

中国電力における系統自動制御の予備試験

Preliminary Tests for Automatic Control of Electric Power System at Chugoku Electric Power Co.

村田可朗* 川井晴雄** 小林栄二***

内 容 梗 概

中国電力においては、電力系統の運営を合理化し良質な電力を供給するため、系統周波数の自動制御 (A.F.C.)、他系統との連絡送電線の負荷自動制御 (F.T.C.)、およびこの両者を総合した周波数偏倚連絡線負荷自動制御 (T.B.C.) の実施を計画し強力に進行中であるが、これが具体化に必要な基礎データをうるため日立製作所自動制御装置を神野瀬発電所に設置して、昭和30年1月および同年7月の2回にわたり大規模な実地試験を行った。この試験においては試作装置の性能調査は勿論、複雑な電力系統特性の解明、調速機特性の調査、さらに火力機器の諸特性測定などが詳細に行われ、多数の貴重な資料をうることができた。

なお、これらの結果はアナコンによる綿密な解析と比較検討することにより一般化され、自動制御装置の仕様を確立する有力な根拠となつた。本文はこの2回にわたる試験の全貌を日立試作装置を中心に記述し、さらにえられた結果に対し詳細に検討を加えたものである。

〔I〕 緒 言

最近電源開発が進歩し電力の需給が平衡するにつれて、電力の質の向上が問題となつてきている。

その一つの要素である周波数については、系統が大容量となるに伴ない負荷変動に追従する調整発電力も大きくなつてくるので、系統周波数を維持するためには数箇所の調整発電所を使用しなければならない。したがって従来のごとき手動調整ではきわめて多くの労力を要し、しかも過渡的にも定常的にも調整誤差は相当大きなものとなる。

さらに企業体を異にする系統が並列している場合には系統間の融通電力は契約によつて定められているため、系統周波数と連絡線負荷の両者を同時に調整する必要があるが、これを手動で調整することは至難のことであり、自動制御装置によらざるをえない。

このために中国電力では中国単独系統で運転する場合には系統周波数を、本州 60 $\sim$ 系に並列運転の場合には連絡線負荷を自動制御する目的で計画を進め、第一段階として新設の潮発電所に制御装置をとりつけるよう工事を進めている。

本試験の目的はこれら電力系統の自動制御が終局的に十分その任務を達することができるようにとの意図のもとに行われたものであり、このため試作自動制御装置による実地(神野瀬発電所)試験は勿論、複雑なる電力系統特性の解明、調速機特性の調査、さらに将来火力発電所を調整する場合をも考慮して火力機器の諸特性測定など広範囲にわたつて大規模な試験が中国電力、東大、早大、

電力技術研究所、日立製作所の協同のもとに実施された。

ここではこれら試験のうち日立製作所が試作し、試験に供した自動制御装置の概要と、それによる周波数自動制御 (Automatic Frequency Control 略して A.F.C.)、連絡線負荷自動制御 (Flat Tie Line Load Control F.T.C.)、周波数偏倚連絡線負荷自動制御 (Frequency Biased Tie Line Load Control, T.B.C.) の各試験結果につき報告することにする。

〔II〕 試験の概要

(1) 試験期日

試験は系統発電力の構成が火力の多いときと、火力の少ないときに行うために渇水期の1月と豊水期の7月を選び2回にわたつて行われた。(ただし7月も渇水気味で発電力構成には大きな差は現われなかつた。)

第1回試験 昭和30年1月24日～1月30日

第2回試験 昭和30年7月21日～7月31日

(2) 試験項目 (日立装置試験に関するもののみ)

第1回試験 中国電力単独系 A.F.C. 試験

第2回試験 中国電力単独系 A.F.C. 試験

中国、関西両系統並列系 F.T.C. 試験

中国、関西両系統並列系 T.B.C. 試験

(3) 試験系統

試験時の系統構成の概略は第1図(次頁参照)のようである。ただし第1回試験の中国単独系の場合は融通契約の関係上、福山にて関西系と解列して福山以西について試験を行い、第2回試験時の中国単独系試験のときは岡山変電所にて関西系と解列した。

また第2回試験時の関西系と並列の場合は、関西系を通じて中部、北陸系が並列接続されている。

つぎに試験時の中国電力系統容量、および系統の負荷

* 中国電力株式会社
** 日立製作所日立国分分工場
*** 日立製作所日立研究所

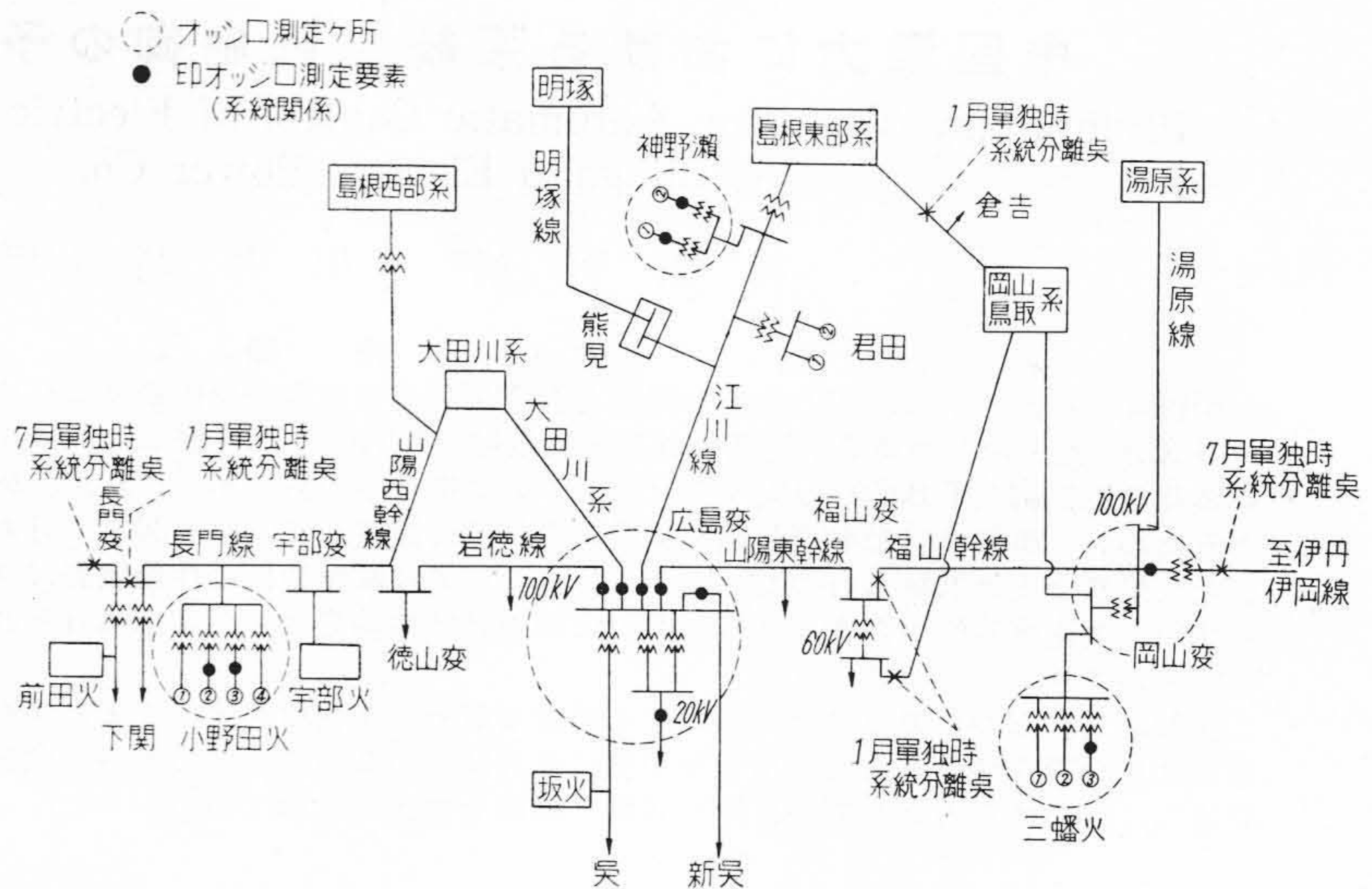
周波数特性を第 1 表に示してある。

また本報告書に述べる日立装置は、潮発電所は未完であるので、将来自動調整を予定し、かつ関西電力との連絡線(伊岡線)の融通電力テレメータのはいつている神野瀬発電所に設置した。

(4) 主要な供試機器

調整発電所として用いた神野瀬発電所の仕様を第 2 表に示す。

また F.T.C., T.B.C. を行うときに必要な連絡線負荷は、岡山変電所にて計測されテレメータで広島給電所を経由して神野瀬発電所に伝送されてきている。このテレメータの仕様を第 3 表に示した。



第 1 図 試験時の電力系統構成図
Fig. 1. Electric Power System Arranged for Tests

第 1 表 中国電力試験時の系統容量および負荷周波数特性

Table 1. System Capacity and Load-Frequency Characteristics of Chugoku Electric Power Co. at Testing Time

試 番	試 験 日 程			発 電 力		火 力 併 列 容 量		系統周波数特性 %MW/0.1~
	月 日	曜	時 分	全系 A (MW)	火力系 B (%)	C (MW)	C/A (%)	
H-a-1	1. 26	水	14° 08'	313	44	175	56	1.74
2	"	"	14° 40'	307	46	"	57	1.7
3	"	"	15° 40'	321	42	"	55	2.26
H-a-11	"	"	18° 20'	351	40	"	50	1.45
12	"	"	19° 10'	344	37	"	51	3.82
13	"	"	20° 05'	328	36	"	53	2.58
H-a-21	1. 27	木	1° 15'	219	33	120	55	2.62
22	"	"	1° 55'	213	32	"	56	2.60
H-a-31	1. 30	日	9° 50'	240	27	95	40	2.05
32	"	"	10° 20'	236	28	"	40	1.97
H-a-41	"	"	18° 20'	309	21	"	31	1.75
42	"	"	19° 05'	303	21	"	31	1.94
43	"	"	20° 25'	292	23	"	33	1.47
D-Y-1	7. 22	金	10° 40'	481	35	254	53	1.70
2	"	"	11° 05'	481	35	"	53	1.80
D-A-1	"	"	13° 30'	467	37	"	54	2.05
2	"	"	13° 55'	467	37	"	54	1.90
D-A-1	7. 23	土	10° 15'	491	29	223	45	1.08
2	"	"	10° 30'	491	29	"	45	0.61
3	"	"	10° 45'	491	29	"	45	1.09

第 2 表 神野瀬発電所機器仕様
Table 2. Specification of Main Machines of the Kannose Power Station

概 要	型 式	堰堤水路式 江川水系神野瀬川 広島県双三郡君田村 発電所出力(最大)(kW) 使用水量(最大)(m³/S) 有効落差(最大)(m) (常時)(m) 水 路 (m) 貯水池有効水深 (m) 水 槽 水 圧 管 制 御 方 式 使用開始年月
水 車	型 式 容 量 (kW) 最 大 水 量 (m³/S) 台 数 製 造 年 月 製 造 者	VF 12,500 11.35 2 昭 22-11 昭 24-3 三菱
调速機	型 式 調定率整定範囲 製造年月製造者	EW V-3000 0~6% 水車と同じ
発電機	型 式 容 量 (kVA) 電 圧 (V) 回 転 数 (rpm) 台 数 製 造 年 月 製 造 者	VS 12,000 11,000 450 2 昭 22-11 昭 24-5 三菱

第3表 テレメータ仕様
Tabel 3. Specification of Telemeter Used for A.F.C. Test

	岡山変—広島給間	広島給—神野瀬発間
測定要素	関西融通電力	関西融通電力
設置年月日	昭 27. 7	昭 30. 3
区間送量	岡山変	広島給
区間受量	広島給	神野瀬発
測定方式	衝流周波数方式	衝流周波数方式
変換方式送量	積算電力計	積算電力計
変換方式受量	微分トランス	真空管式充放電方式
受量計器	指示計	指示計
伝送方式および搬送周波数	電搬 210 KC	電搬 105 KC
伝送距離	141.2 km	76.1 km
線路損失	210KC で -26db	105KC で -15db
信号対雑音	-27 db	-27 db
重量チャンネル	1 チャンネル	1 チャンネル
出力	+40 db	+25 db
搬送方式	BSB	SSB
装置の型式	PM-1, TF-1	PSB-3
製作者	日電, 東芝	大井, 三菱

〔III〕 第1回試験 (A.F.C. 試験のみ)

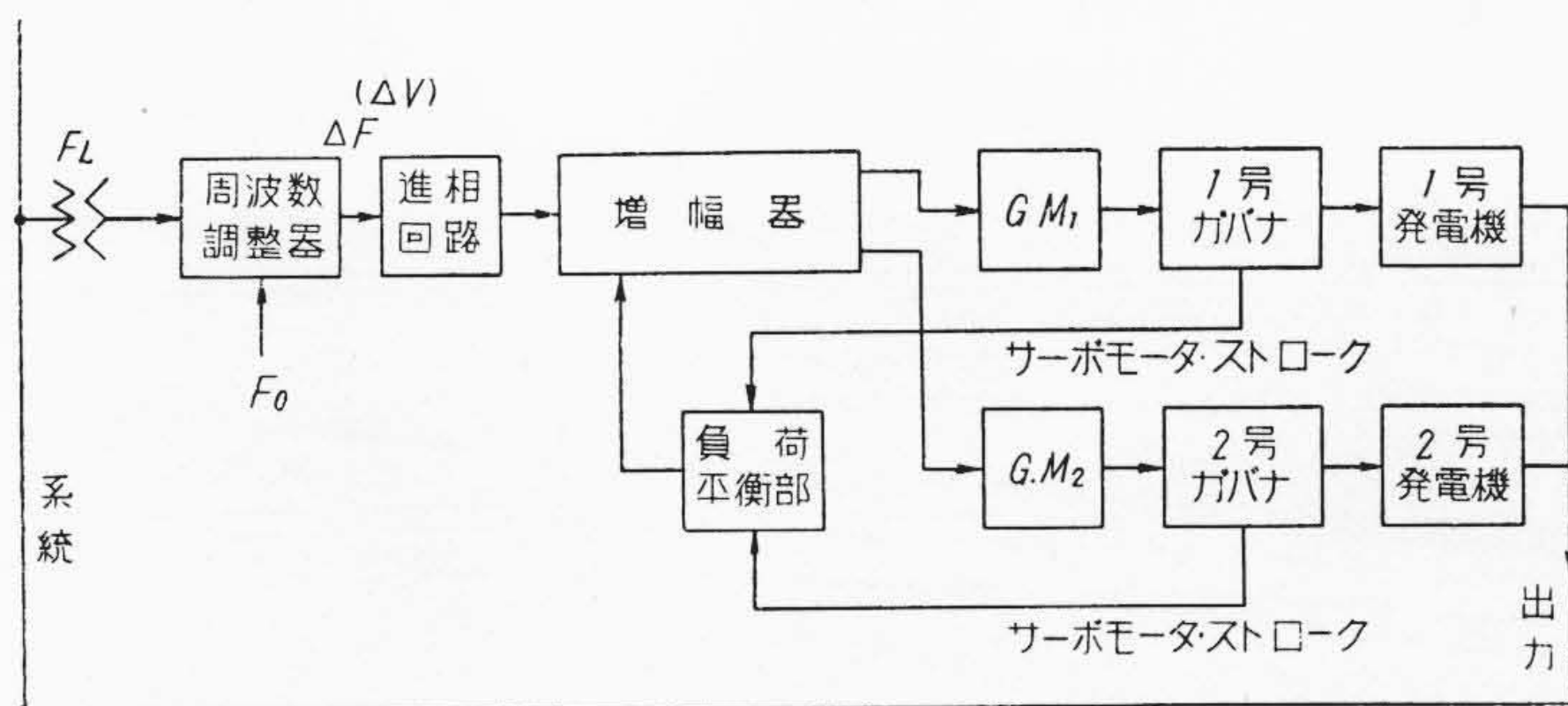
(1) 使用した自動制御装置

(a) 制御方式と結線概要

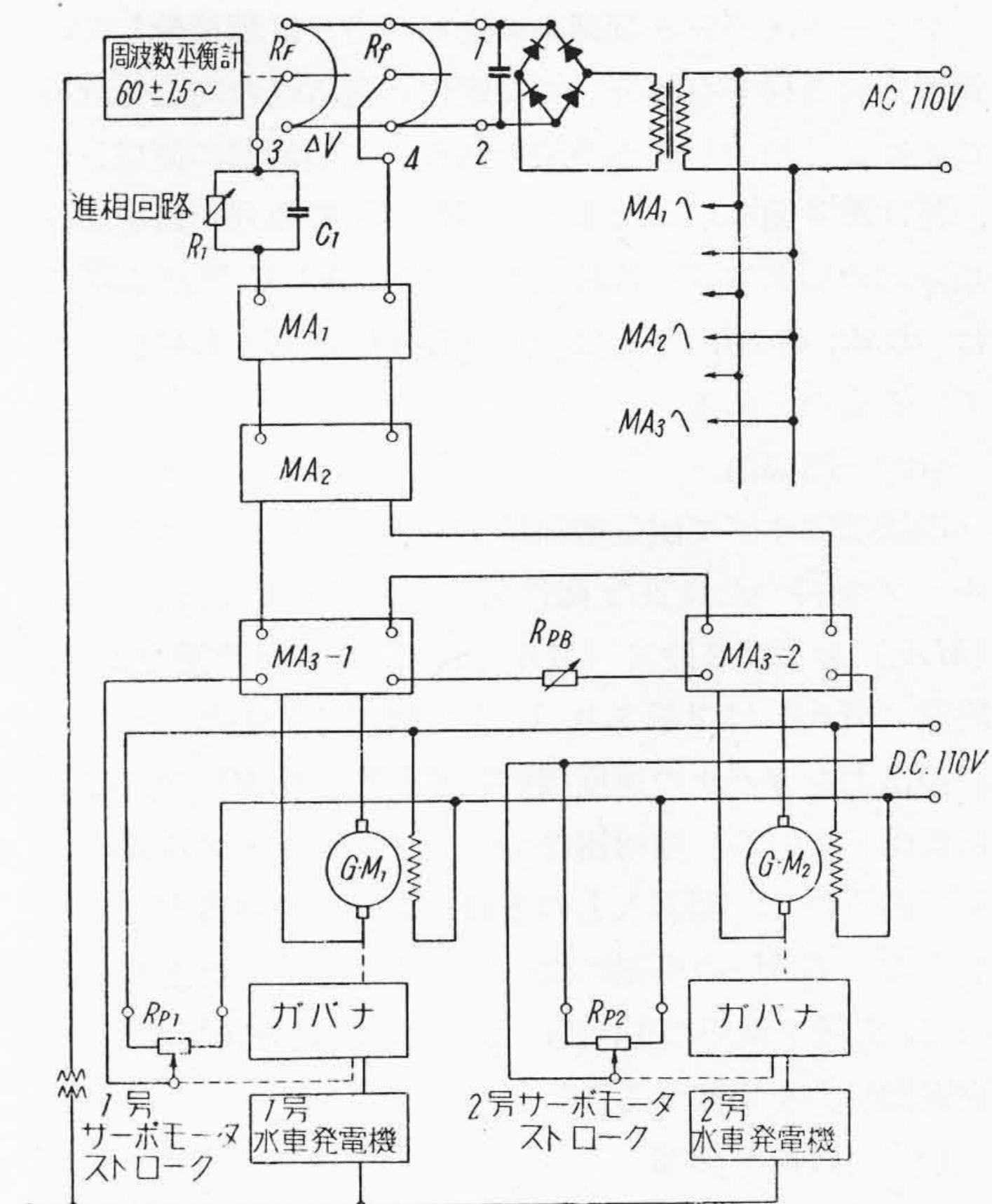
第2図に第1回試験に使用した日立装置の系統図を示す。本装置は周波数検出部としての電子管自動平衡型周波数記録調整器、および磁気増幅器を主体とする連続制御方式に属するものである。また調速機部分に積分要素を含む無定位制御系(積分制御系)であるため、検出装置などに存在する不動帯に原因する以外に原理的には残留偏差(制御誤差)を生じないものである。

検出部としての平衡計器は $\pm 0.02\sim$ 位の微小周波数変化に十分応動する高感度のものである。

系統周波数 F_L は、周波数記録調整器に記録されると同時に、内蔵するブリッジから目標値 F_0 との偏差 $\pm \Delta F$ に比例した電圧 $\pm \Delta V$ がとり出される。この電圧は進相



第2図 第1回試験日立 A.F.C. 装置系統図
Fig. 2. Schematic Diagram of Hitachi A.F.C. System at the First Test



