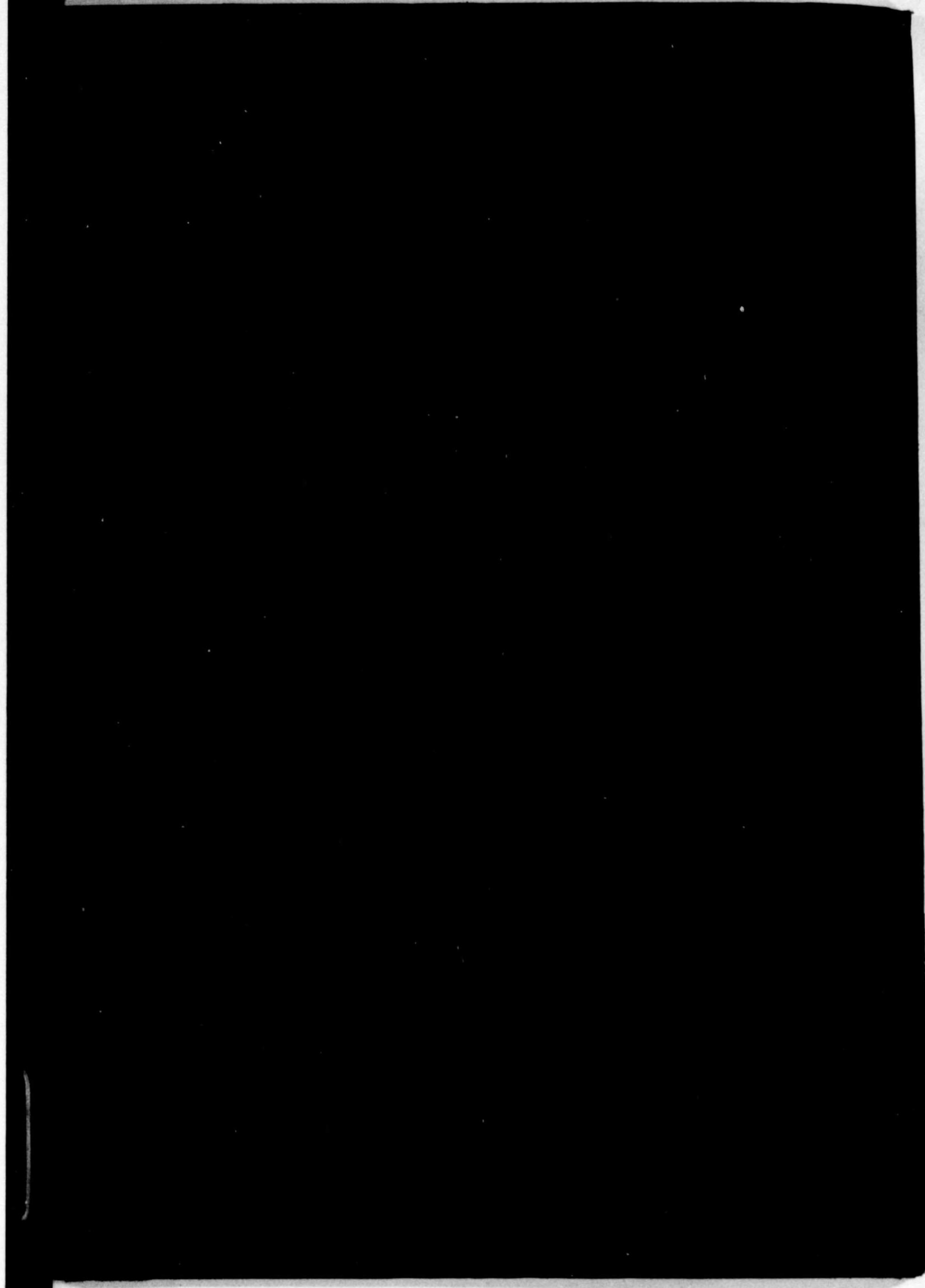
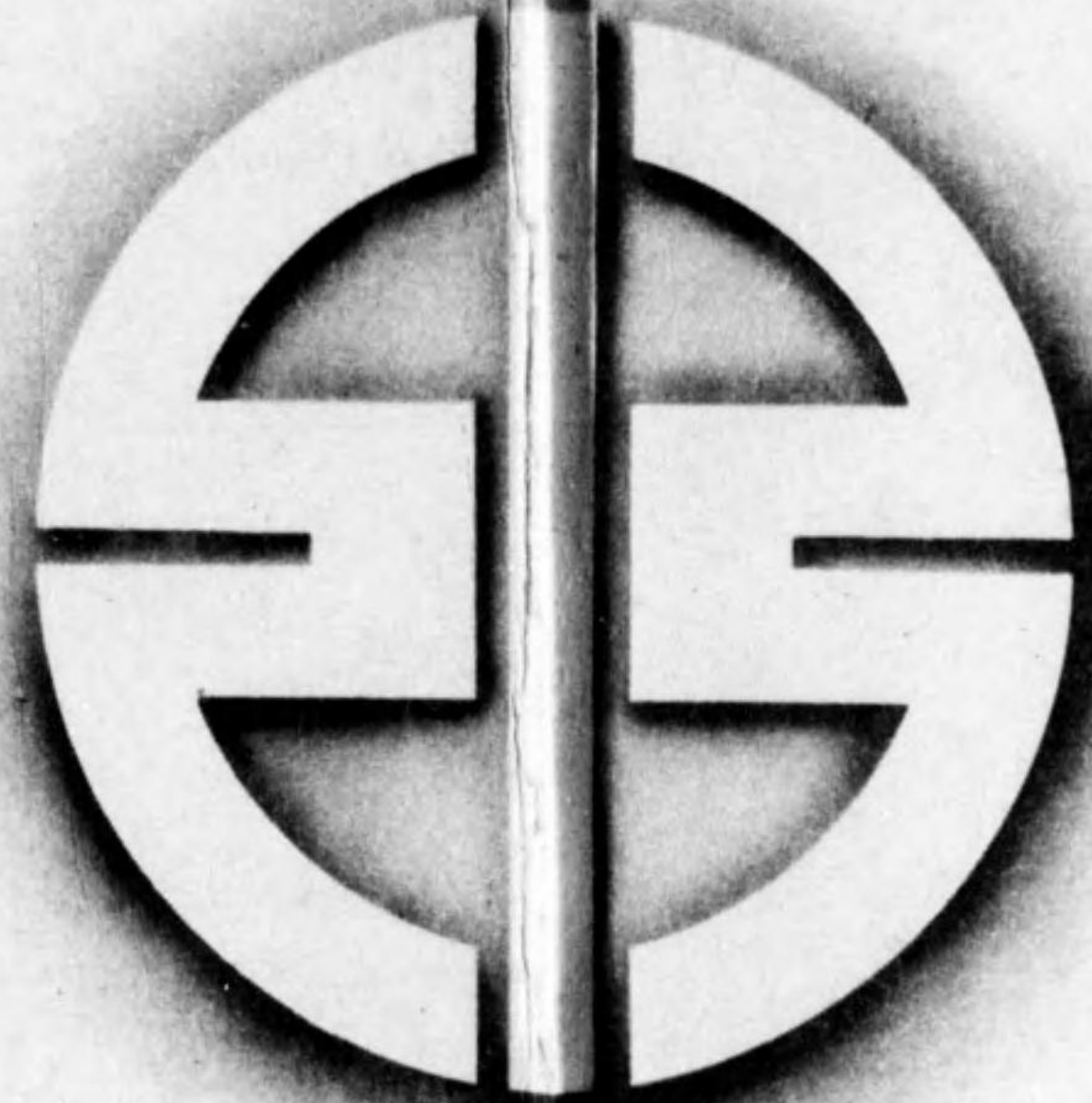


始



923
125



536.6
KA97

列車電燈裝置



水
77 V

川崎重工業株式會社



序

吾國に於ける列車電燈装置は英國ストーン社の方式が獨占的に採用されて今日に及んで居る。弊社は大正5年同社の特許權を得て以來約四半世紀の長きに亘り鐵道省、鮮鐵、滿鐵を始め各鐵道の御用命を賜つて居たのである。

周知の如くス社の方式は構造が極めて簡單であるから取扱保守共に容易であり、又複電池式であるが故に電燈の明るさが極めて安定である等の特徴を具へ、久しきに亘つて列車電燈装置の王座を占めて來たのである。然るに列車速度の増加と共にベルトの滑り損失の増加を來して能率は低下し、列車運行範圍の擴大するに従つてベルト張力の適正保持が困難となり蓄電池充電に不安を來したのみならず東北、北海道地方等に於ては冬期嚴寒時に雪害を受けて發電不能に陥り蓄電池の過放電を惹起する等幾多の缺點を露呈するに至つた。時宛も時局により鉛の不足を告げ蓄電池の入手難を來して複電池式たるストーン式は致命的打撃を蒙つた。

弊社は昭和6年鐵道省の御提案に應じてストーン式複電池式に代る可き單電池方式の研究に着手し以來10年の日子を費して昭和16年10月茲に漸くKS式列車電燈装置を完成する事が出來た。

これ偏へに鐵道省、鮮鐵、滿鐵御當局の御厚意御支援の賜で弊社の感銘措く能はざる所である。

本書は KS 式列車電燈装置の完成を紀念し、入門書ともなり車電に關係の深い方々の參考ともなり得る事を目的として編纂したもので、基礎的事項に亘つても記述したから、車電に關係の深い方が參考とされる場合はこれ等の部分は省略して戴きたい。

本書の内容は發電機及附屬装置に就て説明を試みたる後出来る丈數多くの各種各様の方式に就て個別的に説明し、その説明を通して列車電燈装置の眞髓を現示しようと企圖した。而して發電機及蓄電池の容量決定に關して検討を試みて計畫上の參考とし、附録として各種方式の試験成績を収録した。

最後に本書が列車電燈装置に關し一般の關心を呼び起し併せてその參考となり得れば弊社にとり望外の幸である。

本書編纂に當り下記著書を參考とした、記して著者に深甚の敬意を表する次第である。

最新列車電氣装置の理論と實際

角 間 瀧 三 郎 共著
中 島 清 逸

輸送資料 第六卷 第三號

前 田 康 博

ELECTRIC TRAIN LIGHTING

COPPOCK

CAR LIGHTING BY ELECTRICITY

STUART

昭和17年5月 編者識す

列車電燈装置

目次

第一章	緒言	
第一節	列車電燈の沿革	1
第二節	列車電燈装置の具ふ可き條件	3
第三節	列車電燈装置の分類	5
第四節	吾國に於ける列車電燈の沿革	9
第二章	發電機驅動装置	
第一節	驅動装置の種類	12
第二節	平ベルト運轉	12
第三節	ベルト車直徑と發電機回轉數	13
第四節	ベルト張力	15
第五節	平ベルト運轉發電機の出力限度	18
第六節	特殊形ベルト車	18
第七節	Vベルト運轉	19
第八節	齒車運轉	24
第九節	ウォーム運轉	24
第十節	傘齒車運轉(スバイサー式)	24
第十一節	Vベルト齒車組合運轉	26
第三章	發電機吊架方式	
第一節	吊架方式の種類と選擇	28
第二節	ピン形吊架方式	28
第三節	車臺取付形	29
第四節	車軸架乗形	30

第五節 臺車取付形 …… 30

第四章 外被の型による分類

第一節 外被の型による分類の定義 …… 32

第二節 車軸發電機に採用される外被の型式 …… 32

第五章 發電機運轉方式

第一節 速度制御又は不變速度運轉方式 …… 35

第二節 變速度運轉 …… 37

第三節 速度制御運轉に於ける左右回轉の出力の差 …… 38

第六章 車軸發電機

第一節 車軸發電機の種類 …… 39

第二節 分巻發電機 …… 39

第三節 分巻勵磁機附發電機 …… 40

第四節 變速度不變電流發電機 …… 41

第五節 變速度不變電壓發電機 …… 43

第七章 分巻發電機

第一節 分巻發電機の電壓確立 …… 45

第二節 刷子移動式轉極器 …… 46

第三節 クラッチコイル式轉極器 …… 49

第四節 切換開閉器式轉極器 …… 51

第五節 界磁切換式轉極器 …… 53

第六節 自勵分巻發電機の速度特性 …… 55

第七節 車軸發電機と補極 …… 58

第八章 分巻勵磁機附發電機

第一節 分巻勵磁機附發電機 …… 60

第二節 電壓の逆轉 …… 62

第三節 電壓調整 …… 63

第四節 補極 …… 63

第九章 ローゼンベルヒ發電機

第一節 總説 …… 64

第二節 ローゼンベルヒ發電機の構造 …… 64

第三節 ローゼンベルヒ發電機的作用 …… 66

第四節 電機子銅損失 …… 72

第五節 ローゼンベルヒ發電機の補極 …… 73

第六節 ローゼンベルヒ發電機を使用せる列車電燈方式 …… 74

第十章 三刷子發電機

第一節 三刷子發電機 …… 78

第二節 三刷子發電機の不變電流特性 …… 81

第三節 轉極器 …… 84

第四節 三刷子發電機を使用せる列車電燈方式 …… 85

第十一章 變速度不變電壓發電機

第一節 Entz 式發電機 …… 87

第二節 川崎KR形發電機 …… 90

第三節 日立HL形發電機 …… 92

第四節 電壓の調整 …… 93

第十二章 發電機の並行運轉

第一節 發電機の並行運轉 …… 94

第二節 列車用發電機の並行運轉 …… 96

第十三章 自動電壓調整器

第一節 總説 …… 99

第二節 振動形自動電壓調整器 …… 99

第三節 抵抗形自動電壓調整器 …… 104

第四節 アルザシーヌ (Alsacienne) 式自動電壓調整器 …… 104

第五節 炭素板積層形自動電圧調整器… …… 106

第六節 KS式自動電圧調整器… …… 107

第七節 ピンチ (Pintsch) 式自動電圧調整器… …… 110

第十四章 電燈調整器

第一節 總説… …… 112

第二節 電燈調整器の種類… …… 113

第三節 川崎KS式電燈調整器… …… 114

第四節 グール (Gould) 式電燈調整器… …… 116

第五節 川崎KS式-A形電燈調整器… …… 114

第十五章 自動開閉器

第一節 自動開閉器の作用… …… 121

第二節 ストーン (Stone) 式自動開閉器… …… 121

第三節 セーフティ (Safety) 式自動開閉器… …… 122

第四節 KS式B形自動開閉器… …… 124

第五節 電圧線輪直列抵抗… …… 126

第十六章 自動電圧調整器のみ使用する方式

第一節 總説… …… 128

第二節 ヴィカース (Vickers) 式… …… 129

第三節 ブラウンボベリ (B.B.C.) 式… …… 134

第四節 チック (Dick) 式… …… 139

第五節 チック式エス形 (Dick System S. Type) …… 143

第十七章 電燈調整器のみ使用する方式

第一節 ロータックスライトナー (Rotax Leitner) 式… …… 145

第十八章 自動電圧調整器、電燈調整器
共に使用しない方式

第一節 マサープラット (Mather Platt) 式… …… 150

第二節 ゲッツ (G.E.Z.) 式… …… 151

第三節 イー、エス、ビー (E.S.B.) 式… …… 135

第四節 ストーン (Stone) 式… …… 153

第五節 日立HL式… …… 157

第六節 KR形勵磁機附發電機 (鐵道省形) …… 166

第七節 KR形勵磁機附發電機 (滿鐵形) …… 171

第十九章 複電池式

第一節 總説… …… 175

第二節 マサープラット (Mather Platt) 式… …… 175

第三節 ストーン (Stone) 式 (複電池式) …… 177

第二十章 自動電圧調整器、電燈調整器
共に使用する方式

第一節 ピンチ (Pintsch) 式… …… 185

第二節 セーフティ (Safety) 式… …… 186

第三節 グール (Gould) 式… …… 190

第四節 川崎KS式… …… 191

第二十一章 發電機の容量

第一節 發電機の容量… …… 201

第二節 發電機容量の算定… …… 202

第三節 發電率の定格出力に及ぼす影響… …… 204

第二十二章 L式發電機出力の調整

第一節 總説… …… 210

第二節 點燈率… …… 210

第三節 蓄電池容量が十分なる場合の發電機電流 I_{u1} … …… 210

第四節 蓄電池容量を考慮に入れた
場合の發電機電流 I_{u2} … …… 213

第五節 過剩發電率及過充電度… …… 214

第二十三章 蓄電池容量

第一節 蓄電池容量 …… 217

第二節 單電池式の場合 …… 218

第三節 複電池式の場合 …… 220

第二十四章 電壓變動率の限度

第一節 電壓電流に關する諸條件 …… 222

第二節 電燈電壓變化の許容範圍 …… 222

第三節 電球の特性 …… 223

第四節 電燈照明の所要照度 …… 225

第五節 電燈電壓の最低限度 …… 225

第六節 電燈電壓の最高限度 …… 226

第七節 電燈電壓の瞬間的變化 …… 226

第八節 停車中の電壓降下 …… 226

第九節 發電機の電壓變化 …… 227

第二十五章 電球の基準電壓の選び方

第一節 電球の能率特性 …… 229

第二節 IKWHの電力費 …… 229

第三節 消費電力IKWH當り電球費 …… 230

第四節 電球費と電力費の合計を最少ならしむる條件 …… 230

第二十六章 發電能率、石炭消費及列車抵抗

第一節 L式發電機の能率 …… 233

第二節 變速度發電機の能率 …… 236

第三節 客車自重による列車抵抗 …… 238

第四節 發電裝置及蓄電池重量 …… 238

第五節 發電による列車抵抗 …… 239

第六節 發電及發電機重量による列車抵抗の増加 …… 240

第七節 發電に要する石炭 …… 241

第二十七章 複電池式と單電池式の比較

第一節 總 說 …… 243

第二節 能率の比較 …… 243

第三節 蓄電池の壽命に及ぼす影響 …… 244

第四節 ベルトの壽命に及ぼす影響 …… 245

第五節 調整並に保守 …… 245

第六節 電 燈 電 壓 …… 245

第七節 重量の比較 …… 246

第八節 經 濟 比 較 …… 247

附 錄

各種電燈方式試驗成績

1. ス ト ー ン 式 …… 1

2. ゼ ッ ク 式 …… 12

3. ブラウンボベリ式 …… 24

4. 鐵道省15キロ發電機 …… 44

5. 滿鐵8キロ發電機 …… 50

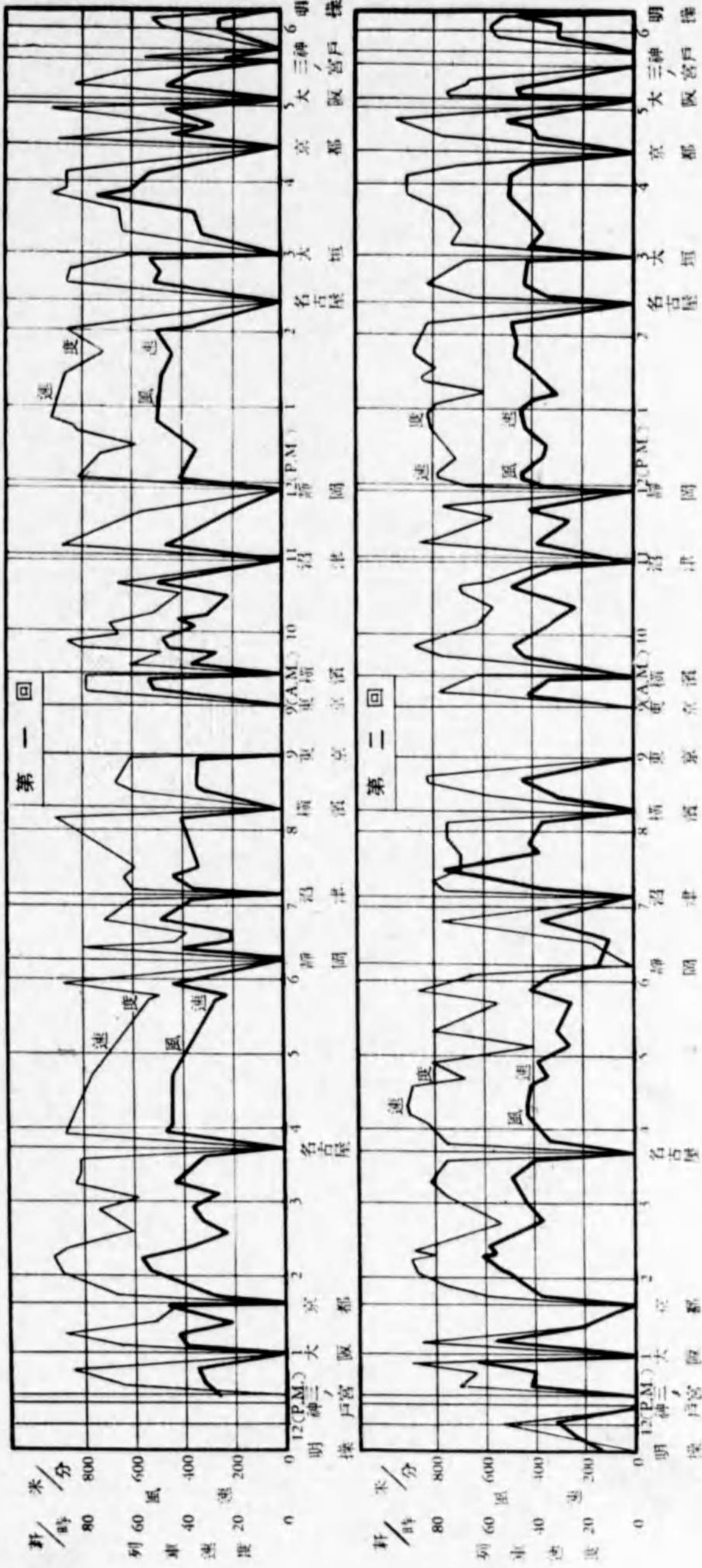
凡 例

本書にては自動電圧調整器、電燈調整器、自動開閉器等の名稱を用ひたが、その用途から云へば發電機電壓調整器、電燈電壓調整器及び主開閉器等と呼ぶのが妥當かも知れぬ。

各種電燈方式の説明に用ひた用語及び圖面は引用圖書の儘のものが多い、から同一用途のものであり乍ら異なる記號及名稱を用ひた所が多い、又説明は引用圖書の著者の意見を尊重し筆者の意見を挟む事は出来る丈け之れを避ける事とした。

最後の附録に掲げた試験成績は各方式の一例であつて、各方式共その電壓電流はその調整によつて相當廣範圍に變化するものである。故にこの成績は大體の傾向を示す程度の軽い意味に考へて載き度い。

列 車 速 度 及 風 速



列車電燈装置

第一章 緒言

第一節 列車電燈の沿革

客車點燈の歴史は古く、西曆1825年、英國リバープール、マンチエスター間を走つた馬車鐵道に用ひた一本の蠟燭の點火に始まる。その後約四半世紀の間列車點燈には蠟燭が専用されたのであるが、1850年に至り油燈が之に代り、1875年頃には瓦斯燈が用ひられる様になつた。

蠟燭は勿論、油燈及瓦斯燈は光力が不充分で、取扱も不便な爲漸次廢れて今日では、列車點燈の歴史の上にその名を留めて居るに過ぎない。

列車點燈に初めて電氣を用ひたのは1881年で、以來約15年の試験時代を経て漸く實用の域に達し、今日の列車電燈の基礎が確立した。列車電燈装置は蓄電池式、前頭式を経て今日の車軸發電機式に到達した。

蓄電池式列車電燈装置は、終端驛で充電した蓄電池を積込み、各車毎又は全列車共通に所要の電燈に給電する方式で、1881年英國 London, Brighton & South, Coast 鐵道で初めて試みられた。この試みは寧ろ失敗に終つたけれ共、その後蓄電池の發達と、装置の研究とにより實用化し、1890年前後には各鐵道に採用される様になつた。然し蓄電池式は充電及取替の煩雜な爲に、漸次他の方式に驅逐され、今日では例外的に使用されてゐるに過ぎない。

前頭式は蓄電池式に續いて考案された方式で、發電の方法によつて次の三種類に類別される。

- (1) 車軸發電機を手荷物車に装置し、車軸より動力を得て運轉し、停車中の電源として蓄電池を併用する。
- (2) 機關車より蒸氣を得てタービン發電機を運轉する。タービン發電機は機關車又は手荷物車に設置する。
- (3) 内燃機關直結發電機を手荷物車に装置する。

蓄電池式電燈装置を最初に試みて所期の目的を達し得なかつた、London, Brighton & South, Coast 鐵道は、1883年に至り手荷物車に車軸發電機を置き、停車中の豫備として蓄電池を併用して、今日の車軸發電機式列車電燈装置の先驅をなした。

1884年 London & Northwestern 鐵道は機關車にタービン發電機を設置して全列車の點燈を行ひ、1887年 Pennsylvania 鐵道はタービン發電機を手荷物車に装置した。

機關車蒸氣を使用するタービン發電機は、機關車を切離した時停電するから、各車輛毎に蓄電池を併用して、機關車を切離した時でも點燈出来る様になつて居る。この方法は混合列車で、貨車が機關車と客車の間に挟まると、後續客車に送電が出来ない不便があり、又連結車輛數によつて發電機出力が著しく異なる等の缺點がある爲に一般化するに至らずして現在に及んで居る。

然るに最近列車の高速化に伴ひ客車空氣調和の必要を生じ、電燈電力も増加して車軸發電機では所要の電力の發生が困難となり、一方この種の列車では連結輛數も一定し混合編成になる事も勿論ないので、出力

を自由に増加し得る前頭式が有効適切なる唯一の方法として採用され、將來の發展が期待される状態となつた。

車軸發電機式の列車電燈装置は、前頭式に續いて最後に發達した方式で、ベルト又はその他の適當なる方法によつて車軸より動力を得て發電機を運轉し、電燈電流を供給すると同時に餘力を以て蓄電池を充電し、停車中の電力は蓄電池より供給する方式で、今日最も廣く行はれて居る方式である。

車軸發電機による列車電燈方式は、1894年A.B. Gill氏が發明し、1896年ストーン會社にて改良完成したものが最初のもので、其の後各國に於て各種各様のものが發明考案され、軸受に球入軸受が使用されて注油の手間が省ける様になつてから、急速に進歩發達し現在では二十餘種の列車電燈装置が互に優劣を競つてゐる状態である。

然れ共その何れも一長一短があり、最善唯一の方式は未だ考案されて居らぬ。これは列車電燈装置が、如何に困難なる問題を含むかの證左であり、研究の興味も茲に在る。

電燈の標準電壓は歐洲は24ボルト、北米は32ボルトで蓄電池の直列基數は鉛蓄電池の場合は24ボルトでは12基、32ボルトでは16基で電燈電壓と蓄電池直列基數の割合は一定であるがアルカリ蓄電池では24ボルトに對し18~20基で、一定して居らない。

第二節 列車電燈装置の具ふ可き條件

列車電燈装置はその構造が簡單、保守取扱共に容易で、性能は安全確實なものでなければならぬ事は勿論であるが、

(1) 電燈の明るさが一定であること

(2) 蓄電池を完全に充電すること

の二つは必須要件である。この爲には発電機及附属装置は、次の諸條項に適格するものでなければならない。

(1) 発電機駆動装置は所要の動力を安全確實に傳達し、些の不安懸念があつてはならぬ。

(2) 発電機は直流発電機でなければならぬ。

(3) 発電機はその安全電流の範囲では變速度にて不變電壓特性を有し、過負荷すれば不變電流特性に轉化するか、又は變速度不變電流特性を有し、蓄電池電壓が全充電電壓に近づくにつれて不變電壓特性に轉化するものであること。

(4) 発電機は成るべく低速度より發電すること。

蓄電池の放電量を少くしてその壽命を永く保つには、発電機は成るべく低速度で發電し、蓄電池の働く時間を短縮すること。発電機は列車速度30~110km/hにて使用出来るものが望ましい。

(5) 発電機は列車の最高速度に相當する回轉數でも整流は良好でなければならぬから補極附が望ましい。

(6) 取扱の便から言つて発電機及附属装置は成るべく小型輕量のものが望ましい。

(7) 自動電壓調整器を使用するものは、その作用は安全確實で、運轉中列車の振動及衝撃等によつて調整に狂ひを生ずる事なく、発電機に(3)の特性を賦與するものなること。

(8) 電燈調整器を使用するものは、その作用は確實で、蓄電池電壓の

變化、電燈電流の變化に關係なく電燈電壓を一定に保ち、蓄電池より給電中の降下電壓は出来る丈少ないこと。

(9) 自動開閉器は発電機電壓が蓄電池電壓を越へた時に閉路し、発電機電壓が降下して蓄電池より逆流が始まれば、速に閉路して逆流を極少にするものでなければならぬ。而もバタツキを起すものはいけない。

(10) 附属器具の數は成るべく少い方がよいが、さればと言つて一個の器具で色々な作用を兼ねるのは感心しない。

一つの器具に色々な作用を兼ねしめると、機構が複雑化するから、これを分割した方が、器具の數は増しても結局調整、保守共に簡單になる。

第三節 列車電燈装置の分類

車軸發電機はその電氣的特性に依つて次の如く分類される。

分巻發電機

不變電流發電機

不變電壓發電機

分巻勵磁機附發電機

特殊勵磁機附發電機

車軸發電機はその運轉方式によつて次の二つに分類される。

速度制御式(又は不變速度式)

變速度式(又は自由速度式)

速度制御式はベルトの滑りを利用して、列車速度とは無關係に發電機

回轉数を略一定不變に保つ方式で、ストーン会社によつて完成された世界最初の車軸發電機式電燈装置に採用された方式である。

變速度式はその名の示す如く、發電機を列車速度に比列した回轉数を以て運轉する方式で、ストーン式を除けば全部此の運轉方式を採用して居る。

車軸發電機は停車中は勿論、列車運行中と雖もその回轉数が所定の値に達する迄は發電し得ず、その間の電燈電流は蓄電池より供給を仰がねばならないから、車軸發電機は必ず蓄電池と組合せ使用するのである。列車電燈装置はその使用蓄電池の組數によつて單電池式と複電池式の二つに分類される。

電燈の明るさを一定不變に保つて、快適なる照明をなし、蓄電池を完全に充電して、その壽命を永く保たしめるには、發電機は列車の廣い速度變化の範圍で蓄電池充電に好適なる特性を發揮し、その附屬装置は蓄電池充電状態の變化による廣範圍の電壓變化及電燈電流の大小に關係なく電燈電壓を一定不變に保持しなければならぬ。

列車電燈用蓄電池の充電方式には定電流式、定電壓式及定電流、定電壓の組合せ方式の三つがある。

定電流充電方式とは、蓄電池の充電状態には關係なく、一定電流で充電する方式で、蓄電池過放電の場合にも充電々流は一定値に保たれるから、發電機を過負荷する事なく安全なる充電が出来るが、充電完了後と雖も定電流充電をなすから過充電を招く恐れがある。

變速度不變電流發電機及定電流充電特性を有する發電機は、何れも定電流充電に適當する。

定電流充電特性の發電機では電燈負荷の大小に關係なく充電々流は一定に保たれ、不變電流發電機では充電々流は電燈電流の増加と共に却つて減少するから、何れの場合でも電流値の調整に細心の注意を要す。若し電流値の調整が過少なる場合には過放電の危険あり、過大なる場合には過充電をなす。又定電流充電特性の發電機では、電燈電流増加の場合發電機を過負荷する。

蓄電池の過放電による損傷は致命的で、過充電による損傷とは比較にならぬ程甚大なものであるから、電流値の調整は過大となり易く、過充電を招く機會は多い。

定電壓充電方式とは、蓄電池の充電状態には關係なく、不變電壓を以て充電する方式で、過充電を招く惧れは絶対にない代りに、充電初期の突入電流を防止する爲に、充電々壓は蓄電池1基當り2.2~2.3ボルトに低下しなければならない。然るに蓄電池全充電にては1基當り2.5ボルト以上の充電々壓を要するのであるから、斯様な低い充電々壓では完全なる充電を行ふ事が出来ない。

定電流及定電壓の組合せ方式は、定電流充電方式及定電壓充電方式の長所を組合せた充電方式で、充電の初期には定電流充電を行ひ、充電の進行に伴つて定電壓充電に轉化する方式で、充電初期の突入電流もなく過充電の心配もない。

變速度不變電流發電機で、その電壓が蓄電池全充電々壓を越へた場合には不變電壓特性に轉化するもの、及變速度にて不變電壓特性を有して居るがその電流値が安全範圍を越へて増加した場合には、不變電流特性に轉化し、電流が安全範圍内になれば不變電壓特性に復歸するものは、

何れも本方式に適合するもので、かかる特性の発電機は過負荷の危険もなく蓄電池過充電の惧れもない。

列車電燈装置は発電機電圧電流及び電燈電圧の調整方式によつて次の四種類に分類する事が出来る。

- 第一 自動電圧調整器を使用し、電燈調整器は使用しない方式
- 第二 自動電圧調整器を使用せず、電燈調整器を使用する方式
- 第三 自動電圧調整器も電燈調整器も共に使用しない方式
- 第四 自動電圧調整器、電燈調整器共に使用する方式

自動電圧調整器を使用する第一、第四の方式では発電機は轉極器附自動分巻発電機を使用し變速度運轉をする。

自動電圧調整器を使用しない第二、第三の方式では、発電機は變速度にて不變電圧、若しくは不變電流特性を有するものを使用するか、或は分巻発電機を使用しベルトの滑りを利用して速度制御を行ひ、不變速度、不變出力運轉をする。

電燈調整器を使用する第二、第四の方式では電燈點燈中でも発電機電圧は充電に必要な値に保つのであるから蓄電池はいつも完全に充電される。

電燈調整器を使用しない第一、第三の方式では充電中電燈電圧の異常上昇を制限するために次の方法の何れかを採る。

- (1) 複電池式とし充電側及電燈側に各一組の蓄電池を置く。
- (2) 発電機電圧を下げるか、又は充電電流を減じて蓄電池電圧を下げ
充電中には若干の電燈抵抗を蓄電池と電燈の間に挿入する。
- (3) 蓄電池と電燈の間に安定抵抗 (Ballast Resistor) を挿入する。

歐洲に於ては自動電圧調整器及び電燈調整器の内何れか一方のみを使用するか或は何れをも使用しない第一、第二及第三の方式が主として採用され、北米に於ては自動電圧調整器、電燈調整器共に使用する第四の方式が標準方式として採用されて居る。

歐洲に於ける一つの例外は獨乙國有鐵道が最近標準方式として採用せる Pintsch 式で自動電圧調整器、電燈調整器共に使用する第四の方式であり、米國に於ける例外としては兩者共に使用しない E.S.B. 式がある。

第四節 吾國に於ける列車電燈の沿革

吾國に於ては、明治31年以來英國ストーン會社のストーン式が採用されて今日に及んで居る。本装置の発電機は轉極器附分巻発電機で車軸よりベルトで運轉されて居る。発電機の出力調整はベルトの滑りによつて自動的に行はれるから、自動電圧調整器は不要で、列車速度に關係なく殆んど不變速度運轉をして居る。使用蓄電池は2組で所謂複電池式であるから電燈調整器も不要である。

ストーン式発電機にはA形、AZ形、B形、BZ形、BV形、C形、CR形、CZ形、D形及びリ、プト形等があり、リ、プト形にはL3、L4、L5形がある。此の中で最も多く使用されて居るのはCR形、CZ形、及びリ、プト形であつてCR、CZ、リ、プト形の順に發達した。CR形及CZ形の電機子は環状巻で、CR形には滑り軸受を使用し、CZ形には球入軸受を使用して居る。CR形及CZ形は発電機自體にカバーナーギア、フリクションギア、ロツキングアーム等の如き機械的に発電機回路の自動開閉、轉極及蓄電池切換を行ふ装置の他に、電燈抵抗器迄も取

付けられ、構造が頗る複雑で取扱が不便なために、大正9年頃からリ、プト形が採用される様になつた。

ストーン式リ、プト形列車電燈装置は構造が簡単で列車の旅行範囲が狭い時には調整も正確に行はれ、列車速度が過大でない限り能率も良く、複電池式であるため電燈電圧の變化も少い等、幾多優秀なる特徴を有し列車電燈装置の王座を占めて居た。然るに最近列車旅行範囲の擴大に伴ひ出力調整の適正を期し難く、列車の高速化によつて能率は低下した。又東北、北海道地方にて冬期積雪の寒冷時に、ベルト内面及ベルト車表面に氷雪が附着して摩擦係数を減じ滑りが過大となり、發電機回轉數の激減或は全然回轉不能に陥つて、蓄電池の過放電を來し、電燈が暗くなるばかりでなく、終端驛に於て補充電が必要となり、保守取扱に手数を要し過放電の程度甚しき時は蓄電池に致命的な打撃を與へる等幾多の缺點を露呈するに至つた。これに加へて最近鉛入手難による蓄電池の補充難は複電池式たるストーン式には致命的の打撃となつた。

鐵道省に於ては、單電池式列車電燈装置としては大正2年頃英國ヴィカーズ式を初めとし大正10年には米國のセーフチイ式、同12年には瑞西ブラウンボベリ式、同13年に獨乙ヂツク式、昭和2年には英國ロータックスライトナー式を試用したが、何れにも一長一短があり、ストーン式複電池式を凌駕する成績を示すに至らずして今日に及んで居た。

吾國に於ける單電池式列車電燈装置の研究は、昭和6年鐵道省當局より發せられたる變速度不變電壓發電機の究究命令に端を發したと見る事が出来る。

川崎重工業株式会社では昭和8年KR形發電機を完成して翌昭和9年

滿鐵アジア用客車空氣調和装置の電源發電機用勵磁機に、又昭和11年鐵道省ツバメの空氣調和装置電源の發電機用勵磁機として之を使用した。

日立製作所では昭和13年HL形發電機を完成して鐵道省へ納入して居る。

川崎重工業株式會社に於ては、昭和10年列車用自動電壓調整器の研究に着手し、同13年これを完成して以來鐵道省に於て試験中であつたが試験の結果不備不滿の點を改造改良して、昭和16年に到りKS形列車電燈装置を完成した。KS形列車電燈装置の發電機は轉極器附の自動分巻發電機で變速度運轉をする。附屬装置は自動開閉器、自動電壓調整器及電燈調整器等で鐵板製の函に納入して客車床下に吊下げ取付ける様になつて居る。KS形列車電燈装置の發電機はリ、プト形發電機でもよいのであるから蓄電池入手難の打開策として日下リ、プト式の單電池式化を準備中で昭和17年初めには之が實現を見る筈である。

吾國に於ける電燈の標準電壓は當初16ボルトであつたのが明治39年頃より24ボルトに改められて今日に及んで居る。明視増燭が問題になつてくれば電燈電壓の増加は必至であるのみならず最近客車空氣調和装置が設けられる様になつてからその電源を電燈電源と共用する事が行はれて居る。此の發電機は15~20kwの出力を要し之れを30ボルトで計劃するとすれば、負荷電流が著しく尠大となり、發電機の設計が困難であるのみならず車内配線及蓄電池容量も著しく大きくなり不便であるから、60ボルトに計畫し電燈は24ボルト回路二組の直列方式としてゐるが將來は48ボルト又はそれ以上を標準値とすべきである。

第二章 発電機駆動装置

第一節 駆動装置の種類

車軸発電機の駆動装置には下記の諸方式がある。

平ベルト運転

Vベルト運転

歯車運転

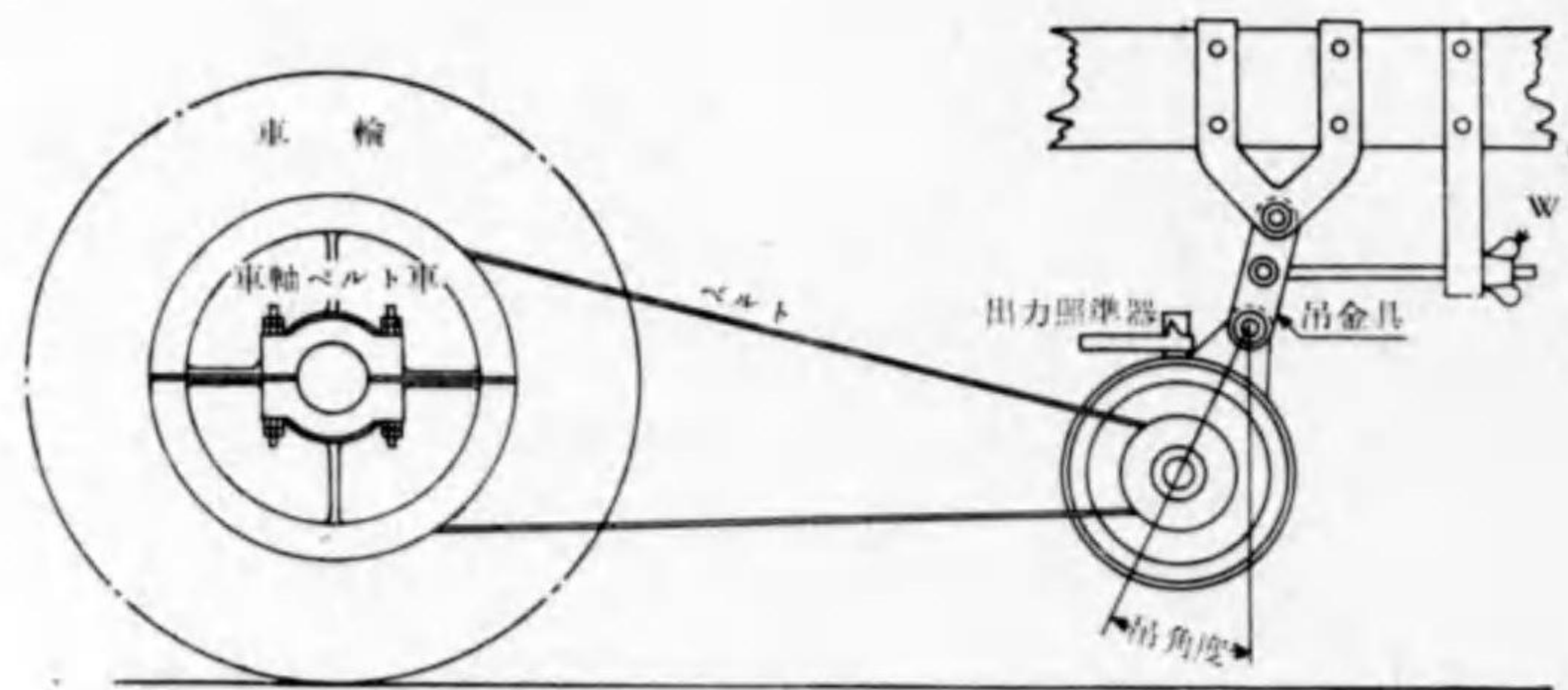
ウォーム運転

傘歯車運転

Vベルト、歯車組合運転

第二節 平ベルト運転

平ベルト運転はその構造が最も簡単で、取扱も平易であるから最も一般的に採用されてゐる方式である。



第1図 平ベルト運転装置

車軸ベルト車は中高とし、曲線通過等で、ベルト車の中心が偏心しても、ベルトが脱落しない様に、フランジ付として居る。

発電機ベルト車は、速度制御運転をする場合はフラットであるが、変速度運転のものは中高とし、ベルトの脱落を防止するために、何れもフランジ付として居る。速度制御運転の場合は、ベルト内面の性質が運転性能に大いに関係するから、ベルトの材質は餘程吟味し、目的に合致するものを使用しなければならぬ。変速度運転ではかかる事はなくて、強度と耐久力さへ充分ならばベルト面の性質は問題とするに及ばぬ。

第三節 ベルト車直径と発電機回転数

車軸ベルト車の直径は車輪直径、列車速度等から決る。車輛限界の制限のために、車輪直径が小さい程車軸ベルト車の直径は小さくなる。列車速度が速くて車輪直径が小さい程、車軸回転数は多いから、ベルト速度制限のために車軸ベルト車直径は小さくしなければならぬ。

車輛限界の制限から云へば、車輪直径840~915耗の範囲では、車軸ベルト車の直径は500耗が適当で、一般には之を標準として居る。列車速度の特に遅い車では、低速度から発電を可能ならしむるために、車輪直径840耗で車軸ベルト車直径を、560耗に増加した例もある。

ベルト速度は15~20m/Sec以下に制限するのが適当とされて居るから列車速度が120km/h以下の場合、車軸ベルト車直径は標準の500耗で充分であるが、列車が超高速運転をなして、その最高速度が160km/hを越へる場合には、車軸ベルト車直径は車輪直径が900耗を越へてゐても400耗内外に縮小した方がよい。

ベルトの滑りによつて速度制御を行ふ場合は、滑りによる発電機回轉の損失は全くの動力損失となるのであるから、車軸ベルト車の直徑は列車速度との密接な關聯の下に決定すべきもので、急行列車では 400 耗、區間列車では 500 耗程度が適當である。

発電機ベルト車の直徑は、発電機出力、回轉數、相手方車軸ベルト車の直徑列車速度等から決る。発電機の回轉數は列車速度、車輪直徑、ベルト車比等が決れば次の式によつて計算される。

$$N = \frac{Sr \times 10^5}{\pi D \times 60} \text{ R.P.M.} \dots\dots\dots (1)$$

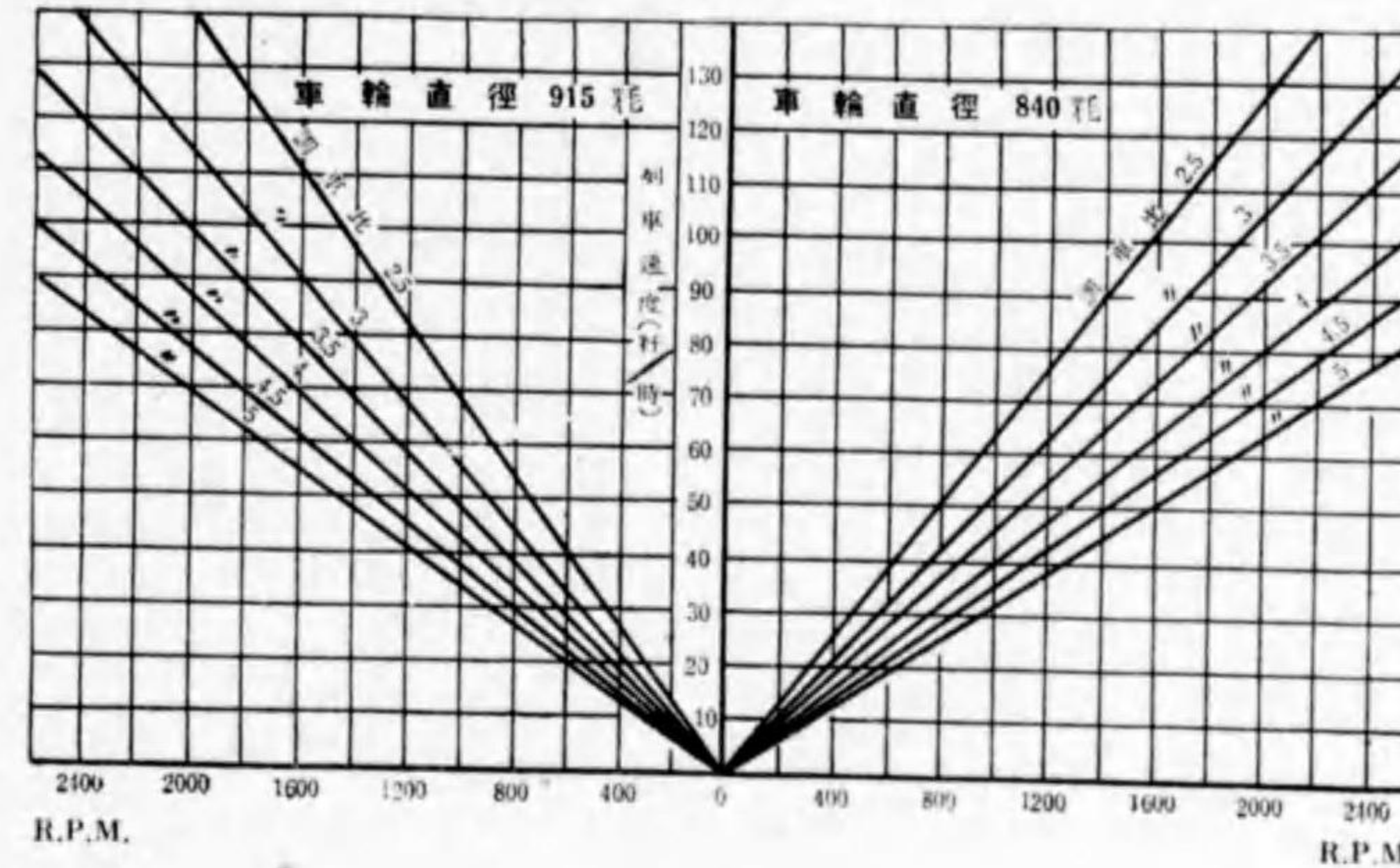
- S = 列車速度 km/h
- D = 車輪直徑 mm
- r = ベルト車比
- N = 発電機回轉數 R.P.M.

例へば列車速度 100km/h, 車輪直徑 840mm, ベルト車比 4 とすれば、

$$N = \frac{100 \times 4 \times 10^5}{\pi \times 840 \times 60} = 2530 \text{ R.P.M.}$$

列車速度と発電機回轉數の關係を車輪直徑 840 及び 915 耗の兩者に就いて種々のベルト車比に對して圖示すれば第 2 圖の如くなる。

発電機の最高回轉數は、出力によつて多少相違するも、2000~2500R.P.M. の範圍内に制限するのが適當であるから、列車速度と車輪直徑が決れば、適當なるベルト車比は第 2 圖から求められる。車軸ベルト車に標準直徑 500 耗のものを使用するとすれば、ベルト車比が判ると発電機ベルト車の直徑も決定する。斯くして決定した発電機ベルト車の大きさ



第 2 圖

は発電機に所要の動力を傳達するに充分なる大きさを有するや否やを檢討しなければならぬ。

第四節 ベルト張力

ベルトによつて発電機ベルト車に與へられる動力は、ベルトの張り側張力と弛み側張力の差、即ち有効張力によつて居るものであるが、これ等の張力は次式によつて與へられる。

発電機出力	P kW
“ 能率	η%
発電機回轉數	N R.P.M.
発電機ベルト車直徑	d mm

ベルト張り側張力	F_1 kg
ベルト弛み側張力	F_2 kg
ベルト有効張力	F kg = $(F_1 - F_2)$ kg
ベルト速度	V m/sec
回轉力	T kg-m

$$\text{發電機入力} = 1.35 P \frac{100}{\eta} \quad (\text{但し } 1\text{kw} = 1.35\text{HPとす}) \dots (2)$$

$$= \frac{2\pi NT}{75 \times 60} \quad (1\text{HP} = 75 \text{ kg.-m}) \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{回轉力 } T &= \frac{\text{入力} \times 4500}{2\pi N} \\ &= \frac{1.35P \times 100 \times 4500}{2\pi N \eta} \dots (4) \end{aligned}$$

例へば發電機出力 1.5kW, 800 R.P.M., 發電機ベルト車直徑 125mm, 能率75%の發電機では

$$T = \frac{1.35 \times 1.5 \times 100 \times 4500}{2 \times \pi \times 800 \times 75} = 2.42 \text{ kg. m} \dots (5)$$

$$T = F \frac{d}{2 \times 1000} \dots (6)$$

で今の場合 $d = 125\text{mm}$ であるから (5), (6) 式より

$$F = 2.42 \times \frac{2 \times 1000}{125} = 39\text{kg}$$

が得られる。

ベルトが滑りを生ずる事なくして運轉するには、張り側張力 F_1 と弛み側張力 F_2 の間には次の關係が成立しなければならぬ (機械工學ポケットブック)

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

茲に $e = 2.718$

μ = 摩擦係數で 0.3~0.5 であるから安全側をとつて 0.3 とす
 θ = 卷掛角度 (單位 ラヂアン) 今の場合 $\theta = 2.83$ (160°) と假定す。

$$\frac{F_1}{F_2} = 2.718^{0.3 \times 2.83} = 2.33$$

然るに $F_1 - F_2 = 39\text{kg}$ であるから

上の兩式より $F_1 = 68.8\text{kg}$, $F_2 = 29.9\text{kg}$ を得

ベルトに加へる可き外部の力は $F_1 + F_2$ であるから $68.8 + 29.9 = 98.7\text{kg}$ となる。此れ丈の力を發電機重量によるか、又はバネによつてベルトに加へて置かねばならぬ。

車軸ベルト車直徑 500 耗とすれば、ベルト車比は今の場合 4 で發電機回轉數 800 毎分に相當する列車速度は、車輪直徑 840 耗とすれば第 2 圖又は (1) 式より 31.6km/h である事が分る。

發電機入力を示す (3) 式に $T = F \frac{d}{2 \times 1000}$ を代入すれば

$$\text{發電機入力} = \frac{\pi N F d}{60 \times 75 \times 1000} \text{ (HP)} \dots (7)$$

(7) 式に ベルト速度 $V = \frac{\pi d N}{1000 \times 60}$ m. sec を代入すれば

$$\text{發電機入力} = \frac{VF}{75} \text{ (HP)} \dots (8)$$

即ちベルトによつて傳達される動力は、ベルト有効張力 F とベルト速度 V の積に比例し、發電機ベルト車の直徑には直接關係しないから、ベルト有効張力及ベルト速度に變化がなければ、發電機ベルト車直徑を増すのみではベルトの傳達し得る動力を増加する事は出来ない。

然し發電機ベルト車直徑を増加すれば卷掛角度 θ が増加し、ベルトの

曲率は逆に減少して滑りが減るから間接には傳達動力は増加する。

第五節 平ベルト運轉發電機の出力限度

列車用發電機は、列車速度と共にその回轉數は増加するから、同じ動力を傳達するために必要なるベルトの有効張力は、列車速度に逆比例して減少する。故に發電機の要求する最大回轉力の點を乗り越せば、それ以後は列車速度の増加による發電機回轉數の増加と共に滑りは次第に減少するから、不變速度運轉をする場合に就て考へた上式のベルト張力よりも相當少い張力でもよい。

現車試験及運轉場試験によれば、滑りを起して不變速度運轉をするか變速度運轉をするかは紙一重の差で、滑りを起して不變速度運轉をする場合よりも幾分強い張力を與へて置けばよい事が確められてゐる。而してこの張力は(5)式の與へる張力よりも遙に少い値である。

列車用發電機のベルトの厚さは、最大10~12耗で幅の最大は150耗であるから、平ベルト運轉を行ひ得る發電機の最大出力は4~5kWである。而して5kWの場合でも、列車速度の最低限度は40km/hとしなければならぬ。列車速度が速くて最低列車速度が50~60km/h迄許容されるとしても、平ベルト運轉に可能なる發電機出力は6~7kWが限度である。

第六節 特殊形ベルト車

東北、北海道地方に於ては、冬期降雪期間には、氷雪がベルト車の表面及ベルトの内面に附着氷結して、兩者間の摩擦係数が激減する結果、普通のベルト車では動力の傳達が殆んど行はれず、全く發電しない事が

多い。第3圖に示すマキシムグリップ式ベルト車は、雪害防止用として生れたもので、ベルト張力を十分に強くすれば軽度の雪害に對しては有効である。



第3圖

第七節 Vベルト運轉

Vベルト運轉は、Vベルト又は第6圖に示す如き特殊齒形の大型Vベルトを使用する方式で、Vベルトは特殊接手を用ひて接續して居る。第4圖は普通形Vベルト用の又第7圖は特殊齒車のVベルト用の接續金具を示したものである。Vベルト端部の切り方及び接手用小ネチの取付方法は、接手部分の強度に密接なる關係を有するものであるから、所定の器具を用ひて正確に行はねばならぬ。

車軸用ベルト車は第5圖に示す如く二つ割になつて居て、車軸の圓錐部に沿ふ様なゴムブツシュを挟んでボルトで締付けてある。



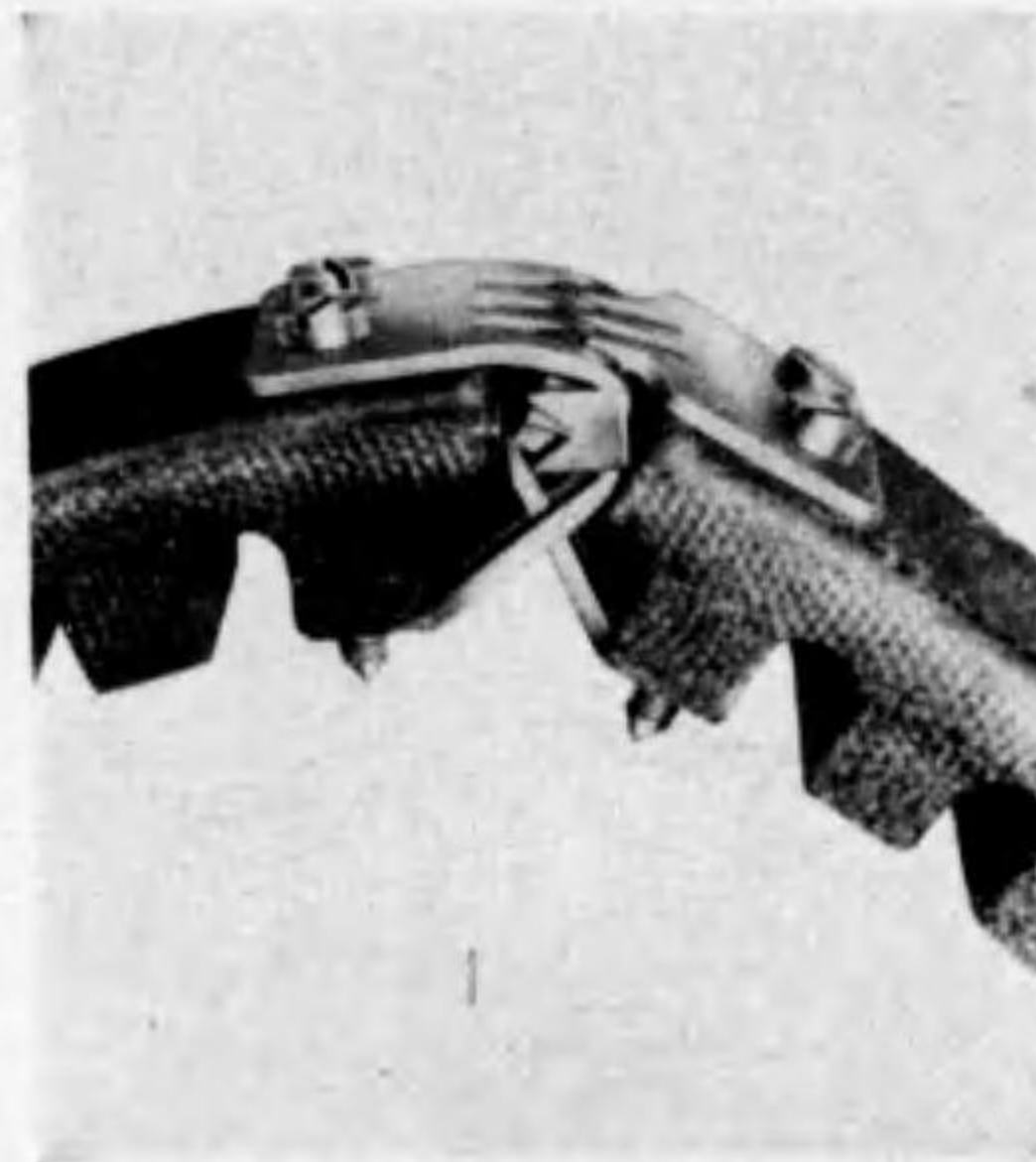
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

