

# 日立搬送式遠隔測定装置

三木正一\* 川井晴雄\*\*

## Hitachi Carrier Telemetering Set

By Shoichi Miki and Haruo Kawai

Totsuka Works and Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

It is needless to say that the rational management of a large power system requires constant hold on electrical and mechanical conditions of the station from the load dispatching place and for this, telemetering is appreciated.

Hitachi, Ltd. has been contributing much to the development of this system and several Hitachi telemetering sets have been taken into service at the substations of National Railway Corporation and electric power companies. The standard system of Hitachi telemeter is the impulse system using carrier transmission method, that is, the quantity to be measured is converted into impulses proportional in number to the magnitude of the quantity and this is transmitted to the receiving end by carrier wave and there, the number of impulse per second is measured with a frequency meter using condensers charged and discharged.

Recently, five channel carrier telemetering sets using telephone line were supplied to Furukawabashi Substation of Kansai Denryoku Electric Co., Inc. and the quantities of the substation are telemetered from the central load dispatching place. These sets embodied with various new designs and have been giving efficient service entirely free from troubles since their installing in August, 1951.

In this paper the writers describes on the principle of carrier telemetering system and the details of the sets installed at Furukawabashi Substation.

### [ I ] 緒 言

近時発送電系統は次第に膨大となり、その合理的運用のために給電司令の迅速化の要求が甚だ強くなつて来た。又同時に電力界及び電力応用の整備再建が進むに従い発電所の自動化が要望せられるようになってきた。これらの要求に応ずるものの一つとして遠隔測定が脚光を浴びるのも当然のことである。即ち従来は給電司令所へ遠隔地にある電源地帯並びに負荷の中心となる変電所より、一定時間間隔毎に主として電話により諸種の状況を報告してくる。給電司令所に於てはこれらを集計し、

且つ長年の経験に基く判断により諸種の対策を樹てていた。斯の如きことでは最近の如く発電能力に比し要求負荷の大なる場合時宜に適せざることが多く、現地の状況を時々刻々指示せしめ、随時適切なる施策を施すことが必要となる。

遠隔測定装置を用いることにより次の如き利益がある。

1. 給電司令上必要な諸要素を時々刻々見ることが出来る、且つ同時に記録し得る。
2. 報告に要する通信が減少し通信回線の疎通が良くなる、従つて指令通信が迅速化する。
3. 電力系統の過渡現象等も或る程度監視し得る。
4. 遠方監視制御を行うことが出来る。

\* 日立製作所戸塚工場

\*\* 日立製作所多賀工場

5. 保守の人員費を節減出来る。

日立製作所に於ては、これらに関し長年研究並びに実地試験を重ね<sup>(1)</sup>今日を期していたが、最近各方面の需要を満たして来たので本装置の解説を試みたいと思う。

### 【II】 遠隔測定装置の原理

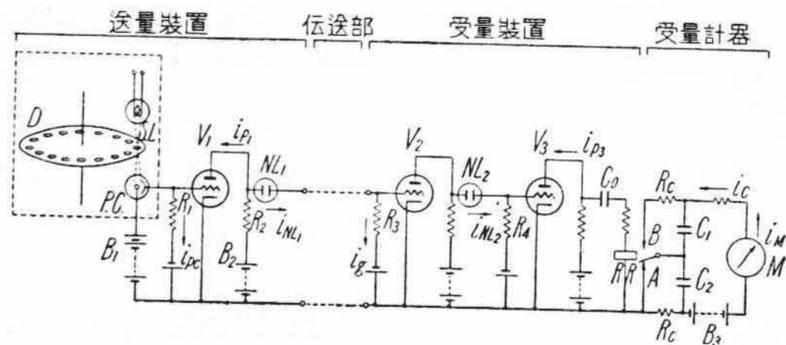
遠隔測定装置は通常測定量に比例若しくは測定量と一定関係を有する量を発生する送量装置と、これを計量する受量装置と両装置間を連絡する伝送回路との三部より成りその具備すべき条件としては一般的に次の 5 条件がある<sup>(2)</sup>。即ち

1. 本質的には伝送距離に制限なきこと。
2. 伝送回路の状況即ち回路抵抗、絶縁抵抗、電磁的誘導等によつて計量が影響されないこと。
3. 補助電源を必要とする場合はこれの変動によつて計量が影響されないこと。
4. 個々の計器の綜合が容易に得られること。
5. 測定量の変化に急速に応動し得て確度の高いこと。

等である。又遠隔測定の方法としては簡単な電圧、電流方式を始めとして平衡方式、限時方式および衝流周波数方式等種々の方式が考えられているが、この中実質的に伝送距離に制限がなく且つ已設の電力線通信線に多重的に重畳して使用出来る衝流周波数方式は最も普遍的な方式であつて、日立製作所が推奨する方式である。

本方式では測定せんとする物理的量を適当な方法で電気量に変換し、この電気量に比例若しくは一定関係を有する衝流を発生せしめ、これを適当な方法で伝送する。従つて電氣的量は勿論、温度、圧力、位置等をも遠隔測定することが可能である。以下日立製作所が昭和 26 年 8 月関西電力株式会社古川橋変電所と近畿給電所間の給電司令用遠隔測定装置として納入し、好評を博している BM-52 型通信線搬送式遠隔測定装置を中心として解説しよう。

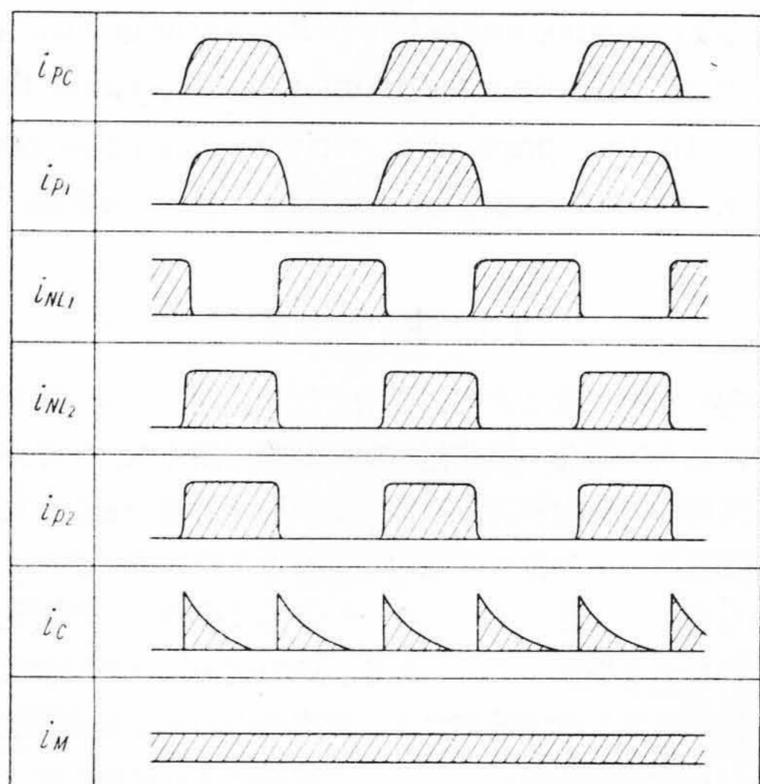
第 1 図は BM-52 型の送受量部分の原理図である。測定量を衝流に変換する方法については後述するが、第 1 図左端の衝流発生部はこれを行う処である。原理的には誘導型計器となつているのでその円板は供給される電気量と一定関係を以て回転する。この回転円板  $D$  に多数の小孔を明け、円板の上下に光源ランプ  $SL$  と光電管  $PC$  を配置する。光源ランプの光は円板の回転に従い小孔を透じて光電管に入射する。然るときは光電流  $i_{pc}$  は送量装置の電源  $B_1$  の陽極—光電管  $PC$ —抵抗  $R_1$  を通じて流れ、真空管  $V_1$  の格子電位は陰極より見て正に偏倚される。 $V_1$  の格子が正に偏倚せられると電源  $B_2$  の陽極— $V_1$  の陽極負荷抵抗  $R_2$ —真空管  $V_1$  を通じて陽極電