第3図 第1回試験日立 A.F.C. 装置結線図
Fig. 3. Connection Diagram of Hitachi A.F.C. Set at the First Test

回路、増幅部を経て 1, 2 号のガバナ・モータに印加され、サーボ・モータを動かして発電機出力を増減し、系統周波数を目標値に回復させる。このほか 2 台の発電機の出力不平衡を是正する負荷平衡装置がある。

これら装置の概略結線を第3図に示してある。

(b) 動作説明

(i) 周波数検出部

検出部として日立電子管自動平衡型周波数記録調整器が用いられ、その目盛範囲は $60 \pm 1.5\sim$, $58 \pm 1.5\sim$ の 2 重目盛になっている。その精度は $0.05\sim$, 感度は $0.02\sim$ 以上である。この周波計には指針と連動するポテンショ・メータ R_F が取付けてあり、これが ΔF 検出ブリッジの要素となっている。

(ii) ΔF ブリッジ

ΔF ブリッジは周波計指針と連動する R_F と、基準周波数設定抵抗器 R_f とによりなり、 R_f の摺動子の位置により目標値 F_0 が決定される。ブリッジの端子 1, 2 には直流電圧があたえてあるので、出力端子 3, 4 には ΔF に比例した直流電圧 $\pm \Delta V$ が発生する。

(iii) 進相回路

フィード・バック制御系に進相回路を縦続接続して、過渡応答の様子を改善して安定化と速応性の向上を計ることはよく用いられる手法である。この装置に使用した回路は第3図に示したように、 R_1 、 C_1 の並列回路を初段増幅器の制御巻線に接続したもので、A.F.C. 関係者間では df/dt 、 dp/dt 、または $df+kdp/dt$ 要素とも称せられているものである。

(iv) 増幅部

増幅部はすべて磁気増幅器であり、矩形ヒステリシスループを持つた良質な磁性材料を使用している。初段 (MA_1) および2段目 (MA_2) は1, 2号用共通であり、終段 (MA_3) は2組あり1, 2号機用にわかれ、それぞれの出力をガバナの速度調整用電動機 (G.M) の電機子に供給している。増幅器はすべてプッシュ・プル接続にしてあるので、制御入力 of 正負により正負の出力を取り出さう。G.M の界磁には一定直流励磁があたえてあるので、電機子電圧の正、負によりその回転方向が反転し、発電機出力を増減する。

(v) 負荷平衡部

2台の発電機はただ一つの ΔF ブリッジの出力によって制御されるのであるが、各部特性の差異により発生電力に不平衡を生ずる。そこで2台の発電機の出力の不平衡を検出して補正すれば目的を達するが、同一寸法の機器であればサーボ・モータのストロークを平衡させるようにしても実用上の目的を達することができる。このために第3図に示したように1, 2号機のサーボ・モータの移動に応じて摺動子が移動する抵抗器 R_{P1} R_{P2} をピストンに直結し、2つの抵抗器にてブリッジを形成させる。ブリッジに不平衡が生ずるとその電流で MA_{3-1} 、 MA_{3-2} をそれぞれ反対方向に励磁して、 GM_1 、 GM_2 を相反方向に回転させて出力の平衡をとる。また R_{PB} を加減することにより平衡の強さを加減できるようにしてある。

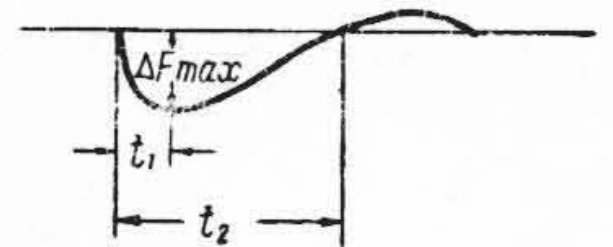
(2) A.F.C. 試験結果

第3図に示した A.F.C. 装置を神野瀬発電所に設置しその1, 2号両機を用いて中国単独系を対象としてA.F.C. 試験を行つた。

第4表 第1回試験 A.F.C. 試験結果
Table 4. Results of A.F.C. Test at the First Test

試番	負荷変化	ΔF_{max}	ΔF_{max} までの時間 (t_1)	もとの値に復するまでの時間 (t_2)	MW /0.1~	備考
$\alpha-1$	5MW Slow up	+0.05~	13.5sec	21.0sec	10.0MW /0.1~	1/27 18°50'
$\alpha-2$	5MW Slow down	-0.095	16.0	34.0	5.3	" 19°02'
$\alpha-4$	7MW trip	-0.08	15.0	25.0	8.7	" 19°15'
$\alpha-5$	5MW trip	-0.07	2.1	25.0	7.1	" 19°30'
$\alpha-6$	7MW trip	-0.07	3.0	25.0	10.0	" 19°40'
$\alpha-7$	7MW trip	-0.095	7.0	40.0	7.4	" 20°00'

注：負荷変化は打梨発電所にて行う。
調整発電機は神野瀬1, 2号機



第5表 第1回試験 A.F.C. 平常運転試験結果
Table 5. Results of A.F.C. in Case of Normal Running at the First Test

日	時刻	ΔF (～)	負荷の状況
27日	3° 43' ~ 4° 14'	* ±0.15	日重製鋼ミル負荷 5~6 MW 周期的に急変
	14° 23' ~ 15° 15'	大部分 ±0.06 一部 ±0.2	
	15° 25' ~ 16° 10'	大部分 ±0.06 一部 ±0.02	
30日	11° 05' ~ 11° 30'	±0.05	負荷比較的安定
$\alpha-1$ ~ $\alpha-7$		±0.05	

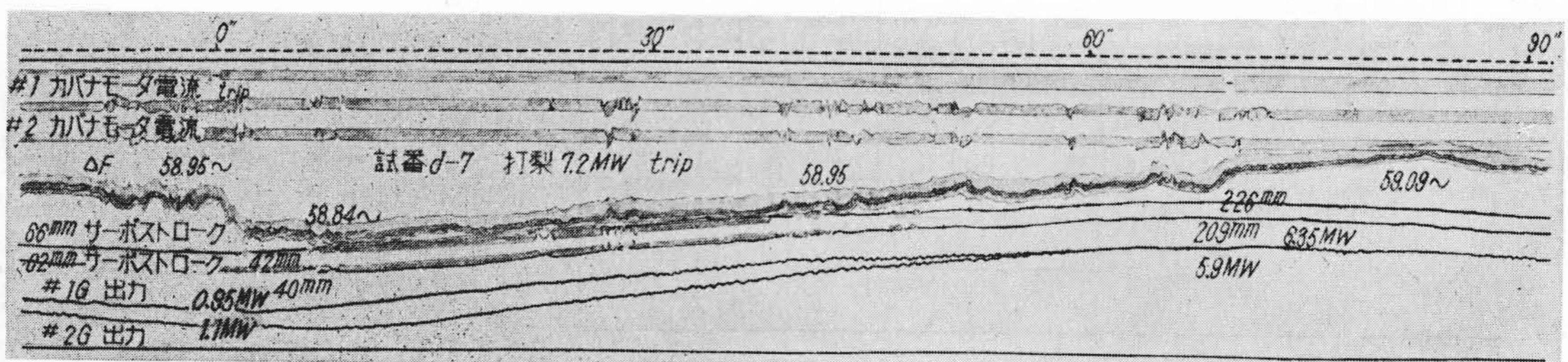
* セット調整過程における値

(a) 発電電力変化試験

中国電力太田川筋打梨発電所において徐々に、あるいは急激に発電電力を変化させて、系統周波数に擾乱をあたえたとき、神野瀬発電所の A.F.C. 装置がいかなる動作をして周波数を自動制御するかを試験した。

試験結果を第4表に、オシログラムの一例を第4図に示す。

(b) 平常運転試験



第4図 第1回試験 A.F.C. オシログラムの一例
Fig. 4. An Example of Oscillograms of A.F.C. at the First Test

神野瀬発電所を A.F.C. 調整発電所として平常運転させたときの試験結果を第 5 表に示してある。

(c) 試験結果の検討

第 4 表の試験結果より、周波数が過渡時を経て目標値に復帰する時間は約 30 秒前後で、 $\alpha-7$ は 40 秒を要している。もち論これで実用上なんら支障はないものと考えられるがさらに向上の余地が残されていることを知った。

これは日立装置の磁気増幅器 MA_3 と三菱製のガバナモータとの間の負荷の整合が不十分で、 MA_3 出力が約 30V で飽和するので、大きな誤差入力信号がきても、これ以上の電圧を出しえないため G.M. の速度が大にならず、したがって電力の増減に時間を要するためであることが明らかにされた。

第 5 表の平常運転結果をみると、日亜製鋼ミルの大きな負荷変化がないかぎりほぼ $\pm 0.1\sim$ の範囲に収まり、比較的負荷変動の小さいときは、 $\pm 0.05\sim$ 以内に収まっていることが知られ、連続式 A.F.C. 装置により安定な制御が可能であることが立証された。

制御経過は以上のようにほぼ良好であるが、一方ガバナの動作を観察すると動作頻度は大であり静止期間は認めがたい程度であつた。これは連続制御であり、高感度の検出装置をもっていることゆえ当然のことであり、そのことのゆえに良好な周波数制御結果を示すものであるが、長時間運転時には機器の損耗も考えられるので、制御装置に不動帯(中立帯)を設けるなど、なんらかの対策を構じて、機器の動作頻度を減らす必要が認められた。

(d) アナコンによる解析

以上述べたように第 1 回試験結果により MA_3 の飽和、ガバナ動作頻度の過大などが明らかになったので、第 2 回試験にそなえてこれらの改良具体策をたてることにした。

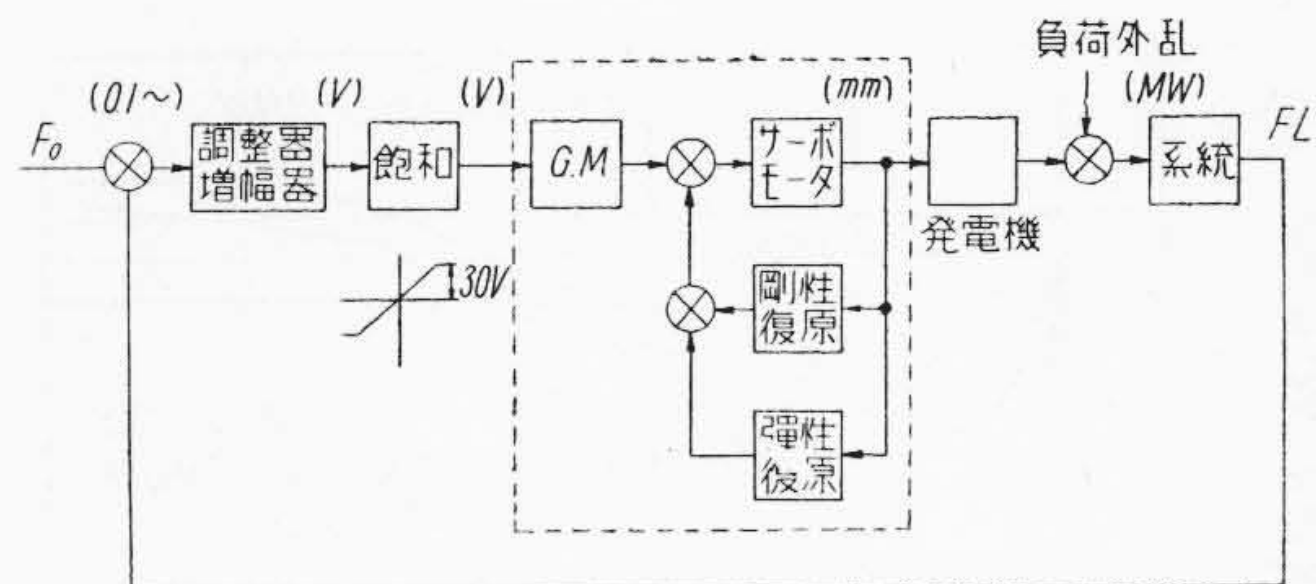
そのため第 1 回試験結果の一般化を計るためと、 MA_3 の飽和現象を除去した場合、あるいは制御装置に不動帯をもうけた場合いかなる制御動作を行うかをあらかじめ知るためにアナコンによる解析を行うことにした。

第 5 図は第 1 回試験時の A.F.C. 装置、ガバナ、水車発電機、電力系統を含む A.F.C. 全系のブロック線図を示している。

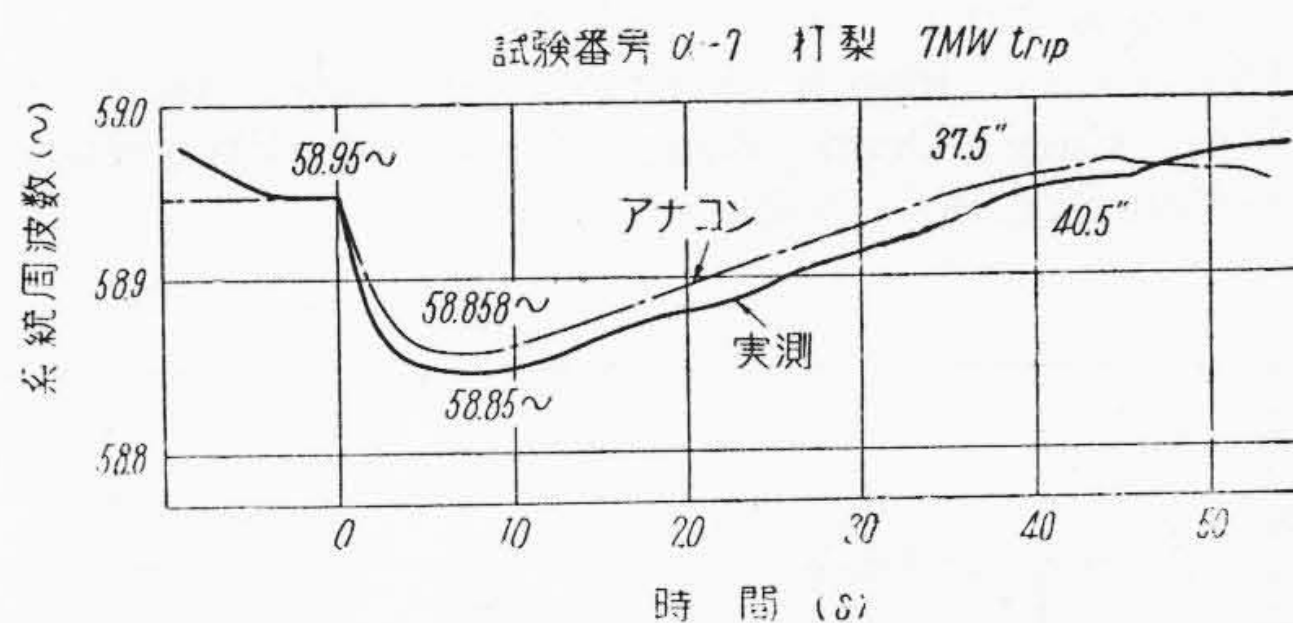
1 月 27 日 20 時に行われた $\alpha-7$ 試験(打梨 7MW トリップ)結果と、上記ブロック線図をアナコンに相似して計算した結果を比較すると第 6 図のようになり両者はほぼ一致していることがわかる。

第 7 図は MA_3 と G.M. の整合をとつたと仮定して、 MA_3 の飽和値を 100 V に変更したときで明らかに制御速度の向上が認められ、約 25 秒で回復している。

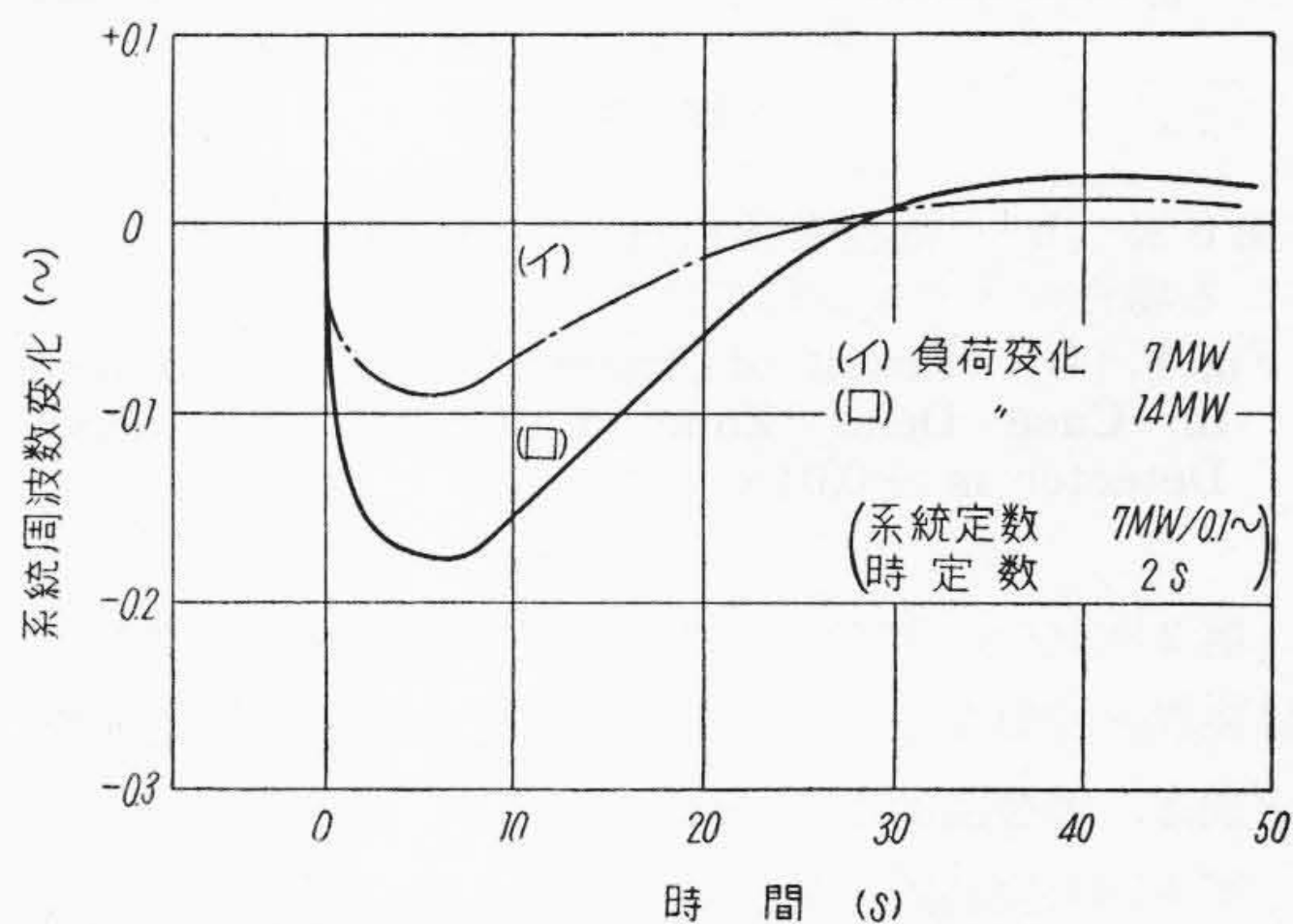
第 8 図(a)(次頁参照)は MA_3 の飽和値を 100 V と



第 5 図 第 1 回試験 A.F.C. 系ブロック線図
Fig. 5. Block Diagram of A.F.C. System at the First Test



第 6 図 $\alpha-7$ 試験結果とアナコン解析結果の比較
Fig. 6. Comparison of $\alpha-7$ Test Result with the Result of Analog Computer Analysis



