





دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان
گروه مهندسی مکانیک

پروژه تخصصی دوره کارشناسی ناپیوسته
مهندسی مکانیک خودرو

عنوان :

بررسی خودروهای هیبریدی

تهیه و تنظیم:
محمد جواد مجیدی حسن آبادی

استاد راهنما:
جناب استاد احمد فخار

تابستان ۱۳۹۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	مقدمه.....
	فصل اول:
	تعریف خودروی هیبریدی و لزوم ساخت آن
۶.....	۱-۱- بررسی علت کاهش مصرف سوخت خودروهای هیبرید در مقایسه با خودروهای احتراق داخلی:.....
۶.....	۲-۱- بررسی علت تلفات سوخت در موتور درونسوز خودروهای معمولی:.....
	فصل دوم:
	تشریح و مقایسه سیستم هیبرید
۱۲.....	۱-۲- تشریح سیستم هیبرید نمونه:.....
۱۴.....	۲-۲- انرژی مصرف شده در خودرو هیبرید:.....
۱۵.....	Win-eng-conv=(peds.dt × ۰,۸۶۸ / (۰,۲۶×۰,۹۲).....
۱۶.....	۳-۲- مقایسه نتایج به دست آمده در خودروی هیبریدی و خوردوی درون سوز:.....
	فصل سوم:
	بررسی اتومبیل های هیبریدی ۱۹
۲۰.....	۱-۳- معرفی انواع اتومبیل های هیبرید.....
۲۱.....	۲-۳- اتومبیل گازی- الکتریکی:.....
۲۲.....	۳-۳- اتومبیل های موتوری توربین گاز- الکتریک:.....
۲۳.....	۴-۳- اتومبیل های موتوری کرایسلرو ولوو.....
۲۴.....	۵-۳- اتومبیل توربین گاز- الکتریک ولوو:.....
۲۷.....	۶-۳- تقسیم بندی اتومبیل های هیبریدی.....
۲۸.....	۷-۳- همکاری مشترک چند کشور اروپایی در زمینه اتومبیل های هیبرید.....
۲۸.....	۸-۳- ابزار شبیه سازی متحرک.....
۳۰.....	۹-۳- مقایسه شش هیبرید مختلف با همدیگر.....
۳۲.....	۱۰-۳- اندازه گیری آلودگی در چند شهر اروپایی:.....

فصل چهارم:

هبریدهای سری و موازی

- ۱-۴- هیبریدهای سری ۳۵
- ۱-۱-۴- کاربرد موتورهای احتراق داخلی دروسایل نقلیه هیبرید سری ۳۵
- ۲-۱-۴- معایب هیبرید سری عبارتند از: ۳۵
- ۲-۴- نکات مهم در طراحی موتورهای احتراق داخلی برای سیستم هیبرید: ۳۶
- ۳-۴- نحوه کارهیبرید سری: ۳۸
- ۴-۴- تقسیم محرک هیبرید سری و اجزاء آن: ۳۹
- ۱-۴-۴- ساختمان وسیله نقلیه: ۳۹
- ۲-۴-۴- اجزاء هیبرید سری: ۳۹
- ۱-۲-۴-۴- واحد قدرت کمکی (APU) ۴۰
- ۲-۲-۴-۴- موتور احتراقی (ICE) ۴۰
- ۳-۲-۴-۴- ژنراتور: ۴۰
- ۴-۲-۴-۴- باتری: ۴۱
- ۵-۴- نصب اجزاء روی پایه به منظور انجام آزمایشات: ۴۲
- ۶-۴- هیبرید موازی: ۴۶
- ۱-۶-۴- توسعه و کاربرد واحد کننده برای یک اتومبیل BMW با سیستم هیبرید موازی ۴۶
- ۷-۴- واحد کنترل کننده مرکزی (CEU) ۵۱
- ۸-۴- اداره اجزاء عمل در bmw هیبرید موازی: ۵۴
- ۹-۴- جعبه دنده الکترو مغناطیس: ۵۷
- ۱۰-۴- هیبرید موازی جمع کننده گشتاور ۶۱
- ۱۱-۴- هیبرید موازی جمع کننده سرعت: ۶۲
- ۱۲-۴- هیبرید موازی - سری : ۶۳
- ۱۳-۴- بالانس کامل و کاهش بی ثباتی گشتاور: ۷۱
- ۱۴-۴- استفاده از موتور CNG برای اتوبوس شهری: ۷۴
- ۱۵-۴- استفاده از موتور دیزل TDI برای یک خودرو هیبرید سری ۷۶

۱۶-۴- مزیت‌های موتور sytech برای کاربرد در اتومبیل‌های هیبریدی:..... ۷۸

۱-۱۶-۴- کاربرد cvt در اتومبیل‌های هیبریدی:..... ۷۹

فصل پنجم:

پیل سوختی و کاربرد آن در اتومبیل

۱-۵- پیل سوختی چیست و چگونه کار می کند..... ۸۷

۲-۵- انواع پیل سوختی :..... ۸۸

۲-۲-۵- پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC):..... ۹۳

۳-۲-۵- پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) و پیل سوختی اکسید جامد (SFC) :..... ۹۳

۳-۵- طرح‌های موجود برای خودرو پیل سوختی:..... ۹۳

۴-۵- مقایسه سوخت‌های مختلف:..... ۹۶

۱-۴-۵- بنزین و گازوئیل:..... ۹۶

۲-۴-۵- هیدروژن :..... ۹۶

۳-۴-۵- گاز طبیعی (جهت مصرف در مبدل سوخت در جایگاه سوختگیری و یا در تولید متمرکز و انبوه هیدروژن) ۹۷

۵-۵- روش‌های تولید و توزیع گاز هیدروژن:..... ۹۷

منابع :..... ۱۰۴

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: شماتیک خودروی هیبریدی	۶
شکل ۲-۱: نسبت هوا به سوخت مصرفی در موتور احتراقی نوعی (بنزینی) مربوط به خودرو درونسوز معمولی در شرایط کار مختلف.....	۷
شکل ۳-۱: (الف) میزان مصرف سوخت خودرو و توان ایجاد شده در نسبتهای هوا به سوخت مختلف. (ب) بازده و عملکرد کالیزورهای ضد آلودگی در نسبتهای هوا به سوخت مختلف.....	۸
شکل ۴-۱: منحنیهای FHDS و FHDS برای آزمایش عملکرد مصرف سوخت سیستم محرکه خودرو.....	۸
شکل ۵-۱: مقایسه میزان ایجاد آلودگی و مصرف سوخت در اتوبوس هیبرید، دیزل و CNG.....	۱۰
شکل ۱-۲: نمودار جعبهای سیستم هیبرید سری کامیون یا اتوبوس.....	۱۲
شکل ۲-۲: اجزاء و محل نصب آنها در کامیون هیبرید VOLVO FL6.....	۱۳
شکل ۳-۲: منحنی توان- زمان و سرعت- زمان در خودرو هیبرید نه.....	۱۳
شکل ۴-۲: منحنی مصرف انرژی (توان- زمان) در خودرو درونسوز معمولی.....	۱۶
شکل ۵-۲: نمودار ستونی	۱۷
شکل ۳-۱: مجموعه محرک	۲۱
شکل ۲-۳: اتومبیل هیبریدی با سوخت گاز طبیعی.....	۲۲
شکل ۳-۳: سیکل ساده باز توربین گاز.....	۲۳
شکل ۴-۳: موتور القایی جریان متناوب.....	۲۶
شکل ۵-۳: آلاینده‌گی موتور دی.....	۲۹
شکل ۶-۳: ارزیابی آلودگی و مصرف اقتصادی در حالت‌های مختلف	۳۰
شکل ۷-۳: مصرف سوخت و مصرف الکتریسیته	۳۱
شکل ۸-۳: کاهش آلودگی CO در مناطق شهری در نتیجه استفاده از اتومبیل هیبرید.....	۳۳
شکل ۹-۳: کاهش آلودگی HC در مناطق شهری در نتیجه استفاده از اتومبیل هیبریدی.....	۳۳
شکل ۱۰-۳: کاهش آلودگی NOx در مناطق شهری ناشی از کاربرد اتومبیل هیبرید.....	۳۳
شکل ۱-۴: ساختمان هیبرید سری	۳۹
شکل ۲-۴: واحد قدرت کمکی	۴۱

- شکل ۴-۳: کاربرد موتور تاندوم که روی پایه نصب شده است..... ۴۱
- شکل ۴-۴: طبقه بندی اجزاء و نصب آنها را روی پایه ای..... ۴۲
- شکل ۴-۵: نمونه واقعی سیگنالهای ورودی و خروجی..... ۴۳
- شکل ۴-۶: فاکتورهای که بر VMU اثر می گذارند..... ۴۴
- شکل ۴-۷: نقشه APU با خطوط بازده ثابت، قدرت ثابت، و خط عملکرد بهینه..... ۴۵
- شکل ۴-۸: دو روش عملکرد APU..... ۴۵
- شکل ۴-۹: سیستم انتقال قدرت میانی برای هیبرید موازی..... ۴۸
- شکل ۴-۱۰: ساختمان هیبرید موازی BMW..... ۴۸
- شکل ۴-۱۱: دیاگرام را گون برای دو سیستم باتری..... ۴۹
- شکل ۴-۱۲: واحد اداره کننده وسیله نقلیه و ارتباط واحد های کنترل..... ۵۱
- شکل ۴-۱۳: MU و ارتباط آن با واحد های دیگر..... ۵۲
- شکل ۴-۱۴: ساختمان سیستم S2..... ۵۳
- شکل ۴-۱۵: شماتیک ارتباط اجزاء..... ۵۴
- شکل ۴-۱۶: جمع کردن منحنی های قدرت موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی برای افزایش نیرو..... ۵۵
- شکل ۴-۱۷: جعبه دنده الکترومغناطیس..... ۵۸
- شکل ۴-۱۸: چگونگی عمل در هر یک از ربعها..... ۵۹
- شکل ۴-۱۹: کاربرد ساده یک ترانس موتور..... ۶۰
- شکل ۴-۲۰: جعبه دنده خورشیدی..... ۶۰
- شکل ۴-۲۱: معادلات ترانس موتور..... ۶۱
- شکل ۴-۲۲: هیبرید جمع کننده گشتاور..... ۶۲
- شکل ۴-۲۳: هیبرید جمع کننده سرعت..... ۶۲
- شکل ۴-۲۴: ساده شده هیبرید جمع کننده سرعت..... ۶۳
- شکل ۴-۲۵: جمع کننده سرعت با افت گشتاور..... ۶۳
- شکل ۴-۲۶: موتور جمع کننده سرعت و موتور جمع کننده گشتاور..... ۶۴
- شکل ۴-۲۷: کاربرد ترانس موتور..... ۶۵
- شکل ۴-۲۸: طرح ساده شده هیبرید سری - موازی..... ۶۶

- شکل ۴-۲۹: طرح یک وسیله نقلیه هیبریدی..... ۶۸
- شکل ۴-۳۰: مجموعه استارتر -آلترناتور..... ۶۸
- شکل ۴-۳۱: شماتیک وسیله نقلیه هیبریدی..... ۶۹
- شکل ۴-۳۲: مکانیسم لنگ در موتورهای SYTech..... ۷۰
- شکل ۴-۳۳: سرعتها و بارهای یاتاقان خطی..... ۷۰
- شکل ۴-۳۴: مکانیسم لنگ و شفت تعادل یک موتور SYTech چهار سیلندر..... ۷۲
- شکل ۴-۳۵: گشتاور خروجی تمام بار برای یک موتور ۴ سیلندر و ۶ سیلندر معمولی و یک موتور ۴ سیلندر SYTech..... ۷۲
- شکل ۴-۳۶: تلفات اصطحاکای در موتور ۴ سیلندر معمولی و موتور SYTech..... ۷۳
- شکل ۴-۳۷: بازده مکانیکی موتور معمولی و موتور SYTech یکسان..... ۷۳
- شکل ۴-۳۸: کاهش آلودگی NO_x باسطح مشابه مصرف سوخت ویژه..... ۷۴
- جدول ۴-۳: مشخصات یک اتوبوس هیبرید..... ۷۴
- شکل ۴-۳۹: مقایسه مصرف سوخت و آلایندگی ۴ نوع اتوبوس با همدیگر..... ۷۶
- شکل ۴-۴۰: نمودار بالایی قسمتی از سیکل است و نمودار پایینی قدرت موتور احتراق داخلی در طی این سیکل است..... ۷۸
- شکل ۴-۴۱: یک اتومبیل هیبرید با سه منبع قدرت..... ۸۰
- شکل ۴-۴۴: طرح سیستم الکتریکی هیبرید..... ۸۲
- شکل ۴-۴۵: شما تیک سیستم الکتریکی هیبرید با سه منبع قدرت..... ۸۲
- شکل ۵-۱: مقدار الایندگی فن اوری پیل سوختی در مقایسه با فن اوری موتور های احتراق داخلی..... ۸۵
- شکل ۵-۲: بازده اتومبیل سوختی..... ۸۵
- شکل ۵-۳: نحوه کار پیل سوختی..... ۸۸
- شکل ۵-۴: طرح سیستم پیل سوختی متانولی مرکز جهانی نیروی محرکه جایگزین پیل سوختی اتمی مایع - فلز..... ۹۱
- شکل ۵-۵: انواع سیستم سوخت رسانی پیل سوختی..... ۹۵
- شکل ۵-۶: نمودار مقایسه مصرف سوخت انواع اتوبوس با حداکثر بار..... ۹۹
- شکل ۵-۷: نمودار مقایسه شتاب اتومبیل پیل سوختی و اتوبوس دیزلی..... ۱۰۰
- شکل ۵-۸: دیاگرام اتوبوس پیل سوختی با سیستم چند قدرته..... ۱۰۰
- شکل ۵-۹: اتومبیل پیل سوختی GM..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۰: اتومبیل با پیل سوختی آلومینیوم - هوا و باتری سربی و اسیدی..... ۱۰۳

www.cargeek.ir

مقدمه

تکنولوژی را می توان کاربرد عملی د ستاوردهای عملی وفنی به منظور پهنس به یک یا چند نیاز تعریف نمود. تکنولوژی نیرومندترین عامل تحول دریک جامعه به شمار می رود.

تغییرات تکنولوژیکی فرآیندی پیوسته ومداوم است وبرهمه ارکان واجزای جامعه اثر گذاشته وجامعه نیز به طور پیوسته دستخوش تغییر می باشد. اصولاً کشوری موفق می باشد که بتواند تغییرات آینده را پیش بینی کند ، نیازهای مردم ونسلهای آینده رابشناسد وبه سوی رفع نیازگام بردارد در اینصورت اگر درست عمل کند شاید کشور موفق باشد.

محور فعالیتهای خودرو سازان جهان بر پنج نوع اتومبیل متمرکز شده است. این نوع خودرو عبارتند از :

۱- خودرو پیل سوختی (fC)

۲- خودرو الکتریکی باتری B

۳- خودرو هیبریدی (H)

۴- خودرو احتراق داخلی پیشرفته (ICE)

۵- خودروی احتراق داخلی پیشرفته با سوخت جدید (ICE.NF)

بعضی از شرکتهای خودرو سازی فعالیت در حوزه موتورهای احتراق داخلی را کاری بیهوده و عبث انگاشته اهد و تمام همت خود را بکار بردهاند تا آینده صنعت خودرو سازی را به سوی خورشید آسمان صنایع خودرو یعنی تکنولوژی پیل سوختی هدایت کنند. استراژی چنین شرکتهایی برای رسیدن به تکنولوژی خودرو های نسل بعدی، تولید خودروهایی با راندمان و عملکرد بالا ، عدم آلایندهی و با تکنولوژی پایدار (طول عمر بالا)^۱ است

¹ (Sustainability)

که در بین موارد بالا فقط پیل سوختی میتواند گزینه مناسب باشد. زیرا علاوه بر راندمان بالا و عدم آلاینده‌گی و مصرف سوخت هیدروژن که از منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر به دست می آید، طول عمر و تکنولوژی پایداری دارد.

یکی از اهداف شرکتهای پیشتاز در استفاده از پیل سوختی کاهش قیمت اجزاء سیستم پیل سوختی است.

فعالیت عدهای از آنها بر روی تبدیل و مبدل بنزین است. عدهای دیگر بر روی پیل سوختی هیدروژنی تحقیق می کنند و بقیه روی تبدیل سوخت و ذخیره سازی هیدروژن متمرکز شده اند. هدف مشترک تمام این شرکتهای گسترش جهانی پیل سوختی است. با گسترش چنین فن آوری شرکتهای جدید نظیر شرکتهای شیمیایی و الکتریکی وارد عرصه همکاری با خودرو سازان خواهند شد. این شرکتهای امیدوارند که بتوانند در نسل یازدهم و دوازدهم اتومبیل مورد نظر و ایده آل خود را از نظر قیمت، راندمان و اندازه تحول بازار دهند.

یکی از شرکتهای مهم اتومبیل سازی که بزرگترین بازارها مصرف جهان خصوصاً آمریکا را در سیطره خود دارد از پیشتازان خودرو پیل سوختی می باشد. این شرکتها معتقد است که هیدروژن می داند. جنرال موتور بر این باور است که بنزین سوخت حد فاصل خودروهای پیل سوختی امروزی و خودروهای هیدروژنی آینده است.

ضمناً متانول را به دلیل نیاز به ایجاد شبکه زیر ساخت خاص آن و به دلیل خاصیت جذب آب و همچنین مسائل ایمنی و سمی بودن آن رد می کند. یکی از مسئولین جنرال موتورز می گوید:

نقش خودروهایی با سوختههای تجدید پذیر بر پایه بنزین، متانول یا اتانول در آینده کم اهمیت است، آینده متعلق به پیل سوختی است. در حال حاضر بخش دیگری از فعالیت جنرال موتورز بر پایه سیستمهای ذخیره هیدروژن متمرکز شده است. یکی از روشهای پیشرفته ذخیره هیدروژن، روش ذخیره سازی جامد نام دارد. تحقیق بر روی مواد جامد جاذب هیدروژن با سرعت ادامه دارد و دو هدف را دنبال می کند.

۱- ذخیره هیدروژن توسط Nano carbon Tube در این روش هیدروژن به صورت اتمی جذب سطوح الیاف کربن با ساختمان Nano structure می شود.

۲- ذخیره هیدروژن در پودر هیدرید فلزی^۱ که در این روش ، هیدروژن بصورت اتمی در داخل اکسید فلزات مخصوصی جذب می شود.

راههای زیادی برای رسیدن به آینده و نسل بعدی خودروها وجود خواهد داشت و در این مسیر عدم قطعیت ها و نقاط مبهم بسیاری وجود دارد. این راهها عبارتند از :

۱- ادامه روند توسعه موتورهای احتراق داخلی

۲- توسعه خودروهای هیبرید

۳- توسعه خودروهای پیل سوختی

اما همه این راهها به یک نقطه ختم می شود : ورود به عصر هیدروژن .

کرد . هم اکنون شرکتهای خودروسازی مانند هوندا در این زمینه پیشرو هستند و خودروهای مدل سیویک و اکورد خود را با سیستم هیبرید به بازار عرضه کرده اند که خلاصه ای از مشخصات آنها را در اینجا آورده ایم .

با وجود اینکه ما از موتورهای الکتریکی استفاده میکنیم آنها انرژی خود را از باتری می کشند خودروهای هیبریدی دوشاخه ای برای شارژ مجدد ندارند. باتری از دو منبع توان خود را بازپس میگیرد و این یکی از دروغ های در این رابطه و در مورد مزیت این سیستم است. اولین منبع از یک ژنراتور که قدرت خود را از موتور احتراق داخلی میگیرد است دومین منبع مرمت کردن انرژی است که بصورت عادی و نرمال برای آهسته و متوقف کردن خودرو تلف می شود. اجازه بدهید اول به متود دوم بپردازیم زیرا آن بیشتر فریبنده است.

زمانیکه شما بر روی ترمز برای آهسته کردن خودرو پا میگذارید شما انرژی ۱ یا ۲ تن جسم در حال حرکت را که می خواهد به حرکت خود ادامه دهد(به خاطر اینرسی) خنثی میکنید در حالت کاهش سرعت وسیله شما باید انرژی را به گونه و قسم دیگری تبدیل کنید: گرما ترمزها گرم می شوند جذب انرژی سرعت

¹ (METAL hydride)

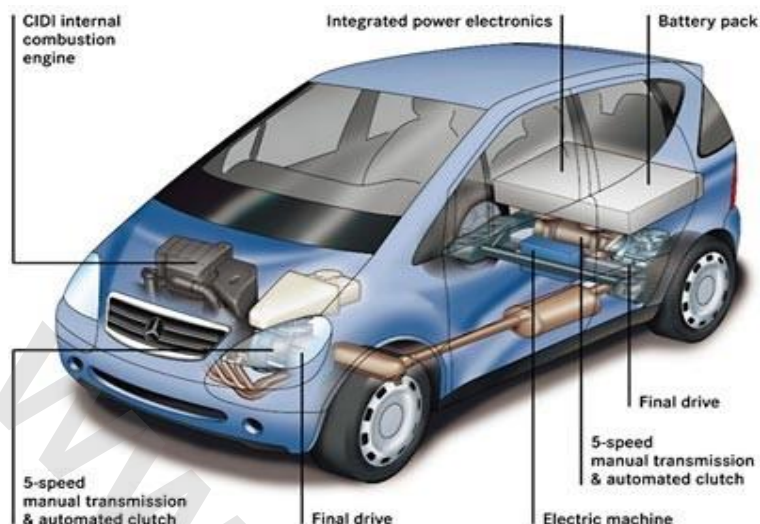
خودرو هوایی که مستقیماً دورادور وسیله است سپس از هم پاشیدن گرما و حمل آن به محیط. کار دیگری که موتور انجام میدهد نیازمند الکتریسیته ی بیشتری است.

در برخی روشها شما نیازمند نیروی الکتریکی بیشتری از ژنراتور هستید که در حالت شدید میله را می چرخاند. بنابراین قویترین حالت سیستم زمانی است که شما برای اولین بار پا را بر روی ترمز میگذارید که موتور و ژنراتور را برای شارژ به باتری وصل کرده است نتیجه آهسته شدن خودرو ذخیره ی انرژی رایگان در باتری خواهد بود که بعدها میتواند برای به جلو راندن وسیله استفاده شود.

در طرف دیگر معادله موتور بنزینی میتواند کوچکتر باشد چراکه زمانی که آن نیازمند قدرت اضافی است موتور الکتریکی که آنجاست برای شتابگیری از انرژی رایگان باتری برای یاری موتور استفاده خواهد کرد که این انرژی در آخرین استفاده از ترمز بدست آمده است.

فصل اول

تعریف خودروی هیبریدی و لزوم ساخت آن



شکل ۱-۱: شماتیک خودروی هیبریدی

۱-۱- بررسی علت کاهش مصرف سوخت خودروهای هیبرید در مقایسه با خودروهای احتراق داخلی:

در این بخش ابتدا بررسی و تحلیلی در مورد دلایل افزایش مصرف سوخت در خودرو احتراقی معمولی در شرایط مختلف حرکت ارائه خواهد شد. سپس میزان مصرف و تولید انرژی بصورت عددی و با انتگرال گیری از منحنی توان زمان اجزاء محرکه اصلی در یک خودرو هیبرید ساخته شده در شرکت Volvo در مدت ۱۵۰ ثانیه از حرکت آن محاسبه می شود آنگاه با استفاده از ضرایب بازده اجزاء سیستم، میزان مصرف انرژی و توان متوسط مصرفی در یک خودرو هیبرید و یک خودرو احتراق داخلی معادل با آن به روش شبیه سازی به دست می آید و میزان مصرف انرژی و توان متوسط دو سیستم با هم مقایسه می شوند.

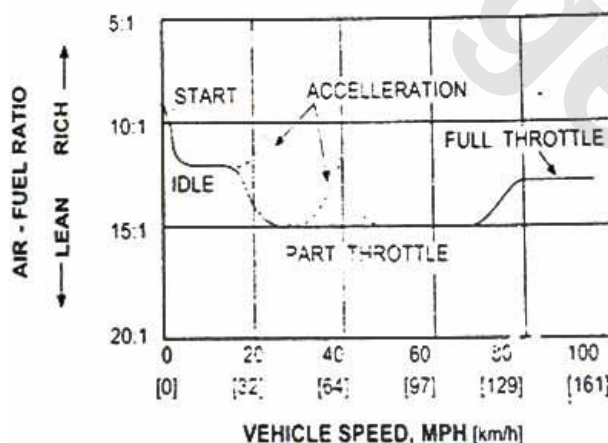
۱-۲- بررسی علت تلفات سوخت در موتور درونسوز خودروهای معمولی:

در خودروهای درونسوز معمولی میزان دور و گشتاور تولید شده توسط موتور احتراقی با شرایط اعمال شده از طرف جاده ادتباط مستقیم دارد. خودرو عادی بسته به وضعیت کار خود دارای شرایط زیر است

- شرایط استارت- در این حالت موتور احتراقی از حالت سرد شروع به کار می کند.
- شرایط هرزگرد- زمانی که موتور هرز می گردد و به باریمتصل نیست.

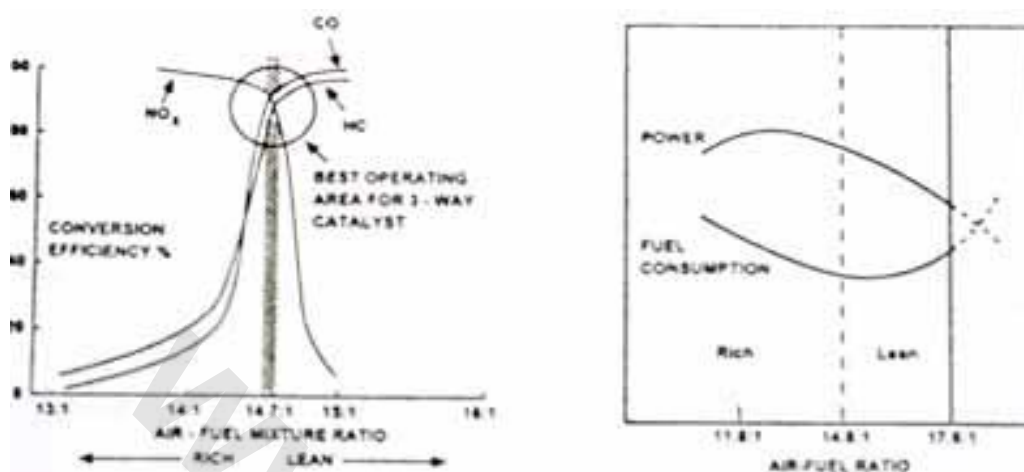
- شرایط کار عادی در سرعت نامی و بار نامی.
- شتاب گیری خودرو از حالت سکون.
- شتاب گیری خودرو در حالت حرکت.
- شرایط حداکثر باز شدن دریچه گاز (شتاب گیری آزاد یا تخت گاز).

در هر یک از شرایط فوق میزان مصرف سوخت متفاوت است. شکل (۱-۲) نسبت هوا به سوخت مصرفی در موتور احتراقی خودرو درونسوز معمولی را در شرایط مختلف کاری نشان می دهد به طوریکه ملاحظه می شود راه اندازی سرد موتور احتراقی نسبت هوا به سوخت در حدود ۹:۱، در حالت هرزگرد نسبت هوا به سوخت مصرفی در حدود ۱۲:۱، در حالت کار در شرایط نامی با سرعت نامی این نسبت ۱۵:۱ و هنگام شتاب گیری خودرو بسته به محدوده دوری که آن شتاب گیری می کند (ناحیه خط چین) این نسبت بین ۱۰:۱ تا ۱۱/۶:۱ است. یاد آوری می شود که هر چه نسبت هوا به سوخت کمتر باشد میزان سوخت مصرفی بیشتر خواهد بود.



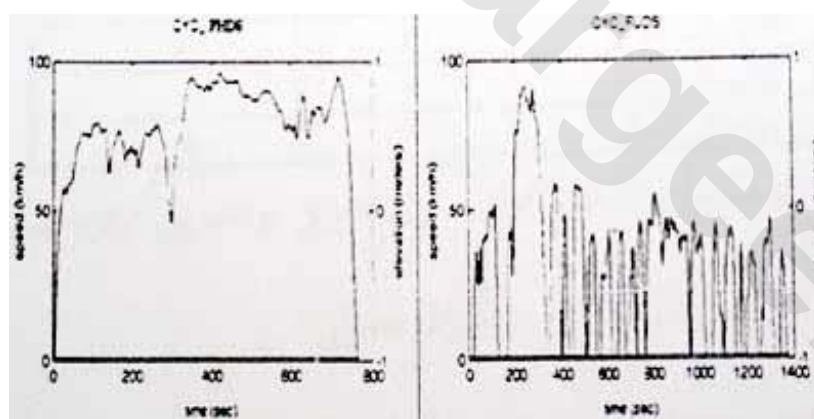
شکل ۱-۲: نسبت هوا به سوخت مصرفی در موتور احتراقی نوعی (بنزینی) مربوط به خودرو درونسوز معمولی در شرایط کار مختلف.

بر این اساس بهترین حالت برای بازده موتور احتراقی و تولید کمترین آلودگی در نسبت هوا به سوخت ۱۴/۷:۱ اتفاق خواهد افتاد که این موضع در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل ۱-۳: (الف) میزان مصرف سوخت خودرو و توان ایجاد شده در نسبتهای هوا به سوخت مختلف. (ب) بازده و عملکرد کالیزورهای ضد آلودگی در نسبتهای هوا به سوخت مختلف.

خودرو در چرخه حرکت واقعی بویژه در داخل شهر و مناطق پر ترافیک دارای منحنی سرعت-زمان بسیار پرافت و خیزی است. نمونه ای از منحنی سرعت-زمان استاندارد حرکت خودرو در داخل شهر (FODS) و خارج شهر (FHDS) در شکل (۱-۴) نشان داده شده است.



شکل ۱-۴: منحنیهای FHDS و FHDS برای آزمایش عملکرد مصرف سوخت سیستم محرکه خودرو.

به طوریکه ملاحظه می شود بخش اعظم زمانها صرف افزایش و یا کاهش سرعت شده است و در کمتر خودرو با سرعت ثابت حرکت کرده است. همین عامل باعث می شود که میزان مصرف سوخت و ایجاد آلودگی در خودرو معمولی بسیار زیاد باشد.

به طوریکه ملاحظه می شود میزان تلفات موتور احتراقی در خودرو هیبرید ۳۰- درصد و در خودرو احتراق داخلی معمولی ۶۵- درصد است. به علاوه در خودرو عادی تلفات هرزگر موتور ۱۱- درصد است که

در اکثر قریب به اتفاق خودروهای هیبرید این تلفات وجود دارد که این مورد در خودرو عادی امکان پذیر نیست. در انتها از کل انرژی تولید شده از سوخت، ۶۶ درصد در خودروهای هیبرید و ۱۶ درصد در خودروهای عادی مورد بهره برداری قرار می گیرد.

جدول ۱-۱: مقایسه میزان تلفات انرژی و انرژی مصرفی سوخت بین خودرو هیبرید و خودرو احتراقی معمولی

خودرو احتراق داخلی	خودرو هیبرید الکتریکی	
۱۰۰	۱۰۰	میزان کل انرژی تولید شده توسط سوخت
-۶	-۶	تلفات سیستم انتقال
-۱۱	۰	تلفات هرزگر
-۲	-۲	مصارف جانبی
-۶۵	-۳۰	تلفات موتور احتراقی
۰	+۴	بازیابی انرژی ترمزی
۱۶	۶۶	انرژی باقیمانده کل

نسبت به انواع دیگر به طور قابل توجهی کمتر است. همچنین مسافت پیموده شده توسط اتوبوس هیبرید نسبت به سوخت مصرفی آن بر حسب مایل برگالن در مقایسه با اتوبوس دیزل ۱/۷۱ برابر و در مقایسه با اتوبوس گازی ۱/۲۳ برابر بیشتر است. به منظور ایجاد درک بهتر نسبت به علت کاهش مصرف سوخت در خودرو هیبرید محاسبات و اثبات عددی مربوطه ارائه خواهد شد.



شکل ۱-۵: مقایسه میزان ایجاد آلودگی و مصرف سوخت در اتوبوس هیبرید، دیزل و CNG.

