بسم الله الرحمن الرحيم

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب امین رحیمی متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می باشد.

امین رحیمی .

دانشکده مهندسی مکانیک

مدل سازی و شبیه سازی خودروی تولید داخل به صورت هیبرید الکتریکی با نرم افزار *ADVISOR*

نگارش

امین رحیمی

اساتید راهنما: دکتر مهرداد نوری خاجوی

دکتر غلامحسن پایگانه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک(سیستم محرکه خودرو)

دیماه ۱۳۹۱

تقدیم به

پدرم به استواری کوه...

مادرم به زلالی چشمه...

همسرم به صمیمیت باران...

دخترم به طراوت شبنم...

قدردانی و تشکر

از دســت و زبــان کــه بر آید کز عهده ی شکرش به در آید

« من لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق »

با حمد و سپاس به درگاه باری تعالی، از زحمات والدین دلسوز و مهربانم که در تمام مراحل زندگی یاور و مشوّق حقیر بوده و هرگونه موفقیّت هر چنــد ناچیز خود را مرهون دل نگرانی هــا و دعای خیر ایشــان می دانم قدردانی و از درگاه ایزد منّان سلامتی و طول عمر برایشان مسئلت می نمایم.

همچنین از محضر اساتید راهنمای معظّم خود آقایان **دکتر مهرداد نوری خاجوی** و **دکتر غلامحسن پایگانه** که با راهنــمایی های بموقع و گره گشای خود نقش اســاسی را در تکمیــل این پروژه ایفــا نمودند بی نهایت قدردانی می نمایم.

بدون شک همراهی و تحمّل سختی های گوناگون زندگی توسط همسر نازنینم در طی دوران تحصیلم هرگز فراموش نخواهد شد.

چکیده

بهبود خودروهای موجود از نظر کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها به دلیل عواملی چون کاهش ذخایر سوخت های فسیلی، افزایش روز افزون مصرف فراورده های نفتی، گرمایش جهانی و مسایل زیست محیطی برای دولت ها و صاحبان صنایع امری ضروری است. به همین دلیل خودروهای هیبرید الکتریکی به عنوان بهترین طرح جایگزین برای ارائه ی خودرویی با مصرف سوخت و آلایندگی کمتر و قیمت مالی قابل رقابت با خودروهای متداول امروزی محسوب می گردند. به دلیل پیچیدگی و هزینه ی بالای دستیابی به طرحی بهینه از یک خودروی هیبریدی که نیازمند استفاده ی همزمان از هر دو نیروی محرکه ی مکانیکی و الکتریکی است، نیاز به مدل سازی و شبیه سازی با نرم افزار های کارآمد می باشد. از بین نرم افزار های موجود، نرم افزار شبیه ساز پیشرفته ی خودرو (ADVISOR) که توسط آزمایشگاه ملی انرژی های تجدید پذیر آمریکا تهیه شده است، جایگاه ویژه ای دارد. در این پایان نامه پس از بررسی خودروهای هیبرید الکتریکی، روش طراحی و مدل سازی آن توسط ADVISOR بیان گردیده است و با تغییر مؤلفه های طراحی در محیط نرم افزار، خودروی هیبرید الکتریکی پژو ۴۰۵ بدون اعمال تغییرات در بدنه و بخش های اساسی خودرو، طراحی و شبیه سازی گردیده و در پایان نتایج بهبود میزان مصرف سوخت و آلایندگی در سیکل رانندگی مناسب شهر تهران و سیکل رانندگی بزرگراهی ارائه شده است.

یک خط خالی

کلمات کلیدی

خودروی هیبرید الکتریکی – کاهش مصرف سوخت– سیکل رانندگی– آلایندگی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

تائیدیه هیئت داوران.....آ

تقدیم.....ب

تشکر و قدردانی.....ت

چکیده.....ث

فهرست مطالب.....ج

فهرست جداول..... ر

فهرست شکل ها..... ز

فهرست علائم و اختصارات.....ظ

فصل اول- مقدمه

۱- ۱- مقدمه.....۱

۱- ۲- اهداف اصلی پژوهش.....۲

۱-۳- فرضیه های پژوهش.....۳

۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده ۴

فصل دوم – کلیات

۲-۱- مفهوم زنجیره ی قدرت در خودروهای هیبرید الکتریکی.....۷

۲-۲- ساختارهای مختلف خودروهای هیبریدی.....۸

۲-۲-۱- سیستم های هیبرید سری.....۹

۲-۲-۲- سیستم های هیبرید موازی..... ۱۰

۲-۲-۳- سیستم های هیبرید سری-موازی..... ۱۱

۲-۳- انتخاب آرایش مناسب برای زنجیره ی قدرت و اهداف مهم طراحی برای خودروی مورد نظر در این پایان نامه..... ۱۲

