



دانشکده مهندسی برق و رباتیک  
پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای قدرت

بررسی امکان استفاده از انرژی های تجدید پذیر در مناطق دور از شبکه

نگارنده: محمد دادستان

استاد راهنما  
دکتر مهدی بانژاد

استاد مشاور  
ابوالفضل قاسمی

دی ۱۳۹۵

فرم شماره ۷: صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

## تشکر و قدردانی

سپاس خداوند مَنان را که قدرت تفکر و تعقل به من عطا فرمود.

از مادر عزیزم تشکر میکنم که همواره دعای خیرش بدرقه راهم بوده است و تمام روزهای زندگیش را صرف تعلیم و تربیت من کرده است و نیز تشکر میکنم از همسر مهربانم که با شکیبایی فراوان مرا در نگارش این پژوهش یاری کرد.

سپاس فراوان از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر مهدی بانژاد که با صبر و شکیبایی مرا در آموختن یاری نمودند و استاد مشاورم جناب آقای مهندس ابوالفضل قاسمی که بی دریغ و بی وقفه مرا در پیشبرد پایان نامه برادرانه یاری نمود و در نهایت از تمامی دوستانم که بی دریغ در حل مشکلاتم در راستای این پژوهش کمک نمودند سپاسگذارم.

## تعهد نامه

اینجانب .....محمد دادستان..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته .....برق قدرت..گرایش  
سیستم..... دانشکده .....برق..... دانشگاه صنعتی  
شاهرود نویسنده پایان نامه .....بررسی امکان استفاده از انرژی های تجدید پذیر در مناطق دور از  
شبکه.....تحت راهنمایی.....دکتر مهدی بانژاد.....متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آن ها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

### تاریخ

### امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

این پایان نامه به ارائه روشی مبنی بر استفاده بهینه از انرژی های تجدید پذیر در مناطق دور از شبکه می پردازد. هدف از انجام این پژوهش بررسی فنی اقتصادی به منظور استفاده از منابع تولید پراکنده و تجدید پذیر می باشد که کاهش بهره برداری از ذخایر فسیلی، کاهش گازهای گلخانه ای، بررسی میزان مشارکت پذیری هر کدام از انرژی های تجدید پذیر در تامین برق مورد نیاز مصرف کننده ها و نیز بررسی فنی اقتصادی تاسیس سیستم های هیبریدی در مناطق دور از شبکه را شامل میشود. سیستمهای هیبریدی متشکل از منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر می باشد که هر کدام از این منابع حضورشان در سیستم هیبریدی لازم و ضروری است. برای تحلیل، شبیه سازی، بررسی فنی اقتصادی و تاثیر ضرائب متغیر حساسیت در این پژوهش از نرم افزار **HOMER**<sup>1</sup> (مدل الکتریکی ترکیبی بهینه برای انرژی های تجدید پذیر) استفاده شده است. این پژوهش به بررسی و تحلیل فنی اقتصادی برای تاسیس منابع تولید پراکنده در مناطقی از روستاهای شهرستان خواف در استان خراسان رضوی واقع در شمال شرق ایران پرداخته است و با تحلیل فنی اقتصادی و بررسی نتایج شبیه سازی ارائه شده در پژوهش به این نتیجه دست یافته است که در یکی از این مناطق با نصب توربین بادی، علی رغم تامین برق مورد نیاز این منطقه میتوان میزان آلاینده‌گی و هزینه های ناشی از تامین سوخت دیزل ژنراتور را کاهش داد و در ادامه در منطقه ای دیگر با نصب توربین بادی و سیستم فتوولتائیک، مبحث فروش برق به شبکه ارائه شده است.

**واژگان کلیدی:** تحلیل فنی اقتصادی، انرژی های تجدید پذیر، سیستم قدرت، منابع تولید پراکنده،

نرم افزار Homer

---

<sup>1</sup> Hybrid Optimization Model for Electric Renewables

## فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱ بیان مسله .....	۲
۲-۱ اهداف تحقيق .....	۴
۳-۱ روش تحقيق .....	۴
۱-۳-۱ نرم افزار استفاده شده در اين پژوهش.....	۴
۴-۱ مروري بر فصل‌هاي پايان نامه .....	۴
فصل دوم: مروري بر پژوهش‌هاي گذشته.....	۵
۱-۲ مقدمه .....	۶
۲-۲ پژوهش‌هاي گذشته .....	۶
۳-۲ جمع بندي .....	۱۳
فصل سوم: انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر.....	۱۵
۱-۳ مقدمه .....	۱۶
۲-۳ انرژی .....	۱۶
۳-۳ سوخته‌های فسیلی و انرژی‌های تجدید ناپذیر .....	۱۷
۴-۳ انرژی‌های تجدید پذیر .....	۱۸
۵-۳ انرژی باد .....	۱۹
۱-۵-۳ مطالعات امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی.....	۲۱
۲-۵-۳ نحوه آرایش توربین بادی.....	۲۵
۳-۵-۳ انرژی باد و توربین‌های بادی.....	۲۶
۴-۵-۳ هزینه‌های زیست محیطی.....	۲۷
۵-۵-۳ توان پتانسیل توربین.....	۲۷
۶-۳ انرژی خورشیدی ... ..	۲۸
۱-۶-۳ انواع نیروگاه خورشیدی.....	۲۹
۲-۶-۳ توان تولیدی فتوولتائیک.....	۳۴
۳-۶-۳ راندمان سلول‌های خورشیدی.....	۳۵

۴۰	نحوه اتصال به شبکه اصلی در میکرو شبکه ها.....	۴-۶-۳
۴۲	جمع بندی .....	۷-۳
۴۳	فصل چهارم: شبیه سازی، تحلیل و بررسی فنی اقتصادی.....	
۴۴	مقدمه.....	۱-۴
۴۴	نرم افزار هومر.....	۲-۴
۴۶	طراحی بهینه سیستم .....	۳-۴
۴۹	مشخصات مناطق مورد نظر.....	۴-۴
۵۰	روستای دردوی خواف.....	۱-۴-۴
۵۲	عناصر سیستم مورد آزمایش .....	۵-۴
۵۳	دیزل ژنراتور.....	۱-۵-۴
۵۳	توربین بادی.....	۲-۵-۴
۵۴	فتوولتائیک.....	۳-۵-۴
۵۵	باتری.....	۴-۵-۴
۵۶	اینورتر.....	۵-۵-۴
۵۶	تحلیل نتایج .....	۶-۴
۵۸	سیستم بدون منابع تجدید پذیر(دیزل ژنراتور) .....	۱-۶-۴
۵۹	سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی-باتری.....	۲-۶-۴
۶۲	بررسی فنی اقتصادی اتصال منطقه مورد نظر به شبکه.....	۳-۶-۴
۶۳	برری فنی اقتصادی استفاده از منابع تجدید پذیر در نشتیفان.....	۷-۴
۶۵	توربین بادی-فتوولتائیک متصل به شبکه.....	۱-۷-۴
۶۸	تحلیل نتایج.....	۲-۷-۴
۶۹	جمع بندی .....	۸-۴
۷۱	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....	
۷۲	نتیجه گیری .....	۱-۵
۷۳	پیشنهادات.....	۲-۵
۷۵	پیوست ها .....	
۸۱	منابع.....	

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲: ظرفیت نصب شده انرژی های نو تا سال ۲۰۱۰ [۱۰] ..... ۱۰
- شکل ۲-۲: دیاگرام شارش انرژی برای باس های DC و AC [۱۴] ..... ۱۱
- شکل ۳-۲: مناطق شمال شرقی ایران (استان خراسان) مستعد بهره وری انرژی پاک. [۱۶] ..... ۱۲
- شکل ۱-۳: اثر مانع بر روی پروفایل باد [۱۸] ..... ۲۳
- شکل ۲-۳: اثر اوروگرافی زمین بر روی جریان باد [۱۸] ..... ۲۳
- شکل ۳-۳: الگوی وزش باد در مناطق مختلف ایران (اطلس باد ایران در ارتفاع ۲۵ متر) [۱۸] ..... ۲۵
- شکل ۴-۳: نیروگاههای حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی [۲۵] ..... ۲۹
- شکل ۵-۳: نیروگاههای حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی [۲۵] ..... ۳۰
- شکل ۶-۳: نیروگاههای برق خورشیدی بشقابی - استرلینگ [۲۵] ..... ۳۱
- شکل ۷-۳: نیروگاههای حرارتی از نوع دودکش خورشیدی [۲۵] ..... ۳۱
- شکل ۸-۳: نیروگاههای فتوولتائیک [۲۵] ..... ۳۲
- شکل ۱-۴: فلوجارت استراتژی شبیه سازی در نرم افزار هومر ..... ۴۴
- شکل ۲-۴: فلوجارت بهره برداری از سیستم مورد مطالعه [۲۴] ..... ۴۸
- شکل ۳-۴: نمودار بار مصرف کننده ها در طول روز [۱۶] ..... ۴۹
- شکل ۴-۴: بار مصرفی سالانه منطقه مورد نظر [۱۶] ..... ۵۰
- شکل ۵-۴: میزان وزش باد در ماه های مختلف [۱۸] ..... ۵۰
- شکل ۶-۴: میزان تابش نور خورشید در ماه های سال [۳۵] ..... ۵۱
- شکل ۷-۴: نمودار درختی مراحل شبیه سازی ..... ۵۱
- شکل ۸-۴: منحنی قدرت توربین در سرعت های مختلف [۳۴] ..... ۵۳
- شکل ۹-۴: میزان تابش نور خورشید در مناطق مختلف [۲۵] ..... ۵۴
- شکل ۱۰-۴: نحوه اتصال اجزاء به یکدیگر [۴۱] ..... ۵۷



- شکل ۴-۱۱: میزان مشارکت توربین بادی و دیزل ژنراتور در تامین بار منطقه [۱۲] ..... ۶۱
- شکل ۴-۱۲: نمودار گسترش شبکه در مقایسه با سیستم هیبریدی مجزا از شبکه ..... ۶۲
- شکل ۴-۱۳: منحنی مشخصه قدرت توربین بادی [۴۲] ..... ۶۲
- شکل ۴-۱۴: نحوه اتصال منابع و بار به شبکه ..... ۶۴
- شکل ۴-۱۵: میزان مشارکت انرژی های باد و خورشید در سیستم ..... ۶۵
- شکل ۴-۱۶: میزان فروش برق به شبکه در ماه های مختلف سال ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۷: هزینه های تاسیس، راه اندازی، جایگذاری و تعمیر و نگه داری در سیستم ..... ۶۷

## فهرست جداول

- جدول ۴-۱ : سیستم کاندید شده دیزل ژنراتور مجزا ..... ۵۷
- جدول ۴-۲: میزان آلاینده‌گی سیستم دیزل ژنراتور ..... ۵۸
- جدول ۴-۳: سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی-باتری ..... ۵۹
- جدول ۴-۴: میزان آلاینده‌گی سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور- توربین بادی -باتری ..... ۵۹
- جدول ۴-۵: میزان تولید انرژی سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی -باتری ..... ۵۹
- جدول ۴-۶: میزان تولید انرژی و مشخصات توربین بادی ..... ۶۰
- جدول ۴-۷: میزان تولید انرژی و ساعات کارکرد دیزل ژنراتور ۲۰ کیلو واتی ..... ۶۰
- جدول ۴-۸: مشخصات شارژ و دشارژ باتری ها ..... ۶۱
- جدول ۴-۹: توربین بادی-فتوولتائیک متصل به شبکه ..... ۶۵
- جدول ۴-۱۰: میزان مشارکت منابع تولید پراکنده در فروش به شبکه ..... ۶۵
- جدول ۴-۱۱: میزان خرید و فروش برق به شبکه در طول سال ..... ۶۶

## فصل اول: مقدمه

## ۱-۱ بیان مساله

امروزه با پیشرفت روز افزون صنایع و استفاده از انرژی الکتریکی در صنعت، دیده می شود که برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در نیروگاه های برق از سوخته های فسیلی استفاده می شود این روند روز افزون استفاده از سوخته های فسیلی برای تامین انرژی الکتریکی و نیز روند افزایش دمای کره زمین و افزایش گازهای گلخانه ای و نیز آب شدن یخچالهای طبیعی باعث نگرانی های زیادی درباره اتمام ذخایر سوخته های فسیلی و فقدان این انرژی در نسلهای آینده و نیز زیر آب رفتن برخی مراتع و مناطق و بسیاری از زیانهای زیاد دیگر شده است که یکی از این دلایل آلاینده های ناشی از استفاده از سوخت و انرژی های فسیلی برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز صنایع می باشد.

نیروگاه های برق برای تامین انرژی الکتریکی از انرژی فسیلی بعنوان سوخت مصرفی در به حرکت در آوردن توربین ها به طرق مختلف استفاده می کنند که این امر باعث آلاینده های محیط زیست و افزایش گازهای گلخانه ای و ... می شود. لذا برای حل این مشکل بشر به دنبال استفاده از انرژی پاک و تمام نشدنی افتاد. با بررسی انرژی های موجود در طبیعت و انرژی های تمام نشدنی انسان به بهره گیری از انرژی های پاک و تجدید پذیر از قبیل انرژی باد و خورشید و ... پرداخت. انرژی های موجود در طبیعت به دو دسته انرژی تجدید پذیر و انرژی های تجدید ناپذیر تقسیم میشوند. انرژی های تجدید ناپذیر انرژی هایی هستند که یا این انرژی ها دیگر تجدید و یا باز سازی نخواهند شد و یا دوره باز سازی آن بسیار طولانی است و در مقایسه با دیگر انرژی ها قابل ملاحظه است که از این قبیل انرژی ها می توان به سوخت های فسیلی اشاره نمود و انرژی های تجدید پذیر انرژی هایی هستند که دوره باز سازی آن کوتاه مدت است و یا بطور مداوم در طبیعت وجود دارند که می توان از این قبیل به انرژی باد و خورشید و ... اشاره کرد .

## ۲-۱ اهداف تحقیق

در حال حاضر ساختار شبکه قدرت به سمتی پیش می‌رود که منابع تولید با تکنولوژی‌های مختلف در حال اضافه شدن به شبکه هستند. این سیستم‌ها، همان تولیدات پراکنده ۱ هستند که نزدیک به محل مصرف نصب می‌شوند و بهترین مشخصه آنها این است که نیاز به وجود شبکه انتقال گسترده ندارند. سیستم‌های تولید پراکنده دارای تکنولوژی‌های گوناگونی هستند و همچنین از منابع مختلف انرژی برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. به عنوان مثال: مولدهای تولید همزمان برق و حرارت ۲ از جمله تولیدات پراکنده هستند که سوخت اصلی آنها، گاز طبیعی می‌باشد. اما سیستم‌هایی نیز وجود دارند که بر پایه انرژیهای تجدیدپذیر کار می‌کنند. از جمله مهم‌ترین این سیستم‌ها می‌توان از توربین‌های بادی و سلول‌های فتوولتائیک نام برد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی فنی - اقتصادی استفاده از ریز شبکه‌های ۳ انرژی به منظور تامین بار مصرفی یک ناحیه دور از شبکه می‌باشد. لذا بحث طراحی بهینه اقتصادی سیستم برای یک دوره زمانی می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد به گونه‌ای که تمامی قیود فنی مورد نظر با حداقل هزینه‌ها برآورده گردند. در پروژه پیشنهادی استفاده از انرژی بادی به عنوان منبع تجدیدپذیر در اولویت می‌باشد و در صورت امکان می‌توان انرژی خورشیدی را هم به مطالعه نیز اضافه نمود. پس از تعیین سیستم بهینه، میتوان برای ادامه پژوهش و یا در بخش پیشنهادات، تغییراتی برای پارامترهایی همچون تابش خورشید، سرعت باد، قیمت پنل‌های فتوولتائیک و ... آنالیز حساسیت در نظر گرفت.

## ۳-۱ روش تحقیق

در این پژوهش به بررسی فنی اقتصادی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر پرداخته خواهد شد و

---

<sup>1</sup> Distributed Generation

<sup>2</sup> Combined Heat and Power

<sup>3</sup> Micro Grid

نیز علی رغم کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و رفع نگرانی های پس از آن، به استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر بصورت هیبریدی در شبکه با در نظر گرفتن معیارهای فنی پرداخته خواهد شد. این پژوهش با در نظر گرفتن فاصله منطقه مورد نظر از شبکه، به بررسی اقتصادی متصل به شبکه و یا مستقل از شبکه بودن می پردازد.

### ۱-۳-۱ نرم افزار بکار رفته در این پژوهش

در این پژوهش بابررسی فنی و اقتصادی و در نظر گرفتن معیارهای مختلف از قبیل: هزینه خالص فعلی کل، میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر، میزان کاهش مصرف سوخت و گازهای گلخانه ای و هزینه انرژی، از نرم افزار هومر استفاده شده است. این نرم افزار قادر است به پژوهش در راستای تحلیل فنی اقتصادی و شبیه سازی شبکه های هیبریدی متشکل از منابع تولید پراکنده کمک کند. با استفاده از این نرم افزار میتوان هزینه های تاسیس یک سیستم هیبریدی را تخمین زد و نیز سناریوهای مختلف کاری را بررسی و تحلیل نمود.

### ۴-۱ مروری بر فصل های پایان نامه

فصل های دیگر این پایان نامه به شرح زیر است:

در فصل دوم به بررسی مقالات و پژوهش های انجام شده در زمینه بررسی نحوه و ترکیب استفاده از انرژی های تجدید پذیر به صورت مختصر پرداخته خواهد شد. در فصل سوم به توضیح تاریخچه و پیشینه و مفاهیم انرژی های فسیلی و تجدیدپذیر و روابط و فرمول های مربوط به آن پرداخته خواهد شد. در فصل چهارم به شبیه سازی منطقه مورد نظر پرداخته خواهد شد و سیستم های هیبریدی مختلف و میزان مشارکت انرژی های تجدید پذیر در این سیستمها بررسی خواهد شد. همچنین به بررسی فنی و اقتصادی هر کدام از سیستم های هیبریدی ارائه شده پرداخته خواهد شد. در فصل پنجم نیز به نتیجه گیری از پژوهش انجام شده و ارائه پیشنهاداتی برای توسعه کار پژوهش پرداخته خواهد شد.

**فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های**

**انجام شده در زمینه استفاده از انرژی‌های**

**تجدید پذیر در شبکه**

## ۱-۲ مقدمه

تا کنون مطالعات زیادی در مورد سوخت های مورد استفاده در نیروگاهها و آلاینده های ناشی از استفاده این نوع سوخت ها و استفاده از انرژیهای تجدید پذیر و نحوه ی مشارکت آنها در سیستم های هیبریدی انجام شده است. در این فصل مروری کلی در مورد این مطالعات خواهیم داشت.

## ۲-۲ پژوهش های گذشته

در اواخر دهه ۱۹۷۰ با افزایش قیمت سوخت های فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر، کشورهای مختلفی سیاست استفاده از منابع جایگزین و پاک را جهت تامین نیازهای مصرفی در پیش گرفتند. با افزایش آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین، این موضوع شکل جدی تری به خود گرفت. طی سالیان اخیر بکارگیری از انرژی های پاک مانند باد و خورشید، با سرعت بسیار قابل ملاحظه ای افزایش یافته است و پیش بینی شده است که این روند افزایشی ادامه خواهد داشت.

در کشور ما نیز با هدفمند شدن یارانه ها و حرکت به سوی واقعی شدن قیمت حامل های انرژی، استفاده از منابع جایگزین در تامین انرژی مصرفی، توجیه پذیرتر از گذشته خواهد شد. بطوری که امروزه بسیاری از مناطق بدون برق دور از شبکه (مانند برخی از روستاهای خراسان جنوبی) از طریق انرژی های تجدید پذیر (مانند فتوولتائیک) در حال برقرار شدن می باشند [۱].

بررسی فنی اقتصادی در منطقه ای در ایالت یوتاراکاند<sup>۱</sup> هند انجام شده است که این بررسی به منظور تامین انرژی الکتریکی ۷۲۳ خانوار که جمعیتی معادل ۳۰۳۱ نفر دارد انجام شده است. در این بررسی ابتدا یک مدل کوچک از توربین بادی به دلیل کارکرد در سرعت های پایین (۲/۵-۳/۵ متر بر ثانیه) استفاده کرده است و نهایتاً به بررسی ۹ ترکیب مختلف از سیستم های هیبریدی از جنبه های اقتصادی و نیز اجتماعی پرداخته است و در پایان به تحلیل حساسیت برای تعیین پارامترهای حساس سیستم روی آورده است.

<sup>1</sup> Uttarakhand



محاسبه میانگین چگالی توان بادی سالیانه بر حسب  $(\frac{W}{m^2})$  به صورت معادله ۱-۲ محاسبه می شود [۲]:

$$P_D = \frac{E_D}{365 \times 24} \quad (1-2)$$

که:

$E_D$ : چگالی انرژی باد سالانه بر حسب  $(\frac{Kwh}{m^2/yr})$

و نیز محاسبه چگالی انرژی باد سالیانه بصورت معادله ۲-۲ است [۲]:

$$E_D = \frac{\frac{1}{2} \times \rho \times \sum(V_i^3 \times h_i)}{1000} \quad (2-2)$$

که:

$\rho$ : چگالی هوا  $(12 \frac{Kg}{m^3})$

$V$ : سرعت باد بر حسب  $(\frac{m}{s})$

$h$ : ساعات کارکرد در سرعت  $V$

سیستم بهینه انتخاب شده در این ایالت از هند متشکل از توربین بادی -فتوولتائیک-زیست توده- باتری است که هر کدام به ترتیب ظرفیتی معادل ۳۳ کیلو وات، ۵۷ کیلو وات، ۱۵۰ کیلو وات دارند و از باتری با ظرفیت ۴۲۷ کیلو وات استفاده شده است. مبدل بکار رفته در این مطالعه ۴۷ کیلو واتی می باشد. هزینه کلی این سیستم ۸۲۵۰۰۰ دلار و هزینه انرژی ۰/۰۹۲ دلار بر کیلو وات ساعت است [۲].

در مرجع [۳] منطقه ای در یکی از ایالت‌های کشور نیجریه به نام زامفارا ۱ که دارای بیشترین تابش نور خورشید در نیجریه است، مورد مطالعه فنی اقتصادی ریز شبکه ها قرار گرفته شده است. این منطقه بصورت مستقل از شبکه میباشد. با توجه به رشد بار ناشی از گسترش منطقه و صنایع و ... در این مرجع میزان رشد بار در طول دوره ۲۵ ساله ۵۰ درصد یعنی سالانه ۲ درصد در نظر گرفته شده است. بار پیک و بار کل مورد نیاز این منطقه به ترتیب ۱۴ و ۲۰ کیلووات میباشد. برای سیستم

<sup>1</sup> Distributed Generation

پیشنهادی از یک پنل فتوولتائیک با ظرفیت ۵۵-۸۵ کیلو وات که دارای قابلیت دسترسی ۹۶-۹۸ درصد است استفاده شده است.

کاهش آلاینده‌گی یکی دیگر از معیارهای انتخاب سیستم هیبریدی مورد نظر است که در مرجع [۴] به آن پرداخته شده است. در این مرجع منطقه ای در سومالی با نام هارگیسا ۱ با تعداد ۵۰ خانوار توسط دیزل ژنراتور انرژی الکتریکی مورد نیاز خود را تامین میکند. در این منطقه میانگین تابش نور خورشید ۶/۴ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز و نیز میانگین سرعت باد ۵/۴۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر میباشد. با در نظر گرفتن ۲۰ درصد تغییرات بار در روز و به ترتیب بار پیک و کل ۲۱۱ کیلو وات و ۱۲۸۳ کیلو وات باعث در روز و تحلیل فنی اقتصادی سیستم هیبریدی فتوولتائیک-توربین بادی و دیزل ژنراتور پیشنهاد شده است که با استفاده از انرژی های تجدید پذیر به میزان ۵۸ درصد منجر به کاهش ۳۰ درصدی آلاینده‌گی شده است.

