بسم الله الرحمن الرحيم

همه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق

عنوان:

روش ترکیبی مقاوم مبتنی بر منطق فازی برای ردیابی نقطه توان ماکزیمم سیستم های فتوولتاییک

اساتید راهنما:

دکتر محمد حسن مرادی

نگارش:

محمدحسن پروانه

دی ۱۳۹۲

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات پایان نامه تحصیلی

عنوان:

روش ترکیبی مقاوم مبتنی برمنطق فازی برای ردیابی نقطه توان ماکزیمم سیستم های فتوولتاییک

نام نویسنده: محمدحسن پروانه

نام استاد راهنما: : دکتر محمد حسن مرادی

دانشکده : دانشکده مهندسی	**گروه آموزشی: مهندسی برق**	
رشته تحصیلی: مهندسی برق	**گرایش تحصیلی: قدرت**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب:	**تاریخ دفاع:**	**تعداد صفحات: 112**

چکیده:

بحران انرژی و نگرانیهای زیست محیطی مثل آلودگی و اثرات گرمای جهانی محرک هایی هستند که باعث شده اند توجه دولتها به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر جلب شود. در این میان سیستم فتوولتاییک(pv) مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. برای اینکه سیستم PV در نقطه توان ماکزیممش کار کند بایستی آن را در شرایط مختلف کنترل کرد. این نقطه توان ماکزیمم که به شرایط بار ، دمای سلول(T) وتشعشعات خورشیدی(G) بستگی دارد با استفاده از MPPT ردیابی می شود[۱]. زمان وصل محاسبه شده(D) توسط کنترلر MPPT به تولیدکننده پالس PWM داده می شود که برای تنظیم پهنای پالس تولیدی توسط PWM استفاده می شود و سپس پالس با پهنای کنترل شده به مبدل بوست داده می شود تا بتواند نقطه توان ماکزیمم را دنبال کند. به منظور کاهش هزینه های سیستم های pv ازاین رو استخراج توان ماکزیمم از یک سلول خورشیدی به یک موضوع حیاتی برای طراحی سیستم بهینه تبدیل شده است. روشهای گوناگونی برای ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) ارائه شده اند. این روشها بر اساس ویژگی های مختلف شامل انواع سنسورهای مورد نیاز، سرعت همگرایی، ارزش، رنج اثرگذاری، نیازهای سخت افزاری اجرا و معروفیت متمایزشده اند. به هرحال روشهای MPPT را می توان به طورکلی در ۳ روش آفلاین، آنلاین و ترکیبی جای داد. روشهای آفلاین که به روشهای وابسته به مدل معروف اند معمولا از دما وتشعشع برای تولید سیگنال کنترل استفاده می کنند. این روشها خود به روشهای ولتاژ مدارباز(OCV)، جریان اتصال کوتاه(SCC) و روشهای هوش مصنوعی(AI) دسته بندی می شوند. روشهای آنلاین که به روشهای بدون نیاز به مدل معرف اند معمولا از مقادیر لحظه ای ولتاژ یا جریان خروجی PV برای تولید سیگنال کنترل استفاده می کنند. روشهای آنلاین شامل روشهای P&O، ESC و IC می باشند. روشهای ترکیبی نیز ترکیبی از روشهای آفلاین و آنلاین می باشند. دراین پایان نامه از روش منطق فازی برای کنترل MPPT استفاده شده که ورودی های این کنترلر تشعشع خورشید، دمای اطراف سلول و توان خروجی بار می باشند. به بیان دیگر کنترلر فازی تابش، دما و توان خروجی بار را به عنوان ورودی گرفته و زمان وصل را برای تولید سیگنال کنترلی لازم تولید می کند. نتایج شبیه سازی نشان می دهند که کنترلر منطق فازی درمقایسه با سایر کنترل کننده ها درزیرشرایط مختلف جوی عملکرد بهتری را از خود نشان می دهد.

