فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: بررسی سیستم های قدرت بادی و تأثیر توان بادی بر ظرفیت خطوط انتقال
دوره ۵ / شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۰/ ص ۶۵- ۵۱

بررسی سیستم های قدرت بادی و تأثیر توان بادی بر ظرفیت خطوط انتقال

اصغر قادری ۱، حامد مزارزهی ۲ و حامد بصیری۳
۱-استادیار گروه برق دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر
۲-دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر

چکیده

امروزه ژنراتورهای بادی به دلیل این که از نظر محل احداث دارای محدودیت هایی می باشند و همچنین این ژنراتورها درصد کمی از توان شبکه را تأمین می کنند کمتر از سایر نیروگاههای دیگر مورد شناخت متخصصین برق قرار گرفته اند .یکی از مهم ترین و اصلی ترین نکاتی که نیروگاههای بادی را از سایر نیروگاهها متمایز می کند، نحوه کنترل توان ورودی) محرک گرداننده توربین (می باشد .در نیروگاه های سوخت فسیلی با کنترل سوخت و با کمک AVR و گاورنر میتوان به میزان دلخواه توان خروجی را تنظیم کرد .اما در توربین های بادی تحت شرایط جوی مختلف سرعت باد متغیر است و کنترل توان ورودی همانند نیروگاه های سوخت فسیلی کاملا در اختیار ما نیست و این باعث می شود که نیروگاههای بادی تجهیزات کنترلی و همچنین ژنراتورهایی متفاوت از سایر نیروگاهها داشته باشند .در این مقاله ابتدا به معرفی انواع ژنراتورهای به کار رفته در توربین های بادی و همچنین انواع روشهای مختلف کنترل مبدل برای این ژنراتورها، نحوه سنکرون کردن این ژنراتورها با شبکه و برخی مسائل مربوط به اتصال سیستم های بادی پرداخته شده است؛ سپس انواع کنترل کننده های مختلف سیستم جهت کنترل سرعت باد اشاره گردیده و در پایان مسائلی مربوط به تأثیر توان بادی بر ظرفیت انتقال مورد بررسی قرار گردیده است.

واژگان کلیدی: ژنراتور توربین های بادی، ژنراتور سنکرون، ژنراتورهای القایی، کنترل کننده های سیستم های قدرت بادی، ظرفیت انتقال

---

۱. مقدمه

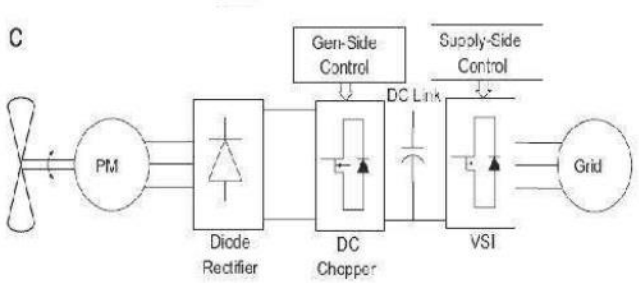
در آینده ای نزدیک انرژی باد باصرفه ترین منبع انرژی در دنیا خواهد بود .هزینه های مربوط به استفاده از سوخت های فسیلی اعم از اکتشاف، استخراج، حمل ونقل، اثرات زیست محیطی و ... که در راستای استفاده از سوخت های فسیلی به وجود خواهد آمد به طور دقیق قابل اندازه گیری نبوده یا در دسترس نیستند .ولی مسلم است که شاخص های اقتصادی مربوط به استفاده از سوخت های فسیلی در مقیاس های بزرگ بسیار بالاتر از شاخص های فعلی دنیا هستند و از طرف دیگر با کاهش سوخت های فسیلی و افزایش طبیعی قیمت این سوختها، هزینه استفاده از آنها بسیار بالاتر از استانداردهای فعلی بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود .نیاز به منابع انرژی جدید در هیچ دورهای بیشتر از امروز نبوده است . مصرف انرژی در سطح جهانی به سرعت در حال افزایش است .در جوامع صنعتی انرژی های تجدیدپذیر می توانند پاسخ گوی تقاضای رو به افزایش وجایگزین مناسبی برای سیستم های تولید انرژی آلوده امروزی باشند .نیروگاههای بادی با ایجاد کمترین میزان آلودگی از جمله با اهمیت ترین انواع نیروگاههای مبتنی بر انرژی های تجدیدپذیر هستند .بررسی ها حاکی از آن است که ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز جهان از منابع سوخت فسیلی حاصل می شود .حدود ۲۳ درصد این انرژی از سدهای آبی و انرژی هسته ای و سایر انرژی های نو مانند خورشیدی و باد تا۲ درصد نیاز به انرژی را تأمین می کنند ۲.انرژی باد برخی معایب نیز دارد .برای مثال توان بادی به عنوان یک منبع انرژی متناوب مطرح شده است، زیرا باد درتمام ۱۰۰ درصد زمان وزیده نمی شود .از این گذشته بهترین محل های نیروگاه های بادی معمولا در مناطق دور از دسترس واقع شده اند .بنابراین ممکن است به بهبود اساس زیر ساخت ها برای تحویل توان تولید باد به بارهای مرکزی نیاز باشد .البته تکنولوژی توربین های بادی دستخوش توسعه چشمگیری شده است .تولید توان به وسیله توربین های بادی به عنوان یک منبع مهم توان به شبکه های خدماتی وارد شده است و به عنوان یک انرژی تجدید پذیر هم از لحاظ محیط زیست و هم به عنوان یک منبع تولید توان مناسب مورد توجه قرار گرفته شده است] ۳ .تا پایان سال ۲۰۰۳، حدود ۴۰ GWتوربین بادی برای تولید توان الکتریکی در سراسر جهان نصب شده است .بیشتر این توربین های بادی در کشورهای اروپایی) بیش از ۲۸ (GWقرار گرفته شده است .به طور مثال بیش از ۱۴ GWاز این مقدار در آلمان می باشد که یکی از کشورهایی است که امروزه بیشترین استفاده را از این تکنولوژی می کند .در دانمارک حدود ۳۰۰۰ MWتوان بادی موجود است که بیش از ۱۵ درصد مصرف برق این کشور را تشکیل می دهد]۴ .[با این وجود، کشورهای جهان بویژه کشورهای جهان سوم آن چنان که شایسته است از این منبع انرژی استفاده نکرده اند] ۵ .[استفاده از انرژی بادی در ایران ما نیز با وجود پتانسیل های ارزشمند در زمینه پتانسیل باد و انرژی های تجدید پذیر، انرژی بادی چندان مورد توجه قرار گرفته نشده است .از دلایل آن هزینه پایین و منابع فراوان سوخت های فسیلی، ضرورت رشد وسیع صنعت برق و پاسخ گویی به موقع و مناسب به نیازهای در حال گسترش انرژی کشور بوده است .۰۲ ژنراتور توربین های بادی در سیستم های تولید انرژی برق از انرژی باد، هر دو نوع ژنراتورهای سنکرون و القایی مورد استفاده واقع شده اند] ۶ .[در این قسمت به چگونگی استفاده از این دو نوع ژنراتور در سیستم های بادی پرداخته گردیده شده است].

1.2ژنراتور سنکرون

اساس کار ژنراتورهای سنکرون بر این است که سرعت رتورشان دقیقا با فرکانس شبکه همزمان است .اگر شبکه فقط دارای یک ژنراتور سنکرون باشد، فرکانس شبکه به وسیله سرعت این ژنراتور تأمین می شود .اگر شبکه دارای تعداد زیادی ژنراتور سنکرون باشد، قدرت شبکه افزایش یافته و ژنراتورها با سرعت سنکرون خواهند چرخید .اگر در سیستم های بادی متشکل از یک ژنراتور سنکرون هیچ سیستم کنترلی وجود نداشته باشد، ولتاژ و فرکانس شبکه به وسیله سرعت باد تعیین خواهد شد] ۷ .در ژنراتورهای سنکرون بزرگ از رتورهای سیم پیچی شده استفاده می شود که این سیم پیچی با جریان دی سی تغذیه می شود . میدان این سیم پیچی برای عملکرد اصلی نمی باشد، بلکه به وسیله کنترل جریان این سیم پیچی می توان کنترل تولید قدرت

