

近代的な変電所用配電盤

森 山 一 夫* 宗 像 晋 介**

Modernized Switchboards for Substation

By Kazuo Moriyama

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Shinsuke Munakata

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the design of recent switchboards for use in substations the followings should be the first consideration: the ease of supervision not causing eye-strain for operators, colour factors that hold out an inducement to quick attention and positive operations by the operators, the ease of inspection and maintenance, and any other schemes which help this nervous center equipment to administer the system most effectively and positively.

In the above light, recent switchboards employ wide angle indicators, swing-out type relays, and are applied effective colour-dynamics. Again, it is a noted trend of these days that the switchboards are designed in miniature type so as to rationalize the operation and coordinations of the equipments, or to centralize more intensely the control for the improvement of the whole system.

Similar considerations are exercised for the wiring as well as for appearance and outer construction of the switchboards in order to facilitate the supervision, operation and maintenance.

〔I〕 緒 言

配電盤は常に監視と制御が表裏一体となり、運営上の中枢となるものであるから、環境の物的条件を整え監視を正確容易にして、眼の緊張を緩和し、注意力を喚起すると同時に気分を冷静かつ活潑に保ち、監視意欲と操作能率を増進して、機に応じ迅速的確な制御が行える体制に保つことが必要であり、また要望されている。さらに保守点検を容易にし送電不断の実を挙げることはいつそう緊要である。

このためには広角度指示計器の採用、引出回転式継電器の採用、色彩調節の実施などが行われている。また運転ないしは運営の合理化、総合能率の向上を計るための制御の集中化が計られている。

以下配電盤の最近における改良進歩の跡を辿って見よう。特に近代的な広角度指示計器について詳述する。

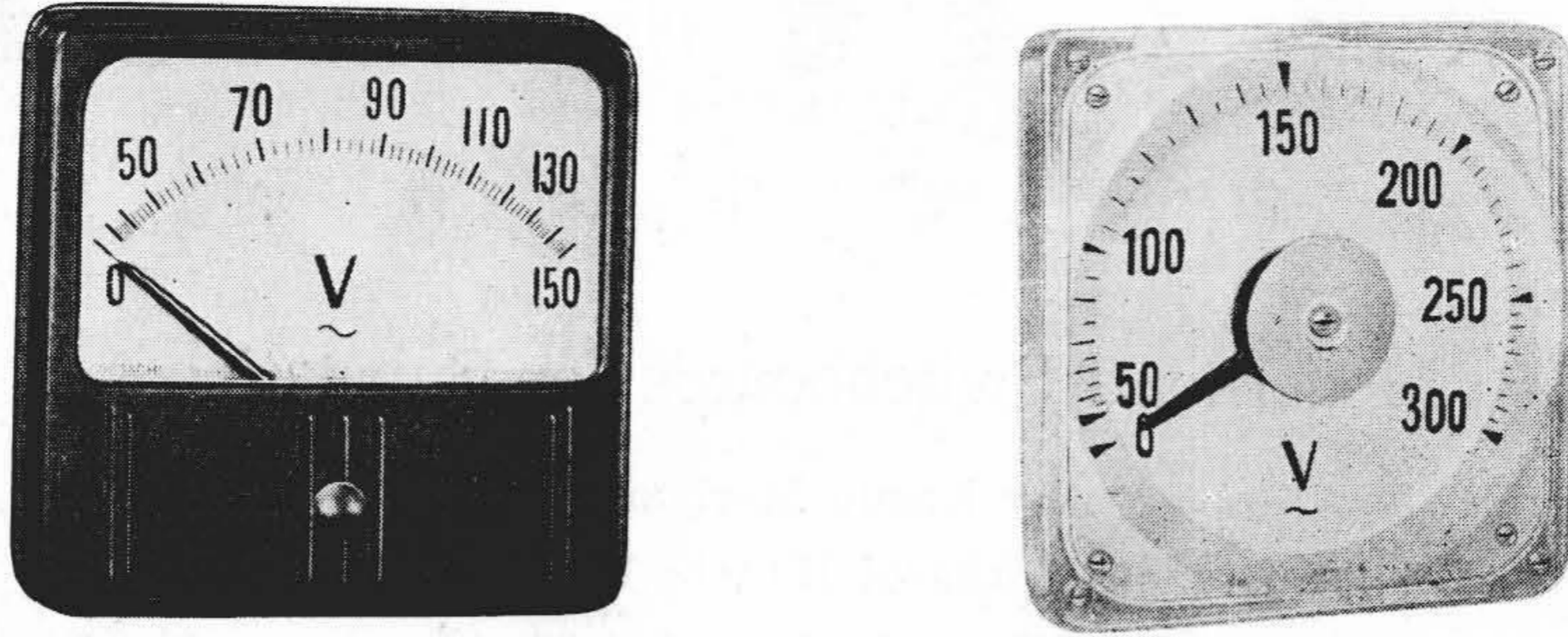
* 日立製作所日立国分分工場

** 日立製作所多賀工場

〔II〕 制 御 様 式

制御様式は最も合理的な運転制御が行われるような、総括制御方式が採用されるようになった。すなわち中央配電盤室または監視室に重要な計測ならびに指示、制御装置を装備した総括制御盤を設け、こゝで変電所全体をよく把握して、能率のよい、しかも少人数で合理的な運転制御ができるよう考慮することが望ましい。

中央総括制御を円滑に遂行せしめるためには、変電所全体の運転状況をよく把握しなければ、その目的は達しにくい。このためには中央制御用配電盤としては、縮小型を採用するのが最も適当である。しかして計測用指示計は必要最小限に止め、その他記録を必要とするものは記録計を採用して別設置とし、また保護継電器なども別設置とするか、さらに一步進んで各主回路附近のスイッチキュービクルまたはメタルクラッドに取付けて、故障またはその他必要な表示装置のみを中央配電盤に設けるように工夫すれば、制御ケーブルの節減にもなる。なお

第1図 S₂₄型計器とSR₂₅型計器Fig.1. Type S₂₄ and Type SR₂₅ Indicating Meters

操作はなるべく自動化すれば、中央制御配電盤は簡素化されるから縮小して小型にまとめることができるので、一人でも監視制御は容易となり、総括制御を容易に行える。

〔III〕 監視装置

監視装置は正確で、監視しやすく、体裁もよくて、消費電力が小さく、取扱いが容易であることが要望されている。この要望に応え指示計器としては広角度指示計器の採用、積算計器としては積算目盛のみをべつにした積算指示計の採用、また表示装置としては照明式のものが多く採用されるようになった。

(1) 広角度指示計器

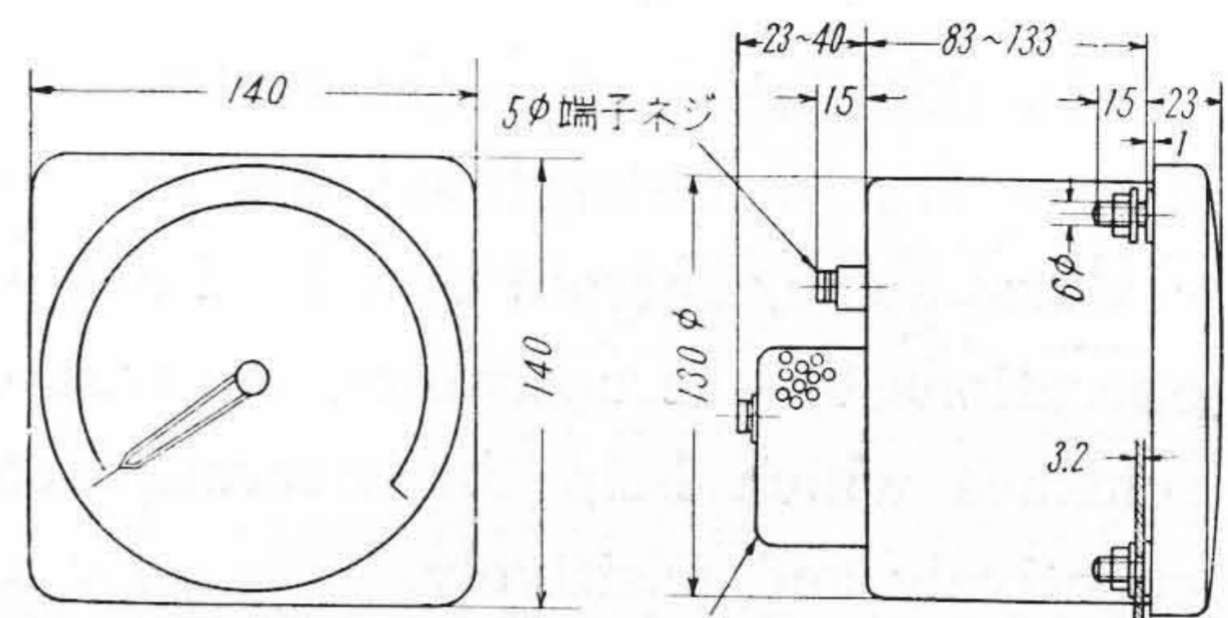
発電所における配電盤用の指示計器の構造を改良して読取りを容易にし迅速正確なる計測により機器の運転、管理を能率化することは時代の要求である。

日立製作所においてはさきに R₂₄ 型丸型計器より S₂₄ 型角型計器に移行し、盤上の計器占有面積を縮小せしめるとともに読取りの便を計り、剣型指針の採用、目盛形状の改良などを行って来た⁽¹⁾。今回さらに目盛角度を 250 度(従来の S₂₄ 型は 100 度)に拡大したいわゆる広角度計器 SR₂₅ 型を全種類について完成し、姫川電力姫川第七発電所、国鉄米原変電所を始め数箇所納入した。