واژه های کلیدی: نقطه توان ماکزیمم ، منطق فازی ، روش ترکیبی مقاوم ، مدار معادل تونن

بارالها

تو را سپاس

که همواره شوق آموختن را در نهاد انسان جاری کردی تا با همتی والا

و دستانی توانا بتواند به بلندترین قله های علم و معرفت دست یابد.

باشد که این پایان نامه مسیر روشنی باشد برای رسیدن.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی.

به پاس عاطفه سرشار وجودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است.

سپاس باد او را که رسیدنی برای تمام رفتن‌هاست و بهانه‌ای برای لحظه‌های سخت.

سپاس باد یاور بی منت که جز او مأوایی برای گریز از کوره راه جهل نیست. و سپاس خدایی را که شایسته ی سپاسی ابدیست. که به نامش و به یادش و به یاریش در این مترگلکه علم به نامه ی پایان رسیده ام.

با سپاس فراوان خدمت پدر و مادر عزیز و فداکارم که پیوسته چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی ها و مشکلات بوده است و همچنین با تقدیر بی پایان از برادر و خواهر مهربانم که همواره مرا از حمایت هایشان بهره مند نموده اند.

از زحمات فراوان استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمد حسن مرادی که با رهنمون های ارزنده خویش ایجانب را در انجام این پایان نامه یاری کردند؛ تقدیر و تشکر می نمایم.

با سپاس بی دریغ خدمت دوستان عزیزم و تمام کسانی که مرا در به انجام رساندن این امر صمیمانه یاری داده اند.

فهرست مطالب

فصل ۱: **۱**

مقدمه **۱**

۱-۱- انرژی های تجدیدپذیر ۲

۱-۲- اشکال مختلف انرژی های تجدیدپذیر ۳

۱-۲-۱- انرژی خورشیدی ۳

۱-۲-۲- انرژی هیدروالکتریک (برقابی) ۳

۱-۲-۳- انرژی بادی ۴

۱-۲-۴- انرژی جزرومدی ۴

۱-۲-۵- انرژی زمین گرمایی(ژئوترمال) ۴

۱-۲-۶- انرژی بیوماس(زیست توده) ۵

۱-۲-۷- بیوگاز ۵

۱-۳- ضرورت ردیابی نقطه حداکثر توان ۶

۱-۴- نگاهی به سایر فصل ها ۶

فصل ۲: **۸**

سلول فتوولتاییک و سیستم‌های فتوولتاییک **۸**

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- تاریخچه پیدایش و پیشرفت سلول‌های خورشیدی ۹

۲-۳- سلول های خورشیدی ۱۰

۲-۳-۱- ساختار سلول خورشیدی ۱۰

۲-۳-۲- تشریح عملکرد یک سلول ۱۲

۲-۳-۳- تکنولوژی ساخت سلول های خورشیدی ۱۳

۲-۳-۳-۱- سیلیکون منو کریستالی ۱۴
۲-۳-۳-۲- سیلیکون چند کریستالی ۱۴
۲-۳-۳-۳- سیلیکون فیلم-نازک بی شکل ۱۵
۲-۳-۴- ماژول های فتوولتاییک ۱۵
۲-۴- مدلسازی پنل خورشیدی ۱۶
۲-۵- مهندسی سیستم فتوولتاییک ۱۹
۲-۵-۱- اجزا و ساختار سیستم فتوولتاییک ۱۹
۲-۵-۲- انواع سیستم های فتوولتاییک ۲۰
۲-۵-۲-۱- سیستم متصل کوچک برق DC ۲۰
۲-۵-۲-۲- سیستم مستقلAC-DC ۲۰
۲-۵-۲-۳- سیستم مستقل AC ۲۰
۲-۵-۲-۴- سیستم ترکیبی ژنراتور-پنل خورشیدی ۲۰
۲-۵-۲-۵- سیستم مشترک با شبکه برق عمومی ۲۱
۲-۵-۲-۶- سیستم متصل به شبکه ۲۱
۲-۵-۳- مزایا و معایب سیستم های فتوولتاییک ۲۱

