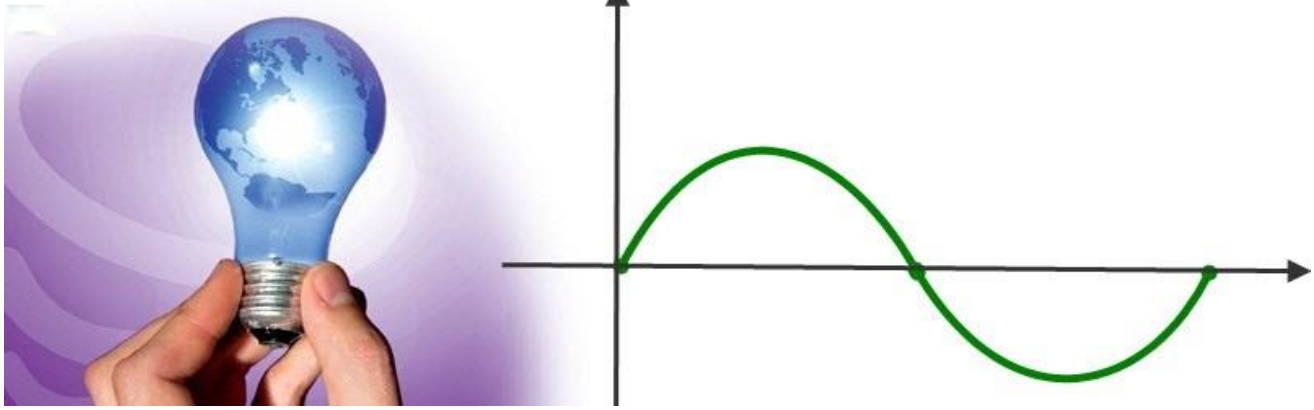
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

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:

بررسی توربینهای بادی

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۴۹۰)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

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

فهر ست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیاتی درباره باد و توربین بادی	
چکیده	
پیشگفتار	۲
مقدمه	۲
کلیاتی درباره انرژی بادی	۳
منشاء باد	۴
اندازه‌گیری پتانسیل انرژی باد	۶
قدرت باد	۶
اجزای مختلف یک توربین بادی	۹
فصل دوم: بررسی مولدهای قابل استفاده در نیروگاه بادی	
بررسی روشهای مختلف تولید قدرت	۱۶
روشهای تولید قدرت سنکرون	۲۱
ماشینهای القایی	۳۰
روشهای تولید قدرت آسنکرون	۳۷
تجهیزات مورد استفاده در سیستم آسنکر	۳۹
ژنراتورهای مغناطیسی دائم	۴۵
ژنراتورهای AC	۴۹
ژنراتور القایی خود تحریک	۵۰
نتیجه گیری	۶۵

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

فصل سوم: انتخاب مولد بهینه

مقدمه ۶۶
مقایسهٔ بعضی مشخصات ژنراتور سنکرون و آسنکرون ۶۸
برآورد هزینه مولد آسنکرون در مقایسه با مولد سنکرون ۷۰
مروری بر مطالعات مربوط به کاربرد ژنراتورهای القایی و سنکرون ۷۲
نتیجه گیری کلی با ارائه یک جدول ۷۵

فصل چهارم: روشهای کنترل دور توربین بادی

سیستم‌های کنترل دور ۷۸
کنترل دور توربین با پره گام ثابت ۷۹
کنترل دور فلاپی ۸۳
کنترل دور با تغییر زاویه گام تیغه‌ها ۸۵
کنترل الکترونیکی ۹۰
منابع

WikiPower.ir

چکیده:

پروژه حاضر به بررسی توربینهای بادی و کلیه مقدماتی که به همراه سیستم به کار می‌رود تا بتوان از این توربین ها بهره برداری کرد پرداخته شده است.

در ف صل اول کلیاتی در مورد انرژی باد ارائه شده ا ست و چگونگی تولید باد ومن شأ آن که از فاکتورهای اساسی می باشد

برای اندازه گیری پتانسیل باد راههای مختلفی ارائه شده است که جهت نصب مکانهایی که در آنها توربین ها نصب می شود مهم می باشد.

و در نهایت به اجرای مختلف یک توربین بادی مختصراً ا شاره شده ا ست وهمچنین شکل یک توربین کشیده شده است واز روی ان قسمتهای مختلف آن نامگذاری شده است .

فصل دوم اشاره به بررسی روش های مختلف تولید قدرت سنکرون در توربین دارد که به سه دسته تقسیم می شود .۱-ماشین های القایی ۲- ژنراتورهای مغناطیس دائم ۳- ژنراتورهای سنکرون، که مزایا و معایب هر کدام از روش ها به تشریح بیان شده است و همچنین چگونگی تولید قدرت در این مولد ها آمده است

در این فصل نحوه اتصال این مولد ها به شبکه سراسری که عمده مطلب ما می باشد توضیح داده شده است

در فصل چهارم انتخاب مولد بهینه پایه گذاری گردیده است که به مقایسه بعضی مشخصات ژنراتورسنکرون واسنکرون از لحاظ اقتصادی بودن طرح برآورد هزینه شده است و مقایسه اقتصادی بین این مولدها توضیح داده شده است .

همچنین در این فصل مروری کلی بر کاربردهای ژنراتورهای القایی و سنکرون

داشته ایم که با توجه به موارد کاربرد ژنراتورها و همچنین نحوه بهره برداری از انها در توربین بادی بسیار مهم به نظر می رسد .

در نهایت کلیه مباحث این فصل توسط یک جدول نتیجه گیری شده است.

در فصل آخر انواع سیستم های کنترل دور با روش های مختلف توضیح داده شده است که شامل جهار مورد اساسی می باشد که عبارتند از ۱- کنترل دور توربین با پره گام ثابت ۲- کنترل دور فلاپی ۳- کنترل دور با تغییر زاویه گام تیغه ها و آخرین مورد کنترل دور با روش های مختلف الکترونیکی ارائه گردیده است .

و در پایان منابع پروژه معرفی گردیده است که شامل شش منبع مختلف می باشد که از کلیه منابع به نوعی در پروژه استفاده گردیده است .

WikiPower.ir

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

فصل اول

کلیاتی درباره باد وتوربین بادی

WikiPower.ir

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

پیشگفتار

عرضه و تقاضای انرژی در جهان به صورت یکی از مهمترین مسائل روز درآمده است، به طوری که جهان تا پایان قرن بیستم و حتی بعد از آن به طور جدی درگیر آن آن خواهد بود. انرژیهای فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ سرانجام روزی به پایان خواهد رسید و با پایان گرفتن آنها تمدن بشری که بستگی مستقیم به انرژی دارد دچار یک چالش جدید بزرگ خواهد شد. سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمامتر استفاده از سایر انرژیهای موجود در طبیعت و به خصوص انرژیهای نو را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن،زیست توده و ... که به انرژیهای نو موسومند، مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می‌باشد که قبل از استفاده باید انجام گیرند. هم اکنون در کشورهای توسعه یافته سالهاست که مطالعات دامنه داری در این زمینه آغاز شده است.

مقدمه

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

گستردگی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است.

از نقوش حک شده بر دیوار غارها می‌توان دریافت که بشر اولیه توانسته بود نیروی ماهیچه‌ای را به عنوان یک منبع انرژی مکانیکی به خوبی شناخته و از آن استفاده کند. ولی از آنجایی که این نیرو بسیار محدود و ضعیف است انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام نشدنی را جستجو می‌کرد که همواره در هر زمان ومکان در دسترس باشد. این موضوع را می‌توان در داستانهای مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت. کم کم با پیشرفت تمدن بشری، چوب و پس از آن ذغال سنگ، نفت و گاز وارد بازار انرژی گردیدند. اما بدلیل افزایش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را روز به روز با اهمیت‌تر و گسترده‌تر نموده است. انرژی باد یکی ازانواع اصلی انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد ک باز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود به طوری که وی همواره به فکر کاربرد این انرژی در صنعت بوده است. بشر از انرژی باد برای به حرکت درآوردن قایقها و کشتی‌های بادبانی و آسیابهای بادی استفاده می‌کرده است. در شرایط کنونی نیز با توجه به مواردذکر شده و توجیه پذیری اقتصادی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی‌های نو، پرداختن به انرژی باد امری حیاتی و

ضروری به نظر می‌رسد. در کشور ما ایران قابلیتها و پتانسیل‌های مناسبی جهت نصب و راه اندازی توربین‌های برق بادی وجود دارد، که با توجه به توجیه پذیری آن و تحقیقات، مطالعات و سرمایه گذای که در این زمینه صورت گرفته، توسعه و کاربرد این تکنولوژی چشم انداز روشنی را فراروی سیاست گذاران بخش انرژی کشور در این زمینه قرار داده است.

کلیاتی درباره انرژی باد

تاریخچه

بشر از زمانهای بسیار دور به نیروی لایزال باد پی برده و سالها بود که از این انرژی برای به حرکت درآوردن کشتی‌ها و آسیابهای بادی بهره می گرفت. طی سالیان دراز ثابت شده است که می‌توان انرژی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل کرد و مورد استفاده قرار داد. منابع تاریخی نشان می‌دهند که ساخت آسیابها در ایران. عراق، مصر و چین قدمت باستانی داشته و در این تمدنها از آسیابهای بادی برای خرد کردن دانه‌ها و پمپاژ آب استفاده می‌شده است.

چنانچه از شواهد تاریخی برمی‌آید، در قرن ۱۷ قبل از میلاد، هامورابی پادشاه بابل طرحی ارائه داده بود تا بتوان به کمک آن دشت حاصلخیز بین النهرین را توسط انرژی حاصل از باد آبیاری نمود. آسیابهایی که در آن زمان ساخته می‌شدند از نوع ماشینهای محور قائم و شبیه آنهایی هستند

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

که امروزه آثار آنها در نواحی خواف و تایباد ایران به چشم می‌خورد.ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آرد کردن غلات از آسیابهای بادی با محور قائم استفاده کرده‌اند. مثلاً در کتابهای قدیمی نوشته‌اند: دیار سیستان دیار باد و ریگ است و همان شهری است که گویند باد آنجا آسیابها را گرداند و آب از چاه کشد و باغها را سیراب کند و در همه دنیا شهری نیست که بیشتر از آنجا از باد سود ببرد. و نیز نوشته‌اند که در سیستان بادهای سخت مدام می‌وزد و به همین سبب در آنجا آسیابهای بادی برای آرد کردن گندم ساخته‌اند. از دیگر استانها دارای قدمت کاربرد انرژی باد می‌توان به کرمان، اصفهان و یزد اشاره نمود که در این مکانها در زمانهای قدیم برای خنک کردن منازل از کانالهای مخصوص جهت هدایت باد استفاده می‌کردند. بعد از ایران کشورهای عربی و اروپایی پی به قدرت باد برای تبدیل انرژی بردند. در قرن سوم قبل از میلاد، یک محقق مصری که در زمینه نیروی هوای فشرده تحقیق می‌کرد، آسیاب بادی چهار پره‌ای را با محور افقی طراحی نمود که از هوای فشرده آن جهت نواختن یک ارگ استفاده می‌کرد. با توجه به شواهد موجود می‌توان ادعا کرد که زادگاه ماشینهای بادی از نوع محور قائم، حوزه شرقی مدیترانه و چین بوده است. در قرن وسطی، آسیابهای بادی در ایتالیا، فرانسه، اسپانیا و پرتقال متداول گردید و کمی بعد در بریتانیا، هلند و آلمان نیز بکار گرفته شد. برخی از مورخان اظهار داشته‌اند که ورود این آسیابها به اروپا را باید

شرکت کنندگان در جنگهای طبیعی دانست که از خاورمیانه باز می‌گشتند. آسیابهای بادی که در اروپا ساخته می‌شدند از نوع آسیابهای بادی محور افقی و چهار پره بودند که برای آرد کردن حبوبات و گندم بکار می‌رفتند. مردم هلند آسیابهای بادی را از سال ۱۳۵۰ میلادی به منظور خشک کردن زمین‌های پست ساحلی و همچنین گرفتن روغن از دانه‌ها و بریدن چوب و تهیه پودر رنگ برای رنگرزی به کار گرفتند. آنچه که هلند را در قرن هفدهم میلادی در زمره غنی‌ترین و صنعتی ترین مردم اروپا قرار داد، صنعت کشتی سازی و ساخت آسیابهای بادی در آن کشور بود. توربین‌های بادی بطنی که شامل پره‌های متعدد هستند بعدها متداول شدند. در آغاز قرن بیستم اولین توربین‌های بادی سریع و مدرن ساخته شدند. امروزه فعالترین کشورها در این زمینه،آلمان، اسپانیا، دانمارک، هندوستان و آمریکا می‌باشند.

WikiPower.ir

منشاء باد

هنگامی که تابش خورشید بطور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات در دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات بادبوجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث بوجود آمدن باد می‌گردد. جریانات اقیانوسی نیز به صورت مشابه عمل نموده و عامل ۳۰٪

انتقال حرارت کلی در جهان می‌باشند. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. سپس همانطور که عنوان شد باد یکی از صورتهای مختلف انرژی حرارت خورشیدی می‌باشد که دارای یک الگوی نیمه پیوسته می‌باشد. تغییرات سرعت باد، ساعتی، روزانه و فصلی بوده و متاثر از هوا و توپو گرافی سطح زمین می‌باشد. بیشتر منابع انرژی باد در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده‌اند.

توزیع جهانی باد

بطور کلی جریان باد در جهان دارای دو نوع توزیع می‌باشد:

WikiPower.ir

الف) جریان چرخشی هادلی (Hadly):

بین عرضهای جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی، هوای گرم شده در استوا به بالا صعود کرده و هوای سردتری که از شمال و جنوب می‌آید جایگزین آن می‌شود. این جریان را جریان هادلی می‌نامند.

در سطح کره زمین این جریان بدین معنی است که بادهای سرد به طرف استوا می‌وزند و از طرف دیگر هوایی که در ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی به پایین می‌آید خیلی خشک است و به

دلیل آنکه سرعت دوران زمین در این عرضهای جغرافیایی به مراتب کمتر از دوران زمینی در استوا است. به سمت شرق حرکت می‌کند. معمولاً در این عرض‌های جغرافیایی نواحی بیابانی

ب) جریان چرخشی را سبی (rossby):

بین عرضهای جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی (جنوبی) و ۷۰ درجه شمالی (جنوبی) عمدتاً بادهای غربی در جریان هستند.

این بادها تشکیل یک چرخش موجی را می‌دهند و هوای سرد را به جنوب و هوای گرم را به شمال انتقال می‌دهند. این الگو را جریان راسبی می‌نامند.

WikiPower.ir

اندازه گیری پتانسیل انرژی باد

پتانسیل انرژی باد به عنوان یک منبع قدرت در مناطق مختلف و بر اساس اطلاعات موجود در مورد منابع باد قابل دسترس در هر منطقه مور ع باد

به طور کلی به پنج دسته تقسیم می‌شود:

۱ـ پتانسیل هواشناسی: این پتانسیل بیانگر منبع انرژی باد در دسترس می‌باشد.

۲ـ پتانسیل محلی: این پتانسیل بر مبنای پتانسیل هوا شناسی بنا شده ولی محدود به محلهایی است که از نظر جغرافیایی برای تولید انرژی در دسترس هستند.

۳ـ پتانسیل فنی: این پتانسیل با در نظر گرفتن نوع تکنولوژی در دسترس (کارایی، اندازه توربین و ...) از پتانسیل محلی محاسبه می‌شود.

٤ـ پتانسیل اقتصادی: این پتانسیل، استعداد بالقوه فنی است که به صورت اقتصادی و بر پایه سیاستهای اقتصادی قابل تحقق و اجرا است.

٥ـ پتانسیل اجرایی: این پتانسیل با در نظر گرفتن محدودیت‌ها و عوامل تشویقی برای تعیین ظرفیت توربین‌های بادی قابل اجراء در یک محدوده زمانی خاص تعیین می‌شود. مانند تعرفه‌های تشویقی که طبق سیاستهای دولتهای مختلف به تولید کنندگان انرژی برق بادی حاصل از توربینهای بادی تخصیص داده می‌شود.

قدرت باد

انرژی جنبشی باد همواره متناسب با توان دوم سرعت باد است هنگامی که باد به یک سطح برخورد می‌کند انرژی جنبشی آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می‌شود. حاصلضرب نیروی باد در سرعت باد مساوی قدرت باد می‌شود نیروی باد متناسب با مربع سرعت باد است

پس قدرت باد متناسب با مکعب سرعت باد خواهد بود. بنابراین هر چه سرعت باد بیشتر باشد قدرت آن نیز بیشتر خواهد شد. مثلاً اگر سرعت باد دو برابر شود قدرت آن هشت برابر و اگر سرعت باد سه برابر گردد قدرت باد بیست و هفت برابر خواهد شد.

روند تحولات تکنولوژی انرژی باد در سالهای اخیر

بزرگترین شرکتهای سازنده توربینهای بادی در جهان در حال حاضر شرکت و ستاس، شرکت‌های انرکون و شرکت NEG مایکون هستند که به ترتیب ۲۳/۳ و ۱٤/٦ و ۱۲/٤ درصد،از بازار جهان را در اختیار دارند. اطلاعاتی که از بررسی بازار تکنولوژی باد در آلمان بعنوان کشوری پیشتاز در صنعت باد جهان بدست آمده، بیانگر روند تحولات این صنعت در سالهای اخیر می‌باشد و لذا توجه به این داده‌ها در پیش بینیهای مربوط به آینده این انرژی سودمند خواهد بود. میانگین ظرفیت هر توربین بادی نصب شده در آلمان تقریباً ۹۰۰ کیلو وات است، اما اگر فقط توربینهای نصب شده در نیمه اول سال ۲۰۰۳ را در نظر بگیریم میانگین ظرفیت توربینهای جدید ۱٥٦۰ کیلو وات می‌باشد. لذا روند آشکاری از افزایش سایز توربینهای بادی مدرن قابل مشاهده است. در بازار توربینهای بادی ٥۸ مدل توربین وجود دارد که از این ٥۸ مدل فقط ٤ مدل آن بدون گیربکس هستند که روی سایزهای متوسط و بزرگ آزمایش شده‌اند. اما ٥٤ مدل دیگر

(شامل سایزهای متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ) هنوز از گیربکس استفاده می‌کنند. بنابراین توربینهای بدون گیربکس هنوز در ابتدای راه هستند و وضعیت آنها پس از سالها تجربه و بهره برداری روشن خواهد شد. در گذشته توربینهای بادی با یک سرعت دورانی ثابت (دور روتور) کار می‌کردند، اما مدلهای امروزی تقریباً سیستم یک سرعته را کنار گذاشته و به سیستم‌های دو سرعت یا سرعت متغیر روی آورده‌اند. از میان ۵۸ مدل موجود در بازار، فقط ۲ مدل از نوع یک سرعته هستند و ۲۲ مدل دوسرعته و ۳٤ مدل با سرعت متغیر دیده می‌شوند.

مزایای بهره برداری از انرژی باد

انرژی باد نیز مانند سایر منابع انرژی تجدید پذیر از ویژگیها و مزایای بالاتری نسبت به سایر منابع انرژی برخوردار است که اهم این مزایا عبارتند از:

۱ـ عدم نیاز توربینهای بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوختهای فسیلی می‌کاهد.

۲ـ رایگان بودن انرژی باد

۳ـ توانایی تامین بخشی از تقاضاهای انرژی برق

٤ـ کمتر بودن نسبی قدرت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژیهای فسیلی

۵ـ کمتر بودن هزینه ی و هزینه‌های سرمایه گذاری انرژی باد در بلند مدت

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

۶ـ تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی

۷ـ قدرت مانور زیاد، جهت بهره برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات)

۸ـ عدم نیاز به آب

۹ـ عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب

۱۰ـ نداشتن آلودگی محیط زیست نسبت به سوختهای فسیلی

اجزاء مختلف یک توربین بادی

WikiPower.ir

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

۱. hubتوپی مرکزی

۲. Bl odesپره ها

۳. HY uni t f or bl odesسیستم هیدرولیک برای پره-ها

۴. Mai n shaf tشافت اصلی

۵. Spl i t bushi ngبوشینگ دو تکه

۶. Gear t orque support نگهدارنده گشتاور

۷. Gear boxگیر بکس

۸. Di sk brakeدیسک ترمز

۹. Brake cal i per

۱۰. Coupl i ng f l exi bl eکوپل قابل انعطاف

۱۱. Generat or

۱۲. Mashi n f oundat i onفنداسیون ماشین

WikiPower.ir

۱۳. Yawgear دنده های انحراف

۱۴. Yawring رینگهای انحراف

۱۵. Ladder for nacelle ascesion نردبان برای بالا رفتن به ناسل

۱۶. Brake grip قلاب ترمز

۱۷. Hy unit for brake caliper سیستم هیدرولیک برای ترمز

۱۸. Main cables کابل های اصلی

۱۹. Sofety line طناب ایمنی

۲۰. Ladder in tower نردبان داخل برج

۲۱. Tower برج

توضیحاتی راجع به قسمتهای مختلف

۱-توپی مرکزی :برای منحرف کردن باد به سمت پره ها میباشدواز فشار باد به ناسل میکاهد.

۲-پره ها:طولشان در توربین های مختلف متفاوت است.برای اینکه در هنگام توقف توربین فشار و نیروی زیاد به ترمزها و شافت وارد نشود ترمزی موسوم به ترمز ایرودینامیک روی پره ها قرار دارد. طرز کار به این صورت است که وقتی فرمان استپ

از کنترل کننده مرکزی صادر می شود انتهای پره دارای یک قسمت که قابلیت چرخش و انحراف دارد طوری قرار می گیرد تا با

ایجاد مقاومت هوا و تولید گشتاور مخالف سرعت پره را تا حدودی پایین بیاورد.سپس ترمز هیدرولیکی وارد عمل شده و لنت با صفحه درگیر می شود تا به طور کامل متوقف شود.وقتی که توربین برای مدت طولانی باید خاموش باشد و خارج از تولید (به علت نقص فنی یا ...)قسمتهای انتهایی پره را با سیم های فولادی به زمین مهار می کنند تا از فشار امدن به لنت وصفحه جلوگیری شود .سیستم ترمز ایرودینامیک توسط یک واحد هیدرولیک که دارای یک موتور جریان مستقیم کوچک نصب شده روی توپی کار میکند .در توربین های جدیدتر به جای اینکه فقط قسمت سرپره قابل انحراف باشد ’کل پره از ابتدا قابل چرخش است.نه فقط برای تسهیل در ترمز بلکه برای مواقعی که سرعت باد بیشتر از حد معمول بود با ایجاد انحراف در زاویه پره نسبت به باد بهترین گشتاور رابرای توربین بوجود آورد .جنس پره ها از ماده سبک با مقاومت مکانیکی زیاد که از ترکیب فایبرگلا س پلی استر فیبر کربن واپوکسی به دست آمده ساخته شده میشود.

۳-حلقه های لغزان : برای اینکه سیستم هیدرولیک مربوط به کنترل سرپره ها یا احیانا" کل پره تغذیه شود طبیعی است که با سیم نمی شود به قسمت گردان برق رساند .به کمک تعدادی حلقه وذغال هایی که روی انها قرار داده شده این کار عملی است .مشابه آنچه ما در حلقه های لغزان موتورهای الکتریکی سنکرون داریم.این سیستم برق ۲۴ ولت را برای موتور اهنربای جریان مستقیم با توان ۱۰۵ وات فراهم می کند.

۴-نگهدارنده گشتاور :صفحه ای شبیه چرخ طیار که به دلیل وزن زیادی که دارد یک حرکت یکنواخت را برای گیربکس فراهم می آورد.

۵-گیر بکس :نسبت تبدیل گیربکس ۵۶:۱است .بدین معنا که اگر شافت طرف پره ها یک دور بزند در سوی دیگر ۵۶دور خواهد زد. داخل این قطعه محفظه روغن قرار دارد که روغن آن توسط یک خنک کننده سیرکوله و خنک می شود .اگر دمای روغن از یک دمای خاص فراتر رود دستور تریپ صادر خواهد شد و توربین از حرکت باز می ائستد.سرعت شافت کم سرعت حد اکثر ۲۷ دور بر دقیقه ودر پر سرعت نهایتا ۱۵۱۳ دور بر دقیقه است و وزن آن با روغن ۵,۸ تن می باشد .گیر بکس توربین های بادی می تواند سرعت های کم چرخش محور پره ها را با ضریب تبدیل مثبت به سرعت های بالا که در ژنراتور استفاده می شود تبدیل کند.گیربکس توسط واشرها و اتصالات لاستیکی محکم برای مقابله با لرزش ها و ارتعاشات ثابت شده است.

۵- سیستم ترمز :وقتی به هر علتی نیاز باشد که توربین از حرکت باز ایستد ترمز وارد عمل می شود .ترمز به صورت دیسک و لنت می باشد که بوسیله یک سیستم هیدرولیک تامین نیرو می شود .لازم به ذکر است

که در حالت عادی لنت توسط فنر های قوی به صفحه چسبیده است (حالت ترمز)وقتی توربین شروع به کار می کند سیستم هیدرولیک فعال شده و لنت را از صفحه جدا می کند .قبل از ترمز هیدرولیک حتما باید ترمز هوایی (سرپره ها) سرعت پره ها را تا حد امکان کاهش دهد .ترمز در قسمت بعد از گیربکس نصب می شود.چون در آنجا سرعت زیاد و نیرو کم استو عمل ترمز راحت تر انجام می گیرد.

۶- کوپلینگ قابل انعطاف: برای اینکه شافت ژنراتور را به شافت گیربکس وصل کنند به جای اینکه از کوپل محور به محور استفاده کنند از سیستمی شبیه چهارشاخ گاردان اتومبیل استفاده کرده اند.تا در صورتی که ژنراتور و گیربکس در اثر ارتعاشات مقداری نسبت به هم حرکت کردند باعث کج شدن شافت نشوند.

۷- ژنراتور :راجع به ژنراتور در فصول بعدی به تفصیل بحث خواهد شد.

۸- فنداسیون ماشین :کل مجموعه روتور جعبه دنده شافت اصلی ژنراتور ترمز داخل محفظه ایست که بصورت کاملا بالانس بر روی برج قرار دارد.

۹-سیستم انحراف: طبیعی است پره هایش در یک جهت باشد با تغییر سمت باد نمی تواند بازده مناسبی داشته باشد .چرا که جهت باد ممکن است هر لحظه تغییر کند .برای همین سیستمی طراحی شده که به کمک آن میتوان ناسل را در جهت باد قرار داد.این کار به صورت اتوماتیک انجام می گیرد .جهت باد بوسیله ی یک بادنمای کوچک شخص می شود.واحد کنترل جهت باد غالب را تشخیص می دهد و به موتور انحراف فرمان میدهد.به این ترتیب که هر ۱۰دقیقه میانگین جهت باد را محاسبه کرده و جهت ناسل به همان طرف چرخانده می شود .هر توربین دارای سه موتور انحراف که از جنس موتور القائی سه فاز است .باز هم بدیهیست اگر ناسل در یک جهت مداوم بچرد با پیچ خوردن و قطع کابل مواجه می شویم .اینجا دیگر از ذغال و حلقه لغزان نمیتوان استفاده کرد را که جریان خیلی بالاست.به همین منظور مرکز کنترل طوری برنامه ریزی شده که به اندازه سه دور ۱۰۸۰=۳۶۰×۳درجه وقتی در یک جهت ناسل چرخانده شد فرمان بعدی در جهت عکس گردش قبلی خواهد بود.

