اولین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران
The First Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation
ICREDG 2010

طراحی و ساخت نیروگاه بادی به همراه کنترل ولتاژ و فرکانس جهت استفاده در چاههای کشاورزی

مسعود صفرزاده، تقی سامی، پرویز رضایف و امید کریمی

چکیده - رشد روز افزون تقاضای انرژی، گرم نشدن بیش از حد کره زمین و در نهایت مشکلات زیست محیطی موجب شده تا هر روز شاهد پیشرفت‌هائی در زمینه فن‌آوری استفاده از منابع تجد پذیر باشیم. بیش از سه هزار سال است که از انرژی باد استفاده می‌شود. یکی از بهترین روشهای استفاده از باد، تولید انرژی الکتریکی است. تأمین انرژی الکتریکی چاههای کشاورزی مناطق دور افتاده از شبکه سراسری برق و امکان نیرو رسانی به آنها با صرف هزینه‌های زیاد مواجه بوده و از لحاظ اجرائی نیز دارای مشکل هستند. در این مقاله ، طراحی و ساخت یک نمونه توربین خاص با هزینه بسیار مناسب ارائه شده که با نصب آن در محل های مورد نیاز تمامی مشکلات مذکور مرتفع می شود.

***واژه‌های کلیدی*- نیروگاه بادی، طراحی و ساخت، کنترل ولتاژ، فرکانس، انرژی باد، انرژی تجدید پذیر**

۱- مقدمه

گستردگی نیازان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهّم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به کسب منبع تمام نشدنی انرژی از آروزوهای دیرینه انسان بوده است، مصرف انواع حامل‌های و کنترل خسارت‌های محیط زیستی و کاهش هزینه‌های اقتصادی، آلایندگی ناشی از مصرف انرژی از مباحث مطروحه و جدّی در جامعه جهانی است.

انرژی باد یکی از انواع اصلی انرژی‌های تجدیدپزیر می‌باشد که از دیر بار ذهن بشر را به خود معطوف کرده است بطوریکه از این انرژی برای بحرکت درآوردن قایقها، کشتی‌های بادبانی، آسیابهای بادی امر.زه نیز در مقایسه با سایر منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، پرداختن به انرژی باد امری حیاتی و ضروری بنظر می‌رسد.

دو شوک نفتی سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸ ضربه بزرگی به اقتصاد انرژی‌های حاصل از نفت و گاز وارد آورد. پس از آن مراکز و مؤسسات تحقیقاتی متعددی در سراسر دنیا به بررسی تکنولوژی‌های مختلف جهت استفاده از انرژی باد بعنوان یک منبع بزرگ انرژی پرداختند[۱].

بعلاوه این بحران‌ها باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه کاربرد تکنولوژی انرژی باد جهت تولید برق متصل به شبکه، پمپاژ آب و تأمین انرژی الکتریکی نواحی دور افتاده شد. همچنین در سالهای اخیر، مشکلات زیست محیطی و مسائل مربوط به تغییر آب و هوائی کره زمین بعلت استفاده از منابع انرژی فسیلی بر شدت این تمایلات افزوده است، هم اکنون انرژی باد نقش غیرقابل انکاری را در صنعت بازی می‌کند.

میزان تولید ده کشور برتر دنیا در استفاده از انرژی باد در سال ۲۰۰۶ مؤید این موضوع می‌باشد که در جدول(۱) نشان داده می شود[۲].

جدول۱) میزان ده کشور برتر دنیا در استفاده از انرژی باد

ردیف	نام کشور	میزان تولید[MW]
۱	امریکا	۲۴۵۴
۲	آلمان	۲۲۳۲
۳	هندوستان	۱۸۴۰
۴	اسپانیا	۱۵۸۷
۵	چین	۱۳۴۷
۶	فرانسه	۸۱۰
۷	کانادا	۷۷۶
۸	پرتغال	۶۹۴
۹	انگلستان	۶۳۴
۱۰	ایتالیا	۴۱۷