فصل ۳: ۲۳

ردیابی نقطه حداکثر توان ۲۳

۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- تکنیک های مختلف MPPT ۲۵
۳-۲-۱- روش P&O ۲۵
۳-۲- ۲- روش رسانایی افزایشی ۲۸
۳-۲-۳- روش ولتاژ مدار باز ۳۰
۳-۲-۴- روش جریان اتصال کوتاه ۳۲
۳-۲-۵- روش کنترل منطق فازی ۳۳
۳-۲-۶- روش شیکه عصبی ۳۵
۳-۲-۷- روش کنترل وابسته به ریپل ۳۷
۳-۲-۸- سایر تکنیک های MPPT ۳۸
۳-۳- فاکتورهای مهم در انتخاب نوع تکنیک MPPT ۳۹
۳-۳-۱- پیاده سازی ۳۹

۳-۳-۲-سنسورها..... ۳۹
۳-۳-۳- ماکزیمم محلی چندگانه..... ۴۰
۳-۳-۴- هزینه ها..... ۴۰
۳-۳-۵- کاربردها..... ۴۰

فصل ۴: **۴۳**

منطق فازی **۴۳**
۴-۱- چکیده..... ۴۴
۴-۲- مقدمه..... ۴۴
۴-۳- مبانی منطق فازی..... ۴۵
۴-۴- مجموعه های فازی..... ۴۶
۴-۴-۱- ازمجموعه های کلاسیک تا مجموعه های فازی..... ۴۶
۴-۵-روابط فازی..... ۴۹
۴-۵-۱- از روابط کلاسیک تا روابط فازی..... ۴۹
۴-۵-۲- ترکیب روابط فازی..... ۵۰
۴-۶- متغیرهای زبانی و قواعد اگر-آنگاه فازی..... ۵۰
۴-۶-۱- از متغیرهای عددی تا متغیرهای فازی..... ۵۰
۴-۶-۲- قیود..... ۵۲
۴-۷- قواعد اگر-آنگاه فازی..... ۵۳
۴-۸- سیستم های فازی..... ۵۴
۴-۸-۱- سیستم های فازی خالص..... ۵۵
۴-۸-۲- سیستم های فازی TSK..... ۵۶
۴-۸-۳- سیستم های فازی با فازی ساز و نافازی ساز..... ۵۶
۴-۸-۴- کاربرد سیستم های فازی..... ۵۷
۴-۹- پایگاه قواعد و موتور استنتاج فازی..... ۵۸

۴-۹-۱- موتور استنتاج فازی..... ۵۹
۴-۹-۱-۱- استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد..... ۵۹
۴-۹-۱-۲- استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه..... ۶۰
۴-۱۰- فازی ساز..... ۶۱
۴-۱۰-۱- فازی ساز منفرد..... ۶۱
۴-۱۰-۲- فازی ساز گوسین..... ۶۱
۴-۱۰-۳- فازی ساز مثلثی..... ۶۲
۴-۱۱- نافازی ساز..... ۶۲
۴-۱۱-۱- نافازی ساز مرکزثقل..... ۶۲
۴-۱۱-۲- نافازی ساز میانگین مراکز..... ۶۳
۴-۱۱-۳- نافازی ساز ماکزیمم..... ۶۴

