

交流二速度エレベータについて

益 江 紀 吉*

The A. C. Two Speed Elevator

By Noriyoshi Masue

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The A. C. two-speed control system has come to be widely applied to middle class, medium speed elevators (60~75 m/min) instead of the D. C. control system, because of its lower installing cost and easiness of maintenance and inspection. However, in phases of performance characteristics such as floor levelling and riding quality, this system presents some problems to solve.

The writer tackled such problems from the view-point of the motor control system, and found that the precise landing and comfortable riding quality demanded inconsistent torque characteristics of the motor so that any motors with simple characteristics were unable to serve the purpose.

A newly developed A. C. control system devised by the writer employs a wound-rotor type induction motor to make its slip as small as possible, and by applying a fine secondary impedance control to it, the writer has succeeded to satisfy the above-mentioned inconsistent torque characteristics.

The results of the test using this system to the elevator of 80 m/min rated speed revealed that it afforded performance characteristics superior to those of the conventional system.

〔I〕 緒 言

高層建築物の客用エレベータには、一般に高速度のものが要求される。従つてワードレオナード方式による直流エレベータが最もこの要求を満たしているものといえる。交流二速度エレベータは現在定格速度毎分 75 m 程度を以つて一応の限度とされているが、これを直流ギャレスエレベータの毎分 120~150 m に比較すれば約二分の一に過ぎない。

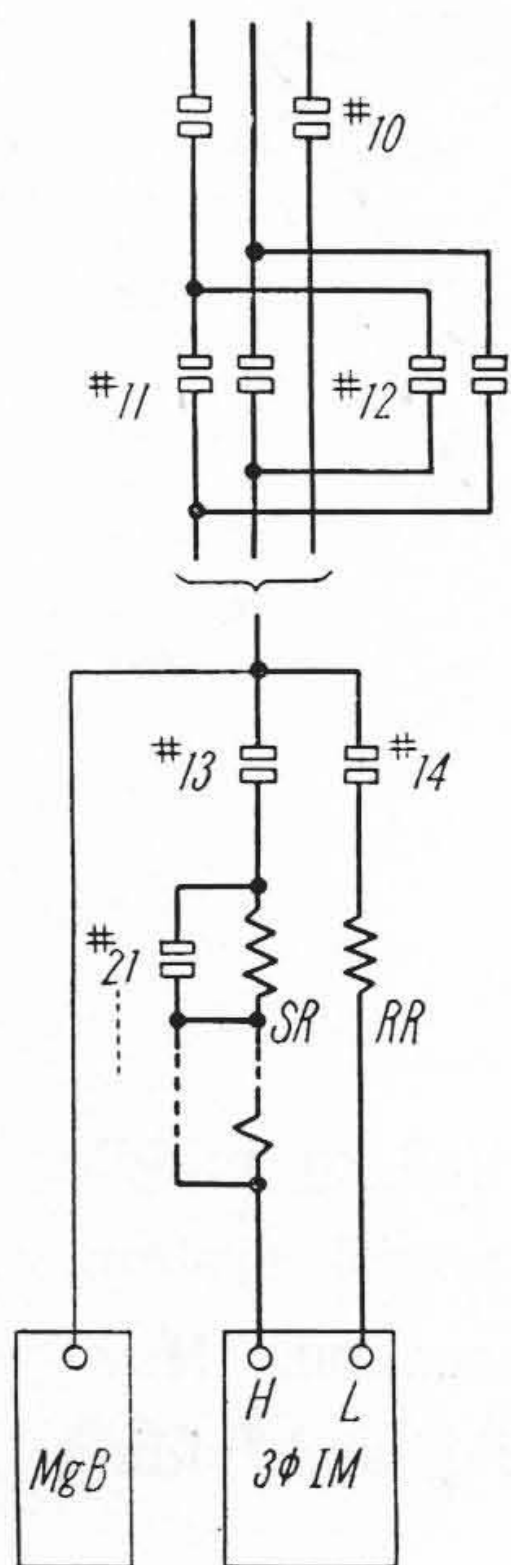
併し乍ら実際に運転される状態では、扉の開閉、乗客の乗降、加速及び減速等に費やされる時間が定格速度で走行している時間に比べて相当に長いので、輸送能力の差となつて現われるのはせいぜい二三割程度の場合が多いようである。特に建屋の性質上各階運転を行う場合に

は、一階床の距離に制限されて最高速度が毎分 80~90 m 程度におさえられ、これ以上の速度を有する高速エレベータといえども、その最高能力を発揮していないのが普通である。従つて設備費が低廉で保守点検の容易な二速度エレベータが、依然として大きな存在意義を有しており直流エレベータに劣らぬ需要がある。

以上の如く二速度エレベータは中級速度即ち毎分 60~75 m の需要に対し、直流エレベータに代るものとして製作されているが、その乗心地即ち加速減速、停止等の諸特性や着床差等の点で未だ少なからぬ遜色があるので、これら諸特性の改善が目下の重要な課題となつている。

本編に於てはこれら性能上の諸問題を主として電動機制御の観点より検討し、特性改善の一方法について実験した結果を発表したいと思う。

* 日立製作所日立国分分工場



第1図 二速度制御接続図 (I)

Fig. 1. Schematic Diagram of Two Speed Control (I)

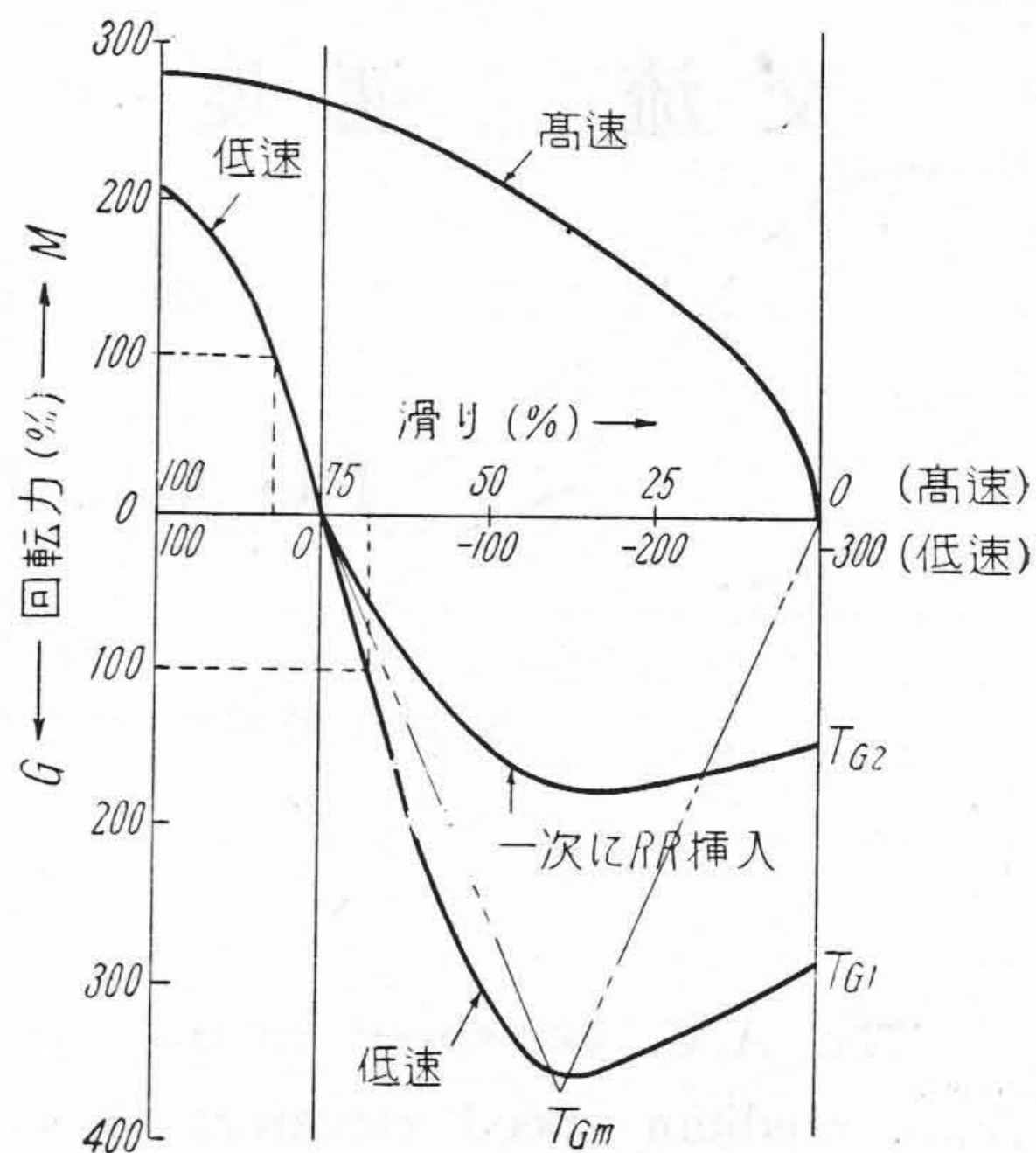
〔II〕二速度制御方式

第1図は最も一般的な二速度制御方式の説明図である。

起動は一般に高速側巻線で行う。先ず高速接触器 #13 を閉路し、続いて昇降に応じて方向接触器 #11 或は #12 と主接触器 #10 を閉じれば、電磁制動機 $Mg.B$ が緩められ電動機は起動する。起動に際しては抵抗器 SR を一次巻線に直列に挿入しておき、これを加速接触器により順次に短絡して加速する。

