

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی شیمی - پدیده‌های انتقال

عنوان:

مطالعه بر روی تولید جریان الکتریسته از تصفیه پساب

با پیل سوختی میکروبی

اساتید راهنما:

دکتر عبدالرضا صمیمی

دکتر داود محبی کلهری

تحقیق و نگارش:

جعفر عبدی الیمستان

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان مطالعه بر روی تولید جریان الکتروسیسته از تصفیه پساب با پیل سوختی میکروبی بخشی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- پدیده انتقال، توسط دانشجو جعفر عبدی الیمستان با راهنمایی استادان پایان نامه دکتر عبدالرضا صمیمی و دکتر داود محبی کلهری تهیه شده است. استفاده از مطالب آن برای اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

جعفر عبدی الیمستان

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ توسط هیئت داوران بررسی و درجه به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما اول:	دکتر عبدالرضا صمیمی	
استاد راهنما دوم:	دکتر داود محبی کلهری	
داور ۱:	دکتر حسین آتشی	
داور ۲:	دکتر فرشاد فرشچی	
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر فراحت	



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب جعفر عبدی الیمستان تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: جعفر عبدی الیمستان

امضاء

تقدیم به

پدر، مادر

و خانواده مهربانم

که اسوه های صبر، تلاش، همراهی

و توکل

در تمام مراحل زندگی ام بوده و

هستند.

سپاسگزاری

دفتر ما هم به نامت باز شد

ای که بانامت جهان آغاز شد

کار او از عرش بالاتر گرفت

دفتری کز نام تو زیور گرفت

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت ، هر نفسی که فرو می‌رود ممتد حیات است و چون بر آید مفرح ذات پس در هر نفسی دو نعمت موجود و بر هر نعمتی شکری واجب .

کز عهده شکرش بدر آید

از دست و زبان که بر آید

با یاری جستن از دادآر همیشه برقرار، بر خود لازم می دانم؛ از استادان محترم راهنما، جناب آقای دکتر عبدالرضا صمیمی و جناب آقای دکتر داود محبی کلهری که با کمک‌های بی‌دریغشان در انجام تمامی مراحل پایان نامه اینجانب را هدایت فرمودند نهایت تشکر و قدردانی را به جای آورم.

از کارشناس محترم آزمایشگاه جناب آقای مهندس عباس فتحی زاده که خالصانه در پیشرفت عملی پایان نامه یاری فرمودند، کمال امتنان را دارم.

سپاس گزارم از دوستان عزیز و همراهان همیشگی‌ام که با فداکاری و شکیبایی بی‌دریغ خود مرا دل-گرم نموده و در پیمودن این راه دشوار تنها یم نگذاشته‌اند.

