کنترل توان و فرکانس در سیستم برق بهم‌پیوسته*

نوشته :

فرخ حبیبی اشرفی ـ مهندس برق

قسمت دوم

۲ـ سیستم چند ناحیه‌ای

بطورکلی کنترل فرکانس سیستم بهم پیوسته چندناحیه‌ای مهم‌تراز کنترل‌فرکانس سیستم یک ناحیه‌ای‌میباشد. در اینحالت کنترل فرکانس مسئله‌ایست که تمام نواحی درآن سهیم‌هستند، مضافاً براینکه در اینحالت کنترل توان‌گذرنده‌از خطوط رابط نیز بایستی در مسئله کنترل‌توان وفرکانس گنجانیده‌شود.

همانطورکه در قسمت‌اول این مقاله تذکرداده شد ،فواید زیادی‌از بهم‌پیوسته‌شدن نواحی مختلف‌بدست میآیند که بطور خلاصه میتوان آنهارا در دوکلمه«همکاری متقابل» خلاصه کرد. اصول بهره برداری سیستم بهم پیوسته‌چند ناحیه‌ای عبارتنداز:

۱ـدر شرایط عادی بهره برداری‌هرناحیه بار خودش را بادر نظرداشتن توانی که مطابق‌برنامه وتوافق بین نواحی مجاورهم از خطوط رابط میگذرد تأمین میکند.

۲ـدراثر تغییر ناگهانی بار تعادل انرژی سیستم بهم‌خورده ودر لحظات اولیه انرژی حرکتی سیستم را تغییرداده وباعث تغییر فرکانس سیستم بهم‌پیوسته میشود (در لحظات اولیه‌افزایش ناگهانی بار انرژی اضافی برای‌تأمین بار از انرژی حرکتی سیستم‌گرفته میشودوباعث تنزل فرکانس سیستم بهم پیوسته میشود. همین طور برعکس در لحظات اولیه کاهش ـ ناگهانی بار انرژی تولیدی اضافی به انرژی حرکتی سیستم بهم پیوسته افزوده شده و باعث بالا رفتن فرکانس میشود) در لحظات بعدی تنظیم‌کننده سرعت واحدهای تولیدکننده این تغییر فرکانس راآشکارکرده و تولید را تغییر میدهند تااینکه میزان تولید و مصرف باهم تطبیق کنند. بدیهی‌است که‌این عملیات باعث میشوندکه نظم برنامه توان گذرنده از خطوط رابط بهم بخورد.

۳ـدر مرحله آخر لازم‌استتنظیم‌کننده تکمیلی دیگری بکار افتاده وتولید ناحیه‌ای راکه بارش تغییرکرده‌طوری تنظیم‌کندکه تغییر تولید ناحیه مطابق تغییر بارش بشود و سپس فرکانس سیستم وبرنامه توان‌گذرنده از خطوط رابط‌رابه حالت عادی برگرداند. دراینجا فرض براین است که ناحیه بقدرکافی‌ظرفیت داشته باشدکه بار اضافی‌را تأمین کنددر غیر

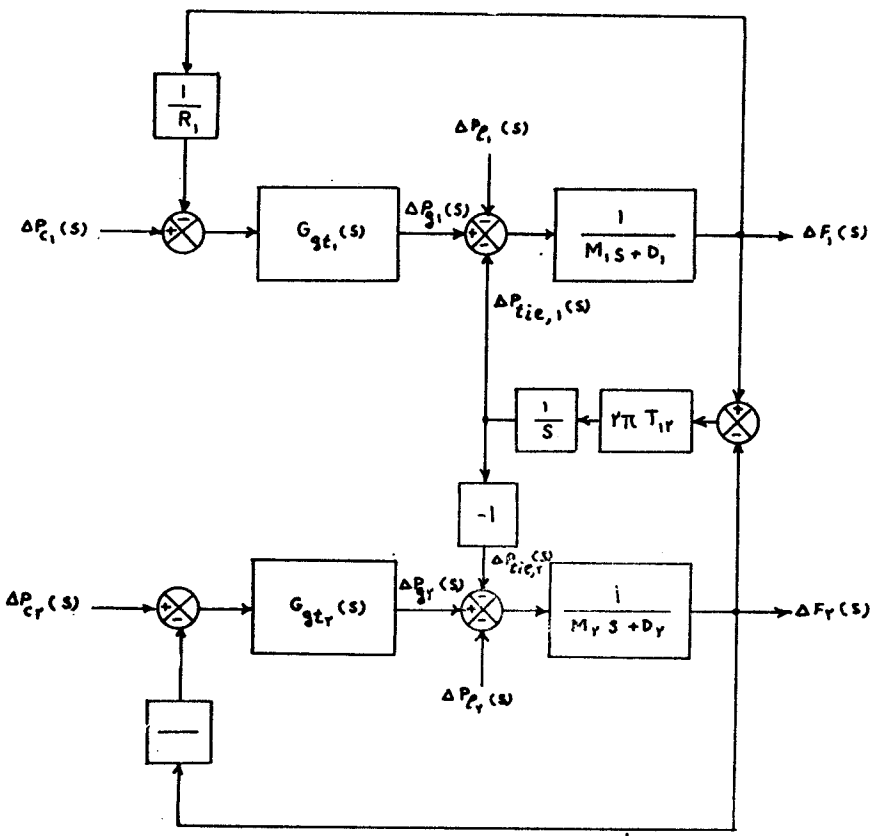
---

*قسمت اول این مقاله و منابع‌آن درشماره ۳۶ این نشریه چاپ شده است.