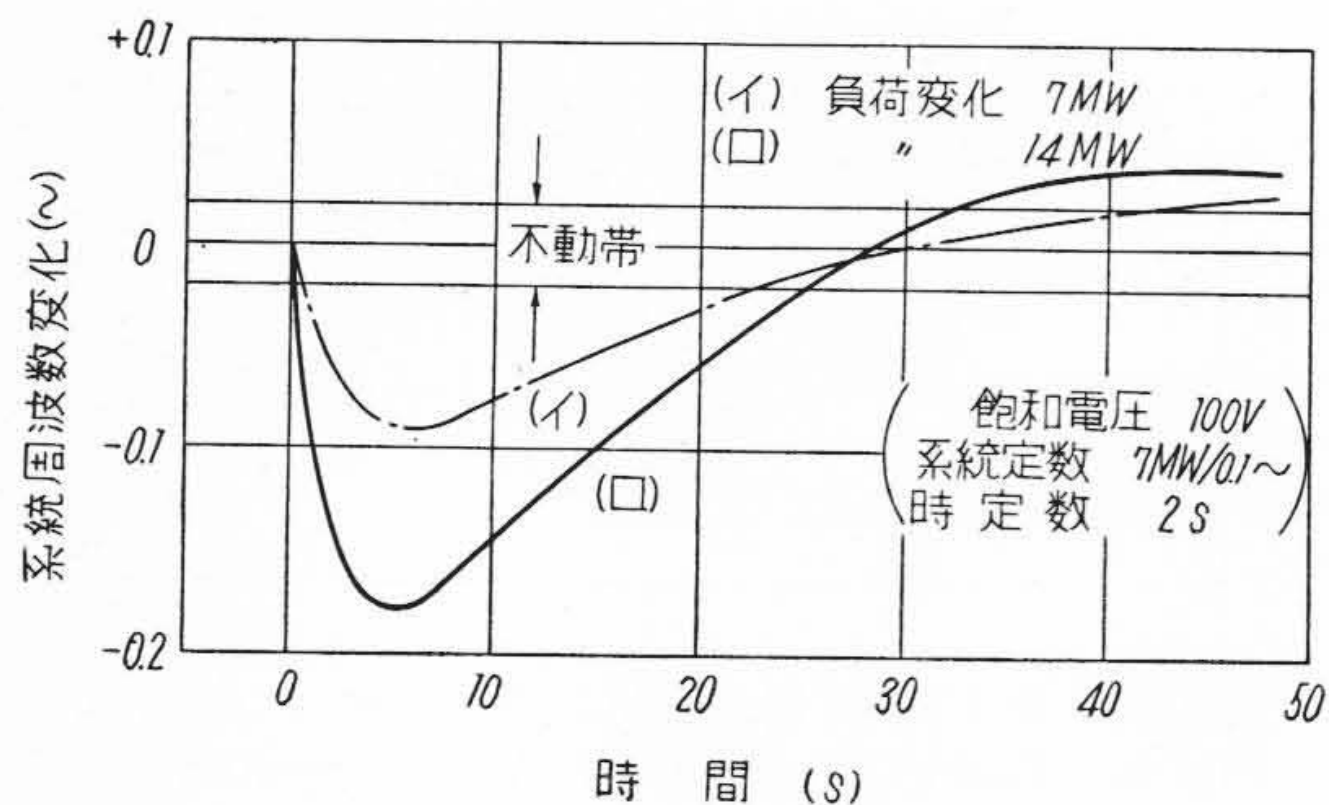
第 7 図 MA_3 の飽和を 100 V としたときのアナコン解析結果
Fig. 7. Result of Analog Computer Analysis (Saturation Value of MA_3 is 100 V)

し、さらに周波数検出器に $\pm 0.02\sim$ の不動帯を付加したとき、同図(b)は $\pm 0.04\sim$ の不動帯を付加したときのアナコン解析結果である。双方とも周波数が目標値に一度回復したのちやゝオーバ・シュート気味であるが、非線型要素の導入による振動現象はなく機器損耗の機会を減らすことができることを予想した。

〔IV〕 第 2 回試験(A.F.C., F.T.C., T.B.C. 試験)

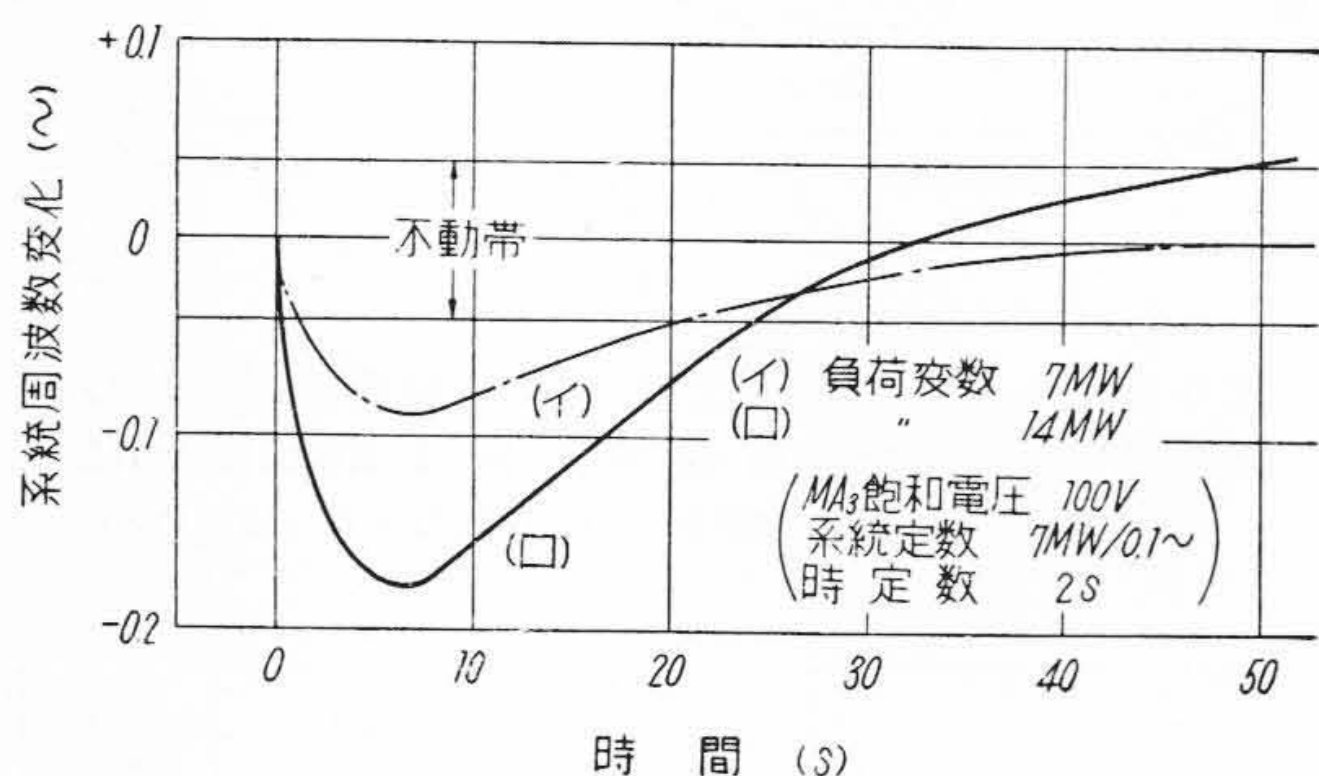
(1) 使用した自動制御装置

(a) 制御方式と結線概要



第8図(a) 周波数検出器に $\pm 0.02\text{Hz}$ の不動帯のある場合のアナコン解析結果

Fig. 8. (a) Result of Analog Computer Analysis in Case Dead Zone Value of Frequency Detector is $\pm 0.02\text{Hz}$



第8図(b) 周波数検出器に $\pm 0.04\text{Hz}$ の不動帯のある場合のアナコン解析結果

Fig. 8. (b) Result of Analog Computer Analysis in Case Dead Zone Value of Frequency Detector is $\pm 0.04\text{Hz}$

第2回試験に使用した日立装置は根本的には第1回試験装置と相異なく、その試験結果を参考として種々改良を加え、準製品のなものとした。

第1回試験装置と異なるおもな点は、

(i) A.F.C., F.T.C., T.B.C. の3種類の制御を1つの切換器により選択して動作させることができる。

(ii) このため連絡線電力検出部として、テレメータ受量により動作する電子管自動平衡型電力記録調整器を備えている。

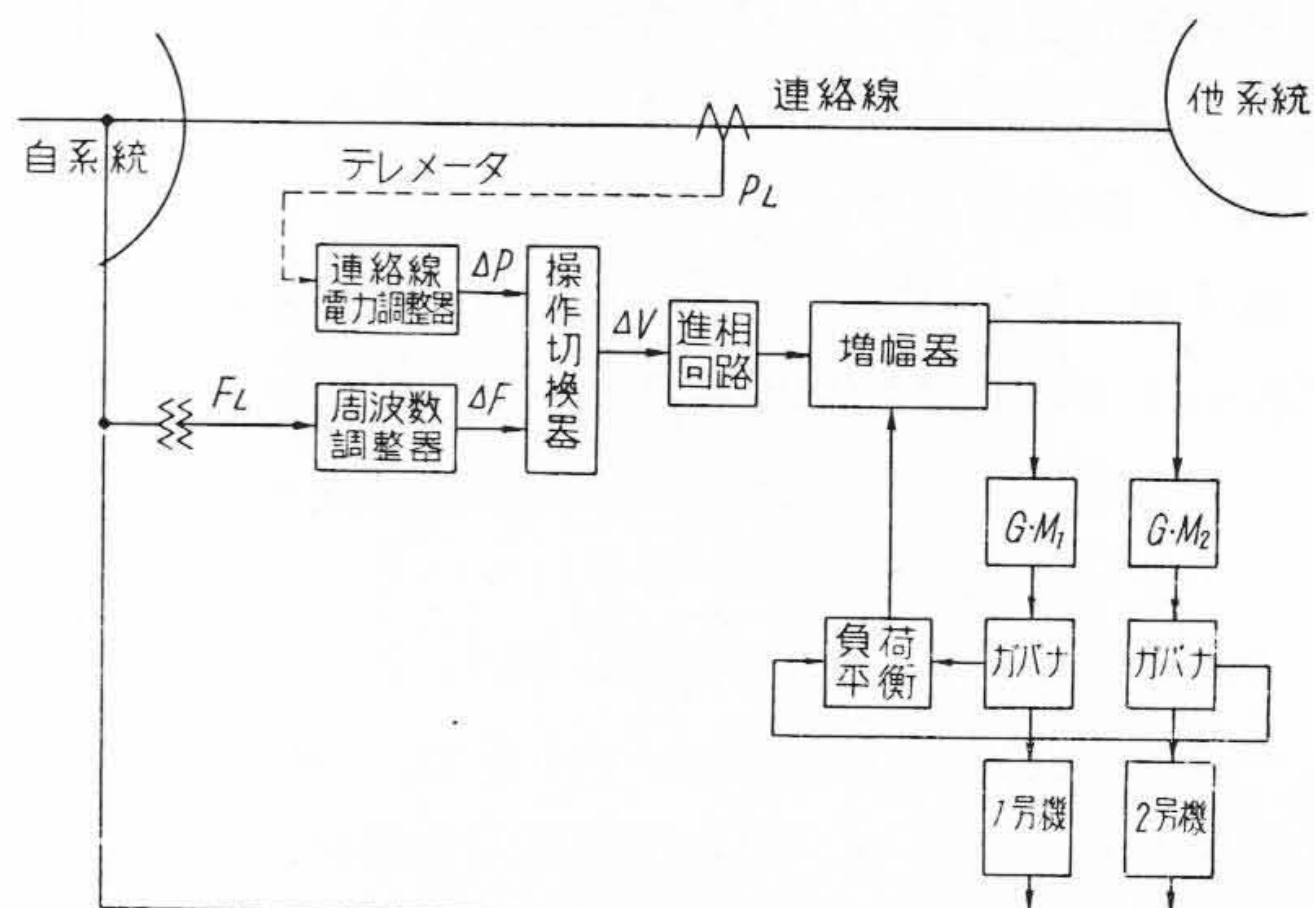
(iii) ガバナ・モータに十分な電圧をあたえうよう、終段磁気増幅器 MA_3 を改造した。

(iv) 機器の損耗を減少させるべく制御装置に不動帯を設けた。

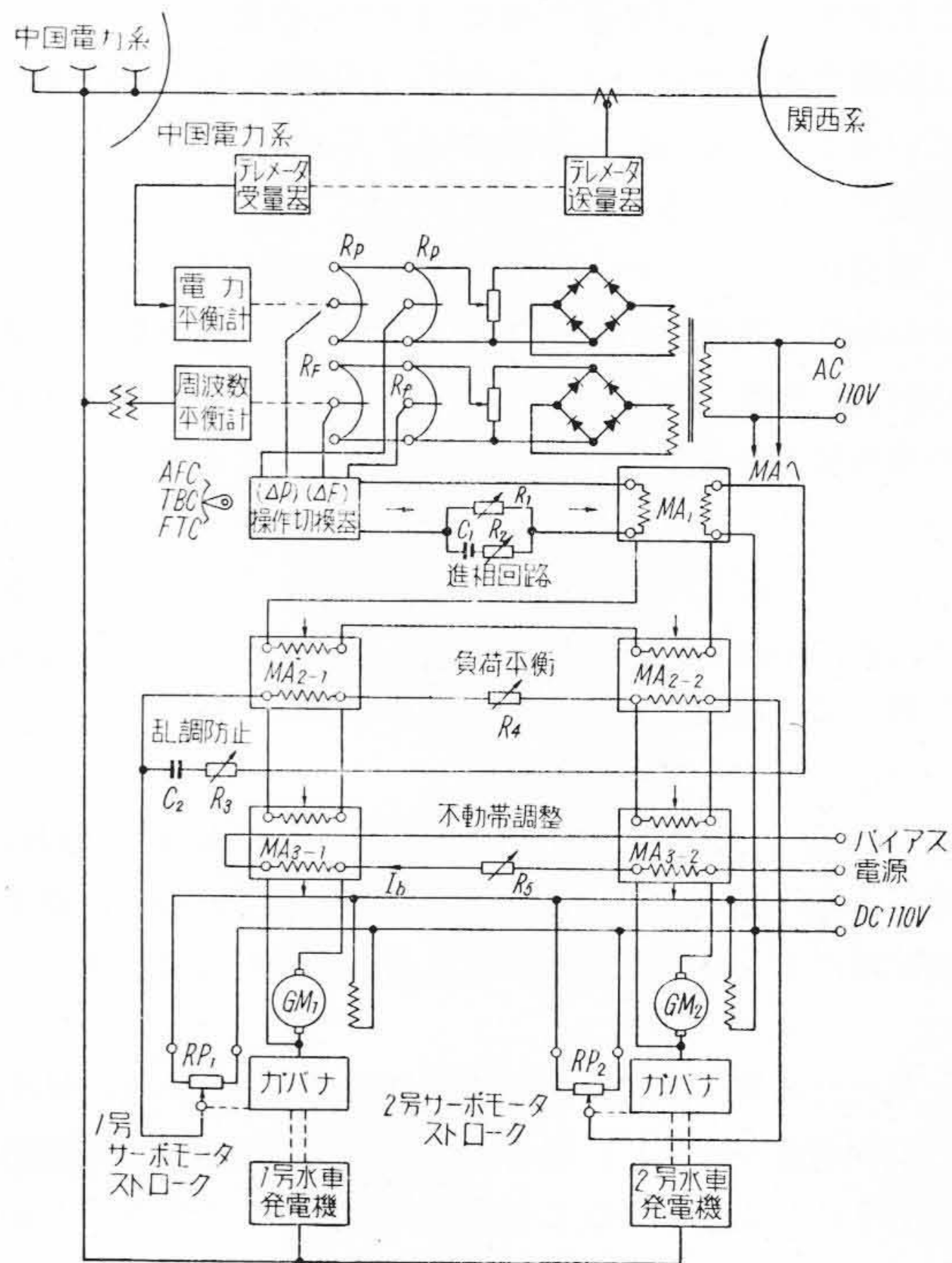
(v) 制御の安定性確保のため乱調防止回路を付加した。

(vi) 各種切換器、動作表示器、保護回路など実際の運転に必要な附属装置を備えている。

第9図に第2回試験に用いた日立装置の系統図を示



第9図 第2回試験時に用いた日立装置の系統図
Fig. 9. Schematic Diagram of Hitachi A.F.C. (F.T.C., T.B.C.) System at the Second Test



第10図 第2回試験時に用いた日立装置の結線図
Fig. 10. Connection Diagram of Hitachi A.F.C. (F.T.C., T.B.C.) Set Used for the Second Test

し、第10図にその概略結線を示してある。

(b) 動作説明

(i) 連絡線電力検出部

この検出部としては、日立電子管自動平衡型電力記録調整器が用いられている。連絡線電力 P_L はテレメータにより測定点岡山変電所より調整発電所神野瀬に伝送されてくる。この受信信号はほぼ直流に近い脈動電圧としてテレメータ受量器より上記検出装置に供給されるので

この計器は直流電圧の自動平衡計器が用いられている。この計器には指針と連動するポテンショ・メータ R_P が取付けてあり、連絡線電力偏差 ΔP 検出ブリッジの構成要素となつている。

(ii) ΔP ブリッジ

ΔP ブリッジは電力計指針と連動する R_P と、基準融通電力 P_0 をあたえる設定抵抗器 R_P とよりなり、ブリッジ出力端子には ΔP に比例した直流電圧 ΔV がえられる。

(iii) 操作切換器

ΔF 検出装置および ΔF ブリッジは第1回試験装置と同一であるので省略したが、A.F.C., F.T.C., T.B.C. の各制御動作は第10図に示した操作切換器により ΔF , ΔP ブリッジ出力電圧をおのおの単独あるいは両者を直列に取出すことにより行われる。

A.F.C.: 切換器を A.F.C. の位置におけば、 ΔP ブリッジは除外され、装置は R_P の位置により決定される基準周波数において A.F.C. が行われる。

F.T.C.: 切換器を F.T.C. の位置におけば、 ΔF ブリッジは除外され、 R_P の位置により基準連絡線電力が決定され、F.T.C. が行われる。

T.B.C.: T.B.C. の位置におくと、両ブリッジは直列に接続され両者の出力電圧を合成して所望の垂下特性 MW/0.1 $\sim$ があたえられる。すなわち所望の MW/0.1 $\sim$ の関係で ΔF , ΔP が変化すると、ブリッジ合成電圧は零になるように各ブリッジの電源電圧を調整しておく。

(iv) 増幅部

増幅部は MA_2 から 1, 2 号機用にわかれるようにしてある。また第1回試験で経験された終段 MA_3 と G.M との整合不良に基づく飽和現象を除くため、 MA_3 を改造し飽和電圧を約 100V とした。

(v) 負荷平衡部

サーボ・モータのストロークの不平衡に基づく電圧を MA_2 制御巻線に加えるようにしたので平衡感度は十分の余裕をもっている。

(vi) 乱調防止部

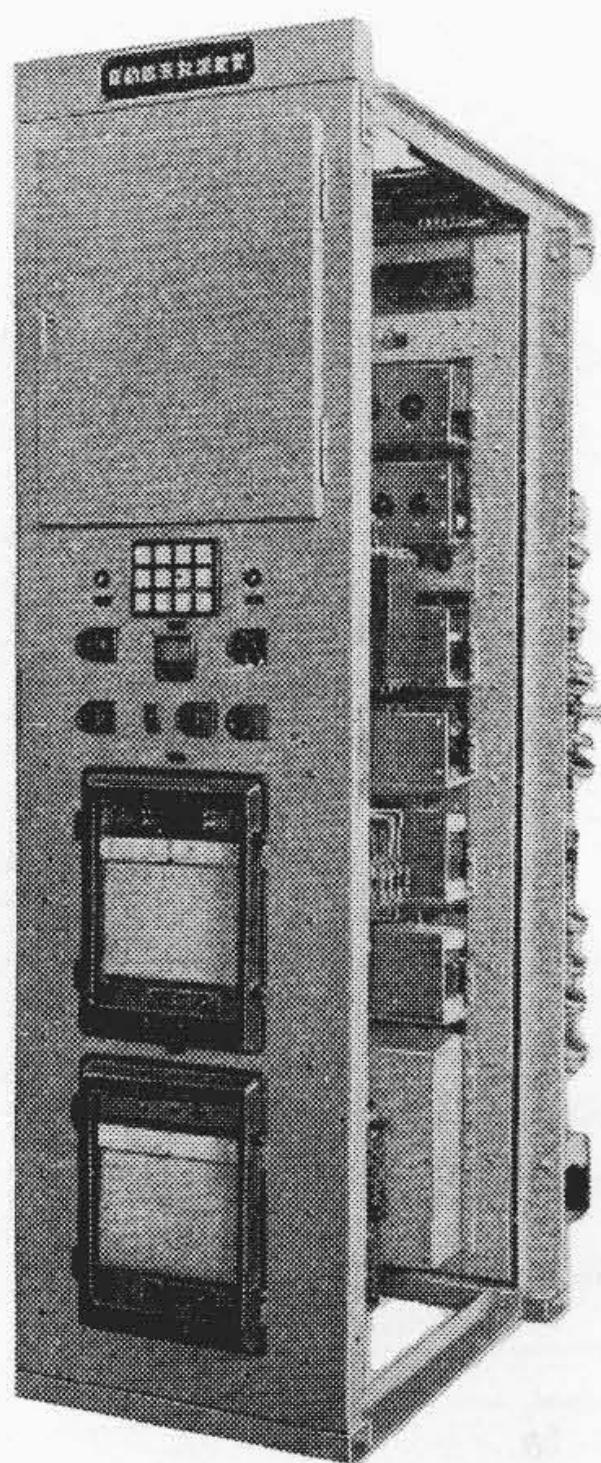
本装置は既述のように進相回路を設けて制御系の安定化と速応性の向上を計っているが、装置の乱調が送電系統に不測の危害をおよぼすことのないように、さらに別途の乱調防止回路を付加してある。第10図に示すようにサーボ・モータの移動の微分値を C_2 , R_3 により取出して MA_1 の制動巻線に負フィード・バックしている。

