大容量蒸気タービンの計装

Supervisory Instruments for Large-Capacity Steam Turbine

着 孝 光* 岡 田 浩**
Takamitsu Taki Hiroshi Okada

内 容 梗 概

近年建設される新鋭火力発電設備は大容量化し、蒸気タービン用計器類も取り扱いが容易で、確実な、しかも高信頼性のものが要求されている。本稿は日立製作所の最近の大容量蒸気タービンの計装について概略を述べている。

1. 緒 言

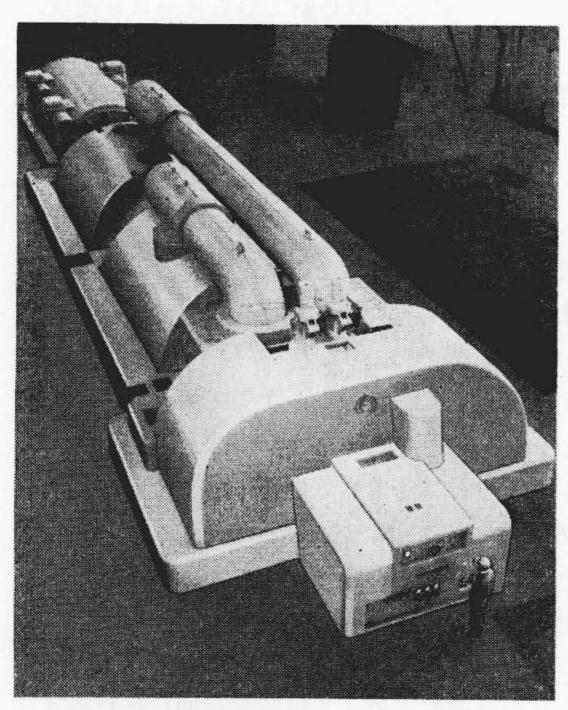
最近の火力発電設備は経済性,熱効率の向上をはかるためその計画は高温,高圧の蒸気条件で,大容量化してきている。これら大容量タービンは運転の信頼度を高くすることが特に必要であり,この運転の指針となる計装は合理的な計測個所の選定,正確で信頼性のある計器を使用することが要求される。したがって,運転に必要な計測個所とその計器の取付場所の計画,計器の選定は新鋭高能率大容量タービンを計画する際には重要な事項の一つである。第1図は最近製作据付けられた大容量タービンの外観である。

2. 蒸気タービンの計装

第1表は大容量再熱蒸気タービンの計測個 所と計器取付場所の一例であるが、タービン の出力、形式によって変わる場合がある。

2.1 計 測 個 所

計測個所はタービン起動,停止時の監視, 通常運転監視,性能確認,調整のために必要 な圧力,温度,タービン速度,加減弁開度, タービン軸偏心,ケーシング伸び,ケーシン グとロータとの伸び差,振動,軸回転,加速 度,油面などである。



第1図 250,000 kW, 3,600 rpm タンデムコンパウンド形3車室4流排気形再熱タービン

(1) 圧 力

タービン起動条件圧力の確認,性能確認のため主さい止弁前蒸気,高圧1段後蒸気,高圧タービン排気,再熱さい止弁前蒸気,低圧排気室真空の各圧力を測定している。主さい止弁後蒸気圧力の測定は主さい止弁バイパス弁運転から加減弁運転に切り換えるときに、主さい止弁前後の差圧を確認するためのものである。低圧排気室の真空測定要領は、最近の大容量タービンではほとんど第2図に示す方法を採用し、測定している。できるだけ静圧のみを正確にマノメータに指示させるため低圧排気室内にステンレス鋼製金網でバスケットをつくり検出配管にかぶせ、検出配管には

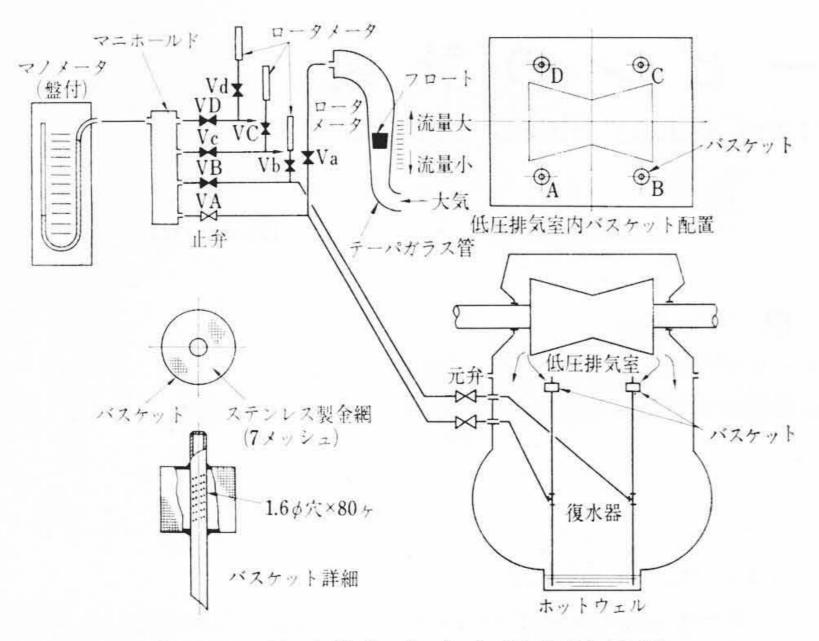
第1表 再熱タービンの計測個所例

分	番号	計 測 個 所	計器取付場所			現 場 計 器			
類			中央盤	タービン 起動盤	現場	取付場所	備考		
	1	主さい止弁前蒸気		(P)					
	2	主さい止弁後蒸気		(P)			1.1		
	3	高 圧 第 1 段 後 蒸 気		P					
TT.	4	高圧タービン排気		P					
圧	5	再熱さい止弁前蒸気		P			Mary Control		
	6	低圧排気室真空		(Z)					
	7	各抽 気 蒸 気					T peak		
	8	制 御 油			(I)	前側軸受箱前面			
	9	軸 受 油			1	前側軸受箱前面			
	10	衛 帯 蒸 気			P	現場弁操作盤			
	11	低圧排気室噴射水			1	現 場 弁 操 作 盤			
	12	主油ボンブ吸込油			①	前側軸受箱前面			
力	13	制 御 油			1	油 タン ク 内 ブースタポンプ	(補助油ボンプ吐出油)		
	14	オイルタービンノズル油			①	油 タン ク 内 ブースタボンブ			
	15	オイルタービン出口油			①	油タンク内ブースタポンプ			
	16	ブースタボンプ吐出油			1	油 タン ク 内 ブースタボンプ			
	17	油用圧力スイッチテスト			1	油タンク上計器盤			
	1	主さい止弁前蒸気		®			for a property		
	2	高温部メタル		®			測定個所は第2表参照		
21-1	3	高圧タービン排気		®			ENTER MEDICAL		
温	4	再熱さい止弁前蒸気		®					
	5	低 压 排 気 室		®	1	低 圧 排 気 室			
	6	油冷却器入口油	®		①	油タンク上			
	7	油冷却器出口油	®		(I)	油タンク上			
	8	軸 受油	(D)		(I)	No.1 軸受排油サイトフロ部	- 1-880-77 -		
n'e	10	各軸受排油	®		(I)	各軸受排油サイトフロ			
度	11	スラスト軸受前側排油	®		(I)	スラスト軸受排油サイトフロ			
	12	スラスト軸受後側排油	®		1	スラスト軸受排油サイトフロ			
100	13	スラスト軸受前側メタルスラスト軸受後側メタル	®				(2個所測定)		
			®				(2個所測定)		
監	1	速度	® }	(I)	1	前側軸受前面	} 記録計共用		
視	2	加減弁開度	® J						
計	3	偏心	1	®					
	4	ケーシング伸び	1	® }			3		
器	5	ケーシング,ロータ伸び差	1	® J			} 記録計共用		
	6	振動		®	1				
at a	1	軸回転		①					
器	2	加速度		①					
曲面	1	油タンク	1		①	油タンク上			

