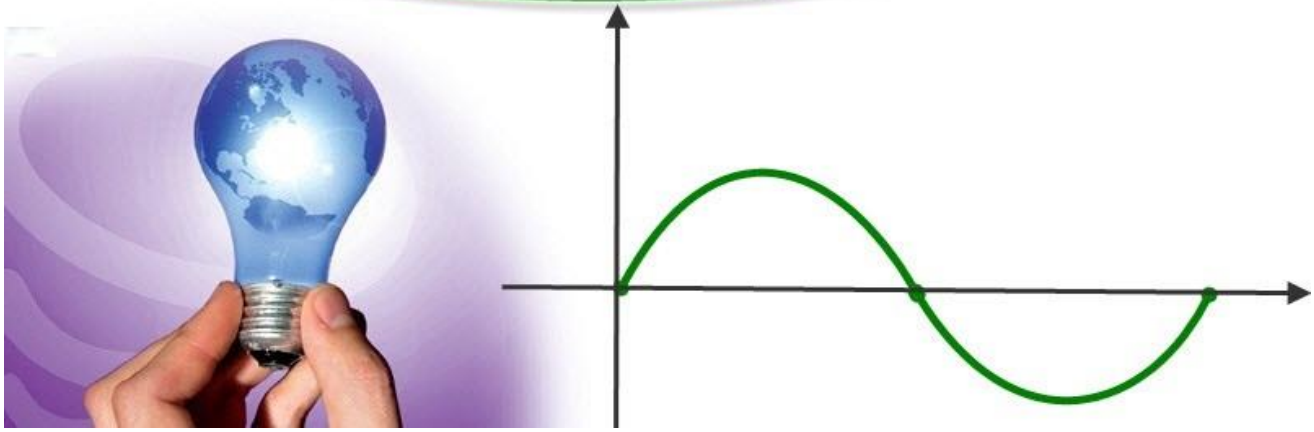
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



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

موضوع پروژه:

بررسی کنترل و تثبیت ولتاژ و فرکانس در نیروگاه

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۲۹۹)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

سیستم کنترل ولتاژ

۱-۱ مقدمه

در عمل ، تمام تجهیزات مورد ا ستفاده در یک سیستم قدرت برای سطح ولتاژ معینی (که به آن ، ولتاژ نامی گفته می شود) طراحی می شوند . اگر ولتاژ سیستم ازمقدار نامی ، کمتر یا بیشتر شود کارایی تجهیزات سیستم و احتمالاً عمر آنها کاهش می یابد مثلاً گشتاور یک موتور القایی متنا سب با مجذور ولتاژ پایانه آن ا ست . شار نوری لامپ ها شدیداً وابسته به ولتاژ می باشد . در سیستم های قدرت ، موارد مشابه این امر ، بسیار است . علاوه بر بار ها ، اغلب عنا صر یک یک شبکه قدرت ، م صرف کننده توان راکتیو ه ستند . بنابراین باید توان راکتیو در بعضی نقاط شبکه ، تولید و سپس به محل های مورد نیاز منتقل شود .

با تزریق توان راکتیو به بعضی نقاط شبکه و انجام پخش بار شبکه مشخص می شود که ولتاژ تمام شین ها بالا می رود که بیش از همه ، روی ولتاژ همان شین تزریقی تأثیر می گذارد . البته ابن تزریق توان راکتیو، تأثیر چندانی بر روی فرکانس شـــبکه ندارد . بنابر این می توان گفت که توان راکتیو وولتاژ شـبکه دارای تغییراتی در جهت یکسـان هسـتند که آن را کانال کنترل Q-V (توان راکتیو ـ ولتاژ یا مگاوار ـ ولتاژ) می نامیم .

با توجه به اینکه توان راکتیو مصرفی بار های شبکه در ساعات مختلف در حال تغییر است ، لذا ولتاژ و توان راکتیو باید دائماً کنترل شوند . در ساعات حداکثر بار ، توان راکتیو مورد نیاز

شبکه بیشتر می شود و در نتیجه نیاز به تولید توان راکتیو زیادی در شبکه می با شد . اگر توان راکتیو مورد نظر تأمین نشـــود ، اجباراً ولتاژ نقاط مختلف شـــبکه کاهش یافته ، ممکن است از محدوده مجاز خود خارج شود .

بدین منظور نیروگاه ها دارای سیستم کنترل ولتاژ هستند که این سیستم ها ، کاهش ولتاژ پایانه ژنراتور را حس می کنند تا فرمان های کنترل لازم را برای بالا بردن جریان تحریک ژنراتور (و در نتیجه افزایش ولتاژ تا سطح ولتاژ نامی) صادر نمایند .

با افزایش جریان تحریک (حالت فوق تحریک) توان راکتیو توســط ژنراتور تولید می شــود لیکن توان راکتیو تولیدی ژنراتور ها به خاطر مســائل حرارتی ســیم پیچ ها محدود اســت و ژنراتور ها به تنهایی نمی توانند در ســـاعات حداکثر بار ، تمام توان راکتیو مورد نیاز سیستم را تأمین کنند . بنابراین در این ساعات به وسائل دیگری نیاز است که بتوانند توان راکتیو به شبکه تزریق نمایند تا سطوح ولتاژ در محدوده مجاز قرار گیرند .

در بعضی شرایط و ساعات کم بار شبکه ، بار ها و عناصر آن ، توان راکتیو کمی مصرف می کنند و ظرفیت خازنی خطوط طویل ســیســـتم انتقال می تواند باعث افزایش توان راکتیو تولیدی در شبکه گردد . در این گونه مواقع ممکن است ژنراتور ها به صورت زیر تحریک کار کنند تا مقداری از توان راکتیو شـبکه را جذب نمایند و از بالا رفتن بیش از حد ولتاژ شـبکه جلوگیری نمایند . البته دریافت توان راکتیو توسـط ژنراتور ها با محدویت هایی همراه اسـت که در بعضـی شـبکه ها علاوه بر ژنراتور ها به وسـایل دیگری برای کنترل ولتاژ (به صـورت راکتور) نیاز می باشد .

در نهایت می توان گفت که توازن توان راکتیو شبکه ، تضمینی بر ثابت بودن ولتاژ (و کنترل توان راکتیو به منزله کنترل ولتاژ شبکه) می باشد .

پس به طور کلی ، کنترل توان راکتیو و ولتاژ شبکه به صورت زیر انجام می شود :

۱ـ کنترل تحریک ژنراتور ها

۲ـــ تزریق توان راکتیو به شبکه قدرت توسط جبران کننده هایی که به صورت موازی وصل می شوند مثل خازن ، راکتیو ، کندانسور سنکرون و جبران کننده های استاتیک

۳ـ جابجا کردن توان راکتیو در شبکه توسط تغییر تپ ترانسفورماترو های قدرت

۴ـ کم کردن راکتانس القایی خطوط انتقال با نصب خازن های سری

۲-۱ اصول عملکرد سیستم تحریک

وظیفه اصلی سیستم تحریک آن است که با تغییر جریان dc سیم پیچ تحریک واقع بر روی روتور ، نیروی محرکه تولید شـده ژنراتور را کنترل نماید . با تغییر نیروی محرکه ژنراتور ، نه تنها ولتاژ خروجی قابل تنظیم است بلکه ضریب قدرت و دامنه جریان نیز کنترل می شود .

شکل (۱) الف نمایش سیستماتیک یک ماشین سنکرون را در حالت پایدار نشان می دهد که به ساده ترین شکل و به صورت یک نیروی محرکه E_{af} سری شده با یک راکتانس سنکرون است . همچنین در شکل (۱) ب نمودار فازوری تحت شرایط اولیه نشان داده شده است . توان خروجی ژنراتور را می توان به دو صورت زیر محاسبه نمود :

(۱-۱)

$$P = V_{ta}.I_a.\cos\phi = \frac{E_{af}.V_{ta}}{X_d}.\sin\delta$$

حال می خواهیم در شـــرایطی که توان اکتیو تولیدی ژنراتور ثابت باشـــد ، اثر تغییر جریان تحریک را در نمودار فازوری ژنراتور بیابیم . شرط این که توان اکتیو تولیدی ثابت با شد ، آن است که نقطه عملکرد ژنراتور فازوری به گونه ای تغییر کند که $E_{af}.\sin\delta$ ثابت باشد .

این موضـوع را می توان در شـکل (۱) ج مشـاهده نمود . در این حالت ، هنگامی که جریان تحریک افزایش یابد ، انتهای بردار $\vec{E}_{af}$ در امتداد خط چین افقی با $K_۲ = cte$ حرکت می کند و مشابه آن ، انتهای بردار $\vec{I}_a$ نیز در امتداد خط چین عمودی (خطی که با $K_۱ = cte$ مـــی بـــاشـــد) خـــواهـــد کـــرد .

شکل (۱) د روند افزایش تحریک در توان ولتاژ ثابت را نشان می دهد . ملاحظه می شود که با افزایش جریان تحریک ، شرایط تعادل جدیدی ایجاد می شود که دارای خصوصیات زیر می باشد :

۱ـ زاویه گشتاور کاهش یافته است .

۲ـ دامنه جریان افزایش یافته است .

۳ـ ضریب قدرت ، پس فازتر شده است .

۴ـ قدرت خروجی و ولتاژ پایانه ، ثابت هستند .

۱-۳ اجزاء سیستم تحریک

شـکل (۲) نمودار بلوکی یک نمونه سـیسـتم کنترل تحریک را برای ژنراتور های سـنکرون بزرگ نـشان می دهد . بلوک های ارائه شده در این شکل را می توان به صورت زیر معرفی نمود :

۱ـ تحریک کننده (اکسایتر) : این بلوک وظیفه تأمین جریان مستقیم مورد نیاز در سیم پیچ تحریک را بر عهده دارد .

۲ـ تنظیم کننده (رگولاتور) : این بلوک کنترلی ، وظیفه تقویت و پردازش سیگنال های کنترل ورودی را (به سطح و شکلی که برای کنترل تحریک کننده ، مناسب باشد) بر عهده دارد .

۳ـــ مبدل ولتاژ پایانه و جبران کننده بار : این بلوک ، ولتاژ پایانه ژنراتور را اندازه گیری می نماید و پس از یکسو سازی ، آن را به یک ولتاژ جریان مستقیم تبدیل می کند . سپس این ولتاژ با یک ولتاژ مرجع (که بیانگر ولتاژ مطلوب پایانه ژنراتور سنکرون ا ست) مقایسه می شود . همچنین اگر بخواهیم ولتاژ را در نقطه ای که از نظر الکتریکی از ژنراتور دور باشد (مثل ترانسفورماتور افزاینده) ثابت نگه داریم ، این بلوک مجهز به سیستم جبران کننده بار خواهد بود .

۴ـــ پایدار ساز سیستم قدرت : این بلوک ، به منظور میراکردن نوسانات سیستم های قدرت ، سیگنال ورودی اضافی به تنظیم کننده ولتاژ را ایجاد می کند . سیگنال های ورودی مورد نظر ، معمولا انحراف سرعت روتور ، توان شتاب دهنده و انحراف فرکانس می باشد .

۵ـــــ مدار های محدود کننده و حفاظتی : این بلوک شـامل مجموعه وسـیعی از توابع کنترلی و حفاظتی اسـت . این بلوک برای اطمینان از این موضـوع طراحی می شـود که از حدود توانایی تحریک کننده و ژنراتور خارج نشـود . بعضـی از توابع مرسـوم ، شـامل محدودکننده جریان تحریک و محدود کننده زیر تحریک است . معمولاً این توابع شامل مدار های مشـخصـی هسـتند و سـیگنال های خروجی آنها را می توان در محل های مختلف به صورت جمع کننده به سیستم تحریک اعمال کرد .

۱-۴ انواع سیستم تحریک

سی ستم های تحریک ژنراتور ها بر ا ساس منبع توان تحریک به سه نوع عمده تق سیم می شوند :

الف) سیستم های تحریک جریان مستقیم

ب) سیستم های تحریک جریان متناوب

ج) سیستم های تحریک جریان استاتیکی

۱-۴-۱ سیستم های تحریک جریان مستقیم :

در این نوع سیستم های تحریک ، از ژنراتور های جریان مستقیم به عنوان منبع توان تحریک ا ستفاده می کنند که از طریق جاروبک ها ، جریان مورد نیاز تحریک ژنراتور را فراهم می کنند . تحریک کننده ممکن است به وسیله یک موتور و یا محور ژنراتور چرخانده شود و

یا این که از نوع خود تحریک کننده کمکی که دارای میدان مغناطیسی دائم است ، تأمین می شود . البته این نوع سیستم ها قدیمی هستند و جای خود را به سیستم های تحریک جریان متناوب و استاتیکی داده اند . طرح ساده ای از این نوع سیستم ها که از تنظیم کننده ولتاژ آمپلی دین استفاده می کند ، در شکل (۳) نشان داده شده است. آمپلی دین نوعی ماشین جریان مستقیم است که دارای دو مجموعه زغال می باشد که با یکدیگر ، ۹۰ درجه الکتریکی اختلاف موقعیت دارند . یک مجموعه از زغال ها روی محور طولی ماشین و مجموعه دیگر روی محور عرضی قرار دارند . همچنین سیم پیچ های کنترل تحریک هم روی محور d واقع هستند . به علاوه یک سیم پیچ جبرانگر به طور سری با بار محور طولی قرار دارد که شاری مساوی و مخالف با شار جریان آرمیچر (شار محور طولی) ایجاد می کند تا به صورت یک فیدبک منفی ، عکس العمل آرمیچر را خنثی نماید . زغال های موجود روی محور q اتصال کوتاه می شوند و طبعاً با توان تحریک بسیار اندک ، جریان بسیار زیادی در آرمیچر محور q ایجاد می شود . میدان مغناطیسی اصلی جریان محور q ایجاد می گردد و توان مورد نیاز برای حفظ جریان محور q به طور مکانیکی از طریق موتوری که آن را می چرخاند تأمین می شود . در نتیجه آمپلی دین ، تقویت کننده ای با تقویت توان در حدود 10^4 تا 10^5 و ثابت زمانی در حدود ۰/۰۲ تا ۰/۲۵ ثانیه است .

آمپلی دین در سیستم شکل (۳) به صورت یک طرح تقویتی ، وظیفه تأمین تغییرات افزایشی تحریک کننده (اکسایتر) را بر عهده دارد . بقیه تحریک مورد نیاز اکسایتر با استفاده از خروجی آن و به صورت خود تحریک تأمین می شود . با خارج شدن آمپلی دین از مدار ، تحریک اکسایتر را می توان به صورت دستی انجام داد .

نمونه هایی از سیستم های تحریک جریان مستقیم را می توان در نیروگاه ۲۵ مگاواتی سد لتیان و نیروگاه بخاری بعثت مشاهده نمود . در سیستم تحریک نیروگاه لتیان از یک ژنراتور تحریک نوع جریان مستقیم استفاده می شود که تحریک این ژنراتور تحریک هم به وسیله یک ژنراتور دیگری با تحریک خودی تأمین می گردد . در نیروگاه بخاری بعثت ، میدان تحریک ژنراتور سنکرون به وسیله یک ژنراتور جریان مستقیم (که محور آن به محور ژنراتور اصلی متصل شده است) تغذیه می شود . برای کنترل توان خروجی ژنراتور dc (و در نهایت کنترل توان میدان سیم پیچ تحریک) باید میدان ژنراتور تحریک کننده را تغییر داد . عمل تغذیه و کنترل میدان ژنراتور تحریک کننده dc به وسیله یک ماشین آمپلی دین با ضریب تقویت (نسبت بین خروجی ژنراتور و تغذیه میدان) بالا انجام می شود .

WikiPower.ir

۲-۴-۱ سیستم های تحریک جریان متناوب

در این نوع سیستم های تحریک از ژنراتور های جریان متناوب برای تأمین جریان تحریک مورد نیاز در سیم پیچ تحریک ژنراتور اصلی استفاده می کنند . معمولاً اکسایتر (تحریک کننده) روی همان محور اصلی توربوژنراتور قرار دارد . سپس خروجی جریان متناوب اکسایتر های با (و یا بدون) سیستم کنترل، یکسو سازی می شود تا جریان مستقیم تولید شده به سیم پیچ تحریک منتقل شود . سیستم یکسوکننده هم می تواند به دو صورت ساکن یا چرخان باشد . سیستم های اولیه تحریک جریان متناوب ، ترکیبی

از سیستم تقویت کننده های مغناطیسی و چرخان را (به عنوان تنظیم کننده) مورد استفاده قرار می دادند اما اغلب سیستم های جدید از تقویت کننده های الکترونیکی استفاده می کردند . پس مشاهده می شود که با توجه به ترکیب یکسو کننده ها و روش های کنترل خروجی اکسایتر و نیز منبع اکسایتر ، سیستم های تحریک جریان متناوب حالت های مختلفی را به خود می گیرند که در اینجا به طور مختصر توضیح خواهیم داد .

الف) سیستم های با یکسو ساز ساکن : اگر سیستم یکسو کننده ساکن باشد ، خروجی جریان مستقیم آنها باید از طریق جاروبک هایی به سیم پیچ تحریک ژنراتور اصلی تزریق گردد . در صورتی که از یکسو کننده هایی دیودی (بدون کنترل) استفاده شود تنظیم کننده ، تحریک اکسایتر جریان متناوب را کنترل می کند که آن نیز به نوبه خود ، وظیفه کنترل ولتاژ خروجی اکسایتر را برعهده دارد .

شکل (۴) طرح کلی این نوع سیستم ها را نشان می دهد . در این سیستم (که معروف به سیستم های تحریک آلترکس از شرکت جنرال الکتریک است) اکسایتر به وسیله روتور محور اصلی چرخنده می شود . در اینجا اکسایتر به صورت خود تحریک عمل می کند و توان تحریک را از طریق یکسوسازی های تریستوری تأمین می نماید . در نوع دیگری از این سیستم ها ، از یک اکسایتر کمکی برای تأمین توان اکسایتر اصلی استفاده می شود . در صورتی که از یکسو کننده های قابل کنترل (تریستوری) استفاده شود ، تنظیم کننده به طور مستقیم ، کنترل ولتاژ مستقیم خروجی اکسایتر را بر عهده دارد . شکل (۵) طرحی از این نوع سیستم را (که معروف به نوع آلتی رکس از شرکت جنرال الکتریک است) نشان می دهد . در این نوع تنظیم کننده ولتاژ نقطه آتش تریستورها را کنترل می کند . اکسایتر

هم از نوع خود تحریک است که برای حفظ ولتاژ خروجی از یک تنظیم کننده استاتیکی و مستقل ولتاژ استفاده می کند . از آنجایی که تریستور ها به طور مستقیم ، خروجی اکسایتر را کنترل می کنند ، عملاً این سیستم ، عکس العمل اولیه سریعی (پاسخ زمانی کوتاهی) دارد .

در هر دو نوع ارائه شده در شکل های (۴)و (۵) دو مد تنظیم کننده وجود دارد :

۱) تنظیم کننده جریان متناوب که به طور خودکار ، ولتاژ پایانه استاتور ژنراتور اصلی را در مقدار مطلوب (که همان مقدار مبنای جریان متناوب است) حفظ می کند .

۲) تنظیم کننده جریان مستقیم که ولتاژ تحریک ژنراتور را در مقدار مطلوب (که همان مقدار مبنای جریان مستقیم است) حفظ می نماید .

تنظیم کننده جریان مستقیم یا حالت کنترل دستی در مواقعی استفاده می شود که تنظیم کننده جریان متناوب خراب باشد و یا این که لازم باشد که این قسمت از سیستم کنترلی از مدار خارج گردد . همچنین تنظیم کننده جریان کننده جریان متناوب ، امکان اعمال سیگنال های اضافی را فراهم می سازد تا بتواند وظایف کنترلی و حفاظتی را به خوبی انجام دهد .

ب) سیستم های با یکسو ساز چرخان : در این نوع سیستم ها ، به دلیل چرخان بودن یکسوکننده ها، نیاز به استفاده از جاروبک یا زغال برطرف می شود و خروجی جریان مستقیم اکسایتر به طور مستقیم به تحریک ژنراتور اصلی اعمال می گردد . طرح کلی این نوع سیستم ها که به سیستم تحریک بدون جاروبک معروف است در شکل (۶) نشان داده شده است . در این سیستم ،آرمیچر مربوط به اکسایتر جریان متناوب و یکسوکننده های دیودی به همراه

تحریک ژنراتور ا صلی با یک محور م شترک می چرخند . همچنین یک اک سایتر کمکی جر یان متناوب که دارای روتور مغناطیس دائم آهنربای N-S اســـت ، به همراه آرمیچر اکســـایتر کمکی ، تحر یک ســـاکن اکســـایتر جر یان مت ناوب (اصـــلی) را تغذیه می کند . به علاوه تنظیم کننده ولتاژ ، تحریک اک سایتر جریان متناوب را کنترل می کند که آن نیز به نوبه خود ، تحریک ژنراتور اصلی را کنترل می نماید .

در این نوع سیستم ها به خاطر عدم استفاده از جاروبک ، مشکل عدم انتقال جریان های زیاد به سیم پیچ تحریک ژنراتور های بزرگ مرتفع می شود .

البته در صورتی که جاروبک ها و زغال ها به طور صحیح و مرتب تعمیر و نگهداری شوند ، امکان ا ستفاده و سیع از سیستم های تحریک جریان متناوب با (و یا بدون) وجود زغال در هر محدوده قدرت ژنراتور ها وجود خواهد داشـت . لازم به ذکر اسـت که در سـیسـتم های تحریک بدون جاروبک ، امکان اندازه گیری مســـتقیم ولتاژ و جریان تحریک ژنراتور وجود ندارد . همچنین با تنظیم ورودی جریان مستقیم به مدار های کنترل تریستور ، امکان اعمال کنترل دستی ولتاژ ژنراتور اصلی فراهم می شود .

نمونه ای از این نوع ســـیســـتم های تحریک بدون جاروبک را می توان در واحد های ۱۵۰ مگاواتی نیروگاه بخاری طوس مشـاهده نمود . در این واحد ها ، یکسـوسـاز دیودی گردان ، روتور ژنراتور تحریک کننده اصـــلی و روتور ژنراتور تحریک کننده کمکی ، با روتور ژنراتور ا صلی کوپل شده اند . قدرت مورد نیاز سیم پیچ تحریک ژنراتور ا صلی ، در تحریک کننده ا صلی ac تولید می شود تا از طریق یک سو ساز گردان به سیم پیچی روتور منتقل

شود . در این واحد ها ، ژنراتور تحریک اصلی ac با ولتاژ ۲۵۰ ولت متناوب و ژنراتور تحریک کمکی با قطب مغناطیس دایم و ولتاژ ۴۴۰ ولت می باشد .

۳-۴-۱ سیستم های تحریک استاتیکی

در این نوع سیستم های تحریک استاتیکی ، تمام اجزاء مدار ، ثابت هستند . یکسو کننده های استاتیکی (با وجود کنترل یا بدون آن) مستقیماً تحریک ژنراتور اصلی را از طریق جاروبک ها تغذیه می کنند . توان مورد نیاز یکسوکننده ها از ژنراتور اصلی (یا شین اضافی پست) و از طریق یک ترانسفورماتور کاهنده (که ولتاژ را به سطح مطلوب می رساند) تأمین می شود . در بعضی حالات ، این توان از طریق سیم پیچ های اضافی در ژنراتور تأمین می گردد . در اینجا سه نوع از پرکاربردترین این نوع تحریک ها بیان می شود .

الف) سیستم های با یکسو ساز قابل کنترل و منبع ولتاژ : در این سیستم ، مطابق با شکل (۷) توان سیستم تحریک از طریق یک ترانسفورماتور و از طریق پایانه های ژنراتور یا شین اضافی پست تأمین می شود و سیستم از طریق یک یکسو ساز قابل کنترل تنظیم می گردد . البته این نوع سیستم ، به سیستم استاتیکی با تغذیه شین یا تغذیه ترانسفورماتوری موسوم است . مزیت این سیستم ها ، ثابت زمانی بسیار کم آنها می باشد که حداکثر ولتاژ خروجی اکسایتر (ولتاژ سقف) آن به ولتاژ ورودی جریان متناوب بستگی دارد . بنابراین در حالتی که خطا در سیستم باعث افت ولتاژ پایانه ژنراتور می شود ، ولتاژ سقف اکسایتر کاهش می یابد . این محدودیت تا حد زیادی به وسیله واکنش عملاً لحظه ای و توانایی بالای تحریک اجباری آن بعد از اغتشاش ها جبران می شود . از طرف دیگر ، هزینه

این سیستم ها کم است و به راحتی قابل تعمیر و نگهداری هستند . همچنین این سیستم های تحریک در سیستم های قدرت بزرگ، عملکرد مطلوبی را از خود نشان می دهند .

نمونه ای از این نوع سیستم تحریک را می توان در نیروگاه های بخاری نکا و بندر عباس و واحد های گازی ۲۳/۸ مگاواتی نیروگاه ری (ساخت شرکت هیتاچی) مشاهده نمود . در واحد های ۳۲۰ مگاواتی نیروگاه بندر عباس ، برای تغذیه مدار پل یکسو ساز تریستوری ، ابتدا خروجی ژنراتور (با ولتاژ ۲۰ kv) توسط یک ترانسفورماتور دیگری ، این ولتاژ ۶ kv تبدیل می شود و در مرحله بعدی به وسیله ترانسورماتور دیگری ، این ولتاژ ۶ kv به ۶۲۵ ولت کاهش می یابد . با استفاده از یک سو ساز تریستوری ، ولتاژ ۶۲۵ V سه فاز به یک ولتاژ مستقیم ۳۲V تبدیل می شود و سپس توسط جاروبک ها به سیم پیچ تحریک ژنراتور منتقل می گردد .

در واحدهای ۴۴۰ مگاواتی نیروگاه شهید سلیمی نکا (که یکی از بزرگترین نیروگاه های بخاری کشور به حساب می آید) ، برای تغذیه تحریک ژنراتور ، ابتدا ولتاژ خروجی ژنراتور (که با توجه ۲۱ کیلو ولت می باشد) به وسیله ترانسفورماتور اصلی تحریک به یک ولتاژ ۵۸۰ ولت تبدیل می شود ، سپس این ولتاژ به وسیل پل یکسو ساز تریستوری به ولتاژ ۴۴۰ V تبدیل می گردد تا در نهایت توسط جاروبک ها به سیم پیچ تحریک ژنراتور منتقل شود .

ب) سیستم های با یکسوساز و منبع ترکیبی : در این نوع سیستم ها ، توان مورد نیاز سیستم تحریک به وسیله ولتاژ قدرت PPT و یک ترانسفورکاتور جریان قابل اشباع

SCT تأمین می گردد . طرح کلی این سیستم ها را می توان مشاهده نمود . راه دیگر تأمین توان سیستم تحریک آن است که دو وظیفه مذکور را در یک ترانسفورماتور تحریک به نام ترانسفورماتور ولتاژ و جریان قابل اشباع (SCPT) ادغام کرد

.

همان گونه که از شکل (۸) مشخص است ، خروجی اکسایتر (تحریک کننده) از طریق اشباع کنترل ترانسفورماتور تحریک به وسیله تنظیم کننده ، کنترل می شود .

زمانی که ژنراتور در حالت بی باری است ، جریان آرمچیر ، صفر است و منبع ولتاژ ، تمام توان مورد نیاز سیستم تحریک را تأمین می کند ؛ اما در حالتی که ژنراتور در شرایط بارداری است ، بخشی از توان مزبور به وسیله جریان ژنراتور تأمین می شود . همچنین در شرایطی که در سیستم ، خطایی رخ دهد و ولتاژ پایانه ژنراتور به شدت کاهش یابد ، سیگنال ورودی جریان ، سیستم تحریک را قادر می سازد تا به خوبی به وظیفه خود عمل کند.

نمونه ای از این سیستم های تحریک را می توان در واحدهای ۲۰۰ مگاواتی نیروگاه شهید محمد منتظری مشاهده نمود . در این واحدهای نیروگاهی ، برای تغذیه یکسوساز تریستوری هم از ولتاژ خروجی ژنراتور و هم از جریان نقطه صفر ژنراتور که به وسیله ترانسفورماتور واسطه با ترانسفورماتور ولتاژ سری شده است استفاده می گردد .

ج) سیستم های تحریک با یکسو ساز و منبع ترکیبی قابل کنترل : در این سیستم از یکسو ساز های قابل کنترل در مدار های خروجی اکسایتر و ترکیبی از منابع ولتاژ و جریان در استاتور ژنراتور (به منظور تأمین توان مورد نیاز تحریک) استفاده می شود . به همین

علت ، این سیستم تحریک بسیار سریع است و هنگام بروز خطا ، توانایی بسیار بالایی دارد .

شکل (۹) طرح کلی این نوع سیستم ها را نشان می دهد.

در این سیستم ، منبع ولتاژ از یک مجموعه سیم پیچ سه فاز واقع بر سه شکاف استاتور ژنراتور و یک راکتور خطی سری تشکیل شده است . منبع جریان از طریق ترانسفورماتور های جریان (که در نقطه خنثی سیم پیچ های استاتور قرار گرفته اند) تأمین می شود . خروجی این منابع از طریق عمل ترانسفورماتوری با هم ترکیب می شوند و خروجی جریان متناوب حاصل شده به کمک نیمه رسانا های توان بالای ساکن یکسو می گردد .

ابزار کنترلی با استفاده از ترکیب دیود ها و تریستور ها (که به هم متصل شده اند و تشکیل پل موازی را داده اند) تأمین می شود . یک تنظیم کننده ولتاژ استاتیکی و جریان متناوب ، مدار های آتش تریستور ها را کنترل می کند تا در نهایت تحریک مورد نیاز ژنراتور اصلی تنظیم شود .