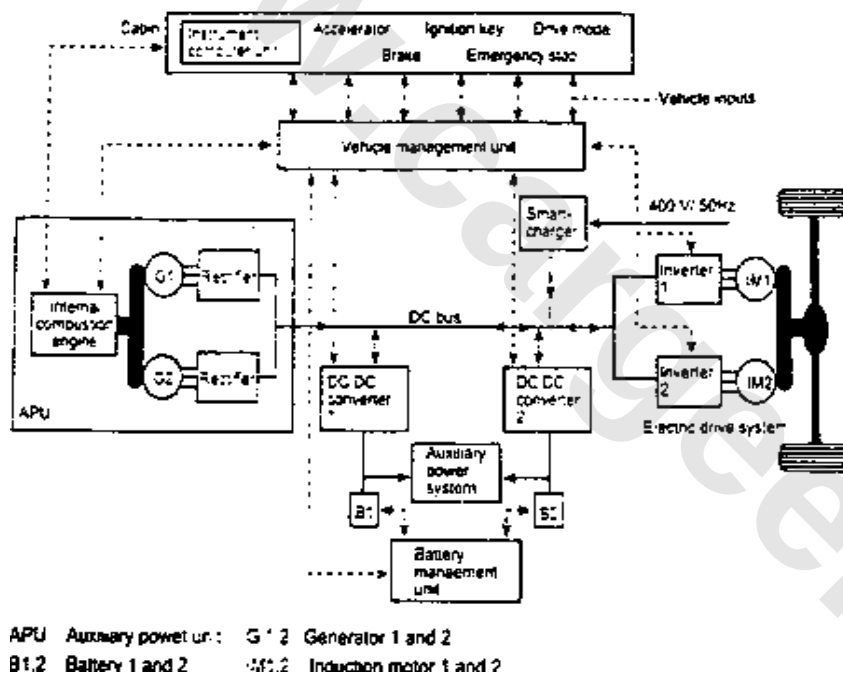
فصل دوم

تشریح و مقایسه سیستم هیبرید

۱-۲- تشریح سیستم هیبرید نمونه:

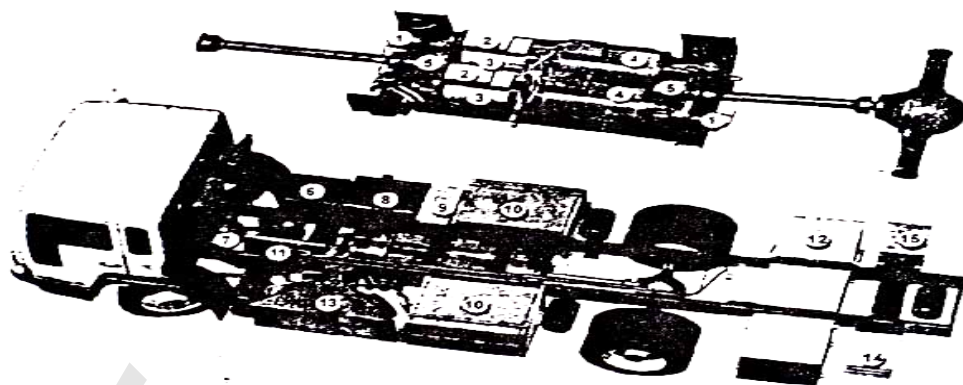
اجزاء اصلی سیستم هیبرید سری که در کامیون یا اتوبوس هیبرید ساخت شرکت VOLVO به کار رفته در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. به طوری که شکل (۱-۲) نشان می دهد موتور دیزل ۱۵۴ KW که با ژنراتور سه فاز سنکرون مغناطیس دائم کوپل شده است، وظیفه تولید انرژی الکتریکی را در سیستم برعهده دارد.

انرژی تولید شده یا مستقیماً به مجموعه موتور کنترلر الکتریکی که با چرخها کوپل شده است فرستاده می شود و یا در مجموعه زوج باتریها ذخیره می شود و در مواقع مورد نیاز برای شتاب گیری و یا زمانهای خموشی مجموعه موتور ژنراتور برای تامین انرژی الکتریکی محرکه خودرو و مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۱-۲: نمودار جعبه‌های سیستم هیبرید سری کامیون یا اتوبوس.

به طوری که در شکل (۱-۲) دیده می شود نحوه عملکرد و میزان فلوئ انرژی در هر جزء از سیستم توسط واحدی به نام VMU کنترل می شود. در واقع استراتژی کنترل توسط این واحد بر سیستم اعمال می شود. اجزاء این سیستم هیبرید و محل نصب آنها در شکل (۲-۲) آمده است.

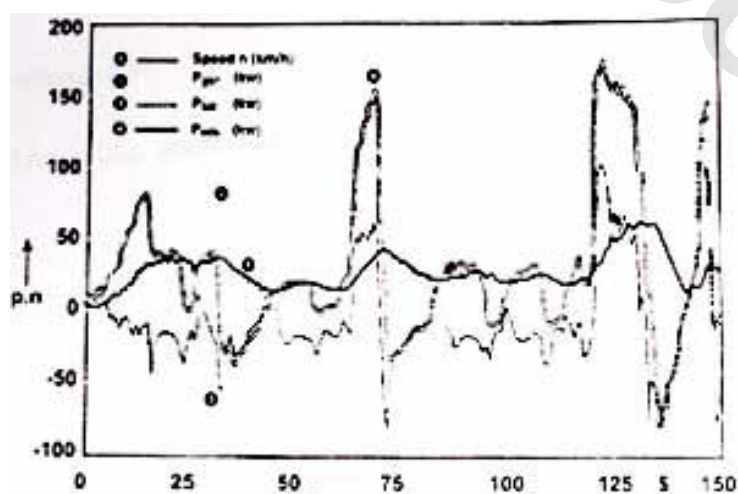


Location of various components in the drive line and chassis of the hybrid truck

1 - Oil pumps	6 - 24V battery	11 - Auxillary power unit
2 - Rectifiers	7 - Diesel engine	12 - HV box, with DC/DC converters
3 - Generators	8 - Diesel tank	13 - Cooling systems
4 - Motors	9 - Inverters	14 - 12V battery
5 - Transmission	10 - Batteries	15 - Battery management unit

شکل ۲-۲: اجزاء و محل نصب آنها در کامیون هیبرید VOLVO FL6.

شکل (۲-۳) منحنی تولید و مصرف توان در اجزاء سیستم را در مدت ۱۵۰ ثانیه از کار آن نشان می‌دهد. در این شکل منحنی شماره ۴ یا (P_{gen}) میزان توان مصرفی و یا تولیدی توسط مجموعه موتور اینورتر، منحنی شماره ۲ یا (P_{gen}) توان تولید شده توسط مجموعه موتور دیزل ژنراتور، منحنی شماره ۳ میزان توان داده شده به مجموعه باتریها یا گرفته شده از آنها بر حسب کیلو وات و منحنی شماره ۱ میزان سرعت وسیله نقلیه بر حسب کیلومتر بر ساعت است.



شکل ۲-۳: منحنی توان- زمان و سرعت- زمان در خودرو هیبرید نم.نه.

به طوری که ملاحظه می شود در زمانهای شتاب گیری خودرو همچون زمانهای $t=70$ و $t=120$ ثانیه توان مصرفی مجموعه موتور اینورتر توسط مجموعه باتریها و APU (مجموعه موتور دیزل ژنراتور) تامین می شود. همچنین در مواقعی که سرعت ثابت است همچون $t=50$ و $t=100$ ثانیه توان تولیدی توسط APG صرف غلبه بر اصطکاک جاده و شارژ باتریها می شود و در هنگام کاهش سرعت همچون زمانهای $t=35$ و $t=135$ ثانیه توان جذب شده از مجموعه موتور اینورتر نیز صرف شارژ باتریها می شود. به طوریکه منحنی نشان میدهد در این زمانها از مجموعه APU هیچ توانی جذب نمی شود و حتی در این زمانها این مجموعه می تواند خاموش باشد و یا اینکه به صورت هرز بگردد.

۲-۲- انرژی مصرف شده در خودرو هیبرید:

برای اندازه گیری توان مصرف شده توسط مجموعه APU در خودرو هیبرید بر اساس منحنی شکل (۲-۳) ابتدا منحنیهای اصلی توان و سرعت از این شکل استخراج می شود.

منحنیهای بوجود آمده توسط نرم افزار Matlab را در این حالت انرژی محاسبه شده باتریها $W_{bat} = -880/36 KWS$ که نشان میدهد این انرژی بعد از مدت ۱۵۰ ثانیه در باتریها ذخیره شده است.

(الف): منحنی توان - زمان مصرفی مجموعه موتور الکتریکی - اینورتر

(ب): منحنی توان - زمان تولید الکتریسیته توسط ژنراتور

(پ): منحنی توان - زمان مجموعه باتریها

(ت): منحنی سرعت-زمان حرکت خودرو

دیزل ژنراتور (P_{gen})، باتری (P_{bat})، و سرعت - زمان خودرو ($Speed$).

میزان انرژی متوسط مصرف شده در خودرو درون سوز معادل: در اینجا نیز محاسبه انرژی مصرفی به همان ترتیب که در بخش قبل صورت گرفت انجام می شود، با این تفاوت که ابتدا توان مصرفی مجموعه موتور اینورتر با استفاده از ضرایب بازده متوسط آن به بخش محور موتور منتقل می شود و سپس با محاسبه افت حاصل از سیستم انتقال قدرت مکانیکی و با در نظر گرفتن میزان متوسط بازده م.ت.ر دیزل در خودرو

احتراقی معمولی، مقدار انرژی مورد نظر به دست می آید. با توجه به مقادیر بازده مطرح شده در جدول (۲)-۱ انرژی مصرف شده در خودرو درونسوز معادل با خودرو هیبرید مطرح شده برابر خواهد بود با:

$$\text{Win-eng-conv} = (\text{peds.dt} \times 0.868 / (0.26 \times 0.92))$$

و توان متوسط مصرفی برابر خواهد بود با:

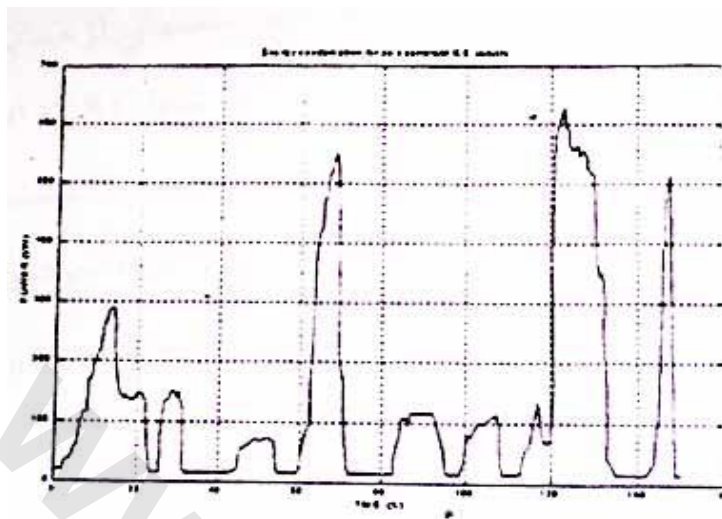
$$\text{pin-eng-conv} = \text{win-eng-conv} / 150 = 127/9849 \text{ Kw}$$

جدول ۲-۱: بازده مجموعه موتور اینورتر خودرو هیبرید و موتور دیزل و سیستم انتقال نیروی محرکه در خودرو درونسوز معمولی با خودرو هیبرید

جزء در نظر گرفته شده	بازده متوسط %	بازده حداکثر %
مجموعه موتور اینورتر الکتریکی در خودرو هیبرید	۸۶/۸	۹۲
مجموعه سیستم انتقال قدرت در خودرو درونسوز	۹۲	-
موتور دیزل به کار برده شده در خودرو درونسوز	۲۶	۴۶/۵

نکته قابل توجه اینکه توان مصرفی در موتور درونسوز با توجه به توان مصرفی حداکثر که معادل ۶۲۸/۱۱kw است در محاسبات حداقل ۱۵ kw در نظر گرفته شده است.

منحنی توان-رمان خودرو درونسوز مورد نظر به عنوان مقایسه در شکل (۲-۴) آمده است. به طوری که در این شکل ملاحظه می شود موتور دیزل خودرو درونسوز معمولی باید نقطه اوجهای بسیار مرتفعی را در زمان شتاب گیری ایجاد و در زمانهای عدم نیاز به آن یا در زمان بارهای کم به صورت هرز گاهی کار کند. به علاوه اینکه موتور احتراقی فقط مصرف کننده انرژی است و هیچگونه بازیابی انرژی ندارد، در صورتی که مجموعه موتور اینورتر در خودرو هیبرید دارای مزیت بازیابی انرژی است. به همین علت موتور دیزل به کار رفته در این خودرو دارای بازده پایینی است.



شکل ۲-۴: منحنی مصرف انرژی (توان - زمان) در خودرو درون سوز معمولی.

۲-۳- مقایسه نتایج به دست آمده در خودروی هیبریدی و خودروی درون سوز:

به طوری که ملاحظه می شود توان متوسط مصرفی در خودرو هیبرید در مدت ۱۵۰ ثانیه حرکت مستمر در جاده حدود $107/7858 \text{ KW}$ و در خودرو درون سوز معادل با آن $127/9849 \text{ KW}$ سوخت است. بنابراین میزان کاهش مصرفی معدل با $15/71\%$ است همچنین توان ذخیره شده در باتریها نیز در این محاسبه در نظر گرفته نشده، با اینکه این انرژی جزو انرژیهای مفید است و میتواند به عنوان نیروی محرکه به کهر رود.

جدول ۲-۲: مقایسه نتایج میزان مصرفی در دو سیستم هیبرید و معمولی

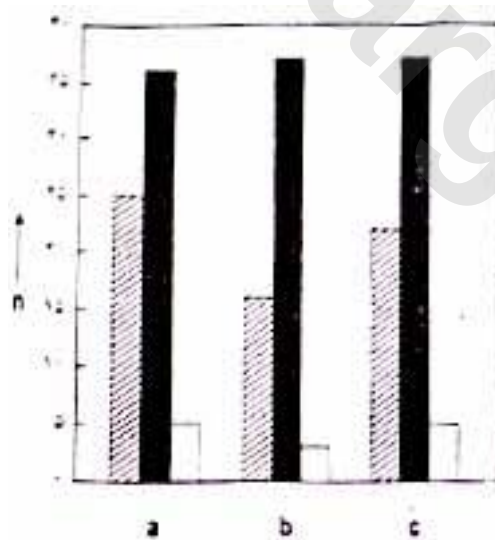
۱۶۱۸۱	میزان انرژی مصرف شده توسط سیستم هیبرید در مدت ۱۵۰ ثانیه (KWS)
۱۰۷/۷۸۵۸	میزان توان متوسط مصرفی توسط سیستم هیبرید در مدت ۱۵۰ ثانیه (KWS)
۱۹۱۹۸	میزان انرژی مصرف شده توسط سیستم درون سوز عادی در مدت ۱۵۰ ثانیه (kws)
۹۸۴۹/۱۲۷	میزان توان متوسط مصرفی توسط سیستم درون سوز عادی در مدت ۱۵۰ ثانیه (kw)
۱۵/۷۱	میزان کاهش مصرف انرژی در مدت ۱۵۰ ثانیه %

البته نتیجه بدست آمده فوق قطعی نیست و وابسته به شرایط خاص حاکم بر منحنی شکل (۲-۵) است.

مرجع سوخت مصرفی و میزان ایجاد آلودگی خودرو هیبرید kg ۱۴۰۰ مدل fl۶ ساخت شرکت Volvo را با کامیون درون سوز معمولی از همان مدل با وزن kg ۱۱۰۰۰ مقایسه کرده است و نمودار ارائه شده در این مرجع در شکل (۹-۲) آمده است. به طوری که ملاحظه می شود میزان کاهش سوخت سیستم هیبرید در مقایسه با سیستم درون سوز عادی ۳/۳۷٪ است.

از مطالب ارائه شده میتوان نتیجه گرفت که میزان بازده خودرو هیبرید، مجموع خطی بازده اجزاء آن نیست و به حالتهای دینامیکی و نوع سیستم و همچنین استراتژی کنترل آن وابسته است.

در این گزارش سعی بر آن بود که دقیقاً راه حلی عددی، با استفاده از تحلیل منحنی مصرف واقعی توان-زمان اجزاء محرکه خودرو هیبرید، ارائه شود. البته راه حل دقیقتر و جامعتر این است که تمامی اجزاء سیستم با کامپیوتر شبیه سازی شوند و با استفاده از حالات دینامیکی سیستم در طول زمان و منحنیهای مشخصه اجزاء و به ازای منحنیهای چرخه حرکت شهری و بزرگراهی و با اعمال کردن این منحنیها بر مدل مورد نظر، میزان سوخت مصرفی و دیگر پارامترها سیستم استخراج شوند.



شکل ۲-۵: نمودار ستونی

(a) Volvo استاندارد مدل fl۶، ۱۱،۰۰۰ کیلوگرم

(b) Volvo هیبرید مدل fl۶، ۱۴،۰۰۰ کیلوگرم، ۷۱ km/day، شارژ هر شب ۳۹ kwh

(c) Volvo هیبرید مدل fl۶، ۱۴،۰۰۰ کیلوگرم، ۱۴۰ km/day، شارژ هر شب ۳۹ kwh

$n = \text{سرعت (km/h)}$

سوخت مصرفی (lit/100 km)

سرعت (km/h)

آلاینده nox (g/km)

www.cargeek.ir

فصل سوم

بررسی اتومبیل های هیبریدی

۳-۱- معرفی انواع اتومبیل های هیبرید

اتومبیل های هیبریدی انواع مختلف دارند. از معروفترین آنها اتومبیل هایی هستند که دارای موتور احتراق داخلی می باشند. سوخت موتور احتراق داخلی متفاوت است. ممکن است بنزین، گاز طبیعی، LPG، گازوئیل پروپان و سوخته های دیگری باشد. این نوع اتومبیل ها دارای یک موتور احتراق داخلی، یک ژنراتور، یک موتور الکتریکی و مجموعه باتری به عنوان منبع ذخیره می باشند. لوازم جانبی زیادی در این اتومبیل ها به کار رفته است. توضیحات کامل راجع به این اتومبیل ها در فصل های بعدی داده شده است.

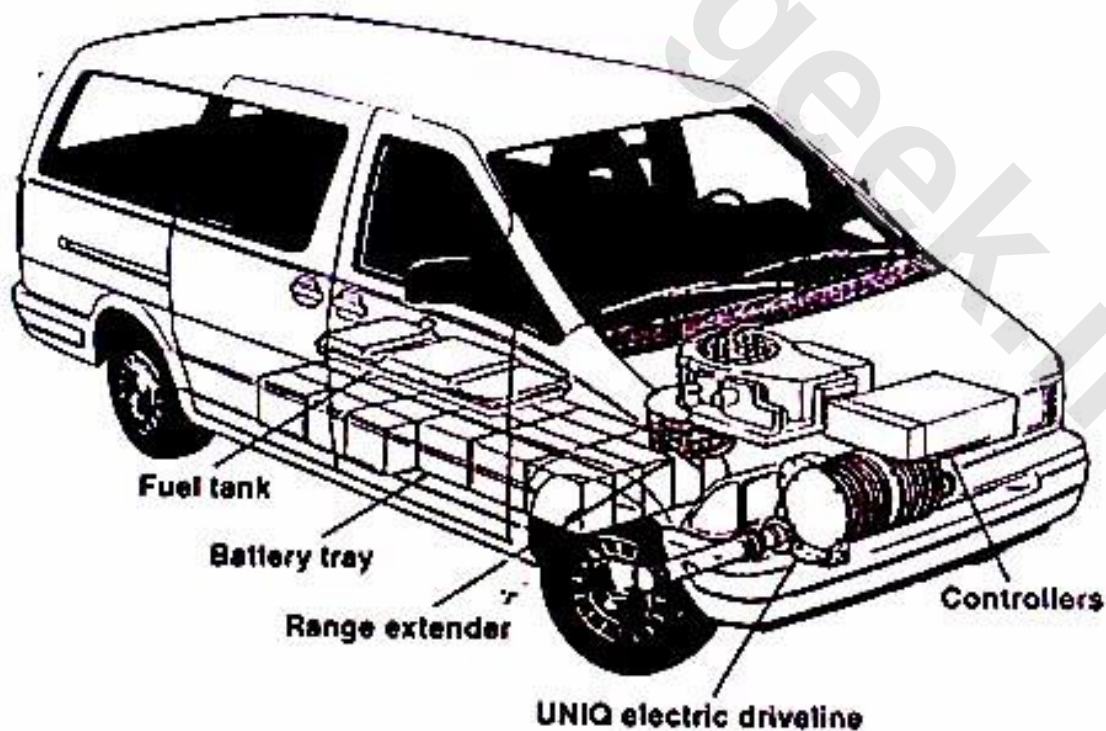
نوع دیگری از اتومبیل ها هیبریدی، اتومبیل های فلاپویل الکتریک می باشند. فلاپویل به عنوان منبع ذخیره انرژی مکانیکی به کار رفته است. باتری ها نیز منبع انرژی الکتریکی هستند. موتور الکتریکی یکی دیگر از اجزاء این هیبرید می باشد. یکی از فصل های پروژه به این نوع هیبرید اختصاص یافته است.

در اتومبیل های هیبرید به جای موتور احتراق داخلی می توانیم از توربین گاز نیز استفاده کنیم که در همین فصل راجع به این سیستم توضیحاتی داده شده است. پیل های خورشیدی و پیل های سوختی (اتومبیل های هیدروژنی) از منابع تولید الکتریسیته هستند، که کاربرد این پیل ها در اتومبیل در اواخر پروژه بررسی شده است. البته پیل های سوختی دامنه استفاده گسترده تری نسبت به پیل های خورشیدی دارند. در این اتومبیل ها از موتور احتراق داخلی یا سیستم های مولد قدرت مکانیکی خبزی نیست بلکه سعی شده است تا تمام قدرت محرک از همین منابع تأمین شود. هر کدام از این پیل ها مشکلات خاص خود را دارند که دانشمندان سعی بر این دارند تا بتوانند مشکلات را برطرف کنند. برای آشنایی بیشتر خوانندگان محترم در ادامه این فصل دو سیستم گازی الکتریکی و توربین - الکتریک بررسی می شود. این بررسی مقدمه ای است برای فهم راحت تر و بهتر فصل های آینده. مهمترین و کاملترین اتومبیل های هیبریدی، سیستم های دارای موتور احتراق داخلی و باتری می باشند که این پروژه تا حد زیادی به این موضوع اختصاص یافته است. البته با وجود پیشرفت تکنولوژی و تولید پیل های سوختی این سیستم ها جای خود را به اتومبیل های پیل سوختی واگذار می کنند.

۳-۲- اتومبیل گازی- الکتریکی:

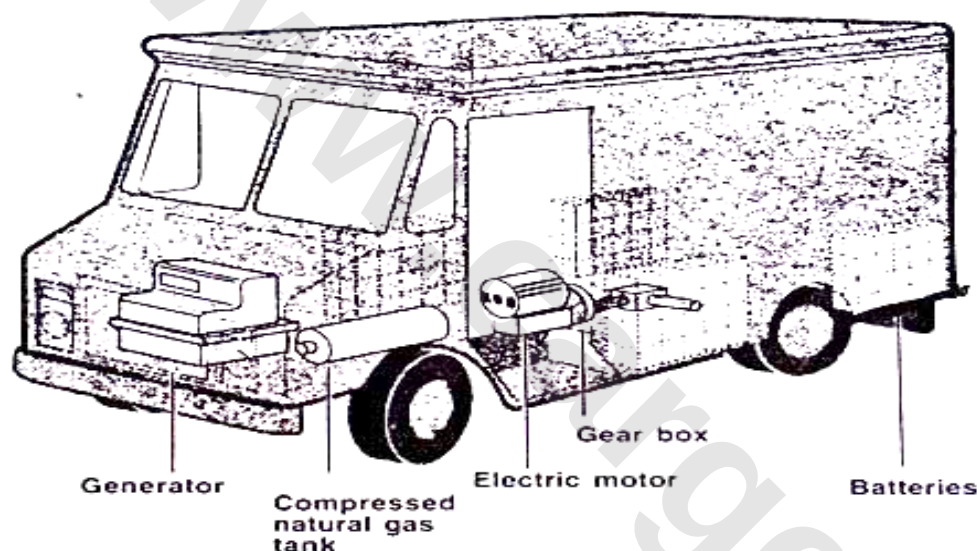
در این نوع اتومبیل یک موتور احتراق داخلی که با گاز طبیعی کار می کند جانشین اتومبیل بنزین سوز شده است. این سیستم هیبرید بطور سری در یک خودرو با موتور چهار سیلندر جرقه ای، چهار زمانه و حجم ۱/۳Lit که با گاز طبیعی عمل می کند به کار گرفته شده است.

بازده این موتور از ۲۵ kw تا ۵۰ kw در ۲۸۰۰ rpm بطور پیوسته تغییر می کند. باتریهای به کار ذفته در این اتومبیل سربی-اسیدی هستند. وزن کل باتریها ۲۷۲kg است. باتریها ۱۲ ولت می باشند با ظرفیت ۵۵amph بدون استفاده از باتری موتور احتراق داخلی استعداد راندن اتومبیل با سرعت $97 \frac{km}{h}$ را دارد. باتریها می توانند برای مدت کوتاهی ۸۰ kw قدرت را برای دو موتور الکتریکی ۵۰ kw که وزن هر یک از آنها ۱۹ kg است برسانند. این موتورها توسط یک اینورتر (مبدل) که شش فاز را کنترل می کند تغذیه می شوند. یک آهن ربای دائمی در متمم موتورها به کار رفته است. هر یک از موتورها یکی از دو چرخ جلو را می چرخاند و توسط مجموعه خورشیدی و دنده و زنجیر محرک دور را به نسبت ۵:۱ تقلیل می دهد. مجموعه محرک در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



شکل ۱-۳: مجموعه محرک

شکل (۲-۳) یک اتومبیل هیبریدی را نشان می دهد که با گاز طبیعی - موتور جرقه ای، ژنراتور و باتری کار می کند. امروز این مکان وجود دارد که عملکرد یک موتور ac محرک را حدوداً ۱۵۰ kw بالا ببریم. بعضی رانندگان توسط موتورهای جریان متناوب معمولی قدرت را با توجه به عملکرد بالای موتور احتراق داخلی دو برابر می کنند. یکی از دلایل استفاده از اتومبیل های هیبرید کاهش آلودگی ناشی از سوخت است. کاهش آلودگی را می توان با روش های زیادی انجام داد. از جمله گرم کردن موتور قبل از استارت و یا نصب یک تصفیه کننده دود در انتهای لوله اگزوز. راه های دیگری نیز وجود دارد.



شکل ۲-۳: اتومبیل هیبریدی با سوخت گاز طبیعی

۳-۳- اتومبیل های موتوری توربین گاز - الکتریک:

توربین گاز یکی از طرح های قدرت است که در اتومبیل های الکتریکی به کار رفته است.

توربین های گاز بر دو نوع می باشند:

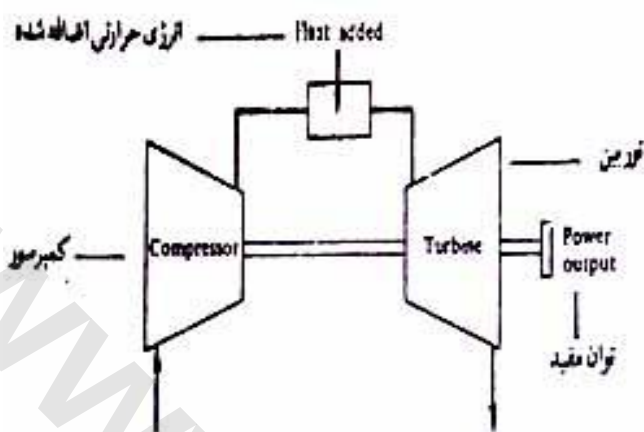
۱- توربین های جریان دائمی یا احتراقی^۱

۲- توربین های انفجاری^۲

^۱ (COMBUSTION TURBIN)

^۲ (EXPLOSION TURBIN)

توربین گازداری کمپرسور و توربین می باشد. شکل (۳-۳) سیکل ساده باز توربین گاز را نشان می دهد.



شکل ۳-۳: سیکل ساده باز توربین گاز

کمپرسور نیز به دو دسته تقسیم شده است:

۱- کمپرسور سانتریفوژ (گریز از مرکز)

۲- کمپرسور محوری

در ابتدا بیشترین کمپرسورهای سانتریفوژ استفاده می شد ولی با پیشرفت علم آیرودینامیک و به کار بردن مواد جدید کمپرسورهای سانتریفوژ جای خود را به کمپرسورهای محوری داد.

توربینها به مانند کمپرسورها بر دو نوع محوری و سانتریفوژی می باشد. نوع دوم فقط در دستگاه هایی به کار می رود که اجباراً از فضای بسیار کوچکی باید استفاده شود که به همراه کمپرسور سانتریفوژی به پشت بدون محور رابطی عمل می نماید.

۳-۴- اتومبیل های موتوری کرایسلر و ولو

کرایسلر و ولو هر دو از توربین برای چرخاندن ژنراتور ac استفاده کرده اند، در طرح کرایسلر، ژنراتور، یک قسمت کامل فلاپویل همانند یک توربین، روی شفت است که همانند یک ذخیره کننده انرژی عمل می کند ولی در طرح ولو و توربین ژنراتور روی یک شفت هستند و باتری نیکل-کادمیم بعنوان ذخیره کننده انرژی عمل

می کند. موتور کششی هردو اتومبیل، سه فاز، القایی، جریان متناوب می باشد. سرعت چرخش موتور القایی تغییر پذیر است و تأثیر تعداد قطبها کم کردن اثر بار است.

این اختلاف در سرعت چرخش روتور، به سرعت زاویه ای میدان الکتریکی که بواسطه سیم پیچهای استاتور بوجود آمده است بستگی دارد. این همان لغزش یا slip است. اگر n سرعت چرخش میدان مغناطیسی باشد، n دور روتور است که اختلاف ایندو همان slip خواهد بود.

موتور محرک می تواند یک موتور سنکرون با آهن ربای دائم باشد. در حالت نرمال موتور سنکرون فقط بستگی به فرکانس و تعداد پالسها دارد، یعنی لغزشی وجود ندارد. موتور القایی کم خرج تر از موتور سنکرون است. تولیدات نسبی هردو تقریباً برابری باشد ولی موتور سنکرون ۱٪ تا ۲٪ کارآمدتر است. بازده هر دو تقریباً ۹۵٪ است که بستگی به اندازه و بار دارد. در هردو اتومبیل، توربینها با آلودگی می نیمم کار می کنند.

در اتومبیل کرایه سلر توربین از نوع توربین با جریان دائمی می باشد و در خواسته های متنوع موتور القایی را توسط فلاپویل برآورده می کند. در طرح ولوو، باتری نیکل - کادمیم این عمل را انجام می دهند. در این قسمت ما فقط به بررسی اتومبیل توربین گاز - الکتریک ولوومی پردازیم.

۳-۵- اتومبیل توربین گاز - الکتریک ولو:

برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ دانشمندان موفق شدند که از توربین گازو یک ژنراتور سرعت بالا، برای راندن یک وسیله نقلیه استفاده کنند.

در سال ۱۹۹۰ توسط شرکت ولوو اتومبیلی ساخته شد که به یک توربین گاز مجهز بود و یک ژنراتور سنکرون را به حرکت در می آورد تا برق یک موتور القایی سه فاز را فراهم آورد و شارژ یک باتری نیکل - کادمیم را بر عهده داشت. نام این اتومبیل ولوو ECC بود.

ولوو ECC به سه شکل مورد استفاده قرار می گرفت: راننده می توانست شکل محرک الکتریکی را برای مسافتهای کوتاه انتخاب کند یا هنگامی که اتومبیل به کندی حرکت می کند از باتری، از موتور احتراق داخلی در بزرگراهها و یا از شکل هیبرید، هنگامیکه توربین گاز اتومبیل از کار می افتد و علامت شارژ باتری زیر ۲۰٪ باشد، یا هنگامیکه مقدار شارژ برای بعضی کارها همانند شتابگیری کافی نباشد، استفاده کند.

یک صفحه کوچک دایره ای سطح شارژ باتری را هنگامیکه از شکل محرک-الکتریکی استفاده می کنیم نشان میدهد. یک نشانگر به راننده اطلاع می دهد که چند کیلومتر را با هردو شکل الکتریک و هیبرید پیموده است. ولوو ECC دارای یک کمپر سور گریز از مرکز تک مرحله ای که از آلومینوم ساخته شده است می باشد و توربین آن از آلیاژ نیکل و در برابر درجه حرارت مقاوم است. سوخت و هوا با نسبت معینی در اتاق احتراق توربین با هم ترکیب می شوند و قبل از احتراق بصورت پودر درمی آیند.

این عمل دذجه حرارت شعله (اشتعال) را پایین می آورد و باعث می شود تا کمترین مقدار اکسید نیتروژن تولید شود. توربین گاز مجهز به یک روتور است که هوای گرم را تعویض می کند.

این واحد شامل یک روتور سرامیک است که مجراهای زیادی برای چرخش هوای سرد و گازهای داغ دارد. گرما توسط هوای سرد از گازها جذب می شود و بازده توربین را افزایش می دهد. روی شفت توربین گاز یک ژنراتور قرار گرفته است و بطور مستقیم توسط توربین چرخانده می شود. کمپرسور و توربین یک تکیه گاه مشترک دارند. طرف دیگر که تکیه گاه روتور ژنراتور است یک یاتاقان می باشد. ژنراتور برای کار با توربین گاز که خروجی 38kw در 9000rpm دارد طراحی شده است.

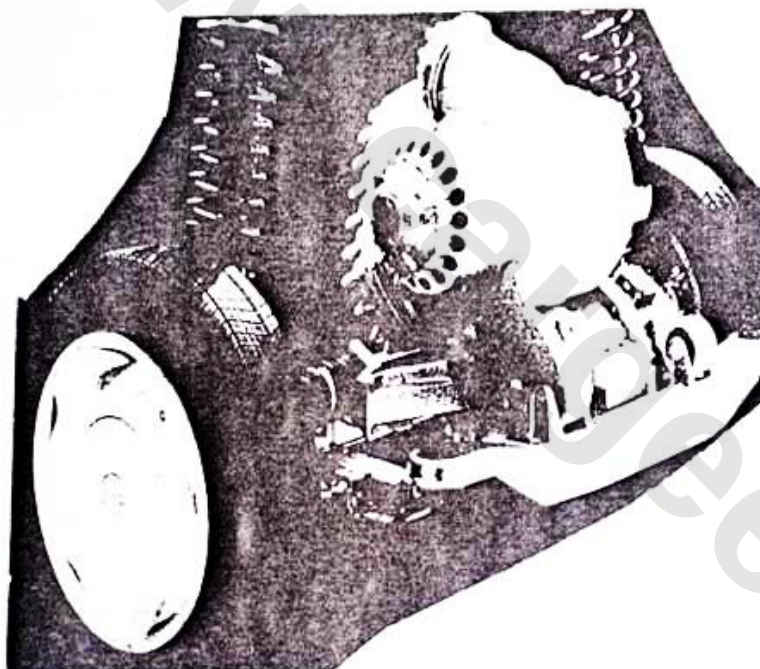
برای اینکه به دنده های پائین برای ازیاد گشتاور نیاز نداشته باشیم باید سرعت چرخش توربین زیاد باشد. البته محدودیتهایی برای قطر روتور وجود دارد ، گشتاور در ماشینهای الکتریکی متناسب با حجم روتور است ، بعلاوه در سرعتهای بحرانی طول موثر روتور کاهش می یابد.

