فصل هفتم

نیروگاه های با انرژی جایگزین (انرژی نو)

نیروگاه های بادی

فهرست

۷-۲- نیروگاه های بادی ۳
۷-۲-۱- مقدمه ۳
۷-۲-۲- انرژی باد ۳
۷-۲-۳- منشا توان بادی ۴
۷-۲-۴-توزیع جهانی باد ۴
۷-۲-۵- قدرت باد ۵
۷-۲-۶- مزایای بهره برداری از انرژی باد ۶
۷-۲-۷- آینده ی انرژی باد در ایران ۷
۷-۲-۸- پتانسیل باد در ایران ۷
۷-۲-۹- انرژی باد و توربین های بادی ۸
۷-۲-۱۰- انواع توربین های بادی ۸
۷-۲-۱۱- نحوه ی عملکرد توربین های بادی ۱۰
۷-۲-۱۲- پروژه های نیروگاه بادی در ایران ۱۳

۷-۲- نیروگاه های بادی

۷-۲-۱- مقدمه

گستردگی نیاز انسان به منابع انرژی همواره ازمسائل اساسی و مهم در زندگی بشر بوده وتلاش برای دست یابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از ارزوهای دیرینه انسان بوده است . به دلیل افزایش روز افزون نیاز به انرژی ومحدودیت منابع فسیلی ازیکسو وافزایش الودگی محیط زیستی ناشی ازسوزاندن این منابع ازسوی دیگر,استفاده از انرژی های تجدید پذیر روزبه روز با اهمیت تر وگسترده ترنموده است . باتوسعه ی نگرش های محیط زیستی و راهبردهای صرفه جویانه دربهره برداری ازمنابع انرژی تجدیدناپذیر , استفاده از انرژی باد در مقایسه باسایرمنابع ,د ربسیاری ازکشورهای جهان روبه فزونی گذاشته است.
انرژی باد یکی ازانواع اصلی انرژی تجدیدپذیر میباشد که ازدیرباز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود. به طوری که همواره به فکراستفاده ازاین صنعت بوده است.بشر ازانرژی باد برای به حرکت دراوردن قایق ها وکشتی های بادبانی واسیاب های بادی استفاده میکرده است. درشرایز کنونی هم پرداختن به انرژی باد درمقایسه با انرژی های دیگر امری ضروری وحیاتی است.درکشور ما نیز قابلیت ها وپتانسیلهای مناسبی جهت نصب وراه اندازی توربین های برق بادی وچود دارد .

۷-۲-۲- انرژی باد

انرژی باد مشابه سایر منابع انرژی تجدید پذیر ازنظرجغرافیایی گسترده بوده ودر عین حال به صورت پراکنده و غیرمتمرکز و تقریبا همیشه دردسترس می باشد .
انرژی باد طبیعتی نوسانی ومتناوب داشته و وزش دائمی ندارد. این انرژی قبل از انقلاب صنعتی به عنوان یک منبع انرژی به طورگسترده ای مورد بهره برداری قرار می گرفت ولی دردوران انقلاب صنعتی استفاده از سوخت های فسیلی به دلیل ارزانی و قابلت اطمینان بالا جایگزین انرژی بادشد.تا اینکه در سال های۱۹۷۳و۱۹۷۸ دو شک بزرگ نفتی ضربه سنگینی به اقتصاد انرژی های حاصل ازنفت وگاز وارد آورد. به این ترتیب هزینه ی انرژی تولید شده به وسیله ی توربین های بادی درمقایسه با نرخ جهانی قیمت انرژِی بهبود یافت. پس ازآن مراکز و موسسات تحقیقاتی متعددی درسراسر جهان به بررسی تکنولوژی های مختلف چهت استقاده از انرزی باد به عنوان یک منبع بزرگ انرژی پرداختند بعلاوه این بحران باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه کاربرد تکنولوژی انرژی باد جهت تولید انرژی الکتریکی اتصالی به شبکه و پمپاژ آب تامین انرژی الکتریکی نواحی دور افتاده شد . در سال های اخیر مشکلات زیست محیطی و مسائل مربوط به تغییر آب و هوای کره ی زمین بر شدت این تمایلات افزوده است . درسال ۱۹۸۰ اولین توربین برق بادی متصل به شبکه سراسری نصب گردید . بعد از مدت کوتاهی اولین مزرعه برق بادی جند مگاواتی در آمریکا نصب شده وبه بهره برداری رسید . درپایان سال ۱۹۹۰میلادی ظرفیت توربین های بادی متصل به شبکه درجهان به 200MW رسید که توانایی تولید سالانه 3200GWh برق را داشته است که تقریبا مربوط به تولید درکشورهای امریکا و دانمارک بوده است .توربین های بادی از کارایی و اطمینان بیشتری در مقایسه با ۱۵سال پیش برخوردار هستند . براساس برنامه ی سیاست های جاری تخمین زده می شود که سهم انرژی باد در تامین انرژی جهان در سال۲۰۲۰تقریبا برابر 375TWh در سال خواهد بود .است. این میزان انژری با استفاده از توربین های بادی به ظرفیت مجموع 180 GW تولید خواهد گردید . به طور کلی با استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع انرژی در دراز مدت میتوان دوبربر مصرف انرژی الکتریکی فعلی جهان را تامین کرد .

