

واحد تهران جنوب
دانشکده فنی مهندسی
گروه برق قدرت

عنوان پروژه :

بره گیری از انرژی های تجدید پذیر برای تولید انرژی الکتریکی

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر ابراهیمی

تهیه کنندگان :

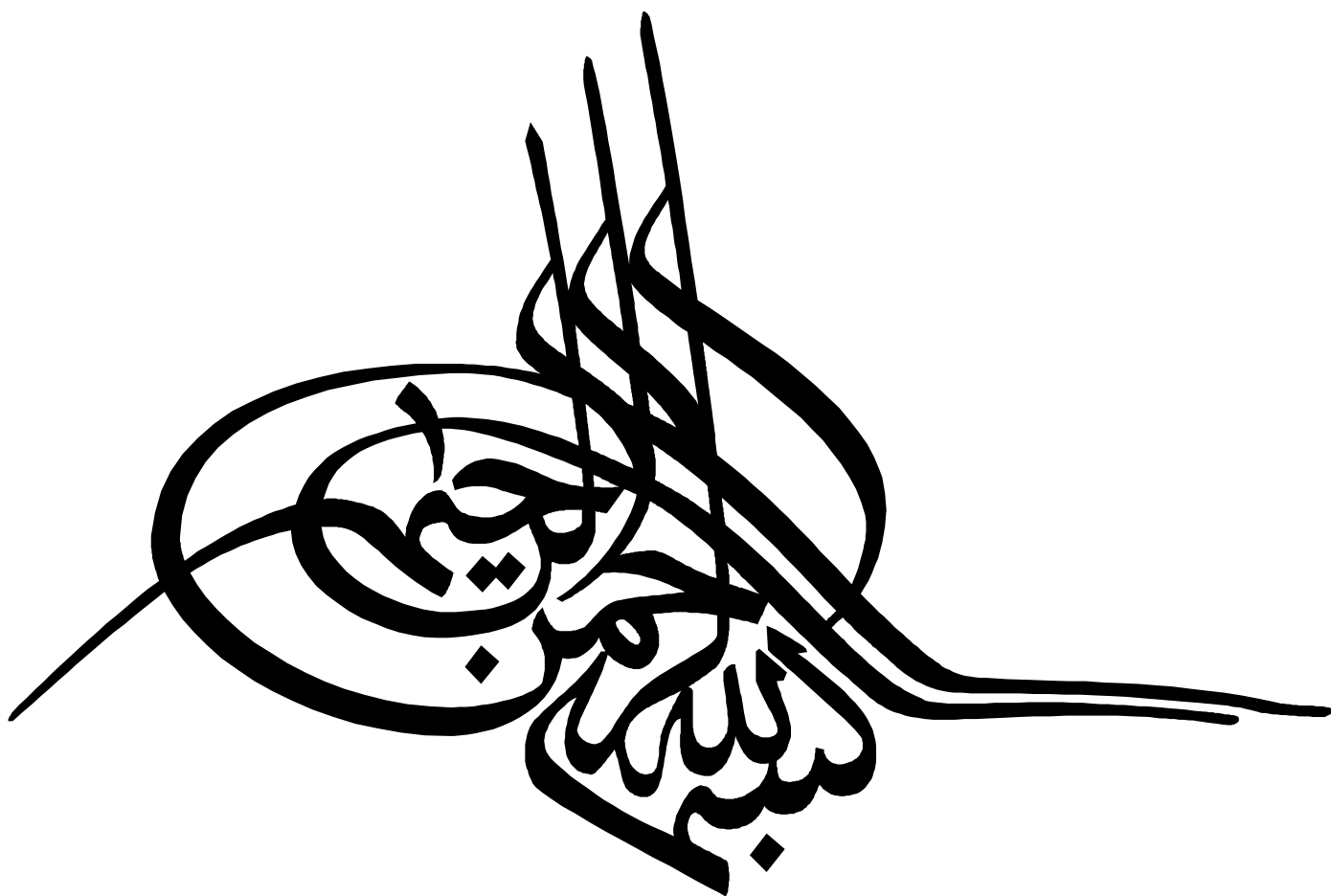
امین شیخ احمدی ۸۱۱۲۸۴۰۷۲۱

مجید زرگرزاده ۸۱۱۲۸۴۱۰۱۴

WWW.MVM.ANZALIBLOG.COM

سال : ۱۳۸۳-۸۴

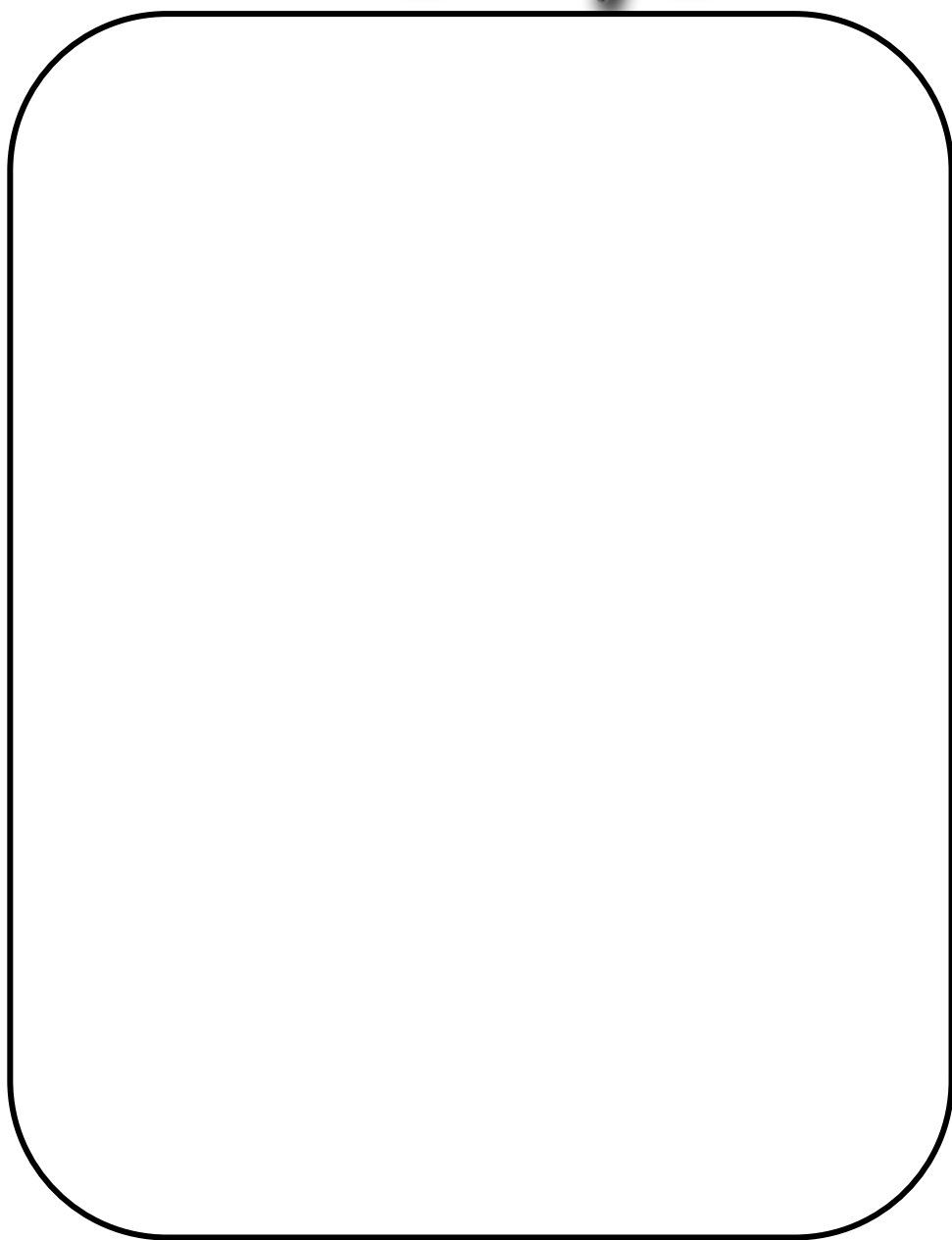
ترم : دوم



WWW.MVM.ANZALIBLOG.COM



۷ انرژی بادی





اجزاء اصلی توربینهای بادی
ساختمان پره های توربین بادی
تنظیم دور توربین های بادی
قرار دادن توربین در جهت باد
ژنراتور های مولد برق
ترانسفورماتورها
تنظیم کننده های ولتاژ
تنظیم کننده بار
توربین های بادی مولد برق منجیل
توسعه توربین های بادی در جهان
نیروگاه عظیم بادی به قدرت ۲۵۰۰ KW
پروژه های باد
سایت رودبار
سایت منجیل
طراحی، ساخت و نصب توربین بادی ۱۰ کیلووات سهند تبریز
مشفصات پروژه
تعریف پروژه
شرح فعالیتها

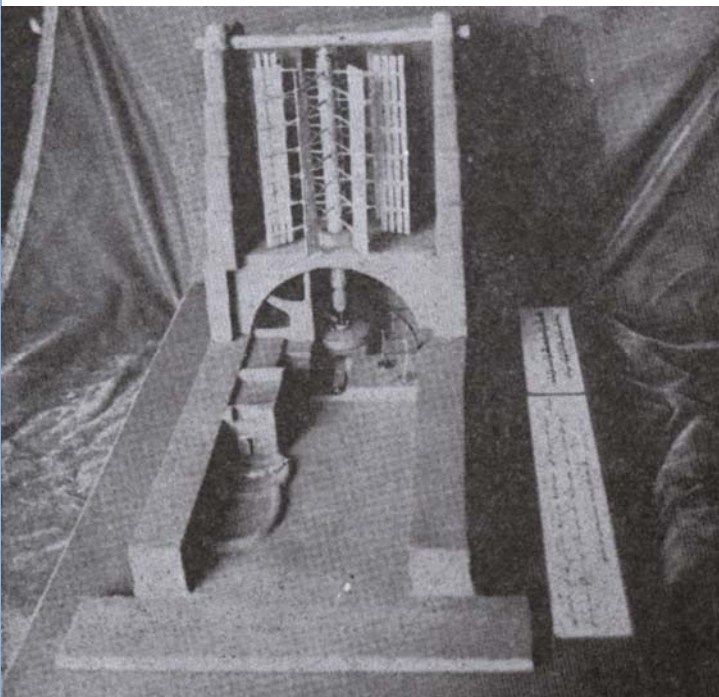
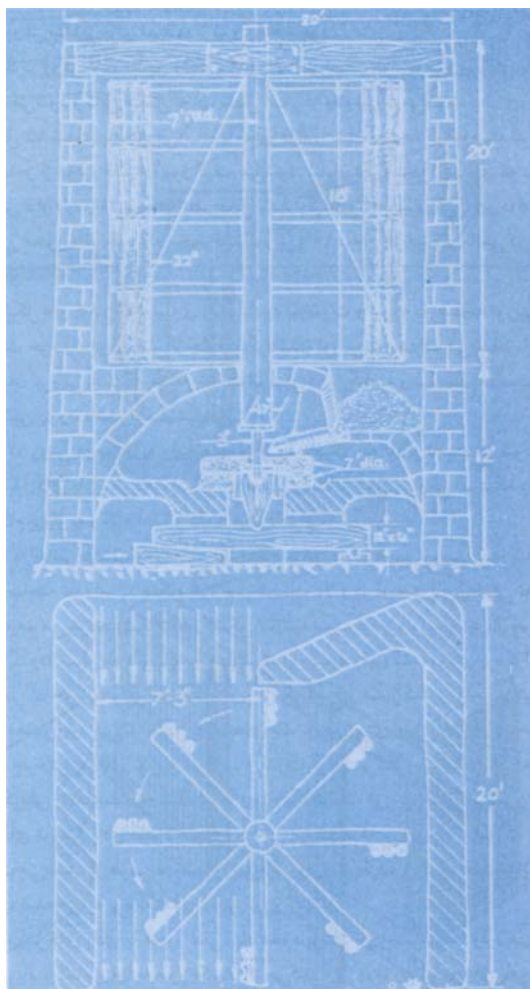
تاریخچه

بشر از زمانهای بسیار دور به نیروی لایزال باد پی برده بود. آسیابها و کشتی های بادی که هزاران سال قبل معمول بود، گویای این امر است. طبق اسناد و مدارک موجود، اولین کرجی که با نیروی باد کار می کرد، توسط مصریان ساخته شد و اولین آسیاب بادی با محور قائم برای آرد کردن غلات، ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط ایرانیان بنا گردید. هم اکنون تعدادی آسیاب بادی در روستاهای بین خواف و تایباد وجود دارد که به کار مشغولند. آسیاب های بادی اولیه دارای محور قائم بودند، بعد از مدتی آسیاب های بادی با محور افقی و پروانه های سه گوش بادبزی معمول گشت. هنوز هم نمونه هایی از این آسیاب ها را می توان در نواحی مدیترانه پیدا کرد.

در قرن یازدهم میلادی در خاورمیانه از آسیاب های بادی استفاده های گوناگونی می شد. آسیاب های بادی در قرن سیزدهم میلادی به کشورهای اروپایی راه یافت. نصب بادبان به یک محور مرکزی که با استفاده از نیروی باد، تولید نیروی چرخشی می کرد، بعدا انجام گرفت و بشر به وسیله آن توانست نیروی لازم را برای آبکشی به منظور آبیاری، آرد کردن غلات و سرانجام اره کردن چوب به دست آورد.

تجربه ایرانیان

دیدیم ایرانیان اولین کسانی بوده اند که در ۲۲۰۰ سال قبل از توربین های بادی با محور قائم استفاده کرده اند.



شکل ۱ - مقطع قائم و مقطع افقی و نمای داخلی آسیاب بادی ساخته شده توسط ایرانیان برای آرد کردن غلات در ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح. این آسیاب دارای محور قائم بود و غلات بین دو سنگ آن خرد می شد. [۶]

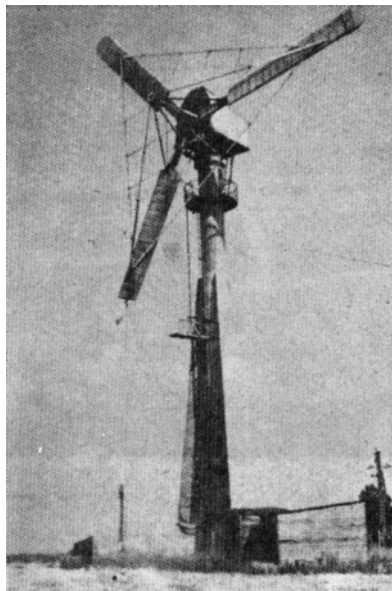


تجربه آمریکایی ها

شکل ۲- توربین بادی مولد برق نصب شده در ایالات ورمونت امریکا.

- ارتفاع برج نگاهدارنده توربین بادی ۳۳ متر
- قطر پره ها (قطر دایره گردش) ۵۳ متر
- قدرت ۱/۲۵ مگاوات
- در بادی با سرعت ۴۸ کیلومتر در ساعت (و یا بیشتر)
- از اکتبر ۱۹۴۱ تا مارس ۱۹۴۵ کارکرد و پس از شکستن یک پره آن، از کار افتاد. [۶]

تجربه دانمارکی ها



شکل ۳- آسیاب بادی ساخته شده توسط دانمارکی ها به قدرت اسمی 200KW در بادی به سرعت ۵۴ کیلومتر در ساعت. کارکرد تا سال ۱۹۶۰ میلادی [۶]

تجربه فرانسوی ها



شکل ۴- توربین بادی مولد برق که نزدیک پاریس نصب شده است (به قدرت 800KW در بادی به سرعت اسمی ۵۹ کیلومتر در ساعت) [۶]

تجربه روسها



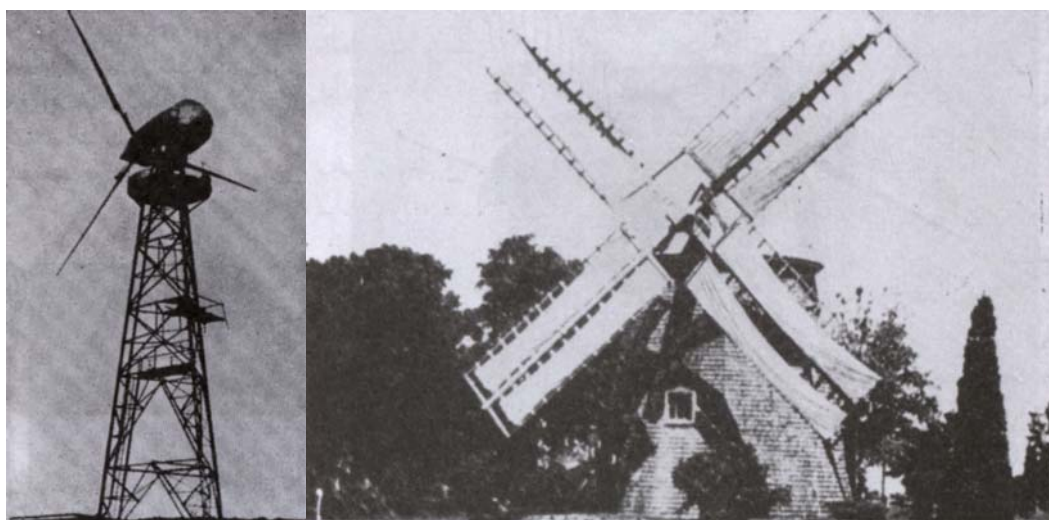
شکل ۵- توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی که روسها ساخته اند. با حرکت دایره ای شکل پایه فلزی مورب روی زمین، توربین همواره در جهت باد قرار می گیرد. [۶]