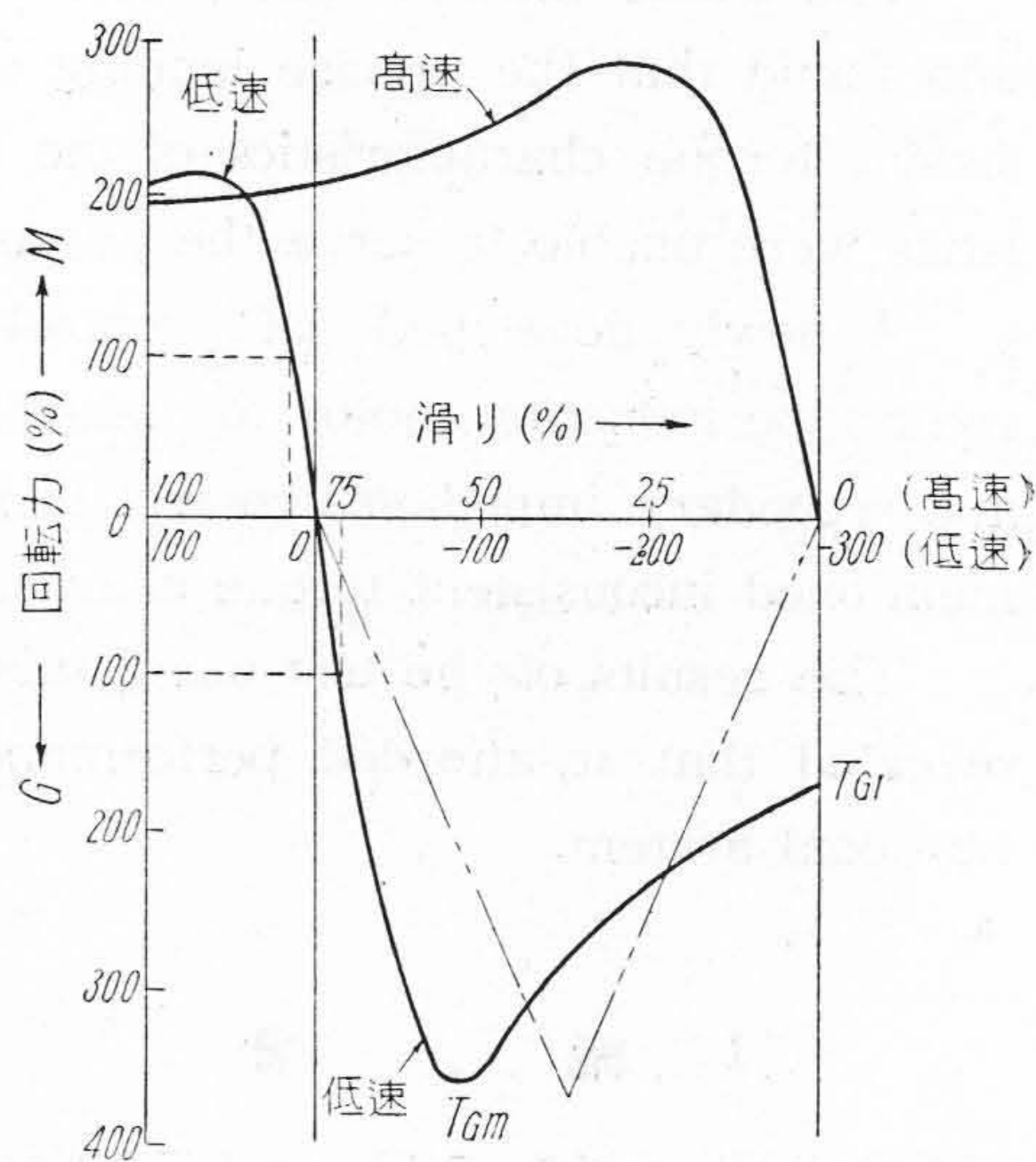
停止する場合には目的階床の手前一定位置で減速装置が働き、先ず高速接触器 #13 を開路し、直ちに低速接触器 #14 を閉じて低速側巻線に切替える。この時の電動機は低速側巻線に対して同期速度以上で回転しているので、誘導発電機となり電気制動を行う。その制動力は一次抵抗 RR によつて適当に加減することが出来るので、エレベータは任意の減速度により減速する。完全に低速になり目的階に到達した時に停止装置が働き、電動機を電源から切り放して制動機により停止する。

エレベータは平衡重錘により定員重量の約二分の一の時に平衡を保つ、従つて一般のドラム式巻上機構に比べて不平衡荷重は略々二分の一となるが、反面負荷の変化は $\pm 100\%$ に及びこれが乗心地や着床差に大きな影響を与えている。二速度エレベータには直流エレベータの如き比較的簡単な負荷補償の方法がないので、或る状態では優秀な特性が得られても、負荷の変化により乗心地の変化、着床差の増加等を来す。



第2図 速度一回転力特性 (I)

Fig. 2. Speed—Torque Characteristic (I)



第3図 速度一回転力特性 (II)

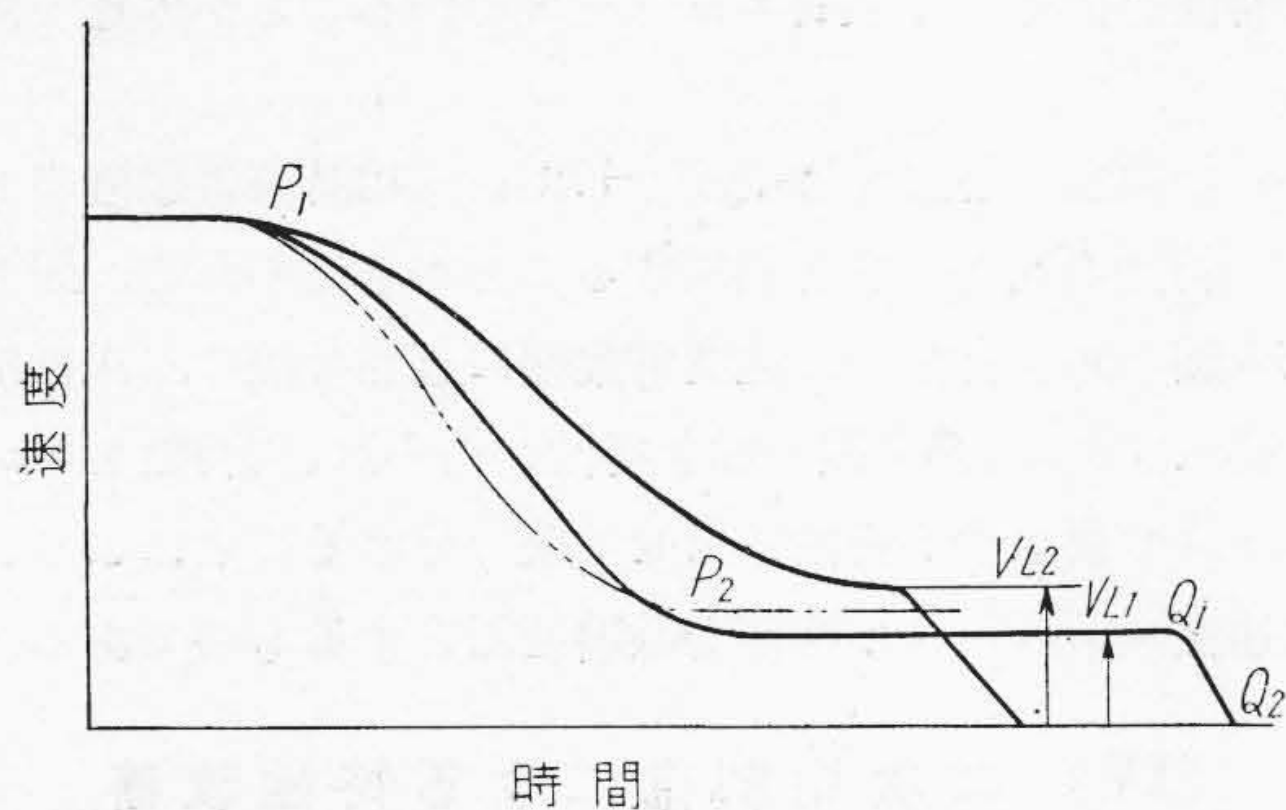
Fig. 3. Speed—Torque Characteristic (II)

負荷変動の影響は定格速度の自乗に比例して増大する傾向があるので、毎分 75 m 程度になると実用的に満足し得る性能を出すことは従来甚だ困難な問題であつた。

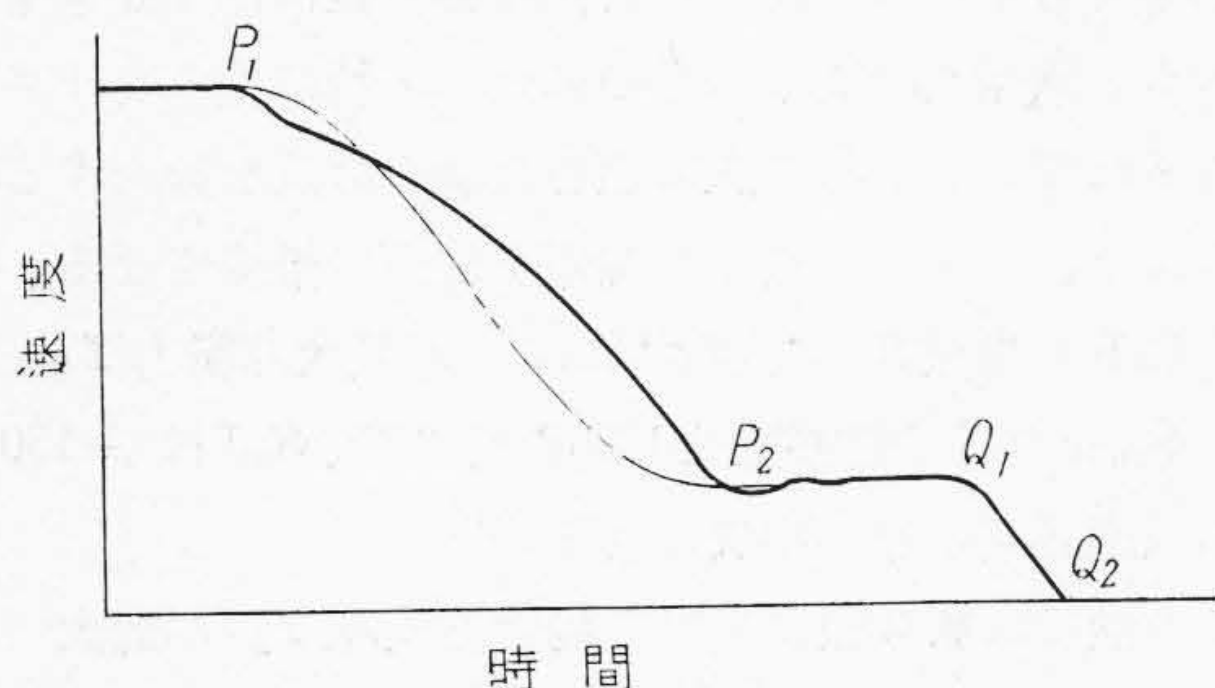
次にこれらの問題を二速度電動機の特長によつて検討して見ることにする。

〔III〕二速度エレベータの特性

二速度電動機は一般に速度比 4:1 (高速 6 極、低速 24 極若しくは高速 8 極、低速 32 極) 程度のものが使用さ



第4図 減速特性 (I)
Fig. 4. Retarding Characteristic (I)

