

# 中国電力株式会社自動周波数制御用搬送装置

## Carrier Set for Automatic Frequency Control, Chugoku Electric Power Co., Inc.

静間敏男\* 磯崎薫\*\* 小沢重樹\*\*\*  
Toshio Shizuma Kaoru Isozaki Shigeki Ozawa

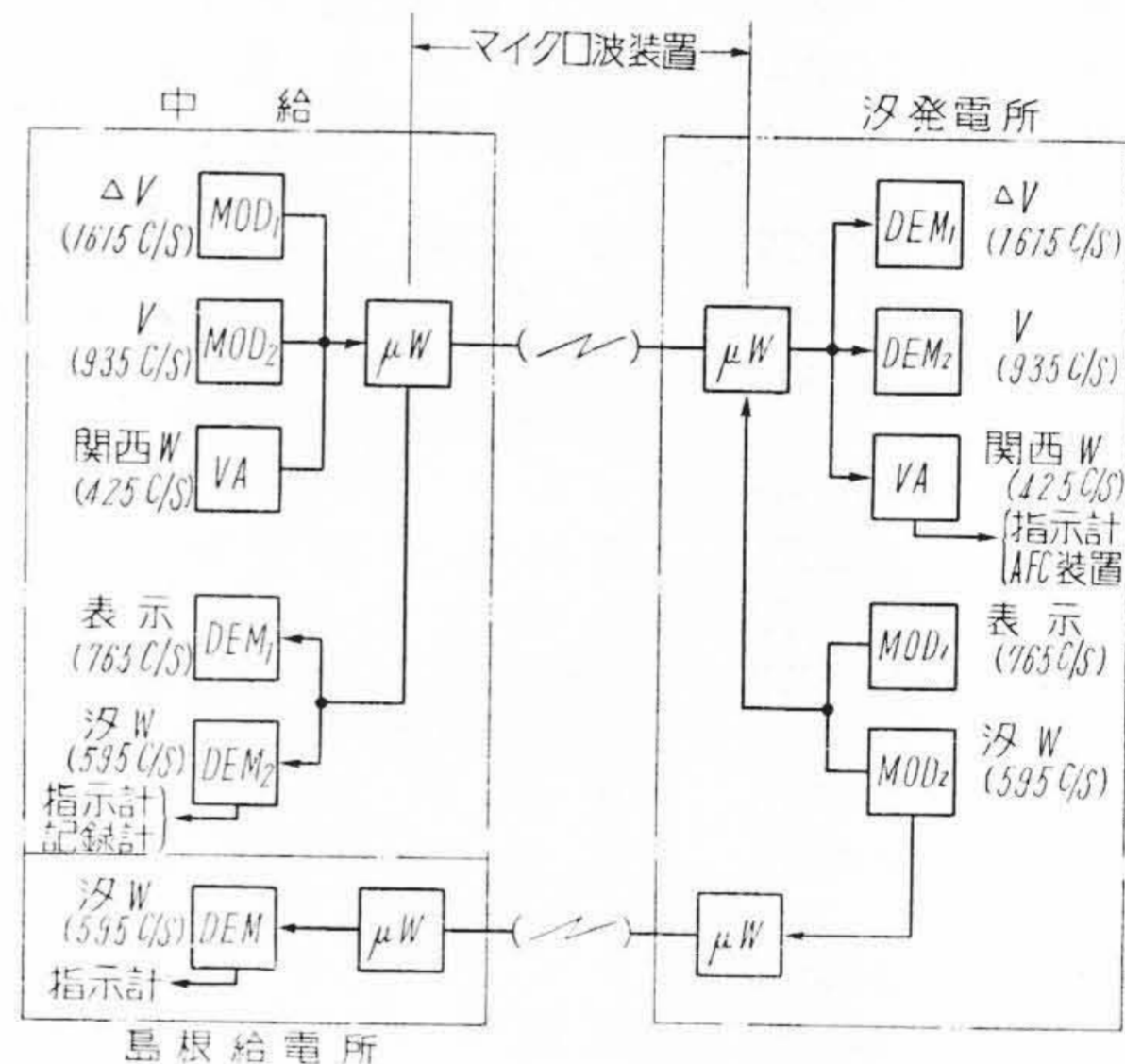
### 内 容 梗 概

中国電力株式会社で計画されているAFC遠方制御の第一陣として昭和32年10月中央給電指令所、汐発電所間に自動周波数制御信号伝送用搬送装置が納入された。これは被制御量（系統周波数、融通電力）の偏差に応じた電圧 $\Delta V$ と、基準電圧 $V$ （いずれもAC 60c/s）とを伝送して所期の制御を行うもので多くの実地試験結果にもとづいて完成されたものであるが、納入に際し行われた現地試験で下記のごとく良好な成績を取ることができた。

- (1) 制御信号の送受特性は使用範囲ではほぼ直線的で零点ドリフトなく、速応性もすぐれている。
  - (2) チャンネル周波数と同一搬送周波を雑音として加えたときS/N 10 db 以上あれば零点ドリフトを不動帯以内におさえることができる。
  - (3) マイクロ波無線装置切換および同期外れなどの異常雑音発生時にも誤操作することがない。
- なお本装置は長期雑音試験も終り、本年2月より順調に営業運転を続けている。

### 1. 緒 言

中国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を行う計画を進めていたがその第一期分として昭和31年8月汐発電所に操作部装置と検出部装置が納入された<sup>(1)</sup>。この検出部装置は元來中給に設置すべきものであるが搬送装置が未完であつたのでFFC（系統周波数を規定値に保持する制御）だけを行うために汐発電所に仮設置された。昭和32年10月、第二期計画分の搬送装置（中給—汐間）が完成し中給より汐発電所を制御してFFC、FTC（他系統との融通電力を規定値に保持する制御）、TBC（系統周波数と融通電力をともに規定値に保持する制御）を行うことが可能となつた。以下本装置の構成、納入試験結果について報告する。



第1図 NC-1型 自動制御搬送系統図

### 2. AFC 遠方制御用搬送装置

#### 2.1 装置の構成

本装置は中給よりAFC操作信号( $\Delta V$ ,  $V$ ), 伊岡連絡線電力テレメータ指示を汐発電所に送り、汐発電所より運転表示、汐発電所出力テレメータ指示を中給に送るための搬送装置（マイクロ端局は除く）と遠隔測定装置よりなつている。

#### 2.2 構成要素の説明

##### 2.2.1 NC-1型 自動制御搬送装置

##### (1) 概要

本装置は電力系統のAFCを行うための制御信号、ならびに表示をマイクロ波伝送路、電力線または制御ケーブルなどにより伝送する搬送装置である。この装

置は特に伝送路の雑音に損われることなくすみやかに制御信号を伝送し、連続制御することができる。第1図は施設の概要を示すもので伝送される信号の種類は下記のとおりである。

##### (a) 自動制御信号

中給（制御所）において系統周波数偏差 $\pm \Delta F$ が検出されると、これに応じた符号と大きさをもつ交流(50または60 c/s)電圧 $\Delta V$ が抵抗ブリッジの出力として取り出されこの電圧でチャンネル周波数を周波数変調してマイクロ波端局に送出する。また制御の方向を決定するに必要な基準電圧 $V$  (AC 100 V) は別のチャンネル周波数を周波数変調して、マイクロ波端局を経て汐発電所（被制御所）に送信される。汐発電所設置の装置はこれを復調し、制御信号 $\pm \Delta V$  および基準電圧 $V$  が再現され、それぞれ平衡計器の制御巻線および励

\* 日立製作所国分工場  
\*\* 日立製作所戸塚工場  
\*\*\* 日立製作所多賀工場



磁巻線に加えられる。この回路は自動平衡回路となつていて  $\pm 1V$  の符号と大きさに応じた回転角度をとつて平衡計器が落ち着く。この位置に相当した電圧が増幅され、ガバナモータを制御する。