مسعود صفرزاده، عضو هیئت علمی وزارت نیرو، مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق آذربایجان، تبریز، (Masudsafarzadeh@yahoo.com)
تقی سامی، کارشناس ارشد آموزش گروه مهندسی برق، ، مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان، تبریز (Taghi.Sami@gmail.com)
پرویز رضایف، عضو هیئت علمی آکادمی علوم آذربایجان، انستیتوی انرژهای تجدید پذیر، آذربایجان، باکو
امید کریمی، وزارت نیرو، شرکت توزیع نیروی برق آذربایجانغربی، مهاباد

حال با توجه به پتانسیل موجود در ایران و همچنین پراکندگی مصارف کوچک در آن، ضرورت توجه به استفاده از انرژی باد مخصوصاً پراکنده و منفرد در نقاط دور افتاده کشور که امکان اجرا و مخصوصاً نگهداری شبکه سراسری و کلاسیک در آنها بسیار مشکل می‌باشد، باید مورد توجه جدی قرار گیرد. برای نیل به این هدف، طراحی و ساخت یک نمونه توربین بادی با هزینه بسیار مناسب، در مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان (وابسته به وزارت نیرو) مورد توجه قرار گرفت. با نصب توربین مذکور در محل های مناسب، می توان مشکلات روزمره تولید و انتقال شبکه های کلاسیک را به حداقل رساند.

۲- انرژی باد و ظرفیت سنجی

باد یکی از مظاهر انرژی خورشیدی و همان هوای متحرک است و پیوسته جزء کوچکی از تابش خورشید که از خارج به اتمسفر می‌رسد به باد تبدیل می‌شود. از آنجائیکه زمین بطور نامساوی بوسیله نور خورشید گرم می‌شود بنابراین در قطبها انرژی گرمائی کمتری نسبت به مناطق استوائی وجود دارد. همچنین در خشکیها تغییرات دما با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد و بنابراین خشکی‌های زمین نسبت به دریاها زودتر گرم و زودتر سرد می‌شوند. این تفاوت دمای جهانی موجب بوجود آمدن یک سیستم تبادل حرارتی خواهد شد. که از سطح زمین تا بالای جو که مانند یک سقف مصنوعی عمل می‌کند ادامه دارد.

یک برآورد کلی اینگونه می‌گوید که 72 ترا وات (T.W) انرژی باد برروی زمین وجود دارد که پتانسیل تبدیل به انرژی الکتریکی را دارد[3].

در سالهای اخیر کوشش فراوانی برای استفاده از انرژی باد شده است و تولید انرژی باد با استفاده از تکنولوژی پیشرفته در ابعاد بزرگ و ضروری جلوه کرده است. از اطلاعات مربوط به صنعت هواپیمائی، ایرودینامیک، الکترونیک و... در ساخت ماشین‌ها بهره‌گیری می‌شود. در کشورهای پیشرفته ماشین‌های بزرگ و کوچک بادی زیادی ساخته شده‌اند و برنامه‌هایی نیز جهت ادامه پژوهش‌ها و استفاده عملی از امکانات صنعتی انرژی باد مورد مطالعه‌اند.

حداقل سرعت مورد نیاز باد برای تولید اقتصادی انرژی الکتریکی در توربین‌های باد در حدود 5.1 متر بر ثانیه می‌باشد و کل مساحت‌های خشکی‌های زمین که در معرض وزش بادی با سرعت‌های مختلف بیش از این مقدار قرار دارند در مجموع بالغ بر ۳×۱۰^{۷} کیلو متر مربع است.

در صورت بهره‌برداری از کل این مساحت جهت نصب مزرعه‌های بادی با ظرفیت معادل 210000 GW تحقق پیدا خواهد کرد. ولی از آنجائیکه اراضی موجود در زمین مصارف دیگری نیز دارند مطابق برآوردها، میزان پتانسیل انرژی باد که از نظر فنی در سطح زمینهای دور از ساحل در دسترس می‌باشند حدود 26000 ترا وات ساعت در سال است.