با توجه به این بحث اگر مغناطیس ثابت و کافی با حجم کوچک روتور به وجود آوریم و مدار مغناطیسی روتور و استاتور ژنراتور کافی باشد میدان مغناطیسی بزرگ خواهد شد. البته بزرگ شدن میدان مغناطیسی بستگی به جنس سیم پیچهای به کار رفته و جنس هسته ها دارد. در ضمن ژنراتور با هوای فشرده سرد می شود. بعد از بزرگ کردن میدان مغناطیسی ژنراتور باید روی زیاد کردن بازده موتور بحث کنیم. موتور القایی ولوو ECC سرعت بالایی دارد و نیاز به کاهش سرعت با نسبت ۱۰ به ۱ داریم.

مهندسین ولوو یک جعبه دنده اتوماتیک دو سرعته را طراحی کرده اند تا تعویض دنده نرم انجام گیرد و نیرویی هدر نرود. این جعبه دنده توسط کنترل کار می کند . کنترلر سرعت را در دقیقه اندازه می گیرد.

تعویض دنده توسط فشار هیدرولیک انجام می گیرد. واحد کنترل کننده وسیله نقلیه با جعبه دنده ارتباط دارد و بر طبق گشتاور موتور آن را تنظیم می کند. بنابر این احتیاط به تورک کنورتور نیست. دنده عقب لازم نیست زیرا با تغییر در ترتیب فازها ، موتور سه فاز می تواند در جهت عکس بچرخد.

جعبه دنده ای که در ولوو ECC بکار رفته است برای یک موتور القایی جریان متناوب سه فاز استاندارد M 13 t 132-4 که قدرت نامی ۷/۵ kw در 1500 rpm را تولید می کند طراحی شده است. برای افزایش سرعت موتور یک سیستم خنک کاری آبی به آن اضافه شده است. همچنین استاتور آن شیاردار است. موتور شکل ۳-۴ در 70 kw , 12000 rpm تولید می کند. و جبهه دنده روی اکسل جلو ولوو ECC نصب شده اند.



شکل ۳-۴: موتور القایی جریان متناوب

موتور الکتریکی باتریهای نیکل _ کادمیم را شارژ می کند. برای شتابهای آرام و بردهای متوسط از باتریهای اسید سربی استفاده می شود. باتری ولوو ECC در وظیفه دارد.

در شکل هیبرید باتری یک منبع ذخیره انرژی است و این امکان را برای ژنراتور فراهم می آورد تا در هر شرایطی بهترین کار آیی را داشته باشد. مصرف سوخت ولوو ECC، ۵/۲ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر است ، البته این مقدار برای حرکت در بزرگراهها است.

در ترافیکها و خیابان های شهری این مقدار به 6 lit در می رسد . در شکل الکتریکی باتری تنها منبع انرژی برای اتومبیل است. توسط باتری برد اتومبیل در ترافیک حدوداً 58 km است. نوربین گاز هنگامیکه زیر بار کم قرار دارد و یا هنگامیکه قدرت مورد نیاز کمتر از تولیدات توربین می باشد. شارژ باتری را انجام می دهد. همچنین از نیروی ترمز برای شارژ باتری استفاده می کنیم. شارژ باتری توسط یک کنترلر انجام می گیرد.

کنترلر باتری را در حدود ۸۰٪ شارژ نگه می دارد تا بتوانیم از نیروی ترمزی برای شارژ نیز استفاده کنیم. ولتاژ باتری توسط یک اینورتر به موتور متصل می شود. سیستم های هیبرید به خاطر بی ثباتی الکتریکی به همدیگر خسارت وارد می کنند. اگر بین انرژی ورودی . خرجی بالانس نباشد. باعث می شود تا ولتاژ تغییر کند ، با تغییر ولتاژ در موتور تغییر یار اتفاق می افتد و باعث می شود تا ولتاژ تغییر کند ، با تغییر ولتاژ در موتور تغییر بار اتفاق می افتد و باعث تغییر سرعت توربین می شود ، تغییرات سرعت باعث می شود تا تغییرات ولتاژ افزایش پیدا کند . به همین دلیل احتیاج به یک واحد اداره کننده وسیله نقلیه داریم تا سوخت دیزل ، الکتریسیته (برق) ، و محرک هیبرید را کنترل کند. علاوه بر اینها توربین گاز نیز باید کنترل شود. واحد کنترل کننده یک کامپیوتر می باشد که شارژ باتری و برد اتومبیل به شکل هیبرید و الکتریکی را اندازه می گیرد. اطلاعات را در مانیتوری که در داشبورد قرار دارد نشان می دهد . فرمانهایی که راننده می دهد (داده های پدال) را کنترل و حوادث را ثبت می کند . جعبه دنده توسط یک کامپیوتر جدا با کامپیوتر اصلی در ارتباط است.

۳-۶- تقسیم بندی اتومبیل های هیبریدی

همانطور که قبلاً ذکر کردیم کاهش آلودگیها ناشی از سوخت و افزایش میزان بازده اتومبیل از اهداف سازندگان اتومبیل های هیبریدی بوده است. به خاطر همین تحقیقات و آزمایشات زیادی در این زمینه انجام گرفته است تعدادی از این آزمایشات و نتایج آنها در ادامه این فصل بررسی خواهد شد . محققین اتومبیل های هیبریدی را به سه نوع کلی تقسیم کرده اند که عبارتند از :

۱- اتومبیل های هیبریدی سری

۲- اتومبیل های هیبریدی موازی

۳- اتومبیل با هیبریدیونیور سالکه ترکیبی از موازی و سری می باشد.

نحوه کار و مزایا و معایب و همچنین تستهای انجام گرفته در زمینه اتومبیل های هیبرید موازی و سری در ادامه این فصل توضیح داده خواهد شد . ما باید بتوانیم این اتومبیلها را بر پایه مشترکی با هم مقایسه کنیم بطوریکه این مقایسه قابل اعتماد باشد. برای این کار احتیاج به شبیه سازی وسیله نقلیه هیبرید و اجزاء مختلف آن داریم . برنامه های مختلف کامپیوتری زیادی برای شبیه سازی در این مورد موجود می باشد. که برای روشن تر شدن بحث ، نتایج یک تست انجام شده را در ادامه ذکر کردیم.

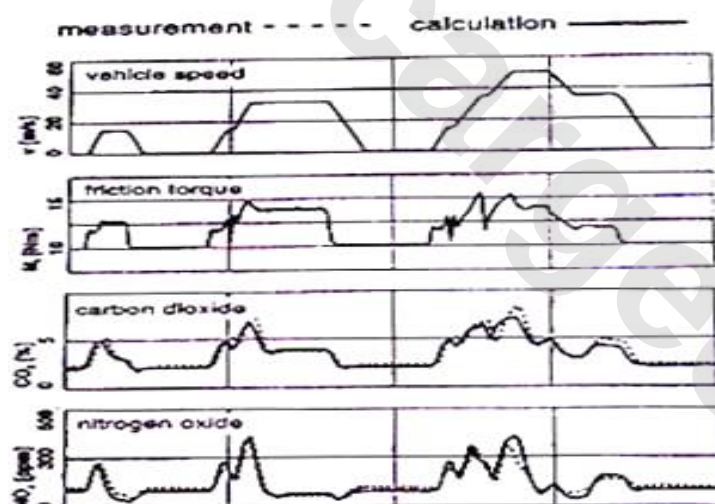
۳-۷- همکاری مشترک چند کشور اروپایی در زمینه اتومبیل های هیبرید

در سال ۱۹۹۴ هشت کمپانی اروپایی و شش نفر محقق موضوعی را تحت عنوان BRITE/EURAM برای بررسی کردن نحوه انتقال قدرت در اتومبیل های هیبرید و میزان کار آیی آن شروع کردند. این مسئله ناشی از نحوه توزیع وسایل نقلیه هیبرید در اروپا بود. در این قضیه ۶ اتومبیل هیبرید با همدیگر مقایسه شدند تا اینکه بهترین آنها از لحاظ عملکرد مشخص شود. این کوششها پاکسازی محیط زیست و صرفه جویی در مصرف سوخت و استفاده از یک نیروی محرکه با صرفه اقتصادی انجام می شد. پیشنهاد شده بود تا وسایل نقلیه هیبرید در مراکز شلوغ شهر و اماکن تفریحی از نیروی الکتریسیته برای حرکت استفاده کنند و در بزرگراهها و مسافتهای طولانی موتور احتراق داخلی را مورد استفاده قرار دهند. یعنی همانند یک مبدل انرژی (شیمیایی- مکانیکی- الکتریکی) باشند. به کار بردن وسایل اضافی در سیستم باعث می شود تا طراحی این اتومبیلها بطور ذاتی مشکل اشد. در این زمینه ۸ اتومبیل در اروپا طراحی شد و با هم مقایسه شدند. شرکتهای دیگری نیز در این زمینه در ساخت ابزارهای برای آنالیز سیستمهای هیبرید و اثرشان بر محیط و ذخیره انرژی همکاری کردند.

۳-۸- ابزار شبیه سازی متحرک

برای اینکه بتوانیم اتومبیل های هیبرید مختلف را با هم مقایسه کنیم ابتدا باید آنها را بر پایه مشترکی شبیه سازی کنیم. این ابزار باید اجازه دهد تا بتوانیم اتومبیلها را از لحاظ بازده ، مصرف سوخت ، آلودگی تولید شده در سیکل های مختلف ، مورد مقایسه قرار دهیم . برنامه ای تحت عنوان SIMULINK که در محیط

MATLAB کار آیی دارد می تواند این شبیه سازی را انجام دهد. بعضی از دیاگرامها ، از قبیل کلاچ ، بر پایه معادلات اساسی فیزیک شبیه سازی شده است. برای واحدهای دیگر همانند دیاگرام های (نمودارهای) موتور این مکان را می دهد که بنوانیم از حداکثر داده های ترسیمی استفاده کنیم تا شبیه سازی سریع انجام گیرد و مشخص شود که چه اتفاقی می افتد. اخیراً توسط دانشگاه مونیخ (Lvw) نرم افزاری ارائه شده است که شبیه سازی را فقط با دادن چند نقطه انجام می دهد . برای بررسی صلاحیت این نرم افزار شبیه سازی در مورد یک عدد گلف هیبرید (VW) انجام شد. ایت اتومبیل هیبرید موازی شامل دو واحد قدرت می باشد. یک موتور توربو دیزل با قدرت 44kw و یک موتور القایی با قدرت 7kw که توان مورد نیاز را از باتریهایی (ni/cd) با ولتاژ ۷۲ ولت تأمین می کند. همانطور که در جدول ۳-۱ دیده می شود شبیه سازی تا اندازه زیادی موفق عمل کرده است و اختلاف نتایج آن با اندازه گرفتن مقادیر واقعی از آلودگی موتور دیزل و پارامترهای دیگر ناچیز است. شکل ۳-۵ میزان آلاینده های موتور دیزل را نشان می دهد.



شکل ۳-۵: آلاینده های موتور دیزل

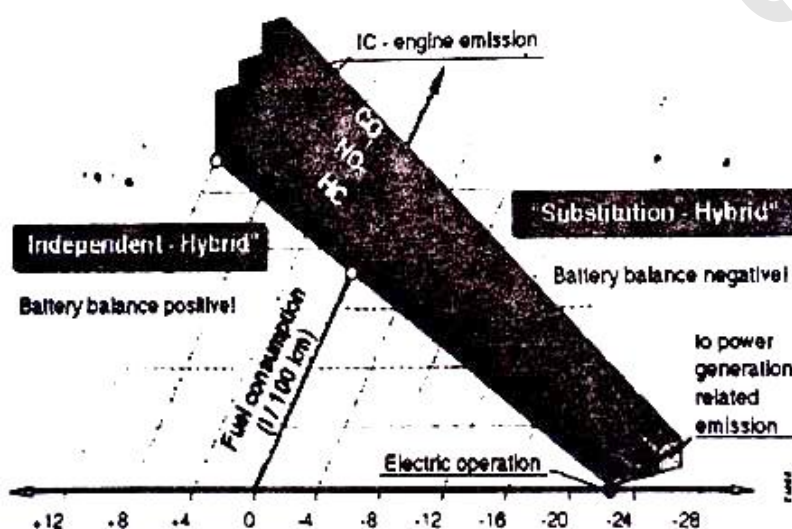
جدول ۳-۱: اختلاف بین شبیه سازی و مادیر واقعی آلودگی

ece 15 cycle	model	ValIDATION	Difference
Fuel Consumptio	4.158 l/100km	4.121 l/100km	+ 0.90%
Electricity Consumption	2.514 MJ	2.472 MJ	+ 1.70

۳-۹- مقایسه شش هیبرید مختلف با همدیگر.

هر سازنده اتومبیل فعالیتهای مشخصی در زمینه نحوه انتقال قدرت و چگونگی استفاده از مولدهای قدرت را دنبال می کند. DRF، BMW/AVL و VW در زمینه سیستم محرک هیبرید موازی تحقیق می کنند. این سیستمها بطور متنوع از یک اتصال مکانیکی بین موتور الکتریکی، موتور احتراق داخلی و چرخها استفاده کرده اند. سیستمهای موازی بطور معمولی این امکان را فراهم می آورد تا چرخها بتوانند برای حرکت از منابع دیگر قدرت نیز استفاده کنند و در هر لحظه گشتاور مورد نیاز را برآحتی انتخاب کنند.

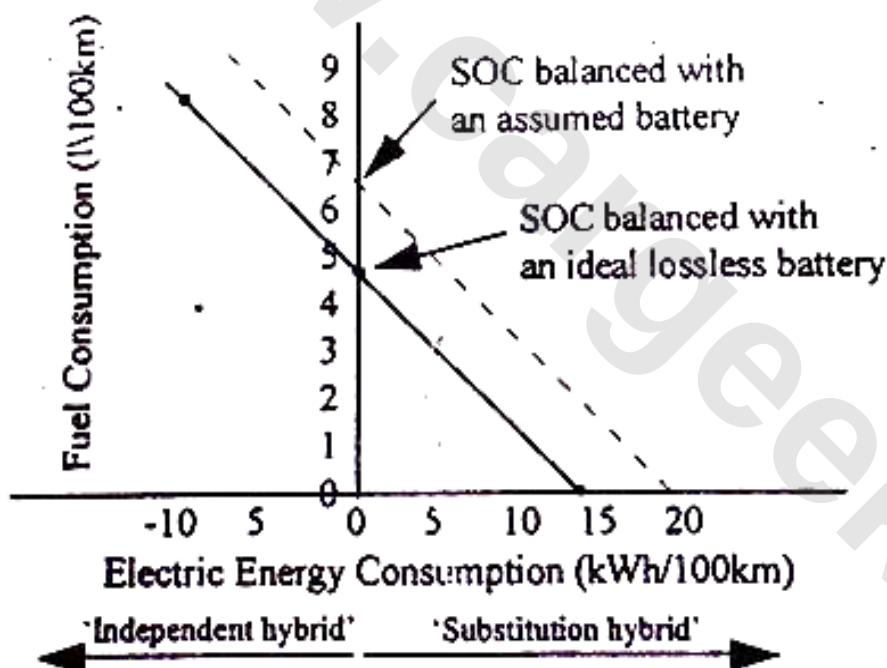
Daimler Benz و Renault و Volvo روی مفهوم هیبرید سری تحقیقات خود را متمرکز کرده اند. در این نوع هیبرید موتور الکتریکی همیشه مقداری الکتریسیته تولید می کند. در هیبرید سری از مولدهای قدرت دیگری همانند: توربین گاز، موتورهای استرلینگ یا پیل های سوختی استفاده شده است. هیبرید نوع سوم معروف به یونیورسال است که مخلوطی از موازی و سری می باشد. دستگا ههای تست BMW/AVL برای آزمایشات با این شکل مناسب است. با ابزار شبیه سازی معتبر عملکرد شش هیبرید مختلف بررسی می شود. با استفاده از نتایج مصرف انرژی و آلودگی های بوجود آمده نموداری برای سیستمهای هیبرید رسم می شود. شکل (۳-۶) نشان دهنده مشخصات و سایل نقلیه هیبرید به صورت الکتریکی، احتراقی می باشد و عملکرد هر کدام را به تنهایی نیز نشان می دهد. واضح است که هیچ اشتراکی بین آلودگی ها، انرژی الکتریکی و مصرف سوخت وجود ندارد.



شکل ۳-۶: ارزیابی آلودگی و مصرف اقتصادی در حالت های مختلف

اگر وسیله نقلیه به شکل کاملاً الکتریکی عمل کند انتظار می رود که آلودگی می نیمم باشد ولی باتری بعد از مدتی تخلیه خواهد شد. از طرف دیگر هنگامی که موتور احتراق داخلی شارژ دوباره باتری را انجام می دهد مصرف سوخت وسطوح آلودگی افزایش پیدا می کند. بنابراین برای تعیین بازده حتماً باید سیکل های محرک در اختیار باشند.

واضح است که این گراف می تواند با وسیله یک نمودار دو بعدی شکل ۳-۷ مصرف سوخت و مصرف الکتریسیته را نشان دهد. ضریب زاویه معادله خط کافی است تا نحوه انتقال قدرت را مشخص کنیم. مثلاً از روی نمودار متوجه می شویم که اگر ۱۵kwh انرژی الکتریکی داشته باشیم می توانیم مسافت ۱۰۰km را بدون مصرف سوخت بپیماییم.



شکل ۳-۷: مصرف سوخت و مصرف الکتریسیته

برای به دست آوردن ضریب زاویه باید دو نقطه استاندارد مشخص کنیم. این نقاط معمولاً از طریق آزمایش مشخص می شوند.

یک نقطه، نقطه ای است که فقط مصرف سوخت نیروی محرکه لازم را بوجود می آورد و نقطه دیگر حالتی است که نیروی محرکه تمام الکتریکی می باشد. در شکل (۳-۷) این آزمایشات را با یک باتری ایده آل

با کمترین افت و در مرحله دوم با یک باتری فرضی انجام داده ایم. این نمودار همچنین اجازه می دهد تا مدت زمان استفاده از باتری را بتوانیم مشخص کنیم. در نتیجه یک تحقیق مشترک نکات زیر راجع به هیبریدهای مختلف بدست آمده است.

۱- عامل اصلی که باعث شده است تا هیبرید موازی کمترین سوخت را مصرف کند انتقال انرژی به طور مستقیم به چرخها می باشد در صورتیکه در هیبریدهای دیگر این انتقال با واسطه میباشد. با استفاده از اصول طراحی درست، اندازه موتور و عملکرد موتور نیز تصحیح شده است.

۲- با استفاده از هیبریدهای سری میتوانیم به حداقل آلودگی دست پیدا کنیم ولی مصرف سوخت به دلیل تغییرات انرژی غیر مؤثر و در نتیجه اتلاف انرژی افزایش می یابد.

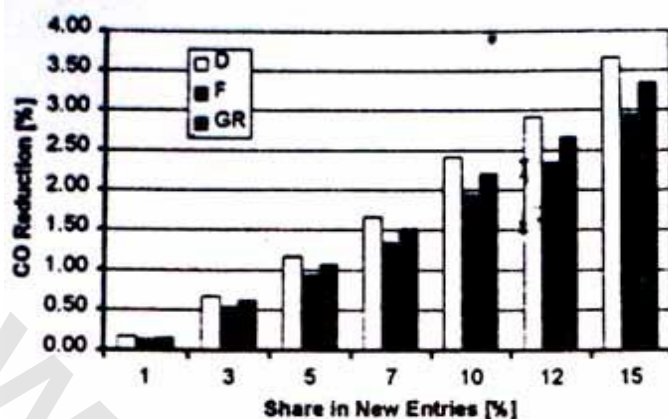
۳- برخلاف عملکردهای وسایل نقلیه تمام الکتریک باتریهای بکار رفته در محرکهای هیبریدی باید این توانایی را داشته باشد تا بتواند بطور معمول عمل شارژ و دشارژ را انجام دهد.

۴- یکی از مسایل کلیدی و سیله نقلیه هیبریدی بازده باتری است. اساساً توزیع قدرت خیلی اهمیت دارد، بعلاوه تحقیق نشان می دهد که وزن واقعی و اندازه های آنها باید کاهش یابد.

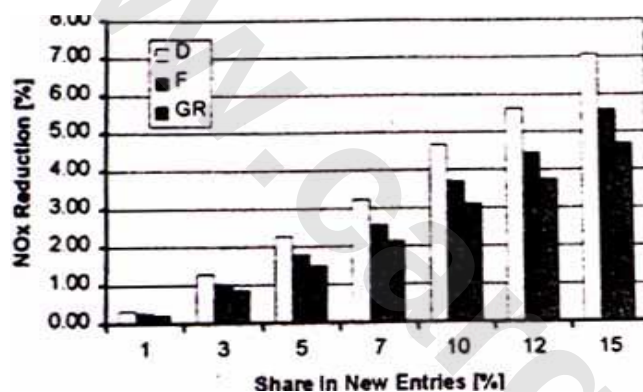
مثلاً اگر در یک وسیله نقلیه سنگین از هیبرید موازی استفاده کنیم اگر چه مصرف سوخت را کم کرده ایم ولی جرم وسیله نقلیه افزایش پیدا کرده است.

۳-۱۰- اندازه گیری آلودگی در چند شهر اروپایی:

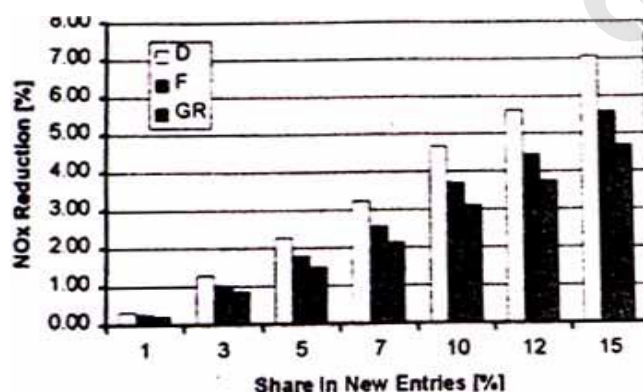
چند کشور مختلف از جمله فرانسه (F) و آلمان (D) و یونان (GR) تحت چند برنامه متفاوت اتومبیلهای خود را در سطح شهر مورد آزمایش قرار دادند و مقدار کاهش CO و HC و NO را تا سال ۲۰۱۰ پیش بینی کردند. شکل‌های ۳-۸ و ۳-۹ و ۳-۱۰ منحنی های ترسیم شده با استفاده از نتایج این آزمایشات نشان می‌دهند.



شکل ۳-۸ کاهش آلودگی CO در مناطق شهری در نتیجه استفاده از اتومبیل هیبریدی.



شکل ۳-۹ کاهش آلودگی HC در مناطق شهری در نتیجه استفاده از اتومبیل هیبریدی



شکل ۳-۱۰ کاهش آلودگی NOx در مناطق شهری ناشی از کاربرد اتومبیل هیبرید

محور افقی نشان دهنده سهم هر کشور در استفاده از ماشینهای هیبریدی می باشد و نمودار عمودی مقدار

آلودگی را نشان می دهند. در ادامه به بررسی جداگانه هیبریدهای سری و موازی می پردازیم.

فصل چهارم

هیبریدهای سری و موازی

۴-۱- هیبریدهای سری

۴-۱-۱- کاربرد موتورهای احتراق داخلی دروسایل نقلیه هیبرید سری

تفاوت های زیادی بین استفاده از موتورهای احتراق داخلی دروسایل نقلیه معمولی ووسایل نقلیه هیبریدی وجود دارد. برای اینکه از یک موتور احتراق داخلی دروسیله نقلیه هیبریدی استفاده کنیم باید موتور را اساساً بدین منظور طراحی کنیم. در تحقیقی که بوسیله TNO انجام شد مشخص شد که باید موتور را اساساً بدین منظور طراحی کنیم. در تحقیقی که بوسیله TNO انجام شد مشخص شد که موتورهای احتراق داخلی اگر بر اساس نیازهای هیبرید طراحی شوند و با آن وفق داده شوند توانایی آن را دارند که آلودگی را تا نزدیک صفر کاهش دهند. این تحقیق بر روی یک عدد موتور CNG که در اتوبوس شهری بکار رفته بود و یک عدد موتور دیزل که در اتومبیلهای سواری مورد استفاده قرار گرفته بوده انجام شد. یکی دیگر از مواردی که باید درباره موتور احتراق داخلی در نظر گرفته شود تنظیم آن با روش کنترل قدرتی است که ما انتخاب کرده ایم. اتومبیلها هیبریدی حمل و نقل فوق العاده تمیز را فراهم می کنند. هنگامی که یک هیبرید سری بطور مناسب طراحی شود می تواند مزایای وسایل نقلیه الکتریکی باتری دار را داشته باشد و معایب آن را حداقل کند. مزایای یک هیبرید سری را می توانیم چنین نام ببریم:

۱- سوخت پربازده (استفاده مؤثر موتور و امکان استفاده از ذخیره سازی نیرو ترمزی)

۲- آلودگی پایین

۳- امکان رساندن سطح آلودگی به صفر

۴- طراحی آذاد

۵- آزادی انتخاب واحد قدرت کمکی APU (نوع مولد قدرت کمکی و سوخت آن)

۶- امکانات مختلف با تکنولوژیهای پیشرفته

۴-۱-۲- معایب هیبرید سری عبارتند از:

۱- افزایش جرم، پیچیدگی زیاد و افزایش هزینه

۲- راننده با این نوع اتومبیل نمی تواند به خوبی رانندگی کند زیرا نمی تواند ارتباط مناسب با صدای اتومبیل برقرار کند.

۳- بکار بردن محرک مستقیم ممکن نیست (بازده زیاد در سرعتهای ثابت بالا است)

۴- ظرفیت محدود دستگاه ترازایی بار (LLD) که می تواند بازده را اتومبیل در شکل تمام الکتریک یا حالت شارژ پایین باشد کاهش دهد.

تنوع زیادی در استفاده از واحدهای قدرت کمکی^۱ برای استفاده در اتومبیلهای هیبریدی وجود دارد. به احتمال زیاد موتور احتراق داخلی ICR=internal combustion engines که قابلیت استفاده از سوختهای مختلف را دارد انتخاب می شود. تفاوتی اساسی بین استفاده از موتورهای احتراق داخلی (ICE) در وسایل نقلیه هیبرید وجود دارد. که البته این تفاوتها ناشی از عملکرد موتور ارتباط آن با سیستم انتقال قدرت هیبرید مانند ارتباط آن با موتور-ژنراتور یا با دستگاه کنترل کننده می باشد.

۴-۲- نکات مهم در طراحی موتورهای احتراق داخلی برای سیستم هیبرید:

یکی از مسائل مهم که برای کاربرد موتور احتراق داخلی (ICE) در هیبرید سری مطرح می شود توانایی ارتباط آن با تکنولوژیهای جدید از جمله باتریها، موتورهای الکتریکی و الکترونیک قدرت (کنترل کننده ها) می باشد از طرفی به موتور احتراق داخلی به دید یک جزء بسیار سودمند نگریسته می شود. بنابراین باید مخصوص وسیله نقلیه هیبرید طراحی شود. استفاده از استاندارد موتور احتراق داخلی برای وسایل نقلیه هیبریدی تنها به عنوان یک راهنما نیست بلکه عامل اصلی در کاهش سطح آلاینده ها و سیستم انتقال قدرتی که فقط مخصوص راههای دور نیست می باشد در هیبریدهای سری موتور احتراق داخلی به ژنراتور کوپل شده است. این ژنراتورها فقط وظیفه دارند تا قدرت متوسط مورد نیاز را تأمین کنند نیاز به گشتاورهای بالا (ماکزیمم قدرت مثبت یا منفی مانند شتابها یا بازیافت نیروهای ترمزی) توسط ابزار ترازایی بار (باتریهای با قدرت بالا) برآورده می شود. اثر موارد فوق این است که موتور می تواند کوچکتر باشد. روش دوم این است که موتور احتراق داخلی با بار هیچگونه ارتباطی ندارد، بلکه عملکرد آن محدود به نقاطی شده است که

¹ (APU=auxiliary power units)

سوخت در آنجا حداکثر بازده را داشته باشد و همچنین آلودگی تولید شده حداقل باشد. برای بکار بردن یک موتور احتراق داخلی در وسیله نقلیه هیبرید باید موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

۱- تعیین خصوصیات کلی (قدرت ، بازده ، آلودگی ، صدا) ICE بستگی به خواسته های ما و نحوه انتخاب انرژی برای وسیله نقلیه دارد.

۲- تعیین نقاط کار موتور (گشتاور و سرعت)، که وابسته است به روش کنترل قدرت ، نتایج آلودگی و بازده هنگامی که این نقاط تغییر می کند.

۳- بهینه کردن موتور برای کار در این نقاط ممکن است شامل تنظیم سیستم تزریق سوخت و سیستم جرقه باشد ، همچنین تنظیم تایم سوپاپ و مانی فولد ورودی.

۴- جور کردن یک سیستم خنک کننده موتور که شامل اندازه گیری میزان خنک کنندگی سیستم می باشد. ترکیب سیستم خنک کن موتور با سیستم های دیگر هیبرید (خنک کردن اجزاء دیگر ترمز الکتریکی باز دارنده)، امکانات پیش گرمکن و امکان گرم کردن قسمت مسافری هنگامی که ICE خاموش است.

۵- فراهم کردن یک سیستم تحلیل کننده خروجی.

۶- کوپل کردن موتور به ژنراتور (کنترل پایدار ، اتصالات مکانیکی ، امکان حذف کردن آلترناتور ، موتور استارت و فلاپویل)

۷- رضایت بخش بودن عمل روشن و خاموش شدن (صدا ، سایش ، آلودگی ها ، بازده) واضح است که تحقیق سهم بزرگی در پیشرفت وسایل نقلیه هیبرید بر عهده دارد. نه فقط دانستنیهای موتور احتراق داخلی نیاز است وضعیت کنونی جهان، اجزاء دیگر هیبرید (اجزاء الکترومکانیکی ، الکترونیک قدرت و باتریها) و روشهای شبیه سازی (موتورها ، انتقال قدرتها ، سیستمهای کنترل) مورد نیاز می باشد. دو نوع وسیله نقلیه که تفاوت زیادی بین قدرت متوسط و قدرت بکار گرفته شده ماکزیمم دارند اتوبوسهای شهری و وسایل نقلیه سواری می باشند. تحقیق کردن درباره استفاده از انتقال قدرت هیبریدی و بهینه کردن موتور در این دو اتومبیل با صرفه می باشد.

۴-۳- نحوه کار هیبرید سری:

در حالت عادی APU فعال نیست و تمام قدرت توسط باتری فراهم می شود. در حالت هیبرید قدرت APU می تواند نیروی گرفته شده از باتری را جبران کند و بار مورد نیاز را فراهم کند.

اگر قدرت APU بیشتر از حد مورد نیاز باشد صرف شارژ باتری خواهد شد. اندازه اجزاء محرک و خود APU نیز خیلی مهم می باشد زیرا بازده وسیله نقلیه را تحت تأثیر قرار می دهد. رانندگی شهری معمولاً با قدرت متوسط انجام می شود. حال اگر وسیله نقلیه تحت شرایطی قرار بگیرد که احتیاج به قدرت زیادی داشته باشد ممکن است باتری انرژی فوق العاده ای صرف کند و سریع تخلیه شود. برای اینکه بتوانیم از این وسیله نقلیه در تمام حالات استفاده کنیم احتیاج به یک APU خواهیم داشت تا وسیله نقلیه را بطور دائم و با سرعت زیاد حرکت دهد.

APU به دوشکل عمل می کند به شکل Power tracking و به شکل Load leveling در شکل اول یعنی Power tracking، APU احتیاجات جاده ای را تأمین می کند یعنی زمانی که توان باتری به تنهایی نتواند جوابگوی نیاز وسیله نقلیه باشد، موتور احتراق داخلی شروع به کار می کند و ژنراتور را می چرخاند، ژنراتور نیز مقداری الکترسیته تولید می کند و بدین وسیله توان باتری را افزایش می دهد. یعنی این مقدار الکترسیته مستقیماً به موتور الکتریکی رفته و با باتری کمک می کند. پس در این مورد APU زمانی شروع به کار می کند که احتیاج به گشتاور زیاد داریم مثلاً در هنگام بالارفتن از سربالاییها و یاراندگی در بزرگراهها در روش Load Leverlling یا (سطح ترازایی بار) APU با توجه به سطح شارژ باتری کار می کند و در این حالت وسیله نقلیه خیلی شبیه به یک اتومبیل تمام الکتریک است. اگر باتری ۶۰٪ تخلیه شود و SOC باتری به ۴۰٪ کاهش پیدا کند APU شروع به کار کرده حدوداً ۶۰٪ تخلیه شده را مجدداً تأمین می کند. این سیکل تکراری خواهد بود. ناگفته نماند که هر دو سیستم مجهز به بازیافت نیروی ترمزی می باشند.

