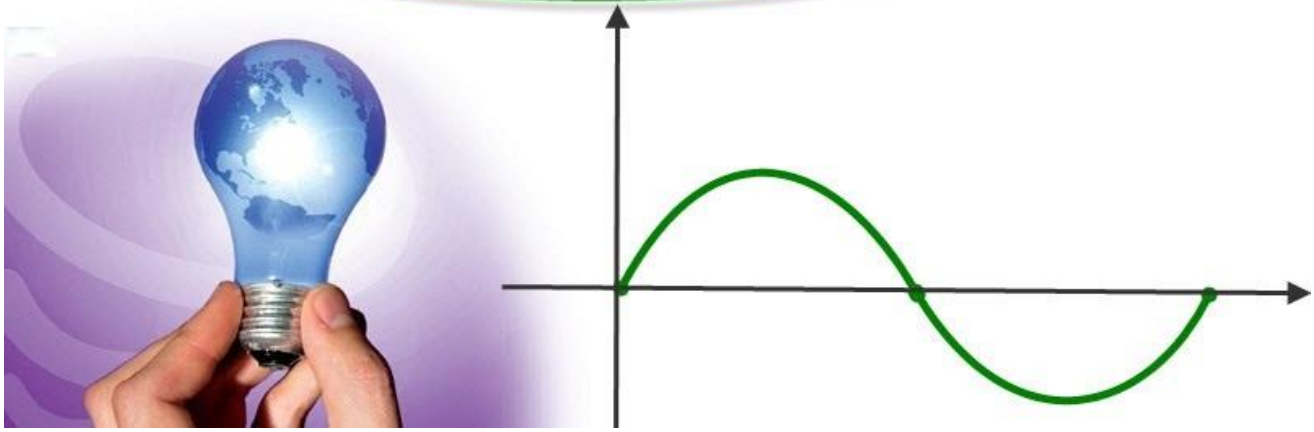
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

اصول و قوائد

اتصال توربینهای بادی به شبکه

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۳۸۸)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست

۱ - مزایا و معایب انرژی بادی

۲ - توربینهای بادی

۳- قسمتهای اصلی توربین بادی

۴- طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای راستای محور وربین در برابر باد

۴-۱ توربین های بادی با محور چرخش افقی

۴-۲ توربین های بادی با محور چرخش عمودی

۵ - طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای نحوه ارتباط آن ها با شبکه سراسر

۵ - ۱ توربین های بادی جدا از شبکه

بادی متصل به شبکه ۵ – ۲ توربین های

۵ - طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای ظرفیت تولید انرژی الکتریکی آنها

۶ - مشکلات کیفیت توان شبکه‌های توزیع دارای منابع تولید پراکنده

۶ - ۱تغییرات آرام یا سریع ولتاژ.

۶ – ۲ هارمونیکها و هارمونیکهای میانی

۷ - انواع فیلترهای بهبود کیفیت توان

۷-۱ فیلترهای پسیو.

۷ -۲ فیلترهای اکتیو.

۷ – ۳ فیلترهای هیبرید

۸- مدل ژنراتور القایی DFIG

۹ - آزمایش عملکرد سیستم کنترل توان ماشین DFIG

۱۰ - مدلسازی و کنترل توان راکتیو یک نیروگاه بادی با n مدل ژنراتور DFIG

۱۱ - طراحی کنترل کننده فازی – عصبی (NFC)

۱۲ - آرایش‌های مختلف سیستم الکتریکی توربینهای بادی سرعت متغیر برای اتصال به شبکه قدرت

۱۲ – ۱ سیستم‌های کاربردی برای توربین بادی ظرفیت بالا

۱۲ – ۲ آرایشهای توربین بادی سرعت متغیر با ظرفیت کم

۱۲ – ۳ مقایسه انواع سیستم‌های الکتریکی توربین بادی

۱۳ - نیازمندیهای فنی برای اتصال نیروگاههای بادی به شبکه قدرت

۱۳ – ۱ نیازمندی های کیفیت توان

۱۳ – ۲ نیازمندی های مربوط به رله های حفاظتی و اتوماسیون

WikiPower.ir

مزایا و معایب انرژی بادی

انرژی باد یکی از صورت های منابع انرژی تجدید پذیر است که با توجه به ویژگی مشترک انرژی های تجدید پذیر به صورت گسترده با تمرکز کم (چگالی کم) در اختیار بشر قرار گرفته است و استفاده از انرژی بادی دارای مزایای بسیاری است که برخی از آن عبارتست از:

۱ - انرژی باد از منابع انرژی تجدید پذیر ا ست که باعث می شود این انرژی به صورت پایان ناپذیر در اختیار بشر قرار داشته باشد

۲ - استفاده از انرژی های نو باعث کاهش مصرف سوختهای فسیلی و ذخیره ماندن آن ها برای نسلهای آینده می شود

۳ - انرژی باد یک انرژی پاک می باشد که هیچ خطری برای محیط زیست ایجاد نمی کند و به صورت رایگان در اختیار بشر قرار دارد.

۴ - توربین های بادی دارای قابلیت قدرت مانور بالا جهت بهره برداری در ظرفیت های مختلف تولید(از چند وات تا چندین مگاوات)با تغییر قطر روتورتوربین آنها را دارند .

۵ - پایین بودن هزینه برق تولیدی توسط توربین های بادی.

۶ - عدم نیاز به آب و یا دیگر سیالات در پروسه تولید برق .

۷ - عدم نیاز به زمین های بزرگ وساختمان های مخصوص بخش های کنترل و بهره برداری و . .

۸ - یجاد اشتغال و کارآفرینی با توجه به مزایای ذکر شده در مورد استفاده از انرژی باد ، وابستگی انرژی باد به شرایط جوی و محیطی وتغییرات انرژی باد در طول روز را می توان به عنوان معایب استفاده از انرژی باد بیان کرد

توربین های بادی

تبدیل انرژی باد به انرژی مکانیکی و سپس انرژی الکتریکی در توربین های بادی انجام می شود . توربین های بادی در اندازه های مختلف با اجزای مختلف و ویژگی های متفاوت با توجه به شرایط محیط و میزان نیاز تولید توان الکتریکی ساخته می شوند ،این توربین ها از پره ها با قطر روتور چندین متر تا حدود ۱۰۰ متر برای تولید توان های چندین کیلووات تا ۲۰۰۰ کیلووات مورد استفاده قرار می گیرند علاوه بر تولید توان الکتریکی از توربین های بادی برای پمپاژ آب نیز استفاده می شود.

این توربین ها با توجه به سیستم محور آن ها در برابر راستای باد و ظرفیت تولید توان الکتریکی آنها و نیز نوع اتصال ژنراتور توربین با شبکه قابل طبقه بندی می باشند که در قسمت های بعد به بررسی انواع طبقه بندی توربین های بادی و اجزای تشکیل دهنده یک توربین بادی می پردازیم .

قسمتهای اصلی توربین بادی

یک توربین بادی به طور کلی از قسمتهایی مانند روتور ، جعبه دنده ، محور سرعت پایین ، محور سرعت بالا ، ژنراتور ، برج نگهداری سیستم روتور ، مکانیزم های ترمز و مکانیزم های انحراف توربین ، بادنما ، بادسنج و بدنه توربین تشکیل شده است که هر یک از این اجزاء ، نقش مخصوصی را در توربین ایفا می کنند . حال با طرز کار ، عملکرد و وظیفه هر بخش به طور مختصر آشنا می شویم .

روتور

روتور یک توربین از پره ها ، توپی و اجزای داخل آن تشکیل شده است . روتور از طریق توپی خود به محور سرعت پایین متصل است و انرژی دورانی خود را به محور سرعت پایین منتقل می کند. روتورها بر دو نوع با محور افقی (HAWT) و با محور عمودی (VAWT) ساخته می شوند و پره های آنها را می

توان از فایبرگلاس تقویت شده با پلی استر و یا چوب چند لایه و یا فولاد ساخت که پره های ساخته شده با فایبرگلاس تقویت شـده سـبک می باشـند و تنش کمتری بر یاتاقانها و توپی وارد می کنند. پره های ساخته شده با چوب چند لایه دارای مقاومت بسیار مطلوب در برابر خستگی می باشند و پره های فولادی به خاطر تکنولوژی ساده ساخت ، استحکام بالا و هزینه ساخت کم مورد استفاده قرار می گیرند. قطر پره های توربین ها می توانند از چند متر تا حدود چند ده متر ساخته شود و توان قابل تولید در یک توربین بادی متناسب با سطح دایره ای شکلی است که از چرخش پره های روتور به حول محور روتور حاصل می شود وبه این دلیل با توجه به شرایط محیط و باد در هر منطقه و میزان توان مورد نیاز ، پره های توربین روتور در اندازه های مختلف سـاخته می شـوند و پره های تا قطر روتور ۸۵ متر برای تولید توان ۲۵۰۰ کیلووات به صورت عملی طراحی و تولید شده است .

محورهای سرعت بالا و پایین

محور سـرعت پایین از یک طرف به پره های روتور و از طرف دیگر به جعبه دنده متصـل می باشـند و سـرعت چرخش آن برابر سـرعت پره های روتور می باشـد و وظیفه این محور انتقال انرژی دورانی تولید شده در اثر وزش باد به جعبه دنده می باشد .

محور سـرعت بالا از یک طرف به جعبه دنده و از طرف دیگر به شـافت ژنراتور متصـل اسـت و وظیفه آن انتقال انرژی تغییر یافته چرخشی در جعبه دنده به محور ژنراتور می باشد .

جعبه دنده

سرعت چرخش روتور در توربین های بادی پایین می باشد و با توجه به شرایط و نوع توربین در حدود ۳۰ تا ۴۰ دور در دقیقه خواهد بود در حالی که برای تولید انرژی در محدوده فرکانس ۶۰ هرتز با توجه به تعداد قطب های ژنراتور نیاز به سرعتی بین ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ دور در دقیقه می باشد که جهت ایجاد چنین سرعتی نیاز به یک مکانیزم انتقال قدرت داریم که سرعت پایین و گشتاور بالای محور سرعت پایین را به سرعت بالا و گشتاور پایین در محور سرعت بالا تبدیل کند ، این مکانیزم جعبه دنده نام دارد و در جعبه

دنده توربین های بادی نرخ افزایش سرعت ثابت است و چرخ دنده های موجود در آن فقط سرعت چرخش محور سرعت پایین را به یک نسبت مشخص بالا خواهند برد که معمولاً این نسبت در حدود یک به پنجاه خواهد بود که باعث می شود سرعت چرخش محور سرعت بالا پنجاه برابر سرعت چرخش محور سرعت پائین باشد .

ستفاده از جعبه دنده به دلیل اصطکاک بالای قطعات مکانیکی آن و وزن بسیار سنگین و هزینه بسیار بالا مطلوب نمی با شد و بدین دلیل تحقیقات بـ سیاری برای حذف مکانیزم جعبه دنده از سیـ ستم توربین ها انجام شده است که یکی از راهکارهای آن افزایش تعداد قطب های ژنراتور به حدی است که با همان سرعت چرخش پایین روتور ، بتوان به فرکانس حوالی60 هرتز رسید که این راهکار از لحاظ عملی به دلیل بزرگ شدن حجم ژنراتور و نیاز به نصب ژنراتور در بالای سطح زمین منتفی است و روش دیگر افزایش سرعت چرخش روتور به مقدار مطلوب برای ژنراتور (در حدود ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ دور در دقیقه) است که این راهکار هم به علت افزایش تلفات مکانیکی سیستم و محدودیت های مکانیکی موجود غیر قابل ا ستفاده ا ست و راهکارهای دیگر هم مانند این دو راهکار به نتیجه مطلوبی نر سیده و تلاش طراحان برای طراحی یک توربین بدون مکانیزم جعبه دنده همچنان ادامه دارد .

ژنراتور

ژنراتورهای مورد استفاده در توربین های بادی معمولاً از نوع ژنراتور های القائی (آسنکرون) می باشد که اغلب دارای ۴ یا ۶ قطب می باشند ولی در برخی موارد از ژنراتورهای سنکرون نیز استفاده میشود. ژنراتور های القایی در حوزه کاری خود می توانند به صورت موتور القایی به شبکه متصل شوند و توربین را به چرخش در آورند و به حوالی سرعت سنکرون برسانند.

ساختمان ساده و ارزان بودن و رنج وسیع آن ها از چند وات تا چندین مگاوات باعث شده این ژنراتورها در بیشتر توربین های بادی مورد استفاده قرار گیرند ولی نقص عمده این ژنراتورها اخذ توان را کتیو از شبکه می باشد که باعث پایین آمدن ظرفیت موجود در خطوط انتقال نیرو می شود و برای حل این مشکل باید

از واحدهای جبران ســاز راکتیو در محل نیروگاه برای تامین توان راکتیو مورد نیاز ژنراتور القائی اســتفاده کرد که باعث افزایش هزینه احداث نیروگاه می شود ولی این هزینه در مقایسه با ا ستفاده از ژنراتورهای سنکرون گران قیمت که نیازبه نصب خازن ندارند ، بسیار کمتر می باشد .

با گسترش استفاده از انرژی باد و تولید برق بادی ، توربین های بادی متصل به ژنراتور القایی با تغذیه دوگانه یا DFIG (Double Fed Induction Generator) به طور گسترده ای به کار گرفته می شوند . این ژنراتور ها به دلیل ویژگی که در کارکرد با سرعت های متغیر باد دارند ، مورد توجه ویژه قرار می گیرند.

استفاده از نیروگاه های بادی با سرعت متغیر مزایایی نسبت به نیروگاه های بادی با سرعت ثابت دارد . اگر چه نیروگاههای بادی با سرعت ثابت، می توانند مستقیما به شبکه متصل شوند ، اما دامنه وسیع تری از انرژی، توسط نیروگاه های بادی سرعت متغیر، پوشش داده می شود و استرس های مکانیکی کمتری دارد ، نویز صوتی هم در آنها کمتر است . امروزه با پیشرفت های پاورالکترونیک، دیگر کنترل همه سرعت ها ممکن و به صرفه شده است .

WikiPower.ir

عملکرد ژنراتور القایی در سرعت ثابت

در سیستم های تولید انرژی با سرعت ثابت اغلب از ژنراتورهای القای قفس سنجابی squirrel cage استفاده می شود که با اتصال مستقیم به شبکه وصل می شوند. به این سیستم ها Fixed Speed Wind Electric Conversion Systems یا به اختصار ، سیستم های سرعت ثابت (WECS) ، می گویند. در این حالت به منظور عملکرد در حداقل و حد اکثر سرعت های ممکن باد ، از روش تغییر دادن تعداد قطب های ماشین استفاده می کنند. مزایای این روش کنترلی صرفه جویی اقتصادی می باشد اما از آنجایی که پوشش کاملی در همه سرعت های باد وجود ندارد و نمی توان از تمام انرژی باد به نحو احسن استفاده کرد،

نمودار گشتاور سرعت ، پله ای می باشد ، به علاوه با وجود نوسانات در سرعت باد، ولتاژ و همچنین توان خروجی نوسانی می باشند[5,4].

از آنجاییکه روش کنترل توان راکتیو به صورت ذاتی در این روش وجود ندارد ، باید حتما از بانک خازنی استفاده گردد تا توان راکتیو لازم تامین شود.

ناگفته نماند که از کنترل زاویه پیچش و کنترل گام نیز، در پره های توربین استفاده می شود که به منظور کنترل سرعت روتور در بازه های بین دو پله از تغییر تعداد قطب ها می باشد.

عملکرد ژنراتور القایی در سرعت متغیر

در توربین های سیستم های با سرعت متغیر در واقع قسمت دوار توربین نوسانات توان مکانیکی باد را با تغییر سرعت خود جذب می کند و منحنی توان خروجی صاف تر است ، این امر به بهبود کیفیت توان کمک می کند، اما از آنجاییکه سرعت متغیر تولید فرکانس های متغیر ولتاژ می کند ، جهت تثبیت فرکانس باید از کانورتر پاور الکترونیک استفاده کرد. در ادامه عملکرد سرعت متغیر برای دو نوع ژنراتور القایی قفس سنجابی و روتور سیم پیچی شده مورد بررسی قرار می گیرد.

- ژنراتور قفس سنجابی تحت سرعت متغیر

در این مدل ،کانورتر پل back to back ، بین شبکه و ژنراتور به صورت سری متصل است . در نتیجه کانورتر باید متناسب با قدرت ژنراتور طراحی و ساخته شود، زیرا باید بتواند تمام توان استاتور را از خود عبور دهد . در نتیجه محدودیت موجود در این روش، هزینه ی کانورتر است.

در شکل ۱ نحوه اتصال ژنراتور قفس سنجابی در عملکرد سرعت متغیر باد نشان داده شده است. مزایای این روش ، توانایی در استفاده بهینه از قدرت باد و محدود کردن نیاز به استفاده از بانک خازنی می باشد و از معایب آن بالا بودن هزینه کانورتر با توجه به ریتینگ آن می باشد .

– ژنراتور روتور سیم پیچی شده تحت سرعت متغیر

با استفاده از ژنراتور القایی دارای روتور سیم پیچی شده دیگر نیازی به پرداخت هزینه بالا جهت ساخت یا خرید کانورتر نمی باشد زیرا در این روش کانورتر تنها بین روتور و شبکه متصل می شود و تنها لازم است توان لغزش را تحمل کند. اما هزینه خود ژنراتور القایی روتور سیم پیچی شده بیشتر است، ولی به طور کلی در توان های بالا هزینه دو سیستم قابل مقایسه می شود و در مجموع مزایای استفاده از ژنراتور روتور سیم بندی شده با توجه به کیفیت کنترلی که روی توان دارد، بیشتر از ژنراتور قفس سنجابی می باشد.

در شکل ۲ نحوه اتصال ژنراتور القایی روتور سیم پیچی شده با تغذیه دوگانه را در اتصال به شبکه مشاهده می کنید.

بدنه توربین

بدنه توربین به محفظه ای گویند که پوشش مستحکمی را برای اجزای مختلف سیستم شامل محورهای سرعت بالا و پایین ، ژنراتور ، جعبه دنده و مکانیزم های کنترل و ترمز فراهم می کند و بدین صورت این تجهیزات در برابر آسیب های جوی محافظت می شوند.

بادنما و بادسنج

بادنما و باد سنج وظیفه اندازه گیری و تشخیص سرعت و جهت باد را دارند و سیگنال خروجی الکتریکی از باد سنج به سیستم کنترل برای شروع به حرکت ، متوقف کردن یا ثابت نگه داشتن دورتوربین داده می شود و نیز سیگنال خروجی به سیستم انحراف توربین برای فرمان حرکت به سمت چپ یا راست محور توربین ارسال می شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم گرداننده راستای محور توربین (انحراف به سمت چپ و راست)

این سیستم در توربین های بادی با محور افقی استفاده می شود و وظیفه آن این است که راستای محور توربین را به صورتی تغییر دهد که همواره بر راستای محور ورزش باد عمود باشد و کار کرد این سیستم تحت فرمان سیگنال ارسال شده از بادنما و باد سنج می باشد و استفاده از این سیستم باعث افزایش سطح انرژی دریافت شده از باد و در نتیجه افزایش راندمان کاری توربین می شود .

سیستم کنترل و ایمنی

سیستم کنترل به صورت پیوسته اطلاعات مورد نیاز مانند شرایط مختلف توربین ، وضعیت سرعت و جهت باد و غیره را توسط سنسورهای نصب شده در مکان های مختلف توربین و نیز توسط تجهیزاتی مانند باد نما و بادسنج دریافت کرده و با توجه به اطلاعات و شرایط مطلوب کار سیستم وظایف کنترلی و حفاظتی خود را از قبیل روشن و خاموش کردن توربین را انجام می دهد .

WikiPower.ir

سیستم ترمز

در شرایطی که سرعت چرخش محور روتور به علت افزایش بیش از حد انرژی باد ، از حد مجاز بیشتر شود با توجه به احتمال آسیب دیدن قسمت های قسمت مکانیکی در سرعت ها بالا و نیز خطر افزایش دور ژنراتور در سیستم های متصل به شبکه ، باید مکانیزمی برای ترمز محور روتور در شرایط بحرانی در نظر گرفته شود. جهت ایجاد یک مکانیزم ترمز معمولاً قسمتی از نوک پره روتور به صورت متحرک ساخته می شود که این قسمت متحرک در شرایط لازم برای ترمز ، قابلیت چرخش ۹۰ درجه ای را دارند و باعث متوقف شدن محور روتور می شوند به این مکانیزم ترمز ، ترمز هوایی گویند و مکانیزم های دیگری نیز برای ترمز محور روتور قابل طراحی و اجرا می باشد .

برج نیروگاه بادی

قسمتهای مختلف روتورتوربین بر روی برج قرار می گیرد و جنس برج نیروگاه معمولاً از فولاد می باشد و این برج ها در دو نوع برج های خرپائی و برج های لوله ای ساخته می شوند. برای توربین های با توان بالاتر با توجه به قطر روتور بیشتر آنها نیاز به برج های با ارتفاع بالاترمی باشد و هرچه ارتفاع برج بیشتر باشد می توان از سرعت های بیشتر باد در ارتفاع های بالاتر بهره برد ، طراحی سازه برج بسیار مهم و حساس می باشد زیرا تمام نیروها و گشتاورهای ایجاد شده توسط پره های متحرک توربین باید توسط برج نیروگاه و فونداسیون آن مهار گردد،بنابراین طراحی صحیح این قسمت برای عملکرد مطلوب توربین روتور بسیار حائز اهمیت می باشد .

طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای راستای محور توربین در برابر باد

توربین های بادی با توجه به را ستای محور ا صلی خود و شرایط و نحوه ا ستفاده از انرژی باد به دو گروه توربین های بادی با محور افقی و توربین های بادی با محور عمودی تقسیم می شوند که توربین های عمودی و افقی هر کدام دارای ساختار مکانیکی و اجزای متفاوتی هستند که در قسمت بعد به آن ا شاره خواهد شد .

