

日立アルウェーグ用電子式自動列車停止装置 (A T S 装置)

Electronic Automatic Train Stopper (A. T. S. Equipment) for Hitachi-ALWEG

刈谷 志津 郎*
Shizuo Kariya

内 容 梗 概

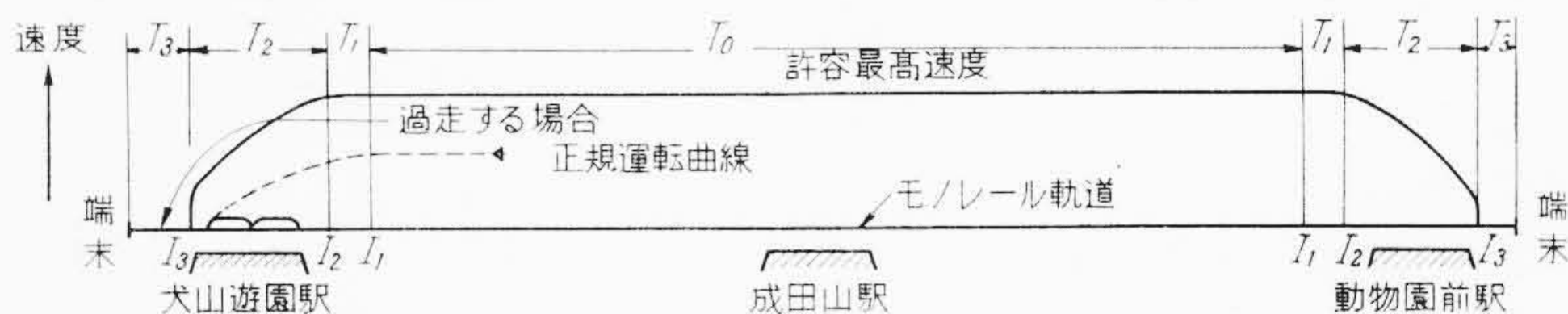
名古屋鉄道株式会社納犬山ラインパークモノレール向けに電子式自動列車停止装置を完成納入した。本装置はモノレール軌条端末における列車の過走事故を防止するために設けられたもので、本装置の採用により終端の過走余裕線路を省略し、保安度をそこなうことなく、建設費の軽減を図ることができた。

1. 緒 言

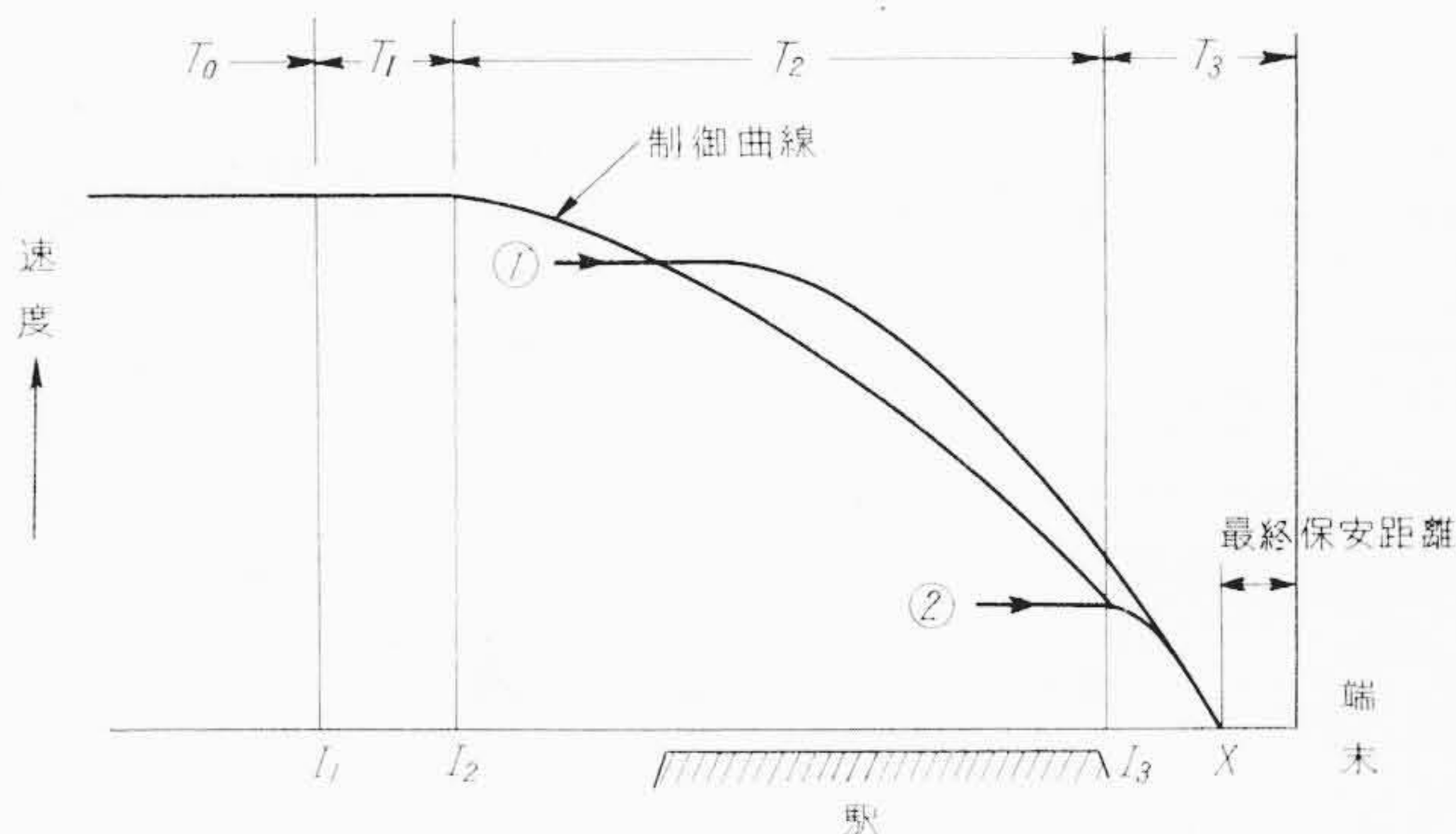
モノレール設備においては、必ず軌条端末に転落防止用の設備を設ける必要がある。その第一は機械的な保護装置で、本路線においても犬山遊園駅側端末に緩衝機付きの転落防護装置が設けられている。本緩衝機は列車が5 km/h 以下の速度でこれに衝突したとき、車両をそこなうことなく停止させることのできるものである。しかしもしこれ以上の速度で衝突するときは、車両の破壊その他の事故が起こることとなる。したがって運転士が列車操作を誤って端末駅を過走するとき、必ず軌条端末以前に列車を停止させる設備が必要である。この種の装置としては古くから用いられてきた機械的のトレンストッパー、あるいはこれをそのまま電氣的に改良した点制御式の自動停止装置が考えられるが、これらの方式を採用するときは、列車が路線許容最高速度で端末に進入する可能性を考えて、制御点より端末まで十分な保安距離をとる必要がある。またこの制御点は通常の扱いを行なう領域内にあってはならないので、保安軌条は、まったく営業路線とは関係なくなり、しかもその設備費は決して少ないものではない。この保安軌条長をなるべく短くし、しかも十分な安全度を確保するため、端末駅に列車が進入した際、運転士の通常の駅停止操作に対してはなんらこれを妨げることなく、しかも非常ブレーキによる連続制御曲線を描いて過走防止を行なうようにしたものが、犬山の日立-アルウェーグに実施したATS装置である。これはさきに名古屋地下鉄の自動運転装置において好成績をあげた定位置停止装置の成果を応用したもので初めて営業線に実施された電子式自動列車停止装置である。本装置を普通路線において地上信号機の赤現示と連動させて、一般の保安用停止装置として使用することも可能であり、その意味でも本装置の完成は重要な意味を持つものといえる。