اینصورت ناچار است از نواحی دیگر کمک بگیرد ودراین حالت توافق جدیدی برای توان گذرنده از خطوط رابط بدست میآید.

برای سادهشدن بررسی کنترل سیستم بهم پیوسته چندناحیهای کافیاست که ابتدایک سیستم دوناحیهایرا درنظر گرفته ومسئله کنترل آنرا مطالعه کنیم . تعمیم نتایج حاصله بهحالتیکه سیستم بهم پیوسته از بیشتراز دوناحیه تشکیل شده باشد بسیار ساده خواهد بود.

نمایش ریاضی سیستم دوناحیهای درشکل (۱۶) نشان دادهشدهاست. این شکل بسهولت از ترکیب دونمایش ریاضیسیستم یک ناحیهای بدست میآید(رجوع شود به شکل ۱۱).



شکل ۱۶- نمایش ریاضی سیستم دوناحیهای

بلوک $\boxed{-1}$ درشکل (۱۶) بخاطر آنستکه درسیستم دو ناحیهای $\Delta P_{tie,2} = -\Delta P_{tie,1}$ میباشد.

دراینجا هم مانندسیستم یک ناحیهای ابتدا فرض میشودکه سیستم کنترل اضافی دیگری بجز دستگاه تنظیم کننده سرعت توربین نداشته باشد ، یعنی

$$\Delta P_{c1} = \Delta P_{c2} = 0$$

حال فرض میکنیم که بار ناحیه ۱ بطور ناگهانی (بطورپلهای) باندازه ΔP_{l1} وبار ناحیه ۲ بطور ناگهانی باندازه ΔP_{l2} تغییر کنند. چون بررسی حالتگذرای تغییرات فرکانس بصورت تحلیلی دراینحالت کلی ساده نیست واز طرف دیگر چونما بیشتر علاقمند هستیم بدانیم که در حالت ماندگار سیستم در چهوضعیاست بهمین جهت بررسی تحلیلی مان را فقط بهحالت ماندگار محدود کرده وحالت گذرا را بوسیله منحنیهای تغییراتی که بعداً داده خواهندشد نشان خواهیم داد.

معادلات تغییرات فرکانس در ناحیه ۱ و ناحیه ۲ از روی رابطه (۱۰) عبارتنداز :

$$M_1 \frac{d\Delta f_1}{dt} + D_1 \Delta f_1 + \Delta P_{tie,1} = \Delta Pg_1 - \Delta Pl_1 \qquad (۳۶)$$

$$M_2 \frac{d\Delta f_2}{dt} + D_2 \Delta f_2 + \Delta P_{tie,2} = \Delta Pg_2 - \Delta Pl_2 \qquad (۳۷)$$

چون تغییر تولید درحالت ماندگار فقط از روی تقویت استاتیک تعیین خواهد شد بنابراین از روی‌شکل (۱۶) روابط زیر بدست خواهندآمد :

$$\Delta Pg_1 = -\frac{1}{R_1}\Delta f_1 \qquad (۳۸)$$

$$\Delta Pg_2 = -\frac{1}{R_1}\Delta f_2 \qquad (۳۹)$$

بهمین ترتیب معادلات (۳۶) و(۳۷) نیز در حالت ماندگار عبارتند از:

$$D_1 \Delta f_1 + \Delta P_{tie,1} = \Delta Pg_1 - \Delta Pl_1 \qquad (۴۰)$$

$$D_2 \Delta f_2 + \Delta P_{tie,2} = \Delta Pg_2 - \Delta Pl_2 \qquad (۴۱)$$

پس‌از جانشین کردن (۳۸) و(۳۹) در (۴۰) و(۴۱) وبخاطر آوردن آنکه $\Delta P_{tie,2} = -\Delta P_{tie,1}$ است معادلات زیر بدست خواهندآمد :

$$\left(D_1 + \frac{1}{R_1}\right)\Delta f_1 + \Delta P_{tie,1} = -\Delta Pl_1 \qquad (۴۲)$$

$$\left(D_2 + \frac{1}{R_2}\right)\Delta f_2 - \Delta P_{tie,1} = -\Delta Pl_2 \qquad (۴۳)$$

اکنون باتوجه برابطه (۲۷) مشخصه‌های فرکانس دو ناحیه بشرح زیر تعیین میشوند:

$$\beta_1 = D_1 + \frac{1}{R_1} \qquad (۴۴)$$

$$\beta_2 = D_2 + \frac{1}{R_2} \qquad (۴۵)$$

بالاخره چون سیستم بهم پیوسته یک سیستم سنگرون است در حالت ماندگار تغییر فرکانس دو ناحیه باهم برابر هستندوبه همین جهت در معادلات (۴۲) و (۴۳) بجای Δf_1 و Δf_2 تنها یک تغییر فرکانس Δf رابکارخواهیم‌برد وشکل نهائی معادلات (۴۲) و۴۳) بصورت زیر در میآید :

$$\beta_1 \Delta f + \Delta P_{tie,1} = -\Delta Pl_1 \qquad (۴۶)$$

$$\beta_2 \Delta f - \Delta P_{tie,1} = -\Delta Pl_2 \qquad (۴۷)$$

از دو معادله دو مجهولی (۴۶) و(۴۷) تغییر فرکانس Δf وتغییر توان گذرنده از خطوط رابط ناحیه‌ای ۱ یعنی $\Delta P_{tie,1}$ بشرح زیر تعیین میشوند:

$$\Delta f = -\frac{\Delta Pl_1 + \Delta Pl_2}{\beta_1 + \beta_2} \qquad (۴۸)$$

$$\Delta P_{tie,1} = \frac{\beta_1 \Delta Pl_2 - \beta_2 \Delta Pl_1}{\beta_1 + \beta_2} \qquad (٤٩)$$