(vii) 不動帯調整部

第1回試験結果によりガバナ、ガイドベンなど機械的部分の損耗をできるだけ軽減させるために不動帯を付与する必要性が認められた。この目的のために第2回試験装置には MA_3 の出力の零附近の狭い範囲に不動帯を設け、小さな入力信号では出力を出さない小部分を作るようにしてある。それには MA_3 の一つの巻線に直流電流を流して静特性を偏倚することにより目的を果している。 R_5 で直流バイアス電流 I_b の大きさを加減して不動帯の幅を加減するようにしてある。

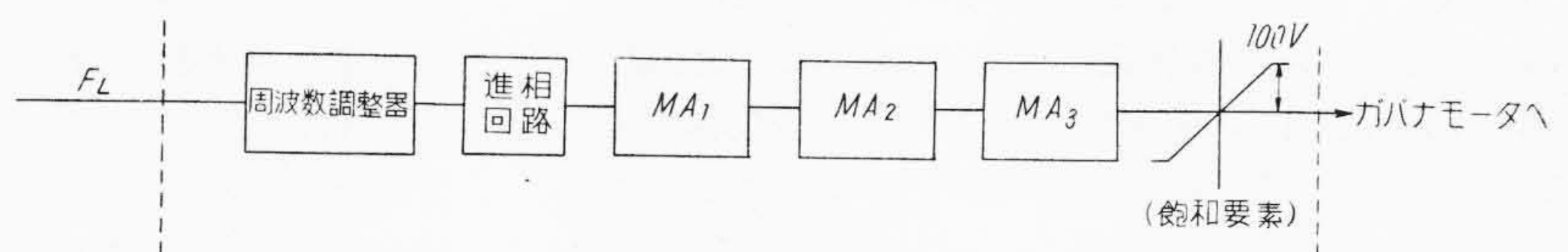
第11図は以上の装置を含む第2回試験用装置の外観である。

(c) 第2回試験装置の構成

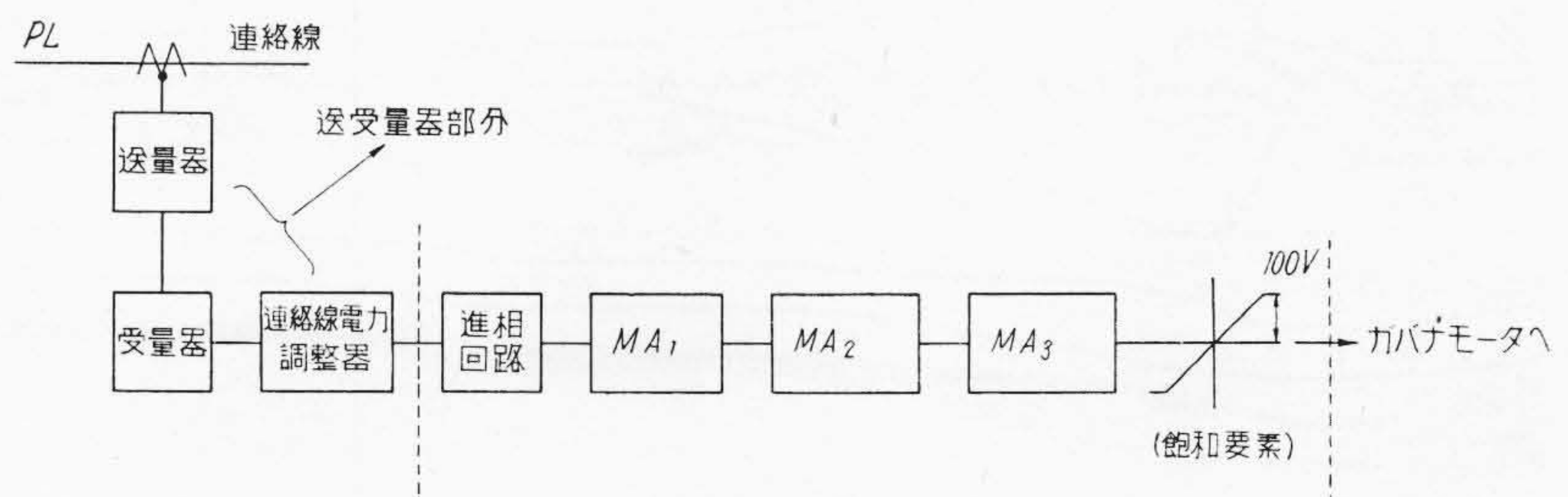


第11図 第2回試験日立 A.F.C., F.T.C., T.B.C. 装置

Fig. 11. Hitachi A.F.C., F.T.C., T.B.C. Set at the Second Test



第12図 第2回試験 A.F.C. 装置のブロック線図
Fig. 12. Block Diagram of A.F.C. System at the Second Test



第13図 F.T.C. 装置のブロック線図
Fig. 13. Block Diagram of F.T.C. System

A.F.C. の場合：装置は多くの部分からなっているが、その大要をブロック線図で示すと第12図のようになる。

F.T.C. の場合：この場合は第13図に示してある。同図には MA_3 の飽和電圧を最大値 100V とした場合を特に示した。

T.B.C. の場合：第14図は T.B.C. の場合の装置のブロック線図を示してある。なお後述のアナコン解析には周波数検出部分は電力検出

装置（伝送系の送受量器を含む）にくらべて応答おくれは無視できるので考慮に入れず、周波数バイアス値のみをとることとした。

(2) A.F.C. 試験結果

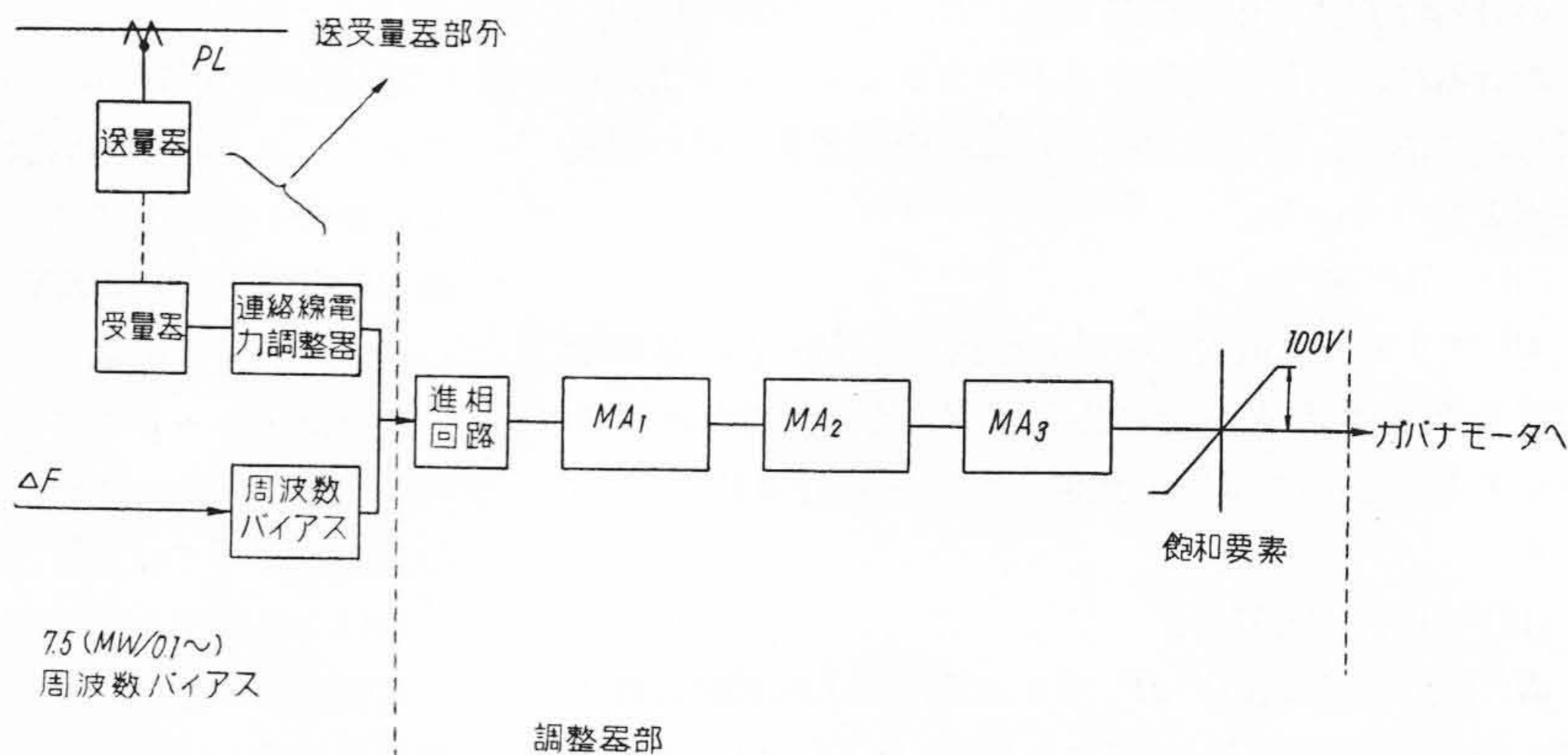
(a) 発電機急変試験

中国電力単独系を対象として、神野瀬発電所の 1, 2 号機を調整発電機とし A.F.C. 試験を行つた。系統中の湯原発電所において 5, 10, 15 MW の電力を遮断し周波数が低下するとき、神野瀬発電所の A.F.C. 装置がいか

に周波数を自動制御するかを試験した。試験結果を第6表に示した。第15図はその場合のオシログラムの一例で、試験番号 JY-3 (湯原 15 MW 遮断) の経過を示すものである。

(b) 平常運転試験および不動帯の影響試験

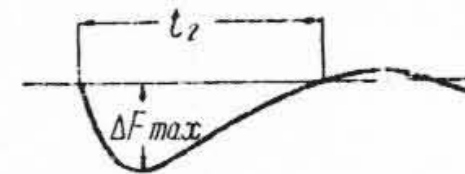
7月25日16時37分より17時37分までの間の平常 A.F.C. 運転記録を第16図に示してある。この連続運転中に A.F.C. 装置に不動帯を作り、それを変化させてその影響をみることにした。第16図の JD-1 は不動帯 0, JD-2 は $\pm 0.0085\sim$, JD-3 は $\pm 0.00175\sim$, JD-4 は



第14図 T.B.C. 装置のブロック線図
Fig. 14. Block Diagram of T.B.C. System

第6表 第2回試験 A.F.C. 試験結果
Table 6. Results of A.F.C. Test at the Second Test

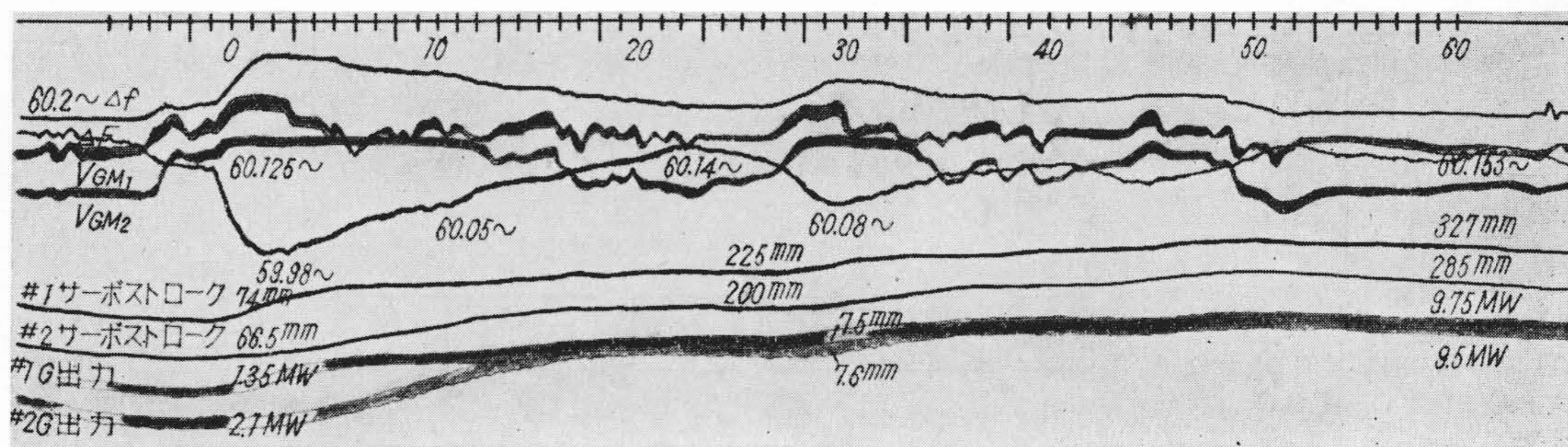
試験番号	遮断電力	最大周波数偏差 ΔF_{max} (Hz)	もとの値に復するまでの時間 (t_2) (sec)	神野瀬発電機出力変化 (MW)	備考
JY-1	5MW	0.07	12.0	5	中国単独系湯原 trip
JY-2	10	0.18	27.0	12	"
JY-3	15	0.145	18.0	12.5	"



$\pm 0.03\sim$ の不動帯をあたえて運転した結果である。

(c) A.F.C. 試験結果の検討

第6表より、周波数が過渡時を経て第1回目に目標値に復帰する時間は約20秒前後であることがわかる。第1回試験の A.F.C. 試験では約 30~40 秒をようしていたことは既述のとおりであり、格段と制御の速応性が改善されたことがわかる。これは制御装置中の MA_3 の飽和値が前回試験では 30V であったものが、今回試験では装



第15図 第2回試験 A.F.C. 試験オシログラム
Fig. 15. An Example of Oscillograms of A.F.C. Test at the Second Test

置の改造により 100V となつたためである。

また第 16 図より系統周波数は A.F.C. により大略 $\pm 0.03\sim$ 以内におさまる良好な結果を示している。

同図の記録はその間不動帯を $0 \rightarrow \pm 0.03\sim$ と変化させたのであるが、制御結果はあまり悪化せず、その影響は顕著でない。ところが一方このときのガバナの動き、特にサーボ・モータの 1 分間当りの移動量を示すと第 17 図のようになる。すなわち不動帯の幅を $0 \rightarrow \pm 0.03\sim$ と大にするとサーボ・モータ移動量は 21.5 cm/min から 2.5 cm/min と約 $1/8$ にも減少している。このように不動帯を作るとサーボ・モータの移動量は顕著に減少し、しかも制御結果には大きな悪影響をあたえないことが明らかになった。

(d) A.F.C. 試験結果のアナコンによる解析

第 2 回試験時の A.F.C. 系ブロック線図は第 18 図に示してある。第 19 図には試験番号 JY-3 の実測結果と、アナコン解析結果を示してあり、両者ほぼ一致している。実測結果の 18 秒以後において周波数が多少動揺しているのは、試験のためにあたえた擾乱以外に常時存在する負荷変動に起因する周波数動揺と考えられる。

(e) A.F.C. 試験結果と解析結果の要約

第 2 回試験結果から、前回試験に比して制御速度がいちぢるしく改善せられ 30~40 秒要したものが 20 秒前後になり、平常運転時の周波数変動幅（制御誤差）も $\pm 0.1\sim$ から $\pm 0.03\sim$ と大幅に改善されたことがわかる。

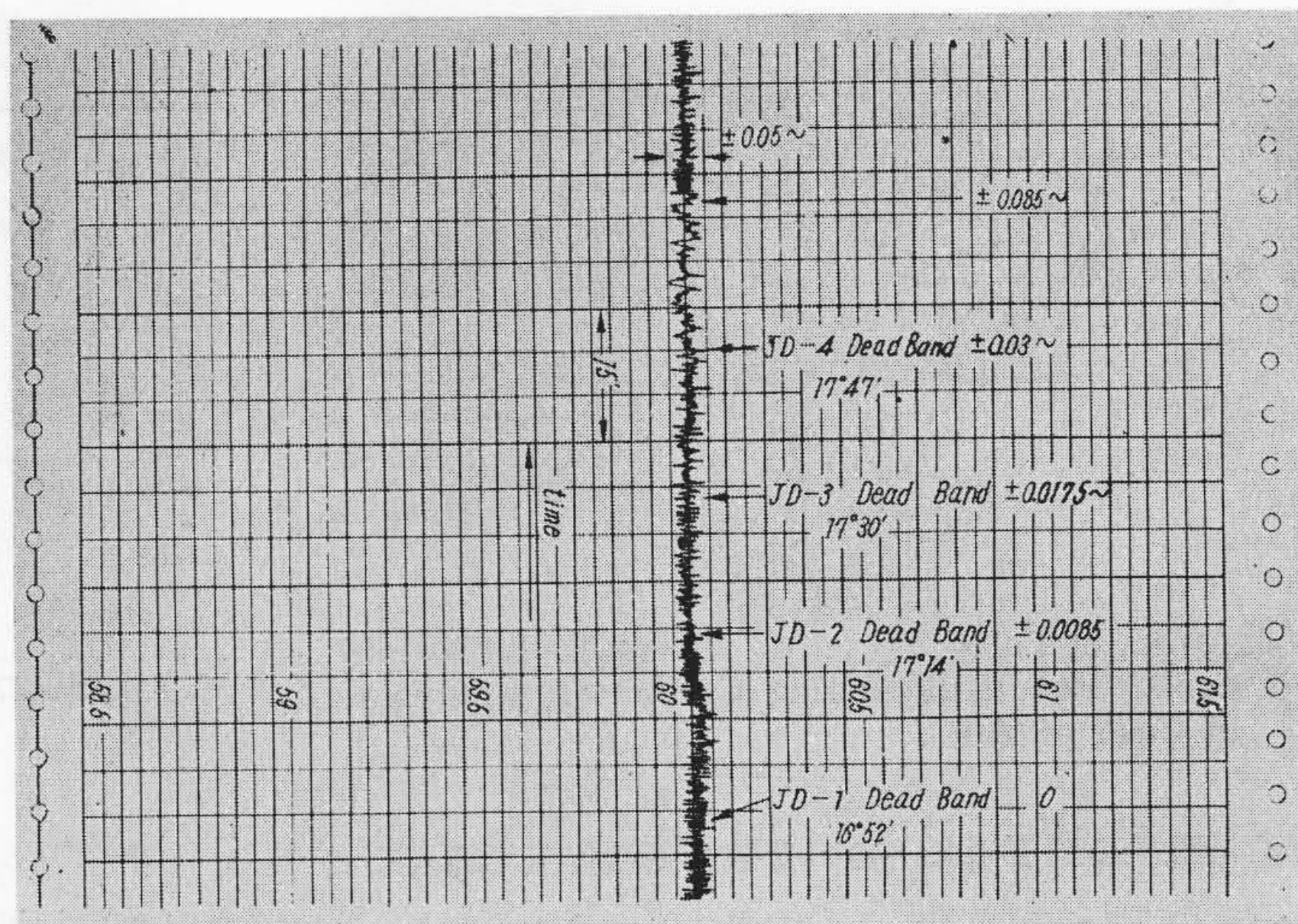
特に不動帯を設けたことの効果は顕著であり、制御結果に大きな悪影響をおよぼさずに装置の動作頻度を大幅に減少せしめ、機器の損耗の軽減に大いに役立つものと期待される。

