

单相誘導電動機式交流専用電車電気品

Electric Equipment for A. C. Coach Using Single-phase Induction Motor

東条 準之助* 益 富 文 男** 前 川 愛 一***
Junnosuke Tōjō Fumio Masutomi Aiichi Maekawa

内 容 梗 概

交流専用電車用として、単相かご形誘導電動機などの車両用電気品が完成し、昭和34年2月に日本国有鉄道へ納入された。

交流電気車の主電動機として誘導電動機を採用したことは、従来の交流整流子電動機を用いた直接式交流電気車や、整流器および直流電動機を用いた整流器式交流電気車とは異なった画期的な新方式である。

駆動装置はトルクコンバータと液体継手の両特性をもったコンバータ接手とし、電車の起動が円滑に行われることはもちろん、勾配においても十分のけん引力を有し、しかも回生抑速制動が容易に行われる特長をもっている。変圧器は自冷式とし、遮断器の代りに自発フェーズを用い、主電動機で圧縮機を動かすなど極力簡単な構造とし、誘導電動機式交流電車の簡易な特長を生かすように考慮した。

工場試験において、主電動機、液体変速機、起動用電動機、制御器具などを組合わせて、電動機の起動状態、電車の起動トルク、回生抑速制動特性など現車で満足な運転ができることを実証する各種の試験を行い、良好な結果を得た。

1. 緒 言

従来、交流電化区間に使用している車両用主電動機の種類は、整流器により直流に整流して直流直巻電動機を使うものと、交流整流子電動機を用いて交流のまま駆動する方式の2種類がわが国で製作され、仙山線そのほかで実用されているが、日立製作所では今回、これらに加えて新しく单相誘導電動機を駆動用電動機とする新方式の交流専用電車用電気品一式を製作完成し、昭和34年2月に日本国有鉄道へ納入した。

本方式は单相誘導電動機の変速装置に液体変速機を採用したもので、誘導電動機の定速度特性を電車の起動、走行に適したいわゆる直巻特性に自動的に変換し、連続した円滑なけん引力をうるとともに、変速機内の油を出し入れしてクラッチ動作を兼ねさせており、車両用として独創的な動力方式を取り入れた画期的なものである。

速度制御に従来の交流電気車のような電圧制御や抵抗制御を必要としないので、主回路ならびに制御回路が極めて簡単である。主電動機は整流子のないかご形誘導電動機であるから構造簡単堅牢で、保守が容易である。また誘導障害の問題もない。急勾配を下るときはそのまま誘導発電機として回生抑速制動を行うことができる。油の出し入れによる電車の起動停止は、けん引力の急変がなく、乗心地がよいなどすぐれた性能を持っている。これらの電気品は日本国有鉄道大井工場で艤装され、仙山線で走行試験が行われることになっている。

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所水戸工場

***日立製作所国分工場

以下その電気品の概要を紹介し参考に供する。

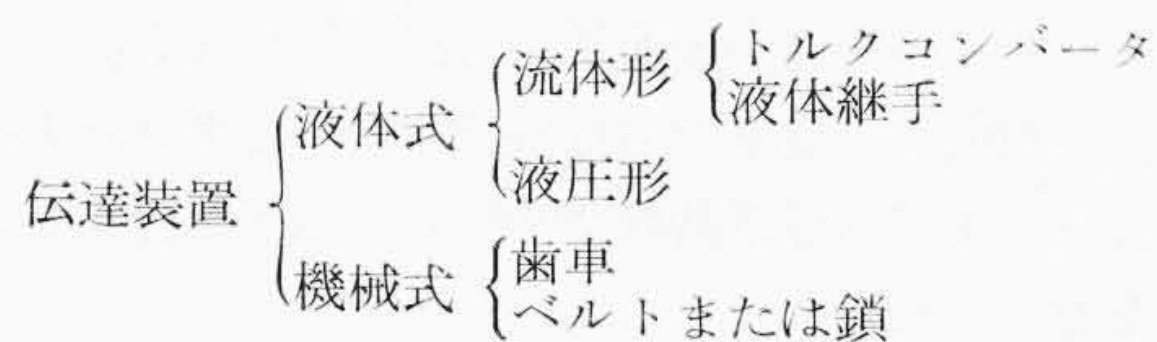
2. 動力伝達装置

2.1 けん引力よりみた伝達装置

かご形单相誘導電動機は速度—トルク特性は、定格点付近では三相誘導電動機と同様であり、負荷トルクが電動機の最大トルク以下の範囲で変動した場合の電動機速度の変化は数パーセント程度に過ぎない。

このような定速度特性を、電車速度が低いときに大きいけん引力を出し、高速度では高い平衡速度が得られるようなけん引力特性に変速する動力伝達装置として、いかなるものを使用するかは单相誘導電動機式電車の成否を決定する重要な問題となる。

この目的に使用できる動力伝達装置は次のように分類することができる。



液体式は機械式に比べて軸ねじり応力の変動が少なく連続した無段階変速が可能であって、特に構造が簡単、価格が低廉で操作しやすい特長があるため、エンジンと組み合わせて気動車やディーゼル機関車などに使用されている。

機械式は液体式と長短が逆になっており、伝達効率は液体式より良好であるが、歯車比の切り換えが必要なため主に遊星歯車方式が用いられ、構造が複雑で切換操作が液体式よりむずかしくなる。

トルクコンバータは低速度の出力トルクが入力トルク

の3～4倍に増大されるが、高速時は逆に入力トルク以下となり、効率が低下して利用できない。これに反し液体継手は低速高速を通じて入力トルクに等しい出力トルクを出すので高速時の利用に適している。したがって電車の変速装置に液体式を採用する場合はこの両特性を持つことが望まれる。

起動けん引力を十分大きくして起動加速度を高くするためにはトルクコンバータの使用が不可欠であり、高速における効率低下を避けるためには電動機を直結することが考えられる。直結する場合は電動機出力を十分大きく設計して、負荷、勾配にかかわらず定速度で運転するようにする必要がある。しかし重連して総括制御を行うには車輪摩耗の差による電動機回転数のわずかの差で負荷の不均衡が大きくなるから、負荷を均等に負わせるために液体継手が必要となる。

トルクコンバータと液体継手の両特性を1台の変速機にもたせることは容易にできる。構造も比較的簡単ですみ、運転操作は変らない。このコンバータ接手を介して電気車を駆動させれば、高速時の効率が上昇して平衡速度の高い良好な特性をもたせることができるし、重連時の総括制御も容易になり、各電動機の負荷分担を均一化して単相誘導電動機を駆動電動機に使用することが可能となる。

2.2 クラッチ動作

単相誘導電動機はトルクコンバータを使用した場合にも、クラッチにより負荷を切り離して軽負荷で起動させることが必要である。この目的のクラッチには従来多く使用されている乾式または湿式の板状クラッチと、液体変速機内のトルク伝達用の油を排出して同一の効果をもたせる2種類が考えられるが、前者は特殊な構造を必要とするため少容量に限られる。後者は比較的簡単な弁機構を付加すればよく、操作を電磁空気式にすれば総括制御も容易であり、容量の制限もない。その上消耗部分もなく、クラッチ作用が無衝撃で円滑に行われる。

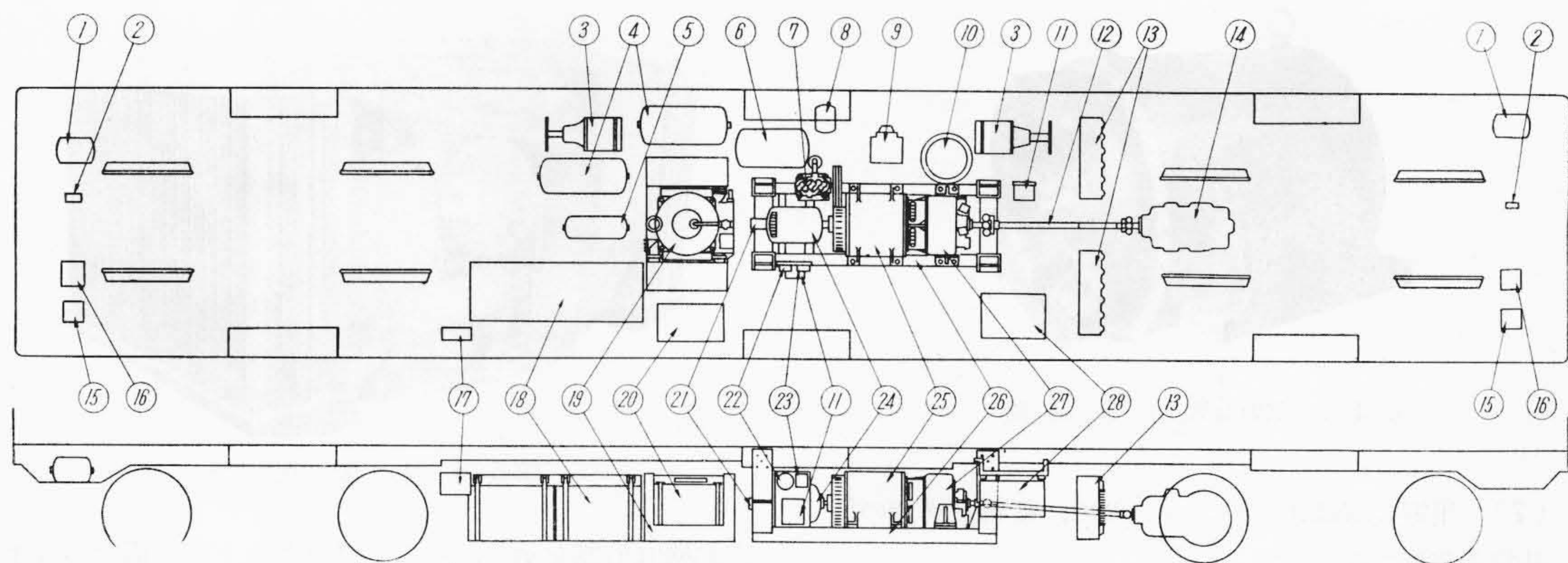
同様な理由から電車の力行惰行はすべてクラッチの操作で行い、単相誘導電動機は常時連続運転を行うことが適した方式となる。

