

産業用タービン計装について

Supervisory Instruments for Industrial Steam Turbine

阿 部 功* 湯 川 貞 雄*
Isao Abe Sadao Yukawa

内 容 梗 概

急激な経済の進歩に伴い、各種の高性能産業用タービンの需要が急増しており、それに伴い産業用タービン計器も信頼性と確実性が強く要望されてきている。本稿は日立製作所の最近の産業用タービン計装についてその概略を述べる。

1. 緒 言

産業の合理化が進むにつれて、自家発電設備が續々建設されているがこれらタービンには、最新式の高効率大容量事業用蒸気タービンにも匹敵する高温高圧蒸気が採用される場合があり、またその使用状態も起動、停止をひん繁に行なう場合が多い。したがって最近の産業用タービン計装も一昔前とは比較にならぬ各種の高級な計器が使用されており安全、確実なタービン運転を可能ならしめている。

2. 中央操作盤、起動盤、現場盤の計画

産業用タービンプラントは、各種産業分野により多種多様の形式があり、それらに適した盤配置および運転方式の盤計画を行なわなければならない。タービンプラントに必要な操作盤には、下記の3種類がある。しかしタービン出力およびその運転方式によりこれを簡略化して、現場盤、起動盤を一つにまとめる場合、あるいは現場盤、起動盤を別々に設け中央操作盤を設けない場合などがある。

2.1 中央操作盤

ボイラ、タービン、各種ポンプ、ファン、ミル、ダンパなどの制御、保護、監視に必要な装置を集めたボイラ、タービン用配電盤と発電機、変圧器、母線、送電線、所内回路などの制御、保護、監視に必要な装置を集めた発電機用配電盤で、中央制御室内に配置計画し中央集中制御方式を容易にする。

2.2 起 動 盤

タービンの起動、停止ならびにその調整のための最小限の必要な装置を集めたタービン起動盤でタービン室内の最も適した場所に配置し起動、停止を容易にする。

2.3 現 場 盤

上記起動盤に表示する以外の必要な装置、ならびにテスト用の装置を集めた現場盤でタービン本体に取り付け運転を容易にする。

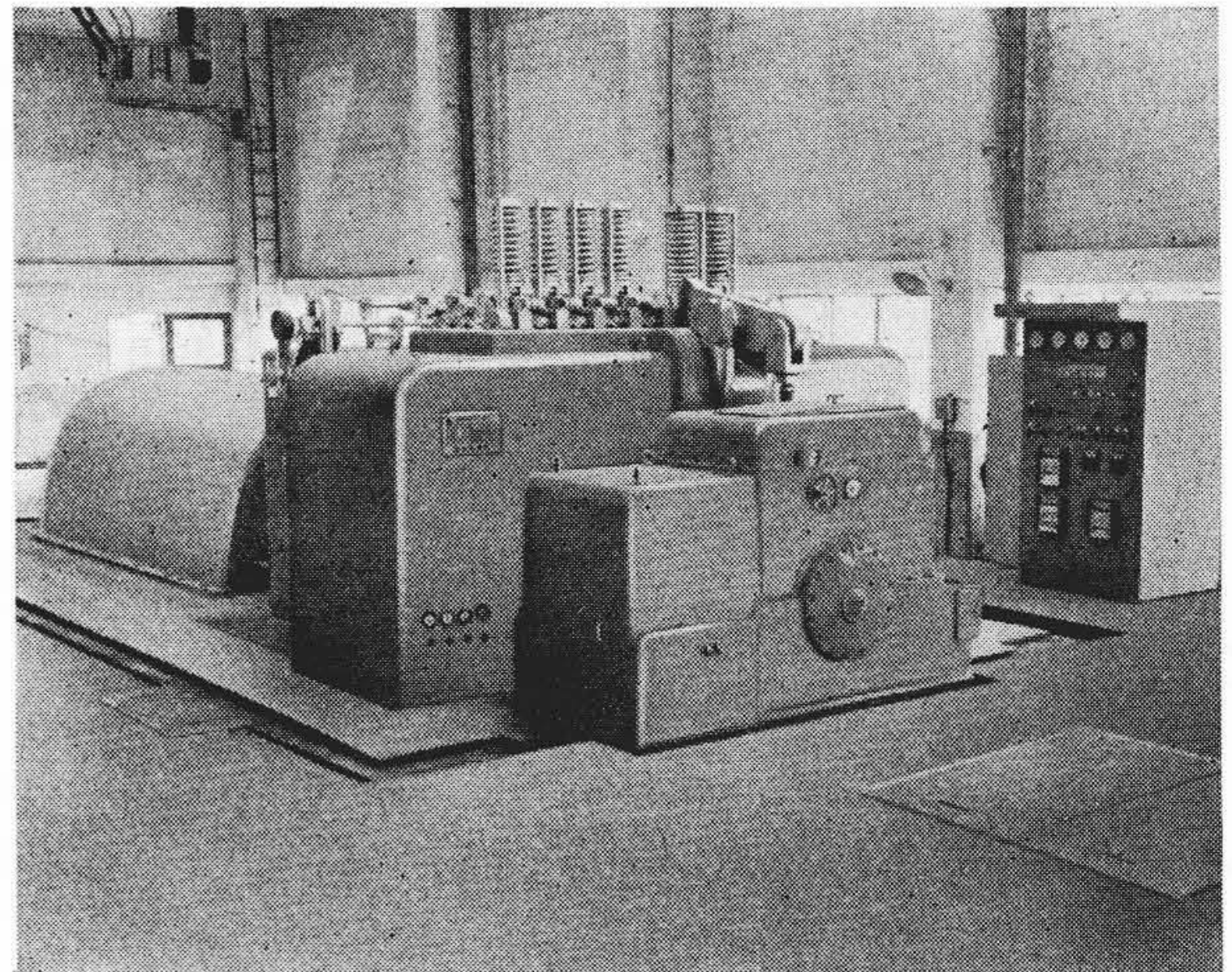
第1図はタービン外観および起動盤を、第2図は中央操作盤を、第3図は現場盤を示す写真である。