فصل ۵: **۶۵**

مدل سازی و شبیه سازی سیستم فتوولتاییک **۶۵**
۵-۱- مقدمه..... ۶۶
۵-۲- شبیه سازی سیستم فتوولتاییک..... ۶۶
۵-۲-۱- پنل خورشیدی..... ۶۷
۵-۲-۲- مبدل DC-DC..... ۶۸
۵-۲-۳- بار و باتری..... ۶۹
۵-۲-۳-۱- مدار معادل تونن بار..... ۷۰
۵-۳- روش کنترلی پیشنهادی به منظور ردیابی MPP..... ۷۰
۵-۳-۱- فازی ساز..... ۷۱
۵-۳-۲- موتور استنتاج..... ۷۳
۵-۳-۳- نافازی ساز..... ۷۵
۵-۳-۴- پنجره متلب..... ۷۶
۵-۴- نتایج شبیه سازی..... ۷۶
۵-۵- راندمان..... ۸۶

فصل ۶: ۸۸

نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۸

۶-۱- نتیجه گیری..... ۸۹

۶-۲- پیشنهادات..... ۹۱

فصل ۷: ۹۲

مراجع ۹۲

فهرست اشکال

شکل۲-۱: میدان الکتریکی در محل پیوند سیلیکون نوع p و n ۱۱

شکل۲-۲: ایجاد الکترون و حفره در اثر تابش نور خورشید..... ۱۲

شکل۲-۳: ساختار یک سلول سیلیکونی..... ۱۳

شکل۲-۴: ساختار یک ماژول نوعی..... ۱۶

شکل۲-۵: مدار معادل پنل خورشیدی..... ۱۷

شکل۲-۶: اثر تغییرات شدت نور و دما برای منحنی های V-I وP-V ۱۹

شکل۳-۱: مشخصه توان ولتاژ برای یک پنل خورشیدی..... ۲۴

شکل۳-۲: فلوچارت الگوریتم P&O..... ۲۶

شکل۳-۳: شیب منحنی توان- ولتاژ یک آرایه PV..... ۲۸

شکل۳-۴: الگوریتم رسانایی افزایشی..... ۳۰

شکل۳-۵: الگوریتم روش ولتاژ مدار باز..... ۳۱

شکل۳-۶: دیاگرام یک کنترل کننده فازی..... ۳۳

شکل۳-۷: تابع عضویت برای ورودی ها و خروجی کنترل کننده منطق فازی.....۳۴
شکل۳-۸: مثالی از ساختار شبکه عصبی.....۳۶
شکل۳-۹: نخستین طرح پیشنهادی برای ردیابی نقطه حداکثر توان با استفاده از شبکه های عصبی.....۳۷
شکل۴-۱: سرعت ماشین بعنوان یک متغیر زبانی.....۵۱
شکل۴-۲: از متغیرهای عددی تا متغیرهای زبانی.....۵۲
شکل ۴-۳: ساختار اصلی سیستم های فازی خالص.....۵۵
شکل ۴-۴: ساختار اصلی سیستم های فازی TSK.....۵۶
شکل۴-۵: ساختار اصلی سیستم های فازی با فازی ساز و نافازی ساز.....۵۷
شکل۴-۶: سیستم های فازی بعنوان کنترل کننده حلقه باز.....۵۷
شکل ۴-۷: سیستم های فازی بعنوان کنترل کننده حلقه بسته.....۵۷
شکل۴-۸: نمایش گرافیکی نافازی ساز مرکزثقل.....۶۳
شکل۴-۹: نمایش گرافیکی نافازی ساز میانگین مراکز.....۶۴
شکل۵-۱: طرح کلی سیستم فتوولتاییک.....۶۶
شکل۵-۲: بلوک دیاگرام پنل خورشیدی مدل شده.....۶۷
شکل۵-۳: شماتیک مبدل بوست.....۶۸
شکل۵-۴: تغییر امپدانس بار از دید پنل با استفاده از مبدل بوست.....۶۹
شکل۵-۵: توابع عضویت ورودی ها و خروجی کنترلر فازی(FL).....۷۳
شکل۵-۶: پایگاه قوانین.....۷۴
شکل۵-۷: اثرات تغییرات تابش و دما روی منحنی مشخصه و ولتاژ و جریان.....۷۴
شکل۵-۸: تغییرات زمان وصل با تغییرات تابش و دمای ثابت $T=25^{\circ}c$.....۷۵
شکل۵-۹: پنجره متلب کنترلر فازی.....۷۶