WikiPower.ir

۱- توربین های بادی با محور چرخش افقی

محور ا صلی این توربین ها در را ستای وزش باد و موازی با سطح زمین می با شد و از لحاظ تعداد پره ها این توربین ها می توانند دو پره ای و سه پره ای و یا چند پره ای باشند که از هر کدام در شرایط خاص با توجه به میزان وزش باد ا ستفاده می شود ولی قاعده کلی ا ستفاده از آنها بدین صورت ا ست که هر چه سرعت وزش باد در منطقه کمتر باشد تعدادپره های بیشتری مورد نیاز می باشد و هر چه سرعت باد بیشتر با شد تعداد پره های کمتری مورد نیاز می با شد . افزایش تعداد پره ها باعث سنگین شدن توربین می شود و بدین علت بیشتر از توربین های دوپره ای و سه پره ای استفاده می شود. توربین های با محور افقی با استفاده ازسیتم گرداننده تعبیه شده درآنها میتوانند زاویه محور توربین نسبت به راستای وزش باد

را طوری تغییر دهند که همیشه راستای وزش باد بر محور توربین عمود باشد و انرژی بیشتری را بتوان از باد دریافت و به الکتریسته تبدیل کرد .

از دیگر مزایای توربین های بادی با محور چرخش افقی می توان به راندمان بالای آنها ، قابلیت تولید انرژی الکتریکی در سرعت های پایین اشاره کرد و از معایب آنها می توان به هزینه بالا و پیچیده گی ساخت این توربین ها ونیز ضرورت نصب ژنراتور در بالای سطح زمین اشاره کرد که باعث ایجاد مشکلات در تعمیرات ژنراتور می شود .

توربین های بادی با محور افقی از نظر جهت برخورد با باد به دو نوع توربین های با محور افقی رو به باد و توربین با محور افقی پشت به باد تقسیم می شوند که در توربین های رو به باد سطح دایره ای شکل حاصل از چرخش پره ها اولین قسمتی از توربین است که باد به آن برخورد می کند و برای بدست آوردن بی شترین میزان انرژی بادی همواره باید محور توربین بر را ستای وزش باد عمود با شد و این امر با کمک نصب بادنما و سیستم گرداننده انجام می شود و تقریباً اغلب توربین های با محور افقی از نوع رو به باد با قابلیت حرکت در را ستای وزش باد ه ستند . در توربین های با محور افقی از نوع پ شت به باد ، ابتدا برج توربین با باد برخورد می کند و در نتیجه قسمتی از انرژی باد به موجب سایه اندازی بر روی دایره چرخش پره ها تلف خواهد شد و در این نوع سیستم ها نیاز به وجود بادنما و سیستم انحراف نمی باشد

۲- توربین های بادی با محور چرخش عمودی

محور اصلی توربین های با محور چرخش عمودی به صورت عمود بر راستای وزش باد می باشد و بنابراین نیازی به سیستم انحراف محور توربین وجود ندارد . این توربین ها دارای ساختمان ساده تری نسبت به توربین های با محور افقی هستند و شامل قطعاتی با شکل های گوناگون مانند میله های عمودی که عمود بر راستای باد قرار می گیرند و میله های دیگر که در راستای باد قرار می گیرند ، می شوند که شکل خاص این نوع توربین ها باعث جمع شدن باد در توربین ها وچرخش محور توربین می شود. توربین های با محور عمودی اغلب دو پره می با شند و در انواع مختلف ساخته می شوند که متداول ترین آنها توربین

هـــای نـــوع داریـــوس ، اوانـــس و ســـــاونـــیـــوس مـــی بـــاشـــــنـــد .

توربین های با محور عمودی با هزینه پایین تر از توربین های با محور افقی ســاخته می شــوند و دارای ساختار فیزیکی و آیرو دینامیکی ساده تری هستند و از دیگر مزایای این توربین ها این است که ژنراتور این توربین ها بر روی زمین نصب می شود که باعث سادگی در تعمیرات و سرویس توربین می شود و نیز وزن این توربین های ســبک و قیمت برج آن ارزانتر از توربین های با محور افقی اســت ولی عیب این توربین ها پایین بودن راندمان کاری آنها است.

طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای نحوه ارتباط آن ها با شبکه سراسری

توربین های بادی با توجه به نوع ارتباط آنها با مصرف کننده و شبکه سراسری به دو دسته توربین های جدا از شبکه و توربین های متصل به شبکه تقسیم می شوند که هر کدام در شرایط خاص و کاربردهای خاص استفاده می شوند و در قسمت های بعد با نحوه کارکرد و کاربردهای هر یک از این سیستم ها آشنا می شویم .

WikiPower.ir

توربین های بادی جدا از شبکه

در سیستم توربین های بادی جدا از شبکه همان طور که از نام آنها مشخص است برق تولید شده در توربین به صورت جدا از شبکه برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز یک یا چند مصرف کننده استفاده می شود و در این نوع سیستم نیاز به احداث خطوط انتقال نیرو یا احداث پست های فشار قوی و فشار ضعیف نمی باشد و توان تولید شده در توربین در محل نیروگاه یا در همان حوالی مصرف می شود . کاربرد نیروگاههای بادی با توربین های مستقل از شبکه شارژ باتری ، گرمایش آب ، تولید توان الکتریکی در نواحی دور افتاده ، تامین انرژی دستگاههای ناوبری دریائی و شیرین سازی آب می باشد .

سیستم های شارژ باتری پر مصرف ترین کاربرد سیستم نیروگاههای بادی با توربین جدا از شبکه می باشد و توربین این سیستم ها اغلب با قطر حدود ۳ تا ۵ متر ساخته شده و توان نامی آنها اغلب بین ۴۰ تا ۱۰۰۰ وات می باشد. سیستم های گرمایش آب اغلب در منازل مسکونی استفاده میشوند و نحوه کار انها بدین صورت است که برق تولید شده در توربین بادی می تواند به طور مستقیم به یک رادیاتور یا آب گرم کن و یا بخاری الکتریکی متصل می شود و جهت کاربردهای گرمایشی استفاده شود وهمین طور می توان از این فرآیند به صورت مشابه برای سرمایش در منازل مسکونی هم استفاده کرد.

سیستم های تامین برق مناطق دور افتاده به کمک نیروگاههای بادی با توربین جدا از شبکه بسیار مقرون به صرفه و با قابلیت اعتماد بالا می باشند و غالبا این سیستم ها دارای یک سیستم ذخیره کننده انرژی (باتری) می باشند و مزیت این سیستم ها این است که می توان از توربین های بادی با سایر منابع تولید انرژی مانند سلولهای فتوولتائیک و یا دیزل ژنراتورها برای تامین توان های بیشتر به صورت ترکیبی استفاده کرد

WikiPower.ir

توربین های بادی متصل به شبکه

نیروگاههای بادی با توربین های بادی متصل به شبکه به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

۱ - توربین های بادی متصل به شبکه منفرد

۲ - توربین های بادی متصل به شبکه گروهی(مزارع بادی)

توربین های بادی متصل به شبکه منفرد

توربین های بادی منفرد معمولاً برای تامین بارهای الکتریکی از نوع مسکونی ، تجاری ، صنعتی و یا کشاورزی ا ستفاده می شوند. ظرفیت تولید انرژی الکتریکی این توربین ها در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ کیلووات می باشد و بار مصرفی معمولاً در نزدیکی محل توربین نیروگاه قرار دارد و بار مصرفی می توانند به شبکه برق سراسری و توربین ژنراتور متصل شوند و تولید بیش از حد نیاز مصرف کننده ها را می توان به شرکت های توزیع برق منطقه ای فروخت و در شرایطی که توربین ها قادر به تولید برق نمی با شند می توان انرژی مورد نیاز مصرف کننده ها را از شبکه سراسری دریافت کرد و نرخ قبوض ماهیانه برق مشترکین از تفاوت نرخ بهای برق تولیدی و مصرفی آنهامحاسبه خواهد شد . کشورهای آمریکا ، آلمان ، دانمارک ، هلند و اسپانیا با فراهم کردن شرایط مناسب به مشترکین برق خود اجازه داده اند تا در صورت علاقه ، توربین های بادی را در تملک خود خریداری کرده و با بهره گیری از آنها برای تامین برق مصرف کننده های خود وفروش مازاد آن به شرکت های توزیع نقشی را در کمک به کاهش نرخ افزایش تقاضای مشترکین برق ایفا کنند.

WikiPower.ir

توربین های بادی متصل به شبکه گروهی (مزارع بادی)

در یک مزرعه بادی به دلیل نیاز به تولید توان الکتریکی با مقادیر بالا گروهی از توربین های بادی را به طور متمرکز در یک منطقه نصب می کنند . امروزه مزارع بادی با ظرفیت های تولید بیش از ۱۰۰ مگاوات احداث می شوند و ظرفیت متداول هر یک از توربین های موجود در یک مزرعه بادی بین ۵۰ تا ۵۰۰ کیلووات است و مقدار انرژی قابل تولید در هر مزرعه بادی به تعداد توربین ها و مشخصات توان نامی توربین ها و سرعت و تداوم وزش باد بستگی دارد.توان تولیدی در مزارع بادی معمولا توسط ترانسفورماتورها تبدیل به ولتاژهای بالاتر شده و به سیستم های قدرت فشار متوسط تزریق می شود .

طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای ظرفیت تولید انرژی الکتریکی آنها

توربین های بادی که برای تولید انرژی الکتریکی ا ستفاده می شوند بر مبنای ظرفیت تولید انرژی به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتست از:

۱) توربین های کوچک بادی مستقل از شبکه.

۲) توربین های متوسط بادی مستقل از شبکه.

۳) توربین های بزرگ بادی متصل به شبکه

که در قسمت های بعد این سیستم ها را به اختصار توضیح می دهیم.

توربین های کوچک بادی مستقل از شبکه

این توربین ها برای تامین انرژی الکتریکی مصرف کننده هایی مانند پمپ آب ، شارژ باتری و یا سیستم های گرمایش و سرمایش استفاده می شود واغلب در توان های کمتر از ۲۵ کیلووات مورد بهره برداری قرار می گیرند و همیشه به صورت مستقل از شبکه کار می کنند . روتور این توربین ها دارای قطر کمی بوده و از تعداد ۲ تا ۶ پره از جنس کربن و آلیاژهای آلومینیم ساخته می شود . این توربین ها اغلب فاقد جعبه دنده هستند و توربین مستقیماً به ژنراتور متصل است و در صورتی که کیفیت ولتاژ و فرکانس برق تولیدی برای مصرف کننده های مهم نباشد (مانند المنت های مقاومتی در سیستم های گرمایش) می توان برق تولید شده در ژنراتور را مستقیماً به بار مورد نظرمتصل کرد ولی در زمانی که مصرف کننده نیاز به ولتاژ و فرکانس ثابت و مشخصی دارد ، ابتدا ولتاژ خروجی ژنراتور توسط سیستم یکسو ساز به ولتاژ DCتبدیل شده و سپس برای رسیدن به ولتاژ و فرکانس مورد نظر از مبدل DC به AC کنترل شده استفاده می کنیم.

توربین های متوسط بادی مستقل از شبکه

از نیروگاههای بادی با سیستم توربین های متوسط بادی مستقل از شبکه معمولاً در شبکه های کوچک در مناطق دور افتاده مانند رو ستاهای مرزی ا ستفاده می شود و برای مناطق دور از شبکه سرا سری یا

مناطقی کوهستانی که امکان احداث شبکه انتقال در آن وجود ندارد و یا در مناطقی که به دلیل مشکلات زیست محیطی نمی توان نیروگاههای فسیلی را در آن جا احداث کرد استفاده می شود . ظرفیت تولید توان الکتریکی این نیروگاهها بین ۲۵ تا ۱۵۰ کیلووات می باشد و می توان در کنار توربین های بادی از دیگر سیستم های تولید انرژی مانند سیستم های فتوولتائیک و یا دیزل ژنراتور برای تولید انرژی الکتریکی استفاده کرد و مصرف کننده هایی که نیاز به برق با کیفیت پایین دارند از توربین های بادی و مصرف کننده هایی که نیاز به انرژی الکتریکی با کیفیت ولتاژ و جریان بالا دارند را از دیزل ژنراتور یا سلول خورشیدی تغذیه کرد .

توربین های بزرگ بادی متصل به شبکه

توربین های بزرگ متصل به شبکه ، در ظرفیت های ۱۵۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات در سطح جهان مورد ساخت و بهره برداری قرار گرفته و مشخصات نامی برای یک توربین ۵۰۰ کیلووات معمول در حدود ۳۷ متر قطر روتور با وزن توربین در حدود ۴۸ تن ، ارتفاع برج ۳۵ متر ، و سرعت روتور ۳۰ دور در دقیقه می باشد . در این نوع توربین با توجه به سرعت پایین چرخش محور توربین ، نیاز به سیستم چرخ دنده برای تغییر میزان گشتاور و سرعت محور توربین ضروری است و در این توربین ها به دلیل سنکرون شدن ژنراتور توربین با شبکه سراسری ، امکان تغییر مقادیر ولتاژ و فرکانس وجود ندارد و نیاز به سیستم های مبدل ACبه DC نمی باشد ولی برای شرایط بحرانی افزایش دور توربین باید مکانیزمی تعبیه شود تا بتوان سرعت توربین را کم و آن را ترمز کرد .

۲ـ مشکلات کیفیت توان شبکه‌های توزیع دارای منابع تولید پراکنده

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با بررسی شبکه‌های توزیع دارای منابع تولید پراکنده می‌توان به بعضی از مشکلات کیفیت توان موجود در این سیستمها نظیر نوسانات وتغییرات ولتاژ و اعوجاج و هارمونیک دار بودن شکل موج ولتاژ و جریان شبکه پی برد. در ادامه به بررسی این موارد می‌پردازیم.

۲-۱ تغییرات آرام یا سریع ولتاژ

در صورت استفاده از منابع تولید پراکنده متعدد در شبکه و اتصال آنها به یک فیدر، تغییر اندازه ولتاژ ناشی از تمامی منابع بایستی مورد توجه قرار گیرد لذا پخش بار دقیق سیستم ضروری می‌باشد. بررسی حالت پایدار ولتاژ محل اتصال منابع تولید پراکنده به فیدرهای شبکه‌های توزیع یکی از پارامترهای اساسی این شبکه‌ها است. لذا استانداردهایی برای تغییرات اندازه ولتاژها برای شبکه‌های ولتاژ متوسط و فشار ضعیف دارای منابع تولید پراکنده تنظیم شده است. طبق استانداردهای کشورهای اروپایی این میزان نبایستی از ۳٪-۲٪ در شبکه‌های ولتاژ متوسط تجاوز نماید تا تغییرات ولتاژ شبکه فشار ضعیف نیز بیش از ۱۰٪ نگردد. برای حالاتی که توان تولیدی منابع تولید پراکنده ماکزیمم و توان مصرف بارهای شبکه مینیمم باشد، تغییر اندازه ولتاژ در محل اتصال، ماکزیمم و هرگاه توان تولیدی منابع تولید پراکنده، مینیمم و توان مصرفی بارهای شبکه، ماکزیمم باشد تغییر اندازه ولتاژ در محل اتصال، مینیمم خواهد بود. مقدارم توسط ولتاژ هر محل اتصال نبایستی از ۵٪ ولتاژ نامی تجاوز نماید تا با استفاده از تغییر تپ ترانسهای ولتاژ متوسط به فشار ضعیف بتوانیم آنرا جبران نماییم. تغییر اندازه ولتاژ محل اتصال حول متوسط ولتاژ نبایستی بیش از ۳٪ ولتاژ نامی باشد که تا تغییر اندازه ولتاژ شبکه فشار ضعیف کمتر از ۱۰٪ بماند.

تغییر سریع ولتاژ در محل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع می‌تواند ناشی از سوئیچینگ و قطع و وصل کردن منبع به شبکه یا تغییرات ناگهانی توان خروجی آن در هنگام کار باشد. اندازه این تغییرات و فلیکر ناشی از آن بایستی محدود گردند تا از آسیب رسیدن به تجهیزات و بارهای مصرفی موجود در شبکه جلوگیری گردد. اندازه فلیکر ولتاژ برای شبکه فشار ضعیف در بازه زمانی کوتاه مدت کمتر از ۰/۷۵ و در

بازه زمانی بلند مدت کمتر از ۱ بوده ولی برای شبکه ولتاژ متوسط با در نظر گرفتن پارامترهای شبکه برای کوتاه مدت کمتر از ۰/۷ و برای بلند مدت کمتر از ۰/۹ می‌باشد.

۲-۲ هارمونیکها و هارمونیکهای میانی

استفاده از ادوات الکترونیک قدرت بصورت کنورترهایی برای اتصال منابع تولید پراکنده نظیر توربینهای بادی و سلولهای خورشیدی به شبکه توزیع موجب ایجاد در شبکه‌های ولتاژ متوسط هارمونیکهای ولتاژ می‌توانند ناشی از اثر اتصالات دستگاهها به شبکه‌های فشار ضعیف یا فشار قوی ایجاد گردند بهمین علت هریک از تجهیزات تنها بایستی هارمونیکهای محدودی را ایجاد نمایند تا سطح هارمونیک ولتاژ کل شبکه از حد متعارف تجاوز ننماید. از این رو در هنگام استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع بایستی به پتانسیل تولید هارمونیکها و هارمونیکهای میانی ناشی از نصب این دستگاهها توجه گردد. در شبکه توزیع دارای بارهای غیر خطی مجهز به کنورتر در ورودی خود که عمدتاً بارهای صنعتی هستند، در اثر استفاده از منابع تولید پراکنده، هارمونیکهای شکل موج ولتاژ شبکه افزایش می‌یابد که افزایش هارمونیکها در باس متصل به منبع تولید پراکنده بسیار شدید بوده و بایستی بنحوی میزان هارمونیکها محدود گردد.

۳ـ انواع فیلترهای بهبود کیفیت توان

یکی از ادوات بکار رفته برای بهبود کیفیت توان شبکه‌های توزیع، فیلترها هستند که برای رفع مشکلات و مسائلی نظیر هارمونیکها و جبرانسازی توان راکتیو در شبکه‌های توزیع بکار می‌روند. در ادامه ویژگیهای هر یک از انواع مختلف فیلترهای بکرا رفته در شبکه‌های قدرت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱ فیلترهای پسیو

فیلترهایی که در روش سنتی بهبود کیفیت توان مورد استفاده بودند،از نوعو پسیو بوده و از اتصال سری سلف و خازن حاصل شده و مقادیرشان با توجه به امپدانس سیستم بگونه‌ای انتخاب می‌گردد تا امکان حذف یک هارمونیک خاص با یک پهنای هارمونیکی را بوجود آورد. این نوع فیلترها برای محدود کردن هارمونیکها یعنی کاهش هارمونیکها و در حالت ایده آل سد عبور کامل آنها بکار می‌روند کمه این عمل یا

با انحراف مسیر جریانهای هارمونیکی و یا با انسداد مسیر عبور آنها صورت می‌گیرد. یکی از بزرگترین محاسن فیلترهای پسیو، قیمت بسیار کم این نوع از فیلترها می‌باشد. اما در کنار این مزیت، این فیلترهای دارای مشکلات متعددی هستند که عبارتند از:

احتمال تشدید هارمونیکها بدلیل نوسان سری موازی بین امپدانس فیلتر و امپدانس منبع

نیاز به یک فیلتر پسیو برای حذف هر هارمونیک خاص

عدم انعطاف‌پذیری فیلترهای پسیو در مقابل تغییرات بار

۳-۲ فیلترهای اکتیو

با پیشرفت ادوات الکترونیک قدرت و بوجود آمدن روشهای جدید برای کنترل، فیلترهای اکتیو که دارای ساختار یک اینورتر می‌باشند. بمنظور حذف هارمونیکها و جبرانسازی توان راکتیو بکار گرفته شده‌اند. این فیلترها همواره در ارتباط مستقیم با شبکه بوده و با تغییر وضعیت شبکه، وضعیت خود را بگونه‌ای تغییر می‌دهند که شکل موج جریان و ولتاژ شبکه را بیش از پیش به حالت سینوسی نزدیکتر ننمایند. این فیلترها به نحوی عمل می‌کنند که مجموعه بار غیر خطی و فیلتر اکتیو بصورت یک بار خطی از دید شبکه خواهد بود. این فیلترها نیز بصورت موازی یا سری با بار قرار می‌گیرند. فیلترهای اکتیو موازی برای جبران کردن جریانهای هارمونیکی بکار می‌روند و با تولید توان راکتیو، قسمتی از توان راکتیو مصرفی شبکه را جبران می‌نماید. مشکل عمده این ساختار فیلتر هیبرید، توان نامی بالای موردنیاز برای فیلتر اکتیو است که در صورت استفاده از ساختار فیلتر هیبرید مشتمل بر اتصال سری فیلترهای پسیو به فیلتر اکتیو می‌توان توان نامی آن را کاهش داد.

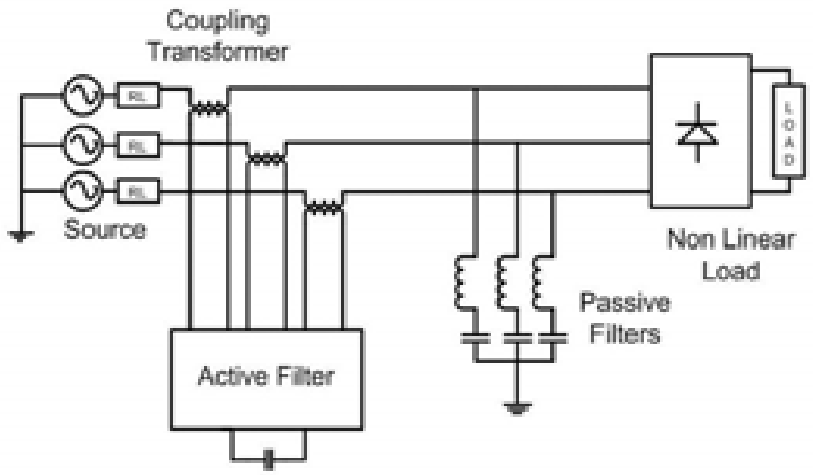
مهمترین ویژگی فیلترهای اکتیو در مقایسه با انواع پسیو آنست که برخلاف فیلترهای پسیو که برای حذف هارمونیک نیاز به یک شاخه موازی است، تمامی هارمونیکها توسط یک وسیله جبران می‌شوند. این نوع می‌گردد.