در این طرح ، ترانسفورماتور تحریک از سه ترانسفورماتور تک فاز با سه سیم پیچی تشکیل شده است : سیم پیچ های اولیه جریان (C) ، ولتاژ (P) و یک سیم پیچ خروجی ثانویه (F) . در هنگام بروز خطا ، جریان خطایی که از ترانسفورماتور C می گذرد (و در هنگام افت ولتاژ ژنراتور) تحریک اجباری سیستم تحریک را تأمین می کند .

همچنین راکتور موجود دو وظیفه را به عهده دارد : یکی کمک به مشخصه مطلوب ترکیبی سیستم تحریک است و دیگری کاهش جریان های خطا (در مورد خطال های که در سیستم تحریک یک ژنراتور اتفاق می افتد) می باشد . ترانسفورماتور های تحریک و راکتور ها درون محفظه ای در بالای بدنه ژنراتور واقع شده اند و در حقیقت ، بخشی از بدنه را تشکیل می

دهند . لازم به ذکر است ، از آنجایی که منبع توان سیستم تحریکی استاتیکی ، ژنراتور اصلی می باشد لذا در عمل ، سیستم مذکور را می توان یک سیستم خود تحریک دانست . حال با توجه به این که بدون جریان تحریک ، ژنراتور قادر به تولید ولتاژ خروجی نخواهد بود ، لذا برای تأمین جریان تحریک و انرژی دار نمودن ژنراتور لازم است تا برای چند ثانیه منبع توان دیگری در دسترس باشد . فرآیند ایجاد و افزایش شار تحریک ژنراتور به شعله وری تحریک موسوم است . معمولا منبع مورد نیاز برای شعله وری باطری های پست است .

WikiPower.ir

سیستم کنترل فرکانس

۲-۱ مقدمه

با توجه به تغییر مصرف باز شبکه در ساعات مختلف شبانه روز و لزوم تأمین مصرف شبکه توسط ژنراتورهای قدرت لازم است تا قدرت تولیدی ژنراتورها به طور منظم کنترل شود . قدرت خروجی یک ژنراتور با تغییر دادن توان مکانیکی ورودی آن کنترل می شود . برای این کار با باز کردن یا بستن شیر بخار (و یا دریچه آب) ، جریان بخار (و یا آب) ورودی به توربین های بخاری (یا آبی) تنظیم می شود و باعث کنترل قدرت مکانیکی (و در نتیجه قدرت اکتیو خروجی ژنراتور) می گردد .

اگر قدرت مصرفی بار ، افزایش یابد ، باید شیر بخار و یا دریچه آب بیشتر باز شود تا به همان میزان ، قدرت تولیدی ژنراتور افزایش یابد و چنانچه قدرت مصرفی بار کاهش یابد ، باید عمل بسته شدن شیرها به نسبت مشخص و معینی صورت گیرد . لازم به ذکر است که عدم توازن قدرت را می توان از تأثیر آن بر سرعت و یا فرکانس ژنراتور احساس نمود زیرا در صورت کاهش بار و یا اضافه بودن تولید ، ژنراتور تمایل به افزایش سرعت و فرکانس خود دارد و در صورت افزایش بار و کمبود تولید ، سرعت و فرکانس ژنراتور رو به کاهش می رود . انحراف فرکانس شبکه (یا سرعت محور ژنراتور) از مقدار نامی آن به عنوان سیگنالی جهت تحریک سیستم کنترل اتوماتیک انتخاب می شود زیرا توازن قدرت اکتیو به منزله ثابت بودن فرکانس سیستم است .

اهمیت کنترل فرکانس

یکی از مشخصات مهم هر سیستمی که در حالت عادی کار می کند ، ثابت بودن فرکانس آن است . حداقل چهار دلیل اساسی را می توان برای این موضوع که چرا نباید فرکانس سیستم از یک مقدار ثابت تعیین شده ، تغییر کند به صورت زیر بیان نمود :

۱ــــ اغلب موتور های ac در سرعت هایی کار می کنند که عملکرد مطلوب آنها با فرکانس رابطه دارند .

۲ــــ توربین های ژنراتور ها به ویژه توربین های بخاری برای کار در یک سرعت بسیار دقیقی طراحی می شوند .

۳ــــ اگر خطای فرکانس در محدوده معینی ثابت نگه داشته شود ، کارکرد کلی یک سیستم قدرت را بهتر می توان کنترل نمود .

۴ ـ در حال حاضر از ساعت های برقی (که نیروی محرکه آنها به وسیله موتور های سنکرون تأمین می شوند) به فراوانی استفاده می شوند . دقت این ساعت ها نه تنها تابعی از خطای فرکانس بلکه در واقع تابع انتگرال این خطا می باشد .

مورد اول ، یعنی موتور های ac نمی توانند مشخص کننده حد و مرز صریحی برای فرکانس با شند . اکثریت گ سترده ای از بارهایی که با موتورهای ac چرخیده می شوند ، احتمالاً به تغییرات فرکانس تا میزان $\pm ۲Hz$ زیاد حساس نمی باشند . البته ثابت بودن سرعت توربین ، یکی از ضروریات مبرم است .

یک توربین با پره های متعدد و بزرگ خود تشکیل یک سیستم مکانیکی را می دهد که دارای فرکانس های طبیعی گوناگونی است . این فرکانس ها کاملاً نامیرا هستند که نا شی از ت شدید در سرعت های مختلف روتور می با شند . در شرایط بارداری آنچه

حائز اهمیت می با شد ، آن ا ست که سرعت روتور هیچ گاه نباید وارد محدوده ای شود که منجر به نو سات روتور با دامنه زیاد گردد ، زیرا در این صورت ، برای توربین بسیار خطرناک خواهد بود . البته توربین های آبی کمتر در معرض چنین خطراتی هستند .

دلیل سوم نیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است . تغییرات نامتعارف در فرکانس شبکه ، نشانگر این نکته است که در شبکه قدرت ، اشکال اساسی پیش آمده است با کاهش نوسانات عادی تا حد نو سانات با دامنه بسیار ضعیف ، قادر خواهیم بود که اختلاف فرکانس نا شی از خطا را در همان مراحل اولیه آن تشخیص دهیم . در سیستم های مدرن ، معمولاً تغییرات فرکانس در محدوده مجاز $\pm ۰/۰۲-۰/۰۵Hz$ می باشد .

سوال مهمی که در اینجا مطرح می شود آن است که چرا فرکانس سیستم میل به تغییر دارد ؟

در پاسخ به این سوال باید گفت که فرکانس سیستم ارتباط تنگاتنگی با تعادل توان اکتیو در کل شبکه دارد . در شرایط عادی ، ژنراتور های سیستم با هماهنگی کاملی کار می کنند و به کمک یکدیگر توان مورد نیاز بار های کل شبکه را در هر لحظه به همراه تلفات اکتیو سیستم انتقال تأمین می نمایند . تلفات اکتیو سیستم انتقال ، شامل تلفات اهمی تجهیزات مختلف سیستم انتقال (خط کابل و ...) ، تلفات کرونا در خطوط ، تلفات هسته در ترانسفورماتور ها و نراتور ها و ... می با شد . باید توجه دا شت که انرژی الکتریکی تقریبا با سرعت نور انتشار می یابد و چون نمی تواند در نقطه ای از سیستم به شکل الکتریکی ذخیره شود ، چنین نتیجه می گیریم که نرخ تولید انرژی الکتریکی باید در هر لحظه زمانی برابر نرخ مصرف آن باشد .

اگر بین تولید و م صرف تعادلی وجود ندا شته با شد ، آنگاه تفا ضل پدید امده در قالب انرژی جنبشی به سیستم وارد و یا از آن خارج می شود . با توجه به این که انرژی جنبشی به سرعت ژنراتور بستگی دارد ، در نتیجه نا متعادلی توان بر روی محور ژنراتور ها منجر به تغییرات سرعت محور ژنراتور (و طبعاً فرکانس سیستم) خواهد شد . به عنوان مثال مکانیکی ، یک قطار باربری شامل لوکوموتیو و تعداد زیادی واگن متصل به آن را در نظر بگیرید . با وجود این حقیقت که قطار در طول مسیر خود در معرض شرایط متغیری قرار می گیرد ، مطلوب است که سرعت قطار ثابت نگه داشته شود . قدرت لوکوموتیو با قدرت خروجی ژنراتور در سیستم الکتریکی متناظر ا ست و واگن ها نیز نمایانگر بار های الکتریکی ه ستند . اگر قدرت کل لوکوموتیو از کل نیروی مقاوم واگن ها بی شتر شود ، این تفا ضل به انرژی جنب شی تبدیل می شود و سرعت قطار افزایش می یابد . کم شدن قدرت لوکوموتیو نیز کاهش سرعت را دنبال خواهد داشت . شدت تغییر سرعت لوکوموتیو بستگی به دامنه تفاضل قدرت های مزبور و اینرسی قطار دارد در سیستم اینرسی اگر در یک لحظه ، قدرت تولیدی از م صرف بار ها بی شتر با شد ، سرعت (فرکانس) در کل سی ستم افزایش خواهد یافت . شدت افزایش سرعت ب ستگی به مقدار ا ضافه قدرت و ممان اینر سی کل اجزاء گردان (مربوط به ژنراتور ها و موتور ها) خواهد داشت . در نتیجه ، تمامی ده ها هزار موتوری که در طی عملکرد سیستم از شبکه تغذیه می شوند ، سرعتشان افزایش می یابد و گ شتاور بزرگتری را تولید خواهند کرد . این امر لازم می دارد که موتور ها ، توان بیشتری از شبکه دریافت دارند .

بین این افزایش بار و کاهش باری که موجب آغاز این زنجیرهٔ پدیده ها شـــده بود ، ســـریعاً تعادل برقرار می گردد و در این میان ، ســیســـتم دارای فرکانس بزرگتری خواهد شد . تغییر بار در سیستم لازم می دارد که میزان تولید نیز چنان تنظیم شود تا عدم تعادل بوجود آمده ، رفته رفته صـــفر یا دســـته کم به حداقل خود کاهش یابد . بنابراین ، مســـأله کنترل تولید توان ، تابع بار خواهد بود .

با توجه به مطالب فوق به این نتیجه می رســـیم که چون فرکانس ، یک شـــاخص حســـاس تعادل انرژی در سیستم به شمار می آید ، باید از آن به عنوان یک سیگنال ورودی در کنترل سیستم قدرت ا ستفاده نمود . کنترل فرکانس بار ، در واقع یکی از کنتر ل های ا سا سی در یک ســیســـتم قدرت اســـت که بطور خودکار در تمام نیروگاه ها انجام می شـــود . در ادامه به تشریح این سیستم کنترلی خواهیم پرداخت .

۲-۲ نقش توربین در کنترل فرکانس نیروگاه بخاری

وظیفه یک توربین ، ایجاد گشـــتاور مورد نیاز برای چرخش محور ژنراتور می باشـــد . در یک توربین ، خروجی و ورودی کنترل شونده آن ، به ترتیب دور محور و میزان دبی بخار ورودی (با کیفیت ثابت) می باشـــد . به عبارت دیگر با افزایش مقدار بخار ورودی ، قدرت توربین زیاد می شـــود و طبعاً توان تولیدی ژنراتور افزایش می یابد . البته توربین تا آنجا می تواند تقاضـــای تولید بیشـــتر را (ناشـــی از افزایش بار ژنراتور) جوابگو باشـــد که بخار مورد نیاز را داشـــته باشـــد . پس دیگ بخار ، محدودیت هایی را از لحاظ تأمین بخار مورد نیاز با کیفیت ثابت برای توربین ایجاد می کند . با تغییر بار تولید ژنراتور ســـعی بر آن اســـت تا دمای بخار ورودی به توربین ثابت با شد ولی از لحاظ تغییرات ف شار این بخار ، دو نوع توربین قابل ارائه

است : توربین های با فشار بخار ثابت و توربین های با فشار بخار متغیر . در ادامه بحث ، این دو نوع را توضیح می دهم .

الف) توربین های با فشار ثابت در شرایط مختلف بار : در این توربین ها ، سعی بر آن است تا همیشه فشار بخار ورودی به توربین ثابت نگه داشته شود و با تغییر دبی بخار ورودی (به وسیله شیر های کنترل ــ گاورنر) گشتاور مورد نیاز محور تغییر کند . فرمان ارسالی به گاورنر و شیر های کنترل به دو صورت دستی (توسط تغییر دهنده سرعت گاورنر) و یا به طور خودکار (از طریق سیگنال های خطا های نقطه تنظیم دور و مقدار دور توربین) انجام می شود .

با تمام این اوصاف ، به خاطر محدودیت هایی که دیگ بخار در تأمین و تولید بخار دارد ، سرعت تغییرات کنترل از اهمیت بالایی برخوردار است . به عنوان مثال ، اگر سرعت تغییرات گاورنر زیاد تر از حد تعیین شده باشد (که البته بستگی به دیگ بخار دارد) بر اثر باز شدن گاورنر ها ، فشار بخار ورودی به توربین کاهش می یابد . بنابراین می توان گفت که هر گونه تغییر در گشتاور مقاوم ، به طور خودکار باعث تغییر وضعیت گاورنر و سپس تغییر فشار بخار می شود . با این وجود ، سیستم کنترل بخار باید به گونه ای طراحی شود تا فشار بخار را در بار های مختلف ، ثابت نگه دارد .

همانطور که گفته شد ، در این نوع توربین ها که دارای سیستم گاورنر هستند سرعت تغییرات گاورنر ها نسبت به تغییرات بار (یا تغییرات فرکانس خروجی) حائز اهمیت است . به همین منظور برای هر گاورنری ، منحنی مشخصه ای وجود دارد که رابطه بین تغییرات بار توربین را نسبت به تغییرات فرکانس بار نشان می دهد که این موضوع در شکل (۱۰)

نشان داده شده است . این منحنی برای واحدهای مختلف هر نیروگاه از طرف مرکز کنترل شبکه (دیسپاچینگ) و بر مبنای میزان جواب دهی دیگ بخار تنظیم می شود و برحسب درصد بیان می شود .

به عنوان مثال ، اگر حساسیت یک گاورنر ۴٪ باشد ، این بدان معنی است که اگر بار واحد از مقدار نامی آن ناگهان به صفر کاهش یابد ، میزان تغییرات فرکانس (یا دور توربین) ، ۴٪ مقدار نامی آن خواهد بود .

لازم به ذکر است که این نوع گاورنر ها در سیستم های کنترل که عملکرد دیگ بخار ، تابعی از عملکرد توربین می باشد استفاده می شود و همواره با دیگ های بخار درام دار بکار می رود . سرعت جوابدهی این نوع گاورنر نسبتاً خوب می باشد .

ب) توربین های با فشار متغیر در شرایط مختلف بار : فشار بخار ورودی به این نوع توربین ها در شرایط مختلف بار ، متغیر است و بالطبع فاقد شیر کنترل بخار ورودی می باشد (البته در مراحل اولیه بارگیری و دربار های کم ، از یک گاورنر کمکی استفاده می شود). در این نوع توربین ها میزان بخار ورودی به آن توسط مقدار آب ورودی به دیگ بخار (که در حالت عادی تماماً به بخار تبدیل می شود) تعیین می شود و فرمان تغییر بار ، مستقیماً بر روی تغییر دبی آب ورودی به دیگ بخار اعمال می گردد . بر روی سیگنال تغییر دهنده بار ، می توان نقطه تنظیم از دور توربین را (فرکانس تنظیم) داشت . برای این نوع توربین ها ، منحنی مشخصه مگاوات بر حسب فرکانس تعیین می شود ؛ ولی اگر نقطه تنظیم فرکانس بر روی سیستم نباشد ، فرمان بار به صورت دستی خواهد بود که در این حالت ،

دور توربین دقیقاً از شـبکه تبعیت می کند . از این نوع توربین ها بیشـتر با دیگ های بخار بدون درام استفاده می شود و سرعت جواب دادن آنها به بار های پایدار نسبتاً خوب است .

۳-۲ نقش دیگ بخار در کنترل فرکانس نیروگاه بخاری

فشار و درجه حرارت بخار تولید شده در دیگ های بخار ، دو پارامتر اصلی هستند که کیفیت بخار تولیدی را تعیین می کنند و کمیت این بخار هم ، میزان دبی خروجی آن می باشـد . همچنین بیان گردید که از نظر تولید بخار ، دیگ های بخار به دو نوع یکبار گذر (بدون درام و مخزن دار با درام) تقسیم می شوند .

در دیگ های بخار یکبار گذر ، آب توسـط پمپ های تغذیه به داخل لوله های اوپراتور (لوله های جداره کوره) فرسـتاده می شـود و در آنجا با جذب حرارت ، تبدیل به بخار اشـباع می شود و در سوپرهیتر ، با انتقال حرارت بیشتر ، بخار پس تافته ایجاد می گردد . در این نوع دیگ های بخار ، میزان بار دیگ بخار بستگی به میزان دبی سوخت ورودی و دبی آب تغذیه دارد . از این نوع دیگ بخار در نیروگاه نکا استفاده می شود .

در دیگ های بخار درام دار ، آب سـیکل توسـط پمپ تغذیه به داخل مخزن درام تزریق می شود . آب خارج شده از درام با عبور در میان لوله های اواپراتور ، تبدیل به بخار می شود که دوباره به درام باز می گردد . البته در این حالت ممکن ا ست که همه مایع ا شباع به بخار اشباع تبدیل نشود و درصدی هم دارای مایع باشد که بازگشت سیال به درام ، بخار از مایع جدا می گردد تا برای پس تافته شدن به سمت سوپرهیتر هدایت گردد . دراین دیگ های بخار ، به خاطر وجود مخزن درام ، همیشه مقداری بخار ذخیره شده وجود دارد که می

تواند در صورت لزوم و در شرایط اضطراری ، ذخیره خود را خارج سازد. از این نوع دیگ های بخار در اکثر نیروگاه های بخاری کشور استفاده می شود .

۲-۴ روش های کنترل فرکانس

به منظور کنترل فرکانس شبکه روش های مختلفی وجود دارد که عبارتند از :

الف) سیستم کنترلی وابسته به توربین

ب) سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار

ج) سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار و توربین

در این بخش به توضیح در مورد هر یک از این روش ها خواهیم پرداخت .

۱-۴-۲ سیستم کنترلی وابسته به توربین

این روش کنترلی در واحد هایی که دارای دیگ بخار یکبار گذر هستند ، مورد استفاده قرار می گیرد . البته توربین این نوع واحد ها ممکن است هم با فشار ثابت و هم با فشار متغیر کار کند (دیگ بخار نیروگاه نکا از این نوع می باشد) .

در صورتی که توربین با فشار ثابت کار کند ، مجهز به گاورنر می باشد که در این صورت ، کنترل اصلی بار توسط دیگ بخار انجام می شود و فشار توربین به وسیله گاورنر کنترل می گردد . در این حالت فرمان اصلی تقاضای بار ، مستقیماً بر روی پارامتر های کنترل کننده دیگ بخار ، نظیر سوخت ، دبی آب ورودی ، دبی هوای وارد شده اثر می گذارد تا مقدار بخار خروجی تغییر کند . با تغییر بخار تولید شده ، فشار بخار ورودی به توربین تغییر می کند و با باز و بسته شدن گاورنر ، فشار بخار ورودی ثابت باقی می ماند . به عنوان مثال ، اگر بار مورد تقاضای ژنراتور افزایش یابد ، بلافاصله در دیگ بخار ، مقدار آب تغذیه و میزان انتقال

حرارت را تغییر می دهد و در نتیجه فشار بخار ورودی به توربین تغییر می کند . برای ثابت نگه داشتن این فشار ، شیر های کنترل توربین (گاورنر) باز می شود تا اجازه عبور بخار اضافی تولید شده توسط دیگ بخار به توربین را بدهد که طبعاً بار افزایش می یابد . در این نوع سیستم ، پاسخ گویی به تغییرات بار با کندی صورت می گیرد زیرا قبل از این که توربین با تغییر شیرهای کنترل ، بار را جبران کند ، ناچار است منتظر افزایش یا کاهش بخار خروجی از دیگ بخار شود .

حال اگر توربین با فشار متغیر کار کند در این صورت ، فرمان تقاضای بار ، مستقیماً میزان آب ورودی و مقدار حرارت منتقل شده در دیگ بخار را تغییر می دهد تا بخار تولیدی خارج شده از آن تغییر نماید . در نهایت بخار تولید شده وارد توربین می شود . بنابراین در این نوع سیستم ها ، توربین آنها در حالت کار عادی ، دارای شیر کنترل توربین یا گاورنر نیست و در نتیجه ، اثر افزایش تولید بخار را می توان در تغییر فشار بخار ورودی به توربین مشاهده نمود که خود باعث تغییر مگاوات تولیدی ژنراتور می شود . نمودار بلوکی چنین سیستم کنترلی چه در حالت فشار ثابت و فشار متغیر را می توان در شکل (۱۱) مشاهده نمود .

نمونه ای از این نوع سیستم کنترلی را می توان در نیروگاه نکا مشاهده نمود . در این نیروگاه و در مرحله راه اندازی ، یعنی تا ۳۵٪ بار دیگ بخار (که دبی عبوری بخار از توربین کمتر از حداقل بار دیگ بخار می باشد) فقط با تغییر میزان دبی بخار ورودی به توربین کنترل می شود بدین معنی که فشار دیگ بخار در حدود ۶۹/۱ atm (معادل با ۷۰ bar) ثابت نگه داشته می شود . در این حالت قدرت خروجی ژنراتور با تنظیم میزان دبی بخار ورودی به توربین فشار قوی توسط شیر های کنترل ورودی توربین کنترل می شود .

از ۳۵٪ بار دیگ بخار به بالا ، بار واحد یا قدرت ژنراتور ، تو سط سی ستم کنترل بار به طور اتوماتیک کنترل می شود . بدین ترتیب که با تغییر ف شار بخار ورودی به توربین (که همان ف شار دیگ بخار ا ست) و در شرایطی که شیرهای کنترل توربین کاملاً باز می با شند ، به وسیله افزایش آب تغذیه و سوخت و هوای مشعل ها می توان قدرت خروجی ژنراتور را افزایش داد . در حقیقت می توان گفت که در این حالت ، توان خروجی توربین از ف شار بخار تولید شده در دیگ بخار تبعیت می کند . بنابراین هم توربین و هم دیگ بخار از نظر فشار متغیر می باشند ؛ به طوری که فشار بخار ورودی به توربین متناسب با دبی بخار است . البته لازم به ذکر است که افزایش بار مذکور توسط افزایش فشار و در نهایت افزایش سوخت و هوا و آب ورودی به دیگ بخار (به علت ساختمان دیگ بخار) بلافاصله انجام نمی گیرد بلکه با تأخیر همراه است .

۲-۴-۲ سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار

این روش کنترلی بیشتر در دیگ های بخار درام دار و همراه با توربین هایی که در فشار ثابت کار می کنند و توسط گاورنر کنترل می شوند مورد استفاده قرار می گیرد . در این روش کنترل مقدار بار نیروگاه بر عهده توربین می باشد و این در حالی است که کنترل فشار بخار ورودی به توربین به وسیله دیگ بخار مهیا می شود . در حقیقت ، دیگ بخار ، فرامین کنترلی خود را به تبعیت از توربین اعمال می کند .

در روش کنترلی وابسته به دیگ بخار ، فرمان تقاضای بار ، مستقیماً بر شیر های کنترل (یا گاورنر ها) اعمال می شود که با تغییر و تعیین وضعیت جدید برای آنها ، میزان بار تغییر می کند . به دنبال این تغییرات ، سی ستم کنترل دیگ بخار ، میزان حرارت انتقالی در دیگ

بخار را به گونه ای تغییر می دهد (همراه با تغییر دبی آب ورودی) که تغییر فشار بخار ناشی از تغییر وضعیت شیر های کنترل را جوابگو باشد و فشار را در یک مقدار مشخصی ثابت نگه دارد . در این نوع سیستم کنترل ، جواب به تقاضای بار ، نسبتاً سریع است زیرا برای تغییرات میزان بار ، از انرژی ذخیره شده در دیگ بخار هم استفاده می شود . در نتیجه گاورنرها قادر به پاسخگویی برای بار های با تغییرات ناگهانی هستند . البته سرعت این پاسخ دهی ، بستگی به وضعیت دیگ بخار و درام آن دارد . از این روش در اکثر نیروگاه های بخاری استفاده می شودکه نمودار بلوکی آن را می توان در شکل (۱۲) مشاهده نمود .

۳-۴-۲ سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار و توربین

این روش کنترلی می تواند مزایای هر دو روش کنترلی قبلی را دارا باشد بدین صورت که فرمان تقاضای بار همزمان هم وضعیت شیرهای کنترل را تغییر می دهد و هم بر روی متغیرهای کنترل را تغییر می دهد و هم بر روی متغیرهای کنترل شونده دیگ بخار (مقادیر سوخت و هوای مورد نیاز مشعل ها ، آب ورودی به دیگ بخار) تأثیر می گذارد . در این روش ، فرمان تقاضای بار ناشی از خطای مگاوات خروجی (و یا به عبارتی خطای فرکانس) بلافاصله شیرهای کنترل را در وضعیت جدید قرار می دهند و از مزیت بخار ذخیره شده در درام هم استفاده می شود. از طرف دیگر ، این فرمان بلافاصله میزان سوخت و هوای مورد نیاز مشعل ها را به همراه آب تغذیه ورودی به دیگ بخار تغییر می دهد تا هر چه سریعتر، دیگ بخار را به وضعیت پایدار (که همانا ثابت بودن فشار بخار

خروجی از دیگ بخار است) برساند . نمودار بلوکی این روش در شکل (۱۳) نشان داده شده است .

لازم به ذکر اســـت که ســـیســـتم کنترل دیگ بخار ، با توجه به احتیاجات بخار توربین ، متغیرهای خروجی خود را تعیین و تثبیت می کند . لذا برای تأمین تقاضـــای توربین ، دیگ بخار باید همواره در یک ارتباط صـــحیح با توربین قرار گیرد تا پایداری بین این دو ، با توجه به تقاضا و وضع موجود ، برقرار گردد .

WikiPower.ir

سیستم گاورنر نیروگاه ها

۱-۳ مقدمه

اســاس کار گاورنرها را می توان به صــورت وســیله ای که با تبدیل کننده تغییرات ســرعت توربین (فرکانس ژنراتور) به میزان باز و بسته شدن دریچه های کنترل آب (در نیروگاه های آبی) یا شیرهای کنترل بخار ورودی به توربین (در نیروگاه های بخاری) ا ست ، بیان نمود . جایگاه این گاورنر در یک سیستم کنترل ژنراتور با بار منفرد را می توان در شکل (۱۴) مشـاهده نمود. همان گونه که از این شـکل مشـخص اسـت، با تغییر ژنراتور ، گشـتاور الکتریکی تغییر می کند . این موضـــوع باعث ایجاد عدم تطابق بین گشـــتاور

مکانیکی T_m و گشتاور الکتریکی T_e می گردد که به نوبه خود باعث تغییرات در سرعت می شود . این تغییرات سرعت ، باعث تحریک سیستم گاورنر می شود ، تا دریچه های کنترل آب (در نیروگاه های آبی) و شیر های کنترل بخار (در نیرو گاه های بخاری) را باز یا بسته نماید .

۲-۳ گاورنر سرعت ثابت

گاورنر سرعت ثابت ، شیر و یا دریچه توربین را به گونه ای تنظیم می کند تا فرکانس ژنراتور را به مقدار نامی (مقدار برنامه ریزی شده) برگرداند . در شکل (۱۵) سیستم کنترل سرعت توربین با گاورنر سرعت ثابت ارائه شده است . در این شکل ابتدا سرعت واقعی روتور ω_r با سرعت مبنای ω_0 مقایسه می شود . سپس سیگنال خطا (که مساوی مقدار انحراف سرعت از مقدار مبنا است) تقویت می شود و با انتگرال گیری از آن ، سیگنال کنترل ΔY ایجاد می شود . این سیگنال ، معرف میزان باز و بسته شدن شیر های کنترل بخار یا یا دریچه های کنترل آب می باشد . با توجه به وجود انتگرال گیر ، زمانی سیگنال ΔY به حالت جدید ماندگار می رسد که خطای سرعت $\Delta\omega_r$ مساوی صفر شود .

شکل (۱۶) پا سخ زمانی یک واحد تولیدی را در مقابل افزایش ناگهانی بار (با وجود گاورنر سرعت ثابت) نشان می دهد.

افزایش قدرت الکتریکی P_e باعث می شود تا فرکانس با آهنگی که توسط لختی روتور تعیین می شود ، کاهش یابد . با کاهش سرعت ، توان مکانیکی توربین شروع به افزایش می کند که این موضوع به نوبه خود باعث کاهش آهنگ افت سرعت می شود . پس از آن با

افزایش توان مکانیکی توربین (به خاطر شتاب محور توربین) سرعت آن نیز مقداری افزایش می یابد . در نهایت ، سرعت محور به مقدار مرجع خود می رسد و توان حالت ماندگار توربین برابر مقدار توان الکتریکی مورد نیاز ژنراتور (با بار اضافه شده) می شود .

در حالتی که ژنراتور ، یک بار منفرد را تغذیه کند و یا در حالتی که لازم است ژنراتور در یک سیستم چند ژنراتوری به تغییرات بار پاسخ دهد ، گاورنر های سرعت ثابت به طرز مناسبی عمل می کنند . البته به منظور تقسیم توان بار بین واحد های تولیدی یک سیستم باید گاورنر های تنظیم سرعت با مشخصه افتی سرعت همراه باشند که موضوع آن در ادامه مطلب بیان خواهد شد .

