فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: بررسی عملکرد توربین‌های بادی در تولید برق
دوره ۵ / شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۰/ ص ۳۵- ۲۶

بررسی عملکرد توربین‌های بادی در تولید برق

اصغر قادری۱، محسن زینلی۲، نجیب‌الدین یزدانی مجرب۲
۱-استادیار گروه برق دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر
۲-دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر

چکیده

انرژی‌های تجدیدپذیر روز به روز در حال پیشرفت و گسترش می‌باشند و این گسترش در کشورهای اروپایی بسیار مشهود می‌باشد. این پیشرفت‌ها ناشی از تحقیق و مطالعه در مورد انرژی-های تجدیدپذیر و مهمتر از همه بررسی و تحقیقات پیرامون تجهیزات و لوازم بهره‌برداری از این منابع تولید انرژی و پیشرفت و توسعه و ارتقای کیفی مربوط به آنها می‌باشد.

انرژی باد یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر، رایگان و پاکیزه می‌باشد. پیشرفت در زمینه‌ی مربوط به انرژی‌های بادی به پیشرفت در زمینه ی مولدهای مربوطه می‌باشد و مولد مورد استفاده جهت حصول لنرژی از باد، توربین‌های بادی می‌باشند، بنابراین جهت پیشرفت در زمینه‌ی انرژی‌های بادی می‌بایست به پیشرفت در حوزه‌ی توربین های بادی دست یابیم، برای این مهم می بایست شناخت دقیق از توربین‌های بادی و اجزای مربوطه داشته باشیم. در این مقاله به بررسی انواع توربین های بادی و عملکرد و معرفی اجزای ان پرداخته می‌شود. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که برای کارکرد صحیح توربین بادی و حصول انرژی از باد می بایست تمامی این اجزا به طور دقیق و صحیح کار کنند تا هدف اصلی حاصل گردد.

واژگان کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، توربین بادی، اجزاء توربین بادی، توربین بادی افقی و عمودی.

مقدمه

در دهه‌های گذشته تأمین انرژی الکتریسیته وابسته به سوخت‌های فسیلی بوده است. محدودیت این سوخت‌ها از یک سو و از سوی دیگر افزایش روزافزون تقاضای انرژی باعث نگران‌های بشر شده است. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که سوخت‌های فسیلی دیگر قادر به پاسخگویی افزایش مداوم تقاضای انرژی نیست و همچنین هزینه دستیابی به آنها به دلیل محدودیت منابع آن افزایش خواهد یافت. ادامه استفاده از این نوع سوخت‌ها، باعص افزایش نرخ آلاینده‌های زیست محیطی مانند افزایش درصد دی اکسید کربن در اتمسفر می‌شود.

کشورهای توسعه یافته به منظور تنوع بخشی به منابع انرژی، توسعه پایدار و ایجاد امنیت انرژی و حذف مشکلات زیست‌محیطی اقبال خوبی به منابع تجدیدپذیر انرژی نظیر خورشید، باد، زیست توده (بیوماس) و غیره از خود نشان داده‌اند که باعث افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده است. قابل پیش‌بینی است که در اثر افزایش روند گرم شدن زمین، مشکلات زیست‌محیطی فزاینده و بی نیازشدن کشورهای قدرتمند جهان از منابع فسیلی به لحاظ توسعه منابع انرژی های جایگزین، به زودی کنوانسیون-های بین‌المللی به وجود خواهند آمد که استفاده از منابع فسیلی را محدود خواهند کرد. البته قابل ذکر است که هم اکنون نیز با پیوستن به توافق‌نامه اقلیمی پاریس متعهد هستیم تا سال ۲۰۲۰ میلادی، ۱۲ ٪ مصرف سوخت فسیلی برای تولید برق را کم کنیم که اثرات آن در قطعی های برق در تابستان ۱۳۹۷ در ایران کاملاً مشهود بود.

انرژی‌های تجدیدپذیر پاک، فراوان، مجانی و دردسترس همگان قرار دارند. این منابع پایان‌ناپذیرند و کمیت و کیفیت آنها تا زمانی که نظام آفرینش پابرجاست، تغییر نخواهد کرد. بنابراین سرمایه گذاری مالی و پژوهشی روی این منابع برای همه کشورهای جهان عقلانی به نظر می رسد.

