گزارش اول: انرژی خورشیدی ۱

گزارش دوم: انرژی زمین گرمایی ۱

گزارش سوم: انرژی باد ۱

گزارش چهارم: انرژی زیست توده ۱

گزارش پنجم: انرژی هیدروژن و پیل سوختی ۱

گزارش ششم: انرژی خورشیدی ۲

گزارش هفتم: انرژی زمین گرمایی ۲

✔ گزارش هشتم: انرژی باد ۲

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

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

انرژی باد 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 غیربهینه از آنها گاهی زیان‌های جبران ناپذیری 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 آب و هوایی در زمین می گردد که اثر گلخانه ای نامیده می شود. چنانچه افزایش دمای هوا مطابق روند فعلای 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 آلودگی های زیست محیطی و خطرات مترتب بر آن جلوگیری خواهد شد. از سوی دیگر انرژی های 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، هیدروژه، زیست توده و ... که به انرژی‌های تجدید پذیر موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می‌باشد که قبل از استفاده باید انجام گیرند. مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می‌گیرند. انرژی‌های تجدید پذیر 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 تجدید پذیر 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 عموی 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.

مقدمه

گستردگی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی 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 تمام نشدنی 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.

کم‌کم 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.درکشور 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 سرمایه گذاری که در این زمینه صورت گرفته، توسعه و کاربرد این تکنولوژی چشم انداز روشنی را فرا روی سیاست گذاران بخش انرژی کشور در این زمینه قرار داده است.

سازمان انرژی‌های نو ایران

فصل اول:کلیاتی در باره انرژی باد ۱

۱-۱-انرژی باد:

انــرژی باد نظیر ســایر منابع انــرژی تجدید پذیــر از نظر جغرافیایــی گســترده و در عین حال به صــورت پراکنده و غیر متمرکز و تقریباً همیشــه در دســترس می‌باشد. انرژی باد طبیعتی نوســانی و متناوب داشته و ورزش دائمی ندارد. هزاران ســال است که انسان با استفاده از آسیاب‌های بادی، تنها جزء بسیار کوچکی از آن را استفاده می‌کند. این انرژی تــا پیــش از انقلاب صنعتی به عنوان یــک منبع انرژی، به طور گســترده‌ای مورد بهره برداری قرار می‌گرفت، ولی در دوران انقلاب صنعتی، استفاده از سوختهای فسیلی به دلیل ارزانــی و قابلیت اطمینان بالا، جایگزین انرژی باد شــد. در این دوره، توربین‌های بــادی 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 بــه اقتصاد انرژی‌های حاصل از نفت و گاز وارد آورد. به این ترتیب هزینه انرژی تولید شــده به وسیله توربین‌های بادی، در مقایســه با نرخ جهانی قیمت انرژی بهبود یافت. پس از

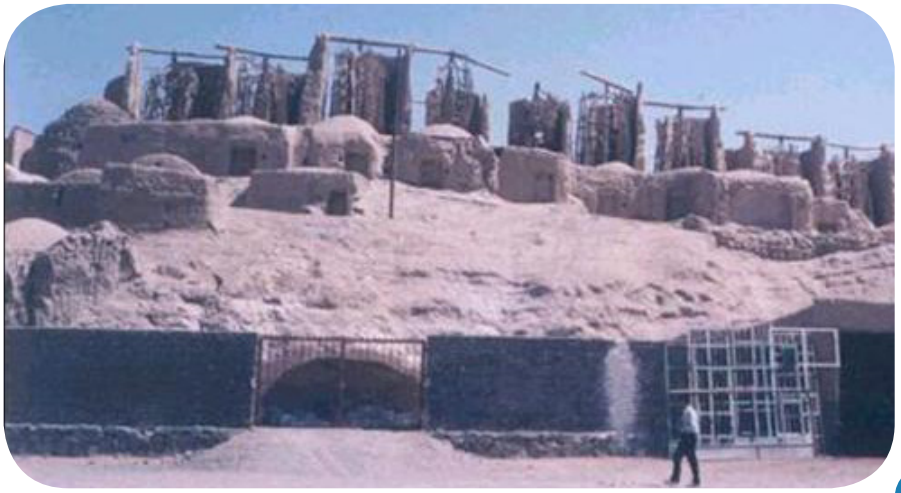
آن مراکز و موسسات تحقیقاتی و آزمایشگاهی متعددی در سراسر دنیا به بررسی تکنولوژی‌های مختلف جهت استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع بزرگ انرژی پرداختند. به علاوه این بحران باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه کاربرد تکنولوژی انرژی باد جهت تولید برق متصل به شبکه، پمپاژ آب و تأمین انرژی الکتریکی نواحی دورافتاده 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 ۲۰۰MW 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 کارآیی 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 تامین 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:

