

南海電気鉄道株式会社特急列車用電空併用ブレーキ 付制御装置とその試験結果

新 浜 繁 次 郎* 平 田 憲 一**

Control Equipment with Combined Dynamic and Air Brake for Nankai Electric Railroad Co., Ltd. and its Test Results

By Shigejiro Niihama
Chief of Electric Machine Section, Tengachaya Works,
Nankai Electric Railroad Co., Ltd.
Ken'ichi Hirata, D.S.E.
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers describe the Hitachi MMC control equipment with Combined Dynamic and Air Brake, adopted for the newly built limited express trains of the Nankai Electric Railroad Co., Ltd. The train is composed of four motor cars, the tare weight being $34\text{ t} \times 4$, the motor capacity $75\text{ kW} \times 16$ and the line voltage 600 V, D.C.

By the use of the special field control system and the combined time and current limit relay system, the building up and notching up characteristics of the dynamic braking have been much improved than hitherto. At the same time, the retardation rate of the dynamic braking is easily and smoothly controlled by an electric actuator of a special design over the wide range from 1.5 to 4.5 km/h/s .

The test results show that the brake distance for the initial speed of 113 km/h is 580 m and the retardation-rate is 3.53 km/h/s . Several oscillograms and tables of these test results are also given out with brief discussion.

〔Ⅰ〕 緒 言

最近我国の高速電車の表定速度は次第に上昇してすでに戦前の水準を突破し、その最高速度は 120 km/h に達している。このような高速運転においては、保安上ブレーキ装置は特に確実にして強力なものとする必要があり、この見地より従来の空気ブレーキに代つて電気ブレーキと空気ブレーキとを併用するいわゆる電空併用ブレーキ⁽¹⁾が広く使用せられるに至つた。しかして特に高速電車用電気ブレーキ方式の具備すべき必要条件として、十分なブレーキ力を敏速かつ円滑に発生することが要求される。このためには主電動機を特殊設計として高速速度よりの電気ブレーキに対する安全性を増大すると同時に、制御方式もまたこれに適応したものとする必要があ

る。

しかるに従来の電空併用ブレーキ方式においては、あるものは電圧発生に可成の時間的遅れを伴う結果ブレーキ距離が延びる、またあるものは過電圧継電器が動作して高速速度よりの電気ブレーキが不能となる、さらにあるものはブレーキ中、電気ブレーキ力を敏速かつ円滑に加減することができないなどの諸点において、いまだ研究問題の残されたものが多い現状である。

今回日立製作所が南海電気鉄道特急列車用として製作納入した電空併用ブレーキ付 MMC HB-11 型制御装置は、数次にわたる現車試験の結果きわめて優秀な成績を示し、上記高速電車用電空併用ブレーキ方式として具備すべき必要条件を満足していることを実証したので、こゝにその概要および試験結果について報告し、読者の御参考に供したいと思う。

* 南海電気鉄道株式会社天下茶屋工場電機課長

** 日立製作所日立工場 工博

〔II〕 主要諸元と運転条件

(1) 電動車仕様

種 別	100 HP 主電動機付平行軸カルダン式電動車
形 式 称 号	モハ 11000
自 重	 34 t
定 員	128 人
最 大 寸 法	長さ 20,725×幅 2,740 ×高さ 4,160 mm
軌 間	 1,067 mm
軸 距	 2,100 mm
車 輪 直 径	 860 mm
主 電 動 機	..75 kW-300 V-280 A-2,000 rpm
主電動機箇数	 4
駆 動 方 式	平行軸カルダン自在接手方式
歯 数 比	 80/14=5.71
制 御 方 式	..MMC HB-11 型発電ブレーキ 付電動機操作カム軸制御方式
制 御 段 数	..電動 F4-S8-P8-F4 計24段 制動 F4-P16 計20段
渡 り 方 式	橋絡式
制 動 方 式	AMAR-D 型制動弁ハンドル 操作電空併用ブレーキ方式
運 転 手 弁	ME-24C
電 動 発 電 機	D.C. 100 V, 1.5 kW A.C. 100 V, 2 kVA, 120~, 2φ, 3,600 rpm

(2) 運転条件

運 転 種 別	南海本線, 難波一和歌山市間 急行または特急列車
列 車 編 成	MM 永久連結, MM または MMMM
途中停車回数	8 回 (急行), 5 回 (特急)
表 定 速 度	55.2 km/h (急行), 64.4 km/h (特急)
最 高 速 度	 120 km/h
線 路 最 急 勾 配	 20.3‰
起 動 加 速 度	平坦線において定員の 2 倍の 場合 2 km/h/s 以上
同 上 加 速 度 変 動	1 km/h/s 以下
ノ ッ チ 進 め	20‰ 上り勾配において 1.5 km/h/s 以上
電 気 ブ レ ー キ 減 速 度	平坦線において定員の 2 倍の場合 2.5 km/h/s 以上
同 上 減 速 度 変 動	1 km/h/s 以下

本特急列車の外観は第 1 図のごとくである。

〔III〕 MMC HB-11 型電空併用ブレーキ方式の概要

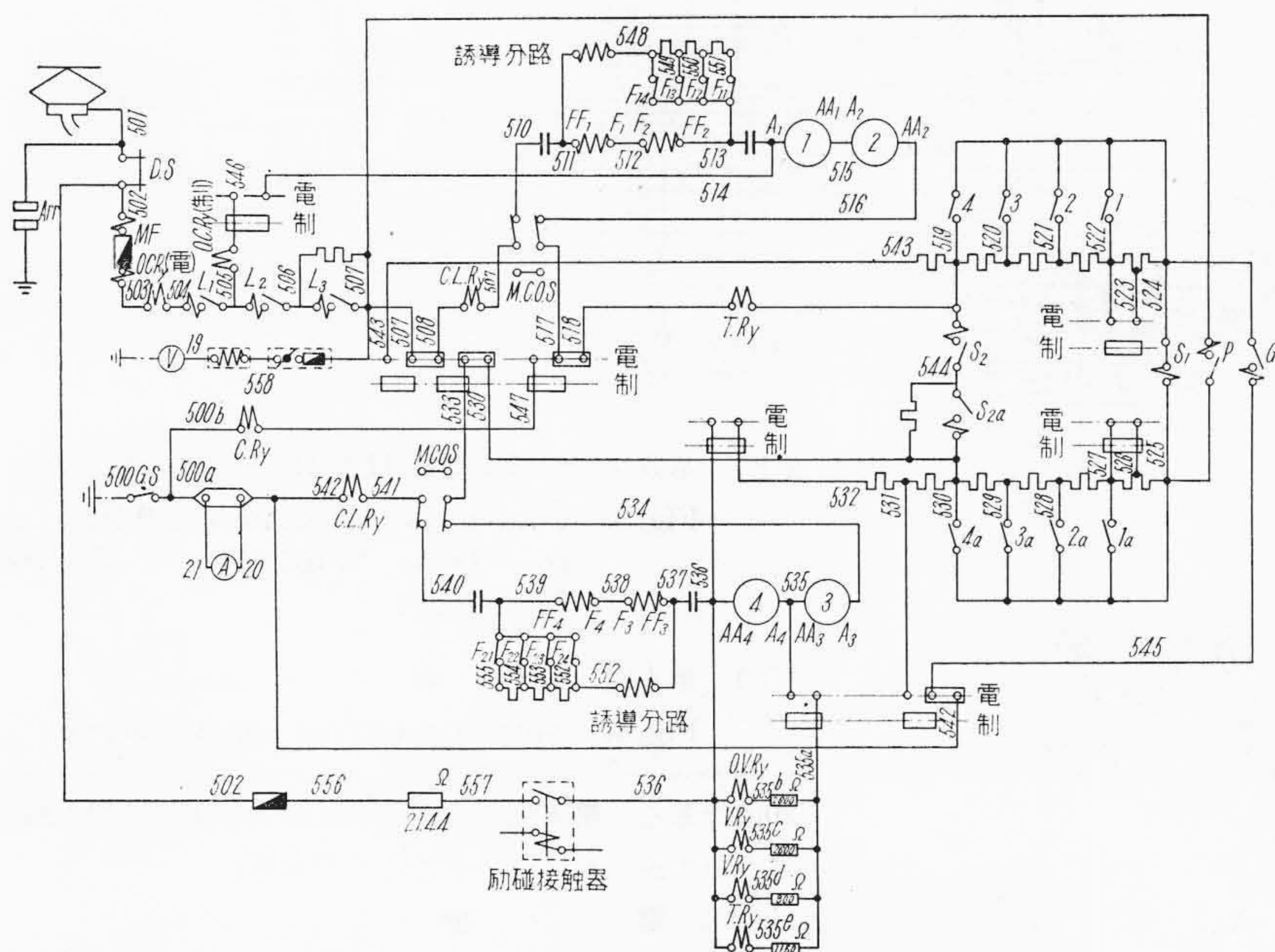
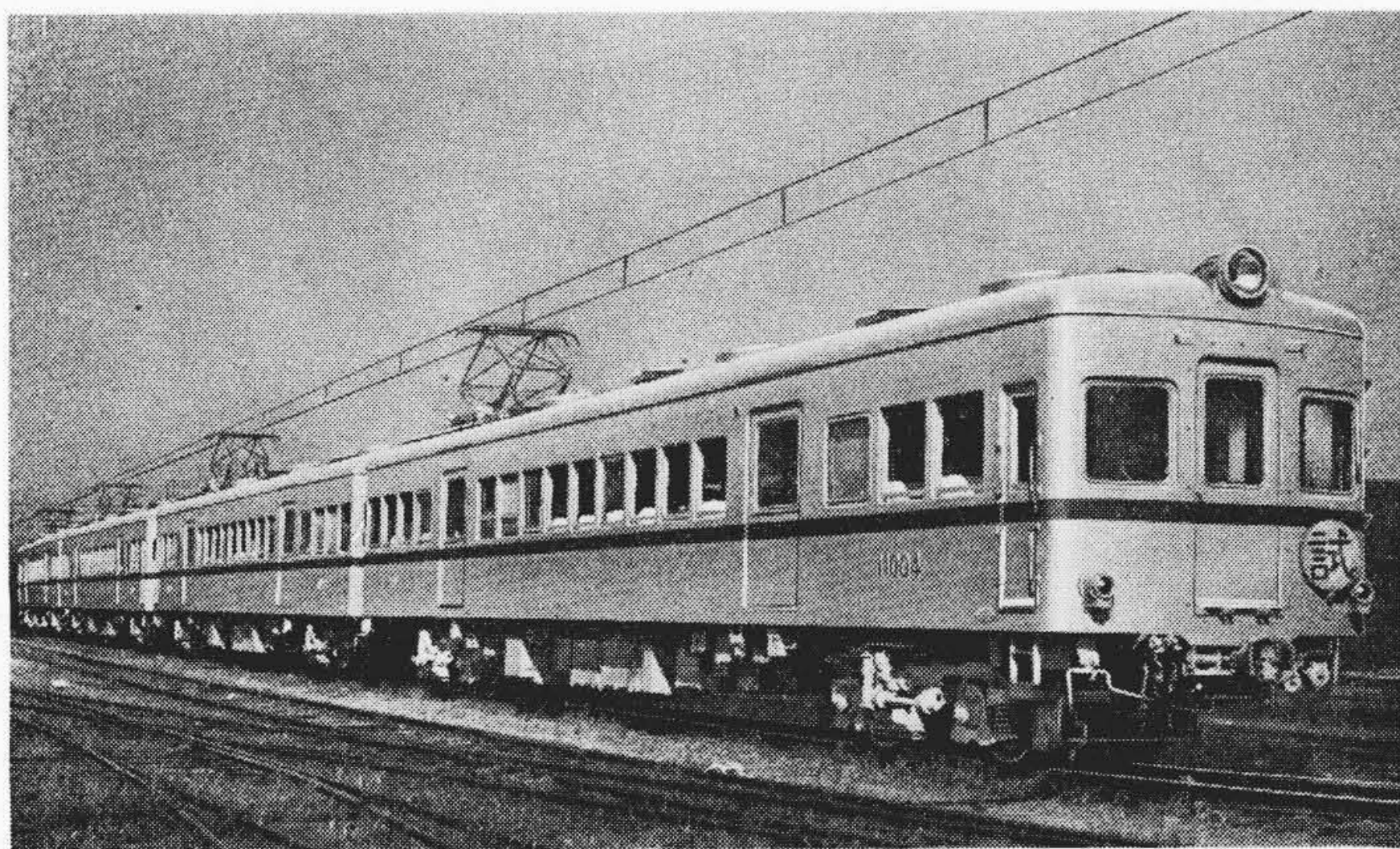
本方式 (特許出願中) は MMC 型多段式制御装置に発電ブレーキおよび空気ブレーキを附加し, 電動は主幹制御器ハンドルにより, 制動は停車抑速とも制動弁ハンドルにより操作するようにしたもので, 特に高速電用発電ブレーキに適するよう種々の新方式を採用してあるが, その特長のおもなるものを挙げれば下記のごとくである。