برای نشان دادن حسن بهم پیوسته‌شدن نواحی مختلف فرض میکنیم که دوناحیه کاملامشابه هم باشندوفقط بار ناحیه ۲ به اندازه ΔPl_2 تغییر کند. در اینصورت

$$D_1 = D_2 = D$$

$$R_1 = R_2 = R$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta$$

$$\Delta Pl_1 = 0$$

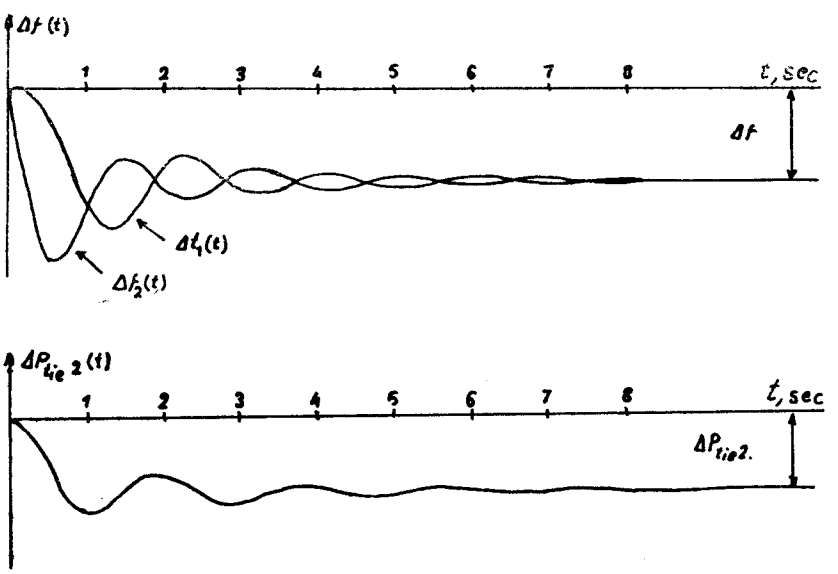
ومعادلات (٤٨) و(٤٩) بصورت زیر خلاصه میشوند:

$$\Delta f = -\frac{\Delta Pl_2}{2\beta} \qquad (٥٠)$$

$$\Delta P_{tie,1} = \frac{\Delta Pl_2}{2} \qquad (٥١)$$

از مقایسه معادله (٥٠) با معادله (٢٦) بوضوح دیده میشود که دراینحالت تغییر فرکانس نصف حالتی‌است که ناحیه ۲ تنها وبصورت منفرد بهره برداری بشود. ضمناً معادله (٥١) نشان میدهد که نصف بار اضافه شده بناحیه ۲ بطریق خطوط ـ رابط بوسیله ناحیه ۱ تأمین میشود .

نمونه‌ای‌از رفتار دینامیک سیستم دو ناحیه بوسیله شکل (١٧) نشان داده شده‌است.

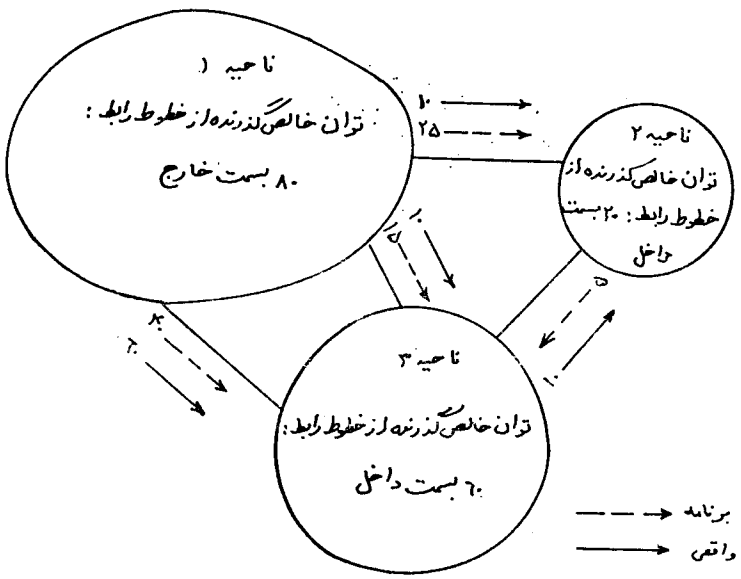


شکل ١٧ ـ نمایش تغییرات نموفرکانس وتغییر توان‌گذرنده از خطوط رابط ناحیه ۲ دریک سیستم دوناحیه‌ای در حالتیکه بار ناحیـــــــه ۲ بطورناگهانی بالابرود .

بررسی شکل (۱۷) نشان میدهد دراینحالت هم اگر سیستم کنترل اضافی دیگری نداشته باشد حتی پس از آنکه سیستم به حالت گذرا رسیده باشد فرکانس سیستم باندازه Δf و توان گذرنده از خطوط رابط ناحیه ۲ باندازه $\Delta P_{tie,2}$ تغییر خواهند کرد. دراینجا هم لازم است وضعیت تغییر دهنده‌های سرعت برحسب قانون خاصی که نیازمندیهای کنترل را برآورده سازند تغییر داده شوند. این نیازمندیها بطور خلاصه عبارتنداز همان نیازمندیهائیکه در قسمت سیستم یک ناحیه‌ای معرفی شده بودند بانضمام اینکه دراینحالت ناحیه‌ایکه بارش تغییر کرده بایستی تغییر بار راجذب کند.