۲-۴- طراحی پارامتری زنجیره ی قدرت در خودروهای هیبرید الکتریکی..... ۱۳

۲-۴-۱- طراحی موتور احتراق داخلی..... ۱۴

۲-۴-۲- طراحی موتور الکتریکی..... ۱۵

۲-۴-۳- طراحی واحد ذخیره ی انرژی..... ۱۸

۲-۵- شبیه سازی..... ۲۰

۲-۶- درجه ی هیبریداسیون..... ۲۰

۲-۶-۱- روش تعیین درجه ی هیبریداسیون بهینه و تأثیر آن بر مشخصه های خودرو..... ۲۱

۲-۷- تغییرات مورد نیاز در خودرو پس از هیبریداسیون..... ۲۴

۲-۷-۱- سیستم خنک کاری..... ۲۵

۲-۷-۲- سیستم ترمز..... ۲۶

۲-۷-۲-۱- سیستم ترمز بازیاب..... ۲۷

۲-۷-۳- سیستم فرمان..... ۲۹

۲-۸- سیستم کنترل هیبرید..... ۲۹

۲-۹- مراحل هیبریدی نمودن یک خودروی معمولی..... ۳۲

۲-۹-۱- خاموش شدن موتور در حالت توقف..... ۳۲

۲-۹-۲- بازیافت انرژی توسط ترمز بازیاب..... ۳۲

۲-۹-۳- سیستم کمک توان و کوچک سازی موتور..... ۳۳

۲-۹-۴- حرکت خودرو به صورت تمام الکتریکی..... ۳۴

۲-۹-۵- پیمایش تمام الکتریکی گسترش یافته..... ۳۵

۲-۱۰- مقایسه ی خودروهای هیبرید پلاگ-این و هیبرید استاندارد..... ۳۵

فصل سوم –استراتژی های کنترل خودروهای هیبریدی

۳-۱- مقدمه ۳۶

۳-۲- استراتژی های کنترل خودروی هیبرید الکتریکی سری..... ۳۷

۳-۲-۱- استراتژی کنترل ترموستاتیک..... ۳۷

۳-۲-۲- استراتژی کنترل توان پیرو..... ۳۹

۳-۲-۳- متغیرهای استراتژی کنترلی ترموستاتیک برای خودروی شبیه سازی شده..... ۴۰

۳-۳- استراتژی های کنترل خودروی هیبرید الکتریکی موازی..... ۴۰

۳-۳-۱- استراتژی کنترل حداکثر شارژ منابع ذخیره ی انرژی..... ۴۱

۳-۳-۲- استراتژی کنترلی ترموستاتیک (موتور بنزینی روشن/خاموش)..... ۴۲

۳-۳-۳- استراتژی کنترلی تطبیقی..... ۴۳

۳-۳-۴- استراتژی کنترل منطق فازی..... ۴۴

۳-۳-۵- استراتژی کنترلی الکتریک کمکی موازی..... ۴۵

فصل چهارم–شبیه سازی

۴-۱- شبیه سازی با نرم افزار Advisor ۴۸

۴-۲- مقایسه ی نتایج شبیه سازی خودروی هیبرید الکتریکی هوندا اینسایت با نتایج ارائه شده توسط NREL..... ۵۰

۴-۳- بلوک دیاگرام خودروی شبیه سازی شده..... ۵۱

۴-۴- مدل سازی خودرو..... ۵۳

۴-۵- مشخصات موتور احتراق داخلی (مبدل سوخت) خودروی شبیه سازی شده..... ۵۳

۴-۶- منابع ذخیره ی انرژی برای خودروی شبیه سازی شده..... ۵۵
۴-۷- سیکل رانندگی..... ۵۶
۴-۸- مدلسازی موتور الکتریکی برای خودروی شبیه سازی شده..... ۵۷
۴-۹- سیستم انتقال قدرت..... ۵۸
۴-۱۰- شبیه سازی..... ۵۹
۴-۱۰-۱- شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی با نرم افزار Advisor..... ۵۹
۴-۱۰-۲- شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ هیبرید الکتریکی موازی با نرم افزار Advisor..... ۶۱
۴-۱۰-۳- شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ هیبرید الکتریکی سری با نرم افزار Advisor..... ۶۶

