

東武鉄道株式会社 納
全無接点式自動列車制御装置
All Magnetic and Contactless Automatic Train Control Equipment
Supplied to Tōbu Railway Co.

福岡卓二* 後藤隆雄*
Takuji Fukuoka Takao Gotō

内 容 梗 概

最近の激増する輸送量に対処するため、列車を高速化し、列車間隔を短縮して、輸送能率の向上を図ると、運転の安全性がますます重大な問題となってくる。この課題に対して必然的に、列車の自動制御が要求されてくる。

これには種々の方式があるが、ここに紹介する ATC 装置 (Automatic Train Control Equipment) は東武鉄道株式会社の帝都高速度交通営団 2 号線相互乗入車用として納めたもので、地下線という特殊条件のもとで、信号による速度制限を自動的に行なわせ、運転士の信号無視などによる事故を、未然に防止する保安装置である。

1. 緒 言

運転の自動化の目的は、輸送力を増強するに際して、安全度を高めることにあって、ATC 装置としては、高度の信頼性を有するとともに保守が簡単なことが必要である。この条件を確保するため、本装置は全無接点式に構成され、しかも堅ろうな密閉構造が採用されている。そのため、車両の過酷な条件のもとでも十分その性能を発揮することができる。この種の装置としては最初の床下ぎ装形で、従来の車両機器とまったく同条件で使うことができる。

本装置には、軌道回路の閉塞条件により地上信号機の現示する制限速度が与えられ、その制限速度以下に列車速度を維持するように主制御器および空気ブレーキを自動的に制御するものである。列車速度が制限速度以下であるときは、運転は運転士にまかせられ、制限速度以上に過速したときだけ自動的にブレーキを作用させる自動速度制限装置である。

2. 仕 様 の 概 要

本装置は主として帝都高速度交通営団 2 号線において使用される。営団地下 2 号線には軌道回路 (連続誘導式高周波軌道回路) が設備されていて、地上線に延長され北千住駅に至っている。北千住駅より日光側には軌道回路が設備されていない。すなわち日光側より同駅に進入する駅停止制動距離内に、軌道回路の設備と非設備の接続区間がある。列車が設備区間から非設備区間、あるいは非設備区間から設備区間に進入するときはそれぞれに適用しうるように本装置を切り換えなければならない。設備区間では本装置は地上の信号に応じた制限速度で自動的にブレーキ制御するが、非設備区間では ATC 装置出力継電器は保持され、運転は運転士の操作にゆだねられる。

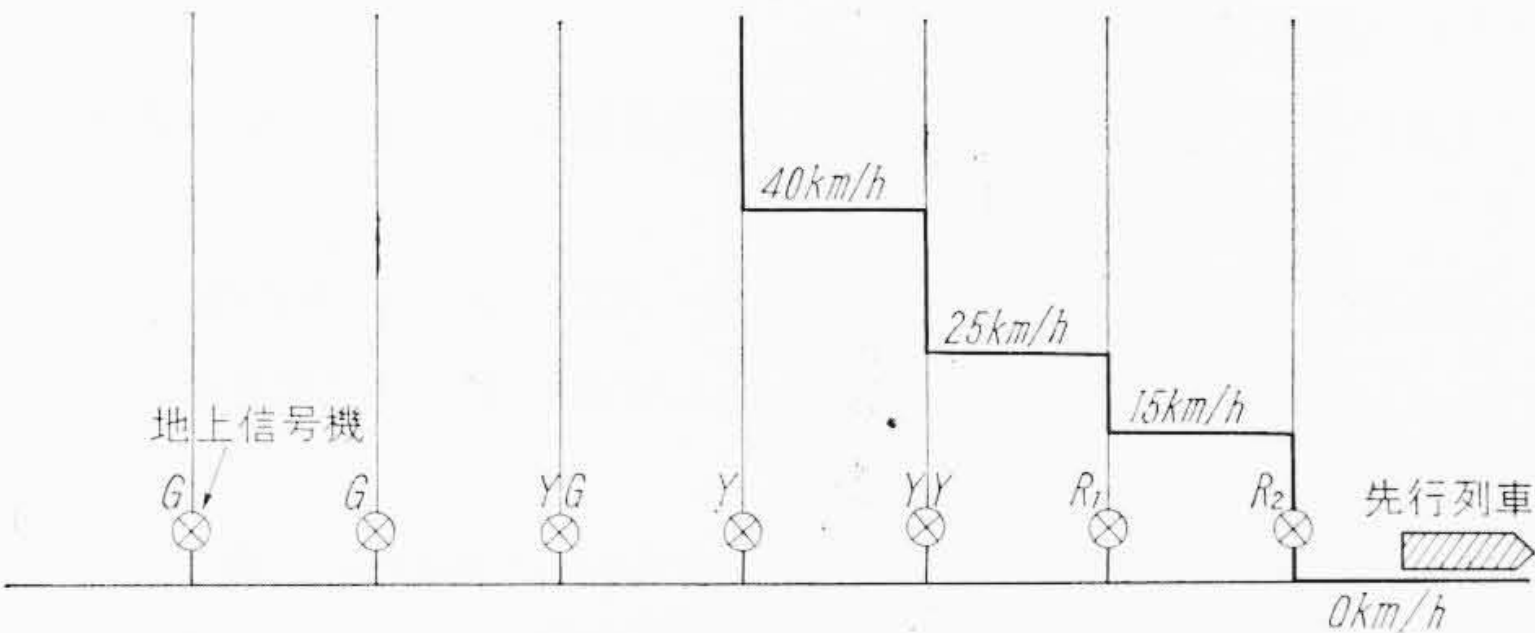
設備区間における信号現示とそれに対応する制限速度および適用するブレーキを第 1 表に示す。

信号現示 G および YG の場合は速度制限は行なわない。Y では 40 km/h、YY では 25 km/h の制限速度でそれぞれ常用ブレーキを適用する。R₁ の場合は 15 km/h の制限速度で非常ブレーキを適用するが、ブレーキは停車まで続き、いったん停車後確認操作により 15 km/h の制限速度で走行可能となりブレーキは常用ブレーキになる。R₂ は絶対停止信号 (先行列車に軌道回路が短絡される無信号) で信号転換まで運転は不能である。X は設備区間より非設備区間へ

* 日立製作所水戸工場

第 1 表 信号現示に対する制限速度と適用するブレーキとの関係

No.	信号現示	制限速度 (km/h)	信号電流のコード (c/s)	ブレーキの適用	備 考
1	G (YG)	なし	10	なし	
2	Y	40	15	常用ブレーキ	40 km/h 以下で常用ブレーキが自動緩解する
3	YY	25	25	常用ブレーキ	25 km/h 以下で常用ブレーキが自動緩解する
4	R ₁	15	35	非常ブレーキ	一旦停止後確認操作により常用ブレーキとなる
5	R ₂	0	0	非常ブレーキ	信号転換まで運転不能
6	(X)	なし	85	なし	設備区間より非設備区間への切替用