(1) 特殊界磁制御方式と限時限流継電方式とを併用して高速度よりの弱界磁における発生電圧上昇を敏速にすると同時に過電圧の発生を防止し, かつ制動時のノッチ進め作用を確実にした。発電ブレーキ使用速度範囲は 110~15 km/h であつて, 制動初速の高低に関係なく常に発電ブレーキ作用を敏速確実に発生させるために, 発電ブレーキ開始に際してはまず主電動機界磁を全界磁の状態において電車線より予備励磁し, 発生電圧が一定値に達すれば自動的に弱め界磁として過電圧の発生を防止する。同時にノッチ進め方式には, 発生電圧が一定値以上にて動作する限時継電器と, 限流継電器とを組合わせるいわゆる限時限流継電方式を採用してある。したがって制動弁ハンドルを制動へ入れてから十分なブレーキ電流を発生するに要する時間は他方式に比してかなり短く, しかも有効なブレーキ作用を敏速にかつきわめて円滑に行わせることができる。

(2) 発電ブレーキ力を加減するために「限流調整器」を設けて電空併用ブレーキの操作を容易ならしめた。すなわち制動弁ハンドルによつて限流調整器を操作し, 発電ブレーキ中限流継電器の調整値を電気式に一定時限を以て増減しうるようにしてあるので, 制動弁ハンドルを空気ブレーキの場合と同様に操作することにより, 発電ブレーキ力を自由に加減しうる。また電気式操作方式としたため, 空気式のごとくタイムラグなく, 敏速かつ正確に操作することができ, かつその動作特性の調整も簡単かつ容易に行いうる特長がある。

(3) 発電ブレーキと空気ブレーキとが自動的に併用せられ, これらブレーキ力の切換はなんらの衝撃なくきわめて円滑に行われる。すなわち発電ブレーキの初期未だ十分なブレーキ電流が発生しない間は空気ブレーキが自動的に作用し, ブレーキ電流が一定以上に達すれば空気ブレーキは自動的に弛み, 発電ブレーキがこれに代る。また発電ブレーキの終期においてブレーキ電流が減少する場合は再び空気ブレーキが自動的に作用する。

また発電ブレーキ中万一過電圧あるいは過電流が発生



力△接触器	力△接触器
力△接触器	力△接触器
力△接触器	力△接触器
力△接触器	力△接触器
1	1
2	2
3	3
4	4

[illegible]

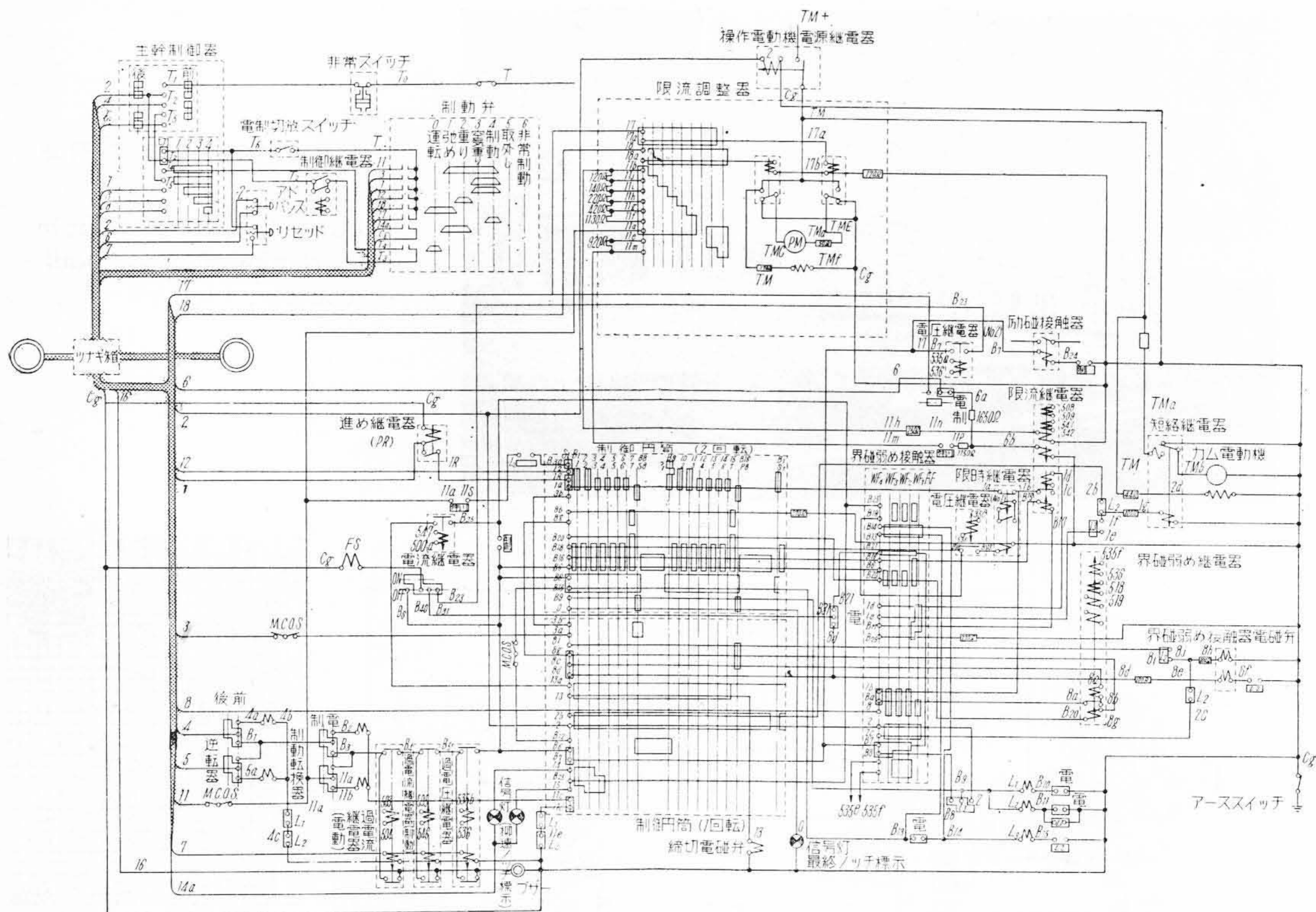
した場合はそれぞれ過電圧あるいは過電流継電器が動作して発電ブレーキ回路を切り、ブザーを鳴らして警報を与えるとともに、この際制動弁ハンドルが制動位に置あれば自動的に空気ブレーキがかかる。

(4) 一方向二回転式電動機操作カム軸制御方式を採用してあるので、電動時および制動時ともノッチ進み作用は確実に衝動少く、その特性は優秀である。また橋絡式渡り方式を採用してあるから、直並列切換時の衝動はほとんどなく、かつ橋絡回路にも限流遮断方式を採用してあるため、高速惰行中又入しても橋絡回路遮断時のアークは小さく、したがって接触子の荒損は少い。

(5) 電動時および制動時，限流遮断装置を共用して電力遮断時の衝動を減少するとともに，制動時，断流器 L_1, L_2 中の L_1 を以て制動回路を電源より切放すようにして，制動回路の安全性を向上した。