第 1 図 衝流式遠隔測定原理図  
Fig. 1. Schematic Diagram of Impulse Type Telemeter

流  $i_{p1}$  が流れ、ネオン管  $NL_1$  の端子電圧は  $R_2 i_{p1}$  だけ低下し放電を停止する。従つてネオン管電流  $i_{NL1}$  は消滅する。次に円板  $D$  が回転して光電管に光の入射がなくなれば光電流  $i_{pc}$  は消滅して真空管  $V_1$  の正方向への格子偏倚がなくなり従つて陽極電流  $i_{p1}$  は殆ど零となり、陽極負荷抵抗  $R_2$  による電圧降下  $R_2 i_{p1}$  は僅少となりネオン管  $NL_1$  には電源  $B_2$  の殆ど全電圧が印加される。ここに於て再びネオン放電管は放電を開始し放電電流  $i_{NL1}$  が流れる。従つて衝流  $i_{NL1}$  は測定量と一定関係を持つこととなる。衝流  $i_{NL1}$  は伝送距離が短く且線路の雑音レベルが低い場合はそのまま受量側に伝送することも出来るが線路を多重的に利用するためには、伝送距離に相応した搬送装置を制御してその搬送電流出力を線路に送る。

受量側に於ては到着した搬送電流を復調して再び  $i_{NL1}$  に相当した衝流を再現する。再現された衝流  $i_g$  は抵抗  $R_3$  を流れて真空管  $V_2$  の格子を正に偏倚する。然る時



第 2 図 衝流式テレメータの各部電流波形  
Fig. 2. Wave Forms of Several Parts of Impulse Type Telemeter

は送量側に於て説明したと全く同様にしてネオン管電流  $i_{NL2}$  は消滅し、衝流  $i_g$  が消滅すれば  $i_{NL2}$  が通流する。 $i_{NL2}$  により抵抗  $R_4$  の両端に  $R_4 i_{NL2}$  なる電圧が発生する。これを真空管  $V_3$  にて増幅しその交流分を結合蓄電器  $C_0$  により取り出し受量用継電器  $RR$  を動作せしめる。

今若し接点  $A$  が最初に閉成せられると電気は電源  $B_3$  陽極より指示計器  $M$  をへて蓄電器  $C_1$  を充電する。その時指示計器中を流れる電気量  $Q_1$  は電源  $B_3$  の電圧を  $E$  とすれば  $C_1 E$  である。次の瞬間に  $RR$  の励磁電流の方向が変化し接点  $B$  が閉成せられれば蓄電器  $C_1$  は放電し同時に蓄電器  $C_2$  が充電せられる。この時指示計器中を流れる電気量  $Q_2$  は  $C_2 E$  である。1 秒間に  $n$  個の衝流が送られて来れば指示計器中を流れる電気量は毎秒  $n(Q_1+Q_2)$  となる。指示計器に直流電流計を使用すればその指示は

$$I = n(Q_1 + Q_2) = n(C_1 E + C_2 E) = nE(C_1 + C_2)$$

若し  $C_1 = C_2$  なる如くすれば

$$I = 2nCE = Kn \quad \text{但し} \quad K = 2CE$$

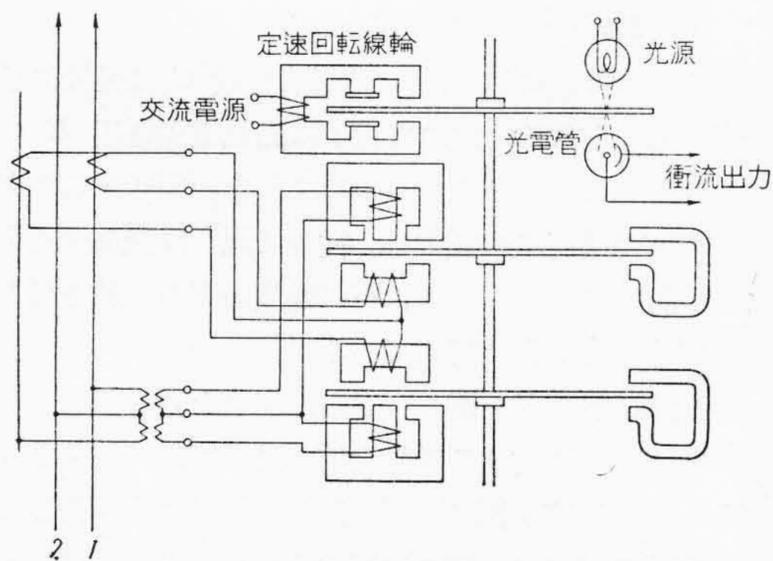
となる。即ち電源電圧  $E$  と蓄電器の容量  $C$  とが不変であるならば指示計器の指示は到着衝流数に比例する。即ち送量側の円板の回転数に比例することとなりここに遠隔測定が出来たこととなる。第2図は各部の電流波形を模式的に示したものである。

