

タービン軸位置指示並びにスラスト事故防止装置

宗 像 晋 介* 今 尾 隆**

Turbine Shaft-Position Indicator and Apparatus Provided
for Thrust Bearing EmergencyBy Shinsuke Munekata,
Taga Works,
and Takashi Imao,
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

An improved turbine shaft position indicator and a new apparatus for protective control at thrust bearing emergency of steam turbine has recently been developed by engineering staff of Hitachi, Ltd.

The indicator, which consists of an A.C. ratio meter with cross coil type moving element directly connected to the secondary coils of induction type detector, gives indication of the axial position of the turbine shaft over a range of $-1\sim 0\sim +2$ mm with error less than 2% under any condition.

The protection apparatus for thrust bearing emergency of turbine is so designed as to give alarm when abnormal condition arises and operate automatically for emergency stop of turbine whenever the abnormal condition becomes more serious with any slight sign of trouble by the two step action of ratio relay with reliable and quick response.

In this paper, the construction and the functions of above indicator and new apparatus are described.

〔I〕 緒 言

蒸気タービンが負荷運転状態では軸方向に推力が発生する。出力数万 kW のタービンに於てはこの推力は 20 数屯にも達するといわれる。この推力は軸受メタルの側面にて支えられ、この為に軸の移動が阻止されている。軸受メタルが磨耗すればその磨耗量だけ移動量が増加する。高圧タービンに於ては翼車と噴口翼板との間隙が狭いので軸が移動すると両者が接触し爆発的事故を起す危険がある。

この推力による軸移動量を検出し、スラスト事故を防止しタービンを保護する装置として従来屢々機械式その

他の計器が使用されて来たが、確度並びに保守の点から十分でなかつた。日立製作所では今回電気式軸移動量指示計及び移動量が危険域に達した場合警報並びに非常停止を行わしめるスラスト事故防止装置を完成し、東京電力株式会社潮田発電所用タービンに取付けることになつた。最近行われた公式試験に於て好成績を得たので報告する。

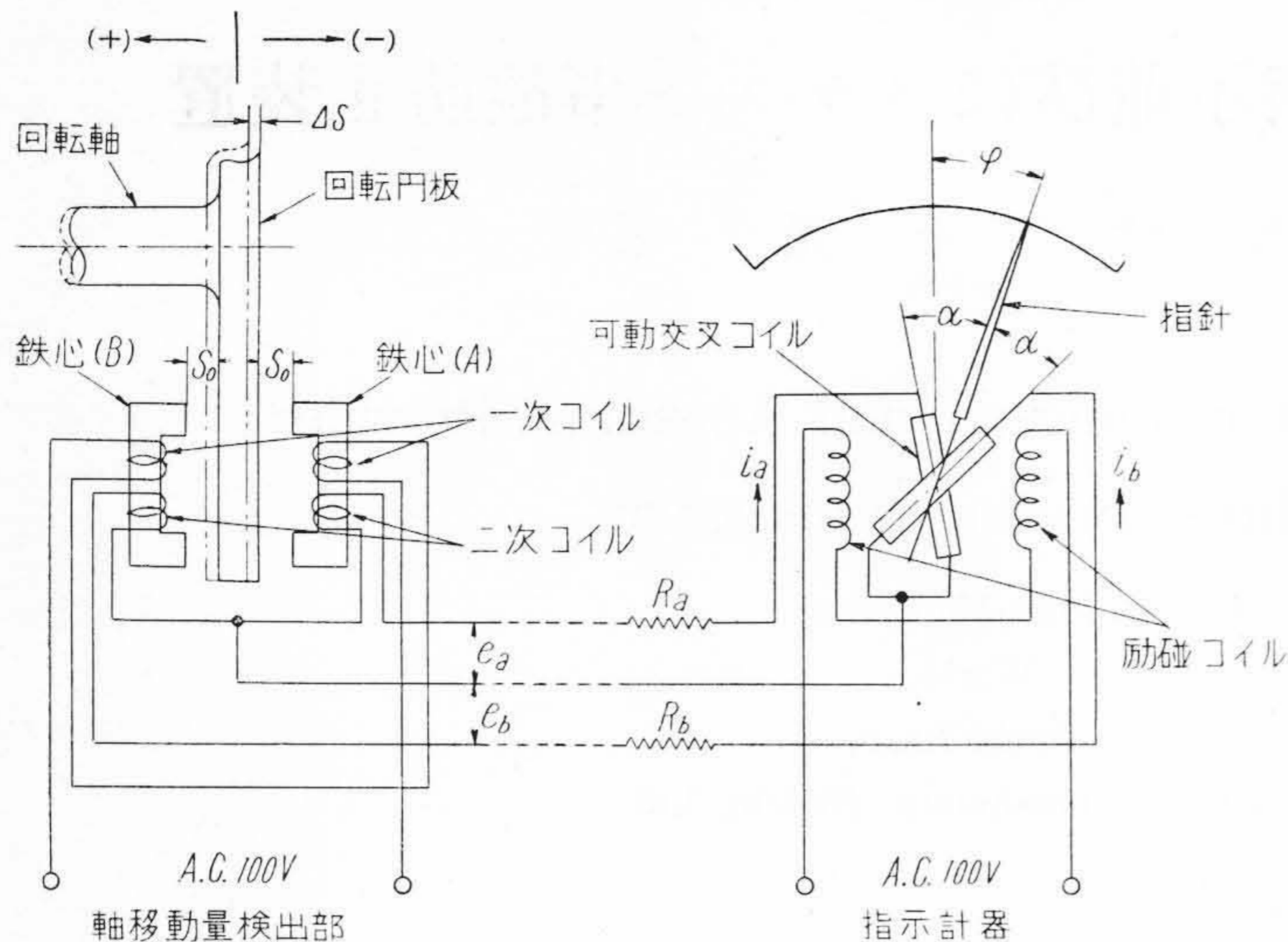
〔II〕 構 造 の 概 要

(1) 指 示 装 置

本装置はタービン軸端に設けられた円板の位置により誘起される交流二次電圧を交流比率作動交叉コイル型指示計器に導き指示せしめるものである。

* 日立製作所多賀工場

** 日立製作所日立研究所



第 1 図 軸移動量指示計機構説明図
Fig. 1. Circuit Diagram of Shaft Position Indicator

第 1 図に於て、回転円板は厚み一様な鉄板でタービン軸端に固定されている。鉄心 (A) 及び (B) は共に一次及び二次コイルを有し、磁極は一定の空隙を隔てて回転円板を挟んで互に対峙した形でステータに固定されており、同一交流電源によつて励磁されている。この部分が軸移動量の検出部である。