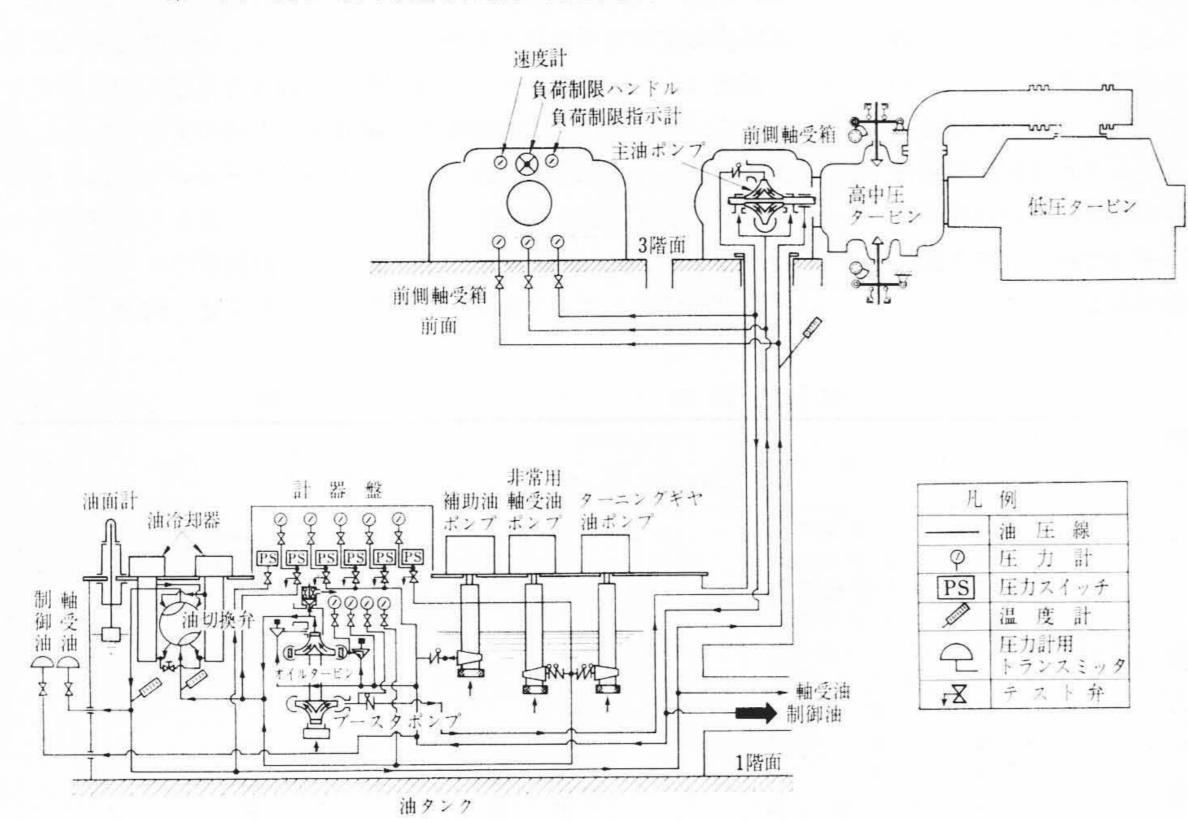
〔記号説明〕 ®: 記録計, ①: 指示計, ②: マノメータ, P: 二次式圧力指示計

^{*} 日立製作所日立工場

^{**} 日立製作所国分工場



第2図 低圧排気室真空測定要領図



第3図 タービン油圧系統図

無数の小穴をあけておく。検出配管の下端はドレンを流すため復水器ホットウェルに入れ、その配管の中間よりマニホールドを通じてマノメータに接続されている。

できられば、止弁と元弁の間にロータメータ(流量計の1種)を 設け止弁を閉じてロータメータから少量の空気を入れ、バスケット内配管の無数の小穴をふさぐ可能性のある水滴を吹きとばすことが望ましい。かくすることにより正確な真空が測定できる。

油関係圧力計は各ポンプの性能確認,調整のために第3図のような系統上に設けている。

中央制御盤、タービン起動盤取付圧力計としてはすべて電気式または空気式の二次式圧力計を使用している。

(2) 温 度

タービン起動条件温度の確認,性能確認,蒸気温度上昇割合の 監視のため,主さい止弁前蒸気,再熱さい止弁前蒸気の温度が測 定され,主さい止弁,蒸気室,ケーシングのメタルのき裂の原因 となる過大熱応力の防止のため温度差を監視する必要からメタル 内外壁の温度が測定されている。第2表は出力別の高温部メタル 温度測定個所を表わしている。大容量タービンでは,主さい止弁 本体の肉厚が増したため,主さい止弁内外壁が追加され,熱応力が とくに大きく作用すると思われる個所を重点的に監視している。

第2表 高温部メタル温度測定個所例

	主さい止弁		蒸気室		ノズル室		高圧第1段後 ケーシング		再 熱 蒸気室		tat:	=b z.	
タービン 出 力 (kW)	内壁	外壁	内壁	外壁	内壁	外壁	内壁	壁間中	外壁	内壁	外壁	備	考
75,000~156,250			0	0	0	0				0	0		
175,000			0	0			0		0				
220,000~350,000	0	0	0	0			0		0				
375, 000	0	0	0	0			0	0	0				

(注) (1) ○印: 温度測定個所

(2) ノズル室とは加減弁と第1段ノズルまでの室を指す。

蒸気関係ではこのほか起動時または低負荷の温度上昇の危険の ある低圧排気室温度を測定している。

タービン軸受は軸受油を強制給油する油冷却形で、油が軸受を 通過するときにジャーナル部の摩擦熱を吸収するので、この排油 の温度を監視するため各軸受排油およびスラスト軸受排油の温度 を測定している。スラスト軸受メタル温度は排油温度よりスラス

> ト荷重の変化あるいはスラスト軸受 摩耗に対し敏感である。全負荷運転 時スラスト軸受メタル温度の読みの 平均値が一定でないならばスラスト 荷重が何らかの原因で変化したか, あるいはスラスト軸受が摩耗してい ることを意味する。

油冷却器の冷却効果を確認するため油冷却器出入口温度を測定している。軸受油温度は油の粘度が温度により変化し、もし給油温度が低くて粘度が高いとタービン軸の振動の原因となったりするので起動時の給油温度を監視するため測定している。中央制御盤の軸受温度記録計には多打点切換式記録計を使用し、いずれかの温度が一定限度以上になると警報するようになっている。

(3) タービン監視計器

タービン監視計器はタービン運転 にとくに必要であるタービン速度,

加減弁開度,タービン軸偏心,ケーシング伸び,ケーシングとロータとの伸び差,振動などを測定するために開発された計器で詳細は後述する。

(4) 特殊計器

クロスコンパウンド形タービン (2軸を並列に並べた形式)の 同期に必要な軸回転指示計,タービンの速度上昇時の加速度を指 示する加速度指示計がある。詳細は後述する。

(5)油面

第3図の油タンク上に示されているようにフロート式のもので、油面の指示とともに、異常油面警報のために上限と下限に接点があり、一定限度以上油面が変化すると警報が発せられる。

2.2 計器取付場所

計測目的によってその計器の取付場所を決めている。原則として タービンの起動から定格回転までの速度上昇はタービン起動盤で行 ない、同期およびその後の負荷運転は中央制御盤で行なっている。 しかし、最近ではタービンの運転に対する信頼度が増したためター ビン起動盤をおかずにすべての計器、制御器具を中央制御盤に移し、 中央制御盤のみで起動から負荷運転までを行なう発電所もある。

(1) 中央制御盤

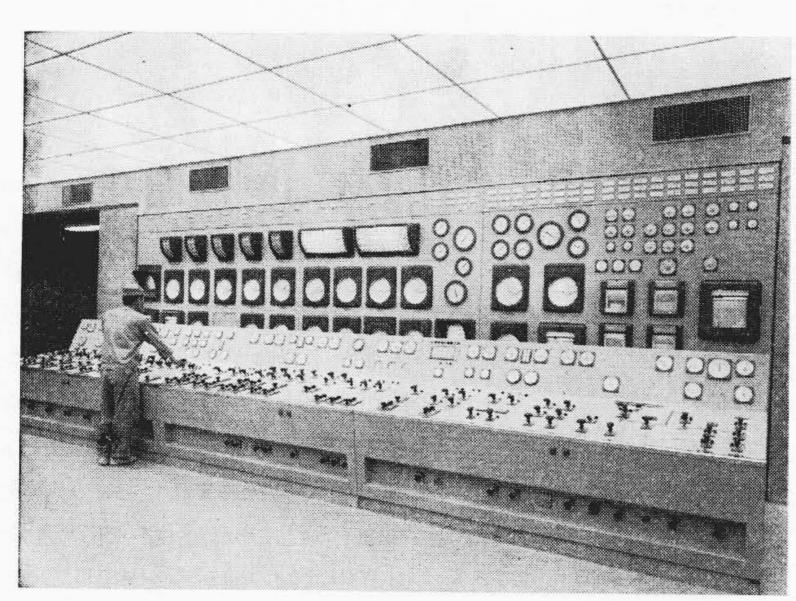
ボイラ, タービン, 発電機, 変圧器, 送電線およびこれらの付

属補機の集中制御を行なうために制御, 保護, 監視に必要な装置, 計器,制御器具を配置した計器盤あるいは操作盤が配列されてい る。第4図は中央制御盤の外観を示す。中央制御室タービン計器 盤にはタービンの性能確認,通常運転時の監視に必要な計器類を 配置している。