3. 保 安 装 置

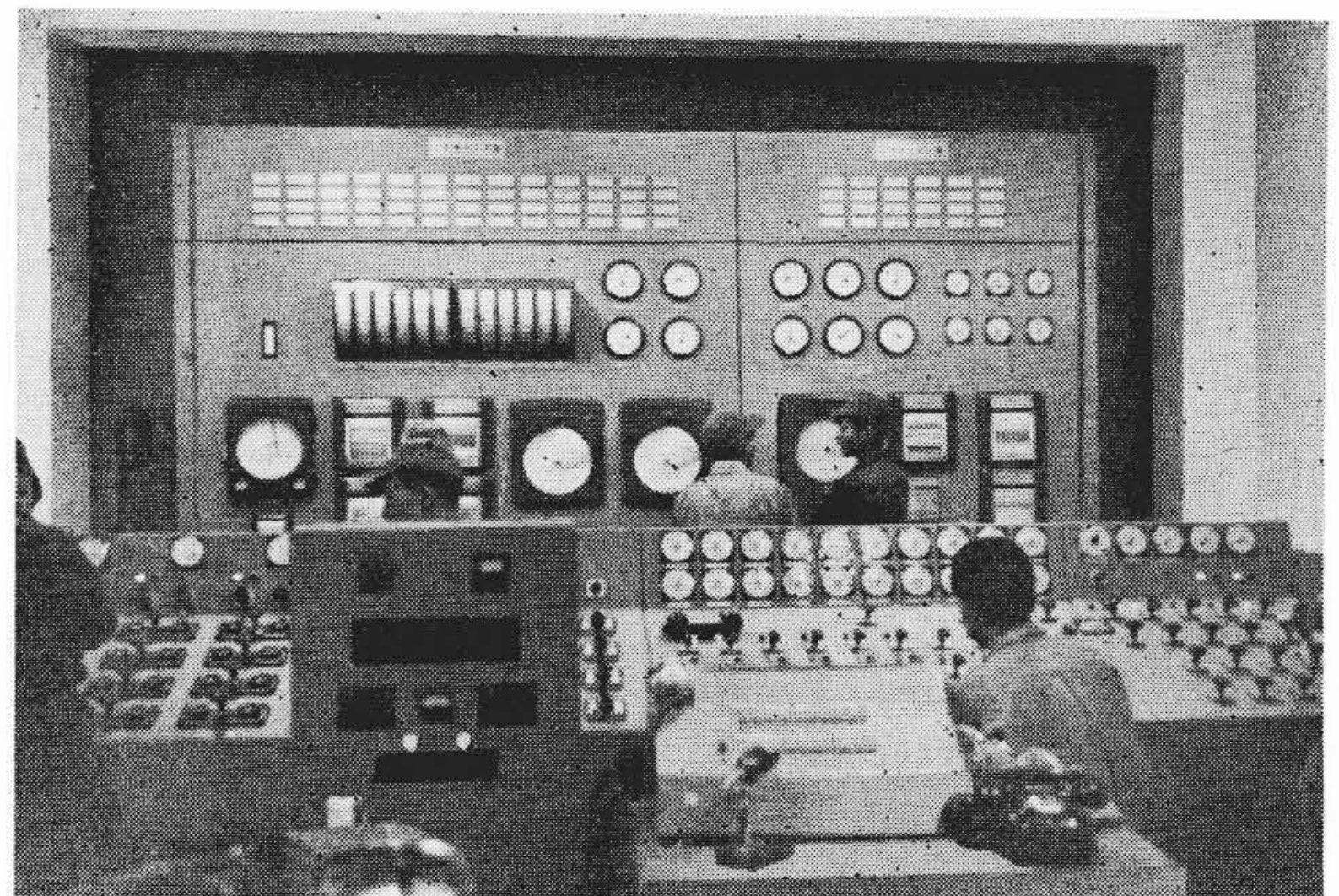
タービンは、運転中に万一何かの原因で第1表に示す規定値を越えた場合にはただちに警報を発する。これにより運転員は適切な処置を取らなければならない。また第2表に示す障害が起こった場合タービンは自動的にただちにすべての負荷を切り主塞止弁を閉鎖して危急停止し重大事故を未然に防止するようになっている。第4図はタービン危急停止系統図を示す。

