

中型電気自動車用電装品概説

杉 浦 慎 三*

The Electric Equipment for the Medium Size Electric Motor Car

By Shinzo Sugiura
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This is the sequel to the first report previously published in the pamphlet on the design of the small size electric motor car.

The small size motor cars of the former design now in use have many shortcomings and imperfections which should be overcome in order that they may come into general use as the convenient means of transportation in many cities and towns in the future. As a result, there has recently arisen an increasing demand for the production of the medium size motor car that is capable of running at higher speed and yet has a greater capacity of running distance with a single charge.

The present paper describes briefly the construction and performance of the Hitachi type electric equipments for use with the medium size motor cars made by Electric Motor Car Co.

It can be safely said that the medium size motor cars of Japanese make have at present attained very high international level in performance if not the highest and are far superior in many respects to those of the foreign make.

This seems, of course, mainly due to the fact that there has not been so urgent a demand for the electric motor car in foreign countries as in Japan probably on account of gasoline and other fuel situation.

The medium size electric motor cars provided with the electric equipments herein described have the performance characteristics that are typical of Japanese motor cars, which are summarized for reference in the last part of this report.

[I] 緒 言

電気自動車が普及され始めた頃は、全長 3 m 乃至 3.5 m、自重 1100 kg 前後の小型車であつた。この程度の車の利點は値段が安く、都市の乗物としては大體満足出来るものであるが、その反面自動車自體の容積より搭載する蓄電池の大きさに限度があり、最高速度、走行距離に幾分の物足り無さを感じさせるものがあつた。

* 日立製作所多賀工場

中型車はこれらの點を補い、自動車としての性能、價値を一段と飛躍させるべく製作されたもので、その改良點は客席の廣さをゆつたりとり、乗心地をよくし、外觀もスマートにすると同時に、最高速度 50 km/h 以上、走行距離 150 km 以上の性能を持たせるようになってゐる。

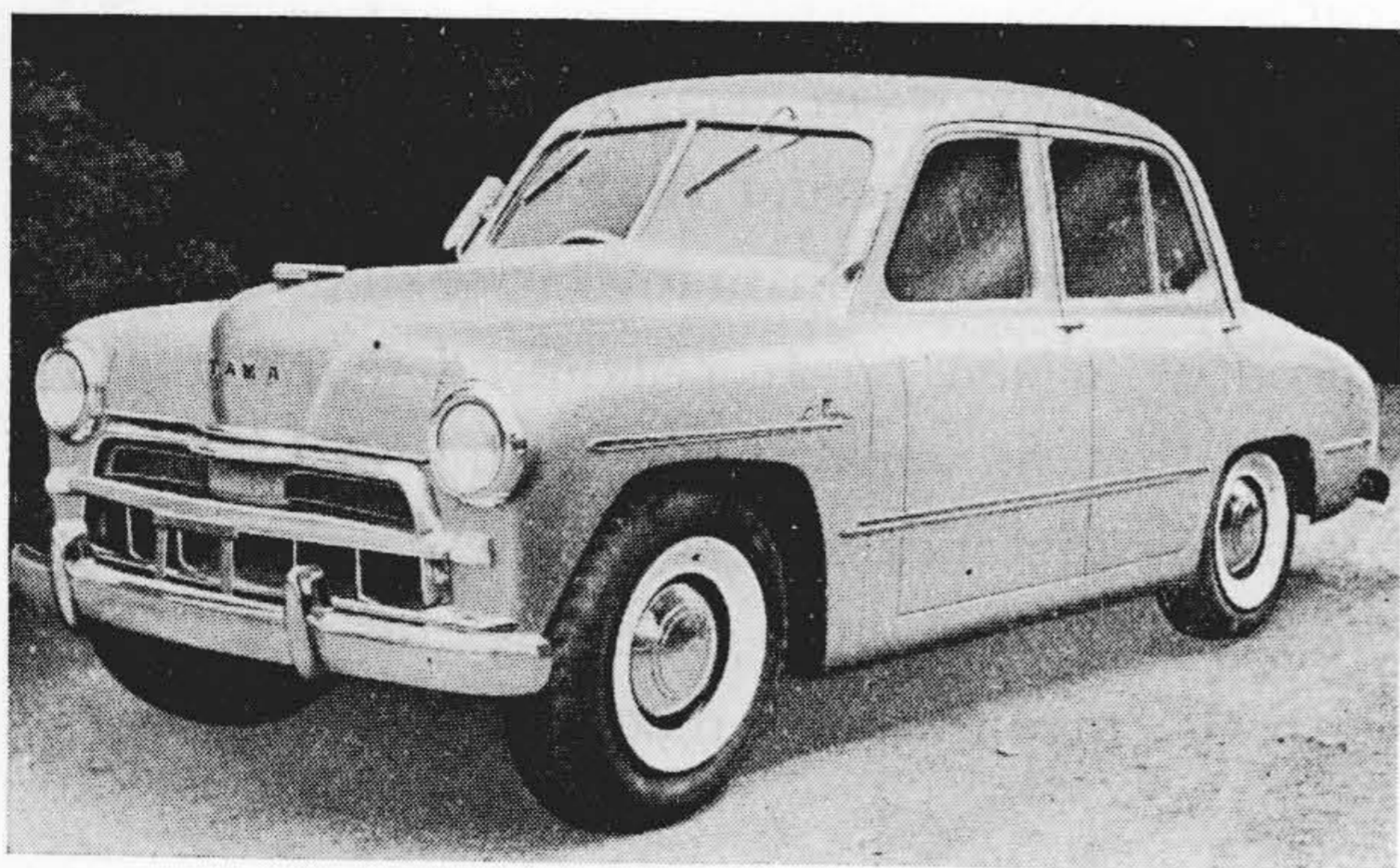
従つて普通の使用にあつては十分自動車としての利用價値を持ち、電気自動車として新しい境地を拓くことが出来た。

本論はこの中型車に装備される電装品について概略説明したものである。

主な電装品は

- 1. 主電動機 Main Motor
- 2. 足踏制御器 Cotroller
- 3. 起動抵抗器 Starting Resister
- 4. 変速開閉器 Change Over Switch
- 5. 電磁開閉器 Magnetic Switch

この他付屬品としてフェーズ、電流計、電圧計、キースイッチ、4 速界磁分流抵抗器等があり、これら部品が有機的關係を保ち、安全にして適確な自動車の運轉が行われるようになっている。第 1 圖は本電装品を装備した中型車の外觀で、ラジエーターグリル、ベルトライン等に漸新な工夫を凝らし、従來の電気自動車の面目を一新している。



第 1 圖 中 型 車 外 觀
Fig. 1 Viuw of Mebium Size Car.

