

## ادامه فصل پنجم

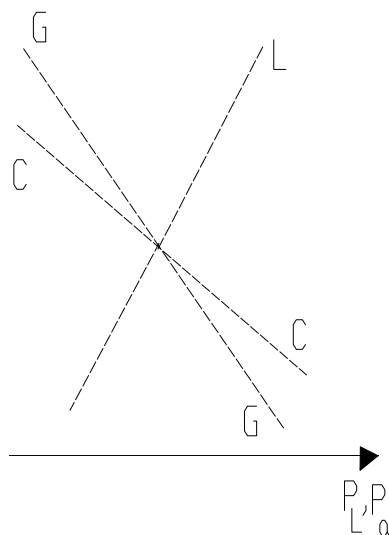
### کنترل توان اکتیو و فرکانس

# Active Power & Frequency Control

#### Interconnected Tie line system

بهره‌برداري سیستم‌هاي به هم پیوسته

اگر به دلایلي بار سیستم تغییر یابد مشخصات بار سیستم پارالل با مشخصات قبلي خواهد بود که موجب کاهش فرکانس خواهد شد. برای آنکه سیستم را در همان فرکانس قبلي بکار ببریم باید مشخصات G را پارالل با حالت قبلي تغییر دهیم در این حالت مشخصات سیستم نیز پارالل تغییر خواهد کرد.



$$P_{G1} - P_{load} = P_{G0} + 10\beta_1(f_{act} - f_0) - 10\beta_2(f_{act} - f_0) - P_{L0}$$

این برای يك واحد است.

حال اگر در بار تقاضا به اندازه  $dp_L$  تغییر حاصل شود. با افزایش  $dp_G$  سعی می‌شود این تغییرات به صفر رسد حال اگر با تغییرات در تولید نتوان در تغییرات بار تقاضا را به صفر رساند در آن صورت به اندازه  $dp$  در سیستم نامتعادلی به وجود می‌آید.

$$-dP = dP_D - dP_G = dP_D \pm dP_{tie} \quad (+ \text{exit from region}) \quad (-\text{enter to region})$$

$$-\frac{dP}{df} = \frac{dP_D}{df} - \frac{dP_G}{df}$$

$$K = \frac{dP_D}{df} - \frac{dP_G}{df} \left[ \frac{\text{MW}}{\text{Hz}} \right]$$

این نسبت Stiffness یا سفتی نامیده می‌شود. اگر به اندازه ۱۰٪ در تغییرات بار داشته باشیم به اندازه ۱٪ تغییرات در فرکانس باشد سیستم نرمال است.

$$\frac{dP_G}{df} \quad \text{به وسیله منحنی } GG \text{ یا } G'G' \text{ بدست می‌آید}$$

$$\frac{dP_D}{df} \quad \text{به وسیله منحنی } LL \text{ یا } L'L' \text{ بدست می‌آید}$$

پس داریم:

$$dP = dP_G - dP_D \quad K = -\frac{dP}{df} \rightarrow df = -\frac{dP}{K}$$

$df$  بخاطر افت فرکانس در اثر نامتعادلی می‌باشد.

دو ناحیه را به صورت پیوسته به هم در نظر بگیریم و تحت این شرایط بایستی نواحی و علت بهم پیوسته بودن را اشاره کنیم. هر ناحیه از واحد تولیدی و بارهای مخصوص بخود تشکیل می‌شود.

$$A_{KA} \text{ tie line } dp \quad dp_D \quad B \quad dp_G \quad K_B$$

$$dp_{tie}$$

$$dp_{AB}$$

$$dp_{12}$$

هر ناحیه بایستی Reserve مخصوص بخود داشته باشد توسط خط مشترك این دو سیستم به صورت بهم پیوسته مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند این می‌تواند اطمینان سیستم را بالا ببرد. سیستم قوی می‌شود انرژی KE ذخیره شده در سیستم افزایش می‌یابد برای تغییرات جز بار فرکانس بدان صورت تغییرات ندارد. هر چه سیستم بزرگ باشد بر سیستم بی‌نهایت بیشتر نزدیک می‌شویم سیستم‌ها به صورت پیوسته بهم مورد مصرف قرار می‌گیرند.

ظرفیت انتقال این خط نسبت به ظرفیت انتقال هر کدام از نواحی کمتر است.

توان از ناحیه خارج شود -

+ توان به ناحیه داده شود -

در ناحیه B به اندازه  $dP_D$  تغییراتی در بار مصرفی بطور ناگهانی رخ می‌دهد. ابتدا خود ناحیه این مقدار تغییرات ناگهانی بار را تامین می‌کند. حال اگر خودش نتواند این ناحیه باندازه  $dP$  نامتعادلی دارد که می‌تواند از A کمک بگیرد چون این دو ناحیه بصورت بهم پیوسته مورد بهره‌برداری هستند دارای فرکانس مشخص هستند اگر این ناحیه به اندازه  $dP$  کمبود داشته باشد بایستی قدرت از A بگیرد. تغییرات در قدرت ارسالی  $dP_{tie}$  (از A بر B) وقتی از ناحیه خارج می‌شود + و وقتی به ناحیه وارد می‌شود - است این  $dP_{tie}$  که از ناحیه A گرفته شود و به B وارد بشود - است.

$$df_B = -\left(\frac{dP_D - \Delta(dP_{tie})}{K_B}\right) = -\frac{(0 + dP_{tie})}{K_A} = df_A \quad \text{تغییرات فرکانس}$$

چون توان از ناحیه A به سمت ناحیه B است پس در ناحیه A توان تبدیلی بصورت  $+dP_{tie}$  و در ناحیه B بصورت  $-dP_{tie}$  می‌باشد.