3.1 警報を出すもの

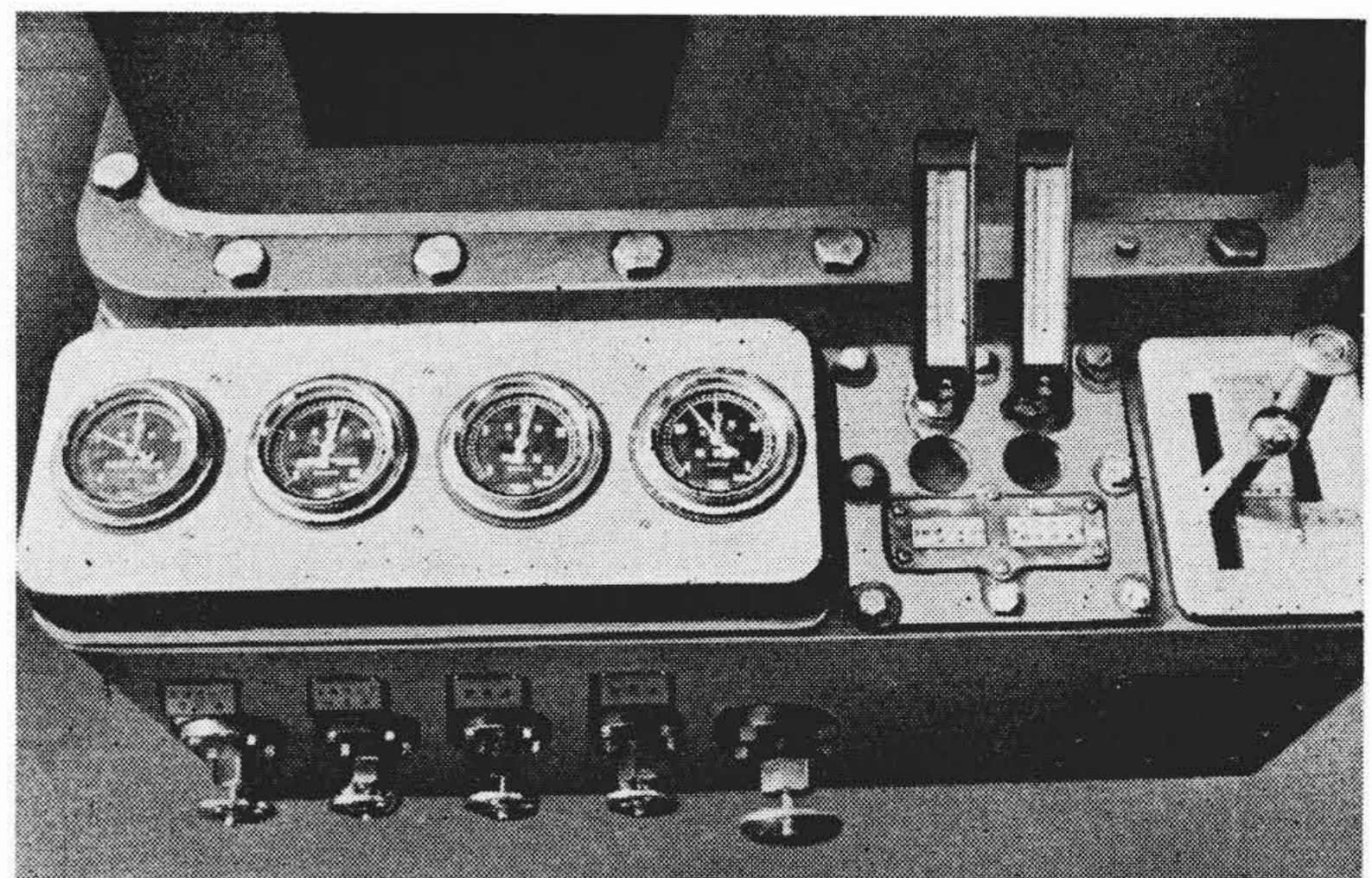
軽故障の場合は、故障表示器に故障個所がランプ表示され、さらにブザー警報ならびにフリッカが出る。停止スイッチを押すとブザー



