





- | | |
|-----------------------------|---------------|
| انرژی خورشیدی ۱ | گزارش اول: |
| انرژی زمین گرمایی ۱ | گزارش دوم: |
| انرژی باد ۱ | گزارش سوم: |
| انرژی زیست توده ۱ | گزارش چهارم: |
| انرژی هیدروژن و پیل سوختی ۱ | گزارش پنجم: |
| انرژی خورشیدی ۲ | گزارش ششم: |
| انرژی زمین گرمایی ۲ | گزارش هفتم: |
| انرژی باد ۲ | گزارش هشتم: ✓ |



ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت
مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم
انرژیهای تجدیدپذیر با اولویت انرژی آبی

تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژیهای نو برای
ایجاد نیروگاههایی از قبیل بادی خورشیدی پیل های سوختی
و زمین گرمایی در کشور

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	پیشگفتار
۳	مقدمه
۵	فصل اول: کلیاتی درباره انرژی باد
۵	۱-۱- انرژی باد
۸	۱-۲- تاریخچه استفاده از انرژی باد
۹	۱-۳- منشاء باد
۹	۱-۴- توزیع جهانی باد
۱۰	۱-۵- اندازه گیری پتانسیل انرژی باد
۱۰	۱-۶- قدرت باد
۱۰	۱-۷- روند تحولات تکنولوژی انرژی باد در سال‌های اخیر
۱۱	۱-۸- مزایای بهره‌برداری از انرژی باد
۱۱	۱-۹- آینده انرژی باد در ایران
۱۳	فصل دوم: پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد
۱۳	۲-۱- پتانسیل سنجی چیست؟
۱۴	۲-۲- باد سنج‌ها و انواع آنها
۱۴	۲-۳- پتانسیل باد در ایران
۱۵	۲-۴- نقشه‌ها و اطلس‌های موجود باد
۱۷	فصل سوم: استحصال انرژی از باد توسط توربین‌های بادی
۱۷	۳-۱- انرژی بادی و توربین‌های بادی
۱۷	۳-۲- انواع توربین‌های بادی
۱۷	الف- توربین‌های بادی با محور چرخش عمودی
۱۸	ب- توربین‌های بادی با محور چرخش افقی
۲۰	۳-۳- انواع کاربرد توربین‌های بادی
۲۰	الف- کاربردهای غیرنیروگاهی
۲۱	ب- کاربردهای نیروگاهی
۲۳	۳-۴- توربین‌های بادی و ذخیره انرژی
۲۴	فصل چهارم: انرژی باد و محیط زیست
۲۶	فهرست منابع

انجمنی بباد ۲

پیشگفتار

توسعه شگرف علم و فن آوری در جهان امروز ظاهراً آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده است. لیکن این توسعه یافتگی، مایه بروز مشکلات تازه‌ای نیز برای انسان‌ها شده است که از آن جمله می‌توان به آلودگی محیط زیست، تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین و غیره اشاره نمود. به ویژه می‌دانیم که نفت و مشتقات آن از سرمایه‌های ارزشمند ملی و حیاتی کشور می‌باشند که مصرف غیربهبینه از آنها گاهی زیان‌های جبران‌ناپذیری را ایجاد می‌کند از این رو صاحب‌نظران و کارشناسان به دنبال منابعی هستند که به تدریج جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند. سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست محیطی بی‌شماری را ایجاد می‌نمایند. به عبارت دیگر از یک طرف در نتیجه سوختن مواد فسیلی گازهای سمی وارد محیط می‌شود و تنفس انسان را دچار مشکل می‌نماید و محیط زیست را آلوده می‌نماید و از طرفی دیگر تراکم این گازها در جو زمین مانع خروج گرما از اطراف زمین می‌شود و باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده

روز سهم بیشتری را در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می‌گیرند. انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه برای کشورهای در حال توسعه از جاذبه بیشتری برخوردار است. لذا در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی از جمله در برنامه‌های سازمان ملل متحد در راستای توسعه پایدار جهانی نقش ویژه‌ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است. اما سازگار کردن این منابع انرژی با سیستم فعلی مصرف انرژی جهانی هنوز با مشکلاتی همراه است که بررسی و حل آنها حجم مهمی از تحقیقات علمی جهان را در دهه‌های اخیر به خود اختصاص داده است. سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) به عنوان متولی انرژی‌های نو در کشور فعالیت‌های وسیعی را در راستای ترویج، توسعه و اشاعه فرهنگ کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران آغاز نموده است و تاکنون به دستاوردهای مهمی نایل شده است و امید است با حمایت مسئولین و مقامات عالی کشور به توفیقات بیشتری دست یابد. برای آگاهی‌های عمومی

با انرژی‌های نو، سازمان انرژی‌های نو ایران اقدام به انتشار کتابچه‌های آموزشی "از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟" در پنج بخش انرژی‌های تجدیدپذیر که عبارتند از انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی باد، انرژی زیست توده، هیدروژن و پیل سوختی به منظور آشنا سازی دانش پژوهان علاقه‌مند نموده است. امید است با مطالعه این کتاب اطلاعات کلی و عمومی در مورد کاربردهای انرژی‌های نو فراهم آید.

آب و هوایی در زمین می‌گردد که اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود. چنانچه افزایش دمای هوا مطابق روند فعلی ادامه یابد بازگرداندن آن به وضعیت سابق تقریباً غیرممکن خواهد بود. بهترین راه حلی که اکثر دانشمندان پیشنهاد کرده‌اند متوقف کردن روند رو به رشد این گازهای مضر است. متخصصان بر این باورند که با استفاده از انرژی‌های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژن و ... به جای انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی، از آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات مترتب بر آن جلوگیری خواهد شد. از سوی دیگر انرژی‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ سرانجام روزی به پایان خواهند رسید و با پایان گرفتن آنها تمدن بشری که بستگی مستقیم به انرژی دارد دچار چالش جدید و بزرگ خواهد شد. این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمامتر استفاده از سایر انرژی‌های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی‌های تجدید شونده را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن، زیست توده و ... که به انرژی‌های تجدیدپذیر موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می‌باشد که قبل از استفاده باید انجام گیرند. مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر روز به



مقدمه

کم کم با پیشرفت تمدن بشری، چوب و پس از آن ذغال سنگ، نفت و گاز وارد بازار انرژی گردیده‌اند. اما به دلیل افزایش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو و افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را روز به روز با اهمیت‌تر و گسترده‌تر نموده است. انرژی باد یکی از انواع اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که از دیرباز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود به طوری که وی همواره به فکر کاربرد این انرژی در صنعت بوده است. بشر از انرژی باد برای به حرکت درآوردن قایق‌ها و کشتی‌های بادبانی و آسیاب‌های بادی استفاده می‌کرده است. در شرایط کنونی نیز با توجه به موارد ذکر شده و توجیه پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی‌های نو، پرداختن به انرژی باد امری حیاتی و ضروری به نظر می‌رسد. در کشور ما ایران قابلیت‌ها و پتانسیل‌های مناسبی جهت نصب و راه‌اندازی توربین‌های برق بادی وجود دارد، که با توجه به توجیه پذیری آن و تحقیقات، مطالعات و سرمایه‌گذاری که در این زمینه صورت گرفته، توسعه و کاربرد این تکنولوژی چشم‌انداز روشنی را فرا روی سیاست‌گذاران بخش انرژی کشور در این زمینه قرار داده است.

گسترده‌گی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام‌نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است. از نقوش حک شده بر دیوار غارها می‌توان دریافت که بشر اولیه توانسته بود نیروی ماهیچه‌ای را به عنوان یک منبع انرژی مکانیکی به خوبی شناخته و از آن استفاده کند. ولی از آنجایی که این نیرو بسیار محدود و ضعیف است انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام‌نشدنی را جستجو می‌کرد که همواره در هر زمان و مکان در دسترس باشد. این موضوع را می‌توان در داستان‌های مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت.