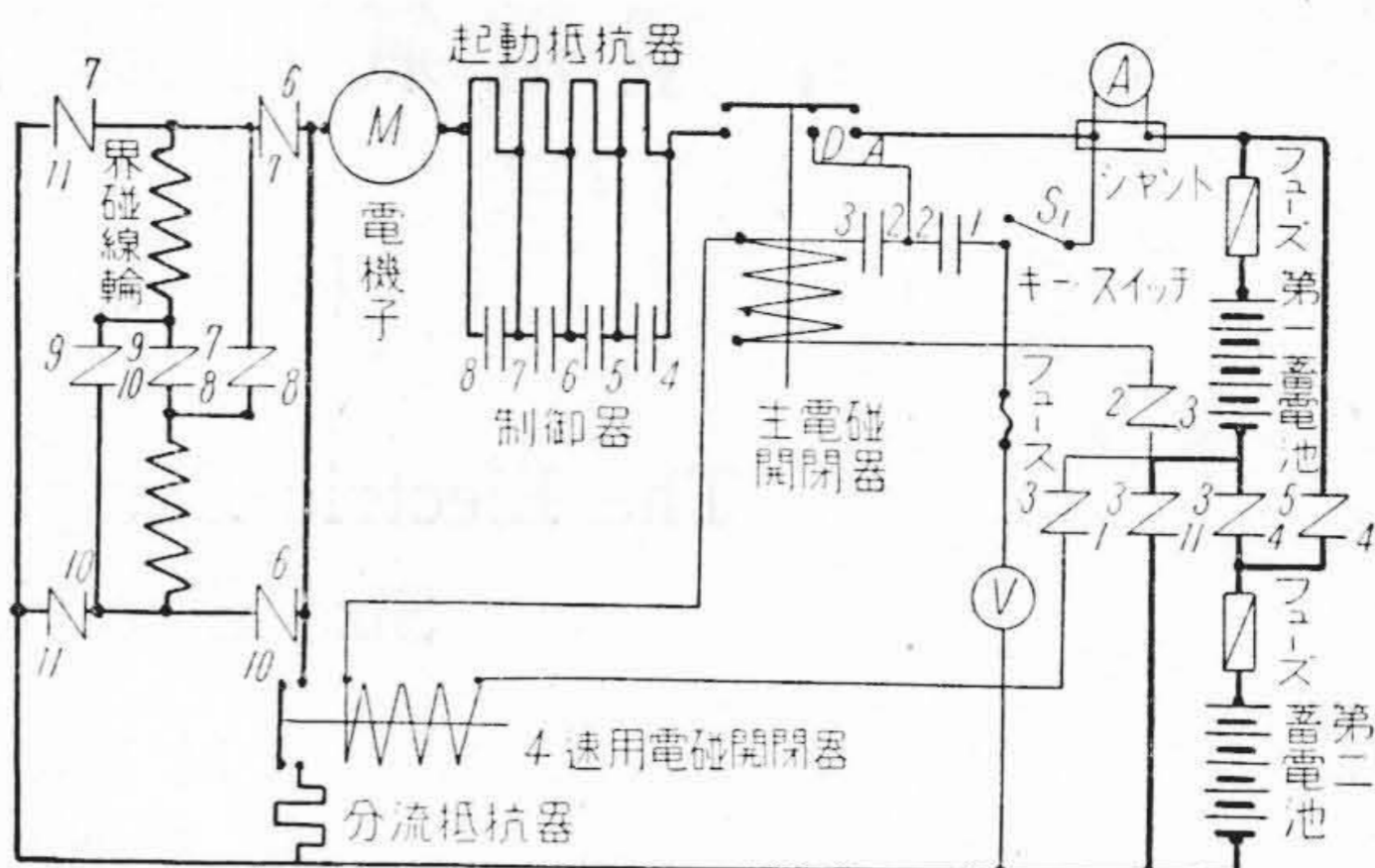
[II] 日立式配線方式

電気自動車の電気系統をみるに、蓄電池、配線、電動機、変速器は、普通自動車の燃料タンク、燃料系統エンジン、トランスミッションに相當する。唯普通車はエンジンを始動するのにセルモータ（始動電動機）を回轉せしめて行ふのであるが、電気自動車はエンジン自體が直捲電動機であるから起動抵抗器と足踏制御器により起動せしめるようになっている。

さてこれら電装品の配置結線の如何は車の構造性能運轉に大きな關係があるので、慎重な検討をしなければならぬ。日立式配線方式としては特に下記の點を考慮して設計した。

- 1. 運轉操作の容易なこと
- 2. 配線の簡単なこと
- 3. 保護装置の完全なこと
- 4. 故障の發生の少ないこと

以上を種々試作試験を重ねた結果、第 2 圖の如き配線



第 2 圖 日立式中型車用配線圖
Fig. 2 Hitachi Type Connection Diagram for Middle Car.

方式を決定した。圖より明らかな如く電流の投入遮断は電磁開閉器により行い、変速開閉器の接點では電弧を生ぜしめないようにした。

変速段数は起動抵抗器で變速せしめる不經濟性を考へて、従來の車より一段増加し、前進 4 段、後進 1 段とし、その組合せは次の如くした。

段 數	蓄電池電壓	界磁結線
前 1 段	40 V	界磁並列
前 2 段	80 V	界磁直列
前 3 段	80 V	界磁並列
前 4 段	80 V	同上分流抵抗併用
後 1 段	80 V	界磁直列

然してこの變速は圓筒型變速器により、手動操作せしめる。尙前進 4 段の最大速度を出す場合は、界磁電流を減少せしめるから、電機回路には磁束の減少を補うため、所要トルクの増大と相俟つて大きな電流が流れる。従つて界磁電流を分流する回路にも相當大電流が流れるので、この回路開閉にも矢張り電磁開閉器を使用した。變速開閉器はこの電磁開閉器の勵磁線輪電流を操作するのみである。

圖中 S_1 はキースイッチで、これを閉じることにより自動車はいつでも制御器を踏めばスタート出来る。このとき電圧計は蓄電池の開放電壓を指示する。

保護装置として圓筒型フェーズ 200 A 用を 2 個 40V 單位の各電池の所に挿入し、過電流による電動機の燒損及び車體短絡による故障を防止した。従つて過電流繼電器はついていない。