تجربه هلندی ها



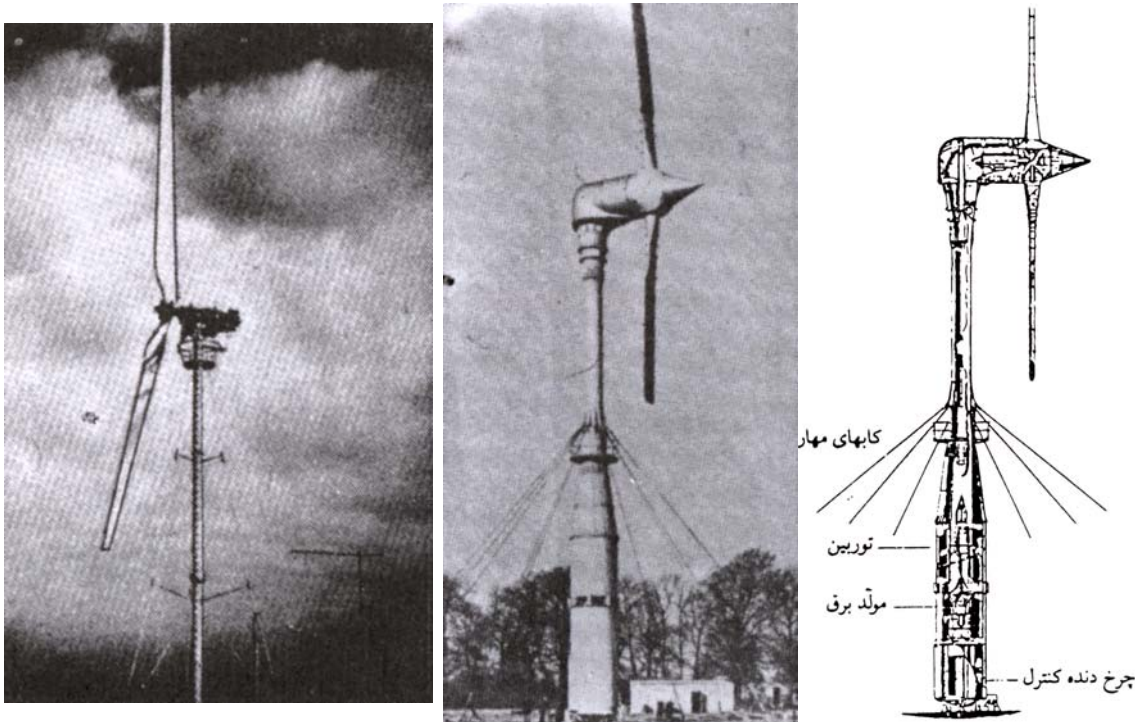
شکل -۶ تلمبه بادی برای زه کشی در شمال هلند. این تلمبه در سال ۱۷۶۱ میلادی ساخته شد. با گرداندن کلاهک و مجموعه پره های توربین که از کنار برج توربین انجام می شود، همواره مقابل باد قرار می گیرد. [۶]

تجربه انگلیسی ها



شکل -۸ و ۷ آسیاب بادی با محور افقی برای آرد کردن غلات و توربین بادی مولد برق انگلیسی مدل جان براون به قدرت 100 KW [۶]

تجربه آلمانی ها



شکل ۹- و ۱۰ توربین بادی مولد برق مدل انفیلد آندرو به قدرت 100KW که در بادی با سرعت اسمی ۵۳ کیلومتر در ساعت کار می کند و توربین بادی مولد برق آلانی با طراحی پرفسور اورایش هوتر به قدرت 100KW که در بادی با سرعت اسمی ۲۹ کیلومتر در ساعت کار می کند. [۶]

کلیاتی درباره انرژی باد

انرژی بادی مانند سایر منابع انرژی تجدید پذیر بطور پراکنده روی کره زمین وجود دارد . این انرژی قبل از انقلاب صنعتی به عنوان یک منبع انرژی مورد استفاده قرار می گرفت . در طی انقلاب صنعتی ، سوختهای فسیلی به سبب فراوانی ، ارزانی و بخصوص قابلیت حمل آنها ، جای انرژی بادی را گرفتند .

بحران نفتی سال ۱۹۷۱ میلادی سبب گردید تا دوباره به انرژی باد روی آوردند و از برق حاصل از آن برای اتصال به شبکه برق ، پمپ کردن آب و سرانجام تامین برق نواحی دور افتاده استفاده کنند .

در سال های اخیر مشکلات زیست محیطی و مسئله تغییر آب و هوای کره زمین به سبب استفاده زیاد از حد انرژی فسیلی ، استفاده از انرژی بادی را افزایش داده است .

از سال ۱۹۷۵ میلادی پیشرفت های زیادی در زمینه توربین های بادی مولد برق به دست آمده است . در سال ۱۹۸۰ با اتصال توربین های بادی مولد برق به شبکه ، اولین بازار چند مگاواتی انرژی بادی در کالیفرنیا به وجود آمد .

در پایان سال ۱۹۹۰ ، ظرفیت توربین های بادی مولد برق متصل به شبکه در جهان ، به حدود ۲۰۰۰ MW با تولید سالانه ۳۲۰۰ GWh رسید که تماما مربوط به آمریکا و دانمارک بوده است . در این زمان کشورهای هلند ، آلمان ، انگلستان ، ایتالیا و هندوستان برنامه ملی خود را برای استفاده از انرژی بادی آغاز کردند . بتدریج با پیشرفت فناوری ، هزینه تولید انرژی با توربین های بادی کاهش یافته است ، با این همه استفاده همه جانبه از سیستم های مولد برق بادی هنوز آغاز نشده است .

یکی از کاربرد های انرژی بادی پمپ کردن آب است . در دهه ۶۰ - ۱۹۵۰ که پمپهای موتوری به بازار عرضه شدند ، به سبب کاهش قیمت انرژی های فسیلی کاهش ناگهانی در مورد استفاده از پمپهای بادی به وجود آمد . در حال حاضر پمپهای بادی به طور عمده در چین ، آفریقای جنوبی ، آرژانتین و آمریکا به کار مشغولند .

پمپهای آب بادی به وسیله توربین های پر پره کلاسیک با دور کم و ترک بالا کار می کنند . بطور کلی در مورد استفاده از انرژی بادی ، تاکید بر توربین های بادی مولد برق برای اتصال به شبکه خواهد بود ، زیرا این کاربرد انرژی بادی می تواند سهم مهمی در تامین برق مصرفی جهان داشته باشد .

تخمین زده می شود در سال ۲۰۲۰ میلادی سهم انرژی بادی در تامین انرژی جهان با قدرت مجموع توربین های بادی ۱۸۰ GW حدود ۳۷۵ TWh در سال باشد . در قالب ضرورت های زیست محیطی ، این سهم ممکن است در سال ۲۰۲۰ به حدود ۹۰۰ TWh با قدرت مجموع توربین های بادی ۴۷۰ GW افزایش یابد .

استعداد نهایی انرژی بادی به عنوان یک منبع انرژی دراز مدت تقریباً دو برابر مصرف انرژی فعلی جهان تخمین زده می شود .

منبع انرژی بادی

تابش نور خورشید در عرض های مختلف کره زمین موجب تغییراتی در فشار و دمای هوا شده و باد بوجود می آید . در مناطق گرمسیر ، تابش نور خورشید سبب افزایش حرارت محیط می گردد و در مناطق قطبی افت درجه حرارت بوجود می آید . اتمسفر بوسیله چرخش زمین حول محور 'PP خود که از قطبین زمین عبور می کند ، گرما را از مناطق گرمسیر به مناطق قطبی انتقال می دهد . در مقیاس جهانی ، این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل مهم انتقال گرما عمل می نماید .

علاوه بر عوامل فوق ، عوامل دیگری مانند مشخصات توپوگرافی محل و تغییرات فصلی دما ، توزیع انرژی باد را تغییر می دهند . برای مثال اختلاف ظرفیت گرمایی بین زمین و آب دریا در ساحل ، ایجاد نسیم دریایی می کند و در دره ها و کوهستان ها فرایند مشابهی منجر به ایجاد باد های محلی می شود .

باد هوایی است که حرکت دارد و جابه جا می شود . باد از نسیم ملایم گرفته تا طوفان بر اثر اختلاف فشار هوا بین دو منطقه به وجود می آید . این اختلاف فشار در نتیجه دماست . چون فشار هوای سرد نسبت به هوای گرم بیشتر است ، در نتیجه هوا از ناحیه پر فشار سرد به ناحیه کم فشار حرکت می کند و باد به وجود می آید . گردش زمین به دور خود نیز بر جهت باد تاثیر می گذارد .

سطح زمین مقداری از انرژی گرمایی تابش خورشید را جذب می کند و مقداری را به جو بر می گرداند . هر اندازه پرتوهای خورشید نسبت به سطح زمین عمودی تر باشد ، میزان جذب انرژی زمین بیشتر خواهد بود . بنابراین مقدار انرژی ای که در منطقه استوایی جذب می شود ، نسبت به قطب ها بیشتر است . این انرژی ، هوای منطقه استوایی را گرم و سبک و فشار آن را کم می کند . بنابراین هوای گرم و سبک بالا می رود و در سطح زمین منطقه ای کم فشار ایجاد می کند . در مناطق قطبی پرتوهای خورشید نسبت به سطح زمین مایل و میزان جذب انرژی کمتر است . بنابراین هوای این مناطق سرد ، متراکم و پر فشار است .

اگر زمین دور محور خود نمی چرخید ، اختلاف فشار هوا میان منطقه استوایی و هر یک از قطب ها سبب حرکت دائمی هوا ، یعنی باد ، میان این دو منطقه می شد (شکل ۱۱) ، اما به سبب چرخش زمین به دور خود ، در نیمکره های شمالی و جنوبی دو منطقه پر فشار ، میان استوا و مدارهای ۳۰ درجه و دو منطقه کم فشار ، میان مدارهای ۳۰ و ۶۰ درجه وجود دارد . حرکت هوا میان این منطقه های پر فشار و کم فشار بادهایی را پدید می آورد که

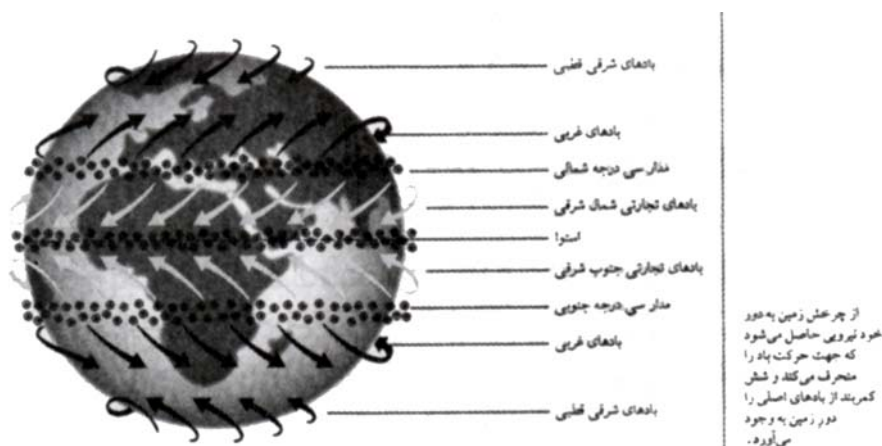
مانند شش کمر بند دور زمین را در بر می گیرند . این بادهای عبارتند از : بادهای تجارتی شمال شرقی و جنوب شرقی ، بادهای غربی و بادهای شرقی قطبی که در دو نیمکره شمالی و جنوبی می وزند . (شکل ۱۲) .

اگر زمین ساکن بود و به دور خود نمی چرخید ، جهت باد از نقاط پر فشار به کم فشار در خط مستقیم حرکت می کرد . اما از چرخش زمین نیرویی حاصل می شود که « اثر کوریولی » نام دارد و جهت حرکت باد را منحرف می کند . بر اثر این نیرو بادهایی که به طرف استوا می وزند ، به سمت غرب و بادهایی که به طرف قطب می وزند ، به سمت شرق

منحرف می شوند .



شکل - ۱۱ [۷]



شکل - ۱۲ [۷]

انواع بادهای

بادهای محلی : بادهایی هستند که در ناحیه های خاصی می وزند ، مانند باد صد و بیست روزه سیستان . این باد از کوه های افغانستان به سمت بیابان های شرقی ایران می وزد . زمان وزش آن از اردیبهشت تا مرداد ماه است . سرعت آن گاهی تا بیش از ۱۱۰ کیلو متر در ساعت است . سرعت وزش این باد به اندازه ای زیاد است که سبب ریشه کن شدن درختان می شود . باد ملایمی (نسیم) که میان دریا و خشکی می وزد ، یکی از انواع بادهای محلی است . باد ملایمی که میان کوه و دره می وزد ، نیز از بادهای محلی است .

بادهای موسمی : بادهای موسمی بر اثر گرم شدن سطح خشکی های زمین در تابستان و سرد شدن آنها در زمستان به وجود می آیند . در تابستان که خشکی ها گرمتر از اقیانوس ها هستند ، بادهای موسمی از اقیانوس به سمت خشکی می وزند . در زمستان ، جریان بادهای موسمی از خشکی به سمت دریاست . از بادهای معروف موسمی ، بادهای مانسون است که سبب بارش باران های شدید در جنوب و جنوب شرقی آسیا می شود . زمان وزش بادهای مانسون از فروردین تا آبان است . این بادهای در تابستان بر آب و هوای جنوب ایران تاثیر می گذارند و سبب بارندگی در بعضی ناحیه های آن می شوند .

بادهای تجاری (تی) : از منطقه پر فشار مدار ۳۰ درجه نیمکره شمالی و جنوبی به سمت منطقه کم فشار استوا می وزند . جریان بادهای تجاری دائمی است . در گذشته کشتی های بادبانی تجاری ، برای حرکت ، از نیروی دائمی این بادهای استفاده می کردند ، به همین دلیل این بادهای به تجاری معروف شده اند . جهت این بادهای در هر دو نیمکره از شرق به غرب است .

بادهای غربی : از منطقه پر فشار مدار ۳۰ درجه به سمت منطقه کم فشار مدار ۶۰ درجه می وزند . در نیمکره شمالی این بادهای از جنوب غربی و در نیمکره جنوبی از شمال غربی می وزند .

باد گاهی در حالت های چرخه ای (سیکلونی) و واچرخه ای (آنتی سیکلونی) نیز به وجود می آید . در سیکلون ها یک منطقه کم فشار با منطقه پر فشار احاطه می شود . بنابراین هوا از منطقه پر فشار خارجی به شکل مارپیچ در اطراف منطقه کم فشار داخلی جریان می یابد . جهت حرکت چرخه ها (سیکلونها) در نیمکره شمالی خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت و در نیمکره جنوبی در جهت حرکت عقربه های ساعت است . چرخه های بزرگ را گرد باد می نامند . معمولا در پی وزش گرد باد ، هوا ابری و بارانی می شود . گرد باد ها در مسیر حرکت خود سبب ویرانی های بسیار می شوند .

در واچرخه (آنتی سیکلون) ، یک منطقه کم فشار ، دور یک منطقه پر فشار را فرا می گیرد و هوا از منطقه پر فشار داخلی به شکل مار پیچ به منطقه کم فشار خارجی حرکت می کند . حرکت واچرخه در نیمکره شمالی در جهت حرکت عقربه های ساعت و در نیمکره جنوبی خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت است .

جدول بوفورت

سرعت باد معمولا روزها بیشتر از شبها است . سرعت باد با باد سنج و جهت آن با بادنما اندازه گیری می شود . دریا سالار سر فرانسیس بوفورت ، دریا نورد انگلیسی ، در سال ۱۸۰۵ میلادی برای تعیین سرعت باد بطور تقریبی بیان کرده است .

نیروی باد کاربرد بسیار دارد . قایقها و کشتی های بادبانی با نیروی باد حرکت می کنند. در آسیاب های بادی برای آرد کردن غلات و نیز در پمپهای بادی برای بیرون کشیدن آب از چاه از نیروی باد استفاده می کنند . در نیروگاههای بادی ، انرژی باد برای تولید الکتریسیته بکار می رود . انرژی باد تمام نشدنی است و محیط زیست را آلوده نمی کند ، از این رو متخصصان راههای مختلف بکار گرفتن آن را مطالعه می کنند .

باد می تواند ویرانگر نیز باشد . بادهای شدید درختان را ریشه کن و بنا ها را ویران و کشتی ها را غرق می کنند .

