

関西電力株式会社 納

## デジタル式自動周波数調整装置

Digital Type Automatic Frequency Control Equipment Delivered  
to Kansai Electric Power Co. Inc.棚川 久\*  
Hisashi Tanagawa米重 泰久\*  
Yasuhisa Yoneshige静岡 敏男\*\*  
Toshio Shizuma原田 英一郎\*\*  
Eiichirō Harada竹村 克巳\*\*\*  
Katsumi Takemura

## 内 容 梗 概

関西電力株式会社ではかねて AFC 遠方制御方式について検討を行なっていたが、最も合理的な方法としてデジタル方式を採用することに決定した。この装置の製作は日立製作所が行ない昭和37年5月現地据付を完了した。この装置は丸山発電所および小原発電所を中央より制御して定周波数制御 (FFC) および連絡線電力制御 (TBC) を行なうもので、従来アナログ式で行なわれてきた制御信号の計算をトランジスタ論理回路を用いてデジタル的に行なうものである。納入時に行なわれた電源開発株式会社および中地域における連系試験で周波数は  $60 \pm 0.1$  サイクルの範囲に余裕をもって入り、以後好調に営業運転を続けている。

## 1. 緒 言

関西電力株式会社では中央給電指令所より数箇所の発電所を遠方制御して AFC を行なう計画を進めていたが、昭和37年5月中央給電指令所より丸山発電所、小原発電所を制御して定周波数制御 (FFC) および周波数偏倚連系線電力制御 (TBC) を行なうための AFC 装置を完成した。本装置はさきに (昭和34年11月) 祖山発電所で行なった試作装置による現地試験に基づいて製作されたもので、そのおもな特長をあげると

- (1) 中央給電指令所設置および発電所設置装置ともトランジスタを用いて無接点化し、従来アナログ式で計算していた比例配分制御の計算をすべてデジタル方式で行なうこととした。
  - (2) このためフルスケールのいかににかかわらず1MW単位の計算が可能となり計算精度が向上した。
  - (3) 装置の大きさが従来の約半分となり保守が容易となった。
- 以下本装置の構成ならびに現地試験の概要を述べる。

## 2. 自動周波数調整装置

## 2.1 装置の構成

この装置は AFC 操作信号を検出する中央設置装置と、中央よりの AFC 操作信号によって発電機の負荷制限電動機を操作する発電所装置よりなっている。

## 2.2 装 置

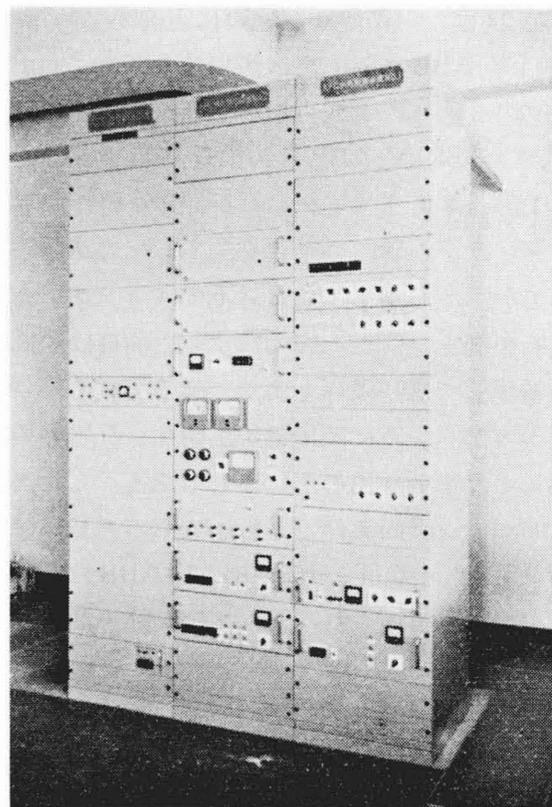
## 2.2.1 中央給電指令所設置装置

中央給電指令所設置装置を大別すれば極性判別部、時差補正部、TBC 信号合成部、不動帯計算回路、積分サンプル時間計算回路、積分値計算回路、限時回路、パルス幅パルス間隔整定部、信号送出部、所間電力平衡部、そのほかテスト回路、電源部よりなっている。第1図は本体、第2図は制御機、第3図は装置の構成図である。以下第3図について各構成の動作を説明する。