(3) F.T.C. 試験結果

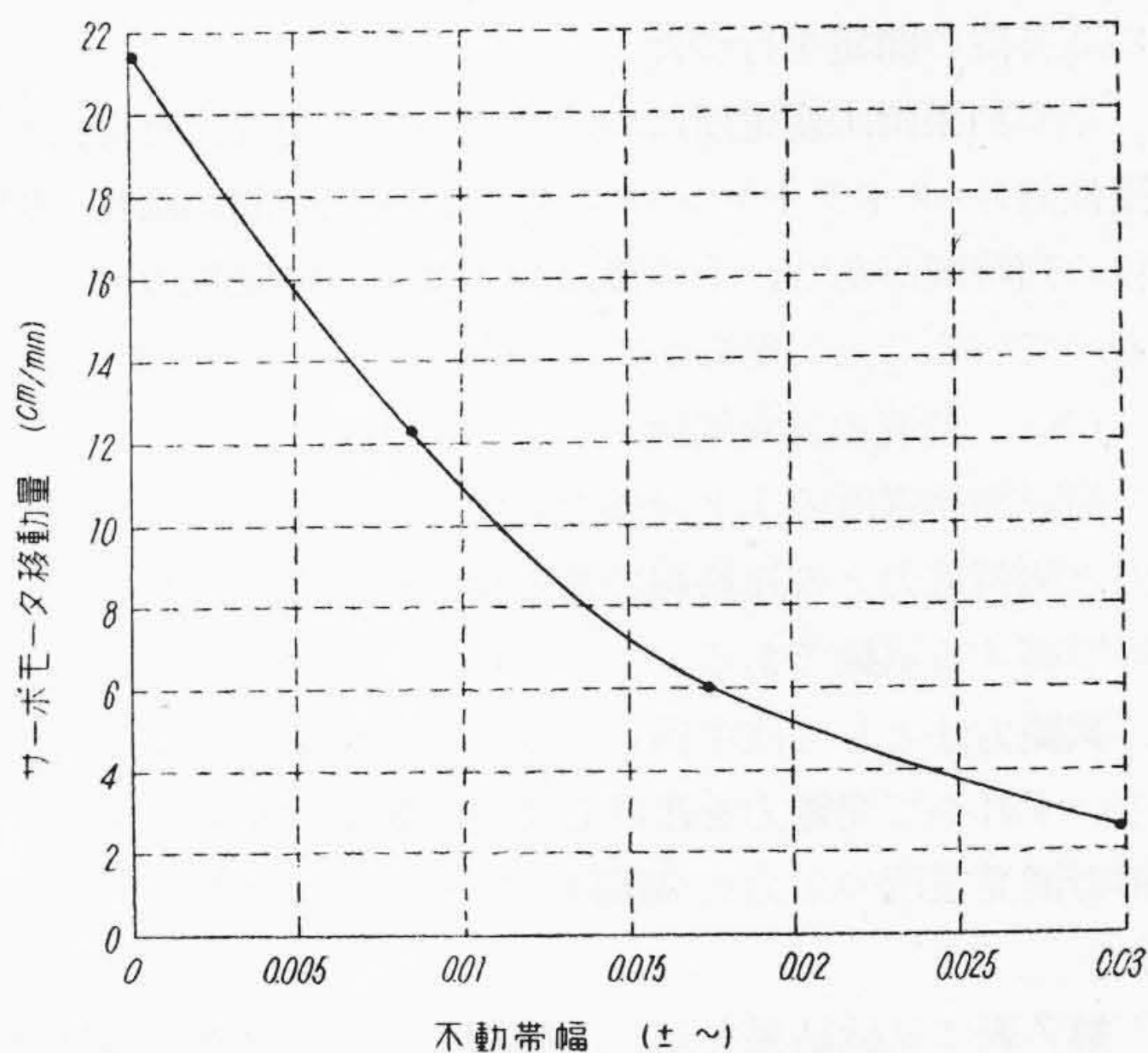
(a) テレメータ応答試験

F.T.C. は系統相互間の連絡線上の融通電力を、あらかじめ定めた値に一定に保持しようとするもので、制御を受持つ調整発電所と F.T.C. を行わんとする連絡線の電力測定点とは遠くはなれている場合が多い。

今回の試験系統では、中国電力系統と関西電力系統との連絡線すなわち伊岡線の電力を岡山変電所にて測定し、これを電力線搬送装置にて調整発電所である神

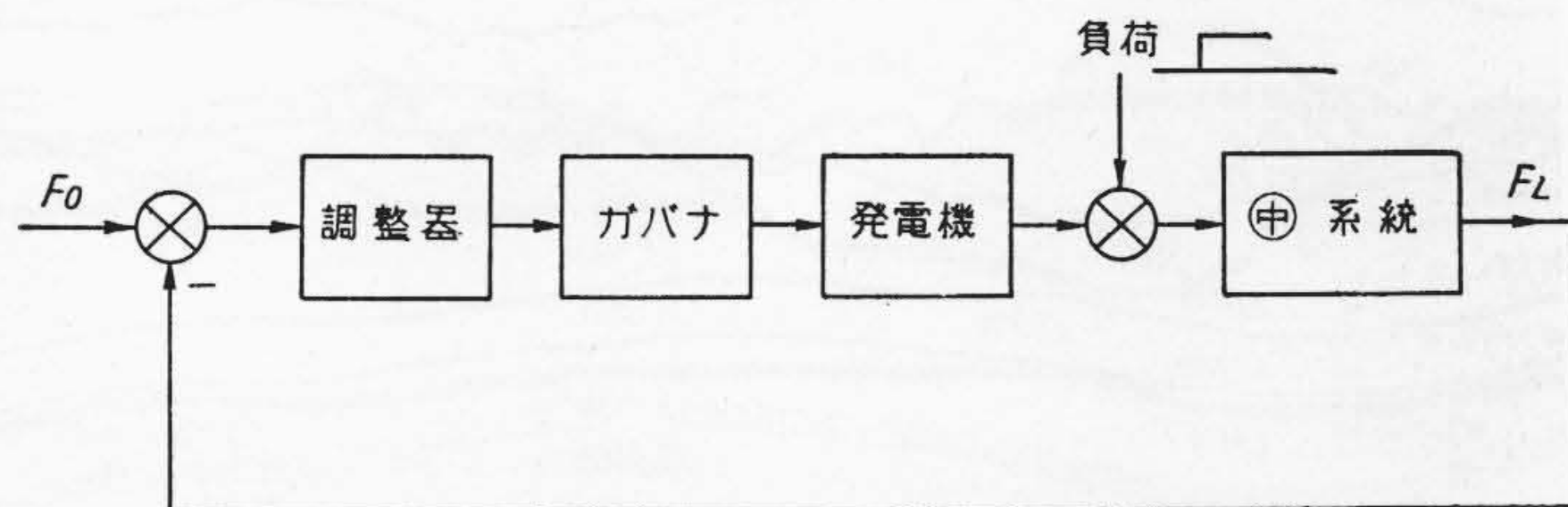


第 16 図 第 2 回試験 A.F.C. 平常運転試験結果
Fig. 16. Result of A.F.C. Test in Case of Normal Running at the Second Test

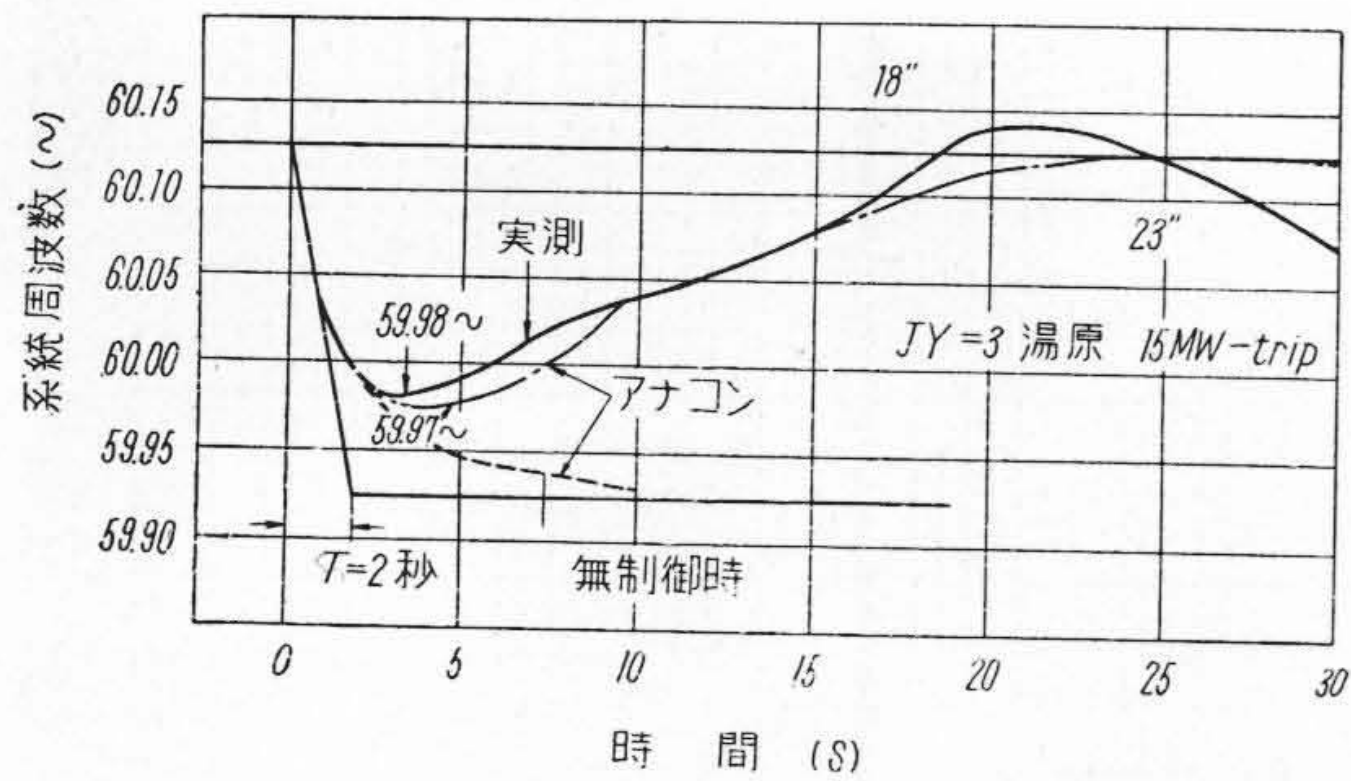


第 17 図 A.F.C. における不動帯とサーボ・モータ移動量の関係

Fig. 17. Relation between Dead Zone and Servo-Motor Movement in Case of A.F.C.



第 18 図 第 2 回試験 A.F.C. 系ブロック線図
Fig. 18. Block Diagram of A.F.C. System at the Second Test



第19図 A.F.C. のアナコン解析結果
Fig. 19. Result of Analog Computer Analysis in Case of A.F.C.

野瀬発電所まで伝送し、この受量を調整装置に導入して制御を行うものである。この伝送は種々の機器をかいして行われるので、実際の連絡線電力と神野瀬受量との間には当然ある程度の時間遅れが存在することとなる。この遅れが大きいと制御系の安定性に悪影響をおよぼすことになるので F.T.C., T.B.C. の試験に先立つて伝送系の応答度の測定を行つた。

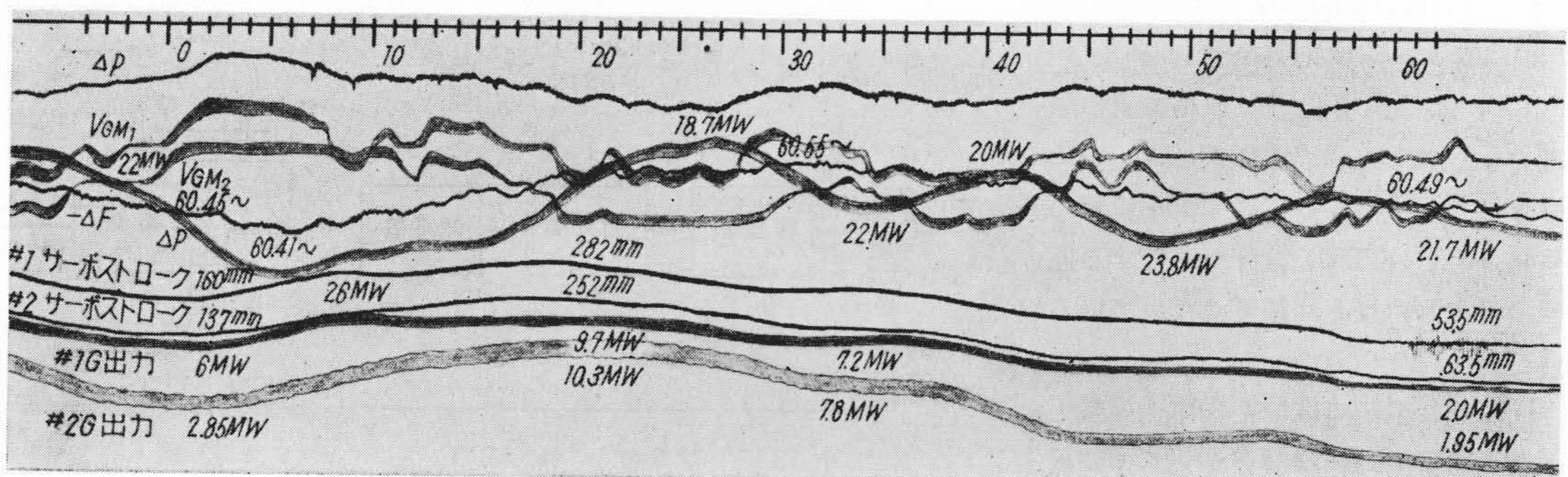
その結果岡山変電所における連絡線電力変化と神野瀬受量信号(サイラトロンパルス電流)変化の間には約 0.04 秒の死時間があり、その後は約 0.2 秒の時定数の関係をもっていることが明らかになった。

(b) 発電機急変試験

神野瀬発電所の 1, 2 号機を調整発電機として、中国電力と関西電力との連絡線である伊岡線電力汐流を一定値に制御する試験である。

試験方法としては中国系の湯原、関西系の丸山発電所のいずれかで発電機を遮断して連絡線電力を変化させ、神野瀬発電所の出力を制御して一定値になるようにした。

第7表に試験結果を示し、第20図のオシログラムは試験番号 KY-1 (湯原 5MW 遮断) の制御経過を示している。

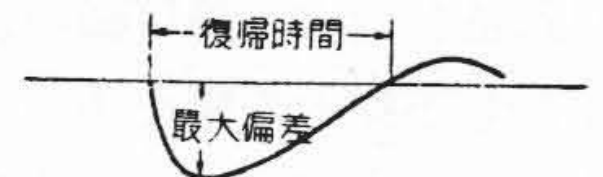


第20図 F.T.C. 試験オシログラム
Fig. 20. An Example of Oscillogram of F.T.C. Test

第7表 F.T.C. 試験結果
Table 7. Results of F.T.C. Test

試験番号	遮断電力 (MW)	電力汐流最大偏差 (MW)	第1回目復帰時間 (sec)	神野瀬出力変化 (MW)	備考
KY-1	5	+4.0	5.0	6	全系 湯原 trip
KY-2	10	+8.5	8.0	9	"
KY-3	15	+15.0	17.0	15	"
KM-1	30	—	—	-6	全系 丸山 trip
KM-2	45	-8.0	13.0	-8.5	"
KM-3	60	-16.0	14.0	-6	"

注: 汐流偏差の+は中国系受電
" - は送電



(c) 平常運転試験結果および不動帯の影響試験

7月26日11時38分より16時36分までの間に行つた平常運転試験結果の一部を第21図に示してある。この間に不動帯の大きさを变化させてその影響を調べた。KD-1 は不動帯 0, KD-2 は ± 1.15 MW, KD-3 は ± 1.7 MW, の不動帯をあたえて運転した場合であり, KD-4 は ± 1.7 MW の不動帯の場合に乱調防止回路を付加した場合である。

(d) F.T.C. 試験結果の検討

第7表より電力汐流が過渡時を経てはじめて目標値に復帰する時間は遮断電力により差があるが、ほぼ15秒前後である。また第20図で見られるように制御経過は単独系の A.F.C. の場合に比べてやゝ振動的である。これは連絡線上に常に生じている電力汐流の変動(試験にとっては雑音)が重畳しているためではないかと考えられる。また第21図よりわかるように不動帯の大きさを 0→ ± 1.75 MW と増加しても、制御結果はほぼ目標値 ± 5 MW 以内におさまる、大きな変化がないことがわかる。一方サーボ・モータ移動量は第22図に示すように 30 cm/min から 16.5 cm/min と約半分に減少している。この減少は A.F.C. の場合ほど顕著ではないが不動帯を設けたこと

の利点は明瞭である。なお第21図 KD-4 は乱調防止回路の効果のため変動振幅が多少減少しているように見られる。

(e) F.T.C.のアナコンによる解析

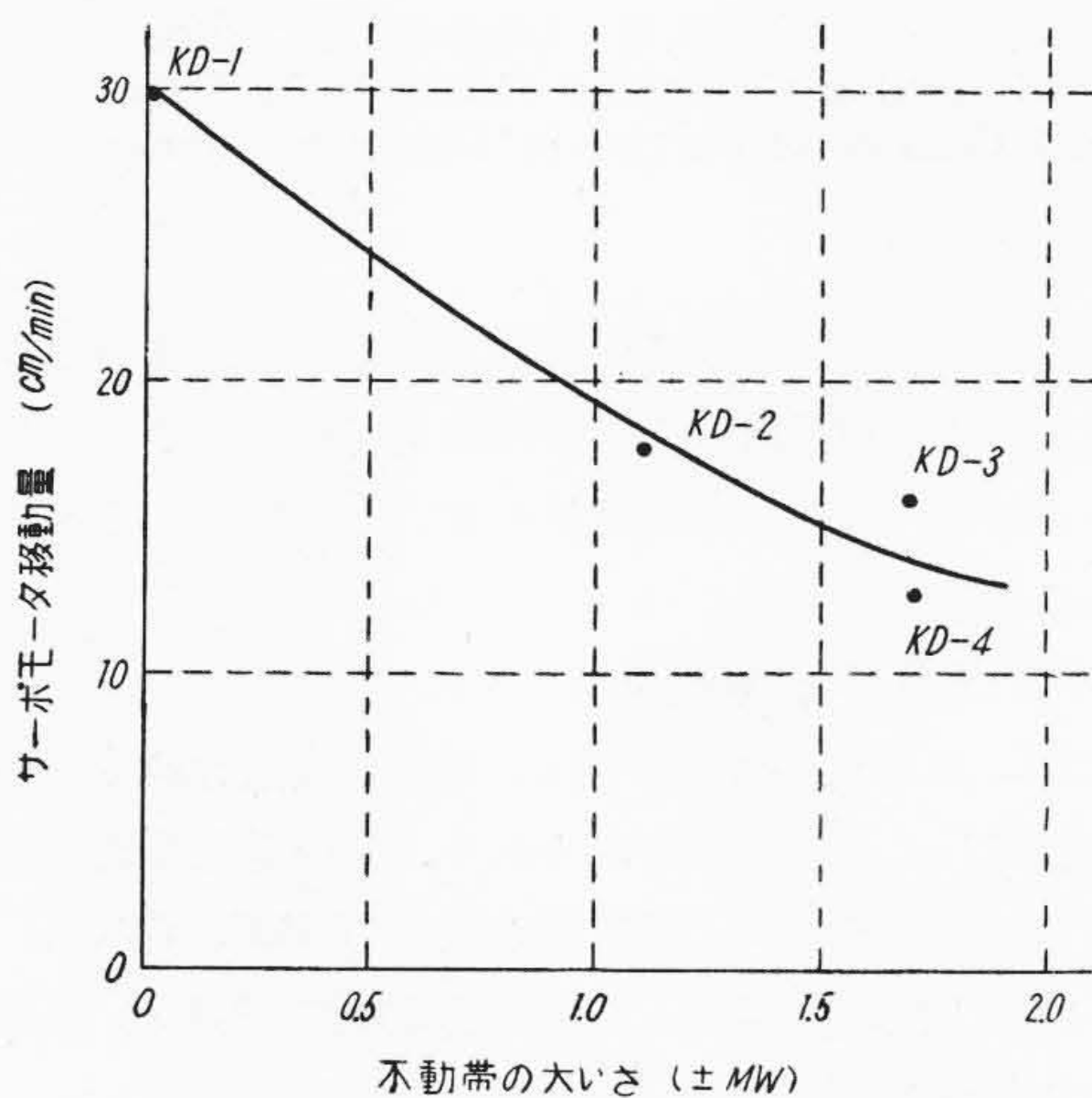
一般に電力系統は複雑な回路網を構成しているので、電力、周波数などの動特性をアナコンで解析する場合は各種の定数、接続をしり、それをブロック線図で示す必要がある。ところが F.T.C., T.B.C. などの制限を行つたときの連絡線電力、または周波数変動の直流分的なものを知る目的のために、一系統内はもち論、二系統間に生ずる電力動揺を無視してブロック線図を描くと二系統並列を第23図として示すことができる。