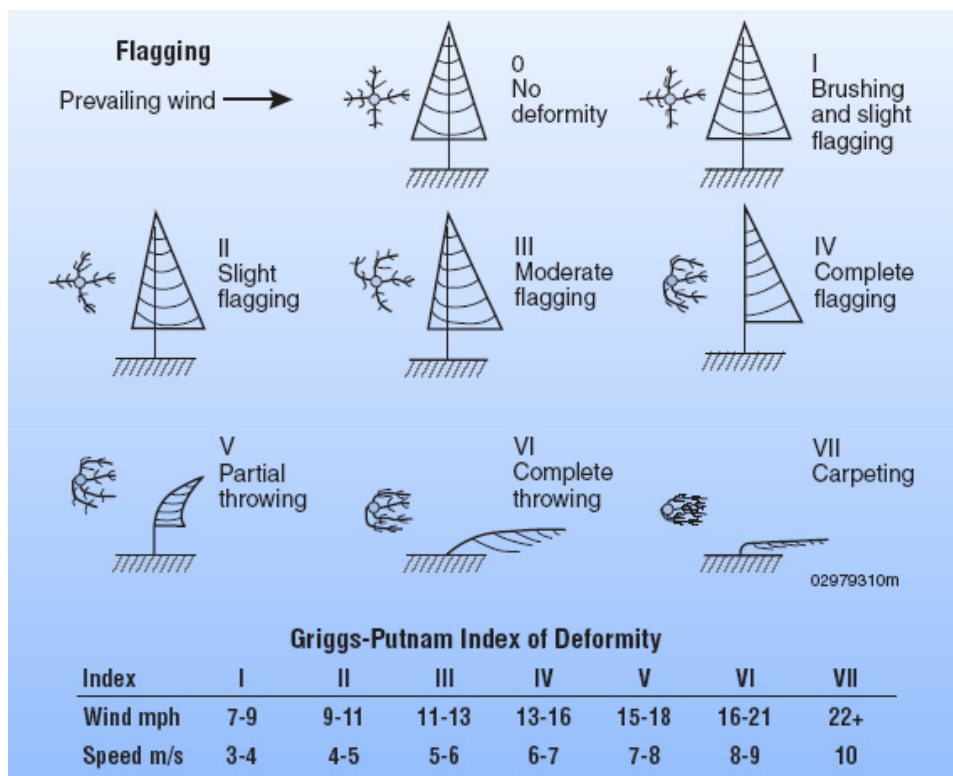
از سرعت و جهت باد در پیش بینی وضع هوا استفاده می شود . امروزه بالونها و ماهواره های هوا شناسی جهت و سرعت باد را اندازه می گیرند و به ایستگاههای زمینی مخابره می کنند .

جدول- ۱ تعیین سرعت باد طبق مقیاس بوفورت [۶]

سرعت باد Mph Kmh		مشاهدات	
۰-۱	۰-۱/۶	هوای آرام - دود از سطح زمین بصورت قائم بالا می رود .	هوای آرام
۱-۳	۱/۶-۴/۸	جهت باد بوسیله جریان دود معلوم ولی باد نما آنرا نشان نمی دهد .	هوای ملایم
۴-۷	۶/۴-۱۱/۲	احساس جریان باد در صورت انسان ، خش خش برگها ، حرکت بادنمای معمولی .	نسیم ملایم
۸-۱۲	۱۲/۸-۱۹/۳	حرکت دائمی برگها و ساقه های کوچک ، باز شدن بیرقهای سبک .	نسیم آرام
۱۳-۱۸	۲۰/۹-۲۸/۹	بلند شدن گرد و خاک و کاغذهای سبک از زمین حرکت شاخه های کوچک	نسیم متوسط
۱۸-۲۴	۲۸/۹-۳۸/۶	به نوسان درآمدن درختان کوچک برگدار تشکیل موج در آبهای ساکن در زمین	نسیم خنک
۲۵-۳۱	۴۰/۲-۴۹/۸	حرکت شاخه های بزرگ سود کشیدن سیمهای تلگراف ایجاد اشکال دراستفاده از چتر	نسیم شدید
۳۲-۳۸	۵۱/۴-۶۱/۱	حرکت تمامی درختان احساس ناراحتی هنگام حرکت درجهت مخالف باد	باد
۳۹-۴۶	۶۲/۷-۷۴	شکسته شدن ساقه های کوچک درختان جلوگیری تدریجی از حرکت	تند باد
۴۷-۵۴	۷۵/۶-۸۶/۸	خسارات ساختمانی کم (به سقف و دودکش)	تند باد شدید
۵۹-۶۳	۴۹/۹-۱۰۱/۳	کمتر در خشکی آزمایش شده است کنده شدن درختان به وجود آمدن خسارات قابل توجه	طوفان

تغییرات سرعت باد

آزمایشگاه هوا شناسی شمال غربی اقیانوس آرام در سال ۱۹۸۱ میلادی برای سازمان هواشناسی جهانی نقشه جهانی منابع باد را تهیه کرده است . این نکته قابل توجه است که سرعت متوسط باد ممکن است تا ۲۵ درصد از سالی به سال دیگر تفاوت داشته باشد . عمدتاً باد در زمستان نسبت به تابستان سرعت بیشتری دارد که البته استثناهایی هم ممکن است وجود داشته باشد .



شکل ۱۳- تعیین سرعت باد طبق مقیاس بوفورت [۹]

وزش باد در ایران

موقعیت جغرافیایی ایران

کشور ایران ۱،۶۴۸،۱۹۵ کیلو متر مربع وسعت دارد و در نیمکره شمالی و شرقی آسیا واقع شده و جز کشورهای خاورمیانه است . سواحل ایران در امتداد دریای خزر در شمال از رودخانه آستارا تا خلیج حسینقلی ۶۵۷ کیلو متر و در دریای عمان در جنوب از خلیج گواتر تا بندر عباس ۷۸۴ کیلو متر و در خلیج فارس از بندر عباس تا دهانه اروندرود ۱۲۵۹ کیلو متر است . در مجموع محیط ایران بالغ بر ۸۷۳۱ کیلو متر می باشد .

حدود ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری

کوهستانی محسوب می شود . بیش از نیمی از مساحت ایران را کوه ها و ارتفاعات ، $\frac{1}{4}$ را

صحرا ها و کمتر از $\frac{1}{4}$ اراضی قابل کشت تشکیل می دهد .

ایران دارای آب و هوایی متنوع و متفاوت است و با مقایسه نقاط مختلف کشور این تنوع را به خوبی می توان مشاهده کرد . ارتفاع کوه های شمالی ، غربی و جنوبی به قدری زیاد است که از تاثیر بادهای مرطوب دریای خزر ، دریای مدیترانه و خلیج فارس در نواحی داخلی ایران جلوگیری می کند . به همین سبب دامنه های خارجی این کوهها دارای آب و هوایی مرطوب بوده و دامنه های داخلی آن خشک است .

در کرانه جنوبی دریای خزر آب و هوا معتدل و میزان بارندگی آن بخصوص در سواحل غربی گیلان بیشتر از سایر نقاط است . متوسط گرمای سالانه حدود ۱۸ درجه سانتیگراد است .

آب و هوای قسمت غربی کشور ، مدیترانه ای است که در نواحی جنوبی آن ، آب و هوای نیمه صحرایی گرم بر آن اثر می گذارد . در این نواحی تابستانها با گرمای شدید در دره ها و هوای معتدل در ارتفاعات همراه است و در زمستانها هوای معتدل در دره ها و گرمای شدید در ارتفاعات حکم فرماست .

در نواحی جنوبی ، با وجود هوای مرطوبی که در سرتاسر این منطقه حاکم است ، میزان حرارت در این قسمتها بالا بوده ، بطوریکه حداکثر گرما در خوزستان به ۵۴ درجه سانتیگراد می رسد . از ویژگیهای این نواحی ، تابستانهای گرم و زمستانهای معتدل است و اختلاف درجه حرارت در فصول مختلف و شب و روز چندان زیاد نیست .

بعلت وجود کوههای البرز در شمال و رشته کوههای زاگرس در غرب کشور ، نواحی داخلی فلات ایران دارای آب و هوای خشک و بیابانی است . در کوهپایه های شمالی و غربی اثراتی از آب و هوای معتدل مجاور وجود دارد و هر چه از غرب به شرق و از شمال به

جنوب برویم از تاثیر بادهای مرطوب کاسته می شود و گرمای هوا نیز افزایش می یابد . در قسمت پست مرکزی ، شرقی و جنوب شرقی ایران آب و هوای بیابانی حکم فرماست که از مشخصات آن سرمای شدید در زمستانها و گرمای سوزان در تابستانهاست و اختلاف فاحشی بین درجه حرارت شب و روز وجود دارد .

بادهای ایران

کشور ایران از هر طرف با کوههای مرتفعی محصور گشته است. 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 ، افریقا ، اقیانوس هند و اقیانوس اطلس قرار گرفته است .

اثر عوامل مختلف در یک منطقه معین کره زمین ، آب و هوای آن منطقه را مشخص می کند .

آب و هوای یک ناحیه نتیجه وجود عواملی است که هر یک از آنها وضع خاصی را در آن محل بوجود می آورد . این عوامل عبارتند از : عرض جغرافیایی یعنی نزدیکی یا دوری از خط استوا و دو قطب شمال و جنوب ، ارتفاع از سطح دریا ، وضع کوهستانی یا جلگه ای، وجود دریا و یا دریاچه های بزرگ ، فشار و جریان هوا ، وزش بادهای بارندگی که نتیجه وجود این عوامل مختلف پیدایش محیط خاصی است که به طور کلی آب و هوای آن نقطه را مشخص می سازد .

کشور ایران در غرب آسیا واقع شده است و مرزهای شرقی آن تا حدود آسیای مرکزی ادامه پیدا می کند . نظر به وضع کوهستانی و وجود دریا در سواحل جنوب و شمال ،

دوری نواحی مرکزی آن از دریا ، نزدیکی به دشتهای وسیع آسیا ، وجود کوههای مرتفع در گرداگرد و داخل آن ، یکی از کشورهای نادر جهان به شمار می رود که می توان در آن انواع آب و هوا را مشاهده کرد .

ایران چه در زمستان و چه در تابستان در معرض وزش بادهایی است که در زمستان از اقیانوس اطلس و از شمال شرقی یعنی آسیای مرکزی و در تابستان از شمال غربی یعنی حدود ایسلند و اسکاندیناوی و نیز از جنوب یعنی اقیانوس هند می وزند، قرار گرفته است و کلیه جریانهای جوی تحت تاثیر این وضع قرار دارند .

آنچه تاکنون مسلم بنظر می رسد ، قرار گرفتن ایران در مسیر جریانهای مهم هوایی زیر است :

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 بخصوص در زمستان .
 ۴. جریان شمال غربی در تابستان .
- در سال ۱۳۴۹ بادهای دشت قزوین بررسی شده و نیز در سال ۱۳۵۹ بادهای دره منجیل مورد مطالعه قرار گرفته است .

فلاصه دو مطالعه برای تعیین محل نصب توربین بادی :

بررسی انرژی باد در منطقه منجیل

بمنظور استفاده از انرژی باد ، چند ایستگاه در منطقه منجیل مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است . نکته قابل اهمیت ، توزیع سرعت و جهت باد در یک منطقه و نیز ضریب تداوم و تغییرات باد است . بدین منظور اطلاعات ۸ ایستگاه کليما تولوژی در منطقه منجیل مورد استفاده قرار گرفته و اطلاعات بدست آمده از نظر آماری بررسی شده است .

نتایج بدست آمده نشان می دهند که از ۸ ایستگاه کليما تولوژی ظرف مدت ۵ سال ، دو ایستگاه منجیل و پارودبار (شرق منجیل) محلهای مناسبی برای استفاده از انرژی باد در فصلهای سرد و گرم هستند .

ایستگاه پارودبار با فرکانس سرعت هایی بین ۱۴/۴ تا ۲۸/۸ کیلومتر در ساعت در حدود ۵۷ درصد و با ضریب تداوم ۵۱ درصد و ضریب تغییرات ۱۶ درصد و سرعت متوسط ۱۵/۲ کیلومتر در ساعت در طول ۲۴ ساعت ، می تواند یکی از بهترین نقاط بمنظور بهره برداری از انرژی محرکه باد بحساب آید .

مطالعه آماری باد در ماشیه مناطق کویری ایران

با استفاده از جداول و مشخصات ماهانه باد در حاشیه کویری ایران که بر مبنای ۳ ، ۵ و ۸ بار در شبانه روز بوسیله سازمان هواشناسی کشور تهیه و انتشار یافته و در اختیار موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران قرار داده شده ، جریانهای جوی در ارتفاع باد سنج (۱۰ متری) مورد مطالعه قرار گرفته است .

داده های باد برای ۱۲ ایستگاه کليما تلوژی برای دوره های ۱۱ ساله (۱۹۷۵- ۱۹۶۵) تجزیه و تحلیل آماری شده ، سرعت متوسط باد ، سرعت متوسط برداری باد ، ضریب تغییر و ضریب تداوم باد محاسبه گردیده است . تغییرات ماهانه و فصلی باد در طول سال بطور متوسط در این دوره ۱۱ ساله و نیز فراوانی باد در ۸ امتداد استاندارد و فراوانی آن در چند محدوده سرعت که از نظر تخمین توزیع قدرت مفید توربین های بادی حائز اهمیت است ، بررسی شده و به کمک شکل ها و نمودارهای مختلف ، بادهای بارز و غالب در هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه ، معرفی گردیده است . در نتیجه معلوم شده که از میان این ایستگاهها و احیاناً در کل منطقه ، زابل با میانگین زمستانی ۱۷ کیلومتر در ساعت و میانگین تابستانی ۲۷ کیلومتر در ساعت و سالانه ۲۲/۵ کیلومتر در ساعت و همچنین ضریب تغییر و ضریب تداوم سالانه به ترتیب برابر ۱۶ درصد و ۸۶ درصد ، بهترین محل برای استفاده از توربین های بادی است .

ضریب یکپارچگی: نسبت سطح پره های توربین بادی به سطحی که توسط این پره ها هنگام چرخش جارو می شود ، ضریب یکپارچگی نام دارد .

سطح جارو شده توسط پره های توربین :

$$\text{ضریب یکپارچگی} = \frac{\text{سطح پره های توربین بادی}}{\text{سطح جارو شده توسط پره های توربین}}$$

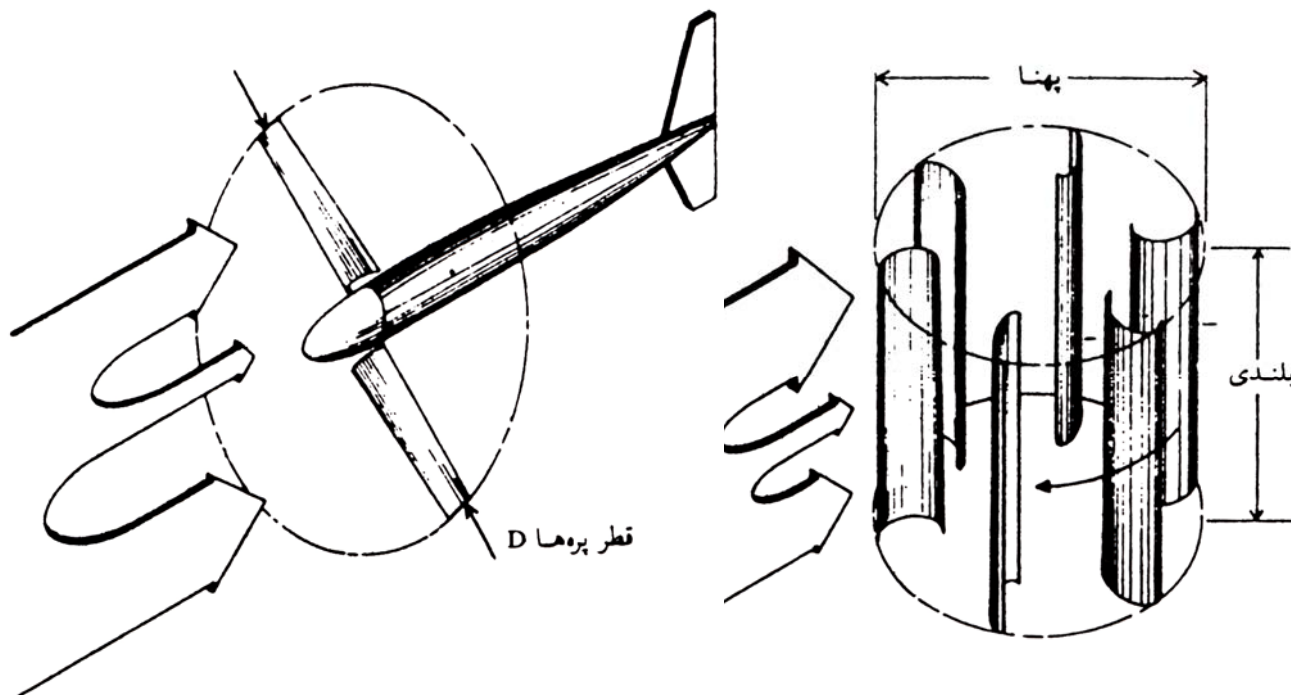
$$A = \Pi \frac{D^2}{4} \quad \text{: برای توربین بادی با محور افقی سطح جارو شده عبارت است از :}$$

D : قطر دایره چرخش پره ها به فوت

A : سطح جارو شده بوسیله پره ها به فوت مربع

و برای توربین های بادی با محور قائم .

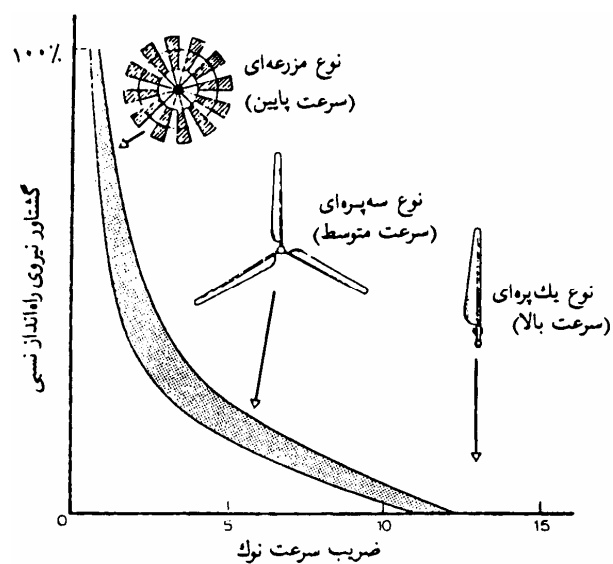
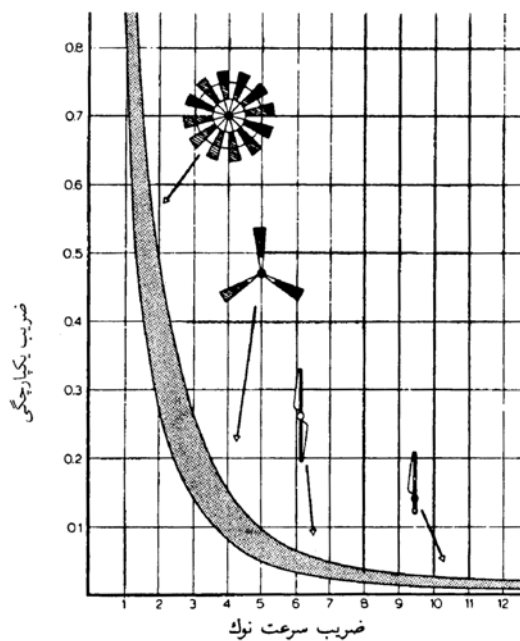
سطح جارو شده عبارت است از : (بلندی) × (پهنا) $A =$



شکل - ۱۴ و ۱۵ شمای روتور توربین ساونیوس و شمای توربین بادی با محور افقی [۶]

ضریب سرعت نوک : نسبت سرعت محیطی نوک پروانه گردان (سرعت خطی) به سرعت

باد را « ضریب سرعت نوک » نام دارد .