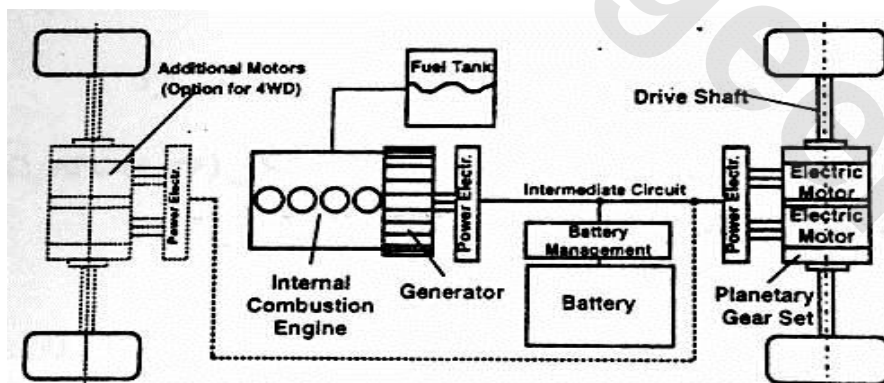
زمانی این اعمال مفید خواهد بود و حداکثر بازده را خواهیم داشت که APU قابل کنترل باشد تا بتوانیم قدرت خروجی موتور احتراق داخلی را ثابت نگه داریم اگر چه قدرت مورد نیاز از طرف جاده متغیر باشد. دیگر اینکه حداکثر عملکرد موتور در ناحیه ای باشد که حداقل آلودگی و حداکثر بازده را داشته باشد.

یک مرکز تحقیقاتی، سخت افزاری طراحی و در چرخه تست متحرک هیبرید سری نصب کرده که همه اجزای مهم را کنترل می کند. مزیت این سخت افزار این است که اجزاء را تک تک کنترل می کند و شبیه سازی اجزایی را که قبلاً انجام نگرفته بود، عملی می سازد. هدف از این سخت افزار رسیدن به عملکرد بهینه برای یک محرک هیبرید سری می باشد. در قالب همین مورد خاص اجزاء هیبرید سری را معرفی می کنیم.

۴-۴- تقسیم محرک هیبرید سری و اجزاء آن:

۴-۴-۱- ساختمان وسیله نقلیه:

دو موتور الکترو مغناطیس دائم (که به آنها اصطلاحاً موتور تاندوم گفته می شود. $2 \times 30 \text{ kw}$) برای به حرکت در آوردن چرخهای عقب به طور مستقل استفاده شده اند. این دو موتور انرژی خود را از باتری (nicd یا NiMH) و یا APU دریافت می کنند. با اینکه قطع سیستم محرک کاملاً مکانیکی انجام می شود موتور احتراق داخلی همیشه در بالاترین بازده یا کمترین آلودگی می تواند عمل می کند. این شکل هیبرید برای وسیله نقلیه متوسط مورد بررسی قرار گرفته است. (وزن: 1000 kg + باتریها). تخلیه باتری قدرت وسیله نقلیه را که حدوداً 53 kw بطور دائم است کاهش می دهد. اگر قدرت باتری (SOC) برسیم.



شکل ۴-۱: ساختمان هیبرید سری

۴-۴-۲- اجزاء هیبرید سری:

کل اجزاء هیبرید سری را می توانیم به سه قسمت اصلی تقسیم کنیم، APU، سیستم محرک و باتری به عنوان ذخیره کننده انرژی الکتریکی.

۴-۴-۲-۱- واحد قدرت کمکی (APU)

موتورها و مولدهای مختلفی برای تولید الکتریسیته در هیبرید سری به کار رفته اند.

۴-۴-۲-۲- موتور احتراقی (ICE)

سرعت وسیله نقلیه بر سرعت موتور اثر می گذارد خصوصاً دروسایل نقلیه هیبرید. بنابراین نه فقط موتورهای معمولی بلکه موتورهای جرقه ای مختلف- موتورهای دیزل- موتورهای استرلینگ یا توربین های گاز که اغلب پرت ندارند در مشخصه های گشتاور و سرعت مورد استفاده قرار گرفته اند. برای تست مورد نظر ما یک موتور جرقه ای (۱,۸۱) مورد استفاده قرار گرفته است. حداکثر قدرت موتور احتراق داخلی ۹۰kw (۶۰۰۰rpm) و گشتاور حداکثر آن ۱۷۰n.m است.

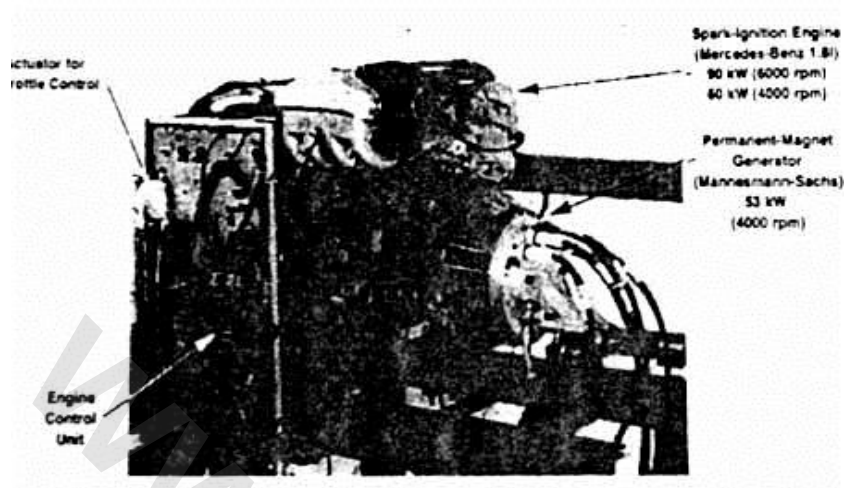
۴-۴-۲-۳- ژنراتور:

ژنراتور یک موتور سنکرون مغناطیس دائم است که جزو ماشینهای الکتریکی می باشد که در اتومبیل کاربرد دارند. در این نمونه قدرت این ژنراتور ۵۳kw می باشد. سرعت ژنراتور از طریق ورودی can کنترل می شود. برای اینکه فضای کمتری اشغال شود روتور ژنراتور بطور مستقیم روی میل لنگ نصب شده است. بنابراین گشتاور موتور به پایه ها انتقال داده خواهد شد و نوسانات موتور را با ارتعاش گیرها و وسایل مطمئن دیگر خنثی خواهیم کرد.

خصوصیات یک محرک هیبرید سری را APU تعیین می کند. شکل (۴-۲) APU را که برای آزمایش روی پایه ای نصب شده است نشان می دهد.

موتور تاندوم: موتور تاندوم شامل دو موتور سنکرون مغناطیس دائم است که روی یک فلاچ نصب شده است و دوچرخه عقب را بطور مستقل حرکت می دهد. شبیه ژنراتور، ساختمان آن روتور خارج است. گشتاور موتور تاندوم ۲۷KW است و حداکثر قدرت آن ۲۰KE خواهد بود. ما کریمم گشتاور حدود ۲۰N.M × ۶۵۰ است.

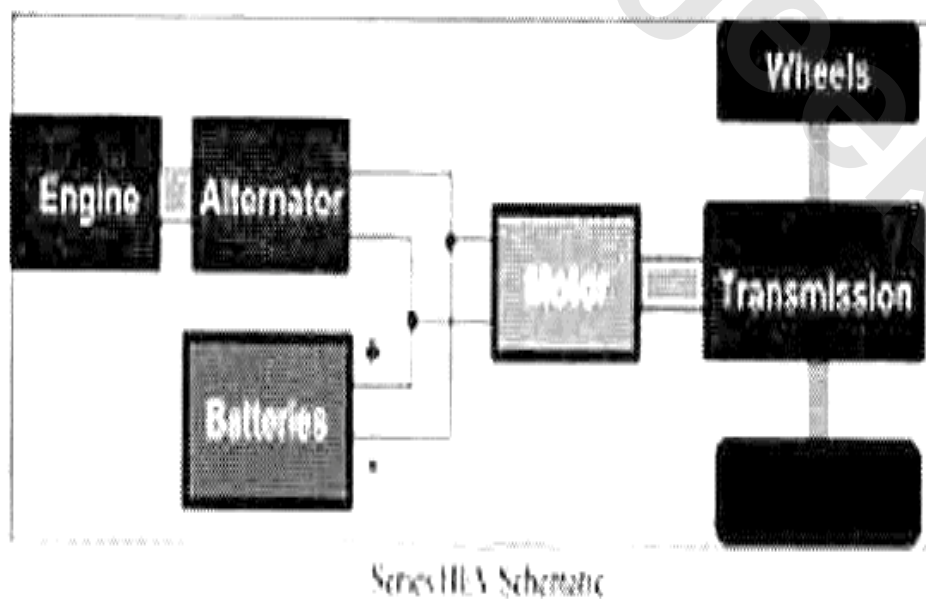
ماشینهای کنترل قدرت الکترونیکی با آب سرد می شوند. کنترل گشتاور موتور تاندوم از ورودی CAN انجام می گیرد شکل ۴-۲ یک موتور تاندوم را نشان می دهد که روی پایه ای برای آزمایش نصب شده است.



شکل ۴-۲: واحد قدرت کمکی

۴-۲-۴-۴- باتری:

بعنوان یک ذخیره کننده انرژی می باشد و حایل بین APU و موتورهای کششی است. در اینجا از یک باتری (NI-CD) نیکل-کادمیم استفاده می کنیم. در هیبرید سری نسبت هیبرید موازی چگالی قدرت باتری خیلی مهم است. زیرا در طی جریان شارژ و دشارژ باتری جریان الکتریکی زیادی رد و بدل می شود. البته باتریها توسط APU دوباره دشارژ می شوند.

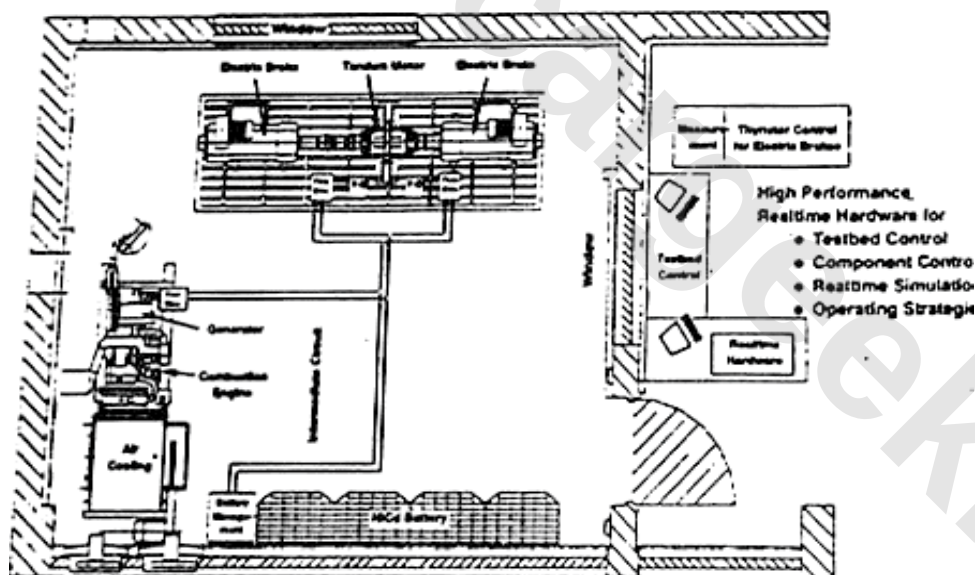


شکل ۴-۳: کاربرد موتور تاندوم که روی پایه نصب شده است.

به عنوان یک نتیجه باتریهای NIMH یا NICKD برای کاربرد در این اتومبیل خیای مناسب هستند و کاردرستی نیست که بجای آنها از باتریهای سربی یا اسیدی یا NaNiCl استفاده کنیم. ولتاژ این باتریها ۲۵۰V است و ۲۰۰ سلول نوع X55 در آن بکاررفته است. ظرفیت باتری ۱۳kw است.

۴-۵- نصب اجزاء روی پایه به منظور انجام آزمایشات:

شکل ۴-۴ طبقه بندی اجزاء و نصب آنها را روی پایه ای برای آزمایش نشان می دهد. دو ترستور کنترل کننده DC برای کنترل موتور تاندوم به کار رفته است. با کنترل و شبیه سازی اجزاء روی پایه آزمایش حالت های مختلف وسیله نقلیه را که در حالات واقعی قابل اندازه گیری نیستند می توانیم پیش بینی و محاسبه کنیم. برای اینکه به مقادیر واقعی دست پیدا کنیم باید سه اصل مهم یعنی دینامیک وسیله نقلیه، راننده و محیط رادرنظر بگیریم.



شکل ۴-۴: طبقه بندی اجزاء و نصب آنها را روی پایه ای

نرم افزاری که با استفاده از آن این شبیه سازی انجام گرفته است معروف به HIL می باشد و این امکان را دارد تا اجزاء مختلف را به جای یکدیگر قرار داده و آنها را شبیه سازی کنیم. شکل ۴-۵ ساختمان کنترل این اجزاء را که روی پایه قرار گرفته اند نشان می دهد. تمام سیگنالهایی که برای امنیت و کنترل (درجه حرارت ها و جریانه ها) و برای تعیین بازده اجزاء (قدرت مکانیکی و الکتریکی) لازم هستند باید اندازه گیری شوند.

سیگنالها از طریق ورودی خروجیهای مختلفی انتقال داده می شوند (ورودیها آنالوگ یا دیجیتال، ورودیهای RS۲۳۲ ویا CAN) که شامل چهار مدول می شوند.

۱- اداره کننده اجزاء روی پایه

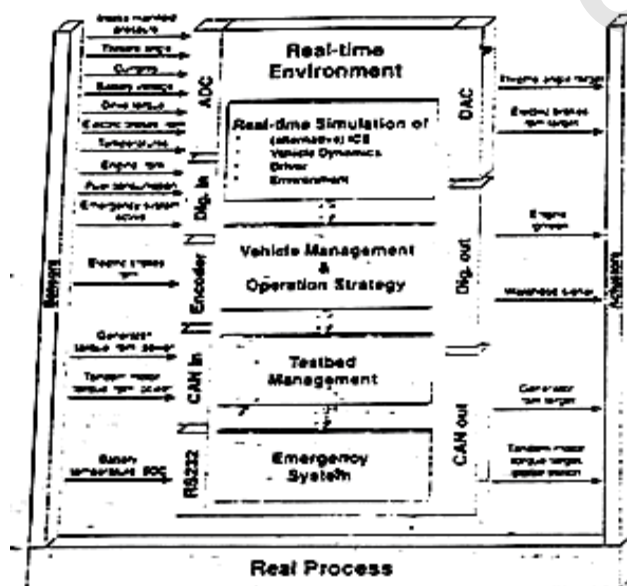
۲- شبیه سازی مقادیر واقعی

۳- سیستم اضطراری

۴- نحوه عمل واحد اداره کننده وسیله نقلیه (VMU)

واحد اداره کننده وسیله نقلیه یکی از مهمترین قسمتهای ذکر شده می باشد. وظیفه این واحد این است که مشخص می کند دستور میدهد تا اتومبیل با قدرت الکتریکی باتری یا قدرت الکتریکی APU عمل کند.

مهمترین اثر VMU فراهم کردن قدرت خواسته شده به وسیله راننده است، بادر نظر گرفتن اینکه مقدار مصرف سوخت و آلودگی آن همیشه می نیمم با شد. البته قابلیت رانندگی با وسیله نقلیه نباید کاهش پیدا کند.

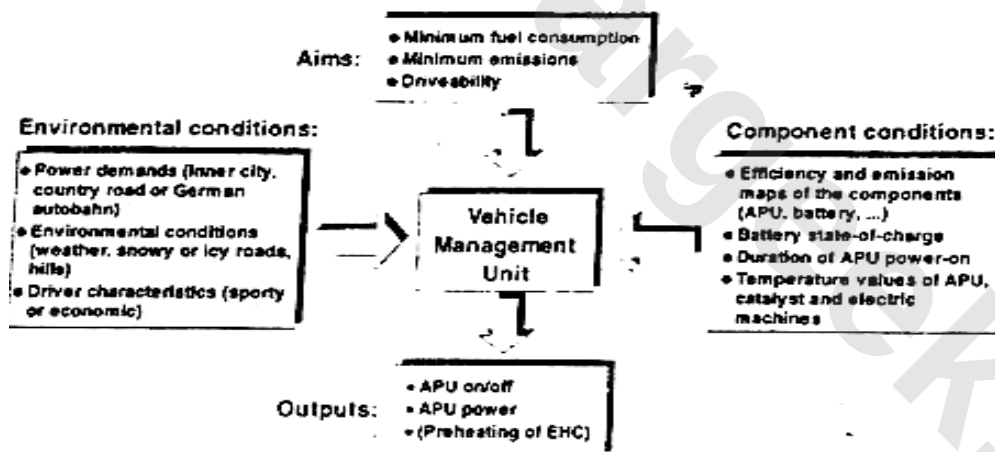


شکل ۴-۵: نمونه واقعی سیگنالهای ورودی و خروجی

شکل ۴-۶ عوامل تأثیر گذار بر VMU را نشان می دهد. با توجه به این فاکتورها VMU مشخص می کند که اگر موتور احتراق داخلی روشن باشد چه مقدر قدرت به ژنراتور برسد.

عوامل مؤثر یا فاکتورهای ورودی به APU عبارتند از: قدرت مورد نیاز (رانندگی در شهر یا بزرگراه) - شرایط طبیعی (هوا، وضعیت جاده از لحاظ یخ زدگی؛ سربالایی و....) - مشخصات راننده (ورزشی یا معمولی) که اینها جزو شرایط طبیعی هستند. مصرف سوخت حداقل و آلودگی حداقل و توانایی رانندگی که جزو اهداف وایده آنها می باشند. شرایط اجزاء که شامل: نقشه های بازده و آلودگی اجزاء (APU و باتری و....) مرحله شارژ باتری، مدت استفاده از قدرت APU، مقادیر درجه حرارت APU، مبدل های کاتالیزوری و ماشینهای الکتریکی می باشند.

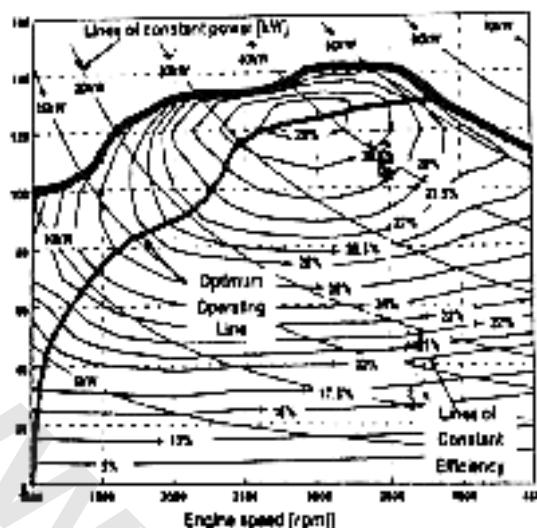
خروجی VNU شامل: روشن یا خاموش بودن APU، قدرت APU و گرم کردن EHC قبل از شروع عمل است.



شکل ۴-۶: فاکتورهایی که بر VMU اثر می گذارند.

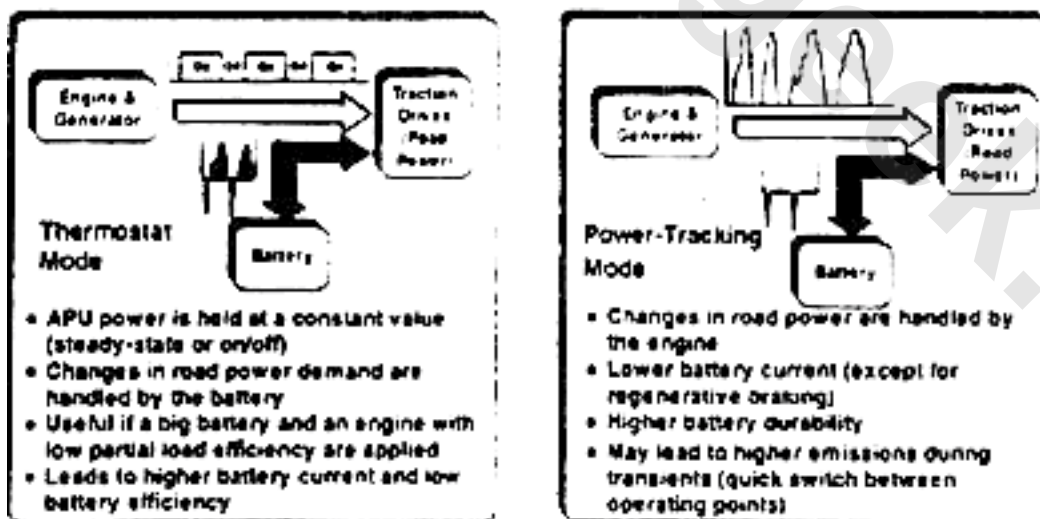
از عوامل مهم در تعیین روش عملکرد و سیله نقلیه بازده سوخت و میزان آلودگی آن با استفاده از نقشه هایی که در این زمینه طراحی شده است و بازده باتری را می توان برشمرد.

شکل ۴-۷ نقشه بازده APU را با تعیین خط بهترین حالت عملکرد و سیله نقلیه نشان می دهد.



شکل ۴-۷: نقشه APU با خطوط بازده ثابت، قدرت ثابت، و خط عملکرد بهینه

در اینجا دو روش عمده برای کنترل هیبرید سری وجود دارد: یکی روش ترموستات یا قطع و وصل کردن می باشد که اگر نحوه عملکرد وسیله نقلیه را ثابت کنیم قطع و وصل APU خودبخود انجام خواهد گرفت. شکل دیگر روش POWER TRACKING است که APU هنگامی قدرت تولید می کند که محرکهای کششی احتیاج به نیرو داشته باشند.



شکل ۴-۸: دو روش عملکرد APU

شکل ۴-۹ جزئیات بیشتری را نشان می دهد. برای تست اجزاء و سیستم محرکی که روی پایه قرار گرفته است هر دو روش آزمایش شده است. با توجه به تستهای انجام شده جدول ۴-۱ بدست آمده است که مصرف سوخت را برای حالت‌های مختلف در ۱۰۰ کیلومتر نشان داده است.

جدول ۴-۱: مصرف سوخت را برای حالت‌های مختلف در ۱۰۰ کیلومتر

Cycle/ Driver	Thermostat mode	Power-tracking mode	Conventional vehicle
FTP75	۴,۲	۵,۱	۸,۰
EUDC	۴,۶	۵,۹	۸,۰
US-Highway	۵,۳	۶,۳	۶,۱
Economhc driver	۴,۱	۵,۲	۶,۲
Normal driver	۴,۸	۵,۷	۶,۴
Sporty driver	۵,۴	۶,۵	۶,۸

این آزمایشات به سه سیکل FTP۷۵-EUDC-US-HIGHWAY انجام شده است.

اگر از یک باتری با مقاومت داخلی پایین و بازده بالا استفاده کنیم شکل ترموستات (قطع و وصل) نسبت به Power tracking برتری دارد البته اگر بتوانیم هر دو روش را با در نظر گرفتن راننده و جاده با هم ترکیب کنیم مصرف سوخت کاهش می یابد.

۴-۶- هیبرید موازی:

۴-۶-۱- توسعه و کاربرد واحد کننده برای یک اتومبیل BMW با سیستم هیبرید موازی.

اتومبیل هیبرید موازی از یک موتور الکتریک و موتور احتراق داخلی تشکیل شده است که هر دو در به حرکت در آوردن وسیله نقلیه به طور مستقیم شرکت می کنند. با این روش ها می توانیم مقدار آلودگی تولید شده توسط موتور احتراق داخلی را کاهش دهیم. یک مسئله دیگر امکان بازیافت نیروهای ترمزی در این سیستم می باشد. BMW سالهای زیادی روی هیبرید موازی کار کرده است. و تغییراتی در سیستم محرک بوجود آورده است. در اینجا مقداری از تغییرات انجام گرفته را بررسی می کنیم.

جدول ۴-۲: توسعه و کاربرد واحد کننده برای یک اتومبیل BMW با سیستم هیبرید موازی

Vehicle		518i hybrid
Top speed	[km,(mph)]	180,(112)
Top speed , electric	[km,(mph)]	100,(62)
Range , combustion engine	[km,(miles)]	>500,(>310)
Range , electric	[km,(miles)]	>30,(>19)

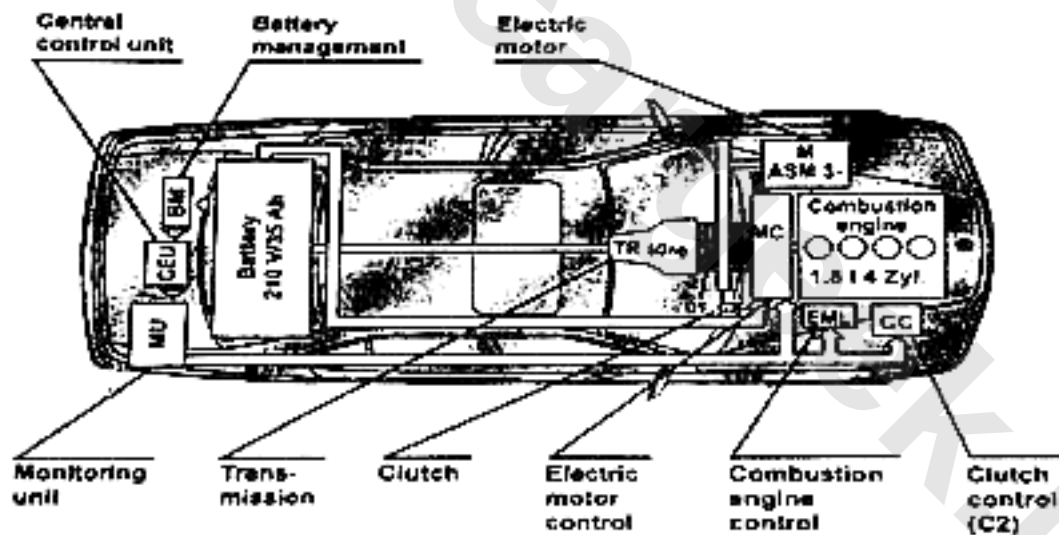
با استفاده از داده های جدول ۴-۲ با وجود اینکه افزایش قابل توجهی در وزن به وجود آمده است (این اضافه وزن ناشی از اضافه شدن اجزاء محرک و باتری است) مصرف سوخت در همان سطح نگاهداشته شده است . در این اتومبیل موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی در یک امتداد قرار گرفته اند و هر کدام یک شفت خروجی دارند .

موتور الکتریکی 125mm (4.22") جلوتر از موتور احتراق داخلی است . همچنین فضای مناسبی برای جعبه دنده میانی فراهم گردیده است . (شکل ۴-۹) با طراحی یک سیستم انتقال قدرت تسمه‌ای می توان خروجی موتور الکتریکی را به شفت ورودی به جعبه دنده کلاچ C1 روی آن سوار است برسانیم . این سیستم انتقال قدرت به خاطر این است که اتومبیل بتواند در حالت فقط الکتریکی ، فقط با موتور احتراق داخلی ، با ترکیب از این دو حرکت کند . وظیفه کلاچ C2 قطع ارتباط موتور احتراق داخلی با موتور الکتریکی است ، هنگامیکه اتومبیل به شکل الکتریکی کار میکند . ولی کلاچ C1 هنگام تعویض دنده انتقال قدرت به گیربکس را قطع می کند همانند اتومبیل‌های معمولی است . قدرت تو سط میل گاردان و دیفرانسیل به چرخهای عقب منتقل می شود.



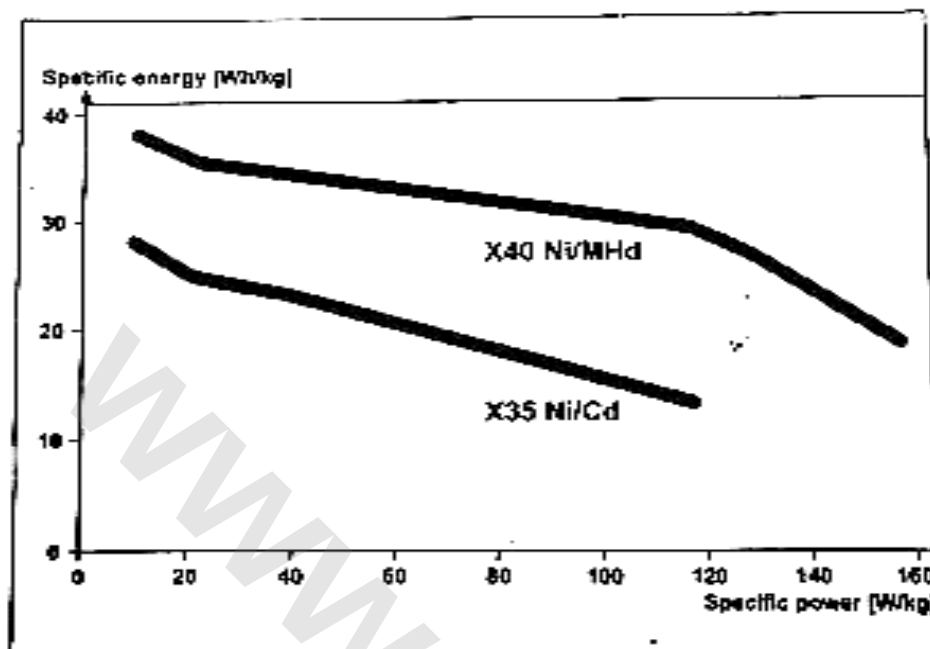
شکل ۴-۹: سیستم انتقال قدرت میانی برای هیبرید موازی

شکل ۴-۱۰ اجزاء مختلف این هیبرید را نشان می دهد.



شکل ۴-۱۰: ساختمان هیبرید موازی BMW

برای انتخاب سیستم ذخیره کننده الکتریکی دو باتری Ni-MH و Ni-Cd را که ساخت شرکت دوج می باشد مورد آزمایش قرار گرفته است. دو مشخصه قدرت مخصوص و انرژی مخصوص مورد بررسی قرار گرفته اند. این بررسی بصورت نمودار در شکل ۴-۱۱ نمایش داده است.



شکل ۴-۱۱: دیاگرام راگون برای دو سیستم باتری

در بار یکسان 100 ، باتری Ni-MH می تواند حدود بیش از دو برابر انرژی در واحد وزن نسبت به باتری Ni-cd ذخیره کند. پس باتری Ni-MH چگالی انرژی بیشتری فراهم می آورد . با زیادتر شدن مقاومت داخلی باتری NI-MH افت درجه حرارت افزایش پیدا می کند .

باتری در زمان عمل و شارژ از واحد اداره کننده باتری دستور می گیرد. این سیستم (BM) توسط کارخانه سازنده برنامه ریزی می شود و در ردیف توابع مهم مورد نیاز برای اتومبیل می باشد . عمده ترین داده های وسیله نقلیه در جدول ۷-۴ نشان داده شده است و خصوصیات قابل مشاهده برای یک وسیله نقلیه استاندارد می باشد.

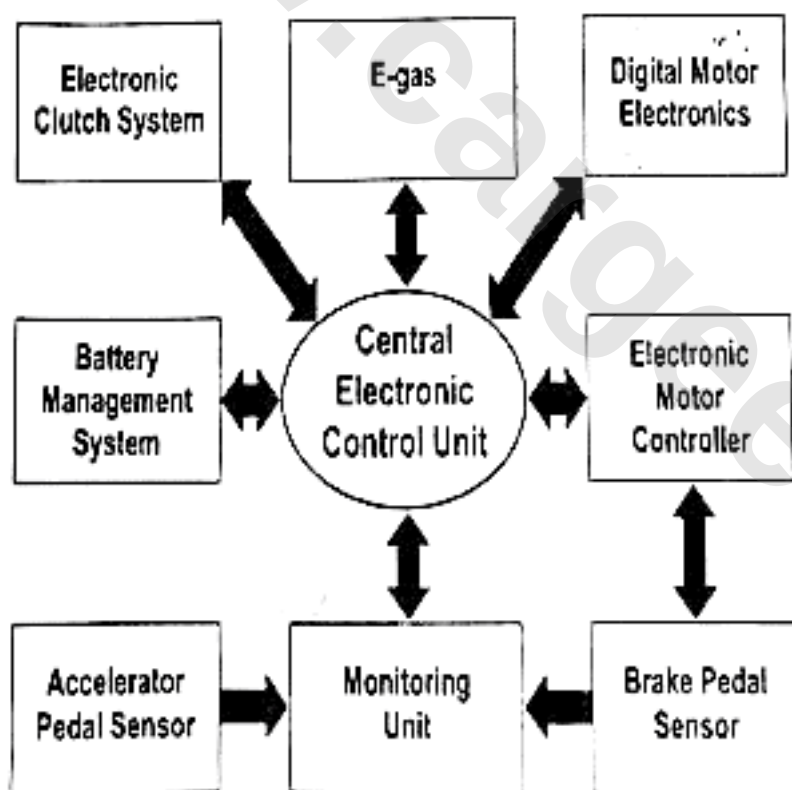
جدول ۴-۳: داده های وسیله نقلیه

	518i Hybrid	518i standard
Combustion engine 1.8-ltr. 4-cyl	162 Nm (119 lb-ft), 83 kW (113 bhp)	162 Nm (119 lb-ft) 83 kW (113 bhp)
Electric motor/ alternator	Siemens asynchronous 200V, max 280A, 95 Nm (70 lb-ft) (165 Nm/122 lb-ft max), 18 kW (26 kW max)	
Transmission ratios	5.09/2.8/1.76/1.24/1.0	5.1/2.77/1.72/ 1.22/1.0
Final drive	3.25	3.46
NiMH battery	DAUG-Hoppecke Cell type: X40, 180 1.2V cells/40Ah/1.06 kg, total energy content 9 kWh maintenance-free Dimensions: 803/465/ 418 mm ³	
NiCd battery	DAUG-Hoppecke, cell type: X35, 168 1.2V cells/35Ah/1.15 kg Energy content 7 kWh, maintenance-free Dimensions: 859/400/410 mm ³	
Weight, unladen kg (lb)	1940 (4278)	1418 (3127)
Performance weight kg (lb)	2139 (4716)	1618 (3568)

واحد های فرعی دیگری در این اتومبیل به کار رفته است ، از قبیل سیستم گردش روغن که توسط پمپ الکتریکی صورت می گیرد و باعث می شود تا به یک فرمانپذیری راحت دست پیدا کنیم . سیستم ترمز همانند سیستم ترمز اتومبیل های معمولی است با این تفاوت که یک پمپ الکتریکی خلائی ($P=50W$) خلاء مورد نیاز نیروی ترمز را فراهم می کند ، زمانیکه موتور احتراق داخلی کار نمی کند این پمپ همچنان عمل می کند (یعنی زمانیکه اتومبیل به شکل الکتریکی کار می کند). کیت باتری ، که روی آن یک مبدل DC/DC ($13.8V/50A$) و یک کنترل کننده موتور الکتریکی نصب شده است . سیستم خنک کننده ، که روی موتور احتراق داخلی بدون تغییر شکل مانده است . مدارسیکل خنک کاری برای موتور الکتریکی و اینورتر آن طراحی شده است.