以下各部品について説明する。

[III] 主要電装品

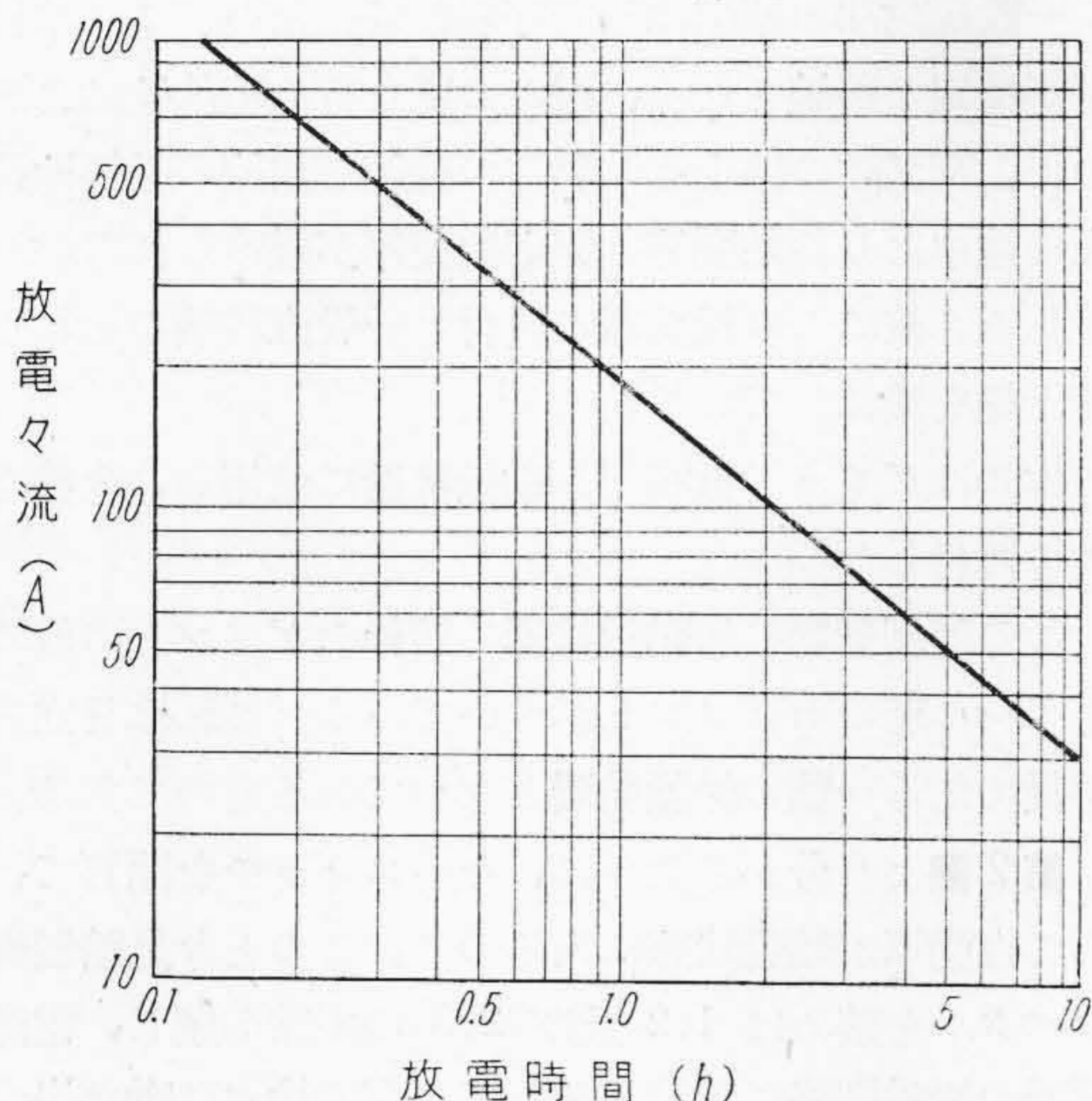
1) 蓄電池

本中型車に使用されている蓄電池の仕様は次の如くで

ある。

型式	VGDH-10
容量	250 AH/5 時間率
電池数	2 V × 40 個
電圧	80 V

この蓄電池は電気自動車用としては最新式の高性能のもので、その放電時間と放電電流の関係を第3圖に掲げ



第3圖 VGDH-10 放電特性
Fig. 3 VGDH-10 Discharge Characteristic.

た。

さて蓄電池は電力が放電して無くなつても、充電すれば又使用出来るので、若し充電所が各所に出来、充電された蓄電池との交換が簡単に出来るようになれば、その容量はそれ程問題になつて来ない。最近の電気自動車タクシー業者は営業上の成績を上げるべく、自家に於て充電所を設備し、僅々数分間に充電した蓄電池と交換している。

このように蓄電池の容量の問題が或る程度解決がつくと、今度は自動車固有である電動機の特徴が大きく論議されてくる。

2) 主電動機

本中型車の電動機は、さきに本紙上⁽¹⁾に発表した設計法に則つて進めた。端子電圧は 80 V である。この電圧の決定、換言すれば電池数は自動車の蓄電池搭載容積により自ら定つて来て、普通小型 40 V、中型 80 V、大型バス等では 150 V 前後が標準とされている。

本電動機の常用出力と最大出力を計算してみる。

今下記の如く記號及中型車の數値を假定すると

W	自動車總重量 (乗員 5 名)	kg
A	前面投影面積	m^2
v	時速	km/h

μ_r	路面抵抗係數	T	電動機トルク	kg-m
μ_e	空氣抵抗係數	N	電動機回轉數	R/M
F	推進力	D	車輪直徑	m
R	走行抵抗	ϵ	減速比	
η	驅動效率	θ	勾配角度	

とすれば次の基礎式が成立する。

$$R = W\mu_r + A\mu_e v^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$F = \frac{2\epsilon\eta T}{D} \dots\dots\dots (2)$$

$$\therefore T = \frac{FD}{2\epsilon\eta} \dots\dots\dots (2')$$

$$N = \frac{1000\epsilon v}{60\pi D} \dots\dots\dots (3)$$

この中 (1) 式は實驗式であるが、小型車の場合の試験成績を検討した結果、十分實用に供し得ることが確められたので、中型車の出力算定にも當嵌めた。

これより常用出力として、アスファルト平坦道路を 32 kg/h で走行するに必要な出力を計算すると

$$T = 1.608 \text{ kg-m}$$

$$N = 1790 \text{ R/M}$$

$$\therefore \text{HP} = 3.97 \dots\dots\dots (4)$$

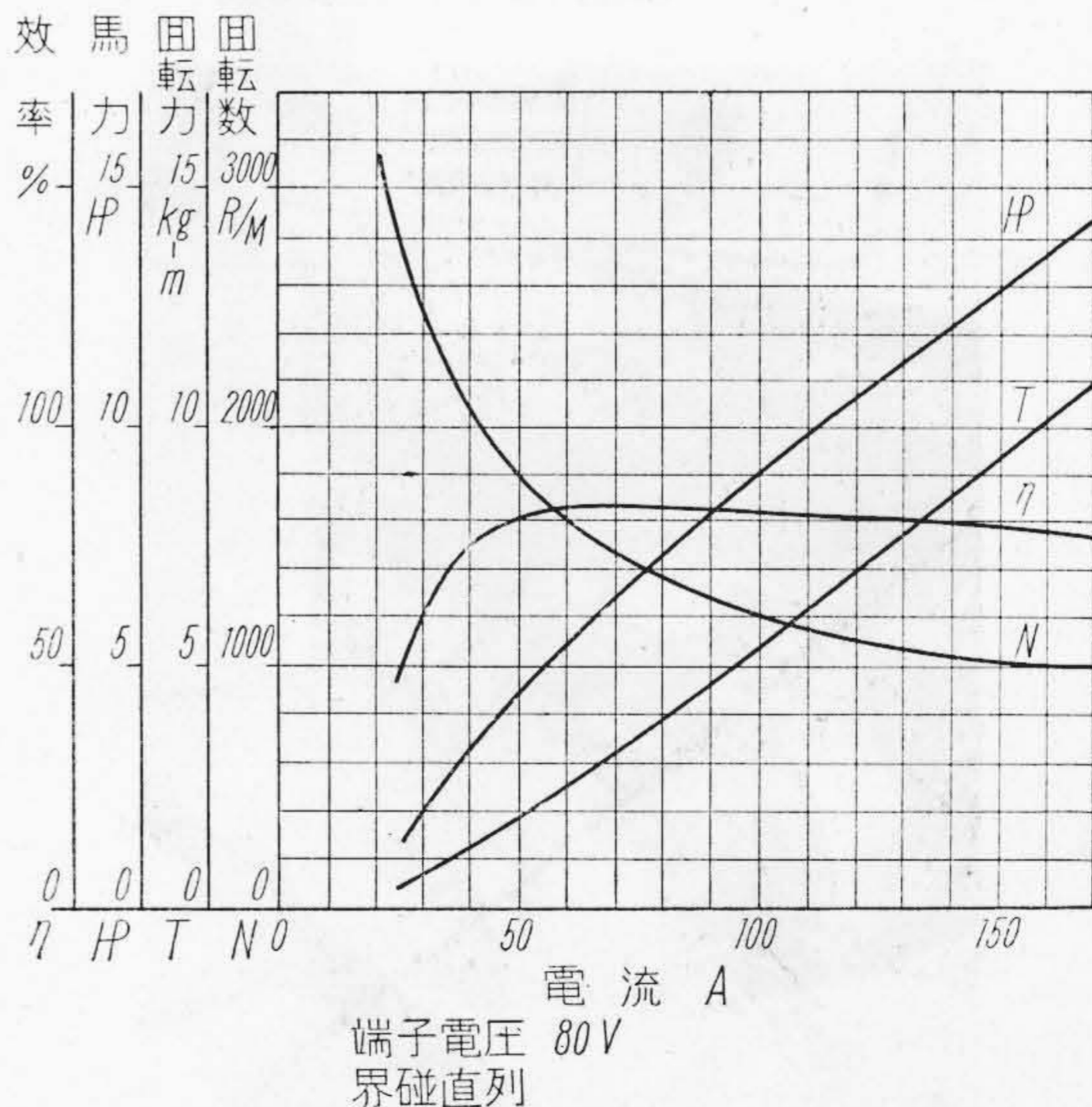
次に 1/6 のアスファルト勾配路を 8 km/g で登坂するに必要な出力を計算すると

$$T = 19.33 \text{ kg-m}$$

$$N = 448 \text{ R/M}$$

$$\therefore \text{HP} = 11.93 \dots\dots\dots (5)$$

(4) 式 (5) 式を満足する電動機を設計し、1 時間定格として下記の如く決定した。即ち



第4圖 主電動機特性圖
Fig. 4 Characteristic Curve of Main Motor.