(b) 表示

AFC装置が正規に運転されているか否かを汐発電所よりマイクロ波端局を経て中給へ通報表示するもので、周波数偏倚方式により伝送する。

(c) 関西融通電力テレメータ

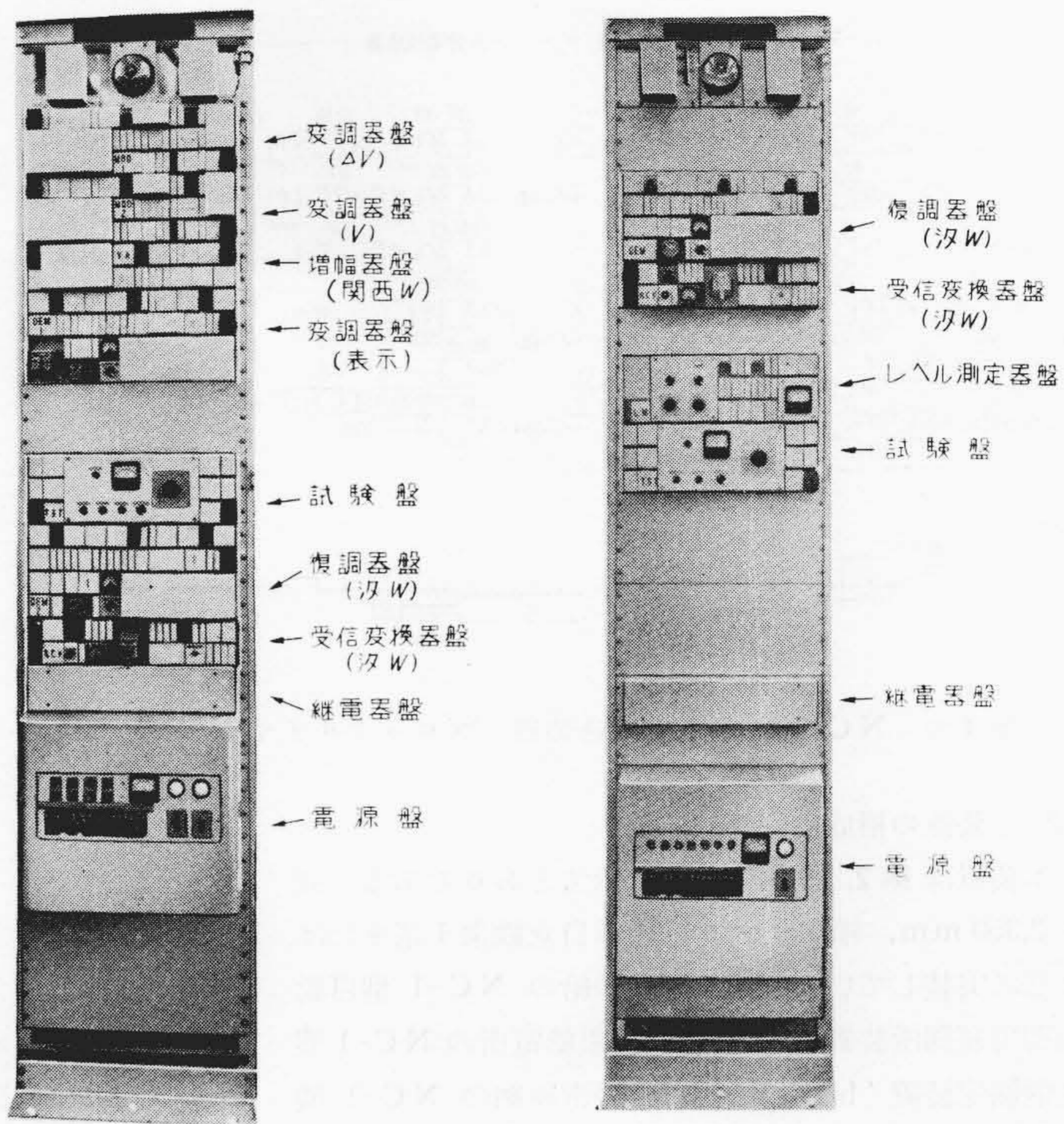
中給において関西融通電力テレメータは搬送波のまま中継し、マイクロ波端局を経て、汐発電所に送信し、記録計を動作せしめる。同時に連絡線負荷調整信号としても使用する。信号方式はチャンネル周波数を衝流周波数で断続するAM方式である。

(d) 汐発電所出力テレメータ

汐発電所の出力を衝流周波数に変換し、この衝流により、チャンネルの中心周波数を偏倚せしめる。周波数偏移方式によりマイクロ波端局を経て、中給および島根支店給電所に伝送し、ふたたび原衝流周波数に変換して指示計または記録計を動作させる。

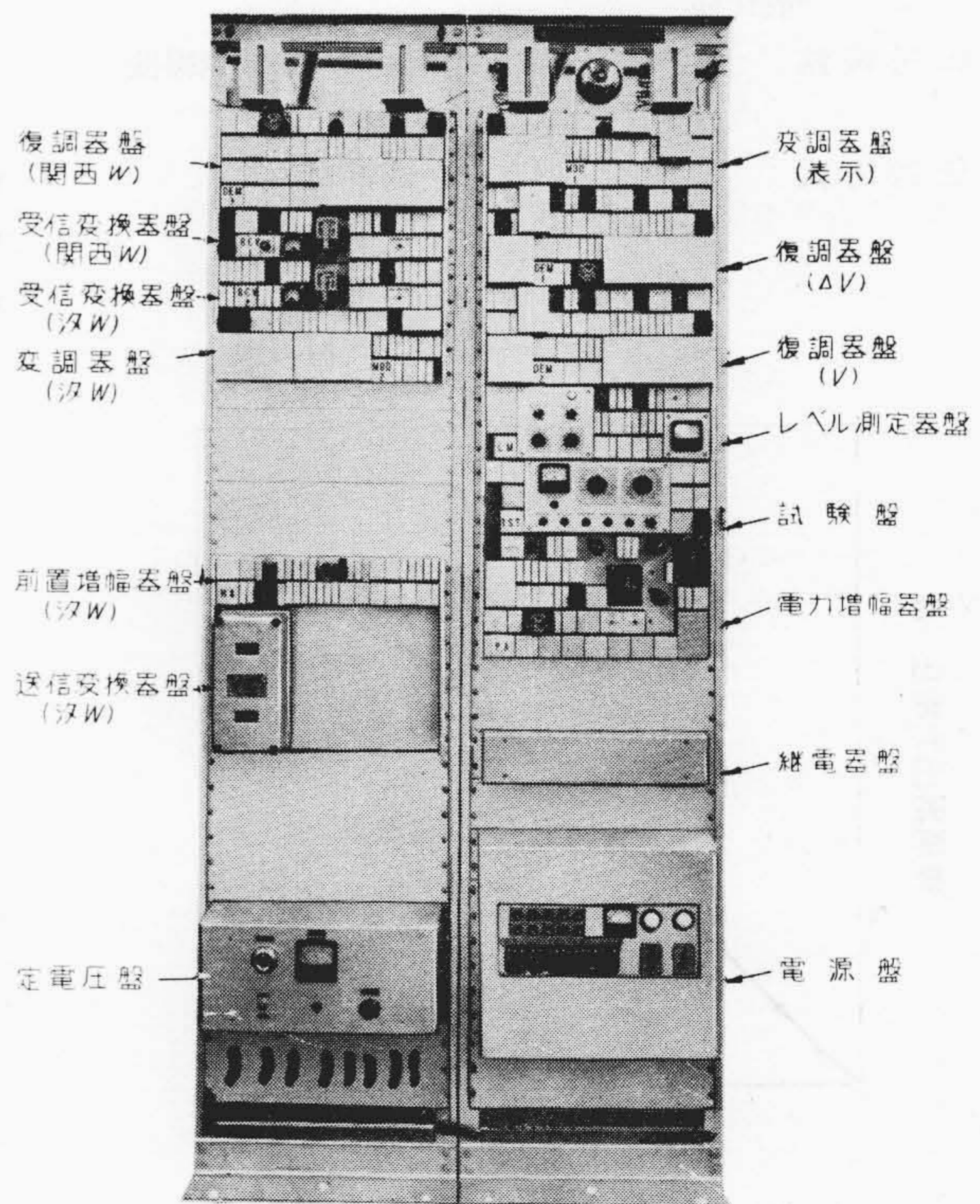
本装置の利点は下記のとおりである。

- (i) 操作信号  $\pm 1V$  および基準電圧  $V$  を送り平衡計器を動作せしめる方式であるので、伝送回路の異常雑音に対しても、系統に擾乱を与えるようなことはない。
- (ii) 制御の方向を決定する零点ドリフトは原理的に生じない方式で、多少の雑音にたいしても誤操作にはならない。
- (iii) 搬送装置はチャンネル濾波器以外は動作時間のおくれを生じないから速応性を有している。
- (iv) 操作信号  $1V$  を直接変復調して制御信号とするため直接制御より遠方制御への切換は簡単にできる。
- (v) 搬送周波数は常時送信されているから、常時回線の監視ができる。また回線事故に対しては警報を発し、自動制御を切り離すようにしてあるから誤操作はない。