شکل - ۱۶ و ۱۷ گشتاور نیروی شروع به کار چند نوع توربین بادی و

« ضریب یکپارچگی » چند نوع توربین بادی نسبت به « ضریب سرعت نوک » [۶]

تقسیم بندی توربین های بادی

موضوع استفاده از نیروی باد به قرن ها پیش بر می گردد . کشتی ها و آسیاب های بادی هلندی ها و اسپانیایی ها گویای این امر است . اگرچه تاکنون تغییرات زیادی در طرح توربین های بادی داده شده است ، ولی بطور کلی می توان آنها را به دو دسته مهم زیر تقسیم کرد :

الف) توربین های که دارای روتوری با محور قائم هستند .

ب) توربین هایی که روتوری با محور افقی دارند .

مدارک و شواهد نشان می دهند ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آرد کردن غلات از آسیابهای بادی با محور قائم استفاده می کردند. آسیاب بادی با محور افقی حدود قرن دوازدهم میلادی در اروپا ساخته شد و مورد استفاده قرار گرفت .

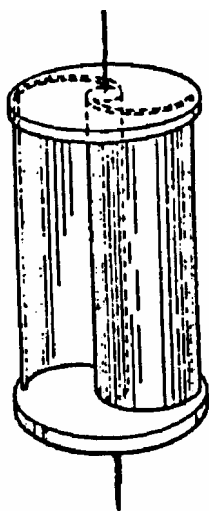
اگر منظور ، تبدیل انرژی مکانیکی باد به انرژی الکتریکی باشد ، در توربین های با محور قائم می توان ژنراتور برق را همراه با جعبه دنده داخل محفظه ای در قسمت پایین توربین نصب کرد .

در مورد توربین های بادی با محور افقی ، جعبه دنده و ژنراتور برق در محفظه ای بلافاصله بعد از توربین نصب می شوند .

توربین های بادی با محور افقی بازده بهتری دارند و نصب ژنراتور برق این توربین ها در بالای برج آسانتر از توربین های با محور قائم است .

اغلب آسیاب های قدیمی بطور افقی روی برج نگاهدارنده نصب می شدند و پره های آنها روی محور افقی قرار داشتند که همواره در جهت باد قرار گیرند ، بطوریکه وزش باد عمود بر سطح چرخش پره ها باشد .

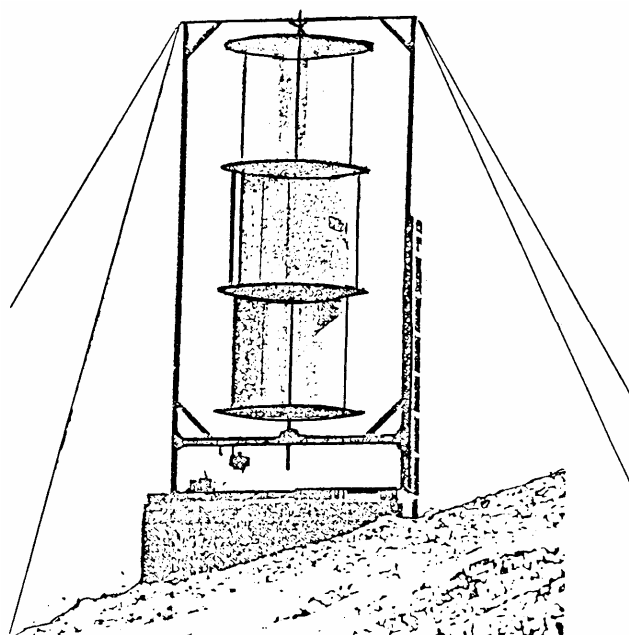
یک مخترع فنلاندی به نام ساوونیوس ، طی دهه ۱۹۲۰ میلادی یک محور قائم باد « سطل های باد » منحنی شکلی ساخت که می توانست باد را از هر جهتی که می وزید بگیرد و بگردد (خود گرد) (شکل ۱۸) . طرح او ساده و مقرون بصرفه بود ولی کارآیی و بازده کافی نداشت . هر کس طرز کار با ابزار آلات را بلد باشد ، می تواند یک توربین بادی مدل ساوونیوس برای خود بسازد ، برای این کار کافی است چند عدد بشکه خالی نفت را به دو نیم کرده و آنها را بطور عمودی روی دیسکهای مدور چوبی یا فلزی نصب نماید تا سطهای فلزی ساخته شود . برای کارآیی بیشتر می توان چند عدد از سطهای گردان ساوونیوس را بفاصله های معین بالا و پایین یک میله مرکزی قرار داد (شکل ۱۹) . این توربین با هر بادی بدون کمک از خارج از حالت سکون بحرکت در می آید .



شکل ۱۸- شمای توربین بادی با محور قائم مدل ساوونیوس [۶]

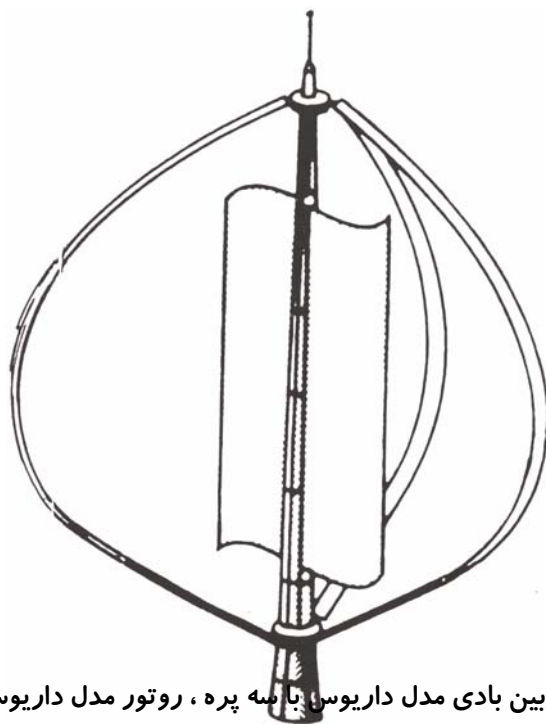
آسیاب بادی عجیب دیگری در دهه ۱۹۲۰ میلادی توسط داریوس فرانسوی اختراع شد که شبیه « تخم مرغ همزن دستی » بزرگ بود و از دو یا سه پره منحنی به شکل تیغه

های هلیکوپتر ساخته شده بود (شکل ۲۰). انحنای تیغه ها انعطاف پذیر بود ، و این همان شکل طبیعی یک کابل قابل انعطاف است که بدور یک محور قائم می چرخد . از آنجا که تیغه ها قابل انعطاف هستند ، هر چه محور گردان تندتر بچرخد ، فشار به تیغه ها وارد نخواهد آمد .

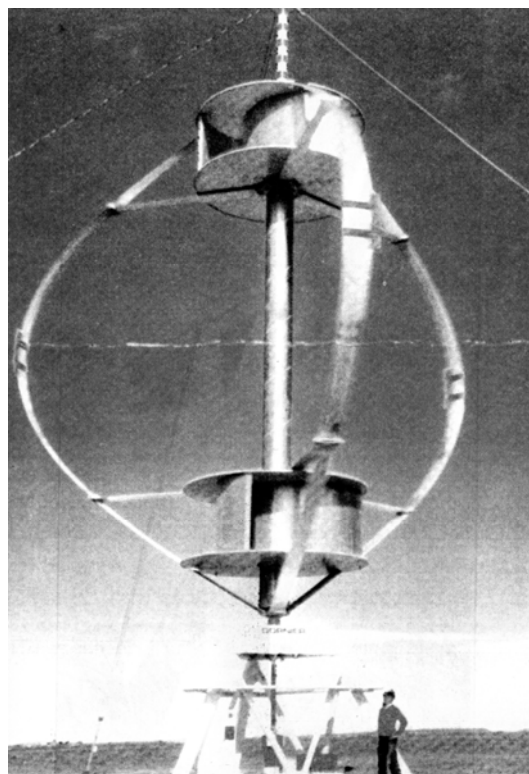
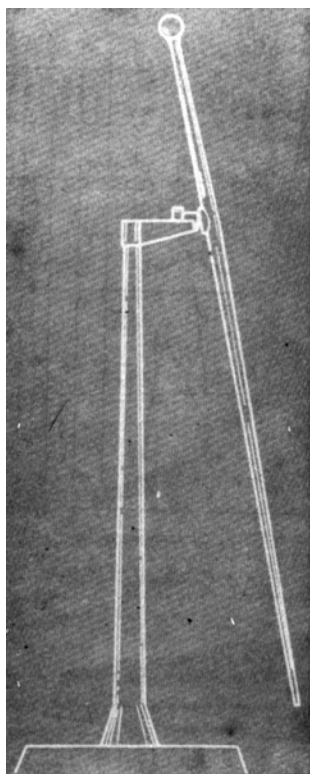


شکل - ۱۹ و ۲۰ توربین بادی با محور قائم مدل ساوونیوس با چها کابل مهار به زمین و توربین بادی با محور قائم مدل داریوس با دو پره [۶]

آسیاب بادی داریوس یک عیب نیز دارد و آن اینکه حتی در یک باد شدیدی به خودی خود به حرکت در نمی آید و باید بوسیله ای آنرا بکار انداخت . برای این کار می توان یکی از توربین های کوچک نوع ساوونیوس را روی محور قائم توربین اصلی داریوس بعنوان استارت خودکار نصب کرد و مورد استفاده قرار داد (شکل ۲۱) .

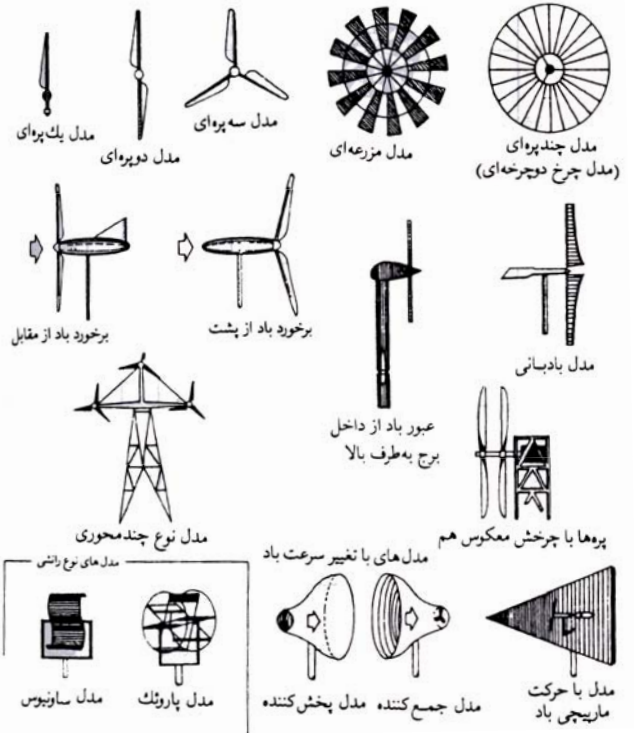


شکل - ۲۱ شمای توربین بادی مدل داریوس با سه پره ، روتور مدل داریوس روی محور قائم سبب می شود توربین داریوس در هر بادی خودبخود بچرخش در آید [۶]

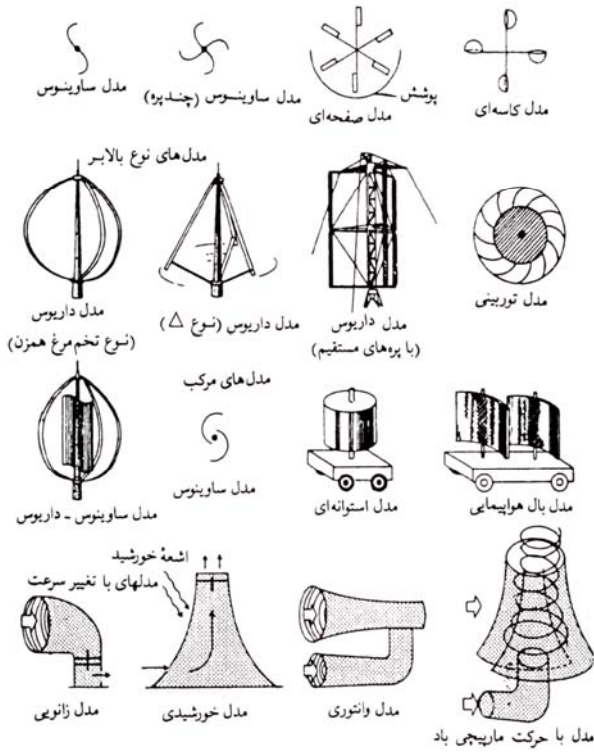


شکل - ۲۲ و ۲۳ توربین بادی مدل داریوس با پره هایی شبیه تخم مرغ همزن های معمولی که در بالا و پایین با دو توربین ساونیوس ترکیب شده است. و شمای توربین بادی یک پره (طرف مقابل پره به جای وزنه تعادل به کار می رود.) [۶]

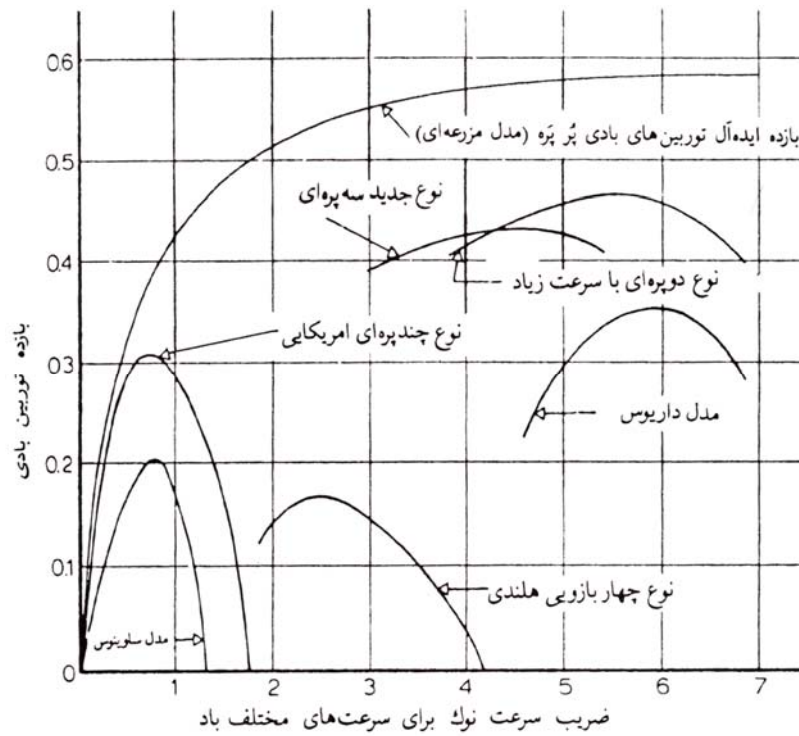
طبقه بندی توربین های بادی
پروانه های با محور افقی (نوع بالابر)



طبقه بندی توربین های بادی
پروانه های با محور قائم (نوع رانشی)



شکل - ۲۴ و ۲۵ طبقه بندی توربین های بادی با محور افقی و قائم [۶]



شکل - ۲۶ بازده و کارایی تعدادی از توربین های بادی متداول [۶]

توربین بادی چگونه کار می کند

بطور کلی یک مولد انرژی بادی وقتی بوسیله نیروی باد بحرکت در می آید ، قدرت بوسیله روتور آن به خارج داده می شود .

دو روش ابتدایی برای استفاده از نیروی باد وجود دارد :

الف) در روش اول (مطابق شکل ۲۷) یک چتر نجات توسط نیروی رانش باد بطور افقی کشیده می شود و کابل متصل به آن ، سطل آب را از چاه بیرون می کشد .

شکل ۲۸ شمای یک توربین ساده با محور قائم را نشان می دهد که بوسیله نیروی رانش باد می چرخد و از محور قائم آن نیرو گرفته می شود . شایان ذکر است دو پره ای که در طرفین محور توربین قرار دارد ، به ترتیب هر یک مقابل باد قرار گرفته و اخذ نیرو می کند و در همین زمان پره دیگر دور محور قائم خود (نه محور قائم توربین) ۹۰ درجه چرخیده و مانعی در مقابل باد نخواهد بود .