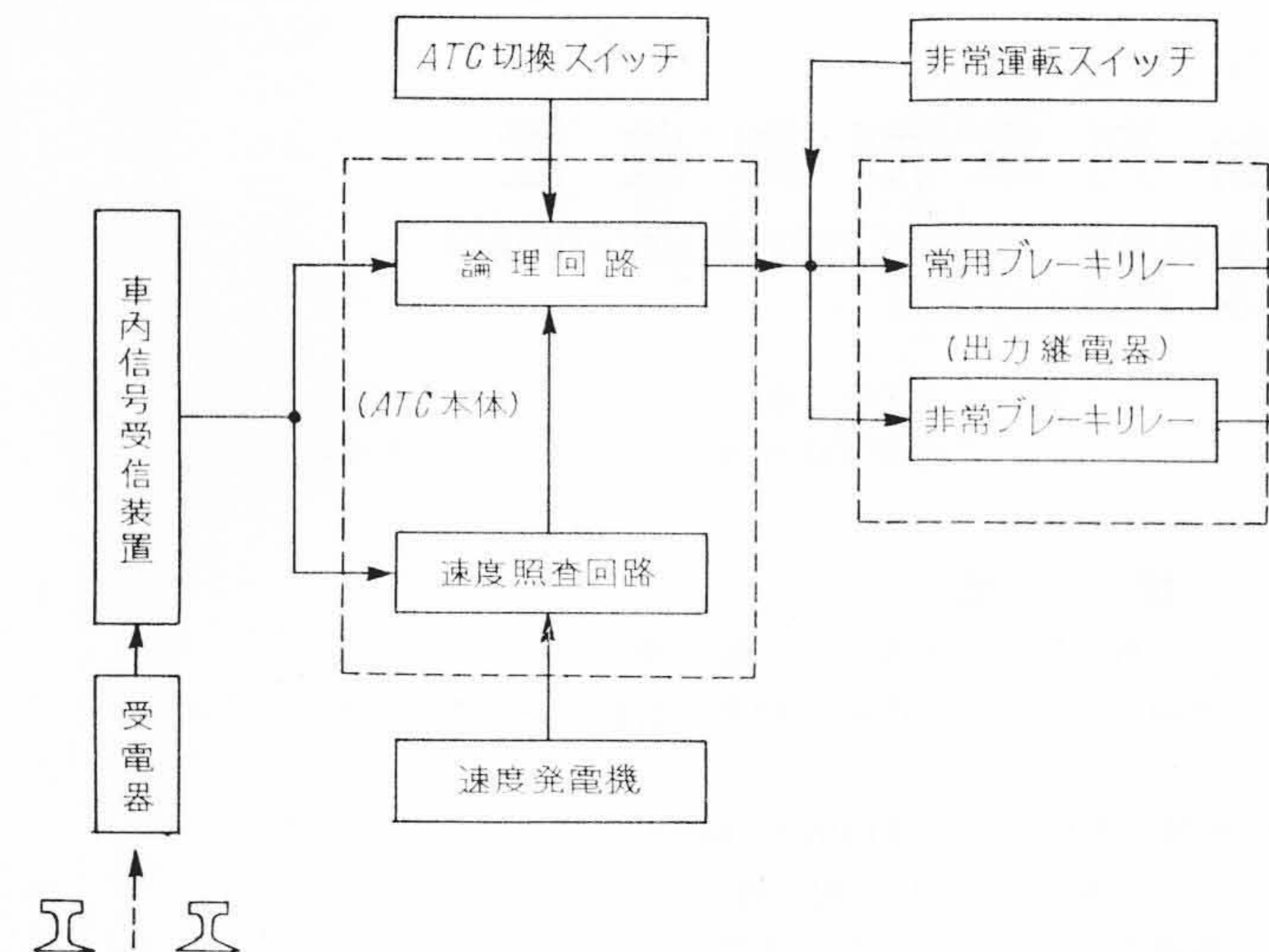
第 1 図 軌道回路の信号に対する制限速度

の切替信号で、この信号により運転士に切り換えの警告を与える。

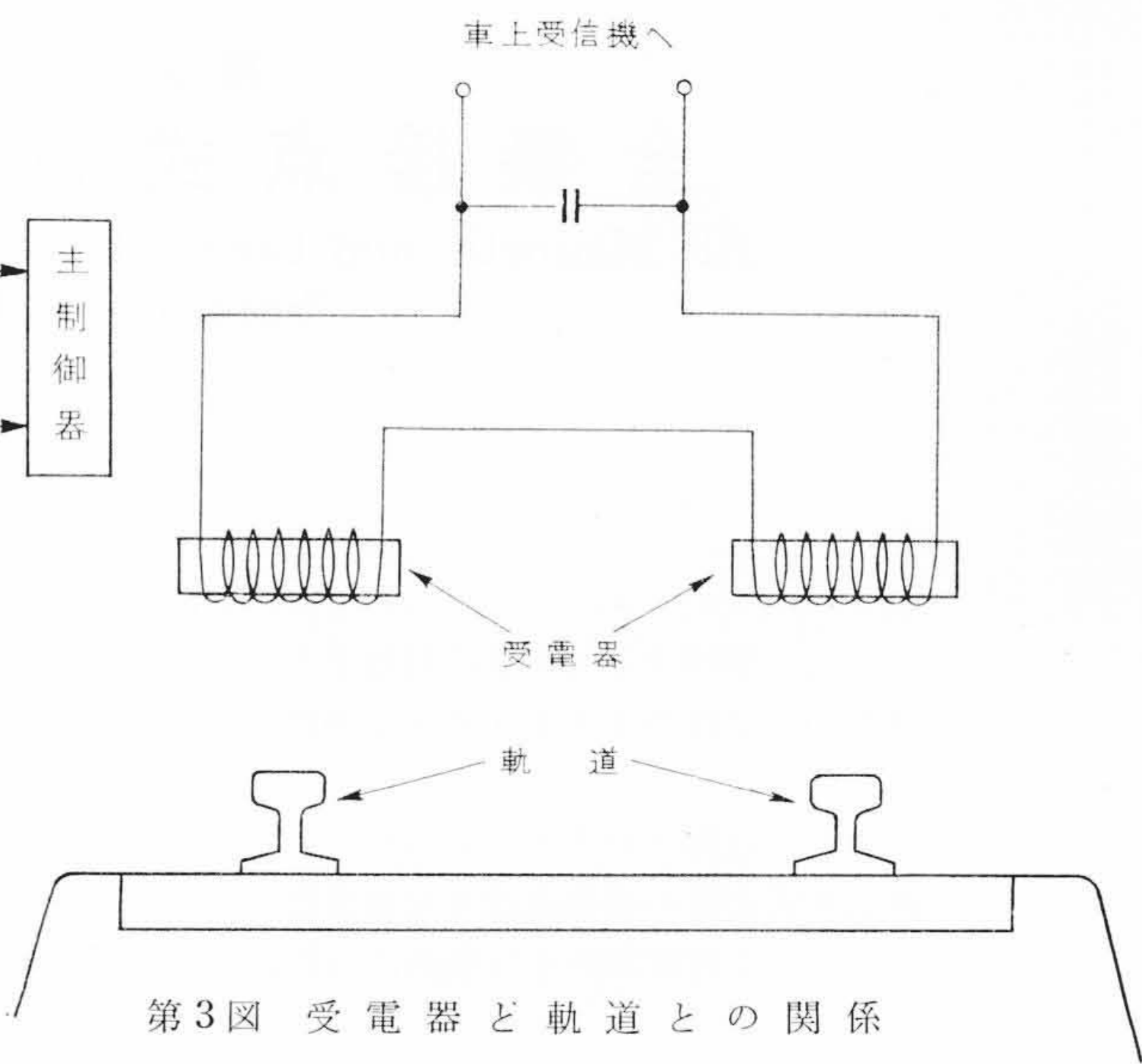
第 1 図は設備区間における各信号に対する制限速度を示したものである。

3. 構 成

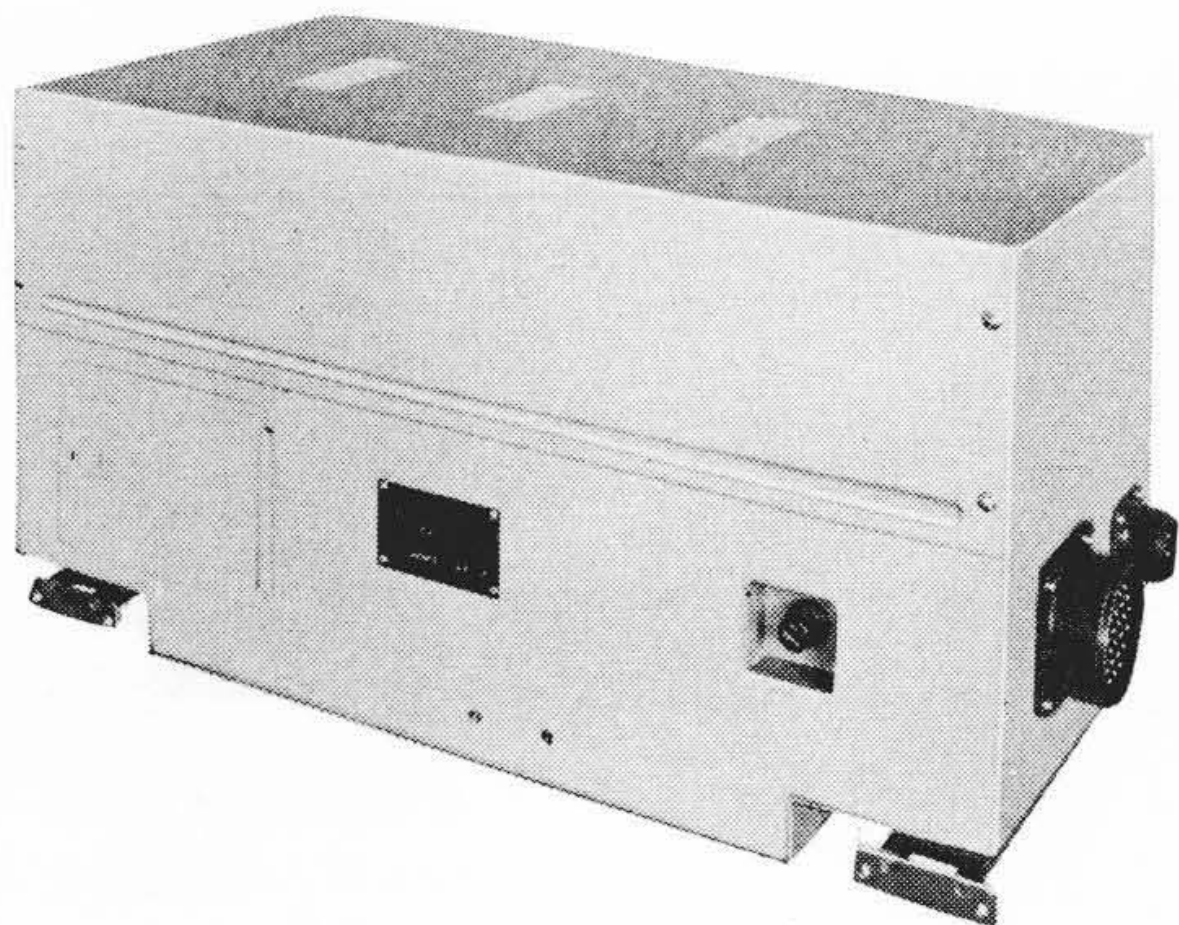
- 本装置の構成は下記のとおりである。
- (1) 受電器 軌道回路より信号電流を誘導的に受信する。
 - (2) 車上受信器 受電器よりの信号を選択増幅して、速度照査回路に与える。
 - (3) 誘導子形速度発電機 列車速度を検出してこれを速度照査回路に与える。
 - (4) 速度照査回路 列車速度と信号による制限速度を照査する。
 - (5) 論理回路 信号と速度照査結果を論理する。
 - (6) 出力継電器 論理結果により駆動され、主制御器にブレーキ指令を与える。



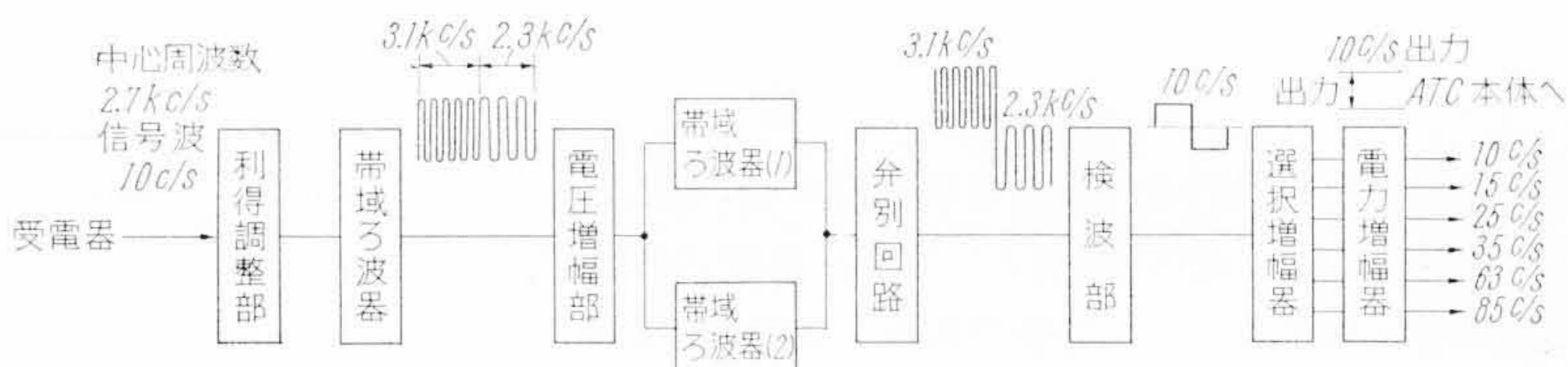
高周波軌道回路 第2図 本装置のブロック図



第3図 受電器と軌道との関係



第4図 車上受信器外観



第5図 車上受信器ブロック図

(7) 運転台操作機器

- (a) ATC 切換スイッチ 軌道回路の設備、非設備区間の切換用。
- (b) 非常扱いスイッチ 万一 ATC 装置故障の場合および逆行運転を行なう場合に本装置の制御を開放するスイッチ。
- (c) 確認押ボタン R₁ 信号の場合の確認走行用。

以上の諸機器は一編成につき、前部後部運転台にそれぞれ1セットずつ設備され、進行方向運転台のみ動作するようにされている。そのブロック図を第2図に示す。

