دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد (مهندسی مکانیک تبدیل انرژی- مدیریت انرژی الکتریکی)

امکان سنجی فنی و اقتصادی احداث نیروگاه دودکش خورشیدی مناسب مناطق کویری ایران

تحقیق و تدوین :
وحید شهرتی

استاد راهنما:
دکتر محمد عامری
دکتراحمد حاتمی

شهریور ۱۳۹۰

دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک تبدیل انرژی- مدیریت انرژی الکتریکی

آقای وحید شهرتی

تحت عنوان:

امکان سنجی فنی و اقتصادی احداث نیروگاه دودکش خورشیدی مناسب مناطق کویری ایران

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تطویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه ....

۲- استاد راهنمای پایان‌نامه ....

۳- استاد داور ....

۴- استاد داور ....

معاونت تحصیلات تکمیلی دانشکده ....

از جناب دکتر احمد حاتمی که بنده را در مراحل مختلف انجام این پروژه راهنمایی و یاری فرمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر:

اینجانب وحید شهرتی تائید می کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه، حاصل کار پژوهشی اینجانب می باشد و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است.

این پایان‌نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح، پایین‌تر و بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) می باشد.

نام و نام خانوادگی

وحید شهرتی

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم ...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۳
۱-۲- اهداف و ضرورت پروژه ۴
۱-۳- روش تحقیق ۵
۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۵

فصل دوم – آشنایی با نیروگاه دودکش خورشیدی و تاریخچه

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲-۱- انرژی: در دسترس بودن و میزان مصرف ۷
۲-۱-۱. گرم شدن کره‌ی زمین ۸
۲-۱-۲. پروتکل کیوتو ۸
۲-۲- انرژی های تجدیدپذیر ۹
۲-۲-۱. باد (Wind) ۱۰
۲-۲-۲. خورشید (Solar) ۱۱
۲-۳- نیروگاه دودکش خورشیدی ۱۵
۲-۴- مزایا و معایب نیروگاه دودکش خورشیدی ۱۵
۲-۴-۱. مزایا ۱۸
۲-۴-۲. معایب ۱۹
۲-۵- مروری بر منابع ۲۰

فصل سوم - معادلات حاکم بر نیروگاه دودکش خورشیدی

۳-۱- پیکربندی نیروگاه مرجع ۲۵
۳-۲- معادلات بقاء حاکم ۲۶
۳-۲-۱. معادلات کلکتور ۲۶
۳-۲-۲. معادلات دودکش ۲۷

۳-۳- معادلات انتقال حرارت همرفتی ۲۸
۳-۳-۱. همرفت به محیط ۲۸
۳-۳-۱-۱. $T_r > T_a$ ۲۸
۳-۳-۱-۲. $T_r < T_a$ ۲۹
۳-۳-۲- همرفت از سقف به هوای کلکتور ۳۰
۳-۳-۲-۱. $T_r > T$ ۳۰
۳-۳-۲-۱. $T_r < T$ ۳۱
۳-۳-۳- همرفت از زمین به هوای کلکتور ۳۲
۳-۳-۳-۱. $T_g > T$ ۳۲
۳-۳-۳-۲. $T_g < T$ ۳۳
۳-۴- معادلات اندازه حرکت ۳۳
۳-۴-۱. تنش برشی سقف کلکتور ۳۳
۳-۴-۱-۱. $T_r > T$ ۳۵
۳-۴-۱-۲. $T_r < T$ ۳۵
۳-۴-۲- تنش برشی سطح زمین ۳۵
۳-۴-۲-۱. $T_g > T$ ۳۶
۳-۴-۲-۲. $T_g < T$ ۳۶
۳-۵- اطلاعات هواشناسی سایت مرجع ۳۷
۳-۵-۱- تابش خورشید ۳۷
۳-۵-۲- دمای هوای محیط ۳۸
۳-۵-۳- وزش باد محیط ۳۹
۳-۵-۴- رطوبت محیط ۴۰
۳-۵-۵- تفسیر داده های ورودی ۴۱
۳-۶- مدلسازی باد محیط ۴۲
۳-۶-۱- اتلافات خروجی دودکش ۴۲
۳-۶-۱-۱. شرایط بدون باد ۴۲
۳-۳-۱-۲. شرایط وزش باد ۴۳