فصل پنجم– بحث و نتیجه گیری

۵- نتیجه گیری ۶۷
۵-۱- پیامدهای مصرف سوخت و صرفه ی اقتصادی..... ۶۷
۵-۲- پیامدهای زیست محیطی..... ۶۸
۵-۳- نتایج..... ۶۹
۵-۴- پیشنهادات ۶۹
مقالات ارائه شده..... ۷۱
منابع و مراجع..... ۷۲
چکیده انگلیسی
عنوان انگلیسی

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول ۲-۱- برخی از مشخصات خودروی پژو ۴۰۵..... ۱۴

جدول ۲-۲- نتایج شبیه سازی بدست آمده در نرم افزار Advisor برای خودروی مورد نظر در یک سیکل رانندگی شهری..... ۲۳

جدول ۴-۱- مقایسه ی نتایج شبیه سازی خودروی هیبرید الکتریکی هوندا اینسایت..... ۵۱

جدول ۴-۲- مشخصات خودروی پژو ۴۰۵..... ۵۳

جدول ۴-۳- مشخصات موتور احتراق داخلی بکار رفته در خودروی شبیه سازی شده..... ۵۴

جدول ۴-۴- مشخصات منبع ذخیره ی انرژی بکار رفته در خودروی شبیه سازی شده..... ۵۵

جدول ۴-۵- مقایسه ی سیکل های رانندگی FTP و HWFET..... ۵۷

جدول ۴-۶- مشخصات گیربکس مورد استفاده در شبیه سازی..... ۵۸

جدول ۴-۷- میزان استاندارد آلاینده ها در خودروهای بنزینی سواری و وانت..... ۶۱

جدول ۴-۸- نتایج شبیه سازی برای خودروی هیبرید الکتریکی موازی بر اساس استراتژی های کنترلی موجود در Advisor..... ۶۵

فهرست شکلها

شکل **صفحه**

شکل ۱-۱: عملکرد خودروی با سامانه خاموش–روشن کردن موتور در سیکل استاندارد تست آلایندگی.....۵

شکل ۲-۱: توضیح مفهومی زنجیره ی قدرت در خودروهای هیبرید الکتریکی.....۸

شکل ۲-۲: ساختار خودروی هیبرید الکتریکی سری.....۹

شکل ۲-۳: ساختار خودروی هیبرید الکتریکی موازی.....۱۰

شکل ۲-۴: ساختار خودروی هیبرید الکتریکی سری-موازی.....۱۱

شکل ۲-۵: ساختار خودروی هیبرید الکتریکی موازی با کوپل گشتاور.....۱۲

شکل ۲-۶: سرعت خودرو، توان موتور احتراق داخلی و توان مقاوم بر حسب زمان شتاب گیری.....۱۶

شکل ۲-۷: دیاگرام نیروی رانشی خودرو در شیب های مختلف بر حسب سرعت برای یک خودروی نمونه.....۱۷

شکل ۲-۸: زمان و مسافت شتاب گیری بر حسب سرعت خودرو.....۱۷

شکل ۲-۹: انرژی مصرفی توسط موتور احتراق داخلی و واحد ذخیره ی انرژی در طول شتاب گیری ماکزیمم.....۱۸

شکل ۲-۱۰: تغییرات انرژی در واحد ذخیره ی انرژی، توان موتور الکتریکی، توان موتور احتراق داخلی و سرعت خودرو در سیکل FTP75 با استراتژی کنترل ماکزیمم سطح شارژ واحد ذخیره ی انرژی.....۱۹

شکل۲-۱۱: نمونه ای از خروجی برای تعیین درجه ی هیبریداسیون.....۲۳

شکل۲-۱۲: مدلی از ترمز بازیاب.....۲۹

شکل ۲-۱۳: شکل شماتیک واحد کنترل هیبرید.....۳۱

شکل ۲-۱۴: شکل شماتیک چرخه ی آتکینسون.....۳۴

شکل ۳-۱: بلوک دیاگرام استراتژی کنترل ترموستاتیک در خودروی هیبرید سری.....۳۸

شکل ۳-۲: تأثیر برخی از متغیرهای کنترلی در استراتژی کنترلی توان پیرو در خودروی هیبرید سری.....۳۹

شکل ۳-۳: نمودار استراتژی کنترلی حداکثر شارژ منابع دخیره ی انرژی در خودروی هیبرید الکتریکی موازی.....۴۲