本電車は油の注入排出制御を行うことにより単相誘導電動機の起動を容易にして電動機に要求される起動トルクを少なくした。また電車の発進、停止もこのクラッチ動作を利用して行い電動機は連続運転させる方式とした。

3. 仕様

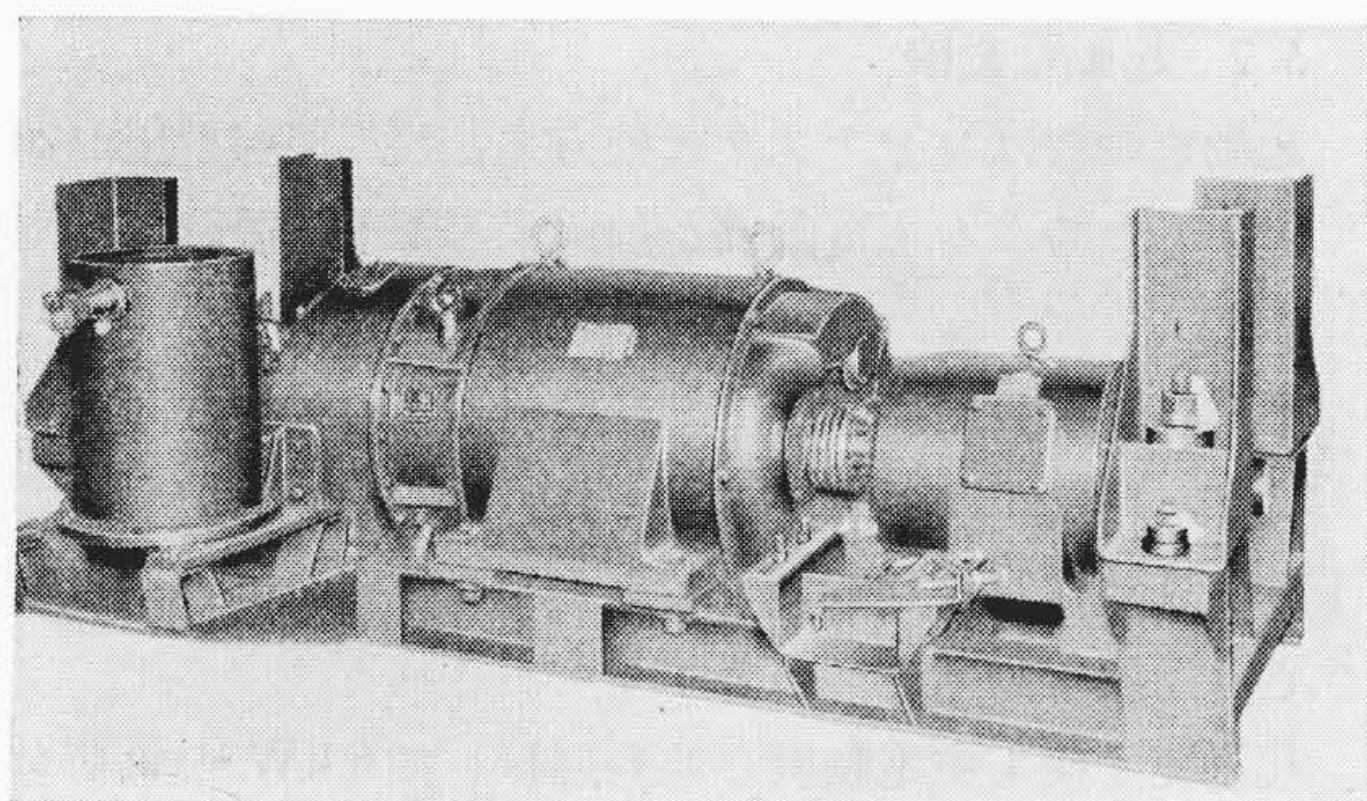
本電車の一般仕様とおもな電気品の仕様を第1表に示す。

第 1 表			仕	様	
一 般 仕 様	軌間	間	1,067 mm		
	定員	員	104名		
	空 車 重 量	量	37 t		
	車体および台枠	枠	モハ11250(車体台枠UF-24, 台車DT-11H)		
	車 長	長	17,000 mm (連結面間)		
	車 幅	幅	2,800 mm		
	車 高	高	4,100 mm (集電装置折畳高さ)		
	電 気 方 式	式	AC 20 kV 1φ 50～		
電 車 輪 径	輪 径	径	910 mm (計算値 870 mm)		
	減速装置	置	傘歯車および平歯車 2 段減速		
	歯車比	比	4.06		
	逆 転 装 置	置	電磁空気操作によるギヤクラッチ式		
主 電 動 機	形 番	号	HS-1155-Arb		
	形 式	式	EFO-K (閉鎖自己通風かご形)		
	出力	力	130 kW		
	格 格	格	連続		
	定電圧	圧	400V (使用電圧変動範囲-20%～+15%)		
	相 数	数	1φ		
	周 波 数	数	50～		
	回 轉 数	数	1,470 rpm		
絶 縁 種 別	絶 縁 種 別	別	H種		
	起 動 方 式	式	起動電動機		
	起 動 電 動 機	形 式	式	EFO-KR15	
		出力	力	10 kW (6 kW)	
格 格		格	15分 (連続)		
定電圧		圧	400V (使用電圧変動範囲-20%～+15%)		
相 数		数	1φ		
周 波 数		数	50～		
回 轉 数		数	1,470 rpm		
絶 縁 種 別		別	H種		
起 動 蓄 電 器	起 動 蓄 電 器	品	SC-160形 6,000μF 無極性電解蓄電器		
	付 属	品	ブラッキングリレー直結		
	主 変 圧 器	形 式	式	屋外用, 床下吊懸形, 不燃性油入密封形 自冷式ラジアルコアタイプ	
		定 格 容 量	量	200 kVA	
相 数		数	1φ		
周 波 数		数	50～		
一 次 電 圧		圧	20 kV (+10%過励磁可能)		
二 次 電 圧		圧	420 V		
三 次 電 圧		圧	105 V		
定 格 格 級		級	連続 一次, 車両用20号		
集電装置	形 式	式	K-190		
	容 量	量	AC 20 kV 20 A		
	接 触 圧 力	力	4.5 kg		
	操 作 空 気 圧	圧	パネ上昇(手動鉤外し付) 空気下降式 常用 5 kg/cm ² (最低 3 kg/cm ²)		
自 ヒ ュー ズ	形 電	式 圧	OPPD. 10-U 23 kV		
断 路 器	形 式	式	PH-PGA		
	電 圧	圧	23 kV		
	電 流	流	200 A		
	衝 撃 耐 電 圧	圧	120 kV		
	短 時 間 電 流	流	4,400 A 2 秒		
	投 入 容 量	量	5,500 A		
接 ス イ ッ チ	遮 断 電 流	流	0.5 A		
	形 式	式	PH-PGA		
	電 圧	圧	23 kV		
	衝 撃 耐 電 圧	圧	120 kV		
液 変 速 機	短 時 間 電 流	流	4,400 A 2 秒		
	投 入 容 量	量	5,500 A		
	形 式	式	SC-1.1形		
	最 大 ト ル ク 比	比	約 3		
液 変 速 機	最 大 効 率	率	約85%		
	ク ラ ッ チ 動 作 方 式	式	作動油の注入排出による全自動方式		



- | | | |
|------------|-----------|-------------|
| ① ツリ合空気溜 | ⑪ 電 磁 弁 | ⑳ 自動電圧調整器 |
| ② コンセント納入箱 | ⑫ 推 進 軸 | ㉑ プラッキングリレー |
| ③ ブレーキシリンダ | ⑬ 空気冷却器 | ㉒ 油 圧 計 |
| ④ 元 空 気 溜 | ⑭ 逆 転 機 | ㉓ 油圧継電器 |
| ⑤ 制御空気溜 | ⑮ 18芯ツナギ箱 | ㉔ 起動電動機 |
| ⑥ 二室空気溜 | ⑯ 15芯ツナギ箱 | ㉕ 主 電 動 機 |
| ⑦ 空気圧縮機 | ⑰ 接地スイッチ | ㉖ 共 通 台 枠 |
| ⑧ 作用空気溜 | ⑱ 制 御 器 箱 | ㉗ 液体変速機 |
| ⑨ C2A制御装置 | ㉚ 主 変 圧 器 | ㉛ 蓄 電 池 |
| ⑩ 蓄圧タンク | | |

