

# 火力発電所に於ける工業計器と特殊計器

辻 田 正 一\*

## Industrial Meters and Special Meters for Thermal Power Station Use

By Masakazu Tsujita  
Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Modern thermal power plants are characterized by the adoption of high temperature and high pressure for their equipment and a remarkable trend towards the one-man control system which has been made possible through a complete installation of a variety of measuring instruments and automatic control equipment.

In this article, the writer mentions recent developments and improvements attained in industrial and special sorts of measuring instruments used for that purpose. In fact, the importance of such meters as flow meters, thermometers, draft gauges, water level gauges, meter boards, miniature meters, meters used for turbo-generator hydrogen cooling, turbine thrust indicators, etc. cannot be overevaluated any more than boilers and turbines when viewed in terms of trouble-free operation of a thermal plant.

The writer touched in the end upon the activity of Hitachi, Ltd. in the manufacturing field of this sort of meters which has been so much effective and invigorated in virtue of a close, thorough cooperation under one management between the two departments of meters and thermal power plant equipment.

### 〔I〕 緒 言

水力電源開発と併行して火力発電所の建設が活潑に行われている。何れも汽圧、汽温の上昇により発電所全体の熱効率の改善を計っており、米国に於ては 100 気圧、535°C 以上が相当数使用されている。これにともなつて使用される工業計器（熱管理計器）の進歩も目覚ましいものがあり、ことに戦時中から戦後にかけて自動制御の理論と実際がよく一致発達して 10 万キロの発電所でも日常運転に従事する人員は数名に過ぎない。我国に於ても時間的の遅れはあるとはいえ、この線に沿つて進み、すでに 65 気圧 480°C も実現したが、運転員数に於て彼我の懸隔の甚だしいのは一に自動制御装置並びに計器類の完全整備の如何によるといつても過言ではないと思

\* 日立製作所多賀工場

う。最近の傾向として中央集中制御方式の採用により操作に必要な圧力、温度、流量、水位、弁開度、その他の補機の回転数等も指示する計器を小形とし、中央制御盤に集中し、ボイラ、タービン発電機、補機類に至るまで一人で制御可能なようにしている。記録並びに積算値等能率計算、熱管理的記録等に必要な計器類は従来通り大形とし後方の計器盤に設置する。測定原理の上からも電子管式電位差計又はブリッジ方式の計器の出現により、精度並びに信頼度は一段と高められてきた。以下日立製作所最近の新製品並びに改良品に就いて簡単な説明を試みよう。

### 〔II〕 熱 管 理 計 器

#### （1）流 量 計

終戦前に製作していたオリフィスの差圧をU字管に導

き、その中の水銀面上昇により抵抗棒を短絡して流量に比例した電流を以て指示記録積算する方式のいわゆる抵抗式流量計は、精度の高い点では優れたものであったが、保守が十分でないため耐久性にやゝ難点があった。戦後はこれを第1図の如き電気誘導式流量計に変更した。この方式は目盛が流量に対し自乗目盛となるため、目盛の低い値で多少精度が落ちる欠点はあるが、頑丈で現場向きであり、保守が容易という大きな特長を持っている。動作原理に就いて簡単に説明すれば、発信器の水銀面の一方には可動鉄心を取付けた浮子が浮んでいて、水銀面上昇下降に応じて二つのコイル内を可動鉄心が上下する。たとえば上へ動いたとすると上部コイルのインダクタンスが下部コイルよりも大きくなり、上部コイルと直列に接続されている計器の下部コイルの電流は少なくなる。そのため計器の下部コイルの吸引力が上部コイルよりも弱くなつて、鉄心は上方へ吸込まれて移動する。この鉄心の動きが指針又はペンに伝えられ、指示又は記録する。一方独特の機構により水銀スイッチを流量に比例しただけ開閉させて、同期電動機を回転させ、その回転を積算してカウンターにより流量の積算値を標示する。

流量計は次の諸量を測定するに用いられる。

1. ボイラ主蒸気流量
2. タービン入口蒸気流量
3. ボイラ給水流量

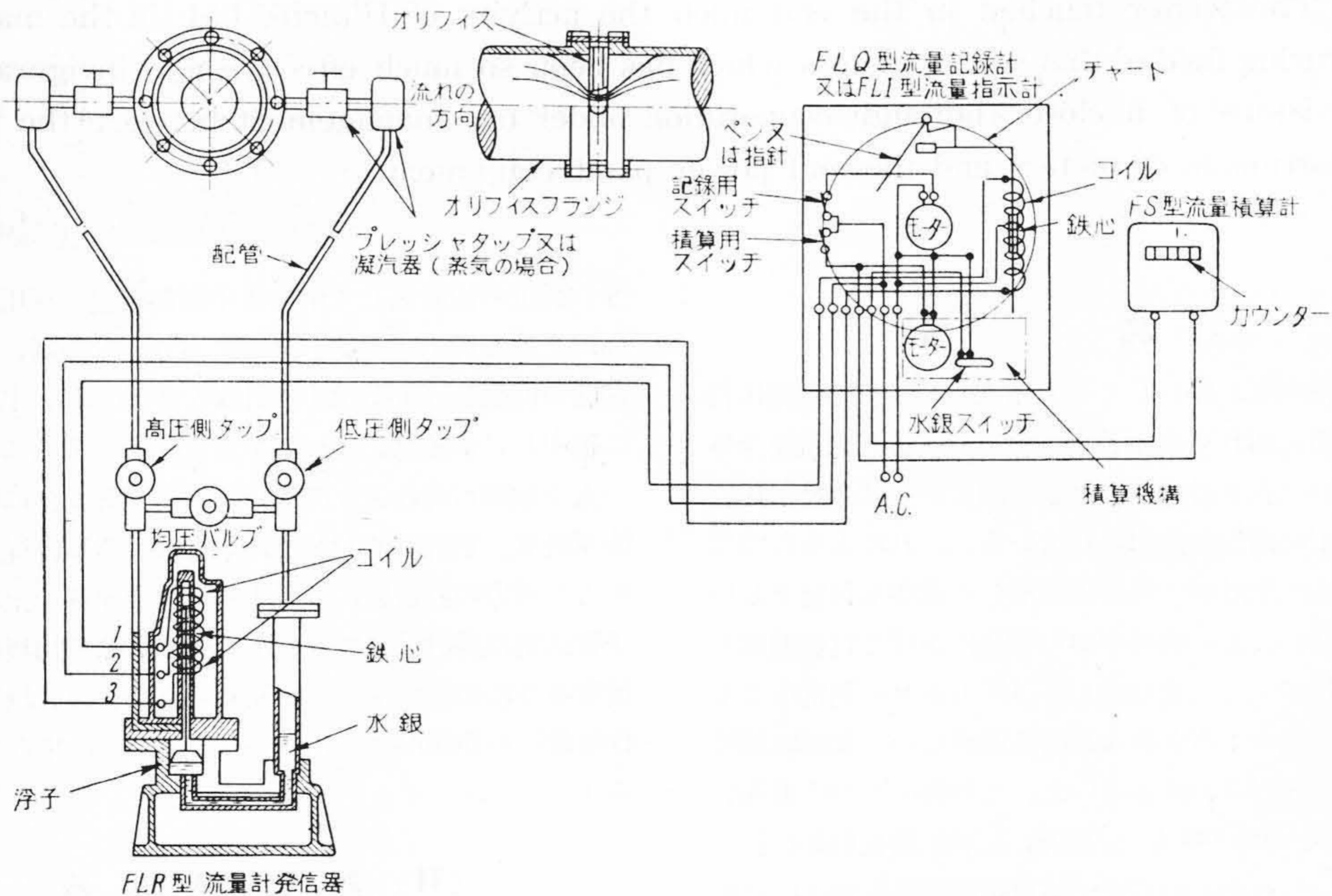
4. 給水ポンプ出口流量
5. 抽汽蒸気流量
6. 復水流量
7. ガス炉ガス流量
8. ガス炉空気流量 等