شکل ۳-۴: شکل استراتژی کنترل ترموستاتیک (موتور روشن/خاموش) در خودروی هیبرید الکتریکی موازی.....۴۳

شکل۳-۵: بلوک دیاگرام استراتژی کنترل تطبیقی در خودروی هیبرید موازی.....۴۴

شکل ۳-۶: واحد کنترل منطق فازی.....۴۵

شکل ۳-۷: استراتژی کنترل الکتریک کمکی موازی وقتی که سطح شارژ باتری بیشتر از پایین ترین حالت شارژ باتری باشد ۴۶

شکل۳-۸: استراتژی کنترل الکتریک کمکی موازی وقتی که سطح شارژ باتری کمتر از پایین ترین حالت شارژ باتری باشد ۴۷

شکل ۴- ۱ : بلوک دیاگرام خودروی پژو ۴۰۵ معمولی.....۵۲

شکل ۴- ۲ : بلوک دیاگرام خودروی پژو ۴۰۵ به صورت هیبرید الکتریکی موازی.....۵۲

شکل ۴- ۳ : بلوک دیاگرام خودروی پژو ۴۰۵ به صورت هیبرید الکتریکی سری.....۵۲

شکل ۴- ۴: نقاط کاری موتور احتراق داخلی خودروی پژو ۴۰۵.....۵۴

شکل ۴- ۵: سیکل رانندگی FTP ۵۶

شکل ۴-۶: سیکل رانندگی HWFET ۵۷

شکل ۴-۷: شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی در سیکل رانندگی شهری.....۵۹

شکل ۴- ۸ : شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی در سیکل رانندگی بزرگراهی.....۶۰

شکل ۴- ۹ : شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی در سیکل رانندگی شهری.....۶۲

شکل ۴- ۱۰ : شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی در سیکل رانندگی بزرگراهی.....۶۲

شکل ۴- ۱۱ : نتایج تست شهری – بزرگراهی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی.....۶۳

شکل ۴- ۱۲ : نتایج تست FTP خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی.....۶۴

شکل ۴- ۱۳: نتایج تست SAE J1711 خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی...۶۴

شکل ۴- ۱۴: نتایج تست جاده ی واقعی و مقایسه ی آن با تست FTP برای خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی موازی.....۶۵

شکل ۴-۱۵: سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی سری در سیکل رانندگی شهری.....۶۶

شکل ۴-۱۶: سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی سری در سیکل رانندگی بزرگراهی.....۶۶

فهرست علائم و اختصارات

شبیه ساز پیشرفته ی خودرو ..... ADVISOR

خودروهای هیبرید الکتریکی ..... HEV

آزمایشگاه ملی انرژی های تجدید پذیر ..... NRLE

آژانس حفاظت از محیط زیست ..... EPA

واحد کنترل موتور ..... ECU

واحد کنترل هیبرید..... HCU

سیکل رانندگی جدید اروپا..... NEDC

سیستم استارت-ژنراتور یکپارچه..... ISG

سیستم استارت-ژنراتور جداگانه..... BSG

سطح شارژ منابع ذخیره ی انرژی..... SOC

موتور الکتریکی..... EM

موتور احتراق داخلی..... ..... ICE

واحد ذخیره ی انرژی..... PPS

درجه ی هیبریداسیون ..... DOF

استراتژی کنترلی تطبیقی ..... ACS

کنترل منطق فازی ..... FLC

سیکل رانندگی برای آزمایش میزان مصرف سوخت در بزرگراه ها ..... HWFET

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

پس از یک قرن تحقیق و توسعه در زمینه ی بهینه کردن خودروها، محققان همچنان به دنبال راه حل هایی برای افزایش بازده و کاهش مصرف سوخت آن ها هستند. تا همین اواخر خودروهای الکتریکی به عنوان یک راه حل برای مشکل سوخت مطرح می شدند. اما با توجه به توسعه ی محدود و ناکافی باتری ها به عنوان منابع تأمین کننده ی انرژی، محققان به سمت راه حل های دیگری متمایل شدند[۱]. بهبود خودروهای موجود از نظر کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها به دلیل عواملی چون محدودیت ذخایر سوخت های فسیلی، افزایش روزافزون مصرف بنزین، گرمایش جهانی و مشکلات زیست محیطی برای دولت ها و صاحبان صنایع خودروسازی ضروری است. خودروها یکی از اصلی ترین مصرف کننده ی سوخت های فسیلی و عوامل تولید آلاینده ها هستند؛ به همین دلیل خودروهای هیبرید الکتریکی[1] اکنون بیش از دو دهه به عنوان یکی از امکان پذیرترین و مؤثرترین جایگزین مولد قدرت در خودروهای امروزی مطرح هستند و بسیاری از کشورها و شرکت های خودروسازی معتبر اقدام به سرمایه گذاری بر روی آن کرده اند[۲].

