دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

تحلیل ترمودینامیکی روش های تولید هیدروژن

فرزین فرهودی

استاد راهنما

پروفسور شهرام خلیل آریا

مهرماه ۱۳۹۳

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

تحلیل ترمودینامیکی روش های تولید هیدروژن

فرزین فرهودی

این پایان نامه به عنوان بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی **مکانیک** گرایش **تبدیل انرژی** در تاریخ **۱۳۹۳/۷/۳۰** توسط هیئت داوران ذیل مورد پذیرش قرار گرفت.

استاد راهنما: پروفسور شهرام خلیل آریا

داور خارجی: پروفسور صمد جعفرمدار

داور داخلی: دکتر مجید عباسعلیزاده

نماینده تحصیلات تکمیلی:

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه ارومیه است.

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایاننامه های تحصیلی دانشجویان دانشگاه ارومیه مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشجو میباشد که با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام میشود، برای آگاهی دانشجو و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان گرامی نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد میشوند:

۱. قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲. در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع، اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه ارومیه الزامی است.

۳. انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **فرزین فرهودی** دانشجوی گرایش **تبدیل انرژی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم میشوم.

تاریخ و امضا دانشجو

چکیده

محققین بر این باورند که بهره برداری از سیستم های انرژی هیدروژنی می تواند راه حل مناسبی در بحث جایگزینی سوختهای فسیلی و رفع معضلات زیان بار استفاده از آن ها باشد. هیدروژن به دلیل دارا بودن تمامی خصوصیات یک حامل انرژی با ویژگی های منحصر به فرد، می تواند به خوبی این نقش را ایفا کند. با این حال هیدروژن به تنهایی در طبیعت یافت نمی شود و انرژی زیادی برای جداسازی آن مورد نیاز است. بدین منظور استفاده از انرژی منابع زمین گرمایی به علت هزینه نسبتاً پایین و امکان دسترسی راحت از مناسب ترین گزینه های موجود به شمار می آید. نیروگاه های زمین گرمایی معمولاً برای تولید توان الکتریکی به کار می روند؛ که می تواند به عنوان عاملی برای تولید هیدروژن به روش الکترولیز به کار گرفته شود.

در این مطالعه، چرخه ترمودینامیکی دومداره، مورد استفاده در یک نیروگاه زمین گرمایی چند منظوره تولید توان همراه با کارکردهای گرمایشی، جهت بهبود در عملکرد، به منظور بهره گیری از توان الکتریکی بالاتر واستفاده از آن در تولید هیدروژن به روش الکترولیز، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در این ارتباط معادلات بقای جرم و قوانین اول و دوم ترمودینامیک برای تحلیل انرژی و اگزرژی چرخه ترمودینامیکی نیروگاه مورد نظر، مورد استفاده قرار گرفته اند. به منظور اعتباردهی محاسباتی، نتایج عددی بدست آمده در مرحله مقدماتی با استفاده از نرم افزار ترمودینامیکی EES، با داده های مطالعات پیشین مقایسه شده اند.

نتایج بدست آمده بیانگر این واقیت است که عملکرد هر چه بهتر این مجموعه، مستقل از تغییر دمای محیطی نبوده و نصب توربین دیگری که در محدوده فشار پایین تری نسبت به توربین اول کار کند؛ به منظور بهره گیری از اتلافات حرارتی قابل توجه در یکی از پیش گرمکن ها، در کسب توان الکتریکی بالاتر از این نیروگاه، نقش موثری ایفا می کند.

کلمات کلیدی: منابع زمین گرمایی، الکترولیز، هیدروژن، تحلیل انرژی، تحلیل اگزرژی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده I