۳-۳ گاورنر با مشخصه افتی سرعت

در سیستم های با ژنراتورهای متعدد ، از گاورنرهای سرعت ثابت نمی توان استفاده نمود زیرا در این صورت ، باید هر ژنراتور به طور دقیق همان نقطه تنظیم سرعت را داشته باشد . در غیر این صورت ، واحدهای تولیدی با هم درگیر می شوند و هر یک سعی می کنند تا فرکانس سیستم را به مقدار تنظیم خود برسانند . برای تقسیم پایدار بار بین دو یا چند واحد تولیدی (که به طور موازی با هم کار می کنند) گاورنرها را به مشخصه ای مجهز می کنند تا در حالتی که بار افزایش می یابد ، سرعت توربین کاهش پیدا کند . مشخصه افت یا تنظیم سرعت را می توان با افزودن یک حلقه فیدبک حالت ماندگار به دور انتگرال گیر سیستم گاورنر و به صورت شکل (۱۷) عملی نمود .

۳-۴ افت یا تنظیم درصد سرعت

مطابق با شکل (۱۸) ، مقدار R تعیین کننده سرعت حالت ماندگار در مقابل مشخصه بار واحد تولیدی می باشد . نسبت انحراف سرعت $\Delta\omega_r$ [یا انحراف فرکانس (Δf)] به تغییر در موقعیت شیر یا دریچه (ΔY) [و یا توان خروجی (ΔP)] بیانگر مقدار R خواهد بود . پارامتر R معروف به ضریب تنظیم یا افت سرعت است و بر حسب درصد به صورت زیر بیان می شود .

$$\%R = \frac{\text{درصد تغییر سرعت یا}}{\text{درصد تغییر توان خروجی}} = \frac{\omega_{NL} - \omega_{FL}}{\omega_0} \times ۱۰۰$$

که در این رابطه :

ω_{NL} = سرعت حالت ماندگار در شرایط بی باری

ω_{FL} = سرعت حالت ماندگار در شرایط بار کامل

ω_0 = سرعت نامی

به عنوان مثال ، یک ضریب تنظیم با افت ۵٪ به این معنا است که ۵٪ انحراف فرکانس ، باعث ۱۰۰٪ تغییر در موقعیت دریچه یا توان خروجی می شود .

۳-۵ تقسیم بار بین واحد های موازی

اگر دو یا چند ژنراتور با مشخصه های گاورنر افتی به یک سیستم قدرت متصل شوند ، فرکانس واحدی وجود دارد که در آن ، ژنراتورها تغییر بار را بین هم تقسیم می کنند . در اینجا دو واحد با مشخصه های افتی را مطابق شکل (۱۹) در نظر بگیرید . در ابتدا فرض می کنیم که در فرکانس نامی f_o ، توان های خروجی دو ژنراتور برابر $P_۱$ و $P_۲$ باشند . حال اگر بار سیستم به مقدار ΔP_L افزایش یابد ، سرعت ژنراتور ها کاهش می یابد و طبعاً خروجی گاورنر های دو ژنراتور افزایش پیدا می کند ، تا به یک فرکانس جدید مشترک f' برسند . در این حالت ، مقدار باری که به وسیله هر ژنراتور تولید می شود ، به مشخصه افتی هر کدام بستگی دارد . در نتیجه ،

$$\Delta P_۱ = P_۱' - P_۱ = \frac{\Delta f}{R}$$

$$\Delta P_۲ = P_۲' - P_۲ = \frac{\Delta f}{R_۲}$$

با تقسیم طرفین دو رابطه اخیر داریم :

$$\frac{\Delta P_۱}{\Delta P_۲} = \frac{R_۲}{R_۱}$$

اگر درصد تنظیم واحد ها حدوداً مساوی باشند ، تغییر در خروجی های هر واحد تقریباً متنا سب با ظرفیت نامی آنها خواهد بود . در شکل (۲۰) ، پا سخ زمانی یک واحد تولیدی با

گاورنر افتی سرعت در مقابل بار نشان داده شده است . به علت مشخصه افتی ، افزایش در خروجی توان همراه با انحراف از حالت ماندگار سرعت (یا فرکانس $\Delta\omega_{ss}$) است .

۳-۶ کنترل توان خروجی واحد های تولیدی

در بخش قبل دریافتیم که در سیستم های با ژنراتورهای متعدد ، باید گاورنرها به مشخصه افتی سرعت مجهز باشند . در نتیجه با تغییر در بار سیستم ، فرکانس شبکه در حالت ماندگار به یک مقدار جدیدی تغییر می کند . برای برگشت فرکانس سیستم به مقدار نامی آن ، باید بتوان با تغییر ورودی نقطه تنظیم مرجع بار ، رابطه سرعت ـ بار را تنظیم نمود . این روش در شکل (۲۱) مشخص شده است . در عمل ، تنظیم نقطه مزبور به کمک موتور تغییر دهنده سرعت انجام می گیرد . تأثیر این تنظیم را می توان در شکل (۲۲) که مجموعه ای از مشخصه های موازی را برای نقاط تنظیم مختلف تغییر دهنده سرعت نشان می دهد ، مشاهده نمود . در این شکل ، سه مشخصه ارائه شده است که بیانگر سه نقطه تنظیم مرجع بار می با شند . در فرکانس ۶۰ Hz (فرکانس نامی سیستم) ، مشخصه A منجر به خروجی صفر ، مشخصه B منجر به خروجی ۵۰٪ و مشخصه C منجر به خروجی ۱۰۰٪ می شود .

بنابراین با کنترل و تغییر مناسب نقطه تنظیم مرجع بار (از طریق عمل نمودن موتور تغییر دهنده سرعت) می توان توان خروجی واحد تولیدی را در یک سرعت مشخص در هر مقدار مطلوب دیگری تنظیم کرد. برای هر نقطه تنظیم مشخصه سرعت بار ، افت ۵٪

دارد ؛ یعنی این که تغییر ســـرعت ۵٪ (معادل با ۳Hz تغییر در فرکانس) موجب تغییری معادل ۱۰۰٪ در توان خروجی می شود .

زمانی که دو یا چند واحد تولیدی به طور موازی کار می کنند ، مشـخصـه افتی سـرعت هر واحد تولیدی فقط تأمین درصـــدی از بار را (در هنگام تغییر ناگهانی بار) به واحد مذکور م شخص می نماید . خروجی هر واحد در هر فرکانس م شخص سی ستم را می توان با تغییر مرجع بار آن تغییر داد که در عمل ، مشخصه افتی سرعت به سمت بالا یا پایین حرکت می کند .

لازم به ذکر ا ست در شرایطی که یک واحد تولیدی ، بار منفردی را تغذیه می کند ، تنظیم تغییر دهنده ، باعث تغییر سرعت واحد می شود . اما شرایطی که این واحد تولیدی در یک سی ستم قدرت متصل ا ست ، تنظیم تغییر دهنده سرعت ، خروجی توان واحد را تغییر می دهد و فقط اثر ناچیزی در فرکانس سیستم می گذارد که این اثر هم بستگی به ظرفیت واحد نسبت به کل تولید سیستم دارد .

۳-۷ قدرت عملی نیروگاه ها

قدرت های نامی برای شرایط ا ستاندارد ایزو (دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و هم سطح دریا) می باشند . قدرت های نامی واحدها که بر روی پلاک مشخصات آنها حک می شوند ، بر پایه همین شرایط ه ستند اما در نیروگاه ها به دلایل مختلف ، قدرتی که در عمل می توان از هر واحد نیروگاهی استحصال کرد ، با قدرت نامی تفاوت دارد که عمدتاً کمتر از آن می باشد .

دلایل این کاهش را می توان به صورت زیر بیان نمود :

الف) عدم انطباق شـــرایط واقعی محیط با شـــرایط فرضـــی ایزو : با توجه به اینکه اکثر نقاط کشور ما از سطح دریا بالاتر است و با عنایت به اینکه دمای بیشتر روز های سال از ۱۵ درجه ســـانتیگراد فراتر می رود، لذا قدرتی که عملاً از یک واحد نیروگاه حرارتی می توان گرفت ، کمتر از مقدار نامی آن خواهد بود. البته افزایش دمای محیط و کاهش فشـــار هوا ، تأثیری بر روی واحد های آبی نخواهد داشت .

ب) ســـن واحد ها ، میزان و کمیت تعمیراتی که بر روی آنها انجام می گیرد ، در بازدهی حرارتی و مکانیکی واحد ها تأثیر قابل ملاحظه ای دارد . هر چه واحدها قدیمی تر و نیاز به تعمیرات اساسی در آنها بیشتر باشد ، به طور طبیعی در میزان قدرتی که می توان در عمل از آنها گرفت ، تأثیر بیشتری می گذارد .

این مسائل باعث می شود که بر حسب تعریفی که از قدرت عملی صورت می گیرد ، مقادیر متفاوتی برای آن به دســـت آید که در یک نیروگاه در حال کار یا آماده به کار ، بین یک حداقل و یک حداکثر در نوســـان می باشـــد . در برنامه ریزی های بهره برداری باید به این حدود توجه کافی مبذول داشت تا بهره برداری از واحدها با قابلیت اطمینان بیشتری صورت گیرد . در جدول (۱) و ضعیت قدرت های انواع نیروگاه های تحت پو شش وزارت نیرو بیان شده است .

جدول (۱) : وضعیت قدرت تولیدی نیروگاه های زیر پوشش وزارت نیرو (بر حسب مگاوات)

گروه های نیروگاهی	قدرت نامی	قدرت های عملی		میانگین	* انرژی تولیدی
		بیشترین	کمترین		

بخاری	۱۴۴۶۶/۳۸	۱۴۱۳۹	۱۳۸۸۵	۱۳۹۹۳	۸۱۹۸۳
چرخه	۶۲۹۰	۵۸۴۷/۶	۵۲۱۷	۵۵۴۹	۲۷۵۸۶
ترکیبی	۶۲۳۰/۱۸	۵۴۰۲/۵	۴۷۰۰/۴	۵۰۱۳	۱۶۹۲۱
گازی	۴۹۰/۴۵	۴۰۰/۶۲	۳۴۳/۰	۳۴۳	۲۰۷
دیزلی	۳۰۲۸/۱	۳۰۲۷/۳	۳۰۲۷/۳	۳۰۲۷/۳	۸۰۴۹
آبی					
جمع	۳۰۵۰۵/۱	۲۸۸۱۷/۰۲	۲۷۱۷۲/۷	۲۷۸۸۶	۱۳۴۷۴۷

- مقدار آن بر حسب میلیون کیلووات ساعت در سال است .

WikiPower.ir

۱-۴ کنترل سیستم قدرت

وظیفه سیستم قدرت این است که انرژی را از یکی از صورت های طبیعی موجود به صورت انرژی الکتریکی درآورد و آن را به نقاط مصرف منتقل نماید . انرژی بندرت به صورت الکتریکی مصرف می شود بلکه به شکلهای دیگر از قبیل حرارت ، روشنایی و انرژی مکانیکی تبدیل می گردد . حسن صورت الکتریکی انرژی ، این است که می تواند براحتی منتقل شود و با درجه بالایی از بازده و قابلیت اعتماد ، نسبتاً بسادگی کنترل شود . از این رو یک سیستم قدرت با طراحی و بهره برداری صحیح باید نیازهای اساسی ذیل را برآورده سازد :

۱. سیستم باید بتواند تقاضای بار حقیقی و راکتیو مرتباً در حال تغییر را تأمین نماید . برخلاف سایر انواع انرژی ، انرژی الکتریکی را نمی توان براحتی در مقادیر زیاد ذخیره کرد . از این رو باید همیشه ذخیره چرخان کافی از توان حقیقی و راکتیو را حفظ و به طور مناسب کنترل کرد .

۲. سیستم باید انرژی را با کمترین هزینه و حداقل تأثیر زیست ـ محیطی تأمین نماید .

۳. کیفیت توان عرضه شده باید با توجه به عوامل زیر دارای حداقل استانداردهای لازم باشد :

۱-۱-۱- الف) تثبیت فرکانس

۱-۱-۱-۱- ب) تثبیت ولتاژ

ج) سطح قابلیت اعتماد

به منظور تأمین نیازهای فوق ، سطوح مختلف کنترل شامل مجموعهٔ پیچیده ای از تجهیزات به کار گرفته می شود . این موضوع در شکل ۲۳ نشان داده شده است که زیر سیستمهای یک سیستم قدرت به همراه کنترلهای مربوطه را نشان می دهد . در این ساختار کلی ، کنترل کننده هایی وجود دارد که مستقیماً بر اجزای سیستم قدرت عمل می نماید . در یک واحد تولید ، این کنترل کننده ها شامل کنترلهای چرخاننده اصلی (محرک) و سیستم تحریک است . کنترل کنندهٔ چرخاننده (محرک) ، وظیفه تنظیم سرعت و کنترل متغیرهای سیستم تغذیه انرژی از قبیل : فشار ، درجه حرارت و جریان سیال در دیگ بخار را به عهده دارد . وظیفه کنترل کننده در سیستم تحریک ، تنظیم ولتاژ ژنراتور و توان راکتیو خروجی

آن است . تضمین توان حقیقی خروجی مطلوب هر واحد ، به کمک سیستم کنترل تولید انجام می پذیرد .

وظیفه اصلی سیستم کنترل و تولید آن است که تعادل بین کل تولید سیستم از یک طرف و بار تلفات را از طرف دیگر تأمین نماید به طور ی که فرکانس مطلوب و سطح مورد نیاز تبادل توان با سیستمهای مجاور را از طریق خطوط ارتباطی حفظ نماید .

کنترل کننده های بخش انتقال سیستم ، شامل ابزاری است که توان و ولتاژ را کنترل می کنند که از آن جمله می توان از جبرانگرهای استاتیکی توان راکتیو ، کندانسورهای سنکرون ، خازنها و راکتورهای قابل کیلید زنی ، ترانسفورمرهای باتپ قابل تنظیم ، ترانسفورمرهای تغییر دهنده فاز و سرانجام از کنترل کننده های خطوط فشار قوی جریان مستقیم (HVDC) نام برد .

کنترل کننده های یاد شده با حفظ ولتاژ ، فرکانس و سایر متغیرهای سیستم در محدودهٔ مجاز ، بهره برداری مناسب از آن را عملی می سازند . همچنین این کنترل کننده ها ، تأثیر زیادی بر عملکرد دینامیکی سیستم و قدرت مقابله آن با اغتشاشها دارند .

اهداف کنترل کننده ها بستگی به شرایط کاری و بهره برداری از سیستم قدرت دارد . در حالت عادی ، هدف این است که در عین اینکه ولتاژ و فرکانس نزدیک به مقادیر اسمی باشند سیستم را با بازده هر چه بهتر مورد بهره برداری قرار دارد . زمانی که وضعی غیر عادی اتفاق می افتد ، اهداف جدید را باید مدنظر قرار داد تا بتوان هر چه سریعتر ، سیستم را به حالت عادی بازگرداند .

بندرت اتفاق می افتد که تنها یک اغتشاش جدی و بزرگ در سیستم منجر به وقفه ای عمده و فروپاشی سیستمی بظاهر مطمئن شود .چنین وقفه هایی معمولاً در اثر ترکیبی از پیشامدهایی روی می دهد که سیستم را مافوق توانایی اش ، تحت فشار قرار می دهد . اغتشاشهایی طبیعی سنگین(از جمله گردباد ، توفانهای شدید و برف و یخبندان) ، عملکرد ناصحیح تجهیزات ،خطاهای انسانی و سرانجام طراحی نامناسب و ناکافی ممکن است با یکدیگر ترکیب شوند و سیستم قدرتی را تضعیف سازند به گونه ای که سرانجام به فروپاشی آن منجر شوند . این موضوع ممکن است به وقفه های متوالی بینجامد که باید برای جلوگیری از بروز خاموشیهای عمده ، این وقفه ها را در بخشی کوچک از سیستم محدود کرد .

۲-۴ پایداری ولتاژ و فروپاشی ولتاژ

پایداری ولتاژ عبارت است از توانایی سیستم قدرت برای حفظ ولتاژ ماندگار قابل قبول در تمام شینهای سیستم در شرایط عادی عملکرد و بعد از اینکه تحت یک اغتشاش قرار گرفت . زمانی که حضور اغتشاش ، افزایش تقاضای بار ، یا تغییر در وضعیت سیستم باعث افت فزاینده و غیر قابل کنترل در ولتاژ گردد سیستم وارد حالت ناپایداری ولتاژ می شود . دلیل اصلی ناپایداری ، عدم توانایی سیستم قدرت در تأمین توان راکتیو مورد تقاضاست . قلب مسأله معمولاً افت ولتاژی است که به هنگام عبور توان حقیقی و راکتیو از راکتانسهای خطوط انتقال ایجاد می گردد .

یکی از معیارهای پایداری ولتاژ آن است که در وضعیت کاری خاصی ، در هر شین سیستم و در زمانی که توان راکتیو تزریقی به آن شین افزایش می یابد ، دامنه ولتاژ نیز افزایش یابد . سیستم ، از دید ولتاژ ، ناپایدار است اگر حداقل برای یک شین سیستم افزایش توان راکتیو

تزریقی به آن (Q) ، باعث کاهش دامنه ولتاژ آن (V) شود . به عبارت دیگر سیستمی از نظر ولتاژ پایدار است که حساسیت Q_ V آن برای هر شین مثبت باشد و ناپایدار است اگر این حساسیت حداقل برای یک شین منفی شود .

افت فزاینده در ولتاژ شین ممکن است به علت از دست رفتن حالت سنکرونیزه و افزایش زاویه روتور نیز صورت پذیرد . به عنوان مثال ، از دست دادن تدریجی حالت سنکرونیزه ماشینها ، زمانی که زوایای روتور بین بین دو گروه از ماشینها به ۱۸۰° نزدیک شده یا از آن فراتر رود ، منجر به ولتاژ های بسیار پایین در نقاط واسطه ای از شبکه می شود . در مقابل ، کاهش مداوم ولتاژ ، که مربوط به ناپایداری ولتاژ است ، زمانی اتفاق می افتد که از نظر پایداری زاویه روتور مشکلی وجود نداشته باشد . اساساً ناپایداری ولتاژ یک پدیده محلی است . با وجود این ، آثار آن ممکن است تأثیر فراگیر داشته باشد . فروپاشی ولتاژ پدیده ای پیچیده‌تر از ناپایداری ساده ولتاژ است و معمولاً اثر رشته ای از حوادث ناپایداری ولتاژ است که منجر به ولتاژ پایین در بخش عمده ای از سیستم قدرت می شود .

به منظور بررسی ، مناسب است که پایداری ولتاژ را به دو طبقه ذیل تقسیم نمود :

الف) پایداری اغتشاش بزرگ ولتاژ ، مربوط به توانایی سیستم در کنترل ولتاژ به دنبال وقوع اغتشاشهای بزرگ از جمله خطاهای سیستم ، از دست دادن تولید یا پیشامد های خطوط است . این توانایی به وسیله مشخصه های بار سیستم و تأثیر متقابل سیستمهای کنترلی و حفاظت پیوسته و گسسته مشخص می شود . تعیین پایداری اغتشاش بزرگ ، مستلزم آن است که عملکرد غیر خطی دینامیکی سیستم در محدوده زمانی کافی که تأثیر متقابل تجهیزاتی از قبیل تغییر دهنده های تپ زیر بار (ULTC) و محدودکننده های جریان

تحریک ژنراتور مشخص می شود ، تعیین گردد . زمان مطالعه ممکن است از چند ثانیه تا چندین دقیقه طول بکشد . از این رو شبیه سازی دینامیکی بلند مدت برای بررسی مسأله ، ضروری است معیارهای جهت پایداری اغتشاش بزرگ ولتاژ آن است که به دنبال بروز اغتشاش و بعد از عمل کنترل کننده های سیستم ، ولتاژ تمام شینها به سطوح ماندگار قابل قبول برسند .

ب) **پایداری اغتشاش کوچک ولتاژ** ، مربوط به توانایی سیستم در کنترل ولتاژ به دنبال وقوع اغتشاشهای کوچک ، مثلاً تغییرات کوچک در بار سیستم است . این نوع پایداری به کمک مشخصه های بار ، کنترل کننده های پیوسته و کنترل کنتنده های گسسته در یک لحظه زمانی مشخص ، تعیین می گردد . این مفهوم ، مشخص می کند که در هر زمان سیستم چگونه در مقابل اغتشاشهای کوچک عکس العمل نشان می دهد .

فرآیند های اصلی که به پایداری اغتشاش کوچک ولتاژ کمک می کنند اساساً دارای طبیعت حالت ماندگار هستند . از این رو می توان به طور مؤثر از بررسی استاتیکی برای تعیین حاشیهٔ پایداری ، عوامل مؤثر بر پایداری و مطالعه تأثیر محدوده وسیعی از وضعیتهای سیستم و تعداد زیادی سناریو که به دنبال پیشامدها و اغتشاشات رخ می دهد ، استفاده کرد [۸] .

معیاری جهت پایداری اغتشاش کوچک ولتاژ آن است که در یک حالت کاری مشخص، دامنه ولتاژ هرشین سیستم ، زمانی که توان راکتیو تزریقی به آن شین افزایش می یابد ، زیاد شود . سیستم ، از نظر ولتاژ ، ناپایدار است اگر حداقل در یک شین سیستم ، دامنه ولتاژ (V) ، زمانی که توان راکتیو تزریقی (Q) به آن افزایش یابد ، کم شود . به عبارت دیگر ، سیستم

از نظر ولتاژ ، پایدار است اگر حساسیت Q_V برای هر شین ، مثبت و ناپایدار است اگر حساسیت Q_V حداقل برای یک شین ، منفی باشد .

ناپایداری ولتاژ همیشه به شکل خاص خود بروز نمی کند . اغلب ، ناپایداری ولتاژ و زاویه با یکدیگر تداخل می کنند . ناپایداری از یک نوع ممکن است به ناپایداری از نوع دیگر منجر شود و تفکیک ، واضح و روشن نباشد . با وجود این ، تفکیک مهم است زیرا به دنبال درک و تعیین عوامل مؤثر بر مسأله است که می توان روشهای مناسب بهره برداری و طراحی را برگزید .

۳-۴معیارهای عملکرد دینامیکی

تأثیر سیستم در تقویت پایداری سیستم قدرت به کمک بعضی از مشخصه های مهم آن تعیین شود . در این بخش معیارهای عملکرد یک سیستم تحریک که این مشخصه ها را تعیین کرده ، می تواند به عنوان مبنایی برای ارزیابی و تشخیص عملکرد دینامیکی سیستم کنترل تحریک به کار رود را تعیین و تعریف می نماییم . شکل ۲۴ نمایی از سیستم کنترل تحریک را به صورت کلاسیک ، که برای بیان سیستمهای کنترلی فید بکی به کار می رود ، نشان می دهد .

عملکرد سیستم کنترل تحریک به مشخصه های سیستم تحریک ، ژنراتور و سیستم قدرت بستگی دارد . چون سیستم ، غیر خطی است بهتر است که عملکرد دینامیکی آن از دو دیدگاه عملکرد سیگنال بزرگ و عملکرد سیگنال کوچک بررسی گردد . در نوع اول ، مشخصات غیر خطی قابل توجه است ولی در نوع دوم ، عملکرد به صورت خطی است .

۱-۳-۴ معیارهای عملکرد سیگنال بزرگ

معیارهای عملکرد سیگنال بزرگ وسیله ای برای ارزیابی عملکرد سیستم تحریک در مقابل اغتشاشهای شدیدی است که مثلاً هنگام بررسی پایداری گذرا ، میان مدت و بلند مدت روی می دهد . این معیارها بر اساس کمیتهایی است که بیان خواهد شد . به منظور دستیابی به حداکثر قابلیت انعطاف در طراحی ، ساخت و کاربرد سیستم تحریک ، بعضی از معیارها تحت وضعیت خاص تعریف شده که این وضعیت را می توان با توجه به حالت خاص موجود ، مشخص کرد .

الف) ولتاژ سقف سیستم تحریک : حداکثر ولتاژ مستقیمی است که سیستم تحریک قادر است تحت وضعیت خاص در پایانه های خود عرضه کند . ولتاژ سقف نمایانگر قابلیت و توانایی تحریک سیستم تحریک است و هرچه این ولتاژ بالاتر باشد ، تأثیر آن بر بهبود پایداری گذرا زیادتر است . در سیستمهای تحریک با منبع ولتاژ و منبع ترکیبی که تغذیه به ولتاژ و جریان ژنراتور بستگی دارد ، ولتاژ سقف در ولتاژ و جریان مشخص تغذیه ، تعریف می شود . در سیستمهای تحریک با تحریک کننده های چرخان ، ولتاژ سقف در سرعت نامی تعیین می شود .

ب) جریان سقف سیستم تحریک : حداکثر جریان مستقیمی است که سیستم تحریک قادر است برای مدت زمانی مشخص در پایانه های خود عرضه کند . زمانی که اغتشاشهای طولانی مطرح باشد ، می توان جریان سقف را بر اساس تحمل گرمایی سیستم تحریک قرار داد .

ج) پاسخ زمانی ولتاژ : ولتاژ خروجی سیستم تحریک است که تحت وضعیت خاص به صورت تابعی از زمان بیان شده باشد .

د) زمان پاسخ ولتاژ سیستم تحریک : زمانی (بر حسب ثانیه) است که تحت وضعیت خاص ، ولتاژ تحریک به ۹۵٪ اختلاف بین ولتاژ سقف و ولتاژ تحریک بار نامی می رسد . ولتاژ تحریک بار نامی ، ولتاژ تحریک در حالت پیوسته بار نامی است که سیم پیچ تحریک در یکی از دو حالت ذیل باشد :

۱. ۷۵ درجهٔ سانتیگراد برای سیم پیچهایی که برای کار با افزایش دمای بیش از ۶۰ درجهٔ سانتیگراد یا کمتر طراحی شده اند .

۲. ۱۰۰ درجهٔ سانتیگراد برای سیم پیچهایی که برای کار با افزایش دمای بیش از ۶۰ درجهٔ سانتیگراد طراحی شده اند .

هـ) سیستم تحریک با پاسخ اولیهٔ سریع : سیستم تحریکی است که زمان پاسخ ولتاژ آن ۰/۱ ثانیه یا کمتر باشد که نمایشگر سیستمی با عکس العمل سریع است .

و) پاسخ اسمی سیستم تحریک : میزان افزایش ولتاژ خروجی سیستم تحریک است که از حاصل تقسیم ولتاژ تحریک از منحنی پاسخ بر ولتاژ نامی تحریک به دست می آید . اگر بتوان این نرخ را ثابت نگه داشت ، در منحنی ولتاژ ـ زمان همان سطحی را ایجاد می کند که منحنی واقعی در طی نیم ثانیهٔ اول ایجاد می کند (مگر اینکه دوره زمانی دیگری مشخص شده باشد) .

پاسخ اسمی به این صورت به دست می آید که ابتدا سیستم تحریک را در ولتاژ (و جریان) تحریک در بار نامی ، مورد بهره برداری قرار دهیم و سپس به طور ناگهانی ، ولتاژ پایانه سه فاز ورودی را مقداری کنیم که ولتاژ سیستم تحریک را به سقف برساند . باید هر تأخیر زمانی را که ممکن است سیستم تحریک در مقابل یک اغتشاش ناگهانی از خود بروز دهد ، لحاظ کرد . مطابق با شکل ۲۵ ، پاسخ سیستم تحریک با خط ac ، مشخص شده است . این خط با مساوی قرار دادن دو سطح acd و abd به دست می آید .

$$\text{پاسخ اسمی} = \frac{۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱}{Cd \quad (ao)\ (oe)}$$

که

oe : نیم ثانیه

ao : ولتاژ تحریک در بار نامی

است . توجیهی که برای استفاده از نیم ثانیه ، در بحث وجود دارد این است که به دنبال بروز اغتشاش شدید ، زاویه روتور ژنراتور در زمانی در حدود ۰/۴ تا ۰/۷۵ ثانیه به اوج خود می رسد . اگر قرار باشد سیستم تحریک به پایداری گذار کمک نماید باید در این بازه زمانی عمل نماید . از این روست که « نیم ـ ثانیه » در تعریف پاسخ اسمی به کار می رود .

WikiPower.ir

۲-۳-۴ معیارهای عملکرد سیگنال کوچک

معیارهای عملکرد سیگنال کوچک وسیله ای برای ارزیابی پاسخ سیستم کنترل حلقه ـ بستهٔ تحریک به تغییرات کوچک در وضعیتهای مختلف سیستم است . بعلاوه مشخصه های عملکرد سیگنال کوچک ، وسیله مناسبی در تعیین یا تشخیص صحت و سقم پارامترهای مدل سیستم تحریک در مطالعات سیستم است .

عملکرد سیگنال کوچک را می توان بر حسب معیارهای عملکردی که در نظریه سیستمهای کنترل به کار می رود به صورت زیر بیان کرد :

ـ معیارهای مربوطه به پاسخ زمانی

ـ معیارهای مربوط به پاسخ فرکانسی

۴-۴ توابع کنترلی و حفاظتی

سیستمهای مدرن کنترل تحریک بسیار بیشتر از یک تنظیم کننده معمولی ولتاژ عمل می کنند و به منظور تأمین وظایفی مجهز به توابع کنترلی ، محدود کننده و حفاظتی هستند . این توابع و نحوه ارتباط بین آنها در شکل ۲۶ نمایش داده شده است . هر سیستم تحرک ممکن است دارای بعضی از یا همه این توابع باشد که به وضعیت خاص کاربرد آن و نیز و نوع تحریک کننده مورد استفاده بستگی دارد . فلسفه اصلی ، این است که توابع کنترلی ، کمیتهای بخصوصی را در مقادیر مطلوب تنظیم نمایند و توابع محدود کننده ، از خروج کمیتها از محدوده مجازشان ، جلوگیری نمایند . اگر هر یک از این محدود کننده ها به طور مطلوب عمل ننمایند ، در این صورت توابع حفاظتی ، اجزای خاصی از سیستم یا واحد را از مدار خارج می کنند . در اینجا شرح مختصری از توابع گوناگون کنترلی و حفاظتی و اجزای آنها ، که در شکل ۸ ـ ۱۴ نشان داده شده ، بیان می شود .