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 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



اروپا قرار داد، صنعت کشتی سازی و ساخت آسیاب‌های بادی در آن کشـور بـود. توربین‌های بـادی بطنی که شـامل پره‌های متعدد هسـتند، بعدها متداول شدند. در آغاز قرن بیسـتم اولین توربین‌های بادی سریع و مدرن سـاخته شدند. امروزه فعال‌ترین کشـورها در این زمینه آلمان، اسـپانیا، دانمارک، هندوستان و آمریکا می‌باشند.

۳-۱- منشأ باد:

هنگامی که تابش خورشـید به طور نامسـاوی به سـطوح ناهموار زمین می‌رسـد سـبب ایجاد تغییرات در دما و فشار می‌گـردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. همچنین اتمسـفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسـیری 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 می‌باشـند. در مقیاس جهانـی این جریانات اتمسـفری به صروت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمـل می‌نمایند. دوران کره زمیـن نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سـیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. پس همان‌طور که عنوان شـد بـاد یکی از صورت‌های مختلف انرژی حرارت خورشـیدی می‌باشد که دارای یک الگوی جهانی پیوسته می‌باشد.

تغییرات سـرعت 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:

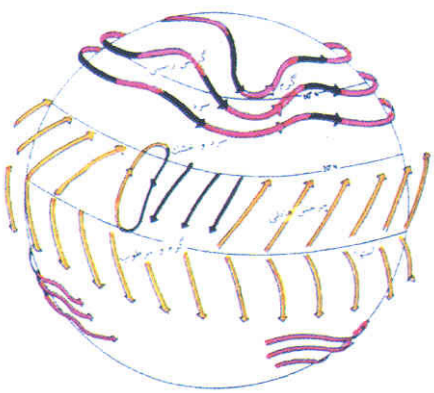
به طور کلی جریان باد در جهان دارای دو نوع توزیع می‌باشد:

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 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 بادها 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

۱-۵- 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.

۱-۶- 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.

۱-۷- 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 سرعته 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.

۱-۸- 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 عباتند 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

۱-۹- 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.

فصل دوم:پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد | ۲

۲-۱-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 بهره برداری 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^{5}EJ (هر اگاژول معادل 10^{18} ژول) معادل $1/634 \times 10^{13}$ بشکه نفت خام برآورده شده که پتانسیل قابل بهره برداری آن حدود ۱۱۰ EJ معادل $1/7974 \times 10^{10}$ بشکه نفت خام بوده که از این مقدار تا اواسط سال ۱۳۸۲ خورشیدی (سال ۲۰۰۳) ۳۳۴۰۰ مگاوات معادل $34/43 \times 10^{6}$ بشکه 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 پارامترهای دیگری مانند:

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

را اندازه گیری می‌کنند. برای سنجش هر کدام از عوامل فوق حسگر مخصوص این کمیت نصب و توسط آن، مقدار کمیت سنجیده می‌شود. به عنوان مثال حس گری که شدت رطوبت هوا را اندازه گیری می‌کند Humidity نامیده می‌شود.

سرعت باد مهمترین عاملی است که در یک دستگاه بادسنجی اندازه گیری 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 اندازه گیری 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

بادسنج نوع مکانیکی، از سه نیم کره توخالی مانند کاسه که هرکدام توسط یک بازو به محور اصلی متصل است ساخته شده به همین دلیل آن را باد سنج کاسه‌ای نیز می‌نامند.

۳-۲- 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 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.

