به نام خدا

بررسی سیستم انتقال قدرت در خودروهای برقی و مقایسه آن با سیستم انتقال قدرت در خودروهای احتراق داخلی

مولف :

محسن رضائی فر

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۲)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

chaponashr.ir

سرشناسه : رضائی‌فر، محسن، ۱۳۶۷-
عنوان و نام پدیدآور : بررسی سیستم انتقال قدرت در خودروهای برقی و مقایسه آن با سیستم انتقال قدرت در خودروهای احتراق داخلی/ محسن رضائی‌فر.
مشخصات نشر : ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران) ،۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ۱۷۰ص.: مصور(بخشی رنگی).
شابک : ۸-۴۶۳-۳۳۹-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه:ص.۱۷۰.
موضوع : اتومبیل‌های برقی -- طراحی و ساخت
Electric automobiles -- Design and construction
اتومبیل‌ها -- دستگاه انتقال قدرت Automobiles -- Power trains
اتومبیل‌های برقی -- ایران -- طراحی و ساخت
Electric automobiles -- Iran -- Design and construction
رده بندی کنگره : TL۲۲۰
رده بندی دیویی : ۶۲۹/۲۲۹۳
شماره کتابشناسی ملی : ۹۴۳۰۸۶۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : بررسی سیستم انتقال قدرت در خودروهای برقی و مقایسه آن با سیستم انتقال قدرت در خودروهای احتراق داخلی
مولف : محسن رضائی فر
ناشر : ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول – ۱۴۰۲
چاپ : زبرجد
قیمت : ۱۳۶۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۸-۴۶۳-۳۳۹-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

فهرست مطالب

بخش اول ۹
نحوهٔ تأمین انرژی و عملکرد خودروی برقی ۹
مقدمه ۱۰
تعریف خودروی برقی ۱۱
تاریخچه تولید خودروی برقی و مزیت آن نسبت به خودرو احتراقی ۱۲
انواع موتورهای الکتریکی و مقایسه آنها ۱۴
موتورهای الکتریکی جریان مستقیم ۱۵
موتورهای الکتریکی جریان متناوب ۱۶
باتریهای قابل استفاده در خودرو برقی ۱۸
سیستم ذخیره انرژی الکتریکی ۲۰
بلوک دیاگرام سیستم های ذخیرهٔ انرژی ۲۱
زمان شارژ کامل : ۲۱
نوع شارژ ۲۲
مصرف برق در هر بار شارژر باتری ها ۲۳
عمر باتریها ۲۳
نوع باتری ۲۴
سیستم های تولید و انتقال نیرو برای خودروهای الکتریکی تولید انبوه ۲۵
خودرو برقی با موتور جریان مستقیم dc ۲۷
خودرو برقی با موتور جریان متناوب ac ۲۹
رابطه بین قطعات ۳۰
موتور / اکسل ۳۱
خودروهای دو منظوره ۳۱
مشکلات تحقیقاتی و نتیجه گیری ۳۴
فصل دوم ۳۶
سیستم انتقال قدرت و محاسبه توان مورد نیاز ۳۶
تأثیر وزن در خودرو برقی ۳۷
تأثیر وزن بر شتاب ۳۸