فصل جهارم - محاسبه بازده نیروگاه دودکش خورشیدی برای مناطق کویری ایران

۴-۱- مقدمه ۴۶
۴-۲- روش اول ۴۷
۴-۲-۱. محاسبه بازده نیروگاه دودکش خورشیدی ۴۷
۴-۲-۱-۱. بازده کلکتور ۴۸
۴-۲-۱-۲. بازده دودکش ۴۸
۴-۲-۱-۳. بازده توربین ها ۵۰
۴-۲-۲- محاسبه قدرت تولیدی نیروگاه دودکش خورشیدی ۵۱
۴-۳- روش دوم ۵۳
۴-۳-۱- محاسبه بازده نیروگاه با کد نویسی در نرم افزار EES ۵۳
۴-۳-۱-۱. دما و فشار اتمسفریک ۵۴
۳-۳-۱-۱. کلکتور ۵۴
۳-۳-۱-۲. توربین ۵۵
۳-۳-۱-۳. دودکش ۵۵
۴-۴- بحث و نتیجه گیری ۵۷
۴-۵- نتایج ۵۷
۴-۶- مدلسازی عددی نیروگاه برج خورشیدی ۵۸
۴-۶-۱- نتایج برخی سناریوها ۶۰

فصل پنجم - برآورد اقتصادی ساخت نیروگاه دودکش خورشیدی در ایران

۵-۱- مقدمه ۶۶
۵-۲- مدل هزینه دودکش ۶۶
۵-۳- مدل هزینه کلکتور ۶۹
۵-۴- واحد تبدیل قدرت (Power Conversion Unit) ۷۱
۵-۵- محاسبه هزینه الکتریسیته ۷۴
۵-۵-۱. قیمت برق تولیدی (LEC) ۷۴
۵-۵-۲. تاثیر مالیات کربن ۷۵
۵-۶- محاسبه دوره بازگشت سرمایه ۷۸

فصل ششم - نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۷- مقدمه ۸۲
۵-۸- جمع بندی و نتایج ۸۲
۵-۹- ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۸۳

مراجع ۸۴

فهرست جداول

جدول ۳-۱ : مشخصات نیروگاه دودکش خورشیدی مرجع ۲۵

جدول ۳-۲ : تابش خورشید بر سطح افقی ۳۸

جدول ۳-۳ : دمای هوای محیط ($^{\circ}C$) ۳۹

جدول ۳-۴ : سرعت وزش باد محیط (m/s) ، در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین ۴۰

جدول ۳-۵ : رطوبت نسبی محیط (٪) ۴۱

جدول ۴-۱ : داده های هواشناسی استان یزد ۵۱

جدول ۴-۲ : میزان قدرت خروجی نیروگاه دوکش خورشیدی در سایزهای مختلف ۵۱

جدول ۴-۳ : داده های ورودی های برنامه EES ۵۶

جدول ۴-۴ : مقایسه میزان قدرت خروجی نیروگاه دودکش خورشیدی از دو روش ۵۶

چدول ۴-۵ : سناریوهای مختلف بکار گرفته شده در مدلسازی عددی ۵۸

جدول ۵-۱ : هزینه اجرای مختلف واحد تبدیل قدرت ۷۲

جدول ۵-۲ : هزینه ها و مشخصات نیروگاه دودکش خورشیدی محاسبه شده در این فصل در مقایسه با سایر محاسبات در مقالات دیگر ۷۳

جدول ۵-۳ : هزینه اولیه سرمایه گذاری و قیمت تمام شده برق برای مقیاس های مختلف نیروگاه دودکش خورشیدی... ۷۷