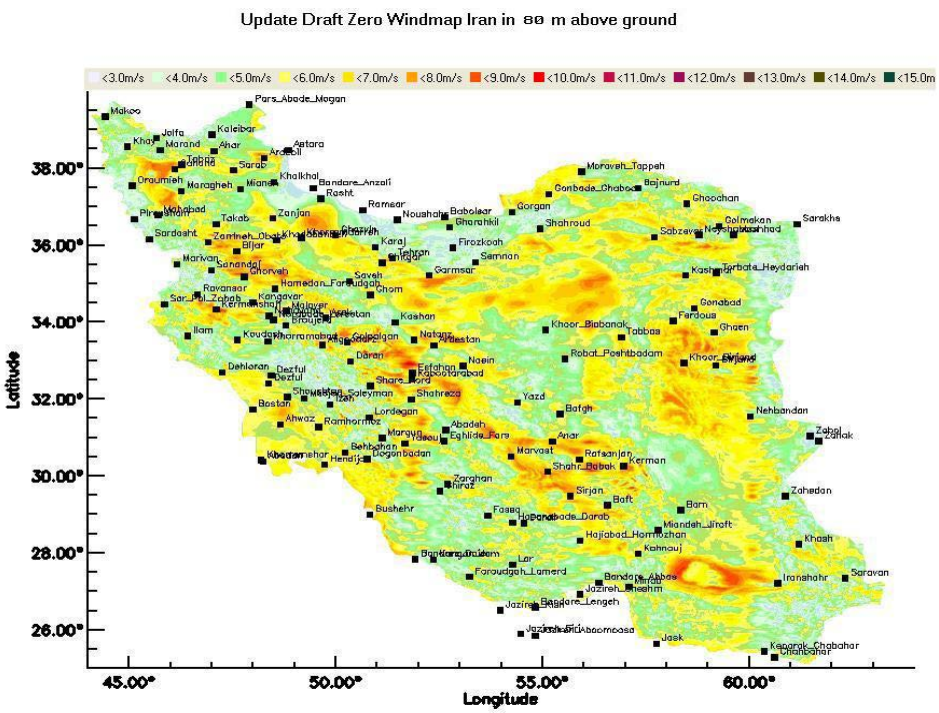
ارتفاع کوه‌های شمالی، غربی و جنوبی به قدری زیاد است که از تأثیر بادهای دریای خزر، دریای مدیترانه و خلیج فارس در نواحی داخلی ایران جلوگیری می‌کند. به همین سبب دامنه‌های خارجی این کوه‌ها دارای آب و هوای مرطوب بوده و دامنه‌های داخلی آن خشک است. در رابطه با بادهای ایران می‌توان گفت که ایران با موقعیت جغرافیایی 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-جریانِ 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.

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.

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.



۴-۲- نقشه‌ها و اطلس‌های موجود باد:

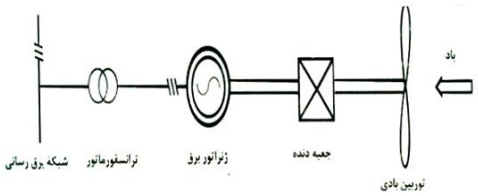
در طی دهه گذشته، در بسیاری از کشورها مطالعاتی جهت تخمین منابع انرژی باد در دسترس در هر منطقه انجام گرفته است، برخی از این مطالعات منجر به تهیه اطلس باد مانند اطلس ملی منابع باد ایالات متحده آمریکا و اطلس ملی باد اروپا و اطلس ملی باد آمریکای لاتین و کارائیب گشته‌اند. همچنین نقشه‌های باد برای کشورهای چین، 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.