منطقه ای نیز در جنوب صحرای آفریقا در مرجع [۵] که دارای پتانسیل بادی است با نرم افزار هومر تحلیل و بهینه سازی استفاده از انرژی باد تا میزان ۱۳ درصد انجام شده است. در برخی مطالعات از منابع تولید پراکنده کوچک با نام منابع انرژی تجدید پذیر قابل حمل ۲ (PRER) بعنوان مدیریت در پاسخ بار به منطقه در زمانی که میکرو شبکه ها نتوانند برق مورد نیاز بار را تامین کنند استفاده شده است [۶].

با استفاده از تحلیل و بررسی فنی اقتصادی نیز میتوان بحث بازار برق را نیز مورد مطالعه قرار داد. در مرجع [۷] به بررسی بازار برق بر روی انرژی های تجدید پذیر پرداخته است و با توجه به پتانسیل منطقه در میزان بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر به فروش برق به شبکه میپردازد. با استفاده از بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر علاوه بر موارد ذکر شده، استفاده از این منابع میتواند در جبران افت ولتاژ و تصحیح پروفایل ولتاژ کمک شایانی کند [۸].

---

<sup>1</sup> Hargeisa

<sup>2</sup> Portable Renewable Energy Resource

در کشور کانادا مناطق زیادی هنوز بطور مستقل از شبکه و با استفاده از دیزل ژنراتور برق مورد نیاز خود را تامین میکنند. منطقه ای در این کشور به ترتیب با بار پیک و بار مصرفی روزانه ۷۷۲ کیلو وات ساعت و ۴/۴ مگا وات ساعت در روز (شامل بر ۱۵ مرکز صنعتی، یک منطقه مسکونی، ۸ کارخانه کوچک و روشنایی معابر) با سناریوهای مختلف که در آنها میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر به ترتیب ۱۰۰، ۸۰، ۶۵، ۵۰، ۳۵، ۲۱ و ۰ درصد میباشد مورد مطالعه قرار گرفته است. میزان تابش نور خورشید و وزش باد در این منطقه به ترتیب ۳/۲۴ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز و ۵/۰۶ متر بر ثانیه میباشد که مورد بررسی قرار گرفته است [۹].

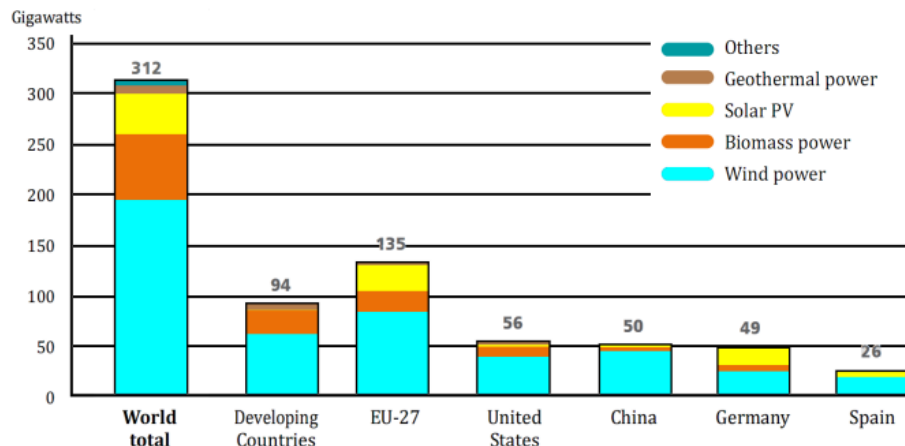
با توجه به ورود منابع تولید پراکنده به شبکه قدرت و بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر، در بسیاری از کشورهای دنیا سیاست های توسعه ای منابع پاک را برای تامین نیازهای صنعتی و تجاری خود اتخاذ نموده اند. در منطقه جغرافیایی ایران نیز مناطق عظیمی وجود دارد که بطور مناسبی به این قبیل منابع (وزش باد و تابش خورشید) دسترسی دارند. بنابراین این نیاز احساس می شود که بکارگیری منابع تجدیدپذیر در کشور ما نیز باید با سرعت بیشتری صورت پذیرد. البته قبل از انجام این کار باید مطالعات لازم صورت پذیرد تا بتوان تصمیمات درستی اتخاذ نمود. طی سالیان اخیر در اکثر کشورهای دنیا، با توجه به شرایط جغرافیایی موجود، از انرژی های تجدیدپذیر برای برق دار کردن مناطق بدون انشعاب برق و دور از شبکه استفاده شده است.

امروزه کشورهای مختلف دنیا در حال توسعه و گسترش استفاده از منابع پاک برای تولید الکتریسیته می باشند. شکل ۱-۲ میزان ظرفیت نصب شده سیستم های تولید از منابع تجدیدپذیر را در دنیا و برخی از کشورها را تا سال ۲۰۱۰ نشان می دهد [۱۰].

اغلب روستاهای ایران تقریباً ۲۰-۳۰ خانوار جمعیت دارند. با بررسی های انجام شده طی برنامه ریزی دولت از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ این روستاها به انرژی الکتریکی دسترسی داشته باشند.

ولی امروزه هنوز روستاهای بسیار زیادی وجود دارد که جمعیت آنها کمتر از ۲۰ خانوار است و هنوز انرژی الکتریکی خود را با استفاده از دیزل ژنراتور و سوخت های فسیلی (گازوئیل و نفت) تامین

میکنند که علاوه بر اینکه این روش هزینه بالا دارد بدلیل دور بودن و صعب العبور بودن این مناطق از شبکه باید با استفاده از روشی به بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر بپردازیم.



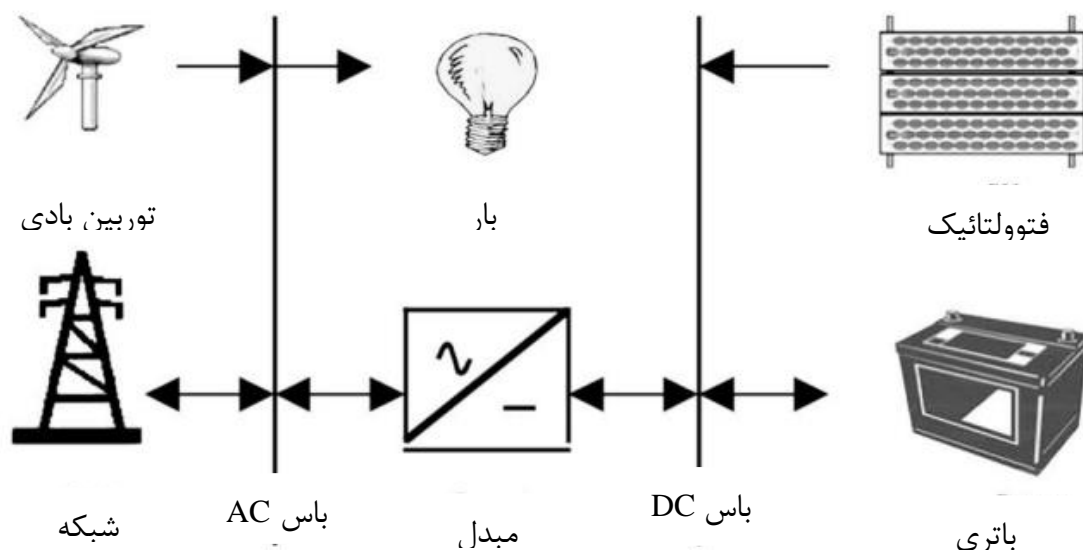
شکل ۲-۱: ظرفیت نصب شده انرژی های نو (سال ۲۰۱۰) [۱۰]

بنابر این دولت بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر را سرلوحه کار خود قرار داده است [۱۱] و با مطالعات انجام شده دیده شده است که تا سال ۲۰۰۹ تنها ۰/۱۵ درصد از انرژی مورد نیاز کشور توسط انرژی های تجدید پذیر تامین شده است. لذا برای حل این مشکل استفاده از سیستم های هیبریدی متشکل از انرژی های تجدید پذیر و فسیلی پیشنهاد میشود زیرا علاوه بر تامین انرژی مورد نیاز مناطق دور از شبکه، آلاینده گی پایین تر، کاهش هزینه ها، کاهش مصرف سوخت های فسیلی و ... را در پی دارد [۱۲].

در کشور برزیل حدود ۳۰۰ هزار روستا های کوچک و بزرگ وجود دارد که هم اکنون با استفاده از دیزل ژنراتور انرژی الکتریکی خود را تامین می کنند که این عدد بسیار بزرگ علامت هشدار به منزله افزایش آلاینده گی و کمبود انرژی برای نسل های آینده در این کشور میباشد که در پی این مشکلات خطرات انتشار گاز های گلخانه ای نیز خود مشکل بزرگتری را بوجود می آورد. لذا مرجع [۱۳] به ارائه ترکیبی بهینه از انرژی های تجدید پذیر که عبارت اند از: انرژی خورشیدی، انرژی بادی،

انرژی پیل سوختی ۱ و دیزل ژنراتور که سناریوهای مختلفی بررسی شده است و حالات بهینه انتخاب شده است.

یک هتل ۱۰۰ تخته در سواحل کوئینزلند مورد بررسی قرار داده شده است که برای تامین انرژی الکتریکی این هتل ( انرژی مورد نیاز برای سیستم های روشنایی و بخشهای مختلف مسکونی و تجاری و ...) از سیستم های هیبریدی با ترکیب خاص به منظور کاهش هزینه های مختلف و کاهش آلایندهی هوا و کاهش هزینه های سوخت و تعمیر و نگهداری استفاده شده است. در شکل ۲-۲ نحوه اتصال این سیستم نشان داده شده است [۱۴].



شکل ۲-۲: دیاگرام شارش انرژی برای باس های AC و DC [۱۴]

در این سیستم هیبریدی پیشنهادی میزان استفاده از انرژی های تجدیدپذیر ۷۳٪ و میزان کاهش آلایندهی ۶۵٪ می باشد. معیار دیگری که در این پایان نامه مورد بررسی قرار داده شده است نرخ بازگشت سرمایه است که پس از بررسی و محاسبات این سیستم پس از ۱۴ سال به بازگشت سرمایه می رسد.

<sup>1</sup> Fuel cell

مرجع [۱۵] با توجه به جمعیت زیاد کشور هند و لزوم استفاده از انرژی الکتریکی برای تامین نیاز های مردم روستایی بنام چتیسگر ۱ بمنظور تامین انرژی الکتریکی مصرف کننده های این ناحیه سیستم هیبریدی پیشنهاد شده است.

این سیستم هیبریدی متشکل از انرژی های برق آبی، فتوولتائیک، باد و دیزل ژنراتور میباشد و با بررسی این منطقه و فاصله این روستا تا شبکه و با فرض متصل بودن به شبکه به بررسی و تحلیل فنی اقتصادی این سیستم پرداخته است. در نهایت با مقایسه بررسی ها و اطلاعات موجود به نقطه ای دستیابی پیدا میکند که در این نقطه هزینه تامین برق بصورت مجزا از شبکه و متصل به شبکه مساوی بوده و با بررسی های دیگر به فروش برق به شبکه و خرید برق از شبکه میپردازد. در این سیستم هیبریدی پیشنهادی از یک واحد برق آبی ۱۰ کیلو وات و یک واحد فتوولتائیک ۲۰ کیلو وات و نیز واحد بادی و دیزل نیز استفاده کرده است. در ایران نیز مناطق بسیار زیادی وجود دارد که مستعد بهره وری از انرژی های تجدید پذیر هستند که در پایان نامه [۱۶] به بررسی منطقه ای در شمال شرق ایران که در شکل ۲-۳ نشان داده شده، پرداخته است و با توجه به بادخیز بودن منطقه بررسی های لازم انجام شده و سیستم هیبریدی مورد نظر ارائه شده است.

---

<sup>1</sup> Chhattisgarh



شکل ۲-۳: مناطق شمال شرقی ایران (استان خراسان) که دارای پتانسیل بادی بسیار بالایی هستند. [۱۶]

## ۲-۳ جمع بندی

در این فصل به مروری بر کارهای انجام داده شده در حیطه بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر به منظور کاهش مصرف سوخت، میزان آلاینده‌گی و هزینه انرژی پرداخته شد [۱۷]. در فصل بعد مشاهده خواهید کرد که استفاده از انرژی های تجدید پذیر می تواند به طرق مختلف صورت پذیرد، عبارتی دیگر میزان مشارکت پذیری هر کدام از انرژی های تجدید پذیر (بصورت مجزا) در تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در مصارف خانگی، صنعتی و تجاری و ... متفاوت خواهد بود.





**فصل سوم: انرژی های تجدید پذیر و**

**انرژی های تجدید ناپذیر**

### ۳-۱ مقدمه

در این فصل به بررسی تاریخچه، مفاهیم کلی انرژی، انرژی های تجدید پذیر (باد و خورشید) و تجدید ناپذیر (سوخته های فسیلی)، راندمان و توان انرژی های تجدید پذیر، تاثیرات زیست محیطی استفاده از انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر و چگونگی بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر، روابط و فرمول ها و کاربرد آن در تولید انرژی الکتریکی پرداخته خواهد شد.

### ۳-۲ انرژی

انرژی اصولاً به مقدار نیرویی اطلاق می شود که جهت انجام کار یا فعل و یا به حرکت در آوردن شیئی چه بصورت خطی و چه بصورت دورانی مصرف شود. در این بخش به بررسی انواع انرژی از قبیل انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر می پردازیم. قوانین فیزیکی بیانگر بهره برداری از منابع انرژی خواهند بود که می توان از انواع انرژی به انرژی مکانیکی، انرژی الکتریکی، انرژی جنبشی، انرژی گرانشی، انرژی هسته ای، انرژی حرارتی و انرژی تابشی و ... اشاره کرد.

اغلب انرژی ها خود نشات گرفته از نوع دیگری انرژی می باشند که از این قبیل می توان به انرژی الکتریکی اشاره کرد. صنعت برق یکی از پیشرفته ترین صنایع در بهره گیری از انرژی است که برای تولید انرژی الکتریکی از انواع انرژی های موجود در طبیعت استفاده کرده است.

طراحان برای ایجاد این چرخش مورد نیاز محور ژنراتور راه کارهای بسیار زیادی ارائه داده اند که می توان به استفاده از انرژی های برق آبی، توربین آبی، توربین گازی، توربین بادی و ... برای تامین چرخش روتور اشاره کرد. لذا مشاهده می شود که در تامین انرژی الکتریکی در هر نیروگاه نوع خاصی از انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. لذا انرژی های موجود در طبیعت را می توان به دو دسته انرژی های تجدید پذیر و انرژی های تجدید ناپذیر تقسیم کرد.

### ۳-۳ سوخت های فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر

انرژی های فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر به آن دسته از انرژی هایی اطلاق می شود که روند بازسازی آنها نسبت به دیگر انرژی ها و زمان بسیار کندتر بوده و شاید چندین هزار سال این روند به طول انجامد. لذا به این انرژی ها، انرژی های تجدید ناپذیر می گویند که از این قبیل می توان به انرژی های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت، و مشتقات آنها اشاره کرد.

برای تولید انرژی الکتریکی اغلب از انرژی های سوخت فسیلی استفاده می شود ولی ذکر این نکته مهم است که این نیروگاه ها از تمامی ظرفیت و انرژی نهفته در این سوختها استفاده نمی کنند. در این راستا بهره انرژی بصورت معادله ۱-۳ تعریف میشود [۱۸]:

$$\eta = \frac{E_P}{E_T} \quad (1-3)$$

که :

$\eta$  : راندمان

$E_P$  <sup>۱</sup>: انرژی مفید

$E_T$  <sup>۲</sup>: انرژی کل

در اغلب نیروگاه های برق برای تولید انرژی الکتریکی و چرخش محور روتور از سوخت مصرفی فسیلی استفاده می شود. با توجه به استفاده بی رویه از این ذخایر و منابع در سالهای اخیر و نیز میزان آلاینده های ناشی از مصرف این سوختها برای تامین انرژی مکانیکی ژنراتور ها و همچنین گرم شدن آب و هوای کره زمین و افزایش میزان دی اکسید کربن، نگرانی های بیشماری در رابطه با اتمام این منابع وجود دارد که محققان را بر آن داشته است که به دنبال نوعی انرژی جایگزین بجای سوختهای فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر باشند.

---

<sup>1</sup> Profitable energy

<sup>2</sup> Total energy

## ۳-۴ انرژی های تجدید پذیر

انرژی های تجدیدپذیر به انرژی هایی اطلاق می شود که مدت باز سازی آنها کم بوده و یا اینکه هیچ نگرانی درباره اتمام این نوع انرژی نخواهیم داشت. اغلب این انرژی ها از دسته انرژی های پاک می باشند که می توان از این قبیل به انرژی خورشید و انرژی باد اشاره کرد.

همانطور که میدانیم انرژی خورشید و انرژی باد اولاً اتمام پذیر نیستند، لذا دیگر نگرانی برای اتمام این ذخایر وجود ندارد و ثانیاً این انرژی همانطور که گفته شد به انرژی های پاک موسوم اند لذا در پی استفاده از آنها هیچ آلاینده‌گی وجود ندارد و نیز لازم به ذکر است که این انرژی ها در طبیعت بطور رایگان در اختیار ما قرار دارد، لذا از لحاظ اقتصادی نیز دیگر جای هیچ نگرانی وجود ندارد. این نوع انرژی ها تنها وابسته به شرایط آب و هوایی هستند، لذا در اولین قدم در بهره برداری از این انرژی ها باید به بررسی مناطقی که از لحاظ آب و هوایی مستعد بهره وری و بکار گیری در استفاده از انرژی های تجدید پذیر هستند پرداخت [۱۹].

در ایران مناطق بسیار زیادی وجود دارد که دارای پتانسیل های مختلفی جهت بهره برداری انرژیهای خورشیدی و یا بادی و یا هردو هستند. با توجه به میزان وزش باد و شدت تابش نور خورشید می توان این مناطق را مورد بررسی قرار داد.

در تولید انرژی الکتریکی، عواملی مانند محدودیت منابع فسیلی و نگرانی‌ها در مورد اثرات زیست محیطی باعث حرکت به سمت منابع پاک و تجدید پذیر مانند باد و انرژی خورشیدی شده است. متأسفانه این نوع منابع پاک و تجدیدپذیر مشکلات خاص مربوط به خود را دارند؛ از جمله محلی بودن آنها، احتمال خطا در پیش‌بینی و مساله‌ی پیوستگی تامین انرژی را میتوان بیان کرد. به عنوان مثال تولید یک نیروگاه خورشیدی با توجه به منطقه‌ی جغرافیایی آن بسیار متفاوت خواهد بود [۲۰]. علاوه بر این، نیروگاه‌های خورشیدی در طول شب و یا در معرض وضعیت آب و هوایی شدید مانند صاعقه و طوفان قادر به تولید نمی‌باشند و برای تامین تقاضا، به منابع انرژی جایگزین نیاز خواهد بود، لذا لزوم حضور منابع تجدید ناپذیر و فسیلی در شبکه بوجود خواهد آمد.

### ۳-۵ انرژی باد

تغییرات و جابجایی مکانی توده ای از هوا را باد می نامند. این جابجایی توده هوا در اثر موارد مختلفی بوجود می آید که عبارت اند از:

الف- مصنوعی: شکل از جابجایی هوا ناشی از نیروهای وارده بر یک توده در اثر فعالیتهای انسانی صورت می پذیرد [۱۸].

ب- طبیعی: این نوع از جابجایی توده هوا ناشی از وزش باد در روزهای گرم و سرد سال، وزش باد در اطراف سواحل دریاها و اقیانوسها، وزش باد از کوه به دره و برعکس و... می باشد. (سازمان انرژی ایران)

همه مثالهای یاد شده یک نوع حرکت فیزیکی می باشند که بر اثر نیروی وارده رخ می دهند که در حالت طبیعی وزش باد، این نیرو می تواند در اثر تغییرات دمایی و فشار بین دو نقطه از یک توده هوا (گرادیان حرارتی و فشاری) صورت گیرد. حاصل این گرادیان ها، ایجاد نیرو می باشد که می تواند عامل اصلی در جابجایی منظور گردد. با تمرکز بر روی ساختار جوی کره زمین و عوامل موثر در آن می توان به نکات زیر اشاره نمود [۱۸]:

الف) تابش خورشید: تابش مستقیم نور خورشید و تاثیر قسمت حرارتی آن در سطوح پایین جو باعث ایجاد تغییرات دمایی در توده های هوایی می گردد، که این عامل نیز با تغییرات فشار همراه است. بخار نمودن آبهای سطحی و تشکیل توده هوای گرم و مرطوب و صعود آن به بالا و تشکیل ابرها توسط نور خورشید و برخورد مستقیم نور خورشید با سطح زمین و گرم نمودن آن با توجه به متفاوت بودن ظرفیت (جذب) گرمایی سطوح مختلف که در نهایت باعث بوجود آمدن تغییرات دمایی و نهایتاً ایجاد باد می شود [۱۸].

ب) حرکت وضعی زمین: چرخش زمین به دور خود در هر ۲۴ ساعت یکبار اتفاق می افتد که باعث ایجاد امواج مختلف جوی می گردد و با در نظر گرفتن قوانین نیوتن، نیروی گریز از مرکز ایجاد شده در اتمسفر آن باعث جابجایی نسبتاً منظم مکانی و زمانی آن گردیده که توده های کم فشار و پر فشار

نمونه هایی از آن می باشند [۱۸].

ج) جاذبه زمین: وجود جاذبه زمین باعث ایجاد فشار متعادل در اتمسفر زمین و جلوگیری از فرار توده های هوایی اطراف آن میشود.

با توجه به پیشرفت تکنولوژی امروزه روشهای مختلفی برای تولید انرژی الکتریکی وجود دارد. برای تولید انرژی الکتریکی باید نوعی از انرژی به انرژی الکتریکی تبدیل شود که این انرژی می تواند انرژی تجدید ناپذیر و یا انرژی تجدید پذیر باشد. یک از این انرژی های تجدید پذیر که می تواند انرژی الکتریکی تولید کند انرژی باد است. بشر همواره به دنبال نیروی جاودانه بوده است که بتواند از این نیرو در انجام امور و پیشرفت استفاده کند. نیروی باد یکی از نیروهای جاودانه و یا پایدار بوده است که همواره پایدار و پیوسته و رایگان است. انسان اولین بار از انرژی باد برای به حرکت در آوردن کشتی ها استفاده کرد. امروزه میزان اهمیت بهره وری از انرژی باد به قدری بالاست که می توان گفت این انرژی حاشیه امنیتی هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ زیست محیطی را در هر کشور بالا می برد [۲۱]. در قرن بیستم انسان پس از بحران و شوک استفاده بیش از حد از سوختهای فسیلی و نفت خام و در پی آن آلاینده های بیش از حد کارخانجات و نیروگاه ها و نیز تاثیر مخرب گازهای گلخانه ای به فکر استفاده از یک انرژی پاک و تمام نشدنی افتاد لذا از انرژی باد جهت تامین انرژی الکتریکی استفاده کرد.