第1図 抽気背圧タービンの外観および起動盤



第2図 中 央 操 作 盤



第3図 現 場 盤

* 日立製作所日立工場

第1表 警報表示ならびにその動作

番号	警報表示項目	動作	備考
1	軸受油圧低下	軸受油圧 $0.55 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ 以下で警報	
2	軸受排油温度高	各軸受排油温度 75°C 以上で警報	
3	油タンク油面異常	油タンク標準油面 $\pm 50\text{mm}$ 以上で警報	
4	振動大	各軸受の振動数 20μ 以上で警報	目盛 $0 \sim 150 \mu$
5	偏心大	ロータの偏心量 0.1mm 以上で警報	目盛 $0 \sim 0.4\text{mm}$
6	伸び差大	ロータ、フィンの規定値以上の伸び差で警報	目盛 $-7.5 \sim 0 \sim +7.5\text{mm}$
7	蒸気室温度差大	蒸気室内外壁温度差が 83°C 以上で警報	目盛 $-100 \sim 0 \sim +150^\circ\text{C}$
8	排気室温度	排気室温度 80°C 以上で警報	
9	真空低下	真空 600 mmHg 以下で警報	
10	高低圧最小蒸気流量	高低圧加減弁の蒸気流量規定値以下で警報	
11	入口蒸気温度高低	入口蒸気温度規定値以下で警報	
12	入口蒸気圧力高	入口蒸気圧力規定値以上で警報	
13	補助油ポンプモータ過負荷	モータ規定値以上の負荷にて警報	
14	ターニング油ポンプモータ過負荷		
15	非常用油ポンプモータ過負荷		

第2表 トリップ表示ならびにその動作

番号	トリップ表示項目	動作	形式
1	過速度	規定回転数の $110\% \pm 1\%$ 油圧トリップ	機械式
2	軸受油圧低下	軸受油圧 $0.4 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ 以下でソレノイドトリップ	電気式
3	スラスト摩耗	スラストメタル約 0.8mm 摩耗してソレノイドトリップ スラストカラーの間げきによる油圧変化を圧力スイッチする油圧トリップ	機械式 電気式
4	発電機故障	発電機側 OCB 動作にてソレノイドトリップ	電気式
5	真空低下	真空 500 mmHg 以下で油圧トリップ	機械式

番号	トリップ表示項目	動作	形式
1	手動トリップ	トリップレバーを手で動かすことにより油圧トリップ	機械式
2	非常停止トリップ	遠隔操作によるスイッチにて電磁弁およびソレノイドトリップ	電気式

一ならびにフリッカを止めることができるが故障表示のみ残る。これは故障が完全に回復した場合に自動的に消える。

3.2 トリップさせるもの

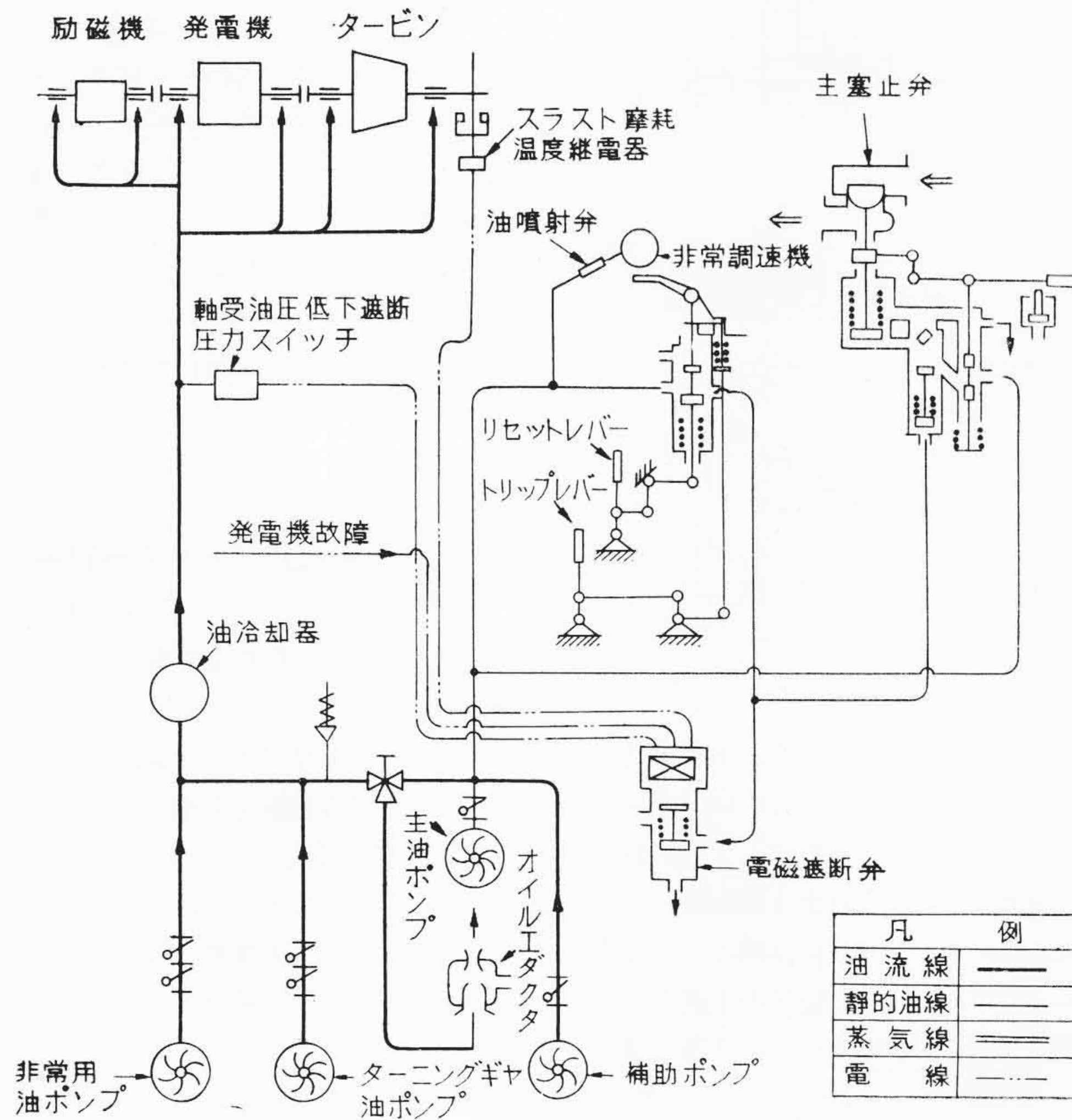
重故障の場合は、タービンを非常停止させるが同時に故障表示器に故障箇所がランプ表示されさらに警報ならびにフリッカが出る。ベル、フリッカは警報の場合と同様手動で停止できる。タービンの非常停止機構としては、機械式方法と電気式方法があり、ともに主塞止弁への給油を停止しピストン下部の油を排油へ逃がして主塞止弁を急激に遮断するものである。