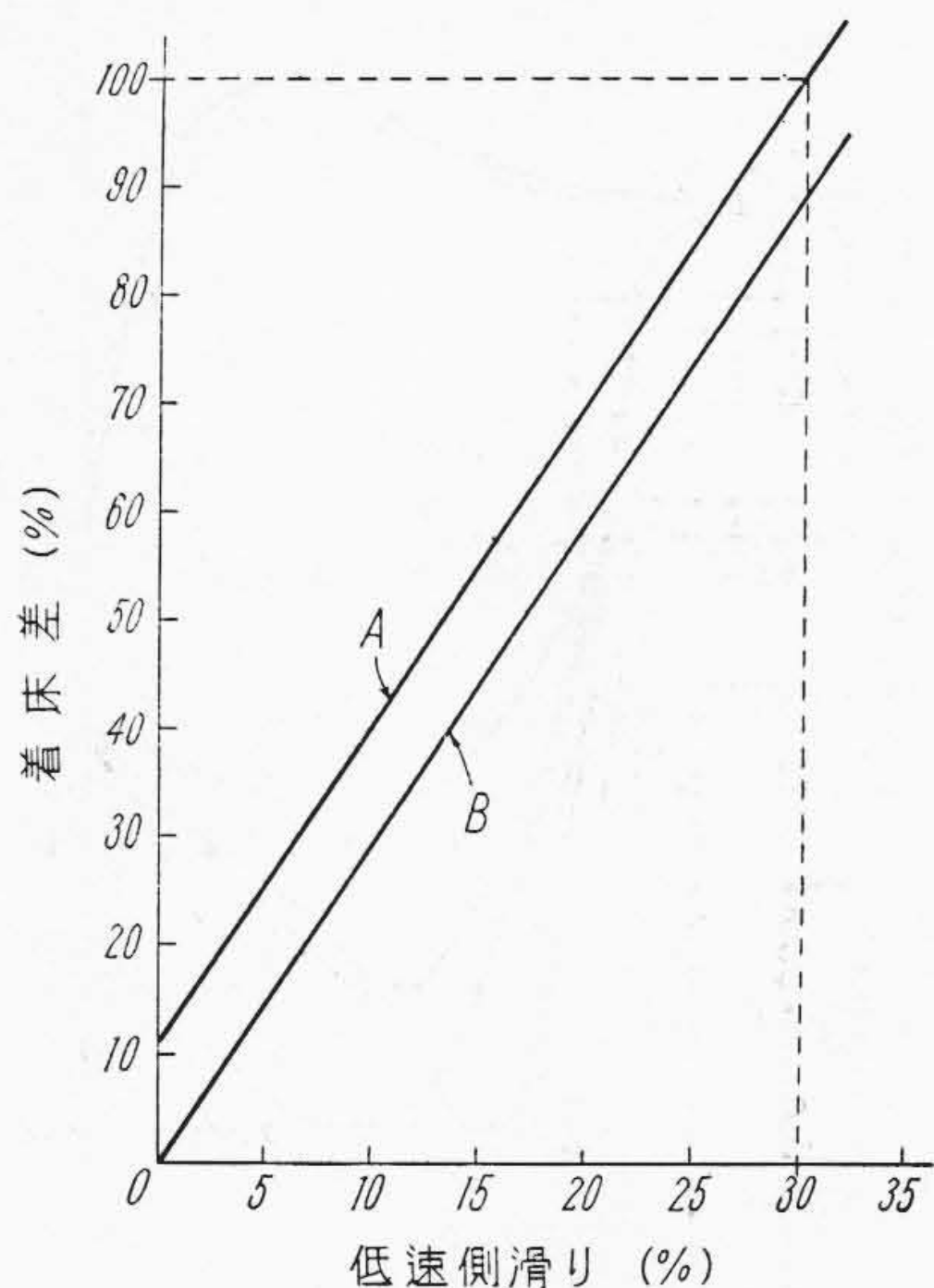


第5図 減速特性 (II)
Fig. 5. Retarding Characteristic (II)

れている。単に着床差の面からいえば速度比の大きなものが当然有利であると考えられるが、一方低速側の極数が増加する結果必然的に形が大きくなり、慣性、磁気飽和、磁気騒音その他設計上種々の掣肘を受け、却つてエレベータの要求する性能を備えたものを作ることが困難となる。速度比 6:1 や 8:1 のものも過去にその例はあるが、何れも予期したような性能は得られなかつたようで、現在この種のものを製作している処はない。

扱て現在エレベータに用いられている二速度電動機のトルク特性には種々相違があるが、その中から代表的なものとして二つの例を挙げて見た。一つは第2図に示すような比較的滑りの大きい型で籠型回転子を有するものに多く、他の一つは第3図に示すような滑りの小さい型で一般に巻線型回転子(起動電流を制限する目的のため)を有するものがこれに該当している。これらの電動機を使用したエレベータの減速特性はそれぞれ第4図及び第5図のようになる。

図中鎖線で表わされた曲線は G.E. の Jones 氏によつて提唱された、エレベータの所謂理想曲線に相当するもので、加速度及び減速度の変化率を一定にし乗客にショックを与えることなく、出来る丈速かに加速減速を行わせようとするもので、特性比較の基準とするために記入した。



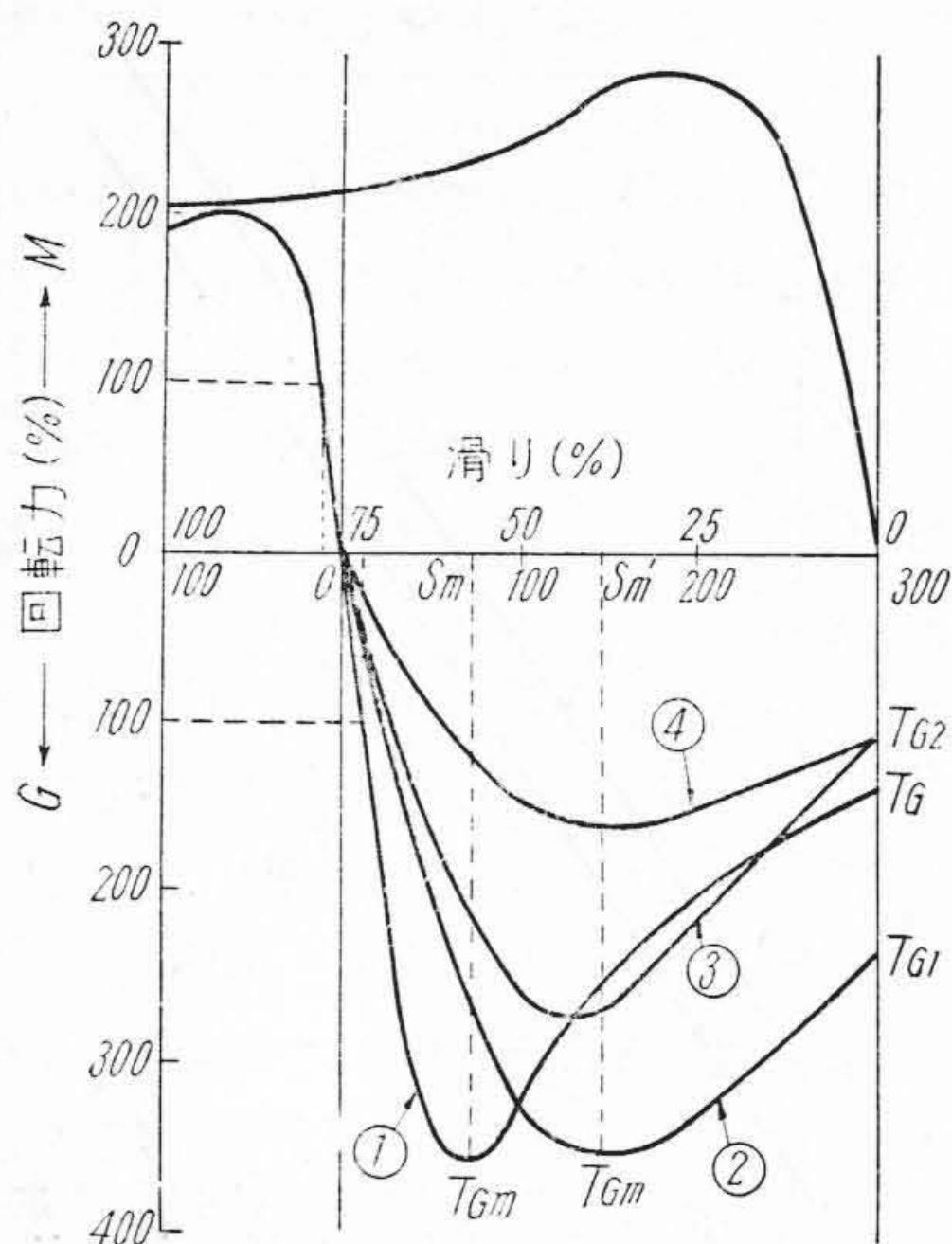
第6図 二速度誘導電動機の滑りと着床差との関係
Fig. 6. Relation between Level Difference and Slip of Two Speed Induction Motor

第2図に於て発電制動トルクの後半即ち $T_{GM} \rightarrow 0$ 間は、理想トルク曲線と同じような傾向をもっており、この部分に於る減速特性は良好である。但し制動に切換えられる部分のトルク T_{G1} が過大であるので、これを適当な値 T_{G2} に弱めることにより、第4図の如く比較的優れた減速特性を得ることが可能であるが、反面電動機の滑りが大きいため、着床速度は負荷の変化によつて V_{L1} 及び V_{L2} の如く変化し、着床差が大きくなる。