شهریور ۱۳۹۰

چکیده

رشد روز افزون استفاده از منابع تجدید ناپذیر فسیلی، محدودیت این منابع و مشکلات زیست محیطی ناشی از به کارگیری آن ها سبب توجه جدی جهانیان به تنوع بخشی و بهره گیری از منابع جدید انرژی با استفاده از روش های پایدار، ایمن و سازگار با محیط زیست شده است. دانش و تکنولوژی پیل سوختی طی دو دهه ی اخیر رشد سریعی داشته است زیرا که یک روش کارآمد جهت تبدیل مستقیم انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی به شمار می رود. در این زمینه پیل سوختی میکروبی که در آن باکتری ها با تجزیه مواد آلی علاوه بر تولید جریان الکتریسیته باعث تصفیه پساب می گردند یکی از بهترین گزینه های تولید انرژی الکتریکی در آینده محسوب می گردد. هدف از این تحقیق طراحی و ساخت پیل سوختی میکروبی و بررسی تأثیر پارامترهای دما، الگوی جریان، دبی خوراک، سطح غشا و فاصله بین آند و کاتد بر روی عملکرد آن می باشد لذا در این رابطه به بررسی انواع پیل های سوختی پرداخته و سپس اجزای سازنده ی پیل سوختی میکروبی و پارامترهای موثر بر عملکرد آن مورد بررسی قرار می دهیم. برای آزمایشات بر روی پیل سوختی میکروبی، دو محفظه ای افقی در دانشگاه سیستان و بلوچستان ساخته شده که حاوی بستری با سطح ویژه ی $620 \text{ m}^2/\text{m}^3$ از گرافیت می باشد. نتایج حاصل از آزمایشات به صورت نمودار پلاریزاسیون و نمودار توان مورد ارزیابی قرار گرفت. دمای بهینه برای شرایط عملیاتی مورد نظر 37°C به دست آمده است. آزمایشات نشان می دهد که با افزایش دبی، میزان جریان الکتریسیته و تصفیه فاضلاب به علت کم بودن زمان ماند باکتری در سیستم، کاهش می یابد. افزایش فاصله آند و کاتد باعث افزایش مقاومت اهمی و کاهش توان تولیدی شده است. همچنین آزمایشات نشان می دهد، افزایش سطح غشا باعث افزایش توان تولیدی می شود. مناسب ترین الگوی جریان در میان حالت های بررسی شده جریانی با حرکت U شکل خوراک به سمت غشا می باشد. علاوه بر تولید جریان الکتریسیته، میزان تصفیه فاضلاب هدف مهمی بوده که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. میانگین میزان تصفیه فاضلاب برای پارامترهای مختلف مورد آزمایش، ۷۵-۸۵ درصد بوده است.

کلمات کلیدی: پیل سوختی میکروبی، جریان الکتریسیته، تصفیه پساب، نمودار پلاریزاسیون

عنوان مطالب

صفحه

عنوان مطلب

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- اهداف انجام پایان نامه.....	۲
۱-۳- مراحل انجام کار.....	۳
۱-۴- ساختار پایان نامه.....	۳
فصل دوم: مروری بر انواع پیل سوختی.....	۵
۲-۱- مقدمه.....	۶
۲-۲- تاریخچه پیل سوختی.....	۶
۲-۳- تعریف پیل سوختی.....	۹
۲-۴- اساس کار پیل های سوختی.....	۱۰
۲-۵- انواع پیل های سوختی.....	۱۰
۲-۵-۱- پیل سوختی اکسید جامد.....	۱۱
۲-۵-۲- پیل سوختی اسید فسفریک.....	۱۱
۲-۵-۳- پیل سوختی کربنات مذاب.....	۱۲
۲-۵-۴- پیل سوختی متانولی.....	۱۲
۲-۵-۵- پیل سوختی قلبایی.....	۱۲
۲-۵-۶- پیل سوختی پلیمری.....	۱۲

۱۳	۲-۵-۷- پیل سوختی میکروبی.....
۱۴	فصل سوم: آشنایی با پیل سوختی میکروبی.....
۱۵	۳-۱- مقدمه.....
۱۵	۳-۲- تاریخچه رشد و توسعه پیل سوختی میکروبی.....
۱۶	۳-۳- تعریف پیل سوختی میکروبی.....
۱۶	۳-۴- اساس کار پیل های سوختی میکروبی.....
۱۹	۳-۵- انواع پیل های سوختی میکروبی از نظر نوع باکتری.....
۱۹	۳-۵-۱- پیل سوختی میکروبی با واسطه.....
۲۰	۳-۵-۲- پیل سوختی میکروبی بدون واسطه.....
۲۱	۳-۶- میکروب های مورد استفاده در پیل های سوختی میکروبی.....
۲۲	۳-۷- انواع پیل های سوختی میکروبی از نظر ساختار.....
۲۲	۳-۷-۱- پیل سوختی میکروبی دو محفظه ای.....
۲۳	۳-۷-۲- پیل سوختی میکروبی تک محفظه ای.....
۲۵	۳-۷-۳- پیل سوختی میکروبی با جریان Up-Flow.....
۲۵	۳-۷-۴- پیل سوختی میکروبی توده ای.....
۲۶	۳-۸- عملکردهای پیل سوختی میکروبی.....
۲۶	۳-۸-۱- عملکرد ایده آل.....
۲۶	۳-۸-۲- عملکرد واقعی.....
۲۷	۳-۸-۳- افت ولتاژ.....
۲۷	۳-۸-۴- پلاریزاسیون اهمی.....
۲۷	۳-۸-۵- پلاریزاسیون فعال سازی.....
۲۸	۳-۸-۶- پلاریزاسیون غلظتی.....
۳۰	۳-۹- تأثیرات شرایط عملیاتی.....