回転円板と鉄心との空隙を適当に選び且つ鉄心の磁極面の寸法を空隙長に比し遙かに大きくとつてあるので、鉄心のレラクタンスは空隙長に比例する。タービン軸の移動量零の場合鉄心と円板の空隙長を S_0 とし、これから ΔS だけ移動したとすれば、鉄心 (A) 及び鉄心 (B) に誘起される二次電圧 e_a 及び e_b は

$$e_a \propto \frac{1}{S_0 \left(1 + \frac{\Delta S}{S_0}\right)}, e_b \propto \frac{1}{S_0 \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0}\right)} \dots \dots (1)$$

構造上比例常数を等しくしてあるので

$$\frac{e_a}{e_b} = \frac{1 - \frac{\Delta S}{S_0}}{1 + \frac{\Delta S}{S_0}} \dots \dots (2)$$

二次電圧 e_a, e_b を交流比率作動計器の可動交叉コイルの各々に導入する。

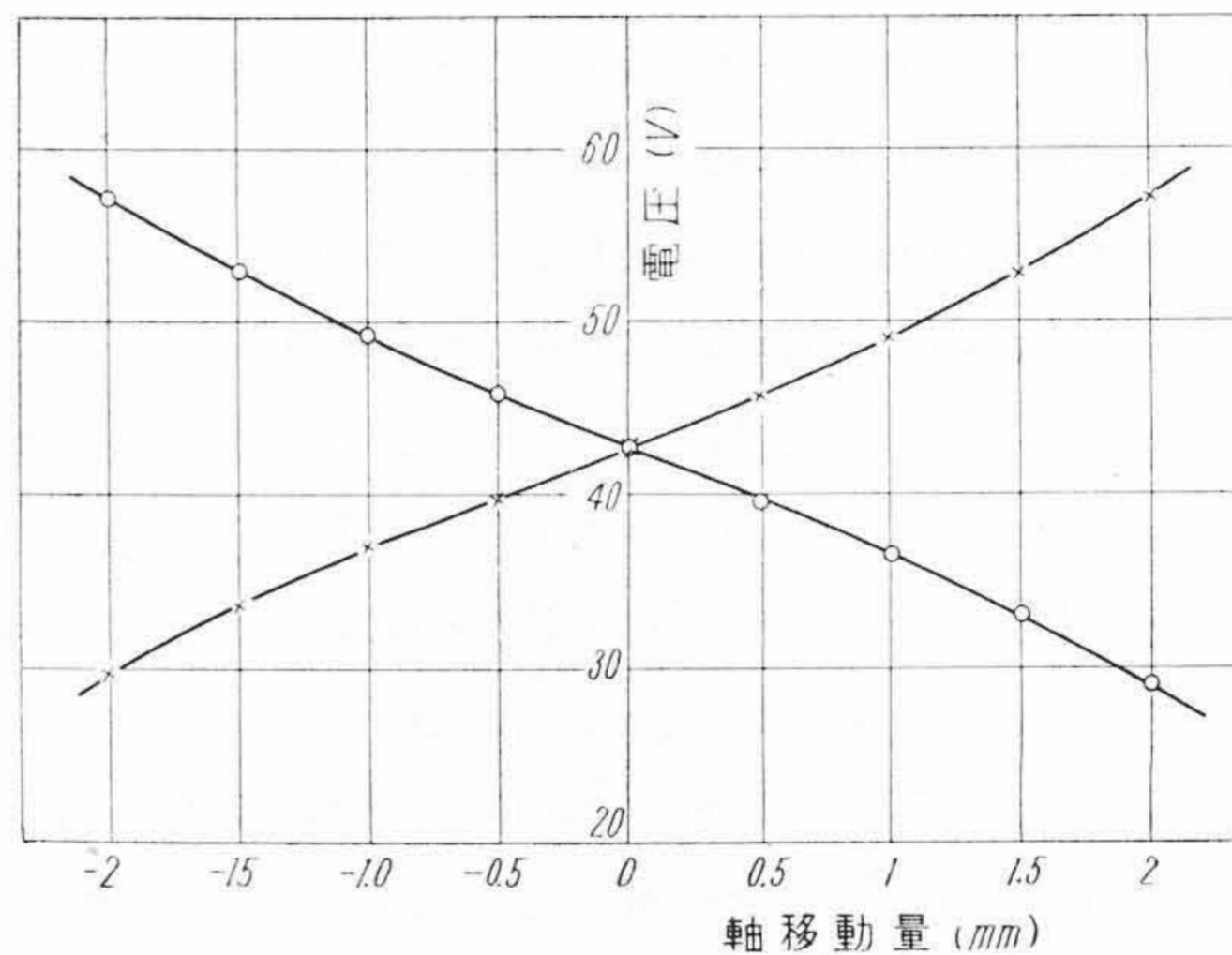
今可動交叉コイルの電流をそれぞれ i_a 及び i_b とし、両コイルの交叉角を 2α とすれば、この時指針の振れ角 φ との間に

$$\frac{i_a}{i_b} = \frac{1 - \tan \alpha \tan \varphi}{1 + \tan \alpha \tan \varphi} \dots \dots (3)$$