Vベルト運轉は、平ベルト運轉では動力の傳達が充分でない場合に用ひられる方式で、出力4~5kW以上の發電機及び雪害の程度が甚しくてマキシムグリップ式の如き特殊形ベルト車を用ひても、尙滑りが甚しくて、充分なる發電が出来ない地方に使用される方式である。第8圖はCanadian Pacific 鐵道に使用せる臺車取付發電機用Vベルトの雪害時に

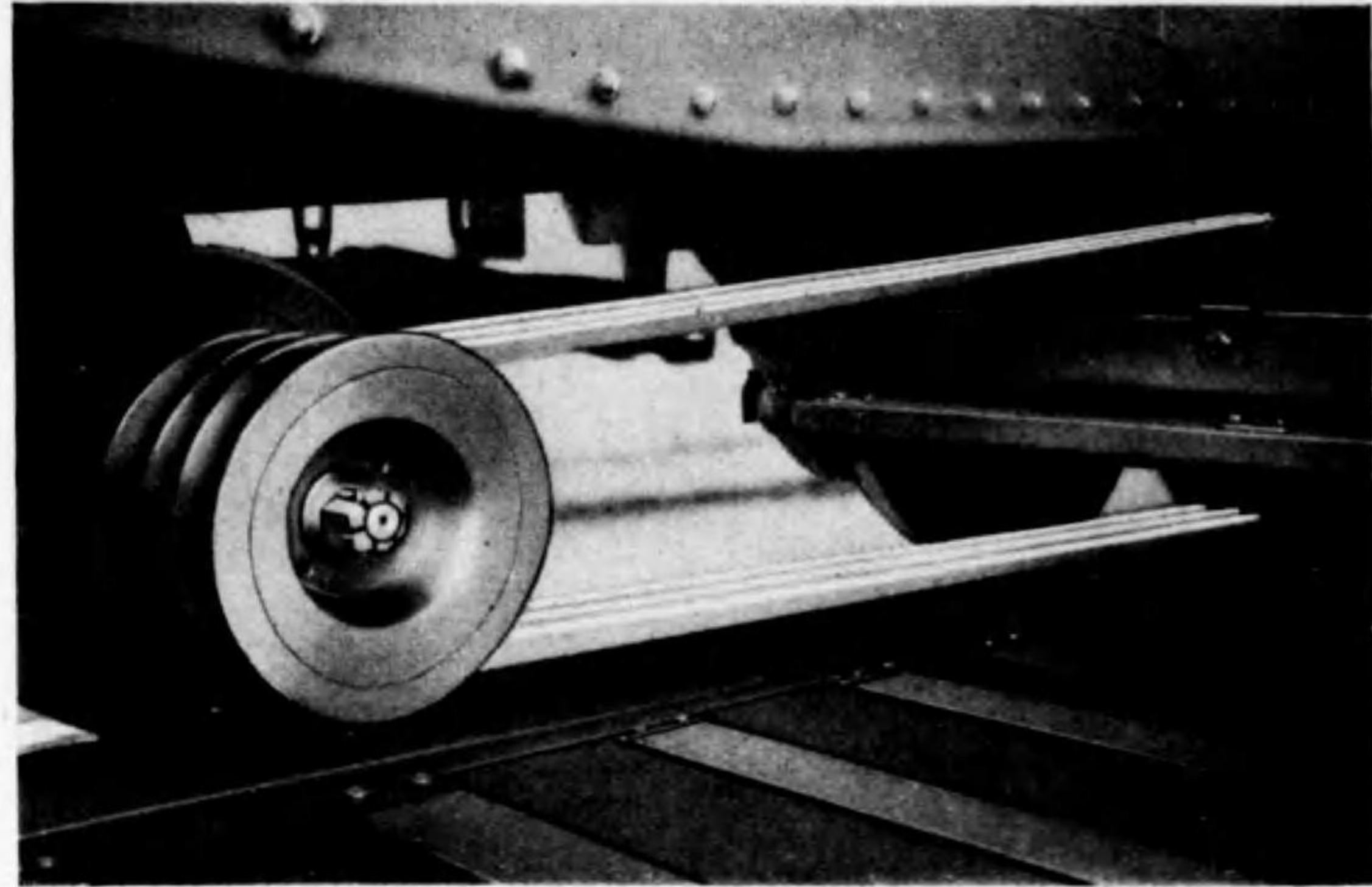
於ける運轉狀況を示したものである。

第9圖は普通形Vベルトを使用せる場合の運轉装置を示したもので、Vベルトの接手には第4圖に示すものを使用して居る。第10圖はVベルト運轉の特殊な場合で、特殊齒形のVベルトを使用し、發電機は臺車枠に固定され發電機軸は自在接手を経て、受動ベルト車軸に連結される。本方式のベルト車比は2内外で、高速度列車に適當する方式である。

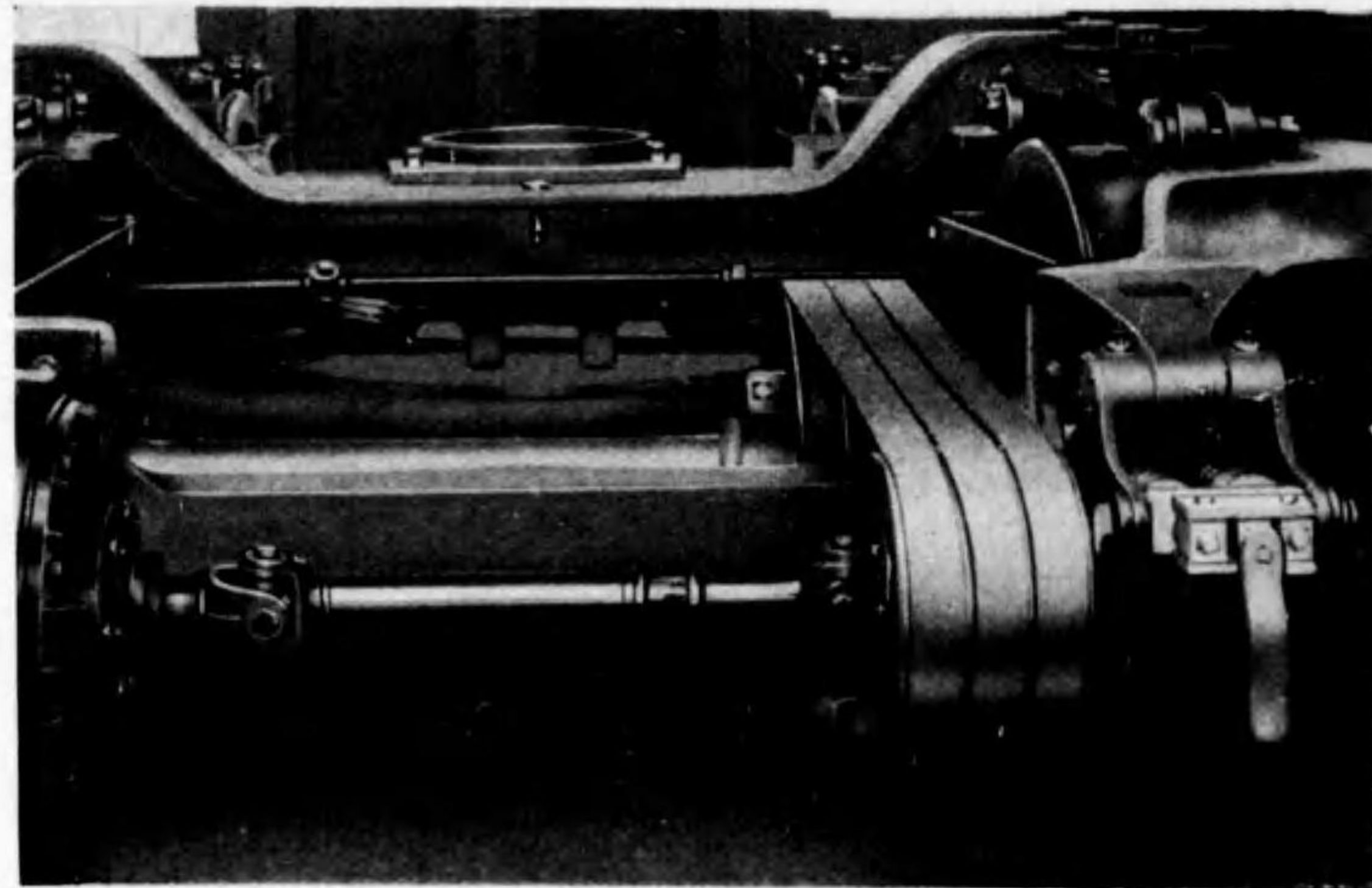
第11圖は第10圖運轉方式のベルト張力調整装置を示したもので、ベルト張力はコイルバネによつて與へられて居る。



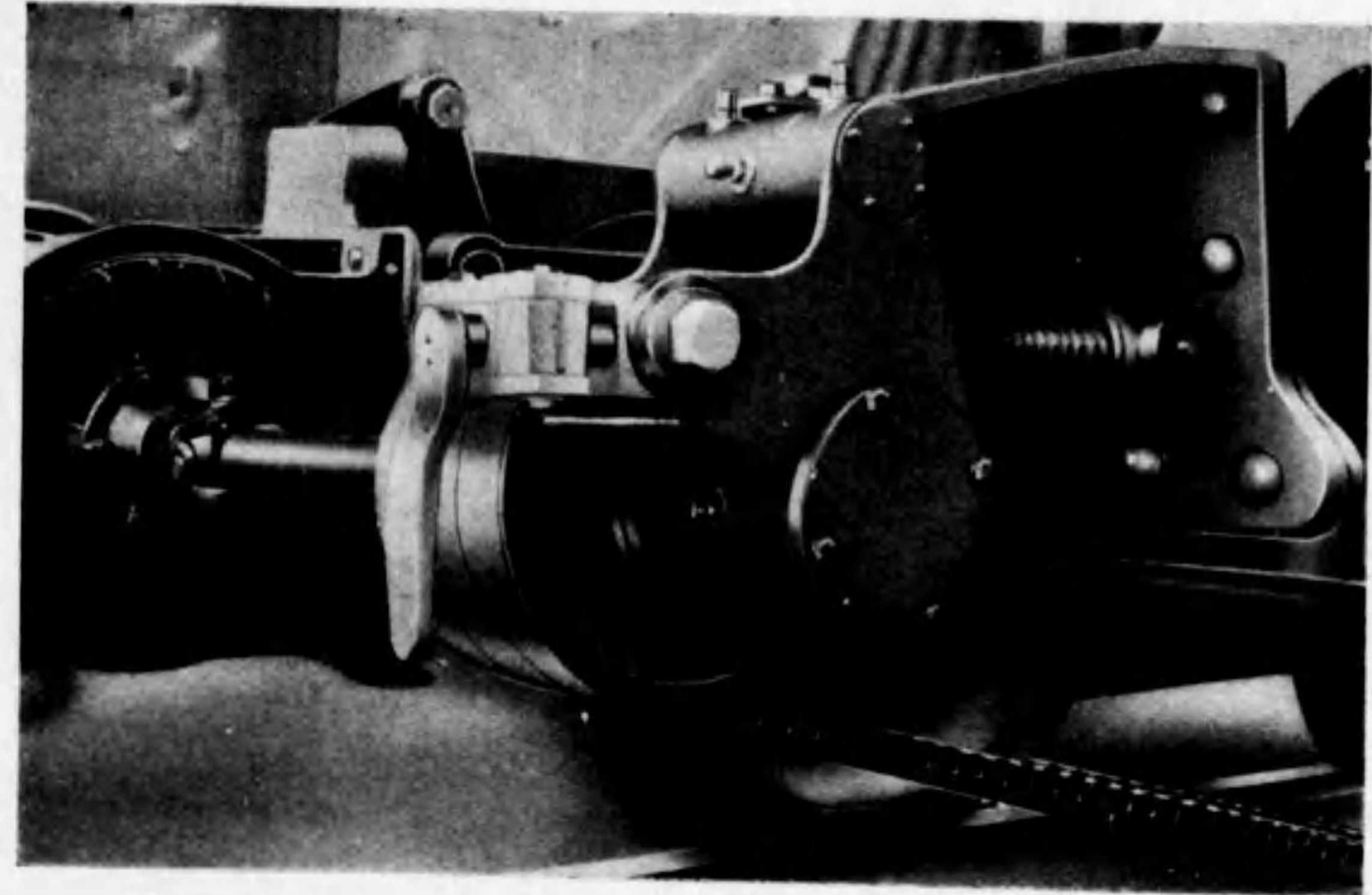
第 8 圖



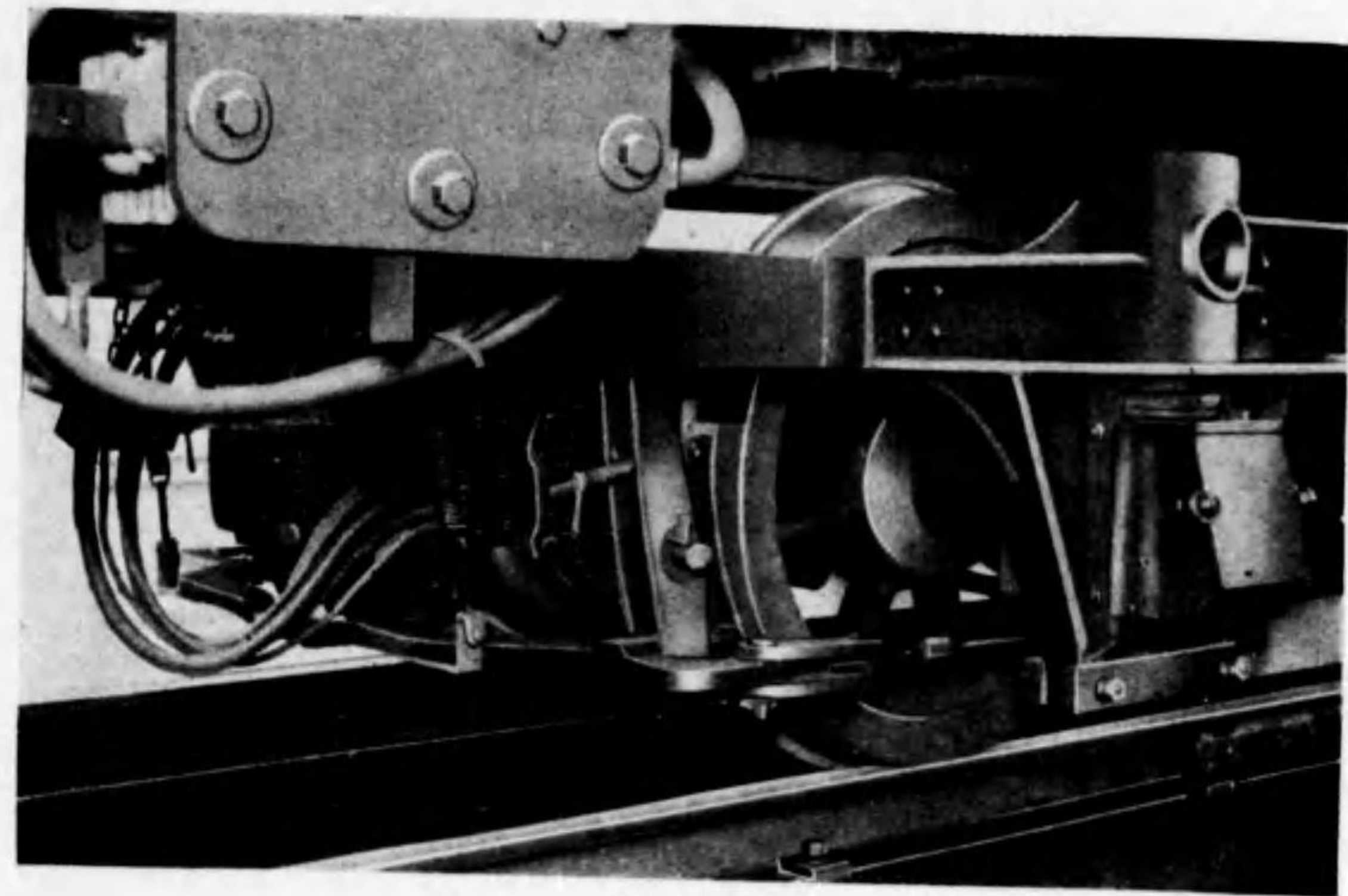
第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖

第八節 齒車運轉

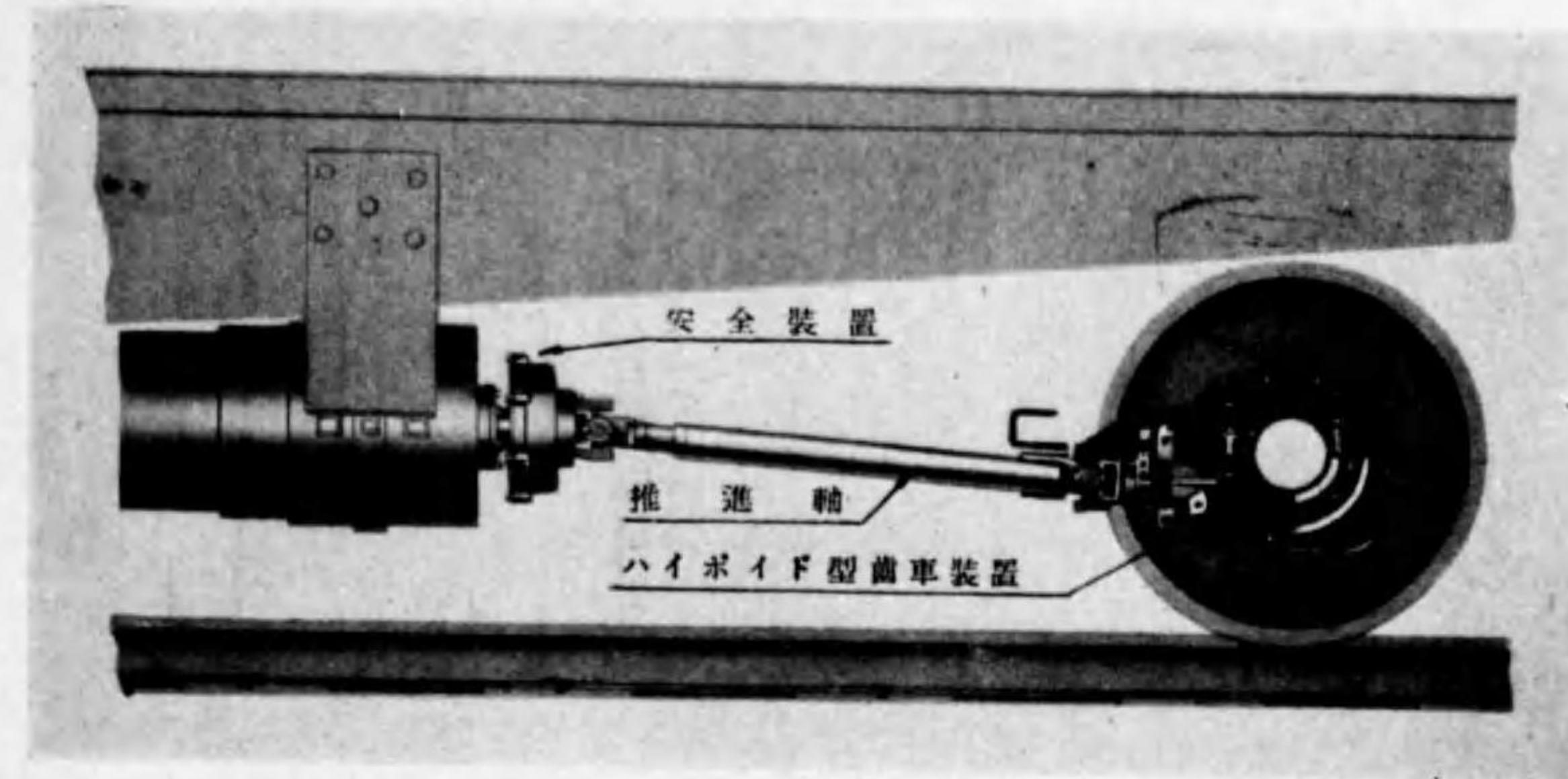
齒車運轉は、車軸に取付けた大齒車から、發電機軸に取付けた小齒車を徑て動力を傳へる方式で、車軸動力は確實に發電機に傳達されるので高出力の發電機及雪害地方に使用出来る方法であるが、車軸の衝撃が直接發電機に傳はると發電機が臺車の奥深く取付けられるので點檢が不便となり、若し萬一發電機の故障で電機子が固着すると車輪が回轉出来なくなり、之を滑らす危険があるので、現在使用中のものも漸次他の方式に改造されつゝある状況であるから、近き將來に於ては、記録の上に其の名を留めるに過ぎなくなるであらう。齒車比は普通3~4である。第12圖は本方式の發電機取付状況を示したものである。

第九節 ウォーム運轉

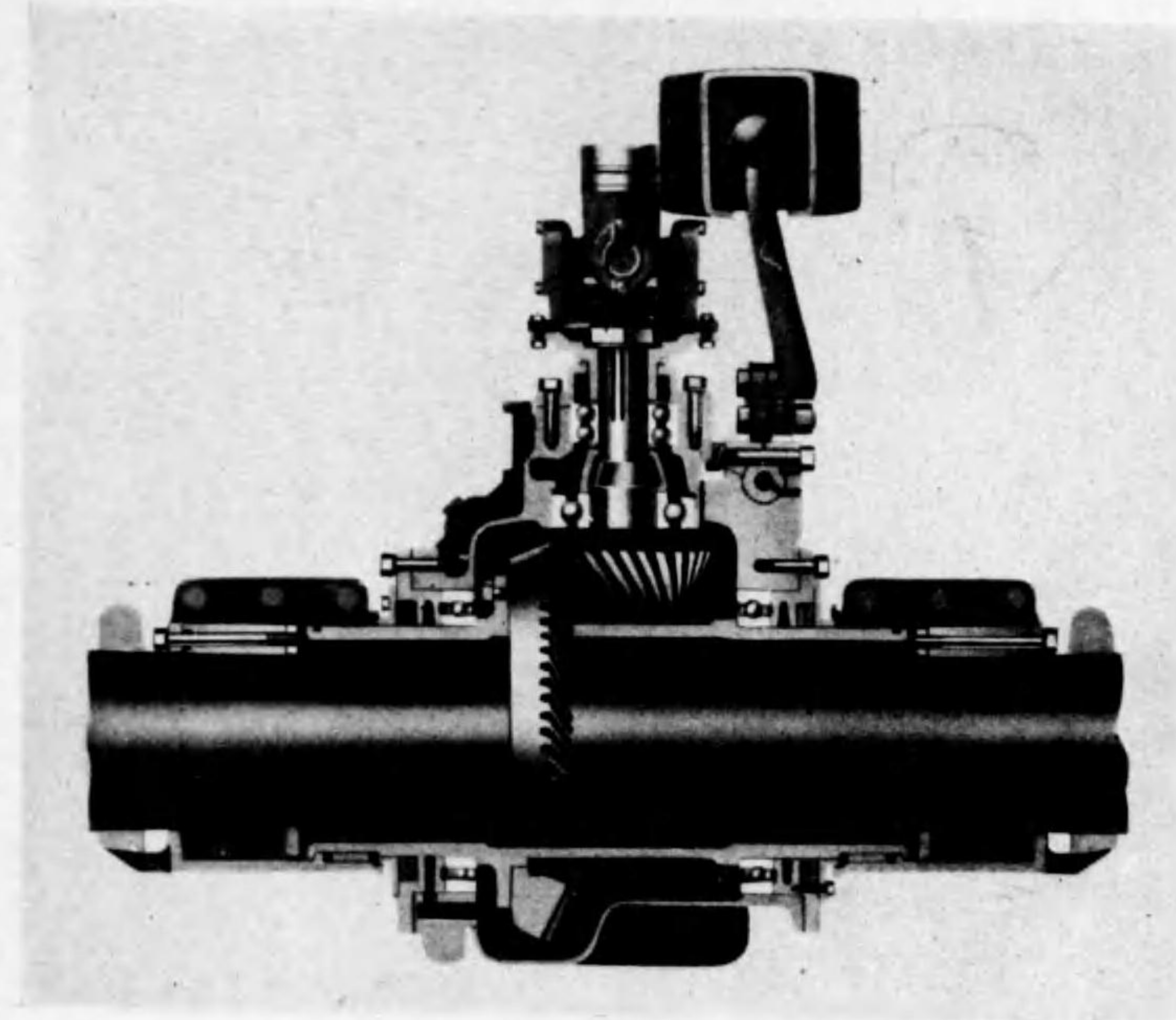
本方式は、車軸に取付けたウォーム車より、ウォームを徑て發電機を運轉する方式で、發電機軸の方向は車軸の中心線方向と一致する。ウォーム軸と發電機軸との中間には、第17圖に示す如き自在接手及スプライン接手より成る推進軸を介在せしめて車軸の振動及曲線通過等による相互變位に應ずる様になつて居り、更に安全装置を挿入し、發電機軸固着の際には發電機軸と推進軸との動力傳達機構の連絡を遮斷し、斯る故障時にも車輪を滑らしめない様にして居る。

第十節 傘齒車運轉（スパイサー式）

傘齒車運轉は車軸に取付けた傘齒車によつて動力を傳達する方式で中



第13圖

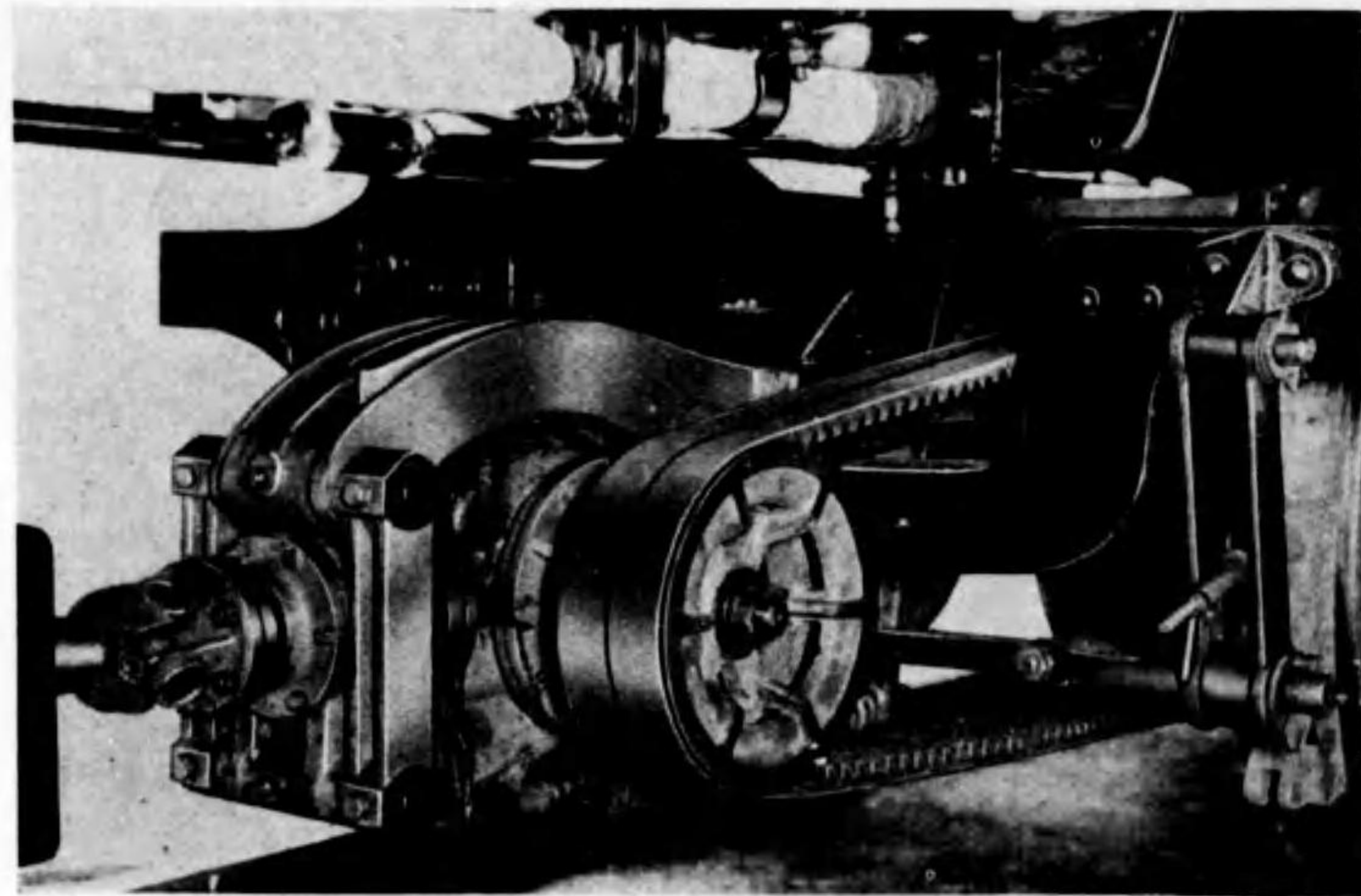


第14圖

間に推進軸及安全装置を介在せしめる事は前節ウォーム運轉の場合と全く同様である。第13圖は全装置を第14圖は傘齒車装置を示したものである。

第十一節 Vベルト齒車組合運轉

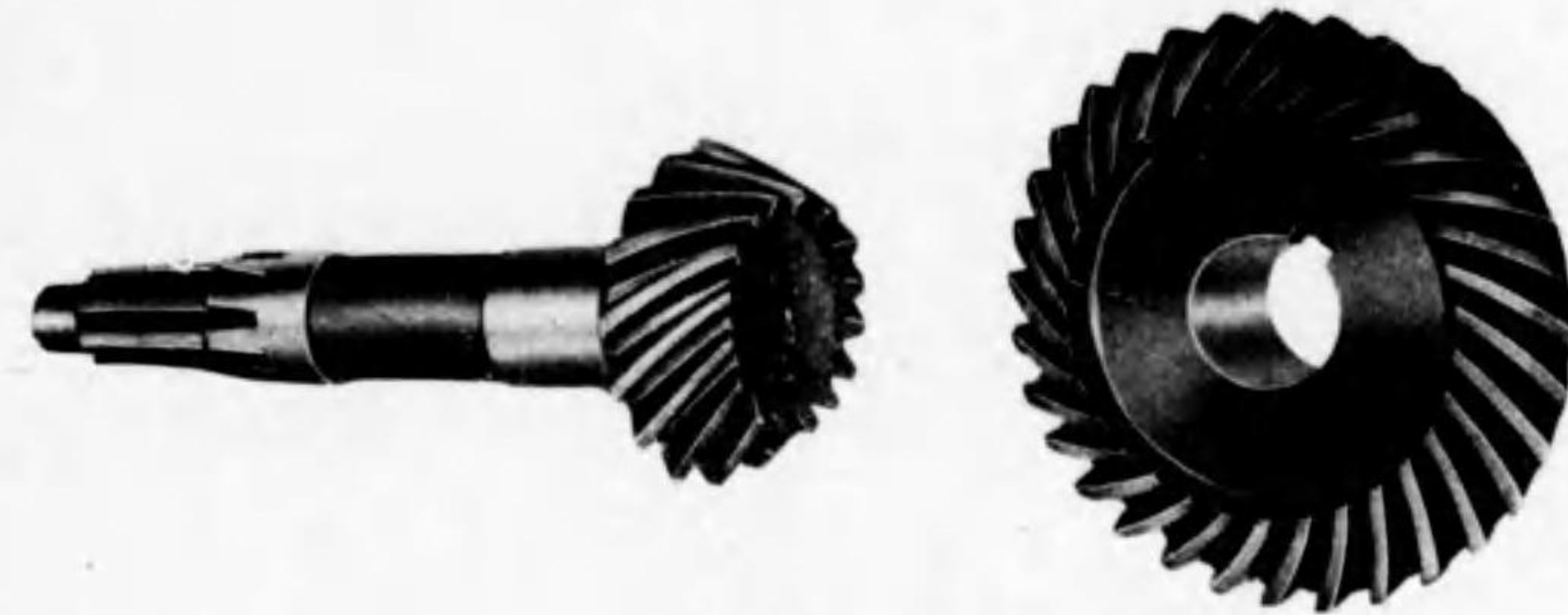
Vベルト及齒車の組合運轉方式は、客車空氣調和装置の電源發電機の如き大型機の運轉用として適當する方式で、車軸ベルト車、Vベルト、ベルト車附齒車箱、及推進軸等より成る。第15圖は本装置の全装置を示したものである。車軸ベルト車及VベルトはVベルト運轉のものと同じであるが、V形ベルト車は2個で左右2ヶ所に分けて取付けてある。ベ



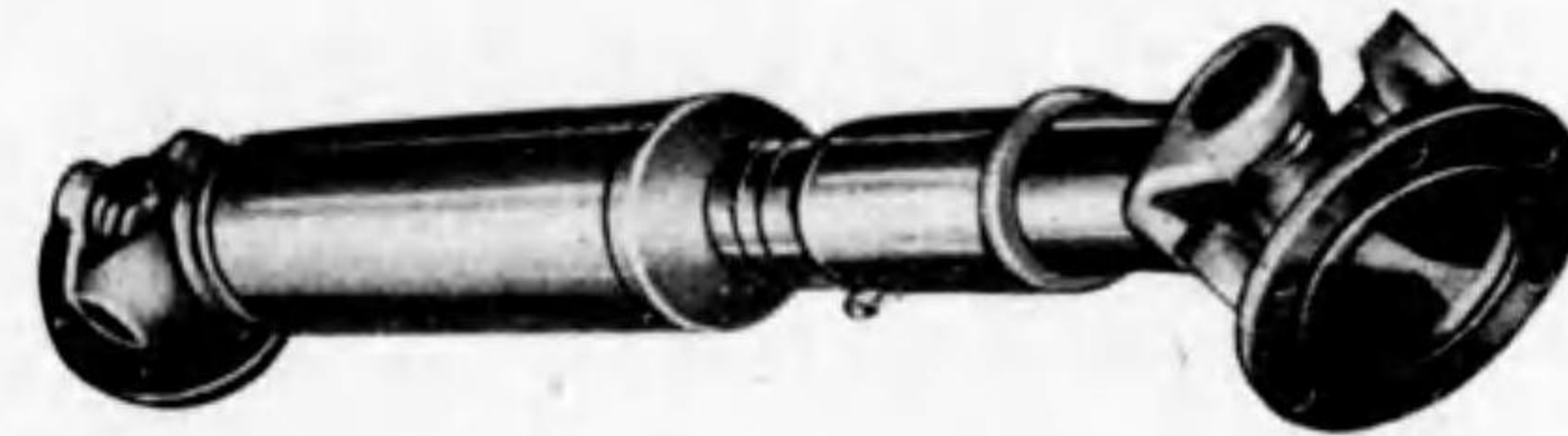
第15圖

ルト車附齒車装置はベルト車からスパイラル傘齒車を徑て推進軸へ回轉を傳へる装置で、ボギー枠に取付けた吊装置から4本のリンクで支へら

れて居り、Vベルトの張力を加減するためにコイルバネ附の調整装置がある。



第16圖



第17圖

第16圖に示す傘齒車は特殊鋼製で頭丈に出来て居る。第17圖に示す推進軸は兩端の自在接手及中間のスプライン接手より成り、車軸の振動及曲線通過等による相互變位に應ずる様になつて居る。

第三章 發電機吊架方式

第一節 吊架方式の種類と選擇

車軸發電機の吊架方法にはピン形、車軸架乗形、車臺取付形、臺車搖動取付形、臺車固定取付形等がある。これ等の吊架方法の選擇は發電機の動力傳達方式によつて決るもので、平ベルト運轉及びVベルト運轉では、ピン形又は臺車軸搖動取付形が採用され、Vベルト運轉の特殊な場合として臺車固定形が採用される。ウォーム、傘齒車、及Vベルト齒車の組合せ運轉の發電機は車臺取付形である。車軸架乗形は齒車運轉の發電機の吊架方法であるが、齒車運轉は安全性に於て缺くる所あるために漸次その影を消めつゝある。

第二節 ピン形吊架方式

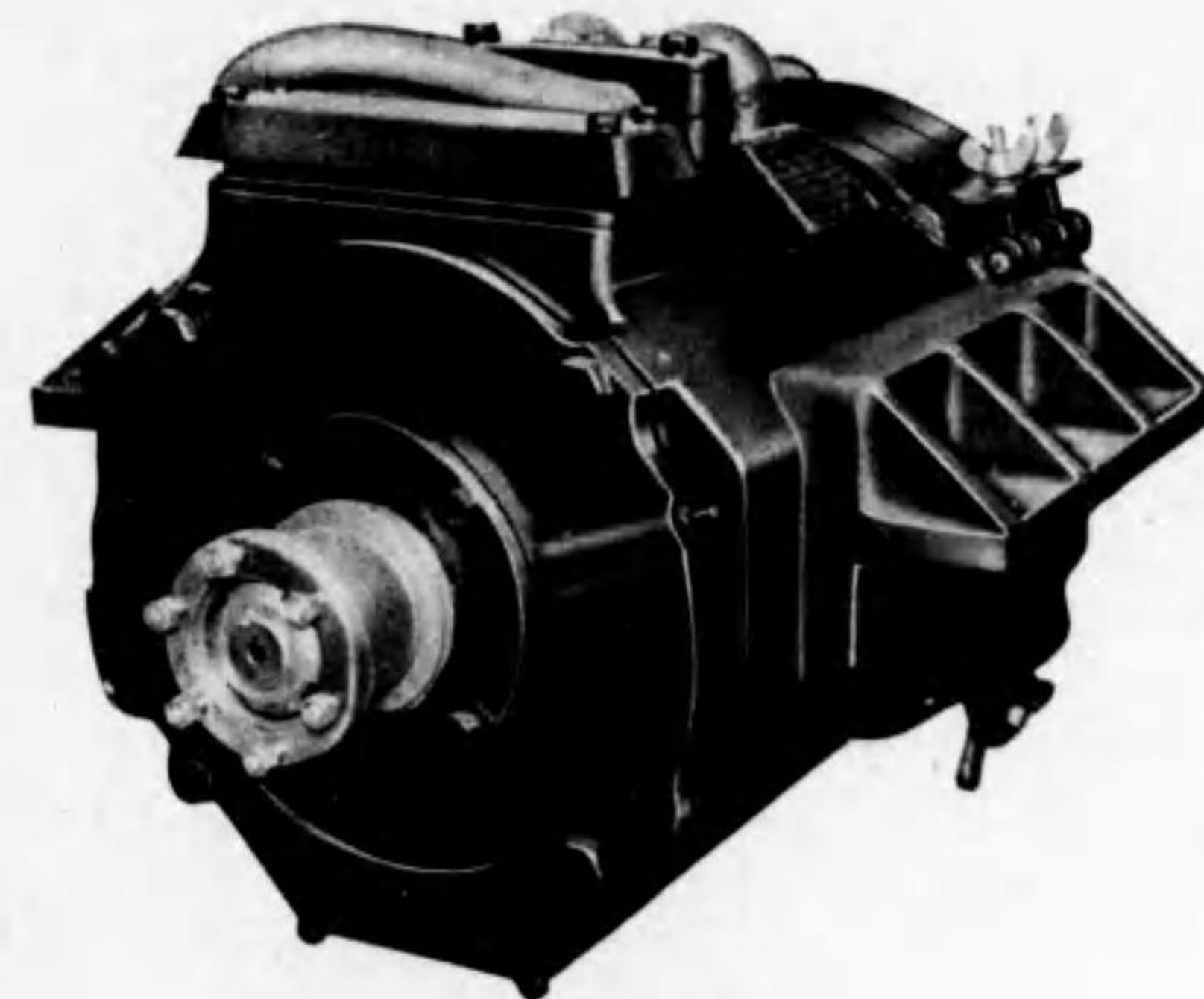
ピン形吊架方式は平ベルト運轉、Vベルト運轉の發電機の吊架方法で發電機は客車床下に装置した發電機支持装置と一本のピンで連絡され、このピンを中心として前後に搖動し得るから、その吊角度の調整によつてベルト張力を任意に調整出来る。ベルト張力自動調整装置附のものはベルトの伸縮、曲線通過等で吊角度が變つても、ベルト張力は一定不變に保たれる。曲線通過時の中心線の偏位等によりベルトが脱落しない様にベルト車はフランジ附としてゐる。卷掛角度を大きくするためと、中心線の偏位を制限するために、ベルト中心間距離はなるべく大きいのがよい。ピン形による車台取付形ではベルト中心距離は自由にとれる利點

がある。第18圖はピン形吊架方式の發電機外形を示したものである。



第18圖

第三節 車臺取付形



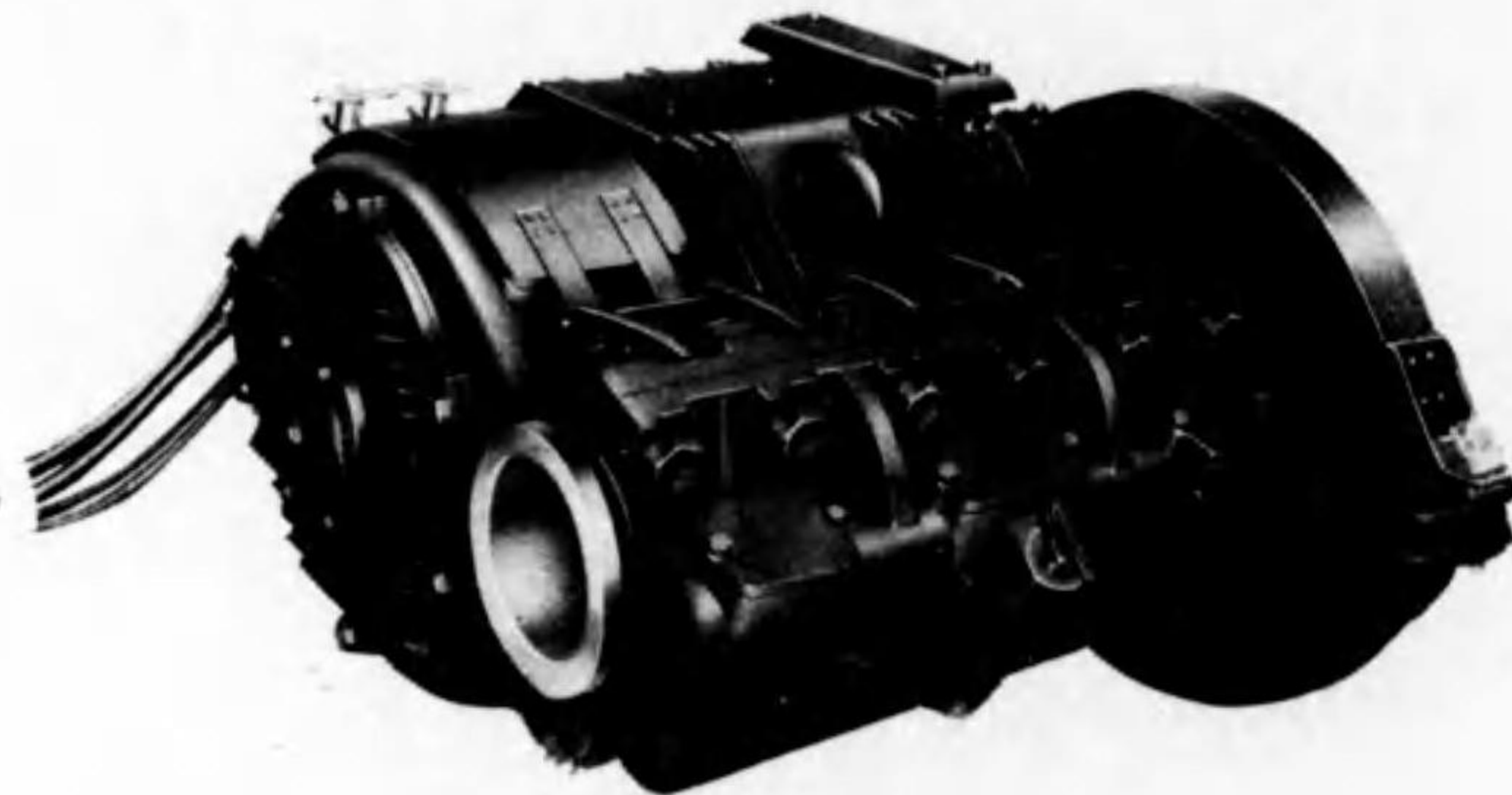
第19圖

車臺取付形はウォーム運轉、傘齒車運轉及びVベルト齒車組合運轉の發電機の吊架方式で、發電機軸方向は車の中心線方向に取付けられる。發電機の振動

が車體に傳り乗客に不快の念を起さしめない様に發電機はゴム座を挟んで車臺に取付けられる。第19圖は本方式の發電機外形を示したものである。

第四節 車軸架乗形

車軸架乗形の吊架方法は、齒車運轉發電機の吊架方法として採用されるもので、電車及電氣機關車の電動機吊架方法と全く同様である。發電機外枠の一方は車軸受を抱いて車軸に架乗し他の片側の取付耳は緩衝用の發條を挟んで臺車枠に取付けられる。第20圖は本形式の發電機外形を示したものである。

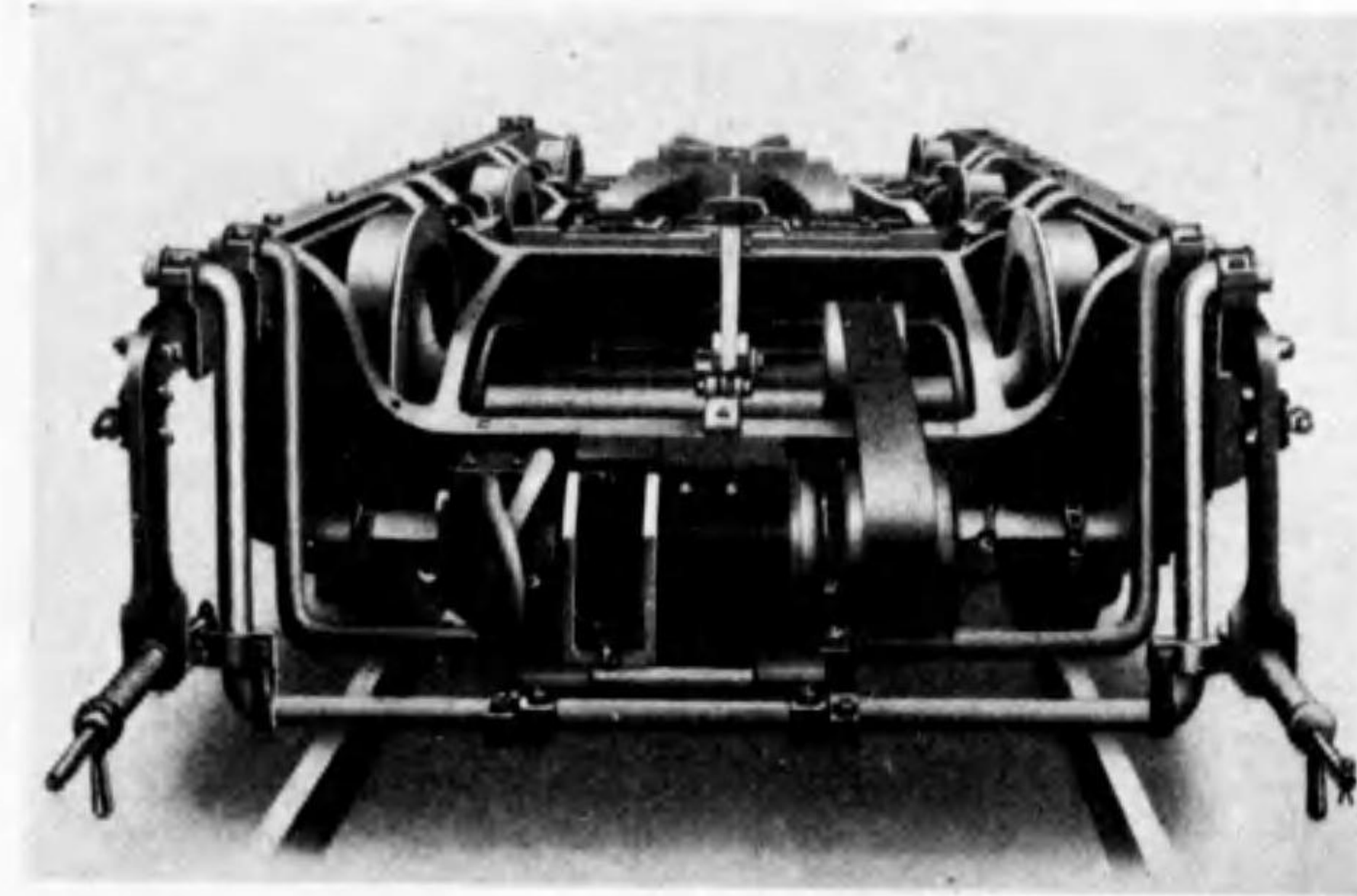


第20圖

第五節 臺車取付形

臺車取付形は平ベルト及びVベルト運轉の發電機に採用される吊架方式で、臺車枠に強固に締付ける方式と、臺車枠に取付けた可搖取付装置

に取付ける方式の二つがある。前者ではベルト張力を加減するために、受動ベルト車の位置を移動する必要上、發電機軸と受動ベルト車軸の間には、自在接手を介在せしめる。第10圖及第11圖は本取付方法を示したものである。後者の方式では發電機を前後に移動してベルト張力を加減する。何れの場合にもベルト張力はコイルバネによつて與へられて居る本方式では曲線通過の際にもベルト車の中心が偏位する事はないがベルト車の中心距離が充分にとれないから巻掛角度が少くなり、又第10圖の方式では發電機の重量が不平衡負荷となる。第21圖は後の方式による取付状態を示したものである。



第21圖

第四章 外被の型による分類

第一節 外被の型による分類の定義

電気機械の外被の型による分類は日本電気工業委員会標準規程によつて次の如く決つて居る。(JEC-54) (1938)

開放型電機 開放型電機とは、軸受臺或は突出軸受等機械的構造に必要なものゝ外、通風を妨ぐるものなき電機を云ふ。

半閉型電機 半閉型電機とは、 400mm^2 以内の面積の細孔を有する金網其の他適當なる有孔蓋にて閉ぢられたる電機を云ふ。

閉鎖通風型電機 閉鎖通風型電機とは、特別の通風口を有し、それ以外の部分は閉鎖せられたる構造の電機を云ふ。

全閉型電機 全閉型電機とは、外被及軸受は何れも閉鎖せられ、機械内外の通風をなし得ざる構造の電機を云ふ。

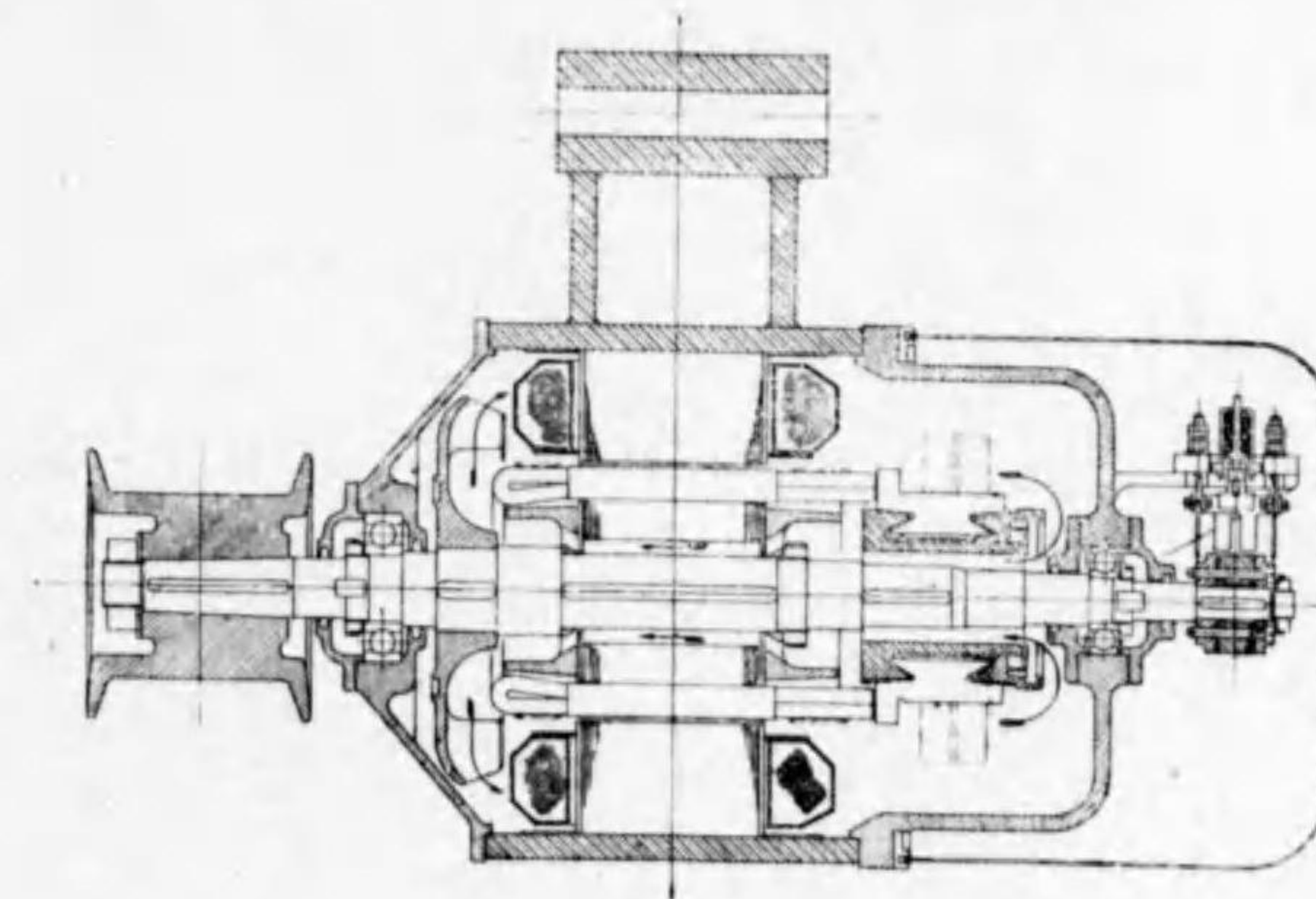
全閉外被通風型電機 全閉外被通風型電機とは、全閉型にして外被を通風によりて冷却せしむる構造の電機を云ふ。

第二節 車軸發電機に採用される外被の型式

車軸發電機は客車床下に装置するので塵芥、濕氣等による損傷を避けるために、小型機では凡て全閉型が採用される。全閉型では機械内外の通風はなし得ないので塵芥濕氣等に浸される事は完全に避けられるが熱の放散が悪いから電機子の溫度過昇を招く事がある。第18圖(29頁)は全閉型發電機の外観を示したものである。

直流發電機の發熱源泉となる損失は、電機子銅損失、電機子鐵損失整流子損失、及界磁損失等でこのうち大部分は最内部の電機子に集中して居り、これ等の損失は機内の空氣を経て一旦纈鐵に傳達され、纈鐵より外氣に放散されるのであるから、電機子は外氣よりも著しく高温となる。纈鐵と外氣の溫度差は 20°C 内外であるが電機子と纈鐵の溫度差は 50°C にも達する事がある。

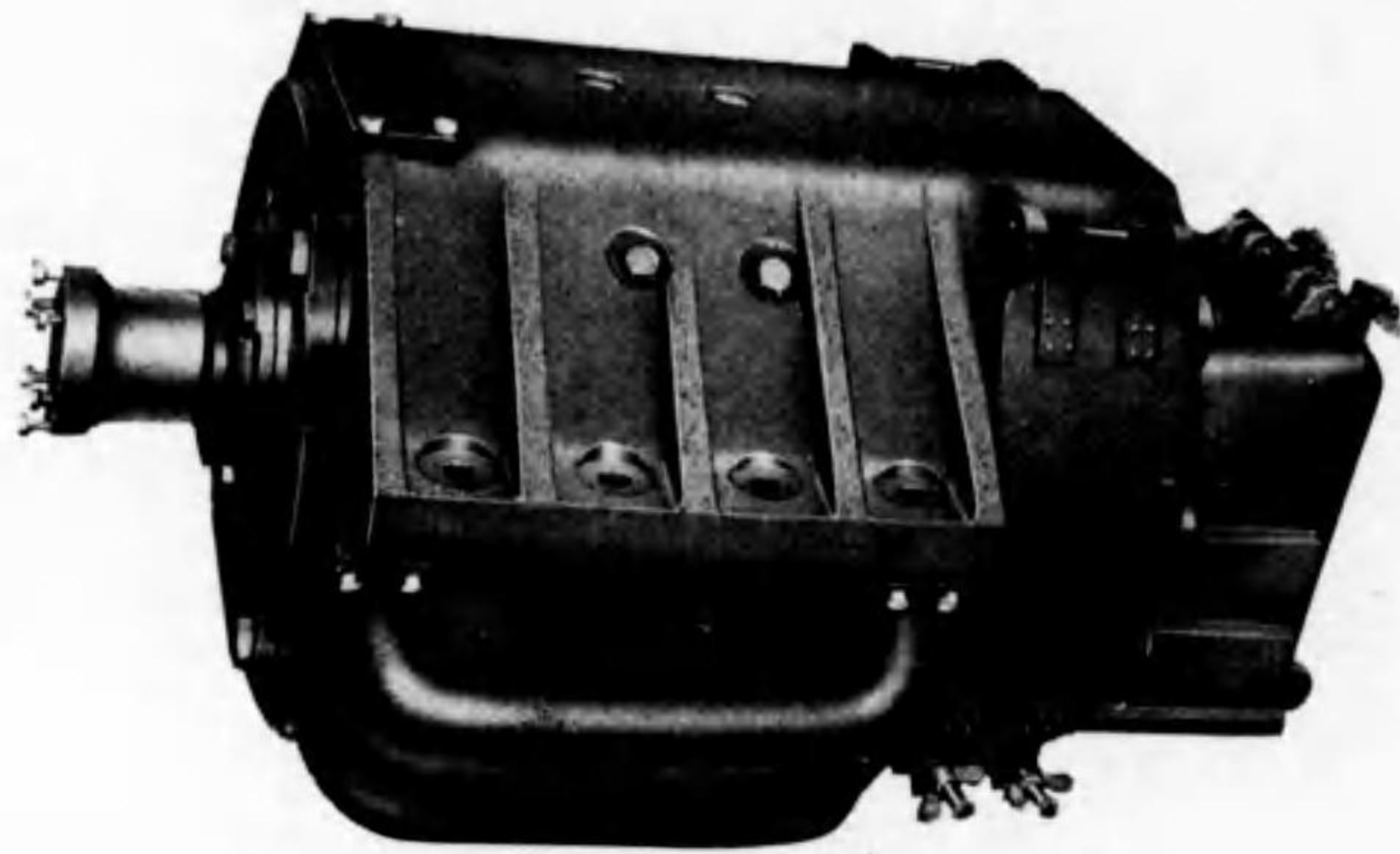
小型機では出力の割合に外形が大きく、損失に較べて放熱面積が大きくて熱放散は良好であるが、出力が増加する程、出力の割合に外形は増大しないから、放熱面積の増加が熱損失の増加に伴はず、従つて内部の熱は充分に放散仕難くなる。そこで中型機では扇車を設けて内部の空氣を攪拌し、電機子の熱が容易に纈鐵に傳はる様にして、機内の溫度を平均する。第22圖は此の種發電機の斷面を示したもので、圖中矢印は機内



第22圖

空気の循環経路を示したものである。

更に出力が増加すると第23圖に示す如き冷却用管を設ける事がある。列車用の発電機は列車運行中は常に外部が風に曝されて居るのであるから、外被の型の分類から云へば外被通風型電機に該当するものである。第23圖に示す構造に於ては冷却管の内部に、機内の高熱を帯びた空気が循環し外側に列車の進行によつて生じた速風が加つてゐるから、此處で内部の熱が外部に放散される。