〔IV〕 MMC HB-11 型制御装置の作用

本装置の主回路は**第2図**，制御回路は**第3図**（次頁参照），電動時ノッチ曲線は**第4図**（次頁参照），発電制動時ノッチ曲線は**第5図**（次頁参照）の通りで，ノッチ数は電動時一直列，弱界磁4，全界磁8，並列，全界磁8，弱界磁4計24段，制動時一並列，弱界磁4，全界磁16計

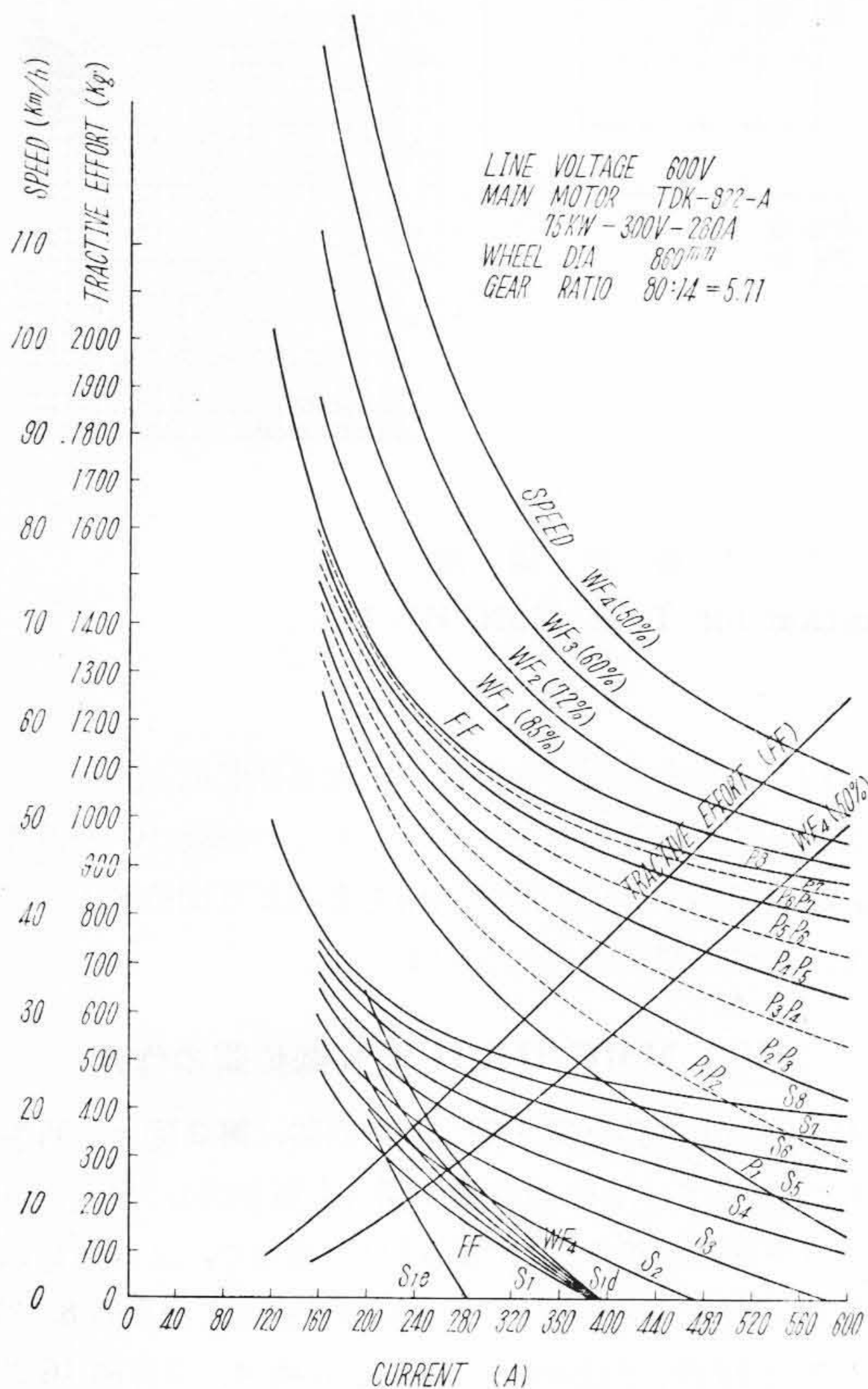


(上) 第3図 MMC HB-11制御装置制御回路結線図

Fig.3. Control Circuit Connection Diagram for Type MMC HB-11 Control Equipment

(下) 第4図 電動時ノッチ曲線

Fig.4. Notching Curves for Motoring



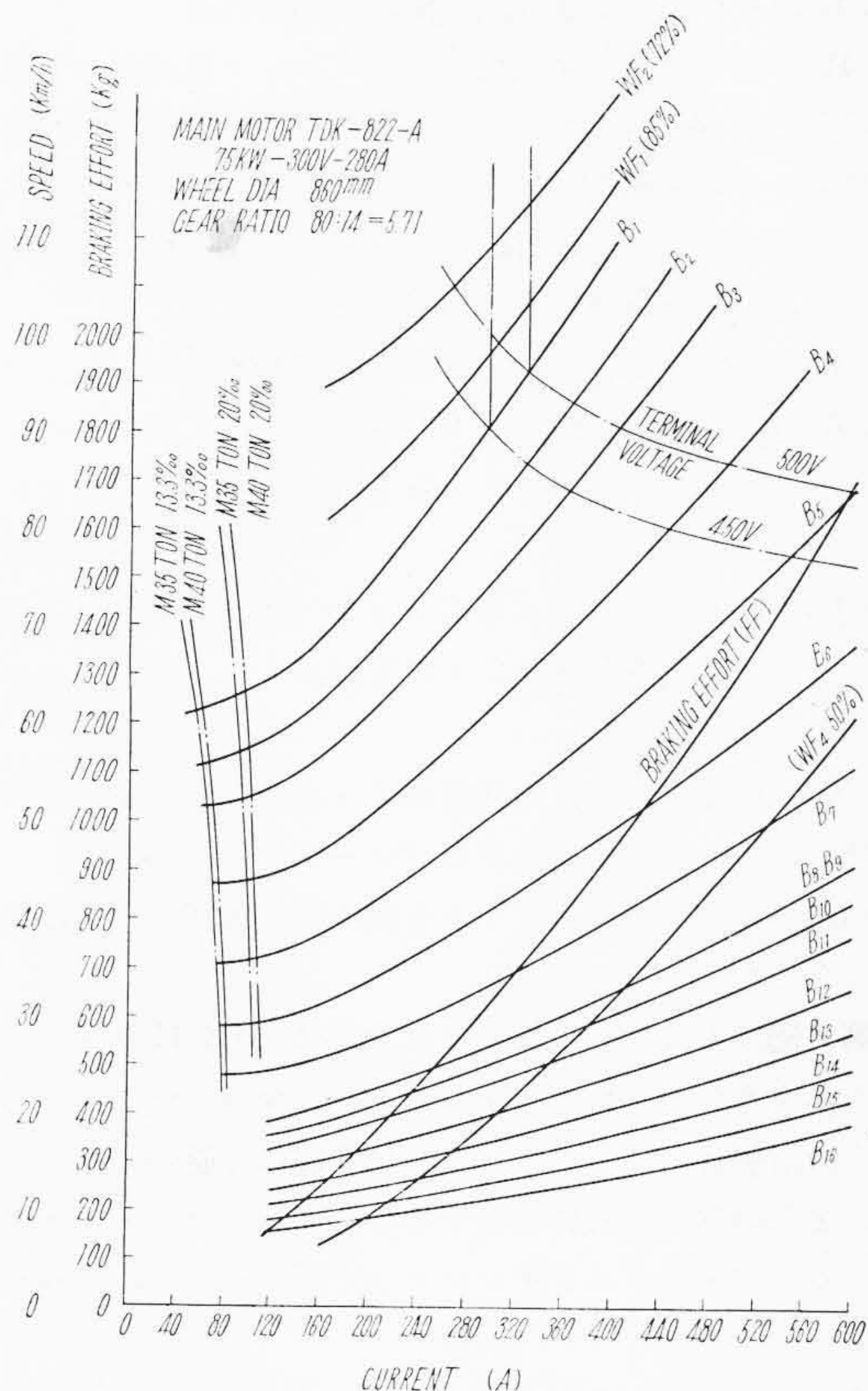
20段である。第6図に主回路変化図を示す。作用の概要について述べれば下記のごとくである。

(1) 電動

(A) 制動弁ハンドルを運転位置において主幹制御器を第1ノッチへ入れると、断流器 L_1, L_2 が入り、限流抵抗が入った状態で主電動機は弱界磁 WF_4 において起動する。つぎに限流器 L_3 が入り、限流抵抗が短絡されて L_1, L_2 は自己保持される。ついで界磁弱め接触器電磁弁(8e-8f)が励磁せられてノッチは進み、主電動機界磁は WF_3, WF_2, WF_1 と次第に強められ、主電動機は全界磁となり直列第1ノッチ S_1 にて運転する。

以下主幹制御器を第2および第3ノッチへ進めると、限流継電器の支配を受けつゝノッチは進み、それぞれ直列最終ノッチ S_8 および並列最終ノッチ P_8 に達する。万一 P_8 でカム軸が回り過ぎたときは制御円筒接触 B_6-B_{13} が切れ、主回路は遮断されるから、カム接触器で主回路を切ることはない。

ついで主幹制御器を第4ノッチへ入れると界磁弱め接



触器電磁弁 ($8k-c_g$) が励磁せられ、界磁弱め継電器の支配を受けつゝ弱め界磁のノッチは進み、主電動機界磁は WF_1 , WF_2 , WF_3 , WF_4 と次第に弱められ、主電動機は最弱界磁の状態にて運転する。

(B) 主幹制御器を「切」にもどすと、まず L_3 が切れ、主回路には限流抵抗が挿入せられ、ついで L_1 , L_2 が切れ、主制御器カム軸は再びノッチ進みの方向に回転して S_1 に復帰する。

(C) アドバンス・スイッチを入れると限流継電器の差動線輪が励磁せられて調整は増大し、高加速度で起動する。また過電流継電器が動作すると、 L_3 , L_1 , L_2 が限流遮断し、ブザーを鳴らして警報を与える。