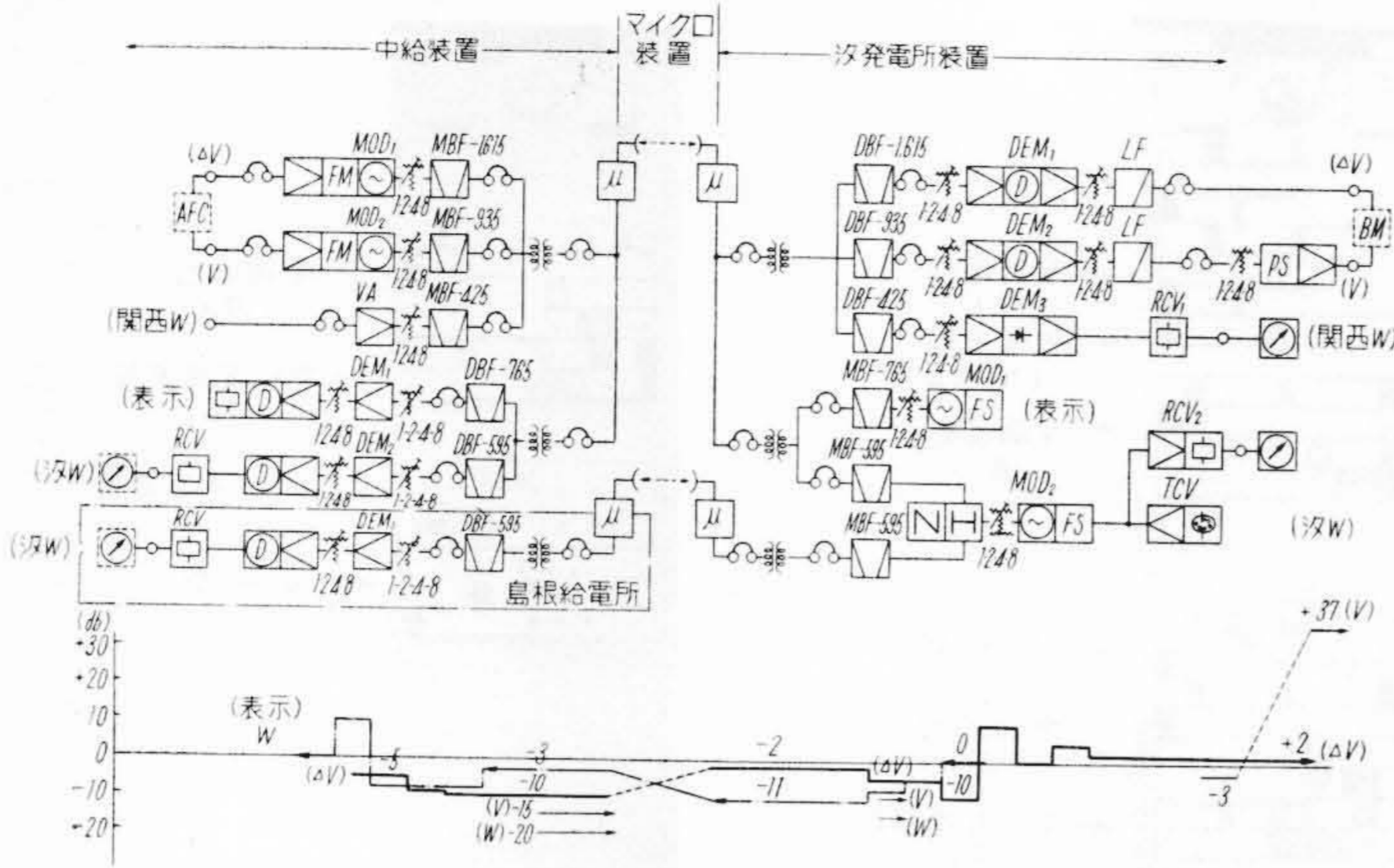
第2図 (a) NC-1型 自動制御搬送装置 中給装置

第2図 (b) NC-1型 自動制御搬送装置 島根給電所装置



第3図 NC-1型 自動制御搬送装置 汐発電所装置





第4図 NC-1 自動制御搬送装置 ブロックダイアグラム

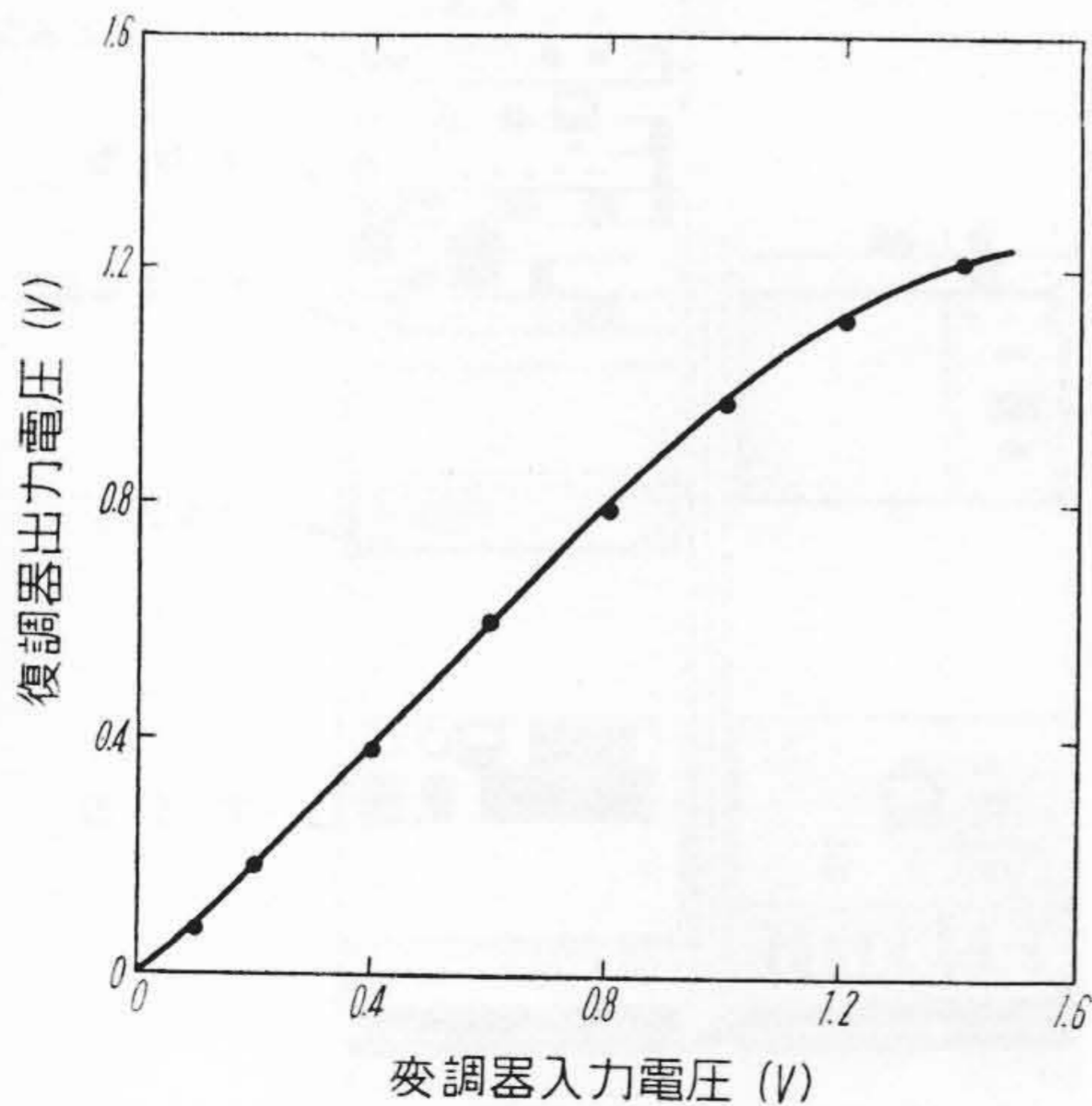
(2) 装置の構成

本装置は第2, 3図の写真に示すとおりである。高さ2,350 mm, 幅520 mmの標準自立鉄架1基または2基に実装している。第2図は中給のNC-1型自動制御用制御所装置(a)および島根給電所のNC-1型遠隔測定装置(b), 第3図は汐発電所納のNC-1型自動制御用被制御所装置である。第4図は標準レベルならびに略回路を示している。

(3) 性能および特性

(a) 一般仕様

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| 伝送線路 | 中給—汐発電所間    | 極超短波無線機 |
|      | 汐発電所—島根給電所間 | 〃       |
| 伝送方式 | 制御信号 ΔV     | FM方式    |
|      | 基準電圧 V      | FM方式    |
|      | 汐電力テレメータ    | FS方式    |
|      | 関西電力テレメータ   | AM方式    |



第5図 制御信号入出力特性 (試験周波数 60 c/s)

|        |   |
|--------|---|
| 表示信号   | AM方式  |
| 使用電源   | 50 または 60 c/s<br>200V ±10%  |
| 使用真空管  | 電力増幅管を除きMT管   |
| 出力レベル  | -8 db (全レベル)  |
| 入力レベル  | 0 db (全レベル)   |
| レベル変動  | 入力レベル変動 ±5 db<br>で確実に動作す  |
| 信号対雑音  | 制御通信路 ΔV, Vは<br>S/N 35 db 以上でドリフト ±5 mV 以下, 遠隔測定通信路は 15 db 以上で誤動作しない。 |
| 周波数安定度 | 下記変動に対し ±5 c/s 以内<br>電源変動 ±10%<br>周囲温度 20°C ±20°C                     |

周波数偏差 ±5 c/s 以内

入出力インピーダンス 600 Ω ±20% 以内

(b) 制御通信路特性 (ΔV)

伝送方式 FM方式

中心周波数 1,615 c/s

最大周波数偏倚 ±50 c/s

入出力 変調器入力 0~1V, 55~62 c/s

復調器出力 600Ω +2db (第5図参照)

(c) 基準電圧通信路特性 (V)