جدول ۵-۴ : مقایسه قیمت تمام شده برق تولیدی از منابع مختلف تولید انرژی ۷۸

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی ۳

شکل ۱-۲ : نیروگاه دودکش خورشیدی آزمایشی ساخته شده در مانزارس اسپانیا ۴

شکل ۲-۱ : رشد مصرف انرژی جهان(U.S. Energy Information Administration, 2001) ۷

شکل ۲-۲ : توربین های بادی محور افقی Offshore ۱۰

شکل ۲-۳ : توربین های بادی محور عمودی مدل Darrieus ۱۱

شکل ۲-۴ : نمونه ای از یک نیروگاه متمرکز کننده خورشیدی ۱۳

شکل ۲-۵ : پنل های فتوولتائیک خورشیدی ۱۳

شکل ۲-۶ : نمایی از یک کلکتور خورشیدی سهموی ۱۴

شکل۲-۷ : نمایی از یک مدل ترکیبی از نوع متمرکز کننده و بشقابی ۱۴

شکل ۲-۸ : نمایی از یک حوزچه خورشیدی ۱۵

شکل ۲-۹ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی ۱۶

شکل ۲-۱۰ : نیروگاه دودکش خورشیدی آزمایشی ساخته شده در مانزارس اسپانیا ۱۷

شکل۲-۱۱ : شکل کامپیوتری از یک نیروگاه دودکش خورشیدی با مقیاس بزرگ ۱۷

شکل۲-۱۲ : تابش سالیانه خورشید در جهان ۱۸

شکل ۳-۱ : نمایی شماتیک از نیروگاه دودکش خورشیدی ۲۶

شکل ۴-۱ : میزان تابش سالیانه خورشیدی کره زمین ۴۶

شکل ۴-۲ : متوسط تابش خورشیدی در مناطق مختلف ایران ۴۷

شکل ۴-۳ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات قطر کلکتور (ارتفاع دودکش ثابت :H=1000 m) ۵۲

شکل ۴-۴ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات همزمان قطر کلکتور و ارتفاع دودکش ۵۲

شکل ۴-۵ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات ارتفاع دودکش (قطر کلکتور ثابت)..... ۵۳

شکل ۴-۶ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی.....۵۳

شکل ۴-۷ : مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۵۹

شکل ۴-۸ : برج با قطر ۱۵ متر ، ارتفاع ۳۰۰ متر ، قطر کلکتور ۳۰۰ متر، ارتفاع ۲ متر، اختلاف دما ۳۰ درجه ، بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۵۹

شکل ۴-۹ : مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۶۰

شکل ۴-۱۰ : مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۶۱

شکل ۴-۱۱ : مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، اختلاف دما ۳۰درجه و فشار ۱۰۰۰۰ پاسکال.....۶۱

شکل ۴-۱۲ : برج با قطر ۱۵ متر و ارتفاع ۳۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر –اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۶۲

شکل۴ -۱۳ : برج با قطر ۱۵ متر و ارتفاع ۳۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر –اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۶۲

شکل ۴-۱۴ : برج با قطر ۳۰ متر و ارتفاع ۶۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر –اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۶۳

شکل ۴-۱۵ : برج با قطر ۳۰ متر و ارتفاع ۶۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر –اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۶۳

شکل ۵-۱ : نمایی از ضخامت دیواره و قطر داخلی یک دودکش به ارتفاع m ۱۰۰۰.....۶۷

شکل ۵-۲ : نمایی ساده از ساختار یک کلکتور نیروگاه دودکش خورشیدی.....۷۰

شکل ۵-۳ : کلکتور خورشیدی ساخته شده در نیروگاه دودکش خورشیدی مانزانرس اسپانیا.....۷۱

فهرست جداول

جدول ۳-۲ : تابش خورشید بر سطح افقی ۳۵

جدول ۳-۳ : دمای هوای محیط ($^{\circ}C$)..... ۳۶

جدول ۳-۴ : سرعت وزش باد محیط (m/s) ، در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین..... ۳۷

جدول ۳-۵ : رطوبت نسبی محیط (٪)..... ۳۸

جدول ۴-۱ : داده های هواشناسی استان یزد..... ۴۸

جدول ۴-۲ : میزان قدرت خروجی نیروگاه دوکش خورشیدی در سایزهای مختلف..... ۴۸

جدول ۴-۳ : داده های ورودی های برنامه EES..... ۵۳

جدول ۴-۴ : مقایسه میزان قدرت خروجی نیروگاه دودکش خورشیدی از دو روش..... ۵۳

چدول ۴-۵ : سناریوهای مختلف بکار گرفته شده در مدلسازی عددی..... ۵۵

جدول ۵-۱ : هزینه اجرای مختلف واحد تبدیل قدرت..... ۶۸

جدول ۵-۲ : هزینه ها و مشخصات نیروگاه دودکش خورشیدی محاسبه شده در این فصل در مقایسه با سایر محاسبات در مقالات دیگر..... ۶۹

جدول ۵-۳ : هزینه اولیه سرمایه گذاری و قیمت تمام شده برق برای مقیاس های مختلف نیروگاه دودکش خورشیدی... ۷۳