M_1, M_2 は両系統の慣性定数、 K_1, K_2 は電力系統を定位置化せしめる定数で、いわゆる MW/0.1 c/s である。

電力系統をもつとも単純な貌で示すと第24図のような系で示され、その伝達函数は

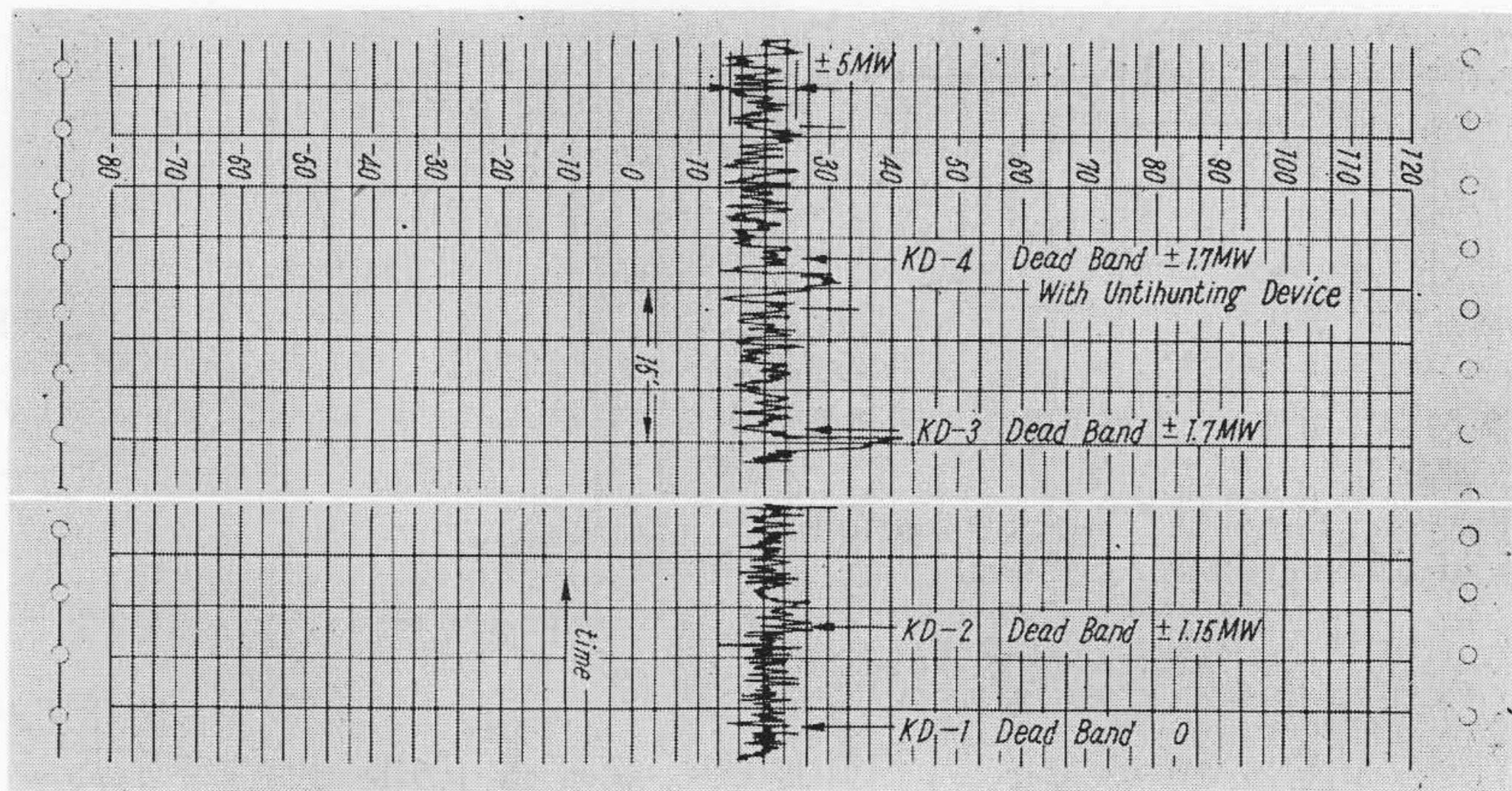
$$G(S) = \frac{\frac{1}{M \cdot S}}{1 + \frac{K}{M \cdot S}} = \frac{\frac{1}{K}}{1 + \frac{M}{K} \cdot S}$$

で示される。単位負荷変化に対して周波数は M/K なる



第22図 F.T.C.における不動帯とサーボ・モータ移動量の関係

Fig. 22. Relation between Dead Zone and Servo-Motor Movement in Case of F.T.C.



第21図 F.T.C. 平常運転試験結果
Fig. 21. Results of F.T.C. in Case of Normal Running

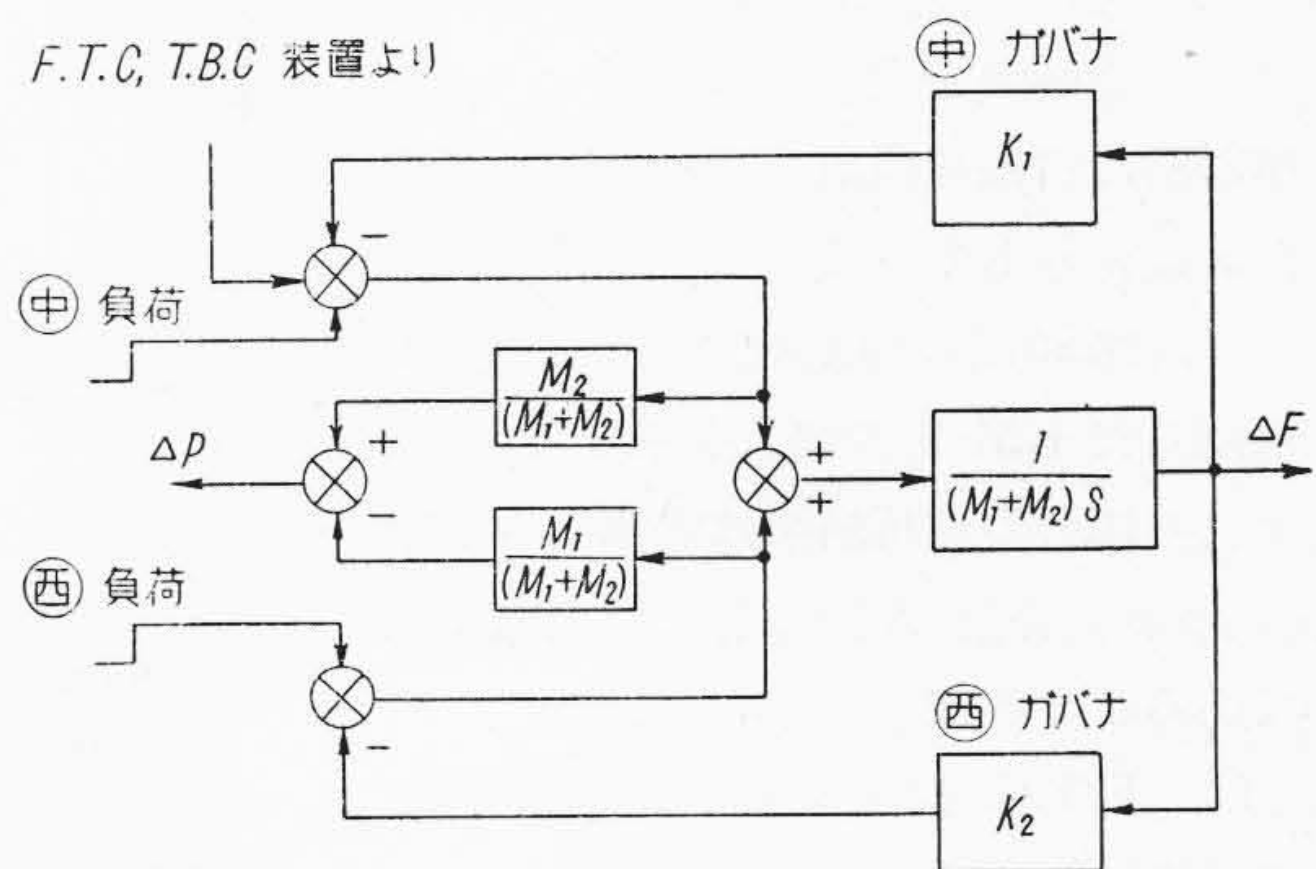
時定数をもつて $1/K$ におちつくことを意味している。電力系統における簡単な実験により $M/K, 1/K$, したがって K および M を知りうる。

中国系統特性は試験結果より、

$$\text{MW}/0.1 \sim = 7.5 = K_1$$

$$\text{時定数} = M_1/K_1 = 2 \text{ 秒}$$

F.T.C., T.B.C 装置より



$$\text{中国系統特性} \quad \frac{0.133}{1+2S} \quad (0.1 \sim / \text{MW}) \dots (1)$$

$$\text{関西系統特性} \quad \frac{0.04}{1+5S} \quad (0.1 \sim / \text{MW}) \dots (2)$$

(1), (2) より

$$\text{中国系調速特性} \quad K_1 : \frac{1}{0.133} = 7.5 \quad \text{MW}/0.1 \sim$$

$$\text{関西系調速特性} \quad K_2 : \frac{1}{0.04} = 25.0 \quad \text{MW}/0.1 \sim$$

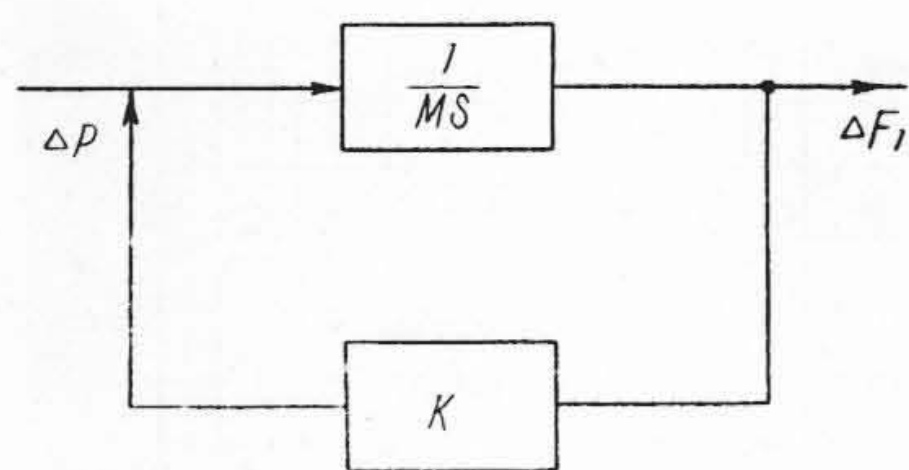
$$\text{中国系慣性定数} \quad M_1 : 15 \quad \text{MW} \cdot \text{sec}/0.1 \sim$$

$$\text{関西系慣性定数} \quad M_2 : 125 \quad \text{MW} \cdot \text{sec}/0.1 \sim$$

$$\therefore \begin{aligned} M_1 + M_2 &= 140 \\ \frac{M_2}{M_1 + M_2} &= 0.893 \\ \frac{M_1}{M_1 + M_2} &= 0.107 \end{aligned}$$

第23図 中国、関西両系統連絡系の系統ブロック線図

Fig. 23. Block Diagram of Interconnected Power Systems between Chugoku and Kansai



第24図 単純化した電力系統ブロック線図

Fig. 24. Simplified Block Diagram of Electric Power System

したがって

$$M_1 = 15 \text{ MW} \cdot \text{sec} / 0.1 \sim$$

同様に関西電力系では

$$\text{MW} / 0.1 = 25 = K_2$$

$$\text{時定数} = 5 \text{ 秒} = M_2 / K_2$$

$$\therefore M_2 = 125 \text{ MW} \cdot \text{sec} / 0.1 \sim$$

となり M_1, M_2 が求まる。

以上の値から系統各部の伝達函数は第23図に示したようになる。このブロック線図に第13図の F.T.C. 装置部分と、第18図のガバナ、発電機部分のブロック線図を接続総合すると全 F.T.C. 制御系のブロック線図が完成される。

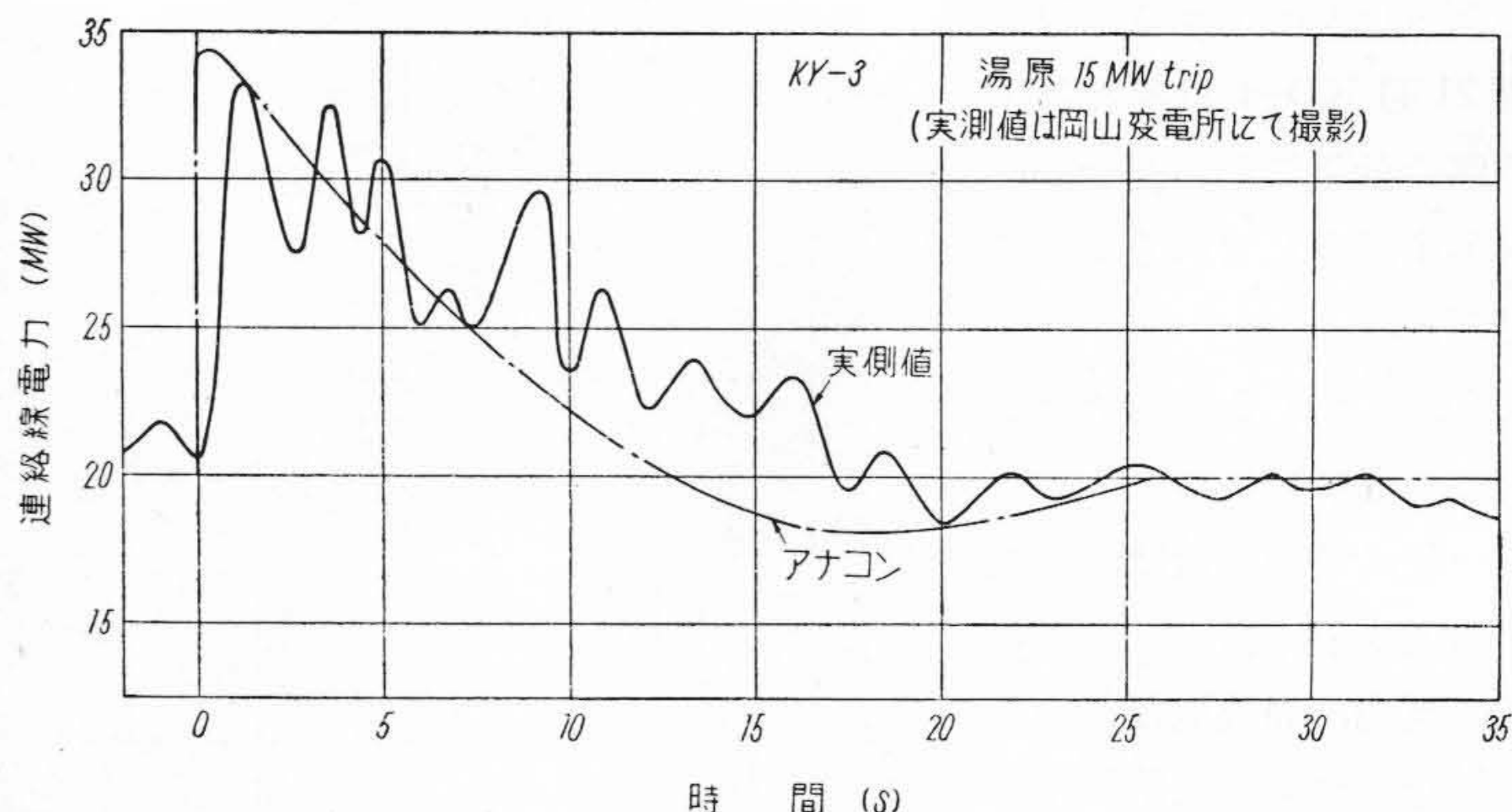
第25図に自系統湯原で 15 MW を遮断した試験番号 KY-3 の実測、解析両結果を示し、第26図に他系統丸山で 60 MW を遮断した KM-3 の場合を示してある。いずれの場合も解析結果は実測結果の中心線的(直流分的)な傾向をほぼ忠実に示していることが知られる。

(f) F.T.C. 試験結果および解析結果の要約

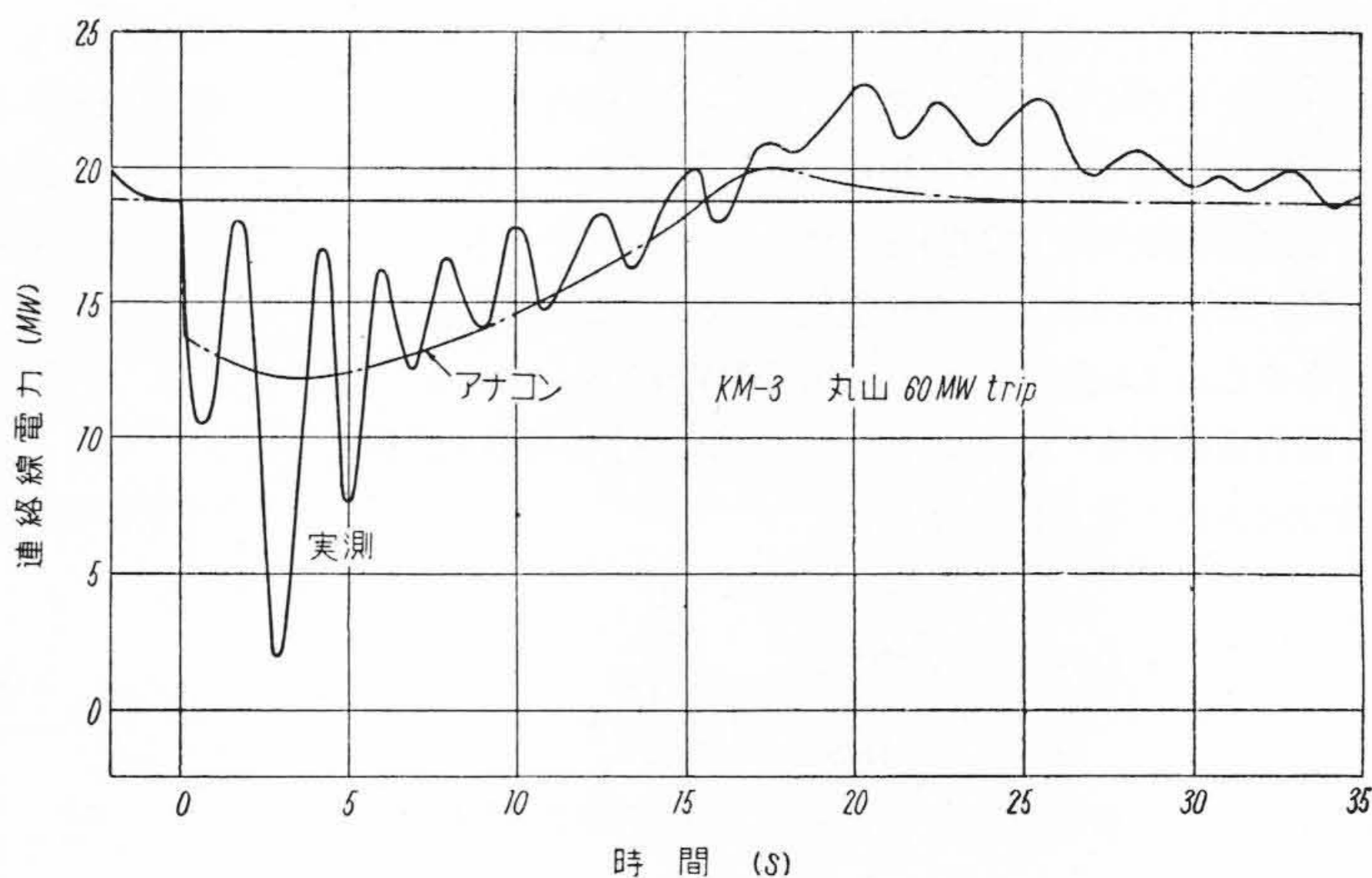
日立 F.T.C. 装置試験の結果、連絡線電力はほぼ一定に保たれ、平常運転時には十分目標値 $\pm 5 \text{ MW}$ 以内に収まり、負荷急変時においても約15秒前後でもとの値に回復している。この場合制御経過は A.F.C. の場合に比較して多少振動的であるが、既述のように常時連絡線に存在する電力変化によるものと考えられる。

不動帯の効果は A.F.C. の場合ほど顕著でないが、それを設けることの利点は明瞭である。今回の結果より以上に機器の動作頻度を減ずるには不動帯の幅をさらに広くするか、あるいは F.T.C. に多少周波数バイアスをかけて他系統の負荷変化に対する装置の応答度を軽減することなどによつて目的は達せられる。

また試験系統の規模は本州 60~ 全系におよび、使用されている機器、線路は多数であり、これらすべての特



第25図 F.T.C. のアナコン解析結果 (自系統負荷変化時)
Fig. 25. Result of Analog Computer Analysis in Case of F.T.C. (Load Change Occurred in Own System)



第26図 F.T.C. のアナコン解析結果 (他系統負荷変化時)
Fig. 26. Result of Analog Computer Analysis in Case of F.T.C. (Load Change Occurred in Other System)