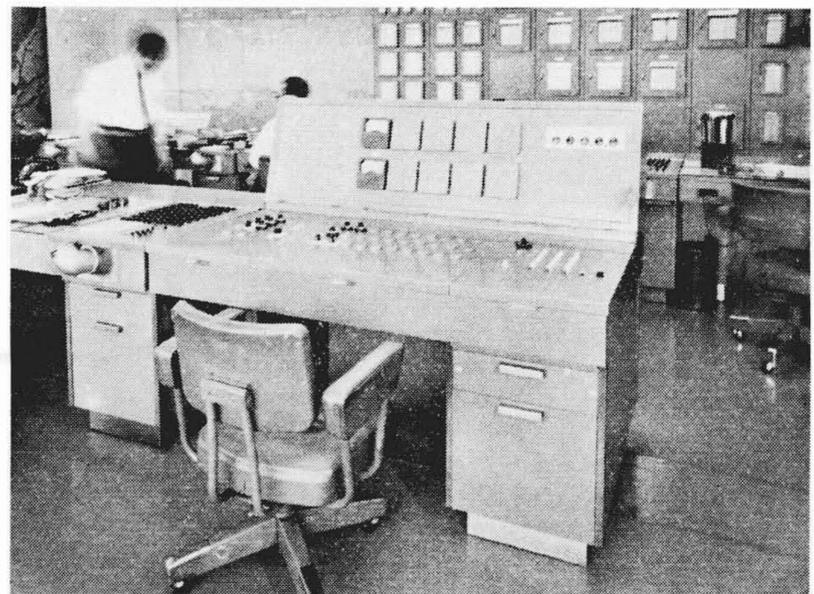
## (1) 被制御量偏差ならびに極性判別部

この装置は被測定周波数サイクルカウンタ部、基準時間計数カウンタ部より構成され周波数偏差  $\Delta F$  の極性とこれに相当したパ

ス信号を高精度でとり出す部分である。被測定周波数サイクルカウンタは系統周波数 (60 c/s) の一定数波を計数しこれに要する時



第1図 中央給電指令所設置装置

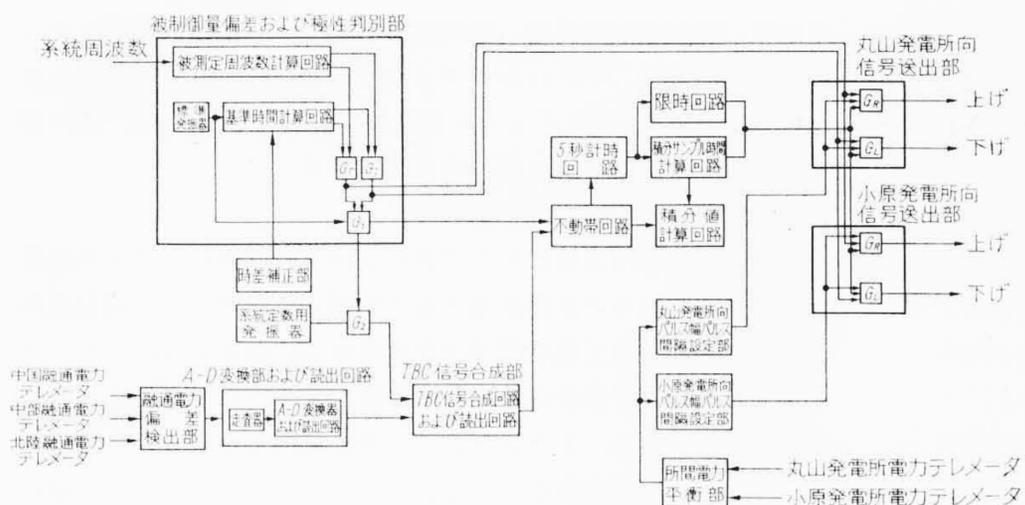


第2図 中央給電指令所設置制御機

\* 関西電力株式会社

\*\* 日立製作所国分工場

\*\*\* 日立製作所日立研究所



第3図 中央給電指令所設置装置構成図

間を計時する(この時間は系統周波数の変動に応じて増減する)。一方基準時間計数カウンタで標準パルスを計数し標準の時間を計時する。

この両カウンタのいずれが早く出力を出すかによってゲート  $G_r$ (系統周波数が高いとき)またはゲート  $G_l$ (系統周波数が低いとき)を開門し極性を判別する。また両カウンタ出力が出はじめる時差、すなわち周波数偏差相当の時間だけゲート  $G_l$ が開き、この間標準クロックパルスが通過する。このパルスの数は周波数偏差  $\Delta F$  に比例し次段の不動帯計算回路へ送られる。この偏差分検出ならびに極性の判別は0.5秒のサンプリング周期で行なわれる。また基準周波数の設定は 59.90~60.10 c/s の範囲で設定できる。

