بسم الله الرحمن الرحیم

پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی انرژی های نو و تجدید پذیر

طراحی و ساخت سیستم تولید هیدروژن با برق DC و تاثیر آن بر روی آلاینده‌ها و عملکرد موتور اشتعال جرقه‌ای

اساتید راهنما:

دکتر محمد امینی

دکتر کمال عباسپور ثانی

استاد مشاور:

دکتر لطف ا.. سواد کوهی

نگارنده:

محمد جواد قماشی

سال ۱۳۹۰

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای:

محمد جواد قماشی

را با عنوان:

طراحی و ساخت سیستم تولید هیدروژن با برق DC و تاثیر آن بر روی آلاینده ها و عملکرد موتور اشتعال جرقه ای

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	محمد امینی	استادیار	
۲- استاد راهنما	کمال عباسپورثانی	استادیار	
۳- استاد مشاور	لطف ا.. سوادکوهی	دانشیار	
۴- استاد ممتحن	فرح سادات هالک	استادیار	
۵- استاد ممتحن	بهمن نجفی	استادیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	محمد پازوکی	استادیار	

تقدیم به پدر دلسوز

مادر مهربان

و همسر عزیزم

تشکر و قدردانی

با تشکر از تمام عزیزانی که اینجانب را در انجام این پروژه یاری رساندند:

- اساتید محترم پژوهشگاه مواد و انرژی
- دوستان خوبم آقایان مجتبی اژئیان، مهدی اینانلو و فرهنگ حسنی
- آقای طاهری (واحد نقلیه پژوهشگاه مواد و انرژی)
- آقایان برسلانی، جعفری و صادقی (سازمان پژوهش های علمی و صنعتی)

حق تالیف/گردآوری و تحقیق

این پروژه تحقیقاتی به شماره شناسه ۵۷۸۸۵۸ در پژوهشگاه مواد و انرژی به ثبت رسیده است و کلیه دستاوردهای تحقیقاتی شامل نتایج نظری، نتایج علمی و عملی، دانش فنی و سایر موارد مربوط به این پروژه متعلق به پژوهشگاه مواد و انرژی می باشد. بهره برداری از نتایج پروژه برای موسسات دولتی و غیر دولتی با مجوز پژوهشگاه مواد و انرژی و درج نام پژوهشگاه مواد و انرژی امکان پذیر است.

چکیده

هیدروژن به علت عدم تولید آلاینده های زیست محیطی به عنوان یک سوخت پاک می تواند جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی باشد. با این وجود هیدروژن عنصری است که به راحتی در دسترس نبوده و با توجه به پیچیدگی های خاصی که ذخیره سازی و انتقال هیدروژن از نظر ایمنی و هزینه دارد، در بسیاری از کاربردها ترجیح داده می شود تا آن را در نزدیک محل مصرف تولید کنند. یکی از روش های رایج تولید هیدروژن، فرآیند الکترولیز آب می باشد که می توان آن را به همراه اکسیژن تولید نمود.

با توجه به خواص ویژه احتراق هیدروژن و با عنایت به اینکه تاکنون روند طراحی موتورهای هیدروژن سوز در ابتدای راه می باشد، تحقیقات بسیاری بر روی سوخت هیدروژن به عنوان یک سوخت کمکی انجام شده و اثرات آن بر احتراق سایر سوخت های رایج بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات غنی سازی هوای ورودی به موتور، به وسیله اضافه نمودن هیدروژن در موتورهای احتراق داخلی می‌باشد.

بدین منظور یک سامانه الکترولیز شامل چهار عدد سلول ساخته شد و با اتصال آن به موتور، سوخت هیدروژن به هوای ورودی به موتور اضافه شد. اکسیژن حاصل از فرآیند الکترولیز، می تواند با ورود به محفظه احتراق در بهبود فرآیند احتراق اثرگذار باشد، بنابراین می تواند به همراه گاز هیدروژن تولید شده به هوای ورودی به موتور تزریق گردد. در ادامه پژوهش میزان تاثیر این سامانه را بر روی آلاینده ها، مصرف سوخت، گشتاور و توان موتور با انجام آزمایش هایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دهنده اثرات مثبت غنی سازی هوای ورودی به موتور توسط این سوخت می باشد. بدین صورت که اضافه نمودن آن به هوای ورودی به موتور سبب کاهش آلاینده های CO و HC در دور آرام به میزان ۲۸/۳ و ۳/۷ درصد و همچنین تحت بار کامل به میزان ۲۱ و ۱۹ درصد شده و به طور میانگین سبب افزایش توان خروجی از موتور در حدود ۵ درصد تحت بار کامل می‌شود.