فصل اول: کلیاتی در باره انرژی باد | ۱

۱-۱- انرژی باد:

انرژی باد نظیر سایر منابع انرژی تجدید پذیر از نظر جغرافیایی گسترده و در عین حال به صورت پراکنده و غیر متمرکز و تقریباً همیشه در دسترس می‌باشد. انرژی باد طبیعی نوسانی و متناوب داشته و ورزش دائمی ندارد. هزاران سال است که انسان با استفاده از آسیاب‌های بادی، تنها جزء بسیار کوچکی از آن را استفاده می‌کند. این انرژی تا پیش از انقلاب صنعتی به عنوان یک منبع انرژی، به طور گسترده‌ای مورد بهره برداری قرار می‌گرفت، ولی در دوران انقلاب صنعتی، استفاده از سوخت‌های فسیلی به دلیل ارزانی و قابلیت اطمینان بالا، جایگزین انرژی باد شد. در این دوره، توربین‌های بادی قدیمی دیگر از نظر اقتصادی قابل رقابت با بازار انرژی‌های نفت و گاز نبودند. تا اینکه در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸ دو شوک بزرگ نفتی، ضربه بزرگی به اقتصاد انرژی‌های حاصل از نفت و گاز وارد آورد. به این ترتیب هزینه انرژی تولید شده به وسیله توربین‌های بادی، در مقایسه با نرخ جهانی قیمت انرژی بهبود یافت. پس از

آن مراکز و موسسات تحقیقاتی و آزمایشگاهی متعددی در سراسر دنیا به بررسی تکنولوژی‌های مختلف جهت استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع بزرگ انرژی پرداختند. به علاوه این بحران باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه کاربرد تکنولوژی انرژی باد جهت تولید برق متصل به شبکه، پمپاژ آب و تأمین انرژی الکتریکی نواحی دورافتاده شد. همچنین در سال‌های اخیر، مشکلات زیست محیطی و مسائل مربوط به تغییر آب و هوای کره زمین به علت استفاده از منابع انرژی فسیلی بر شدت این تمایلات افزوده است. از سال ۱۹۷۵ پیشرفت‌های شگرفی در زمینه توربین‌های بادی در جهت تولید برق به عمل آمده است. در سال ۱۹۸۰ اولین توربین برق بادی متصل به شبکه سراسری نصب گردید. بعد از مدت کوتاهی اولین مزرعه برق بادی چند مگاواتی در آمریکا نصب و به بهره برداری رسید. در پایان سال ۱۹۹۰ ظرفیت توربین‌های برق بادی متصل به شبکه در جهان به ۲۰۰ MW رسید که توانایی تولید سالانه ۳۲۰۰ Gwh برق را داشته که تقریباً تمام این تولید مربوط به ایالت کالیفرنیا آمریکا و کشور دانمارک بود. امروزه کشورهای دیگر نظیر هلند، آلمان، بریتانیا، ایتالیا، اسپانیا، چین و هندوستان برنامه‌های ملی ویژه‌ای را در

جهت توسعه و عرضه تجاری انرژی باد آغاز کرده‌اند. در طی دهه گذشته، هزینه تولید انرژی به کمک توربین‌های بادی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. در حال حاضر توربین‌های بادی از کارایی و قابلیت اطمینان بیشتری در مقایسه با ۱۵ سال پیش برخوردارند. با این همه استفاده وسیع از سیستم‌های مبدل انرژی باد (WECS) هنوز آغاز نگردیده است. در مباحث مربوط به انرژی باد، بیشتر تأکیدات بر توربین‌های بادی مولد برق جهت اتصال به شبکه است زیرا این نوع از کاربرد انرژی باد می‌تواند سهم مهمی در تأمین برق مصرفی جهان داشته باشد. بر اساس پیش بینی‌های صورت گرفته توسط انجمن جهانی انرژی بادی (WWEA)، انرژی بادی تا سال ۲۰۲۰ قادر به تأمین حداقل ۱۲٪ از برق مصرفی جهان خواهد بود و همچنین ظرفیت نصب شده جهانی در این سال به حداقل ۱۵۰۰ گیگاوات خواهد رسید. به طور کلی با استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع انرژی در دراز مدت می‌توان دو برابر مصرف انرژی الکتریکی فعلی جهان را تأمین کرد.





۲-۱- تاریخچه استفاده از انرژی باد:

ساخته‌اند. از دیگر استان‌های دارای قدمت کاربرد انرژی باد می‌توان به کرمان، اصفهان و یزد اشاره نمود که در این مکان‌ها در زمان قدیم برای خنک کردن منازل از کانالهای مخصوص جهت هدایت باد استفاده می‌کردند. بعد از ایران کشورهای عربی و اروپایی پی به قدرت باد در تبدیل انرژی بردند.

در قرن سوم بعد از میلاد، یک محقق مصری که در زمینه نیروی هوای فشرده تحقیق می‌کرد، آسیاب بادی چهار پره‌ای را با محور افقی طراحی نمود که از هوای فشرده آن جهت نواختن یک ارگ استفاده می‌کرد. با توجه به شواهد موجود می‌توان ادعا کرد که زادگاه ماشین‌های بادی از نوع محور قائم، حوزه شرقی مدیترانه و چین بوده است. در قرون وسطی، آسیاب‌های بادی در ایتالیا، فرانسه، اسپانیا و پرتغال متداول گردیده و کمی بعد در بریتانیا، هلند و آلمان نیز به کار گرفته شد. برخی از مورخان اظهار داشته‌اند که ورود این آسیاب‌ها به اروپا را باید مدیون شرکت کنندگان در جنگ‌های صلیبی دانست که از خاورمیانه بازگشتند. آسیاب‌های بادی که در اروپا ساخته می‌شدند از نوع آسیاب‌های محور افقی چهار پره بودند که برای آرد کردن حبوبات و گندم به کار می‌رفتند.

مردم هلند آسیاب‌های بادی را از سال ۱۳۵۰ میلادی به منظور خشک کردن زمین‌های پست ساحلی و همچنین گرفتن روغن از دانه‌ها و بریدن چوب و تهیه پودر رنگ برای رنگرزی به کار گرفتند. آنچه که هلند را در قرن هفدهم میلادی در زمره غنی‌ترین و صنعتی‌ترین مردم

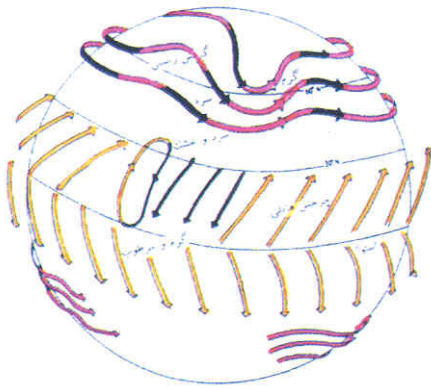
بشر از زمان‌های بسیار دور به نیروی لایزال باد پی برده و سال‌ها بود که از این انرژی برای به حرکت درآوردن کشتی‌ها و آسیاب‌های بادی بهره می‌گرفت. طی سالیان دراز ثابت شده است که می‌توان انرژی باد را به انرژی مکانیکی و یا انرژی الکتریکی تبدیل کرد و مورد استفاده قرار داد. منابع تاریخی نشان می‌دهند که ساخت آسیاب‌ها در ایران، عراق، مصر و چین قدمت باستانی داشته و در این تمدن‌ها، از آسیاب‌های بادی برای خرد کردن دانه‌ها و پمپاژ آب استفاده می‌شده است. چنانچه از شواهد تاریخی برمی‌آید، در قرن ۱۷ قبل از میلاد، هامورابی پادشاه بابل طرحی ارائه داده بود تا بتوان به کمک آن دشت حاصلخیز بین‌النهرین را توسط انرژی حاصل از باد آبیاری نمود. آسیاب‌هایی که در آن زمان ساخته می‌شدند از نوع ماشین‌های محور قائم و شبیه به آنهایی هستند که امروزه آثار آنها در نواحی خواف و تایباد ایران به چشم می‌خورد. ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آرد کردن غلات از آسیاب‌های بادی با محور قائم استفاده کردند. مثلاً در کتاب‌های قدیمی نوشته‌اند: دیار سیستان دیار باد و ریگ است و همان شهری است که گویند باد آنجا آسیاب‌ها را گرداند و آب از چاه کشد و باغ‌ها را سیراب کند و در همه دنیا شهری نیست که بیشتر از آنجا از باد سود ببرد. و نیز نوشته‌اند که در سیستان بادهای سخت مدام می‌وزد و به همین دلیل در آنجا آسیاب‌های بادی برای آرد کردن گندم



دلیل آنکه سرعت دوران زمین در این عرض‌های جغرافیایی به مراتب کمتر از سرعت دوران زمین در استوا است، به سمت شرق حرکت می‌کند. معمولاً در این عرض‌های جغرافیایی نواحی بیابانی مانند صحرا قرار دارند.