یکی از کاربردی ترین و گسترده ترین نوع از انرژی های تجدید پذیر انرژی باد می باشد زیرا در حال حاضر نیروگاه های بادی از لحاظ پتانسیل فنی ظرفیت تولید ۴۰-۵۰ هزار مگا وات و از لحاظ پتانسیل اقتصادی ظرفیت ۱۵-۲۰ هزار مگا وات را دارند. امروزه مشاهده می شود که میزان مشارکت انرژی باد در تولید انرژی الکتریکی تقریباً به ۲۰ درصد از انرژی کل رسیده است. نیروگاه های بادی با بهره گیری از انرژی باد بعنوان محرک و چرخاننده محور ژنراتور به تولید انرژی الکتریکی می پردازند. البته لازم به ذکر است که بهره وری از انرژی باد و سرعت وزش باد با توجه به متغیر بودن آن بسیار دشوار می باشد که برای کنترل این موضوع محققان راه حل هایی از قبیل استفاده از چرخ دنده

(گیربکس) و کنترلر های مکانیکی ارائه داده اند. توربین های بادی اغلب از بخشهایی مانند : بدنه(برج)، ماشین خانه، بخش کنترلی، توربین و پره تشکیل شده اند. ارتفاع این برج ها اغلب به ۴۰ متر میرسد که اکثر این برج ها تقریبا ۶۶۰ کیلو وات توان تولید می کنند. از انواع توربین ها می توان به نوع توربین با محور افقی و توربین با محور قائم اشاره کرد که امروزه از توربین با محور افقی به دلیل کارایی و سابقه بکارگیری، بیشتر استفاده می شود. اغلب توربین های بادی را در جهت وزش باد و آنها را با فواصل مشخص و نزدیک به هم نصب می کنند [ ۲۲].

برای بهره وری بیشتر از انرژی باد ابتدا باید مطالعاتی جهت انتخاب منطقه مورد نظر که مستعد بهره وری از انرژی باد است انجام شود. این مطالعات اغلب با توجه به باد خیز بودن مناطق و گزارشات سازمان هوا شناسی و نیز با نصب دستگاههایی خاص جهت ثبت اطلاعات رژیم بادی در طی یک دوره چند ساله انجام می شود. در ایران مناطقی مانند آذربایجان، سمنان، منجیل، بینالود، خواف و خراسان و... وجود دارد که دارای پتانسیل بسیار بالایی جهت بهره وری از انرژی باد هستند. توربین های بادی اغلب در سرعت های ۴-۲۵ متر بر ثانیه کار میکنند که حداکثر میزان سرعت وزش باد برای تولید انرژی الکتریکی ۱۵-۱۸ متر بر ثانیه خواهد بود. اگر سرعت وزش باد به بیش از ۲۵ متر بر ثانیه برسد توربین بصورت خودکار از مدار خارج شده تا از صدمات احتمالی به توربین و برج و... جلوگیری کند [۱۸].

### ۳-۵-۱ مطالعات امکان سنجی احداث نیروگاه بادی

مطالعه امکان سنجی اولین گام در احداث مزارع بادی است که هدف نهایی آن ارزیابی امکان پذیر بودن تاسیس یک نیروگاه بادی به لحاظ فنی، اقتصادی، زیر ساختهای مورد نیاز و غیره در یک سایت مشخص و استفاده از توربین های معین می باشد. برآورد انرژی تولید سالانه نیروگاه، چگونگی اتصال به شبکه سراسری یا محلی و مشخصات شبکه از مواردی می باشد که باید در گزارش امکان سنجی دقیقاً مشخص گردد.

## الف - برآورد انرژی تولیدی سالیانه نیروگاه

بدلیل تاثیر عوامل متعدد پیچیده بر میزان وزش باد، برآورد انرژی تولیدی سالیانه نیروگاه که با سرعت و جهت وزش باد رابطه دارد، نیازمند محاسبات پیچیده و خاص خود می باشد. در نتیجه به منظور برآورد انرژی تولیدی از نرم افزار هومر و سایر نرم افزارهای معتبر استفاده می گردد.

## ب - مطالعات احداث

- بررسی منطقه از نظر وضعیت راه ها و محدودیت ترافیکی
- بررسی منطقه از نظر وضعیت و امکان اتصال به شبکه و محدودیت ظرفیت شبکه ( استعلام باید قبل از هر اقدامی جهت انجام مطالعات امکان سنجی از وزارت نیرو)
- مطالعه منطقه از نظر نداشتن منع قانونی، زیست محیطی، فرهنگی و غیره
- مطالعه منطقه از نظر زلزله خیزی و خاک شناسی

## ج - بررسی های اقتصادی

مطالعه هزینه های احداث شامل بر موارد زیر می شود [۱۸]:

- برآورد هزینه های عمرانی شامل: هزینه های زمین مورد نیاز، آماده سازی راه، آماده سازی زمین، احداث فونداسیون توربین و هزینه نصب تجهیزات مکانیکی
- برآورد هزینه عملیات برقی شامل: هزینه اتصال به شبکه و هزینه نصب تجهیزات الکتریکی
- برآورد هزینه توربین و هزینه حمل و نقل به سایت
- برآورد هزینه های خدمات مهندسی
- برآورد هزینه های متفرقه احداث
- برآورد هزینه های بهره برداری و تعمیر و نگهداری (بصورت متغیر و ثابت)
- برآورد هزینه های خارجی ناشی از عوامل پیش بینی نشده شامل: خاموشی خارج از برنامه و حوادث طبیعی



- برآورد درآمد حاصل از فروش برق
- برآورد قیمت فروش محاسبات تامین بودجه از طریق اخذ وام شامل: برآورد میزان پرداخت سود و بهره محاسبات میزان برگشت سرمایه و مدت زمان برگشت سرمایه محاسبات عدم قطعیت هزینه ها

## د- روند مطالعات امکان سنجی مزارع بادی

مطالعات امکان سنجی فنی مزارع بادی بطور کلی شامل دو موضوع اصلی زیر است:

الف) انتخاب سایت مناسب برای مزرعه بادی

ب) انتخاب مدل یا مدل‌های مناسب توربین بادی

بطور کلی شرایط محیطی از طریق سه عامل زیر روی شرایط باد در سایت تاثیر می گذارد:

- موانع

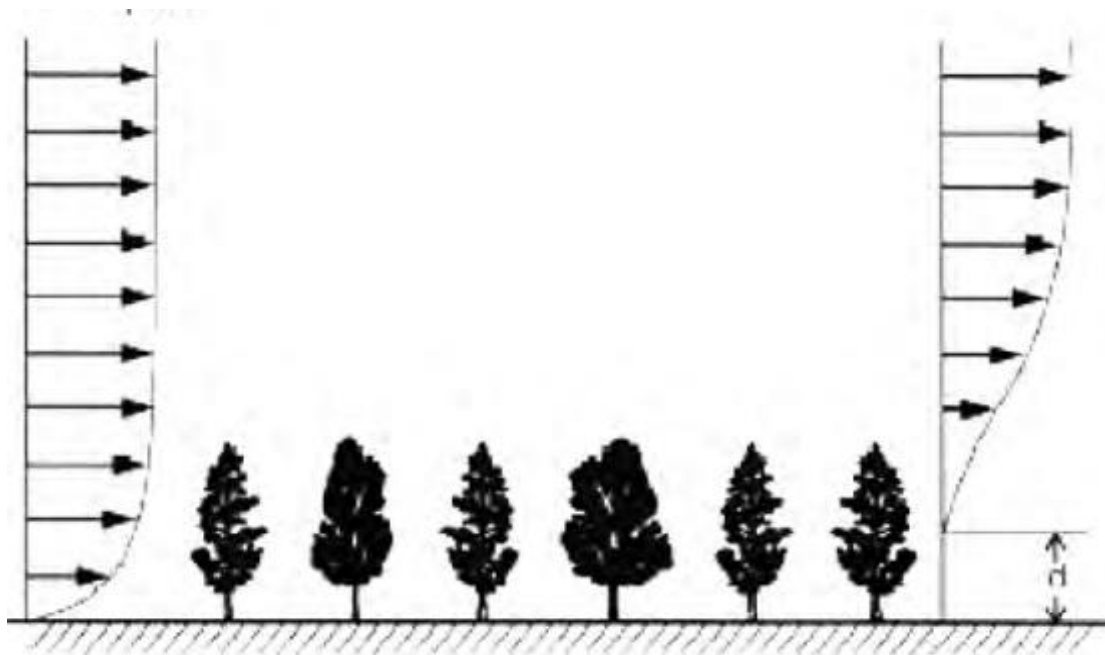
- زبری سطح

- وضعیت پستی و بلندی (اروگرافی)<sup>۱</sup>

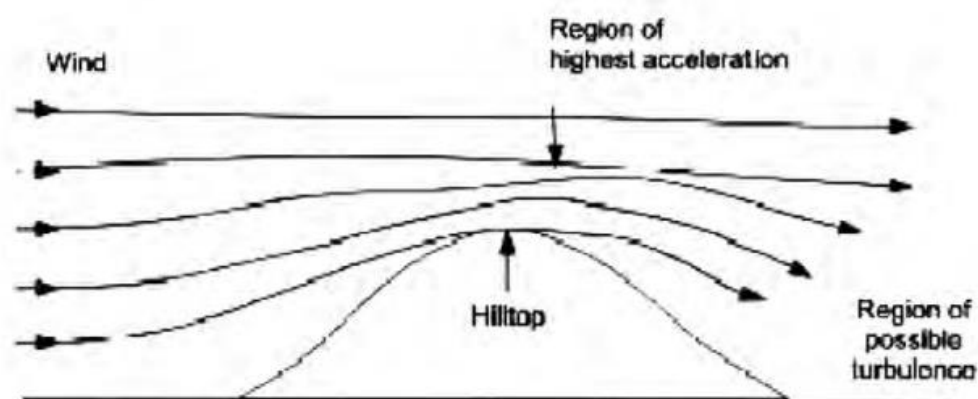
باید توجه داشت که در صورت استفاده از توربین بادی در محل، این توربین باید دارای حداقل ۲۰ برابر فاصله نشان داده شده در شکل (H) فاصله از مانع بوده و لبه پایینی پره توربین باید دارای ارتفاع سه برابر ارتفاع مانع باشد .

در شکل ۱-۳ تاثیر چند مانع پشت سر هم (مثلا ردیفی اثر مانع بر روی جریان هوا از درختان) روی پروفایل باد نشان داده شده است اثر مانع بر روی پروفایل باد اثر اروگرافی زمین بر روی جریان باد همچنین تاثیر اروگرافی زمین (به صورت یک تپه) روی خطوط جریان باد در شکل ۲-۳ قابل مشاهده است.

<sup>1</sup> Orography



شکل ۳-۱: اثر مانع بر روی پروفایل باد [۱۸]



شکل ۳-۲: اثر اوجگرافی زمین بر روی جریان باد [۱۸]

شاخصه هایی از جریان باد که در یک مکان خاص دارای اهمیت هستند عبارتند از:

- پروفیل باد
- سرعت متوسط باد
- توزیع سرعت باد
- توزیع جهت باد
- الگوی روزانه تداوم سرعت باد

## - الگوی سالانه سرعت باد

مکان مولد بادی باید علاوه بر موقعیت مناسب از نظر بادخیز بودن به گونه ای انتخاب گردد که بالاترین بهره اقتصادی، کمترین تأثیر تخریبی بر روی محیط اطراف (عدم نیاز به تغییر شرایط موجود در منطقه و تجهیزات پیچیده)، را دارا باشد. بنابراین منطقه و ساختار آن نقش بسیار مهم و اساسی در عملکرد بهینه مولد بادی خواهد داشت. بدیهی است مکان نصب مولد بادی باید دارای سرعت متوسط بالا و تداوم مناسب وزش باد باشد. از این رو بررسی سرعت و سایر پارامترهای باد، اولین و مهمترین گام در ارزیابی استعداد یک منطقه برای نصب نیروگاههای بادی محسوب می شود. برای انتخاب سایت مناسب جهت نصب توربین های بادی مراحل زیر به عنوان مطالعات امکان سنجی انجام می گیرد :

## - تعیین پتانسیل تخمینی باد

- نزدیکی به خطوط انتقال و وضعیت (شبکه) توان اتصال کوتاه، کیفیت خطوط انتقال)

- دسترسی به جاده ها

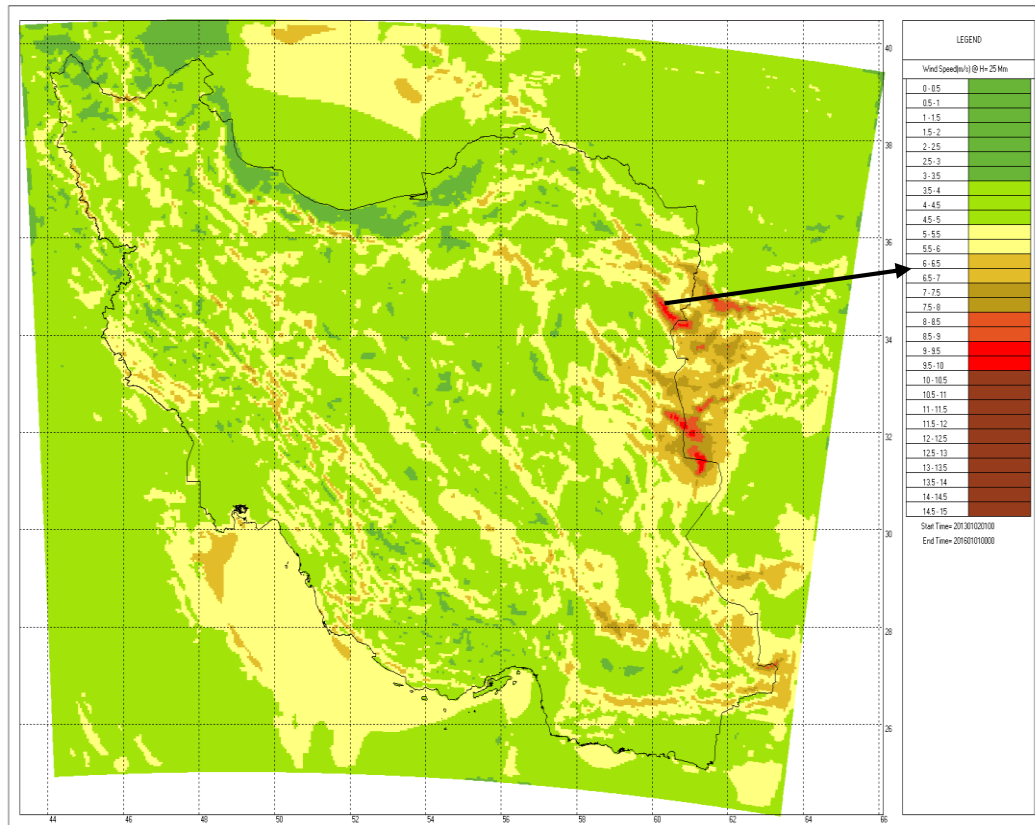
- شرایط اقلیمی

در شکل ۳-۳ میزان وزش باد در مناطق مختلف کشور داده شده است. همانطور که مشاهده میشود در کشور ایران بخشهای شمال شرقی کشور دارای نقاطی است که پتانسیل باد در این مناطق بسیار بالاست.

## ۲-۵-۳ نحوه آرایش توربین های بادی

به منظور تولید انرژی الکتریکی توسط انرژی باد به توربینهای بادی زیادی نیاز است. با بهره برداری از تعداد بیشتری از توربینهای بادی، در مجموع انرژی برق تولیدی دارای ظرفیتهای بالایی در حد چند مگاوات خواهد بود. بدین طریق می توان برق تولیدی را از نظر اقتصادی با نیروگاه های متداول قابل رقابت و عملکرد نیروگاه و هزینه های نگهداری آن را به صرفه و بهینه نمود. از دیگر مسائل، فاصله بهینه بین توربینهای نصب شده و نحوه آرایش آنها می باشد تا از زمین و باد موجود منطقه حداکثر استفاده شده و در حوالی نیروگاه آلودگی های زیست محیطی نظیر آلودگی صوتی ایجاد

نشود. توربینهای بادی با توجه به فرم یا شکل مکانی منطقه با فواصل مشخص نزدیک یکدیگر و در شکل متقارن و مناسب طوری نصب می شوند که در اغلب اوقات در جهت وزش باد غالب منطقه باشند و بیشترین انرژی را از باد بگیرند و نیاز چندانی هم به چرخش مکرر ناسل توربین نباشد .



شکل ۳-۳: الگوی وزش باد در مناطق مختلف ایران (اطلس باد ایران در ارتفاع ۲۵ متر) [۱۸]

در مواردی که بیش از یک ردیف توربین نصب می شود معلوم است که جریان باد بعد از عبور از یک توربین به توربین دیگری می وزد و مقدار سرعت و انرژی آن اندکی کاهش می یابد که بیشتر بدلیل چرخشی شدن توده ها پس از عبور از توربین ها است [ ۱۸].

### ۳-۵-۳ انرژی باد و توربین های بادی

مزایای استفاده از انرژی بادی:

- عدم نیاز توربینهای بادی به سوخت کاهش میزان مصرف سوختهای فسیلی
- رایگان بودن انرژی باد

- توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق
- کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد در بلند مدت
- تنوع بخشیدن به منابع انرژی و رویکرد به سوی سیستم پایدار انرژی
- قدرت مانور زیاد جهت بهره برداری در هر ظرفیت و اندازه از چند وات تا چندین مگاوات
- عدم نیاز به آب در مقایسه با نیروگاههای آبی و ...
- عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب
- نداشتن آلودگی های زیست محیطی

### ۴-۵-۳ هزینه های زیست محیطی

در بین انرژیهای تجدید پذیر، انرژی بادی یکی از اقتصادی ترین روشهای تولید برق بوده که آلودگی محیط زیست نداشته و پایان ناپذیر می باشد. طبق آمار موجود تولید هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی از باد می تواند از انتشار حدود یک کیلوگرم CO<sub>2</sub> در مقایسه با نیروگاههای سوخت فسیلی جلوگیری نماید [۲۲]. بطور کلی با جایگزینی هر یک درصد از انرژی برق بادی با انرژی برق تولیدی از نیروگاههای سوخت فسیلی می توان حدود ۳ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش داد.

در زمانی که برق مورد نیاز شبکه توسط توربین های برق بادی تزریق می شود برق تولیدی سایر نیروگاهها کاهش یافته از این رو در مصرف سوخت فسیلی این نیروگاه ها صرفه جویی می گردد که با توجه به میزان تزریق برق بادی به شبکه، از انتشار آلاینده های محیط زیست کاسته خواهد شد [۲۳].

### ۵-۵-۳ توان پتانسیل توربین

انرژی موجود در باد را می توان با عبور آن از داخل پره های و سپس انتقال گشتاور پره ها به روتور یک ژنراتور استخراج کرد. در این حالت میزان توان تبدیلی با تراکم باد، مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و مکعب سرعت باد بستگی دارد.

## قدرت باد

قدرت نامی موجود در باد را می توان با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد [۲۴]:

$$P = \frac{1}{2} \alpha \rho A V^3 \quad (۲-۳)$$

که:

$P$ : قدرت باد (وات)

$\alpha$ : ضریب بهره وری (به طراحی توربین بستگی دارد)

$\rho$ : تراکم باد (کیلو گرم بر متر مربع)

$A$ : سطح دایره ای شکل جارو شده توسط پره های روتور

$V$ : سرعت نسبی باد (متر بر ثانیه) قدرت توربین بادی

## ۳-۶ انرژی خورشیدی

افزایش و رشد جمعیت، آلودگی محیط زیست، کاهش ذخایر انرژیهای فسیلی و گرم شدن کره زمین از جمله مسایل مهمی هستند که اهمیت انرژی های تجدید پذیر را در قرن حاضر نشان میدهد. انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع پایدار و پاک از گذشته مد نظر کارشناسان این موضوع بوده است. از انرژی خورشیدی به صورت غیرمستقیم در نیروگاههای خورشیدی استفاده می شود یعنی برای مثال با تولید بخار از تمرکز نور بر یک دیگ بخار و هدایت آن به سیستم توربین ژنراتور، انرژی الکتریکی بدست آورد. نحوه دیگر استفاده از انرژی خورشیدی، استفاده مستقیم نور خورشید است که نمونه ی ساده ی آن استفاده از نور خورشید برای گرم کردن آب در آب گرمکن های خورشیدی است. از آن جا که کار با انرژی الکتریکی راحت است و زندگی جدید بشر بدون آن غیرممکن است، تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسته به صورت مستقیم یکی از اهداف اصلی در طرح استفاده از انرژی خورشیدی است. پدیده فتوولتائیک که در سلولهای خورشیدی دیده می شود روشی است که در آن نور خورشید به صورت مستقیم به الکتریکی تبدیل می شود. این روش یکی از

جذابترین روشهای در تبدیل انرژی های پاک محسوب می شود ولی هزینه بالای این روش تنها مانع استفاد عام از سلولهای خورشیدی در کاربردهای روزمره است. امروزه کار بر روی سلولهای خورشیدی و تهیه سلولهای خورشیدی ارزان، یکی از اهداف بزرگ بسیاری از دانشمندان حاضر در زمینه های مختلف علمی را به خود اختصاص داده است. سلولهای خورشیدی "تک کریستال لایه نازک" امید رسیدن به سیستم های فتوولتایی ارزان در آینده نه چندان دور را نوید می دهد [۲۵].

نکات زیر در باره انرژی خورشیدی حائز اهمیت است:

- در هر ثانیه  $4/2$  میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می شود.
- انرژی چهل روز تابش خورشید با انرژی مورد نیاز یک قرن برابر است.
- این کره نورانی را می توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد.
- تقریباً ۸۰ درصد از الکتریسیته خورشیدی توسط نیروگاه حرارتی - خورشیدی و ۲۰ درصد آن توسط نیروگاههای برق نوری (فتوولتائیک) تولید می شوند [۲۶].

### ۳-۶-۱ انواع نیروگاه خورشیدی

- آئینه خورشیدی از نوع سهموی خطی
- نیروگاه حرارتی دریافت کننده مرکزی
- آئینه های بشقابی (استرلینگ)
- دودکش خورشیدی
- سلولهای نوری (فتوولتائیک)

#### نیروگاههای حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی<sup>۱</sup>:

منعکس کننده ها به صورت سهموی خطی می باشند و نکات قابل توجه در ساخت و چگونگی

عملکرد آنها به شرح زیر است:

---

<sup>1</sup> Solar energy generating systems

- گیرنده به صورت لوله‌ای در خط کانونی منعکس کننده‌ها قرار دارد.
- سطح لوله‌ها را با اکسید فلزی (کرم سیاه) که ضریب جذب بالایی دارد (۰/۹) پوشش می‌دهند.
- در محیط اطراف آن لوله شیشه‌ای به صورت لفاف پوشیده می‌شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد.
- داخل این لوله روغن مخصوصی در جریان است.
- در این نیروگاهها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد.
- ذخیره ساز انرژی در این نیروگاه ها از جنس بتن است و توانایی ذخیره گرما برای ۱۲ ساعت کار نیروگاه را دارا می باشد.



شکل ۳-۴: نیروگاههای حرارتی خورشیدی از نوع سهموی خطی [۲۵]

### نیروگاههای حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی:

در این نیروگاهها پرتوهای خورشیدی توسط مزرعه‌ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس کننده بنام هلیوستات<sup>۱</sup> بر روی یک دریافت کننده که در بالای برج نسبتاً بلندی استقرار یافته است متمرکز

<sup>1</sup> Heliostat



می‌گردد. در برخی از سیستم‌ها سیال عامل آب است و مستقیماً در داخل دریافت کننده به بخار تبدیل می‌شود. حرارت بوسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاه‌های سنتی منتقل شده و بخار فوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور تولید می‌گردد.



شکل ۳-۵: نیروگاه‌های حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی [۲۵]

سیستم هوایی امکان افزایش دما تا ۸۰۰ درجه را می‌دهد که باعث افزایش بازده می‌شود. چرخه نمک مذاب برای افزایش بازده ذخیره گرمایی، مناسب می‌باشد. برای استفاده دائمی در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد، از سیستم‌های ذخیره کننده حرارت و یا از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت فسیلی استفاده کنند برای تولید برق کمک گرفته می‌شود. گستره تولید توان در این نیروگاه‌ها بین ۳۰ تا ۱۶۰ مگاوات است [۲۵].