قابل ذکر است که پتانسیل جهانی مورد اشاره، تخمینی برای توربین‌های بادی بزرگ متصل به شبکه است. توربین‌های بادی و شارژر باطری در حال حاضر در مناطقی که سرعت متوسط باد بیش از ۳ متر بر ثانیه است، اقتصادی است. مساحت زمین‌هایی که در معرض وزش باد با سرعت متوسط سالیانه بین ۴/۴ تا ۵/۱ متر بر ثانیه قرار دارند تقریباً برابر با ۵۰٪ سطح خاکی کره زمین است که بیانگر امکان بهره‌برداری از توربین‌های بادی کوچک در بسیاری از نقاط دنیا است. کشورهای بسیاری با نگرش به تولید انرژی در ابعاد وسیع، پتانسیل انرژی باد در محدوده کشور خویش را مورد بررسی قرار داده‌اند[۴].

مطالعه آماری باد در ایران نشان می‌دهد که در منطقه منجیل و رودبار از بهترین مناطق برای استفاده از انرژی باد در تمام فصول سال محسوب می‌گردند. در منجیل سرعت باد بین ۴-۸ متر بر ثانیه در حدود ۸۹٪ از سال، ضریب تداوم ۷۹٪ ، ضریب تغییرات ۸٪ و سرعت متوسط ۵/۴ متر بر ثانیه در طول ۲۴ ساعت می‌باشد. در ایستگاه رودبار تداوم سرعت بین ۴-۸ متر بر ثانیه در حدود ۵۷٪ سال با ضریب تداوم ۵۱٪، ضریب تغییرات ۱۶٪ و سرعت متوسط ۴/۲ متر بر ثانیه در طول ۲۴ ساعت شبانه روز است[۴]. سرعت متوسط و چگالی توان باد در برخی از نقاط ایران در جدول(۲) ارائه می شوند[۵].

جدول(۲) سرعت متوسط و چگالی توان باد در نقاط مختلف ایران

نام شهر	سرعت باد (متر بر ثانیه)	چگالی توان باد (وات)
خوی	13	29
دزفول	21	89
رامسر	10	15
رشت	11	16
ارومیه	7	5
زابل	22	131
زاهدان	19	91
زنجان	13	26
سبزوار	20	107
سقز	17	61
سمنان	13	29
سنندج	24	35

شاهرود	11	19
شهر کرد	14	38
شیراز	12	23
طبس	10	15
قزوین	10	12
کرمان	23	162
کرمانشاه	16	57
گلستان	12	26
مشهد	14	36
همدان	16	59
یزد	15	46
بندر لنگه	17	66
بندر عباس	18	56
بوشهر	13	28
بیرجند	10	13
تبریز	18	79
تربت حیدریه	13	31
تهران	15	42
چاه بهار	13	25
خرم آباد	10	48
آبادان	15	47
اراک	15	41
اصفهان	13	28
اهواز	27	271
ایرانشهر	13	31
بم	10	13
انزلی	10	14
بابلسر	8	6

۳- آشنائی با توربین‌های بادی و تجهیزات مربوطه

توربین‌های بادی مبدل‌های انرژی می‌باشند که انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌نمائید. کاربردهای مختلفی برای استفاده از این انرژی مکانیکی وجود دارد یکی از کاربردها تولید انرژی الکتریکی از آن است. بیشترین ظرفیت توربین‌های بادی نصب شده در چند دهه اخیر گذشته به شبکه بوده‌اند. از توربین‌های بادی در کاربردهای خارج از شبکه مانند تولید انرژی در نواحی دور افتاده و شارژ باتری نیز استفاده می‌شود.