2. 制 御 の 概 略

第1図に示されるように犬山ラインパークモノレール線の両端末は犬山遊園駅および動物園前駅であり、中間に成田山駅を有する。この路線に図上太線で示されるような速度制限曲線を設定した。もし列車速度がこの速度を越えた場合には本装置により非常ブレーキをかけて列車を停止させる。この曲線は端末駅以外の部分では許容最高速度相当の直線である（犬山の実施例においては40 km/h）。終端駅には I_1 、 I_2 、 I_3 の3地点が定められ、 I_2 から図に示すように過走防止用の制御曲線を発生し、 I_3 点において零になる。以上のように非常ブレーキによる制御曲線の保護のもとに、もし運転操作に誤りがないならば、図において犬山遊園駅に示したように、点線のような運転軌跡を描いて列車は駅に停止するであろう。この場合、運転士の操作はなんらの制約も受けない。もしなにか操作上の誤り



第1図 制御曲線 (全線)



第2図 制御曲線 (端末付近)

などがあって過走する場合は、図上に示すように制御曲線より逸脱して自動的に非常ブレーキの制御を受け、端末に対して十分最終保安距離を余した地点に停車する。これが終端における過走防止機能である。さらに同様にして本装置は中間区間 (図上 T_0 区間) では過速防止機能をもあわせ持つわけである。

さて端末における過走防止機能を第2図によってやや詳しく述べてみる。列車が端末駅に進入して I_1 点を過ぎると、車上装置は距離を検出しはじめ、車上の関数発生器を起動する。次の I_2 点までの区間 T_1 は準備動作区間で関数発生器は動作を開始しているが、その出力は最高制限速度をそのまま保っている。 I_2 点は関数発生器、距離送り機構の動作をチェックするために置かれたもので、この地点通過前後において、これらの故障の有無がチェックされ、同時に関数はブレーキ開始曲線の形となる。この曲線は I_3 点にまで達し、 I_3 点通過後は無条件に非常ブレーキをかけてしまう。通常の駅停止点が I_3 点より外方にあることはいうまでもない。

このように制御曲線は本質的には非常ブレーキ開始曲線で、この曲線の指示する速度と車速が一致したとき、列車に非常ブレーキが指示されるが、その場合、下記各項の条件がそれぞれ悪いほうにかたよったときにも、また列車の進入速度が図に例として示された①、②のように異なっても端末より最終保安距離を余した地点 (図上X点) より内方には、進入しないように設定されている。

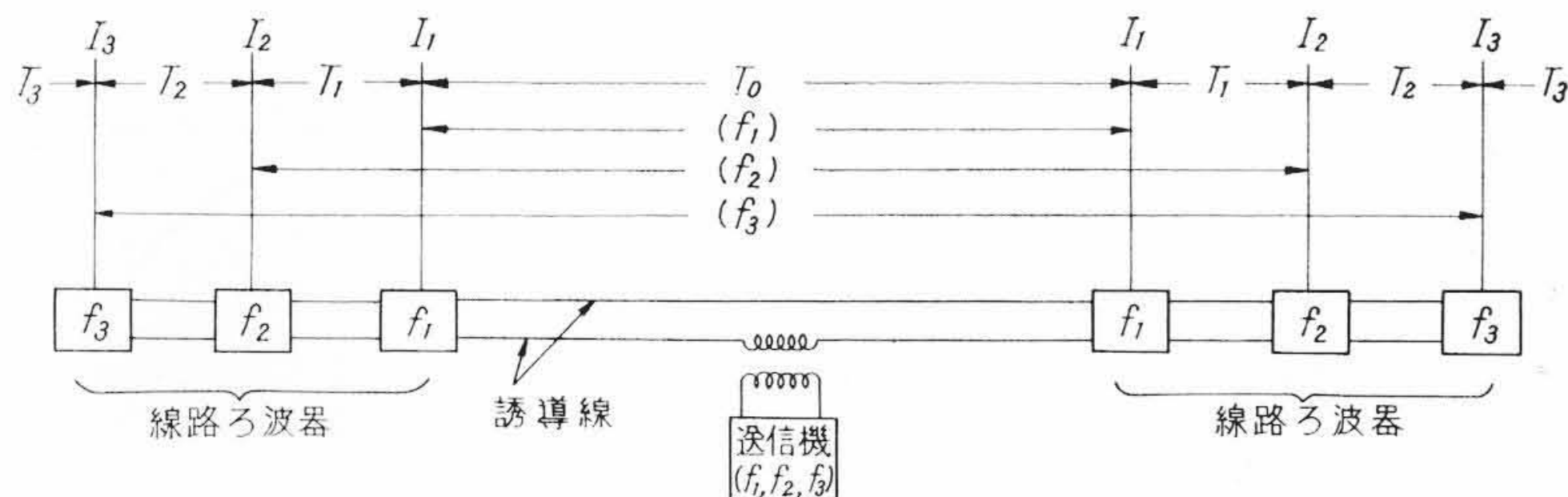
- (1) 非常ブレーキはHSC-D形空気ブレーキで、可変荷重機構の補償誤差そのほかを含めて設定ブレーキ力は4.35km/(hs)の減速度相当以上とする。
- (2) 最大空走時間は電氣的時間ロス0.5秒、その後ブレーキ力