فصل سوم استحصال انرژی از بـاد توسـط توربین‌هـای بادی ۳

۳-۱- انرژی بادی و توربین‌های بادی:

از نظـر عملکردی در توربین‌های بادی انرژی جنبشـی باد به انـرژی مکانیکی و سـپس به انـرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

بهره بـرداری از انرژی بادِ توسـط توربین‌های بادی تفکر بسـیار قدیمی است. مثلاً سیسـتم‌های اولیه انرژی باد در چین باستان و خاور نزدیک زمان‌های طولانی به کارگرفته می‌شـدند. یک دوره نیز در قرن پانزدهـم که فعالیت‌های اقتصادی در اروپـای غربی افزایش پیدا کرد از توربین‌های بادی جهت تأمین نیروی مکانیکی برای پمپاژ آب و آسیاب غلات اسـتفاده می‌کردند. امروزه گستره فعالیت‌ها و کاربرد توربین‌های بادی طیف وسـیعی از صنایع را تحت پوشـش قـرار می‌دهد مثلاً برای پمپـاژ آب یا شـارژ باتری از این توربین‌ها استفاده می‌شـود. می‌توان این توربین‌ها را جهت استفاده بهینه و تولید بیشتر قدرت با سلول‌های خورشیدی (فتوولتائیـک) نیز ترکیـب نمود. در حال حاضر بیشـترین 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 شـبکه اسـتفاده شده است.



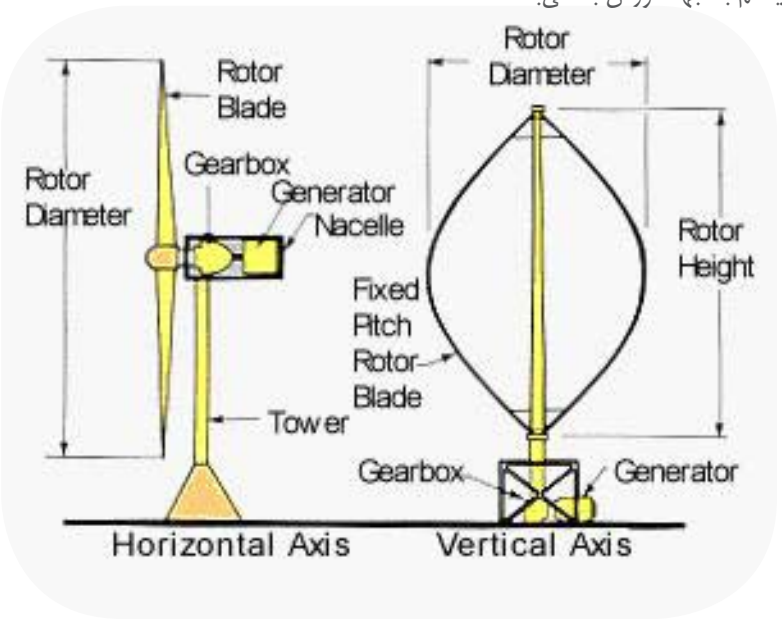
شارژ باتری از کاربردهای مهم دیگری است که توربین‌های بـادی دارند. تولید انرژی مکانیکی جهـت پمپاژ آب نیز از نمونه کاربردهای دیگر توربین‌های بادی است. سیستم‌های شـارژ باتری و پمپ‌هـای بادی با وجـود کوچک بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

۳-۲- انواع توربین‌های بادی:

الف- توربین‌های بادی با محور چرخش عمودی

توربین‌هـای بادی بـا محور عمـودی نظیر (سـاوینوس، داریوس، صفحه‌ای و کاسه‌ای ..) از ۲ بخش اصلی تشکیل شـده‌اند. یک میلـه اصلی که رو بـه باد قـرار 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 جمـع کرده و باعث چرخش محور اصلی