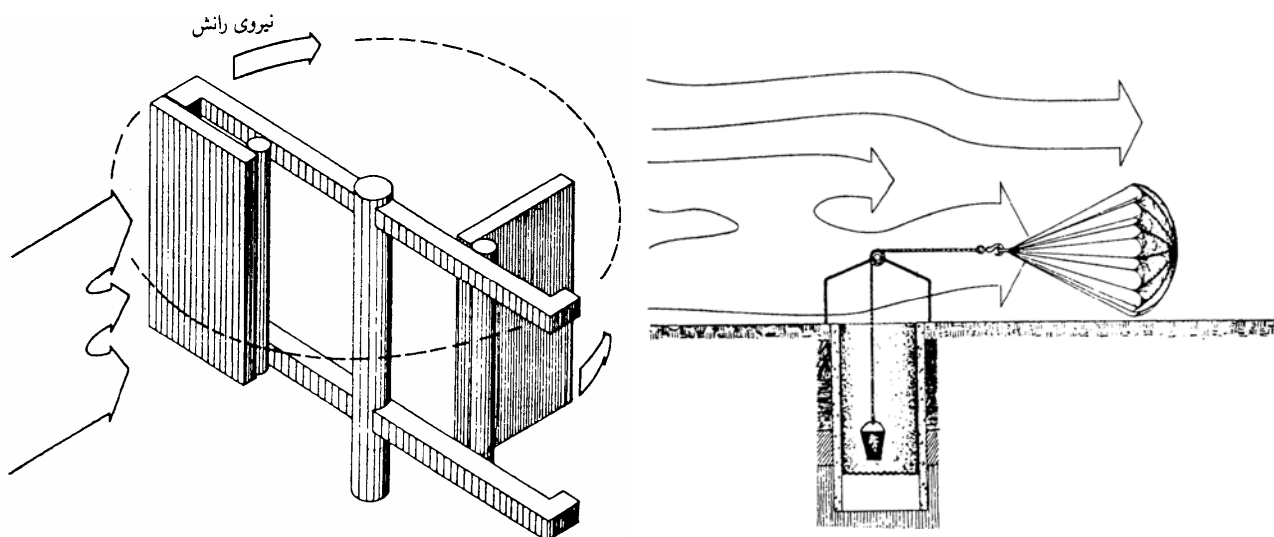
در شکل های ۲۷ و ۲۸ ، نیروی رانش باد به پاراشوت و نیز به دو صفحه توربین برخورد کرده و قدرت خود را برای آبکشی از چاه و یا گردانیدن توربین به مصرف می رساند . این نیروی رانش باد همان نیرویی است که هنگام حرکت اتومبیل در بزرگراه بوسیله باد به دست انسان که از پنجره ماشین بیرون باشد ، اعمال می شود .

ب) در روش دوم ، باد بواسطه عمل آیرودینامیکی که بالا بر نامیده می شود ، نیروی خود را به مبدل های بادی می دهد (شکل ۲۹) . نیروی بالا بر همان نیرویی است که در بالهای هواپیما هنگام پرواز بوجود آمده و سبب صعود هواپیما می شود .

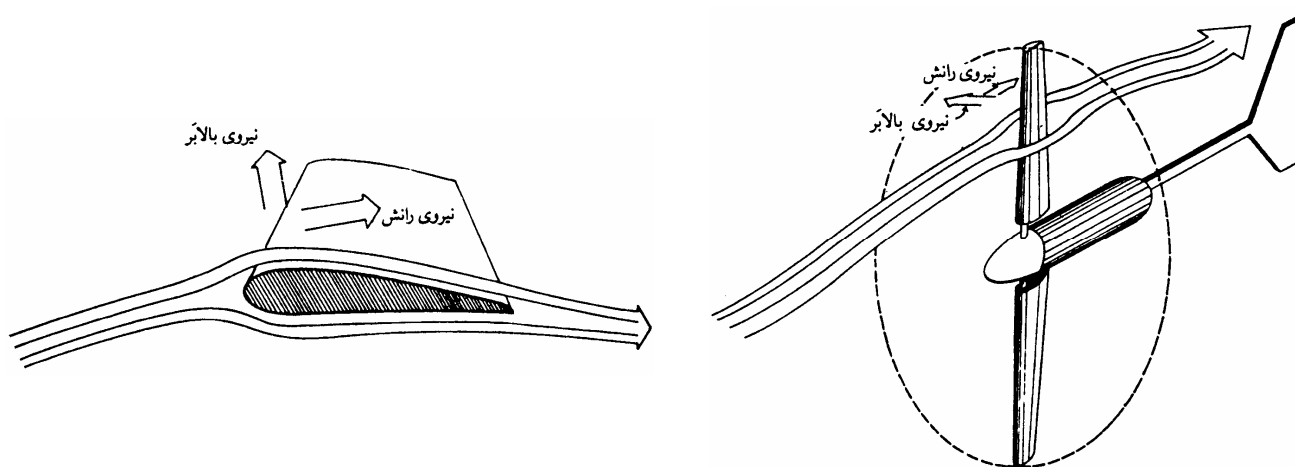
باید بخاطر داشت ، رشته های هوا هنگام برخورد با لبه پره توربین بادی که به فرم مخصوصی ساخته شده است ، هنگام خروج در قسمت بالا و در قسمت پایین اندکی تغییر مسیر داده سپس بهم می پیوند (شکل ۲۹ و ۳۰). به سبب فرم پره توربین ، جریان هوایی که از بالای آن می گذرد ، مسیر طولانی تری را طی کرده ، و در نتیجه رقیق گشته ، روی پره تولید مکش می کند ، عکس آن جریان هوایی است که از زیر پره می گذرد و مسیر کمتری دارد ، در نتیجه غلیظ بوده و به پره فشار وارد می کند . شکل ۸۶ شمای یک توربین بادی افقی را نشان می دهد ، نیروی بالابر سبب چرخش پره های توربین می گردد و قدرت تولید می کند و نیروی رانش که عمود بر سطح دایره گردش پره هاست ، بوسیله پره ها و برج نگهدارنده توربین خنثی می شود .

پره های توربین بادی اصولاً طوری طراحی می شوند که نیروی بالابر بزرگ و نیروی رانش کوچک می باشد ، از طرفی قدرت توربین بالا می رود و از طرف دیگر بعلت پایین بودن نیروی رانش ، صدمه ای به برج نگهدارنده توربین وارد نمی شود .

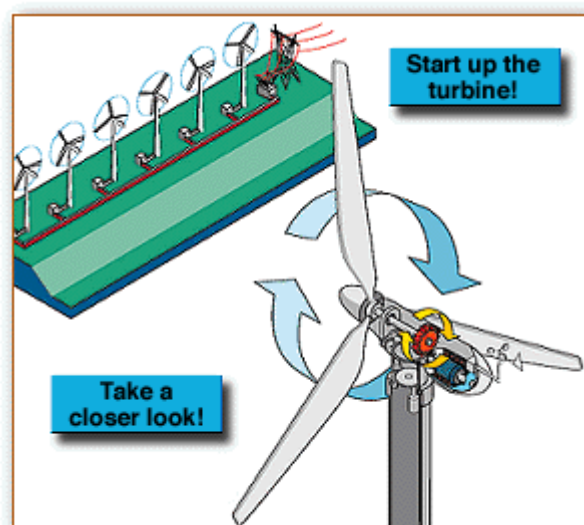
در توربین های بادی با محور افقی ، باد عمود بر سطح چرخش پره ها وارد می گردد ، از این رو نیروی باد بر تمام پره ها بطور یکسان اثر می کند . ولی در مورد توربین های بادی با محور قائم ، چون سطح ایجاد شده بوسیله چرخش پره ها تقریباً یک سطح کروی است و زوایای پره ها مرتباً نسبت به جهت باد تغییر وضع می دهند ، نیروی رانش مرتباً کم و زیاد می شود .



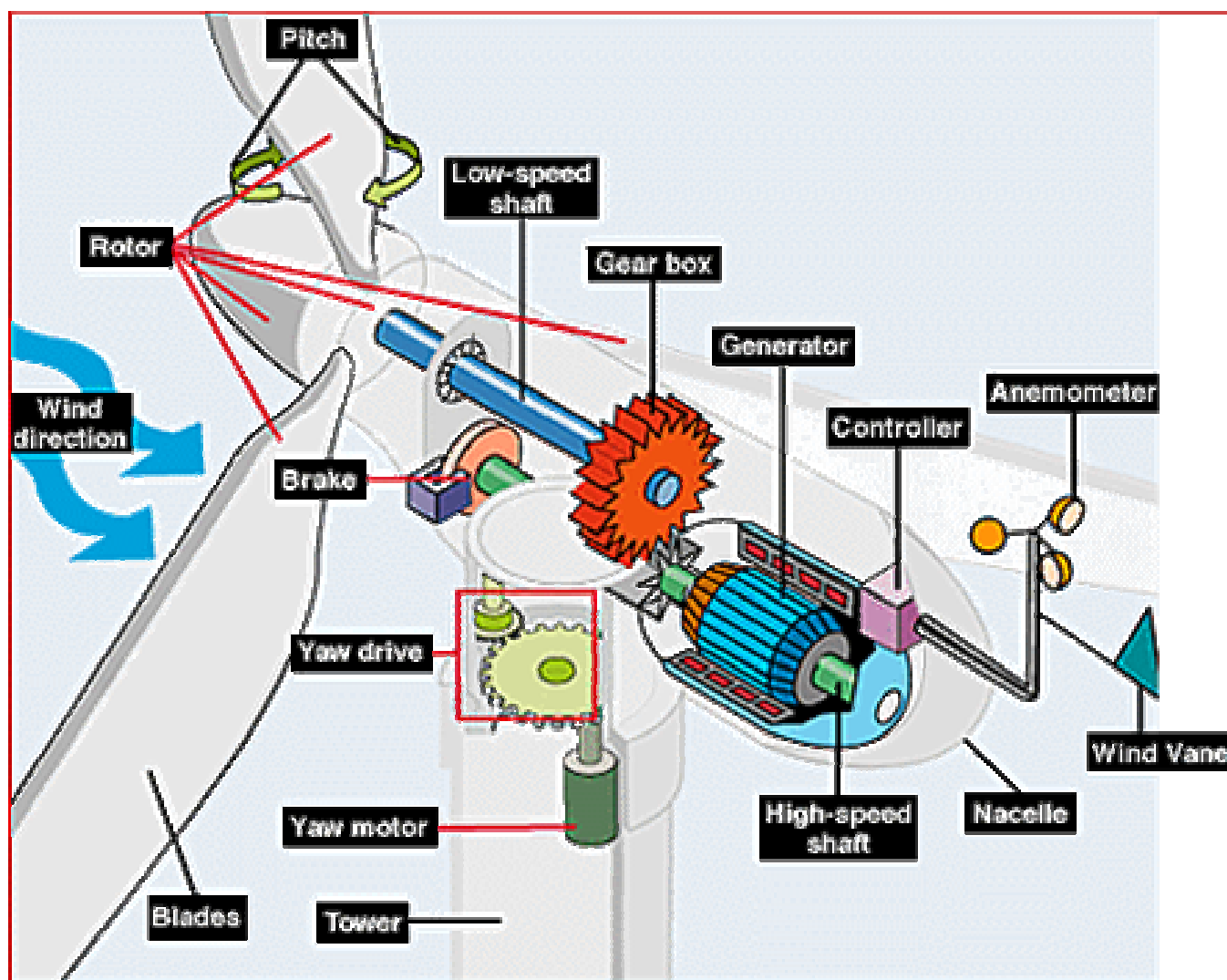
شکل - ۲۷ استفاده از نیروی باد برای آبکشی از چاه و
شمای توربین بادی با محور قائم و دو پره قابل برگشت [۶]



شکل - ۲۹ و ۳۰ شمای توربین بادی با محور افقی، نیروی بالابر تولید می کند و
نیروهایی که روی پره توربین بادی اثر می گذارد. [۶]



شکل - ۳۱ [۸]



شکل - ۳۲ اجزاء اصلی توربینهای بادی [۸]

اجزاء اصلی توربینهای بادی

Blades

پره ها

بیشتر توربین ها بین ۲ یا ۳ پره دارند باد به پره ها برخورد می کند و باعث چرخش آنها می شود.

Brake

ترمز

با استفاده از سیستم ترمز دیسکی می توان توربین را به هیدرولیکی در مواقع عادی حتی اضطراری متوقف کرد.

Controller

بخش کنترل

بخش کنترل توربین را هنگامی که سرعت باد بین ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه است بکار می اندازد و هنگامی که سرعت باد به بالاتر از ۲۵ متر بر ثانیه می رسد آنها را متوقف می کند توربین ها نمی توانند در سرعتهای بیشتر از ۲۵ متر بر ثانیه به کار خود ادامه دهند در سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه سقوط برج ها نیز وجود دارد.

Gearbox

جعبه دنده - گیربکس

گیربکس توربین های بادی می توانند سرعت کم چرخش محور پره ها را با ضریب تبدیل مثبت به سرعت بالا که در ژنراتور استفاده می شود، تبدیل کند.

Generator

ژنراتور

ژنراتور در حقیقت بخش تبدیل انرژی مکانیکی باد به انرژی برق (الکتریکی) است. ژنراتورهای بکار برده شده، ژنراتورهای آسنکرون و سنکرون می باشند.

Nacelle

ناسل

قسمت اصلی توربین بادی که روتور به آن متصل است را ناسل می گویند. ناسل در بالای برج قرار دارد، شامل جعبه دنده، شافت اصلی ژنراتور، بخش کنترل و ترمز است. بعضی از ناسلها آنقدر بزرگترند که تکنسین ها می توانند داخل آن بایستند. در گذشته توربین های بادی با یک سرعت دورانی ثابت (دور روتور) کار می کردند، اما مدلهای امروزی تقریباً سیستم یک سرعت را کنار گذاشته اند. از میان ۵۸ مدل توربین موجود، ۲ مدل یک سرعت، ۲۳ مدل دو سرعت و ۳۴ مدل با سرعت متغیر وجود دارند.

Rotor

روتور

به مجموعه تیغه ها و تویی وسط آنها رتور می گویند.

Tower

دگل

دکله‌ها معمولاً از فولادهای استوانه ای یا شبکه ای میله های فولادی ساخته می شوند، چون سرعت باد با افزایش ارتفاع زیاد می شود، دکل‌های بلند باعث می شوند توربین انرژی بیشتری بگیرد و الکتریسیته بیشتری تولید کند.

Measure sensors

سنسورهای اندازه گیری

شامل دو سنسور سرعت سنج و جهت نما می باشد که اولی سرعت باد و دومی جهت باد را به دقت مشخص می کند و اطلاعات حاصل را به بخش کنترل می دهد. براساس این اطلاعات زمان کار توربین زاویه چرخ انحراف مشخص می شود. این چرخ، توربین را دقیقاً در جهت وزش باد قرار می دهد.

Yaw motor

موتور انحراف

یک سیستم ترکیبی الکتریکی مکانیکی است. هدایت این سیستم توسط واحد کنترل انجام می شود. براساس اطلاعات رسیده از قسمت اندازه گیری واحد کنترل جهت باد قالب را تعیین کرده به موتور انحراف فرمان می دهد که این موتور توربین را در راستای مناسب بچرخاند. این سیستم فقط در توربین های بزرگ متصل به شبکه کاربرد دارد. در توربین های بادی سایز کوچک به جای چرخش انحراف از بالچه استفاده می کنند. این بالچه، توسط جریان باد خود به خود توربین را در راستای مناسب قرار می دهد.

High – speed shaft

شفت سرعت بالا

ژنراتور را به حرکت در می آورد

Low – speed shaft

شفت سرعت پایین

این قسمت به ازای سرعتی حدود ۳۰ تا ۶۰ دور در دقیقه شروع به چرخش می کند.

Pitch blades

استقرار پره ها

پره ها به گردش در می آیند تا سرعت باد را ثابت نگه دارند تا در سرعت بالا و یا پایین برق تولید شود.

چنانچه می دانیم هر دو نوع توربین های بادی با محور افقی (HAWT) و توربین های بادی با محور عمودی (VAWT) نوع داریوس ، با نیروی آیرودینامیکی بحرکت در آمده و تولید انرژی می کنند (شکل ۳۳) . توربین های بادی با محور افقی معمولی ترین واحد هایی هستند که ساخته می شوند . توربین های بادی با محور عمودی از نوع آسیاب های بادی قدیم برای آرد کردن غلات ، اولین بار توسط ایرانیان ساخته شده است .

دو نوع توربین بادی فوق از قسمت های زیر تشکیل شده اند :

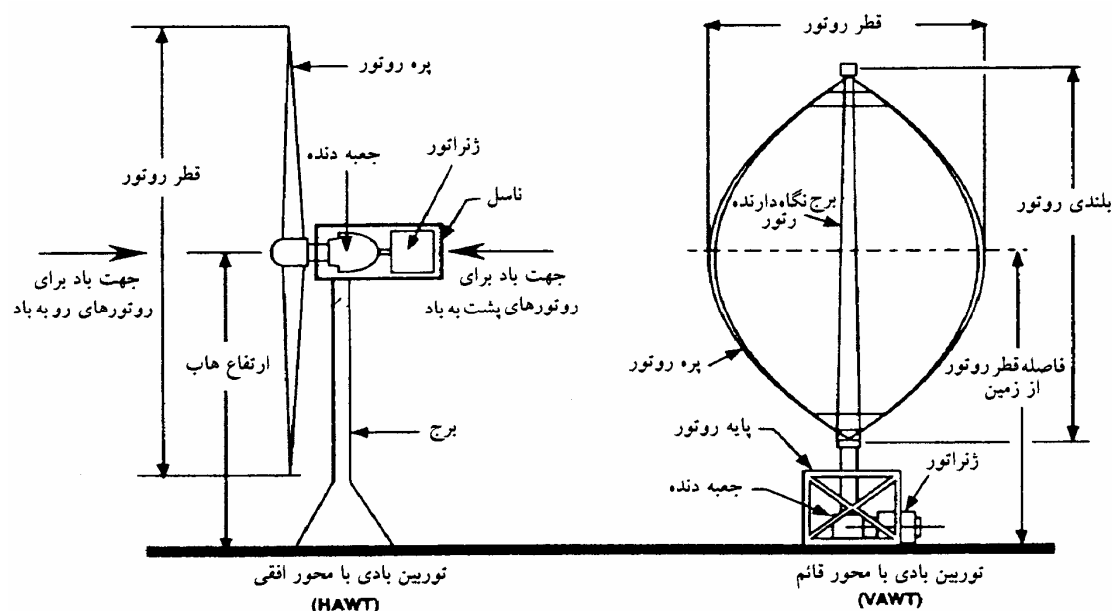
۱. روتور یا قسمت گردان شامل مجموع پره ها ، شفت و تویی

۲. سیستم محرکه شامل جعبه دنده ، ژنراتور برق و مکانیزم ترمز

۳. برج نگهدارنده سیستم روتور

۴. سیستم های کنترل و ایمنی

۵. سایر قسمت ها شامل اتصال های برقی ، سازه ای و خدماتی .