۷-۲-۳- منشا توان بادی

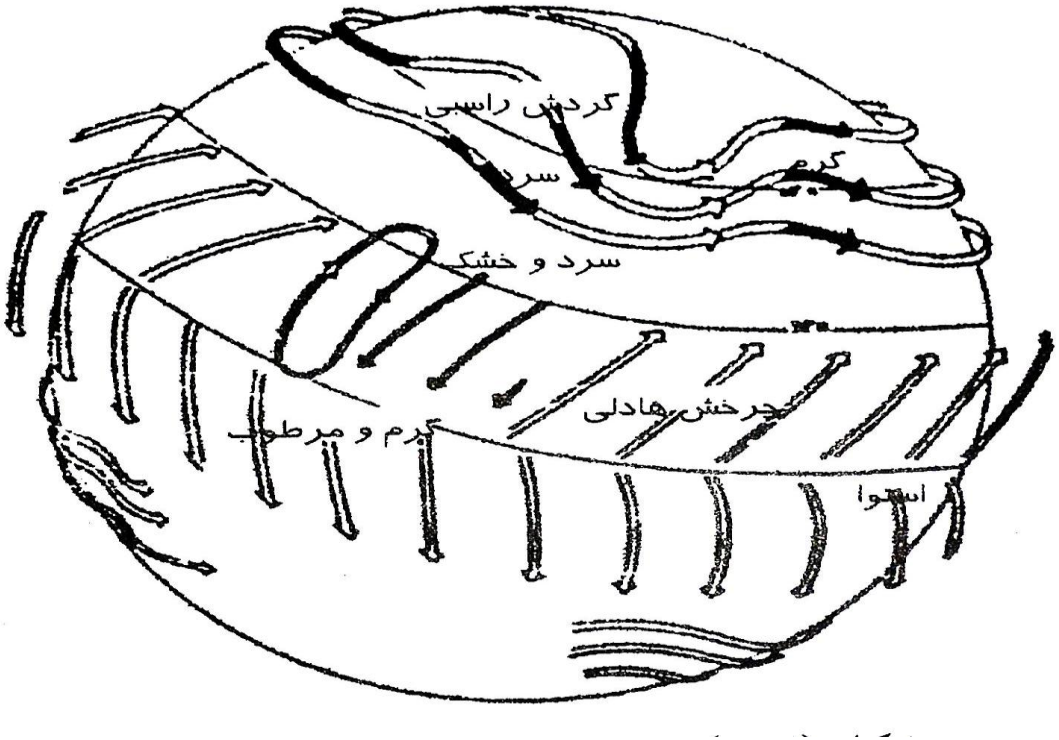
انرژی باد ازپرتوهای خورشیدی جذب شده توسط اتمسفر زمین سرچشمه میگیرد. باد ازاختلاف دما وفشار در موقعیت های مختلف سطح زمین نتیجه میشود. برای مثال هوایی که بالای سطح خاک واقع شده است نسبت به هوایی که بالای اقیانوس ها یا سطح های وسیع اب است سریع ترگرم میشود . این هوای گرم شده بالا می رود و هوای سردتر واقع در بالای سطح آب ها به جای مکان هوای گرم شده می رود . این فرآیند در شب معکوس میشود یعنی هوای بالای خاک سریع تر از هوای بالای آب سرد می شود . دهوای بالا کوه ها یا دامنه ها سریع تر از هوای دشت ها و جلگه های مرتفع سرد وگرم میشود .

۷-۲-۴- توزیع جهانی باد

همانطور که درشکل(۷-۱) مشاهده میشود . به طور کلی جریان های باد در جهان دارای دونوع توزیع میباشند:

الف) جریان های چرخشی هادلی

ب) جریان های چرخشی راسبی



شکل (۷-۱) : پروفیل توزیع جهانی باد

الف)جریان های چرخشی هادلی:

بین عرض های جغرافیای ۳۰درجه شمالی و۳۰درجه جنوبی هوای گرم شده دراستوا به بالا صعود کرده وهوای سردتری که ازشمال وجنوب می اید جایگزین ان می شود .این جریان هارا چرخشی هادلی می نامند .درسطح کره ی زمین این جریان بدین معنی است که بادهای سرد به طرف اسنوا می وزند واز طرف دیگر هوایی که در۳۰درجه شمالی و۳۰درجه جنوبی به پایین می اید خیلی خشک است و به دلیل ان که سرعت دوران زمین در این عرض های جغرافیایی به مراتب کمتر از سرعت دوران زمین در استوا است به سمت شرق حرکت میکند معمولا دراین عرض های جغرافیایی نواحی بیابانی مانند صحرا قرار دارند.

ب)جریان چرخشی راسبی:

بین عرض های جغرافیایی۳۰درجه شمالی (جنوبی) و۷۰درجه شمالی (جنوبی) عمدتا بادهای غربی درجریان هستند . این بادها تشکیل جریان موجی را می دهند و هوای سرد را به جنوب و هوای گرم رابه شمال انتقال می دهند.این الگو را جریان راسبی میگویند .