広角度計器は第二次世界大戦中軍部の要求により米国の Record 会社⁽²⁾が製作に成功してから、各国計器製造会社が競って研究した近代の新型計器であるが、構造が複雑なのと、最近入手した外国製の現品の実測あるいは文献⁽³⁾によれば、回転力、機械的良度も非常に小さく、耐久性と耐振動、耐衝撃性は従来の計器に比し劣り堅牢性に乏しいようである。

SR₂₅ 型広角度計器は読取りの容易正確を期するとともに耐久性について従来の計器なみあるいはそれ以上にすることを要件として設計製作した。

(A) 形 状



この抵抗器は直流電圧計 (150V 以上) 交流電圧計 (300V 以下) 三相電力計等に附属する。

第2図 SR₂₅型広角度指示計器寸法図Fig.2. Dimensions in mm of Type SR₂₅ Long Scale Indicating Meter

目盛板に導入される外部光線の量を大ならしめるために計器のカバー全体を前面凸形の透明アクリル樹脂製にし独特の意匠を採用した⁽⁴⁾。このカバーの材質は無変褪色、弾性劣化性の少ないものを選んである。ケース、カバー間にはゴムパッキングを使用しているが材質は耐老化性の特殊配合のチューラムゴムである。またカバーは必要により計器前面から取外しできる構造にしてある。

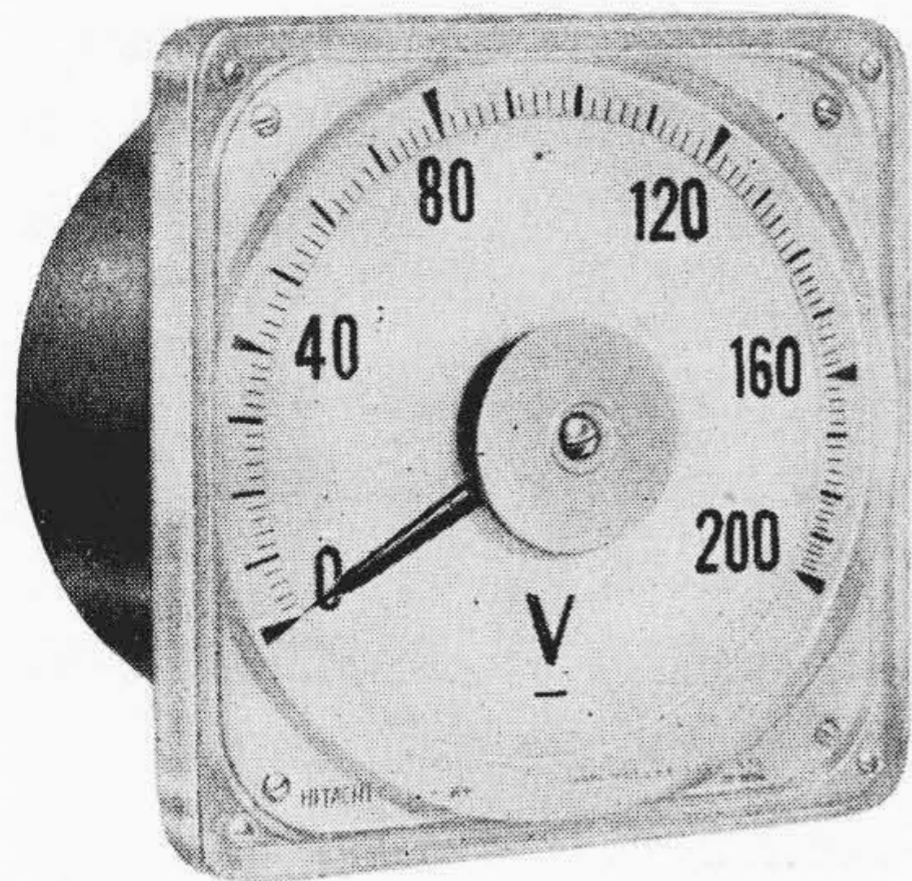
目盛板の目盛部分を指針と同一平面にし読取りに視差をなくし、また目盛線、文字および指針の形状を見やすいような形にした。

外形寸法は従来の S₂₄ 型 (JIS C-1103 KS 2a) に準じて 140 mm 角埋込型とした。(第2図参照)

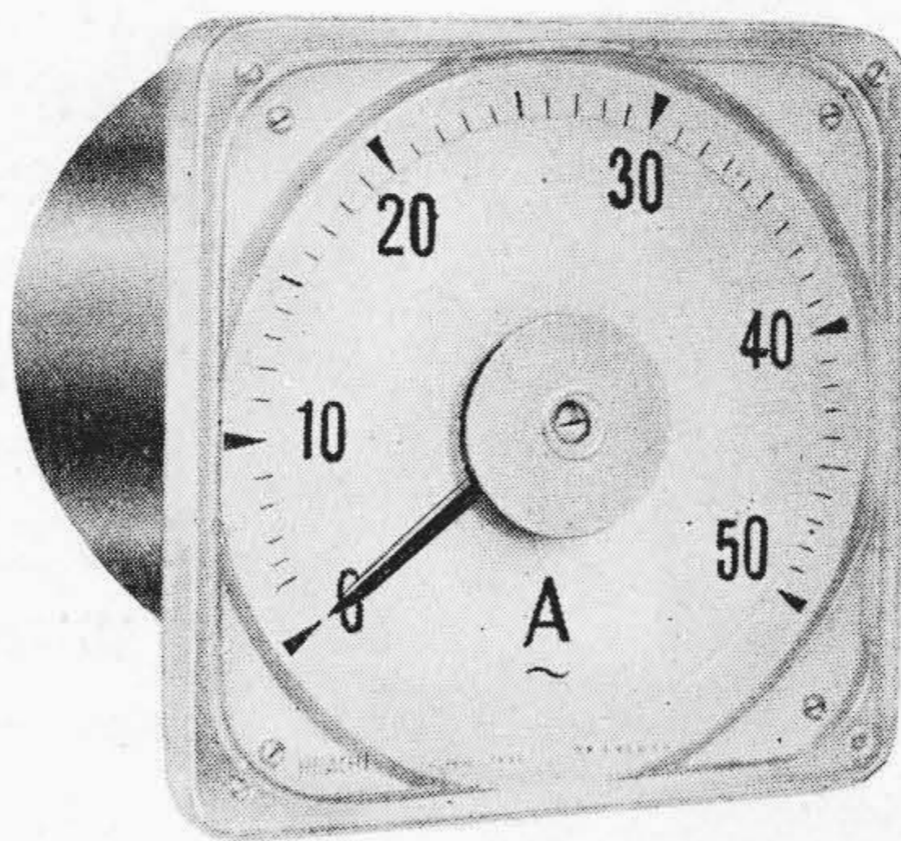
(B) 計器の動作原理

(a) 直流計器 永久磁石可動コイル型の原理を採用しているが、永久磁石には新 KS 鋼を用い形状および所要の空隙に平等磁界を構成させるための鉄心の構造を工夫し組立上必然的に中心が合うよう考慮されている⁽⁵⁾。

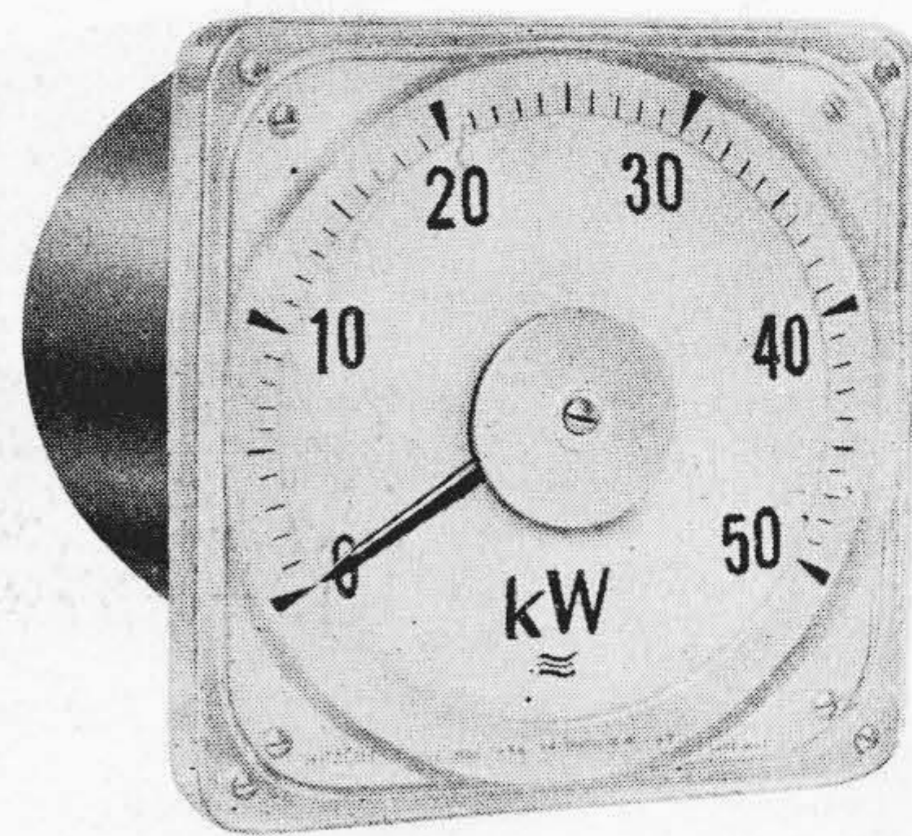
(b) 交流計器 電流計、電圧計は可動鉄片、反撥吸引重畳方式を採用している。固定鉄片はボビンの絶縁物に鑄込まれており、常に正確な位置を保つようになっている。調整鉄片は調整後半田付けにより固定する。