4. 監視計器

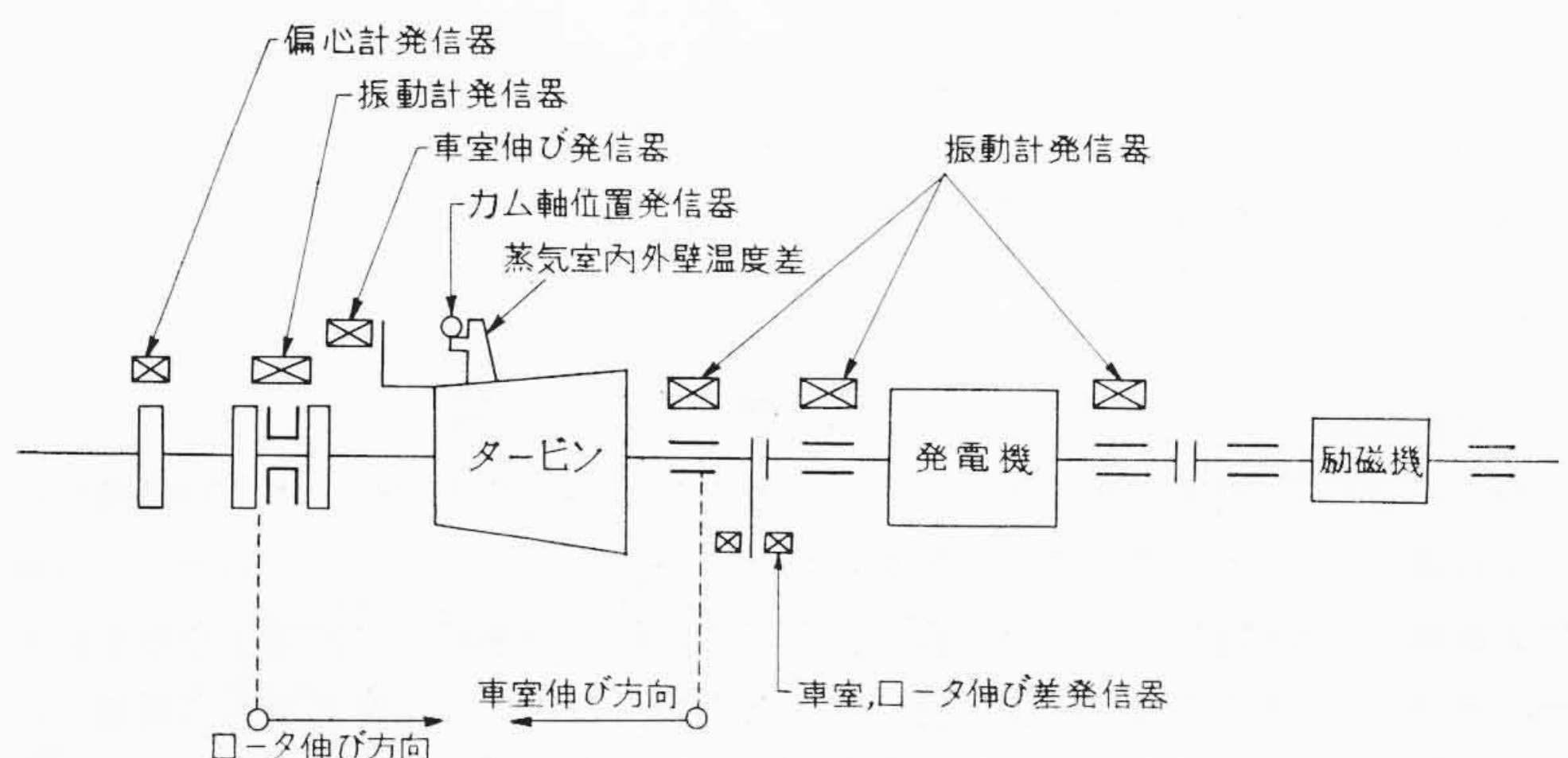
起動、運転、停止を安全かつ効率よく行なうために、タービンの運転状態を常に監視する必要がある。またその状態を記録して運転方法の指針および後日の資料として使用する。このようにタービンの運転状態を指示記録するものが監視計器で、その種類は次のとおりである。