چون عملی نیست که مستقیماً تولید ومصرف ناحیه را باهم مقایسه کرد بهمین جهت لازم است بطور غیر مستقیم تعیین کرد که آیا تولید ومصرف ناحیه باهم مساوی هستند. خوشبختانه یک چنین وسیله غیر مستقیمی که باسانی هم در دسترس میباشد عبارتست از توان گذرنده از خطوط رابط ناحیه با نواحی مجاورش. چون توان گذرنده از خطوط رابط هر ناحیه برابر تفاضل بین تولید ومصرف آن ناحیه است بنابراین تاموقعیکه تولید ناحیه‌طوری تنظیم میشود که توان گذرنده از خطوط رابط را مطابق برنامه وثابت نگاهمیدارد معلوم است که تولید ناحیه تغییر بار ناحیه خودش را جذب میکند. هنگامی‌که ناحیه‌ای با بیشتر از یک خط رابط بنواحی مجاورش وصل باشد این سئوال پیش میاید که توان گذرنده از کدام خط رابط را بایستی مطابق برنامه نگاهداشته ودائماً کنترل کرد.

همانطور که قبلاهم هنگام بدست آوردن نمایش ریاضی خطوط رابط تذکر داده شدهٔ کافی است که فقط جمع جبری توان ها ی گذرنده از خطوط رابط ناحیه را کنترل کرده ودر برنامه قرار داد. جمع جبری توان‌های گذرنده از خطوط رابط ناحیه بنام توان خالص گذرنده از خطوط رابط ویا بطور خلاصه توان گذرنده از خطوط رابط ناحیه شناخته میشود وتا هنگامیکه توان خالص گذرنده از خطوط رابط مطابق برنامه وثابت باشد حتی اگر توان گذرنده بعضی از خطوط رابط تغییر کرده باشند بازهم نتیجه‌گیری اینکه تولید ناحیه تغییرات بار ناحیه خودش را جذب میکند کاملا صحیح است. صحت این موضوع بسهولت از بررسی شکل (۱۸) قابل تأییداست، چون بااینکه توان گذرنده ازهریک از خطوط رابط تغییر کرده‌است توان خالص گذرنده از خطوط رابط هر ناحیه تغییری نکرده‌است.



شکل ۱۸

بازهم مانند سیستم یک ناحیه‌ای روش کلاسیک ومتداول کنترل عبارتست از فرمان متناسب با انتگرال خطا. اماچون خطا در اینحالت از ترکیب خطای فرکانس وخطای توان گذرنده از خطوط رابط تشکیل شده‌است بهمین جهت - ابتدا برای هرناحیه عبارتی بنام خطای کنترل ناحیه[1] بشرح زیر تعریف میشود:

---

۱ — Area Control error

$$ACE_1 = \Delta P_{tie,1} + B_1 \Delta f_1 \qquad (۵۲)$$

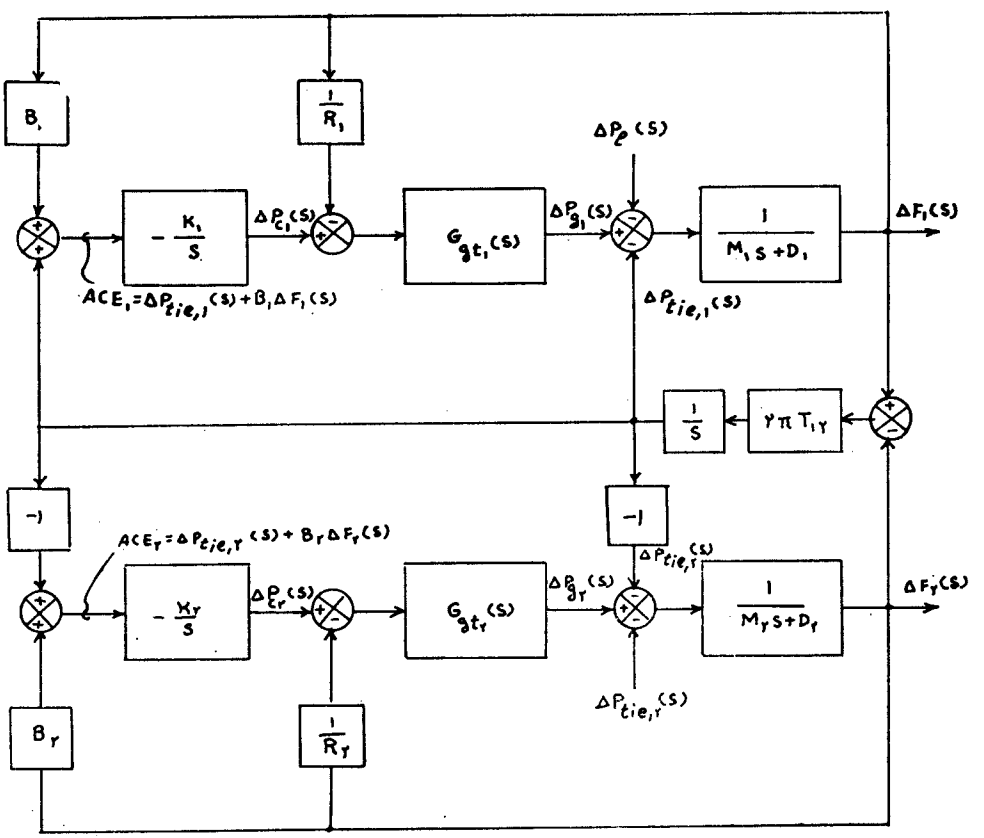
$$ACE_2 = \Delta P_{tie,2} + B_2 \Delta f_2 \qquad (۵۳)$$