۱۰-برج :معمولا از فولادهای استوانه ای و یا شبکه ای از میله های فولادی در داخل کشور ساخته می شود .چون سرعت باد با افزایش ارتفاع زیاد می شود دکل های بلند باعث می شوند توربین انرژی بیشتری بگیرد و الکتریسیته ی بیشتری تولید کند.(وزن تقریبی ۳۵تن وارتفاع ۴۰,۹متر)این سازه ی بزرگ بر روی فندانسیون بتنی که با کلاف های میلگرد مقاوم سازی شده قرار می گیرد ابعاد این پایه به طول وعرض ۸×۸متر و ارتفاع ۴متر که در زمین جاگذاری می شود.

۱۱-سیستم کنترلی توربین:این سیستم در پایین برج قرار داردچیزی شبیه پی ال سی با نام "تک توی "که تمامی سنسور و قطعات به نوعی با آن در ارتباطند .پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات رسیده با توجه به برنامه ریزی که در آن صورت گرفته شروع به پردازش و بررسی می کند .و در نهایت دستورات لازم را صادر

می کند.اساس کار این سیستم کنترلی ِمیکروپروسسوراست.بعضی از سنسورها عبارتند از :باد سنج ِباد نما ِسنسور دمای روغن گیر بکس ِزله لرزش (وایبریشن)

-رله ی لرزش: وقتی باد به گونه ای می وزد که باعث لرزش ناسل و تکان های شدید میشود فورا باید پره ها از حرکت بایستد و ترمز وارد عمل شود .چرا که احتمال سقوط وجود دارد.

-رله سرعت : اگر سرعت باد از ۵متر بر ثانیه کمتر ویا از ۲۵ متر بر ثانیه بیشتر باشد باز هم فرمان تریپ صادر خواهد شد.

-رله ی پیچیدگی کابل :مانع از تنیدگی کابل در اثر چرخش ناسل می شود.

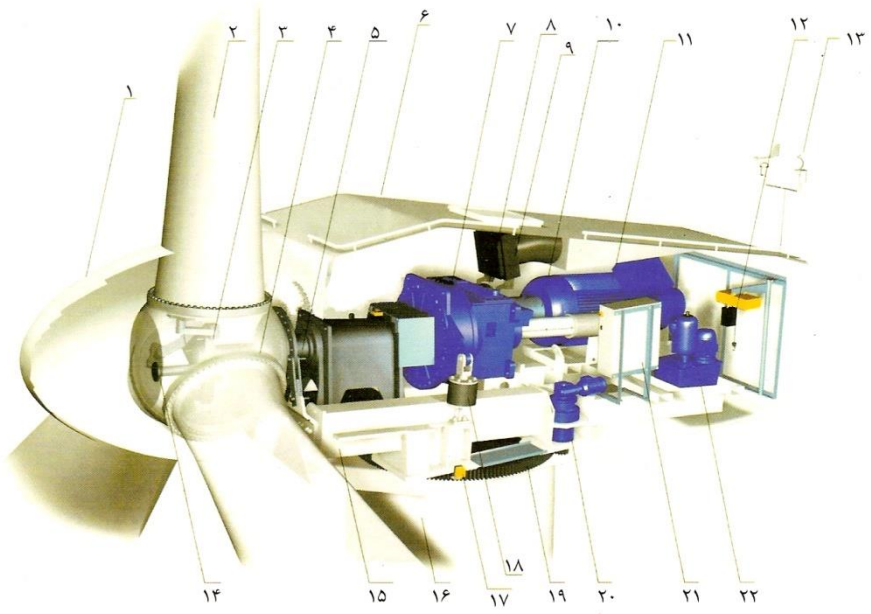
-سنسور کیفیت قدرت : پارامتر های خروجی ژنراتور را چک می کند از جمله ولتاژ جریان فرکانس ضریب قدرت و نهایتا میزان قدرت خروجی.

-سنسور قدرت هیدرولیک :فشار هیدرولیک را در دستگاه هایی که با روغن سرو کار دارند را چک می کند .این سنسور بر عملکرد موتورهای هیدرولیک نیز نظارت می کند.روی کنترلر مرکزی صفحه نمایشی وجود دارد که تمام اطلاعات مربوط به خطای پیش آمده با ذکر تاریخ زمان تعداد و...نمایش و ذخیره می شود.

WikiPower.ir

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

اجزاء توربین باد S47-660 kW



۱- دماغه (Nose Cone)
۲- پره
۳- توپی پره (Hub)
۴- یاتاقان پره (Bearing)
۵- محور اصلی(Main Shaft)
۶- پوشش ناسل
۷- گیربکس
۸- ترمز دیسکی
۹- خنک کن روغن
۱۰- کوپلینگ
۱۱- مولد اصلی (ژنراتور)
۱۲- بالابر
۱۳- بادسنج وباد نما
۱۴- محور تغییر زاویه گام پره
۱۵- شاسی
۱۶- برج
۱۷- شمارنده میزان دوران Yaw(تنظیم زاویه توربین)
۱۸- دسته گیربکس
۱۹- چرخ دنده Yaw
۲۰- گیربکس Yaw
۲۱- سیستم کنترل فوقانیVMP
۲۲- واحد هیدرولیک

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

فصل دوم

بررسی مولدهای قابل استفاده در نیروگاه بادی

WikiPower.ir

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

۲ـ۱ بررسی روشهای مختلف تولید قدرت

توان الکتریکی با ولتاژ فرکانس ثابت از یک نیروگاه بادی وجود

دارد که این امر در یک دیدگاه کلی به سه قسمت تقسیم بندی می‌شود:

الف) استفاده از ژنراتورهای آسنکرون (ASG)

ب) استفاده از ژنراتورهای سنکرون (SG)

ج) استفاده از ژنراتورهای مغناطیسی دائم (PM)

که هرکدام از بخش‌های فوق نیز از دیدگاه جزئی به آرایش‌های مختلف تقسیم بندی می‌شوند

بعنوان مثال دراین مقاله ژنراتورهای آسنکرون در شش آزمایش متفاوت ژنراتورهای سنکرون

در چهار آزمایش متفاوت و ژنراتورهای مغناطیسی دائم دردو آزمایش متفاوت مورد بررسی قرار

گرفته‌اند که هرکدام از ا ین روشها دارای مزایا و معایبی از نقطه نظر فنی یا اقتصادی می‌باشند در

وهله اول چندین روش بدلایل اقتصادی ترجیح دارند اما بعضی بدلیل کاربرد خاص خود مورد

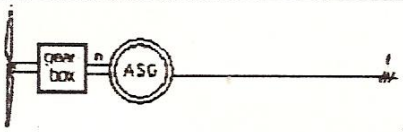
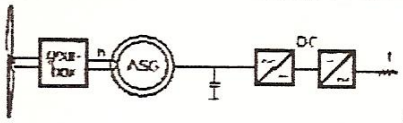
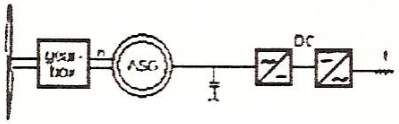
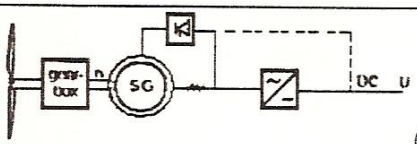
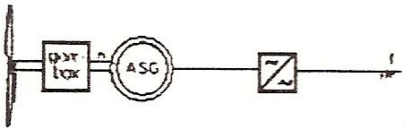
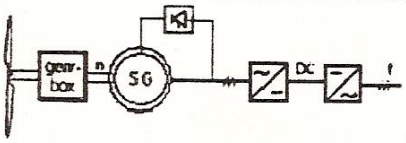
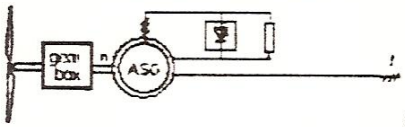
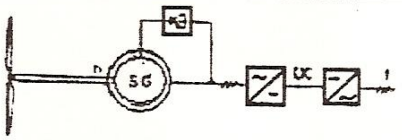
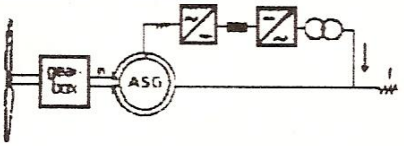
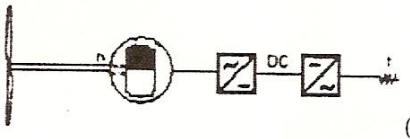
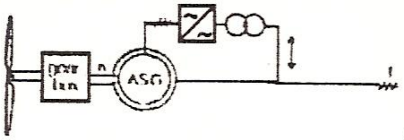
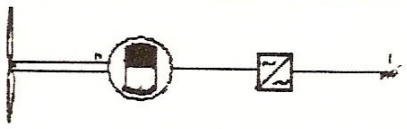
ارزیابی قرار می گیرند. در حقیقت وقتی گفته می‌شود که یک یا دو روش بصورت معمول مورد

استفاده هستند به این معنی نیست که بقیه از هر نظر غیر قابل رقابت می‌باشند در شکل (۱) دوازده

روش فوق نشان داده شده‌اند. در ذیل بترتیب توضیحات تشریحی مربوط به ۱۲ آزمایش فوق

آورده شده است سیستم‌های a و b و c و d و e و f در شکل (۱) همگی

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

سیستم تبدیل با استفاده از ژنراتور آسنکرون(ASG)	سیستم تبدیل با استفاده از ژنراتور سنکرون(SG)
 (a) اتصال مستقیم به شبکه	 (g) اتصال مستقیم به شبکه
 (b) اتصال به شبکه از طریق مدارdc بینابینی	 (h) کوپلینگ به شبکه dc
 (c) اتصال به شبکه از طریق کانورتر ac مستقیم	 (i) اتصال به شبکه ازطریق مدار dc بینابینی
 (d) کنترل لغزش دینامیکی	 (j) اتصال به شبکه ازطریق مدار dc بینابینی
 (e) سیستم استاتیک فراسنکرون کرامر	 (k) اتصال به شبکه ازطریق مدار dc بینابینی
 (f) ژنراتور سنکرون با تغذیه مضاعف	 (l) اتصال به شبکه از طریق کانورتر ac مستقیم

از جمله سیستم‌هایی هستند که در آنها از ژنراتورهای آسنکرون استفاده شده است و سیستم‌های g و h و I و j همگی سیستم‌های سنکرون بوده و در سیستم‌های k و L هم از ژنراتورهای مغناطیسی دائم استفاده کرده است . همچنین از دیدگاه دیگر می‌توان این طور بیان نمود که همه سیستمهای فوق به غیر از j و k و l سیستم‌های دارای جعبه دنده می‌باشند. در این جا اگر f فرکانس الکتریکی ، n سرعت چرخش مکانیکی، n_N سرعت چرخش نسبی P جفت قطب و S هم لغزش ژنراتورها باشد داریم: ۱ـ در طرح سیستم (a) ژنراتور بصورت مستقیم به شبکه وصل گردیده است ژنراتور از نوع آسنکرون بوده و دارای لغزش ٪۸ – ۰ = S می‌باشد. در این طرح ژنراتور مصرف کننده توان راکتور القایی بوده و سرعت چرخش مکانیکی روتور آن از رابطه پیروی می کند

۲ـ در طرح سیستم (b) ژنراتور از طریق یک مدار بینابینی مستقیم به شبکه متصل گردیده است که ابتدا جریان ac توسط یک کانورتر تریستوری به جریان DC تبدیل گشته و سپس توسط یک پالس اینورتر دوباره این جریان DC به جریان ac تبدیل می گردد . در این حالت هم ژنراتور آسنکرون مورد استفاده مصرف کننده توان راکتیو القایی می‌باشد . و برای رفع این مشکل از خازن اصلاح ضریب قدرت استفاده میگردد و در این حالت n برابر است با:

$$n = \frac{(0/8 - \frac{1}{s}) f}{p}$$

خازن اصلاح ضریب قدرت در این حالت خروجی توان راکتیو را برای سیستم قابل کنترل می‌سازد

۳ـ در طرح سیستم © ژنراتور آسنکرون از طریق یک کانورتر ac می گردد و در ا ین حالت هم توان راکتیو القایی قابل کنترل می‌باشد و همچنین در این طرح n برابر است با:

$$n = \frac{(0/8 \approx \frac{1}{s}) f}{p}$$

و همچنین سرعت چرخش روتور ژنراتور نیز قابل کنترل است

٤ـ در طرح سیستم (d) بوسیله مدارات الکترونیک قدرت و به کمک یک تریستور کنترل دینامیکی لغزش صورت می گیرد در این حالت نیز از ژنراتور آسنکرون استفاده گردیده است که این ژنراتور مصرف کننده توان راکتیو بوده و میزان لغزش ۰/۱ – ۰ = S می‌باشد و همچنین n برابر است با $n = \frac{(1-s) f}{p}$

٥ـ طرح سیستم (e) یک سیستم به نام سیستم کرامر استاتیک فراسنکرون می‌باشد که در این طرح بوسیله یکسو سازهای ac/DC و سپس DC/ac و به کمک یک ترانسفورماتور خروجی ژنراتور

به شبکه اعمال می‌گردد در این حالت ژنراتور آسنکرون مصرف کننده توان راکتیو بوده و همچنین n قابل کنترل بوده و برابر

$$n = \frac{(1 \approx \frac{1}{3}) f}{p}$$

۶ـ طرح سیستم (f) یک سیستم ژنراتور آسنکرون به صورت تغذیه مضاعف (Double – fed) می‌باشد / که دراین حالت توان راکتیو خروجی قابل کنترل بوده و n نیز قابل کنترل می‌باشد و برابر است با $n = \frac{(0/8 \approx \frac{1}{2}) f}{p}$

این سیستم علاوه بر کنترل توان راکتیو میتواند توان راکتیو کنترل شده‌ای را به شبکه تحویل دهد و لذا این سیستم می‌تواند بعنوان تغذیه اولیه شبکه یا بعنوان حامی برای شبکه‌های ac مورد استفاده قرار می‌گیرد/. که عمل کنترل توان راکتیو بوسیله یک کانورتر ac/dc و یک ترانسفورماتور صورت می گیرد

۷ـ در طرح سیستم (g) از ژنراتور سنکرون استفاده گردیده که این ژنراتور به صورت مستقیم وصل به شبکه است. این طرح، طرحی مناسب برای عملکرد مستقل ژنراتور بعنوان مولد می‌باشد و همچنین در این طرح بوسیله عناصر الکترونیک قدرت توان راکتیو تحویلی به شبکه قابل کنترل بوده و در این حالت n برابر است با $n = \frac{f}{p}$

همانگونه که ذکر گردید این سیستم نیز همانند سیستم قبل توان راکتیو کنترل شده‌ای را به شبکه تحویل می‌دهد و لذا این سیستم هم می‌تواند بعنوان تغذیه اولیه شبکه یا بعنوان مولد حامی برای شبکه‌های ac مورد استفاده قرار گیرد در این طرح و طرح قبلی از اینورترهای (self – commutated) برای ایجاد توان راکتیو لازم خود ژنراتورها و کنترل ولتاژ در شاخۀهای شبکه استفاده شده است

۸ـ در طرح سیستم (h) از سیستم کوپلینگ به شبکه‌های جریان مستقیم استفاده شده است. این سیستم می‌تواند برای تغذیه شبکه‌های DC مورد استفاده قرار گیرد و در این حالت n برابراست با : $n = (0/5 \approx \frac{1}{2})n_N$

در این طرح با استفاده از یک اینورتر dc/ac ژنراتور سنکرون ac به شبکه DC کوپل میگردد و از اینوترهای (self – commutated) هم برای ایجاد توان راکتیو لازم خود ژنراتورها و کنترل ولتاژ در شاخه‌های شبکه استفاده می گردد

۹ـ در طرح سیستم (I) از یک ژنراتور سنکرون که توسط مدار بینابینی ac به شبکه وصل می گردد استفاده شده است که به صورت مشابه با طرح سیستم (b) ابتدا جریان ac تبدیل گشته و سپس توسط یک پالس اینورتر دوباره این جریان dc به جریان ac تبدیل می گردد و در این طرح هم از اینورترهای (self – commutated) برای ایجاد توان راکتیو لازم خود ژنراتورها و کنترل

توان راکتیو خروجی شود. همچنین در این طرح n قابل کنترل بوده و برابر

است با : $n = \frac{(0/5 \cong \frac{1}{2}) f}{p}$

۱۱ـ در طرح سیستم (k) از یک ژنراتور مغناطیس دائم که توسط یک مدار بینابینی DC به شبکه وصل می‌گردد به صورت مشابه با دو طرح قبلی استفاده شده است که در این جا هم از کانورترهای تریستوری و یا لس‌اینورتر برای این منظور استفاده می‌شود و در این طرح هم از اینورترهای (self – commutated) برای ایجاد توان راکتیو لازم خود ژنراتورها و کنترل توان راکتیو خروجی از شبکه استفاده می گردد همچنین در ا ین حالت هم n قابل کنترل بوده و برابر است با :

$$n = \frac{(0/6 \approx \frac{1}{2}) f}{p}$$

این طرح همانند طرح قبلی یک طرح بدون گیربکس بوده که با توجه به هزینه گیربکس در یک نیروگاه بادی این طرح از نظر اقتصادی قابل تامل است

۱۲ـ در طرح سیستم (L) هم از یک ژنراتور مغناطیسی دائم استفاده شده است و این طرح هم همانند دو طرح قبلی یک طرح بدون گیربکس می‌باشد در این حالت ژنراتور از طریق یک کانورتر dc/ac به شبکه وصل گشته و توان راکتیو مورد نیاز خود را از شبکه‌دریافت

می‌کندودراین حالت هم n قابل کنترل بوده و برابر است با ۱/۲–۰/۸ = n

۲ـ۲ روشهای تولید قدرت سنکرون

۲ـ۲ـ۱ مقایسه سیستم‌های مختلف در تولید قدرت سنکرون

هشت روش تولید قدرت سنکرون در جدول ۲ـ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲ـ۱ سیستم‌های مبدل قدرت سنکرون

شماره	ژنراتور	جعبه دنده	روتور
۱	ژنراتور ac	نسبت دور ثابت	گام متغییر، سرعت ثابت
۲	ژنراتور ac	نسبت دور سرعت	گام متغییر، سرعت ثابت
۳	ژنراتور ac	نسبت دور ثابت	گام ثابت، سرعت ثابت
۴	ژنراتور ac/ موتورdc/ ژنراتورdc	نسبت دور ثابت	گام ثابت، سرعت متغیر
۵	ژنراتور ac/ موتورdc / یکسوکننده/ ژنراتورdc	نسبت دور ثابت	گام ثابت، سرعت متغیر
۶	اینورتر/ یکسوکننده/ ژنراتورac	نسبت دور ثابت	گام ثابت، سرعت متغیر
۷	ژنراتور با مدولاسیون میدان تحریک ژنراتورac	نسبت دور ثابت	گام ثابت، سرعت متغیر
۸	ژنراتورac	نسبت دور متغیر	گام ثابت، سرعت متغیر

سیستم‌های ۱و۲و۳ سیستم‌های سرعت ثابت هستند بنابراین یک ژنراتور سنکرون یا آسنکرون می‌تواند در این سیستم‌ها ولتاژی با اندازه و فرکانس ثابت تولید کند. توربین با گام متغیر قادر به ایجاد سرعت زاویه‌ای ثابت در محدودهٔ وسیعی از سرعت باد و با راندمان مناسبی باشد.

بدین معنی که چگالی متوسط قدرت خروجی (نسبت به سرعت باد) توربین باگام متغیر بالاتر از

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

ماشین با گام ثابت خواهد بود. مشکل اصلی، هزینه توربین با گام متغیر نسبت به توربین باگام ثابت می‌باشد. توربین باگام متغیر و با جعبه دنده دو سرعته قادر به کار در محدوده وسیع‌تری از سرعت باد نسبت به سیستم ۱ خواهد بود. سیستم‌های ٤ تا ۸ از جدول (۲ـ۱) همگی سیستم‌های متغیرند و فرکانس ثابت را با یکی از ٥ روش ایجاد می‌کنند. در سیستم ٤ توربین یک ژنراتور dc که یک موتور dc را تغذیه می‌کند را به کار می‌اندازد و موتور dc با تغییر میدان تحریک تحت سرعت سنکرون حرکت می‌کند. موتور dc به صورت مکانیکی با یک ژنراتور ac کوپل شده است که انرژی با فرکانس سنکرون را به شبکه تحویل می‌دهد. از معایب سیستم ٤ نسبت به سیستم ۳، نیاز به دو ماشین الکتریکی اضافی است که سبب افزایش هزینه خواهد شد. ماشین dc دارای قدرت نامی بیشتری نسبت به ماشین ac است، ماشین dc تعمیر و نظارت بیشتری را طلب می‌کند که بدلیل جاروبک‌ها و کموتاتور آن است . ملاحظاتی همانند قیمت و راندمان، سیستم ٤ را برای قدرت‌های کمتر از ۱۰۰ کیلو وات غیر قابل رقابت می‌نماید. در توان‌های بالاتر از ۱۰۰ کیلووات هر چند که دو ماشین dc راندمان خوبی در حدود ٦۲٪ ایجاد می‌کنند ولی هزینه کل را نیز ۱۰٪ تا ۱٥٪ افزایش می‌دهند. سیستم ٥ بسیار شبیه ٤ است با این تفاوت که یک ژنراتور ac و یک یکسو کننده سه فاز تولید جریان مستقیم را به عهده دارند. ژنراتور ac و یکسو کننده کم هزینه‌تر از ژنراتور dc به نظر می‌رسد و همچنین قابلیت بهره‌برداری بهتری می‌تواند داشته باشد . اهمیت

این مطلب وقتی بیشتر مشخص می‌شود که بدانیم تجهیزات الکتریکی مربوط به مولد باید در ارتفاع برج نصب شوند که مسائل حفاظت و نگهداری را ایجاد می کند. سیستم ٦ خروجی توربین بادی را به وسیله یکسو کننده‌های نیمه هادی به جریان مستقیم تبدیل می کند. همچنین یک ژنراتور dc می‌تواند این قابلیت را ایجاد کند. جریان مستقیم سپس توسط اینورتر به جریان متناوب با فرکانس مورد نظر تبدیل می‌شود. اینورترهای نیمه‌هادی که از اواسط دهه ۱۹۷۰ در دسترس قرار گرفته‌اند این اجازه را می‌دهند که از نیروگاه‌های بادی قدرت سنکرون ایجاد شده و به شبکه تزریق شود. سیستم ۷، از یک ژنراتور الکتریکی بخصوص استفاده می کند که به ازای سرعت‌های مختلف محور، فرکانس ثابت در خروجی تحویل می‌دهد که این عمل با تنظیم تحریک ژنراتور انجام می گیرد ، چنین ماشین‌هایی با تنظیم تحریک ژنراتور در او کلاهمای ایالات متحده به کار رفته است نیاز به ایجاد سیستم الکترونیکی در این نوع عملکرد، هزینه را بالا می‌برد. برای سالها سیستم ۱ بهترین تکنیک برای سیستم‌های بزرگ بوده است. ماشین اسمیت بوتنام با قدرت نامی ۱۲۵۰ کیلووات از این نوع بوده است. سایر ماشین‌های جدید در ردیف سیستم ۱ ماشین ۲۰۰۰ کیلووات ساخت توایند دانمارک بوده که برای اولین بار در سال ۱۹۷۸ وارد مدار شده است.

لیست جدول (۲ـ۱) مشکلات و مسائل موجود در طراحی سیستم الکتریکی نیروگاه بادی را مشخص می کند بعضی سیستم‌ها دارای تکنولوژی خوب و هزینه مناسب هستند. بعضی از نظر

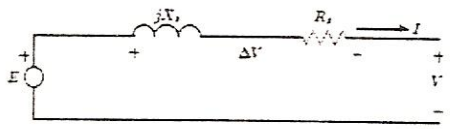
اقتصادی محدودیت دارند. این مشخص است که هر ۸ سیستم می‌تواند به توجه به کوشش که در جهت توسعه این سیستم‌ها انجام می‌شود مورد توجه باشد

۲ـ۲ـ۲ ژنراتور سنکرون

تقریبا همه قدرتهای الکتریکی بوسیله ژنراتورهای سه فاز تولید می‌شود که با شبکه توزیع نیز سنکرون می‌باشد . ژنراتور های تک فاز با محرکه موتوری بعضی مواقع بصورت اضطراری تا قدرت ۵۰ کیلووات تولید می‌کنند. ژنراتورهای تک فاز وقتی برای مولدهای بادی استفاده می‌شوند که قدرت مورد درخواست کمتر از ۲۰ کیلووات بوده وشبکه بصورت تک فاز باشد. ماشین‌های سه فاز طبیعتا مواقعی که توربین با یک شبکه سه فاز مجاور باشد مورد استفاده قرار می‌گیرند ماشین‌های سه فاز از حجم و هزینه کمتری درمقایسه با ماشین های تک فاز در یک قدرت نامی خاص برخوردارند، هدف این متن تشریح اجمالی از کار ژنراتور های سنکرون می‌باشد. شرح کلی‌تر در متن‌های بسیاری از کتابهای ماشین‌های الکتریکی آمده است به هر حال قبل از هر ترسیم مهمی از اتصال ژنراتورهای ac متصل به توربین‌های بادی باید به طور شایستهٔ ای در مورد آن بحث کرد بررسی اساس کار ژنراتور سنکرون با استفاده از روابط ماشین سنکرون در ژنراتور سنکرون روتور وظیفه دریافت جریان مستقیم I_f (جریان تحریک) را توسط جاروبک لغزان به عهده دارد. جریان I_f شار ایجاد می‌کند. این شار سه سیم پیچ را در بر می‌گیرد که به

صورت aa' ، bb' ، cc' مشخص شده است. این سیم پیچها با فاصله ۱۲۰ درجه از هم قرار گرفته‌اند و موج ولتاژ سه فاز با ۱۲۰ درجه اختلاف را ایجاد می کنند.