۷-۴- واحد کنترل کننده مرکزی (CEU)

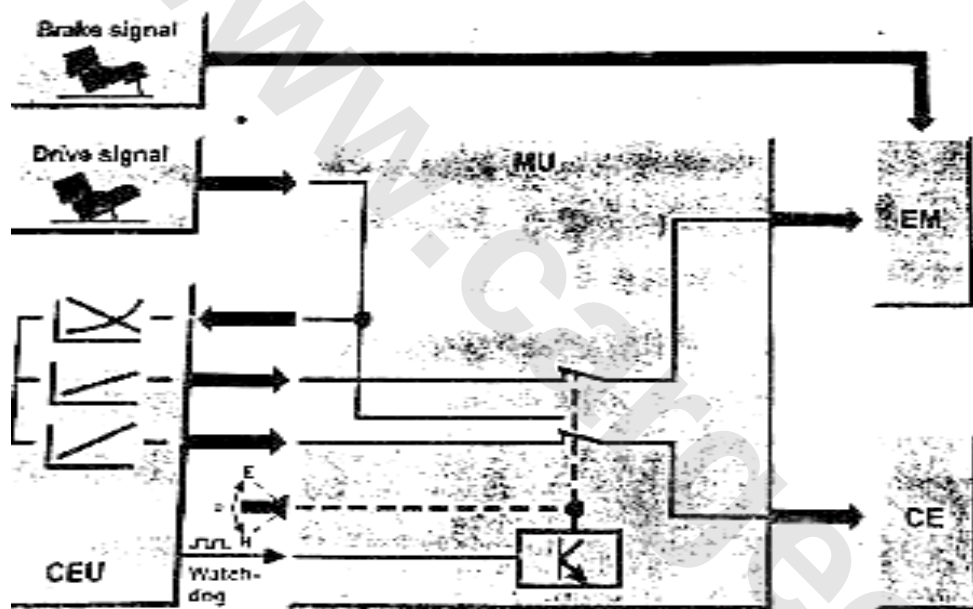
برای کنترل این سیستم احتیاج به کنترل کننده‌های داریم که با در نظر گرفتن همه احتیاجات وسیله نقلیه، یک سیستم قابل انعطاف باشد تا بتواند خواسته‌های مشخص شده را برآورده کند و همچنین باید به حد کافی قوی باشد تا در برابر بارهای دینامیکی و شرایط درجه حرارت مقاوم باشد. به کار بردن نقشه‌های ویژه کنترل و CEU همیشه پارامترهای مهم را کنترل می‌کند تا هیچ نقصی در شکل و نحوه رانندگی بوجود نیاید. یعنی باید بتوانیم به اشکال مختلف رانندگی کنیم. CEU قدرت مورد نیاز از موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی را محاسبه می‌کند. همچنین مقدار شارژ باتری محاسبه می‌شود. با استفاده از این سیستم در مصرف انرژی به بازده ماکزیمم دست پیدا می‌کنیم. شکل ۴-۱۲ نحوه ارتباط CEU را با اجزاء مختلف دیگر نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲: واحد اداره کننده وسیله نقلیه و ارتباط واحد های کنترل

برای امنیت بیشتر عملکرد اتومبیل CEU بطور پیوسته واحد کنترل کننده MU کنترل می‌شود (شکل ۴-۱۳) MU سیگنالهایی را که توسط CEU در فواصل معین تنظیم شده است دریافت می‌کند و آنها را

تست می کند . اگر بعضی از سیگنالها وجود نداشته باشند بیانگر این مطلب می باشد که CEU عیب دارد . اگر CEU قطع شود توسط چراغ قرمز داخل داشبورد ، راننده مطلع می شود . سنسور پدال مستقیماً به EML متصل شده است و همانند مدل استاندارد اجازه می دهد به راننده که این امکان را داشته باشد تا در مواقع غیر منتظره اتومبیل را با موتور احتراق داخلی به حرکت در آورد ، اگر چه بازده کاهش پیدا می کند . در هیبرید موازی BMW سیستم کنترل دیجیتال S2 به کار رفته است . اجزاء آن را می توانیم در شکل ۴-۱۴ ببینیم .

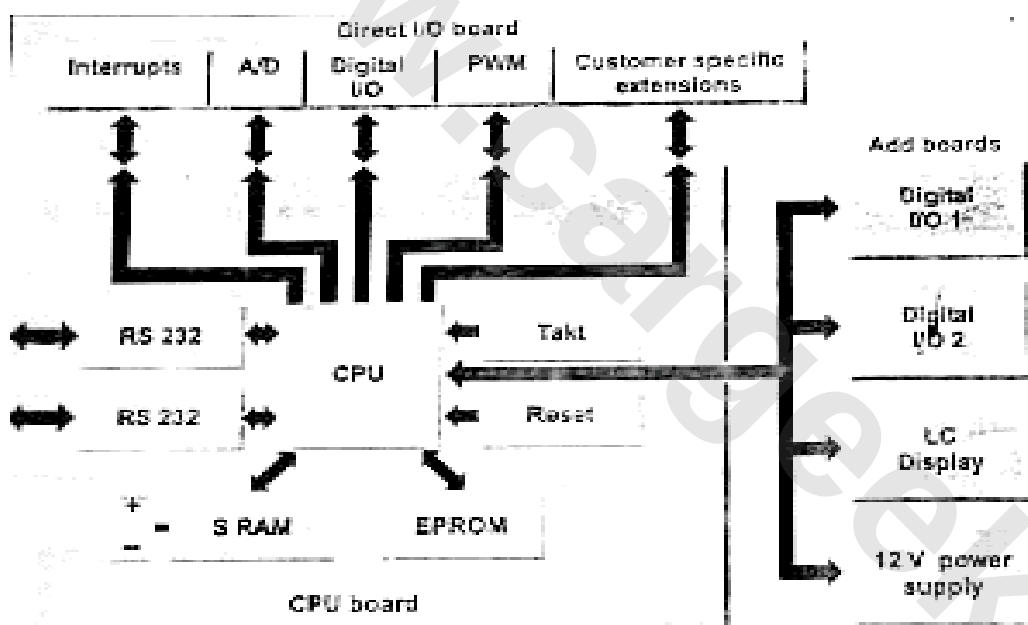


شکل ۴-۱۳: MU و ارتباط آن با واحدهای دیگر

Interrupts فقط روی اعمالی که ما انجام می دهیم متمرکز می شود A/D یعنی تبدیل آنالوگ به دیجیتال در اینجا توسط A/D سیگنالهای آنالوگ برای فهم CPU تبدیل به سیگنالهای دیجیتال می شوند . مثلاً مثل سرعت و گشتاور که متغیرهای آنالوگ هستند.

I/O به معنای ورودی - خروجی است یعنی Digital I/O. Input/Output درگاه ورودی دیجیتال است (pulse wide modulation=PMW) عرض پالس را کنترل می کند و برای کنترل موتورهای الکتریکی به کار می رود .

Couster specific extensions خواسته های راننده را ارزشگزاری می کند بردهای افزایشی ۳ مدخل ورودی و خروجی دیجیتال هستند که خودمان می توانیم به این مداخل اضافه نماییم . البته زمانی که پارامترهای بیشتری داشته باشیم. LC=liquide crystal می باشد که بعنوان یک نشان دهنده عمل می کند RS232 درگاههای استاندارد می باشد . SRAM یک حافظه استاتیک است که به محض قطع برق اطلاعات این حافظه پاک خواهد شد این اطلاعات مانند حرکت دریچه گاز ، مقدار سوخت مورد نیاز و ... می باشد . EPROM توسط مهندس طراح و بر اساس خواسته های او طراحی و برنامه ریزی می شود I/O اطلاعات به CPU می دهد ولی LCD فقط اطلاعات می گیرد سیستم S2 قابل برنامه ریزی با یک کامپیوتر شخصی می باشد که توسط درگاههای ورودی خواسته های مورد نیاز خود را به CPU اعلام می داریم.



شکل ۴-۱۴: ساختمان سیستم S2

با اتومبیل هیبرید موازی می توانیم با سه شکل مختلف رانندگی کنیم:

۱- هیبرید (ترکیبی)

۲-الکتریک

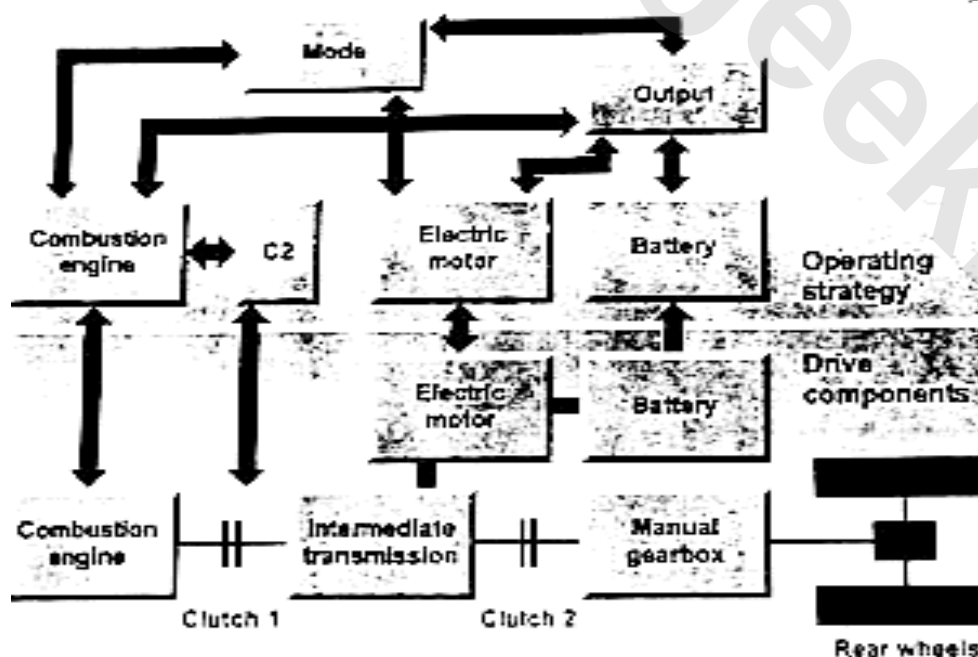
۳- با موتور احتراق داخلی (شکل اضطراری)

برای اینکه بتوانیم بدون مداخله راننده با هر یک از این سه شکل رانندگی کنیم احتیاج به واحد اداره کننده اجراء عمل کننده اتومبیل داریم.

۴-۸- اداره اجزاء عمل در bmw هیبرید موازی:

با استفاده از اداره کردن عملکرد های اتومبیل ، رانندگی بدون دخالت افراد صورت می گیرد . مثلاً کلاچ خود بخود درگیر می شود ، شرایط شارژ چک می شود ، شکل عمل تغییر می کند و غیره cpu برای حرکت یک هیبرید موازی تمام اطلاعات را گرفته و پردازش می کند . اجزاء کنترل کننده موتور احتراق داخلی ، موتور الکتریکی ، کلاچ الکتریکی C2 و باتری کششی همه اطلاعات خود را برای پردازش نهایی به cpu اعلام می دارند.

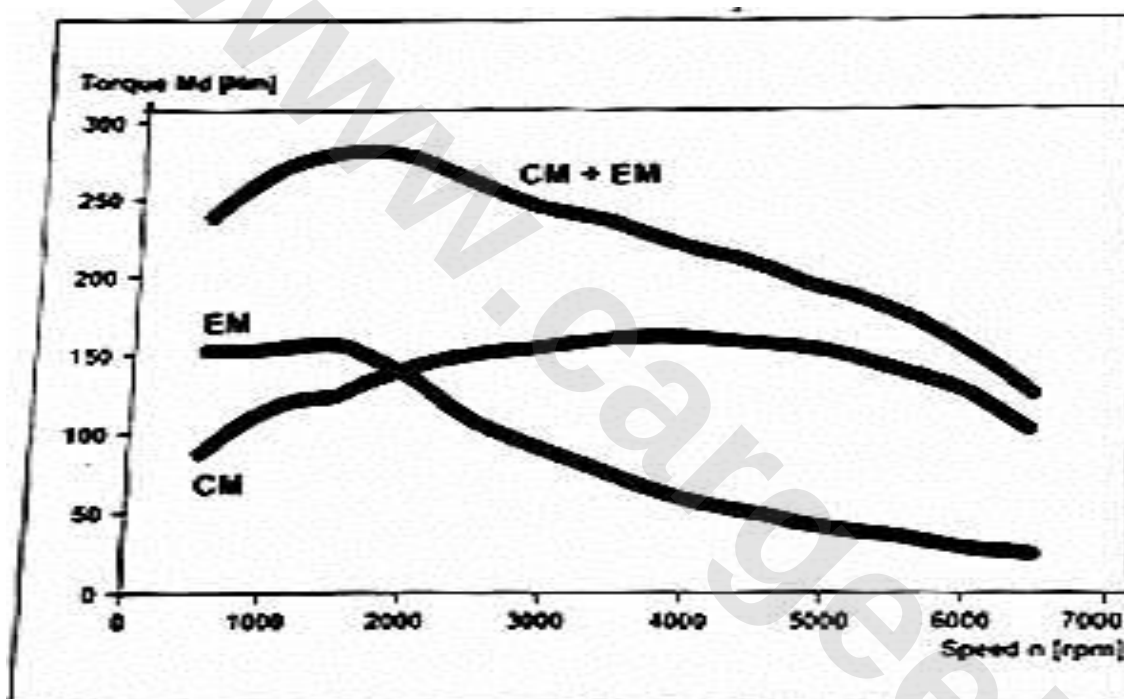
روی داشبورد سوئیچی نصب کرده اند که راننده بتواند مستقیماً وضعیت حرکت را اتخاذ کند ، این سوئیچ نیز سه حالت دارد . این حالت فقط بخاطر این است که بتوانیم آزمایشهای مختلف را انجام دهند . شکل ۴-۱۵ شماتیک ارتباط اجزاء را با هم نشان می دهد بازده کار خروجی و روش عمل و میزان قدرت را کنترل می کند . راننده شخصاً قدرت مورد نیاز برای حرکت محرک را تعیین می کند.



شکل ۴-۱۵: شماتیک ارتباط اجزاء

این قدرت ترکیب قدرت احتراق داخلی و موتور الکتریکی است. در این سیستم بازیافت انرژی ترمزی برای بر طرف کردن قسمتی از قدرت مورد نیاز انجام می گیرد. هر باتری نیاز به یک کنترل کننده دارد که بتواند بطور مناسب شارژ را انجام دهد.

شکل ۴-۱۶ سه حالت مختلف رانندگی را نشان می دهد. همانطور که می بینیم حالت ترکیبی نتیجه مجموع هر یک از حالتها به تنهایی می باشد.



شکل ۴-۱۶: جمع کردن منحنی های قدرت موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی برای افزایش نیرو

این سیستم به نحوی عمل می کند که شارژ و انتقال جریان باتری را با حداکثر بازده انجام دهد. مثلاً زمانی که موتور احتراق داخلی سرد است سیستم برای کاهش آلودگی محافظت بیشتری از موتور می کند. ولی زمانی که دامن پدال گاز افزایش می یابد یعنی قدرت زیادی نیاز است، مثلاً موقع سبقت، سیستم طوری عمل می کند تا قدرت ماکزیمم فراهم آید.

هنگامیکه راننده کلید را در موقعیت جرقه قرار می دهد، موتور احتراق داخلی برای مشخص کردن نحوه عمل سیگنال خواهد فرستاد. سوپاپ روی موتور و استارت بصورت اتوماتیک فعال خواهند شد تا موتور به حرکت در آید.

در این فرآیند موتور چند ثانیه برای استارت باید صبر کند. در دومین مرحله فرآیند استارت پس از یک توقف کوتاه موتور را به حرکت در می آورد. زمانی که موتور به حرکت در آید یک سیگنال مناسب را برای واحدی که به این سیگنال نیاز دارد می فرستد بنابر این راننده خواهد توانست وارد مرحله بعدی یعنی درگیر کردن کلاچ شود. تا احتیاجات موتور احتراق داخلی در چند مرحله توسط سیستم تأمین نشود، موتور قادر به حرکت نخواهد بود تمام اعمال کنترل در کل فرآیند توسط CPU انجام می گیرد. بعد از انجام یک عمل، عمل بعدی انجام خواهد شد.

بالترین بازده برای این وسیله نقلیه از فرمول زیر تبعیت می کند که ترکیب متنوعی از موتور احتراق داخلی، قدرت الکتریکی و سطح شارژ می باشد.

$$\eta_{Ges} = \eta_{CE} + \eta_{EMGen} + \eta_{Charge} \quad (1-4)$$

خلاصه از فعالیتهایی که در زمینه bmw هیبرید صورت گرفته است ذکر شد. فعالیتهای زیاد دیگری در زمینه هیبریدهای موازی صورت گرفته است.

یکی از این فعالیتهای کاربرد ترانس موتور می باشد. در اتومبیلهای معمولی برای رساندن سرعت از موتور به میل گاردان از گیربکس معمولی استفاده کرده ایم. مسئله ای که در این نوع جعبه دنده با آن مواجه می شویم داشتن نسبت دندهای است که متناسب با سرعت و سیله نقلیه تغییر کند. این امکان را بوجود آورده است. جعبه دنده الکترومغناطیس مشخصات برتری برای اتومبیل نسبت به جعبه دنده های معمولی و CVT بوجود می آورد. هر جعبه دنده مکانیکی در دو قسمت طراحی می شود یکی قسمت ورودی و دیگری خروجی ولی جعبه دنده الکترو مغناطیس سه جزء دارد قسمت ورودی، قسمت خروجی و اتصالات الکتریکی. در اینجا اتصالاتی استفاده شده است که نسبت به اتصالات مکانیکی خیلی قابل انعطاف می باشد.

جعبه دنده الکترو مغناطیس یا با قدرت مکانیکی می چرخد یا با جذب نیروی الکتروسیته. در حالیکه جعبه دنده معمولی فقط با قدرت مکانیکی می چرخد و فقط قدرت مکانیکی را عبور می دهد. جعبه دنده الکترو مغناطیس یک ماشین الکتریکی است که توسط روتور یا استاتور می چرخد. انرژی الکتریکی توسط ذغال یا حلقه می توان به ماشین الکتریکی رسانده شود.

ماشین می تواند همانند موتور الکتریکی یا ژنراتور عمل کند. ترانس موتور به چهار شکل مختلف عمل می کند.^۱

۴-۹- جعبه دنده الکترو مغناطیس:

یک موتور الکتریکی معمولی دو اتصال مکانیکی و الکتریکی دارد. موتورهای متداول در چهار زمینه (به چهار شکل) عمل می کنند.

۱- شفت خروجی در جهت گردش عقربه های ساعت می چرخد در حالیکه گشتاور مثبت بوجود می آورد.^۲

۲- شفت خروجی در جهت خلاف گردش عقربه های ساعت می چرخد در حالیکه گشتاور مثبت بوجود می آورد.^۳

۳- شفت خروجی در جهت گردش عقربه های ساعت می چرخد در حالیکه گشتاور را جذب می کند.^۴

۴- شفت خروجی در جهت خلاف گردش عقربه های ساعت می چرخد در حالیکه گشتاور را جذب می کند.^۵

شکل ۴-۱۷ یک ترانس موتور را با شفت استاتور و ارتباط الکتریکی نشان می دهد. خارجی اعمال شده به شفتها هستند. TEX معمولاً گشتاور موتور احتراق داخلی است که به استاتور وارد می شود. جهت گردش روتور باید هم جهت با چرخش موتور احتراق داخلی باشد البته زمانی که اتومبیل به سمت جلو حرکت می کند. روتور همیشه دوست دارد با سرعت استاتور بچرخد.

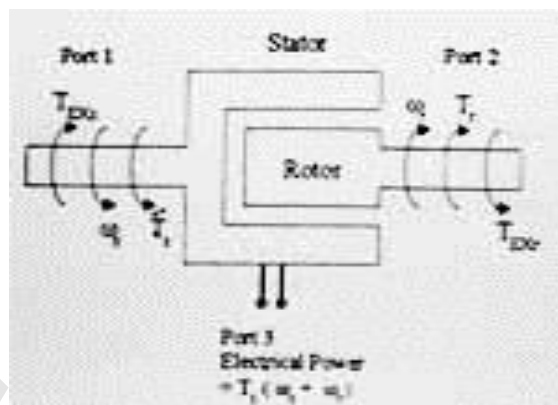
¹ (reverse generating , reverse motoring , forward generating , forward motoring)

² (forward motoring)

³ (reverse motoring)

⁴ (forward generating)

⁵ (reverse generating)



شکل ۴-۱۷: جعبه دنده الکترومغناطیس

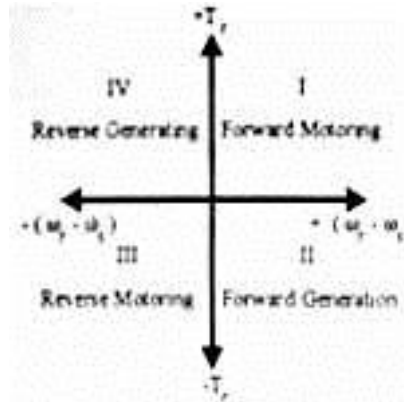
استاتور همیشه از یک منبع الکتریکی مثل باتری ولتاژ دریافت می کند و توسط موتور احتراق داخلی نیز می چرخد که باعث می شود تا میدان دوار بوجود آید. هرچه ولتاژ وارده به استاتور بیشتر باشد روتور با قدرت بیشتری خواهد چرخید، زیرا هنگامیکه ولتاژ زیاد می شود چگالی شار مغناطیسی بین استاتور و روتور افزایش می یابد. T_r گشتاور الکترومغناطیس است که روی روتور تأثیر می گذارد. T_s گشتاور مساوی و در خلاف جهت T_r است که بر استاتور وارد می شود. اگر چه گشتاورهای الکترومغناطیس بطور مساوی اثر می کنند ولی آنها با گشتاورهای اعمال شده خارجی اثر متقابل دارند (T_{EXr} و T_{EXs}) که نتیجه این اثر سرعت زاویه ای مختلف روتور و استاتور می باشد. بنابراین در شکل (۴-۱۸) w و w می توانند در عین اینکه برابر هستند در خلاف جهت همدیگر باشند. گشتاور الکترومغناطیس با توجه به سرعت نسبی بین روتور و استاتور تغییر می کند.

جعبه دنده الکترومغناطیس در چهار حالت همانند ماشینهای الکتریکی عمل کند. در شکل (۵۱- $T_s = T_r$) و گشتاور الکترومغناطیس بوجود آمده در ماشین برابر است. W_s سرعت استاتور است که در خلاف جهت W_r می باشد. انرژی در این سیستم تلف نمی شود.

معادله زیر را برای جعبه دنده الکترومغناطیس می نویسیم.

ورودی قدرت الکتریکی + ورودی قدرت مکانیکی = خروجی قدرت الکتریکی + خروجی

این ماشین الکتریکی در ۴ شکل می تواند عمل کند که در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۸: چگونگی عمل در هر یک از ربعها

در ناحیه اول روتور نسبت به استاتور در جهت مثبت حرکت می کند. گشتاور الکترومغناطیس در جهت مثبت روی روتور عمل می کند.

در قسمت دوم روتور هنوز در جهت مثبت نسبت به استاتور حرکت می کند ولی گشتاور الکترومغناطیس در جهت منفی است.

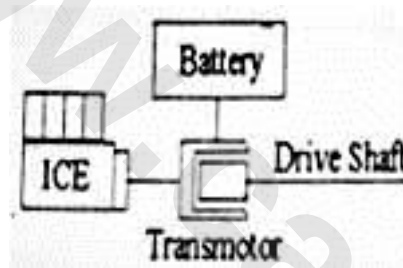
در ربع سوم روتور در جهت منفی نسبت به استاتور می چرخد و گشتاور الکترومغناطیس در جهت مثبت روتور عمل می کند. جعبه دنده الکترومغناطیس به غیر از این ۴ شکل نمی تواند به طریقه دیگر کار کند.

اگر استاتور ثابت نگه داشته شود یعنی $W = 0$ با نامحدود شدن گشتاور خارج T_{xs} نس موتور شبیه یک ماشین الکتریکی معمولی کار خواهد کرد. روتور به سرعت W خواهد چرخید و گشتاور T تولید خواهد شد. اگر روتور به وسیله گشتاور خارجی T ثابت نگه داشته شود ($W_s = 0$) استاتور با سرعت W_s خواهد چرخید و گشتاور T_s را تولید خواهد کرد. قدرت الکتریکی برابر خواهد بود با: $T_s W_s$

اگر سرعت روتور و استاتور بطور کامل با هم برابر باشند $W_r = W_s$. موتور به سادگی خواهد چرخید، بدون اینکه هیچ گشتاور انرژی الکتریکی در نظر گرفته شود. یعنی با این شکل ترانس موتور شبیه یک کلاچ الکتریکی عمل می کند. زیرا اعمال گشتاورهای خارجی به موتور نمی توانند نرخ گشتاور ترانس موتور را بدون لغزش افزایش دهند. به وسیله تغییر میدان مغناطیسی گشتاور قابل تنظیم خواهد بود. اگر استاتور و روتور هر دو در یک جهت بچرخند ولی یکی سریعتر از دیگری بچرخد ترانس موتور می تواند در ۴ قسمت ذکر شده عمل کند. البته بستگی دارد که گشتاورهای تولیدی را در کجا به کار ببریم. برای مثال همانطور که در شکل

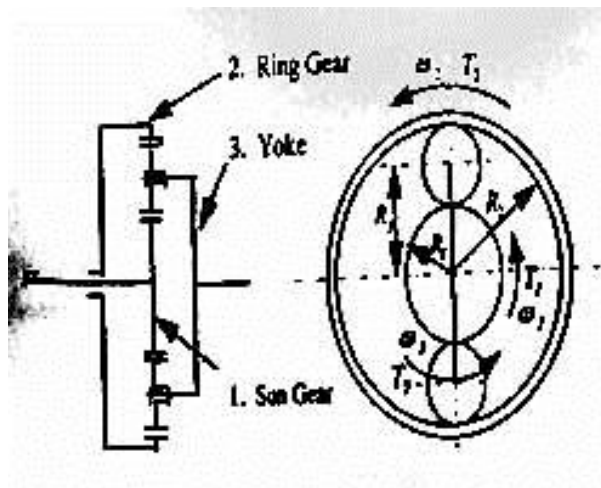
۴-۱۹ دیده می شود استاتور ترانس موتور توسط یک موتور احتراق داخلی (ICE) می چرخد که گشتاور T توسط ICE به استاتور اعمال می شود. استاتور اعمال می شود.

استاتور با سرعت W_s می چرخد. اگر سرعت گاردان صفر باشد $W_r = 0$ پس ترانس موتور انرژی الکتریکی تولید می کند. (ربع سوم) اگر وسیله نقلیه در سرعت بالا حرکت کند و سرعت روتور بیشتر از سرعت استاتور باشد ($W_r > W_s$) ترانس موتور انرژی الکتریکی مصرف می کند (ربع اول). در هر دو شکل ترانس موتور گشتاور را افزایش نداده است یا بهتر این است که بگوییم گشتاور را اصلاً تغییر نداده است زیرا گشتاور اعمال شده به میل گاردان T_{EXs} است. بازیافت انرژی ترمزی شبیه همین دو شکل می باشد.



شکل ۴-۱۹: کاربرد ساده یک ترانس موتور

سیستم مکانیکی که خیلی شبیه به ترانس موتور می باشد جعبه دنده خورشیدی است. جعبه دنده خورشیدی سه قسمت دارد: (شکل ۴-۲۰) ۱- دنده خورشیدی ۲- دنده رینگ ۳- قفسه. رابطه گشتاور و سرعت برای جعبه دنده خورشیدی بصورت زیر است:



شکل ۴-۲۰: جعبه دنده خورشیدی

اگر $R1$, $R2$, $R3$ شعا عهای دنده های مختلف باشند باچشم پوشی کردن از تأثیراندازه دنده ها:

$$W3 = W1 + W2 \quad (۲-۴)$$

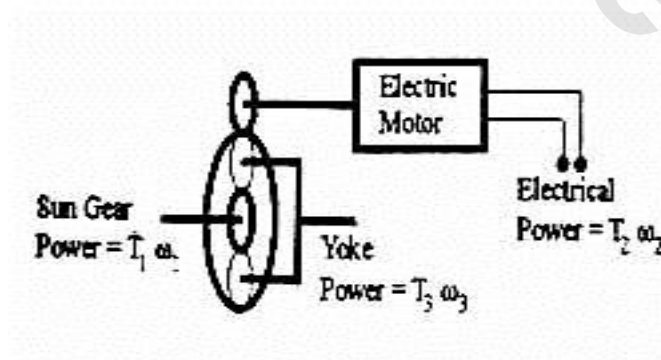
$$T3 = T1 = T2 \quad (۳-۴)$$

که عملکرد اساسی جعبه دنده خورشیدی می باشد. این معادله می گوید که اگر گشتاور به دو قسمت اعمال شود قسمت دیگر باید همان گشتاور را داشته باشد. (با در نظر گرفتن اندازه چرخ دنده ها باید ضربی از دو گشتاور باشد.) و همچنین اگر سرعت به دو قسمت اعمال شود، سرعت قسمت دیگر باید برابر مجموع سرعت این دو باشد. این معادلات را همانند معادلات ترانس موتور می نویسیم:

$$W_r = W_s + W_e \quad (۴-۴)$$

$$T_r = T_s \quad (۵-۴)$$

که W_e سرعت تولید شده توسط قسمت الکتریکی است. توجه کنید که این معادلات، همان معادلات جعبه دنده خورشیدی، یک ترانس موتور معادل می تواند ساخته شود. شکل (۴-۲۱). دو نکته مورو توجه می باشد.

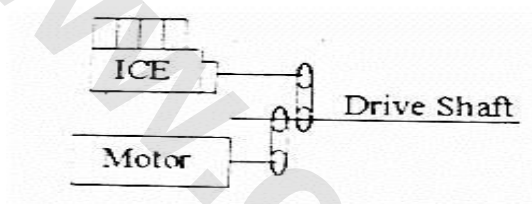


شکل ۴-۲۱: معادلات ترانس موتور

۴-۱۰- هیبرید موازی جمع کننده گشتاور

هیبرید موازی از یک محور محرک با تسمه دنده هایی که گشتاورهای ICE و ماشین الکتریکی را ترکیب می کند شکل گرفته است. هیبرید موازی به دوشکل می تواند عمل کند.

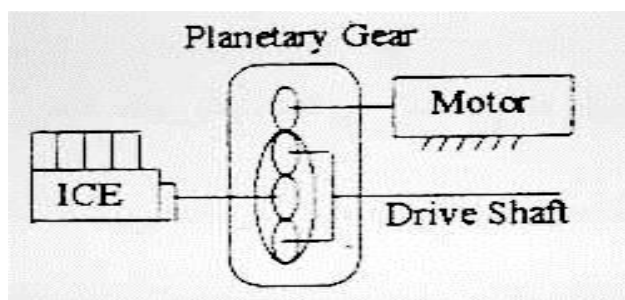
هنگامی که گشتاور ICE خیلی پایین است، ماشین الکتریکی با افزایش گشتاور، قدرت به گاردان اعمال می‌کند. هنگامیکه گشتاور ICE از حد مورد نیاز و سیله نقلیه بیشتر است موتور الکتریکی با جذب قدرت از گاردان الکتریسیته تولید می‌کند تا باتریها را شارژ کند. با اضافه کردن کلاچها، جعبه دنده ها و قفل‌های الکترومغناطیس می‌توانیم روشهای عملکرد هیبرید را عملی سازیم. دو شکل اساسی عملکرد هیبرید موازی همان است که در بالا ذکر شد. معمولاً در هیبرید موازی نیاز به گشتاوردهای بالاتر را تولید می‌کند. زمانیکه گشتاور زیادی استفاده می‌کنیم باتریها خالی خواهند شد و بنابراین ICE در محدوده نرمال کار می‌کند بنابراین مصرف سوخت خیای اقتصادی و به صرفه است (شکل ۴-۲۲).



شکل ۴-۲۲: هیبرید جمع کننده گشتاور

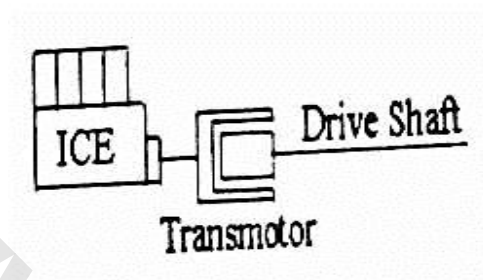
۴-۱۱- هیبرید موازی جمع کننده سرعت:

همانطور که در شکل ۴-۲۳ دیدیم هیبرید موازی با استفاده از یک جعبه دنده خورشیدی سرعت موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی را با هم ترکیب می‌کند. شفت خروجی متصل به قفسه است و موتور الکتریکی رینگی را می‌چرخاند. ICE دنده خورشیدی را به حرکت در می‌آورد. حالت‌های مختلف سیستم را می‌توانیم بررسی کنیم (شکل ۴-۲۳).