شکل۵-۱۰: منحنی تغییرات شدت تابش برحسب زمان.....۷۸
شکل۵-۱۱: منحنی تغییرات دما برحسب زمان.....۷۸
شکل۵-۱۲: تغییرات توان تحت تابش و دمای متغیر.....۷۹
شکل۵-۱۳: سیکل کاری مربوط به تغییرات تابش و دما.....۷۹
شکل۵-۱۴: منحنی تغییرات دما در شدت تابش 1000w/m2 برحسب زمان.....۸۰
شکل۵-۱۵: تغییرات توان خروجی پنل در تابش ثابت و دمای متغیر.....۸۱
شکل۵-۱۶: سیکل کاری مربوط به تابش ثابت و دمای متغیر.....۸۱
شکل۵-۱۷: تغییرات شدت تابش در دمای $25^{\circ}c$ برحسب زمان.....۸۲
شکل۵-۱۸: تغییرات توان خروجی پنل در دمای ثابت و تابش متغیر.....۸۳
شکل۵-۱۹: سیکل کاری مربوط به دمای ثابت و تابش متغیر.....۸۳
شکل۵-۲۰: توان خروجی پنل برای مقاومت معادل تونن 0.06 اهم.....۸۴
شکل۵-۲۱: توان خروجی پنل برای مقاومت معادل تونن 0.5 اهم.....۸۴
شکل۵-۲۲: توان خروجی پنل برای مقاومت معادل تونن ۱ اهم.....۸۵
شکل۵-۲۳: سیکل کاری مربوط به تغییرات بار.....۸۵
شکل۵-۲۴: منحنی راندمان برحسب شدت تابش برای روش های مختلف ردیابی.....۸۶

فهرست جداول

جدول۳-۱: خلاصه الگوریتم p&o وHill Climbing.....۲۵
جدول۳-۲: قوانین فازی.....۳۴

جدول۳-۳: مشخصات اصلی تکنیک های MPPT..... ۴۲

جدول۵-۱: مشخصات الکتریکی پنل خورشیدی استفاده شده..... ۶۷

جدول۵-۲: پارامترهای مبدل بوست استفاده شده..... ۶۸

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ انرژی‌های تجدید پذیر[1]

انرژی تجدید پذیر انرژی است که از منابع طبیعی نظیر نور خورشید، باد ، باران، جزر و مد و حرارت زمین گرمایی نشات می‌گیرد. این منابع تجدید پذیر بوده و می‌توانند بصورت طبیعی بازسازی شوند. در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از منابع تجدید پذیر به علت سه عامل پیشرفت چشمگیری داشته است. عامل اول تجدید ناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی در مقایسه با این منابع تجدید پذیر می‌باشد. سوخت-های فسیلی به سرعت رو به کاهش بوده و استفاده از منابع پایان ناپذیر و قابل تجدید امری ضروری است. عامل دوم آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف و احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد در حالیکه استفاده از منابع تجدید پذیر هیچگونه اثرات مضر و زیان باری را برای محیط زیست به دنبال نخواهد داشت و می‌توانند به عنوان یک منبع انرژی پاک مورد استفاده قرار گیرند. عامل سوم افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و مرسوم می‌باشند. بسیاری از کشورها با پیشرفت روز افزون تکنولوژی‌های مربوط به بهره برداری از منابع تجدید پذیر درصدد تحقق و کاهش هزینه تولید انرژی از طریق این منابع می‌باشد[۱-۳].