کلید واژه: الکترولیز، هیدروژن، هیدروکسی، موتورهای احتراق داخلی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- اهداف پژوهش ۳

۱-۳- مراحل انجام پروژه ۳

۱-۴- جمع بندی ساختار رساله ۳

فصل ۲- پیشینه پژوهش ۵

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- تاثیر اختلاط هیدروژن بر روی سوخت گاز طبیعی ۵

۲-۳- تاثیر افزودن هیدروژن بر روی سوخت دیزل ۷

۲-۴- تاثیر افزودن هیدروژن بر روی سوخت بنزین ۱۱

۲-۵- نتیجه گیری ۱۵

فصل ۳- سوخت هیدروژن و زیر ساخت ها ۱۶

۳-۱- مقدمه ۱۶

۳-۲- روش های مختلف تولید هیدروژن ۱۸

۳-۳- مبانی الکترولیز ۲۰

۳-۴- انواع الکترولیز کننده های صنعتی ۲۳

۳-۵- تئوری ساخت دستگاه الکترولیز ۲۴

۳-۵-۱- اشکال مختلف الکترودها ۳۱

۳-۵-۲- جنس الکترود ۳۶

۳-۶- روش های ذخیره سازی هیدروژن ۳۷

۳-۶-۱- ذخیره سازی هیدروژن به صورت گاز فشرده شده ۳۸

۳-۶-۲- ذخیره سازی هیدروژن به صورت مایع ۳۹

۳-۶-۳- ذخیره سازی هیدروژن توسط هیدریدهای فلزی ۴۰

۳-۷- خواص هیدروژن به عنوان یک سوخت ۴۱

فصل ۴- موتورهای احتراق داخلی ۴۶
۴-۱- مقدمه ۴۶
۴-۲- مراحل عملکرد یک موتور اشتعال جرقه ای ۴۶
۴-۳- خصوصیات یک موتور ۴۸
۴-۴- احتراق در موتورهای اشتعال جرقه ای ۵۰
۴-۵- آلودگی محیط زیست ۵۳
۴-۶- آلاینده های خروجی از موتور ۵۵
۴-۷- استوکیومتری واکنش ۵۸
۴-۸- موتورهای هیدروژنی ۶۰
فصل ۵- بخش تجربی پژوهش ۶۸
۵-۱- مقدمه ۶۸
۵-۲- ساخت دستگاه مولد هیدروژن ۶۸
۵-۲-۱- مواد و تجهیزات استفاده شده ۶۸
۵-۲-۲- انتخاب الکترود مناسب ۶۹
۵-۲-۳- ساخت الکترود و شاسی نگهدارنده آن ۷۱
۵-۲-۴- انتخاب و آماده سازی محفظه مناسب جهت مایع الکترولیت ۷۴
۵-۲-۵- نحوه ساخت حباب ساز ۷۸
۵-۲-۶- انتخاب الکترولیت مناسب ۸۰
۵-۳- اتصال سیستم الکترولیز کننده به موتور خودرو ۸۱
فصل ۶- آزمایش ها و بررسی نتایج ۸۴
۶-۱- مقدمه ۸۴
۶-۲- بررسی نحوه اتصال سلول ها به یکدیگر ۸۴
۶-۳- تغییرات جریان الکتریکی به ازای تغییرات غلظت هیدروکسید پتاسیم در محلول الکترولیت ۸۸
۶-۴- تاثیرات سیستم تولید هیدروژن بر روی میزان آلاینده های خروجی از موتور در حالت دور آرام ۹۱
۶-۵- بررسی تاثیرات سیستم تولید هیدروژن بر روی مصرف سوخت بنزین ۹۴
۶-۶- تست های آزمایشگاهی ۹۵
۶-۶-۱- مشخصات موتور مورد استفاده ۹۵
۶-۶-۲- مشخصات بستر آزمایش ۹۷