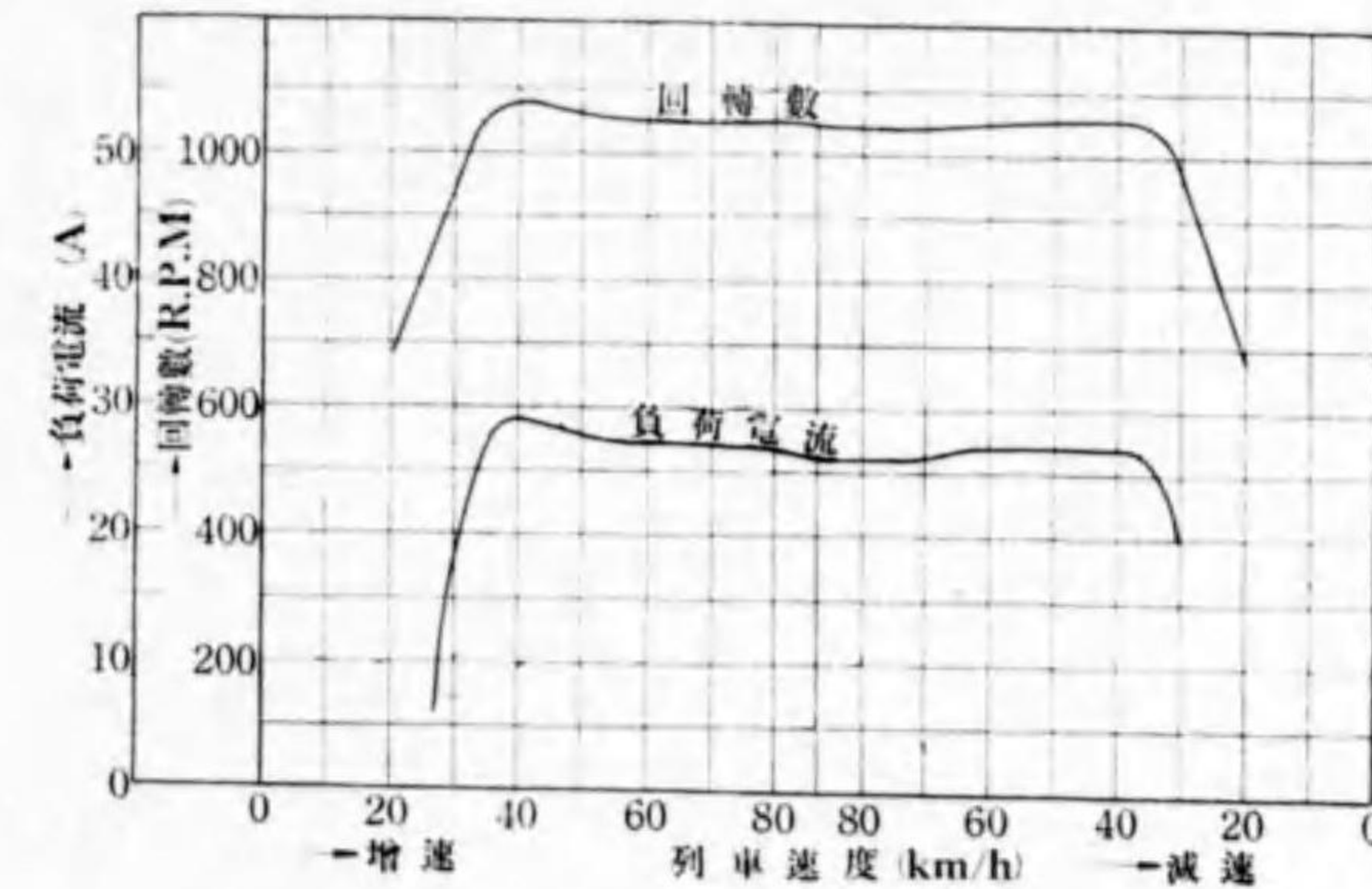
第23圖

客車空気調和装置用の電源発電機は15~20kWの出力を要するのであるが、この程度の出力になると全閉型に計畫する事は出来ないで止むを得ず閉鎖通風型とし、冷却空気吸入口には塵芥、水滴の浸入を妨ぐための空気濾過器を取付ける事もある。第19圖(29頁)第20圖(30頁)等は此の型式のものを示して居る。

第五章 發電機運轉方式

第一節 速度制御又は不變速度運轉方式

平ベルト運轉の分巻發電機では、ベルト張力を弛めてゆくと列車速度が變つても、發電機は不變速度運轉をする様なベルト張力が得られる。分巻發電機はその回轉數が僅か變化しても、その電壓は著しく變化し、蓄電池はその給與電壓が少し變化しても、その充電電流が著しく變化するから、蓄電池と組合せ使用中の分巻發電機は、回轉數が僅かに増加しても出力は非常に増大しベルトの有効出力は著しく増加しなくてはならぬ。然るにベルトが限界の張力の所迄弛めてあればベルトは滑りを増し



第24圖

発電機は略不変速度、不変出力運転をする、蓄電池の充電が進みその電圧が上昇すると発電機の回転数も若干増加する。

この運転方法は一見非常に粗雑で、調整に狂ひを生じはしないかと懸念されるのであるが、實地使用の結果は第24圖に示す如くで列車速度の大小に関係なく略不変出力運転をなす。この方式はストーン式として知られ廣く使用されてゐるものである。

速度制御運転方式は

- (1) 列車速度の増加に伴ひ発電機回転数は所定の値迄は増加するが、発電機出力が豫定の値に達すれば、それ以上は列車速度には殆んど関係なく発電機は不変速度運転をする。この回転数は700~1000R.P.M.に選ぶのが普通であるから、これを變速度運転の500~2500R.P.M.平均の列車速度に於ける回転数1000~2000R.P.M.に比べて著しく低速であるから炭素刷子や整流子の磨耗も少く軸受の受ける障害も少い。
- (2) 発電機の回転数少く且界磁の強さは不変であるから、整流は良好である。
- (3) ベルト張力は變速度式の場合よりも少いから、ベルト及発電機吊架装置、軸受等に與へる障害も少く、従つて長期の使用に耐へる。
- (4) 出力照準器を取付ければ、ベルトを取替へた時でも、出力は希望通りに調整する事が出来る。
- (5) 附屬装置が極めて簡單である。

等の特徴を有し、取扱調整の簡便な點に於て好評を博し廣く使用されて

ゐたのであるが、

- (1) 滑りによる発電機回転数の損失は全くの動力損失であるから、高速度列車ではベルトの傳達能率が著しく低下する。
 - (2) 滑りによるベルトの損傷が甚しい。
 - (3) 長距離列車では出力の調整が適正を期し難く、蓄電池の過充電若くは過放電を招く危険あり。
 - (4) 雪害地方では滑りのため全く発電せず使用に適せざること
 - (5) 晝間運転の多い特急車では蓄電池を過充電すること
- 等の缺點のために漸次使用範圍を縮小される傾向にある。

第二節 變速度運転

變速度運転とはベルトを緊張して、発電機を列車速度に比例した回転数に保つ方式で、列車の最高速時には発電機回転数は2500R.P.M.にも達するので、機械的強度、刷子及整流子の磨耗及整流困難等が云々されるのであるが、現在の技術に於ては2500R.P.M.に於ける機械的強度は問題でなく、高速時に於ける刷子及整流子の磨耗も左程のものではない。又整流の困難は補極の添加によつて一掃される。變速度運転の場合のベルト張力は著しく大きくなければならぬかの如く考へられるのであるが、事實は之に反し不変速度運転の時よりも心持ち強い目のベルト張力とすれば變速度運転をするものである。實際問題としては少し安全を見て不変速度運転の場合の150%程度の張力とするのである。この程度の張力増加による軸受、吊架装置及ベルト自身の蒙る障害は問題とならぬ。而して

- (1) 滑り損失がないから総合能率がよい。
 (2) 凡ての調整が運転場で組織的に行ひ得るので蓄電池の充電は常に完全で列車の運用状態によつて不安を生ずる事がない。
 等の特徴のために廣く採用され最近に至つて不変速度運転のものも、漸次この方式に改造されんとする氣運にある。

第三節 速度制御運転に於ける左右回轉の出力の差

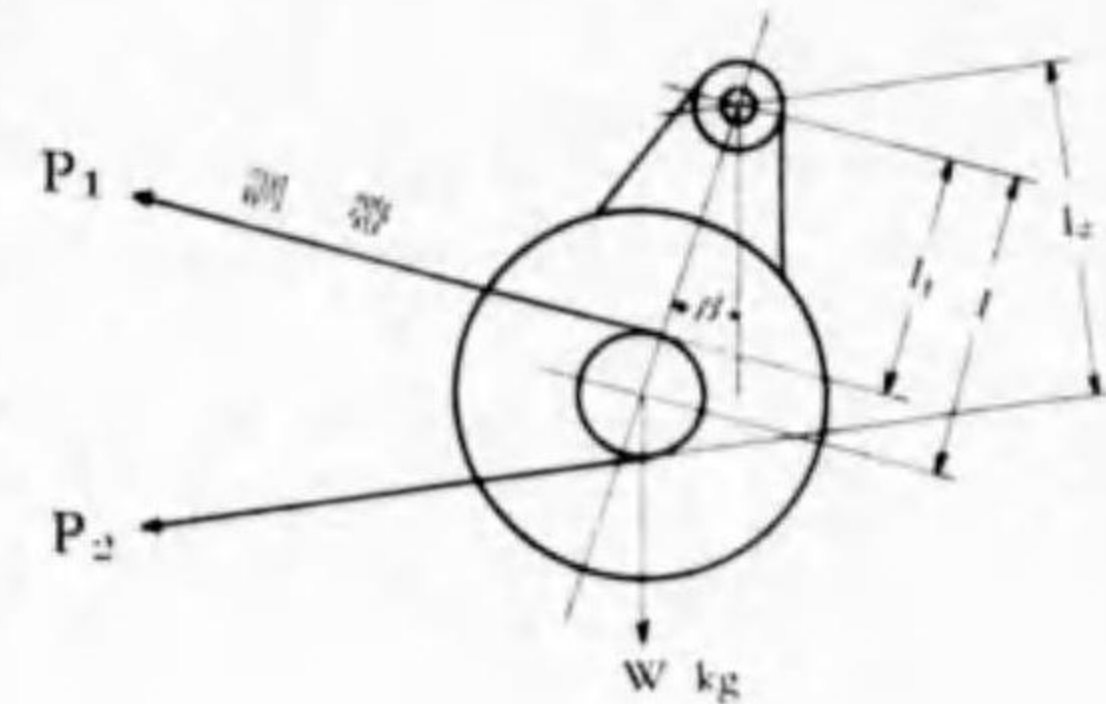
ベルトの滑りを利用して速度制御運転をなす場合、面白い現象は、ベルト上張りとは下張りで出力が相違し、而も上張りの場合が下張りの場合よりも出力が多い事である。これは定置式の場合と全く反對の現象で一見甚しく不可思議の事に思はれるが次の説明によつて了解される。

第25圖に於て發電機重量による支點0の周りの回轉力は $Wl \sin \beta$ で、これがベルト張力 P による回轉力と平衡するのである。速度制御運転の場合弛み側ベルト張力は零と見做

し得るのでベルトの張力は張り側のみである。上張りの場合のベルト張力 P_1 の支點0の周りの腕の長さは l_1 で、下張りの場合の夫れ等は P_2 及 l_2 であるとすれば

$$P_1 l_1 = P_2 l_2 = Wl \sin \beta$$

で圖より明に $l_1 < l_2$ であるから $P_1 > P_2$ となる。故に、上張りの場合の出力は下張り場合の夫れよりも大きくその差は l_1 と l_2 の差が大きい程甚しい。



第25圖

第六章 車軸發電機

第一節 車軸發電機の種類

列車電燈装置用の車軸發電機はその電氣的特性に依つて分巻發電機、變速度不変電流發電機、變速度不変電壓發電機、分巻勵磁機附發電機、特殊勵磁機附發電機等に類別されその運転方式にはベルトの滑りを利用して速度制御を行ひ列車速度に関係なく不変速度運転をするものと、列車速度に比例して變速度運転をするものとの別があることは已に述べた所である。勵磁機附發電機の勵磁機は發電機軸に直結するか又は齒車、ベルト等で發電機軸から運転するが稀には別の車軸からベルト運転をする事もある。變速度不変電壓、又は不変電流發電機及び自動電壓調整器によつて不変電壓、又は不変電流特性を賦與されたる分巻發電機は速度制御運転は極めて不安定でベルト張力が發電機に所要回轉力を與へるに必要な張力よりも少しでも過大なる時は速度制御は行はれず變速度運転に移るので、これ等の發電機は速度制御は出来ない。それで速度制御運転を行ひ得るのは自動分巻發電機に限ると考へてよい。

第二節 分巻發電機

列車電燈装置用の自動分巻發電機は列車の運行方向が反轉してその回轉方向が逆轉した場合にも端子の極性を一定不變に保つために轉極器を要するのであるが構造簡單、作動確實なる轉極器を有する分巻發電機は

他の凡ての車軸発電機の中で構造作用が最も簡単で誰にも解り易く、小型軽量で取扱も容易であるから列車用発電機としては最も適当なものである。

ベルトの滑りを利用して出力調整をなし速度制御運転をする場合は、出力の調整はベルトの滑りによつて自動的に行はれるから、自動電圧調整器を要しないが、ベルトの滑り損失のために高速列車では能率が著しく低下する。變速度運転の場合には變速度にて不變電圧又は不變電流を發生して蓄電池を完全に充電し、且電燈電圧を一定不變に保つために自動電圧調整器及電燈調整器を組合せて使用する。

凡そ列車電燈装置にては電燈點火中にも蓄電池の充電を完全にするには充電中の蓄電池と電燈の間には可變抵抗を挿入し充電電圧、電燈電流に應じて抵抗値を自動的に變化調節して電燈電圧を一定に保つ作用をする電燈調整器を要す。電燈調整器を使用する以上は、それよりも構造調整共に平易な自動電圧調整器をも併用し發電機には最も簡單なる轉極器附分巻發電機を使用するのが最も賢明な策と云へる。

第三節 分巻勵磁機附發電機

分巻勵磁機附發電機は回轉方向が反轉しても端子の極性が一定不變であるから轉極器を要しない。勵磁機は發電機軸に直結するか又は齒車、ベルト等で發電機軸から運轉され、稀には別の車軸からベルト運轉をする事もある。何れにしても勵磁機も發電機も共に列車速度に比例して變速度運轉をする。自動電圧調整器は勵磁機の界磁回路を調整するのであるから調整電流が少い利點はあるが、發電機最高回轉で勵磁電流が極少

なる可き時に勵磁機も最高回轉にある故に勵磁機残留磁氣のみによる電圧で發電機は定格電圧を越へるのが普通で差動巻線を用ふるか、發電機界磁回路にも調整抵抗を挿入する必要がある。小型機では勵磁機が發電機に比べて大型となり全體として大型となるから、この方式は大型機にのみ採用される。

第四節 變速度不變電流發電機

變速度不變電流發電機として知られてゐるものに、ローゼンベルヒ發電機と三刷子發電機の二つがある。

ローゼンベルヒ發電機は轉極器を要せずして一定方向に發電し、外部調整器を用ひずして自身の作用で變速度不變電流特性を有し、而も分巻界磁抵抗の調整で電流値を簡単に所要の値に調整出来る等列車電燈用發電機として好ましき幾多の特徴を具へて居る。

ローゼンベルヒ發電機は、主刷子の他に短絡刷子を具へて居るから刷子損失の増加は免れない。短絡刷子間の電流による電機子銅損の増加は最低速度に於て10~20%平均速度に於て5%内外であつて問題とする程ではない。

ローゼンベルヒ發電機の主磁束は、短絡刷子間の電流による電機子反作用によつて生ずるものであつて、磁束密度は磁極面全般に互つて均一でなく磁極中心より磁極端に至るに従つて増加するのであるから平均磁束密度は最高磁束密度よりも遙に少い。従つて磁極全面が最高磁束密度で充されてゐる場合よりも發電電圧は低下する。そこで同じ電圧を發生するためには電機子導體数を増すか、磁極面積を増すか、又は兩者の組

合せによらねばならないから何れにしても電機子は大きくならざるを得ぬ。又磁極片部が尠大な形状となり繊維と電機子との中間部の空間利用率が悪く出力の割合に外形が大きくなる。又本発電機はその構造上四極にする事が不利なために大型機には不向である等の短所のあるのは遺憾である。

三刷子発電機は變速度にて不變電流の特性を有し、電流値は回轉數の低い時大きく回轉數の上昇と共に却つて減少する性質を有してゐるから、この特性を巧に利用すれば列車點燈用として興味ある発電機である。

三刷子発電機はその名の示す如く主刷子の他に勵磁用の第三刷子を有して居るから構造が多少複雑するは止むを得ぬ。第三刷子の電流は勵磁電流のみで、その値は高々5アンペア以下であつて、刷子の大きさは電流量によつては決らず、機械的に耐へられる最少限度の中でのよいから第三刷子による摩擦損失の増加は問題とするに足らぬ。第三刷子は磁極の中心に位し、電壓を發生してゐる線輪を短絡するのであるから、刷子巾が極度に薄いと云へ此處に多少の火花の發生を見るは避け難い。

三刷子発電機では機械的工作の微少の不同から第三刷子の位置が磁極の電氣的中心から多少偏位してゐても左、右回轉で出力が著しく相違するが故に第三刷子は別の刷子進退器に取付けて、適當な位置に調整固定しなければならぬ。

三刷子発電機は外部に調整抵抗を用ひる事なく界磁電流が自身の作用で増減するのであるから勵磁能率は極めて良好である。

ローゼンベルヒ発電機も三刷子発電機も共に蓄電池と組合せ使用する場合に於てのみ變速度にて不變電流特性を有して居るのであるから、蓄

電池の故障斷線の場合には不變電流特性を失つて、その電壓は回轉數と共に増加の一途をたどり電球を斷芯し自身も危害を蒙る。然し乍ら列車電燈装置は單獨使用する事は少く、その電燈回路で並列に接續使用するのが普通であるから自己の屬する蓄電池が若し故障斷線しても、他の蓄電池に故障がない限り不變電流特性が失はれる事はないから、蓄電池斷線の場合の異常現象は餘り過大視する必要はない。

ローゼンベルヒ発電機も、三刷子発電機も共にその勵磁方法により變速度不變電流特性にも變速度定電流充電特性にもなし得るものであるが何れの場合でもその電流値の調整には細心の注意を要する。然し乍ら如何に細心の注意を拂つても電流調整の完全を期する事は不可能の事であるから蓄電池全充電の場合及蓄電池故障斷線の非常時に備へて發電々壓が蓄電池全充電々壓に達したる場合は、不變電壓特性より不變電流特性に轉化する方策を講ずべきである。

第五節 變速度不變電壓發電機

變速度不變電壓發電機としては Entz 式、日立 HL 式、川崎 KR 式等がある。前の二つは特殊勵磁機附發電機で最後のものは單一機械で變速度不變電壓特性を具へたものである。

これ等の發電機は何れも電壓を發生する要素と電壓を抑制する要素の組合せによつて變速度不變電壓特性を有してゐるのであるから、若し不幸にして電壓抑制要素の巻線に故障を生じた場合には發電機は不變電壓特性を失つて、その電壓は回轉數と共に増加するから、これに對する保安設備が必要である。

これ等の變速度不變電壓發電機は何れも電壓発生要素と電壓抑制要素が互に消し合つた残部で發電して居るのであるから、分巻發電機に比較すれば形状は大きく重量も増加するは止むを得ない。

又 Entz 式及日立HL式は共に勵磁機附であつて、勵磁機の大きさが發電機の大きさに比べて小さくないから、分巻發電機に比べると重量形状共に著しく大きい。川崎KR式ではローゼンベルヒ發電機を變形してゐるので分巻發電機に比較すると可成大型となつて居る。

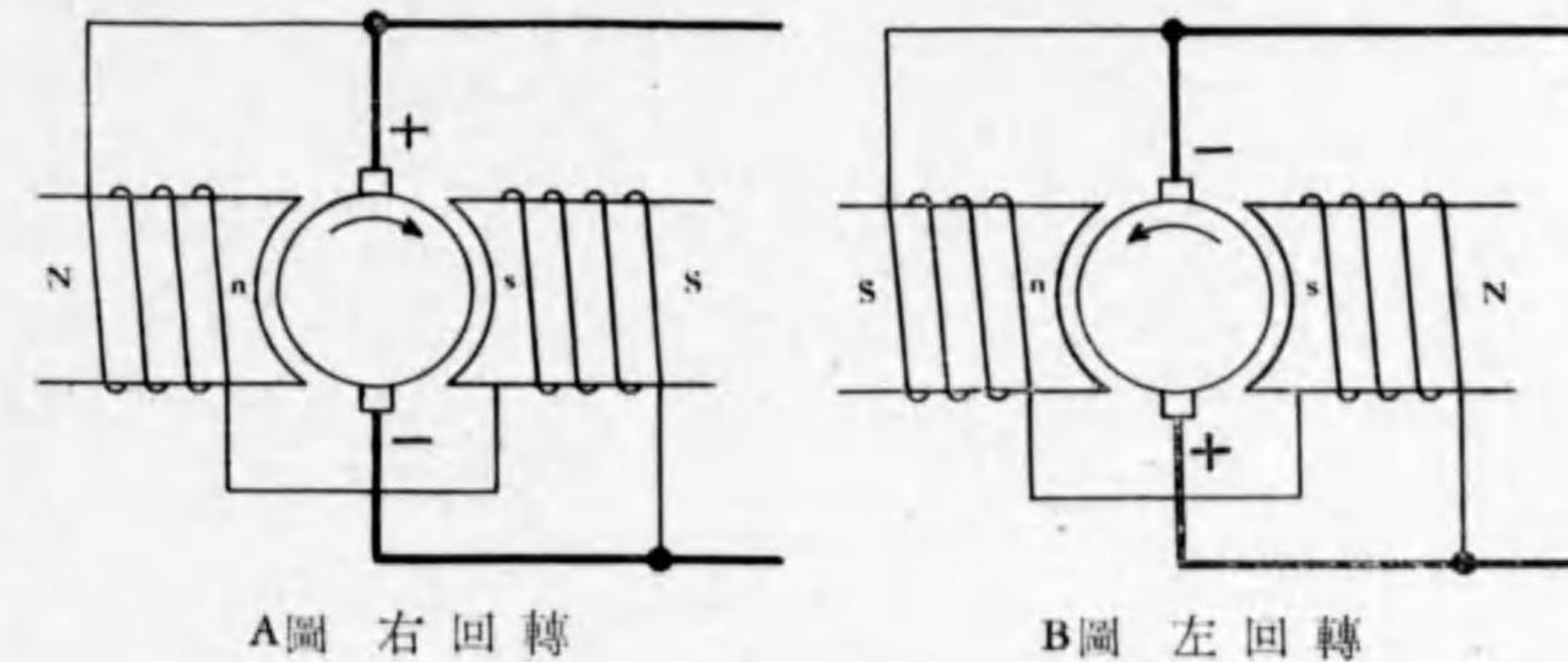
Entz 式發電機では轉極器を要せずして定方向發電をする代りに勵磁機が著しく大型となり、HL式及KR式では元來轉極器なしで定方向に發電する特性を有する發電機を使用して居り乍ら、補助巻線を加へたために機械を小型にすることには成功したが、その代りに轉極器を要することとなり機械の複雑化を來してゐる。

これ等の發電機は非常に廣い範圍の速度變化に對して不變電壓特性を有し、技術的には頗る興味あるものではあるが、構造複雑で重量も重いのは列車用發電機としては遺憾な點である。

第七章 分巻發電機

第一節 分巻發電機の電壓確立

客車車軸は列車の運行方向によつて正逆兩方向に回轉するから、車軸から動力を得て運轉する車軸發電機もそれ應じて、左右の可逆回轉をする。自勵分巻發電機は残留磁氣の方向と、残留磁氣によつて発生した電壓による分巻界磁電流の起磁力の方向が、一致する方向に回轉した時始めて發電するのであるから、回轉方向が逆轉した場合には發電しない。今第26圖に於て残留磁氣の方向は左がn極、右がs極で残留磁氣による誘起電壓の方向は、發電機右回轉にて、上側刷子が(+)、下側刷子が(-)となり分巻巻線の巻回方向は、上側刷子が(+)の時その起磁力の方向が残留磁氣の方向と同一即ち左がNで右がS極になつてゐるもの



第26圖

- n, s 残留磁氣の方向
- N, S 分巻巻線起磁力の方向

とする。今第26圖 A圖に示す回轉方向即ち右方向に回轉すれば、發電機回轉數の増加に伴ひ、残留磁氣による電壓は上昇し分巻巻線の起磁力は残留磁氣を助けて磁束は増加し電壓は確立する。

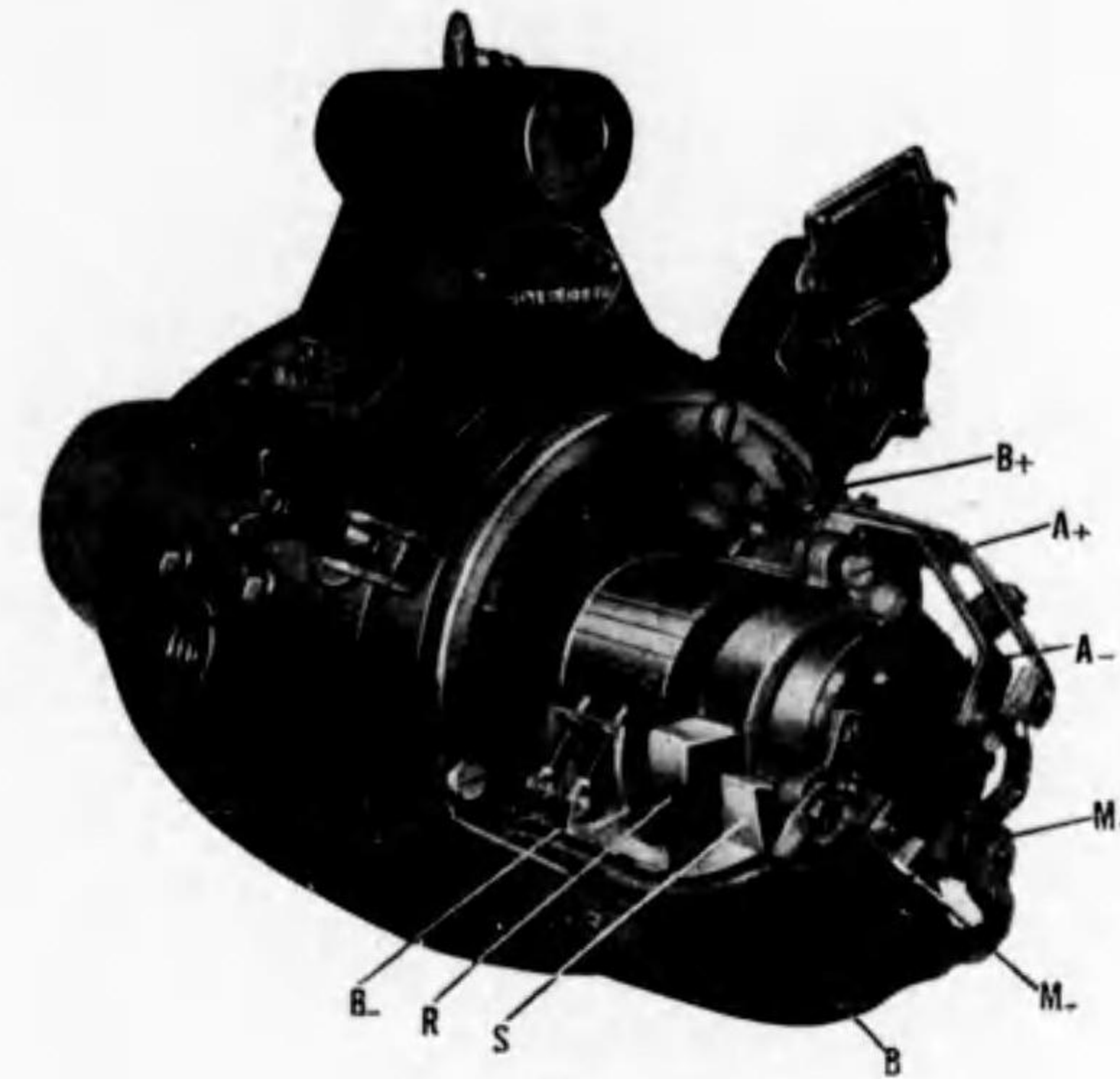
残留磁氣及分巻巻線の巻回方向は同一とし、回轉方向を逆轉したとする。回轉方向の逆轉によつて、残留磁氣による誘起電壓の方向は、A圖とは反對で B圖の如くなり、分巻巻線には前と反對方向に電流が流れてその起磁力は残留磁氣を打消す。發電機回轉數の増加と共に、残留磁氣による誘起電壓は益々増加し、残留磁氣を打消すから磁束は減少の一途を辿り、回轉數が増加しても電壓は確立しない。

B圖に於て分巻巻線の接續方向を轉換すれば、分巻起磁力の方向は反轉して残留磁氣の方向と一致し、回轉數の増加によつて電壓は確立するが、發生電壓の方向は A圖とは正反對となる。

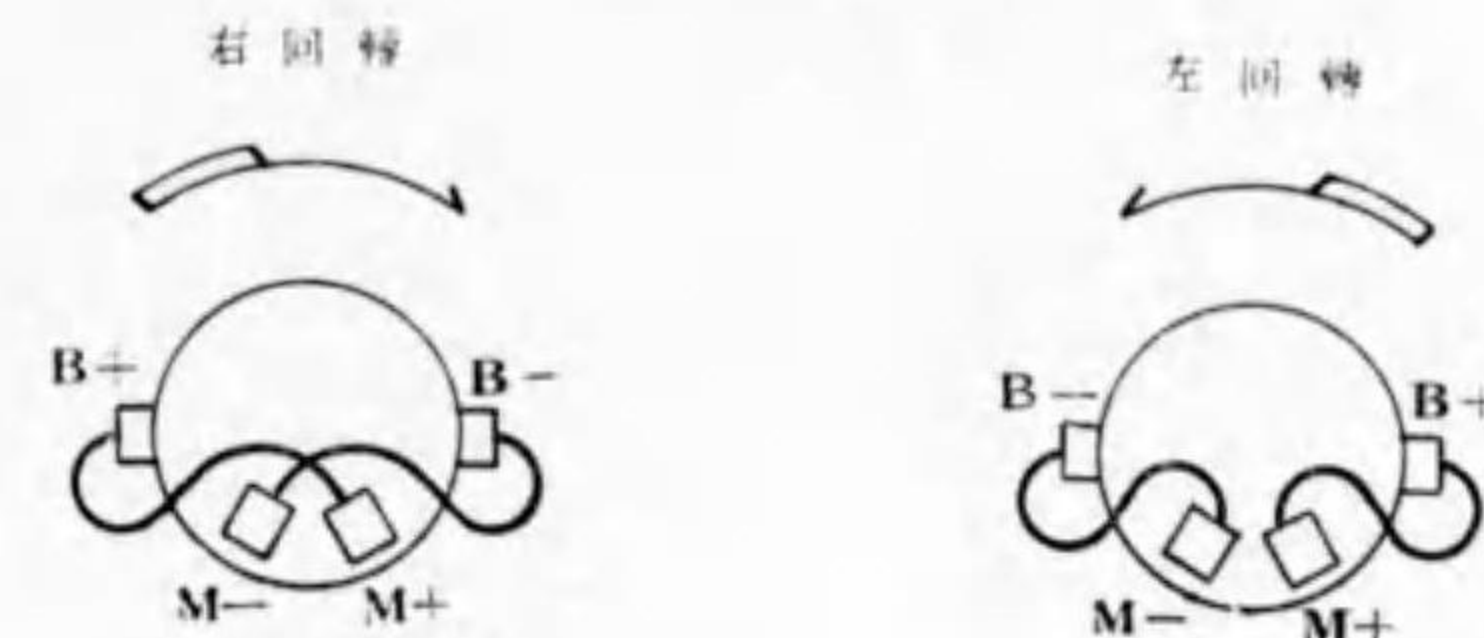
自勵分巻式の車軸發電機では、轉極器を用ひて、回轉方向に關係なく端子に於ける極性を一定に保つて、分巻巻線の起磁力の方向を残留磁氣の方向と同一方向に保つか、或は回轉方向の反轉と同時に分巻巻線及残留磁氣の方向を反轉して、端子に於ける電壓極性を一定に保つ。車軸發電機の轉極器には刷子移動式、主回路切換式、界磁切換式等があり、主回路切換式にはクラツチコイル式と可逆開閉器式の二つがある。

第二節 刷子移動式轉極器

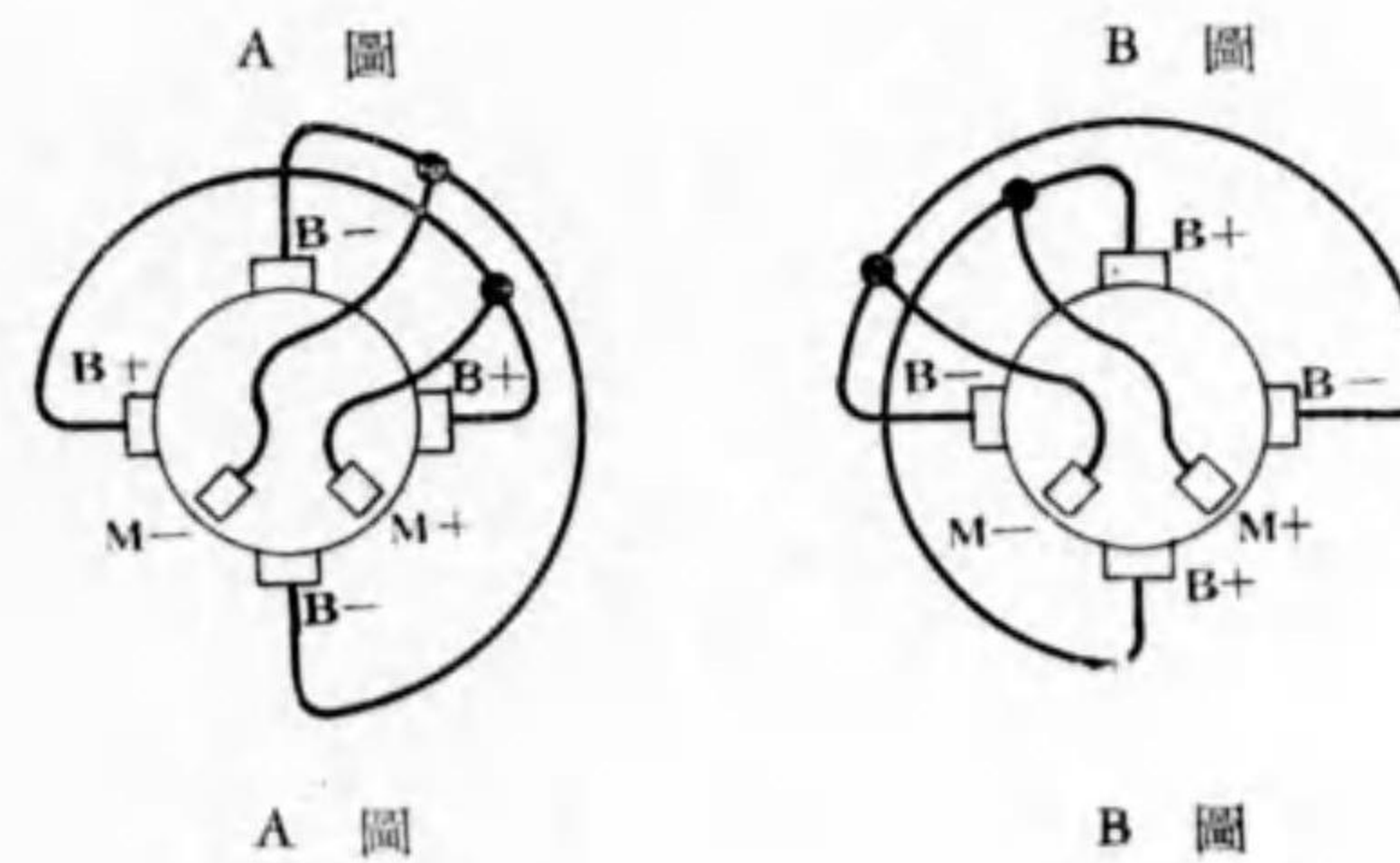
刷子移動式轉極器は、發電機回轉方向が反轉する度毎に刷子位置を電氣的角で 180 度移動して、回轉方向に無關係に刷子の極性を一定に保つ方式で、刷子保持器と固定端子とは可撓導線で接續する。第27圖は



第 27 圖



第 28 圖



第 29 圖

鐵道省L形發電機の轉極器を示したもので、第28圖はその説明圖、第29圖は4極發電機の轉極器説明圖である。刷子保持器を取付けた刷子進退器Rは、球入軸受にて支へられ、電氣的角度で180度（機械的角度では2極の場合は180度4極の場合は90度）回轉する、接觸腕A+、及A-の一端は2極の場合には夫々刷子保持器B+、B-に接続し4極の場合には刷子保持器及B+、B+及B-、B-に接続し、他の一端は可撓導線にて夫々固定端子M+及M-に接続して居る。

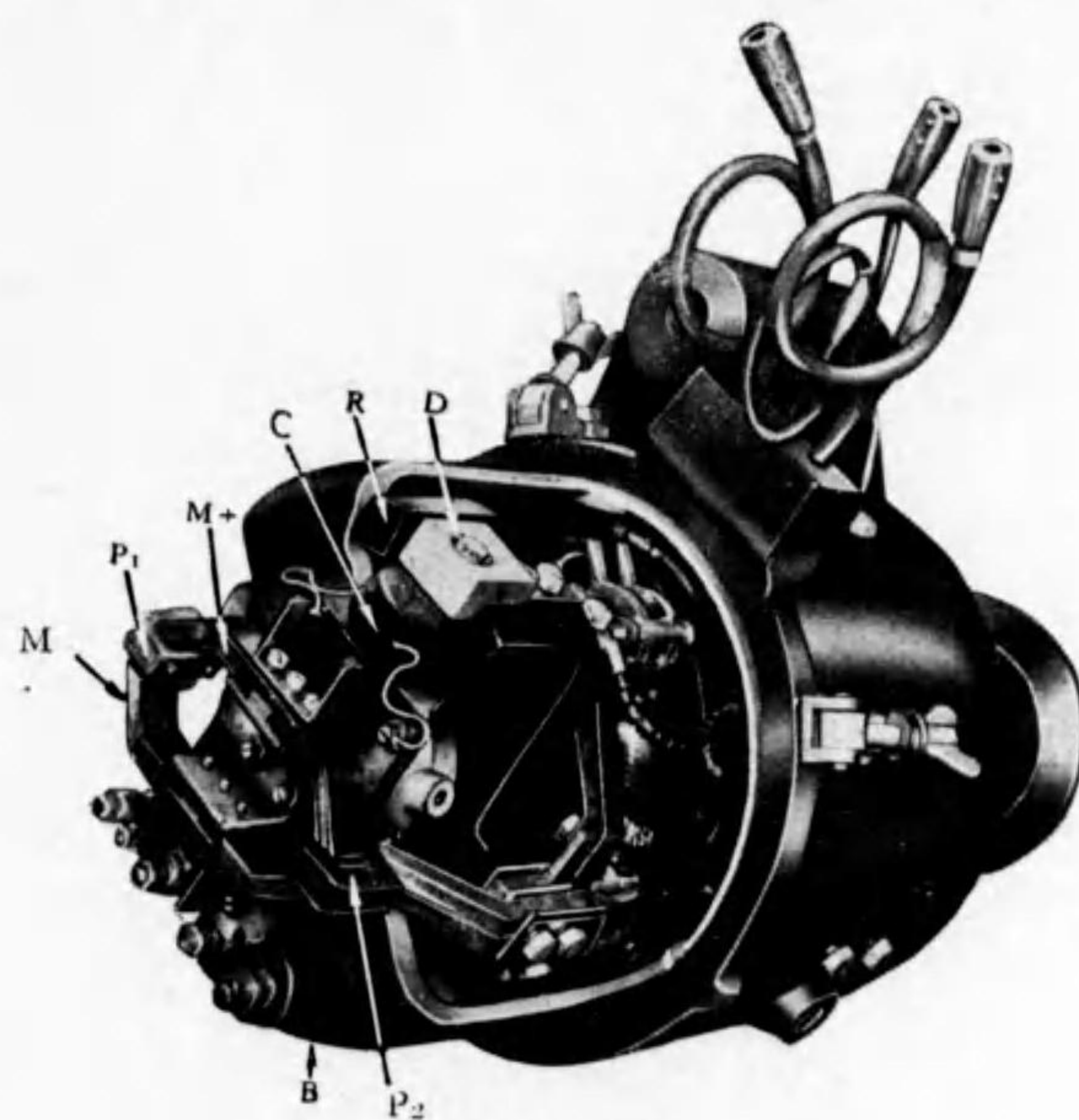
發電機右回轉の時各刷子位置は第28圖、第29圖のA圖の位置にあり、2極の場合（第28圖）に左に、4極の場合（第29圖）には左、右に位する刷子が（+）で2極の場合には右に、4極の場合には上、下に位する刷子が（-）極となる如く勵磁方向が決められてゐたとすれば、固定端子M+及M-は夫々（+）及（-）端子である。發電機が逆轉して、左回轉になると、刷子と整流子面間の摩擦力によつて刷子進退器Rは、2極の場合（第28圖）は180度、4極の場合（第29圖）は90度（電氣的角度では孰れも180度）左に回轉して、B圖の位置に停止する。右回轉の時第28圖で左にあつた刷子B+、第29圖にて左右にあつた刷子B+、B+、は今左回轉にては夫々右、及上下の位置に移動し、左回轉の場合にも（+）極になり、右回轉の時右、又は上下にあつた刷子B-、及B-B-は夫々左又は左右に移動し來りて、今左回轉の場合にも（-）極となる。斯様にして固定端子M+、及M-の極性は發電機回轉方向に關係なく一定に保たれる。刷子進退器Rは、進退器止めSによつて適當の位置に停止する。

刷子移動式轉極器では、刷子に於ける極性が一定不變で外部に出て來

る電流の方向は、回轉方向に關係なく一定不變であるから、回轉方向の逆轉と同時に、その勵磁方向を反轉するを要する補極の勵磁を行ふ事が出来ない。従つて刷子移動式轉極器附發電機には補極を添加する事が出来ないから小型機には適當するが、大型機には整流困難のために不向である。

第三節 クラツチコイル式轉極器

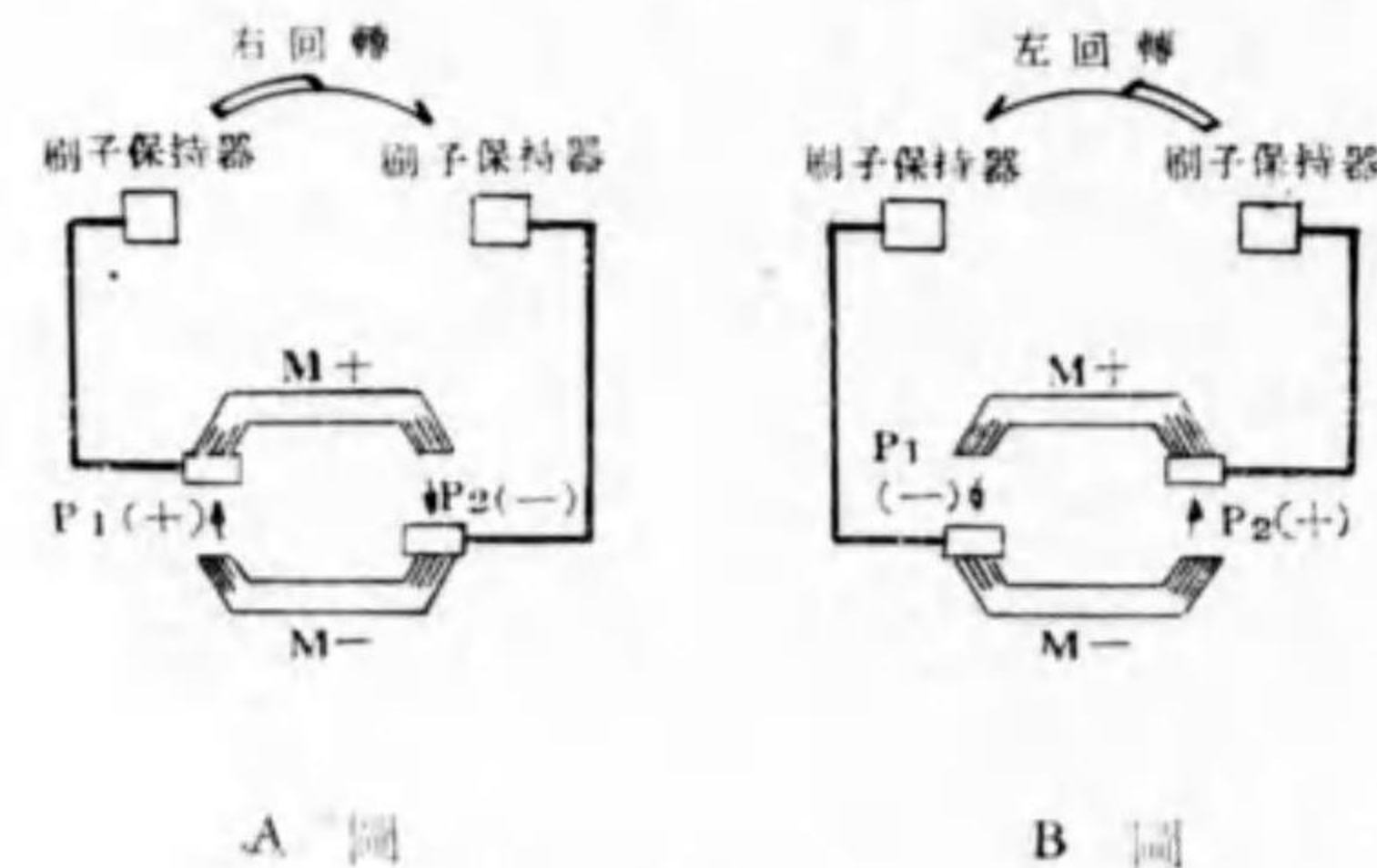
クラツチコイル式轉極器は、主回路切換による轉極器で、發電機の回轉方向の逆轉によつて刷子の極性が反轉すると同時に、刷子保持器を取



第30圖

付けた刷子進退器Rが、小角度の回轉をなし、轉極器盤に固定した主端刷子M+、M-の中上側主端刷子M+には常に(+)極となつた刷子保持器の延長端を、又下側主端刷子M-には(-)極となつた刷子保持器の延長端を接觸せしめて、回轉方向に関係なく上、下主端刷子の極性を夫々(+)及(-)に保つ方式である。第30圖は満鐵LK5形發電機の轉極器を示したもので、第31圖はその説明圖である。刷子進退器Rは球軸受にて支へられて軽く左、右に回轉する。刷子保持器の延長部には接觸板P₁及P₂があり、軸受支へに取付けた轉極器盤の主端刷子M+及M-と相對峙して居る。軸受支へにはクラツチ線輪Cを有するクラツチボールDがあり、刷子進退器を所定の位置に拘束し接觸板P₁、P₂と主端刷子M+、M-間の接觸を確保する。

第31圖A圖の如く、發電機右回轉では、炭素刷子と整流子面間の摩擦力によつて刷子進退器は右に回轉し、P₁がM+に、P₂がM-に接觸する。豫め右回轉の時左側接觸板P₁が(+)極、右側接觸板P₂が(-)極となる如く勵磁方向を決めて置けば、右回轉では上側主端刷子M+は



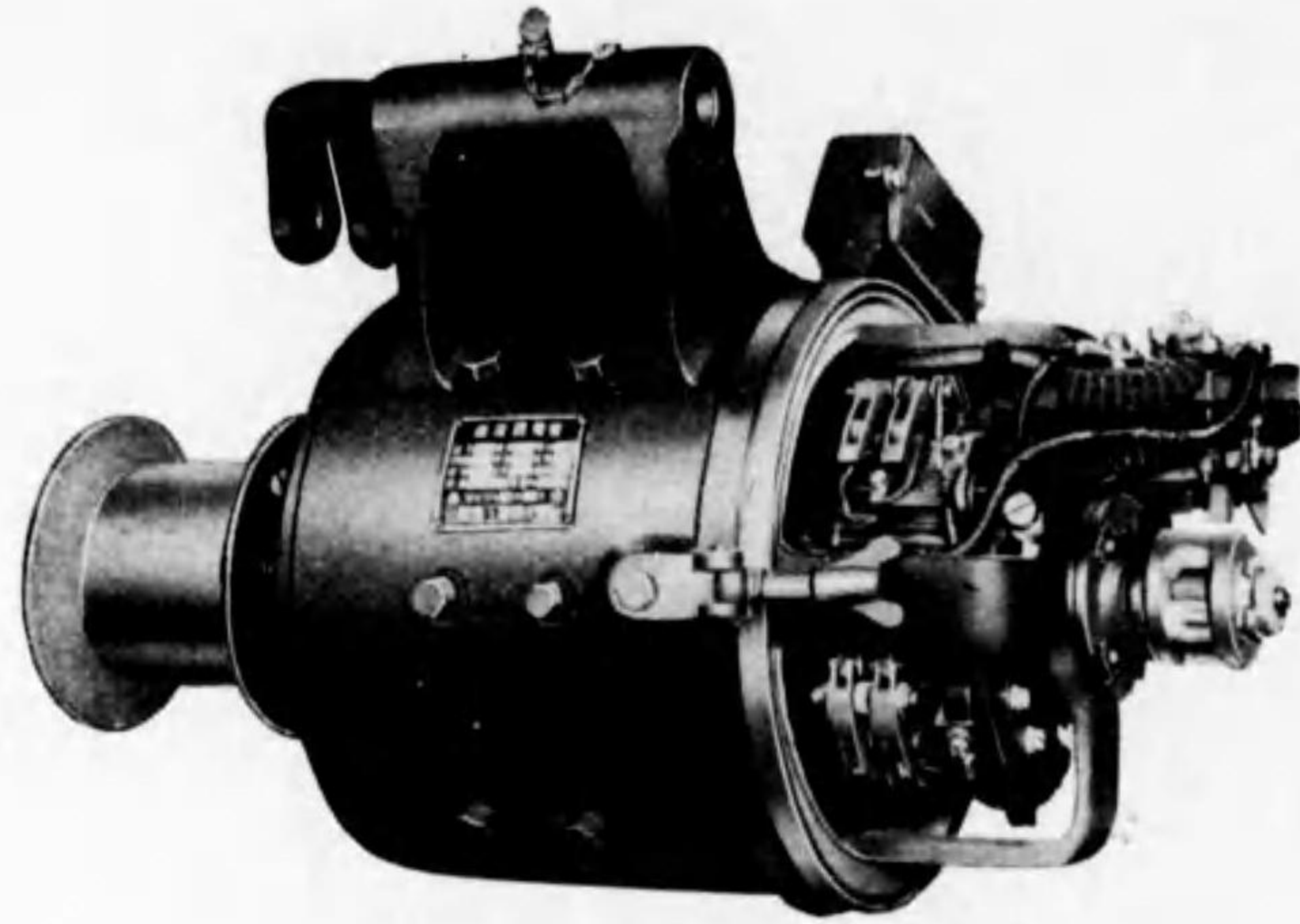
第31圖

(+)、下側主端刷子M-は(-)端子である。發電機電壓が上昇すれば、クラツチボールDは磁力を増し刷子進退器を強く吸引して主端刷子和接觸板間の接觸を確保する。

次に列車の運行方向が變り發電機の回轉方向が逆轉すれば、刷子進退器は再び炭素刷子と整流子面間の摩擦力のために回轉方向に引かれて移動し、第31圖B圖の位置に至り、右側接觸板P₂がM+に左側接觸板P₁はM-に接觸する。發電機の回轉方向の逆轉によつて刷子の極性は反轉し、先に右回轉の時(+)極であつたP₁は、今左回轉では(-)極となり、(-)極であつたP₂が(+)極となつて夫々M-及M+に接觸する。斯くして固定端子M+及M-の極性は發電機の回轉方向に関係なく一定不變に保たれる。刷子保持器の極性は回轉方向によつて反轉し刷子保持器と主端刷子間の電流方向は、回轉方向によつて反轉するから此の間に補極巻線を入れれば適當なる補極勵磁が得られる。本方式では回轉方向によつて刷子位置が中性點より若干左右に移動するから、補極片の幅はそれ丈廣くしなければならぬ。

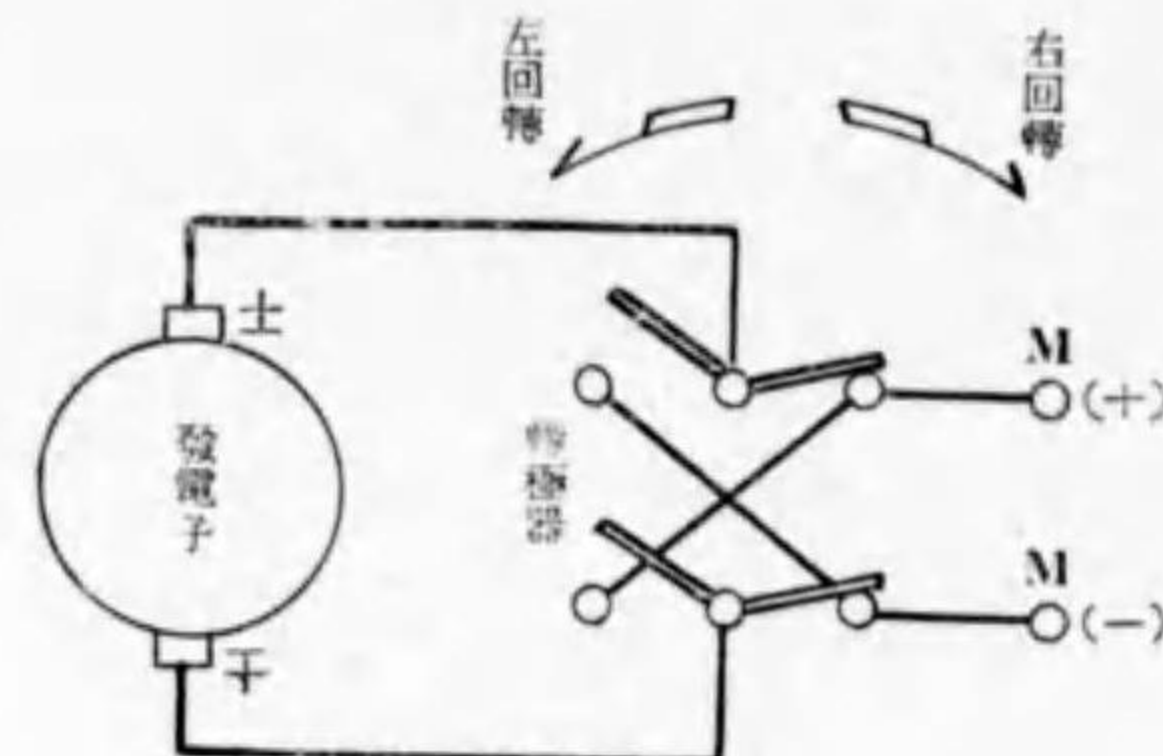
第四節 切换開閉器式轉極器

切换開閉器式轉極器は、主回路に挿入した可逆開閉器を發電機の回轉方向に關聯して自動的に轉換する方式で、可逆開閉器は整流子側軸受支へに裝置され發電機軸端に取付けた引掛装置によつて、發電機の回轉方向が反轉する度毎に轉換する。第32圖は本轉極器附の發電機を示し、第33圖はその作用を示す接續圖である。發電機右回轉の時上側刷子が(+)極で下側刷子が(-)極となる如く勵磁方向が決めてあり、可逆開閉器



第32圖

は右側に入る事圖の如くであらば、右回轉では端子M+及M-は夫々(+)及(-)端子である。次に回轉方向が逆轉すれば刷子の極性は反轉して上側刷子が(-)極、下側刷子が(+)極となる。



第33圖

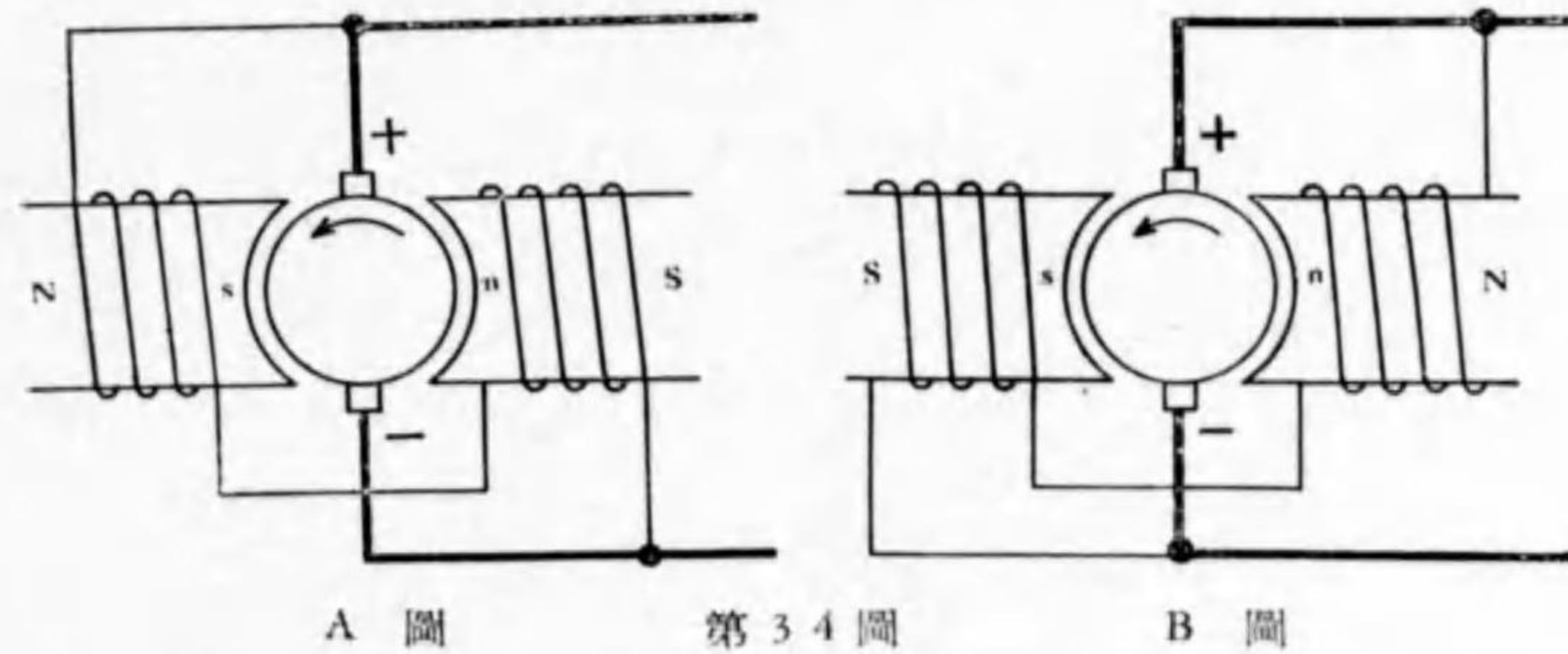
この時可逆開閉器は、左側に轉換し、(+)になつた下側刷子をM+に、(-)になつた上側刷子をM-に接続する。斯の如くにして端子M+及M-は回轉方向に關係なく夫々(+)及(-)に保たれる。切换開閉器式の轉極器では刷子位置は固定し、刷子進退器は移動の必要なく、可逆開閉器は電流の流れて居らない時に切换へるのであるから、