伝送方式 FM方式

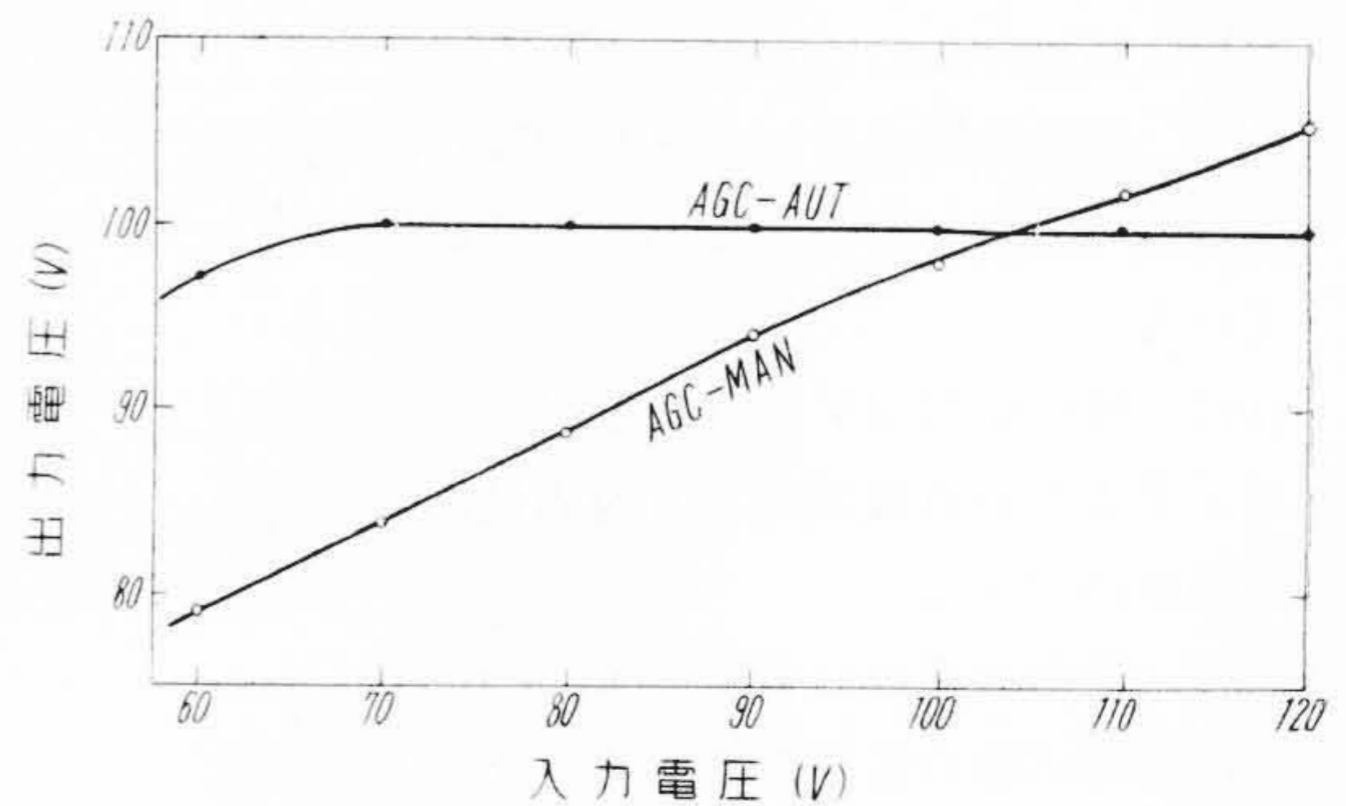
中心周波数 935 c/s

周波数偏倚 ±50 c/s

入出力 変調器入力 100V 55~52 c/s

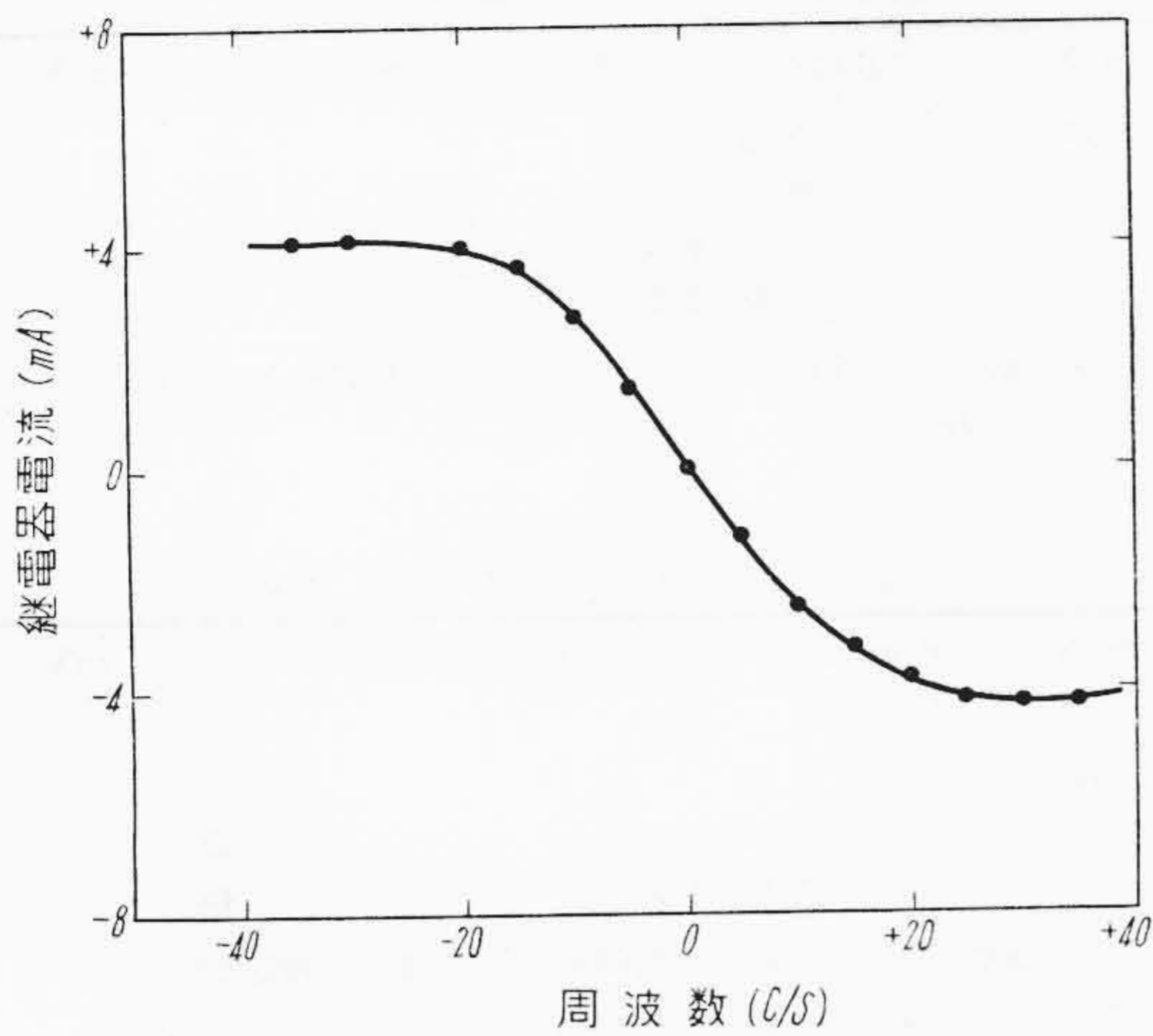
電力増幅器出力 100V 50 mA (第6図参照)

位相変化 ±10度以内 周波数 55~62 c/s において



第6図 基準電圧入出力特性 (試験周波数 60 c/s)





第7図 周波数弁別回路特性

(d) 表示通信路特性

伝送方式 FS方式  
 中心周波数 765 c/s  
 周波数偏倚 ±25 c/s  
 入出力 継電器接点によるループ接続

(e) 関西融通電力テレメータ通信路特性

伝送方式 AM方式  
 伝送帯域 425 c/s ±50 c/s  
 衝流周波数 6~27 c/s

(f) 汐電力テレメータ通信路特性

伝送方式 FS方式  
 中心周波数 595 c/s  
 周波数偏倚 ±25 c/s  
 衝流周波数 5~30 c/s  
 入出力 衝流周波数により発振周波数を変化せしめ、復調側は周波数弁別回路により原周波数の衝流出力に復元する。