ب) جریان چرخشی راسبی (Rossby)

بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی (جنوبی) و ۷۰ درجه شمالی (جنوبی) عمدتاً بادهای غرب در جریان هستند. این بادهای تشکیل یک چرخش موجی را می‌دهند و هوای سرد را به جنوب و هوای گرم را به شمال انتقال می‌دهند. این الگو را جریان راسبی می‌نامند.



توزیع جهانی باد

اروپا قرار داد، صنعت کشتی سازی و ساخت آسیاب‌های بادی در آن کشور بود. توربین‌های بادی بطنی که شامل پره‌های متعدد هستند، بعدها متداول شدند. در آغاز قرن بیستم اولین توربین‌های بادی سریع و مدرن ساخته شدند. امروزه فعال‌ترین کشورها در این زمینه آلمان، اسپانیا، دانمارک، هندوستان و آمریکا می‌باشند.

۳-۱- منشأ باد:

هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات در دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث به وجود آمدن باد می‌گردد. جریانات اقیانوسی نیز به صورت مشابه عمل نموده و عامل ۳۰٪ انتقال حرارت کلی در جهان می‌باشند. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. پس همان‌طور که عنوان شد باد یکی از صورت‌های مختلف انرژی حرارت خورشیدی می‌باشد که دارای یک الگوی جهانی پیوسته می‌باشد. تغییرات سرعت باد، ساعتی، روزانه و فصلی بوده و متأثر از هوا و توپوگرافی سطح زمین می‌باشد. بیشتر منابع انرژی باد در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده‌اند.

۴-۱- توزیع جهانی باد:

به طور کلی جریان باد در جهان دارای دو نوع توزیع می‌باشد:

الف) جریان چرخشی هادلی (Hadly)

بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی، هوای گرم شده در استوا به بالا صعود کرده و هوای سردتری که از شمال و جنوب در می‌آید جایگزین آن می‌شود. این جریان را چرخش هادلی می‌نامند. در سطح زمین این جریان بدین معنی است که بادهای سرد به اطراف استوا می‌وزند و از طرف دیگر هوایی که در ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی به پایین می‌آید خیلی خشک است و به



۵-۱- اندازه‌گیری پتانسیل انرژی باد:

پتانسیل انرژی باد به عنوان یک منبع قدرت در مناطق متخلف و براساس اطلاعات موجود در مورد منابع باد قابل دسترس در هر منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. پتانسیل مربوط به منابع باد به طور کلی به پنج دسته تقسیم می‌شود:

۱- پتانسیل هواشناسی:

این پتانسیل بیانگر منبع انرژی باد در دسترس می‌باشد.

۲- پتانسیل محلی:

این پتانسیل بر مبنای پتانسیل هواشناسی بنا شده ولی محدود به محل‌هایی است که از نظر جغرافیایی برای تولید انرژی در دسترس هستند.

۳- پتانسیل فنی:

این پتانسیل با در نظر گرفتن نوع تکنولوژی در دسترس (کارایی، اندازه توربین و...) از پتانسیل محلی محاسبه می‌شود.

۴- پتانسیل اقتصادی:

این پتانسیل، استعداد بالقوه فنی است که به صورت اقتصادی و بر پایه سیاست‌های اقتصادی قابل تحقیق و اجراست.

۵- پتانسیل اجرایی:

این پتانسیل با در نظر گرفتن محدودیت‌ها و عوامل تشویقی برای تعیین ظرفیت توربین‌های بادی قابل اجراء در یک محدوده زمانی خاص تعیین می‌شود. مانند تعرفه‌های تشویقی که طبق سیاست‌های دولت‌های مختلف به تولید کنندگان انرژی برق بادی حاصل از توربین‌های بادی تخصیص داده می‌شود.

۶-۱- قدرت باد:

انرژی جنبشی باد همواره متناسب با توان دوم سرعت باد است هنگامی که باد به یک سطح برخورد می‌کند انرژی جنبشی از آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می‌شود. حاصلضرب نیروی باد در سرعت باد مساوی قدرت باد می‌شود. نیروی باد متناسب با مربع سرعت باد است پس قدرت باد متناسب با مکعب سرعت باد خواهد بود. بنابراین هر چه سرعت باد بیشتر باشد آن نیز بیشتر خواهد شد. مثلاً اگر سرعت باد دوبرابر شود قدرت آن هشت برابر و اگر سرعت باد سه برابر گردد قدرت باد بیست و هفت برابر خواهد شد.

۷-۱- روند تحولات تکنولوژی انرژی باد در سال‌های اخیر:

بزرگترین شرکت‌های سازنده توربین‌های بادی در جهان در حال حاضر شرکت وستاس Vestas، شرکت GE Energy و شرکت Gamesa هستند که به ترتیب ۱۹، ۱۸ و ۱۱ درصد از بازار جهان را در اختیار دارند. اطلاعاتی که از بررسی بازار تکنولوژی باد در آلمان به عنوان کشوری پیشتاز در صنعت باد جهان بدست آمده، بیانگر روند تحولات این صنعت در سال‌های اخیر می‌باشد. و لذا توجه به این داده‌ها در پیش بینی‌های مربوط به آینده این انرژی سودمند خواهد بود.

ظرفیت نصب شده انرژی بادی در کشور آلمان در سال ۲۰۰۰ میلادی ۶۱۴۰ مگاوات بوده است، در حالی که این رقم در سال ۲۰۰۹ به ۲۵۷۷۷ مگاوات رسیده است که این افزایش میزان نصب بیانگر روند رو به رشد بهره‌گیری از این انرژی در آلمان به عنوان یکی از کشورهای پیشرو در صنعت انرژی بادی می‌باشد. در بازار توربین‌های بادی ۵۸ مدل توربین وجود دارد که از این ۵۸ مدل فقط ۴ مدل آن بدون گیربکس هستند که روی سایزهای متوسط و بزرگ آزمایش شده‌اند. اما ۵۴ مدل دیگر (شامل سایزهای متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ) هنوز از گیربکس استفاده می‌کنند. بنابراین توربین‌های بدون گیربکس هنوز در ابتدای راه هستند و وضعیت آنها پس از سال‌ها تجربه و بهره برداری روشن خواهد شد. در گذشته توربین‌های بادی با یک سرعت دورانی ثابت (دور روتور) کار می‌کردند، اما مدل‌های امروزی تقریباً سیستم یک سرعت را کنار گذاشته و به سیستم‌های دو سرعت یا سرعت متغیر روی آورده‌اند.

از میان ۵۸ مدل موجود در بازار، فقط دو مدل از نوع یک سرعته هستند و ۲۲ مدل دو سرعته و ۳۴ مدل با سرعت متغیر دیده می‌شوند.

