



خلاصه فصل یازدهم کتاب کنترل و پایداری سیستمهای قدرت (کندور)

استاد درس : دکتر رضوی

گرد آوری : مجید سیف الهی

کنترل توان حقیقی و توان راکتیو

کنترل توان حقیقی به فرکانس وابسته است و کنترل توان راکتیو به کنترل ولتاژ. از آنجا که ثابت فرکانس و ولتاژ عوامل مهم در تعیین کیفیت منبع توان هستند، کنترل توان حقیقی و راکتیو در عملکرد رضایت بخش سیستم های قدرت، اساسی است.

(۱-۱۱) توان حقیقی و کنترل فرکانس

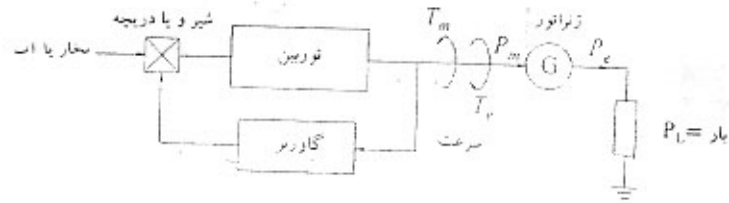
تغییر در پارامترهای توان حقیقی یک نقطه، به صورت تغییر در فرکانس سراسر سیستم منجس می شود. گاورنر سرعت هر واحد تولیدی پاسخ اولیه کنترل سرعت را فراهم می آورد. در سیستم های به هم پیوسته علاوه بر کنترل فرکانس باید تولید در هر ناحیه کنترل شود. کنترل تولید و فرکانس به کنترل بار مکانیک (LFC) موسوم است.

(۱-۱-۱۱) اصول اساسی کنترل سرعت

مفاهیم اساسی در خصوص کنترل و تنظیم سرعت در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.

پاسخ ژنراتور به تغییر بار

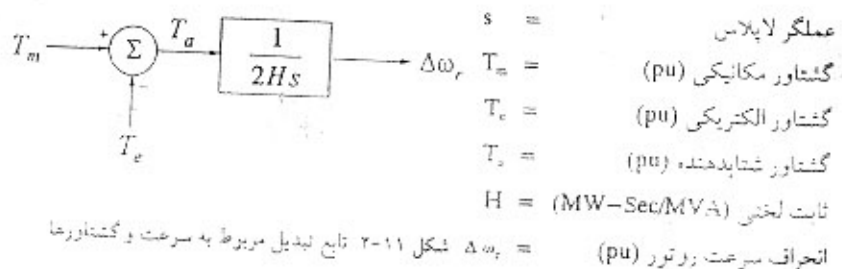
زمانیکه تغییری در بار رخ دهد، به صورت لحظه ای در کشش و ولتاژ فریبی (T_e) اثر می گذارد. که به ایجاز عدم تعادل بین T_e و T_m سرعت تغییر می کند.



T_m = گشتاور مکانیکی
 P_m = توان مکانیکی
 T_e = گشتاور الکتریکی
 P_e = توان الکتریکی
 P_L = توان بار

شکل ۱-۱۱ ژنراتوری که بار مفردی را تغذیه میکند

تابع تبدیل زیرغناشگر ارتباط بین سرعت روتور بصورت تابعی از گشتاورهای الکتریکی و مکانیکی است.



شکل ۲-۱۱ تابع تبدیل مربوط به سرعت و گشتاورها

رابطه بین P و T بصورت زیر است:

$$P = \omega_r T$$

در توان نوشت:

$$P = P_0 + \Delta P$$

$$T = T_0 + \Delta T$$

$$\omega_r = \omega_0 + \Delta \omega_r$$

در نتیجه:

$$P_0 + \Delta P = (\omega_0 + \Delta \omega_r) (T_0 + \Delta T)$$

با چشم پوشی ابعاد است این به بالا :

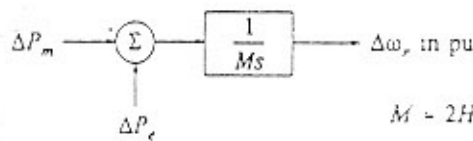
$$\Delta P = \omega_o \Delta T + T_o \Delta \omega_r$$

$$\Delta P_m - \Delta P_e = \omega_o (\Delta T_m - \Delta T_e) + (T_{m_o} - T_{e_o}) \Delta \omega_r$$

در حالت ماندگار داریم $(T_{m_o} = T_{e_o})$ بنابراین :

$$\Delta P_m - \Delta P_e = \Delta T_m - \Delta T_e$$

الکون می توان شکل ۲-۱۱ را بصورت زیر رسم نمود :



پایخ بار به اغراف فرکانس

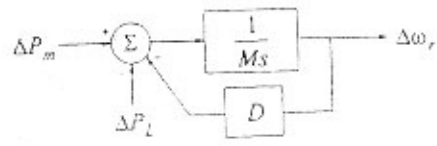
در حالت بارهای موتور می توان الکتریکی با فرکانس تغییر می کند. داریم :

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

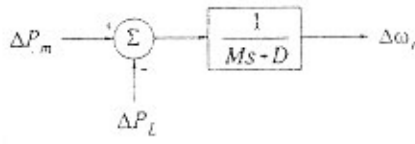
ΔP_L : تغییر غیر صاف به فرکانس بار
 $D \Delta \omega_r$: تغییر صاف به فرکانس بار
 D : ثابت میرایی بار

نمودار بلوکی سیستم در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است که می توان بصورت شکل

۵-۱۱ آنرا خلاصه کرد.



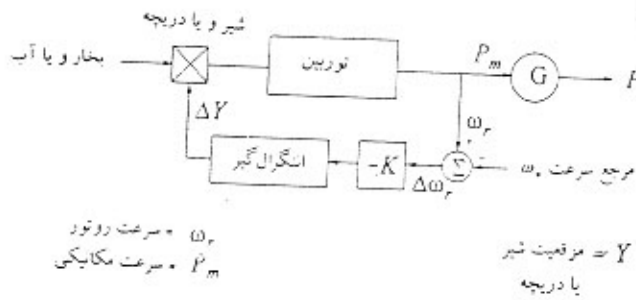
شکل ۴-۱۱



شکل ۵-۱۱

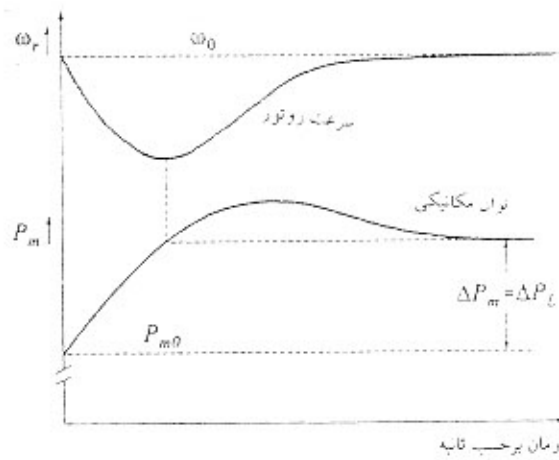
گاوردنر سرعت ثابت

شکل ۶-۱۱ نمودار چنین سیستم کنترل سرعتی را نشان می‌دهد. به علت عمل باز نشان این کنترل کننده انتقالی، زمان ۵۷ به حالت جدید مانند کار می‌رسد که به ۵۵ مادی منوشود.



شکل ۶-۱۱ نموداری از گاوردنر سرعت ثابت

شکل ۷-۱۱ پاسخ زمان یک واحد تولید را در مقابل افزایش در بار نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۱ پاسخ واحد تولید با گاوردنر سرعت ثابت

گاوردنر سرعت ثابت در حالتی که ژنراتور یک بار منفرد را تغذیه می‌کند و یا ژنراتور در یک سیستم چند ژنراتوری

به تغذیه بار پاسخ می‌دهد، به طرز مناسبی عمل می‌کند. برای تقسیم توان بین واحدها باید تنظیم سرعت

یا مشخصه افقی زمام شود.

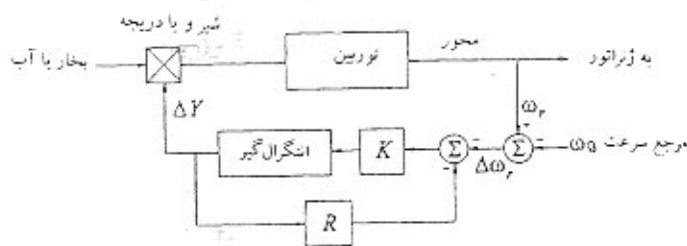
گاوردنر، مشخصه افقی سرعت

زمانیکه چند واحد به سیستم متصل باشند، غیر توان از گاوردنرها میسر است ثابت استفاده کرد.

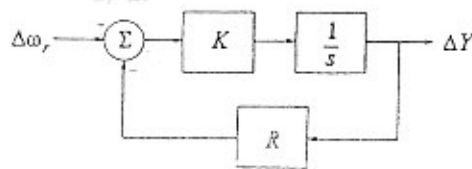
مشخصه تنظیم سرعت را می توان با افزودن یک حلقه فیدبک به صورت شکل ۸-۱۱ عملی کرد.

تابع تبدیل گاوردنر شکل ۸-۱۱ به ۹-۱۱ راه می شود که صورت یک کنترل کننده تناسبی با بهره

$\frac{1}{R}$ مشخص می شود.



شکل ۸-۱۱ گاوردنر با فیدبکی حالت ماندگار



(الف) نمودار بلوکی با فیدبکی حالت ماندگار

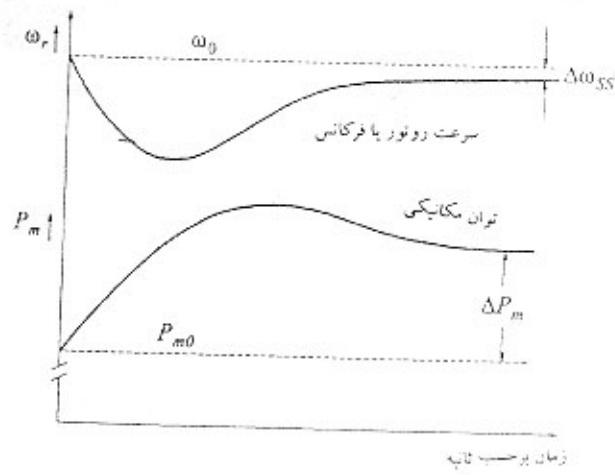


$$T_G = \frac{1}{KR}$$

(ب) نمودار بلوکی کاهش یافت

شکل ۹-۱۱ نمودار بلوکی گاوردنر سرعت یا شیب افقی

شکل ۱۲-۱۱ یا شیب زاویه فید و واحد تولیدی گاوردنر افقی سرعت را در مقابل افزایش در بار نشان



شکل ۱۱-۱۲ پاسخ واحد تولید یا گاورنری با مشخصه افتی سرعت

۱۱-۱-۲ کنترل فرجه توان واحد تولیدی

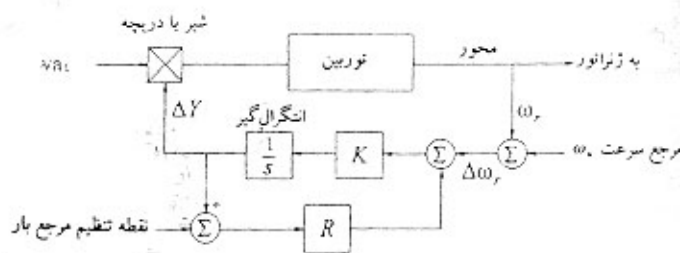
رابطه بین سرعت و بار در این توان با تغییر ورودی نقطه تنظیم ورج بار در شکل ۱۱-۱۳ تنظیم کرد. تاثیر

این تنظیم در شکل ۱۱-۱۴ نشان داده شده. در این شکل سه مشخصه نشان داده شده اند که عبارتند

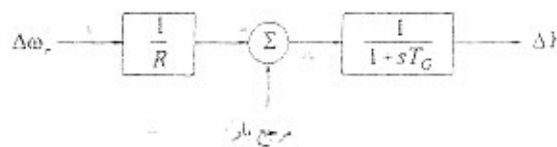
سه نقطه تنظیم ورج بار هستند. در ۶.۴ Hz، A مخبر، فرجه صفر، B مخبر، فرجه ۵۰ (۵۰ مخبر،

فرجه ۱۰۰) قرار شود. بنابراین توان با تنظیم نقطه تنظیم ورج بار، فرجه توان واحد تولید را در یک مرتبه

متغیر در مقدار ریز تنظیم کرد.

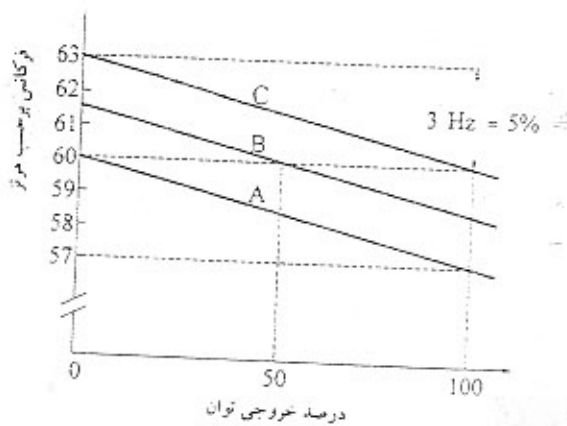


(الف) نمایش نمادین گاورنر و توربین



(ب) نمودار بلوکی کاهش یافته گاورنر

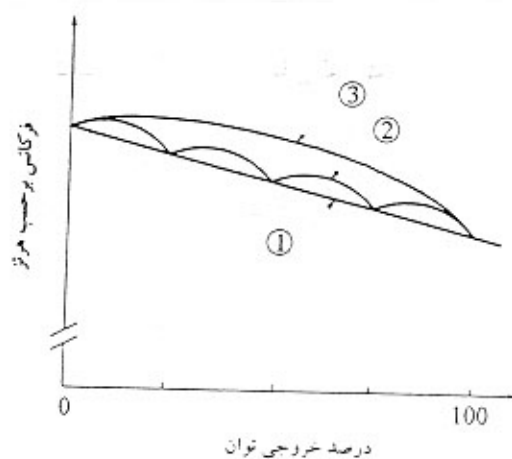
شکل ۱۱-۱۳ گاورنر با کنترل مرجع بار برای تنظیم رابطه سرعت - بار



شکل ۱۱-۱۴ تا ۱۱ تنظیم تنظیم تغییر دهنده نسبت بر شخم گاورنو

مشخصه واقعی افت سرعت

در حالت واقعی، مشخصه داران انحرافاتی نسبت به خط راست است (شکل ۱۱-۱۵)



منحنی ۱: مشخصه ایده آل خطی

منحنی ۲: مشخصه واقعی برای واحدهای بخاری

منحنی ۳: مشخصه واقعی برای واحدهای آبی

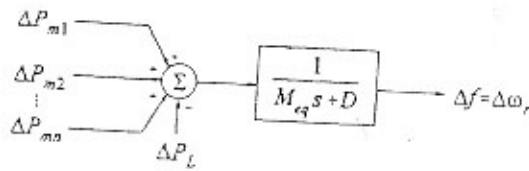
شکل ۱۱-۱۵ مشخصه های واقعی و ایده آل افتی سرعت گاورنو

مشخصه افت سرعت توربینهای بخار داران سافت رکمل ششم منحنی ۲ به شدت

۱۱-۱-۳ مشخصه ترکیبی تنظیم سیستمهای قدرت

در مقابل تغییرات در بار سیستم، از اثر حرارتی بصورت یکدیگر را در محادل غایشی درصم که در این ثابت

نکته M_{eq} است و بر سیم فروج های ترکیبی معادل مطابق به شکل ۱۱-۱۶ حرکت داده می شود.