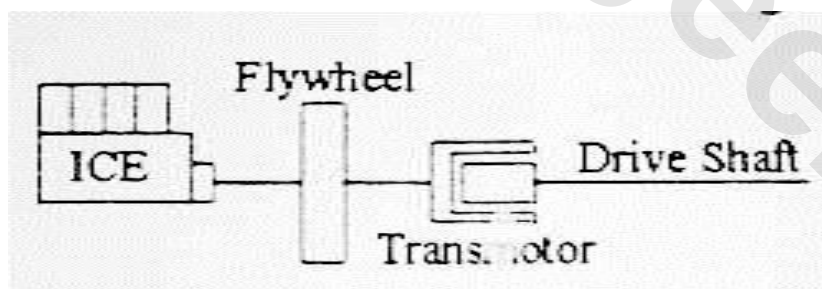
شکل ۴-۲۳: هیبرید جمع کننده سرعت

به جای جعبه دنده خورشیدی می توانیم از ترانس موتور استفاده کنیم که در شکل ۴-۲۴ این جایگزینی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۴: ساده شده هیبرید جمع کننده سرعت

هیبرید جمع کننده سرعت به دو شکل کار می کند: هنگامیکه سرعت ICE خیلی پایین است موتور الکتریکی با استفاده از جریان باتری سرعت میل گاردان را افزایش می دهد و زمانی که ICE خیلی سریع عمل کند و سرعت چرخش آن زیاد است یا دور بالا است ، موتور الکتریکی با استفاده از سرعت بالای میل گاردان برای تولید الکتریسیته استفاده کنیم باید از کلاچ وقف استفاده کنیم. با استفاده از یک فلاپول می توانیم اندازه ICE را کوچکتر کنیم و همچنین موتور الکتریکی را با محدوده فعالیت کمتری به کار ببریم زیرا گشتاورهای نا پایداری گذرا همه توسط انرژی چرخشی فلاپول بر آورده می شود. (شکل ۴-۲۵)



شکل ۴-۲۵: جمع کننده سرعت با افت گشتاور

۴-۱۲- هیبرید موازی - سری :

در هیبرید موازی ICE بسیار متنوع عمل می کند ، بطوریکه تابعی از سرعت و سیله نقلیه می باشد زیرا سرعت موتور (ICE) بطور مستقیم به میل گاردان می رسد. ماشین الکتریکی در هیبرید جمع کننده گشتاور ابزار اصلی می باشد که قدرت حداکثر را برای اتومبیل فراهم می آورد. موتور احتراق داخلی بعنوان ابزار ثانویه

۲- هنگامیکه می خواهیم سرعت را تدریجاً کم کنیم: جعبه دنده خورشیدی سرعت ICE را کاهش می دهد و موتور میل گاردان گشتاور میل گاردان را گرفته و بدینوسیله الکترسیته تولید می کند.

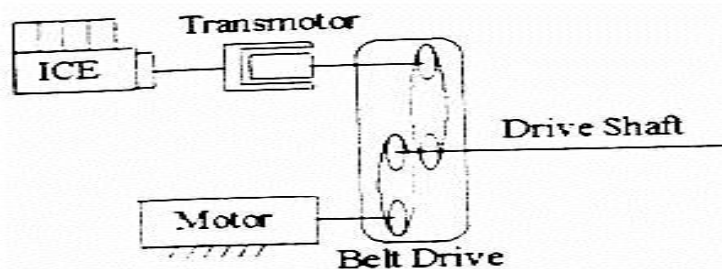
۳- زمانیکه می خواهیم به سرعت شتابگیری کنیم: موتور جعبه دنده خورشیدی مکمل ICE است و موتور میل گاردان گشتاور فوق العاده ای را برای شتاب گیری به میل گاردان اضافه می کند.

۴- کاستن سرعت های بالا به این نحو صورت می گیرد که: جعبه دنده خورشیدی سرعت را به شفت ICE اضافه می کند و موتور میل گاردان گشتاور را کاهش می دهد.

علاوه بر این چهار عمل اصلی روش های دیگری نیز قابل ذکرند:

۵- فقط به شکل الکتریکی : در این شکل تمام قدرت لازم برای حرکت اتومبیل توسط موتور میل - گاردان فراهم می آید.

۶- فقط به شکل سری: جعبه دنده خورشیدی از قدرت ICE برای شارژ باتریها استفاده می کند و حرکت فقط بوسیله موتور میل گاردان صورت می گیرد. با استفاده از یک ترانس موتور می توانیم ساختمان هیبرید سری - موتزی را بهبود بخشیم. ترانس موتور ضرورت سیستم جعبه دنده خورشیدی را رفع می کند شکل ۴-۲۷. بنابر این بازده مکانیکی سیستم را بهبود می بخشد. اگر چه ابزار جمع کننده گشتاور مکانیکی از بازده خوبی برخوردار نیستند ولی هنوز در طراحی ها مورد توجه هستند. (مانند: دنده ها، تسمه ها و غیره) ابزار جمع کننده گشتاور می تواند جای خود را به یک موتور خطی بدهد که به دنبال ترانس موتور نصب شده است. (شکل ۴-۲۷) این طرح علاوه بر چهار حالت قبلی که ذکر شد می توان عمل کند به شکلهای زیر:



شکل ۴-۲۷: کاربرد ترانس موتور

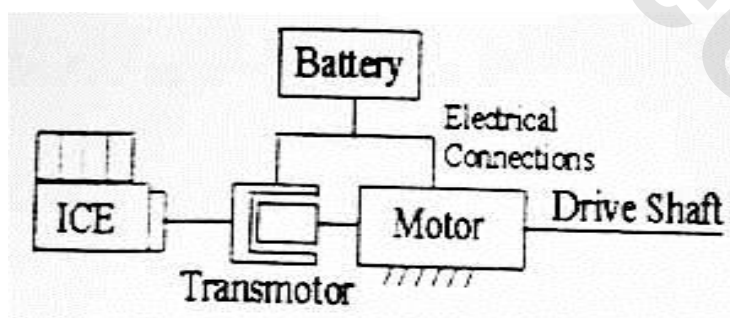
۷-Cruise: ترانس موتور سرعت ICE را به میل گاردان انتقال می دهد، (قدرت الکتریکی مصرف می شود) و موتور خطی گشتاور اضافی ICE را جذب می کند. (به قدرت الکتریکی تبدیل می کند) در نتیجه جریان انرژی الکتریکی شبکه صفر می باشد.

۸- شکل موتور احتراق داخلی: ICE با سرعت و گشتاور متغیر عمل می کند بنابراین کار موتورهای الکتریکی به حداقل می رسد.

۷- سکل شارژ: ICE خارج از محدوده نرمال عمل می کند تا بتواند RPM و گشتاور زیاد تولید کند که به وسیله موتور الکتریکی تبدیل به الکتریسیته شود.

۸- فقط به شکل EV: (نیاز به قفل یا کلاچ دارد) شفت ICE قفل شده است و از طرف باتریها به موتورهای نیرو اعمال می شود.

۹- سارژ بدون وقفه: ترانس موتور همه انرژی ICE را جذب می کند برای شارژ باتریها و موتور خطی گاردان را قفل می کند. یکی از عمده ترین موارد کاربرد ترانس موتور، کاربرد دوموتورو دوکنترلر می باشد که باعث می شود تا هزینه زیاد شود. البته با کوچکتر درست کردن این موتور می توانیم هزینه را تا اندازه کمی کاهش دهیم.

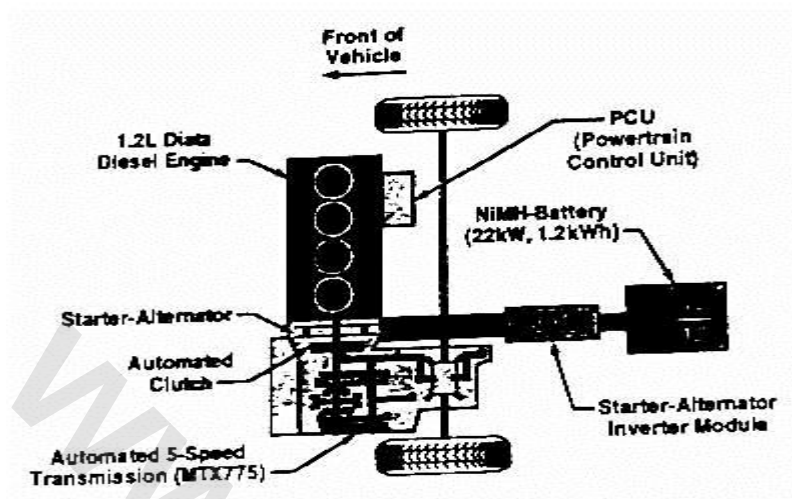


شکل ۴-۲۸: طرح ساده شده هیبرید سری - موازی

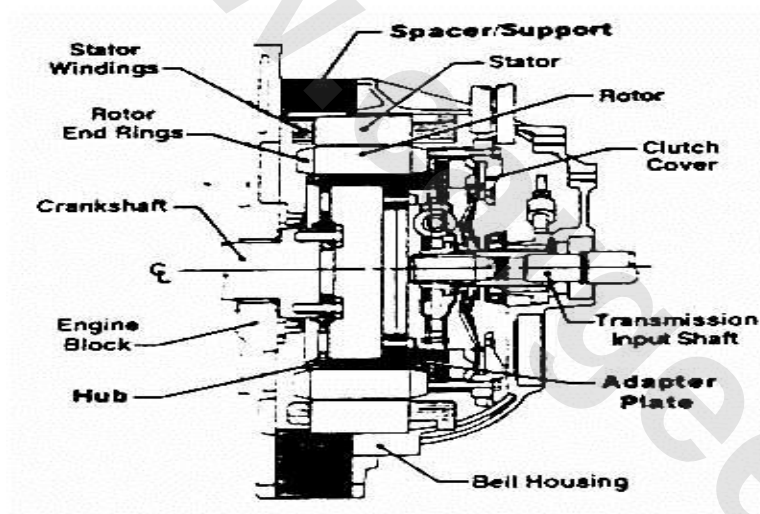
مشکل دیگر ساختمان خود ترانس موتور است که روی شفتها شناور است. زمانیکه ترانس موتور و موتور کششی بصورت سری قرار می گیرند بهتر است که قبل از استاتور برای تعادل بهتر و کوچکتر شدن اجزاء از یک فلاپویل استفاده کنیم. البته هنوز استفاده از ترانس موتور با مشکل روبرو است و به تولید انبوه نرسیده است.

بررسی طرح، نصب و مونتاژ استاتر - آلتر ناتور در وسیله نقلیه هیبرید - الکتریکی: شکل ۴-۲۹ مسیر انتقال قدرت فورد هیبرید را نشان می دهد که یکی از ساده ترین سیستمهای هیبرید است. عنصر کلیدی این هیبرید از یک استارتر - آلتر ناتور تشکیل شده است به عنوان موتور - ژنراتور در انتهای میل لنگ جایگزین فلاپول شده است. استارتر - آلتر ناتور قدرت بیشتری دارد نسبت به یک استارتر جداگانه یا آلتر ناتور جداگانه، بطوریکه یک موتور استارتر با گشتاور بالا می تواند قبل از تزریق سوخت سرعت میل لنگ موتور را در مدت 300ms به 1300rpm برساند. با این روش موتور احتراق داخلی می تواند خاموش باشد هنگامی که وسیله نقلیه توقف می کند و این ازمعالمی است که باعث می شود تا سوخت ذخیره شود و کمتر مصرف شود. به محض اینکه دوباره خواستیم حرکت کنیم استاتور دوباره فعال می شود. با این استارتر می توانیم قدرتی بیشتر از قدرت توربوشارژ داشته باشیم. بطور کلی بازده این سیستم افزایش می یابد. ژنراتور با قدرت بالا باتریها را شارژ می کند. بازیافت انرژی ترمزی نیز یکی از عواملی است که بازده را بالا می برد و باتریها را شارژ می کند. درسوار کردن مجموعه استارتر - آلتر ناتور را بررسی می کنیم. فورد هیبرید (LSR) بوسیله یک موتور دیزل تزریقی 1.2 lit اعمال قدرت می کند. گیربکس آن اتومات وازنوع mtx-75 می باشد.

عمل کلاچ و گیربکس بوسیله کامپیوتر کنترل می شود. از یک موتور القایی استفاده شده است تا زمان بندی برنامه را اجرا کند. استارتر - آلتر ناتور داخل گلدانی گیربکس و روی میل لنگ سوار شده اند ولی به دلیل اینکه سیم پیچهای استاتور حجم زیادی را اشغال کرده اند با کمبود جای داخل محفظه گلدانی گیربکس مواجه می شویم. برای افزایش فضا در جهت طولی، قطعه ای را بین بدنه موتور و گلدانی گیربکس قرار می دهیم. اندازه این قطعه با توجه به اندازه استاتور تعیین می شود. شما تیک مجموعه استارتر - آلتر ناتور در شکل ۴-۲۹ نشان داده شده است.



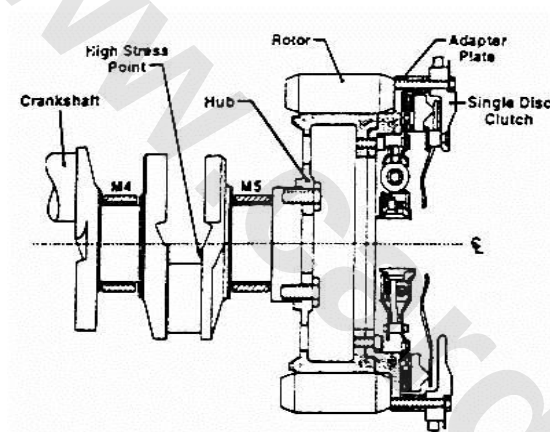
شکل ۴-۲۹: طرح یک وسیله نقلیه هیبریدی



شکل ۴-۳۰: مجموعه استارت-آلترناتور

استاتور باید داخل قطعه نگهدارنده که احتمالاً گلدانی گیربکس است محکم شود. برای حذف گشتاورهای اضافی، استاتور را با پینهای فشرده فولادی به قطعه نگهدارنده محکم می کنند. بدنه استاتور ممکن است به چند نقطه جوش که در جهت شکافهای طولی قطر بیرونی استاتور است نگهداری شده باشد. مواد جوش ممکن است به داخل هسته آهنی وزیر شکافها نفوذ کنند. مونتاژ قطعه محافظ یا همان قطعه فاصل تا اندازه ای بسیار کم باید لقی داشته باشد این قطعه روی دو زائده موتور که راهنمای گلدانی گیربکس هستند سوار می شود. پس از هم مرکز کردن استاتور و نصب آن روی خارهایی که یک سر آنها داخل بدنه موتور قرار گرفته است اجزاء دیگر مونتاژ می شوند. راهنمای گلدانی گیربکس علاوه بر زائده های نام برده شده

قطر بیرونی استاتور نیز می تواند باشد. بعد از نصب استاتور، روتور متناژ خواهد شد. مقطع داخلی روتور توسط سه جوش طولی و ماده ای از جنس آلومینیوم که فضای بین دندانه های روتور را پر کرده است محکم می شود. صفحه کلاچ به نحوی طراحی شده است تا بین روتور و جعبه دنده قرار بگیرد. قطر خارجی کلاچ باید از قطر خارجی رونور به تواند با هوا خنک شود. همچنین مجموعه روتور و کلاچ باید بتوانند اینرسی و گشتاورهای موجود را دمپ کنند. سنسورهای کنترل استاتور و آلترناتور نزدیک پوسته کلاچ هستند. یکی از مسائل دیگری که در اینجا ناراحت کننده است تنشهای موجود می باشد که بیشترین تپش به آن اعمال می شود.

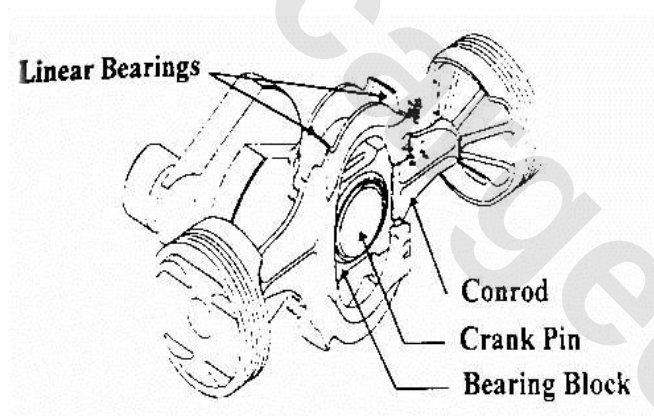


شکل ۴-۳۱: شماتیک وسیله نقلیه هیبریدی

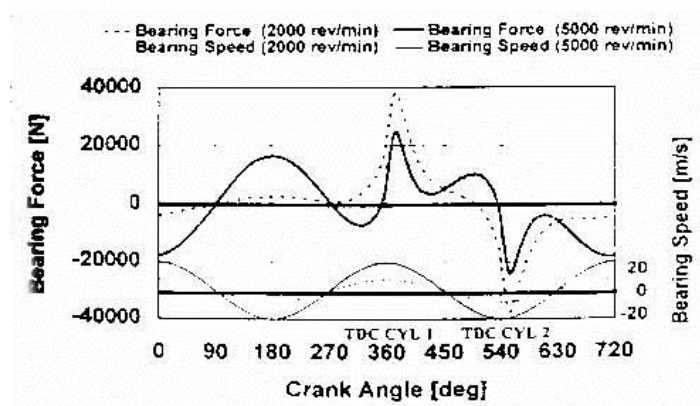
یکی از مسائل مهم در اتومبیلهای هیبریدی اندازه موتور احتراقی و فضای اشتغال شده توسط آن است از مسائل دیگر مطرح شده nvh می باشد. با استفاده از تکنولوژی معروف به sytech (scotch yoke engine technology) با قیمت مناسبی می توانیم مشکلات قید شده در بالا را برطرف کنیم. با استفاده از این تکنولوژی گشتاورها تا اندازه زیادی کاهش می یابد همچنین صدای کابین و نوسانات آن. (nvh یعنی صدا، نوسانات و سختی زیاد) با استفاده از این موتور احتراق داخلی می توانیم اجزاء بسیاری را حذف کنیم و وزن وسیله نقلیه را کاهش دهیم. این موتورها کاملاً نرم کار می کنند به سه دلیل:

۱. موتورها کاملاً بالانس هستند و هیچ اینرسی یا گشتاور آذادی وجود ندارد.
۲. صدای پیستون مکانیکی خیلی پایین است.
۳. حداکثر نواناسات گشتاور خروجی خیلی پایین است.

هزینه ساخت موتور SYTech قابل مقایسه با موتورهای ۷ شکل یا موتورهای سیلندر متقابل (موتورهای افقی) است. ترکیبات No_x یکی از خروجیهای مضر هر موتور احتراق داخلی می باشند به اندازه ۳۰٪ کاهش یافته اند. حرکت سینوسی پیستونهای موتور می تواند چنین کاهشی را امکان پذیر سازد، بدون اینکه مصرف ویژه سوخت افزایش یابد مکانیسم لنگ می چرخند می توانند با هم زاویه داشته باشند. تفاوت عمده این موتورها با موتورهای معمولی این است که از یاتاقانهای خطی (لبه دار) به جای یاتاقانهای معمولی استفاده کرده اند. (شکل ۴-۳۲) مزیت این یاتاقانها این است که نیروهای ناشی از گاز و نیروهای اینرسی را از شاتون به میل لنگ انتقال می دهند. البته از این یاتاقانها خیلی کم استفاده می شود و هر مهندسی باید با توجه به سرعت حداکثر و بار حداکثر بتواند برای استفاده خودش آن را طراحی کند. البته تضمینی وجود ندارد که یاتاقان خطی همانند یک یاتاقان معمولی دوام داشته باشد. هنگامی که یاتاقان بار سنگینی را انتقال می دهد در اطراف نقطه مرگ بالا و پایین سرعت لغزش زیاد می شود.



شکل ۴-۳۲ مکانیسم لنگ در موتورهای SYTech



شکل ۴-۳۳ سرعتها و بارهای یاتاقان خطی

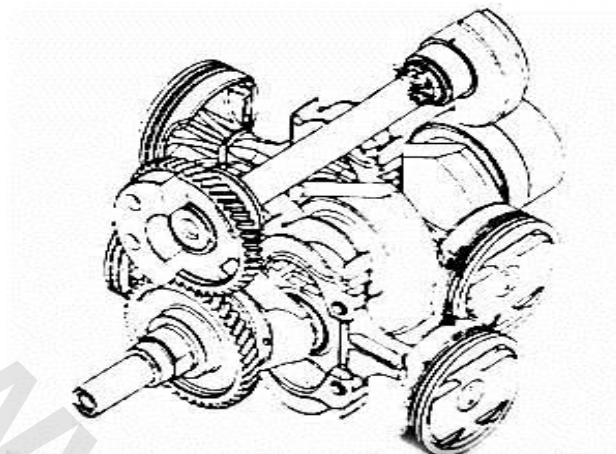
ترکیب اعمال هیدرولیک استاتیک و هیدرودینامیک در یاتاقانهای خطی باعث می شود تا مکانیسم لنگ قابل اطمینان باشد. اگر یک سیستم روغن کاری خوب طراحی کنیم عمر یاتاقانهای خطی افزایش خواهد یافت. با استفاده از این تکنولوژی مصرف سوخت، اندازه و وزن موتور و آلاینده های No را می توانیم کاهش دهیم و NVH را برای یک وسیله نقلیه هیبرید خیلی مشکل است. موتورهای SYTech یک سیلندر افقی دارند. معمولاً دو پیستون مخالف به صورت صلب توسط شاتون به هم متصل شده اند پایه های موازی این شاتونها سطوح یاتاقان خطی را برای نصب یاتاقان تشکیل می دهند. یاتاقان بندی به وسیله یک یاتاقان چرخشی که توسط محور لنگ می چرخد انجام شده است. این یاتاقان شبیه به یاتاقان شاتون متصل به میل لنگ در موتورهای معمولی می باشد. مجموعه پیستون و شاتون با یک حرکت کاملاً سینوسی در امتداد محور سیلندر حرکت می کنند. با بکار بردن خصوصیات ذکر شده می توانیم شاتون را کوچک انتخاب کنیم بنابراین دیر فرسوده می شود، صدا و مسائل اصطکاک بهبود می یابد که همه اینها تحت تأثیر کاهش نسبت طول شاتون به شعاع لنگ می باشد. این نسبت برای موتورهای معمولی $\frac{3}{4}$ تا ۴ است.

بدین وسیله می توانیم اندازه موتور را کوچک انتخاب کنیم. حرکت سینوسی این امکان را به ما می دهد که نیروهای اینرسی و گشتاورها کاملاً بالانس شوند، توسط یک شفت متعادل کننده که با سرعت موتور می چرخد. میل لنگ موتور SYTech کوتاهتر از میل لنگهای معمولی می باشد به همین خاطر هزینه ساخت و تشهای وارده بر آن کمتر است و پیچش در آن کاهش یافته است یعنی در کل تعادل موتور خیلی بهتر است. ارتفاع لنگها کم است بخاطر همین مسئله می توانیم موتور احتراق داخلی را زیر صندلی اتاق در بیرون نصب کنیم. با این ترکیب موتور الکتریکی و ژنراتور جای کمی را اشغال خواهند کرد.

۴-۱۳- کاهش بی ثباتی گشتاور:

همانطور که قبلاً شرح داده شد حرکت سینوسی پیستون موتور SYTech اثرات NVH را تا حد زیادی بهبود بخشیده است و باعث می شود موتور بدون اتلاف حرارت و نرم حرکت کند.

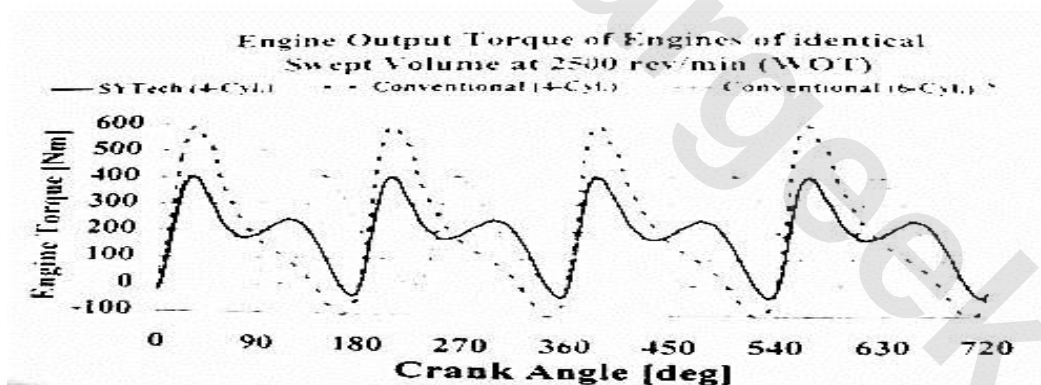
یک شفت متعادل کننده با سرعت میل لنگ می چرخد تعادل را برقرار می کند. (شکل ۴-۳۴)



شکل ۴-۳۴: مکانیسم لنگ و شفت تعادل یک موتور SYTech چهار سیلندر

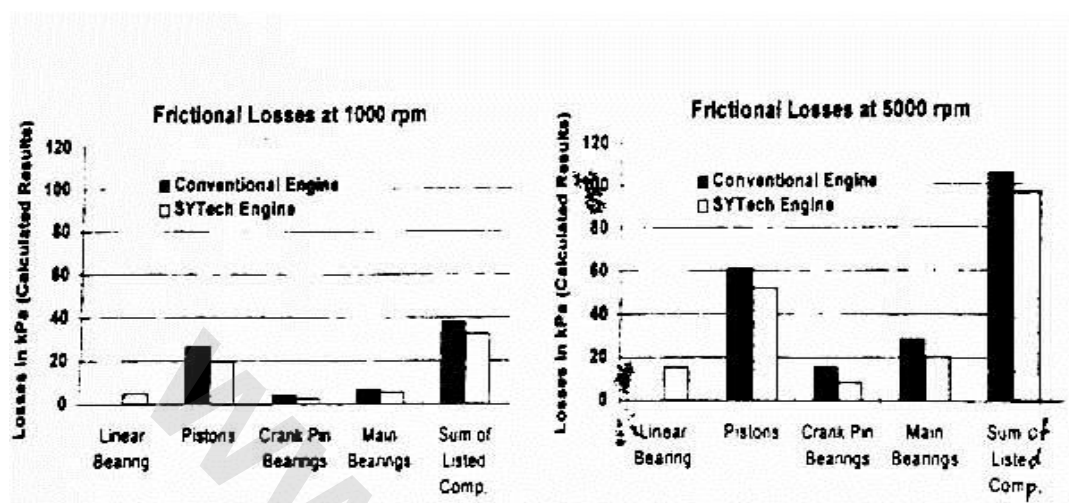
شکل ۴-۳۵: مقایسه ای بین گشتاور های خروجی یک موتور ۶ سیلندر معمولی و یک موتور ۴ سیلندر معمولی را با یک موتور ۴ سیلندر SYTech نشان می دهد .

همانطوریکه در شکل دیده می شود تعادل موتور SYTech خیلی شبیه به موتور ۶ سیلندر است.



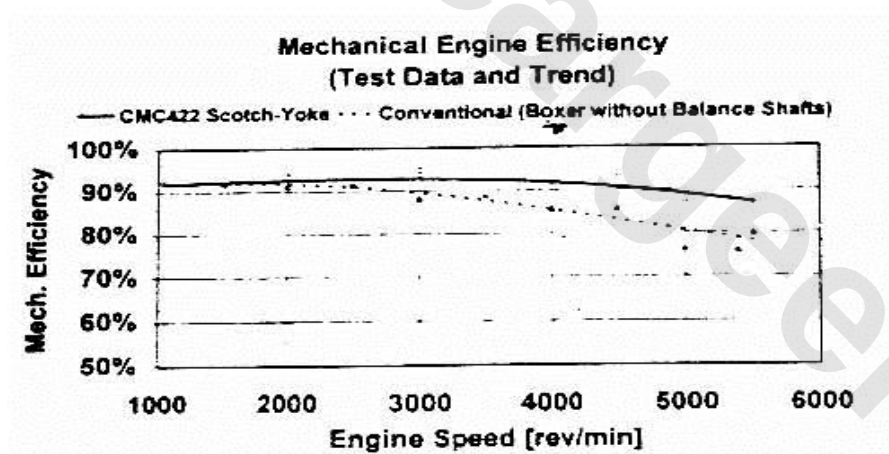
شکل ۴-۳۵: گشتاور خروجی تمام بار برای یک موتور ۴ سیلندر و ۶ سیلندر معمولی و یک موتور ۴ سیلندر SYTech

شکل ۴-۳۶: تلفات ناشی از اصطحاک را در یک موتور ۴ سیلندر معمولی و یک موتور ۴ سیلندر SYTech نشان داده است.



شکل ۴-۳۶: تلفات اصطحاکاکی در موتور ۴ سیلندر معمولی و موتور SYTech

شکل ۴-۳۷ بازده مکانیکی یک موتور SYTech و یک موتور معمولی را که از اندازه گیری فشار سیلندر و گشتاور خروجی بدست آمده است ، نشان می دهد.

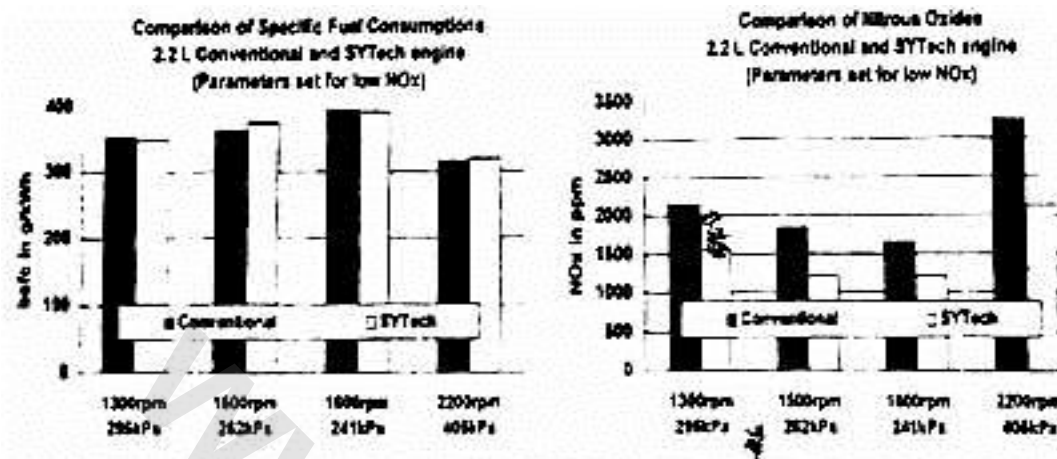


شکل ۴-۳۷: بازده مکانیکی موتور معمولی و موتور SYTech یکسان.

اثر حرکت سینوسی پیستون روی گازهای خروجی موضوع خوبی برای تحقیق در آینده می باشد.

البته بطور کلی باید اثرات تغییر حرکت پیستون بر گاز های خروجی مورد بررسی قرار گیرد . شکل (۴-۳۸)

(۳۸) مقایسه ای بین مصرف سوخت موتور SYTech را با موتور معمولی نشان می دهد . و شکل بعدی میزان تولید No را بیان می کند.



شکل ۴-۳ کاهش آلودگی NO_x با سطح مشابه مصرف سوخت ویژه

یکی از دلایل کاربرداومبیل‌های هیبریدی کاهش مصرف سوخت می باشد، همچنین کاهش NO_x که توسط مبدل‌های کاتالیزوری انجام می شود ولی به سختی. با استفاده از تکنولوژی موتورهای sytech می توانیم به این دو مورد دسترسی پیدا کنیم.

۴-۱۴- استفاده از موتور CNG برای اتوبوس شهری:

جدول شماره ۴-۳ مشخصات یک اتوبوس هیبرید را نشان می دهد. این اتوبوس دارای یک موتور احتراق داخلی است که با گاز طبیعی فشرده کار می کند.

(CNG=compressed Natural Gas)

جدول ۴-۳: مشخصات یک اتوبوس هیبرید

Powertrain	Hybrid CNG otto
Length	12 m
Empty weight	13 ton
System voltage	600 v
Base engine type	2.5 l Iveco
Generator type	Liquid cooled AC(27-35 kw)
Electric motor type	105 kw asynchronous AC (150kw)
Batteries	1500 kg pb/acid. 600 v. 2100 Ah
Braking	Regenerative . mechanical
ZEV-range	20 km

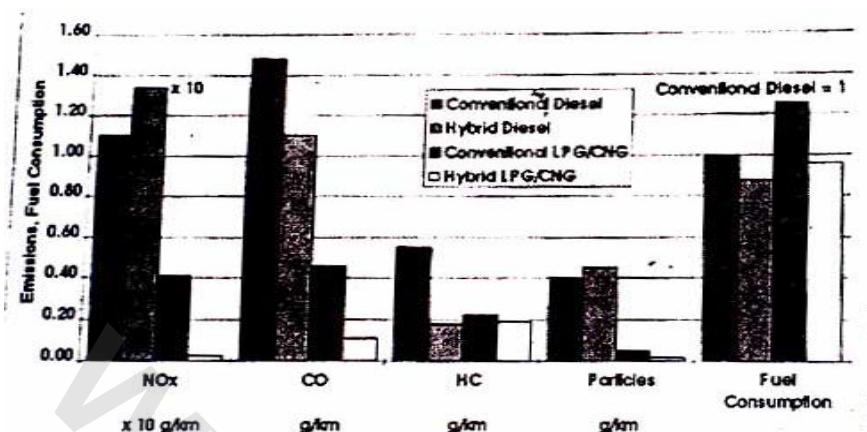
برای بهبود این سیستم موتور دیزل استا ندارد کنار گذاشته شده است و به جای آن یک موتور کوچک با حجم ۲,۵lit قرار گرفته است و با CNG کار می کند. این موتور به دقت برای شرایط کاری مختلف و آلودگی های تولید شده مورد بررسی قرار گرفته است. موتور با قدرت ثابت می تواند 27KW تا 32KW قدرت تولید کند. کمبودهای قدرت نیاز هنگام از باتری گرفته می شود. سرعت موتور تا 1850rpm تنظیم می شود. بسته به قدرت خواسته شده گشتاور می تواند بین ۷۵٪ تا ۱۰۰٪ تغییر کند.