شکل ۳۳- تصویر کلی اجزای تشکیل دهنده توربین های بادی [۶]

ساختمان پره های توربین بادی

وقتی یک توربین بادی برای خرید انتخاب می شود ، قسمت اساسی و مهم ، ساختمان پره های آن است . در زیر ، ساختمان پره توربین های با محور افقی و نیز پره توربین های با محور قائم مدل داریوس را شرح می دهیم .

مواد ساختمانی یک پره ممکن است از چوب و یا چوبهایی باشد که بهم چسبانده شده و روی آن روکشی از فایبرگلاس قرار می گیرد . یکی از خواص خوب چوب این است که در اثر کار زیاد ، خستگی در آن بوجود نمی آید و ترک نمی خورد . تنها عیب ، کمی مقاومت آن است . شکل ۳۴ مقطع چند نوع از این پره ها را نشان می دهد .

هرگاه پره فاقد فایبرگلاس باشد ، برای جلوگیری از عوامل جوی از قییل شن ریزه ، باران و غیره ، در « لبه حمله » ، روی آن روکشی از مس یا سایر فلزات قرار می دهند .

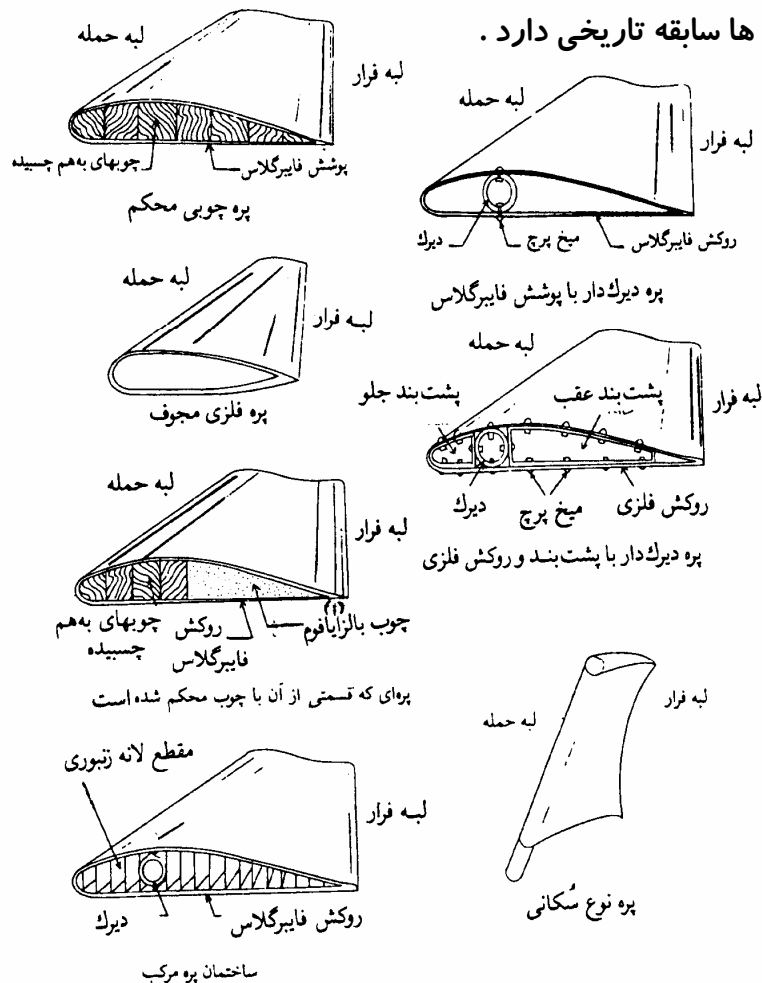
شایان ذکر است ، الیاف هوا هنگام عبور از سطح بالا و سطح پایین پره ، هنگام خروج با هم مماس شده (به هم چسبیده) ، از لبه عقب پره یعنی « لبه فرار » خارج می شوند . (شکل ۲۹ و ۳۰) .

برای بالا بردن مقاومت پره ، نزدیک لبه حمله ، دیرکی به شکل لوله قرار می دهند و برای مقاومت باز هم بیشتر آن در جلوی دیرک ، فلز تقویت کننده ای به نام « پشت بند جلو » و در عقب آن فلز دیگری به نام « پشت بند عقب » با میخ پرچ نصب می کنند .

ساخت پره های توخالی از آلومینیوم برای اولین بار در اوایل سال ۱۹۵۰ ، در یک مبدل انرژی بادی بکار رفت . این ساختمان پره ، بعداً " برای پره های توربین مدل داریوس مورد استعمال پیدا کرد .

در حال حاضر ساختن پره ها با روکش فایبر گلاس و با مقطع لانه زنبوری و یا با مغز

فوم و یا مغز مجوف رواج دارد . ساختمان پره ها به روشی که ذکر شد ، در توربین های



شکل - ۳۴- ساختمان پره های مختلف توربین های بادی [۶]

تنظیم دور توربین های بادی

باید دانست که روش های مختلفی برای تنظیم دور روتور توربین های بادی وجود

دارد . پره های توربین طوری طراحی شده اند که در مقابل نیروی وارد از طرف باد و نیز

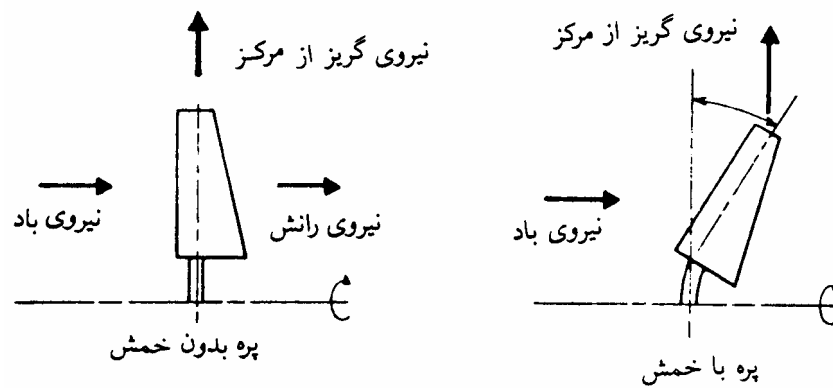
نیروی گریز از مرکز مقاومت کنند . نیروی گریز از مرکز می خواهد پره را در جهت مرکز

چرخش به خارج ، از جا بکند . در حالی که نیروی وارد از طرف باد بر پره ، می خواهد آنرا

به خارج خم کند (شکل ۳۵) . بنابراین وسیله تنظیمی لازم است که دور روتور را وقتی که

باد به شدت می وزد ، در حد متعارف نگه دارد .

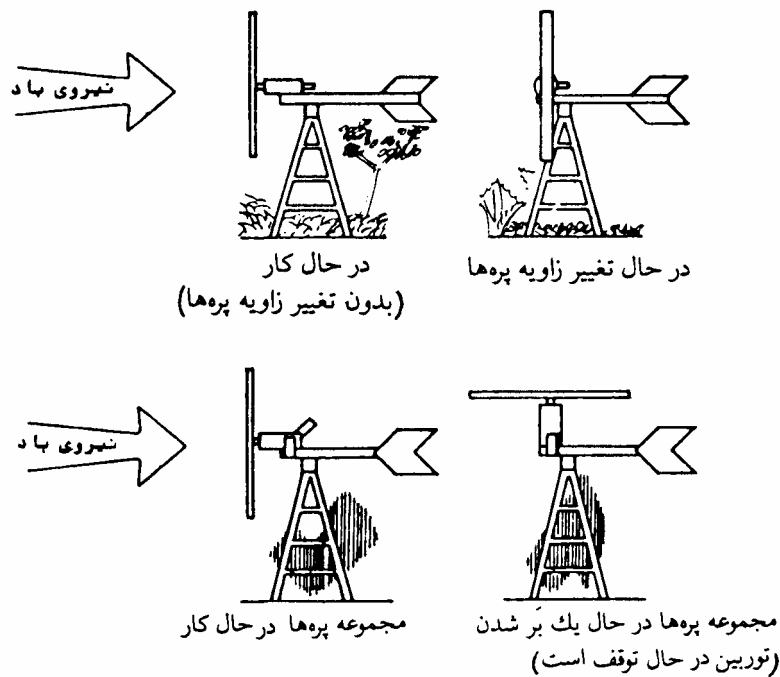
دو روش ابتدایی برای تنظیم دور توربین های بادی وجود دارد .



شکل -۳۵ بارهای وارد بر پره یک توربین بادی افقی [۶]

- تغییر زاویه پره ها بطوریکه پره ها نیروی کمتری از باد دریافت داشته و دور

توربین را کم کند (قسمت بالای شکل ۳۶) .



شکل -۳۶ روشهای تنظیم کردن توربین بادی [۶]

- یک بر کردن و کج نمودن مجموعه پره ها با زاویه ۹۰ درجه ، بطوریکه سطح

چرخش پره ها موازی جهت باد قرار گیرد (قسمت پایین شکل ۳۶) . البته در

این حالت توربین بادی از کار افتاده و بصورت Shut - Off در خواهد آمد .

روش اخیر در حال حاضر بکار برده نمی شود .

مکانیزم تنظیم دور بوسیله تغییر زاویه پره های توربین بادی در شکل ۳۷ نشان داده

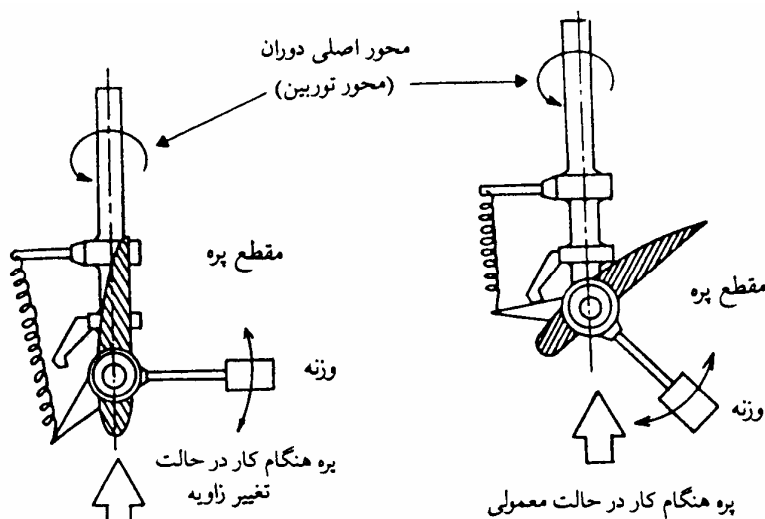
شده است . در اینجا ضمن چرخش زیاد از حد پره های توربین به دور محور ، وزنه دستگاه

تنظیم در اثر نیروی گریز از مرکز از حالت معمولی خارج می شود و همراه خود ، پره ها را

می چرخاند و زاویه آنها را تغییر می دهد . این امر سبب می شود که پره ها در محل

اتصالشان به روتور ، چند درجه ای بچرخند و لبه پره ها مقابل باد قرار گیرد و باد کمتری به

سطح پره ها برخورد کند و از دور روتور بکاهد .



شکل ۳۷- مکانیزم تغییر زاویه پره های توربین بادی [۶]

شایان ذکر است که در حالت طبیعی ، لبه حمله پره با زاویه مناسبی ساخته شده است

که وقتی در مقابل باد با سرعت معینی قرار گرفت ، دور لازم را داشته باشد .

توربین های بادی مدل مزرعه ای ، دمی بشکل باله دارند که سبب می شود توربین

همواره در مقابل باد قرار گیرد . در بادهای شدید برای اینکه به توربین صدمه ای وارد

نشود ، باله مذکور بطور خودکار از امتداد باد خارج شده و سطح آن موازی سطح چرخش

پره ها قرار می گیرد . در این حالت توربین بادی در بالای برج حول محور قائم خود اندکی چرخیده تا باله و سطح چرخش پره ها در امتداد باد قرار گیرد . در این وضع پره های توربین از باد نیرویی کسب نکرده و به حالت Shut-Off یعنی توقف کامل در آمده است .

قرار دادن توربین در جهت باد

دو روش برای کنترل و در جهت باد قرار دادن توربین های بادی با محور افقی وجود

دارد :

۱. قرار دادن دمی به شکل باله یا پرک در آخر محور روتور برای توربین هایی که

باد از مقابل به آنها می وزد .

۲. استفاده از نیروی رانش پره ها برای توربین هایی که باد از پشت به پره های آن

بر خورد می نماید.

روش سومی نیز وجود دارد، طرز کار آن به این ترتیب است که یک توربین بادی

کوچک به شکل باد بزن در پشت پره های توربین اصلی قرار گرفته است . این توربین

کوچک با تغییر جهت باد به حرکت در آمده و توربین اصلی را مقابل باد قرار می دهد . این

روش برای توربین های بادی با محور افقی که باد از مقابل و یا از پشت به آنها می وزد

کاربرد دارد .

توربین های بادی نوع ساونیوس که پره های آن حول محور قائم می چرخند ، با هر

جهتی از باد کار می کنند .

اغلب توربین های با محور افقی که تاکنون مطالعه کرده ایم ، با سه پره و یا بیشتر

طراحی شده بودند . توربین های بادی با دو پره نیز ساخته می شوند . این توربین ها احتیاج

به دمی به شکل باله یا پرک بزرگی نسبت به توربین های سه پره معادل خود دارند .
توربین های کوچک افقی با دو پره ، در مقابل باد حرکات جهشی کوچکی در امتداد محور
قائم توربین از خود نشان می دهند و این به سبب مقاومت پره ها برای تغییر جهت دادن
توربین است .

ژنراتور های مولد برق

چنانکه قبلا گفته شد ، توربین های بادی مولد برق با یکپارچگی کوچکی طرح می شوند
تا بتوانند « ضریب سرعت نوک » بزرگی برای دور های بالا داشته باشند . توربین های بادی
مولد برق اولیه که برای روستاها طرح شده بود ، به طور مستقیم به ژنراتور وصل می شدند ،
یعنی دور ژنراتور همان دور توربین بود . در توربین های بادی جدید ، توربین بوسیله یک
جعبه دنده بالا برنده سرعت به ژنراتور وصل می شود و دور ژنراتور با نسبت جعبه دنده
افزایش می یابد . این نسبت یا ضریب بطور کلی در حدود ۴ تا ۵ و گاهی بیشتر است .
بدین ترتیب مثلا دور توربین بادی ۱۰۰ دور در دقیقه ، بوسیله جعبه دنده انتقال قدرت به
۴۰۰ دور در دقیقه افزایش می یابد . این امر سبب کاهش قیمت ژنراتور می شود ، ولی در
عوض بعلت وجود جعبه دنده ، وزن مبدل بادی و برج نگهدارنده آن افزایش یافته و قیمت
دستگاه و نیز هزینه تعمیرات جعبه دنده افزایش می یابد .

مبدل های بادی سنگین وزن اشکالات زیادی مانند بلند کردن آنها با جرثقیل و نصب
روی برج نگهدارنده و نیز تعبیه برج نگهدارنده قوی تر نسبت به دستگاههای سبک وزن
دارند . یکی از مزایای اتصال مستقیم توربین و ژنراتور برق ، حذف جعبه دنده و تعمیرات

آن است . بطور کلی برگزیدن اتصال مستقیم و یا اتصال از طریق جعبه دنده ، کارخانه های سازنده مبدل های بادی تولید کننده برق را سخت به خود مشغول کرده است .

توربین های بادی اغلب با پره های مربوطه و نیز ژنراتور برق برای نصب روی برج ساخته می شوند . ممکن است توربینی که بالای برج قرار دارد ، نیرویش بوسیله محوری به ژنراتور برق که در پایین نصب شده است ، منتقل شود . امکان دیگر استفاده از یک تلمبه بادی برای آبکشی و سپس استفاده از فشار این آب در پایین دست برج برای حرکت در آوردن یک توربین آبی مولد برق است . با این حساب می توان با استفاده از فشار آب چند تلمبه بادی ، یک مرکز هیدروالکتریک بوجود آورد . البته در اینجا بعلت تبدیلات انرژی ، بازده پایین است .

ژنراتور های برق ک در توربینهای بادی بکار می روند ، ممکن است از نوع مولد جریان مستقیم و یا از نوع مولد جریان متناوب باشند . درباره ژنراتورهای جریان برق ، تاکنون کتابهای زیادی نوشته شده است ، ولی ما در اینجا به بحث درباره قسمت های اساسی آن می پردازیم .