本装置は主制御器との連結部(出力継電器)と運転台操作機器以外の主要部分は、すべて無接点式に構成されている。車上受信器にはトランジスタ、速度照査回路には磁気増幅器、論理回路には磁気無接点継電器(ヒタログ)を用いている。速度発電機は主電動機のギヤケースに取り付けられて、ギヤの歯が通過するときの磁気抵抗の変化で交流電圧を発生するもので、まったく可動部分、接触部分のないものである。

以上のように構成されているため、本装置には次のような特長が

第2表 諸機器動作関係表

機 器	通 常 運 転	
	前 部	後 部
A T C 本 体	動 作	—
車 上 受 信 機	動 作	—
ATC切換スイッチ	「設備」または「非設備」	「非 設 備」
戸 閉 ス イ ャ	「前」	「後」
ブレーキ弁ハンドル	「ゆるめ」位置	「取りはずし」位置
出 力 継 電 器	励磁(ブレーキ時消磁)	消 磁

ある。

- (1) 動作が確実で信頼性が高い。
- (2) 可動部分、電気接点がないので保守が簡単である。
- (3) 万一の故障による信号入力消失の場合、あるいは論理不能のときは常に安全側 (Fail Safe) の動作をする。
- (4) 車両の過酷な条件のもとで画期的な床下懸垂形である。

4. 本装置各部の概要

4.1 信号受信系統

軌道回路に信号電流を供給する地上送信器は周波数偏移式 (F. S 式) である。中心周波数を 2,700, 3,100 c/s とする高周波を搬送波とし、地上信号機の各信号現示に対応する低周波で F. S 変調 (Frequency Shift) したものであり、外部からのノイズに対して、信号電流は非常に安定である。

信号に対応する信号周波数を第1表に示す。

信号電流は軌道および一部添線に流れる。車上では台車の前部に取り付けられた受電器により、誘導によって連続的にこの信号が検知される。次に車上受信器により選択増幅されて ATC 装置速度照査回路に信号入力として伝えられる。