* 日立製作所水戸工場

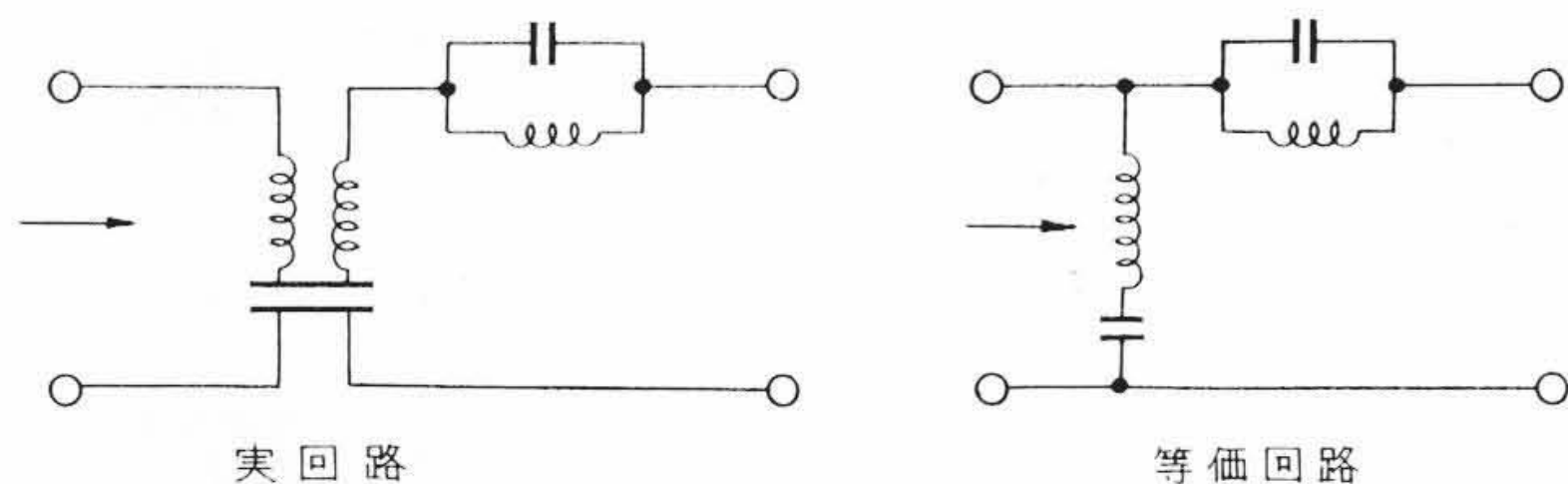
の立ち上がりに至るまで2秒を要し、ブレーキ力はほぼ直線的に立ち上がる。

3. 地点識別方式と地上機器

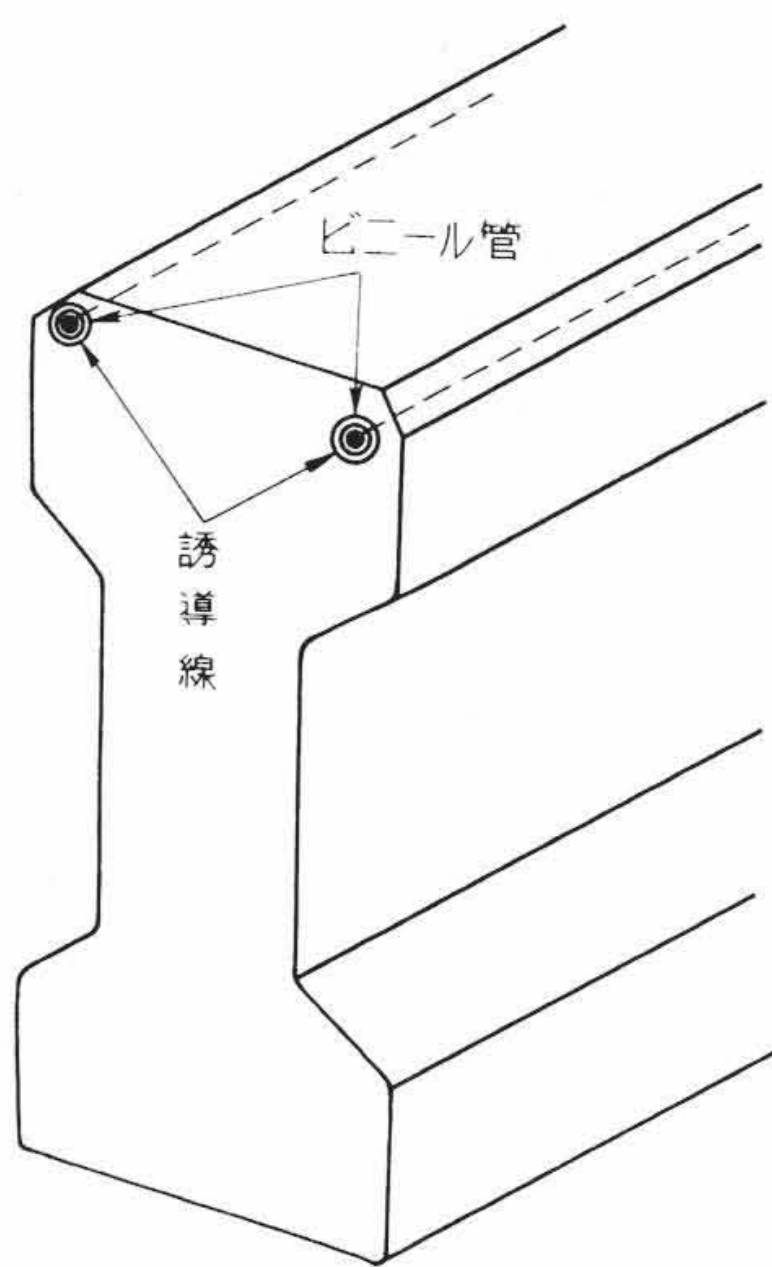
前述のような制御を行なうために列車が各端末駅に進入する際、 I_1 , I_2 , I_3 の三つの地点を、車上において識別する必要がある。モノレールはその特殊軌条の条件より一般用の地上子を用いるには種々の制約があり、またいわゆる点制御方式の欠点である誤動作に対する無補償性を避けるため、連続誘導式の設備を用いて制御地点を検知する方式を採用した。