第2図は FLQ 型流量記録計である。

(2) 温度計及びパイロメータ

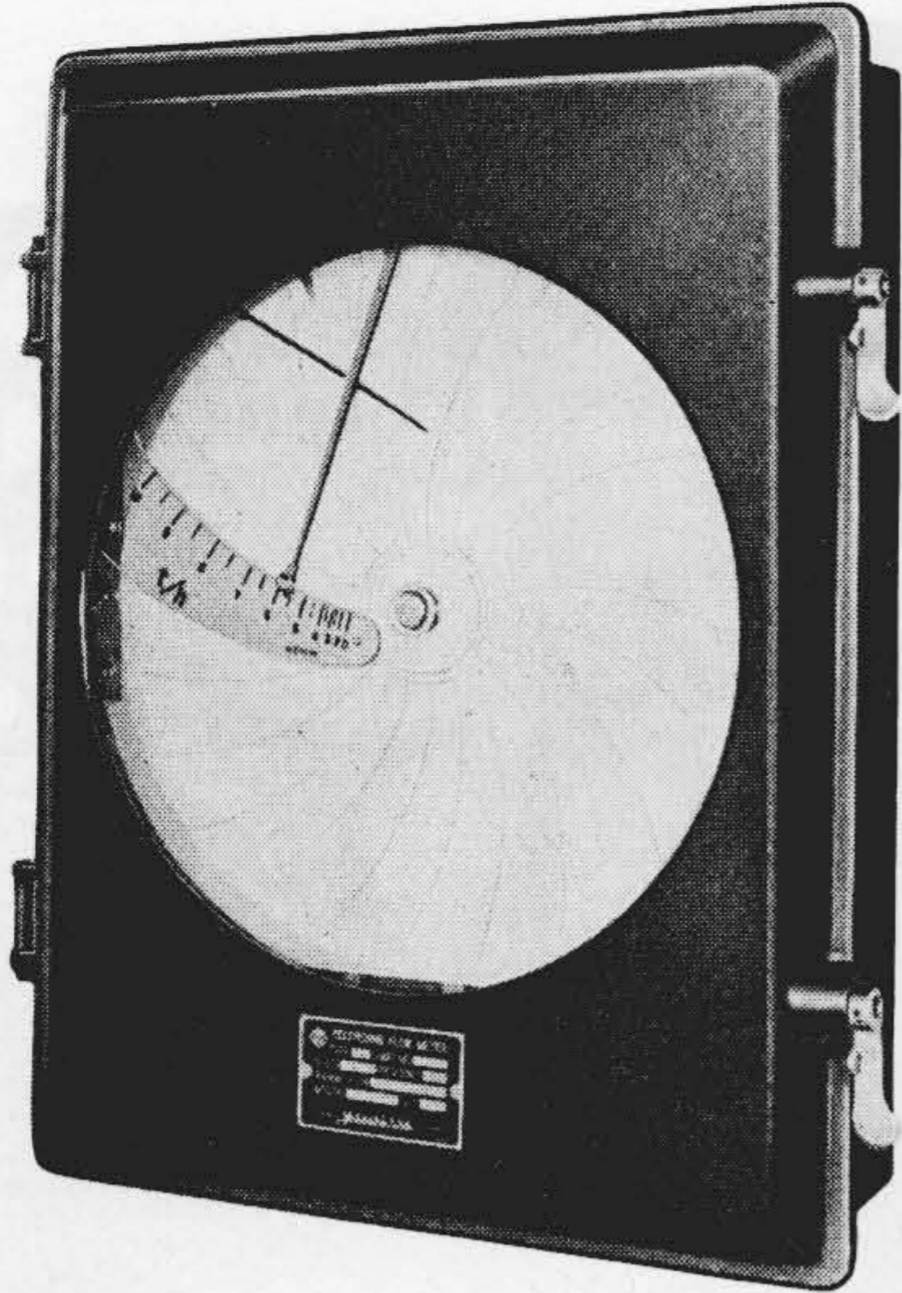
火力発電所用のものとして特に注意しなければならないのは耐振という問題である。蒸気温度計の測定範囲は大體 500°C 前後であるから通常白金線サーチコイルが使用される。この白金線は 0.1 φ mm 以下の線が使用されるので耐振型の構造でないといふ寿命が短い。日立製作所では多年研究の結果振幅 3 mm, 振動数毎分 1,000 回、温度 500°C の振動試験を数千時間行つても異状のないものを完成し、各方面に納入好評を博している。

指示、記録計本体もここ数年急に発達した電子管応用の自動平衡計器の完成を見て一段と進歩を遂げた。測定原理は電位差計またはブリッジ法であり、ともに零位法であるので精度が高く、測定量は直接スライド抵抗の接点位置で置き換えられる。機械式自動平衡計器である Micromax の優秀なことは周知であるが、何分部品数が非常に多く保守の点で難点がある、電子管増幅器と可逆モータを以てこの困難を克服したものが電子管式自動平衡計器である。600°C 以下の比較的低温を検出するサ