(2) 時差補正部

系統周波数で駆動される電気時計は周波数変動によって標準時間よりずれてくる。この差がある範囲を越えれば補正する必要があるので時差補正部が付加されている。

この装置は標準時計より得られる時差検出信号(時差が所定値に達したときに出る信号)で基準時間計数カウンタの基準周波数設定値を自動的にずらし時差の補正を行なう。時差が所定範囲内に取まれば基準値を最初の設定値にもどして時差補正を中止する。時差補正を開始する時差は  $\pm 3$  秒,  $\pm 5$  秒,  $\pm 7$  秒のいずれかの一つを選ぶことができ、補正量は 0.01~0.05 c/s の範囲で 0.01 c/s 刻みで選択することができる。

(3) TBC 信号合成部

TBC は地域要求量  $\Delta V$  (周波数偏差  $\Delta F$  に系統定数  $S$  を乗じたものと融通電力偏差  $\sum \Delta p_i$  の和) を零にする制御であるからこの  $\Delta V$  を計算する回路が必要となる。これは下記の回路によって計算される。

- (a) 融通電力偏差検出部
- (b) A-D 変換部および読出し回路
- (c)  $S\Delta F$  演算部
- (d) TBC 信号合成部

これら各回路の動作は次のとおりである。

(a) 融通電力偏差検出部

これはテレメータで送られてきた連系系統(中国, 中部, 北陸)の融通電力をあらかじめ設定した基準値と比較して各融通電力偏差分  $\Delta p_i$  を求める部分である。この偏差分  $\Delta p_i$  は走査器によって逐次走査され、A-D 変換の後、後述の TBC 信号合成回路で偏差分の和  $\sum \Delta p_i$  が計算される。

(b) A-D 変換部および読出し回路

A-D 変換部は各サンプルごと(0.5 秒ごと)に A-D 開始指令を受けて走査器と同期しつつ各融通電力偏差分  $\Delta p_i$  を A-D 変換する。その結果は各チャンネルごとの A-D 終了パルスで読出しカウンタに記憶され、その値が TBC 信号合成回路へ送ら

れる。

(c)  $S\Delta F$  演算部

極性判別回路のゲート  $G_2$  ( $\Delta F$  相当の時間だけ開門する)に系統定数に比例した周波数のクロックパルスをとおして  $S\Delta F$  相当のパルス信号が作られる。系統定数  $S$  は 20 MW/0.1 c/s~100 MW/0.1 c/s の範囲で整定できる。

(d) TBC 信号合成回路

各融通電力偏差分  $\Delta p_i$  と  $S\Delta F$  の信号は順次 TBC 信号合成回路に送られ、加算されて TBC 合成信号量(地域要求量)

$$\Delta V = (\sum \Delta p_i + S\Delta F)$$

が作られる。これらの演算はサンプリング周期 0.5 秒に 1 回行なわれる。

(e) TBC 合成信号  $\Delta V$  読出し回路

TBC 信号合成回路内に置数された TBC 合成信号値  $\Delta V$  は読出し指令で読出しを開始し、その出力が不動帯計算回路へ送られる。また  $\Delta V$  の極性も同時に極性判別部へ送られる。

(4) 不動帯回路

不動帯回路は発電所のむだな応動を避けるため、ある限度以上の大きな周波数変動のみをとり出して AFC 操作信号の計算を行なうために設けられたものである。

周波数偏差  $\Delta F$  または TBC 合成信号  $\Delta V$  相当の信号が不動帯回路へ送り込まれ、あらかじめ設定された不動帯(FFC の場合 0.01~0.3 c/s, TBC の場合 1~300 MW) を超過した量だけが出力として取り出され限時回路、積分値計算回路、積分サンプル時間計算回路へ送られる。不動帯回路は 0.5 秒ごとにリセットされ、各サンプルごとに FFC(TBC)操作信号を計算する。一方  $\Delta F$  または  $\Delta V$  が不動帯内に収った場合には限時、積分値計算回路および積分サンプル時間計算回路はリセットされ計算が零より再開される。