شکل ۱۱-۱۶ معادل سیستم برای تحلیل LFC

برای سیستم با n ژنراتور ثابت ترکیبی برابر D ، انحراف حالت ماندگار فرکانس به دنبال ΔP_L ،

برابری است با:

$$\Delta f_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}\right) + D}$$

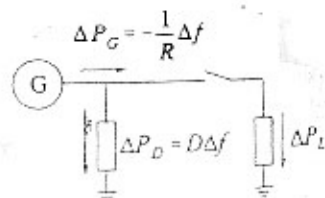
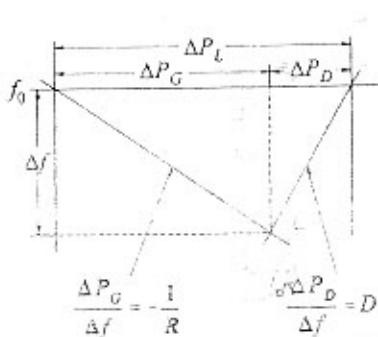
$$= \frac{-\Delta P_L}{\frac{1}{R_{eq}} + D}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$\beta = \frac{-\Delta P_L}{\Delta f_{ss}} = \frac{1}{R_{eq}} + D$$

بنابراین:

در شکل ۱۱-۱۷، تاثير افت سرعت کار و لزوم حساسیت فرکانس برابر تغییر خاص بار نشان داده شده است.



$$\Delta P_L = \Delta P_G - \Delta P_D = \left(-\frac{1}{R} - D\right) \Delta f$$

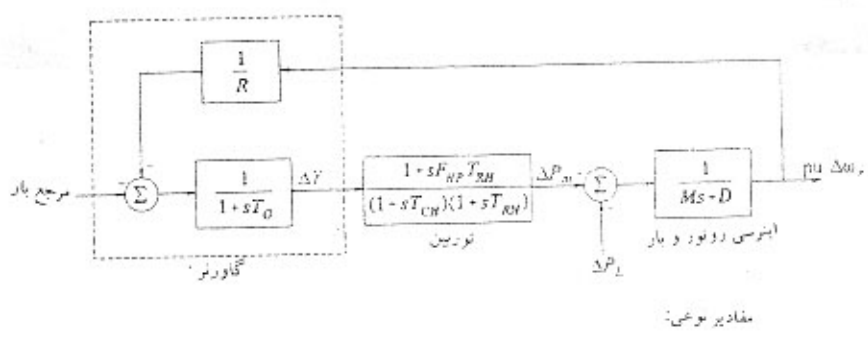
$$\therefore \Delta f = \frac{-\Delta P_L}{1/R + D}$$

شکل ۱۱-۱۷ مشخصه ترکیب کار و اثر بار

۱۱-۱-۴) آفت پاسخ سیستمی کاورز توربین

شکل ۱۱-۸ نمودار بلوکی واحد تولید را با حضور توربین با ضررهای نشان می دهد. نمودار بلوکی کاورز

مدعت، توربین، حریم چرخان و بار را، که مناسب بر روی بار-فرکانس است، نمایش می دهد.

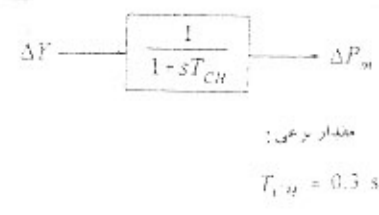


$R = 0.05$	$T_G = 0.2 \text{ s}$	$F_{HP} = 0.3$	$T_{RH} = 7.0 \text{ s}$
$T_{CH} = 0.3 \text{ s}$	$F_{LP} = 0.7$	$M = 10.0 \text{ s}$	$D = 1.0$

شکل ۱۱-۸ نمودار بلوکی واحد تولید با توربین بخار دارای باز حرارت ده

نمودار بلوکی فوق در مورد واحدی با توربین غیر با ضررهای نیز صادق است که $T_{RH} = 0$ و پاسخ تبدیل بصورت

شکل ۱۱-۱۹ ساده شود.

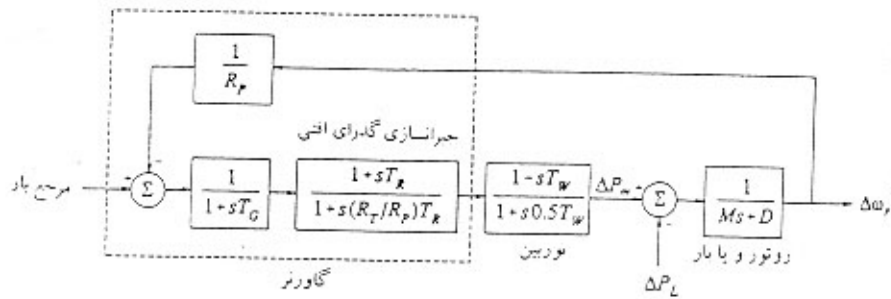


شکل ۱۱-۱۹ تابع تبدیل توربین بدون باز حرارت ده

نمودار بلوکی یک واحد تولید همراه یک توربین آبی در شکل ۱۱-۲۰ نشان داده شده است. کاورز در این

افت گذراست. برای اغراضهای پاسخ فرکانس، کاورز دارای یک تنظیم بالاست. برای تخفیرات کند و در

حالت ماندگار، کاررزدار در تنظیم پایین تر است.



مقادیر نوعی:

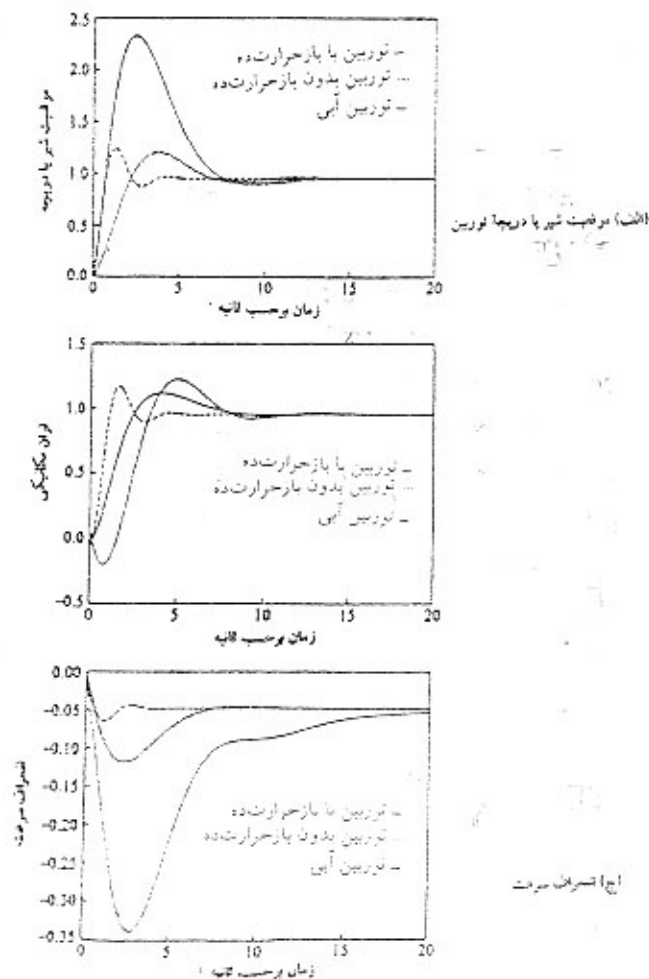
$$R_p = 0.05 \quad T_G = 0.2 \text{ s} \quad M = 6.0 \text{ s} \quad D = 1.0$$

$$T_W = 1.0 \text{ s} \quad R_T = 0.38 \quad T_R = 5.0 \text{ s}$$

شکل ۱۱-۲۰ نمودار بلوکی واحد آبی

صفت پاسخ واحدهای تولیدی بخار با بارهای مختلف و تغییرات دما و توربینهای آبی در مقابل تغییر

بار در بار در شکل ۱۱-۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۲۱ پاسخهای واحدهای تولید بخاری و آبی به افزایش کوچک پله‌ای در تقاضای بار.

مقادیر نشان داده شده بر حسب مبنای واحد تغییر پله‌ای هستند.

نتایج که در اینجاست ن داده شده است روشن سازد که اگر چه انحراف حالت ماندگار سرعت برای هر سه واحد یکسان است، در پاسخ گذرای آنها تفاوت‌های مهمی وجود دارد. در حقیقت باید گفت که مشخصه‌های پاسخ واحد بسته به بسیاری از عوامل، تفاوت چشمگیری می‌کنند.

۱۱-۱-۵) اصول کنترل خودکار تولید (AGC)

اهداف اولیه کنترل خودکار تولید، تنظیم فرکانس در مقدار مشخص اسمی و حفظ تعادل توان بین نواحی کنترل در قاعده برنامهریزی شده از طریق تنظیم خروجی ژنراتورهای انتخابی است. این تابع معمولاً به کنترل بار فرکانس موسوم است. هدف ثانویه آن است که به منظور حداقل سازی هزینه بهره‌برداری، تخصیص مورد نیاز در تولید بین واحدها توزیع گردد.

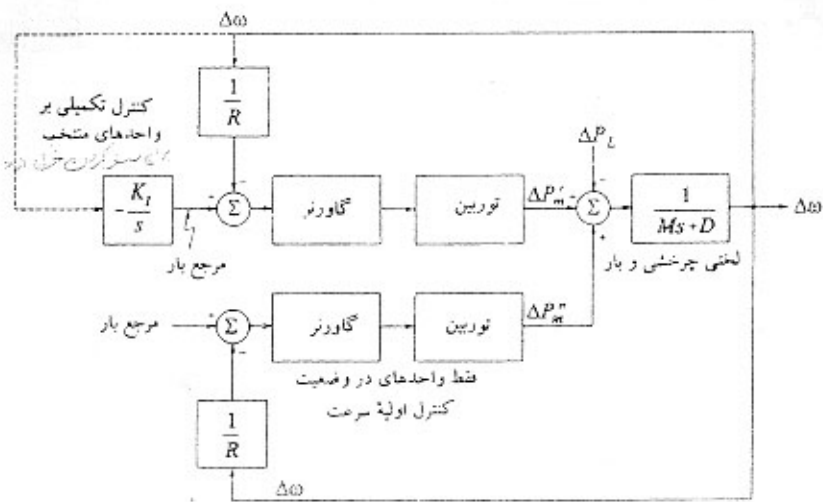
AGC در سیستم‌های منفرد قدرت

در سیستم AGC بازگرداندن فرکانس به مقدار مشخص اسمی است. این کار مطابق با شکل ۱۱-۲۲ از طریق افزودن یک کنترل کننده بر نقاط تنظیم خروجی ژنراتورهای واحد‌ها می‌گردد. در وضعیت AGC قرار دارند، عمل می‌شود.

AGC در سیستم‌های قدرت بهم پیوسته

سیستم بهم پیوسته ۱۱-۲۳ "الف" را در نظر بگیرید که شامل دو ناحیه است که با یک خط ارتباطی با رانانس X_{tie} بهم مرتبط هستند.

شکل ۱۱-۲۳ "ب" معادله‌های سیستم را نشان می‌دهد که در آن هر ناحیه با منبع ولتاژی معین به



شکل ۱۱-۲۲ افزودن کنترل انگارانی بر واحدهای تولید منتخب برای AGC

رابطه‌های معادله‌ای از رابطه‌های شین، نمایش داده شده است. توان انتقالی خط از ناحیه ۱ به ۲ برابر است با:

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

با فرض کردن صفر نقطه کار به با $\delta_1 = \delta_{10}$ و $\delta_2 = \delta_{20}$ داریم:

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

که $\Delta \delta_{12} = \Delta \delta_1 - \Delta \delta_2$ و T ، صورت زیر است:

$$T = \frac{E_1 E_2}{X_T} \cos(\delta_{10} - \delta_{20})$$

نمایش نمودار بلوکی در شکل ۱۱-۲۳ ج ۱ نشان داده شده است

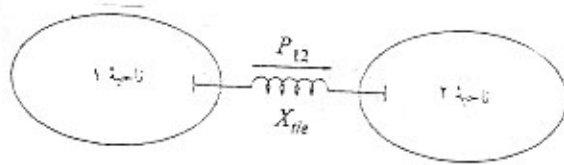
انحراف حالت ماندگار فرکانس $(f - f_0)$ برای هر دو ناحیه یکسان است در این تخمین بار عمل داریم:

$$\Delta f = \Delta \omega_1 = \Delta \omega_2 = \frac{-\Delta P_L}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) + (D_1 + D_2)}$$

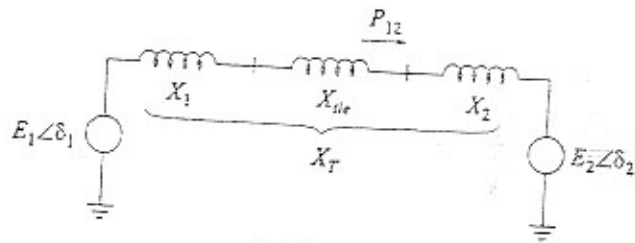
معادله حالت ماندگار را به دنبال افزایش در بار ناحیه ۱ معادله ΔP_{L1} در نظر بگیریم. در این صورت برای ناحیه ۱

$$\Delta P_{m1} - \Delta P_{12} - \Delta P_{L1} = \Delta f D_1$$

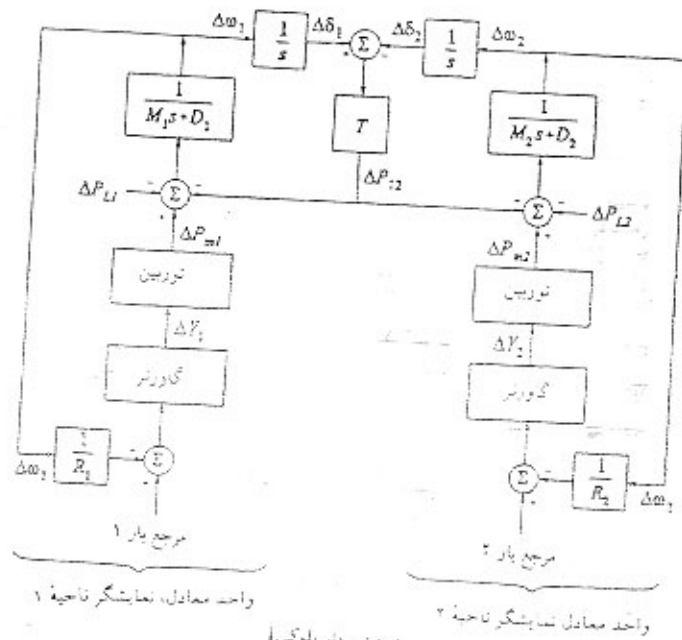
داریم:



(الف) سیستم دوناحیه‌ای



(ب) معادل الکتریکی



(ج) نمودار بلوکی

شکل ۱۱-۲۲ سیستم دوناحیه‌ای با فقط کنترل اولیه سرعت

فبراین ناصیه ۲:

$$\Delta P_{m1} + \Delta P_{12} = \Delta f D_1$$

تغییر در توان مکانیکی سیستم به تنظیم دارد بنابراین:

$$\Delta P_{m1} = - \frac{\Delta f}{R_1}$$

$$\Delta P_{m2} = - \frac{\Delta f}{R_2}$$

$$\Delta f \left[\frac{1}{R_1} + D_1 \right] = - \Delta P_{12} - \Delta P_{L1}$$

در نتیجه:

$$\Delta f \left[\frac{1}{R_r} + D_r \right] = - \Delta P_{1r} \quad \text{و}$$

تعیین می‌شود:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_{L1}}{\left(\frac{1}{R_1} + D_1\right) + \left(\frac{1}{R_r} + D_r\right)} = \frac{-\Delta P_{L1}}{\beta_1 + \beta_r}$$

و

$$\Delta P_{1r} = \frac{-\Delta P_{L1} \left(\frac{1}{R_r} + D_r\right)}{\left(\frac{1}{R_1} + D_1\right) + \left(\frac{1}{R_r} + D_r\right)} = \frac{-\Delta P_{L1} \beta_r}{\beta_1 + \beta_r}$$

رابطه فوق در شکل ۱۱-۲۴ به تصویر کشیده شده است.

رابطه فوق، اساس کنترل بار فرکانس سیستم‌های هم‌پیوسته را نشان می‌دهد.