アークによる損傷の懸念は全くなく、而もその作動は列車の運行方向の反轉毎に一回丈で、發電機一回轉の間に切换は完了し、切换完了後は發電機軸端の切换装置と開閉器側の轉換機構の機械的連繋は絶たれるから磨耗は全く無いと云つてもよく、且可逆開閉器と刷子間の電流は回轉方向の逆轉と共に逆轉するから補極巻線の勵磁が出来る等の特徴を有し小型機にも大型機にも使用出来る。

第五節 界磁切换式轉極器

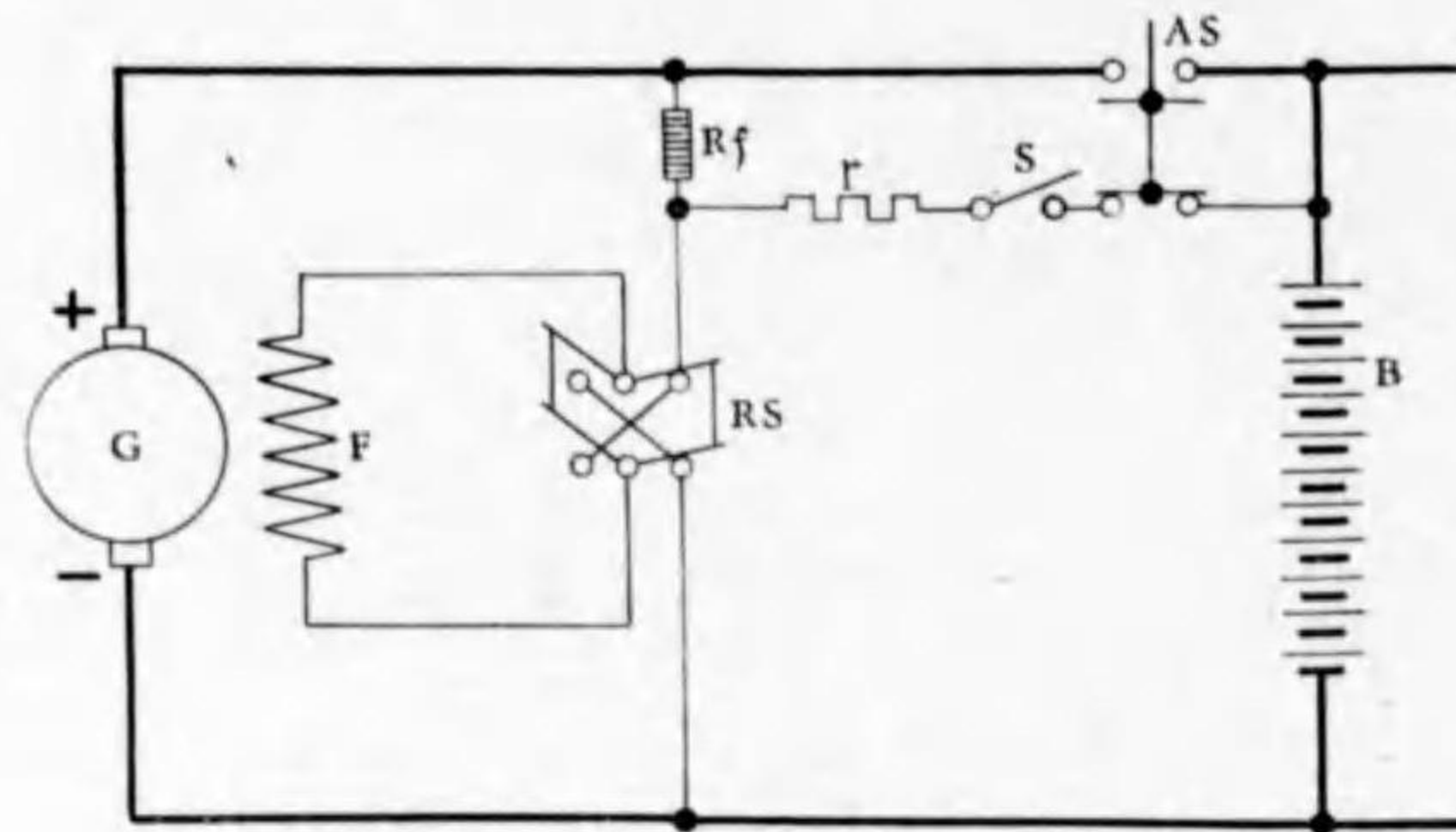
界磁切换式轉極器は、回轉方向の反轉と同時に分巻巻線の端子接続方向及び残留磁氣の方向を轉換する方式で、可逆開閉器は電流値の小さい界磁回路を轉換するのであるから、小型のものでよい。本方式の轉極器は大型機で、負荷電流が大きく、主回路切换式では可逆開閉器が過大となる場合に採用される。

第26圖B圖の残留磁氣の方向を反轉したとすれば残留磁氣による誘起



電壓の方向も反轉して上側刷子(+)、下側刷子(-)となり第34圖A圖となる。圖に於ては残留磁氣の方向と、残留磁氣によつて誘起された電

壓による分巻電流の起磁力の方向は、互に相反して居るから、回轉數が増加しても電壓は確立しない。A圖の分巻巻線の接續方向を反轉すればB圖となる、B圖に於ては分巻巻線の起磁力の方向はA圖とは反對になり残留磁氣の方向と一致するから電壓は確立する。而して誘起電壓の方向は第26圖A圖の方向と一致する、即ち回轉方向の反轉と同時に、残留磁氣及分巻巻線の方向を反轉すれば、端子には逆轉前と同一方向の電壓が確立する。残留磁氣の反轉は蓄電池よりの勵磁によつて之を行ふのであるが、之に要する電流は正規の勵磁電流の10%内外でよい。



第35圖

第35圖は本方式の轉極回路説明圖であるが、圖に於て抵抗rは、蓄電池よりの漏洩電流が残留磁氣を確實に反轉するに必要にして且充分なる最少値になる如く決める。手動開閉器Sは運轉休止の場合にこれを開放して漏洩電流を除くためのものである。漏洩抵抗rは界磁調整器抵抗R_fと並列に接續されて居り、列車高速時に於ける自動電壓調整器の作動を妨害する故に自動開閉器と聯動して發電機運轉中は漏洩回路は開路する

第六節 自勵分巻發電機の速度特性

ストーン式の如くベルトの滑りによつて速度制御運轉を行ひ、列車速度に關係なく略不變速度運轉を行つて、出力調整をなす場合は、發電機自體は轉極器附の自勵分巻發電機でよい。變速度運轉をする分巻發電機では、轉極器の他にその電壓、電流を適當な値に調整するために、自動電壓調整器を組合せ使用し、回轉數に應じてその界磁抵抗を自動的に變化調整しなければならぬ。

一般に直流發電機の誘起電壓は次式で表される。

$$E = \frac{p}{a} Z \frac{N}{60} \phi_u \times 10^{-8} \text{ ボルト} \dots\dots\dots(9)$$

- E = 誘起電壓
- p = 磁極對數 (2p = 磁極總數)
- a = 電機子回路對數 (重巻の時 a = p, 波巻 a = 1)
- Z = 全導體數
- N = 毎分回轉數
- ϕ_u = 每極有効磁束數 (ガウス)

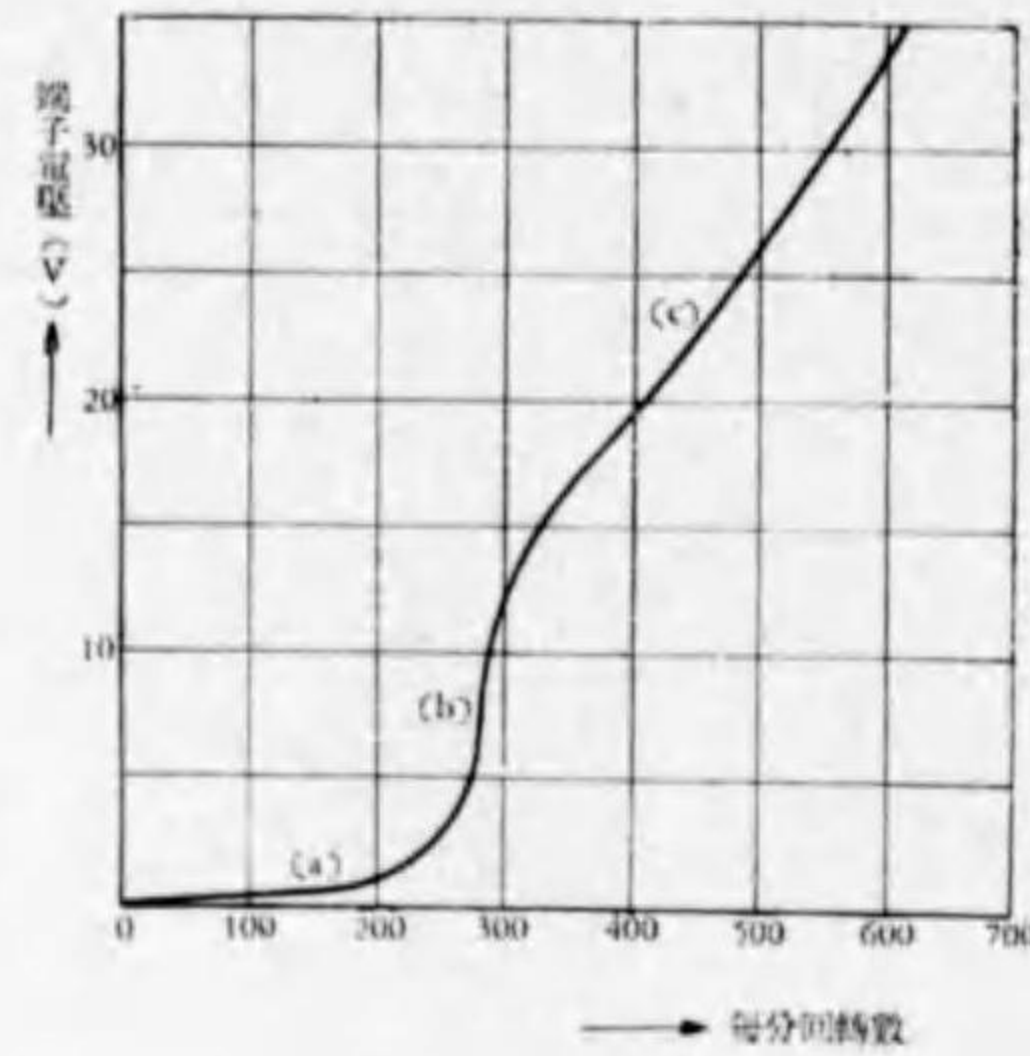
一つの發電機に就いて見れば p、a、Z は定つて居るから、

$$E = KN\phi_u \quad \text{茲に } K = \frac{p}{a} Z \frac{1}{60} \times 10^{-8} \dots\dots\dots(10)$$

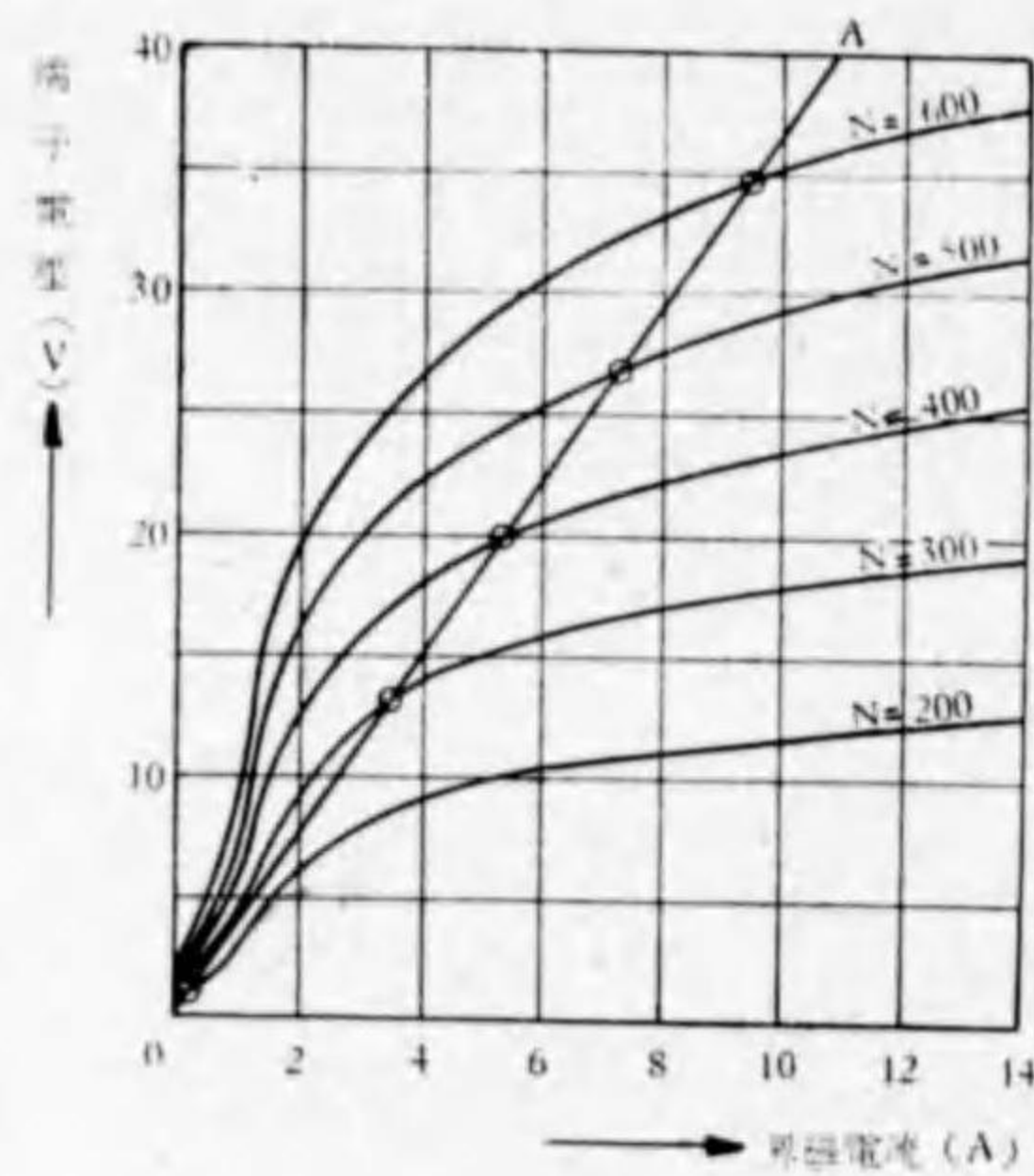
即ち發電機誘起電壓は、その回轉數と磁束數の積に比例する。故に回轉數の増減に關係なくその電壓を一定に保つ爲には、回轉數に逆比例してその磁束數を減じなければならぬ。

自勵分巻發電機の界磁抵抗を一定に保つて、その回轉數を増加すれば電壓は次第に増加する。

回轉數と誘起電壓の關係は第36圖に示す如く、三つの顯著なる段階を示して居る。此の曲線の形は發電機内部特性曲線と分巻界磁回路の全抵抗値によつて決るもので、界磁抵抗を増せば、界磁が弱まり、同じ電壓を發生するに要する回轉數は増加するから曲線は右に移る。自勵分巻發電機の速度特性が第36圖の如くなる事は次のように説明される。發電機内部特性曲線は第37圖に示す如く、原點附近は直線を以て表され、勵磁電流の増加に伴ひ磁氣飽和を起して、最後は水平線に近づく、發電機内部特性曲線は回轉數が増減すればその割合を以て上下する。圖中の數字は夫々の回轉數に對する内部特性曲線を示す。發電機端子電壓と分巻界磁電流の關係を示す直線を



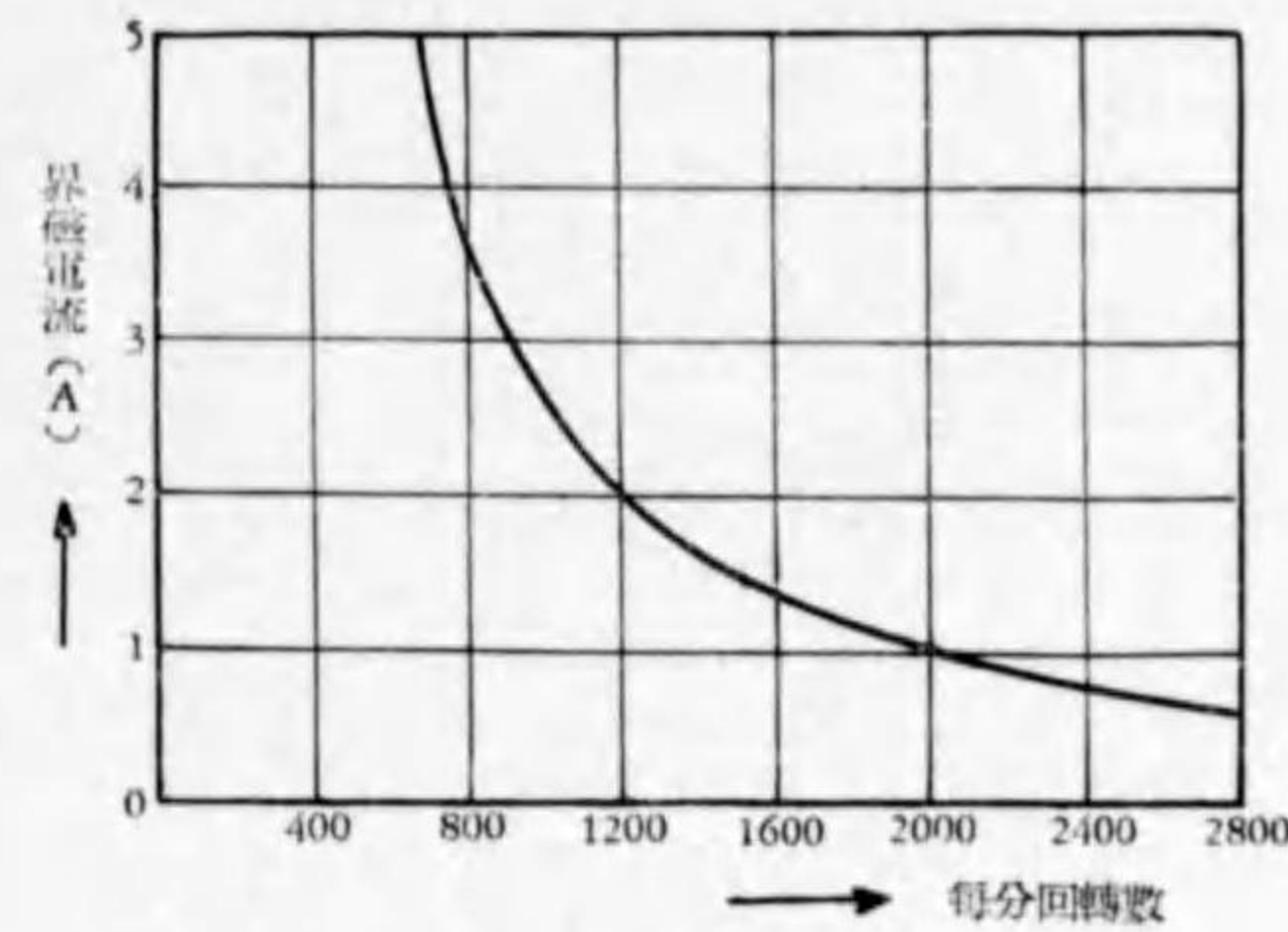
第36圖



第37圖

OAとすれば直線OAと内部特性曲線との交點は、夫々の回轉數に於ける無負荷端子電壓を與へる。發電機回轉數の低い間は直線OAと内部特性曲線の交點は原點附近に密集し、回轉數が増加しても電壓の増加は極めて少い。第36圖(a)によつて表される部分は此の部分で主として殘留磁氣によつて電壓を誘起してゐる所であるから端子電壓の回轉數に對する増加割合は極めて少い。

發電機回轉數が増加して、内部特性曲線の原點附近に於ける傾斜が、直線OAの傾斜に近接して來ると、OAと内部特性曲線の交點は急に原點を遠ざかる、即ち此の回轉數にて發電機電壓は急昇する。第36圖(b)によつて表されるのは此の部分である。更に高い回轉數に對する内部特

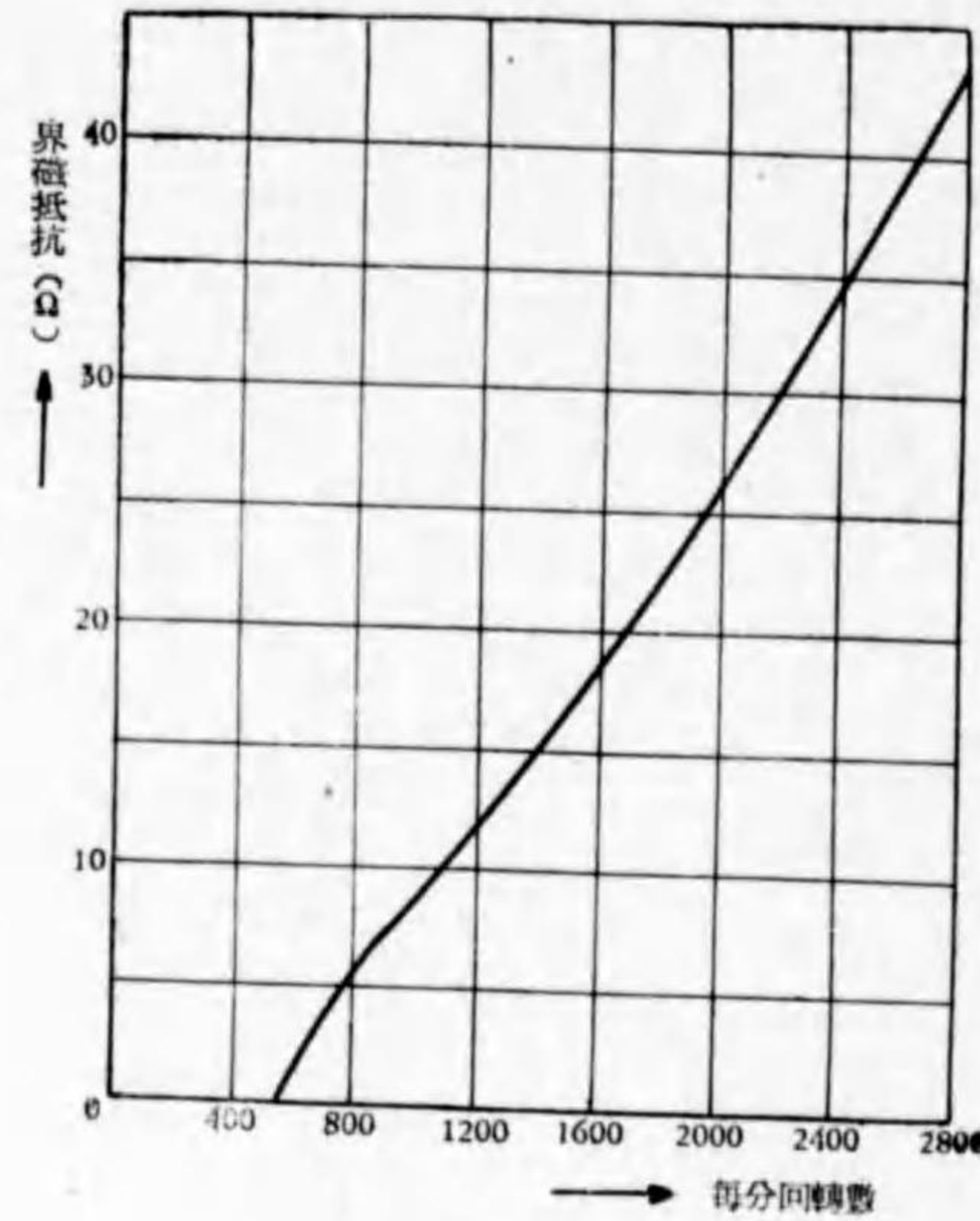


第38圖

性曲線と直線OAとの交點は内部特性曲線の直線部即ち磁氣飽和を起してゐる部分に移つて來る。この部分では發電機端子電壓の増加に伴ひ、界磁電流は増加するが磁束は次第に飽和に近づいた所

であつて、磁束の變化が少いから誘起電壓の回轉數に對する増加の割合も緩慢である。第36圖(c)は此の部分を示したものである。

自勵分巻發電機の端子電壓を回轉數に關係なく一定不變に保つには、その磁束數は回轉數に反比例して増減しなければならない事は已に之を明にした所である。然るに磁束はその飽和點以下では界磁起磁力換言す



第39圖

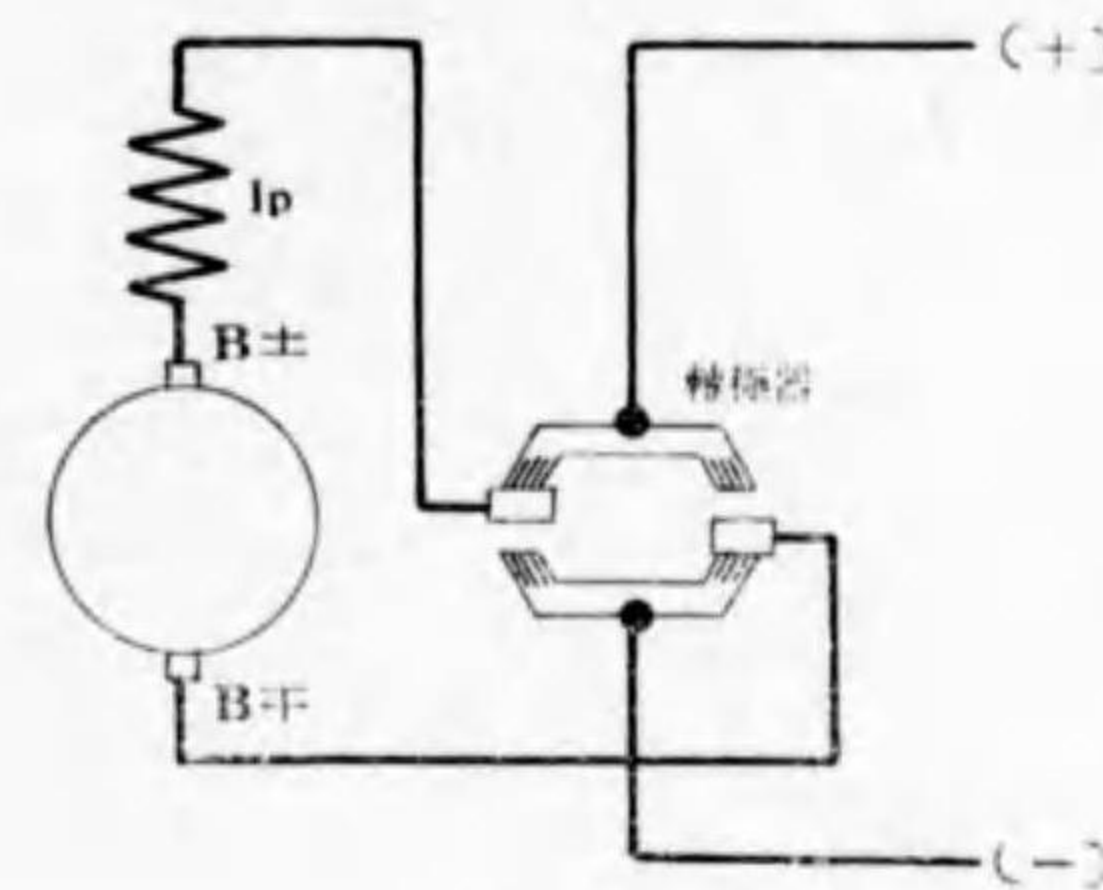
れば界磁電流に比例するから、界磁電流は回転数に逆比例して増減しなければならない。第38圖は 1.5kW (30V 50A 700~2500R.P.M.) 発電機の界磁電流と回転数の関係を、第39圖は同じ発電機を 30V の不変電圧に保つに要する界磁抵抗と回転数の関係を示したものである。

第七節 車軸発電機と補極

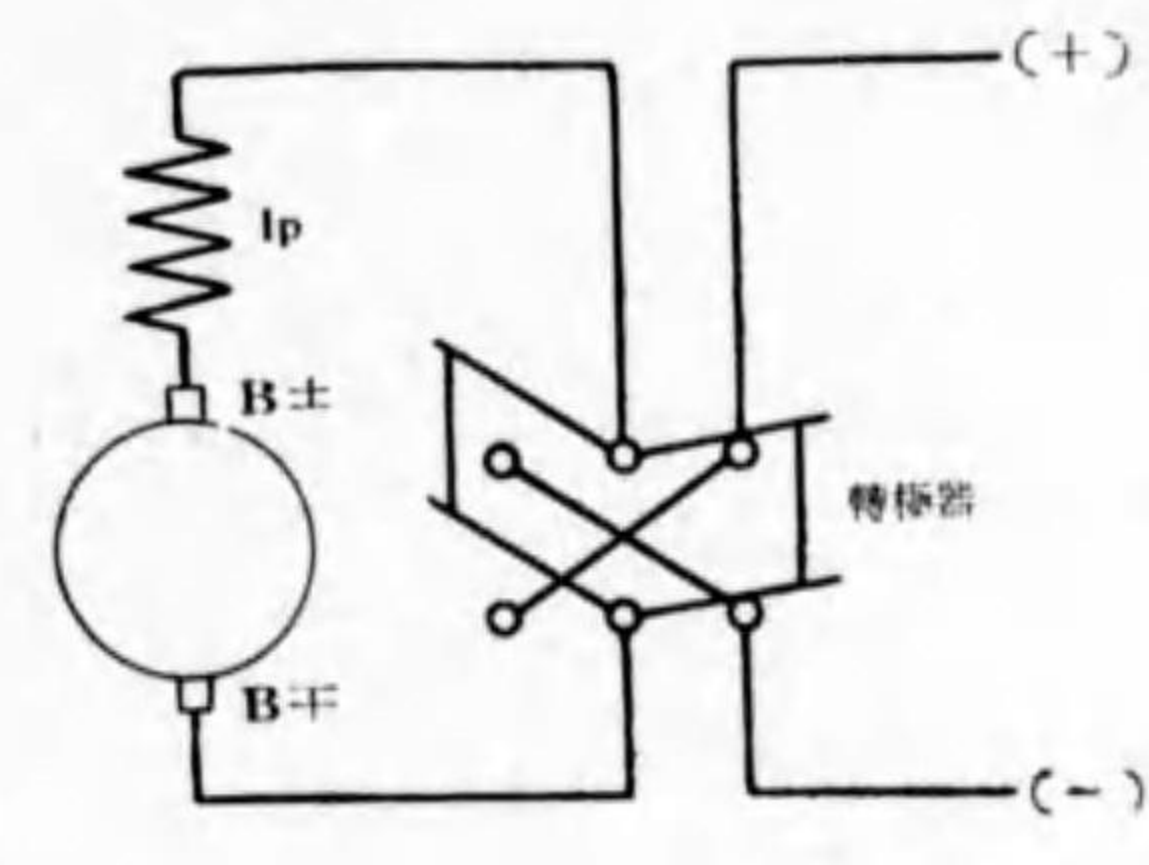
變速度運轉をする車軸発電機は非常に広い範囲の速度變化をなし、而も高速時には車輛から受ける振動衝撃も大きく、磁束密度は極めて稀薄になつて居て電機子反作用の影響も大きいので整流は必ずしも良好ではない。出力 1~2kW 程度の小型機では補極無しでも實用上支障なき程度の整流が得られるが、それ以上の出力のものでは、補極無しでは完全なる整流は保證し難い。

刷子移動式及主回路切換式轉極器附發電機では、主極の方向は回転方向に関係なく一定不變であるから、補極の方向は回転方向と共に反轉し

なければならぬ、然るに刷子移動式轉極器附發電機では刷子自體の極性が回転方向に関係なく一定で外部の電流方向も一定に保たれるから補極の勵磁を行ふ事が出来ない。従つて本方式の發電機には補極を添加する事が出来ない。



第40圖



第41圖

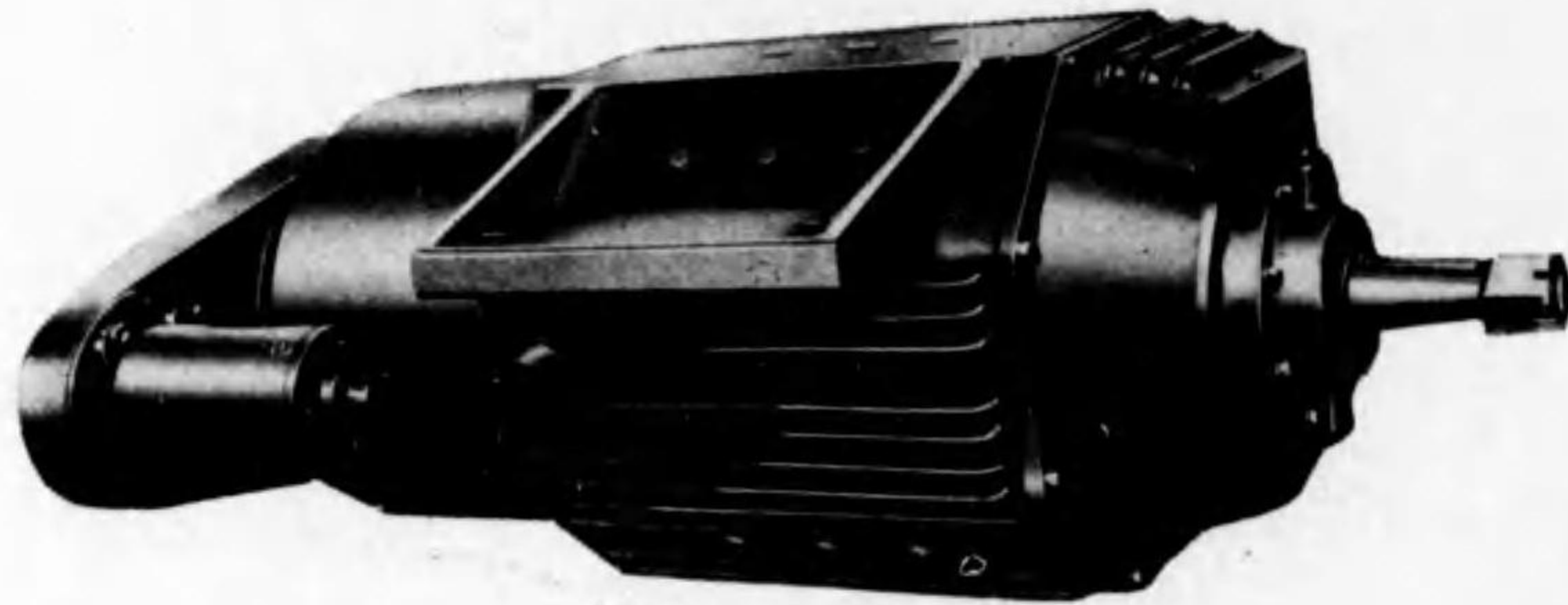
主回路切換式の場合には、刷子と切換開閉器間の電流は、回転方向によつて逆轉するから、此の部分に補極巻線を挿入して適當なる補極勵磁方向が得られる。第40圖及第41圖は補極巻線の挿入位置を示したものである。

界磁切換式轉極器附發電機では回転方向の反轉と共に主極の方向が反轉するから、補極勵磁方向は一定方向でよく、主回路電流で勵磁すればよい。

第八章 分巻勵磁機附發電機

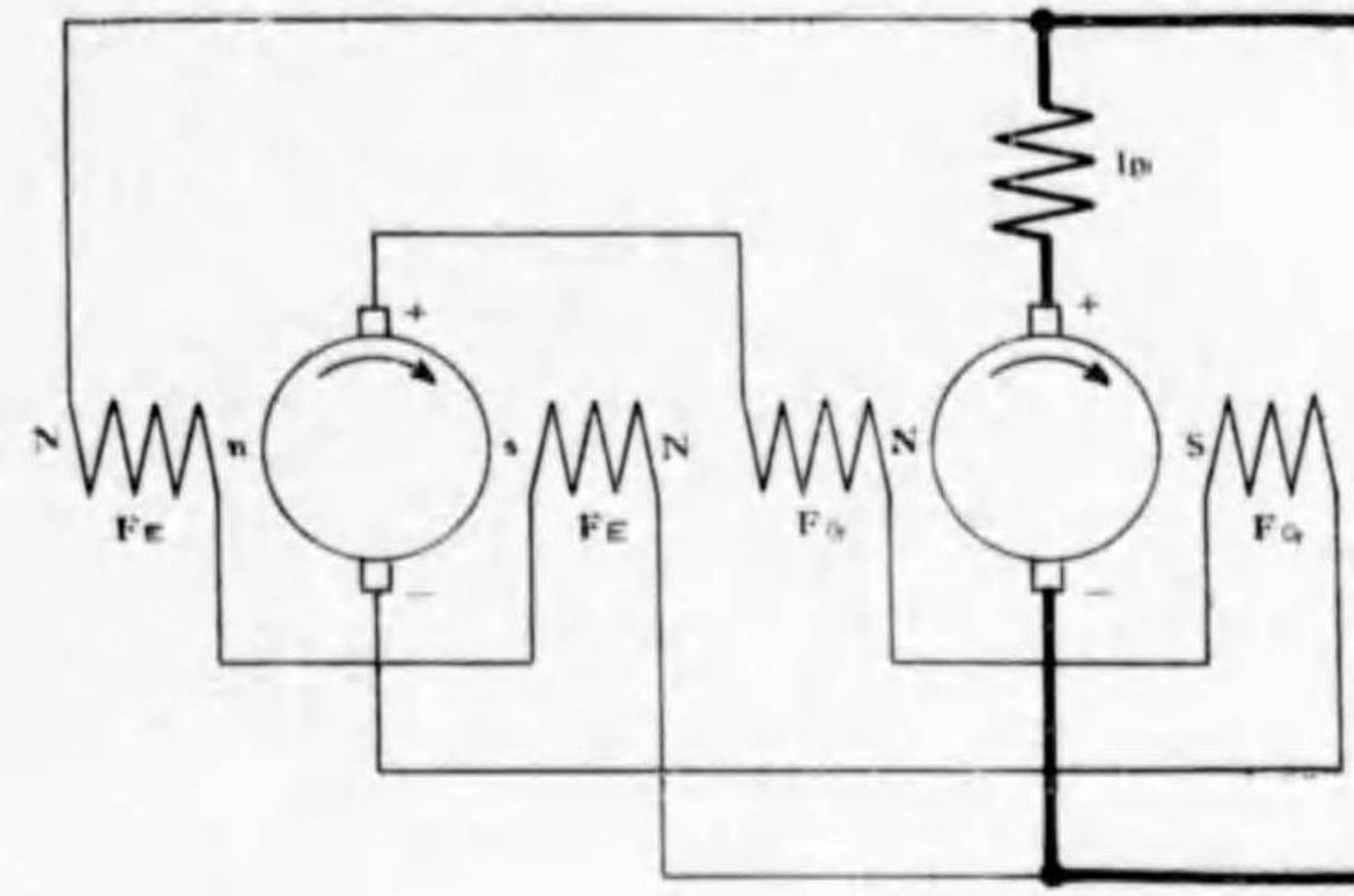
第一節 分巻勵磁機附發電機

分巻勵磁機附發電機は、轉極器を要せずして正逆何れの回轉方向に回轉しても、一定方向に發電する點に於て車軸發電機として興味あるものである。勵磁機は發電機に直結する事もあり、又發電機より齒車又はベルト運轉する事もあるが、孰れの場合でも列車の運行方向が變れば發電機も勵磁機も共にその回轉方向を反轉する。第42圖はベルト運轉の勵磁機附發電機を示したものである。第43圖及び第44圖は夫々右回轉及び左回轉の場合の發電機及び勵磁機の電壓、界磁起磁力、殘留磁氣の方向を

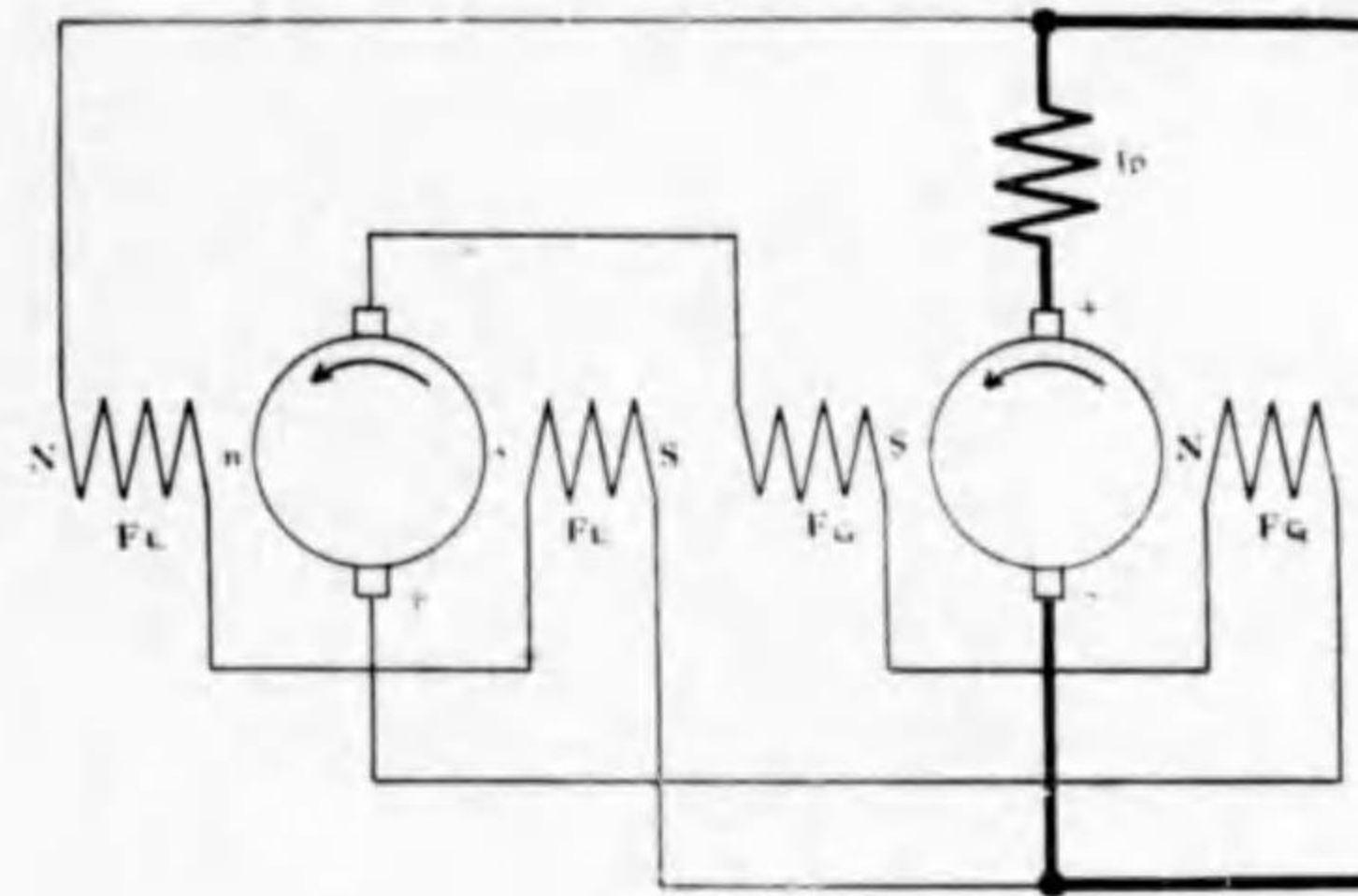


第42圖

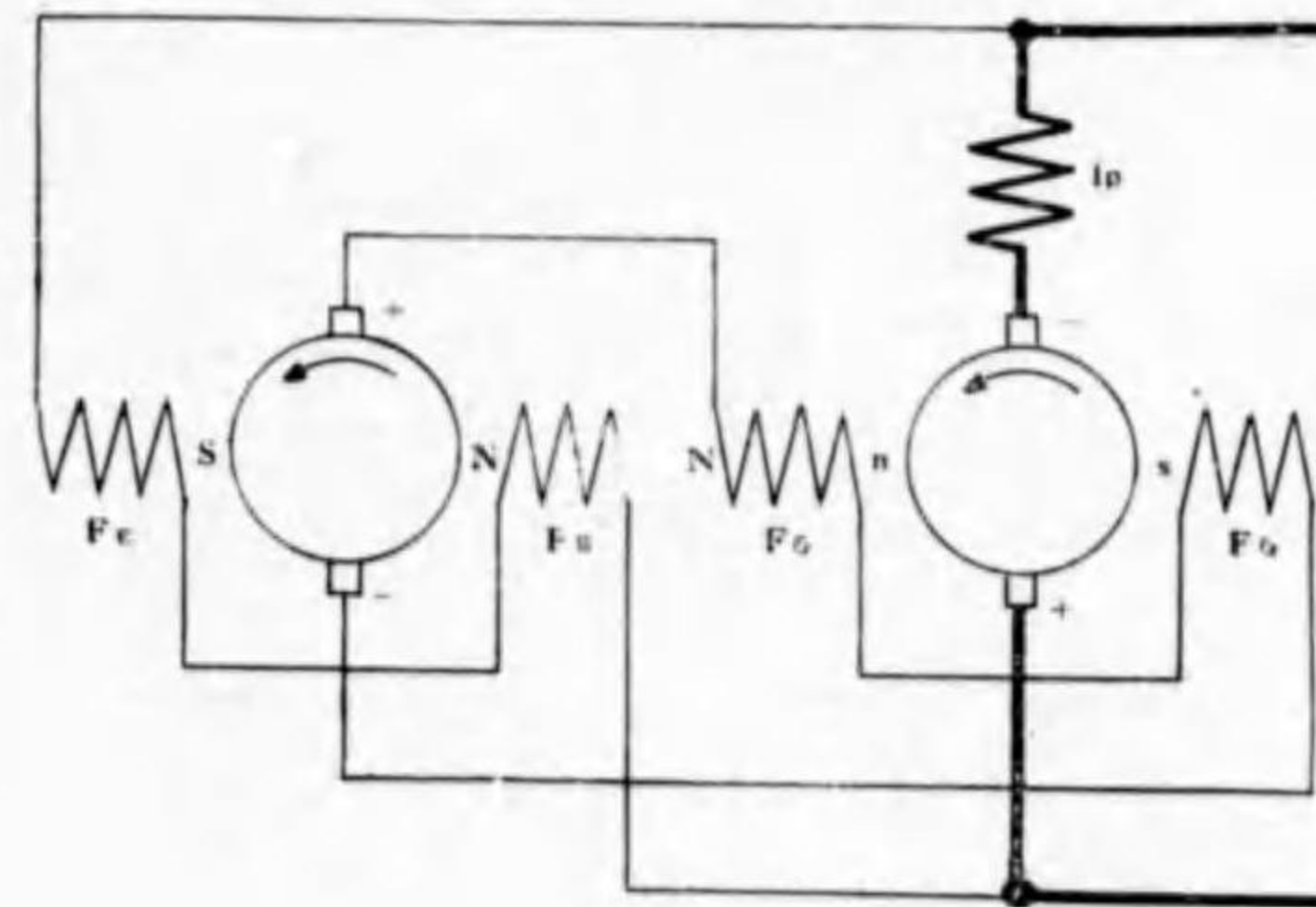
示したものである。分巻勵磁機附發電機では發電機の回轉方向の逆轉と同時に勵磁機の回轉方向も逆轉する。勵磁機の殘留磁氣の方向が一定不變に保たれるとすれば、勵磁機の誘起電壓の方向は逆轉し、發電機分巻



第43圖



第44圖



第45圖

界磁電流の方向も逆轉して、發電機殘留磁氣を打消して、前と反對方向の磁束を生ず、發電機は回轉方向が逆轉し、同時に磁束方向が逆轉するので、逆轉前と同一方向の電壓を誘起する。勵磁機は發電機電壓を以て勵磁されて居り、發電機の電壓方向は一定不變であるから、勵磁機界磁巻線の勵磁方向も前と同一で、殘留磁氣を助長し、回轉數の増加によつて電壓は確立する。

第二節 電壓の逆轉

分巻勵磁機附發電機では勵磁機殘留磁氣が強固で、その方向が一定不變に保たれる間は、發電機電壓方向は、その回轉方向に關係なく一定不變であるが、若し發電機殘留磁氣が強くて、勵磁機の殘留磁氣が打負された場合は、回轉方向が反轉すれば、發電機電壓は前とは反對方向に發電する。第45圖は發電機の殘留磁氣が強固で勵磁機の殘留磁氣に打勝ち發電機の殘留磁氣の方向が第43圖の状態に保持された儘にて、反對方向に回轉した場合の電壓、殘留磁氣、界磁起磁力の方向を示す、發電機端子には回轉方向の反轉によつて第43圖とは反對方向に電壓を誘起する、その結果勵磁機界磁電流は反轉して、その殘留磁氣を打消し前とは反對方向の磁束を生ず、勵磁機電壓方向はその磁束方向が反轉し同時に回轉方向が反轉した爲に前と同一方向となり、従つて發電機界磁電流の方向は第43圖と同一方向となり、發電機殘留磁氣を助長して、回轉數の増加によつて電壓は確立する、而して電壓の方向は逆轉前とは正反對である。この状態は危険この上ない事で、自動開閉器の閉路により發電機電壓と蓄電池電壓が直列となつて、發電機及び蓄電池の低い抵抗で短絡される

から、老なる短絡電流が流れる。故に分巻勵磁機附發電機では勵磁機の殘留磁氣が發電機の夫れに決して負かされない事が肝要である。

第三節 電壓調整

勵磁機附發電機では自動電壓調整器は、勵磁機の界磁抵抗を調整するのが普通であるが、發電機が最高回轉數にて勵磁電流が最も少くてよい時に、勵磁機も最高回轉で、自動電壓調整器が作用して界磁抵抗値が最大となり、勵磁機界磁電流が零近くになつても、勵磁機殘留磁氣による電壓のみで發電機電壓がその定格値をへ越る事がある。かかる場合には發電機界磁回路にも調整抵抗を挿入するか、又は勵磁機に差動勵磁を加へなければならぬ。

第四節 補極

勵磁機附發電機では、回轉方向が逆轉すると同時に主極の力向が逆轉するから、補極の勵磁方向は回轉方向に關係なく一定不變でよく、従つて補極巻線は、發電機主回路電流で勵磁すればよい。勵磁機はその出力電流が小さく、且高速度になる程電流は減少するから、整流は良好で補極の必要がない。

勵磁機附發電機は回轉方向が變つても、一定方向に發電する特質を有して居るから、轉極器が不要であり、自動電壓調整器は勵磁機界磁電流を調整するのであるから、界磁抵抗損失が少い等の特徴を有して居り、15~20kWの大型機に採用される。小型機では發電機と勵磁機とがあまり大きさが違はないものとなつて、全體としての重量形狀が著しく大きくなつて不經濟である。

第九章 ローゼンベルヒ発電機

第一節 總 說

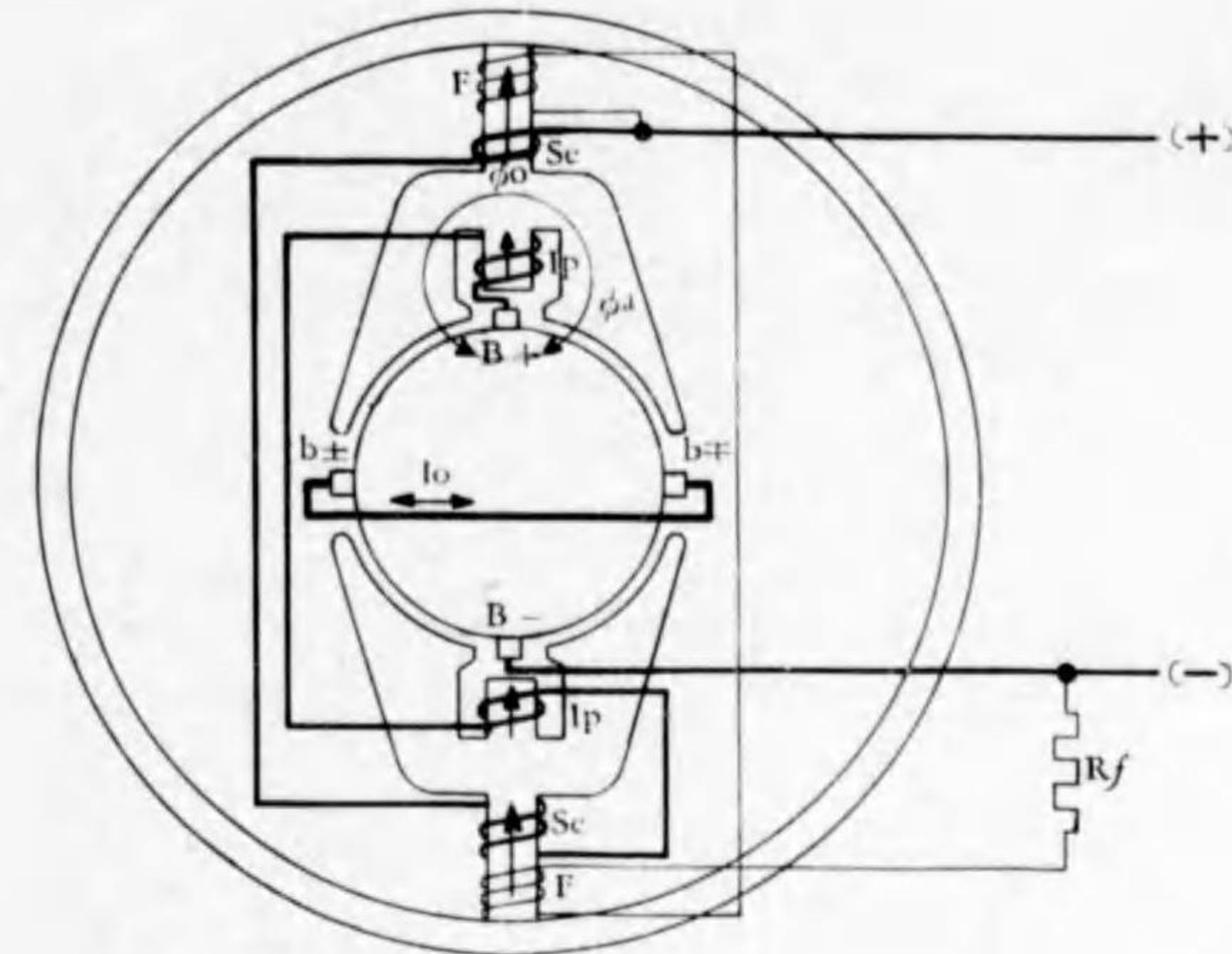
ローゼンベルヒ発電機は、西曆1905年頃ローゼンベルヒ博士によつて發明されたもので、單一発電機で轉極器を要する事無くして、回轉方向に關係なく一定方向に発電し、蓄電池と組合せ使用すれば、變速度にて不變電流特性を有し、而も定電流の値は分巻界磁抵抗の調整によつて、簡単に所要値に調整出来る等幾多の特徴を有し、列車電燈用発電機として廣く賞用されてゐる。

第二節 ローゼンベルヒ発電機の構造

ローゼンベルヒ発電機は、第46圖に示す如く主刷子の他に勵磁用短絡刷子を具へて居る。主刷子は普通の発電機では、刷子を置く可らざる位置、即ち主極の中心にある導體に接續する位置にあり、普通発電機の刷子位置にある刷子は短絡してある。

ローゼンベルヒ発電機は、一般直流発電機に比較して、下記の特異構造を有して居る。

- (1) 磁極の中性點にある導體に接續する刷子は外部で短絡してある。
- (2) 主刷子は磁極中心に位する導體に接續する。
- (3) 磁極片は尠大なる形狀である。
- (4) 磁極鐵心及繼鐵の斷面積は極めて小さい。
- (5) 主電流に對する補極は磁極中心に切込みを設けて其處に置く。



第46圖

記號	B, B	主刷子	I_p	補極卷線
	b, b	短絡刷子	ϕ_0	一次磁束
	F	分巻卷線	I_0	一次電流 (短絡電流)
	R_f	界磁抵抗	ϕ_a	主磁束
	Sc	直巻卷線	I_a	負荷電流

ローゼンベルヒ発電機は單一機械ではあるが、発電機と勵磁機の統合

體と見る事が出来る、即ち発電機と勵磁機的作用を兼ね具へたものである。

勵磁機に相當する部分

- (1) 一次磁束 ϕ_0 は勵磁機磁束である。
- (2) 一次磁束によつて発電する部分、即ち刷子b,b間の導體は勵磁機電機子である。
- (3) 短絡刷子b,bは勵磁機の主刷子である。
- (4) 一次磁束の通路、即ち界磁鐵心及纜織は勵磁機の夫れである。
- (5) 分巻巻線、直巻巻線、及負荷電流による電機子反作用は、勵磁機界磁巻線として作用する。

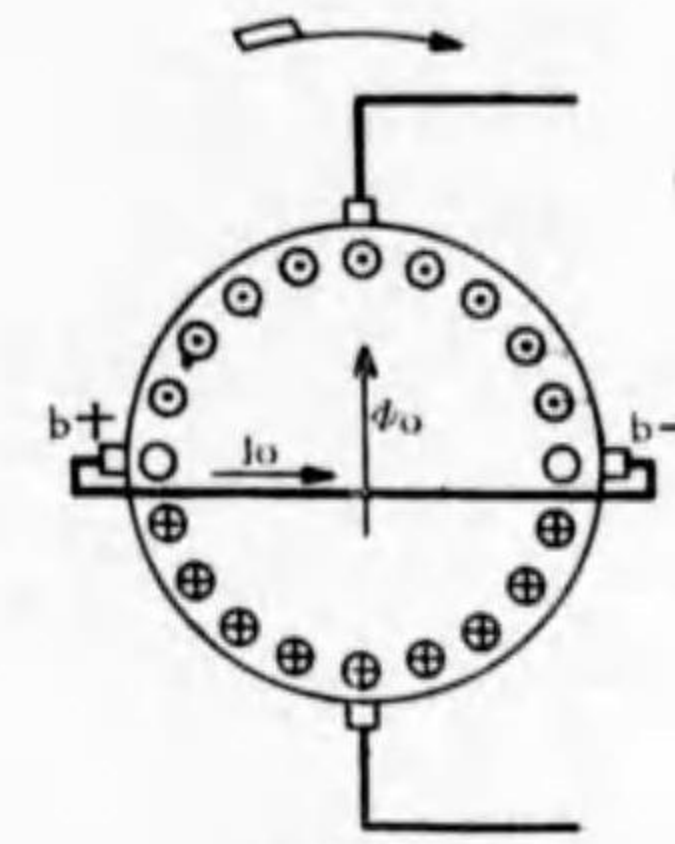
発電機に相當する部分

- (1) 短絡刷子b,b間の電流によつて生じた磁束 ϕ_a は発電機主磁束である。
- (2) ϕ_a の通路即ち磁極片は主磁束の磁極であり纜織である。
- (3) 短絡刷子b,b間の導體は勵磁機電機子導體であると同時に発電機界磁巻線である。
- (4) 主刷子B,B間の導體は、発電機電機子導體であると同時に、勵磁機差動直巻巻線として作用する。