جدول ۵-۴ : مقایسه قیمت تمام شده برق تولیدی از منابع مختلف تولید انرژی..... ۷۴

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی ۳

شکل ۱-۲ : نیروگاه دودکش خورشیدی آزمایشی ساخته شده در مانزارس اسپانیا ۴

شکل ۲-۱ : رشد مصرف انرژی جهان(U.S. Energy Information Administration, 2001) ۷

شکل ۲-۲ : توربین های بادی محور افقی Offshore ۱۰

شکل ۲-۳ : توربین های بادی محور عمودی مدل Darrieus ۱۰

شکل ۲-۴ : نمونه ای از یک نیروگاه متمرکز کننده خورشیدی ۱۲

شکل ۲-۵ : پنل های فتوولتائیک خورشیدی ۱۲

شکل ۲-۶ : نمایی از یک کلکتور خورشیدی سهموی ۱۳

شکل۲-۷ : نمایی از یک مدل ترکیبی از نوع متمرکز کننده و بشقابی ۱۳

شکل ۲-۸ : نمایی از یک حوزچه خورشیدی ۱۴

شکل ۲-۹ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی ۱۵

شکل ۲-۱۰ : نیروگاه دودکش خورشیدی آزمایشی ساخته شده در مانزارس اسپانیا ۱۵

شکل۲-۱۱ : شکل کامپیوتری از یک نیروگاه دودکش خورشیدی با مقیاس بزرگ ۱۶

شکل۲-۱۲ : تابش سالیانه خورشید در جهان ۱۶

شکل ۳-۱ : نمایی شماتیک از نیروگاه دودکش خورشیدی ۲۴

شکل ۴-۱ : میزان تابش سالیانه خورشیدی کره زمین ۴۳

شکل ۴-۲ : متوسط تابش خورشیدی در مناطق مختلف ایران ۴۴

شکل ۴-۳ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات قطر کلکتور (ارتفاع دودکش ثابت :H=1000 m) ۴۹

شکل ۴-۴ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات همزمان قطر کلکتور و ارتفاع دودکش ۴۹

شکل ۴-۵ : تغییرات قدرت خروجی در مقابل تغییرات ارتفاع دودکش (قطر کلکتور ثابت) ۵۰

شکل ۴-۶ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی.....۵۰

شکل ۴-۷: مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۵۵

شکل ۴-۸: برج با قطر ۱۵ متر ، ارتفاع ۳۰۰ متر ، قطر کلکتور ۳۰۰ متر، ارتفاع ۲ متر، اختلاف دما ۳۰ درجه ، بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۵۶

شکل ۴-۹: مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۵۷

شکل ۴-۱۰: مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، دما و فشار صفر.....۵۷

شکل ۴-۱۱: مدل همگرا واگرا ، ارتفاع ۵۰ متر، قطر ورود ۲۰ متر، قطر خروج ۱۰ متر، قطر گلویی ۴ متر و ارتفاع گلویی از زمین ۱۵ متر– گاز ایده آل، اختلاف دما ۳۰درجه و فشار ۱۰۰۰۰ پاسکال.....۵۸

شکل ۴-۱۲: برج با قطر ۱۵ متر و ارتفاع ۳۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر – اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۵۸

شکل۴ -۱۳: برج با قطر ۱۵ متر و ارتفاع ۳۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر – اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۵۹

شکل ۴-۱۴: برج با قطر ۳۰ متر و ارتفاع ۶۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر – اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۵۹

شکل ۴-۱۵: برج با قطر ۳۰ متر و ارتفاع ۶۰۰ متر و قطر کلکتور ۳۰۰ متر و ارتفاع ۲ متر – اختلاف دما ۳۰ درجه و بدون اختلاف فشار و با ۱۶۰۰۰ بار تکرار محاسبات.....۶۰

شکل ۵-۱ : نمایی از ضخامت دیواره و قطر داخلی یک دودکش به ارتفاع m ۱۰۰۰.....۶۳

شکل ۵-۲ : نمایی ساده از ساختار یک کلکتور نیروگاه دودکش خورشیدی.....۶۶

شکل ۵-۳ : کلکتور خورشیدی ساخته شده در نیروگاه دودکش خورشیدی مانزانرس اسپانیا.....۶۷