(5) 限時回路

被制御量偏差が既述の不動帯を超過する場合であっても短時間に不動帯内に復帰するような場合には操作の必要がないのでこのような変動を除外するために限時回路を設けた。

この回路は  $\Delta F$  または  $\Delta V$  の不動帯超過信号を受けて計時を開始し所定の遅延時間が過ぎても不動帯超過状態が継続すればこの状態が続く限り継続する操作信号(偏差分制御)を出し、これを信号送出部へ送る。限時時間は 0~60 秒の間で 5 秒刻みで設定することができ、5 秒間隔の基準パルスを用いて計時する。

(6) 積分値計算回路および積分サンプル時間計算回路

前記不動帯を越え限時回路で除外されるような変動であっても不動帯超過分の積分値が一定限度以上となる場合には系統に悪い影響を与えるのでこれを吸収する制御が必要である。

積分値計算回路および積分サンプル時間計算回路はこのために設けられたもので積分サンプル時間計算回路で計時される時間内に積分値計算回路で積算された不動帯超過分の積分値が所定値を越えればこれを修正する操作(積分値制御)が行なわれる。積分サンプル時間は 5~20 秒の間 5 秒刻みで整定でき、5 秒間隔の基準パルスによって計時される。積分値の上記設定値は FFC の場合 0.05~0.5 c/s, TBC の場合 5~100 MW の範囲で種々選択することができる。積分サンプル時間内で積分値が所定値に達しないとき、もしくは偏差分が不動帯内に収った場合には積分サンプル時間計算回路および積分値計算回路はリセットされ計算を零より再開する。この場合上記の操作信号は停止される。

(7) パルス幅パルス間隔設定部

これはあらかじめ設定した幅(0~5秒)と間隔(0~10秒)を有するパルス信号を発生する回路でこの出力は信号送出部へ送られる。このパルス信号の設定を適当に選ぶことにより応答特性の異なる発電所間の協調をとることができる。

(8) 信号送出部

この回路は  $JF(JV)$  の極性信号、パルス幅パルス間隔設定部より来るパルス信号、積分回路より来る積分超過信号、および限時回路より来る限時超過信号とを組み合わせて各発電所向の上げ下げ信号を搬送装置へ送り出す部分である。ゲート  $G_R(G_L)$  は極性信号  $R(L)$ 、積分回路より来る積分超過信号および限時回路より来る限時超過信号の組み合わせによって開門し、パルス幅パルス間隔設定部よりの操作パルス信号を送出する。

(9) 所間電力平衡部

発電所の応答特性は各発電所ごとに異なる。したがって同一操作信号に対する各発電所の応答速度は異なり、発電所間の協調がとれなくなる。このため下記の所間電力平衡部を付加し、発電所間の負荷配分をある一定比率で行ない所間の協調をとる。この装置の動作は次のとおりである。

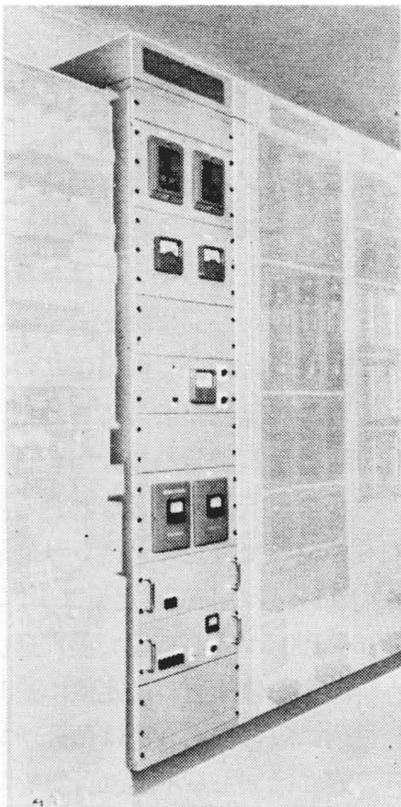
各発電所よりテレメータで送られてくる電力値と基準値との偏差分をアナログ演算器で総合し整定比率に比例配分したのち各発電所の目標偏差電力を計算する。この目標偏差電力は実偏差電力と比較され、両者の差が一定以上(0~10MW)になったときパルス幅パルス間隔設定部を制御して各発電所の偏差出力の比が整定どおりになるようそれぞれの操作信号パルス幅を加減して発電所所間電力平衡をとる。 $JF$  または  $JV$  が検出されない場合にも所間の不平衡が一定以上(0~10MW) となったときはあらかじめ設定したパルス幅パルス間隔をもつ上げまたは下げ信号を送って所間の電力平衡をとる。