اگر ناحیه ضریب سفتی هر ناحیه و نامتعادلی ناحیه B در دست باشد مقدار قدرت ارسالی tie line را بدست آورده و فرکانس جدید سیستم را بدست می‌آوریم.

$$dP_{tie} = \left(\frac{K_A}{K_A + K_B}\right) dP \Rightarrow f$$

در دو ناحیه متصل و بهم پیوسته داریم.  $df_A = df_B$

مثال - دو سیستم بهم پیوسته قدرت که دارای فرکانس 50Hz می‌باشد بوسیله B و A مشخص شده‌اند و به ترتیب دارای ضریب سفتی (stiffness)  $500 \frac{MW}{HZ}$ ,  $750 \frac{MW}{HZ}$  می‌باشند که به وسیله tie line بهم پیوسته‌اند اگر بار سیستم B بطور ناگهانی 300MW افزایش یابد: الف - مقدار قدرت انتقالی از tie line به فرکانس جدید بهم پیوسته را پیدا کنید

حل - چون دو ناحیه بهم پیوسته هستند، با وجود تغییرات بار در ناحیه B، توان انتقالی از ناحیه A خارج و به ناحیه B وارد می‌شود و برای این دو ناحیه به هم پیوسته  $\Delta f_A = \Delta f_B$ .

$$\begin{aligned} -\frac{(dP - dP_{tie})}{K_B} &= -\frac{(0 + dP_{tie})}{K_A} \\ -\frac{300 - dP_{tie}}{500} &= -\frac{dP_{tie}}{750} \rightarrow dP_{tie} = 180MW \\ \Delta f_A &= \frac{0 + \Delta P_{tie}}{K_A} = \frac{180}{750} = 0.24Hz \end{aligned}$$

$$\Delta f_B = \frac{\Delta P - \Delta P_{tie}}{K_B} = \frac{300 - 180}{500} = 0.24 \text{ Hz}$$

$$f_{act} = f_0 - \Delta f = 50 - 0.24 = 49.76 \text{ Hz}$$

هر دو سیستم در فرکانس مشترک  $f$  در حال کار هستند.

هر گاه خط ارتباطی tie بین دو سیستم قطع شود. فرکانس هر کدام از سیستمها به صورت زیر خواهد بود:

$$f_A = f + \frac{dP_{tie}}{K_A} \quad \text{افزایش فرکانس به خاطر افزایش تولید توان در ناحیه A}$$

$$f_B = f - \frac{dP_{tie}}{K_B} \quad \text{کاهش فرکانس به خاطر کاهش تولید توان در ناحیه B}$$

$$\frac{dP_{tie}}{f_A - f_B} = \frac{K_A K_B}{K_A + K_B} \quad \text{در این صورت}$$

$$dP_{tie} = \frac{K_A K_B}{K_A + K_B} (f_A - f_B) = \frac{K_A K_B}{K_A + K_B} \Delta f_{AB}$$

بنابراین با قطع خط ارتباطی و اندازه‌گیری فرکانسهای  $f_A$  و  $f_B$  مرتبط به هر ناحیه مقادیر ضرایب سفتی  $K_A$  و  $K_B$  بر ناحیه محاسبه می‌شود.

ب- در قسمت بعد فرض می‌شود که این دو ناحیه بصورت بهم پیوسته کار می‌کنند و فرکانس سیستم  $f$  است حال اگر بطور ناگهانی این tie line باز می‌شود حال باید دید فرکانس هر ناحیه چقدر می‌شود.

$$f_A = f + \frac{\Delta P_{tie}}{K_A} = 49.76 + \frac{180}{750} = 50 \text{ Hz}$$

$$f_B = f - \frac{\Delta P_{tie}}{K_B} = 49.76 + \frac{180}{500} = 49.4 \text{ Hz}$$

$$K = \frac{dP_D}{df} - \frac{dP_G}{df}$$

$$\frac{dP_D}{df}$$

تأثیر مشخصه فرکانس بروی بار مصرفی را اندازه‌گیری می‌کند

توان خروجی از ژنراتورها  $dP_G \alpha (P_T - P_G)$  ظرفیت توان توربین متصل به شبکه

با صرف نظر کردن از تلفات، در شرایط ماندگار SS دوباره  $P_D = P_G$

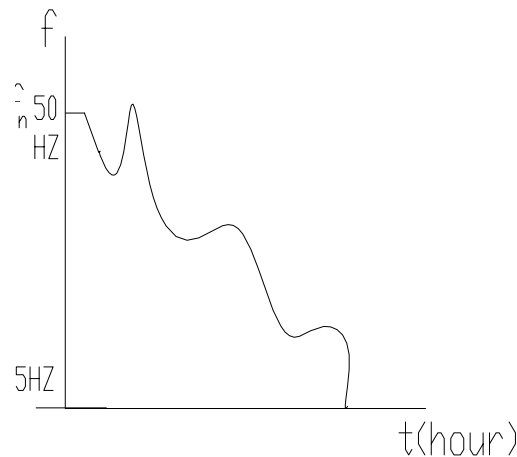
$$K = K_1 P_T - K_2 P_L$$

بنابراین

در اینجا برای هر شبکه مقدار K بصورت آزمایشی و در رنج قدرت مناسبی (حداقل و حداکثر قدرت انتقالی) برای دو سیستم مجزای بزرگ که توسط یک لینک بهم متصل شده‌اند مشخص می‌شود. در این آزمایش اتصال بین دو سیستم قطع شده تغییرات فرکانس اندازه‌گیری می‌شود.

در سیستم‌های کوچک تغییرات بار باعث بوجود آمدن تغییرات زیاد در فرکانس می‌شوند بنابراین در اینگونه سیستم‌ها لازم است گاورنرهای الکتریکی مشخصه بار - فرکانس را بهبود بخشند.

ناشی از تغییرات بار شدید در سیستم شامل صاعقه، ممکن است این سیستم اصلی قطع شود در آن صورت تولید داخلی سیستم جوابگویی مصرف داخلی نبوده و فرکانس بشدت افت می‌کند.