۳۰	..... تأثیرات مواد الکترودی. ۱-۹-۳
۳۱	..... بافر PH و الکترولیت. ۲-۹-۳
۳۲	..... سیستم تبادل پروتون. ۳-۹-۳
۳۴	..... شرایط عملیاتی در محفظه آندی. ۴-۹-۳
۳۴	..... شرایط عملیاتی در محفظه کاتدی. ۵-۹-۳
۳۵	..... تأثیرات دما. ۶-۹-۳
۳۶	..... تأثیرات دبی. ۷-۹-۳
۳۶	..... کاربردها. ۱۰-۳
۳۶	..... تولید برق. ۱-۱۰-۳
۳۷	..... بیو هیدروژن. ۲-۱۰-۳
۳۷	..... تصفیه فاضلاب. ۳-۱۰-۳
۳۹	..... فصل چهارم: تصفیه زیستی یا بیولوژیکی فاضلاب
۴۰	..... مقدمه. ۱-۴
۴۰	..... تقسیم بندی باکتری ها. ۲-۴
۴۰	..... تقسیم بندی باکتری ها بر حسب نیازمندی غذایی. ۱-۲-۴
۴۱	..... تقسیم بندی باکتری ها بر کیفیت اعمال تنفسی. ۱-۲-۴
۴۱	..... تقسیم بندی باکتری ها بر حسب درجه حرارت. ۱-۲-۴
۴۲	..... تصفیه زیستی یا بیولوژیکی. ۳-۴
۴۴	..... تصفیه بیولوژیکی به کمک باکتری های بی هوازی. ۴-۴
۴۴	..... آزمایش فاضلاب. ۵-۴
۴۵	..... تعیین مقدار بی- او - دی (BOD). ۱-۵-۴
۴۷	..... تعیین مقدار سی- او - دی (COD). ۲-۵-۴
۴۸	..... تعیین مقدار تی- او - سی (TOC). ۳-۵-۴

۴۸	۴-۵-۴- تعیین مقدار مواد معلق در فاضلاب(SS).....
۴۹	۴-۵-۵- تعیین اکسیژن محلول(DO).....
۴۹	۴-۶- مقایسه روش های تعیین درجه آلودگی فاضلاب.....
۵۰	فصل پنجم: طراحی و ساخت پیل سوختی میکروبی و روش انجام آزمایش.....
۵۱	۵-۱- مقدمه.....
۵۱	۵-۲- ساخت پیل سوختی میکروبی.....
۵۳	۵-۳- اجزای پیل سوختی میکروبی.....
۵۳	۵-۳-۱- غشا.....
۵۴	۵-۳-۲- بستر گرافیت.....
۵۴	۵-۳-۳- محفظه آندی.....
۵۵	۵-۳-۴- محفظه کاتدی.....
۵۵	۵-۳-۵- صفحه قرار گرفته بر روی محفظه آندی.....
۵۶	۵-۳-۶- صفحه قرار گرفته بر روی محفظه کاتدی.....
۵۷	۵-۳-۷- صفحه های واسط.....
۵۷	۵-۳-۸- واشرهای آب بندی.....
۵۸	۵-۳-۹- نگهدارنده ی سیستم.....
۵۸	۵-۳-۱۰- شمای کلی پیل سوختی میکروبی.....
۵۹	۵-۴- روش انجام آزمایش.....
۶۰	۵-۴-۱- سوپسترا.....
۶۰	۵-۴-۲- شرایط عملیاتی.....
۶۱	۵-۴-۳- آنالیز شیمیایی.....
۶۲	۵-۴-۴- اندازه گیری الکتروشیمیایی.....
۶۳	فصل ششم: نتایج آزمایشگاهی و بحث.....

