.33 [m]
i_{g1}	First gear ratio	4.1627
i_{g2}	Second gear ratio	2.4492
i_{g3}	Third gear ratio	1.6053
i_{g4}	Fourth gear ratio	1.2046
i_{g5}	Fifth gear ratio	0.9203
i_{g6}	Sixth gear ratio	0.7048
i_{g7}	Seventh gear ratio	0.5429

www.sbargh.ir

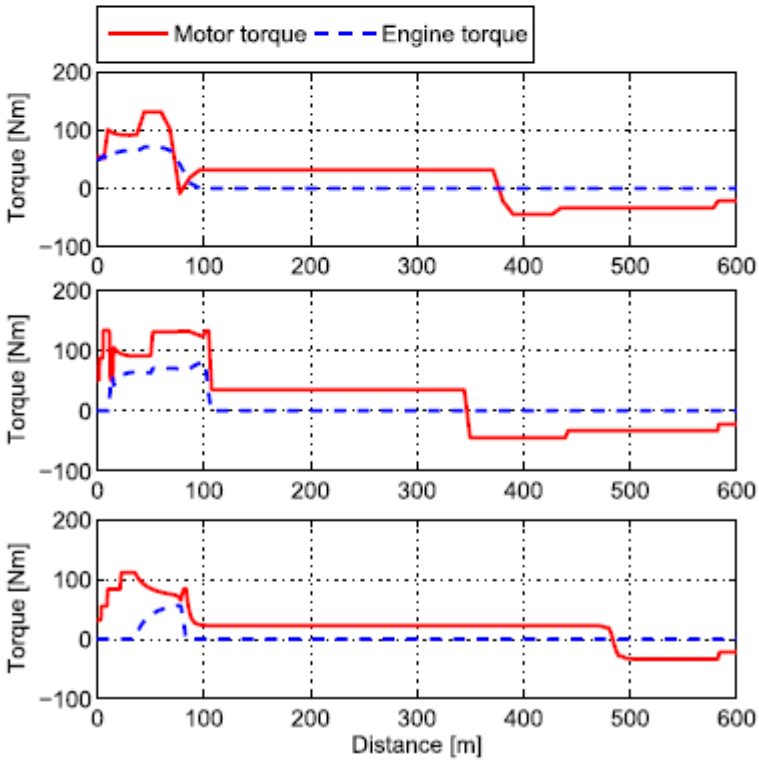
۴-۵-۳ نتایج شبیه سازی

اولین سناریو در ترافیک کم تراکم انجام می‌شود. سه مورد مطالعه تحت شرایط مختلف مرزی با همان فاصله اولیه از همان نقطه شروع انجام می‌شود. اولین مورد $v_0 = 0km/h$، $s_f = 600m$، $t_f = 40s$، v_f = نشان می‌دهد که وسیله نقلیه خود را با سرعت بخشیدن به جلو، تقاطع عبور می‌دهد. مورد دوم $v_0 = 20km/h$، $t_f = 40s$، $s_f = 600m$ $v_f = 20km/h$ نشان می‌دهد که وسیله نقلیه می‌تواند تقاطع را در فاز سبز عبور دهد. و در مورد سوم $v_0 = 0km/h$ ، $S_f = 600m$، $t_f = 50s$، $v_f = 20km/h$، وسیله نقلیه با سرعت پایین‌تر برای عبور از تقاطع در فاز سبز بعدی حرکت می‌کند. شکل‌های ۲-۲۶ و ۲-۲۷ مسیرهای سرعت، نیروی رانندگی، برنامه چرخش چرخ دنده و گشتاور را نشان می‌دهند. در مقایسه با دو مسیر اول سرعت، ما می‌توانیم مشاهده کنیم که متغیر کنترل بهینه با شرایط مرزی تغییر می‌کند. هنگامی که وسیله نقلیه بر روی یک سرعت اولیه اولیه حرکت می‌کند، زمان کمتری برای سرعت بخشیدن به آن می‌گیرد و زمان آن طولانی‌تر از زمان رانندگی خودرو در سرعت اولیه پایین‌تر است. سومین سناریو، با دو مورد اول متفاوت است، نشان می‌دهد که ساعات طولانی‌تر و مصرف انرژی پایین‌تر است.