مدار معادل یک فاز ژنراتور ac در شکل (۲ـ۱) نشان داده شده است



شکل (۲ـ۱): مدار معادل یک فاز از یک ژنراتور سه فاز سنکرون

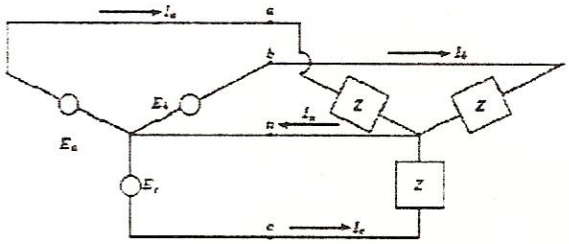
WikiPower.ir

که اندازه نیروی الکتروموتوری برابر است با $|E| = K_1 \omega \zeta$

و $\omega = 2\pi f$ فرکانس رادیان الکتریکی است ، ζ میزان شار در هر قطب و K_1 مقدار ثابتی که به مقدار قطب‌ها و تعداد دور هر سیم پیچ بستگی دارد. راکتانس Xs راکتانس سنکرون ژنراتوربر حسب اهم در هر فاز است راکتانس ژنراتور در بهره برداری از حالت پایدار به حالت گذرا تغییر می کند مقاومت Rs نمایانگر مقاومت هادی‌های سیم‌پیچی ژنراتور می‌باشد. که طبیعتا از مقدار Xs کمتر است که درحالت نرمال به جز در محاسبات راندمان از آن صرف نظر می‌شود. امپدانس سنکرون سیم پیچ به صورت زیر نشان داده قطب می‌شود

Zs=Rs+jXs

ولتاژ E، ولتاژ مدار باز مدار است و گاهی ولتاژ نسبت راکتانس سنکرون نامیده می‌شود، که در واقع همان ولتاژ Ea مدار است که در شکل (۲ـ۲) نشان داده شده است



شکل (۲ـ۲): منبع و بار سه فاز متعادل با اتصال مثلث

WikiPower.ir

$$f = \frac{P}{2} * \frac{n}{60} \quad (۳ـ۲)$$

که در آن P تعداد قطب‌ها و n تعداد دور در دقیقه می‌باشد

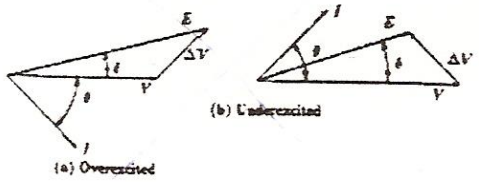
برای تولید فرکانس ۵۰ هرتز سرعت ماشین دو قطب باید ۳۰۰۰ و سرعت ماشین ٤ قطب باید ۱۵۰۰ و ....باشد. در نیروگاههای آبی به علت سرعت کم محور، ماشین با قطب‌های بالا ساخته می‌شود. در نیروگاه بادی نیز یک ژنراتور با سرعت کم می‌تواند به طور مستقیم به توربین بادی متصل شود که در این صورت نیاز به سیستم گیربکس از بین می‌رود.

پروانه‌های توربین بادی بزرگ حداکثر ٤٠ دور و یا کمتر می‌گردند که دراین صورت اگر بخواهیم و سیستم افزایش دور (گیربکس) را حذف کنیم باید از ژنراتور سرعت پایین از هزینه یک ژنراتور سرعت بالا و جعبه دنده بیشتر می‌شود. نیروی الکتروموتوری ماشین (E) ممکن است هم از نظر اندازه و هم از نظر فاز با V اختلاف داشته باشد در صورتی که وقتی ژنراتور به شبکه وصل می‌شود ولتاژ و فرکانس خروجی آن باید ثابت باشد

این اختلاف به صورت زیر نمایش داده می‌شود : $\Delta V = E - V\frac{V}{phase}$ (٤ـ٢)

این اختلاف ولتاژ، جریان خط (I) را با توجه به مقدار ثابت ماشین ایجاد خواهد کرد. ارتباط بین I و E و V در دیاگرام فازوری شکل (٢ـ٣) نشان داده شده است

WikiPower.ir



شکل (٢ـ٣) : دیاگرام فازوری یک فاز از ژنراتور سه فاز سنکرون (a) فوق تحریک (b) زیر تحریک) E متناسب با شار ئ روتور می‌باشد که شار نیز با جریان فورانی در روتور متناسب می‌باشد وقتی جریان ر E کمتر از V است که حالت زیر تحریک نامیده

می‌شود حالتی که E بزرگتر از V است حالت فوق تحریک نام دارد، که E از V به اندازه δ پیش می‌افتد در صورتیکه I به اندازه θ از عقب می‌باشد. مقدار θ و δ بصورت زیراست

$$\theta = < V - < I \qquad (۵_۲)$$

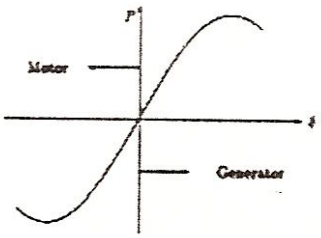
$$\delta = < E - < V \qquad (۶_۲)$$

در شرح توان‌های اکتیو و راکتیو که درهر فاز ایجاد می‌شود و با توجه به روابطی که در متون ماشین‌های الکتریکی ثابت شده است داریم: (۷_۲)

$$P = \frac{|E||V|}{Xs}\sin\delta\frac{W}{phase}$$

$$Q = \frac{|E||V|\cos\delta - |V|^2}{Xs}\frac{Var}{phase} \qquad (۸_۲)$$

منحنی P نسبت به δ در شکل (۲_٤) نشان داده شده است



شکل (۲_٤): جریان قدرت ژنراتور ac بصورت تابعی از زاویه قدرت این منحنی دو نکته در مورد مکان هندسی نقاط کار ژنراتور ac را مشخص می کند. یکی این که وقتی توان مکانیکی افزایش می یابد قدرت الکتریکی خروجی تا $\delta = ۹۰^0$ افزایش خواهد یافت. ماکزیمم قدرت الکتریکی در $\sin\delta = ۱$ اتفاق می‌افتد که توان پرتگاهی نامیده می‌شود وقتی قدرت مکانیکی بیش از این

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

افزایش یابد قدرت خروجی کاهش یافته، δ به سرعت زیاد شده و سنکرونیزم (پایداری) از بین خواهد رفت. اگر یک توربین نزدیک قدرت نامی بهره برداری شود بصورتی که باد شدید قدرت ورودی را افزایش داده و این افزایش از حد توان پرتگاهی بگذرد، سرعت نامی روتور از حد خود خواهد گذشت. در این حالت در ژنراتورها عوامل حفاظتی ژنراتور را از خط خارج می کنند. سیستم کنترل سرعت روتور نیز این ایمنی را ایجاد خواهد کرد اما سیستم کنترل باید به خوبی طراحی گردد. مشخصه دیگر این است که توان با منفی شدن δ منفی خواهد شد. بدین معنی که ژنراتور شبیه موتور عمل خواهد نمود و توان از شبکه می گیرد و توربین بصورت فن عمل می کند و این حالت برای سیستم مطلوب نیست بنابراین وقتی سرعت باد به یک حد نامطلوبی رسید ژنراتور بایستی برای جلوگیری از حالت موتوری از شبکه قطع شود ژنراتور معمولا از نظر توان ظاهری ارزیابی می‌شوند تا توان حقیقی، دلیل این کار این است که مقداری از تلفات ژنراتور و توان مورد نیاز خنک کننده تناسبی باتوان حقیقی ندارد. ژنراتور تلفاقت هیستر زیس و فوکو خواهد داشت که توسط ولتاژ معین شده و تلفات اهمی دارد که توسط جریان مشخص می‌شود. ژنراتور می تواند تحت جریان و ولتاژ نامی و در پی آن در تلفات نامی کار کند به شرط آن که تحت زاویه $\theta = ۹۰^{0}$ قدرت حقیقی آن صفر باشد ژنراتور، با ضریب قدرت ۰٫۷ تا ۱ و حتی کمتر با توجه به تقاضای شبکه کار می‌کند. بنابراین اندازه‌گیری جریان ولتاژ نامی بهتر از

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

اندازه‌گیری قدرت حقیقی است به همین دلیل بهتر است که همیشه قدرت نامی ترانسفورماتور را به KVA و MVA بیان کنند تا KW و MW قدرت ژنراتور همچنین از نظر گشتاور مجاز دارد به محور ژنراتور در دسته توان حقیقی بررسی می‌شود. وقتی می‌گوییم ژنراتور دارای قدرت نامی ۲۵۰۰ KVA در ضریب قدرت ۰/۸ است بدین معنی است که ماشین ۲۰۰۰ KW و تلفات ایجاد شده توسط ژنراتور را تامین می‌کند. همیشه یک ضریب اطمینان برای بارهای کوتاه گذرا طراحی می‌شود، اما ماشین برای مدت طولانی در این میزان قدرت نباید بهره برداری شود. یک ژنراتور با ولتاژ نامی ۲۲۰ ولت وجریان ۳۰ آمپر ممکن است تحت ولتاژ ۲۴۰ ولت و جریان ۴۰ آمپر کار کند. اگر میزان باد مداوما تغییر کند یک ژنراتور ۲۵۰۰ KVA، ۲۰۰۰ KW، برای یک دقیقه ممکن است ۳۰۰ KW و در دقیقه بعدی ۶۰۰ KW به شبکه تحویل دهد. حتی وقتی که سیستم قابل کنترل باشد این اتفاق خواهد افتاد. مانند یک نیروگاه فسیلی، یک ژنراتور ۷۰۰ MW بعضی مواقع در ۴۰۰ MW بهره‌برداری می‌شود. این عمل وقتی اتفاق می‌افتد که بار مینیمم باشد. این مساله در تشخیص شرایط بین کارنامه و شرایط بهره‌برداری مهم است و درمحاسبات باید توجه شود. وقتی قدرت ظاهری نامی ژنراتور، SR و ولتاژ نامی فازی آن V_R باشد جریان نامی برابر است با: $I_R = \frac{S_R}{3V_{R1}}$

از آنجایی که قبلا ذکر شد وزش شدید باد ممکن است قدرت خروجی را از حد توان پرتگاهی فراتر ببرد. بنابراین پرتگاهی حداقل باید دو برابر توان نامی باشد تا از ناپایداری سیستم جلوگیری شود. توان پرتگاهی بزرگتر تا حدودی ناحیه اطمینان بیشتری را برای سیستم فراهم می‌کند. یکی از مزایای ژنراتور سنکرون این است که قادر به ایجاد توان راکتیو در بارهای مختلف می‌باشد. ولتاژ ایجاد شده $|E|$ بوسیله جریان موجود در سیم پیچ تحریک بوجود می‌آید و بوسیلهٔ آن کنترل می‌شود. اگر جریان تحریک افزایش یابد $|E|$ نیز افزایش می‌یابد و اگر توان تولیدی بوسیلهٔ محرک اولیه ثابت نگه داشته شود برای ایجاد تعادل با توجه به معادلات (۲ـ۷) و (۲ـ۸) ، $Sin\delta$ متناسب با افزایش $|E|$ کاهش می‌یابد. این کار سبب افزایش توان راکتیو جاری شده می‌گردد. کاهش E، Q را کاهش می‌دهد و حتی احتمال منفی شدن آن نیز می‌رود. یک ژنراتور سنکرون ت نامی ۱۲۵ KVA و ضریب قدرت ۰/۸ می‌تواند قدرت نامی ۱۰۰ KW را تولید نموده و توان راکتیو KVAR (۷۵ـ تا ۷۵+) را با شبکه تبدیل نماید. اکثر بارها مقداری توان راکتیو مصرف می‌کنند بنابراین ژنراتور سنکرون این نیاز را برطرف می‌کند. این کار در حالت مستقل نیز به خوبی حالت متصل به شبکه صورت می‌گیرد. از مهمترین معایب ژنراتور سنکرون پیچیدگی و گرانی آن است و همچنین گرانی سیستم‌های کنترل نیز مزید بر علت است

در ایست کامل توربین قدم اول، استارت توربین است سنسورها جهت باد را بدست آورده و کنترل جهت را اعمال می‌کنند. بنابراین توربین در جهت مناسب وزش باد قرار می‌گیرد.

اگر سرعت باد درحد قابل قبول باشد سیستم کنترل ، گام پروانه‌های توربین را طوری تغییر خواهد داد تا پروانه‌ها شروع به گردش نمایند. کنترل تحریک،ژنراتور وقتی انجام می‌گیرد که جریان اولیه در سیستم پیچ تحریک ژنراتور جاری شود. جریان تحریک ثابت، فلوی (ع) ثابت را سبب خواهد شد. بنابراین E متناسب با سرعت n خواهد بود. توربین تا جایی شتاب خواهد یافت که تقریبا به سرعت زاویه‌ای نامی خود برسد. در این نقطه فرکانس ولتاژ E تولیدی تقریبا با شبکه یکی خواهد شد. در این نقطه ولتاژهای E و V با شرط مناسب بودن جریان تحریک برابر خواهند شد. تغییرات جزئی فرکانس سبب اختلاف فاز بین E و V خواهد شد که این اختلاف تغییراتی بین ۰ تا ^{0} ۳۶۰ را می‌تواند داشته باشد اختلاف ولتاژ Vd حس شده و در مینیمم خود رله می‌تواند وصل گردد. این کار جریان گذرای عبوری از کنتاکت‌های رله را محدود می‌کند. بنابراین عمرشان طولانی شده وشوک حاصله روی ژنراتور و شبکه قدرت را کاهش می‌دهد. اگر Vd در مینیمم خود وصل نشود جریان خیلی زیادی جاری شده و موجب شتاب مثبت یا منفی ژنراتور می‌گردد تا جائی که E و V همفاز بشوند. وقتی رله وصل شد تاجایی که E و V از نظر اندازه و و فاز یکی باشند، توان جاری صفر خواهد بود. پس از وصل رله کنترل کننده گام،

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

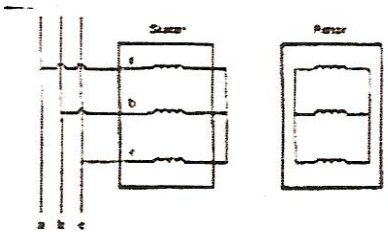
گام پروانه‌ها را در محل بهینه خود قرار می دهد و لذا گشتاور ایجاد شده حالت ژنراتوری مناسب را فراهم خواهد کرد . به هر حال E به اندازه زاویه قدرت (δ) از V جلوتر خواهد افتاد. در یک سرعت مشخص باد، انرژی ورودی ثابت خواهد ماند و پروانه‌ها نیز در ثابت نگه داشتن قدرت خروجی نقش دارند. اگر E توسط کنترل تحریک ژنراتور تغییر کند، تغییرات زاویه قدرت بطور اتوماتیک بصورتی خواهد بود که قدرت خروجی را ثابت نگه دارد. مراحل سنکرونیزاسیون در گفتار ممکن است مشکل به نظر برسد ولی در عمل با استفاده از ابزار اتوماتیک این کار یک روند عادی خواهد یافت در فرایند سنکرون کردن ژنراتور با شبکه حالتی پیش می‌اید که با توجه به سرعت باد سیستم توربین و ژنراتور در حالت شتاب گیری آهسته بوده و در این حالت ، درست در لحظه‌ای که سرعت توربین با سرعت سنکرون برابر شود می‌توان رله را وصل نمود. در این هنگام سیستم کنترل میکروپروسسوری عمل کنترل و تنظیم جریان تحریک و گام پره‌ها را برای شرایط کار مناسب که از دید ناظر خارجی یک دقیقه طول می‌کشد انجام خواهد یافت. سیستم‌های کنترل مورد نیاز برای سنکرونیزاسیون و تحریک ژنراتور ارزان نیست. از طرف دیگر هزینه سیستم کاملا متناسب با آن نیست. بدین معنی که برای توربین ۱۰۰ KW این هزینه جزء کوچکی از کل هزینه خواهد بود ولی برای توربین ۵ KW ینه را شامل خواهد

بود بنابراین سیستم کنترلی یاد شده برای کنترل توربینهای با اندازه KW ۱۰۰ و بالاتر مورد استفاده قرار می گیرد

۲ـ۲ـ۳ ماشینهای القایی

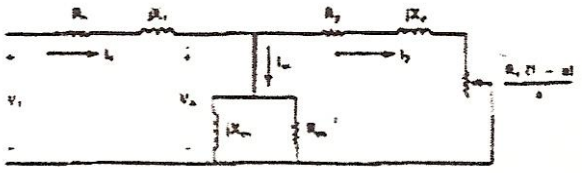
بخش بزرگی از مصارف توان الکتریکی توسط موتورهای القایی انجام می گیرد. برای قدرت‌های کمتر از KW ۵ می‌توان از شبکه سه فاز یا تک فاز استفاده کرد در صورتی که ماشین‌های بزرگ‌تر تقریبا بدون استثناء به صورت سه فاز طراحی می‌شوند. ماشین‌های سه فاز در مقابل ماشین‌های تک فاز که گشتاور لرزانی دارند، گشتاور ثابتی را ایجاد می کنند. همچنین راندمان آنها نسبت به ماشین‌های تک‌فاز بیشتر است . اجزای ماشین‌سه فاز خیلی محکم هستند و اغلب تا پنجاه سال قابلیت کار دارند. ساخت آن آسان است و با توجه به سطح تولید بالای آن ارزان می‌باشد. ماشین القایی به صورت موتوری و یا ژنراتوری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و می‌نماید که یک ژنراتور ارزان و محکم روی

توربین بادی و با سیستم‌های کنترل آسان داشته باشیم. دیاگرام سیم بندی اساسی برای موتورهای القایی سه فاز در شکل (۲ـ۵) نشان داده شده است



شکل (۲ـ۵) : دیاگرام سیم‌بندی برای یک موتور القایی سه فاز

موتور شامل دو قسمت اصلی است، استاتور یا قسمت ساکن و روتور یا قسمت متحرک بیشتر روتورها از جنس قفس سنجابی می‌باشند که با میله‌های مسی و آلومینیومی تا دو انتهای روتور در درون شیارهایی داخل آهن روتور امتداد یافته‌اند و توسط یک رینگ هادی در انتهای روتور اتصال کوتاه شده‌اند. ساختمان آن خیلی شبیه ترانسفورماتورهای سه فاز با سیم پیچ ثانویه اتصال کوتاه می‌باشد، و مدار معادل مشابهی دارد. در حالت بهره‌برداری جریان سه سیم پیچ استاتور جاری شده و یک شار گردشی ایجاد می‌کند. مدار معادل یک فاز از موتور القایی در شکل (۲ـ۶) نشان داده شده است



شکل (۲ـ۶): مدار معادل یک فاز از یک موتور القایی سه فاز

بررسی اساس کار ژنراتور القایی با استفاده از روابط موجود در ماشین القایی

در مدار فوق Rm مقدار مقاومتی است که تلفات فوکو، هیسترزیس، بادخوری و اصطکاک را سبب می‌شود . Xm راکتانس مغناطیسی کننده، R_1 مقاومت سیم‌پیچ استاتور، R_2 مقاومت روتور، X_1 راکتانس پراکندگی استاتور و X_2 راکتانس نشتی روتور و S نیز لغزش می‌باشد

همهٔ مقاومت‌ها و راکتانس‌ها به سمت استاتور ارجاع داده می‌شوند. X_1 و X_2 معمولا به اندازه هم می‌باشند. لغزش به صورت زیر تعریف می‌شود: (۲ـ۱۰) $S = \frac{n_S - n}{n_s}$

که n_s سرعت گردشی سنکرون، و n سرعت واقعی است . اگر فرکانس سنکرون ۵۰ HZ باشد

معادله (۲ـ۳) به صورت زیر تعریف میشود: $ns = \frac{6000}{P} \quad \frac{r}{\min}$

که در آن P تعداد قطب‌ها است. تلفات کل موتور برابر است با :

$$PLOSS = \frac{3(V_A)^2}{R_m} + 3|I_1|^2 R_1 + 3|I_2|^2 R_2$$

قسمت اول تلفات مربوط به جریان فوکو، هیسترزیس، بادخوری و اصطکاک است، قسمت دوم تلفات سیم پیچ (تلفات مس هادی‌های استاتور) و قسمت سوم تلفات مربوط به روتور است. ضریب ۳ به خاطر سه فاز بودن مجموعه می‌باشد. توان تحمیلی به مقاومت انتهای سمت راست در شکل (۲ـ۶) برابر است با : $P_{m,1} = \frac{|I_2|^2 R_2 (1-S)}{S}$

قدرت 1 و P_m در واقع انرژی رها شدهٔ حرارتی در موتور نیست بلکه قدرت مکانیکی تحویلی

به بار است. کل قدرت سه فاز تحویلی به بار برابراست با : (۱۲ـ۲) $p_m = \frac{3|I_2|^2 R_2(1-S)}{S}$ برای

تجزیه و تحلیل شکل (۲ـ۶) ابتدا نیاز به پیدا کردن امپدانس Zin داریم که ازدیدگاه ولتاژ V_1

بدست می‌آید. امپدانس شاخه سمت راست را به صورت زیر تعریف می‌کنیم☹(۱۳ـ۲) Ω

$$Z_2 = R_2 + j*2 + \frac{R_2(1-S)}{S} = \frac{R_2}{S} + J*2$$

امپدانس شاخه موازی برابر است با : (۱۴ـ۲) $Z_m = \frac{J*mRm}{Rm + j*m}$

امپدانس ورودی برابر است با : (۱۵ـ۲) $Z_{in} = R_1 + jX_1 \frac{ZmZ_2}{Z_m + Z_2}$

(۱۶ـ۲) $I_1 = \frac{V_1}{Z_m}$

ولتاژ شاخه موازی برابر است با : (۱۷ـ۲) $V_A = V_1 - I_1(R_1 + jX_1)$

جریان شاخه موازی برابر است با : (۱۸ـ۲) $I_m = \frac{V_A}{Z_M}$

راندمان موتور به صورت نسبت توان خروجی به توان ورودی تعریف می‌شود:

(۱۹ـ۲) $\eta_m = \frac{P_m}{p_m + ploss}$

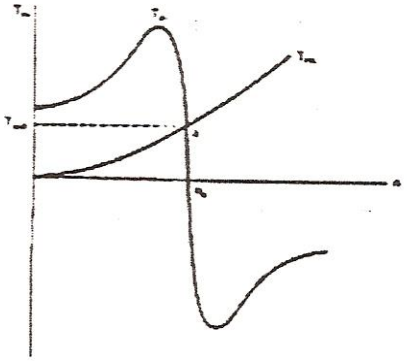
ارتباط بین توان موتور و گشتاور موتور: (۲۰ـ۲) $P_m = W_m.T_m$

که: (۲۱ـ۲) $W = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi}{30}(1-S)ns \quad \frac{rad}{s}$

با ترکیب چند معادله ذکر شده گشتاور کل موتور بدست می‌آید.

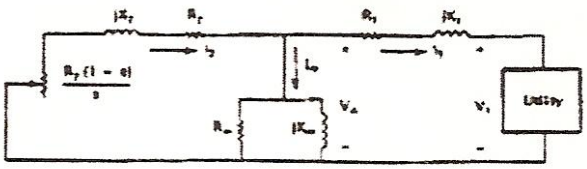
$$T_m = \frac{90|I_2|^2 R_2}{\pi . n_S . S} \qquad (۲۲_۲)$$

رسم منحنی گشتاور موتور نسبت به سرعت زاویه‌ای در شکل (۲ـ۷) آمده است که همچنین تغییرات گشتاور بار را نشان می‌دهد



شکل (۲ـ۷): تغییرات گشتاور محور نسبت به سرعت برای یک ماشین القایی سه فاز در شروع n=0 است T_m از T_{m1} بزرگتر خواهد بود و این امر به موتور اجازه خواهد داد تا شتاب بگیرد. وقتی n افزایش یافت، T_m به حداکثر خود رسیده سپس در $n=n_s$ به مقدار صفر خواهد رسید. همچنین گشتاور بار با افزایش سرعت افزایش می‌یابد. در نقطه a دو گشتاور برابر بوده و حالت ماندگار ماشین می‌باشد. گشتاور نامی در سرعتی حدود ۳٪ کمتر از سرعت سنکرون بدست می‌آید. یک موتور القایی ٤ قطب گشتاور نامی در حدود $\frac{r}{\min}$ ۱٤٥٥ دارد که در مقایسه با سرعت سنکرون $\frac{r}{\min}$ ۱۵۰۰ می باشد.

علت این امر این است که در سرعت سنکرون هادی های روتور همگام با میدان استاتور می گردند که در واقع اختلاف زمانی بین میدان مغناطیسی عبوری از هادی که سبب القاء ولتاژ می‌شود از بین می‌رود و بدون ولتاژ، جریان روتور (I_2) ایجاد نشده و بدون I_2 هیچ گشتاوری به وجود نخواهد آمد. اگر سرعت از حد سنکرون بیشتر شود، S، T_m ، P_m منفی خواهد شد. بدین معنی که ماشین القایی می‌تواند به شبکه سه فاز جریان تزریق کند. همانطوری که در توربین بادی نوع داریوس داریم، توربین داریوس توسط ماشین القایی بصورت موتوری به حرکت واداشته شده و وقتی باد توربین را می گرداند به حالت ژنراتوری ماشین خواهیم رسید. توربین داریوس سیستم کنترل گام ندارد ، ماشین القایی نیز کنترل میدان ندارد و در موازی شدن با شبکه به سنکرونیزاسیون نیازی نیست. بنابراین هزینه‌های کنترل آن نسبت به ژنراتور سنکرون کاهش خواهد یافت مدار ژنراتور القایی شبیه موتور القایی است با این تفاوت که بصورت برعکس رسم می‌شود. جهت قراردادی I_1 و I_2 در شکل (۲ـ۸) آمده است:



شکل (۲ـ۸): مدار معادل یک فاز از یک ژنراتور القایی

مقاومت $\frac{R_2(1-S)}{S}$ برای لغزش منفی، منفی است و این مقاومت منفی بعنوان منبع انرژی تلقی می‌شود ژنراتور القایی قدرت راکتیو برای تحریک را از شبکه می گیرد و بدون این قدرت راکتیو قادر به کار نیست. این مساله بعضی مواقع در مقایسه با ژنراتور سنکرون که هم توان اکتیو و هم توان راکتیو به شبکه می‌دهد ناخوشایند است توان راکتیو مورد نیاز می‌تواند توسط خازن‌های متصل به ترمینالهای ژنراتور تامین شود. اگر خازن‌های مناسب انتخاب شوند ژانرتور خواهد توانست به صورت خود تحریک و مستقل از شبکه کار کند که این امر در جای خود بحث خواهد شد. قدرت الکتریکی خروجی نامی ژنراتور القایی خیلی وابسته به ورودی الکتریکی یک ماشین در حالت کار موتوری خواهد بود. اگر ما در جریان نامی و ولتاژ نامی ماشین را بصورت موتوری و ژنراتوری مورد بهره‌برداری قرار دهیم تلفات مسی استاتور را در هر دو حالت خواهیم داشت. جریان روتور متناسب با I_2 است و در حالت ژنراتوری بزرگتر از مقدار آن در حالت کار موتوری خواهد بود که با مقایسه شکل‌های (۲ـ۶) و (۲ـ۸) قابل مشاهده بوده و سبب خواهد شد که تلفات روتور تا حدودی افزایش یابد. در حالت ژنراتوری سرعت ماشین ۳٪ تا ۵٪ بالاتر از سرعت سنکرون می گردد، بنابراین تلفات بادخوری و اصطکاک تا حدودی بالاتر از بهره‌برداری موتوری آن است. اشباع آهنی ماشین نیز در حالت ژنراتوری کمی افزایش می‌یابد. همچنین تلفات هیسترزیس و فوکو مقداری بیشتر خواهد بود. این تلفات بزرگتر باد و عامل متعادل

می‌شود، یکی اینکه بادی که توربین را به حرکت وامی‌دارد همزمان موجب خنک شدن ژنراتور خواهد شد، عامل دوم این است که سرعت باد ثابت نیست و به جزء در اضافه بارهای کوتاه مدت طبیعتا ماشین در کمتر از قدرت نامی خود بهره‌برداری شده که سبب خنک شدن ماشین می‌شود. بهتر این است که دمای ژنراتور با توجه به جریان و قدرت ژنراتور در بارهای زیاد کنترل شده و تدابیر حفاظتی لازم اتخاذ شود. ژنراتور در کار باد و برابر قدرت نامی در کوتاه مدت گرم نخواهد شد. کنترل دمایی امکان ماکزیمم بهره‌برداری از ژنراتوررا برای ما فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل ژنراتور القایی شبیه موتور القایی است شرح معادله‌های (۲ـ۱۳) و (۲ـ۱۵) به همان صورت برای ژنراتور القایی صادق است. فقط لغزش منفی سبب خواهد شد تا قسمت‌های حقیقی Z_2 و Zin منفی شود و در محاسبات این عامل قابل محاسبه است. همچنین از تغییرات فرضی جهت جریان بدست می‌آید:

$$I_1 = \frac{-V_1}{Z_{in}} \qquad (۲۳ـ۲)$$

$$I_2 = \frac{-V_A}{Z_2} \qquad (۲۴ـ۲)$$

$$V_A = V_1 + I_1(R_1 + jx_1) \qquad (۲۵ـ۲)$$

قدرت P_m تولیدی توسط ژنراتور مانند معادله (۲ـ۱۲) است. علامت منفی ناشی از لغزش منفی به این معنی است که جهت قدرت برعکس است. P_m در این حالت قدرت ورودی است. بنابراین راندمان ژنراتور η_g بصورت زیر خواهد بود:

$$\eta_g = \frac{|P_m| - P_{loss}}{P_m} \qquad (۲۶_۲)$$

توان حقیقی کل تحویلی به شبکه بوسیله ژنراتور به صورت زیر می‌باشد:

$$P_g = 3|V_1||I_2|\cos\theta \qquad (۲۷_۲)$$

که V_1 ولتاژ فازی و θ زاویه بین ولتاژ و جریان می‌باشد.