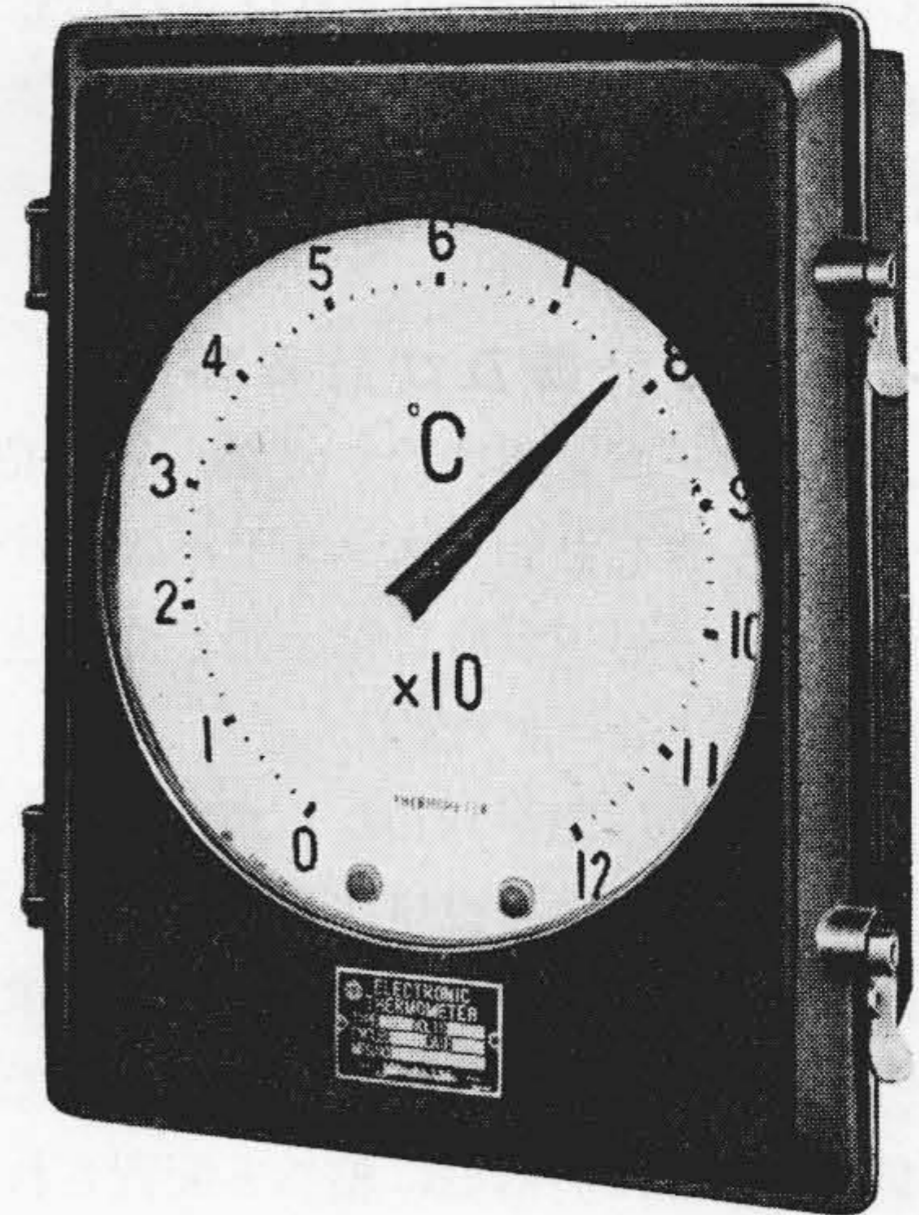


第1図 流量計説明図

Fig. 1. Explanatory Diagram for Flow Meter



第2図 記録流量計  
Fig. 2. Recording Flow Meter



第3図 TVI型電子管式温度計  
Fig. 3. Type TVI Electronic Thermometer

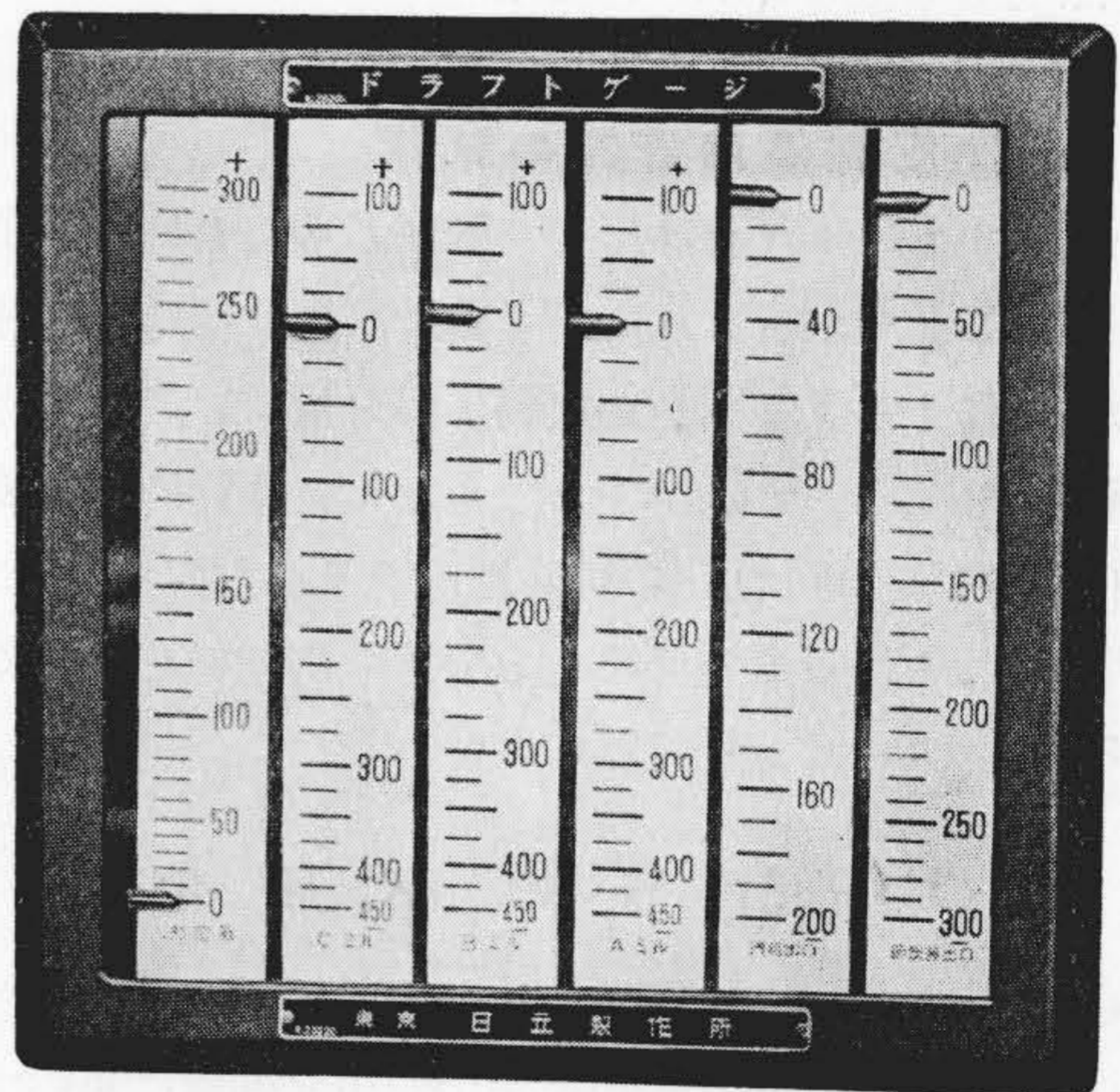
一チコイルはブリッジの一边を形成し、測定温度により抵抗が変化しブリッジの平衡が破れると不平衡電圧を生ずる。この電圧を入力トランスを介して真空管増幅器で増幅し、二相の平衡用可逆モータに加える。平衡用モータは増幅器の出力電圧の方向により正回転または逆回転してブリッジが平衡するまでスライド抵抗を調整する。このモータの回転は指針及び記録用ペンを連動し指示記録が行われる。第3図に TVI 型電子管式温度計を示す。

