

東北電力株式会社 納
中央制御式自動負荷周波数制御装置
 Centralized Automatic Load Frequency Control Equipment
 for the Tohoku Electric Power Co., Inc.

本 間 四 郎* 鈴 木 正 義** 今 井 吉 幸**
 Shirô Honma Masayoshi Suzuki Yoshiyuki Imai

内 容 梗 概

東北電力株式会社に納入した自動負荷周波数制御装置 (AFC) は最近の課題を解決するよう製作されたもので、いろいろな特長をもっている。そのおもなものは下記のとおりである。

- (1) AFC 制御特性を経済負荷配分装置とは無関係に広範囲にわたって、任意に整定することができる。
- (2) 水力発電所、火力発電所をそれぞれの特性に応じた速度で協調制御することができる。

今回は中給装置および4水力発電所装置を納入したが近い将来火力発電所数箇所が増設される。数回にわたり現地試験を行なったがその結果はきわめて良好で、今後の稼動実績が大いに期待される。

1. 緒 言

近年における自動負荷周波数制御 (AFC) は、単に系統周波数を調整するだけでなく、下記課題を解決することが必要となってきた。

- (1) 系統容量の増大に伴い、十分な調整容量を確保するため、火力発電所をも自動周波数制御することが必要となってきた。この場合、水力発電所と火力発電所との合理的な協調方式を開発する必要がある。
- (2) AFC 発電所が多くなると、これら相互間の経済負荷配分制御 (EDC) が必要となり、AFC と EDC の協調方式を開発する必要がある。

昭和38年1月に東北電力株式会社、中央給電指令所 (以下中給と略す)、本名、上田、八久和、上野尻発電所に納入した AFC 中央制御装置は、これらの課題を解決したもので、いろいろな特長をもっている。そのおもなものをあげると下記のとおりである。

- (1) AFC 制御速度を大幅に変えることのできる積分方式とした。
- (2) AFC と EDC の特性を個別に変えることのできる協調方式とした。
- (3) 制御信号を計算する演算要素にはすべて磁気演算増幅器を用いたため、装置の信頼度が高く、また著しく小形化されている。(従来の1/3)
- (4) 発電所側の制御電動機 (GM) 駆動回路には、制御電動機の目標回転角計算用の積分器をおき、実回転角をこの目標値に追従させる方式 (モータ定位化方式) としたので、広範囲に制御速度を調整することができる。また起動電圧、機構的不動帯などが制御特性に及ぼす悪影響をこの方式によって避けることができる。

2. 制御内容と方式

2.1 制 御 対 象

本装置は東北電力系統の周波数または隣接系統 (東京電力系、電発系) との連系線負荷を自動調整するもので、本名 (26 MW×3)、上田 (21.3 MW×3)、上野尻 (17 MW×3)、八久和 (30 MW×2) の4水力発電所を制御対象としている。将来は数箇所の火力発電所が調整発電所として増設される予定となっており、現在すでに、八戸火力発電所分を製作している。

2.2 制 御 の 種 類

本装置で可能な制御は下記のとおりである。

2.2.1 FFC (Flat Frequency Control)

連系線電力に無関係につねに系統周波数を許容偏差内に保つような制御。

2.2.2 FTC (Flat Tie Line Control)

系統周波数に無関係につねに連系線電力を許容偏差内に保つような制御。

2.2.3 TBC (Tie Line Bias Control)

周波数偏差 ΔF と連系線電力偏差 ΔPt を検出し、それらから自系統に発生した需用変動を求め、自系統に発生した擾乱 (じょうらん) に対してのみ自系統内の調整発電所を応答させて連系系統の AFC を行なう方式で、その結果として ΔF , ΔPt を許容偏差内に保つような制御。

2.2.4 SFC (Selective Frequency Control)

周波数偏差 ΔF と連系線電力偏差 ΔPt が所定値以上となったとき、これらの極性の組み合わせから自他いずれの系統に擾乱原因があるかを判定し、自系統に原因があると判定した場合だけ自系統発電所を制御して ΔF , ΔPt を許容偏差内に保つような制御。