(2) タービン起動盤

タービンの起動, 停止に必要な計器, 制御器具類を配置して, タービン室内のタービン本体近くにおいてある。第5図はその外 観を示す。

タービン前側軸受箱前面の圧力計,速度指示計は起動時使用さ



第4図 中央制御盤の一例



各機器の調整に使用される。油タンク上計器盤取付圧力計は圧力 スイッチテストのときの設定圧力の確認に, 現場温度計は温度記 録計指示値の確認に使用される。

3. タービン監視計器

タービン監視計器は, タービンが大容量化するに伴い, 効率よく 起動, 停止する必要があるため, 扱いやすく正確で信頼度の高いも のが要求される。これに応えるため次の種類の計器が用意されて いる。

3.1 種

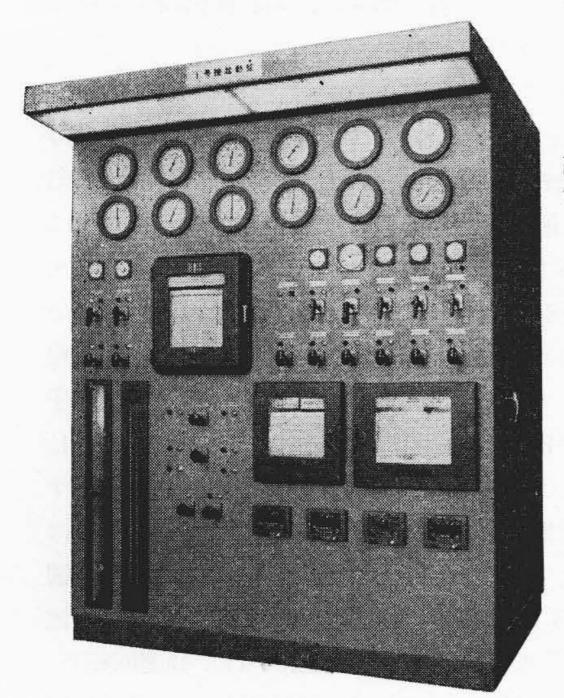
- (1) タービン速度
- (2) 加減弁開度
- (3) 偏
- (4) ケーシング伸び
- (5) ケーシングとロータとの伸び差
- (6) 振

以上の計器は計器盤面のスペース, 記録結果の検討の簡便などの 見地から, タービン速度と加減弁開度, ケーシング伸びとケーシン グ,ロータ伸び差は同一記録計に組み込まれている。第6図はター ビン監視計器検出器を3車室タンデムコンパウンド形4流排気形再 熱タービンに配置された一例を示したものである。

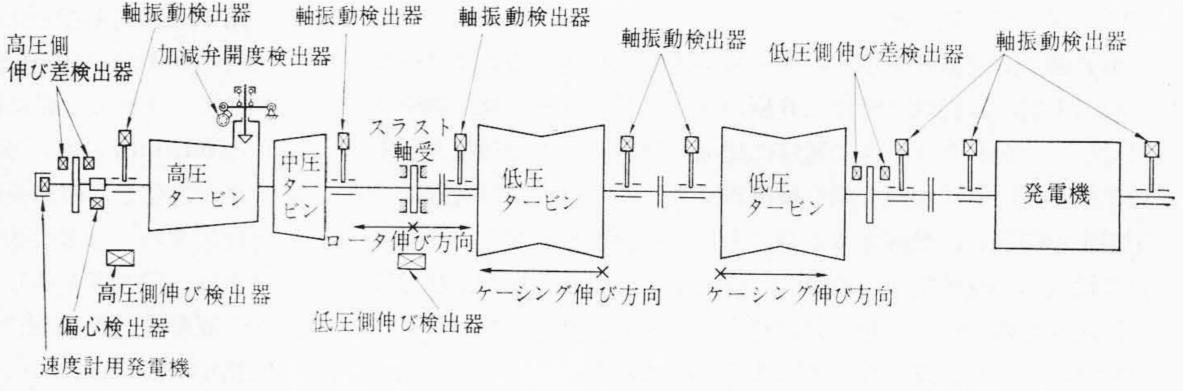
3.2 速度および加減弁開度計

(1) 用途および方式

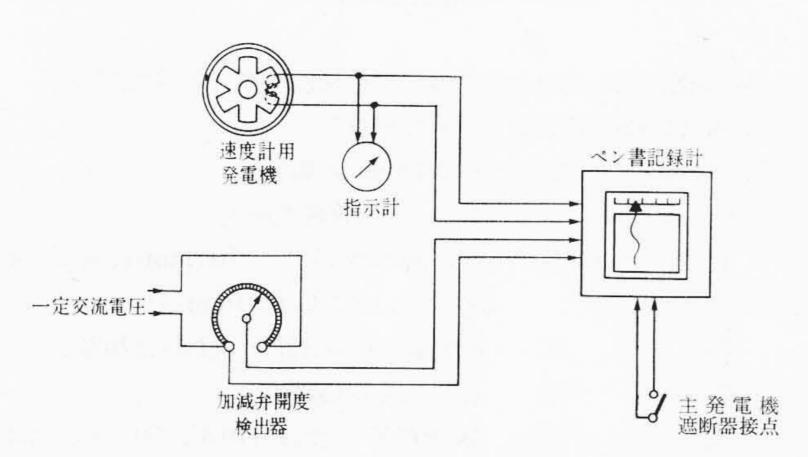
速度は定格回転数に達するまでの回転上昇時, あるいは停止時 の回転下降のときのみ知れば良い。加減弁開度はタービンに流入 する蒸気量を制御している蒸気加減弁の開度を示すもので, 負荷 の変動に応じてこの開度は変化する。1点ペン書記録計を用いて 並列運転までは速度を記録し, 並列後は加減弁開度を百分率にて 記録している。速度指示計は常時回転数のみを指示する。