۳-۳ فیلترهای هیبرید

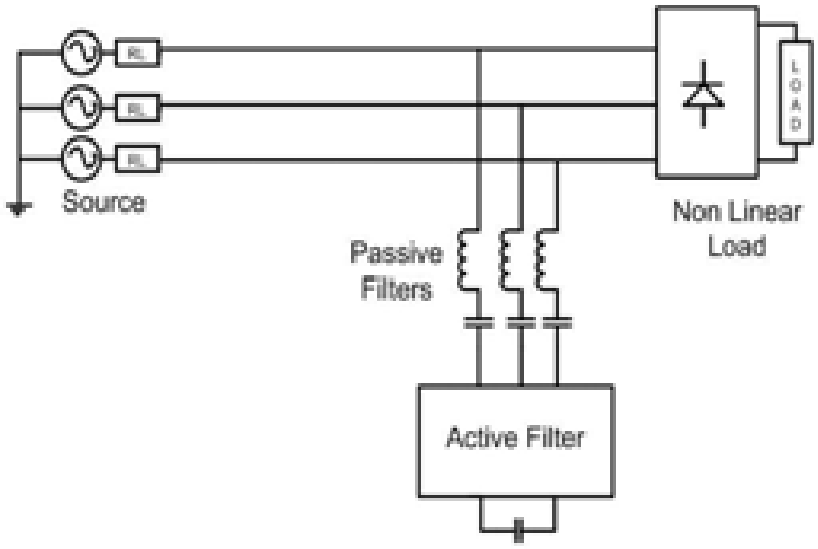
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

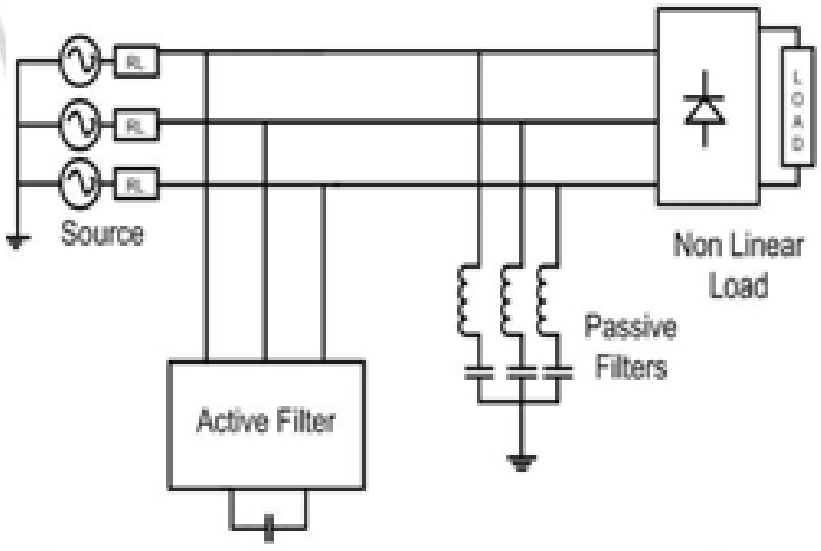
همانطور که گذشت، فیلترهای پسیودارای مشکل حساسیت زیاد فیلتر به تغییرات المانها و امپدانس منبع می‌باشند که در صورت نوسان سری و موازی منجر به تشدید اعوجاج در سیستم قدرت می‌گردند. فیلترهای اکتیو نیز هزینه اولیه و بهره‌برداری و همچنین توان نامی زیادی دارند که مشکل اصلی برای این فیلترها محسوب می‌گردد. برای رفع مشکلات فوق و به منظور بهره‌گیری از مزایای هر دو نوع فیلتر و مهمتر از همه برای کاهش توان نامی فیلتر اکتیو، از ترکیب دو فیلتر اکتیو و پسیو را همزمان داشته ولی معایب آنها را ندارند. قیمت کم و بازده بیشتر نیز از دیگر ویژگیهای این فیلترها می‌باشد.

فیلترهای اکتیو برای رفع نواقص فیلترهای پسیو طراحی شده‌اند زیرا این فیلترها انعطاف‌پذیر بوده و می‌توانند اعوجاج شکل موج ولتاژ و جریان شبکه را بخوبی جبران نمایند ولی از لحاظ اقتصادی مقرون بصرفه نمی‌باشند. از این روس اختارهای مختلف فیلترهای هیبرید بصورت اتصال سری فیلتر اکتیو و موازی فیلتر پسیو با بار، فیلتر اکتیو و پسیو سری با هم و مجموعاًموازی با بار و اتصال فیلتر اکتیو، پسیو و بار هر سه با هم موازی برای استفاده توام از ویژگیهای هر دو فیلتر اکتیو و پسیو بکار می‌رود که تصاویر شماتیک آنها در شکل (۱) دیده می‌شود.



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

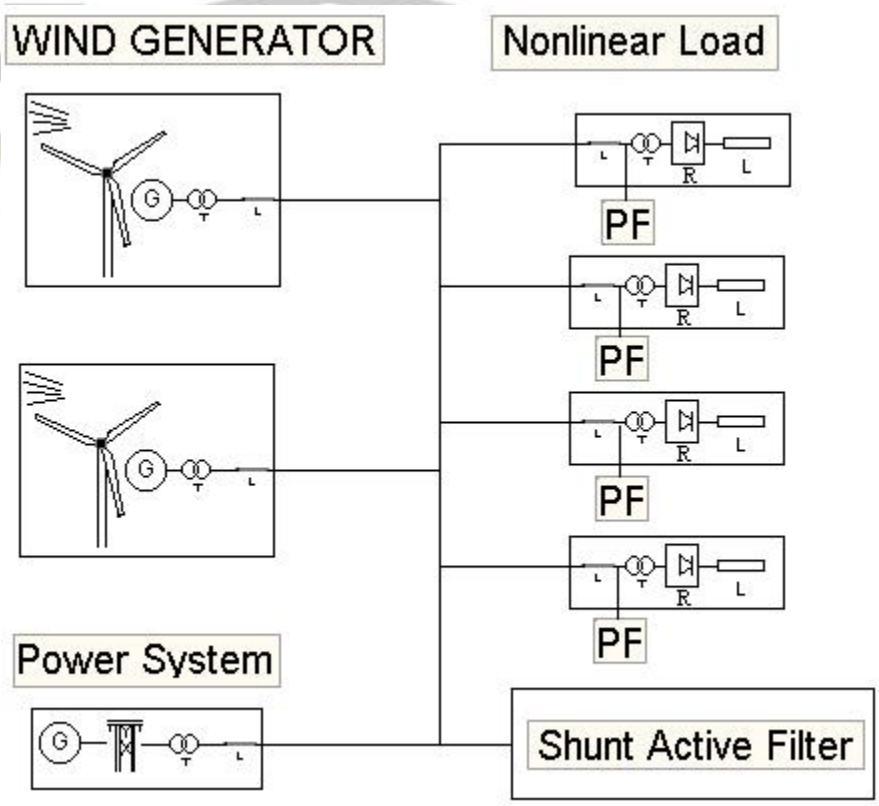




شکل .: 1 تصویر شماتیک سه ساختار مختلف فیلترهای هیبرید

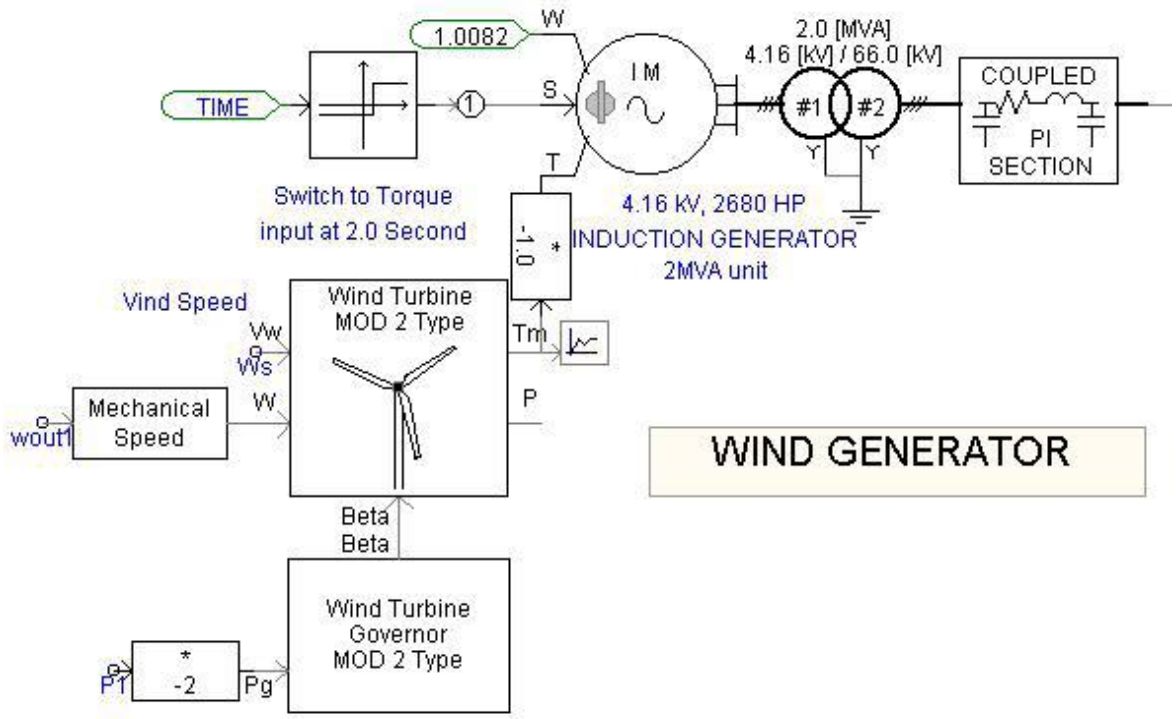
۴ـ نتایج تحلیل و شبیه‌سازی

تصویر شماتیک یک شبکه توزیع دارای بارهای غیر خطی و توربینهای بادی بعنوان منابع تولید پراکنده به همراه ساختار و محل فیلترهای اکتیو و پسیو بکار رفته در شکل (۲) دیده می‌شود. برای شبیه‌سازی نیروگاههای بادی بعنوان منابع تولید پراکنده در شبکه با انتخاب نوع تغییرات مشخصه باد و با استفاده از یک سیستم مکانیکی به مدل یک توربین بادی در PSCAD/EMTDC استفاده شده که توان مکانیکی خروجی توربین بادی به یک ژنراتور القایی وارد شده و این ژنراتور توان الکتریکی خروجی خود را به شبکه تزریق می‌نماید. در این مقاله دو عدد توربین بادی با توان الکتریکی تولیدی در حدود ۱/۸ مگا وات بصورت نشان داده شده در شکل (۳) شبیه‌سازی شده و از طریق خطوط انتقالی بطور یک کیلومتر به شبکه توزیع متصل می‌شوند. همچنین در صورت نیاز به تولید توان راکتیو در شبکه با جایگذاری ماشین سنکرون بجای ژنراتور القایی در مدل توربین بادی می‌توان توان راکتیو موردنیاز را به شبکه تزریق نمود.

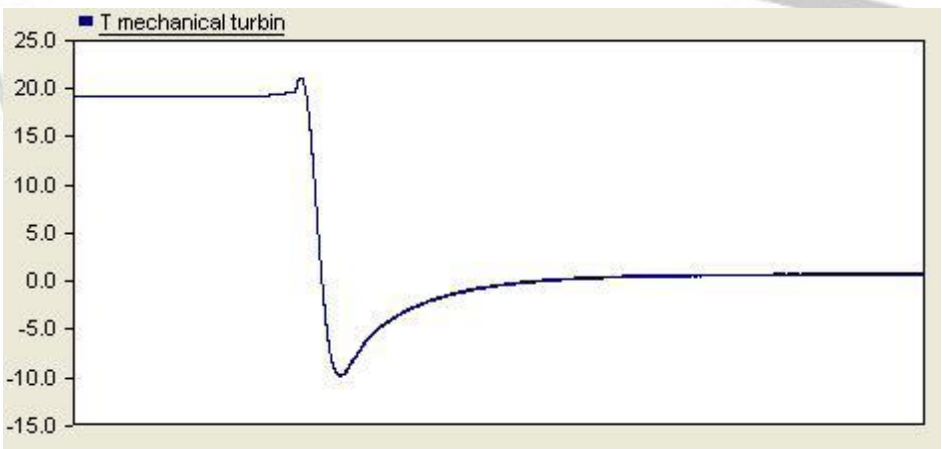


شکل : 2 تصویر شماتیک شبکه توزیع مورد بررسی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

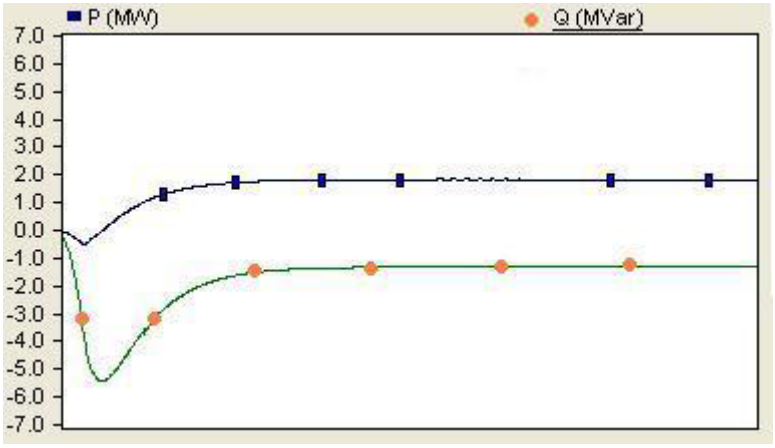


شکل : 3 مدل شبیه سازی توربین بادی بعنوان منبع تولید پراکنده

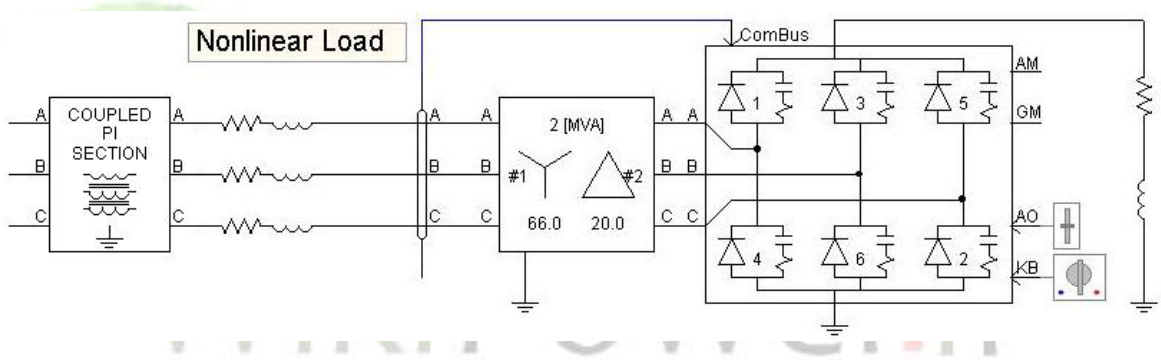


شکل .: 4 گشتاور مکانیکی خروجی توربین بادی

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



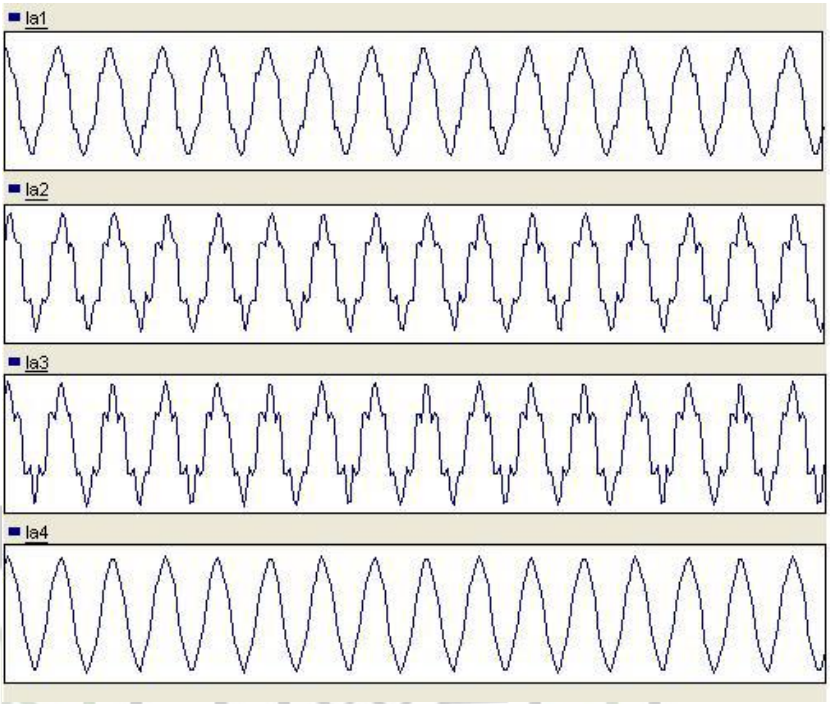
شکل : 5 توان اکتیو و راکتیو تزریقی به شبکه توزیع از طرف نیروگاه بادی.



شکل : 6 بار غیرخطی و نامتعادل شبکه توزیع مورد بررسی

مشخصات منابع تولید پراکنده شامل توربین بادی و ژنراتور القایی متصل به آن برای هر دو منبع تولید پراکنده در ضمیمه آورده شده است. برای شبیه‌سازیها انجام شده اندازه تغییرات گشتاور مکانیکی خروجی توربین بادی که مستقیماً به ژنراتور القایی وارد می‌شود و نیز اندازه توان راکتیو و راکتیو خروجی ژنراتور القایی که به شبکه توزیع تزریق می‌گردد بترتیب در شکلهای (۴) و (۵) دیده می‌شود. دلیل تغییر ناگهانی گشتاور مکانیکی خروجی توربین، نحوه تغییر کار ژنراتور از حالت سرعت ثابت به گشتاور ثابت در آن لحظه

می‌باشد. بارهای شبکه غیر خطی و نامتعادل و بصورت نشان داده شده در شکل (۶) می‌باشند و مشخصات کامل آنها شامل مقاومت و راکتانس بارها، زاویه آتش تریستورهای یکسو کننده‌های ابتدای بار و نیز مقاومت و راکتانس مسیر بارها بهمراه ضرایب هارمونیک مرتبه پنجم و هفتم و THD آن بارها در ضمیمه دیده می‌شود. در شکل (۷) نیز شکل موجهای جریان بارهای غیر خطی دیده می‌شود.



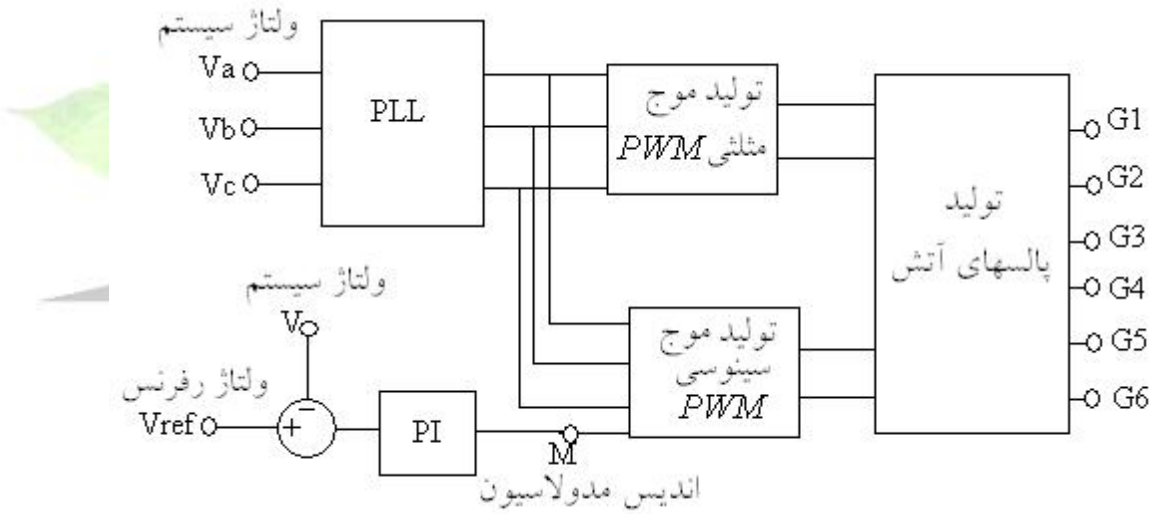
شکل 7: شکل موج جریان بارهای غیرخطی شبکه توزیع مورد بررسی

فیلتر هیبرید بکار رفته در این مقاله دارای فیلترهای پسیو مرتبه پنجم پراکنده در شبکه و در باسهای نزدیک به بارهای غیر خطی است تا شدت هارمونیکها و THD باس اصلی شبکه را ناشی از هارمونیک مرتبه پنجم کاهش دهد. از آنجاییکه بیشترین ضریب هارمونیکی در این بارها، ضریب هارمونیک پنجم است لذا فقط فیلتر پسیو مرتبه

Cpf= 10 Uf *LPF=28 mH*

آنگاه از یک فیلتر اکتیو موازی بصورت یک اینورتر تمام موج در نزدیکی باس اصلی شبکه توزیع استفاده شده که بصورت PWM کنترل می گردد و هارمونیکهای با قیمانده جریان را حذف می نماید . همچنین

در صورت بروز تغییراتی در بار شبکه، بصورت دینامیک برای بهبود کیفیت توان شبکه اقدام می کند . برای کنترل فیلتر اکتیو از جریان مجموعه بار غیرخطی شبکه نمونه برداری شده و با مقایسه آن با شکل موجهای سینوسی مرجع، سیگنال خطا تو لید و برای کنترل زوایای آتش تریستورها بکار می رود . تصویر دیده می شود. این بررسیها برای فیلتر اکتیو موازی با سیستم کنترلی بر اساس تئوری توان لحظه ای نیز انجام شده و نتایجبررسیها و شبیه سازیهای انجام شده از عملکرد بهتر فیلتر اکتیو در صورت استفاده از سیستم کنترلی PWM نسبت به نوع هیسترزیسی و توان لحظه ای حکایت دارد.