۶-۶-۳- آزمایش های آلایندگی دور آرام ۹۹
۶-۶-۴- تعیین توان و گشتاور در حالت بار کامل..... ۱۰۱
۶-۶-۵- آزمایش های آلایندگی در حالت بار کامل..... ۱۰۷
فصل ۷- نتیجه گیری و پیشنهاد ۱۱۰
مراجع..... ۱۱۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ مقایسه خواص سوخت های هیدروژن، متان و بنزین ۴۲
جدول ۶-۱ ولتاژ و جریان سلول های الکترولیز کننده در مدارهای مختلف ۸۵
جدول ۶-۲ مقدار هیدروژن تولید شده در هر یک از مدارهای سلول های الکترولیز کننده ۸۷
جدول ۶-۳ مقادیر بدست آمده از آزمایش تغییرات جریان به ازای تغییرات غلظت ۹۰
جدول ۶-۷ مقادیر دی اکسید کربن برای دو حالت عادی و متصل به سیستم در دور آرام ۹۳
جدول ۶-۸ مشخصات موتور Z24 ..... ۹۶
جدول ۶-۹ مشخصات فنی دینامومتر مورد استفاده ۹۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ تغییرات فشار داخل سیلندر در مقابل تغییرات زاویه میل لنگ ۸
شکل ۲-۲ سیستم الکترولیز کننده ساخته شده توسط Musmar و Al-Rousan ۱۵
شکل ۳-۱ روش های مختلف تولید، انتقال، ذخیره سازی و مصرف انرژی هیدروژنی ۱۷
شکل ۳-۲ شماتیکی از فرآیند الکترولیز آب ۲۲
شکل ۳-۳ اختلاف سطح انرژی هیدروژن و اکسیژن نسبت به آب ۲۵
شکل ۳-۴ نمونه ای از یک حباب ساز ۲۶
شکل ۳-۵ تاثیر افزایش سلول های الکترولیز کننده بر افزایش راندمان و تولید گاز ۲۹
شکل ۵-۱ نمونه ای از الکترودهای صفحه ای متصل به یکدیگر ۳۲
شکل ۵-۲ الکترودهای پیچی ۳۳
شکل ۵-۳ نمونه ای از الکترودهای سیمی که از دو رشته به هم تابیده شده تشکیل شده و بر روی شاسی پلکسی گلاس قرار گرفته است ۳۴
شکل ۵-۴ چند نمونه از الکترودهای لوله ای شکل ۳۵
شکل ۵-۵ استفاده از توری در ساخت الکترود ۳۶
شکل ۳-۶ نمونه ای از مخازن کامپوزیتی با قابلیت ذخیره سازی هیدروژن تا فشار ۳۵۰ بار ۳۸
شکل ۳-۷ ارزش حرارتی بالا به ازای واحد حجم برای سوخت های مختلف ۴۳
شکل ۴-۱ شماتیکی از ۴ مرحله عملکرد موتورهای اشتعال جرقه ای ۴۷
شکل ۴-۲ شماتیکی از یک سیستم دینامومتر ۴۸
شکل ۴-۳ نمونه ای از یک مبدل کاتالیستی ۵۷
شکل ۴-۴ تغییرات آلاینده ها بر حسب تغییرات نسبت تعادل φ ۶۰
شکل ۴-۵ نمودار اندیکاتوری عملکرد یک موتور در حالت بنزینی، هیدروژنی با پاشش مستقیم، هیدروژنی با پاشش بر روی دریچه سوخت در دور موتور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه ۶۳
شکل ۵-۶ چند نمونه از الکترودهای مورد آزمایش جهت انتخاب شکل مناسب برای الکترودها ۶۹
شکل ۵-۷ مقایسه میزان تولید گاز در الکترود سیمی شکل در کنار الکترود صفحه ای نازک که به صورت پلکانی خم شده است. ۷۰
شکل ۵-۸ استفاده از الکترود توری شکل در کنار الکترود صفحه ای با عرض کم ۷۱
شکل ۵-۹ نمونه اولیه الکترود ساخته شده و نصب شده بر روی شاسی ۷۲