۴-۵ تنظیم کننده جریان متناوب و مستقیم

وظیفه اصلی تنظیم کننده جریان متناوب ، تأمین و حفظ ولتاژ استاتور ژنراتور است . به علاوه ، سایر توابع کمکی کنترلی و حفاظتی مطابق با شکل ۲۶ از طریق تنظیم کننده جریان متناوب عمل می کنند تا ولتاژ تحریک ژنراتور را کنترل نمایند .

تنظیم کننده جریان مستقیم ، ولتاژ تحریک ژنراتور را ثابت نگاه می دارد و معمولاً به کنترل دستی موسوم است . این تنظیم کننده ، به طور عمده برای آزمایش و راه اندازی در وضعیتی که تنظیم کننده جریان متناوب خراب است ، به کار می رود . در این وضعیت کاری ، ولتاژ تحریک کنترل می شود و اپراتور با تنظیم آن ، ولتاژ تحریک را تغییر می دهد . در بعضی سیستمهای تحریک ، تنظیم خودکار نقطه تنظیم نیز امکان پذیر است . این موضوع باعث می شود که نقطه تنظیم دستی به طور پیوسته تغییر تحریک ژنراتور ناشی از تنظیم کننده جریان متناوب را ردیابی کند و به این ترتیب تغییرات شدید ولتاژ و توان راکتیو را ، که هنگام خروج ناگهانی تنظیم کننده جریان متناوب از مدار پیش می آید ، حداقل کند . البته باید اطمینان حاصل کرد که خروج از مدار واحدی که بر روی کنترل دستی کار می کند ، ژنراتور را در حالت فوق تحریک رها ننماید .

www.wikipower.ir

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

کنترل توان حقیقی و توان راکتیو

عبور توان حقیقی و توان راکتیو در یک شبکه انتقال ، تقریباً از یکدیگر مستقل است و از اعمال مختلف کنترلی تأثیر می پذیرد . بنابراین در بسیاری از مسائل می توان آنها را به طور مطالعه قرار داد . کنترل توان حقیقی به کنترل فرکانس وابسته است و کنترل توان راکتیو به کنترل ولتاژ . از آنجا که ثبات فرکانس و ولتاژ عوامل مهمی در تعیین کیفیت منبع توان هستند ، کنترل توان حقیقی و توان در عملکرد رضایتبخش سیستمهای قدرت ، اساسی و مهم است .

۵ -۱ توان حقیقی و کنترل فرکانس

برای عملکرد رضایتبخش یک سیستم قدرت ، باید فرکانس تقریباً ثابت بماند . کنترل نسبتاً دقیق فرکانس ثبات سرعت موتورهای القایی و سنکرون را فراهم می آورد . ثبات سرعت راه اندازهای موتوری ، بخصوص در عملکرد رضایتبخش واحدهای تولید ، مهم است زیرا این واحدها بشدت به عملکرد تمام محرکه های جنبی مربوط به سوخت ، آب تغذیه و سیستمهای تغذیه هوای سوخت وابسته هستند . در یک شبکه ممکن است افت زیاد فرکانس به جریانهای شدید مغناطیسی در موتورهای القایی و ترانسفورمرها ، منجر شود . استفاده وسیع از ساعتهای الکتریکی و استفاده از فرکانس برای سایر مصارف زمان سنجی نیازمند نگهداری و حفظ دقیق زمان سنکرون است که با انتگرال فرکانس متناسب است . در نتیجه ، نه تنها فرکانس بلکه انتگرال آن نیز باید تنظیم و کنترل شود .

فرکانس یک سیستم ، بستگی به تعادل توان حقیقی دارد . از آنجا که فرکانس ، عامل مشترکی در سر تا سر سیستم است ، تغییری در تقاضای توان حقیقی یک نقطه ، به صورت تغییری در فرکانس در سرتاسر سیستم منعکس می شود . چون تعداد زیادی ژنراتور ، توان مورد نیاز سیستم را تأمین می کنند ، باید وسایلی مهیا شود که تغییر توان مورد تقاضا را بین واحدها تقسیم کند . گاورنر سرعت هر واحد تولیدی تابع اولیه کنترل سرعت را فراهم می آورد حال آنکه کنترل تکمیلی موجود در یک مرکز کنترل اصلی ، تولید را تخصیص می دهد .

در سیستمهای به هم پیوسته که شامل دو یا تعدادی بیشتر نواحی مستقل کنترلی هستند، علاوه بر کنترل فرکانس ، باید تولید در هر ناحیه به گونه ای کنترل شود که تبادل برنامه ریزی شده توان حفظ شود . کنترل تولید و فرکانس معمولاً به کنترل بار ـ فرکانس (LFC) مرسوم است . در ابتدا ملاحظات مربوط به کنترل اولیه سرعت و سپس کنترل تکمیلی مرور خواهد شد .

۵ -۲ اصول اساسی کنترل سرعت

مفاهیم اساسی در خصوص کنترل و تنظیم سرعت را می توان با در نظر گرفتن یک واحد منفرد تولید که یک بار محلی را مطابق شکل ۲۷ تأمین می کند ، به سهولت نمایش داد .

پاسخ ژنراتور به تغییر بار

زمانی که تغییری در بار رخ دهد ، این تغییر به صورت لحظه ای در گشتاور الکتریکی خروجی (Te) ژنراتور اثر می گذارد . این موضوع باعث ایجاد عدم تطابق بین گشتاور مکانیکی T_m و گشتاور الکتریکی T_e می شود که به نوبهٔ خود باعث تغییرات در سرعت می شود (که از معادله حرکت مشخص می گردد) . در مطالعات بار ـ فرکانس ، ترجیح دارد که رابطه فوق را بر حسب توانهای الکتریکی و مکانیکی (به جای گشتاور) بیان نمود . رابطه بین توان P و گشتاور T به صورت زیر است :

$$P = W_r T$$

پاسخ بار به انحراف فرکانس

به طور کلی بارهای سیستم قدرت ، ترکیبی از انواع گوناگون تجهیزات الکتریکی است . برای بارهای اهمی از قبیل روشنایی و گرمایش ، توان الکتریکی مستقل از فرکانس است . در حالت بارهای موتوری از قبیل پمپها و پنکه ها ، به علت تغییرات سرعت موتور ، توان الکتریکی با فرکانس تغییر می کند . می توان مشخصهٔ کلی وابسته به فرکانس یک بار ترکیبی را به صورت زیر بیان نمود :

$$\Delta P_e = \Delta P_l + D\Delta\omega_r$$

که :

ΔP_l : تغییر غیر حساس به انعکاس بار

$D\Delta w_r$: تغییر حساس به فرکانس بار

و D : ثابت میرایی بار ، است

ثابت میرایی بار به صورت تغییر درصدی بار به ازای یک درصد تغییر در فرکانس بیان می شود . مقدار نوعی D ، ۱ تا ۲ درصد است . مقدار ۲ = D بدین معناست که یک درصد تغییر در فرکانس ، باعث ۲ درصد تغییر در بار می شود .

نمودار بلوکی سیستم که شامل تأثیر میرایی بار باشد در شکل ۲۸ نشان داده شده است . این نمودار را می توان به صورت شکل ۲۹ خلاصه کرد .

در صورت فقدان گاورنر سرعت ، پاسخ سیستم به تغییری در بار ، به وسیله ثابت لختی و ثابت میرایی تعیین می شود . انحراف حالت ماندگار سرعت به گونه ای است که تغییر بار دقیقاً با تغییر بار ناشی از حساسیت به فرکانس جبران گردد .

۳- ۵ مشخصه ترکیبی تنظیم سیستمهای قدرت

در بررسی کنترلهای بار ـ فرکانس ، علاقه مندیم عملکرد جمعی تمام ژنراتورهای سیستم را بدانیم . از این رو ، نوسانهای بین ماشینها و عملکرد سیستم انتقال در نظر گرفته نمی شود . به طور ضمنی، در مقابل تغییرات در بار سیستم ، پاسخ ژنراتورها را همساز فرض نموده آنها را به صورت یک ژنراتور معادل نمایش می دهیم . ژنراتور معادل ، دارای ثابت لختی M_{eq} مساوی مجموع ثابتهای لختی تمام واحدهای تولید است و به وسیله خروجیهای ترکیبی مکانیکی تمام توربینها مطابق با شکل ۳۰ حرکت داده می شود . به طور مشابه ، تأثیر بارهای سیستم در یک ثابت لختی D ، در نظر گرفته می شود . سرعت ژنراتور تعادل ، نمایشگر فرکانس سیستم است و در مبنای واحد ، این دو مساوی هستند . بنابراین در بحث خود در مورد کنترل بار ـ فرکانس ، سرعت روتور و فرکانس را به جای یکدیگر استفاده می کنیم .

بنابراین ، مشخصهٔ ترکیبی توان و فرکانس یک سیستم قدرت به تأثیر ترکیبی افتی تمام گاورنرهای سرعت ژنراتورها بستگی دارد . همچنین این مشخصه به مشخصه های فرکانسی تمام بارهای سیستم ، وابسته است . برای سیستمی با n ژنراتور و ثابت ترکیبی میرایی بار D ، انحراف حالت ماندگار فرکانس به دنبال تغییر بار ΔP_l برابر است با :

$$\Delta f_{ss} = \frac{-\Delta P_l}{(1/R_1 + 1/R_2 + \ldots + 1/R_n) + D} \qquad (۷-۱۱)$$

$$= \frac{-\Delta P_L}{1/R_{eq} + D}$$

که :

$$R_{eq} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \ldots + 1/R_n} \qquad (۸-۱۱)$$

بنابراین ، مشخصه ترکیبی پاسخ فرکانسی سیستم به صورت زیر است :

$$\beta = \frac{-\Delta P_L}{\Delta F_{ss}} = \frac{1}{R_{eq}} + D \qquad (۹_۱۱)$$

معمولاً ، مشخصهٔ ترکیبی پاسخ فرکانسی سیستم (β) بر حسب MW/Hz بیان می شود . همچنین گاهی از این پارامتر به نام سختی سیستم یاد می شود و مشخصه ترکیبی تنظیم سیستم مساوی $1/\beta$ است .

در شکل ۳۱ ، تأثیر افتی سرعت گاورنر و حساسیت فرکانسی بار بر تغییر خالص بار نشان داده شده است که تأثیر ترکیبی تمام واحدهای تولید و بار را در سیستم نشان می دهد .

افزایشی در بار سیستم به اندازه ΔP_L (در فرکانس اسمی) به افزایش کل تولیدی به اندازه ΔP_G (ناشی از عمل گاورنر) و کاهش کل باری به اندازه ΔP_D (ناشی از مشخصه حساس به فرکانس آن منجر می شود .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱ ۴- ۵ آهنگ پاسخ سیستمهای گاورنر توربین

توربین های بخار یا از نوع باز حرارتی یا غیر باز حرارتی هستند . شکل ۳۲ نمودار بلوکی ، گاورنر سرعت ، توربین ، جرم چرخان و بار را ، که مناسب بررسی بار ـ فرکانس است ، نمایش می دهد .

نمودار بلوکی فوق در موردواحدی با توربینم غیر باز حرارتی نیز صادق است اما در این حال $T_{RH} = ۰$ است و تابع تبدیل به صورت شکل ۳۳ ساده می شود . برای عملکرد پایدار کنترل سرعت ، گاورنرهای واحدهای آبی نیازمند جبرانسازی گذاری افتی هستند . از آنجا که تغییری در موقعیت دریچه در پایین کانال ، بر خلاف انتظار تغییر اولیه کوتاه مدتی را در توان توربین

ایجاد می کند ، گاورنرهای توربینهای آبی طوری طراحی می شوند که دارای افت گذاری نسبتاً بزرگی با زمانهای طولانی تنظیم مجدد باشند . این موضوع باعث می شود که از تنظیم پایدار فرکانس در حالت کاری منفرد (پارگی شبکه) مطمئن باشیم . در نتیجه پاسخ یک واحد آبی به تغییر سرعت یا به تغییرات در نقطه تنظیم تغییر دهنده سرعت ، نسبتاً کند است . نمودار بلوکی یک واحد تولید بهمراه یک توربین آبی در شکل ۳۴ نشان داده شدهاست . گاورنر دارای افت گذرا است . برای انحرافهای سریع فرکانس ، گاورنر دارای یک تنظیم بالا (یا بهره پایین) است . برای تغییرات کند و در حالت ماندگار ، گاورنر دارای تنظیم پایین تری (یا بهره بالاتری) است . طبیعت پاسخ واحدهای تولیدی با توربینهای بخار باز حرارتی و غیر باز حرارتی و توربینهای آبی در مقابل تغییر پله ای دربار (ΔP_L) در شکل ۳۵ نشان داده شده است . این پاسخها با استفاده از مدلهای خطی شده و پارامترهای نوعی مربوط به شکلهای ۳۲ و ۳۳ محاسبه شدهاند . برای توربینهای بخار فرض شده فشار دیگ بخار ثابت بماند . بسته به نوع دیگ بخار و کنترلهای آن و میزان تغییر بار ، ممکن است پاسخ توربینهای بخار بسیار کندتر از آنچه نشان داده شده ، باشد . از طرف دیگر ، ممکن است یک واحد آبی ارتفاع کم ، پاسخی کاملاً تندتر از آنچه در اینجا در نظر گرفته شده ، داشته باشد . نتایجی که دراینجا نشان داده شده است روشن می سازد که اگرچه انحراف حالت ماندگار سرعت برای هر سه واحد مطروحه یکسان است ، در پاسخ گذاری آنها ، تفاوتهای مهمی وجود دارد . در حقیقت باید گفت که مشخصه های پاسخ واحد بسته به بسیاری از عوامل ، تفاوت چشمگیری می کند . علاوه بر نوع واحد ، این عوامل شامل کنترلهای واحد و مدکاری (مثلاً : دیگ بخار ـ تعقیب ، توربین ـ تعقیب) و نقطه کار (مانند نزدیکی به نقطه شیر ، حد بار) است .

۵- ۵ اصول کنترل خودکار تولید (AGC)

با عمل اولیه کنترل سرعت در بار سیستم منجر به انحراف حالت ماندگاری در فرکانس می شود که به مشخصه افتی گاورنر و حساسیت به فرکانس بار بستگی دارد . بدون توجه به موقعیت و مکان تغییر بار ، تمام واحدهای تولید که گاورنر سرعت دارند ، به تغییر کلی در تولید کمک می کنند . بازیابی فرکانس سیستم به مقدار اسمی نیازمند عمل کنترل تکمیلی است که نقطه تنظیم مرجع بار را از طریق موتور تغییر دهنده سرعت تنظیم می کند . بنابراین ، وسیله اصلی کنترل توان محرکه جهت تطابق مطلوب با تغییرات دربار سیستم از طریق کنترل نقاط تنظیم مرجع بار واحدهای انتخابی تولید است . چون بار سیستم به طور پیوسته تغییر می کند ، لازم است که خروجی واحدها به طور خودکار تغییر کند .

اهداف اولیه کنترل خودکار تولید ، تنظیم فرکانس در مقدار مشخص اسمی و حفظ تبادل توان بین نواحی کنترلی در مقادیر برنامه ریزی شده از طریق تنظیم خروجی ژنراتورهای انتخابی است . این تابع ، معمولاً به کنترل بار ـفرکانس مرسوم است . هدف ثانویه آن است که به منظور حداقل سازی هزینه بهره برداری ، تغییر مورد نیاز در تولید بین واحدها توزیع شود .

AGC در سیستمهای منفرد قدرت

در یک سیستم منفرد قدرت ، حفظ توان تبادل شده مطرح نیست . بنابراین وظیفه AGC بازگرداندن فرکانس به مقدار مشخص اسمی است . این کار مطابق با شکل ۳۶ از طریق افزودن یک کنترل باز نشانی یا انتگرالی بر نقاط تنظیم مرجع بار گاورنر واحدهایی که در

وضعیتAGC قرار دارند ، عملی می شود . عمل کنترل انتگرالی ما را از وجود خطای صفر فرکانس در حالت ماندگار مطمئن می سازد .

عمل تکمیلی کنترل تولید بسیار کندتر از عمل اولیه کنترل سرعت است . بدین ترتیب می توان گفت پس از اینکه کنترل اولیه سرعت (که بر تمام واحدهایی که داغرای تنظیم سرعت هستند ، عمل می کند) فرکانس سیستم را پایدار ساخت ، این عمل تأثیر خود را نشان می دهد . بنابراین AGC برای غلبه بر تأثیر مشخصه های ترکیبی تنظیم فرکانس سیستم قدرت ، نقاط تنظیم مرجع بار واحدهای انتخابی (و بنابراین توان خروجی آنها) را تنظیم می نماید .در نتیجه این عمل ، تولید تمام واحدهای دیگری را که در وضعیت AGC قرار ندارند ، به مقادیر برنامه ریزی شده بر می گرداند .

AGC در سیستمهای قدرت به هم پیوسته

به منظور دستیابی به اصول کنترل تکمیلی سیستمهای قدرت به هم پیوسته ، ابتدا فقط عملکرد کنترل اولیه سرعت را بررسی میکنیم . سیستم به هم پیوسته ۳۷ " الف " را در نظر بگیرید که شامل دو ناحیه است که با یک خط ارتباطی باراکتانس X_{tie} به هم مرتبط هستند . برای مطالعات بار ـ فرکانس ، می توان هر ناحیه را با یک واحد تولید معادل ، که عملکرد کلی آن را نمایش می دهد ، مدل کرد . از آنجا که علاقه مند به نوسانهای بین ماشینها در هر ناحیه نیستیم ، چنین مدلهای ترکیبی قابل قبول است .

شکل ۳۷ "ب" معادل الکتریکی سیستم را نشان می دهد که در آن هر ناحیه با منبع ولتاژی متصل به راکتانس معادلی از دیدگاه شین ارتباطی ، نمایش داده شده است . توان انتقالی خط ارتباطی از ناحیه ۱ به ۲ برابر است با :

$$p_{12} = \frac{E_1 E_2}{X_T}\sin(\delta_1 - \delta_2)$$

که با بی خطی کردن حول نقطه کاری که با $\delta_1 = \delta_{1.}$ و $\delta_2 = \delta_{2.}$ نمایش داده می شود ، داریم :

که $\Delta\delta_{12} = \Delta\delta_1 \Delta\delta_2$ و T ، ضریب گشتاور سنکرون کننده به صورت زیر است :

$$\Delta P_{12} = T\Delta\delta_{12}$$

که $\Delta\delta_{12} = \Delta\delta_1 - \Delta\delta_2$ و T ،ضریب گشتاور سنکرون کننده به صورت زیر است :

$$T = \frac{E_1 E_2}{X_T}\cos(\delta_{1.} - \delta_{2.})$$

نمایش نمودار بلوکی سیستم در شکل ۳۷"ج" نشان داده شده است که هر ناحیه با لختی معادل M ، ثابت میرایی بار D توربین و سیستم گاورنری با افتی سرعت مؤثر R مدل شده است . خط ارتباطی با ضریب گشتاور سنکرون کننده T نمایش داده شده است . ΔP_{12} مثبت ، نمایشگر افزایش در انتقال توان از ناحیه ۱ به ناحیهٔ ۲ است . در عمل ، این موضوع متناظر با افزایش بار در ناحیهٔ ۱ و کاهش بار در ناحیهٔ ۲ است . بنابراین فید بک ΔP_{12} دارای علامتای منفی برای ناحیهٔ ۱ و علامت مثبت برای ناحیهٔ ۲ است .

انحراف حالت ماندگار فرکانس $(f - f_{.})$ برای هر دو ناحیه ، یکسان است و برای تغییر بار کل ΔP_L داریم :

$$\Delta f = \Delta\omega_1 = \Delta\omega_2 = \frac{-\Delta P_L}{(1/R_1 + 1/R_2)}$$

مقادیر حالت ماندگار را به دنبال افزایشی در بار ناحیه ۱ مساوی $\Delta P_{L۱}$ در نظر بگیرید . در این صورت برای ناحیهٔ ۱ داریم :

$$\Delta P_{m۱} - \Delta P_{۱۲} - \Delta P_{L۱} = \Delta f D_۱$$

و برای ناحیهٔ ۲ :

$$\Delta P_{m۲} + \Delta p_{۱۲} = \Delta f D_۲$$

تغییر در توان مکانیکی بستگی به تنظیم دارد . بنابراین :

$$\Delta P_{m۱} = -\frac{\Delta f}{R_۱}$$

$$\Delta P_{m۲} = -\frac{\Delta f}{R_۲}$$

کنترل بایاس فرکانس خط ارتباطی

هدف اساسی کنترل تکمیلی ، تأمین مجدد تعادل بین بار و تولید هر ناحیه است . این هدف زمانی تأمین می شود که عمل کنترلی دو هدف زیر را برآورده سازد :

ـــ فرکانس را در مقدار برنامه ریزی شده قرار دهد .

ـــ توان خالص تبادلی با نواحی همسایه را به مقدار برنامه ریزی شده برساند .

به طور ایده‌آل ، باید کنترل تکمیلی در هر ناحیه تنها تغییرات درآن ناحیه را اصلاح کند . به عبارت دیگر ، اگر تغییر باری در ناحیهٔ ۱ رخ دهد تنهـا باید عمل کنترل تکمیلی در ناحیهٔ ۱ (و نه در ناحیهٔ ۲) انجام می پذیرد .

اگر سیگنال کنترلی ازجمع انحراف توان انتقالی خط ارتباطی و انحراف فرکانس (وزندار شده با ضریب بایاس) ، تشکیل شده باشد ، اهداف مطلوب را برآورده می سازد . این سیگنال کنترل به خطای کنترل ناحیه (ACE) موسوم است .

عملکرد AGC در حالتهای عادی و غیر عادی

در حالت عادی ، که هر ناحیه ، توانایی اجرای دستورعملهای کنترلی خود را دارد ، عمل حالت ماندگار اصلاحیAGC محدود به ناحیه ای است که در آن کمبود یا اضافه تولید رخ می دهد . تبادل توان بین نواحی در سطوح برنامه ریزی شده ، حفظ می شود و فرکانس سیستم ثابت نگه داشته می‌شود .

در حالت غیر عادی ، ممکن است به علت ذخیره ناکافی تولید در وضعیت AGC ، یک یا چند ناحیه توانایی تصحیح عدم تطابق تولید ـ بار را نداشته باشند . در چنین وضعیتی ، نواحی دیگر با اجازه دادن به توانهای انتقالی بین ناحیه ای برای انحراف از مقادیر برنامه ریزی شده و مجاز شمردن فرکانس سیستم برای انحراف از مقدار قبل از اغتشاش ، به کمک می آیند . هر ناحیه به تناسب ظرفیت موجود تنظیم خود نسبت به ظرفیت کل سیستم ، در تنظیم فرکانس مشارکت می کند .

تنظیم و عملکرد AGC

در طراحی و تنظیم سیستم AGC ، توجه عمدهٔ ، تأثیر بر نیروگاههای تحت کنترل است . مشخصه های نیروگاهها بسیار متفاوت هستند و از نظر قدرت مانور آنها ، قیود فیزیکی چندی وجود دارد . سیستمی ساده ، که منجر به کنترل هموار و سیستمی با میرایی خوب می شود ، به کنترل سریعی که سعی کند ACE را سریعاً به صفر برساند ، ترجیح دارد . مشخصه های

واحد در ارتباط با تغییرات ACE ، به گونه ای است که هیچگاه نمی توان به طور پیوسته تولید و بار را کاملاً بر هم منطبق کرد . پیاده سازی تابع کنترلی با مقداری انرژی ذخیره شده در واحدهای تولید ، محدود می شود . بنابراین ، کنترل سعی می کند مقدار متوسط تولید و بار را طی زمانی با هم مطابقت دهد . بدین ترتیب باید خط مشی کنترلی شامل اهداف ذیل باشد :

ـ هزینه سوخت را حداقل کند .

ـ از کار مداوم واحدهای تولید در بازه های نامطلوب جلوگیری نماید (مثال : نقاط شیر برای واحدهای بخار) .

ـ با جلوگیری و اجتناب از عمل غیر ضروری واحدهای تولید ، فرسایش تجهیزات را به حداقل رساند .

سیستمهای عملی AGC با حفظ راهبردهای کنترلی به صورت ساده مقاوم و قابل اعتماد ، به اهداف فوق دست می یابند .

پایداری سیستم کنترل و توانایی در پاسخ به سیگنالهای ACE از تأخیر فازهای مربوط به اندازه گیری و انتقال سیگنالهای کنترلی ، تأثیر می پذیرد . راه ایده‌آل برای تعیین پارامترهای سیستم AGC ، استفاده از شبیه سازی است . پارامتر مهمی که بر پایداری سیستم AGC تأثیر دارد ، بهرهٔ کلی حلقه آن است که باید مقدار آن بر اساس آزمایشهای میدان ، نهایی گردد .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۲ ۶- ۵ بار زدایی کمبود فرکانس

ممکن است اغتشاشهای حاد سیستمی ، به وقفه های متوالی و جداسازی نواحی و تشکیل نواحی الکتریکی مستقل منجر شود . اگر چنین ناحیه جدا شده ای دچار کمبود تولید باشد ، با کاهش فرکانس روبرو خواهد شد و اگر تولید کافی با توانایی افزایش سریع خروجی در دسترس نباشد ، کاهش فرکانس به طور عمده به وسیله مشخصه حساس به فرکانس بارها ، تعیین می شود . در بسیاری حالتها ، کاهش فرکانس ممکن است به سطوحی برسد که به وسیله رله های حفاظتی کمبود فرکانس ، واحدهای تولید توربین بخار از مدار خارج شوند و بنابراین وضع ، باز بدتر شود . به منظور جلوگیری از کارکرد نواحی جدا شده در فرکانسی کمتراز فرکانس معمول ، از روشهای بار زدایی استفاده می شود به گونه ای که بار اتصالی به حدی برسد که به طور ایمن بتوان آن را به کمک تولید موجود ، تأمین کرد .

خطرهای کارکرد در فرکانس کم

دو مسأله عمده در اثر کارکرد سیستم قدرت در فرکانس کم ایجاد می شود که هر دو مسأله مربوط به واحدهای تولید حرارتی است .

اولین مسأله راجع به تنش ارتعاشی بر تیغه های بلند توربین فشار ضعیف است باید بشدت از کارکرد توربینهای بخار در فرکانس کمتر از ۵۸/۵ Hz اجتناب کرد . از آنجا که تأثیر تنش ارتعاشی با زمان جمع می شود ، بازیابی سریع کارکرد در فرکانس معمول ، بسیار مهم است .

دومین مسأله راجع به عملکرد تجهیزات جنبی نیروگاه است که به وسیلهٔ موتورهای القایی می چرخند . در فرکانسهای کمتر از Hz ۵۷ ، ممکن است توانایی نیروگاه به علت کاهش خروجی پمپهای تغذیه دیگ بخار با پنکه های تأمین کننده هوای احتراق ، بشدت کاهش یابد در این حالت در نیروگاههای هسته ای ، ممکن است راکتورها به علت کاهش جریان سرد

کننده (در اثر کاهش فرکانس) ، دچار اضافه حرارت شود برای مواجهه با این موضوع ، معمولاً از حفاظتهای جریان کم یا رله های کمبود فرکانس استفاده می شود . اگر کاهش فرکانس بیش از حد باشد ، ممکن است واحدهای تولید از مدار خارج شوند . علاوه بر اجتناب از عواقب فوق ، لازم است که فرکانس هر چه سریعتر به وضعیت عادی بازگردد به طوریکه بتوان دوباره ناحیه تحت تأثیر را به سیستم قدرت اصلی متصل کرد .

محدودیتهای سیستمهای محرکه (توربینها)

محرکه ، محدودیتهای چندی دارند که بر توانایی آنها در کنترل کاهش فرکانس تأثیر می گذارد :

۱. تولید را می توان فقط تا حد ذخیرهٔ چرخان موجود در محدوده هر ناحیه تحت تأثیر، افزایش داد .

۲. باری که به وسیله هر واحد حرارتی تأمین می شود به علت تنش حرارتی در توربین ، محدود می شود . در ابتدا ، می توان حدود ۱۰٪ از خروجی نامی توربین را بسرعت تأمین کرد بدون اینکه به علت افزایش بیش از حد سریع حرارت ، آسیب ایجاد شود . پس از آن ، افزایش ، با آهنگی معادل با ۲٪ بر دقیقه ، کند خواهد شد .

۳. توانایی دیگ بخار در تأمین بخش مهمی از بار محدود است . افزایشی در جریان بخار ، زمانی که شیرهای توربین باز می شوند ، منجر به افت فشار می شود . به منظور اصلاح فشار ، لازم است که ورودی سوخت دیگ بخار افزایش یابد . این موضوع چندین دقیقه به طول انجامد و در محدود کردن افت فرکانس ، اثر ناچیزی دارد .

۴. گاورنر های سرعت دارای تأخیر زمانی ۳ تا ۵ هستند .

در نتیجهٔ موارد فوق ، ذخیره تولید موجود برای کنترل فرکانس ، محدود به بخشی از تولید باقیمانده است .