- (1) 伸びおよび伸び差計
- (2) 偏心計
- (3) 振動計
- (4) 回転およびカム軸位置計
- (5) 蒸気室温度差計

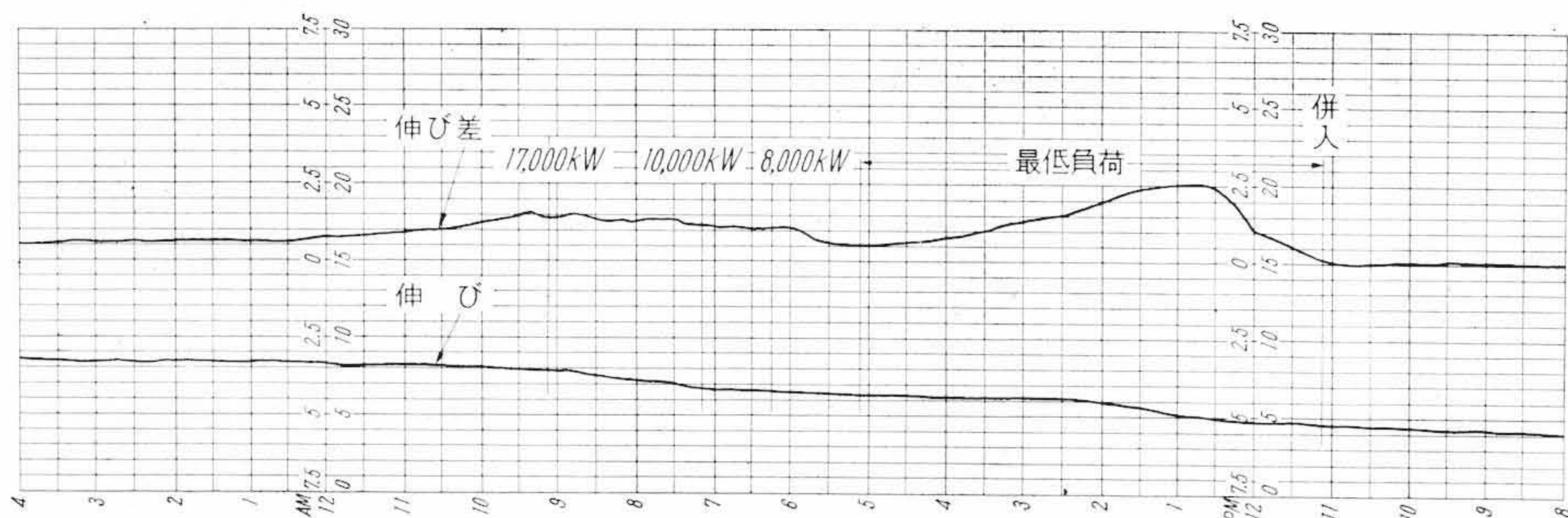
第5図はその監視計器の配置図を示す。タービン静止状態から全負荷までの間に、車室は熱膨張によって前方に伸びるので、この伸び量が正常であるかどうかを監視するため、伸び量が最大に達する前側軸受部に伸び計発信器が置かれる。ロータと車室の伸び差はタービン計画最も注意すべき点である。ロータは車室より早く熱膨張、収縮し、またロータは前側推力軸受によって位置が決められているため推力軸受より離れた距離ではロータ、車室の間げきは大きく変化する。その相対的な間げきを指示記録するものが伸び差計で、伸び差が一番大きく変化する後側カップリング部に伸び差発信器が置かれる。特に急速起動あるいは負荷変動の大きいときには十分注意せねばならない。タービン起動時または運転中に軸の偏心が機械的なもの以外に熱的ひずみのため偏心が新たに生じたり、増大したりする場合があります。タービンに異常振動が発生する。このため軸の偏心量を指示記録するため前側軸端に偏心計発信器が置かれる。タービンの振動は微振動であるので運転者はそれを感知することが困難で、逆