موارد استفاده از نیروگاه‌های توربین بادی خارج از شبکه بسیار متنوع می‌باشد. نیروگاه‌های توربین بادی خارج از شبکه معمولاً به همراه باطری‌های ذخیره کننده انرژی بکار برده می‌شود و می‌توانند با سایر منابع انرژی مانند مبدلهای فتوولتائیک و ژنراتورهای دیزلی بصورت ترکیبی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. اولین توربین برقی بادی مدرن متصل به شبکه در سال 1980 مورد بهره‌برداری قرار گرفت [۵]. نیروگاههای توربین بادی متصل به شبکه معمولاً به دو صورت منفرد و مزرعه‌ای کار می‌کنند. امروزه حرکت به سمت احداث نیروگاههای توربین بادی منفرد بطور پراکنده و در سطح شبکه‌های توزیع برق می‌باشد.

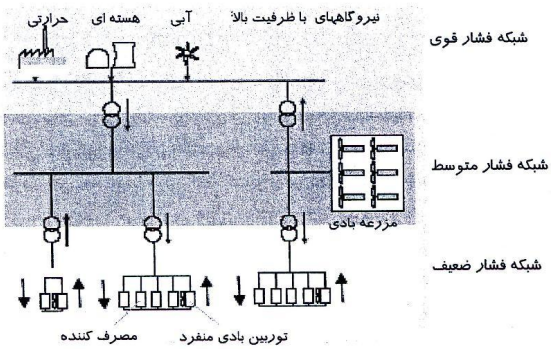
۳-۱- توربین‌های بادی منفرد

برای تأمین بارهای الکتریکی از نوع مسکونی، تجاری، صنعتی و یا کشاورزی تولید انرژی می‌نمائید. ظرفیت این توربین‌ها در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو وات است و معمولاً در تزدیکی کشتزارها و یا مجتمع‌های مسکونی نصب می‌گردند. تولید اضافی این توربین‌ها در سطح شبکه‌های توزیع برق به شرکت‌های برق منطقه‌ای فروخته می‌شود. بارهای متصل به این توربین‌ها در زمان وقفه در تولید برق توسط توربین‌های برق بادی، از شبکه سراسری تغذیه می‌گردند.

۳-۲- مزارع بادی

جهت ایجاد ظرفیت‌های بالای نیروگاهی، تعداد بسیاری از توربین‌های بادی را بطور متمرکز در یک محل نصب می‌نمایند. به محل نصب این توربین‌ها اصطلاحاً مزرعه بادی می‌نمایند. امروزه مزارع بادی با ظرفیت‌های بیش از ۱۰۰ مگاوات احداث می‌گردند. اندازه‌های معمولی هر یک از توربین‌های نصب شده در یک مزرعه بادی بین ۵۰ تا ۵۰۰ کیلو وات است[۶] .

توربین‌های بادی بر مبنای راستای محور اصلی خود با توجه به شرایط نحوه وزش باد به دو گروه عمده توربین‌های بادی با محور افقی و توربین‌های بادی با محور عمودی تقسیم می‌گردند. توربین‌های محور افقی به سه نوع عمده دو پره‌ای، سه پره‌ای و چند پره‌ای تقسیم می‌گردند. هر چند سرعت باد در منطقه‌ای کمتر باشد، تعداد پره‌های بیشتری برای توربین‌های مورد استفاده در آن محل در نظر می‌گیرند. در شکل(۱) جایگاه توربینهای برق بادی منفرد و مزارع بادی را در یک شبکه قدرت نشان داده می شود.