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

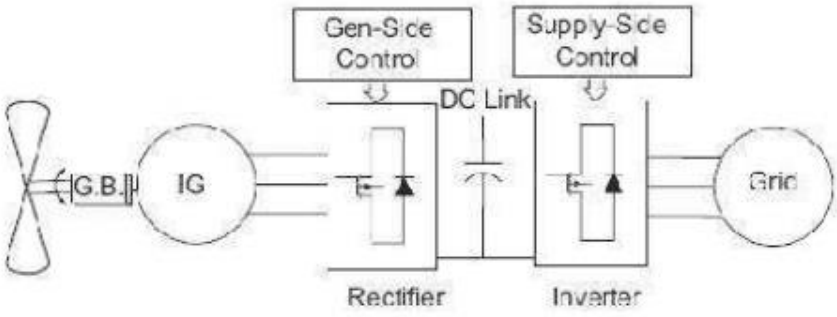
راکتیو ژنراتور را در دست گرفت .ژنراتور سنکرون به عنوان کنترل کننده ولتاژ و منبع توان راکتیو در شبکه های الکتریکی به کار می رود .ژنراتورهای سنکرون مزایای زیادی دارند که برخی از این مزایا عبارتند از : پایداری مناسب، قیمت پایین تجهیزات الکترونیک قدرت، سنکرون کردن آسان و عملکرد مناسب در برابر خطا .برخی از معایب این ژنراتورها عبارتند از :قیمت تقریبا "بالای ماشین، نگهداری و مراقبت زیاد، نیاز به فیلتر کردن هارمونیکها، قابلیت اطمینان متوسط، مصرف توان راکتیو در مبدل، مشکلات راه اندازی این ژنراتورها و اینکه به طور مجزا قابل بهره برداری نیستند .با توجه به این که اغلب توربین های بادی در اندازه های کوچک طراحی می شوند و با توجه به مشکلاتی که در استفاده از ژنراتورهای سنکرون وجود دارد، این ماشین ها در سیستم های بادی کمتر مورد استفاده قرار گرفته و در مجموع مقرون به صرفه نیستند.



شکل شماره ۱. اتصال ژنراتور سنکرون در سیستم بادی

.ژنراتورهای القایی

مینیمم استفاده از ژنراتورهای القایی به دلیل هزینه های نسبی پایین، مقاوم بودن و نیاز به حفاظت و تعمیرات کم در سیستم های بادی مورد توجه زیادی قرار گرفته اند۸ .در ژنراتور بادی میدان تولیدی استاتور به منبع ولتاژ خارجی بستگی دارد .جریان رتور از طریق القا در اثر اختلاف سرعت بین سیم پیچی رتور و میدان دوار استاتور به وجود می آید .این ژنراتورها برای تولید توان اکتیو، توان راکتیو مصرف می کنند



شکل شماره ۲. اتصال ژنراتور القایی در سیستم بادی

مسائل مطرح در اتصال سیستم های بادی به شبکه مهمترین مسائل مطرح در اتصال به شبکه محلی، موارد زیر می باشند ۱ - پایداری ولتاژ و فرکانس

۲ -پدیده چشمک زنی) فلیکر

۳ -اتصالات توان راکتیو

۴ -هارمونیکها
۵ -ایجاد اعوجاج در امواج رادیویی
۶ -اضافه بار خازن های تصحیح ضریب توان
۷ -افزایش تلفات در ماشین های AC و ترانسفورماتورهای متصل به شبکه
۸ -افزایش تعداد پالسهای مبدل
۹ -اتصال به خط اصلی به وسیله جدا کردن ترانسفورماتورها از ولتاژ توزیع
۱۰ -استفاده از تجهیزات فیلترینگ هارمونیکها .

میزان اثرگذاری بسیاری از موارد بالا با بهره گیری از تکنولوژی الکترونیک قدرت به صورت زیر قابل کاهش می باشد :الف - در بهره گیری از یک ژنراتور بادی، ولتاژ و نوسانات فرکانس باید ثابت باشد .پایداری این موارد به وسیله تنظیم و کنترل قدرت در پست فرعی) جایی که ژنراتور به شبکه وصل می شود (امکان پذیر می باشد .یک توربین بادی با ژنراتور سنکرون یا آسنکرون متصل به شبکه، قدرت گذاری باد را مستقیما به قدرت گذرا تبدیل می کند .قدرت گذرا در این سیستم می تواند به اندازه قدرت نامی توربین باشد .برای ایجاد پایداری ولتاژ در این طرح لازم است که شدت قدرت باد اثر گذار بر روی رتور توربین را کنترل کرده و یک ظرفیت مشخص خط را به سیستم اختصار داد .اگر در طی بادهای ناگهانی، رتور توربین اجازه داشته باشد که در بالای رنج سرعت مشخص کار کند، قدرت انتقالی سیستم کاهش خواهد یافت] ۹ .مقدار انرژی ذخیره شده در انرژی چرخشی به جرم رتور و تغییرات مجاز سرعت بستگی دارد .ب -اتصال به شبکه از طریق یک مبدل الکترونیکی، در حقیقت موج به وجود آمده در لحظه استارت) عامل ایجاد پدیده چشمک زنی (را حذف می کند و سیستم، به صورت اتوماتیک به شبکه سنکرون متصل می شود .ج -مبدل در این سیستم در بارهای مختلف دارای ضریب قدرت ثابتی است؛ در صورتی که زاویه آتش تریستور ثابت باشد، ضریب قدرت در حوضه ۸/۰ الی ۸۵/۰ می باشد .این حالت را می توان به وسیله استفاده از خازن های اصلاح ضریب قدرت بهبود بخشید .د -هارمونیکها، یک عامل نامطلوب در مدارات مبدل ها هستند .جریانهای هارمونیکی می توانند سبب ایجاد اعوجاج در ولتاژ خطوط متصل به شبکه شوند .در واقع زمانی که مدار به یک شبکه بزرگ با ظرفیت خط زیاد وصل می شود، هارمونیکها مشکلات زیادی به وجود نمی آورند .هم چنین استفاده از خازن های اصلاح ضریب قدرت از اعوجاج خطوط می کاهد .بنابراین به طرق مختلف می توان اثرات نامطلوب هارمونیکها را کاهش داد .در میان روشهای مذکور، استفاده از فیلترهای حذف هارمونیک بهترین روش است .فیلترهای حذف هارمونیک معمولا در ترکیب با خازن های اصلاح ضریب قدرت استفاده می شوند.

کنترل کننده های مختلف مورد نیاز در سیستم های قدرت بادی

در این بخش به بیان روشهای کنترل قدرت آیرودینامیکی، کنترل سرعت توربین و کنترل توان راکتیو مبادله شده به شبکه پرداخته شده است .

کنترل قدرت آیرودینامیکی

ژنراتور توربین های بادی در سرعت نامی باد دارای بالاترین بازده هستند که این سرعت نامی در حدود m/s ۱۲-۱۶ می باشد در این سرعت باد، ظرفیت نامی ژنراتور حاصل می شود .به منظور جلوگیری از آسیب رسیدن به تجهیزات و جلوگیری از عملکرد ژنراتور در بالاتر از توان نامی باید قدرت آیرودینامیکی و در نتیجه سرعت رتور ژنراتور و توان خروجی ژنراتور را محدود کرد.

کنترل stall بلوکه شدن

در توربین های بادی مرسوم یا توربین های سرعت ثابت با ژنراتور القایی از این روش استفاده میشود .در این روش پرههای رتور ثابتند و به توپی رتور وصل شده اند .سیستم هیچ کنترل سرعت ژنراتوری را ندارد و در صورت گذشتن سرعت باد از حد مجاز، سیستم بلوکه شده و یا از مدار خارج می شود .مزیت استفاده از روش stall این است که هزینه زیاد ندارد و به وسایل کنترل

هم نیاز ندارد .معایب این روش این است که اولا" محاسبهٔ واقعی تأثیر stall مشکل است و ماگزیمم قدرت خروجی فقط در یک سرعت ثابت قابل دسترسی می باشد.

کنترل توان راکتیو

کنترل ضریب قدرت سیستم های بادی به وسیله ژنراتور امکان پذیر می باشد .اغلب سیستم های ساده با ژنراتور القایی که مستقیما به شبکه وصل می شوند .یک بانک خازنی برای تأمین توان راکتیو در حالت بی باری مورد استفاده قرار می گیرد . بعلاوه وقتی که ژنراتور بارگذاری می شود، قدرت راکتیو اضافی مورد نیاز از شبکه تأمین خواهد شد .سیستم های مجهز به مبدل قدرت الکتریکی، قابلیت بیشتری در کنترل توان راکتیو دارند .این سیستمها، می توانند قدرت راکتیو موردنیاز را کاملا" جبران کنند .یعنی اگر مطلوب باشد، ضریب توان یک را در هر بار در خروجی نگه می دارند .البته به شرط اینکه توان نامی مبدل، این توانایی را داشته باشد .این سیستم ها همچنین می توانند همانند یک جبران کننده ولتاژ استاتیکی (SVC) برای کنترل مناسب قدرت راکتیو، تغییرات ولتاژ در نتیجه نامتعادل بودن قدرت اکتیو و فلیکر ولتاژ) چشمک زدن (را کاهش دهند

کنترل توان اکتیو

در یک شبکه، تغییرات توان باید متعادل شود .به وسیله تغییر در منبع انرژی به طور موقت، می توان تغییرات را کنترل کرد و عملکرد تطبیق بین نیروگاه و مصرف کننده به خوبی اجرا شود.