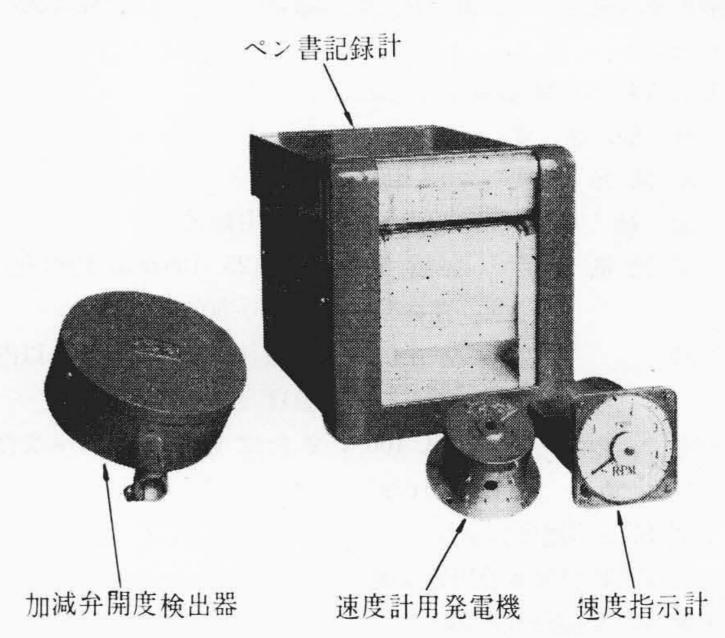
第5図 タービン起動盤の一例



第6図 監 視 計 器 配 置 図



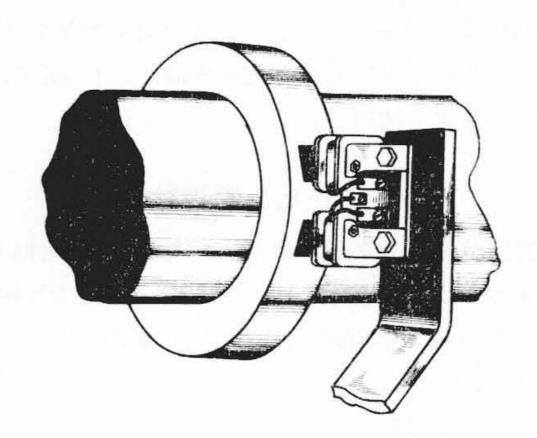
第7図 速度および加減弁開度計の測定原理



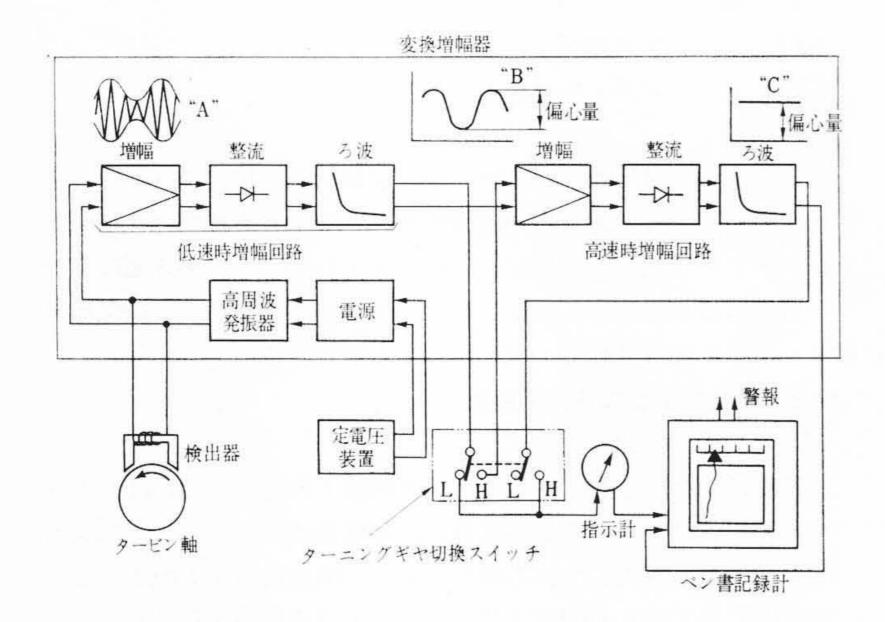
第8図 速度および加減弁開度記録計

1/2

H



第9図 偏 心 検 出 器



第10図 偏心計の測定原理

(2) 測 定 原 理

第7図に測定原理を示す。タービン速度を測定するにはタービン軸の1端に直接取り付けた6極の永久磁石を回転させ、磁極に相対しておかれたコイルに速度に比例した交流電圧を誘起させる発電機を用いる。加減弁開度検出器はスライド抵抗器の両端に一定電圧を印加し、加減弁カム軸に直結した刷子が回転し、その位置に比例した交流電圧を整流して直流電圧計にて指示および記録を行なうものである。指示計は可動コイル形直流電圧計であり、記録計は電子管式電位差計法によるものである。

(3) 仕 様

第8図は速度および加減弁開度記録計の外観で、仕様は次のと おりである。

1個-Vkp 30-M 形電子管式記錄計

目盛,速度 0~5,000 rpm

加 減 弁 開 度 0~100%

記 録 方 式 1点ペン書連続実線式

記 録 紙 速 度 標準 50 mm/時 (25, 100 mm/時可変) 高

速スイッチにより 50 mm/分

精 度 検出器より記録計まで含め ±4% 以内,

ただし回転数は ±2% 以内

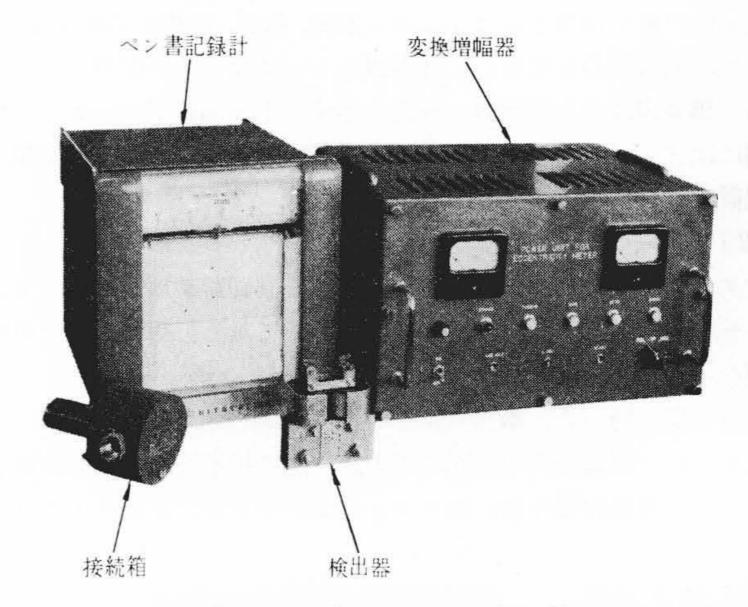
電 源 AC 100 V または 110 V, 50 c/s または 60 c/s

1個-SR₃₅形速度指示計

1個-FAT 形速度計用発電機

1個-DP形開度検出器

1式-付属品



第11図 偏 心 記 録 計

3.3 偏 心 計

(1) 用途および方式

偏心計はタービン第1軸受近くの軸の曲がりおよび振動振幅を連続的に指示記録する計器である。タービンが停止期間中にタービン軸は熱的不平衡によって多少曲がる場合があるが、一般には起動前ターニングを行ない軸の曲がりを十分少なくしたうえ、蒸気で徐々に回転上昇する。偏心計で検出されるタービン軸の偏心とは偏心検出器が対向している軸の最大振幅、すなわち、偏心量とは軸が1回転する間に検出器極面と軸との間の距離の最大と最小の差である。偏心計はターニング中は軸の曲がりを検出し、高速回転になれば軸の振動振幅を検出する。高速回転時に偏心量が一定限度を越えると警報を発する。第9図は偏心検出器をタービン軸にとりつけた状態を示す。

(2) 測 定 原 理

第10図に測定原理を示す。一定電圧が供給されている発振器で約2,000 c/s の搬送波を発振させ、検出器を含む検出回路に印加する。タービン軸に偏心がありそのまま軸が回転すると、軸に1.5±0.13 mm のギャップで対向させた検出コイルのインダクタンスが変化し、搬送波が変調され、その変調度が軸の偏心量にほぼ比例する。変調された搬送波(第10図"A"参照)は増幅、整流され、沪波器を通して低速出力(記号"L"ターニング時)端子から脈動波(第10図"B"参照)をえて、ターニング中の偏心として指示、記録される。このとき、指針は脈動波の周波数で脈動するため、記録紙には帯幅となって偏心が示される。高速運転にはいると変調周波数は高くなり、指針が追従できないので第10図波形"B"の交流分のみを取り出し増幅、整流、沪波し完全な直流とし(第10図波形"C"参照)、高速出力(記号"H"、高速回転時) 端子から取り出し指示、記録させる。この交流分は偏心量に比例しているので、高速時の偏心量となる。

(3) 仕 様

第11図は偏心記録計の外観で、仕様は次のとおりである。

1個-Vkp 30-M 形電子管式記録計

目 盛 0~0.4 mm (両振幅)