(2) 制 動

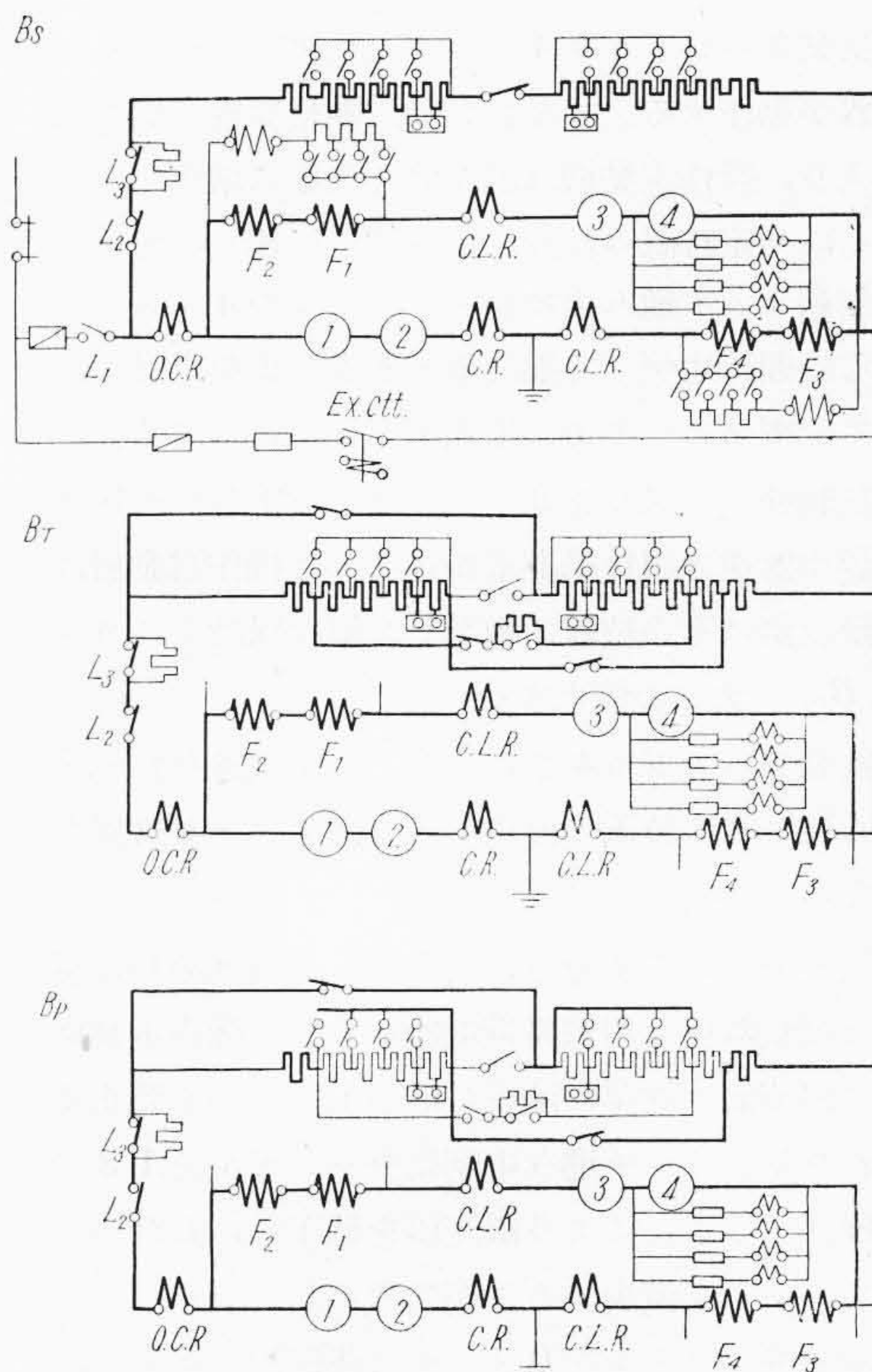
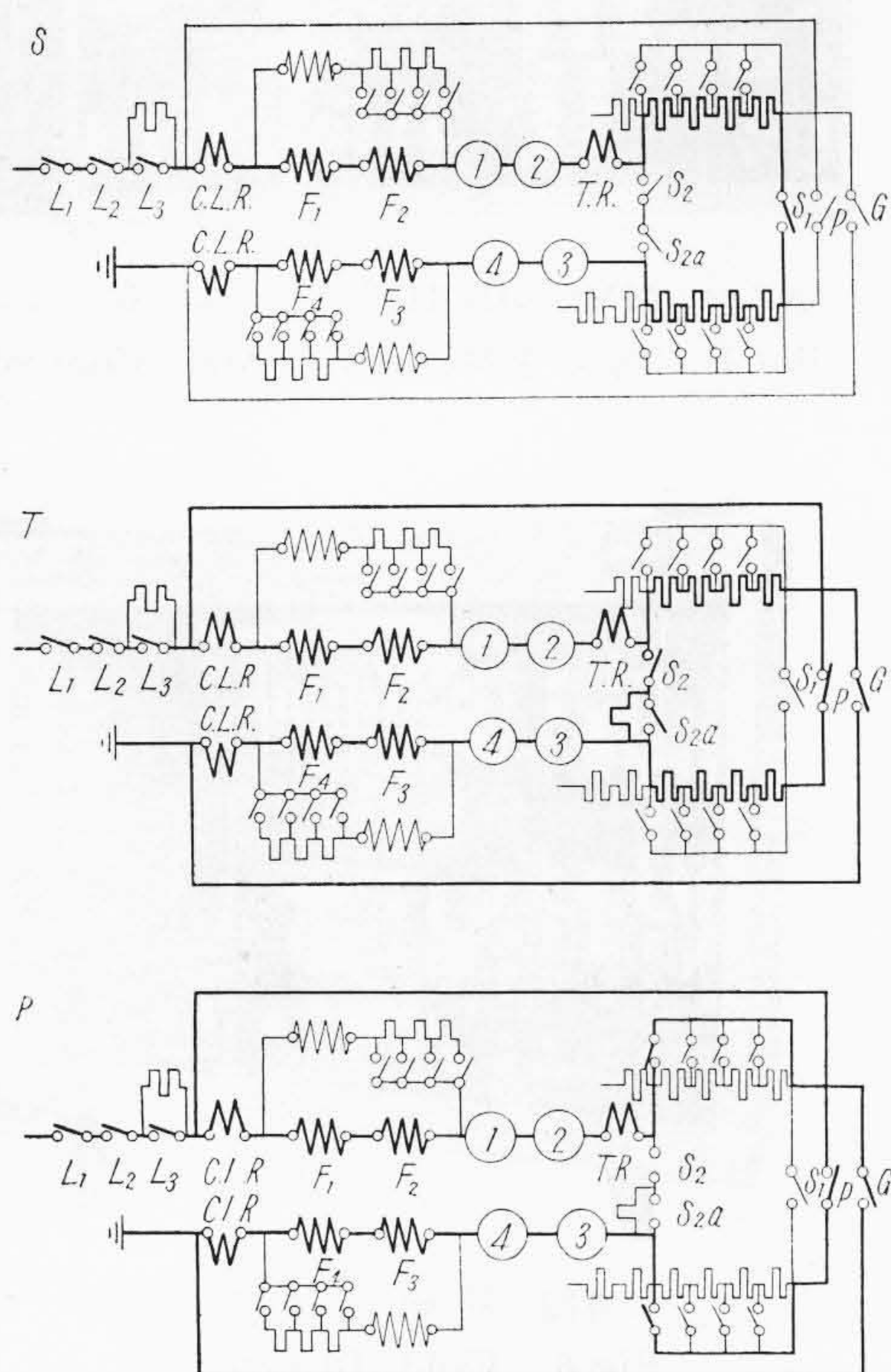
(A) 主幹制御器を「切」とし、制動弁ハンドルを1ノッチ(弛め)に入れると、制動転換器電磁弁 ($11b-11c$) が励磁せられて制動転換器は制動位置に転換する。ついで L_2 が入り、 L_3 および界磁接触器 FS は開いているから全界磁で限流抵抗を入れた状態で電気ブレーキ回路が

(上) 第5図 発電制動時ノッチ曲線

Fig. 5. Notching Curves for Dynamic Braking

(下) 第6図 電動時および制動時主回路略図

Fig. 6. Simplified Connection Diagram for Motoring and Braking



閉ぢ、発生電圧は速かに上昇し、一定電圧に達すると No. 2 電圧継電器が動作し、FS が入る。したがって弱め界磁となり過電圧の発生を防止する。

この間 L_2 が入ると、限時継電器と界磁弱め継電器との共同作用にて界磁弱め接触器電磁弁 (8e-8f) を制御することにより、界磁弱め接触器カム軸は回転し、ノッチは WF_4, WF_3, WF_2, WF_1 と進み、 B_1 ノッチに至つて全界磁にて発電ブレーキがかかる。またこの間 WF_3 において L_3 が入り限流抵抗を短絡する。さらにこの間弱め界磁中主電動機の電圧発生を敏速ならしめるため、励磁接触器が入り主電動機界磁を予備励磁する。ついで限時継電器と限流継電器との共同作用により短絡継電器を制御して、電動の場合と同様主制御器カム軸は回転し B_2 ノッチに至つて停止する。

(B) 制動弁ハンドルを2ノッチ (重り) および3ノッチ (空気重り) へ入れると、同様にしてカム軸はそれぞれ B_4 および B_{16} ノッチまで進んで停止する。弱界磁および全界磁ノッチの進む場合、限時継電器と電圧継電器とを組合わせ、発生電圧が一定値以下の場合には限時継電器は作用せず一定値以上になるとはじめて限時継電器が作用してカム軸はかならず一定時間各ノッチにおいて保持せられるから、低速度の場合不必要な限時作用によつてブレーキ距離の延びるのを防止すると同時に、高速度におけるノッチ進め作用を確実にする。制動中 B_2, B_4, B_8, B_{16} においてはそれぞれ表示灯が点灯する。