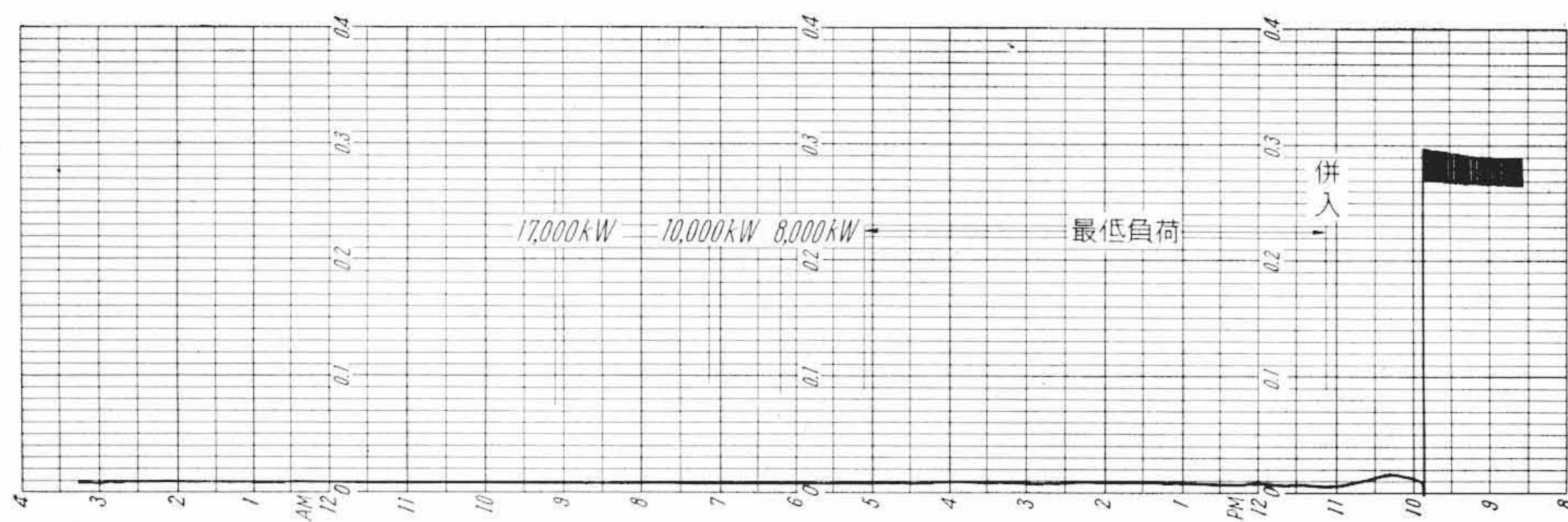
第4図 タービン危急停止系統図



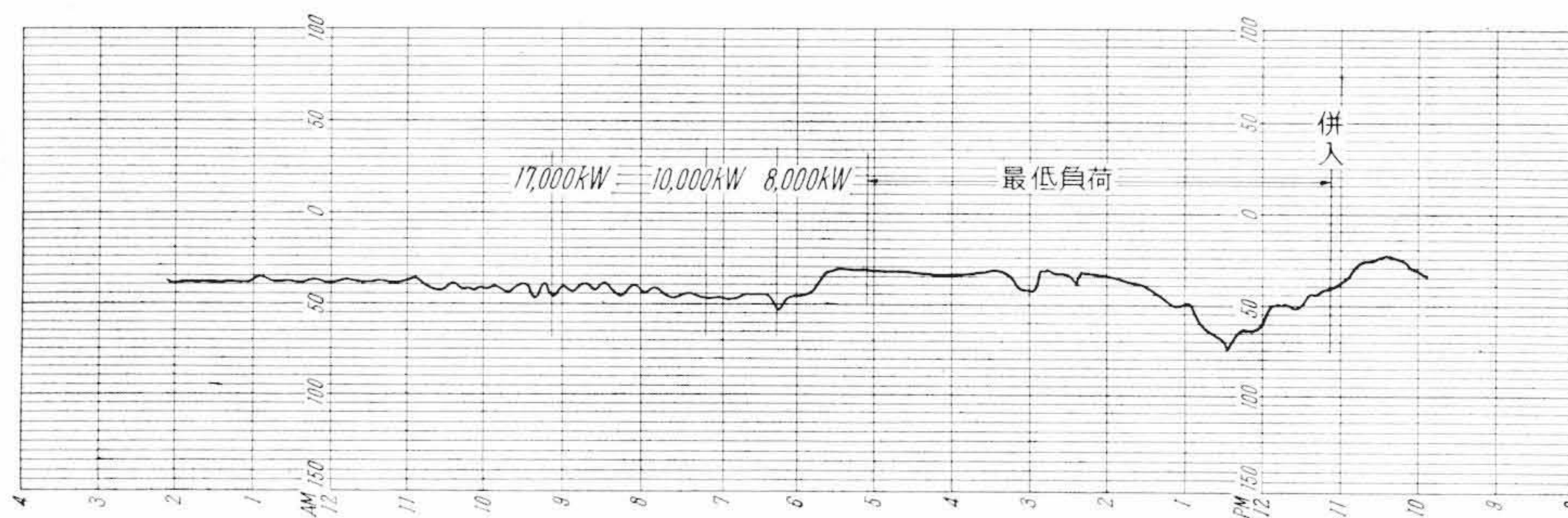
第5図 監視計器配置図



第6図 伸びおよび伸び差運転記録



第7図 偏心量運転記録



第8図 蒸気室温度差運転記録

にタービンにとっては危険である。そのため各軸受上部に振動計発信器が置かれ指示記録する。タービンが並列投入前の速度および過速遮断時前の速度を回転計発電機と組み合わせて記録をとり、また並列投入後は負荷の変動に対し加減弁位置が変動するのでカム軸位置発信器と組み合わせて指示記録する。これらの目的をかなえるため同一紙上に記録される。起動および負荷変動時に蒸気量が急激に変化し、このため蒸気室のメタルに急激な温度差が生じ過大な熱応力を発生する。この相対的な温度差を指示記録させるために蒸気室内外壁にそれぞれサーモカップルが置かれる。

5. 運転結果

監視計器の運転記録として最大連続出力17,000 kW, 回転数3,000 rpm, 蒸気圧力97 kg/cm²g, 蒸気温度537°C, 排気圧力3 kg/cm²gの排圧タービンの起動, 併入, 負荷運転について述べる。

5.1 伸びおよび伸び差

伸びおよび伸び差は起動, 停止時の蒸気量の温度変化により現われるもので伸びは車室自体の伸び量, 伸び差は車室とロータとの相対伸び差量で±がある。+は起動時に発生し, -は停止および負荷変動時に発生する。伸びは目盛全幅0~30 mm, 計画値 $\frac{1}{4}$ 負荷時約12 mm, 伸び差は目盛全幅-7.5~-0~+7.5 mm, 第1警報値-1.5 mm, 第2警報値+6.5 mmとしている。第6図下段に伸び記録上段に伸び差記録の実測値を示し, 伸び量 $\frac{1}{4}$ 負荷時最大約11

mmが記録されている。伸び差は併入後最大2.5 mm, 負荷増大とともに徐々に低下し両者とも完全に保証値を満足している。

5.2 偏心