## مدل سازي خط رابط بين دو ناحيه ۱ و ۲

در کارکرد عادي شبکه، توان عبوري از خط رابط توان عبوري از ۱ به ۲ مثبت است.

$$P_{12}^0 = \frac{|V_1^0||V_2^0|}{X} \sin(\delta_1^0 - \delta_2^0)$$

$$\bar{V}_1 = |V_1^0| < \delta_1^0$$

ولتاژ ابتدای خط رابط

$$\bar{V}_2 = |V_2^0| < \delta_2^0$$

تغییرات توان خط رابط به ازای تغییرات بسیار کوچک  $\delta_1$  و  $\delta_2$

$$\delta_1 = \delta_1^0 + \Delta\delta_1 \quad , \quad \delta_2 = \delta_2^0 + \Delta\delta_2$$

$$\Delta P_{12} \approx \frac{|V_1^0||V_2^0|}{X} \cos(\delta_1^0 - \delta_2^0)(\Delta\delta_1 - \Delta\delta_2)$$

ضریب هم گاهی = ضریب سنکرونیزه کننده

$$T_{12}^0 \triangleq \frac{|V_1^0||V_2^0|}{X} \cos(\delta_1^0 - \delta_2^0)$$

رابطه تغییرات فرکانس با تغییرات زاویه بار

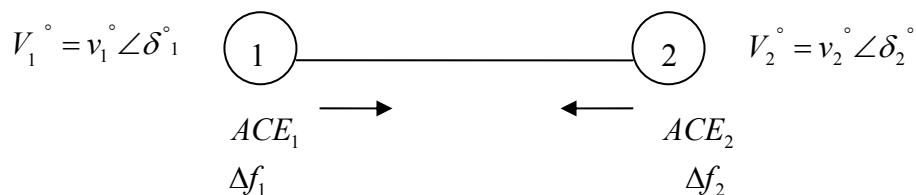
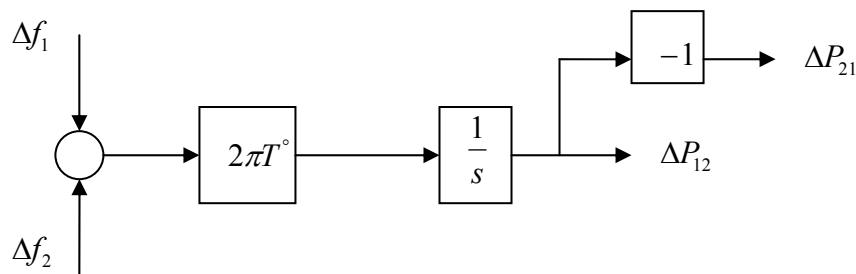
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow \Delta\omega = 2\pi\Delta f \Rightarrow \begin{cases} \Delta f = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt}(\Delta\delta) \Rightarrow \Delta\delta = 2\pi \int \Delta f dt \\ \Delta f = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt}(\delta_0 + \Delta\delta) \end{cases}$$

$$\Delta P_{12} \approx 2\pi T_{12}^0 (\int \Delta f_1 dt - \int \Delta f_2 dt)$$

$$\Delta P_{12}(s) = \frac{2\pi T_{12}^0}{s} (\Delta f_1(s) - \Delta f_2(s))$$

$$\Delta P_{12} + \Delta P_{21} = \Delta P_{LOSS} \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta P_{21} = -\Delta P_{12}$$

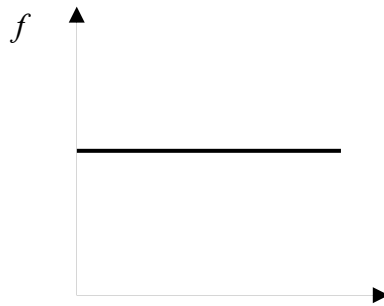
نمایش مدل خطي دو ناحیه با یک خط رابط Tie Line



## انواع بهره‌برداری از سیستم‌های بهم پیوسته

۱- در این حالت سیستم‌ها طوری بهره‌برداری می‌شوند که تکتک سیستم‌ها فقط فرکانس خود را کنترل می‌کنند.

Flat frequency control (infinite Bias)



۲- هر سیستم قدرت tie line را بدون توجه به فرکانس سیستم کنترل می‌کند. هر ناحیه سعی دارد مقدار قدرت لازم برای فرستادن به نواحی دیگر را بدون توجه به فرکانس تهیه کند.

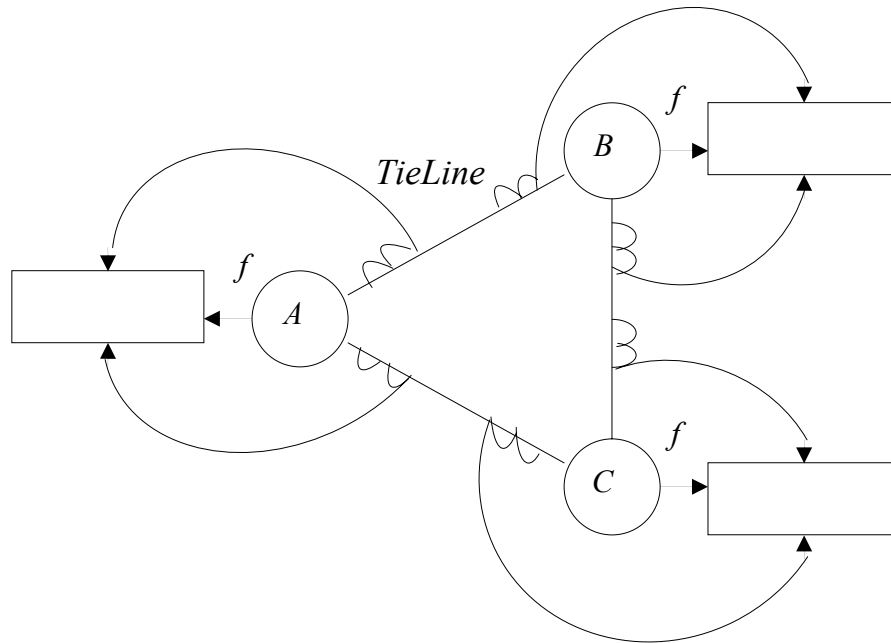
Flat tie line control (zero bias)



۳- هیچ کدام از این کنترل‌ها برای بهره‌برداری مناسب نیستند.

Tie Line with frequency Bias

برای ۳ ناحیه بهم پیوسته هر ناحیه بایستی قدرت فرستاده شده از tie line را اندازه‌گیری کرده و به سیستم مقایسه کننده بدهد تا قدرت انتقالی از یک ناحیه بر ناحیه مقایسه می‌شود، قدرتی که بایستی دریافت می‌شد و در اینجا یک Tie Line error داریم و همچنین فرکانس بایستی به یک مقایسه کننده داده شود تا خطای فرکانس نیز مشخص شود.