کنترل فرکانس

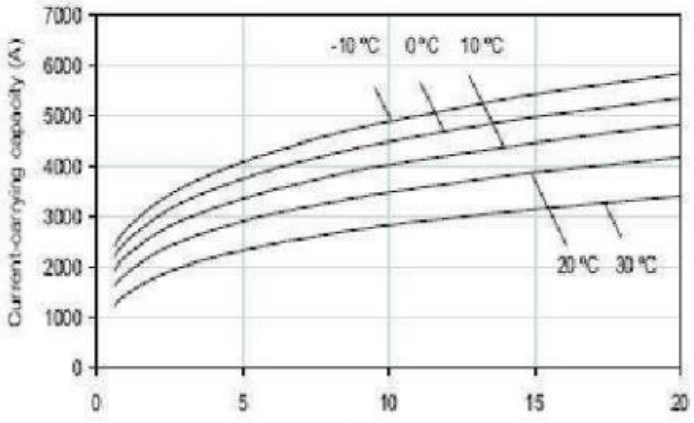
فرکانس در سیستم های قدرت شاخصی جهت نشان دادن تعادل بین تولید و مصرف می باشد .برای سیستم های توان نرمال، عملکرد فرکانس باید ثابت باشد .برای حفظ تعادل بین تولید و مصرف از کنترل های اولیه (Primary) و ثانویه (secondary)استفاده می شود .واحد کنترل اولیه، مقدار تولید واحد را افزایش و کاهش می دهد و بدین ترتیب، تعادل بین تولید و مصرف برقرار شده و فرکانس ثابت می ماند .هر چند این فرکانس کمتر از مقدار نامی می باشد و کنترل اولیه تا اندازه ای می تواند کارآمد باشد .زمان لازم برای این کنترل بین ۱ تا ۳۰ ثانیه است .برای اینکه فرکانس در مقدار نامی تثبیت شود، از کنترل ثانویه با زمان لازم ۱۵ دقیقه استفاده می شود .در کنترل ثانویه، سرعت کاهش و افزایش تولید کمتر است .در برخی از کشورها، کنترل ثانویه به صورت خودکار است و در برخی از کشورهای دیگر، این کنترل به صورت اپراتور دستی انجام می شود . در عملکرد نرمال خروجی، یک نیروگاه بادی می تواند در حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد قدرت نصب شده تأسیسات در مدت ۱۵ دقیقه، تغییرات داشته باشد و این می تواند منتهی به عدم تعادل بیشترین تولید و مصرف شود] ۱۰ .[نیاز به کنترل فرکانس، در سیستمهای با ژنراتور سنکرون به دلیل مسئله پایداری، بیشتر مطرح است .ولی سیستم های با ژنراتور القایی مسائلی از این قبیل را ندارند .۵ .تأثیر توان بادی بر ظرفیت انتقال

ماکزیمم توان انتقالی در خطوط به واسطه عواملی چون حد حرارتی، حد پایداری و حدود ولتاژ محدود می شود .وجود توان بادی در یک سیستم با تأثیر بر عوامل فوق به صورت های مختلفی بر ظرفیت انتقال تأثیر می گذارد .در ادامه عوامل تأثیر گذار بر ظرفیت انتقال به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

سرعت باد

-ظرفیت جریان انتقال در سرعت های بالاتر باد مطابق شکل ۳ افزایش می یابد .در بعضی مناطق، سرعت باد در زمستان بیشتر است .هم چنین کاهش دما در افزایش جریان انتقالی تأثیر دارد که این خود منجر به افزایش توان انتقالی می شود.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



شکل شماره ۳. ظرفیت جریان انتقال با در نظر گرفتن سرعت باد

افزایش سرعت باد و کاهش دما با توجه به حد حرارتی خطوط باعث افزایش ظرفیت انتقالی می شود Current carrying capacity (A)شکل شماره ۳ .ظرفیت جریان انتقال با در نظر گرفتن سرعت باد ۲ -از وسایل اندازه گیری سرعت باد در ژنراتور توربین های بادی برای تخمین ماکزیمم جریان قابل عبور از خط که تحت عنوان ظرفیت جریان انتقالی نیز نامیده می شود؛ برای خطوط انتقال کوتاه استفاده میشود) در خطوط انتقال کوتاه، حد حرارتی تعیین کننده ماکزیمم ظرفیت قابل انتقال است .(۳ -از وسایل اندازه گیری سرعت باد در ژنراتور توربین های بادی برای تخمین ماکزیمم جریان قابل عبور از خط که تحت عنوان ظرفیت جریان انتقالی نیز نامیده می شود؛ برای خطوط انتقال کوتاه استفاده می شود) در خطوط انتقال کوتاه، حد حرارتی تعیین کننده ماکزیمم ظرفیت قابل انتقال است.

این پیش برآوردها برای یک خط در خطوط انتقال بلند مشکل تر می شود .سرعت باد و دما در طول خط به طور قابل توجهی تغییر می کند و از این رو لازم است که در نقاط مختلف خط، وسایل اندازه گیری در نظر گرفته شود که این خود منجر به افزایش قیمت تمام شده خواهد شد .

توان راکتیو

در سیستم های بادی معمولا "از ژنراتورهای القایی استفاده می شود .اگر برای جبران توان راکتیو ژنراتور هیچ جبران کننده توان راکتیوی وجود نداشته باشد؛ در نتیجه ضریب توان نیروگاه بادی متصل به شبکه پس از خواهد شد که این خود مطابق منحنیهای شکل ۴ به دلیل محدودیت روی ولتاژ خط منجر به کاهش ماکزیمم توان انتقالی از ژنراتور توربین های بادی می شود آلترناتورها یک ژنراتور ساده بدون کموتاتور ، یک جریان الکتریکی متناوب تولید می کنند ، چنین جریان متناوبی مزیت زیادی دارد برای انتقال توان الکتریکی و از این رو بیشتر ژنراتورهای الکتریکی بزرگ از نوع AC هستند .ژنراتور AC در دو حالت خاص با ژنراتور DC فرق می کند . پایانه های سیم پیچ آرمیچرش بیرون هستند . برای حلقه های لغزان جزئی شده ی جامد روی شفت) میله (ژنراتور به جای کموتاتور و سیم پیچ های میدان توسط یک منبع DC خارجی تغذیه انرژی می شود تا اینکه توسط خود ژنراتور این کار انجام شود . ژنراتور های AC سرعت پایینی با تعداد زیادی قطب در حدود ۱۰۰ قطب ساخته می شوند .هم برای بهبود بازه شان و هم برای دست یافتن به فرکانس دلخواه به آسانی . آلترناتورها با توربین های سرعت بالا راه اندازی می شوند . فرکانس جریان گرفته شده توسط ژنراتور AC مساوی است با نیمی از تعداد قطبها و تعداد چرخش آرمیچر در ثانیه .بخاطر احتمال جرقه زنی بین جاروبک ها و حلقه های لغزان و خطر شکستهای مکانیکی که ممکن است سبب اتصال کوتاه شود .آلترناتورها به یک سیم پیچ ساکن که بدور یک رتور می چرخد و این رتور شامل تعدادی آهنربای مغناطیسی میدان هستند ساخته می شوند .اصل عملکرد آنها نیز دقیقا " مشابه عملکرد ژنراتورهای AC توصیف شده اند .ژنراتور ها با ولتاژ بالا :

شرکت ABB اخیرا ژنراتوری با ولتاژ بالا ابداع کرده است . این ژنراتور بدون نیاز به ترانسفورماتور افزاینده بطور مستقیم به شبکه قدرت متصل می گردد . ایده جدید بکار گرفته شده در این طرح استفاده از کابل به عنوان سیم پیچ استاتور می باشد . ژنراتور ولتاژ بالا