の関係がある。

両回路の等価抵抗をそれぞれ R_a, R_b とすれば (2), (3) 両式から

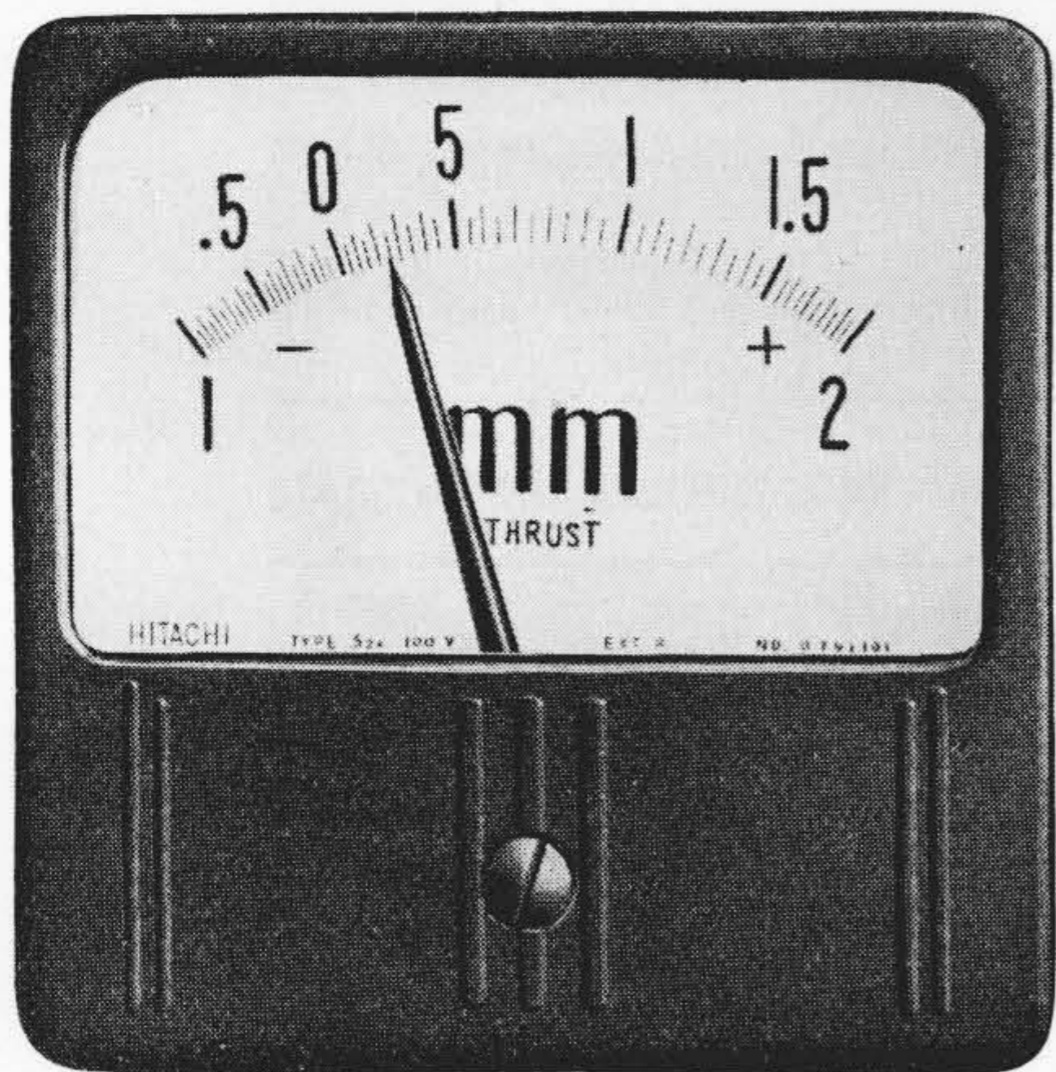
$$\varphi = \tan^{-1} \left\{ \cot \alpha \cdot \frac{(R_a - R_b)S_0 + (R_a + R_b)\Delta S}{(R_a + R_b)S_0 + (R_a - R_b)\Delta S} \right\} \dots \dots (4)$$



第 2 図 軸移動量検出部発生電圧
Fig. 2. Relation between Induced Voltage of Detector Coils and Shaft Position



第 3 図 軸移動量検出部外観
Fig. 3. Outside View of Detector of Shaft Position Indicator



第4図 軸移動量指示計
Fig. 4. Shaft Position Indicator

となる。これが軸移動量と計器指示角との関係を示す式である。(4)式で等価抵抗を等しくすれば

$$\varphi = \tan^{-1} \left\{ \cot \alpha \cdot \frac{4S}{S_0} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

となる。

タービン軸は始動の時は熱膨張の為に軸端は静止時より(-)側に移動し、負荷がかかるに従つて(+)側に推力が作用し(+)側に移動する。今回は始動時は -0.6 mm 移動し、全負荷運転時は +0.45 mm 偏位することが基準とされている。軸受の磨耗その他を考慮して指示計器には -1~+2 mm の範囲を目盛つてある。