第1図 床下機器配置図



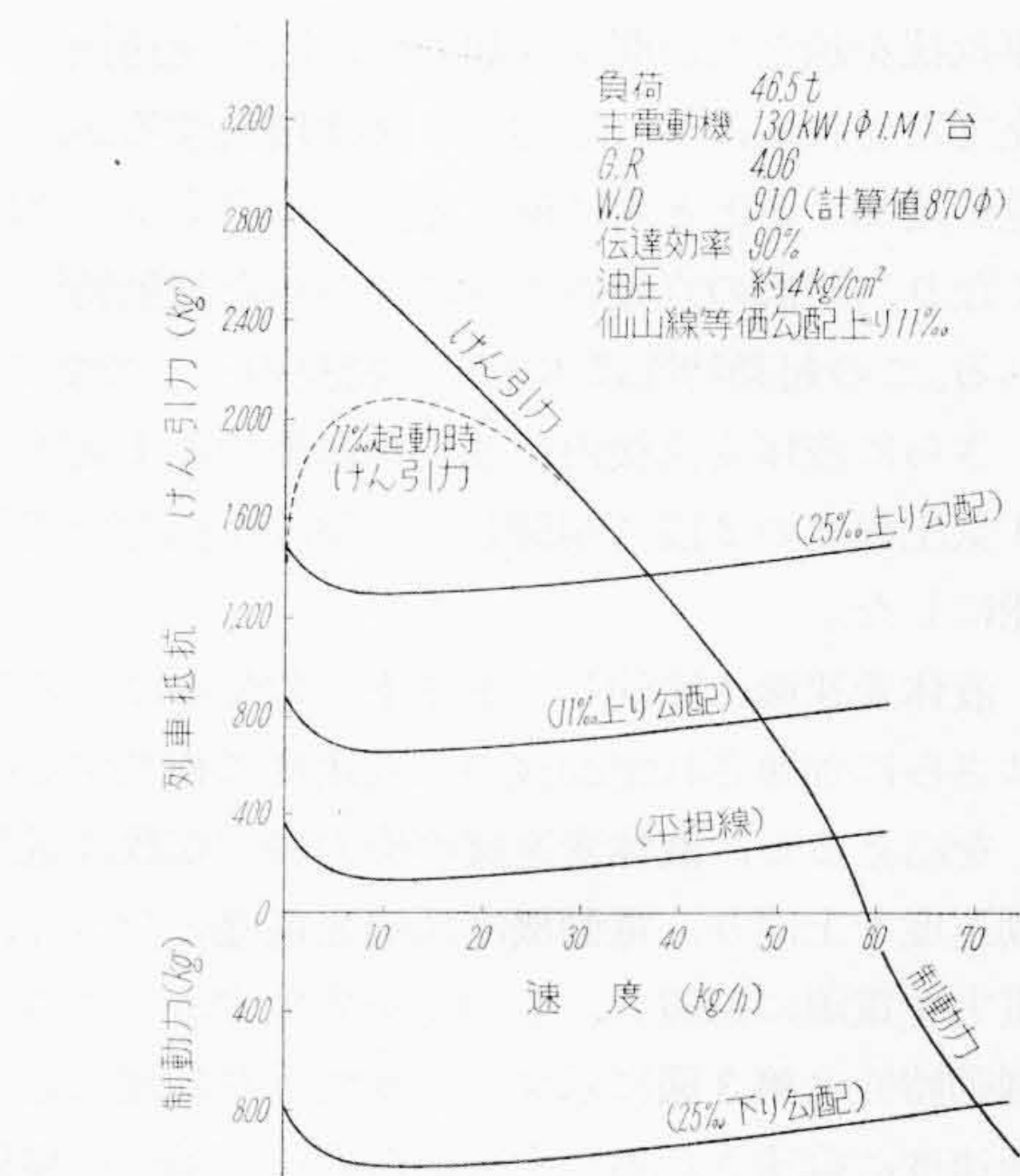
第2図 主 機 外 観

4. 主要機器の組合せ構造と配置

本交流専用電車はできるだけ機器の簡易化をはかり、構造簡単で保守を容易にすることを目標に計画したので各機器はこの方針に沿うよう設計製作されている。

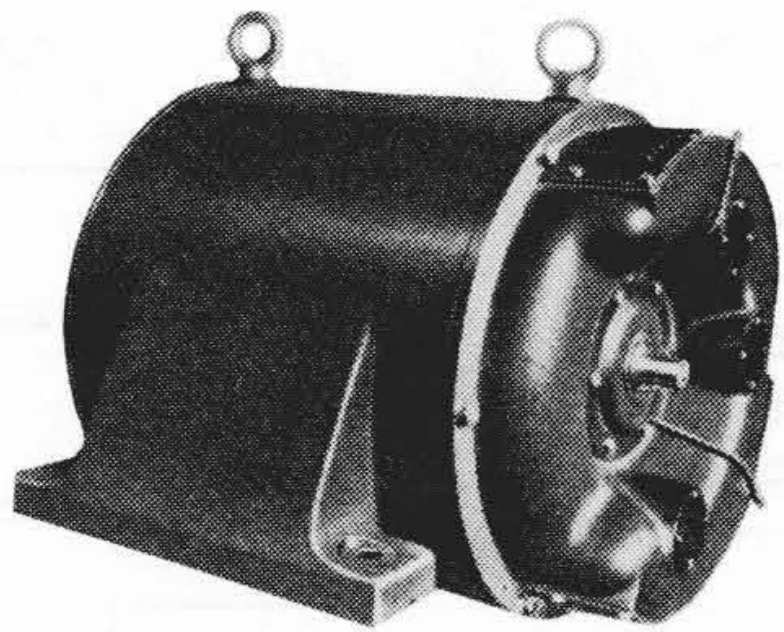
各機器の組合せ構造と取付配置につき考慮した点は下記のとおりであり、床下の配置を第1図に示す。

- (1) 主電動機エンドブラケットに液体変速機をオーバハングし軸長の短縮をはかった。
- (2) 主電動機軸の他端は可撓接手で起動電動機と直結し、その接手を空気圧縮機駆動用ベルトプーリに利用している。空気圧縮機も主電動機より駆動して専用の電動機を省略した。
- (3) 主電動機、液体変速機、起動電動機および空気圧縮機は共通台枠に固定し、車体にはこの共通台枠を防振ゴムを介して床下中央につり下る構造とした。第2図に外観を示す。



第3図 速度—けん引力および制動力特性

- (4) 液体変速機の出軸からは推進軸と、逆転機を兼ねた減速歯車装置を介して第3軸にトルクが伝えられるようになっている。
- (5) 液体変速機の油の冷却は内蔵されているギヤポンプにより電動機の運転中、常時、油を冷却器に循環させ、走行中に空気冷却する方式とした。
- (6) 主変圧器および二次側に接続される主電動機は床下に、また集電装置をはじめ自発ヒューズなどの高圧機器はすべて屋上にまとめた。高圧回路の保護は自発ヒューズにより空気遮断器を省略して簡易にした。



第4図 130 kW 主電動機

(7) 集電装置は電流が小さいので、斬新な構造の簡易集電装置を採用した。

5. けん引力および制動力

本電車は仙山線における走行に適するよう歯車比を選定しており、その速度—けん引力および制動力特性は第3図のとおりである。

(1) 電車の起動時のけん引力は、液体変速機に注油したときのクラッチ作用に時間おくれがあるため、第3図実線で示した最高値には至らず、電車はけん引力が列車抵抗を越えた瞬間から起動し、液体変速機内に油の充てんされるにつれ出力トルクは増大するが、一方車速が増加するとともに液体変速機の出力トルクは小さくなり、同図の点線のように滑らかな起動特性が得られる。この起動特性は本電車の特長の一つである。

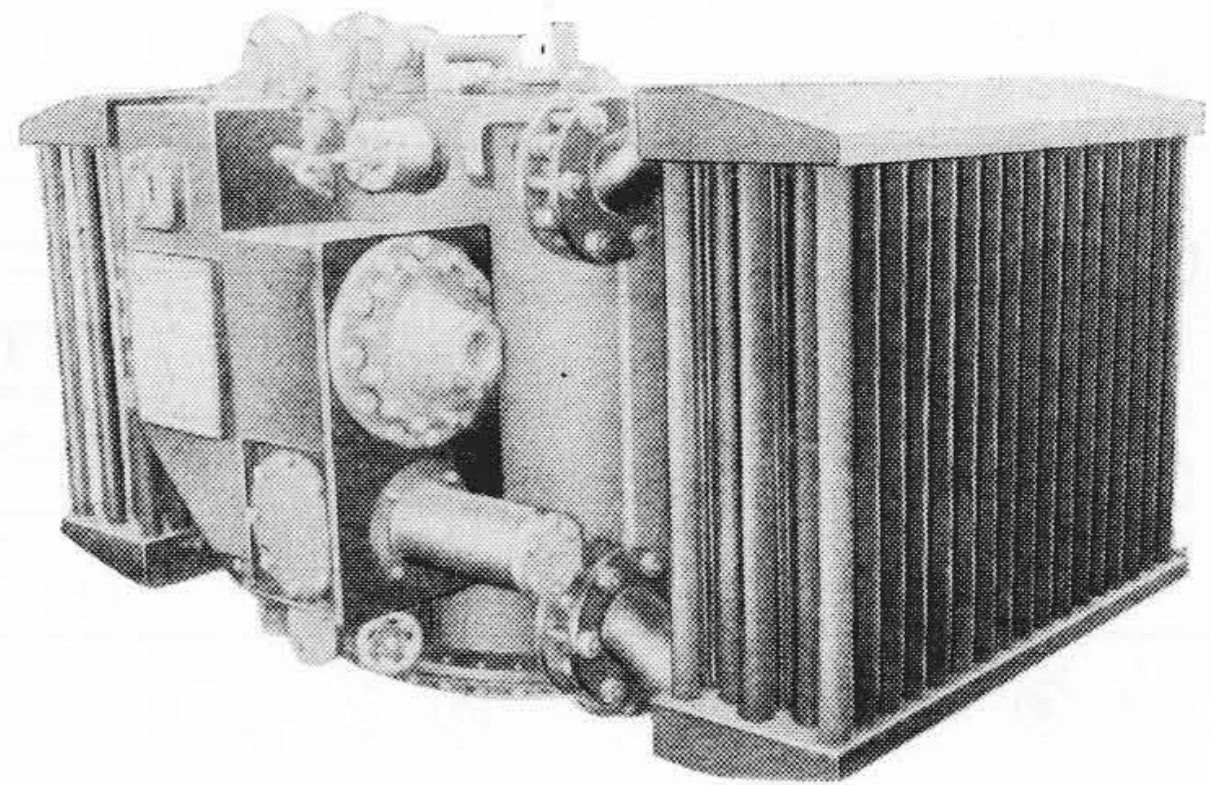
(2) さらに液体変速機内の油圧を起動時に1気圧および4気圧程度の2段に制御して起動けん引力の調整を可能にした。