جریان گاز خروجی اندازه گیری شده است و توسط سیستم کنترل با پس خورانداز موتور بهینه شده است. و این بیانگر آن است که اگر سطح تولید آلودگی موتور احتراق داخلی پایین نباشد خیلی مهم نیست، زیرا با این سیستم می توانیم گاز خروجی را بصورت نرمال در آوریم.

بر طبق جریانهای گرمایی سیستم خنک کاری طراحی می شود، ولی در مورد هیبرید موتور به ژنراتور کوپل شده است تا این سیستم بهینه عمل کند. زمان تأخیر بین عمل سوپاپ گاز، گشتاور موتور و سرعت خروجی برای موتور با سیکل اتو خیلی مهم است. مواردی دیگری مانند سیستم خروجی مانند قبل طراحی می شود.

چهار اتوبوس با هم مقایسه شدند و نمودار شکل ۴-۳۹ به دست آمد.

- یک دیزل پیشرفته با جعبه دنده اتوماتیک یا معمولی.
 - یک هیبرید سری با یک سوخت LPG / CNG با جعبه دنده اتوماتیک یا معمولی.
 - یک هیبرید سری با موتور کوچک با سوخت LPG / CNG
- در شکل ۴-۳۹ میزان تولید CO و NO_x و HC و ذرات دیگر و همچنین مصرف سوخت نشان داده شده است.



شکل ۴-۳۹ مقایسه مصرف سوخت و آلاینده‌گی ۴ نوع اتوبوس با همدیگر

۴-۱۵- استفاده از موتور دیزل TDI برای یک خودرو هیبرید سری.

همانطور که قبلاً ذکر شد، یک موتور دیزل آلودگی کم می‌کند و مصرف پایینی دارد. بنابر این مورد توجه جدی محققین برای بکار بردن در اتومبیل‌های هیبرید قرار گرفته است. موتور های دیزل نسبت به انواع APU دارای بازده بالاتری هستند. یکی از عیبهای موتور دیزل این است که در بار زیاد، سطح آلودگی آن رضایتبخش نیست. بعد از اینکه بازده و نقاط کار موتور دیزل تعیین شد (بر اساس برنامه خواسته شده و شبیه سازی کامپیوتر) موتور برای کاربرد در اتومبیل هیبریدی بهینه شده است. گوناگونی در موتور های دیزل باعث می‌شود تا موتوری با حداقل آلودگی و حد اکثر بازده انتخاب کنیم. برای به دست آوردن قدرت زیاد در یک اتومبیل هیبرید، موتور باید با حداکثر قدرت کار کند و باعث می‌شود تا NO و ذرات معلق بیشتری تولید شوند. بنابراین از سیستمهایی همچون EGR و یا اکسیداسیون استفاده شده است.

GER یعنی مخلوط کرن بخش از دود با هوای ورودی موتور برای کاهش اکسید های نیتروژن^۱ نسبت هوا سوخت پایین تر باعث می‌شود تا ذرات کربن تولیدی کوچکتر باشد. هرچه ذرات کوچکتر باشند، اکسید اسیون بهتر صورت می‌گیرد. در همان زمان روی مقدار EGR محدودیت اعمال می‌شود تا اینکه بتواند مقدار قابل قبولی دود را استفاده کند. همچنین اگر ضریب زاویه فشار (شیب فشار) بین فشار ورودی و خروجی

¹ (EGR=Exhaust Gas Recirculation)

متناسب نباشد، EGR با مشکل روبرو خواهد شد. اگر از یک گلوگاه روی ورودی هوا استفاده شود، باعث می شود تا ضریب زاویه فشار مقدار مناسب خود را حفظ کند.

سوخت بعد از خروج وارد یک نوع مخزن می شود و مبدل Denox اکسید نیتروژن را احیاء می کند و ذرات را بازیافت می کند با CRT از مزیت های CRT این است که زمینه اکسید شدن HC، CO را فراهم می کند. محدوده درجه حرارت برای اجزایی که بعد از خروج دود کار می کنند بوسیله کار موتور، موقعیت سیستم و عایقکاری حرارتی مشخص می شود.

(کمتر از 250°C سانتیگراد برای CRT و 400°C برای بازیافت کننده Denox). همچنین ممکن است از یک پیش گرمکن نیز استفاده شود. سیستم تزریق سوخت نقش مهمی در کاهش آلودگی دارد. از طرفی مبدل مخزن NOx نقش مهمی در کاهش HC و CO دارد. یکی از راه های کم کردن آلودگی این است که سوخت را زودتر از موقع داخل سیلندر بپاشیم که این عمل همچنین، باعث کم شدن صدای احتراق خواهد شد. سیستم سوخت رسانی دارای واحد انژکتور یا ریل مشترک می باشد.

در موتورهای دیزل معمولی نتیجه سوار کردن توربوشارژر روی موتور رضایتبخش بوده است. در نوع هیبرید، با توجه به اینکه کاربرد موتور محدود تر شده است و از طرف دیگر تعداد دفعات روشن و خاموش شدن اتومبیل زیاد است، بنابراین تحقیق در مورد اینکه چه نوع توربو شارژر روی این موتور قرار بگیرد ادامه دارد.

سیستم های حرارتی و برودتی موتور طوری طراحی شده اند تا طول عمر روغن را بیشتر کنند و آب را خنک کنند و همچنین درجه حرارت مناسبی را برای هوای ورودی فراهم کند. شکل شماره ۲۳-۴ سیکل کار یک موتور را نشان می دهد. در این مثال می بینیم قدرت موتور ۱۵kw است. برای ترسیم این نمودار آزمایشات زیادی انجام گرفته است. بازده سوخت افزایش پیدا کرده است (۴۰٪ مصرف سوخت نسبت به نوع معمولی کم شده است) برای کنترل اتومبیل های هیبریدی پیشرفتهای زیادی صورت گرفته است. همچنین برای کنترل ICE راه های زیادی ارائه شده است. از جمله:

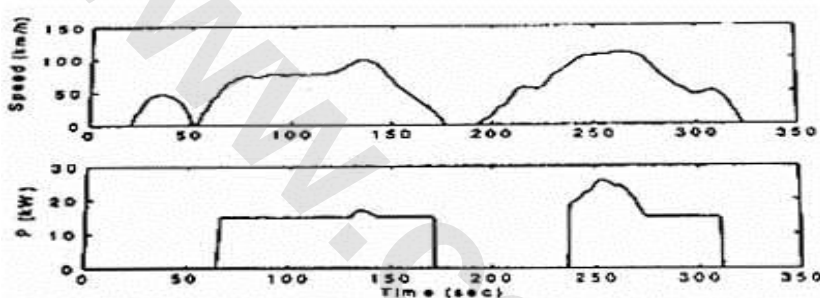
۱- انتخاب نقاط کاربرای ICE که سیکل موتور احتراق داخلی به خوبی مشخص می کند.

۲- روشهای روشن و خاموش شدن ICE البته تعداد دفعات روشن و خاموش شدن اتومبیل تحت تأثیر شرایط جاده و مهارت راننده است. نحوه روشن و خاموش شدن نیز کنترل می شود.

۳- روشهای ترمزگیری و کنترل آن (الکترونیکی، مکانیکی، بازیافت نیروی ترمزی)

۴- کنترل موتور

۵- الگوریتم کنترل دستگاه ژنراتور



شکل ۴-۴: نمودار بالایی قسمتی از سیکل است و نمودار پایینی قدرت موتور احتراق داخلی در طی این سیکل است.

۴-۱۶- مزایای موتور sytech برای کاربرد در اتومبیلهای هیبریدی:

موتورهای sytech تمام مزایای موتورهای سیلندر متقابل را دارا می باشند. موتورهای معمولی اگر چه خیلی عریض نیستند اغلب بین اجزاء سیستم تعلیق جلو بسته می شوند. در اتومبیل هیبرید با وجود وسایل الکتریکی فضا برای موتور احتراق داخلی کاهش می یابد. پس موتور با عرض و طول کوچکتر باید انتخاب شود.

مقادیر $(L \times W \times H)$ تا حدود ۳۵٪ الی ۵۰٪- در این موتورها نسبت به موتورهای معمولی کاهش پیدا کرده است. با طراحی مناسب برای مانیفولدهای ورودی و خروجی و بعضی اجزاء دیگر اندازه موتور حدوداً به $300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ کاهش می یابد و مرکز اینرسی آن به زمین نزدیکتر می شود. امنیت این نوع موتور نیز در حد خوبی است زیرا در اتومبیلهایی که موتور معمولی دارند به هنگام تصادف موتور به داخل اتاق فرو می رود، ولی موتورهای sytech چون مسطح هستند و ارتفاع زیادی ندارند اگر صندلی سر نشین کمی بالاتر از موقعیت اصلی صلیش نسبت به اتومبیلهای معمولی قرار گیرد می توان آنها را زیر صندلی راننده البته بیرون اتاق

جا داد. که با بکار بردن باتریها وموتور درزیر کابین (اتاق) مرکز گرانیگاه بسیار پایین قرار می گیرد وامنیت را افزایش می دهد. خصوصاً مواقع شتاب گیری وترمز گیری درسریچها.

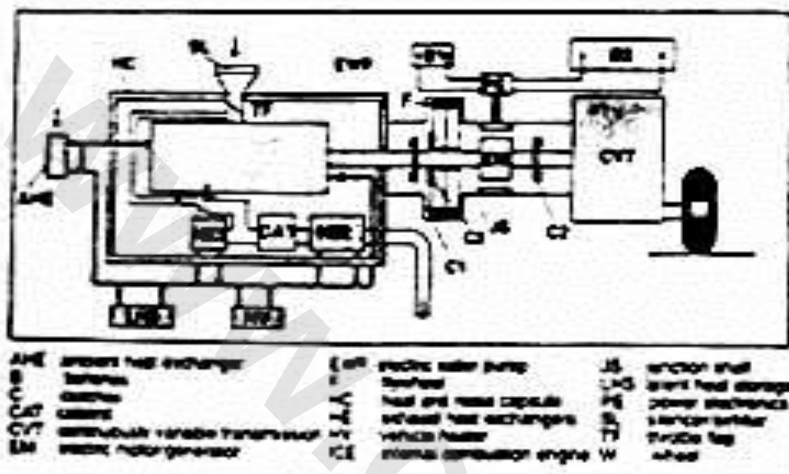
ارتفاع محفظه لنگ وسرسلندر حدوداً ۳۰۰mm تا ۴۰۰mm می باشد. کاهش مصرف سوخت برای افزایش بازده موتور، اصلاح مسیر قدرت وپدیدآوردن شرایط ایده ال برای موتور وسیستم انتقال قدرت، قطع ووصل کردن موتور احتراق داخلی با ابزار کنترل کننده ودر پایان کاهش نیروی مقاومت هوا همه بطور مستقیم با کاهش صدا مخالفت می کنند. هدف اصلی یک وسیله نقلیه با کاهش وزن حدود ۳۰٪ بخاطر مصرف سوخت کمتر به نظر می رسد که با موتورهای معمولی انجام پذیر نباشد و سطح NVH قابل قبولی را فراهم نیآورد. صداهایی که موتور خطی منتشر می شود ناشی از تأثیرات اینرسی های آذاد وگشتاورها می باشد، همچنین کار کردن با فرکانسهای ۴۰۰ Hz، ۸۰۰ Hz، ۱،۴ KHZ یکی دیگر از دلایل انتشار صدا می باشد. همه این صداها به هوا منتقل می شود. عموماً کنترل صدا کار مشکلی است، که جدیداً با سیستم های بسیار پیچیده توانسته اند تا حدودی صداها را کنترل کنند. برای از بین بردن نوسانات احتیاج به کمک فنرها، تنظیم شاسی واصلاحات زیاد دیگری داریم که باعث افزایش هزینه می شود. البته وزن را هم افزایش می دهد که در اتومبیلهای هیبریدی با وجود وسایل الکتریکی زیاد این مسئله بحرانی خواهد بود. درموتورها وجعبه دنده های امروزی از وسایل سبکی استفاده می کنند که توانایی جذب نوسانات وانتقال نیروهای دینامیکی را داشته باشد. با توضیحاتی که درباره sytech داده شد می توانیم به عنوان مولد قدرت از آنها در اتومبیلهای هیبریدی استفاده کنیم.

۴-۱۶-۱- کاربرد cvt در اتومبیلهای هیبریدی:

یکی از تلاشهای که در زمینه افزایش بازده وكاهش مصرف سوخت در اتومبیلهای هیبریدی انجام گرفته است استفاده از جعبه دنده های متغیر پیوسته یا cvt می باشد. اگر از یک فلایویل و cvt با همدیگر استفاده کنیم می توانیم بدون تبدیل انرژی مکانیکی به اشکال دیگر نیازهای وسیله نقلیه را بر آورده سازیم وامکان استفاده از بازیافت انرژی ترمزی را نیز داشته باشیم.

شکل ۴-۴۱ مسیر قدرت یک اتومبیل هیبرید را نشان می دهد که از cvt وفلایویل با هم استفاده کرده انجام گرفته است استفاده از جعبه دنده های متغیر پیوسته یا CVT می باشد. اگر از یک فلایویل و CVT با همدیگر استفاده می توانیم بدون تبدیل انرژی مکانیکی به اشکال دیگر نیازهای وسیله نقلیه را بر آورده

سازیم و امکان استفاده از بازیافت انرژی ترمزی را نیز داشته باشیم. شکل ۴-۴۱ مسیر قدرت یک اتومبیل هیبرید را نشان می دهد که از CVT و فلاپویل با هم استفاده کرده است. قدرت از موتور بوجود می آید و توسط سه کلاچ C, C.C. منتقل می شود.



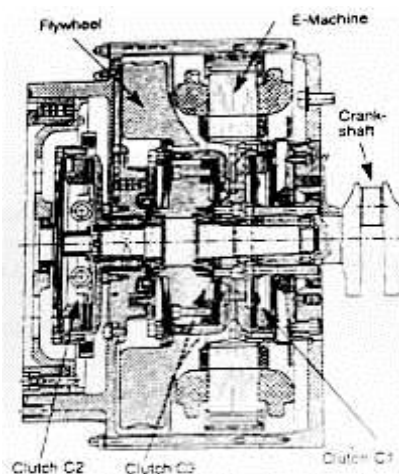
شکل ۴-۴۱ یک اتومبیل هیبرید با سه منبع قدرت

این عمل به چهار شکل می تواند صورت گیرد. اگر کلاچ C1, C2 درگیر باشند موتور احتراق داخلی مستقیماً به CVT متصل خواهد بود ولی کلاچ C1 و آزاد است و فلاپویل درگیر نیست. این حالت برای مواقعی که به قدرت زیادی نیاز داریم استفاده می شود. مثلاً برای قدرتهای بیشتر از ۱۴ KW البته بازده خوبی دارد. در این حالت گشتاور اضافی به موتور الکتریکی منتقل می شود. هنگامیکه به قدرتهای پایین مثلاً بیشتر از ۱۲KW نیاز داریم از انرژی فلاپویل برای حرکت استفاده کنیم. هنگامیکه به قدرتهای پایین مثلاً بیشتر از ۱۲KW نیاز داریم از انرژی فلاپویل برای حرکت استفاده می کنیم. با درگیر شدن کلاچ C2, C3 می توانیم از اینرسی فلاپویل برای حرکت استفاده کنیم. هنگامیکه می خواهیم شتاب فلاپورا افزایش دهیم کلاچ C1 درگیر می شود و بعد از اینکه فلاپویل به سرعت مورد نظر رسید کلاچ C1 آزاد شده و موتور احتراق داخلی خاموش می شود. شتاب فلاپویل را توسط موتور احتراق داخلی افزایش می دهیم.

هنگامی که می خواهیم با سرعت پایین (قدرت بیشتر از ۶KW و گشتاور بیشتر از ۳۲ NM) حرکت کنیم مثلاً در ترافیک، از موتور الکتریکی استفاده می کنیم. زیرا قدرت و گشتاور موتور الکتریکی را کاهش داده ایم. برای استفاده از موتور الکتریکی C2 درگیر است ولی کلاچ C1, C2 آزادند. هنگامیکه از موتور الکتریکی

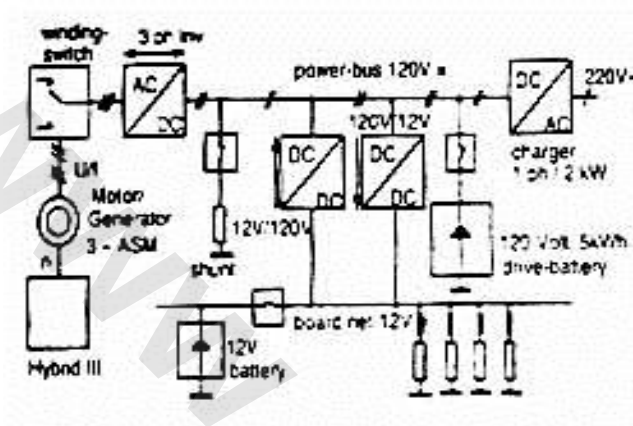
وفلایویل با هم استفاده می کنیم موتور الکتریکی خواسته های قدرت متوسط را بر آورده می کند ولی فلیویل گشتاور زیادی تولید می کند و برای بارهای زیاد استفاده می شود. در این حالت کلاچ C2 , C3 درگیرند ولی کلاچ C1 آزاد می باشد و ارتباط موتور احتراق داخلی را قطع کرده است. انرژی ترمزی می تواند در فلیویل، باتری یا ابزار ذخیره گرمایی، ذخیره شود. برای بازیافت انرژی ترمزی در همه موارد کلاچ C2 درگیر است و موتور احتراق داخلی توسط کلاچ C1 در این حالت آزاد خواهد بود. اگر کلاچ درگیر باشد انرژی می تواند در فلیویل ذخیره شود و در این فلیویل با سرعت ۱-۶۰۰۰ MIN خواهد چرخید. انرژی می تواند در باتری ذخیره شود که این عمل توسط موتور الکتریکی - ژنراتور صورت می گیرد. برای سیستمهای حرارتی نیز می تواند مورد استفاده واقع شود. ۴-۴۲ نمایی از واحد هیبرید که شامل موتور احتراق داخلی، فلیویل، ماشین الکتریکی و سه کلاچ اصطکاکی می باشد را نشان می دهد. فلیویل از فولاد ساخته شده است و تحت شرایط محیط عمل می کند. روتور ماشین الکتریکی با هوا خنک می شود. در حالیکه استاتور آن با آب خنک می شود. موتور احتراق داخلی توسط کنترل کننده های دقیق کنترل می شود و ولوله های مانیفولد خروجی دو جداره درست شده اند تا زمان گرم شدن کاهش یابد.

مخلوط سوخت و هوا توسط یک سنسور آنالوگ کنترل می شود. سیستم الکتریکی یعنی ماشین آ سنکرون و الکترونیک قدرت (کنترل کننده ها) از اجزاء مهم بکار رفته می باشند. کنترل کننده اصلی IGBT است. ولتاژ باتری ۱۲۰V می باشد و ظرفیت آن ۳۸ AH است. ولتاژ ۱۲ V را می توانیم با استفاده از مبدل DC/DC از ماشین الکتریکی یا با باتری بگیریم. طرح سیستم الکتریکی هیبرید در شکل ۴-۴۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۴۴: طرح سیستم الکتریکی هیبرید

شکل ۴-۴۵: برش عرضی واحد هیبرید. ارتباط این واحد با میل لنگ از طرف راست است و از طرف چپ با جعبه دنده ارتباط دارد. جریان قدرت در مسیر قدرت بوسیله سه کلاچ اصطکاکی کنترل شده است.



شکل ۴-۴۵: شماتیک سیستم الکتریکی هیبرید با سه منبع قدرت

واحد قدرت کمکی^۱ APU =

گاز مایع شده که مخلوطی از بوتان و پروپان می باشد.^۲ LPG =

مخلوط کردن بخشی از دود با هوای ورودی موتور برای کاهش اکسیدهای نیتروژن.^۳ EGR =

خط انتقال نیرویی که نسبت تغییر سرعت را به صورت پیوسته در محدوده مطلوب ایجاد میکند.^۴ CVT =

FTP =^۵

حالت تخلیه یا دشارژ.^۶ SOD =

حالت شارژ.^۷ SOC =

¹ Auxiliary power unite

² liquefied petroleum gas

³ Exhaust gas recirculation

⁴ continuously variable transmission

⁵ Federal test procedure (US)

⁶ state of discharge

⁷ state of charge

CRT : ^۱

VMU = ^۲ واحد اداره کننده وسیله نقلیه.

BM = ^۳ واحد اداره کننده باتری.

CEU = ^۴ واحد کنترل الکترونیکی مرکزی.

MV : ^۵ واحد کنترل.

صدا، نوسانات، سختی ^۶

CNG = ^۷ اتومبیلی که از متان متراکم به عنوان سوخت استفاده می کند.

¹ conthnuously regenerative particulate trap

² vehicle management unit

³ battery management

⁴ central electronic control unit

⁵ monitoring unit

⁶ MVH: noise , vibration , harshness

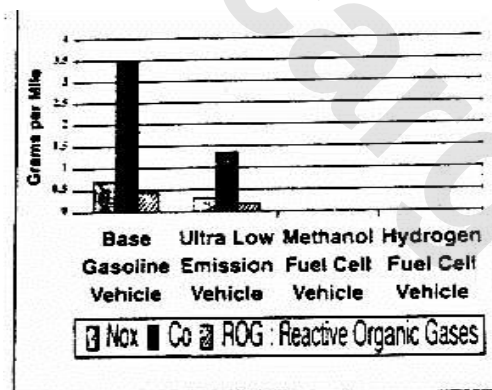
⁷ compressrd natural gas

فصل پنجم

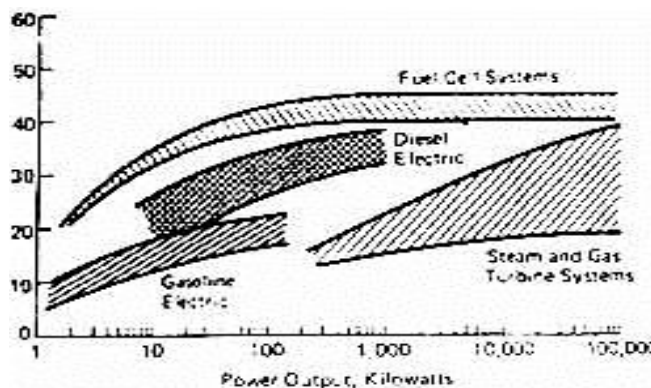
پیل سوختی و کاربرد آن در اتومبیل

از میان سه تکنولوژی خودروهای برقی، خودروهای خور شیدی و خودروهای پیل سوختی، خودروهای پیل سوختی با پیشرفتهای مهم تکنیکی در دو دهه گذشته بطور شاخص برگزیده شده است. این تکنولوژی از نقطه نظر عدم تولید آلایندهایی همچون اکسیدهای نیتروژن، منوکسید کربن و هیدرو کربن های سوخته نشده، بی همتا می باشد.

علاوه بر این قابلیت استفاده این سیستم ها در صنعت حمل و نقل و همچنین نیروگاههای تولید برق از خصوصیات ویژه پیلهای سوختی می باشد. تا چند سال آینده استفاده از این پیلها بخشی از زندگی بشر را تشکیل خواهد داد دولتها نیز می بایستی در تسریع جایگزین کردن این سیستمها اقدامات لازم را انجام دهد. زیرا هوای پاک بهایی دارد که لاجرم باید آن را پرداخت کنند. شکل (۱-۵) مقدار آلایندهای این فن آوری را در قیاس با فن آوری موتورهای احتراق داخلی نشان می دهد. شکل (۲-۵) بازده اتومبیل سوختی را با چند اتومبیل دیگر مقایسه کرده است.



شکل ۱-۵: مقدار آلایندهای فن آوری پیل سوختی در مقایسه با فن آوری موتورهای احتراق داخلی



شکل ۲-۵: بازده اتومبیل سوختی

نفت یکی از گرانبهاترین مواد روی زمین است که امکان تمام شدن آن زندگی صنعتی را تهدید می‌کند. همچنین انباشت گازهای گلخانه‌ای که از احتراق این مروارید سیاه و مشتقات آن بوجود می‌آید موجب نگرانی جوامع صنعتی می‌باشد.

از طرف دیگر با ورود تکنولوژی پیل سوختی به طور فراگیر مصرف نفت تا اندازه‌ای زیادی کاهش می‌یابد و کشورهایی که پایه صادرات آنها روی نفت بنا نهاده شده است و تمام شرکت‌های نفتی دنیا دچاره ضررهای هنگفتی خواهد شد.

در حال حاضر شرکت‌های نفتی با ورود پیل سوختی مخالفت می‌کنند ولی با فشارهایی که دولت‌ها بر این شرکت‌ها وارد کرده‌اند توانسته‌اند این تکنولوژی جدید را به آنها بقبولانند با توجه به این که سوخت پیل سوختی متانول و هیدروژن می‌باشد و گاز طبیعی منبع ارزانی برای تولید هیدروژن و متانول است بنابراین شرکت‌های عظیم نفتی به تدریج از نفت به سوی گاز طبیعی جهت گیری کرده‌اند. با توجه به اینکه کشور ما دارای منابع عظیم نفت می‌باشد وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران ناگزیر از تطابق هر چه سریعتر با این فن آوری می‌باشد. پس عرضه گاز هیدروژن بصورت گاز تحت فشار یا بصورت مایع و تولید انبوه متانول در پیچه جدیدی از درآمد را بر روی کشور خواهد گشود که درآمد آن می‌تواند از درآمد حاصل از نفت بیشتر باشد. اما چنگ زدن به این فرصت در گرو برنامه ریزی و اجرای به موقع آن می‌باشد. سرمایه گذاری بر فن آوری پیل سوختی نه تنها راه حل معضل آلودگی هوا، کاهش مصرف سوخت، افزایش سطح تکنولوژی در کشور، ایجاد اشتغال و غرور ملی و نهایتاً حرکت جهش وارد رجعت کاهش فاصله کشور از کشورهای صنعتی و جذب نیروهای متخصص داخل و خارج کشور است، بلکه سرمایه گذاری بر روی زیر ساخت تولید سوخت پیل سوختی زمانی نه چندان دور فراگیر خواهد شد با توجه به این مسئله دولت فرصت زیادی بر اینکه از کشورهای دیگر عقب نماند، ندارد. بنابراین مسئولین باید با جدیت تمام روی این مسئله کار کنند تا از این که هستیم وابسته تر نشویم.

۵-۱- پیل سوختی چیست و چگونه کار می کند

از میان تکنولوژیهای مطرح به عنوان [ZEV]^۱ به خودروهای اطلاق می شود که هیچگونه آلودگی هوا را موجب نمی گردند. (خودروهای ناآلاینده) [تکنولوژی پیل سوختی توانایی چشمگیری را از خود در این زمینه از خود در این زمینه بروز داده است. امروزه در همه محافل علمی به تکنولوژی پیل سوختی به عنوان مهمترین جانشین موتورهای احتراق داخلی نگریسته می شود که توانایی رقابت و از دور خارج کردن تکنولوژی موتورهای احتراق داخلی را دارا است. پیل سوختی سیستمی الکترو شیمیایی می باشد که انرژی شیمیایی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. بازده این پیلها به علت دوری جستن از چرخه کارنو بالا می باشد. پیل سوختی مزایای بسیار زیادی دارد: از جمله:

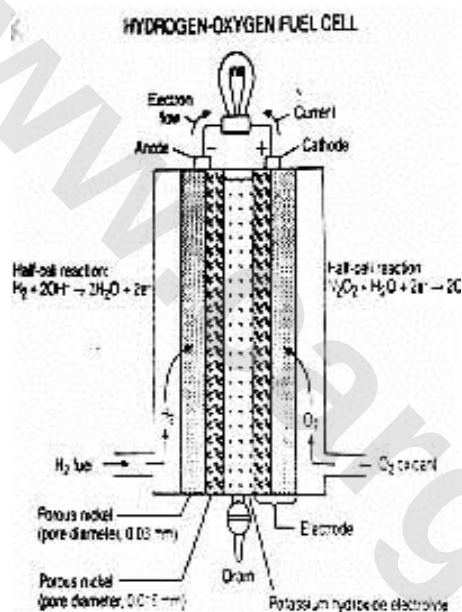
۱. عدم آلودگی هوا
۲. راندمان سوخت بالا، این راندمان حدوداً ۸۵٪ تا ۶۵٪ است. یک خودروی پیل سوختی معادل یا کمتر از ۳ لیتر بنزین در هر ۱۰۰ کیلومتر مصرف می کند.
۳. طول عمر بالا
۴. قابل رقابت از جنبه های قیمت و هزینه ها
۵. امکان حصول وبو می کردن انرژی در ایران
۶. عدم وجود قطعات و قسمت های متحرک در سیستم و در مصرف انرژی
۷. آلودگی صوتی ناچیز
۸. کاهش مصرف سوخت و استفاده از منابع تجدید پذیر جهت تولید هیدروژن یا متانول پیلهای سوختی را به دو طریق می توان تقسیم بندی کنیم: یکی درجه حرارتی که پیلها در آن کار می کنند و دیگری حالت فیزیکی سوخت پیلها می باشد. پیلهای سوختی را از نظر درجه حرارت بالا تقسیمهایی با درجه پایین، سیستمهای با درجه حرارت متوسط و سیستمهای با درجه حرارت بالا تقسیم می کنند. از نظر حالت فیزیکی سوخت میتوانیم پیلهای ئیدروژن- اکسیژن، پیل سوختی اتمی مایع- فلز، پیل سوختی با گاز طبیعی، پیل سوختی فلز- ئیدروژن، پیل سوختی مواد آلی- اکسیژن، پیل سوختی پلیمری و نام ببریم.

¹ (Zero Emission Vehicle)

۵-۲- انواع پیل سوختی :

یکی از ابتدایی ترین پیل‌های سوختی ، پیل اکسیژن - هیدروژن می باشد که کاربرد بیشتری دارد. این پیل جزء سیستم‌های اولیه می باشد.

شکل (۵-۳) یک سوختی با الکترولیت جامد که به صورت یک لایه انتقال دهنده الکترون عمل می کند و در بین دو الکترود متخلخل قرار گرفته است را نشان می دهد.



شکل ۵-۳: نحوه کار پیل سوختی

قسمت‌های مختلف پیل عبارتند از: الکترولیت جامد، الکترودتالیز، جمع کننده های جریان، لوله های خنک کننده، فیلترهای آب لوله های تزریق کننده گاز و قسمت‌های مختلف دیگر. نکته قابل توجه الکترولیت جامد است که به عنوان لایه مبادله کننده یون عمل می کند. این لایه باید در مقابل مواد اولیه گاز اکسیژن و هیدروژن بصورت ناتراوا عمل کند بطوریکه مانع نفوذ هریک از دو ماده اولیه در هود دیگر شود و همچنین این لایه بایستس در مقابل یون هیدروژن H^+ بصورت تراوا عمل کرده و باعث انتقال یون از یک الکترود به الکترود دیگر شود.

الکترولیت را معمولاً از درون پلیمرها^۱ انواع پلی فلوئورکربن و اسیدهای پلی یسترن سولفوریک انتخاب می کنند و برای اینکه در برابر عبور یون دارای مقاومت بالا نباشد ضخامت تقریبی آنها را حدوداً 0.076cm می گیرند. البته نازک بودن این لایه باعث از دست رفتن مقاومت مکانیکی لازم برای لایه و همچنین انتقال سوخت از داخل این لایه می شود. الکترودهای مورد استفاده در این پیل دارای الکتروکاتالیزور می باشند و از جنس تیتانیوم یا پلاتینیم هستند که مانند شبکه سیمی در دو طرف الکترولیت پیچیده شده اند. این الکترودها توسط یک ماده پلاستیکی در مقابل نفوذ آب محافظت شده اند. در طول عمل پیل سوختی دریاچه های موجود برای ورود ئیدروژن باز می باشد و ئیدروژن وارد می شود، اکسیژن نیز به همین نحو وارد می شود. برای جذب آب ایجاد شده در پیل سوختی تعدادی فتیله پیش بینی شده است. لایه انتقال دهنده اسیدی است پس در داخل الکترولیت یون ئیدروژن موجود می باشد. یونهای ئیدروژن طبق واکنش زیر که در آن اتفاق می افتد تولید می شوند. هیدروژن در قسمت آند اکسید شده و به الکترون و پروتون تقسیم می شود.



این الکترون موجود تولید جریان الکترسیته می شود. یون H با عبور از غشاء یا الکترولیت جامد به کاتد رفته و با اکسیژن هوا و الکترون برگشتی از موتور ترکیب شده و به آب تبدیل می شود.