性を把握することは非常に困難であるが、既述のような解析方法により系統の大略の特性を解析しうることが明らかとなり、複雑な系統解析の有力な手段となるものと考えられる。

(4) T.B.C. 試験結果

T.B.C. は連絡線電力汐流と、系統周波数を同時に一定値に制御しようとするものであり、2の電力系統が並列接続されているとき、通常両系統に T.B.C. 装置を、あるいは一系統に T.B.C. 装置、他系統に A.F.C. 装置を設けるのである。

今回の試験では、中国系は神野瀬発電所に、T.B.C. 装置を持っているが、関西系はなんらの制御装置が設備されていないので、周波数、連絡線電力の双方を一定値に保つ純然たる T.B.C. 試験は不可能であつた。そこで

T.B.C. 装置の試験のため下記の方法をとつた。

第1の方法は、T.B.C. 装置検出部の特性を中国系の $\text{MW}/0.1\sim$ ($7.5\text{ MW}/0.1\sim$) にセットする。すなわち ΔF と ΔP の関係が $7.5\text{ MW}/0.1\sim$ のときは制御装置の増幅部への入力为零となるようにしておく。このようにして制御を開始させると、系統周波数と伊岡線電力の変動の比は常にほぼ $7.5\text{ MW}/0.1\sim$ の関係に制御される筈である。したがって系統周波数と連絡線電力とをしばらくの間記録にとり両者の関係を時々刻々調べると装置動作の良否を判断することができる。

第2の方法は、T.B.C. 装置の本質的な動作として、自系統内(中国系)の負荷変動には応動し調整発電所を制御して ΔP , ΔF を回復させるが、他系統の負荷変動には中国系統に設置された T.B.C. 装置、したがって神野瀬発電所は応動しないのが原則であるから、T.B.C. 装置動作良否の確認のために、中国電力系で電力を遮断するとともに、関西電力系でも遮断して試験することにした。

(a) 平常運転試験および不動帯の影響試験

第27図は7月27日13時10分より30分間第1の方法により試験したときの、系統周波数と連絡線電力の関係をプロットしたものであり目標値 $7.5\text{ MW}/0.1\sim$ の関係に近く制御が行われており装置動作の正しさが立証された。

また不動帯の影響を見るため、T.B.C. 平常運転中に不動帯をあたえたときのサーボ・モータ1分間当りの平均移動量を測定した。第28図はその結果である。横軸は中国系負荷変化時に生ずる周波数および連絡線電力汐流変化の割合を $25\text{ MW}/0.1\sim$ (関西系の特性) として示してある。

(b) 発電電力急変試験

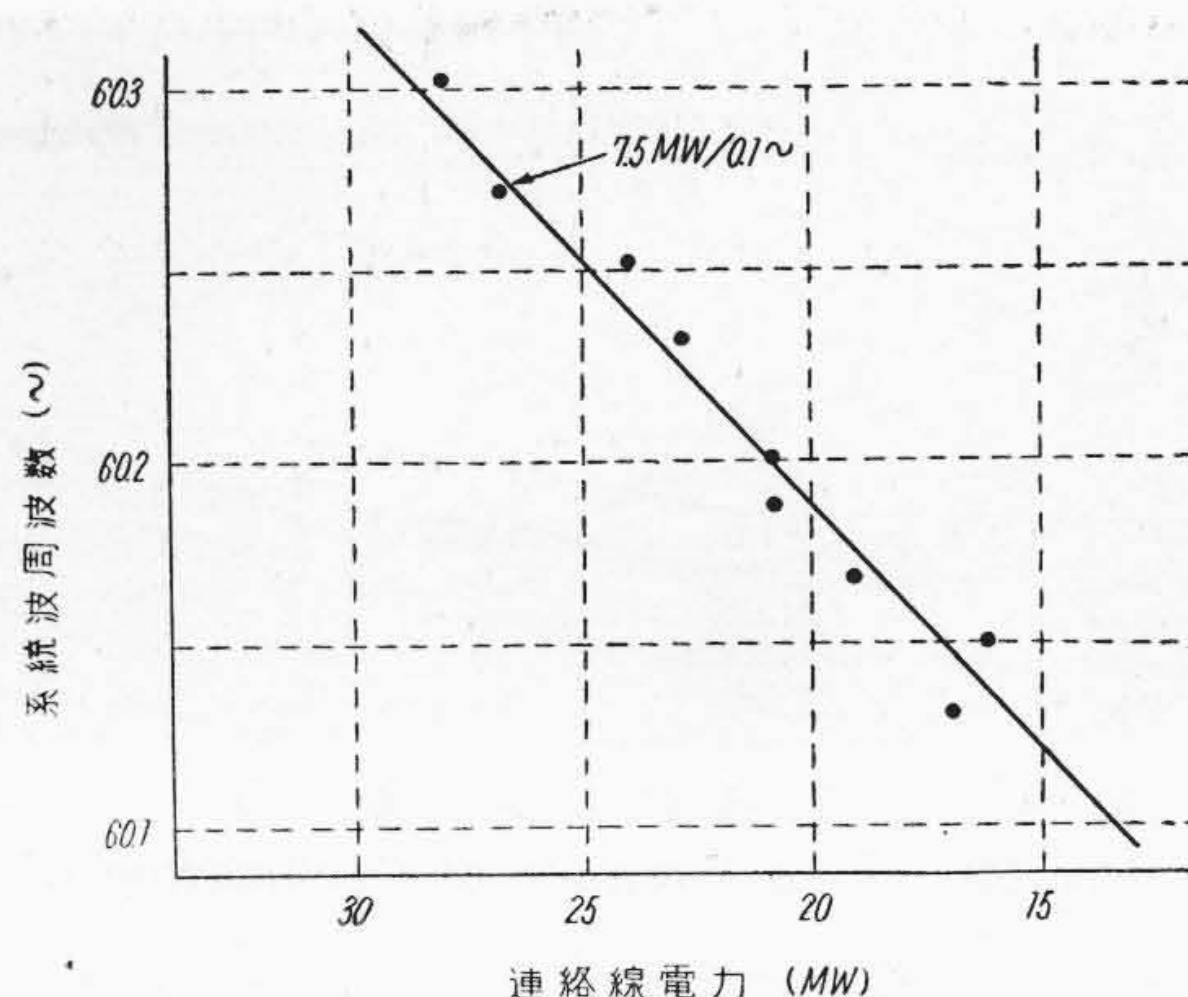
第2の試験方法として、自系統湯原において 15 MW を遮断した試験番号 LY-3 の場合を第29図(次頁参照)に、他系統丸山において 80 MW を遮断した LM-3 の場合を第30図(次頁参照)に示してある。

(c) T.B.C. 装置試験結果の検討

第27図に示したように平常運転には ΔF と ΔP の関係は、装置にあたえた特性 $7.5\text{ MW}/0.1\sim$ とよく一致しており、装置が正しく動作していることがわかる。

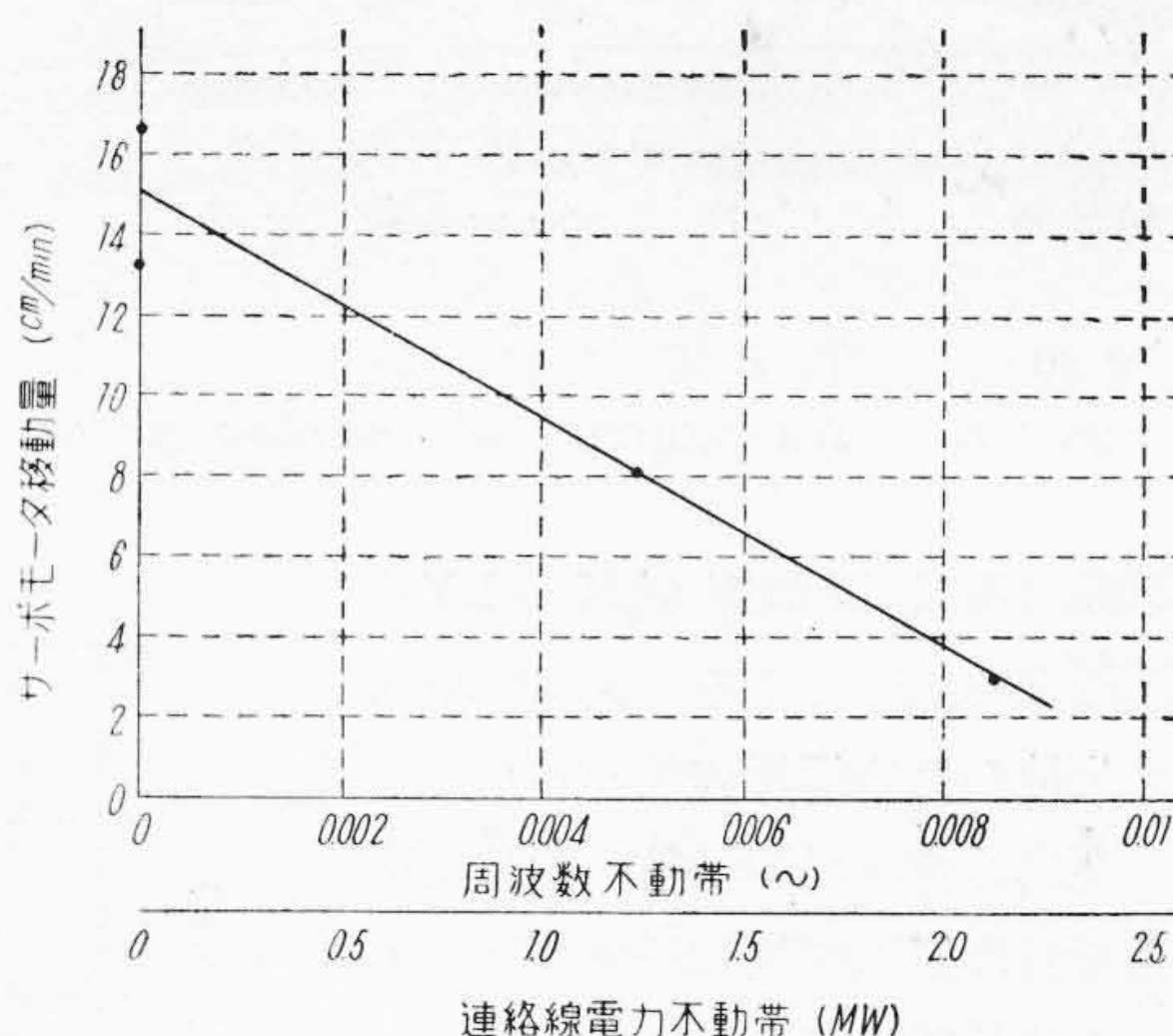
また第28図に示したように不動帯を $0\rightarrow\pm 0.0085\sim$ (電力汐流変化 $\pm 2.12\text{ MW}$ と等価) とすれば、サーボ・モータ移動量は $15\text{ cm}/\text{min}$ より $3\text{ cm}/\text{min}$ と約 $1/5$ に減少し、顕著な効果が見られる。

また第2の試験方法で、第29図の自系統湯原で 15 MW を遮断した場合、電力汐流は 25 MW より 33 MW と約 8 MW の増加(中国側へ流入増加)を示すが、約30秒でもとの値に回復させている。この間神野瀬1,2号機は合計約 8.5 MW 出力を増加し、正しい動作を安定に



第27図 T.B.C. 平常運転中の周波数と連絡線電力の関係

Fig. 27. Relation between Frequency and Tie Line Load in Case of T.B.C. Normal Running



第28図 T.B.C. における不動帯とサーボ・モータ移動量の関係

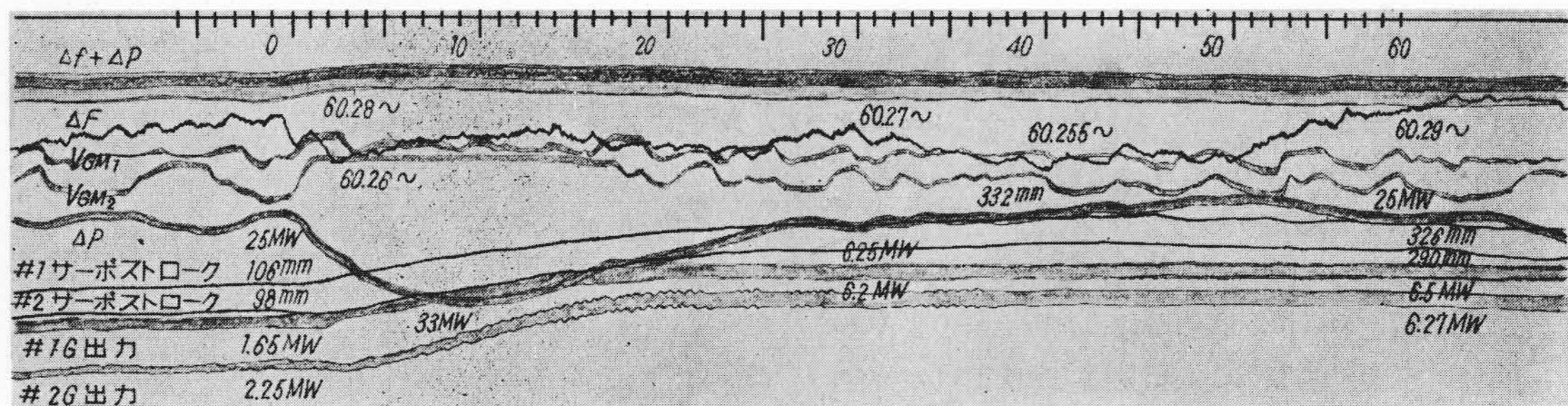
Fig. 28. Relation between Dead Zone and Servo-Motor Movement in Case of T.B.C.

行っていることがわかる。また他系統丸山で 80 MW 遮断の LM-3 の第30図の場合は、電力汐流は 23 MW より 14 MW と 9 MW の減少を示しているが、T.B.C. 装置はほとんど動作せず、1, 2号合計で 2.5 MW の変化を見せているにすぎない。すなわち系統周波数は約 $0.12\sim$ の低下、電力汐流は 9 MW と変化しても、神野瀬発電所に設置された T.B.C. 装置は応動せず正しい動作をしていることが知られる。

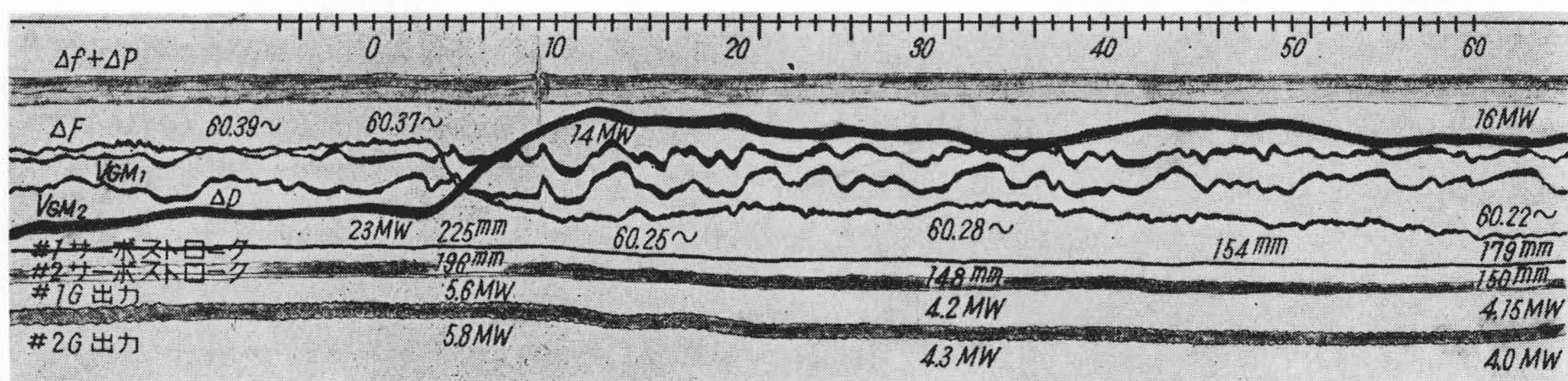
(d) T.B.C. のアナコンによる解析

既述のように今回の T.B.C. 試験は中国系のみに設置し関西系にはなんらの制御装置を置いてないので、そのような場合について解析を行つた。

第14図の T.B.C. 装置部、第18図のガバナ発電機部分、第23図の電力系統部分の3者を総合すると T.B.C. 全制御系のブロック線図がえられる。



第 29 図 T. B. C. 試験オシログラム (自系統負荷変化)
Fig. 29. An Example of Oscillogram of T.B.C. Test (Load Change Occurred in Own System)



第 30 図 T. B. C. 試験オシログラム (他系統負荷変化)
Fig. 30. An Example of Oscillogram of T.B.C. Test (Load Change Occurred in Other System)

第31図は湯原 15 MW 遮断の LY-3 の解析結果を示してある。実測結果はオシロ失敗のため解析結果のみ示してある。電力洩流は 13.8 MW の急変後約 18 秒で目標値に回復し多少オーバーシュート後約 30 秒で落ち着いている。

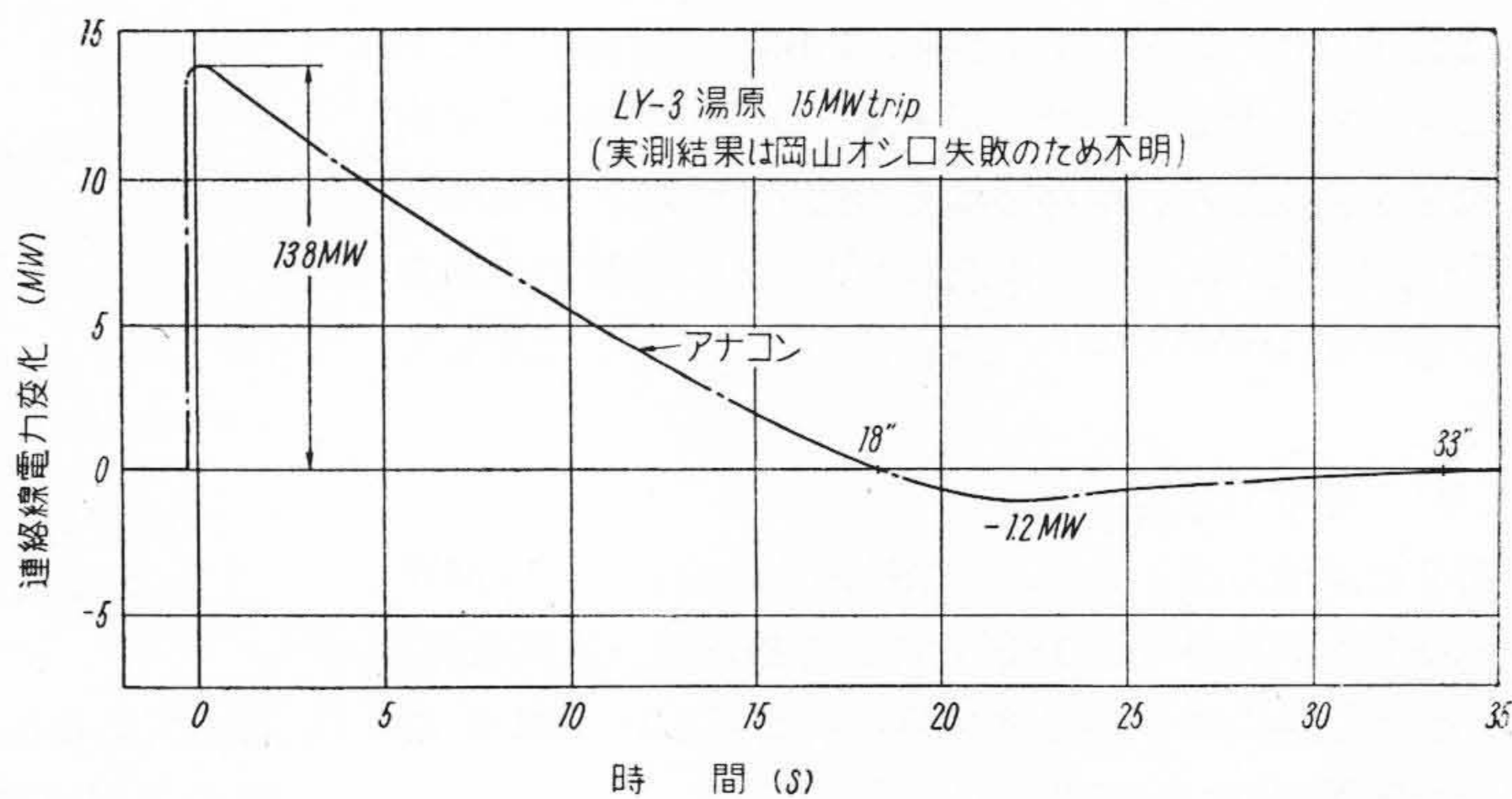
第32図は丸山 60 MW 遮断の LM-2 の場合を示している。解析結果は実測結果の直流分的変化をよく表現していることが知られる。またこの際は神野瀬 T.B.C. 装置にとっては他系統の負荷変動であるので応動せず、したがって連絡線電力は修正回復されることなく 27 MW より 13.8 MW に減少したままであることがわかる。