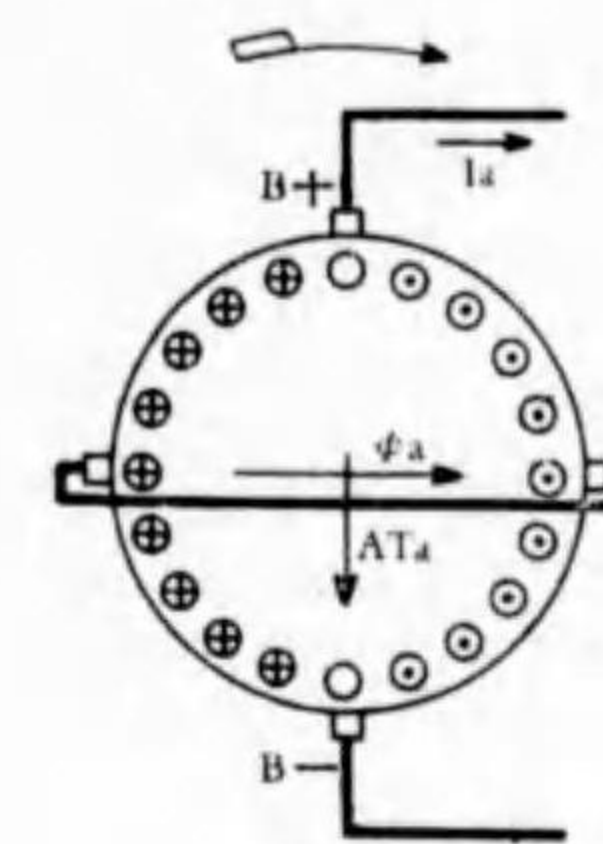
第三節 ローゼンベルヒ発電機的作用

今第47圖及48圖に就て、ローゼンベルヒ発電機的作用を説明せむに、一次磁束 ϕ_0 の中で電機子が右回轉をすれば、左側刷子(+)、右側刷子(-)となる、この電壓は一般直流発電機では、発電機端子電壓とし

て外部に導き出されるのであるが、ローゼンベルヒ発電機では刷子b,bは短絡されて居るから、茲に短絡電流が流れる。一次磁束 ϕ_0 の方向が第47圖に示す如く下より上方に向つて居れば、短絡刷子b,b間の外部短絡線の電流は、同圖矢印にて示した如く、左方の刷子より右方の刷子に向つて流れる。短絡刷子間の電流 I_0 によつて電機子反作用の磁束 ϕ_a を



第47圖



第48圖

生ず。 ϕ_a の方向は第48圖に示す如く、左より右方向に向ふ。 ϕ_a は発電機の主磁束である。 ϕ_a の中で電機子が右回轉すると、主刷子B,B間には第48圖に示す方向に電壓を誘起する。主刷子B,B間の電壓は発電機端子電壓である。主刷子B,B間の電流即ち発電機負荷電流による電機子反作用は第48圖に於て下向きに作用し、一次磁束 ϕ_0 の方向と相反して居る。発電機の回轉方向が逆轉して左回轉になると、第47圖の短絡電流の方向が逆轉し主磁束 ϕ_a の方向も反轉する。回轉方向と磁束方向が同時に反轉した爲に、主刷子B,B間には逆轉前と同一方向に電壓を誘起する。即ちローゼンベルヒ発電機の端子電壓の方向は残留磁氣の方向によつて決り、回轉方向には關係しない。

ローゼンベルヒ発電機が變速度にて、不變電流特性を有するのは、負荷電流による電機子反作用の方向が一次磁束 ϕ_0 を打消す方向となり、差動複巻発電機と類似の作用をするが爲であるが、この點に就て今少し詳しく検討してみよう。

記 號	ATo	一次合成起磁力
	ATr	分巻界磁起磁力
	I _r	“ “ 電流
	W _r	“ “ 巻線巻數
	ATse	直巻界磁起磁力
	ATa	電機子反作用の起磁力
	I _a	負荷電流
	W _a	電機子有効巻數
	W _{sc}	直巻巻線巻數
		(ATfと同方向の時 (+) と約束する)
	N	毎分回轉數
	E _a	主刷子 B.B 間誘起電壓
	k_1, k_2, k_3, k_4	$K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$ 定數

又計算の簡易化の爲に次の諸假定をなす。

- (1) 磁束は起磁力に比例する、即ち磁路の飽和はないものとする。
- (2) 残留磁氣の影響は閉却する。

一次磁束 ϕ_0 は合成一次起磁力 ATo に比例し、合成一次起磁力は、分巻巻線、直巻巻線、及電機子反作用の起磁力の代數和であるから、 ϕ_0 は $\phi_0 = k_1 ATo = k_1 (ATr + ATse + ATa) = k_1 (I_r W_r + I_a W_{sc} - I_a W_a)$

$$= k_1 \{ I_r W_r - I_a (W_a - W_{sc}) \} \dots (11)$$

茲に k_1 は比例常數で空隙の長さ、面積等によつて決る。

短絡刷子 b.b 間の電壓は、一次磁束 ϕ_0 と回轉數の積に比例し、短絡電流 I_0 は短絡刷子回路の抵抗値を一定と假定すれば、短絡刷子間の誘起電壓に比例するから比例常數を k_2 とすれば

$$I_0 = k_2 \phi_0 N = k_1 k_2 \{ I_r W_r - I_a (W_a - W_{sc}) \} N \dots (12)$$

k_2 は電機子導體數、電機子抵抗、短絡刷子抵抗等によつて決る。

發電機主磁束 ϕ_a は假定により、磁路の飽和を無視すれば短絡電流 I_0 に比例するから、比例常數を k_3 とすれば

$$\phi_a = k_3 I_0 = k_1 k_2 k_3 \{ I_r W_r - I_a (W_a - W_{sc}) \} N \dots (13)$$

k_3 は空隙の長さ、面積、短絡刷子 b.b 間の電機子有効巻數、換言すれば電機子導體數等によつて決る。

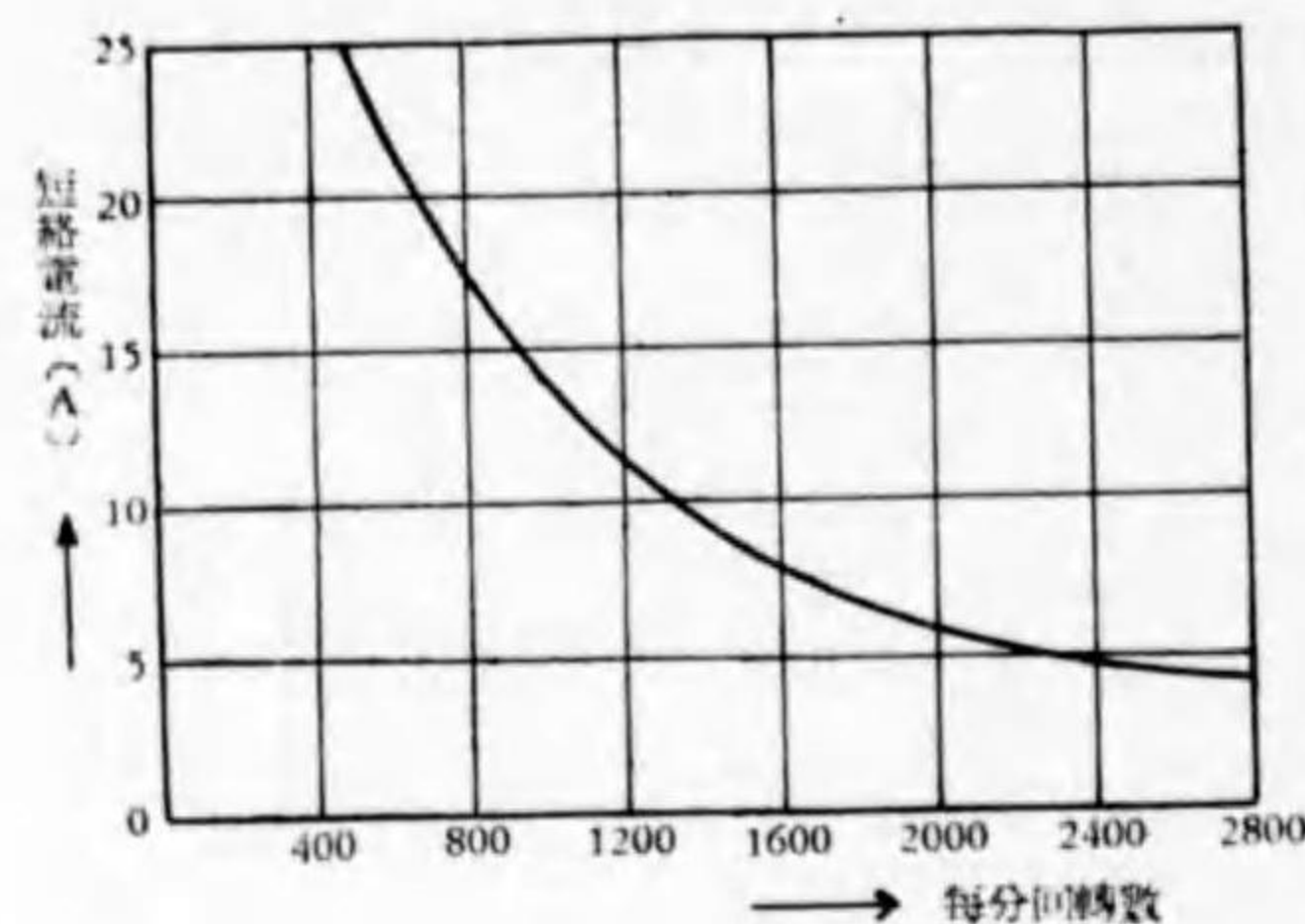
主刷子 B.B 間の電壓即ち發電機誘起電壓は、主磁束 ϕ_a と回轉數の積に比例するから比例常數を k_4 と置けば

$$E_a = k_4 \phi_a N = k_1 k_2 k_3 k_4 \{ I_r W_r - I_a (W_a - W_{sc}) \} N^2 = K \{ I_r W_r - I_a (W_a - W_{sc}) \} N^2 \dots (14)$$

又 $= k_3 k_4 I_0 N$ より

$$I_0 = \frac{E_a}{k_3 k_4 N} \dots (15)$$

(15) 式によれば端子電壓を一定に保てば、短絡刷子間の電流 I_0 は回轉數に逆比例する。回轉數と短絡刷子間の電流を圖示すれば、第49圖の如くなり第38圖と全く同一の形狀となる。第(14)式によれば、主刷子 B.B 間の誘起電壓は回轉數の2乗に比例する。そこで回轉方向が反轉し



第49圖

て-NになつてもB・B間の電壓符號は變らぬ即ち(14)式はローゼンベルヒ發電機が轉極器を要せずして一定方向に發電する事を表して居る。

(14)式よりIaを求めると

$$I_a = \frac{I_f W_f}{W_a - W_{se}} - \frac{E_a}{K (W_a - W_{se}) N^2} \dots (16)$$

$$\text{或は} = \frac{AT_f}{W_a - W_{se}} - \frac{E_a}{K (W_a - W_{se}) N^2} \dots (16')$$

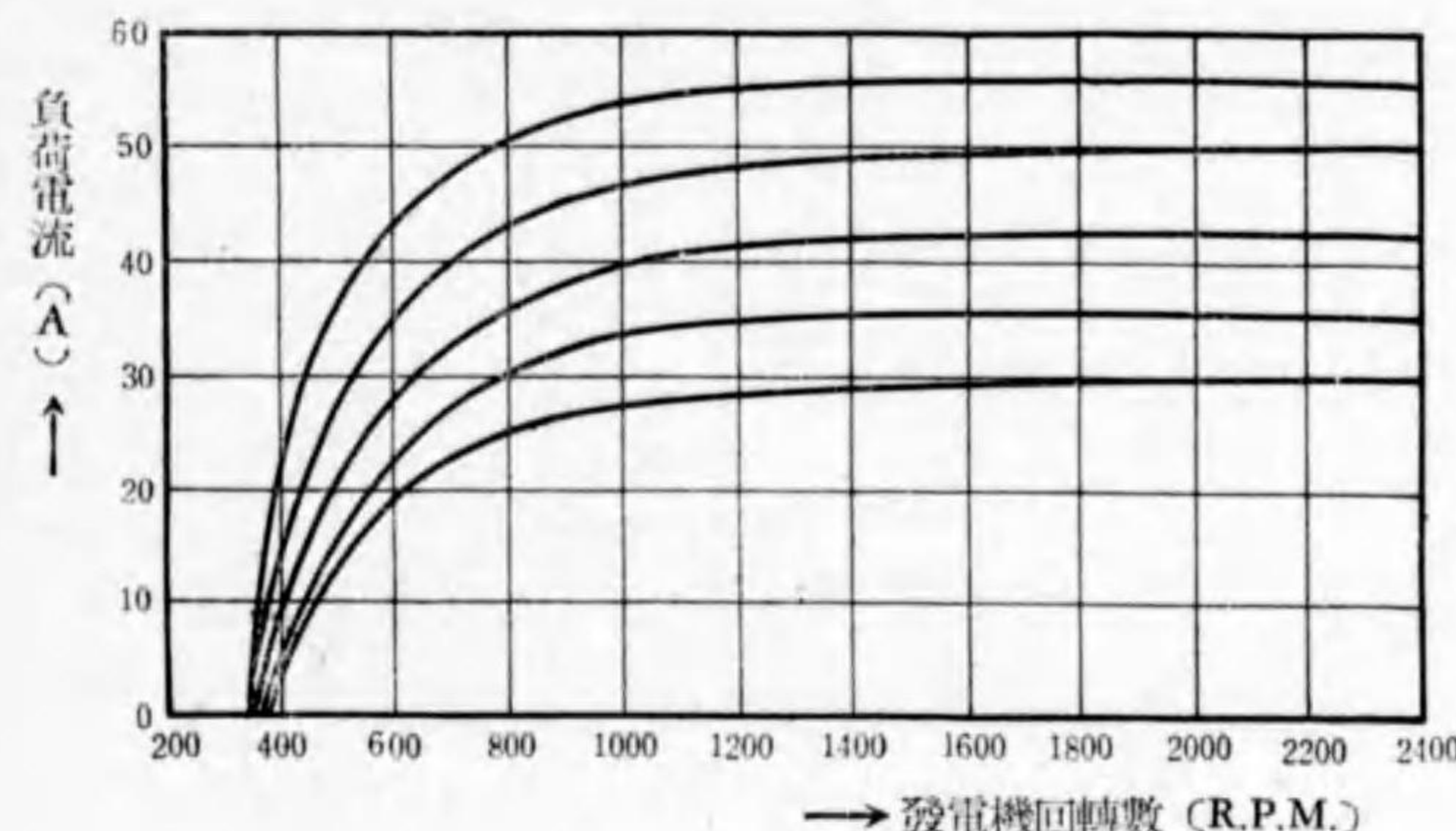
分巻巻線のみの場合には(16)及(16')式にて $W_{se}=0$ と置き

$$I_a = \frac{I_f W_f}{W_a} - \frac{E_a}{K W_a N^2} \text{ 又は } \frac{AT_f}{W_a} - \frac{E_a}{K W_a N^2} \dots (17)$$

(16)、(16')、(17)の第1項は分巻磁電流が不變なる間は一定で、第2項は回轉數Nの2乗に逆比例して減少するから、發電機電流は回轉數の増加と共に $\frac{AT_f}{W_a}$ 又は $\frac{AT_f}{W_a}$ なる値に漸近する。界磁抵抗 R_f を調整して、界磁電流を變化するか或は直巻巻線に分流器を付して、それを調整して、發電機電流を調整する事が出来る。分流器によつて電流調整をする事は、界磁抵抗を調整するよりも遙に困難であるから、電流調整は専ら分巻界磁電流の調整によつて居る。

種々の分巻起磁力に對する發電機電流と回轉數の關係を圖示すれば第

50圖となる。本圖より明なる如くローゼンベルヒ發電機は、回轉數の非常に廣い範圍に於て、不變電流特性を發揮し、而も定電流の値は簡単に調整出来る事が判る。

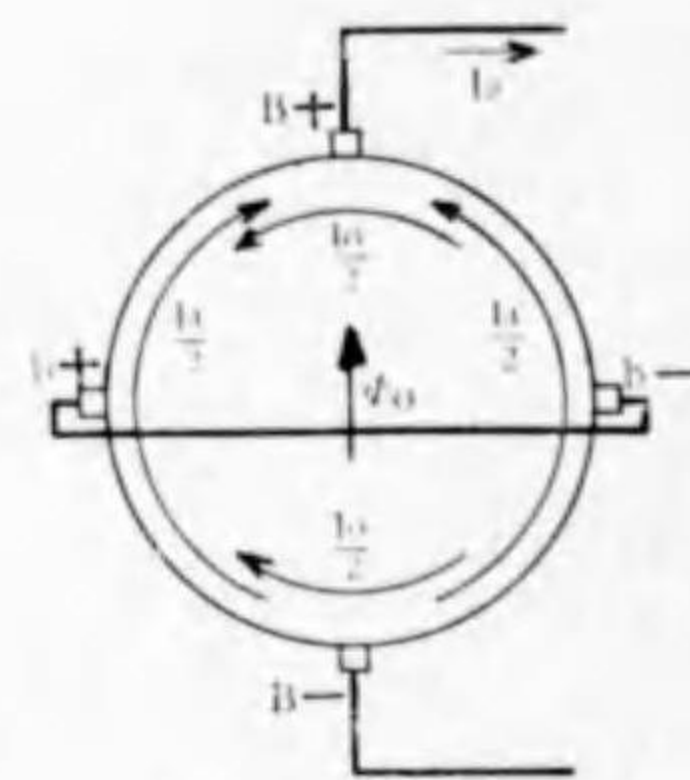


第50圖

直巻巻線の巻回數 W_{se} を電機子反作用の有効巻數 W_a に等しくとれば電機子反作用は直巻巻線によつて完全に補償され、ローゼンベルヒ發電機の本來の特色たる不變電流特性は喪失する。(16)、(16')式にて $W_{se}=W_a$ と置けば I_a の値は不定となる。ローゼンベルヒ發電機は之に接続する蓄電池の状態が良好で、その電壓が一定に保れる間は變速度にて不變電流特性を有するのであるが、若し蓄電池の故障斷線等の場合は、分巻界磁電流が一定に保たれるといふ條件が失はれるから、發電機は不變電流特性を失つて、その電壓、電流は回轉數の増加と共に増大する。

第四節 電機子銅損失

ローゼンベルヒ発電機では、負荷電流の他に短絡刷子の間に電流が流れるから、電機子銅損失が激増して、電機子を過熱するかの如く考へられるのであるが、事實は然らずして、短絡電流による電機子銅損の増加は5~15%である。負荷電流及短絡電流の方向が第51圖の如くであれば



第51圖

$$\begin{aligned}
 B+, b+ \text{ 間の電流} &= \frac{I_a}{2} - \frac{I_o}{2} \\
 B+, b- \text{ 間の電流} &= \frac{I_a}{2} + \frac{I_o}{2} \\
 B-, b+ \text{ 間の電流} &= \frac{I_o}{2} + \frac{I_a}{2} \\
 B-, b- \text{ 間の電流} &= \frac{I_a}{2} - \frac{I_o}{2}
 \end{aligned}$$

となる。

第51圖に於て刷子B+, b-間の抵抗をRとすれば、全銅損失は

$$2\left(\frac{I_a + I_o}{2}\right)^2 R + 2\left(\frac{I_a - I_o}{2}\right)^2 R = (I_a^2 + I_o^2) R \dots\dots\dots (18)$$

但、短絡電流Ioは発電機最低回轉數に於ても、負荷電流Iaの40%程度に設計するのが普通であるから(a)式にIo=0.4Iaなる關係を代入すれば

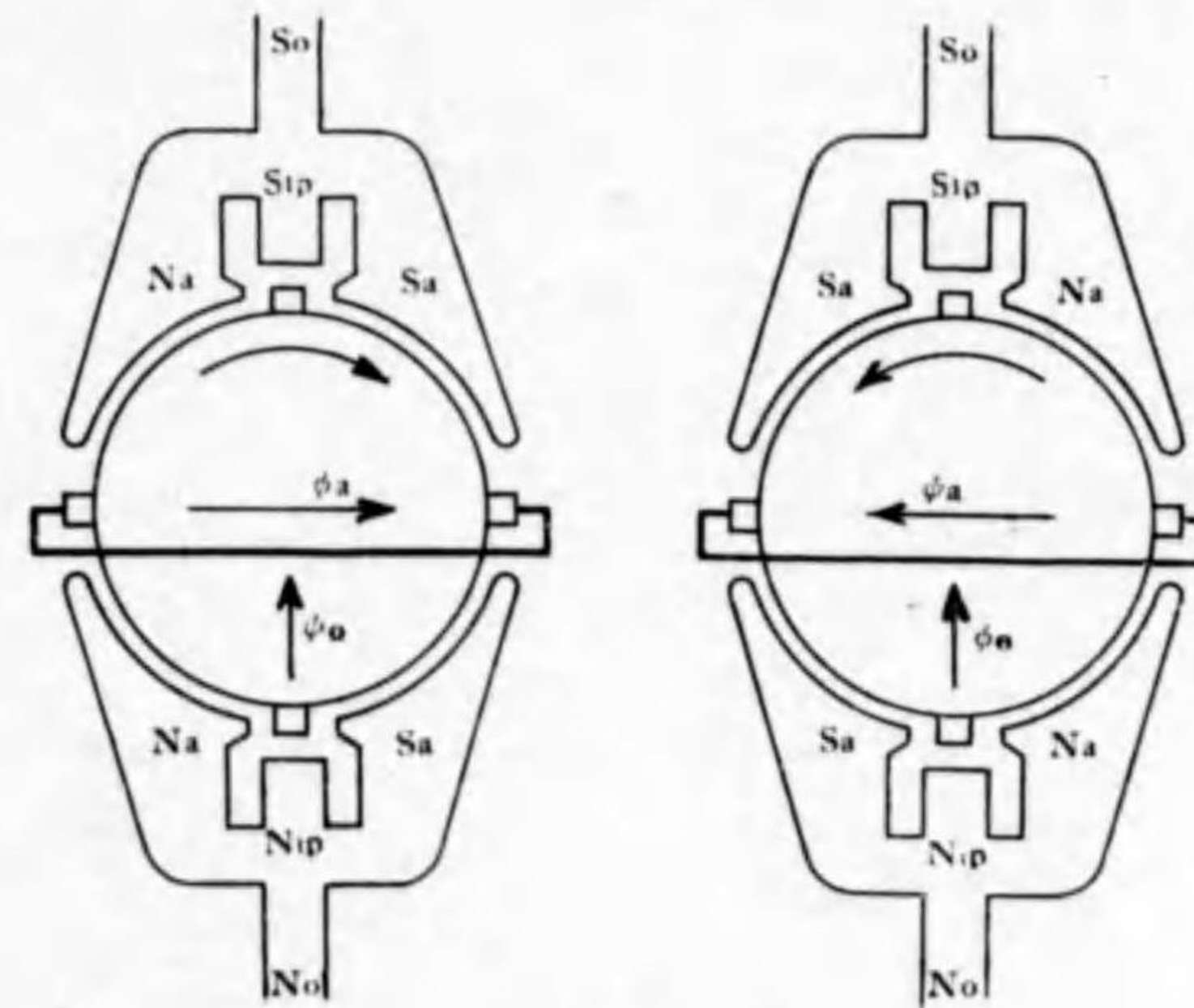
$$\text{全銅損失} = [I_a^2 + (0.4I_a)^2] R = 1.16I_a^2 R$$

負荷電流Iaのみによる銅損失はIa²Rであるから短絡電流による電機子銅損失の増加は16%である事が判る。第49圖に示す如く短絡電流は回轉數に逆比例して減少するから、平均回轉速度を最低回轉速度の二倍とすれば、この回轉數の時はIo=0.2Iaとなり(Ia²+I_o²)R=1.04Ia²Rとなり短

絡電流による銅損の増加は4%に激減する。

第五節 ローゼンベルヒ発電機の補極

列車電燈用ローゼンベルヒ発電機では短絡刷子間の電流は、回轉數の低い時は大きい、回轉數の増加と共に減少するから短絡刷子の整流は回轉數の高い時でも良好で補極を添付する必要を認めない。主刷子間の電流即ち負荷電流は回轉數に關係なく一定不變に保たれるのであるから回轉數の増加と共に整流状態は悪化する故に、補極を添加しなければならない。主刷子に対する補極位置は主磁束φaの中性点で、これは磁極の中心である。補極巻線の強さは普通の発電機では電機子反作用の120~130%が適當とされて居るがローゼンベルヒ発電機では20~30%でよい。



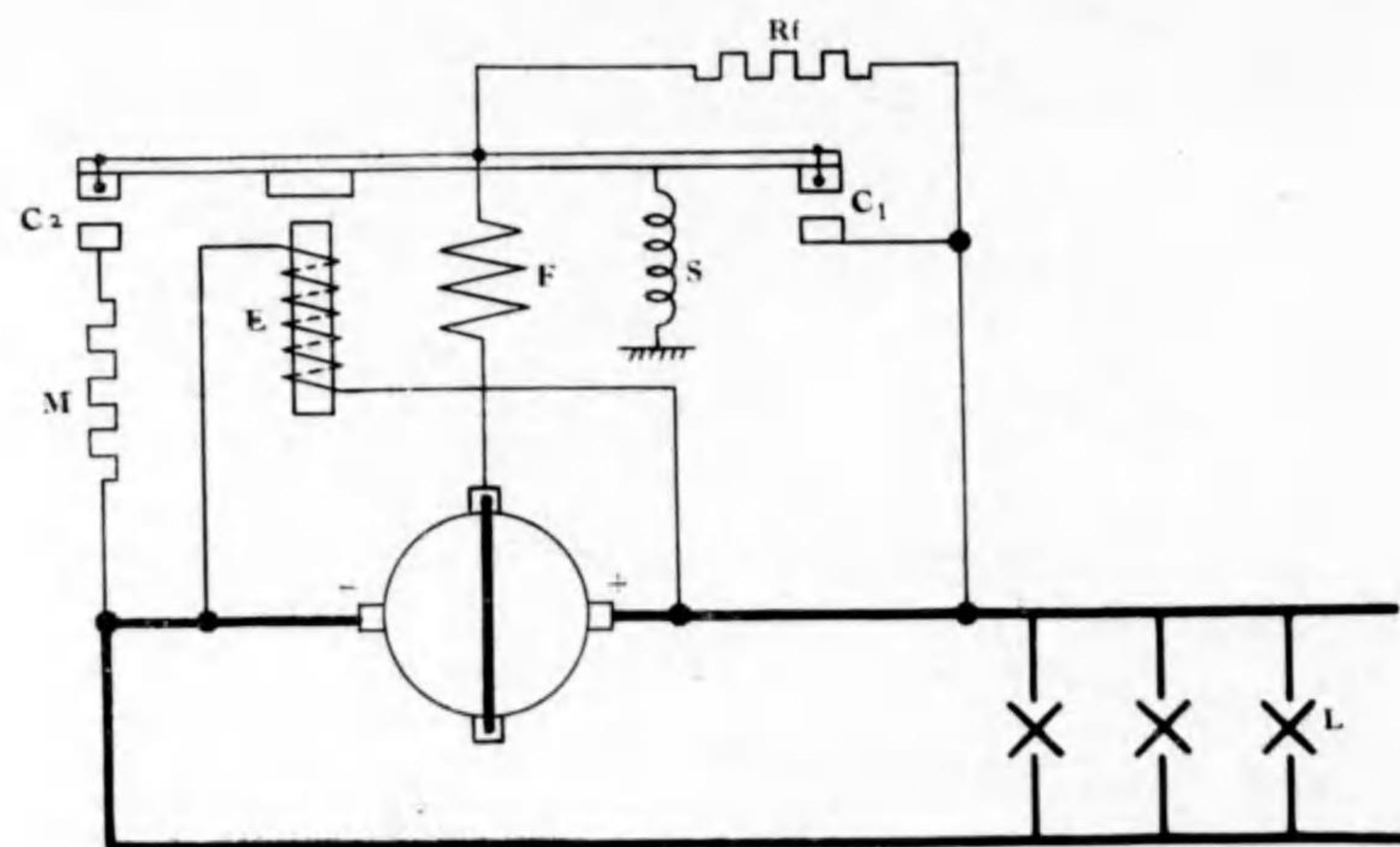
第52圖

自勵式發電機では補極勵磁方向は回轉方向の反轉と同時に反轉しなければならないが、ローゼンベルヒ發電機では回轉方向の反轉と同時に主磁極の方向が反轉するから、補極勵磁方向は第52圖に示す如く回轉方向に關係なく一定でよく、その方向は一次磁束 ϕ_0 の方向と一致する。

第六節 ローゼンベルヒ發電機を 使用せる列車電燈方式

ローゼンベルヒ發電機を使用せる列車電燈方式にはE.V.R式、川崎K、R式、Ganz式、E.S.B式、G.E.Z.式、Mather Platt式等がある。

E.V.R式(佛國)では蓄電池過充電及蓄電池故障斷線時の異常電壓の誘起を防止するために振動形自動電壓調整器を組合せ使用してゐる。第53圖は本方式の作用を示す概略結線圖である。蓄電池が標準状態にあつ

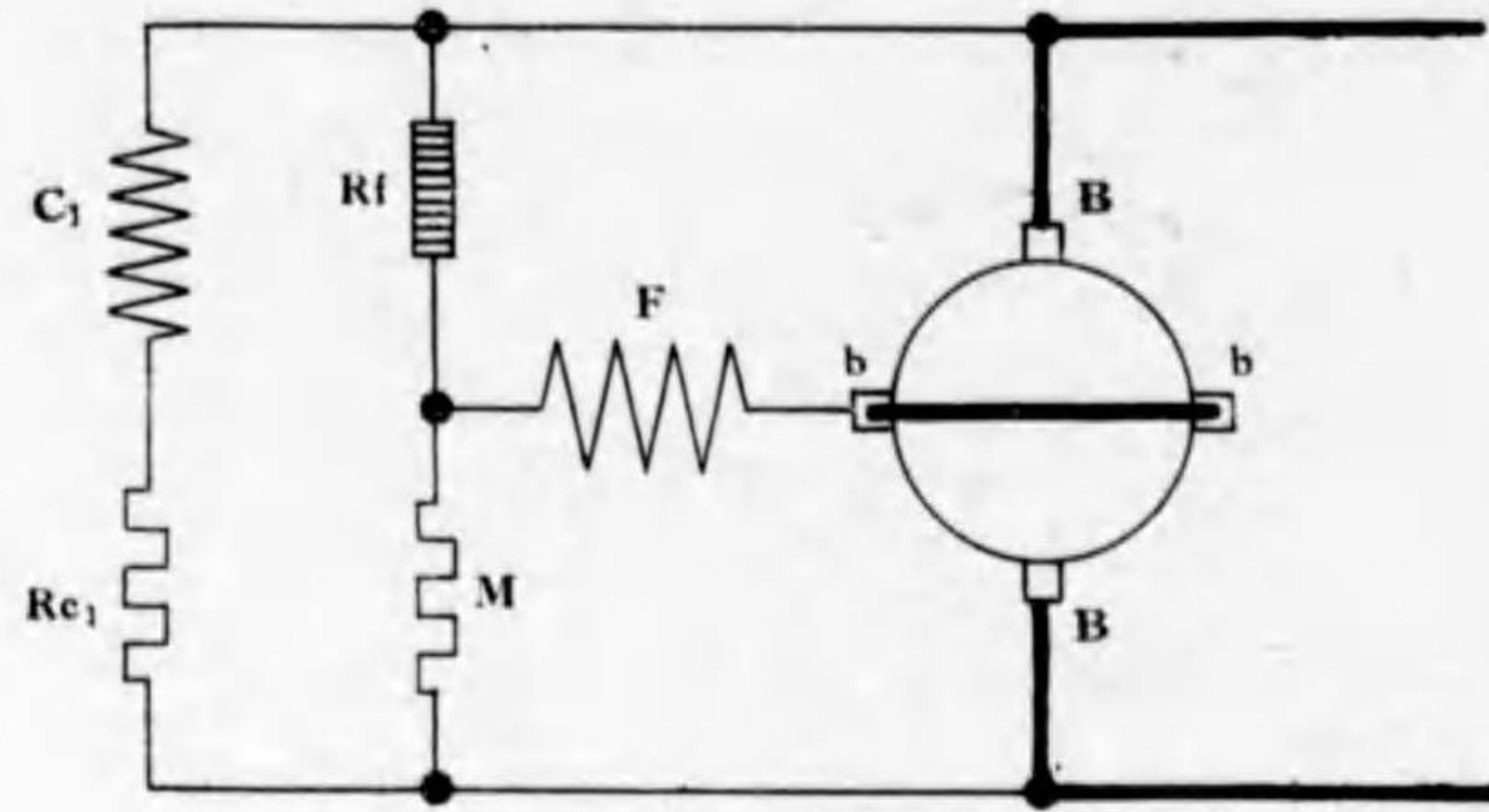


第53圖

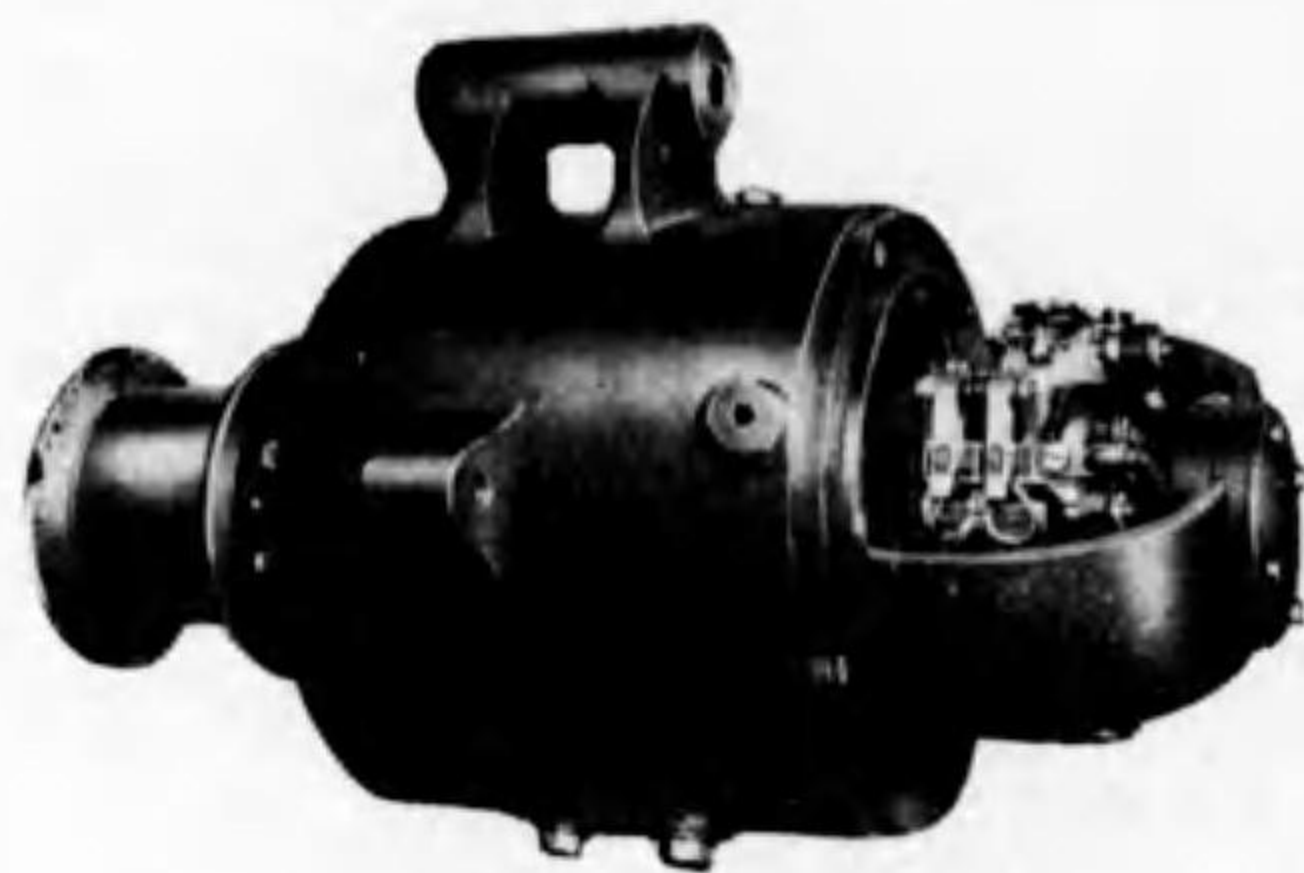
て、發電機電壓が規定範囲にあれば、發條Sは電磁石Eに打勝つて、接点C₁を閉路し界磁巻線Fには發電機電壓が直接給與され、その起磁力は最大で、發電機負荷電流は最大の状態にある。蓄電池の充電が進みその電壓が所定の値を越へると、電磁石Eは發條Sに打勝つて接点C₁を開き、分巻巻線Fに直列抵抗R_fを挿入して、勵磁電流を減ず。分巻界磁電流が減少すれば、發電機負荷電流は減じて、充電々流も減少し、充電々壓降下す。充電々壓が或る限度以下に降下すれば、電磁石Eの力は發條Sに打負されて、再び接点C₁を閉ぢ分巻界磁電流は復元して、充電々流は再び増加し、發電機電壓も高まつて来る。電壓が高まれば電磁石Eが再び作用して、接点C₁を開く、この操作は振動的に繰返され、C₁は振動的に開閉してゐる。蓄電池の充電が進み、C₁が開放の儘でもその電壓が規定値を越へて上昇すれば、接点C₂が閉路して、抵抗Mを挿入し、界磁電流を更に減じて負荷電流を減じ、充電を中止して電壓の上昇を抑制する。抵抗Mの値をR_fに等しくとればC₁開路、C₂閉路の状態では界磁電流は零となり、M<R_fとすれば分巻巻線の電流は逆流し残留磁氣を打消す。

E.V.R.式には自動型自動電壓調整器を使用する方式の他に、C₂は閉路の儘とし、R_fの代りに、後で述べるチック式の自動電壓調整器を使用した方式がある。

川崎KR式は、E.V.R.式のチック式自動電壓調整器の代りに炭素板積層形自動電壓調整器を使用してゐる。第54圖はその接線圖を示したもので、第55圖は發電機外形寫眞、第56圖は、磁極部を示したもので磁極中央には補極が現れてゐる。



第54圖



第55圖

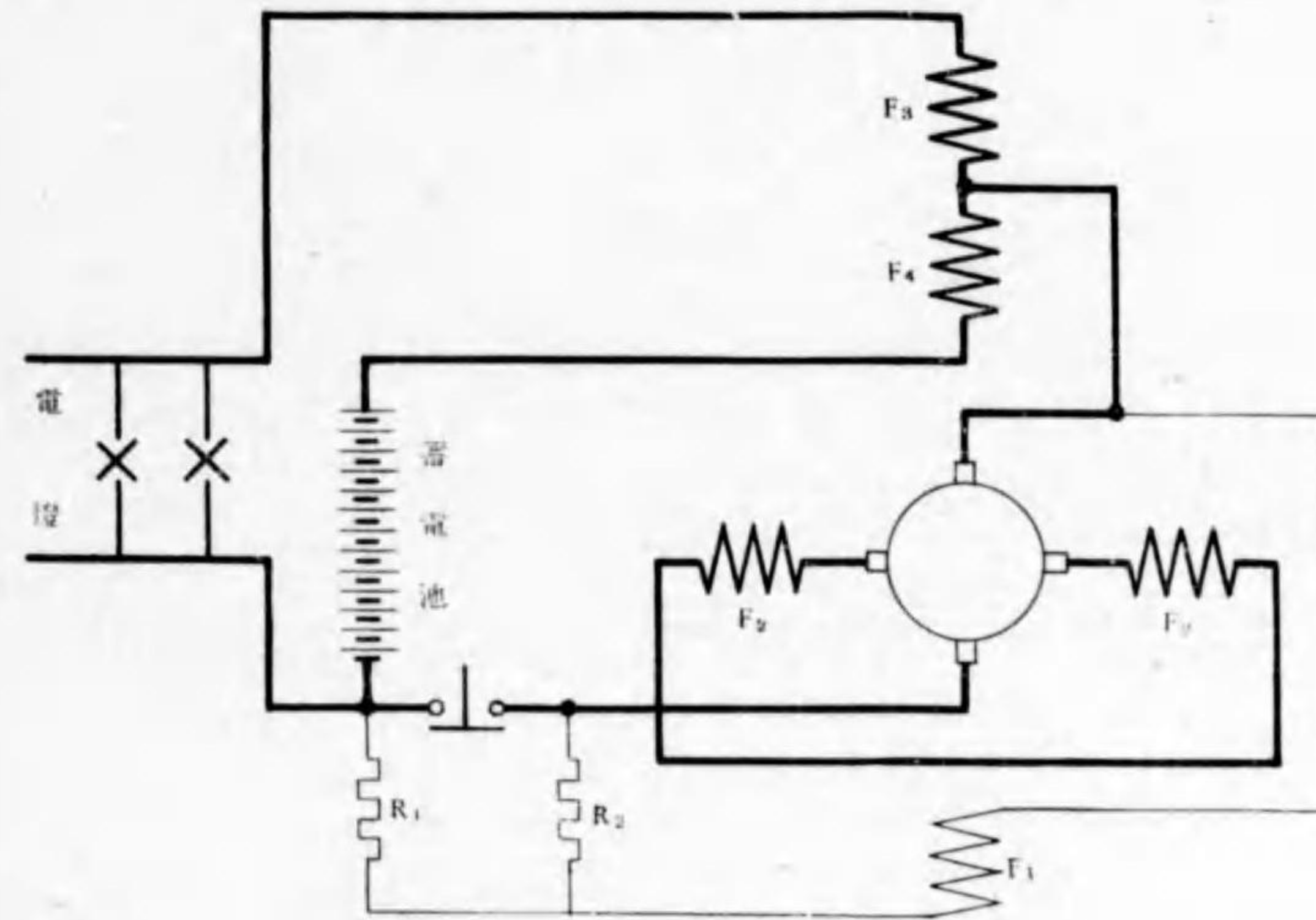


第56圖

炭素板積層形自動電圧調整器の抵抗 R_r は、発電機電圧が低い間は電圧線輪 C_1 の力も弱くて發條で強く壓縮されて、その抵抗値は極めて少く、分巻巻線 F は発電機端子電圧の半分 Bb 間の電圧に近い電圧を受け界磁電流は最大であるが発電機電圧が高まるにつれて C_1 の力は増加し炭素板積層抵抗 R_r の抵抗値は増加し、分巻界磁電流を減じて發電機電圧を抑制する。 R_r が M に等しくなれば分巻電流は零となり、 $R_r > M$ とな

れば分巻電流は却つて逆流する。即ち第54圖の接続によれば、界磁抵抗の小範圍の調整で廣範圍の界磁電流の調整が出来る。

Ganz 式では発電機界磁巻線を、交流発電機及誘導電動機の固定子巻線の如く分布巻としてゐる。界磁巻線は分巻巻線 F_1 、直巻巻線 F_a 、 F_t の他に短絡刷子間にも界磁巻線 F_2 を挿入して短絡電流の減少を計つて居る。第57圖は Ganz 式の概略結線圖を示したものである。



第57圖

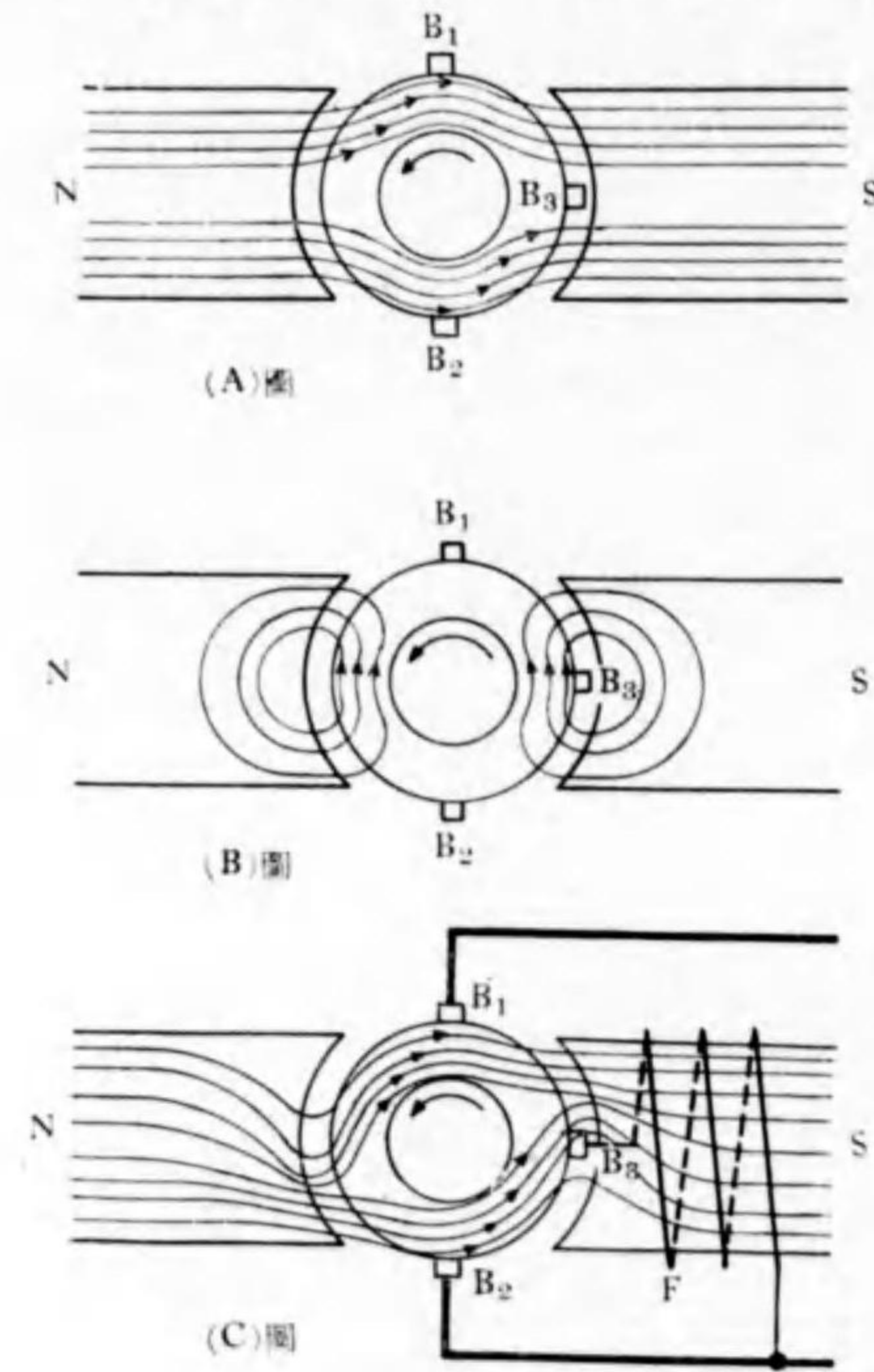
Ganz 式の発電機では磁極の構造上残留磁氣の確保が困難であるから R_1 なる漏洩抵抗を置いて、蓄電池より勵磁を行つてゐる。 R_2 は界磁抵抗器でこれを調整して出力を所要値に調整するに用ひる。

E.S.B 式、G.E.Z. 式、Mather Platt 式に就ては各論に於て述べる事とし茲では説明を省略する。

第十章 三刷子發電機

第一節 三刷子發電機

三刷子發電機はその名の示す如く、主刷子の他に、勵磁用の第三刷子を有する發電機で、蓄電池の如き不變電壓電源に接続運轉すれば、變速度にて不變電流特性を有するものである。



第 58 圖

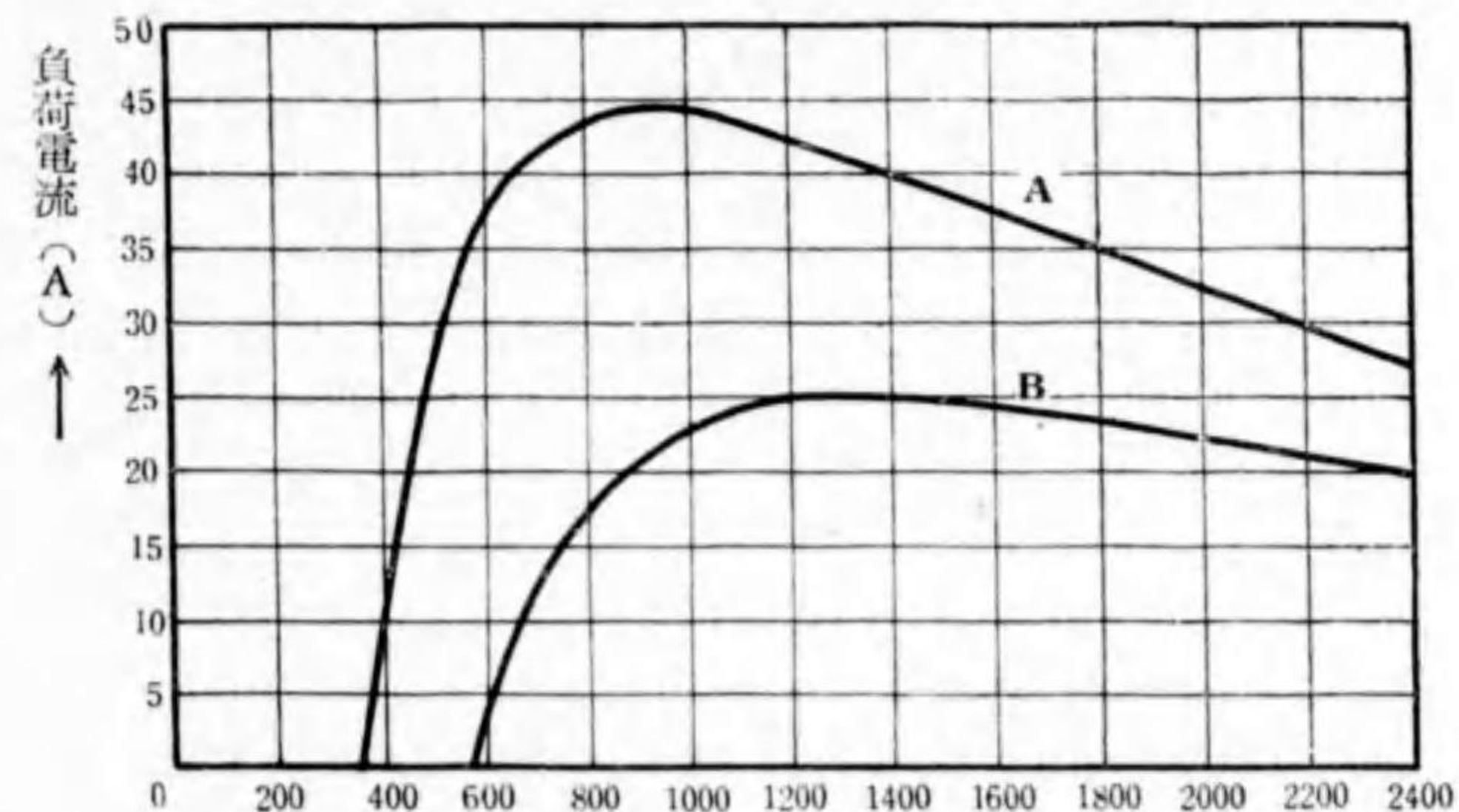
(A)圖と(B)圖を重ね合はすと、(C)圖の分布が得られる。(C)圖は負荷状態に於ける

直流發電機の無負荷磁束分布は、第58圖(A)圖に示す如く空際に沿ふて均一分布をしてゐるが、一度び此れに負荷電流が流れると、電機子反作用のために、磁束分布は歪を生じて變形する。

電機子反作用による磁束分布は、第58圖(B)圖に示す如く、磁極中心では稀薄で、磁極端に至るに従つて濃厚となり、同一磁極で進み側半分と後れ側半分で方向が相反して居る。(A)圖と(B)圖

磁束分布を示したもので、磁極の前端では密集し、後端では稀薄になつて居る。

三刷子發電機に分巻線は、C圖に示す如く磁極の後れ側半分の磁束による電壓によつて勵磁されて居て、發電機無負荷では、界磁巻線には發電機電壓の丁度半分の電壓が給與されて居る。負荷状態では刷子 B_2 、 B_3 間の磁束は刷子 B_1 、 B_3 間の磁束よりも減少する、その程度は負荷電流が増加する程甚しい。そこで刷子 B_2 、 B_3 間の電壓は、發電機電壓及び回轉數を一定に保てば、負荷電流の増加と共に減少し勵磁電流は減少する、即ち電機子反作用は分巻界磁電流に影響して、間接に差動直巻線として作用し、發電機に變速度で不變電流の特性を與へる。第59圖は三刷子發電機の不變電流特性を示したもので、曲線Bは三刷子間の勵磁のみの場合、曲線Aは三刷子による勵磁の他に、發電機端子電壓による勵磁を追加した場合の特性を示す。第59圖によれば、三刷子發電機の負荷電流は、その回轉數が増加すれば却つて減少する。此の特性は一見本發



第 59 圖 → 毎分回轉數 (R.P.M.)