شکل ۵-۴ : نمودار دایره ای هزینه های واحد تبدیل قدرت (PCU).....۶۸

چکیده

کمبود منابع انرژی و آلودگی محیط زیست از مشکلات اساسی جامعه امروزی می باشد. از این رو توجه به منابع تجدید پذیر از اولویتهای اساسی محققین می باشد. اساسا اگر قرار باشد کاربرد وسیع انرژی های تجدید پذیر مورد نظر قرار گیرد، لازم است تکنولوژی های ارائه شده بصورت ساده و قابل اعتماد باشند و همچنین برای کشورهای کمتر توسعه یافته مشکلات فنی و عملیاتی به همراه نداشته باشند. با توجه به اینکه ایران در نیم‌کره شمالی زمین و دارای متوسط تابش خورشیدی مناسب می باشد و با وجود مناطق مرکزی ایران که خشک و بی آب می باشد، باید به تحقیق و گسترش نوعی از نیروگاه‌های تجدیدپذیر بپردازیم که اولویتهای مذکور در آن رعایت شده باشند. نیروگاه دودکش خورشیدی ضمن تحقق موارد مذکور از تکنولوژی خاص و پیچیده ای برخوردار نبوده و قابلیت ساخت در داخل کشور را دارا می باشد. در سال های اخیر مطالعات زیادی در خصوص دودکش‌های خورشیدی حاوی توربین جهت تولید توان به انجام رسیده است و همچنان این مطالعات در حال انجام است.

در این پایان‌نامه نیروگاه دودکش خورشیدی به عنوان یک منبع مناسب تولید انرژی پاک از خورشید معرفی گردیده است. با توجه به اطلس تابشی ایران، استان یزد به عنوان مکان مورد نظر برای انجام محاسبات و بدست آوردن و میزان برق تولیدی این نوع نیروگاه انتخاب گردید. با توجه به داده‌های هواشناسی و تابش خورشیدی استان یزد، میزان سالیانه برق تولیدی این نوع نیروگاه از دو روش (روش اول: محاسبات رایج در مقالات، روش دوم: محاسبه بازده با کد نویسی در نرم‌افزار EES[1]) محاسبه و نتایج ارائه گردیدند.به منظور نشان دادن تغییرات پارامترهای جریان سیال مانند سرعت و فشار در گذر از کلکتور و دودکش شبیه‌سازی CFD[2] انجام و خروجی‌ها ارائه شدند. با توجه به پارامترها و ابعاد طراحی نیروگاه دودکش خورشیدی به آنالیز اقتصادی این نوع نیروگاه بر اساس قیمت ساخت در داخل کشور پرداختیم. قیمت برق تولیدی این این نیروگاه محاسبه و با قیمت تولید برق از سایر روش مقایسه شد.

با توجه به نتایج بدست آمده، ارتفاع دودکش، مساحت سطح کلکتور و تابش خورشید نقش اصلی را در افزایش مقدار قدرت خروجی دارا می باشند. یک نیروگاه دودکش خورشیدی با ارتفاعی بین ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ متر و قطر کلکتوری بین ۲۰۰۰ تا ۷۰۰۰ متر می تواند قدرتی بین ۵ تا ۲۱۴ مگاوات برق تولید نماید. با افزایش سایز نیروگاه میزان قدرت تولید شده افزایش یافته و در مقابل میزان قیمت تمام شده برق (LEC[3]) کاهش خواهد یافت. این بدین معنی است که برای اقتصادی بودن کاربرد این نوع نیروگاه باید سایز بزرگ آن ساخته گردد.

کلمات کلیدی: نیروگاه دودکش خورشیدی، تابش خورشید، انرژی‌های تجدیدپذیر، برق تولیدی، بازده نیروگاه

[1] Engineering Equation Solver
[2] Computational fluid dynamics
[3] levelised electricity cost