www.sbargh.ir

شکل ۲-۲۶: نتایج شبیه سازی



شکل ۲-۲۷: گشتاور موتور

۲-۶ مقاله پنجم [۵]

عنوان: استراتژی کنترل جهانی مدیریت انرژی بهینه برای وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی متصل به چهار چرخ

۲-۶-۱ چکیده

این مطالعه جدیدترین راهبرد کنترل مدیریت انرژی جهانی سلسله مراتبی را برای گروهی از وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی متصل به چهار چرخ متحرک (HEVs) در شرایط جاده شهری ارائه می‌دهد. در کنترل کننده سطح بالاتر، اطلاعات فاز و زمانبندی سیگنال و سرعت گردش کافی به ترتیب برای تولید سرعت هدف برای HEVs ترکیب شده است. یک چارچوب کنترل پیش بین که بر ردیابی سرعت هدف و متغیر کنترل

www.sbargh.ir

مورد نظر مرتبط با هر وسیله نقلیه اختصاص داده شده برای پیش بینی سرعت بهینه استفاده می‌شود. در کنترل کننده سطح پایین، یک ساختار برنامه ریزی پویا تشکیل شده است که از سرعت پیش بینی شده برای بهینه سازی مدیریت انرژی جهانی هر فرد HEV استفاده می‌کند. نتایج شبیه سازی مزایای کنترل کننده‌های سطح بالا و پایین‌تر را مورد تایید قرار می‌دهد.

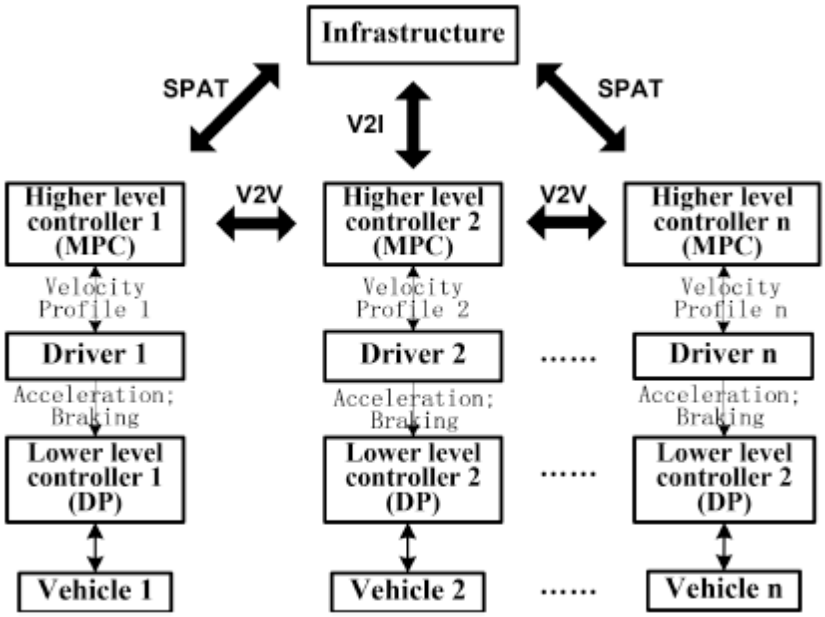
۲-۶-۲ ساختار سیستم و ساختار سیستم کنترلی

ساختار سیستم مورد بررسی و نیز ساختار طرح کنترلی پیشنهادی در شکل‌های ۲-۲۸ و ۲-۲۹ آورده شده است.