تأثیر وزن در شیب ها..... ۳۹
تأثیر وزن بر سرعت خودرو..... ۳۹
تأثیر وزن بر مسافت طی شده توسط خودرو ۳۹
توزیع وزن ۴۰
نیروی مقاومت هوا ۴۱
سرعت خودرو :V ۴۲
رانندگی در جاده ۴۴
توجه به تایرهای خودرو ۴۵
محاسبه نیروی مقاومت غلتشی یک خودرو ۴۶
تجهیزات انتقال قدرت ۴۷
سیستمهای انتقال قدرت..... ۴۷
تفاوت مشخصات موتور الکتریکی و موتور احتراقی ۴۹
بررسی دنده ها..... ۵۲
جعبه دنده اتوماتیک و دستی..... ۵۳
سیستم های انتقال قدرت و سیال های سبک یا سنگین برای روانکاری ۵۳
مشخصات خودروهای برقی ۵۶
توان و گشتاور ۵۶
محاسبه گشتاور لازم خودرو ۵۹
محاسبه گشتاور خروجی موتور..... ۶۰
مقایسه منحنی های گشتاور لازم و گشتاور خروجی موتور..... ۶۱
فصل سوم ۶۴
طراحی سیستم انتقال قدرت پیکان برقی تبدیلی ۶۴
مشخصات کلی خودرو و درون شهری پیکان برقی ۶۵
شتابگیری مناسب ۶۵
سرعت میانگین پیشینه ۶۵
تأثیر شیب..... ۶۶
برد..... ۶۶
محاسبه توان مورد نیاز خودرو..... ۶۶
محاسبه نیروی شتابگیری..... ۶۷
نیروی حرکت در شیب ۶۹
نیروی مقاومت غلتشی..... ۶۹

نیروی مقاومت هوا ۶۹
نیروی مقاومت وزش باد ۷۰
رسم منحنی گشتاور و توان ۷۰
طراحی قطعات مورد نیاز سیستم انتقال قدرت ۷۴
فلایویل ۷۴
محاسبه تحمل پیچها در برابر فشار ۷۵
بوش نگهدارنده فلایویل ۷۷
محاسبه فلنج پوسته ۷۹
طرحی شاسی زیر موتور ۸۰
بخش دوم ۸۴
نحوهٔ تأمین انرژی و عملکرد خودروی خورشیدی ۸۴
مقدمه ۸۵
توضیحات کلی ۹۱
بازدهی سلول : Cell Efficiency ۹۲
آرسنید گالیم (GaAs): ۹۲
سیلیکون(Si): ۹۲
انواع سلولهای سیلیکونی ۹۲
فناوریهای تولید : ۹۳
مکانیزم کارکرد سلولهای خورشیدی ۹۳
نحوه کار کردن سلولهای خورشیدی (فتوولتاییک pv) ۹۳
سیلیکون در سلولهای خورشیدی ۹۵
هنگامی که نور به سلولهای خورشیدی برخورد می کند ۹۹
فصل دوم : ۱۰۰
طراحی بدنه و شاسی : Body and chasis design ۱۰۰
مقدمه ۱۰۱
بارهای وارده به شاسی ۱۰۳
تکسچرد کردن و ضد انعکاس کردن پوشش AR ۱۱۱
طراحی ناحیه سلولهای خورشیدی وزیر ساخت آن برای یک مدل کوچکتر: ۱۱۲
وضعیت الکتریکی ناحیه پانل خورشیدی ۱۱۵
نتایج بدست آمده برای یک نمونه ناحیه خورشیدی ۱۱۸
مشخصات ناحیه : ۱۱۸

فصل چهارم ۱۲۱
تحلیل آیرودینامیکی ۱۲۱
مقدمه ۱۲۲
طراحی پیکره اصلی ۱۲۲
قوانین مسابقه ۱۲۲
نحوه طراحی با توجه به قوانین مسابقه ۱۲۲
نحوه طراحی برای دراگ پایین ۱۲۴
نحوه طراحی برای یک پایداری مناسب ۱۲۷
نیازهای اضافی توان خورشیدی ۱۲۷
نحوه طراحی ناحیه خورشیدی ۱۲۸
ساختن شکل اصلی به صورت تجربی ۱۳۱
تحلیل طراحی ۱۳۱
خواندن نقشه ها برای CFD ۱۳۲
نتایج CFD ۱۳۳
طراحی دوباره براساس CFD ۱۳۵
نتایج CFD از تحلیل دوم ۱۳۵
نتایج بدست آمده در مورد شکل و ترکیب بدنه ۱۳۵
فصل پنجم ۱۳۸
سیستم های مکانیکی ۱۳۸
مقدمه ۱۳۹
سیستم رانش : Steering System ۱۴۱
بررسی عملکرد سیستم رانش ۱۴۲
انواع مکانیزمها ۱۴۲
انواع سیستم های انتقال قدرت ۱۴۴
سیستم تعلیق ۱۴۵
رفتارهای دلخواه از تعلیق ۱۴۶
انواع سیستم تعلیق ۱۴۷
ترمزها ۱۴۸
مشکلات ۱۴۹
تایرها ۱۵۲
تأثیر عوامل مختلف بر مقاومت غلتش تایرها ۱۵۲