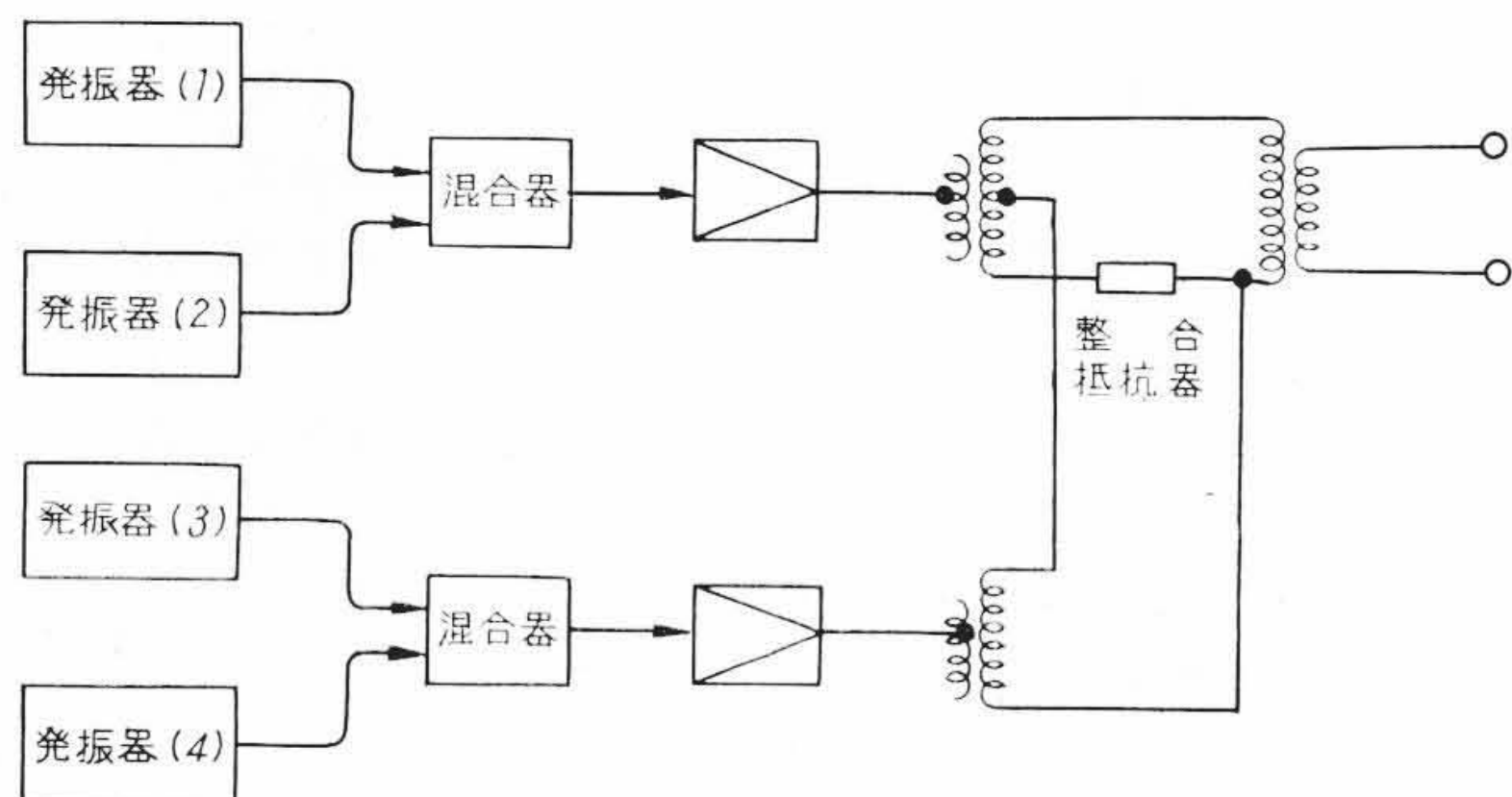
第3図 地上装置の構成



第4図 ろ波器の構成



第5図 誘導線の敷設



第6図 送信機ブロック図

これは第3図において誘導線と示されている本システムの信号伝送路を、モノレール軌道全長にわたって設備し、この回路に中央より f_1 , f_2 , f_3 の3種類の高周波を重畳して送出する。 I_1 , I_2 , I_3 などの制御地点には、第4図に示すような構成を持つ線路ろ波器を設ける。本ろ波器は、並列素子によって特定周波数を短絡し、かつ直列素子によって次区間への漏えいを防ぐような機能を持っており、第3図上ろ波器内に書かれた信号周波数は、それぞれ、そのろ波器設置地点において短絡され、阻止されることになる。したがって、車上において走行中の軌道に敷設されている誘導線の信号を検知して、そのときの走行区間を知ることができるとともに、信号周波数の

組み合わせの変化によって制御地点を検出することが可能となる。すなわち T_0 区間を走行中は $f_1 \sim f_3$ の3周波数を検知し、この場合、ATS装置は、40 km/h の過速防止装置として動作する。 I_1 点を過ぎて T_1 区間に入ると、 f_1 が消滅し、このことによって車上の関数発生器が動作を開始する。次に f_2 も消滅するとそのときに距離送り系その他の動作の良好なることを確認する動作を行なう。もし f_3 も消滅したならば I_3 点を越えて T_3 区間に入ってしまったのであるから無条件に非常ブレーキを動作させる。

連続誘導式の地点識別方式を採用したことにより、地上-車上間の信号伝送系は完全に fail-safe にすることができた。たとえば、車上受信系に故障が起きて信号受信不能になった場合は、 T_3 走行中と同様な現象となり、無条件に非常ブレーキが作用する。その詳しい説明は省略するが、線路ろ波器、地上送信機についても、その故障が全チャンネルにわたる場合も、単一チャンネルの場合も常に fail-safe になるように考慮されている。

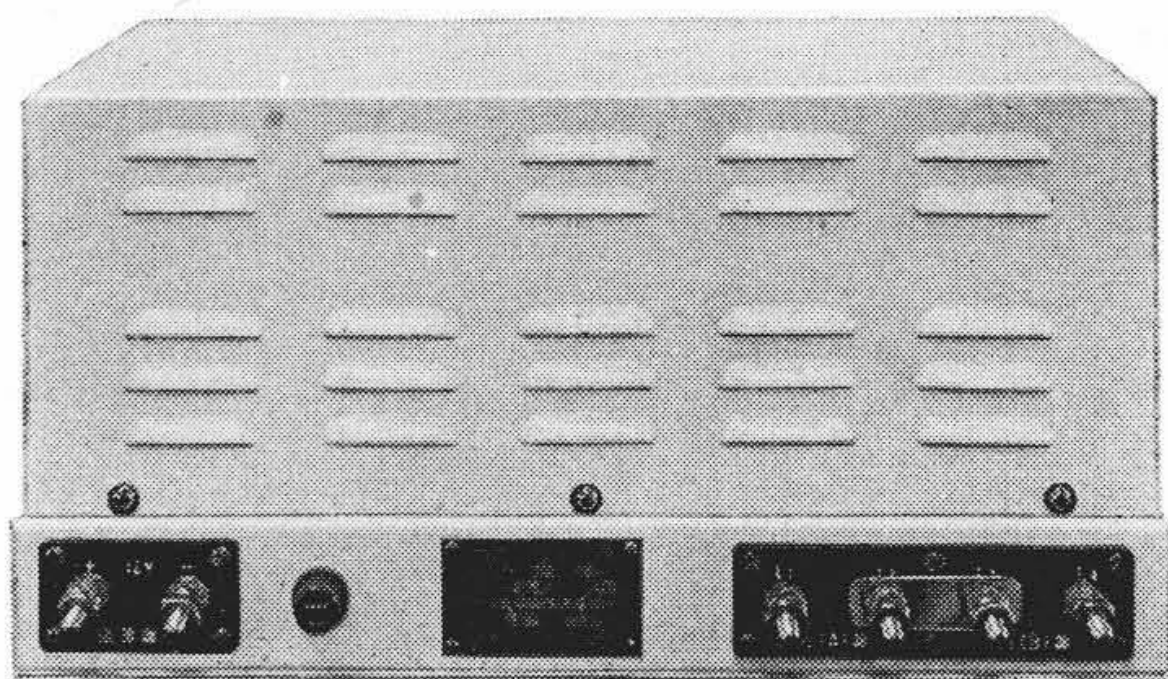
地上誘導線は第5図に示すようにコンクリート軌道両肩部に、ビニール管に納めて埋め込まれている。地上送信機は犬山ラインパークモノレール線中間駅成田山駅に置かれ商用電源より浮動充電されている蓄電池により駆動され、AC電源停電後も30時間以上の動作を保証している。構成は第6図のようなもので、全トランジスタ化され、一つの予備用周波数を持つ四つの発振回路と、それを二周波合成する混合回路およびそれをハイブリッド接続ののち、さらに誘導線に直列き電するためのき電回路よりなっている。出力周波数は4.00, 4.85, 5.77, 7.00 kcの4周波で、このうち4.00 kcは予備で、出力は各周波数について2.5 W以上である。線路ろ波器の中心周波数もこれらの周波数である。