قدرت راکتیو کل (Q) مورد نیاز ژنراتور بصورت زیر تعریف می‌شود

$$Q = 3|I_2|^2 X_2 + \frac{3|V_A|^2}{x_m} + 3|I_1|^2 x_1 \qquad (۲۸_۲)$$

و یا بصورت زیر بیان می‌شود:

$$Q = 3|I_1||V_1|Sin\theta \quad \text{Var} \qquad (۲۹_۲)$$

۲ـ۲ـ٤ نتیجه گیری

با بررسی این بخش در می‌یابیم که مولدهای سنکرون و القایی قابلیت بهره برداری در نیروگاه بادی را دارند اما هرکدام از این مولدها مزایا و معایب خاص خود را دارا می‌باشد مولد سنکرون

از نظر تولید و مصرف توان راکتیو قابلیت مانور دارد اما ژنراتور سنکرون از نظر توان راکتیو و تامین آن نیاز به عوامل خارجی دارد ولی از طرفی استحکام خاص آن و قابلیت بهره‌برداری آسان این مولدها نیز بسیار قابل توجه می‌باشد.

۲ـ۳ روش‌های تولید قدرت آسنکرون

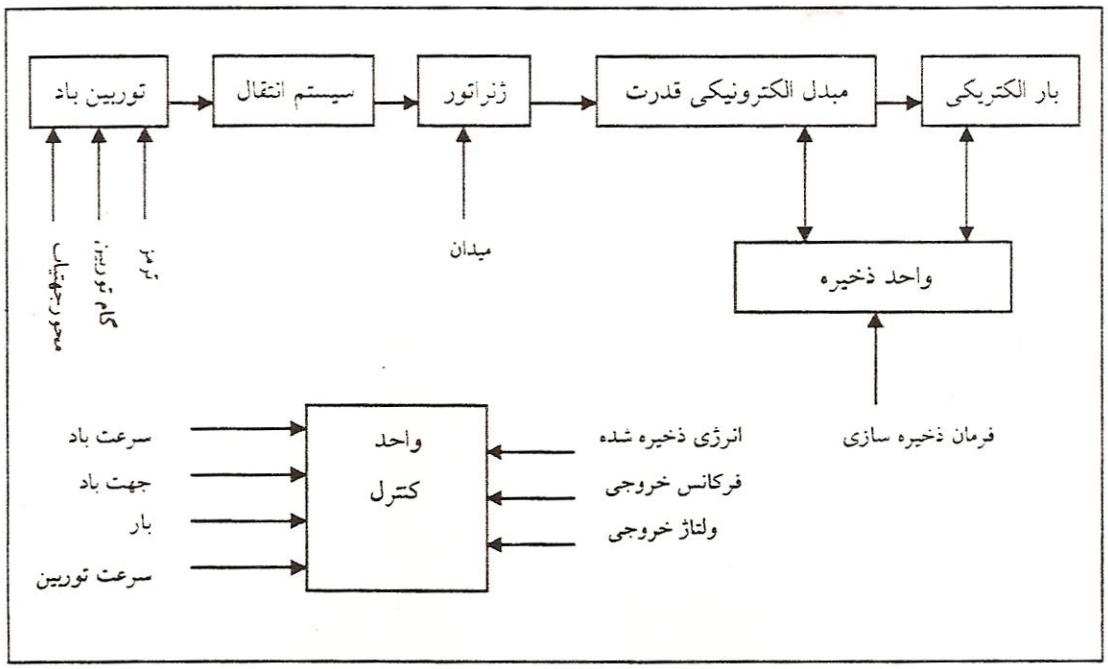
مزایای زیادی در بهره برداری سنکرون از نظر کنترل ولتاژ و فرکانس توسط شبکه وجود دارد. در حالت سنکرون توان راکتیو لازم برای تحریک ماشین‌های القایی وجود دارد. همچنین توان مورد نیاز برای راه‌اندازی توربین‌های داریوس در این حالت موجود است و نیاز به ذخیره انرژی حداقل است. این مزایا سبب شده است که بیشتر نیروگاههای بادی به صورت سنکرون با شبکه قرار بگیرند. به هر حال در گذشته بیشتر ژانرتورهای الکتریکی بارهای آسنکرون را تغذیه می‌کردند. بیشتر بارهای الکتریکی بخصوص قبل از ۱۹۵۰ به صورت سلولهای باتری بودند که انرژی را برای مصارف خانگی ذخیره می‌کردند. سایر بارها از جمله وسایل ارتباط دور، حفاظت کاتدی لوله‌ای مدفون شده و یا آبگرمکن‌های خانگی نیز از آن جمله بودند. این نوع ژنراتورها از نظر اندازه کوچک بودند. مثلا قدرت آنها در حدود ۵ KW بوده ودر جاهایی که شبکه قدرت در دسترس نبوده است مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. بنابراین دلایل ذکر شده ما می‌توانیم

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

امیدوار به استفاده از انرژی الکتریکی بصورت آسنکرون باشیم و حتی استفاده از آن را توسعه دهیم. انتظار می‌رود که استفاده از انرژی باد در مکان‌های دور دست جهت شارژ باتری با کمترین هزینه گسترش یابد. در این شرایط سوخت‌های فسیلی می‌توانند بعنوان پشتیبانی برای انرژی باد در وسایل گرم کننده و سایر موارد ممکن باشد. پتانسیل عظیم دیگری از بابت روستاهایی که به شبکه قدرت وصل نشده‌اند وجود دارد. از نظر اقتصادی امکان احداث چنین شبکه‌هایی وجود ندارد بنابراین هر روستا ملزم به تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز خود است. سیستم‌های آسنکرون بعنوان تغذیه یخچالها برای نگهداری دارو، انرژی برای پخت غذا (بعنوان جلوگیری از تخریب جنگل و قطع درختان) قابلیت خوبی در بسیاری از نقاط جهان خواهد داشت و آخرین قابلیت ممتاز سیستم آسنکرون در مواقعی است که شبکه از دست برود. اگر به هر دلیل منابع نفتی، فسیلی و سایر انرژیهای هسته‌ای در دسترس نباشد احتمال زیادی به از هم پاشیدگی شبکه قدرت می‌رود. توربین‌های بادی در صورت تشخیص مناسب قادر به تهیه قدرت اضطراری در خلال این زمانها خواهند بود. چنین توربینهای بادی قادر خواهند بود بدون کمک گرفتن از شبکه قدرت سراسری شروع به کار کنند و در ضمن نیاز به قابلیت‌هایی خواهند داشت تا ولتاژ و فرکانس را در ناحیه مجاز حفظ نمایند. سه روش مشخص برای تولید انرژی الکتریکی از سیستم آسنکرون، استفاده

از ژنراتور dc، ژنراتور ac و ژنراتور القایی خود تحریک می‌باشد که در این فصل بحث خواهند شد. در این فصل بارهای مختلف آسنکرون نیز مورد بررسی قرار خواهند گرفت

بلوک دیاگرام سیستم آسنکرون



در شکل (۲ـ۹) بلوک دیاگرام کلی سیستم‌های آسنکرون نمایش داده شده است در این سیستم میکرو کامپیوتر سرعت و جهت باد، سرعت توربین بار مورد نیاز ، انرژی ذخیره شده ، ولتاژ و فرکانس تحویلی به بار را دریافت می‌کند. اگر ژنراتور دارای تحریک جداگانه باشد میکروکامپیوتر سیگنالهای به ژنراتور فرستاده و ولتاژ خروجی را بررسی میکند. میکروکامپیوتر با فرستادن سیگنال به توربین وضعیت کنترلی مناسب از نظر تنظیم گام تیغه‌ها و اعمال ترمز در بادهای با سرعت بالا را فراهم می‌کند

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

چراغهایی (آلارم) وجود دارد که در بادهای عادی خاموش و در بادهای شدید این چراغها روشن می ریزی می‌شود تا ولتاژ و فرکانس را بطور مناسبی تغییر دهد. همچنین واحد ذخیره‌سازی طوری تنظیم می‌شود تا کارایی آن بهینه شود. باید توجه شود که بسیاری از سیستم‌های بادی بدون میکروکامپیوتر نیز می‌توانند کار کنند به این صورت که محور جهت یاب با اهرم دنباله خود کنترل شده ، گام تیغه‌ها ثابت شده و ترمز بصورت دستی کنترل می‌شود و حالت شارژ باتری‌ها یک یا دو بار در روز بررسی می‌شود. چنین سیستم‌هایی مزایایی از قبیل سادگی و هزینه پایین و معایبی از قبیل تنظیم اپراتوری و کنترل همراه با خطا دارند که وجود میکروکامپیوتر را موجه می کند. میکروکامپیوتر و سنسورهای لازم تقریبا بدون توجه به اندازه توربین از قیمت خاص و ثابتی برخوردارند این هزینه با قیمت یک توربین ۳ KW برابر است، اما حدود ۱۰٪ هزینه یک توربین ۱۰۰KW را تشکیل می‌دهد که میکروکامپیوتر را برای توربین‌های بادی بزرگ به راحتی توجیه می کند . سیستم آسنکرون یک حالت بهره‌برداری قابل توجه دارد که در سیستم سنکرون چنین حالتی وجود ندارد به این صورت که سرعت توربین با بارهای الکتریکی قابل کنترل می‌شود. در سیستم سنکرون مقداری بار برنامه‌ریزی شده وجود دارد و بیشتر این بارها بوسیله شبکه قدرت قابل کنترل نیستند. بنابراین برای پاسخ به تغییرات بار احتمالی باید محرک اولیه ماشین‌های الکتریکی را تغییر داد. اما در

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

استفاده از توربین بادی ، ورودی محرک اولیه توربین فقط به قدرت باد بستگی داشته و قابل کنترل نیست و این کنترل با تغییر بار الکتریکی برنامه‌ریزی شده اعمال می‌شود. در این حالت استفاده از میکرو کامپیوتر ضروری نیست، اما انعطاف بیشتری را در کنترل بار ایجاد می کند

تجهیزات مورد استفاده در سیستم آسنکرون

در جدول (۲ـ۲) تجهیزات مورد استفاده در سیستم آسنکرون آمده است ژنراتور مورد استفاده می‌تواند dc یا ac باشد، مبدل قدرت باید طوری باشد که بتواند خروجی ژنراتور را به شکل‌های مختلف انرژی الکتریکی تغییر دهد مانند یک اینورتر که از منبع dc توان با فرکانس دلخواه می‌سازد. بارهای الکتریکی بصورت باتری ، مقاومت حرارتی، پمپ، مصارف خانگی و یا حتی سلول‌های الکترولیز و سلولهای بارو کننده می باشند. همهٔ سیستمها نیاز به مبدل قدرت ندارند به عنوان مثال یک ژنراتور dc با ذخیره‌باتری اگر همهٔ بارهای آن بصورت dc باشند نیاز به مبدل قدرت نخواهد داشت. در دهۀ ۱۹۳۰ وقتی سیستم‌های الکتریکی آسنکرون کوچک با استفاده از انرژی باد مرسوم شده بود مصارف خانگی با تغذیه ۳۲ ولت و ۱۱۰ ولت کمیاب نبود. چنین مصارفی با ظهور شبکه‌های الکتریکی از بین رفت اما دوباره با ظاهر شدن وسایل تفریحی و بازی کودکان این نیاز دوباره ایجاد شد.

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

جدول (۲ـ۲): تجهیزات مورد استفاده در سیستم آسنکرون

پمپ گرمایی	یکسوکننده دیودی	ژنراتور الکتریکی
پمپ آب	اینورتر	ژنراتور شنت DC
فن	سیستم سوئیچینگ نیمه هادی	ژنراتور ac مغناطیس دائم
روشنایی ها	بار الکتریکی	ژنراتور ac
سلول های بارورکننده	باطری	ژنراتور خودتحریک القایی
دستگاه ها	آب گرم کن	ژنراتور با تنظیم تحریک
سلول های الکترولیز	گرم کننده	مبادله کننده قدرت

مشکلات تکنیکی در مجهز کردن یک خانه با استفاده کامل از منبع dc بغرنج نیست. اما هزینه‌ها با توجه به مصرف کم این نوع موارد در مقایسه با مصارف ac، قابل مقایسه نیست. اینورتر برای تبدیل ولتاژ dc به ac استفاده می‌شود اگر ژنراتور از نوع مولد ac باشد برای تحویل توان dc مورد نیاز بعضی از بارها و یا واحد ذخیره، استفاده از یکسو کننده مورد نیاز است

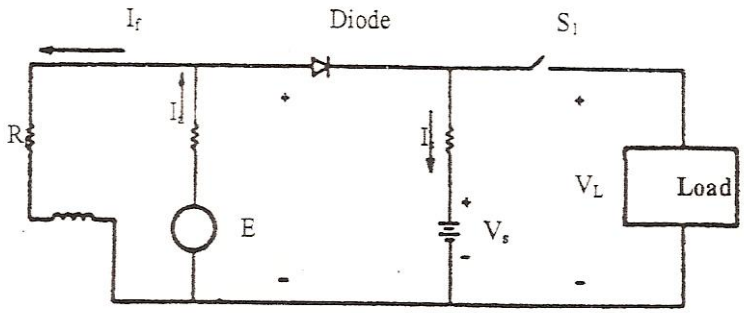
سوئیچینگ توسط سوئیچ‌های الکترومکانیکی یا سوئیچ‌های نیمه هادی انجام می‌شود و یا این کار با یکسو کننده‌های کنترلی سیلیکونی (SCR) یا ترایاک انجام می‌شود. مساله اقتصاد باید در هر سیستم آسنکرون به دقت مورد توجه قرار گیرد. اولا کار باید در هزینهٔ قابل قبول انجام شود ، ثانیا مجموعه باید در حداقل هزینه‌ترکیبی انتخاب شود. ثالثا آلترناتیوهای مختلف باید بررسی

شود مثلا اگر برنامهٔ ریزی طوری انجام گیرد که توربین بادی قدرت اضافی خود را در شارژ باتری‌ها و گرم کننده آب خانگی به کار گیرد یک کار اقتصادی انجام گرفته است. سیستم‌های با ولتاژ و فرکانس ثابت با سیستم‌های با ولتاژ و فرکانس متغیر متفاوتند . بنابراین نیازهای واقعی نوع بار الکتریکی باید معین شده و پیچیدگی‌های سیستم بررسی شود و اگر یک سیستم ساده کار خود را در کمترین هزینه انجام می‌دهد از آن استفاده شود

۲ـ۳ـ۱ بیشتر مردم با ذکر توربین های بادی کوچک به ژنراتور dc شنت و بار باتری dc و انباره باتری فکر می کنند

تعدادی از این سیستم‌ها در دهه ۱۹۳۰ یا پیش از آن مورد استفاده قرار می گرفت . این سیستم را برای تغذیه رادیو و لامپهای حبابی استفاده می کردند و گهگاهی تامین انرژی مورد نیاز سایر مصارف الکتریکی به عهده این سیستم‌ها بود. استفاده از این نوع ماشین‌ها بین سالهای ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ تقریبا از بین رفت که دلیل آن کارایی و قابلیت بیشتر شبکه‌های مرکزی بود و از طرف دیگر شرکت‌های برق روستایی (REC) از این پس برق را از سیستم الکتریکی باد تهیه نمی کردند. امروزه چنین سیستم‌های dc کوچکی حتی اگر شبکه برق مرکزی در دسترسی باشد به صورت ناحیه ای اقتصادی هستند. همچنین می‌توان به عنوان پشتیبان یا سیستم اضطراری برای

مواقعی که شبکه مرکزی در دسترس باشد. دیاگرام مداری یک ژنراتور dc متصل به باتری در شکل (۲ـ۱۰) آمده است



شکل (۲ـ۱۰) : مدار شارژ باتری با ژنراتور dc

این سیستم از اکسید سرب و یکسو کننده‌های سیلنوم که در دهه ۱۹۳۰ مرسوم شده‌اند استفاده وسیعی می‌کرده است دیودهای سیلیکونی با مشخصه‌های جالب‌تر در دهه ۱۹۵۰ مرسوم شده و به طور قابل توجه تا امروز مورد استفاده است. دیود جریان از ژنراتور به باتری را هدایت کرده اما از فلوی جریان در خلاف جهت جلوگیری می‌کند. این خاصیت از تخلیه باتری در مواقعی که ولتاژ ژنراتور کمتر از ولتاژ باتری است جلوگیری می‌کند. ژنراتور شامل یک روتور یا یک آرمیچر با مقاومت Ra و یک سیم پیچ تحریک با مقاومت Rf روی استاتور می‌باشد. جریان آرمیچر (I_a) بوسیله جاروبک‌ها از ماشین خارج می‌شود. این جاروبکها روی کموتاتور پرس شده‌اند مجموعه ای از کنتاکت‌های الکتریکی در انتهای آرمیچر قرار دارد. ولتاژ ترمینال ژنراتور سبب جریان I_f شده که در سیم پیچ میدان جاری می‌شود. جریان میدان در سیم پیچ سبب ایجاد

فلوی مغناطیسی خواهد شد. پیوست این فلو با سیم پیچ‌های گردان روتور در آرمیچر نیروی الکترو موتوری (Eemf) را ایجاد خواهد کرد که با رابطه زیر نشان داده می‌شود.

$$E = K_s.\omega_m.\xi_p \qquad (۳۰_۲)$$

در این رابطه ξ_p فلوی مغناطیسی در هر قطب، ω_m سرعت زاویه‌ای مکانیکی روتور و KS مقداری ثابت است که به تعداد قطب‌ها و تعداد دورهای هادی مربوط می‌باشد. می‌دانیم که ولتاژ با افزایش فلو افزایش می‌یابد. این بدین معنی است که در سرعت های کم نیروی الکتروموتوری (E_{emf}) از ولتاژ باتری کمتر خواهد بود. این حالت دارای این مزیت است که توربین در سرعت‌های گردش کم زیر بار نخواهد رفت، بنابراین شروع به کار توربین آسان‌تر خواهد بود. سرعت گردش ژنراتور (n)، بوسیله سرعت زاویه‌ای (ω_m) بدست می‌آید

$$n = \frac{60W_m}{2\pi} \quad \frac{V}{\min} \qquad (۳۱_۲)$$

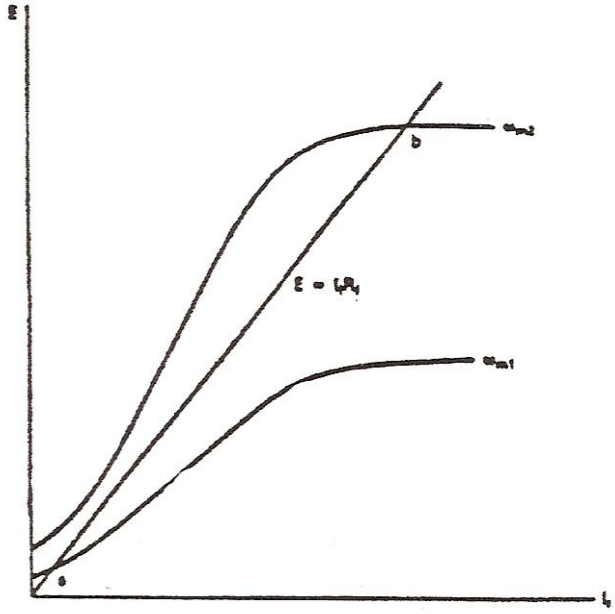
ولتاژ القایی با مقاومت روتور (Ra) با سیم پیچ آرمیچر سری است . در این مدل ساده، Ra همچنین شامل مقاومت جاروبک‌های روی میله‌های کموتاتور خواهد بود. جریان تحریک در سیم‌پیچ تحریک با فرمول زیر بدست می‌آید:

$$If = \frac{V_g}{R_f} \qquad (۳۲_۲)$$

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

سیم پیچ تحریک اندوکتانس دارد ولی راکتانس ω_L آن به علت پیوست DC صفر است. بنابراین برای محاسبه جریان‌ها ولتاژها فقط مقاومت کافی است. فلو با افزایش I_f به سرعت افزایش خواهد یافت. اما این افزایش با بزرگتر شدن I_f و به اشباع رفتن آهن ماشین روند کندتری خواهد یافت اما این افزایش با بزرگتر شدن I و به اشباع رفتن آهن ماشین روند کندتری خواهد یافت. همچنین وقتی I_f صفر است فلو دقیقا صفر نیست، که عامل آن مغناطیس باقی مانده در قطب خواهد بود. آهن تمایل دارد بعد از ایجاد فلوی لحظه‌ای، شبیه مغناطیس دائم عمل کند

این بدین معنی است که نیروی الکتروموتوری (E_{emf}) حتی با صرفنظر کردن از جریان تحریک و بدون هیچ حرکت آرمیچری بزرگتر از صفر است تاثیر حالت فوق نسبتی بین E و I_f بوجود خواهد آورد که در شکل (۲ـ۱۱) آمده است



شکل (۲ـ۱۱): منحنی مغناطیسی ژنراتور dc

E از یک مقدار شروع شده و با افزایش I_f زیاد خواهد شد. در مقادیر بزرگتر I_f، روند افزایش متوقف خواهد شد. دو سرعت زاویه‌ای ω_{m1} و ω_{m2} در شکل نشان داده شده است. افزایش ω فقط منحنی E را بدون تغییر در شکل اساسی آن توسعه خواهد داد.

E_{emf} تولیدی با استفاده از قانون کیرشهف بدست می‌آید:

$$E = R_a I_a + R_f I_f \qquad (۳۳ـ۲)$$

R_a از R_f خیلی کوچکتر است بنابراین وقتی جریان دیود صفر است $I_a=I_f$ و قسمت R_aI_a در مقایسه با R_fI_f خیلی کوچک خواهد بود بنابراین در اولین تخمینی می‌توان نوشت:

$$E \cong R_f . I_f \qquad (۳٤ـ۲)$$

این معادله در شکل (۲ـ۱۱) بصورت خط مستقیم نشان داده شده است بنابراین E توسط دو مقاومت خطی و غیر خطی ژنراتور محدود می‌شود. وقتی ولتاژ روی مقاومت تحریک بطور خطی تغییر می‌کند ولتاژ ژنراتور نیز در طول منحنی غیر خطی تغییر خواهد کرد. حاصل کار تقاطع منحنی غیر خطی و خطی می‌باشد. نقطهٔ تقاطع به عنوان نقطه کار تعریف می‌شود. وقتی ژنراتور با سرعت زاویه‌ای ω_{m1} کار می‌کند ولتاژ جریان تنها نقطه a را خواهند ساخت این مکان نقطه دلخواهی نیست و قابلیت ژنراتور را تامین نخواهد کرد. راه دیگر برای تغییر نقطه کار تغییر

مقاومت تحریک R_f است شیب خط مستقیم با کاهش R کاهش یافته بنابراین نقطه یک بار با تغییر R_f وجود دارد . R_f معمولا شامل یک مقاومت خارجی متغیر است که به یک سیم پیچ با دور زیاد اضافه شده است. بنابراین R_f به میزان کمتر از مقاومت سیم‌پیچ داخلی نمی‌تواند کاهش یابد. بهره‌برداری از این نوع ژنراتور بصورت خود تحریکی انجام می‌شود. همزمان با گشتن روتور، مغناطیسی پس ماند ژنراتور فلوی کوچکی ایجاد خواهد کرد که سبب ایجاد ولتاژ کوچکی در سیم پیچ تحریک خواهد شد. این ولتاژ کوچک جریان تحریک کوچکی که سبب بزرگ شدن E می‌شود ایجاد می کند . مقدار بزرگتر E جریان تحریک بزرگتری ایجاد می کند و در پی آن E بزرگتر می‌شود تا جایی که به نقطه کار برسد. نقطه کار به ازای مقادیر کوچک E در سرعت‌های کم یامقاومت تحریک زیاد اتفاق خواهد افتاد. اگر سرعت و یا مقاومت تحریک به مقدار بحرانی برسد ولتاژ E به نقطهٔ زانوی منحنی مغناطیسی خواهد رسید. وقتی ولتاژ به مقدار نامی خود رسید ژنراتور می‌تواند جریان باد را تامین کند. پس از توضیحات فوق ما می‌توانیم به بررسی کار ژنراتور شنت خود تحریک به عنوان شارژ باتری بپردازیم. در شکل (۲ـ۱۰) فرض می کنیم که سوئیچ S_1 باز است ، دیود وقتی E کمتر از ولتاژ باتری (V_B) است باز و وقتی E بزرگتر از V_B است اتصال کوتاه است و R_b شامل مقاومت دیود و سیم‌پیچ‌های رابطه بوده و

مقاومت داخلی باتری نامیده خواهد شد. وقتی دیود عمل هدایت را انجام می‌دهد ارتباط بین E و V_B به صورت زیر خواهد بود

قسمت $I_f R_a$ ولتاژ خیلی کوچکی است و بدون از دست رفتن دقت می‌تواند حذف شود با توجه به مورد ذکر شده جریان باتری به صورت زیر خواهد بود:

$$I_B \cong \frac{E - V_B}{R_a + R_b} \qquad (۳۶_۲)$$

قدرت الکتریکی ایجاد شده بوسیله ژنراتور در حالت هدایت دیود برابر است با:

$$P_g = EI_a \cong EI_f + E\left[\frac{E - V_B}{R_a + R_b}\right] \qquad (۳۷-۲)$$

$$P_B = V_B I_B \qquad (۳۸_۲)$$

وقتی همه مقادیر رابطهٔ (۳۶_۲) مشخص شدند قدرت الکتریکی به صورت تابعی از سرعت زاویه‌ای قابل محاسبه است. در عمل هیچ یک از این مقادیر دقیقا مشخص نیستند. بر اثر پدیده راکتانس متقابل آرمیچر، E از مقدار نامی‌اش در معادلهٔ (۳۰_۲) کمتر می‌شود. مقاومت سیم مسی در مدار با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد. افت ولتاژ ناشی از مقاومت‌های R_a و R_b به افت ولتاژ طرفین جاروبک های ژنراتور و افت ولتاژ مربوط به دیود اضافه می‌شود که این افت ولتاژ کاملا غیر خطی است. بالاخره V_B با حالت شارژ باطری تغییر می کند. اگر جزئیات دقیق تغییرات

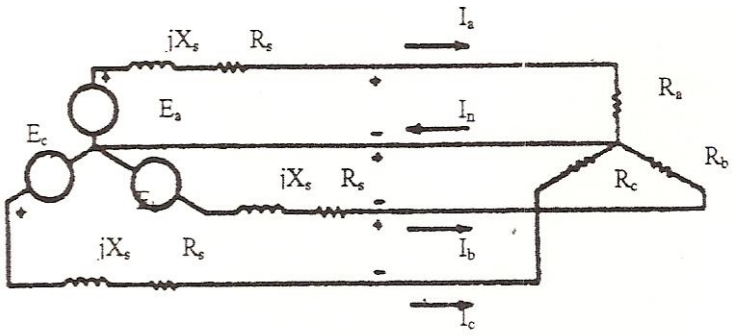
منحنی قدرت نسبت به سرعت گردش مطلوب باشد سیستم باید به دقت بررسی شود. بدست آوردن نتایج کامل در یک رنج وسیع از کار سیستم اگرچه غیر ممکن نیست ولی خیلی شکل است

ژنراتورهای مغناطیسی دائم

ژنراتور مغناطیسی دائم (PM) شبیه ژنراتور سنکرون و یا ac می‌باشد، با این تفاوت که تحریک روتور با مغناطیسی دائم انجام می‌شود و مغناطیسی تحریک کننده سیم‌پیچ لازم ندارد و این بدین معنی است که هیچ گونه منبع تحریکی لازم نداریم و هزینه را کاهش داده‌ایم همچنین در مورد این نوع ژنراتورها تلفات RI^2 در تحریک وجود ندارد که سبب افزایش راندمان می‌شود. یکی از معایب این ماشین این است که فلوی قدرت راکتیو ژنراتور PM متصل به شبکه قابل تنظیم نیست. البته این عامل در سیستم آسنکرون از اهمیت کمتری برخوردار است. مغناطیسی در قالب سیلندر، آلومینیومی روتور که اساسا کم خرج‌تر و ناهموارتر از روتورهای سیم پیچی شده مرسوم می‌باشد قرار می‌گیرد. در این ژنراتور نیاز به کموتاتور نداریم بنابراین ژنراتور PM از ژنراتورهای از dc کم خرج‌تر می‌باشد. مزایای فوق سبب طراحی ژنراتورهای PM برای توربین‌های بادی کوچک

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

می‌شود یکی از بارهایی که از ژنراتور PM قابل دریافت است بصورت مقاومت گرمایی برای گرم کردن آب یا محیط خواهد بود. چنین سیستمی در شکل (۲ـ۱۲) نشان داده شده است.