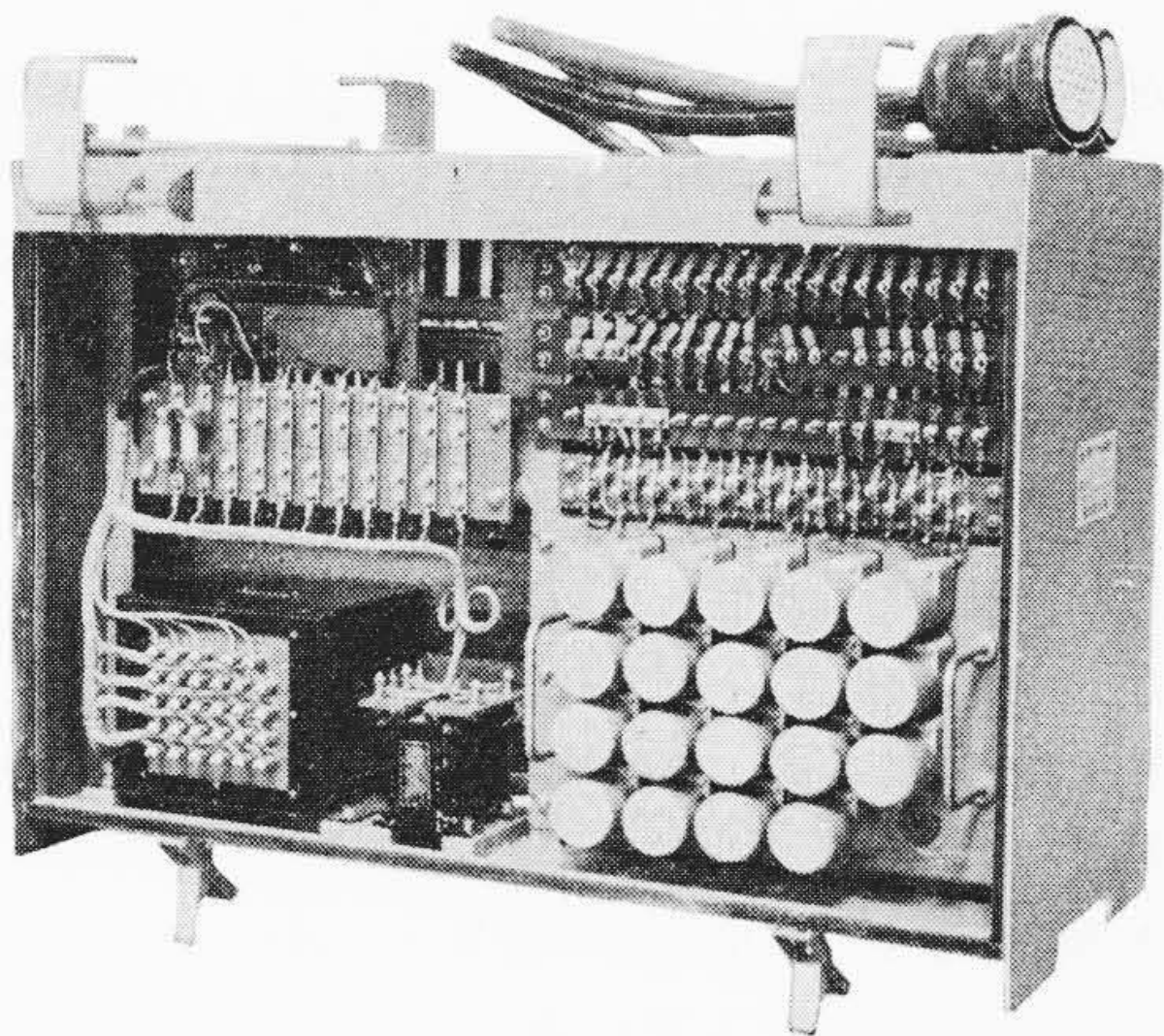
受電器と軌道との関係を第3図に、車上受信器の外観を第4図に示す。第5図はそのブロック図で、各部における出力波形の一例も示してある。

4.2 ATC 装置本体と運転台操作機器

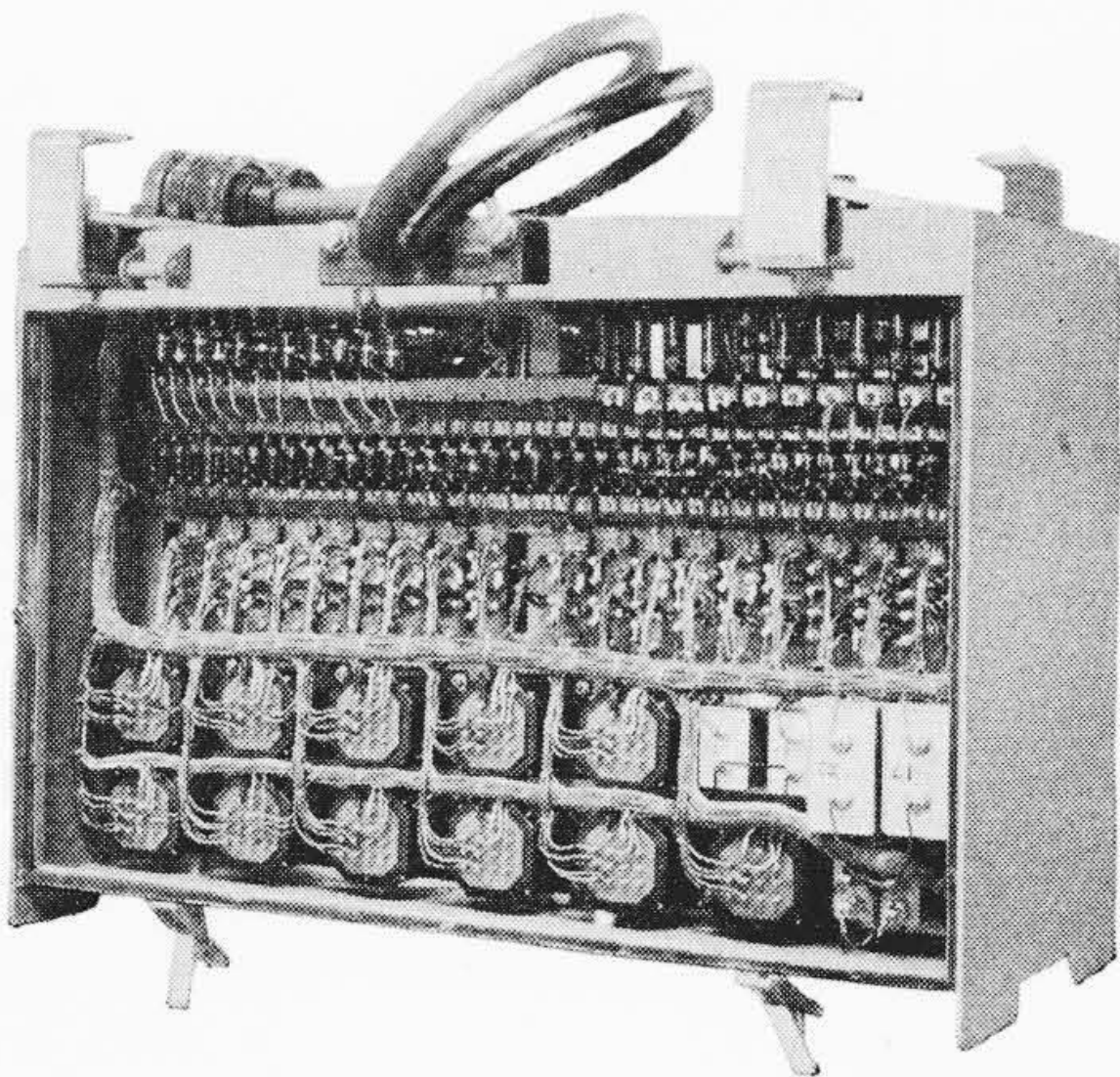
本装置の主要部分である速度照査回路と論理回路は一体として ATC 装置本体に収容されている。第6図は本体の外観で表面と裏面を示したものである。ATC 本体と運転台操作機器との間には、相互のインターロックがとられており、それらの動作状態は第2表のとおりである。