شکل : 8 تصویر شماتیک سیستم کنترل *PWM* فیلتر اکتیو

مدل ژنراتور القایی DFIG

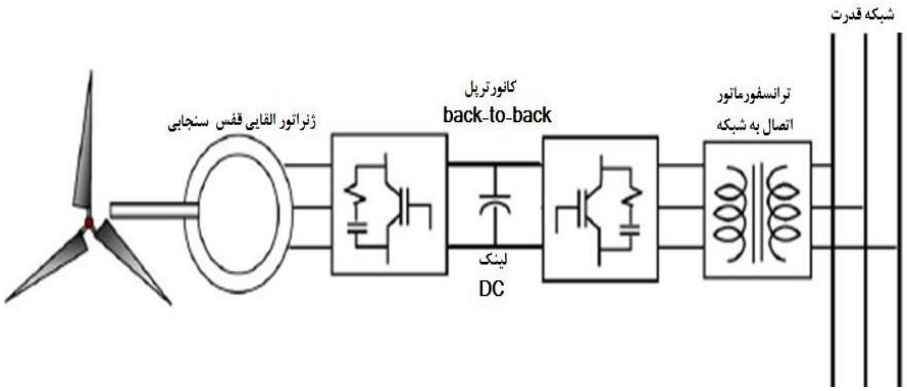
همانند موتور القایی ، ژنراتور القایی دارای عملکرد در سرعت زیر سنکرون و فوق سنکرون می باشد که در

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

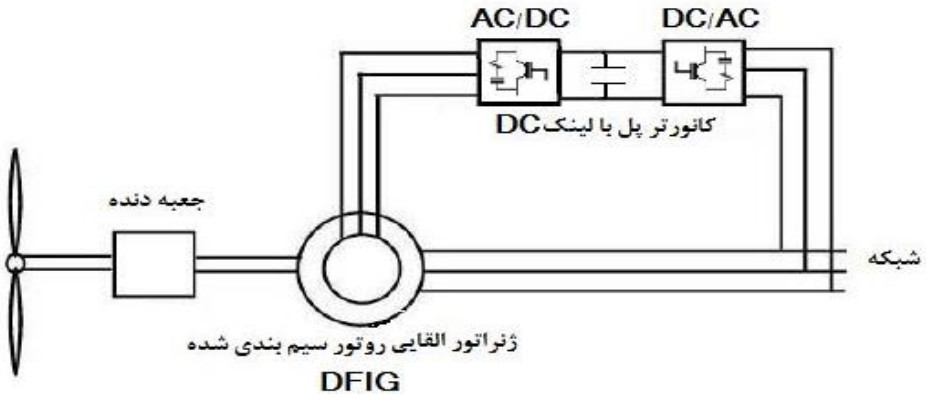
مجموع چهار حالت کاری را برای ماشین القایی رقم می زند. در تولید برق بادی دو حالت ژنراتوری فوق سنکرون و زیر سنکرون مورد نظر و بررسی قرار دارد . از این رو دو کانورتر قدرت پل back to back توسط یک لینک DC ، می تواند شارش توان را در دو جهت در روتور یک DFIG ، فراهم کند[6,8,3].

وظیفه ی کانورتر سمت شبکه ثابت نگه داشتن ولتاژ لینک DC است و وظیفه ی کانورتر سمت روتور ، کنترل توان اکتیو و راکتیو در استاتور می باشد.

همان طور که در شکل۳ مشاهده می کنید پل کانورتری در هر فاز یک پایه و در مجموع سه پایه دارد و هر پایه شامل ۲ ترانزیستور می باشد. یک کنترل هیسترزیس مقادیر مطلوب جریان های فاز روتور را توسط روشن کردن ترانزیستور فوقانی در هنگامی که مقدار جریان فاز ، از جمع جبری جریان واقعی فاز و سطح مشخص شده ی هیسترزیس بیشتر است، کنترل می کند. همچنین این کنترل، ترانزیستور پایینی را در هنگامیکه مقدار واقعی جریان، بیشتر از جمع جبری سطح هیسترزیس و مقدار جریان پایه است ، روشن می کند.روشن کردن ترانزیستور بالایی در هر فاز، موجب افزایش جریان در آن فاز می شود و روشن شدن ترانزیستور پایینی در هر فاز از میزان جریان در آن فاز می کاهد . بدیهی است که در هر زمان تنها یکی از دو ترانزیستور می تواند روشن باشد.



شکل ۱: اتصال ژنراتور القایی قفس سنجابی به شبکه در عملکرد سرعت متغیر



شکل ۲: اتصال ژنراتور القایی روتور سیم بندی شده به شبکه به صورت DFIG در عملکرد سرعت متغیر

کنترل کانورتر سمت روتور

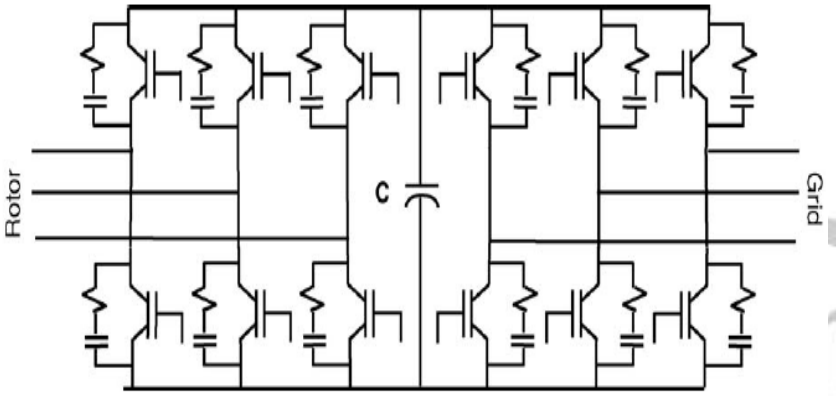
فرایند کنترل این حقیقت را به کار می بندد که در قاب مرجع استاتور، تغییرات جریان روتور در تغییرات جریان استاتور منعکس می شودو از این رو با کنترل جریان روتور، توان های اکتیو و راکتیو استاتور قابل کنترل است.

برای بهره گیری از مزایای سرعت متغیر، پیگیری جدول گشتاور سرعت بهینه ، ضروری است . توسط کنترل گشتاور می توان سرعت را در مقدار مطلوب تثبیت کرد . یک روش، تنظیم ست پوینت توان اکتیو از روی مقادیر لحظه ای سرعت روتور و کنترل کردن جریان i_{ry} روتور در دستگاه مرجع شار گردان استاتور است .این عمل دستیابی به مقادیر مطلوب سرعت و گشتاور را مطابق منحنی سرعت گشتاور بهینه نتیجه خواهد داد ، با این شیوه ، با یک ضریب توان مطلوب ، می توان ست پوینت توان اکتیو را نیز از روی ست پوینت توان اکتیو محاسبه کرد .

نشان داده خواهد شد که در کنترل شار گردان استاتور ، همه ی کمیت های روتور و استاتور به یک قاب مرجع خاص ارجاع داده می شوند که تحت یک فرکانس زاویه ای برابر با فازور فضایی شار پیوندی می چرخد و محور x در این دستگاه مرجع گردان ، منطبق بر بردار شار استاتور ،فیکس شده است . در حالت دایمی سرعت این قاب مرجع گردان برابر سرعت سنکرون می باشد[2].

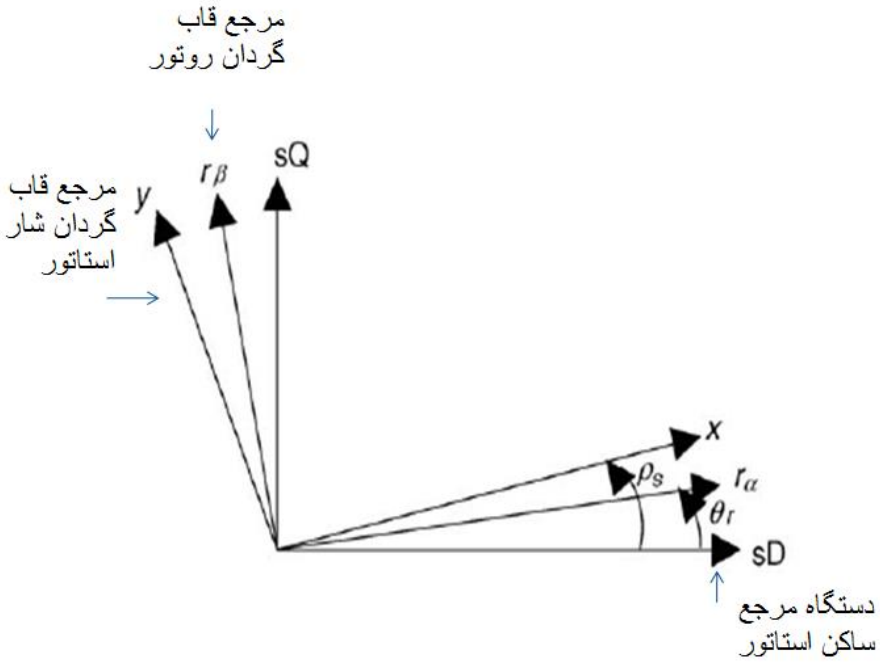
شکل ۴ قاب های مرجعی را که در طول این تبدیلات و محاسبات مورد استفاده قرار می گیرند ، نشان می دهد.

در گام نخست برای انجام تبدیلات باید زاویه ρ_s را یافت . زاویه ρ_s ، زاویه شار استاتور می باشد که با توجه به تعریف آن به دست می آید ، طبق تعریف زاویه شار استاتور ، زاویه ساخته شده بین بردار شار گردان استاتور با محور D ساکن استاتور می باشد. برای یافتن زاویه شار استاتور ابتدا باید جریان های روتور و استاتور را در دستگاه مرجع طبیعی خودشان یافت .



شکل ۳: کانورتر پل back-to-back متصل مابین روتور ژنراتور القایی و شبکه

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۴: دستگاه های مرجع مورد نیاز در تبدیلات

$$\rho_s = \tan^{-1}\left(\frac{\lambda_{SQ}}{\lambda_{SD}}\right) \qquad (۱)$$

$$\rho_s = \tan^{-1}\left(\frac{L_s i_{sQ} + L_m i_{rQ}}{L_s i_{sD} + L_m i_{rD}}\right) \qquad (۲)$$

$$\rho_s = \tan^{-1}\left(\frac{\left(L_s / L_m\right) i_{SQ} + i_{SQ}}{\left(L_s / L_m\right) i_{SQ} + i_{SQ}}\right) \qquad (۳)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{i_{mSQ}}{i_{mSD}}\right) \mathrm{Ps} \qquad (۴)$$

در اینجا، i_{msQ} و i_{msD} جریانهای اشباع مغناطیسی در محور های متعامد استاتور و برابر با:

$$i_{mSQ} = \left(\frac{L_S}{L_m}\right) i_{SQ} + i_{rQ} \qquad (۵)$$

$$i_{mSD} = \left(\frac{L_S}{L_m}\right) i_{SD} + i_{rD} \qquad (۶)$$

می باشند .

i_{sQ} ، جریان محور قائم استاتور در دستگاه مرجع ساکن استاتور و i_{rQ} ، جریان روتور در دسگاه مرجع ساکن استاتور، می باشد [2] .

$$K_s(\theta) = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \cos\theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\theta & \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \qquad (7)$$

$$\begin{bmatrix} i_{sQ} \\ i_{sD} \\ i_{s0} \end{bmatrix} = K_s(\theta) \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} i_{r\beta} \\ i_{r\alpha} \\ i_{r0} \end{bmatrix} = K_s(\theta) \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} \qquad (8)$$

جریان های روتور در قاب مرجع ساکن ، با محاسبه زاویه زاویه θ_r ، که زاویه موقعیت مکانی روتور می باشد ، به دست می آیند . این زاویه توسط سنسور موقعیت روتور اندازه گیری می شود .

$$\begin{bmatrix} i_{rD} \\ i_{rQ} \end{bmatrix} x = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & -\sin\theta_r \\ \sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} \qquad (۹)$$

تا اینجا تمامی مجهولات لازم برای به دست آوردن زاویه شار ρ_s ، محاسبه شدند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اکنون با استفاده از زاویه شار ،مقادیر جریان های استاتور و روتور را به دستگاه مرجع گردان xy که محور x آن بر بردار شار گردان استاتور منطبق است ،منتقل می کنیم.

$$\begin{bmatrix} i_{sx} \\ i_{sy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\rho_s & \sin\rho_s \\ -\sin\rho_s & \cos\rho_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sD} \\ i_{sQ} \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

$$\begin{bmatrix} i_{rx} \\ i_{ry} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\rho_s & \sin\rho_s \\ -\sin\rho_s & \cos\rho_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{rD} \\ i_{rQ} \end{bmatrix} \quad (۱۱)$$

اکنون نشان خواهیم داد که چگونه انتخاب قاب مرجع شار گردان استاتور ، منجر به کنترل مستقل توان اکتیو و راکتیو استاتور می شود. شار پیوندی در دستگاه مرجع جدید برابر است با :

$$\lambda_{sx} = L_s i_{sx} + L_m i_{rx} \quad (۱۲)$$

$$\lambda_{sy} = L_s i_{sy} + L_m i_{ry} \quad (۱۳)$$

WikiPower.ir

از آنجاییکه محور افقی x ، در قاب مرجع جدید با بردار شار پیوندی استاتور فیکس شده است ، لذا $\lambda_{sy} = 0$ ، بنابراین:

$$i_{Sy} = \left(-\frac{L_m}{L_s}\right) i_{ry} \quad (۱۴)$$

جریان مغناطیس کننده استاتور برابر است با :

$$i_{mSD} = \left(\frac{\lambda_{Sx} + j\lambda_{sy}}{L_m}\right) \quad (۱۵)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و از آنجا که $\lambda_{sy}=0$ ، در نتیجه جریان مغناطیس کننده استاتور در مرجع قاب گردان شار استاتور ، $i_{mS}=\left(\frac{\lambda_{Sx}}{L_m}\right)$ می شود که مقدار ثابتی است.

با توجه به رابطه اخیر برای جریان اشباع و رابطه ای که در ۱۲ داریم ، i_{sx} را نیز می توان محاسبه کرد :

$$i_{Sx}=\left(\frac{L_m}{L_s}\right)\left(|\,i_{ms}\,|-i_{rx}\right) \qquad (۱۶)$$

تا اینجا طبق روابط ۱۴ و ۱۶ دو معادله مابین جریان های استاتور و روتور در دستگاه مرجع شار گردان استاتور به دست آمد. اکنون می خواهیم ببینیم روابط توان های استاتور چگونه با جریان های روتور ارتباط دارند، روابط توان اکتیو و راکتیو استاتور :

$$P_s=\frac{3}{2}\left(V_{sx}i_{sx}+V_{sy}i_{sy}\right) \qquad (۱۷)$$

$$Q_s=\frac{3}{2}\left(V_{sy}i_{sx}-V_{sx}i_{sy}\right) \qquad (۱۸)$$

WikiPower.ir

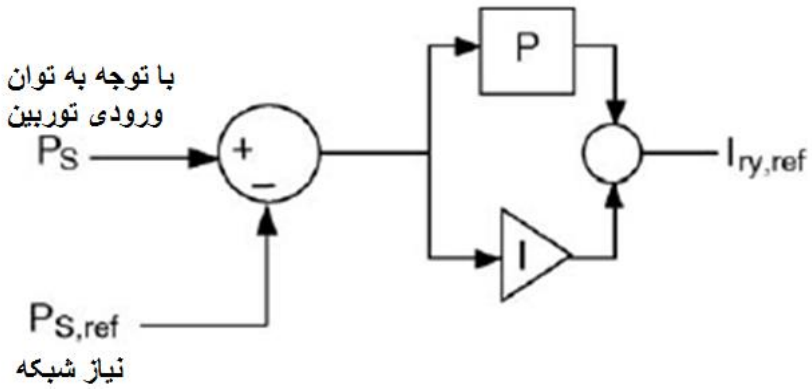
قبل از اینکه مقادیر جریان های استاتور را بر حسب جریان های روتور جایگزین کنیم توجه داشته باشید که از آنجاییکه $\lambda_{sy}=0$ ، در نتیجه $V_{sx}=0$ ، پس با جاگذاری ۱۴ دز ۱۷و ۱۶ در ۱۸ داریم:

$$P_s=-\frac{3}{2}|V_s|\frac{L_m}{L_s}i_{ry} \qquad (۱۹)$$

$$Q_s=\frac{3}{2}|V_s|\frac{L_m}{L_s}\left(|\,i_{ms}\,|-i_{rx}\right) \qquad (۲۰)$$

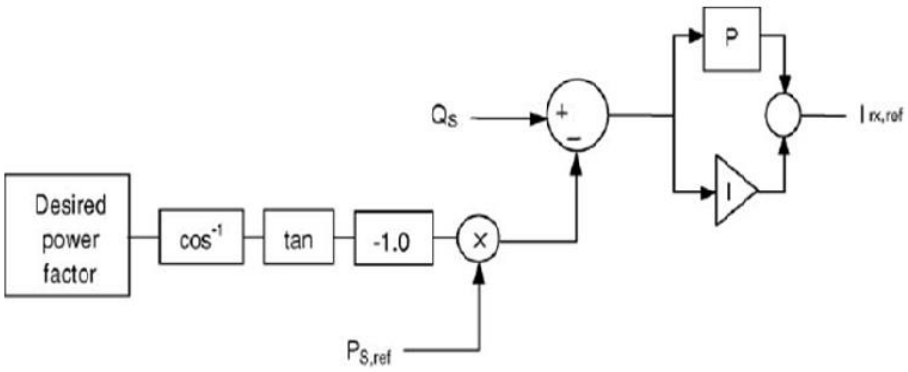
از روابط فوق الذکر نتیجه می گیریم که تغییرات در جریان روتور به صورت تغییرات در جریان های استاتور منعکس خواهد شد ،از این مساله در کنترل مجزای توان های اکتیو و راکتیو استاتور استفاده می شود .

طرح کنترلی از یک کنترلر انتگرالگیر- تناسبی برای به دست آوردن مقدار مبنایی برای i_{ry}، استفاده می کند که در واقع با استفاده از خطای توان اکتیو که همان تفاوت مابین مقدار واقعی و مقدار مطلوب توان اکتیو به صورت دینامیک است، به دست می آید (شکل ۵).



شکل۵: بلوک دیاگرام کنترلی برای تولید توان اکتیو

P_s ، با توجه به توان مکانیکی توربین قابل محاسبه است و $P_{s.ref}$ ، با توجه به نیاز شبکه قدرت تعیین می شود[7]. به طور مشابه ، از یک کنترلر انتگرالگیر – تناسبی برای تعیین مقدار مبنایی برای تعیین i_{rx} ، از روی خطای توان ر اکتیو استفاده می شود(شکل ۶).



شکل ۶: بلوک دیاگرام کنترلی برای تولید توان راکتیو

همان طور که مشاهده می شود تعیین ست پوینت توان راکتیو به صورت غیر مستقیم و با استفاده از ضریب

توان مطلوب و توان اکتیو محاسبه شده می باشد.

کنترل کانورتر سمت شبکه

وظیفه کانورتر سمت شبکه ثابت نگه داشتن ولتاژ لینک DCبا صرف نظر از مسیر شارش توان در روتور است. با استفاده از کنترل برداری ولتاژ تغذیه ،کنترل مجزای توان اکتیو و توان راکتیو جاری بین روتور و شبکه را می توان کنترل کرد،زیرا همان طور که از روابط ۱۹ و ۲۹ مشاهده می شود کنترل توان اکتیو استاتور در گرو کنترل توان راکتیو روتور و نیز کنترل توان راکتیو استاتور در گرو کنترل توان اکتیو روتور است. در کنترل برداری ولتاژ تغذیه جریان i_x جهت ثابت نگه داشتن ولتاژ لینک DC و جریان i_y،جهت به دست آوردن مقدار مطلوب انتقال توان راکتیو بین کانورتر سمت شبکه و شبکه به کار می رود ، تمامی کمیت های ولتاژ و جریان به یک قاب مرجع خاص که با سرعتی برابر با سرعت فازور فضایی ولتاژ تغذیه می چرخد و با محور حقیقی x قاب مرجع ، که با بردار ولتاژ تغذیه فیکس شده ، منتقل می شوند. روابط ۲۱ تا ۲۳ مربوط به انتقال پارامتر ها به دستگاه مرجع اختیاری مذکور و محاسبات توان در روتور می باشند .

WikiPower.ir

$$\theta_s = \tan^{-1}\left(V_{sQ}/V_{sD}\right) \qquad (۲۱)$$

با توجه به اینکه $V_y = 0$:

$$P_{gsc} = \frac{3}{2}\left(v_x i_x\right) \qquad (۲۲)$$

$$Q_{gsc} = -\frac{3}{2}\left(v_x i_y\right) \qquad (۲۳)$$

Q_{gsc} و P_{gsc} به ترتیب توان های راکتیو و اکتیو منتقل شونده بین شبکه و کانورتر سمت شبکه ، Grid

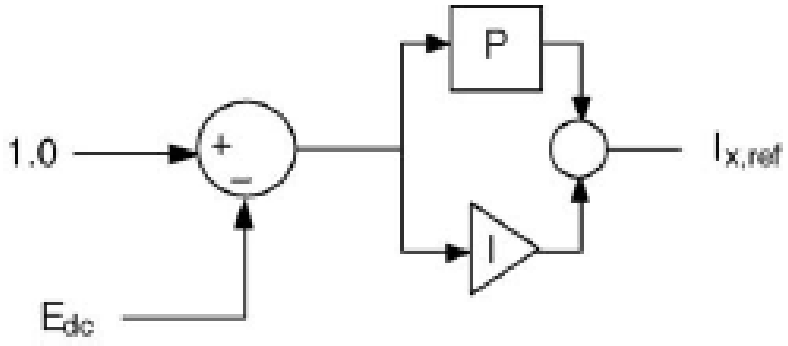
Side Converter می باشد . P_{gsc}، معادل توان DC مورد نیاز برای ثابت نگه داشتن ولتاژ لینک DC می باشد.

$$Ei_{os} = \frac{3}{2} v_x i_x \qquad (۲۴)$$

$$C\frac{dE}{dt} = i_{os} - i_{or} \qquad (۲۵)$$

دراین جا ، i_{os} و i_{or} به ترتیب جریانهای بین لینک DC و استاتور و جریان بین لینک DC و روتور می باشند. همان طور که مشاهده می شود ولتاژ لینک DC با کنترل i_x کنترل می شود. معادله ۲۵ بیانگر تغییرات ولتاژ لینک با توجه به اختلاف دو جریان می باشدو شکل(۷) بلوک دیاگرام کنترلی برای لینک DC را نشان می دهد.