記 録 方 式 1点ペン書連続実線式

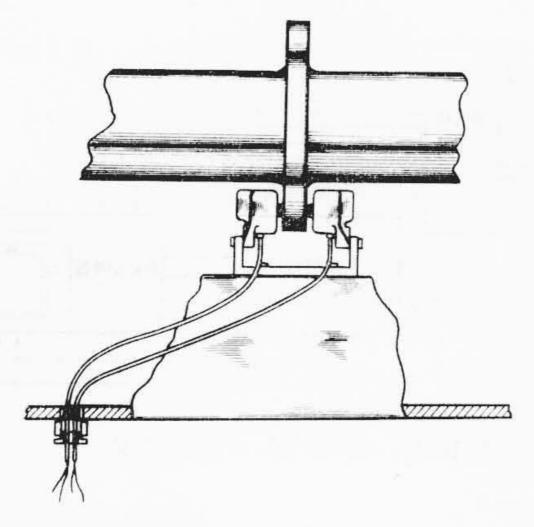
記 録 紙 速 度 標準 50 mm/時 (25, 100 mm/時可変) 高

速スイッチにより 50 mm/分

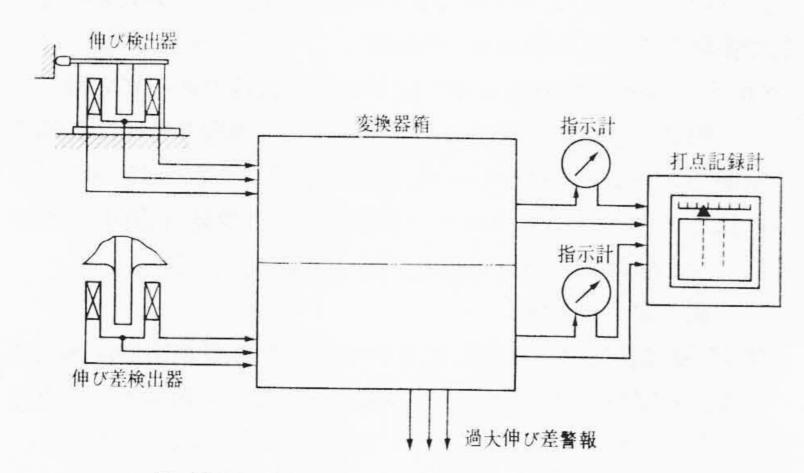
精 度 検出器より記録計まで含め ±10% 以内

警 報 上限1個(可調整)

電 源 AC 100 V または 110 V, 50 c/s または 60 c/s



第12図 伸 び 差 検 出 器



第13図 伸び、伸び差計の測定原理

1個-SR₃₅形指示計

目 盛

0~0.4 mm (両振幅)

- 1個-LLR-4形検出器
- 1個-X-CB₁形接続箱
- 1個-X-LLR41形変換增幅器
- 1式-付属品

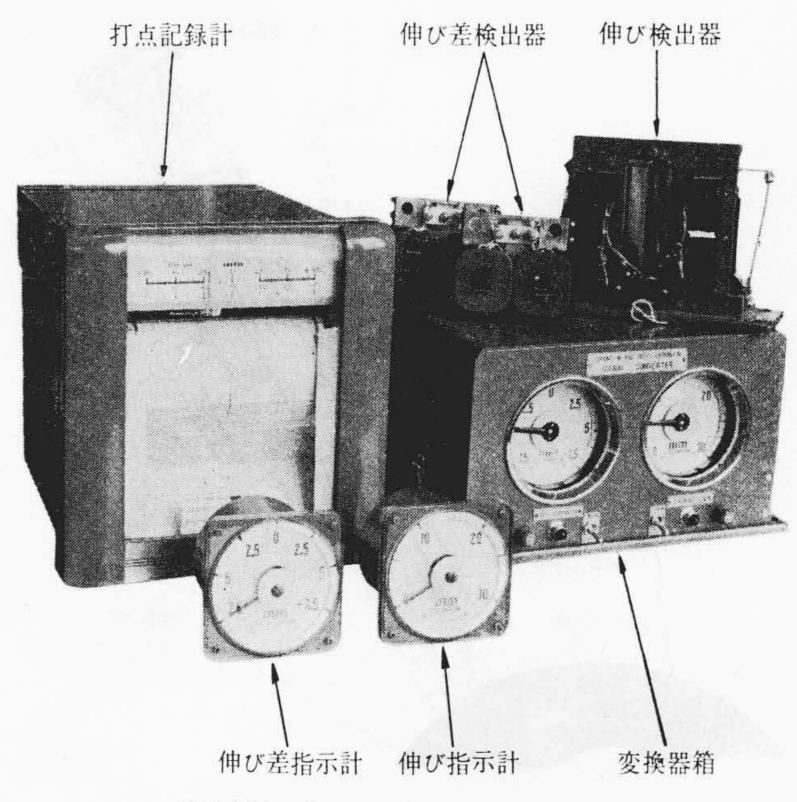
3.4 伸びおよび伸び差計

(1) 用途および方式

伸び, 伸び差記録計はタービン起動, 停止, 特に急速起動を行 なう場合ケーシングの伸び、およびケーシングとロータの伸び差 を指示, 記録するものである。ケーシングの伸びは起動時に蒸気 の流入にしたがって増加するだけであるが、伸び差の監視はター ビンケーシング内各段落の翼車と静止部の接触を防ぐために非常 に重要であり、その量は起動の方法、蒸気条件などにより変化す る。伸び差は一定限度を越えると警報を発する。第12回は伸び 差検出器を取り付けた状態を示したものである。

(2) 測 定 原 理

第13図に測定原理を示す。伸び検出器は検出コイル磁極があ るギャップをへだててケーシングの伸びとともに動く可動鉄心と 対向した形で固定されている。伸び差検出器もまったく同様な構 造であるが、可動鉄心はタービン軸のつばそのものである。測定 回路は検出コイルを対応する辺とし, スライド抵抗, 固定抵抗を 含むブリッジ回路となっており、検出コイルのインダクタンスが 可動鉄心の移動により変化すると, スライド抵抗がブリッジ平衡 するように変換器箱の中に伸びと伸び差の2組の自動平衡構機を 持っている。自動平衡機構は平衡モータの軸に警報機構およびス ライド抵抗の刷子を直結させ、警報動作をさせるとともにそれぞ れ指示計, 記録計に信号を送る。伸び差計と同じ原理でタービン 軸のスラスト荷重の方向やスラスト軸受摩耗量を測定するために 軸位置計を設ける場合がある。



第14図 伸び,伸び差記録計

(3) 仕 様

第14図は伸び、伸び差記録計の外観で、仕様は次のとおりで ある。

1個-Vkp 30-M 形電子管式記録計

タービンの形式, 出力に応じて次の種類 E の目盛が二重に目盛られる。

伸 伸び差 CV

 $0\sim15\,\mathrm{mm}$ $-7.5\sim0\sim+7.5\,\mathrm{mm},\ -5\sim0\sim+10\,\mathrm{mm}$

 $0 \sim 30 \, \text{mm}$ $-10 \sim 0 \sim +5 \,\mathrm{mm}$

 $-10\sim0\sim+10\,\text{mm},\ -5\sim0\sim+15\,\text{mm}$ $0 \sim 40 \, \text{mm}$

 $0\sim50\,\mathrm{mm}$ $-15\sim0\sim+5\,\text{mm}, -5\sim0\sim+20\,\text{mm},$

 $-20 \sim 0 \sim +20 \,\mathrm{mm}$

打点切換式(伸び2点および伸び差4点 記録方式

まで可能)

記録紙速度 標準 50 mm/時 (25, 100 mm/時可変)