(C) 制動弁ハンドルを4ノッチ (制動) へ進めると限流調整器が動作する。すなわち限流調整器進め用短絡継電器が入り、操作電動機は限流値を次第に増大する方向に回転し、一定時限の後最大値の位置に達して停止する。故に制動ノッチ進み中制動弁ハンドルを4ノッチに入れている時間に比例して限流継電器調整値を上昇し、したがって発電ブレーキ力を増大することができる。

(D) 制動弁ハンドルを3ノッチ (空気重り) へ戻すと、限流調整器進め用短絡継電器が切れて操作電動機は停止し、限流値はその位置に相当した値を保持してカム軸は進み B_{16} に至つて停止する。

(E) 制動弁ハンドルをさらに2ノッチ (重り) へ戻すと、カム軸はその位置に停止し、発電ブレーキは保ちの状態となる。

(F) 制動弁ハンドルをさらに1ノッチ (弛め) へ戻すと、限流調整器戻し用短絡継電器が入り、操作電動機は逆転して限流値は次第に減少し最小値に至つて停止する。すなわち制動ノッチ進み中制動弁ハンドルを1-3ノッチ間に操作することにより限流値を低下し、したがって発電ブレーキ力を減少することができる。

(G) 制動弁ハンドルを0ノッチ (運転) へ戻すと、

L_3, L_1, L_2 が切れ制動回路は限流遮断される。

(H) 発電ブレーキ開始の際、ブレーキ電流が一定以上になると B_2 ノッチ以後締切電磁弁が励磁せられ、空気ブレーキは自動的に弛んで発電ブレーキがこれに代る。発電ブレーキが最終段に達すると締切電磁弁が消磁せられ、再び空気ブレーキが自動的にかかる。

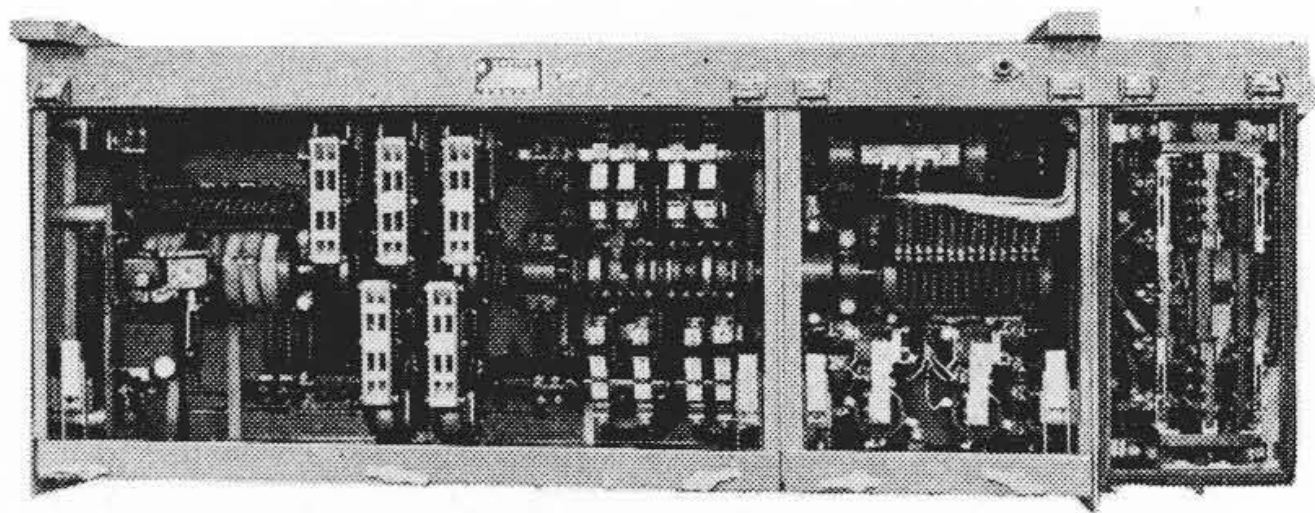
(I) 過電流および過電圧継電器が動作した場合は L_3, L_1, L_2 が限流遮断してブザーを鳴らし、制動弁ハンドルが4ノッチ (制動) にあるときは自動的に空気ブレーキがかかる。

(J) 制動弁ハンドルを6ノッチ (非常制動) へ入れたときは、非常空気ブレーキのみがかかる、発電ブレーキはかからない。

(K) 車掌弁を引くと非常スイッチが開いて制御電源を切るから、この場合も非常ブレーキのみがかかる。

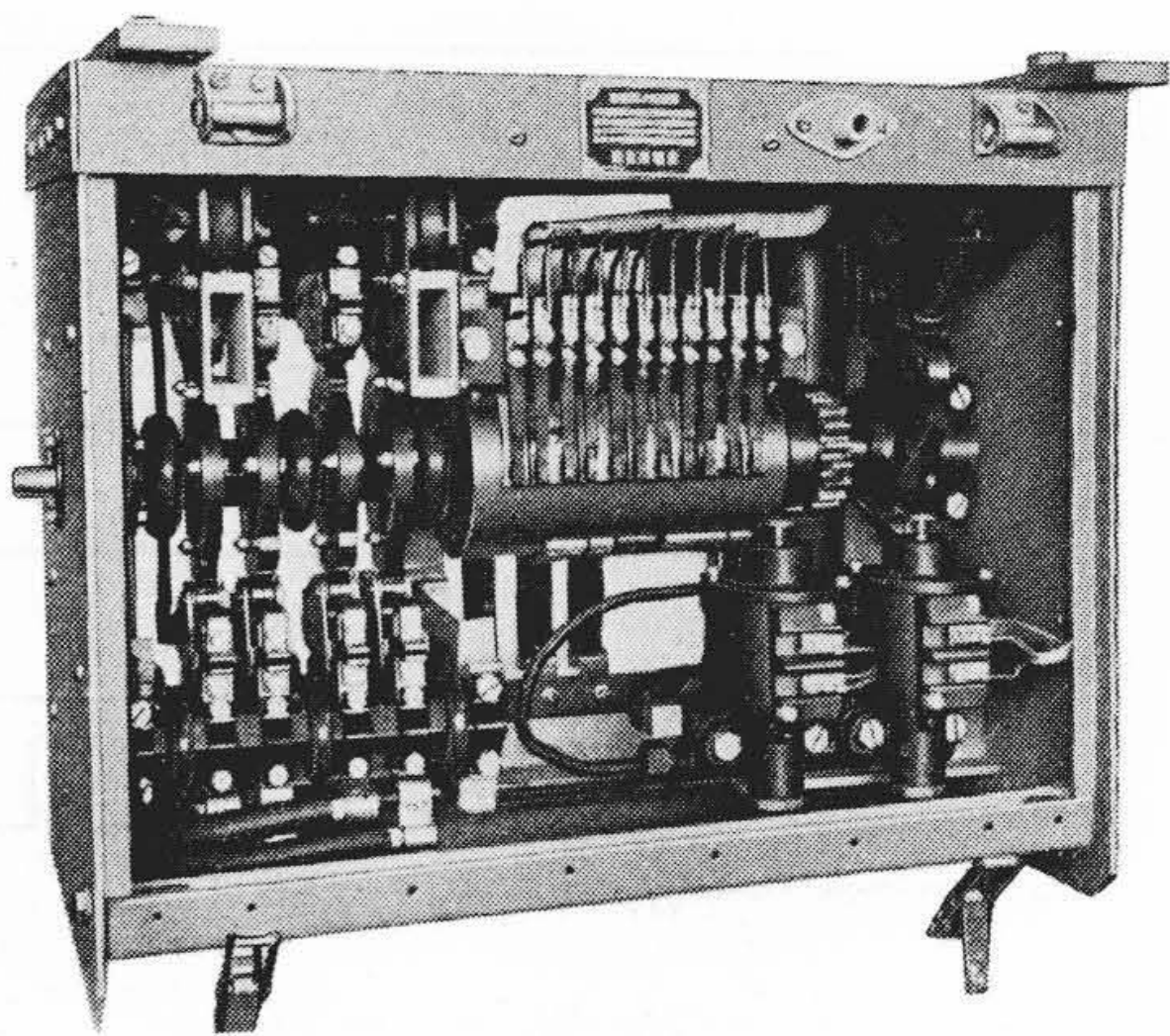
(L) 電制切放しスイッチを開けば発電ブレーキは動作しなくなる。

第7図は本装置の主体となる MMC HB-11 型主制御器を示すもので、軽量であると同時に保守点検に便なるよう設計製作せられている。第8図は界磁弱め接触器で、2箇の戻し電磁弁を有するいわゆるバランスト・プレッシュア・エアエンジンによつて駆動せられ、特殊動