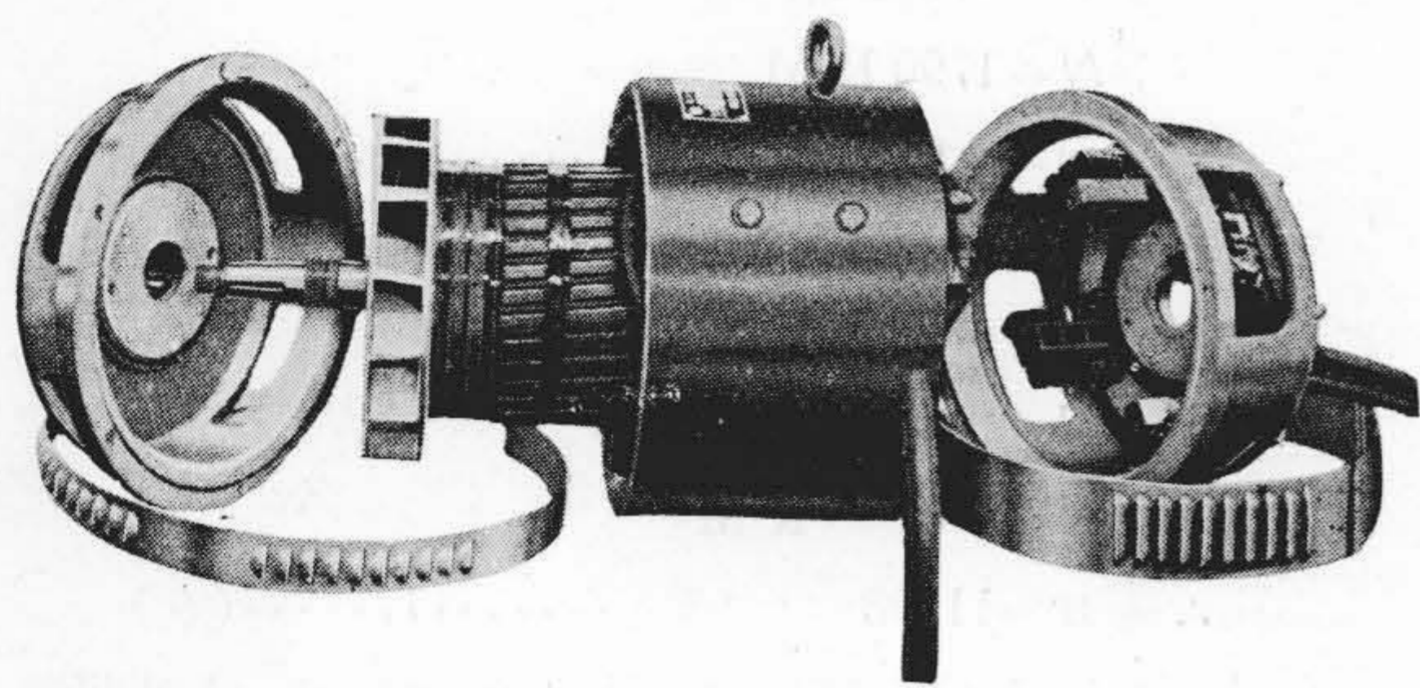
電 壓	80 V
電 流	67 A
回轉數	1500 R/M
出 力	6 HP
重 量	100 kg

この電動機の特性を第4圖に示す。使用される場合は電源が蓄電池なるため、電流の増加に従つて電圧が降下するので、出力はこの曲線より幾分低くなる。

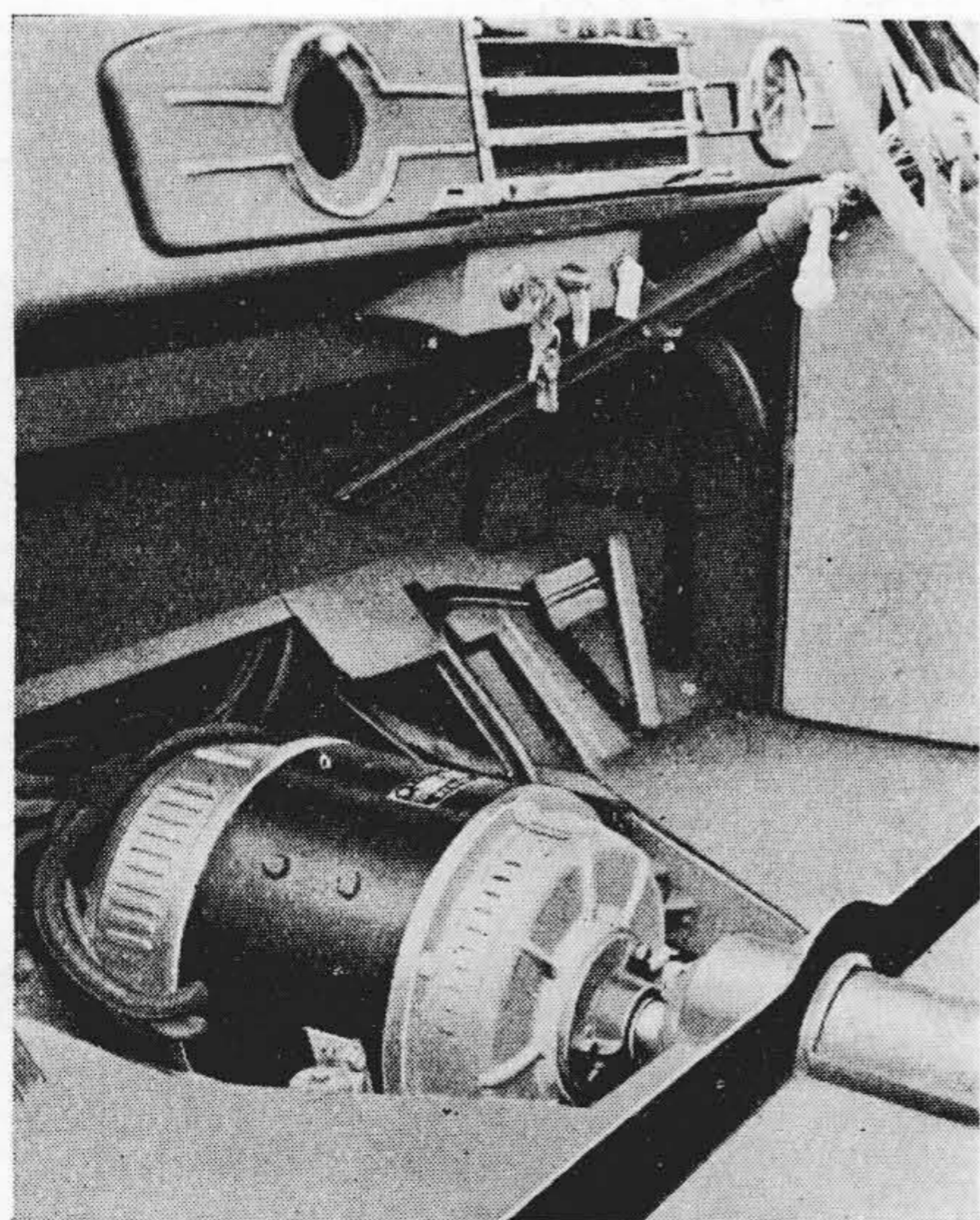
さて本機が小型車電動機と異なる點は、出力増加のため外徑・長さの大きくなつた事は勿論であるが、その他通風扇を設け、通風孔を扉戸式にして、カバーの上部のみに開けたこと、又電気自動車の特長である静肅性を重んじて、磁氣音を打消すように電機子鐵心を1スロットピッチ換つたことである。

以上の改良により溫度上昇に餘裕もあり、登坂の場合も過熱焼損の事故はなく、運轉も極めて静肅である。

第5圖は本電動機の分解圖、第6圖は自動車に裝荷した所である。第6圖を見ると變速開閉器用操作レバー、



第5圖 主電動機分解圖
Fig. 5 Construction of Motor.