۸-۱- مزایای بهره‌برداری از انرژی باد:

انرژی باد نیز مانند سایر منابع انرژی تجدید پذیر از ویژگی‌ها و مزایای بالاتری نسبت به سایر منابع انرژی برخوردار است که اهم این مزایا عبارتند از:

- ۱ عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.
- ۲ رایگان بودن انرژی باد
- ۳ توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق
- ۴ کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی‌های فسیلی
- ۵ کمتر بودن هزینه‌های جاری و هزینه‌های سرمایه گذاری انرژی باد در بلند مدت
- ۶ تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی
- ۷ قدرت مانور زیاد، جهت بهره برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندیت مگاوات)
- ۸ عدم نیاز به آب
- ۹ عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب
- ۱۰ نداشتن آلودگی محیط زیست نسبت به سوخت‌های فسیلی
- ۱۱ افزایش قابلیت اطمینان در تولید انرژی برق
- ۱۲ ایجاد اشتغال

۹-۱- آینده انرژی باد در ایران:

بازار تأمین انرژی یک بازار رقابتی است که در آن تولید برق از نیروگاه‌های بادی در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی برتری‌های جدیدی پیش روی دست اندرکاران بخشی انرژی قرار داده است. همچنین فعالیت گسترده تعدادی از کشورهای جهان برای تولید الکتریسیته از انرژی باد، سرمشقی برای دیگر کشورهایی است که در این زمینه راه درازی در پیش دارند.

بسیاری از منابع اقتصادی در حال رشد، در منطقه آسیا واقع شده‌اند. اقتصاد رو به رشد کشورهای آسیایی از جمله ایران، باعث شده تا این کشورها بیش از پیش به تولید الکتریسیته احساس نیاز کرده و اقدام به تولید الکتریسیته از منابع غیر فسیلی کنند. افزون بر این موارد، نبود شبکه برق سراسری در بسیاری از بخش‌های روستایی در کشورهای آسیایی، مهر تأییدی بر سیستم‌های تولید الکتریسیته از انرژی باد زده است. در خصوص دورنمای آینده اقتصادی استفاده از انرژی باد در ایران می‌بایست گفت استفاده از این انرژی موجب صرفه جویی فرآورده‌های نفتی به عنوان سوخت می‌شود. صرفه جویی حاصله در درجه اول موجب حفظ فرآورده‌های نفتی گشته که امکان صادرات و مهم‌تر اینکه تبدیل آن را به مشتقات بسیار زیاد پتروشیمی با ارزش افزوده بالا فراهم می‌سازد. در درجه دوم تولید الکتریسیته از این انرژی فاقد هر گونه آلودگی زیست محیطی بوده که همین عامل کمک شایانی به حفظ طبیعت زیست بشری نموده و در نتیجه مسیر برای نیل به توسعه پایدار اقتصادی اجتماعی فراهم می‌گردد. استفاده از انرژی باد در ایران علاوه بر عمران و آبادانی موجبات ایجاد مشاغل جدید شده و بالاخره با بومی سازی فناوری انرژی باد اقتصاد کشور رشد بیشتری می‌یابد.





Saba Niroo

فصل دوم: پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد | ۲

۱-۲- پتانسیل سنجی چیست؟

لفظ پتانسیل در مباحث مربوط به انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است. پتانسیل در واقع به نیروی موجودی اطلاق می‌گردد که در صورت شناخت کافی و صحیح از آن می‌توان به منبع بزرگی از انرژی دست یافت، انرژی باد نیز از این قاعده مستثنی نیست.

با بررسی انرژی بالقوه باد در هر مکان راه‌حل‌های تولید انرژی در ابعاد وسیع مورد بررسی قرار گرفته و اهداف مشخصی در ارتباط با بهره‌برداری از انرژی باد در آینده تعیین می‌گردد. در ارزیابی مربوط به پتانسیل سنجی به بررسی عواملی همچون فاکتورهای اقتصادی، آب، هوا و نیز فاکتورهای فنی و سازمانی پرداخته می‌شود. استعداد جهانی برای تولید انرژی از باد، به طوری که بتوان آن را به عنوان پتانسیل نهایی تعریف کرد، در چندین مطالعه به صورت کلی بررسی شده است، که در یک بررسی کلی، پتانسیل تئوریک انرژی باد در جهان در حدود 10^{18} E (هر اگاژول معادل 10^{13} ژول) $1/634 \times 10^{18}$ E بشکله نفت خام برآورده شده که پتانسیل قابل بهره‌برداری آن حدود 110 EJ $1/7974 \times 10^{10}$ E بشکله نفت خام بوده که از این مقدار تا اواسط سال ۱۳۸۲ خورشیدی (سال ۲۰۰۳) 33400 مگاوات معادل $10^6 \times 34/43$ E بشکله نفت خام در سال، ظرفیت نصب شده می‌باشد و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۲۰ میلادی ۱۰ درصد از برق جهان توسط انرژی باد تولید شده و تکنولوژی فوق‌الذکر ۱/۷ میلیون شغل ایجاد نماید. در ضمن لابراتوار شمال غربی اقیانوس آرام (PNL) در مطالعه‌ای که برای سازمان هواشناسی جهان (WMC) انجام داد نقشه‌هایی برای

منابع باد در سطح جهان تهیه کرد که در آن متوسط سرعت چگالی انرژی باد برای مناطق مختلف جهان ارائه شده است. به طور کلی در طول سال‌های مختلف ممکن است تا ۲۵٪ در متوسط سرعت باد تغییر حاصل شود. در اغلب نواحی جغرافیایی اختلافات قابل توجه فصلی در سرعت متوسط باد نیز ممکن است مشاهده شود. عمدتاً بادهای زمستانی دارای سرعت متوسط بالاتری هستند ولی در این موارد استثناء نیز وجود دارد برای نمونه در کالیفرنیا بادهای تابستانی به علت توپوگرافی محل و اثرات نسیم دریا از سایر مواقع قوی‌تر می‌باشند. از آنجایی که به سبب تغییرات فصلی، انرژی بالقوه باد جهت تولید قدرت می‌تواند به طور قابل توجهی بیشتر از آنچه که سرعت متوسط سالیانه باد ارائه می‌دهد باشد. بنابراین در محاسبه میزان برق تولیدی توربین‌های بادی در یک منطقه، می‌بایست علاوه بر سرعت متوسط باد، توزیع تناوبی سرعت باد را نیز مد نظر قرار داد چونکه به این ترتیب سرعت باد بسته به شرایط اتمسفری و زبری سطح با ارتفاع تغییر می‌نماید. افزایش سرعت باد همواره با افزایش ارتفاع و معمولاً بر حسب قانون با توابع لگاریتمی بیان می‌شود. تغییرات ساعتی و روزانه نیز در سرعت باد وجود دارند. این تغییرات برای شرکت‌های تولید کننده برق از انرژی باد بسیار مهم می‌باشند. زیرا آنها مجبورند تولید نیروگاه‌های متعارف را طوری تنظیم کنند که بتوانند هماهنگی‌های لازم با تقاضای انرژی الکتریکی را بوجود آورند. تغییرات سرعت باد در مقیاس دقیقه و ثانیه برای سازندگان توربین‌های بادی مهم می‌باشد چون در طراحی بهینه توربین بادی مؤثر است.

۲-۲- بادسنج‌ها و انواع آنها:

برای اندازه‌گیری سرعت باد در نواحی که مستعد تشخیص داده شده‌اند، لازم است که ایستگاه‌های بادسنجی نصب شود. این ایستگاه‌ها علاوه بر سرعت باد پارمترهای دیگری مانند:

- *جهت باد
- *دمای منطقه
- *میزان رطوبت
- *شدت تشعشع
- *میزان فشار هوا

را اندازه‌گیری می‌کنند. برای سنجش هر کدام از عوامل فوق حسگر مخصوص این کمیت نصب و توسط آن، مقدار کمیت سنجیده می‌شود. به عنوان مثال حس‌گری که شدت رطوبت هوا را اندازه‌گیری می‌کند Humidity نامیده می‌شود. سرعت باد مهمترین عاملی است که در یک دستگاه بادسنجی اندازه‌گیری می‌شود. هر ایستگاه بادسنجی حداقل دارای ۳ حس‌گر بادسنج است که در ارتفاع ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ متری نصب شده و سرعت باد را اندازه‌گیری می‌کنند. طبق آخرین استانداردهای سازمان هواشناسی اطراف ایستگاه بادسنجی تا شعاع ۹۰ متری نباید هیچ‌گونه موانع طبیعی یا مصنوعی قرار داشته باشد. سنسورهای بادسنجی امروزه از نظر ساخت، تنوع بسیار زیادی دارند ولی از نظر ساختاری به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند:

۱- نوع مکانیکی

۲- الکترونیکی یا اولتراسونیک

صحراها و کمتر از یک چهارم را اراضی قابل کشت تشکیل می‌دهند. ایران دارای آب و هوای متنوع و متفاوت است و با مقایسه نقاط کشور این تنوع را به خوبی می‌توان مشاهده کرد.