軸偏心の推移の実測値を第7図に示す。目盛全幅0~0.4 mm, 警報値0.1 mmとしているが, 実測値は低速運転(ターニング運転)時に0.026~0.03 mmの偏心量, 低速運転終了後高速回転に切り替え0.01 mmの偏心量を記録した。これは完全なる計器の正確さと好運転の結果である。

5.3 温度差

蒸気室の材料として特殊鋳鋼を使用しているがその材料の温度変化率を起動, 停止時に上昇率278°C/h, 下降率42°C/hに保持し, かつ温度差が制限値±83°C以内に収まるよう運転しなければならない。制限値の+は伸び差の場合と同様に起動時に発生し, -は停止および負荷変動時に発生する。第8図は上記を全く満足した運転結果を得ている。以上の運転結果に示すように監視計器を使用するとタービンの運転が容易になり, かつ無理な運転を防止することができタービンの保安上好結果を得ることがわかる。

6. 主塞止弁バイパス用計器

高温高圧蒸気でしかもひん繁に起動, 停止が行なわれる場合, タービン蒸気室が熱応力によりき裂を生ずる恐れがある。

その熱応力防止法として主塞止弁バイパス装置が採用される。これは主塞止弁全閉, 加減弁全開の状態主塞止弁のバイパス弁によって, 蒸気をタービン内に全周噴射してタービンを起動し, そのまま回転数を上昇させて並列投入し20%まで負荷をかける。加減弁が全開しているのでこの20%負荷まで全周噴射となり車室, ロータなどの主要部分が均一に加熱される。この場合タービン起動盤に特に次の計器を設ける。

- (1) 蒸気室圧力計
- (2) タービン回転計
- (3) バイパス位置指示計
- (4) 電力計
- (5) 蒸気室温度差記録計
- (6) 主塞止弁開閉指示灯
- (7) バイパス弁制御器
- (8) ガバナーモータ制御器

7. 結 言

以上産業用タービンに使用されている計装についてその概略を述べた。最近の産業用タービンは一昔前とは比較にならぬほど, 各種計器が完備され, 自動化も進められている。この傾向は今後も止まることなく進歩を続けることと考える。本文が産業用火力発電の計画に当たって少しでも参考となれば幸いである。