۷-۲-۵- قدرت باد

انرژی جنبشی باد همواره متناسب با توان دوم سرعت باد است . هنگامی که باد به یک سطح برخورد می کند انرژی جنبشی آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می شود . نیروی باد متناسب با مربع سرعت باداست.لذا قدرت باد متناسب بامکعب سرعت بادخواهد بود . بنابراین هرچه سرعت باد بیشترباشد قدرت ان نیز بیشتر خواهدشد .
مثلا اگرسرعت باد سه برابرشود قدرت ان بیست و هفت برابر خواهدشد.

۷-۲-۶- مزایای بهره برداری از انرژی باد

استفاده از تکنولوژی توربین های بادی به دلایل زیر میتواند یک انتخاب مناسب درمقایسه باسایر منابع انرژی تجدیدپذیر باشد :

۱- بی نیازی توربین های بادی به سوخت که بالطبع ازمیزان مصرف سوخت های فسیلی میکاهد.

۲- رایگان بودن انرژی

۳- توانایی تامین بخشی ازتقاضای برق

۴- کم تربودن نسبی قیمت انرژی حاصل ازبادنسبت به انرژی های فسیلی

۵- کم تربودن هزینه های جاری وهزینه های سرمایه گذاری انرژی باد

۶- تنوع بخشیدن به منابع انرژی وایجادیک سیستم پایه ازانرژی

۷- قدرت مانور زیادجهت بهره برداری درهرطرفیت واندازه(ازچندوات تاچندین مگاوات)

۸- بی نیازیی به اب

۹- بی نیازی به زمین برای نصب

۱۰- نداشتن الودگی محیط زسیت نسبت به سوخت های فسیلی

۱۱- افزایش قابلیت اطمینان درتولید برق

۱۲- ایجاد اشتغال

۷-۲-۷- آینده ی انژری باد در ایران

اقتصاد روبه رشد کشورهای اسیایی ازجمله ایران باعث شده تا این کشورها پیش از پیش به تولید الکتریسته احساس نیاز کنند و اقدام به تولید الکتریسیته ازمنابع غیرفسیلی کنند . افزون براین موارد نبود شبکه های سراسری برق دربسیاری ازبخش های روستایی درکشورهای اسیایی مهرتاییدی برسیستم های تولیدالکتریسیته از انرژی باد زده است . درخصوص دور نمای اینده اقتصادی استفاده ا زانرژی باد در ایران بایدگفت که استفاده از این انرژی موجب صرفه جویی فراورده ای نفتی به عنوان سوخت می شود . صرفه جویی حاصله دردرجه اول موجب حفظ فراورده های نفتی گشته که امکان صادرات و مهم تر اینکه تبدیل ان رابه مشتقات بسیار زیاد پتروشیمی با ارزش افزوده بالا فراهم می سازد . در درجه ی دوم تولید الکتریسیته از این انرژی فاقد هرگونه الودگی زیست محیطی بوده که همین عامل کمک شایانی به حفظ طبیعت زیست بشری نموده و در نتیجه مسیر برای میل به توسعه ی پایدار اقتصادی اجتماعی فراهم میگردد.

۷-۲-۸- پتانسیل باد در ایران

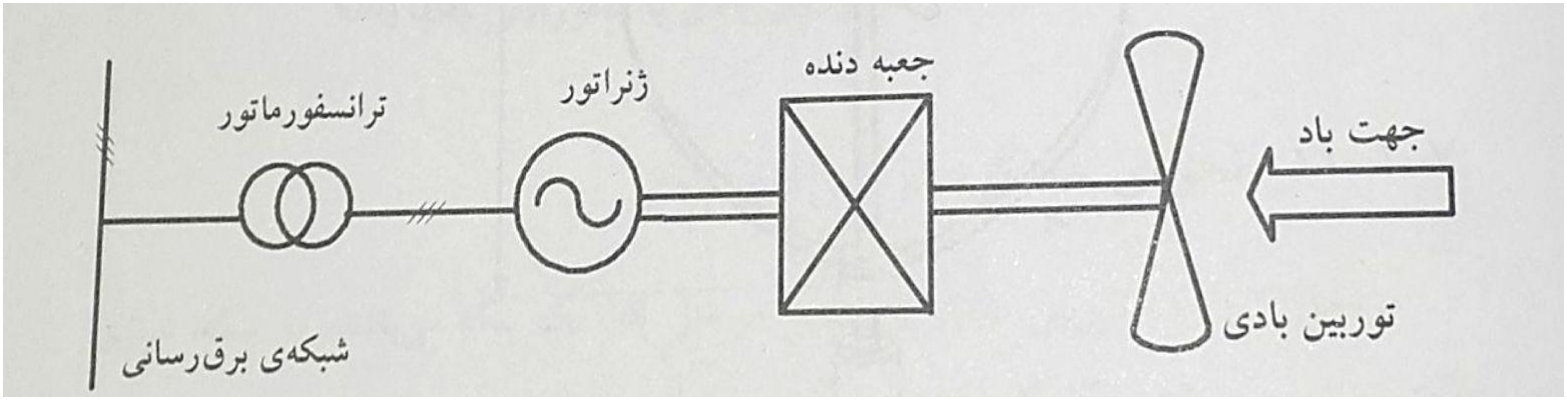
ایران در مسیر جریان های مهم هوایی زیر قرار گرفته است :