فهرست مطالب II

علائم اختصاری VI

علائم یونانی VI

زیرنویس ها VII

فهرست جداول VIII

فهرست شکل ها X

فصل اول: مقدمه و ساختار پایان نامه

۱-۱ ساختار پایان نامه ۲

فصل دوم: مروری بر پیشینه پژوهش

۲-۱ تولید هیدروژن از منابع زمین گرمایی ۳

۲-۱-۱تولید مستقیم هیدروژن از بخار ۵

۲-۱-۲ تولید هیدروژن به طریقه ترموشیمیایی در چرخه های ترکیبی ۶

۲-۱-۳ تولید هیدروژن به روش الکترولیز.....۷

۲-۱-۳-۱ الکترولیز PEM با الکترولیت یون هیدروژن ۸

۲-۱-۳-۲ الکترولیز بخار دما بالا با الکترولیت اکسیژن متصل به مواد سرامیکی ۹

۲-۲ جمع بندی ۱۱

فصل سوم: انرژی هیدروژنی

۳-۱ دلایل رویکرد به عصر هیدروژنی ۱۳

۳-۲ ویژگی های سوخت هیدروژنی..... ۱۵

۳-۳ اقتصاد هیدروژنی ۱۶

۳-۳-۱ نیازهای انرژی یک اقتصاد هیدروژنی ۱۷

۳-۴ تولید هیدروژن ۱۸

۳-۵ ذخیره سازی هیدروژن ۱۹

۳-۶ انتقال و توزیع هیدروژن ۱۹

۳-۶-۱ فناوری انتقال و پخش هیدروژن..... ۲۱

۳-۶-۱-۱ انتقال از طریق خط لوله ۲۱

۳-۶-۱-۲ انتقال از طریق جاده و راه آهن ۲۱

۳-۶-۱-۳ انتقال از طریق دریا ۲۲

۳-۷ مصرف هیدروژن ۲۲

۳-۸ جمع بندی ۲۲

فصل چهارم: منابع زمین گرمایی

۴-۱ تاریخچه انرژی زمین گرمایی در جهان ۲۵

۴-۲ تاریخچه انرژی زمین گرمایی در ایران..... ۲۶

۴-۳ توانمندی های کشور در حوزه انرژی زمین گرمایی..... ۲۷

۴-۴ پتانسیل منابع زمین گرمایی در ایران..... ۲۷

۴-۵ انواع مخازن زمین گرمایی..... ۲۹

۴-۵-۱ مخازن گرمابی ۳۰
۴-۵-۱-۱ مخازن آب بالنده ۳۱
۴-۵-۱-۲ مخازن بخار بالنده ۳۲
۴-۵-۲ مخازن سنگ داغ خشک ۳۲
۴-۵-۳ مخازن تحت فشار ۳۳
۴-۵-۴ مخازن ماگمایی ۳۴
۴-۶ روند رشد تولید برق از انرژی زمین گرمایی در دنیا ۳۴
۴-۷ قیمت جهانی برق تولیدی از منابع زمین گرمایی ۳۸
۴-۸ نیروگاه های زمین گرمایی ۴۱
۴-۹ چرخه های ترمودینامیکی مورد استفاده در نیروگاه های زمین گرمایی ۴۲
۴-۹-۱ نیروگاه با چرخه بخار خشک ۴۲
۴-۹-۲ نیروگاه با چرخه بخار تبخیر آنی تک مرحله ای ۴۲
۴-۹-۳ نیروگاه با چرخه بخار تبخیر آنی دو مرحله ای ۴۲
۴-۹-۴ نیروگاه با چرخه دو مداره ۴۱
۴-۹-۵ عملکرد انواع چرخه های ترمودینامیکی در نیروگاه های زمین گرمایی ۴۳
۴- ۱۰کاربرد پمپ های حرارتی زمین گرمایی در ایران ۴۴
۴-۱۱ اثرات زیست محیطی استفاده از منابع زمین گرمایی و راه های کاهش اثرات ۴۵
۴-۱۲ جمع بندی ۴۸

فصل پنجم: مطالعه چرخه ترمودینامیکی نیروگاه زمین گرمایی چند منظوره

۵-۱ معرفی نیروگاه ۵۱
۵-۲ ساختار ترمودینامیکی نیروگاه ۵۲

۵-۳ بررسی نقطه به نقطه شرایط سیال عامل در چرخه ترمودینامیکی نیروگاه..... ۵۴
۵-۴ تحلیل انرژی و اگزرژی چرخه ترمودینامیکی نیروگاه..... ۵۵
۵-۵ بررسی نقش سیال عامل، در عملکرد نیروگاه..... ۵۹
۵-۵-۱ انواع سیالات عامل..... ۶۱
۵-۵-۲ تأثیر افزایش فوق گرم کردن..... ۶۳
۵-۵-۳ ملاحضات زیست محیطی ۶۴
۵-۵-۴ ایمنی ۶۵