第7図に地上送信機の外観写真を示す。

4. 車 上 装 置

車上装置は第8図のブロックダイアグラムに示すような構成をもっている。

前述のように、制御地点の識別のために軌道全線にわたって誘導された高周波信号は、受電器を経てトランジスタ化された受信機回路に与えられる。その結果、信号は各周波数に対応したリレーの動



第7図 送信機外観図

作に転換され、論理制御回路に与えられる。列車の制御地点通過はこれらのリレーの動作によって識別され、それによって距離送り機構を制御し関数発生器を駆動する。速度発電機としては永久磁石形交流速度発電機を2台とう載し、その中の1台はパルス発生器付きで制御用に用いられる主速度発電機であり、ほかの1台は主速度発電機系の故障検出に用いられている。主速度発電機のパルス発生器は、速度電圧発生部のロータ回転数の $\frac{1}{5}$ 回転数で回転する2分割セグメントで、これにより距離送り機構のパルスモータを駆動して距離入力を与え、ポテンシオメータによる関数発生器を回転し、電圧の形で制御関数を発生している。一方主速度発電機は、整流、増幅後、制御関数電圧とともにトランジスタ差動増幅器形比較器の入力となり、その大小が比較され、もし制御関数より列車速度が高いときは非常ブレーキ指令をブレーキ機構に与える(T_0 区間走行中はポテンシオメータの端子電圧は40km/h相当で過速防止装置として働いている)。これら直流増幅器比較器および比較器の出力側に用いられるリレー駆動用の電力増幅器などのトランジスタ回路は、静的論理素子として開発されモールド化された“トランジログ”を用いている。また、論理制御回路はワイヤスプリングリレーを主体として構成されている。

以上の各部分の故障については、種々の方法によって fail-safe となるように考慮が払われている*。たとえば速度電圧回路は主速度発電機系に対して副速度発電機系がその故障を看視するようになっており、また距離送り機構の動作は、第2図において I_1 点通過時、動作を開始させ、 I_2 点通過時、 T_1 区間長に対応する角度だけ系が回っているかいなかをもって故障の有無をチェックし、比較系は I_1 点通過時、入力電圧の極性切換回路によって、応答を故意に変化させて正常動作を確認する、などの方法をとっている。このように起こりうる故障をすべて考慮して fail-safe になるように構成されている点は本装置の重要な特長の一つである。

第9図に車上装置本体外観、第10図に表面ふたを取り除いた内部写真を示す。

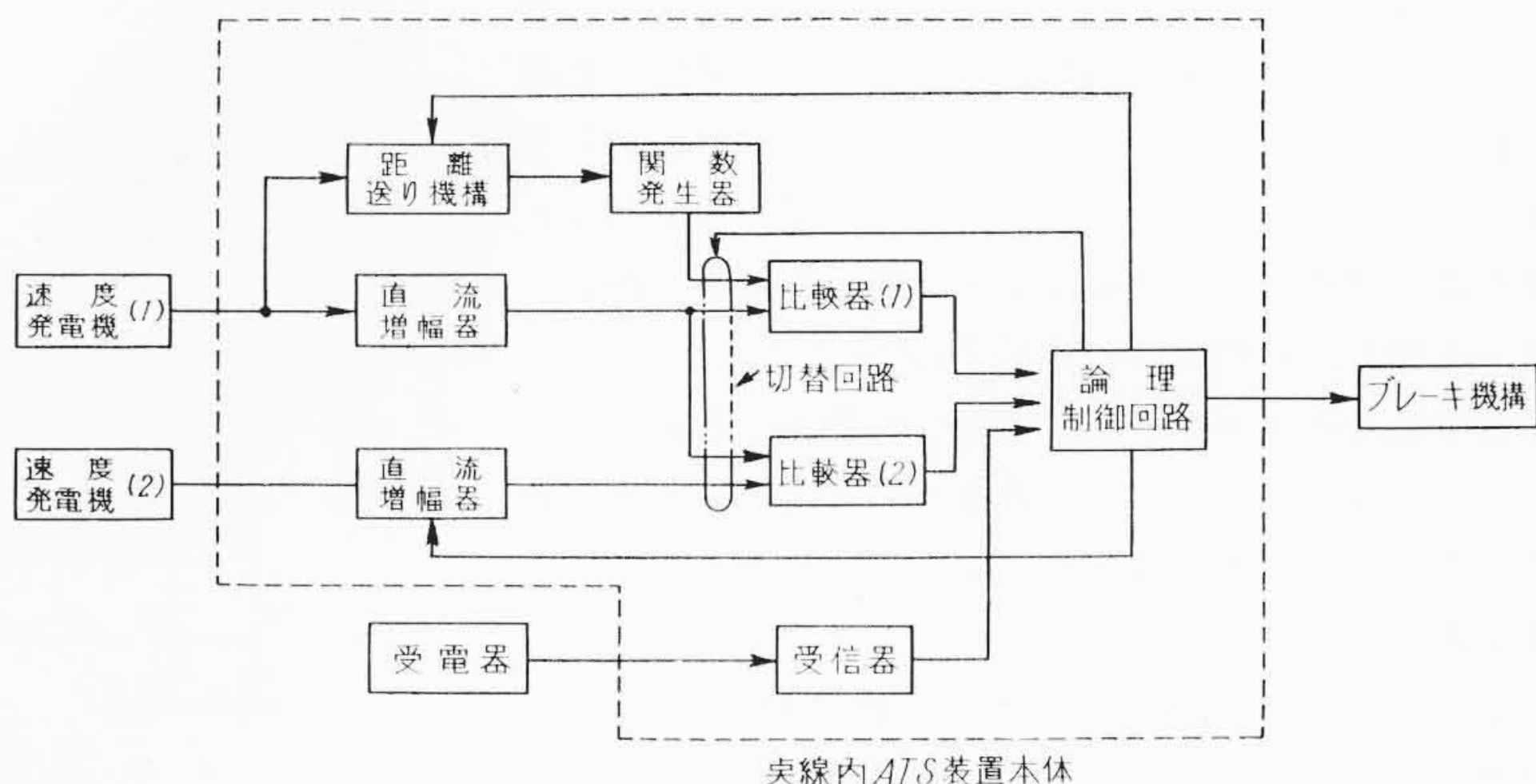
5. 実際運転との関連

2, 3の説明で明らかのように、地点の識別は列車の受電器の取付位置を基準として検知される。したがって、一編成当たり、ATS装置一組とするため、動物園前駅側と犬山遊園駅側とでは制御用の線路ろ波器の設置位置を列車一編成長分だけ相対的にずらしてある。編成の犬山遊園駅側先頭に受電器を置いたため、遊園駅に進入するときは列車先頭を制御の基準とし、動物園前側進入時は編成後尾を基準にとっておくことになる。