فصل ششم: موتور ۱۵۶
Motor ۱۵۶
غزال ایرانی ۱۵۹

بخش اول
نحوهٔ تأمین انرژی و عملکرد خودروی برقی

مقدمه

به علت پیشرفت روز افزون صنعت خودرو و تولید انبوه خودروهای احتراق داخلی که مشکلات گوناگونی از قبیل آلودگی هوا بوجود می آورد و نیز محدود بودن ذخایر سوخت فسیلی و گران بودن آن تحقیق و طراحی در مورد خودروهای برقی به یکی از برنامه های اصلی صنعت خودرو مخصوصاً در کشورهای پیشرفته اروپایی و آمریکایی بدل شده است ایران نیز در چند ساله اخیر تحقیقاتی در این زمینه انجام داده است شرکتهای ایران خودرو، سایپا و کیش خودرو تحقیقات در این زمینه را ادامه می دهند این تحقیقات به تولید نمونه هایی در شرکتهای ایران خودرو و سایپا منجر شده که در نمایشگاههای خودرو به معرض دید عموم قرار گرفته است شرکت کیش خودرو نیز در حال ساخت خودرو برقی نمونه می باشد.

این پروژه به بررسی سیستم انتقال قدرت در خودروهای برقی و مقایسه آن با سیستم انتقال قدرت در خودروهای احتراق داخلی می پردازد.

در این فصل پس ازمعرفی و تعریف خودروی برقی و شرح مختصری در مورد تاریخچه خودرو برقی به بررسی مزیتهای این نوع خودرو می پردازیم ابتدا مزیت خودروی برقی از نظر نوع انرژی و سپس مزیت تجهیزات الکتریکی مورد استفاده و مشکلات موجود در خودروی برقی می پردازیم.

تعریف خودروی برقی

در یک خودروی برقی مجموعه محرک برقی آن وظیفه دارد جریان مستقیم تولید شده توسط باتری را به انرژی مکانیکی تبدیل نماید منظور از مجموعه محرک کلیه قطعاتی است که جریان مستقیم باتریها را به نیروی کششی و گشتاور لازم برای حرکت چرخها تبدیل می کنند مهمترین ویژگی خودروهای برقی عبارتند از : برد و قدرت حرکت (شتاب ، سرعت ، شیب روی و بارگیری و انعطاف پذیری) و مدت شارژ و قیمت بالای باتریها ، در اغلب خودروهای برقی موجود مجموعه محرک تشکیل شده است از کنترلر (عضو تنظیم کننده) ، موتور الکتریکی ، جعبه دنده با نسبت کاهنده روی اکسل ها و جعبه تقسیم برای دو یا چهارچرخ ، راه حل های دیگر نیز بکار رفته اند بطور مثال دو موتور همراه با جعبه دنده و یا بدون جعبه دنده . مجموعه محرک باید خواسته های متعدد و متنوعی را برآورده کند که از آنها بعنوان معیار برای ارزیابی و مقایسه راه حل های مختلف استفاده می شود بطور مثال برخی از مهمترین این معیارها عبارتنداز :

- کاربری ساده
- راندمان بالا
- هزینه پایین
- اطمینان بالا
- عدم نیاز به سرویس و نگهداری
- وزن کم
- حجم ساختمانی کم

باید توجه داشت که نمی توان همه این معیارها را به خوبی در یک مجموعه محرک جمع نمود بطوریکه عموماً راندمان بالا با هزینه پایین متضادند علاوه براین بایستی توجه داشت که انواع خودروهای مختلف مراکز خواسته ها را تعریف می کنند بطور مثال در خودروی باری برقی حجم ساختمانی نقش کم اهمیت تری پیدا می کند.