(10) テスト回路

テスト回路により不動帯、限時、積分ならびに TBC 信号合成回路の動作を簡単にテストすることができる。また所間電力平衡用アナログ演算器のテストもあわせ行なうことができる。

2.2.2 発電所設置装置

発電所設置装置は本体と机上操作卓より構成される。本体は負



第4図 発電所設置装置 (丸山発電所設置装置)

荷制限用電動機駆動装置、機間電力平衡、上下限值検出部、周波数異常検出装置、そのほかテスト盤、電源装置よりなり、机上操作卓には AFC 起動スイッチと各種表示灯がついている。第4図は本体の外観、第5図は装置の構成を示す。

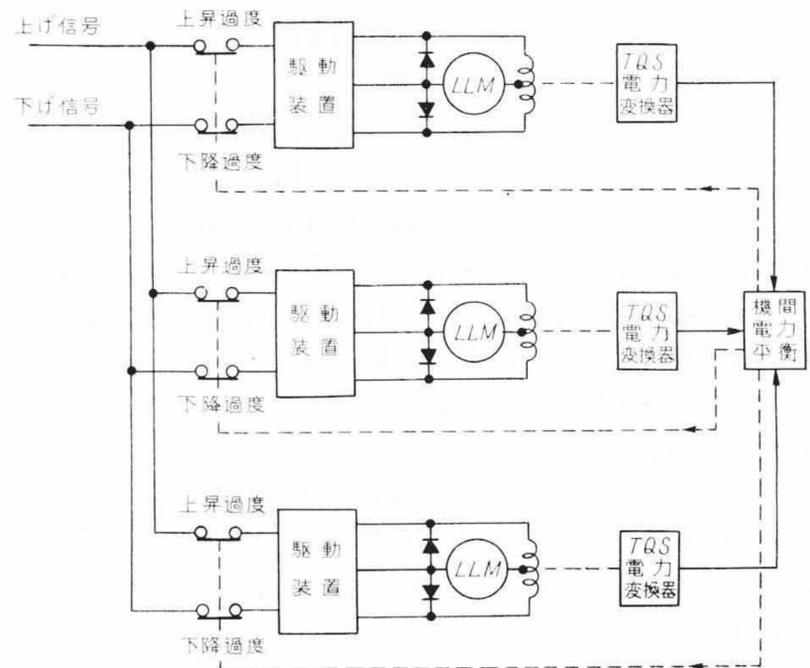
(1) 負荷制限用電動機駆動装置

中央給電指令所より送られてきた上げ下げ操作信号はその極性に応じておのおのの駆動装置で電力増幅されたのち、負荷制限用電動機に印加されて発電機出力を調整する。駆動装置はパワトランジスタを用いて無接点化され、従来のリレーによる接点寿命の問題が改善された。またトランジスタに起因する制御上の支障を防止するため保護装置がついている。発電所全発電機が上下限に達したとき、周波数が異常上昇または下降したとき、そのほか装置が故障したとき自動的に操作回路を開放して操作を中止する。