(e) T.B.C. 試験結果および解析結果の要約

平常運転時の ΔP と ΔF の関係は装置に与えた特性 7.5 MW/0.1~ に合致しており、また負荷急変時の試験結果も、負荷変化発生系統をよく識別して、自系統負荷変化には正しく応動しており、両者から T.B.C. 装置の動作は十分満足すべきものであることがわかる。

不動帯の効果も顕著にあらわれており、サーボ・モータの移動量は約 1/5 まで減少する結果がえられた。

また前記のような方法で T.B.C. 制御系の解析がアナコンにより可能であることがわかり一般化に成功した。



第 31 図 T.B.C. の アナコン 解析結果 (自系統負荷変化)
Fig. 31. Result of Analog Computer Analysis in Case of T.B.C. (Load Change Occurred in Own System)

〔V〕 結 言

以上日立試作装置による A.F.C., F.T.C., T.B.C. の試験結果およびそれらのアナコンによる解析結果を述べた。

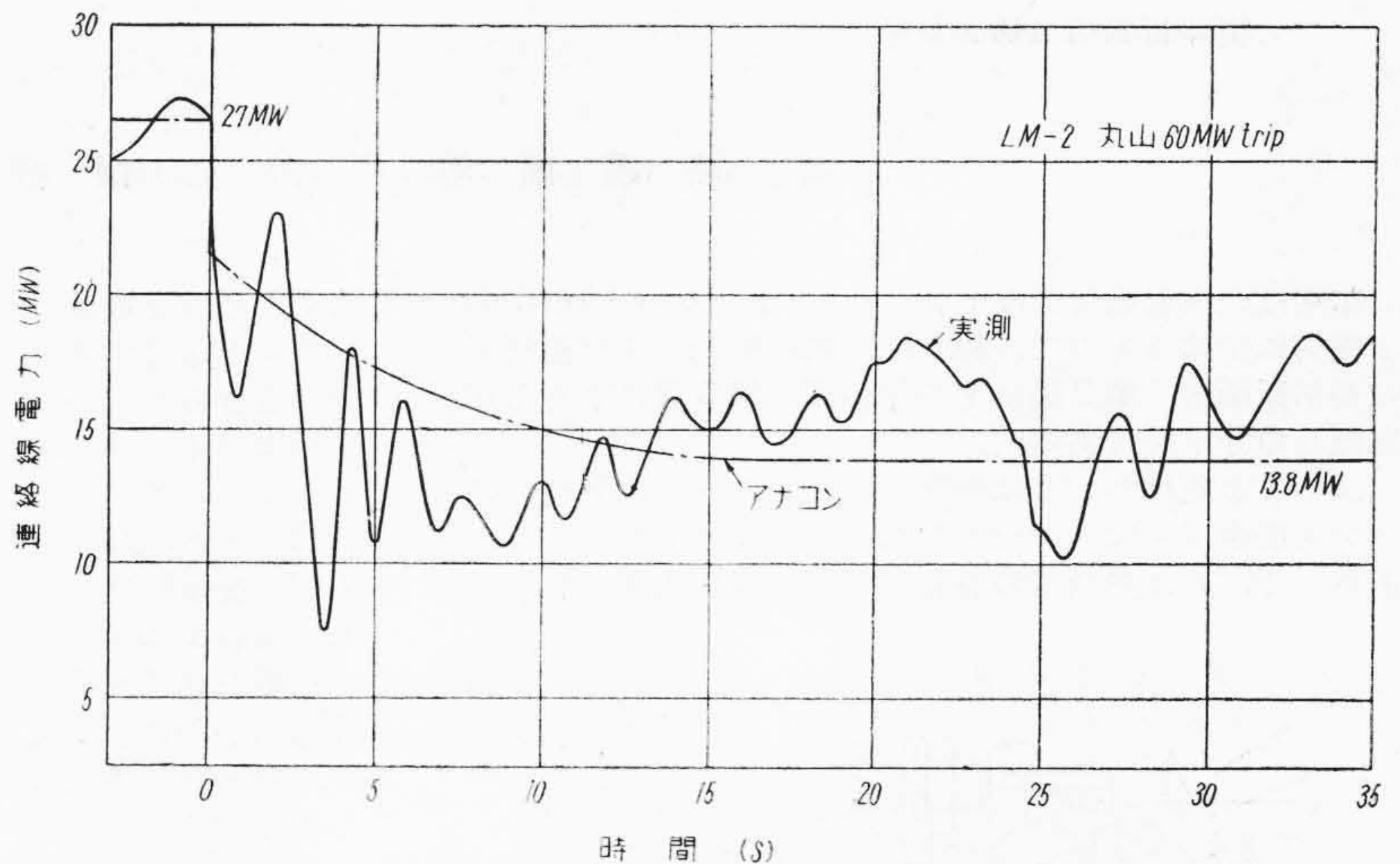
第 1 回試験時の A.F.C. 試験の結果、A.F.C. 装置については、さらに性能を向上すべき点が見出された。このため試験終了後アナコンにより検討を加えて、改良すべき具体方針を確立した。

第 2 回試験の A.F.C., F.T.C., T.B.C. 試験に際しては

上記の改良方針をとり入れた準製品の試作装置を完成して試験に臨んだ。その結果 A.F.C. はもち論、F.T.C., T.B.C. とともに既述のようにほぼ良好な結果をうる事ができた。

以上のことより装置製作の基礎をうるとともに、一方これら3種類の自動制御系のアナコンによる解析法を確立し得、装置設計の一般的手法を獲得することができ、近く運転開始が予定されている潮発電所設置の自動制御装置について明るい見透しと、自信を持つことができるようになった。

前後2回に亘る試験には自動制御装置の試験のみならず、電力系統、调速機、火力機器などの特性の詳細にして大規模な試験が行われたのであるが本文ではとりあえず自動制御装置に関する試験結果のみについて報告を行



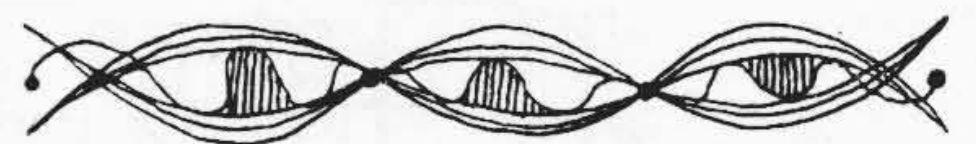
第32図 T.B.C. のアナコン解析結果 (他系統負荷変化)
Fig. 32. Result of Analog Computer Analysis (Load Change Occurred in Other System)

ったしだいである。

最後に本試験に際しては東京大学福田教授、早稲田大学埴野教授、電力技術研究所富山部長などより御懇篤なる御指導を戴いた、厚くお礼申上げるしだいである。



特許と新案

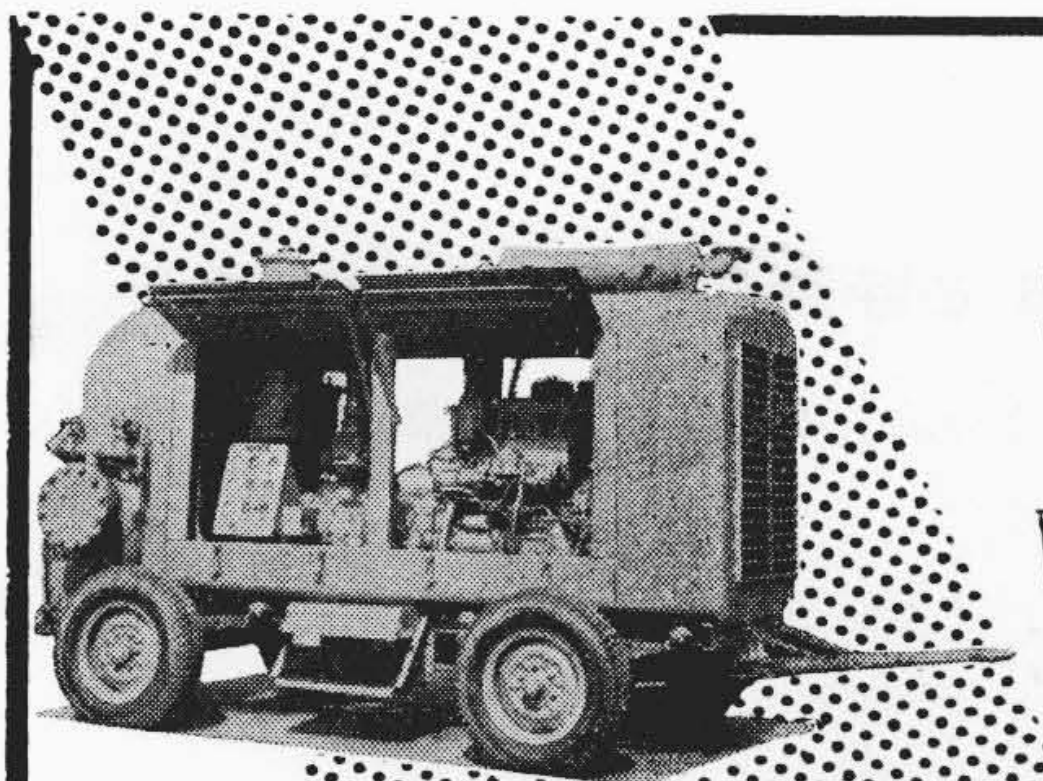


最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第20頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	443612	アルミシース同軸ケーブル	日立電線工場	大 和 和 夫	31. 4. 28
"	443643	耐 燃 性 絶 縁 電 線	日立電線工場	長 山 春 一	"



土建・鉱山開発工事に
活躍する

回転型

日立ポータブルコンプレッサ

日立製作所





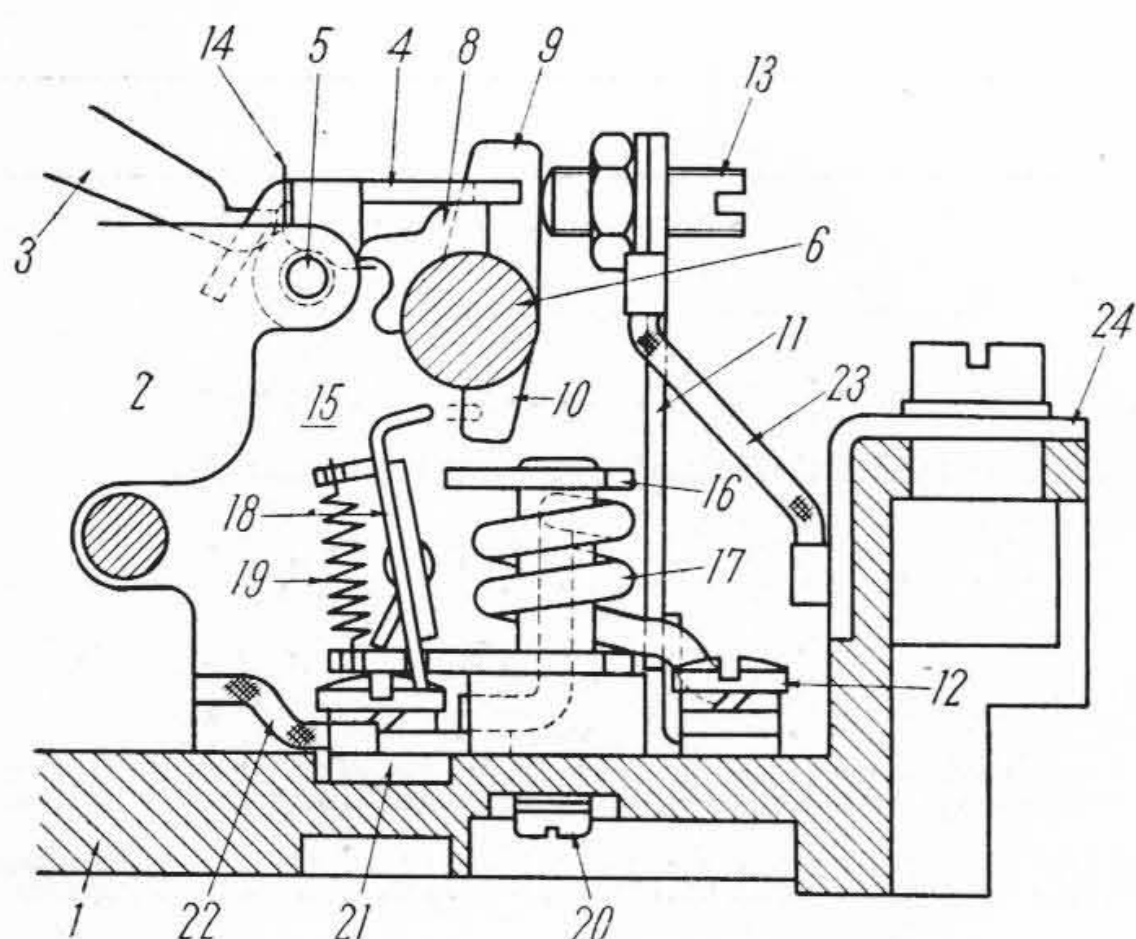
実用新案第 440868 号

松田 幸次郎

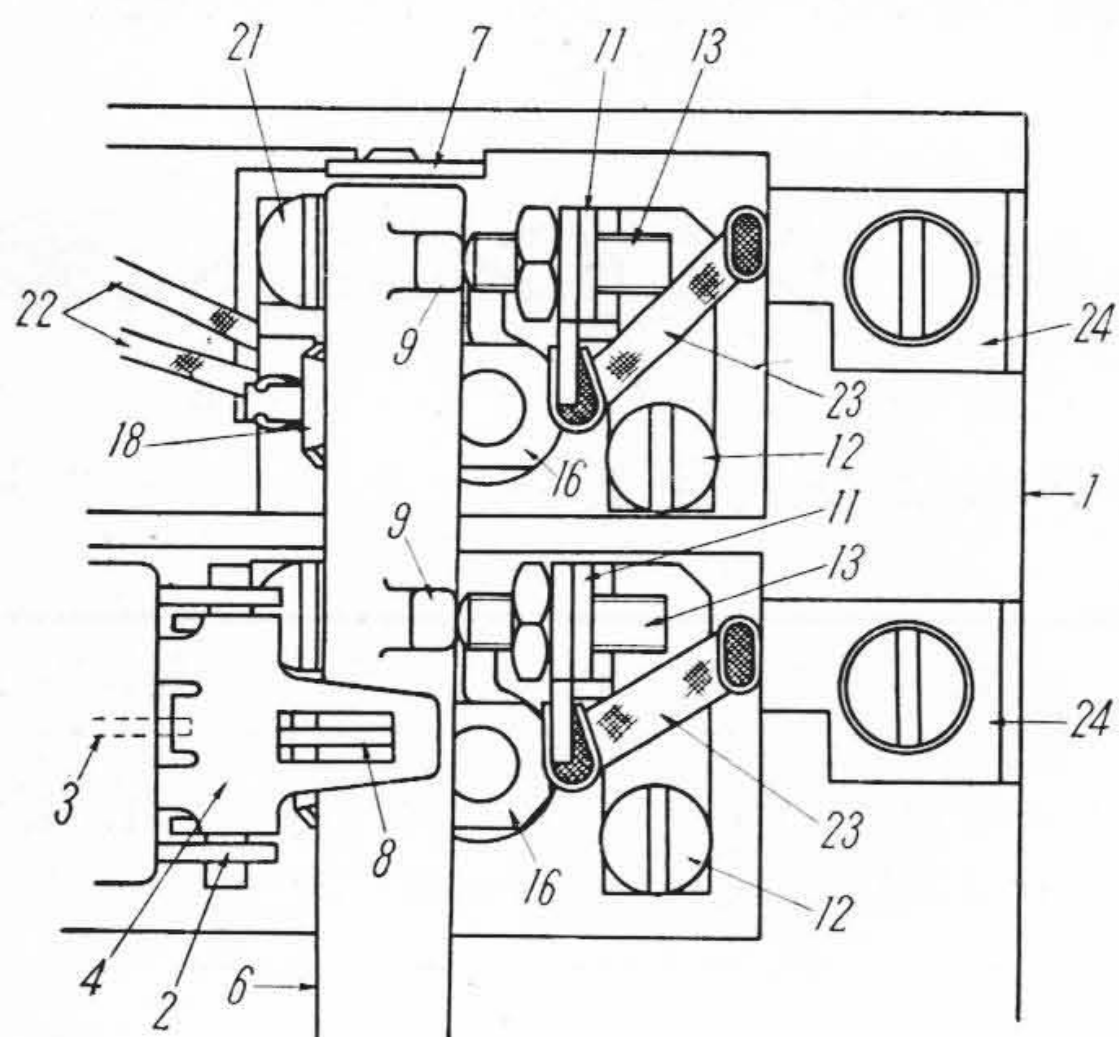
回路遮断器引外し機構

本案は屋内配線用遮断器(サーキットブレーカ)の引外し機構に関するもので、第1図は本機構を具えた遮断器の要部断面図、第2図はその平面図、第3図は引外し用電磁石の分解図である。

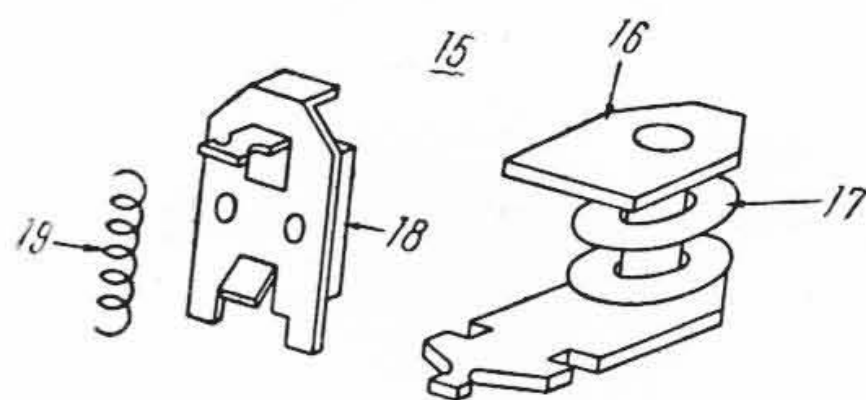
図中1は絶縁台、2は開閉機構のフレーム、3はトリップ用掛金、4はフレーム2に軸5により取付けられた引外し片、6は遮断器の各極間を横切つて両端を軸受7



第1図



第2図



第3図

に支えられた絶縁モールド製の揺動軸で、これには引外し片4と係合するカム8と各極毎に上下1対の突起部9, 10が設けられている。

11はバイメタル、12はその端子、13は調整ネジで、これによりバイメタルの動作時限を調整する。

14はバネ、15は引外し用電磁石で、固定コア16、コイル17、接極片18、接極片復帰用バネ19からなり、ネジ20で絶縁台1に固定されている。

電磁石コイル17の両端は12と21の各端子に接続され、外部端子24より導線23、バイメタル11、端子12、コイル17、端子21、導線22を経て遮断器開閉部に至る回路が作られている。

常時は引外し機構各部が図示のような位置にあるが、回路に過負荷電流がある時間継続して流れると、バイメタル11が加熱されて左に曲がり調整ネジ13の先で突起部9を押す。このため軸6が反時計方向に回転してカム8が引外し片4から外れ、引外し片4の時計方向回転により掛金3が外れて遮断器を動作せしめ回路を遮断する。

また回路に短絡電流が流れた場合には、コイル17の励磁により接極片18が吸引されて右に傾きその先端で突起部10を押す。このため軸6が反時計方向に回転して掛金3を外し回路を瞬時に遮断する。

本案の特長とする所は揺動軸6の下方の空間を利用して開閉機構2とバイメタル11との間に電磁石15を配置し、バイメタル調整ネジ13と電磁石接極片18を互に反対方向より軸6の上下の突起部9, 10に対向させた点にあつて、このため引外し機構全体が小型簡単にまとまり、またバイメタル動作時限の調整は電磁石と関係なく自由に行うことができる。

視界を拡大する

日立

工業用テレビジョン装置

電話機・交換機

日立製作所



「日立評論」既刊号在庫案内

本誌「日立評論」の既刊号が少数部数ながら在庫しております。

御入用の方は下記へ直接御申込下さい。

日立評論社

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)