WikiPower.ir



شکل ۷: بلوک دیاگرام کنترلی تثبیت ولتاژ لینک DC

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آزمایش عملکرد سیستم کنترل توان ماشین DFIG

با در نظر گرفتن مدل بد ست آمده در بخش ۳ و اطلاعات ژنراتور ارائه شده در ضمیمه، عملکرد سیستم کنترل توان ما شین DFIM شکل ۳ در چند حالت شبیه سازی می‌گردد تا بتوان با ا ستفاده از آن،مدل کامل نیروگاه بادی را بدست آورده و مساله توزیع توان راکتیو بین ژنراتورها را بررسی نمود. ضرایب کنترل کننده های PID حلقه های داخلی (کنترل جریان) با سعی و خطا تعیین گردیده و نقاد کنترل کننده فازی ـ عصبی حلقه‌های توان اکتیو و راکتیو نیز بصورت $r = 10e + e$ قرار داده شده است.

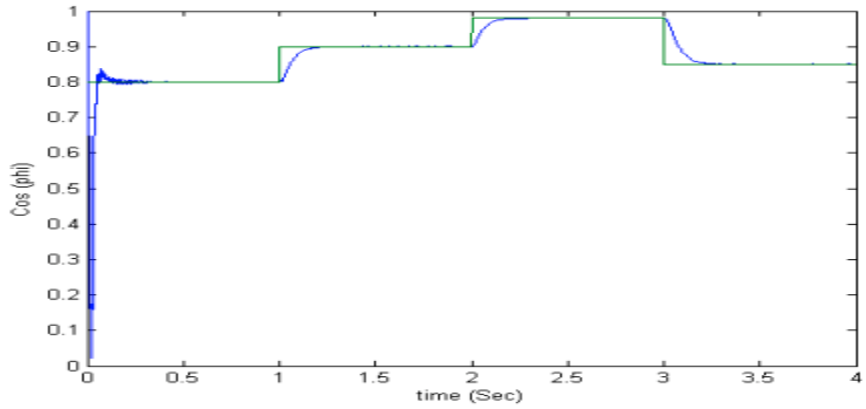
در حالت اول، ژنراتور در شرایط سرعت باد ثابت (V=12 m/s) تحت تغییرات ضریب توان جمع قرار می‌گیرد. شکل ۷ تغییرات ضریب توان مرجع و واقعی ما شین را نمایش می‌دهد. ضریب توان مرجع بین مقادیر 0.8 تا 0.98 بطور متناوب تغییر می‌نماید. عملکرد سیستم کنترل قابل توجه بوده و ردیابی بخوبی و بدون هیچ نوسانی انجام می‌گیرد. شکل ۸ نیز تغییرات توان‌های اکتیو و راکتیوئ مرجع و واقعی را نمایش می‌دهد. ردیابی توان مرجع، بدرستی و بسرعت انجام می‌گیرد. شکل ۹ نیز تغییرات سرعت زاویه‌ای روتور را نمایش می‌دهد.

حال اثر تغییرات سرعت باد بر عملکرد سیستم کنترل برر سی می‌گردد. همانطور که ا شاره شد با تغییر سرعت باد،سیستم شکل ۳ باید متناظر با توان اکتیو مرجع، متغیر iry را بطور مناسب تغییر دهد. از طرفی با اعمال مقدار مرجع ضریب توان به سیستم با توجه به ظرفیت حرارتی ما شین سیستم کنترل مقدار توان راکتیو مرجع را تعیین و از آن برای کنترل متغیر irx استفاده می‌نماید.

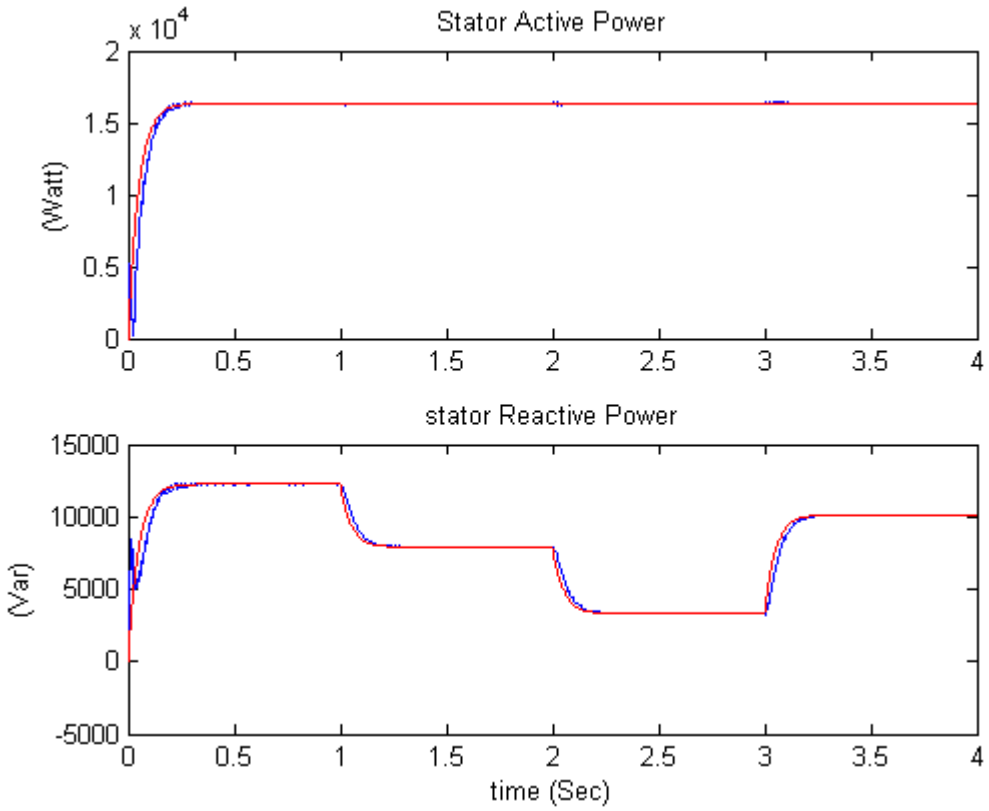
شکل ۱۰ تغییرات سرعت باد نمونه را نشان میدهد. در شکل ۱۱ عملکرد سیستم کنترل در حالتی که سرعت باد بطور متناوب مطابق شکل ۱۰ تغییر می‌کند نمایش داده شده است. ضریب توان مرجع در مقدار ثابت 0.9 تنظیم گردیده ا ست. م شاهده می شود که ردیابی ضریب توان به خوبی انجام می‌گیرد و تغییرات سرعت باد در صورتی که در حد ظرفیت حرارتی ماشین باشد،

اثری بر مقدار ضریب توان ماشین ندارد. اما در شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

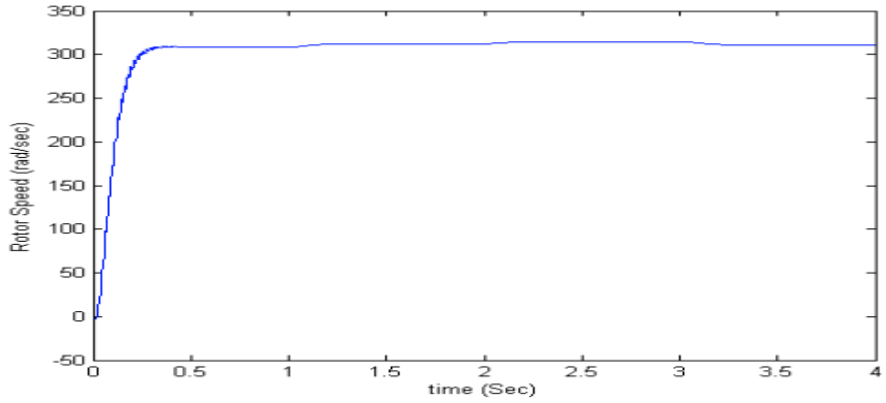


شکل ۷ :ردیابی ضریب توان مرجع با تغییر $\cos \varphi ref$

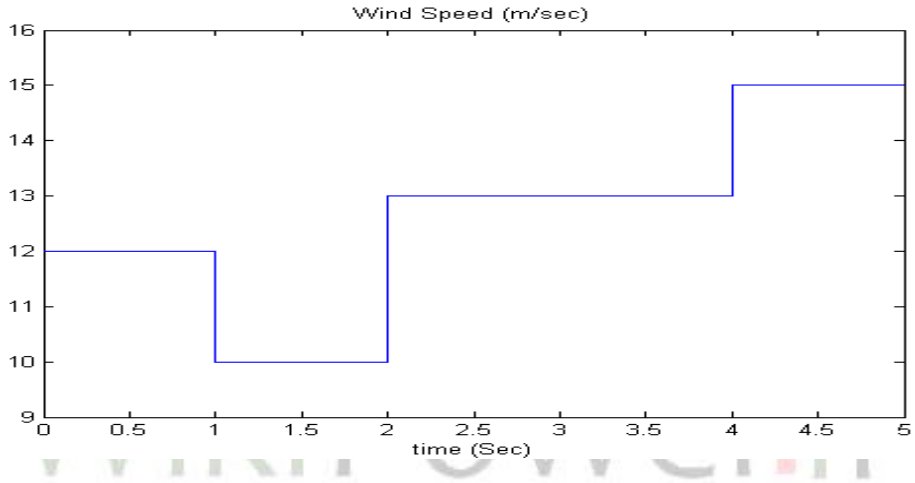


شکل ۸ :تغییرات توان اکتیو و کتیو ژنراتور با تغییر را $\cos \varphi ref$

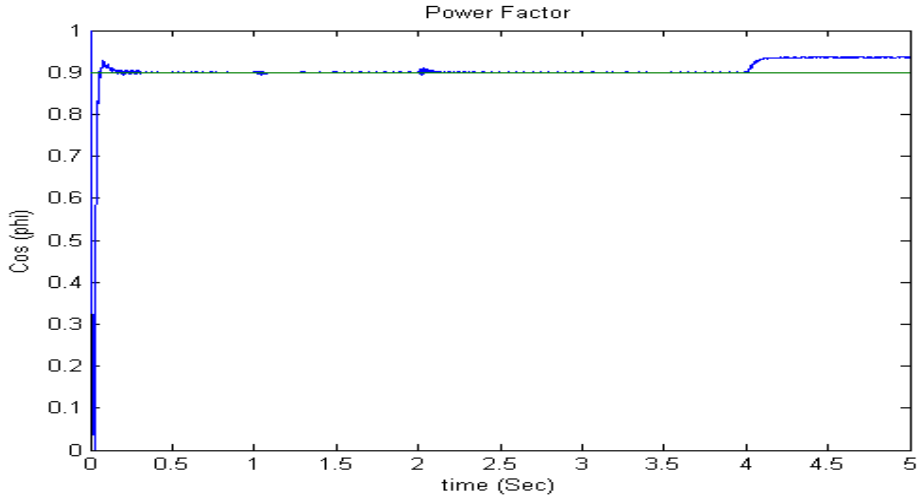
برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۹ :تغییرات سرعت زاویه ای روتور با تغییر $\cos \varphi ref$



شکل ۱۰ : تغییرات سرعت باد برای آزمایش عملکرد سیستم کنترل



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۱ : ردیابی ضریب توان مرجع با تغییر سرعت باد

که در زمان $t = 4\ Sec$ وقتی سرعت باد به $v\ Wind = 15\ m/s$ افزایش می‌یابد با افزایش توان اکتیو تولیدی، بدلیل حد ظرفیت حرارتی ژنراتور، مقدار توان راکتیو مرجع محدود شده و لذا سیستم کنترل نمی‌تواند ضریب توان مرجع را که برابر 0.9 می‌با شد دنبال نماید. در شکل ۱۲ تغییرات توان‌های اکتیو و راکتیو نمایش داده شده‌اند.

توان اکتیو با توجه به سرعت باد تغییر می‌نماید و توان راکتیو نیز برای ثابت ماندن ضریب توان در سرعت‌های متفاوت باد تغییر می‌کند. البته در $t = 4\ Sec$ مقدار توان راکتیو مرجع با توجه به حد ظرفیت حرارتی ماشین به مقدار کمتری محدود شده است. عملکرد سیستم کنترل در این حالت نیز قابل قبول است.

از شبیه‌سازی‌های ارائه شده نتیجه می‌گردد که سیستم کنترل بخوبی عمل نموده و عملکرد کنترل کننده فازی ـ عصبی حلقه‌های توان اکتیو و راکتیو قابل توجه می‌باشد [۹]. همچنین ملاحظه می‌گردد که پاسخ سیستم به تغییرات ضریب توان همانند یک سیستم مرتبه اول می‌باشد.

در بخش بعد با استفاده از مدل ژنراتور القایی بدست آمده به مدلسازی یک نیروگاه بادی و توزیع توان راکتیو بین ژنراتورهای نیروگاه بادی با ا ستفاده از کنترل کننده هو شمند فازی ـــ ع صبی ارائه شده در بخش ۴ پرداخته می‌شود.

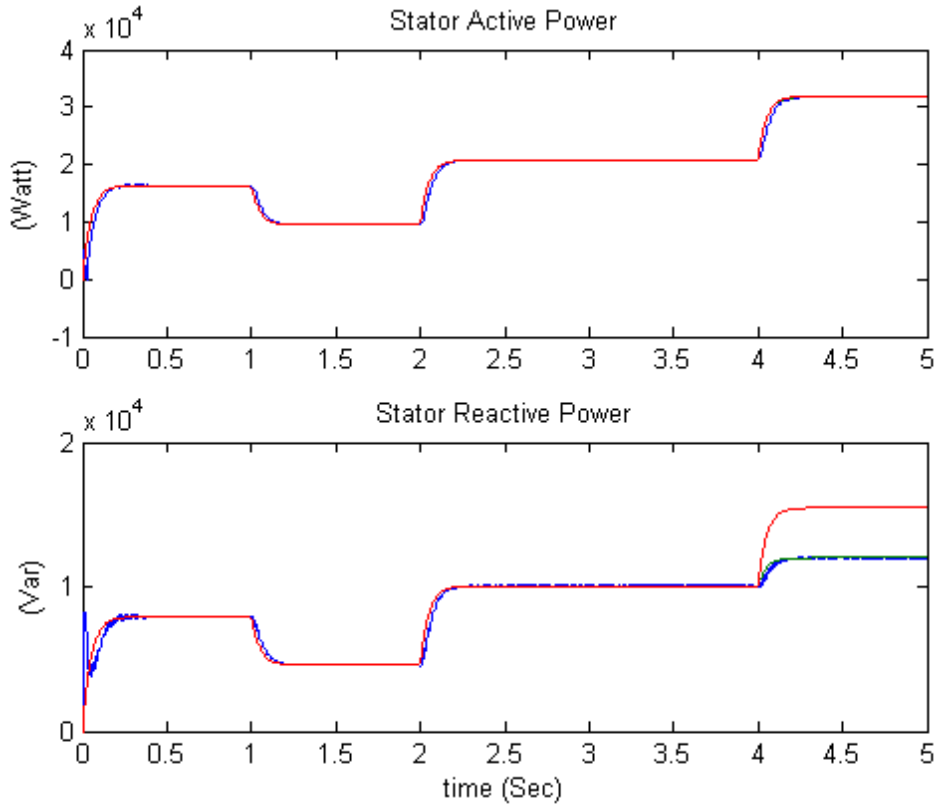
مدلسازی و کنترل توان راکتیو یک نیروگاه بادی با n مدل ژنراتور DFIG

یک نیروگاه بادی را می‌توان ب صورت اتصال موازی n مدل ژنراتور DFIG مدل سازی نمود. سرعت باد در مورد هر ژنراتور می‌تواند متفاوت با سایر ژنراتورها باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همچنین بعضی ژنراتورها می‌توانند از شبکه جدا شوند در حالیکه دیگر ژنراتورها در حداکثر تولید توان خود باشند [۳و۸]. توانهای اکتیو و راکتیو کل نیروگاه بادی با مجموع توانهای اکتیو و راکتیو ژنراتورهای القایی برابر بوده و از روابط

(۱۲)



شکل ۱۲ : تغییرات توان اکتیو و راکتیو ژنراتور با تغییر سرعت باد

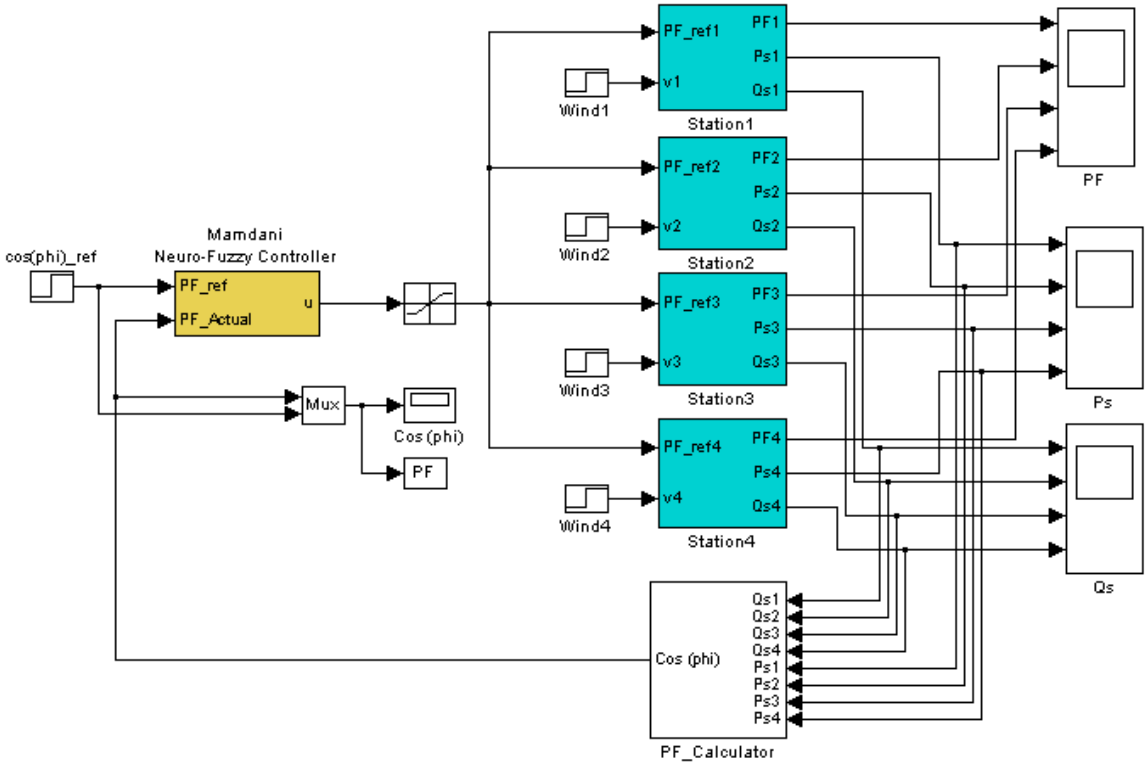
بدست می‌آیند که در آنها $PS,total$ کل توان اکتیو تولید شده و

کل توان راکتیو جذب شده یا تولید شده در نیروگاه بادی می‌باشند. p_i و q_i نیز توانهای اکتیو و راکتیو تولید شده توسط ژنراتور iام هستند. بلوک دیاگرام شبیه‌سازی نیروگاه بادی در محیط Matlab/Simulink در شکل ۱۵ نمایش داده شده است. مدل نمایش داده شده در این شکل، فقط شامل چهار ژنراتور می‌باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم های متفاوتی برای کنترل و توزیع توان راکتیو یک نیروگاه بادی که از ژنراتورهای DFIG بهره می‌برند، ارائه شده است. در الگوریتم توزیع تناسبی کنترل توان راکتیو، با توجه به حدود ظرفیت حرارتی ماشین و مقدار ضریب توان موردنیاز نیروگاه، مقدار کل توان راکتیو تحویل داده شده یا جذب شده به / از شبکه قدرت بدست می‌آید. مطابق این الگوریتم، سهم توان راکتیو هر ژنراتور متناسب با حداکثر توان راکتیو مجاز آن با توجه به مقدار تولید توان اکتیو تعیین می‌گردد. سپس مقدار ضریب توان مرجع هر ژنراتور بدست می‌آید. این الگوریتم نیاز به محاسبات فراوانی داشته و به تغییرات سرعت باد نیز حساس است. در این مقاله از کنترل کننده فازی ــ عصبی (NFC) ارائه شده در بخش ۴ برای کنترل توان راکتیو کل نیروگاه بادی استفاده می‌شود [۷و۸].

شکل ۱۳ کنترل توان راکتیو نیروگاه باید و یا به عبارتی توزیع توان راکتیو بین ژنراتورهای یک نیروگاه بادی شامل چهار ژنراتور DFIG را نمایش می‌دهد. مطابق این شکل پس از تعیین ضریب توان مرجع نیروگاه بادی، این ضریب توان بطور یکسویه به تمامی ژنراتورها اعمال می‌گردد.