### [III] 衝流発生装置

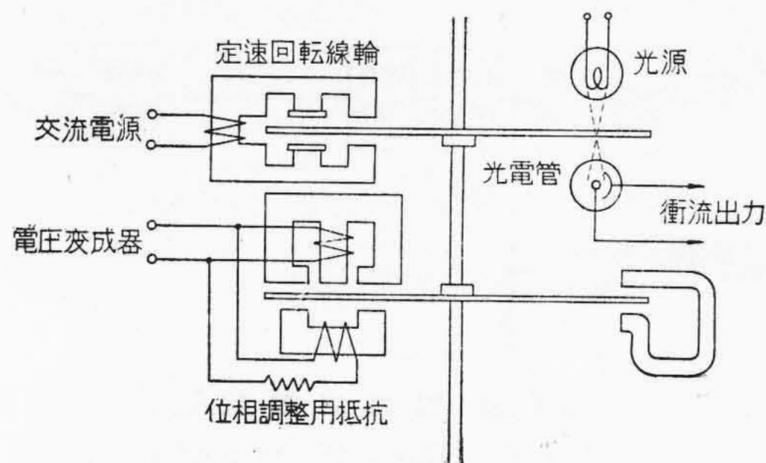
衝流発生装置の数例につき説明する。

#### (1) 電力送量器

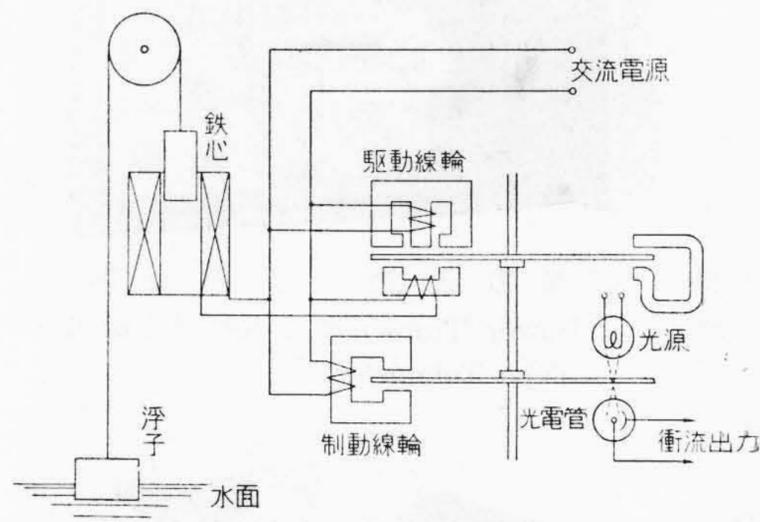
電気量を回転に直す代表的なものは積算電力計である。遠隔測定送量器とする場合前述の毎秒の衝流数  $n$  としては一般に 5 乃至 30 を用いる。即ち送量零の場合 5 パルス毎秒を送り、送量最大の時 30 パルス毎秒を送



第3図 電力送量器説明図  
Fig. 3. Schematic Diagram of Power Sender



第4図 電圧送量器説明図  
Fig. 4. Schematic Diagram of Voltage Sender



第5図 水位送量器説明図  
Fig. 5. Schematic Diagram of Water Level Sender

る。従つて送量零の場合に於ても円板は 5 パルス毎秒に相当する回転力が与えられなければならない点が通常の積算電力計と異なる。第3図の定速回転線輪がこの 5 パルス毎秒の回転力を与える駆動線輪である。

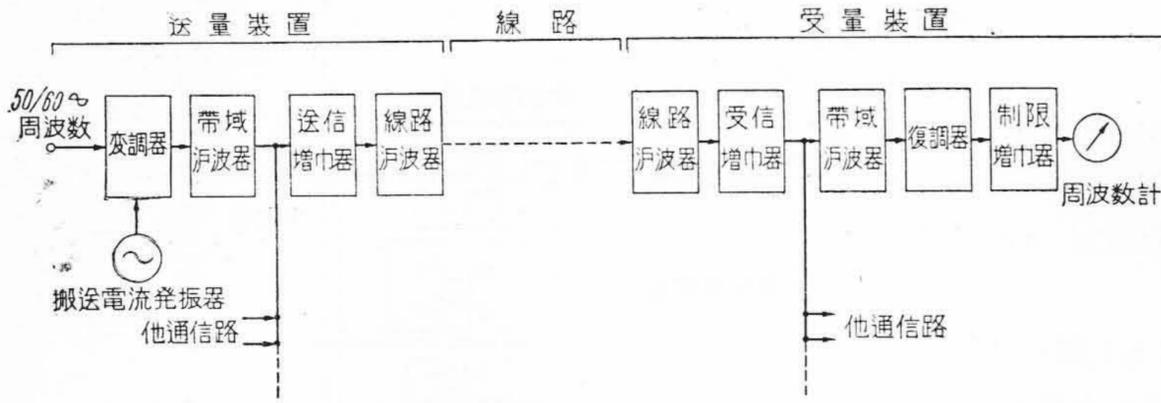
特殊な場合として電力潮流に正負のある場合には例えば定速回転を 17.5 パルス毎秒の如くする。斯くすることにより 5 乃至 17.5 パルス毎秒の範囲は負の電力潮流方向に、17.5~30 パルス毎秒の範囲は正の電力潮流方向の指示に使用することが出来る。5 パルス毎秒以下の処を使用せぬのは毎秒の衝流数が減少するに従い指示計の指針が振動し読みにくくなるためと、万一装置事故のために指示が零であるのか、送量が零であるため指示が零であるのかを区別するためである。

#### (2) 無効電力送量器

この場合は第3図電力の場合と電圧変成器及び変流器の接続が異なるのみで送量器そのものは全く電力送量器と同様である。

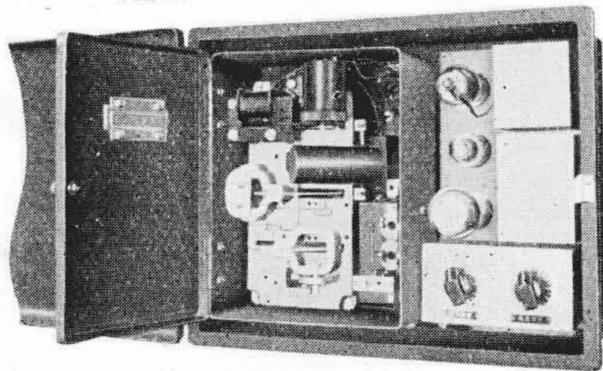
#### (3) 電圧、電流送量器

電圧の送量は最も簡単で第4図にその接続を示す。電流の場合は磁極の一部に隈取線輪を設け移動磁界による

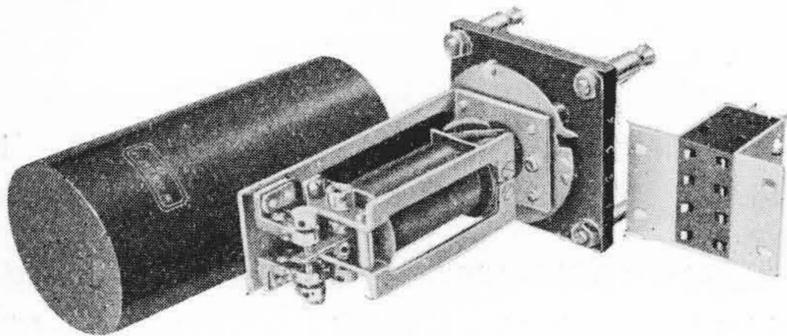


第 6 図 電力周波数遠隔測定装置回路図  
 Fig. 6. Block Diagram of Frequency Telemeter

これら送量器を実際に装備した一例として第 7 図に電力送量装置の写真を示した左側は送量器で最上部円板が定速回転を与えると同時に、左上の光源ランプより集光レンズを経て光電管に光が投射せられ、円板の回転により衝流を発生する部分である。他の二枚の円板は通常の積算電力計の要素をなしている。