温度計の主な適用箇所は次の通りである。

1. 節炭器入口の煙道ガス温度
2. 節炭器出口の煙道ガス温度
3. 節炭器入口の給水温度
4. 節炭器出口の給水温度
5. 空気予熱器出口の煙道ガス温度
6. 空気予熱器に入る空気温度
7. 過熱蒸気温度
8. 過熱減温器蒸気温度
9. タービン主塞止弁前蒸気温度
10. 復水器に入る冷却水温度
11. 復水器を出る冷却水温度
12. 復水器に入る蒸気温度
13. ベアリング油温度
14. 脱気器を出る水の温度等

### (3) ドラフトゲージ

環状天秤を使用した微圧計であつて第4図に6点式の外觀を示した。直接指示式と電氣的遠隔測定式があり、頑丈な計器であるので新製品ではないが広く愛用されているもの一つである。



第4図 ドラフトゲージ  
Fig. 4. Draft Gauge

適用箇所は次の通りである。

1. 誘引押込通風ファンの圧力
2. 空気予熱器出口の空気圧
3. 節炭器入口のドラフト
4. 節炭器出口のドラフト
5. 燃焼室圧力

### (4) 水面計

最近の大容量ボイラは高圧になるとともに蒸発量に比較してドラムの保有水量が少なくなつて来ているので、ドラムの水位保持には特に注意を要するようになった。光学的に検出する二色水面計をも製作しているが、水位を数値で指示させるには(1)項の誘導型流量計と同じ原

理のものを使用する。この場合差圧は水柱の高さによって決定され、基準面からの上下 $\pm 100\text{mm}$ を能く指示することが出来る。ドラム以外に給水予熱器、脱気器の水位を指示する用途にも使用される。

#### (5) その他の計器及び計器盤

従来圧力計はタービン室に於てはターボ発電機の近くに多数花立に花をさした如くスタンドに取付けられるのが普通であつたが、最近温度計類と同じく埋込型として計器盤に配置されるようになった。

最近石炭と重油の混燃が行われるようになり、 $\text{CO}_2$ メータの指示だけでは最良の燃焼状態をつかむことが困難となつたので、これに代つて $\text{O}_2$ メータが要求されるようになり、目下研究中で近く発表出来る予定である。