第6圖 電動機を車に裝置した所
Fig. 6 Motor on the Car.

足踏制御器用ペダル、キースイッチ等が見えている。

3) 足踏制御器及び起動抵抗器

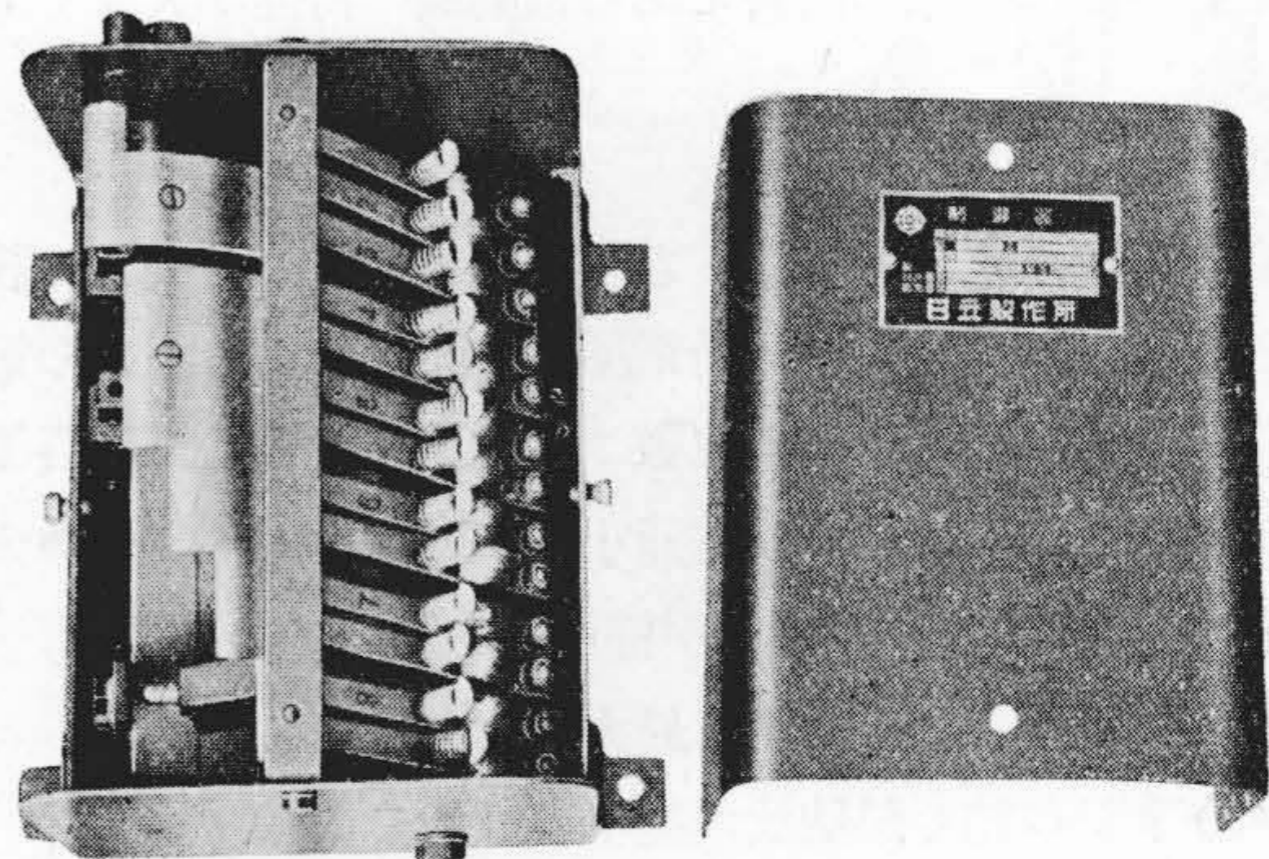
本來の目的は起動抵抗器と連動して、衝撃のない圓滑な始動をさせるのであるが、自動車の場合は速度調整に使用される場合が往々にしてある。この始動状態を實際の使用状況からみると、一定速度になり電機子の逆起電力が或る値になつてから、次の抵抗を短絡して行くという一般起動法の原則は殆ど守られていない。これは自動車が特定の路線でなく、種々の所に行く特殊性によるもので、交叉點の停止より發進の急速な加速の必要性、勾配の途中よりの始動等、變則的使用が避けられないからである。故にこの抵抗器の段付も一般直流機のそれとは若干趣を異にしている。

本器はグリッド抵抗を起動抵抗器に使用し、全體を4段に段付した。

この他制御器の起動抵抗器の短絡セグメントの他に、もう一つ別のセグメントがついている。これは日立式の特長である一種の保護裝置となつているものである。

第2圖より分かるように、キースイッチを閉じて、始めて自動車が始動状態に入るので、このとき足踏制御器のペダルを踏めば1,2及び2,3の接點が閉じ、電磁開閉器の勵磁回路に電流が流れて、車は徐々に動き出す。更にペダルを踏んで行くと、1,2の所が離れてしまう。今若し最初からペダルを踏んで、即ち起動抵抗器を短絡して不注意にキースイッチを閉じて、拘束電流が流れて車が突然飛び出す等の危険性はない。

上記の如く1,2が切れると電磁開閉器の勵磁回路が切れてしまうので、これを防ぐため電磁開閉器の可動部に接續されている別の接點が圖中Dに接觸し、この回路を電流が通つて勵磁される構造になつている。故にこゝで問題になるのは1,2が切れる時間より早くADがつく事である。後述第9圖のオッシログラムに示す如く、このADが接觸する時間は、勵磁電壓40Vのとき30マイクロ秒位で、普通足で踏みつけて1,2を切る時間



第7圖 足踏制御器
Fig. 7 Controller.