در ایران به دلیل آن که طراحی و تولید خودروهای هیبرید الکتریکی به طور جداگانه مستلزم هزینه و تکنولوژی بالایی است؛ در حال حاضر یکی از راه حل های مؤثر، هیبرید سازی خودروهای تولیدی شرکت های خودروساز داخلی است.

دو نوع مهم خودروهای هیبریدی، نوع سری و نوع موازی می باشد. در نوع سری، موتور به صورت مستقیم به چرخ ها متصل نیست و انرژی باتری از طریق موتور الکتریکی به چرخ ها انتقال می یابد. در نتیجه موتور احتراق داخلی می تواند در دور بهینه ی مصرف سوخت مربوط به موتور احتراق داخلی کار کند. اما مشکل این خودروها نیاز به موتور الکتریکی حجیم برای تولید ماکزیمم توان مورد نیاز خودرو است. در خودروهای هیبرید الکتریکی موازی، این مشکل وجود ندارد. در این خودروها، موتور الکتریکی و موتور احتراق داخلی به طور مستقیم به چرخ ها متصل شده اند. در نتیجه قسمتی از توان مورد نیاز توسط موتور الکتریکی و بخشی نیز توسط موتور احتراق داخلی تأمین می شود که نیاز به موتور الکتریکی با توان و حجم

[1] – Hybrid Electric Vehicles

بالا را برطرف می کند. عیب اصلی خودروهای هیبرید الکتریکی موازی، اتصال مستقیم موتور احتراق داخلی به چرخ ها و عدم کارکرد در دور بهینه است[۳].

برای خودروی شبیه سازی شده در این پایان نامه، به دلیل هزینه ی تولید کمتر و بازدهی بالاتر، آرایش موازی بیشتر مد نظر بوده است ولی به سبب مقایسه ی هرچه بهتر نتایج شبیه سازی از نوع سری نیز استفاده شده است.

در این پایان نامه ابتدا نتایج به دست آمده از نرم افزار برای خودروی هوندای اینسایت، با نتایج NREL[۱] و EPA[۲] مقایسه گردیده است. سپس خودروی پژو ۴۰۵ معمولی در محیط نرم افزار شبیه سازی شده است و در پایان نتایج حاصل از این شبیه سازی با نتایج حاصل از شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ به صورت هیبرید الکتریکی مقایسه گردیده است.

۱-۲-اهداف اصلی پژوهش:

الف:اهداف کلی

۱ . شبیه سازی خودروی پژو ۴۰۵ معمولی به صورت هیبرید الکتریکی

۲ . بررسی استراتژی های کنترلی در زنجیره ی قدرت خودروهای هیبرید الکتریکی

ب: اهداف جزئی:

۱ . بررسی میزان کاهش مصرف سوخت

۲ . بررسی میزان کاهش آلایندگی

۳ . ارزیابی عملکرد خودروی شبیه سازی شده

[1] – National Renewable Energy Laboratory

[1] – Environmental Protection Agency

۴ . انتخاب استراتژی کنترلی مناسب جهت کاهش مصرف سوخت و آلایندگی

۱-۳- فرضیه های پژوهش:

- هیبرید سازی خودروهای تولیدی شرکت های خودروسازی داخلی با اعمال تغییرات بر روی آن ها امکان پذیر است.
- تأثیرات هیبریدسازی روی مصرف سوخت و آلایندگی بهینه است.
- اجرای استراتژی های کنترلی شناخته شده بر روی خودروی شبیه سازی شده امکان پذیر بوده و در بهبود عملکرد خودرو تأثیرات بهینه دارد.

۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده

فعالیت های بسیاری در زمینه ی خودروهای هیبرید الکتریکی انجام گرفته است. گائو و همکارانش در سال ۱۹۹۹ [۴] اثر ترمز بازیاب را بر روی خودروهای الکتریکی و هیبرید الکتریکی بررسی نموده اند. از جمله فعالیت های تحقیقاتی انجام یافته در داخل کشور در سال ۲۰۰۳ [۵] توسط نقی زاده و منتظری، در زمینه تحلیل شرایط ترافیکی برای بدست آوردن چرخه ی رانندگی[1] خودروها در شهر تهران می باشد که در این تحقیق از دو مشخصه ی رانندگی سرعت متوسط و درصد زمان توقف برای تعیین شرایط ترافیکی استفاده شده است. ون و همکارانش در سال ۲۰۰۴ [۶] یک بهینه سازی چند هدفه بر روی نحوه ی توزیع توان یک خودروی هیبرید الکتریکی موازی به همراه گیربکس CVT[2] انجام دادند. در سال ۲۰۰۴ خیر[3] و همکارانش [۷] یک کنترلر فازی برای خودروی هیبرید موازی به منظور کاهش مصرف سوخت و کاهش آلایندگی موتور طراحی کردند. منتظری و همکارانش در سال ۲۰۰۶ [۸] از الگوریتم ژنتیک[4] برای بهینه سازی مصرف سوخت و آلاینده های خودروی هیبرید الکتریکی موازی استفاده کرده اند. در سال ۲۰۰۷

[1] - Driving Cycle

[2] - Continuously Variable Transmission

[3] - Kheir

[4] - Genetic Algorithm

سلماسی [۹] تکامل، طبقه بندی، مقایسه و روند آینده ی استراتژی های کنترل برای وسیله ی نقلیه ی هیبرید الکتریکی را بررسی نمود. شوتن و همکارانش در سال ۲۰۰۷ [۱۰] استراتژی های کنترل توان برای خودروهای هیبرید الکتریکی موازی با استفاده از الگوریتم فازی را ارائه کردند. همچنین فرآیند بهینه سازی خودروی هیبرید الکتریکی موازی را به کمک بهینه کردن تمام قسمت های آن انجام دادند. برایان سو مینگ فان در سال ۲۰۰۷ [۱۱] مدل سازی و شبیه سازی خودروی هیبرید الکتریکی را با نرم افزار متلب/سیمیولینک و آدامز ارائه داد. در مقاله ای دیگر منتظری و همکارانش در سال ۱۳۸۸ [۱۲] مشخصه های رانندگی و تأثیر آن بر میزان مصرف سوخت و آلاینده های خودروهای دورگه ی برقی را مورد بررسی قرار داده اند. گائو و همکارانش در سال ۲۰۰۹ [۱۳] کنترل بهینه ی مصرف سوخت معادل یک خودروی هیبرید سری را مورد ارزیابی قرار دادند.

از بین شرکت های خودروسازی داخلی، شرکت مگاموتور در راستای دستیابی و عملیاتی سازی فناوری های جدید در عرصه ی قوای محرکه خودرو، فعالیت های خود را از سال ۱۳۸۵ در زمینه ی خودروهای هیبرید الکتریکی آغاز نموده است که ثمره ی آن پروژه های زیر است:

پروژه ی میکروهیبرید با سامانه ی خاموش-روشن کردن موتور[1] که تا فاز نمونه سازی بر روی خودروی پراید صبا انجام شده است. سامانه ی خاموش-روشن کردن موتور به سامانه ای گفته می‌شود که با تشخیص وضعیت خودرو در حالت توقف کامل (عموماً پشت چراغ قرمز) موتور خودرو را خاموش کرده، سپس به محض اطلاع از قصد راننده برای حرکت، موتور را روشن می کند. با استفاده از این سامانه می توان از مصرف سوخت در حالت کارکرد درجای خودرو جلوگیری کرد. این سامانه که به آن میکروهیبرید نیز گفته می شود، مناسب شهرهای بزرگ (مانند تهران) است که معمولاً ترافیک زیادی دارند به دلیل سادگی پیاده‌سازی این سامانه و امکان تولیدی‌شدن آن، معمولاً استفاده از سامانه میکروهیبرید اولین قدم در هیبریدی‌کردن محصولات خودروسازان است. در ابتدای پروژه و به‌دلیل سادگی و نیاز به این توانایی در ترافیک سنگین شهرها، این سامانه با طراحی یک کنترل‌کننده الکترونیکی، به‌سرعت نمونه‌سازی شد. پس از آزمایش و بررسی‌های لازم مشخص شد در سامانه انژکتوری کنونی، در صورت خاموش‌شدن خودرو و روشن‌شدن آن،حتی در صورت گرم بودن موتور، سامانه انژکتوری از ۱۰تا ۴۰ ثانیه در حالت مدار باز باقی می‌ماند. به‌این‌ترتیب، عملاً آلودگی خودرو در سیکل تست به‌شدت افزایش می‌یابد.

[1] - Stop-Start