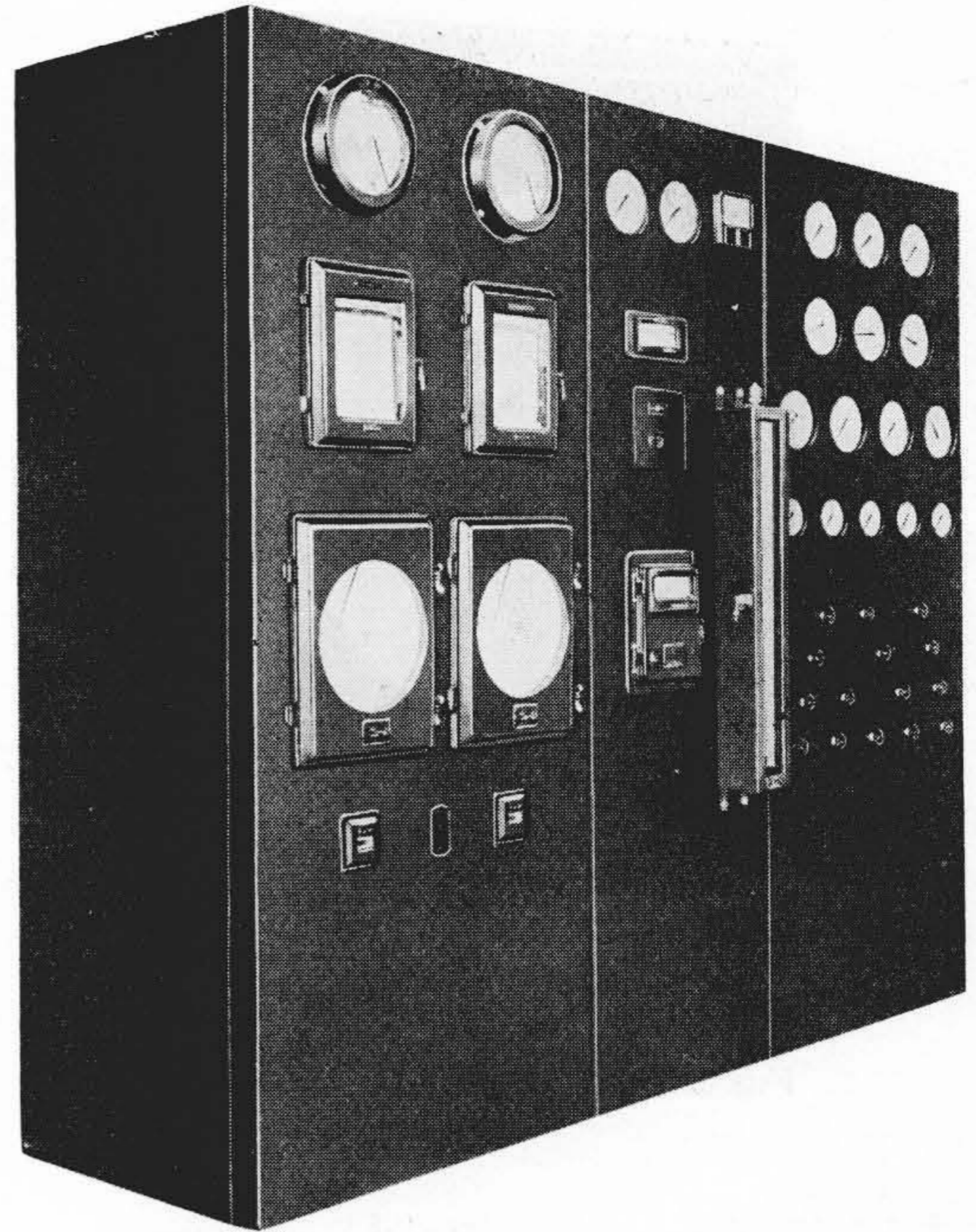
以上多数の計器類は計器盤に整然と配置され、配線、配管は一定の規格のもとに順序よく接続されているので保守点検が容易である。第5図は昨年度完成納入した計器盤の一例であつて、色彩調節のため盤の色は暗緑色とし、照明も蛍光灯を用い、配線にはビニル電線を使用している。

#### (6) 高圧高温用計器の試験

上述のようにボイラは圧力、温度ともに上昇の一途をたどりつゝあるが、これに対する計器類は特殊な原理のものを創作する必要を認めない。たゞ材料、工作の吟味に慎重を要することは申すまでもなく、幸いに日立製作所日立工場に100気圧の試験用ボイラが設置されたので、使用状態に近い条件のもとで各種の試験を進めて日立ボイラ、タービン用計器の裏付としたい。

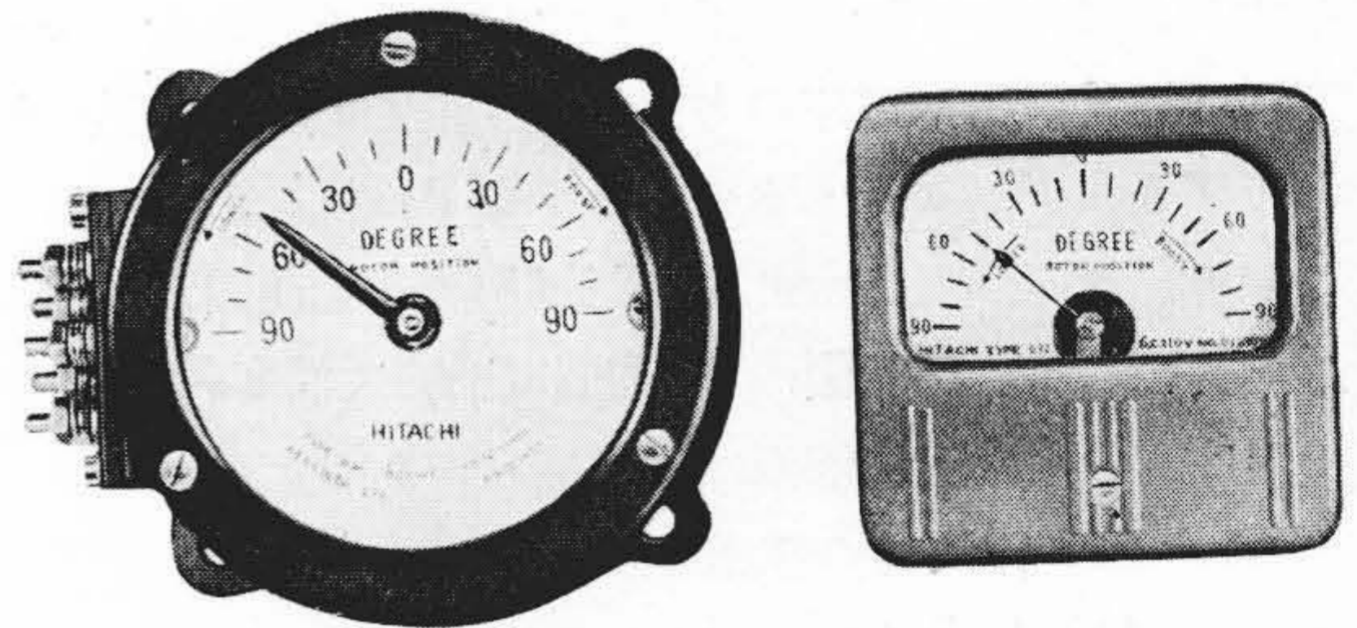
### 〔III〕 計器の小形化

床面積の節約と中央より一人制御を行うという二つの目的により、必要な計器類を集中監視制御盤に集約することが新傾向となりつゝある。我国では工業計器まで小形にした例を未だ見ないが、補機の制御用ダンパ開度、電動機類の回転数、電流、電圧等を80mm角の小形計器に指示せしめている。第6図は東京電力潮田発電所に納入した直流セルシン式の原理による小形位置指示計であつて、送信器は $120^\circ$ づゝ隔つて配置されたブラシがトロイド状に巻かれた抵抗器の上を摺動し、直径上の相対する二点を直流電源に接続する。受信器は同じくトロイド状にまかれたコイルの $120^\circ$ づゝ隔つた3点へ送信器からの電流を供給すると、このトロイド内に設けられた永久磁石のロータが回転し、合成磁界の方向とロータの磁化方向と一致した処で停止して、送信器の回転角に追従した指示をする。構造が簡単で回転力が大きく動作が確実であり、小形化の目的には好適のものである。