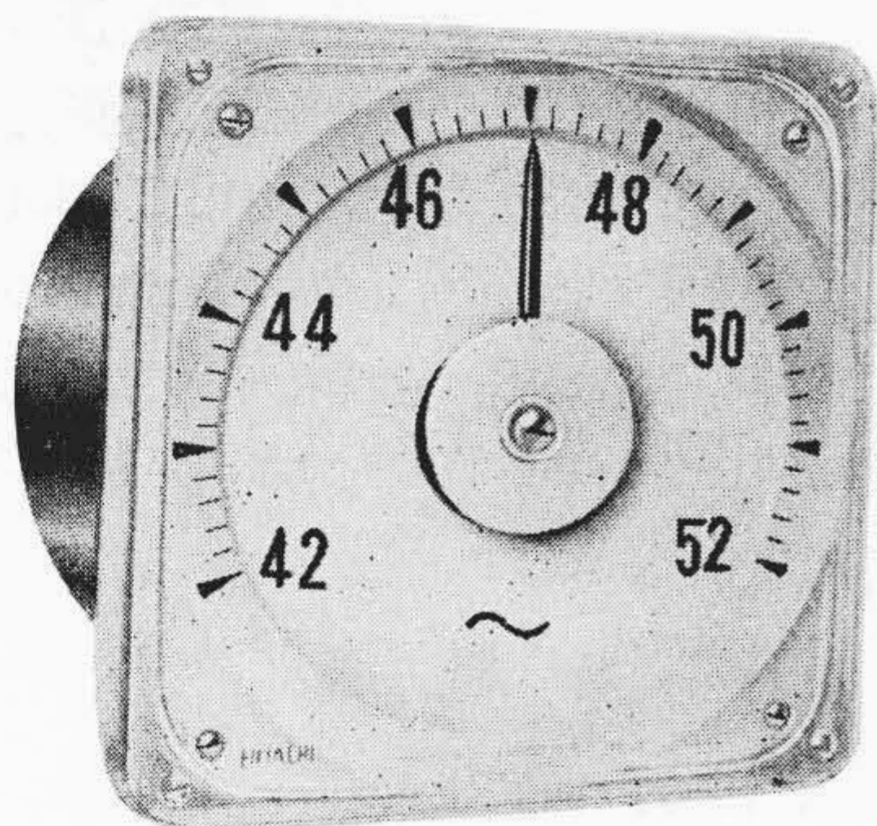
第3図 SR₂₅型 広角度直流電圧計
Fig.3. Type SR₂₅ Long Scale D.C. Voltmeter



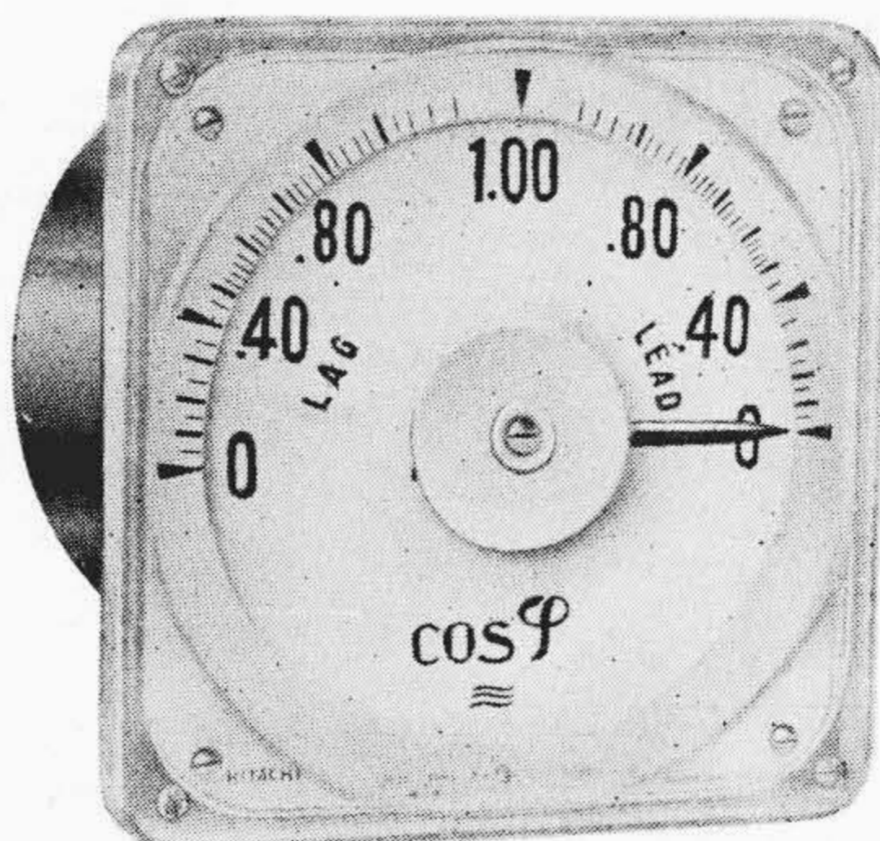
第4図 SR₂₅型 広角度交流電流計
Fig.4. Type SR₂₅ Long Scale A.C. Ammeter



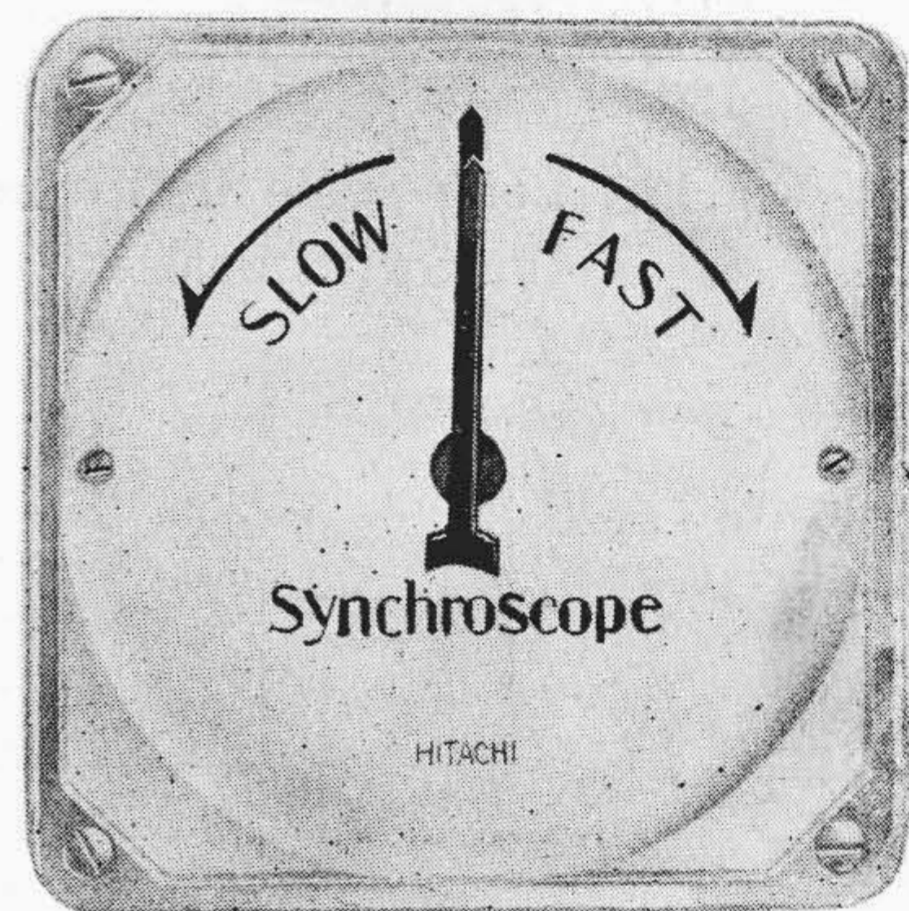
第5図 SR₂₅型 広角度三相電力計
Fig.5. Type SR₂₅ Long Scale 3-Phase Wattmeter



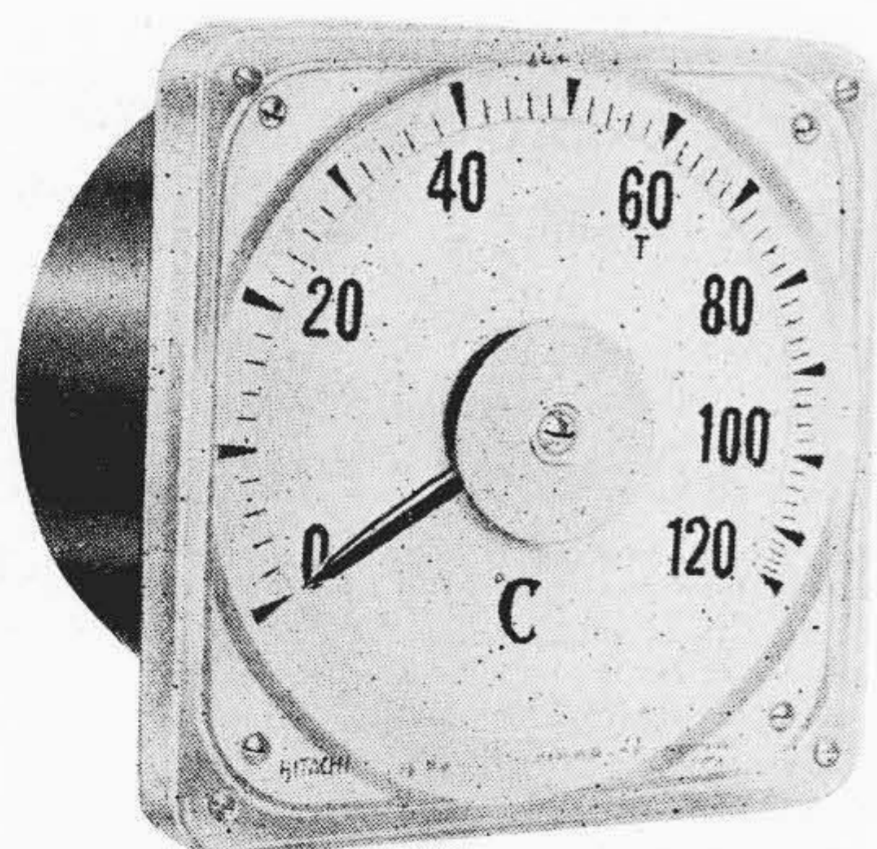
第6図 SR₂₅型 広角度周波計
Fig.6. Type SR₂₅ Long Scale Frequency Meter