برای هر کاربرد در نیروگاههای حرارتی و آبی مناسب می باشد . راندمان بالا ، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ، تلفات کمتر ، تأثیرات منفی کمتر بر محیط زیست) با توجه به مواد بکار رفته (از مزایای این نوع ژنراتور می باشد . ژنراتور ولتاژ بالا در مقایسه با ژنراتورهای معمولی در ولتاژ بالا و جریان پائین کار می کند .ماکزیمم ولتاژ خروجی این ژنراتور با تکنولوژی کابل محدود می گردد که در حال حاضر با توجه به تکنولوژی بالای ساخت کابلها میتوان ولتاژ آنرا تا سطح ۴۰۰ کیلو ولت طراحی نمود . هادی استفاده شده در ژنراتور ولتاژ بالا بصورت دوار می باشد در حالیکه در ژنراتورهای معمولی این هادی بصورت مثلثی می باشد در نتیجه میدان الکتریکی در ژنراتورهای ولتاژ بالا یکنواخت تر می باشد . ابعاد سیم پیچ بر اساس ولتاژ سیستم و ماکزیمم قدرت ژنراتور تعیین می گردد . در ژنراتورهای ولتاژ بالا لایه خارجی کابل در تمام طول کابل زمین می گردد ، این امر موجب می شود که میدان الکتریکی در طول کابل محدود گردد و دیگر مانند ژنراتورهای معمولی نیاز به کنترل میدان در ناحیه انتهایی سیم پیچ نباشد .جزیی (Partialdischarge) در هیچ ناحیه ای از سیم پیچ وجود ندارد و همچنین ایمنی افراد بهره بردار و یا تعمیر کار افزایش می یابد . سربندیها و اتصالات معمولا در فضای خالی مورد دسترس در محل انجام می گیرد ، بنابراین محل این اتصالات در یک نیروگاه نسبت به نیروگاه دیگر متفاوت می باشد ، اما در هر حال این اتصالات در خارج از هسته استاتور می باشد ، برای مثال اتصالات و سربندیها ممکن است زیر ژنراتور و یا خارج از قاب استاتور (Statorframe) انجام گیرد .بدین ترتیب اتصالات و سربندیهای مشکلات ناشی از ارتعاشات و لرزش های بوجود آمده در ماشین های معمولی را نخواهند داشت . در طرح کنونی ژنراتور ولتاژ بالا دو نوع سیستم خنک کنندگی وجود دارد ، روتور و سیم پیچ های انتهایی توسط هوا خنک می گردند در حالیکه استاتور توسط آب خنک می گردد . سیستم خنک کنندگی آب شامل لوله های XLPE قرار گرفته شده در هسته استاتور می باشد که آب از این لوله ها جریان می یابد و هسته استاتور را خنک نگه می دارد .مقایسه جریان اتصال کوتاه در نیروگاه مجهز به ژنراتور ولتاژ بالا با نیروگاه مجهز به ژنراتور معمولی نشان می دهد که به دلیل اینکه در نیروگاه با ژنراتور ولتاژ بالا راکتانس ترانسفورماتور حذف می گردد جریانهای خطا کوچکتر می باشد .شبکه ای از اجزای الکتریکی است که برای تأمین، انتقال و استفاده از توان الکتریکی بکار می رود .نمونه ای از سامانه های قدرت، شبکه ای است که برای تأمین نیروی الکتریکی خانه ها و صنایع به کار گرفته میشود .شناخته میشود که به طور کلی می توان آن راgrid سامانه قدرت در مناطق بزرگ با نام شبکه) به انگلیسی به سه بخش تقسیم کرد :تولید انرژی الکتریکی که توان را تأمین می کند، انتقال انرژی الکتریکی که توان را از مراکز تولید به مراکز بار انتقال می دهد، و توزیع انرژی الکتریکی که خانه ها و صنایع اطرافش را تغذیه می کند .سامانه های قدرت کوچکتری هم در صنایع، بیمارستان ها، ساختمان های تجاری و خانه ها وجود دارند .غالب این سامانه های قدرت بر توان متناوب سه فاز متکی هستند .سامانه های قدرت بخصوصی که بر توان سه فاز متکی نیستند را می توان در هواپیماها، سامانه های ریلی الکتریکی، اقیانوس پیماها و خودروها مشاهده نمود .بناGodalming در ۱۸۸۱ دو برقکار نخستین شبکه قدرت را در گودالمینگ انگلستان) به انگلیسی کردند .این شبکه از یک نیروگاه که از دو چرخ آبی تشکیل شده بود و جریان متناوب تولید می کرد، بهره می برد .هر کدام از این نیروگاهها به نوبت لامپ های قوسی ۷ زیمنسی را با ولتاژ ۲۵۰ ولت، و لامپهای رشته ای را با ولتاژ ۴۰ ولت تأمین می کردند .با این وجود تأمین لامپها با قطع و وصل همراه بود و در ۱۸۸۲ توماس ادیسون و شرکتش، شرکت لامپ الکتریکی ادیسون، نخستین نیروگاه بخار الکتریکی را در در Pearl Street Stationخیابان پرل شهر نیویورک برپا کردند .نیروگاه خیابان پرل) به انگلیسی ابتدا ۳۰۰۰ لامپ را برای ۵۹ مشتری نیرو می بخشید .این نیروگاه از جریان مستقیم استفاده می کرد و تکفاز بود .توان با جریان مستقیم را نمی شد به سادگی مستقیما به ولتاژهای بالاتر تبدیل کرد تا تلفات الکتریکی در مسیرهای طولانی انتقال کاهش یابد، بنابراین بیشینه فاصله اقتصادی بین ژنراتورها و بار به چیزی نزدیک به ۸۰۰ متر محدود می شد و جان دیکسون گیبزLucien Gaulard در همان سال در

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

لوسین گالارد) به انگلیسی در لندن، نخستین ترانسفورماتور مناسب برای سامانه های قدرت(John Dixon Gibbs به انگلیسی واقعی را به نمایش گذاشتند .ارزش کاربردی ترانسفورماتور گالارد و گیبس در سال ۱۸۸۴ در تورین به نمایش گذاشته شد، جایی که ترانسفورماتور آنها برای روشن کردن ۴۰ کیلومتر) ۲۵ مایل (از راه آهن، تنها ژنراتورها همواره یکی از مهمترین عناصر شبکه قدرت بوده و نقش کلیدی در تولید انرژی و کاربردهای خاص دیگر ایفاء کرده است .ساخت اولین نمونه ژنراتور سنکرون (به انتهای قرن ۱۹ برمی گردد .مهمترین پیشرفت انجام شده در آن سالها احداث اولین خط بلند انتقال سه فاز از لافن به فرانکفورت آلمان بود .در کانون این تحول ، یک هیدروژنراتور سه فاز ۲۱۰ کیلو وات قرار گرفته بود .علیرغم مشکلات موجود در جهت افزایش ظرفیت و سطح ولتاژ ژنراتورها، در طول سالهای بعد تلاشهای گسترده ای برای نیل به این هدف صورت گرفت . مهمترین محدودیتها در جهت افزایش و سطح ولتاژ ژنراتورها ، ضعف عملکرد سیستمهای عایقی و نیز روشهای خنک سازی بود در راستای رفع این محدودیتها ترکیبات مختلف عایقهای مصنوعی، استفاده از هیدروژن برای خنک سازی و بهینه سازی روشهای خنک سازی با هوا نتایج موفقیت آمیزی را در پی داشت به نحوی که امروزه ظرفیت ژنراتورها به بیش ازDC ۱۶۰۰ افزایش یافته است | .در جهت افزایش ولتاژ ، ابداع پاورفرمر در انتهای قرن بیستم توانست سقف ولتاژ تولیدی را تا حدود سطح ولتاژ انتقال افزایش دهد .به نحوی که برخی محققان معتقدند در سالهای نه چندان دور ، دیگر نیازی به استفاده از ترانسفورماتورهای افزاینده نیروگاهی نیست .همچنین امروزه تکنولوژی ژنراتورهای ابررسانا بسیار مورد توجه است، انتظار می رود با گسترش این تکنولوژی در ژنراتورهای آینده ، ظرفیتهای بالاتر در حجم کمتر قابل دسترسی باشند.