۱- جریان مرکز فشار اقیانوس هند در زمستان
۲- جریان مرکز فشار اقیانوس هند در تابستان
۳- جریان غربی از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه مخصوصا در تابستان
۴- جریان شمال غربی در تابستان

مطالعات انجام شده در خصوص تعیین پتانسیل باد در ایران (که توسط معاونت امورانرژی وزارت نیرو انجام گرفته است) نشان می دهد که ایران کشوری با وزش بادهای با سرعت متوسط ۶ متر بر ثانیه می باشد که در برخی از مناطق آن باد مناسب و مدام تری برای تولید برق موجود می باشد .
بر اساس بررس های اولیه انجام شده توان بالقوه ی انرژی باد در سایت های مطالعه شده حدود ۶۵۰۰ مگاوات برآورد گردیده است .

۷-۲-۹- انرژی باد وتوربین های بادی

از نظر عملکرد مطابق شکل (۷-۲) در توربین های بادی انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی وسپس انرژی الکتریکی تبدیل میگردد . امروزه گستره ی فعالیت ها وکاربرد توربین های بادی طیف وسیعی از صنایع را تحت پوشش قرار میدهد.این توربین ها را میتوان جهت استفاده ی بهینه و تولید بیشتر قدرت با سلول های خورشیدی نیز ترکیب نمود . در حال حاضر بیشترین ظرفیت های توربین بادی نصب شده در چند دهه ی اخیر از نوع توربین های متصل به شبکه بوده است البته گاهی اوقات در نواحی دور افتاده از توربین های بادی منفصل از شبکه استفاده شده است . شارژ باتری از کاربردهای مهم دیگری است که توربین های بادی دارند . تولید انرژی مکانیکی جهت پمپاژ اب نیز از نمونه ی کاربردهای دیگر توربین بادی است . سیستم هاس شارژ باتری و پمپ های بادی باوجود کوچک بودن از اهمیت ویژه ای برخورار می باشند .



شکل (۷-۲) : طرح شماتیکی از نحوه ی تولید انرژی الکتریکی توسط توربین های بادی

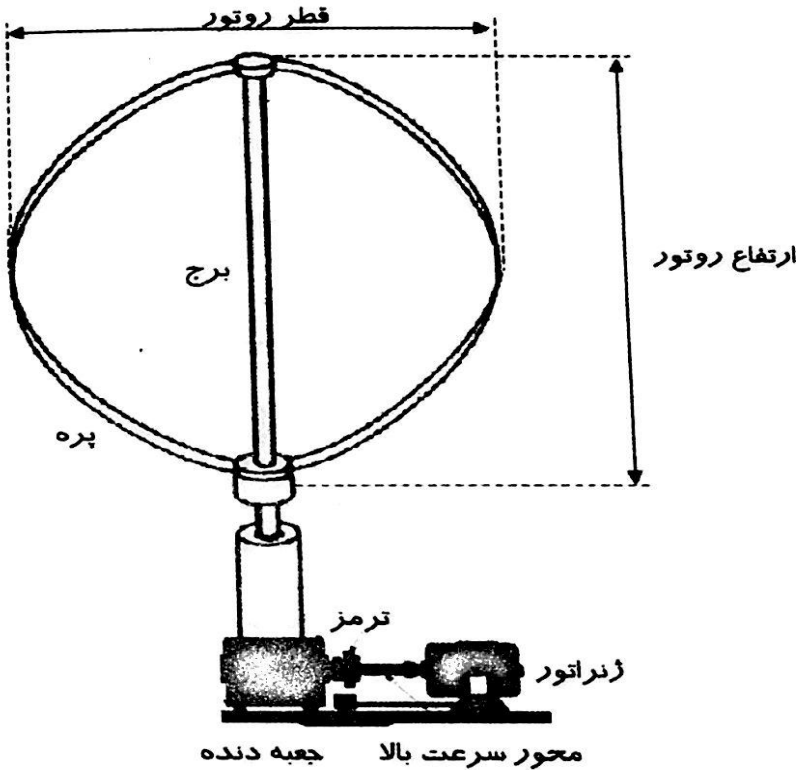
۷-۲-۱۰- انواع توربین های بادی

از مهم ترین انواع توربین های بادی میتوان به موارد زیر اشاره نمود.