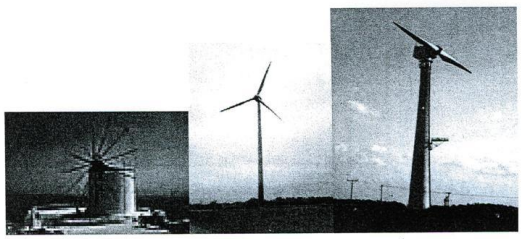


شکل۱) جایگاه توربین های بادی منفرد و مزارع بادی

توربین‌های کوچک برق بادی مستقل از شبکه محور عمودی با توان کمتر از ۲۵ کیلو وات دارای روتورهایی با قطر کم می‌باشند و معمولاً برای مصارف نظیر پمپ آب، شارژ باتری و مصارف کوچک بکار می‌روند. این توربین‌ها با عملکرد مستقل خود به تنهایی وظیفه تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کنندگان را بعهده دارند. برای کنترل توان خروجی این توربین‌ها دارای دو تا شش پره بوده و اغلب فاقد جعبه دنده هستند و مستقیماً به ژنراتور متصل می‌شوند. در صورت استفاده از باتری ابتدا ولتاژ خروجی توربین توسط یک یکسوساز به ولتاژ مستقیم تبدیل گردد و باتری‌ها شارژ گردد. سپس برای دستیابی به ولتاژ و فرکانس مورد نظر توسط یک مبذل دیگر به AC تبدیل می‌شود. شکل (۲) نمایی از یک مزرعه بادی را نمایش می دهد[۷].

شکل۲) نمایی از یک مزرعه بادی

توربینها با توجه به تعداد پره های روتور به سه نوع عمده دوپره ای، سه پره ای و چند پره ای تقسیم می گردند که در شکل (۳) مشاهده می شوند.



انواع توربینهای بادی با محور افقی از نظر تعداد پره

شکل۳) انواع توربین های بادی

۴- محاسبات و طراحی توربین بادی

اساس تبدیل انرژی توسط توربین‌های بادی بر کاهش انرژی جنبشی هوای در حال حرکت استوار است. در واقع به همان میزان که انرژی جنبشی هوای متحرک کاهش می‌یابد پره‌های توربین انرژی دریافت می‌کنند.

نخستین کسی که بطور عملی بر روی محاسبات انرژی باد کار کرد شخصی بنام تبز بود که تئوری خود را بر پایه اصل برابری نیرو با نرخ تغییر اندازه حرکت بنا نهاد. که بر طبق تئوری وی که با فرض یک روتور ایده‌آل که دارای توپی مرکزی نیست و تعداد پره‌ها بینهایت است بنا نهاد. همچنین فرض کرد که شرایط در تمام سطح جاری شده توسط روتور یکنواخت بوده و امتداد سرعت باد موازی محور روتور است. این فرض‌ها شرط وجود یک مبدل انرژی خاص و بدون تلفات است، که تبز با توجه به آنها توان تولید شده در روتور توسط باد را محاسبه نمود.

توان قابل تولید یک توربین بادی مطابق با فرمولهای مربوطه متناسب با سطح دایره‌ای شکل است که از چرخش پره‌های روتورحاصل می‌شود. به این دلیل با توجه به شرایط باد هر منطقه و میزان توان نامی توربین، پره‌های روتور در اندازه‌های متفاوت ساخته می‌شوند. توان تولیدی مطابق رابطه(۱) محاسبه می شود.

$$P = \frac{1}{2}\rho V^3 A C_P \qquad (۱)$$

که در آن:

A: مساحت سطح گردش روتور

ρ : دانستیه هوا

V: سرعت باد

C_P: راندمان روتور است [۸].

ملاحظه می‌شود که توان باد با مکعب سرعت وزش باد متناسب است و به همین دلیل سرعت باد پارامتر مهمی است و به ازای تغییرات کم آن انرژی قابل حصول از باد به شدت تغییر می‌کند. جرم حجمی هوا در شرایط متعارف برابر 1/24 کیلو گرم بر متر مکعب است و در این شرایط ماکزیمم توان قابل استخراج در روتور تقریباً برابر است با:

$$P_{max} = 0.37AV^3 \qquad (۲)$$

۵- مشخصات عمومی پره های توربین بادی

بسته به نوع ماشین بادی، شکل مقاطع بالها تغییر می‌یابد. از استانداردهای معروفی که در ساخت پره‌ها استفاده می‌گردد، می توان به استانداردهای Wortamann و Gottingen و NACA اشاره کرد[۵].

جهت ساختن پره‌ها بایستی نکات زیر مورد توجه قرار گیرند:

- وزن مخصوص پره‌ها بایستی تا آنجا که امکان دارد سبک بودن پره‌ها را تضمین کند.