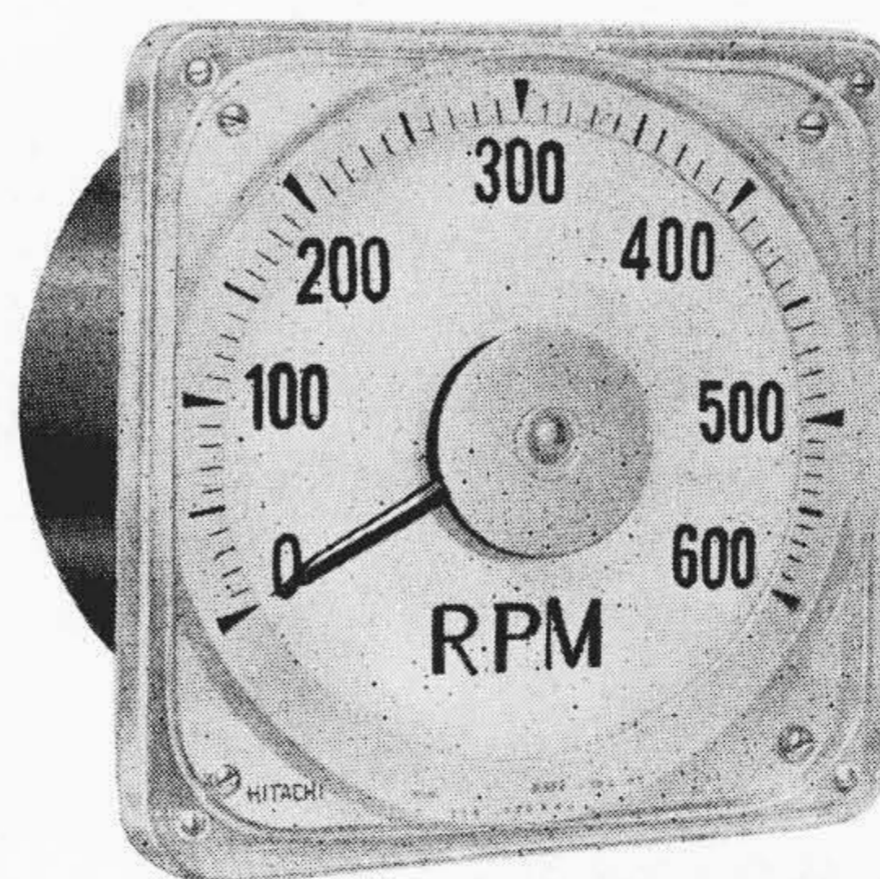
第7図 SR₂₅型 広角度三相力率計
Fig.7. Type SR₂₅ Long Scale 3-Phase Powerfactor Meter



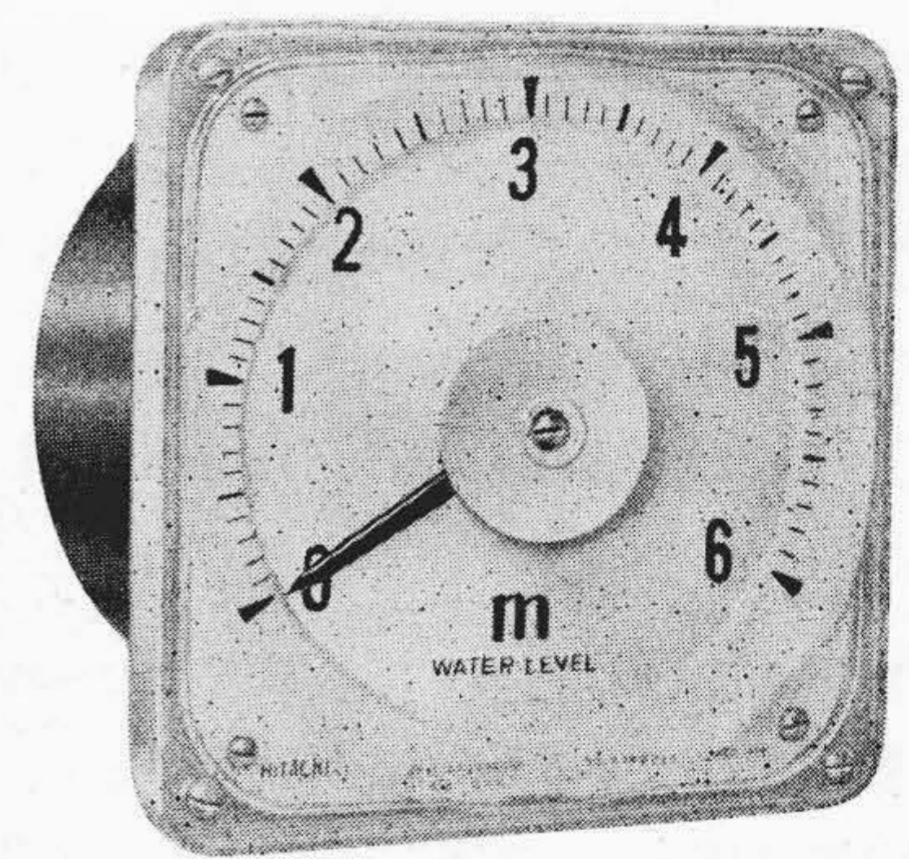
第8図 SR₁₁型 同期検定器
Fig.8. Type SR₁₁ Synchroscope