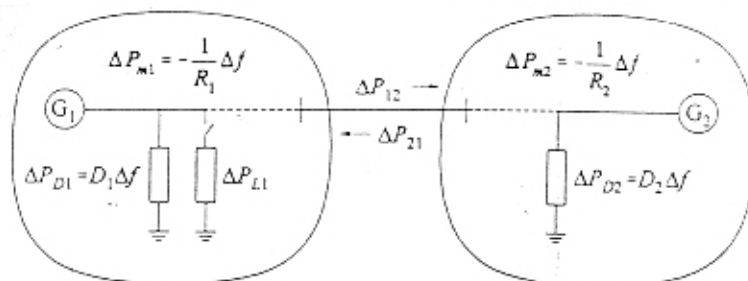
کنترل به واسطه فرکانس خط ارتباطی

هدف اساسی کنترل تکمیلی، تأمین مجدد تعادل بین بار و تولید هر ناحیه است. این هدف زمانی تأمین می‌شود که

تولید کنترل دو عمل زیر را برآورده سازد:

• فرکانس را در مقدار برنامه‌ریزی شده قرار دهد.

• توان خالص تبادل با نواحی هم‌ای را به مقدار برنامه‌ریزی شده برساند.



شکل ۱۱-۲۴ تأثیر تغییر در بار ناحیه ۱

بررسی معادلات نشان می دهد که اگر سیدنال کنترل از صبح اغلاف توان انتقالی خط ارتباطی را اغلاف فرکانس تشکیل شده باشد، اهداف مطلوب را برآورده می سازد. بین سیدنال کنترل به خطای کنترل ناهمه (ACE) مورد است. خطای کنترل ناهمه برای ناهمه ۲ برابر است با:

$$ACE_r = \Delta P_{r1} + B_r \Delta f$$

$$B_r = \beta_r = \frac{1}{R_r} + D_r$$

برای ناهمه ۱ داریم:

$$\Delta CE_1 = \Delta P_{11} + B_1 \Delta f$$

$$B_1 = \beta_1 = \frac{1}{R_1} + D_1$$

نمودار بلوکی ۱۱-۲۵ نشان می دهد که چگونه کنترل تکمیلی پیاده می شود. این کنترل بر واحدهای انتخابی در ناهمه انجام می شود و بر نقاط تنظیم مرجع بار عمل می کند.

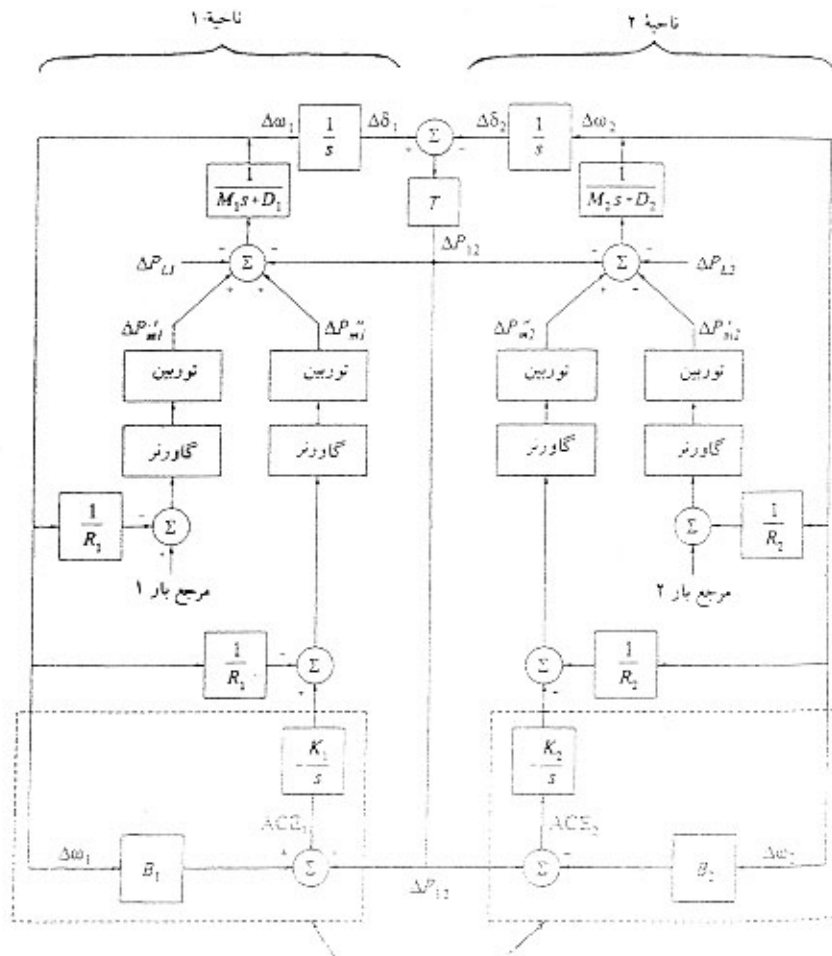
اساس انتخاب ضریب بیا س

سیدنال های خطای کنترل ناهمه یک سیستم دو ناهمه ای را به صورت زیر در نظر بگیریم:

$$\Delta CE_1 = A_1 \Delta P_{1r} + B_1 \Delta f = 0$$

$$\Delta CE_r = A_r \Delta P_{r1} + B_r \Delta f = 0$$

افزایش ناگهانی در بار، منجر به کاهش در فرکانس می شود. سپس، پاسخ کا در فرکانس می دهد که اغلاف صدالت فرکانس



AGC بر واحدهای منتخب

شکل ۱۱-۲۵ حوزه‌های بلوکی سیستم دو ناحیه‌ای با کنترل تکمیلی

با محدودی سازد پس میزان انحراف فرکانس را به مقدار Δf_R بر می گرداند که بصورت زیر تعیین می شود:

$$\Delta f_R = \frac{-\Delta P_{L1}}{\beta_1 + \beta_2}$$

اکنون می‌توان کنترل تکمیلی را مورد بررسی قرار دهیم:

اگر $\beta_1 = \beta_2$ و $\beta_1 = \beta_2$ باشد داریم:

$$ACE_1 = \Delta P_{R1} + \beta_1 \Delta f_R = -\Delta P_{L1}$$

$$ACE_2 = -\Delta P_{R2} + \beta_2 \Delta f_R = 0$$

ب) اگر B_1 و B_2 را در دو برابر مشخصه های پاسخ فرکانس ناحیه مربوط تنظیم کنیم، داریم:

$$\Delta CE_1 = \Delta P_{1r} + B_1 \Delta f_R = - \Delta P_{L1} \left[1 - \frac{1}{B_1} \right]$$

$$\Delta CE_2 = - \Delta P_{1r} + 2B_2 \Delta f_R = \frac{- \Delta P_{L1}}{B_2}$$

ج) اگر ضریب بایاس را به میزان زیاد در کمتر از β های ناحیه های مربوطه تنظیم کنیم، کنترل کلمبسی ناحیه ۲

در نتیجه کنترل اولیه سرعت با عمل کار در زیر سناریو کند تولیدی را که در سیستم رزرو تورهاش تامین شده، عقب بکشد

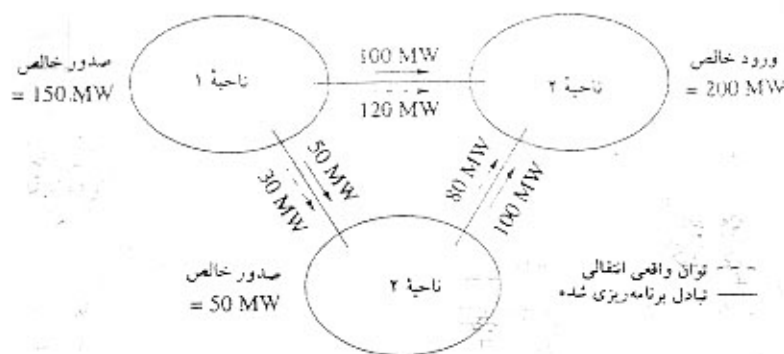
طالع بهینه سازی شان را که $B = \beta$ در حقیقت انتخابی منطقی است.

سیستم های با بیش از دو ناحیه

زمانیکه ناحیه ای به بیش از یک ناحیه اضافه می شود، انتقال تبادل های برنامه ریزی شده بین آنها،

نمودار به طور مستقیم از طریق خطوط ارتباطی را با این نواحی انجام نمی پذیرد. این مطلب در شکل ۱۱-۲۶

که سیستم سه ناحیه ای را نشان می دهد نمایش داده شده است.



شکل ۱۱-۲۶ سه ناحیه متصل با خطوط ارتباطی

تخصیص اقتصادی تولید

تخصیص ضروری تولید هر واحد با استفاده از نقاط پایه و ضرایب مشارکت (PF) محاسب می‌شود. ضروری

مطلوب جدید هر واحد بصورت زیر محاسب می‌شود:

$$P_{\text{desired}} = P_{\text{basepoint}} + PF(\Delta P_{\text{total}})$$

$$\Delta P_{\text{total}} = (P_{\text{basepoint}} \text{ برای تمام تولید}) - (\text{تولید جدید اصل})$$

۱۱-۱-۶) پیاده‌سازی AGC

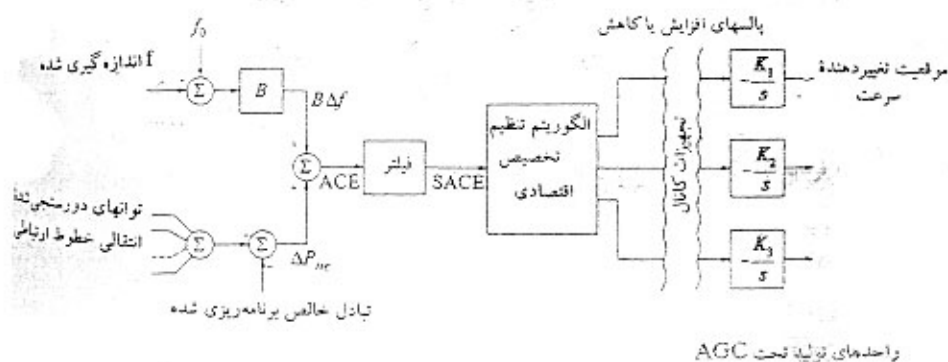
مطابق با شکل ۱۱-۲۷ سیند لای کنترل از طریق کانالهای دورسنجی به واحدهای تولیدی که در وضعیت

AGC هستند فرستاده می‌شود. ریاس‌های بالا برنده یا پایین آورنده به واحدها فرستاده می‌شوند پس از آن

تجهیزات کنترلی نقاط تنظیم مرجع واحدها را به بالا و پایین تخصیص دهند.

معیارهای عملکرد کنترلی

معیارهای زیر، حد آس استنداردهای عملکرد کنترلی را بیان می‌کنند:



شکل ۱۱-۲۷ منطق کنترلی AGC برای هر ناحیه

۱. معیار A_1 : ACE به دردت ۱۰ دقیقه، به صورت بازگردد. انحراف از این معیار برای هر دوره ای که

ACE موفق نمی شود به صورت بازگردد به حساب می آید.

۲. معیار A_2 : ACE با بر برای هر شش دوره ده دقیقه ای طی هر ساعت در محدوده های مشخص باشد

که به L_d موسوم است:

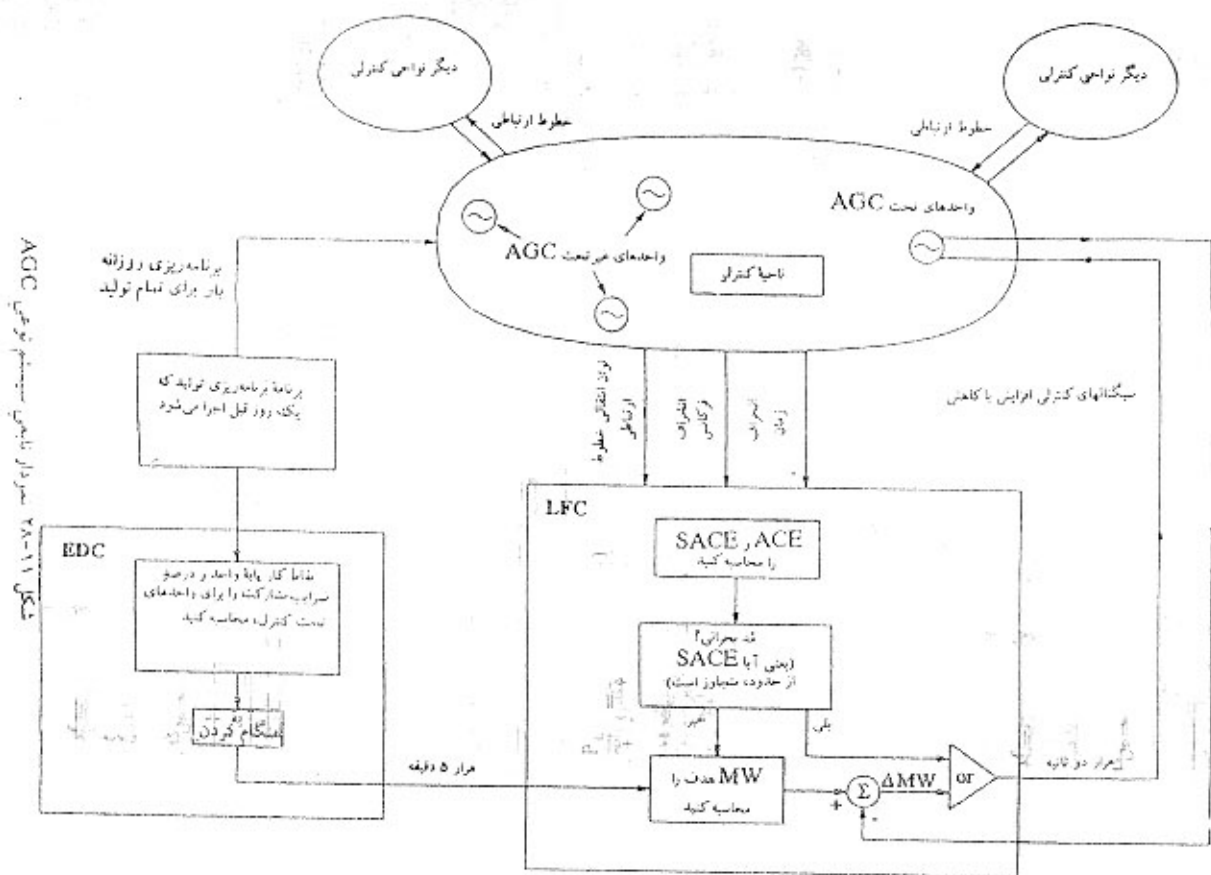
$$L_d = 5 + 0.255L \text{ MW}$$

زمانی که یک مقدار نمونه گیری شده ACE از $3L_d$ تجاوز کند، نفعه می شود که انعکاسش رخ داده است.

تواتر اجرای AGC

در سیستم های مبتنی بر روش های دیجیتال، اجرای هر ۲ تا ۴ ثانیه AGC، منجر به عملکرد مناسبی می شود. شکل

۱۱-۲۸ خود را تا بعضی طرح یک نمونه سیستم AGC ایشان می دهد.



تنظیم و عملکرد AGC

باید حفظ شدن کنترل شامل اهداف زیر باشد:

• هزینه سوخت را حداقل کند

• از بار مدام واحدهای تولید جلوگیری نماید

• با جلوگیری از عمل غیر ضروری واحدها، زیست‌سایس تجهیزات را به حداقل برساند

سیستم‌های AGC بصورت ساده، مقاوم و قابل اعتماد به اهداف فوق دست می‌یابند.

راه ایده آل برای تعیین پارامترهای سیستم AGC، استفاده از شبیه‌سازی است. پارامترهای کنترل

پایداری AGC تأثیر دارد (بهره‌های حلقه آن است).