- بایستی مقاومت کافی در برابر نیروهای وارده به پره توسط باد را داشته باشد.
- امکانات اتصال پره به محور چرخنده قابل اجرا باشد.
- بایستی تکنولوژی ساخت آن مورد توجه قرار گیرد.

۶- انتخاب ژنراتور مورد استفاده در نیروگاههای بادی

۶-۱-ژنراتور سنکرون:

ژنراتور سنکرون سه فاز در مواقعی که تعداد دور و فرکانس در حد ثابتی است استفاده می‌گردد با توجه به اینکه در توربین‌های بادی امکان حفظ سرعت ژنراتور در حدود تولید فرکانس مورد نیاز میسر نیست لذا در این موقع امکان پارالل کردن با شبکه با تغذیه مصارف AC ممکن نبوده و باید خروجی ماشین سنکرون را یکسو نمود و این جریان مستقیم برای شارژ باتری خانه استفاده شود.

۶-۲- ژنراتور آسنکرن:

برای نیروگاههای بادی بسیار ایده آل هستند زیرا از لحاظ کنترل و نگهداری تجهیزات جانبی زیادی لازم ندارند به خاطر سادگی و اندازه کوچکشان نسبت به توان خروجی تولیدی‌شان برای نیروگاههای بادی کوچک بسیار مناسب‌اند.

۷- ساخت توربین بادی نمونه

در توربین‌های بادی محور قائم معمولاً برای شروع به چرخش نیاز به راه‌انداز (استارتر) جداگانه است مانند مدل داریوس و یا نصب آنها در ارتفاع خیلی مشکل است مانند مدل ساوینپوس. در این نمونه بر روی ستون اصلی گردان شش پره وجود دارد که به صورت سه مجموعه بوده و هر مجموعه دارای دو پره هم محور می‌باشند که این دو پره با هم زاویه ۹۰ درجه دارند.

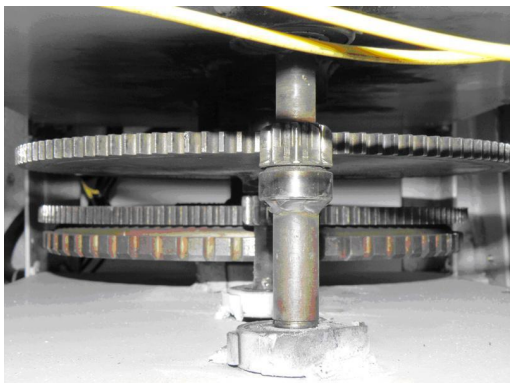
هر مجموعه دو پره‌ای با مجموعه دیگر ۱۲۰ درجه اختلاف زاویه داشته که در این روش از میزان بیشتری انرژی باد نسبت به مدل‌های موجود استفاده می‌شود و هر پره در حین چرخش توسط باد از وضعیت مانع بودن در مقابل باد و در نتیجه تولید گشتاور حداکثر به وضعیت غیر بازدارنده تبدیل می‌شود. پره‌ها در این سیستم مستقیماً در مقابل باد می‌ایستند و باعث چرخش سیستم می‌شوند.

نیروی بازدارنده در این سیستم به حداقل رسانده شده تا گشتاور و یا توان سیستم افزایش یابد و بر سرعت آن افزوده شود و پره‌ها بتوانند با سرعت بالاتری نسبت به روش‌های مشابه چرخش کنند. طراحی پره‌ها به گونه‌ای است که سیستم نیاز به راه‌اندازی ندارد و همچنین می‌توان آنرا در ارتفاع نیز نصب کرد.

در این توربین که در محدوده توربین‌های بادی با محور قائم است سعی شده است که اولاً توربین انرژی بیشتری را از باد کسب کند و ثانیاً مقاومت پره دوم که معمولاً در این نوع از توربین‌ها از سرعت توربین می‌کاهد و انرژی را هدر می‌دهد کم می‌شود. بدین منظور از پره‌های مستطیلی شکل که در صورت عمود واقع شدن در مسیر باد بیشترین انرژی را از باد کسب می‌کنند استفاده شده و با عمود قرار دادن آن بر مسیر باد مقاومت یک پره در مقابل باد به حداکثر می‌رسد و همزمان پره هم محور موازی جهت باد قرار می‌گیرد.