より早いので実用上差支えはない。

この起動抵抗を短絡するセグメントと電磁開閉器の回路を遮断投入するセグメントを同軸上に取付けた足踏制御器の外観を第7圖に示した。

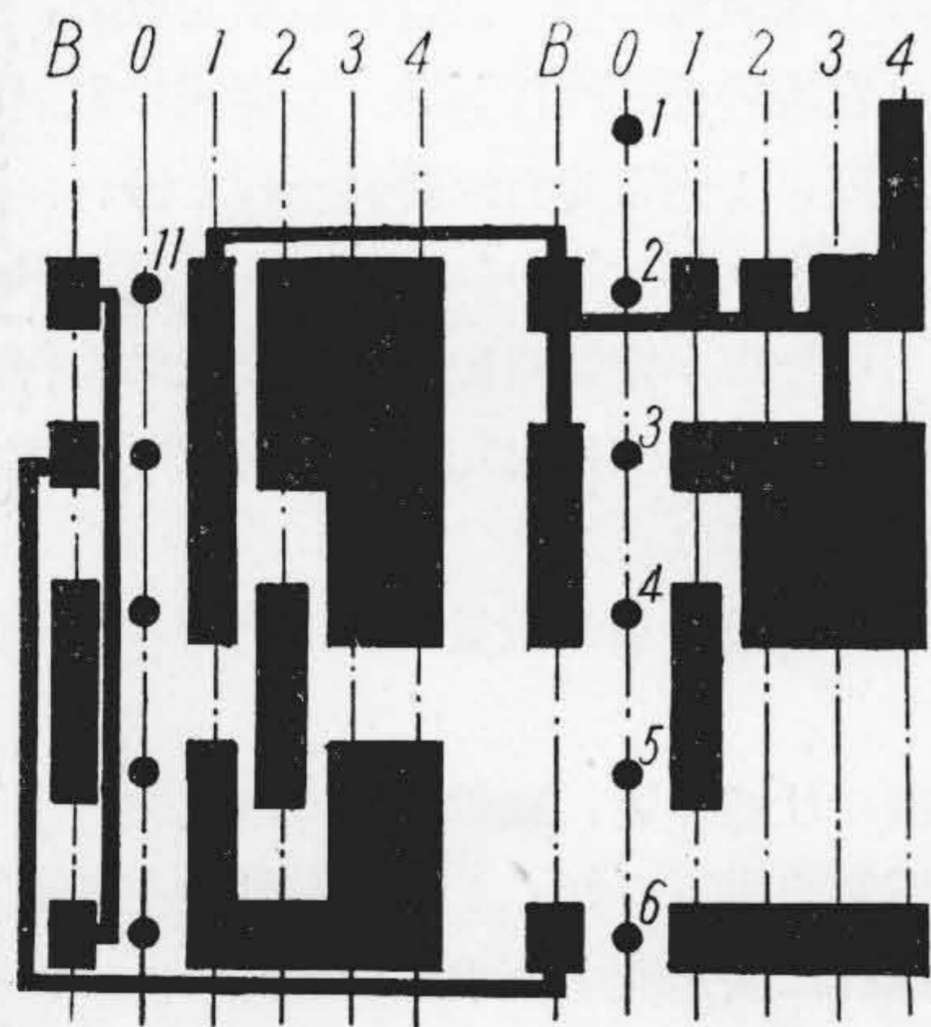
4) 變速開閉器

電装品としての必要条件である容積、重量の制限を受け圓筒型に設計した。本器は動作の確實、不規則な過負荷に對し安全な容量を持つことは勿論、絶えず動かすものであるから操作上特に次の點を考慮してある。

1. 運轉者の疲労を考へて、操作力の軽いこと
2. 各ノッチの位置をレバーの點に於て明瞭に分ること

この二つは相反する性質で、カムのバネ壓力を強くすると操作力が多く必要となり、弱くするとレバーに至る途中の摩擦によりノッチの位置が不明瞭になる。本器はこの歩み寄りを實地についていろいろ測定して定めた。

前述の如く變速段數は後進1段、中性點、前進は1段より4段迄で、セグメントの展開圖は第8圖の如き形である。この全變速區間、即ち後1進段より前進4段に至る角度は少ない程運轉には便利であるが、セグメントの電流量、セグメント間のフィンガーによる短絡距離に制限があるので、むやみに小さくすることは出来ない。總重量は 8.5 kg である。



第8圖 變速開閉器セグメント展開圖
Fig. 8 C.O.S. Segment Connection.

5) 電磁開閉器

電磁開閉器電磁開閉器は本配線方式によると、極めて重要な位置を占め、且使用状態が千差萬別のため、その定格のとり方、換言すれば負荷耐量、機械的強度は十分大きくしなければならない。

本電磁開閉器の仕様を述べれば

1. 電流遮断箇所を二つにし、遮断時間を半分にする

と共に、補助接點（電流遮断）と主接點（通電）に分け、前者を炭素、後者を銀にした。この兩接點の開放時間の差をつければ、常に補助接點の方で電流を切るので主接點の方は面を清淨に保つことが出来る。

2. 勵磁回路の方は、可動接點を取付けた可動鐵片を吸引するコイルと、接觸したとき、その位置に保持コイルの二つに分けた。吸引コイルの方は電流を大きくとり、AT を大にして離れた可鐵動片を吸引し、接點が密着すると吸引コイルは遮断され、保持コイルの僅かな電流のみにより接點が吸着されている。この方式によれば運轉中の電磁開閉器に消費される電力が少く、大分經濟的になる。

本器の特性は

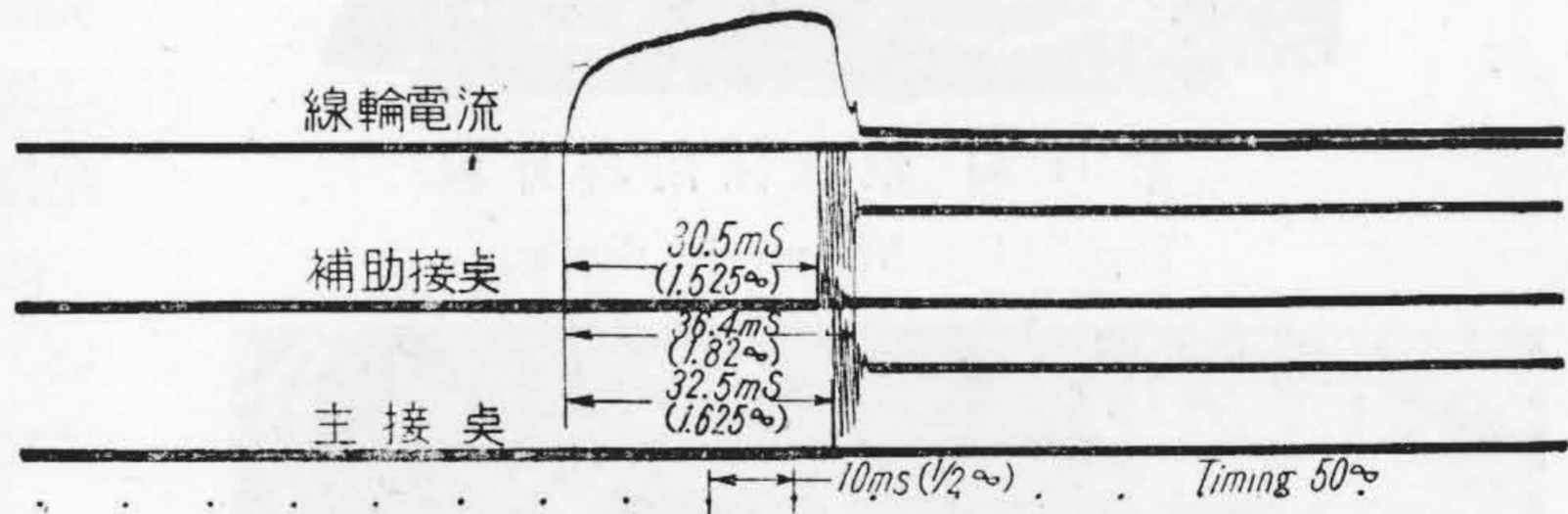
投入電壓	20 V
開放電壓	8 V
損失	16.5 W (但し電壓 40 V の場合)