2.2.5 時差補正制御

系統の時差 (電気時計の遅れあるいは進み) を0にする制御。
 本制御は FFC、あるいは TBC の制御信号に時差補正信号を加味して行なう。

2.2.6 連系線電力偏差積算値制御

連系線電力偏差積算値 (MWH) を零にする制御。
 本制御は TBC あるいは FTC 時の制御信号に積算値補正信号を加味して行なう。

2.3 制 御 方 式

制御方式には新たに開発した積分制御方式を採用した。

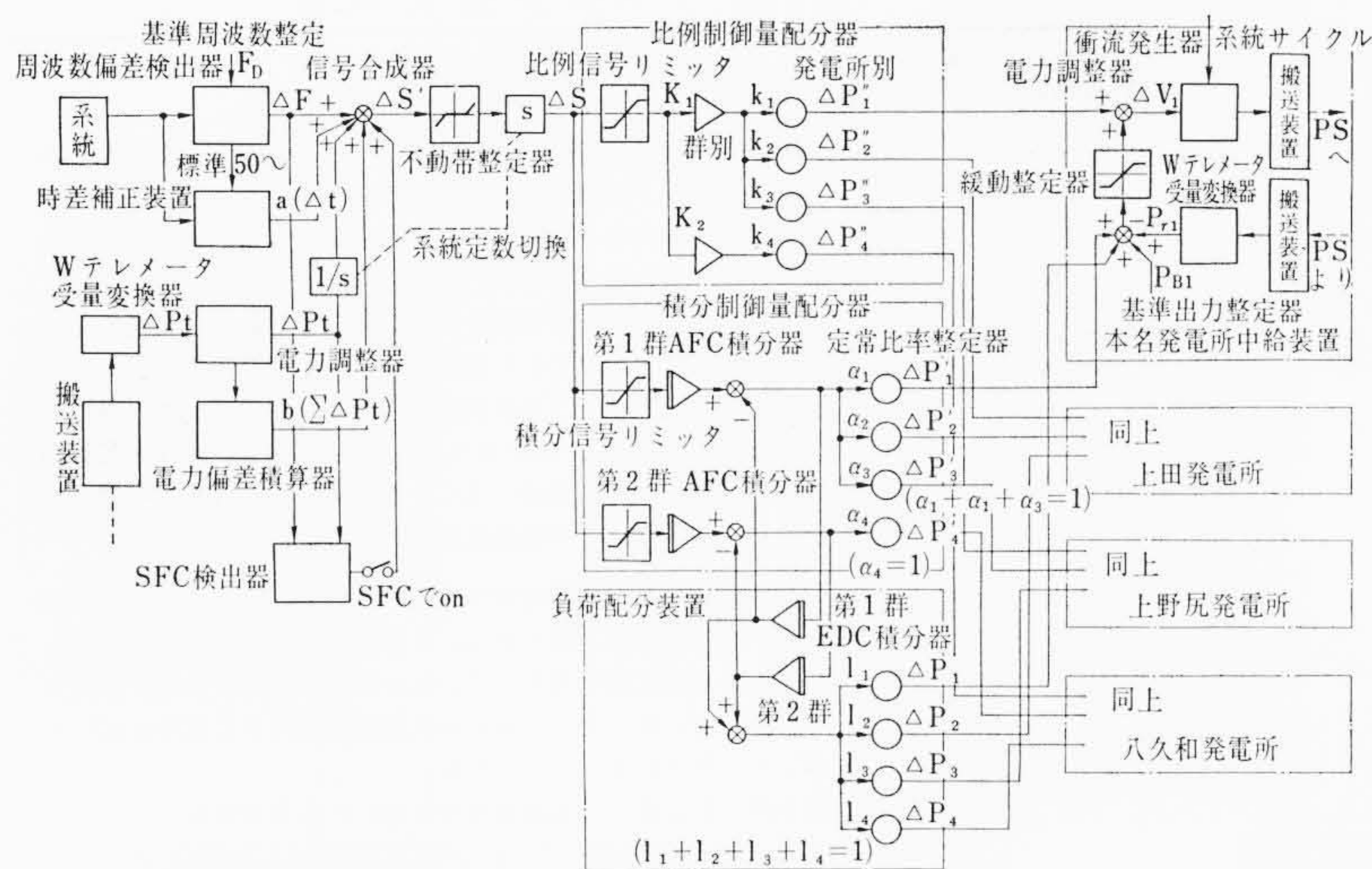
2.3.1 制御方式説明

本装置の制御ブロック図は、第1,2図に示すとおりである。ここでは常時使用される TBC を例にとり、その動作を説明する。

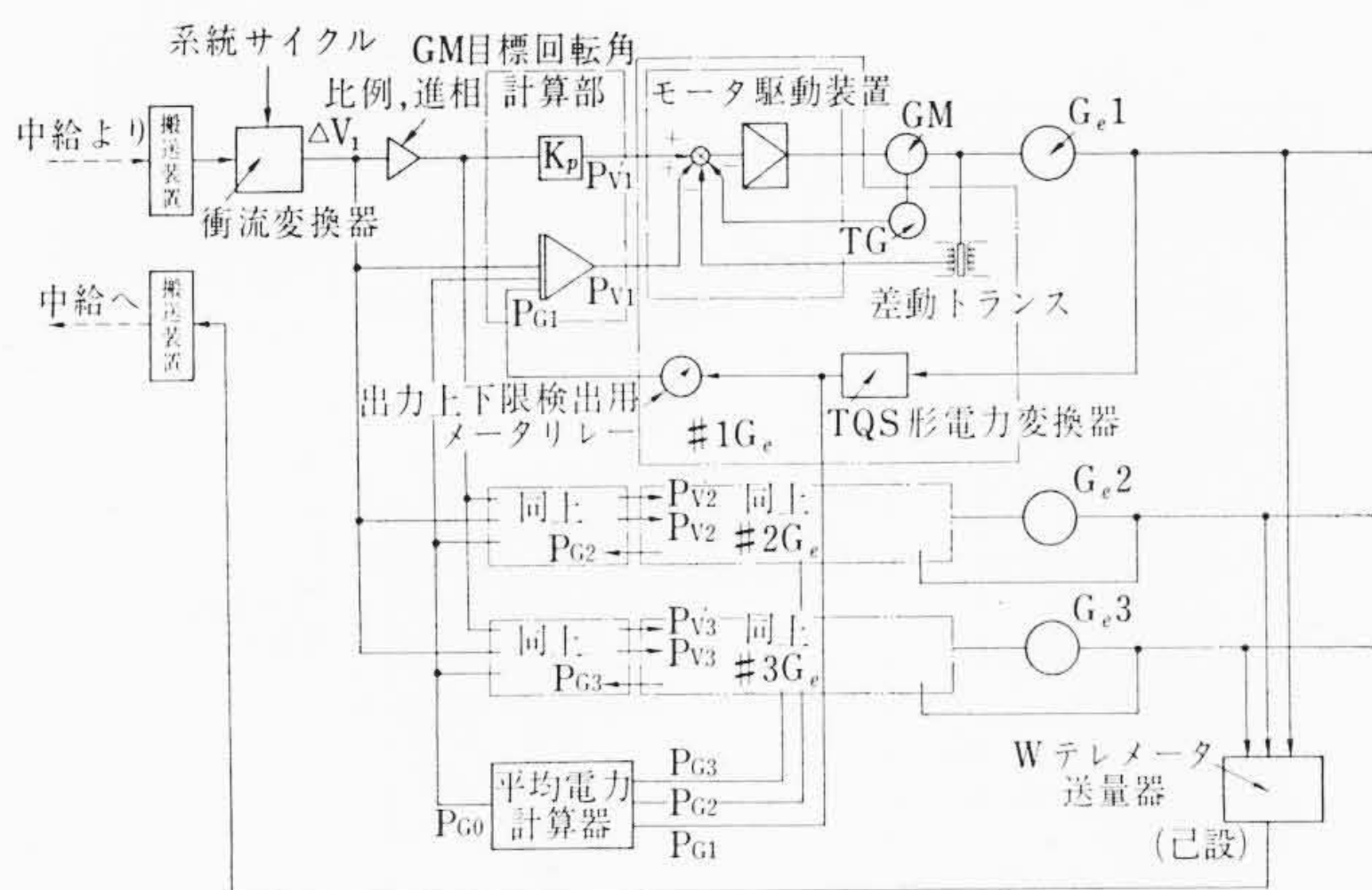
基準周波数整定器で整定した基準値 F_0 と系統周波数との偏差 ΔF は周波数偏差検出器によって検出され、 ΔF に比例した直流電圧に変換される。時差補正装置では時差 Δt がある値以上になったとき、一定の補正信号 $a \cdot \Delta t$ がつくられる。連系線電力偏差 ΔPt は融通点 (本名変電所) で検出されアナログテレメータで中給に送られる。中給ではテレメータ受量変換器を介して電力調整器で

* 東北電力株式会社

** 日立製作所国分工場



第1図 積分制御方式ブロック図(中給側)



第2図 積分制御方式ブロック図(発電所側)

これを ΔPt に比例した直流電圧に変換する。電力偏差積算器は電力調整器より ΔPt を受けてこれを積分し積算値 $\sum \Delta Pt$ (MWH) がある値以上になったとき、一定の大きさの補正信号 $b \cdot \sum \Delta Pt$ を出す。検出された ΔF , $a \cdot \Delta t$, ΔPt , $b \cdot \sum \Delta Pt$ は信号合成器で加算され AFC 操作信号 $\Delta S'$ が作られる。

$$\Delta S' = \Delta F + \frac{\Delta Pt}{s} + a \cdot \Delta t + \frac{b \cdot \sum \Delta Pt}{s} \quad (1)$$

s : 系統定数 (MW/0.1~)

ここで連系統線電力偏差 ΔPt (MW) を系統定数 s で除し周波数偏差相当量 ($\Delta S'$) に換算する。これは後述の不動帯整定を周波数で行なうことが諸般に好都合であるために採用したもので、合成された AFC 操作信号 $\Delta S'$ は不動帯整定器にはいり適当な不動帯が付与される。この出力に系統定数を乗じ MW 量 (ΔS) に換算される。不動帯を零にした場合には MW 量に換算した AFC 操作信号 ΔS は下式で表わされる。

$$\Delta S = s \Delta F + \Delta Pt + s a \Delta t + b \cdot \sum \Delta Pt \quad (2)$$

- ただし ①: TBC 信号
②: 時差補正信号
③: 電力偏差積算値補正信号

ΔS は比例制御量配分器、積分制御量配分器、および負荷配分装置に送られ、それぞれ短周期、中周期 (以上 AFC 対象) および長周期 (EDC) 変動分に分けて各発電所別に配分される。

短、中周期変動分に対しては、発電所をそれぞれの特性に応じて2群 (将来は火力発電所群を加えて3群となる) に分け、各群

別に大きく比例配分し、さらに各群内で発電所ごとに所定の比率となるよう信号を配分する。対象とする中周期、長周期変動の選別はそれぞれ AFC 積分器 (第1群、第2群)、EDC 積分器の積分速度の選定により任意に行なうことができる。

これら各回路の総合動作を階段状に変化する擾乱 (ΔS) が発生した場合につき説明すれば、擾乱発生当初は比例制御量配分器の比率によって制御信号が発電所に送られ、ついで積分制御量配分器の比率、最終的には負荷配分装置の比率で、各発電所に負荷が分担される。今 $\#i$ 発電所を例にとると、上述の諸信号 (比例制御量 P_i'' , 積分制御量 $\Delta P_i'$, 負荷配分装置からの信号 ΔP_i) は別に整定した発電所基準出力整定値 P_{Bi} に加えられて $\#i$ 発電所の目標出力値が計算される。一方 $\#i$ 発電所からは実出力 P_{ri} がテレメータで送られてくるが、これを上記制御目標出力値と比較して、その偏差 ΔV_i が求められる。 ΔV_i は発電所向操作量として12~24Vの衝流に変換し $\#i$ 発電所へ送られる。ここで ΔV_i は下式で表される。

$$\Delta V_i = (\underbrace{\Delta P_i'' + \Delta P_i' + \Delta P_i}_{\text{AFC信号}}) + P_{Bi} - P_{ri} \quad (3)$$