4.2.1 速度照査回路

速度照査回路は車上受信器より与えられる信号を制限速度とし



第6図(a) ATC 本体表面内部構造



第6図(b) ATC 本体裏面内部構造

ての基準電圧に変換し、この電圧と速度発電機から補償変換器を通して整流される速度電圧とを比較し、その比較結果を論理回路に伝える。

第7図はその回路と動作原理図である。車上受信器からの信号に応じて磁気増幅器 $MA_1 \sim MA_3$ のいずれかが励磁される。 $MA_1 \sim MA_3$ の出力は直列に接続され、信号に応じた基準電圧が E_0 として得られる。

一方速度入力を磁気増幅器 MA_4 で増幅して列車速度電圧 E_s とする。 E_0 と E_s との差によって照査用磁気増幅器 MA_5 の制御巻線に電流が流れる。

電流が一定値 I_{c0} 以上になると MA_5 の出力は無くなり、ブレーキ指令が論理回路に与えられる。したがって万一、照査回路の断線、信号入力消失などによる事故の場合は常に保安ブレーキとして安全側に動作する。速度照査点は MA_5 の出力のオフ点、すなわちブレーキ指令を論理回路に与える点である。

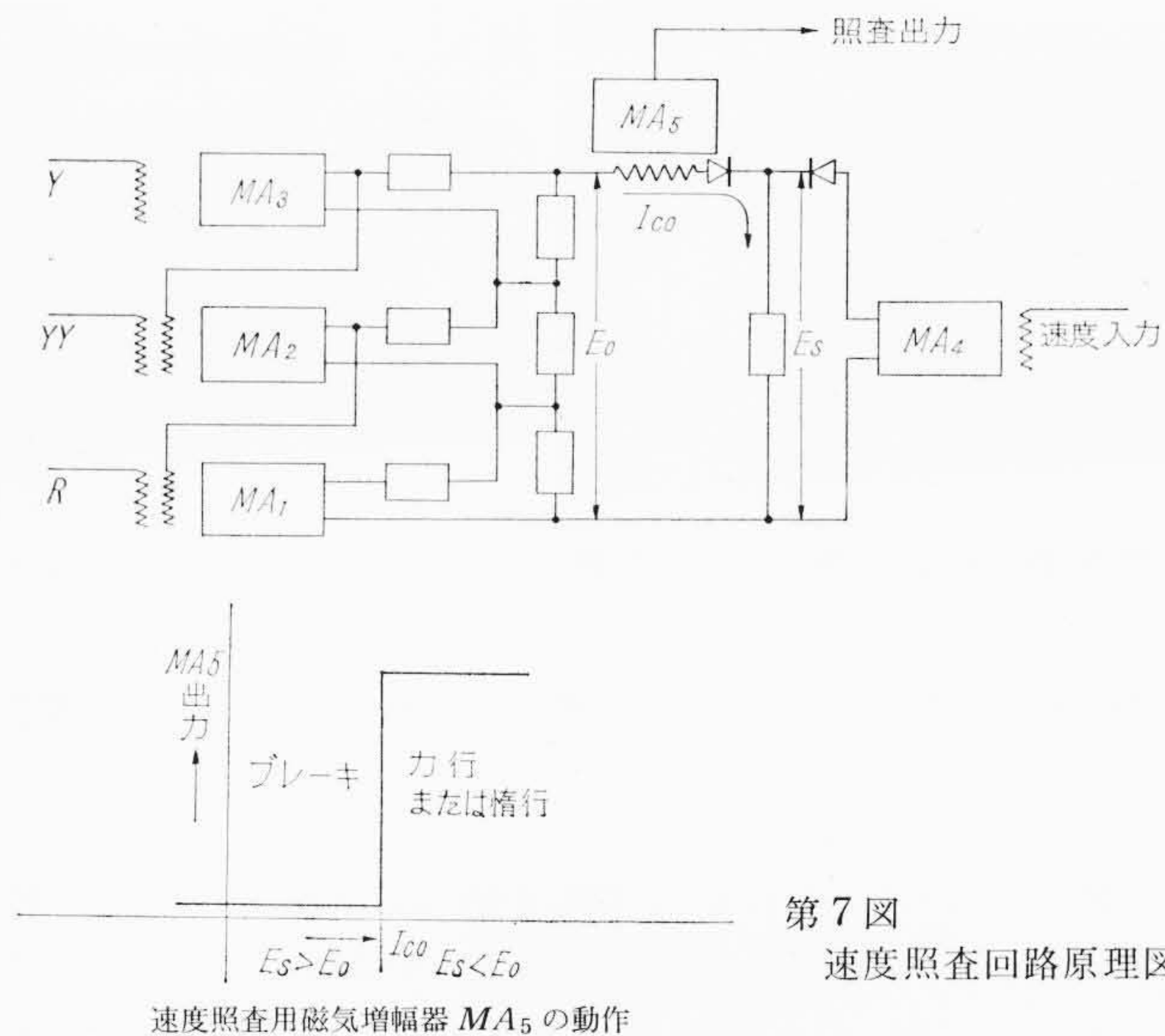
4.2.2 論理回路のブレーキ作用

第8図は論理回路の構成および前部後部 ATC 装置相互関係を示したものである。

同図により各信号現示の場合の論理動作について述べる。

(1) GおよびYG信号の場合

車上受信器からの G(YG) 信号の一部は論理回路の OR_2 を通って AND_4 の I_2 入力となる。また、一部は $OR_4 \rightarrow INH_2 \rightarrow OR_3$ を通り、 OR_3 の出力の一部は AND_4 の I_3 入力となっている。 OR_3 の出力の他の一部は出力用磁気増幅器 PMA_3 によって増幅され、非常ブレーキ

第7図
速度照査回路原理図

用継電器を励磁している。

$OR_4 \rightarrow INH_2 \rightarrow OR_3 \rightarrow PMA_3 \rightarrow$ 非常ブレーキ継電器の回路は G(YG) 信号のみでなく Y, YY, X 信号の場合も形成される。出力継電器の消磁でブレーキ指令となるように構成されているので、以上の信号時には非常ブレーキは作用しない。

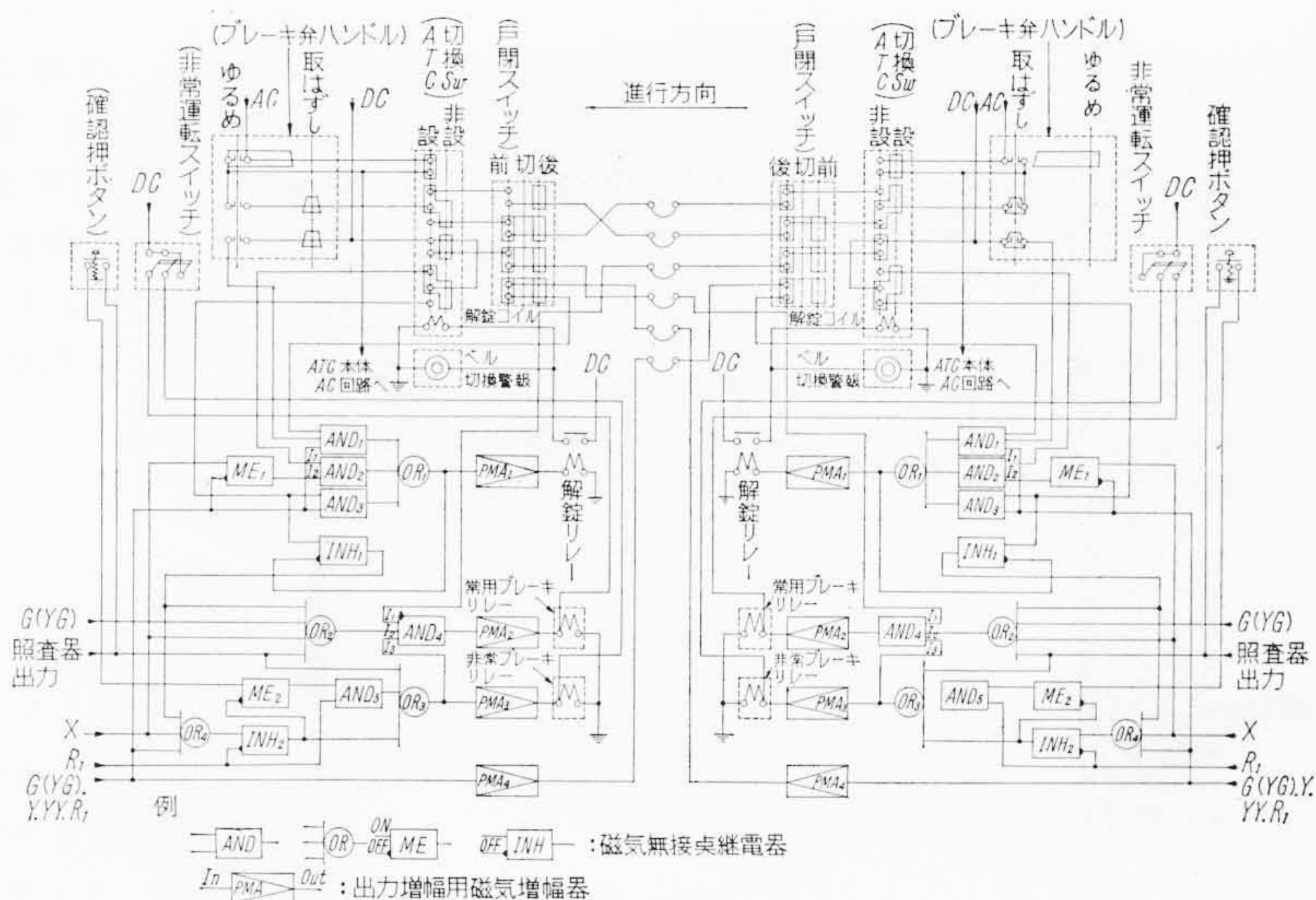
AND_4 の I_1 入力の後車の運転台 ATC 切換スイッチの「非設」、戸閉スイッチの「後」のインターロックをとって与えられる。よって AND_4 の全入力を与えられ、その出力は出力用磁気増幅器 PMA_2 により増幅されて常用ブレーキ継電器を励磁している。したがって G(YG) 信号では常用、非常ブレーキの指令は出ない。