(3) 液体変速機に注油したまま下り勾配にはいると電車はさらに加速され電動機の同期速度に相当する60 km/h を超えると、液体変速機の出力軸回転数は電動機同期速度を上回り、電動機は誘導発電機となって、発生電力を電源に返還し、制動力を発生する。この場合の制動特性は第3図に示すとおりで下り勾配に応じた平衡速度に抑速される。力行から抑速制動への移行に際し、特別な機器や操作を必要としないことも本方式の特長の一つである。

6. 主要電気品

6.1 主電動機

主電動機に要求されるトルクは液体変速機により定まる。電動機トルクはほぼ電圧の2乗に比例して変化するので、架線電圧20%降下時にも十分必要なトルクを出しうるよう特に考慮した。また仙山線における走行に耐えうる熱容量をもたせた。主電動機は閉鎖自己通風形であり、外観を第4図に示す。一端に液体変速機をオーバーハングし他端には起動電動機を直結している。図は起動



第5図 主変圧器

電動機直結側を示し、エンドブラケットの一部をへこまし空気圧縮機駆動用のプーリおよびベルトを入れるようにしてある。

外枠は鋳鋼製であり、巻線はガラスマイカで絶縁し、シリコンワニスを使用したH種絶縁とし、許容温度上昇値180°Cに十分耐えるよう考慮してある。

回転子は一重かご形で斜溝しており、-20%~+15%の架線電圧変動に対し十分な特性を確保するよう設計されている。

6.2 起動電動機

起動電動機はコンデンサ起動方式とし、架線電圧が20%降下した時にも主電動機を加速するように設計されている。

構造は閉鎖自己通風形で、普通の誘導電動機と同様であるが、回転子は二重かご形とし、H種絶縁を使用して十分な過負荷容量をもたせてある。この種の電動機の大きさは所要起動トルクに著しく左右される。

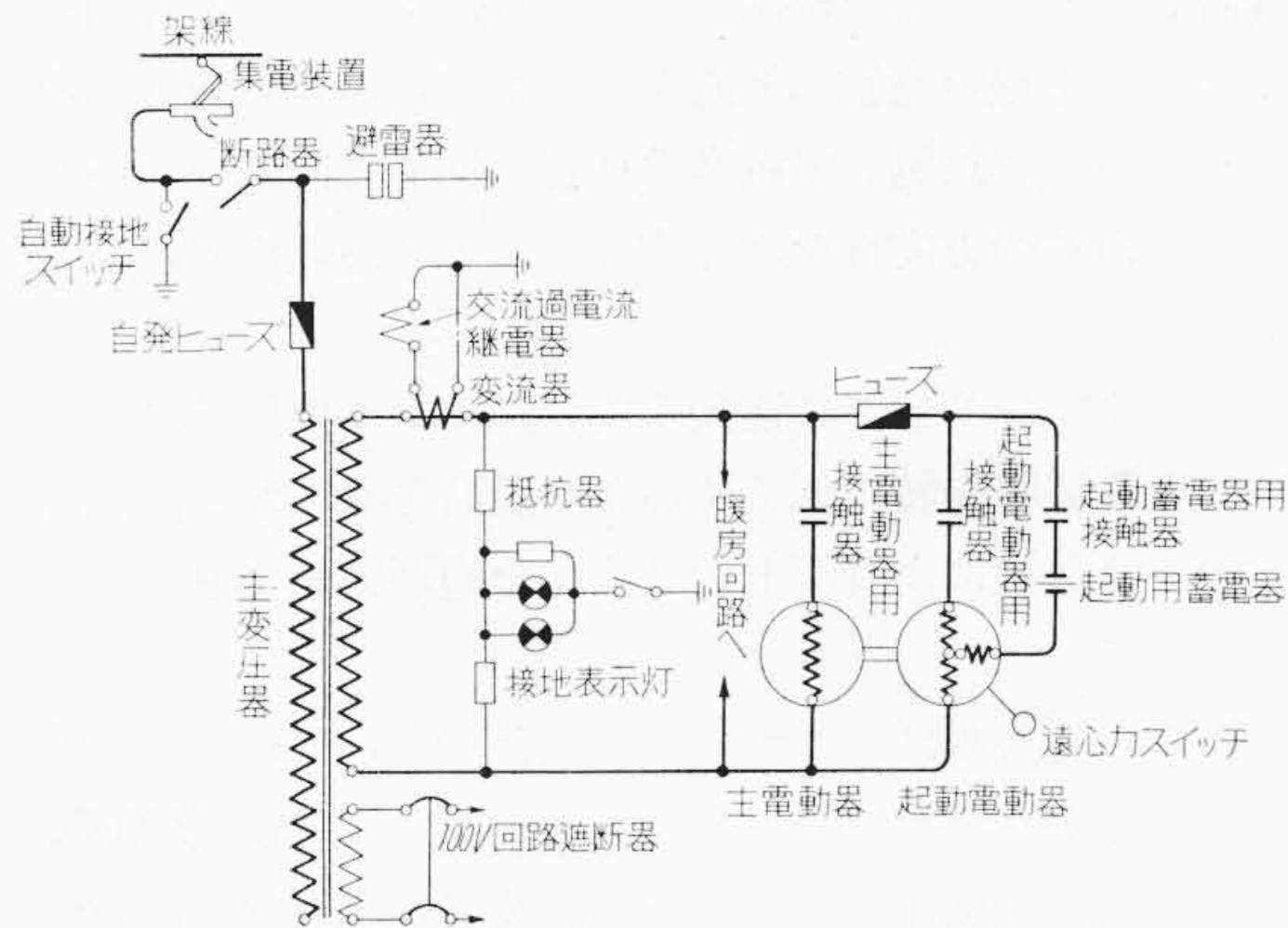
起動完了後も主電動機と並列運転して6 kW の負荷を担うようにした。

また遠心力スイッチを軸端に直結してある。コンデンサには無極性電解コンデンサを使用し、小形軽量化を計っている。

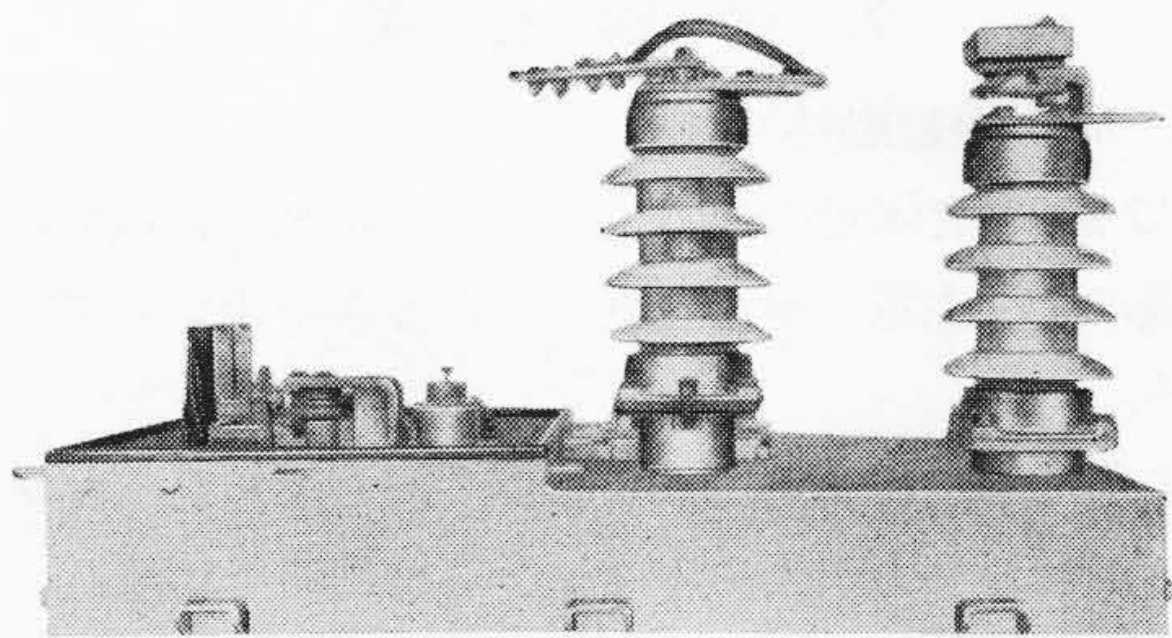
6.3 主変圧器

方向性珪素鋼板使用のラジアルコアタイプを採用して軽量化をはかった。ラジアルコアタイプは、主コア断面が円形のため占積率がよく円形巻線との組合せに適し、巻線の上下は放射状の継鉄で締付けられるので、機械的強度ならびに耐振性が大きく、油流も合理的で高さが低くできるなど、せまい床下に用いる車両用変圧器として最適な形式である。