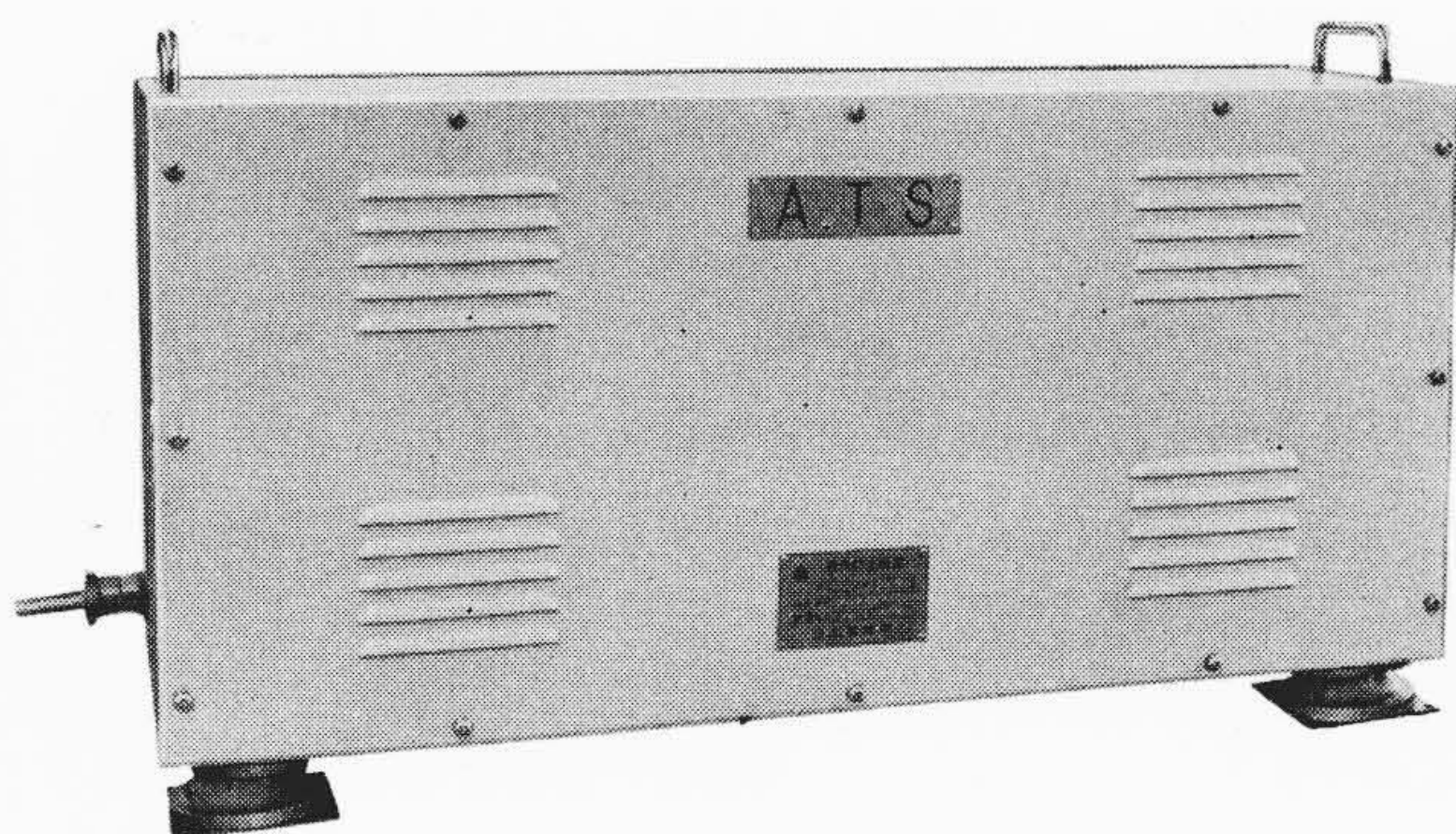
また、保安距離前方に車庫のある動物園前駅側では問題ないが、犬山遊園駅側では、一編成運転時、他の一編成を端末側に留置して置くことがありうる。2編成時と1編成時の駅停止位置は、後尾をそろえることにしたので、2編成時のATS装置は、進行方向に対して後側の編成のものをを用いることにした。