精 検出器より記録計まで含め ±4% 以内 度

伸び差のみ上限,下限各1個(可調整) 報

AC 100 V または 110 V, 50 c/s または 源 $60\,\mathrm{c/s}$

1個-SR₃₅形伸び指示計

盛 記録計に同じ

1個-SR₃₅形伸び差指示計

盛 記録計に同じ

1個-LLR-3形伸び検出器

2個-LLR-2形伸び差検出器

1個-X-LLR23形変換器箱

1式-付属品

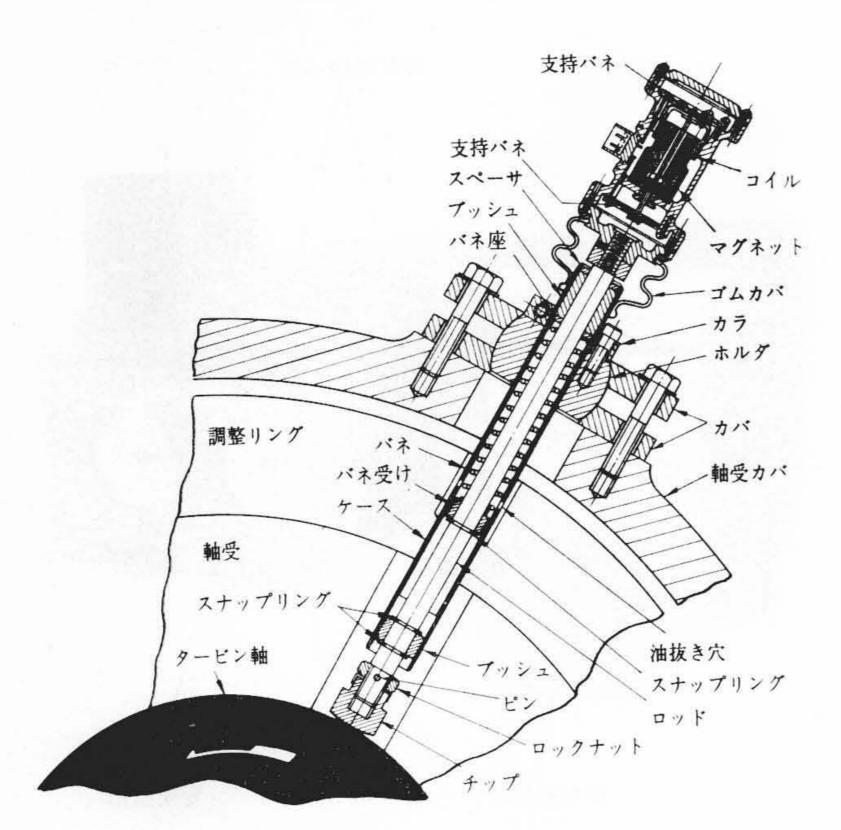
3.5 振

(1) 用途および方式

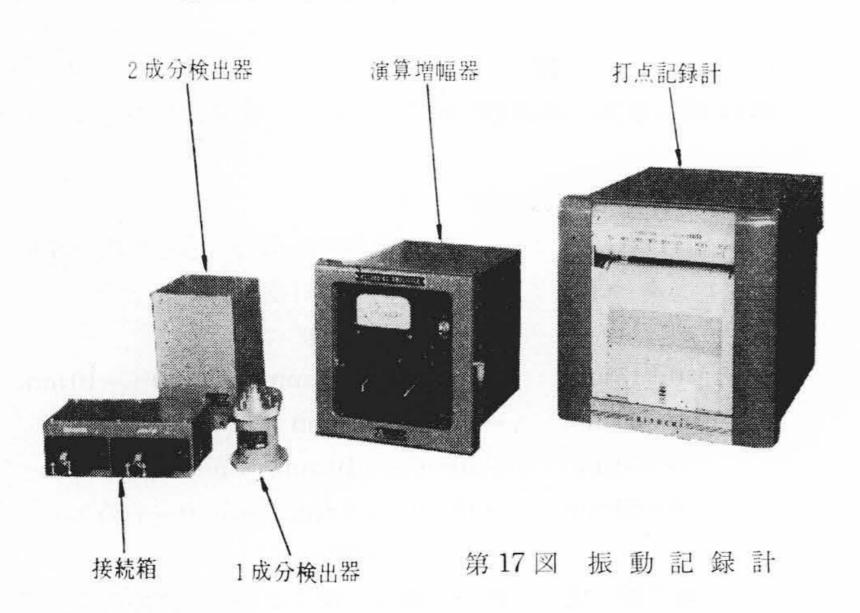
振動計は軸受カバー上の垂直方向,横方向,軸方向の3成分の 振動振幅のほかに, タービン軸直接の振動振幅を指示, 記録する 計器である。

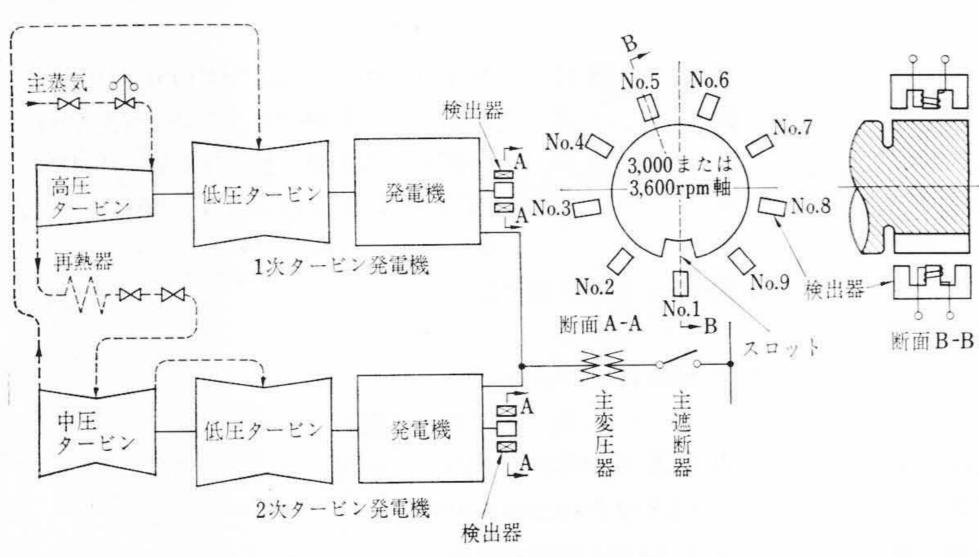
タービンの振動は軸の動的不釣合, 軸受油膜, 軸受据付不適 当,軸の不安定,軸の1部と静止部とのしゅう動などの諸原因に より発生し、その振幅の増大はタービンの破壊にまでつながって いる。したがって、この振動振幅を監視することはきわめて重要

日



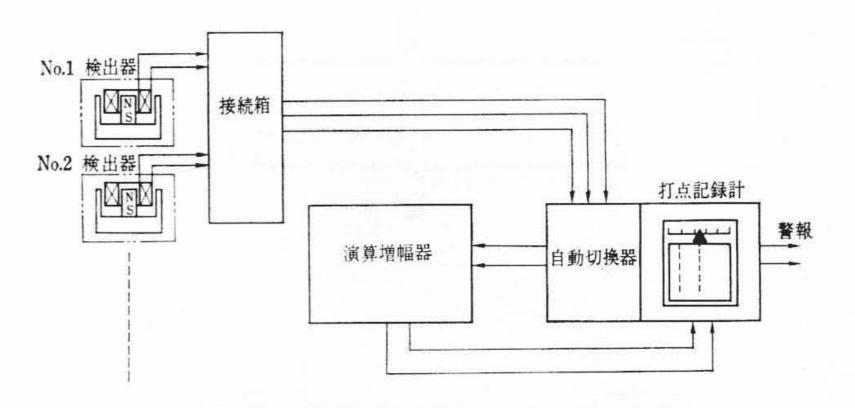
第15図 軸振動検出器据付図





第18図 軸回転指示計検出器配置図

である。従来の比較的小容量のタービンでは各軸受カバー上の3 成分のうちいずれかを測定していれば良かったが、大容量になる と、軸受台は強固となり軸の重量に比較して相対的に重くなった ので、第15図のようにタービン軸直接に接触する触針を使って 軸そのものの振動振幅を測定する必要があり、注目されてきた。 軸振動検出器の触針を取り付けるためには次のような方法を講じ ている。 まず軸受カバーに穴を設け外径約25mmのアルミニュ ームのケースの中に, 先端にチップを付けたロッドをバネで軸に



第16図 振動計の測定原理

向けて約5kgの力で押しつけ、ロッドの他端に振動検出器を取り 付けるのである。 この方法であれば正弦波振動で 60 c/s の周波 数で振動変位振幅 0.38 mm (両振幅にて) に相当する 2.7 g (g= $9.8 \,\mathrm{m/s^2}$, $2.7 \,\mathrm{g} = 約 \,26.5 \,\mathrm{m/s^2}$) 以下の最大加速のタービン軸のす べての振動に忠実に追従する。軸振動検出器の取り付けは各軸受 横断面をタービン前側からみて,垂直中心線より右へ15~45度の 間に傾けて(このときのタービン軸回転方向は反時計方向となる) 据えつけ、触針ケースを2個所で固く固定している。

(2) 測 定 原 理

第16図は測定原理を示したものである。 振動検出器は軸受力 バー振動測定用も軸振動測定用も同じ原理で, 可動コイルが支持 バネを介して検出器ケースにつりさげられた形で取り付けられ、 検出器ケースが振動しても支持バネのダンピングのため可動コイ ルは一定の空間に静止した状態になる。可動コイル内に永久磁石 が検出器ケースに固定して取り付けられているので, 検出器ケー スが振動すると可動コイルと永久磁石の間が相対連動し,この変 化速度に比例した電圧がコイルに発生する。検出器からの発生電 圧を演算増幅器で積分、増幅、整流して振動振幅に比例した直流 電圧を電子管式電位差記録計で記録する。