در میان انواع مختلف منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، باد به عنوان یکی از ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین این منابع انرژی است. بنابراین از انرژی باد نیز می‌توان برای جلوگیری از آثار مخرب سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی الکتریسیته استفاده کرد. استحصال انرژی باد توسط دستگاه‌های توربین بادی انجام می‌گیرد. در این تحقیق سعی بر آن شده به معرفی انواع توربین بادی و نحوه عملکرد آنها در ایران پرداخته شود.

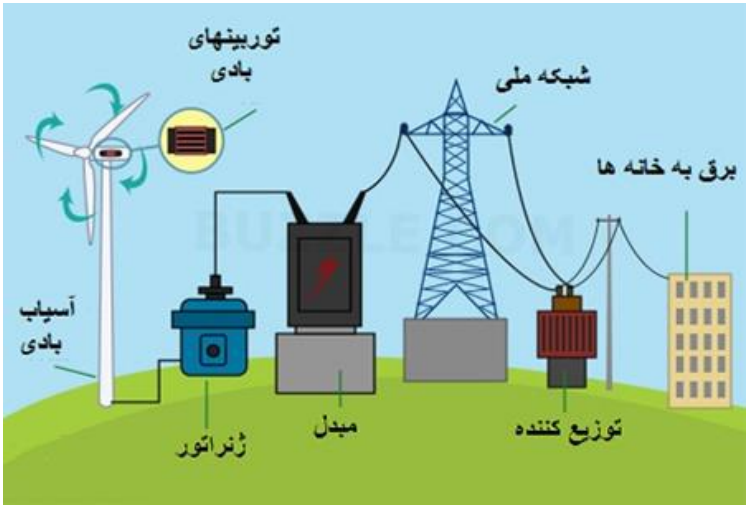
توربین بادی:

یکی از این انرژی‌های نو یا اصطلاحاً تجدید پذیر، انرژی حاصل از جابجایی هوا یا همان باد است. با توجه به تاریخچه زندگی بشر، انسان از زمان‌های بسیار دور به وجود این نیرو و کاربرد آن در زندگی خود پی برده و درحرکت کشتی‌ها و آسیاب‌های بادی از آن بهره مفیدی برده است. این در حقیقت همان کشف اولیه انرژی و دریافت انسان از تبدیل انرژی باد به انرژی مکانیکی بود. انرژی باد یکی از انواع انرژی‌های تجدید پذیر است که دربرتری آن نسبت به سایر انرژی‌های طبیعی به‌طور خلاصه می‌توان به مواردی اشاره کرد: رایگان بودن انرژی باد حرکت توربین‌های باد نیازی به سوخت ندارد، بنابراین کاهش در مصرف سوخت فسیلی، تنوع در ظرفیت و اندازه از چند وات تا چند مگاوات، نداشتن نیاز به اشغال زمین‌های زیاد برای نصب، نیاز نداشتن به آب برای چرخش توربین (نیروگاه‌های آبی و گازی)، نداشتن آلودگی‌های زیستی به نسبت سوخت‌های فسیلی. بعد از بحران نفتی دهه هفتاد و نگاه دوباره دنیا به انرژی‌های غیر فسیلی، برق حاصل از انرژی باد به صورت استفاده در پمپ آب، مصرف در مناطق دوردست و .. آرام آرام کاربرد پیدا کرد. در نیمه دهه هفتاد و با توجه به این نگاه جدی به موضوع انرژی‌های نو، درزمینه توربین‌های بادی تولیدکننده برق پیشرفت‌های چشمگیری حاصل شد. در ابتدای دهه هشتاد میلادی اولین بازار چند مگاواتی انرژی باد در آمریکا، با اتصال توربین‌های بادی به شبکه راه‌اندازی شد. در اواخر دهه نود میلادی دانمارک با تولید سالیانه حدود دو هزار مگاوات ساعت، ظرفیت توربین‌های بادی تولیدکننده برق به شبکه جهانی را به ۳۲۰۰ مگاوات رساند.