一方、駅停止を行なった際、過走防

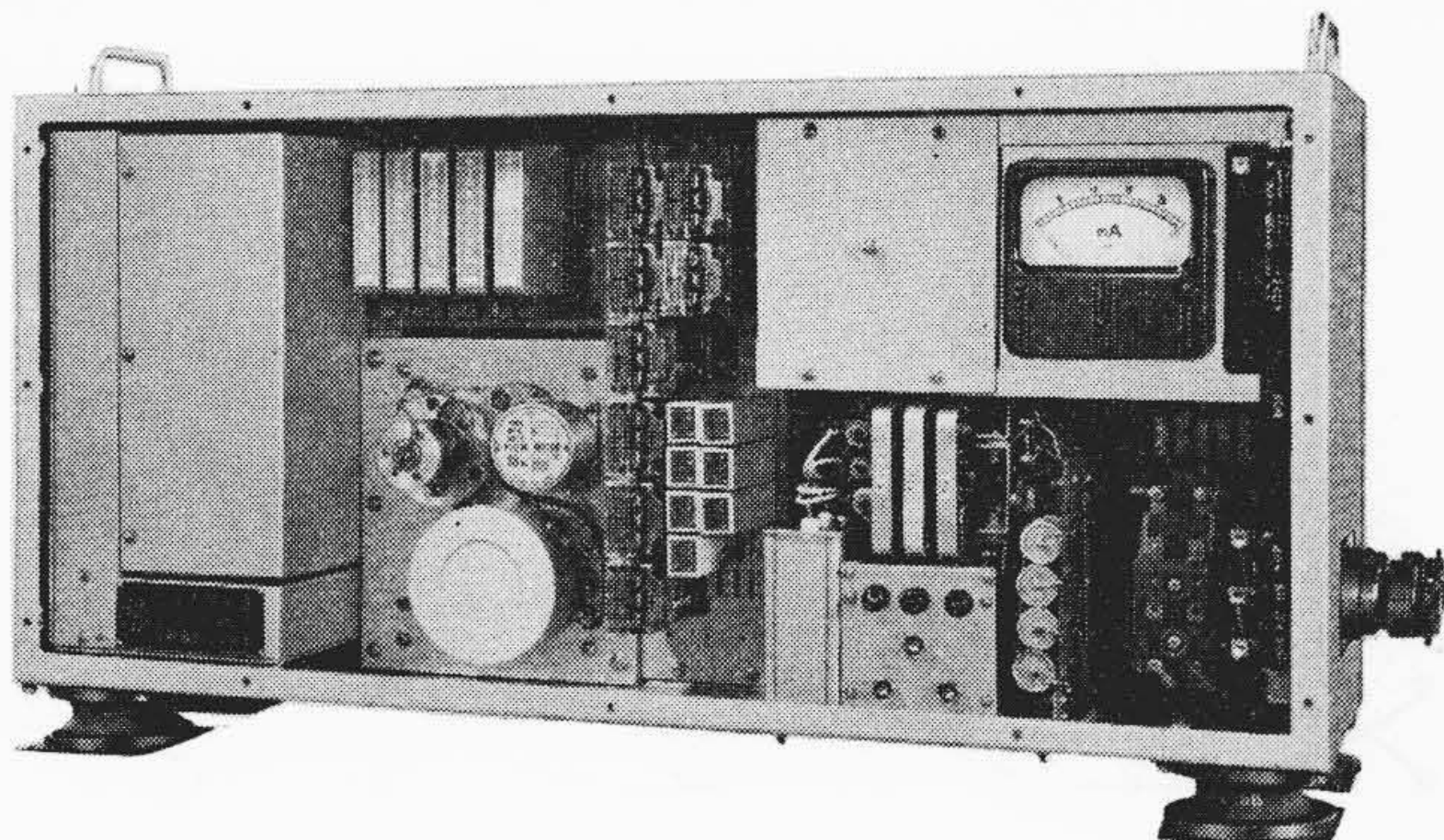
* 特許出願中



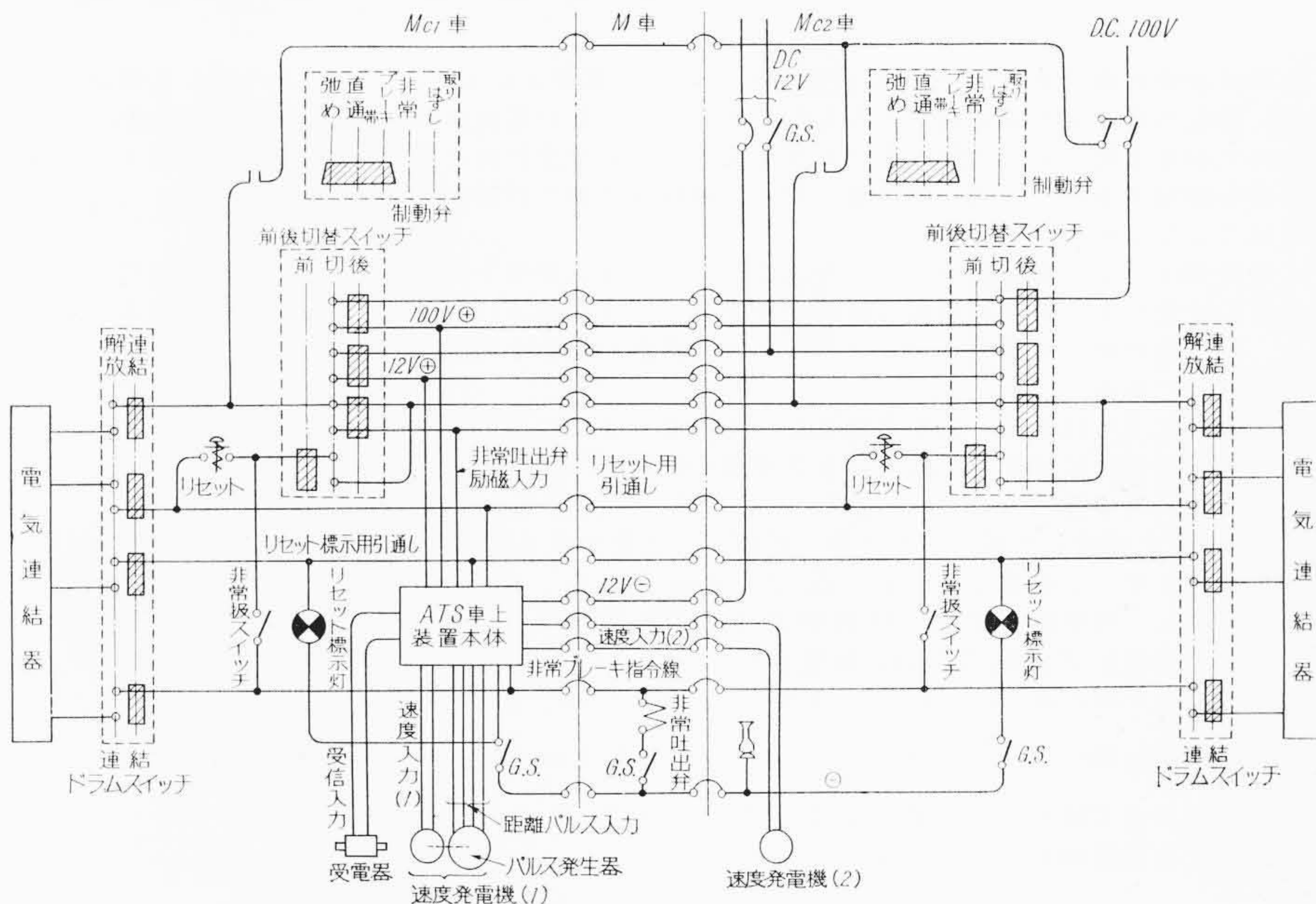
第8図 車 上 装 置 ブ ロ ッ ク 図



第9図 車上装置本体外觀



第10図 車上装置本体内部



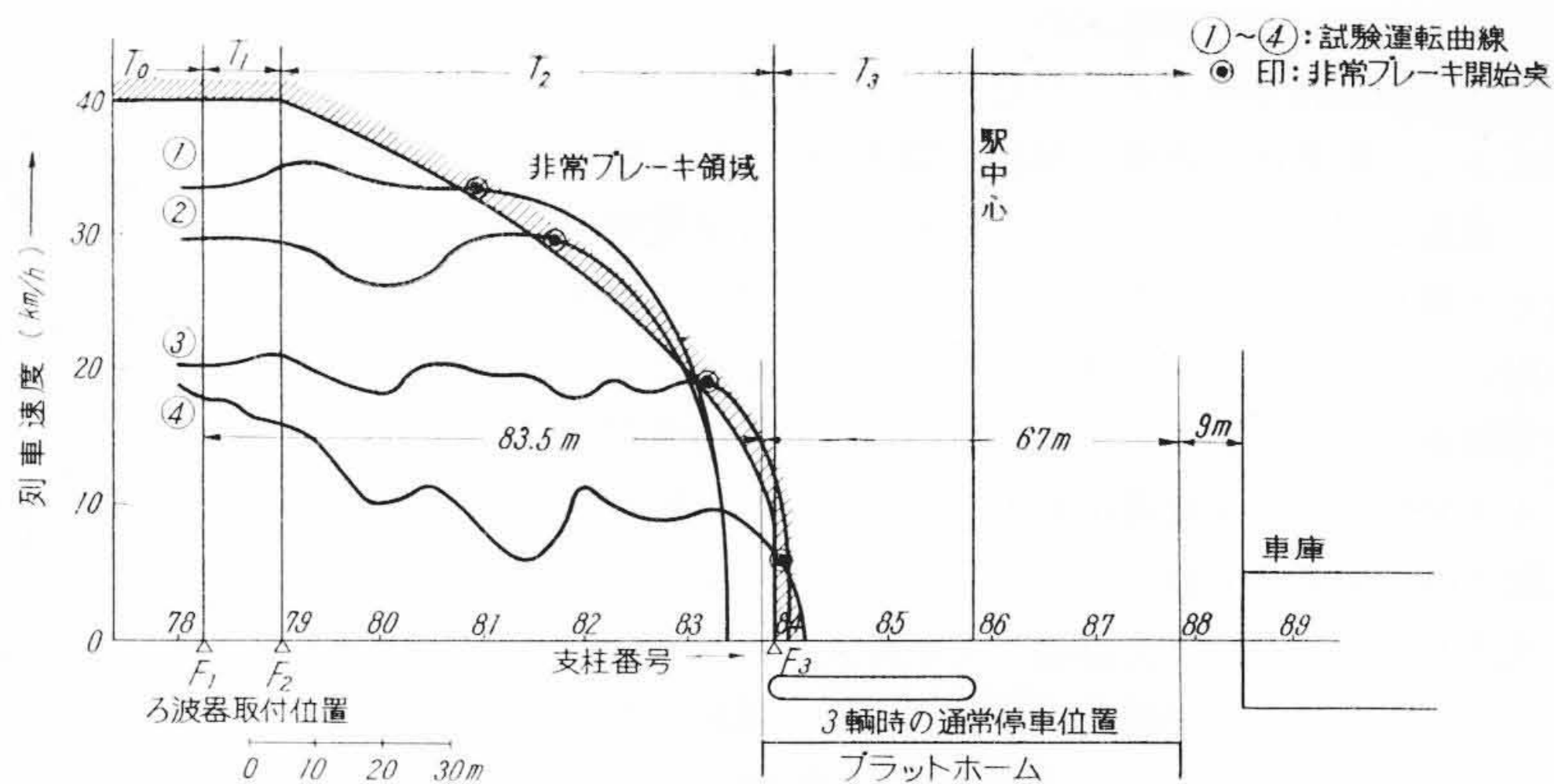
第11図 車上装置機器間配線図

止用の制御曲線にかかったといなとを問わず、端末駅に進入してのち、逆行運転を行なうときは関数発生器は動作しているので、これをリセットしてやる必要がある。また、逆行して発進したのちは $T_2 \rightarrow T_1 \rightarrow T_0$ と逆に進行するので、運転士はその際、リセット押しボタンを押し、その後、列車が T_0 区間に進入したのち、回路は完全にリセット状態になり再動作するようにした。このリセット扱いは、過速して非常ブレーキが動作したのち、あるいは車庫内などの非設備区間に進入する際にも用いられるが、車両が停止したときでないと扱えないようになっており、さらに ATS 装置が動作状態にあるか、リセット状態にあるかを示す標示灯を運転室内に設置している。また、本装置が故障した際、これをブレーキの制御から切り放して完全な手動運転ができるように非常運転スイッチが設けてある。

以上の諸付属回路を示す車上装置機器間配線図を第 11 図に示す。

6. 結 言

本装置をとう載したモノレールカーの ATS 装置動作試験は、日立製作所笠戸工場モノレール試験線路における予備試験を経て、犬山ラインパークモノレール線において詳細に行なわれた。その結果、端末駅進入試験、中間の過速試験とも所期の性能を十分発揮するものであることが確認され、運輸省の監査に合格した。犬山ラインパークモノレール線はさる 3 月 21 日より営業運転を開始し、その後好調な動作を続けている。第 12 図に監査時の端末駅進入現車試験結果の一部を示す。



第 12 図 動物園前駅における現車試験結果

本 ATS 装置は、これを一般の列車に採用して、赤信号に連動するようにすれば、保安装置としての自動列車停止装置として用いることができ、また、駅停止に用いられる定位置停車装置の母体ともなるもので、このたびこの種装置として初めて営業運転に実用され成功を取めたことは、列車の自動制御技術を大きく前進させたものとして意義深いものがある。今回の実施を契機として、さらに本関係技術の進歩と製品化を進めたいと考える。