第2図は軸移動量と検出部の二次電圧の実測値を示す。

第3図に検出部、第4図に指示計器の外観を示す。尚本指示計の精度は実測 ±0.06 mm 以内である。

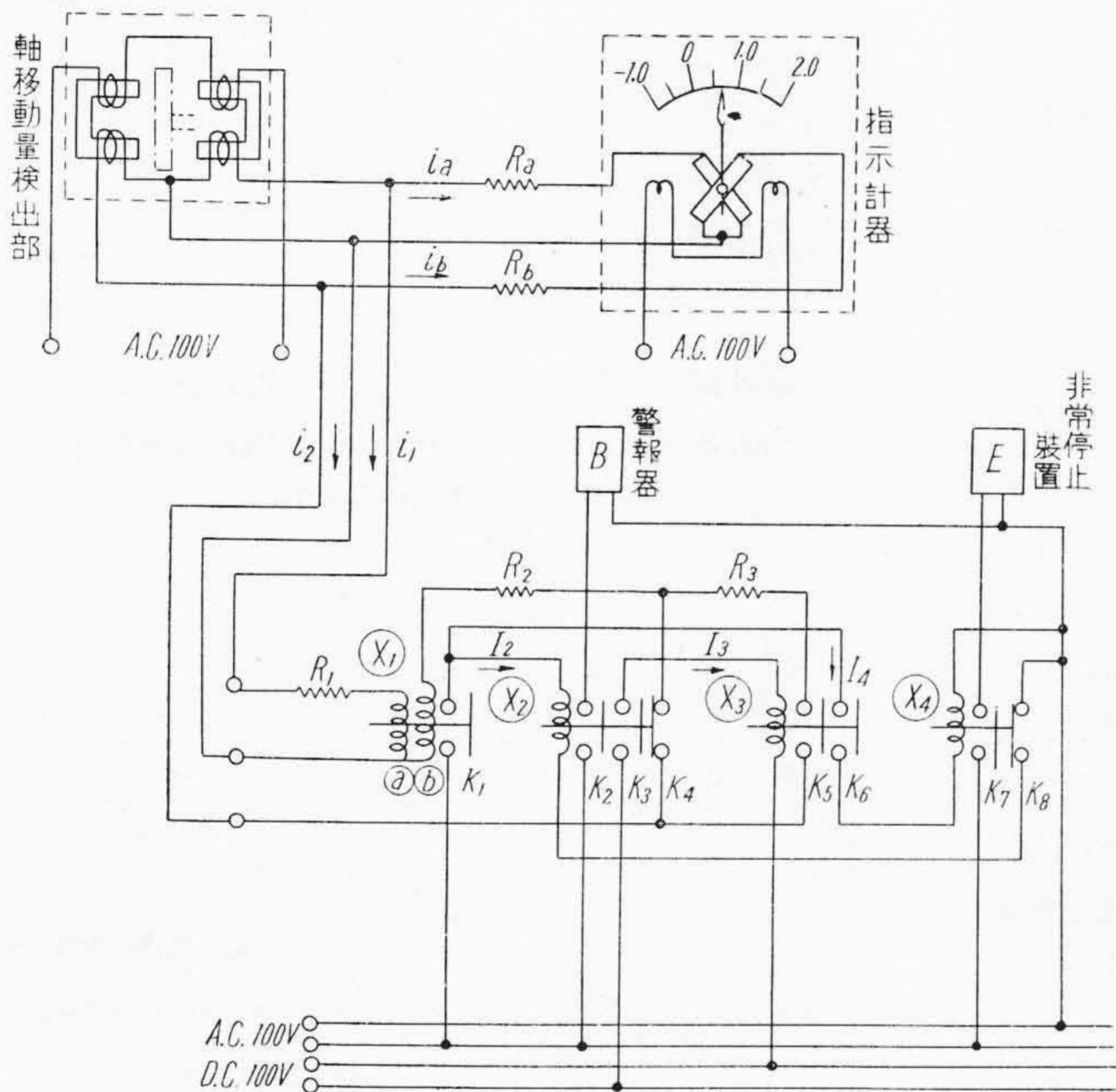
(2) 警報及び自動停止装置*

軸受の磨耗或は他の事故の為に推力による軸移動量が異常に増加し危険状態に接近した場合警報を発し注意を喚起せしめ、更に進行して危険状態に達した時直ちに自動的に運転停止せしめてスラスト事故よりタービンを保護する装置である。

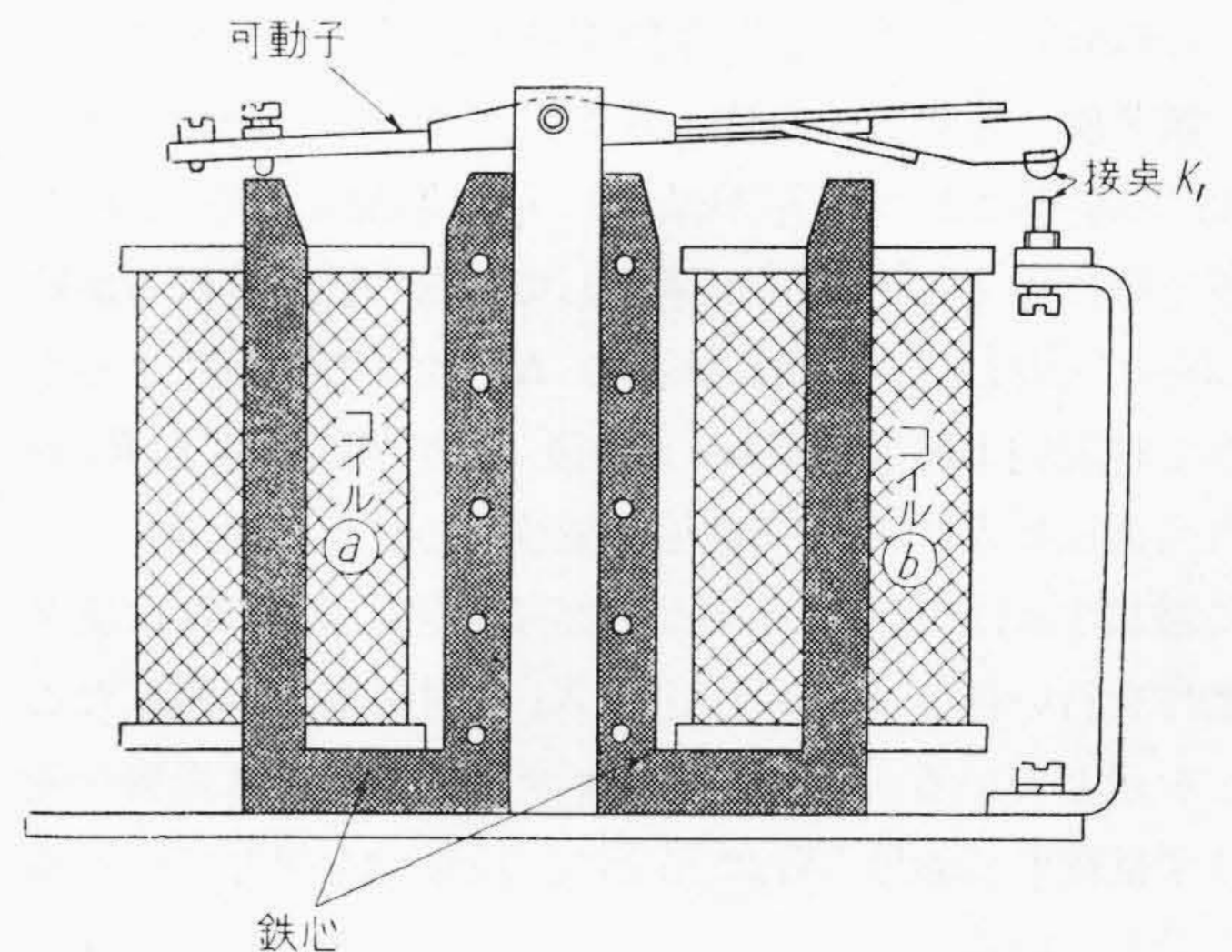
これは前記検出部にて誘起されたそれぞれの二次電圧を特殊構造の比率作動継電器に導き必要な補助継電器と組合わせて行わしめるものである。第5図にその接続を示す。