第6図はこの関係を計算によつて示したもので、定格荷重 1,150 kg, 公称速度毎分 75 m のエレベータに例をとつたが、電磁制動機の制動力は電動機全負荷トルクの 150%, 制動の遅れ(死時間)は 0.15 sec としてある。

図に於て曲線 A は全着床差を示し、曲線 B は電動機の滑りによつて着床差が増加して行く状態を表わす。低速側滑り 30% (全負荷トルクに相当する滑り) の電動機を使用した場合の着床差を 100% としてあるが、仮にこの滑りが零なる電動機を使用し、着床速度の変動が全然ない場合には、着床差は 11% 程度となる。

第3図に於ては電動機の滑りが比較的小さいため、着床差は第2図のものに比べて小さくなるが、トルク曲線の形は理想曲線と大分異つており、減速特性は第5図に表わされるようによくない。この場合減速後期の P_2 点に現われるショックを軽減するためには、第1図の減速用抵抗 RR を大きくして、電動機の制動トルクを十分に弱めなければならぬが、その結果は当然減速時間の延長



第 7 図 速度—回転力 特性 (III)
Fig. 7. Speed—Torque Characteristic (III)

となり、エレベータの表定速度を低下せしめると共に、負荷の変化による減速距離の変動も増大し、却つてエレベータとしての性能を損うおそれを生ずる。

以上の如く乗心地と着床差との間には、トルク特性上二つの相反する条件があるため、一次抵抗によつて制動トルクを加減する第 1 図のような方法では、何れか一方を満足させようとすれば他は犠牲となり、両条件に満足

な特性を備えた二速度エレベータを作ることが困難である。

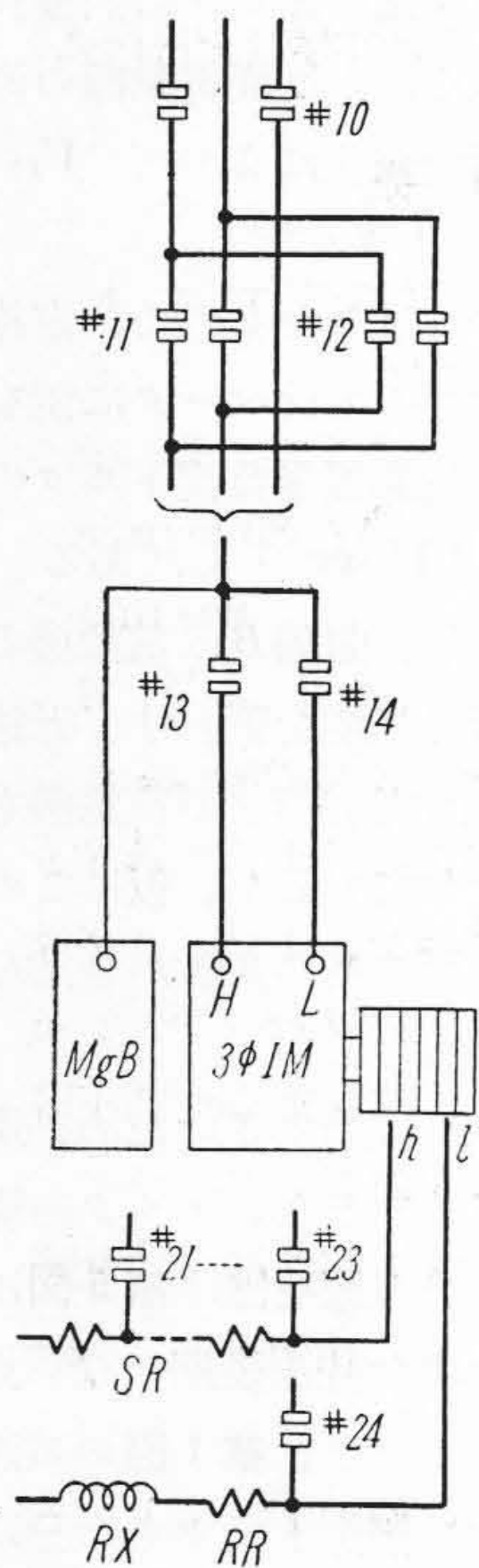
この問題を解決する手段として、三相誘導電動機のトルク特性の比例推移を利用することが考えられる。即ち第 3 図の如き特性の二速度電動機に適当な値の二次抵抗を挿入すれば、第 2 図の如き特性が得られ、両特性をエレベータの要求する特性に合わせて使い分けることにより、二速度エレベータの性能を改善せんとするものである。

〔IV〕 二次側制御による特性改善

前述の目的のもとに特別に設計し製作された二速度電動機は、6 極、24 極の二重巻線型で、二次側には 2 組の滑動環を有しており、その特性は第 7 図に示す如きものである。低速側は従来のものに比べて特に滑りを小さく設計されているが、二次に適当な値の抵抗を挿入することにより、トルクと滑りの関係を任意に推移させることが出来る。曲線 2 は二次抵抗によつて最大回転力 T_{Gm} を滑り S_m より S_m' 迄移動せしめたもので、 S_m' は -150% 即ち減速区間の略々中央に当る。

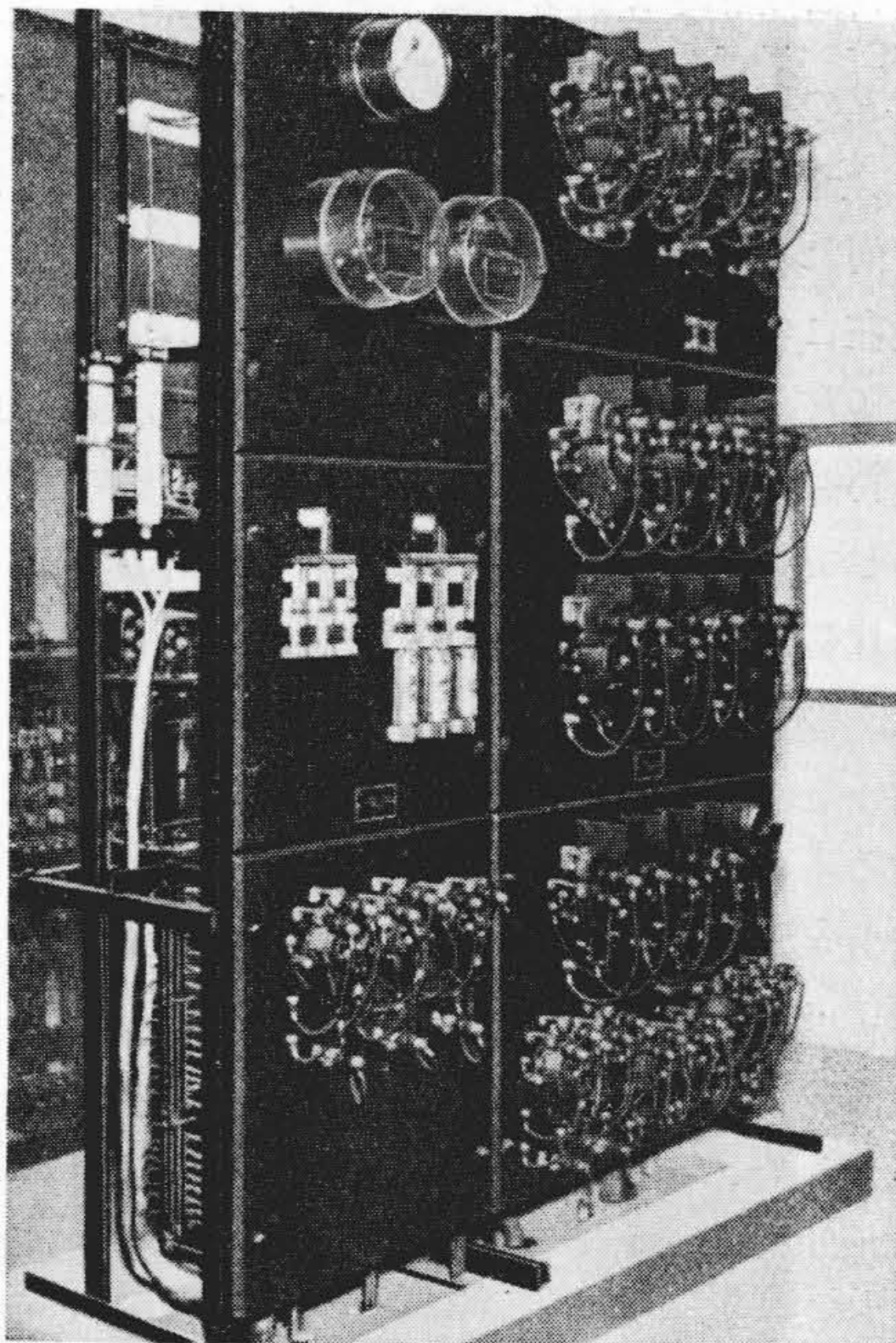
この儘では第 2 図に於ける場合と同様 T_{G1} が過大であるので、これを適当な値に弱めるために更に二次リアクタンスを附加したものが曲線 3 である。

二次リアクタンスの効果は一次側に挿入されたものと大いに異なり、その値は二次の周波数に比例して変化するため、電動機の回転速度が高い時にはその値を大きく、回転速度が低下するにつれてその値も減少する。これは