上下の放射状継鉄を結ぶ継鉄は、円形巻線の外周に設けられ、その継鉄間は圧力調整室に利用されている(実用新案出願中)。タンクは内圧に強い円形である。このように、鉄心、巻線、タンクが同心の円形のため、中身の占積率がよく、油量、重量ともに大幅に節減されている。



第6図 主回路つなぎ



第7図 断 路 器

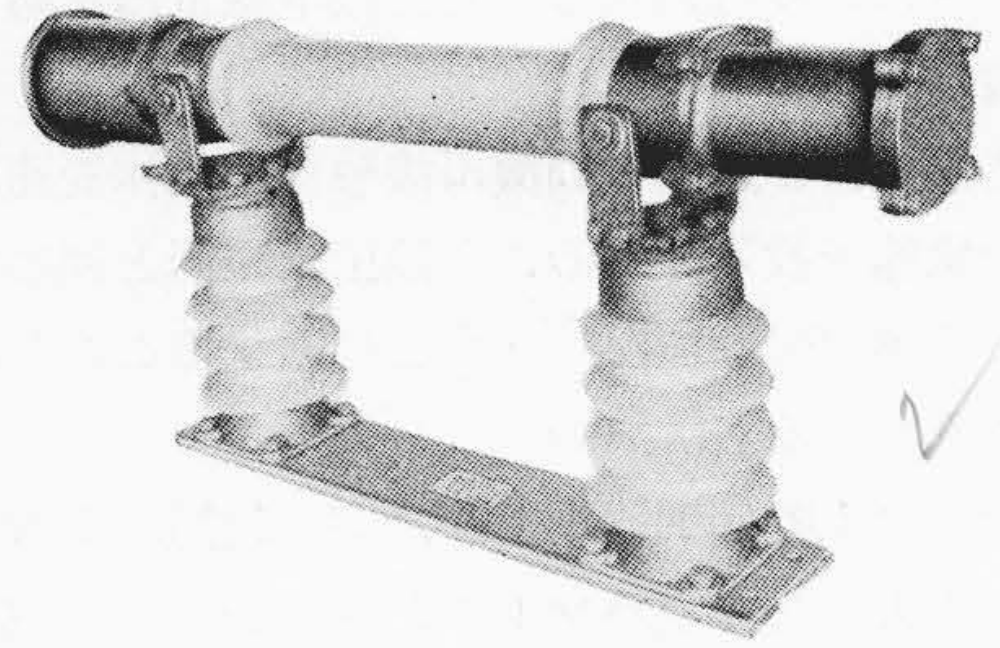
冷却方式は、従来小形軽量化のため送油風冷式が用いられていたが、本器は比較的小容量であり、簡易化の方針のもとに自冷式を採用した。

絶縁油には、防火の見地から不燃性油「ヒタフネン」を用い、絶縁材料およびパッキング材には耐油性の強い材料を撰択し、油槽は完全な耐圧密封形構造とした。第5図はその外観で、中央の円形タンクに変圧器本体を収め、両側に冷却器を、前後に圧力調整室、高圧ケーブル接続箱、低圧リード引出箱などを備えている。

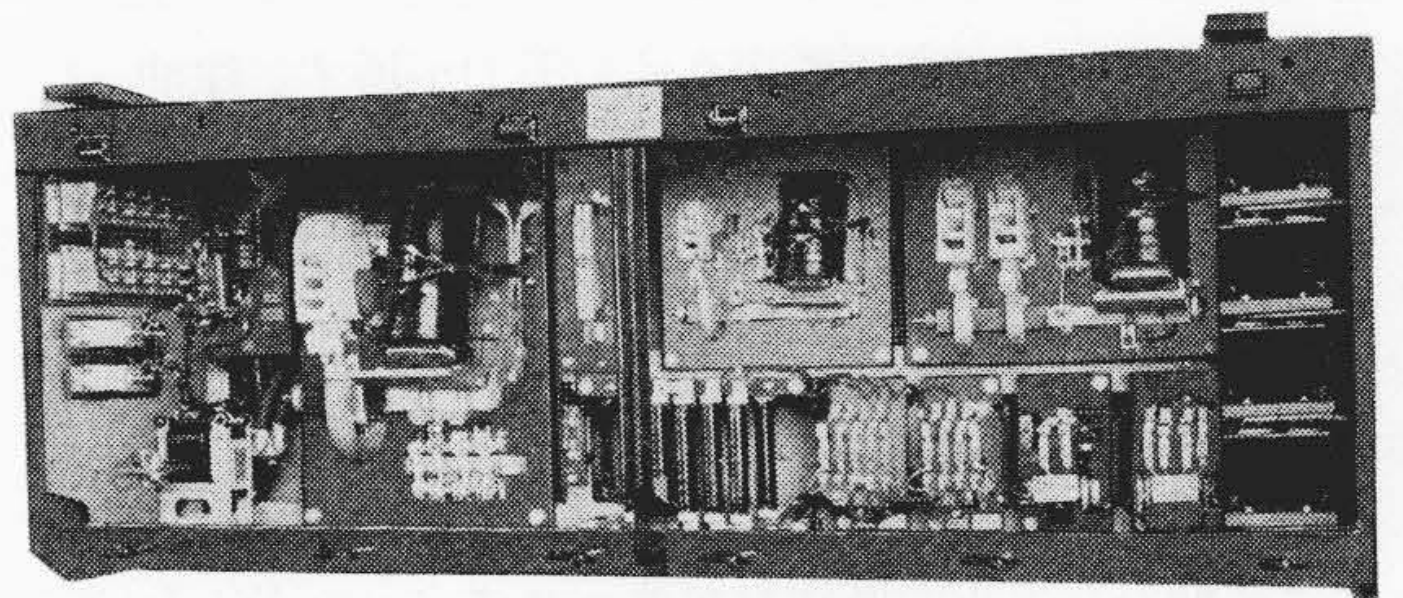
高圧ケーブルの接続は、変圧器本体の密封を破ることなく、ケーブルヘッド自身を引き抜けるような構造としてある。

6.4 制御回路

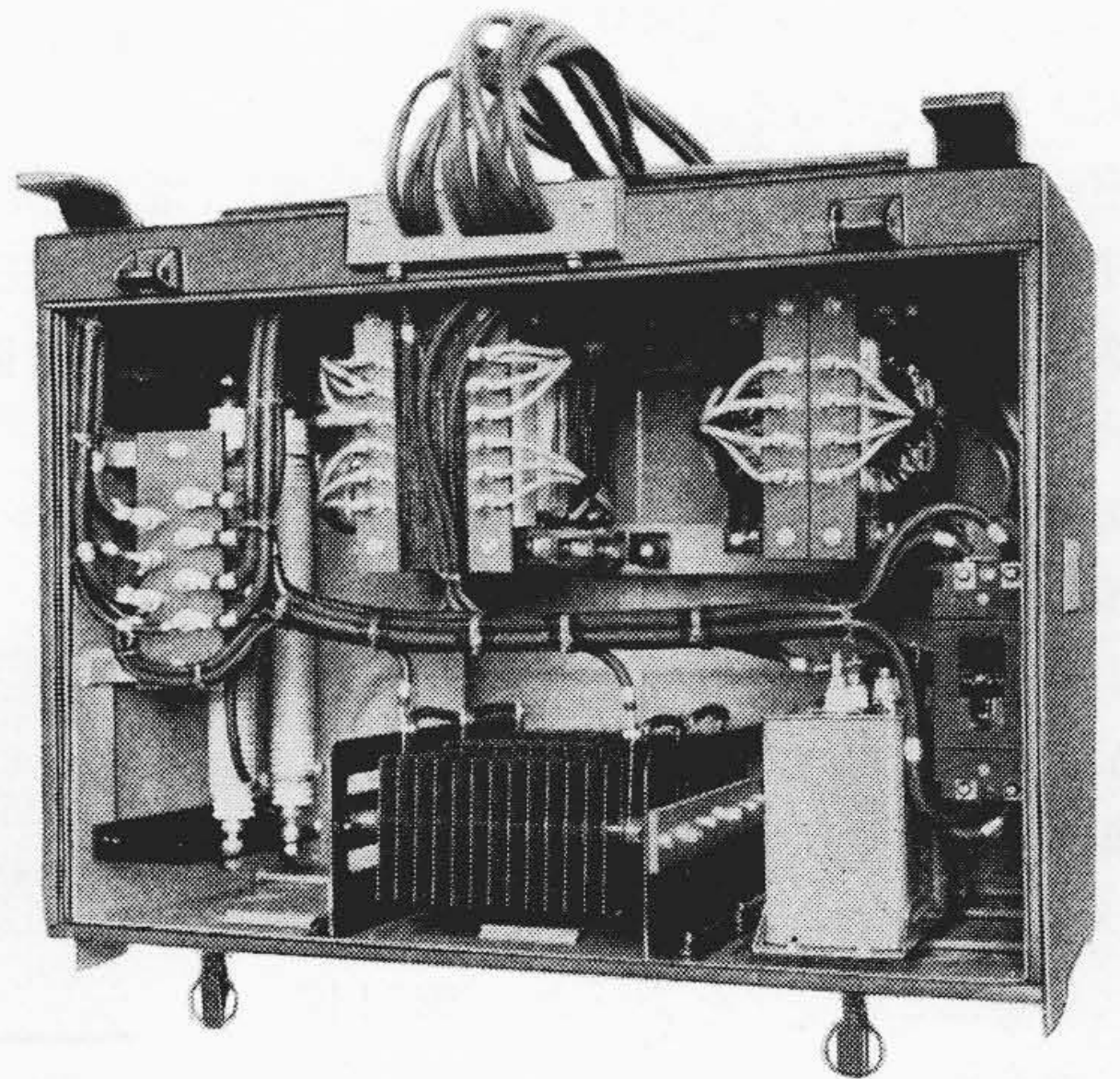
第6図に主回路つなぎを示す。集電装置より断路器(第7図)、自発ヒューズ(第8図)を経て変圧器一次端子に至る。断路器は、変圧器二次無負荷の場合に、電磁バネ式閉路、電磁空気式開路により主回路の切入が可能である。自発ヒューズは過電流および直流冒進保護用とした。空気遮断器は省かれている。非常の際は電磁バネ式で閉路する自動接地スイッチにより電車線の接地ができる。主変圧器二次側主電動機過電流保護は過電流継電器により、起動電動機および起動用コンデンサの保護は低