فصل ششم: بررسی پارامترهای مختلف در افزایش توان تولید الکتریکی

۶-۱ بررسی تأثیرات تغییر دمای محیطی ۶۷
۶-۲ بهره گیری از تلفات حرارتی پیش گرمکن شماره دو ۷۶
۶-۳ تولید هیدروژن از توان الکتریکی نیروگاه ۸۹

فصل هفتم: نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادات برای کارهای آتی در این زمینه

۷-۱ تأثیرات تغییر دمای محیطی بر عملکرد نیروگاه ۹۴
۷-۲ بازگرمایش سیال عامل و بکارگیری دو توربین در چرخه تولید توان نیروگاه..... ۹۵
۷-۳ تولید هیدروژن به روش الکترولیز PEM ۹۵
۷-۴ پیشنهادات برای کارهای آتی در این زمینه..... ۹۵

منابع ۹۷

علائم اختصاری

دما (K)	T
آنتالپی (kJ/kg)	h
آنتروپی (kJ/kg^oC)	S
انرژی آزاد گیبس(kJ/mol)	G
نرخ انتقال حرارت (kW)	$\dot{Q}$
نرخ کار ورودی-خروجی (kW)	$\dot{W}$
نرخ انتقال انرژی (kW)	$\dot{E}$
نرخ انتقال اگزرژی (kW)	$\dot{E}x$
دبی جرمی (kg/s)	$\dot{m}$
قابلیت گسترش کاردهی (kW)	IP
ثابت فارادی (C/mol)	F
جرم مولی(kg/mol)	M

علائم یونانی

تغییرات آنتالپی(kJ/mol)	ΔH
تغییرات آنتروپی(kJ/mol.K)	ΔS
تغییرات انرژی آزاد گیبس(kJ/mol)	ΔG
بازده انرژی(%)	η

بازده اگزرژی(%)	ε
پتانسیل الکتریکی(V)	η

زیرنویس ها

شمارنده	i
الکتریسیته	e
شرایط محیطی	o
ورودی	in
خروجی	out
تخریبی	D
برگشت پذیر	rev
آند	an
کاتد	cat

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲-۱: دسته بندی منابع زمین گرمایی بر حسب دمای قابل استحصال[۱۸] ۴

جدول ۲-۲: چرخه های ترموشیمیایی دما پایین پر کاربرد در تولید هیدروژن[۲۸-۳۲] ۵

جدول۳-۱: مقایسه خواص سوخت های متداول با سوخت هیدروژنی[۴۲] ۱۵

جدول۴-۱:پتانسیل سنجی انرژی زمین گرمایی (کیلو ژول)[۵۵] ۲۸

جدول ۴-۲: انواع ساختار ترمودینامیکی نیروگاه های زمین گرمایی[۵۹] ۴۳

جدول ۴-۳: مقایسه عملکرد انواع چرخه های ترمودینامیکی پر کاربرد در نیروگاه های زمین گرمایی[۶۰] ۴۴

جدول۴-۴: مشخصات پمپ های حرارتی نصب شده در ایران[۶۱] ۴۴

جدول ۴-۵: میزان صرفه جویی با بهره گیری از پمپ حرارتی زمین گرمایی برای سرمایش[۶۲] ۴۵

جدول ۵-۱: خواص ترمودینامیکی نقاط چرخه ترمودینامیکی نیروگاه با شرایط محیطی معین ۵۷

جدول ۵-۲: روابط بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی نیروگاه زمین گرمایی در بخش های مختلف ۵۹

جدول ۵-۳: طبقه بندی سیالات عامل بر اساس شیب خط بخار اشـباع و نقاط بحرانی ۶۳

جدول ۵-۴: طبقه بندی ایمنی ASHRAE برای سیالات عامل گروه ۳۴[۸۶] ۶۵

جدول ۵-۵: ویژگی های ایمنی و زیست محیطی سیالات عامل مورد مطالعه[۸۶] ۶۶

جدول ۶-۱: خواص ترمودینامیکی نقاط چرخه ترمودینامیکی نیروگاه در دمای محیطی صفر درجه سلسیوس ۶۸