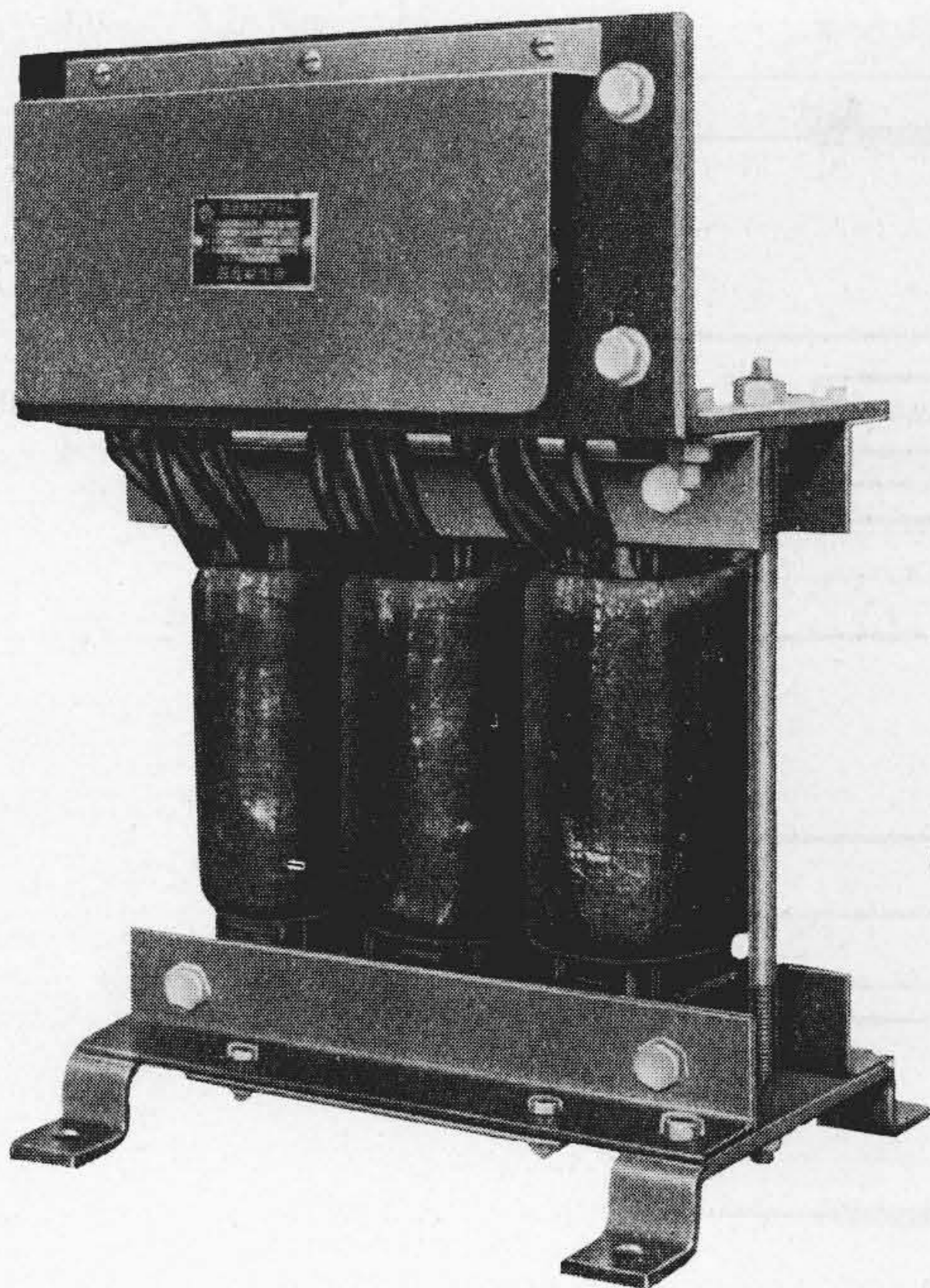


第 8 図 二速度制御接続図 (II)

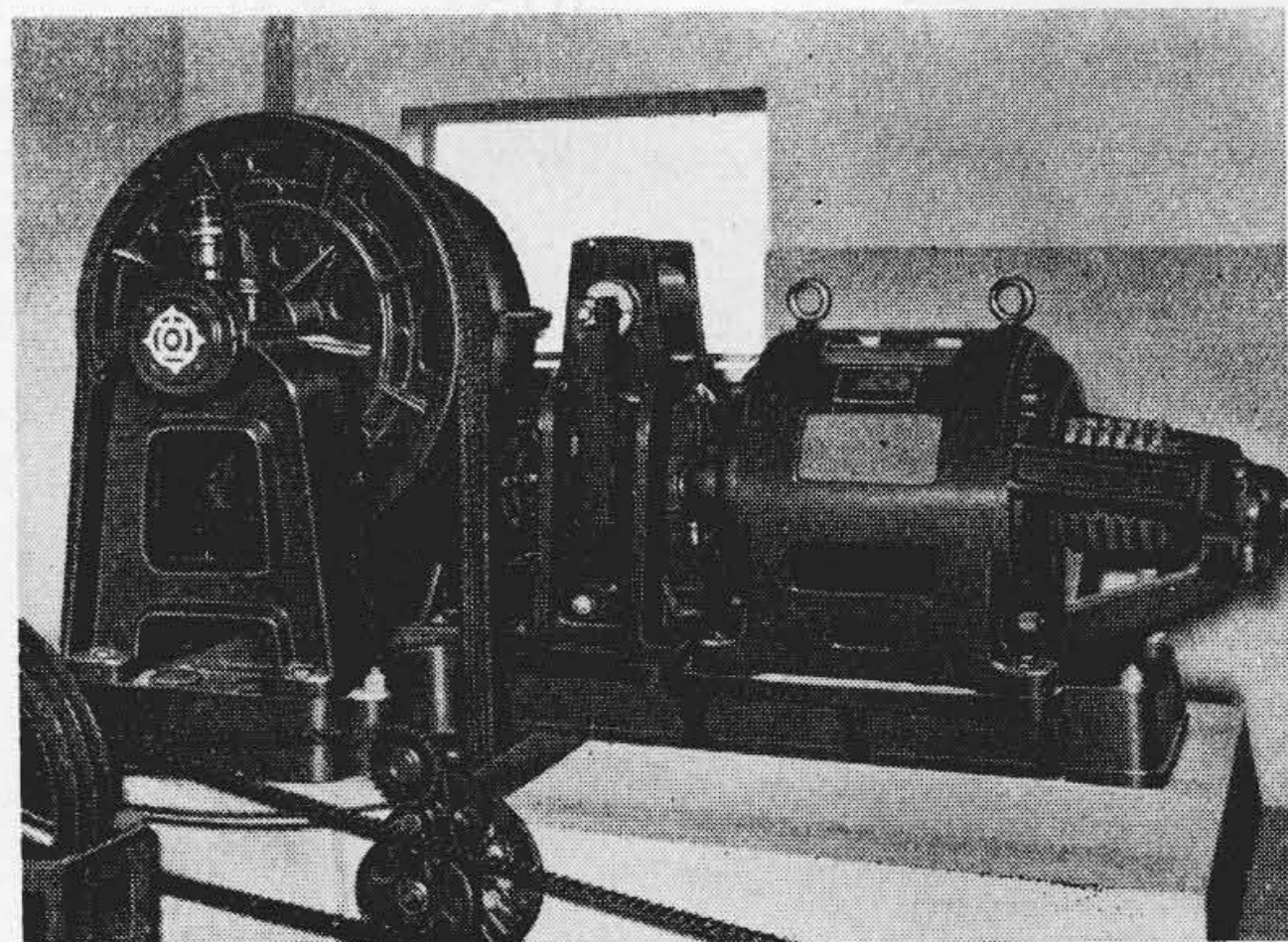
Fig. 8. Schematic Diagram of Two Speed Control (II)



第 9 図 二速度エレベータ用制御盤
Fig. 9. Control Panel for Two Speed Elevator



第10図 二速度エレベータ用減速リアクター
Fig. 10. Retarding Reactor for Two Speed Elevator



第11図 二速度エレベータ用牽引機械
Fig. 11. Traction Machine for Two Speed Elevator

減速度特性上甚だ有利な現象であつて、最も大きな効果を要求される滑り -300% の点では、二次周波数は一次周波数の3倍であるため、二次リアクタンスは一次に於ける場合の三分の一で同一効果を得ることが出来る。又減速によつて二次周波数が低下すれば自動的にその効果は弱まり、制動トルクを十分に発揮せしめることが出来る。

これを一次抵抗によつてトルク T_{G1} を、 T_{G2} 迄制限した曲線4と比較すれば、最大制動トルク及び実効制動ト

ルクが共に大きく、減速理想曲線に近づくことが明かとなるであろう。

以上二速度エレベータの特性改善について述べたが、この方法は第8図制御接続図[II]に示されるように、装置が簡単であり、従つて保守、点検も従来のものに比べて決して繁雑なものではない。先に説明した一般的な二速度制御方式と異なる処は減速方式にあるので、簡単な説明を付け加える。

エレベータが減速停止を行うために、先ず低速接触器#14が閉じて低速巻線に切換えられれば、電動機は誘導発電機となり電気制動を行うが、この時二次側(L)に接続された抵抗RR及び減速リアクターRXによつて、第7図曲線3の如き特性となる。即ち十分に弱められた制動トルク T_{G2} によつてエレベータは円滑に減速を始め、速度の低下と共に制動トルクを増し、中央部では十分な制動トルクによつて速やかに減速する。後半トルクの減少によつてエレベータの減速も次第に緩やかとなり、全然ショックを感じることなく減速を終る。減速完了と同時に接触器#24により二次側を短絡し、電動機の特性を曲線1に復元せしめるので一定に近い着床速度を得ることが出来る。最後にエレベータが目的階に達すれば停止装置が働き、電動機を電源から切離して制動機により停止する。この際負荷の変化に対して着床速度の差が非常に少ないので、床の狂いを著しく縮減することが出来る。(実用新案第385621号)