تأثیر باند پهنای گذر سرعت

تأثیر باند پهنای گذر سرعت افتی سرعت گذر در شکل ۱۱-۲۹ نمایش داده شده است. به جای یک خط، مشخص

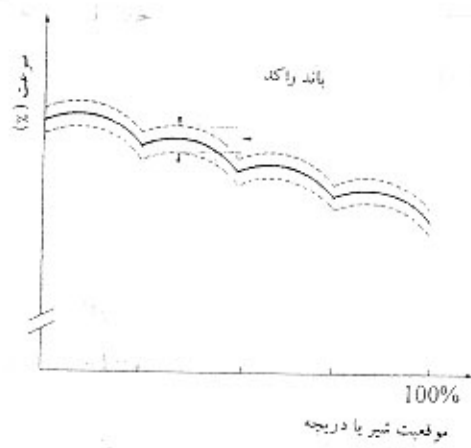
افتی سرعت بصورت یک محدوده به نظر می‌رسد. یکی از آثار باند پهنای گذر است که مشخصه پاسخ فرکانس

ناصبه (β) را کاهش می‌دهد نتیجه برای اطمینان از عملکرد ضابطه‌های AGC باید نقطه تنظیم پاسخ را کاهش

حظرات کارکرد فرکانس کم

دو ساله تجربه یکبار می‌شود که هر دو مربوط به واحدهای تولید فراری است. مساله اول راجع به تنش

ارتعاشی بر تیغه‌های بلند توربین فشار ضعیف است و در بین مساله راجع به عملکرد تجهیزات جنبی نیز بوده است



شکل ۱۱-۲۹

عوامل مؤثر بر کاهش فرکانس

می‌توان عبارت زیر را برای کاهش فرکانس نوشت:

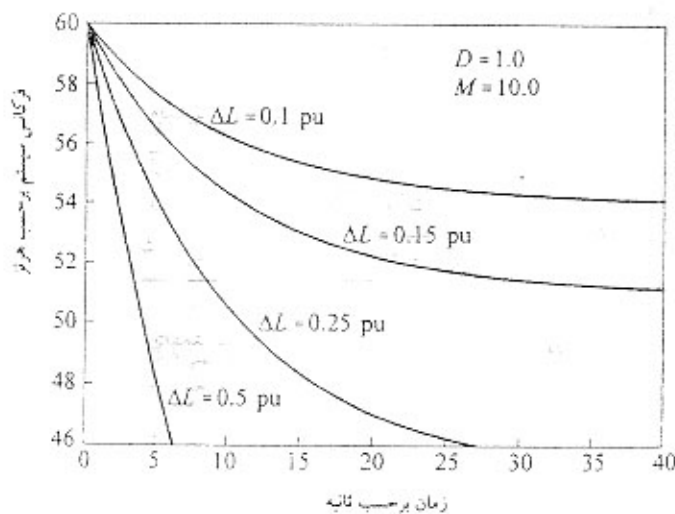
$$\Delta f = -\Delta L \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) K$$

که $K = \frac{1}{D}$ و $T = \frac{M}{D}$ است.

با $D=1$ و $M=10$ sec کاهش فرکانس بصورت تابعی از زمان به شکل زیر خواهد بود:

$$\Delta f = -\Delta L \left(1 - e^{-\frac{t}{10}}\right) 4. \text{ Hz}$$

شکل ۱۱-۳۰ کاهش فرکانس را برای چهار مقدار ΔL نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۳۰ کاهش فرکانس ناشی از کمبود تولید

اساس انتخاب طرهای بارزدایی

نتایج شکل ۱۱-۳۰ به عنوان اولین گام در برآورد اساس طرح های بارزدایی مفید است. یک نمونه طرح

بارزدایی بصورت زیر است:

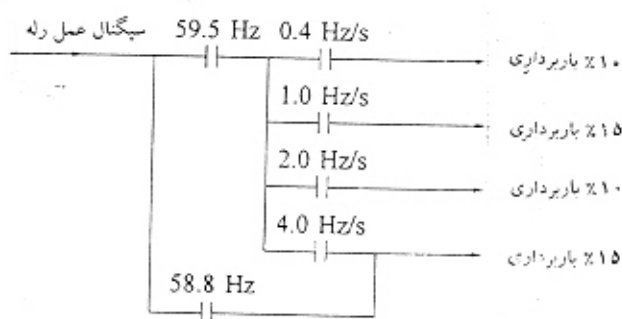
• زمانیکه فرکانس به 59.2 Hz افت کند، ۱۰٪ بار قطع می شود.

• زمانیکه فرکانس به 58.8 Hz افت کند، ۱۵٪ بار اضافی قطع می شود.

• زمانیکه فرکانس به 58 Hz برسد، ۲۰٪ بار اضافی قطع می شود.

زمان نوعی کارکرد بارها در حالت نیم رسانا در بازه آره تا آره ثانیه است. رله موسوم به رله FTR است و

منطق عمل آن در شکل ۱۱-۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۳۱ منطق عمل خارج کردن برای رله فرکانسی

۱۱-۲) کنترل توان راکتیو و ولتاژ

باید کنترل توان راکتیو و ولتاژ اهداف زیر را برآورده سازد:

الف) ولتاژ در پایانه های تمام تجهیزات سیستم در بازه های تعیین قبول باشد.

ب) به منظور حداکثر سازی استفا (ه) از سیستم انتقال، پایداری سیستم تقویت شود.

ج) جریان توان را کم و حداکثر شود.

روش های کنترل و لاینر

وسایل مورد استفاده را می توان بصورت زیر طبقه بندی کرد:

الف) منابع یا مخازن توان راکتیو

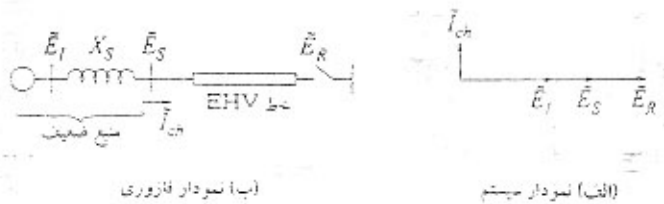
ب) بردارهای راکتانس خط از قبیل خازنهای سری

ج) ترانسفورماتورهای تنظیم کننده

راکتورهای شنت

اگر خط هوایی کوتاه تر از یک سیستم ضعیف تقویت شود (شکل ۱۱-۳۲) ممکن است به راکتورهای شنت

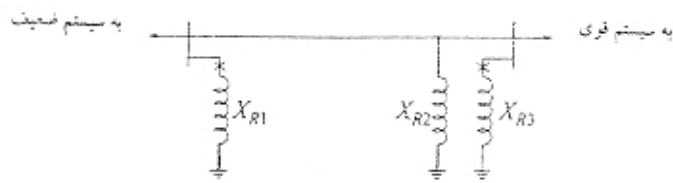
نیاز باشد



شکل ۱۱-۳۲ خط EHV متصل به سیستم ضعیف

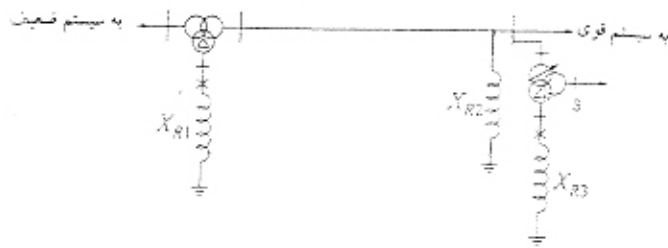
می توان راکتورهای (ضامن شنت) را که بر این حفظ مقدار عادی ولتاژ در حالت بار کم مورد نیاز هستند.

مطابق با شکل ۱۱-۳۳ به شین EHV و یا مطابق با ۱۱-۳۴ به سیم نایب ترانس های مجاور متصل کرد.



X_{R2} - راکتور دائماً متصل به خط
 X_{R1}, X_{R3} - راکتور قابل کلیدزنی متصل به زمین

✓ شکل ۱۱-۲۳ راکتورهای EHV متصل به خط و زمین

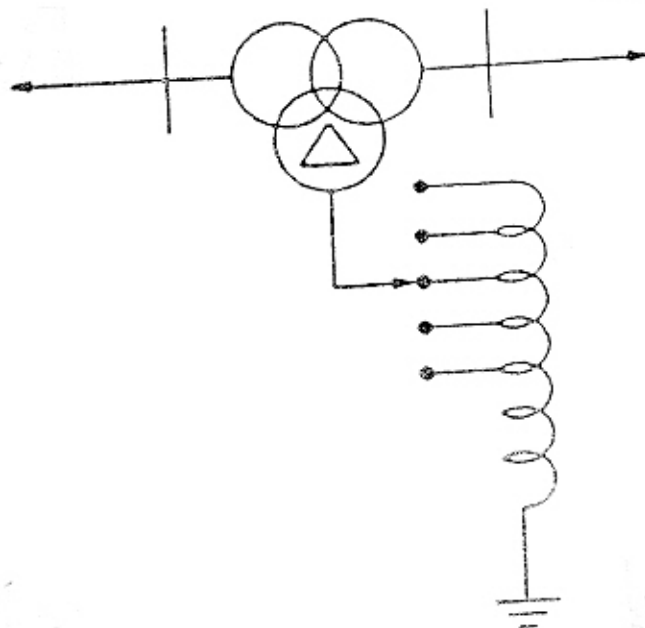


X_{R2} - راکتور دائماً متصل به خط
 X_{R1}, X_{R3} - راکتورهای قابل کلیدزنی متصل به سیم پیچهای ثانویه ترانسفورمرها

✓ شکل ۱۱-۳۴ راکتورهای متصل به خط و ترانسفورمر

در برخی کاربردها همپایان کم در شکل ۱۱-۳۵ نشان داده شده است برای صدور اجازه تغییر مقدار رانانس، از

راکتورهای دارای تپ با تنظیمات کنترل تغییر تپ ولتاژ لار، استفاده شده است.



خازن‌های شنت

خازن‌های شنت ترانزیتورهای کم‌سخت و ولتاژهای محلی را افزایش می‌دهند و منابع بسیار اقتصادی برای
 توزیع توان را تسهیل می‌کنند.

کاربرد در سیستم های توزیع

در سیستم های توزیع بردهای تصحیح ضریب توان کنترل ولتاژ فیدر به طور وسیع از خازنهای شنت استفاده می شود.

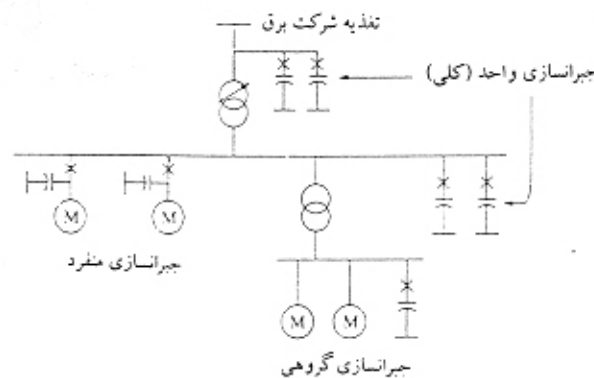
جدول ۱-۱۱ ضریب نوعی توان مشخصه های دسته به ولتاژ بعضی از انواع بارها را نشان می دهد.

جدول ۱-۱۱ مشخصه های نوعی بارهای منفرد

وابستگی به ولتاژ		ضریب توان (پس فاز)	نوع بار
P	Q		
$V^{+0.5}$	$V^{+0.5}$	۰/۸۹	موتور صنعتی بزرگ
$V^{+0.1}$	$V^{+0.1}$	۰/۸۳	موتور صنعتی کوچک
$V^{+0.8}$	$V^{+0.5}$	۰/۸۴	یخچال
$V^{+0.2}$	$V^{+0.5}$	۰/۸۱/۰۸۴	پمپ حرارتی (گرماده یا خنک ساز)
$V^{+0.8}$	$V^{+0.5}$	۰/۹۹	ماشین ظرفشویی
$V^{+0.8}$	$V^{+0.1}$	۰/۶۵	ماشین لباسشویی
$V^{+0.5}$	$V^{+0.2}$	۰/۹۹	خشک کن
V^{+0}	V^{+0}	۰/۷۷	تلویزیون رنگی
V^{+0}	V^{+0}	۰/۹۰	روشنایی فلوروسنت
$V^{+0.55}$	-	۱/۰۰	روشنایی رشته ای
$V^{+0.5}$	-	۱/۰۰	گرمایش خوراکیزی، آب یا فضا

برای واحدهای بزرگ صنعتی مطابق با شکل ۱۱-۳۶ تصحیح ضریب توان در سطوح متفاوت است! (۱)

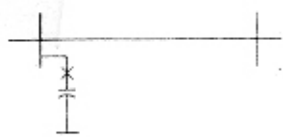
موتورهای منفرد، (۲) مجموعه موتورها و (۳) کل واحد اجراء می شود.



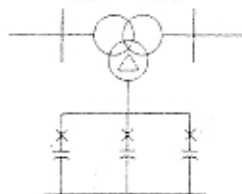
شکل ۱۱-۳۶ تصحیح ضریب توان در واحدهای صنعتی [۲۶]

کاربرد در سیستم های انتقال

خازنهای شنت برای جبران سازی تلفات XI^2 و برای حصول اطمینان از اینکه سطوح دشارژر شرایط بارنداری شدید حفظ می شود به کار می روند. همچنین در شکل ۱۱-۳۷ نشان داده شده، مجموعه های خازن با اندازه مناسب یا مستقیماً به شین شار قوی دریا به سیستم شنت تراش اصلی وصل می گردند به طور خودکار یا دست مکنیز می شوند.



(ب) مجموعه خازنی HV



(الف) مجموعه های خازنی متصل به تالیه

شکل ۱۱-۳۷ اتصالات مجموعه خازنی

خازنهای سری

خازنهای سری به منظور جبران سازی راکتانس اندوکتیو خط به طور سری با هادیهای خط قرار می گیرند.

کاربرد در سیستم انتقال EHV

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

(الف) افزایش ولتاژ ناشی از جریان راکتیو.

(ب) گنارنداری و جاننداری مجدد.

شکل ۱۱-۳۸ طرحهای گوناگون گنارنداری نشان می دهد. شرح نشان داده شده در شکل ۱۱-۳۸ الف

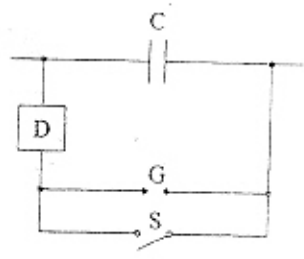
از یک دهانه جرقه‌ای منفرد (G) تشکیل شده که در آن زینک نیمه و تار خازن از یک مقدار مشخص تجاوز نمایند،

مجموعه خازن‌ها کنار هم قرار می‌گیرد. نمونه‌ای دیگر در طرح دو دهانه‌ای با زمان جاگذاری مجدد در شکل

۱۱-۳۸ ب نشان داده شده است.

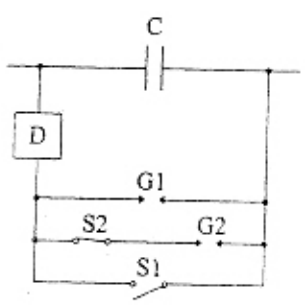
در طرح شکل ۱۱-۳۸ ج مقاومت غیر خطی (ZnO) و تار دو سر مجموعه خازن را اصل بر در خط محدود

می‌کنند مجموعه بلافاصله بعد از قطع جریان خط، دوباره جاگذاری می‌کنند.



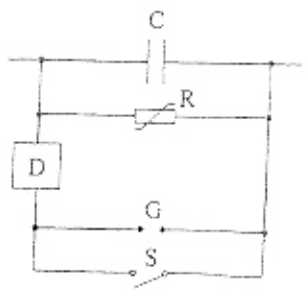
- C مجموعه خازنی
- D مدار میراساز
- G خاله جرقه‌ای
- S قطع کننده کنار گذر

الف) طرح حفاظتی تک شکافی



- C مجموعه خازنی
- D مدار میراساز
- G1 دهانه جرقه‌ای، تنظیم بالا
- G2 دهانه جرقه‌ای، تنظیم پایین
- S1 قطع کننده کنار گذر
- S2 قطع کننده جاگذاری مجدد

ب) طرح حفاظتی دو شکافی



- C مجموعه خازنی
- R مقاومت غیر خطی (ZnO)
- D مدار میراساز
- G دهانه جرقه‌ای
- S قطع کننده کنار گذر

ج) طرح حفاظتی اکسید روی

شکل ۱۱-۳۸ طرح‌های حفاظتی کنار گذری خازن سری (۳۰)

ج) محل: محل‌های زیر نقاط معمول مورد توجه است: ۱- میان نقاط، ۲- میان نقاط خط

$$I_{\text{خط}} = \frac{1}{3} \text{ یا } \frac{1}{4} \text{ خط}$$

کندانسورهای سفید

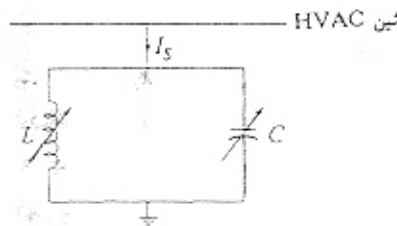
کندانسورهای سفید مجازین چندین نسبت به سایر انواع استاتیکی دارند. برای مثال، ظرفیت اتصال کوتاه سیستم ملک می کنند و تولید توان راکتیو آنها از ولتاژ سیستم تأثیر نمی پذیرد.