ژنراتورها

ماشین هایی هستند که انرژی مکانیکی را از محرک اصلی به یک توان الکتریکی در ولتاژ و فرکانس خاصی تبدیل می نماید . کلمه سنکرون به این حقیقت اشاره دارد که فرکانس الکتریک این ماشین با سرعت گردش مکانیکی شفت قفل شده است ، ژنراتور سنکرون برای تولید بخش اعظم توان الکتریکی در سرتاسر جهان به کار می رود .دو اصل فیزیکی مرتبط با عملکرد ژنراتورها وجود دارد .اولین اصل فیزیکی اصل القائی الکترومغناطیسی کشف شده توسط مایکل فاراده دانشمند بریتانیایی است . اگر یک هادی در یک میدان مغناطیسی حرکت کند یا اگر طول یا حلقه ی القائی ساکنی جهت تغییر استفاده شود .یک جریان ایجاد میشود یا القاء می شود .اگر یک جریان از میان یک کنتاکتور که در میدان مغناطیسی قرار گرفته ، عبور کند میدان ، نیروی مکانیکی بر آن وارد می کند .ژنراتور ها دارای دو اصل هستند :قسمتها و میدان که آهنربای الکترو مغناطیسی با سیم پیچ هایش و آرمیچر و ساختاری که از کنتاکتور حمایت می کند و کار قطع میدان مغناطیسی و حمل جریان القاء شده ژنراتور یا جریان ناگهانی به موتور را دارد است ، آرمیچر معمولا "هسته ی نرم آهنی اطراف سیم های القائی که دور سیم پیچ ها پیچیده شده اند ، است . ژنراتور ها از دو قسمت تشکیل شده اند .قسمت متحرک را رتور و قسمت ساکن آن را استاتور می گویند . رتور ها نیز از نظر ساختمان دو دسته اند :ماشین های قطب صاف و ماشین های قطب برجسته | همچنین ژنراتورها بسته به آنکه نوع وسیله گرداننده رتور آنها چه نوع توربینی باشد به صورت زیر تقسیم می شوند :۱ (توربو ژنراتورها :در این وسیله گرداننده رتور ، توربین بخار است و چون توربین بخار جزء ماشین های تند گرد است بنابراین توربوژنراتور دارای قطب های صاف بوده و این ماشین توانائی ایجاد دورهای بسیار بالا را در قدرت های زیاد دارد امروزه اغلب توربوژنراتورها را دو قطبی می سازند چون با افزایش سرعت گردش کار توربین های بخار با صرفه تر و ارزان تر تمام می شود.

از یک مولد جریان متناوب استفاده کرد .جدای از موفقیت سامانه، ایندو چند اشتباه اساسی داشتند .احتمالا بدترین آنها این بود که آنها اولیه ترانسفورماتورها را به صورت سری متصل کردند، بنابراین لامپهای فعال، روشنایی دیگر لامپ های دوردست خط را تحت تأثیر می گذاشتند .پس از این نمایش، جورج(، یک کارآفرین آمریکایی، چند ترانسفورماتور را George westinghouseوستینگهاوس) به انگلیسی همراه با چند ژنراتور زیمنس وارد کشورش کرد، و از مهندسان خود خواست تا با آزمایش روی آنها، آنها را برای استفاده در سامانه های قدرت تجاری بهبود بخشند .یکی از مهندسان وستینگهاوس به نام ویلیام استنلی، مشکل اتصال سری ترانسفورماتورها در برابر اتصال موازی آنها را دریافت و همچنین فهمید که با تبدیل هسته آهنی

ترانسفورماتور به یک حلقه کامل، می توان تنظیم ولتاژ را در سیم پیچ ثانویه بهبود بخشید .با استفاده از این دانش او توانست یک سامانه قدرت متناوب بسیار بهتر را در ۱۸۸۶ میلادی در گریت بارینگتون ماساچوست بسازد .تا سال ۱۸۹۰ میلادی، صنعت برق در آمریکا و اروپا در حال رشد بود، و شرکت های نیرو هزاران سامانه قدرت ساخته بودند) هم جریان مستقیم و هم جریان متناوب .(این شبکه ها به گونه مؤثری به روشنایی الکتریکی اختصاص یافته بودند .در این زمان، یک رقابت خصومت آمیز به نام »جنگ جریانها «بین ادیسون و نیکولا تسلا که توسط وستینگهاوس استخدام شده بود در گرفت .جنگ بر سر روش انتقال و اینکه کدامیک از دو روش جریان مستقیم یا جریان متناوب بهتر هستند، بود .در ۱۸۹۱، وستینگهاوس، نخستین سامانه قدرت بزرگ را که بدست تسلا طراحی شده و هدفش به غیر از روشنایی، راندن یک موتور الکتریکی بود، برپا کرد .این تأسیسات یک موتور سنکرون ۱۰۰ اسب بخاری) ۷۵ کیلوواتی را در تلوراید (در کلرادو نیرو می بخشید .در آن سوی اقیانوس اطلس، اسکار ون میلر)Telluride به انگلیسی (یک خط انتقال ۲۰ کیلوولت ۱۷۶ کیلومتری سه فاز را برای)Oskar von Miller به انگلیسی نمایشگاه مهندسی برق فرانکفورت، بین لاوفن آم نکا و فرانکفورت آم ماین احداث کرد .در ۱۸۹۵، در پی Adams .No۱ generatingیک فرایند تصمیم گیری دنباله دار، نیروگاه آدامز شماره ۱) به انگلیسی (:در آبشار نیاگارا شروع به انتقال جریان سه فاز ۱۱ کیلوولت متناوب به بوفالو کرد .پس از پروژه station آبشار نیاگارا، سامانه های قدرت تازه، برای انتقال انرژی به جریان متناوب به جای جریان مستقیم روی آوردند .گسترش دهندگان سامانه های قدرت، در قرن ۱۹ هم به کار خود ادامه دادند .نخستین خط اچوی دیسی که استفاده می کرد،mercury arc valves از شیر قوس جیوه) به انگلیسی در نیویورک (Mechanicville و مکانیویله) به انگلیسیSchenectady :بین شنکتادی) به انگلیسی احداث شد . پیش تر برای دستیابی به اچوی دی سی از ژنراتورهای متصل شده به صورت سری استفاده میشد که دارای مشکلات René Thuryکه به آن سامانه تری می گفتند) به یاد رنه تری) به انگلیسی اطمینان پذیری جدی ای بود .در ۱۹۵۷ زیمنس نخستین یکسوکننده حالت جامد را به نمایش گذاشت، اما وسایل حالت جامد تا اوایل دهه ۱۹۷۰ به عنوان استانداردی در اچ وی دی سی مطرح نشدند .در دورههای اخیر، ابداعات بسیار مهمی در ارتباط با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات در زمینه مهندسی قدرت به میان آمده .برای نمونه گسترش رایانه هایی که به منظور مطالعه پخش بار در نظر گرفته شده اند اجازه برنامه ریزی بهتر برای سامانه های قدرت را میدهد .پیشرفت ها در فناوری اطلاعات و ارتباطات همچنین اجازه کنترل ژنراتورها و کلیدهای سامانه های قدرت از راه دور را فراهم ساخته است .

تاریخچه فرکانس برق

هیدرو ژنراتور ها :در آن وسیله گرداننده رتور توربین آبی است و چون توربین آبی دارای دور کم است بنابراین هیدروژنراتور دارای قطب برجسته بوده و دارای سرعت کم می باشد .۳ (دیزل ژنراتور ها :در قدرت های کوچگ و اظطراری وسیله گرداننده رتور دیزل است که در این مورد هم قطب های رتور آن برجسته می باشد

ساختمان و اساس کار ژنراتور سنکرون

در یک ژنراتور سنکرون یک جریان DC به سیم پیچ رتور اعمال می گردد تا یک میدان مغناطیسی رتور تولید شود .سپس رتور مربوط به ژنراتور به وسیله محرک اصلی چرخانده میشود ، تا یک میدان مغناطیسی دوار در ماشین بوجود آید .این میدان مغناطیسی ، یک ولتاژ سه فاز را در سیم پیچ های استاتور ژنراتور القاء می نماید .در یک ماشین دو عبارت در توصیف سیم پیچ ها بسیار مورد استفاده است یکی سیم پیچ های میدان و دیگری سیم پیچ های آرمیچر .بطور کلی عبارت سیم پیچ های میدان به سیم پیچ هایی گفته می شود که میدان مغناطیسی اصلی را در ماشین تولید می نماید و عبارت سیم پیچ های آرمیچر به سیم پیچ هایی اتلاق می شود که ولتاژ اصلی در آن القاء می شود . برای ماشین های سنکرون ، سیم پیچ های میدان در رتور است .رتور ژنراتور سنکرون در اصل یک آهنربای الکتریکی بزرگ است . قطب های مغناطیسی در رتور می تواند از نوع برجسته یا غیر برجسته باشد . کلمه برجسته به معنی قلمبیده است و قطب برجسته ، یک قطب مغناطیسی خارج شده از سطح رتور می باشد .از طرف دیگر، یک قطب برجسته یک قطب مغناطیسی هم سطح با سطح رتور است . یک رتور غیر برجسته یا صاف