تاریخچه تولید خودروی برقی و مزیت آن نسبت به خودرو احتراقی

خودروی برقی از حدود سال ۱۹۰۰ میلادی تولید می شده است و تا سال ۱۹۱۵ روند تولید افزایش نسبتاً خوبی داشته است به دلیل مشکلاتی که موتورهای الکتریکی داشتند تولید خودرو برقی مورد استقبال قرار نگرفت اکتشافات جدید نفت و تولید فراوان آن همچنین پیشرفت چشمگیر موتورهای احتراق داخلی سالهای ۱۹۱۵ الی ۱۹۹۰ را در انحصار خودروهای با موتور احتراقی در آورد . بروز جنگهای جهانی ، جنگها و کشمکش هایی

که نفت موضوع اصلی یا مورد استفاده آنها بود باعث شد که به ارزش واقعی این ماده پی برده شود و قیمت آن افزایش یابد اکنون که منابع جدید و قابل توجه نفت کشف نشده است و پیش بینی می شود ذخائر نفت به اتمام برسد، کشورهای صنعتی به استفاده از منابع دیگر انرژی ترغیب شده اند انرژی خورشیدی ، باد، سدهای آبی و انرژی هسته ای منابع جدید تأمین انرژی هستند و براحتی به انرژی الکتریکی تبدیل می شوند از سال ۱۹۹۰ تولید خودروی برقی مورد توجه قرار گرفت چون خودروها که یکی از منابع عمده مصرف انرژی هستند می توانند به مصرف انرژی هستند می توانند به مصرف کننده الکتریسیته تبدیل شوند با پیشرفت فن آوری ساخت موتورهای الکتریکی ، خودروهای برقی دارای مزیت نسبی نسبت به خودروهای معمولی شده اند در خودروهای برقی سیستم تأمین قدرت شامل یک موتور الکتریکی ، کنترلر ، باتریها و شارژر آن می باشد همه این تجهیزات پیشرفت چشمگیری داشته اند بطوریکه تعمیرات به حداقل می رسد خودرو معمولی شامل موتور احتراق داخلی با سیستم پیچیده ای است و تجهیزاتی به آن اضافه می شود. مانند :

۱- تجهیزات خروج و تصفیه دود شامل انباره ، اگزوز و ...

۲- سیستم سرمایش موتور شامل رادیاتور، پمپ آب ، محفظه سرمایش ، ترموستات و سنسورها

۳- سیستم تولید جرقه شامل دلکو ، شمع ها و ...

٤- سیستم سوخت رسانی شامل کاربراتور پمپ سوخت رسانی ، سیستم تزریق ، سوخت داخل سیلندر ، فیلترهای هوا و سوخت .

٥- سیستم مکانیکی موتور شامل میل لنگ ، پیستونها ، رینگهای آب بندی ، پمپ روغن ، چرخ زنجیر، واشرهای آب بندی و استارتر. این تجهیزات احتیاج به سرویس و تعمیرات مداوم دارند در حالیکه در خودرو برقی تجهیزات پیچیده ای وجود ندارد.

انواع موتورهای الکتریکی و مقایسه آنها

موتورهای الکتریکی دارای استاتور یا قسمت ساکن و روتور یا قسمت متحرک هستند موتورهای الکتریکی فقط دارای یک قسمت متحرک هستند در حالیکه موتورهای احتراقی قطعات متحرک زیادی دارند راندمان این موتورها بالاست و اغلب بیش از ۹۰٪ است انواع موتورهای الکتریکی را می توان در محدوده وسیع قدرت و در اندازه های مختلف و شکلهای مختلف از نوع dc یا ac طراحی کرد.

موتور الکتریکی وسیله مکانیکی است که انرژی مکانیکی را به حرکت تبدیل می نماید و این حرکت می تواند برای تولید کار ، کشیدن ، هل دادن ، بالا بردن ، تکان دادن یا ایجاد نوسان بکار رود.