۷- ۵ کنترل توان راکتیو و ولتاژ

برای عملکرد مؤثر و قابل اعتماد سیستمهای قدرت ، باید کنترل ولتاژ و توان راکتیو ، اهداف زیر را برآورده سازد :

الف) ولتاژ در پایانه های تمام تجهیزات سیستم در بازه های قابل قبول باشند . هم تجهیزات تولید کننده و هم تجهیزات مشتری (مصرف کننده) به گونه ای طراحی شده اند که در یک ظرفیت مشخص ولتاژ کار کنند . کارکرد طولانی تجهیزات در ولتاژهایی خارج از بازه مجاز می تواند تأثیر سوئی بر عملکرد آنها داشته باشد و احتمالاً به آنها آسیب برساند .

ب) به منظور حداکثر سازی استفاده از سیستم انتقال ، پایداری سیستم تقویت شود . کنترل ولتاژ و توان راکتیو تأثیر مهمی بر پایداری سیستم دارد .

ج) جریان توان راکتیو حداقل شود به گونه ای که تلفات RI^2 و XI^2 به حداقل قابل قبولی برسد . این موضوع اطمینان می دهد که سیستم انتقال با بازده خوبی کار می کند و به طور عمده برای انتقال توان حقیقی استفاده می شود .

مسأله حفظ سطوح ولتاژ در محدوده های مورد نیاز ، با توجه به اینکه سیستم قدرت ، تعداد زیادی بار را تغذیه می کند و از بسیاری واحدهای تولید تغذیه می شود ، مسأله پیچیده ای است . با تغییر بار ، نیازهای توان راکتیو سیستم انتقال تغییر می کند . از آنجا که نمی توان توان راکتیو را در مسیرهای طولانی انتقال داد ، باید با استفاده از وسایل خاصی که در سر تا

سر سیستم پخش شده ، کنترل ولتاژ تحت تأثیر قرار گیرد . این روش در مقابل کنترل فرکانس قرار می گیرد که به تعادل کلی توان حقیقی سیستم بستگی دارد .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۳ ۸- ۵ روشهای کنترل ولتاژ

کنترل سطوح ولتاژ از طریق کنترل تولید ، جذب و جریان توان راکتیو در تمام سطوح ، در سیستم عملی می شود . واحدهای تولید ، وسیله اصلی کنترل ولتاژ هستند . تنظیم کننده های خودکار ولتاژ جریان تحریک را به منظور حفظ سطح برنامه ریزی شده ای از ولتاژ در تمام پایانه های ژنراتور ها ، کنترل می نمایند . معمولاً به منظور کنترل ولتاژ در سر تا سر سیستم ، وسایل اضافی مورد نیاز است . وسایل مورد استفاده برای این هدف را می توان به صورت زیر طبقه بندی کرد :

الف) منابع یا مخازن توان راکتیو از قبیل خازنهای شنت ، راکتورهای شنت ، کندانسورهای سنکرون و جبرانگرهای استاتیکی توان راکتیو (SVC)

ب) جبرانگرهای راکتانس خط از قبیل خازنهای سری

ج) ترانسفورمرهای تنظیم کننده از قبیل ترانسفورمرهای دارای تغییر دهندهٔ تپ و تقویت کننده ها .

خازنهای وراکتورهای شنت و خازنهای سری ، جبرانسازی غیر فعال را فراهم می آورند این وسایل یا به طور دائم به سیستم انتقال و توزیع متصل هستند و یا کلید زنی می شوند که با تغییر دادن مشخصه های شبکه ، به کنترل ولتاژ کمک می کنند .

کندانسورهای سنکرون و SVC ها ، جبرانسازی فعال را تأمین می کنند . توان راکتیو تولید شده یا جذب شده به وسیله آنها ، به طور خودکار تنظیم می شود به گونه ای که ولتاژ شینهای

متصل به آنها حفظ شود . به همراه واحدهای تولید ، این وسایل ، ولتاژ را در نقاط مشخصی از سیستم تثبیت می کنند . ولتاژ در محلهای دیگر سیستم ، با توجه به توانهای انتقالی حقیقی و راکتیو از عناصر گوناگون مدار (از جمله وسایل جبرانسازی غیر فعال) ، تعیین می شود .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۴ ۹- ۵ راکتورهای شنت

راکتورهای شنت به منظور جبرانسازی تأثیر خازنی خط ، به خصوص برای محدود کردن افزایش ولتاژ در حالت مدار باز یا بار کم ، به کار می روند . این وسایل معمولاً برای خطوط هوایی فشار بسیار قوی (EHV) ، که طولانی تر از ۲۰۰ km باشند ، ضروری هستند . اگر خط هوایی کوتاهتر ، از یک سیستم ضعیف (ظرفیت کم اتصال کوتاه) تغذیه شود (شکل ۳۸) ، ممکن است باز به راکتورهای شنت نیاز باشد . زمانی که انتهای دور خط باز شود ، جریان خازنی خط که از راکتاس بالای اندوکتانس منبع (X_s) عبور می کند ، باعث افزایشی در ولتاژ طرف فرستندهٔ خط (E_S) خواهد شد . تأثیر فرانتی ، ولتاژ طرف گیرنده (E_R) را باز هم افزایش خواهد داد .

باید راکتور شنتی با اندازهٔ کافی به طور دائم به خط متصل باشد تا اضافه ولتاژهای موقتی فرکانس اصلی را به حدود pu ۱/۵برای دوره ای کمتر از یک ثانیه ، محدود نماید . چنین راکتورهای متصل به خط ، همچنین اضافه ولتاژهایی را که در زمان انرژی دار کردن خطوط پیش می‌آید (اضافه ولتاژ های گذرا در اثر کلید زنی) ، محدود می کند . می توان راکتورهای اضافی شنت را که برای حفظ مقدار عادی ولتاژ ، در حالت بار کم مورد نیاز هستند ، مطابق با شکل ۳۹ به شینEHV و یا مطابق با شکل ۴۰ به سیم پیچ ثالثیهٔ ترانسفورمرهای مجاور

متصل کرد . ممکن است لازم شود در حالت بارگذاری شدید ، بعضی راکتورها از مدار خارج شوند . این کار با استفاده از کلید زنی راکتورهای دارای کلید ، عملی می شود .

البته برای خطوط کوتاهتری که از سیستمهای قوی تغذیه می شوند ، الزاماً نیازی نیست که از راکتورهایی که به طور دائم به خط متصل هستند ، استفاده شود . در چنین حالاتی ، ممکن است تمام راکتورهای مورد استفاده ، قابل کلید زنی باشند و به سیم پیچهای ثالثیهٔ ترانسفورمرها یا شین EHV متصل باشند . در بعضی کاربردها ، همچنان که در شکل۴۱ نشان داده شده است برای صدور اجازهٔ تغییر مقدار راکتانس ، از راکتورهای دارای تپ با تسهیلات کنترل تغییر تپ ولتاژ دار ، استفاده شده است .

راکتورهای شنت از نظر ساختمان شبیه ترانسفورمرها هستند اما دارای یک سیم پیچ منفرد (به ازای هر فاز) بر روی یک هسته آهنی دارای فاصله هوایی می باشند که در روغن غوطه ور است . راکتورها ممکن است به صورت تک فاز یا سه فاز باشند .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۵ ۱۰ - ۵ خازنهای شنت

خازنهای شنت ، توان راکتیو تغذیه می کنند و ولتاژهای محلی را افزایش می دهند . آنها در سرتاسر سیستم استفاده می شوند و در اندازه های بسیار گوناگونی به کار می روند . خازنهای شنت ابتدا در اواسط دهه ۱۹۱۰ میلادی برای تصحیح ضریب توان به کار گرفته شدند . خازنهای اولیه از روغن به عنوان عایق استفاده می کردند . به علت اندازه بزرگ و وزن و هزینه سنگین ، استفاده از آنها محدود بود . در دهه ۱۹۳۰ میلادی ، پیدایش مواد عایقی ارزانتر و دیگر اصلاحات در ساختمان خازنها ، کاهش فراوانی در قیمت و اندازه آنها ایجاد کرد . از اواخر ۱۹۳۰ میلادی استفاده از خازنهای شنت به طور محسوسی افزایش یافت . امروزه ،

این وسایل ، منابعی بسیار اقتصادی برای تولید توان راکتیو هستند. محاسن عمده خازنهای شنت ، هزینه کم آنها و قابلیت انعطاف در نصب و بهره برداری است . آنها می توانند در نقاط مختلف سیستم بسهولت به کار روند و بنابراین به بازده انتقال و توزیع و توان کمک کنند . اما عیب عمدهٔ آنها این است که خروجی توان راکتیو تولیدی ، متناسب با مجذور ولتاژ است . در نتیجه ، در ولتاژهای کم (که احتمالاً بیشترین نیاز به آنهاست) خروجی توان راکتیو آنها کاهش می یابد .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۵,۱ کاربرد در سیستمهای توزیع

در سیستمهای توزیع، برای تصحیح ضریب توان و کنترل ولتاژ فیدر ، به طور وسیع از خازنهای شنت استفاده می شود . معمولاً خازنهای شنت به طور خودکار و به کمک وسایلی که به ساعتهای زمانی ساده یا رله های حساس به ولتاژ جریان عکس العمل نشان می دهند ، کلید زنی می شوند .

هدف از تصحیح ضریب توان آن است که به جای تأمین توان راکتیو از منابع دور ، از نقطه ای نزدیک به مصرف ، آن را تهیه کرد. اغلب بارها ، توان راکتیو جذب می نمایند یعنی دارای ضریب توان پس فاز هستند . تصحیح ضریب توان به وسیله خازنهای شنت و قابل کلید زنی انجام می شود که در سطوح گوناگون ولتاژ در سرتاسر سیستم توزیع وجود دارد. معمولاً از مجموعه های ولتاژ کم برای مصرف کننده های بزرگ و از مجموعه های ولتاژ متوسط در پستهای واسطهٔ کلید زنی استفاده می شود . برای واحدهای بزرگ صنعتی مطابق با شکل ۴۲ تصحیح ضریب توان در سطوح متفاوت : ۱) موتورهای منفرد ۲) مجموعهٔ موتورها و ۳) کل واحد اجرا می شود .

همچنین خازنهای شنت قابل کلید زنی به طور وسیعی برای کنترل ولتاژ فیدر به کار می روند . بدین ترتیب که در نقاط مناسبی در طول مسیر فیدر نصب می شوند تا اطمینان حاصل شود زمانی که بار تغییر می کند ، ولتاژ در محدوده های مجاز حداکثر و حداقل حفظ می شود .

۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۵,۲ کاربرد در سیستم انتقال

خازنهای شنت برای جبرانسازی تلفات $XI^{۲}$ در سیستمهای انتقال و برای حصول اطمینان از اینکه سطوح ولتاژ در شرایط بارگذاری شدید در سطح مطلوب حفظ می شود ، به کار می روند . همچنان در شکل ۴۳ نشان داده شده ، مجموعه های خازنی باندازهٔ مناسب یا مستقیماً به شین فشار قوی وصل می شوند و یا به سیم پیچ ثالثیهٔ ترانسفورمرهای اصلی ، متصل می گردند و به طور خودکار به وسیله رله ای ولتاژی یا به طور دستی کلید زنی می شوند . کلید زنی مجموعه های خازنی وسیله مناسبی را برای کنترل ولتاژهای سیستم انتقال سیستم انتقال فراهم می آورد . معمولاً این فرآیند در سرتا سر سیستم انتقال توزیع می شود به گونه ای که تلفات و افتهای ولتاژ حداقل شود .

۱-۲-۱۱- ۵ خازنهای سری

خازنهای سری به منظور جبرانسازی راکتانس اندوکتیو خط ، به طور سری با هادیهای خط قرار می گیرند . این موضوع باعث می شود که راکتانس انتقالی بیسن شین هایی که خط به آنها متصل است ، کاهش ، توان حداکثری که می تواند انتقال یابد ، افزایش و تلفات مؤثر توان راکتیو $\left(XI^{۲}\right)$ نیز کاهش یابد . گرچه خازنهای سری معمولاً برای کنترل ولتاژ نصب نمی شوند

اما کنترل اصلاح شده ولتاژ و تعادل توان راکتیو می نمایند . توان راکتیو تولیدی به وسیله یک خازن سری با افزایش انتقال توان افزایش می یابد . از این نظر ، خازن سری ، افزاری خود تنظیم است .

کاربرد در فیدرهای توزیع

در دهه ۱۹۳۰ میلادی ، از خازنهای سری برای اصلاح تنظیم ولتاژ فیدرهای توزیع و صنعتی استفاده شده است . دستگاههای جوش و کوره های قوسی از نمونه بارهایی هستند که دارای ضریب ضعیف توان و تقاضای متناوب هستند . خازن سری نه تنها افت ولتاژ را در حالت ماندگاتر کاهش می دهد بلکه به طور تقریباً لحظه ای به تغییرات در جریان بار ، عکس العمل نشان می دهد . خازن سری با کاهش امپدانس بین منبع عمده توان و بار در حال تغییر ، در حل مسائل چشمک زنی وسایل روشنایی نیز مؤثر است .

مسائلی در خصوص کاربرد خازنهای سری در فیدرهای صنعتی مطرح است که به دقت کافی نیاز دارد :

ـــ خود تحریکی موتورهای بزرگ القایی و سنکرون طی راه اندازی موتور ممکن است به علت حالت شدید ، در بخشی از سرعت سنکرون (زیر سنکرون) قفل شود . رایجترین راه حل ، این است که طی راه اندازی ، مقاومت مناسبی به طور موازی با خازن سری نصب شود .

ـــ به نوسان افتادن موتورهای سنکرون (در بعضی حالات ، موتورهای القایی) در بار کم به علت نسبی بالای P/X فیدر .

ـــ فرورزناس بین ترانسفورمرها و خازنهای سری که منجر به اضافه ولتاژهای هارمونیکی می شود . این موضوع زمانی که یک ترانسفورمر بی بار ، انرژی دار شود یا زمانی که باری به طور ناگهانی جدا شود ، ممکن است اتفاق افتد .

به علت مسائل فوق و مشکلات حفاظت خازنها از جریانهای خطای سیستم ، در سیستمهای نوین توزیع ، خازنهای سری خیلی استفاده نمی شوند ، اما در سیستمهای زیر انتقال برای تغییر توزیع بار بین خطوط موازی و نیز به منظور اصلاح تنظیم ولتاژ ، به کار می روند .

کاربرد در سیستم انتقال EHV

به این علت که خازنهای سری اجازه بارگذاری اقتصادی خطوط طولانی انتقال را فراهم می آورند ، کاربرد آنها در انتقال EHV گسترش یافته است و به طور عمده به منظور اصلاح پایداری سیستم و کسب توزیع مطلوب بار بین خطوط موازی به کار رفته اند .

هیچگاه جبرانسازی کامل خط مورد توجه نیست ۱۰۰٪ ، راکتانس مؤثر خط صفر خواهد بود و جریان خط و پخش بار به تغییرات در زوایای نسبی ولتاژ های پایانه ، بسیار حساس است . بعلاوه ، مدار به صورت تشدید سری در فرکانس اصلی خواهد بود. ضمناً سطوح بالای جبرانسازی ، پیچیدگی رله حفاظتی و احتمال ظهور تشدید زیر سنکرون را افزایش می دهد . حد بالای عملی در درجه جبرانسازی سری ، حدود ۸۰٪ است

.

در عمل نمی توان خازن را به صورت واحد های کوچک در طول خط ، توزیع کرد . بنابراین خازنها به صورت یکجا در چند نقطه در طول خط نصب می شوند . استفاده از خازنهای سری به صورت یکجا ، منجر به نمایهٔ غیر یکنواخت ولتاژ می شود .

خازنهای سری در پتانسیل خط کار می کنند . از این رو باید آنها را از زمین عایق کرد . روش بسیار رایج این است که خازنها را بر روی سکوهایی که از زمین عایق است ، نصب می کنند . راه دیگر آن است که از مجموعه های خازنی روزمینی استفاده کرد که در آن ، جعبه های خازنی ، درون مخزنهایی که با روغن ، عایق شده ، قرار می گیرند .

ذیلاً ، بعضی از ملاحظات کلیدی در کاربرد مجموعه های خازنی سری بیان می شود :

الف) افزایش ولتاژ ناشی از جریان راکتیو : هنگامی که عبور جریان راکتیو خط (که ممکن است طی نوسانهای توان یا انتقال شدید توان رخ دهد) ، شدید باشد ، امکان دارد افزایش ولتاژ در یک طرف خازن بیش از حد شود . این موضوع ممکن است تنش غیر قابل قبولی را بر تجهیزاتی که در طرف خازن بیش از حد شود . این موضوع ممکن است تنش غیر قابل قبولی را بر تجهیزاتی که در طرف مجموعه خازنی که ولتاژ شدید را تحمل می نماید ، تحمل کند . از این رو باید طراحی سیستم ، ولتاژ را به سطوح قابل قبول محدود نماید یا اینکه باید تجهیزات دارای ظرفیتی باشند که بالاترین ولتاژی را که ممکن است رخ دهد ، تحمل کنند .

ب) کنارگذاری و جاگذاری مجدد : خازنهای سری معمولاً در معرض ولتاژی در حدود درجه تنظیم خط (یعنی فقط درصدی از ولتاژ نامی) هستند . اما اگر خط ، آن سوی خازن ، اتصال کوتاه شود ، ولتاژی در حدود ولتاژ خط ، دو سر خازن پدیدار خواهد شد . البته اقتصادی نیست که خازن را برای این ولتاژ طراحی کرد زیرا هم اندازه و هم قیمت خازن با

مجذور ولتاژ افزایش می یابد . بنابراین ، تمهیداتی اندیشیده می شود که خازن هنگام بروز خطا ، کنار گذر شود و بعد از رفع خطا ، جاگذاری مجدد گردد . سرعت جاگذاری مجدد ممکن است عامل مهمی در حفظ پایداری گذرا باشد .

به طور معمولی ، کنارگذاری به وسیله یک دهانهٔ جرقه ای عملی می شود که در دو سر مجموعه خازنی یا هر بستهٔ مجموعهٔ خازنی قرار دارند . اما ، تمایل فعلی به استفاده از مقاومت های غیر خطی از جنس اکسید روی است که این حسن را دارد که در عمل ، جاگذاری مجدد به طور لحظه ای صورت می گیرد .

۱,۲,۱,۱,۱,۱,۱,۱ ۱۲- ۵ کندانسورهای سنکرون

کندانسور سنکرون ماشین سنکرونی است که بدون محرک یا بار مکانیکی می چرخد . با کنترل تحریک ، کندانسور می تواند توان راکتیو را تولید یا جذب نماید . به کمک تنظیم کننده ولتاژ می توان خروجی توان راکتیو را به طور خودکار تنظیم کرد تا ولتاژ پایانه حفظ شود . به منظور تغذیه تلفات ، کندانسور مقدار کمی توان حقیقی از سیستم قدرت اخذ می کند .

از دهه ۱۹۳۰ میلادی ، کندانسورهای سنکرون برای کنترل ولتاژ توان راکتیو در هر دو سطح انتقال و زیر انتقال استفاده شده اند . آنها اغلب به سیم پیچهای ثالثیهٔ ترانسفورمرها متصل می شوند . کندانسورهای سنکرون از زمرهٔ جبرانگرهای فعال شنت هستند اما به علت هزینه های بالای خرید و بهره برداری ، بیشتر با جبرانگرهای استاتیکی توان راکتیو جایگزین شده اند . کاربردهای اخیر کندانسورهای سنکرون به طور عمده کنورتور HVDC متصل به سیستمهای ضعیف است . هنوز تعداد زیادی کندانسور سنکرون قدیمی

در حال کار وجود دارد که به شکل وسایل عالی برای کنترل ولتاژ و توان راکتیو عمل می کنند . کندانسورهای سنکرون محاسن چندی نسبت به جبرانگرهای استاتیکی دارند . برای مثال به ظرفیت اتصال کوتاه سیستم کمک می کنند و تولید توان راکتیو آنها از ولتاژ سیستم تأثیر نمی پذیرد . طی نوسانهای توان (نوسانهای الکترو مکانیکی) ، تبادل انرژی جنبشی بین کندانسور سنکرون و سیستم قدرت وجود دارد . لذا هنگام بروز چنین نوسانهایی ، کندانسور سنکرون می تواند مقدار قابل توجهی توان راکتیو (شاید دو برابر ظرفیت پیوسته آن) را تأمین نماید . سایر صورتهای جبرانسازی شنت ، کندانسور یک منبع داخلی ولتاژ دارد و به شکل بهتری توانایی مواجهه با حالت ولتاژ کم سیستم را دارد .

بعضی واحدهای اوج مصرف توربین احتراق را می توان در صورت لزوم ، به صورت کندانسور سنکرون مورد بهره برداری قرار داد . چنین واحدهایی اغلب به کلاچهایی مجهز هستند که زمانی که توان حقیقی از آنها مورد نیاز نیست ، می توانند برای جداسازی توربین از ژنراتور به کار روند .

۱,۲,۱,۱,۱,۱,۱,۲ ۱۳ - ۵ سیستمهای استاتیکی توان راکتیو

جبرانگرهای استاتیکی توان راکتیو (SVCs) ، تولید کننده ها و یا جذب کننده های استاتیکی شنتی هستند که خروجی آنها تغییر می کند به گونه ای که پارامترهای خاصی از سیستم قدرت الکتریکی را کنترل نمایند. واژه استاتیکی به این منظور استفاده می شود که نشان دهد برخلاف جبرانگرهای سنکرون ، SVC ها ، هیچ عنصر اصلی در حال حرکت یا چرخان ندارند . بنابراین ، یک وسیله مناسب کنترلی است . یک سیستم استاتیکی توان راکتیو (SVC) ، اجتماعی از SVG ها و خازنهای قابل کلید زنی مکانیکی (MSCs) یا

راکتورهای قابل کلید زنی مکانیکی (MSRs) است که خروجیهای آنها ، هماهنگ شده است .

انواع SVC

در اینجا انواع اصلی عناصر کنترل توان راکتیو که تمام یا بخشی از هر سیستم استاتیکی توان راکتیو را تشکیل می دهند ، بیان می شود :

- راکتور قابل اشباع (SR)
- راکتور قابل کنترل به وسیله تریستور (TCR)
- خازن قابل کلید زنی به وسیله تریستور (TSC)
- راکتور قابل کلید زنی به وسیله تریستور (TSR)
- ترانسفورمر قابل کنترل به وسیله تریستور (TCT)
- کنورتور خود کموتاسیون یا خط کموتاسیون (SCC/LCC)

در عمل ، برای جبرانسازی سیستم انتقال ، تعداد متنوعی ترکیبات SVC شامل ترکیبی از یک یا تعداد بیشتری انواع اصلی SVC و مجموعه های خازن ثابت (FC) (یعنی خازنهایی که از طریق کنترل محلی خودکار ، کلید زنی نمی شوند) ، استفاده می شوند .

سیستمهای استاتیکی توان راکتیو قادر هستند ولتاژهای منفرد فاز شینهای متصل به خود را کنترل کنند . بنابراین ، می توانند برای کنترل انحرافهای ولتاژ هم مؤلفه مثبت و هم مؤلفه منفی به کار روند . اما در اینجا علاقه مند به عملکرد فرکانس اصلی متعادل سیستمهای قدرت هستیم و بنابراین ، تنها این جنبه عملکرد SVS را مورد نظر خواهیم داد .

عملکرد فرکانس اصلی SVS

مشخصه SVS ایده آل از نظر کار سیستم قدرت ، یک SVS ، معادل با یک خازن شنت و یک راکتیو شنت است که هر دو می توانند برای کنترل ولتاژ و توان راکتیو در پایانه های آن (یا یک شین نزدیک) به صورتی مقرر ، تنظیم شوند (شکل ۴۴) .

به طور ایده آل ، SVS باید ولتاژ ثابت را حفظ کند (اگر این موضوع هدف مطلوب باشد) ، قابلیت نامحدود و تولید و یا جذب توان راکتیو را داشته باشد ، هیچ تلفات توان حقیقی یا راکتیو نداشته باشد و پاسخ لحظه ای را تأمین نماید . عملکرد SVS را می توان بر روی منحنی ولتاژ جریان متناوب شین تحت کنترل (V) بر حسب جریان راکتیو SVS ، به تصویر کشید . مشخصه V/I یک SVS ایده آل در شکل ۴۵ نشان داده شده است . این مشخصه ، مشخصه های حالت ماندگار و شبه حالت ماندگار SVS را نشان می دهد .

کاربرد جبرانگرهای استاتیکی توان راکتیو

از زمان اولین کاربرد در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی ، استفاده از SVS ها در سیستمهای انتقال به طور پیوسته در حال افزایش بوده است . به علت توانایی آنها در تأمین کنترل سریع و پیوسته توان راکتیو و ولتاژ ، SVC ها می توانند چندین جنبه عملکرد سیستم انتقال را تقویت کنند .

کاربردهای SVC شامل موارد زیر است :

ـ کنترل اضافه ولتاژ های موقتی (فرکانس اصلی توان) ـ جلوگیری از فروپاشی ولتاژ

ـ تقویت پایداری گذرا ـ تقویت میرایی نوسانهای سیستم

در سطوح سیستم زیر انتقال و توزیع ، از SVC برای متعادل کردن سه فاز سیستمهایی که بارهای نامتعادل را تأمین می کنند ، استفاده می شود . همچنین از آنها برای حداقل سازی نوسان ولتاژ تغذیه ، که در اثر ضربه های مکرر بارهایی از قبیل بارهایی ماشین حفاری در معادن ، نورد و کوره های قوسی ایجاد می شود ، بهره گرفته می شود .

کوره های قوسی حالت خاصی از بارهای ضربه ای هستند و باعث نوسان ولتاژ با فرکانسی بین ۲ تا ۱۰ هرتز می شوند . این موضوع منجر به چشمک زنی لامپهای رشته ای در نواحی مجاور مصرف می شود . ممکن است بعضی تجهیزات الکترونیکی و گیرنده های تلویزیونی نیز تحت تأثیر قرار گیرند . از واژه چشمک زنی ولتاژ به منظور بیان چنین نوسانهای سریع ولتاژ استفاده می شود . به منظور حداقل کردن تأثیر سوء بر نواحی مجاور مصرف ، باید نوسانهای ولتاژ زیر سطح حداقل قابل قبولی (به طور نوعی ۰/۳٪) حفظ شود . SVC ها وسایلی مؤثر و اقتصادی در حذف پدیده چشمک زنی ولتاژ هستند و از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی به طور وسیعی به کار گرفته شده اند .

۱,۲,۱,۱,۱,۱,۱,۲,۱ خلاصهٔ مقایسه ای از صورتهای گوناگون جبرانسازی

۱. به طور کلی ، جبرانسازی قابل کلید زنی خازنی شنت برای کنترل ولتاژ ، اقتصادی ترین منبع توان راکتیو است . اگر کاهش امپدانس مشخصه مؤثر (Z_c') (به جای زاویهٔ مؤثر خط

$(\theta'$ ، مورد توجه اصلی باشد ، این روش به طور ایده آلی برای جبرانسازی خطوط انتقال مناسب است . اما استفاده سنگین از جبرانسازی خازنی شنت می تواند به کاهش حاشیه پایداری سیگنال کوچک (حالت ماندگار) و تنظیم ضعیف ولتاژ منجر شود .

۲. جبرانسازی خازنی سری ، خود تنظیم است یعنی اینکه خروجی توان راکتیو آن با بارگذاری خط ، افزایش می یابد . این روش به طور ایده آل ددر کاربردهایی که کاهش زاویه مؤثر خط (θ')مورد توجه اصلی است ، مناسب است که بار طبیعی مؤثر و نیز حد پایداری سیگنال کوچک را افزایش داده ، تنظیم ولتاژ را بهبود می بخشد . معمولاً از این روش برای بهبود پایداری سیستم و کسب تقسیم مطلوب بار بین خطوط موازی استفاده می شود . جبرانسازی خازنی سری می تواند به مسائل تشدید زیر سنکرون منجر شود که نیازمند روشهای خاص حل است . بعلاوه ، حفاظت خطوط با خازنهای سری ، نیازمند توجه خاص است .

۳. در برخی حالات ، ممکن است ترکیبی از خازنهای سری و شنت ، راه حل ایده آل باشد . با این روش ، امکان کنترل مستقل امپدانس مشخصه مؤثر و زاویه بار δ فراهم می گردد . مثالی از چنین کاربردی ، یک خط طولانی نیازمند جبرانسازی است که علاوه بر افزایش SIL مؤثر ، باعث می شود زاویه فاز دو سر خط مقدار مطلوبی به خود بگیرد به نحوی که بر الگوهای بار خطوط موازی تأثیر سوء نگذارد .

۴. در کاربردهایی که نیازمند کنترل مستقیم و سریع ولتاژ است ، یک سیستم استاتیکی توان راکتیو به طور ایده آل ، مناسب است . این روش در جایی که برای جلوگیری از افت ولتاژ در شینی شامل خطوط موازی به جبرانسازی نیاز است . بر روش خازنهای سری ارجح است . از

آنجاکه جبرانسازی شنت به شین (و نه به خطوط خاصی) متصل می شود ، ممکن است هزینه کل جبرانسازی قابل تنظیم شنت به مقدار قابل توجهی کمتر از جبرانسازی سری برای هر یک از خطوط باشد .

اگر برای انتقال مقدار معتنابهی توان در یک مسیر طولانی از SVS استفاده شود ، باید امکان ناپایداری را در حالتی که SVS به حد خود می رسد ، مدنظر قرار داد . زمانی که SVS به حد خازنی خود برسد ، به یک خازن ساده تبدیل می شود . در این حال هیچ کنترل ولتاژی را انجام نمی دهد و توان راکتیو آن با مجذور ولتاژ کاهش می یابد . در این صورت ممکن است سیستمهایی که به میزان زیاد به جبرانسازی شنت وابسته اند ، در زمانی که بارگذاریها بیش از سطوحی شوند که SVS برای آنها طراحی شده ، تقریباً به طور لحظه ای دچار فروپاشی شوند . از این رو باید ظرفیتهای SVS بر اساس مطالعات بسیار دقیقی باشد که مگاوار کل آن و بخشهای قابل کلید زنی و قابل کنترل دینامیکی را تعریف نماید . SVS ، توانایی محدود اضافه بار دارد و نسبت به جبرانسازی خازنی سری ، دارای تلفات بیشتری است .