X₁ は比率作動継電器であつて前記検出部の e₁:e₂ の比率により動作する。X₂ は手動復帰継電器、X₃ は限時継電器、X₄ は速動継電器である。第6図に X₁ 継電器の構造を示す。即ち2箇の電圧コイルに対して天秤式可動子に対応し2箇のコイルによ

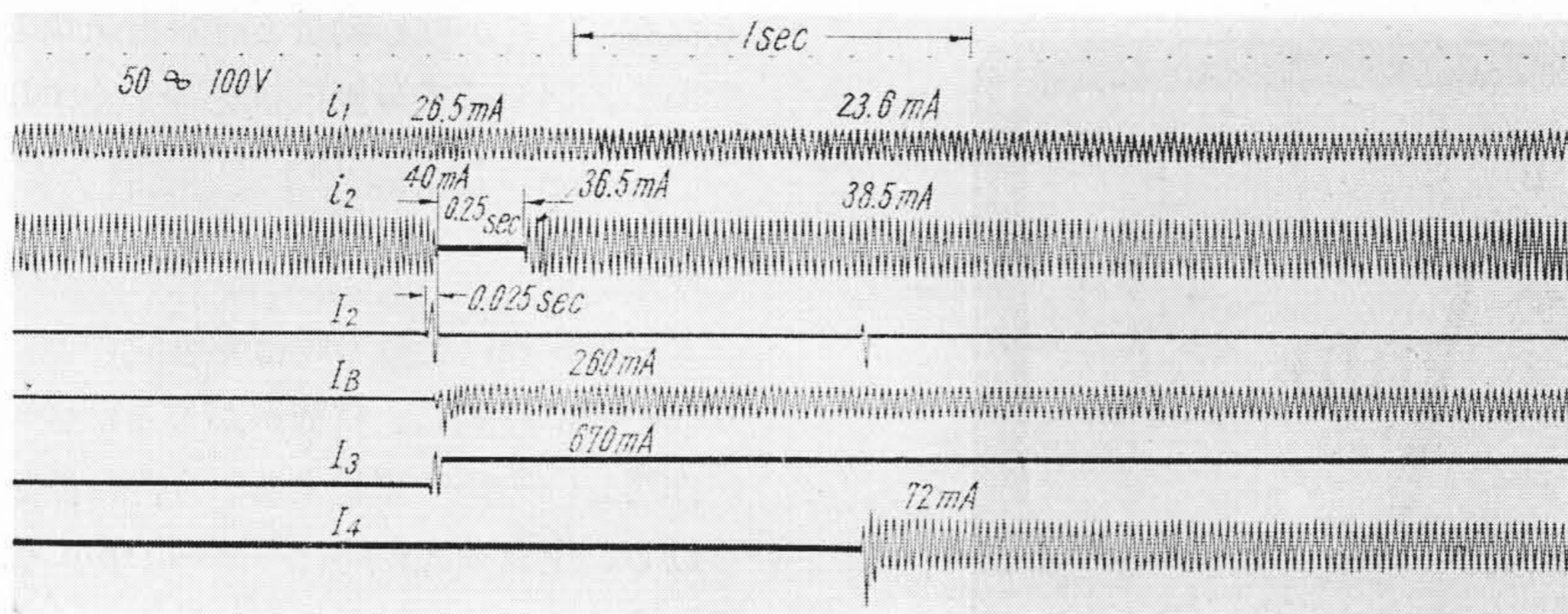
*特許出願中



第5図 スラスト事故防止装置説明図 ↑
Fig. 5. Circuit Diagram of the Apparatus for Protective Control of Thrust Bearing Accident