جدول۶-۲: خواص ترمودینامیکی نقاط مختلف چرخه ترمودینامیکی نیروگاه در دمای محیطی $5^{o}C$ ۷۰

جدول۶-۳: خواص ترمودینامیکی نقاط مختلف چرخه ترمودینامیکی نیروگاه در دمای محیطی $14^{o}C$ ۷۲

جدول ۶-۴: خواص ترمودینامیکی نقاط چرخه ترمودینامیکی نیروگاه در دمای محیطی $18^{o}C$ ۷۴

جدول ۶-۵: بهره گیری نهایی ۱,۴۹۴MW از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۷۹

جدول ۶-۶: بهره گیری نهایی ۱,۵۸۶MW از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۰

جدول ۶-۷: بهره گیری نهایی ۱,۶۵۷MW از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۲

جدول۶-۸: بهره گیری نهایی ۱,۷۲۷MW از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ .....۸۳

جدول۶-۹: بهره گیری نهایی ۲,۸۰۱MW از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ .....۸۵

جدول ۶-۱۰ : مقایسه نتایج به دست آمده از افزایش آنتالپی سیال خروجی از توربین۱ در پیش گرمکن۲ .....۸۶

جدول ۶-۱۱: مقادیر آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس در فرایند الکترولیز آب در شرایط استاندارد [۸۷] ۸۹

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱: نمودار تقسیم بندی منابع تولید هیدروژن[۱۳] ۴

شکل۲ -۲: روشهای تولید هیدروژن از منابع زمین گرمایی[۱۷] ۴

شکل۲-۳: تولید مستقیم هیدروژن از بخار[۱۹] ۵

شکل۲-۴: بخش اصلی سیستم الکترولیز PEM[۱۷] ۸

شکل۲-۵ : رابطه انرژی مورد نیاز برای برای تجزیه آب با میزان افزایش دما[۳۶] ۱۰

شکل ۳-۱: گذر زمانی عصر تأمین انرژی بر پایه منابع مختلف[۴۲] ۱۶

شکل۳-۲: تولید، ذخیره سازی وانتقال هیدروژن[۵۰] ۲۰

شکل۴-۱ : اولین نیروگاه زمین گرمایی [۵۲] ۲۶

شکل ۴-۲: نمودار مقایسه ای بهره گیری از ظرفیت الکتریکی منابع زمین گرمایی در کشورهای مختلف[۵۷] ۳۸

شکل ۴-۳: نمودار مقایسه ای قیمت تمام شده برق نیروگاههای زمین گرمایی با تکنولوژیهای مختلف،

با سایر گزینه های مطرح موجود[۵۸] ۴۱

شکل ۵-۱: طرحواره چرخه ترمودینامیکی نیروگاه زمین گرمایی[۶۷] ۵۳

شکل ۵-۲: چرخه سیال ایزوپنتان در نمودار دما – آنتروپی ۵۵

شکل ۵-۳: نمودار مقایسه ای بازده انرژی، اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع، در بخش های مختلف نیروگاه ۵۸

شکل ۵-۴: نمودار دما – آنتروپی ایزوپنتان به عنوان یک سیال خشک ۶۲

شکل ۵-۵: نمودار دما – آنتروپی آب به عنوان یک سیال تر ۶۲

شکل ۵-۶: نمودار دما – آنتروپی R۱۱۳ به عنوان یک سیال آیزنتروپیک ۶۲

شکل ۵-۷: تأثیر افزایش فوق گرم کردن سیال ایزوپنتان در فشار ثابت ۶۴

شکل ۶-۱: نمودار مقایسه ای بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع به تفکیک کاربردهای مختلف نیروگاه

در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار اتمسفر ۶۹

شکل ۶-۲: نمودار مقایسه ای بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع، به تفکیک کاربردهای مختلف نیروگاه
در دمای ^{o}C ۵ و فشار اتمسفر ۷۱

شکل ۶-۳: نمودار مقایسه ای بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع، به تفکیک کاربردهای مختلف نیروگاه
در دمای ^{o}C ۱۴ و فشار اتمسفر ۷۳