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

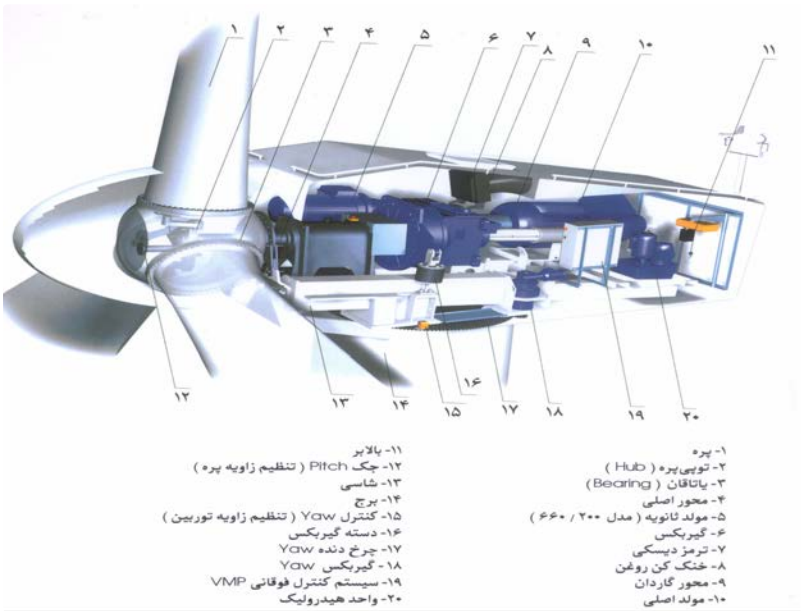
این نوع توربین‌ها نسبت به مدل با محور عمودی رایج‌تر می‌باشد، توربین‌های بادی با محور افقی پیچیده‌تر و گران‌تر از نوع قبلی هستند و ساخت آنها هم مشکل‌تر است ولی راندمان بسیار بالایی دارند. در همه سرعت‌ها حتی سرعت‌های پایین باد هم کار می‌کنند و در انواع پیشرفته تر می‌توان جهت آنها را با جهت وزش باد تنظیم 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 می‌کند؟

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

متصل اســت را ناسل می‌گویند. ناســل 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 بایســتند. در گذشــته توربین‌های بادی با یک ســرعت دورانی ثابــت (دور روتــور) کار می‌کردند، امــا مدل‌های امروزی تقریباً سیســتم یک ســرعته را کنار گذاشــته‌اند. از میان ۵۸ مدل توربیــن موجود، ۲ مدل یک سرعته، ۲۲ مدل دوسرعته و ۳۴ مدل با سرعت متغیر وجود دارند.

۷–روتــور: به مجموعــه تیغه‌ها و توپی وســط آنها روتور می‌گوییم

۸–دکل: دکل‌هــا معمــولاً از فولادهــای اســتوانه‌ای یــا شــبکه‌ای از میله‌هــای فولادی ســاخته می‌شــوند، چون ســرعت باد با افزایش ارتفاع زیاد می‌شــود، 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. براســاس این اطلاعات زمان کار توربین و زاویه چرخ انحراف (Yaw system) مشــخص می‌شود. که ایــن چرخ، توربیــن را دقیقاً در جهــت ورزش باد قرار می‌دهد.

۱۰–موتور انحراف: (سیستم Yaw) یک سیستم ترکیبی الکتریکی مکانیکی اســت، هدایت این سیستم توسط واحد کنترل انجام می‌شــود. براساس اطلاعات رسیده از قسمت انــدازه گیری، 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 بزرگ متصل به شــبکه کاربــرد دارد. در توربین‌های بادی ســایز 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

یکــی از کاربرهای مهم غیرنیروگاهی انرژی باد، پمپاژ آب می‌باشــد. پس از دوران استفاده وســیع از پمپ‌های بادی در قرن گذشــته و نیمــه اول این قرن، بــا افزایش کاربرد بــرق به عنوان انرژی برتر در طی دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ و جایگزینــی روز افزون پمپ‌هــای الکتروموتوری به جای پمپ‌های بــادی، هنوز پمپ‌هــای بادی عمدتــاً در چین، آفریقای جنوبی، آرژانتین و ایالات متحده آمریکا به فروش می‌رسند.

پمپ‌های بادی بهره برداری شده، عمدتاً از نوع توربین‌های بادی پُر پَره کلاسیک می‌باشند که تکنولوژی در این زمینه در طی ۱۵ ســال گذشــته 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 تولید کننده برق

اصلی‌تریــن کاربردهــای غیر نیروگاهــی توربین‌های برق بادی، تأمین برق جزیره‌های مصرف می‌باشــد. یک جزیره مصرف محل یا منطقه‌ای اســت کــه تأمین مصرف آن از طریق شــبکه سراسری برق بسیار مشــکل و غیر منطقی می‌باشــد. تا چند ســال پیش تأمین برق ایــن مناطق که تعدادشــان کم نیســت بسیار ســخت و از طریق مولدهای کوچک دیزلی تأمین می‌شــد. امــروزه از توربین‌های بادی کوچک تا قــدرت ۱۰ کیلووات برای تأمیــن برق موردنیاز این مناطق اســتفاده می‌شود. یک توربین بادی در مقیاس کوچک با نصب بســیار آسان و سریع حتی بر روی قایق‌ها