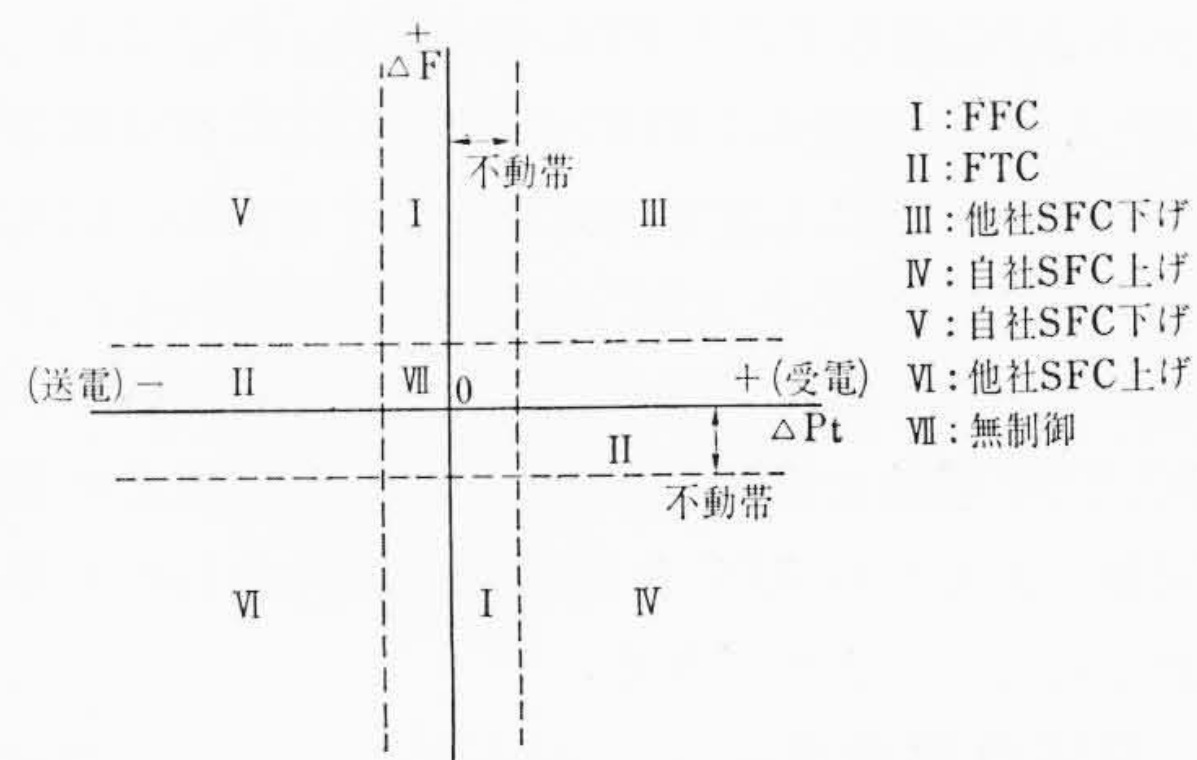
発電所側では衝流の形で送られた操作量 ΔV_i を衝流変換器で直流電圧に変換し中給で計算された ΔV_i を再現する。 ΔV_i は比例進相回路を介して GM 目標回転角計算部にはいる。 GM 目標回転角計算部は、中給で求めた発電所出力目標値に相当する GM 回転角を計算する部分で比例および積分器の並列回路から成っている。これは発電機ごとに設けてあり各機に適した特性に整定できる。モータ駆動装置は GM 目標回転角信号と GM の実回転角を比較し、その差量を SCR 増幅器で増幅し、GM 回転角を目標信号に追従させる。このようにして ΔV_i が零になるまで、すなわち中給で計算された目標出力値に実出力が一致するまで GM を制御する。

以上、TBC の場合について説明したが FFC, FTC の場合は、信号合成器にはいる信号が異なるだけで、そのほかの動作原理は全く同じである。すなわち信号合成器にはいる信号を周波数偏差 ΔF + 時差補正信号 $a \cdot \Delta t$ とする場合が FFC であり、連系統電力偏差 ΔPt + 電力偏差積算値補正信号 $b \cdot \sum \Delta Pt$ とすれば、FTC である。SFC は周波数偏差 ΔF および連系統電力偏差 ΔPt が所定の大きさを越えたか否かを検出し、これとその極性によって現在の偏差が自他いずれの系統が原因で生じたかを判断する。

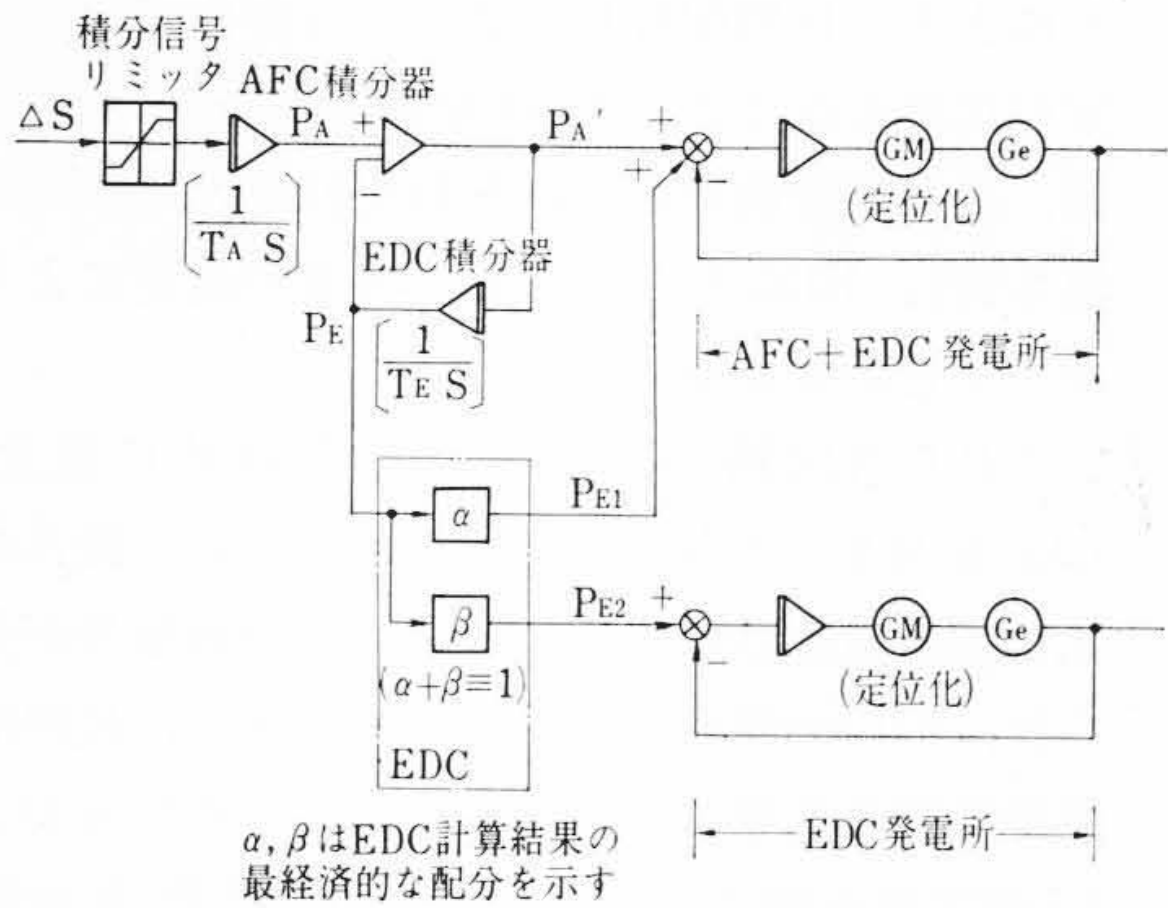
系統状態が第3図の Zone V, IV にあるときは自系統内に需用変動があった場合であるから、一定量の補正信号を出して AFC を行なう。また Zone I, II にあるときは、自系統、他系統が協力して FFC または FTC を行なうことになっている。

2.3.2 制御方式上の特長

積分制御方式のおもな特長は下記のとおりである。



第3図 SFC Zone 説明図



第 4 図 AFC と EDC の協調方式説明図

(1) 調整発電所の群別制御

AFC 調整発電所を水力群と火力群、または水力発電所を同一の水系に属する発電所群と他の水系に属する発電所群に分けて、制御できるのでそれぞれ固有の特性に合った制御を行なうことができる(火力群は将来増設予定)。

(2) EDC との協調

AFC はシステムの周波数偏差 ΔF を零にするよう制御してつねに系統の需給平衡をとるものであるが、AFC で吸収した各発電所の負荷は必ずしも最経済的な配分になっていない。EDC はこれらの負荷を最経済的な分担とするための制御装置で、短周期で変動する負荷分に対してはこの制御を行なう意味がないので長周期成分だけを対象とするのが通例である。