شکل ۶-۴: نمودار مقایسه ای بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع، به تفکیک کاربردهای مختلف نیروگاه
در دمای ^{o}C ۱۸ و فشار اتمسفر ۷۵

شکل ۶-۵: تغییرات بازده انرژی نیروگاه در کاربردهای مختلف، نسبت به تغییرات دما ۷۵

شکل ۶-۶: تغییرات بازده اگزرژی نیروگاه در کاربردهای مختلف، نسبت به تغییرات دما ۷۶

شکل ۶-۷: طرحواره شماتیکی چرخه ترمودینامیکی نیروگاه با اضافه کردن توربین جدید ۷۷

شکل ۶-۸: بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع، به تفکیک کاربردهای مختلف
با بهره گیری نهایی MW ۱,۴۹۴از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۷۸

شکل ۶-۹: بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی نیروگاه به تفکیک کاربردهای مختلف
با بهره گیری نهایی MW ۱,۵۸۶ از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۱

شکل ۶-۱۰: بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی نیروگاه به تفکیک کاربردهای مختلف
با بهره گیری نهایی MW ۱,۶۵۷ از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۱

شکل ۶-۱۱ : بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع به تفکیک کاربردهای مختلف
با بهره گیری نهایی MW ۱,۷۲۷ از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۴

شکل ۶-۱۲: : بازده انرژی و اگزرژی و قابلیت گسترش کاردهی منابع به تفکیک کاربردهای مختلف
با بهره گیری نهایی MW ۲,۸۰۱ از اتلافات حرارتی پیش گرمکن۲ ..... ۸۴

شکل ۶-۱۳: نمودار مقایسه ای بیشینه کار قابل استحصال از توربین۲، با میزان حرارت اخذ شده اولیه از پیش گرمکن۲ ..... ۸۶

شکل ۶-۱۴: نمودار مقایسه ای بیشینه کار قابل استحصال از توربین۲، با میزان حرارت اخذ شده نهایی از پیش گرمکن۲ ..... ۸۴

شکل ۶-۱۵: تغییرات بازده انرژی نیروگاه به تفکیک کاربردهای مختلف، نسبت به میزان افزایش آنتالپی سیال خروجی از توربین۱
در پیش گرمکن۲ ..... ۸۸

شکل ۶-۱۶: تغییرات بازده اگزرژی نیروگاه به تفکیک کاربردهای مختلف، نسبت به میزان افزایش آنتالپی سیال خروجی از توربین۱ در پیش گرمکن۲ ..... ۸۸

شکل ۶-۱۷: تغییرات مقدار آنتالپی، انرژی آزاد گیبس و انرژی حرارتی مورد نیاز در فرایند الکترولیز، با میزان تغییر دمای آب ۹۰

شکل ۶-۱۸: پتانسیل الکتریکی مورد نیاز در فرایند الکترولیز آب و چگونگی تغییرات آنباتغییرات دمای آب[۸۸]..... ۹۱

فصل اول

مقدمه و ساختار پایان نامه

منابع گوناگون انرژی است که حیات و زندگی را برای ما و دیگر موجودات زنده این سیاره به ارمغان می‌آورد؛ اما از آنجایی که منابع انرژی زیرزمینی با سرعت فوق العاده ای مصرف می شوند و درآینده ای نه چندان دور چیزی از آنها باقی نخواهد ماند[۱]؛ بنابراین نسل فعلی وظیفه دارد به آن دسته از منابع انرژی که دارای عمر و توان زیادی می باشند؛ روی آورده و دانش خود را برای بهره برداری از آنها گسترش دهد.

با وجود پیشرفت فناوری های نوین که استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر را مقدور می سازند؛ هنوز سوخت های فسیلی جزء آن دسته از منابع انرژی هستند که بیشترین نیاز صنعت را فراهم می کنند. سهم انرژی های نو در تأمین انرژی مورد نیاز جهان در حال حاضر بسیار اندک است. علت عدم استقبال از منابع انرژی های تجدیدپذیر با تمامی مزایا و محاسن مشهود آن ها، به وفور و ارزانی سوخت های فسیلی باز می‌گردد. اما منابع سوخت های فسیلی محدود اند و از طرفی در هنگام استفاده، آلودگی زیست محیطی به دنبال دارند[۲].