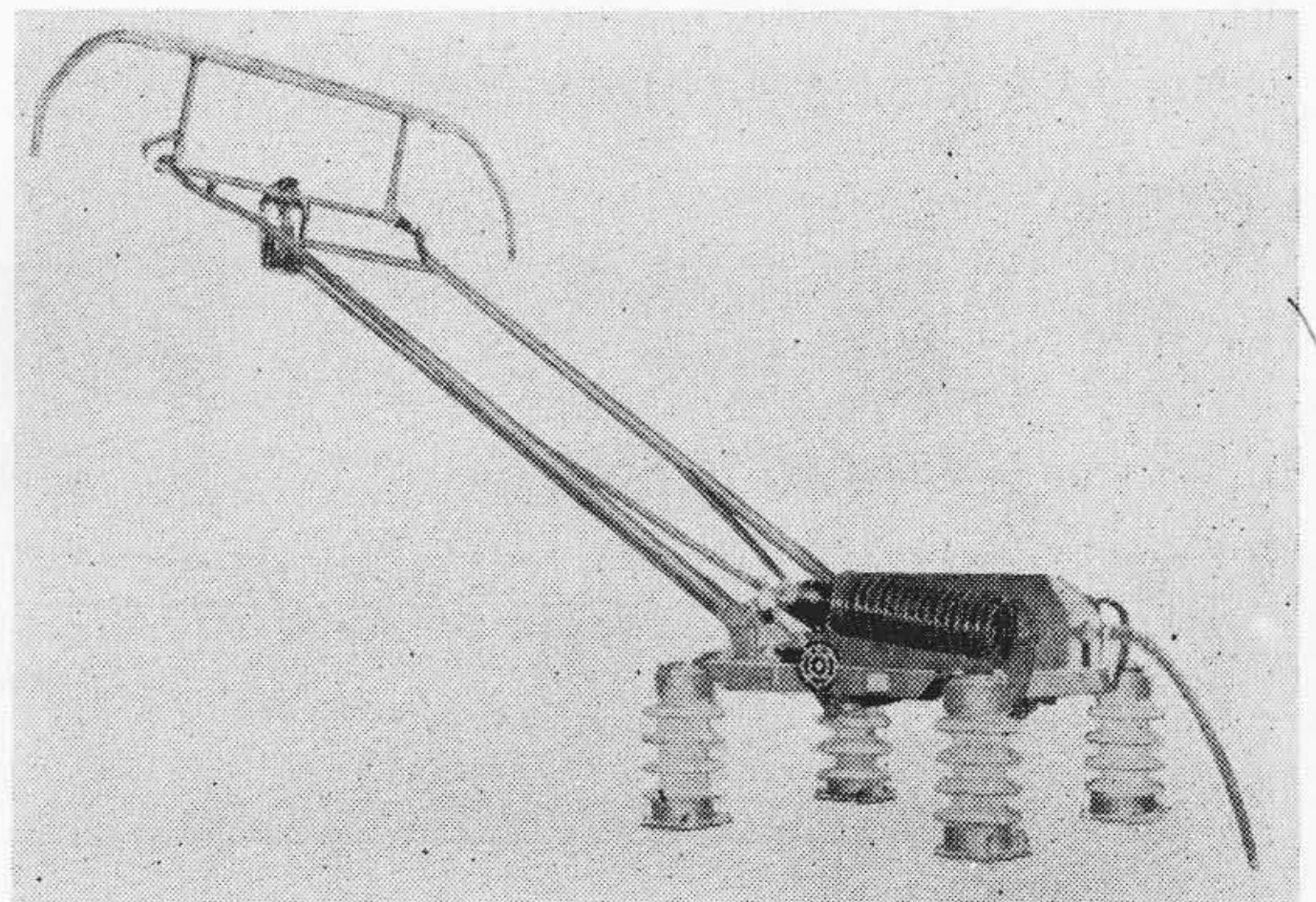
第8図 自発ヒューズ外観



第9図 制 御 器 箱



第10図 定電圧装置と充電装置



第11図 簡 易 集 電 装 置

圧ヒューズにより行われる。また接地継電器を略して表示灯を設けた。

主電動機および起動電動機用接触器は液体変速機が排油された状態で投入されるよう油圧継電器と連動をとっており、電車負荷をになったまま加速することがないよう考慮されている。

運転台には主幹制御器があり、切、起動、1および2の4ノッチよりなる主ハンドルと、逆転ハンドルを有し、主ハンドルを起動ノッチに進めると第9図の制御器箱内の3個の接触器と継電器が動作して、起動電動機および主電動機が起動する。1ノッチで変速機に低圧で注油を行い、2ノッチで高圧に切り換え引力が増す。注油、排油の制御は逆転機と同様に電磁空気操作で、ギヤポンプによりあらかじめ油を蓄圧タンクに入れ、操作弁、自動注入弁およびのがし弁の開閉により行われる。主ハンドルは、逆転機の前進、後進の切替が完了しなければ、起動ノッチより進められぬようにしてある。非常停止の場合は逆転ハンドルの操作を必要とせず主ハンドルを切にもどす操作で電動機を停止できる。

以上のように運転操作がきわめて容易であり、機器の数が少なく保守点検も容易となる点が、本電車制御方式の大きな特長である。

室内灯には50V、100Vの蛍光灯を使用し、電車線電圧が変動しても、安定した照明が得られるように主変圧器三次巻線より鉄共振形の0.5kVA定電圧装置(第10図)を介し給電している。

制御回路、灯回路および蓄電池浮動充電用電源はセレン整流器を使用し、AC 100Vから整流している。

6.5 集電装置

集電装置は電流が少ないので、パンタグラフ形式をやめ新形のビューゲル形として簡易化と軽量化を計った。第11図にこれを示す。舟ささえ腕の上部は下部に対し、バネを介して固定され、下部は下枠と平行四辺形を形成する補助枠により仰角の大きさにかかわらず常に垂直に

保持される。また下枠は主バネ装置により押上の仰角を与えられ架線の高低に追随する。この舟ささえ腕上部のみを摩擦力に比例して電車の進行と反対方向になびかせて、前後進の方向性をなくすなどにより追随性の向上を計った。

また下げシリンダに連動する特殊リンク機構により折りたたみ姿勢を特に低くするよう設計されており、適正な主バネ装置により押上力は動作全範囲にわたりほぼ一定である。

上述の各機器は、単独の工場試験において、所期の性能を有することが確認されているが、さらに流体変速機、主電動機、起動電動機および制御装置の組合せ試験を行い、電車性能を確認するための等価試験を行った。以下にその一部を報告する。