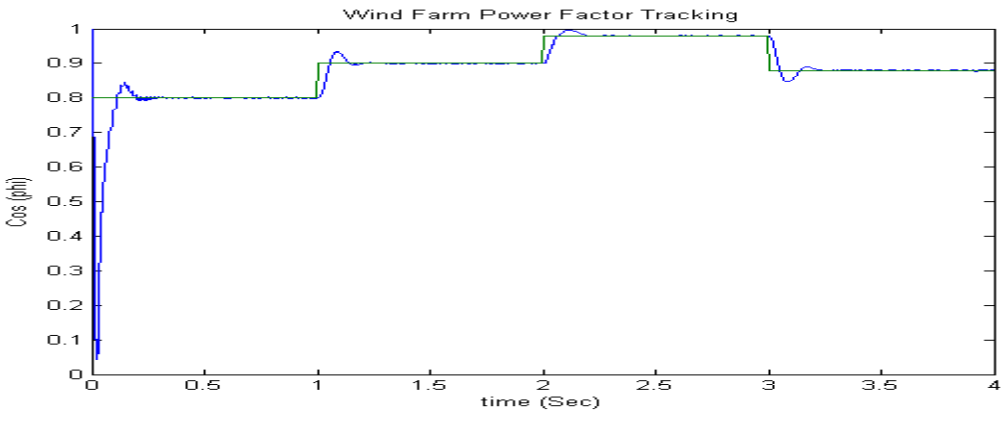
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۳ : توزیع توان راکتیو بین چهار ژنراتور

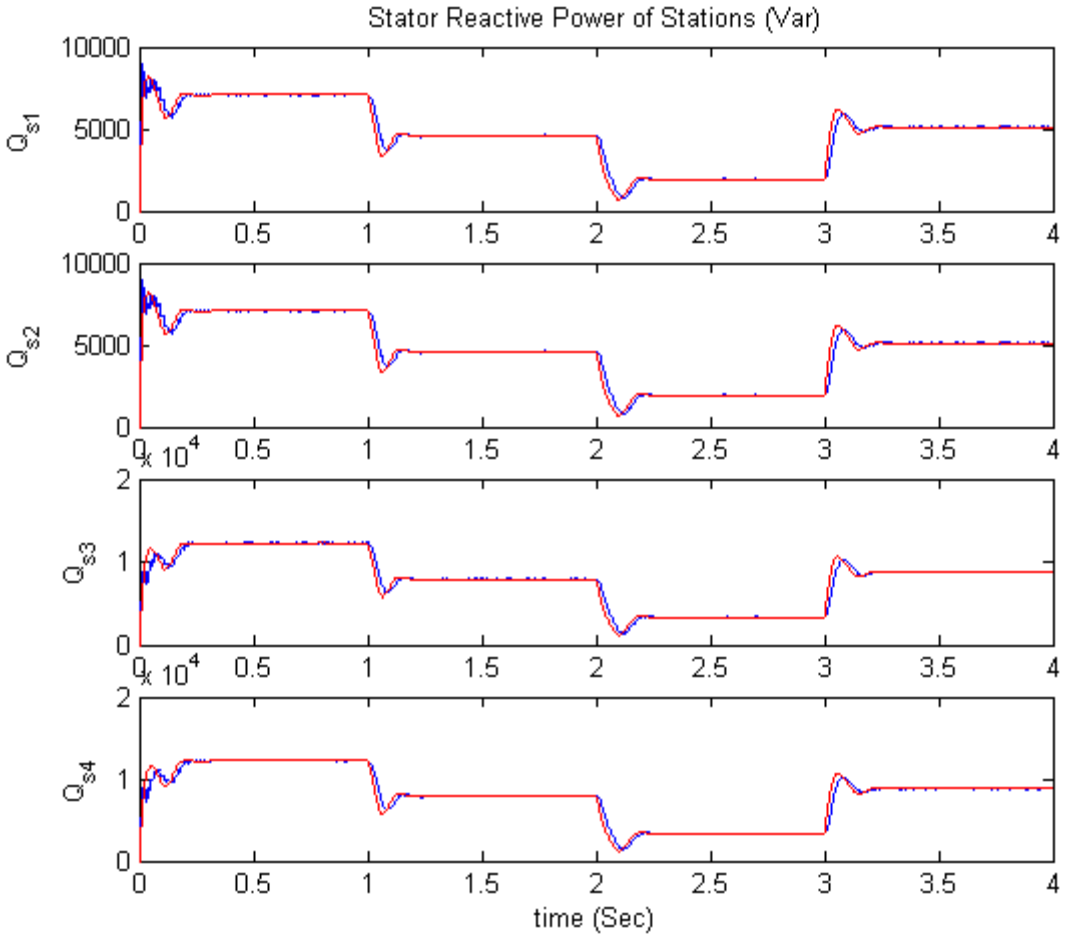
در این حالت خود توان تولید نمایند. توان‌های تولیدی هر ژنراتور در بلوک PF-Calculator وارد شده و ضریب توان واقعی نیروگاه بادی محا سبه می شود. این مقدار، بعنوان فیدبک به کنترل کننده NFC وارد شده و بطور حلقه بسته مقادیر جدید ضریب توان هر ژنراتور مجدداً تعیین می‌گردند. در این ضریب توان هر ژنراتور مجدداً تعیین می‌گردند. در این سیستم کنترل علاوه بر کاهش حجم محا سبات و حلقه بسته بودن عمل کنترل، از مزایای مقاوم بودن کنترل کننده NFC در مواجهه با تغییرات باد استفاده می‌شود که در ادامه توسط شبیه‌سازی‌ها نشان داده شده است.

ابتدا ردیابی ضریب توان نیروگاه بادی نشان داده می‌شود. سرعت باد برای ژنراتورهای ۱ و ۲ برابر 10m/sec و برای ژنراتورهای ۳ و ۴ برابر 12m/sec می‌باشند. ضریب توان نیز بطور متناوب تغییر می‌نماید. شکل ۱۴ تغییرات ضریب توان کل نیروگاه بادی را نمایش می‌دهد.

عملکرد قابل توجه کنترل کننده NFC سبب همگرایی و ردیابی سریع ضریب توان مرجع شده است. شکل ۱۵ مقادیر مرجع توان‌های راکتیو هر ایستگاه یا ژنراتور را نمایش می‌دهد. بدلیل پائین بودن سرعت باد و لذا تولید کمتر توان اکتیو توسط هر ژنراتور، ردیابی توان راکتیو بطور کامل انجام شده است و مقدار توان راکتیو مرجع هیچ ژنراتوری، محدود نشده است.



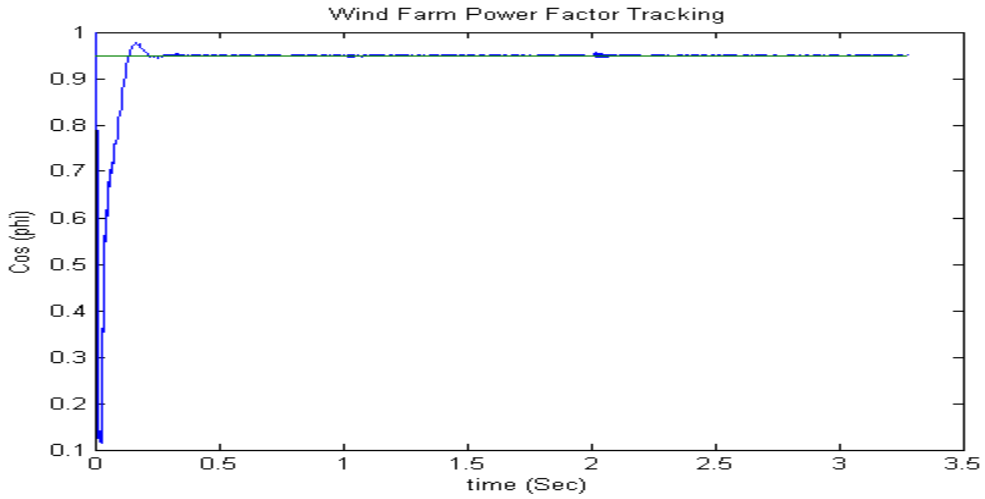
شکل ۱۴ : ردیابی ضریب توان مرجع نیروگاه بادی



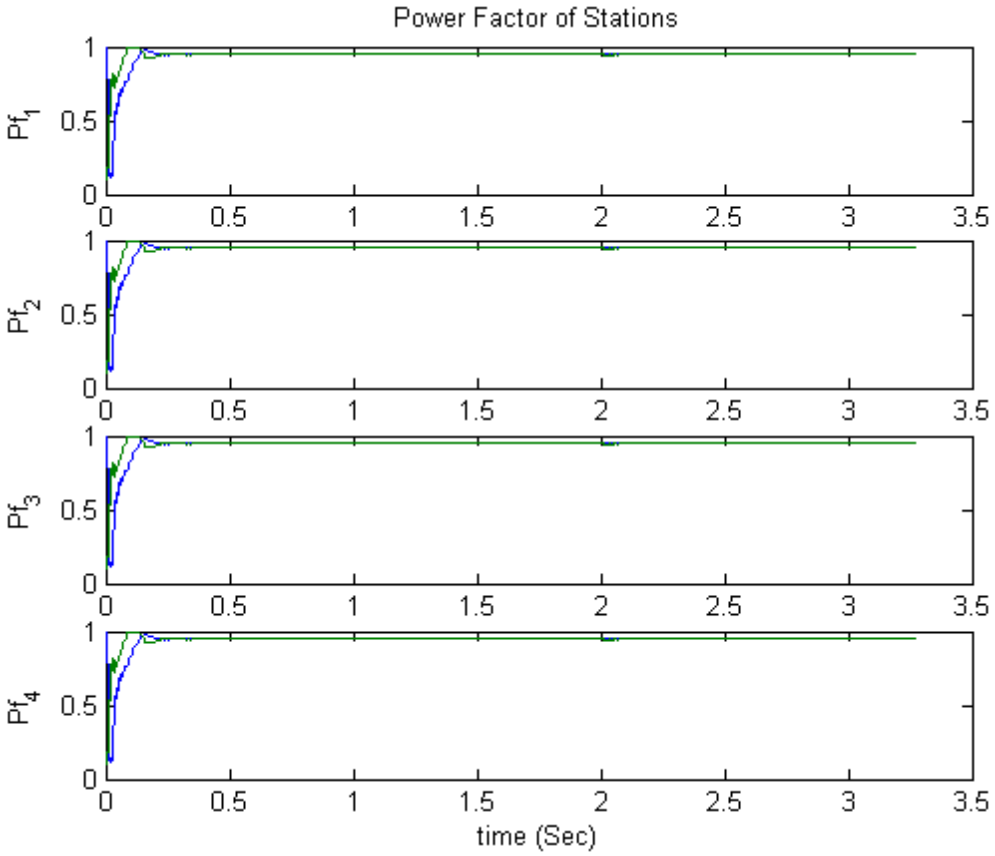
شکل ۱۵ : ردیابی و تغییرات توان راکتیو هر ایستگاه

حال اثر تغییر باد بر ردیابی ضریب توان مرجع نیروگاه بادی برر سی می‌گردد. همانطور که قبلاً نیز ا شاره شد، افزایش سرعت باد سبب تولید توان اکتیو بیشتر و لذا سبب محدودیت تولید توان راکتیو ژنراتور خواهد گردید. ضریب توان مرجع برابر 0.95 فرض می‌شود. ردیابی ضریب توان نیروگاه بادی در تمام سرعت‌های باد داده شده که ماشین‌ها در حدود ظرفیت گرمایی خود قرار نمی‌گیرند، بخوبی انجام می‌گیرد. نتایج در شکلهای ۱۶ و ۱۷ آورده شده‌اند. تغییرات سرعت باد مطابق شکل ۱۰ است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۶ : ردیابی ضریب توان نیروگاه بادی با تغییر سرعت باد



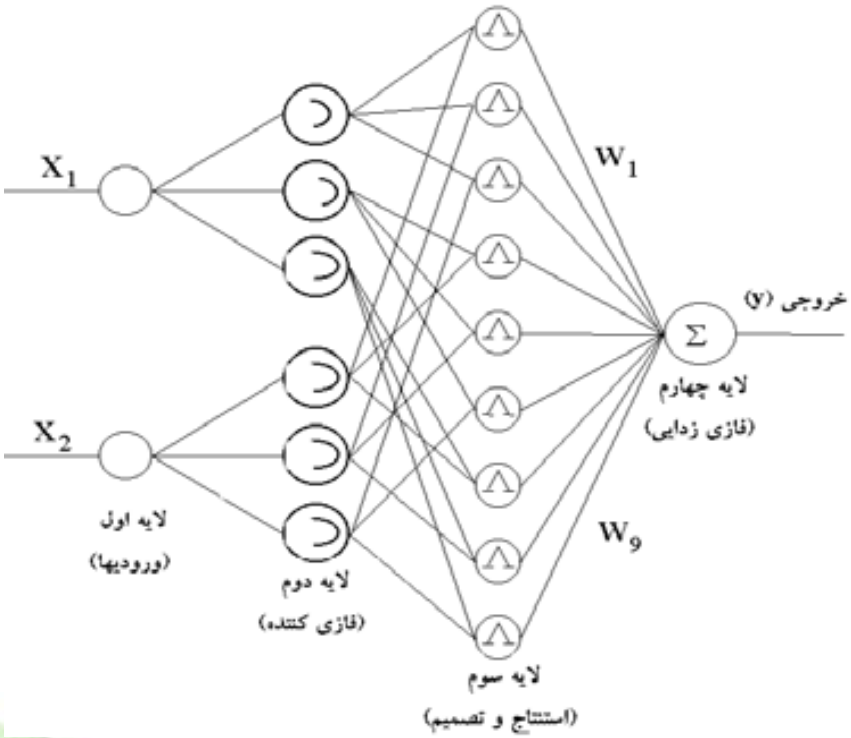
طراحی کنترل کننده فازی ـ عصبی (NFC)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم‌های فازی ـــ عصبی را می‌توان به دو شکل مختلف پیاده سازی نمود. در شکل اول می‌توان از عملیات فازی و یا اعداد فازی در شبکه‌های عصبی استفاده نمود. در شکل دوم می‌توان سیستم فازی را به صورت عصبی تحقق بخشید. در این رویکرد، علاوه بر خاصیت استنتاج فازی، سادگی و قابلیت تفسیر نیز به خواص شبکه‌های عصبی اضافه می‌شود. شکل ۴ ساختار شبکه فازی ـــ عصبی مورد استفاده را نمایش می‌دهد [۱۰و۱۱]. در لایه اول که لایه ورودی نیز نام دارد، یک ضریب جهت نگاشت کمیت‌های ورودی به فاصله [۱و۱-] عمل می‌کند. در لایه دوم که لایه فازی کننده نیز نامیده می شود میزان تعلق ورودی‌ها به مجموعه‌های فازی ورودی محاسبه می‌شود. در شکل ۵ مجموعه‌های فازی فلزی مربوط به هر متغیر فازی کننده نیز نامیده می‌شود میزان تعلق ورودی‌ها به مجموعه‌های فازی ورودی محاسبه می‌شود. در شکل ۵ مجموعه‌های فازی مربوط به هر متغیر فازی نشان داده شده است. لایه سوم لایه تصمیم‌گیری و استنتاج فازی است. در این لایه با توجه به تعداد مجموعه‌های فازی (۳ مجموعه)، ۹ قانون وجود دارد. در لایه چهارم با لایه فازی زدایی، قسمت تالی قوانین کنترلی قرار داشته و عمل فازی زدایی نیز به صورت توام در آنجا انجام می‌شود. در این لایه متناظر با هر خروجی کنترل کننده، یک نورون قرار دارد.

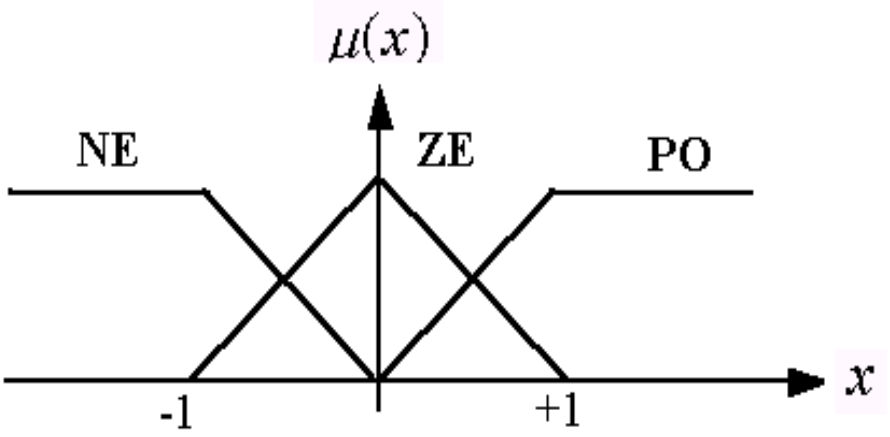
یادگیری تقویتی یکی از روش‌های یادگیری در مسائل کنترلی می‌باشد. این روش تنها با اتکا به اطلاعات کیفی از عملکرد سیستم قادر به یادگیری بوده و جهت کاربردهای کنترلی بسیار موفق است. شکل ۶ جایگاه کنترل کننده فازی ـ عصبی با یادگیری تقویتی (ELIC) را در کنترل سیستم‌ها نشان میدهد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۴ : ساختار شبکه فازی – عصبی مورد استفاده

WikiPower.ir



شکل ۵ :مجموعه های فازی مربوط به متغیرهای فازی

]

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

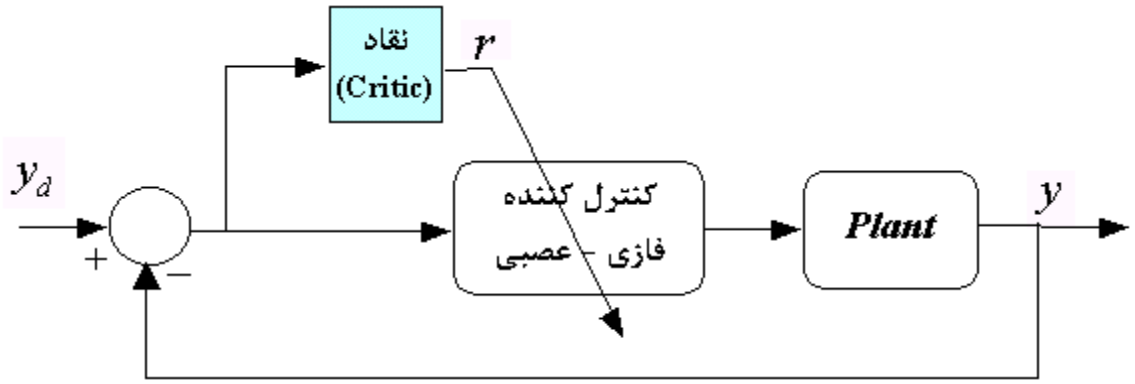
می‌توان نقاد را به صورت یک سیستم PD ساده به شکل $r = k1\ e + k2\ e$ تعریف نمود که در آن سیگنال r بصورت ترکیب خطی خطا و مشتق خطا است. سیگنال r ، معرف تنش کلی سیستم بوده و هدف کنترل، کم کردن این تنش است. به عبارت دیگر باید r را در طول زمان بهینه نمود. لذتا تابع انرژی E به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۵)

هدف از یادگیری، کمینه کردن مقدار E است. لذا باید تغییرات وزن‌ها در خلاف جهت گرادیان E صورت گیرد:

در صورت استفاده از کنترل کننده فازی ـــــ عصبی به روش ممدانی و با استفاده از قانون مشتقات زنجیره‌ای، قانون یادگیری به شکل زیر بدست خواهد بود:

که در آن، ضریب یادگیری کنترل کننده می‌باشد. از دیدگاه کنترلی، فرمول یادگیری ELIC، اصلاح شده فرمول پس انتشار خطا از سیستم می‌باشد که در آن rبه عنوان ضریب تصحیح اضافه شده است. به بیان دیگر r حاوی اطلاعاتی درباره دینامیک سیستم می‌باشد و با اضافه نمودن آن، روش پس انتشار خطا از سیستم که استاتیکی می‌باشد اصلاح شده و به صورت دینامیکی عمل می‌نماید و در نتیجه سرعت و کیفیت یادگیری بالاتر می‌رود.



شکل ۶ :کنترل کننده فازی – عصبی با یادگیری تقویتی

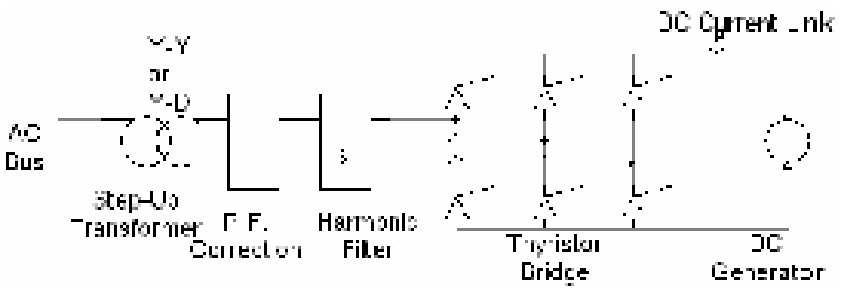
آرایش‌های مختلف سیستم الکتریکی توربینهای بادی سرعت متغیر برای اتصال به شبکه قدرت

انواع انتخاب‌های سیستم الکتریکی برای کارکرد سرعت متغیر یک ژنراتور توربین بادی مورد بررسی قرار می گیرد. در توربین بادی سرعت متغیر به دلیل استفاده از مبدلها آرایشهای مختلفی برای چنین سیستمی متصور است. به علاوه انواع مختلف ژنراتور، جریان مستقیم، القایی قفسه‌ای یادو سو تغذیه و سنکرون در آن به کار می‌رود. که تمرکز اصلی روی آرایشهای کاربردی و عملی و تقسیم‌بندیکلی و مقایسه روشها می‌باشد. مشخصه‌های کلیدی عملکرد هر سیستم و مزایا و کاستی‌های هریک بیان شده است و در صورت وجود کاستی در روشی راه حل آن بحث شده است.

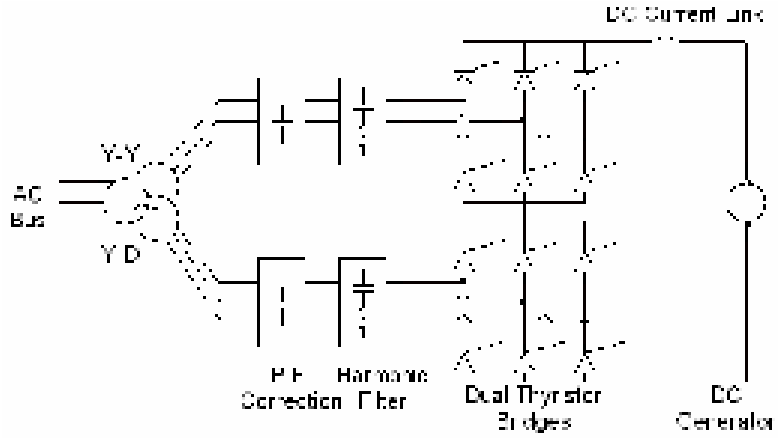
۲ـ سیستم‌های کاربردی برای توربین بادی ظرفیت بالا

۲-۱- ژنراتور DC با پل اینورتری با کموتاسیون خط:

مطابق شکل ۱ توان AC به توان DC با استفاده از یک پل یکسوساز و کموتاسیون خط (DC) تبدیل شده است. یک فیلتر در ترمینال‌های AC پل اینورتری برای جلوگیری از شارش جریان هارمونیکی به سیستم قدرت به کار رفته است، همچنین یک اصلاح کننده ضریب توان واحد در نظر گرفته شده است. به دلیل فیلتر کردن مشکلی که برای هارمونیک‌های ناخواسته موردنیاز است، آرایش‌های پل دیگری نیز رایج است، مثلاً در شکل ۲ آرایش پل شش پالسه دوگانه به کار رفته، که باعث حذف فرکانس‌های پائین، مولفه‌های هارمونیک ۵ام و ۷ام که در آرایش پل شکل ۱ وجود دا شتند، می شود. از مزایای دیگر آرایش پل دوگانه این است که هریک از دو پل فقط نصف کیلو ولت آمپر جاز را نسبت به آرایش تک پلی، تحمل می‌کند.