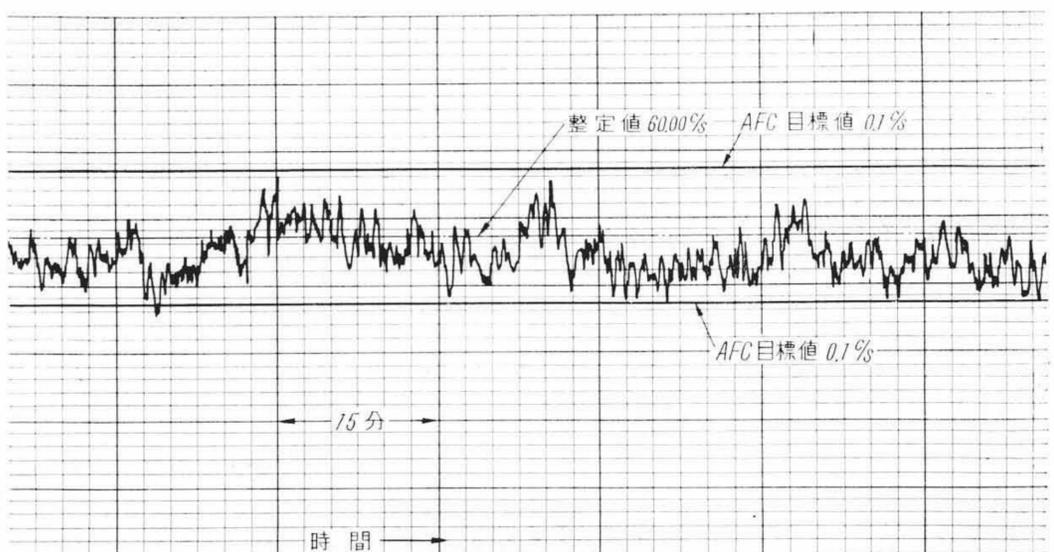
(2) 発電機間電力平衡

発電機の応答特性は発電機ごとに異なる。したがって同一操作信号に対する各発電機の応答速度が異なり、発電機間の協調がとれなくなる。このため下記の電力平衡部を設けて、発電機間の応答特性の協調をとる。この装置の動作は次のとおりである。

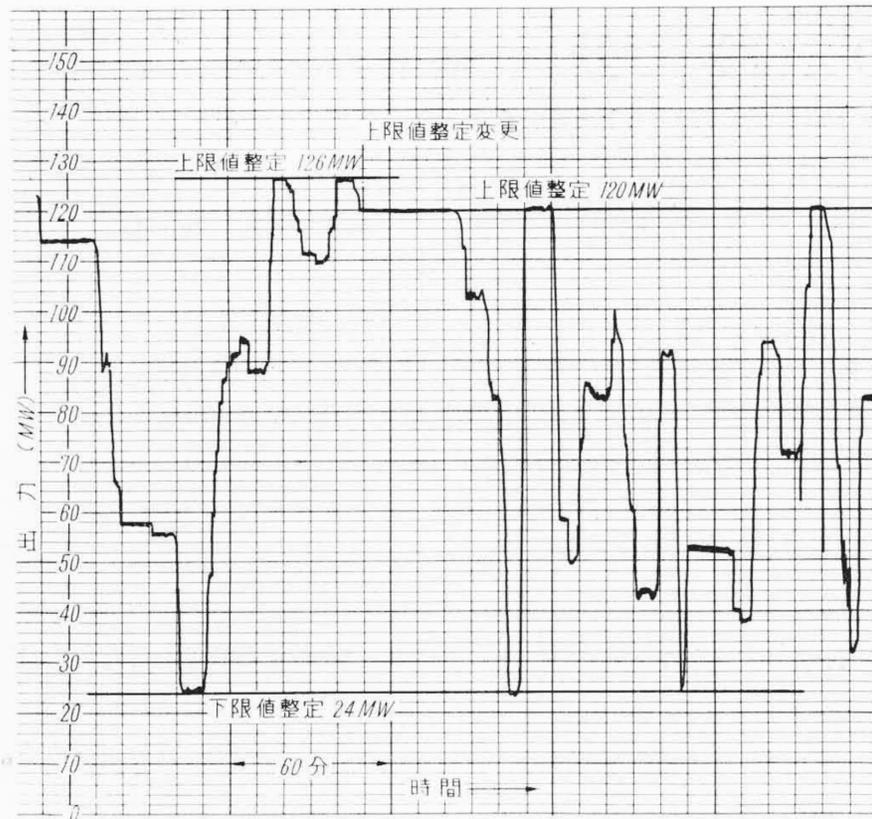
TQS 形電力変換器で検出される各発電機出力相当の直流電圧と全発電機平均出力相当の直流電圧とを比較し、この差が一定限度以上となったとき、この発電機出力を全機の平均出力に近づけるよう電力平衡制御する。中央より送られてきた操作信号が上げの場合には全発電機平均値より一定値以上大きく出力を出している発電機に対しては上げ操作回路を開放し、上げ操作を行なわずほかの発電機のみを上げ操作する。中央給電指令所よりの信号が



第5図 発電所設置装置(小原発電所設置装置)構成図



第6図 現地試験結果(周波数特性)