第 7 図 電力送量装置の実例  
 Fig. 7. Power Transmitting Set of Impulse Type Telemeter



第 8 図 受量用 2301-H 1 有極継電器  
 Fig. 8. Type 2301-H 1 Polarized Relay Used as Telemeter Receiving Relay

[IV] 受量回路

如何にして衝流数を指示器の指示に変換するかについては第 [II] 章に於て述べた通りであるが、ここに用いる受量用継電器は第 8 図の如き外観を有する特殊な有極継電器で遠隔測定用として特に設計されたものである。即ち常時何れか任意の接点が閉成しており励磁電流零の場合でもその接点圧力は 5~6 gr あり、50 Hz の交流で励磁した場合最低感動電流を 0.5 mA, 1.0 mA および 2.0 mA の何れに整定しても両接点の接触率は 90% 以上である。従つて第 1 図に示す蓄電器充放電用の抵抗  $R_c$  の値を十分大にとることが出来る。接点電流は尖頭値で約 13 mA 程度となつているため接点が電気火花等により消耗すること少なく、接点の手入れや接点消耗による再調整等は数千時間に 1 回程度で良い。又斯くの如く一度何れかの接点を閉成すれば逆の励磁電流が流れる迄は励磁電流が零となつても閉成を保持するので、送量側からの衝流の数が間違いなく到着しさえすれば波形が多少くずれても指示の誤差を生ずることなく、又伝送系の損失に変化があつて相当の幅に励磁電流が変化しても接点の切換を行うに足る勢力が得られれば指示に誤差を生ずるおそれがない。

次に指示計の指示は

$$I = Kn \quad \text{但し } K = 2CE$$

であることは前に述べた。蓄電器容量  $C$  は長期に渉り一定と考えられる。従つて指示は充電電源電圧  $E$  の変化に比例して誤差を生ずるのでこれを一定にすることはこの方式の確度に影響する。従つて現在は交流側を誘導電圧調整器によりおさえ、更に整流後定電圧放電管を挿入してその安定化に努めている。

受量側に於て各方面から送られて来た量を総合する場合は 1 パルスに対する送量を等しくしておく必要がある。等しい場合は第 9 図 (次頁参照) の如く総合用計器に充放電回路の出力が並列に通流する様配置しておけば良い。

トルクを円板に発生せしめる。

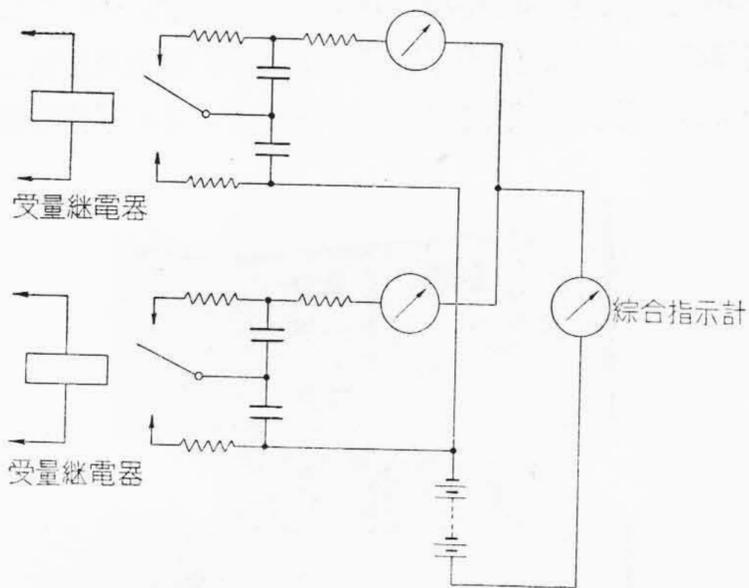
定速回転装置についてはいずれも電力の場合と全く同じである。

(4) 位置送量器

位置送量器の一例として水位送量器を第 5 図に示す。水位によりソレノイド中の鉄心が上下しこれにより誘導型計器の電流線輪の電流が変化し従つて円板の回転数が増減する。これと全く同様の原理で各種の位置の送信が出来る。

(5) 電力周波数の送量

電力周波数の送量は周波数を衝流に変換することなく直接伝送機器に与え電力周波数により搬送電流を変調し受量側に於てはこれを復調して原周波数を再現し増幅して電力用の周波数計を振らせる方法が専ら行われている。その回路略図は第 6 図の如くである。

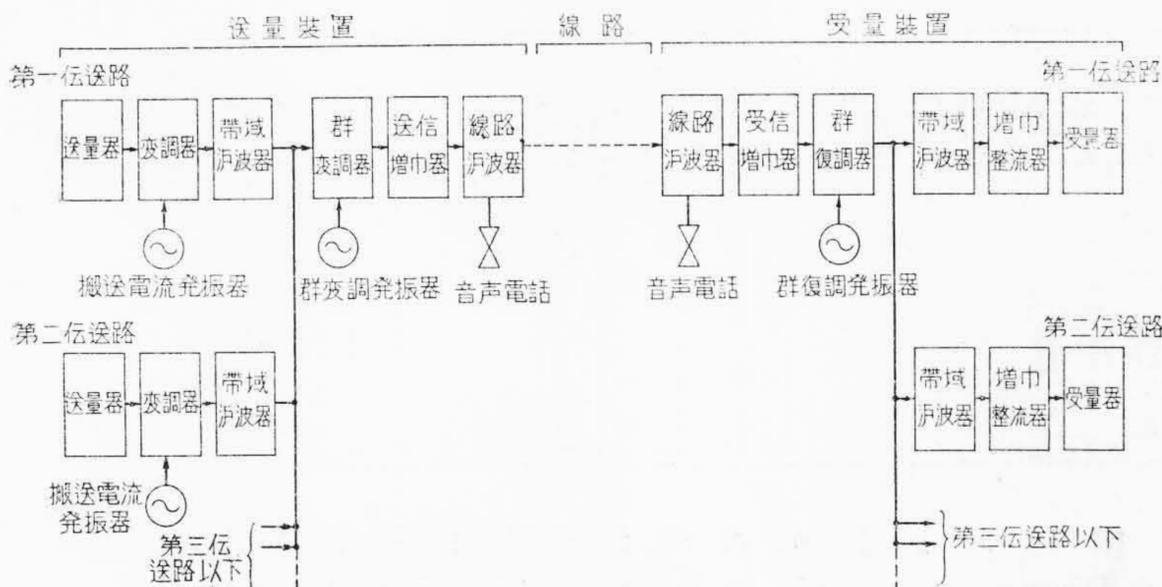


第9図 受量綜合回路  
Fig. 9. Totalizing Circuit at Receiving End

[V] 傳送装置

発生した衝流を直接線路に送出して伝送するのは特別な場合で一般には搬送装置を介して線路に送出する。伝送回路に通信線路を使用する場合と、電力送電線路を使用する場合とにより伝送装置は多少異なる。