در جهان هزاران توربین بادی در حال بهره‌برداری وجود دارد که ظرفیت تولیدی آنها به ۷۳۹۰۴ مگاوات می‌رسد و در این میان اتحادیه اروپا ۶۵ ٪ از کل توان بادی جهان را تولید می‌کند. تولید برق بادی در میان دیگر روش‌های تولید انرژی الکتریکی دارای بیشتری شتاب رشد در قرن ۲۱ بوده است به طوریکه تولید توان بادی جهان در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ چهار برابر شده

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

است. این در حالی است که در ایران با توجه به وجود مناطق بادخیز، طراحی و ساخت آسیاب‌های بادی از ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد رایج بوده و هم‌اکنون نیاز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم هست. مولدهای برق بادی می-تواند جایگزین مناسبی برای نیروگاه‌های گازی و بخاری باشند. میزان ظرفیت نصب شده برق بادی تا اوایل سال ۱۳۸۷ بالغ بار ۱۲۸ مگاوات بوده است که تولید ۳۰۷ گیگاوات ساعت برق را طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۷۴را به همراه داشته است. این میزان برق تولیدی سبب صرفه‌جویی ۴۲۵ هزار بشکه معادل نفت در بخش نیروگاهی ایران شده و در جای خود موجب کاهش یک میلیون تن انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی در فاصله ۱۳۸۳-۱۳۷۴ شده است. مطالب ارائه شده تماماً گویای اهمیت این انرژِی تجدید پذیر در طبیعت می‌باشد که به سادگی و صرف از سرمایهگذاری اولیه، بدون هیچ هزینه‌ای قابل استفاده است.



شکل ۱. روش کار توربین بادی

برای استحصال نیروی باد با کمک تعدادی پره که قابلیت دریافت انرژی باد و تبدیل آن به انرژی مکانیکی به وسیله یک محور را داشته باشد، توربین بادی ساخته می‌شود. چون هدف از ساخت توربین دست یافتن به انرژی الکتریکی است بنابراین غالباً حضور یک ماشین الکتریکی نیز جهت تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی لازم است.

مکانیسم کار توربین‌های بادی و اجزا آن

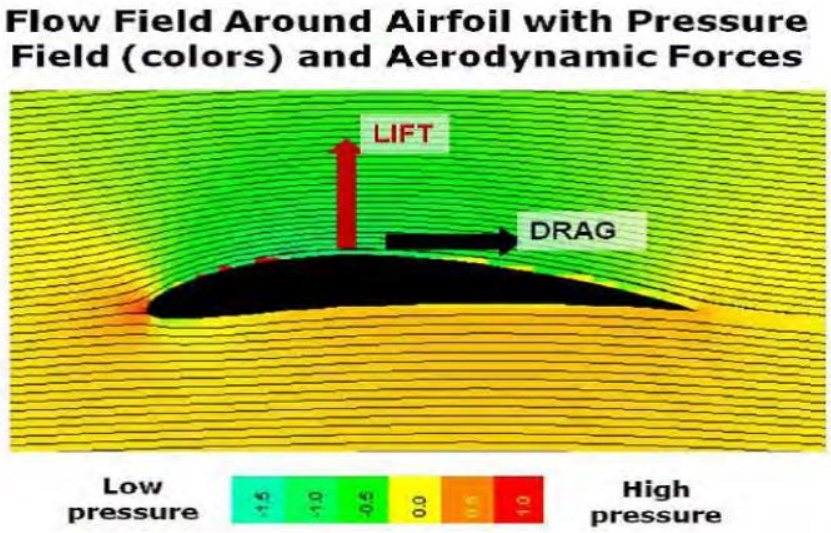
مراحل کار یک توربین کاملاً عکس مراحل کار پنکه می باشد. در پنکه انرژی الکتریسیته به انرژی مکانیکی تبدیل شده و باعث چرخیدن پره می‌شود. در توربین‌های بادی چرخش پره‌ها انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده، سپس الکتریسیته تولید می‌گردد. باد به پره‌ها برخورد می‌کند و آنها را می‌چرخاند. چرخش پره‌ها باعث چرخش محور اصلی می‌شود و این محور به یک ژنراتور برق متصل می‌باشد. چرخش این ژنراتور، برق متناوب تولید می‌نماید.