و اتوبوس‌هـا بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای بـرق مورد نیاز این مناطـق را تأمین می‌کند و قیمت این توربین‌ها نسـبت به مجموع قیمت موتور برق و هزینه سوخت آن اقتصادی نیز می‌باشـد. این توربین‌هـا معمولاً به همـراه باتری‌های ذخیره کننده انرژی به کار برده می‌شـوند و می‌توانند با سـایر منابع مانند فتوولتائیک بـا ژنراتورهای دیزلی به صورت ترکیبـی مـوردبهـره‌بـرداری قـرارگیرنـد.

الف ـ ۳)شـارژ باتری

برای این کار بیشـتر از توربین‌های بادی با قیمت ارزان و متوسـط کـه روتورهایی با قطر ۳ متر دارند اسـتفاده می‌شـود. این نوع بهره برداری عموماً توربین‌های بادی کوچک جهت مصارف خانگی را شـامل می‌شوند. نمونه کاربـرد چنین توربین‌هایی شـامل تأمین دسـتگاه‌های کمک ناوبری دریایی و مخابرات می‌شـود.

ب: کاربردهـای نیروگاهـی

کاربردهـای نیروگاهـی توربین‌های برق بادی شـامل کاربردهای متصل به شـبکه برق رسـانی اسـت که به شـرح زیر می‌باشـند:

۱–توربین‌هـای بـادی منفـرد:

از ایـن توربین‌هـا جهت تأمیـن بارهـای الکتریکی از نوع مسـکونی، تجاری، صنعتی یا کشـاورزی اسـتفاده می‌شـود. بار مصرفی به شـبکه نیز متصل اسـت. اکثراً این توربین‌ها در نزدیکی کشـتزارها یا گروهی از منازل قرار داده می‌شـوند. عمومـاً اندازه ایـن توربین‌ها بین ۱۰۰–۱۰ کیلووات اسـت.

ایـن کاربرد معمـولاً چندین توربین بـادی متمرکز را شـامل می‌شـود و به منظور تأمین انرژی که از طریق شـبکه توزیع می‌شـود طراحی شـده و این موضوع در مقابل توربین‌های بـادی منفرد مورد قبل که به منظور تأمین انـرژی مصرفی بار الکتریکـی در محل طراحی می‌گردد، مطرح اسـت.

اندازه‌هـای معمولی این توربین‌هـای بادی بین ۵۰۰–۵۰ کیلـووات اسـت. سیاسـت‌های ملی تولیـد انرژی، تعیین کننده بازار پراکنده توربین‌های متصل به شـبکه اسـت. مثلاً در آمریکا، دانمارک، هلند و آلمان به افراد اجازه داده شـده که توربین‌های بادی در تملک خود را به شـبکه وصل نموده و تولید اضافی خود را به سازمان بـرق محلی بفروشـند. امـروزه هدف اصلـی محققین، حرکت به سـمت راه‌اندازی واحدهـای بزرگ‌تر مزارع برق بادی می‌باشـد.

در کشـور ما دفتـر باد و امواج سـازمان انرژی‌های نو ایران (سـانا) به منظور توسـعه، ترویـج، برنامه ریزی، نظـارت و مدیریت اجـرای طرح‌ها و بهـره برداری از انـرژی بادی، اقدام به مدیریت سـاخت، نصب و خرید توربین‌های برق بادی به شـرح ذیل نموده اسـت:

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 راه اندازی 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 نصب شده تاکنون	تعداد و برنامه نصب در سال ۸۹
۳۰۰ کیلووات	۲۷-(۸۱۰۰kw)	-
۵۰۰ کیلووات	۲-(۱۰۰۰kw)	-
۵۵۰ کیلووات	۱۸-(۹۹۰۰kw)	-
۶۰۰ کیلووات	۱-(۶۰۰kw)	-
۶۶۰ کیلووات	۶۴-(۴۲۲۴۰kw)	۶-(۲۹۶۰ kw)
جمع کل	۱۱۲-۶۱۸۴۰(kw)	۱۸۸-(۶۵۸۰۰kw)