### سیستم تولید برق خورشیدی بشقابی – استرلینگ<sup>۱</sup>

معمولاً در این سیستم‌ها جمع کننده‌های خورشیدی (آئینه‌های بشقابی) و موتور استرلینگ بر روی

<sup>1</sup> Sterling

یک پایه قرار می گیرند. این مدل از سیستمهای برق خورشیدی دارای تعقیب کننده های دو محوری هستند. سیال بکار رفته در این سیستم هلیوم میباشد. هر کدام از این پنل ها به تنهایی قادر به تولید ۱۰ تا ۵۰ کیلووات الکتریسیته اند .



شکل ۳-۶: نیروگاههای برق خورشیدی بشقابی - استرلینگ [۲۵]



شکل ۳-۷: نیروگاههای حرارتی از نوع دودکش خورشیدی [۲۵]

- خاک و هوای زیر پوشش شیشه ای تقریباً تا ۳۵ درجه سانتیگراد گرمتر از محیط
- شیب ملایمی از مرکز به سمت کناره ها
- در دود کش جریانی با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه ایجاد می شود.
- نصب توربین بصورت افقی یا عمودی

## سلولهای نوری و نیروگاه های فتوولتائیک<sup>۱</sup>:

انرژی خورشیدی از آن دسته از انرژی‌هایی است که رایگان است و سیستم آنها نیاز به تعمیر و نگهداری ندارد و نیز قبل از استفاده نیاز به استخراج و عمل آوری ندارد لذا بعد از مصرف هیچگونه آلودگی و پسماندی ندارد. نمونه ای از این نیروگاه ها در شکل ۷-۳ نشان داده شده است.

انرژی خورشیدی کاملاً قابل پیش بینی است و بیشترین امنیت انرژی را داراست. اما نیاز سطح وسیع زمین در دسترس نبودن، محدود بودن از استفاده انرژی خورشیدی در ساعات شب، گرانی قطعات کنترل و اداره نیروگاه خورشیدی از جمله معایب نیروگاه خورشیدی است.



شکل ۳-۸: نیروگاههای فتوولتائیک [۲۵]

### مزایای استفاده از سیستم های فتوولتائیک:

- امکان نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک بسیار ساده و سهل الوصول است.
- برخلاف صور دیگر نیروگاههای خورشیدی، سیستم های فتوولتائیک انرژی حاصل از تابش را مستقیماً و بدون واسطه های مکانیکی تبدیل به انرژی الکتریکی می نماید.

<sup>1</sup> Photovoltaic System

- امکان استفاده از این نوع انرژی خورشیدی در مقیاسهای کوچک و بزرگ امکان پذیر می باشد. (از حدود میلی وات تا چندین مگاوات)
- قابلیت استفاده در مکانهای شهری و روستایی را دارا می باشد.
- با توجه به نیاز مصرفی در هر نقطه که امکان بهره برداری از این سیستم وجود داشته باشد قابل نصب و راه اندازی است.
- زمان اجرای پروژه های فتوولتائیک با توجه به صور دیگر انرژی های پاک مانند باد، ژئوترمال سهموی خطی، دریافت کننده مرکزی و ... بسیار کوتاه بوده که این خود قابلیت انعطاف سیستم را بیش از پیش هویدا می سازد.
- هزینه های انتقال خط به نقاط دور از دسترس شبکه

### ۳-۶-۲ توان تولیدی فتوولتائیک

همانطور که میدانید سیستمهای فتوولتائیک انرژی الکتریکی را تولید میکنند لذا توان تولیدی تولیدی سیستم فتوولتائیک بصورت زیر محاسبه میشود [۲۷]:

$$P_{PV} = F_{PV} Y_{PV} \frac{G_T}{G_{S,STC}} \quad (3-3)$$

که :

$P_{PV}$  : توان تولیدی فتوولتائیک

$F_{PV}$  : فاکتور بار لازم

$Y_{PV}$  : نرخ ظرفیت آرایش فتوولتائیک

$G_T$  : شدت تابش خورشید

$G_{S,STC}$  : مقدار استاندارد تابش خورشید

اگر تاثیر حرارت را روی فتوولتائیک بخواهیم در نظر بگیریم آنگاه معادله به شکل زیر خواهد بود:

$$P_{PV} = F_{PV} Y_{PV} \frac{G_T}{G_{S,STC}} [1 + \alpha_p (T_c - T_{c,STC})] \quad (4-3)$$

که :

$\alpha_p$  : ضریب دما و حرارت قدرت

$T_c$  : دما و حرارت سلول خورشیدی در حین بکارگیری

$T_{S,STC}$  : دما و حرارت سلول خورشیدی تحت شرایط آزمایش استاندارد

### ۳-۶-۳ راندمان سلول های خورشیدی

عبارت است از درصد انرژی تبدیل شده به الکتریسیته ( در نتیجه تبدیل انرژی تابشی جذب شده به انرژی الکتریکی ) در هنگام اتصال سلول خورشیدی به یک مدار الکتریکی راندمان سلول های خورشیدی از رابطه زیر محاسبه می شود [۱۱]:

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c} \quad (۵-۳)$$

که:

$P_m$  : توان حداکثر

$E$  : شدت تابش نور ورودی تحت شرایط استاندارد

$A_c$  : مساحت سطح سلول خورشیدی

عامل مهم دیگر در تبیین رفتار سلول های خورشیدی، فاکتور کفایت می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} \times I_{oc}} - \frac{\eta \times A_c \times E}{V_{oc} \times I_{oc}} \quad (۶-۳)$$

که :

$P_m$  : توان حداکثر

$V_{oc}$  : ولتاژ مدارباز

$I_{oc}$  : جریان اتصال کوتاه

سیستم های فتوولتائیک را می توان به طور کلی به سه بخش اصلی تقسیم نمود:

## الف) پنلهای خورشیدی

### ب) بخش کنترل

### ج) مصرف کننده

پنلهای خورشیدی: این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می باشد. پنل های فتوولتائیک که در معرض تابش خورشید قرار می گیرند، متشکل از سلولهای فتوولتائیک هستند. لازم به ذکر است، جریان و ولتاژ خروجی از این پنلها DC می باشد.

**بخش کنترل:** این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان تولیدی پنلها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار های محیط مانند سرمای شدید قطبی، گرمای بیابان، رطوبت استوایی و بادهای شدید مقاومت می کنند با این حال جنس این وسایل از شیشه بوده و در اثر ضربات سنگین ممکن است بشکنند. لازم به ذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه به نیازهای بار الکتریکی، مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می کند. بنابراین خرابی احتمالی در هر بخش یا اطلاعات مربوط به هر قسمت را می توان از بخش کنترل گرفت. این مجموعه از زیر مجموعه یا بخشهای متعددی تشکیل شده است که شامل: باتری، شارژ کنترل، ردیابی نقطه توان حداکثر<sup>1</sup>، اینورتر و سیستم کنترل می باشد. لازم به ذکر است برای هر مصرف کننده لزوماً از تمام بخشهای مذکور استفاده نمی گردد، بلکه طبق مشخصات و نیازهای هر مصرف کننده، بخش تولید توان مطلوب از بعضی از زیر بخشهای مذکور، تشکیل می گردد.

بنابراین وظایف کنترل کننده به شرح زیر می باشد:

- تطبیق عملکرد کلیه اجزاء سیستم ( شامل MPPT ، شارژ کنترل )
- فرمان به بخشهای مختلف در مواقع لزوم
- جمع آوری اطلاعات از عملکرد سیستم

---

<sup>1</sup> Maximum Power Point Tracking

- اطلاع رسانی از اجزاء سیستم

- حفاظت کل سیستم

- حفاظت سیستم زمین

در این جا به شرح مختصری از هر کدام از زیر مجموعه ها یا زیر بخشهای مذکور پرداخته خواهد شد.

## باتری و ذخیره انرژی

انرژی تابشی خورشید در طی روز متغیر می باشد، بنابراین در بسیاری از کاربردهای انرژی خورشیدی منبع ذخیره انرژی لازم است. مزایای باتری های ذخیره ساز به شرح زیر است:

- افزایش عملکرد سیستم فتوولتائیک و زمان کاربرد

- ذخیره انرژی خورشیدی تبدیل شده به انرژی الکتریکی

- تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در زمان عدم وجود تابش خورشید

- قابلیت اتصال بصورت سری و موازی برای دستیابی به توان های بیشتر

وجود منبع ذخیره در سیستم فتوولتائیک بقدری مهم است که سیستمهای فتوولتائیک را به دو دسته

کلی تقسیم بندی می کنند:

- با منبع ذخیره

- بدون منبع ذخیره

منبع ذخیره خود می تواند به دو نوع زیر تعریف گردد:

**بر اساس بار مصرفی (محصول تولیدی ذخیره شود) :**

مثلا در پمپاژ خورشیدی در طی روز و در زمان وجود خورشید با استفاده از برق حاصل از پنلها،

آب لازم در مخزن ذخیره جمع آوری شده و در مواقع عدم وجود خورشید و برق فتوولتائیک، از حجم

آب ذخیره شده در مخزن استفاده میشود.

**بر اساس ذخیره به صورت الکتروشیمیایی (ذخیره در باتری ها) :**

در این روش انرژی الکتریکی تولیدی حاصل از پنل‌های فتوولتائیک در منبع ذخیره ساز الکتروشیمیایی (باتری) ذخیره می شود و در مواقع لزوم مصرف می گردد.

### شارژ کنترل و واحد کنترل بار

وظیفه اصلی این بخش کنترل وضعیت شارژ و دشارژ باتری ها است. بطوریکه از حداکثر عمر مفید آنها استفاده گردد و از دو بخش شارژ و واحد کنترل ولتاژ بار تشکیل شده است. بخش شارژ، وضعیت شارژ باتریها را از نظر جریان و ولتاژ ورودی، دمای محیط و غلظت الکتrolیت و ... کنترل کرده و در مواقع لزوم، طبق طراحی های انجام شده عملکرد لازم را متناسب با شرایط و وضعیت باتریها بر سیستم اعمال می کند بگونه ای که طول عمر مفید را افزایش داده و امکان استفاده از بیشترین ظرفیت قابل دسترس باتریها را نیز در اختیار مصرف کننده قرار دهد. وظیفه بخش دیگر تنظیم و کنترل سیکل دشارژ باتری ها و جلوگیری از کاهش طول عمر و فرسودگی باتری هاست.

### مبدل

تبدیل توان از صورت DC به AC توسط یک مبدل (اینورتر) صورت می گیرد. در سیستمهای فتوولتائیک برق حاصله بصورت DC می باشد و از آنجائیکه اغلب بارهای موجود در صنعت و مصارف الکتریکی با برق AC کار می کنند، می توان این برق را توسط یک دستگاه اینورتر تبدیل نموده و مشخصه های آن را مانند ولتاژ و فرکانس با مولفه های مورد نیاز مصرف کننده مطابقت داد. اینورترها را می توان به ۳ گروه زیر تقسیم نمود:

### اینورتر مستقل<sup>۱</sup>:

این نوع اینورتر توان DC ذخیره شده در باتری هارا به توان AC تبدیل می کند. انتخاب اینورتر برای یک سیستم قدرت توسط ماکزیمم بار تغذیه شونده، ماکزیمم اضافه جهش مورد نیاز، ولتاژ خروجی مورد نیاز، ولتاژ باتری ورودی و سایر مشخصات، قابل انتخاب است. توان نامی یک اینورتر با

---

<sup>1</sup> Stand Alone Inverter



استفاده از ماکزیمم خروجی پیوسته آن سنجیده می شود، که این مقدار باید بیشتر از توان مصرفی بارهای AC استفاده شونده تحت کنترل باشد.

### اینورترهای همزمان<sup>۱</sup>:

این اینورترها توان DC را به توان AC تبدیل کرده و آن را به شبکه تزریق می کنند. این اینورترها مستقیماً به آرایه PV متصل شده و زمانی که خورشید در حال تابش می باشد، الکتریسیته تولید شده از آرایه های PV به اینورتر تزریق می شود. چنانچه توان تولیدی بیشتر از توان مصرفی باشد، این تفاوت به شبکه اعمال می شود و چنانچه توان مصرفی بیشتر از توان تولیدی باشد این کمبود از طریق شبکه جبران می شود.

### اینورتر چند منظوره<sup>۲</sup>:

این اینورترها به طور همزمان هم می توانند بعنوان یک اینورتر مستقل و هم یک اینورتر همزمان عمل کنند. این نوع اینورتر علاوه بر اتصال به خطوط شبکه قدرت به بانکهای باتری نیز متصل است. در زمانی که باتری ها از طریق یک منبع نیرو مثلاً آرایه های فتوولتائیک شارژ شده باشند، بارهای مورد استفاده خواهند بود و چنانچه باتری ها دشارژ باشند، شبکه قدرت این وظیفه را بر عهده دارد. **مصرف کننده یا بار الکتریکی:** با توجه به خروجی DC پنلهای فتوولتائیک، مصرف کننده می تواند دو نوع DC یا AC باشد، همچنین با آرایشهای مختلف پنلهای فتوولتائیک می توان نیاز مصرف کنندگان مختلف را با توانهای متفاوت تامین نمود. به همین علت سیستمهای فتوولتائیک بیشترین بازار تجاری را در زمینه کاربرد انرژی های نو بخود اختصاص داده اند. لازم به ذکر است که مصرف کننده های فتوولتائیک یاد شده می توانند در رنج توانی متفاوت باشند.

### بار DC

بار DC بطور مستقیم بر ویژگی های کل سیستم PV اثر می گذارد. بارهای بیش از اندازه که به

<sup>1</sup> Synchronous Inverter

<sup>2</sup> Multi-Function Inverter

نیرویی بیشتر از نیروی تولیدی مدول ها و یا ذخیره باتری نیاز دارند، سبب از کار افتادن سیستم می شوند.

## بار AC

بار AC در سیستم فتوولتائیک که شامل اینورتر است استفاده می شود. در حالت کلی تلاش بر این است که بارهای AC محدود شود چرا که در تبدیل DC به AC در اینورتر، اتلاف انرژی رخ می دهد. برای مثال لامپهای روشنایی فلورسنت و سدیم کم فشار AC دارای بازده بیشتری هستند.

### ۳-۶-۴ نحوه اتصال به شبکه اصلی در ریز شبکه ها

ریز شبکه ها سیستم های قدرت کوچکی هستند که میتوانند برای تامین نیازهای یک منطقه مورد استفاده قرار بگیرند در ریز شبکه ها منابع مختلف انرژی مانند فتوولتائیک، توربین بادی، پیل سوختی و ... در کنار منابع سنتی مانند دیزل ژنراتور استفاده شوند. معمولاً در ریز شبکه ها از منابع مختلفی استفاده میشود و به آن سیستم تولید هیبریدی گویند. این سیستمها میتوانند بصورت مستقل از شبکه اصلی بهره برداری شوند و یابه آن متصل شوند [۲۸].

### ریز شبکه های مستقل از شبکه سراسری برق

برای تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مناطق خارج از شبکه و جلوگیری از گسترش بیش از حد شبکه سراسری برق از سیستم های هیبریدی مستقل از شبکه استفاده می شود. در این روش انرژی الکتریکی مورد نیاز با استفاده از منابع تولید پراکنده و سیستمهای ذخیره کننده و کنترل کننده، قابل تأمین می باشد. بازه توانی این سیستم از چند وات تا چندین مگاوات قابل نصب و راه اندازی می باشد و بعنوان یک واحد تا سالها با قابلیت اطمینان بالا جهت تامین برق مورد نیاز استفاده گردد. از جمله مزایایی که در رشد و توسعه این سیستم بویژه در مناطق محروم و دور افتاده از شبکه کشور نقش عمده و بسزایی دارد می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم نیاز به شبکه سراسری، سیستم انتقال شبکه و تعمیر و نگهداری آن

- عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور
  - عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب کاربرد این نیروگاهها تأمین برق خانه های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز الکتریکی مناطقی می باشد که دارای شبکه سراسری برق نمی باشند.
- توسط این سیستمها می توان نیاز های اولیه مانند روشنایی، یخچال، تلویزیون و ... را تأمین نمود .
- این قبیل سیستم ها قادر هستند توان مورد نیاز مصرف کننده را بطور کامل و بصورت مستقل از شبکه سراسری برق تأمین نمایند. مشخصات تجهیزات مورد نیاز بر اساس توان مصرفی تغییر می نماید.

### ریزشبکه های متصل به شبکه سراسری برق

به منظور تقویت شبکه سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاهها در طی روز، استفاده از منابع تولید پراکنده متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز از جمله راه حل های این مشکل می باشد. بعنوان مثال امروزه سیستمهای فتوولتائیک و توربین بادی متصل به شبکه در بسیاری از کشورهای جهان در واحدهای کوچک از یک کیلووات الی ۵ کیلووات در بام منازل مسکونی و در واحدهای بزرگتر بصورت نیروگاههای فتوولتائیک و مزارع بادی نصب و راه اندازی شده است. عملکرد این سیستم بگونه ای است که برق حاصل از این منابع به شبکه سراسری تزریق می شود و ضمن بهره جویی از امکانات شبکه سراسری برق و ضمن دسترسی به آن می تواند به عنوان یک تولید کننده به شبکه سراسری برق، تزریق انرژی داشته باشد [۲۸].

رابطه زیر بیانگر توان الکتریکی تبدالی بین ریز شبکه با شبکه اصلی میباشد [۲۸]:

$$P_{min} \leq P_{PCC} \leq P_{max} \quad (۲-۳)$$

که:

$P_{PCC}$  : توان تبدالی الکتریکی

$P_{min}$  : حداقل توان الکتریکی تعیین شده

$P_{max}$ : حداکثر توان الکتریکی تعیین شده

در شرایط بهره برداری مختلف  $P_{PCC}$  بصورت زیر خواهد بود:

الف) مستقل از شبکه:

$$P_{min} = P_{max} = 0 \quad (2-3)$$

ب) متصل به شبکه (یک طرفه):

$$P_{min} = 0 \quad (2-3)$$

$$P_{max} > 0$$

ج) متصل به شبکه (دو طرفه):

$$P_{min} < 0 \quad (2-3)$$

$$P_{max} > 0$$

### ۷-۳ جمع بندی

در این فصل به تعاریف انرژی و انواع آن که شامل انرژی های تجدید پذیر و انرژی های تجدید ناپذیر که خود نیز دارای انواع مختلفی میباشند پرداخته شد و نحوه محاسبه توان الکتریکی منابع تجدید پذیر بررسی گردید. در فصل بعد به بررسی مناطقی در بخشهایی از ایران که دارای پتانسیل هایبادی و خورشیدی بسیار بالایی هستند پرداخته خواهد شد. به منظور کاهش هزینه های ناشی از مصرف سوخت و نیز کاهش میزان آلاینده های سیستم هیبریدی مناسب با منطقه و بار پیشنهاد شده و در بخشی دیگر به فروش برق به شبکه پرداخته است.

**فصل چهارم: شبیه سازی، تحلیل و بررسی**

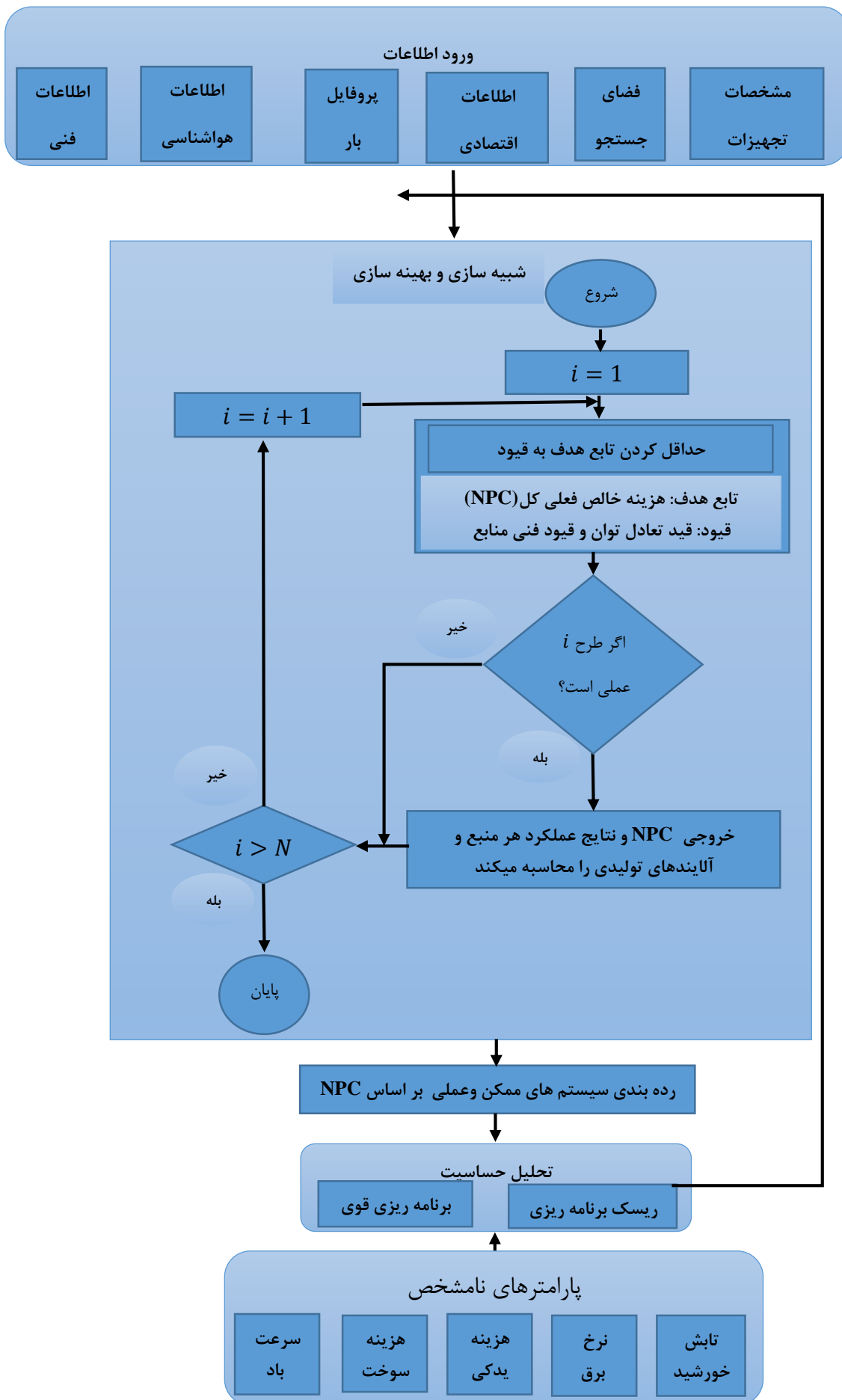
**فنی اقتصادی**

## ۱-۴ مقدمه

در این فصل، به شیوه شبیه سازی و چگونگی تحلیل بر اساس نتایج شبیه سازی پرداخته خواهد شد و نرم افزار هومر بطور کامل معرفی و بخشهای مورد نیاز بصورت مختصر توضیح داده خواهد شد.