(2) Y信号の場合

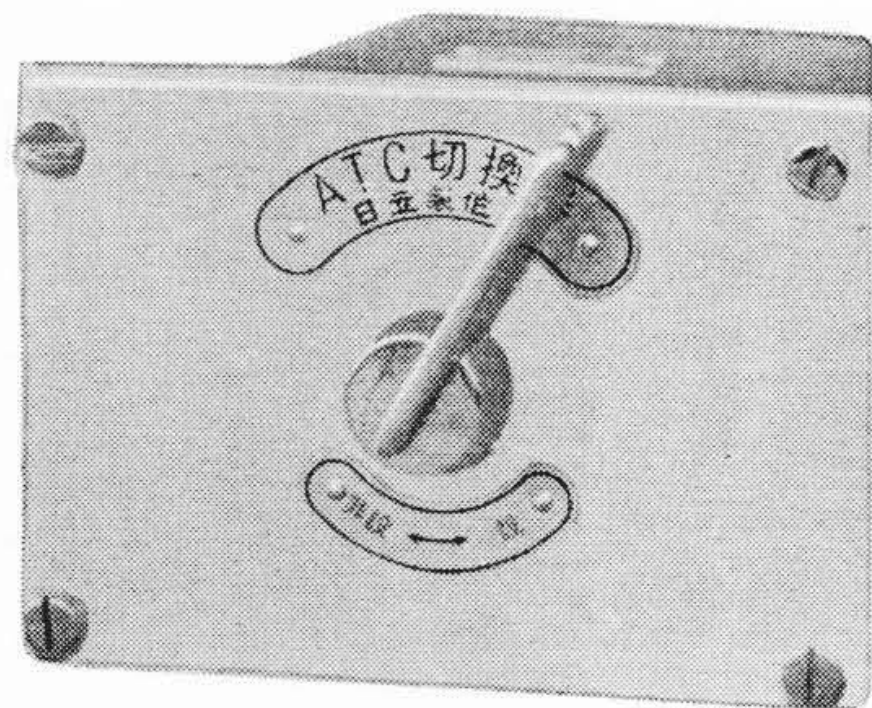
非常ブレーキは作用しない。列車速度が制限速度 40 km/h をこえると速度照査回路の出力は消滅し、論理回路では OR_2 の入力なくなり AND_4 の出力および PMA_2 の出力も無くなる。したがって常用ブレーキ用継電器が消磁して、列車の主制御器に常用ブレーキの指令を与える。列車が 40 km/h 以下に減速されれば自動的にブレーキは緩解されるが、ふたたび力行すると速度 40 km/h を基準にして同様のブレーキ動作が行なわれる。

(3) YY信号の場合

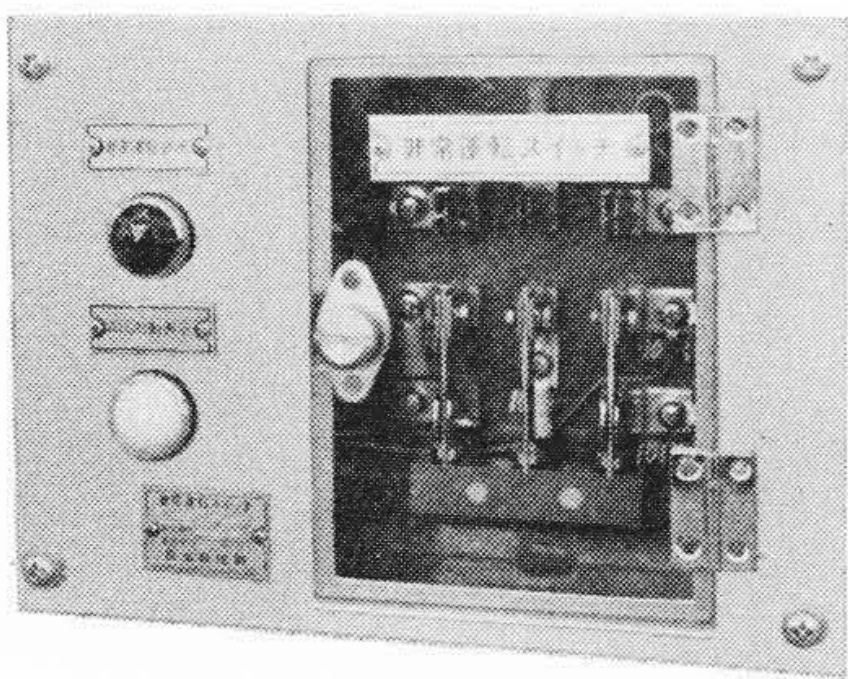
非常ブレーキは同様な論理構成により動作しないが、制限速度



第8図 論理回路および運転台関係諸機器の相互関係



第9図 ATC 切換スイッチ外観



第10図 非常運転スイッチ外観

25 km/h を基準にして Y 信号の場合と同様に常用ブレーキの動作をする。

(4) R_1 信号の場合

R_1 の信号が与えられると、 OR_4 の出力は INH_2 にはいるが、 R_1 信号の一部は INH_2 のオフ側入力にはいり INH_2 の出力が阻止されるため、 OR_3 の入力としては照査器からの出力しか与えられず、今までの常用ブレーキおよび非常ブレーキの指令は照査器出力によってのみ制御される。したがって制限速度 15 km/h 以上の速度で進入すると常用、非常用ブレーキ継電器は消磁して、非常ブレーキが作用する。非常ブレーキでいったん停止後、確認ボタンを押すと ME_2 により記憶され、 $AND_5 \rightarrow OR_3$ の回路により、 PMA_3 の出力で非常ブレーキ継電器が励磁される。以後 15 km/h を基準にして常用ブレーキのみが動作し、確認走行が可能となる。

(5) R_2 信号の場合

無信号なので論理回路の信号入力がすべてなくなり、速度照査回路の出力も無くなるため、非常ブレーキが動作する。信号現示が上位に変化しないかぎり走行不能となる。

4.2.3 設備区間と非設備区間の切り換え

連続誘導式軌道回路の設備区間と非設備区間のあることは前述のとおりであるが、その接続区間で ATC 切換スイッチを操作する。ATC 切換スイッチは常時鎖錠されていて、解錠コイルが励磁されたときのみ切り換え可能となる。第9図はその外観である。