本積分制御方式は、これら目的を異にする二つの制御をそれぞれの制御特性を拘束することなく協調させるよう開発されたものである。第 4 図はこの協調方式の骨子を示したものである。第 4 図において下式の関係が成立する。

$$P_A' = P_A - P_E$$

P_A' : “AFC+EDC 発電所” への AFC 信号

$$P_{E1} = P_E \cdot \alpha$$

P_{E1} : “AFC+EDC 発電所” への EDC 信号

$$P_{E2} = P_E \cdot \beta$$

P_{E2} : “EDC 発電所” への EDC 信号

$$P_E = \frac{1}{T_E} \int P_A' dt$$

T_E : EDC 積分器時定数

まとめると

$$\begin{aligned} L[P_A'] + L[P_{E1}] + L[P_{E2}] \\ = \frac{T_E \cdot S}{1 + T_E S} \cdot L[P_A] + \frac{\alpha}{1 + T_E S} \cdot L[P_A] \\ + \frac{\beta}{1 + T_E S} \cdot L[P_A] \end{aligned}$$

$$\therefore P_A'(t) + P_{E1}(t) + P_{E2}(t) = P_A(t)$$

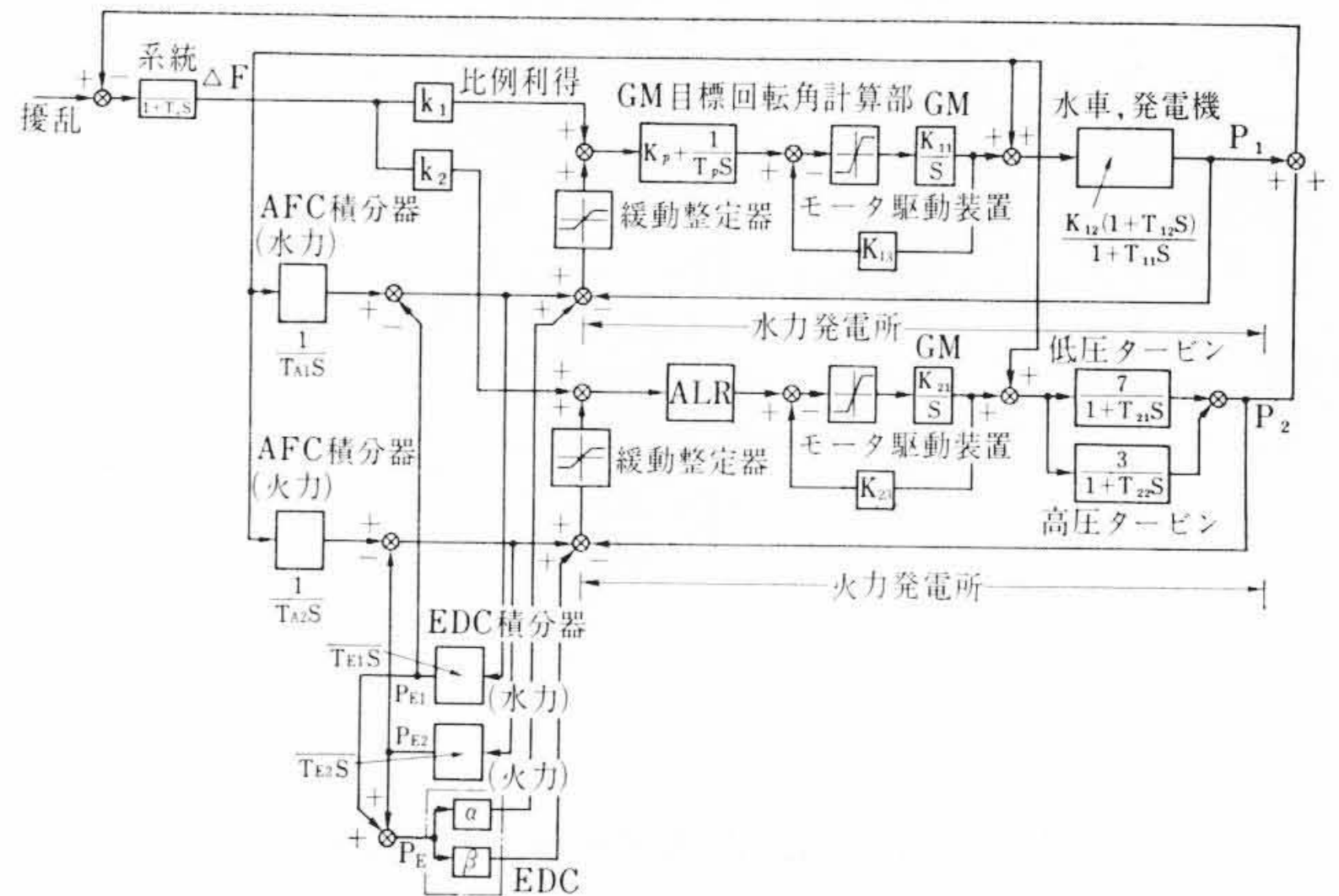
ただし $L[Pk]$ は $Pk(t)$ にラプラス変換を施したものを示す。すなわち AFC 信号 P_A' と EDC 信号 (P_{E1} , P_{E2}) の和は P_A とつねに等しい。この関係は EDC の速度 (EDC 積分器時定数) とは無関係に過渡的にも定常的にも成立するので、EDC を AFC に結合しても、AFC と EDC の協調分担が変わるだけで、系統周波数の仕上がりには影響がないことを示している。換言すれば AFC, EDC 特性をそれぞれの目的に応じて独立に整定することが可能であるから AFC と EDC の協調はきわめて容易でかつ広範囲に行なうことができる。