منابع و مآخذ

تألیف : پروفسور پرابهاشانکار کندور

ترجمه : دکتر حسین سیفی و دکتر علی خاکی صدیق ، پایداری و کنترل سیستمهای قدرت ، جلد اول و دوم ، چاپ اول ، ناشر : انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

شماره انتشار ۳۷ ، تاریخ انتشار ۱۳۷۶

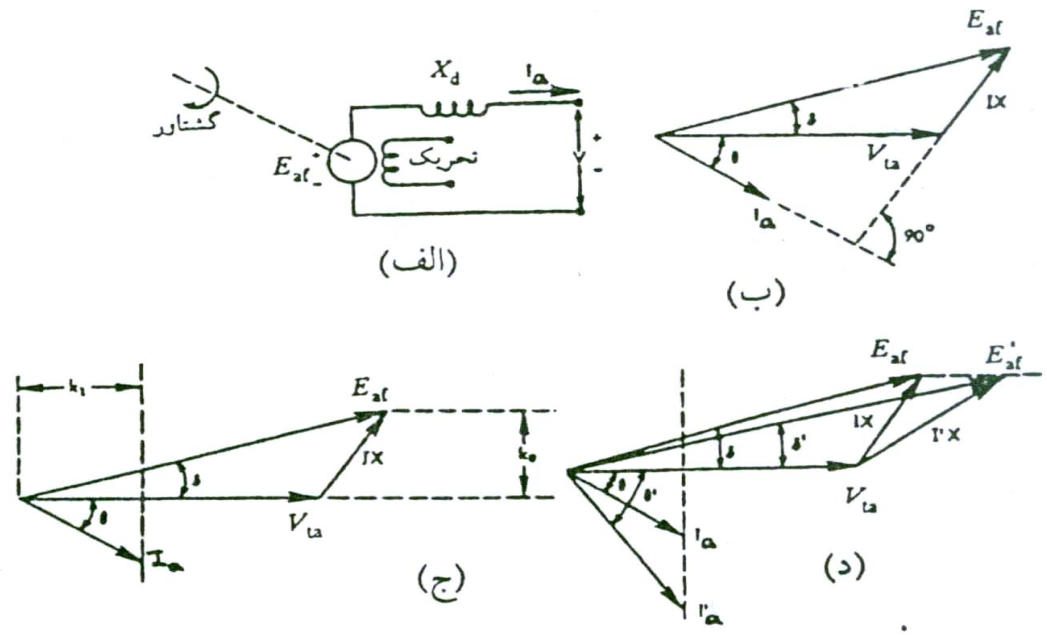
تألیف : دکتر رحمت الله هوشمند ، تولید برق در نیروگاه ها ، چاپ سوم ، انتشارات دانشگاه شهید چمران ، سال ۱۳۸۳

WikiPower.ir

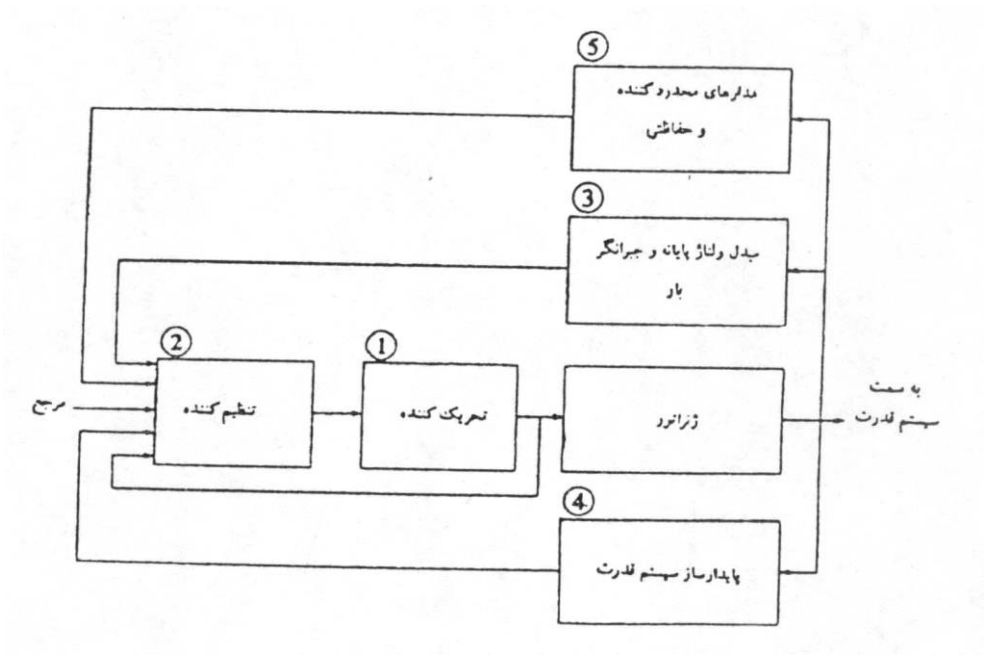
www.wikipower.ir

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

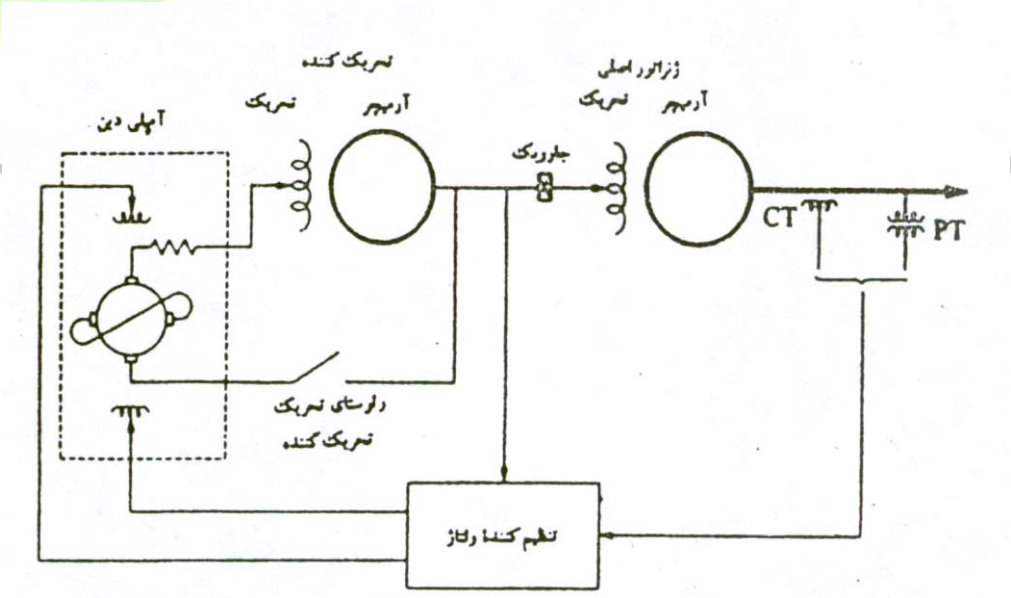
شکلها



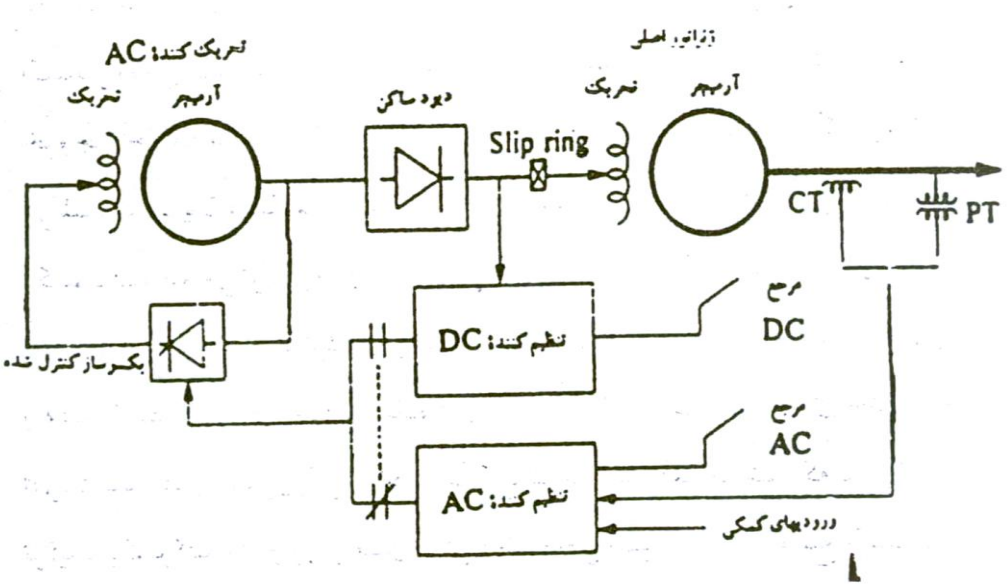
شکل (۱) : نمودار ماشین سنکرون ، الف) مدار معادل یک ماشین سنکرون ؛
ب) نمودار فازوری تحت شرایط اولیه ؛ ج) مکان های مربوط به مسیر های افزایش تحریک ؛
د) روند افزایش تحریک در توان و ولتاژ ثابت



شکل (۲) : نمونه ای از نمودار بلوکی یک سیستم کنترل تحریک

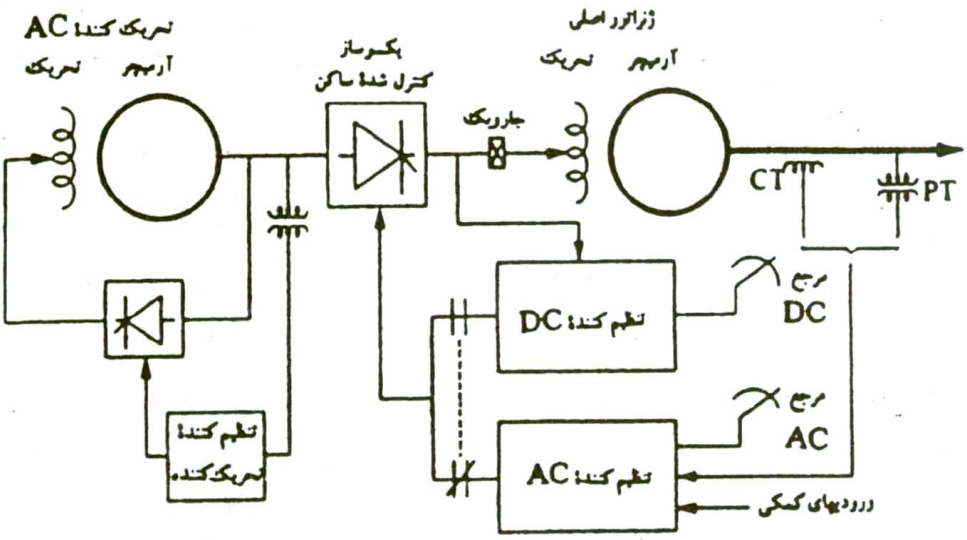


شکل (۳) : سیستم تحریک جریان مستقیم با تنظیم کننده ولتاژ آمپلی دین



شکل (۴) : سیستم تحریک از نوع یکسو ساز آلترناتوری با تحریک کنترل شده

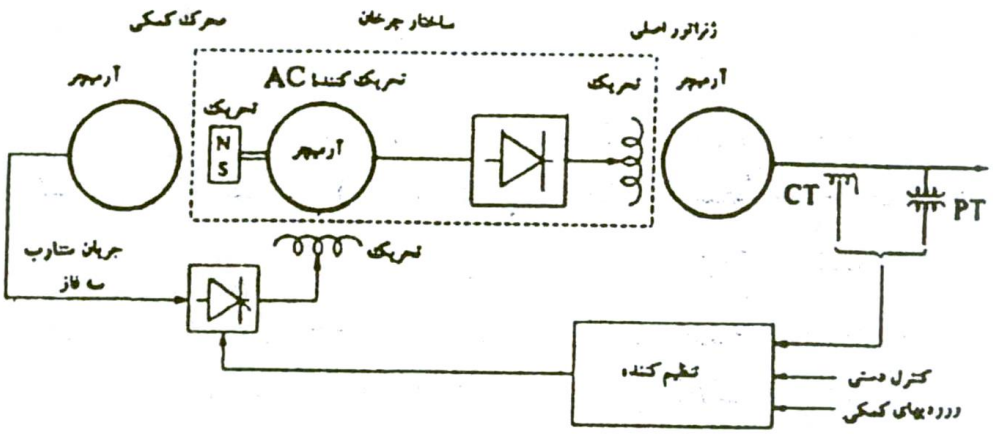
WikiPower.ir



www.wikipower.ir

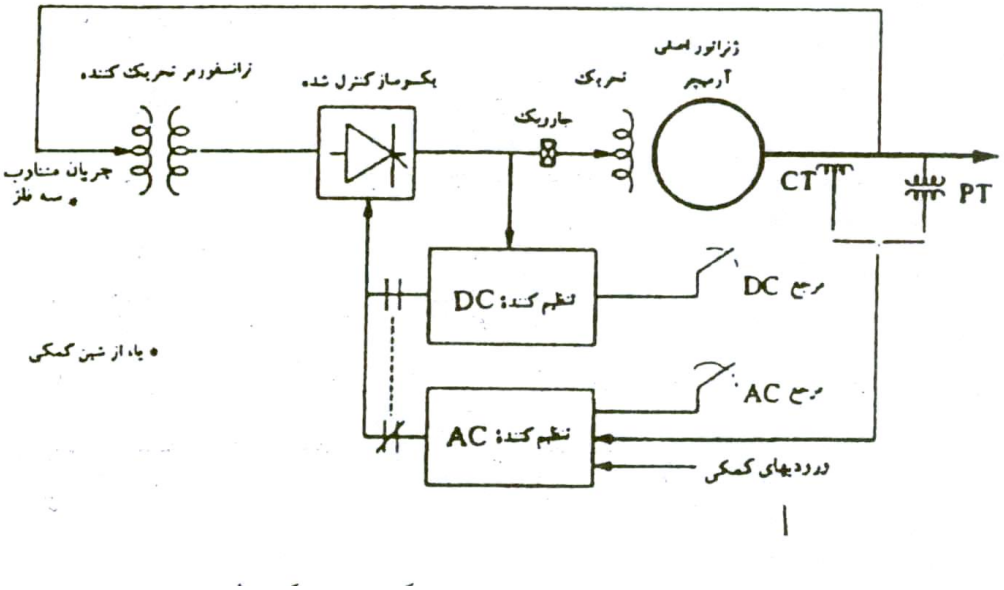
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۵) : سیستم تحریک تغذیه آلتر ناتوری با یکسو ساز کنترل شده

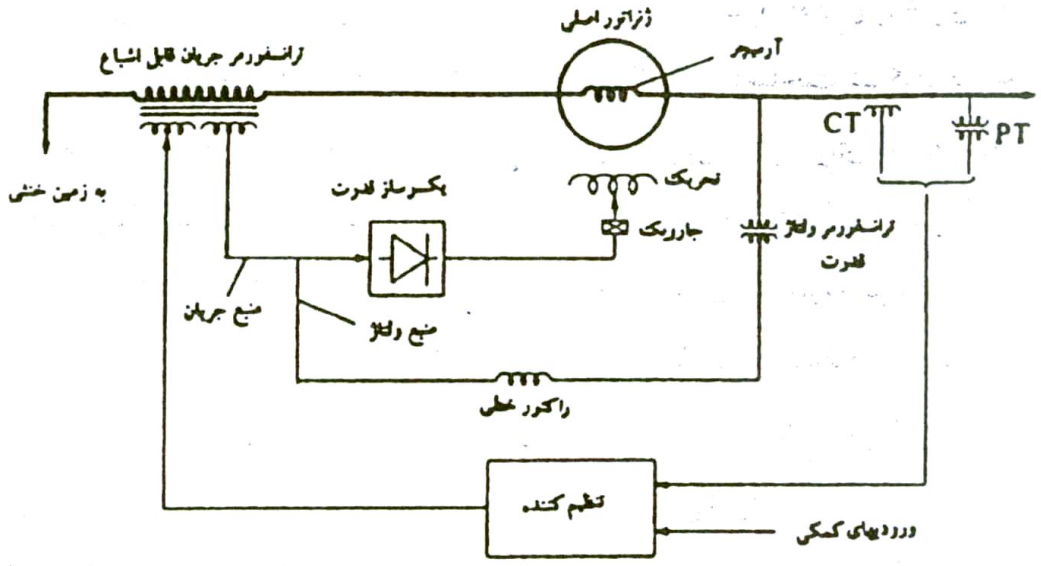


شکل (۶) : سیستم تحریک بدون جاروبک

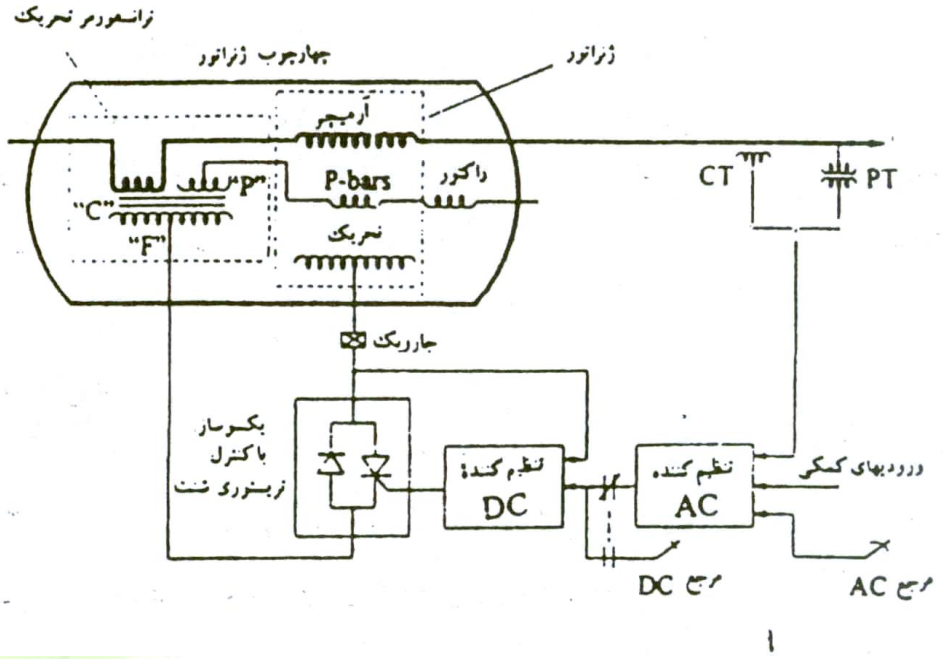
WikiPower.ir



شکل (۷) : سیستم تحریک منبع ولتاژ با یکسو ساز کنترل شده

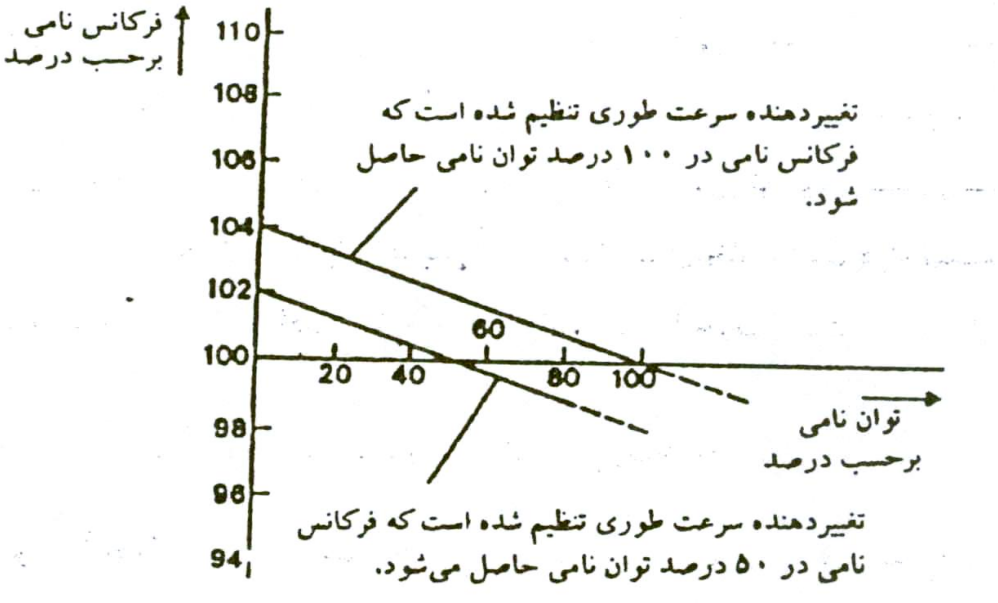


شکل (۸) : سیستم تحریک با یکسو ساز و منبع ترکیبی



شکل (۹) : سیستم تحریک با یکسو ساز کنترل ترکیبی جبرکس (۱)

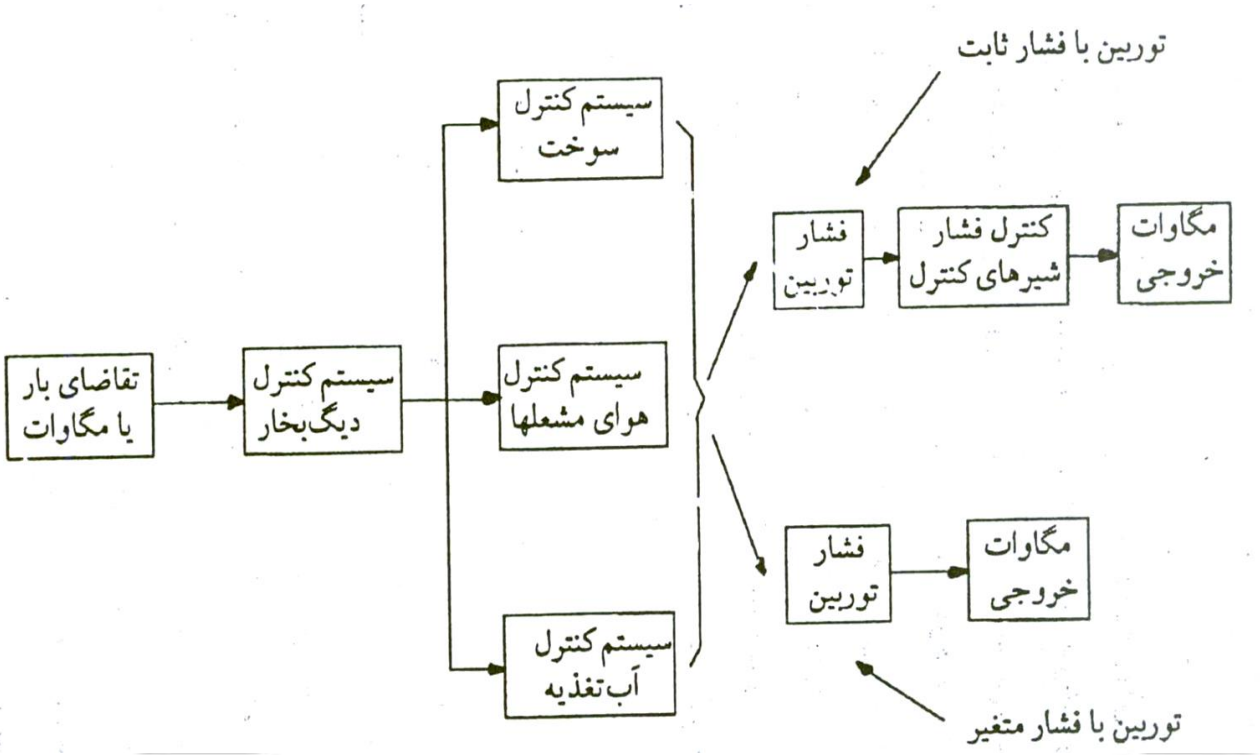
WikiPower.ir



www.wikipower.ir

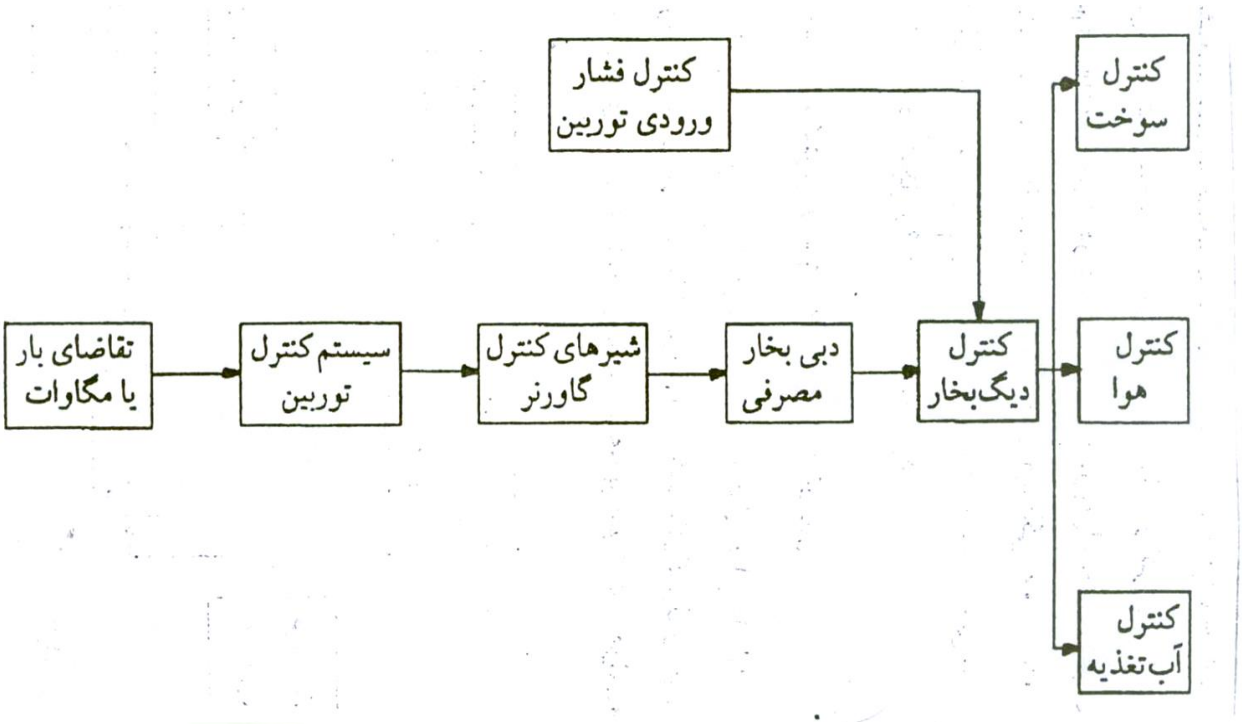
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۱۰) : منحنی مشخصه عملکرد گاورنر

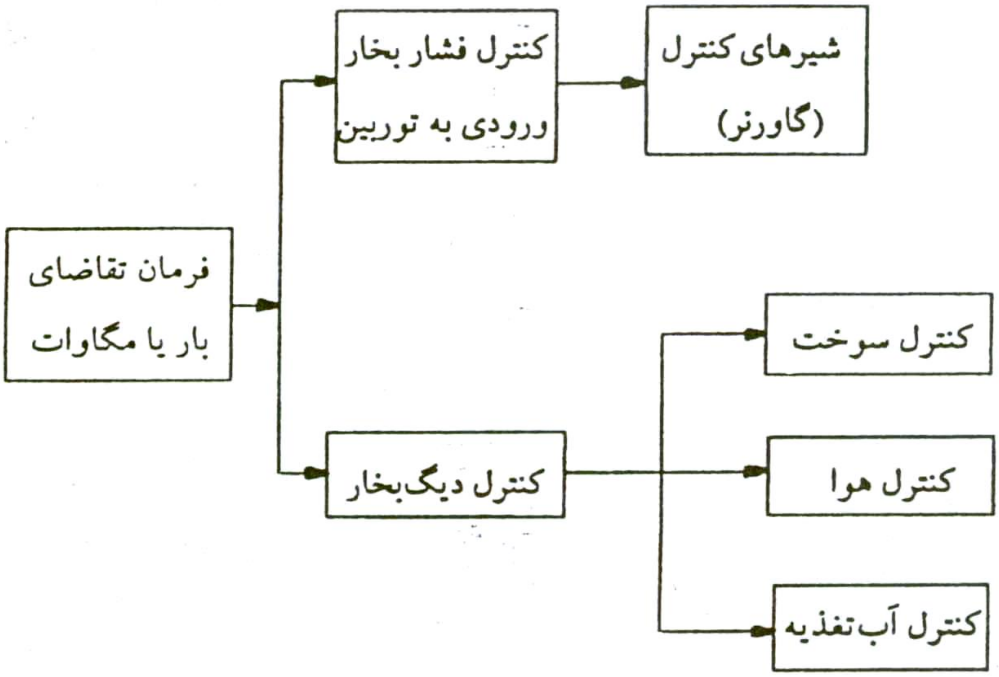


شکل (۱۱) : نمودار بلوکی کنترل وابسته به توربین

WikiPower.ir



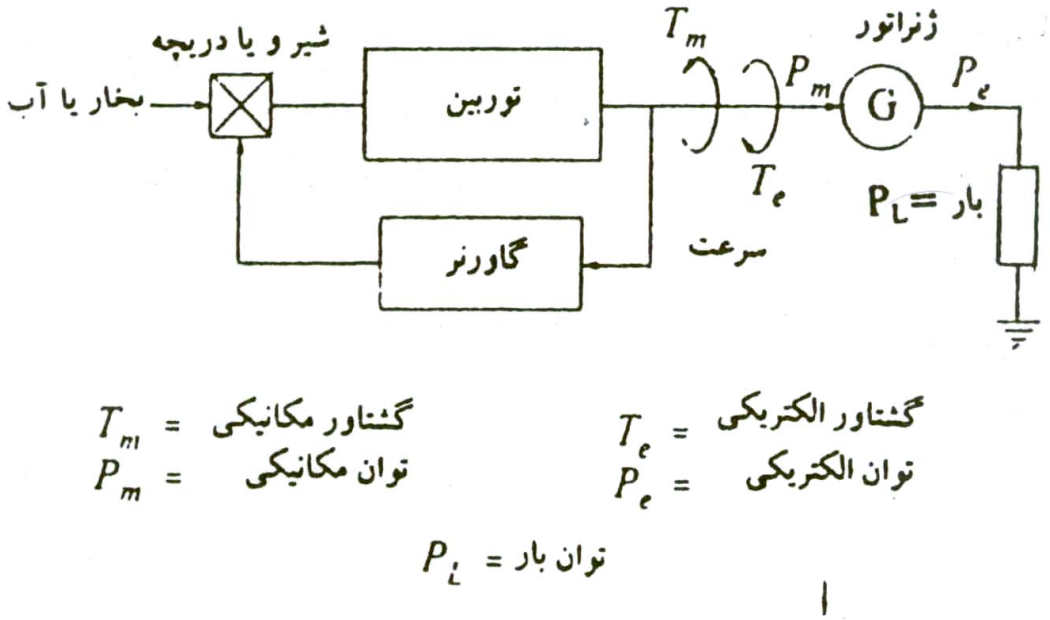
شکل (۱۲) : نمودار بلوکی کنترل وابسته به دیگ بخار