شکل ۵-۱۰ نمونه ای از یک ورق تابانده شده جهت استفاده به عنوان الکترود ۷۳
شکل ۵-۱۱ نمونه ای از شاسی ساخته شده ۷۳
شکل ۵-۱۲ الکترود مورد استفاده در پروژه جهت ساخت دستگاه هیدروژن ساز ۷۴
شکل ۵-۱۳ سوراخ کاری و سوهان کاری انجام گرفته بر روی درپوش ظرف ۷۶
شکل ۵-۱۴ اتصال شاسی به درپوش ۷۷
شکل ۵-۱۵ اتصال الکتریکی سلول های الکترولیز ۷۸
شکل ۵-۱۶ حباب ساز ساخته شده از لوله پلی اتیلن ۷۹
شکل ۵-۱۷ سیستم کامل ساخته شده الکترولیز ۷۹
شکل ۵-۱۸ محل اتصال لوله خروجی از سیستم الکترولیز کننده به استپ موتور پژو ۴۰۵ ۸۲
شکل ۵-۱۹ محل اتصال لوله خروجی از سیستم الکترولیز کننده به حفره جمع آوری بخارات روغن در پژو ۲۰۶ ۸۳
شکل ۶-۱ میزان تولید هیدروژن از نظر تئوری در هر یک از مدارها ۸۷
شکل ۶-۲ اندازه گیری مقدار هیدروژن تولید شده به وسیله دبی سنج ۸۸
شکل ۶-۳ تغییرات رسانایی محلول به ازای تغییرات غلظت هیدروکسید پتاسیم ۸۹
شکل ۶-۴ روند تغییرات جریان به ازای اضافه شدن هیدروکسید پتاسیم به محلول الکترولیت ۹۰
شکل ۶-۵ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده هیدروکربن های نسوخته برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۹۱
شکل ۶-۶ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده اکسیدهای نیتروژن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۹۲
شکل ۶-۷ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده منواکسید کربن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۹۳
شکل ۶-۸ محل اتصال سیستم الکترولیز به موتور Z24 ۹۶
شکل ۶-۹ بلوک دیاگرام مجموعه به کار رفته جهت انجام تست دینامومتری موتور ۹۸
شکل ۶-۱۰ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده منواکسید کربن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۱۰۰
شکل ۶-۱۱ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده هیدروکربن های نسوخته برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۱۰۰
شکل ۶-۱۲ نمودار مقایسه ای مقادیر گاز دی اکسید کربن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در دور آرام ۱۰۱

شکل ۶-۱۳ مقادیر گشتاور خروجی در دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز به همراه مقادیر تصحیح شده آنها در حالت بار کامل ۱۰۲
شکل ۶-۱۴مقادیر توان خروجی در حالت روشن بودن سیستم الکترولیز به همراه مقادیر تصحیح شده آن در حالت بار کامل..... ۱۰۳
شکل ۶-۱۵ مقادیر توان خروجی در حالت خاموش بودن سیستم الکترولیز به همراه مقادیر تصحیح شده آن در حالت بار کامل ۱۰۴
شکل ۶-۱۶ مقایسه مقادیر تصحیح شده توان خروجی در دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در حالت بار کامل ۱۰۵
شکل ۶-۱۷ مقایسه روند تغییرات توان و گشتاور بر حسب تغییرات دور موتور در حالت خاموش بودن سیستم الکترولیز ۱۰۶
شکل ۶-۱۸ مقایسه روند تغییرات توان و گشتاور بر حسب تغییرات دور موتور در حالت روشن بودن سیستم الکترولیز ۱۰۶
شکل ۶-۱۹ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده منواکسیدکربن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در حالت بار کامل ۱۰۷
شکل ۶-۲۰ نمودار مقایسه ای مقادیر آلاینده هیدروکربن های نسوخته برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در حالت بار کامل..... ۱۰۸
شکل ۶-۲۱ نمودار مقایسه ای مقادیر دی اکسیدکربن برای دو حالت روشن و خاموش بودن سیستم الکترولیز در حالت بار کامل ۱۰۹