جریان برق متناوب توسط ژنراتور های جریان متناوب (A.C.) تولید می شود . به این ماشینها آلترناتور نیز می گویند . ترتیب کار آنها بدین قرار است که مغناطیسهای قوی (یک در میان قطب شمال و قطب جنوب) که روی محور گردان نصب شده اند از مقابل سیم پیچهای ثابت عبور کرده و جریان متناوب (A.C.) را در سیم پیچها القا می کند . در اینجا میتوان درک کرد که فرکانس این جریان برق متناوب ، متناسب با دور محور گردان (RPM) است .

این فرکانس برق در آمریکا ۶۰ هرتز و در سایر کشور ها ۵۰ هرتز است . چنانکه می دانیم برای فرکانس ثابت برق احتیاج به دور ثابت توربین است . برای دستگاه های کوچک مولد انرژی بادی ، هزینه تهیه و تدارک مکانیسمی که دور را ثابت نگه دارد گران تمام می شود . ژنراتور هایی که جریان A.C. تولید می کنند ژنراتورهای همزمان نامیده می شوند . یک ژنراتور جریان برق که بطور همزمان کار می کند باید یک جریان متناوب با فرکانس ثابت و ولتاژ ثابت مطابق استاندارد تولید نماید . ساختن چنین دستگاهی بر مشکلات پروانه های توربین بادی می افزاید ، زیرا این پروانه ها از بادی تغذیه می شوند که سرعت آن ثابت نبوده و پیوسته در حال تغییر است .

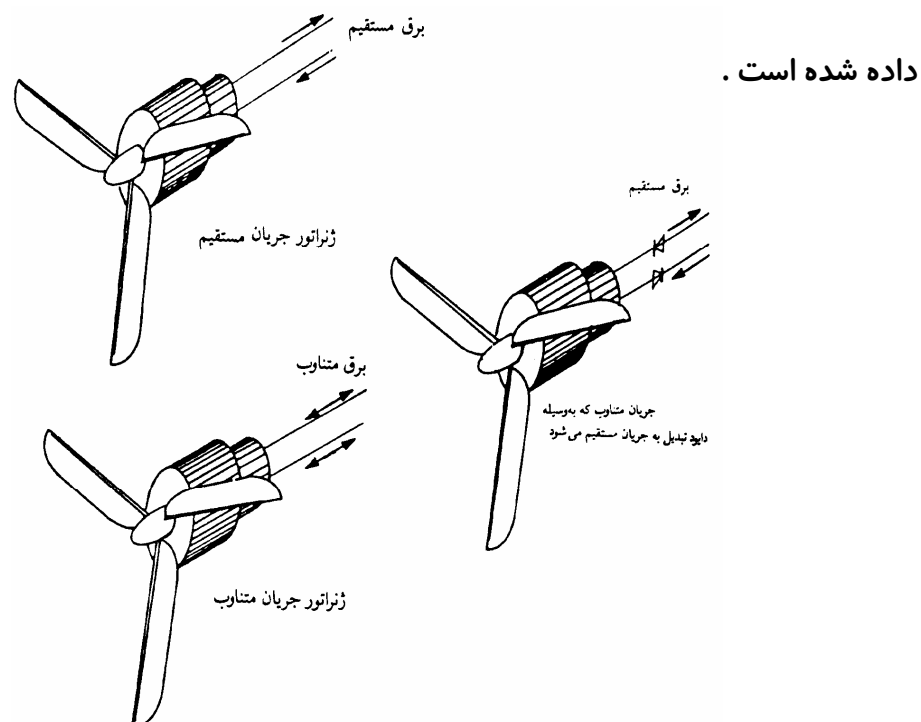
ژنراتورهای جریان متناوبی ساخته شده است که با استفاده از دستگاه های الکترونیکی می توانند با متغییر بودن دور ، برقی با فرکانس ثابت تولید کنند . این ژنراتورها Field Modulated Generators نامیده می شوند .

روش دیگر برای تهیه برق با فرکانس ثابت از نیروی باد این است که ابتدا جریان برق مستقیم تولید کنند و سپس این برق را با استفاده از دستگاه Inverter به برق متناوب تبدیل نمایند .

جریان برق مستقیم ابتدا بصورت جریان متناوب تهیه می گردد ، سپس بصورت جریان برق مستقیم بوسیله جاروبکها از کموتاتور گرفته می شود . روشی که ذکر شد ، بسیار معمولی است و مدتهاست مورد استفاده قرار گرفته است . روش متداول دیگر برای تهیه جریان برق مستقیم بدین ترتیب است که جریان برق متناوب تولید شده را بوسیله دیود به جریان برق مستقیم تبدیل نمایند . در این روش ، دیگر احتیاجی به جاروبکها و

کموتاتور نیست . در حال حاضر در بیشتر اتومبیل‌های جدید ، جریان متناوب بوسیله دیود به جریان مستقیم برای شارژ باتری و سایر مصارف اتومبیل تبدیل می شود .

جریان برق متناوبی را توسط ژنراتورهای بادی کوچک تهیه می گردد ، می توان بدون تبدیل شدن به جریان مستقیم ، مثلا برای گرم کردن مخازن آب بوسیله یک مقاومت الکتریکی مورد استفاده قرار داد . دیاگرام ۳ نوع ژنراتور (جریان مستقیم - جریان متناوب - جریان متناوبی که بوسیله دیود به جریان مستقیم تبدیل شده است) ، در شکل ۳۹ نشان



شکل - ۳۸ سه نوع ژنراتور جریان برق [۶]

اگر قرار باشد برق متناوب تولید شده در فاصله دورتری از محل تولید مورد استفاده قرار گیرد ، ابتدا فشار الکتریکی این برق متناوب را بوسیله ترانسفورماتور بالا برنده بالا می برند ، سپس به محل مورد مصرف منتقل می نمایند . در محل مصرف مجددا فشار این برق متناوب را بوسیله ترانسفورماتور پایین آورنده کم کرده و مورد استفاده قرار می دهند و در صورتیکه لازم باشد آنرا به برق مستقیم تبدیل می کنند (شکل ۴۰) . حسن این کار آن است که در یک بار معین ، با بالا رفتن فشار الکتریکی ، شدت جریان برق به همان

نسبت پایین آمده و تلفات اهمی بین راه ، بخصوص اگر فاصله زیاد باشد به مقدار زیادی کاهش می یابد .

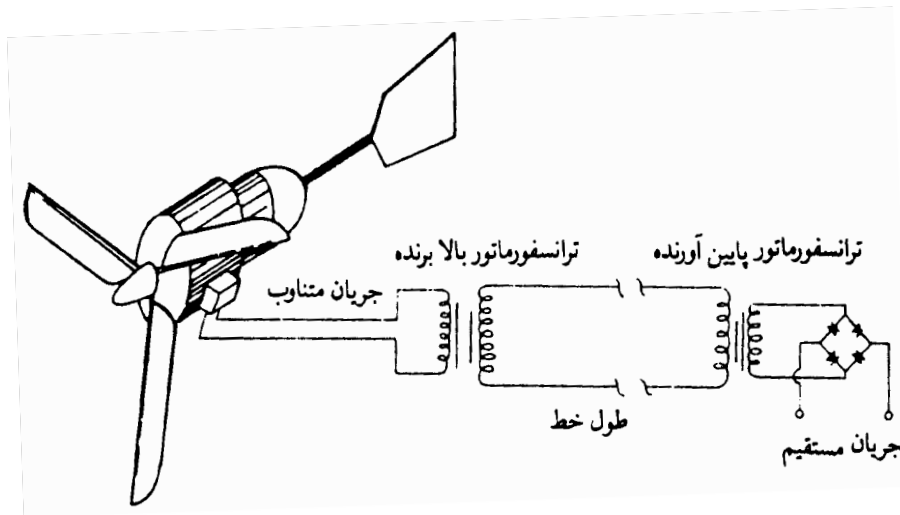
ترانسفورماتورها :

ترانسفورماتورها برای اینکه بازده خوبی داشته باشند ، برای یک فرکانس ثابت و معین ساخته می شوند . باید دانست که فرکانس برق توربین های بادی کوچک ، تابع وزش باد بوده و هر لحظه تغییر می کند .

ترانسفورماتورهایی ساخته شده اند که با فرکانس ۶۰ تا ۴۰۰ هرتز کار می کنند و نیز ترانسفورماتور های دیگری طراحی شده اند که بالای این گستره کار می کنند .

جاروبکهای ژنراتور جریان مستقیم از زغال یا گرافیت یا سایر مواد مناسب درست شده اند . این برس ها جریان برق مستقیم را از قسمت گردان می گیرند ، قسمتی را برای تغذیه قطب های مغناطیس الکتریکی به قسمت ساکن ژنراتور (استاتور) می دهند و بقیه را برای مصارف دیگر به خارج ژنراتور می فرستند . مولد های جریان متناوب یعنی آلترناتورها در امتداد محور خود دارای یک مولد جریان مستقیم کوچک برای تغذیه و تحریک قطب های مغناطیسی آلترناتور هستند . بعضی آلترناتورها ها دارای برس هایی هستند که قسمتی از برق متناوب تولید شده آلترناتور را به صورت جریان مستقیم برای ایجاد میدان مغناطیسی خود آلترناتور (قطب های مغناطیسی که روی قسمت گردان یعنی روتور قرار دارند) تهیه می کنند .

در بعضی مولد های جریان برق (چه مستقیم و چه متناوب) ، برای قطب های مغناطیسی از مغناطیس دائم یا طبیعی استفاده می کنند .



شکل - ۴۰ استفاده از ترانسفورماتور برای انتقال جریان برق متناوب به فاصله دور [۶]

تنظیم کننده های ولتاژ

سه روش برای کنترل برق خروجی ژنراتور بکار می رود :

۱. قرار دادن تنظیم کننده ولتاژ در سر راه سیم پیچ میدان مغناطیسی ژنراتور برای

کنترل قطبها و در نتیجه برق خروجی از ژنراتور .

۲. کنترل کننده ولتاژ ممکن است روی قطب مغناطیسی دائمی ژنراتور قرار گیرد تا

ولتاژ را با بار خروجی ژنراتور هماهنگ سازد .

۳. هیچ دستگاه تنظیمی بکار گرفته نشود و از نیروی برق مولدی که از مغناطیس

طبیعی استفاده می کند به همان وضع استفاده شود . فقط قسمتی از برقی که برای

مصرف به خارج داده می شود از دور مغناطیس طبیعی گذشته (بطور مستقیم و یا

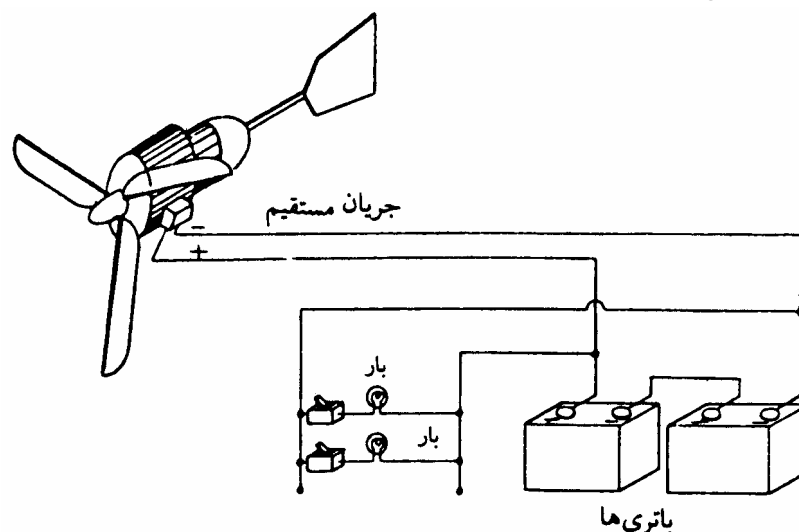
از طریق یک مقاومت اضافی) و متناسب با برقی که بیرون داده می شود ، میدان

مغناطیسی و در نتیجه ولتاژ برق را کنترل کند .

تنظیم کننده بار

شکل ۴۱ دیاگرام سیم کشی یک دستگاه توربوژنراتور بادی جریان مستقیم را نشان می دهد . این ژنراتور می تواند باتریها را شارژ کند و از طرفی می تواند برای دو مصرف کننده (بار) که در کل نشان داده شده است ، نیرو بفرستد . وقتی مصرف برق بیش از برق تولیدی توسط ژنراتور بادی باشد یا اینکه باد به مقدار کافی نوزد ، از باتریهایی که قبلا ظرفیت آنها محاسبه و شارژ شده اند ، کمک گرفته می شود . ظرفیت توربین بادی مولد برق حداقل باید معادل انرژی در خواستی به KWh برای بارهای مورد نیاز باشد .

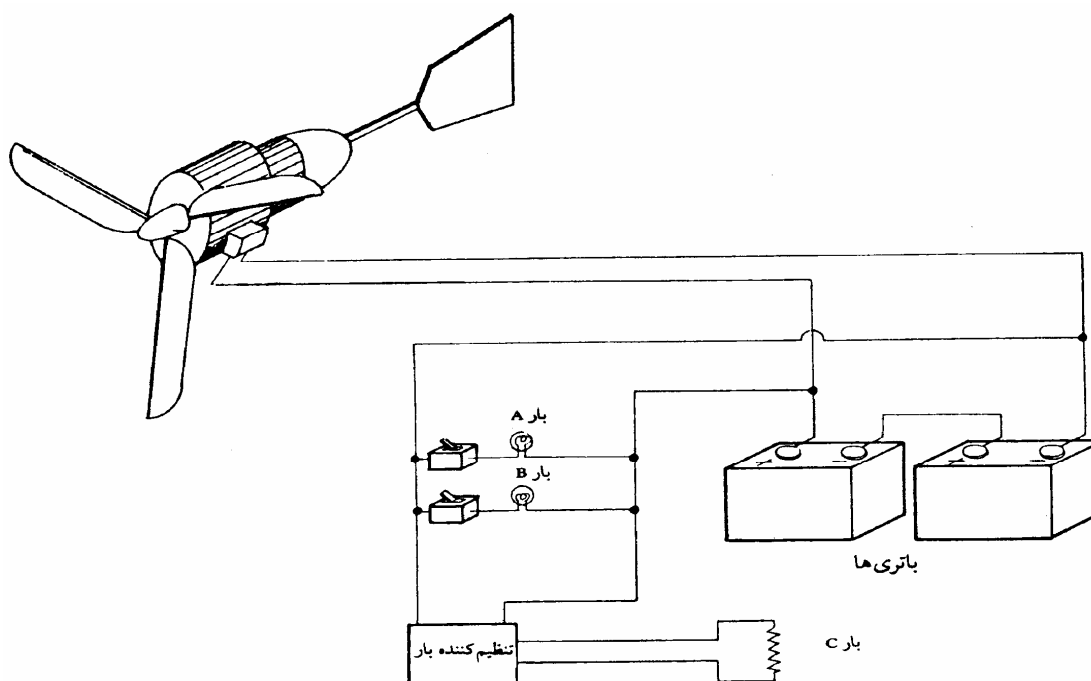
فرض کنیم مولد برق بادی بیش از احتیاج ، انرژی برق تولید کند . در چنین وضعی باتریها تا سر حد امکان شارژ شده و از انرژی مازاد به کمک تنظیم کننده بار به شرح زیر استفاده می شود (شکل ۴۲) .



شکل ۴۱ - دیاگرام ساده سیم کشی یک توربین بادی مولد برق [۶]

وقتی انرژی تولیدی بتواند بیش از انرژی مصرفی باشد ، تنظیم کننده بار با برقرار کردن جریان برق از طریق کلید داخلی خود ، اجازه می دهد انرژی اضافی برای بار C مصرف شود . بار C می تواند مقاومت اهمی یک منبع « آبگرمکن » باشد و انرژی اضافی

سبب بالا بردن درجه حرارت آب گردد و بدین وسیله انرژی اضافی ذخیره شود . برای ذخیره کردن انرژی اضافی می توان باتریهای دیگری را بکار گرفت یا به روش دیگری انرژی را ذخیره کرد .

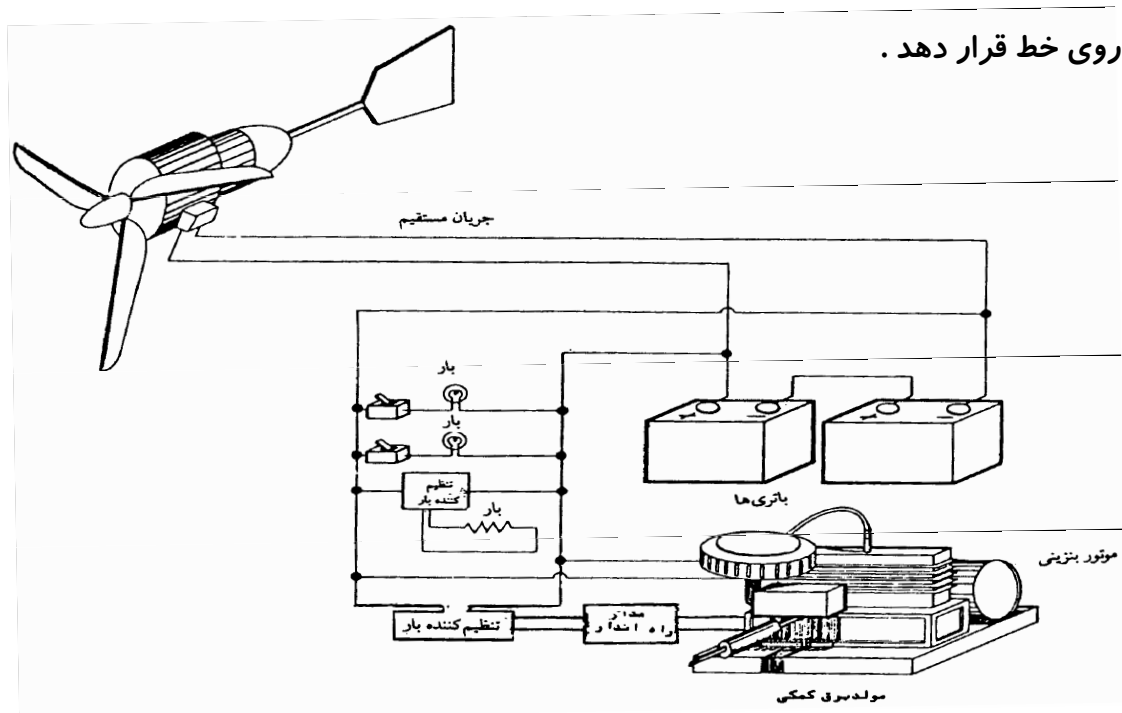


شکل - ۴۲ سیم کشی برق یک توربین بادی همراه با تنظیم کننده بار [۶]

تنظیم کننده های بار می توانند به طریق دیگری مورد استفاده قرار گیرند . فرض کنیم دستگاه مولد انرژی بادی ، برق لازم برای مصرف را تولید نکند ، مثلاً باد برای مدتی به اندازه کافی نوزد و باتریها در شرف خالی شدن باشند . در اینجا تنظیم کننده بار می تواند انرژی مورد نیاز را از طریق راه انداختن یک موتور بنزینی مولد برق کمکی تامین کند (شکل ۴۳) .