۱- توربین های بادی با محور چرخش عمودی
۲- توربین های بادی با محور چرخش افقی

۱- توربین های بادی با محور چرخش عمودی

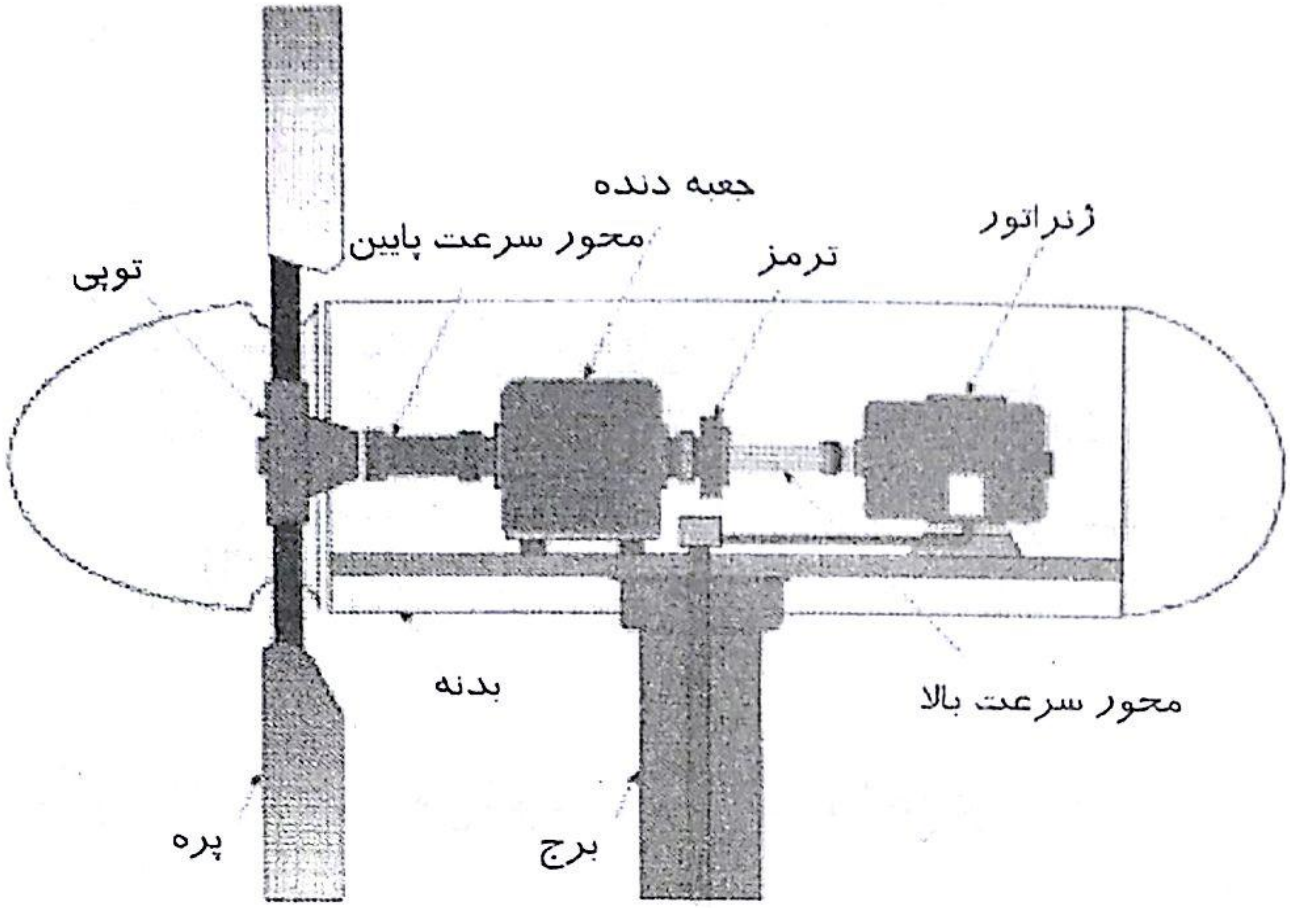
همانطور که در شکل (۷-۳) مشاهده میشود ، توربین های بادی با محور عمودی نظیر (ساینوس، داریوس ، صفحه ای ، کاسه ای و ...) از دو بخش اصلی تشکیل شده اند . این دو بخش را میله های متعددی تشکیل می دهند که یک میله ی اصلی رو به باد قرار می گیرد و میله های عمودی دیگر ، عمود در جهت باد کار گذاشته می شوند . این توربین شامل قطعاتی با شکل گوناگون بوده که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محمور اصلی می شود . ساخت این نوع توربین بسیار ساده است ولی بازده پایینی دارد . در این نوع توربین ها ، یک طرف ان ، باد را بیش تر از طرف دیگر جذب می کند که این امر ، باعث ایجاد لنگر در سیستم و چرخش میله ها می گردد . نتیجه این نوع طراحی ان است که سرعت چرخش سیستم ، دقیقا با سرعت باد برابر می باشد. لذا در مناطقی که سرعت باد کم باشد ، این نوع توربین ها چندان کارامد نیست . البته یکی از مزایای مهم این نوع توربین ها وابسته نبودن سیستم به جهت وزش باد می باشد .