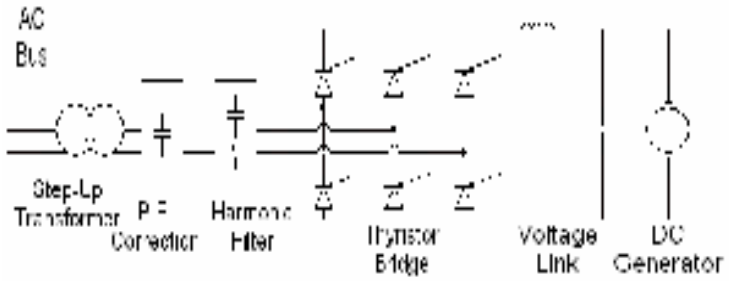


شکل :۱ ژنراتورDCهمراه با سیستم اینورتری(DC/ AC)



شکل :۲ آرایش ژنراتور DC همراه با سیستم اینورتری دوگانه

اگرچه فیلتر کردن ولتاژ DC، در این کاربرد خیلی موردنیاز نیســـت، اما برای کاهش تلفات (Stray) در ژنراتور با توجه به جریان‌های هارمونیک به کار می‌رود. ســـاده‌ترین فیلتر می‌تواند یک راکتور برای صـــاف کردن شکل موج جریان با شد، که وقتی اندازه القاگر بزرگ با شد، سیستم ژنراتوری مبدل بیشتر به یک منبع جریان شبیه می‌گردد. یک انتخاب دیگر به کار بردن خازن در ترمینال‌های دو سر ماشین است، که نتیجه آن اندازه کوچکتر راکتور بکار رفته برای فیلتر کردن است. شکل ۳ نشان دهنده این آرایش است، در این راهکار جریان ماشـین، با فراهم شـدن مسـیر امپدانس پایین برای جریان‌های هارمونیک، صـاف‌تر می‌شـود و وقتی که اندازه خازن بزرگتر باشـد، سـیسـتم ژنراتوری مبدل بیشـتر به یک منبع ولتاژ برای سیستم قدرت شبیه می‌گردد.



شکل : ۳ کاربرد ژنراتورDCبا اضافه شدن خازن در سیستم اینورتر

از مزایای این روش می‌توان موارد زیر را بیان کرد:

۱) کمتر شدن نوسانات گشتاور، با توجه به اینکه ژنراتور DCاست برخلاف ژنراتور AC پالسهای گشتاور مربوط به جریانهای هامونیک با توجه به کلید زنی مبدل سمت ژنراتور، حذف شده‌اند. اما با توجه به درجه فیلتر کردن، نوسانات اضافی با فرکانس نوسانات ۳۶۰ هرتز یا مضاربی از آن که باعث مشکلات رزونانسی می‌شوند، در این سیستم به وجود می‌آید.

۲) **الگوریتم کنترل ساده برخلاف کنترل ژنراتور AC در کاربردهای سرعت متغیر**

اما کاستی‌های این سیستم:

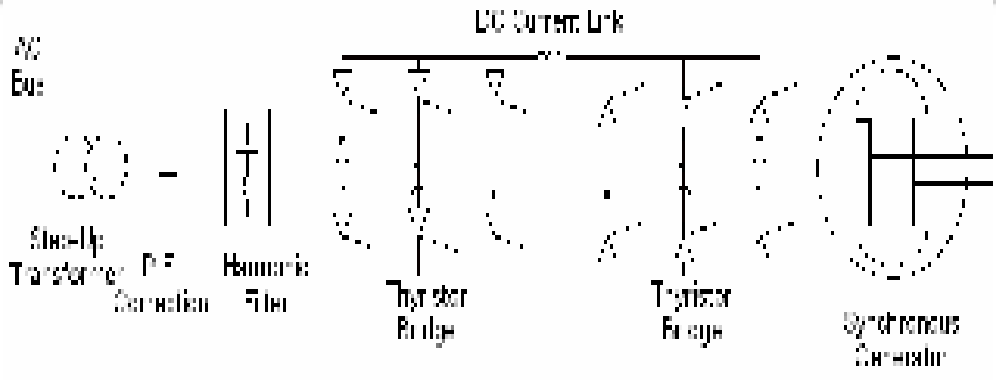
۱) از نقطه نظرهای نگهداری و قابلیت اطمینان: اگرچه عملکرد پیوسته و همیشگی در توربین‌های بادی مدنظر نیست، اما موضوعاتی چون نگهداری و تعمیر کموتاتور، و بحث قابلیت اطمینان سیستم‌های ژنراتوری که کموتاسیون آنها توسط سیستم مکانیکی انجام شده است، همچنان وجود دارد.

۲) حفاظت از خطای DC: در اتصال این سیستم به آرایش‌های دیگر، ایزوله سازی با طراحی یک سیستم کنترل عملگر سریع برای پل مبدل سه فاز، که از شارش جریان خطا به ماشین DC حین خطا در طرف AC مبدل، جلوگیری کند لازم است.

۳) محدودیت ها در پاسخ کنترلی: یکی از مزیت های توربین بادی سرعت متغیر نسبت به توربین بادی سرعت ثابت توانایی آن در میرا کردن نوسان‌های پیچشی (torsional oscilation) است که نیاز به کنترل گشتاور دارد که سیستم DC که کنترل گشتاور در آن توسط تنظیم جریان میدان آن صورت می‌گیرد خیلی کندتر از سیستم‌های AC است که بحث خواهند شد، که این مشکل با استفاده از کنترل آرمیچر و چاپر قابل حل است، اما چاپر با کموتاسیون اجباری در سیستم‌های توربین بادی ظرفیت بالا توصیه نمی‌گردد و کاربرد توان پایین دارد

۲-۲- کاربرد ژنراتور سنکرون و اینورتر / یکسوساز در توربین‌های بادی

آرایش دیگر استفاده از ژنراتور سنکرون در توربین بادی است، که متصل به سیستم یکسو ساز / اینورتر مطابق شکل ۴ است. کموتاسیون اینورتر طرف خط، دوباره به صورت جذب توان راکتیو از سیستم قدرت صورت می‌پذیرد و تحریک ژنراتورت وسط یک محرک بدون جاروبک انجام میشود.



شکل ۴: آرایش ژنراتور سنکرون با سیستم اینورتر(DC/AC)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مزایای این سیستم:

۱) محدوده سرعت وسیع

۲) نوسانات گشتاور فرکانس بالا:

اندازه پالسهای گشتاور در حدود ۶ برابر فرکانس مبدل طرف ماشین است. اگر فرکانس نوعی آن در کاربردهای توربین بادی بین ۳۰ تا ۹۰ هرتز باشد، محدوده نوسان گشتاور بین ۱۸۰ تا ۵۴۰ هرتز خواهد بود که نگران کننده نیست، چون از رزونانس‌های اندازه‌گیری شده توربین بادی بالاتر خواهد بود.

مشکلات این آرایش:

۱) نوسانات گشتاور فرکانس پائین در نزدیک سرعت سنکرون

۲) اعوجاج هارمونیکی: حذف مولفه‌های هارمونیکی مانند سیستم ژنراتور DC با افزودن تعداد آرایش پل قابل حل است.

WikiPower.ir

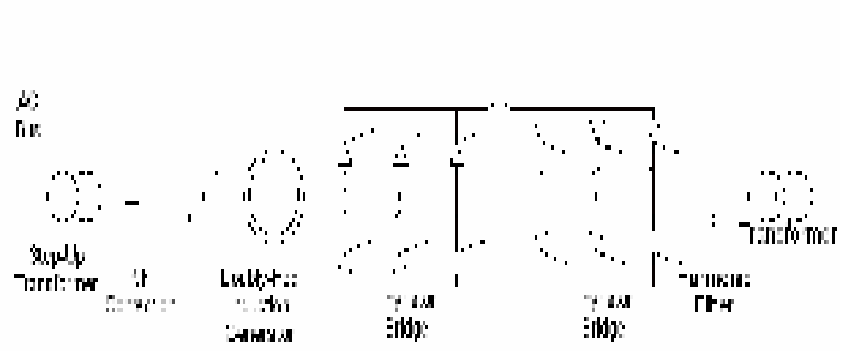
۲-۳- کاربرد ژنراتورهای القائی دو سوء تغذیه متصل به اینورتر / یکسوساز با رابط جریان DC

نوع دیگر از سیستم‌های توربین بادی که به نسبت آرایشهای دیگر به دلیل قابل کنترل بودن سرعت روتور ماشین ساختار مناسبی نیز می‌باشد، استفاده از سیستم ژنراتوری القایی دو سوء تغذیه (DFIG) مطابق شکل ۵ است.

سیستم مانند قبل، شامل یک آرایش اینورتری/یکسوسازی است، که در آن مبدل طرف ژنراتور با حلقه‌های لغزان به سیستم پیچی‌های روتور سه فاز متصل می‌گردد و اصولاً عملکرد فوق سرعت سنکرون یا تحت سرعت سنکرون آن امکان پذیر است.

قابل ذکر است که مبدل طرف روتور در سرعت تحت سنکرون، به عنوان یک اینورتر فرکانس متغیر عمل می‌کند. بالعکس، عملکرد سرعت فوق سنکرون آن، تولید توان می‌کند. و توان الکتریکی نیز از روتور

تو سط حلقه‌های لغزان گرفته می شود که در این حالت مبدل طرف روتور به عنوان یک یک سو ساز عمل می‌کند.



شکل :۵ ژنراتور القائی دوسو تغذیه با اینورتر /یکسوساز(AC/ DC/ AC)

در این نوع سیستم، علاوه بر ترانسفورمر کاهنده برای سطح ولتاژ توزیع، یک ترانسفورماتور دیگر برای یکنواختی ولتاژ سیم‌پیچی روتور واستاتور به کار می‌رود، که خود حفاظت اتصال کوتاه اضافی نیاز دارد، این ترانسفورمر در کاهش جریان ریپل در پل نیز کمک می‌کند. برخی مزایای این مدل:

۱) توانی که مبدل متحمل می‌شود تنها توان لغزش است که بخشی از توان کل مجاز است، برای مثال اگر محدوده سرعت ۰/۱ تا ۰/۱۵ پریونیت باشد، توان مجاز مبدل فقط ۰/۱ تا ۰/۱۵ پریونیت کل توان خواهد بود.

۲) به دلیل کنترل توان در فرکانس لغزش، پاسخ این سیستم از سیستم ژنراتور سنکرون کندتر، اما از حالت ژنراتور DC سریعتر است.

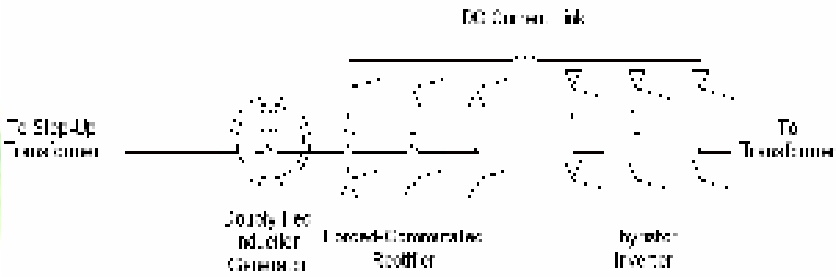
۳) هارمونیک: از آنجایی که پل‌ها فقط با توان لغزش سر و کار دارند، جریان‌های هارمونیک نیز به تناسب توان لغزش کاهش یافته و فیلتر کردن آسانتری دارند.

۴) کنترل توان راکتیو: در حالی که توان اکتیو در این سیستم پسفاز است یعنی مثبت، مقداری معینی توان راکتیو نیز برای هماهنگ ساختن زوایای کنترل یکسوساز و اینورتر، نیاز داریم. بنابراین عملکرد با

ضریب توان واحد، به طور پیو سته تنها با ا ستفاده از بانک خازنی ثابت و بدون نیاز به خازن‌های کلیدزنی، قابل حصول است.

برخی کاستی‌های این مدل:

۱) بازه سرعتی محدود: وقتی سرعت ما شین از سرعت سنکرون بالا می‌زند، پخش توان به سوی روتور بالعکس میگردد و نتیجه آن از دســت رفتن انرژی کموتاســیون در پل طرف روتور اســت که با بکارگیری کموتاسیون اجباری برای پل سمت روتور قابل حل است و در شکل (۶) آمده است.



شکل : ۶ آرایش ژنراتور القایی دوسو تغذیه و یکسوساز کموتاسیون اجباری

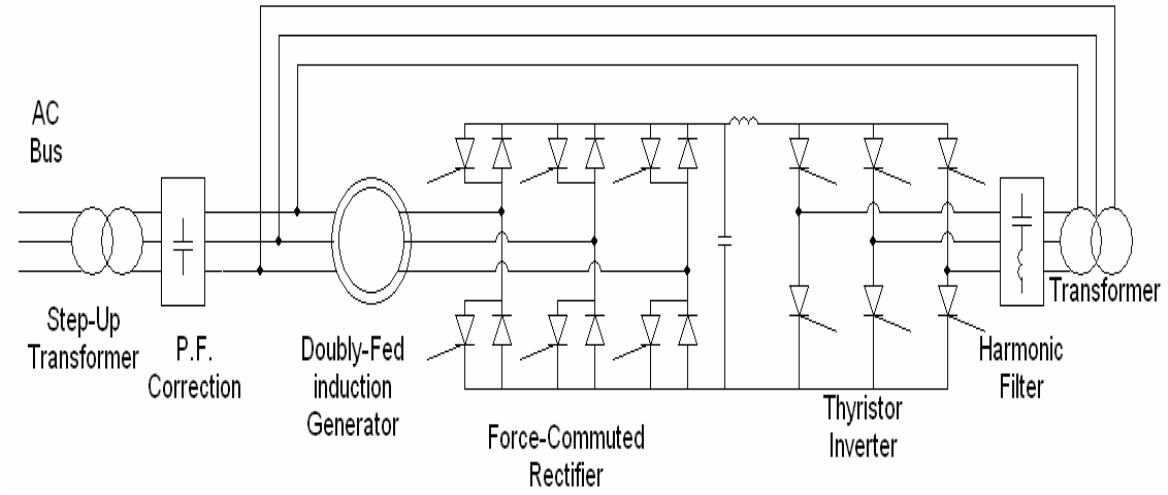
WikiPower.ir

۲) نو سانات گشتاور: جریان‌های سیم‌پیچ‌های روتور باعث هارمونیک‌های مضارب ۵ام، ۷ام، ۱۱ام و ۱۳ام، فرکانس لغزش می‌گردد. که ممکن است مقادیر بزرگ آن در فرکانس‌های رزونانس مکانیکی اتفاق افتد.

۳) ضریب توان پسفاز: به دلیل اینکه هم یکسو ساز و هم اینورتر توان اکتیو جذب می‌کنند. پس ضریب قدرت کلی این سیستم نمی‌تواند به واحد بر سد و بانک خازنی بزرگی برای تصحیح ضریب توان و تامین VAR برای ماشین و مبدل، مورد نیاز است.

۲-۳-۲- ژنراتور القائی دوسو تغذیه متصل به اینورتر / یکسوساز با رابط ولتاژ DC

همانطوری که آرایش‌های مبدل با رابط جریان DC، ولت ـــ آمپر کموتاسیون خود را از منبع وصل شده کسب می‌کنند. سیستم‌همای با رابط و کنترل ولتاژ DC نیز نوعاً انرژی کموتا سیون را از مدارات خازنی ویژه دریافت می‌کنند، (یا توسط کلیدهای کموتاسیون خودی از قبیل ترانزیستورها با GTOها). که چنین مبدل‌هایی از سیستم قبلی یعنی کنترل جریان DC پرهزینه‌ترند، چنین سیستمی در شکل (۷) نشان داده شده است، که در آ» مبدل متصل به روتور در حالت کموتا سیون اجباری کار می‌کند، در حالی که مبدل متصل به استاتور، کموتاسیون طبیعی دارد. آرایش‌های دیگر می‌تواند، کموتاسیون اجباری برای مبدل طرف استاتور و یا هر دو طرف داشته باشد.



شکل :۷ آرایش ژنراتور القائی دوسو تغذیه با رابط ولتاژDC

به طور کلی مبدل‌های کموتاسیون اجباری دو حالت کاری دارند:

۱) حالت ۶ گامی که در آن کلیدهای مبدل در کمترین سرعت ممکن تریگر شده و ولتاژهای هارمونیک مرتبه ۵، ۷، ۱۱ و ۱۳ و بالطبع جریان‌های القایی ناشی از این فرکانس‌ها ایجاد می‌گردند.

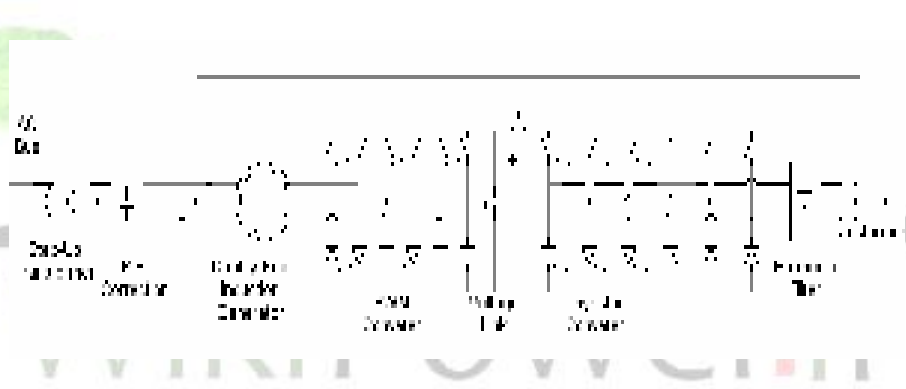
۲) حالت کاری مدولاسیون پهنای پالس (PWM)، که در آن فرکانس کلیدزنی، برای حذف هارمونیک‌های ناخواسته، مدوله می‌گردد. این فرکانسهای کلیدزنی به اندازه کافی بالا هستند. که گشتاورهای هارمونیک، به طور موثری حذف می‌گردند. مزایای این سیستم DFIG با رابط ولتاژ عبارتند از:

۱) رفتار منحنی در حوالی سرعت سنکرون، بدلیل فراهم‌سازی کموتاسیون داخلی برای مبدل طرف روتور بدون نوسان است.

۲) نو سانی بودن گشتاور فقط در فرکانس بالا: به خاطر وجود اینورتر PWM و اینکه فرکانس آن بالاتر از فرکانس‌های رزونانسی سیستم مکانیکی است و در نتیجه عدم ایجاد هارمونیک‌های گشتاور.

۳) کنترل توان راکتیو: از آنجائی که مبدل کموتاسیون اجباری نیاز به توان اکتیو ندارد و خود توان راکتیو ژنراتور را تامین می‌سازد. کاستی‌های این سیستم:

۱) هزینه بالا: به دلیل نیاز به کلیدهای سطوح بالاتر و یا اجزای اضافی برای اجام کموتاسیون اجباری، که البته این هزینه روز به روز، به دلیل استفاده از ترانزیستورهای قدرت بالا جدید و GTOها، کاهش می‌یابد.



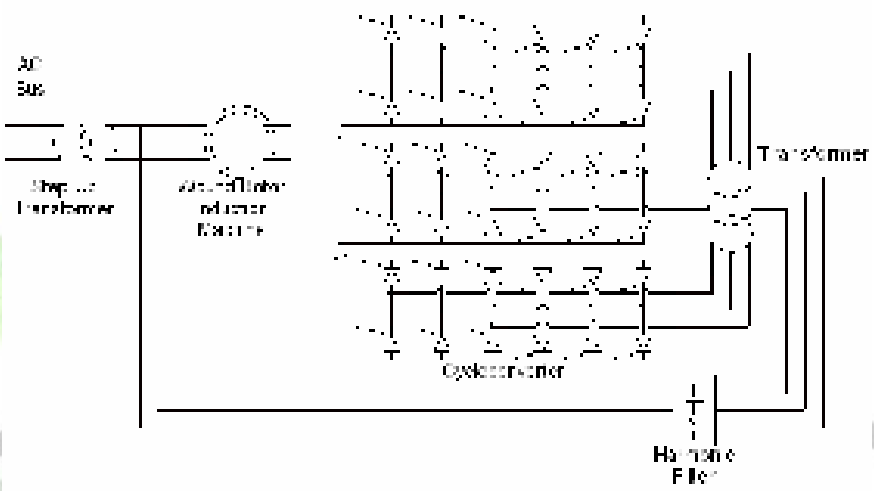
شکل :۸ ژنراتور القائی دوتغذیه با دوحالت کار سرعت فوق و تحت سنکرون

۲) پیچیدگی: به دلیل بکارگیری روش PWM و احتیاج به الگوریتم کنترل ولتاژ پیچیده‌تر و اینکه کارکرد مبدل PWM در دو حالت فوق و تحت سرعت سنکرون، مطابق شکل (۸)، نیاز به یک پل دیودی اضافی دارد.

۲-۳-۳- سیستم ژنراتور القائی دو سوء تغذیه و سیکلوکانورتر (مبدل AC/AC)

شکل (۹) نشان دهنده آرایش این سیستم ا ست. می‌دانیم سیکلوکانورتر، توان خط را مستقیماً و بدون وا سطه رابط DC به توان قابل تنظیم تبدیل می‌کند، شکل ۳۶ تریستوری زیر پرکاربردترین آن ا ست که مانند یک منبع ولتاژ عمل می‌کند، برای تحقق ایزولاسیون جهت جلوگیری اتصال کوتاه‌ها، این مدارات به

همراه ترانسفورماتوری با سه ثانویه ایزوله از هم به کار می‌روند، اگر سه فاز روتور از هم ایزوله باشند، این ترانسفورماتور می‌تواند حذف گردد، اما این روش به دلیل اینکه ژنراتور توربین بادی ۶ حلقفه لغزان نه ۳ حلقه نیاز دارد، پیشنهاد نمی‌شود. مزیت این روش کنترل ضریب توان است که تنظیم مناسب توان راکتیو موردنیاز برای کلیدزنی سیکلوکانورتر، تو سط خود ا ستاتور ما شین صورت می‌گیرد، یعنی ما شین خود پشتیبان است و می‌تواند توان را در ضریب توان ۱ فراهم‌سازی کند.