سیستمهای استاتیکی توان راکتیو

یک سیستم استاتیکی (SVS)، اجزای از SVG ها و خازنهای قابل کلیدزنی مکانیکی (MSCs) یا راکتورها قابل کلیدزنی مکانیکی (MSRs) است که فرودبهای آنها، هماهنگ شده است.

عملکرد فرکانس اصلی SVS

مشخص SVS ایده آل. از نظر کارایی، سیستم قدرت، یک SVS معادل یک خازن شنت وید، راکتور شنت است که هر دو می توانند برای کنترل ولتاژ در توان راکتیو در پائینهای آن به صورتی مقرر، تنظیم شوند (شکل ۱۱-۳۹).



شکل ۱۱-۳۹ سیستم ایده آل استاتیکی توان راکتیو

مشخص V/I یک SVS ایده آل در شکل ۱۱-۴۰ نشان داده شده است. این مشخصه، مشخصه‌های حالت

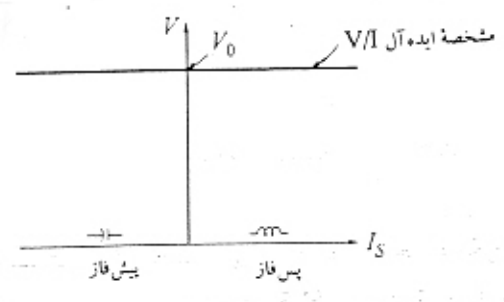
مانند کار و شبیه حالت ماندگار SVS، نشان می دهد.

مشخصه SVS حقیقی

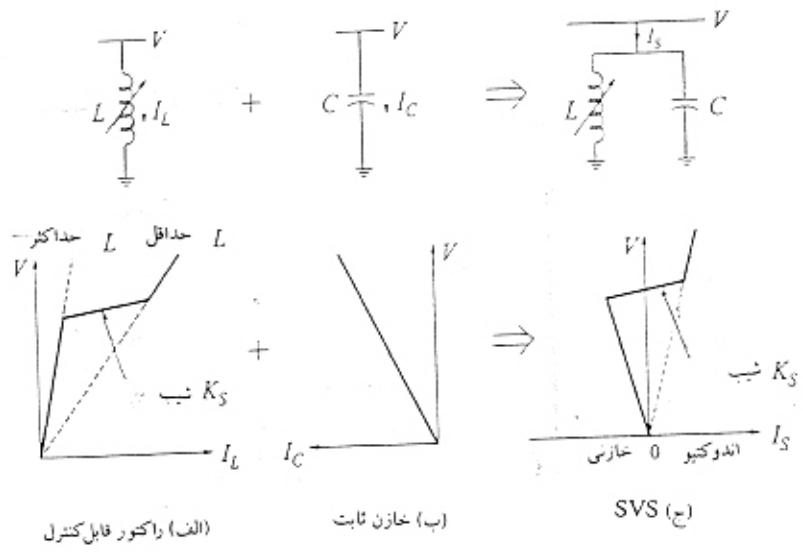
شکل ۴۱-۱۱ نحوه بردست آوردن مشخصه یک SVS شامل رانورهای قابل کنترل در یک خازن ثابت

را نمایش می دهد. مشخصه ترکیبی با جمع مشخصه های تک به تک عناصر بردست می آید. مشخصه شکل ۴۱-۱۱

۱۰ الف - عناصر مشخصه های رانورهای ممکن قابل کنترل است.



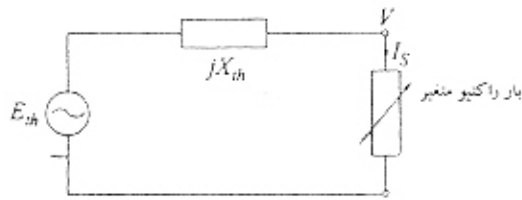
شکل ۴۰-۱۱ مشخصه V/I مربوط به جبرانگر ایده آل



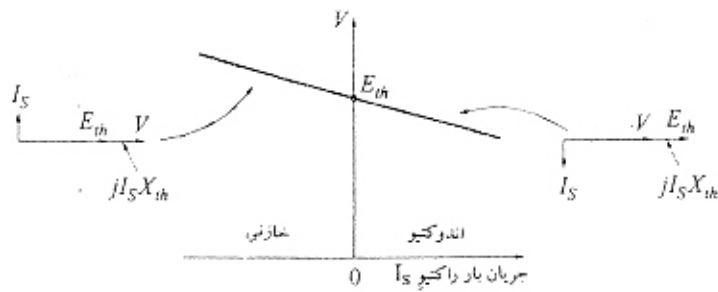
شکل ۴۱-۱۱ مشخصه های ترکیبی SVS

مشخصه V/I سیستم را می توان از دیدگاه شین که در کنار آن قرار است به وسیله SVS کنترل شود تعیین

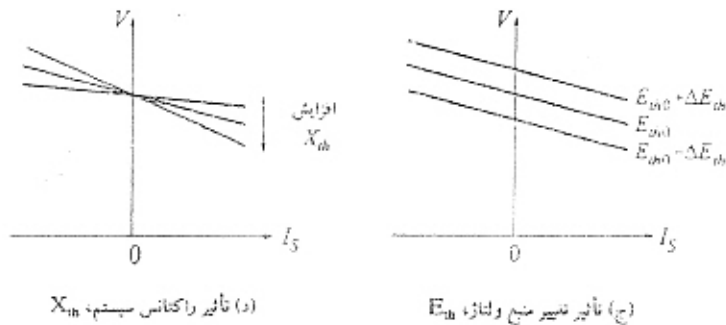
کرد. این مطلب در شکل ۴۲-۱۱ نشان داده شده است.



(الف) مدار معادل تونن شبکه HVAC



(ب) مشخصه ولتاژ - جریان راکتیو



(د) تأثیر راکتانس سیستم، X_{th}

(ج) تأثیر تغییر منبع ولتاژ، E_{th}

شکل ۱۱-۲۲ مشخصه ولتاژ سیستم قدرت در مقابل جریان راکتیو [۳۸]

• افزایش تونن در شکل ۱۱-۴۲ الف به طور غالب راکتانس اندوکتیو است. مشخصه مربوطه ولتاژ در مقابل

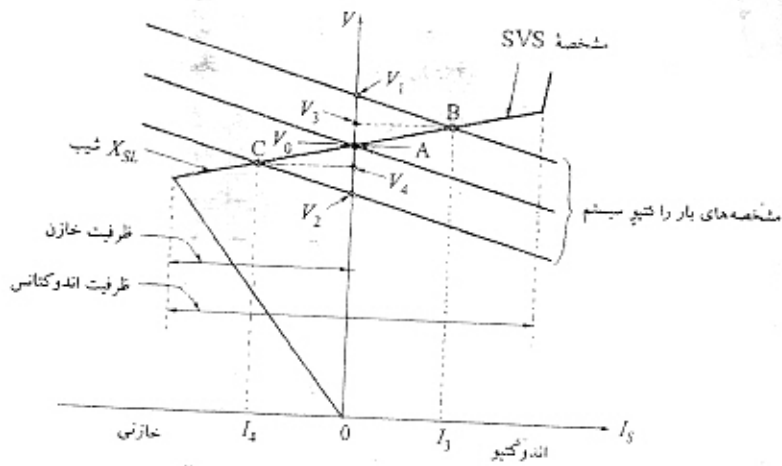
جریان راکتیو در شکل ۱۱-۴۲ ب به برآورده شده است. ولتاژ به طور خطی با جریان خازنی افزایش و با جریان بار اندوکتیو، کاهش می یابد.

مشخصه ترکیبی SVS - سیستم قدرت.

مشخصه SVS در محدوده کنترلی که بر رسیدیم X_{SL} ، راکتانس مثبت، تعریف می شود بصورت زیر است:

$$V = V_0 + X_{SL} I_S$$

برای ولتاژهایی که خارج از بازه کنترلی است، نسبت $\frac{V}{I_S}$ ، مساوی مثبت دوباره خط انتی در شکل ۱۱-۴۱ ج است.



شکل ۱۱-۴۳ حل تریبمی نقطه کار SVS برای شرایط معلوم سیستم

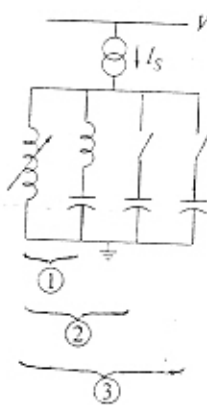
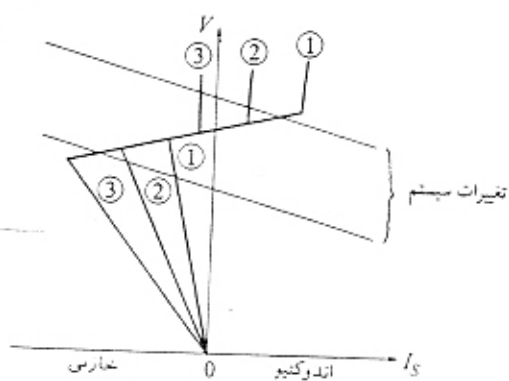
بصورت نموداری حل معادلات SVS و مشخصه سیستم قدرت در شکل ۱۱-۴۳ نشان داده شده است.

مشخصه بیان غاشر حالت اسمی سیستم است و فرض می‌شود که مشخصه SVS در نقطه A قطع می‌کند.

تأثیر استفاده از خازن‌ها قابل‌طی‌دزنی

استفاده از مجموعه‌های خازن‌ها قابل‌طی‌دزنی می‌تواند محدوده کنترل پیوسته SVS را گسترش دهد. این مطلب

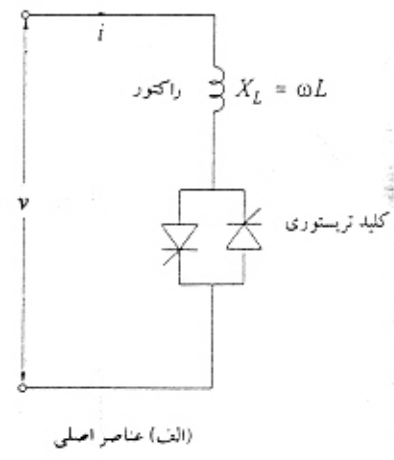
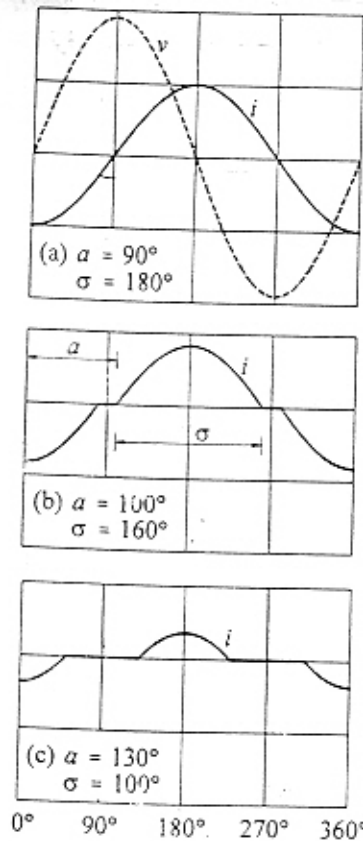
در شکل ۱۱-۴۴ غاشر داده شده است.



راکتور قابل کنترل به وسیله تریستور (TCR)

عنصر اصلی TCR راکتور است که به طور سری به یک طی‌دز در طرف تریستور مطابق شکل ۱۱-۴۵ از

مقل است.



فاز بر حسب درجه
(ب) شکل موج جریان

شکل ۱۱-۴۵ راکتور قابل کنترل توسط تریستور

هدایت جریان با زاویه آتش بین 90° تا 180° مطابق با شکل ۱۱-۴۵ ب "هدایت" می آید. فرض کنید که

زاویه هدایت δ بصورت زیر با α ربط باشد.

$$\delta = 2(\pi - \alpha)$$

در این صورت δ بصورت زیر خواهد بود:

$$i = \begin{cases} \frac{\sqrt{2} V}{X_L} (\cos \alpha - \cos \omega t) \\ 0 \end{cases}$$

$$\alpha < \omega t < \alpha + \delta$$

$$\alpha + \delta < \omega t < \alpha + \pi$$

تحلیل فوریه شکل موج جریان، مولفه اصلی زیر را استخراج می دهد:

$$I_1 = \frac{V}{X_L} \frac{\delta - \sin \delta}{\pi}$$

سویچینگ موشن، تا جایی که زاویه آتش α است.

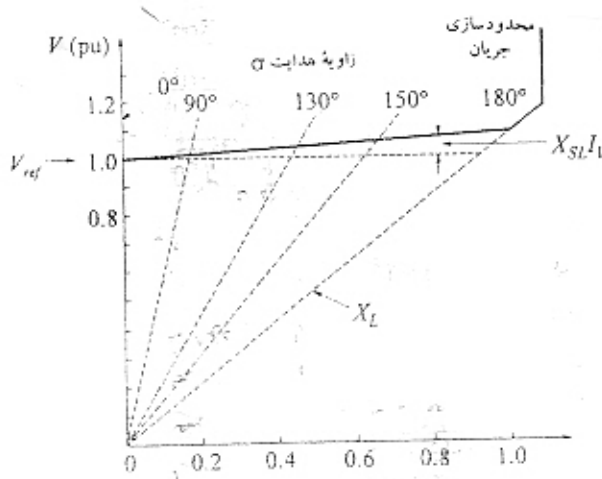
$$B(\alpha) = \frac{I_1}{V} = \frac{6 - \sin 6}{\pi X_L} = \frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{\pi X_L}$$

مقدار حداکثر سوپراسنس موثر در هدایت کامل ساروس $\frac{1}{X_L}$ است و حداقل مقدار، صفر است. این

اصل کنترل سوپراسنس به کنترل فاز موسوم است. مشخصه $\frac{V}{I}$ حالت ماندگار است که در شکل ۴۶-۱۱

نشان داده شده و می تواند بصورت زیر بیان شود:

$$V = V_{ref} + X_{SL} I_1$$



شکل ۴۶-۱۱ مشخصه ولتاژ - جریان ترانزیستور TCR

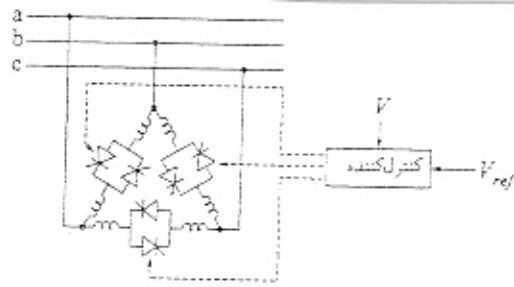
همچنانکه در شکل ۴۶-۱۱ مشخص است، مشخصه کنترل ولتاژ TCR را می توان با افزودن یک مجموعه خازنی

به محدوده خازنی تعمیم داد.