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

به طور کلی بخش عمده ای از انرژی جهان به وسیله سوخت های فسیلی تامین می شود در حالی که انرژی‌های فسیلی در مدت زمان بسیار طولانی و تحت شرایط خاصی ایجاد شده اند و تنها یک مرتبه قابل استفاده می باشند. در مقابل اشکال مختلفی از انرژی های پایدار و تجدید پذیر وجود دارند که از خورشید و باد و آب سرچشمه می گیرند. بعضی از این انرژی ها هنگامی که تولید می شوند باید مصرف گردند در غیر اینصورت هدر می روند. بعضی دیگر از این انرژی ها دارای بخش ذخیره سازی مرتبط با خود می-باشند: مثل بیوماس که برای فواصل کوتاهی می تواند ذخیره گردد، یا انرژی آبی که پشت سد ذخیره شده، و یا انرژی ژئوترمال که در زیر سطح زمین موجود بوده تا زمانی که استفاده شود. در حال حاضر بسیاری از کشورها، برنامه ویژه ای را جهت به کار بردن انرژی های تجدید پذیر در چرخه تامین انرژی خود پیش بینی کرده اند. به طور اساسی، اگرچه انرژی های تجدید پذیر به طور وسیعی در دسترس می باشند، اما دنیا با مشکل اساسی جهت استحصال این انرژی از منابع آن روبرو می باشد. اشکال بسیاری از این انرژی در ابعاد کوچک و به صورت پراکنده بوده و در حال حاضر از نظر هزینه قابل رقابت با سوخت-های فسیلی نمی باشد. به علاوه آن منابعی که به طور مستقیم الکتریسیته تولید می کنند نیازمند منابعی جهت ذخیره سازی این انرژی می باشند.

اکثر مراجع، افزایش متوسط دمای جهانی در سال های اخیر را به احتراق سوخت های فسیلی نسبت می دهند، که از زمان انقلاب صنعتی تا کنون روند رو به رشدی را داشته است. غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر به طور یکنواخت از ppmv[1] ۳۰۰-۲۸۰ در قرن ۱۸ به ppmv ۳۸۰-۳۶۰ در حال حاضر افزایش یافته است که یک افزایش ۲۵ درصدی را نشان می دهد[۱]. حرکت تدریجی از ذغال سنگ به نفت و سپس به گاز طبیعی نشانگر کربن زدایی[2] سوخت ها می باشد. در نتیجه سوخت مطلوب، آن سوختی است که کمترین میزان دی اکسید کربن را به ازای یک واحد انرژی حاصل شده، تولید کند. در میان سوخت های فسیلی، گاز طبیعی (متان) شامل چهار اتم هیدروژن به ازای هر اتم کربن می‌باشد و نسبت به سوخت های فسیلی دیگر کمترین میزان کربن را دارا می باشد. در این میان از سوخت هیدروژن که حامل انرژی های تجدیدپذیر است می توان نام برد و از این جهت که این سوخت فاقد اتم کربن در ساختار خود می باشد، سوختی سازگار با محیط زیست محسوب می گردد.

[1] Parts Per Million by Volume

[2] Decarbonization

هیدروژن فراوان ترین عنصر موجود در جهان می باشد. این عنصر یکی از مواد اصلی تشکیل دهنده ستارگان، مانند خورشید، می باشد که حرارت و نور از طریق فرآیند همجوشی هسته ای تولید می شود که سبب تبدیل هیدروژن به هلیم می گردد. هیدروژن به صورت عنصر آزاد به مقدار خیلی زیاد بر روی کره زمین موجود نمی باشد و برای استحصال آن از آب یا سوخت های فسیلی، باید انرژی صرف شود. بنابراین هیدروژن یک منبع انرژی اولیه نمی باشد اما به عنوان یک حامل انرژی ثانویه محسوب می شود. انرژی حاصل از منابع اولیه می تواند در هیدروژن به وسیله تجزیه آب با استفاده از انرژی شیمیایی، حرارتی یا الکتریکی ذخیره شود. منابع انرژی اولیه مختلفی می تواند برای تولید هیدروژن استفاده شود. به عنوان مثال می توان به وسیله توربین های بادی و سلول های فتوولتائیک، الکتریسیته لازم را به منظور الکترولیز آب و تولید هیدروژن تامین نمود. امروزه، بشر نیاز به جهش به منابع جدیدی از انرژی و گذر از سوخت های فسیلی را شدیداً احساس می کند و در این میان هیدروژن می تواند گزینه مناسبی برای این منظور باشد. با توجه به اینکه بخش عمده ای از مصرف سوخت در موتورهای احتراق داخلی است بنابراین اگر بخواهد استفاده از این سوخت به صورت فراگیر باشد باید توجه ویژه ای به خواص احتراقی هیدروژن شود.