(3) GM の定位化

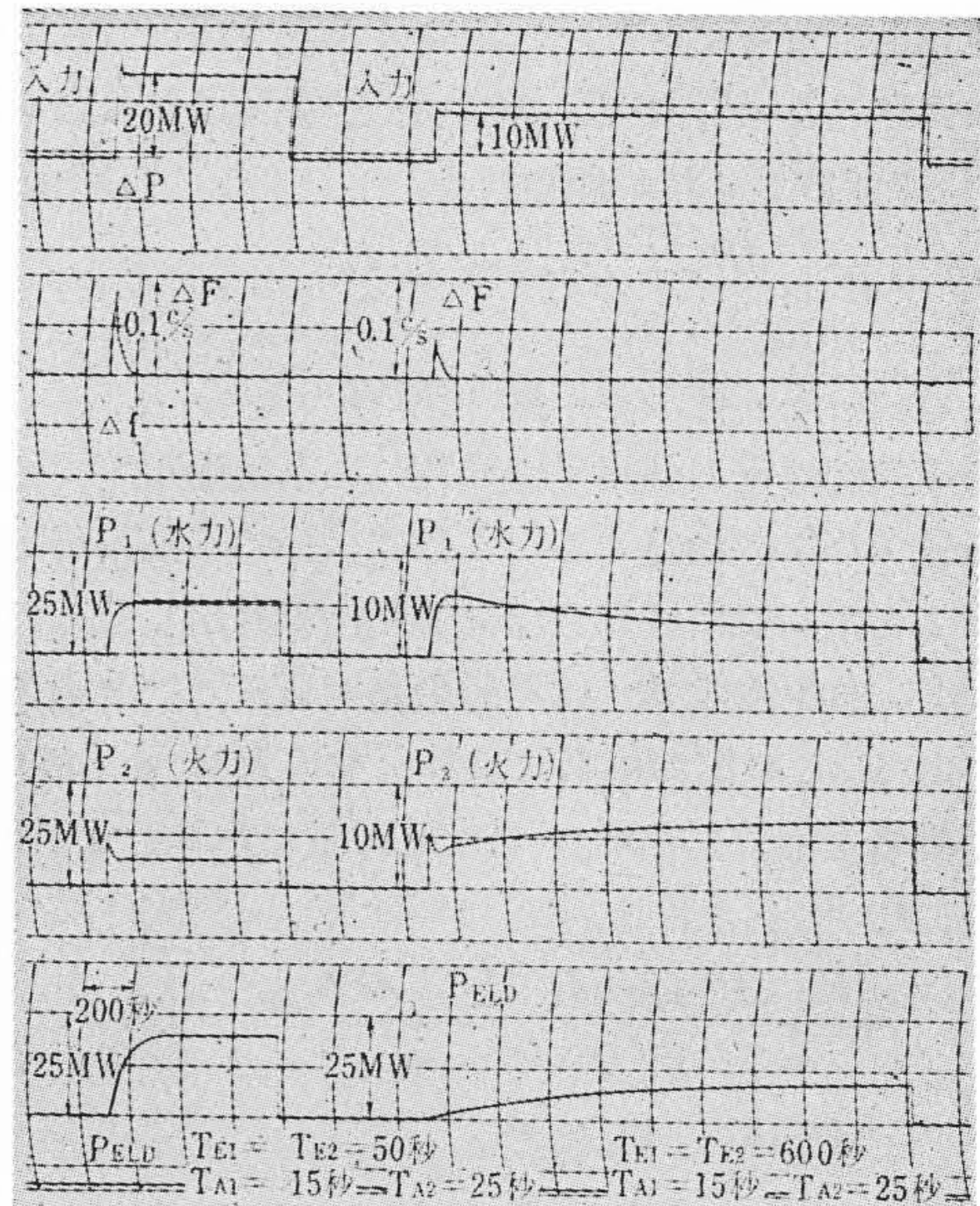
GM 操作用電力増幅器の前段に GM 目標回転角計算部をい

第 1 表 アナコン解析結果

解析項目	結果	解析結果の要約
ステップ応答	(1) AFC制御特性 (ΔF 回復時間)は主として中給側AFC積分時定数で決るが、AFC積分時定数は15秒以上であればAFC制御系は安定である。第6図はAFC積分時定数が小さいときのステップ応答の例である。 (2) 第6図はAFC積分時定数を固定してEDC積分時定数を小さくした場合と、大きくした場合の比較を示したもので、それぞれ系統周波数の仕上がりには相違がないが、発電所出力が最終的な配分比率(EDCで配分された比率)に到達する時間がEDC積分時定数によって変わってくることがわかる(EDC積分時定数によりAFC制御特性は影響をうけない)。	
周波数応答	(1) 負荷変動周波数と調速機動作AFC, EDCそれぞれの分担範囲を示したのが第7図である。1分以下の短周期は調速機がとり(火力の調速機は動作が早いので短周期成分の大部分を火力が分担している)、2~10分の中周期成分はAFC配分比にしたがって分担されることがわかる。 (2) 第8図は本方式の可能制御範囲を示したものである。 ① (AFCを最も早くかつEDCも早くした場合)と ④ (AFCを遅くしてEDCを遅くした場合)から AFC特性EDC特性の制御特性をいかに広く整定し得るかがわかる。	

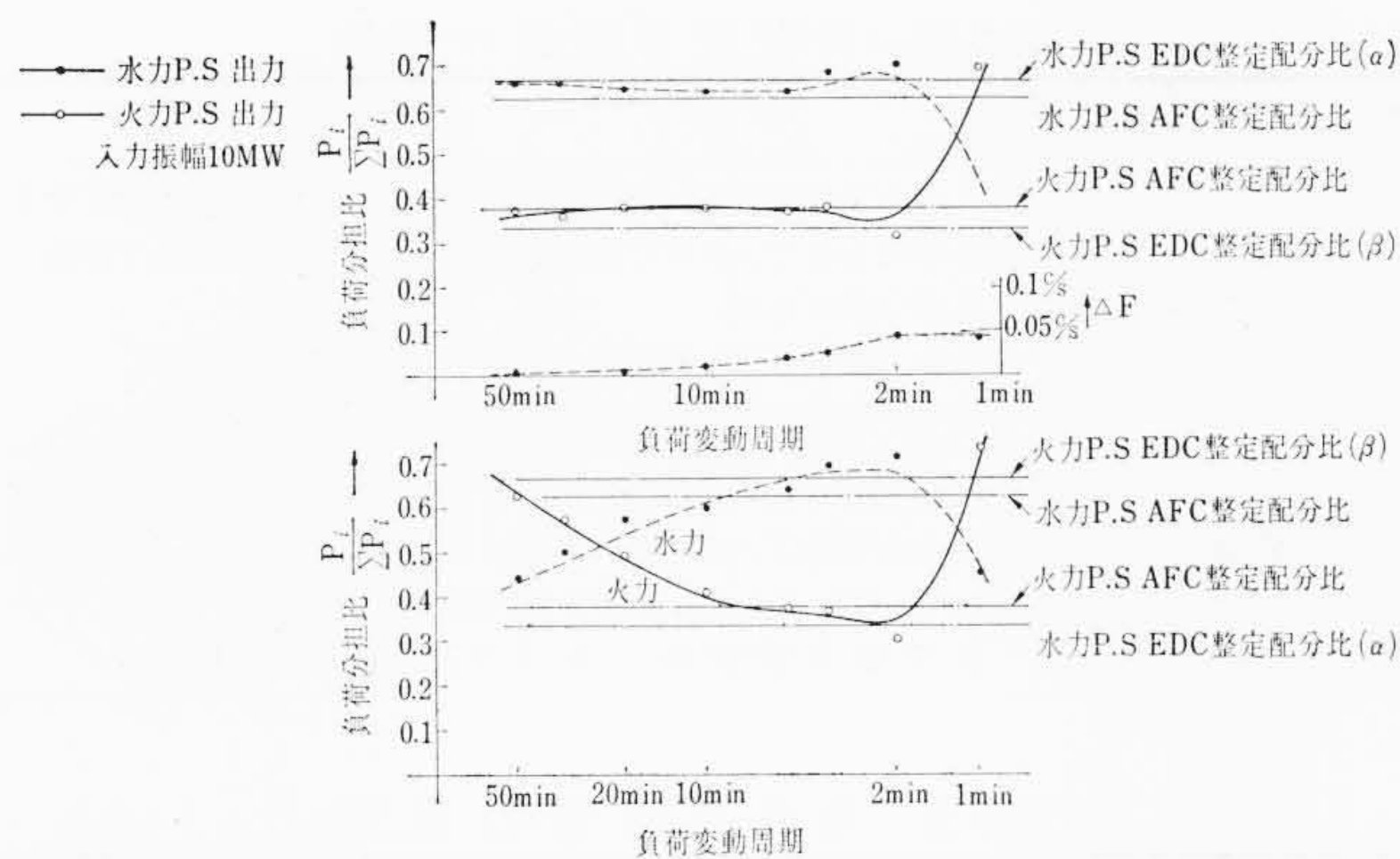


第 5 図 アナコン解析ブロック図

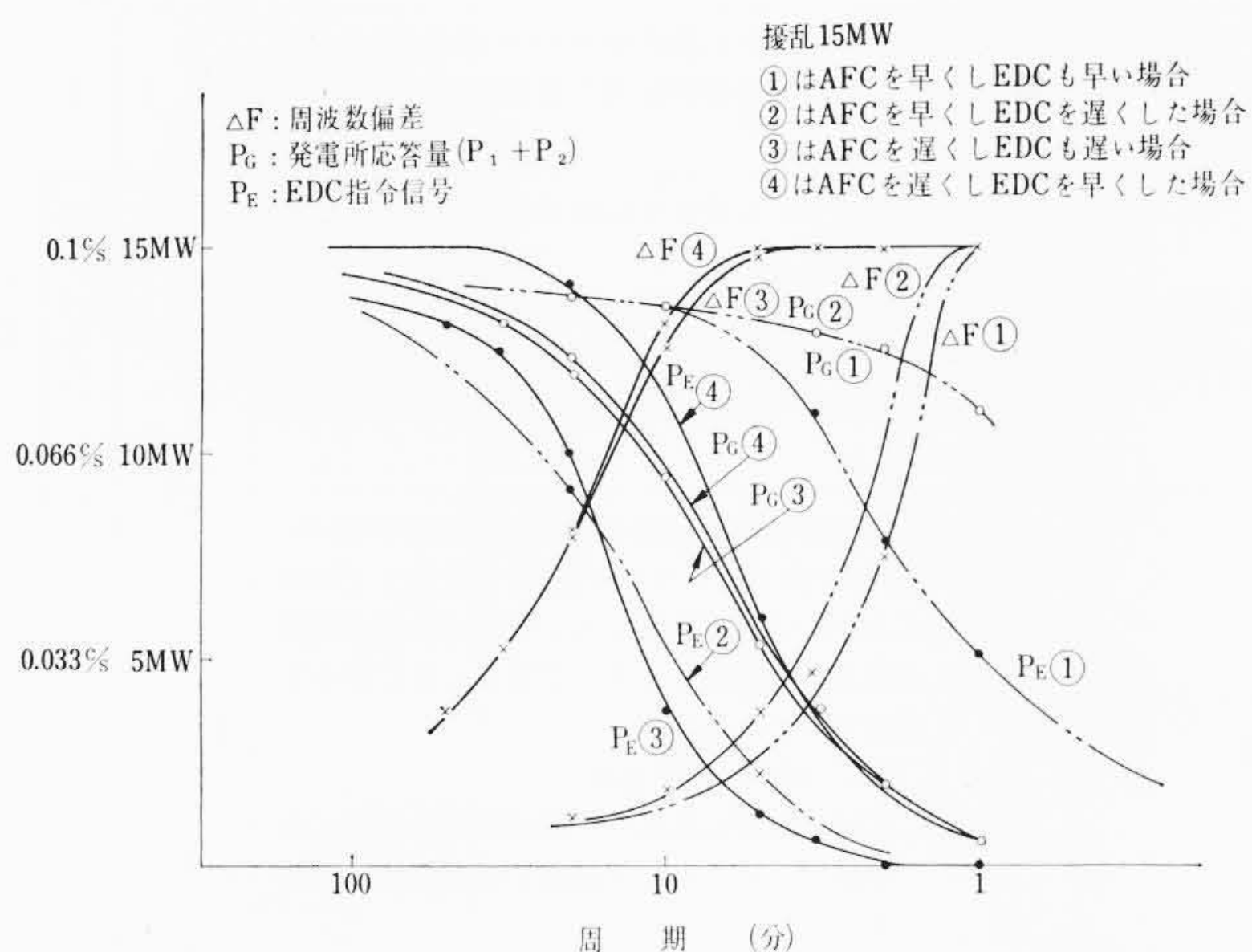


第 6 図 アナコン解析結果(ステップ応答)