شکل (۷-۳) : توربین بادی با محور عمودی از نوع داریوس

۲- توربین بادی با محور چرخش افقی

این نوع توربین ها نسبت به مدل با محور عمدی رایج تر می باشد . توربین های بادی با محور افقی ، پیچیده تر و گران تر از نوع قبلی است و ساخت ان ها هم مشکل تر است ولی راندمان بسیار بالایی دارند. از خصوصیات بارز این نوع توربین ها ان است که در همه ی سرعت های باد (حتی سرعت های پایین) هم کار می کند که در انواع پیشرفته ان ، می توان جهت ان ها را با جهت وزش باد تنظیم کرد. نمای ظاهری این توربین ها در شکل (۷-۴) نشان داده شده است که دو پره ای ، سه پره ای و چند پره ای بوده است و روی یک پایه ی بلند نصب شده اند . لازم به ذکر است که این پره ها همواره در جهت وزش باد قرار میگیرند .

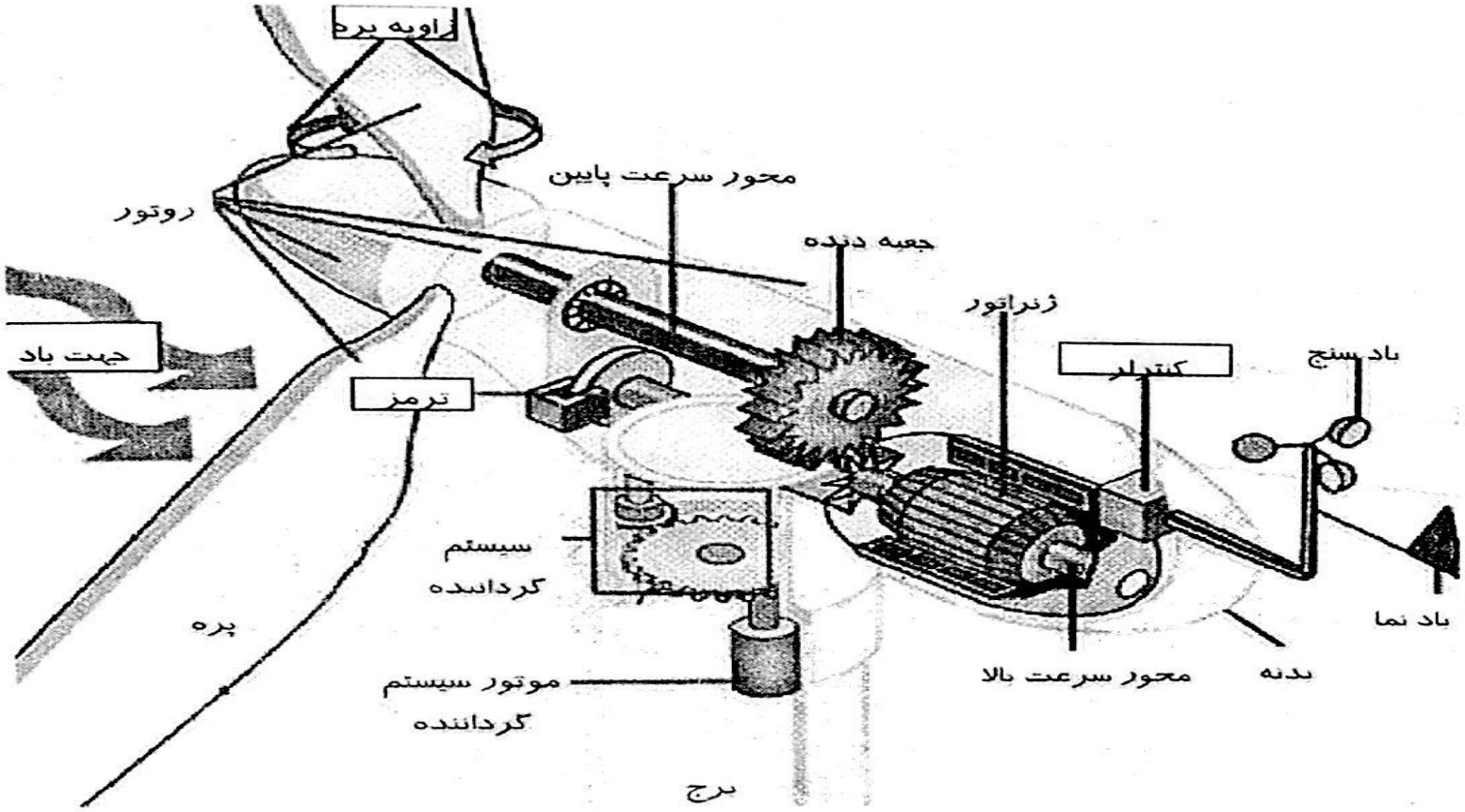


شکل (۷-۴) : توربین بادی با محور افقی

۷-۲-۱۱- نحوی عملکرد توربین های بادی

مراحل کار یک توربین کاملا برعکس مراحل کار یک پنکه می باشد . در پنکه، انرژی الکتریسیته به انرژی مکانیکی تبدیل شده و باعث چرخیدن پره میشود . در توربین ها نیز چرخش پره ها ، انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند . چرخش پره ها باعث چرخیدن محور اصلی می شود و این محور به یک ژنراتور برق متصل است . چرخش این ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می کند .