第9図 SR₂₅型 広角度温度計
Fig.9. Type SR₂₅ Long Scale Temperature Indicator



第10図 SR₂₅型 広角度回転指示計
Fig.10. Type SR₂₅ Long Scale Electrical Tachometer

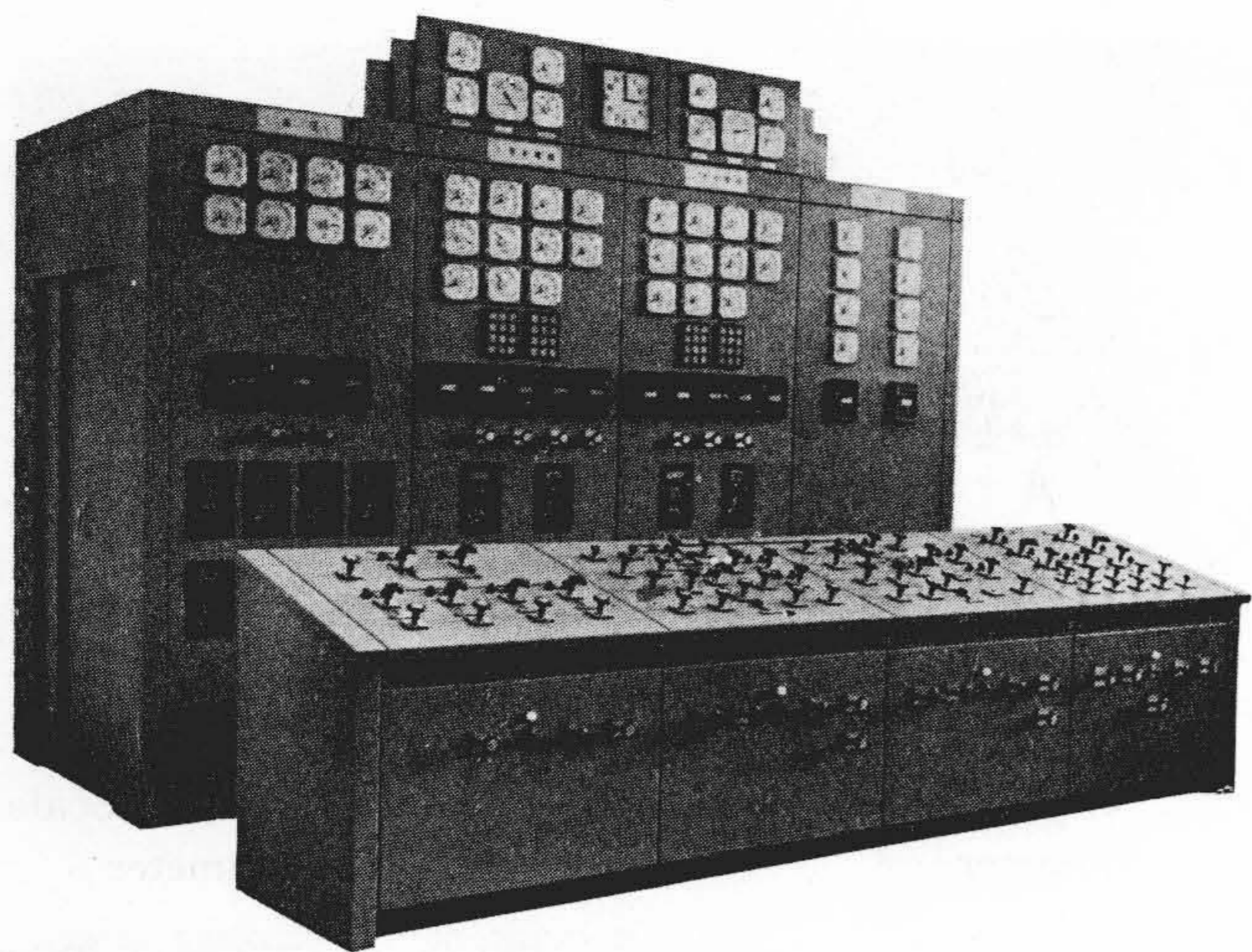


第11図 SR₂₅型 広角度水位指示計
Fig.11. Type SR₂₅ Long Scale Waterlevel Indicator

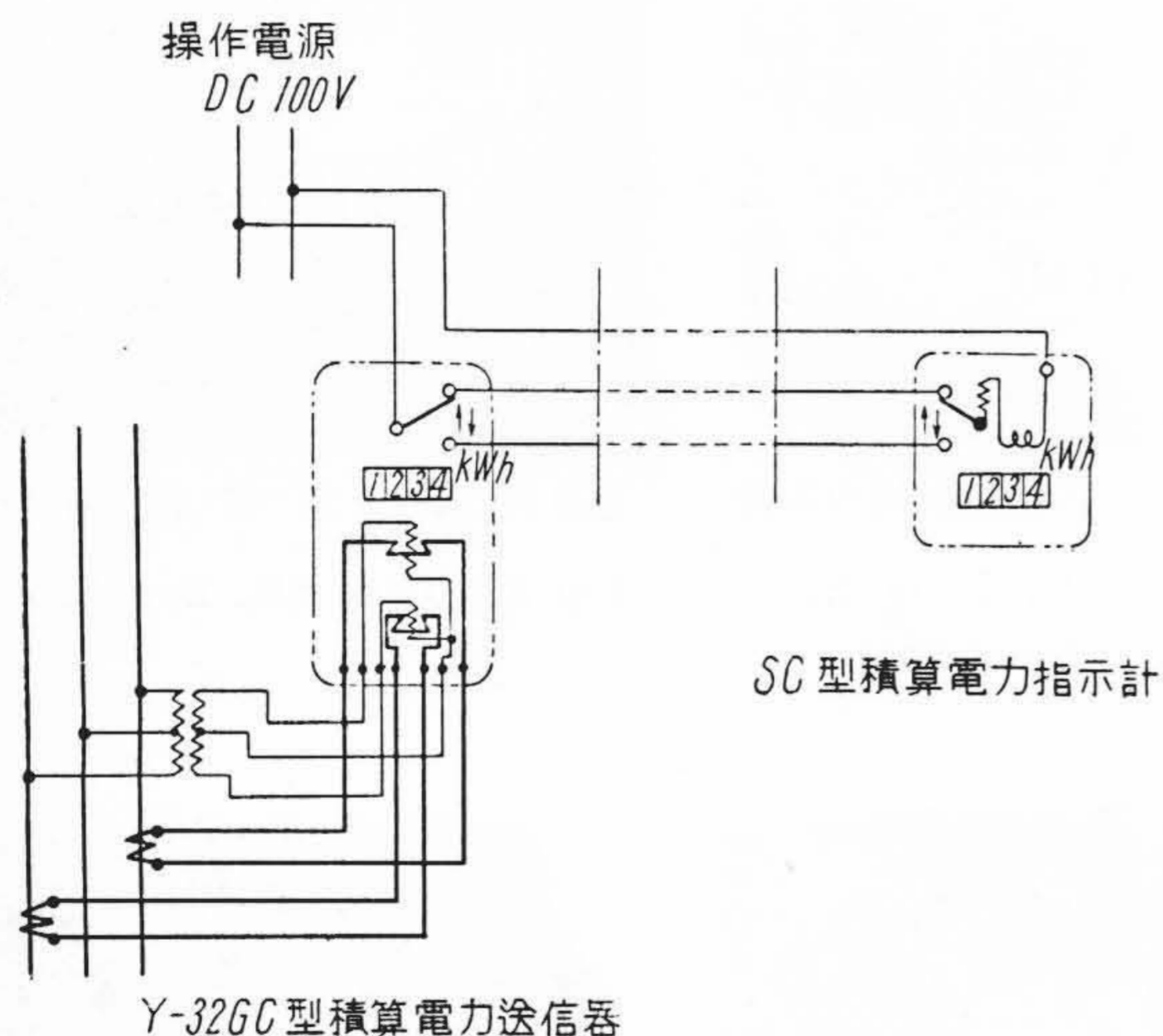
電力計，無効電力計は二素子有鉄心電流計型の原理を採用している。

交流計器はいずれも永久磁石による磁気制動を用いている。

(c) 周波計 二素子式可動コイルに外部リアクターと併用し一方のコイルには同調回路の周波数による回転力を他方にはこれと逆方向の回転力を与え，両方のトルクバランスにより指示せしめる方式をとっている。



第12図 広角度指示計器を用いた配電盤
Fig.12. Long Scale Indicating Meters Mounted on the Switchboards



第13図 遠隔指示積算電力計接続図
Fig.13. Schematic Diagram of kWh Telemetry Device

(d) 力率計 動作原理は従来のSR₂₄型三相力率計⁽⁶⁾と同様である。目盛範囲は0~100~0%(180度)を標準としているが、電力授受がある回路に使用されるときには電力の方向も同時に表わす360度目盛のものも可能である。

(e) 同期検定器 計器の内部構造は従来のSD₁₁型同期検定器⁽⁷⁾と全く同様である。この計器はコンデンサ型計器用変圧器を介して高圧同期方式にも使用できるように起動側、運転側いずれも4VA以下の小勢力にしてある。

また監視上の便を計り他の計器よりも一段と寸法を大きくし180mm角にして型名もSR₁₁型と呼称している。

(f) その他の特殊計器 温度計、回転計、速度計、真空計などの動作原理は従来のS₂₄型と同様であり、計器部分は前述のSR₂₅型直流計器と同様である。

水位指示計、位置指示計などはセルシン電動機の原理を採用し指示計器の内部構造は従来のSD₂₄型の計器⁽⁷⁾と同様である。

第12図は広角度指示計器を用いた分離机型配電盤の一例を示すものである。

(2) 遠隔指示積算電力計

積算電力計の計量値をそのまま遠隔地の所要任意の場所にて指示せしめることが必要となる場合がある。SC型積算電力指示計はこの目的を達するもので、構造は積算電力計(送信側)に操作用接点を設け、受信側はこの接点電流の断続に応じ数字車を回転せしめ、送信側と全く同じ指示を行わせるものである。精度はJIS C-1201を満足する。受信側の指示計は70×65mmの角型埋込式である。第13図は遠隔指示積算電力計の接続図を示している。

〔IV〕 継電器

継電器は取扱保守の簡便化を計ると同時に、配電盤に取付けた場合の調和と体裁を一段とよくするために、引出回転式継電器を採用するようになった。

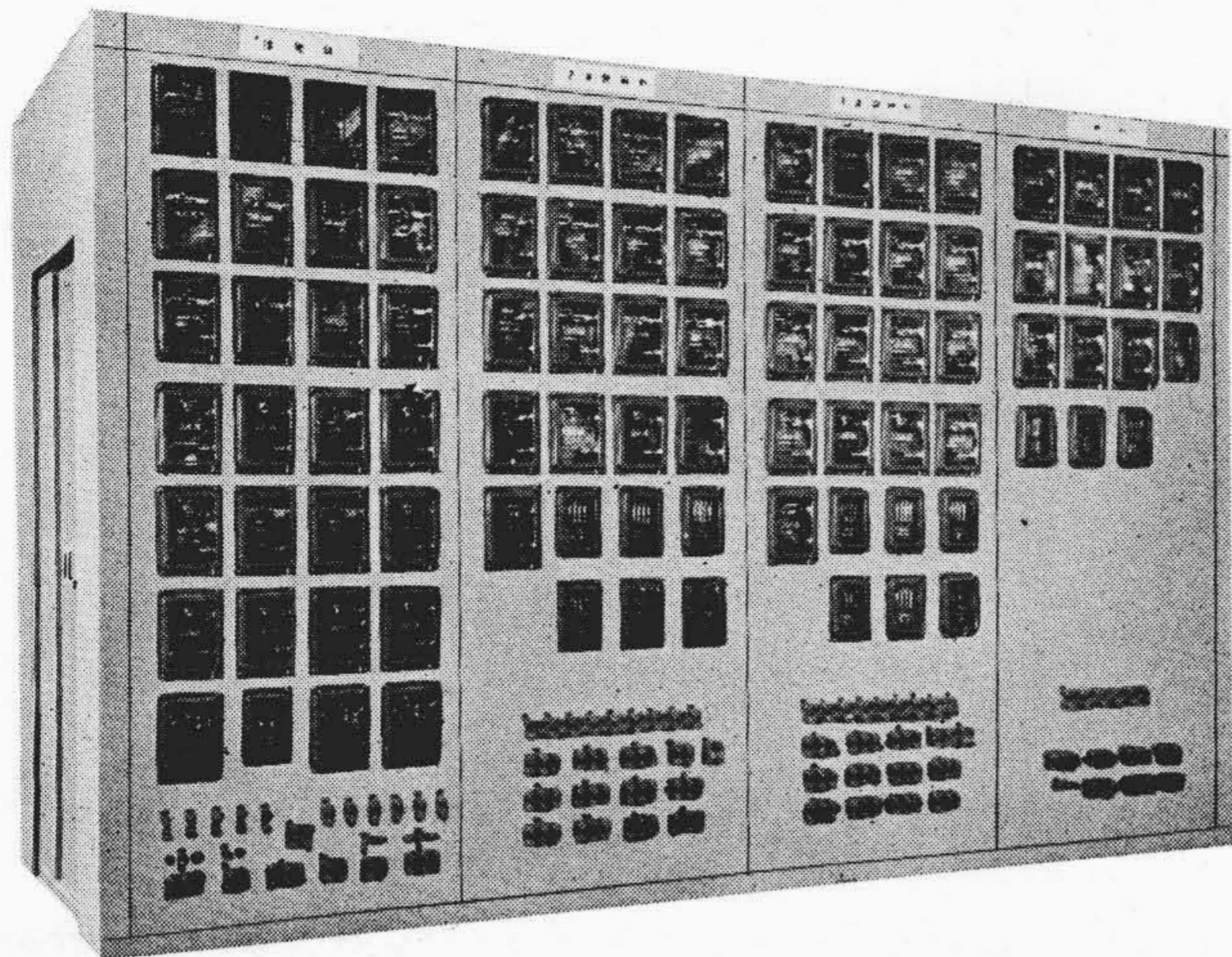
日立引出回転式継電器は、配電盤に取付けたまま引出して回転の上内部をくまなく点検できるような、日立製作所独特の構造となっている。また必要により引出して別設置の試験キャビネットに挿入して試験できるようにも考慮されている。