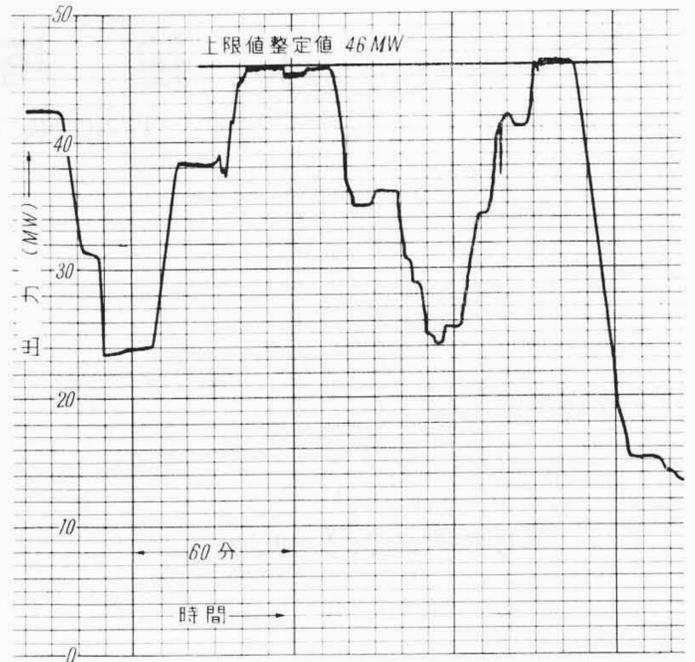
第7図 現地試験結果(丸山発電所出力特性)

下げの場合にも同様な操作を行なって全機の負荷平衡をとる。

### 3. 現地試験並びに運転実績

昭和36年11月より電源開発株式会社との連系試験、引き続き昭和37年2月中地域における連系試験を行なったが制御結果は0.1サイクルの範囲内に収まり所期の性能を発揮した。第6図に周波数制御結果の一例を示す。これは周波数基準値を60.00 c/sに設定したときのもので、制御結果は60.00±0.1 c/s内に収まっている。なおこのときの中央給電指令所設置装置のおもな整定値は下記のとおりである。

- (1) 不動帯値 0.05 c/s
- (2) 限時 10秒
- (3) 積分サンプル時間 10秒
- (4) 積分値 0.2 c/s
- (5) 丸山発電所 パルス幅 0.5秒 パルス間隔 4秒
- (6) 小原発電所向 パルス幅 1.5秒 パルス間隔 3秒



第8図 現地試験結果(小原発電所出力特性)

第7図はこのときの丸山発電所の出力応答を示す。丸山発電所では72.5 MW発電機2台を制御対象としているが中央給電指令所よりの操作信号に対する2機間の応答速度の不均衡は機間電力平衡回路により約5 MWに押えることができた。また上下限検出回路が整定値どおり動作していることがわかる。

第8図は小原発電所の応答特性である。小原発電所では17 MW発電機3台を制御対象としているが、この3機間の応答速度の不均衡は機間電力平衡回路により1.5 MW以内に収めることができた。

この試験後ただちに営業運転に入り好調に運転を続け制御結果も0.1 c/sの範囲内に収まり所期の性能を発揮している。

### 4. 結 言

この装置はAFC装置の分野においてトランジスタを用いてデジタル化を実現した点で画期的なものである。この装置の完成を機に関西電力株式会社では火力発電所を制御対象とした増設工事を計画しており今後の活躍が期待される。

終わりに種々ご指導を賜った関係者各位に厚くお礼を申しあげる次第である。



## 新案の紹介



登録新案第709158号

橋本三男・鈴木芳男

### フロア形横フライス中ぐり盤のスライドウェイ

この考案は、フロア形横フライス中ぐり盤においてカッタを取り付けたテーブルと、ベットとの間の摺動面の形状に関するもので、図示のごとく、ベット1と、テーブル2との間の摺動面をV形斜面a bおよび平面cにより形成するとともに、一方のV形斜面aと平行にベット1に形成された斜面a'に、ネジウオーム4と噛み合うウオームラック5を固着したものである。上記の構成であるから、カッタ3にて被加工物(図示せず)を加工しているときに、テーブル2が矢印方向にPなる切削反力を受けても、この反力を斜面bにて受け止め、テーブル2の逃げをなくすることができる。また長年月の使用によって摺動面bが摩耗し、ベット1と、テーブル2との摺動位置がたとえずれても、ウオームラック5とネジウオーム4との噛合いになんらの支障をきたすことがない。