چگونگی تولید حرکت مکانیکی از طریق حرکت جنبشی باد را می‌توان به سه روش زیر تقسیم کرد:

۱) اساس کلی تولید حرکت مکانیکی

جریان هوا می تواند بر روی سطوح دو نوع نیروی آیرودینامیکی تولید کند، یکی از این نیروها در جهت وزش باد و به نام نیروی درگ می باشد و نیروی دیگر در جهت عمود بر مسیر وزش باد است، که نیروی لفت نامیده می شود. با توجه به نوع توربین های بادی یکی از این دو نیرو باعث چرخش پره های توربین های بادی می‌شوند.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



شکل ۲. تولید حرکت مکانیکی

۲) چرخش توربین های بادی بر پایه ی نیروی درگ

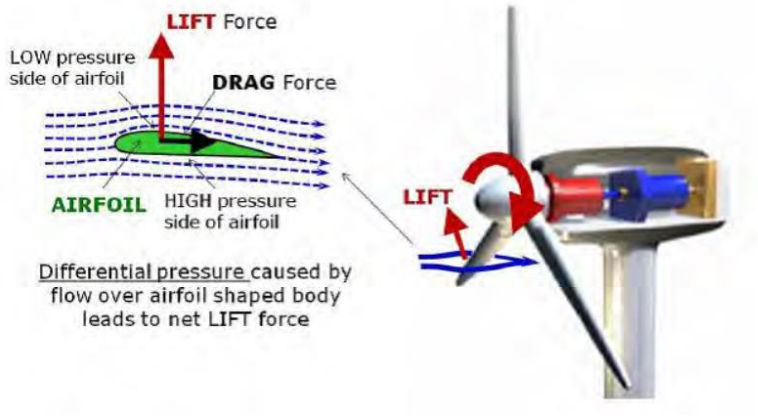
توربین های بادی بر پایه ی نیروی درگ همانند بادبان های باز کشتی عمل می کند. در واقع عمل هل دادن را انجام می دهد و نیروی باد باعث حرکت سطح در جهت وزش باد می گردد. ابتدایی ترین توربین های بادی که مورد استفاده قرار گرفته اند از نوع محرک با نیروی درگ بوده اند. برای درک بهتر موضوع روتورsavonius توسط نیروی درگ به حرکت درآمده در شکل زیر آورده شده است.

شکل ۳. تأثیر نیروی درگ

۳) چرخش توربین های بادی بر پایه ی نیروی لفت

با استفاده از نیروی لفت انرژی بیشتری نسبت به نیروی درگ حاصل می شود. برای وجود نیروی لفت می بایست سطح آیرودینامیکی داشته باشیم (همانند باله های هواپیما)، چرا تنها سطوح آیرودینامیکی می تواند اختلاف فشار تولید نماید و باعث ایجاد نیروی لفت در سطح گردد.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



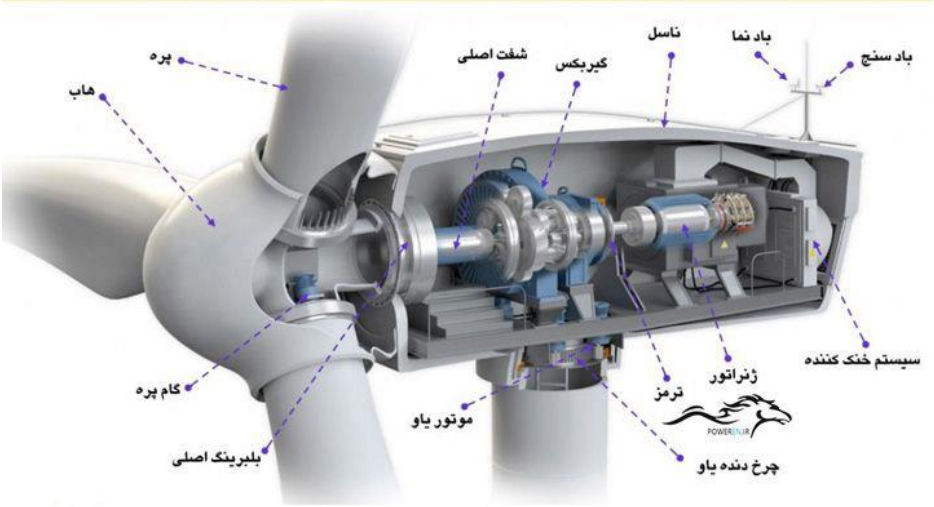
شکل ۴. چرخش توربین های بادی بر پایه ی نیروی لفت

اجزای توربین های بادی

۱) پره: معمولاً ۲ تا ۳ پره در هر توربین قرار دارد که با برخورد باد به آنها، پره‌ها میچرخند.