第14図は引出回転式継電器を装備した継電器盤の一例を示すものである。また第15図は引出回転式継電器を配電盤に取付けたまま引出して回転の上、点検しているところを示している。

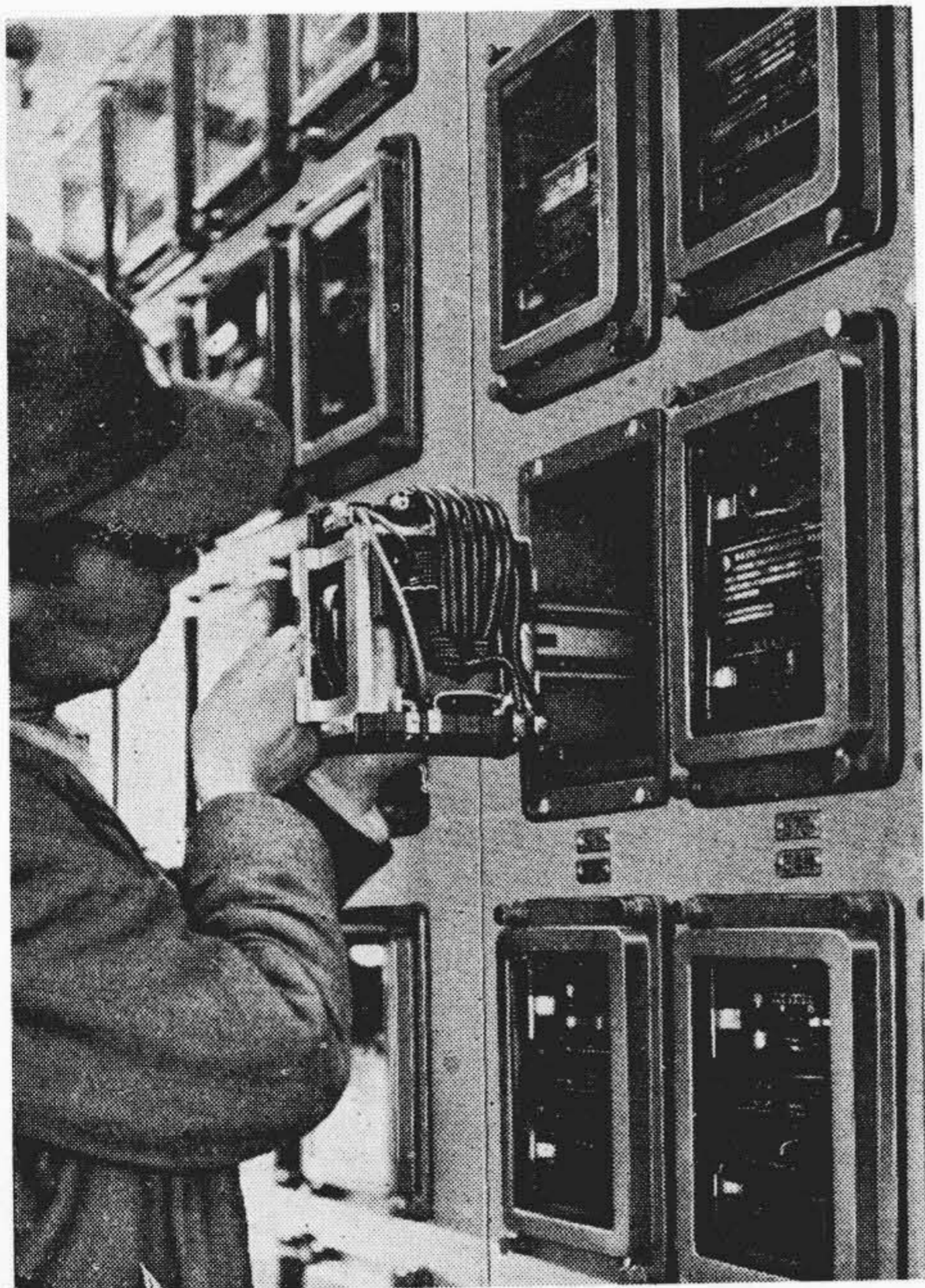
〔V〕 配電盤の構造

(1) 盤の形態

配電盤は安全で保守の容易な函型が多く採用されるようになり、開放型は非常に少なくなつて来た。高圧スイッチギヤは開放取付型やコンパートメント型はほとんどなく、いずれもキュービクルまたはメタルクラッドがその特質を活かし多く採用されている。一般制御用配電盤も鼠その他虫類の侵入による事故を防ぐため開放型ものは少なく、ほとんど側面囲い板ならびに天井板を設け



第14図 引出回転式継電器を装備した継電器盤
Fig.14. Swing-Out Relay Mounted on the Relay Boards



第15図 引出回転式継電器の点検
Fig.15. Inspection of Swing-Out Relay

函型となっている。したがって従来の網状折たみ式のドアも影をひそめ、第12図に示す折たみ式パネルドアが採用されている。

制御機は第12図に示すごとく、補助直立盤の下部にケコミを設け、楽な姿勢で操作が行えるよう工夫されたものとなった。

また可動袖盤は体裁が芳しくなく通行にも不便があるため姿を消し、体裁もよく監視に便利な第12図に示すようなトップパネルが採用されるに至った。

(2) 盤の裏面配線

盤の裏面配線は盤左右両端の配線用ワイヤポケット式は盤裏がすつきりと整頓され、製作の工数も軽減される特長はあるが、点検保守に不便のきらいがあるため、それに代つて点検保守に便利な立クリート式が採用されるようになった。配線は点検の便を考慮し二段以上は重ねないように整然と配線している。

また背面盤付の両面盤式配電盤に対しては、正面盤と背面盤間の接続用配線は下端の端子板を通して配線すると、制御ケーブルの引込との交錯により混雑して、点検その他に不便を感ずるので上部を通して接続配線し、簡単に取外し可能なように端子板を設け現地据付のときには、単に端子板へ接続締付を行えばよいように工夫されている。

[VI] 色彩調節

配電盤の色彩調節は色の機能的応用という面からは多少離れるきらいはあるが、眼の緊張を緩和し、注意力を喚起すると同時に気分を冷静かつ活潑に保ちうるため、監視制御の能率増進を計りうるものである。種々考察研究の結果つぎの彩色が最も適当なものとして推奨できる。この彩色は鉄道電化協会の推奨するものと一致している。

配電盤の表面	7.5BG	6/1.5	(淡青灰色)
配電盤の裏面	N	9/0	(白)
配電盤の枠組	7.5BG	6/1.5	(淡青灰色)
計器枠	7.5BG	4/1.5	(青灰色)
計器の目盛板			(銀梨地に黒文字)
継電器の枠	7.5BG	4/1.5	(青灰色)
操作把手	2.5YR	4/5	(茶色)
銘板			(クロム梨地に黒文字)
その他盤面取付のもの	7.5BG	4/1.5	(青灰色)
屋内器具	7.5BG	6/1.5	(淡青灰色)
屋外器具	N	5.5/0	(灰色)

配電盤の色彩調節は配電盤のみの色彩調節ではその効果は少なく、配電盤室もその対象として総合的にも色彩調節を行うと同時に室の照明をも考慮して、始めてその効果があげられる。配電盤の彩色は地方的寒暖の差により多少異なるが、一般的に無難なものとしてつぎの彩色を推奨できる。

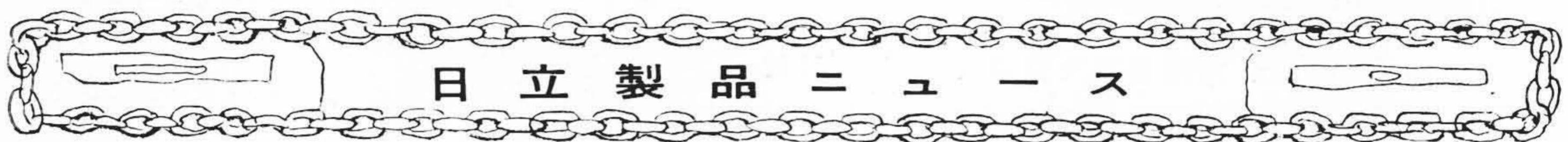
天井	N	9/0
壁	7.5GY	8/2
腰羽目	7.5GY	6/3
幅木	7.5GY	4/2
床	7.5YR	5~6/3~0