از انجایی که سرعت سوختن هیدروژن بالاتر از سایر سوخت ها می باشد این امر باعث افزایش راندمان حرارتی موتور می شود. به دلیل اینکه انرژی کمتری جهت احتراق هیدروژن نیاز می باشد و محدوده وسیع اشتعال پذیری آن، هیدروژن دارای این قابلیت است تا در مخلوط های رقیق از سوخت مورد استفاده قرار بگیرد. از طرف دیگر هیدروژن برخلاف سوخت های فسیلی که شامل اتم کربن در ساختار خود می باشند، یک سوخت بدون کربن محسوب می شود و بنابراین احتراق آن عاری از آلاینده هایی نظیر CO و HC می باشد[۱].

با توجه به این مسائل، هیدروژن به عنوان یک سوخت جایگزین مناسب برای سوخت های فسیلی پیشنهاد شده است. لیکن به دلیل اینکه زیرساخت های تولید و توزیع انبوه هیدروژن در حال حاضر موجود نمی باشد و در حالی که استفاده از سوخت هیدروژن و نیز تجاری سازی فناوری آن در مراحل اولیه تحقیق و توسعه می باشد. بنابراین می توان به منظور بهبود خواص احتراقی سایر سوخت‌ها از هیدروژن کمک گرفت و آن را به صورت مخلوط با سایر سوخت ها مورد استفاده قرار داد تا زمینه‌های لازم برای استفاده از سوخت هیدروژن فراهم گردد. بنابراین مطالعات مختلفی بر روی اثرات اضافه نمودن هیدروژن به سایر سوخت ها و تاثیراتی که سوخت هیدروژن بر روی احتراق می گذارد مورد بررسی قرار گرفته است.

در این رساله سعی شده است تا ضمن حذف مشکلات و مسائل ایمنی حمل و ذخیره سازی سوخت هیدروژن با اندک تغییراتی بر روی سامانه سوخت رسانی، به تولید هیدروژن از فرآیند الکترولیز پرداخته و

آن را به همراه اکسیژن تولید شده توسط همان فرآیند، به داخل هوای ورودی به موتور خودرو تزریق شود. نتایج آزمایش های انجام شده نشان می دهد که این عمل نه تنها میزان مصرف سوخت و آلاینده ها را کاهش می دهد بلکه تا حدی عملکرد و راندمان موتور را بهبود می بخشد.

۱-۲- اهداف پژوهش

- ساخت دستگاه الکترولیز تجزیه آب به هیدروژن و اکسیژن قابل نصب در سامانه سوخت رسانی موتور
- بررسی نحوه عملکرد دستگاه ساخته شده بر روی میزان آلاینده های خروجی از یک موتور احتراق داخلی، مصرف سوخت و توان موتور

۱-۳- مراحل انجام پروژه

- مطالعات اولیه و جمع آوری اطلاعات
- بررسی روش های مختلف تولید گاز هیدروژن جهت استفاده در خودروها
- بررسی نحوه انتقال گاز هیدروژن به داخل محفظه احتراق
- مطالعات مربوط به ایمنی کارکرد با هیدروژن و بررسی ایمنی سامانه طراحی شده
- طراحی و ساخت نمونه ای از یک سامانه هیدروژن ساز DC
- نصب سامانه ساخته شده بر روی خودرو مطابق با مطالعات و بررسی های انجام شده
- آزمایش جاده و بررسی تاثیر سامانه تولید هیدروژن بر روی کاهش مصرف سوخت
- بهینه سازی سامانه تولید هیدروژن DC براساس نتایج بدست آمده از آزمایش
- انجام آزمایش های دینامومتری سامانه جهت بررسی تاثیر آن بر روی توان و گشتاور و آلاینده های خروجی از موتور

۱-۴- جمع بندی ساختار رساله

در این رساله ابتدا به بیان موضوع، اهداف و مراحل انجام پروژه در فصل اول می پردازیم، سپس در فصل دوم به طور اجمالی به پیشینه تحقیق و آزمایش‌های انجام شده در زمینه اختلاط هیدروژن با سوخت گاز طبیعی و اضافه نمودن سوخت هیدروژن به سوخت دیزل و بنزین به طور جداگانه پرداخته