۶۴	۱-۶- مقدمه.....
۶۴	۲-۶- تغییرات دما.....
۶۸	۳-۶- تغییرات الگوی جریان.....
۷۲	۴-۶- تغییرات دبی.....
۷۶	۵-۶- تغییرات سطح.....
۸۰	۶-۶- تغییرات فاصله بین آند و کاتد.....
۸۳	۷-۶- تصفیه فاضلاب.....
۸۴	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۸۵	۱-۷- نتیجه گیری.....
۸۶	۲-۷- پیشنهادات.....
۸۷	فهرست مراجع.....
۹۰	پیوست ها.....
۹۱	پیوست الف) نحوه ی شستن گرافیت ها و غشای نافیون.....
۹۲	پیوست ب) نحوه ی محاسبه تخلخل و دانسیته گرافیت.....

فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۲۱	جدول ۳-۱. فهرستی از میکروب‌های به کار رفته در پیل‌های سوختی میکروبی
۵۳	جدول ۵-۱. مشخصات غشای مورد استفاده جهت ساخت پیل سوختی میکروبی
۵۴	جدول ۵-۲. مشخصات میله‌های گرافیتی مورد استفاده در پیل سوختی میکروبی
۶۰	جدول ۵-۳. مشخصات فاضلاب مورد استفاده
۶۱	جدول ۵-۴. پارامترهای مورد آزمایش
۶۷	جدول ۶-۱. نتایج حاصل از تغییرات دما
۷۱	جدول ۶-۲. نتایج حاصل از تغییرات الگوی جریان
۷۵	جدول ۶-۳. نتایج تغییرات حاصل از تغییرات دبی
۷۹	جدول ۶-۴. نتایج تغییرات حاصل از تغییرات سطح غشا
۸۲	جدول ۶-۵. نتایج تغییرات حاصل از تغییرات فاصله آندی و کاتدی

فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۲. پیل ساده گرو تحت عنوان باتری گازی	۷
شکل ۱-۳. شماتیک پیل سوختی میکروبی جهت تولید برق	۱۸
شکل ۲-۳. دیاگرام پیل های سوختی میکروبی دو محفظه ای	۲۳
شکل ۳-۳. پیل های سوختی میکروبی تک محفظه ای	۲۴
شکل ۳-۴. دیاگرام استوانه ای پیل های سوختی میکروبی از نوع SC.MFC	۲۴
شکل ۳-۵. الف: دیاگرام مستطیلی پیل سوختی Up-Flow	۲۵
شکل ۳-۶. دیاگرام پیل سوختی میکروبی توده ای	۲۶
شکل ۳-۷. منحنی پلاریزاسیون و سه ناحیه مختلف تشکیل شده در آن	۲۹
شکل ۳-۸. منحنی ولتاژ بر حسب جریان (پلاریزاسیون)	۳۰
شکل ۳-۹. ساختار نافینون	۳۳
شکل ۴-۱. سیکل بسته مواد آلی و مواد معدنی در طبیعت	۴۲
شکل ۴-۲. منحنی تغییرات BOD نسبت به زمان و درجه گرمای فاضلاب	۴۶
شکل ۵-۱. محفظه های آند و کاتد	۵۲
شکل ۵-۲. اجزای پیل سوختی میکروبی	۵۲
شکل ۵-۳. غشای مورد استفاده جهت ساخت پیل سوختی میکروبی	۵۳
شکل ۵-۴. محفظه آندی مورد استفاده در پیل سوختی میکروبی	۵۴
شکل ۵-۵. محفظه کاتدی در پیل سوختی میکروبی	۵۵