7. 試験結果

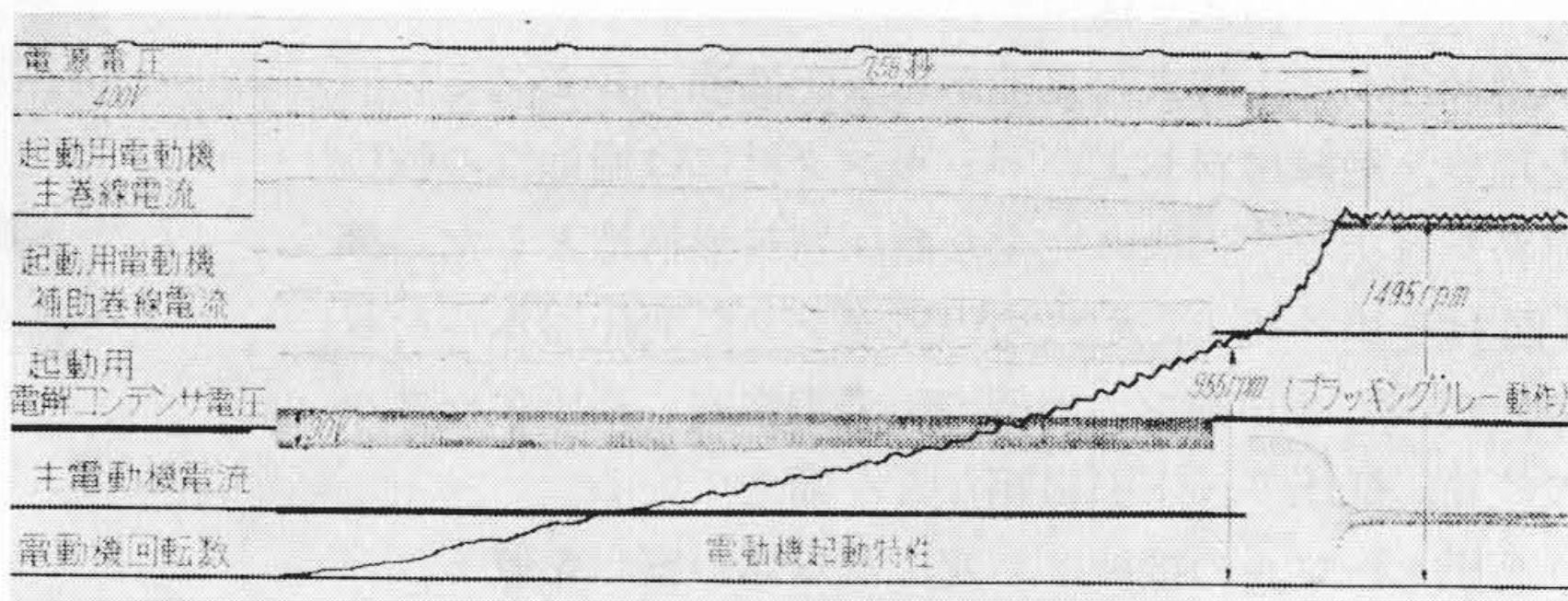
7.1 電動機起動特性

第12図は液体変速機の油を排油し正規の状態での起動電動機により主電動機を起動させたときのオシログラムである。

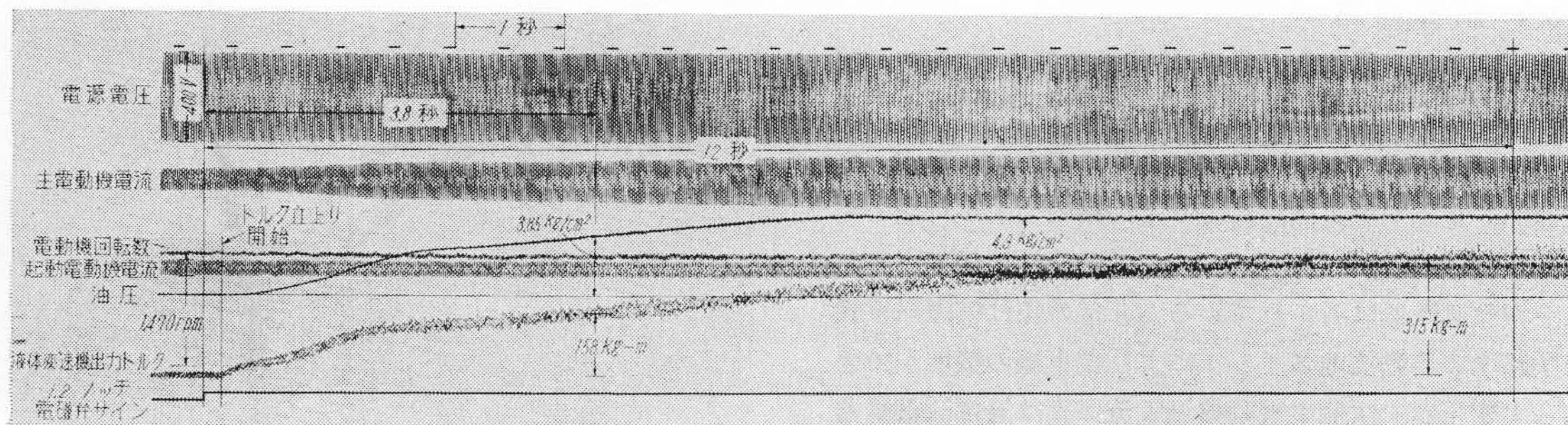
およそ7秒で約1,000rpm程度に達し、プラグングリレーが動作して起動用のコンデンサ回路を切離し、同時に主電動機回路を投入し、1秒で同期速度近くに達する順調な起動特性を示している。

7.2 トルク立ち上り特性

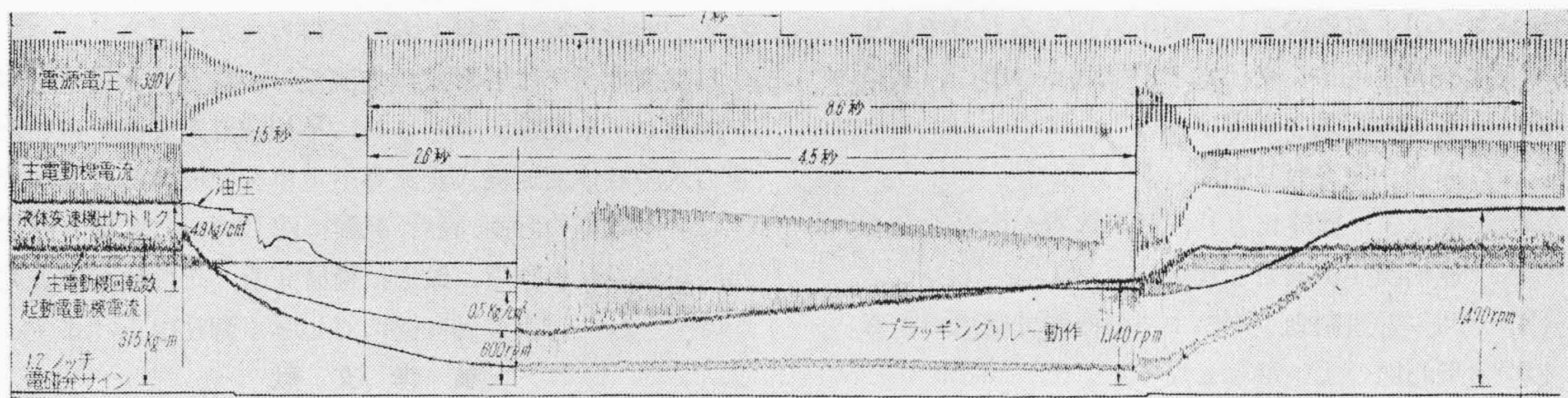
第13図は電動機が起動後、2ノッチ相当の高圧で注油したときのトルクの立ち上り特性で、出力軸を固定した