موتور الکتریکی از قوانین کلاسیک و مغناطیس استفاده می نماید هر کدام از انواع موتورها دارای مشخصه های سرعت ، گشتاور و مشخصه برقی خاص هستند و برای استفاده در خودرو برقی دارای مزایا و معایبی می باشند انواع

موتورهای برقی مناسب برای استفاده در خودرو برقی که به صورت انبوه تولید می شوند به طور اختصار معرفی می گردد.

موتورهای الکتریکی جریان مستقیم

در این نوع موتورها جریان اصلی از کویل های هسته عبور می نماید و باعث چرخش هسته و ایجاد گشتاور در آن می گردد استاتور شامل قطب های آهن ربایی است هسته شامل شافت اصلی موتور و چند کویل است هر یک از کویل ها به کویل بعدی متصل است و جریان در کل آنها وجود دارد البته نوع اتصال کویل ها به یکدیگر خواص مختلفی ایجاد می نماید که انواع مختلف موتورهای dc را به وجود می آورد.

۱- سری
۲- شانت : در این نوع موتور به علت وجود کوماتاتور متحرک جریان در آرمیچر مرتباً تغییر جهت می دهد.
۳- ترکیبی : که ترکیب نوع ۱ و ۲ می باشد.
٤- با مغناطیس دائم
۵- بدون جاروبک
٦- جامع

مدار جریان در کویل انواع مختلف موتور dc و مشخصه های هر کدام از این نوع موتورها در شکل ۱-۱ ترسیم شده است.

موتورهای جریان مستقیم عموماً دارای مدار اینورتر ساده و ارزان با قابلیت بسیار بالا می باشند و سرعت موتور به راحتی قابل کنترل است وزن و حجم زیاد ، قیمت بالا پیچیدگی ساخت ، هزینه تعمیر و نگهداری بالا ، راندمان پائین و وجود جاروبک از معایب این موتورها می باشد در موتورها بدون نگهداری بالا ، راندمان پایین و وجود جاروبک از معایب این موتورها می باشد در نوع موتور بدون جاروبک که جاروبک وجود ندارد ، کنترل سرعت براحتی انجام می شود و موتور دارای دانسیته قدرت بالا می باشد این نوع موتور در سرعتها بالا کاربرد دارد حجم موتور کم و نویز نسبت به موتورهای دیگر کمتر می باشد عیب این نوع پیچیده بودن ساخت موتور و قیمت بالای آن است.

موتورهای الکتریکی جریان متناوب

جریان ac خصوصیات خوبی دارد از جمله می تواند در ولتاژهای بالا به راحتی انتقال یابد و با وجود ترانسفورماتور تبدیل مقدار ولتاژ نیز به راحتی انجام می شود به علت در دسترس بودن این نوع موتور برای خودرو برقی نیز بیشتر استفاده می گردد. مهمترین و پراستفاده ترین موتور ac ، موتور قفسه ای است در این نوع موتور که اساس آن مانند یک ترانسفورماتور متحرک است وجود جریان در سیم پیچ استاتور باعث القاء جریان در سیم

پیچ هسته می شود بنابراین نیروهای حاصل از میدان جریان در هسته باعث چرخش آن و تولید گشتاور می شود.

مهمترین خصوصیات موتور القائی قفسه ای به شرح زیر است :

۱- هیچگونه جاروبک یا کوماتاتوری نیاز نمی باشد.

۲- دارای کمترین تعمیرات لازم است .

۳- مناسب باری کار در محیط های کثیف است .

٤- قابلیت اطمینان بالا دارد .

۵- راندمان بالا دارد.

٦- سختی و عمر بالا.

۷- هزینه ، وزن ، حجم و ممان اینرسی کم .

ذیلاً در مورد سه نوع موتور جریان متناوب که برای استفاده در خودروی برقی در نظر گرفته شده توضیحات بیشتری داده می شود.

۱- موتورهای سنکرون یا مغناطیس دائم

در این نوع موتور دانسیته قدرت بالا است به دلیل کنترل جریان و میدان استاتور، گشتاور بیشتری می توان تولید کرد جاروبک وجود ندارد و در سرعتهای بالا و محدوده وسیع سرعت قابل استفاده است.