روند فعلی در سراسر اقتصادهای توسعه یافته حمایت از انرژی‌های قابل تجدید می‌باشد. به عنوان مثال در کشورهای آمریکای شمالی و اروپا از ظرفیت منابع انرژی قابل تجدید بیشتر استقبال شده است. سیاست های اتحادیه اروپا در این راستا دستیابی به ۲۰ درصد از کل انرژی تولید شده از طریق انرژی‌های تجدید پذیر تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد.

کشور هند قصد دارد تا سال ۲۰۲۲ حدود ۲۰ گیگا وات از انرژی خود را توسط انرژی خورشیدی تولید کند.

[1] Renewable energies

۱-۲ اشکال مختلف انرژی تجدید پذیر

۱-۲-۱ انرژی خورشیدی[1]:

انرژی خورشیدی بزرگترین منبع انرژی پاک کره زمین می‌باشد و مزیت بزرگ آن در دسترس بودن آن در بیشتر نقاط کره زمین می‌باشد.

چشم انداز استفاده از انرژی خورشیدی از سایر منابع انرژی امیدبخش تر است. انرژی خورشیدی به دو روش عمده می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در روش اول انرژی خورشید با استفاده از کلکتورهای (جمع کننده‌های) خورشیدی،به انرژی حرارتی تبدیل می شود و در کاربردهایی نظیر گرمایش منازل،آب گرمکن‌های خورشیدی، خوراک‌پزهای خورشیدی و دودکش‌های خورشیدی می‌توان استفاده نمود. در روش دوم با استفاده از سلول‌های فتوولتاییک انرژی خورشیدی مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می-شود.

۱-۲-۲ انرژی هیدروالکتریک[2] (انرژی برقابی)

انرژی هیدروالکتریک از ریزش آب به توربین آبی و به گردش درآوردن توربین و آلترناتور[3] متصل به آن بدست می‌آید.

مقدار برق بدست آمده به مقدار و ارتفاعی که آب از آن سقوط می‌کند تا به توربین برسد بستگی دارد. برای این منظور اقدام به ساخت سدهای مخزنی می‌کنند. هزینه سرمایه‌گذاری برای ساختن سدهای مخزنی وتاسیسات هیدروالکتریکی زیاد است ولی هزینه نگهداری آن به علت مصرف نکردن هرگونه سوخت کم است. ظرفیت بالقوه مراکز هیدروالکتریک در سراسر جهان حدود ۲.۲ میلیون مگاوات است که تنها حدود ۱۸ درصد آن مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

ساختن مراکز هیدروالکتریک چند منظوره بسیار اقتصادی است، بدین طریق که از برق آن برای امور صنعتی و روشنایی و از آب ذخیره شده آن برای کشاورزی و مصارف دیگر استفاده می‌شود اما همانطور که گفته شد سرمایه گذاری اولیه زیاد برای طرح‌های برق آبی بزرگ مانع عظیمی در راه گسترش آنهاست.

[1] Solar energy
[2] Hydroelectric energy
[3] Alternature

۱-۲-۳ انرژی بادی[1]

بادهای جهان حدود ۲۷۰۰تراوات انرژی در خود نهفته دارند که از این مقدار تنها حـدود $\frac{1}{4}$ آن در ۱۰۰ متری زمین قرار دارد. با احداث توربین‌های بادی یا آسیاب‌های بادی در سراسر جهان می‌توان حـداکثر ۴۰ تراوات انرژی بدست آورد که حتی ۱۰ درصد این مقدار یعنی ۴ تراوات از ظرفیت کل انرژی آبـی بیشتر است. قبل از نصب توربین‌های بادی به منظور تولید الکتریسیته لازم است نقاط بادخیز تعیین شود (اطلس بادها) و مطالعاتی در خصوص شدت و دوام باد در طول سال به عمل آید.