第7図は周波数弁別回路の特性を示す

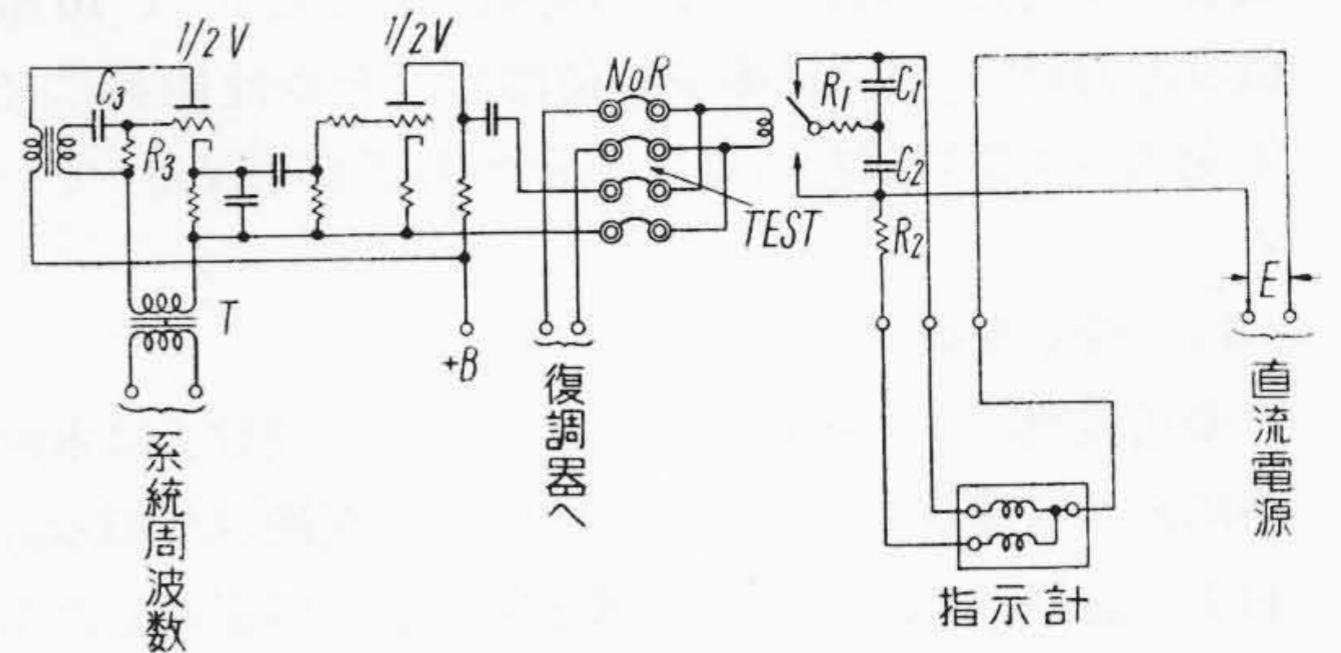
(g) 補助回路特性

警報回路: 警報ヒューズ断の場合に可視可聴の警報を発する。

受信側各通信路出力レベル低下の場合可視可聴の警報を発するとともにほかの保護装置を動作せしめることができる。

測定回路: 交直電圧電流計  
 真空管陽極電流および有極リレー電流測定用計器

レベル測定器  
 測定範囲 -30~+30 db  
 測定周波数範囲 0.3~30 kc



第8図 受量変換器説明図

入力インピーダンス 600Ω および 10kΩ 以上  
 誤差 0.5db 以内

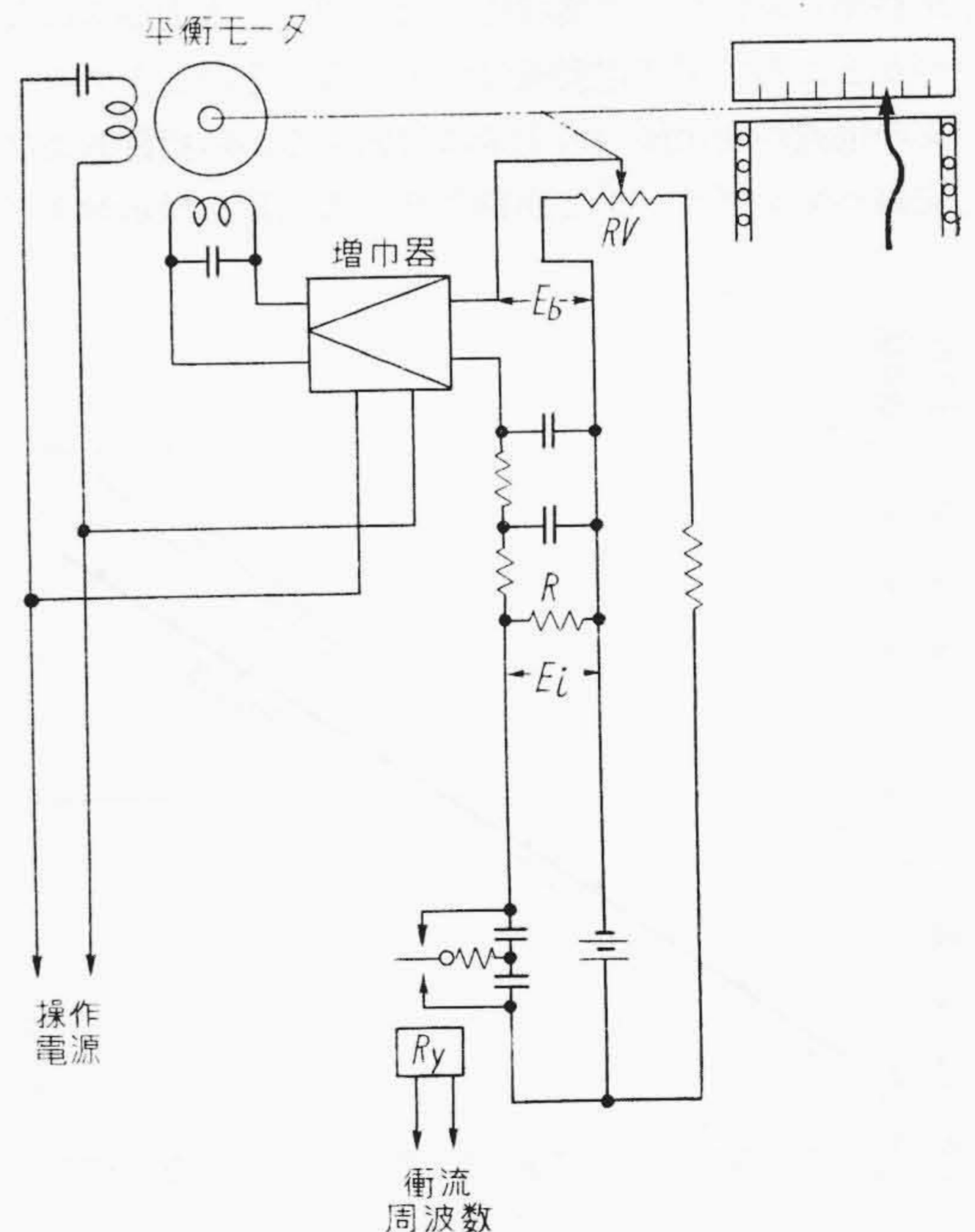
2.2.2 遠隔測定装置

(1) 概要

本装置は被測定量を衝流周波数に変換して伝送する周波数方式を採っており、伝送系統は第1図のごとくである。すなわち汐発電所の出力を汐発電所、中給および島根支店に指示記録させるとともに、融通電力テレメータ信号(既設)を受けて、汐発電所に指示させるとともにAFCの入力として使用している。

(2) 送量変換回路

これは光電管とスリット付回転円板を用いて被測定量を5~30c/sの衝流周波数に変換する回路であつて、積算電力計と同一の機構をもつ断続器と光電管出力を増幅整形する回路よりなつている<sup>(2)</sup>。本装置の場合被