بهینه سازی مصرف انرژی های فسیلی و نیز استفاده از انرژی های نو یا تجدید پذیر، راه حل های پیشنهادی برای اصلاح محیط زیست و خارج شدن از بحران انرژی است[۳]. استفاده از انرژی های خدادادی موجود درطبیعت، همیشه مورد نظرانسان بوده است؛ از این رو منابع عظیم انرژی‌های تجدید پذیر اعم از انرژی خورشیدی، بادی و انرژی زمین گرمایی که منابع پاکی از انرژی محسوب می شوند، می توانند جایگزین مناسبی برای سوختهای فسیلی بوده[۴] و در نهایت گسترش بهره مندی از این منابع منجر به بهبود وضعیت زیست محیطی می‌گردد.

محققین این حیطه بر این باورند که بهره برداری از سیستم های انرژی هیدروژنی می‌تواند راه حل مناسبی در بحث جایگزینی سوخت های فسیلی و رفع معضلات زیان بار استفاده از آن‌ها باشد[۵]. هیدروژن به دلیل پاسخ گویی به تمامی نیازها و داشتن خصوصیات یک حامل انرژی مناسب و پاک، در درازمدت می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوختهای فسیلی باشد[۶]. با این حال هیدروژن به تنهایی در طبیعت یافت نمی‌شود و قابلیت تولید مستقیم را ندارد و همچنین انرژی زیادی برای جداسازی آن مورد نیاز است. با توجه به این که هم اکنون عمده انرژی لازم برای تولید هیدروژن از سوختهای فسیلی تامین می گردد[۷-۹]، تولید هیدروژن از منابع غیر پایه فسیلی و بهره گیری از توان بالقوه منابع انرژی های تجدید پذیر، امری ضروری به نظر میرسد.

در این مطالعه به سهم منابع زمین گرمایی در تولید این ماده ارزشمند و پرکاربرد در آینده پرداخته شده و ظرفیت های این حوزه از انرژی های تجدید پذیر، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۱-۱ ساختار پایان نامه

در این پایان نامه پس از انجام مروری بر پیشینه پژوهش با تأکید بر بررسی ساز و کارهای تولید هیدروژن به روش الکترولیز در فصل آتی، بر اهمیت انرژی هیدروژنی، ویژگی های این سوخت ارزشمند و نیز مراحل تولید، ذخیره سازی و انتقال آن پرداخته شده است. در فصل چهارم انرژی منابع زمین گرمایی، ساختار این منابع و کاربردهای نیروگاهی و غیر نیروگاهی آن ها مورد بحث واقع شده اند. در فصل پنجم چرخه ترمودینامیکی یک نیروگاه زمین گرمایی چند منظوره تولید توان همراه با کارکردهای گرمایشی، مورد بررسی و ارزیابی ترمودینامیکی قرار گرفته است. در فصل ششم ضمن حساسیت سنجی عملکرد این نیروگاه نسبت به تغییرات دمای محیطی، به منظور بهبود عملکرد و بالا بردن توان الکتریکی تولیدی از نیروگاه، به ارزیابی ترمودینامیکی نصب توربینی دیگر جهت بهره گیری از اتلافات حرارتی قابل توجه در یکی از پیش گرمکن ها با بررسی تغییرات بازده انرژی و اگزرژی چرخه ترمودینامیکی نیروگاه، پرداخته شده است. بدیهی است بالا بردن انرژی الکتریکی تولیدی، منجر به تولید هیدروژن بیشتری خواهد شد. آخرین فصل از این کار به بررسی نتایج به دست آمده و ارائه موضوعات پیشنهادی برای کارهای آتی در این زمینه، اختصاص یافته است.