従つて放電終期になり、蓄電池の電壓が相當下つても電磁開閉器が作用しなくなる心配はない。

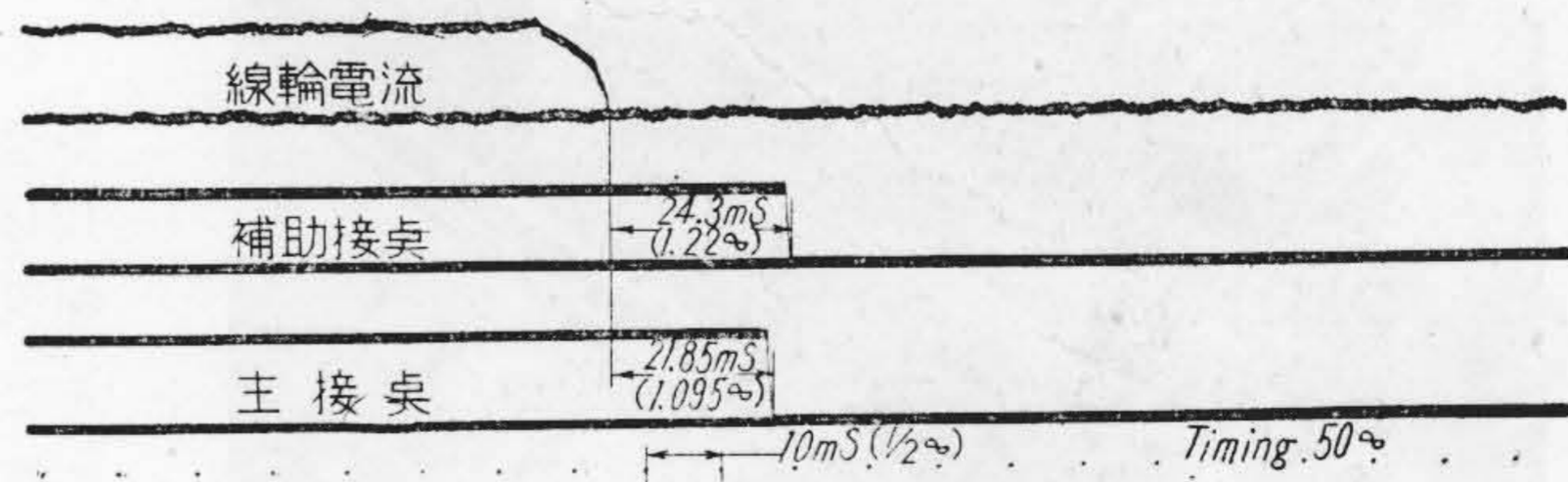
次にこの電磁開閉器の動作時間をみると、第9圖のオツシログラムのようになる。

圖中1は勵磁コイルに電流を入れて、兩接點が入るまでの時間を示したもので、又圖中2は逆に勵磁電流を遮

OSC 1 電気自動車電磁開閉器(6HP用)動作特性 S.25.4.5.



OSC 2 電気自動車電磁開閉器(6HP用)動作特性 S.25.4.5.



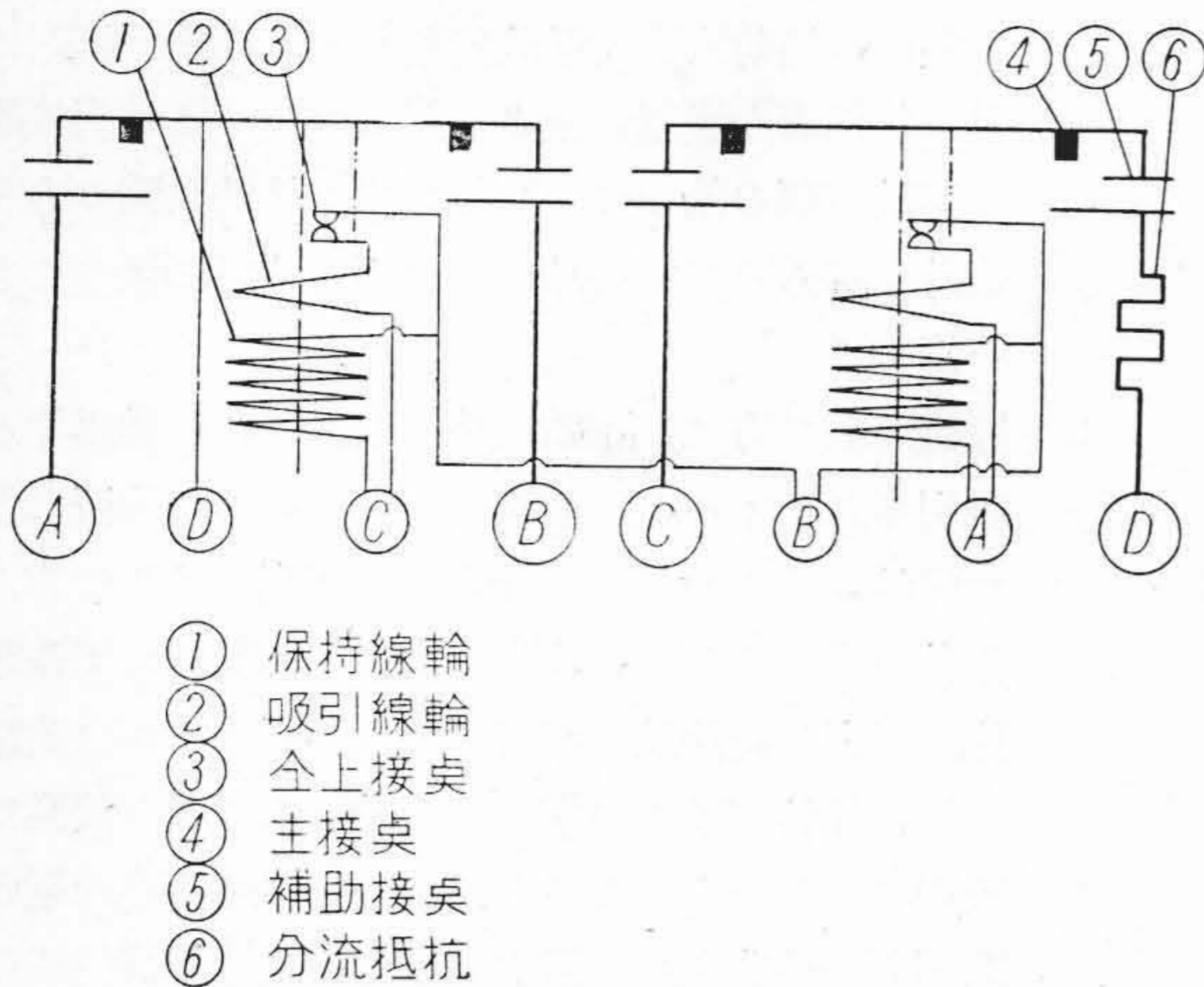
第9圖 電磁開閉器動作特性

Fig. 9 Magnetic characteristic.