ارتفاع کوه‌های شمالی، غربی و جنوبی به قدری زیاد است که از تأثیر بادهای دریای خزر، دریای مدیترانه و خلیج فارس در نواحی داخلی ایران جلوگیری می‌کند. به همین سبب دامنه‌های خارجی این کوه‌ها دارای آب و هوای مرطوب بوده و دامنه‌های داخلی آن خشک است. در رابطه با بادهای ایران می‌توان گفت که ایران با موقعیت جغرافیایی که دارد، در آسیا بین شرق و غرب و نواحی گرم جنوب و معتدل شمالی واقع شده است و در مسیر جریان‌های عمده هوایی بین آسیا، اروپا، آفریقا، اقیانوس هند و اقیانوس اطلس است که تا کنون آنچه مسلم است قرار گرفتن ایران در مسیر جریان‌های مهم هوایی زیر می‌باشد.

۱- جریان مرکز فشار آسیای مرکزی در زمستان

۲- جریان مرکز فشار اقیانوس هند در تابستان

۳- جریان غربی از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه مخصوصاً در زمستان

۴- جریان شمال غربی در تابستان

سازمان انرژی‌های نو ایران تکمیل مطالعات فاز صفر تهیه اطلس باد کشور که توسط معاونت انرژی وزارت نیرو صورت گرفته است را انجام داده است. در مطالعات اولیه صورت گرفته در بررسی میدانی در ۴۵ سایت در ۲۶ منطقه از کشور، پتانسیل انرژی بادی کشور ۶۵۰۰ مگاوات برآورد گردیده بود.



۲-۳- پتانسیل باد در ایران:

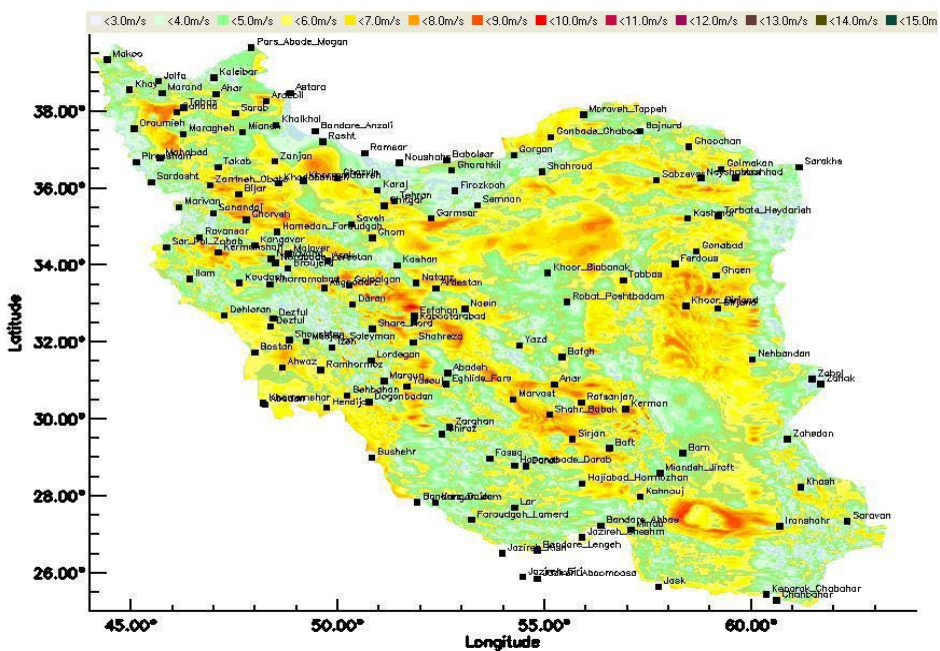
کشور ایران ۱/۶۴۸/۱۹۵ کیلومتر مربع وسعت دارد و در غرب قاره آسیا واقع شده و جزء کشورهای خاورمیانه محسوب می‌شود. در مجموع محیط ایران ۸۷۳۱ کیلومتر می‌باشد. حدوداً ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع است.

بنابراین ایران کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. بیش از نیمی از مساحت ایران را کوه‌ها و ارتفاعات، یک چهارم را

اطلاعات برداشت شده در ایستگاه‌های ثبت آمار باد در ارتفاعات ۱۰، ۳۰ و ۴۰ متری بوده و در دوره‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای نسبت به ثبت دیجیتال اطلاعات سرعت، جهت، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا و شدت تابش خورشیدی اندازه‌گیری می‌گردد. در تصویر ذیل مکان ایستگاه‌های فوق‌الذکر مشاهده می‌گردد. در این پروژه میزان انرژی قابل استحصال بادی کشور بالغ بر ۱۸۰۰۰ مگاوات تخمین زده می‌شود.

تکمیل فاز صفر اطلس باد کشور در سال ۸۵ آغاز و در چهار مرحله تعریف گردید که با اتمام این مراحل و جمع آوری اطلاعات موجود (ماهواره‌ای)، اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک، زیرزمینی، نقشه‌های دیجیتالی کشور و اطلاعات جو بالا) و اجراء برنامه نرم افزاری KLIMM در مرحله اول فاز صفر اطلس رنگی کشور تهیه و پس از آن با اطلاعات ۸۰ ایستگاه زمینی دیجیتال ثبت اطلاعات باد در دوره‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و برداشت اطلاعات آن، نقشه رنگی اطلس باد کشور تهیه گردید.

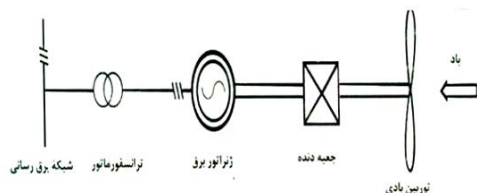
Update Draft Zero Windmap Iran in 80 m above ground



۴-۲- نقشه‌ها و اطلس‌های موجود باد:

در طی دهه گذشته، در بسیاری از کشورها مطالعاتی جهت تخمین منابع انرژی باد در دسترس در هر منطقه انجام گرفته است، برخی از این مطالعات منجر به تهیه اطلس باد مانند اطلس ملی منابع باد ایالات متحده آمریکا و اطلس ملی باد اروپا و اطلس ملی باد آمریکای لاتین و کارائیب گشته‌اند. همچنین نقشه‌های باد برای کشورهای چین، اسپانیا، پرو، مصر، ایران، سومالی و تعدادی از کشورهای مشترک المنافع به چاپ رسیده است. به علاوه یک نقشه باد هم برای کل دنیا به چاپ رسیده است.

۳ | فصل سوم استحصال انرژی از باد توسط توربین‌های بادی



شارژ باتری از کاربردهای مهم دیگری است که توربین‌های بادی دارند. تولید انرژی مکانیکی جهت پمپاژ آب نیز از نمونه کاربردهای دیگر توربین‌های بادی است. سیستم‌های شارژ باتری و پمپ‌های بادی با وجود کوچک بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

۳-۲- انواع توربین‌های بادی:

الف- توربین‌های بادی با محور چرخش عمودی

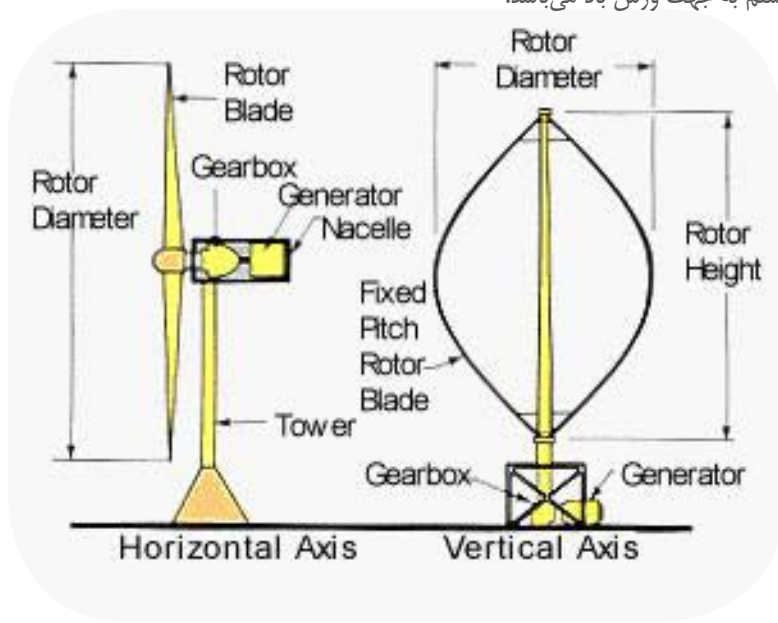
توربین‌های بادی با محور عمودی نظیر (ساوینوس، داریوس، صفحه‌ای و کاسه‌ای ..) از ۲ بخش اصلی تشکیل شده‌اند. یک میله اصلی که رو به باد قرار می‌گیرد و میله‌های عمودی دیگری که عمود بر جهت باد کار گذاشته می‌شوند. این توربین شامل قطعاتی با اشکال گوناگون بوده که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محور اصلی

۳-۱- انرژی بادی و توربین‌های بادی:

از نظر عملکردی در توربین‌های بادی انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

بهره برداری از انرژی باد توسط توربین‌های بادی تفکر بسیار قدیمی است. مثلاً سیستم‌های اولیه انرژی باد در چین باستان و خاور نزدیک زمان‌های طولانی به کارگرفته می‌شدند. یک دوره نیز در قرن پانزدهم که فعالیت‌های اقتصادی در اروپای غربی افزایش پیدا کرد از توربین‌های بادی جهت تأمین نیروی مکانیکی برای پمپاژ آب و آسیاب غلات استفاده می‌کردند. امروزه گستره فعالیت‌ها و کاربرد توربین‌های بادی طیف وسیعی از صنایع را تحت پوشش قرار می‌دهد مثلاً برای پمپاژ آب یا شارژ باتری از این توربین‌ها استفاده می‌شود. می‌توان این توربین‌ها را جهت استفاده بهینه و تولید بیشتر قدرت با سلول‌های خورشیدی (فتوولتائیک) نیز ترکیب نمود. در حال حاضر بیشترین ظرفیت توربین‌های بادی نصب شده در چند دهه گذشته از نوع متصل به شبکه بوده است. البته گاهی اوقات در نواحی دور افتاده از توربین‌های بادی منفصل از شبکه استفاده شده است.

می‌گردد. ساخت این نوع توربین بسیار ساده است، ولی بازده پایینی دارد. در این نوع توربین‌ها یک طرف توربین باد را بیشتر از طرف دیگر جذب می‌کند و باعث می‌شود سیستم لنگر پیدا کرده و بچرخد. نتیجه این نوع طراحی این است که سرعت چرخش سیستم دقیقاً با سرعت باد برابر بوده و در مناطقی که سرعت باد کم است، چندان کارآمد نیست. یکی از مزایای آن وابسته نبودن سیستم به جهت وزش باد می‌باشد.



ب - توربین‌های بادی با محور چرخش افقی

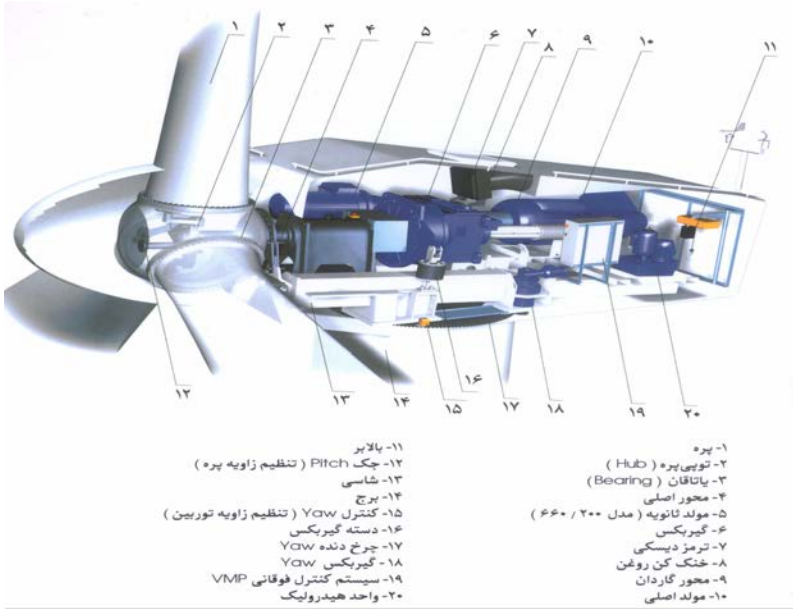
این نوع توربین‌ها نسبت به مدل با محور عمودی رایج‌تر می‌باشد، توربین‌های بادی با محور افقی پیچیده‌تر و گران‌تر از نوع قبلی هستند و ساخت آنها هم مشکل‌تر است ولی راندمان بسیار بالایی دارند. در همه سرعت‌ها حتی سرعت‌های پایین باد هم کار می‌کنند و در انواع پیشرفته‌تر می‌توان جهت آنها را با جهت وزش باد تنظیم کرد. نمای ظاهری این توربین‌ها ۳ یا در مواردی ۲ پره است که روی یک پایه بلند نصب شده‌اند. این پره‌ها همواره در جهت وزش باد قرار می‌گیرند.

این توربین‌ها چگونه کار می‌کنند؟

مراحل کار یک توربین کاملاً برعکس مراحل کار یک پنکه است. در پنکه انرژی الکتریسیته به انرژی مکانیکی تبدیل شده و باعث چرخیدن پره می‌شود. در توربین‌ها، چرخش پره‌ها انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده، سپس به الکتریسیته تبدیل می‌شود. باد به پره‌ها برخورد می‌کند و آنها را می‌چرخاند. چرخش پره‌ها باعث چرخش محور اصلی می‌شود و این محور به یک ژنراتور برق متصل است. چرخش این ژنراتور، برق متناوب تولید می‌کند.

توربین‌های بادی عمودی امروزه می‌توانند بین ۵ تا ۶۵۰۰ کیلووات برق تولید کنند. یک توربین بادی مستقل با سایز کوچک می‌تواند مصرف یک خانه یا انرژی مورد نیاز برای پمپ کردن آب از چاه را تأمین کند، ولی توربین‌های سایز بزرگ‌تر برای تولید برق و تزریق آن به شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به طور کلی اجزاء مختلف یک توربین به شرح زیر می‌باشد:



مقطع برش خورده توربین بادی



۱- پره‌ها: بیشتر توربین‌ها ۲ یا ۳ پره دارند، باد به پره‌ها برخورد می‌کند و باعث چرخش آنها می‌شود.

۲- ترمز: با استفاده از سیستم ترمز دیسکی می‌توان توربین را به طور هیدرولیکی در مواقع عادی و حتی اضطراری متوقف کرد.

۳- بخش کنترل: بخش کنترل توربین را هنگامی که سرعت باد بین ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه است به کار می‌اندازد و هنگامی که سرعت باد به بالاتر از ۲۵ متر بر ثانیه می‌رسد آن را متوقف می‌کند. توربین‌ها نمی‌توانند در سرعت‌های بیشتر از ۲۵ متر بر ثانیه به کار خود ادامه دهند. در سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه امکان سقوط برج‌ها نیز وجود دارد.

۴- جعبه دنده (گیربکس): گیربکس توربین‌های بادی می‌تواند سرعت کم چرخش محور پره‌ها را با ضریب تبدیل مثبت به سرعت بالا که در ژنراتور استفاده می‌شود، تبدیل کند.

۵- ژنراتور: ژنراتور در حقیقت بخش تبدیل انرژی مکانیکی باد به انرژی برق (الکتریکی) است. ژنراتورهای به کار برده شده، ژنراتورهای آسنکرون و سنکرون می‌باشند.