شکل (۱۳) : نمودار بلوکی کنترل وابسته به دیگ بخار

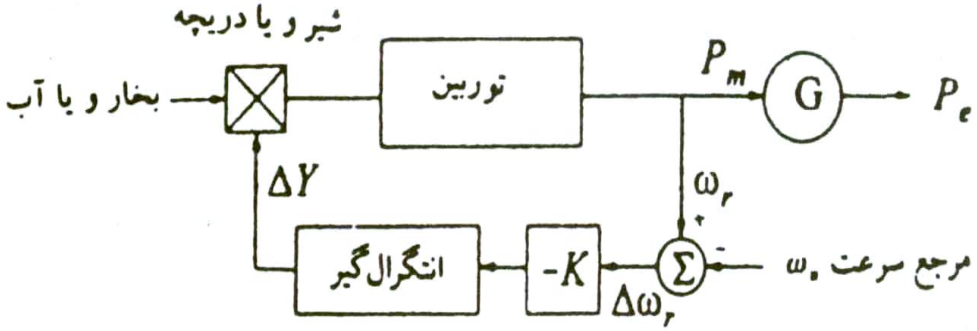
www.wikipower.ir

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

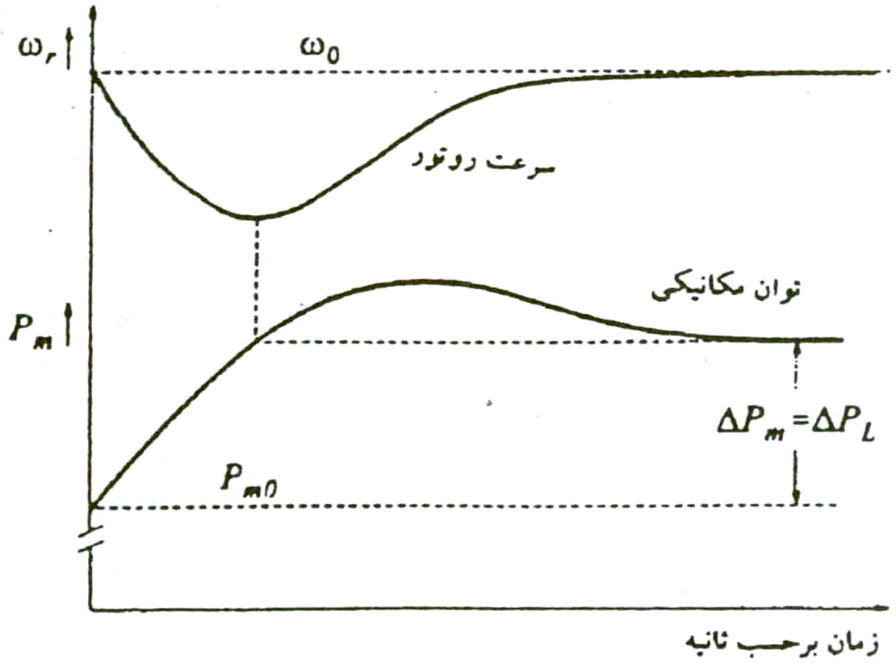


شکل (۱۴) : نمودار بلوکی وابسته به دیگ بخار و توربین

WikiPower.ir



شکل (۱۵) : موقعیت گاورنر در ژنراتور با سیستم بار منفرد

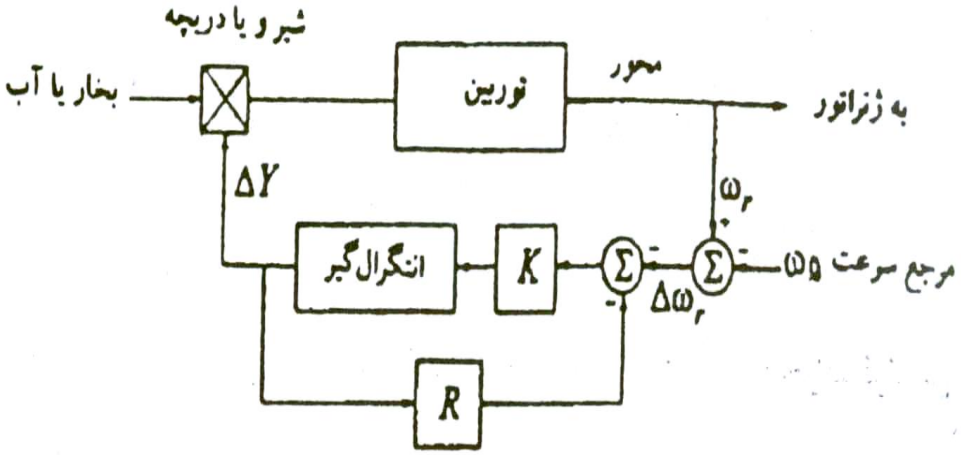


WikiPower.ir

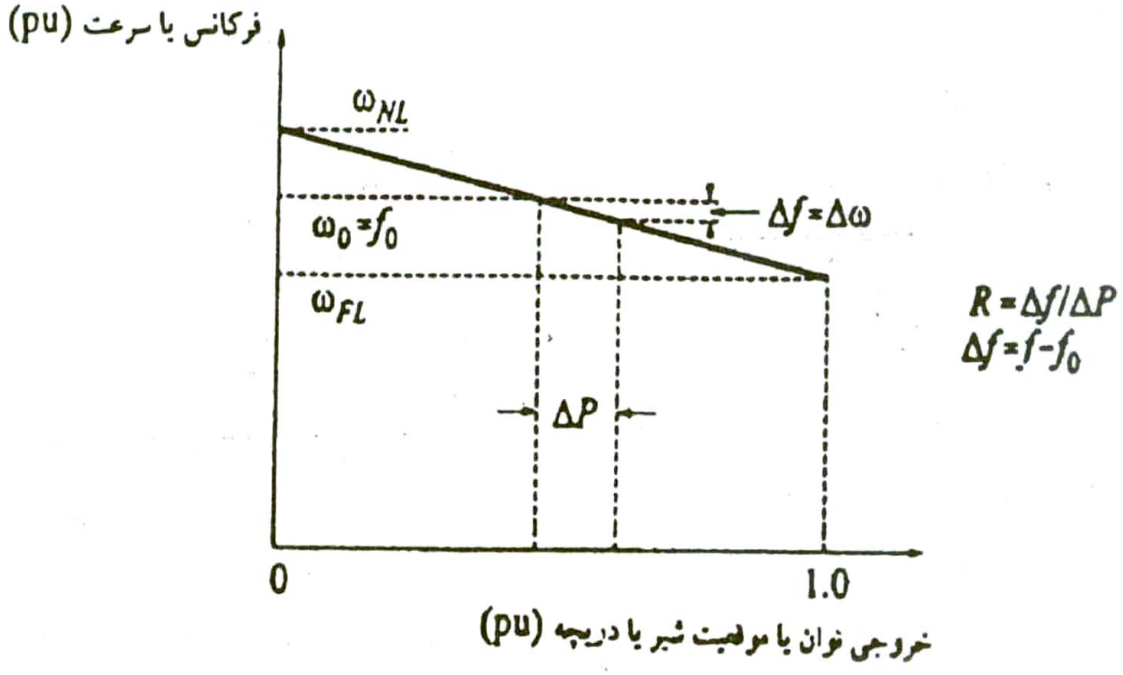
شکل (۱۶) : کنترل سرعت توربین با گاورنر سرعت ثابت

www.wikipower.ir

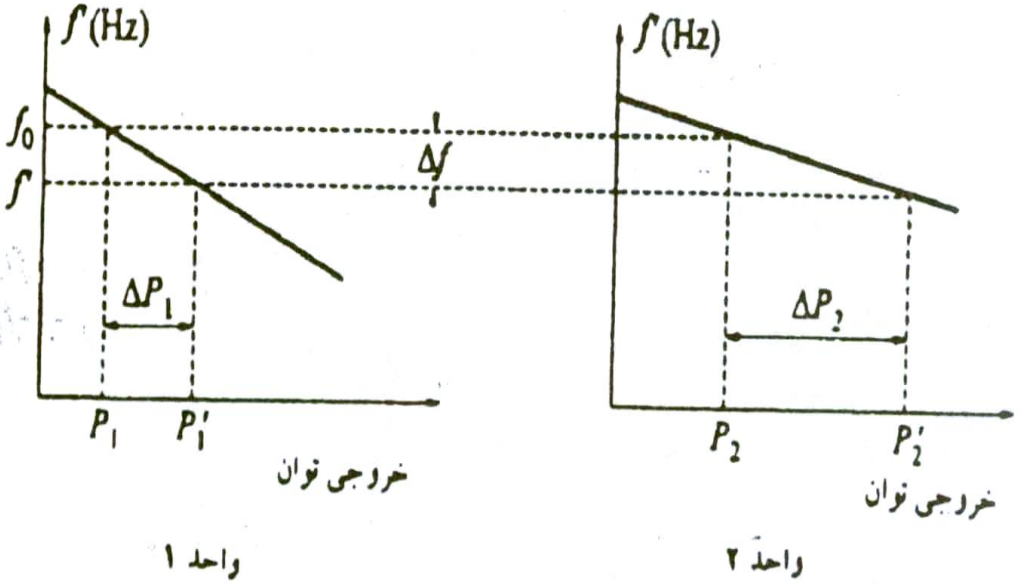
برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



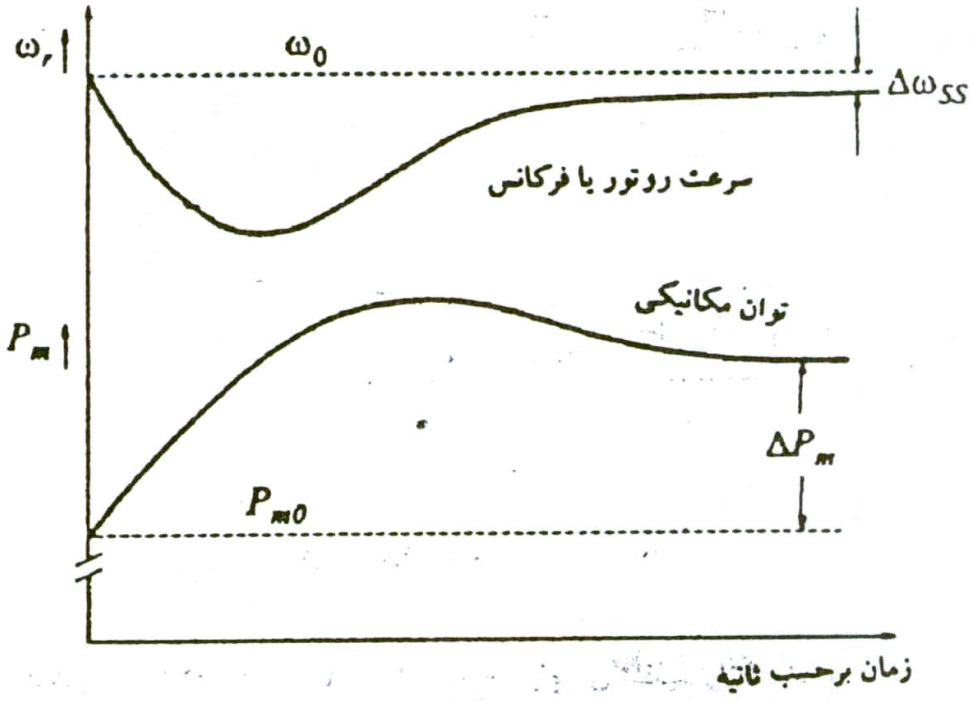
شکل (۱۷) : گاورنر واحد های تولیدی با فیدبک حالت ماندگار



شکل (۱۸) : مشخصه ایده آل حالت ماندگار گاورنر با شیب افتی سرعت



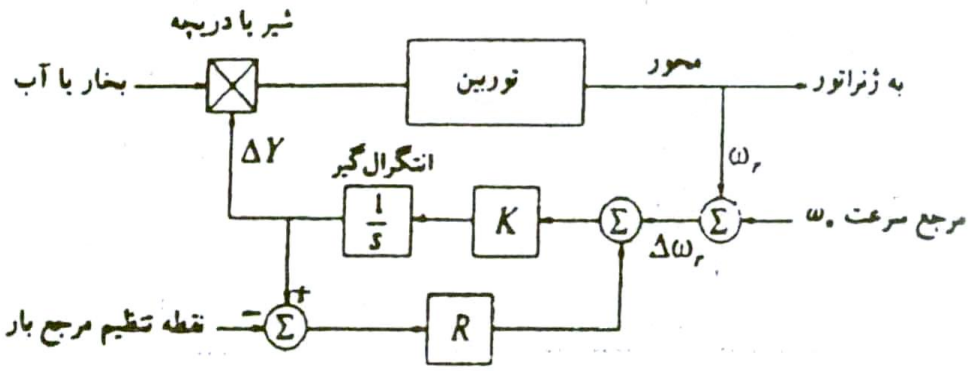
شکل (۱۹) : تقسیم توان بین دو ژنراتور با مشخصه های افتی گاورنر



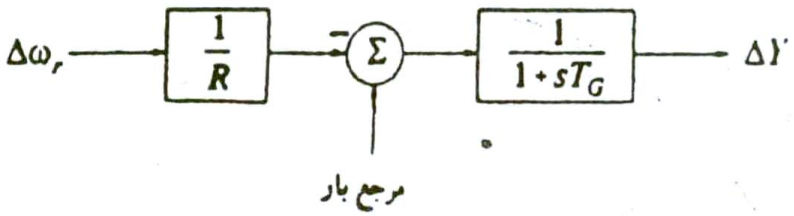
شکل (۲۰) : پاسخ واحد تولیدی با وجود گاورنری با مشخصه افتی سرعت

www.wikipower.ir

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

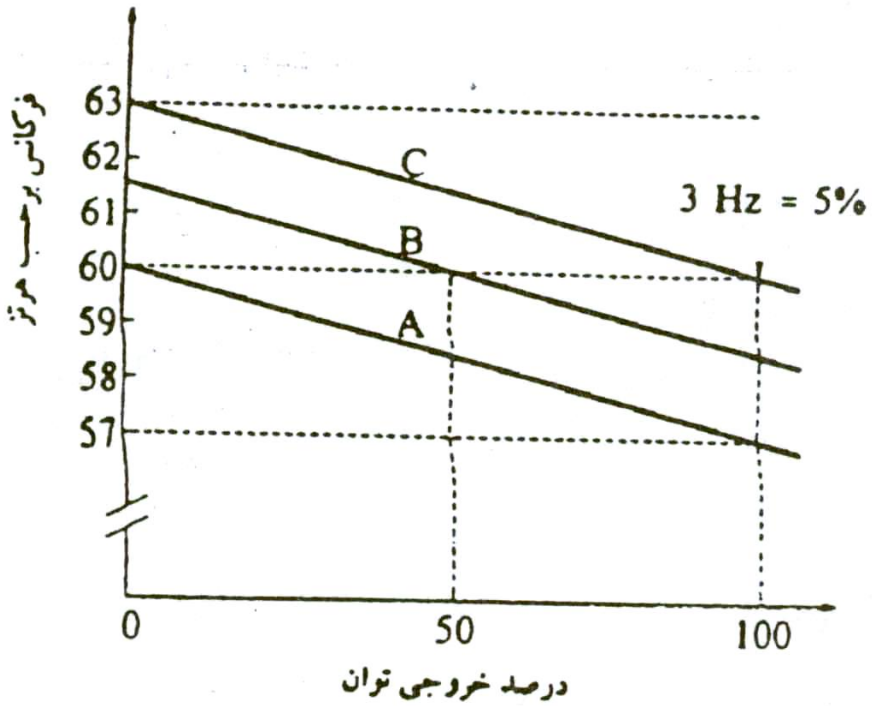


الف) نمایش نمادین گاورنر و توربین



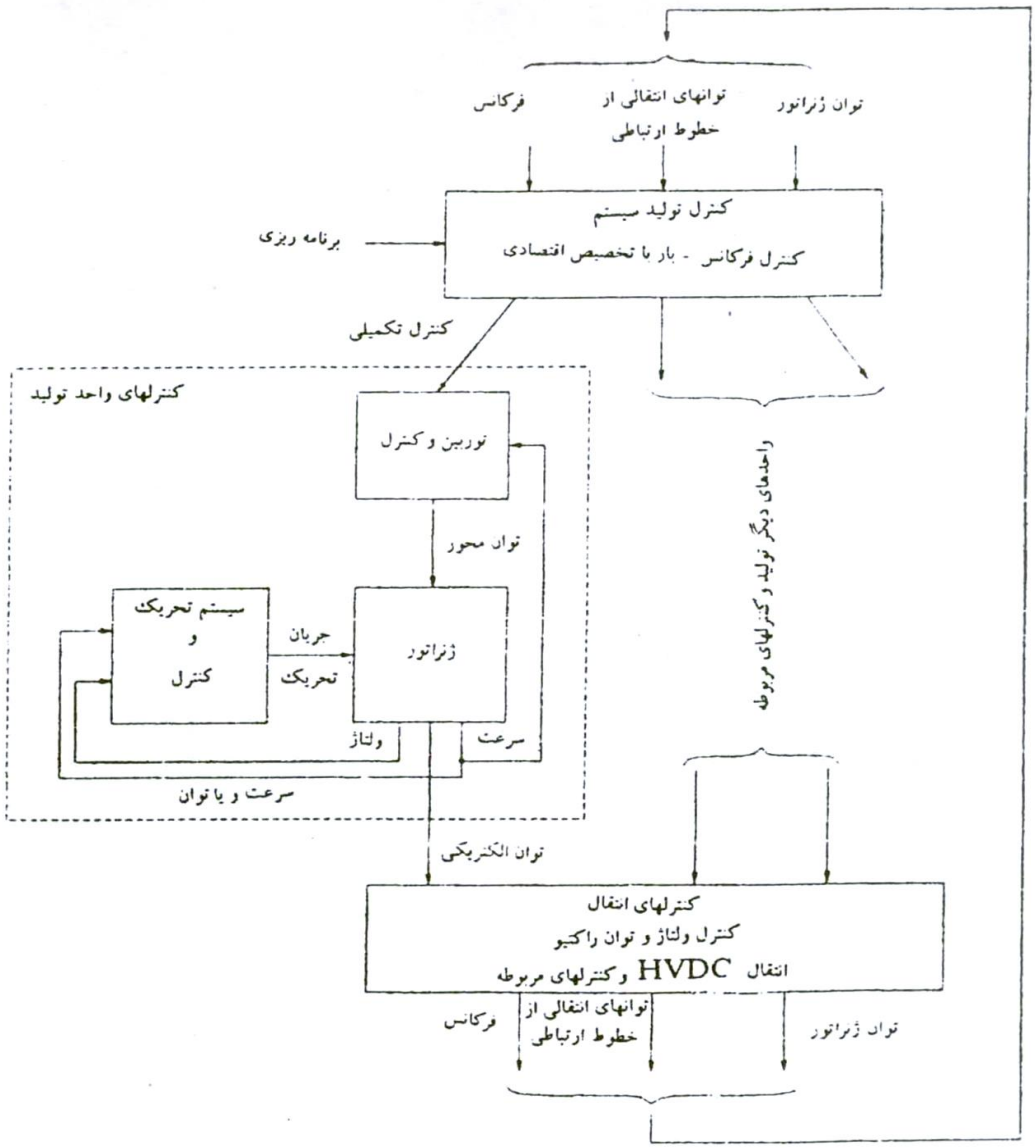
ب) نمودار بلوکی کاهش یافته گاورنر

شکل (۲۱) : گاورنر با کنترل مرجع بار برای تنظیم رابطه سرعت ـ بار

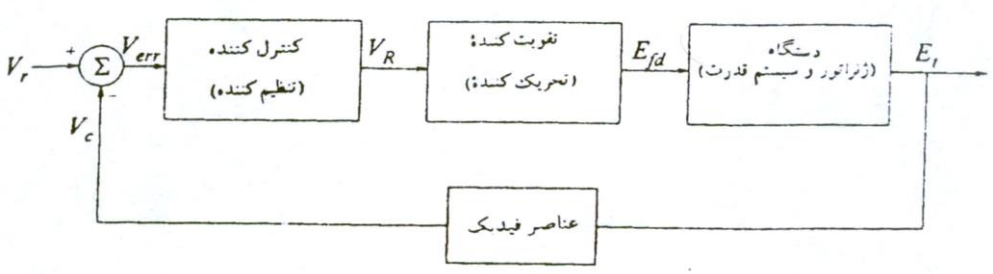


شکل (۲۲) : تأثیر نقطه تنظیم تغییر دهنده سرعت بر مشخصه گاورنر

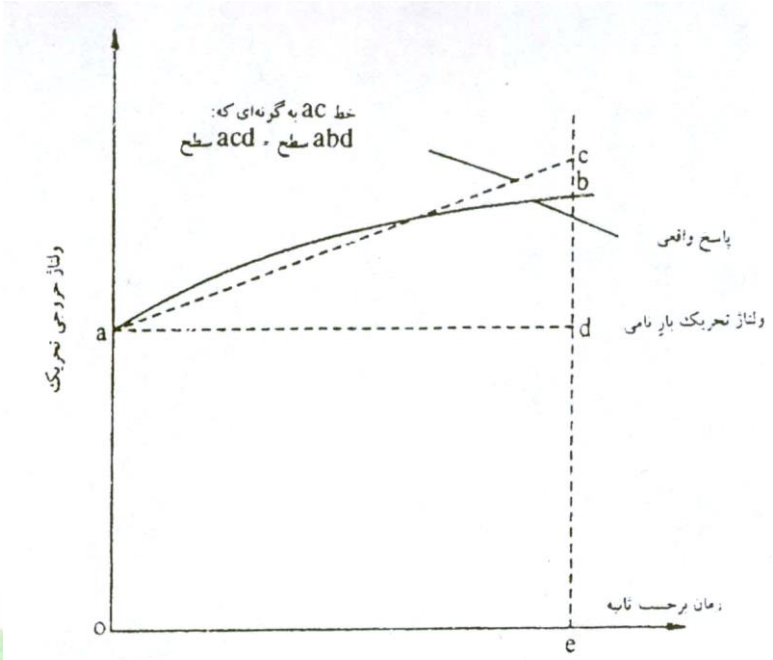
WikiPower.ir



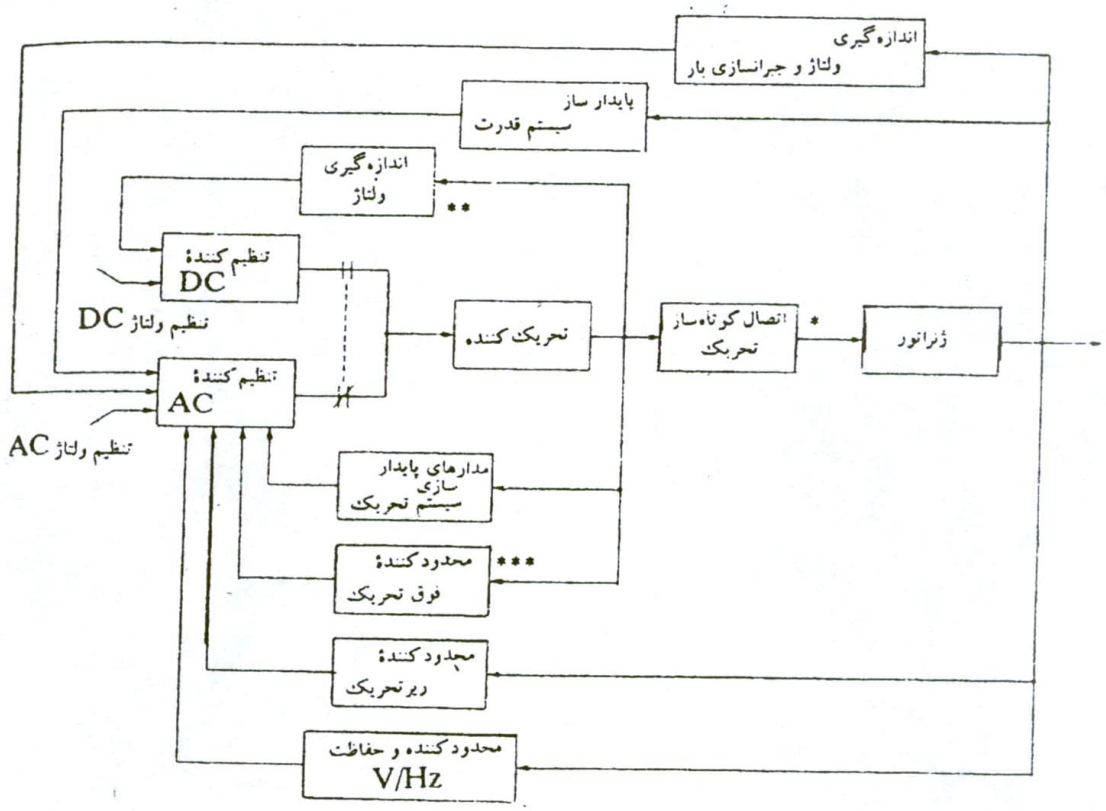
شکل (۲۳) : زیر سیستم های سیستم قدرت و کنترل های مربوطه



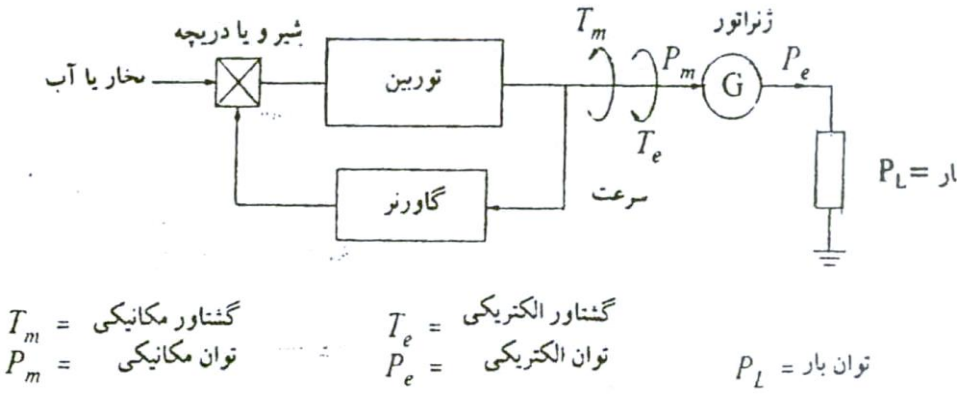
شکل (۲۴) : سیستم کنترل تحریک به صورت فیدبک معمولی



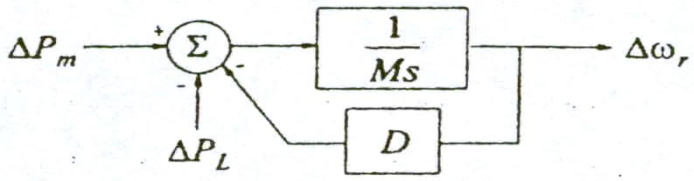
شکل (۲۵) : پاسخ اسمی سیستم تحریک



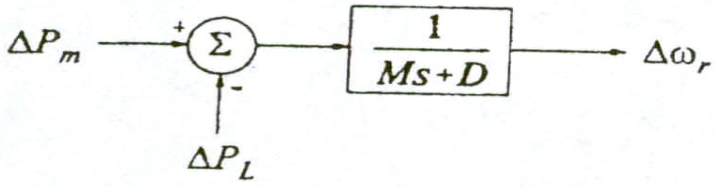
شکل (۲۶) : مدار های کنترلی و حفاظتی سیستم تحریک



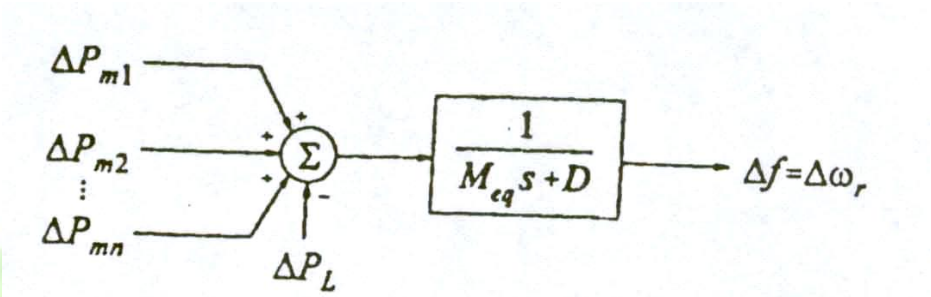
شکل (۲۷) : ژنراتور ی که بار منفردی را تغذیه می کند .