第6図 比率継電機構造図 →
Fig. 6. Construction Diagram of Ratio Relay

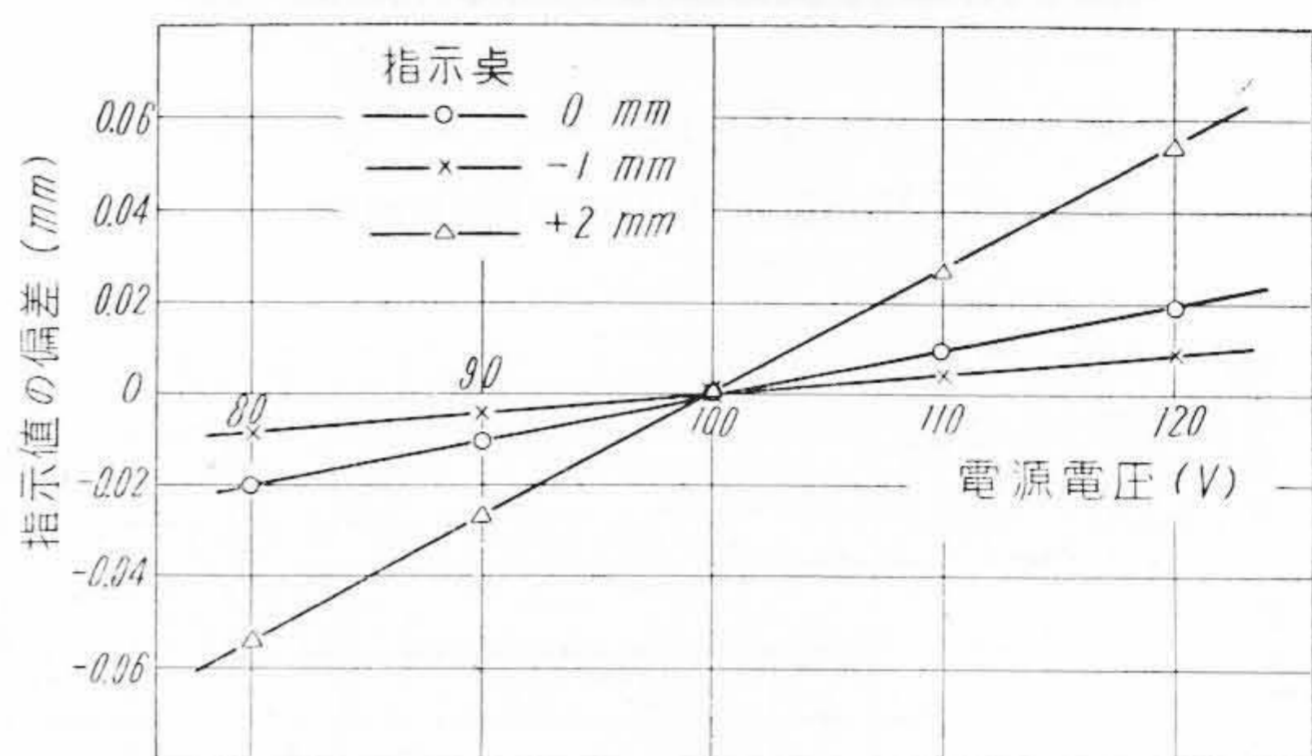


第 7 図 スラスト事故防止比率継電器動作オツシログラム
 Fig. 7. Oscillogram Showing the Two Step Action of Ratio Relay

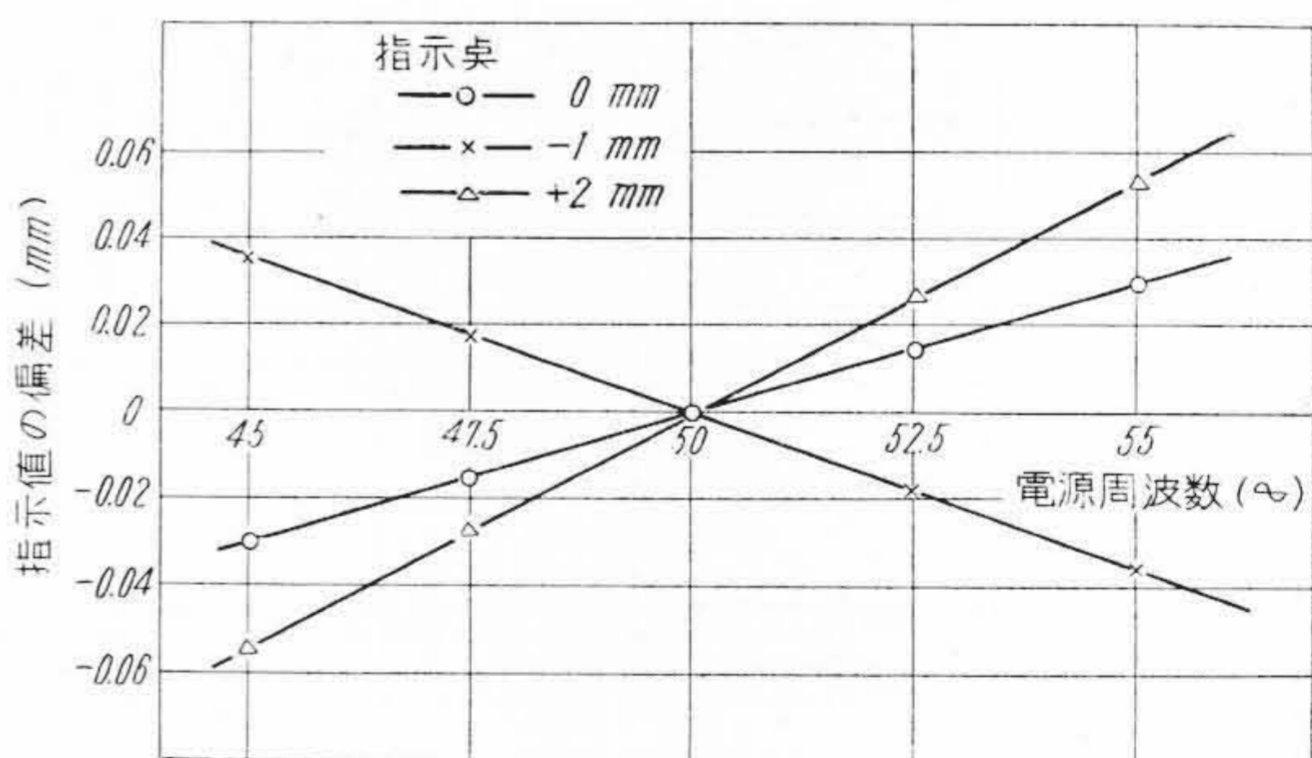
る吸引力の差により可動子が動く型であるが、或る範囲で完全な比率作動特性を持たせてあるタービン軸の移動量の変化によつて X_1 の a, b 両コイルの電流 i_1, i_2 の比率が或る値に達すると可動子が傾き接点 K_1 が閉路し、 X_2 を附勢する。 X_2 は接点 K_2 により警報回路を閉じブザー B にて警報を発すると共に K_3 により X_3 を附勢する。 K_4 は附勢により開く構造であるから X_1 のコイル b の回路を開く。これによつて X_1 の比率が急変して K_1 を開路する。この為 X_2 の附勢は消えるが X_2 は手動復帰継電器であるから K_2, K_3 は依然として閉路したままで K_4 は開いたまゝである。限時継電器 X_3 により限時 T の後 K_5 が閉路すると、コイル b に抵抗 R_3 が直列に挿入される結果 X_1 の動作感度が低下したことになる。 K_6 は K_5 と共に閉路するが K_1 が既に開路しているので X_4 は附勢されず、軸移動量 $4S$ が更に増加して危険量に達すると始めて X_1 が再動作して K_1 閉路、 X_4 は附勢され非常停止装置を動作せしめスラスト事故を未然に防止するように仕向くのである。即ち X_1 を警報と非常停止の両作用に兼用することが出来、 R_3 の調整により警報と非常停止装置の作動に対する軸移動量の開きを加減することが出来る。