第9図 受量記録計説明図



測定量は電力であるので、精密級である日立 Y 10 型積算電力計<sup>(3)</sup>の測定素子を使用し、その性能特に経年変化および回転むらには十分な注意が払われている。

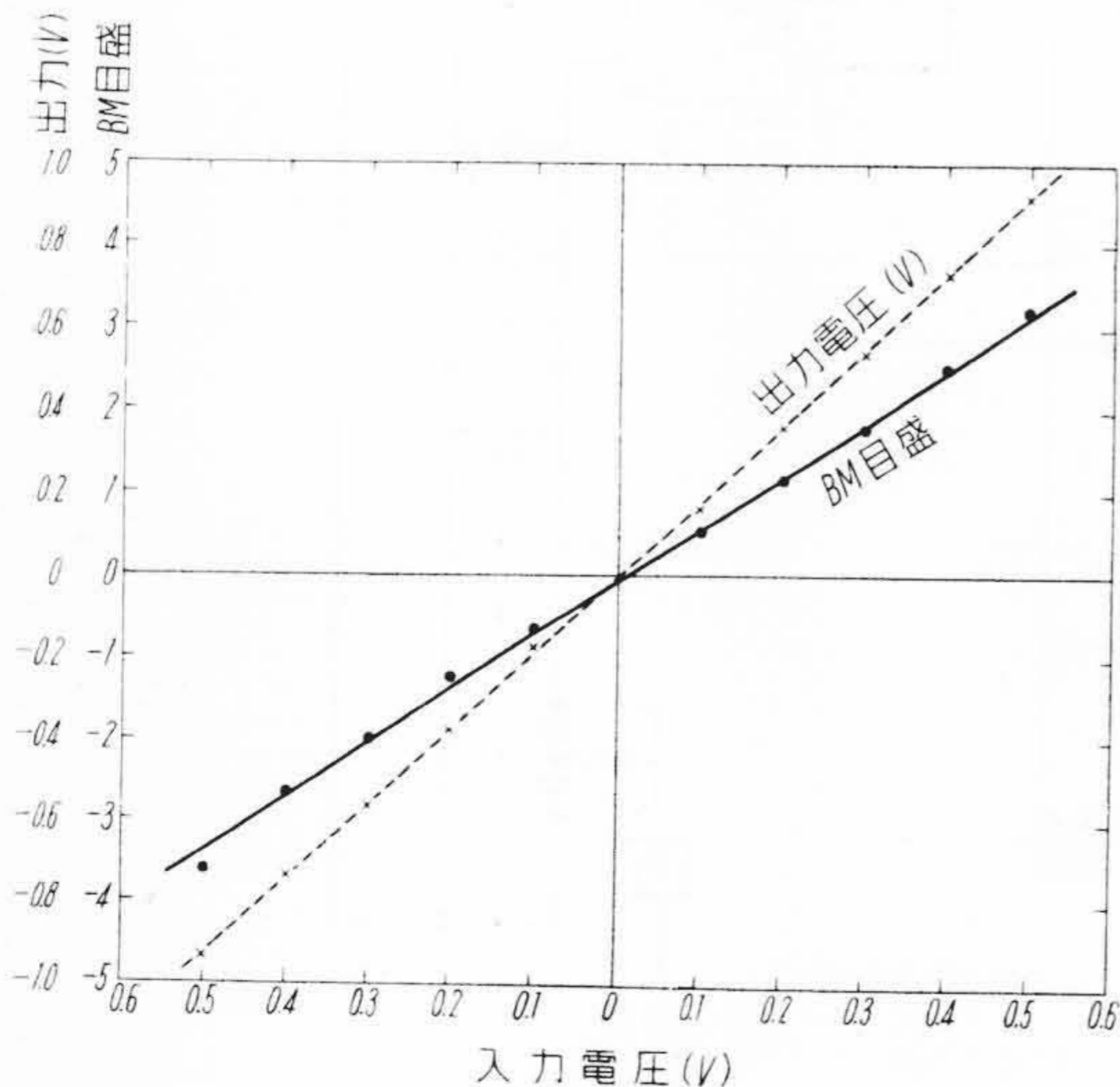
(3) 受量変換回路

搬送装置により伝送されてきた衝流周波数  $f$  は本回路により周波数に比例した直流電流に変換され指示計および記録計を駆動する。第 8 図は本回路を示したもので  $C_1, C_2$  の充放電電流  $i$  は  $C_1 = C_2$  とすると次式で表わされる<sup>(2)</sup>。

$$i = 2fCE$$

なお、被測定量が零でもベースサイクルに相当した電流が流れるから、この電流を補償するために抵抗  $R_2$  を通して一定電流を供給している。次に受量変換器単独の較正を行うために系統周波数に同期し、かつその  $1/n$  の周波数で発振する（本装置では  $n=3$ ）ブロッキング発振器がついている。指示計にはこの周波数に比例した目盛が付いているので、指示をこの周波数目盛と一致させることにより較正を行うことができる。