۶- ناسل: قسمت اصلی توربین بادی که روتور به آن

بزرگ متصل به شبکه کاربرد دارد. در توربین‌های بادی سائیز کوچک به جای چرخ انحراف (Yaw system) از بالچه استفاده می‌کنند. این بالچه، توسط جریان باد خود به خود توربین را در راستای مناسب قرار می‌دهد.

۳-۳- انواع کاربرد توربین‌های بادی:

الف- کاربردهای غیر نیروگاهی

الف-۱) پمپ‌های بادی آبکش

یکی از کاربردهای مهم غیرنیروگاهی انرژی باد، پمپاژ آب می‌باشد. پس از دوران استفاده وسیع از پمپ‌های بادی در قرن گذشته و نیمه اول این قرن، با افزایش کاربرد برق به عنوان انرژی برتر در طی دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ و جایگزینی روز افزون پمپ‌های الکتروموتوری به جای پمپ‌های بادی، هنوز پمپ‌های بادی عمدتاً در چین، آفریقای جنوبی، آرژانتین و ایالات متحده آمریکا به فروش می‌رسند.

پمپ‌های بادی بهره برداری شده، عمدتاً از نوع توربین‌های بادی پُر پره کلاسیک می‌باشند که تکنولوژی در این زمینه

متصل است را ناسل می‌گویند. ناسل در بالای برج قرار دارد و شامل جعبه دنده، شافت اصلی ژنراتور، بخش کنترل و ترمز است. بعضی از ناسل‌ها آنقدر بزرگند که تکنسین‌ها می‌توانند داخل آن بایستند. در گذشته توربین‌های بادی با یک سرعت دورانی ثابت (دور روتور) کار می‌کردند، اما مدل‌های امروزی تقریباً سیستم یک سرعت را کنار گذاشته‌اند. از میان ۵۸ مدل توربین موجود، ۲ مدل یک سرعت، ۲۲ مدل دوسرعت و ۳۴ مدل با سرعت متغیر وجود دارند.



۷- روتور: به مجموعه تیغه‌ها و توبی وسط آنها روتور می‌گوییم

۸- دکل: دکل‌ها معمولاً از فولادهای استوانه‌ای یا شبکه‌ای از میله‌های فولادی ساخته می‌شوند، چون سرعت باد با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود، دکل‌های بلند باعث می‌شوند توربین، انرژی بیشتری بگیرد و الکتریسیته بیشتری تولید کند.

۹- سنسورهای اندازه‌گیری: شامل دو سنسور سرعت سنج و جهت نما می‌باشند که اولی سرعت باد و دومی جهت باد را به دقت مشخص می‌کند و اطلاعات حاصل را به بخش کنترل می‌دهد. براساس این اطلاعات زمان کار توربین و زاویه چرخ انحراف (Yaw system) مشخص می‌شود. که این چرخ، توربین را دقیقاً در جهت ورزش باد قرار می‌دهد.

۱۰- موتور انحراف: (سیستم Yaw) یک سیستم ترکیبی الکتریکی مکانیکی است، هدایت این سیستم توسط واحد کنترل انجام می‌شود. براساس اطلاعات رسیده از قسمت اندازه‌گیری، واحد کنترل جهت باد غالب را تعیین کرده و به موتور انحراف فرمان می‌دهد که این موتور توربین را در راستای مناسب بچرخاند. این سیستم فقط در توربین‌های

در طی ۱۵ سال گذشته به طور مداوم بهبود یافته است. امروزه به طور کلی موارد استفاده از توربین‌های بادی جهت پمپاژ آب عبارتند از:

۱- تأمین آب آشامیدنی حیوانات در مناطق دور افتاده

۲- آبیاری در مقیاس کم

۳- آبکشی از عمق کم جهت پرورش آبزیان

۴- تأمین آب مصرفی خانگی

الف-۲) کاربرد توربین‌های کوچک به عنوان تولیدکننده برق

اصلی‌ترین کاربردهای غیر نیروگاهی توربین‌های برق بادی، تأمین برق جزیره‌های مصرف می‌باشد. یک جزیره مصرف محل یا منطقه‌ای است که تأمین مصرف آن از طریق شبکه سراسری برق بسیار مشکل و غیر منطقی می‌باشد. تا چند سال پیش تأمین برق این مناطق که تعدادشان کم نیست بسیار سخت و از طریق مولدهای کوچک دیزلی تأمین می‌شد. امروزه از توربین‌های بادی کوچک تا قدرت ۱۰ کیلووات برای تأمین برق موردنیاز این مناطق استفاده می‌شود. یک توربین بادی در مقیاس کوچک با نصب بسیار آسان و سریع حتی بر روی قایق‌ها



و اتوبوس‌ها بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای برق مورد نیاز این مناطق را تأمین می‌کند و قیمت این توربین‌ها نسبت به مجموع قیمت موتور برق و هزینه سوخت آن اقتصادی نیز می‌باشد. این توربین‌ها معمولاً به همراه باتری‌های ذخیره‌کننده انرژی به کار برده می‌شوند و می‌توانند با سایر منابع مانند فتولتائیک با ژنراتورهای دیزلی به صورت ترکیبی مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

الف - ۳) شارژ باتری

برای این کار بیشتر از توربین‌های بادی با قیمت ارزان و متوسط که روتورهایی با قطر ۳ متر دارند استفاده می‌شود. این نوع بهره‌برداری عموماً توربین‌های بادی کوچک جهت مصارف خانگی را شامل می‌شوند. نمونه کاربرد چنین توربین‌هایی شامل تأمین دستگاه‌های کمک ناوبری دریایی و مخابرات می‌شود.

ب: کاربردهای نیروگاهی

کاربردهای نیروگاهی توربین‌های برق بادی شامل کاربردهای متصل به شبکه برق رسانی است که به شرح زیر می‌باشند:

۱- توربین‌های بادی منفرد:

از این توربین‌ها جهت تأمین بارهای الکتریکی از نوع مسکونی، تجاری، صنعتی یا کشاورزی استفاده می‌شود. بار مصرفی به شبکه نیز متصل است. اکثراً این توربین‌ها در نزدیکی کشتزارها یا گروهی از منازل قرار داده می‌شوند. عموماً اندازه این توربین‌ها بین ۱۰۰-۱ کیلووات است.

این کاربرد معمولاً چندین توربین بادی متمرکز را شامل می‌شود و به منظور تأمین انرژی که از طریق شبکه توزیع می‌شود طراحی شده و این موضوع در مقابل توربین‌های بادی منفرد مورد قیل که به منظور تأمین انرژی مصرفی بار الکتریکی در محل طراحی می‌گردد، مطرح است.

اندازه‌های معمولی این توربین‌های بادی بین ۵۰۰-۵۰ کیلووات است. سیاست‌های ملی تولید انرژی، تعیین‌کننده بازار پراکنده توربین‌های متصل به شبکه است. مثلاً در آمریکا، دانمارک، هلند و آلمان به افراد اجازه داده شده که توربین‌های بادی در تملک خود را به شبکه وصل نموده و تولید اضافی خود را به سازمان برق محلی بفروشند. امروزه هدف اصلی محققین، حرکت به سمت راه‌اندازی واحدهای بزرگ‌تر مزارع برق بادی می‌باشد.

در کشور ما دفتر باد و امواج سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) به منظور توسعه، ترویج، برنامه‌ریزی، نظارت و مدیریت اجرای طرح‌ها و بهره‌برداری از انرژی بادی، اقدام به مدیریت ساخت، نصب و خرید توربین‌های برق بادی به شرح ذیل نموده است:



۱- احداث نیروگاه برق بادی منجیل:

هدف از اجرای این پروژه طراحی، ساخت، مونتاژ، نصب و راه‌اندازی توربین‌های برق بادی است که در قالب دو فاز تعریف شده است: فاز اول شامل ۱۰ واحد ۳۰۰ کیلووات، ۱۰ واحد ۵۵۰ کیلووات مجموعاً به ظرفیت ۸/۵ مگاوات و همچنین ۳۲ واحد ۶۶۰ کیلووات با ظرفیت مجموعاً ۲۱/۵ مگاوات می‌باشد. فاز دوم ۶۰ مگاوات توربین ۶۶۰ کیلووات در قالب ۹۱ مجموعه توربین است. لازم به ذکر است که در سال‌های قبل ۱۰ مگاوات توربین برق بادی در سایت‌های منجیل و رودبار نصب و راه‌اندازی شده است، که شامل ۱۷ واحد توربین ۳۰۰ کیلووات، ۲ واحد توربین ۵۰۰ کیلووات و ۸ واحد توربین ۵۵۰ کیلووات می‌باشد که مجموعاً به ظرفیت ۱۰ مگاوات بوده است.