یکی از مهمترین بخش های توربین‌های بادی می باشد و وظیفه آن تولید نیروی لازم برای چرخاندن شفت اصلی توربین است. پره های به گونه‌ای ساخته می شوند که استحکام و استقامت بسیار بالا در برابر نیروهای دینامیکی و آیرودینامیکی را داشته باشند. پهنای پره ها ممکن است در تمام طول پره ثابت و یا اینکه متغییر باشد و پره از هاب به سمت نوک باریک شود.

۲) روتور: روتور توربین‌های بادی شامل پره، هاب، دماغه و یاتاقان است. در واقع روتور مسول دریافت انرژی جنبشی باد است و قدرت جذب شده توسط این روتور به وسیله ی سیستم مکانیکی به سیستم تولید انرژی الکتریکی (ژنراتور) ارسال می گردد. سیستم مکانیکی واسط، شامل شفت اصلی (شفت سرعت پایین)، بلبرینگ (یاتاقان) و گیربکس (جعبه دنده) می‌باشد.



شکل ۵. روتور

۳) پیچ (استقرار پره‌ها): برای تولید برق در سرعت‌های بالا و یا پایین به کمک این سیستم پره‌ها با گردش صحیح سرعت باد را ثابت نگه می‌دارند.

۴) ترمز: دستور توقف توربین در مواقع اضطراری با استفاده از سیستم ترمز مکانیکی یا دیسکی است.

۵) محور سرعت پایین: محوری که با سرعت ۳۰ تا ۶۰ دور در دقیقه می‌چرخد و به گیربکس منتقل می‌شود.

۶) گیربکس: برای تبدیل سرعت کم چرخش محور متصل به پره‌ها به سرعت بالاتر موردنیاز ژنراتور، با کمک یک ضریب تبدیل مثبت کاربرد دارد.

۷) ژنراتور: تبدیل انرژی مکانیکی باد به انرژی الکتریکی و در حقیقت هسته اصلی این سیستم است.

۸) کنترل‌کننده: به کار انداختن توربین در سرعت‌های مجاز و توقف آن در سرعت‌های غیرمجاز. به دلیل عدم کار توربین‌ها در سرعت‌های بالای ۲۵ m/s و یا سقوط آنها در سرعت‌های بیشتر از ۳۰ m/s

۹) بادسنج: با اندازه‌گیری سرعت باد و انتقال به بخش کنترل انجام وظیفه می‌نماید.

۱۰) بادنما: به کمک این وسیله جهت سنجش باد محاسبه می‌شود تا توربین در جهت مناسبی در راستای وزش باد قرار گیرد.

۱۱) ناسل (آشیانه): این محفظه که بالای برج است و در آن گیربکس، محور اصلی ژنراتور، ترمز و واحد کنترل در آن قرار داشته و به روتور وصل است قسمت اصلی توربین است.

ناسل شامل پوشش خارجی مجموعه ی توربین های بادی، از جمله شاسی، سیستم دوران و سیستم تولید انرژی الکتریکی می باشد. ناسل در بالای برج قرار می گیرد و تمامی قسمت های مربوط به توربین درون آن جای دارد. عمدتا ناسل ها فضاهای بزرگی می باشند و متخصصان می توانند درزون آن ها ایستاده کار کنند.

شکل ۶. ناسل

۱۲) محور سرعت بالا: محوری که ژنراتور را به حرکت می‌اندازد.