۷-۱- گیربکس

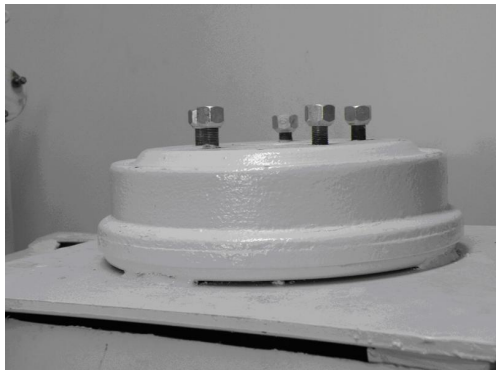
گیربکس در این سیستم وظیفه افزایش تعداد دور پایین محور اصلی را به دور بالای مور نیاز روی شفت ژنراتور بعهده دارد. تعداد دور محور دور پایین ۱۶ دور در دقیقه بوده و لازمست به حدود ۲۰۰۰ تا ۲۱۰۰ دور در دقیقه افزایش یابد. در شکل(۴) گیربکس بکار رفته نشان داده می شود.



شکل۴) گیربکس بکار رفته

۷-۲- سیستم ترمز

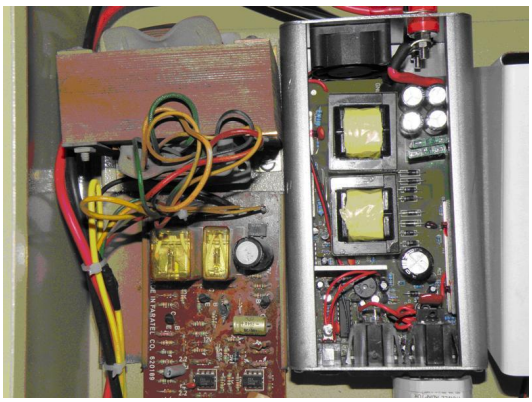
سیستم ترمز هیدرولیکی می‌باشد که شامل الکتروموتور ۵۵۰ وات – پمپ هیدرولیک ۱/۵ لیتری – شیر برقی هیدرولیک – پرشر سویچ – لوله و اتصالات – مانو متر هیدرولیک – مخزن روغن – مجموعه لنت ترمز و کاسه‌گردان می‌باشد. مدار عملکرد به دو صورت دستی و اتوماتیک می‌باشد. حد نهائی سرعت قابل کنترل در این توربین ۶۰ کیلو متر بر ساعت می‌باشد و با رسیدن به این رقم سیستم ترمز تحریک شده و عمل ترمز توربین انجام می‌گیرد. در شکل (۵) نمای خارجی سیستم ترمز استفاده شده در طرح نمایش داده می شود.



شکل (۵) نمای خارجی سیستم ترمز استفاده شده در طرح

۷-۳- اینورتر

مبدل ۱۲ ولت به ۲۲۰ ولت AC است که دارای توان ۳۰۰۰ وات می‌باشد. در حالت عادی تولید تغذیه از جانب ژنراتور صورت می‌پذیرد و همزمان باتری موجود شارژ می‌گردد. در حالتی که ژنراتور از تولید می‌استد ولتاژ باتری توسط اینورتر به ولتاژ AC مورد نیاز مصرف کننده تبدیل می‌شود. در شکل (۶) مدار اینورتور بکار رفته نمایش داده می شود.



شکل۶) مدار اینورتور بکار رفته

۷-۴- ترانسفورماتور تثبیت‌کننده ولتاژ

جهت تثبیت ولتاژ خروجی در قسمت تغذیه از ترانسفورماتور اتوماتیک تثبیت ولتاژ استفاده شده است.

۷-۵- شارژ باتری

جهت شارژ باتری موجود در مواقع تولید عادی ژنراتور از یک دستگاه شارژر اتوماتیک ۱۲ ولت استفاده شده است.