第7図 MMC HB-11 型 主 制 御 器

Fig.7. Type MMC HB-11 Main Controller

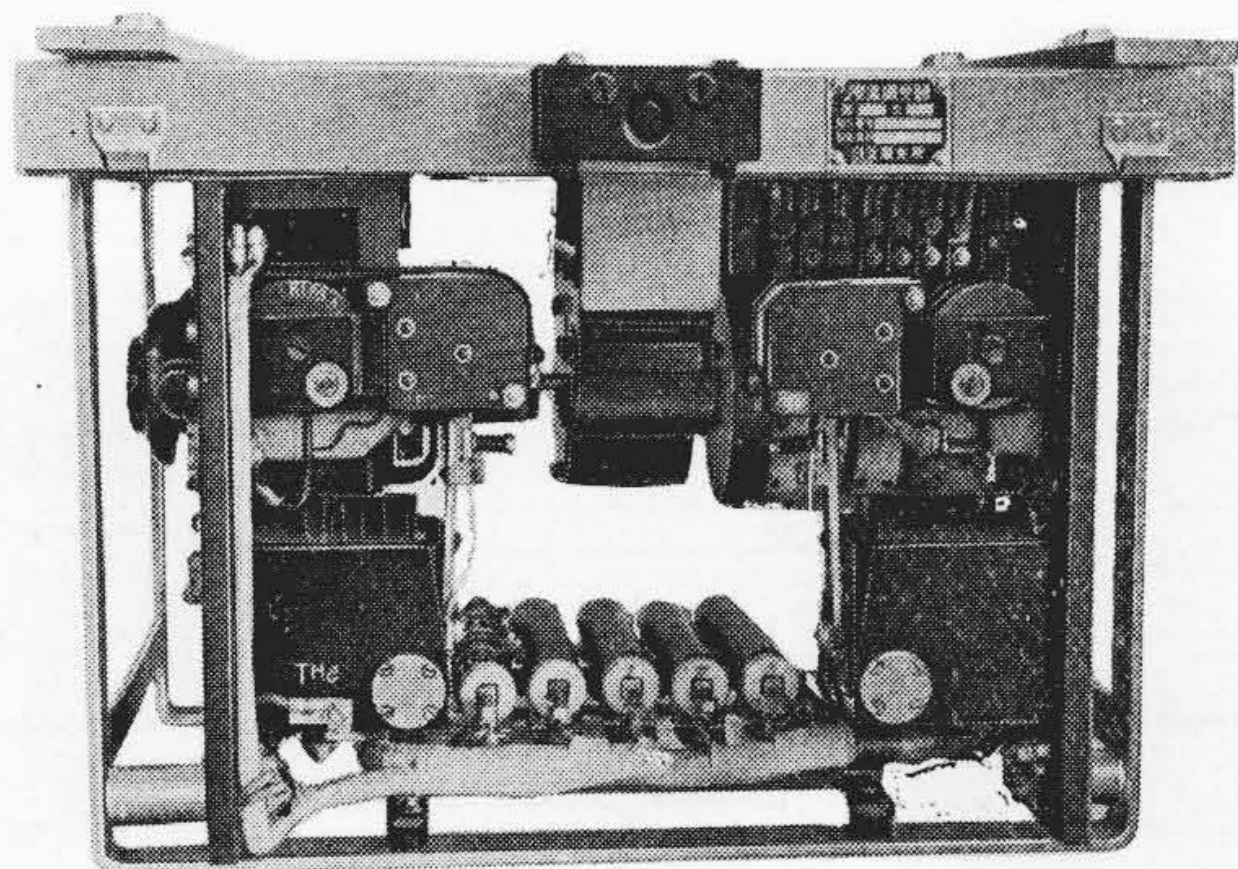


第8図 界 磁 弱 め 接 触 器

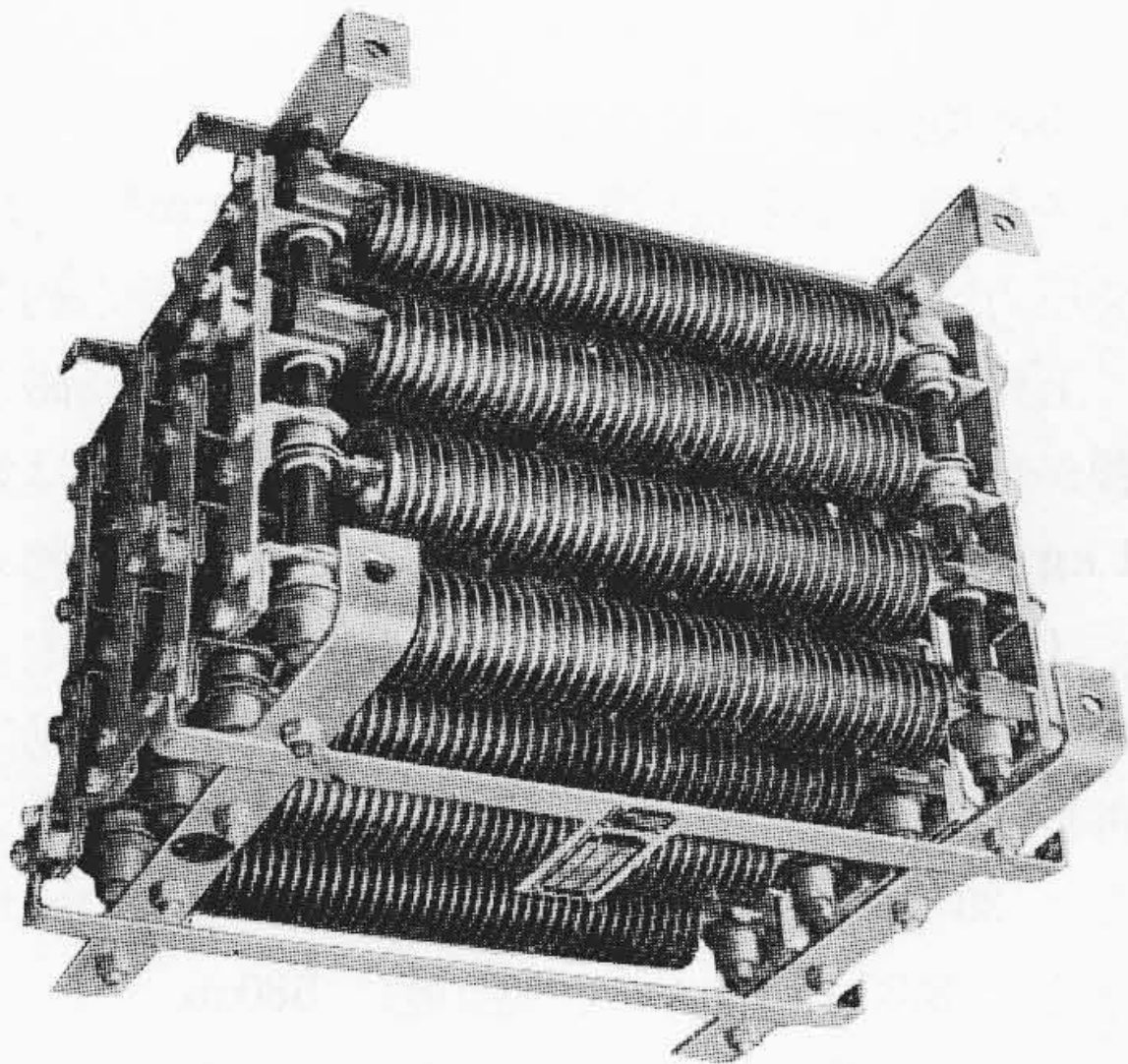
Fig.8. Field Diverter

作時間調整装置を有しているのでノッチ飛びなく動作は正確である。

第9図は電空併用ブレーキの操作に重要な役目を務める「限流調整器」を示すもので、操作電動機を正転および逆転することにより、限流継電器調整用加減抵抗を制御する方式である。したがって本器を構成する部品はすべて従来電車制御器用として経験済のものであるから、信頼度はきわめて高く調整および保守も至つて簡単である。



第9図 限流調整器
Fig.9. Current Limit Regulator



第10図 主抵抗器
Fig.10. Main Resistor

る。第10図は主抵抗器を示すもので、リボン抵抗器を採用した。1輛分9箱よりなり、平坦線停車用および勾配線抑速用として十分な熱容量を有している。

〔V〕 試験結果

昭和29年8月9日より14日まで（第一次）および12月11日より19日まで（第二次）南海電気鉄道南海本線において現車試験が行われた。列車編成はMM2輛編成、試験列車重量は69t（自重68t、測定人員および装置の重量を1tとみなす）、起動および停車制動試験はほぼ平坦直線々路、抑速制動は20%下り勾配線路において行つた。

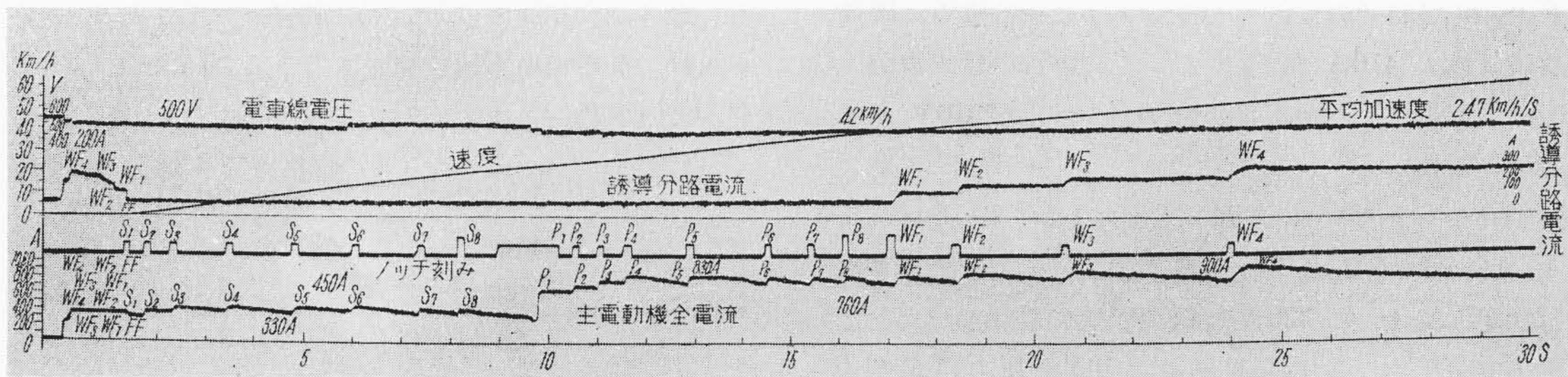
（1） 起動試験

第11図は限流継電器調整値を380Aとして起動した場合のオシログラムで、主電動機全電流、誘導分路電流、ノッチ刻み、速度および電車線電圧を示す。弱界磁で起動後約1.3秒にして全界磁に入り、以後限流継電器の支配を受けつゝノッチは進み、約9.8秒にして並列に入り、約17秒にして弱界磁に入る。起動最大電流は全界磁にては830A、弱界磁にては900Aで、ノッチ刻みは全制御期間を通じて確実であり、円滑に起動していることが認められる。平均起動加速度は2.47 km/h/sである。