第10図は通信線路を伝送回路に使用する場合の略回路図である。送量器とあるのは衝流発生部で増幅された衝流を変調器に供給する。同時に変調器は搬送電流発振器から搬送電流（通常425 $\sim$ より170 $\sim$ とびに2295 $\sim$ 迄の12個の周波数を使用する）の供給を受け衝流の印加せられた時のみ搬送電流を送出する。即ち変調器としてリング変調器を用い、衝流を印加することによりその平衡を破つて搬送電流を送出する如く配置されている。その出力を各通信路別に帯域濾波器を通じて並列として、群変調器に供給し、適当な周波数で群変調し希望する周波数配置とし増幅後線路に送り込む。若し音声周波帯に並べて差支えない場合は群変調することなくその



第10図 通信線用搬送式遠隔測定装置略回路図  
Fig. 10. Block Diagram of Carrier Telemeter using Telephone Line

まま増幅し線路に送り込む。線路を伝播して受量側に到達し増幅され、群復調器に送量側と等しい搬送電流を供給すれば425 $\sim$ ...2295 $\sim$ の原周波数が再現せられる。これを帯域濾波器により各通信路毎に分離し、整流すれば原衝流再現し、増幅後その交流分を取り出し受信継電器を動作させて指示計器に指示せしめる。

伝送回路として電力送電線を使用する場合の第10図との相異点は群変（復）調周波数が電力線搬送周波数となり、且群変（復）調器は搬送波送出両側帯波伝送方式の場合と搬送波阻止単側帯波伝送方式の場合とで内容に於て相異が生じ、線路濾波器が結合蓄電器と結合濾波器におき代る。群変（復）調器については単側帯波伝送の場合は直接電力線搬送周波数で群変調し単側波を取り出すことは困難であるので適当な補助搬送電流が用いられる。

[VI] 遠隔測定装置の仕様<sup>(3)</sup>

以上述べた日立搬送式遠隔測定装置は下記の如き仕様に基いて製作されている。

(1) 性能

(A) 誤差及び誤差変化

標準運転状態（定格電圧、定格周波数、周囲湿度20 $^{\circ}$ C）に於ける総合誤差は定格値の2%以内とする。又電源電圧の変動 $\pm 10\%$ 、電源周波数の変動 $\pm 2$  c/s、及び周囲湿度の変化 $\pm 10^{\circ}$ Cに対する総合誤差の変化は各 $\pm 2\%$ 以内とする。

(B) 速応性及び指針の振動

測定すべき量が零より定格値迄及び定格値より零迄変化した場合、受量指示計指針の静止するに要する時間は2.5秒以内とする。又指針の振動は1/10目盛に於て幅1mm以内とする。

(C) 動作範囲

電源電圧  $-40\%$  乃至  $+30\%$   
電源周波数  $+10$  乃至  $-15\%$ 、室温  $-10^{\circ}$ C 乃至  $+40^{\circ}$ C の範囲内に於て動作する。

(2) 各部の仕様

(A) 構造 高さ2,350mm又は2,750mm幅520mmの通信用標準鉄架に収容する。

(B) 送量計器 送量計器はJIS C 1201 精密級に準ずるものを使用する。

(C) 受量計器 受量計器は埋込式平面角型でJIS C 1102, JIS C 1103 2型甲 1.0級に準ずるもの

を使用する。

(D) 補助変流器 電力又は無効電力綜合用補助変流器は JEC 118 1948 0.5 級を使用する。

(E) 搬送部

(イ) 伝送線路 伝送線路は通信線又は電力線とし、電力送電線の場合は大地帰路方式を使用し、次の条件で正常に動作する。

標準線路損失： 通信線 30 db 電力線 40 db

信号対雑音比： 各通信路当り通信線 20 db 電力線 20 db

レベル変動： 通信線 ±10 db 電力線 ±10 db

レベル偏差： 通信用ケーブル使用の場合は 30 km 迄の偏差を補償し得る。又電力線を使用する場合は電力線の特性上 20 db の偏差を補償し得る。

(ロ) 使用周波数 425 $\sim$ 乃至 2295 $\sim$ の間に 170 $\sim$ 間隔で 12 通信路をとる。これを基本群とし通信線の場合は基本群そのまま群変調により 3 乃至 6kc 間に配置する。6 kc 以上 90 kc 迄は搬送電話の通話路を使用する。電力線の場合は 200 kc 乃至 300 kc 間を使用する