- شکل ۵-۶. صفحه مشبک قرار گرفته بر روی محفظه آندی ۵۶
- شکل ۵-۷. صفحه مشبک قرار گرفته بر روی محفظه کاتدی ۵۶
- شکل ۵-۸. صفحه واسط بین محفظه های آند و کاتد ۵۷
- شکل ۵-۹. واشرهای بین صفحات ۵۷
- شکل ۵-۱۰. نگهدارنده ی پیل سوختی میکروبی ۵۸
- شکل ۵-۱۱. شمای کلی پیل سوختی میکروبی ساخته شده ۵۹
- شکل ۵-۱۲. دستگاه BOD سنج (الف) ، دستگاه COD سنج (ب) ۶۲
- شکل ۶-۱. منحنی ولتاژ مدار باز بر حسب زمان برای درجه حرارت های ۲۲، ۳۰، ۳۷ ۶۵
- درجه سانتی گراد
- شکل ۶-۲. منحنی پلاریزاسیون برای درجه حرارت های ۲۲، ۳۰ و ۳۷ ۶۵
- درجه سانتی گراد
- شکل ۶-۳. منحنی دانسیته توان بر حسب دانسیته جریان برای درجه حرارت های ۲۲، ۳۰ و ۳۷ ۶۶
- درجه سانتی گراد
- شکل ۶-۴. ولتاژ مدار باز بر حسب زمان برای سه الگوی جریان مختلف ۶۹
- شکل ۶-۵. پلاریزاسون برای سه الگوی جریان مختلف ۷۰
- شکل ۶-۶. توان بر حسب جریان برای سه الگوی جریان مختلف ۷۲
- شکل ۶-۷. نمودار تغییرات ولتاژ مدار باز بر حسب زمان برای دبی های ۰/۵، ۱، ۲/۵ و ۳/۵ ۷۲
- میلی لیتر بر دقیقه
- شکل ۶-۸. نمودار پلاریزاسیون برای دبی های ۰/۵، ۱، ۲/۵ و ۳/۵ میلی لیتر بر دقیقه ۷۴
- شکل ۶-۹. نمودار توان بر حسب جریان برای دبی های ۰/۵، ۱، ۲/۵ و ۳/۵ میلی لیتر بر دقیقه ۷۶

- شکل ۶-۱۰. نمودار ولتاژ مدار باز برای سطح غشاهای ۴، ۱۶ و ۶۴ سانتی متر مربع ۷۷
- شکل ۶-۱۱. نمودار پلاریزاسیون برای سطح غشاهای ۴، ۱۶ و ۶۴ سانتی متر مربع ۷۸
- شکل ۶-۱۲. نمودار توان بر حسب جریان برای سطح غشاهای ۴، ۱۶ و ۶۴ سانتی متر مربع ۷۹
- شکل ۶-۱۳. نمودار ولتاژ مدار باز برای فاصله های بین محفظه های آند و کاتد ۸۰
- شکل ۶-۱۴. نمودار پلاریزاسیون برای تغییرات فاصله ی بین آند و کاتد ۸۱
- شکل ۶-۱۵. نمودار توان بر حسب جریان برای فاصله های بین آند و کاتد ۸۲

فهرست نماد

نشانه	علامت
سطح غشا	$A \text{ (cm}^2\text{)}$
غلظت محصول در توده ی محلول	C_P^b
غلظت محصول در سطح الکتروود	C_P^s
غلظت واکنش دهنده در توده ی محلول	C_R^b
غلظت واکنش دهنده در سطح الکتروود	C_R^s
ضریب نفوذ اکسیژن	D_o
الکترون	e^-
پروتون	H^+
شدت جریان	$I \text{ (mA)}$
ضریب انتقال جرم	K_o
فاصله بین محفظه آند و کاتد	$L \text{ (cm)}$
توان الکتریکی	$P \text{ (mW)}$
درجه حرارت	$T \text{ (}^\circ\text{C)}$