شکل (۲ـ۱۲) : ژنراتور مغناطیسی دائم متصل به بار مقاومتی

ولتاژ تولیدی فازی Ea و Eb و Ec از یکدیگر با زاویه ۱۲۰ درجه قرار گرفته‌اند همچنین ولتاژ فازی ترمینالها با همین زاویه آرایش یافته است. اگر یک بار سه فاز متعادل (Ra=Rb=Rc) داشته باشیم، جریان Ia به صورت زیر بدست می آید:

$$I_a = \frac{E_a}{R_s + jx_s + R_a} = \frac{V_a}{R_a} \qquad (۳۹_۲)$$

که در آن Xs راکتانس سنکرون، Rs مقاومت سیم پیچی و Ra مقاومت یک فاز از بار می‌باشد.

جریان نوترال In مجموع جریان هاست

$$I_n = I_a + I_b + I_c \qquad (۴۰_۲)$$

اگر بار متعادل باشد، جریان نوترال صفر خواهد بود. اگر چنین شرطی برقرار باشد سیم‌های متصل به نوترال ژنراتور و بدون هیچ تاثیری بر ولتاژ و جریان قابل برداشتن است. در سیستم‌های

آسنکرون به دلیل انکه ولتاژهای Va و Vb و Vc بصورت نامتقارن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند به سیم نوترال نیاز خواهد بود. به عنوان مثال اگر سیم نول نصب شود چند گرم کننده خانگی می‌تواند بصورت مستقل مورد استفاده قرار گیرد. بهتر این است که جریان هر سه فاز برای ایجاد کمترین نوسان در گشتاور ماشین به یک اندازه باشند. یک ژنراتور تک فاز یا سه فاز نامتقارن گشتاوری دارد که تا دو برابر فرکانس الکتریکی نوسان می‌کند. این عمل درژنراتور ایجاد نویز کرده و عمر محور آن کم می شود یکی از اولین دلایلی که موتورها و ژنراتورهای تک فاز به ندرت در اندازه‌های بیشتر از ۵KW دیده می‌شوند همین است . ژنراتور مغناطیسی دائم باید طوری ساخته شود که نوسانات گشتاور توربین را تحمل کند. جریانهای نامتقارن کم برای سیستم زیاد زیان آور نخواهد بود اما باید سعی در پایین نگه داشتن سطح نویز شود. قدرت الکتریکی خروجی Pe (قدرت تحویلی به بار) در یک ژنراتور مغناطیسی دائم در هر فاز برابر است با:

$$P_a = R_a . I_a^2 \qquad \frac{W}{phase} \qquad (۴۱_۲)$$

و میزان جریان در هر فاز : (۴۲_۲)

$$|I_a| = \frac{|E_x|}{\sqrt{(R_s + R_a)^2 + x_s^2}}$$

بنابراین توان خروجی بصورت زیر بیان می‌شود:

$$P_e = \frac{E_a^2 . R_a}{(R_s + R_a)^2 + x^2} \qquad (۴۳_۲)$$

ولتاژ تولیدی بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$E = K_e . W \qquad (۴۴_۲)$$

مقدار ثابت Ke شامل فلوی ثابت هر قطب ماشین مغناطیسی دائم و همچنین شامل ضریب ثابتی بین سرعت زاویه‌ای ماشین (ω_m) و سرعت زاویه‌ای الکتریکی آن (ω) است. نسبت سرعت زاویه‌ای الکتریکی به مکانیکی برای ژنراتور ۲ قطب ، یک و برای ٤ قطب، دو و برای ٦ قطب، سه و ... می باشد. دلیل آن این است که سرعت زاویه‌ای الکتریکی با توجه به فرکانس الکتریکی مقدار ثابتی دارد ولی سرعت زاویه‌ای مکانیکی نسبت به افزایش قطب کم می‌شود. اگر سیستم کنترل مجهز و پیچیدهٔ ای وجود نداشته باشد نوسان زیادی درولتاژ و فرکانس ژنراتور مغناطیسی دائم اتفاق می‌افتد، ژنراتور PM باید چنین تغییرات ولتاژ و فرکانسی را تحمل کند مدارهای نیستند. بعنوان مثال لامپهای اینکندسکنت (Incandescent) در ولتاژ کمتر از ۲۰٪ نامی به اندازه کافی روشن نیستند و وقتی ولتاژ ۱۰٪ بالاتر از حد نامی می‌باشد خاموش می‌شوند و اگر فرکانس از حد خود پایین بیاید دچار چشمک می‌شوند. لامپهای فلورسنت در رنج وسیعتری از ولتاژ و فرکانس قادر به کار خواهند بود و این

بستگی به نوع لامپ و تجهیزات وابسته آن دارد. اگر مدارهای روشنایی بایستی فقط با ژنراتور PM تغذیه شوند توجه به یکسو کننده و سیستم باتری برای سیستم روشنایی باید مدنظر باشد.

باید توجه داشت که مقادیر نامی ژنراتور متناسب با سرعت گردش آن خواهد بود. جریان نامی متناسب با میزان هادیهای سیم پیچ بوده و برای یک ژنراتور مشخص مقدار ثابتی دارد. بنابراین قدرت خروجی Vala با تغییرات Ea و سرعت گردشی تغییر خواهد کرد. بدین معنی که ژنراتور با قدرت ۵KW در $\frac{r}{\min}$ ۱۵۰۰ در سرعت $\frac{r}{\min}$ ۳۰۰۰ دارای قدرت ۱۰ KW خواهد بود. بنابراین ولتاژ برای جریان ثابت دو برابر شده است و بنابراین قدرت خروجی دو برابر خواهد شد. حدود این افزایش محدود به عوامل مکانیکی از قبیل تحمل روتور و یاتاقانها و عوامل الکتریکی از قبیل سطح عایقی خواهد بود. می‌دانیم که قدرت ورودی محور ژنراتور متناسب با n^3 تغییر می‌کند. تا ماکزیمم راندمان بالاتر از محدوده سرعت با توربین قرار گیرد. از آنجا که n و ω مستقیما متناسبند می‌توانیم ثابت کنیم که قدرت خروجی ژنراتور PM براساس ω^3 تغییر می‌کند در معادله (۴۳ـ۲) نشان داده شده است که تغییرات واقعی قدرت وابسته به فرکانس است. علاوه بر Ea، راکتانس Xs بصورت زیر بدست می‌آید:

$$X_s = WL_s\Omega \qquad (۴۵_۲)$$

Ls اندوکتانس سیم پیچ ژنراتور است که بعلت تاثیر اشباع آهنی مقدار ثابتی نیست اما ما تاثیر این تغییرات را نادیده می‌گیریم. بنابراین تغییرات متناوب قدرت خروجی الکتریکی بصورت زیر خواهد بود

$$P_e = \frac{K_e^2 . W^2 . R_e}{(R_s + R_a)^2 + W^2 . L_s^2} \qquad \frac{W}{phase} \quad (٤٦_٢)$$

در معادله فوق می بینیم که در فرکانسهای خیلی پایین یا در بارهای مقاومتی خیلی بالا، Pe با نسبت مربع فرکانس افزایش می‌یابد. در فرکانسهای خیلی بالا که $Ls.\omega$ از (Rs+Ra) بزرگتر است، قدرت خروجی تقریبا با افزایش فرکانس، ثابت خواهد بود. در سرعت و قدرت نامی، Xs با مقدار (Rs+Ra) یکی بوده و تغییرات Pe تقریبا متناوسب با فرکانس خواهد بود. بنابراین دیده می‌شود که ژنراتور مغناطیسی دائم با بار مقاومتی ثابت در حالت کار بهنیه توربین بادی نیست، اگر ما علاقه مند به استفاده از چنین سیستمی باشیم بدیهی است که باید چند نوع از مکانیزم‌های زاویه دار کردن پره‌های توربین را بکار ببریم که تکنیک خوب ولی پر خرجی است. هزینه‌های این سیستم احتمالا قابلیت ژنراتور PM را نسبت به سایر ژنراتورها بعید می

۲ـ۳ـ۳ ژنراتورهای ac

ژنراتورهای ac که معمولا برای حالت سنکرون با شبکه الکتریکی استفاده می‌شود. همچنین در حالت سنکرون مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ماشین در بخش ۲ـ۲ مورد بررسی قرار گرفته است. این ماشین می‌تواند مانند ژنراتور PM یک بار مقاومتی (گرم کننده) را تغذیه کند و تفاوت اساسی آن با ژنراتور PM این است که نیروی الکتروموتوری تنها وابسته به سرعت نیست بلکه بستگی به میزان فلو و سرعت دارد . میزان فلو متناسب با جریان تحریک If است . بنابراین نیروی الکتروموتوری Ea بصورت زیر قابل بیان است

$$E_a = K_f w I_f \qquad V/phase \quad (۴۷_۲)$$

که $\omega = 2\pi f$ فرکانس رادیان الکتریکی است و Kf مقدار ثابتی است اکنون فرض می‌کنیم که جریان تحریک متناسب با سرعت ماشین قابل تغییر است بنابراین ولتاژ القایی به صورت زیر قابل نوشتن است:

$$E_a = K_f w^2 \qquad (۴۸_۲)$$

که K_f ثابت دیگری است که از ولتاژ نامی (ولتاژ مدار باز) و فرکانس نامی قابل محاسبه است قدرت خروجی الکتریکی با بحثی مشابه معادله‌ای (۴۶ـ۲) بدست می‌آید.

$$P_e = \frac{K_f'^2 . W^4 . R_a}{(R_s + R_a)^2 + W^2 . L_s^2} \qquad (۴۹_۲)$$

تغییرات قدرت خروجی تابعی از ω^2 و ω^4 خواهد بود. با انتخاب مناسب اندوکتانس و مقاومت، تغییرات قدرت مناسبی نزدیک مقدار بهینه ω^3 خواهیم داشت. یعنی تغییرات بهینه متناسب با ω^3 خواهد بود. جریان تحریک برای ایجاد توابع دیگر به طرق دیگر قابل تغییراست. مثلا اگر ، جریان تحریک را با روندی متناسب با ω^2 تغییر دهیم قدرت خروجی به صورت تابعی از $\omega^6\omega^4$ تغییر می‌کند که به توربین اجازه ی باریکتر (کمتر) می‌دهد. در سرعت کم قدرت خروجی خیلی کم خواهد بود و توربین خواهد توانست شتاب نگیرد و به نزدیک سرعت نامی مناسب بار روشنایی قرار بگیرد و سپس با روند افزایش سرعت افزایش خواهد یافت. اگر توربین کنترل گام پره داشته باشد سرعت ژنراتور در محدوده باریکی نگه داشته می‌شود و جریان تحریک برای ایجاد ولتاژ مطلوب قابل تغییر است. بیشتر مصارف خانگی بجز مصارفی مانند ساعت و تلویزیون می‌توانند از این سیستم استفاده کنند. در این سیستم فرکانس کمتر از ۱۰٪ تغییر می‌کند که این تغییر برای بیشتر مصارف خانگی تاثیر سوئی ندارد

سیستم کنترل گام باید توانایی کنترل تغییر بار الکتریکی در سطوح مختلف را داشته باشد بار زیاد در سرعت توربین کم (باد کم) سبب کند شدن سرعت توربین زیر مقدار قابل قبول خواهد شد و همچنین بارهای سبک در سرعت‌های بالای باد این مشکل را برای کنترل گام بوجود خواهند آورد که آیاخواهد توانست سرعت توربین را به حدود قابل قبولی پایین بیاورد؟

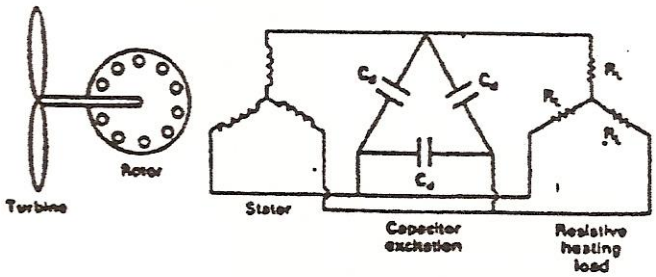
در سرعت‌های متوسط باد سیستم کنترل باید قابلیت تصمیم‌گیری و توانایی تغییر بار را داشته باشد بدست آوردن این قابلیت، سیستم کنترل پیچیده‌ای را طلب می کند اما سبب ایجاد باری یا کیفیت مناسب شبکه خواهد شد بدیهی است که ژنراتور ac با مصرف تحریک و وجود سیستم کنترل در اندازه کوچک نسبتا پرخرج خواهد بود. این سیستم در اندازه‌های زیر KW ۱۰۰ اقتصادی نیست. این سیستم انتخاب خوبی برای روستاهای مستقل از شبکه می‌باشد ، اما کیفیت الکتریکی خاص خود را دارد. بیشتر بارهای روستایی مستقیما می‌توانند از این نوع ژنراتور تغذیه کنند. یک انباره کوچک و اینورتر توانایی پاسخ به بارهای بحرانی (اضطراری) در خلال زمان‌هایی که باد نمی‌وزد را ایجاد خواهد کرد

۲ـ۳ـ٤ ژنراتور القایی خود تحریک

در بخش ۲ـ۲ کار ماشین القایی به صورت ژنراتوری و موتوری متصل به شبکه را بررسی کردیم و دیدیم که ژنراتور القایی معمولا ساده‌تر، ارزان‌تر و دارای قابلیت بیشتر و شاید بازده بیشتری نسبت به سایر ژنراتورهای ac و dc می‌باشد. ژنراتور القایی و ژنراتور PM در ساختمان شبیه‌اند و فقط در روتور اختلاف دارند، بنابراین پیچیدگی، قابلیت و راندمان این دو نوع ماشین در وضع مشابهی قراردارد ژنراتور القایی به این دلیل که بیشتر ساخته می‌شود تا دو برابر ارزان‌تر از ژنراتور PM می‌باشد. موتور القایی به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود و می‌توان امیدوار بود که بدلیل

عواملی مانند قابلیت، دسترسی خوب و منطقی بودن کاربرد آن، توسعه زیادی بصورت ژنراتوری داشته باشد

یک ماشین القایی در حالت جدا و مستقل از شبکه با تامین تحریک مورد نیاز با جریان های مغناطیس از خازن‌های متصل به ترمینال‌های ماشین می‌تواند کار کند. شکل (۲ـ۱۵) یک مدار واقعی از یک ماشین القایی قفس سنجابی سه فاز را نشان می‌دهد. خازن‌ها ترجیحا بدلایل اقتصادی با اتصال مثلث در مدار قار میگیرند



شکل (۲ـ۱۳) : ژنراتور القایی خود تحریک

خازن‌هایی که برای کار دائم و درجهت مقاصد راه‌اندازی ساخته شده‌اند بیشتر در مقادیر ۳۷۰ ولت و ٤٦٠ ولت می‌باشند. بیشترموتورهای القایی در اندازه‌های ۱۰۰KW یا بیشتر وزن‌هایشان در مقادیر ولتاژی ۲۰۸ ولت، ۲۳۰ ولت و ٤٦٠ ولت قرار دارند که خازن‌های موجود می‌توانند به

طور خطی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. اگر خازن‌ها با اتصال ستاره بسته می‌شدند، ولتاژ دو طرف هر خازن به مقدار $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر مقدار اتصال مثلث کاهش می‌یافت و قدرت راکتیو ایجاد شده توسط هر خازن (ωcv^2) به یک سوم قدرت راکتیو مصرفی حاصل از اتصال مثلث می‌رسیم، در اتصال ستاره سه برابر حالت اتصال مثلث خازن مورد نیاز است که هزینه سیستم را بی‌مورد افزایش می‌دهد

مقاومت بار به صورت ستاره متصل شده است اما اگر خواسته شود می‌تواند به صورت مثلث نیز وصل شود. امکان ترکیبی از اتصال ستاره و مثلث برای سطوح مختلف ولتاژ وجود دارد

در حالتی که بار متعادل و پایدار باشد سیستم همانند قسمتی از یک مدار تک فاز مانند شکل (۲ـ۱۶) بررسی می‌شود

WikiPower.ir

شکل (۲ـ۱۴): مدار معادل تک فاز ژنراتور القایی خودتحریک

این شکل مشابه شکل نشان داده شده در بخش ۲ـ۲ می‌باشد با این تفاوت که خازن و مقاومت بار بجای شبکه جایگزین شده‌اند. در تجزیه و تحلیل ، خازن C به صورت معادل فازی بررسی می‌شود که مقدار آن برابر است با : (۲ـ۵۰)

$$C = 3_{cd} \qquad \mu f$$

که c_d ظرفیت خازنی یک شاخه از اتصال مثلث است

اساس کار مدار فوق بر اثر پدیده نوسان است که در واقع این مدار یک نوسان کننده‌ی با مقاومت منفی نامیده می‌شود ما یک مدار رزونانس داریم که راکتانس خازنی در یک فرکانس خاص معادل راکتانس سلفی است . بنابراین نوسان در آن فرکانس اتفاق خواهد افتاد. وقتی R_L تغییر می کند در پدیده نوسان تغییر ایجاد می‌شود بنابراین در بهره برداری ژنراتور القایی، مقاومت R_L تا رسیدن ولتاژ به حد ولتاژ کار از مدار خارج خواهد شد. ژنراتور القایی یک ولتاژ کوچک حاصل از پسماند مغناطیسی ایجاد می کند که مقدمه پدیده نوسان می‌شود. ولتاژ ترمینال به کمک این ولتاژ پسماند به مقدار نامی می‌رسد و این کار در حدود چند ثانیه انجام می‌شود لحظه‌ای که ولتاژ به مقدار ولتاژ کار رسید، مقاومت R_L می‌تواند به مدار برگردد. امکان توقف نوسان در هر مدار نوسان کننده بوسیله‌ای بارهای اضافی (R_L خیلی کوچک) وجود دارد. وقتی R_L به این حد های غیر مشخص و متناسب با مدارهای غیر خطی کار خواهد کرد

به عنوان مثال شکل موج‌های حاصل ممکن است بد شده و یا لغزش ژنراتور القایی به حد نامعقولی برسد. در طراحی بار ژنراتور باید به این حد بحرانی توجه شود.

اگرچه کار عمومی مدار شکل (۲ـ۱٤) از نظر فهم زیاد مشکل نیست ولی تجزیه و تحلیل جزئیات به سختی ممکن است و این مشکل ناشی از غیر خطی بودن راکتانس مغناطیسی است . راه حل‌های ارائه شده در این مورد تا حدودی به علت پیچیدگی آن غیر قابل استفاده است بنابراین بحث را

با پرداختن به نتایج چند آزمایش محدود می‌کنیم. ابتدا باید پارامترهای ماشین در مدار (۲ـ۱۶) را تجزیه و تحلیل کنیم. این بررسی به تحلیل جزئیات بیشتر و همچنین به چگونگی توسعه‌ی کار ماشین به هنگام تغییر شرایط کمک می‌کند.

مقادیر مدار، $X_m, X_2, X_1, R_m, R_2, R_1$ بطور عملی قابل اندازه‌گیری هستند. باید ذکر شود که پارامترهای ماشین در هنگام بهره‌برداری تا حدودی تغییر می‌کنند R_2, R_1 با دمای دو حالت کار نسبت دارد که با رابطه زیر نشان داده می‌شود.

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{235 + T_a}{235 + T_b} \qquad (۲ـ۵۱)$$

که در آن T_a و T_b به درجه سلسیوس هستند، R_a مقاومت R_1 یا R_2 در دمای T_a و R_b مقاومت R_1 یا R_2 دردمای T_b است

WikiPower.ir

این رابطه برای آلومینیوم و مس بخوبی صدق می‌کند که هر دو هادی در محدوده‌های مورد انتظار کار ژنراتور هستند تغییر مقاومت از حالت یک ژنراتور متوقف (بیکار) ۲۰ـ درجه سلسیوس تا یک ژنراتور در حال کار در یک روز گرم با دمای سیم پیچ ۶۰ درجه سلسیوس برابر است با

$$\frac{235 + 6}{235 - 6} = 1.392$$

و بدین معنی است که مقاومت R_2, R_1 تا ۳۷٪ بالاتر از محدوده‌ی مورد انتظار می‌توانند افزایش یابند. چنین تغییراتی باید در آنالیز کامل ماشین گنجانده شود. مقاومت R_m شاخص تلفات جریان

فوکو و هیسترزیس ماشین است. تلفات هیسترزیس با فرکانس و تلفات فوکو با مربع فرکانس تغییر می کند

همچنین این تفاوت با ولتاژ نیز تاحدودی نسبت دارند

در یک سیستم عملی فرکانس کار احتمالا بین ۴۰HZ تا ۶۰HZ تغییر میکند. اگر ماشینی تلفات مغناطیسی پایینی داشته باشد به صورتی که R_m از R_L بزرگتر باشد در عمل نتایج خوبی حاصل خواهد شد. در حقیقت اگر ماشین راندمان بالایی داشته باشد از R_m حتی می‌توان در مطالعه‌ای تاثیرات پدیده‌ی نوسان صرف نظر کرد. راکتانس‌های X_m, X_2, X_1 به ترتیب در مقادیر L_m, L_2, L_1 L_m ظاهر می‌شوند که ω فرکانس رادیان الکتریکی است و L_1 و L_2 و L_m اندوکتانس‌های مدار الکتریکی هستند. فرکانس ω با تغییرات مقاومت بار و خازن و همچنین قدرت ورودی به عنوان مجموعه‌ای از پارامترهای شرایط کار ماشین تغییر می کند.

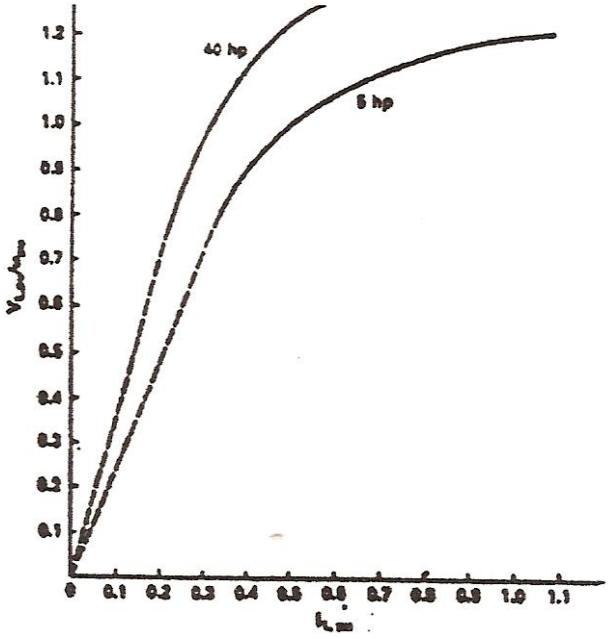
اندوکتانس نشتی L_1 و L_2 در یک ماشین خاص نباید با دما یا فرکانس یا ولتاژ تغییر کند. اما فاصله هوایی بین روتور و استاتور با دما تغییر می کند که به هر حال سبب تغییر اندوکتانس خواهد شد. کاهش فاصله هوایی سبب اندوکتانس پراکندگی می‌شود. اندوکتانس مغناطیسی L_m تابعی غیر خطی از ولتاژ کار V_L است که متناسب با تاثیرات مدار اشباع در مدار مغناطیسی است. در حقیقت بهره‌برداری پایدار از این سیستم با L_m غیرخطی ممکن نیست. تغییرات L_m بستگی شدیدی به نوع

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

فلز مورد استفاده در ژنراتور القایی دارد. L_m از منحنی مغناطیسی بی‌باری به صورت شکل (۲-۱۷) به دست می‌آید.