۱-۲-٤ انرژی جزرومدی[2]

گرفتن انرژی از انرژی جزرومد آب دریا یعنی استفاده از اختلاف ارتفاع آب بین جزر و مد بوسیله نصب توربین های آبی هنگامی عملی است که انرژی زیادی بصورت جزرومدهای بزرگ (اختلاف ارتفاع زیاد) و ذخیره کردن آب به میزان زیاد صورت پذیرد. تنها در نقاطی که اخـتلاف ارتفـاع بـین جـزرومـد زیـاد است،استفاده از این انرژی از لحاظ اقتصادی باصرفه است. بررسی‌های اخیر میزان انرژی بالقوه جزرومدی را که از لحاظ اقتصادی با صرفه باشد ۲۰۰ تراوت ساعت در سال برآورد کرده است.

نیروگاه‌های جزرومدی بیشتر به منظور تولید برق طراحی و ساخته می‌شوند ولی تحت شرایط خاص می-توان از نیروی آنها به منظور پمپ کردن آب استفاده نمود.

۱-۲-۵ انرژی زمین گرمایی[3](ژئوترمال)

انرژی گرمایی درون زمین یا زمین گرمایی، در راکتور هسته‌ای آن تولید می‌شود. این انرژی بر اثر تجزیه رادیواکتیو ایزوتوپ پتاسیم و عناصر دیگری که در پوسته زمین پراکنده است بوجود می‌آید.

بطور تجربی به ازای هر ۱۰۰ متر عمق حدود ۳ درجه سانتیگراد درجه حرارت افزایش می‌یابد. متاسفانه بیرون کشیدن گرما بطور مستقیم از کره زمین امکانپذیر نیست و فقط می‌توان از گرمایی استفاده کرد که در آب‌های زیرزمینی وجود دارد. با این وصف در حال حاضر بهره برداری از انرژی گرمایی درون زمـین تنها بصورت آب گرم و بخار آب امکانپذیر است.

چشمه‌های آب گرم و آب‌های معدنی، همچنین مناطق زلزله خیز و دارای آتشفشان دلیلی بر وجود منابع

[1] Wind energy
[2] Tidal energy
[3] Geothermal

ژئوترمال می‌باشد. در نیروگاه‌های زمین گرمایی از آب‌های داغ و نیز بخارهای داغ طبیعی که از چاه‌های حفر شده از اعماق زمین بالا آورده شده است برای به حرکت درآوردن توربین‌های بخار و تولید برق استفاده می‌کنند.

از دیگر مصارف انرژی زمین گرمایی می‌توان به گرمایش ساختمان‌ها، استخرهای آب گرم، گرمایش گلخانه‌ها و ذوب برف در معابر و فرودگاه‌ها در زمستان اشاره کرد.

۱-۲-٦ انرژی بیوماس[1](زیست توده)

گیاهان و درختان از طریق فرآیند فتوسنتز انرژی خورشیدی را دریافت می‌کنند و طی فرآیند احتراق این محصولات، انرژی به دام افتاده در آنها آزاد می‌شود و بدین ترتیب بیوماس را می‌توان به عنوان یک باتری طبیعی برای ذخیره انرژی خورشیدی در نظر گرفت. در اینجا تنها منبع تجدید پذیر، کربن است. در حال حاضر سهم بیوماس در تامین انرژی اولیه کشورهای صنعتی در حدود ۳ درصد می‌باشد.

۱-۲-۷ بیوگاز[2]

تخمیر مواد زائد کشاورزی و دامی در شرایط غیر هوازی، گازی تولید می‌کنند که اصطلاحا بیوگاز نام دارد که از متان و دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌شود.

از این سیستم که بیشتر در مناطق جنوب شرقی آسیا استفاده می‌شود برای سه منظور استفاده می شود:

۱- تولید انرژی برای روستاها به قیمت ارزان

۲- بهسازی محیط زیست و جلوگیری از آلودگی آن

۳- تهیه کودهای حیوانی غنی برای کشاورزی

بیوگاز یکی از کم هزینه ترین منابع انرژی تجدید شونده می‌باشد.

[1] Biomass
[2] Biogas