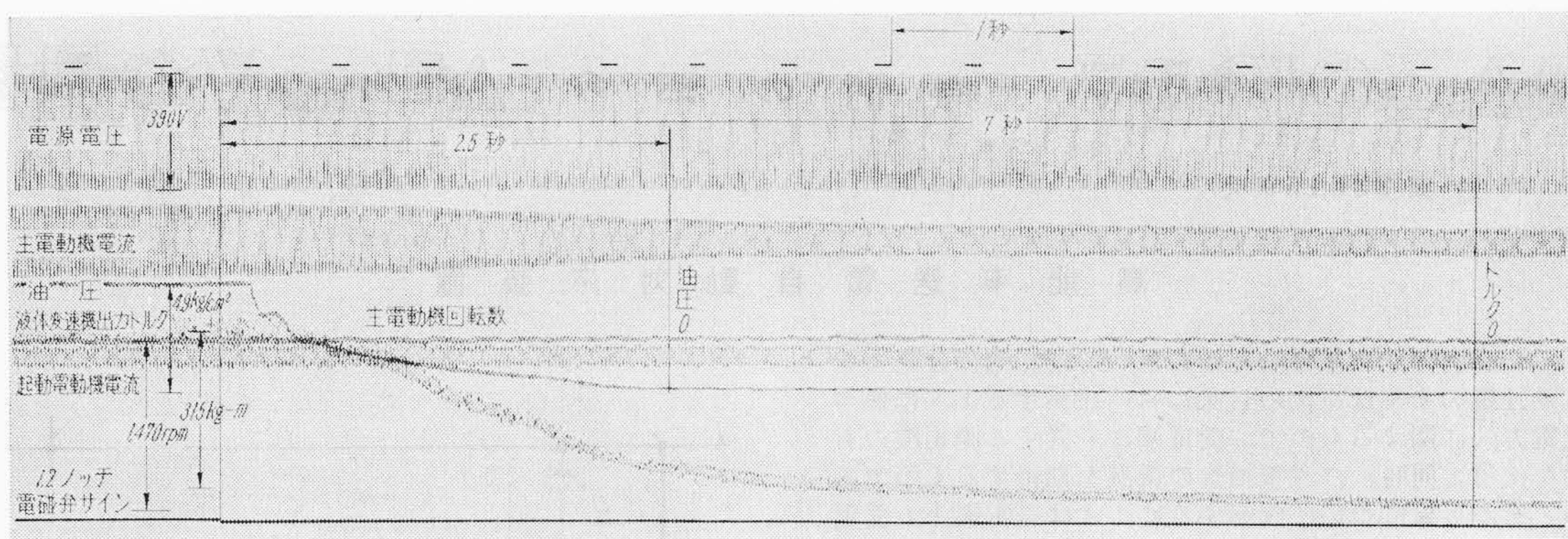
第12図 電動機の起動特性



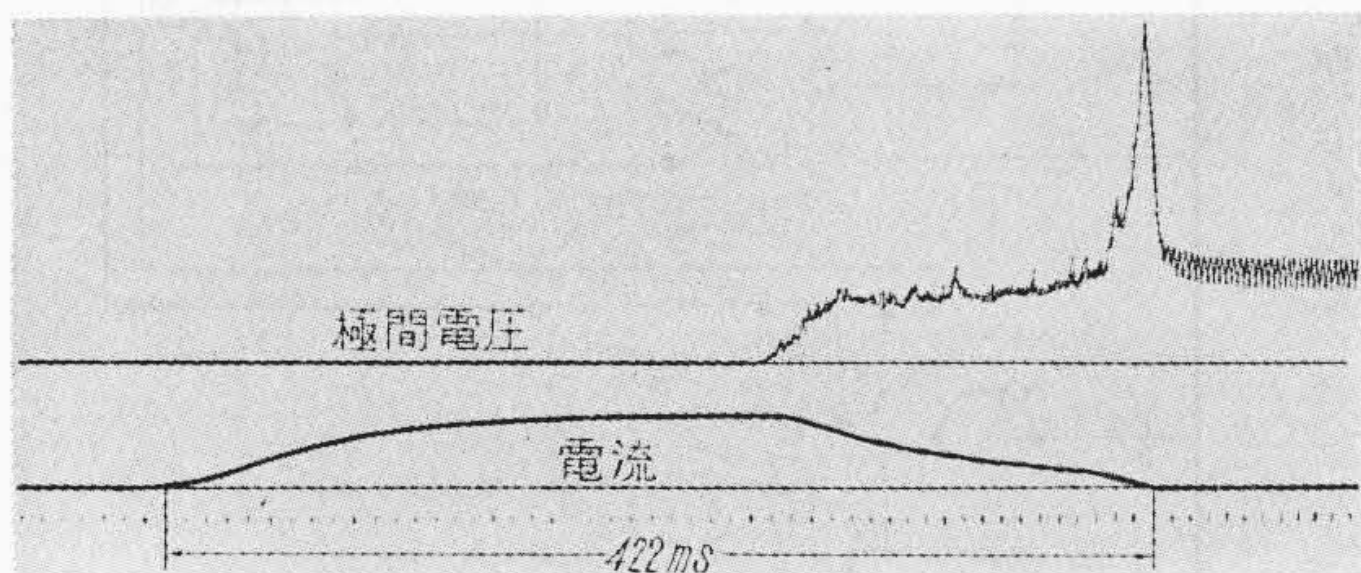
第13図 トルク立ち上り特性



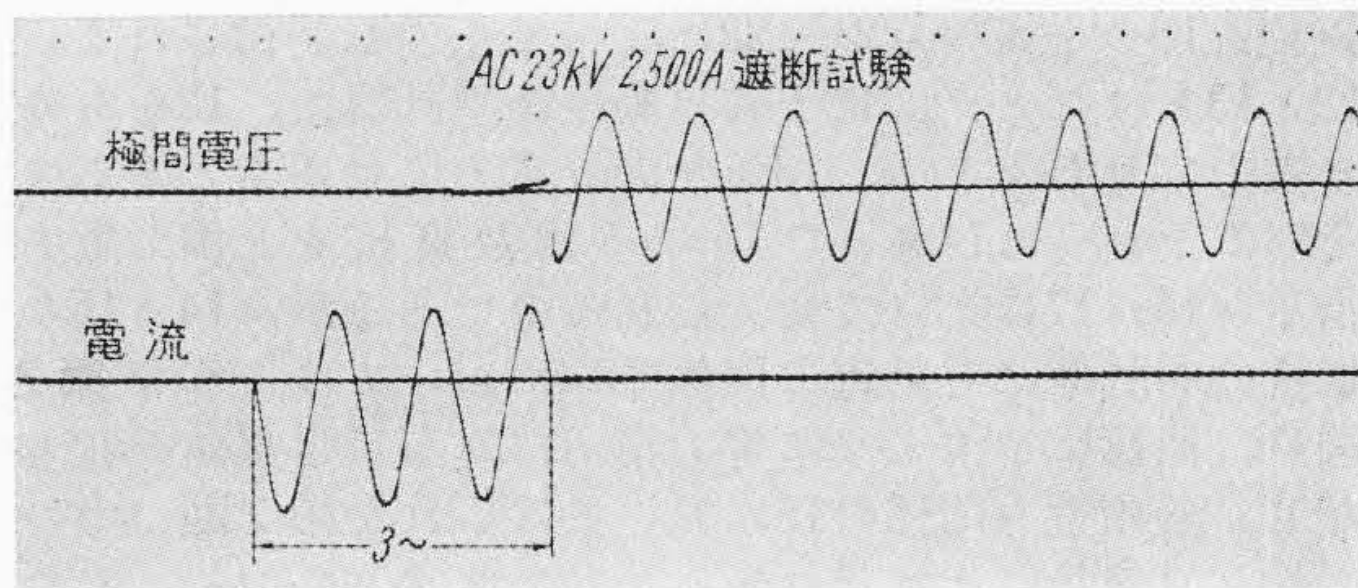
第14図 無加圧区間通過時の過渡特性



第15図 トルク減衰特性



第16図 自発フューズ直流遮断特性



第17図 自発フューズ交流遮断特性

場合のオシログラムである。

注油後およそ4秒で50%程度のトルクが出、その後徐々に100%トルクに達している。これは電車起動の際の時間—トルク特性として理想的な特性であって速度がS字状に変化するので良好な乗心地の得られることが予想される。

7.3 無加圧区間通過特性

第14図は電車が約1.5秒の無加圧区間を通過した場合を想定し平常運転にもどる過渡状態のオシログラムを示す。

液体変速機の排油には、約7秒程度の時間を要するため、この間主電動機回転数は急速に出力軸回転数に漸近する。したがって、図に示す液体変速機の出力軸を固定した場合は最も条件の苦しい場合であるが順調に旧状態に復帰している。実際運転においては無加圧区間通過時

の速度は約 30 km/h 以上であるので安全に運転できることが明らかである。

7.4 トルク減衰特性

第15図はノッチを起動に戻してからトルクが零になる迄の状態を記録したオシログラムであり、電磁弁の動作後急速に油圧とトルクは減少し、油圧は2.5秒、トルクは7秒程度で零に戻るということが明らかである。

7.5 自発ヒューズ溶断特性

第16図に直流冒進時の遮断特性を、第17図に交流区間での過電流遮断試験の結果を示す。いずれもきわめて短時間で溶断しており、十分に保護の目的を達しうること示している。

8. 結 言

単相かご形誘導電動機は、変速装置を吟味すれば十分

交流電気車用主電動機として実用されうるものであり、液体変速機を使用する交流電車用電気品の製作、試験の結果からみて本方式の電車は

- (1) 保守点検が容易である。
- (2) つなぎが簡略化され、制御機器が少なくなる。
- (3) 運転操作が簡便となる。
- (4) 回生抑速制動がそのままの機器で常用できる。
- (5) 乗心地のよい電車となる。
- (6) 誘導障害の問題がない。

などの特長を有する見とおしが得られた。

日立製作所では各形式の交流ならびに交直両用電気車を開発して来たが、今回さらに単相誘導電動機を用いた新方式の液体変速機式交流専用電車を完成することができた。本電車の計画、設計、試験に際して、日本国有鉄道臨時車輛設計事務所、鉄道技術研究所、その他関係各位が寄せられた御指導御鞭撻に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

石原ほか：液体変速機（昭32，OHM 文庫）



特許の紹介



特許第235159号

高 秀 吉 広

高能率送電自動対応装置

この発明は送電線の送電端において遅相無効分電力を有効分電力または電流の自乗に常に比例するように保つ送電方式に関するもので、受電端に設置する調相機の有効な使用と同時に、送電損失の低減を期待するものである。その実施について説明するに、4は送電端1と受電端2の任意中間3なる点に接続された自動電圧調整器付交流発電機で励磁機5、自動電圧調整器9、動作整定抵抗7を具備し、その制御電動機8は電流または電圧差比較装置18の平衡接点21、22によって正逆転制御される。12と13とはたとえば電子管自動平衡型計器で、12を有効分電力応動要素とし、13を無効分電力応動要素とする。そしてそれらは14および15なる函数抵抗を具備し電力指示腕16、17によって変えられるのであるが、14と15の抵抗分布状態は有効電力関係の14においてはこれを第2図(イ)曲線に示すように電力指示に対して自乗曲線状となし、無効電力関係の15においてはこれを第2図(ロ)のような直線状にそれぞれあらかじめ整定しておく。したがって函数抵抗14、15の両端に同一制御電圧を印加するときはそれぞれの導出電流値は指示腕16、17の位置に応じて電力量の自乗および無効電力量に比例する値となるわけである。よって装置18は無効分電力が有効分電力の自乗に等しいときのみ平衡しているが、その一定関係が崩れると接点21、22のいずれかを閉路し、電動機8を制御して7の整定変えを行い、調整器9を新たなるセッティングのもとに作動せしめて発電機4の界磁励磁度の加減を行いもってその出力回路に出す無効分電力の量を変化することになる。この調整の結果装置18の平衡が回復されればそのときは有効、無効両電力の割合があらかじめ定めた関係にもどったことになる。(宮崎)