第9図に二速度エレベータ用制御盤、第10図に減速リアクター、第11図にトラクションマシンの写真を掲げる。

〔V〕 実験結果

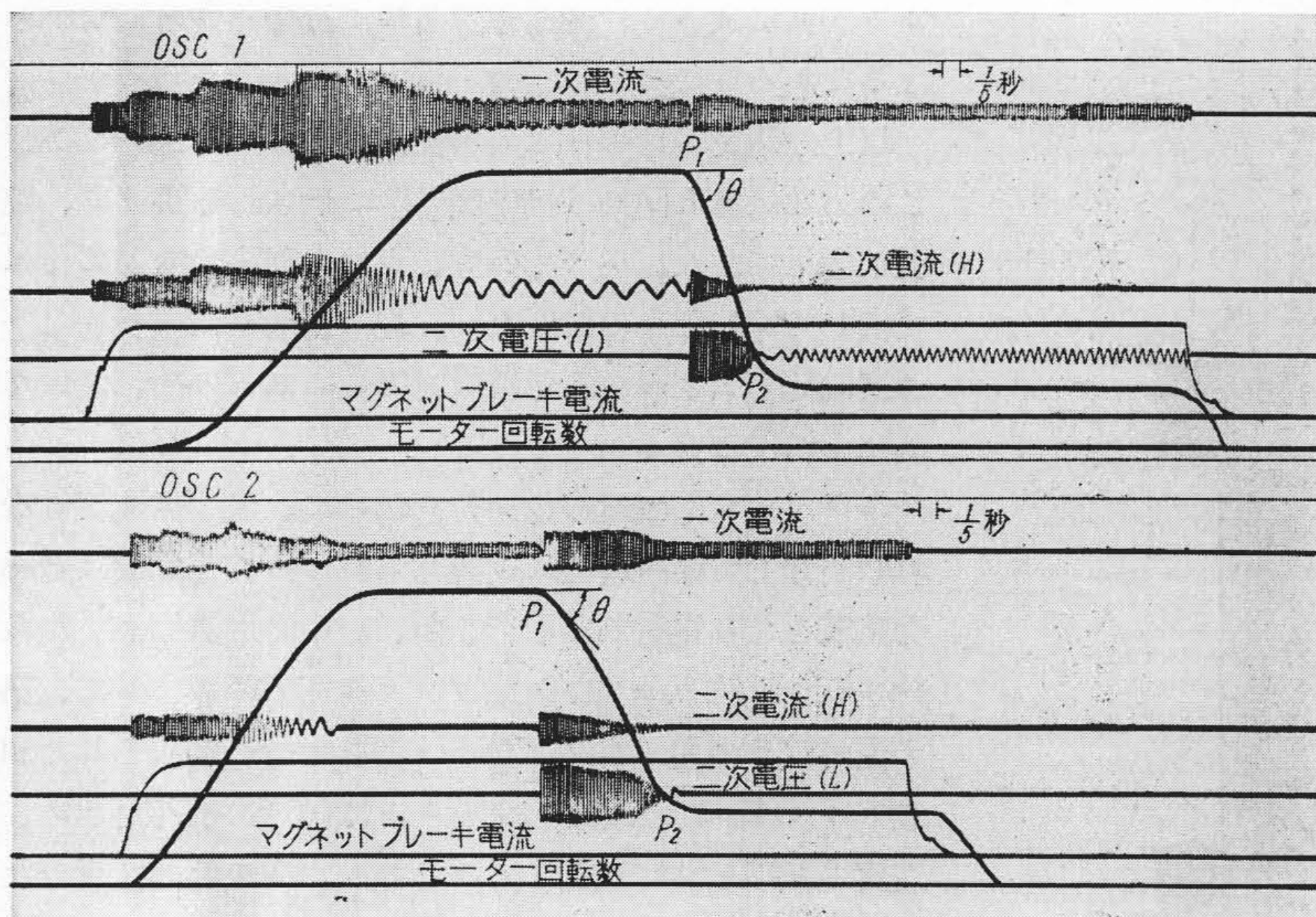
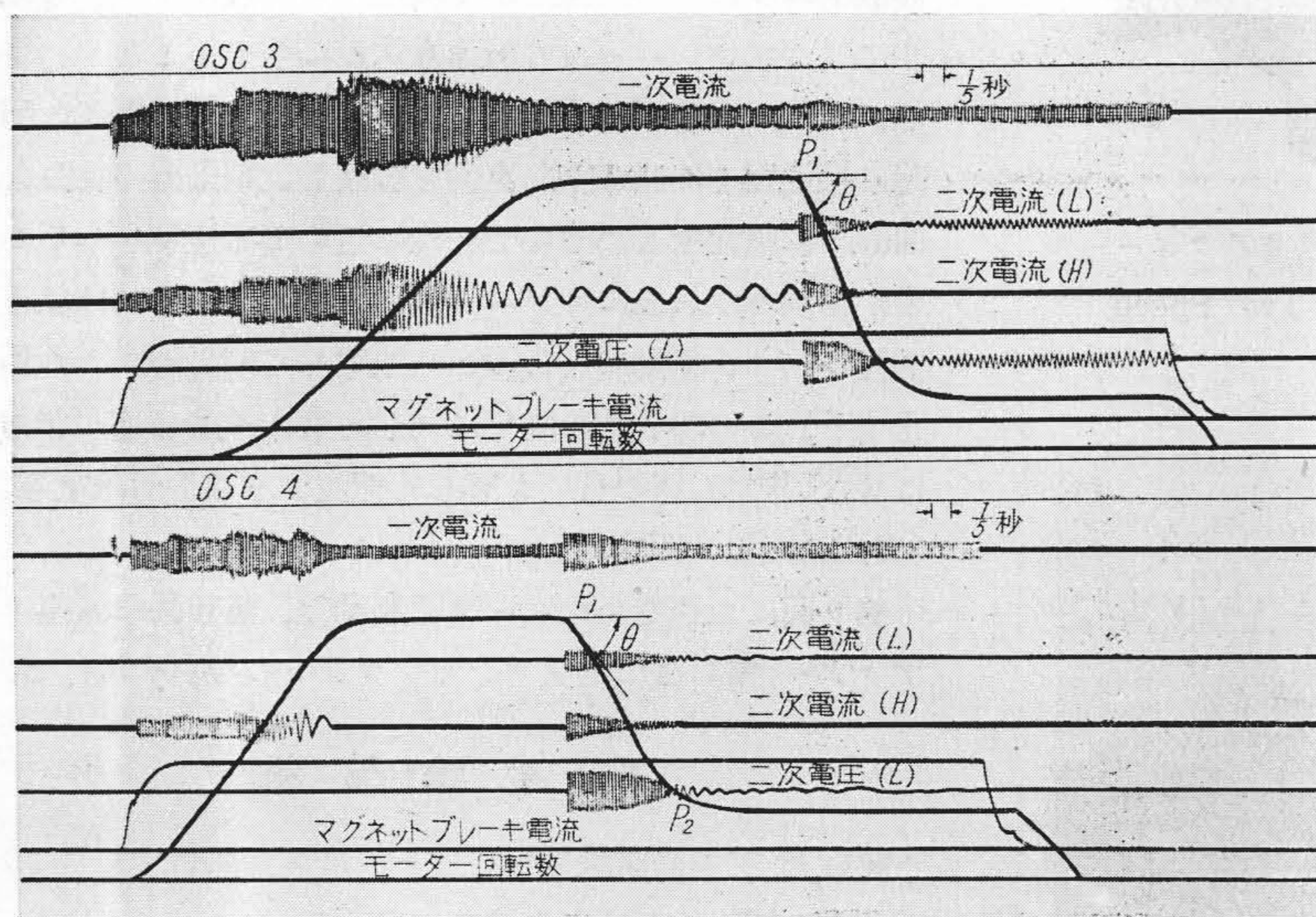
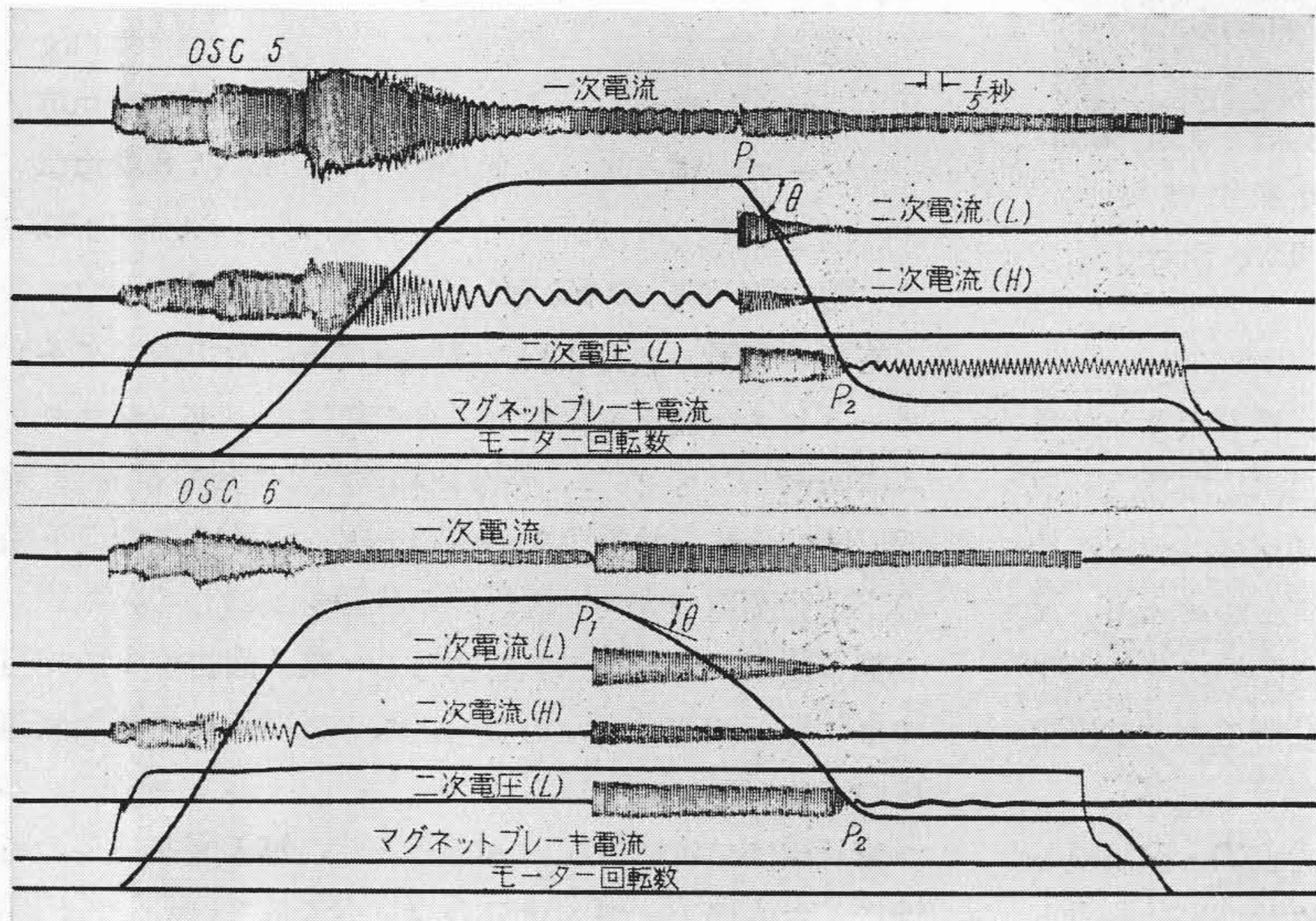
実験は工場の試験塔エレベータによつて行つたもので、その概略仕様は次の如きものである。