ضرایب B_1 و B_2 فرکانس[1] هرناحیه نامیده میشوند. بالاخره فرمانهای تغییر دهنده وضعیت‌توربین‌های ناحیه ۱ و ناحیه ۲ به شکل زیر خواهندبود.

$$\Delta P_{c1} = -K_1 \int ACE_1 \, dt \qquad (۵۴)$$

$$\Delta P_{c2} = -K_2 \int ACE_2 \, dt \qquad (۵۵)$$

که درآنها K_1 و K_2 ضرایب تقویت هرناحیه هستند. پس از افزودن قوانین کنترل (۵۴) و(۵۵) به‌شکل (۱۶) دیاگرام نهائی شکل(۱۹) برای کنترل سیستم دوناحیه‌ای بدست خواهدآمد .



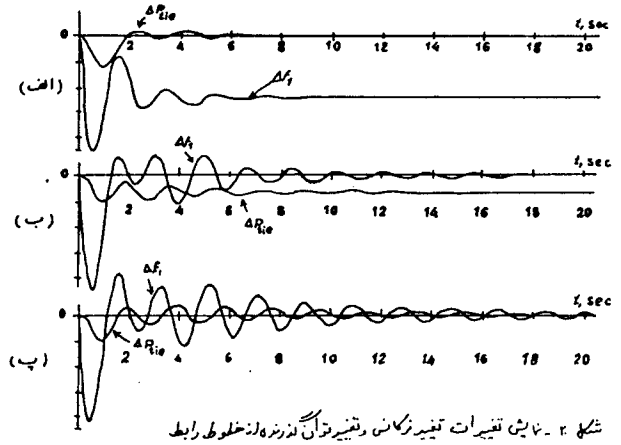
شکل ۱۹ ـ نمایش سیستم دو ناحیه‌ای با کنترل تکمیلی

نمونه‌ای از رفتار دینامیک سیستم دوناحیه‌ای پس‌از دخالت دادن‌فرمان متناسب باانتگرال خطای کنترل‌ناحیه بوسیله شکل (۲۰) نشان داده شده است.

منحنی‌های شکل (۲۰) حالت گذرای تغییرات نموفرکانس را برای حالت افزایش بار در ناحیه ۱ نشان‌میدهند. تأثیر تغییر ضریب B نیز در منحنی‌های شکل ۲۰) نشان داده‌شده است.

---

۱ — Freqency bias



شکل ۲ ـ نمایش تغییرات تغییر فرکانس وتغییر توان گذرنده از خطوط رابط

شکل . ۲ـ نمایش تغییرات فرکانس وتغییر توان گذرنده از خطوط رابط
پس از افزایش بار بصورت پله‌ای وتأثیر فرمان متناسب با انتگرال خطای کنترل ناحیه

منحنی شکل (. ۲ـالف) مربوط است به $B=0$ وملاحظه میشود که دراینحالت توان گذرنده از خطوط رابط کنترل میشوندولی خطای فرکانس ازبین نمیرود. منحنی شکل (. ۲ـ ب) مربوط به‌حالتی است که $B=\infty$ و $K=0$ ولی KB مقدارمعین ومحدودی باشد، دراینحالت فرکانس بخوبی کنترل میشود ولی خطای توان گذرنده از خطوط رابط ازبین نمیرود. بالاخره منحنی شکل (. ۲ـپ) حالت وسط را در نظرگرفته ونشان میدهد که خطای فرکانس وخطای توان گذرنده از خطوط رابط در حالت ماندگار ازبین میروند.

توجه به حالتهای مختلف شکل (. ۲) اهمیت ضریب B را بخوبی روشن میسازد. چون قرار است سیستم کنترل کننده تکمیلی طوری طرح‌شود که نتیجه عملش فقط جذب تغییرات بار ناحیه بوسیله تولید همان ناحیه‌باشد بنابراین برای اینکه‌تولید ناحیه دیگر بی‌جهت زیادوکم‌نشود لازم‌است کنترل کننده تکمیلی‌ناحیه دیگردراین شرایط کار نکندمثلا اگر فرض کنیم که بار ناحیه ۱ بطور ناگهانی باندازه ΔP_{l_1} اضافه شود دراینصورت با مراجعه به روابط (۴۸) و(۴۹) ـ نتایج زیر بدست میآیند:

$$\Delta f_1 = \Delta f_2 = -\frac{\Delta P_{l_1}}{\beta_1 + \beta_2} \qquad (۵۶)$$

$$\Delta P_{tie,1} = -\frac{\beta_2 \Delta P_{l_1}}{\beta_1 + \beta_2} \qquad (۵۷)$$

$$\Delta P_{tie,2} = -\Delta P_{tie,1} = \frac{\beta_2 \Delta P_{l_1}}{\beta_1 + \beta_2} \qquad (۵۸)$$