## ۲-۴ نرم افزار هومر

در بسیاری از مواقع احداث یک ریزشبه می تواند بهترین تصمیم برای تامین بارهای الکتریکی در این ریز شبکه ها باشد. در این پژوهش برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مناطق دور افتاده از شبکه به یک ابزار مناسب برای تحلیل فنی - اقتصادی سیستم نیاز است. با توجه به بررسی قابلیت های نرم افزارهای موجود، استفاده از نرم افزار هومر که ساخت یکی از معتبرترین مراکز مطالعات انرژی در دنیا می باشد، پیشنهاد می گردد [۲۹]. نرم افزار هومر یک مدل کامپیوتری برای طراحی ریز شبکه می باشد. این نرم افزار بطور همزمان رفتار فیزیکی سیستم و اقتصادی آن را مدل می کند. هزینه مورد نظر، مربوط به نصب و بهره برداری سیستم در دوره بهره برداری پروژه است و کاربر قادر خواهد بود طرح های مختلف را بر اساس اولویت های فنی - اقتصادی با یکدیگر مقایسه کند. همچنین امکان بررسی تاثیر عدم قطعیت نیز وجود دارد. ریزشبه سیستمی است که برای تامین بارهای موجود در یک ناحیه مورد استفاده قرار می گیرد و هر ترکیبی از تکنولوژیهای تولید و ذخیره می تواند در آن استفاده شود. بطور نمونه یک سیستم توربین بادی - باتری که یک بار کوچک را تغذیه میکند و یا یک سیستم سلول خورشیدی - دیزل ژنراتور که بار مربوط به یک منطقه دور از شبکه را تغذیه می کند را می توان به عنوان سیستم های قدرت کوچک مثال زد [۲۱]. فلوچارت عملکرد و شبیه سازی نرم افزار هومر در شکل ۱-۴ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱: فلوچارت استراتژی شبیه سازی در نرم افزار هومر [۳۱]

نرم افزار هومر می تواند ریزش شبکه را به صورت مستقل یا متصل به شبکه مدل کند و هر نوع ترکیبی از عناصر تشکیل دهنده سیستم شامل سلولهای فتوولتاییک، توربین های بادی، سیستم برق آبی کوچک، میکروتوربین، پیل سوختی و باتری را مقایسه کند [۳۰].

### ۳-۴ طراحی بهینه سیستم

با توجه به امکانات زیاد در طراحی سیستم، طراحی و تحلیل سیستم قدرت کوچک میتواند دارای چالشهای فراوانی باشد. همچنین عدم قطعیت در پارامترهای مهم از قبیل میزان بار مصرفی و قیمت آینده سوخت این موضوع را تشدید می کند. از طرف دیگر، استفاده از منابع تجدیدپذیر به پیچیدگی مسئله می افزاید زیرا، توان خروجی این قبیل منابع ممکن است دوره ای، فصلی و یا توزیع ناپذیر باشد و دسترس پذیری به این منابع ممکن است خیلی مطمئن نباشد. در این مطالعه از نرم افزار هومر به منظور غلبه بر این قبیل چالشها استفاده شده است [۳۰].

طراح سیستم قادر است تا شبیه سازی ۱، بهینه سازی ۲ و آنالیز حساسیت ۳ را انجام دهد. در پروسه شبیه سازی، برای بررسی قابلیت فنی و جنبه های اقتصادی، عملکرد یک ریزش شبکه در هر ساعت از سال مدل سازی می شود. در پروسه بهینه سازی، سیستم با ترکیب های مختلف شبیه سازی شده و با جستجو بین ترکیب های ممکن، سیستم هایی که بتوانند قیود فنی را با کمترین هزینه تامین کنند معرفی می گردند. در پروسه آنالیز حساسیت، بهینه سازی های متعددی صورت می پذیرد که هدف از این کار، بررسی تاثیرات عدم قطعیت است.

از طریق بهینه سازی، مقدار بهینه ی متغیرهایی که طراح سیستم روی آنها کنترل دارد، از قبیل عناصر تشکیل دهنده و ظرفیت آنها، تعیین می گردد. آنالیز حساسیت نیز مربوط به پارامترهایی

---

<sup>1</sup> Simulation

<sup>2</sup> Optimization

<sup>3</sup> Sensitivity Analysis



می‌شود که طراح سیستم کنترلی روی آن ندارد از قبیل میانگین سرعت باد، در حالی که سیستم با عناصر مشخص توسط شبیه سازی مدل می‌شود، پروسه‌ی بهینه سازی بهترین آرایش ممکن را برای سیستم تعیین می‌کند. انتخاب سیستم بهینه<sup>۱</sup> انتخاب یکی از آرایش‌ها است که تمام قیود مورد نظر طراح را در پایین ترین هزینه تامین کند. آرایش‌های ممکن بر طبق هزینه فعلی کل<sup>۲</sup> رتبه بندی شده و سیستم با پایین ترین هزینه فعلی کل به عنوان سیستم بهینه معرفی می‌گردد.

متغیر تصمیم‌گیری، متغیری است که طراح سیستم روی آن کنترل دارد. برخی از متغیرهای

تصمیم‌گیری ممکن در هومر بشرح زیر است:

- ظرفیت پنل‌های فتوولتائیک
- تعداد توربین بادی
- ظرفیت ژنراتورها
- تعداد باتری‌ها

بهینه‌سازی می‌تواند به طراح سیستم کمک کند تا بتواند از بین تعداد زیادی حالت ممکن، بهترین آرایش را پیدا کند. منابع مختلف تولید، مشخصه‌های هزینه متفاوتی دارند. در شبیه سازی با هومر از معیار NPC که تمامی هزینه‌ها و درآمدهای سیستم در دوره عمر پروژه را بر حسب دلار امروزی بیان می‌کند استفاده میشود.

برای محاسبه ارزش سیستم در پایان عمر مفید آن، نرم‌افزار از رابطه زیر استفاده می‌کند [۳۲].

$$S = C_{rep} \frac{R_{rem}}{R_{comp}} \quad (۱-۴)$$

که در آن :

$C_{rep}$  : هزینه تعویض نمودن تجهیز

---

<sup>1</sup> Optimal

<sup>2</sup> Net Present Cost

$R_{rem}$  : عمر باقیمانده تجهیز

$R_{comp}$  : عمر مفید تجهیز

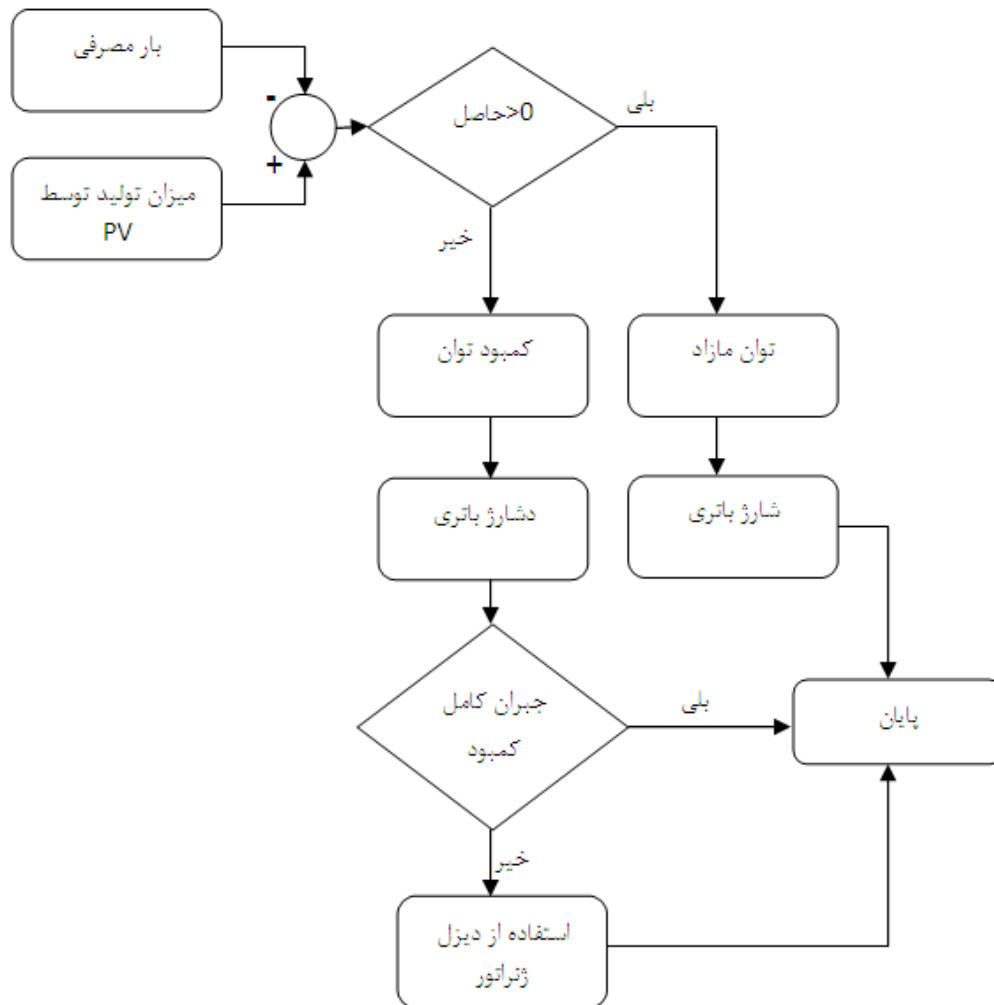
این هزینه شامل هزینه‌های مختلف از جمله احداث و تعویض تجهیزات، نگهداری، سوخت می‌باشد. میزان درآمد هم شامل درآمد حاصل از فروش توان به شبکه و همچنین ارزش تجهیزات در پایان عمر پروژه می‌باشد [۱۲].

نرم افزار هومر یکی از بهترین نرم افزار های شبیه سازی برای سیستم های هیبریدی و انرژیهای تجدید پذیر است که از مزایای آن میتوان به بررسی فنی و اقتصادی، تحلیل پارامترهای مختلف در شبیه سازی بصورت همزمان در قالب حساسیت، امکان محاسبه میزان آلاینده‌گی ها در محیط زیست امکان محاسبه میزان سوخت مصرفی دیزل ژنراتور، تعیین نقطه اقتصادی که از لحاظ متصل و یا جدا بودن از شبکه هزینه های تامین برق از شبکه و تامین برق از سیستم هیبریدی یکسان خواهد بود. با نرم افزار هومر عملکرد سیستم های هیبریدی را میتوان مقایسه و از نظر فنی (در دسترس بودن منابع، حاشیه امنیت سیستم، خاموشی و ...) تحلیل و بررسی نمود علی رغم تحلیل فنی در جنبه های اقتصادی این نرم افزار قادر به تحلیل اقتصادی نیز میباشد.

معیار های مختلفی برای اولویت بندی و انتخاب سیستم بهینه وجود دارد که این معیار ها هزینه خالص فعلی کل، میزان آلاینده‌گی، هزینه مصرف سوخت، نگرانی های موجود درباره اتمام ذخایر انرژی تجدید ناپذیر را در بر میگیرد. فلوچارت بهره برداری از سیستم مورد مطالعه در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۴-۲ در ابتدا تفاضل میزان انرژی تولیدی منابع مختلف از قبیل باد و خورشید و میزان مصرف توان الکتریکی توسط مصرف کننده به تعیین کمبود توان یا توان مازاد منتهی میشود. در صورت کمبود توان باتری هایی که قبلاشارژ شده اند جبران کمبود توان را انجام داده و تامین بار انجام میپذیرد، اگر در این مرحله باز هم باتریها نتوانند انرژی مصرف کننده را تامین کنند از دیزل ژنراتور برای تامین بار استفاده میشود. در حالتی که ت.ان مازاد وجود داشته باشد این توان در باتری

ها ذخیره خواهد شد.



شکل ۴-۲: فلوچارت بهره برداری از سیستم مورد مطالعه [۳۱]

#### ۴-۴ مشخصات مناطق مورد نظر

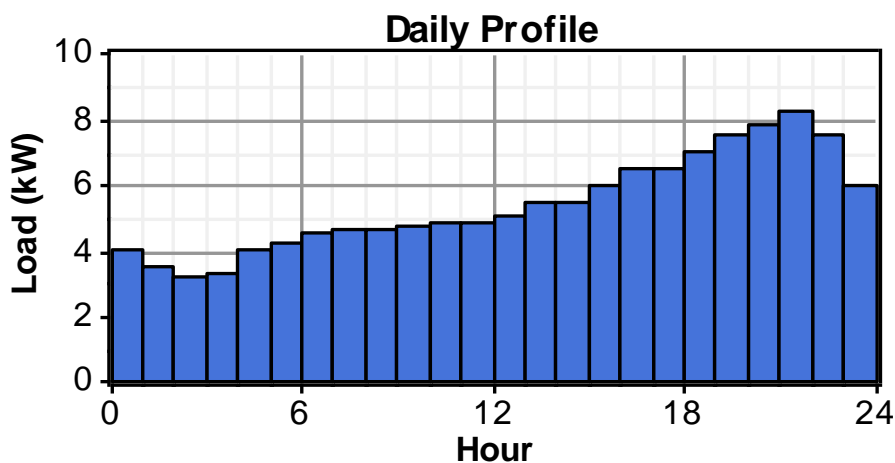
این پژوهش به بررسی و شبیه سازی منطقه ای می پردازد که مستعد بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر باد و خورشید می باشد. این منطقه مربوط به استان خراسان می باشد. از جمله مناطق و روستاهای استان خراسان رضوی که پتانسیل استفاده از منابع تجدید پذیر را دارند میتوان شهرستان

خواف، شهر نشتیفان، روستای عبدالحسین بینالود، روستای دردوی خواف و ... را نام برد. در این پایان نامه روستای دردوی خواف از مناطق استان خراسان که مستعد بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر از قبیل باد و خورشید هستند، مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

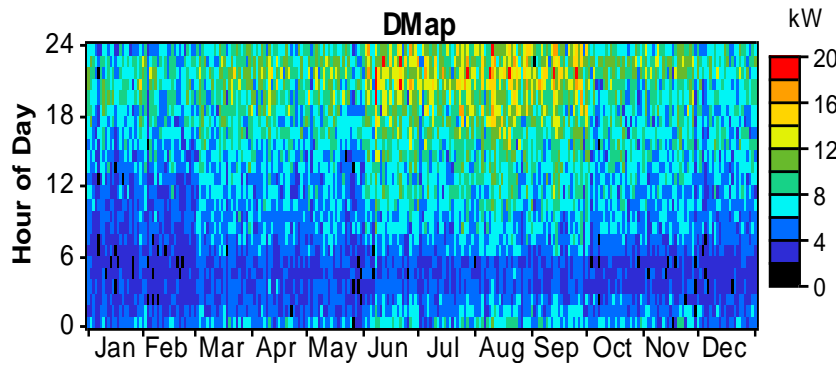
#### ۱-۴-۴ روستای دردوی خواف

اولین منطقه مورد بررسی روستای دردوی خواف می باشد که در استان خراسان رضوی، شهرستان خواف و بخش سنگان، پایینخواف، واقع شده است و دارای مختصات جغرافیایی  $34^{\circ}31'52''$  شمالی و  $60^{\circ}26'55''$  شرقی می باشد. جمعیت این روستا حدود ۴۰ نفر (۱۰ خانوار) است. در حال حاضر برق این روستا بصورت جدا از شبکه تامین میگردد. همچنین فاصله این روستا تا شهرستان خواف ۲۰ کیلومتر است. با توجه به شکل ۳-۳ و شکل ۴-۵ دیده می شود که این منطقه جزء مناطقی است که پتانسیل استفاده از انرژی باد و نیز خورشید را دارد.

میزان بار پیک و میانگین بار مصرفی تخمینی در این روستا به ترتیب  $19/8$  کیلو وات و  $154$  کیلو وات ساعت در روز می باشد. که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است و نمودار بار مصرفی سالانه در شکل ۴-۳ نشان داده شده است [۱۶].



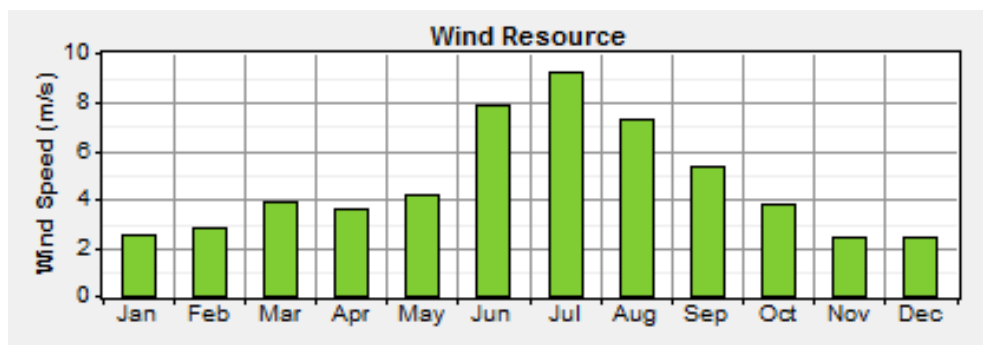
شکل ۴-۳: نمودار بار مصرف کننده ها در طول روز [۱۶]



شکل ۴-۴: بار مصرفی سالانه منطقه مورد نظر [۱۶]

شکل ۴-۳ نمودار بار مصرفی را در طول سال در بازه ۲۴ ساعت روز بر اساس توان مصرفی در منطقه مورد نظر را نشان میدهد که بر اساس اطلاعات وارد شده در بخش شبیه سازی رسم میگردد. همانطور که دیده می شود نمودار در ساعتهای اوج مصرف (۴ عصر - ۱۲ شب) به رنگهای زرد و قرمز که نشان دهنده مصرف بالای انرژی است رسم شده است. اما در زمانهایی غیر از اوج مصرف دیده میشود که رنگ نمودار به رنگهای آبی کم رنگ، پررنگ و مشکی تغییر یافته که نشان دهنده مصرف پایین انرژی در این ساعات است. این موضوع در گوشه سمت راست شکل ۴-۳ نیز نمایان میباشد.

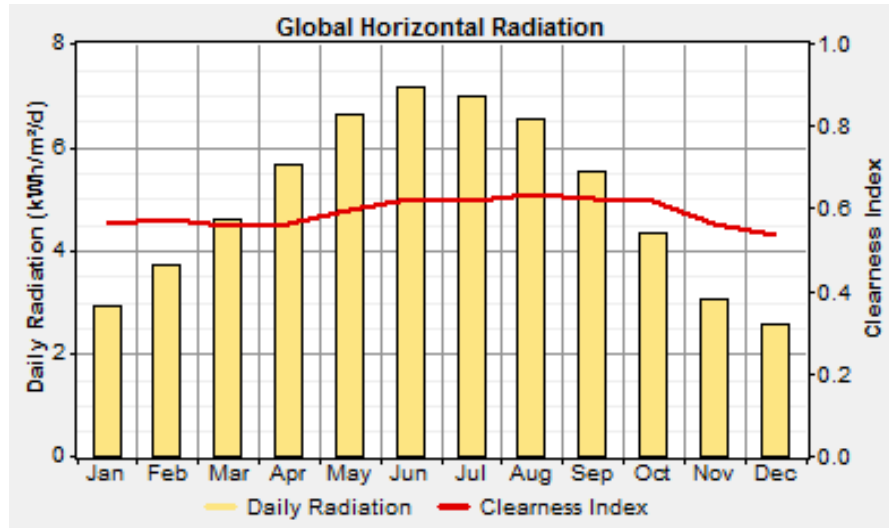
میزان وزش باد در ماههای مختلف سال (۲۰۱۰-۲۰۱۴) از سازمان هوا شناسی استخراج شده در شکل شماره ۴-۴ نشان داده شده است [۳۳]. میزان متوسط سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر در این منطقه ۴/۵۶ متر بر ثانیه است.



شکل ۴-۵: میزان وزش باد در ماه های مختلف [۳۴]

میزان تابش نور خورشید در این منطقه حد اقل ۲/۳ و حداکثر ۶/۶ و میزان تابش متوسط نور

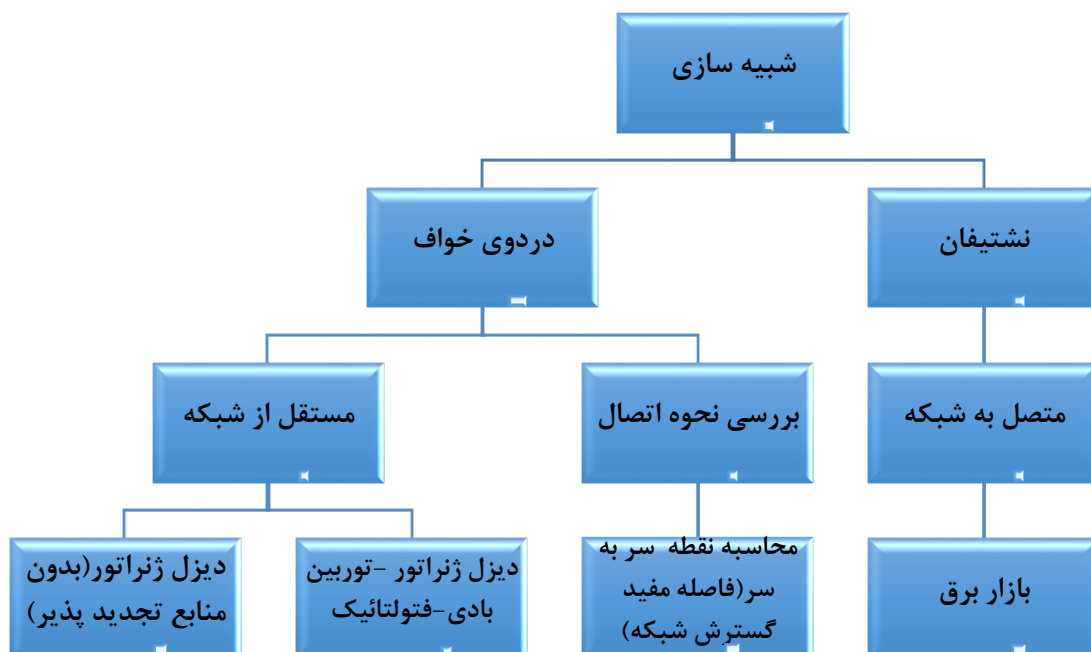
خورشید در این منطقه ۴/۹۸ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز می باشد که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۶: میزان تابش نور خورشید در ماه های سال [۳۵]

#### ۴-۵ عناصر سیستم مورد آزمایش

در این بخش انواع عناصر تولید کننده انرژی الکتریکی و ادوات بکار رفته در شبیه سازی بصورت مختصر بیان میگردد. نمودار درختی نحوه شبیه سازی در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۷: نمودار درختی مراحل شبیه سازی

## ۴-۵-۱ دیزل ژنراتور

دیزل ژنراتور همواره یکی از تکنولوژیهای پرکاربرد در تامین برق مورد نیاز مناطق مستقل از شبکه بوده است و همچنین بکارگیری این مولد ها در کنار منابع تجدید پذیر میتواند قابلیت اطمینان تامین بارهای مصرفی را بهبود بخشد. در این شبیه سازی برای دیزل ژنراتور بکار رفته برای هر کیلو وات هزینه های پایه، تعویض مولد و تعمیر و نگهداری به ترتیب از قرار ۶۰۰ دلار بر و ۵۰۰ دلار و ۰/۰۲۵ دلار بر کیلو وات ساعت می باشد. هزینه سوخت نیز از قرار ۰/۱ و ۰/۲ دلار بر لیتر لحاظ شده است که دلیل در نظر گرفتن دو قیمت متفاوت بمنظور تحلیل حساسیت می باشد. طول عمر این دیزل ژنراتور حدود ۱۵۰۰۰ ساعت می باشد و نیز حداقل نرخ بارگیری ۴۰ درصد می باشد. ظرفیت دیزل ژنراتورهای کاندید شده ۰ و ۲۰ کیلو وات در نظر گرفته شده است. دلیل در نظر گرفتن ظرفیت ۲۰ کیلوواتی برای دیزل ژنراتور این بوده است که در بدترین شرایط دیزل ژنراتور بتواند بار پیک را تامین کند.