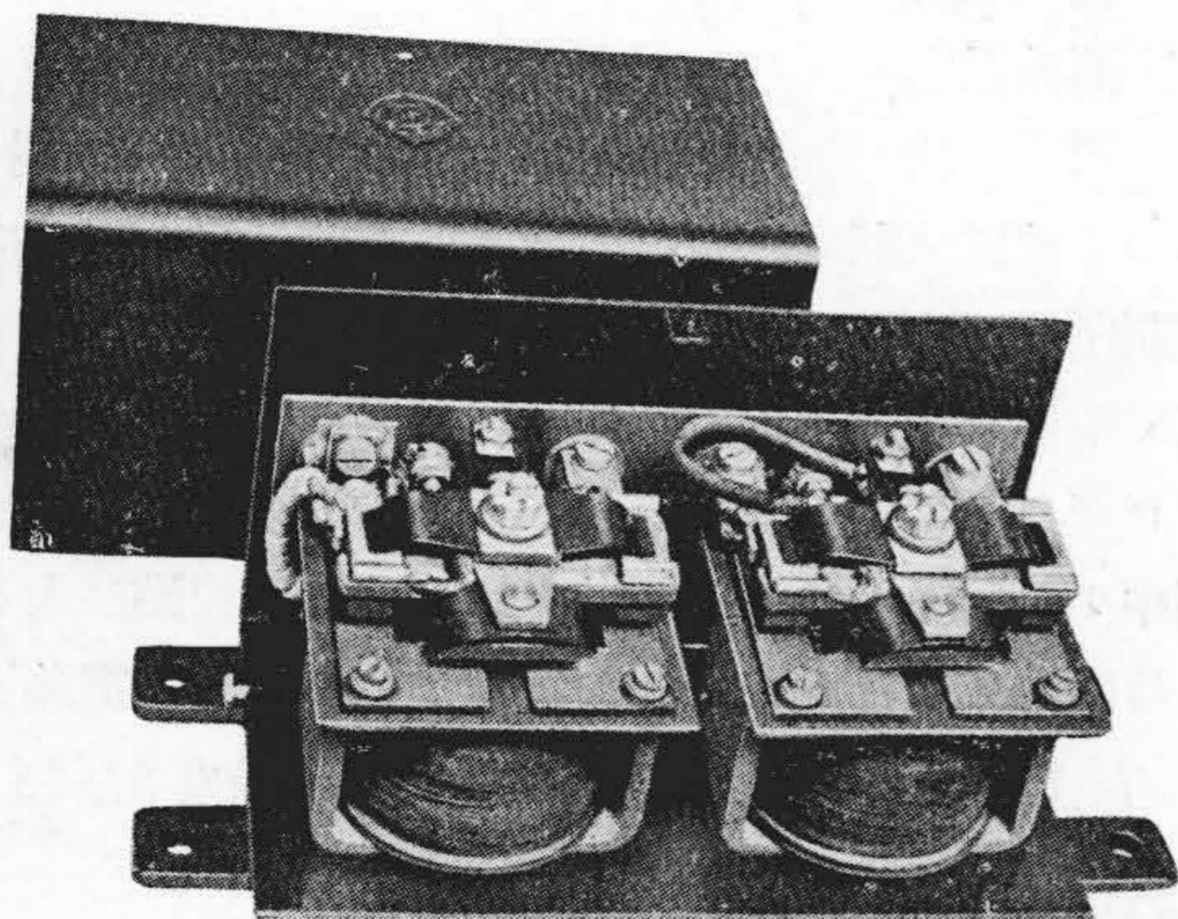
断して、兩接點が切れる時間を示したものである。

このオツシログラムより明らかなように、補助接點の方で常に電流を切つていることが分る。

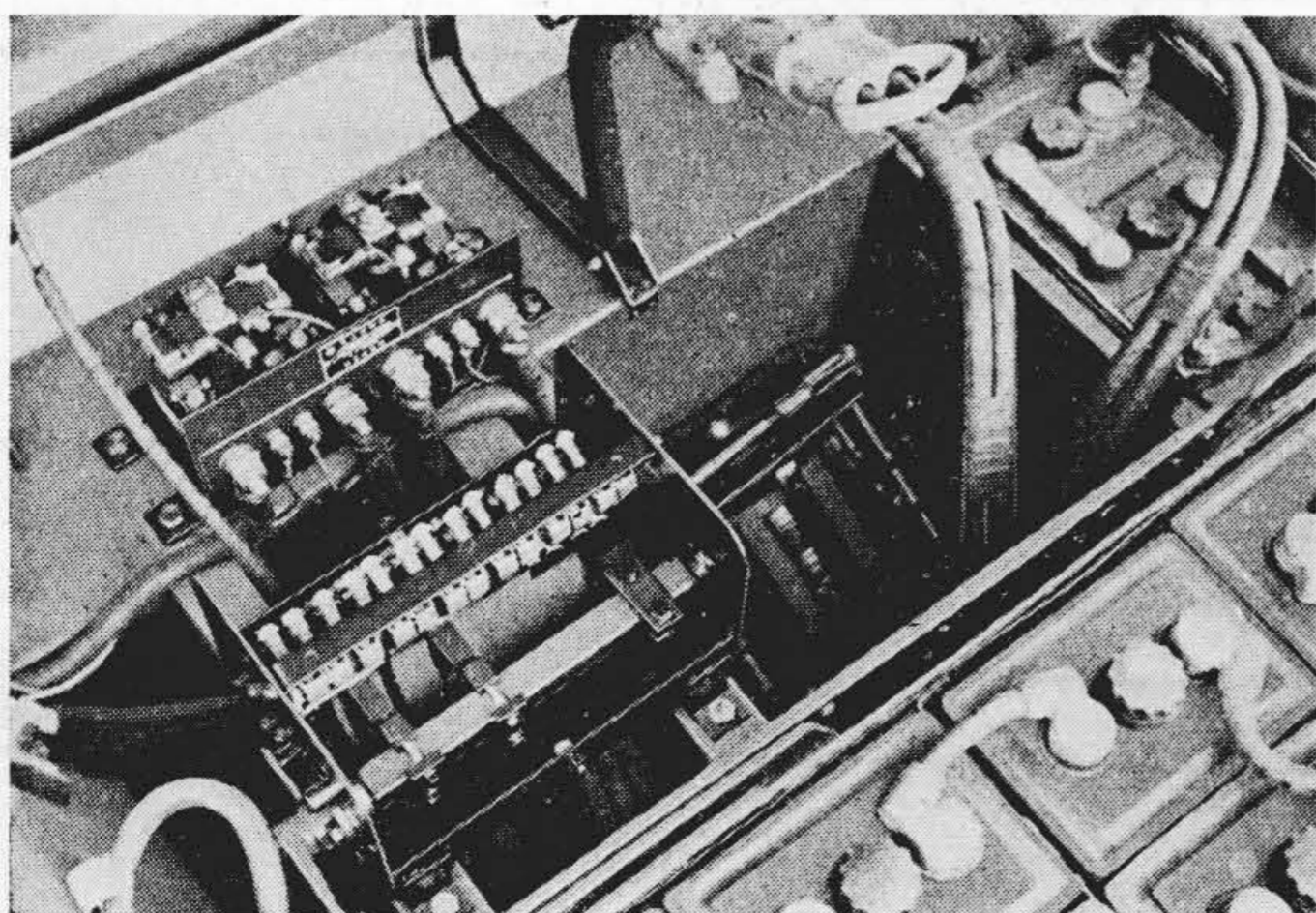
さて本器の内部接續圖を第10圖、外觀を第11圖に掲げた。向つて右の方が主電磁開閉器、左の方が4速用



第 10 圖 電磁開閉器内部接続圖
Fig. 10 Magnetic Switch Inner Connection.



第 11 圖 電磁開閉器外觀
Fig. 11 Magnetic Switch.



第 12 圖 電装品装置、各カバーを取はずした所
Fig. 12 Group of Electric Equipment.
(Cover off)

電磁開閉器であるが、構造は同じである。これをベースに取付けた総重量は 5.6 kg である。

[IV] 中型車の性能

次に本電装品を取付けた中型車の性能について簡単に述べる。

第 12 圖は電装品を車に装備した所で、蓄電池は 1/3 を前部に、2/3 を後部に振分けて積載されている。写真に於て右の下端に前部の蓄電池があり、その上が灯火用 6V 蓄電池、左上は電磁開閉器、その下に足踏制御器、中央の下に變速開閉器が置かれている。

車の性能は充電の状況、運轉の巧拙、其の他路面、天候、風速等により相當相違があるが、大體下記の如きものである。

ノッチ	時速 km/h	電流 (A)
1 速	24	57
2 速	32	45
3 速	45	62
4 速	55	133

1 充電走行距離は 2 速に於て約 180 km 但しアスファルト平坦路に於けるもので、1 速で走れば 200 km 以上となる。

登坂能力は、豫定性能通り 1/6 の勾配を登ることが出来た。

[V] 結 言

以上日立製中型電気自動車用電装品について、各部品にわたり電気自動車用としての特殊性と設計方針、及び特性の概略を説明した。

本電装品は工場試験に於て良好な成績を収め、これを装備した車は實地の公式性能試験でも従來の電気自動車に比べて、速度、1 充電走行距離共一段と優れた性能を記録することが出来た。

然しながら中型車が電気自動車の最高水準を行くとはいうものゝ、今後更に改良を加え特性向上に進まなければならない。それには

- 1) 蓄電池の容量増加と重量軽減、壽命の延長と價格の低下
- 2) 電動機の仕様變更、驅動方式の改良

等である。電気自動車の如く 1 臺の電動機を廣範圍に使用し、その運轉に安定性を要求されるものには、機械的變速装置を併用したり、又電動機の界磁勵磁方式を變えることも考えられてくる。これらの點を再検討して將來に備えたいと思う。

擱筆するにあたり、本電装品の製作について、終始御懇切なる御忠言と御指導を賜つたたま電気自動車 KK 田中技術課長、多賀平木副工場長、上野部長、久米課長及び本論の作成に御協力下された河井技術員に深く感謝の意を表す。

参 考 文 獻

- (1) 杉浦、日評、31 卷、2 號 (昭和 24 年 4 月)