این منحنی‌ها اساسا شبیه منحنی‌های شکل (۲-۱۳) برای ژنراتورهای dc می‌باشند با این تفاوت که منحنی‌های فوق در مبنای پریونیت می‌باشند. منحنی‌ها تحت شرایط بی‌باری $R_L = \infty$ به دست می‌آید. بنابراین لغزش نزدیک به صفر است و جریان روتور قابل صرفنظر کردن می‌باشد. جریان مغناطیسی که از L_m جاری می‌شود خیلی نزدیک به جریان خروجی I_2 است. محور عمودی به صورت $V_L P.u / \omega P.u$ بیان می‌شود. بنابراین منحنی کار ماشین را تحت یک محدوده فرکانسی توصیف می‌کند. به اختصار باید گفت که منحنی مغناطیسی باید بر اساس ولتاژ فاصله هوایی V_A نسبت به I_1 (یا I_0) رسم شود نه ولتاژ ترمینال V_L.

منحنی V_L نسبت به I_1 را با ترسیم نقطه به نقطه و با استفاده از معادله زیر رسم کنید.



شکل (۲-۱۵) منحنی مغناطیسی بی‌باری دو ژنراتور القایی

$$V_A = V_L _ I_1(R_1 + jX_1) \qquad (۵۲-۲)$$

یسی تا اندازه‌ای تحت تاثیر استفاده از فلزات مختلف در ساخت ماشین و همچنین تکنیک‌های مختلف مونتاژ ژنراتور متفاوت است. منحنی‌های رسم شده خاص ماشین دایتون با قدرت ۵ hp به صورت موتور القایی سه فاز تحت ولتاژ خطی ۲۳۰V و جریان ۱٤/٤ آمپر و همچنین ماشین بالدور با قدرت ٤۰hp به صورت موتور القایی سه فاز و با ولتاژ خطی ٤٦۰/۲۳۰ و جریان ٤۸/۹٦ آمپر می‌باشند. پارامترهای اندازه‌گیری شده به پریونیت برای ماشین‌های فوق به صورت زیر است.

ماشین ۵hp: $L_1 = L_2 = 0.16 - R_2 = 0.045 - R_1 = 0.075 - R_m = 13$

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

ماشین ۴۰hp: $L_1 = L_2 = 0.091 - R_2 = 0.025 - R_1 = 0.05 - R_m = 21.8$

ماشین ۴۰hp با داشتن R_m بزرگتر و R_1 و R_2 کوچکتر که تلفات را کاهش می‌دهد دارای راندمان بیشتری نسبت به ماشین ۵hp ولتاژ نامی در حدود نصف جریان نامی حاصل می‌شود. وقتی جریان به ۰/۸ مقدار نامی خود برسد ولتاژ ترمینال به ۱/۱۵ مقدار نامی خود خواهد رسید. باید دقت شود که با افزایش جریان مغناطیسی امکان افزایش بیش از حد جریان وجود دارد. بنابراین جریان مغناطیسی باید در ۰/۷۵ pu محدود شود تا جریان قبولی بدون خارج شدن از مقادیر نامی ماشین برای بار فراهم شود. بدین معنی که ولتاژ نامی نباید از ۱۰٪ تا ۱۵٪ برای ژنراتور ۵ hp خود تحریک، تجاوز کند تا از گرمای بیش از حد سیم‌پیچ‌ها اجتناب شود.

در ماشین ۴۰hp وقتی جریان به حدود ۰/۳ مقدار نامی می‌رسد ولتاژ به مقدار نامی خود خواهد رسید. ولتاژ ترمینال وقتی که جریان خط به ٦٪ جریان نامی می‌رسد به حدود ۱۳۰٪ ولتاژ نامی خواهد رسید. بدین معنی که ماشین ۴۰hp در ولتاژ بالاتری نسبت به ماشین ۵hp بدون اثرات حرارتی قابل کار می‌باشد. البته حدود عایقی ماشین باید در نظر گرفته شود.

اگر دو ماشین از کارخانه‌های مختلف با کیفیت مناسب در معرض انتخاب قرار دارند، آن ماشینی که جریان مغناطیسی کمتری برای تولید ولتاژ نامی نیاز دارد باید انتخاب شود. که این انتخاب سبب می‌شود تا خازن کمتر و در نتیجه هزینه کمتری صرف شود.

اندوکتانس پریونیت L_m, pu به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L_m, pu = \frac{V_A, pu}{\omega pu.I_m, pu} \quad (۵۳-۲)$$

تخمینا در بسیاری از حالتها L_m, pu به صورت زیر است:

$$L_m, pu = \frac{V_A, pu}{\omega pu.I_m, pu} \quad (۵۴-۲)$$

منحنی تخمینی L_m, pu برای دو ماشین در شکل (۲-۱۸) آمده است.

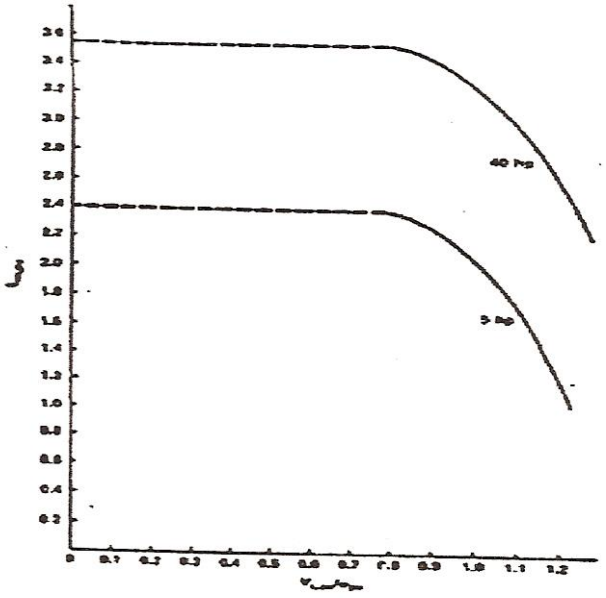
می‌بینیم که اندوکتانس برای ولتاژهای کمتر از نصف مقدار نامی ثابت است. سپس با افزایش اشباع، اندوکتانس کاهش می‌یابد. دیده می‌شود که هر گونه تجزیه و تحلیل دقیقی به علت متغییر بودن پارامترهای ماشین مشکل می‌شود. برای تجزیه و تحلیل ماشین نه تنها باید از روش حل غیرخطی استفاده کرد بلکه این روش حل نیز باید در محدوده مجاز پارامترهای ماشین انجام گیرد. این کار محاسبات بسیار دقیقی را طلب می کند که نتایج آن تا اندازه‌ای به دلیل ناکافی بودن مدل ماشین و نداشتن آگاهی کامل از مقادیر پارامترها مطمئن نیست. ما چنین تجزیه و تحلیلی را رها کرده و به بررسی نتایج یک حالت واقعی می‌پردازیم.

شکل (۲-۱۷) تغییرات ولتاژ ترمینال را نسبت به قدرت ورودی مکانیکی برای ماشین ۴۰hp که قبلا ذکر شد نشان می‌دهد. ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت خطی و یا ۱۳۲/۸ ولت فازی است. عملا ولتاژ

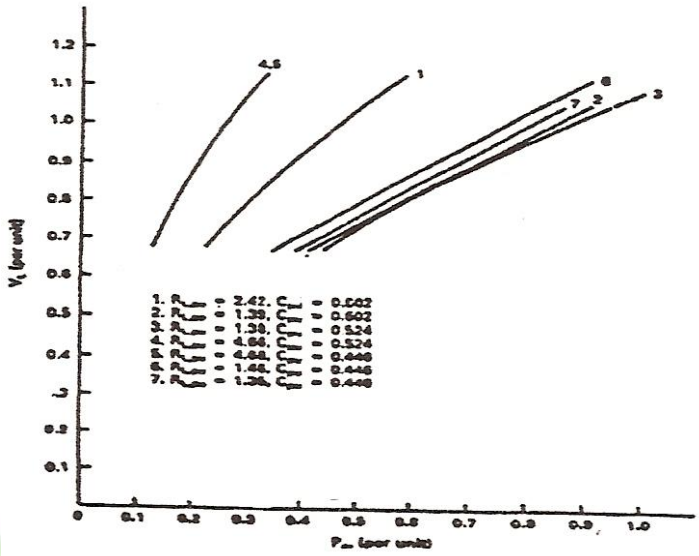
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فازی که از ۹۰ تا ۱۵۰ ولت با شرایط موجود تغییر می‌کند. مادامی که پدیده نوسان در ماشین ایجاد نشود، بار الکتریکی به ماشین وصل نمی‌شود. لحظه‌ای که ولتاژ به مقدار نامی رسید بار وصل شده و جمع‌آوری اطلاعات آنها آغاز می‌شود.

با استفاده از خازن خطی μf ۲۸۵ و سرعت‌های زیر r/min ۱۶۰۰ (فرکانس نامی ۶۰ هرتز) ولتاژ ترمینال ماشین به مقدار نامی خود نخواهد رسید. در سرعت r/ min ۱۶۰۰ ولتاژ به آرامی طی چند ثانیه



فصل ۱- شکل (۲-۱۶) اندوکتانس مغناطیسی پریونیت به صورت تابعی از ولتاژ بار



شکل (۲-۱۷) تغییرات ولتاژ خروجی نسبت به قدرت مکانیکی ورودی در مقادیر مختلفی از مقاومت بار و خازن برای ژنراتور القایی خود تحریک به قدرت ۴۰hp به مقدار نامی نزدیک می‌شود. ماشین سپس با کاهش سرعت می‌تواند به سرعت ۱۴۶۵r/min که ولتاژ نامی ۰/۷pu را نتیجه خواهد داد، برسد و تا این حدود پدیده نوسان هنوز قطع نشده است.

توان ظاهری این ماشین، برابر است با:

$$S = \sqrt{3}(230)(96) = 38240VA$$

توان اکتیو که از توان ظاهری کوچک‌تر است به صورت زیر است:

$$S = \sqrt{3}(230)(96)Cos\theta$$

توان مکانیکی ورودی مگر در اضافه بارهای گذرا از ۱pu تجاوز نمی کند.

امپدانس پایه برابر است با:

$$Z_{base} = \frac{132.8}{96} = 1.383\Omega$$

کاپاسیتانس پایه برابر است با:

$$\frac{1}{Z_{base}.\omega_{base}} = \frac{1}{1.383*377} = 1918\mu f$$

که مقدار فازی است.

به عنوان مثال یک خازن خطی μf ۳۸۵ در تجزیه و تحلیلی که انجام شد یک خازن فازی μf ۱۱۵۵= ۳×۳۸۵ μf را نتیجه خواهد داد که از نظر پریونیت برابر خواهد بود با

$$\frac{1155}{1918} - 0.602Pu$$

نقطه راه‌اندازی خوب برای یک خازن در یک ژنراتور القایی از ۵hp تا ۵۰pu، ۰/۶pu خواهد بود. تغییر ظرفیت خازن شرایط کار را تغییر خواهد داد اما پدیده نوسان در حدود تغییرات مجاز اتفاق خواهد افتاد.

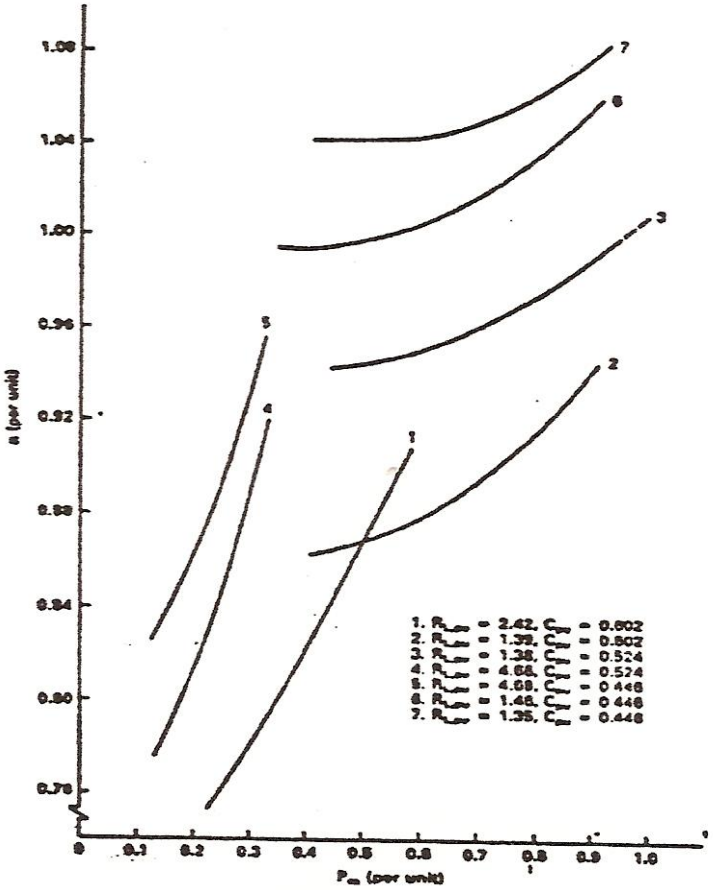
با توجه دوباره به شکل (۲-۱۷) می‌بینیم که با ایجاد بار مقاومتی ۲/۴۲pu و خازن ۰/۶۰۲pu وقتی مقدار (P_m) از ۰/۲۲ تا ۰/۵۹ pu تغییر می کنند، ولتاژ از ۰/۶۸ pu تا ۱/۱۳ pu تغییر خواهد کرد. و این تغییر تقریبا خطی است. وقتی مقاومت به ۱/۳۹pu کاهش یافته ولی میزان خازن ثابت ماند

به منحنی ۲ می‌رسیم که با همان P_m=۰/۵۹pu ولتاژ جدید به ۰/۸۱pu خواهد رسید. دیده می‌شود که در واقع تغییرات متاثر از تغییرات بار است نه تغییرات خازن.

منحنی‌های ۲ و ۳و٤ و ٥ نشان می‌دهند که تغییرات خازن مادامی که مقاومت بار اساسا ثابت نگه داشته می‌شود تغییر موثری در ولتاژ ایجاد نمی‌کند. تغییرات خازن سبب خواهد شد تا فرکانس نوسان و در نتیجه سرعت ماشین تغییر کند. ما تغییرات سرعت متناسب با P_m را در شکل (۲-۱۸) می‌بینیم. در P_m ثابت کاهش خازن سبب افزایش سرعت خواهد شد. این تغییرات در بارهای سنگین (R_L کوچک) نسبت به بارهای روشنایی بیشتر خواهد بود. سرعت برای بارهای روشنایی همان طوری که در منحنی‌های ٤ و٥ دیده می‌شود سریعتر خواهد بود.

با زیاد شدن بار سرعت کاهش خواهد یافت. در منحنی ۷ می‌بینیم که تغییر توان از ۰/٤ تا ۰/٦ تقریبا تغییری در سرعت ایجاد نکرده است که دلیل آن بار نسبتا سنگین در این حالت می‌باشد. برای این ماشین به خصوص راندمان ماشین در لغزش‌های بالا و بدون هیچ مشکل عملیاتی حدود ۹۰٪ خواهد بود. به هر حال افزایش کوچک بار سبب سرعت مشخصی خواهد شد که در مقایسه منحنی‌های ٦ و ۷ دیده می‌شود.

منحنی‌های۲و۳ و۷ نشان می‌دهند که تغییرات سرعت وقتی خازن از ۰/٤٤٦ به ۰/٦۰۲ افزایش می‌یابد روند مشخصی دارد. همچنین در می‌یابیم که مقدار خازن ۰/٥۲٤۰ کمترین مقدار مطمئن خازنی برای این ماشین است هر چند که تا مقدار ۰/٤٤٦ نیز قابلیت کار داریم.



شکل (۲-۱۸) تغییرات سرعت گردشی نسبت به قدرت ورودی برای بارهای مقاومتی و خازنی مختلف در ژنراتور القایی خود تحریک ٤۰hp

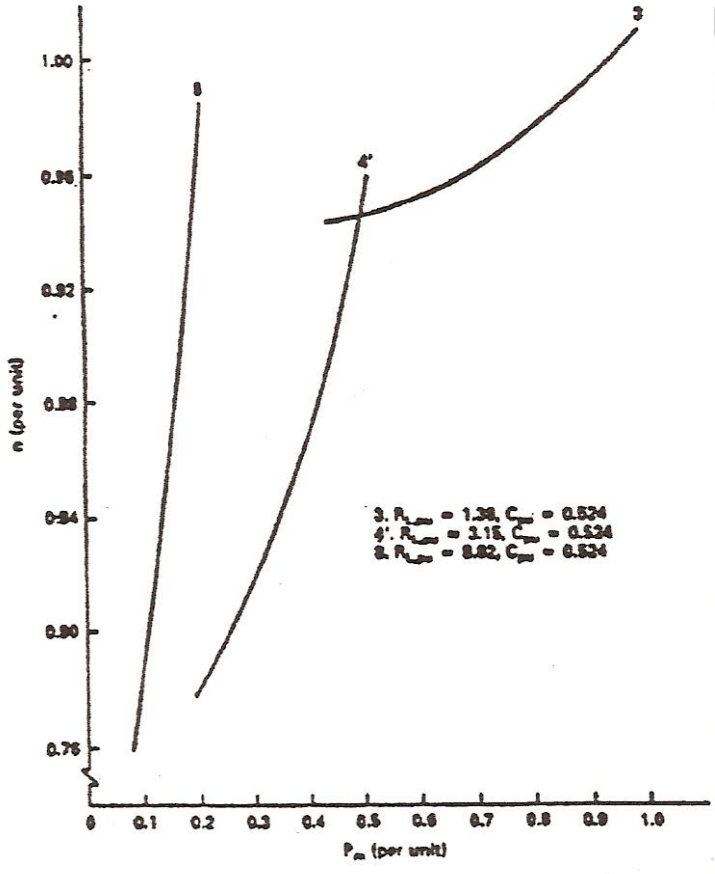
ما اکنون با توضیحات فوق می‌خواهیم استراتژی مناسبی برای تغییر بار داشته باشیم تا شرایط کار را تحت تغییرات بار حفظ نماییم. فرض می‌کنیم که قدرت مکانیکی توربین بار P_m از ۰pu تا ۱pu بتواند تغییر کند و مقدار خازن ۰/۵۲٤pu فرض شود، در P=1pu ولتاژ ۱/۰۹pu و سرعت ۱/۰۱pu را به ازای بار ۱/۳۸pu داریم. این مقادیر ماکزیمم انتخاب بهینه‌ای را برای P_Lو C ایجاد می‌کنند.وقتی قدرت ورودی به ۰/٤٤pu کاهش می‌یابد سرعت به ۰/۹٤٤ کاهش خواهد یافت. اگر قدرت ورودی بیشتر از این مقدار کاهش یابد ژنراتور القایی از ناحیه اشباع غیرخطی خارج شده و نوسان قطع می‌شود بنابراین برای جلوگیری از این حالت ما نیاز به کاهش بار یا افزایش R_L داریم.

با توجه به فاصله‌ای که بین منحنی ۳ و٤ وجود دارد ما در تغییر R_L از ۱/۳۸pu به ٤/٦٦pu مشکل داریم. گذار به مقاومت‌های بزرگتر ولتاژ را از حد می‌گذراند و گذار به مقاومت‌های کوچکتر موجب از دست رفتن نوسان خواهد شد. بنابراین ما نیاز به یک مقدار متوسط R_L داریم که منحنی مربوط به مقاومت R_L بزرگتر، منحنی مربوط به مقاومت کوچکتر را قطع کند مانند منحنی‌های ۱ و۲ که در R_L =۰/٥pu همدیگر را قطع کرده‌اند. بنابراین با توجه به این الگو ما می‌توانیم یک منحنی برای مقدار جدید R_L که منحنی ۳ را نیز در P_m=۰/٥pu قطع کند متصور شویم که این منحنی به صورت ٤ در شکل (۲-۱۹) نشان داده شده است. قابل ذکر است که این منحنی

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

مشخصات خاص خود را از نظر میزان خازن و بار خواهد داشت. اگر ما روی منحنی ٤ کار کنیم در P_m =۰/۲pu، سرعت ۰/۸pu خواهد بود.

وقتی قدرت ورودی به P_m=۰/۵pu افزایش یابد، سرعت به حدود ۰/۹۵pu افزایش خواهد یافت. سپس سرعت با شتاب کمتری در P_m =۱pu به ۰/۰۱pu افزایش می‌یابد. اگر شدت باد به اندازه‌ای افزایش یابد که قدرت بیشتری ایجاد کند گام پروانه‌ها می‌تواند تغییر کند و سیستم را از کار بیاندازد و یا سایر عوامل حفاظتی وارد عمل شوند. مقاومت برای ٤ از اشکال (۲-۱۹) و (۲-۲۰) و روابط زیر به دست می‌آید.



شکل (۲-۱۹) تغییرات شرعت گردشی نسبت به قدرت ورودی برای سه بار مقاومتی در ژنراتور القایی خود تحریک ۴۰hp

$$R_L = \frac{V_L^2}{P_e} = \frac{V_L^2}{\eta_g P_m} \qquad (۲-۵۳)$$

ما یک انتقال ایده‌آل بین توربین و ژنراتور را در نظر گرفته‌ایم که قدرت خروجی توربین برابر با ورودی ژنراتور است، اگر ما مقاومت واقعی را خواسته باشیم مجبوریم از مقادیر ولتاژ و قدرت هر فاز استفاده کرده و در سیستم پریونیت ما مستقیما از مقادیر پریونیت استفاده می

به عنوان مثال در V_L =۱pu از روی منحنی ۳ در شکل (۳-۹) P_m =۰/۸۶pu را داریم. اگر R_L=۱/۳۸pu باشد آن گاه $P_e = \frac{(I)^2}{1.38} = 0.72$ خواهد داشت.

بنابراین $\eta_g = \frac{0.72}{0.86} = 0.84$ خواهد شد که در این نوع ماشین با این اندازه مقداری منطقی می‌باشد.

اگر فرض کنیم که V_L=۱/۱۵pu و P_m=۰/۵pu و η_g =۰/۸۴ برای منحنی ۴ داریم:

$$R_L = \frac{(1.15)^2}{(0.84)(0.5)} = 3.15$$

این مقدار برای R_L تا قدرت ورودی حدود ۰/۲pu در این سیستم به کار خود ادامه خواهد داد.

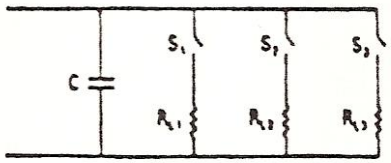
برای مقادیر کوچک‌تر P_m نیاز به افزایش R_L به یک مقدار بزرگ داریم. با روش ذکر شده این مقدار جدید قابل محاسبه است.

اگر فرض کنیم که یک نقطه روی منحنی ۸ شکل (۳-۱۱) با V_L=۱/۱۵ pu و P_m=۰/۲pu و η_g =۰/۷۵ به طور دلخواه انتخاب شود، خواهیم داشت:

$$R_L = \frac{(1.15)^2}{(0.95)(0.2)} = 8.817\,pu$$

این مقدار حدود کار را به P_m =۰/۰۸pu پایین خواهد آورد که با این توان ژنراتور به منحنی در دور نامی می گردد. احتمالا یک حالت مکانیکی گذرا در حالت سوئیچ بار ۸/۸۲pu در تغییر بار به بار ۳/۱۵pu وجود خواهد داشت. بنابراین نباید انتظار داشت که در منحنی‌های سرعت قدرت همانند ۳ و ٤ همیشه تقاطع اتفاق بیفتد.

این حالت‌های گذرا در سطوح قدرت پایین و بارهای سبک نباید به توربین یا ژنراتور آسیب برساند. ما از این بحث به مینیمم بار آرایش یافته در شکل (۲-۲۲) پی می‌بریم.



شکل (۲-۲۰) مینیمم بارهای مقاومتی و خازنی برای یک ژنراتور القایی

سوئیچ‌های S_1, S_2, S_3 می‌توانند به صورت کنترل‌های الکترومکانیکی باشند. اما برای سرعت در عملکرد باید به صورت رله‌های نیمه هادی باشند. سیستم کنترل می‌تواند فقط ولتاژ را مرجع قرار دهد. وقتی توربین از حال سکون شروع به حرکت کرد و وقتی ولتاژ به ۱pu رسید، S_1 بسته

می‌شود. وقتی ولتاژ به ۱/۱۵pu رسید و ضمنا P_m =۰/۲pu ایجاد شد، S_2 بسته خواهد شد. وقتی ولتاژ دوباره به ۱/۱۵pu رسید S_3 بسته خواهد شد. وقتی ولتاژ به زیر ۰/۷pu رسید، آخرین کلیدی که بسته بود باز می‌شود این کار به وسیله یک کنترل کننده میکروپروسسوری انجام خواهد شد.

۲-۳-۵ نتیجه‌گیری

با بررسی این فصل به این نتیجه می‌رسیم که مولدهای dc در نیروگاههای بادی کوچک به صورت مستقل قابیلت کار دارند و همچنین ژنراتورهای ac و مغناطیس دائم نیز کارایی خاص خود را دارند به این صورت که با تامین سیستم کنترل مورد نیاز، مورد بهره‌برداری قرار گیرند که هزینه خاص خود را طلب می کند.

ژنراتور القایی خود تحریک نیز مساله تامین جریان مغناطیس کننده یا جریان تحریک را دارد. اما خود ژنراتور از سادگی و استحکام خوبی برخوردار است. بنابراین با در نظر گرفتن مسایلی مانند سادگی و استحکام ژنراتور، نوع سیستم کنترل در بهره‌برداری از ژنراتور و تولید یا مصرف توان راکتیو و هزینه‌های موجود در بهره‌برداری از ژنراتور می‌توان گفت که ژنراتورهای ac و القایی در سیستم مستقل از قابلیت بهتری نسبت به سایر ژنراتورها برخوردارند.

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

فصل سوم:

انتخاب مولد بهینه

۳-۱ مقدمه

در فصول گذشته مهمترین مولدهایی که در سیستم سنکرون و آسنکرون قابلیت کار داشتندمورد بررسی قرار گرفتند که در تحلیل بررسی‌های انجام شده می‌توان مولدهایی که کارایی مطلوبی با توجه به الزامات یک نیروگاه بادی ارائه می‌نماید انتخاب نمود.

همانطور که اشاره شد، در نیروگاه بادی انرژی روند ورودی ثابتی نداشته و وابسته به تغییرات سرعت باد می‌باشد. تنظیم کردن این تغییرات به صورتی که بهترین کوپل ورودی را برای مولدهای بادی فراهم نماید با سیستم‌هایی نظیر تغییر گام پره، سیستم جعبه دنده و... انجام می‌گیرد. بعضی از مولدها این تغییرات را به طریق دیگر جبران می‌کنند مانند مولد dc که با استفاده از مجموعه باتری واینورتر قدرت ac را تولید می‌کنند.

بنابراین برای اینکه بتوان در تغییرات سرعت باد قدرت مطلوبی را به عنوان خروجی نیروگاه فراهم آورد باید سیستم‌ها را نیز به مولد ضمیمه نمود که هر چه اجزای این سیستم افزایش یابد فاکتور هزینه، ضریب بزرگتری خواهد یافت. بنابراین مولدی که به تغییرات سرعت ورودی و تنش‌های ناشی از آن حساس‌تر باشد هزینه بیشتری را به سیستم تحمیل خواهد نمود. بنابراین در انتخاب بهینه مولد نیروگاه بادی باید به نکات زیر توجه داشت:

۱- مولد ضمن سادگی باید در مقابل تنش‌های الکتریکی و مکانیکی مقاوم باشد.