Note: CVT is short for continuously variable transmission, TM is short for traction motor, ISG is short for integrated starter and generator

شکل ۲-۲۸: ساختار خودروی مورد مطالعه

www.sbargh.ir



شکل ۲-۲۹: شماتیک کنترل کننده چند سطحی

۲-۶-۳ فرمول بندی مساله

مشخصات سرعت با توجه به بهره وری سوخت، تحرک و ایمنی وسایل نقلیه احتساب می‌شود. در این بخش، فرمول کنترل کننده سطح بالاتر ارائه شده است. دینامیک طولی خودرو بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} x_i = f_i(x_i, u_i) \\ f_i(x_i, u_i) = -\frac{1}{2M} C_D \partial_a A_{fi} v_i^2 - \partial g - g\sin\emptyset + u_i \end{cases} \quad (۲-۶)$$

v_i

www.sbargh.ir

۲-۶-۴ فرمول بندی کنترل کننده سطح پایین

از آنجا که چرخه رانندگی آینده از کنترل کننده سطح بالاتر پیش بینی شده است،DP برای به دست آوردن تقسیم گشتاور مطلوب بین موتور، استارت و ژنراتور و گشتاور موتور اتخاذ می‌شود. بر اساس اصل بلمن، یک مسئله چند مرحله‌ای به یک سری از مشکلات تک حالت تبدیل می‌شود و راه حل‌های بهینه در تک تک آن‌ها بررسی می‌شود که این امر در نهایت عملکرد هزینه مساله کنترل را به حداقل می‌رساند. مساله بهینه سازی مدیریت انرژی یک مساله غیر خطی و چند مرحله‌ای با متغیرهای کنترل و محدودیت‌های چندگانه است.

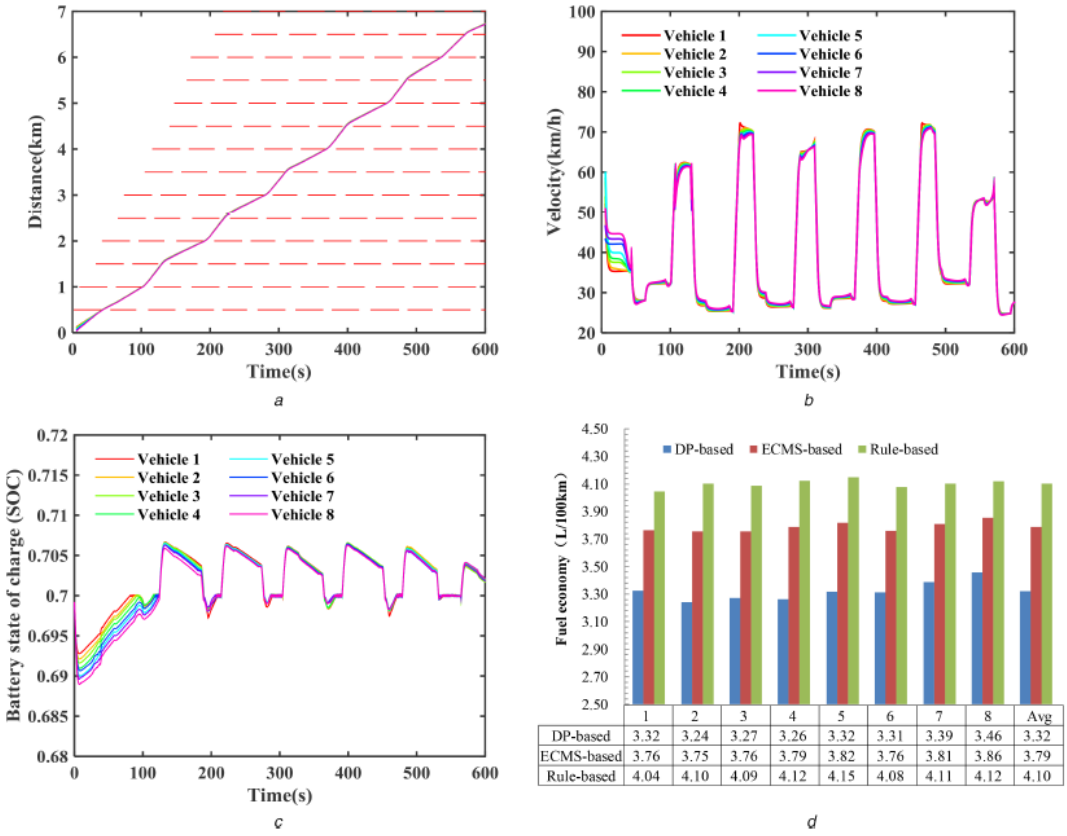
از آنجا که حالت شارژ (SOC) باتری را می‌توان برآورد کرد و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد برای توصیف روند تکامل آن، به عنوان متغیری ازDP انتخاب می‌شود.