今回は軸移動量 $4S$ が $+1.2 \text{ mm}$ に於て警報を発し $+1.5 \text{ mm}$ に於て自動非常停止せしめるものである。

第 7 図に本装置の動作オツシログラムの一例を示す。 $4S$ の変化によつて i_1 が減少し i_2 が増加し比率 i_1/i_2 が所定量に達すると K_1 が閉路して電流 I_2 が流れるが約 $1.5\sim$ で切れる。これは X_2 の K_4 接点の開路によるもので時限約 $13\sim$ (0.25 sec) の後 K_5 が閉路すると R_3 の直列抵抗挿入により一時 i_2 は減少する。移動量 $4S$ が更に増加すれば i_1/i_2 の比率が再び所定値に達し X_1 は第 2 動作を行い再び K_1 が閉路し X_4 の附勢電流が流れたことを示している。この間警報ブザー電流 I_B は影響を受けず継続しており X_1 は完全に二段動作を果している事を示している。



第 8 図 電源電圧の変動に伴う指示値の偏差
 Fig. 8. Indicating Deviation Produced by Source Voltage Change



第 9 図 電源周波数の変化に伴う指示値の偏差
 Fig. 9. Indicating Deviation Produced by Source Frequency Change

〔III〕本装置の特長

本装置は次の特長がある。

(1) 精度が高く動作が確実である。

機械的に磨耗する部分、或は電気回路中に使用中特性が変化するような部分がないので精度は安定で、且つ動作は直接式なので確実である。

(2) 構造上電源電圧、周波数の影響が殆どない。

比率作動方式なので電源電圧の変化による影響が少い。第8図に電源電圧を $100\text{V} \pm 20\text{V}$ の範囲で変化せしめた場合の特性を、第9図に電源周波数を $50\text{Hz} \pm 5\text{Hz}$ の範囲で変化せしめた場合の特性を示す。何れの場合でも指示値の偏差は $\pm 0.06\text{mm}$ 以下である。従つて電源として電灯線回路を使用する事も出来る。

(3) 構造堅牢で保守が容易である。

タービン室は相当の振動があるので装置自体が耐振的でないといけない。本装置は指示計始めすべての部分が耐振的で、構造堅牢なためこの目的に適する。又消耗部分或は対候的に劣化等起す部分がないので半永久的に使用出来る。

(4) 遠隔指示も可能である。

電気式なので指示計等は所内任意の位置に取付けることも可能である。

〔IV〕 結 言

以上、今回東京電力株式会社納潮田発電所用 55,000 kW タービンに備つけた日立製作所独特の構造になるタービン軸位置指示計並びにスラスト事故防止装置に就き構造の概要並びに性能の一部を紹介した。

元来タービンのスラスト事故の防止の方法は種々考案実施されて来たが、保護装置として未だ信頼性の十分なものはなく実際は保護装置に頼らず専ら担当職員の絶えざる監視と、経験による「勘」に頼っているのが実情であつたようである。本文の保護装置は精度、動作、安定並びに保守等の点で他の種類のものに比しても一つの進歩を示している事を確信する。今後は更に改良を加え火力発電所の完全な計量管理を可能ならしめるよう努力する積りである。