۲- در محدوده‌ی وسیعتری از تغییرات قابلیت کار داشته باشد.

۳- بیشترین حد کنترل (کنترل ولتاژ و فرکانس) به عنوان قابلیتی در خود مولد وجود داشته باشد.

WikiPower.ir

۴- سیستم‌های کنترل مربوطه حداقل بوده و در صورت وجود از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشند.

۵- کمترین حفاظت و نگهداری را طلب کند (با توجه به نصب مولد در ارتفاع زیاد)

با توجه به موارد فوق به بررسی اجمالی مطالب فصل‌های قبل خواهیم پرداخت.

در سیستم سنکرون، ژنراتورهای سنکرون و القایی مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به بحث‌های انجام شده نتایج نسبتا قابل قبولی از کار این مولدها در سیستم سنکرون حاصل شد. در سیستم آسنکرون مولد dc به دلیل وجود جاروبک و کموتاتور در آن که ژنراتور را آسیب‌پذیر نموده و مسایلی مانند حفاظت و نگهداری را به وجود می‌آورد و همچنین مشخصه dc آن که وجود مجموع باطری و سپس سیستم اینورتری را در تولید توان ac الزامی می‌سازد این مولد را جز در مصارف dc و آن هم در توان‌های کم توجیه نمی‌کند. ژنراتورهای مغناطیسی دائم با توجه به این عیب که فلوی قدرت راکتیو ژنراتور PM متصل به شبکه قابل تنظیم نیست آن را مساله‌دار می‌کند.

این نوع ژنراتورها در سیستم آسنکرون برای کار توربین‌های بادی کوچک طراحی می‌گردند. بارهای تحمیلی به این نوع ژنراتور با توجه به خاصیت ذکر شده نمی‌تواند از نوع راکتیو باشد. بنابراین بارهای موجود به صورت المان‌های حرارتی که در گرم کردن آب و محیط مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌باشد.

با توجه به بحث‌های انجام شده در مورد ژنراتورهای ac (سنکرون) و ژنراتورهای القایی این نوع ژنراتورها توانایی پاسخگویی به مشخصه‌های نیروگاه بادی را تا حدود زیادی دارند و مسائل

موجود در آنها به حدی نیست که استفاده از آنها را ناممکن می‌سازد بلکه باید با بررسی جزئی‌تر انتخاب نهایی را از میان مولدهای فوق انجام داد.

۳-۲ مقایسه کاربرد ژنراتورهای القایی و سنکرون در نیروگاه‌های بادی

با توجه به این که سرعت باد در اوقات مختلف متفاوت می‌باشد می‌توان از ژنراتورهای القایی که قادرند در محدوده‌ی بیشتری از تغییرات سرعت روتور، توان مکانیکی را به توان الکتریکی تبدیل نمایند استفاده نمود. این ژنراتورها به دلیل داشتن سیستم تحریک، تعمیر و نگهداری ساده‌تر و همچنین تجهیزات اندازه‌گیری و حفاظتی کمتر و... دارای مزایایی نسبت به ژنراتورهای سنکرون می‌باشند. لیکن دارای این عیب هستند که به ازای تولید برق توان راکتیو جذب می‌کنند و در صورت وصل به شبکه توان راکتیوی به سایر ژنراتورهای سنکرون تحمیل می‌کنند. بدین منظور استفاده از این ژنراتورها فقط برای قدرت‌های پایین، حداکثر تا ۵ مگاوات قابل توجیه می‌باشد.

با استفاده از مدل درجه پنجم ماشین القایی که یکی از دقیق گذرای ماشین القایی است نشان داده می‌شود در صورت بروز اتصال کوتاه در شبکه، ژنراتور القایی به عنوان یک منبع تولید جریان اتصال کوتاه عمل ننموده و فقط یک رفتار گذرا دارد و تحریک آن خود به خود قطع گشته و جریان به صورت سینوسی نمایی سریعا میرا می‌گردد.

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

در صورتی که این ژنراتورها به شبکه متصل نشده باشند و به صورت خود تحریک با استفاده از بانک‌های خازنی تحریک گردند ولتاژ و فرکانس آنها با تغییرات بار، ظرفیت خازنی و توان مکانیکی ورودی تغییر نموده و یک مقدار ثابتی نمی‌باشد.

۳-۲-۱ مقایسه بعضی مشخصات ژنراتور سنکرون و آسنکرون

هر دو نوع ژنراتور سنکرون و آسنکرون در نیروگاه بادی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. قبل از انتخاب نوع ژنراتور، مطالعه عملکرد ژنراتور و وضعیت شبکه قدرت الکتریکی که ژنراتور به آن وصل خواهد شد ضروری است.

بعضی از مشخصات هر کدام از ژنراتورها در مقایسه با هم در زیر آمده است. لازم به توضیح است که در مقایسه موردنظر ژنراتور آسنکرون در حالتی که به شبکه سراسری وصل می‌شود مدنظر است.

از نظر ظرفیت:

ژنراتور سنکرون برای ظرفیت‌های بزرگ مناسب بوده و ژنراتور آسنکرون به علت مصرف زیاد قدرت راکتیو برای ظرفیت‌های کوچک مناسب می‌باشد.

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

از نظر سرعت:

هر چند ساختن ژنراتور سنکرون با ظرفیت بزرگ و سرعت بالا مشکل است ولی مسایل دیگری که ناشی از سرعت باشد ندارد. در مورد ژنراتورهای آسنکرون سرعت پایین باعث کاهش تحریک و در نتیجه ضریب قدرت پایین خواهد شد.

WikiPower.ir

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

از نظر تحریک:

برای تحریک به سیم‌پیچ‌های میدان تحریک نیاز دارد در صورتی که ژنراتور آسنکرون به سیم‌پیچ تحریک نیازی ندارد و جریان تحریک سیم‌پیچهای آرمیچر از شبکه قدرت تامین می‌شوند.

بهره‌برداری مستقل:

بهره‌برداری مستقل در مورد ژنراتور سنکرون ممکن بوده و در مورد ژنراتور آسنکرون بدون این که جریان تحریکی از شبکه قدرت تغذیه شود نمی‌توان قدرت تولید کرد.

WikiPower.ir

تنظیم ولتاژ:

ولتاژ تولید شده ترمینال‌های ژنراتور سنکرون را می‌توان تنظیم نمود. اما در ژنراتور آسنکرون ولتاژ همیشه در همان سطح سیستم قدرت باقی می‌ماند.

کنترل ضریب قدرت:

در ژنراتور آسنکرون ضریب قدرت‌های پیش فاز و پس فاز را میتوان تنظیم کرد. توان راکتیو را نیز می‌توان تنظیم نمود. ژنراتور آسنکرون فقط با ضریب قدرت پس فاز کار می‌کند و برای اصلاح ضریب قدرت وجود یک کندانسور ضروری است.

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

موازی کردن با شبکه قدرت الکتریکی:

در مورد ژنراتور سنکرون کنترل پیچیده است و برای موازی کردن احتیاج به تنظیم ولتاژ و فرکانس و فاز می‌باشد و در مورد ژنراتور آسنکرون کنترل آسانتر می‌باشد. بخاطر اینکه موازی کردن صرفا در حدود سرعت سنکرون انجام می‌شود.

ضربه در برخورد با شبکه قدرت الکتریکی در هنگام موازی کردن:

برای ژنراتور سنکرون تقیربا به هیچ وجه وجود ندارد اما ژنراتور آسنکرون به علت عدم تولید ولتاژ قبل از اتصال به شبکه همزمان به وصل به شبکه جریان‌های اضافی در آن جاری می‌شود ودراین هنگام لازم است بطور کامل اثر افت در شبکه در نظر گرفته شود.

از نظر ساختمان روتو:

ساختمان روتو ژنراتورهای سنکرون به علت احتیاج به اکسایتر و قطب میدان پیچیده می‌باشد و در ژنراتورهای آسنکرون بخاطر قفسی بودن ساده و محکم می‌باشد.

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

نگهداری و تعمیرات:

در مولد سنکرون برای تجهیزات میدان تحریک و سیستم کنترل نگهداری و تعمیرات اضافه‌تری

در مورد آسنکرون نگهداری و تعمیرات بخاطر ساختمان ساده و نداشتن اکسایتر می‌باشد.

هزینه:

ژنراتور سنکرون بالاتر از ژنراتور آسنکرون می‌باشد البته نکته حائز اهمیت این است که

ماشینهای آسنکرون سرعت پایین، گران هستند.

WikiPower.ir

ضریب قدرت:

ضریب قدرت استاندارد برای ژنراتور سنکرون ۹۰٪ پیش فاز می‌باشد و برای ژنراتور القایی

اصولا بوسیله بار تعیین می‌شود و در توان خروجی نامی تقریبا ۷۵٪ تا ۹۰٪ پس فاز می‌باشد.

۳-۳ برآورد هزینه مولد آسنکرون در مقایسه با مولد سنکرون:

استفاده از ژنراتورهای القایی در کاهش هزینه تجهیزات مکانیکی و الکتریکی یک نیروگاه موثر

است. گاورنر و سیستم تحریک حذف می‌شود، ژنراتور ساده و ارزان‌تر است و کنترل کننده‌های

الکتریکی کاهش می‌یابند، برای برآورد مقدار کاهش هزینه‌ها ابتدا هزینه جزء به جزء هز یک از

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

دستگاه‌ها محاسبه شده و درصد قیمت آنها نسبت به کل هزینه معلوم می‌گردد. با میانگین گرفتن از سه نیروگاه که اطلاعات هزینه‌ای آنها در اختیار می‌باشد حد متوسط این کاهش هزینه بدست می‌آید.

(در این نیروگاه‌ها ژنراتور سنکرون به کار رفته است) جدول (۳-۱) قیمت تجهیزات و درصد قیمت آنرا نسبت به تجهیزات مکانیکی و الکتریکی نشان می‌دهد. ستون مربوط به ظرفیت مربوط به کل تولید نیروگاه به کیلو وات بوده و نیروگاه‌های ۱ و ۲ دارای سه واحد ۲۵۰ کیلو واتی و نیروگاه ۳ دارای یک واحد ۱۲۵ کیلوواتی می‌باشد. حال با توجه به کاهش هزینه‌ای که ناشی از حذف قسمت گاورنر و تحریک در استفاده از ژنراتور آسنکرون حاصل می‌آید میزان صرفه‌جویی اقتصادی تقریبی را بدست خواهیم آورد.

WikiPower.ir

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

	نیروگاه ۱	نیروگاه ۲	نیروگاه ۳	متوسط
قیمت گاورنر	۱۲۰۰۰	۱۱۵۰۰	۷۰۰۰	
درصد قیمت	٤/٥	٥/٢	٨/١	٥/٩
قیمت ژنراتور	٦٠٠٠٠	٦٨٢٠٠	١٩٠٠٠	
درصد قیمت	٢٢/٥	٣٠/٩	٢٢/١	٢٥/٢
قیمت توربین	٧٠٠٠	٩١٦٠٠	٢١٠٠٠	
درصد قیمت	٢٦/٥	٤١/٥	٣٤/٤	٣٠/٨
قیمت تحریک	١٣٠٠٠	٢٤٥٠٠	١٥٠٠	
درصد قیمت	٤/٩	١١/١	١/٧	٥/٩
کل قیمت واحد	٢٦٦٧٠٠	٢٢٠٥٥٠	٨٦٠٠٠	
ظرفیت	٧٥٠	٧٥٠	١٢٥	
قیمت کیلو وات	٣٥٦	٢٤٩	٦٨٨	٤٤٦
تعداد واحد	٣×٢٥٠	٣×٢٥٠	١×١٢٥	

WikiPower.ir

جدول (۳-۱): قیمت تجهیزات به عنوان درصدی از کل قیمت نیروگاه (قیمت‌های جدول به واحد می‌باشد).

حال کاهش درصد قیمت را بصورت زیر بیان می کنیم. با توجه به این که خود ژنراتور آسنکرون نیز از نظر قیمت (۰/۵– ۰/۳) قیمت ژنراتور سنکرون را دارد. اگر این عامل را ما نیز ۰/۳ در نظر بگیریم درصد کاهش قیمت تجهیزات در استفاده از ژنراتور القایی بصورت زیر خواهد بود.

درصد کاهش قیمت ژنراتور + درصد کاهش قیمت تحریک + درصد کاهش قیمت گاورنر= درصد کاهش قیمت

درصد کاهش قیمت = ۵/۹+ ۵/۹ + (۲۵/۲×۰/۳) = ۱۹/۳۶ -۱-۱-۱-۱

از طرفی هزینه تجهیزات در نیروگاه ۴۰٪ – ۲۰٪ کل هزینه نیرگاه می‌باشد. اگر ما این عامل را۳۰٪ درنظر بگیریم،درصد کاهش قیمت درکل نیروگاه بصورت زیر قابل محاسبه است:

درصد کاهش قیمت در کل نیروگاه =۱۹/۳۶ × ٪۳۰ = ٪۵/۸۸

بنابراین یک نیروگاه بادی با ژنراتور آسنکرون حدودا ۵/۸۸٪ارزان‌تر از نیروگاه مشابه با ژنراتورهای سنکرون خواهد بود. به مقدار فوق کاهش هزینه نگهداری همچنین هزینه نیروی

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

انسانی متخصص و بهره‌بردار و همچنین هزینه کنترل کننده‌ها و تعویض قطعات نیز باید اضافه شود که مقدار قابل توجهی خواهد بود.

۴-۳ مروری بر مطالعات مربوط به کاربرد ژنرتورهای القایی و سنکرون

از بین روشهای مختلفی که تا کنون برای استفاده از ژنراتورهای القایی و سنکرون در نیروگاههای بادی به کار رفته است چند مورد انتخاب شده که بشرح ذیل ارائه می‌شود.

روش اول: استفاده از ژنراتورهای القایی قفس سنجابی با تحریک خازنی در نیروگاه بادی قابلیت خوبی ایجاد می کند. این ژنراتورها، ارزان، محکم، ساده و بطور فراوان قابل دسترسی بوده و بدلیل نداشتن رینگ، جاروبک، کموتاتور، باطری، اینورتر و ... تعمیر و نگهداری خیلی ساده‌ای دارند. لیکن استفاده از این ژنراتورها بصورت SEIG بدلیل فقدان سیستم کنترل مناسب و ارزان چندان مورد استفاده قرار نگرفته است.

اتصال ژنراتورها; های ضعیف مشکل و خطرناک است. بخصوص زمانیکه به انتهای یک خط طویل و ضعیف متصل گردد. بدین ترتیب توصیه می گردد در نقاط دور از شبکه و مناطق روستایی دورا فتاده از ژنراتورهای القایی خود تحریک (SEIG) با سیستم کنترل مناسب استفاده شود و در صورت کشیده شدن خط انتقال به آن مناطق و یا قوی شدن شبکه آسانی می‌توان نیروگاه را به شبکه متصل نمود و به صورت GCIG (متصل به شبکه)مورداستفاده قرارگیرد

ودرصورت هرگونه عیب در خط انتقال، نیروگاه را با استفاده از یک کلید به سادگی میتوان به وضعیت SEIG درآورد.

روش دوم: با توجه به اینکه ژنراتورهای القایی و سنکرون بر اساس استاندارد از لحاظ مکانیکی به گونه‌ای طراحی می‌گردند که تقریبا تا سه برابر سرعت نامی را می‌توانند تحمل نمایند، بدین ترتیب ژنراتورهای القایی و سنکرون را میتوان از این نقطه نظر با هر نوع توربین کوپل نمود. لیکن انتخاب یک ژنراتور مناسب برای نیروگاه‌های بادی تابع شرایط کاری مختلف و عوامل متعددی می‌باشد. بطوریکه مقایسه بین این دو ژنراتور کمک قابل توجهی به طراح جهت انتخاب نوع ژنراتور می‌نمایند.

ژنراتور القایی بدلیل این که قادر به تولید جریان تحریک نمی‌باشد بدین ترتیب هیچ‌گونه نقشی در تنظیم ولتاژ شبکه نمی‌تواند داشته باشد و تنظیم ولتاژ خروجی این ژنراتورها همواره توسط ژنراتورهای سنکرونی که با آن بطور موازی کار می‌کنند، انجام می‌گیرد. این روش استفاده از ژنراتورهای القایی و سنکرون را تحت شرایط کاری مختلف بصورت جدول زیر ارائه داده است.

a- تحت ورودی ثابت

c- تحت ولتاژ ثابت و بار متغیر

b- تحت ورودی متغیر d - تحت بار متغیر و تولید توان راکتیو

نوع ژنراتور		GCIG					SEIG			
		a	b	c	d		a	b	c	d
القایی	بسیار عالی	*								
	خیلی مناسب	*	*							
	مناسب		*					*		
	نامناسب			*	*			*	*	*
سنکرون	مناسب	*	*	*	*		*	*	*	*

چنانکه جدول (۳-۲) نشان می دهد ژنراتور سنکرون قابلیت انعطاف مناسبی دارد لیکن تحت شرایطی ژنراتورهای القایی برتری دارند.

روش سوم: استفاده از ژنراتورهای القایی متاثر از دو عامل فنی و اقتصادی می‌باشد. مطالعات در این زمینه نشان داده است که از ژنراتورهای القایی میتوان به صورت مستقل (SEIG) و وصل به شبکه (GCIG) استفاده کرده و از نظر فنی مشکل حادی نخواهیم داشت. به طوری که تحلیل بر روی سیستم‌های (GCIG) با استفاده از مدار معادل معمولی ماشین القایی کاملا روشن است، آزمایشات در این زمینه نشان داده که استفاده از یک خازن که قدرت آن Kvar ۰/۳۵ pu باشد. باعث افزایش ضریب قدرت به حدود ۹۵٪ می‌شود و این عامل افزایش راندمان و کاهش تلفات

را نیز به دنبال خواهد داشت و همچنین تحلیل بر روی سیستمها SEIG نیز علیرغم مسائل اشباع بررسی است.

استفاده از موتورهای القایی معمولی به عنوان ژنراتور، یکی دیگر از مواردی است که در این روش مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج حاصل دلالت بر عملکرد صحیح موتورهای القایی بعنوان ژنراتور در قدرتهای کم دارد.

استفاده از موتورهای القایی به عنوان ژنراتور در سیستمهای GCIG کاملا اقتصادی و مقرون به صرفه است و در سیستم SEIG با بررسی اقتصادی معادله ذیل می توان از این سیستم استفاده نمود.

قیمت SEIG= قیمت ژنراتور آسنکرون+ خازن+ سیستم کنترل

WikiPower.ir

۳-۵ نتیجه‌گیری کلی با ارائه یک جدول

با توجه به بحث‌هایی که در این فصل انجام شد تا حدود زیادی به انتخاب مولد بهینه نزدیک شدیم. اکنون با ارائه یک جدول شمای کلی مقایسه‌های انجام شده را به تصویر می کشیم.

با مطالعه این جدول میتوان به این نتیجه رسید که اگرچه ژنراتور سنکرون تجربه خوبی در کاربردهای تولید انرژی از خود نشان داده است، اما ژنراتور آسنکرون با قیمت کم و قابلیت

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

اطمینان بالا علی رغم مسایل موجود در جدول (۳-۳) انتخاب خوبی برای کار در نیروگاه بادی است.

WikiPower.ir

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

نوع ماشین	جریان مستقیم	سنکرون	آسنکرون
قیمت	زیاد (۲-۱/۵)	متوسط (۱)	کم (۰/۵- ۰/۳)
قابلین اطمینان	کم	متوسط	زیاد
پایداری	مشکلی ندارد	تلفات پایداری و سنکرونیزم	تلفات پایداری
سنکرونیزم	مشکلی ندارد	نیاز به سیستم سنکرونیزاسیون دارد	حالت گذرای کلیدزنی دارد
کار موتوری	با مبدل DC/AC انجام پذیر است	فقط اگر سیم پیچ‌های میرا کننده داشته باشد امکانپذیر است	نیاز ب سیستم‌های راه‌اندازی دارد
توان راکتیو	با اینورتر جذب می کند	هم میتواند تولید و هم مصرف کند	فقط میتواند مصرف کند
هارمونیک زایی	با اینورتر دارد	فقط با مبدل AC/DC/AC دارد	فقط اگر از مبدل‌های الکترونیکی استفاده شود دارد
سرعت متغیر	مشکلی ندارد	فقط با AC/DC/AC امکان پذیر است	فقط با مبدلهای الکترونیکی امکان پذیر است
تغذیه بار مستقل	با اینورتر کموتاسیون خود به خود امکان پذیر است.	مشکلی ندارد	با خازنهای خود تحریک امکان‌پذیر است
افزایش قدرت اتصال کوتاه	با اینورتر محدود می‌شود.	فقط با مبدل AC/DC/AC قابل ملاحظه است.	بدون مبدل AC/DC/AC قابل ملاحظه است

(جدول ۳-۳)

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

فصل چهارم

روش‌های کنترل دور توربین بادی

WikiPower.ir

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

در این بخش به بررسی روش‌های کنترل نیروگاه بادی می‌پردازیم کنترل توربین بادی به روشهای مکانیکی و الکتریکی ممکن می گردد. کنترل الکتریکی اصولا به منظور کنترل اتوماتیک نیروگاه به کار برده می‌شود و امروزه کنترل توسط میکروپروسسور انجام می‌شود کنترل مکانیکی در نیروگاه بادی روشهای کنترل سرعت پره‌ها می باشند که بر اساس ابعاد نیروگاه و با توجه به کاربرد آن از روشهای گوناگون موجود استفاده می‌شود که در بخش زیر به بررسی عمده ترین سیستمهای کنترل سرعت می‌پردازیم.

سیستمهای کنترل دور:

در بسیاری از موارد نیاز است که با وجود تغییر سرعت باد سرعت چرخش توربین ثابت بماند بدین منظور کنترل کننده سرعت بکار گرفته می‌شود همچنین برای کنترل محدوده توان خروجی و نیز کاهش نیروی اعمال شده روی پره‌ها هنگامیکه سرعت باد بیش از حد مطلوب است این شوند، این سیستمها بکار گرفته می‌شوند سیستمهای کنترل مکانیکی دور

در دو بخش کلی دسته‌بندی می‌شوند

۱- کنترل دور توربین با پره گام ثابت
۲- کنترل دور توربین با پره گام متغیر

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

مدلهای گوناگونی بر اساس این سیستمها ساخته شده است که اینک به بررسی هر یک

می‌پردازیم.

(۴-۱) کنترل دور توربین با پره گام ثابت

(۱-٤-۱) بکارگیری دنباله

WikiPower.ir

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

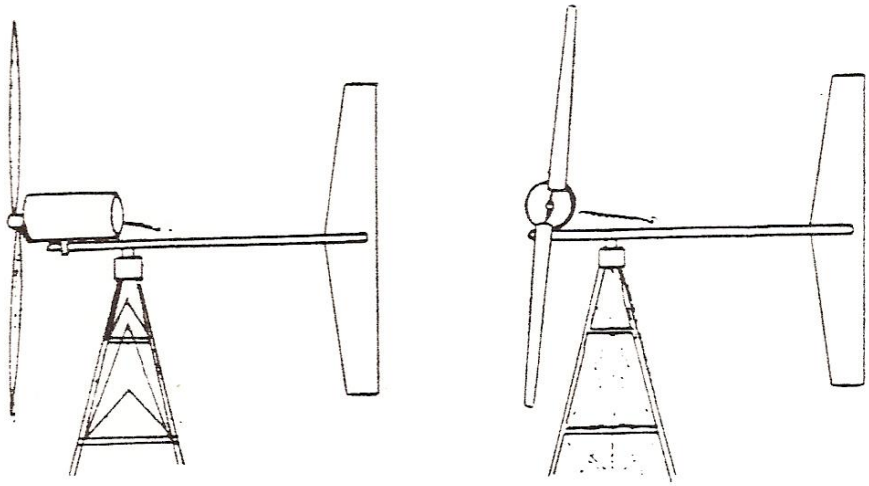
الف: بکارگیری دنباله لولایی با چرخش توربین حول محور قائم

برای جلوگیری از افزایش سرعت دورانی توربین بر اثر افزایش سرعت باد، با چرخش محور توربین مقدار هوای برخوردی به روتو کاهش می‌یابد اگر S سطح جاروب شده به وسیله پره‌ها باشد و A زاویه بین امتداد وزش باد و محور چرخ باشد، سطحی از صفحه چرخش که در مقابل باد قرار می گیرد برابر خواهد بود با S.cosa چنانچه سرعت باد همچنان افزایش یابد شافت توربین ۹۰ درجه حول محور قائم خود دوران می کند تا پره‌ها از چرخش بایستد.

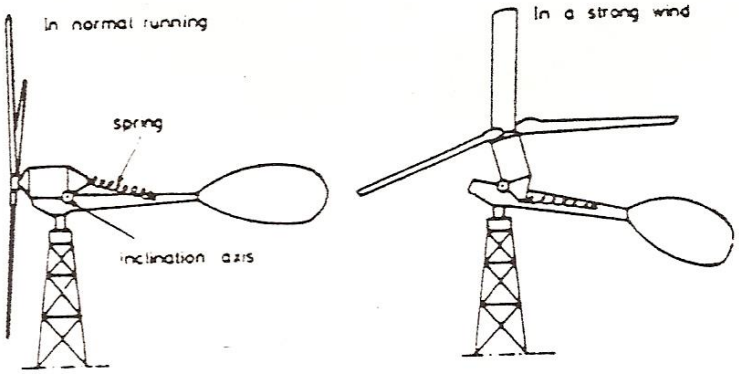
ب: به کارگیری دنباله لولایی با چرخش توربین حول محور افقی

در این سیستم توربین توانایی دوران حول محور افقی، عمود بر شافت خود را تا ۹۰ درجه دارد. چنانچه سرعت باد از حد مجاز فراتر رود، صفحه گردش پره‌ها، حول محور افقی دوران کرده و از مواجهه با باد دور می‌شود در این صورت روتور در وضعیتی قرار می گیرد که جمع گشتاورهای ناشی از نیروهای آیرودینامیکی، کشش فنر و وزن روتور حول محور دوران صفر باشد. این سیستم برای توربینهای بادی مولد الکتریسیته که قطر آنها تا چهار متر است، منحصرا مورد استفاده قرار می گیرد.

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



سیستم کنترل سرعت با دوران توربین حول محور قائم



سیستم کنترل سرعت با دوران توربین حول محور افقی

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

ج: به کارگیری دنباله ثابت و ترمز آیرودینامیکی

این سیستم به روشهای گوناگونی به کار گرفته می‌شود که به شرح رایج‌ترین آنها

می‌پردازیم:

۱- سیستم شارژ باد

این سیستم دارای دو صفحه منحنی شکل لولا شده به دو بازوی جدای از هم می‌باشند که به بوشی

عمود بر پره اصلی جوش شده است در صورتی که سرعت از حد مجاز بیشتر شود، نیروی گریز

از مرکز سبب می‌شود که دو صفحه منحنی شکل از حالت عادی خارج شده و موجب ایجاد

نیروی پسا و مقاومت در برابر چرخش پره می‌گردد و در نتیجه گشتاور ترمزی بر پره وارد

می‌گردد.