第 9 図は記録計を動作させる場合の原理を示したものである。充放電電流は抵抗  $R$  に流れ、 $R$  の両端には周波数に比例した電圧  $E_i$  が発生する。摺動抵抗  $RV$  には一定の電流が流れ、ブラッシの電圧  $E_b$  はその位置に応じて変化した  $E_i$  と平衡する。いま入力量が変化すると、不平衡電圧が発生し増幅器で増幅され平衡電動機を起動する。平衡電動機の回転によりブラッシが移動しふたたび平衡状態になり増幅器入力が零になつたところで平衡電動機は停止する。そのときブラッシの位置が変化後の入力量に対応するから指針および記録ペンをブラッシと連動させて入力量を指示および



第 10 図 制御信号特性

第 1 表 制御信号 (0.2V) と雑音

| S/N | 平衡計器入力 (V) | 平衡計器出力変化 (mV) |
|-----|------------|---------------|
| 15  | 0.35       | 0             |
| 10  | 0.35~0.4   | ±3            |
| 5   | 0.35~0.55  | ±3            |
| 0   | 0.15~1.3   | -75           |

注:  $\Delta V$  入力 0.2V にて動作中雑音として、1,615~ を中給搬端出力側へ挿入

第 2 表 制御信号 (0V) と雑音

| S/N | 平衡計器入力 (V) | 平衡計器出力変化 (mV) |
|-----|------------|---------------|
| 15  | —          | 0             |
| 10  | 0.05       | 0             |
| 5   | 0.14~0.15  | 45            |
| 0   | 1.1~1.15   | 45            |

注:  $\Delta V$  入力 0 にて雑音は 1,615~ を中給搬端出力側より挿入

第 3 表 基準電圧と雑音

| S/N | 出力レベル (V) | 平衡計器変化  |
|-----|-----------|---------|
| 15  | 100       | 変化なし    |
| 10  | 90~119    | 変化なし    |
| 5   | 110~130   | 5 mV 以下 |
| 0   | 110~130   | 5 mV 以下 |

注: 雑音は 935~ を中給搬送出力側より挿入 AGC 付

記録する。入力の直流電流はパルス波形であるから、これを平滑にするため平滑器を設けている。

3. 現地試験

3.1 概要

納入現地試験は昭和 32 年 9 月中旬約 1 週間にわたつて行われた。遠方制御関係は検出部装置が汐発電所に仮設置したままであつたので信号伝送特性のみを試験した。なお長期安定度を見るために中給側で模擬制御信号  $JV$  を出して汐発電所に記録型操作量変換器をとりつけて監視することとした。系統試験は関西融通電力指示を岡山変電所—中給—汐発電所の経路で受けて F T C, T B C を行い、いずれも好成績を収めた。

3.2 遠方制御関係

3.2.1 制御信号特性

第 1 図に示す系統において、中給より模擬制御信号 ( $JV$ ) と基準信号 (V) を変調器に印加し、おのこのチャンネル周波数を周波数変調しマイクロ波端局を経て汐発電所に送信復調して、平衡計器を動作せしめた。制御信号の入出力特性は第 10 図に示すごとくである。特性はほぼ直線的で零点ドリフトは認められず、また速応性もすぐれている。

3.2.2 雑音試験

第 1 表は制御信号 0.2 V にて平衡計器を動作中に送信側よりチャンネル周波数と同様な連続雑音を印加し



第4表 マイクロ波端局切換時の雑音

| 項# | 切 換 端 局    | 常用, 予備 | 動作時間(s) | 平衡計器振れ(mV)* | 関西(W)振れ(c/s)** | 平衡計器入力雑音(V)最大*** |
|----|------------|--------|---------|-------------|----------------|------------------|
| 1  | 汐 P S 無線機  | 常→予    | 8       | 0           | 約12.5          | 0.1              |
| 1' | 汐 P S 無線機  | 予→常    | 8       | 0           | 約12.5          | 0.1              |
| 2  | 三瓶中継機(汐向)  | 常→予    | 8       | +1.5        | 約12.5          | 0.7~2.5          |
| 2' | 三瓶中継機(汐向)  | 予→常    | 6.2     | +5          | 約12.5          | 0.5~1.2          |
| 3  | 三瓶中継機(中給向) | 常→予    | 6.4     | +3          | 約12.5          | 0.3~0.4          |
| 3' | 三瓶中継機(中給向) | 予→常    | 5.8     | +3          | 約12.5          | 0.1~0.3          |
| 4  | 中給無線機      | 常→予    | 15      | 0           | 約12.5          | 0.5~1.8          |
| 4' | 中給無線機      | 予→常    | 5.8     | 0           | 約12.5          | 0.3~1.5          |
| 5  | 三瓶ビデオ      | 常→予    | 1       | +6          | 約12.5          | 0.3~1.8          |
| 5' | 三瓶ビデオ      | 予→常    | 1       | +5          | 約12.5          | 0.3~1.5          |
| 6  | 汐 P S 電源   | 常→予    | 15      | +7          |                | 0.7~0.8          |
| 6' | 汐 P S 電源   | 予→常    | 14      | +6          |                | 0.5~1.8          |
| 7  | 中給電源       | 常→予    | 1分32    | +5          |                | 0.5~1.5          |
| 7' | 中給電源       | 予→常    | 1分32    | +6          |                | 0.5~1.5          |
| 8  | 汐 P S 同期外れ | 常用     |         | +28~20      | 12.5~22.5      | 1.2~2.0          |
| 8' | 汐 P S 同期外れ | 予備     |         | +20~18      | 12.5~30        | 1.5~2.0          |
| 9  | 中給同期外れ     | 常用     |         | +15~16      | 12.5~30        | 1.5~2.0          |

\* 平衡計器は1日盛約15mV(1日盛は2m/m)  
 \*\* テレメータは切換時零にもどる 同期外れは不安定指示となる  
 \*\*\* 雑音は切れた時少, 復帰時大

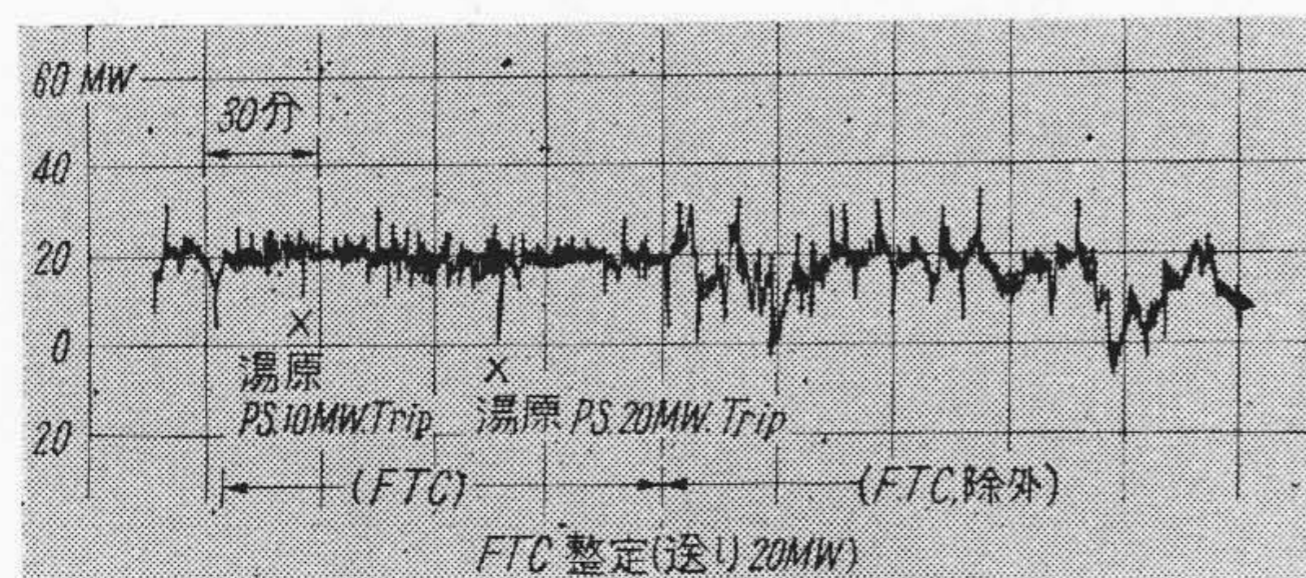
た場合の受信側平衡計器の変化を示した。第2表は制御信号零の場合、雑音による零点ドリフトを示したもので同一搬送周波を雑音とした場合はS/N約10db以上あれば零点ドリフトは不動帯以下である。第3表は基準電圧に上記と同様な雑音を挿入した場合の結果である。