第5図 計器盤

Fig. 5. Instrument Board



第6図 小形位置指示計  
左 送信器 右 指示計

Fig. 6. Miniature Position Indicator

Left: Transmitter Right: Indicator

### 〔IV〕 ターボ発電機水素冷却装置用計器

近年大形機器の水素冷却による高能率運転が実用化の段階に入り、既に二三の実現を見ている。日立製作所に於ては東京電力花畑変電所 20,000 kVA 同期調相機及び潮田火力発電所 55,000 kW ターボ発電機に実施した。水素冷却装置の完全運転のためには水素純度、圧力、軸受シーリング用油系統の油圧、油面の監視並びに警報等が必要になつて来る。以下これらに就いて簡単に説明をこゝろみる。

#### (1) 水素ガス系統用計器

発電機内部の水素純度及び圧力を所定の値に保つため水素純度指示記録調節計と圧力指示調節計が必要である。

水素純度計は風圧式の原理によるもので風圧は水素の密度即ち純度と一定の関係のあることを利用したものである。風圧の発生方法としては発電機のステータダクトに生ずる風圧によるものと、別に測定ファンを設けてその風圧によるものを併用しているが、その値を 100 mmAq 程度に取る。この圧力を第7図に示す沈鐘式微圧計発信器に導く。水銀上に浮んでいる沈鐘の内外に差圧の大小により生ずる沈鐘の上下の変位により、上述の流量計の場合と同じく指示記録が出来る。この発信器は水素圧力を取扱うものであるため各部の構造は漏洩に対し特別の注意を払い、真空試験により確かめられている。

FLQ 型水素純度計は 100~80% H<sub>2</sub> の目盛を有し、指示記録を行う外調整、警報を行う接点を有している。水素純度の保持は電磁弁を操作してポンペより水素を補給するが、この電磁弁の操作は計器内の調節機構によつて行ふ。水素純度を例えば 90% に保つようにしてこの点でオンオフ制御を行うと、電磁弁の動作回数が多くなり、寿命の点で不都合を招来するおそれがあるので、本調節計は機械的に二段調節機構として水素純度が 90% を割つたとき電磁弁を開いて水素を補給し、94% に上昇したとき電磁弁を閉じて水素の補給を中止する。この調節は計器内に収められた小型電動機と水銀スイッチにより行われる。調節が不可能になつた場合には警報接点により警報を発する。

水素純度計と同じ原理の炭酸ガス純度計が設置されているが、これは運転開始時又は停止時に機内の空気又は水素を炭酸ガスで置換する場合の監視用に使用される。

機内のガス圧を一定に保つには自動圧力調節計を用いる。水銀U字管即ち第1図流量計の発信器の高圧側に導き、低圧側を大気開放とし、その差圧により鉄心を上下させ、水素純度計と同様指示調節を行わしめる。

(2) シーリング油系統用計器

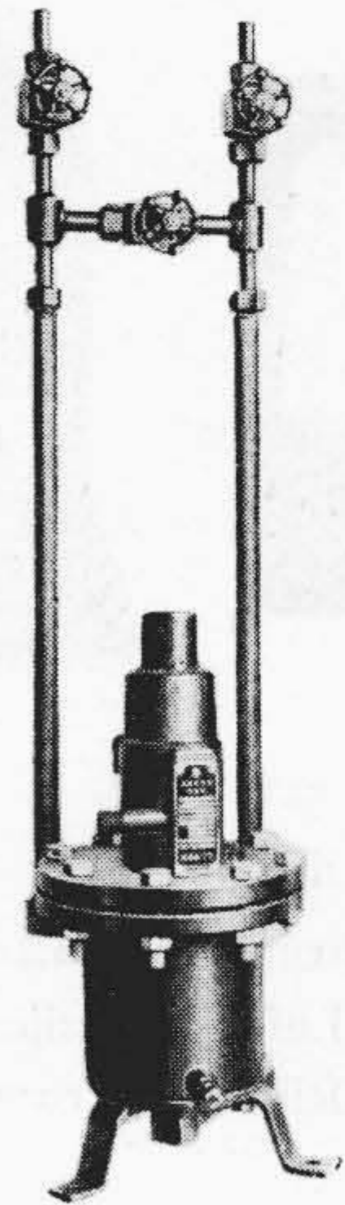
軸受のシーリング油系統の油圧、ヘッドタンク、補助タンク、真空タンクの油面の監視、警報を行うために油圧低下警報器、油面警報器が設けられる。いずれも既述の電気誘導の原理によるものでボイラの水面計と大体同じものである。