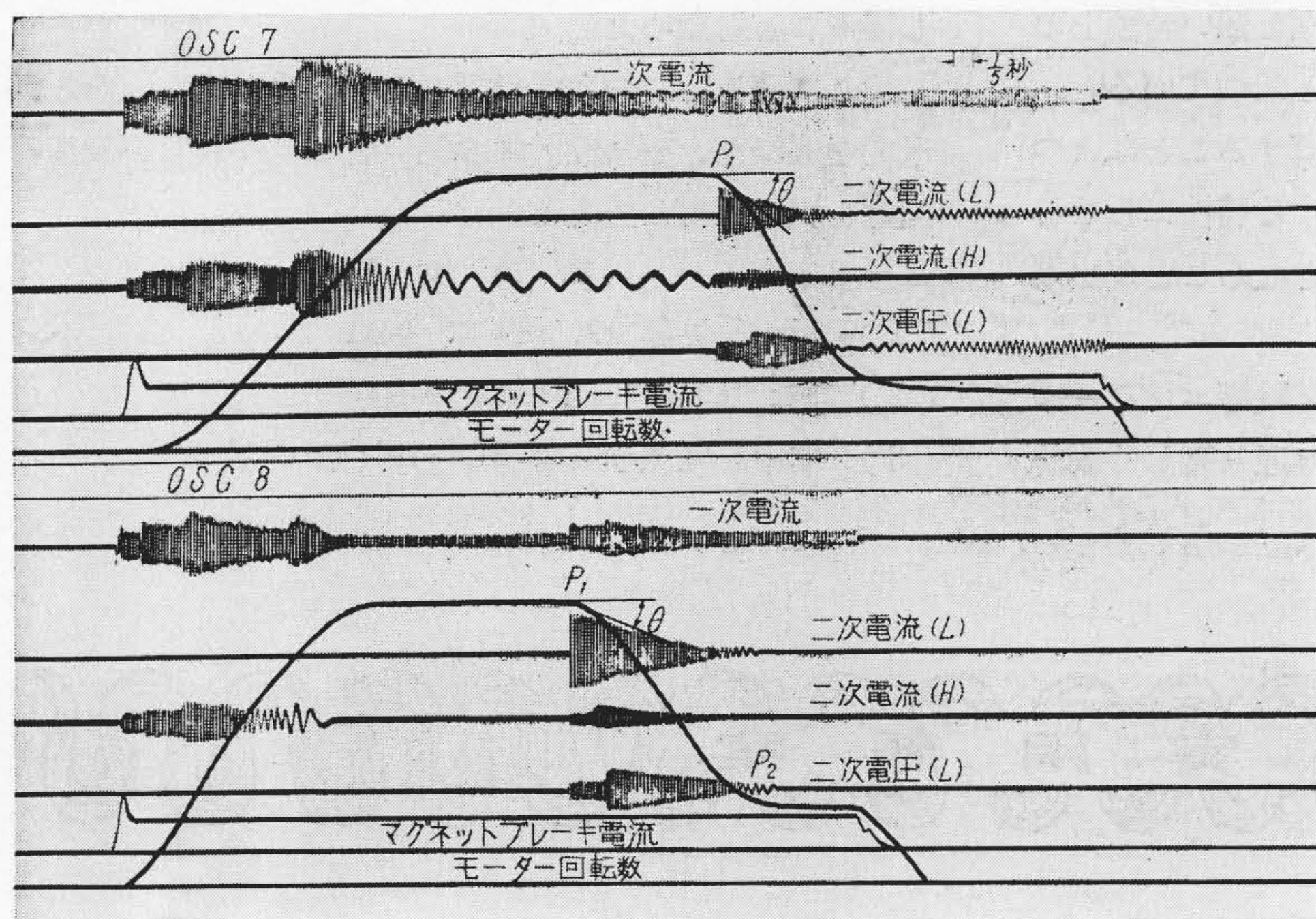
定格荷重.....	880 kg
公称速度.....	80 m/min
シープ直径.....	800 mm
減速歯車比.....	1:31
電動機..	200V 50 $\sim$, 11kW, 1,000-250r.p.m.

第12~15図(次頁参照)は定格荷重に於て、二次インピーダンスを種々変化した場合の特性を、オシログラムに撮影したもので、特性比較のために最も苛酷な条件、即ちそれぞれ上段に全負荷上昇、下段に全負荷下降の不平衡荷重の大きい両極端の状態を表わしている。

第12図は低速側の二次を短絡し、第7図曲線1に相当する状態で減速させたもので、 P_1 の点に相当急激な減速度の変化が現われている。

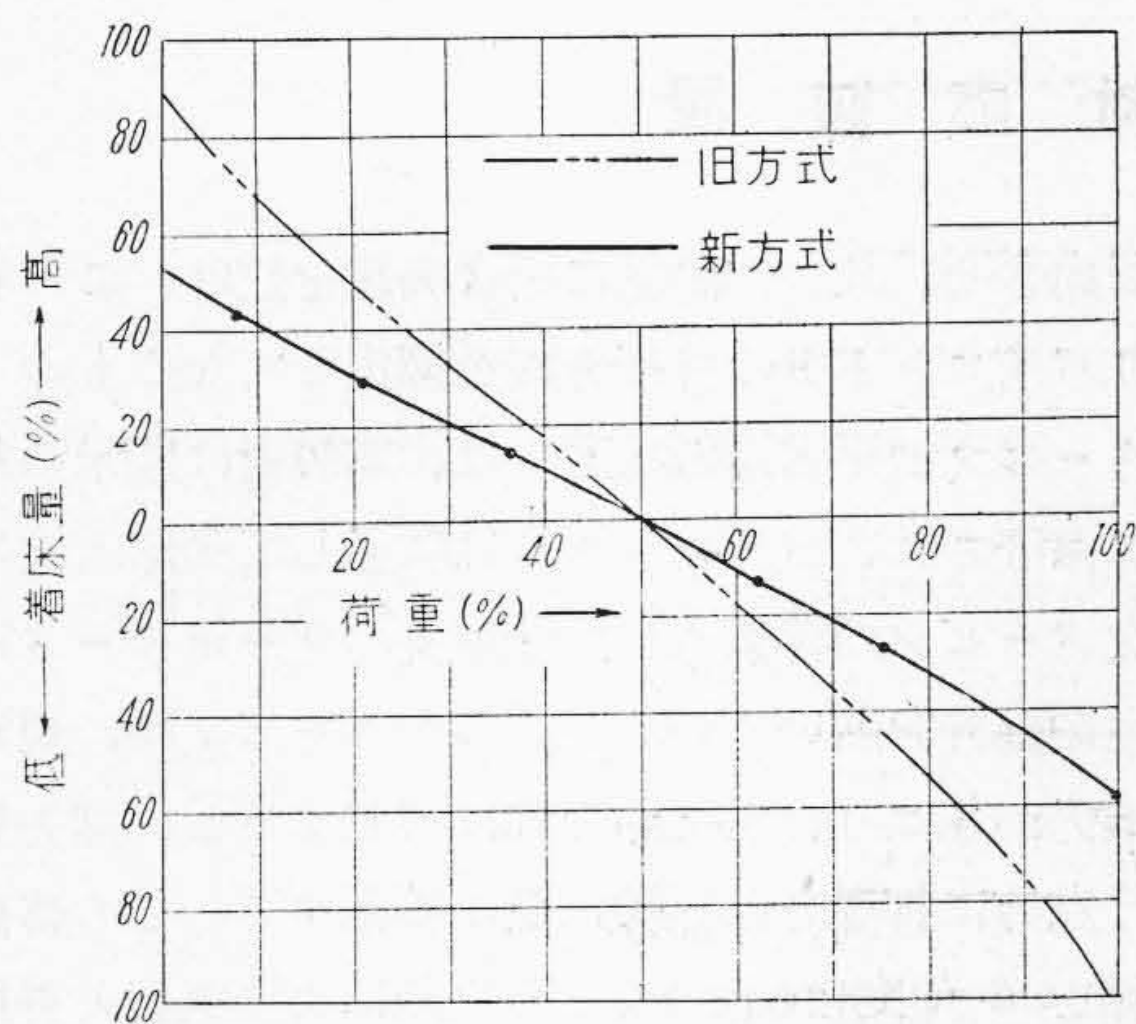
第13図は二次に抵抗のみを挿入し、第7図曲線2の特性にしたもので、減速後期の P_2 点に於ては非常に円滑

第12図 運 転 特 性 (I)
(O.S.C 1 及び 2)Fig. 12. Running Characteristic
(I)
(O.S.C 1 & 2)第13図 運 転 特 性 (II)
(O.S.C 3 及び 4)Fig. 13. Running Characteristic
(II)
(O.S.C 3 & 4)第14図 運 転 特 性 (III)
(O.S.C 5 及び 6)Fig. 14. Running Characteristic
(III)
(O.S.C 5 & 6)



第15図 運転特性(IV)
(O.S.C 7 及び 8)

Fig. 15. Running Characteristic
(IV)
(O.S.C 7 & 8)



第16図 着床差の実測値
Fig. 16. Measured Values of Levelling
Difference

な減速状態を示しているが、トルク T_G が T_{G1} に増加するため P_1 点に於ける減速度の変化は却つて急激となっている。

第14図は更に二次リアクタンスを附加して曲線3の特性としたもので、全般的に円滑性を増しているが、減速完了迄に最大約 3sec を要しており、中間の減速が緩かに過ぎることを示している。

一階床間の距離を最少 3.5m とし、この間で完全に加速及び減速を行わせるためには、減速距離を最大 1.7m 程度にすることが必要で、毎分 80m のエレベータでは減速時間を 2.2sec 以内にしなければならない。このため第15図では減速途中に於て、リアクタンスを約三分の一に減少せしめ、中間の減速度を大きくした。