(1) 設備区間より非設備区間に進入する場合

この場合は第1表に示した X 信号を用いる。設備区間の終端に X 信号区間が設けられ、そこを通過すると X 信号入力が ME_1 によって記憶され AND_2 の I_2 入力となる。一方、ATC 切換スウィ

チの「設備」セグメントを通して与えられる I_1 入力により AND_2 の出力は出て、その出力は OR_1 を通して出力用磁気増幅器 PMA_1 により増幅され、解錠継電器を励磁する。その接点により切換警報ベルを鳴動し ATC 切換スイッチの解錠コイルを励磁する。ここで運転士が ATC 切換スイッチを「非設備」側に切り換えれば、 AND_2 の出力は無くなり解錠継電器は消磁する。ベルは鳴り止み、解錠コイルも消磁し、ふたたび鎖錠される。以後「非設備」側のセグメントから入力を与えられ、 INH_1 の出力は OR_2 , OR_4 のそれぞれの系列で常用ブレーキ、非常ブレーキ継電器を励磁し、運転手は ATC に無関係に通常運転を行なうことができる。

(2) 非設備区間より設備区間に進入する場合

非設備区間より設備区間に進入の場合に本装置は自動的に ATC の制御状態にはいるが、進入と同時になんらかの信号を受信し、その入力が ATC 切換スイッチの「非設備」セグメントからの入力とともに AND_3 を通って、 OR_1 の入力となり解錠継電器を励磁する。ATC 切換スイッチを「設備」側に切り換えると、以後各信号に応じた速度制限を受けて走行することになる。

4.2.4 折り返し運転

(1) 非設備区間での折り返しは自由である。

(2) 設備区間での運転台の交換は添線区間で行なわれる。

添線区間では軌道のそばに平行して添線を設置して、これに信号電流を流している。いまこの区間でそれまで運転してきた前部運転台のブレーキ弁ハンドルを「取りはずし」位置、戸閉スイッチを「後」位置にすれば、前部運転台より後部の ATC 本体および車上受信器に交流電源が供給される。後部の車上受信器からの出力は PMA_4 により増幅されて、前部にもどり AND_1 にはいる。 AND_1 にはブレーキ弁「取りはずし」セグメントからの入力と、前部受信入力がはいっているのので出力は出て、解錠継電器を励磁する。ベルが鳴り ATC 切換スイッチは解錠される。ここで「非設備」側に切り換えれば、前部および後部の ATC 装置の電源は断たれる。次に後部運転台に移ってブレーキ弁ハンドルを「ゆるめ」位置にすれば、電源が与えられ AND_3 が励磁されて後部の切換スイッチは切り換え可能となる。「設備」側にし、戸閉スイッチを「前」位置にすれば後部運転台が進行方向となる。

4.2.5 非常運転

非常の場合には非常運転スイッチにより常用、非常ブレーキ継電器を直接励磁して、設備区間における制限速度による動作を開放することができる。非常運転スイッチには非常運転表示灯およびブレーキ作用時に点灯するブレーキ表示灯が付属している。第10図はその外観である。

4.3 電源装置

ATC 装置本体および車上受信器の交流電源装置として専用の電動発電機および電圧調整器を設けている。

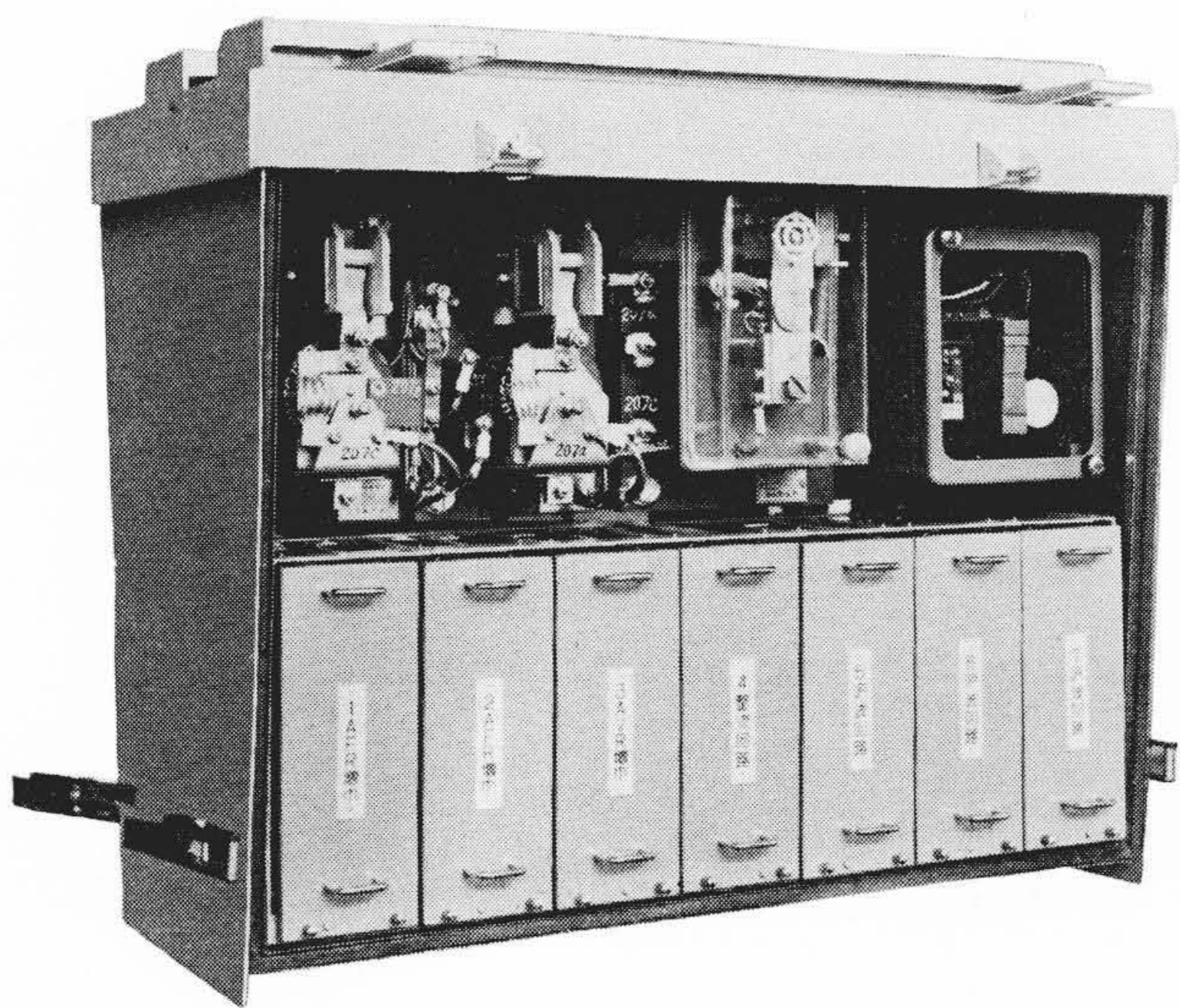
4.3.1 電動発電機

電動発電機の仕様は次のとおりである。

直流電動機	入 力	DC 100 V	1.6 kW
交流発電機	出 力	0.6 kVA	
	電 圧	100 V	
	相 数	単 相	
	力 率	0.8	
	周波数	400 c/s	

4.3.2 自動電圧調整器

トランジスタを採用した自動電圧調整器で、負荷の急変に対する応答も速く、軽量小形である。停電時に惰行状態のままで ATC 装置の制御を受けながら走行できるように約 5 分間電源を供給す