(3) 電解槽系統用計器その他

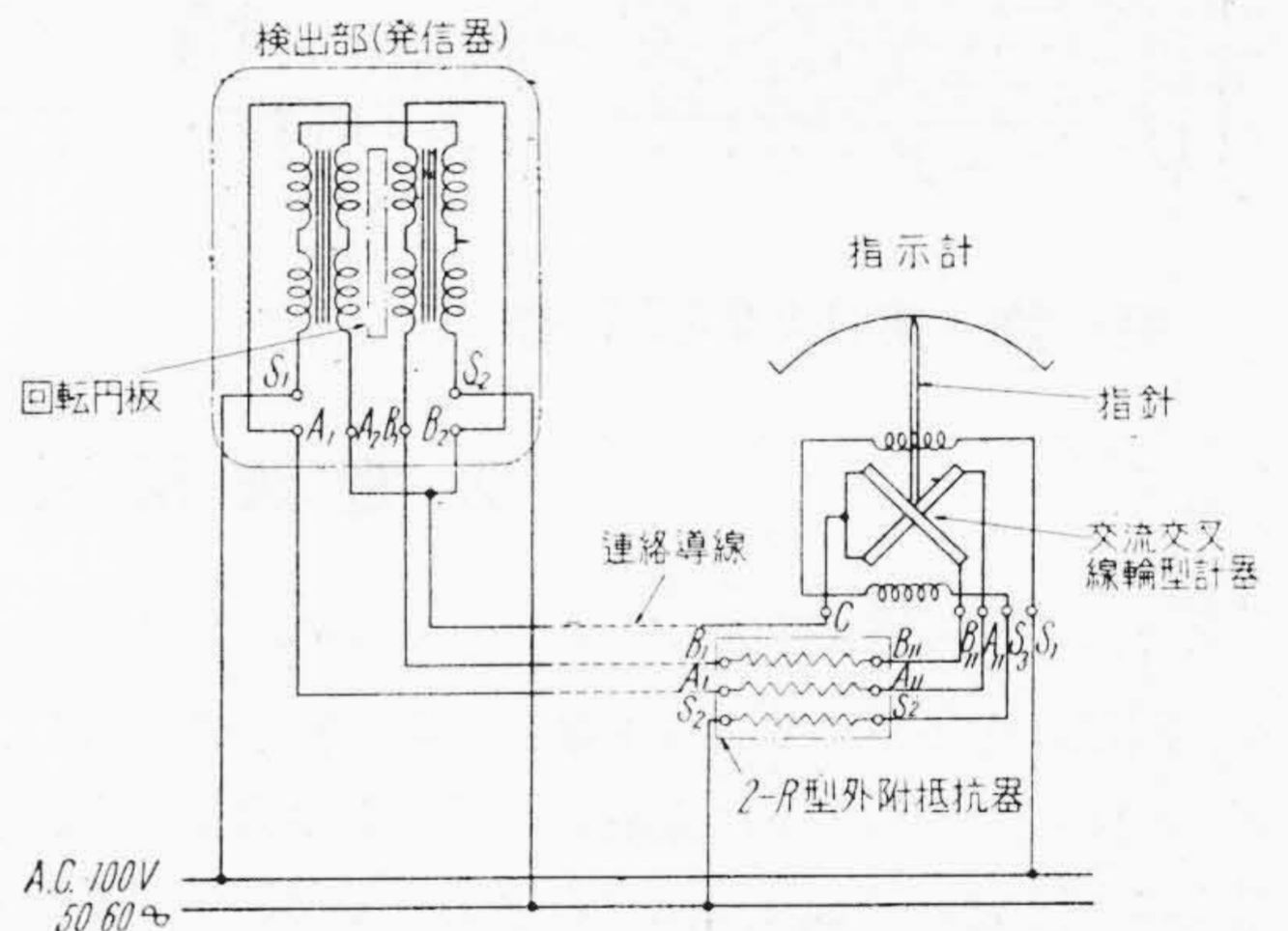
水電解槽の液面及び電解槽両極空間の圧力差を監視するための液面、あるいは液面差警報器、その他機内の漏油、漏水に対して発電機を保護するための漏水警報器も上述の計器と大同小異である。

[V] タービン用スラスト指示計

タービン事故のうちスラストメタル磨耗によるものが多い。タービンは蒸気の推力を常時受けて運転さ



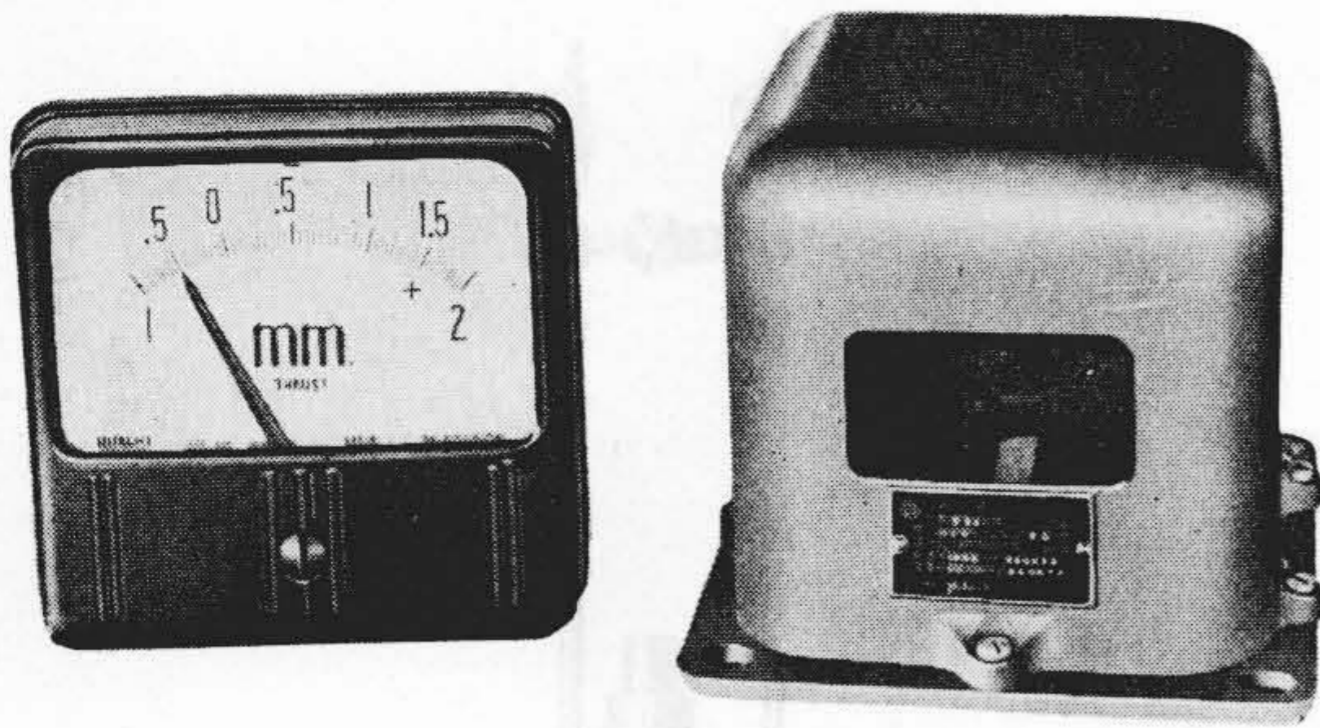
第7図 沈鐘式発信器  
Fig. 7. Bell Type Transmitter



第8図 スラストメータ結線図  
Fig. 8. Connection Diagram for Thrust Indicator

れるので、スラストメタルの磨耗がある限度を超えると、ロータとステータが接触して事故を起す。これを防止するには触針をロータ軸端に接触させて置き、ロータのスラストによる位置変化を見出す機械式の方法があるが、東京電力潮田発電所へ新しい構想の電気式のものを完成納入した。