۲- پروژه احداث نیروگاه بادی بینالود:

هـدف از اجرای این پـروژه، نصب و راه انـدازی ۴۳ واحد توربیـن بادی ۶۶۰ کیلوواتی بـه ظرفیت ۲۸/۴ مگاوات در منطقه بینالود واقع در اسـتان خراسان رضوی در زمینی به وسعت ۷۰۰ هکتار و با اعتبار ۶۰ میلیارد ریال و ۱۶ میلیون دلار می‌باشد.

احـداث مزرعه بادی ۲۸/۴ مگاواتـی بینالود طی قراردادی فـی مابیـن توانیر و گروه صنعتی سـدید، در سـال ۱۳۸۰ منعقد گردید. براسـاس تصمیمات مدیریتی در وزارت نیرو و عملکرد مناسـب سـانا در اجرا و نگهداری پروژه نیروگاه بادی منجیل طی سـال‌های پس از تحویـل، این پروژه با وجود مشـکلاتی متعدد در پروژه (ماننـد توقف پیمانکاران سـاخت توربین به دلیل افزایش قیمت‌های تامین و ساخت تجهیزات و همچنین عدم تخصیص به موقع اعتبار تصویب شـده ناشـی از افزایش نـرخ پیمانکار) در سـال ۱۳۸۶ به سـازمان انرژی‌های نو ایران منتقل گردیـد. لازم به ذکر اسـت 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، سـاخت و نصب توربین بـادی ۱۰ کیلوواتی سهند تبریز

۵-پـروژه تعمیر و راه انـدازی توربین‌های ۱۳۰ کیلو واتی دیزباد

همچنین اهداف سـازمان 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) آمـوزش افراد متخصص و انتشـار کتب و مقالات در زمینه تخصصی انرژی باد

د)طراحی، مشاوره، ساخت و اجرای سیستم‌های نمونه

۴-۳- توربین‌های بادی و ذخیره انرژی:

در مولدهای بادی باید روشـی ابداع شـود که بتوان انرژی تولید شـده را در مواقعی که تولید بیشتر از حد مصرف است برای اسـتفاده در سـاعات اوج مصرف ذخیره کرد. به عبارت دیگر جریان متغیر باد را به یک منبع ثابت و همیشـگی انرژی تبدیل ساخت. امروزه ذخیره کردن انرژی باد از طریق استفاده از باتری خانه‌ها صورت می‌گیرند.

فصل چهارم: انرژی باد و محیط زیست: ۴

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 آلاینده‌های محیط زیست به مقدار زیر خواهد بود:

Co=۱۲۷۵۰۰ Kg

So = ۴۳۵۰ Kg

خاک = ۱۵۰ Kg

خاکستر =۸۲۵۰۰ 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

کنار برج توربین‌ها همچنان فراهم است و شواهد مؤید این اســت که حیوانات اهلی و وحشــی اطراف مزارع بادی نیز متحمل اثر ســوئی از جانب این مزارع نمی‌گردند. همچنین مطالعات در کشورهای پیشرو این تکنولوژی نشان می‌دهد که تنها حدود یک درصد از کل ســطح مزارع بادی توسط خود این توربین‌ها اشغال می‌شوند. در نتیجه با توجه به موارد فوق الذکــر انرژی بادی در کاهش هزینه‌های اجتماعی در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی که دربرگیرنده اثرات برونزایی منفی می‌باشــند 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

Wind Energy Hand Book /Tony Barton/2001

Global wind power/www.winden-ergy.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

- منابع انـرژی تجدید پذیر نوین– تألیف: شـورای جهانی انرژی ۱۳۷۵
- برررسی پتانسیل انرژی باد در ایران – تألیف: وزارت نیرو ۱۳۷۵
- انرژی‌هـای تجدید پذیـر نوین – تالیـف: دکتر محمود تقضی 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

یادداشت

یادداشت