(ハ) 搬送出力 通信線 架空裸線に対しては 10db/ch 以下ケーブルに対しては 5db/ch 以下

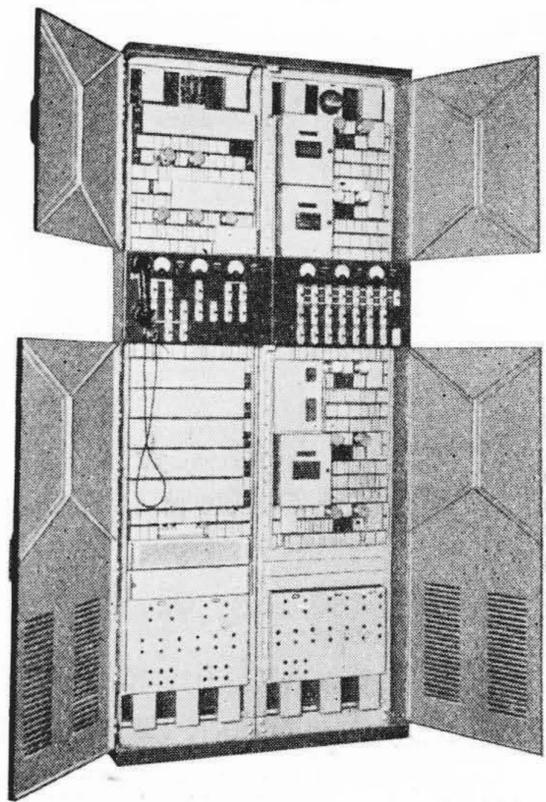
電力線 30 db/ch 以下

### [VII] 装置 の 実 例

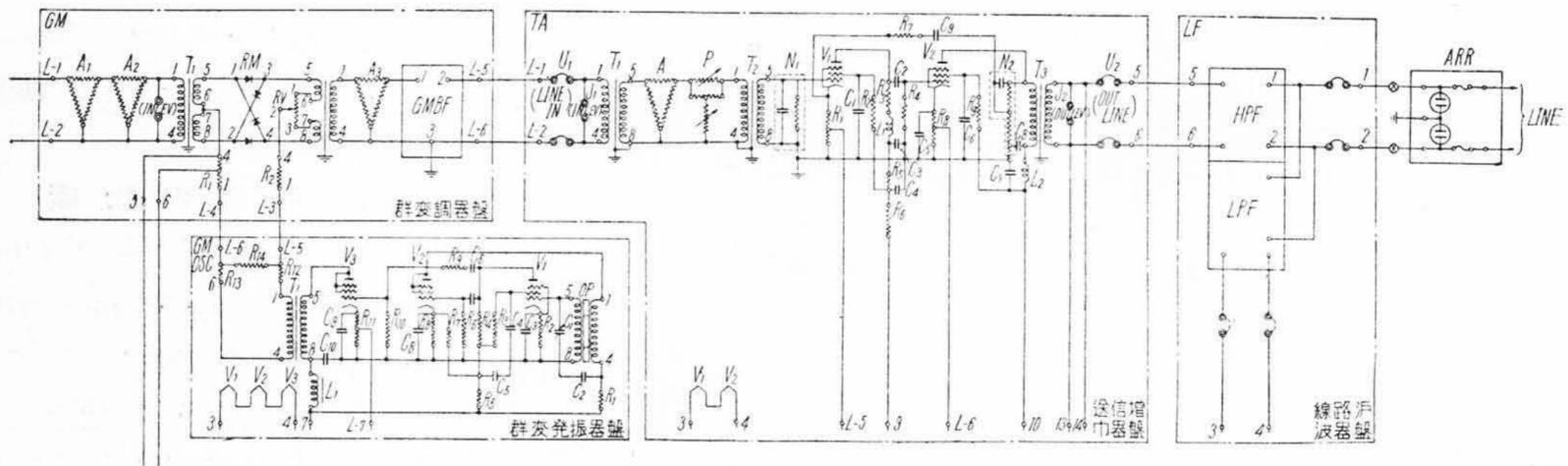
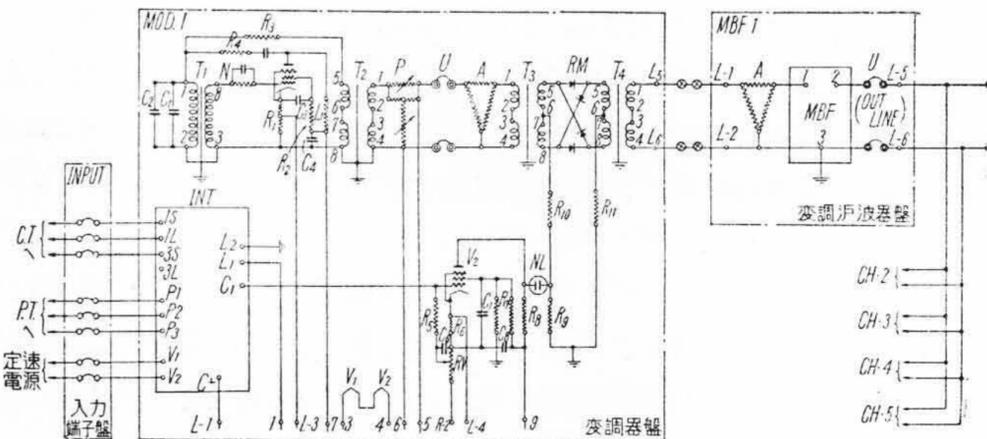
初めに述べた様に BM-52 型搬送式遠隔測定装置を中心として解説したので実例としてこの装置の説明を行う。

BM-52 型搬送式遠隔測定装置は給電司令用の遠隔測定装置で、その外観は送量装置第 11 図、受量装置第 12 図の如くで伝送路数は 5、第 1 伝送路 425 $\sim$  電力、第 2 伝送路

595 $\sim$  電力、第 3 伝送路 765 $\sim$  無効電力、第 4 伝送路 935 $\sim$  電力、第 5 伝送路 1,105 $\sim$  電力周波数となつており群調変周波数は 5,760 $\sim$  を用いその下側帯波を



第 11 図 BM-52 型搬送式遠隔測定送量装置 Fig. 11. Transmitting Equipment of Type BM-52 Carrier Telemeter Set



第 13 図 BM-52 型搬送式遠隔測定送量装置主要回路図 Fig. 13. Main Circuit Diagram of Type BM-52 Telemeter Transmitting Equipment

送出している。群変復調発振器には音片発振器を用い送受両端局は完全な独立同期式である。

第 13 図、第 14 図に送受量装置の主要回路図を示し

てある。伝送回路は市内電話ケーブルである。

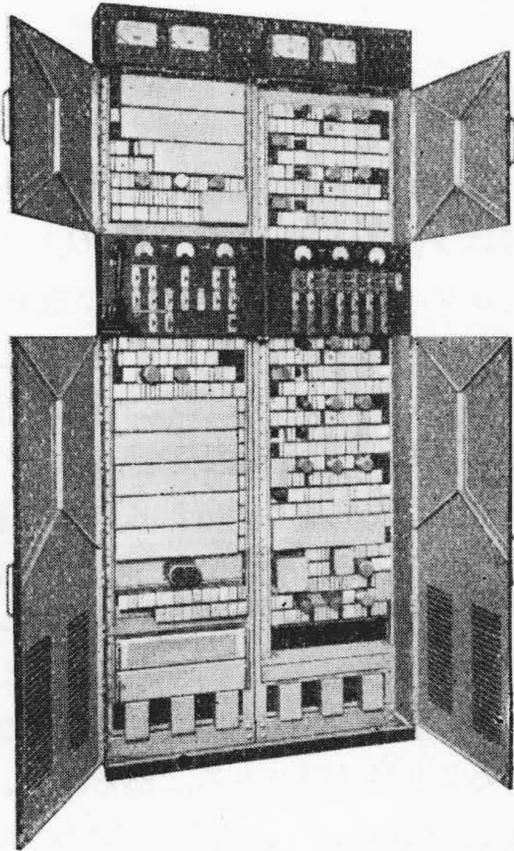
本装置は第 [VI] 章に述べた仕様を満足するもので今後給電司令用として多数の需要を期待している。