ロータ軸端に円板を取付け、これを挟んで2箇の鉄心附コイルを対向させ、スラストによる空隙の不均衡によりインダクタンスに変化を与え、それによつて生じた不平衡電流を交流の比率計の可動コイルに流して、変位置を指示する。第8図にその結線を示した。この方式では磁気増幅器とか整流器を使用しないので、火力発電所の如く室温が40°Cを超える場所に使用しても耐久的である。又比率計であるので電源の電圧、周波数の影響をほ



第9図 スラストメータ  
左 指示計 右 送信器

Fig. 9. Thrust Indicator  
Left: Indicator  
Right: Transmitter

とんど受けない。タービンのウォーミングアップ時には熱的の膨脹により指示はマイナスになり、負荷をかけて行くとスラストのため逆方向に振れる。第9図に送信器と指示計を示した。警報並びに運転停止の接点を内蔵し継電器として動作する。

〔VI〕 結 言

以上近代火力発電所の機能を十分発揮するためには数多くの工業計器並びに特殊計器の必要なことを述べた。幸い日立製作所では火力原動機部門と計測部門とが緊密に連絡を保ち、各単独では得がたい総合技術の妙を発揮している。今後ますます自動制御の方向に進んで行く傾向にあるので計測技術はその重要性を高めつゝあると考えられる。関係各位の御指導により完全なものにしたいと念願している。



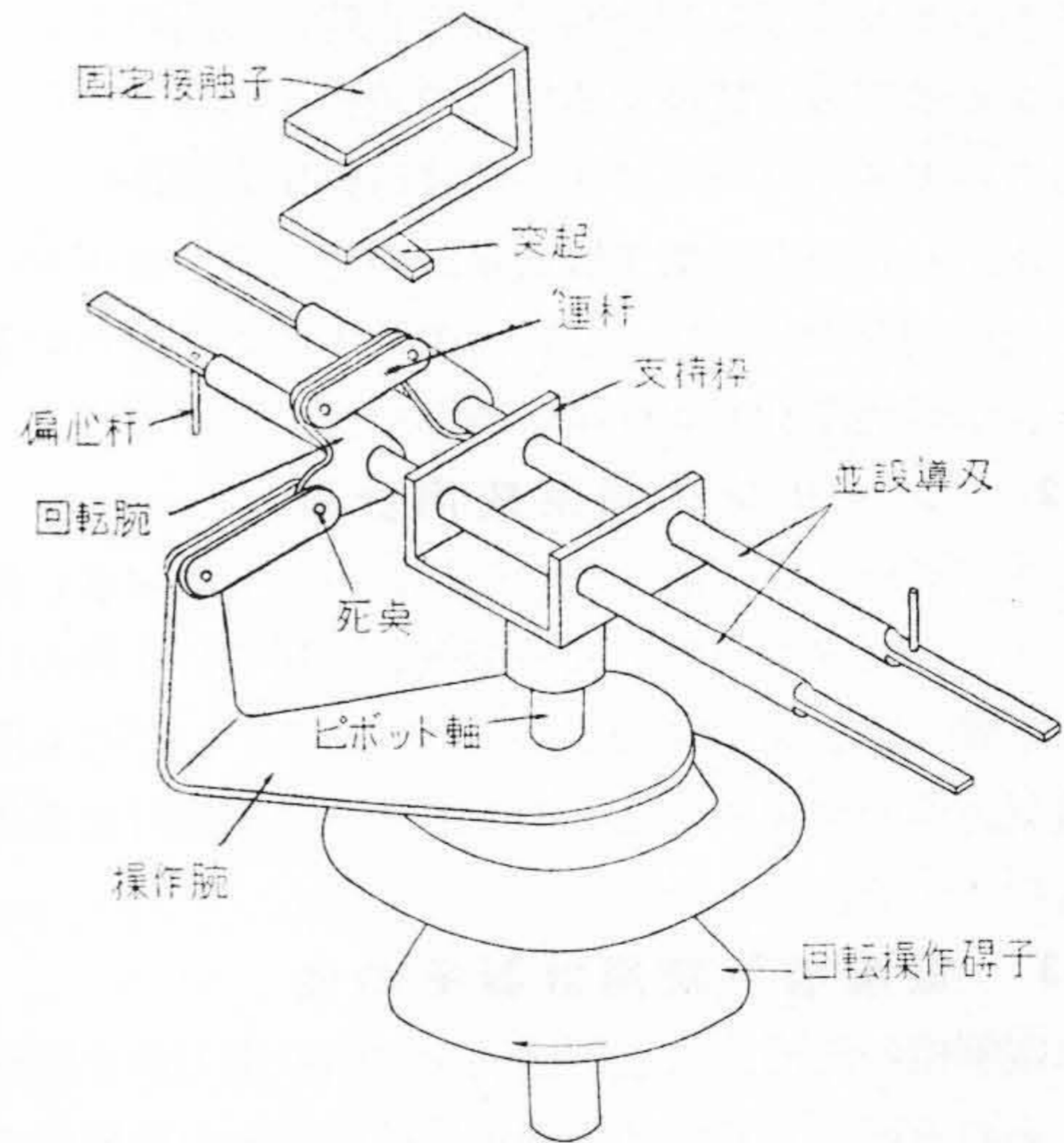
特許第199577号

小林哲郎

大電流用回転締付型断路器

導刃を軸心の周りに回転し得るよう支持した支持枠を、回転操作碍子のピボット軸上に可回転的に支持し、基部に回転操作碍子上に定着した操作腕の自由端と、導刃上に基部を定着した回転腕の自由端とを、リンクを介して連結し、これら腕及びリンクにより死点肘機構を構成し、且つ導刃先端に固定接触子側に設けた突起に対向する偏心杆を設け、導刃の投入方向回転は前記死点肘機構の突張りにより行い、投入位置で偏心杆と突起とが衝突して肘機構の死点を崩した後は、回転操作碍子の回転力を導刃自身の回転に積極的に利用し、導刃先端と固定接触子との圧接締付を行うようにした断路器は、特許第165614号により開示された。

本発明はこの特許発明の改良に係るもので、図面に示すように、支持枠上に複数箇の導刃を並設し、これらの導刃が1箇の導刃に作動する投入方向回転力及び投入位置での締付回転に同期的に連動するよう連杆によつて相互連結したことを特長とするものである。この構造によれば複数箇の並設導刃を1箇の導刃を操作する場合と同様に軽快に作動することができ、而も電流容量に応じ



て、導刃の数を2箇又は3箇と任意に増加し得るから大電流用断路器の設計及び製作を容易に行い得るの效果がある。  
(滑川)