終わりにあたって、設計当初より種々な面でご指導を賜った名古屋鉄道株式会社の関係者各位ならびに本装置の地上設備および受信装置を製作された日本信号株式会社の関係者の方々に深じんなる謝意を表する次第である。



特許 第 290382 号

特 許 の 紹 介



木 村 尚 一

交 差 線 輪 形 測 定 装 置

比率計接続の測定装置は、その交差線輪に流入する電流比により、線輪に回転力を与えて測定指示するものであるため、その電流比がきわめて少なくたとえば $0.9 \sim 1.1$ のような範囲で比率計指針はその全目盛を移動するので、同一測定量に対して線輪間に働く回転力がきわめて少なく感度が悪い。

この発明は、交差線輪の一方の線輪には、基準となる電流と測定量に応じて変化する電流との和の電流を流通させ、また他方の線輪には、その差の電流を流通させ、これにより高精度の指示を得ようとするものである。

図において、1 は基準となる交流電源で抵抗 2 および整流器 3 を通して交差線輪 4 に接続してある。交差線輪 4 は線輪 C_1 および C_2 よりなり、一方の線輪 C_1 には抵抗 R_1 を、また他方の線輪 C_2 には抵抗 R_2 を直列に接続してある。5 は測定量に応じて変化する電圧 E_2 への接続端子で、この端子間の電圧 E_2 は変成器 6 を介して適当な値に変成され、可変抵抗 7 および整流器 8 を通して前記交差線輪 C_1 、 C_2 および抵抗 R_1 、 R_2 の回路に給電される。

いま測定量が零の場合は、 E_2 による電流 $I_2 = 0$ となることから、交差線輪 C_1 、 C_2 間の電流比は $r = \frac{i_1}{i_2}$ の位置で平衡を保っているが、測定量がある値を示した場合は、電流 I_2 は抵抗 R_1 、 R_2 には i_4 として、また交差線輪 C_1 、 C_2 には i_3 として分流する。

この時交差線輪 C_1 、 C_2 について考えると、線輪 C_1 には基準電流 i_1 および測定量に応じた電流 i_3 の和の電流が流れ、また線輪 C_2 には基準電流 i_2 および測定量に応じた電流 i_3 の差の電流が流れ、したがって電流比は $r = \frac{i_1 + i_3}{i_2 - i_3}$ となり電流比を拡大でき、線輪 C_1 、 C_2 間に働く回転力の差を大とすることができ、また高感度の交差線輪形測定装置とすることもできる。

(須 田)