می شود. در فصل سوم به بررسی سوخت هیدروژن پرداخته و زیرساخت های مورد نیاز جهت تولید و ذخیره سازی و به خصوص به بیان مبانی الکترولیز تجزیه آب پرداخته می شود. در فصل چهارم به بیان مبانی موتورهای احتراق داخلی و عوامل موثر بر عملکرد و آلاینده های خروجی از آنها اشاره می شود و همچنین در خصوص موتورهای هیدروژنی صحبت خواهد شد. در فصل پنجم، ابتدا روش ساخت دستگاه الکترولیز به کار رفته در این پژوهش شرح داده می شود و سپس در مورد روش های اتصال دستگاه الکترولیز کننده به موتور خودرو صحبت خواهد شد. در فصل ششم در ابتدا، آزمایش‌های انجام شده به منظور انتخاب مدار مناسب جهت اتصال سلول های الکترولیز کننده به یکدیگر و همچنین انتخاب درصد غلظت هیدروکسید پتاسیم در محلول الکترولیت مورد بحث قرار می گیرد و سپس در خصوص آزمایش-های آلایندگی و عملکردی خودرو در هنگام اتصال دستگاه الکترولیز کننده و تزریق هیدروژن و اکسیژن تولید شده به داخل محفظه احتراق بحث خواهد شد. در انتها، در فصل ششم به جمع بندی نتایج حاصل از این پروژه خواهیم پرداخت.

فصل ۲– پیشینه پژوهش

۲–۱– مقدمه

امروزه شاهد بحران انرژی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از احتراق سوخت های فسیلی می-باشیم. این امر سبب جهت‌گیری تحقیقات و مطالعات به سمت بهبود راندمان موتورهای احتراقی، کاهش آلاینده های زیست محیطی، کاهش استفاده از سوخت های فسیلی و توجه به استفاده از سوخت های پاک و تجدید پذیر می باشیم. در این میان، تحقیقات بسیاری بر روی تاثیرات استفاده از هیدروژن به عنوان یک سوخت پاک درکنار سوخت های فسیلی رایج همانند گاز طبیعی، گازوئیل و بنزین انجام پذیرفته است.

در خصوص سوخت گاز طبیعی، هیدروژن را به وسیله اختلاط با گاز طبیعی فشرده در داخل مخازن تحت فشار در داخل خودرو مورد استفاده قرار دهند. ولی در خصوص کاربرد هیدروژن بر روی سوخت-های بنزین و گازوئیل، غالباً هیدروژن در هنگام احتراق به هوای ورودی به موتور تزریق شده و بدین ترتیب در داخل محفظه احتراق به این سوخت‌ها اضافه می گردد.

تحقیقات انجام شده در رابطه با بررسی اختلاط هیدروژن و سوخت گاز طبیعی، به طور کلی بر میزان آلاینده های خروجی از موتور به ازای تغییر درصد هیدروژن در مخلوط صورت می پذیرد. در حالی که مطالعات صورت گرفته بر روی سوخت دیزل و بنزین عموماً با استفاده از یک مخزن تحت فشار سوخت هیدروژن و استفاده از رگلاتورهای کاهنده فشار گاز قبل از ورود به موتور یا با کمک دستگاه های الکترولیز آب و تزریق گاز هیدروژن و اکسیژن تولید شده به هوای ورودی به موتور صورت می‌پذیرد. در ادامه این فصل مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص تاثیر اضافه نمودن هیدروژن بر روی هر کدام از سوخت ها به طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲–۲– تاثیر اختلاط هیدروژن بر روی سوخت گاز طبیعی

Nagalingam و همکارانش [۲] با بررسی یک موتور تحقیقاتی بیان نموده است که در نتیجه ارزش حرارت حجمی پایین تر هیدروژن در مقایسه با متان، توان کاهش خواهد یافت ولی از آنجا که سرعت شعله هیدروژن به طور مشخصی بیشتر از گاز طبیعی فشرده[1] می باشد، بنابراین زمان پیش اندازی جرقه کوتاه تری جهت تولید ماکزیمم گشتاور ترمزی مورد نیاز است.