3.2.3 マイクロ波無線装置切換および同期外れ時の雑音

伝送回路に使用されるマイクロ波端局装置の切換時間、および切換または同期外れ時に発生する異常雑音の制御信号に与える影響を測定した結果を第4表に示した。測定は制御信号零とし、零点ドリフトを平衡計器に記録した。関西融通電力テレメータは常時指示値は中央を示し、指示変化を記録した。

マイクロ波端局切換動作時間は8秒~1分30秒である。切換時の異常雑音による影響はほとんどなくただちに保護リレーが動作するため誤操作することはない。

同期外れにたいし、受信機の間周波増幅段において、手動にて局部発振器の周波数を変化させた。特に異常雑音が発生した場合(第4表項#8, 9参照)多少平衡計器は+または-側に不安定に動作するが、関西



第11図 FTC平常運転時の関西融通電力記録

融通電力テレメータの振れ(スケールオーバ)に比し少なく、本方式は雑音にたいして特に強いことを示している。

平常運転時におけるマイクロ波端局の雑音その他に関しどんな影響を制御信号に与えるか長期記録をとつたが問題ないことがわかった。

3.2.4 位相

制御信号ΔVと基準電圧Vとは同相または180度の位相を常時保持する必要がある。伝送系において位相変化がある場合には平衡計器の動作力が低下し、速応性にも関係する。現地伝送回路において測定の結果は二つの信号の相対位相回転はほとん

どなく、また速応性もそこなわれることがなかつた。

3.3 遠隔測定関係

3.3.1 誤差試験

- (1) 標準状態における誤差 定格値の±1%以下  
標準状態とは定格電源電圧, 周波数および周囲温度 20°C の場合をいう。
- (2) 電源電圧の変動-30%~+20%, 周波数の変動-4~+2c/s および周囲温度の変化±20°Cに対する影響  
定格値の±1%以下

3.3.2 レベル変動試験

瞬間レベル変動 ±5 db 以下に対し指示に変化なし。

3.3.3 雑音試験

S/N 15 db 以上で指示に変化なし。

3.4 系統試験

3.4.1 FTC試験

(1) 平常運転試験

関西系との並列時、融通電力送り 20 MW 整定にて FTC をかけたところ、ほぼ±5 MW 幅におさまつた (FTC しないときの変動幅は±15 MW)。第11図はこの記録の一例を示す。

(2) 発電力急変試験

(1) 項と同じ条件で湯原発電所の出力 10 MW, 20 MW を急変させたところ、融通電力の偏差はそれぞれ最大 -10 MW, -15 MW となつたが、それぞれ 9 秒, 15 秒で発電力急変前の値に復帰した。

3.4.2 TBC試験

FTC と同様の条件で湯原発電所の出力 10 MW, 20 MW を急変させて系統周波数偏差, 融通電力偏差の変化を調べた。関西系で FFC を行つていながつたためこれらの偏差をとともに零とする制御を行うことは



できなかつたが、これらの2量がほぼ所期の変化をたどることを確かめることができた。

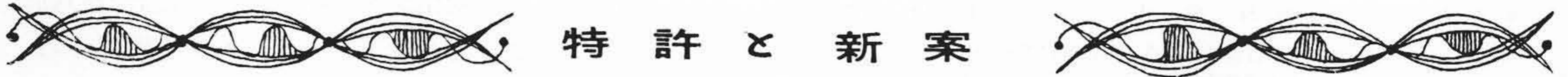
4. 結 言

わが国のAFC技術が遠方集中制御の段階に入らんとしているとき、雑音にたいして十分な強さをもち、すぐれた速応性を有する本装置が納入され営業運転に入つたことは意義深いものがある。昭和33年2月検出部装置の中給移設が完了し、4月中給設置の比例配分装置が完成すれば、神野瀬、柴木川第一発電所を比例制御する

体勢が完了することとなりこれが成功に大きな期待がかけられている。最後に納入試験に際し種々御指導御協力をいただいた関係者各位に厚くお礼を申し上げます次第である。

参 考 文 献

- (1) 木本, 大月ほか3名: 日立評論 39, 324 (昭 32-3)
- (2) 滝田, 小沢, 福井: 日立評論 別冊第10号, 107 (昭 30-8)
- (3) 秋山, 米岡, 井沢: 日立評論 37, 1035 (昭 30-7)



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第7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 | 477265 | 直列コンデンサー用保護キャップ         | 国分工場  | 桑山正俊<br>落川俊清<br>笈田浩雄 | 33. 5. 28 |
| "    | 477306 | 発電機過電圧抑制装置              | 国分工場  | 岡田浩                  | "         |
| "    | 477307 | 発電機過電圧抑制装置              | 国分工場  | 広吉秀高                 | "         |
| "    | 477258 | 点検用窓蓋装置                 | 笠戸工場  | 大谷徹太郎                | "         |
| "    | 477259 | 移動式ダンブガイド               | 笠戸工場  | 兼清隆二                 | "         |
| "    | 477252 | ナットの嵌合測定装置              | 亀有工場  | 伊藤賢一                 | "         |
| "    | 477254 | 触針式粗さメータ                | 亀有工場  | 南郷忠勇                 | "         |
| "    | 477256 | エキスパンションクラッチ            | 亀有工場  | 小林喜八郎<br>小川儀郎        | "         |
| "    | 477271 | アングルローザ                 | 亀有工場  | 安河内春雄                | "         |
| "    | 477273 | 後輪駆動式床上装入機における後輪駆動装置    | 亀有工場  | 大西昇                  | "         |
| "    | 477275 | 堀削機の走行装置                | 亀有工場  | 田中成一茂                | "         |
| "    | 477290 | 熔銑炉の風量調節羽口              | 亀有工場  | 西山太喜夫<br>南郷忠勇        | "         |
| "    | 477294 | クレーンブームの俯仰角度に応ずる過荷重防止装置 | 亀有工場  | 松原為治                 | "         |
| "    | 477295 | クレーンブームの俯仰角度に応ずる過荷重防止装置 | 亀有工場  | 松原為治                 | "         |
| "    | 477296 | 起重機などにおける巻上ロープ装置        | 亀有工場  | 大野 柊                 | "         |
| "    | 477297 | 均熱炉用鋼塊起重機のトンク開閉装置       | 亀有工場  | 大林 文也                | "         |
| "    | 477299 | 単胴巻上機の制御装置              | 亀有工場  | 渋谷英六<br>秋谷英六         | "         |
| "    | 477301 | 可撓式スクレーパーコンベヤ用トラフ連結装置   | 亀有工場  | 渋谷英六<br>亀井英茂         | "         |
| "    | 477302 | 高圧の流体内に粒体を押しこむ装置        | 亀有工場  | 保延田益誠                | "         |
| "    | 477304 | 斜坑スキップ積込装置              | 亀有工場  | 渋谷中益英春               | "         |
| "    | 477305 | 陸揚機                     | 亀有工場  | 山崎 勇                 | "         |
| "    | 477261 | 版胴, ゴム胴ギャップカバー抜止装置      | 川崎工場  | 渡部泰治<br>猪野正光         | "         |

(第22頁へ続く)