## ۴-۵-۲ توربین بادی

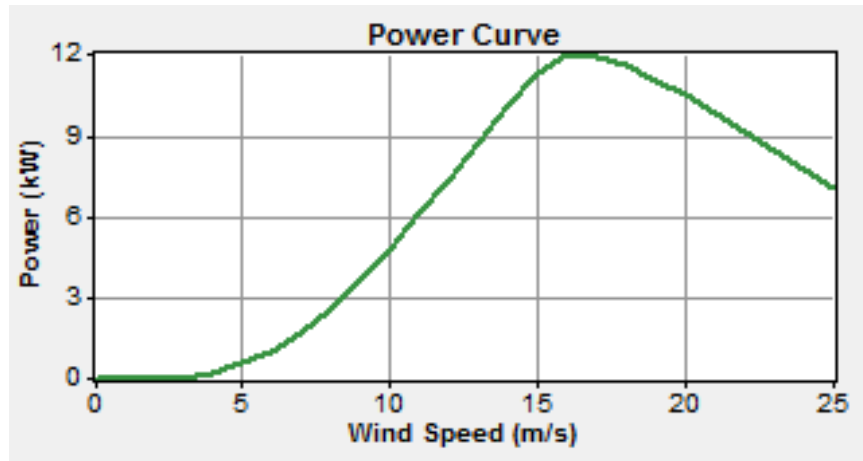
در این شبیه سازی مدل در نظر گرفته شده توربین بادی BWC Excel-s می باشد. هزینه اولیه، تعویض و تعمیر و نگهداری برای هر کیلووات به ترتیب از قرار ۳۰۰۰ دلار و ۲۶۰۰۰ دلار و ۱۵ دلار می باشد و طول عمر این توربین ۲۰ سال در نظر گرفته شده است [۳۴]. تعداد توربین های بادی کاندید شده برای طراحی شبکه ۲، ۴، ۶ و ۸ در نظر گرفته شده است. منطقه مورد مطالعه همانند شهر بینالود منطقه ای است که پتانسیل بالایی برای استفاده از انرژی باد را دارد. در این منطقه بادهای شمالی شدید و موسوم به بادهای ۱۲۰ روزه از سمت سیستان و تربت حیدریه از اوایل اردیبهشت ماه تا اواخر مرداد ماه می وزند و حتی در زمانی که هیچ منطقه ای باد وجود نداشته باشد، معمولاً در خواف باد به طور پیوسته می وزد. منحنی توان توربین در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.

مشخصات توربین بادی بکار رفته در این شبیه سازی در زیر آمده است [۳۴]:

ظرفیت : ۱۰ کیلو وات

طول عمر : ۱۵ سال مرجع

ارتفاع نصب: ۲۵ متر



شکل ۴-۸: منحنی قدرت توربین در سرعت های مختلف [۳۴]

#### ۳-۵-۴ فتوولتائیک

صفحات خورشیدی بکار رفته شده در این پروژه دارای مشخصات زیر است، هزینه اولیه، تعویض و تعمیر و نگهداری به ترتیب برای هر کیلو وات انرژی توان خورشیدی ۱۶۰۰ دلار و ۱۱۵۰ دلار و ۰ دلار می باشد و نیز طول عمر آن ۲۰ سال می باشد [۳۶]. ظرفیت های کاندید شده ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلو وات می باشد. در این پژوهش بحث جهت یابی مکانیکی ۱ لحاظ نشده است و تنها صفحات ثابت می باشد. میزان تابش نور خورشید در مناطق مختلف ایران در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.

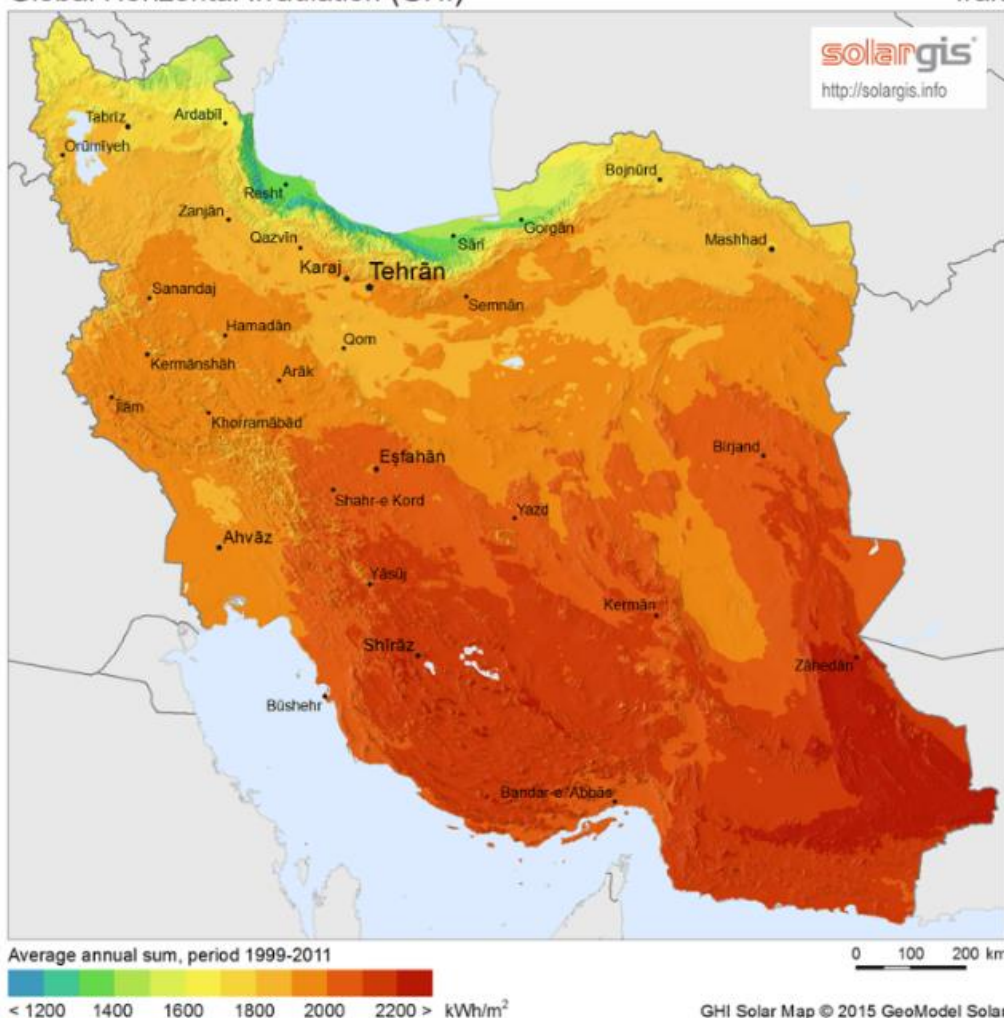
طول عمر این پنل ها ۲۰ سال است و میزان انعکاس نور توسط زمین ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است و نیز راندمان آنها در برابر حرارت خورشید و گردو خاک ۸۰ درصد در نظر گرفته شده است.

<sup>1</sup> Maximum Power Point Tracking



## Global Horizontal Irradiation (GHI)

Iran



شکل ۴-۹: میزان تابش نور خورشید در مناطق مختلف [۲۵]

## ۴-۵-۴ باتری

باتری استفاده شده در این شبیه سازی از نوع ۶ ولت ۱۱۵۶ آمپر ساعت است که نوع آن surrette S6CS25P می باشد.

ظرفیت نامی این باتری ۶/۹۴ کیلو وات ساعت می باشد و هزینه های اولیه و تعویض به ترتیب ۱۵۵ دلار و ۱۱۸ دلار و هزینه تعمیر و نگهداری آن ۱۰ دلار لحاظ شده است. طول عمر این باتری ها بر اساس میزان شارژ و دشارژ ۹۶۴۵ کیلو وات ساعت (تقریباً ۴ سال) می باشد. تعداد باتری مورد نیاز ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ عدد باتری به عنوان کاندید انتخاب شده است [۳۷].

## ۴-۵-۵ اینورتر

با توجه به اینکه برق تولیدی صفحات خورشیدی و برق باتری از نوع جریان مستقیم میباشد، لذا برای استفاده از آنها در سیستم قدرت جریان متناوب نیاز به مدل خواهد بود [۳۸]. در این مطالعه هزینه اولیه و تعویض اینورتر برای هر کیلو وات به ترتیب ۶۰۰ دلار و ۴۵۰ دلار در نظر گرفته میشود. ظرفیت کاندید شده ۰، ۲۰ و ۳۰ کیلووات می باشد. طول عمر این اینورتر ها ۱۵ سال است و تاثیر آن ۹۰ درصد لحاظ شده است [۳۹].

## ۴-۶ تحلیل نتایج

این بخش به بیان نتایج حاصل شبیه سازی میپردازد. سپس نتایج شبیه سازی بر اساس معیار های مختلف که بر اساس تحلیل فنی و اقتصادی می باشد با هم مقایسه شده و بر اساس آن یک سیستم پیشنهاد میشود. شبیه سازی این بخش برای منطقه دردوی خواف انجام شده است.

دیاگرام و نحوه اتصال اجزاء به یکدیگر در شکل نشان ۴-۱۰ داده شده است. با توجه به اطلاعات منطقه و مقادیر در دسترس، نتایج شبیه سازی در جدول ۴-۱ آورده شده است. این جدول برای هر ترکیب، یک سیستم با حداقل هزینه خالص فعلی را نشان میدهد. همانگونه که مشاهده میشود استفاده از فتوولتائیک، توربین بادی، دیزل ژنراتور و و باتری بعنوان بهترین آرایش پیشنهاد شده است که قادر به تامین بار منطقه میباشد. همچنین مشاهده میشود که آرایش بعدی مربوط به حالتی است که فقط توربین بادی وجود دارد. این موضوع که در دو آرایش با اولویت بالاتر، توربین باد وجود دارد از جایی نشأت میگیرد که وزش باد در منطقه مناسب است.

این هزینه طبق رابطه ۴-۲ محاسبه میگردد [۴۰]:

$$NPC = \frac{C_{tot}^{ann}}{CRF(i, R_p)} \quad (2-4)$$

که:

$NPC$ : هزینه خالص فعلی کل

$i$  : نرخ بهره سالانه

$R_p$  : طول عمر پروژه

$CRF(i, N)$  : ضریب بازگشت سرمایه است که بصورت زیر محاسبه میشود [۱۴]:

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (۳-۴)$$

که:

$i$  : نرخ واقعی سود

$R_p$  : عمر پروژه

هزینه تراز شده سالانه یا هزینه انرژی<sup>۱</sup> نیز بصورت زیر محاسبه می‌گردد [۱۰]:

$$COE = \frac{C_{tot}^{ann}}{E_{loads} + E_{sale\_grid}} \quad (۴-۴)$$

که:

$E_{loads}$  : میزان انرژی تحویلی به بارهای شبکه

$E_{sale\_grid}$  : میزان انرژی فروخته شده به شبکه در طول یک سال

یکی از فاکتورها و معیارهای مهم در این شبیه سازی بمنظور انتخاب سیستم مناسب درصد استفاده

از انرژی های تجدید پذیر<sup>۲</sup> است. که به صورت زیر محاسبه میشود [۱۰]:

$$F_{ren} = \frac{E_{ren} + H_{ren}}{E_{tot} + H_{tot}} \quad (۵-۴)$$

که:

$E_{ren}$  : توان الکتریکی تولیدی انرژی های تجدید پذیر

$E_{tot}$  : توان الکتریکی تولیدی کل

$H_{ren}$  : گرمای تولیدی انرژی های تجدید پذیر

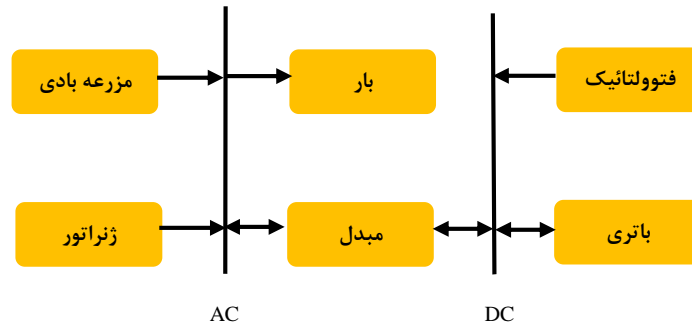
$H_{tot}$  : گرمای تولیدی کل

---

<sup>1</sup> Cost of energy

<sup>2</sup> Renewable fraction

ستون چارم از سمت راست در جدول ۴-۱، درصد استفاده از انرژیهای تجدید پذیر را در ترکیب ممکن نشان میدهد که در بهترین ترکیب درصد استفاده از انرژی های تجدید پذیر ۱۰۰ درصد می باشد.



شکل ۴-۱۰: نحوه اتصال اجزاء به یکدیگر [۴۱]

#### ۴-۶-۱ سیستم بدون منابع تجدید پذیر (دیزل ژنراتور)

اولین سیستمی که مورد بررسی قرار میگیرد، حالتی است که به هیچ عنوان از انرژی های تجدید پذیر استفاده نمی شود. تحت این شرایط فقط دیزل ژنراتور تامین بار منطقه را بر عهده دارد. استفاده از این سیستم هزینه ای معادل ۱۳۱۷۶۹ دلار خواهد داشت. در جدول ۴-۱ مشاهده میشود که هزینه استفاده از دیزل ژنراتور تنها برای تامین بار منطقه بیشتر از هزینه سیستمهای تجدید پذیر است. این موضوع در بکار گیری منابع تجدید پذیر برای منطقه ی مورد مطالعه جذابیت ایجاد مینماید. بنابراین بخش بعدی، به بررسی سیستمهای انرژی هیبریدی برای برقرار نمودن روستای مورد نظر می پردازد. نرخ بهره واقعی سالانه را ۱۰ درصد و طول عمر پروژه ۲۵ سال در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-۱: سیستم کاندید شده دیزل ژنراتور مجزا

	PV (kW)	XLS	gener (kW)	S6CS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	gener (hrs)
			6	20	20	\$ 45,120	6,560	\$ 104,666	0.205	0.59	0.00	15,073	4,156
	5		4	20	20	\$ 47,120	6,459	\$ 105,746	0.207	0.56	0.00	14,239	3,914
			6	20		\$ 30,000	10,357	\$ 124,014	0.243	0.46	0.00	25,161	6,901
	10			20	20	\$ 43,120	8,952	\$ 124,375	0.244	0.26	0.00	19,934	5,345
				20	20	\$ 27,120	11,112	\$ 127,985	0.251	0.00	0.00	26,509	7,129
			20			\$ 12,000	13,195	\$ 131,769	0.258	0.00	0.00	32,746	8,751
	5	8		20	20	\$ 56,000	9,671	\$ 143,781	0.282	0.59	0.00	22,216	6,097
	5		20		20	\$ 32,000	13,633	\$ 155,751	0.305	0.10	0.00	32,447	8,714
	60	8		50	20	\$ 139,800	4,906	\$ 184,336	0.378	1.00	0.05		

در این سیستم هزینه انرژی به ازای هر کیلو وات ساعت ۰/۲۵۸ دلار میباشد و میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر صفر خواهد بود. با توجه به عدم استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، میزان آلاینده‌گی در این ترکیب ۸۹۰۰۰ کیلوگرم بر سال میباشد. جدول ۴-۲ میزان انتشار آلاینده های مختلف را با توجه به میزان استفاده از انرژی های تجدیدپذیر نشان میدهد.

جدول ۴-۲: میزان آلاینده‌گی سیستم دیزل ژنراتور

تولید گازهای گلخانه ای (kg/yr)	آلاینده
۸۶۲۳۲	دی اکسید کربن
۲۱۳	مونوکسید کربن
۲۳/۶	هیدروکربن های نسوخته
۱۶	ذرات
۱۷۳	دی اکسید گوگرد
۱۸۹۹	اکسید نیتروژن

#### ۲-۶-۴ سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی-باتری

همانطور که در جدول ۳-۴ مشاهده می شود کمترین هزینه خالص فعلی کل و اقتصادی ترین ترکیب نسبت به دیگر سیستم ها آرایش دیزل ژنراتور-توربین بادی-باتری میباشد که با استفاده از ۶ توربین ۱۰ کیلو واتی، ژنراتور ۲۰ کیلو واتی و ۲۰ عدد باتری، دارای هزینه فعلی کل پروژه ۱۰۴۶۶۶ دلار میباشد. تامین بار با این سیستم باعث میشود که دیزل ژنراتور در سال ۴۱۵۶ ساعت کار کند و حدود ۱۵۰۷۳ لیتر سوخت فسیلی مصرف کند که نسبت به حالت دیزل ژنراتور تنها ۱۷۶۷۳ لیتر کمتر (۴۵ درصد کمتر) سوخت مصرف می شود.

جدول ۴-۳: سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور- توربین بادی - باتری

	PV (kW)	XLS	gener (kW)	S6CS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	gener (hrs)
	6	20	20	20	\$ 45,120	6,560	\$ 104,666	0.205	0.59	0.00	15,073	4,156	
	5	4	20	20	\$ 47,120	6,459	\$ 105,746	0.207	0.56	0.00	14,239	3,914	
	6	20	20	20	\$ 30,000	10,357	\$ 124,014	0.243	0.46	0.00	25,161	6,901	
	10	20	20	20	\$ 43,120	8,952	\$ 124,375	0.244	0.26	0.00	19,934	5,345	
		20	20	20	\$ 27,120	11,112	\$ 127,985	0.251	0.00	0.00	26,509	7,129	
		20			\$ 12,000	13,195	\$ 131,769	0.258	0.00	0.00	32,746	8,759	
	5	8	20	20	\$ 56,000	9,671	\$ 143,781	0.282	0.59	0.00	22,216	6,097	
	5	20	20	20	\$ 32,000	13,633	\$ 155,751	0.305	0.10	0.00	32,447	8,714	
	60	8	50	20	\$ 139,800	4,906	\$ 184,336	0.378	1.00	0.05			

این موضوع موجب کاهش انتشار آلاینده ها خواهد شد. میزان انتشار گازهای گلخانه ای برای

سیستم مورد بررسی در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول ۴-۴: میزان آلایندهی سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور- توربین بادی - باتری

آلاینده	تولید گازهای گلخانه ای (kg/yr)
دی اکسید کربن	۳۹۶۹۱
مونوکسید کربن	۹۸
هیدروکربن های نسوخته	۱۰/۹
ذرات	۷/۳۹
دی اکسید گوگرد	۷۹/۷
اکسید نیتروژن	۸۷۴

همانطور که مشاهده میشود این سیستم نسبت به دیزل ژنراتور تنها ۴۵ درصد کمتر آلایندهی

تولید میکند. همانگونه که در جدول ۴-۵ مشاهده میشود ۸۲۱۴۴ کیلو وات ساعت در سال انرژی

تولید شده است که ۵۹ درصد آن توسط توربین بادی تامین شده است که نشان میدهد ضریب

مشارکت انرژی های تجدید پذیر ۵۹ درصد میباشد. لذا این سیستم نسبت به سیستم دیزل ژنراتور

تنها، هزینه خالص فعلی کمتری دارد.

جدول ۴-۵: میزان تولید انرژی سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی -باتری

نوع مولد	تولید انرژی الکتریکی (kWh/yr)	میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر(درصد)
توربین بادی	۴۸۴۴۹	۵۹
دیزل ژنراتور	۳۳۶۹۵	۴۱
جمع کل	۸۲۱۴۴	۱۰۰

وضعیت تولید توربین بادی در سیستم مورد بررسی در جدول ۴-۶ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود ظرفیت نامی توربین ها ۶۰ کیلو وات بوده است که با توجه به تولید سالیانه، بطور میانگین ۵/۵ کیلو وات تولید می کند که این بیانگر ضریب ظرفیت ۹/۲۲ درصدی میباشد. این توربینها با توجه به الگوی وزش باد، حدود ۷۹۷۲ ساعت در سال کار میکنند. وضعیت تولید توسط دیزل ژنراتور در جدول ۴-۷ آورده شده است. همانگونه که مشاهده میشود، ژنراتور ۲۰ کیلو واتی حدود ۴۱۵۶ ساعت در سال کار میکند و ۳۳۶۹۵ کیلو وات ساعت انرژی تولید می نماید. بابت این میزان تولید در سال حدود ۱۵۰۷۳ لیتر سوخت فسیلی مصرف می نماید.

جدول ۴-۶: میزان تولید انرژی و مشخصات توربین بادی

متغیر	مقدار	واحد
مجموع ظرفیت اسمی	۶۰	kW
متوسط خروجی	۵/۵۳	kW
فاکتور ظرفیت	۹/۲۲	%
تولیدی کل	۴۸۴۴۹	kWh/yr
حداقل خروجی	۰	kW
حداکثر خروجی	۷۱/۶	kW
نفوذ پذیری باد	۸۶/۲	%
ساعات عملکرد	۷۹۷۲	hr/yr
هزینه های طبقه بندی	۰/۰۴۳۹	\$/kWh

جدول ۴-۷: میزان تولید انرژی و ساعات کاری دیزل ژنراتور ۲۰ کیلو واتی

کمیت	مقدار	واحد
ساعات کار	۴۱۵۶	hr/yr
مصرف سوخت	۱۵۰۷۳	L/yr
تولید انرژی الکتریکی	۳۳۶۹۵	kWh/yr

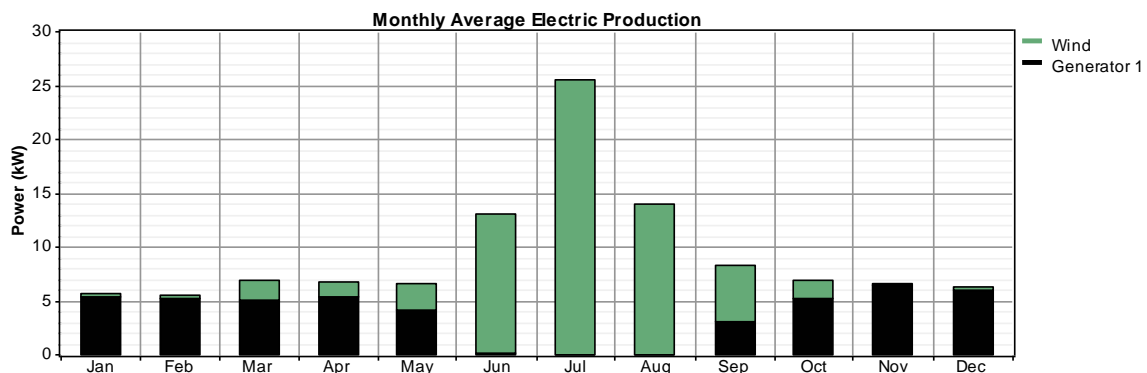
همچنین جدول ۴-۸ وضعیت شارژ و دشارژ باتری ها را در طول سال نشان می دهند. ظرفیت نامی

باتری ها ۱۳۹ کیلو وات ساعت بوده که باتری ها قادر هستند به تنهایی حدود ۱۳ ساعت بار مورد نیاز منطقه را تامین کنند. این باتری ها سالانه با ذخیره انرژی در برخی ساعات، حدود ۱۰۰۰۰ کیلو وات ساعت انرژی را تحویل بار می دهند.

جدول ۴-۸: مشخصات شارژ و دشارژ باتری ها

واحد	مقدار	کمیت
kWh	۱۳۹	ظرفیت نامی
hr	۱۳	کارکرد(دشارژ یا تامین بار)
kWh/yr	۱۰۰۱۳	انرژی خروجی

در شکل ۴-۱۱ میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر و انرژی های تجدید ناپذیر(دیزل ژنراتور) نشان داده شده است.