〔VII〕 結 言

配電盤は以上述べたごとく、その使命すなわち合理的な運転ないしは運営を行い総合的能率の向上を果すために、監視、制御、保守、点検が便利かつ容易に行われるよう改良進歩に努力して来た。今後もさらに一段の努力を払うものである。また広角度指示計は最近の製品で一応完成したがさらに信頼度を高めるために目盛形状、構造上などに二、三改良を要する点がある。これらは鋭意改良研究に努力し、各位の御期待に添うようにしたい。

参 考 文 献

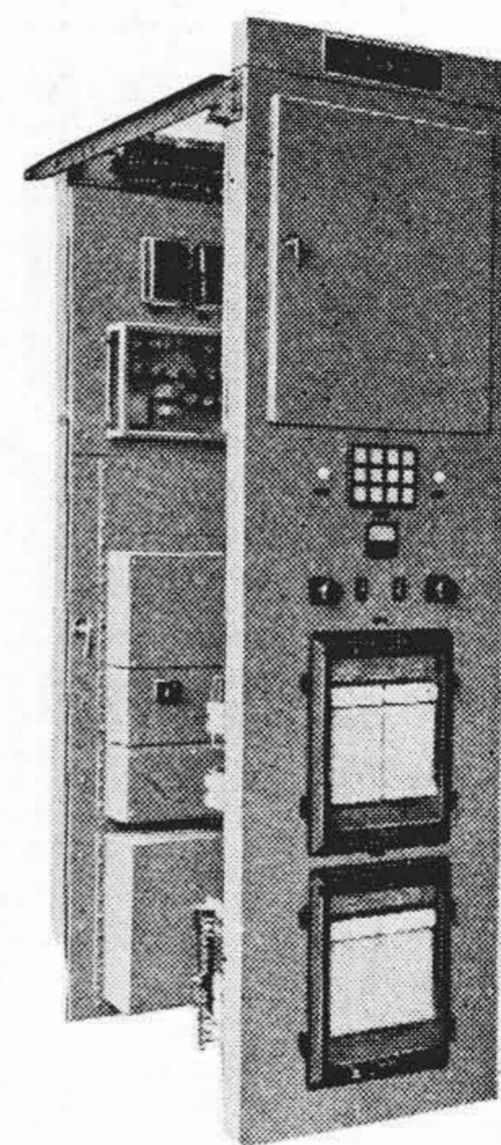
- (1) 日立評論 32 398 (昭 25-6) および
日立評論 33 44 (昭 26-1)
- (2) A.C. Drysdal and C.V. Jalley: "Electrical Measuring Instruments" Part I (1951)
- (3) A.I.E.E. (1942)
- (4) 意匠登録申請中
- (5) 実用新案申請中
- (6) 日立評論 34 105 (昭 27-2)
- (7) 宗像: 日立評論 別冊 No. 5 89 (昭 28-12)



松尾川第一第二発電所
自動周波数調整装置
Automatic Frequency Control Equipment
for Matsuo-gawa No. 1 and No. 2
Power Station, Shikoku Electric
Power Company

電力の質的向上の見地から、自動周波数調整装置（以下 AFC と略称す）により周波数を一定に保つことが要求されるようになった。今回日立製作所では四国電力株式会社の御協力を得て、AFC の日本における最初の製品を完成、去る3月中旬実地試験を成功裡に終了し、引続き営業運転に入った。本装置の外観を第1図に示す。また第2図は本装置の動作説明図である。

本装置は松尾川第二発電所に設置され、第一ならびに第二の発電量約 0~50 MW を負荷の増減に応じて変化させ、周波数を規定値に保持するものである。すなわち四国電力系統の周波数が調整値から $\pm 0.05\%$ 以上変化した場合、その調整値からの変化量に比例して水車調速機（f5M）に断続操作パルスを送り、ペルトン水車のニードルならびにデフレクターの開度を調整して系統周波数を 0.1% 以内に安定させる。また松尾川第一および第二発電所の特殊条件として第2図に示すように松尾川第一発電所の放水池はそのまま第二発電所の調整池となる。この調整池は第二発電所全負荷単独運転の場合、約2分間運転水位を維持しうる程度の小容量のものである。かかる条件の下に第一、第二の並列運転の際自動周波数調整を円滑に行うため、特に水位制限装置ならびに負荷平衡装置を加味した。

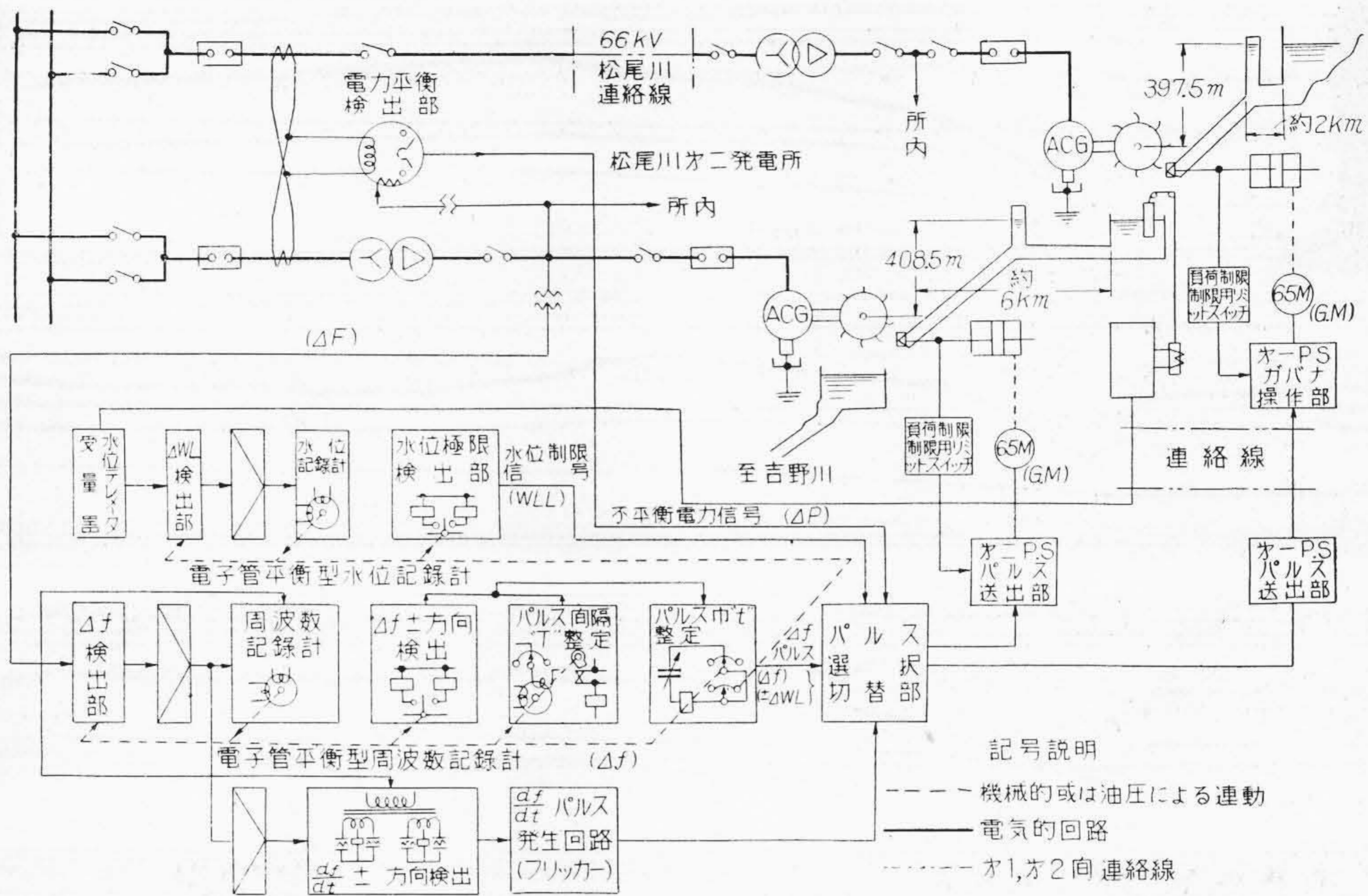


第1図 自動周波数調整装置
Fig.1. Automatic Frequency Control Equipment

本装置の周波数および水位検出部は、電子管平衡型記録計に AFC の必要な機構を加味したものである。各記録計の概略仕様は下記の通りである。

周波数記録計

- (1) AFC としての整定感度..... $\pm 0.05\%$
- (2) 平衡記録計としての感度..... 0.02% 以上
- (3) 安定度..... きわめて良好
- (4) 目盛幅..... 250 mm 58.5~61.5%
56.5~59.5% 二重目盛
- (5) 速応度..... 目盛幅の 90% を移動する
に要する時間 6 秒
(ただし AFC の諸機構をすべて含めた状態)