以上によつて P_1 及び P_2 点の何れも理想減速の形を示しショックを感ずる事なく、減速時間も 2.2sec 内に

第1表 減速特性の比較
Table 1. Comparison of Retarding
Characteristics

No.	減速時間 sec	最大減速度 m/sec ²	減速度変化率% (P_1 点に於ける 最大値)
OSC 1	1.3	1.45	100
OSC 2	1.8	1.05	86
OSC 3	1.2	1.35	110
OSC 4	1.5	1.05	95
OSC 5	1.8	0.94	67
OSC 6	2.9	0.65	38
OSC 7	1.8	1.05	57
OSC 8	2.2	0.8	38

納めることが出来た。

第1表は、第12図より第15図迄の減速特性を数値的に表わしたもので、表中の減速度変化率は、減速に移る点 P_1 に於ける速度曲線の曲り角 θ で、この点のショックの大きさを現わし、OSC 1 (二次短絡、全負荷上昇) の値を 100% とした。

第16図に着床差の実測値を示す。従来の同種エレベータの最大着床差を 100% とし、両者を比較して見たが、大体 40% 以上の減少となつている。

〔VI〕 結 言

以上二速度エレベータの特性について検討を加え、特性改善の一方法について実験を行つた結果を発表したがこれを要約すれば次のようになる。

(1) 乗心地と着床差との間には両立し難い特性上の条件があつて、これが性能向上の妨げとなつている。

(2) 二次側のインピーダンスを制御することによつて、電動機の特性をエレベータの要求する特性に合せることが可能となり、前項の条件を両立させることが出来る。

(3) これを公称速度 80 m/min の試験塔エレベータによつて実験した結果、その性能が予期通り著しく改善

し得ることを認めた。

終りに臨み、二速度電動機の特性格改善にいろいろと御尽力を賜つた、交流設計課の関係者各位に対し、深甚の謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 村山：日評 17, 439 昭 9-9)
- (2) 西：日評 17, 451 (昭 9-9)
- (3) 石山：電気学会誌 51, 119 (昭 6-11)



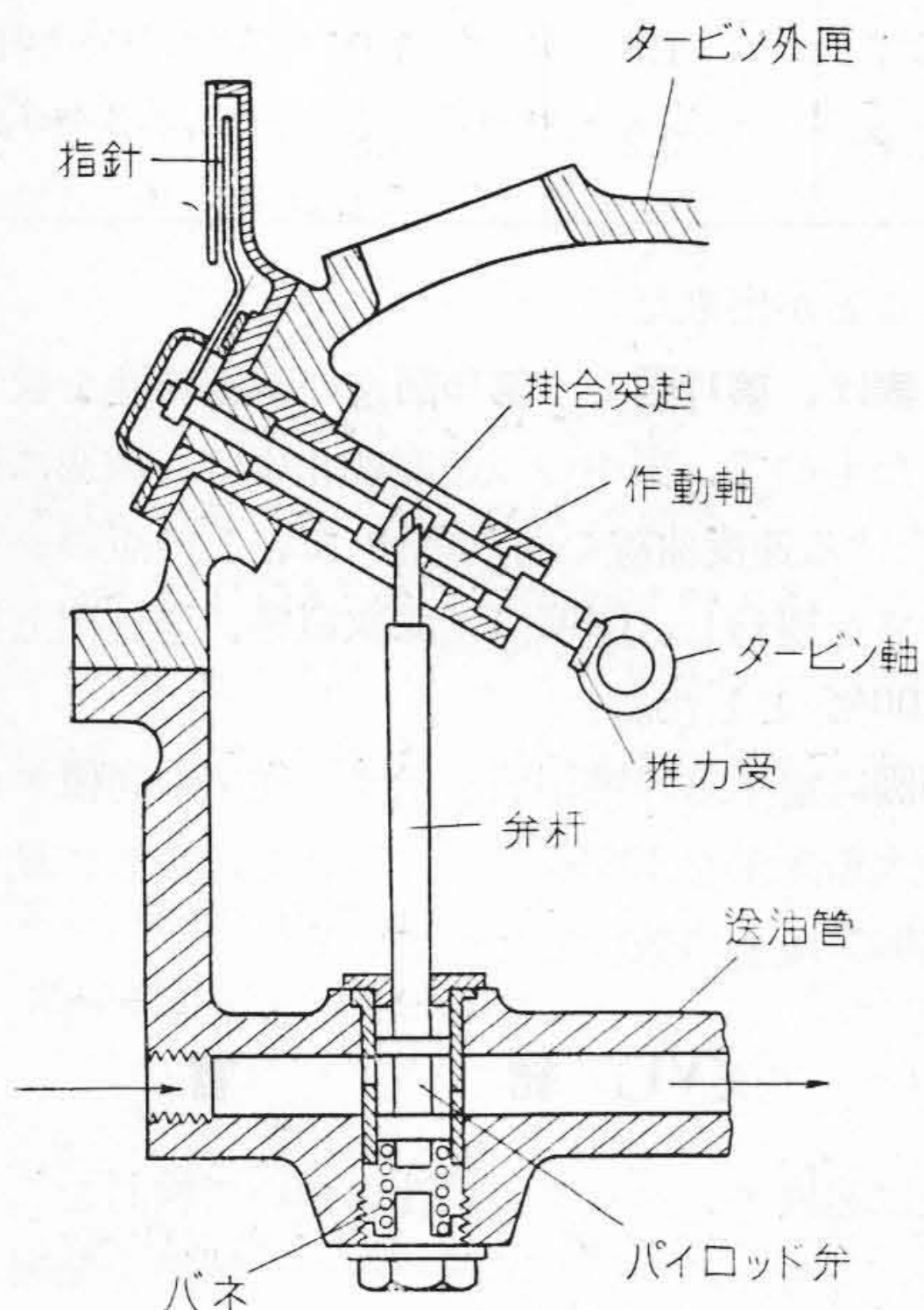
実用新案 第 388818 号

伊 藤 文 夫

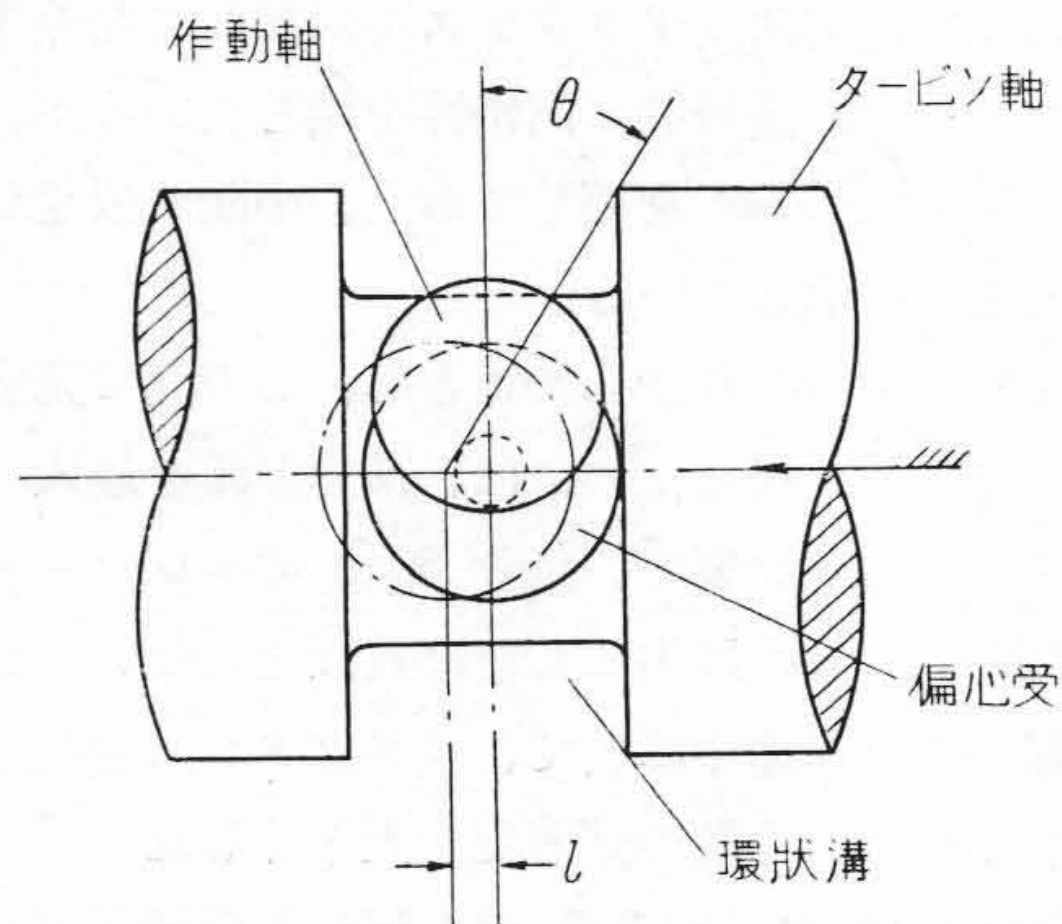
タービン推力対応装置

タービン軸の軸心方向に対向する羽根列及びラビリンスパッキン等固定部対回転部の間隙は、可及的小間隙を保つて高能率運転ができるよう設計される。然るに推力軸受の磨耗により、推力が許容範囲を越えるに至れば、羽根の接触による破壊等の事故を起すので、直ちに主閉塞弁を閉塞しタービンの運転を急停止しなければならない。本案はこのような場合に動作する推力対応装置に関するもので、図面に示すように作動軸の先端に推力受を偏心的に設け、この推力受をタービン軸に切込んだ環状

溝に対向させ、且つ作動軸に掛合突起を設け、この突起によりパイロット弁の弁杆先端を抑止してなるものである。タービンの平常運転状態では、本装置は図示の対向状態に保守され、パイロット弁は開通して矢印方向の操作油をタービンの蒸気入口主閉塞弁のサーボモータに送り、主閉塞弁を開いているが、若しタービン軸に規定以上の推力が加はり、羽根矢印方向に移動すると、推力受は l だけ左方に押動され鎖線位置に移動する。この移動は作動軸を θ 角度自転させ、この自転により突起と弁杆上端との掛合いが外れ、パイロット弁はバネの圧力により上動し、送油管を閉止する。従つてサーボモータへの送油は断たれ、主閉塞弁を閉塞してタービンの運転を急停止するものである。なお作動軸の上端に指針を取付けることにより、運転中推力の程度を指示して、運転管理者の注意を促すことも可能である。 (滑 川)



第 1 図



第 2 図