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

معمولا "برای موارد ۲ یا ۴ قطبی بکار می روند . در حالی که رتورهای برجسته برای ۴ قطب یا بیشتر مورد استفاده هستند . چون در رتور میدان مغناطیسی متغیر است برای کاهش تلفات ، آن را از لایه های نازک می سازند .به مدار میدان در رتور باید جریان ثابتی اعمال شود ، چون رتور می چرخد ، نیاز به آرایش خاصی برای رساندن توان DC به سیم پیچ های میدانش دارد برای انجام این کار ۲ روش موجود است : ۱ (تهیه توان DC از یک منبع بیرونی به رتور با رینگ های لغزان و جاروبک . ۲ (فراهم نمودن توان DC از یک منبع توان DC که مستقیما "روی شفت ژنراتورهای سنکرون نصب می شود .ساختمان و اساس کار ژنراتور سنکرون در یک ژنراتور سنکرون یک جریان dc به سیم پیچ رتور اعمال می گردد تا یک میدان مغناطیسی رتور اعمال می گردد تا یک میدان مغناطیسی رتور اعمال می گردد تا یک میدان مغناطیسی رتور تولید شود .سپس روتور مربوط به ژنراتور به وسیله یک محرک اصلی چرخاند می شود، تا یک میدان مغناطیسی دوار در ماشین به وجود آید . این میدان مغناطیسی یک ولتاژ سه فاز را در سیم پیچ های استاتور ژنراتور القاء می نماید .در یک ماشین دو عبارت در توصیف سیم پیچ ها بسیار مورد استفاده است :یکی سیم پیچ های میدان و دیگری سیم پیچ های آرمیچر .بطور کلی عبارت سیم پیچ های میدان به سیم پیچ هایی گفته می شود که میدان مغناطیسی اصلی را در ماشین تولید می کند .عبارت سیم پیچ های آرمیچر به سیم پیچ هایی اطلاق می شود که ولتاژ اصلی در آن القاء می شود برای ماشین های سنکرون، سیم پیچ های میدان در رتور است.

فرکانس سیستم قدرت

در سال ۱۸۹۱، مهندسان وستینگهاوس در پیتسبورگ ۶۰ هرتز را به عنوان فرکانس قدرت جدید خود در برلین ۵۰ هرتز را به عنوان فرکانس قدرت جدید خود AEG انتخاب کردند .در همان سال، مهندسان انتخاب کردند .اگرچه از سال ۱۸۹۱ اتفاقات زیادی افتاده است، اما این دو فرکانس اصلی ترین فرکانسهای قدرت مورد استفاده در سراسر جهان هستند .بسیاری از مردم همچنان تحت تأثیر تصمیمات مربوط به استانداردهای فرکانس هستند که مدت ها پیش گرفته شده است .مسافران از اروپا به آمریکای شمالی اغلب لوازم شخصی را با خود به همراه می آورند که نیاز به یک آداپتور دارد تا بتواند دستگاه را با قدرت »خارجی «موجود در اینجا فعال کند .گاهی اوقات، مهندسان تجهیزات الکتریکی را که برای عملکرد در یک فرکانس طراحی شده اند، مجددا روی سیستم قدرت که با فرکانس های مختلف کار می کند، مجددا اعمال می کنند .در نتیجه این شرایط مشابه و مشابه، سوالاتی در مورد علت وجود دو فرکانس ایجاد می شود .آیا واقعا داشتن دو فرکانس ضروری است؟ چرا همه نمی توانند فقط یک فرکانس را تغییر دهند و استفاده کنند؟» بهترین «فرکانس کدام است؟ سوالات مربوط به فرکانس برق به صورت دوره ای ادامه پیدا می کند و سالهاست که چنین است .پاسخ به این سوالات همیشه آنطور که انتظار می رفت نیست .مردم گاهی از الگوی جغرافیایی توزیع دو فرکانس استاندارد متعجب می شوند .به طور خاص، چرا یک فرکانس تقریبا در برخی از مناطق جهان به طور استثنایی مورد استفاده قرار می گیرد، در حالی که دیگری در مناطق باقی مانده غالب است؟ این تحقیق گاهی اوقات این افراد را به مشکوک بودن به توطئه تولید کنندگان برای کنترل بازارها یا دستکاری دیگر جهان به نفع خود سوق می دهد .به نظر می رسد مردم عاشق نظریه های توطئه هستند .افراد دیگر حدس می زنند که باید الگویی در محل کار وجود داشته باشد، الگویی که بر اساس عدد ۶۰ است .آنها معتقدند که ۶۰ ثانیه در یک دقیقه زمان و ۶۰ دقیقه تا یک ساعت وجود دارد .یا واحدهای زاویه ای شامل ۶۰ دقیقه قوس درجه و ۶۰ ثانیه تا دقیقه است، پس ۶۰ هرتز چطور؟ پس از همه، منطقی به نظر می رسد که ۶۰ هرتز به نوعی امتداد همان منطقی باشد که این واحدهای اندازه گیری دیگر را تولید کرده است .به ویژه واحدهای زمان، ۶۰ چرخه در ثانیه، ۶۰ ثانیه در دقیقه، ۶۰ دقیقه در ساعت به نظر می رسد چنین الگویی سازگار باشند، بیش از آنکه بتوان به طور تصادفی توضیح داد .با این حال، ذهن انسان در یافتن الگوها بسیار خوب است، حتی زمانی که الگویی وجود ندارد

مبانی توان الکتریکی

توان الکتریکی حاصلضرب دو کمیت است، جریان الکتریکی در پتانسیل الکتریکی .این دو کمیت ممکن نسبت به زمان) در توان ایسی تغییر کنند یا در سطح مشخصی بمانند) جریان مستقیم .(بیشتر یخچال ها، تهویه های مطبوع، پمپها، و ماشین های صنعتی از توان ای سی استفاده می کنند .در مقابل بیشتر رایانه ها و وسایل دیجیتال از توان دی سی استفاده می نمایند

)معمولا وسایل دیجیتالی که به پریزها متصل می کند، یک آداپتور داخلی یا بیرونی دارند که توان ای سی را به دی سی تبدیل می کند .(توان ای سی این مزیت را داراست که می توان آن را به آسانی به ولتاژهای مختلف تبدیل کرد و می توان آن را به وسیله ماشین های الکتریکی بدون جاروبک مورد استفاده قرار داد یا تولید کرد .توان دی سی همچنان تنها انتخاب عملی در سامانه های دیجیتال است و ممکن است در فواصل بسیار طولانی و ولتاژهای بسیار بالا برای انتقال اقتصادی باشد) فشار قوی جریان مستقیم را ببینید.