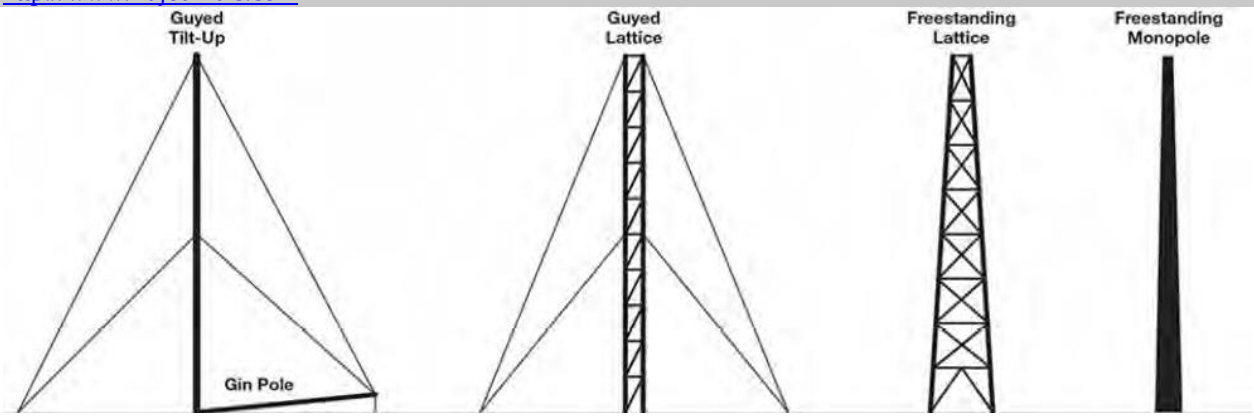
۱۳) درایو انحراف: هنگام وزیدن باد در خلاف جهت، وضعیت توربین را کنترل می‌کند. در کل زمانی که روتور در مقابل باد از روبرو قرارگرفته عمل می‌کند.

۱۴) موتور انحراف: با کمک اطلاعات واصله از واحد اندازه‌گیری و تعیین جهت باد از واحد کنترل ، به موتور انحراف فرمان لازم جهت چرخاندن توربین در جهت مناسب داده می‌شود.

۱۵) برج: سرعت باد در ارتفاع بیشتر است بنابراین توربین‌ها روی برج‌های بلندی که معمولاً از جنس فولاد هستند، قرار می‌گیرند تا توربین انرژی بیشتری را دریافت و درنهایت الکتریسیته بیشتری تولید کند.

برج‌های توربین‌های بادی وظیفه ی نگهداری ناسل و پره های توربین های بادی را بر عهده دارند. این بخش از توربین‌های بادی سهم زیادی در انرژی دریافتی از باد دارند، هرچه طول برج بلند تر باشد، انرژی جنبشی دریافتی از باد زیادتر خواهد بود. چرا که توان تولیدی یک توربین بادی با مکعب سرعت وزش باد رابطه‌ی مستقیم دارد و در ارتفاعات بلندتر سرعت وزش باد بیشتر می باشد. برج‌های توربین بادی دارای انواع مختلفی از جمله، سازه‌های مشبک فولادی، برج های استوانه ای فولادی یا بتنی و یا ستون های مهار شده با کابل می باشند. ارتفاع برج‌ها معمولا ۸۰ متر تا ۱۲۰ متر می باشند. کابل‌های انتقال قدرت درون برج ها قرار می-گیرد و همچنین متخصصان توسط آسانسور یا پله های تعبیه شده درون برج‌ها به ناسل می‌روند.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



شکل ۷. برجها

انواع توربین های بادی

۱) توربین های بادی با محور عمودی(VAWT)

در توربین‌های بادی با محور عمودی، محور دورانی عمود بر سطح زمین می باشد و چرخش پره ها به موازات زمین است، به همین دلیل سطحی که توسط باد به حرکت می افتد، پس از نیم دور چرخش مجبور است در جهت عکس جریان باد به حرکت خود ادامه دهد و این امر سبب پایین آمدن ضریب توان آنها می گردد. به همین دلیل در این روتورها منحنی پره ها از اهمیت زیادی برخوردار است.