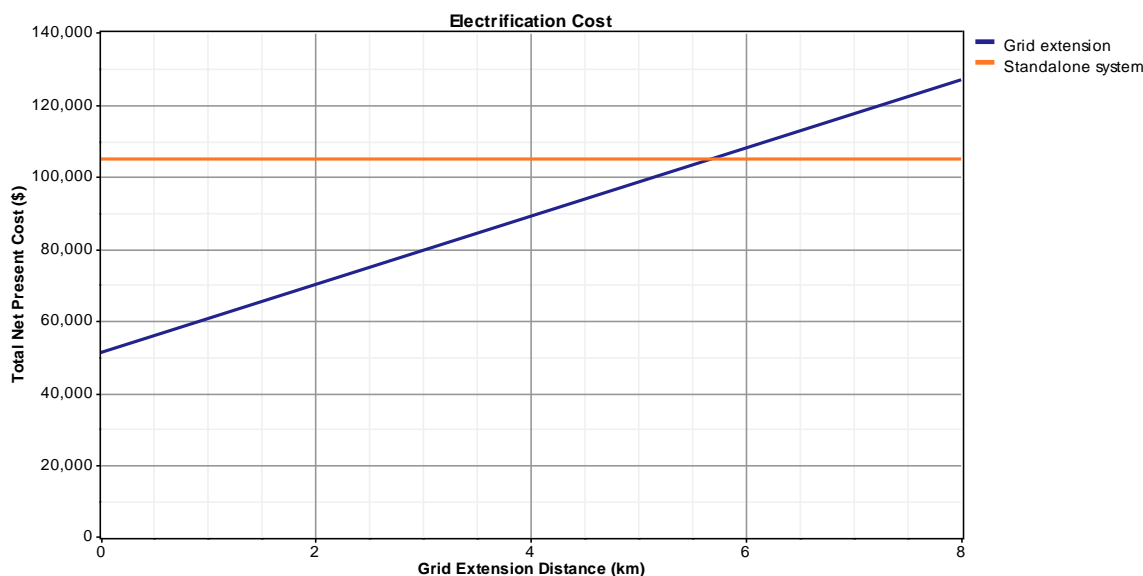


شکل ۴-۱۱: میزان مشارکت توربین بادی و دیزل ژنراتور در تامین بار منطقه [۷]

#### ۳-۶-۴ بررسی فنی اقتصادی اتصال منطقه مورد نظر به شبکه

در این بخش از پایان نامه به بررسی فنی اقتصادی جهت استفاده از منابع تولید پراکنده برای تامین بار منطقه و یا اتصال بار به شبکه، پرداخته خواهد شد. با توجه به فاصله منطقه مورد نظر تا شبکه و نتایج شبیه سازی در این بخش، مقرون به صرفه بودن استفاده از شبکه و یا منابع تولید پراکنده مشخص خواهد شد.





شکل ۴-۱۲: نمودار گسترش شبکه در مقایسه با سیستم هیبریدی مجزا از شبکه

با توجه به فاصله این منطقه از شبکه که معادل ۲۰ کیلومتر است و نیز نتایج شبیه سازی که در شکل ۴-۱۲ دیده میشود، میتوان دید که در فاصله ۵/۶۸ کیلومتر از منطقه مورد نظر تقاطع دو منحنی سیستم هیبریدی گفته شده در بخش قبل و منحنی اتصال این منطقه به شبکه اتفاق افتاده است که در این نقطه هزینه خالص فعلی کل برای هر دو سیستم ۱۰۴۶۶۶ دلار است.

مفهوم شکل ۴-۱۲ این است که اگر فاصله منطقه مورد نظر از شبکه کمتر از ۵/۶۸ کیلومتر باشد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است که این منطقه به شبکه متصل شود ولی اگر فاصله این منطقه از شبکه بیشتر از ۵/۶۸ کیلومتر باشد، استفاده از سیستم هیبریدی پیشنهادی مقرون به صرفه تر خواهد بود. لذا با بررسی و مقایسه فاصله منطقه مورد نظر تا شبکه و نتایج شبیه سازی اتصال این منطقه به شبکه مقرون به صرفه نخواهد بود و استفاده از سیستم هیبریدی پیشنهادی مقرون به صرفه تر خواهد بود.

#### ۴-۷ بررسی فنی اقتصادی استفاده از منابع تجدید پذیر در نشتیفان

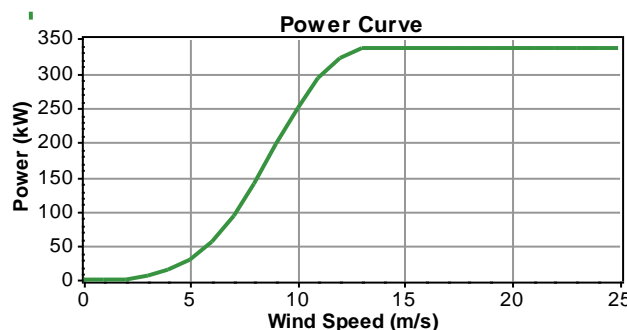
در این بخش به بررسی حالت متصل بودن منطقه ای به شبکه پرداخته خواهد شد. هدف از بررسی این حالت از سیستم تحلیل اقتصادی بازار برق میباشد. لذا سیستم هیبریدی متصل به شبکه ای را در شهرستان نشتیفان واقع در شهر خواف، استان خراسان رضوی، یکی از محدود مناطق ایران است که

پتانسیل بسیار بالایی بمنظور بهره برداری از انرژی باد دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی جغرافیایی  $34^{\circ}25'51''$  شمالی و  $60^{\circ}10'4''$  شرقی می باشد که ضمن بهره گیری از پتانسیل بادی از تابش نور خورشید خوبی نیز برخوردار است. این شهرستان یکی از بزرگترین تونلهای بادی جهان را دارد [۴۲].

### توربین بادی

توربین بادی بکار برده شده در این بخش از نوع Enercon E33 است که هر توربین دارای ظرفیت ۳۳۰ کیلو وات میباشد.

ظرفیت در نظر گرفته شده در این شبیه سازی به تعداد ۲، ۴، ۸ و ۱۵ عدد است. هزینه اولیه، تعویض و تعمیر و نگهداری برای هر کیلووات به ترتیب از قرار ۳۰۰۰ دلار و ۲۶۰۰۰ دلار و ۱۵ دلار می باشد و طول عمر این توربین ۲۰ سال در نظر گرفته شده است [۳۴]. منحنی توان این توربین در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است [۴۲].



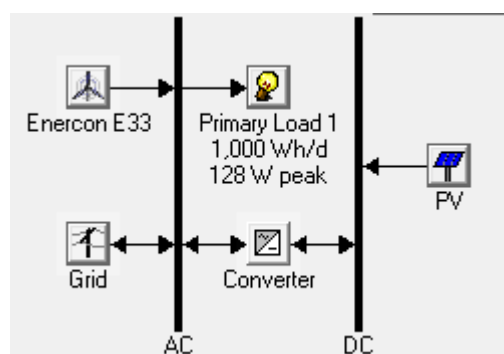
شکل ۴-۱۳: منحنی مشخصه قدرت توربین بادی Enercon E33. [۴۴]

### فتوولتائیک

سیستم فتوولتائیک بکار گرفته شده در این بخش دارای ۵، ۱۰، ۲۰ و ۲۵ تعداد پنل ۲۰۰ کیلو واتی است که هزینه اولیه، تعویض و تعمیر و نگهداری به ترتیب برای هر کیلو وات انرژی توان خورشیدی ۱۶۰۰ دلار و ۱۱۵۰ دلار و ۰ دلار می باشد و نیز طول عمر آن ۲۰ سال می باشد [۳۶].

## شبکه

در شبکه استفاده شده در این شبیه سازی قیمت فروش برق به شبکه ۰/۱۲ دلار به ازای هر کیلووات ساعت لحاظ شده است [۱۱]. نحوه اتصال سیستم در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است. با در نظر گرفتن یک بار ۱ کیلو واتی برای مصرف کننده و متصل شدن سیستم به شبکه نتایج شبیه سازی به شرح زیر خواهد بود:



شکل ۴-۱۴: نحوه اتصال منابع و بار به شبکه

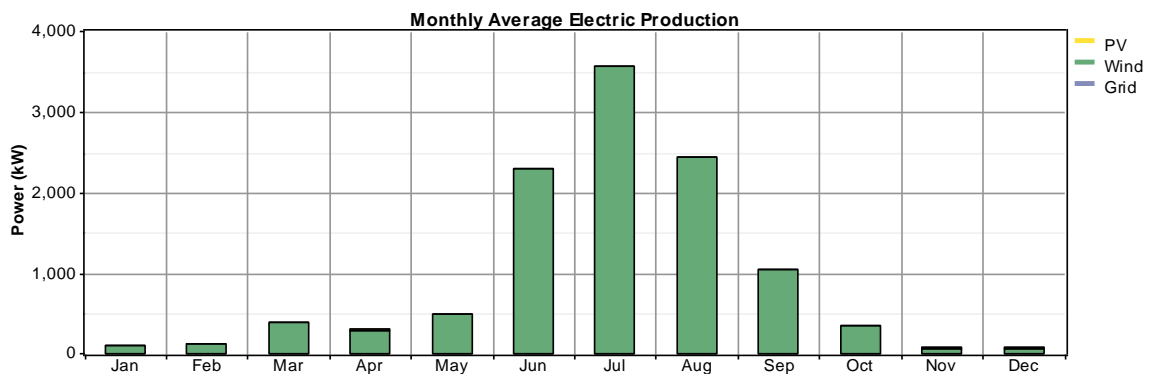
### ۱-۷-۴ توربین بادی-فتوولتائیک متصل به شبکه

با توجه به جدول ۴-۹ مشاهده میشود که بهترین ترکیب کاندید شده استفاده از ۱۵ توربین بادی با ظرفیت ۳۳۰ کیلو وات، ۲۵ پنل فتوولتائیک با ظرفیت ۲۰۰ کیلووات و مبدل ۵ مگاواتی میباشد. هزینه خالص فعلی کل در این سیستم -۲۱۲۲۲۶ هزار دلار میباشد که هزینه انرژی در این سیستم هیبریدی ۶۶۶۵۹ دلار و با توجه به استفاده نکردن از دیزل ژنراتور میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر ۱۰۰ درصد میباشد. در ستون آخر نیز میزان خاموشی ۴ درصد میباشد. میزان خاموشی نشان دهنده این موضوع است که در طول کل سال میزان تامین نشدن انرژی الکتریکی برای مصرف کننده ها ۴ درصد میباشد و این بدان معنی است که در هر سال تقریباً ۱۵ روز وجود دارد که خاموشی در آن روزها رخ خواهد داد.

جدول ۴-۹: توربین بادی-فتوولتائیک متصل به شبکه

	PV (kW)	E33	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
	25	15	15	0	\$ 14,899,000	-25,021,932	\$ -212,226,064	-66659.469	1.00	0.04
	20	15	15	0	\$ 14,891,000	-25,013,230	\$ -212,155,088	-66637.172	1.00	0.04
	25	15	8	0	\$ 14,894,800	-25,013,140	\$ -212,150,464	-66635.719	1.00	0.04
	20	15	8	0	\$ 14,886,800	-25,008,864	\$ -212,119,648	-66626.039	1.00	0.04
	25	15	4	0	\$ 14,892,400	-24,999,724	\$ -212,031,072	-66598.219	1.00	0.04
	20	15	4	0	\$ 14,884,400	-24,998,278	\$ -212,025,952	-66596.617	1.00	0.04
	10	15	8	0	\$ 14,870,800	-24,994,604	\$ -212,006,208	-66590.406	1.00	0.04
	10	15	15	0	\$ 14,875,000	-24,994,532	\$ -212,001,360	-66588.891	1.00	0.04
	10	15	4	0	\$ 14,868,400	-24,992,388	\$ -211,988,480	-66584.844	1.00	0.04
	10	15	2	0	\$ 14,867,200	-24,987,086	\$ -211,941,584	-66570.109	1.00	0.04
	20	15	2	0	\$ 14,883,200	-24,988,788	\$ -211,941,008	-66569.930	1.00	0.04
	25	15	2	0	\$ 14,891,200	-24,989,136	\$ -211,936,192	-66568.414	1.00	0.04
	5	15	4	0	\$ 14,860,400	-24,985,258	\$ -211,931,776	-66567.031	1.00	0.04
	5	15	8	0	\$ 14,862,800	-24,985,216	\$ -211,928,992	-66566.156	1.00	0.04
	5	15	15	0	\$ 14,867,000	-24,985,144	\$ -211,924,144	-66564.633	1.00	0.04
	5	15	2	0	\$ 14,859,200	-24,984,148	\$ -211,922,896	-66564.242	1.00	0.04
	25	8	15	0	\$ 7,969,000	-19,175,266	\$ -166,085,648	-52168.223	1.00	0.04
	20	8	15	0	\$ 7,961,000	-19,164,404	\$ -165,995,056	-52139.770	1.00	0.04

در شکل ۴-۱۵ میزان مشارکت انرژی های باد و خورشید در سیستم نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۵: میزان مشارکت انرژی های باد و خورشید در سیستم

در شکل ۴-۱۶ میزان فروش برق به شبکه در ماه های مختلف سال نشان داده شده است.

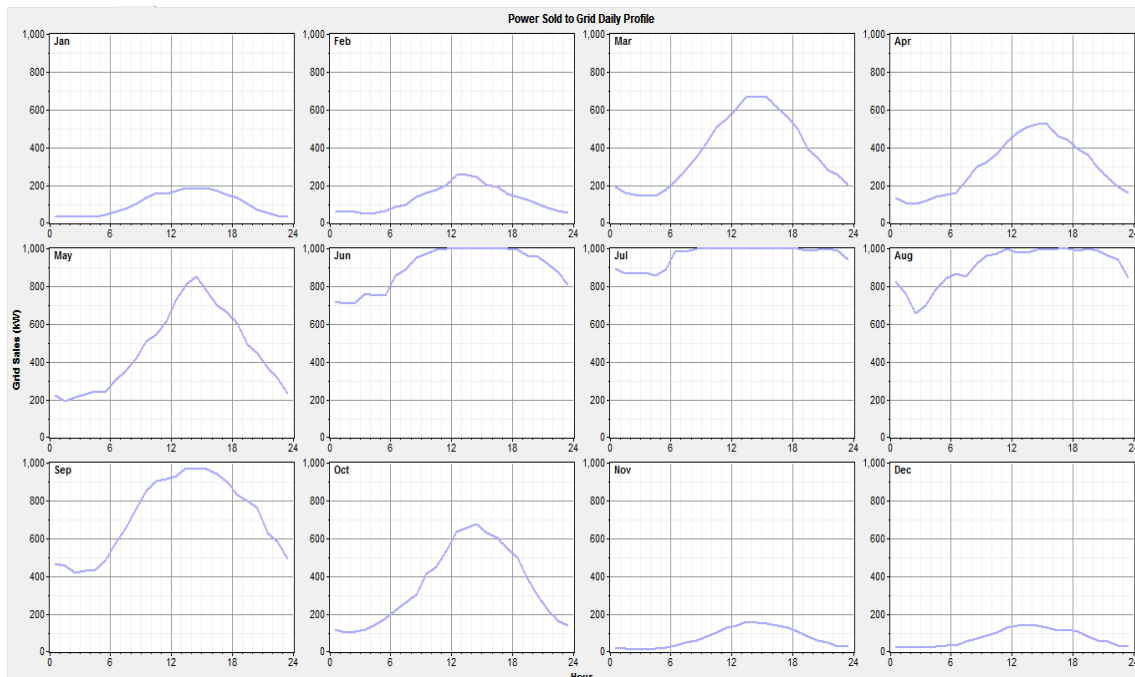
جدول ۴-۱۰: میزان مشارکت منابع تولید پراکنده در فروش به شبکه

مولفه	تولید (kWh/yr)	سهم تولید (درصد)
فتوولتائیک	۴۰/۶۵۱	۰/۰۱
توربین بادی	۸۲۴۱۰۴۴	۹۹/۹
خرید از شبکه	۰	۰
کل	۸۲۸۱۶۹۵	۱۰۰

### جدول ۴-۱۱: میزان خرید و فروش برق به شبکه در طول سال

ماه های سال	انرژی خریداری شده (kWh)	انرژی فروخته شده (kWh)	خرید خالص (kWh)	تقاضای پیک بار (kW)	انرژی شارژ شده (\$)	تقاضای شارژ (\$)
Jan	۰	۷۲۱۷۶	-۷۲۱۷۶	۰	-۳۳۸۴۸۲	۰
Feb	۰	۸۵۲۱۵	-۸۵۲۱۵	۰	-۴۵۲۱۶۹	۰
Mar	۰	۲۷۹۹۳۴	-۲۷۹۹۳۴	۰	-۲۱۰۹۱۸۰	۰
Apr	۰	۲۱۲۷۷۰	-۲۱۲۷۷۰	۰	-۱۷۸۶۹۷۵	۰
May	۰	۳۴۲۵۶۶	-۳۴۲۵۶۶	۰	-۳۱۵۲۹۰۵	۰
Jun	۰	۶۴۷۸۲۱	-۶۴۷۸۲۱	۰	-۴۹۲۶۸۴۵	۰
Jul	۰	۷۱۷۲۰۲	-۷۱۷۲۰۲	۰	-۳۶۱۲۱۵۶	۰
Aug	۰	۶۷۶۶۹۸	-۶۷۶۶۹۸	۰	-۳۹۶۸۱۶۳	۰
Sep	۰	۵۱۲۹۵۷	-۵۱۲۹۵۷	۰	-۲۶۱۹۶۸۰	۰
Oct	۰	۲۵۹۸۱۶	-۲۵۹۸۱۶	۰	-۱۵۸۴۰۸۰	۰
Nov	۰	۵۲۲۳۴	-۵۲۲۳۴	۰	-۲۶۹۱۷۶	۰
Dec	۰	۵۳۸۰۷	-۵۳۸۰۷	۰	-۳۲۲۵۶۱	۰
سالانه	۰	۳۹۱۳۲۰۰	-۳۹۱۳۲۰۰	۰	-۲۵۱۴۲۳۷۲	۰

همانطور که مشاهده میکنید در ماه های بهار و تابستان بدلیل وزش بادهای تابستانی بسیار بالا بوده و بخش عظیمی از فروش برق به شبکه را در سال تامین میکند.



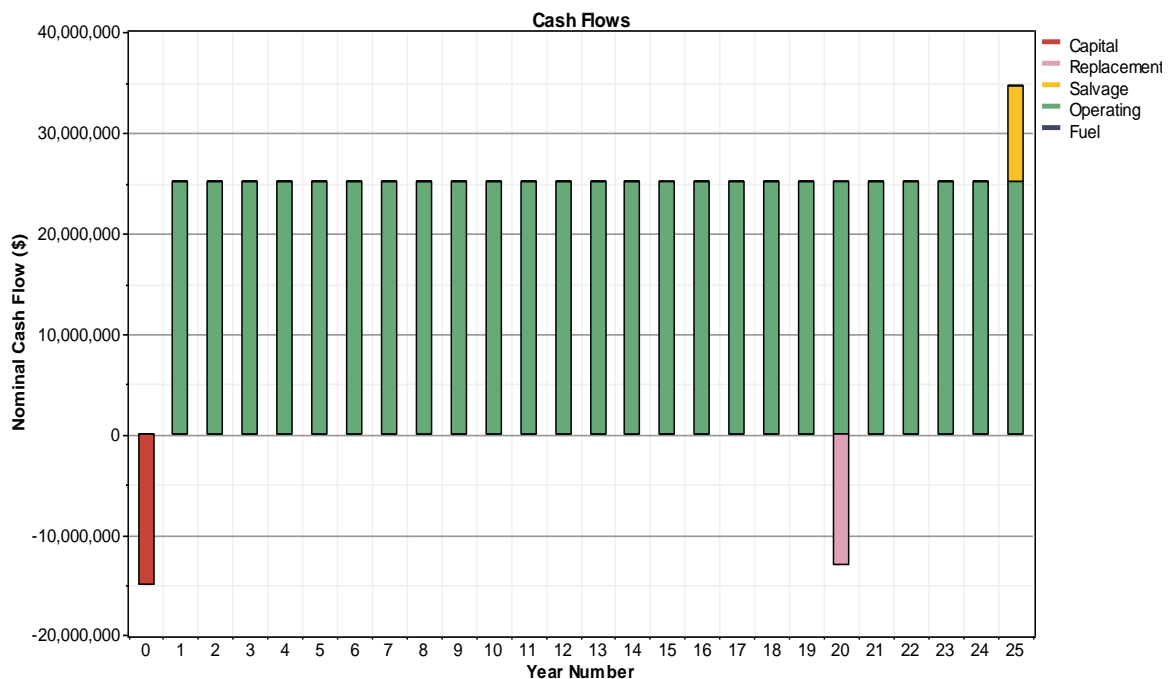
شکل ۴-۱۶: میزان فروش برق به شبکه در ماه های مختلف سال

در نمودار شکل ۴-۱۷ میزان هزینه های تاسیس سیستم پیشنهادی و هزینه های تعمیر و نگهداری

و جایگزینی نشان داده شده است. در ابتدای راه اندازی پروژه (۱۴۹۰۰۰ هزار دلار) با رنگ قرمز نشان داده شده است. همانطور که میبینید پس از ۲۰ سال کارکرد سیستم هیبریدی پیشنهادی هزینه های جایگذاری (۱۳۰۰۰ هزار دلار) با رنگ صورتی نشان داده شده است. هزینه فروش برق به شبکه در هر سال با رنگ خاکستری نشان داده شده است.

در این پایان نامه یک سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور-توربین بادی که با استفاده از باتری برای ذخیره سازی انرژی استفاده شده است پیشنهاد داده شده است. نرم افزار مورد استفاده شده در این پایان نامه نرم افزار هومر می باشد.

این پژوهش بر روی هزینه خالص فعلی کل و میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر و سوخت فسیلی مصرفی و نیز میزان آلاینده‌گی و هزینه انرژی متمرکز شده است و برای انتخاب بهترین سیستم این معیارها را در نظر گرفته است.



شکل ۴-۱۷: هزینه های تاسیس، راه اندازی، جایگذاری و تعمیر و نگه داری در سیستم

## ۴-۷-۲ تحلیل نتایج

نتایج شبیه سازی نشان می دهند که با استفاده از یک سیستم هیبریدی دیزل ژنراتور ۲۰ کیلو

واتی و توربین بادی ۶۰ کیلو واتی که بصورت جدا از شبکه می باشند می توان روزانه میزان ۱۵۴ کیلو وات و میزان پیک ۲۰ کیلووات که مربوط به مصرف توان الکتریکی یک روستای دور افتاده است تامین کرد.

این سیستم دارای هزینه خالص تاسیس ۱۰۴۶۶۶ دلار و نیز هزینه انرژی ۰/۲۰۵ دلار بر کیلو وات ساعت می باشد و نیز ۵۹ درصد از توان کل این سیستم توسط انرژی های تجدید پذیر تامین میشود. نتایج نشان داده شده حاکی از این است که مناطق مربوط به استان خراسان رضوی و خراسان جنوبی کشور ایران نه تنها می توانند با استفاده از انرژی های تجدید پذیر انرژی مورد نیاز روستاهای خود را تامین کنند بلکه می توانند به فروش برق به شبکه نیز پردازند.

در بخش های پایانی به شبیه سازی منطقه ای در شهرستان نشتیفان که دارای پتانسیل بادی بسیار بالایی است، پرداخته شد. با توجه به متصل بودن این سیستم هیبریدی متشکل از فتوولتائیک و توربین بادی، به بررسی فروش برق به شبکه پرداخته شد و نتایج نشان دهنده این موضوع بود که با استفاده از ۱۵ توربین بادی ۳۳۰ کیلو واتی و ۲۵ پنل خورشیدی ۲۰۰ کیلوواتی میتوان مطابق مدیریت فروش برق به شبکه را در نظر گرفت و تئوری بازار برق را در این قبیل سیستمها بررسی و اجرا نمود.

#### ۴-۸ جمع بندی

با بررسی مناطق ذکر شده در این پژوهش علاوه بر کاهش میزان تولید گازهای گلخانه ای و کاهش میزان مصرف سوختهای فسیلی، کاهش هزینه های ناشی از مصرف سوخت و استفاده از منابع پاک و کم هزینه مورد بررسی قرار داده شد. لذا با استفاده از سیستمهای هیبریدی پیشنهادی میتوان علاوه بر تامین برق مورد نیاز مصرف کننده های دور از شبکه، بف فروش برق به شبکه پرداخت.





## فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

## ۱-۵ نتیجه گیری

این پایان نامه به بررسی امکان استفاده از انرژی های تجدید پذیر در مناطق دور از شبکه پرداخته است. با بررسی فنی و اقتصادی نتایج شبیه سازی در دو منطقه که مستعد بهره وری از انرژی های تجدید پذیر بودند و برای تامین انرژی الکتریکی به دلیل دور بودن از شبکه و تلفات در طول مسیر انتقال برق و هزینه های انتقال انرژی الکتریکی به این مناطق مشاهده می شود که با بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر میزان استفاده از سوخته های فسیلی کاهش پیدا کرده است و نیز بدنبال آن میزان آلاینده های هوا و انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از مصرف سوخت فسیلی ۵۹ درصد کاهش پیدا کرده است.

با بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر بادی و خورشیدی بصورت هیبریدی و نیز مکان یابی مناطقی که پتانسیل استفاده از انرژی های تجدید پذیر را دارند و نیز تحلیل و بررسی فنی اقتصادی امکان استفاده از انرژی های تجدید پذیر در مناطقی که یا از شبکه بسیار دور هستند و یا برق رسانی به این مناطق بدلیل صعب العبور بودن بسیار سخت است، می توان نگرانی های اخیر درباره اتمام ذخایر منابع زیرزمینی و نیز روند کاهش دما و گرم شدن کره زمین و عدم توانایی تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کنندگان و نسل های آینده را برطرف کرد.

با مقایسه نتایج بررسی امکان استفاده از انرژی های تجدید پذیر در این پایان نامه با دیگر مقالات مشاهده می شود میزان مشارکت پذیری هر کدام از انرژی های تجدید پذیر خورشیدی و بادی و حتی منابع تجدید ناپذیر از قبیل دیزل ژنراتور در تامین انرژی در زمانهای مختلف بسته به میزان تابش نور خورشید و وزش باد و دسترسی به سوخته های فسیلی متفاوت میباشد و بر اساس معیارهای مختلف که جنبه های اقتصادی و فنی و اجتماعی را در بر میگیرد تحلیل انجام میشود. در نظر گرفتن تحلیل های

اقتصادی در میزان راندمان سیستم و کاهش هزینه های برآورد شده و بهره وری حداکثر از انرژیهای تجدید پذیر تاثیر بسیار زیادی در نتایج محاسبات دارد که در پژوهش بطور مفصل توضیح داده شد.

## ۵-۲ پیشنهادات

در این بخش چند پیشنهاد جهت ادامه و پیشبرد کار انجام شده ارائه می گردد:

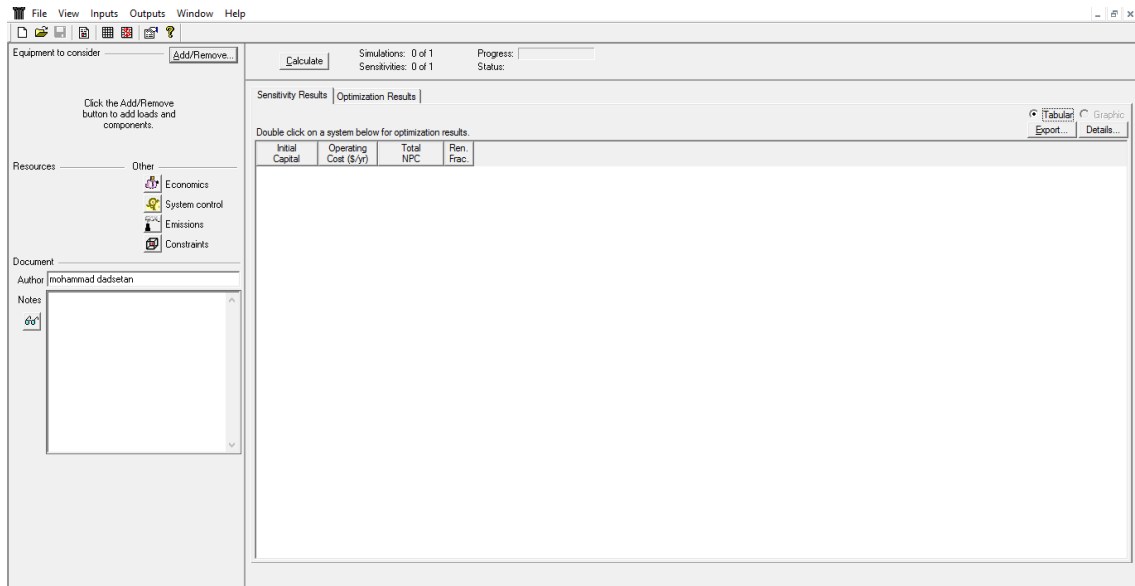
- در بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر می توان از انرژیهای تجدید پذیر دیگر از قبیل زمین گرمایی، زیست توده، جزر و مد، پیل سوختی، برق آبی و ... نیز در تحلیلها و شبیه سازی ها و محاسبات استفاده کرد.
- بررسی اماکن استفاده از انرژیهای تجدید پذیر را نیز می توان در مناطقی که به شبکه نزدیک هستند هم انجام داد و میزان تزریق انرژی الکتریکی به شبکه را مورد بررسی قرار داد.
- در برنامه ریزی فروش برق به شبکه می توان با بررسی و مدیریت ساعات اوج مصرف و ساعات کم باری انرژی خیره شده در سیستم را به شبکه تزریق کرد و سناریوهایی با قیمتهای متفاوت به منظور فروش برق به شبکه پیدا کرد.
- با بررسی و مطالعات مکان سنجی مناطقی که مستعد بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر هستند میتوان ترتیبی اتخاذ کرد که با مدیریت بازار برق و کنترل افت ولتاژ، کاهش هزینه ها کاهش خاموشی و افزایش قابلیت اطمینان بار منطقه را دنبال داشته باشد.



پیوست‌ها

## ۱- آشنایی با نرم افزار

در شکل ۱ تصویری از قاب طراحی نرم افزار را نشان می دهد.



شکل ۱: پنجره اصلی و شبیه سازی نرم افزار *homer*

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود این پنجره شامل دو زبانه اصلی است:

### زبانه نتایج حساسیت<sup>۱</sup>

این بخش از پنجره اصلی در هنگام شبیه سازی به ما اجازه میدهد که تمام متغیرها و ضرائب حساسیت که میخواهیم تاثیر آن را در نتیجه بینیم را بررسی کنیم و بهترین سناریو و سیستم را از جنبه های متفاوت با ضرائب متفاوت انتخاب کنیم.

### زبانه نتایج بهینه سازی<sup>۲</sup>

در این بخش می توان تمام سیستم های ممکن را بر اساس کمترین هزینه خالص فعلی کل

<sup>1</sup> sensitivity results

<sup>2</sup> optimization results

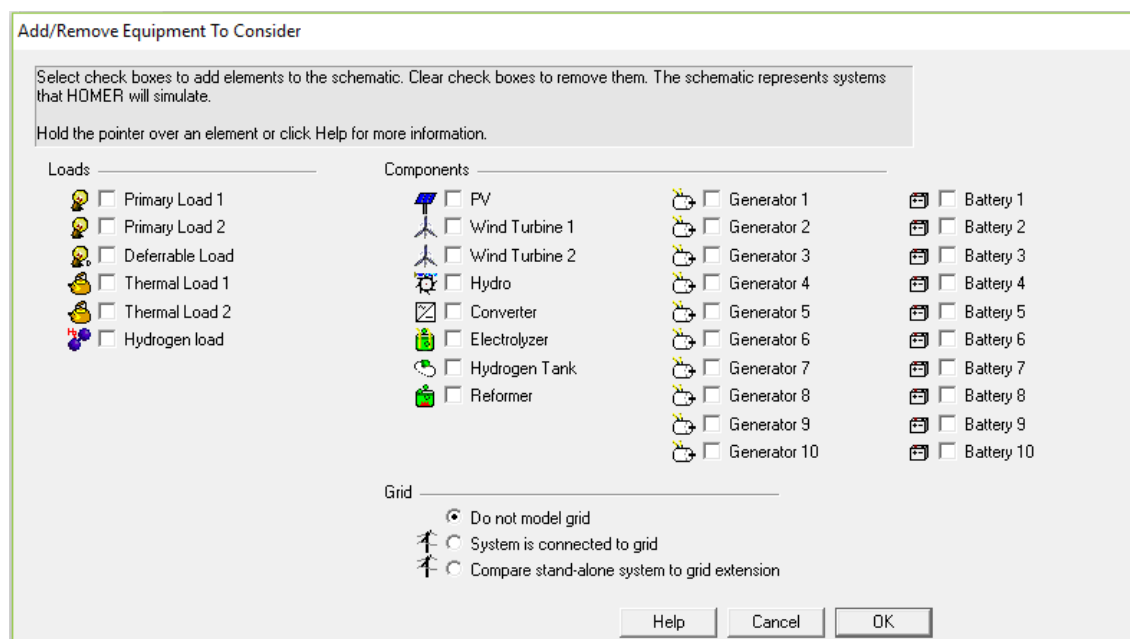
مشاهده کرد و اطلاعاتی از قبیل میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر، میزان استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر (فسیلی)، میزان آلاینده‌گی و ... را مشاهده کرد.

## زبانه دیگر<sup>۱</sup>

در این بخش می توانیم برای سیستم مورد نظر قیودی تعریف کنیم که در سناریو های ما مد نظر گرفته شود. و نیز می توانیم مباحث اقتصادی و زیست محیطی را تحت کنترل داشته باشیم.

## پنجره انتخاب المنت های مورد نیاز و منابع<sup>۲</sup>

در این بخش با استفاده از انرژی های تجدید پذیر و نوع آن و انتخاب منطقه مورد نظر می توانیم میزان تابش نور خورشید و میزان وزش باد را یا به صورت دستی در سیستم وارد کرده و یا از طریق ارتباط با اینترنت و مشخصات مکانی منطقه مورد نظر آنها را دریافت کنیم.



شکل ۲: پنجره *add/remove* در نرم افزار *homer*

## زبانه حذف و اضافه کردن<sup>۳</sup>

<sup>1</sup> other

<sup>2</sup> resources

<sup>3</sup> add/remove

در این بخش همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود می توان نوع بار و انواع انرژی های تجدید پذیر و ژنراتور و باتری و اینورترو ... را انتخاب کرد و به سیستم هیبریدی خود افزود. در پایین این پنجره می توان با انتخاب گزینه های متعدد سیستم را بصورت جدا از شبکه و یا متصل به شبکه و یا مقایسه این دو حالت در نظر گرفت.

### وارد کردن اطلاعات منابع:

این بخش شامل انرژی های تجدید پذیر خورشیدی و باتدی و نیز انرژی های تجدید ناپذیر مانند سوخته های فسیلی میشود که در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است. میتوان میزان تابش نور خورشید و یا پروفایل وزش باد را بصورت دستی وارد نمود و یا با استفاده از گزینه استخراج از فایل های مرجع (اینترنت) وارد کرد.

**Wind Resource Inputs**

File Edit Help

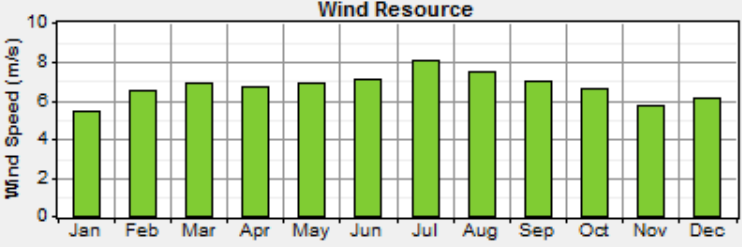
HOMER uses wind resource inputs to calculate the wind turbine power each hour of the year. Enter the average wind speed for each month. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value. The advanced parameters allow you to control how HOMER generates the 8760 hourly values from the 12 monthly values in the table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Data source:  Enter monthly averages  Import time series data file

Baseline data

Month	Wind Speed (m/s)
January	5.400
February	6.500
March	6.850
April	6.700
May	6.900
June	7.050
July	8.050
August	7.500
September	7.030
October	6.650
November	5.700
December	6.070
Annual average:	6.703



Other parameters: Altitude (m above sea level)  Anemometer height (m)

Advanced parameters: Weibull k  Autocorrelation factor  Diurnal pattern strength  Hour of peak windspeed

Scaled annual average (m/s)



شکل ۳: پنجره اطلاعات وزش باد منطقه مورد نظر

**Solar Resource Inputs**  
File Edit Help

HOMER uses the solar resource inputs to calculate the PV array power for each hour of the year. Enter the latitude, and either an average daily radiation value or an average clearness index for each month. HOMER uses the latitude value to calculate the average daily radiation from the clearness index and vice-versa.  
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Location  
Latitude  °  '  North  South Time zone  
Longitude  °  '  East  West (GMT) Iceland, UK, Ireland, West Africa

Data source:  Enter monthly averages  Import time series data file

Baseline data

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m <sup>2</sup> /d)
January	0.240	2.410
February	0.347	3.600
March	0.400	4.200
April	0.549	5.600
May	0.678	6.550
June	0.760	7.070
July	0.726	6.850
August	0.625	6.200
September	0.542	5.600
October	0.396	4.100
November	0.297	3.000
December	0.240	2.380
Average:	0.480	4.801


Scaled annual average (kWh/m<sup>2</sup>/d)  {..}

شکل ۴: پنجره وارد کردن اطلاعات خورشیدی

### قیود:

در این بخش میتوان قیود را نیز اعمال کرد بعنوان مثال میتوان میزان خاموشی را با معیار درصدی از ۰-۱۰۰ انتخاب نمود. پنجره این بخش در شکل ۵ نشان داده شده است.

**Constraints**  
File Edit Help

 Constraints are conditions that systems must meet to be feasible. Infeasible systems do not appear in the sensitivity and optimization results. Operating reserve provides a margin to account for intra-hour deviation from the hourly average of the load or renewable power output. HOMER calculates this margin for each hour based on the operating reserve inputs.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Maximum annual capacity shortage (%)  (.)

Minimum renewable fraction (%)  (.)

**Operating reserve**

As percent of load

Hourly load (%)  (.)

Annual peak load (%)  (.)

As percent of renewable output

Solar power output (%)  (.)

Wind power output (%)  (.)

Note:  
HOMER calculates the total required operating reserve for each hour by multiplying each of these four inputs by the load or output value for that hour and adding the results.

**Primary energy savings**

Minimum primary energy savings (%)  (.)

Reference electrical efficiency (%)  (.)

Reference thermal efficiency (%)  (.)

Help Cancel OK

شکل ۵: پنجره قیود

# منابع

- [1] [http:// www.krec.ir](http://www.krec.ir). *access time* 2016.
- [2] Anurag Chauhan, R.P. Saini "Techno-economic feasibility study on Integrated Renewable Energy System for an isolated community of India," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59. 388–405, 2016.
- [3] Daniel O. Akinyele, Ramesh K. Rayudu "Techno-economic and life cycle environmental performance analyses of a solar photovoltaic microgrid system for developing countries," *Energy* 109. 160–179, 2016.
- [4] Abdirahman Mohamed Abdilahi, Abdul Halim Mohd Yatim, Mohd Wazir Mustafa, Omar Tahseen Khalaf, Alshammari Fahad Shumran, Faizah Mohamed Nor "Feasibility study of renewable energy-based microgrid system in Somaliland's urban centers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40. 1048–1059, 2014.
- [5] Caterina Brandoni, Branko Bosnjakovic "HOMER analysis of the water and renewable energy nexus for water-stressed urban areas in Sub-Saharan Africa," *Journal of Cleaner Production*. 1–14, 2016.
- [6] Vahid Sohrabi Tabar, Mehdi Ahmadi Jirdehi, Reza Hemmati "Energy management in microgrid based on the multi objective stochastic programming incorporating portable renewable energy resource as demand response option," *Journal Renewable Energy*. 1–13, 2016.
- [7] Olga Weiss, Dmitry Bogdanov, Kaisa Salovaara, Samuli Honkapuro "Market designs for a 100% renewable energy system: Case isolated power system of Israel," *Journal Renewable Energy* 119. 266–277, 2017.
- [8] Anil Marneni, A.D.Kulkarni, T.Ananthapadmanabha "Loss Reduction and Voltage Profile Improvement in a Rural Distribution Feeder using Solar Photovoltaic Generation and Rural Distribution Feeder Optimization using HOMER," *Procedia Technology* 21. 507–513, 2015.
- [9] Md. Mustafi zur Rahman, Md. Mohib-Ul-Haque Khan, Mohammad Ahsan Ullah, Xiaolei Zhang, Amit Kumar "A hybrid renewable energy system for a North American off-grid community," *Journal Renewable Energy* 97. 151–160, 2016.
- [10] <http://www.iraneconomist.com>. *access time* 2016.
- [11] <http://www.tavanir.org.ir/>, "report of minister of power electric to new energy and solar and wind energy organisation in order to sell power to grid. ," *access time* ,2016.

- [12] A. Ghasemi, A. Asrari, M. Zarif, and S. Abdelwahed, "Techno-economic analysis of stand-alone hybrid photovoltaic– diesel– battery systems for rural electrification in eastern part of Iran— A step toward sustainable rural development," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28. 456–462, 2013.
- [13] Sergio B. Silva, Marco A.G. de Oliveira and Mauro M. Severino, "Economic evaluation and optimization of a photovoltaic–fuel cell–batteries hybrid system for use in the Brazilian Amazon," *Renewable energy* 38. 6713–6723, 2010.
- [14] Dalton, G.J., Lockington, D.A and Baldock, T.E, "Feasibility analysis of renewable energy supply options for a grid-connected large hotel," . *Renewable energy* 34. 955–964, 2009.
- [15] R.Sen and S.C. Bhattacharyya, "Off-grid electricity generation with renewable energy technologies in India: An application of HOMER." *Renewable Energy* 62. 388–398, 2014. [16] [http:// www.krec.ir](http://www.krec.ir). *access time* 2016.
- [16] A. Asrari, A. Ghasemi, and M.H. Javidi, "Economic evaluation of hybrid renewable energy systems for rural electrification in Iran—A case study,"*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28. 3123–3130, 2012.
- [17] E. Stefanakos, "Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq," *Renewable energy* 84. 710–714, 2010.
- [18] Report Energy Organization of Iran, [www.sun.org](http://www.sun.org) , 1738-orig summer 2016.
- [19] Ali Al-Karaghoul, L.L. Kazmerski "Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software," *Solar Energy* 84. 710–714, 2010.
- [20] A. Marneni, A. D. Kulkarni, and A. nanthapadmanabh, "Distribution Feeder using Solar Photovoltaic Generation and Rural Distribution Feeder Optimization using HOMER," *SMART GRID Technologies Procedia Technology* 21. 507–513, 2015.
- [21] A. Rohani, K. Mazlumi, H. Kord "Modeling of a Hybrid Power System for Economic Analysis and Environmental Impact in HOMER," *IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications May* 11-13. 1594–1599, 2010.
- [22] N. Arina bte Abdull Razak, M. Murtadha bin Othman and I. Musirin 2D DWT Architecture, "Optimal Sizing and Operational Strategy of Hybrid Renewable Energy System Using HOMER. ," *4th International Power Engineering and Optimization Conf.*495–501, 2010. [23] [http:// www.krec.ir](http://www.krec.ir). *access time* 2016.

- [23] K.Y. Lau, M.F.M. Yousof, S.N.M. Arshad, M. Anwari, A .H.M. Yatim Performance analysis of hybrid photovoltaic/diesel energy system under Malaysian conditions," *Energy* 35. 3245–3255, 2010.
- [24] M. Saad Alam, D.w.Gao “Modeling and analisis of wind-pv-fuel cell hybrid power system in Homer," *Second IEEE Conferenceon Industrial Electron ics and Applications*. 1594–1599, 2007.
- [25] Report Energy Organization of Iran, [www.sunna.org](http://www.sunna.org) , 1737-orig summer 2016.
- [26] Clean and solar energy magazine, [www.irses.ir](http://www.irses.ir) s VOL4\_NO.16\_winter 2015, 2016.
- [27] A. Demiroren , U. Yilmaz , “ Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gokceada, Turkey: An island example,"*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. 323–333, 2010.
- [28] J. Lei, H. Xin, J. Xie, and D. Gan “Optimization of Distributed Energy Systems Taking into Account Energy Saving and Emission Reduction," *Zhejiang University, College of Electrical Engineering, Hangzhou, Zhejiang, China Grant No. 50807046* , 2009.
- [29] A. Demiroren , U. Yilmaz , “A Framework for Portfolio Management of Renewable Hybrid Energy Sources," *IEEE Energy 17-18 November, 2008*.
- [30] M.J. Khan, M.T. Iqbal “Pre-feasibility study of stand-alone hybrid energy systems for applications in New foundland,"*Renewable Energy* 30. 835–854, 2005.
- [31] S. Bahramara, M. Parsa Moghaddam, M.R. Haghifam “Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62. 609–620, 2016.
- [32] D.walker , [homerenergy.com /documents /Micro power system Modeling With HOMER.pdf](http://homerenergy.com/documents/Micro%20power%20system%20Modeling%20With%20HOMER.pdf) Jul 30, 2016
- [33] <http://www. http://climatology.ir>. *access time* 2017
- [34] <http://www.bergey.com>. *access time* 2017
- [35] NASA surface meteorology and solar energy; 2004. Available: (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>).
- [36] Tommer Ender<sup>1</sup>, Jonathan Murphy<sup>1</sup>, Comas Haynes “ Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gokceada, Turkey: An island example,"*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. 323–333, 2010.
- [37] <http://www.rollsbattery.com>. *access time* 2016

- [38] Lei Yang and Qin Hong, “The role of Homer 1a in increasing locomotor activity and non-selective attention, and impairing learning and memory abilities,” *Journal Of Elsevier*, 39-47, 2013.
- [39] Nurul Arina bte Abdull Razak, 1, Muhammad Murtadha bin Othman “Optimal Sizing and Operational Strategy of Hybrid Renewable Energy System Using HOMER,” *IEEE The 4th International Power Engineering and Optimization Conf.* 495–501, 2010.
- [40] Midwest Research Institute • Battelle, “Getting Started Guide for HOMER Legacy (Version 2.68),” *Operated for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*, 2011.
- [41] Ahmad Agus Setiawan , Yu Zhao and Chem. V. Nayar Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas, "*Renewable Energy* 34. 374–383, 2009.
- [42] <http://www.enercon.de>. *access time* 2017.
- [43] Paul Gilman and Peter Lilienthal, “Micro power System Modeling With HOMER,” *Integration of Alternative Sources of Energy, National Renewable Energy Laboratory book*, , 2006.
- [44] <http://www.razavimet.com>. *access time* 2017

## **Abstract**

In this study, a method is presented for optimal energy dispatch of renewable energy dispatch in remote areas. Purpose in this paper is technically & economically analysis for using optimal of distributed generation resources renewable energy, decreasing fossil fuel and Greenhouse Gas, analysis of turning point for establish green power plan. Hybrid system have to consist of renewable energy and fossil fuel energy that exist of each of them is Necessary. we use HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) software for analysis, simulation & influence of variable parameter. in this study we choose a village of Khorasan razavi province as a case study and by the analysis of renewable participation in order to provide demand consumption. result simulation in this study presented that by establish a hybrid green power plan (wind & solar) we can not only provide village demand power and increase using of renewable energy and decrease fossil fuel energy in order to economically situation but also can distribute or sell power to grid.

**Keyword:** renewable energy, power system, distributed generation resources, technically & economically analysis





**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Electrical Engineering and Robotic**

**M.Sc. Thesis in electrical power systems engineering**

**Investigation the possibility of optimal usage of renewable energy  
resources in remote areas**

**BY: Mohammad Dadsetan**

**Supervisor**

Dr. Mahdi Banejad

**Advisor**

Abolfazl Ghasemi

January 2017