فصل اول

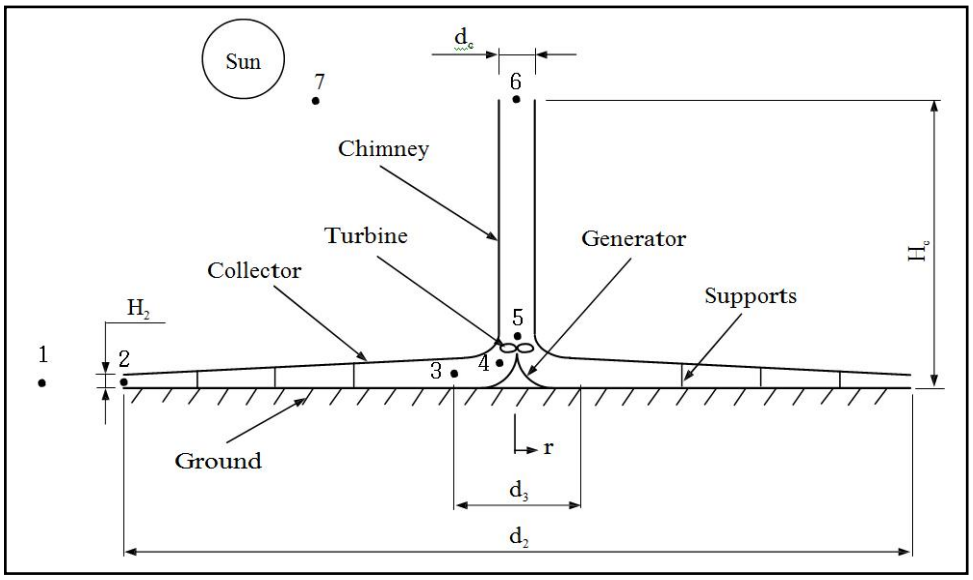
کلیات

فصل اول – کلیات

۱-۱- مقدمه

نیروگاه دودکش خورشیدی شامل یک کلکتور دایروی شفاف با ارتفاع مشخص از سطح زمین و یک دودکش در مرکز کلکتور می باشد. همانطور که در شکل (۱-۱) می بینید، یک یا چند توربین در زیر یا نزدیکی کلکتور قرار دارند که به یک ژنراتور برق متصل هستند. نور تابشی خورشید به درون کلکتور نفوذ کرده و به خاک سطح زمین برخورد می کند. در نتیجه زمین گرم شده و هوای اطراف خود را گرم می کند و هوای گرم شده به سمت بالا حرکت می کند و با برخورد به کلکتور به تله افتاده و به سمت دودکش مرکزی حرکت می کند. هوای گرم به درون دودکش مکیده می شود.هوای جریان یافته باعث چرخش توربین و تولید برق می گردد.

یک نمونه آزمایشی از این نوع نیروگاه خورشیدی شکل (۱-۲) در سال ۱۹۸۲ در مانزارس اسپانیا با سرمایه گذاری مشترک بین شرکت آلمانی schlaich Bergermann و دولت اسپانیا ساخته شد. این طرح دارای کلکتور به قطر ۲۲۴ متر، دودکشی به ارتفاع ۱۹۴/۶ متر و قطر ۱۰ متر می باشد، که به منظور تولید ۵۰ کیلووات برق ساخته شد. اگرچه به ماکزیمم توان طراحی خود نرسید، اما طرح به مدت ۷ سال با موفقیت کار کرد و این ثابت کرد که راهکار تکنیکی این روش درست است.



شکل ۱-۱ : طرح شماتیکی از یک نیروگاه دودکش خورشیدی

شکل ۱-۲ : نیروگاه دودکش خورشیدی آزمایشی ساخته شده در مانزارس اسپانیا

از زمان و معرفی این نمونه آزمایشی، مطالعات گوناگونی برای ساخت نیروگاه با سایز بزرگتر انجام شد. بر اساس این مطالعات چنین طرحی باید دارای قطر کلکتوری در محدوده ی ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ متر ،ارتفاع دودکش بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر و قطر دودکشی حدود ۱۶۰ متر باشد. بسته به اندازه نیروگاه، تولید برقی بین ۸۵ تا ۲۷۵ مگاوات خواهد داشت.

۱-۲- اهداف و ضرورت پروژه

کمبود منابع انرژی و آلودگی محیط زیست از مشکلات اساسی جامعه امروزی می باشد. از این رو توجه به منابع تجدید پذیر از اولویتهای اساسی محققین می باشد. اساسا اگر قرار باشد کاربرد وسیع انرژی های تجدید پذیر مورد نظر قرار گیرد، لازم است تکنولوژی های ارائه شده بصورت ساده و قابل اعتماد باشند و همچنین برای کشورهای کمتر توسعه یافته مشکلات فنی و عملیاتی به همراه نداشته باشند. با توجه به اینکه ایران در نیم‌کره شمالی زمین و دارای متوسط تابش خورشیدی مناسب می باشد و با وجود مناطق مرکزی ایران که خشک و بی آب می باشد، باید به تحقیق و گسترش نوعی از نیروگاه‌های تجدیدپذیر بپردازیم که اولویتهای مذکور در آن رعایت شده باشند. نیروگاه دودکش خورشیدی ضمن تحقق موارد مذکور از تکنولوژی خاص و پیچیده ای برخوردار نبوده و قابلیت ساخت در داخل کشور را دارا می باشد. در سال های اخیر مطالعات زیادی در خصوص دودکش‌های خورشیدی حاوی توربین جهت تولید توان به انجام رسیده است و همچنان این مطالعات در حال انجام است. هدف از انجام این پروژه، معرفی و امکان سنجی ساخت و تولید انرژی از این نوع نیروگاه در کشور می باشد.