در مورد استفاده از موتور بنزینی مولد برق کمکی ، تنظیم کننده بار می تواند برای اطلاع ، چراغی را روشن کرده و یا زنگی را بصدا در آورد تا تکنسین ، موتور کمکی را روشن

کند و یا اینکه تنظیم کننده بار مستقیماً از طریق مدار راه انداز ، موتور کمکی را روشن کند و



شکل - ۴۳ سیم کشی برق یک توربین بادی همراه با ژنراتور کمکی [۶]

توربین های بادی مولد برق منجیل

توربین های بادی نصب شده در منجیل ساخت شرکت NORD TANK است که یک

شرکت دانمارکی است . این توربین های مولد برق توسط سازمان انرژی اتمی ایران

خریداری شده است .

چون ظرفیت نیروگاه های بادی نسبت به نیروگاه های سوخت فسیلی پایین است ، در

عمل تعدادی توربین بادی مولد برق بصورت مجتمع بکار گرفته می شود . برق تولیدی از

این مجتمع معمولاً به شبکه برق داده می شود .

در نیروگاه بادی والفجر منجیل تعداد ۲۷ توربین بادی به ظرفیت کل ۱۱/۱ مگاوات به

کار مشغولند ، از این تعداد ۱۹ توربین ۳۰۰ کیلو واتی و ۸ توربین ۵۵۰ کیلو واتی هستند .

قطر روتور توربین های ۳۰۰ کیلو واتی ۳۱ متر و در ارتفاع ۳۱ متری از سطح زمین نصب شده اند . توربین های ۵۵۰ کیلو واتی دارای قطر روتور ۴۱ متر بوده و در ارتفاع ۴۳ متری از سطح زمین قرار دارند .

توربین های بادی منجیل از اجزای زیر تشکیل شده است :

- پروانه سه پره ای با زاویه ۱۲۰ درجه .
 - موتور ، به همراه محور اصلی ، جعبه دنده ، ژنراتور و یک سیستم انحراف (دنبال کننده جریان باد) برای اینکه باد همواره عمود بر سطح جارو شده پروانه بوزد .
 - برج نگاهدارنده توربین بادی .
 - یک سیستم کنترل به منظور هدایت توربین بادی .
- توربین های بادی به طور کامل به صورت خود کار عمل می کنند . تنها رسیدگی معمول عبارت است از دو بار تعمیر و نگهداری در طول سال . توربین های بادی جدید را می توان با کنترل از راه دور تنظیم نمود . از طریق یک خط تلفن معمولی و یک کامپیوتر استاندارد بسیاری از فعالیت های توربین بادی را می توان ملاحظه و کنترل کرد .
- در صورت بروز اشکال فنی در توربین های بادی ، توربین به طور خود کار با دانمارک تماس برقرار نموده و کارشناسانی را که در ۲۴ ساعت و در تمام طول سال آمادگی اخذ پیام ها را دارند ، آگاه می سازد . سپس کارشناسان خدمات و نگهداری در دانمارک به تجزیه و تحلیل مشکل پرداخته و قادرند ۹۰ درصد تمام اشکالات را از طریق تلفن و کامپیوتر و بدون نیاز مراجعه حضوری به محل برطرف کنند . سیستم فوق در کشور های استرالیا ، آمریکا ، آلمان ، دانمارک و ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است .

توسعه توربین های بادی در جهان

توسعه صنعت توربین های بادی در جهان بسیار سریع بوده و با سرعت زیادی در حال پیشرفت است . از حدود سالهای ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۸ قدرت متوسط توربین های بادی نصب شده از ۱۵ الی ۳۰ کیلووات به ۶۰۰ کیلووات افزایش یافته است . در اروپا با سرعت بسوی ظرفیت ۸۰۰ تا ۱۳۰۰ کیلووات و حتی بیشتر پیش می روند .

امروزه مجموع ظرفیت توربین های بادی نصب شده در جهان به بیش از ۶۰۰۰ مگاوات می رسد . کشورهایی مانند دانمارک ، آلمان ، امریکا ، هند ، انگلستان و چین بیشترین تعداد توربین های بادی در جهان را به خود اختصاص داده اند .

نیروگاه عظیم بادی به قدرت ۲۵۰۰ KW

شرکت NORDEX در آلمان ، توربین بادی مولد برق عظیمی به قدرت ۲۵۰۰ KW برای اتصال به شبکه برق کشور ساخته و مورد بهره برداری قرار داده است (شکل ۴۴) .

صدر اعظم آلمان در ۲۹ فوریه سال ۲۰۰۰ ، این توربین بادی مولد برق غول آسا را رسماً به شبکه برق کشور متصل نمود و مورد بهره برداری قرار داد .

مشخصات :

- مدل NO ۸۰
- قدرت ۲۵۰۰ KW
- ارتفاع برج ۱۲۰ m
- قطر روتور ۸۰ m

در شکل ۱۴۶ منحنی قدرت این توربین تابعی از سرعت باد (m/s) نشان داده شده

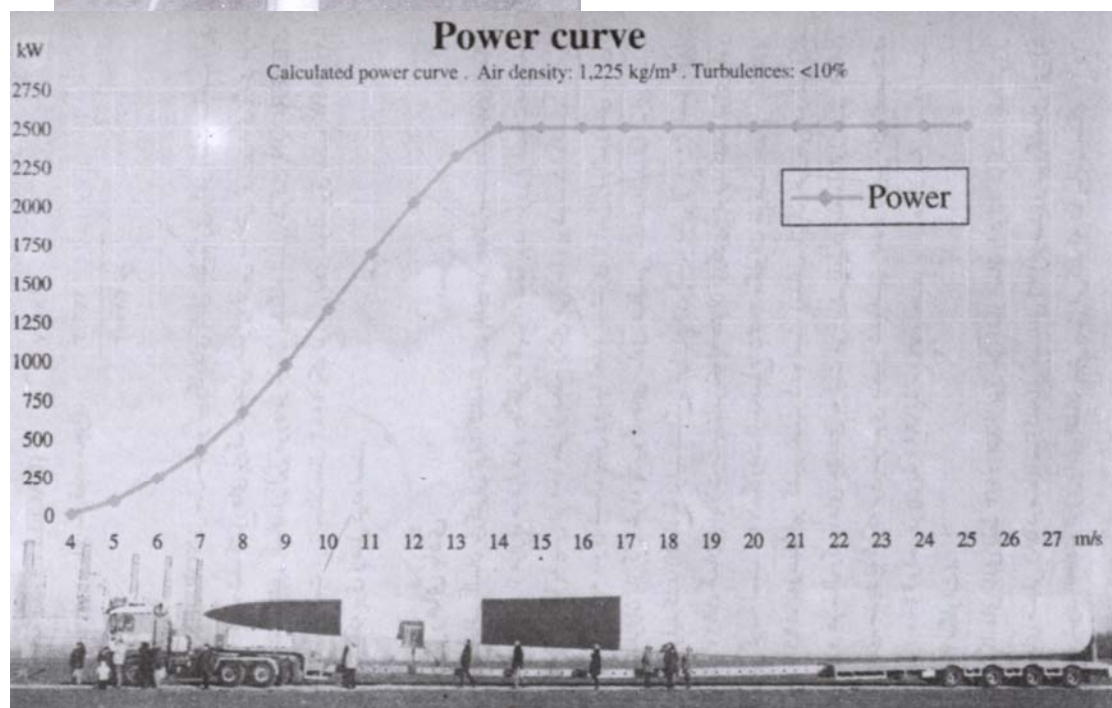
است . چگالی هوا 1.225Kg/m^3 و توربولانس کمتر از ۱۰ درصد بوده است .

پایین همین شکل یکی از سه پرهٔ این توربین بادی (نزدیک به ۴۰ متر طول) سوار بر

تریلر قبل از نصب بر روی برج مشاهده می شود .



شکل -۴۴ توربین بادی شرکت نوردکس
به ارتفاع ۱۲۰ متر و قدرت ۲۵۰۰ KW [۶]



شکل ۴۵- منحنی قدرت تابعی از سرعت باد برای توربین شکل ۴۴ [۶]

وزن توربین بادی فوق

- روتور شامل ۳ پره و هاب ۴۸/۳ تن
- ژنراتور و جعبه دنده (NACELLE) ۸۲/۷ تن
- برج نگهدارنده توربین (از ۳ قطعه مجزا) ۱۷۹/۳ تن
- جمع ۳۱۰/۳ تن

شرکت NORDEX در حال حاضر نیروگاههای بادی عظیم تری را در دست ساخت دارد . چنانکه اشاره شد ، کشور های بزرگ صنعتی همواره در پی ساختن توربین های بادی مولد برق بزرگتر هستند . کشور آلمان در این مورد در جهان پیشگام است . شرکت ENERCON که یک شرکت آلمانی است در تابستان سال ۲۰۰۲ یک توربین بادی مولد برق عظیم ۴/۵ MW را آزمایش و به شبکه برق وصل کرده است .

پروژه های باد

گروه مهندسی باد سازمان انرژیهای نو ایران (سانا) نیز به نوبه خود فعالیتهایی را در زمینه طراحی و نصب نیروگاههای بادی آغاز نموده است تا بدینوسیله نقشی در تأمین انرژی مورد نیاز کشور و ایجاد یک محیط زیست سالم برای هموطنان داشته باشد.

اهم فعالیتهای گروه مهندسی باد عبارتند از تأسیس دو مزرعه بادی در منطقه گیلان که جزئیات آن در ذیل آمده است:

سایت (ودبار)

سرعت باد سالانه متوسط در این منطقه طبق محاسبات و آمارهای گرفته شده 14 تا

16 متر بر ثانیه می باشد که یک پتانسیل خیلی خوب است. در این منطقه ۷ توربین بادی با

ظرفیتهای زیر نصب شده اند:

الف) ۱ توربین 500 KW

ب) ۳ توربین 550 KW

ج) ۳ توربین 300 KW

سایت منجیل

سرعت متوسط باد سالانه در این منطقه طبق محاسبات و آمارهای گرفته شده ۱۸ تا

۱۲ متر بر ثانیه می باشد که خیلی بالا است. توربینهای نصب شده در سایت منجیل به ترتیب

زیر است:

الف) ۱۵ توربین بادی که هر کدام 300 KW می باشند.

ب) ۵ توربین بادی که هر کدام 550 KW می باشند.

ج) ۱ توربین بادی که 500 KW می باشد.

نهایتاً قابل ذکر است که کلاً ۲۸ توربین بادی با توان 8/10 MW در رودبار و منجیل

نصب شده است. بنابراین 58,000,000 kwh الکتریسیته تولید می شود و در شبکه توزیع

می گردد. این قابل توجه است که توان انرژی باد 1700 watt/m² می باشد که

500 watt/m² از متوسط اروپا بیشتر است.

طراحی، ساخت و نصب توربین بادی ۱۰ کیلووات سهند تبریز

مشخصات پروژه:

طراح / مشاور: آقای محسن مجابی (گروه صنعتی تایباد)

مدیریت و نظارت کلی: دفتر انرژیهای نو، سازمان انرژیهای نو ایران
پیمانکاران ساخت و نصب: فراساز، مشهد گیربکس، راهبران صنعت، سدید، پتسا و دیگر

شرکتهای داخلی

سال شروع: ۱۳۷۵

سال راهاندازی: ۱۳۸۱

تعریف پروژه:

با وجود اینکه در تمام جهان استقبال وسیعی از توربینهای بادی بزرگ بعمل می‌آید و علیرغم اینکه با افزایش سایز، توربینهای بادی از موقعیت اقتصادی بهتری برخوردار می‌شوند، اما هنوز هم توربینهای کوچک کاربرد خود را از دست نداده‌اند. در نقاط بادخیز با جمعیت‌های کم و مصارف کوچک، توربینهای بادی کوچک (تا صد کیلووات) می‌توانند گزینه مناسبی باشند، بویژه اگر مواردی نظیر دورافتادگی و مشکلات حمل و نقل سوخت نیز وجود داشته باشد. چنین نقاطی در نواحی روستایی و دورافتاده ایران بسیار یافت می‌شوند. همچنین باید توجه داشت که ساخت توربینهای کوچک بمراتب ساده‌تر از توربینهای بزرگ است و لذا در صورت توسعه بازار این توربینها، کلیه اجزاء آن در داخل کشور قابل تهیه است.

با توجه به اهمیت توربینهای کوچک، در سال ۱۳۷۴، پیشنهاد رسیده برای طراحی و ساخت یک توربین بادی ۱۰ کیلووات مورد توجه دفتر انرژیهای نو قرار گرفت که پس از انعقاد قرارداد، فعالیتهای آن از ابتدای سال ۱۳۷۵ آغاز گردید.

شرح فعالیت‌ها:

طراحی این توربین عمدتاً در سال ۱۳۷۵ انجام گردید، ضمن آنکه در طول پروسه ساخت، بدلیل جدید بودن و تحقیقاتی بودن ماهیت کار، تغییرات مکرری در طراحی و مشخصات اجزاء توربین صورت گرفت. از جمله مهمترین تغییرات، صرف‌نظر کردن از سیستم جهت‌یاب فعال (Active Yaw System) و جایگزینی سکان را می‌تون ذکر نمود.

محل نصب این توربین، در ابتدا منطقه مردآباد کرج در نظر گرفته شده بود، لکن پیشنهاد رسیده از دانشگاه سهند تبریز جهت نصب و نگهداری این توربین در محوطه آن دانشگاه مورد موافقت قرار گرفت. دانشگاه سهند تبریز دارای ایستگاه هواشناسی است و لذا وجود آمار دقیق در محل نصب می‌تواند دقت مطالعات و ارزیابی‌های بعدی را افزایش دهد. اگر چه پتانسیل باد منطقه سهند تبریز ممکن است کمتر از مردآباد کرج باشد (آمار ثبت شده راجع به مردآباد کرج وجود ندارد) لکن رژیم باد سهند تبریز نیز قابل توجه است. سرعت متوسط سالیانه باد در این منطقه در حدود ۴ متر بر ثانیه است که برای توربینهای بادی کوچک مناسب است. ضمناً نصب توربین در تبریز صرفه‌جویی‌هایی در هزینه زمین و نگهداری نیز بدنبال خواهد داشت. فونداسیون توربین به حجم حدوداً ۴۰ مترمکعب در سال ۱۳۷۸ توسط شرکت کوشک‌آرا اجرا گردید. رینگ فونداسیون توسط شرکت فراساز ساخته شد و توسط پیمانکار فونداسیون کار گذاشته شد. برج توربین که توسط شرکت فراساز ساخته شده و جنس آن از فولاد با روکش گالوانیزه است، در سال ۷۸ به سایت حمل و نصب گردید. ساخت پره‌های توربین بعد از چند بار برگزاری مناقصه نهایتاً به شرکت

راهبران صنعت واگذار گردید. شفت محور اصلی توسط شرکت گسترش خدمات صنعتی در سال ۱۳۷۷ ساخته شد. جعبه دنده توربین توسط شرکت مشهد گیربکس در سال ۷۷ ساخته شد. ژنراتور نیز در سال ۷۷ از شرکت ماه نیرو خریداری گردید. یاتاقانهای شفت اصلی نیز از بازار داخلی تهیه شده‌اند. بلبرینگ سیستم جهت یاب، ساخت شرکت کروپ آلمان است که پس از پیگیریهای نسبتاً طولانی در سال ۷۸ بالاخره از بازار داخلی تهیه گردید. بعلت روند طولانی برگزاری مناقصات برای ساخت هر یک از قطعات، تصمیم گرفته شد که تمام قطعات باقیمانده با مناقصه به یک پیمانکار واگذار شود و لذا ساخت ماشین‌خانه و همه قطعات باقیمانده آن نظیر هاب، ترمز مکانیکی، سکان و سیستم هیدرولیک به گروه صنعتی سدید واگذار گردید. سیستم کنترل توربین نیز که شامل سنسورهای سرعت باد، جهت باد و نیز کابلها، تابلوها و دیگر قطعات الکتریکی و الکترونیکی است به شرکت پتسا واگذار شد.

و در نیمه اول سال ۸۰ پس از اتمام کلیه مراحل ساخت و مونتاژ و تست‌های اولیه کارگاهی توربین به سایت حمل و نصب گردید.

تنظیم کننده: محمد وافی محمدی

WWW.MVM.ANZALIBLOG.COM