B یا قبلي عبارت است از :

$$\begin{cases} ACE = (P_0 - P_{act}) - 10\beta(f_0 - f_{act}) \\ ACE = \Delta P_{AB} + K_A \Delta f \end{cases}$$

و مقداري منفي است.

$$\beta : \text{Area Bias} \frac{\text{MW}}{0.1\text{Hz}}$$

ACE : Area Control Error

$P_0$  ,  $f$  : Programmed Power and Frequency

$P_{act}$  ,  $f_{act}$  : Actual Power and Frequency

براي نواح ديگر نيز همچون كاري بايستي انجام شود.

مثال - در دو سيستم بهم پيوسته A و B تبادل خالص قدرت بر اساس برنامه ريزي قبلي 200MW در سيستم A و B مي باشد اگر مقدار حقيقي تبادل از سيستم A و B 150MW و فرکانس 50HZ و فرکانس حقيقي 50.05HZ در منطقه B باشد خطاي کنترل منطقه B را پيدا کنيد.

$$\frac{-50\text{MW}}{0.1\text{HZ}} \text{ با } \text{مقدار باياس برابر است}$$

$$ACB_B = (-200 - (-150)) - 10(-50)(50 - 50p5) = -75\text{MW}$$

اين نشانگر اين است كه چون اين خطاي منطقه منفي است پس در ناحيه B بيش از مورد نياز قدرت وجود دارد و لازم است قدرت ناحيه B به اندازه 75MW پائين آورده شود.

## کنترل بایاس فرکانس سیستم دوناحیه‌ای Frequency Control

در کنترل انتگرالی یا کنترل کامل سیستم کنترل بار - فرکانس حلقه بسته با مطالعه منحنی‌های پاسخ در می‌یابیم که برای بازگرداندن فرکانس به مقدار اولیه خود باید نوعی کنترل کننده انتگرالی باز نشاننده به سیستم دو ناحیه‌ای مورد بحث افزوده شود. خطای ایستای فرکانس بطور دپریا، به همان دلیلی که برای حالت تک ناحیه‌ای گفته شد، در اینجا نیز غیرقابل تحمل است. همچنین، یک خطای ایستای دپریا یا شارش توان خط رابط - یا به عبارت دیگر «مبادله سهوی» به معنی پشتیبانی دائمی یک ناحیه بوسیله ناحیه دیگر است. یکی از اصول اساسی همیاری آن است که هر ناحیه باید قادر به تامین بار خود باشد.

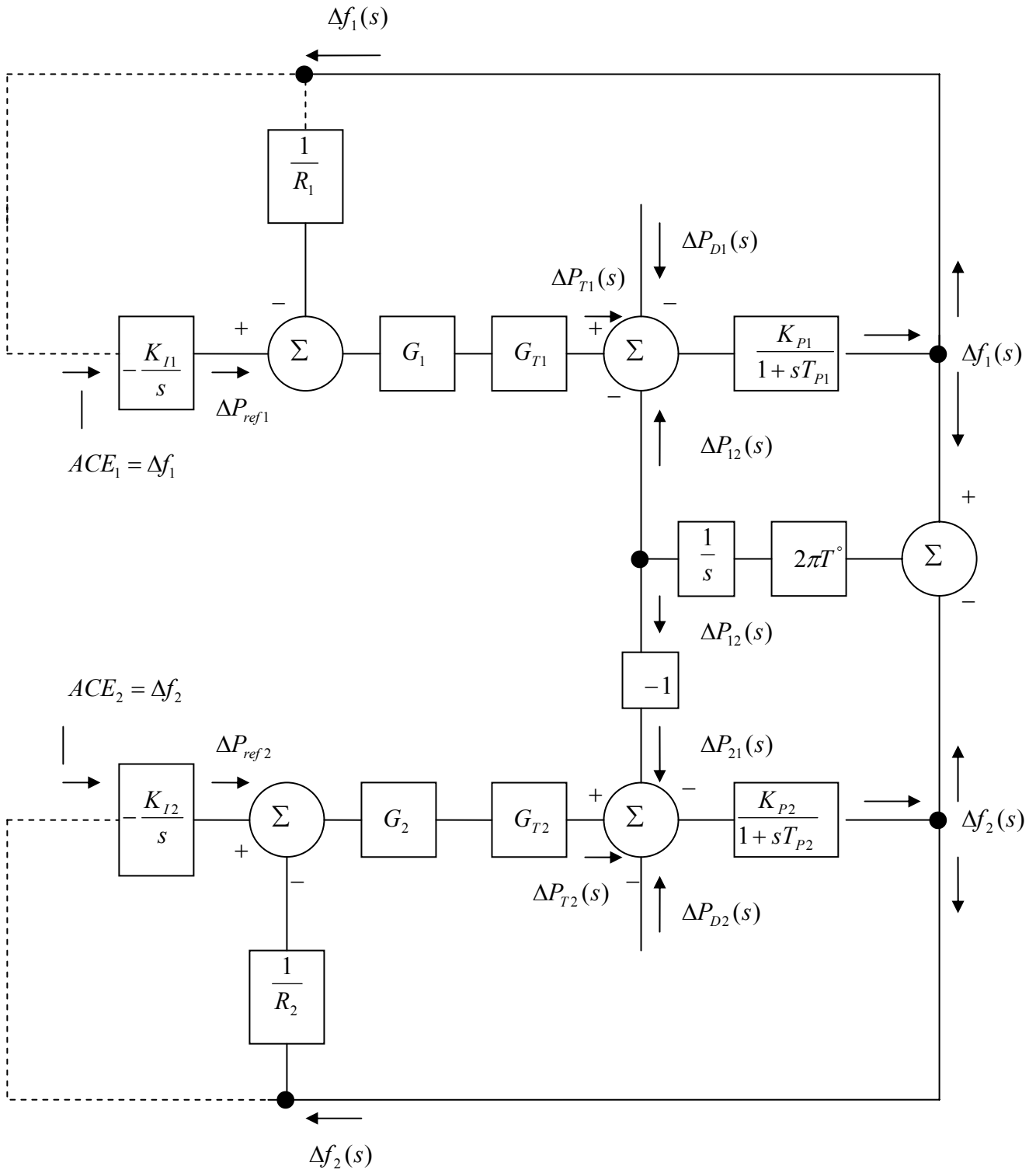
در طی سالهای گذشته روش‌های گوناگون کنترل انتگرالی در مورد سیستم‌های چند ناحیه‌ای آزمایش شده‌اند و پیوسته جای خود را به روش‌های جدیدتری داده‌اند. برای مثال، در سیستم دو ناحیه‌ای مورد بحث می‌توانستیم فرض کنیم که ناحیه ۱ عهده‌دار بازگرداندن فرکانس به مقدار اولیه باشد و ناحیه ۲ شارش توان خط ارتباط را کنترل کند. در این صورت خطای کنترل ناحیه‌ها به صورت زیر می‌بودند:

$$ACE_1 \triangle \Delta f_1$$

$$ACE_2 \triangle \Delta f_2$$

این خطاها (ACE)ها از طریق انتگرال‌گیرهای کند به تغییر دهنده‌های سرعت مربوطه وارد می‌شدند. چنین طرحی ممکن است عملی باشد ولی کارکرد خوبی نخواهد داشت. در واقع در سالهای اولیه هم یاری بین ناحیه‌ها، یک ناحیه عهده‌دار تنظیم فرکانس سیستم و وظیفه ناحیه‌های دیگر آن بود که هر یک «مبادلات خالص توان» خود را در حد صفر نگه دارند. مشکل این طرح آن بود که ناحیه مرکزی مسئول کنترل فرکانس سعی در تنظیم فرکانس هر ناحیه داشت در حالی که خود آن ناحیه‌ها در حال تنظیم مبادلات توان با نواحی دیگر بودند. در نتیجه نوسان گسترده‌ای در محدوده‌های توان تولیدی ناحیه مرکزی به چشم می‌خورد.

در نتیجه تحقیقات اولیه‌ای که توسط کوهن صورت گرفت، استاندارد برای کنترل سیستم بنام «کنترل بایاس خط رابط» ارائه شد و بر این اصل استوار است که تمامی اعضای همیاری افزون بر کنترل مبادله خالص خود، بایستی در کنترل فرکانس نیز مشارکت داشته باشند.



## کنترل بایاس توان خط رابط و فرکانس در سیستم دو ناحیه‌ای Tie Line with Frequency Bias

به منظور اعمال کنترل بایاس خط رابط به سیستم دوناحیه‌ای، در شکل زیر حلقه‌های خط چین را به نمودار قبلی می‌افزاییم. در این حالت خطای کنترل هر ناحیه به صورت یک ترکیب خطی فرکانس و خط رابط خواهد بود:

$$ACE_1 \triangleq \Delta P_{12} + B_1 \Delta f_1 \rightarrow 0$$

$$ACE_2 \triangleq \Delta P_{21} + B_2 \Delta f_2 \rightarrow 0$$

در این صورت خروجی‌های تغییر دهنده‌های سرعت نیز به صورت زیر خواهند بود:

$$\Delta P_{ref,1} = -K_{11} \int (\Delta P_{12} + B_1 \Delta F_1) dt$$

$$\Delta P_{ref,2} = -K_{12} \int (\Delta P_{21} + B_2 \Delta F_2) dt$$

ثابت‌های  $K_{11}$  و  $K_{12}$  بهره‌های انتگرال‌گیرها هستند و ثابت‌های  $B_1$  و  $B_2$  پارامترهای بایاس فرکانس می‌باشند. علامت منفی بدان خاطر است که اگر در هر ناحیه هر کدام از کمیت‌های خطای فرکانس و یا نمی‌توان خط رابط منفی شوند، باید به میزان تولید آن ناحیه افزوده شود.

پاسخ ایستای سیستم

بنابه دلائلی که در زیر خواهد آمد، راهبرد کنترلی بالا انحرافات حالت دائم فرکانس و توان خط رابط را حذف خواهد کرد.

به دنبال تغییر پله‌ای بار در هر ناحیه، تنها هنگامی تعادل ایستای جدید – اگر چنین تعادلی وجود داشته باشد – حاصل خواهد شد که خروجی تغییر دهنده‌های سرعت به مقادیر ثابتی رسیده باشند. ولی این شرط لازم می‌دارد که انتگرال‌دهای معادله صفر باشند، یعنی