فصل اول

مقدمه

با وجود توسعه روز افزون جمعیت و روند رو به رشد صنعتی و اقتصادی کشور ها، کاملاً آشکار است که انرژی های ناپایدار از قبیل سوخت های فسیلی در آینده ی نه چندان دور، جامعه ی رو به توسعه ی انسانی را دچار کمبود و بحران سوخت خواهد نمود. همچنین وسعت آلودگی های ناشی از سوخت های فسیلی چالش های فراوانی را جهت به کارگیری دائمی این گونه سوخت ها به عنوان منبع اصلی تولید انرژی ایجاد نموده است. به هر ترتیب ضرورت انتخاب جایگزین مناسب، ارزان قیمت و تمیز برای سوخت های فسیلی آشکار می نماید. از جمله انرژی های مطرح، انرژی الکتریکی تولید شده به وسیله پیل سوختی است که به دلیل بازدهی بالا، عدم آلایندهی محیط زیست و نیز مصرف هیدروژن و دیگر منابع تجدیدپذیر به عنوان سوخت در حال حاضر راهکار مناسبی جهت عبور از تنگنای انرژی و آلودگی محیط زیست می باشد. به جهت افزایش روز افزون مشکلات زیست محیطی و تهی شدن منابع سوخت های فسیلی در آینده ی نزدیک، هیدروژن و بیو سوخت ها به عنوان جایگزین و انرژی های پاک و نو مورد توجه قرار خواهند گرفت. دانش و تکنولوژی پیل سوختی طی دو دهه ی اخیر سیر تحول و پیشرفت چشمگیری داشته است زیرا که راهکاری مناسب و موثر جهت تبدیل مستقیم انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی می باشد. علاوه بر موارد فوق پیل های سوختی به واسطه ی بازدهی بالا بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از انواع پیل های سوختی، پیل سوختی میکروبی^۱ می باشد که به دلیل در دسترس بودن آسان پساب های صنعتی و یا انسانی به عنوان مواد اولیه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پیل ها باکتری ها با تجزیه مواد آلی موجود در خوراک، تولید پروتون و الکترون کرده که علاوه بر جریان الکتریسیته تصفیه پساب را به همراه خواهد داشت.

۱-۲- اهداف انجام پایان نامه

در این پژوهش با طراحی و ساخت یک مجموعه پیل سوختی میکروبی و فراهم آوردن شرایط آزمایشگاهی برای انجام آزمایشات، به بررسی پارامترهای موثر بر تولید جریان الکتریسیته و تصفیه فاضلاب پرداخته شده است. در این زمینه با بررسی پارامترهای دما، الگوی جریان، دبی، سطح غشا، فاصله آندی و کاتدی و اثرات آن ها بر توان تولیدی بهترین شرایط عملیاتی تعیین می گردد.

¹ - Microbial Fuel Cell (MFC)

۱-۳- مراحل انجام کار

در این مطالعات مراحل انجام پژوهش به شرح زیر بوده است:

- مطالعه پژوهش های قبلی به منظور درک کلی فرایند

- فراهم آوردن امکانات مورد نیاز برای طراحی و ساخت پیل سوختی میکروبی

- ساخت پیل سوختی میکروبی دو محفظه ای

- تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر فرایند

- تعیین سطوح آزمایش با توجه به متغیرهای تأثیر گذار

- تعیین تعداد آزمایشات لازم به منظور بررسی تأثیر متغیرهای موجود

- انجام آزمایشات تعیین شده و اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز در هر آزمایش

- بررسی نتایج به دست آمده از آزمایشات و تعیین بهترین شرایط عملیاتی با توجه به توان تولیدی

- بحث و نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادات

۱-۴- ساختار پایان نامه

در نگارش حاضر تلاش شده است که در نهایت اختصار ضمن بیان اصول پایه مربوط به موضوع پایان نامه و بر شمردن فعالیت های انجام شده در طول تحقیق، نتایج به دست آمده ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گیرد. مباحث به صورتی تنظیم شده که خواننده هر بخش، ارتباط مطالب آن را با سایر بخش ها دریابد. در این فصل (فصل اول پایان نامه) به طور خلاصه مساله مورد بررسی قرار گرفته، ضرورت انجام تحقیق بیان شده و سپس اهدافی که از انجام این فعالیت مورد نظر بوده، بیان گردید. مروری بر انواع پیل سوختی، عنوان فصل دوم این پایان نامه است. در این فصل توضیحاتی جامع شامل نگاهی کلی به تاریخچه و روند توسعه پیل سوختی و نیز معرفی انواع آن ارائه شده است.