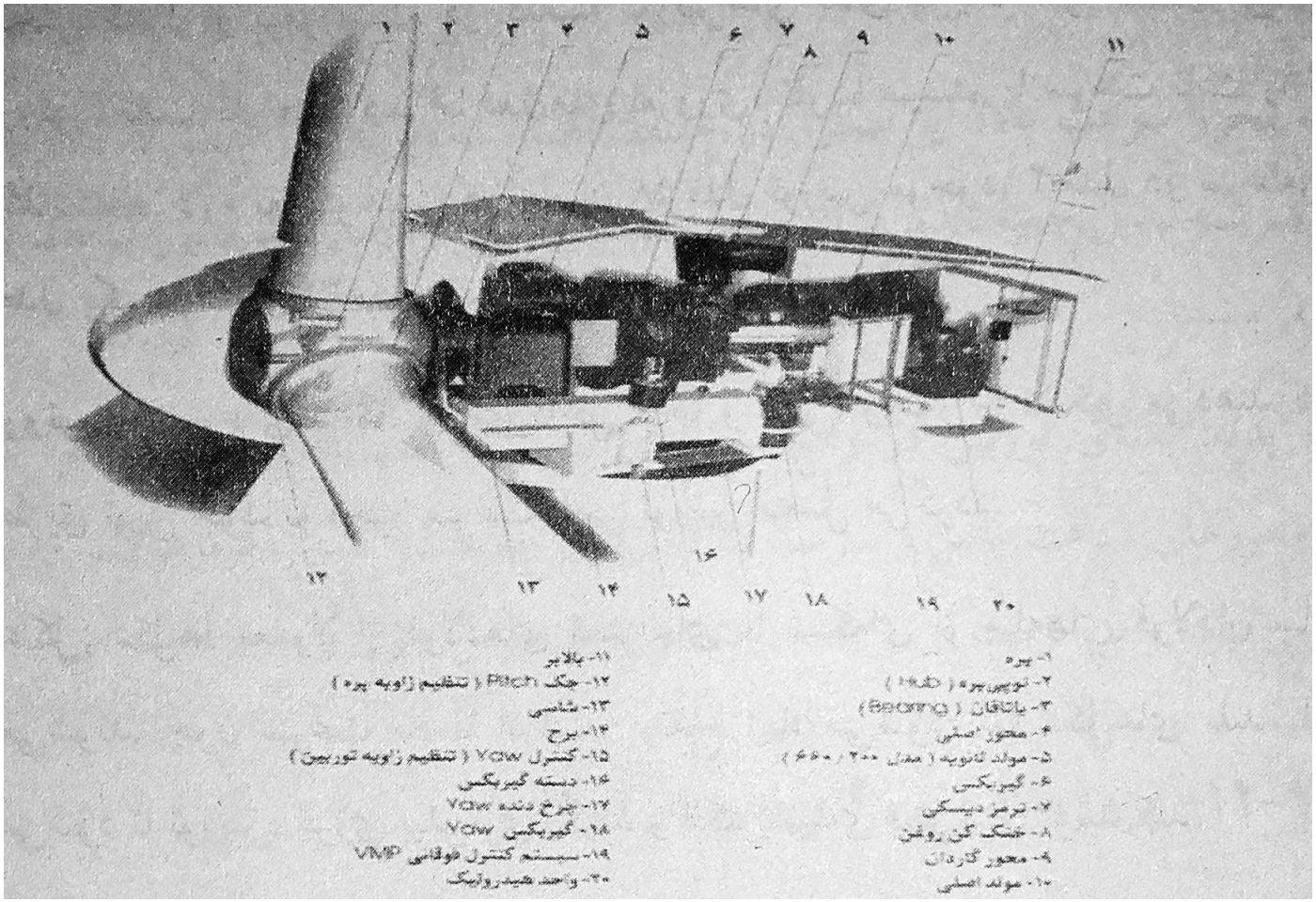
در شکل (۷-۵) ساختمان داخلی یک توربین بادی نشان داده شده است . با توجه به ان که بزرگترین واحد های بادی ، به توان 10 mw محدود میشوند ، تعداد زیادی از این توربین ها برای تولید بخش محسوسی از توان مورد نیاز یک منطقه مورد نیاز است .



شکل (۷-۵) :ساختمان داخلی یک توربین بادی

همانطور که در شکل (۷-۶) دیده می شود به طور کلی ، اجزای مختلف یک توربین به شرح زیر است :

۱- پره ها
۲- ترمز
۳- بخش کنترل
۴- جعبه دنده (گیربکس)
۵- ژنراتور
۶- ناسل
۷- روتور
۸- دکل
۹- سنسورهای اندازه گیری
۱۰- موتور انحراف توربین (سیستم گرداننده)
۱۱- محور سرعت پایین
۱۲- محور سرعت بالا
۱۳- بدنه



شکل (۷-۶) : اجزای تشکیل دهنده ی یک توربین بادی

۷-۲-۱۲- پروژه های نیروگاه بادی در ایران

همانگونه که قبلا نیز بیان گردید ، کشور ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی در مسیر جریان های عمده ی هوایی قرار دارد . لذا وزارت نیرو طرح هایی را به منظور توسعه ، ترویج و برنامه ریزی ، نظارت و مدیریت انرژی های نو در دست اجرا دارد. در ادامه به عمده ترین طرح های اجرایی کشور در زمینه ی انرژی باد پرداخته می شود .