۷-۶- کنترل فاز اتوماتیک

جهت کنترل مداوم فازها از لحاظ مقدار و توالی آنها از سوپر کنترل فاز استفاده شده است.

۷-۷- مولتی متر دیجیتالی

جهت سنجش مداوم پارامترهای خروجی سیستم از قبیل ولتاژ فاز و فرکانس، از یک مولتی متر دیجیتال استفاده شده است. در شکل (۷) نمائی از توربین بادی ساخته شده نشان داده می شود.

شکل (۷) نمائی از توربین بادی ساخته شده

در جدول(۳) و (۴) مشخصات اجزای اصلی و فنی توربین‌های بادی ساخته شده ارائه می گردند.

جدول۳) مشخصات اجزای اصلی توربین بادی ساخته شده

ژنراتور آسنکرون	1400 rpm, 220/380 V, 50HZ, 1/1 kw
پره‌ها	نوع متحرک- محور قائم – تعداد پره‌ها ۸ عدد طول پره‌ها ۲۰۰ عرض ۳۵ cm
گیربکس	افزایش تعداد دور گیربکس در سه مرحله با ۴ چرخ‌دهنده 16 R.P.M/1400-2000
سیستم ترمز	هیدرولیکی دارای الکتروموتور ۵۵۰ وات – پمپ هیدرولیک ۱/۵ لیتری – شیر برقی – پرشر سویچ و تجهیزات مربوطه، سرعت بیش از 60km/h عملکرد سیستم ترمز تحریک می کند.
سرعت سنج	آنالوگی
اینورتر	مبدل 12VDC/220VAC P= 300w
ترانس تثبیت کننده ولتاژ	170-240/220VAC
شارژ باطری	الکترونیکی 12 V DC
کنترل فاز اتوماتیک	دیجیتالی
مولتی متر دیجیتال	220 VAC

جدول(۴) مشخصات فنی توربین بادی ساخته شده

Type of Turbin	Horizontal
Generator	P= 1/1 kw Cos φ= 0/9 V= 220/380 V R.P.M = 1400
Min Wind speed	5m/sec
Battery	12V DC
Brake system	Hydrulic
Gear system	16 R.P.M/1400- 2000
Control phase and multimeter	Digital

۸- نتیجه گیری

استفاده از نیروگاه بادی مقیاس کوچک با توربین محور عمود که در این طرح روی آن کار شده است، با توجه به راحتی ساخت و حمل و نصب آسان آن در مناطقی که دارای سرعت باد متوسط پنج متر بر ثانیه می باشد جوابگو بوده و چنانچه جهت ذخیره سازی انرژی از باطری خانه استفاده شود تداوم بیشتری در تامین انرژی مصرف کننده خواهد داشت. ترکیب نیروگاه بادی با نیروگاه سلول خورشیدی به صورت ترکیبی نیز راندمان تامین انرژی را بسیار بالاتر می برد. موارد استفاده این پروژه می تواند برای مصرف کنندگانی دور از شبکه و در مناطق صعب العبور مانند چاههای کشاورزی، دکل های مخابراتی و پاسگاههای مرزی باشد.

مراجع

[۱] وزارت نیرو، "آموزش مدیریت انرژی"، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۷۷

[۲] WWW.EWEA.ORG (آژانس انرژی باد اروپا)

[۳] World Wind Energy Association (موسسه جهانی انرژی باد)

[4] R. K. Singal, "Non-Conventinal Energy Resouces", S.K. Kataria&sons, Dehli 2006

[۵] وزارت نیرو، آمار سازمان انرژهای نو، سال ۱۳۸۶

[6] Tony Burton, " Wind Energy Handbook", John Wiley, 2001

[7] H. Nacfaire, "Wind-Diesel and Wind Autonomous Energy Systems", Elsevier Science Publisher LTD., 1989

[8] J.F.Manwell, J.G. Magowan, A.L. Rogers, "Wind Energy Explained, Theory, Design and Application", John Wiley