واکنش کلی به این صورت می باشد:



این پیلها در دامنه 60 °C تا 80 °C کار می کنند. پتانسیل بازگشت ترمودینامیکی این نوع پیلها در دمای 250 °C حدود ۱/۲۳ ولت و در 90 °C حدود ۱،۲ ولت می باشد.

¹ (inter polymers)

پیل سوختی با گاز طبیعی: این پیل به وسیله ۳۲ پیل که به صورت سری به وسیله الکترولیت خمیری شکل به هم متصل شده اند ساخته شده است واکنش در این پیل ها با سوخت متان انجام می شود. واکنش کلی که در این پیل صورت می گیرد به صورت زیر می باشد:



چون این پیل جزء سیستمهای با حرارت بالا است می توان با بازیاب حرارتی، انرژی گرمایی که در حال تلف شدن است را برای واکنشهای کرما گیر استفاده نمود. در این پیلها از نیکل بصورت پودر یا فیبر استفاده شده است. کاربرد نیکل در قطب آند می باشد.

در کاتد از اکسید نیکل و اکسید مس که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه هستند استفاده می شود. از مزایای این پیلها این است که قیمت اجزاء تشکیل دهنده ارزان است و عملکرد طولانی و خوبی دارد. مسئله خرابی و فاسد شدن الکترودها از معایب این نوع سیستمها می باشد. شکل و سطح زیاد اشغال شده این نوع پیلها باعث پدید آمدن مشکلاتی در ساخت شبکه های بزرگ تولید نیرو می شود.

(DMFC): پیلهای سوختی مواد آلی - اکسیژن (یا هوا): این نوع پیلها جزء سیستمهای با درجه حرارت پایین می باشند. سوخت اصلی این پیل متانول یا اسومتانول^۱ می باشد. با توجه به دلایل زیر متانول جزء سوختهای با درجه حرارت پایین می باشد:

1- تعداد کربن موجود در متانول پایین است.

2- به راحتی اکسید می شود.

3- قابلیت حل شدن بالایی در الکترودهای مرطوب و آبی دارد.

الکترولیت H_2SO_4 در وسط قرار گرفته است و ثابت می باشد. الکترولیت محفظه را ست شامل متانول است و در داخل سیستم حرکت می کند. لایه نازکی در مجاورت قطب کاتد پیل قرار دارد که برای می نیمم کردن نفوذ متانول به قطب کاتد می باشد. سوخت متانول به صورت مایع وارد می شود و با الکترولیت مخلوط

¹ (Esso methanol)

می شود. این پیل در رنج 60°C کار می کند. از مشکلات این پیل نفوذ متانول حل شده در داخل الکترولیت موجود در محفظه و سط به قطب کاتد (عبور متانول از آند به کاتد) و دیگری چگالی توان پایین آن می باشد. در این سیستم بهتر است اکسیژن خالص به جای هوا استفاده شود.



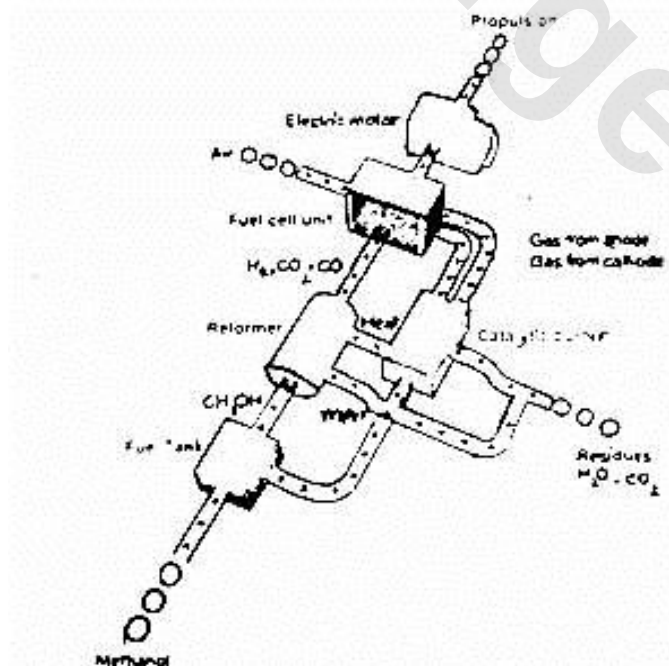
واکنش کاتدی به شکل زیر است :



واکنش کلی :



پتانسیل بازگشت ترمودینامیک در دمای 25°C برابر است با 1.7 V خواهد بود. شکل (5-4) یک پیل سوختی متانولی را نشان می دهد.



شکل 5-4: طرح سیستم پیل سوختی متانولی مرکز جهانی نیروی محرکه جایگزین پیل سوختی اتمی مایع - فلز

سوخت این پیل فلز جیوه و پتاسیم است. الکترولیت آن مخلوط نمکی هیدروکسید، برمید و یدید پتاسیم می باشد. الکترولیت بصورت مذاب است.



پیل سوختی فلز - ئیدروژن : واکنشهای انجام گرفته بصورت زیر است :



این پیل در دمای 900°C کار می کند.

پیل سوختی آلکالین (AFC) : این نوع پیل سوختی با بیشترین چگالی قدرت ، در سفینه فضایی (نظیر آپولو و Gemini) و در کاربردهای نظامی استفاده شده است. این نوع پیل سوختی در دمای 80°C تا 100°C درجه سانتیگراد با الکترولیتی که از هیدروکسید پتاسیم تهیه می شود ، کار میکند. مشکل این نوع پیل سوختی ، یکی استفاده از فلزات گرانبها مانند پلاتینیم و طلا در ساختار الکتروود آن است که هزینه را افزایش میدهد و دیگر اینکه (هیدروکسید پتاسیم) الکترولیت این سیستم ، با ترکیب بادی اکسید کربن هوا رسوب ایجاد می کند. بنابراین لزوم اکسیژن خالص در این پیل به وجود می آید که نهایتاً باعث افزایش هزینه کارکرد این سیستم می گردد.

۵-۲-۱- پیل سوختی پلیمری :^۱

این پیل سوختی رایج ترین نوع آن می باشد. الکترولیت آن از جنس پلیمر می باشد و راندمان آن بیش از ۵۵٪ است. پیل سوختی پلیمری دارای چگالی قدرت بسیار خوب یعنی 1400 وات در هر لیتر، قابلیت شروع به کار سریع و عملکرد در دمای 80°C تا 100°C درجه سانتیگراد می باشد و برای استفاده در بسیاری از

^۱ (PEMFC)

صنایع نظیر خودرو سازی ، نیروگاهی ، مولد انرژی قابل حمل ، کاربردهای نظامی و مناسب می باشد. نمونه این پیل سوختی در سیستم هایی با دامنه قدرت ۲۵ وات تا ۲۵۰ کیلو وات تولید شده است.

۵-۲-۲- پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC):

الکترولیت یک نوع پیل سوختی اسید فسفریک می باشد و تنها نوع از انواع پیل سوختی است که به طور گسترده وارد و وارد بازار نیروگاهها شده و به تولید انبوه رسیده است. دمای عملکرد این پیل حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد می باشد و به دلیل این دمای بالاتر نسبت به نوع پلیمری ، قادر به پذیرش سوختهایی با یک تا سه درصد منوکسید کربن می باشد. یعنی نیاز به خلوص زیاد سوخت ورودی نیست. راندمان این پیل بین ۶۰٪ تا ۵۰٪ می باشد و طول عمری در حدود ۴۰۰۰۰ ساعت دارد. از این پیل سوختی به عنوان جانشین نیروگاههای بزرگ و کوچک برای تأمین نیروی برق و گرمای منازل و اماکن صنعتی و تجاری استفاده میشود.

۵-۲-۳- پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) و پیل سوختی اکسید جامد (SFC):

پیل سوختی کربنات مذاب در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد و پیل سوختی اکسید جامد در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد کار می کند و راندمان هردو حدود ۶۰٪ تا ۵۰٪ می باشد. یکی از مزایای این دو نوع پیل سوختی این است که بعلمت عملکرد در دمای بالا امکان مصرف مستقیم گاز طبیعی در این سیستم ها وجود دارد که گاز طبیعی به هیدروژن و دی اکسید کربن تبدیل شده و هیدروژن مورد نیاز پیل به دست می آید و از سوی دیگر در این پیل ها نیازی به حضور پلاتینیم نیست. ولی کاتالیست هردو نوع پیل سوختی از مواد خالص و گرانبه است. در ضمن استفاده از گرمای تولیدی این پیلها جهت مصارف دیگر نظیر گرم کردن منازل امکان پذیر می باشد. اخیراً با الحاق توربین گازی به پیل سوختی اکسید جامد و ایجاد سیکل ترکیبی ، نیروگاههای با راندمان ۸۰٪ مورد بهره برداری آزمایش قرار گرفته است. برای کاربرد یک پیل سوختی در اتومبیل معمولاً دو عامل توان به وزن و وزن به حجم خیلی مهم و اساسی است. همچنین این پیلها باید قابل شارژ باشد و به علاوه بتوانند جریان (I) بالا تولید کنند.

۵-۳- طرحهای موجود برای خودرو پیل سوختی:

سوخت مورد نیاز پیل سوختی هیدروژن می باشد ، لذا طراحی خودرو پیل سوختی می تواند بر مبنای تولید هیدروژن در خارج از خودرو و ذخیره سازی هیدروژن در مخازن خودرو انجام گیرد که این طرح برای

اتوبوسها برگزیده شده است. در طراحی های دیگر خودروهای پیل سوختی از سوختهای مایع نظیر متانول، بنزین و گازوئیل استفاده شده است و توسط سیستمهای مبدل سوخت^۱، سوخت مایع به هیدروژن تبدیل می گردد. به منظور انتخاب بهترین گزینه ابتدا طرهای موجود را بررسی و مزایا و معایب آنها را با هم مقایسه می کنیم:

۱- طرح خودروی پیل سوختی با مخزن گاز هیدروژن: از مهمترین مزایای این نوع خودرو میتوان به افزایش چشمگیر راندمان خودرو و ونا آلاینده بودن (آلودگی صفر) اشاره کرد. در این حالت خودرو ساده تر، ارزانتر و سبکتر ساخته شده است و قادر است با یکبار سوخت گیری بیش از ۴۰۰ کیلومتر رابیمایی. در ضمن هزینه تولید این نوع خودروی پیل سوختی با احتساب هزینه سوخت و زیر ساخت سوخت در دراز مدت (طول عمر خودرو li fe cycle) نسبت به سایر روشها کمتر خواهد بود.

این طرح برای اتوبوسها پیاده شده است ولی برای خودروهای سواری در حال بررسی می باشد. ضمناً فعالیت برروی تکنولوژی ذخیره سازی هیدروژن در فشار پائین و دمای معمولی در کشورهای صنعتی در حال تحقیق است و طبق نظر کار شناسان طرح خودروی پیل سوختی با مخزن ذخیره سازی هیدروژن، اقتصادی ترین روش و بهترین طرح بوده و نهایتاً به عنوان طرح نهایی در بازار جهان توسعه و گسترش می یابد.

۲- طرح خودرو پیل سوختی با مبدل متانول: مزایای این روش به لحاظ توسعه یافتگی و مناسب بودن متانول از جنبه وزن، اندازه، کارایی و درجه حرارت حمل کرده این نوع مبدل (۲۵۰ درجه سانتی گراد) و همچنین سهولت و سوخت گیری به علت مایع بودن متانول می باشد.

در این سیستم خودرو پیل سوختی قادر است ۴۶۰ کیلومتر را با یک بار سوخت گیری طی کند. اما با به کار بردن مبدل متانول، وزن خودرو پیل سوختی ۱۲۰ کیلو گرم و قیمت آن ۵۰۰ تا ۶۰۰ دلار افزایش می یابد، مضاعف بر این که بر پیچیدگی خودرو افزوده می شود.

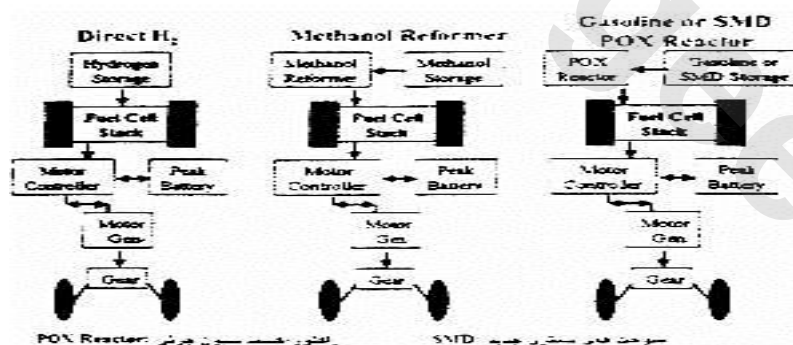
گرچه راندمان خودرو نسبت به طرح قبلی کم می شود، ولی راندمان آن دو برابر راندمان موتور احتراق داخلی است و به دلیل وجود منابع عظیم گاز در ایران بعنوان ماده اولیه تولید متانول، مزیت ویژه اقتصادی

^۱ (Reformer)

جهت سرمایه گذاری بر روی متانول در مقایسه با پالایش نفت و تولید بنزین ساده بوده و سرمایه گذاری کمتری را طلب می کند.

۳- طرح خودروی پیل سوختی با مبدل بنزین و گازوئیل: در این طرح نیازی به سرمایه گذاری جدید به لحاظ وجود زیر ساخت و توزیع وجود ندارد و سوختگیری بدلیل مایع بودن بنزین و گازوئیل با سهولت انجام می پذیرد. تکنولوژی مبدل بنزین، توسعه یافته ولی از جنبه وزن، اندازه و کارایی در مقایسه با سیستم مبدل متانول عقب افتاده تر است. مبدل بنزین در ۸۵۰ درجه سانتیگراد کار میکند و کارایی آن از مبدل متانول کمتر است. بدلیل پیچیدگی بیشتر مبدل سوخت بنزین قیمت خودرو ۸۵۰ تا ۱۲۰۰ دلار افزایش می یابد و ۲۵۰ کیلومتر سنگین تر میشود.

خودرو پیل سوختی با یکبار سوختگیری قادر است ۶۰۰ کیلومتر را بپیماید، اما ملاک نهایی گزینش خودروی پیل سوختی برای تولید انبوه فقط کارایی خودرو نیست، بلکه نوع سوخت، هزینه توسعه زیر ساخت، سرعت توسعه زیر ساخت ملاکهای تعیین کنندهای هستند که طراحی سیستم سوخت را تحت تأثیر قرار می دهند. (شکل ۵-۵)



شکل ۵-۵: انواع سیستم سوخت رسانی پیل سوختی

۵-۴- مقایسه سوختهای مختلف:

۵-۴-۱- بنزین و گازوئیل:

۱- شبکه زیر ساخت توزیع و تولید آن وجود دارد ، بنابراین احتیاج به سرمایه گذاری جدید نسبت. البته بدلیل وجود گوگرد در بنزین و بخصوص در گازوئیل سرمایه گذاری جهت کاهش گوگرد بنزین و گازوئیل لازم است.

۲- نسبت به متانول تبدیل آن به هیدروژن به آسانی صورت نمی پذیرد.

۳- به دلیل نسبت بالای گوگرد آن در حال حاضر ، نیاز به مبدل پیچیده تری جهت حذف گوگرد می باشد.

۴- به دلیل داشتن ملکولهای پیچیده تر (نسبت به متانول) مبدل در دمای بالاتری نسبت به مبدل متانول کار میکند.

۵- گرچه بنزین و گازوئیل سمی می باشند اما خصوصیات و عملکرد آن در محیط زیست بر انسان شناخته شده است.

۵-۴-۲- هیدروژن :

۱- هیدروژن بعنوان بهترین گزینه و اقتصادی ترین سوخت در دراز مدت به منظور استفاده در خودروهای پیل سوختی از پتانسیل بسیار قوی بر خوردار است.

۲- ساده ترین سوخت برای استفاده در خودروی پیل سوختی است و باعث افزایش راندمان و سادگی خودروی پیل سوختی می گردد.

۳- تکنولوژی زیر ساخت سوخت ، تولید و توزیع و انتقال آن کاملاً توسعه یافته و در دسترس می باشد ، مضاف بر اینکه از منابع فسیلی و غیر فسیلی قابل تهیه است.

۴- در صورت تولید منابع گاز طبیعی قیمت آن از بنزین و گازوئیل کمتر است.

۵- فاقد مضرات زیست محیطی است اما سرمایه گذاری زیادی برای تدارک زیر ساخت آن صورت می گیرد . مشکل حمل و نقل انفجار و انبار کردن گاز فشرده هیدروژن میبایستی حل گردد و هر گونه ذخیره سازی بر روی خودروهای سواری باید استاندارد شده و از جنبه ایمنی قابل قبول گردد.

۵-۴-۳- گاز طبیعی (جهت مصرف در مبدل سوخت در جایگاه سوختگیری و یا در تولید متمرکز و انبوه هیدروژن)

با توجه به منابع گاز طبیعی جهان و وجود زیر ساخت توزیع گاز طبیعی در اکثر کشورها بخصوص در همه کشورهای صنعتی و همچنین بازده مناسب مبدل گاز طبیعی و کم بودن مضرات زیست محیطی و خطرات آن به لحاظ ایمنی ، استفاده از گاز طبیعی و تبدیل آن به هیدروژن به عنوان مهم ترین منبع سوخت برای نیروگاههای پیل سوختی و نیز خودروهای پیل سوختی مطرح گردیده است . استفاده از گاز طبیعی و تبدیل آن در مبدل نصب شده در جایگاههای سوختگیری به هیدروژن جهت مصرف در خودروها ، ارزانتر راه و مهمترین منبع تولید هیدروژن می باشد . در ضمن راندمان تبدیل گاز طبیعی به هیدروژن بیش از ۷۰٪ است.

تولید هیدروژن از منابع گاز طبیعی برای خودر به دو روش میتواند صورت پذیرد. در روش اول که به آن روش غیر متمرکز می گویند یک مبدل بزرگ به صورت متمرکز گاز طبیعی را به هیدروژن تبدیل میکند و سپس از طریق خط لوله یا تانکرها ، گاز بصورت گاز فشرده و یا به صورت هیدروژن به مراکز سوختگیری انتقال می یابد. از مزایای سوخت هیدروژن این است که از منابع گوناگون به دست می آید . این منابع عبارتند از سوخته های فسیلی بخصوص گاز طبیعی ، ذغال سنگ ، نفت خام ، مواد فاضلابی ، انرژی هسته ای ، انرژی خورشیدی ...

۵-۵- روشهای تولید و توزیع گاز هیدروژن:

کار شناسان معتقدند که منابع تولید هیدروژن و نحوه انتقال و توزیع آنها در شرایط جغرافیایی متفاوت خواهد بود.

روشهای تولید و توزیع گاز هیدروژن عبارتند از :

۱- تولید انبوه هیدروژن بصورت متمرکز

الف - توزیع بصورت هیدروژن مایع

ب- توزیع به صورت جامد (گاز ذخیره شده در رپودر فلزی ^۱)

۲- تولید هیدروژن در جایگاههای سوختگیری (غیر متمرکز):

الف - از منابع گاز طبیعی به دو روش :

-partial oxidation (pox)

-Steam Methane Reformer (SMR)

ب - با روش الکترولایزر قلیایی (تجزیه الکتریکی آب)

ج- با روش الکترولایزر با غشاء پلیمری

۳- تولید هیدروژن بروی خودرو:

الف - استفاده از بنزین یا گازوئیل بعنوان سوخت و تبدیل آن به هیدروژن در مبدل موجود در خودرو

ب- استفاده از متانول و یا هر سوخت مایع مناسب دیگر به عنوان سوخت و تبدیل آن به هیدروژن در

مبدل مناسب نصب شده بر روی خودرو. اتوبوسها اولین و سایل نقلیهایی بوده اند که مجهز به پیل سوختی

شده اند و نشان دادند که مزایای فراوانی دارند . با مقایسه انواع تکنولوژی ها نظیر اتوبوس پیل سوختی ،

اتوبوس گاز سوز (LNG,CNG) و اتوبوس برقی ، طرح اتوبوس پیل سوختی در کشور های مختلف به لحاظ

افزایش بازده ، کاهش مصرف سوخت و کاهش هزینه تعمیر و نگهداری ، به عنوان برترین گزینه انتخاب گردیده است.

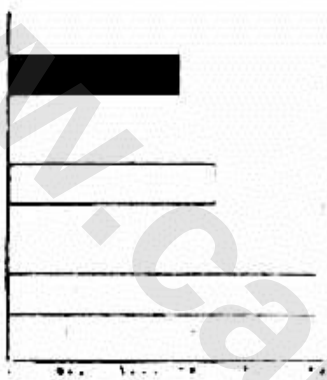
طول عمر اتوبوس پیل سوختی ۵۰٪ بیشتر از اتوبوس دیزلی است ، بنابر این هزینه استهلاک اتوبوسهای

پیل سوختی به مراتب کم تر از انواع دیزلی یا گاز سوز است . اتوبوس پیل سوختی برای سوخت خود نیازمند

¹ Metal Hydride

هیدروژن است که سیستم بهینه بر اساس تبدیل گاز طبیعی به هیدروژن از طریق مبدل^۱ می باشد. راندمان بالای سوخت هیدروژن باعث کاهش در مصرف انرژی می شود. ضمناً بازده سوخت اتوبوس پیل سوختی^۲ در عمل میزان ۵۰٪ را نشان داده است. نمودار ۵-۷ مقایسه مصرف سوخت در سه اتوبوس با سوخت متفاوت را نشان می دهد.

هزینه تعمیر و نگهداری پیل سوختی کمتر است، این کاهش حدوداً ۳۰٪ است. اتوبوس پیل سوختی نه تنها آلودگی تولید نمی کند بلکه گازهای گلخانه‌ای CO₂ را به میزان ۳۰٪ کاهش میدهد.

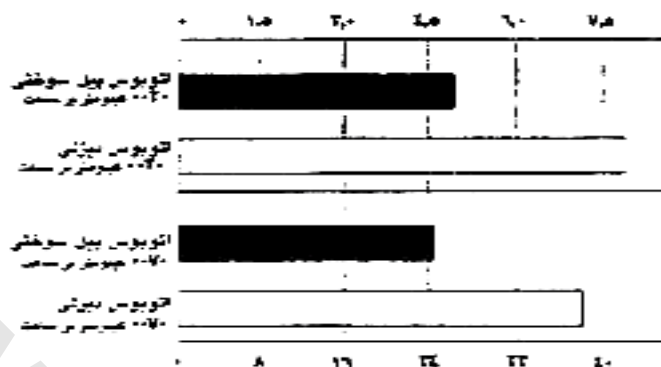


شکل ۵-۶: نمودار مقایسه مصرف سوخت انواع اتوبوس با حداکثر بار

راندمان اتوبوس با پیل سوختی نسبت به اتوبوس دیزلی ۱۵٪ تا ۳۰٪ افزایش داشته است. اتوبوسهای گاز سوز راندمانی در حدود ۳۰٪ - ۲۰٪ کمتر از اتوبوس دیزلی دارد. بنابراین راندمان پیل سوختی ۴۰٪ تا ۷۰٪ بهتر از اتوبوسهای گاز سوز است. شکل (۵-۷) شتاب بین یک اتوبوس دیزل و یک اتوبوس پیل سوختی را نشان می دهد. شکل (۵-۸) دیاگرام یک اتوبوس پیل سوختی را نشان میدهد که مخزن مایع متانول در آن تعبیه شده است تا هیدروژن مورد نیاز پیل سوختی را فراهم کند.

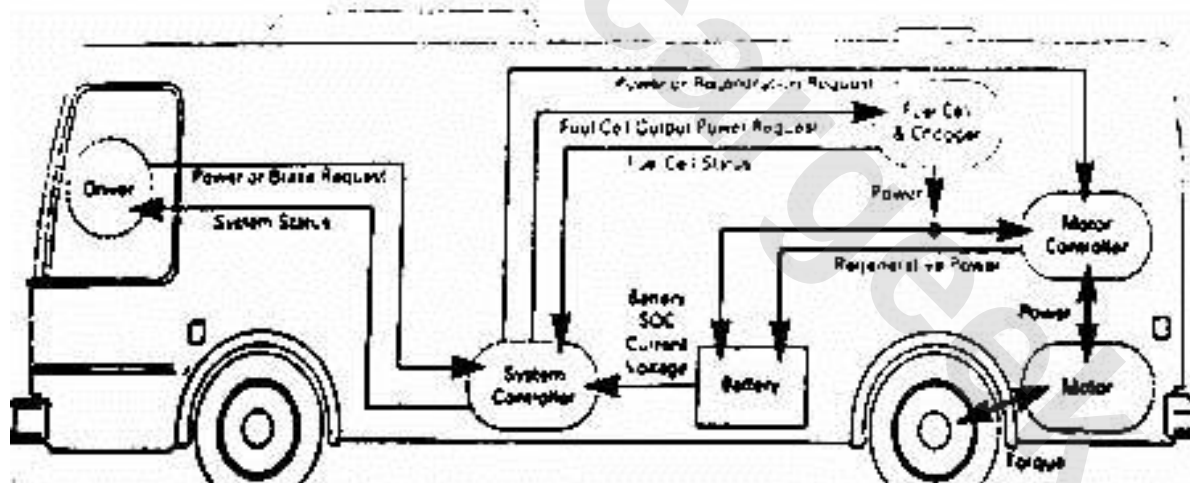
¹ (Reformer)

² (NEBUS)



شکل ۵-۷: نمودار مقایسه شتاب اتومبیل پیل سوختی و اتوبوس دیزلی

در این اتوبوس پیل سوختیاسید فسفریک (PAFS) به کار رفته است. از چند عدد باتری برای مواقعیکه اتوبوس احتیاج به گشتاور زیاد دارد مثلاً هنگام بالارفتن از سر بالاییها استفاده شده است. در ضمن این باتریها ذخیره کننده نیروی ترمزی می باشند.



شکل ۵-۸: دیاگرام اتوبوس پیل سوختی با سیستم چند قدرته

جدول ۵-۱: میزان آلودگی توسط یک اتوبوس پیل سوختی را با یک اتوبوس دیزل

	CO	NOx	HC	PM
1993 Federal Emission Standard	15.5	5.0	1.3	0.1
1993 Federal Emission Standard	15.5	4.0	1.3	0.05
Fuel Cell Bus	0.35	0.01	0	0

همانطور که قبلاً اشاره کردیم استفاده از پیل سوختی در وسایل نقلیه کوچک مشکلات بیشتری را در بر می دارد ولی کارخانه های خودرو سازی تلاش زیادی کرده اند تا این مشکلات را حل کنند .

بعنوان مثال کارخانه دیلمر کرایسلر اتومبیلی ساخته است که مولد نیرو و در آن یک پیل سوختی از طریق یک مبدل سوخت متانول بدلیل سهولت سوختگیری ، سادگی تبدیل به هیدروژن و آلاینده گی ناچیز نسبت به خودرو روی پیل سوختی بنزینی (به همراه مبدل بنزین) تأمین می شود ، پس در این سوختی سبب افزایش راندمان و کاهش میزان آلاینده گی شده است. دو موتور القایی روی محوره های خودرو کار گذاشته شده است که موجب می گردد این باتری همیشه دو دیفرانسیله باشد ، باتری هیدرید نیکل ، انرژی کمی برای شتاب گرفتن خودرو در هنگام وجود بار اضافی در خودرو را فراهم می کند . همچنین در هنگام سرد بودن هوا باتری به روشن شدن خودرو کمک می کند و انرژی تلف شده در حین ترمز را ذخیره میکند.

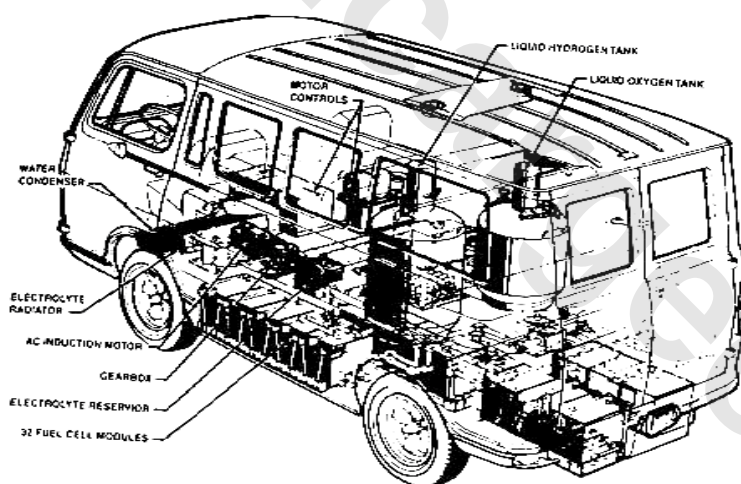
حضور باتری افزایش راندمان و بهبود مصرف سوخت کمک می کند . برای کاهش وزن این خودرو بدنه آن را از پلیمر ترمو پلاست ساخته اند. در بعضی از خودروهای پیل سوختی که از باتری استفاده نکرده اند یک خان با ظرفیت بسیار بالا بکار رفته است. این خازن قابلیت تخلیه بسیار بالایی دارد. با کمک این خازن با فشار پدال گاز توسط راننده خودرو سریعاً حرکت کرده و شتاب مناسبی می گیرد. از سوی دیگر این خازن با ذخیره سازی انرژی ترمز ، موجب افزایش راندمان خودرو می شود.

شکل (۵-۹) یک اتومبیل پیل سوختی ، ساخت جنرال موتور را نشان می دهد. این خودرو شامل ۳۲ سری پیل سوختی است که بصورت سری بهم متصل شده اند. قدرت مفید این اتومبیل ۳۲ کیلووات و عمر مفید آن فقط ۱۰۰۰ ساعت است. این خودرو با سوخت هیدروژن مایع کار می کند ، هیدروژن مورد نیاز در محزن فولادی ذخیره شده است ضمن اینکه مخزن ویژه ای نیز برای اکسیژن در نظر گرفته شده است. این خودرو جزء اولین و سایل نقلیه پیل سوختی است که توسط جنرال موتور ساخته شده است. خودروهای پیشرفته تر دارای یک باتری از نوع نیکل -هیدرید هستند. نیروی محرکه پیل سوختی این خودروها دارای سه عنصر کلیدی است:

۱- مبدل سوخت ۲- کمپرسور هوا ۳- سری پیل سوختی

جنرال موتور اخیراً مدل تکامل یافته ای را به بازار ارائه کرده است ، این نمونه با سوخت متانول که از طریق مبدل تکامل یافته ای را باز ارائه کرده است ، این نمونه با سوخت متانول که از طریق مبدل سوخت ، به هیدروژن قابل مصرف برای پیل سوختی تبدیل میشود، کار میکند. خودرو به گونه ای طراحی شده است که گازهای گرم خروجی از پیل سوختی در یک محفظه ویژه سرد می شوند و انرژی گرمایی حاصل به صورت انرژی مکانیکی برای بکارانداختن کمپر سور هوا مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر سیستم پیل سوختی ۴۴ باتری نیکل – هیدرید در این خودرو به کار رفته است.

سیستم پیل سوختی علاوه بر تأمین نیروی رانش ، خاموش بودن خودرو ، باتریها را شارژ می کند. در ضمن انرژی ترمزی را ذخیره می کند.

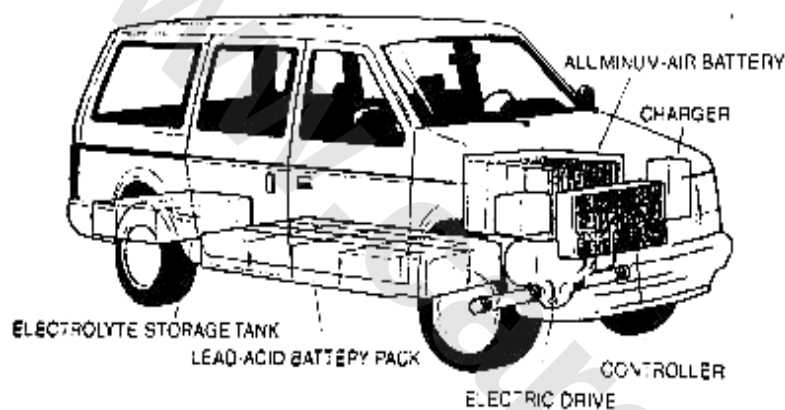


شکل ۵-۹: اتومبیل پیل سوختی GM

شکل (۵-۱۰) یک نوع خودرو را نشان می دهد که مولد نیرو در آن پیل سوختی آلومینوم – هوا با باتری سربی – اسیدی است. با توجه به این که پیل سوختی قابلیت سوختگیری مجدد را دارد بنابراین می توانیم مسافت زیادی را با این خودرو طی کنیم .

پیل سوختی جای موتور احتراق داخلی را گرفته است و زیر آن یک موتور الکتریکی قرار گرفته است. در ضمن برای گرفتن گرمای الکترولیت یک رادیاتور (خنک کن) نصب شده است. این رادیاتور در کف اتومبیل

می باشد و مخزن الکترولیت پشت اکسل اتومبیل است و باعث شده است تا به اندازه کافی فضا برای سرنشینان خودرو وجود داشته باشد.



شکل ۵-۱۰: اتومبیل با پیل سوختی آلومینیوم - هوا و باتری سربی واسیدی

کاربرد پیل سوختی روز بروز افزایش می یابد نه تنها در اتومبیل بلکه در تمام وسایل صنعتی می تواند کاربرد داشته باشد.

منابع :

۱. هیدروژن و خودرو های امروزی-مهندس مجتبی نیکخواه
۲. سوخت های جایگزین _انتشارات سانا
۳. مقاله خودروهای تلفیقی _دانشگاه صنعتی شریف
4. www.srist.com
5. www.4shared.com
6. www.vastdown.c

www.cargeek.ir