شکل : ۹ کاربرد ژنراتور آسنکرون دوسو تغذیه و سیکلوکانورتر

کاستی‌های این روش:

۱) در حالت عادی چون گشتاورهای هارمونیک ایجاد شده توسط کلیدزنی سیکلوکانورتر و فرکانسهای آن مضاربی از ۳۶۰ هرتز است و خیلی بالاتر از فرکانسهای رزونانس سیستم مکانیکی است، مورد توجه قرار می‌گیرند، اما به دلیل عدم همزمانی کلیدزنی سیکلوکانورتر با فرکانس خروجی، نوسانات گشتاور و

فرکانس پائین افزایش یافته و باعث نو سانات مکانیکی می‌گردد، که در م ضارب بزرگتر از ۶۰ هرتز مثلاً به نسبت (۳:۱) و (۲:۱) دامنه نوسانات بزرگ می‌شود.

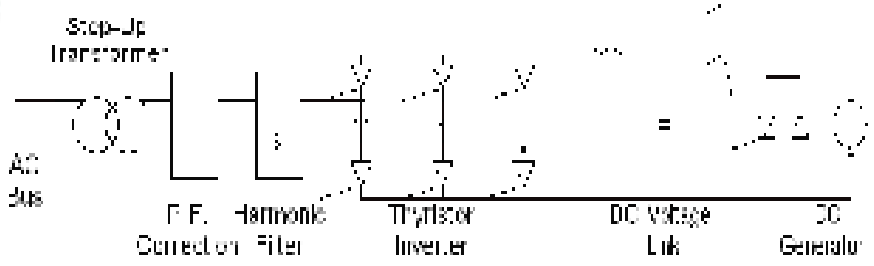
۲) ساختار هارمونیک‌های تزریق شده توسط جریان‌های خط به راحتی قابل پیش‌بینی نیستند، چون فرکانسهای کلیدزنی تریستورهای سیکلوکانورتر نیز باعث هارمونیک‌ها می‌گردند، پس در این حالت فیلتر کردن مشکل‌تر است.

۳ـ آرایشهای توربین بادی سرعت متغیر با ظرفیت کم

وقتی که ظرفیت و توان توربین بادی کاهش می یابد، آرایش های ممکن افزایش می یابد، البته تمام آرایشهای بیان شده در بخشهای قبل در ظرفیت کمتر نیز کاربرد دارند.

۳-۱- ژنراتور DC با رابط ولتاژ DC و بکارگیری چاپرها

همانند شکل (۱۰) که توربین بادی و ژنراتور DC به یک چاپر کاهنده وصل است، ولتاژ سمت شبکه چاپر می‌تواند به بکارگیری روش PWM ثابت بماند. آرایش چاپر افزاینده نیز به کار می‌رود، که در آن تغییرات ولتاژ ژنراتور DC بیشتر است و فیلتر کردن چنین آرایشی نیز ساده است.

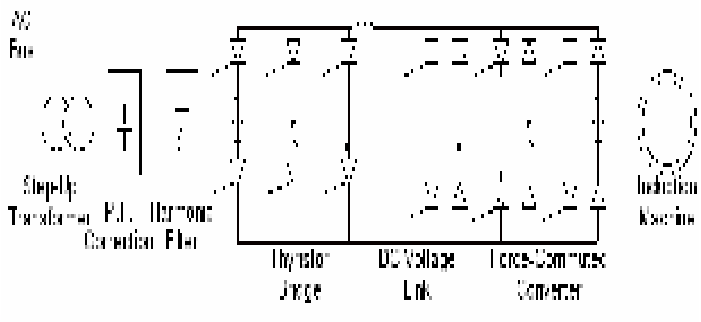


شکل : ۱۰ آرایش ژنراتورDCبا دو چاپر افزاینده(DC/AC)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۲-۱- ژنراتور القائی با رابط ولتاژDC

چنین آرایشی در شکل ۱۱ آمده است، یک اینورتر متصل به ژنراتور القائی روتور قفسه‌ای که همچون قبل به کمک روش PWM در مبدل سمت ماشین، ولتاژ رابط DC ثابت می‌ماند، و چون این ژنراتور نیاز به توان اکتیو دارد، مبدل بایستی دارای کموتاسیون اجباری باشد.

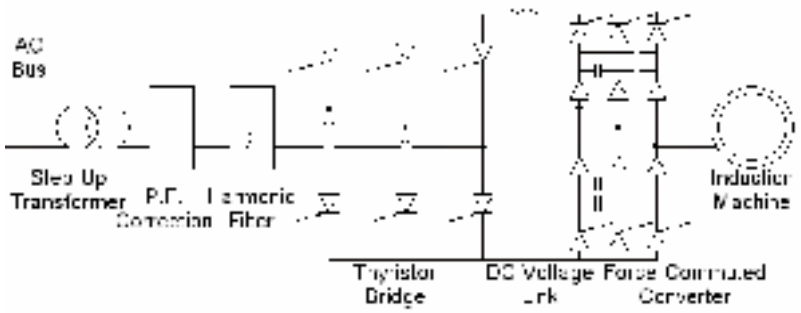


شکل : ۱۱ آرایش ژنراتور القائی با رابط ولتاژDCو مبدل(AC/DC/AC)

۳-۲-۲- ژنراتور القائی با رابط جریان DC :

نوع دیگر آرایش ژنراتور القائی یا رابط جریان DC است و از آنجا که تحریک ژنراتور باید توسط مبدل سمت ماشین تامین گردد، کموتاسیون اجباری لازم است.

شکل ۱۲ آرایش چنین سیستمی را با به کارگیری مبدل توالی اتوماتیک (ASK) را نشان می‌دهد که کاستی آن در محدوده تغییراتی زیاد ولتاژ در نتیجه بار و نیز به صفر شدن آن در پی باری می‌باشد، و کنترل مبدل طرف خط با توجه به تغییرات زاویه‌ای زیاد مشکل دیگری در خصوص اصلاح ضریب قدرت ایجاد می‌کند.



شکل : ۱۲

آرایش ژنراتور القائی با رابط جریان DC و مبدل AC/DC/AC

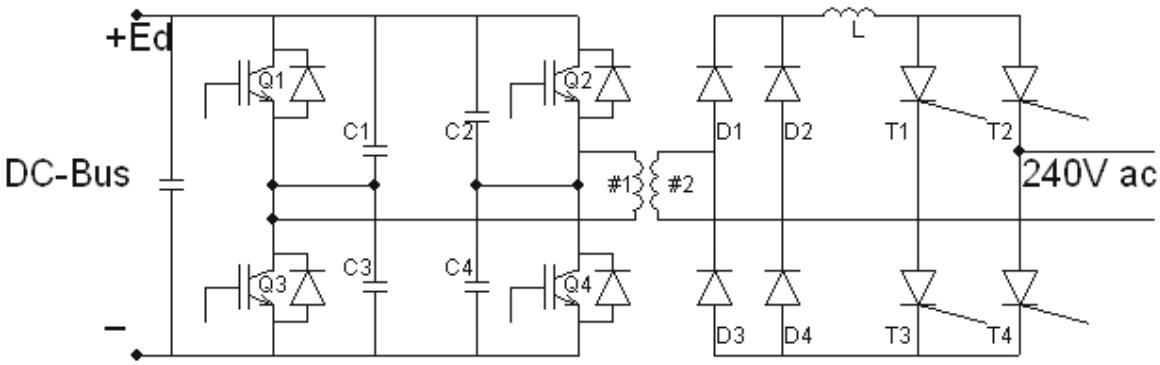
۳-۲-۳- آرایش ژنراتور القائی و سیکلوکانوتر

سیکلوکانورتر فرم سوم از مبدل‌های بحث شده در کاربردهای توربین بادی بود که همانند ژنراتور سنکرون یا ژنراتور القائی دو تغذیه‌ای، ژنراتور القایی قفس سنجابی هم بکار می‌رود اما کاستی‌های آن خیلی بیشتر از مزایای آن ا ست، مثلاً فرکانس ژنراتور باید نسبتی از فرکانس خط نگه دا شته شود یا توان راکتیو برای کموتاسیون سیکلوکانورتر و نیز مغناطیس کردن ژنراتور القائی موردنیاز است.

WikiPower.ir

۳-۲-۴- ژنراتور القائی و مبدلی با رابط فرکانسی بالا

چنین آرایشی در شکل ۱۳ آمده است، که در واقع یک سیکلوکانورتر دو طرفه است که از کموتاسیون نوع رزوناسی برای افزایش فرکانس ورودی به سطوح ۱۰ کیلوهرتز و دوباره کاهش آن تو سط سیکلوکانورتر دیگر به فرکانس کم معمولاً ۶۰ یا ۵۰ هرتز، استفاده می‌کند، آرایش‌های مختلفی برای آن متصور است [۴و۵]. تعداد اجزاء داخلی زیاد ا ست، مثلاً حدود ۷۲ تریستور بایستی به کار رود. در شکل زیر فقط مدار تکفاز آن آمده است، که مشابه آن در فازهای دیگر نیز به کار می‌رود.



شکل : ۱۳ آرایش اینورتر خودکموتاسیون با رابط فرکانس بالا) تکفاز(

3-۳- آرایش‌های ژنراتورهای آهنربائی دائم

وقتی ظرفیت سیستم ۱۰-۲۰ کیلو وات یا کمتر برسد، انواع آرایش‌های سرعت متغیر باز هم افزایش می‌یابد که در این محدوده توالی ژنراتورهای آهنربای دائم کاربرد بیشتری دارند، که برای آن سیستم‌های د وگانه بحث شده در بخش‌های قبل، به طور ویژه شکل‌های ۴ و ۱۱ و ۱۳ اولویت بررسی دارند، تفاوت اساسی ژنراتورهای آهنربای دائم و ژنراتورهای سنکرون بحث شده در قبل، فقدان سیم‌پیچی تحریک قابل کنترل و در نتیجه آن تغییرات ولتاژ ترمینال ژنراتور و نیاز به کنترل مبدل طرف خط و نیز تغییرات ضریب توان تحت تغییرات بار و شرایط بارداری می‌باشد.

۴ـ مقایسه انواع سیستم‌های الکتریکی توربین بادی

برای طراحی یک سیسم مقایسه خروجی‌های هر آرایش با نیازهای طراحی ضروری است، در این بخش به مقایسه سه آرایش کلی سیستمهای الکتریکی توربین بادی،

۱) سرعت ثابت (Constant speed) ۲) ژنراتور القایی دوسو تغذیه‌ای (Doubly fed) و ۳) راه‌اندازی مستقیم، مانند ژنراتور سنکرون (Direct Drive)، در شکل ۱۴ می‌پردازیم. در این مقاله به طور کلی آرایشهای توربین‌های بادی سرعت متغیر بررسی شد، که مدل‌های شماره ۲ و ۳ تقسیم‌بندی بالا را در بر می‌گرفت، نوع دیگر، سرعت ثابت آن است که مشخصه‌های آن نیز برای مقایسه در شکل زیر آمده است.

بدیهی ا ست با وارد کردن تغییرات در اجزای هر مدل، که چندین آرایش آن در بخ شهای قبل بحث شد، تغییراتی در مشخصه‌های خروجی به وجود خواهد آمد.

توان لحظه‌ای (کوتاه مدت) خروجی در حالت سرعت ثابت تغییرات زیادی ن سبت به دو حالت دیگر دارد. شکل ۱۴ پاسخ‌های اندازه‌گیری شده انواع توربین بادی است، که به ترتیب نمودارهای سرعت باد بر حسب زمان، سرعت روتور بر حسب زمان، تغییرات زاویه گام یا زاویه بین پرهای توربین (pitch)، که خود دارای کنترل پسخورد است، بر حسب زمان و در انتها درصد توان خروجی بر حسب زمان آمده است [۶].

نیازمندیهای ظرفیت انتقال، در شبکه متصل به نیروگاه

بسیاری از نیروگاههای بادی را به شبکه توزیع متصل میکنند. در این شرایط باید حدود حرارتی خط برای انتقال انرژی الکتریکی لحاظ شود. این امر بخصوص در شرایطی که خط توزیع قبلاً احداث شده و مصرف کنندگانی نیز بر روی آن قرار دارند حائز اهمیت است.

برای بدست آوردن شرایط لازم از این واقعیت استفاده میشود که جهت انتقال توان نیروگاه به سطح ولتاژ بالاتر عکس جهت انتقال توان به مشترکین است.

نیازمندی های کیفیت توان

۳-۱-ولتاژ حالت پایدار

عملکرد نیروگاه بادی متصل به شبکه می تواند بر روی ولتاژ حالت پایدار شبکه متصل به آن تاثیر بگذارد. بنابراین برای اطمینان از اینکه دامنه ولتاژ از حدود مجاز خارج نمیشود باید با ا ستفاده از پخش بار شبکه را مورد بررسی قرار داد. در هنگام آنالیز پخش بار باید تاثیر نیروگاه بادی بر روی سطح ولتاژ تحت شرایط زیر مورد بررسی قرار گیرد:

-در توان نامی نیروگاه

-در توان حقیقی P60 (مقدار ماکزیمم توان متوســـط اندازه گیری شـــده در هر ۶۰ ثانیه) و توان راکتیو ماکزیمم Q60 (توان راکتیو اندازه گیری شده در شرایط P60)

-در توان P0.2 (مقدار ماکزیمم توان متو سط اندازه گیری شده در هر ۰,۲ ثانیه) و توان راکتیو ماکزیمم Q0.2 (توان راکتیو اندازه گیری شده در شرایط P0.2)

۳-۲-فلیکر و نوسانات ولتاژ

آلودگی فلیکر توسط نیروگاه بادی نباید از مقادیر زیر فراتر رود:

$P_{st} =< 035$

$P_{it} =< 025$

P_{st} معیار کوتاه مدت آلودگی فلیکر

P_{it} معیار طولانی مدت آلودگی فلیکر (۴)

ولتاژ نسبی مرتبط نقطه اتصال نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$d =< U_{dyn}/ U_n$

d تغییرات ولتاژ نسبی

U_{dyn} تغییرات دینامیک ولتاژ

U_n ولتاژ فاز به فاز نامی

U_{dyn}/ U_n ماکزیمم تغییرات مجاز ولتاژ

عملکرد سوئیچ زنی

آلودگی فلیکر به علت سوئیچ زنی یک سیستم توربین ژنراتور بادی از رابطه زیر تخمین زده میشود:

$$P_{st} = 18 \times N_{10}^{0,31} \times k_f(\psi_k) \times \frac{S_n}{S_k}$$

$$P_{lt} = 8 \times N_{120}^{0,31} \times k_f(\psi_k) \times \frac{S_n}{S_k}$$

K(w) فاکتور پله ای فلیکر به ازای زاویه فاز امپدانس شبکه در نقطه اتصال به شبکه

N_{10}: تعداد عمل سوئیچ زنی در ۱۰ دقیقه

N_{120}: تعداد عمل سوئیچ زنی در ۲ ساعت (۱۲۰ دقیقه)

رابطه تخمینی برای چند سیستم توربین ژنراتور بادی متصل به یک نقطه عبارتست از (۲):

$$P_{st\,\Sigma} = \frac{18}{S_k}\left(\sum_{i=1}^{N_{wt}} N_{10,i} \times \left(k_{f,i}(\psi_k) \times S_{n,i}\right)^{3,2}\right)^{0,31}$$

$$P_{lt\,\Sigma} = \frac{8}{S_k}\left(\sum_{i=1}^{N_{wt}} N_{120,i} \times \left(k_{f,i}(\psi_k) \times S_{n,i}\right)^{3,2}\right)^{0,31}$$

WikiPower.ir

۳-۲-۲-فرآیند تعیین تغییرات ولتاژ نسبی به علت عملکرد سوئیچ زنی

برای تعیین تغییر ولتاژ نسبی بوجود آمده از عمل سوئیچ زنی یک سیستم توربین و ژنراتور بادی از فرمول زیر استفاده میشود:

با توجه به اینکه سوئیچ زنی همزمان دو سیستم توربین ژنراتور بادی دارای احتمال کمی میباشد. بنابراین برای چند سیستم توربین و ژنراتور (مزرعه بادی) متصل به یک نقطه نیز از همین رابطه استفاده میشود.

در شرایطی که هیچ اطلاعاتی در مورد فاکتور تغییر ولتاژ k(w) ارائه نشده باشد می توان k(w)=1.0در نظر گرفت.

فاکتور تغییر ولتاژ برای مقادیر واقعی در محل نیروگاه با اندازه گیری و استفاده از میانیابی خطی به دست می آید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۳-حدود آلودگی مجاز برای جریان هارمونیکی

جریان های هارمونیکی نباید سبب اعوجاج ولتاژ در منطقه اتصال شوند. رابطه فاکتور اعوجاج هارمونیکی (THD) از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$THD = 100 \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{U_h}{U_1} \right)^2} \quad (\%)$$

U_h :RMS هارمونیک n ام ولتاژ

U_1 :RMS هارمونیک اصلی (۵۰ هرتز) ولتاژ

۳-۴-تداخل با خطوط مخابراتی

فاکتور THFF طبق رابطه زیر محاسبه میشود:

$$THFF = \sqrt{\sum_{h=1}^{50} \left(\frac{U_h}{U_1} \times F_h \right)^2}$$

$$F_h = P_h \times h \times \frac{f_h}{800}$$

Ph تداخل نسبی در فرکانس fn در یک مدار مخابراتی که بر مبنای استاندارد CCITT 1978 محاسبه میشود. میزان THFF نباید از در نقطه اتصال از ۱٪ تجاوز کند.

۳-۵-تداخل در ادوات سوئیچینگ راه دور:

سیستم توربین ژنراتور بادی نباید در نقطه اتصال به شبکه بر روی یک وسیله سوئیچینگ راه دور استاندارد نویزهایی بیشتر از ۳۵- دسی بل (0 dB=0.775 V) در گسترده فرکانسی ۴۰ تا ۵۰۰ کیلوهرتز ایجاد کند پهنای باند فرکانس اندازه گیری شده باید حداقل 2KHZ باشد.

۴-نیازمندی های مربوط به رله های حفاظتی و اتوماسیون

۴-۱-به روز کردن تنظیمات رله های حفاظتی

به علت تغییر و عموماً افزایش قدرت اتصال کوتاه با توسعه شبکه، همچنین تغذیه از منابع با امپدانس های مختلف تنظیمات حفاظت رله ها باید در هنگام بهره برداری به صورت مداوم مورد بازنگری قرار گیرد.

۴-۲-عدم تغذیه بارها تنها از طریق نیروگاه بادی

در شرایطی که به علت خطایی در شبکه (مثلاً اتصال کوتاه)، تغذیه مصرف کنندگان از سمت شبکه قطع میشود و نیروگاه بادی به تنهایی در مدار برای تغذیه بارها باقی بماند؛ برای جلوگیری از افت فرکانسی و ولتاژ باید نیروگاه بلافاصله از شبکه قطع شود.

۴-۳-باز وصل کردن (رکلوزینگ) اتوماتیک

با توجه به طبیعت گذرای اکثر اتصال کوتاهها معمولاً از باز وصل کردن خط یا رکلوزینگ استفاده میشود. برای دا شتن یک رکلوزینگ موفق نیاز ا ست که نیروگاه بادی بلافا صله قطع شود تا از تغذیه خطا تو سط آن جلوگیری به عمل آید. مدت زمان قطع ولتاژ رکلوزینگ باید توسط بهره بردار شبکه مشخص شود.

۴-۴-تنظیم اتوماتیک ولتاژ (AVR) سیستم توربین ژنراتور بادی

در شرایطی که از توربین ژنراتور بادی توان بالا استفاده میشود و یا در حالتی که مزرعه بادی به باسباری متصل ا ست که مصرف کنندگان نیز بر روی آن قرار دارند،نیاز به سیستم تنظیم اتوماتیک ولتاژ (AVR)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وجود دارد. برای کاهش نو سانات ولتاژ ایجاد شده تو سط نیروگاه، قرار دادن جبران کننده های جریان بر روی ترانسفورماتورهای تنظیم کننده ولتاژ مورد نیاز است.

۱-اتصال کوتاه سه فاز متقارن بر روی یک خط و یا ترانسفورماتور، با قطع دائم تجهیز مربوطه، بدون هیچ گونه باز وصل مجدد.

تشریح یک خطای نمونه: اتصال کوتاه صورت می گیرد، خط و یا ترانسفورماتور قطع میشود، هیچگونه باز وصلی صورت نمی گیرد. زمان کل فالت اتصال کوتاه ۰/۵ ثانیه فرض میشود. (ممکن این زمان در بعضی از شرایط بیشتر در نظر گرفته شود)

۲-یک اتصال کوتاه فاز به فاز بر روی یک خط، با باز وصل نا موفق.

تشریح یک خطای نمونه: وقوع اتصال کوتاه، قطع خط، باز وصل نا موفق و نهایتاً قطع دائم خط، کل فالت ۰/۵ ثانیه و هر باز وصل بین ۰/۱ ثانیه تا ۰/۱۵ ثانیه زمان می برد.

توجه به نکات زیر حائز اهمیت است:

- مواردی که در بالا گفته شد برای مزرعه بادی هایی که به صورت شعاعی به شبکه متصل هستند نباید استفاده شود، زیرا وقوع خطا در اتصال شعاعی سبب منقطع شدن مزرعه بادی از شبکه برق میشود.
- ارزیابی واقعی خطا باید بر ا ساس زمان های واقعی که برای ا صلاح خطا تو سط رله های حفاظت تعریف شده است انجام پذیرد.
-پایداری باید در شـــرایط کار نرمال و همچنین شـــرایط کار در هنگام تغییرات (طبق برنامه تعمیرات) ارزیابی شود.
- مرزعه بادی باید در مقابل حداقل سه خطا در مدت ۲ دقیقه استقامت داشته باشد، بدون اینکه اتصال آن با شبکه قطع شود