توجه به‌روابط (۵۶) و(۵۷) نشان میدهد هنگامیکه بار ناحیه‌ای تغییر کند تغییر فرکانس وتغییر توان‌گذرنده از خطوط‌رابط این ناحیه‌هم علامت هستند در صورتیکه تغییر فرکانس وتغییر توان گذرنده از خطوط رابط ناحیه‌ایکه بارش تغییری نکرده مختلف‌العلامت هستند. بنابراین باانتخاب مقدار مناسبی برای B میتوان ACE ناحیه‌ای‌را که بارش‌تغییری نکرده برابر صفر کرده وباین ترتیب ازکارکردن تنظیم کننده تکمیلی این ناحیه جلوگیری بعمل‌آورد. مثلا در سیستم دوناحیه‌ای موردبحث که تغییر بار درناحیه ۱ صورت گرفته لازم‌است ACE_2 مساوی صفر بشود

$$ACE_2 = \Delta P_{tie,2} + B_2 \Delta f_2 = 0 \qquad (۵۹)$$

برای تعیین B_2 کافی‌است‌مقادیر Δf_2 و $\Delta P_{tie,2}$ را ازروابط (۵۶)و(۵۸) در (۵۹) جانشین کنیم :

$$\frac{\beta_2 \Delta P_{l_1}}{\beta_1 + \beta_2} - B_2 \frac{\Delta P_{l_1}}{\beta_1 + \beta_2} = 0 \qquad (۶۰)$$

جواب معادله (۶۰) عیارتست از :

$$B_2 = \beta_2 = D_2 + \frac{1}{R_2} \qquad (61)$$

بهمین‌ترتیب برای تغییر بار در ناحیه ۲ لازم‌است. $B_1 = \beta_1$ باشد. اماچون بررسی تحلیلی مان‌براساس حالت ماندگارصورت گرفته نمیتوان بطور قطع گفت که $B = \beta$ بهترین جواب‌درحالت دینامیک هم هست‌ولی بهرحال حدوداً مقدار B راتعیین ـ میکند[۱] .نکته جالب دیگری که بوسیله رابطه(۶۱) نشان داده شده اینستکه مقدار B هرناحیه فقط بوسیله مشخصات ـ همان ناحیه تعیین میشود ومشخصات نواحی دیگر دخالتی درآن ندارند.

روش کنترل‌توان وفرکانس‌سیستم‌دوناحیه‌ای که تاکنون شرح داده شده بسهولت به‌حالتیکه سیستم از چندین ناحیه تشکیل شده قابل تعمیم است. دراینجا بطور مشابه باروابط (۵۲) و(۵۳) خطای کنترل ناحیه i بشرح زیر معرفی میشود :

$$ACE_i = \Delta P_{tie,i} + B_i \Delta f_i \qquad (62)$$

وفرمان تغییر دهنده وضعیت توربین‌های ناحیه i از رابطه زیر تعیین خواهند شد:

$$\Delta P_{ci} = -K_i \int ACE_i \, dt \qquad (63)$$

اجرای کنترل

دراینجا بطور خلاصه کاربرد عملی تئوری کنترل‌تولید که در قسمتهای قبلی تشریح شده تحت بررسی قرار خواهد خواهدگرفت. بطورکلی‌بیشتر سیستمهای کنترل خودکاری که‌درحال‌حاضرموجودهستند فرمان کنترلشان بوسیله ترکیبی‌از ـ خطای کنترل ناحیه (ACE) وانتگرال خطای کنترل‌ناحیه تعیین میشود.این سیستم بنام« کنترل‌توان‌گذرنده ازخطوط رابطبا جابجائی به وسیله فرکانس[۱]» نامیده میشود.

بااینکه اصول‌تمام‌این سیستمهای کنترل‌خودکار بریک مبنانهاده شده معهذاطریقه‌اجراوساختمانشان باهم‌متفاوت است. بیشتر این تفاوتها از طرز بخصوص ترکیب کردن کنترل دیسپاچینگ اقتصادی باکنترل تکمیلی فرکانس نتیجه میشوند. شکل (۲۱) دیاگرام عمل سیستمی‌راکه خیلی مرسوم‌است نشان میدهد ومرجع شماره [۱] روشهای مختلف اجرای کنترل خودکار تولیدراکه درمؤسسات برق امریکا معمول هستند به تفصیل شرح میدهد .

درگذشته تنظیم تولید براساس کنترل هرنیروگاه صورت‌میگرفته، یعنی فرمان کنترل ازیک مرکز مشترك (مرکز دیسپاچینگ) فقط برای کنترل تولید کل بر نیروگاه فرستاده میشده‌است، ولی درحال حاضر مرسوم شده‌که تولید تک‌تک ـ مولدهای هرنیروگاه را از مرکز دیسپاچینگ کنترل کرد. درهرحال شکل(۲۱) یک حالت کلی‌را نشان میدهد و G_1 و G_2 و... هریک ممکن‌است بعنوان یک واحد تولید یایک نیروگاه‌درنظرگرفته شوند.