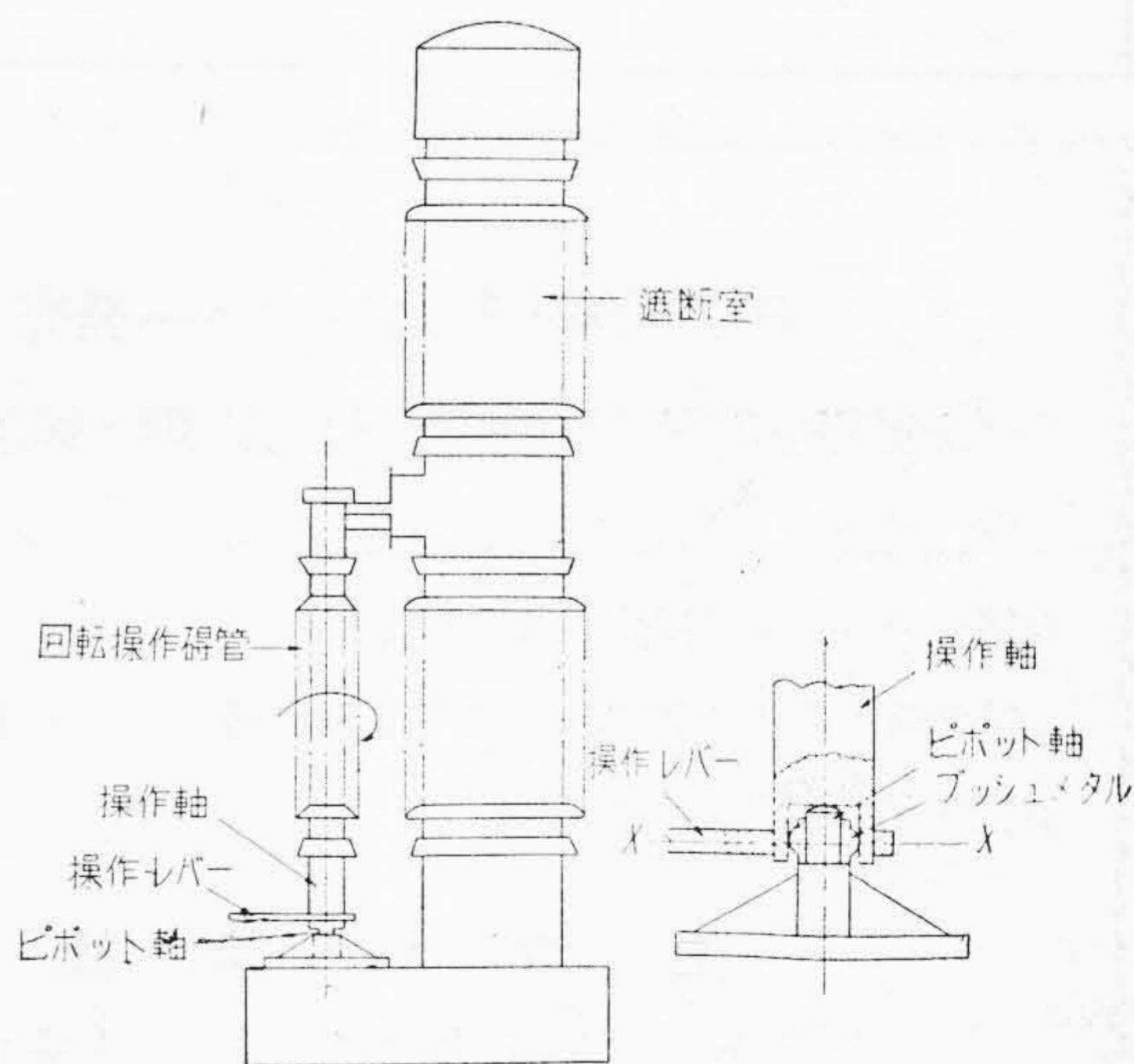


実用新案 第402656号

桑山正俊・山田勇飛

碍子型遮断器

第1図に示す碍子型遮断器の回転操作碍管は、焼成変形により若干の彎曲偏心有り、従つて操作時の回転に際し軸線の動揺は免れない。故に若しこれが軸受部に於て軸線方向を固定するときは、回転の渋滞乃至は碍管の破損を来す惧れがある。現に操作レバーの操作力が、碍管に彎曲力を与える場合は、碍管の強度は著しく脅かされるものである。本案はこの点に鑑み第2図に示すように、回転操作碍管を支えるピボット軸を、操作軸の内部に設け、ピボット軸に嵌合したフランジ付ブッシュメタルのフランジ外周で、操作軸の回転をその内部より案内するようにし、且つフランジ中心 $X-X$ に操作レバーの中心を一致させてなるものである。この構造によれば碍管回転の際、軸線の動揺を狭いフランジ外辺の僅かな摺動によつて許し、碍管に無理な応力を生ぜしむることがない。なお操作レバーの操作力が碍管に彎曲力を与えることがなくなるから、操作碍管の回転操作を円滑且つ安全に行うことができ、重要送電線の要求する高速度遮断及び再投入を確実にやり、遮断器の性能向上に資するところ多大である。



第1図

第2図

(滑川)

第 35 卷 日 立 評 論 第 11 号

- ◎ 関西電力株式会社納丸山発電所用
70,000 kW 水 車 に 就 い て.....日立製作所・日立工場 {小森谷 亨一
深 栖 俊 一
- ◎ 関西電力株式会社納丸山発電所用
72,500 kVA 交 流 発 電 機 に 就 い て.....日立製作所・日立工場 {菊 地 弥十郎
高 橋 昭 吉
- ◎ 北陸電力株式会社納神通川第一発電所用
フランス水車及び発電機に就いて.....日立製作所・日立工場 {深 栖 俊 一
高 橋 春 夫
長 尾 善 右 衛 門
- ◎ 三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転.....日立製作所・日立工場 栗 田 健 太 郎
- ◎ 日立 AX 型 QC 式高速度リアクタンス継電器.....日立製作所・多賀工場 {猿 渡 房 吉 夫
渡 井 三 夫
- ◎ 回転子による回転ヒステリシス損の測定.....日立製作所・日立研究所 {西 堀 博 郎
片 木 劍 三 郎
- ◎ チ ル ド 車 輪 の 試 作 研 究.....日立製作所・笠戸工場 {行 元 良 二
石 田 敬 英
小 材 英 敏
- ◎ 橢 円 歯 車 の 研 究 (第 2 報).....日立製作所・亀有工場 笠 原 俊 郎
- ◎ PF-121-S 型 200 Mc-FM 多重無線電話装置.....日立製作所・戸塚工場 三 木 正 一
- ◎ 酸化物陰極真空管の寿命に就いて (第三報).....日立製作所・茂原工場 北 川 賢 司
——寿命に対するスリーブ材料の影響——
- ◎ 真空管式電橋による同軸ケーブル伝送特性の測定..... {茨城大学工学部 本 多 誠 一
日立製作所・日立電線工場 {堀 口 三 男
瀬 成 田 一 男

東京都千代田区丸の内 1ノ4
(新丸の内ビルディング内)

日 立 評 論 社

誌代 { 1冊分 ¥100 千12
6冊分 ¥490 (送料共)
12冊分 ¥840 (送料共)

「日立評論」綴込みカバー発売

(上製綴込み紐付) 特価1組 ¥100 (郵送料共)

「日立評論」の綴込み用として写真に示すような堅牢美麗な綴込カバーを発送致しております。

御希望の方には特に実費にてお頒ち致しておりますから、直接下記に御申込下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内 1丁目 4番地
(新丸の内ビルディング 7階)
振替口座 東京 71824