$$\Delta P_{12,0} + B_1 \Delta f_0 = 0$$

$$\Delta P_{21,0} + B_2 \Delta f_0 = 0$$

$$\Delta f_1^0 = \Delta f_2^0 = \Delta f^0$$

$$\Delta P_{21} = -\Delta P_{12} MW$$

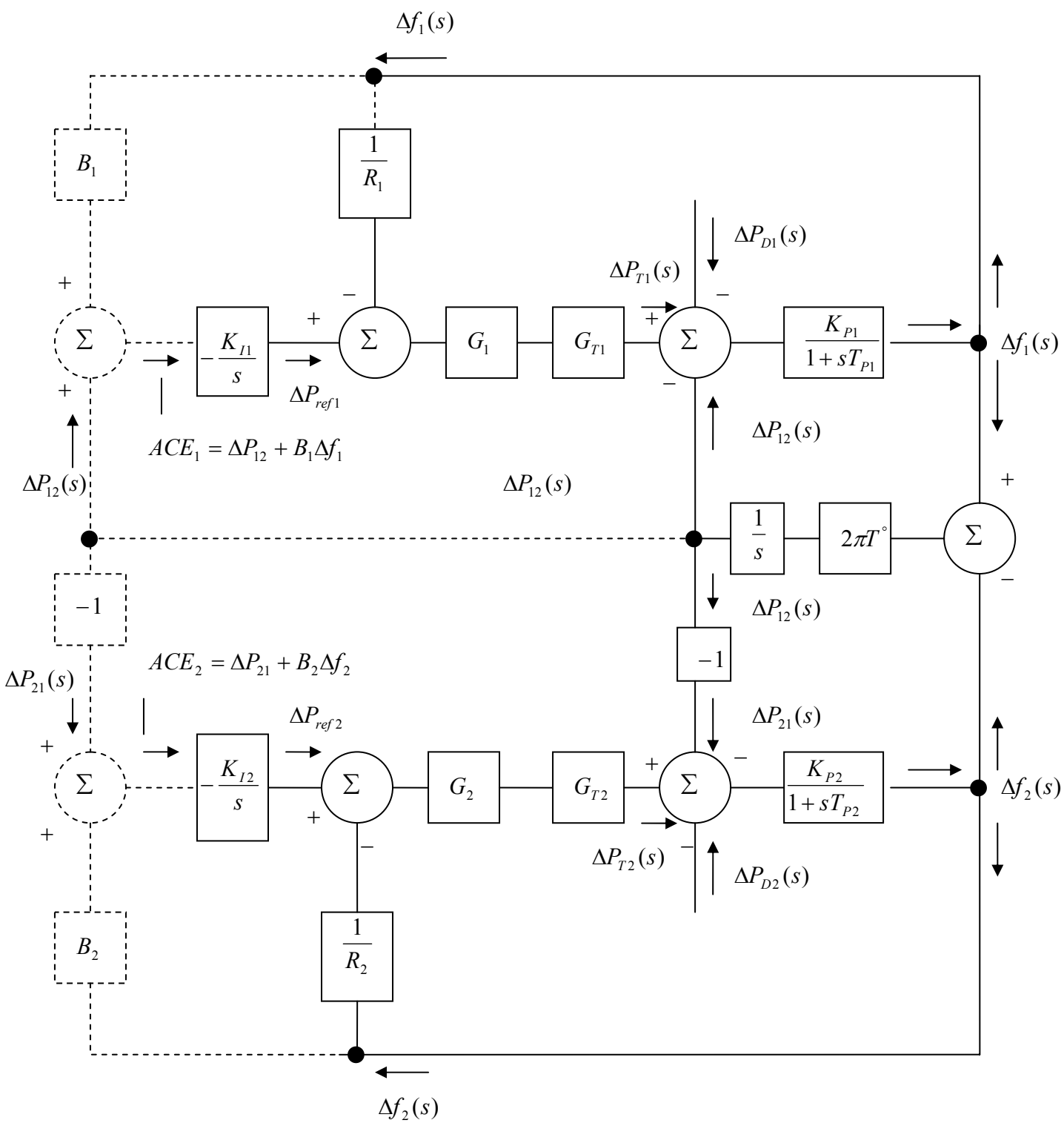
$$(\Delta P_{loss} = 0)$$

از دید معادله، این شرایط تنها وقتی برقرار خواهند بود که:

$$(B_1 + B_2) \Delta f^0 = 0 \rightarrow \Delta f_0 = \Delta P_{12,0} = \Delta P_{21,0} = 0$$

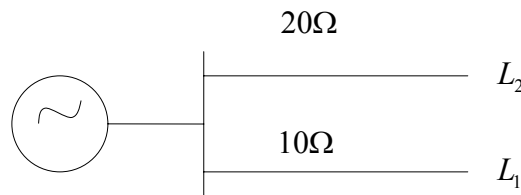
کنترل بایاس توان خط رابط و فرکانس در سیستم‌های چند ناحیه‌ای

$$ACE_i = \sum \Delta P_{ij} + B_i \Delta f_i$$

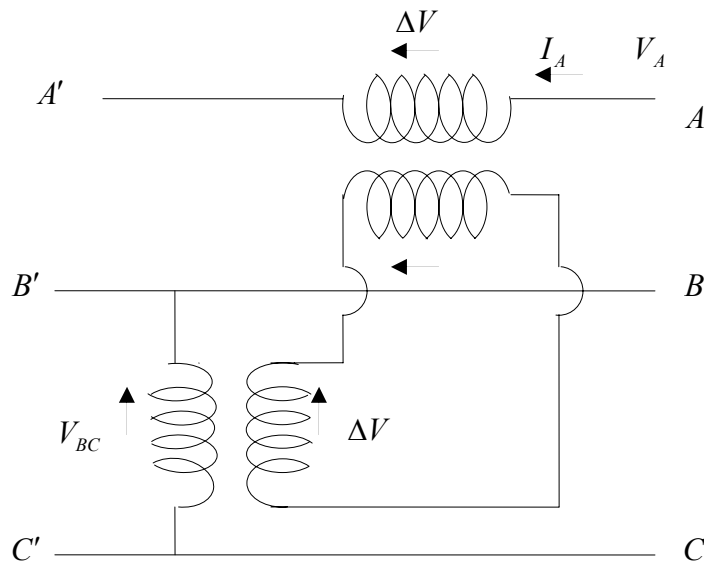


### کنترل قدرت به وسیله ترانسفورماتورهای شیفت فاز

وقتی قدرتی از طریق دو خط موازی هم عبور دهیم مقدار قدرت به اندازه عکس امپدانسها تقسیم می‌شود  $A_2$  قدرت کمتری نسبت به  $L_1$  انتقال می‌دهد و امکان این که خط  $L_1$  زودتر Overload بشود بیشتر است.