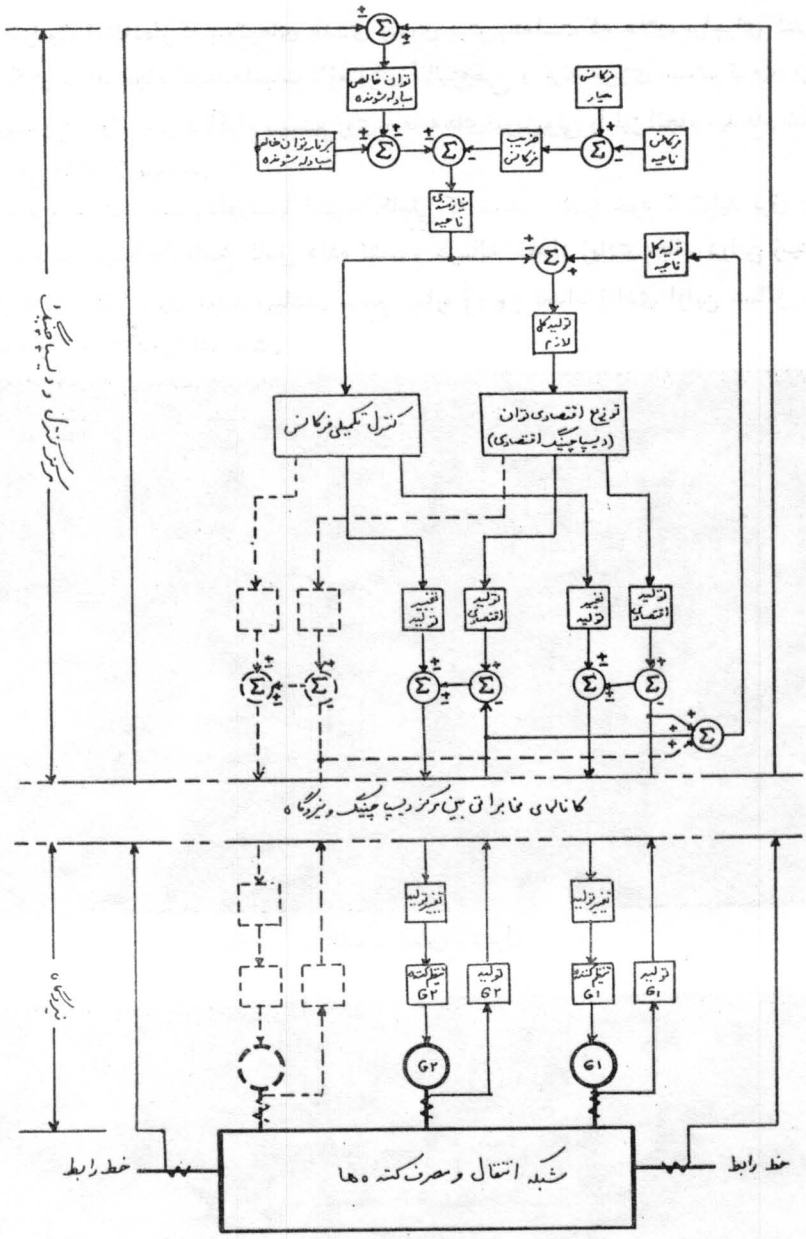
تاحدود ۱۵ سال پیش اغلب دستگاههای کنترل خودکار تولید در مؤسسات برق امریکا بوسیله مدارهای الکتریکی والکترونیکی‌طرح واجرا میشده‌اندکه هنوزهم بعضی ازآنها بکارشان ادامه میدهند. این دستگاهها بطورکلی‌بنام کامپیوترهای‌دیسپاچینگ معروف هستند ودر واقع‌نوعی کامپیوتر قیاسی[۲] میباشندکه‌برای‌این منظور خاص‌ساخته شده‌اند[۲] پس‌از تکامل یافتن کامپیوترهای‌عددی[۳] مؤسسات برق بفکر آن افتادندکه‌ازاین کامپیوترها برای کنترل خودکارتولید استفاده کنند[۱۷].

---

۱ — Tie-line frequency bias control

۲ — Analog computer

۳ — Digital computer



شکل ۲۱- دیاگرام محل کنترل خودکار تولید در سیستم بهم پیوسته

در طرحهای اولیه‌ازکامپیوترهای عددی فقط برای تعیین ضرایب فرمول تلفات انتقال نیرو[۹] وحل‌معادلات ـ دیسپاچینگ اقتصادی[۸] استفاده میشده‌است. در مرکز دیسپاچینگ‌اطلاعات ورودی ابتدا از صورت پیوسته[۱] توسط‌نمونه ـ گیری[۲] به‌صورت‌عددی[۳] درآمده ووارد کامپیوتر میشدند، بقیه اطلاعات لازم‌نیز مستقیماًتوسط بهره برداربه کامپیوتر داده‌شده‌و کامپیوتر محاسبات مربوطه را انجام میداد . سپس نتیجه محاسبات برای تنظیم کامپیوترقیاسی کنترل تولید بکار رفته‌وعملیات کنترل بوسیله کامپیوتر قیاسی اجرامیشد[۱۸].

پس‌از تکامل یافتن کامپیوترهای‌عددی وبوجودآمدن برنامه‌نویسی کامپیوتر بزبانهای عالی‌ترمانند Fortran برموارد استعمال کامپیوترهای عددی برای آنالیز مسائل مربوط به‌بهره برداری‌افزوده شد. درهمین‌زمان باروی کارآمدن‌فنون پیشرفته‌ترکنترل،مانند فرمان عددی‌مستقیم[۴] [۱۹]،دراجرای کنترل خود کارتولیدنیز بهبودی‌های قابل ملاحظه‌ای بدست آمد [۲۰] .