شکل ۱۰. توربین با محور عمودی

مزایای توربین های بادی محور عمودی

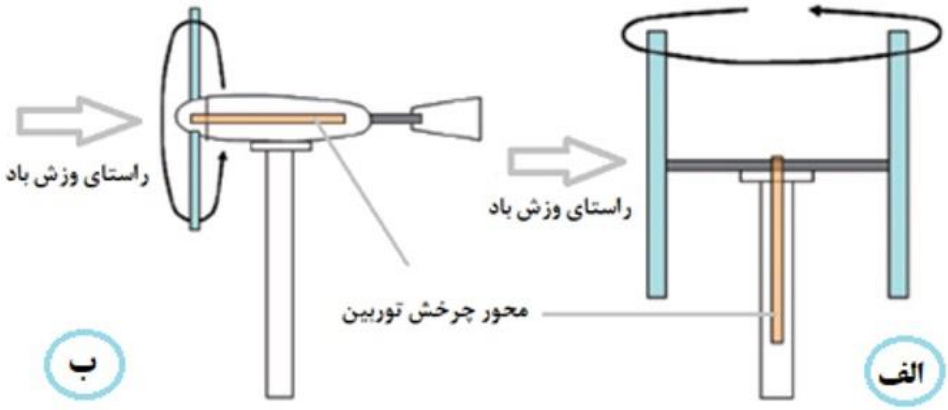
- ✓ عدم حساسیت به جهت وزش باد و آشفتگی های مربوط به آن
- ✓ عملکرد مناسب و کارا هنگام وزش باد های مغشوش و گردابه ای
- ✓ امکان نصب در نزدیکی سطح زمین و قرار گیری جعبه دنده و ژنراتور در نزدیکی سطح زمین که باعث افزایش امنیت و کاهش هزینه های نصب، تعمیر و نگهداری
- ✓ عدم نیاز برج به پشتیبانی

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵-۲۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

- ✓ عدم ایجاد آلودگی های صوتی
- ✓ اشغال حجم و فضای کمتر

معایب توربین های بادی محور عمودی

- بازدهی پایین
- بوجود آمدن گشتاورهای تکانی در هر دوره ی تناوبی
- نصب سخت
- گشتاور زیاد به دلیل سرعت پایین چرخش پره ها
- هزینه ی بالای طراحی و تحلیل ایروفیل پره ها



شکل ۱۱. الف) طرحواره‌ای از توربین‌های محور عمودی ب) افقی

توربین های بادی با محور چرخش افقی(HAWT)

این نوع توربین های بادی رایج ترین نوع توربین های بادی می باشند. تمامی اجزای این توربین های بادی در بالای برج قرار می گیرد و پره های آن رو به باد طراحی شده اند. محور شفت نسبت به سطح زمین به صورت افقی قرار می گیرند. این توربین ها می بایست رو به باد قرار گیرند تا بهره‌وری بالایی داشته باشند و برای این منظور از سیستم تشخیص جهت باد و موتورهای چرخشی برای قرار گرفتن پره ها به صورت مستقیم در برابر باد استفاده می شود. در هنگام باد های شدید و طوفان سیستم ترمز توربین های بادی پره ها را ثابت در جای خود نگه می‌دارد، تا توربین را از آسیب دیدگی های مربوطه حفظ نماید و به سیستم استراحت می‌دهد.

شکل ۱۲. توربین بادی افقی

مزایای توربین های محور افقی

- ✓ پره ها به سمت مرکز گرانش توربین قرار دارند که به ثبات آن کمک می کند
- ✓ پره ها جهت قرار گیری در بهترین زاویه قابلیت حرکت دارند
- ✓ بلندی برج امکان دسترسی به باد های شدید و قوی را فراهم می کند
- ✓ قابل استفاده در زمین های ناهموار
- ✓ عمدتا شروع به کار خودکار دارند

معایب توربین های بادی محور افقی

- کارکرد سخت در نزدیکی سطح زمین
- سختی در حمل و نقل
- مشکل در نصب و راه اندازی
- تعمیرات و نگهداری سخت
- در مجاورت رادار تحت تاثیر قرار می گیرند

انواع توربین‌های بادی از لحاظ عملکردی

تفاوت عمده‌ی توربین-های بادی مختلفی که ارائه شده اند، در طراحی الکتریکی و ساختار کنترلی است. لذا در یک دسته‌بندی کلی می‌توان توربین‌های بادی را بر اساس کنترل سرعت یا کنترل توان تقسیم بندی نمود. در نتیجه این تقسیم بندی، توربین های بادی در دو گروه روش های کنترل توان با تمرکز بر سرعت ژنراتور و روش‌های کنترل توان آیرودینامیکی قرار می گیرند و معیار کنترل سرعت به توربین های بادی سرعت ثابت و سرعت متغیر منجر می‌شود.