WikiPower.ir

۲- سیستم پاریس- رون

این سیستم از دو پره کمکی که به صورت عمود بر امتداد پره‌های اصلی به بوش متصل شده‌اند،

استفاده می‌کند هنگامی که سرعت باد افزایش یابد دور پره ز از مرکز

بر نیروی فنر غلبه می‌نماید و پره کمکی به طرف بیرون کشیده می‌شود و چون هر یک از آنها

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

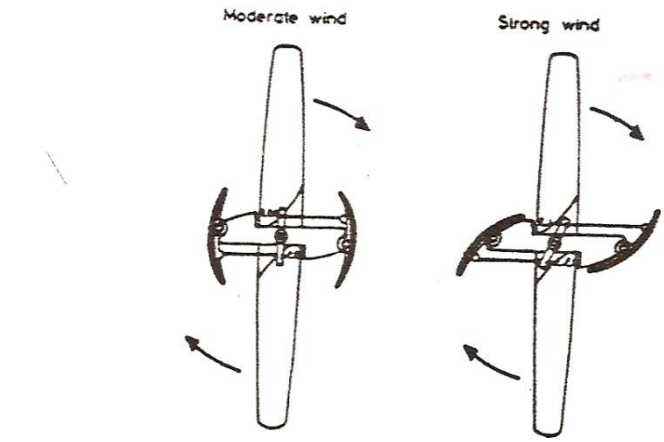
دارای زائده‌ای می‌باشند که باید درون شیار مارپیچی حرکت کند، لذا در حین دور شدن، حول محور خود نیز دوران یافته و زاویه گام افزایش می‌یابد همین امر سبب اعمال گشتاور ترمزی روی پره‌ها می‌شود.

۳- کنترل آیرودینامو- ونتیموتور

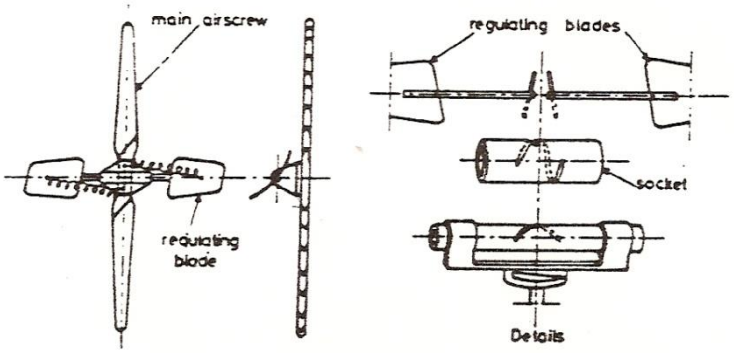
این سیستم شامل دو پره با گام متغییر می‌باشد که عمود بر پره اصلی به آن لولا شده‌اند، چنانچه روتور شتاب گیرد، این دو پره تحت نیروی گریز از مرکز حول لولا دوران نموده و نیروی مقاومتی ناشی از پسا را روی پره‌ها اعمال می‌نماید.

WikiPower.ir

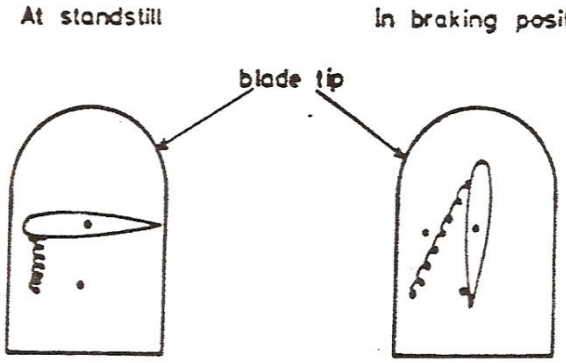
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



سیستم کنترل دور با ترمز گریز از مرکز (شارژ باد)



سیستم کنترل دور با ترمز گریز از مرکز (پاریس - رون)



تنظیم کننده سرعت آئرودینامو -وتیمو توز

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

(۲-۴-۱) کنترل دور فلاپی

کنترل دور توربینهای دانمارکی اغلب با روش Flapping (چرخاندن بالک) انجام می گردد

بالک قسمتی از نوک پره توربین است که تقریبا ۰/۱ مساحت کل پره را داراست و طوری طراحی

می‌شود که بتواند حول یک محور شعاعی دوران کند.

در حالت عادی که دور توربین از حد مجاز کمتر است، این بالکها در راستای قسمت ثابت پروفیل

پره قرار دارد اما با افزایش دور توربین از حد مجاز بالکها حول محور شعاعی به تدریج دوران

نموده و نیروی ترمزی روی پره‌ها اعمال می کند.

WikiPower.ir

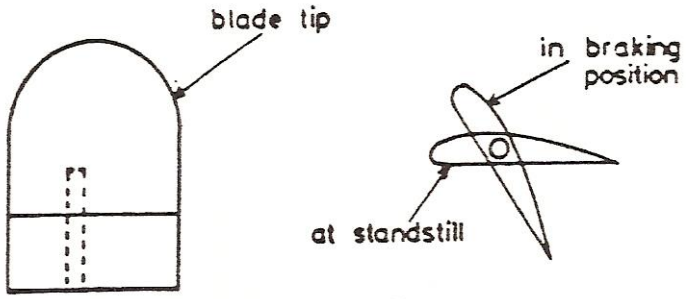
(۳-٤-۱) به کارگیری مسطح کننده (Flatners)

روش تغییر شکل بالک متحرک (Flap) شبیه به سیستم دانمارکی است که در بالا توضیح داده

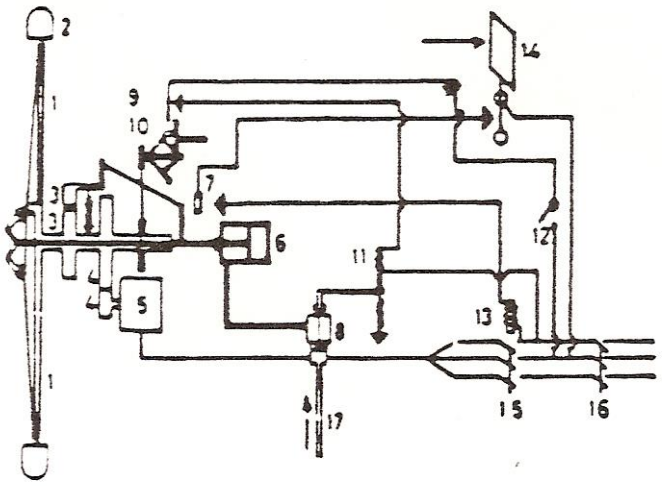
شده فقط طول قسمت متحرک پره یا تیغه متحرک و یا بالک متحرک (Flap) از نوع دانمارکی

آن بیشتر است (تقریبا۲/۵ برابر طول کلی پره است).

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

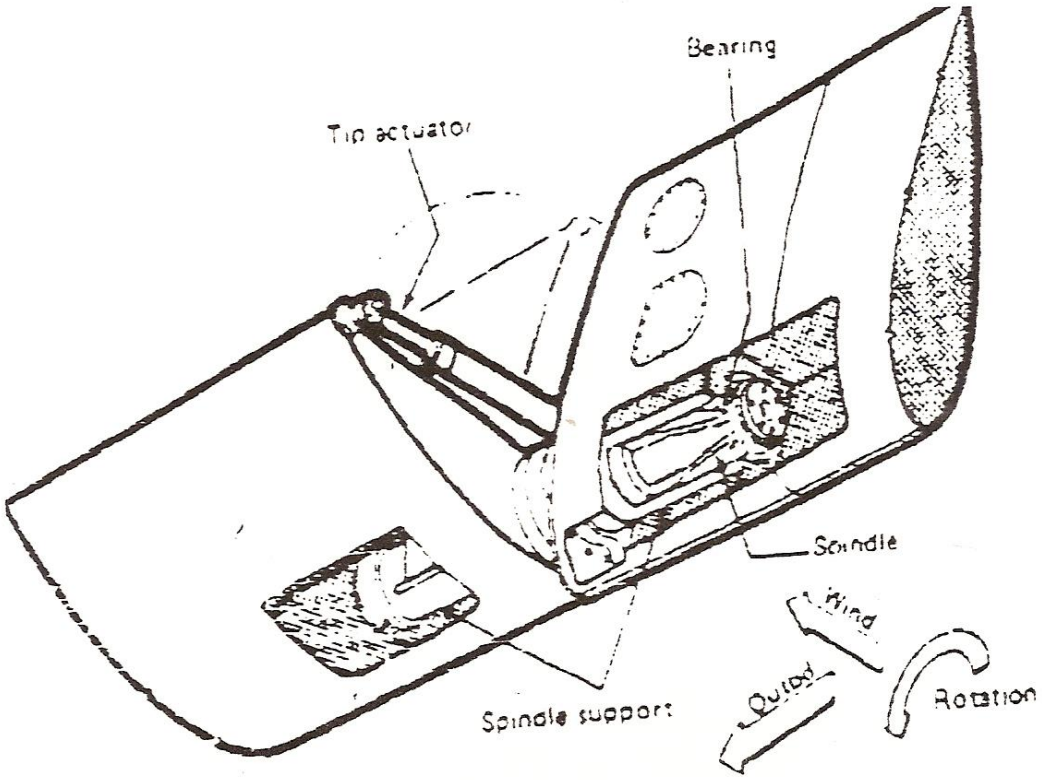


سیستم تنظیم کننده دانمارکی (فلاپی)

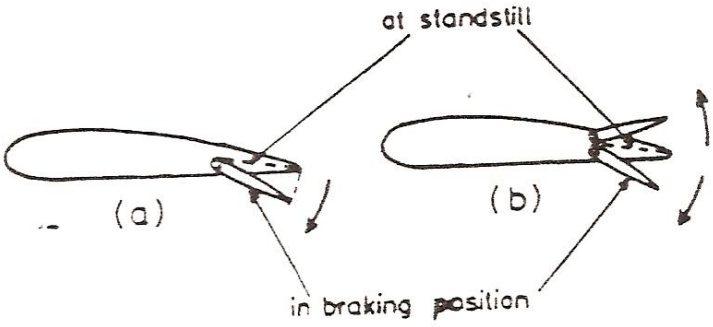


مکانیزم عملکرد سیستم کنترل دور بالک متحرک (فلاپی)

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



نمونه ای از مکانیزم کنترل دور بروش فلاپی - توربین MOD-2 ساخت NASA



سیستم استفاده کننده از سطح کننده (Flettner)

کنترل دور با تغییر زاویه گام تیغه‌ها (Pitch Control)

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

یکی از روشهای کنترل دور توربینهای بادی با تغییر زاویهٔ استقرار (زاویه گام) تیغه‌ها انجام می‌شود. تغییر زاویه استقرار باعث خواهد شد که همیشه پره توربین در جهت باد قرار گیرد و در زمان طوفان و یا سرعت شدید باد با تغییر این زاویه بتوان پره‌ها را از مسیر باد خارج نمود. در ماشینهای بادی گام متغیر دارای انعطاف بیشتری نسبت به مکانیزمهای دیگر هستند و از این روش در توربینهای بادی و (به خصوص توربینهای بزرگ) استفاده می‌شود. برای تغییر جهت پره و قرار دادن آن در مقابل باد از روشهای مختلفی استفاده می‌شود که به شرح هر یک می‌پردازیم.

الف- کنترل ژاکوب

در مکانیزم فوق، چنانچه سرعت توربین از حد مجاز فراتر رود، نیروی گریز از مرکز روی وزنه‌ای که دوران می‌کند، اثر کرده و سبب دور شدن وزنه، چرخش صفحه شیاردار و به دلیل درگیر بودن صفحه فوق با دنده‌های متصل به محور پرها، موجب چرخش پره حول محورش و در نتیجه تغییر گام پره می‌گردد.

ب- کنترل دور روسی

در حالتی که سرعت از حد مجاز فراتر رود، وزنه‌هایی که به پره‌ها متصل شده‌اند، تحت نیروی گریز از مرکز از محور چرخش توربین دور شده و موجب تغییر زاویه گام پره‌ها می‌شوند. با

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

افزایش زاویه گام سرعت چرخش کاهش می‌یابد. حالت تعادل وقتی پیش می‌آید که همان نیروی

گریز از مرکز وزنه‌ها با همان مقاومت نیروی فنر و نیروی بر روی پره‌ها مساوی شود.

WikiPower.ir

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

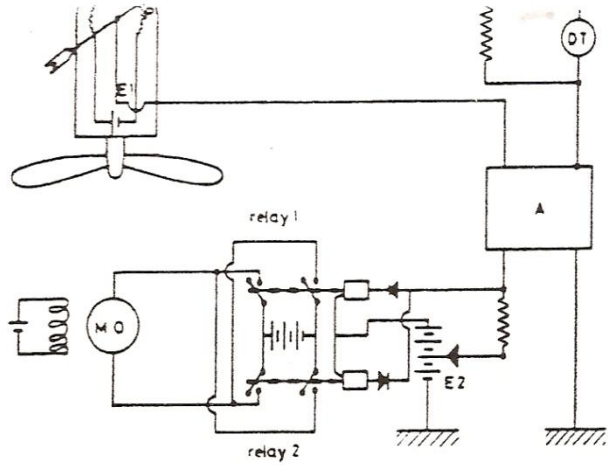
ج- به کارگیری گاورنر

چنانچه سرعت باد از حد مجاز بیشتر شود، وزنه‌ها که به محور پره متصل می‌باشند در اثر

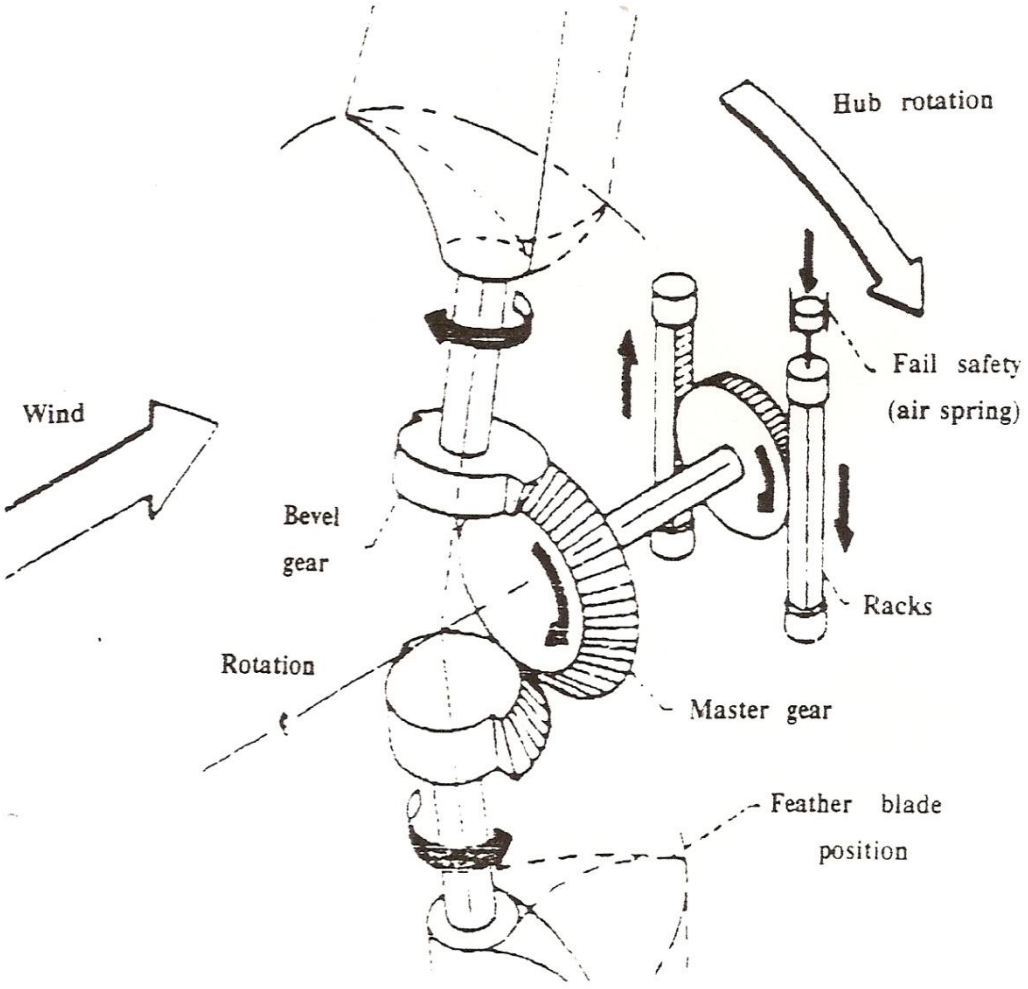
نیروی گریز از مرکز حول محور پره چرخیده و همین امر موجب چرخش پره می گردد.

WikiPower.ir

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

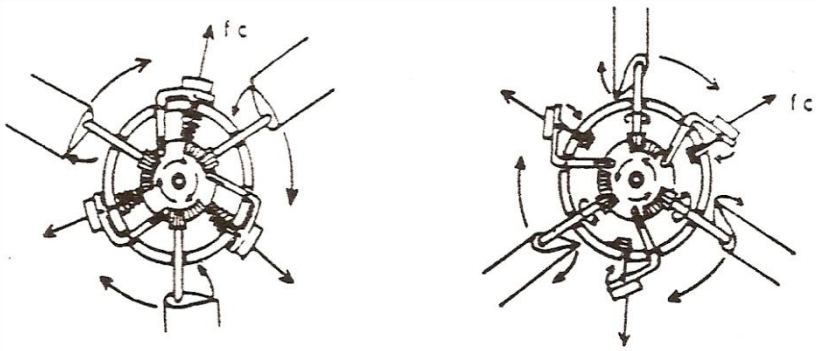


مدار موتور جهت یابی با روش (Pitch Control)

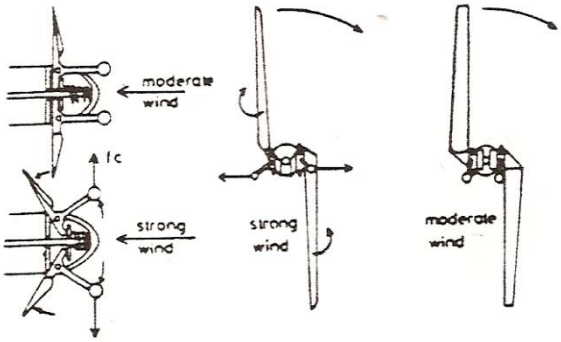


مکانیزم کنترل دور با روش (Pitch Control)

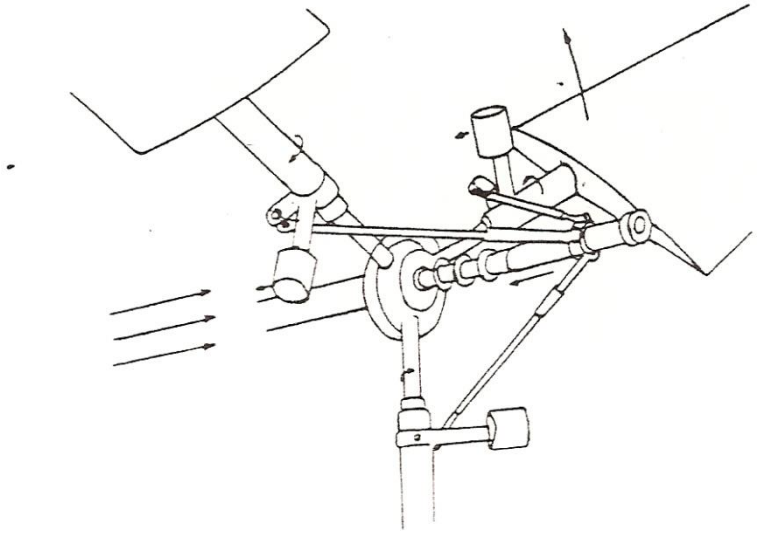
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



سیستم تنظیم کننده سرعت ژاکوب



سیستم تنظیم کننده سرعت روسی



سیستم تنظیم کننده سرعت با استفاده از گوریز

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

د- کنترل گام با به کارگیری Servo Motor

این شیوه رایج‌ترین روش تغییر جهت روتور می‌باشد، این سیستم با به کارگیری یک موتور الکتریکی این کار را انجام می‌دهد که اصطلاحا آن را (Yawing Motor) یا موتور جهت‌یابی می‌نامند. این موتور از یک بادنمای کوچک که روی محفظهٔ ژنراتور تعبیه می‌شود، فرمان می گیرد (البته گاهی از سیستم سرو و موتور برای کنترل سرعت روتور استفاده می‌شود). این عمل با انحراف صفحه روتور از امتداد باد و کاهش سطح موثر و قدرت دسترسی صورت می گیرد. موتور سیستم جهت‌یاب می‌تواند در هر دو جهت بگردد و توسط یک بادنما و یک تاکوژنراتور (Tacomerical Dinamo) که حرکت خود را از شافت توربین بادی اخذ می کند، کنترل می‌شود.

WikiPower.ir

بادنمای یاد شده روی محفظه ژنراتور نصب می‌شود و شامل یک بازوی هادی است که بر روی یک رئوستای دایروی حرکت می کند، این رئوستا روی محفظه ژنراتور به طور ثابت تعبیه شده است. ولتاژ بین نقطه میانی رئوستا و بازوی هادی بر تقویت کننده اعمال می‌شود، از طرفی تاکوژنراتور (TD) که ولتاژ متناسب با سرعت دورانی شافت توربین تولید می کند، مداری شامل مقاومت R و یک عدد رکتیفایر (Rectifier) و باتری E2 که نقش ضد محرکه دارد را تغذیه می کند.

در صورتی که سرعت دورانی توربین کمتر از سرعت نامی باشد. ولتاژ بین قطبهای تاکوژنراتور ضعیف‌تر از ولتاژ قطبهای باتری E2 خواهد بود و تاکوژنراتور (TD) جریانی تولید نمی‌کند و ولتاژ دو سر تقویت کننده برابر با ولتاژ بین (M) و (P) می‌باشد. در این حالت موتور جهت‌یاب عمل نموده و روتور را در وضعیت مناسب‌تری نسبت به جهت باد قرار می‌دهد. چنانچه سرعت دورانی توربین بیش از حد شود، تاکوژنراتور جریانی را به مدار می‌فرستد که در نتیجه آن موتور جهت‌یاب، روتور را از جهت باد منحرف می‌کند تا مجموع ولتاژها در دو سر (R) و (MP) به صفر برسد این وسیله همچنین از افزایش سرعت زیاد توربین (Over Speed) در صورت قطع جلوگیری می‌کند.

برای این که به ازای هر تغییر جزئی در جهت باد، موتور بکار نیفتد، دسته رئوستا به طور مستقیم به بادنما متصل نمی‌شود، بلکه دارای لقی می‌باشد و به این ترتیب تغییرات جزئی جهت باد به رئوستا منتقل نمی‌شود. معمولا هنگامی بادنما باعث تغییر وضعیت دسته رئوستا می‌گردد که زاویه بین امتداد شافت توربین و جهت باد از ۱۰ (ده درجه) بیشتر شود.

بازوهای هیدرولیک که در جهت مخالف یکدیگر حرکت می‌کنند، یک چرخ دنده را در خلاف جهت حرکت عقربهٔ ساعت می‌چرخانند و پره‌ها که متصل به انتهای چرخ دنده دیگری هم محور با چرخ دنده اولی، ولی با نسبت تبدیل متفاوت می‌باشند، نیز در جهت مناسب می‌چرخند. انتقال

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

روغن و فشار هیدرولیک از طریق محور اصلی به بازوهای فوق، صورت می گیرد، سنسورهای موجود در نیروگاه فوق، سرعت روتور، جریان ژنراتور، نوسانات، خطای جهت دیسک روتور، بارالکتریکی، سطح روغن سیستم هیدرولیک، خرابی سیستم کنترل میکروپروسسوری و غیره را حس می‌نمایند. ژنراتوری که در سیستم فوق به کار رفته از نوع سنکرون است.

WikiPower.ir

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

کنترل الکترونیکی

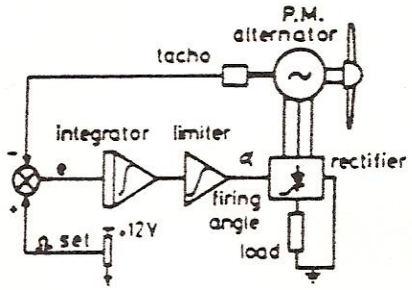
اساس کار این کنترل کننده‌ها بر پایهٔ کنترل پارامترهای مختلف می‌باشد. ممکن است سرعت چرخش در محدوده خاصی ثابت نگه داشته شود، یا قدرت خروجی کنترل گرددو یا بالاخره نسبت سرعت نوک پره به سرعت باد در نسبت خاصی نگه داشته شود.

از کنترل کننده‌های الکترونیکی برای کنترل اتوماتیک نیروگاههای بادی استفاده می‌شود.

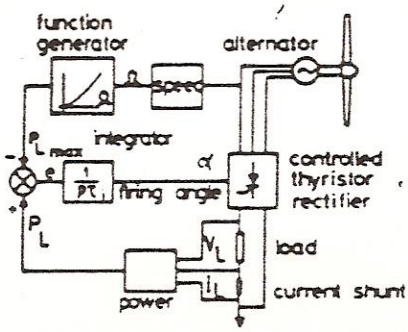
امروزه کنترل مولدهای برق که توسط باد به گردش در می‌آیند توسط میکروپروسسور انجام می گیرد.

WikiPower.ir

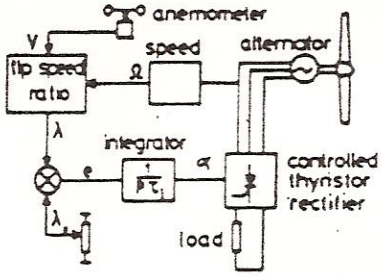
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



(a) *Constant speed controller*



(b) *Power feedback controller.*



(c) *Tip-speed ratio controller.*

کنترل کننده های الکترونیکی

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

منابع:

۱) بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی امکان‌سنجی ساخت نیروگاههای بادی، دکتر مجید عباس‌پور/ دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۷۶

۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۲) ماشینهای الکتریکی/ فیتز جرالد/ مهندس بهزاد قهرمان/ چاپخانه آستان قدس رضوی/ چاپ اول ۱۳۸۱

۳) ماشینهای الکتریکی (تحلیل، بهره‌برداری، کنترل) دکتر پ- س.سن/ دکتر مهرداد عابدی- سید محمد تقی نبوی/ کارآفرینان بصیر/ چاپ ششم ۱۳۸۰

۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۲،٤) انرژی‌های تجدید پذیر نوین/ دکتر محمود ثقفی/ انتشارات دانشگاه تهران/ چاپ دوم ۱۳۸۲

۵) از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟/ سازمان انرژی‌های نوایران (سانا)/ گزارش سوم

۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۳،٦) جزوات و کاتولوگهای شرکت صبانیرو