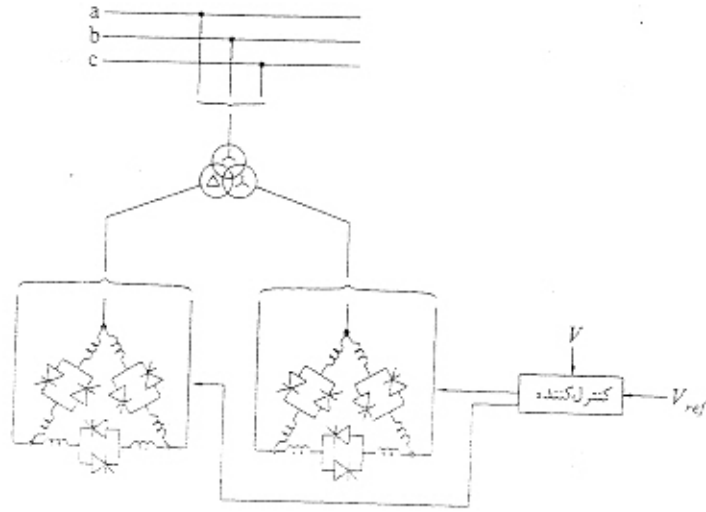
خازنهای

با افزایش α از 90° به 180° ، TCR خازنهای تولید می کند. برای یک سیستم سه فاز ترتیب ارجح این

است که مطابق با شکل ۴۷-۱۱ الف، در عنصر TCR تلفات بصورت اقل شدت داشته باشیم.



(الف) TCR شش پالس



(ب) TCR دوازده پالس

شکل ۴۷-۱۱ ترکیبات با فاز TCR

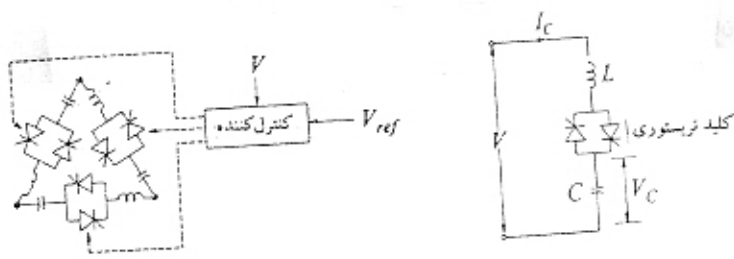
با استفاده از دو TCR شش پالس مطابق با شکل ۴۷-۱۱ ب) ، خازن‌ها و ترانزیستورهای پنجم و هفتم عمل می‌شود.

خازن قابل ولتاژ زنی بر سیستم ترستور (TSC)

این طرح شامل یک مجموعه خازن است که هر واحد با استفاده از ولتاژهای ترستوری دار یا خارج می‌شود. هر واحد گنجانده مطابق با شکل ۴۸-۱۱ الف نشان داده شده است. در کاربردهای سرخازن واحد‌های اصلی مطابق با شکل ۴۸-۱۱ ب صورت مثلث وصل می‌شوند.

شکل ۴۹-۱۱ اصول کارشان می‌دهد.

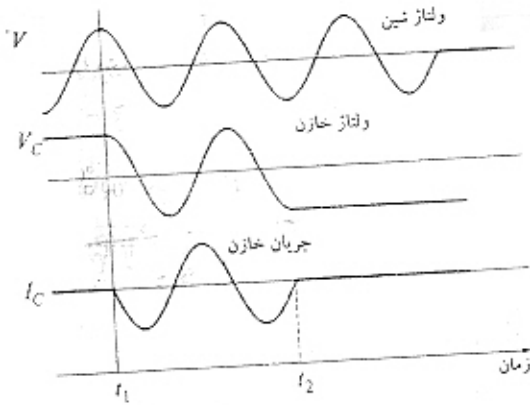
شکل ۵۰-۱۱ طرح اساس TSC را که از عناصر TSC اتصال موازی بصورت مثلث و یک کنترل کننده تشکیل شده است، نشان می‌دهد.



(ب) واحد سه فاز

(الف) واحد تک فاز

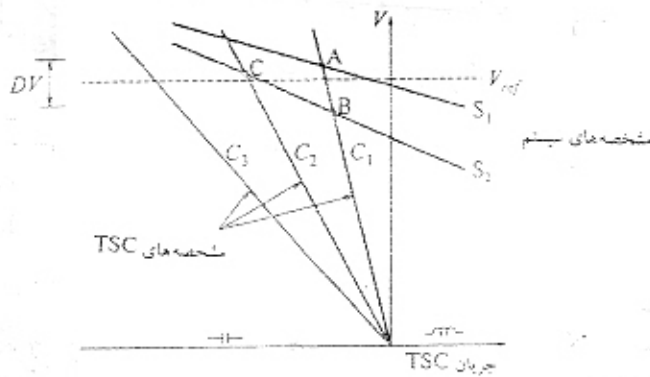
شکل ۱۱-۴۸ خازن قابل کلیدزنی به وسیله تریستور (TSC)



شکل ۱۱-۴۹ کار کلیدزنی TSC

یا سخ ریاضی

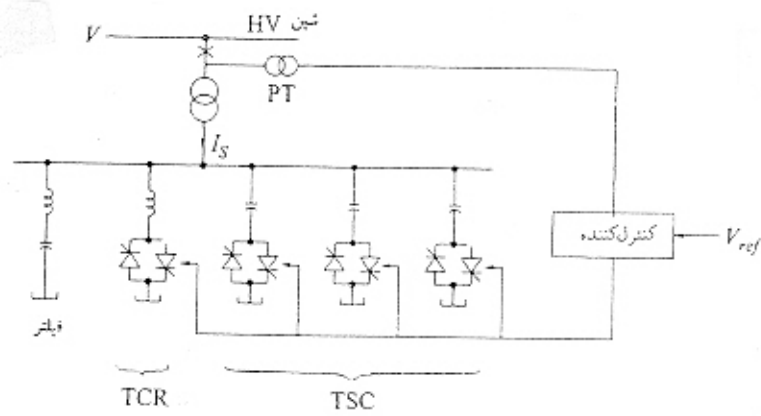
شخصه $\frac{V}{I}$ یک میراناز TSC در شکل ۱۱-۵۱ نشان داده شده است مشاهده می شود که کنترل ولتاژ تأمین شده، گسسته یا یک نمونه است به کمک ظرفیت و تعداد واحدهای متصل شده موازی تعیین می شود.



شکل ۱۱-۵۱ مشخصه های V/I مربوط به TSC و بسته قدرت

سیستم های کلن استاتیک توان را

شکل ۱۱-۵۲ نمونه ای از طرح های SVS ایشان هم دیده اند TCR، یک TSC سه واحدی و



شکل ۱۱-۵۲ سیستم نوعی استاتیکی توان راکتیو

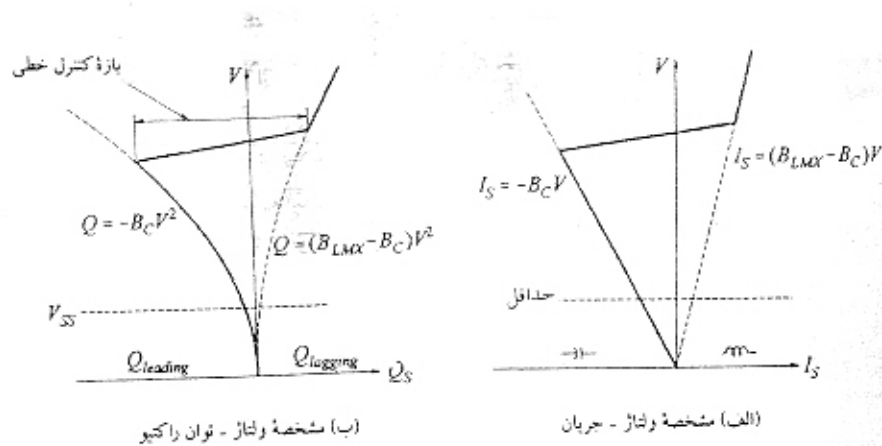
فیلترهای هارمونیک تثبیت شده است. مشخصه حالت ماندگار V/I مربوط به SVS در شکل

۱۱-۵۳ الف، مشخصه مربوطه V/Q در شکل ۱۱-۵۳ ب نشان داده شده است. در محدوده

کنترل خط، SVS، معادل باید منبع ولتاژ (V_{ref}) سری بارگانه X_{SL} است. مقدار بزرگ X_{SL}

SVS، راکتر حاس و سازد یعنی تغییرات در وضعیت سیستم باعث تغییرات بزرگ ولتاژ در شین مدار

قوس SVS می شود.



شکل ۱۱-۵۳ مشخصه های حالت ماندگار SVS

کاربرد مدارهای استاتیکی توان راکتیو

کاربردهای SVC شامل موارد زیر است:

• کنترل اضافه ولتاژهای موقتی

• جلوگیری از فرود پاشی ولتاژ

• تقویت پایداری گذرا

• تقویت میران نوسانات سیستم

جبران سازگی شنت و سری ثابت یکنواخت توزیع شده

با فرض بدون تلفات بودن خط در حالت بدون جبران سازی، عبارات مربوط به رد پارامتر خط بصورت زیر است:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{x_L}{b_c}} = \sqrt{\frac{X_L}{B_c}}$$

$$\theta = \beta l$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC} = \sqrt{x_L b_c} = \frac{\sqrt{X_L B_c}}{l}$$

سویچ پاشن موثر شنت بصورت زیر است:

$$b'_c = b_c - b_{sh} = b_c (1 - k_{sh})$$

که k_{sh} رجه جبران سازی شنت است که بصورت زیر تعریف می شود:

$$k_{sh} = \frac{b_{sh}}{b_c}$$

مقادیر موثر پیدایش مشخصه ثابت فاز با جبران سازی شنت بصورت زیر با مقادیر میران نشده مرتبط است:

$$Z_c = \sqrt{\frac{X_L}{b'_c}} = \frac{Z_c}{\sqrt{1 - k_{sh}}}$$

$$\beta' = \beta \sqrt{1 - k_{sh}}$$

باید ساززی خازن سری یکنواخت توزیع شده k_{se} بر اثری در لفظ طول، راندن مؤثر سری بصورت زیر است:

$$x'_L = x_L (1 - k_{se})$$

k_{se} در هر ساززی خازن سری است:

$$k_{se} = \frac{x_{cse}}{x_L}$$

باید ساززی سری داریم:

$$Z'_C = Z_C \sqrt{1 - k_{se}}$$

$$\beta' = \beta \sqrt{1 - k_{se}}$$

باید ساززی توان شدت سری داریم:

$$Z'_C = Z_C \sqrt{\frac{1 - k_{se}}{1 - k_{sh}}}$$

$$\beta' = \beta \sqrt{(1 - k_{sh})(1 - k_{se})}$$

$$\theta' = \theta \sqrt{(1 - k_{sh})(1 - k_{se})}$$

$$P'_R = P_R \sqrt{\frac{1 - k_{sh}}{1 - k_{se}}}$$

تأثیر ساززی بر توان حد اکثر:

$$P_R = \frac{E_s E_R}{Z'_C \sin \theta'} \sin \theta$$

جبران زاویه شنت قابل تنظیم یکنواخت توزیع شده

داریم:

$$P = \frac{P_0'}{\sin \theta'} \sin \delta$$

با جبران زاویه شنت پیوسته در حال تنظیم، در تمام اوقات $\theta' = \delta$ است بنابراین داریم:

$$\frac{P}{\delta} = \frac{P_0' \sqrt{1 - K_{sh}}}{\theta \sqrt{1 - K_{sh}}} = \frac{P_0'}{\theta} = \text{ثابت}$$

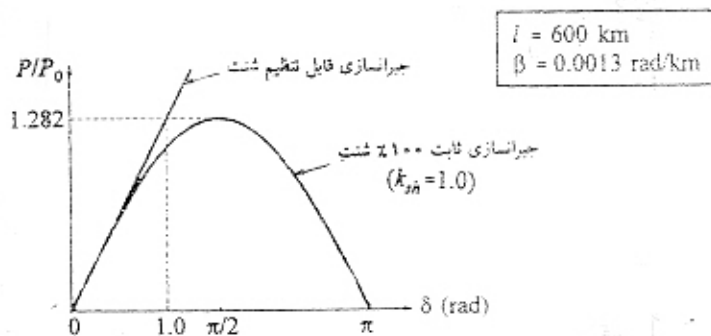
اگر V ثابت شود و ولتاژ نام خط باشد، شیب مشخصه $P - \delta$ صورت زیر است:

$$\frac{P_0'}{\theta} = \frac{V_0^2}{Z_c \theta} = \frac{V_0^2}{X_L}$$

در صورتیکه δ و θ بر حسب رادیان بیان شوند:

$$\frac{P/P_0'}{\delta} = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{0.178} = 1.282 \text{ pu/rad}$$

این موضوع در شکل ۱۱-۵۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۵۷ مشخصه های توان - زاویه خط ۶۰۰ کیلومتری با جبران سازی قابل تنظیم و شنت اندوکتیو

در حالت ایده آل کل توان را تسو تغذیه شده یا جذب شده بر سیم تنظیم کننده های ولتاژ ثابت از رابطه ذیل

بررسی می‌کند:

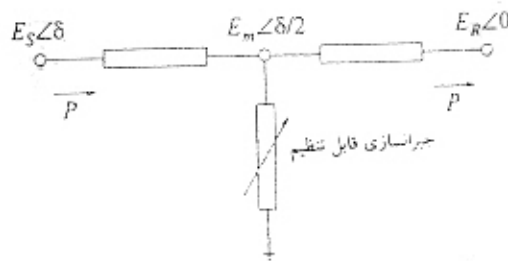
$$Q_v = (V^2 \omega C - I^2 \omega L) l = P_o \theta \left[1 - \left(\frac{P}{P_o} \right)^2 \right]$$

محلر مطلوب چنین طرحی به توانایی تمام تنظیم کننده‌های ولتاژ در حفظ ولتاژ ثابت در طول خط بستن دارد.

اگر تنظیم کننده محلر نکلند یا به حد توان را نتوانند برسد ممکن است پایدارگی کل سیستم مخدوش شود.

جبراسازی قابل تنظیم در فواصل مشخص

ابتدا مطابق با شکل ۱۱-۵۸ یک جبراسازی نقطه وسط را در نظر می‌گیریم. سپس بررسی را تخمین می‌دهیم.



شکل ۱۱-۵۸ خط با جبراسازی نقطه میانه قابل تنظیم

جبراسازی قابل تنظیم نقطه وسط

به منظور سهولت فرض می‌کنیم $E_s = E_r = E_m = E$ باشد. عبارت مربوط به توان انتقالی برابر است با:

$$P = \frac{E^2}{Z_c \sin(\theta/2)} \sin(\delta/2)$$

$$P = \frac{P_o}{\sin(\theta/2)} \sin(\delta/2)$$

برای خط میران نشده، توان انتقالی برابر است با:

$$P = \frac{P_o}{\sin \theta} \sin \delta$$

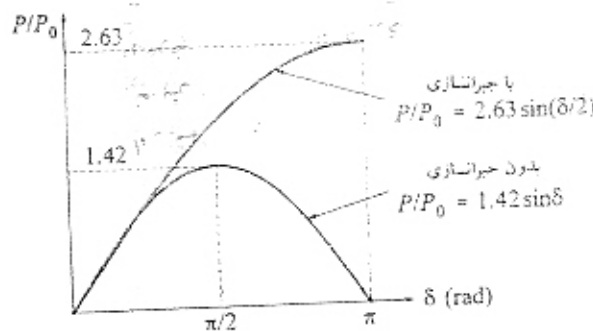
$$\frac{P'_{man}}{P_{man}} = \frac{\sin \theta}{\sin(\theta/2)}$$

جدول ۱۱-۲ مقادیر نسبت فوق را برای طولهای متفاوت خطوط نشان دهد.