[VIII] 結 言

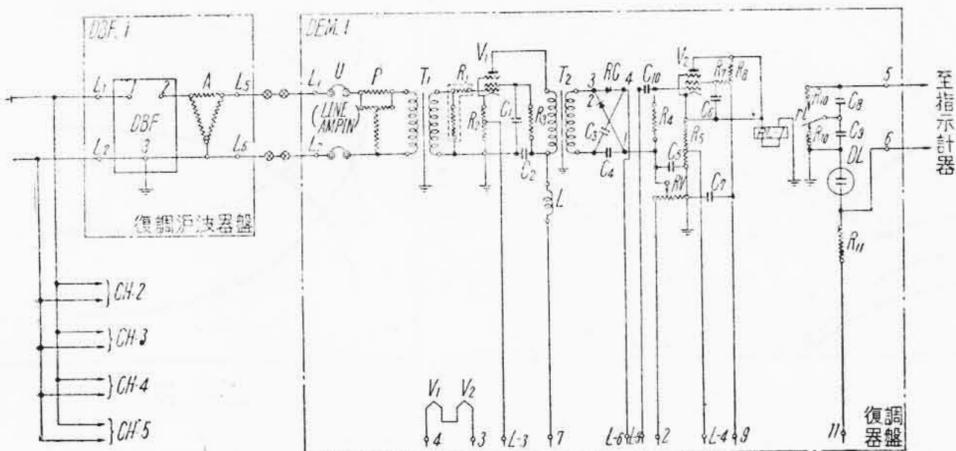
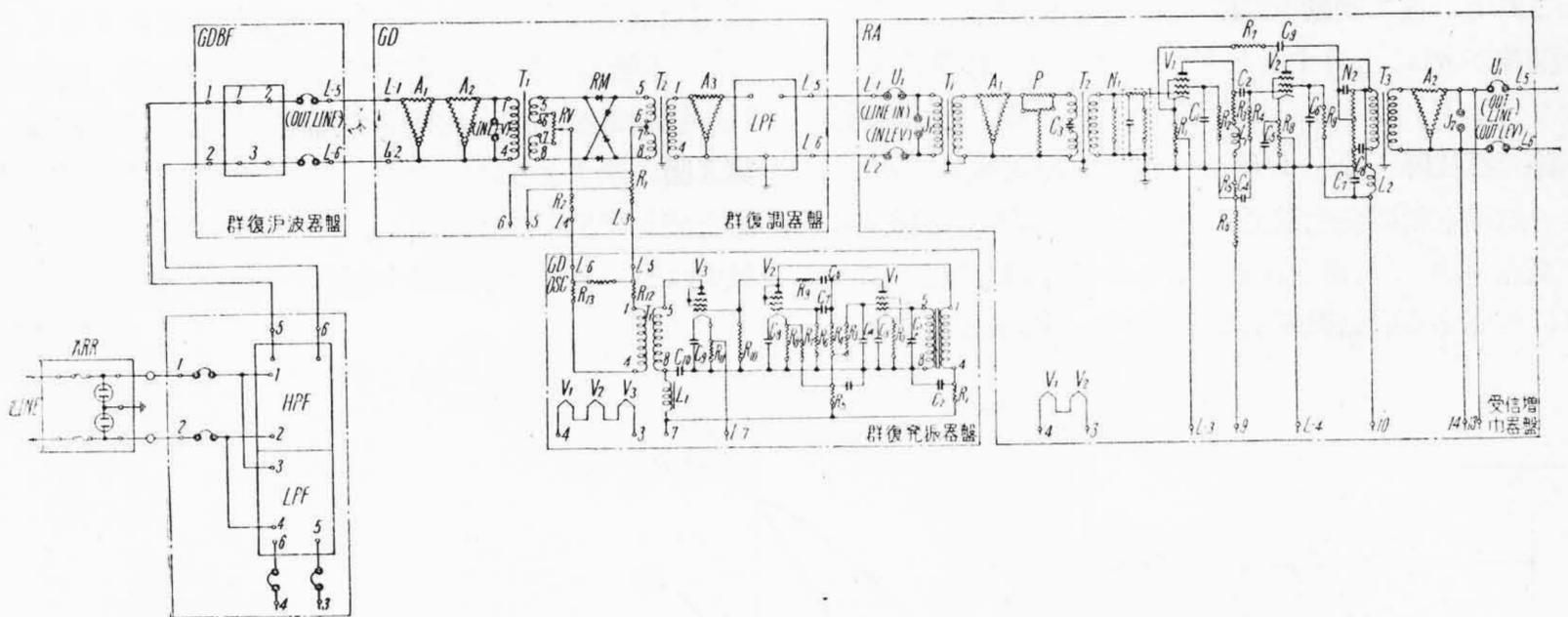
以上簡単であるが日立製作所に於て製造している遠隔測定装置につき原理ならびにその一つの実例につき述べた。斯くの如き装置の利用についてはすでに昭和 12 年当時日立製作所日立研究所に於いて故和島藤助博士および遠藤義夫氏により考えられ、筆者の一人三木は日立研究所に於いて両氏の指導の下に研究を行つた。途中戦争による中絶があつたが爾来研究設計製作の各部門の協力により改良に改良を重ね今日電力配給上の必需装置となつた。しかし各需要家幹部の御理解は勿論であるが実際にその保守運転にあられる各位の並々ならぬ御援助がなくてはここ迄成長はしなかつたかも知れない。終りにあたり需要家各位に感謝の意を表すると共に今後益々御鞭撻御叱正を頂きよりよき装置となることを念願するものである。

参 考 文 献

- (1) 三木、磯崎 日評 24. p 199. 昭 16
- (2) 電気工学ポケットブック 昭和 9 年版 p. 201
- (3) 日本発送電 K K 搬送式遠隔測定装置共通仕様表



第 12 図 BM-52 型搬送式遠隔測定受量装置  
Fig. 12. Receiving Equipment of Type BM-52 Carrier Telemeter Set