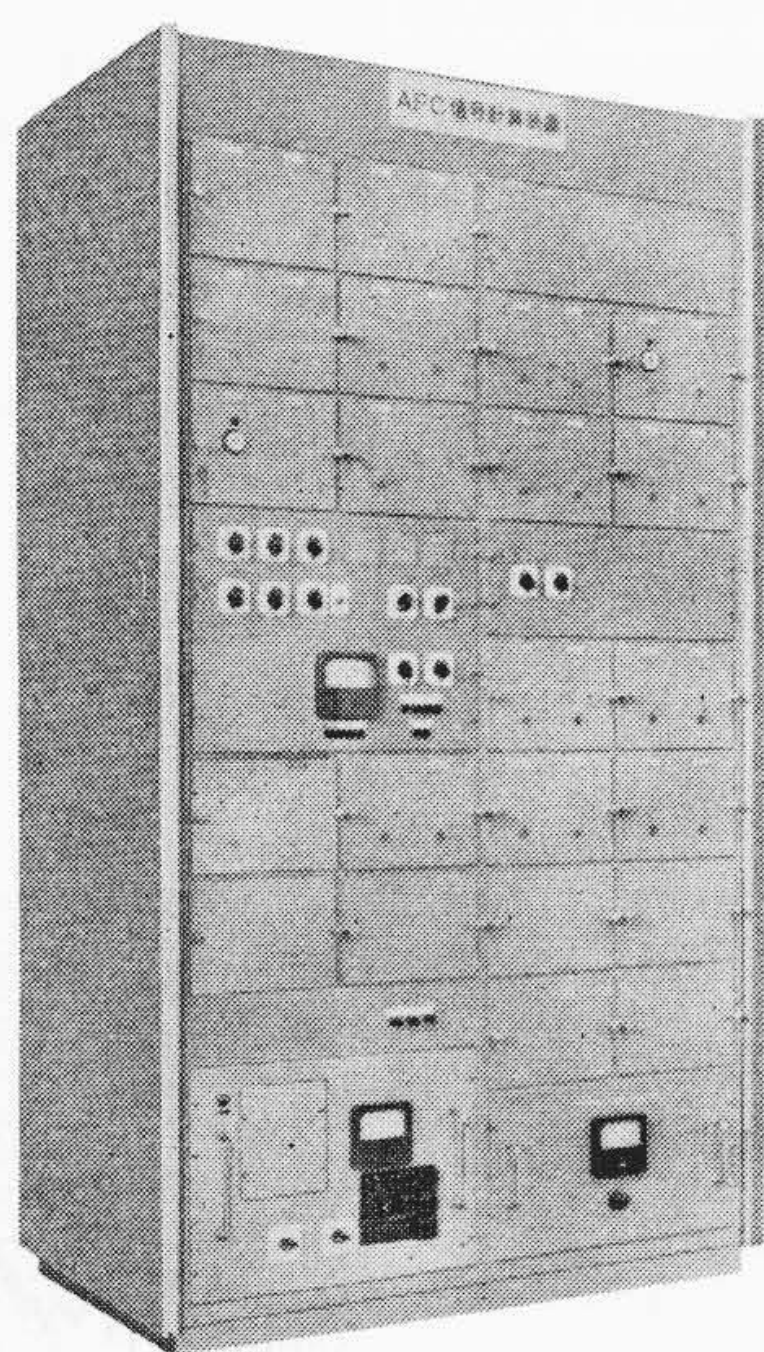
て、これで目標回転角を作り、GM の実回転角をこれに追従させる方式を採用したので、応答特性が改善され AFC の周波数応答がすぐれている (各号機別 GM の速度の不ぞろい、GM 起動電圧、GM 機構部のバックラッシュなどの弊害を避け得る)。



第7図 アナコン解析結果(周波数応答その1)



第8図 アナコン解析結果(周波数応答その2)



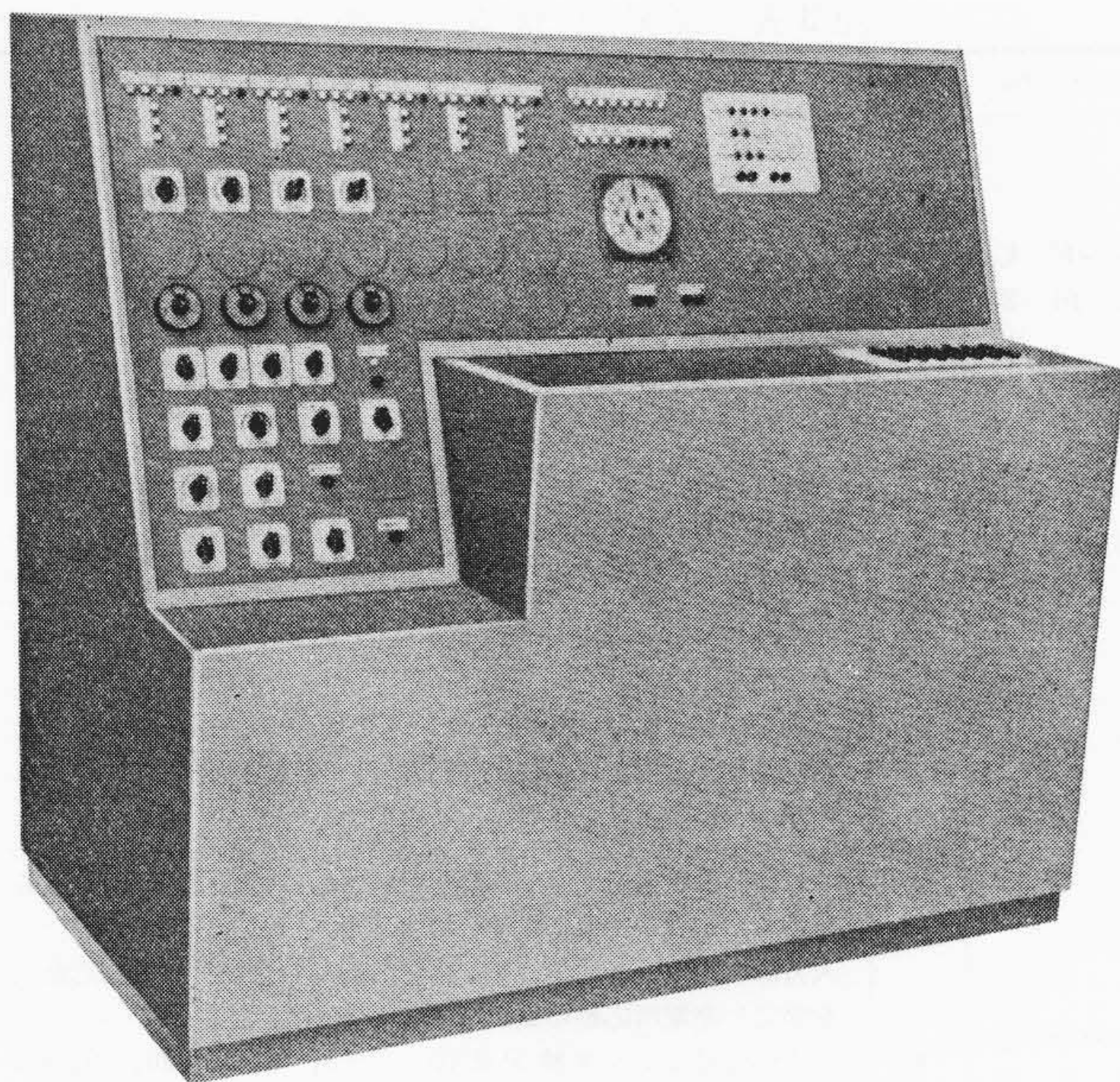
第9図 信号計算架(中給設置)