第2図 自動周波数調整装置動作説明図
Fig. 2. Schematic Diagram of Automatic Frequency Control

- (5) 増幅器.....利得 90 db
減衰度 第3高調波にて 45 db

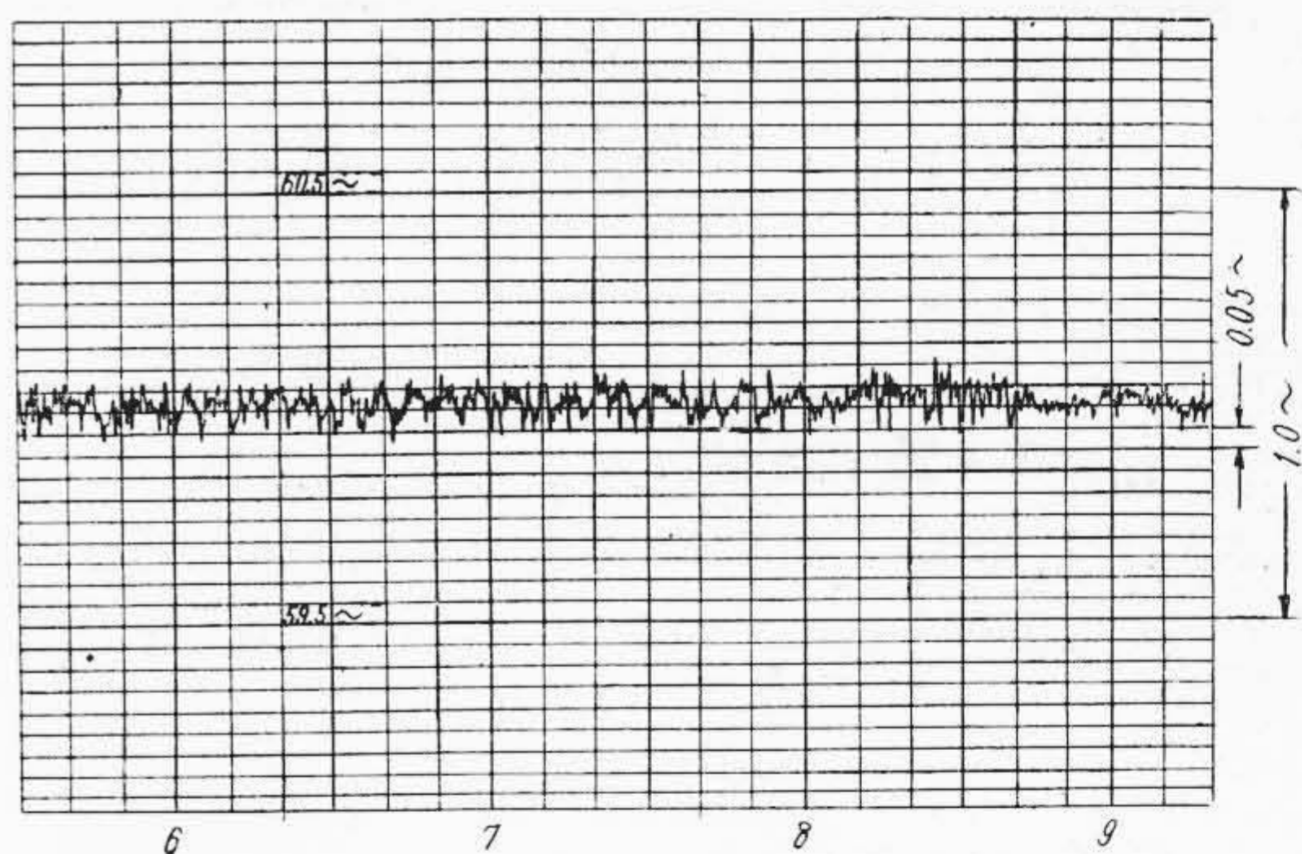
水位記録計

- (1) 標準状態における誤差
最大目盛 (3m) の 1% (3cm) 以下
- (2) 感度.....最大目盛の 0.5% (1.5cm) 以下
- (3) 安定度.....きわめて良好
- (4) 目盛幅.....250mm (-1~+2m)
- (5) 速応度.....目盛幅の 90% を移動する
に要する時間 5秒

(ただし AFC の諸機構をすべて含めた状態)

- (6) 増幅器.....利得 96 db

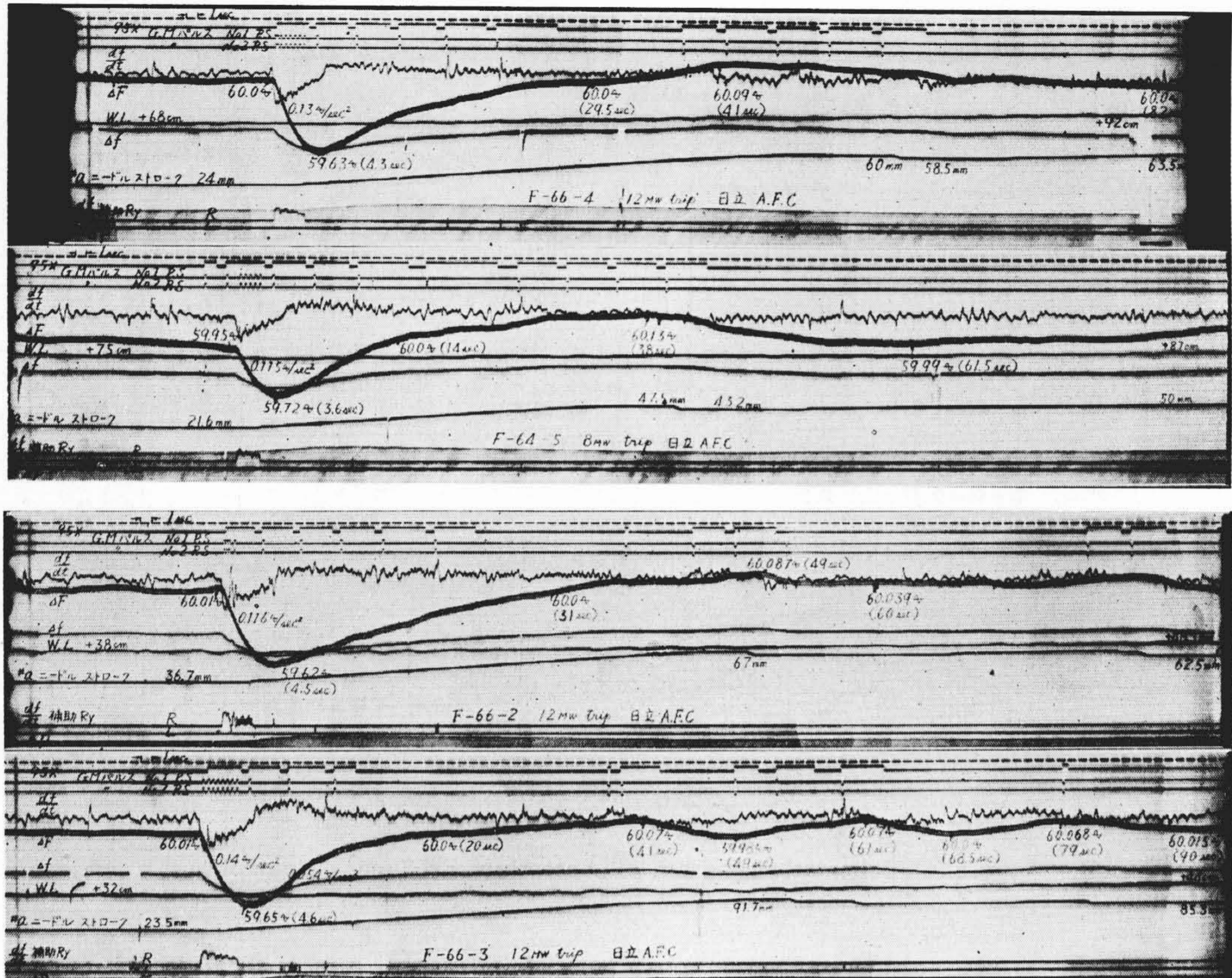
また調速機の操作パルスは系統周波数が整定値より、 $\pm 0.05\sim$ 以上の偏位があつた場合には、その偏位量に比例して増加され、さらに水位が基準値より偏位しておれば第一、第二に対して水位補正を加味したパルスを系統周波数の偏位量に逆比例した間隔で送出する。また系統周波数が許容範囲 $\pm 0.05\sim$ 以内で第一、第二の水位が、整定値より $\pm 0.5m$ 以上変位すれば水位制限用操作パルスを、あるいは水位が $0.5m$ 以内で第一、第二の負荷にある値以上の不平衡があれば、負荷平衡用操作パルスを第一、第二発電所へそれぞれ送出し、系統周波数を擾乱することなしに、両発電所の負荷を平衡せしめる。



第3図 平常運転時の周波数記録
Fig. 3. Frequency Chart Records of AFC at Normal Running

つぎに現地試験としては、平常運転、負荷漸変、ならびに急変の3種類について行つた。平衡運転の際の記録は第3図に示すごとく、周波数は整定値の $\pm 0.07\sim$ 以内に保持されている。

この間の水位記録も $\pm 0.5m$ 以内で安定している。負荷漸変については 10 秒前後で 8 MW 程度の負荷変化を行つたが問題なく、8 MW 乃至 12 MW の急変に対しても、周波数最大偏差は $0.25\sim$ 程度で試験時の全系統の負荷条件を変化してもその値は変わらず、その回復



第4図 系統電力急変時の動作オシログラム
 Fig.4. Operating Oscillogram When the System Power Varied Suddenly

時間も 12~20 秒程度できわめて安定な動作を示した。その一例を第4図に示す。

本装置は AFC として水位調整、負荷平衡などを加味した複雑な制御を行つているが、試験の結果、その安定

性が十分に立証された。なお本試験の成功は、優秀な日立製作所調速機の上に樹立されたもので、日立製作所の総合技術の真価を如実に示したものである。