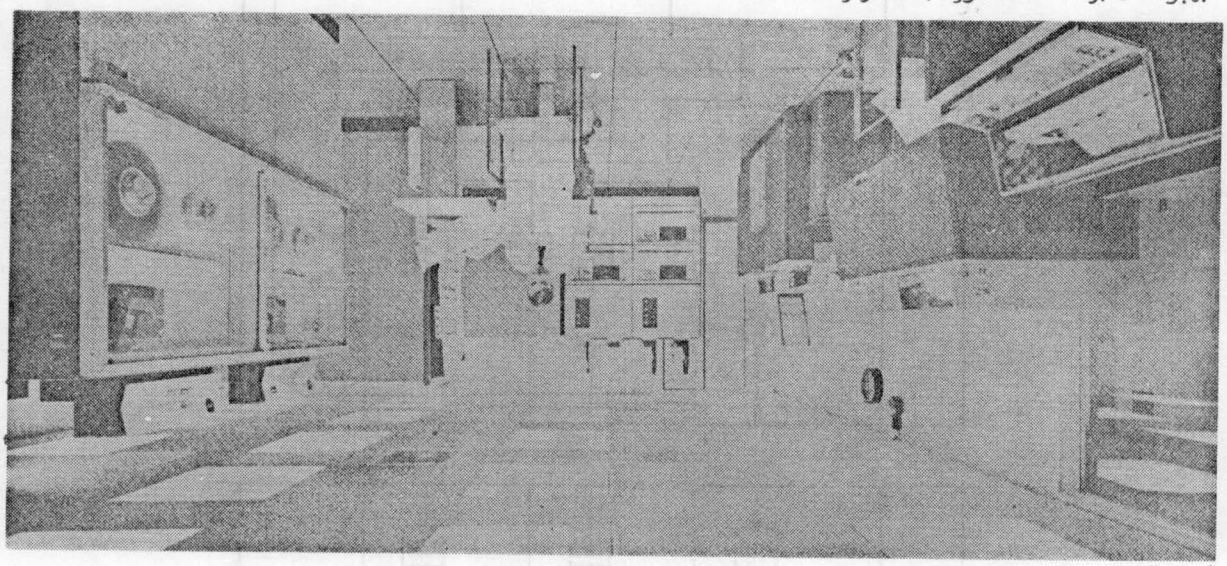
---

۱ — Continuous ۲ — Sampling ۳ — Digital

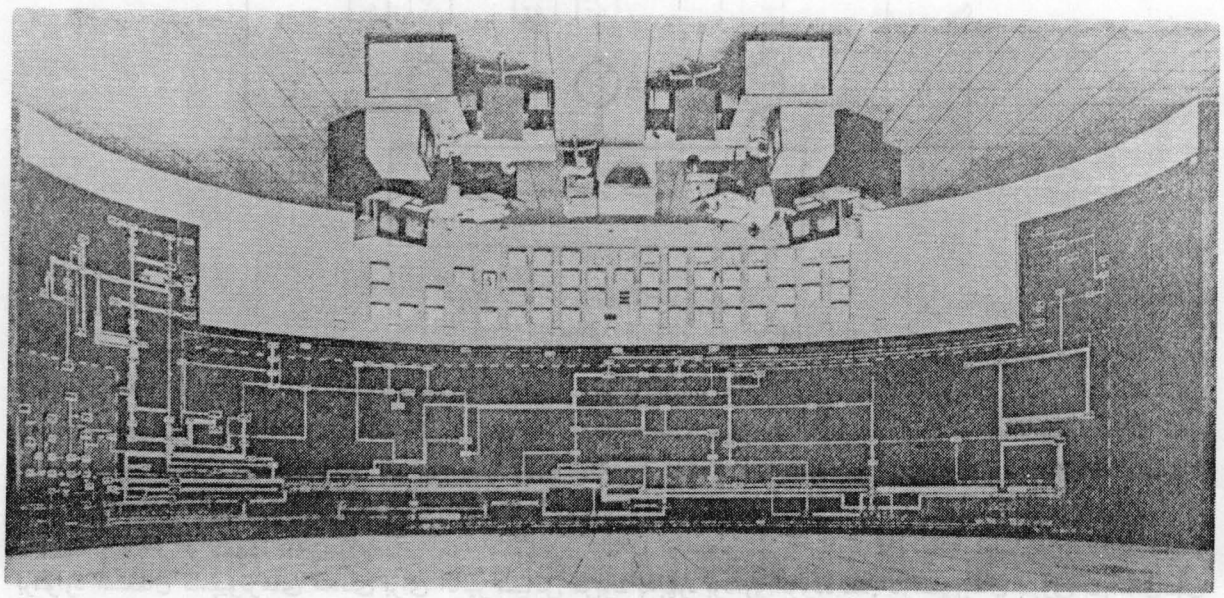
۴ — Direct digital control

درحال‌حاضرفنون استفاده‌ازکامپیوترهای عددی بقدری پیش‌رفته‌است که علاوه براجرای کنترل‌خودکارتولید[1] (AGC) کارهای دیگری مانند انجام کلیه‌محاسبات لازم برای آنالیزوطرح و برنامه‌ریزی سیستم نیروی برق، مراقبت وتعیین اطلاعات لازم برای بهره بردار ونمایش دیاگرام سیستم روی صفحه‌های‌تلویزیونی را نیز انجام میدهد. شکل (۲۲) یک چنین مرکزکنترل مدرنی را نشان میدهد.

در خاتمه بی‌مناسبت نیست‌یادآورشدبا اینهمه‌تکاملی که مسئله کنترل‌خودکارتولید برق پیداکرده‌است‌هنوز هم بتمام مشکلات و مسائل مربوطبآن پاسخ کامل داده نشده و هرساله تعداد زیادی مقاله دراین زمینه انتشار مییابند که هدف همگی‌شان بهترکردن رفتارکنترل تولید میباشد. مرجع شماره [۲۱] تعداد زیادی ازاین مسائل وقدمهائی که برای بهبودشان برداشته شده‌مورد بحث قرار داده است.



الف ـ اطاق کنترل



ب‌ـ اطاق کامپیوتر

شکل ۲۲- یک مرکز مدرن کنترل و دیسپاچینگ

---

۱ — Automatic generation control