3. アナコン解析結果

前章に記載した方式の特性(過渡応答, 周波数応答, AFCとEDC協調特性), 安定度を明らかにするためアナコン解析を行った。この解析は, 水力1群, 火力1群の場合について行なったが, その解析ブロック図を第5図に示す。おもな結果は第1表, 第6~8図に示すとおりである。

4. 装 置

本装置は中給装置および発電所側設置装置(本名, 上田, 上野



第10図 制御機(中給設置)

第2表 検出架の概要

名 称	員数	機能および簡単な動作原理
連 系 線 電力調整器	1	搬送式テレメータより連系線電力偏差信号をうけて指示するとともに, 摺動抵抗の可動子位置に変換する電子管平衡計器である。この出力は信号合成器および電力偏差積算器に渡される。 目 盛 $-60 \sim +60 \text{ MW}$
電力偏差 積 算 器	1	これは連系線電力調整器より電力偏差相当の電圧をうけてこれを積算し, その積算値を発信スライドの位置として取り出すサーボ積算器である。必要に応じ押ボタンスイッチにより自動的に指示を零点に戻すことができる。 目 盛 $-60 \sim +60 \text{ MWH}$ 出 力 DC電圧(電力偏差積算値補正信号)
精密周波数 検 出 器	1	これは系統周波数を99倍し, これと標準周波数発振器から得た基準周波数と比較して両者の周波数差を取り出し, これを飽和変圧器とTRSを用いた周波数回路で直流電圧に変換するものである。 基準周波数整定範囲 $48.8 \sim 50.2$ の間 0.1 ~ ステップ 出 力 周波数偏差 0.1 ~ につき DC 1V 精 度 整定周波数において ± 0.005 ~ 以下
周 波 数 調 整 器	1	これは周波数偏差をウィーンブリッジで検出し, これをしゅう動抵抗可動子位置に変換する電子管平衡計器で, 周波数が $48.5 \sim 51 \text{ c/s}$ の範囲から出たときに接点を動作させ警報を行なう。 目 盛 $48.5 \sim 51$ (48.5, 51 ~ で警報)
時 差 補 正 装 置	1	これは精密周波数検出器から標準 50 ~ の信号をもらって同期電動機を駆動し, これと系統周波数で駆動される同期電動機との回転差を差動歯車で取出し, 時差を指示するものである。 目 盛 $-60 \sim +60$ 秒 出 力 DC電圧(時差補正信号)

尻, 八久和) から成っている (AFC に必要となる操作信号伝送装置, テレメータ装置については本稿では述べない)。

4.1 装置の構成

中給設置装置は検出架, 信号計算架, 送受量信号変換架, 負荷配分装置, 制御機より成っている。第9, 10図は信号計算架, 制御機の外観を示す。

発電所側装置は各発電所用負荷調整キュービクルおよび制御卓より成っている。

4.2 中給設置装置(除信号伝送装置)

4.2.1 検 出 架

検出架には AFC 制御信号の各種検出部が取り付けられるが, そのおもな機器の概要は第2表に示すとおりである。検出架で検出された周波数偏差 ΔF , 連系線電力偏差 ΔPt , 時差補正信号, 電力偏差積算値補正信号は信号計算架に送られる。

第3表 信号計算架の概要

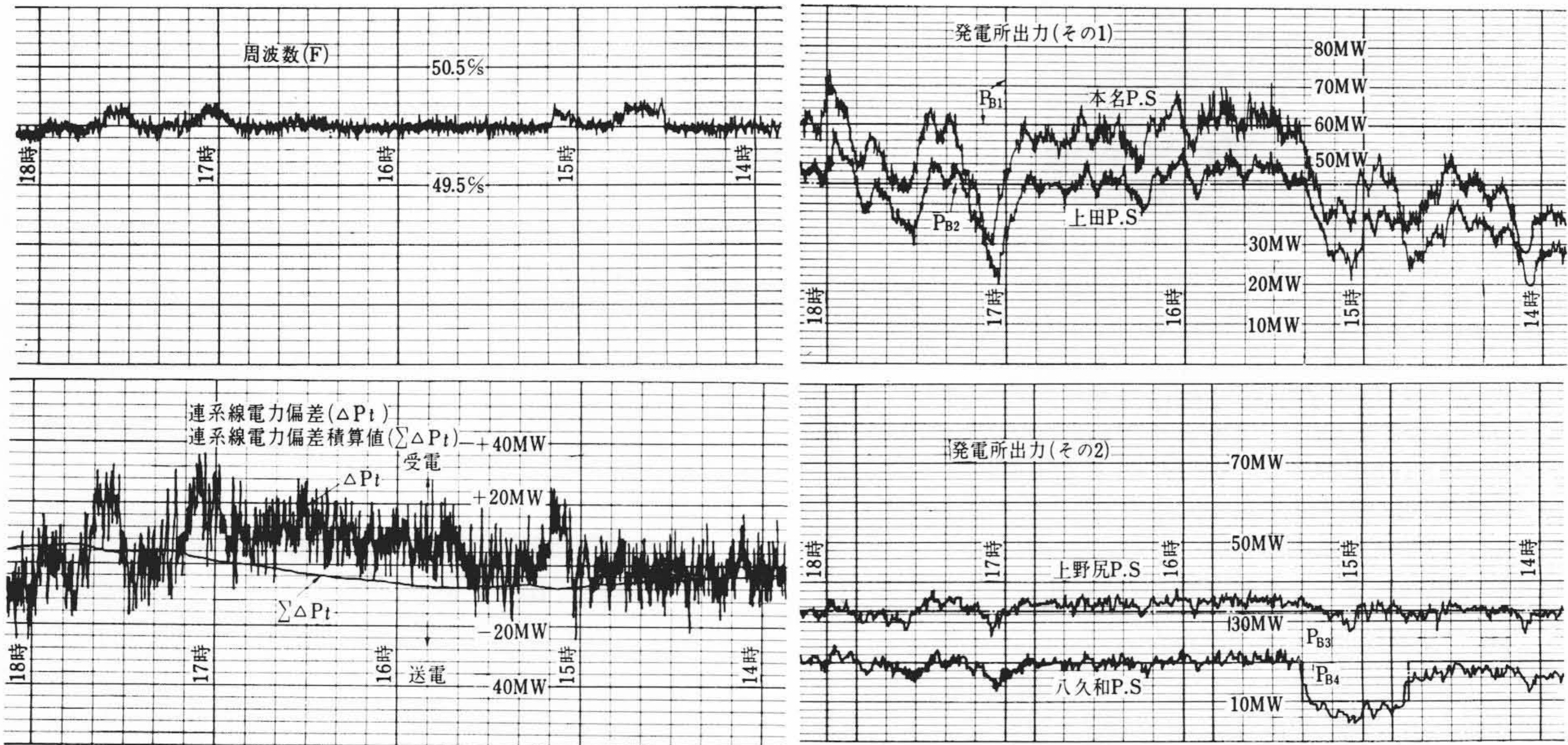
名 称	員数	機 能
S F C 検 出 器	1	これは周波数偏差 ΔF および連系線電力偏差 ΔPt の信号があらかじめ整定された不動帯を越えたときこれを検出するものである。 ΔF および ΔPt の大きさとそれぞれの極性により系統に発生した擾乱の状態を Zone 別に表示 (第3図) し、SFC制御時は自系統の擾乱であれば一定の補正信号を出す。 不 動 帯 整 定 範 囲 ΔF 0.05, 0.08, 0.1c/s ΔPt 10, 15, 20, 30MW
信号合成器	1	これはTBC, FTC, SFCの各制御種別に応じてAFC操作信号を合成するものである。
不 動 帯 整 定 器	1	これは信号合成器出力 $\Delta S'$ を受けてこれに不動帯を付与するものである。 不動帯の整定範囲は0~0.1~の間0.01~ステップで整定可能 不動帯整定器出力に系統定数(制御機で整定)を乗じてMW換算のAR(ΔS) 信号を作る。
比例制御量 配 分 器	1	これは ΔS を入力としてこれを群別さらに発電所別に配分し各発電所用電力調整器に渡すものである。 入力部に比例信号リミッタを置いてフリンジ変動の最大応動量を限定し発電所応動の安全を図っている。 比例信号リミッタ 整定範囲 $\pm 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50$ MW 群別過渡比率 整定範囲 0~1.0の間0.1ステップ 発 電 所 別 整 定 範 囲 0~1.0の間(整定器は制御機取付)
積分制御量 配 分 器 (第1,2群)	2	これは ΔS を受けて積分しその出力を群内の発電所に設定比率(定常比率)とおりに配分して各発電所緩動整定器に渡すものである。 なお入力部に信号リミッタを置いて発電所の最大制御速度を限定し、各発電所の特性に応じて安全変化率の信号を作るようにしている。 積分器出力は負荷配分装置へも送られEDC信号計算用に使用する。 積分信号リミッタ 整定範囲 $\pm (5\sim 50)$ MW の間で切換整定 積 分 時 定 数 整 定 範 囲 15~150 秒間の切換整定 (注 第2群は15~600秒の間切換整定可能) 定常比率整定範囲(制御機にて整定) (0~10) の間で切換整定
緩動整定器	4	これは積分制御量配分器からの信号 $\Delta Pi''$, 負荷配分装置からの信号 $\Delta Pi'$, 基準出力整定値 P_{Bi} およびテレメータより発電所実出力 P_{ri} 相当の信号を受けて目標出力と実出力の差を計算するものである。この差信号は制御の安全を図るためリミッタ回路で一定限界以内の大きさに抑えて電力調整器へ送られる。このためテレメータの故障により信号が急変しても、発電所の出力変化速度が一定以下に押えられ、発電所に大きな擾乱をあたえる心配はない。
電力調整器	4	これは緩動整定器出力および比例制御量配分器の出力 $\Delta Pi''$ を受けて加算し、その出力を衝流発生器にあたえるものである。