۲-۶-۵ نتایج شبیه سازی

برای ارزیابی عملکرد کنترل پیشنهادی، سناریویی با هشت خودروی یکسان در یک جاده‌ای با چراغ‌های راهنمایی در هر ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است. زمان بندی‌های سیگنال، موقعیت‌های اولیه (با فواصل بین ۱۵ تا ۲۰ متر) و سرعت (با فواصل ۱۰ تا ۱۵ متر بر ثانیه) به طور تصادفی تولید می‌شوند و طول متوسط نور قرمز و نور سبز ۴۰ و ۱۵ ثانیه می‌باشد. برای سادگی، این زمان بندی‌ها، سیگنال نامیده می‌شود. به ترتیب، حداکثر و حداقل محدوده سرعت در ۷۲ و ۰ کیلومتر بر ساعت تعیین می‌شود، حداکثر و حداقل شتاب در ۱. ۵ و ۱. ۵ متر بر ثانیه تعیین می‌شود. فاصله نسبی مورد نظر ۵ متر است، زمان سرعتی ۱ ثانیه و ۰. ۰۸ ۰. ۰۸ است. افق پیش بینی ۸ ثانیه با سرعت گام ۰. ۵ ثانیه و زمان شبیه سازی کل ۶۰۰ ثانیه است. مدل خودرو از یک مدل با ثبات بالا در نرم افزار Autonomies انجام شده است. از آنجا که در این کار غیر PHEV در نظر گرفته شده است، برای SOC باتری ۷۰٪ پیشنهاد شده است.

www.sbargh.ir

برای ارزیابی مزایای روش پیشنهادی، اثربخشی هر دو سطح کنترل کننده‌ها بررسی شده است. در ابتدا، عملکرد پایه (از جمله جلوگیری از توقف نور، اجتناب از برخورد، و غیره) از چارچوب پیشنهاد شده ارزیابی می‌شود. علاوه بر این، به منظور اعتبار سنجی اثربخشی کنترل کننده سطح پایین مبتنی بر DP، مقایسه نتایج DP، ECMS و کنترل کننده‌های سطح پایین مبتنی بر قاعده، که معمولا از استراتژی‌های مدیریت انرژی در آن‌ها استفاده می‌شود، انجام شده است. در نهایت، به منظور اعتبار دادن مزایای کنترل کننده سطح بالاتر، نتایج روش پیشنهادی با سایر روشهای پایه مقایسه می‌شود. از آنجایی که این کار گسترش یک کار قبلی ما است، ما روش پیشنهادی را در کار قبلی خود عنوان کرده‌ایم و همچنین مدل خودروی Gipps به عنوان پایه انتخاب شده است. نتایج در شکل ۲-۳۰ قابل ملاحظه می‌باشد.



	1	2	3	4	5	6	7	8	Avg
DP-based	3.32	3.24	3.27	3.26	3.32	3.31	3.39	3.46	3.32
ECMS-based	3.76	3.75	3.76	3.79	3.82	3.76	3.81	3.86	3.79
Rule-based	4.04	4.10	4.09	4.12	4.15	4.08	4.11	4.12	4.10