جدول ۱۱-۲

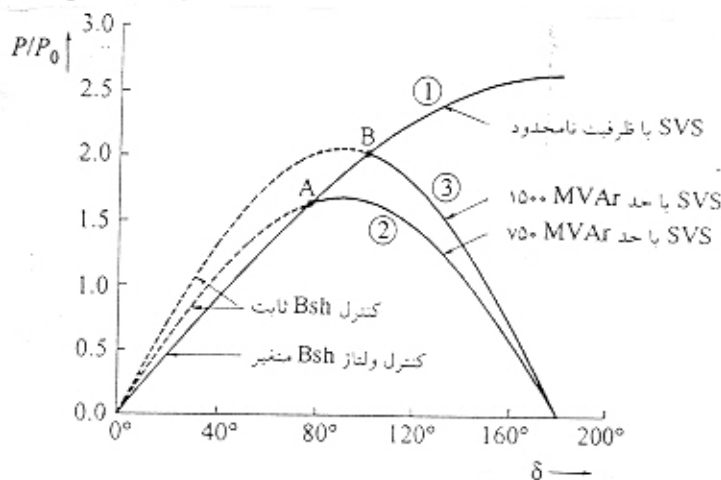
P'_{max}/P_{max}	زاویه خط θ (درجه)	طول خط l (km)
۱/۹۸	۱۴/۹	۲۰۰
۱/۹۳	۲۹/۸	۴۰۰
۱/۸۵	۴۴/۷	۶۰۰
۱/۷۳	۵۹/۶	۸۰۰
۱/۵۹	۷۴/۵	۱۰۰۰
۱/۴۲	۸۹/۴	۱۲۰۰

شکل ۱۱-۵۹ مشخصه‌ها را توان ابرجیب را به با و بدون جبران سازی تنظیم شده نقطه دمطشان را دهد



شکل ۱۱-۵۹ رابطه توان - زاویه با و بدون جبران سازی نقطه میانه قابل تنظیم

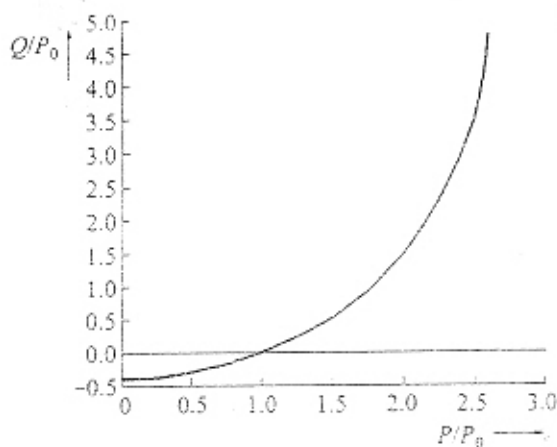
اگر SVS ظرفیت نامحدود داشته باشد، مشخصه $P-\delta$ مطابق با منحنی ۱ در شکل ۱۱-۶۰ است.



شکل ۱۱-۶۰ عملکرد یک خط ۶۰۰ کیلومتری با تنظیم ولتاژ نقطه وسط، توسط SVS

اگر در دو لایه نامی، SVS فرامیت خازنی صد انتره داشته باشد، زمانیکه به صد خازنی برسد، بشیم یک خازن ساده محل می‌کند. بنابراین نقطه A در شکل ۱۱-۶۰ نشانگر انتقال از کار در مد کنترل دلتا و سوپراستنس تغییر، به کار B_{sh} ثابت (مغز ۲) است.

شکل ۱۱-۶۱ نشاندهنده توان را نسبت به تغذیه شده بر سیم SVS برای حفظ ولتاژ تقسیم وسط در زمان است که توان انتقال P تغییر می‌کند. زمانیکه P کمتر از P_0 باشد، SVS، Q را جذب زمانیکه بزرگتر باشد، Q را تغذیه می‌کند.



شکل ۱۱-۶۱ توان را کتیو تأمین شده به وسیله SVS بر حسب تابعی از توان انتقالی

تعداد درخواه میراندرهای قابل تنظیم

در اینجا حالت کلی را در نظر بگیریم که $n-1$ میراندر قابل تنظیم در یو اصل مشخص در طول خط اعمال شده اند

گزینه ای که خط n بخش مستقل تقسیم شده است. اکنون توان انتقالی برابر است با:

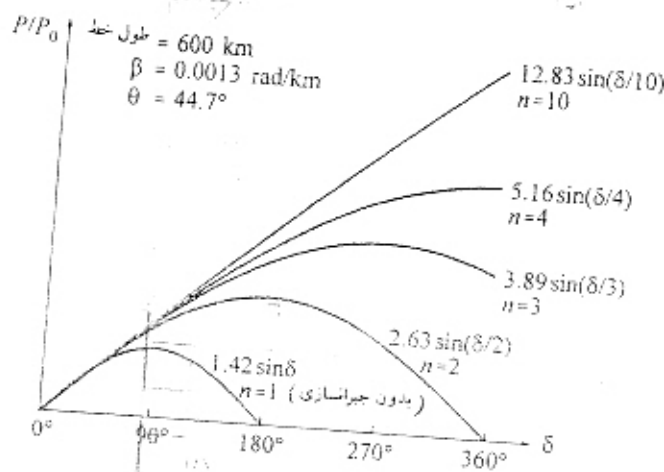
$$P = \frac{P_0}{\sin(\theta/n)} \sin(\delta/n)$$

$$\frac{P'_{max}}{P_{max}} = \frac{\sin \theta}{\sin(\theta/n)}$$

جدول ۳-۱۱ نسبت توان را برای مقادیر متفاوت n ، شکل ۶۲-۱۱ مشخص می‌کند. P - δ را برای مقادیر کوچک n نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۱

P'_{max}/P_{max}	θ/n (درجه)	n
۱/۰۰	۴۴/۷۰	۱
۱/۸۵	۲۲/۳۵	۲
۲/۷۲	۱۴/۹۰	۳
۳/۶۳	۱۱/۱۷	۴
۵/۴۲	۷/۲۵	۶
۷/۳۲	۵/۵۹	۸
۹/۰۳	۴/۴۷	۱۰

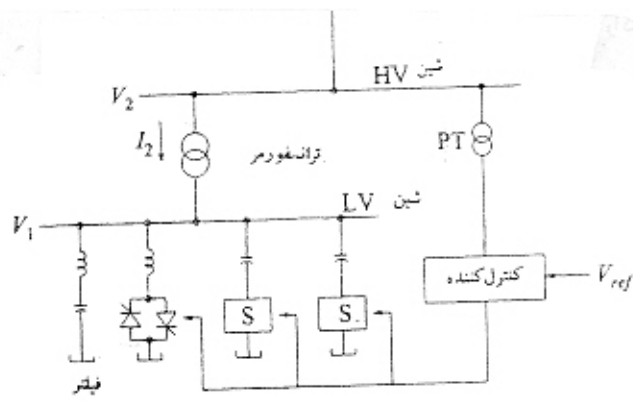


شکل ۶۲-۱۱ روابط توان - زاویه با جبران سازی قابل تنظیم در مراحل گسسته‌ای که خط را به n بخش مستقل، تقسیم می‌کند.

مدل‌های رایج جبران‌سازی رالی

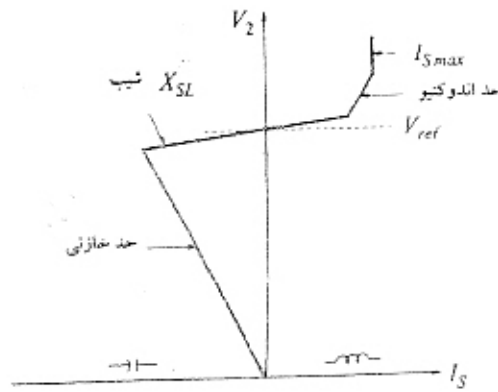
مدل‌های سیستم‌های استابل‌ترین توان رالی

شکل ۶۲-۱۱ نمودار نمودار از SVS نشان می‌دهد که شل یک TCR و خازن‌های قابل تطبیق‌پذیری است



S - کلید قابل کنترل ترستوری با مکانیکی

شکل ۶۳-۱۱ نمایش نمادین SVS نوعی



شکل ۶۴-۱۱ مشخصه حالت ماندگار V-I

مشخصه حالت ماندگاری مطابق با شکل ۶۴-۱۱ دارد.

عاش SVS در مطالعات بخش بار

از شکل ۶۴-۱۱ مشاهده می‌کنیم که SVS دارای سه مد ممکن کاری است. مدارهای معادل مربوط به SVS

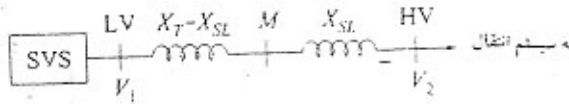
از دیدگاه شین شارژی در شکل ۶۵-۱۱ نشان داده شده است. مدارهای کار در محدوده کنترل فعلی

است. زمانیکه کار SVS به حد شارژن برسد، تبدیل به یک سوپستان شارژن ثابت (B) مستقل به شین

شارج ضعیف می‌شود. راکتانس بین شین شارج ضعیف و قوی راکتانس شین ترانسفورمر (Xp) است.

زمانیکه SVS به حد اندوکتیو برسد تبدیل به یک سوپستان ثابت BL می‌شود.

در تحلیل بخش بار، ممکن است بران نمایش ساده‌تر شکل ۱۱-۶۶ استفاده شود.

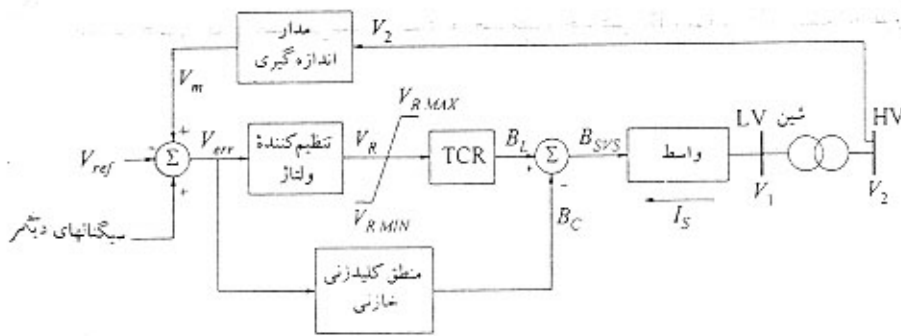


شکل ۱۱-۶۶ نمایش SVS در مطالعات بخش بار

زمانیکه به یکی از حدود در استور برسیم، SVS تبدیل به یک سوپرانس ساده با مقدار ثابت متصل به زمین فشار صاف می‌شود و دیگر ولتاژ شکن M کنترل نمی‌شود.

نمایش در مطالعات پایداری

در اینجا روش کلمه سازی بید SVS از نمونه نشان داده شده در شکل ۱۱-۶۳ شرح داده می‌شود. نمودار بلوکی تابع SVS در شکل ۱۱-۶۷ نشان داده شده است.

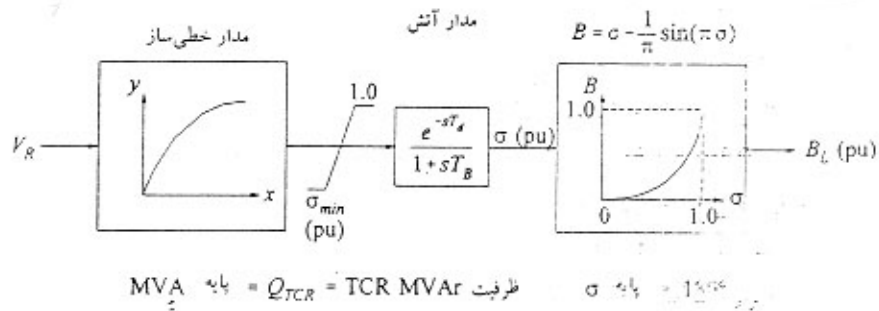


شکل ۱۱-۶۷ نمودار بلوکی تابعی SVS

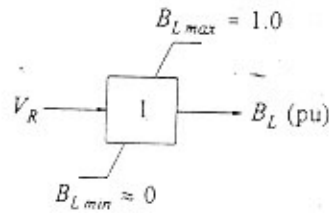
شکل ۱۱-۶۸ مدل از بلوک TCR را نشان می‌دهد. زاویه هدایت که در مبانی خواهد بود برابر با 180°

بیان شده است. اگر فرض شود که رابطه B_L به صورت حاصل ضرب از T_B و T_C نیز

چشم پوشش شود بلوک TCR را می‌توان صورت بهره دالده، با مدار در مطابق با شکل ۱۱-۶۹ نمایش داد.

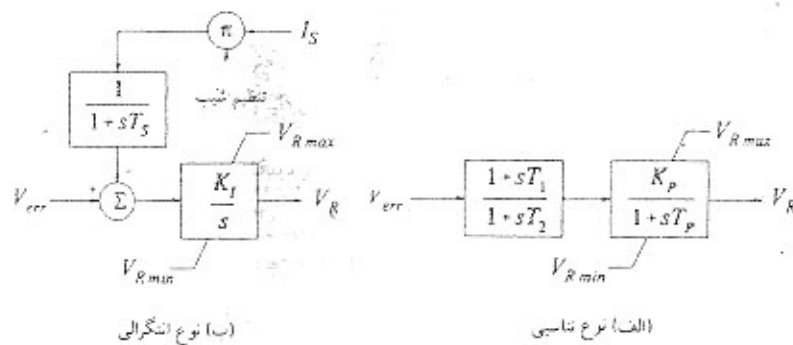


شکل ۶۸-۱۱ مدل بلوک TCR



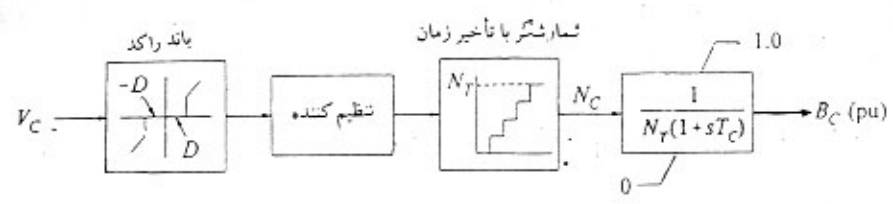
شکل ۶۹-۱۱ مدل ساده شده بلوک TCR

اصدار بلوک تنظیم کننده ولتاژ در شکل ۱۱-۶۷ کاربرد مخصوص بسیار داشته است زیرا در سیستم این را برای بسته سازی عملکرد دینامیکی SVS فراهم می‌کند. شکل ۱۱-۷۰ مدل‌های دو نوع راجع برای تنظیم کننده‌ها را نشان می‌دهد. با تنظیم کننده نوع تناسب در شکل ۱۱-۷۰ الف، بهره K_p معکوس مشخصه انحنای راکتانس نسبت به ولتاژ است. شکل ۱۱-۷۰ ب یک تنظیم کننده نوع انترال را نشان می‌دهد. مشخصه انحنای از طریق نزدیک جریان SVS بدست می‌آید.



شکل ۷۰-۱۱ مدل‌های تنظیم کننده ولتاژ

شکل ۱۱-۷۱ مدل را برای غایب خازن قابل طغیر زنی به وسیله ترستور (TSC) نشان می دهد که T_C ثابت زمانی مربوط به کنترل ترتیبی ترستور است. سیگنال کنترل V_C سعی می کند که V_R را در محدوده بارکن حفظ کند که عمل کنترل با عمل کنترل مربوط به TCR هماهنگ باشد.

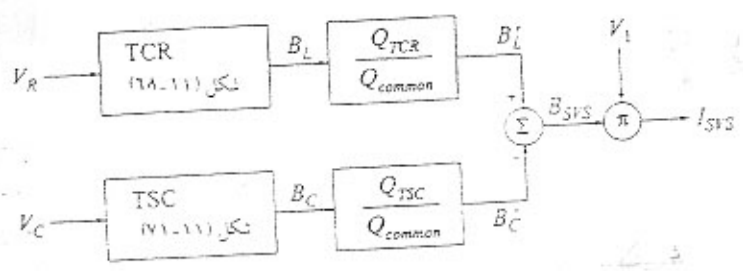


ظرفیت MVA مربوط به TSC = Q_{TSC} = Q_{TCR} = Q_{TSC}

شکل ۱۱-۷۱ مدل TSC

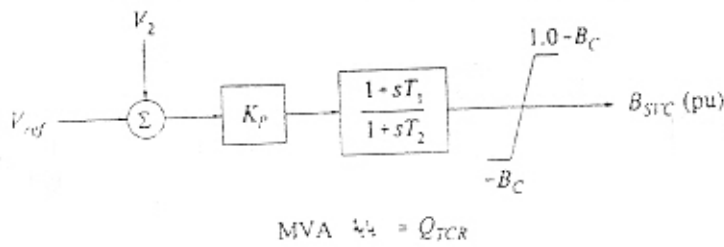
شکل ۱۱-۷۲ غایب منابع واحد یک سیستم ترکیبی TCR و TSC است. اگر سوپستانس خازن B_{SVS} مثبت باشد اندوکتیو و اگر منفی باشد، خازن است. زمانیکه جریان به داخل SVS اندوکتیو باشد، مثبت است.