روتور ژنراتور سنکرون در اصل یک آهن ربای الکتریکی بزرگ است .قطب های مغناطیسی در رتور می تواند از نوع برجسته و غیر برجسته باشد .کلمه برجسته به معنی) قلمبیده است و قطب برجسته یک قطب مغناطیسی خارج شده از سطح رتور می باشد .از طرف دیگر یک قطب برجسته، یک قطب مغناطیسی هم سطح با سطح رتور است .یک رتور غیر برجسته یا صاف معمولا برای موارد ۲ یا چهار قطبی به کار می روند .در حالی که رتور های برجسته برای ۴ قطب یا بیشتر مورد استفاده هستند . چون در رتور میدان مغناطیسی متغییر است برای کاهش تلفات، آن را از لایه های نازک می سازند .به مدار میدان در رتور باید جریان ثابتی اعمال شود .چون رتور می چرخد نیاز به آرایش خاصی برای رساندن توان DC به سیم پیچ های میدانش دارد . برای انجام این کار ۲ روش موجود است -1 : از یک منبع بیرونی به رتور با رینگ های لغزان و جاروبک . ۲ -فراهم نمودن توان DCاز یک منبع توان DC ، که مستقیما "روی شفت ژنراتور سنکرون نصب میشود .رینگ های لغزان بطور کامل شفت ماشین را احاطه می کنند ولی از آن جدا هستند .یک انتهای سیم پیچ DC به هر یک از دو انتهای رینگ لغزان در شفت موتور سنکرون متصل است و یک جاروبک ثابت روی هررینگ لغزان سر می خورد . جاروبک ها بلوکی از ترکیبات گرافیک مانند هستند که الکتریسیته را به راحتی هدایت می کنند ولی اصطکاک خیلی کمی دارند و لذا روی رینگ ها خوردگی بوجود نمی آورد .اگر سمت مثبت منبع ولتاژ DC به یک جاروبک و سر منفی به جاروبک دیگر وصل می شود .آنگاه ولتاژ ثابتی به سیم پیچ ، جداز مکان و سرعت زاویه ای آن ، میدان در تمام مدت اعمال می شود .رینگ های لغزان و جاروبک ها به هنگام اعمال ولتاژ DC چند مشکل برای سیم پیچ های میدان ماشین سنکرون تولید می کنند آنها نگهداری را در ماشین افزایش می دهند ، زیرا جاروبک باید مرتبا به لحاظ سائیدگی چک شود .علاوه بر آن ، افت ولتاژ جاروبک ممکن است تلفات قابل توجه توان را همراه با جریان های میدان به دنبال داشته باشد . علیرغم این مشکلات رینگ های لغزان روی همه ماشین های سنکرون کوچک تر بکار میرود .زیرا راه اقتصادی تر برای اعمال جریان میدان موجود نیست . در موتور ها و ژنراتورهای بزرگ تر، از محرک های بی جاروبک استفاده می شود تا جریان میدان DC را به ماشین برسانند یک محرک بی جاروبک ، یک ژنراتور AC کوچکی است که مدار میدان آن روی استاتور و مدار آرمیچر آن روی رتور نصب است خروجی سه فاز ژنراتور محرک یکسو شده و جریان مستقیم توسط یک مدار یکسو ساز سه فاز که روی شفت ژنراتور نصب است حاصل می شود که بطور مستقیم به مدار میدان DC اصلی اعمال میگردد .با کنترل جریان میدان DC کوچکی از ژنراتور محرک) که روی استاتور نصب می شود می توان جریان میدان را روی ماشین اصلی و بدون استفاده از رینگ های لغزان و جاروبک ها تنظیم کرد .چون اتصال مکانیکی هرگز بین رتور و استاتور بوجود نمی آید ، یک محرک جاروبک نسبت به نوع حلقه های لغزان و جاروبک ها ، به نگهداری کمتری نیاز دارد .برای اینکه تحریک ژنراتور بطور کامل مستقل از منابع تحریک بیرونی باشد، یک محرک پیلوت کوچکی اغلب در سیستم لحاظ میگردد . محرک پیلوت ، یک ژنراتور AC کوچک با مگنت های) آهن ربا (دائمی نصب شده بر روی شفت رتور و یک سیم پیچ روی استاتور است . این محرک انرژی را برای مدار میدان محرک بوجود می آورد که این به نوبه خود مدار میدان ماشین اصلی را کنترل می نماید . اگر یک محرک پیلوتروی شفت ژنراتور نصب شود آن گاه هیچ توان الکتریکی خارجی برای راندمان ژنراتور لازم نیست.

قابلیت تبدیل ساده سطح ولتاژ در توان ای سی به علت مهم است :نخست اینکه توان در ولتاژهای بالتر را می توان در فواصل طولانی و با تلفات کمتر انتقال داد؛ بنابراین در سامانه های قدرت که تولید از بار فاصله دارد، خوب است ولتاژ توان را در نقطه تولید بالا ببریم و سپس در نزدیکی های بار پایین بیاوریم .دوم اینکه معمولا نصب توربین هایی که ولتاژهای بالاتری تولید می کنند) بالاتر نسبت به ولتاژ بیشتر مصرف کننده های الکتریکی (اقتصادی تر است، بنابراین قابلیت تبدیل آسان به سطح ولتاژهای گوناگون به معنای این است که این ناهمخوانی را می توان به سادگی مدیریت کرد که محصول انقلاب نیمه هادی ها هستند، تبدیل سطح ولتاژهای توان دی سی را وسایل الکتریکی حالت جامد با استفاده از مبدل دی سی به دی سی ممکن می سازند .همچنین با استفاده از آنها می توان ماشین های دیسی بدون جاروبک و منبع تغذیه سوئیچینگ ساخت .با این وجود ابزارهایی که از فناوری حالت جامد استفاده می کنند معمولا گران تر از معادل های سنتی شان هستند، بنابراین توان ای سی همچنان پرکاربرد می ماندا

اجزای سامانه قدرت

منابع

هر سامانه قدرتی دارای یک یا چند منبع انرژی است .در برخی از سامانه ها منبع بیرون از سامانه و در برخی دیگر این منبع جزئی از سامانه است .

بارها

سامانه قدرت انرژی را به بارهایی که کار مشخصی را انجام میدهند منتقل می کند .

هادیها

هادیها توان را از ژنراتور به بار منتقل می کنند .خازنها و رآکتورها بیشتر بارهای سامانه قدرت را بارهای سلفی تشکیل میدهند که بر اثر آنها فاز ولتاژ نسبت به فاز جریان عقب می افتد .نتیجه این ناهمزمانی در فاز ولتاژ و جریان، ایجاد توانی به نام توان راکتیو است .توان راکتیو کار مفیدی انجام نمی دهد اما در هر سیکل، میان منبع نیرو و بار رد و بدل می شود که این امر موجب اشغال ظرفیت جریان سامانه قدرت می گردد .از

خازنها و رآکتورها

برای اصلاح ضریب توان سامانه استفاده می کنند .از آنجایی که قرار دادن خازنها و رآکتورها در سامانه نیازمند مدارشکن است، توان راکتیو را نمی توان به صورت پیوسته کم یا زیاد کرد .راه حل این مشکل نیز استفاده از اس ویسی و اساس سی خواهد بود .

الکترونیک قدرت

الکترونیک قدرت

وسایل محافظتی

سامانه های قدرت برای جلوگیری از صدمات و خسارات ناشی از خطاها، از وسایل حفاظتی استفاده می کنند .از جمله این وسایل می توان به مدارشکن قدرت و رله های حفاظتی اشاره کرد

بسیاری از ژنراتور های سنکرون که دارای محرک های بی جاروبک هستند ، دارای رینگ های لغزان و جاروبک نیز هستند بنابراین یک منبع اضافی جریان میدان DC در موارد اضطراری در اختیار است . استاتور ژنراتور های سنکرون معمولا "در دو لایه ساخته می شوند : خود سیم پیچ توزیع شده و گام های کوچک دارد تا مولفه های هارمونیک ولتاژ ها و جریان های خروجی را کاهش دهد . چون رتور با سرعتی برابر باسرعت میدان مغناطیسی می چرخد ، توان الکتریکی با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز تولید می شود و از ژنراتور بسته به تعداد قطب ها باید با سرعت ثابتی بچرخد مثلا "برای تولید توان ۶۰هرتز در یک ماشین دو قطب رتور باید با سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه بچرخد .برای تولید توان ۵۰هرتز در یک ماشین ۴ قطب ، رتور باید با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه دوران کند . سرعت مورد نیاز یک فرکانس مفروض همیشه از معادله زیر قابل محاسبه است Fe :

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

:فرکانس =

سرعت مکانیکی= P

تعداد قطب ها ولتاژ القایی در استاتور به شار در ماشین ، فرکانس یا سرعت چرخش ، و ساختمان ماشین بستگی دارد .ولتاژ تولیدی داخلی مستقیما "متناسب با شار و سرعت است ولی خود شار به جریان جاری در مدار میدان رتور بستگی دارد .ولتاژ درونی برابر ولتاژ خروجی نیست چندین فاکتور ، عامل اختلاف بین این دو هست -1 اعوجاج موجود در میدان مغناطیسی فاصله هوا به علت جریان جاری در استاتور که به آن عکس العمل آرمیچر می گویند .

۲ -خود القایی بوبین های آرمیچر

۳ -مقاومت بوبین های آرمیچر

۴ -تاثیر شکل قطب های برجسته رتور وقتی یک ژنراتور کار می کند و بار های سیستم را تغذیه می کند آنگاه -1 : توان مستقیم و راکتیو تولیدی بوسیله ژنراتور برابر با مقدار توان تقاضا شده بوسیله بار متصل شده به آن است . ۲ -نقاط تنظیم گاورنر ژنراتور ، فرکانس کار سیستم قدرت را کنترل می نماید .۳ -جریان میدان) یانقاط تنظیم رگولاتور میدان (ولتاژ پایانه سیستم قدرت را کنترل می نماید .این وضعیتی است که در ژنراتورهای جدا و به فواصل دور از هم وجود دارد

مولد های AC یا آلترناتورها :

مولد های AC یا آلترناتورها درست مثل مولدهای DC براساس القاء الکترومغناطیس کار می کنند ، آنها نیز شامل یک سیم پیچ آرمیچر و یک میدان مغناطیسی هستند اما یک اختلاف مهم بین این دو وجود دارد ، در حالی که در ژنراتورهای DC آرمیچر چرخیده می شود و سیستم میدان ثابت است در آلترناتورها آرایش عکس وجود دارد.