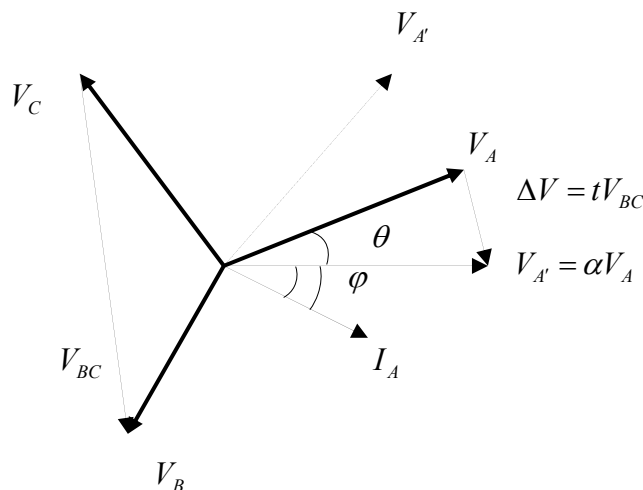


با استفاده از خازنهای سری می‌توان راکتانس خط را پائین آورد. راه حل دیگر استفاده از ترانسفورماتورهای شیفت فاز است (برای پایین آوردن Overload خط) سیستم تحریک این ترانسفورماتور موازی با دو فاز دیگر است تا بتواند از دو فاز دیگر تحریک شود.



$$V_{A'N} = V_{AN} + \Delta V = V_{AN} + tV_{BC} = (1 - j\sqrt{3}t)V_{AN} = \alpha V_{AN}$$

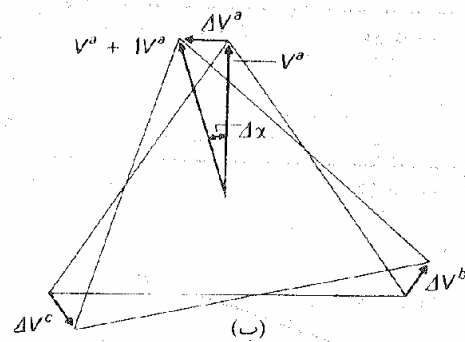
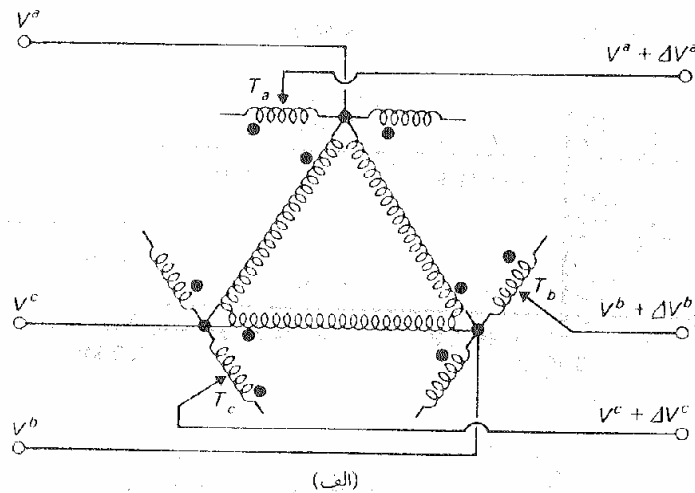
$V_{A'}$  و  $V_A$  از لحاظ مقدار تقریباً باهم برابر هستند فقط  $V_{A'}$  شیفت فاز داده شده است. این کار عیناً برای دو فاز دیگر نیز بایستی تکرار شود.



پس به وسیله این ترانسفورماتورها می‌توان در فازها تغییر طولی نداد و فقط تغییر عرضی (تغییر شیفت فاز) داد پس در خطی که می‌خواهیم قدرت انتقال بیشتری داشته باشیم اختلاف فازی بیشتری نسبت به دو فاز به وجود می‌آید، پس برای کنترل جریان اکتیو در بای‌ها می‌توان از ترانس فاز شیفت استفاده کرد. هر چقدر در یک خط اختلاف فاز  $V$  و  $I$  را کمتر کنیم  $P$  بیشتری از آن خط می‌گذرد.

$$P = VI \cos \varphi$$

در نوع دیگری از ترانسفورماتور شیفت فاز، سیم پیچ سری هر فاز به وسیله سیم‌پیچ تحریک متصل به دوفاز دیگر تحریک می‌شود.



ترانسفورماتور تنظیم زاویه فاز ولتاژ

$$\Delta V_{an} = \begin{cases} 0 \\ 180^\circ \parallel V_{bc} \end{cases}$$

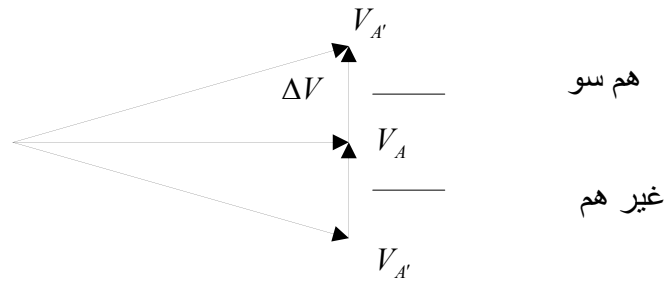
اگر سیم پیچ سری با سیم پیچ تحریک هم سو باشد  $\Delta V$  به صورت تقدم فاز نسبت به ولتاژ خودش خواهد بود.

$$|V_A| \cong |V_{A'}| \quad |V_C| \cong |V_{C'}|$$

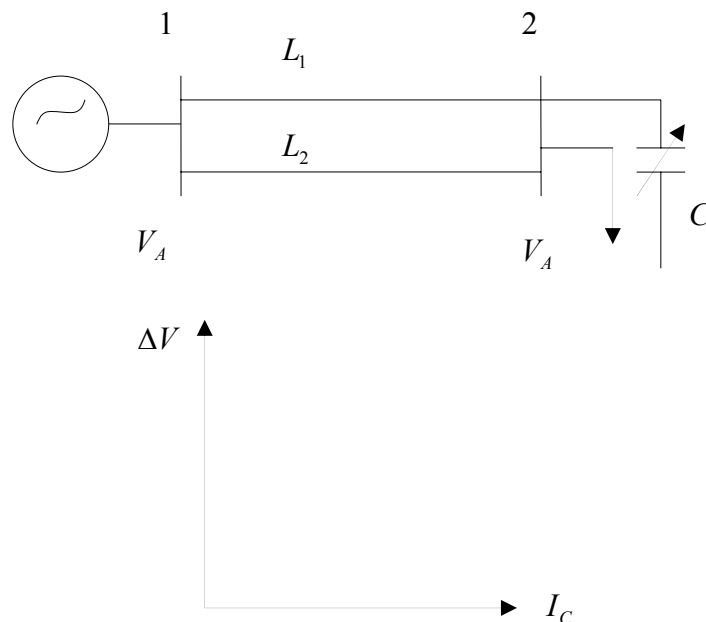
$$|V_B| \cong |V_{B'}|$$

تقدم فاز اگر سیم پیچ سری با سیم پیچ تحریک غیر هم سو باشد  $\Delta V$  نسبت به فاز  $90^\circ$  اختلاف فاز داشته و  $90^\circ$  تاخیر فاز دارد.