[1] Compressed Natural Gas (CNG)

Yusuf [۳] در پایان نامه خود از مخلوط ۸۰/۰۸ درصد متان و ۱۹/۹۲ درصد هیدروژن در یک خودروی نیسان نوع ۵۱۰ با حجم موتور ۱۹۵۲ سی سی استفاده نموده است. او در این تحقیق نرخ رشد پیشانی شعله و نسبت های تعادل مختلف را بررسی نموده است که در اینجا نسبت تعادل ۰/۵۳۵ به دلیل محدود بودن احتراق متان در موتور این خودرو در محدوده رقیق رد شده است. در تحقیقی دیگر Yusuf [۴] با استفاده از مخلوط ۲۰ درصد هیدروژن نسبت به ۸۰ درصد متان در موتور خودروی تویوتا نوع 2TC مدل سال ۱۹۷۶ با حجم موتور ۱۵۸۸ سی سی به این موضوع می پردازد. او این بار موتور را اصلاح می-نماید و تصمیم می گیرد که تنها از یک سیلندر به جای هر چهار سیلندر استفاده کند. او در این تحقیق غلظت آلاینده هایی چون NO_x، CO و HC را اندازه گیری می کند و میزان پیش انداری جرقه و تغییرات راندمان حرارتی را به ازای تغییرات نسبت تعادل بدست می آورد. نتیجه این تحقیق نشان می دهد که به دلیل ویژگی های احتراقی هیدروژن، مخلوط متان- هیدروژن نسبت به متان خالص در نسبت های تعادل یکسان موجب افزایش انرژی حرارتی مفید و افزایش غلظت NO_x می شود در حالیکه موجب کاهش CO و HC خواهد شد.

Wallace و Cattelan [۵] با استفاده از مخلوط ۱۵ به ۸۵ درصد هیدروژن به گاز CNG بهره بردند آنها با استفاده از یک شورلت Lumina که دارای شش سیلندر می باشد استفاده نمودند. آنها اعلام نمودند که مقادیر مصرف سوخت ویژه برای مخلوط هیدروژن و CNG پایین تر می باشد؛ آنها همچنین نتیجه گرفتند زمانی که مقادیر زمانبندی جرقه (قبل از نقطه مرگ بالا) افزایش یابد، مقادیر مصرف سوخت ویژه در هر دو حالت CNG و مخلوط با هیدروژن کاهش می یابد. در مورد میزان آلاینده ها آنها نتیجه گرفتند که این مخلوط موجب کاهش مقادیر HC می شود اما NO_x را افزایش خواهد داد.

Ilbas و همکارانش [۶] با مطالعه تجربی بر روی سرعت سوختن مخلوط هیدروژن- هوا و هیدروژن-متان- هوا نتیجه می گیرد که افزایش درصد هیدروژن در مخلوط هیدروژن – متان سبب افزایش سرعت سوختن و سبب وسیع تر شدن محدوده اشتعال پذیری می شود. در اینجا مخلوط ۳۰ درصد هیدروژن به ۷۰ درصد متان به عنوان سوختی جایگزین و قابل رقابت برای استفاده در نیروگاه های احتراقی پیشنهاد شده است.

Karim و همکارانش [۷] به مطالعه تجربی بر روی مخلوط های ۱۰۰/۰ ، ۹۰/۱۰ ، ۸۰/۲۰ ، ۷۰/۳۰ ، ۶۰/۴۰ ، ۵۰/۵۰ ، ۴۰/۶۰ ، ۳۰/۷۰ و ۲۰/۸۰ نسبت های هیدروژن به متان و تغییرات نسبت تعادل پرداخته است. در اینجا سرعت اولیه شعله، میانگین تغییرات توان خروجی ، میانگین راندمان خروجی اندیکاتوری، میانگین تاخیر در جرقه ، میانگین مدت زمان احتراق، میانگین فشار ماکزیمم سیلندر، مناطق کوبش در نسبت های متفاوتی از هیدروژن به متان، نسبت های تعادل مختلف و زمان بندی جرقه که به صورت ۱۰ درجه، ۲۰ درجه و ۳۰ درجه قبل از نقطه مرگ بالا انجام شده، مورد بررسی واقع شده