سامانه های اسکادا

در سامانه های قدرت بزرگ، سامانه های کنترل و سرپرستی و گردآوری اطلاعات) اسکادا برای کارهایی مانند کلیدزنی ژنراتورها، کنترل خروجی ژنراتورها و خارج کردن یا وارد کردن عناصر سامانه، استفاده میشوند .سامانه های قدرت در عمل با وجود اجزای مشابه، سامانه های قدرت با توجه به طراحی و چگونگی کارکردشان می توانند بسیار متفاوت باشند .این بخش از گونه های رایج سامانه های قدرت را همراه با شرح کوچکی از عملکردشان تشریح می کند .

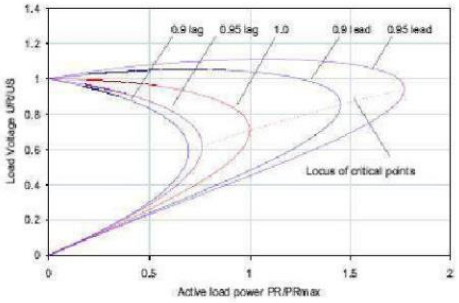
سامانه های قدرت مسکونی

خانه های مسکونی تقریبا همیشه از خطوط توزیع ولتاژ پایین یا کابل هایی که از کنار خانه عبور می کند تغذیه می شوند .این خطوط با توجه به استاندارد ملی کشورها، ولتاژی بین ۱۱۰ تا ۲۶۰ ولت) فاز نسبت به زمین (دارند

سامانه های قدرت تجاری

این سامانه ها در مراکز فروش یا ساختمانهای پرمصرف به کار می روند .در این سامانه ها طراحی بر اساس پخش بار، سطح خطای اتصال کوتاه و بررسی افت ولتاژ برای بارهای مانا و گذرای موتورهای بزرگ صورت می گیرد .هدف از این مطالعات، اطمینان از اندازه مناسب تجهیزات و هادیها، هماهنگ سازی وسایل حفاظتی) برای به حداقل رساندن نارسایی ها هنگام بروز خطا یا رفع خطا (است.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۵۱-۶۵
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



شکل شماره ٤. توان راکتیو با توجه به ضریب قدرت

توان راکتیو با توجه به ضریب قدرت در ژنراتور توربین های بادی، جبران سازی توان راکتیو معمولا به وسیله بانک های خازنی شنت SVC یا مبدل AC/DC/AC مربوط به خود ژنراتور توربین های بادی انجام می شود .جبرانسازی توان راکتیو به وسیله بانک خازنی به ولتاژ نقطه اتصال بستگی دارد و بنابراین در ولتاژهای پایین ممکن است مناسب نباشد .اگر جبران سازی توان راکتیو به صورت پیوسته به عنوان مثال به وسیله SVC یا مبدل AC/DC/AC مربوط به ژنراتور توربین های بادی انجام شود، توان بادی بر روی ماکزیمم توان انتقالی تأثیر دارد .اگر در ژنراتور توربین های بادی متصل به شبکه، ضریب قدرت پیش فاز تولید شود به وسیله SVC یا مبدل AC/DC/AC مربوط به ژنراتور توربین های بادی، ماکزیمم توان انتقالی روی خط میتواند افزایش یابد .۳،۵

.خطاهای سیستم

رفتار توربین های بادی در طی خطا و بعد از خطا در سیستم، با نیروگاه های معمولی متفاوت است .در نیروگاههای معمولی از ژنراتورهای سنکرون استفاده می شود .این ژنراتورها قادرند در طول ولتاژ گذرای تولید شده به وسیله خطای سیستم به عملکرد خود ادامه دهند .ژنراتور توربین های بادی سرعت متغیر در طی زمان خطا باید از شبکه جدا شوند تا به مبدل آسیبی نرسد .اگر تعداد زیادی از ژنراتورهای بادی به خاطر خطا تریپ دهند، اثر منفی این خطا می تواند تقویت شود .در مناطق با جمع زیادی از ژنراتورهای بادی با خارج شدن یک سری از ژنراتورها، ظرفیت انتقال کاهش یافته و متعاقب آن اثرات منفی ممکن است افزایش دوباره ای داشته باشد .ژنراتور توربین های بادی سرعت ثابت ممکن است در طی زمان خطا مقدار زیادی توان راکتیو از شبکه مصرف کند و این مورد، زمان رفع خطا را افزایش می دهد و لذا می توان بر روی ظرفیت انتقال اثر داشته باشد .۶

نتیجه گیری

در این مقاله به معرفی انواع ساختارهای مختلف ژنراتورهای بادی، به ویژه چگونگی اتصال آنها به شبکه و نحوه سنکرونیزاسیون آنها پرداخته شد .نیروگاه های بادی از جهات مختلف از جمله موارد زیر متمایز از سایر نیروگاهها به ویژه نیروگاه های سوخت فسیلی هستند -1 منبع انرژی تبدیل شده به انرژی برق ۲ -نوع ژنراتورهای به کار رفته در سیستم ۳ -نحوه کنترل توان خروجی ژنراتورها ۴ -نحوه سنکرون شدن با شبکه ۵ -تجهیزات لازم جهت سنکرون شدن با شبکه ۶ -سیستم های کنترلی بزرگترین عیب این نیروگاه ها این است که چون مقدار و زمان وزش باد تحت کنترل نیست و در مواردی وزش باد متوقف می شود و این حالت ممکن است برای مدت های طولانی پیش آید؛ در نتیجه در همه شرایط و زمان ها نمی توان بر روی قدرت تحویلی این نیروگاهها به شبکه حساب نمود و این نیروگاهها نمی توانند به عنوان منبع اصلی تولید توان شبکه به کار روند .به جهت طبیعت متغیر سرعت باد و در نتیجه سرعت مکانیکی و توان خروجی متغیر، این نیروگاهها دارای مسائل بسیاری می باشد که با توجه به حرکت به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر دارای اهمیت بسیار می باشد و مسائل مختلف در این رابطه می تواند مورد مطالعات بعدی قرار گیرد .مباحث مربوط به کنترل ژنراتورهای بادی، نحوه مدلسازی و مطالعه تأثیر این نوع ژنراتورها در مطالعات مختلف سیستم از جمله مطالعات پایداری، مطالعات قابلیت اطمینان و ... هر یک دارای اهمیت است و می تواند برای مطالعات آینده

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

مورد توجه واقع شود .استفاده از نیروگاههای بادی در نقاط مناسب و به تعداد انبوه می تواند از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و حتی اهمیت نصب ژنراتورهای بادی از جنبه اقتصادی در کشور ما می تواند مورد ارزیابی کمی قرار گیرد.

منابع:

[1] M. A. Crew, C. S. Fernando, and P. R Kleindorfer, “The theory of peak-load pricing: A survey," J. Regulatory Econom., Vol. 8, no. 3, pp. 215248, 1995.

[2] Jamal A. Baroudi, “Areviw of power converter topologies for wind generators", Department of Electrical and computer Engineering, university of Al berta, Edmonton, AB, Canada, page 2369 - 2385, 19 janvary 2007.

[3] Tomas Petro, "modeling of wing Turbines for power system, studies", Department of Electric power Engineering chalmers university of technology, Goteborg, Sweden, page 5-9, 2003.

[4] Julija Materosuan, "wind power in areas with limited export capability", Deportment of Electrical Engineering stock holm. Sweden, page 23-49, 2004.

[5] J. Halliday, wing Energy conversion, Mechanical Engineering publications, London 1995

[6] A. N, Finlayson, Second Asme winf End Energy symposium, the American societ of Mechanical Engineers, Texas U.S.A 198

[7] Y. Kobayashi, M. Hirata, Estimation of wind resources throughout the world, Heat Transf. Asian Res. 34 (2005) 279-292.

[8] W. Krewitt, J. Nitch, The potential for electricity generation from on-shore wind energy under the constraints of nature conservation: a case study for two regions in Germany, Renew. Energy 28 (2003) 16451655.

[9] U. Jorgensen, Energy sector in transition — technologies and regulatory policies in slux, Technol. [10] M. Junginger, A. Faaij, W.C.