第11図 自動電圧調整器

る時限装置をもっている。また電動発電機の起動方式は等価無負荷起動である。第11図は本調整器の外観である。

5. 現車試験

本装置は昭和36年9月下旬および12月中旬の2回にわたって東武伊勢崎線竹の塚—谷塚間で現車試験が行なわれ、予期どおりの性能が確認された。

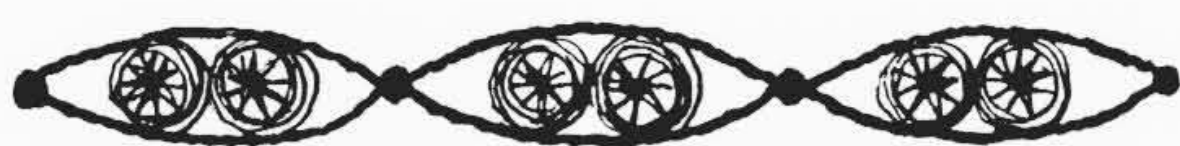
6. 結 言

東武鉄道株式会社納地下乗入電車用 ATC 装置は、速度照査回路および論理回路とも全磁気無接点式で構成することにより、高信頼

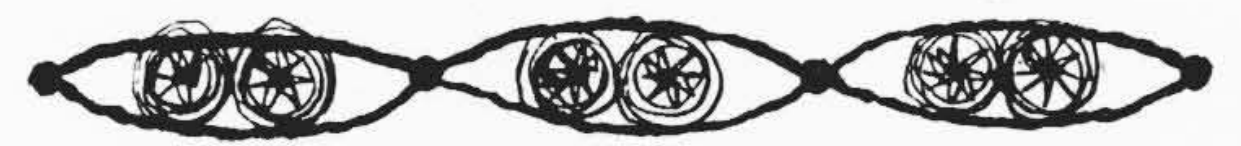
性で、かつ、この種の装置としては初めての床下装置を採用し、性能上はもちろん、保守上にも車両搭載機器としての考慮が十分払われている。

本装置は、再度の現車試験においても、優秀なる性能を示し、帝都高速度交通営団地下鉄2号線で37年6月から営業運転に使用されている。

最後に本装置の設計より現車試験に至るまで、終始ご指導ご援助をいただいた東武鉄道株式会社の関係各位ならびに本装置の信号受信系統を担当された日本信号株式会社の方々に深く謝意を表する次第である。



特 許 の 紹 介



特許第556918号

江 幡 健 夫

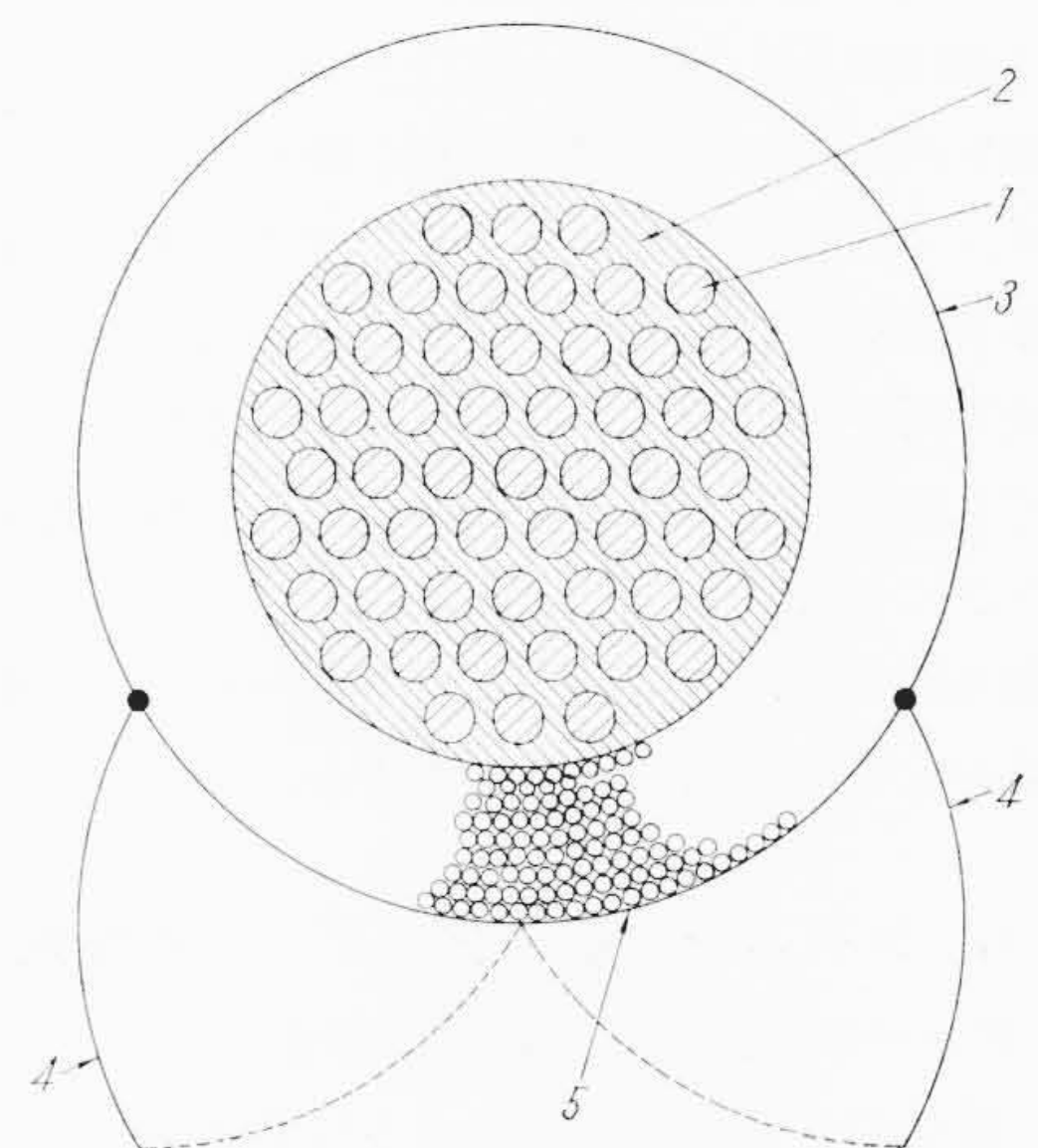
原 子 炉

この発明は原子炉炉心の周囲に配置される反射材を取り去ることにより炉を緊急停止する装置を提案するものであって、反射材を粒状の固体の集合体として配置しておき、危急時にこれを炉心のまわりから撤去するものである。

図において1は燃料棒、2は減速材、3は反射材収容タンク、4は反射材収容タンク下部の開閉扉、5は粒状の固形反射体で、その材質はグラファイトである。このようにして平常時は開閉扉4を閉じ、タンク3内に粒状反射材5を充満し、この状態で連鎖反応が可能な状態が形成されており、危急時には何らかの方法により扉4を開き、タンク3内の反射材5が重力により自然落下排出して原子炉の反応を急速に停止する。

この発明によると、液状反射材を使用する場合のように漏えいを防止する構造にする必要がなく、装置は簡単で反射材の取り扱いがきわめて容易であり、大きな開口部を設けることができ、それによって瞬間的な排出が可能となる。また質量の大きな固体の反射材を使用する場合は、落下によって生ずる慣性が問題となるが粒状の反射材は、個々の質量が小さく落下による衝撃は小さいなどの利点がある。

(丸山)



第 24 卷 日 立 第 10 号

目 次

- ・め ざ ま し い 進 歩
- ・シ ン ガ ポ ー ル に 石 油 プ ラ ン ト
- ・スマートですぐれた性能を誇る日立温風暖房機
- ・日 立 マ イ ク ロ ス イ ッ チ リ ー
- ・自 動 車 の テ ス ト 室
- ・小形空気圧縮機の代表選手“ベビコンとスーパーベビコン”
- ・コ ー ド の い ら な い 暖 房 器 具

- ・ニチリットとは——合成樹脂積層管です——
- ・瀬戸内海をまたぐ世界の大送電線
- ・電線百話「アリも食わないケーブル」
- ・新しい照明施設「地下鉄—人形町駅の照明」
- ・明日への道標「うず潮を越えて空のかけ橋」
- ・日立ハイライト「ダイナミックな垂直の美」
- ・日 立 だ よ り

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座 東京 71824 番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座 東京 20018 番