(3) 仕

第17図は振動記録計の外観で、仕様は次のとおりである。

1個-Vkp 30-M 形電子管式記録計

目 盛	軸受蓋振動測定用 0~0.1 mm(両
	振幅にて)
	軸振動測定用 0~0.3 mm(両振幅
	にて)
記録方式	打点切換式 (最高 12 点まで可能)
記録紙速度	50 mm/時 (25, 100 mm/時可変)
精 度	検出器から記録計まで含め ±8%
警 報	上限1個(可調整)

AC100V または110V, 50 c/sま たは 60 c/s

N個-軸受蓋振動検出器または軸振動検出器(軸受の 数N個)

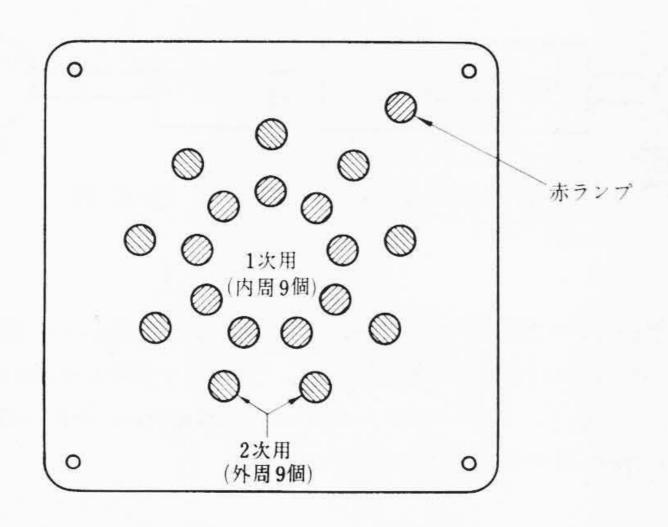
- 1個-接続箱
- 1個-演算増幅器
- 1式-付属品

4. 特殊計器

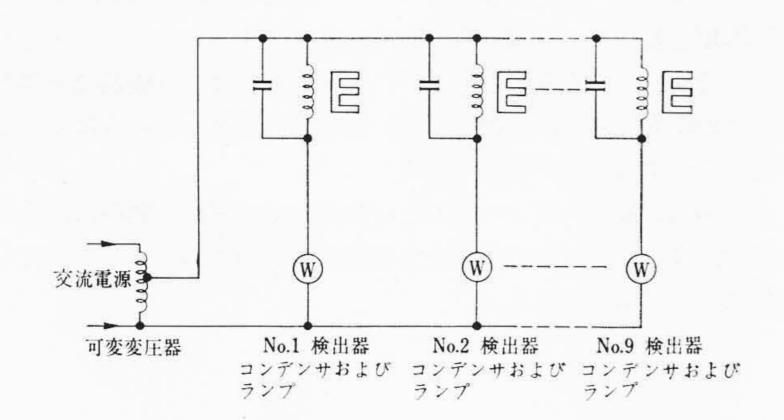
4.1 軸回転指示計

(1) 用途と方式

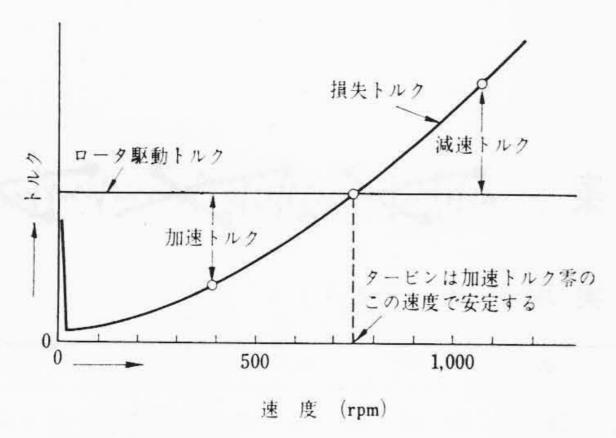
第18図はクロスコンパウンド形再熱タービンの一例を示した ものであるが、ボイラからの主蒸気は1次の高圧タービンにはい り, 再熱された蒸気は2次の中圧タービンにはいる。中圧タービ



第19図 軸 回 転 指 示 計

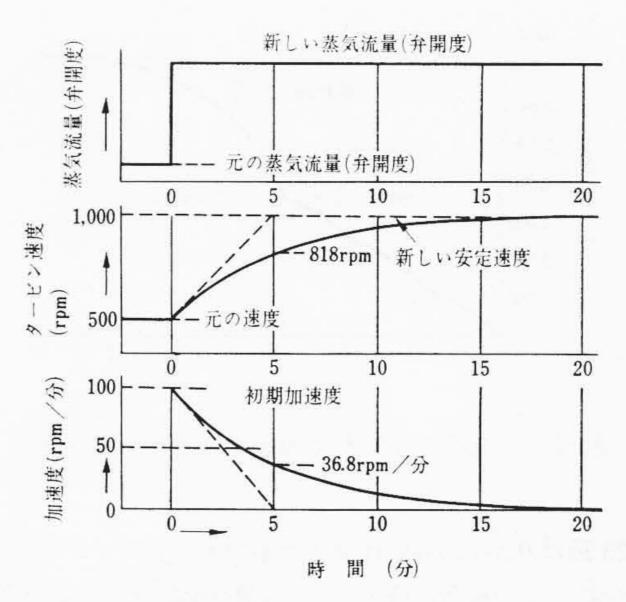


第20図 軸回転指示計測定回路

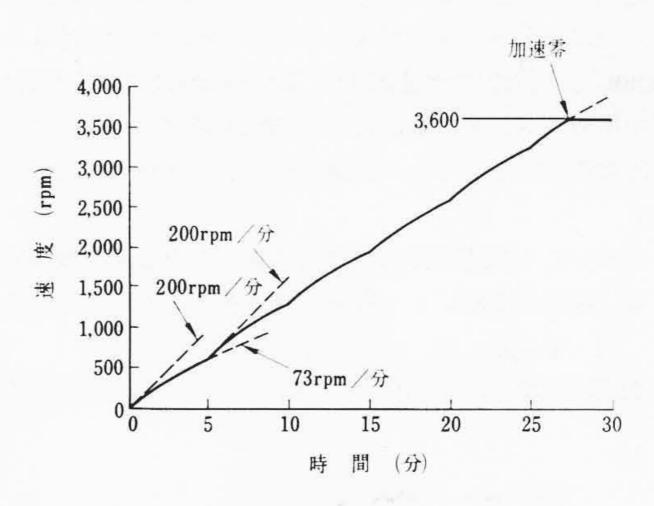


第21図 速度とトルクの関係

ンの複流排気の一方は1次の低圧タービンにはいり、他方は2次 の低圧タービンにはいる。タービンの起動時, 昇速過程では蒸気 流量が少ないために、全圧力降下はほとんど高圧タービン第1段 で起こるため、クロスコンパウンド形タービンでは1次と2次の 2軸の間を連結してないと、1次タービンだけ昇速され2次ター ビンは昇速されない。このため第18回に示すように1次と2次 の発電機電機子端子相互を接続し常時電気的に同期させている。 この電気的結合はターニング運転時に, 両発電機に励磁をかける ことによってなされる。したがって、ターニング運転時に1次と 2次の2軸の同期のために位相を十分に合わせるために軸回転指 示計が必要となる。軸回転指示計は第19回にその正面を示すよ うに、1次用として内周に40度間隔で9個のランプがあり、2次 タービン用として外周に同じく9個のランプが配置されている。 軸の位相はランプが明るく光る位置で示され(残りの8個のラン プは暗く点灯している)。1次と2次の位相のずれを運転者に知ら せて, 位相の進んでいる軸のターニングギヤ用電動機を止めて (別の方法では1次、2次ともに低速、高速2段速度のターニング ギヤ用電動機を備えておき, 当初一方の軸を高速で回転させ両軸 の位相があったとき、他方の軸を高速に切換えて同期させる) 位