第4表 負荷配分装置の概要

名 称	員数	機 能
EDC 積 分 器 (第1,2群)	2	これはAFC積分器の出力を所望の時定数おくれで再現させるための積分器で、AFC積分器出力と自己の出力の差で駆動される積分器である。 この出力は負荷配分回路の入力信号として使用される。 EDC積分器時定数 20~300 秒の間切換整定
負 荷 配 分 回 路	1	これは各群のEDC積分器出力を加算し、これを負荷配分整定器(各発電所ごとに整定器が設けられている)で整定した比率($I_1, I_2 \dots I_4$) とおりに配分する回路である。 負 荷 配 分 整 定 器 0~1.0(連続) (制御機取付)

第5表 発電所側装置概要

名 称	機 能	発電所別員数			
		本名	上田	上野尻	八久和
比 例 進 相 要 素	これは中給から送られた操作信号 ΔV に進相分($d(\Delta V)/dt$)を加味してGM目標回転角計算部に送る回路である。	1	1	1	1
GM目標回 転角計算部	これは操作信号 ΔV を受けてGM目標回転角を計算するMOA回路である。 発電所出力制御特性はこの部分にある積分時定数および比例利得により任意に設定することができる。また各発電機間の負荷平衡信号もこの回路の入力として加えられる。	3	3	1	2
モータ駆動 装 置	これはGM目標回転角計算部の出力(GM目標回転角)と、実回転角(差動トランスで検出)を比較してその差が零になるようにGMを制御して、GM回転角を目標回転角に追従させる装置である。TRS, SCRを主体として構成されている。 出力 DC 100V 1A 連続 警 報 GM目標回転角信号と実回転角の偏差が整定値以上に一定時限継続したとき故障警報する。	3	3	1	2
T Q S 形 電力変換器	これはトルクバランスの測定原理を利用して発電機出力(MW)を電流に変換する電力測定装置である。	3	3	3	2
上下限検出 用メータリ レー	これはTQS形電力変換器で検出された発電電力相当の電流を入力として指示するとともに、整定した上限(下限)に電力が達したとき警報し、GM制御回路の上げ下げ回路の一方をロックし限界外に出力が出ること防止する。	3	3	3	2
平 均 電 力 計 算 器	これはTQS形電力変換器で検出した各号機出力の平均を計算する装置で、この平均電力を各号機のGM目標回転角計算部積分器に入れて負荷平衡を行なう。	1	1	0	1



第11図 平常運転データ (昭和39年3月9日)

4.2.2 信号計算架

これは検出架から上記信号および発電所の実出力を受けてこれらを合成し、群別、発電所別に制御量を配分し、各発電所ごとの操作信号 ΔV を作り出す部分である。これらの演算には磁気演算増幅器 (MOA) が使用され、その概要は第3表に示すとおりである。

4.2.3 負荷配分装置

負荷配分装置は信号計算架の AFC 積分器出力を受けて各発電所が定常的に落着くべき負荷配分量を決定するもので、MOA 演算回路が主体となっている。その概要は第4表に示すとおりである。

4.2.4 送受量信号変換架

本装置は、テレメータ装置の範囲にはいるので本稿では省略する。

4.3 発電所側設置装置

発電所側設置装置は中給から送られてきた操作信号を受けて GM 目標回転角信号を作り、GM 回転角をこの信号に追従させることにより発電機出力を調整するものである。その概要は第5表に示すとおりである。

5. 運 転 実 績

本装置は昭和37年12月に現地に納入され、昭和38年1月より営業運転に入っているが、その運転実績はきわめて良好である。

第11図は平常運転における AFC 制御状況の一例を示しており、周波数、連系線電力は所望の制御結果が得られている。また上野尻、八久和発電所は設定どおりフリンジ負荷のみに応動し (サステンド負荷には応動せず) 期待どおりの制御が行なわれている。

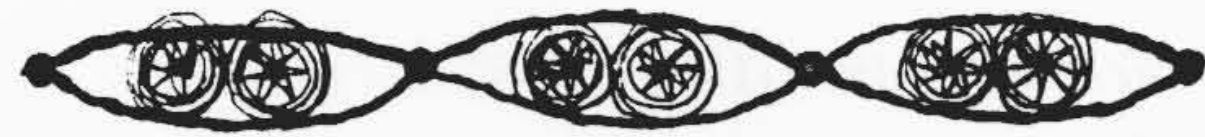
6. 結 言

わが国の AFC も発電所での直接制御からテレコンによる中央制御へ、さらに水力発電所から大容量の火力発電所へと飛躍的な進歩をみせ、現在では EDC との協調運転が実施されようとしている。本装置はこれらの要望にこたえるため開発されたもので、今後の実績が大いに期待され、その使命もきわめて重大である。

本稿を終るにあたり、本装置の完成までご指導とご援助をいただいた東北電力株式会社、日立製作所およびその他関係者各位に厚くお礼を申し上げますとともに今後ともいっそうのご協力をお願いする次第である。



特 許 の 紹 介



特許第407408号

杉 本 光 昭

粒子加速器用粒子偏向電磁石の定電流装置

粒子加速装置を用いて核実験を行なう場合、荷電粒子をその軌道上において偏向もしくは収束させるため、直流電磁石を偏向軌道上に配置して行なわれる。一般に、この電磁石の励磁電流の精度は $\pm 1/10,000 \sim 1/1,000$ 程度の高安定度を要求され、また一方加速エネルギーや荷電粒子の質量に応じて、この電磁石の励磁電流を広範囲に制御することが要求される。

このような電流制御は、電源と電磁石線輪の間に格子制御電子管を数十本あるいは100本以上並列に接続して行なわれる。

また、この種電磁石は連続調整が可能であることが好ましく、このため格子バイアス電圧を連続調整することによって行なわれる。しかも核実験では広範囲な調整を必要とされるため、最大電流を通すときに適正な電子管陽極電圧を選定すると、最少電流付近では、陽極電圧が過電圧となって電子管の使用上好ましくない。

したがって励磁電流の大小によって自動的に電源電圧を調整し、陽極電圧が常に適当な値で動作することが望ましい。

この発明では、この要望にこたえるために格子制御電子管を直列にそう入された電磁石線輪の付勢回路の途中へ、電源変圧器の1次側に配置した可飽和リアクトルの直流励磁巻線を直列に接続し、上記の格子制御電子管の格子制御に伴い、増減する付勢回路電流の変化に応じて自動的に電源変圧器の電圧すなわち付勢回路の電圧を変化させるようにしたものである。

この発明によれば、大なる励磁電流が流れれば、可飽和リアクトルの飽和度が変化してインピーダンスが減少するから電源変圧器の一次巻線に印加される電圧は上昇し、従って二次側の電磁石付勢回路の電圧も自動的に上昇させることができる。

また、電磁石付勢回路の電流が小さい状態では、可飽和リアクト

ルの直流励磁巻線に流れる電流も小さく、したがって可飽和リアクトルのインピーダンスは増大するから電源電圧を減少させることができるものである (須田)