電機の缺點の様に見受けられ、此れを改善し完全なる不変電流特性とするために、非常な努力が拂はれたが、未だに成功したるものを聞かない。然し乍ら此の特性は、列車電燈用發電機としては、却つて興味あるものである。何故ならば地方線等で列車速度も遅く停車回数の多い場合には、蓄電池充電々流は大きい事が望ましいのであるが、かゝる線路では電流値が大きくても、回轉數が低いから整流もよく、發電時間は短くて停車時間が長いから、冷却もよく行はれて温度上昇の懸念もない。快速、急行列車では列車速度が速く、停車回數も少いから、充電々流は少くてよい又かゝる列車では發電機回轉數は多く、發電時間は長くて、停車冷却時分は短いから、整流の點からも、温度上昇の點からも電流値は少いのが望ましい。即ち第59圖に示されたる特性は、缺點と云ふよりは寧ろ特徴としたい。

三刷子發電機は負荷特性の性質上、その速度範圍は2~3倍で、この點から使用上の制限を受ける。

蓄電池と組合せ使用せる、三刷子發電機の速度特性が第59圖に示す如く速度が増加すれば却つてその電流値を減ずるのは、次の理由によるものである。即ち蓄電池の電壓は電流及充電状態の少しの變化範圍では殆んど一定不變に保たれる故に之に接続する發電機の端子電壓は、回轉數に關係なく一定不變で磁束は回轉數に反比例して減少する。若し負荷電流が全回轉範圍を通じて一定不變とすれば、電機子反作用も一變不變であるから、或る回轉數に於ては、電機子反作用が主磁束よりも大きくなつて、刷子 B_2, B_3 間の磁束は逆轉し電壓も逆轉するわけである。 B_2, B_3 間の電壓が零を通り越して逆轉する事は、發電機主磁束の方向が逆

轉する事で、かゝる事はあり得べからざる事であるから、結局負荷電流が適當に減少して、 B_2, B_3 間の電壓が丁度主磁束を生ずるに必要な値になつて、平衡を保つ。

第二節 三刷子發電機の不変電流特性

次に三刷子發電機の不変電流特性に就て、今少し詳しい検討を加へて見よう。

記號	E	誘起電壓
	ϕ_u	有効磁束
	ϕ_c	B_2, B_3 間の磁束
	ϕ_a	電機子反作用の磁束
	N	回轉數
	N_0	規定電壓を誘起する無負荷回轉數
	I_a	負荷電流
	$k_1, k_2, K, K_1, K_2, K_3$	常數

一般に發電機電壓は、回轉數と磁束の相乗積に比例する。

$$(1) \text{ 式より } E = k_1 N \phi_u \quad \therefore \phi_u = \frac{E}{k_1 N} \dots (19)$$

蓄電池充電々壓、及發電機負荷電流一定従つて電機子電壓降下、回路電壓降下一定とすれば發電機誘起電壓も一定であるから $\frac{E}{k_1} = K_1$ と置け

ば

$$\phi_u = \frac{K_1}{N} \dots \dots \dots (19')$$

で(19')式は變速度にて不變電壓を誘起するためには、磁束は回轉數に反比例して減少する事を示す。

三刷子發電機の勵磁用第三刷子は、磁極の中心にあるが故に、無負荷に於ては、刷子 B_2, B_3 間の磁束は發電機主磁束の半分である。第60圖曲線Iは無負荷磁束の半分を示したもので、電機子反作用を受ける以前の刷子 B_2, B_3 間の磁束を示す。磁路の飽和を無視すれば、主磁束 ϕ_s は分巻巻線の起磁力に比例し、これは刷子 B_2, B_3 間の電壓に比例する。 B_2, B_3 間の誘起電壓は B_2, B_3 間の磁束 ϕ と回轉數 N の相乗積に比例する即ち

$$\phi_a = k_2 \phi_e N \dots\dots\dots (20)$$

$$(19) (20) \text{より } \phi_a = \frac{E}{k_1 N} = k_2 \phi_e N$$

$$\therefore \phi_e = \frac{E}{k_1 k_2 N^2} \dots\dots\dots (21)$$

$$\frac{E}{k_1 k_2} = K_2 \text{ と置けば}$$

$$\phi_e = \frac{K_2}{N^2} \dots\dots\dots (22)$$

即ち刷子 B_2, B_3 間の磁束 ϕ_e は、發電機端子電壓一定なる條件に於ては回轉數の自乗に逆比例する。第60圖曲線IIは ϕ_e と回轉數の關係を示したものである。扱曲線Iは無負荷時の B_2, B_3 間の磁束で、曲線IIは刷子 B_2, B_3 間に必要なる磁束を示したものであるから、曲線IとIIの交點は、無負荷にて所定の電壓を誘起する回轉數を與へる。この回轉數を N_0 を以て表す。

曲線IとIIとの間に挟まれる面積は、電機子反作用によつて生ずべき磁束を與へる。故に ϕ_a は次式によつて與へられる。

$$\phi_a = \frac{K_1}{N} - \frac{K_2}{N^2} \dots\dots\dots (23)$$

曲線IとIIの交點 N_0 では $\phi_a=0$ であるから

$$\phi_a = \frac{K_1}{N_0} - \frac{K_2}{N_0^2} = 0 \quad \therefore \frac{K_1}{N_0} = \frac{K_2}{N_0^2} \dots\dots\dots (24)$$

(23) (24) 兩式より

$$\frac{\phi_a}{\frac{K_1}{N_0}} = \frac{1}{\frac{N}{N_0}} - \frac{1}{\left(\frac{N}{N_0}\right)^2} \dots\dots\dots (25)$$

電機子反作用の磁束 ϕ_a は電機子電流に比例するから

$$\phi_a = K_3 I_a \text{ と置く事が出来る、これを(25)式に代入し}$$

$$\frac{K_3 I_a}{\frac{K_1}{N_0}} = \frac{1}{\left(\frac{N}{N_0}\right)} - \frac{1}{\left(\frac{N}{N_0}\right)^2} \dots\dots\dots (26)$$

$\frac{N}{N_0} = n$ 即ち無負荷にて規定電壓を誘起する回轉數を單位として回轉

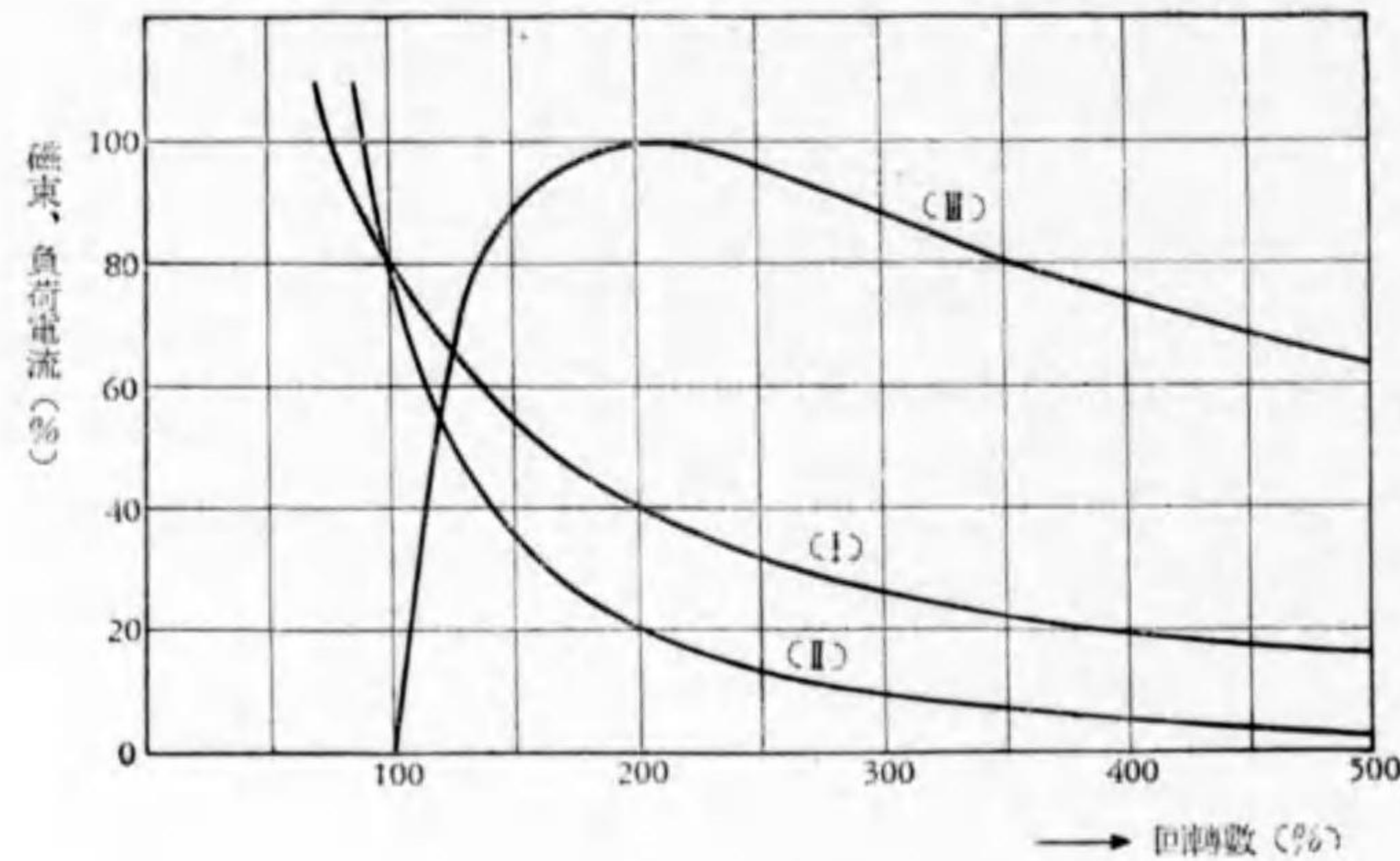
數を表し $\frac{K_3}{K_1} = \frac{1}{K}$ と置けば(26)式は次の如く簡單になる。

$$I_a = K \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{K(n-1)}{n^2} \dots\dots\dots (27)$$

(27)式に於て n に種々なる値を與へると第一表が得られる。

n	1	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$\frac{n-1}{n^2}$	0.16	0.16	0.22	0.25	0.24	0.22	0.204	0.187
I_a	0	0.16K	0.22K	0.25K	0.24K	0.22K	0.204K	0.187K
$\frac{I_a \times 100\%}{I_{a \max}}$	0	64	89	100	96	86	81	75

第一表



第60圖

發電機負荷電流の最大は0.25Kで與へられn=2即ち無負荷にて規定電壓を發生する回轉數の2倍の回轉數の時に起る。 $\frac{I_a}{I_{amax}} \times 100\%$ を圖示すれば第60圖曲線IIIの如くなる。

第60圖曲線IIIと第59圖曲線Bの形が非常に近似してゐる事を見られよ。

第三節 轉極器

三刷子發電機は勵磁用の第三刷子を有する他は、分巻發電機と全く同じで、轉極器も分巻發電機の夫れと全く同じでよい。分巻巻線の一端は(+)或は(-)の孰れか一方の端子に接続してあり、分巻界磁起磁力の方向は、回轉方向には關係なく一定に保たれるのであるから、第三刷子の位置は回轉方向が變つても變へる必要がない。

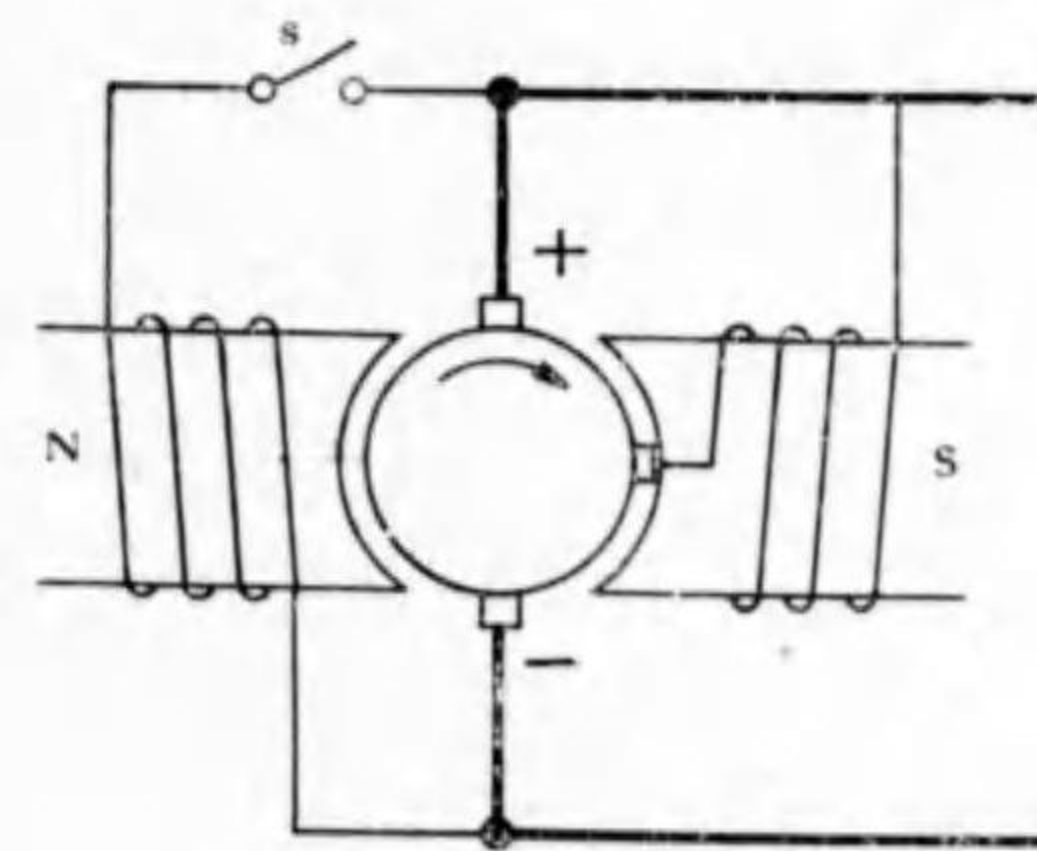
第三刷子は勵磁電流を導く丈であるから、その大きさは電流容量によつては決らず、機械的強度から決るのであるから、その幅は著しく薄い

ものでもよい。第三刷子は磁極の中心にある導體に接続し、電壓を誘起してゐる線輪を短絡するのであるから、如何にその幅が薄くても、多少の火花の發生は避け難い故に磁極の中心に切込を設けて、第三刷子にて短絡する導體に誘起する電壓を輕減するのがよい。第三刷子の位置が、磁極の電氣的中心より少しく偏位して居つても、左、右回轉で著しく出力電流が相違するものであるから、第三刷子は主刷子とは別の刷子進退器に取付けて、左右に動かし電氣的中心點に調整固定しなければならない。

三刷子發電機の出力電流は、回轉數が増加すれば却つて減少する性質を有し、整流に對しては恵まれたる條件にはあるが補極を添加すれば尙完全である。第三刷子の電流はその値は少く、回轉數の増加と共に逆比例して減少するから補極を設ける必要はない。然し上述の通り電壓を誘起してゐる導體を短絡するのであるから注意を要する。

第四節 三刷子發電機を使用せる列車電燈方式

三刷子發電機を使用せる列車電燈方式には、Stone式、Rotax Leitner



第61圖

式等がある。何れの方式でも、電流特性を改善するために、第三刷子による勵磁の他に端子電壓による勵磁を加へ、尙界磁抵抗を調整して出力電流を調整する等の方策を講じて居る。

Rotax Leitner 式では第61圖

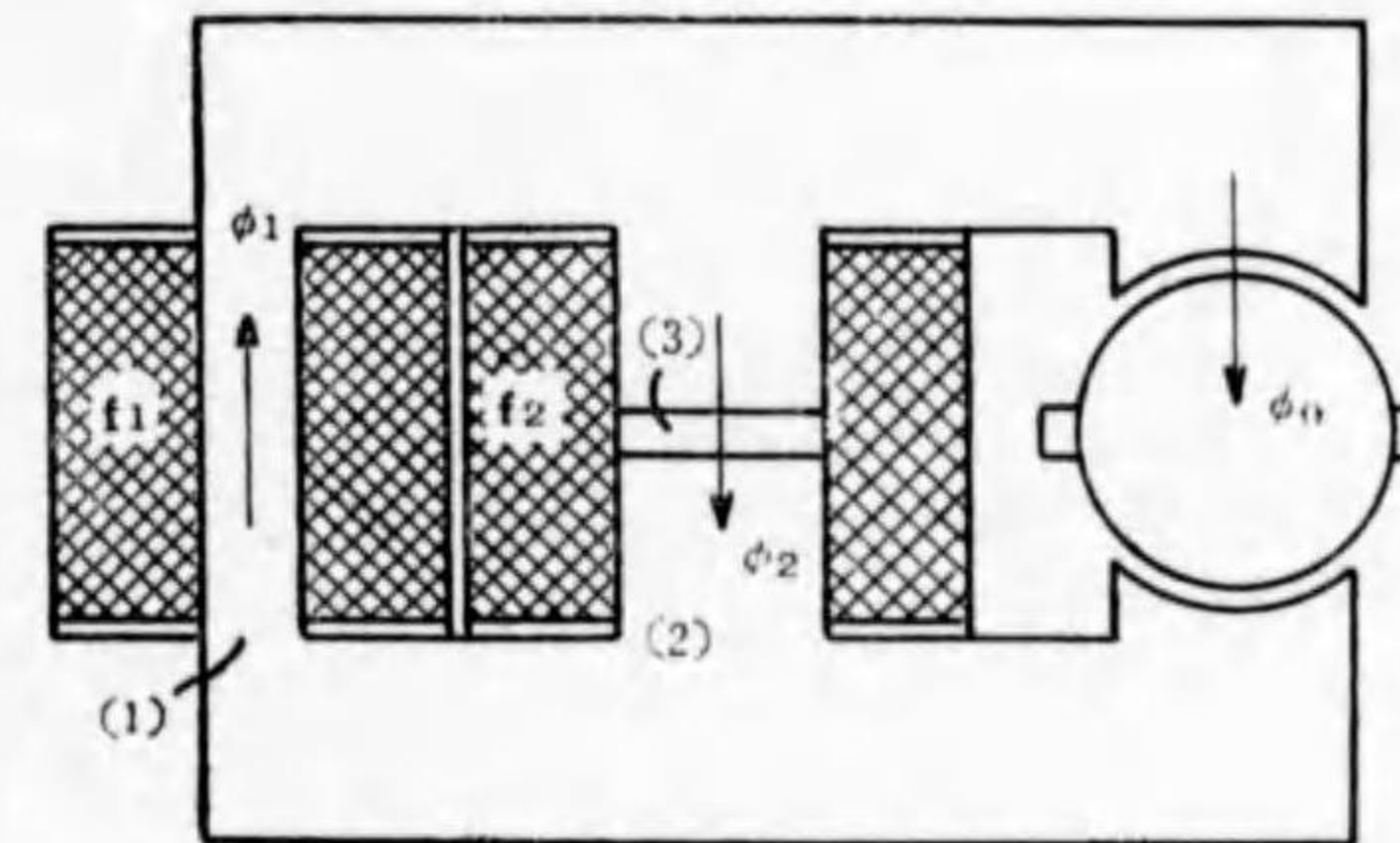
に示す如く、第三刷子による勵磁の他に發電機端子電壓による勵磁を加へて居る。開閉器 S は電燈開閉器に聯動して、電燈點火中のみ閉路し、發電機端子電壓による勵磁を加へ、發電機出力電流を増して定電流に近い充電特性を與へて居る。電燈點火中には發電機主磁束は第三刷子による勵磁の他に、發電機端子電壓による勵磁によつても生ずるのであるから、第三刷子による勵磁の大きさは、發電機電壓による勵磁の大きさ丈減少しなければならない。負荷電流による電壓降下の變化を閉却すれば第60圖曲線 I は發電機電壓が不變である限り不變であるから、第三刷子による勵磁が減少するためには、電機子反作用換言すれば、發電機負荷電流が増加して、刷子 B_2, B_3 間の磁束が減少しなければならぬ。發電機端子電壓が一定不變である限り、端子電壓による勵磁の大きさも一定で、これは回轉數の大小には關係しない。そこで端子電壓による勵磁を加へたために減少すべき第三刷子による勵磁の大きさ延いては B_2, B_3 間の誘起電壓の減少量は回轉數に關係なく一定で、 B_2, B_3 間の磁束の減少量換言すれば電機子反作用の増加量は回轉數に逆比例する。故に發電機電壓による勵磁を加へた爲に、増加する發電機出力電流は回轉數の小さい時は大きく、回轉數が大きい時は回轉數に逆比例して減少する事となり、不變電流特性は劣化する。

第59圖曲線 B は發電機端子電壓による勵磁を加へた場合の特性曲線で之を同圖曲線 A に比較すれば不變電流特性に乏しい事が一見して判る。

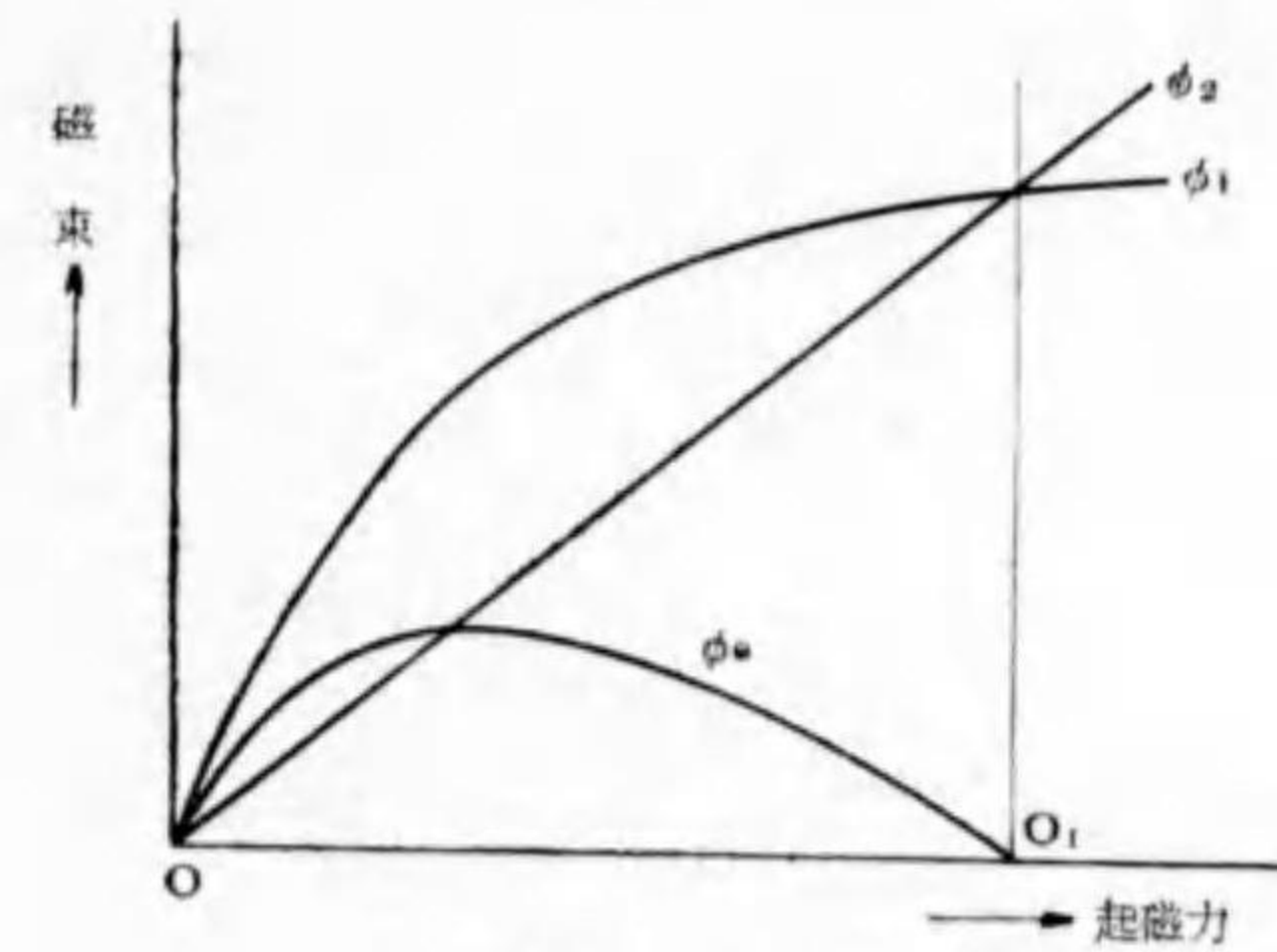
第十一章 變速度、不變電壓發電機

第一節 Entz 式發電機

Entz 式發電機は特殊形勵磁機附の發電機で、變速度不變電壓特性を



第 62 圖



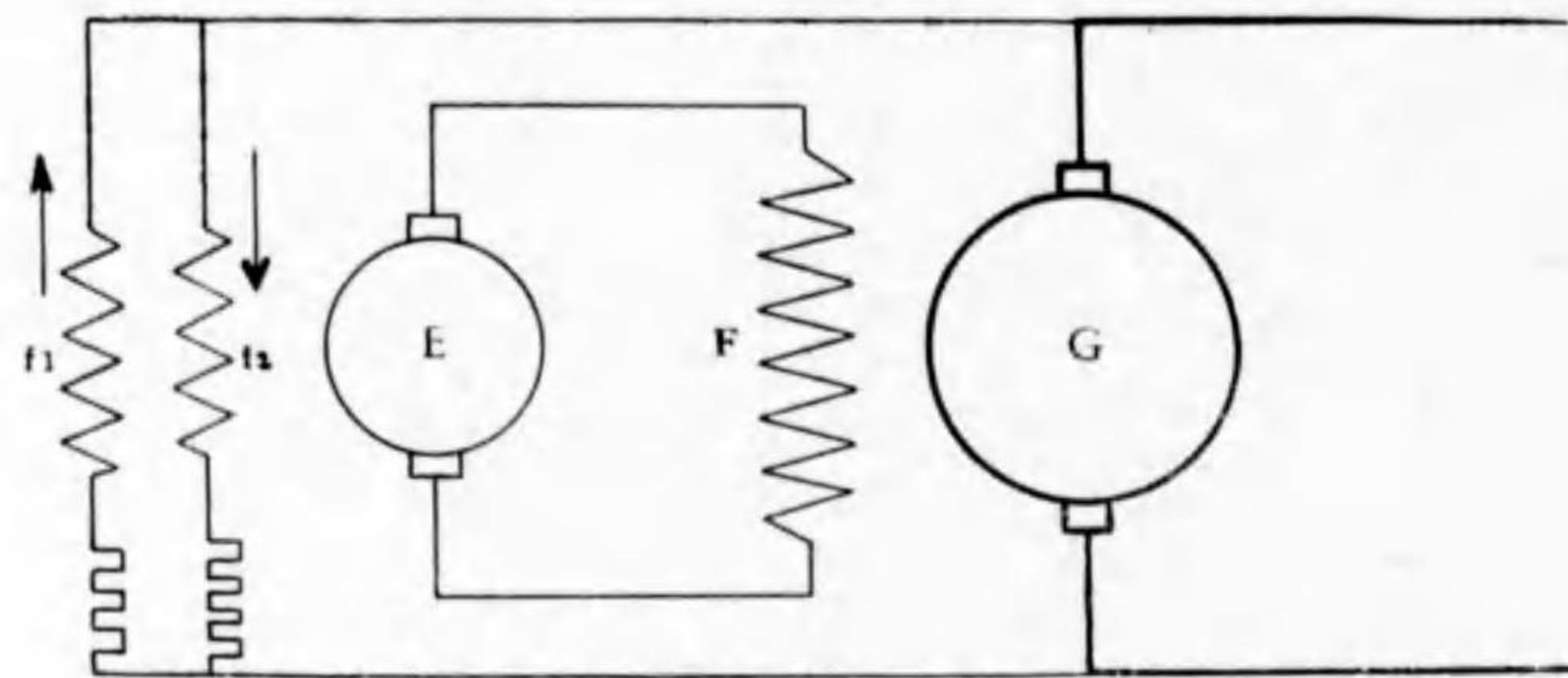
第 63 圖

有し、轉極器を要せずして、回轉方向に關係なく、一定方向に發電する。勵磁機は第62圖に示す如く飽和鐵心(1)及び不飽和鐵心(2)を有し、各鐵心の界磁巻線 f_1 及 f_2 は共に發電機電壓によつて勵磁されて居る。

飽和鐵心(1)の磁束 ϕ_1 と之を生ずる起磁力の關係は、第63圖に示す如く、

ϕ_1 は起磁力が増せば急速に増加するが、鐵心の斷面積が小さいから早く飽和状態に達し、發電機定格電壓に對應する起磁力では、殆んど完全に飽和して居る。不

飽和鐵心(2)は斷面積が大きくて、磁路の一部に空隙(3)を有して居るから、常に不飽和状態にあつて、磁束 ϕ_2 は之を生ずる起磁力に比例して増減する。第64圖は各界磁卷線の接続を示したもので圖中矢印は起磁力の方向を示したものである。飽和鐵心の界磁卷線 f_1 と、不飽和鐵



第64圖

心の界磁卷線 f_2 の起磁力の方向は互に相反し、従つて ϕ_1, ϕ_2 の方向は相反し ϕ_1 の殆んど大部分は ϕ_2 と鎖交し、勵磁機電機子を通る磁束 ϕ_0 は ϕ_1 の一部に過ぎない。

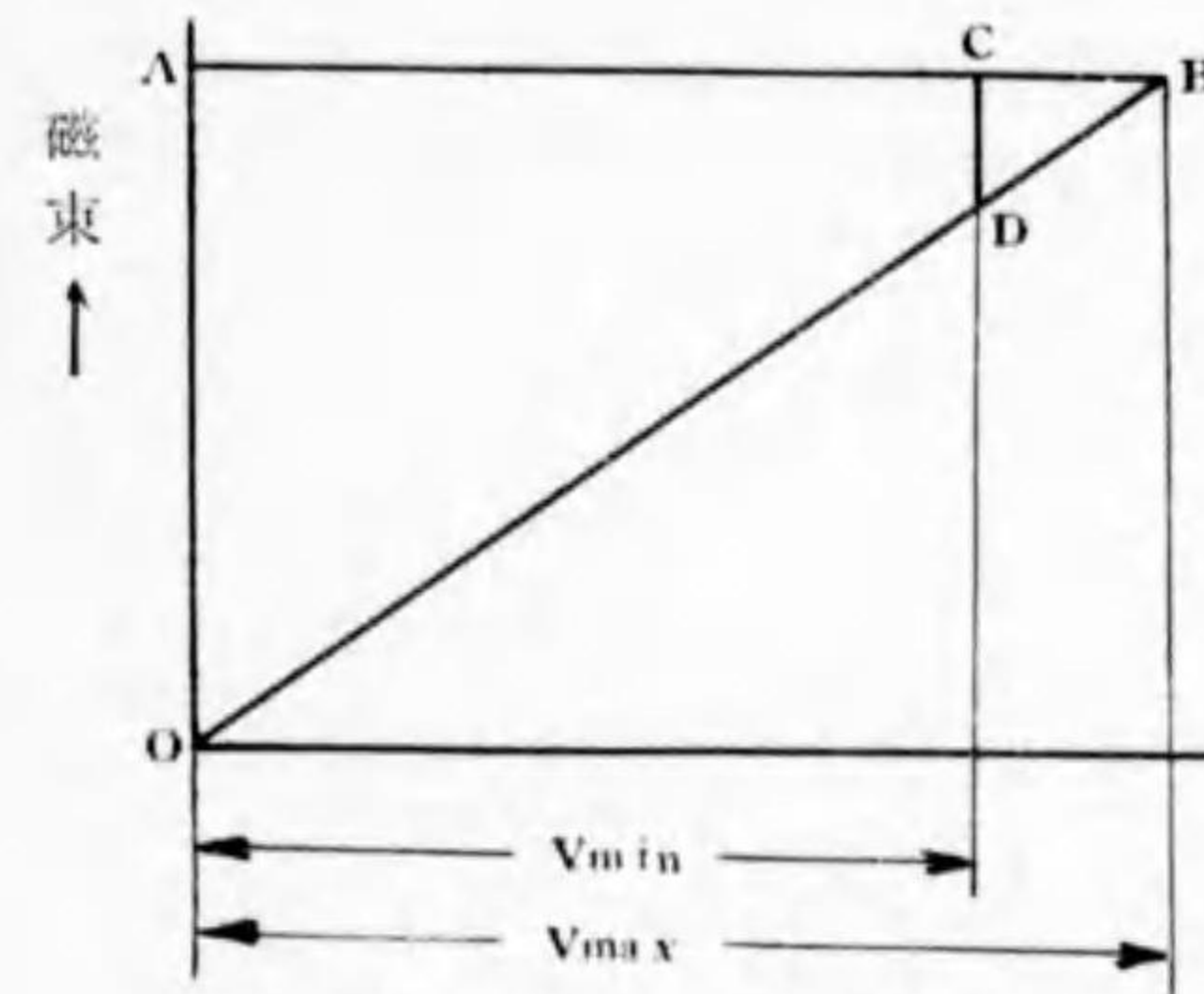
Entz式發電機の速度特性を検討するに先だち次の諸假定をなす。

- (1) 残留磁氣による電壓は閉却する。
- (2) ϕ_1 は完全に飽和し、 ϕ_2 は完全に不飽和状態にありとする。
- (3) 發電機磁束は勵磁電流、換言すれば勵磁機電壓に比例するものとす。即ち發電機磁路の飽和を閉却する。

假定(2)に従つて發電機電壓と磁束 ϕ_1 及 ϕ_2 の關係を圖示すれば第65圖の如くなる。圖中OBは不飽和磁束 ϕ_2 と發電機電壓の關係を、CBは飽和磁束 ϕ_1 と發電機電壓の關係を示す、CBの延長端と縦軸の交點

をAとす。

圖に於て $\phi_0 = CD$ が、發電機最低回轉數にて、規定に電壓を誘起するに必要な勵磁機磁束とする。發電機最高回轉數に於て、規定の電壓を



第65圖 → 發電機電壓

發生するに必要な勵磁機磁束は非常に小さくて、實用上零と見做し得るものであるから、最高回轉數に於ける發電機端子電壓は、 $\phi_0 = \phi_1 - \phi_2 = 0$ なる如き ϕ_1 及び ϕ_2 を生ずる様な値である。

$\triangle AOB$ 及 $\triangle CDB$ に於て

$$CB : AB = CD : AO$$

然るにABは發電機最高電壓 V_{max} で、CBは發電機最高及最低回轉に於ける電壓差でAOは飽和磁束 ϕ_1 、CDは發電機最低回轉に於ける勵磁機磁束 ϕ_0 であるから、

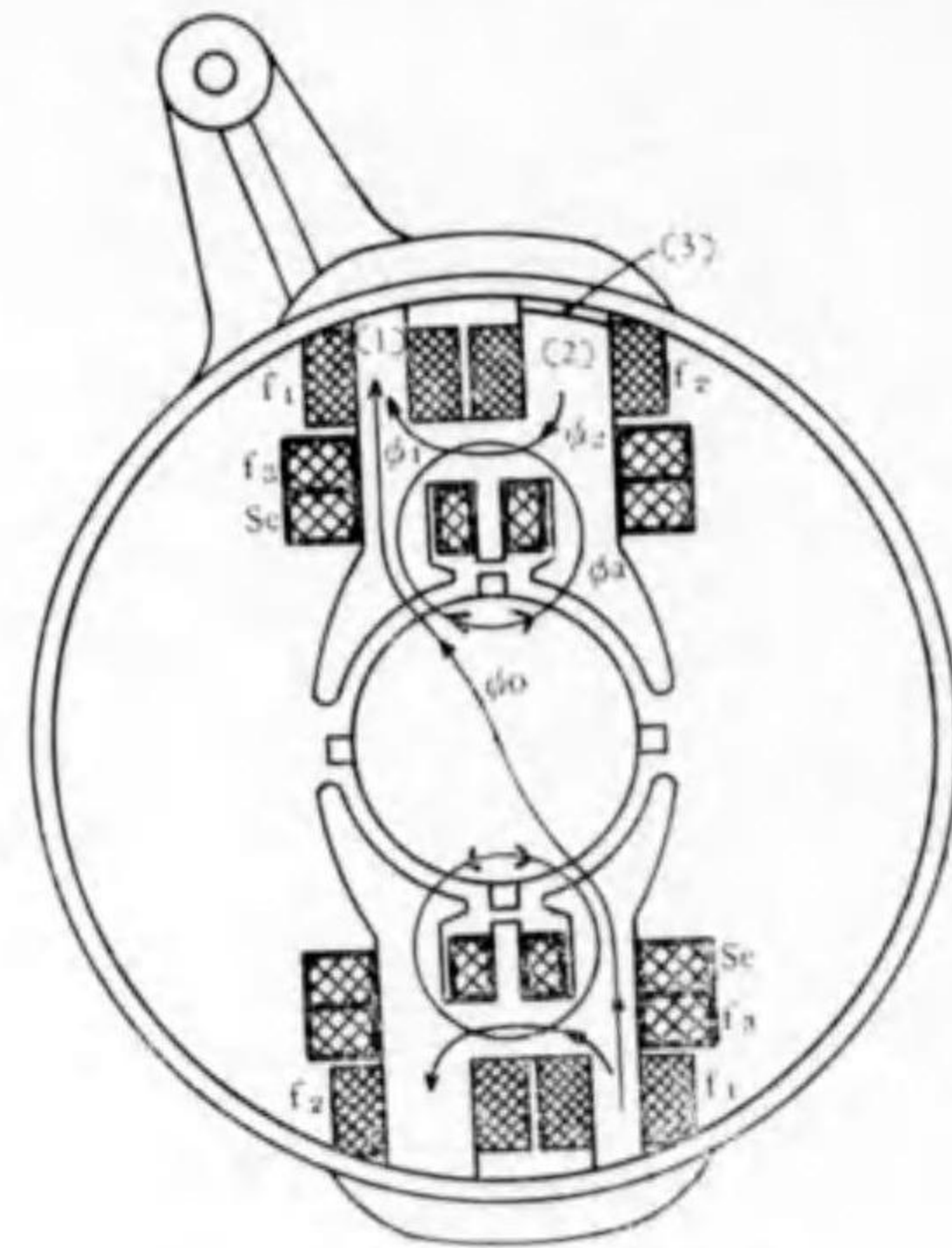
$$\frac{CB}{AB} = \frac{CD}{AO} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max}} = \frac{\phi_0}{\phi_1} = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} \dots \dots \dots (28)$$

(28)式によれば電壓變化の最高電壓に對する割合は、最低回轉數に於て所要の勵磁機磁束の、飽和磁束に對する割合と同一である。この事は次の如く簡單に考へてもよい、即ち飽和磁束は一定不變で、不飽和磁束は電壓に比例して増減する、今 $\phi_0 = \phi_1 - \phi_2$ が ϕ_1 の5%とすれば電壓が5%増加すれば ϕ_2 は5%増加して $\phi_1 = \phi_2$ となり $\phi_0 = 0$ となる。 $\phi_0 = 0$ で而も規定電壓を誘起するのは回轉數が無限大なる極限の場合であるか

ら、電壓は5%を越へる事はない。

第二節 川崎KR形發電機

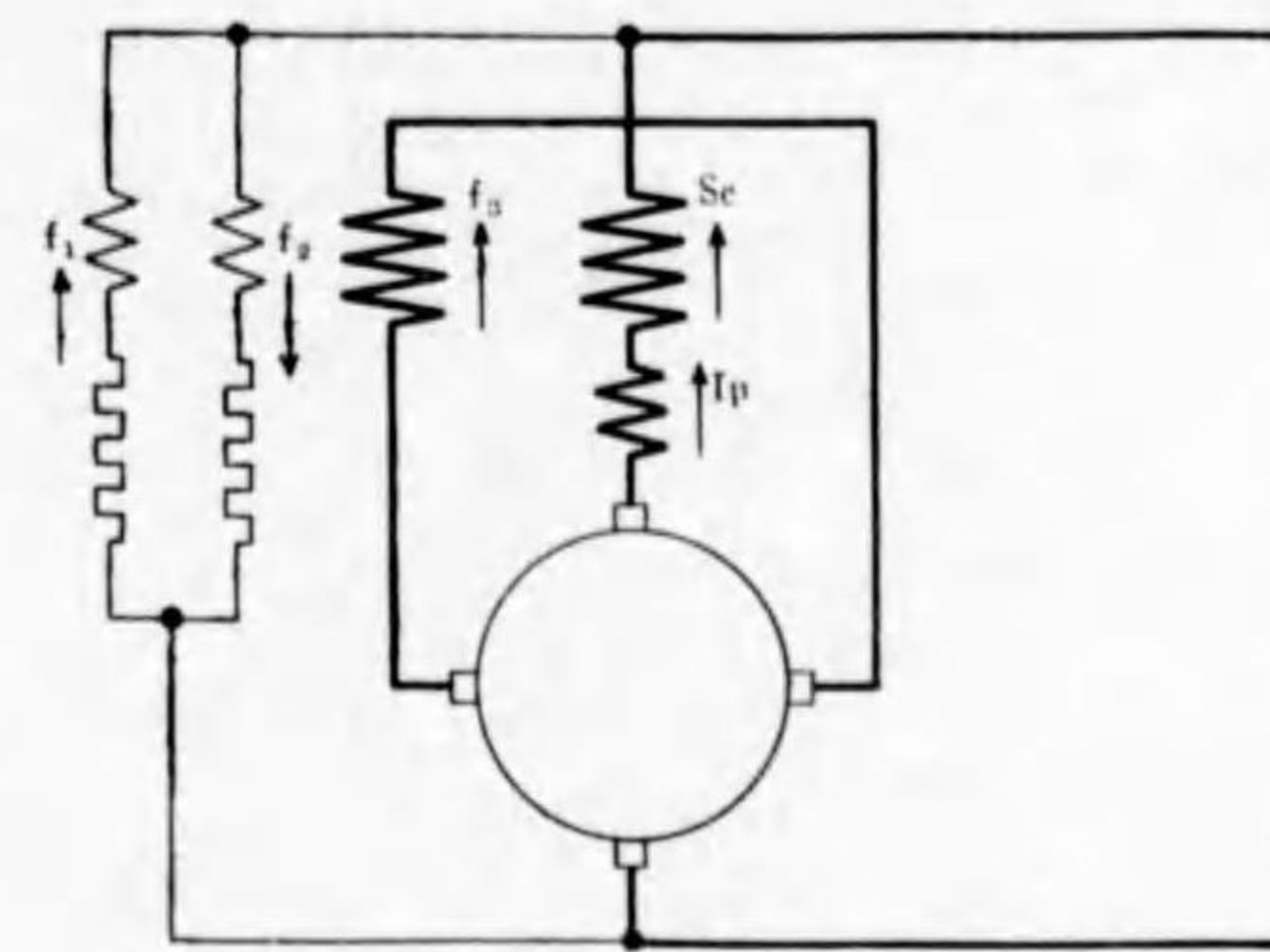
川崎KR形發電機はローゼンベルヒ發電機の界磁鐵心にEntz式勵磁機の考案を適用し、速度特性を改善するために短絡刷子間の電流による勵磁をも加へたるものである。ローゼンベルヒ發電機は勵磁機と發電機的作用を一つの機械で営ましめたものである事は已にローゼンベルヒ發電機の項で述べた所である。川崎KR形發電機はローゼンベルヒ發電機の界磁鐵心を、第66圖に示す如く二つに分割し、一つは斷面積を小さくして飽和鐵心(1)を、他の一つは斷面積を大きくし繼鐵との間に空隙(3)を設けて不飽和鐵心(2)を形成し、各鐵心には夫々分巻卷線 f_1 及 f_2 を



第66圖

卷回し、各卷線の起磁力の方向は互に相反せしめたものである。第67圖は各卷線の接續圖で、圖中矢印は、起磁力の方向を示したものである。

- f_1 飽和分巻卷線
- f_2 不飽和分巻卷線
- f_3 補助勵磁卷線
- Sc 直巻卷線
- ϕ_0 一次磁束
- ϕ_1 飽和磁束
- ϕ_2 不飽和磁束



第67圖

- ϕ_a 主磁束
- (1) 飽和鐵心
- (2) 不飽和鐵心
- (3) 空隙(黃銅板挿入)

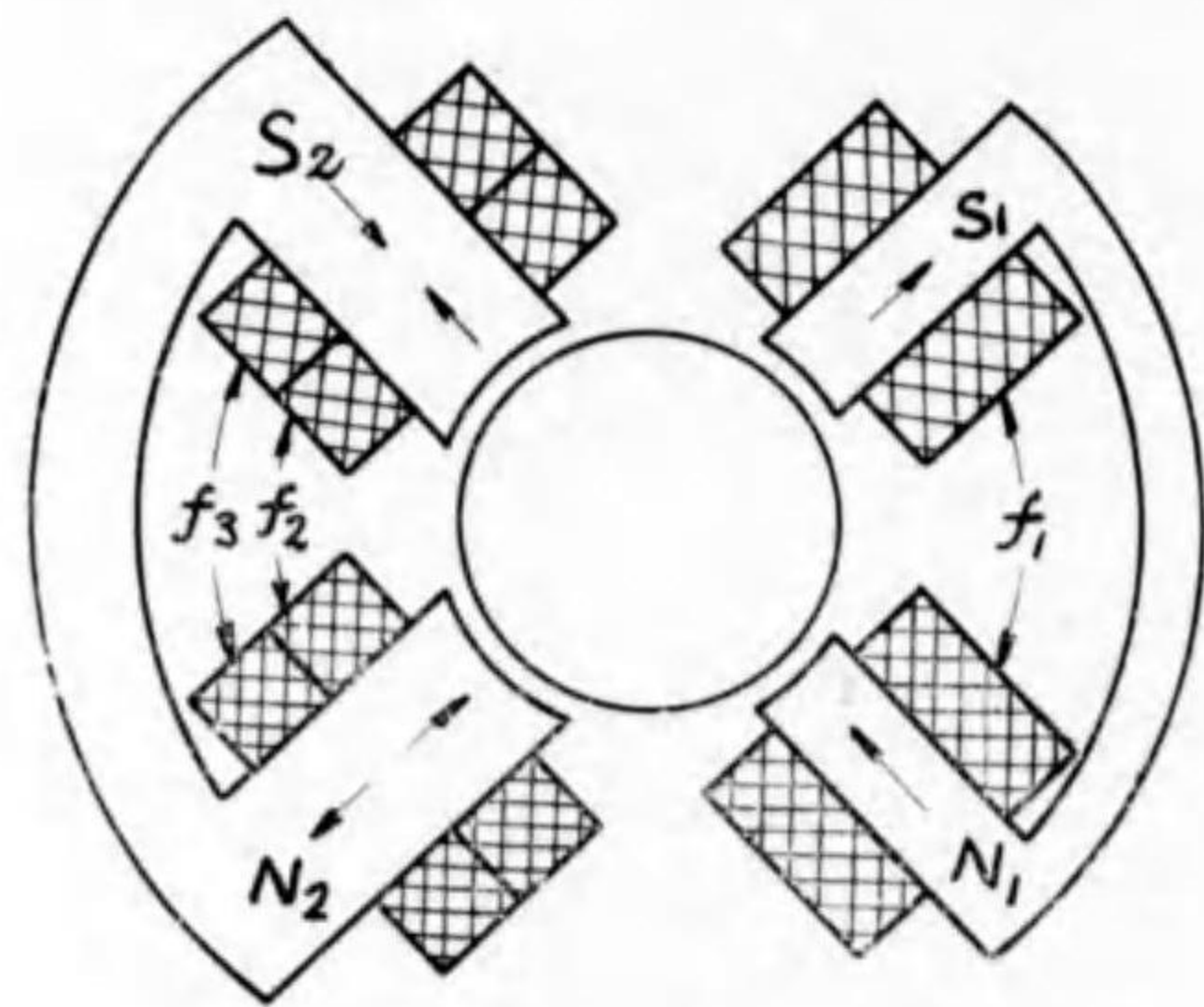
短絡刷子間の電流は第49圖に示す如く發電機回轉數が増加すれば逆比例して減少するから、この電流で f_1 の作用を助長して f_2 の作用を適當に打消せば、回轉數に對する電壓の變化を約四分の一に減少する事が出来る。短絡刷子間の電流は既に明かにした如く、回轉方向が逆轉すれば反轉する、然るに f_3 による勵磁方向は回轉方向には關係なく一定で、 f_2 を打消す方向即ち f_1 の方向と同一であるから、この回路には轉極器を置いて、發電機逆轉と同時に卷線の接續方向を轉換しなければならない。ローゼンベルヒ發電機は轉極器を用ひる事なくして、一定方向に發電する所に、列車用發電機としての特徴の一つを有して居たのであるから補助卷線 f_3 を加へた事は電壓變化を極限する事には極めて効果的であるが、機械を複雑化して、ローゼンベルヒ發電機の特徴の一つを抹殺する。

KR形發電機は單獨で、變速度不變電壓特性を有するのみならず、之を勵磁機として使用すれば發電機に不變電壓特性を與へる事が出来る。鐵道省つばめ、及滿鐵あじあの空氣調和裝置電源發電機は孰れもKR形發電機を勵磁機として使用して居る。

KR形發電機は單獨で、變速度不變電壓特性を有するのみならず、之を勵磁機として使用すれば發電機に不變電壓特性を與へる事が出来る。鐵道省つばめ、及滿鐵あじあの空氣調和裝置電源發電機は孰れもKR形發電機を勵磁機として使用して居る。

第三節 日立HL形發電機

日立HL形發電機はEntz式と同じく特殊形勵磁機附の分巻發電機である。勵磁機磁極は第68圖に示す如く4極で、飽和磁極 N_1, S_1 と不飽和磁極 N_2, S_2 とより成り、電機子巻線は4極波巻である。飽和磁極には分巻巻線 f_1 を有し、發電機電壓より勵磁を受けて發電し、發電機電壓を誘起する作用をなし、不飽和磁極の分巻線輪は同じく發電機電壓により勵磁を受けては居るが、發電機電壓を抑制する方向に勵磁機電壓を發生する。不飽和磁極 N_2, S_2 には他勵分巻巻線 f_2 の他に、自勵直巻巻線 f_3 を有し、 f_2 に差動的に作用して、電壓變化を改善して居る。 f_3 の効果は前節KR形發電機の、短絡刷子間の電流による勵磁巻線 f_3 の作用と酷似し、 f_3 の回路に轉極器を要する事もKR形發電機と同じである。



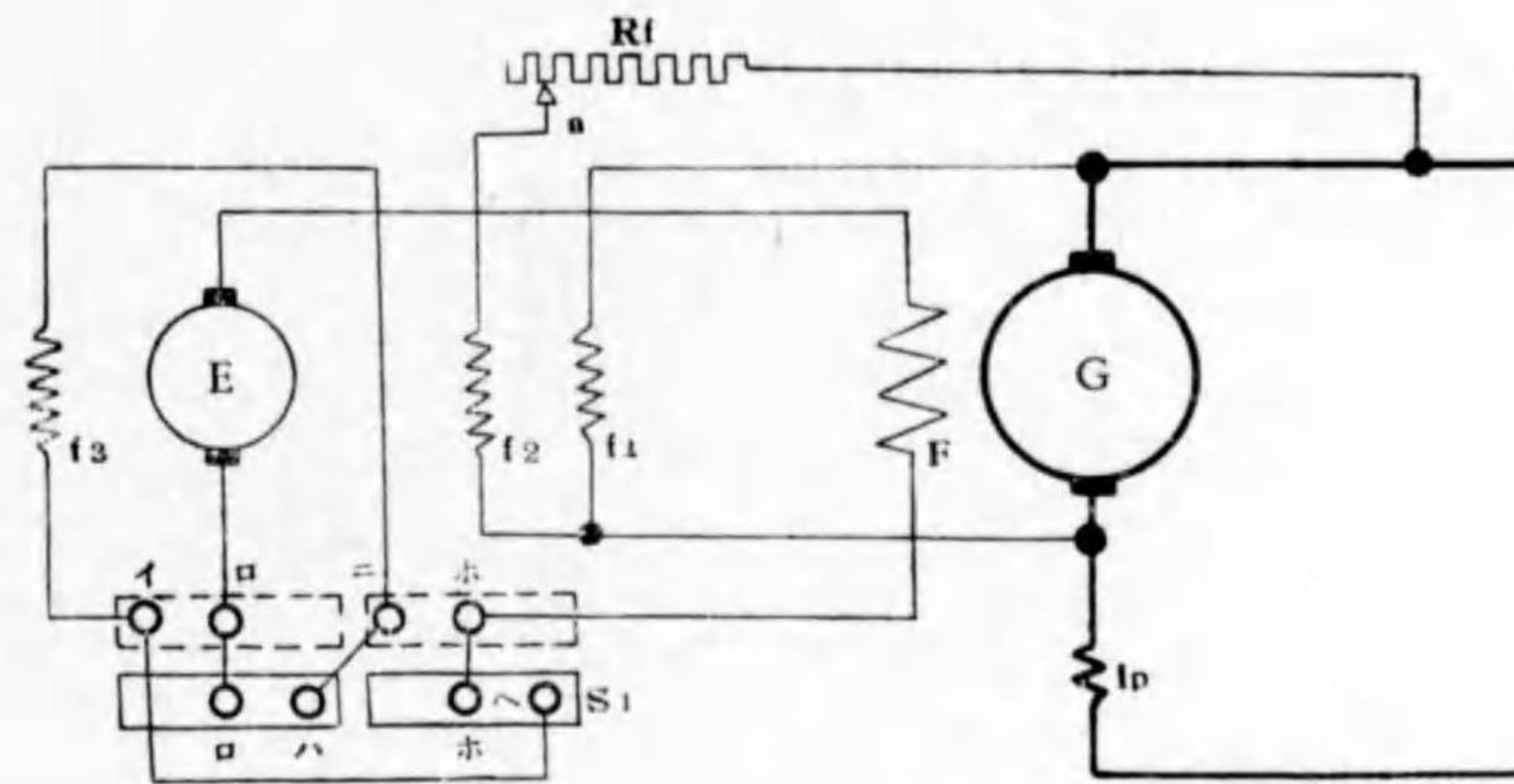
第68圖

HL形發電機は分巻勵磁機附の發電機であるから、轉極器を用ひずして、回轉方向に関係なく一定方向に發電する。勵磁機電壓は回轉方向の逆轉と同時に反轉するから、自勵直巻巻線 f_3 は轉極器によつて回轉方向の逆轉と同時にその端子接續を轉換しなければならない。第68圖はHL形發電機の勵磁機構造説明圖で、第69圖は各勵磁巻線の接續

HL形發電機は分巻勵磁機附の發電機であるから、轉極器を用ひずして、回轉方向に関係なく一定方向に發電する。勵磁機電壓は回轉方向の逆轉と同時に反轉するから、自勵直巻巻線 f_3 は轉極器によつて回轉方向の逆轉と同時にその端子接續を轉換しなければならない。第68圖はHL形發電機の勵磁機構造説明圖で、第69圖は各勵磁巻線の接續

を示したものである。

第69圖中Sは自勵直巻巻線回路用の轉極器で、右回轉の時實線の位置にあれば、左回轉では點線の位置に移動し、自勵巻線の回路を逆轉してその勵磁方向を一定に保つ作用をなす。



第69圖

第四節 電壓の調整

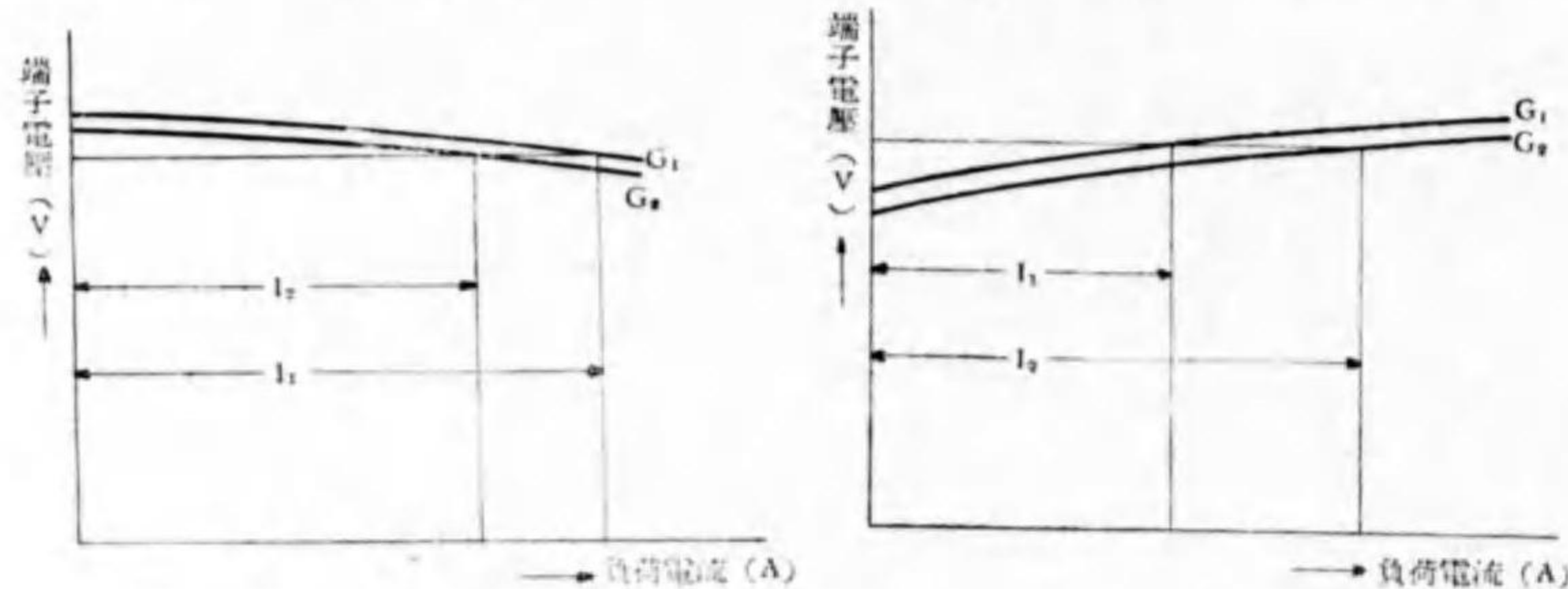
上に掲げた發電機の不飽和鐵心の界磁巻線 f_2 は自動電壓調整器の電壓線輪と同様な働をなすもので、溫度上昇の爲に線輪抵抗が増せば發電機の電壓は上昇する、故にこの回路には溫度係數の少い直列抵抗を挿入して溫度變化に伴ふ發電機電壓の變化を抑へ、又直列抵抗の値を調整して發電機電壓を所要の値に調整する。HL形發電機にては f_3 の作用が顯著なる場合は溫度が下れば發電機電壓は上昇する。これを防止する爲に f_2 回路に一部銅線抵抗を挿入し f_3 回路に直列抵抗を挿入する。

第十二章 發電機の並行運轉

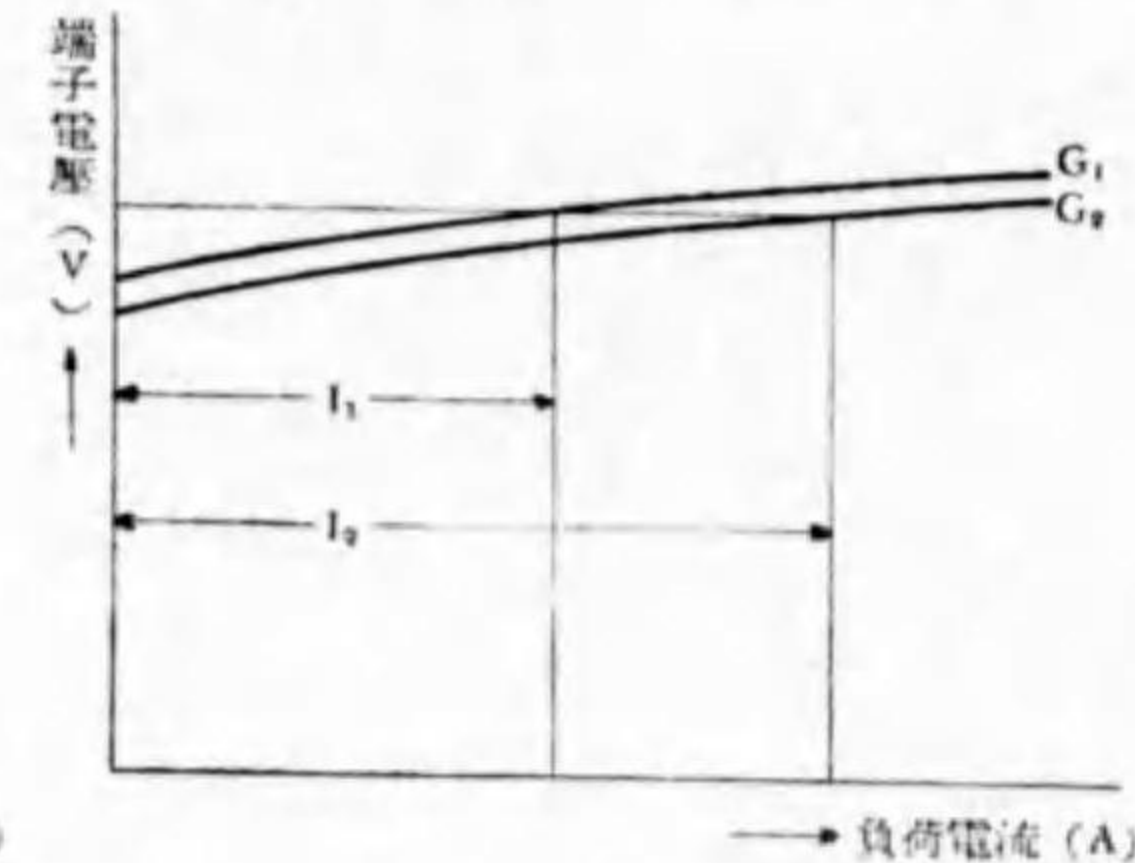
第一節 發電機の並行運轉

直流發電機が並行運轉をして居る時には、發電機の端子電壓は母線電壓に等しいのであるから、發電機が安定なる並行運轉をするためには、各發電機は同一の外部特性のものでなければならぬ、速度特性の全く同じ原動機で運轉したとしても、發電機の外部特性を完全に一致せしめる事は困難であるが、原動機は勿論完全に一致せしめ得るものではなく、又自勵式發電機はその回轉数が變化すれば、端子電壓は回轉数の變化より遙に大きな割合を以て變化するものであるから、各發電機の外部特性は若干相違するのは免れぬ。

外部特性の異なる2臺の發電機が並行運轉をして居る場合第70圖の様な外部特性を有するものは、運轉中一方の原動機が何等かの原因で速度が上昇し、例へば G_1 の電壓が上昇すれば、その電流は増加し G_2 の電流は減少せんとする。然るに電流の増加は電壓を低め、電流の減少は電壓を



第70圖

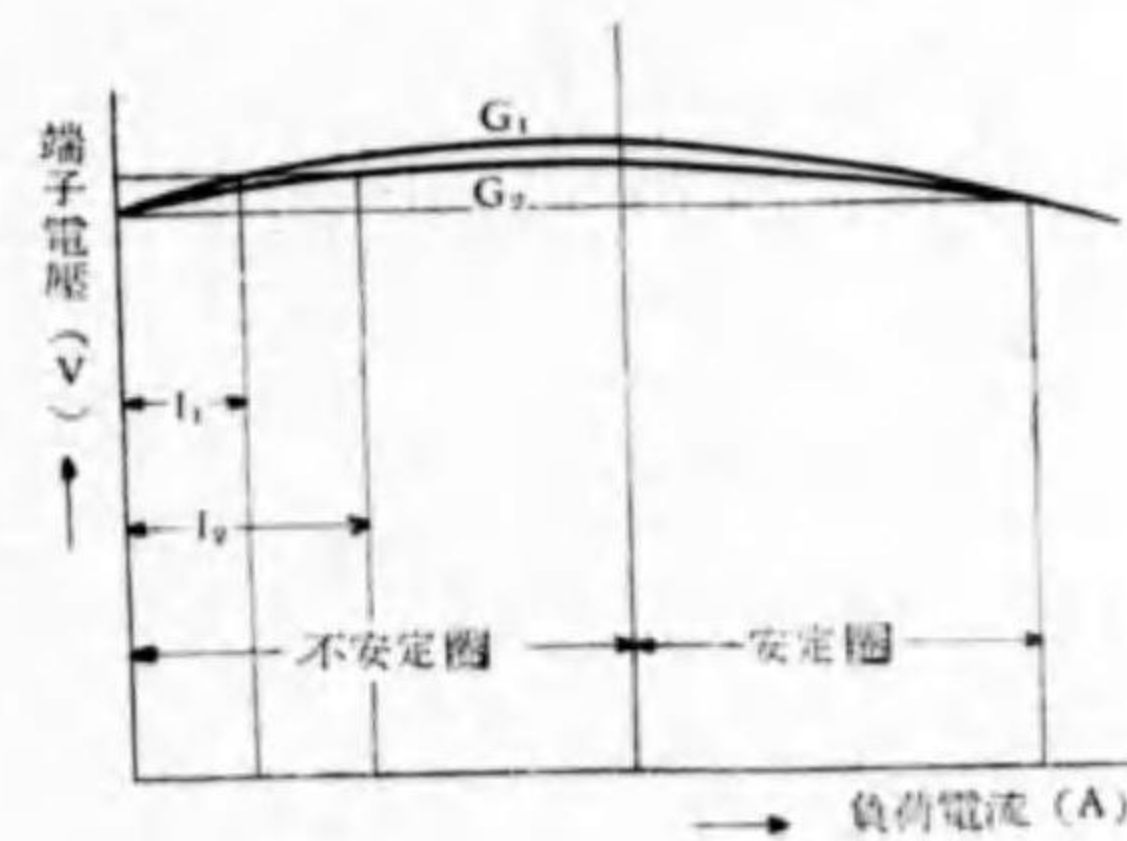


第71圖

高めるから結局 G_1 の電流の増加及び G_2 の電流の減少は防害されて安定なる並行運轉が行はれる。

然るに第71圖の様な外部特性の場合、例へば G_1 の電壓が上昇すればその電流は増し、電流の増加は更に電壓の上昇を來すから、更に電流の増加を來す、然し全體の電流に變りはないのであるから G_1 の電流の増加は G_2 の電流の減少を伴ひ G_2 の電壓の減少を來し、その電壓、電流の差は増加の一途をたどる。然るに兩發電機は並列に結ばれて居て、その端子電壓は等しかる可きにより G_1 と G_2 の電壓差によつて兩發電機の間に横流が流れ、 G_1 の電流は益々増加し G_2 には電流が流入して G_2 は電動機となる。遂に G_1 は過負荷して遮斷器を開路するに至る。つまり第71圖の如き外部特性を有する發電機の並行運轉は、極めて不安定である。第70圖の如き外部特性を降下特性と云ふのであるが、此の降下特性が顯著な程並行運轉は安定に行はれるのである。凡ての分巻發電機は降下特性を有して居るから、並行運轉は安定に行はれるが、端子電壓が負荷電流の増加と共に減少するから、負荷側から云へば不都合である。