第22図 弁開度を急開したときの加速度とタービン速度の関係



第23図 一定加速時の昇速曲線

相を合わせる。1次と2次の軸は位相のずれが30度以内であれば十分に同期できる。

(2) 測 定 原 理

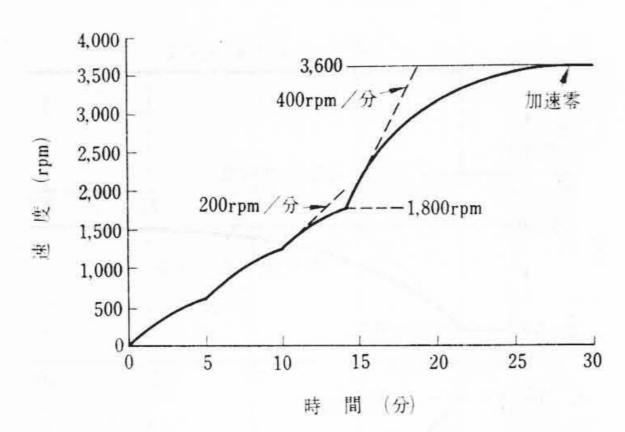
第20 図に測定回路を示す。検出器は1次,2次の軸にそれぞれ 第18 図のように9個を40度間隔で全周に配置し、1個所だけに スロットを切った軸と一定のギャップで対向させておく。検出器 極面に軸のスロットのない面があるときは、検出器のインピーダ ンスは高くなるため、検出器と直列に接続されたランプは暗く点 灯している。検出器極面にスロットがきたときは、極面と軸との ギャップは大きくなりインピーダンスは低くなり、その回路のラ ンプは明るく光る。タービンが蒸気で回転され約200 rpm までは この指示計は動作する。指示計が動作している間は赤ランプ(第 19 図参照)が点灯している。

4.2 加速度指示計

(1) 用途と方式

加速度指示計はタービン運転者が負荷制限器または主さい止弁バイパス弁にてタービン速度を制御したり、同期させるときに使用される。加減弁または主さい止弁バイパス弁を通る蒸気流量は弁開度とほとんど比例している。タービンロータが蒸気によって回転される駆動トルクは蒸気流量にだいたい比例している。加速トルク(または減速トルク)は駆動トルクよりタービン発電機のすべての損失トルク(軸受、主油ポンプおよび回転損失など)を差し引いた正味のトルクである。これは 第21 図に示されるように加速度は加速トルクに比例することがわかる。 第22 図は蒸気流量(弁開度)を急激に増加したときのタービン速度と加速度の関係の一例を示したものである。加速度指示計により100 rpm/分より 0 rpm/分までの加速度の様子がわかり、運転者は弁(加減弁または主さい止弁バイパス弁) 開度の制御が容易になる。

日



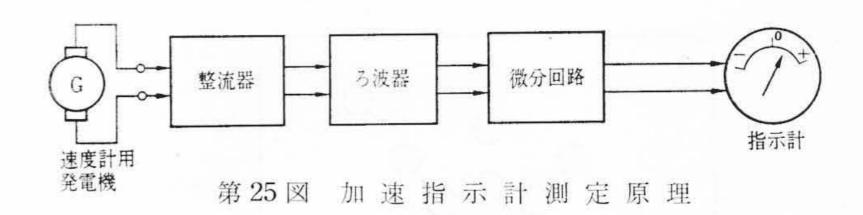
第24図 危険速度範囲で加速を増加した昇速曲線

第23 図は 0 から 3,600 rpm まで約 30 分でタービンを昇速した例を示す。この場合は 5 分ごとに 200 rpm/分の一定加速を目標に加速度指示計を見ながら弁開度を制御したものである。1,800 rpm 以上に危険速度範囲があるため 1,800 rpm までは 5 分ごとに 200 rpm/分を目標に一定加速し、1,800 rpm 時には 400 rpm/分に加速を増加させた例を示したのが 第24 図 である。このような場合は加速度指示計でその加速を運転者が知り、弁開度を制御できる。

このほかにも加速度指示計は同期時や,非常調速機試験のため タービン速度を110%まで昇速させるときにも利用される。

(2) 測 定 原 理

第25図に測定原理を示す。前述のタービン監視計器の速度計



用発電機より分岐して、整流、沪波、微分して指示計に指示させる。指示計の目盛には2種類あり、一つは $-300\sim+300\,\mathrm{rpm}/分$ の切換なしと、もう一つは $-600\sim0\sim+600\,\mathrm{rpm}/分と$ $-60\sim0\sim+600\,\mathrm{rpm}/分の2$ 段切換のものである。

5. 結 言

以上大容量タービンの計装についてその概略を述べたが、これらの計器類と並行して計測結果の整理を容易にするためにデータ処理 装置を設備している発電所もあり、近い将来には計算機制御を導入 するためにも、さらに信頼度の高い運転を可能ならしめるためにも 計装を整備することが重要である。

本文が大容量タービンの運転と計装がいかに密接な関係にあるか の理解に役だち,今後の新鋭火力発電所の計画にあたって少しでも 参考になれば幸いである。

最近登録された日立製作所の実用新案(その1)

登録番号	名	称	氏 名	登録年月日	登録番号	名	称	氏 名	登録年月
732323	分 相 型	電 動 機	上 大 民 修 福 夫 三 之	39. 2. 25	732369	道 路 車 輌 操	舵 装 置	村 田 師 男 坂 井 裕 親	39. 2. 2
- 135			平塚福之定		733979	掃除	車	平 松 敬 之 勝間田 稔	39. 3. 1
732331	ホイスト常	制御装置	河 村 三 郎	//	733904	外締式ドラム	ブレーキ	津沢泰行	//
732346	電 気 掃	除機	安川昌平	11	733905	,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,	一 丰 装 置	津沢泰行	"
733980	電気集塵器	の安全装置	安藤文蔵	39. 3. 11	733913	制 動 制	御 弁	田 上 八十次	"
733945	配線用遮断器。	の端子装置	大井田 浩	11	733919	炉 内 圧 調		勝尾貞徳	39. 2.
		56 0 1505: ETC	佐 藤 俊 治		732278	軸 受 給 油		武居一人	
733954	押ボタン	開 閉 器	安富儀行	"	733926	エキセスフロー(併用パルブ	斉 田 信 幸 坂 井 裕 親	39. 3.
733955	開閉	nn nn	安富儀行	11	730978	切 粉 清 掃	· 装 置	菊地清朔	39. 1.
733902	自己保持装置を	有する継電器	松村和男	"	130310	95 (25 IH 14		山田苦造	
733924	点溶	接材	稲 島 毅	11	730979	圧 力 採	取 弁	大 谷 巌 雄 小 沢 隆 雄	//
730986	起重機に於ける走行	行斜行防止装置	柿 沼 武 博	39. 1. 22		14 (15 4 5) Headle (15 4 15 4 15 4 15 4 15 4 15 4 15 4 15		The second section	CONTRACTOR NAMED IN
730991	クレーンの横行	体の固定装置	山 崎 勇	"	732296	ターボ冷凍機にお	ける絞り弁	大 谷 巌 立 花 慶 二	39. 2.
732291	管継	手	木 村 純	39. 2. 17				立花慶二古川滋	
732298	薄層用水力	採 炭 機 械	寺 田 進 坂 本 正 克	// *	733897	圧縮機におけ	る自動弁	大 谷 巌	39. 3.
733947	つり上げ循環式立体駐	車設備のゲージ	神尾昌史	39. 3. 11	733909	給油	装 置	河 野 貞 夫 佐 藤 瑞 雄	"
733948	ベルトコンベヤ装置に トのおさえ装置	AND AND THE PARTY OF THE PARTY	設 楽 元	"	732314	透視	窓	松 林 功 弘 宏 宏	39. 2.
733958	ギャボックス用	オイルプラグ	高橋長雄石川一松	"				海老原 宏	
			高 橋 長 雄松 志 田 隆 志		732332	透視	窓	松 林 功 海老原 宏 福 田	"
733920	トラクタのイコ	ョライザ装置	平 野 金 一	"		- A - A - A - A - A - A - A - A - A - A		福留弘	
733933	遠心ポ	ンプ	本多孝一藤田憲次	"	732353	空気調和機の除	湿水受皿	緒 方 京 一 菊 地 卯 吉	"
733934	鋳 鍋 用	フ ッ ク	伊 佐 孝 司	"				松島正年	
732352	掃除車用口・	- ラ ブ ラ シ	平 松 敬 之 飛 田 専 三	39. 2. 25					

(37 頁へつづく)