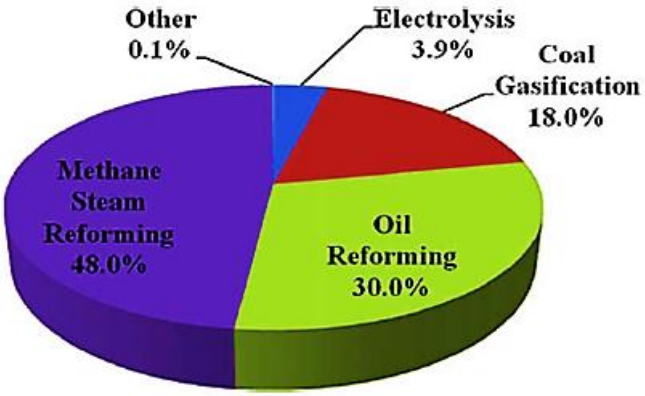
فصل دوم

مروری بر پیشینه پژوهش

محققین بر این باورند که بهره برداری از سیستم‌های انرژی هیدروژنی می‌تواند راه حل مناسبی در بحث جایگزینی سوخت‌های فسیلی و رفع معضلات زیان بار استفاده از آن‌ها باشد[۵]. به نظر می‌رسد استفاده از انرژی منابع زمین گرمایی به علت هزینه نسبتا پایین و امکان دسترسی راحت از مناسب ترین گزینه های تولید هیدروژن به شمار می آید[۱۰-۱۲]. در این فصل به پژوهش های انجام یافته در این زمینه پرداخته شده است.

۲-۱ تولید هیدروژن از منابع زمین گرمایی

در حالیکه بیش از ۸۰٪ انرژی مصرفی جهان از سوختهای فسیلی تامین می شود؛ انتظار می رود تأثیرات مخرب گاز دی اکسیدکربن وسایر گازهای خطرناک بر محیط پیرامون روز به روز بیشتر شود[۱]. از این رو منابع عظیم انرژیهای تجدید پذیر اعم از انرژی خورشیدی، بادی و انرژی زمین گرمایی که منابع پاکی از انرژی محسوب میشوند، می توانند جایگزینی مناسب برای سوختهای فسیلی بوده[۴] و در نهایت گسترش بهره مندی از این منابع منجر به بهبود وضعیت زیست محیطی می‌گردد. هیدروژن بدلیل دارا بودن تمامی نیازها و خصوصیات یک حامل انرژی مناسب و پاک در درازمدت میتواند جایگزین مناسبی برای سوختهای فسیلی باشد[۵-۶]. با این حال هیدروژن به تنهایی در طبیعت یافت نمی‌شود و قابلیت تولید مستقیم را نیز ندارد و همچنین انرژی زیادی برای جداسازی آن مورد نیاز است. شکل ۲-۱ تقسیم‌بندی شیوه‌های معمول تولید هیدروژن را بیان می‌دارد.



شکل۲ -۱: نمودار تقسیم بندی منابع تولید هیدروژن[۱۳]

اما با این وجود، هیدروژن را میتوان از منابع غیر پایه فسیلی مانند بهره گیری از انرژیهای خورشیدی، بادی، زیست توده ها و انرژی زمین گرمایی تولید کرد[۱۴-۱۶]. در این بین، نیروگاه های زمین گرمایی معمولاً برای تولید انرژی الکتریکی به کار می‌روند و استفاده مستقیم از انرژی حرارتی آنها بستگی به بالا بودن دمای این منابع دارد[۱۷]. دسته بندی منابع زمین گرمایی بر مبنای دمای قابل استحصال، در جدول ۲-۱ مشاهده میشود. بیشینه دمای قابل دسترسی این منابع در حدود $۳۵۰^{o}C$ میباشد.

جدول ۲-۱: دسته بندی منابع زمین گرمایی بر حسب دمای قابل استحصال[۱۸]

دسته بندی منابع	محدوده دمایی	کاربرد
دما پایین	$<۹۰^{\circ}C$	گرمایش _سرمایش
دما متوسط	$>۹۰^{o}C$ $<۱۵۰^{o}C$	گرمایش_سرمایش _ تولید توان
دما بالا	$>۱۵۰^{o}C$	گرمایش_سرمایش_تولیدتوان تولید هیدروژن

منابع زمین گرمایی دما پایین و دما متوسط در بیشتر مناطق دنیا یافت می شوند و انرژی حاصل از این منابع را میتوان به طور مستقیم برای گرمایش ساختمانی، گلخانه و همچنین تامین گرمای فرایندهای صنعتی استفاده نمود. منابع زمین گرمایی دما بالا عموما در مناطق آتشفشانی یافت میشوند و