به طور کلی توربین‌های بادی از نظر عملکرد سرعتی به دو دسته تقسیم می شوند:

- توربین بادی سرعت ثابت
- توربین بادی سرعت متغیر

امروزه توربین های بادی سرعت متغیر با توجه به مزایای بیشتر نسبت به سیستم‌های سرعت ثابت، مرسوم‌ترین نوع توربین‌های بادی هستند.

نتیجه‌گیری:

انرژی‌های تجدیدپذیر پاک، فراوان، مجانی و دردسترس همگان قرار دارند. این منابع پایان‌ناپذیرند و کمیت و کیفیت آنها تا زمانی که نظام آفرینش پابرجاست، تغییر نخواهد کرد. بنابراین سرمایه گذاری مالی و پژوهشی روی این منابع برای همه کشورهای جهان عقلانی به نظر می رسد.

در میان انواع مختلف منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، باد به عنوان یکی از ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین این منابع انرژی است. بنابراین از انرژی باد نیز می‌توان برای جلوگیری از آثار مخرب سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی الکتریسیته استفاده کرد. استحصال انرژی باد توسط دستگاه‌های توربین بادی انجام می‌گیرد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته متوجه ضرورت و اهمیت تمامی اجزای تشکیل دهنده ی توربین های بادی شدیم. برای کارکرد صحیح توربین بادی و حصول انرژی از باد می بایست تمامی این اجزا به طور دقیق و صحیح کار کنند تا هدف اصلی حاصل گردد. حال نقص در یکی از این قسمت ها باعث نقص در کل سیستم خواهد شد، بنابراین می بایست به شناسایی دقیق عیب ها و نواقصات احتمالی در تمامی اجزا بپردازیم و تا در صورت وقوع عیب ها و نواقصات بتوانیم در زمان مناسب آن ها را برطرف نماییم . از آسیب ها و خسارات سنگین در سیستم های توربین بادی بکاهیم.

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

منابع:

طریقی، جواد.، نوروزی، دانیال.، (۱۴۰۰)، مروری بر انواع مختلف توربین بادی و مقایسه عملکرد آنها، اولین کنفرانس ملی مدیریت سیبز پسماند، دانشگاه محقق اردبیلی.

عیدنانی، مصطفی.، فارسی، حمیرا.، (۱۴۰۰)، بررسی انواع ژنواتورهای توربین بادی، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق، الکترونیک و شبکه های هوشمند، سازمان بین‌المللی مطالعات دانشگاهی.

حیدرزاده فره ورن، (۱۳۹۷)، بررسی انواع توربین‌های بادی، چگونگی کارکرد و اجزای متخلف تشکیل دهنده آنها، دومین کنفرانس ملی دانش و فناوری علوم مهندسی ایران، تهران.

ثاقت ملانی، پویا.، (۱۳۹۹)، بررسی تأثیر پارامترهای هندسی بر عملکرد توربین‌های بادی محور عمودی، چهارمین کنفرانس ملی دانش و فناوری مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک ایران، تهران.

کرامت سیاوش، نعمت.، نجفی، علامحسن.، تولکی، تیمور.، قبادیان، برات.، محمودی، اسماعیل.، (۱۳۹۸)، بررسی عملکرد توربین بادی پوشش‌دار در تونل بادی، ماهنامه علمی- پژوهشی مهندسی مکانیک مدرس، دوره ۱۹، شماره ۵.

ابوفاضلی، نیما.، هاشمی طاری، پویان.، گوگ‌ساز قوچانی، رقیه.، زندی، مجید.، (۱۳۹۹)، راهبرد استفاده از انرژی بادی در مناطق شهری توسط توربین‌های بادی محور عمودی هیبریدی، فصلنامه علمی- ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال هفتم، شماره اول، ص ۷۳-۶۵.

خسروی، محمود.، ابراهیمی، محمد.، بهروزی، محمود.، (۱۳۹۵)، بررسی وضعیت انرژی باد در استان خوزستان به منظور استفاده از توربین‌های بادی، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۶، شماره ۲۲.