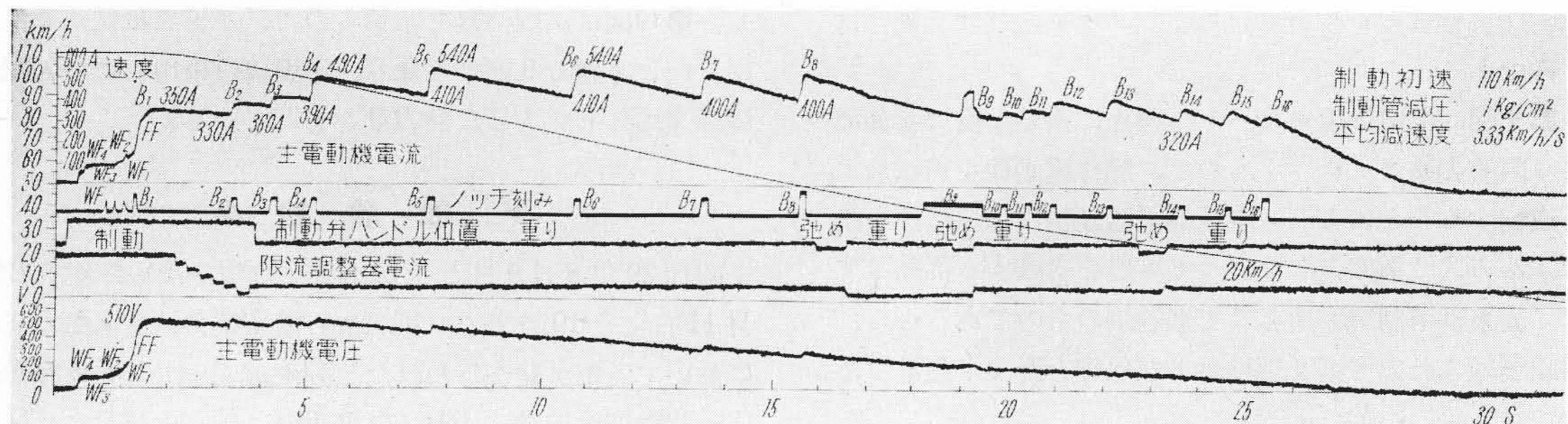
（2） 停車用電空併用ブレーキ試験

（A） 第一次試験

第12図（次頁参照）は限流継電器調整値を380Aとし、制動初速110 km/hより電空併用ブレーキをかけ、1.0 kg/cm²減圧、階段弛めを行つた場合のオシログラムで、主電動機電流、発生電圧、ノッチ刻み、制動弁ハンドル位置、限流調整器電流および速度を示す。また第13図は同時に測定された制動管、作用室および制動筒気圧の変化を示すものである。たゞし第一次試験においては特殊界磁制御方式を採用せず、制動ノッチは弱界磁より全界磁に進むごとくして発電ブレーキをかけた。まず制動弁ハンドルを4（制動）へ入れると弱界磁の状態では制動回路が閉ぢ、主電動機界磁は予備励磁されるので電圧はたゞちに上昇を開始し、約200Vに達したとき予備励磁回

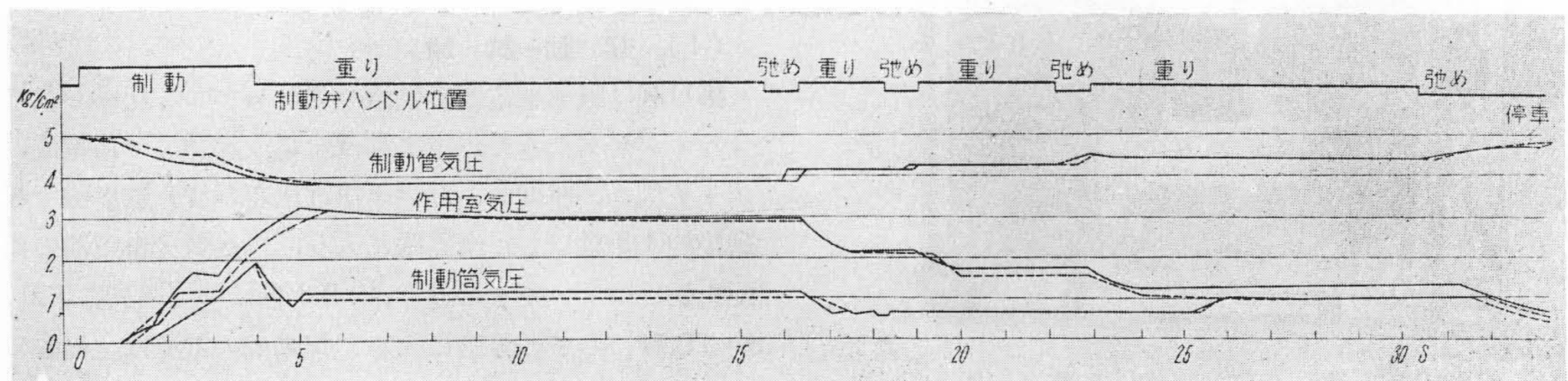


第11図 起動オシログラム
Fig.11. Oscillogram for Starting



第12図 電空併用ブレーキ・オシログラム

Fig. 12. Oscillogram for Combined Dynamic and Air Brake



第13図 空気ブレーキ動作特性

Fig. 13. Performance Curves for Air Brake

路は自動的に切れる。弱界磁中は発生電圧はあまり上昇せず 200V 程度である。ついで全界磁に入り、電圧、電流は急昇する。制動弁ハンドルを 4 (制動) へ入れてから定格電流 280A を発生するまでの時間は約 1.5 秒でかなり早い。

限時限流継電方式を採用した結果、これによつて発電ブレーキ初期、各ノッチにおいて少くとも一定時間以上カム軸はそのノッチに保持されることとなり、ノッチは飛び越しなく、確実にかつ円滑に進んでいる。

制動弁ハンドルを 4 (制動) へ入れたことにより、限流調整器は回転を開始する。限流調整値は最初の 2 秒間は最低値を保持するが、それ以後になると調整抵抗が加減されて調整値は次第に上昇する。約 4 秒にして制動弁ハンドルを 3 (重り) へ戻すにおよんで限流調整器は停止している。かくのごとくして制動ノッチは進み、限流調整値は最大 410A に達する。この場合の最大電流は 540A である。また最高電圧は B_1 において 510V を発生している。

制動弁ハンドルを 4 (制動) へ入れてから約 16 秒にして 1 (弛め) 3 (重り) を 3 回反覆することにより限流調整値は次第に減少して 320A に低下している。

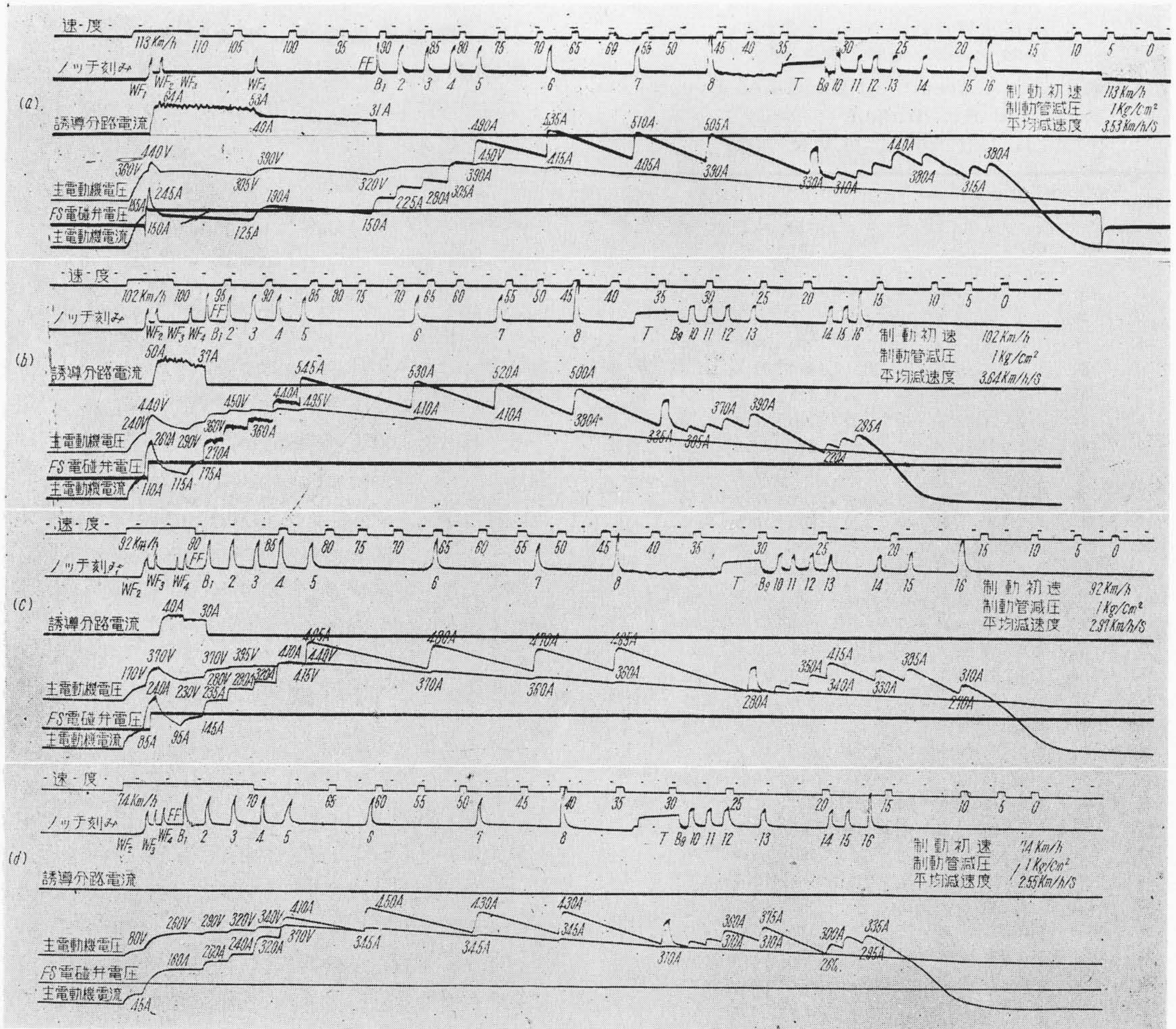
一方空気圧力の変化を見ると、制動管圧力は最初 5 kg/cm² であったものが 4 (制動) へ入れると次第に低下し、3 (重り) にしたときは 4 kg/cm² で、さらにやゝ低