複巻發電機で過複巻の場合には第71圖の如き外部特性となるから、並



第72圖

行運轉は出來ない。平複巻發電機では第72圖に示す如く約 $\frac{1}{2}$ 負荷迄は負荷電流と共に電壓は上昇する。即ち過複巻になるから $\frac{1}{2}$ 負荷以下では並行運轉は不安定である。かゝる場合に安定なる運轉を行ふに

は、均圧線を用ひ兩發電機の複巻々線の電流を平均して、並行運轉の安定度を高めるのである。

均圧線の作用に就ては凡ての直流發電機の著書に詳述されて居り、列車用發電機では均圧線を用ひる事はないから均圧線の作用に關する詳細なる説明は省略する。

第二節 列車用發電機の並行運轉

列車の電燈回路は、連結線を以て全列車を通じて連結するのであるから、車軸發電機は安定なる並行運轉をなし各機毎に平均した出力を以て運轉し、特に出力の大きなものや、出力の少ないものがあつてはならぬ。

列車用車軸發電機の原因力は車軸であるから、發電機の回轉數は車軸の回轉數即ち列車速度と共に變化する、且車軸回轉數は車輪の磨耗により各車毎に多少の相違がありベルト車の直徑も各機毎に一樣ではないから、同じ列車速度で同じ設計の發電機及ベルト車比のものを使用したとしても發電機の回轉數は各機毎に多少相違する。

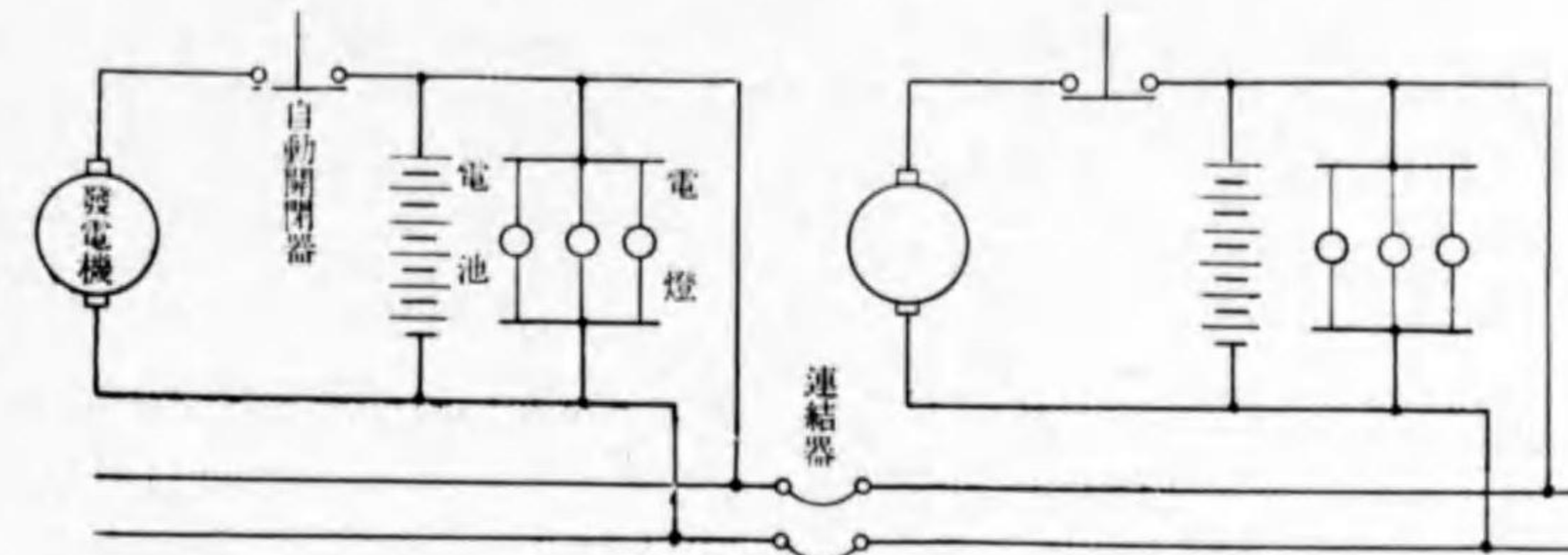
1 列車編成中に含まれる發電機は同一計畫によつて製作されたものも含まれるが異なる種類のものもあるから、車軸發電機はそれと同一計畫のものとな安定なる並行運轉が出来るばかりでなく、異種の發電機とも並行運轉が出来なければならない。

車軸發電機の並行運轉を完全に行ふためには發電機はその回轉數に關係なく外部特性が降下特性を有して居るものでなければならぬ。

列車用發電機は第73圖に示す如く電燈回路に於て並列に接続されて居るのであるから電燈抵抗を有するものは、それによる電壓降下特性も併

せ考へねばならぬ。

電燈抵抗に定抵抗を使用するものは勿論、電燈調整器を使用するものでも電燈抵抗の電壓降下は不變ではなくて電流の増加と共に多少増加す



第73圖

る、即ち若干の降下特性を有するものであるから、發電機單獨に考へて並行運轉の安定なものは電燈抵抗によつてその安定性は増加し、發電機自身の特性から云へば到底並行運轉の出来ないものでも、電燈抵抗があれば安定なる並行運轉が出来る。

不變電流發電機は降下特性の最も顯著なる發電機で、如何なる場合にも豫め調整された電流値を越へる事はないのであるから並列運轉は完全に行はれる。ストーン式に於ける如く分巻發電機を使用して居ても、速度制御運轉によつて出力調整を行ふ場合は、傳動装置をも含めたる外部特性は、不變電流發電機に近いのであるから、並行運轉は完全に行はれる。

分巻發電機に自動電壓調整器を組合したものの、綜合外部特性は専ら自動電壓調整器の特性によつて決まるものである。自動電壓調整器の電磁線輪が電壓線輪の他に電流線輪を有し夫々發電機電壓、電流によつて勵磁

されて居り、兩巻線が和動して働く時は降下特性となるから、安全なる並行運転が出来る。

不変電圧発電機の並行運転は頗る困難で、完全なる不変電圧発電機では並行運転の安定は望まれない。不変電圧発電機でも之に並行運転する発電機が、不変電流発電機であるか、又は降下特性の顕著な発電機ならば並行運転は出来るが、此の場合負荷電流に増減があれば主として不変電圧発電機の負荷電流のみ變化する。

発電機自身は完全なる不変電圧特性を有して居ても、電燈抵抗を有する方式ではそれよつて降下特性が賦與されるから、一般に列車用として使用する時には並行運転は安定である。

第十三章 自動電圧調整器

第一節 總 說

列車電燈装置用車軸発電機に組合せ使用する自動電圧調整器は、列車速度の廣い範囲内で、発電機電圧の變化を出来る丈少く保つ事は勿論必要な事であるが、列車の運転による振動及び衝撃を受けても作動に狂ひを生ずる事なく、故障が絶無である事は更に重要であり故障を絶滅するために要すれば、電圧變動率の若干の犠牲も止むを得ぬ。

列車用車軸発電機は緒論に於て述べた如く、(1)變速度で不変電圧特性を有し、而も蓄電池過放電の場合等に、負荷電流が発電機の安全電流の範囲を越へた場合には、不変電流特性に轉化するか、(2)變速度にて不変電流特性を有して居るが、蓄電池が充電の終期に近づいた場合には、不変電圧特性に轉化して、過充電を防止するものであるのが望ましい。故に自動電圧調整器は、発電機に叙上の特性を與へるものでなければ電圧變動率が少い丈では完全なる列車電燈装置用発電機の自動電圧調整器とは云ひ難い。

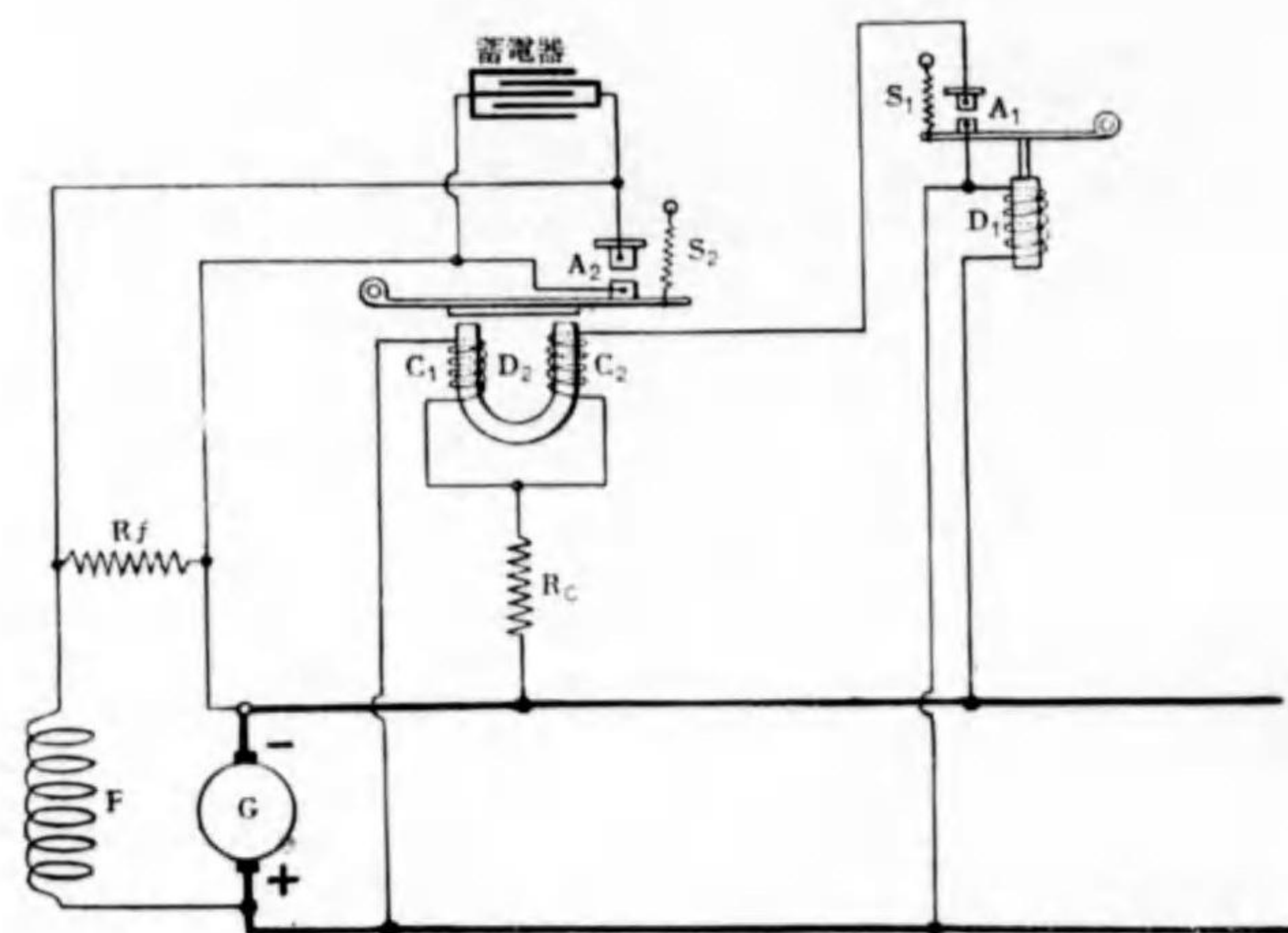
列車電燈装置用の自動電圧調整器の種類は多種多様であるが、之れをその構造作用から分類すると、振動形、抵抗形、炭素板積層形の三つとなる。

第二節 振動形自動電圧調整器

列車電燈装置用車軸発電機に組合せ使用する振動形自動電圧調整器に

は、色々の種類があるけれども、孰れもチリルレギュレーター (Tirill Regulator) を基としたもので、作用の原理もチリルレギュレーターの其れと全く同一である。第74圖はチリルレギュレーターの作用原理を示す結線圖である。同圖にてGは發電機、Fは分巻巻線、 R_f は界磁抵抗 D_1 は發電機電圧が規定の値に達すれば、發條 S_1 に抗して接點 A_1 を開く電磁石、 D_2 は電磁巻線 C_1 、 C_2 を有する電磁石にして、 C_1 は常に發電機電壓を受けて居り、發條 S_2 に抗して接點 A_2 を開く方向に作用し、 C_2 は接點 A_1 が閉路して居れば、發電機電壓を受けて C_1 を打消す方向に作用する。

發電機回轉數が低く、電壓が規定の値に達しない間は、電磁石 D_1 の力



第74圖

は弱くて發條 S_1 は接點 A_1 を閉路し、電磁石 D_2 の差動巻線 C_2 は勵磁されて居り、 C_1 の作用を打消すから D_2 は作用せず。接點 A_2 は發條 S_2 にて閉路し、界磁直列抵抗 R_f は接點 A_2 にて短絡されてゐるから、界磁巻線には發電機の全電壓が給與され、その起磁力は最大である。發電機回轉數が増加して、その電壓が規定値に達すれば、電磁石 D_1 は發條 S_1 に打勝つて接點 A_1 を開く、電磁石 D_2 の差動巻線 C_2 は接點 A_1 の開路と同時にその勵磁は断たれて作用を失ひ、電磁石 D_2 は C_1 の勵磁のみとなり發條 S_2 に打勝つて接點 A_2 を開き、界磁巻線に直列抵抗 R_f を挿入して發電機界磁起磁力を減じて發電機電壓を降下する。發電機電壓が降下すれば電磁石 D_1 の力は發條 S_1 に負けて接點 A_1 は閉路し、 C_2 の回路は再び閉ぢて C_1 の作用を打消して電磁石 D_2 の作用を失はしむ。 D_2 が作用を失へば發條 S_2 により接點 A_2 は閉路し、發電機界磁は再び強まり發電機電壓は上昇し續いて D_1 が作用する。この現象が振動的に繰返されて發電機電壓を一定不變に保つのである。

回轉數の増加に伴つて接點 A_2 の開いて居る時間即ち界磁抵抗が挿入されて居る時間が長く、閉ぢて居る時間即ち界磁抵抗が短絡されて居る時間が短くなり、界磁電流の平均値を所要の値に抑へて、發電機電壓を一定に保つのである。この現象は振動的でその周期は極めて短かく、自動電壓調整器に有り勝ちのハンチングなる現象は起らないから、制動壺を要しない。斯様な簡単な装置を以て廣い速度範圍に、不變電壓の特性を有する事は一見不可思議に思はれるが、結果から見てその特性は驚く可きもので、殆んど不變電壓に保たれるのである。これは界磁回路に大きなインダクタンスがあり、界磁回路の抵抗値が變化しても界磁電流

は急激なる變化をせず、界磁抵抗の平均値によつて界磁電流が制御される事に基因するのである。

界磁直列抵抗 R_f の値は、發電機最高回轉數に於ても、界磁電流を十分に減じて、端子電壓を規定値に制限するに足る値であるべで發電機速度範圍が廣い程その値は大きい。従て接點 A_2 の開閉による回路抵抗の變化、延いては界磁電流の變化割合も大きく、 A_2 の受けるアークによる損傷も甚しい。

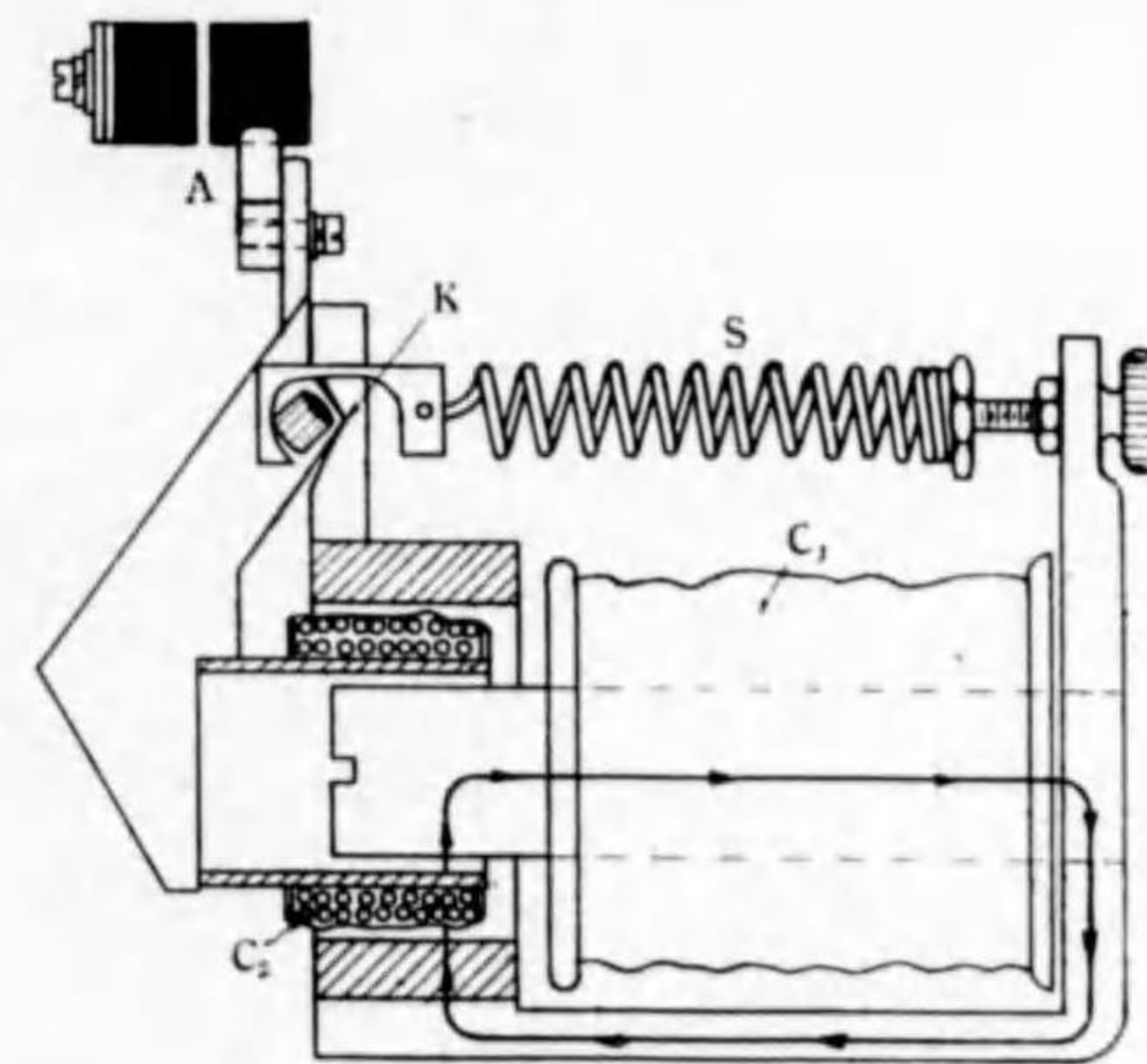
列車用車軸發電機は出力は小さいが、その速度範圍が極めて廣くて界磁直列抵抗 R_f の値は著しく大きいから、接點 A_2 の蒙る損傷も甚しい、故に接點 A_2 の材質は充分に吟味してアークに強いものとし、尙接點間には蓄電器を挿入してアークを減少する等の方法を講ずる。

振動形自動電壓調整器を使用する列車電燈方式には E.V.R. 式 G.E.Z. 式及 Oerlikon 式等があり、自動車及航空機用發電機用としては Bosch 式 Eclipse 式等がある。E.V.R. 式ではローゼンベルヒ發電機にこの形の自動電壓調整器を組合したのであるが同式にて電壓調整器が作用するのは蓄電池全充電の場合のみでその作用期間は短く而もローゼンベルヒ發電機の特徴としてその界磁電流は極めて小さいから接點の蒙る損傷も従つて少い。G.E.Z. 式では全部で4個の調整器を使用し全速度範圍の四分ノ一宛を各調整器が分擔する特徴を有し各調整器の作用期間は全體の $\frac{1}{4}$ 近くに短縮し抵抗變化範圍も $\frac{1}{4}$ 近くに減するから接點の受ける損傷は極めて少い。Oerlikon 式はチリル式と殆んど同様であるが充電特性を改善するために特別の考慮が拂はれて居る。

振動形自動電壓調整器は接點の損傷が唯一の缺點として擧げられて居

たが、同様の缺點は回轉形接觸子及摺動形接觸子を有する抵抗形調整器にも認められる、一方接點の材質の選定、大きさの適當なる設計、アークの消滅方法の研究によつてこの缺點は減殺される。小型輕量で列車速度に速應して電壓調整をなしハンチングは全くない等の特徴のために歐洲大陸に於て漸次その地歩を擴大しつつある事實は本形式の自動電壓調整器が列車用として最も適當なるものゝ一つである事の證左と見る事が出来る。又自動車及航空機用の自動電壓調整器としては本形式のものが獨占的に採用されてゐる事實は活目に値するものと云へよう。

上に述べた振動形自動電壓調整器の電磁石は何れも可動鐵片形であるがウエスチングハウス社の形式は之と異り第75圖に示す如く可動線輪形とし、固定線輪 C_1 の作る磁界の中で可動線輪 C_2 が振動する、可動部分はナイフエヂ、 K にて支へられ、摩擦は極少に輕減されてゐる。本器の



第75圖

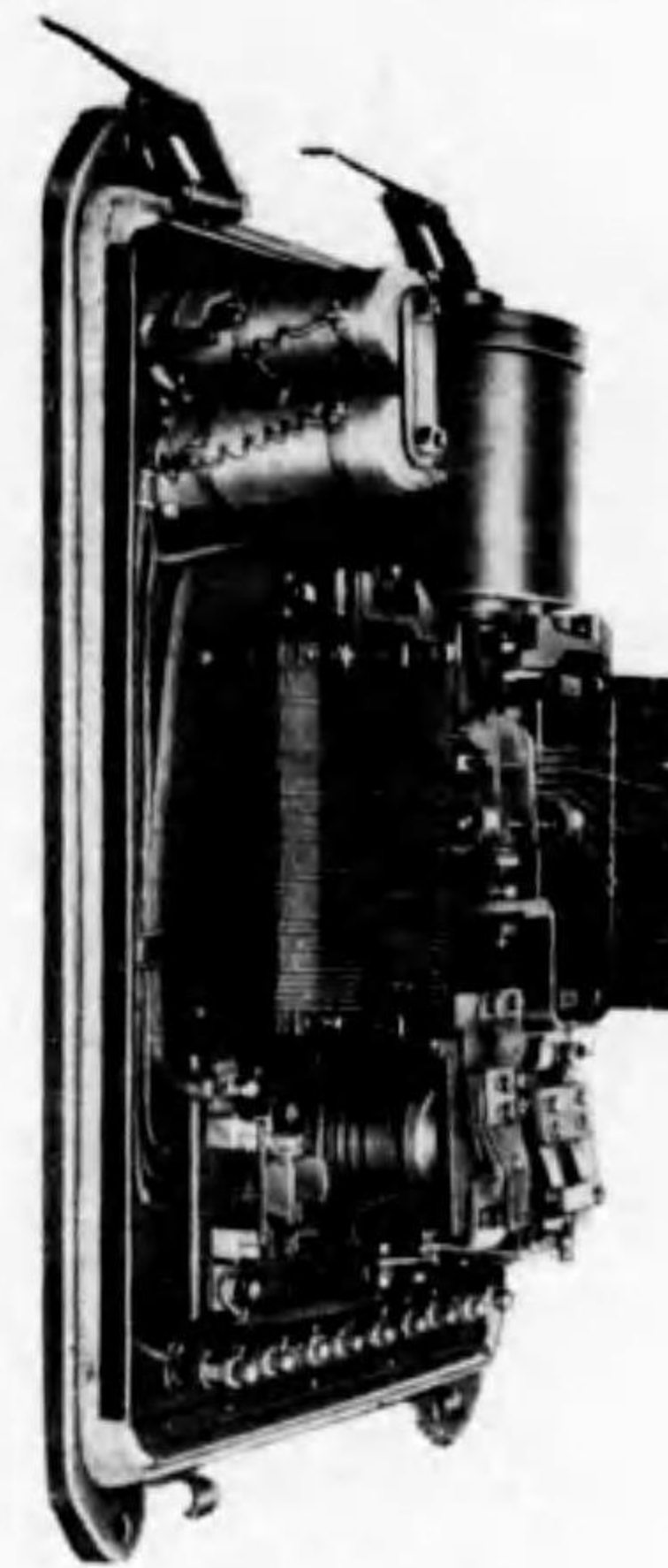
作動は固定線輪と可動線輪間の相互作用によるのであるから、電圧変動率も良好である。

第三節 抵抗形自動電圧調整器

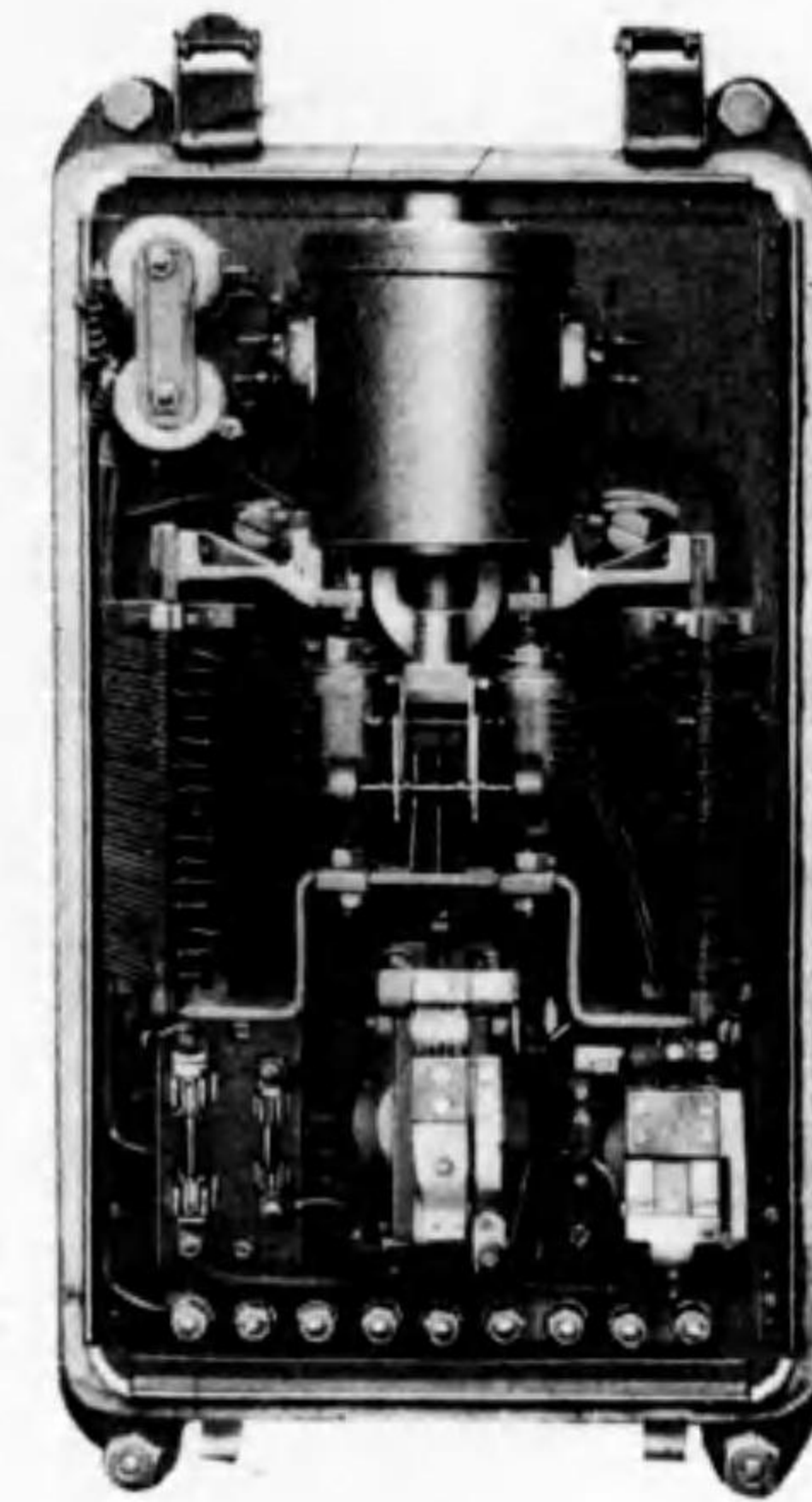
抵抗形自動電圧調整器は、発電機界磁回路に挿入した界磁抵抗器のタップの位置を自動的に変化調整して、発電機界磁電流を調整し、発電機電圧を所要の値に保つもので、接点の種類から回轉接觸形と摺動接觸形の別があり、操作電磁石の種類から云へば、プランジヤー形とトルクマグネット形の二つがある。チック式自動電圧調整器では接点の開閉に水銀を使用し、その水平面の上下によつて居る。本形式の自動電圧調整器にはB. B. C. 式、Dick式、Rotax Leitner式、Vickers式、Alsaciene 式等がある。

第四節 アルザシーヌ(Alsaciene) 式自動電圧調整器

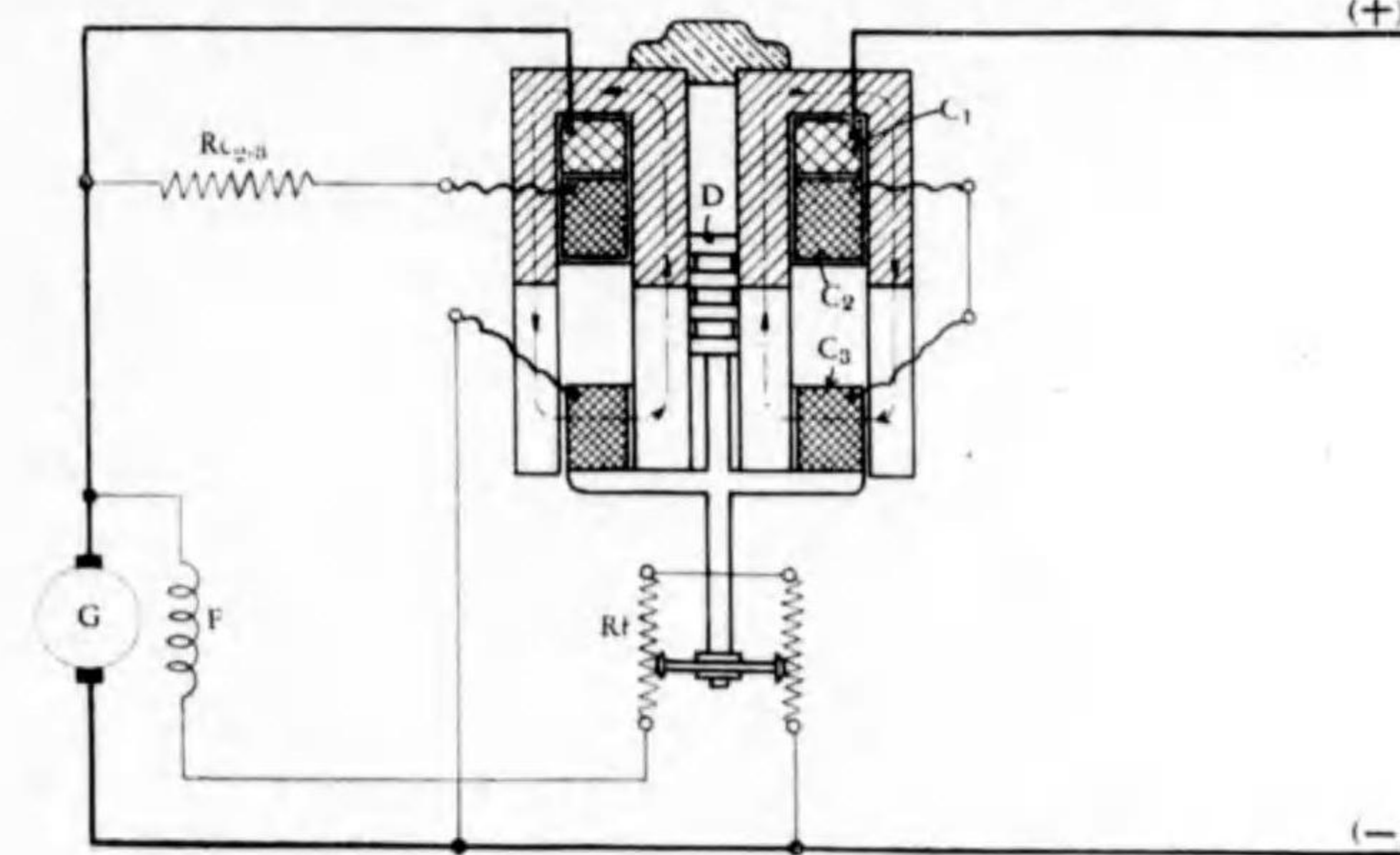
第76圖第77圖はアルザシーヌ式自動電圧調整器で第78圖はその構造作用の説明圖である。電磁石は可動線輪形で固定電磁巻線は電圧線輪 C_2 及電流線輪 C_1 より成り、夫々発電機電圧及電流を以て勵磁され、可動線輪 C_3 は固定電圧線輪と直列に接続され発電機電圧を以て勵磁されて居る。発電機電圧によつて固定線輪及可動線輪が勵磁されると、可動線輪にはレンツの法則による力が働く、豫め電流方向を適當に選んで上向きに牽引力を生ぜしめる。発電機回轉数が低くその電圧が規定値に達する迄は、可動線輪に働く牽引力は弱くて、可動部分はそれ自身の重量のために最下位にあり界磁抵抗を全部短絡し、発電機界磁の強さは最大であ



第76圖



第77圖



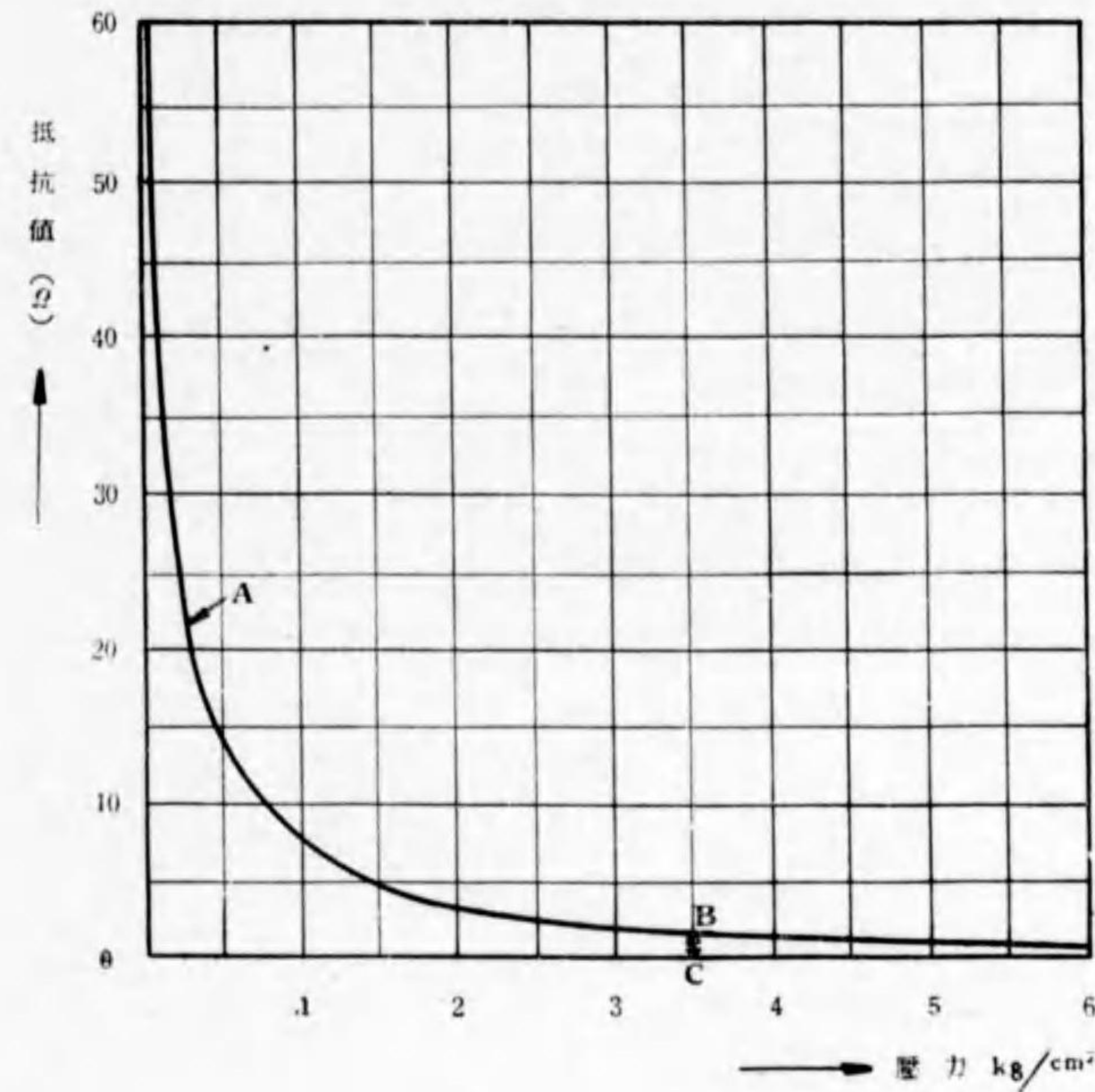
第78圖

る。發電機回轉數の増加に伴つてその電壓が規定値を越へると、可動線輪に働く牽引力は重量に打勝つて可動部分を引き上げ、發電機界磁回路に抵抗を挿入し電壓の上昇を抑制する。發電機電流が増加すれば、電流線輪 C₁ は電壓線輪に助勢して、磁界を強め可動線輪に働く牽引力を増して可動線輪を更に引き上げて、餘分に界磁抵抗を挿入し、電壓を降下せしめる。即ち發電機に降下特性を與へる。

第五節 炭素板積層形自動電壓調整器

本形式の自動電壓調整器は炭素の薄板を數多く積重ねたものゝ抵抗がそれに加る壓力の僅少の變化に對して著しく變化する特性を利用したもので、抵抗値の變化が階段的でなく、極めて圓滑に行はれ、接觸が開く事がないから接點の損傷等の懸念もなく、電壓變動率も良好である。

本形式の自動電壓調整器には、Safety式、Pintsch式、Stone式、Gould式、川崎 KS 式等がある。これ等は電磁石の構造によつて、ブランチヤー形とトルクマグネット形の二つに分類される。第79圖は炭素板積層の抵抗値と壓力の關係を示したものであるが、圖に於て C にて示されたる壓力以上では、壓力が如何に増加しても、その抵抗値は殆んど減少しない。即ち BC によつて示される値の抵抗が、界磁回路に残留する。BC の値が大きい程、低回轉時の發電を妨害するから BC の値は小さいもの程よい。圖中 A にて示された部分は壓力の僅少の變化に對し、抵抗値が最も甚しく變化する部分で、この特性が顯著なもの程電壓變動率は少い。本形式の自動電壓調整器では、發電機低回轉の時にも BC によつて示される抵抗が界磁回路に残り、發電の妨害となる事が缺點として數へられ



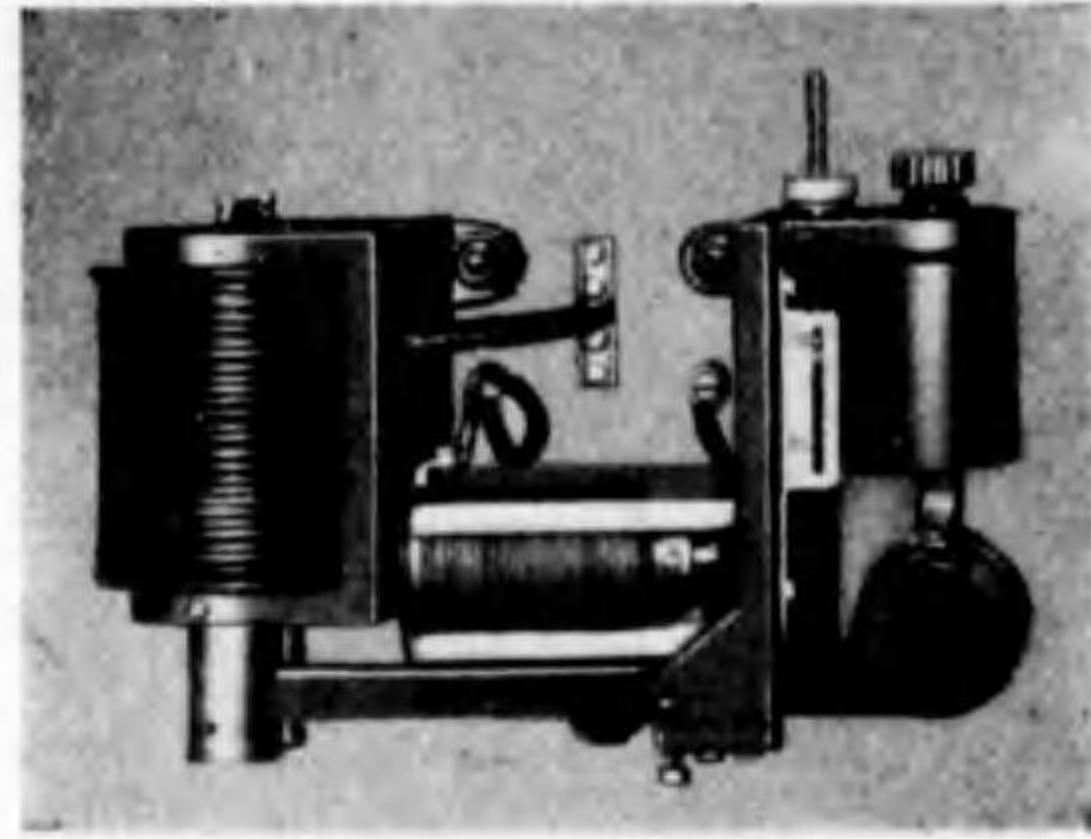
第79圖

るのであるが、發電機界磁卷線の設計に當りこの抵抗を考慮に入れて置けばよいので、餘り重大視するには及ばぬ。

第六節 川崎 KS 式自動電壓調整器

川崎 KS 式、Safety 式及 Gould 式の自動電壓調整器は孰れもブランチヤー形電磁石を使用し、電壓によつて作用する要素と、電流によつて作用する要素を具へて居り、發電機に變速度にて不變電壓特性を與へ、そ

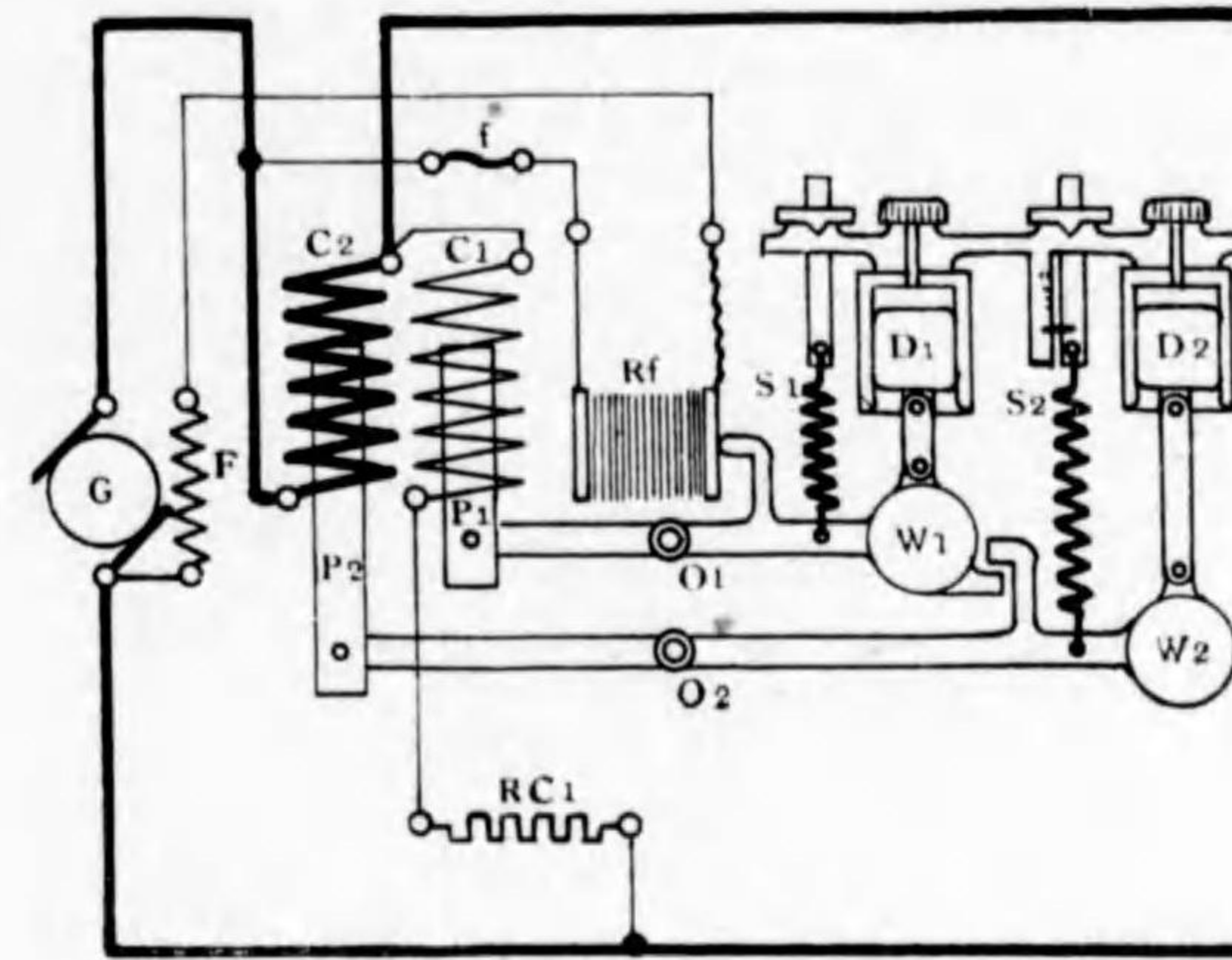
の負荷電流が規定値を越へた場合には、不變電流に近い特性に轉化して發電機を過負荷より保護する。



第80圖

第80圖は川崎KS式自動電壓調整器で、第81圖はその作用を示す接続圖である。發電機Gの回轉數が低くて、電壓が規定の値に達する迄は、電壓線輪C₁の起磁力は少なくて、プランジヤ P₁に

作用する牽引力は弱く、炭素板積層より成る界磁抵抗R_fは發條S₁の強い壓力を受けて、その抵抗値は少く、分巻巻線Fは發電機の端子電壓に近い電壓を得てゐる。發電機の回轉數の増加に伴ひその電壓が上昇すれば、電壓線輪C₁の起磁力は増して、プランジヤ P₁の牽引力は増加して發條S₁の炭素板に及ぼす壓力を減じてその抵抗値を増加し、界磁電流を減じて電壓の上昇を阻止する。電壓線輪C₁の直列抵抗R_{C1}は電壓線輪の溫度變化による抵抗の變化、延いては作動電壓の變化、換言すれば發電機端子電壓の變化を防止すると同時に、その値を調整して、發電機電壓を所定の値に整調するためのものである。電流線輪C₂は發電機電流が規定の値を越へた時、發條S₂に打勝つてプランジヤ P₂を吸引し、電壓線輪によつて作用する挺子に助勢して、發電機電壓を降下し、發電機を過負荷より保護する。發條S₂を調整して作動電流を調節する。制動壺D₁、D₂は急激なる作動を防止してハンチングを抑制し、W₁、W₂



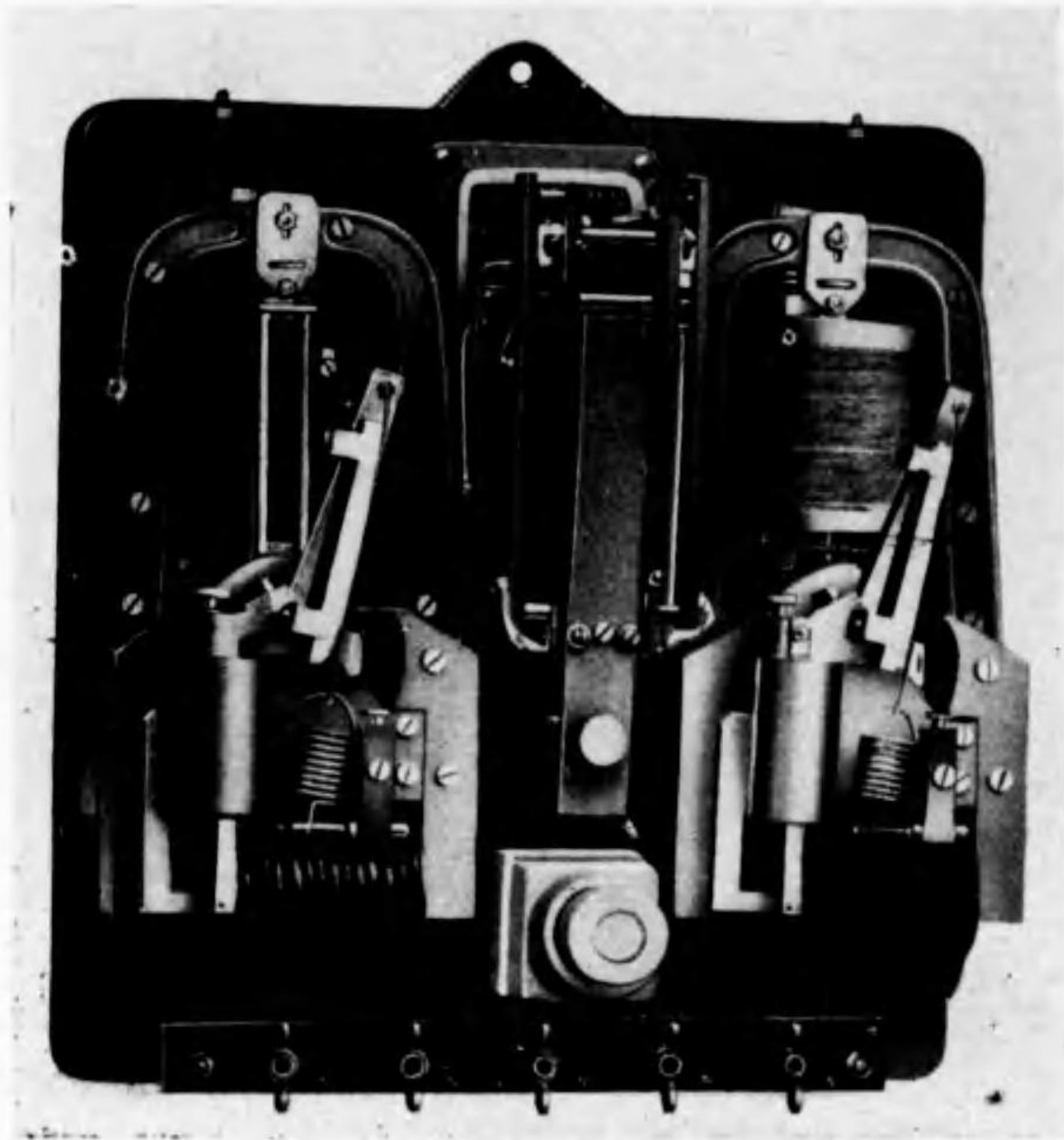
第81圖

は平衡用重錘で、重量を平衡して作動を圓滑にする。

本器の不變電壓特性は炭素板積層の性質によつて左右され、炭素板は壓縮時に於ける残留抵抗が少く、壓力の變化に對し抵抗値の變化の大きいものを使用する程好結果を得られるものである。發條S₁の伸びと張力の關係、プランジヤ P₁に作用する力とプランジヤ位置の關係を、炭素板積層の性質に應じて適當に設計すれば理論上殆んど不變電壓特性が得られる。又本器の不變電流特性は電流線輪C₂を強力にし従つて發條S₂を強くする程顯著である。

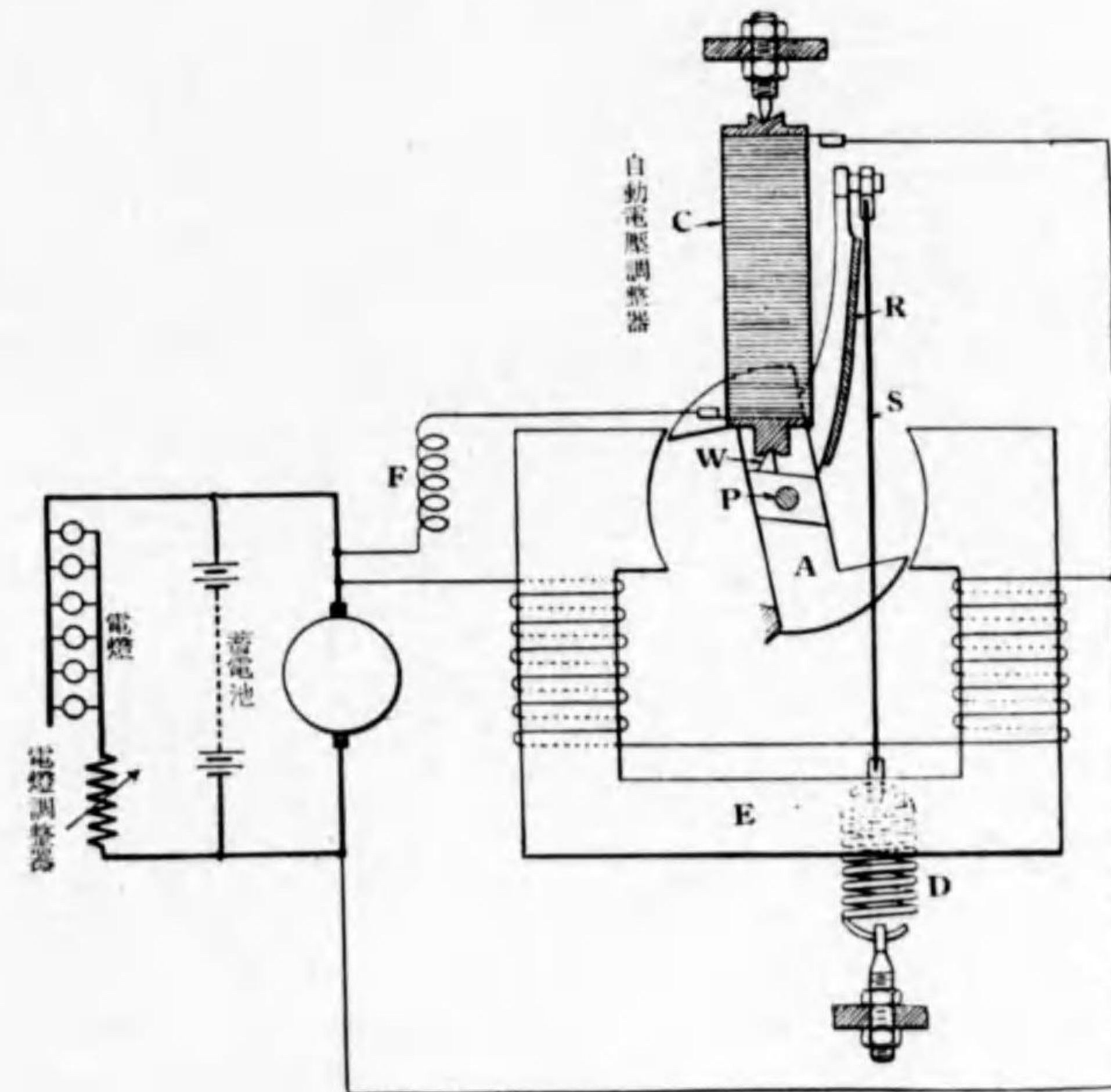
第七節 ピンチ (Pintsch) 式自動電壓調整器

ピンチ式自動電壓調整器はストーン式と同じく、トルクマグネット形の電磁石を使用し、電磁線輪は電圧線輪及電流線輪より成り、發電機電圧、電流及電燈電流を以て勵磁されてゐる。第82圖(左)は本器で、第83圖はその作用を示す接続圖である。圖は簡單のために、電圧線輪のみを示してある。發電機回轉數が低くて、その電壓が低い間は發條Dは回



第82圖

轉子を時計方向に索引し、ナイフエヂWは炭素板積層を強く壓縮して、その抵抗を減ず、發電機回轉數の増加に伴つて、電壓が上昇すれば、電圧線輪の起磁力は増して、回轉子Aは發條に打勝つて反時計方向に回轉して、發條の炭素板積層に與へる力を減じ、その抵抗値を増して界磁電流を減ず。發條Dの強さ、曲腕Rの形狀及電磁石の回轉力の強さの關係を炭素板積層の性質に應じて適當に設計してあるから、電壓變化は極めて少い。本器の電流線輪の作用に就ては第二十章第一節 Pintsch 式の項にて述べる事とし茲では省略する。

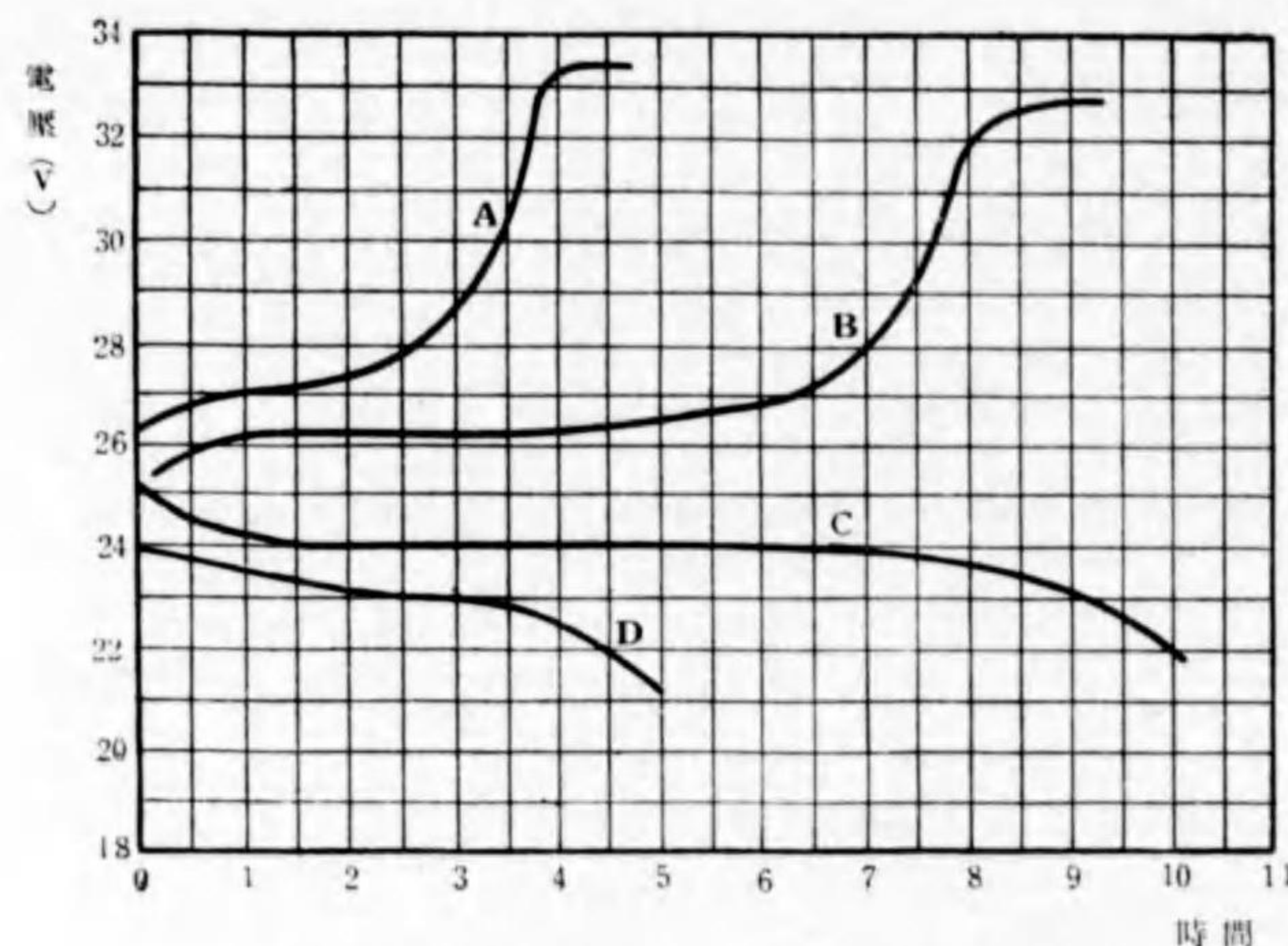


第83圖

第十四章 電燈調整器

第一節 總 說

列車電燈用蓄電池の充電方式には定電流式、定電壓式及其の中間方式の三つがあり、定電壓方式を除けば蓄電池電圧は充電の進行と共に上昇して12基直列の方式にては最高30~32ボルトに達する。充電初期の電圧は充電方式によつて異り、定電流式にては25~26ボルト、定電壓式では