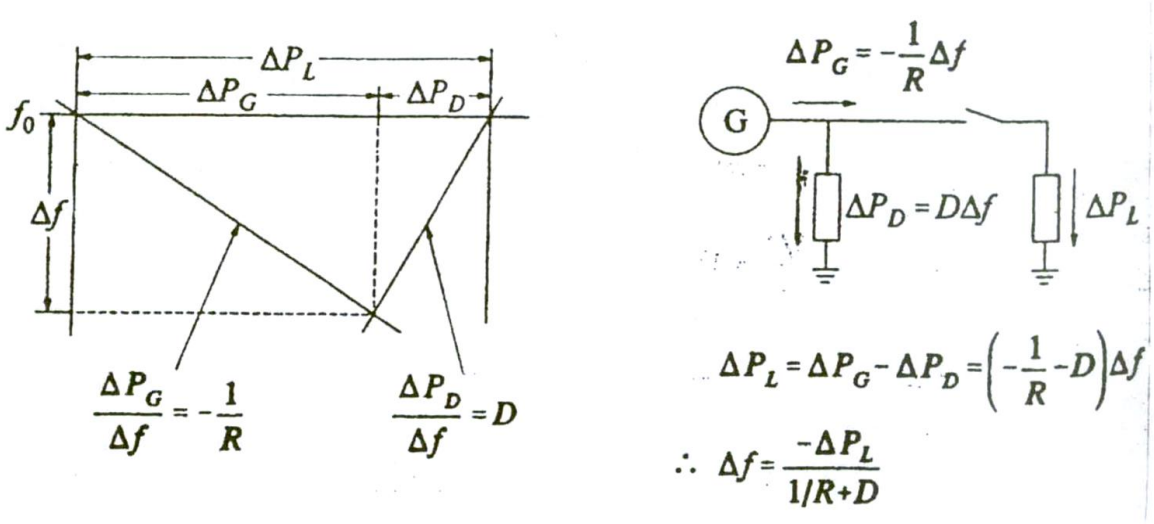
شکل (۲۸)



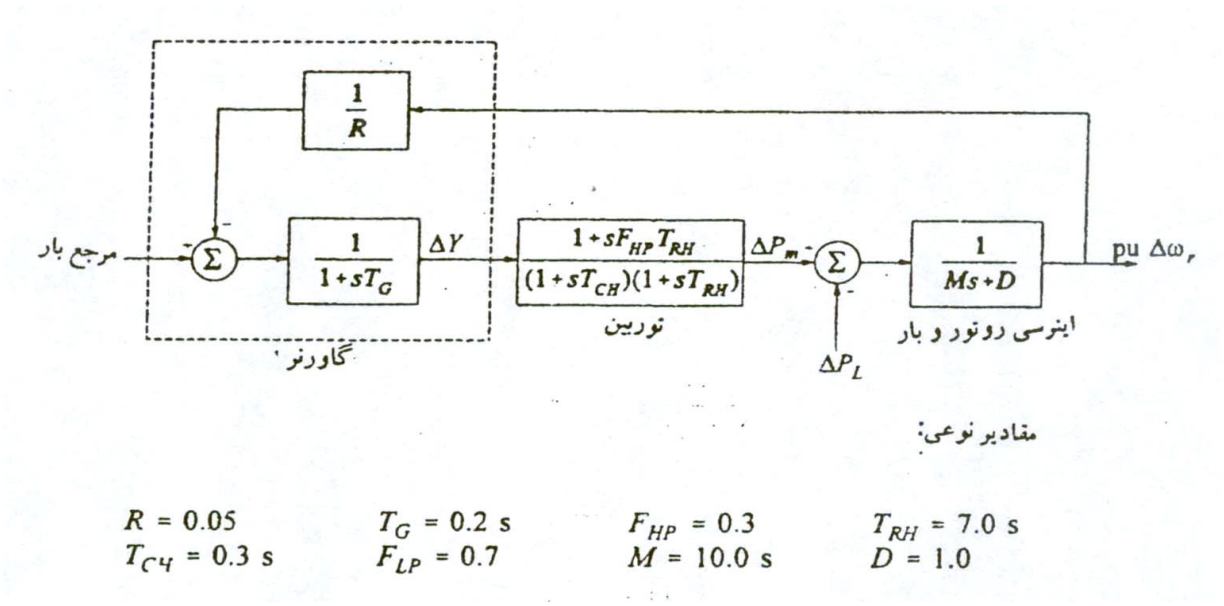
شکل (۲۹)



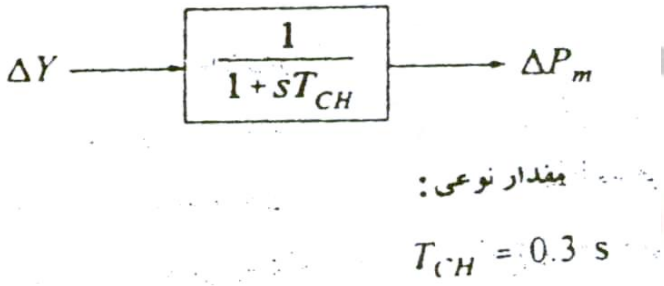
شکل (۳۰) : معادل سیستم برای تحلیل LFC



شکل (۳۱) : مشخصه ترکیب گاورنر و بار



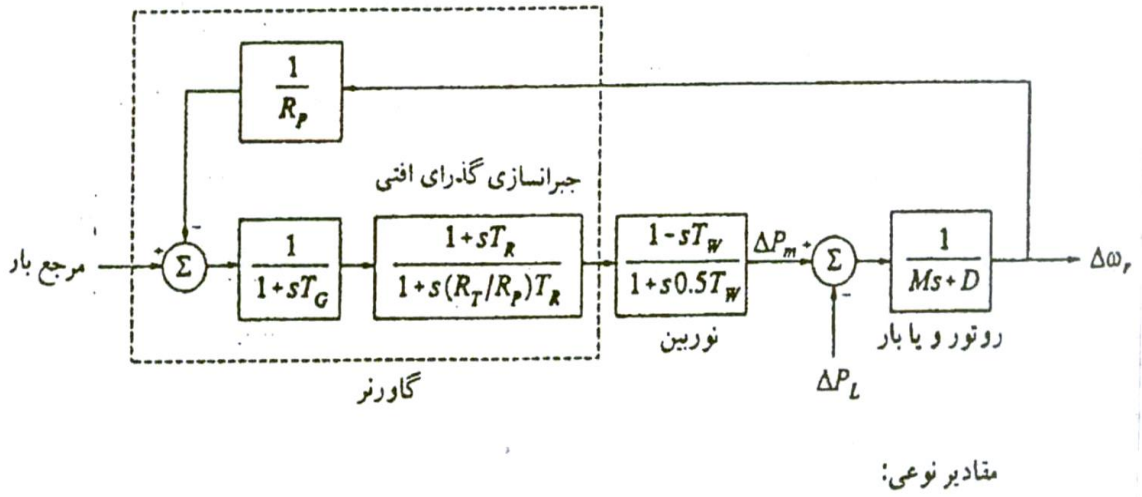
شکل (۳۲) : نمودار بلوکی واحد تولید با توربین بخار دارای باز حرارت



شکل (۳۳) : تابع تبدیل توربین بدون باز حرارت ده

www.wikipower.ir

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

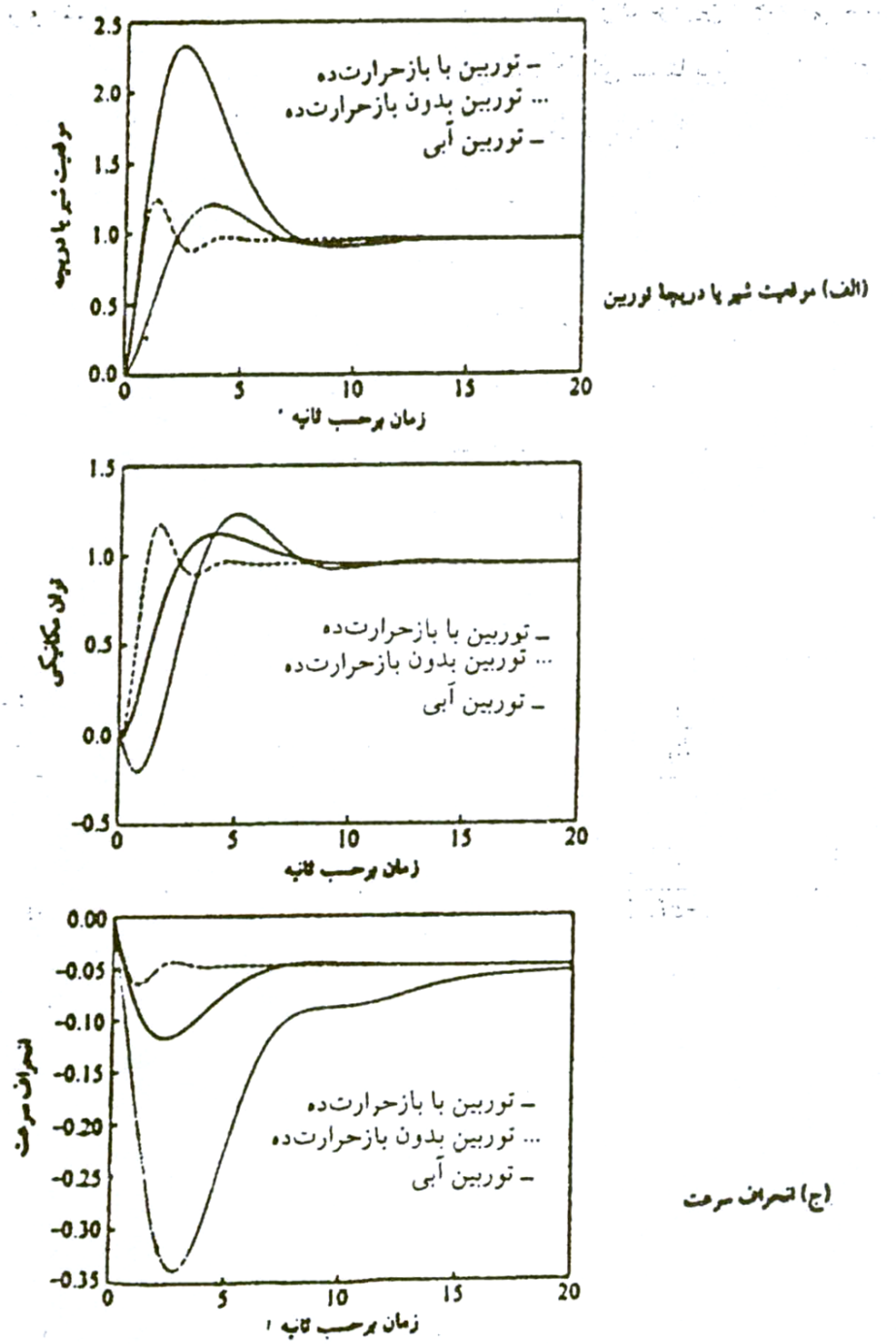


مقادیر نوعی:

$R_P = 0.05$ $T_G = 0.2$ s $M = 6.0$ s $D = 1.0$
$T_W = 1.0$ s $R_T = 0.38$ $T_R = 5.0$ s

شکل (۳۴) : نمودار بلوکی واحد آبی

WikiPower.ir

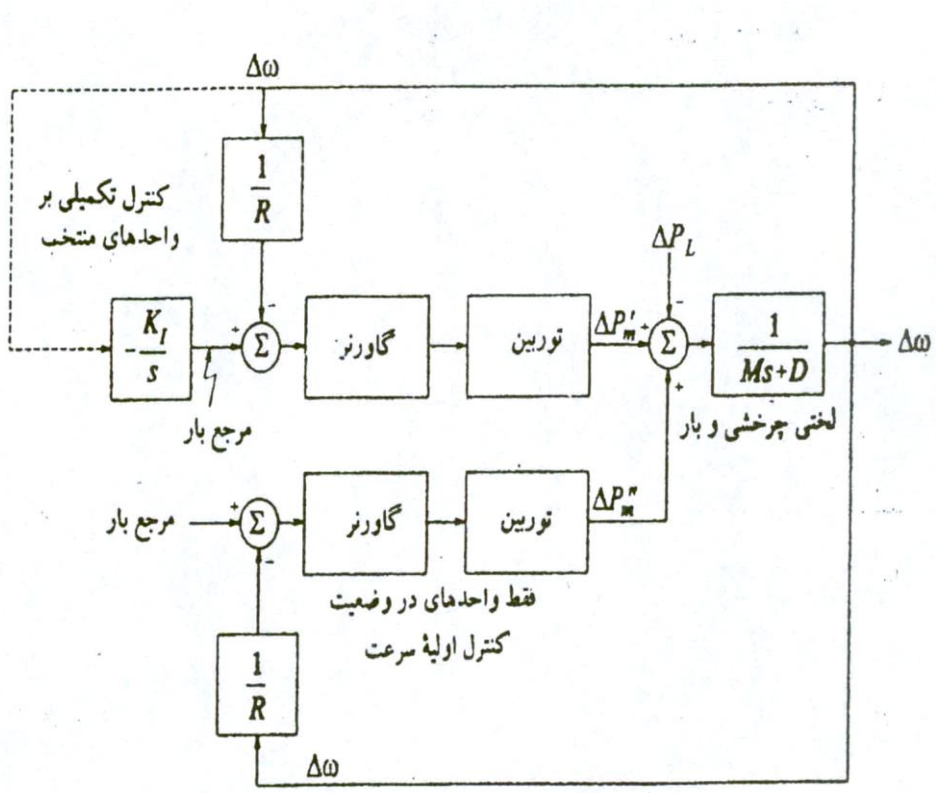


شکل (۳۵) : پاسخ های واحد تولید بخاری و آبی به افزایش کوچک پله ای در تقاضای بار .

مقادیر نشان داده شده بر حسب مبنای واحد تغییر پله ای هستند .

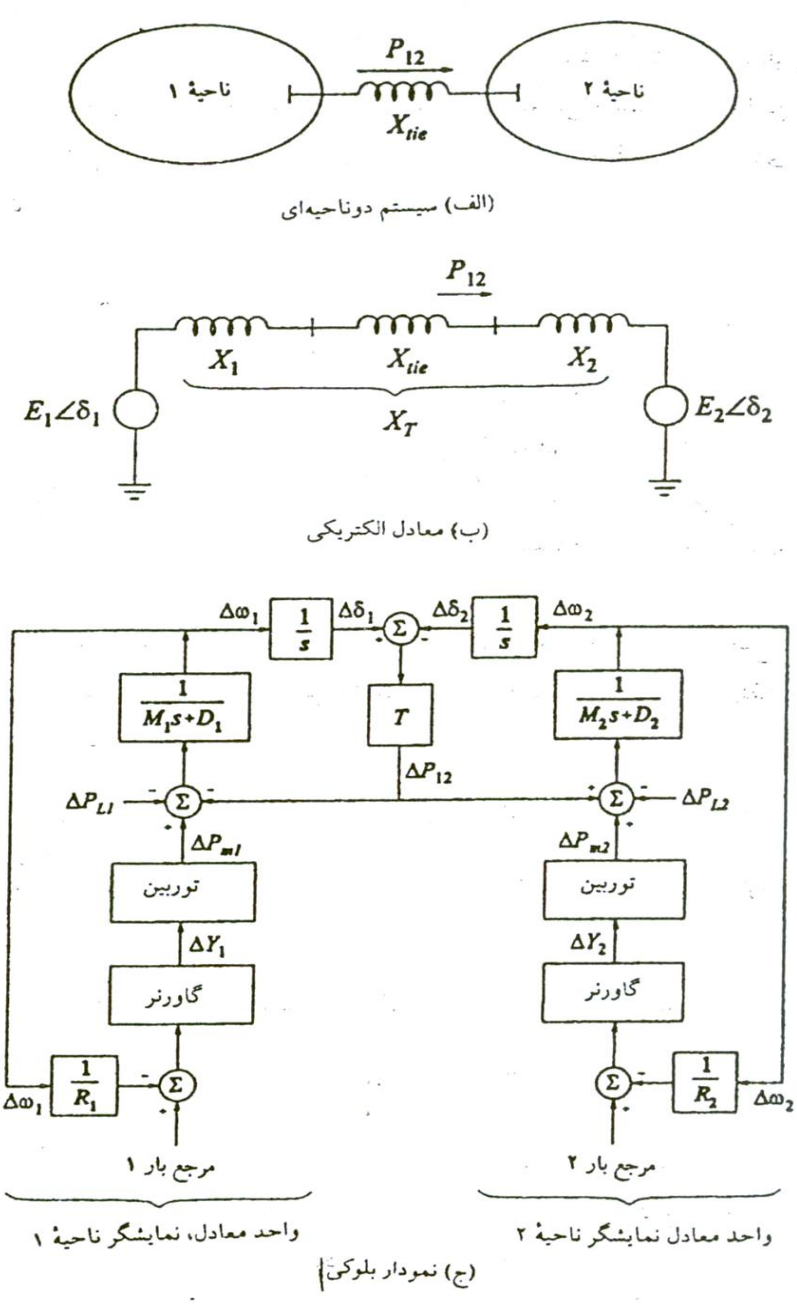
www.wikipower.ir

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

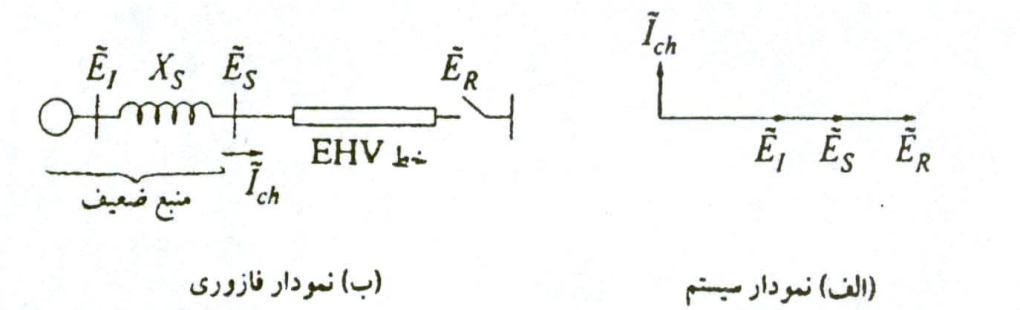


شکل (۳۶) : افزودن کنترل انتگرالی بر واحد های تولید منتخب برای AGC

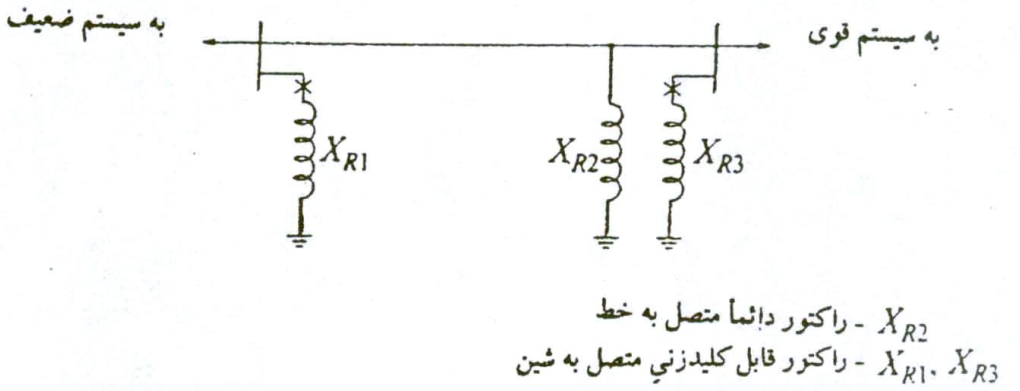
WikiPower.ir



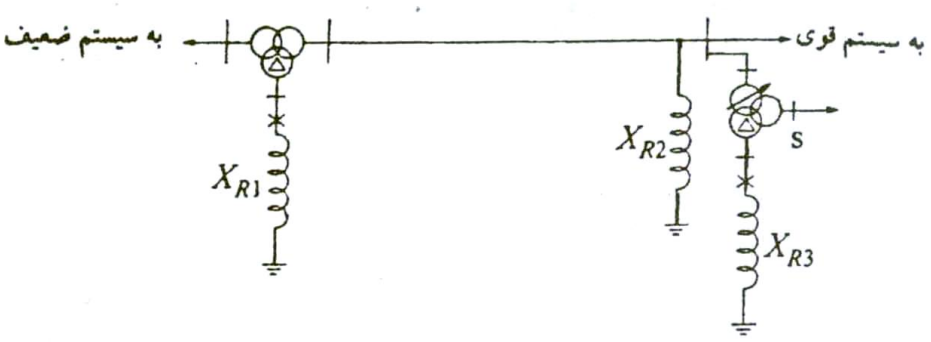
شکل (۳۷) : سیستم دو ناحیه ای با فقط کنترل اولیه سرعت



شکل (۳۸) : خط EHV متصل به سیستم ضعیف

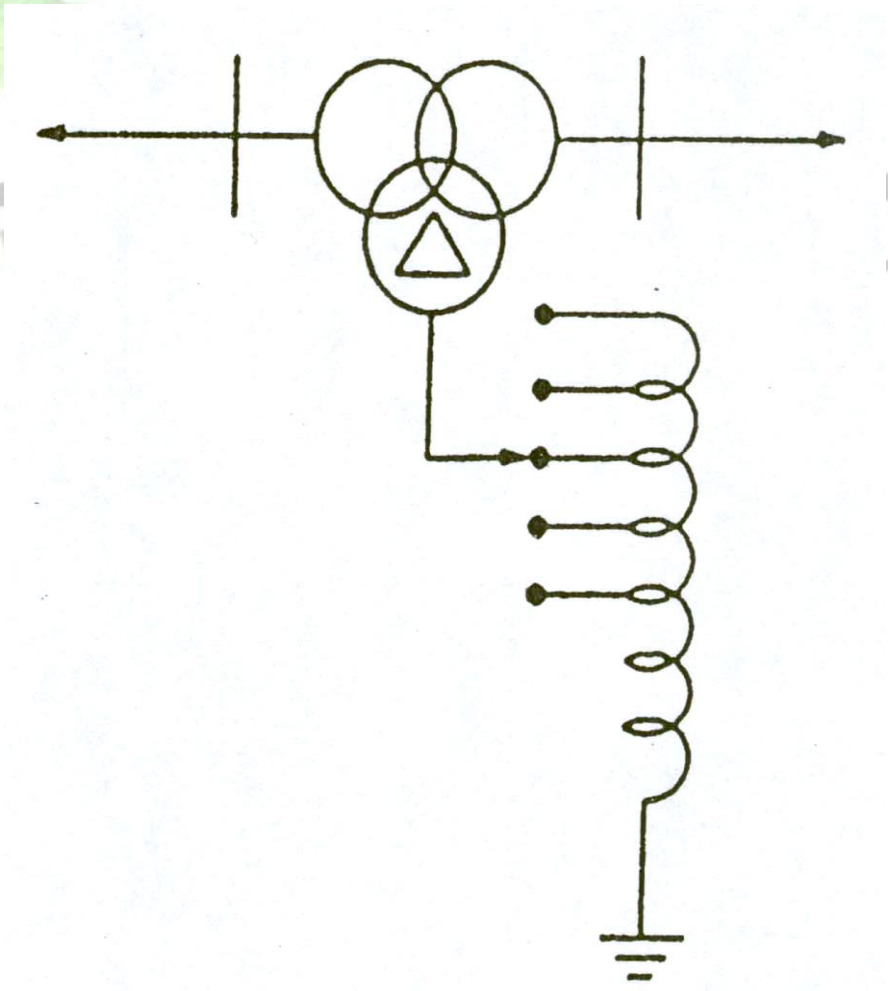


شکل (۳۹) : راکتور های EHV متصل به خط و شین

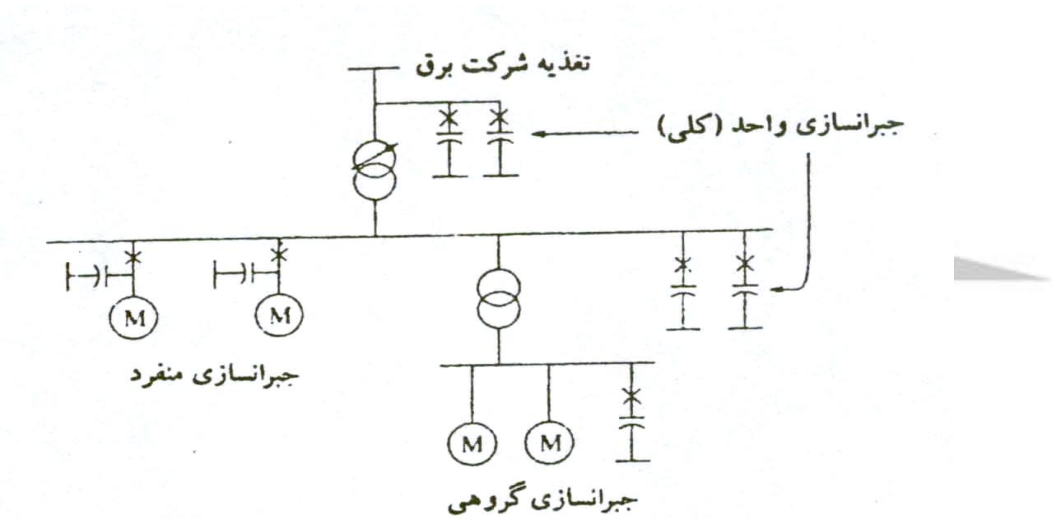


X_{R2} - راکتور دائما متصل به خط
X_{R1}، X_{R3} - راکتورهای قابل کلیدزنی متصل به سیم‌پیچهای ثالثیهٔ ترانسفورمرها

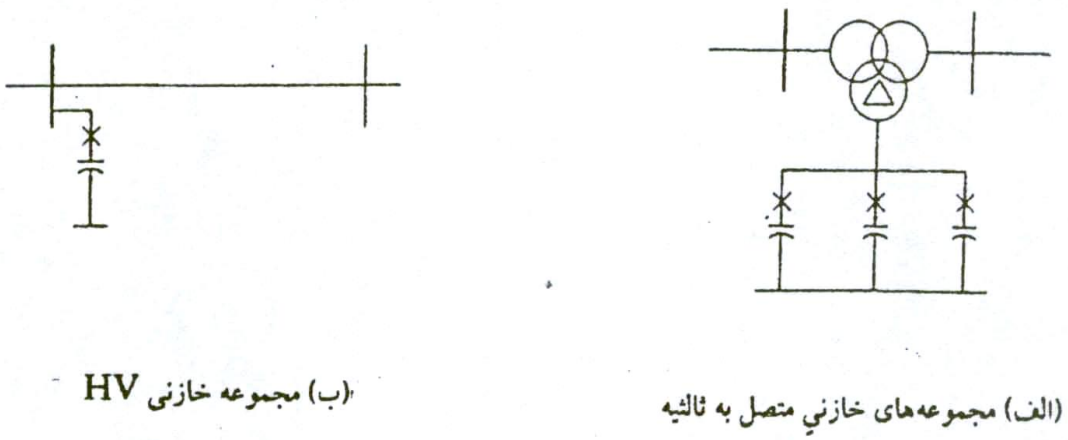
شکل (۴۰) : راکتور های متصل به خط و ترانسفورمر



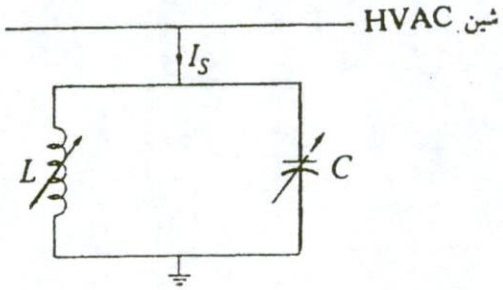
شکل (۴۱) : راکتور شنت دارای تپ



شکل (۴۲) : تصحیح ضریب توان در واحد های صنعتی



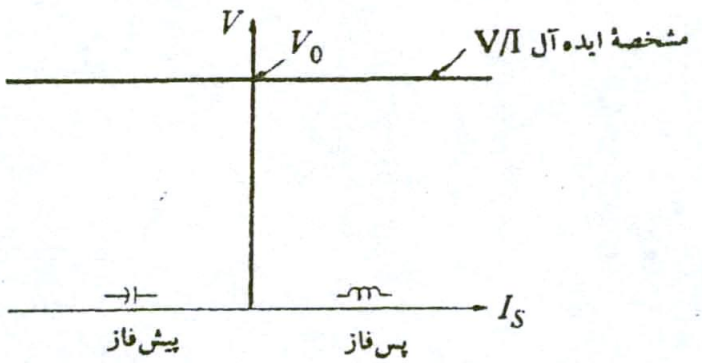
شکل (۴۳) : اتصلات مجموعه خازنی



شکل (۴۴) : سیستم ایده آل استاتیکی توان راکتیو

www.wikipower.ir

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



شکل (۴۵) : مشخصه V/I مربوط به جبرانگر ایده آل

WikiPower.ir