下して 3.8 kg/cm² となつてバランスし、1 (弛め) 3 (重り) を反覆して再び次第に上昇し 5 kg/cm² となる。制動筒圧力は制動弁ハンドルを制動へ入れてから約 2 秒にして上昇を始め、約 4 秒にして締切電磁弁が励磁された影響が現われ、1.8 kg/cm² を最高として圧力は低下し、1 kg/cm² でバランスしている。さらに階段弛めによつて 0.7 kg/cm² に低下し、約 25 秒にして発電ブレーキ最終段に入ると締切電磁弁は消磁せられ、制動筒圧力は再び 1 kg/cm² に上昇し、停車直前再び弛めにより低下して 33 秒にして停車している。この場合の平均制動減速度は 3.33 km/h/s、制動距離は 580m であった。

このように制動弁ハンドルを操作することにより、限流調整値を自由に加減することができる。したがつて発電ブレーキを空気ブレーキと同様に操作することができる。今各制動初速度において制動弁ハンドルを 4 (制動) へ入れてから定格電流を発生するまでの時間をオシログラムより求めると下記のごとくなる。

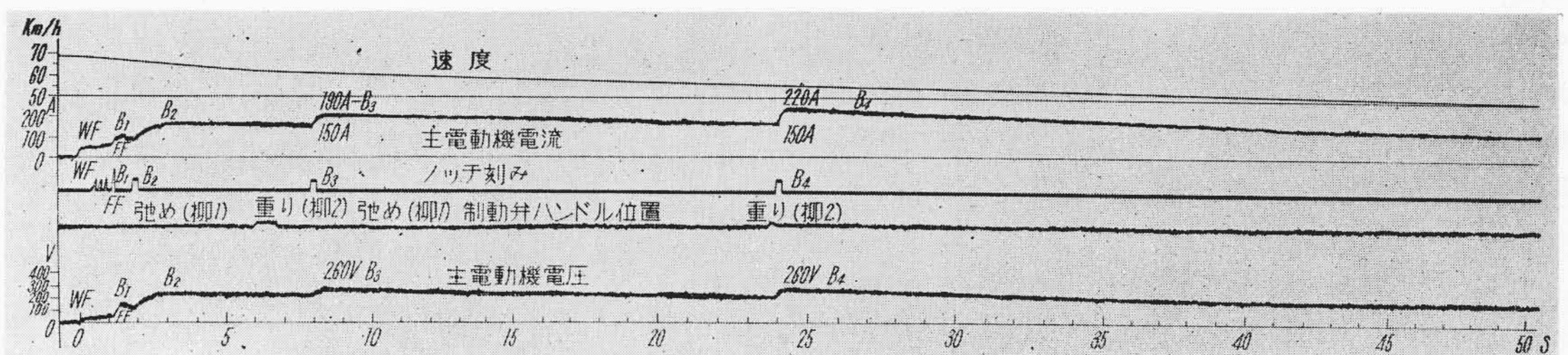
制動初速 (km/h)	定格電流を発生するまでの時間 (s)
110	1.5
80	3
60	3.5

本電空併用ブレーキ試験結果を第 1 表(66頁参照)に示す。



第14図 電空併用ブレーキ・オシログラム (特殊界磁制御方式)

Fig.14. Oscillograms for Combined Dynamic and Air Brake (Main Motor Field Specially Controlled)



第15図 抑速発電ブレーキ・オシログラム

Fig.15. Oscillogram for Dynamic Braking on Down Grade

(B) 第二次試験

第14図(a)は特殊界磁制御方式を採用して限流継電器 380A, No. 1 電圧継電器 200V, No. 2 電圧継電器 300V, 界磁弱め継電器 350V とし, 制動初速 113km/h よ

り電空併用ブレーキをかけた場合のオシログラムで, 主電動機電流, 発生電圧, 界磁分路電流, 界磁接触器(FS)電磁弁電圧, ノッチ刻み, 速度を示すものである。

まず制動弁を4(制動)へ入れると, FS の切れた状態

第 1 表 電空併用ブレーキ試験結果

(限流継電器調整値 380A)
(過電圧継電器調整値 500V)Table 1. Test Results of Combined Dynamic and Air Brake
(C.L.R. 380A, O.V.R. 500V)

試験 番号	制動 初速 km/h	制動管 減圧 kg/ cm ²	試験場所	制 動			備 考
				距離 m	時間 s	減速度 km/ h/s	
1	105	1.0	助 松—高 石 町	410	27.5	3.82	
2	79	1.0	高 石 町—羽 衣	240	21.1	3.75	
3	80	1.2	浜寺公園—諏訪の森	190	18.6	4.30	
4	80	1.4	石 津 川—湊	220	21.6	3.70	階段弛 め
5	65	1.4	住 の 江—住吉公園	125	12.8	5.08	
6	62	1.0	住吉公園—粉 浜	110	14.9	4.20	階段弛 め
7	62	1.4	粉 浜—玉 出	110	14.9	4.20	階段弛 め
8	63	1.0	玉 出—岸 の 里	120	17.4	3.62	
9	44	1.0	岸 の 里—天下茶屋	90	12.0	3.66	
10	82	1.4	玉 出—粉 浜	200	16.3	5.03	
11	78	1.0	湊 —石 津 川	270	23.4	3.33	
12	62	0.6	湊 —石 津 川	280	33.8	1.83	
13	42	1.4	石 津 川—諏訪の森	80	10.5	4.00	
14	21	1.0	春 木—大 宮	40	7.5	2.80	
15	21	0.6	春 木—大 宮	70	9.4	2.20	
16	110	1.4	石 津 川—湊	340	20.9	5.25	階段弛 め
17	96	1.0	粉 浜—玉 出	370	29.9	3.21	
18	62	0.6	湊 —石 津 川	260	28.8	2.17	
19	78	1.3	湊 —石 津 川	210	16.9	4.61	
20	80	1.0	石 津 川—諏訪の森	340	26.8	2.98	階段弛 め
21	82	1.0	高 石 町—助 松	320	27.5	2.98	階段弛 め
22	38	0.5	助 松—泉 大 津	65	19.8	1.92	
23	95	1.4	春 木—大 宮	360	28.4	3.35	
24	40	0.6	大 宮—岸 和 田	110	19.3	2.07	
25	23	1.4	梅 井—尾 崎	55	16.7	1.38	
26	110	1.0	助 松—高 石 町	580	33.0	3.33	階段弛 め
27	78	1.0	高 石 町—羽 衣	220	22.4	3.48	
28	98	1.0	石 津 川—湊	350	26.8	3.65	階段弛 め

すなわち全界磁で L_2 が入り、発生電圧はかなり早く上昇し 0.5 秒にして 300V に達して FS 電磁弁が励磁せられる。約 0.6 秒にして L_3 が入り限流抵抗を短絡して電圧電流は急昇するが、弱界磁となるため最大発生電圧は 440V に制限されており、これは第一次試験の 510V に比してかなり低くなっている。以下界磁弱め継電器、限時継電器および限流継電器の作用によりノッチは進み、32 秒にして停車している。平均減速度は 3.53 km/h/s である。

このように特殊界磁制御方式を採用することにより、弱界磁における電圧発生を敏速ならしめると同時に、最高電圧を低下することができ、したがって発電ブレーキの許容最高速度をさらに上昇しうることを示している。

第14図(b), (c) および (d) はそれぞれ制動初速 102 km/h, 92 km/h および 74 km/h の場合のオシログラムで、74 km/h の場合のごとく低速度においては発生電圧低く、No. 2 電圧継電器は動作せず、したがって発電ブレーキは全制動期間を通じて全界磁で行われていることを

示している。

(3) 抑速用発電ブレーキ試験

第15図(前頁参照)は限流調整値を 380A とし、20% 下り勾配線路において、70 km/h のとき抑速ブレーキを行つた場合のオシログラムで、主電動機電流および電圧、ノッチ刻み、制動弁ハンドル位置および速度を示す。制動弁ハンドルを 1 (弛め) すなわち抑速 1 ノッチへ入れると制動回路が閉ち、主電動機は B_2 ノッチにおいて 150A, 230V を発生し 60 km/h にてほぼバランスしている。約 6 秒にして制動弁ハンドルを 2 (重り) すなわち抑速 2 ノッチへ入れ、カム軸が進み初めたとき 1 ノッチへ戻すとカム軸は 1 ノッチだけ進んで B_3 ノッチにて停止し、150A, 200V, 55 km/h にてほぼバランスする。24 秒にして制動弁ハンドルを再び 2 ノッチへ進めると、カム軸は B_4 ノッチに進み、120A, 150V, 50 km/h にてバランスし、50 km/h の抑速ブレーキを行うことができる。 B_2 および B_4 の抑速ブレーキ・ノッチ位置は運転室の表示灯で表示される。

[VI] 結 言

上述したところを要約すれば下記のごとくである。

(1) 特殊界磁制御方式と限時限流継電方式とを併用した結果、113 km/h より発電ブレーキをかけた場合、弱界磁における発生電圧の上昇早く、約 1 秒にして 440 V を発生するが、弱界磁、全界磁を通じての最高発生電圧は 450V でかなり低く、発電ブレーキ許容最高速度をさらに上昇することができる。同時にノッチ進め作用は確実かつ円滑に行われ、平均制動減速度は 3.53 km/h/s であった。

(2) 限流調整器を採用し、これを制動弁ハンドルで操作して発電ブレーキ中、限流継電器の調整値を電動機操作式に 200~430A 程度の広範囲に調整しうるので、発電ブレーキ減速度を 1.5~4.5 km/h/s の間に自由に円滑に加減することができる。

(3) 全制動期間を通じて発電ブレーキと空気ブレーキとが自動的に併用せられ、円滑にしてしかも 4.5~5 km/h/s の高減速度をえた。

高速電車の電空併用ブレーキ方式は今後ますます発展せしむべきものと考え、その一方式として今回南海電気鉄道特急列車に採用した方式の概略について紹介した。擧筆に際し本装置の設計、製作ならびに試験に協力されたる南海電気鉄道および日立製作所両社の多数関係各位に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 平田, 青木: 日立評論, 34, 855 (1952-7)