پایه TSC را می توان لحظه ای فرض کرد و SVS را با یک TCR و یک FC غایب دارد. باید خازن ثابت هیچ منطق طغیر زنی وجود ندارد و B_C مقدار ثابت است. شکل ۱۱-۷۳ مدل ساده ای از SVC را نشان می دهد.



Q_{TCR} = ظرفیت MVA مربوط به TCR
 Q_{TSC} = ظرفیت MVA مربوط به TSC
 Q_{common} = مشترک
 $V_1 = LV$ ولتاژ لین

شکل ۱۱-۷۲ نمایش ترکیبی TCR و TSC



شکل ۱۱-۷۳ مدل ساده شده SVC شامل TCR و FC

علاوه بر فیدبک ولتاژ، رشتن ف ر قوی جهت کنترل SVS، می توان از سگنا های اضافی دیگر نیز برای تقویت یا دیداری سیستم استفاده کرد.

کاربرد ترانسفورم های دارای تغییر دهنده تپ در سیستم های انتقال

در اینجا در مورد اینم چگونگی می توان از این ترانس ها در سیستم انتقال برای کنترل ولتاژ و توان را تسویه کرده گزینت، بحث می کنیم. کنترل ترانسفورم باعث تغییرات در ولتاژ پیاپی نه های آن می شود و همچنین بر بخش توان را تسویه توسط ترانسفورم، تاثیر می گذارد.

تنظیم ولتاژ سیستم توزیع

تنظیم شین ریست

تنظیم فیدر منفرد ریست

تنظیم اضافه فر در طول فیدرها

تنظیم شین ریست

ممکن است ریست یک تنظیم کننده مستقل ولتاژ داشته باشد که ولتاژ طرف ثانویه شین را تنظیم کند. به طور کلی در تنظیم شین از راه های سه فاز استفاده می شود.

تنظیم فنیدر

تنظیم کننده های ولتاژ فنیدر تنها وظیفه کنترل ولتاژ را انجام می دهند و این بدون تغییر سطح اصلی ولتاژ، آن

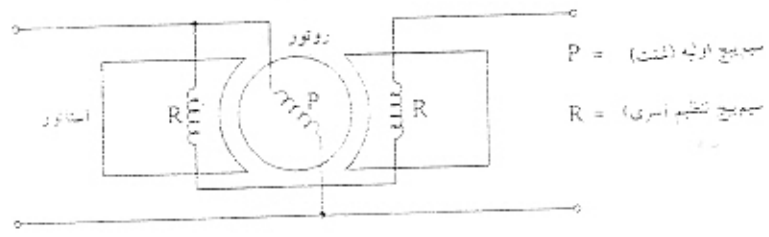
را تقویت می کنند.

تنظیم کننده ولتاژ نوع القایی

شکل ۱۱-۷۵ نمایش از تنظیم کننده نوع القایی را نشان می دهد که شامل دو مجموعه سیم پیچ است: الف)

سیم پیچ اولیه که روی روتور پیچیده شده، به دو سر خط متصل است. ب) سیم پیچ تنظیم کننده که بر روی استاتور

پیچیده شده، به طور سری با خط متصل است.

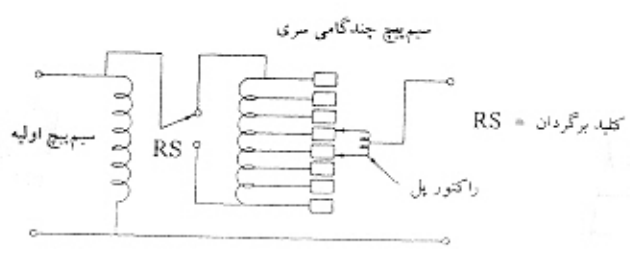


شکل ۱۱-۷۵ نمایش نمادین تنظیم کننده القایی

تنظیم کننده نوع القایی، کنترل دقیق رپیوسته ای را فراهم می آورد.

تنظیم کننده نوع پیم اس (SVR)

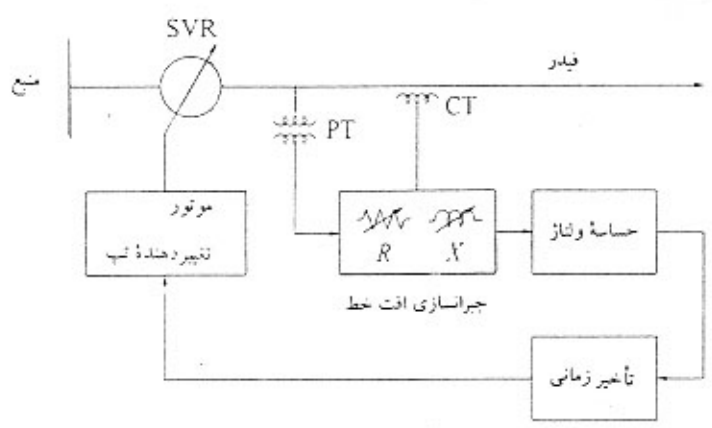
مطابق شکل ۱۱-۷۶ تنظیم کننده نوع پیم اس عملاً یک اوتوترانسفورمر است که دارای یک دریم پیچ سری است



شکل ۱۱-۷۶ نمایش نمادین تنظیم کننده ولتاژ گامی

شکل ۷۷-۱۱ عناصر اصلی مکانیزم کنترل SVR را نشان می‌دهد. SVR به گونه‌ای تنظیم می‌شود

که ولتاژ ثابت را در پایانه‌های ثانویه خود تأمین کند.

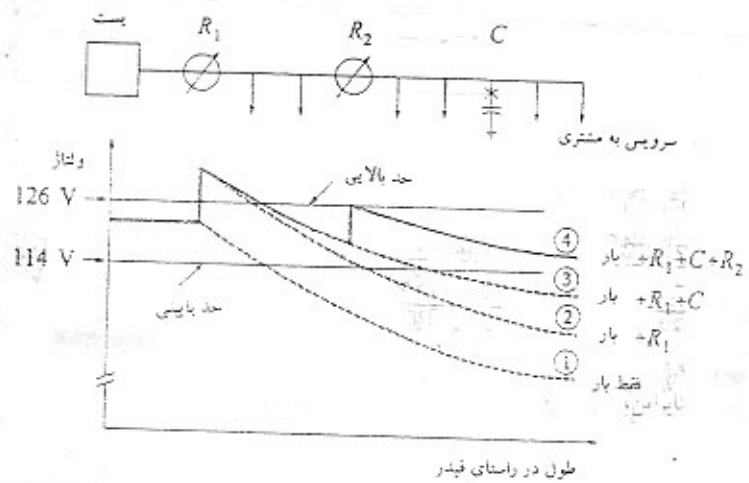


شکل ۷۷-۱۱ مکانیزم کنترل SVR

کاربرد تنظیم کننده‌های ولتاژ و خازن‌ها

شکل ۷۸-۱۱ کاربرد تنظیم کننده‌ها و خازن‌ها در شب را برای کنترل نمایه ولتاژ در طول یک فیدر نشان

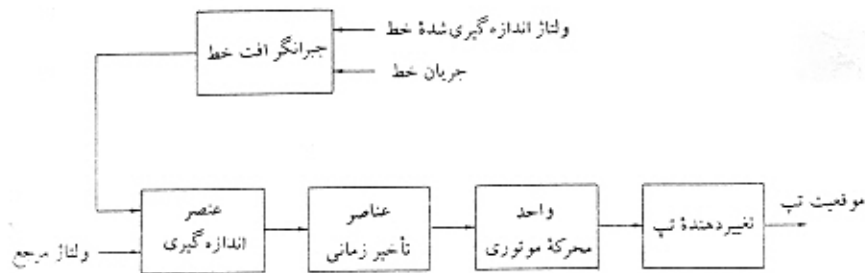
می‌دهد. برای فیدرهای طولانی ممکن است استفاده از دو تنظیم کننده بطور متوالی لازم باشد.



شکل ۷۸-۱۱ نمایه ولتاژ فیدری با تنظیم کننده R_1 ، تنظیم کننده تکمیلی R_2 و مجموعه خازنی شنت C

مدل سازی سیستم‌های کنترل ULTC ترانسفورمر

غددار بکوس کار در سیستم کنترل در شکل ۷۹-۱۱ آمده که از عناصر اصلی زیر تشکیل شده است:



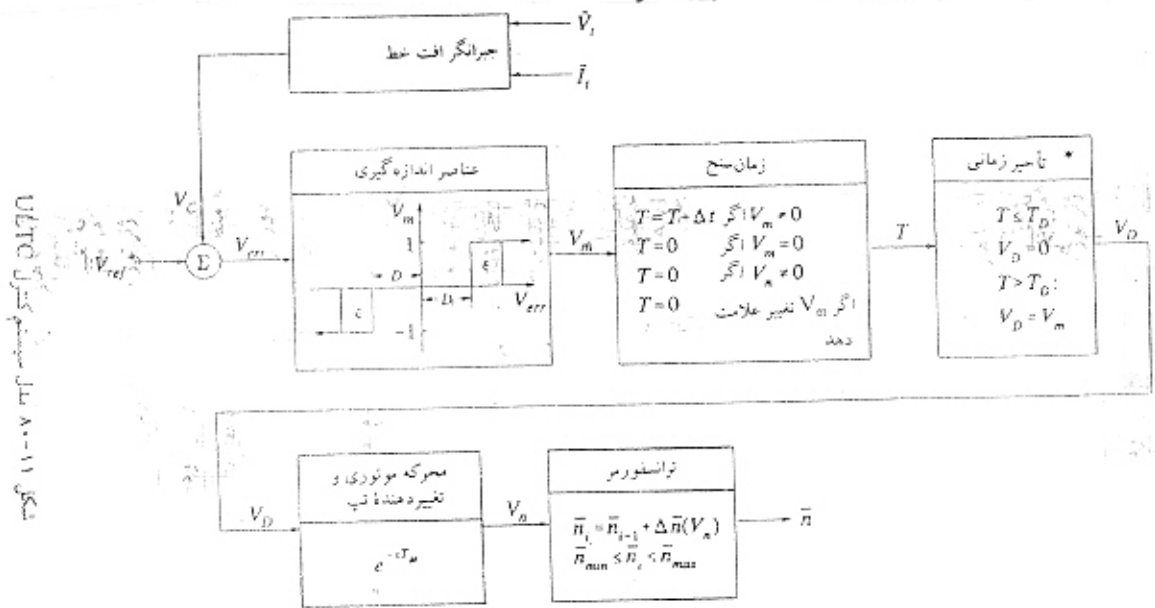
شکل ۷۹-۱۱ نمودار بلوکی تابعی سیستم کنترل برای تغییر خودکار تپهای ترانسفورمر

الف) ما تیرم تغییر تپ کرده و رسیدیم یک موتور حرکت می‌کنند.

ب) تنظیم کننده ولتاژ که شامل یک عنصر اندازه گیری و یک عنصر تأخیر زمانی است.

ج) جبران افت خط.

شکل ۸۰-۱۱ نمودار بلوکی سیستم کنترل ULTC را نشان می‌دهد.



شکل ۸۰-۱۱ نمودار بلوکی سیستم کنترل ULTC

* $T_D = T_{D0}$ برای اولین تغییر تپ
 $= T_{D1}$ برای تغییر بعدی تپ

دامنه ولتاژ جریان شده بصورت زیر است:

$$V_c = \left| \bar{V}_t + (R_c + jX_c) \bar{I}_t \right|$$

درودن تنظیم کننده، خطای ولتاژ است:

$$V_{err} = V_{ref} - V_c$$

خروجی بصورت زیر است :

$$v_m = \begin{cases} 0 & -D \leq v_{err} \leq +D \\ 0 & D < v_{err} < D + \epsilon \\ 0 & -D - \epsilon \leq v_{err} < -D \\ +1 & v_{err} > D + \epsilon \\ +1 & D < v_{err} \leq D + \epsilon \\ -1 & v_{err} < -D - \epsilon \\ -1 & -D - \epsilon \leq v_{err} < -D \end{cases}$$

روشهای تحلیل بخش بار

هدف از بخش بار، مطالعه بارگذاری تجهیزات، تلفات توان، ولتاژ شیبها و نیازهای توان را کسب با توجه به معیارهای

طراحی تعیین می شود.

بخش بار قبل از خطا

در این حالت وضع عادی سیستم را لحاظ می کنند فرض بر این است که سیستم در یک وضعیت ماندگار قرار می گیرد:

بارها بصورت P و Q ثابت هستند فرض می شود که ULTC قادر حفظ ولتاژ شدن موفق بوده اند.

ولتاژها، اینها را زیر آتور در مقادیر تعیین شده حفظ می شوند.

تمام اعمال کنترل به حباب آمده اند که منجر به انتقال کنترل تجهیزات ترانس به کنترلرهای تبادل می شود.

بخش بار بعد از خطا

رضیات مدلسازی مربوط به تلفات ذیل سازگار باشد:

• ULTC ترانس سیستم انتقال

تخفیف‌های بار

تخفیف‌دهنده‌های بار

کنترل توان در بیاضی (AGC)

بهرات زی توان را التور

حدود توان را التور ترا تور

احمال اپرا تور

برای حالتی که قطع تولید یا بار را شامل نشود، تبادل کامل بین نواحی کنترل AGC به مقدار زیادی تغییر می‌کنند

و تغییرات فقط ناشی از بارهای خاص، ولتاژ و تغییرات در تلفات خط است.

بررسی پیش‌بینی آمده‌ها که شامل قطع تولید و یا بار نیست

الف) برای بخش بارهای بعد از اغتشاش که در مورد دوره زمانی قبل از اعمال خودکار کنترل ULTC ها و

AGC مطرح است، فرضیات زیر رعایت می‌شود:

• AVR های ترا تورها، ولتاژهای پایانه‌ها را حفظ می‌کنند.

• بارها بصورت تابعی از شین ولتاژ تغییر می‌کنند.

• خازن‌ها و یا التورها به وسیله رله‌های ولتاژ کلیدزنی می‌شوند.

• توانهای انتقالی خطوط ارتباطی، کنترل نمی‌شوند.

ب) برای بخش بارهای بعد از اغتشاش که در مورد دوره زمانی قبل از اعمال اپرا تورها مطرح است:

ULTC ها با کنترل خودکار عمل می کنند.

توانهای انتقالی خطوط ارتباطی بوسیله AGC کنترل می شوند.

ج) برای بخش بارهای بعد از انعکاشش که در مورد دوره زمانی بعد از احوال پیر اتورها مطرح است:

ULTC ها با کنترل دستی تنظیم می شوند.

زاد به تغییر دهنده فاز، تنظیم می شود.

۵. ریز اتور محدود به حدود روی آن، تنظیم می شود.

تولید ذخیره کاری و صدور توان تنظیم می شود.

بررسی پیش آمدهایی که منجر به عدم تطابق تولید با می شود:

مرحله ۱، مانیتور وضعیت ریزت بعد از بروز انعکاشش است.

مرحله ۲، مانیتور ۵ تا ۲۰ ثانیه بعد از انعکاشش است که در این حالت ریز اتورها شتاب + یا منفی می گیرند.

مرحله ۳، مانیتور ۲ تا ۲۰ ثانیه بعد از بروز انعکاشش است که در این حالت کار ریزهای سرعت پاسخ داده،

خروجیه های توپینها را تغییر می دهند. در این حالت ریز اتورها تغییر توان را به نسبت ظرفیت خود، ذخیره موجود و

نقطه تنظیم مشخصه افترا، تقسیم می کنند.

مرحله ۴، مانیتور وضعیت دهها ثانیه بعد از بروز انعکاشش است. در این وضع سیستم AGC سعی دارد

اثرات توانهای انتقالی خطوط ارتباطی و فرکانس را تصحیح کند. بسته به مقدار ذخیره تولید روی AGC

توانهای ارتباطی و انتقالی صحیح و شود.

برنامه‌ها و وصله ۳، ۴ به ترتیب به "بخش با پرانج کادرنز" و "بخش با پرانج AGC" مدرسه

است.