۲- موتورهای القائی سه فاز

ساخت موتور ساده است این موتور سبک، مقاوم ، کم حجم ، ارزان و دارای راندمان بالا می باشد و نیازی به جاروبک ندارد البته برای کنترل سرعت باید

از سیستم کنترل پیچیده ای استفاده نمود و این سیستم قیمت بالایی خواهد داشت.

۳- موتورهای شار محوری :

اخیراً موتورهای (Afm,Axial flux motor) یا موتورهای شار محوری نیز ساخته شده اند که دارای دو مدل استفاده از موتور در داخل چرخ خودرو (whell motor) و یا موتورهای با دو روتور و یک استاتور به صورتی که موتور به جای دیفرانسیل خودرو نصب می شود می باشند. البته دو موتور اخیر نیاز به فن آوری بالاتری برای ساخت و استفاده کردن داشته و قیمت بالاتری نیز دارند ولی بازده و عملکرد آنها بهتر از موتورهای القائی و PMSM معمولی می باشد دور موتور حداقل ۳۰۰۰ تا ۳۸۰۰ دور می باشد.

باتریهای قابل استفاده در خودرو برقی

ظرفیت و مقدار جریان دو فاکتور مشخصه باتریها هستند ظرفیت مقدار انرژی ذخیره شده در باتری است و به فاکتورهای زیادی وابسته هستند که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- سطح یا اندازه فیزیکی صفحاتی که توسط اکترولیت پوشیده می شوند.

۲- وزن و مقدار مواد در صفحات

۳- تعداد صفحات و نوع جدا کننده بین آنها

٤- مقدار الکترولیت و جرم مخصوص آن

۵- سن باتری

٦- شرایط سلول - مقدار رسوب در ته سلول

۷- دما

۸- حد ولتاژ پایینی

۹- نرخ دشارژ

ظرفیت باتری برحسب آمپر- ساعت مشخص می شود جریان مشخصه دیگری باتری است و برحسب آمپر می باشد مقدار جریان تعیین کننده نرخ انرژی هنگام شارژ یا دشارژ می باشد بطور مثال برای یک باتری ۱۰۰ آمپر ساعت با جریان یک آمپر زمان دشارژ ۱۰۰ ساعت می شود و این باتری با جریان C/۱۰۰ مشخص می گردد.

شاید تنها ضعف خودرو برقی باتریهای آن باشد به علت چگالی کم انرژی ذخیره شده در باتری باید از تعداد زیادی باتری استفاده نمود که وزن خود را افزایش داده انرژی اضافه ای برای حمل این وزن مصرف می شود و مسافت پیموده شده در مقایسه با خودروهای احتراقی کمتر است همچنین شارژر این باتریها زمان برخواهد بود هزینه بالایی نیز صرف خرید باتریها خواهد شد اگر باتری های مناسبی برای خودرو ساخته شود که مشکلات فعلی را نداشته باشد یقیناً خودروهای با موتور احتراق داخلی کنار گذاشته می شوند.

انواع باتریهای شیمیایی ساخته می شوند از جمله باتریهای سرب اسیدی، نیکل کادمیوم، نیکل آهن ، نیکل منگنز ، سدیم سولفور و روی برم ، باتریهای سدیم سولفور بیشترین دانسیته انرژی حدود Wh/kg ۱۵۰ را دارا

می باشد اما قابل انفجار هستند باتریهای سرب اسیدی کمترین چگالی انرژی در حدود ۳۵Wh/kg را دارا می باشند اما به علت عمر عملکرد خوب در حدود ۷۵۰ سیکل شارژ و قابلیت اطمینان بالا و قیمت مناسب بیشترین استفاده می شوند.

سیستم ذخیره انرژی الکتریکی

در بلوک دیاگرام شکل زیر انواع مختلف سیستم های ذخیره انرژی الکتریکی نشان داده شده است در خودروهای برقی معمولاً از باتریهای شیمیایی استفاده می شود که در زیر پارامترها و مشخصات کلی مربوط به باتریهای مورد استفاده در خودرو برقی آورده شده است.