نیروگاه بادی سایت منجیل و پسکولان :

این سایت در جنوب شرقی سد سفید رود قرار داردو دارای مساحتی بالغ بر۲۰۰ هکتار می باشد .در حال حاضر (سال ۱۳۸۴) حدود ۵۳ توربین بادی در سایت منجیل و پسکولان نصب گردیده است (۱۵ توربین 550kw ، یک توربین 500 kw و ۱۵ توربین 300kwدر منجیل و ۲۲ توربین 660kwدر سایت پسکولان) .

نیروگاه بادی سایت رودبار:

این سایت در شهر رودبار و در ارتفاعات روستای اغوزین قرار گرفته است که دارای مساحتی بالغ بر ۲۰ هکتار می باشد در حال حاضر (سال ۱۳۸۴)۴ توربین در این سایت در حال بهره برداری است و امکان نصب ۱۵ توربین دیپر نیز وجود دارد.

نیروگاه بادی سایت هرزویل :

سایت هرزویل در ارتفاعات شمال شرقی شهر منجیل قرار دارد و دارای مساحتی حدود ۶۵ هکتار است . تا سال ۱۳۸۴ ، ۱۲ توربین ۳۰۰ کیلو وات در این سایت در حال بهره برداری می باشد.

نیروگاه بادی سیاهپوش :

این سایت در نزدیکی منطقه ی سیاهپوش از استان قزوین است و برنامه ریزی جهت نصب ۴۰ توربین بادی ۶۶۰ کیلو وات در این سایت در دست اقدام می باشد .

نیروگاه بادی بینالود :

این نیروگاه شامل ۴۳ توربین بادی با توان۶۶۰ کیلووات و با مجموع ظرفیت ۲۸۴ مگاوات در منطقه ی بینالود بوده که تا پایان سال ۱۳۸۴ ، ۲۰ توربین ان با ظرفیت ۲/۱۳ مگاوات به بهره برداری رسیده است.

پروژهای نیروگاه بادی ۶۰ مگا وات :

این پروژه در حال حاضر در استان گیلان در مرحله ی تکمیل مطالعات امکان سنجی است . مطابق نتایج به دست امده ، میانگین سرعت باد منطقه در ارتفاع ۴۰ متر ،۳۰ /۸ متر بر ثانیه بوده که نشانگر پتانسیل بسیار مناسب منطقه جهت احداث نیروگاه بادی می باشد . با توجه به اینکه برای اولین بار در کشور ، در این پروژه از توربین های ظرفیت بالا (بزرگتر از یک مگاوات) استفاده خواهد شد ، لذا تحول قابل ملاحظه ای همگام با پیشرفت جهانی در صنعت کشور رخ خواهد داد . در صورت تصویب پروژه ، مراحل اجرای ان از سال ۱۳۸۶ اغاز خواهد شد.

جدول (۷-۱) و (۷-۲) به ترتیب مشخصات سایت های توربین های بادی و توان توربین های نصب شده را نشان میدهد .

جدول (۷-۱) : وضعیت پروژهای بادی به تفکیک استان های کشور (تاسال۱۳۸۴)

استان	درحال بهره برداری		در حال اجرا		مطالعاتی	جمع	
	تعداد	ظرفیت (kw)	تعداد	ظرفیت (kw)	ظرفیت (kw)	تعداد	ظرفیت (kw)
گیلان	۷۰	۳۴۱۲۰	۱	۱۰	۶۰۰۰۰	۷۱	۹۴۱۳۰
قزوین	-	-	۴۰	۲۶۴۰۰	-	۴۰	۲۶۴۰۰
خراسان	۲۲	۱۳۴۶۰	۲۴	۱۵۲۶۰	-	۴۶	۲۸۷۲۰
آذربایجان شرقی	-	-	۱	۱۰	-	۱	۱۰
جمع	۹۲	۴۷۵۸۰	۶۶	۴۱۶۸۰	۶۰۰۰۰	۱۵۸	۱۴۹۲۶۰

جدول (۷-۲) : مشخصات سایت های توربین نصب شده در کشور (تا سال ۱۳۸۴)

سایت	استان	شهرستان	توربین های نصب شده	
			تعداد	ظرفیت (kw)
رودبار	گیلان	رودبار	۴	۲۱۵۰
منجیل	گیلان	منجیل	۳۱	۱۳۲۵۰
پسکولان	گیلان	منجیل	۲۲	۱۴۵۲۰
هرزویل	گیلان	منجیل	۱۲	۳۶۰۰
بابائیان	گیلان	منجیل	۱	۶۰۰
بینالود	خراسان	بینالود	۲۰	۱۳۲۰۰
ونتیس (دیزباد)	خراسان	مشهد	۲	۲۶۰
جمع	----	----	۹۲	۴۷۵۸۰