第 14 図 BM-52 型搬送式遠隔測定受量装置  
主要回路図

Fig. 14. Main Circuit Diagram of Type BM-52 Telemeter Receiving Equipment



特許第 189221 号

平 田 憲 一

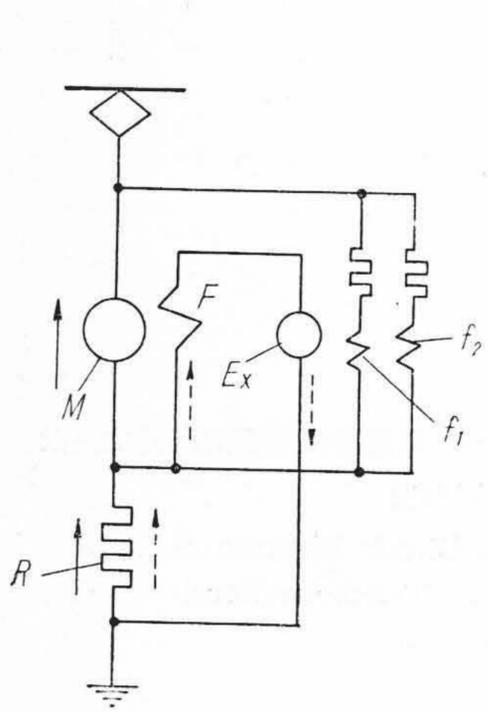
### 電 氣 車 電 氣 制 動 装 置

励磁機又は蓄電池により主電動機界磁を励磁する従来の電気制動装置に於ては、高速度に於て過電圧、過電流を発生する虞れがあり、運転操作に注意を払う必要がある。本発明は電気制動時に過電圧、過電流を発生せず、而も高範囲の速度変化に於て制動力を略一定にし、運転操作容易なる電気制動装置を提供するものである。第 1 図は本発明を回生制動に適用する場合の結線図で、励磁機  $E_x$  は車軸により駆動され、制動電動機  $M$  の発生電圧により励磁される二個の差動分巻界磁  $f_1, f_2$  を有し  $f_1$  は高飽和磁極に、 $f_2$  は低飽和磁極に巻かれる。釣合抵抗  $R$  は制動電動機電機子回路と、励磁機電機子回路とに共通に、而も実線矢印で示す制動電流と、点線矢印で示す励磁電流とが同方向に流れるよう接続する。

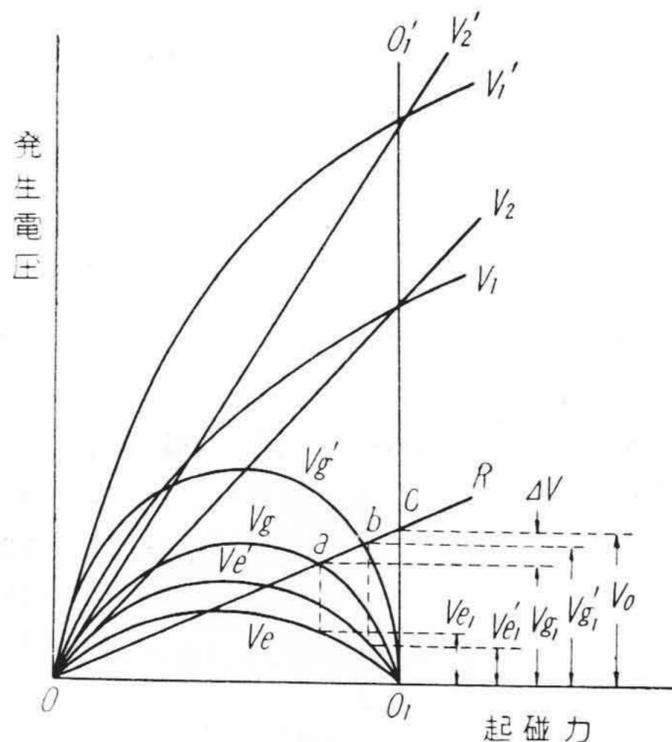
今電車線電圧を一定とし、回生制動速度  $n$  に於て励磁機界磁  $f_1, f_2$  をそれぞれ単独に励磁する場合の励磁機の飽和曲線を第 2 図に於てそれぞれ  $V_1, V_2$  とする。このときの励磁機の発生電圧は  $V_1$  と  $V_2$  との差  $V_e$  で表わされる。従て制動電動機の発生電圧は  $V_g$  となる。制動速度が  $n'$  に上昇すると  $V_1, V_2$  はそれぞれ  $V_1', V_2'$  となり  $V_e, V_g$  はそれぞれ  $V_e', V_g'$  となる。励磁機界磁回路の抵抗降下線を  $OR$  とすれば、速度  $n$  及び  $n'$  のときの制動電動機発生電圧はそれぞれ  $V_g, V_g'$  と線  $OR$  との交点  $a, b$  で決定されるところの  $V_{g1}, V_{g1}'$  となる。これに対応する励磁機発生電圧は  $V_{e1}, V_{e1}'$  となり、速

度の上昇する程低下する。即ち回生制動速度が無限大に近づくときは  $V_g$  は  $O_1$  を通る垂線  $O_1-O_1'$  と殆んど一致することになり、制動電動機発生電圧は垂線  $O_1-O_1'$  と抵抗線  $OR$  との交点  $c$  で決定され  $V_0$  に近づき、励磁機発生電圧は  $O_1$  に近づく。故にこれ以上如何に高速度となつたとしても、制動電動機発生電圧は  $V_0$  より上昇することはない。従て回生電流は  $V_0$  と電車線電圧との差に相当する値以上に増大することはない。仮に  $n'$  を回生制動の最低使用速度とすれば  $V_0 - V_g = \Delta V$  が  $V_{g1}$  に比べて小なる程制動電動機の世界速度電圧特性は良好となる。 $\Delta V$  を小にするためには抵抗線  $OR$  上の  $a$  点を  $c$  点に近づけることが必要である。然るに  $V_e$  は  $V_1$  と  $V_2$  との差であるから、 $V_1$  は出来るだけ高飽和に、 $V_2$  は逆に低飽和にすれば所期の特性を得られるわけである。以上の説明で明らかなように本発明装置に於ては特殊励磁機を採用した結果、制動速度が大なる程励磁機電圧が減少することとなり、大なる制動速度に於ても制動電動機発生電圧は一定値以下となり過電圧を発生することがない。制動速度が変化する場合の制動電動機、発生電圧  $V_g$ 、制動電流  $I_g$ 、励磁機発生電圧  $V_e$ 、励磁機電流  $I_f$  は第 3 図に示すように変化する。従て高速度に於て過電圧過電流も発生する虞れなく、広範囲の速度変化に対し制動力は略一定となり、回生制動の制御が容易である。

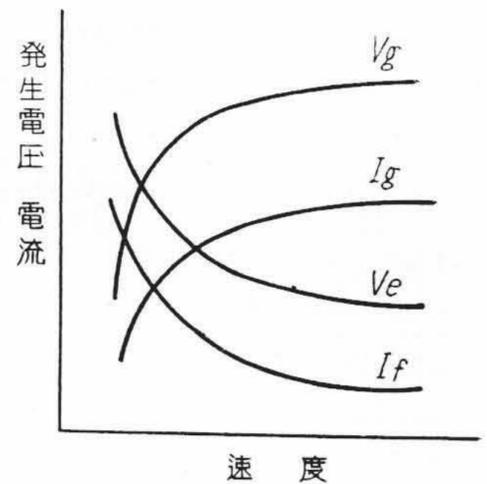
(滑 川)



第 1 図



第 2 図



第 3 図