شکل ۲-۳۰: نتایج شبیه سازی در سناریوهای مختلف با سیگنال های کنترلی

www.sbargh.ir

۶-۶-۲ نتیجه گیری

در این مقاله یک استراتژی مدیریت انرژی جدید سلسله مراتبی برای خودروهای برقی ارائه شد. کنترل کننده سطح بالاتر کنترل کننده ترکیبی از اطلاعات SPAT و سرعت‌های بهینه را برای تولید سرعت‌های هدف با استفاده از شیوه‌ی کنترل پیش بین پیشنهاد می‌دهد که یک مشکل ردیابی در این سیستم‌ها را حل می‌کند. علاوه بر این، کنترل کننده سطح پایین با استفاده از پیش بینی پروفیل سرعت مطلوب برای مدیریت انرژی هر وسیله نقلیه با یک استراتژی مبتنی بر DP استفاده می‌شود. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که با روش پیشنهادی، از تصادفات خودرو و توقف نور قرمز می‌تواند اجتناب شود تا ایمنی و تحرک خودرو بتواند تضمین شود. علاوه بر این، در مقایسه با روش‌های قبل، کنترل کننده پیشنهاد شده، باعث بهبود سوخت گیری از بعد اقتصادی می‌شود.

www.sbargh.ir

فصل سوم:

نتیجه گیری و پیشنهادها

www.sbargh.ir

۳-۱ نتیجه گیری

کنترل کننده‌های هیبرید مشخصات کیفی بسیار خوبی را بهمراه دارند. کنترل بهینه سیستم‌های هیبرید یکی از زمینه‌های تحقیقاتی فعال ، پویای امروز در تئوری کنترل و کاربرد آن است. خودروهای هیبرید گامی بزرگ در راستای بهره بری بهینه از منابع انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی می‌باشند. راندمان بالا ، آلایندگی بسیار کم ، مسافت قابل پیمایش بالا قابلیت اطمینان مطلوب ، قیمت قابل رقابت از جمله مباحث قابل مطرح در این زمینه می‌باشند.

با بررسی مقالات مطالعه شده می‌توان نتیجه گرفت بررسی نتایج شبیه سازی، انتظار می‌رود که یک خودروی هیبریدی- الکتریکی پیل سوختی عملی و کارآمدی با استفاده از استراتژی کنترل انرژی موازی قابل بهره برداری باشد، البته استفاده از این روش ممکن است تمام نتایج را در همه حاالت عملکردی خودرو تضمین نکند، اما یک روش مدیریت انرژی مؤثر و رضایت بخش در کنترل سیستم هیبریدی را فراهم می‌نماید.

۳-۲ پیشنهادها

استفاده از الگوریتم‌های هوشمند نسل جدید مانند الگوریتم خفاش، کرم شبتاب، گرگ خاکستری و ... در بهینه سازی های انجام شده در خودروهای برقی و بویژه هیبریدی کمتر دیده می‌شود. می‌توان با استفاده از این الگوریتم‌ها نتایج خروجی این سیستم‌ها را بررسی و با حالات قبل مقایسه کرد. همچنین بحث تبادل بهینه‌ی توان بین این سیستم‌ها با شبکه‌ی برق نیز می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد. بدین شکل که این سیستم‌ها نه فقط به صورت بار، بلکه از بعد تولید کننده‌ی انرژی نیز مورد مطالعه قرار گیرند.

مراجع

www.sbargh.ir

[1] Elkhatib Kamal and Lounis Adouane," Intelligent Energy Management Strategy based on Artificial Neural Fuzzy for Hybrid Vehicle", IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, DOI 10.1109, 2017

[2] Elkhatib Kamal and Lounis Adouane, "Hierarchical Energy Optimization Strategy and its Integrated Reliable Battery Fault Management for Hybrid Hydraulic-Electric Vehicle", IEEE Transactions on Vehicular Technology, DOI 10.1109, 2018

[3] Xuewei Qi, Member, IEEE, Guoyuan Wu, Kanok Boriboonsomsin, Matthew J. Barth," Development and Evaluation of an Evolutionary Algorithm-Based Online Energy Management System for Plug-In Hybrid Electric Vehicles", IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2017

[4] Lulu Guo, Bingzhao Gao, Ying Gao, and Hong Chen, "Optimal Energy Management for HEVs in Eco-Driving Applications Using Bi-Level MPC", IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2017

[5] Lihong Qiu, Lijun Qian , Hesam Zomorodi, Pierluigi Pisu, "Global optimal energy management control strategies for connected four-wheel-drive hybrid electric vehicles", IET Intelligent Transport Systems, 2017