نوع توربین	تعداد و ظرفیت	تعداد و برنامه نصب
۳۰۰ کیلووات	۲۷- (۸۱۰۰ kw)	در سال ۸۹
۵۰۰ کیلووات	۲- (۱۰۰۰ kw)	-
۵۵۰ کیلووات	۱۸- (۹۹۰۰ kw)	-
۶۰۰ کیلووات	۱- (۶۰۰ kw)	-
۶۶۰ کیلووات	۶۴- (۴۲۲۴۰ kw)	۶- (۲۹۶۰ kw)
جمع کل	۱۱۲- (۶۱۸۴۰ kw)	۱۱۸- (۶۵۸۰۰ kw)

۲- پروژه احداث نیروگاه بادی بینالود:

هدف از اجرای این پروژه، نصب و راه اندازی ۴۳ واحد توربین بادی ۶۶۰ کیلوواتی به ظرفیت ۲۸/۴ مگاوات در منطقه بینالود واقع در استان خراسان رضوی در زمینی به وسعت ۷۰۰ هکتار و با اعتبار ۶۰ میلیارد ریال و ۱۶ میلیون دلار می‌باشد.

احداث مزرعه بادی ۲۸/۴ مگاواتی بینالود طی قراردادی فی مابین توانیر و گروه صنعتی سدید، در سال ۱۳۸۰ منعقد گردید. براساس تصمیمات مدیریتی در وزارت نیرو و عملکرد مناسب سانا در اجرا و نگهداری پروژه نیروگاه بادی منجیل طی سال‌های پس از تحویل، این پروژه با وجود مشکلاتی متعدد در پروژه (مانند توقف پیمانکاران ساخت توربین به دلیل افزایش قیمت‌های تامین و ساخت تجهیزات و همچنین عدم تخصیص به موقع اعتبار تصویب شده ناشی از افزایش نرخ پیمانکار) در سال ۱۳۸۶ به

سازمان انرژی‌های نو ایران منتقل گردید. لازم به ذکر است طی سال‌های ۸۰ تا ۸۶ تعداد ۴۳ واحد توربین ۶۶۰ جمعاً به ظرفیت ۲۸/۴ مگاوات نصب گردیده است.

۳- طراحی و ساخت توربین بادی ۶۰۰ کیلووات

۴- طراحی، ساخت و نصب توربین بادی ۱۰ کیلوواتی
سه‌تیریز

۵- پروژه تعمیر و راه اندازی توربین‌های ۱۳۰ کیلوواتی
دیزباد

همچنین اهداف سازمان انرژی‌های نو ایران در این راستا عبارتند از:

(الف) انجام مطالعات در زمینه انرژی باد

(ب) تحقیق و توسعه تکنولوژی در زمینه انرژی باد

(ج) آموزش افراد متخصص و انتشار کتب و مقالات در زمینه تخصصی انرژی باد

(د) طراحی، مشاوره، ساخت و اجرای سیستم‌های نمونه



۳-۴- توربین‌های بادی و ذخیره انرژی:

در مولدهای بادی باید روشی ابداع شود که بتوان انرژی تولید شده را در مواقعی که تولید بیشتر از حد مصرف است برای استفاده در ساعات اوج مصرف ذخیره کرد. به عبارت دیگر جریان متغیر باد را به یک منبع ثابت و همیشگی انرژی تبدیل ساخت. امروزه ذخیره کردن انرژی باد از طریق استفاده از باتری خانه‌ها صورت می‌گیرند.

فصل چهارم: انرژی باد و محیط زیست: ۴



آلاینده‌های محیط زیست به مقدار زیر خواهد بود:

$$\text{CO} = 127500 \text{ Kg}$$

$$\text{SO} = 4350 \text{ Kg}$$

$$\text{خاک} = 150 \text{ Kg}$$

$$\text{خاکستر} = 82500 \text{ Kg}$$

در زمانی که برق مورد نیاز شبکه توسط توربین‌های برق بادی تزریق می‌شود برق تولیدی سایر نیروگاه‌ها کاهش یافته از این رو در مصرف سوخت فسیلی این نیروگاه‌ها صرفه جویی می‌گردد که با توجه به میزان تزریق برق بادی به شبکه، از انتشار آلاینده‌های محیط زیست کاسته خواهد شد.

از طرف دیگر می‌توان به جاذبه‌های طبیعی و چشم انداز سیستم‌های انرژی بادی که در معرض دید افراد قرار می‌گیرند اشاره کرد که نمادی از انرژی پاک برای مردم تلقی می‌گردند. در ضمن از سطح زمینی که برای احداث مزرعه برق بادی اختصاص می‌یابد ۹۹٪ آن قابل استفاده می‌باشد. گرچه پره‌های توربین‌های بادی نوعاً بیشتر از ۱۰ متر قطر دارند اما از آنجا که در ارتفاع بالاتر از ۲۰ متری قرار می‌گیرند، اجازه فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری تا

گسترش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی، افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع، بحث گرم شدن هوا و اثرات پدیده گلخانه‌ای، ریزش باران‌های اسیدی و ضرورت متعادل نمودن نشر CO همگی لزوم صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توجه مضاعف به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را ایجاب می‌کند. در بین انرژی‌های تجدید پذیر، انرژی باد یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق است که آلودگی محیط زیست را در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می‌باشد. طبق آمار موجود تولید هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی از باد می‌تواند از انتشار حدود یک کیلوگرم CO در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی جلوگیری نماید. به طور کلی با جایگزینی انرژی برق بادی به جای انرژی برق تولیدی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌توان از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاست. به عنوان نمونه در منطقه منجیل هر توربین ۵۰۰ کیلووات در سال حداقل ۱,۵۰۰,۰۰۰ کیلووات ساعت انرژی برق تولید می‌نماید که باعث کاهش



کنار برج توربین‌ها همچنان فراهم است و شواهد مؤید این است که حیوانات اهلی و وحشی اطراف مزارع بادی نیز متحمل اثر سوئی از جانب این مزارع نمی‌گردند. همچنین مطالعات در کشورهای پیشرو این تکنولوژی نشان می‌دهد که تنها حدود یک درصد از کل سطح مزارع بادی توسط خود این توربین‌ها اشغال می‌شوند. در نتیجه با توجه به موارد فوق الذکر انرژی بادی در کاهش هزینه‌های اجتماعی در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی که دربرگیرنده اثرات برونزایی منفی می‌باشند توجیه پذیر بوده و برق حاصل از آن می‌تواند به عنوان یک انرژی پایدار در توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- *منابع انرژی تجدید پذیر نوین - تألیف: شورای جهانی انرژی ۱۳۷۵
- *بررسی پتانسیل انرژی باد در ایران - تألیف: وزارت نیرو ۱۳۷۵
- *انرژی‌های تجدید پذیر نوین - تألیف: دکتر محمود تقوی ۱۳۸۲
- *تحلیل سیستم‌های انرژی - دکتر یدا... سبوحی، دانشگاه شریف ۱۳۷۸
- *هندبوک شناخت منابع باد - ترجمه و تألیف: کارشناسان دفتر انرژی باد و امواج سانا ۱۳۸۲

Wind Energy Hand Book /Tony Barton/2001

Global wind power/www.windenergy.cle/seitschrift/new - energy 2002

Wind energy Program/www.eere.energy.gov/wind/feutnre.html

Wind energy/www.bweu.com/media/news/global_02.html



یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing.

یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