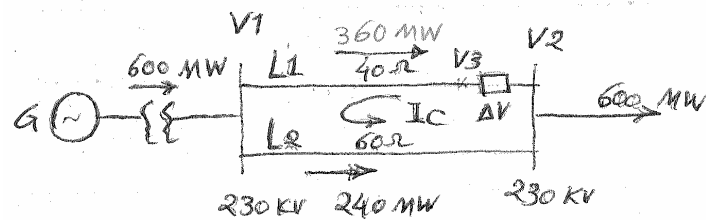
تقدم فاز یا تاخیر فاز بودن  $\Delta V$  بستگی به هم سو یا غیر هم سو بودن سیم پیچ سری با سیم پیچ تحریک دارد. پس در این سیستم  $|V|$  تقریباً ثابت می ماند  $|V_A| \cong |V_{A'}$  و اختلاف فاز ایجاد می شود که در سیستم پارالل که می خواستیم قدرت بیشتری به وسیله خط انتقال دهیم اختلاف فاز بیشتری بین دو باست برای آن خط را بیشتر کرده و جریان اکتیو خط را بالا ببرد.



کنترل ولتاژ و ضریب قدرت (و فرکانس) در مصرف کننده ها و خطوط انتقال با تزریق قدرت راکتیو نیز انجام می شود. این کار با تزریق قدرت راکتیو در حالت پس فاز و پیش فاز امکان پذیر می باشد. در نتیجه این عمل سطوح ولتاژ بالا یا پائین رفته و ضریب قدرت اصلاح می گردد.



مثال - در شکل زیر دو خط انتقال 230kv موازي 600MW قدرت را از باس نیروگاه 1 به باس 2 که باس بار است انتقال مي دهد خط  $L_1$  داراي راکتانس  $40 \frac{\Omega}{phase}$  و خط  $L_2$  داراي راکتانس  $60 \frac{\Omega}{phase}$  مي باشد به وسيله کنترل ژنراتور باس 1 روي 230kv نگه داشته مي شود و يك خازن متغير به باس بار 2 وصل شده براي ثابت نگه داشتن قدر مطلق باس شماره 2 به 230kv به وسيله نصب ترانس تنظيم کننده زاويه فاز به خط  $L_1$  در باس 2 مي خواهيم قدرت بين  $L_1$  و  $L_2$  را به طور مساوي انتقال يابد پيدا كنيد. همچنين زاويه فاز جديد ولتاژهاي شين هاي 1 و 2 را محاسبه نماييد.



حل تقريبي

$$p = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin \delta \quad |V_1| \approx |V_2|$$

$$p_1 = \frac{230^2}{40} \sin \delta$$

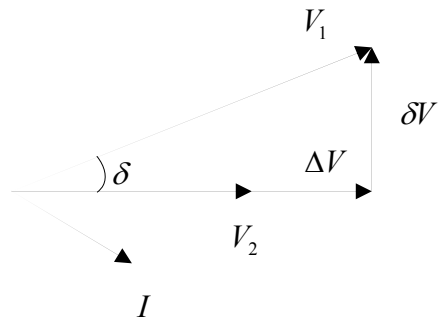
$$|V_1||V_2|$$

$$p_2 = \frac{230^2}{60} \sin \delta \quad p_1 + p_2 = 600 \quad \delta = 15.796^\circ \quad \begin{cases} p_1 = 360 \text{ MW} \\ p_2 = 240 \text{ MW} \end{cases} \quad \Delta p_{3\phi} = 60 \text{ MW}$$

$$p_1 = 300 = \frac{230^2}{40} \sin(\delta - \alpha) \quad |V_2| \approx |V_3|$$

$$p_2 = 300 = \frac{230^2}{60} \sin(\delta)$$

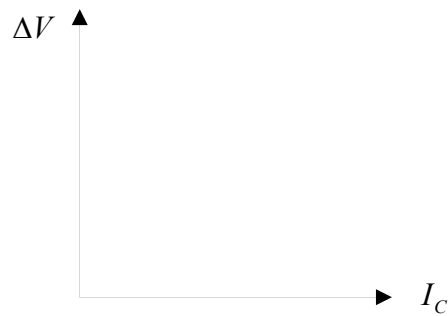
$$\delta = 19.893^\circ, \alpha = 6.78^\circ$$



پس قدرتهای راکتیو برای حالت ۲ و یا حالت قبل می‌شود پیدا کرد.

ترانس بایستی یک شدت جریان دورانی در حلقه ایجاد کند و از شدت جریان مولفه اکتیو ۱ بکاهد (به اندازه  $\Delta P_{3\phi}$ )

هم جهت با شدت جریان ۲ باشد شدت جریان  $I_c$  هم فاز  $V_2$  و  $90^\circ$  اختلاف با  $\Delta V$  دارد (چون جریان تقریباً سلفی است نسبت به  $\Delta V$ ) و این فقط مولفه راکتیو دارد این جریان به مولفه اکتیو  $I_2$  و از مولفه اکتیو  $I_1$  کم می‌کند.



$$\Delta V = 27.344 \text{ kv / line}$$

$$I_c = \frac{\Delta V}{Z_{loop}} \quad \tan \alpha = \frac{\Delta V}{V_2} \Rightarrow \Delta V = 15.78 \text{ kv / phase} \quad \text{راه حل تقریبی}$$

$$I_c = \frac{j15.78}{j100} = 0.1578 \angle 0 \text{ KA / phase}$$

$$\Delta P_{1\phi} = |V_2| |I_c| = \frac{230}{\sqrt{3}} \times 0.1578 = 20.45 \text{ MW / phase} \approx 20 \text{ MW} \quad \text{برای هر فاز}$$

$$\Delta P_{3\phi} = 3 \Delta P_{1\phi} \approx 60 \text{ MW}$$