A = 3時間率充電 C = 10時間率放電
B = 6時間率充電 D = 5時間率放電

第 84 圖

27~28ボルト、中間方式ではこの中間の値となる。不變電壓發電機でもその電圧は常に一定不變に保たれるのではなく、回轉數の増加と共に上

昇して、規定回轉數に達して初めて規定電壓に達するのであるから、發電機運轉中でも蓄電池電圧は一定不變とは限らない。蓄電池の放電電圧は第84圖に示す如く放電電流及充電保有状態によつて多少の相違はあるが大體23~24ボルトの間にある。斯の如く電燈電源となる蓄電池は放電中には23~24ボルトで略一定であるが、充電中には25~32ボルトの間に變化するため、電燈電圧を蓄電池状態及電燈電流に關係なく一定値に保持するには、蓄電池と電燈との間に電燈抵抗を置き、電燈電流の大小及蓄電池充電状態に應じて抵抗値を自動的に變化調節して、適當の電壓降下を起さしめなければならぬ。電燈抵抗は蓄電池放電中は零又は零近くに遞減して蓄電池の全電壓を電燈に給電し、充電中には最大電壓降下5~7ボルトを生じて蓄電池電圧が30~32ボルトに達しても電燈電圧を25ボルト以下に制限するものでなければならぬ。

第二節 電燈調整器の種類

電燈調整器には抵抗形と炭素板積層形の二種がある。Rotax Leitner式は前者で、Safety式、Gould式、Pintsch式、Stone式、川崎KS式等は後者の例である。炭素板積層形の中Gould式ではプランジヤ形電磁石を使用してゐるが他は凡てトルクマグネット形である。

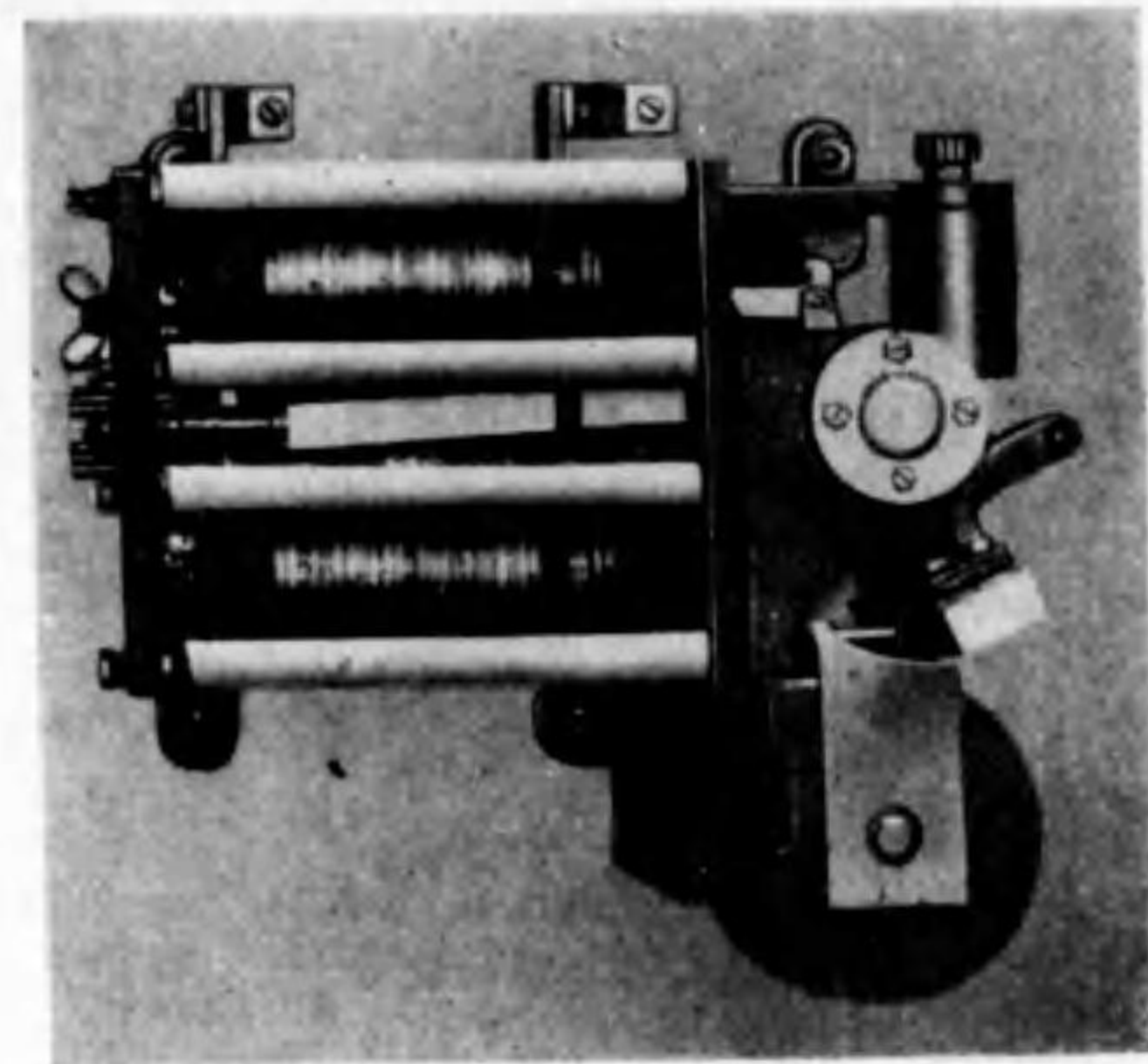
抵抗形では全抵抗を完全に短絡して、蓄電池放電中の電燈電壓降下を完全に零とする事が出来るが、調整が段階的で、接點の損傷を伴ふ。炭素板積層形では調整は圓滑であるが、炭素板積層の抵抗を完全に零とする事が出来ないため、蓄電池より給電中にも多少の電壓降下を伴ふ。この電壓降下を除去するために抵抗を短絡すれば、短絡回路の開閉時に電

燈のチラツキを起す。

第三節 川崎KS式電燈調整器

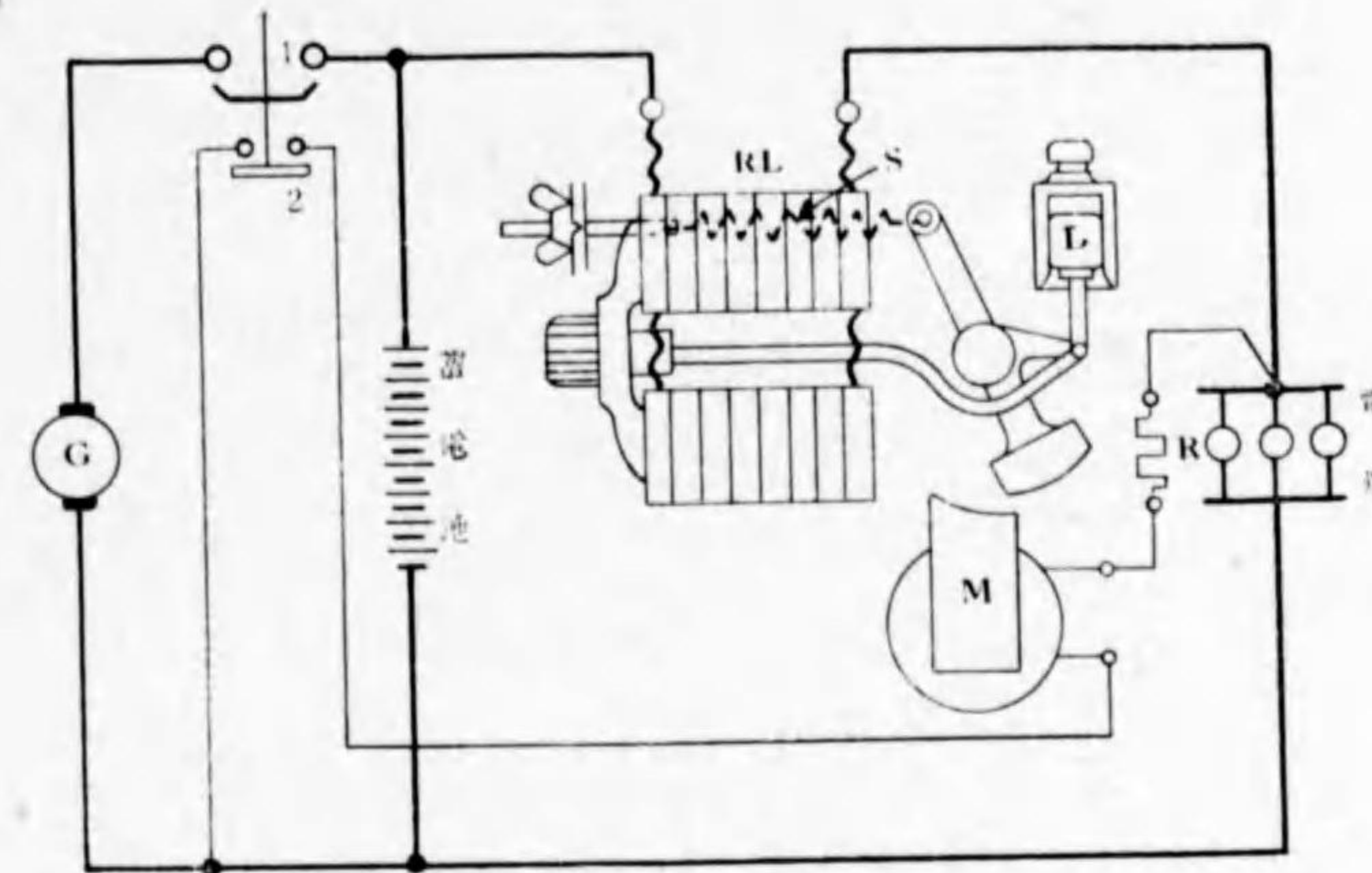
第85圖はKS式電燈調整器で、第86圖はその作用を示す接続圖である。トルクマグネットMの電壓線輪は、電燈電壓によつて勵磁される。

電燈電壓が規定値を越へて上昇すれば、トルクマグネットは發條Sに抗して右に回轉し、炭素板積層の壓力を減じてその抵抗値を増し、電燈電壓の上昇を抑制する。制動壺Dはトルクマグネットの急激な運動を阻止して電燈のチラツキを防ぐ装置である。



第85圖

停車中自動開閉器開路状態では、電壓線輪の回路は自動開閉器の補助接點(2)にて開路して居るためトルクマグネットは無力で發條Sの全壓縮力が炭素板積層に加わりその抵抗値は非常に少く、全負荷電流で電



第86圖

壓降下0.5~1ボルトである。發電機の電壓が上昇して自動開閉器が閉路すれば、その補助接點(2)は閉路し、電壓線輪は勵磁されて作用を開始し炭素板積層に加る壓力を減じて電壓降下は増加するが、この時蓄電池の放電々流は減じその電壓は上昇するから電燈電壓降下は極めて小さい、自動開閉器の閉路電壓の調整によりては電燈電壓は却つて若干上昇する。續いて發電機電壓の上昇につれて電燈電壓がその規定値を越へると、電燈調整器は完全に作用して、發條Sに抗して炭素板積層の壓力を減じ、その抵抗値を適當に調整して、電燈電壓を規定値に保つ。炭素板積層の抵抗値は、發電機電壓32ボルトにて電燈電流が全負荷の六分の一に減じても、尙且電燈電壓を25ボルト以下に制限するに充分なる値を有して居り、電燈電壓は如何なる場合にも25ボルトを越へる事はない。

トルクマグネットの回轉部は球入軸受にて支持され、作動は極めて圓

滑に行はれる。電燈電圧の調整は、直列抵抗 R 、及發條 S を調整して所要値に合して居る。トルクマグネットの空隙は最も重要な部分で、その回轉力の大きさが炭素板積層の伸縮と壓力の關係、及發條 S の伸びと張力増加の割合等に最も適合する如く實驗的に決められて居るから、電燈電壓は充電々壓及電燈電流が廣範圍に變化しても殆んど一定値に保たれるのである。

第四節 ゴール(Gould)式電燈調整器

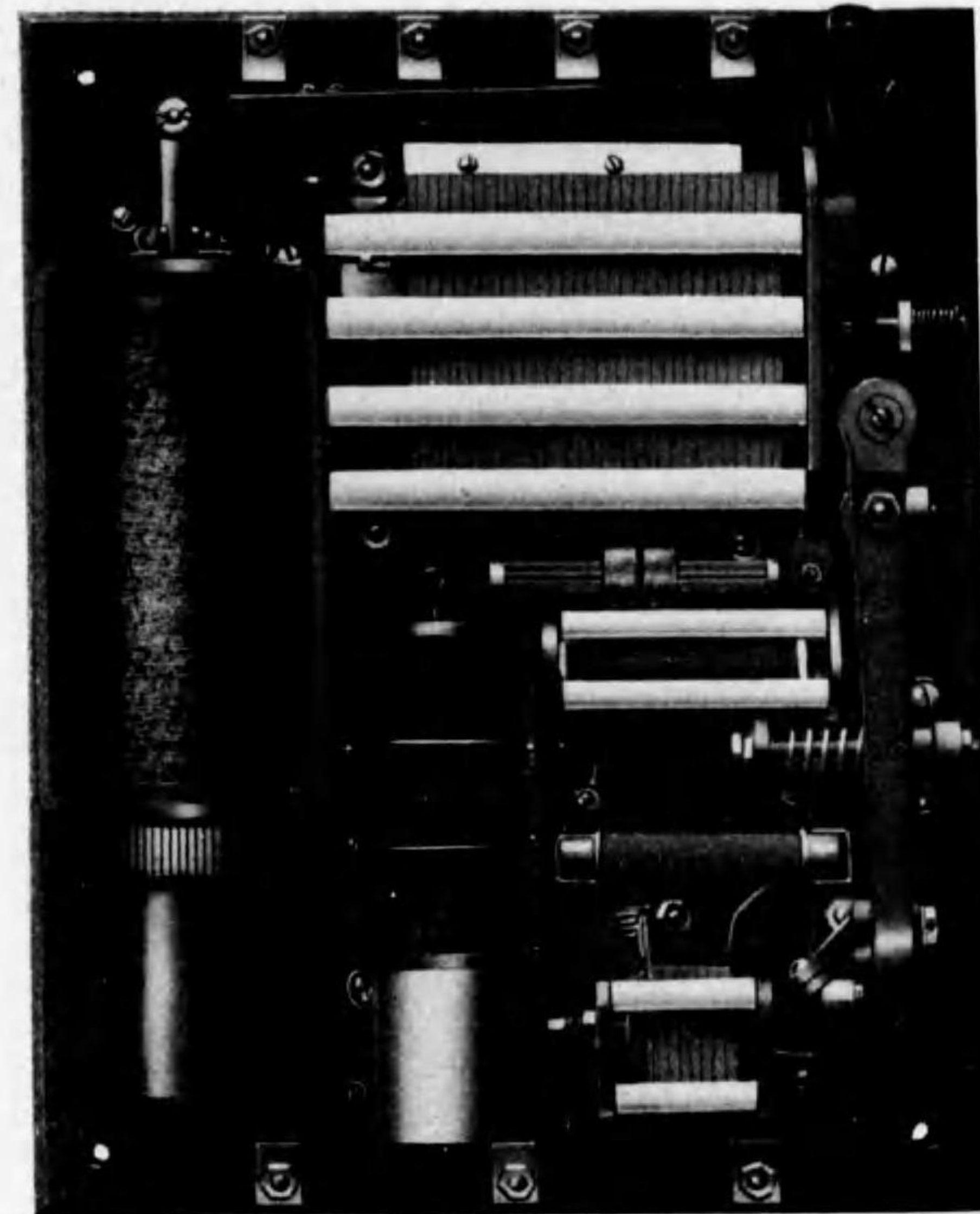
炭素板積層形電燈調整器の唯一の缺點は、停車中蓄電池から給電して居る場合に炭素板積層の抵抗値が零とならず、若干の残留抵抗があるために蓄電池の全電壓が電燈に給與されぬ事である。

Gould 式電燈調整器ではこの缺點を除去するために特殊の考案がされてゐる。Gould 式電燈調整器は主電燈抵抗の他に短絡用並列抵抗及倍率調整器より成り、停車中の電壓降下を極限すると共に運轉中の電壓變化をも僅少にして居る。第87圖、第88圖はその構造圖で第89圖は説明用の簡略結線圖である。

發電機運轉中、電燈電壓が規定値より上昇すれば、主調整器のプランジャーは引上げられ、發條 J によつて短絡用並列回路の開閉器 A, B は開路して、電燈電流は全部主調整抵抗 U に移る。更に電壓が上昇すれば、プランジャーは上り、 U の壓力を減じて電壓調整を行ふ。

主調整抵抗 U の電壓線輪 C_1 には、倍率調整器 V の炭素板積層抵抗が直列に接続されて電燈電壓を受けて居り、倍率調整器の電壓線輪 C_2 は電燈電壓を受けて居る。故に電燈電壓が少し變化しても、主調整器の電壓

線輪の電流は著しく變化して、電燈抵抗の調整を行ふから電燈電壓の變化は、極めて微少な値に制限されるのである。

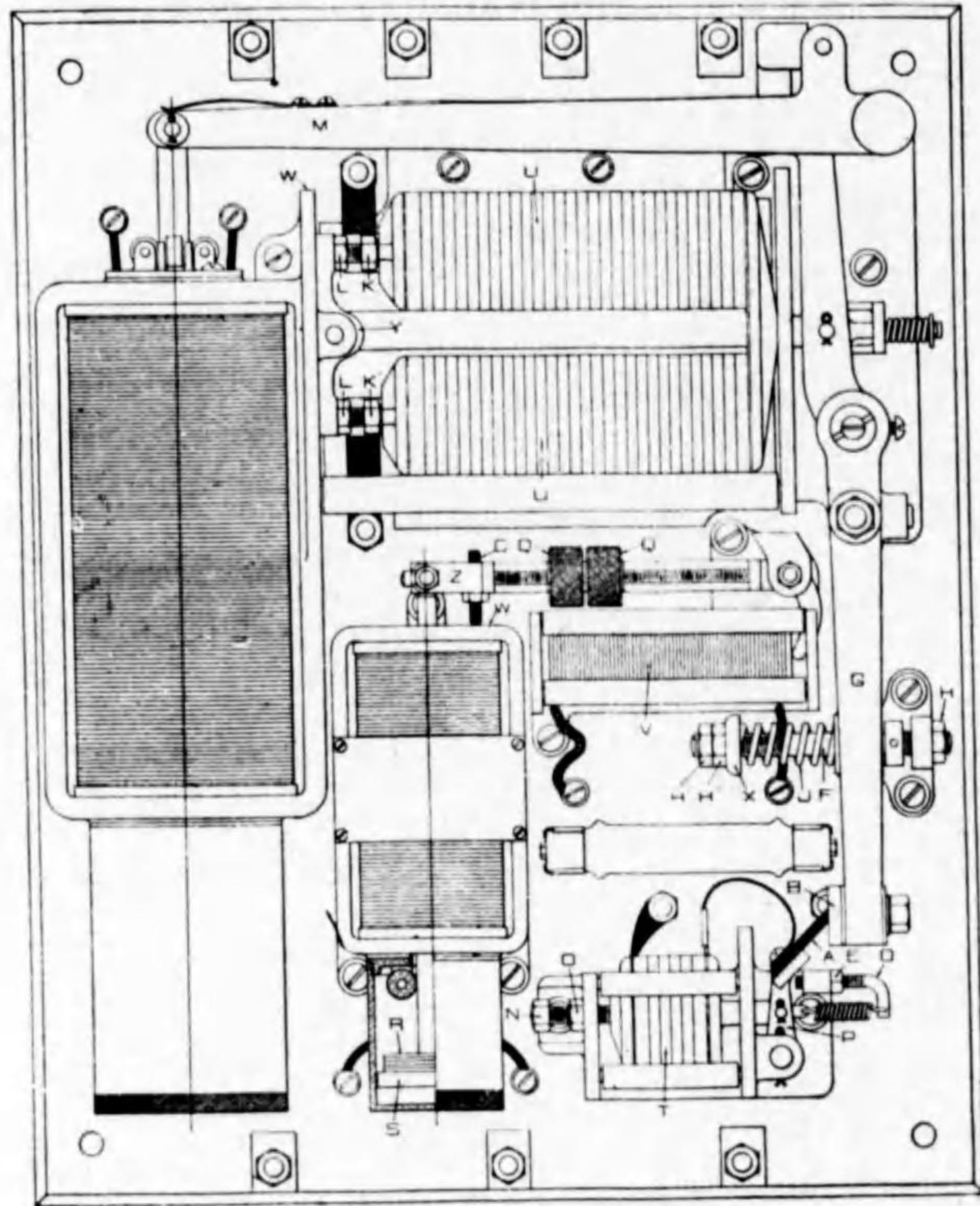


第87圖

プランジャー形の電磁石は、トルクマグネット形に比べて索引力が弱く従つて電壓調整は完全を期し難いが Gould 式では倍率器の使用によ

つて、この缺點を完全に補償して、電圧變動を少なくする事に成功してゐる。

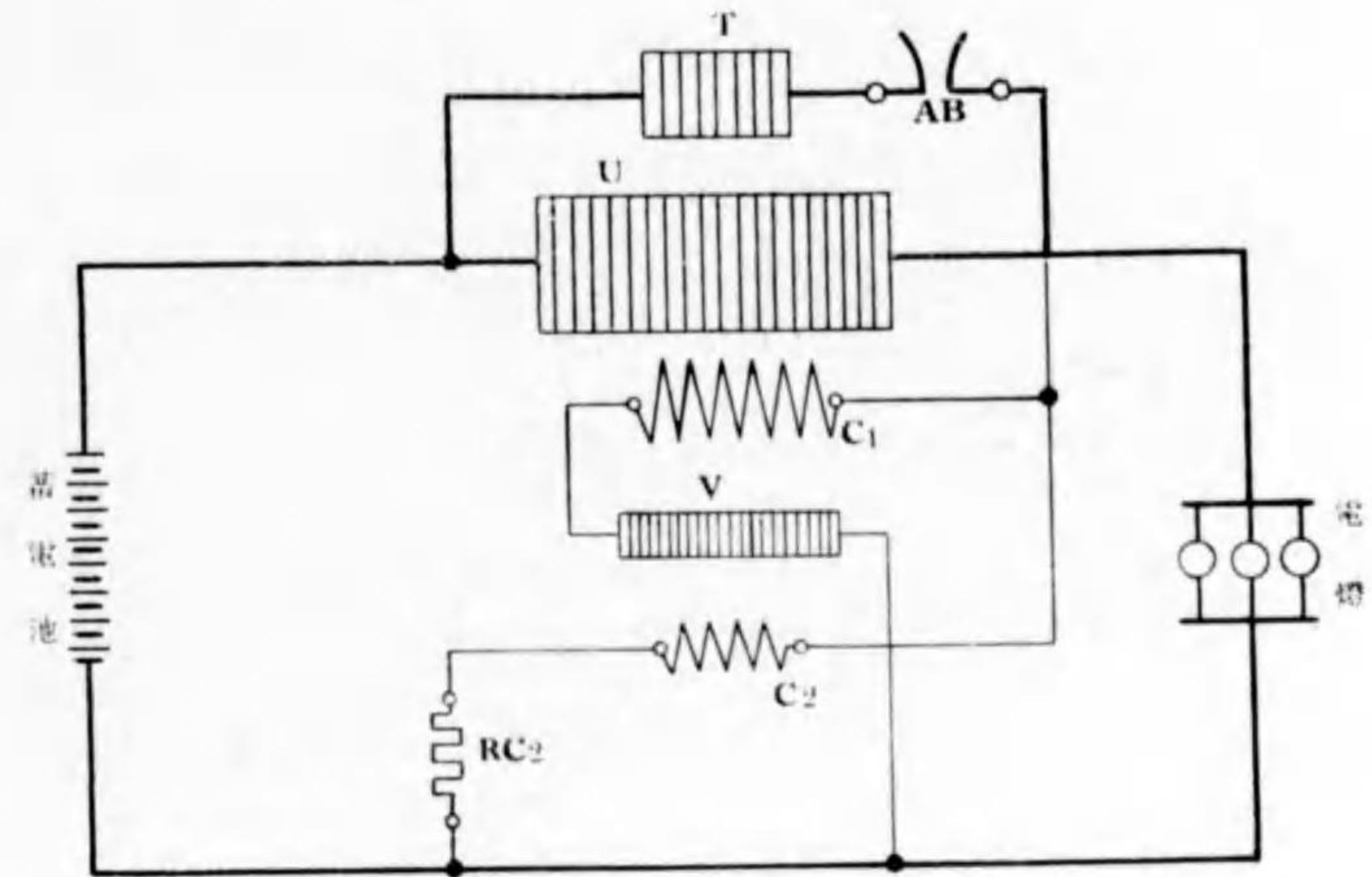
発電機が運轉を休止し、蓄電池より給電するに至り電燈電圧が降下す



第88圖

れば、プランジヤーは下り、主抵抗Uの電圧降下を減ずる。更に電圧が降下すれば、レバーMはレバーGを押して接點ABを閉路し、並列回路

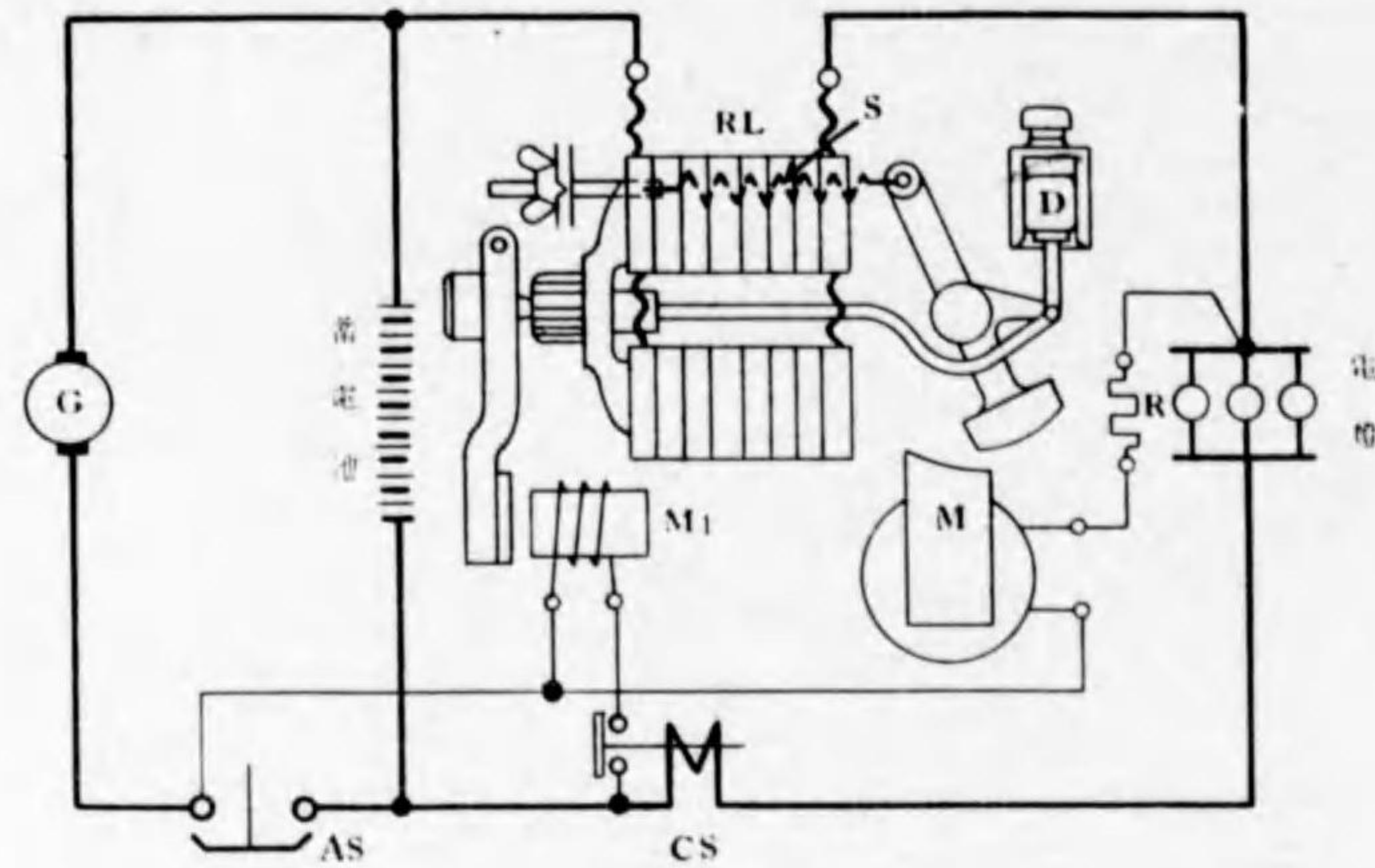
Tを主抵抗Uに並列に入れる。Tは數枚の炭素板積層であるから、この部の電気抵抗は極めて少く電燈電流は殆んどT回路に流れるから費用上電圧降下は零と見る事が出来る。接點ABが閉路された時、T回路の壓力は少く、此の壓力がレバーMの下降と共に漸次増加してT回路の抵抗は減じて行くので、電燈のチラツキは殆んどない。



第89圖

第五節 川崎KS式-A形電燈調整器

川崎KS式-A形電燈調整器では、停車中の電圧降下を減ずるために、加圧用の電磁石M₁を装置し、その電圧線輪は自動開閉器の接點間に接続してある。第90圖は説明用の簡略圖である。本器の主體は、KS式電燈調整器であるから、発電機運轉中の作用は、KS式と全く同一である。



第90圖

加圧用電磁石 M_1 の電圧線輪は、電燈電流によつて、作用する自動開閉器CSの接點を経て自動開閉器ASの接點間に接続してある。發電機運轉中自動開閉器が閉路してゐる間は、 M_1 は短絡されて作用をしないが發電機休止中には、蓄電池の全電圧が加り、炭素板積層に強力なる壓力を加へて、その抵抗値を實用上零として居る。發電機電壓の上昇につれて M_1 の作用は次第に弱まり、自動開閉器の閉路によつて完全に作用を失ふ、その間加圧電磁石の炭素板に與へる壓力は次第に弱まり、最後に零となるので電燈のチラツキは全くない。發電機電壓が下降する場合は、自動開閉器の開路によつて作用を開始し、發電機電壓の降下と共にその作用を増すから、此の時にも電燈のチラツキは起らない。消燈中CSは開路し、 M_1 の回路を開放して蓄電池の不要の放電を除く。

第十五章 自動開閉器

第一節 自動開閉器の作用

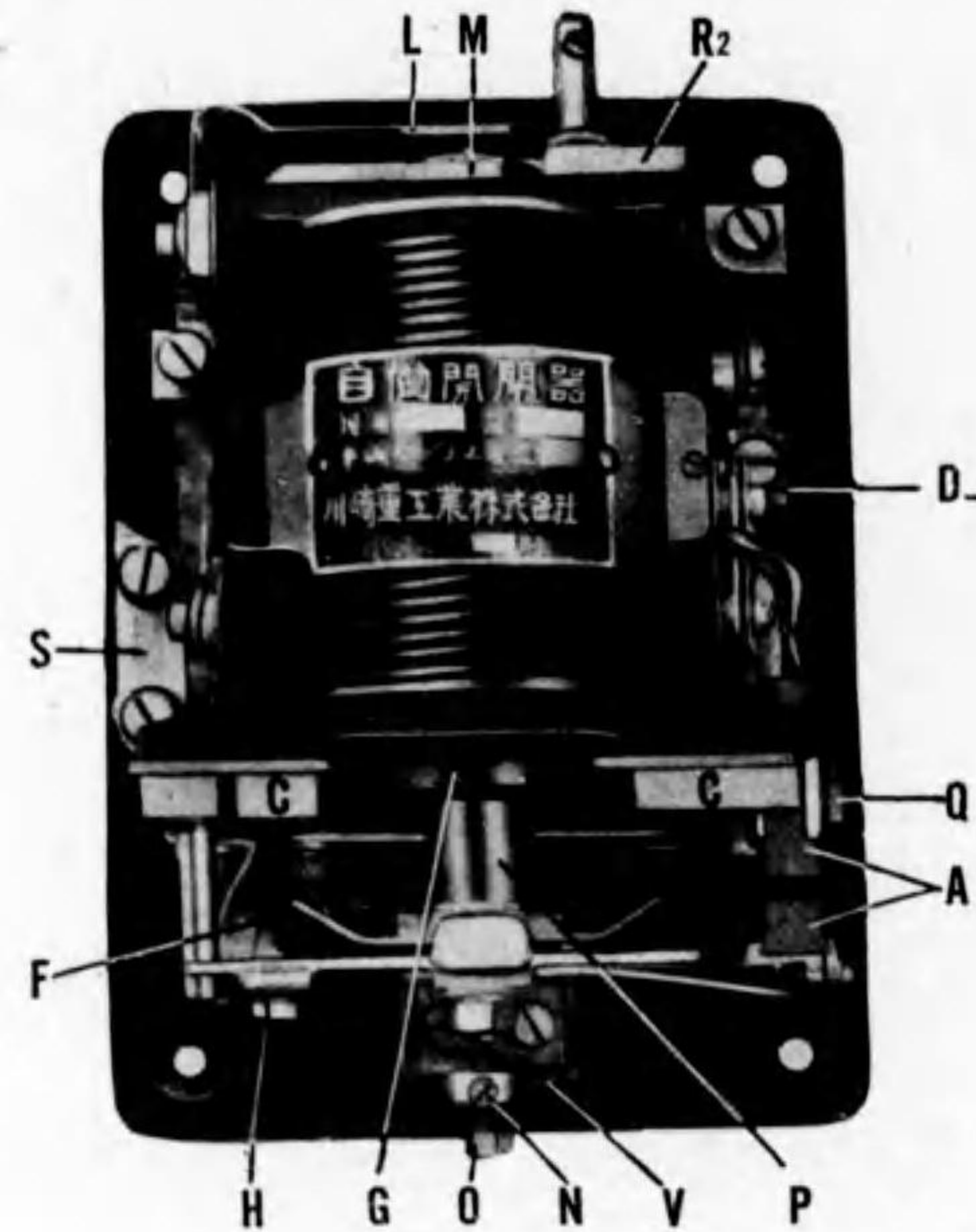
自動開閉器は、發電機電壓が蓄電池の充電を行ひ得る値に達すれば、發電機を蓄電池に接続し、列車速度が低下して發電機電壓が降下し、蓄電池より發電機に逆流すれば、速に發電機を蓄電池より切り離し、逆流放電を最少限に止める作用を営むものである。自動開閉器は電磁石の構造からプランジャー形とコンタクター形に、又接觸の構造によつて楕形と塊状形に分類される。

自動開閉器の閉路方式は、蓄電池の充電状態等には関係なく、發電機電壓が所定の値になれば閉路する方式と、發電機電壓が蓄電池電壓に等しいか或は少し越へた時に閉路する方式の二つがある。一般には前者が採用されて居るが、Safety式及川崎KS式-B形では後者を採用して居る。

第二節 ストーン (Stone) 式自動開閉器

第91圖はストーン式自動開閉器を示したもので、プランジャー形楕形接觸である。電磁線輪は電圧線輪と、電流線輪とより成り、夫々發電機電壓及電流によつて勵磁されて居る。發電機電壓が26~27ボルトになれば電圧線輪の作用によつてプランジャーPは、それ自身の重量に打勝つて引き上げられ接點Cを閉づ、電流線輪は發電機より電流が供給された場合電圧線輪と和動して接點を確保する。發電機電壓が降下して蓄電池より發電機に逆流すれば、電流線輪は電圧線輪の作用を打消して接點を

開く、主接觸の他に炭素製の補助接點 A があつて、こゝでアークを切り主接觸を保護する。S は安全閉閉片で自動開閉器を點檢する場合之を開放し、蓄電池と發電機の接續を斷つに用ふ。

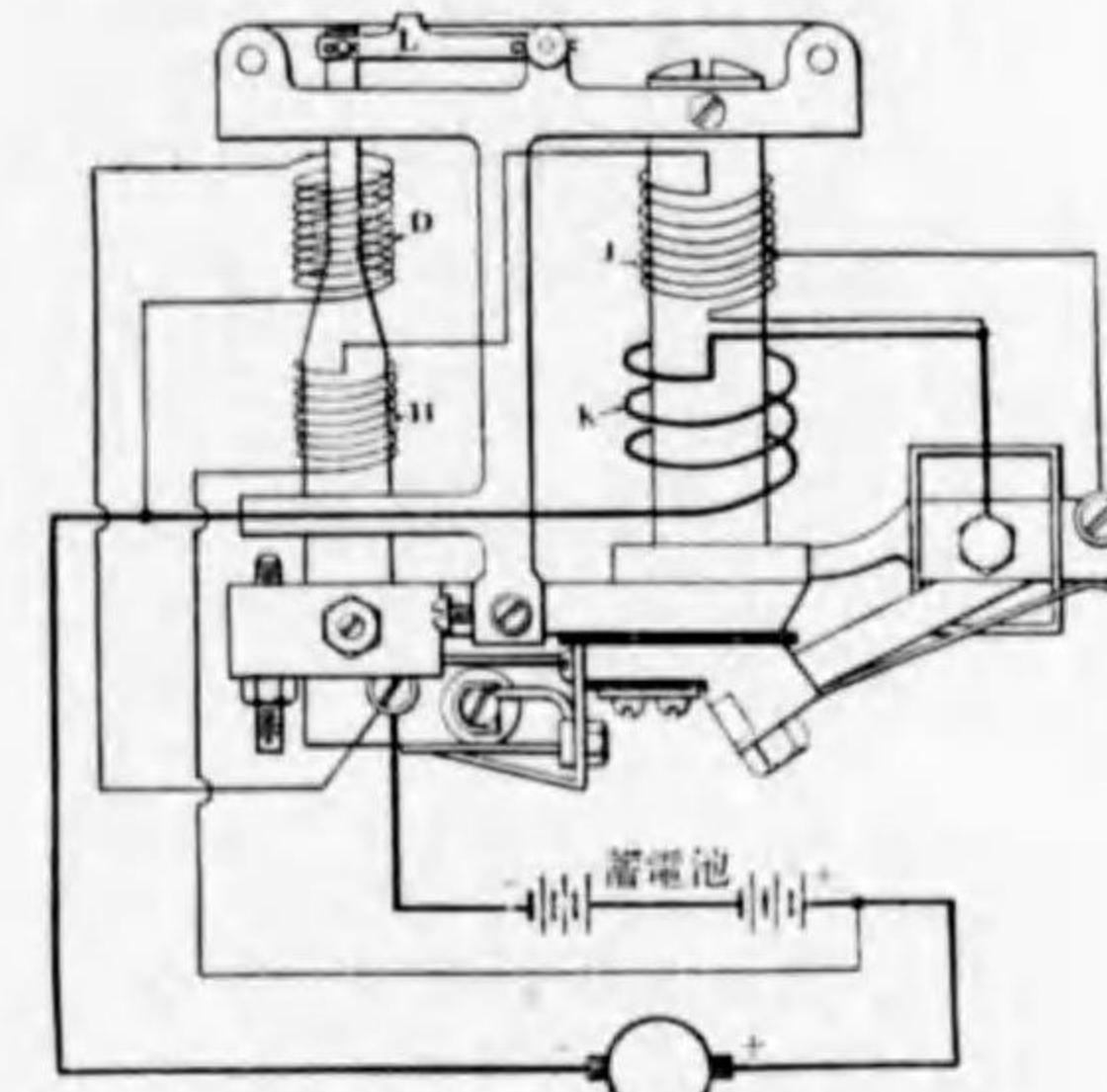


第 91 圖

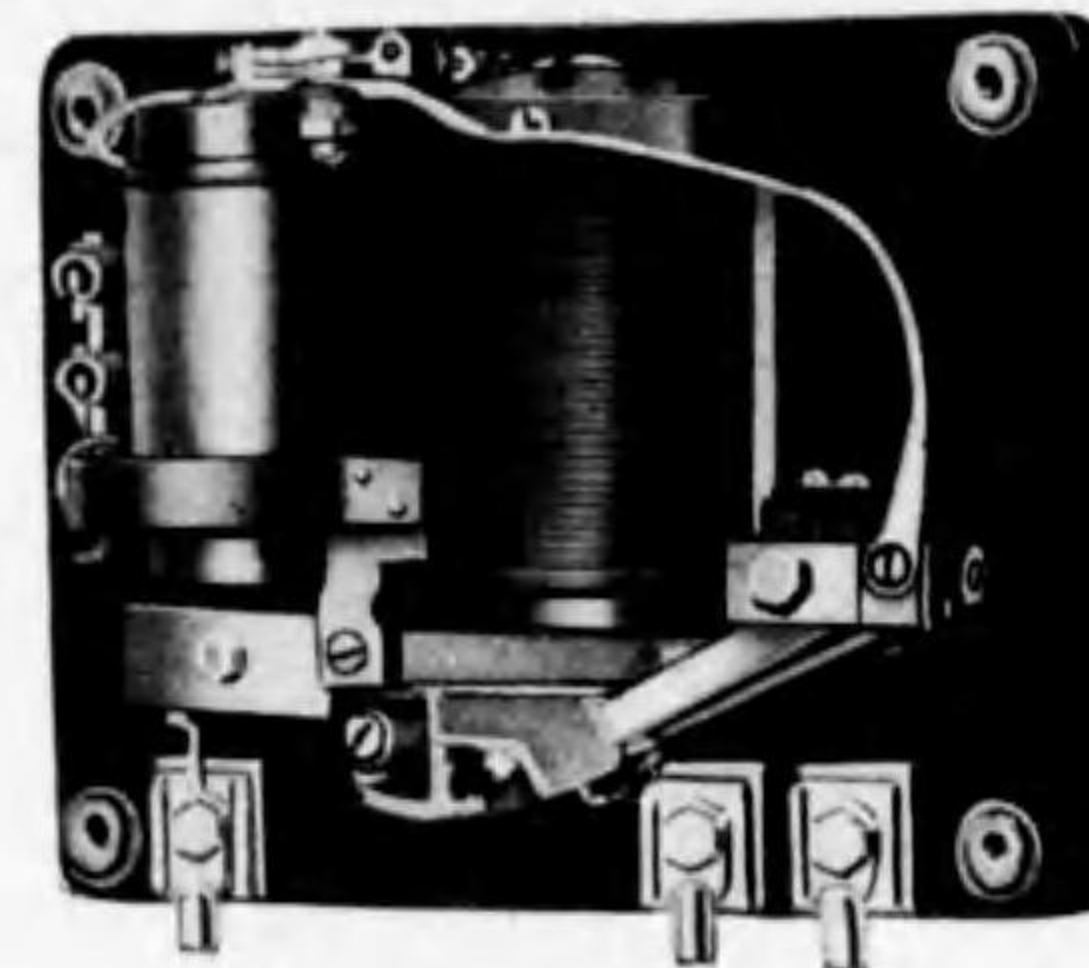
第三節 セーフチイ (Safety) 式自動開閉器

第92圖及93圖は Safety 式自動開閉器を示したものであるが圖に見る如く、この自動開閉器は 2 個の電磁石より成り、3 個の電壓線輪 J, H, D と 1 個の電流線輪 K を有して居る。電壓線輪 D は主接觸の間に接續されて居り、本器閉路中には短絡されて居るが、本器開路中は發電機電壓と

蓄電池電壓の差が加る、故に停車中は蓄電池の全電壓を受けてプランジヤーを引き上げ主接觸を開路して居る。



第 92 圖



第 93 圖

電壓線輪 J, H は直列に接續されて發電機電壓を受けて居る。發電機電壓の増加に伴つて電壓線輪 D の作用は減するから、電壓線輪 H でその作用を補ふのである。空隙を適當に調整して置き蓄電池電壓が發電機電壓に等しくなつた時に電壓線輪 J の作用で接點を閉ぢる電流線輪 K は發電機より電流が供給される時電壓線輪 J と和動して接點を確保し、逆流にて J の作用を打消す。

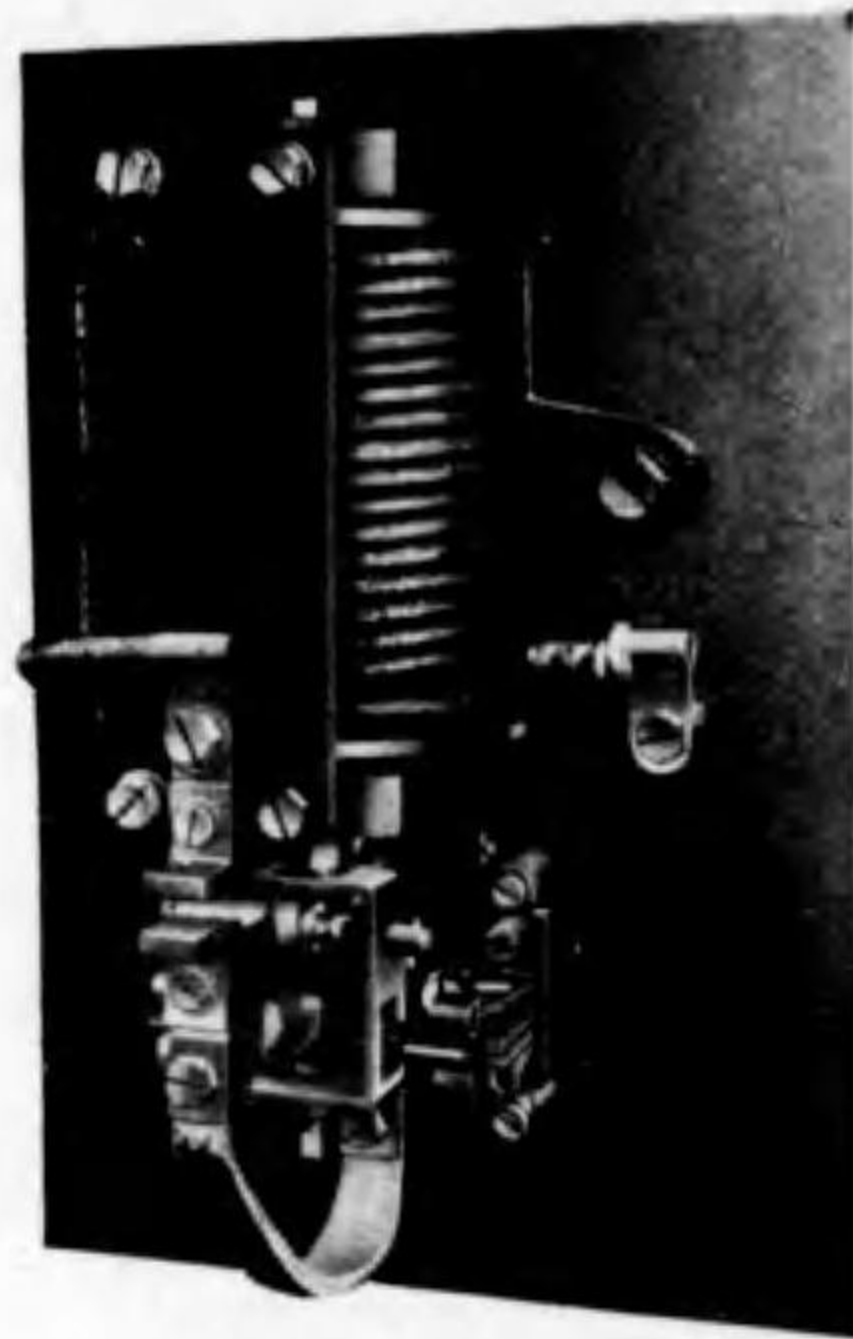
主接觸閉路と同時に電壓線輪 J の一部は短絡さ

れ、J の作用は辛じて接點を保つ程度に弱められるから、少しの逆流でも接點は開かれる。故に逆流によるアークもないから炭素接點も不要である。電壓線 J, H は同一程度に周圍溫度及溫度上昇の影響を受け而も

J.Hの差動作用で閉路するのであるから直列抵抗は不要である。

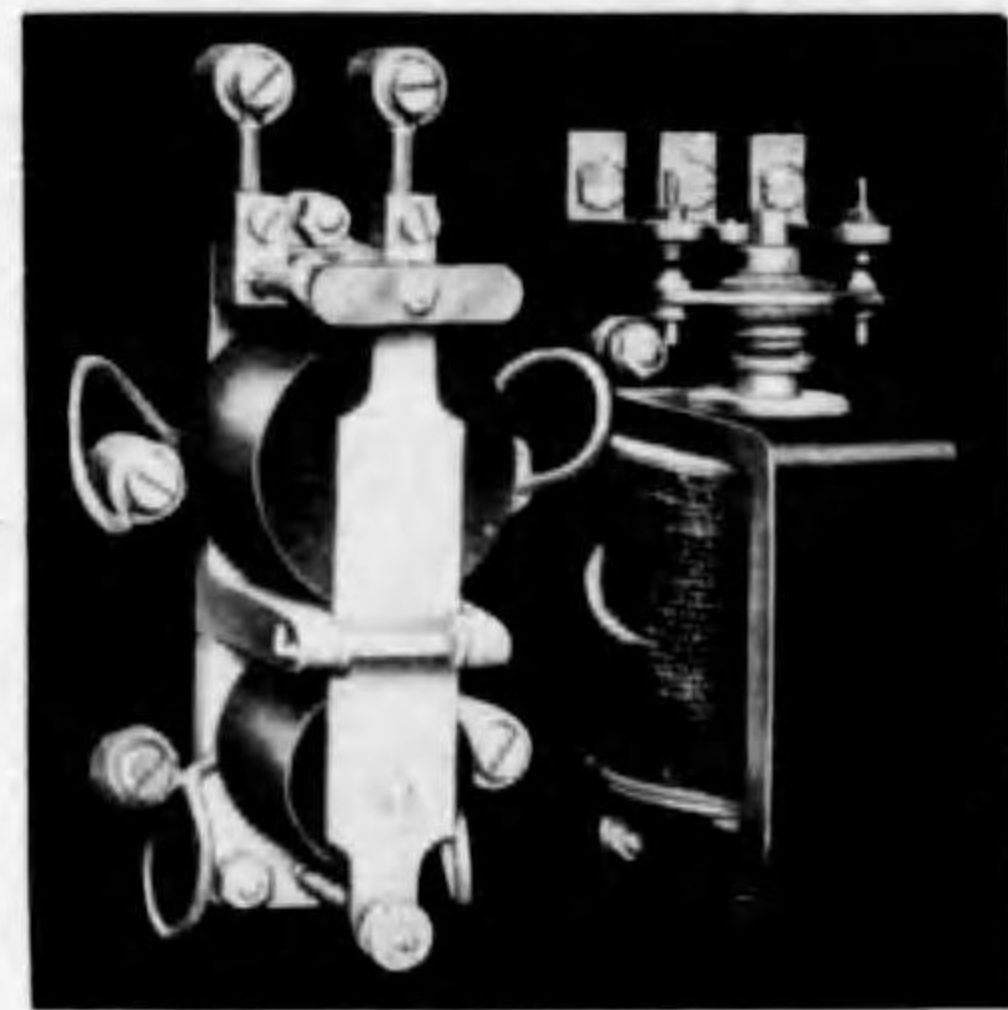
第四節 KS式B形自動開閉器

川崎KS式B形自動開閉装置も Safety式と同様発電機電圧が蓄電池電圧と等しくなつた時に接点を閉じる。本形式では自動開閉器の外にその作用を助けるために補助繼電器と、電圧繼電器を併用してゐる。第94圖95圖及、96圖は自動開閉器、補助繼電器及電圧繼電器を示したもので第97圖は作動説明用の簡略圖である。



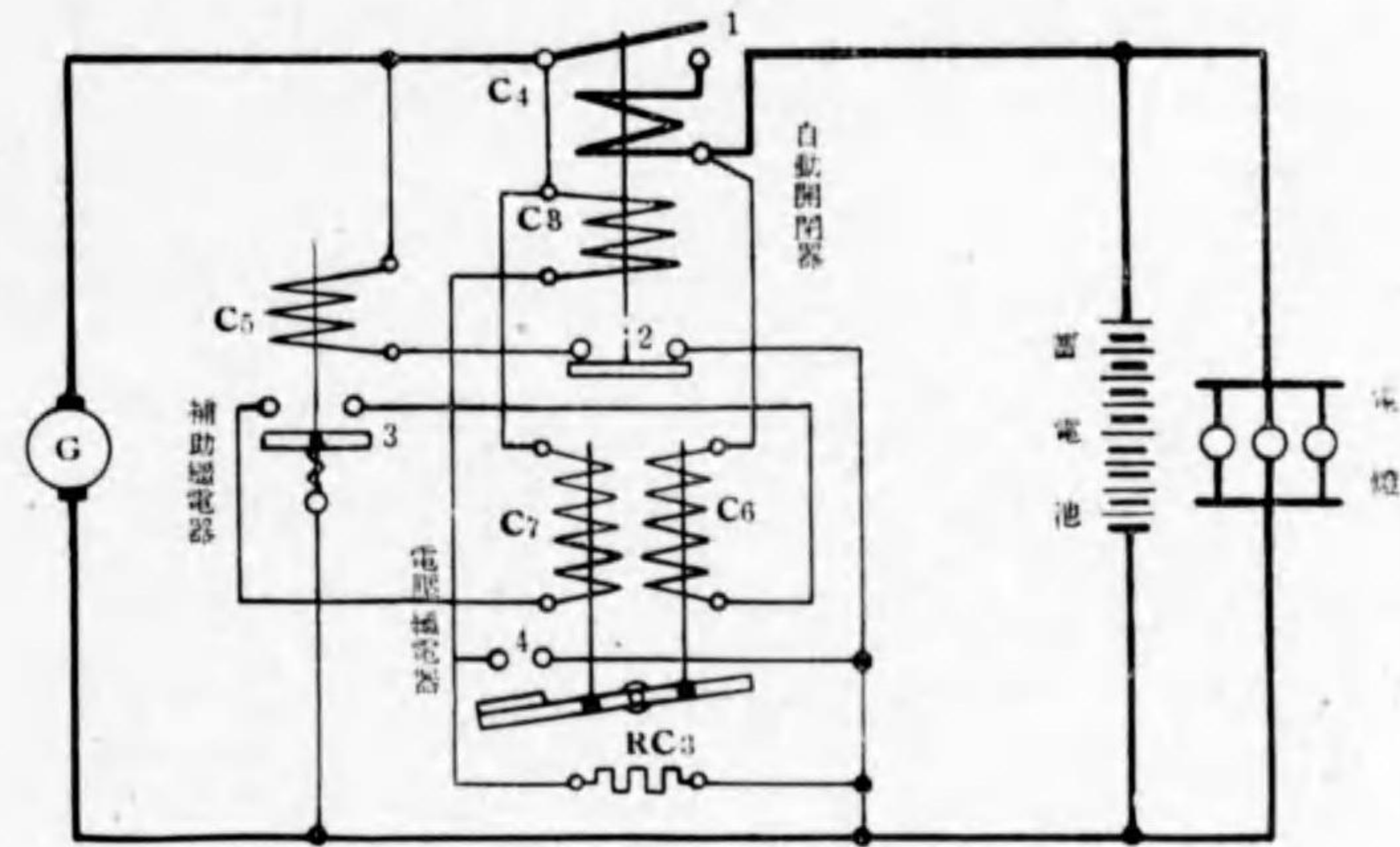
第94圖

自動開閉器は電圧線輪及電流線輪を有し、夫々発電機電圧及電流を以て勵磁されて居る。補助繼電器の電圧線輪は発電機電圧を受けて居り電圧約14ボルトにて接点を閉じ電圧繼電器の電圧線輪回路を作る。電圧繼電器は二つの電圧線輪C₆及C₇を有しC₆は蓄電池電圧にてC₇は発電機



第96圖 第95圖

電圧にて勵磁されて居る。電圧線輪C₆は發條と共に接點(4)を開く方向に電圧線輪C₇はC₆及發條に打勝つて接點を閉ぢる方向に作用するC₆及C₇の強さは發電機電圧が蓄電池電圧と等しいか少し越へた時に接



第97圖

點を閉ぢる如く調整してある。電圧繼電器の接點が閉ぢると自動開閉器電圧線輪C₃の直列抵抗RC₃は短絡され、C₃には發電機の全電圧が給與され自動開閉器は直ちに作動して主接點を閉ぢる。電流線輪C₄は發電機電流にて電圧線輪C₃と和動して主接點を確保する。自動開閉器が閉路すればその補助接點(2)は開路し補助繼電器の電圧線輪の回路を開いてその作用を失はしめ、續いて電圧繼電器も作用を失つて再びRC₃を挿入してC₃の電流を減じるから、次に發電機電圧が降下して蓄電池より逆流すれば、少しの逆流でも自動開閉器は開路する。自動開閉器の開路と同時に補助繼電器の回路は再び作られるが、此の時發電機電圧は蓄

電池電圧より降下して居るから、電圧繼電器は作動しない。本装置では常時電流の流れて居るのは自動開閉器の電磁線輪のみで補助繼電器及電圧繼電器の電流は極短時間であるので電力損失が少い、又電圧繼電器の電圧線輪C₆及C₇は同じ程度に周囲温度の影響を受け而も差動になつて作用するのであるから直列抵抗も不要である。

第五節 電圧線輪直列抵抗

自動電圧調整器、電燈調整器、自動開閉器等の電圧線輪には固有抵抗の温度係数が零に近い抵抗（例へばクローム線の如き）を直列に挿入して線輪の抵抗が温度上昇によつて増加しても、全回路の抵抗が餘り變化しない様にして、作動電圧の温度差による變化を制限し、且抵抗値を調整して作動電圧を所要の値に合すに使用してゐる。

銅線の抵抗値と温度の関係は次式で表される。

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1} \dots\dots\dots (29)$$

茲に R_{t_1} 、 R_{t_2} は夫々温度 t_1 及 t_2 に於ける抵抗

假りに 20°C に於ける抵抗を標準とし温度上昇 40°C とすれば

$$t_1 = 20 \quad t_2 = 20 + 40 = 60 \text{ 度}$$

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{234.5 + 60}{234.5 + 20} = \frac{294.5}{254.5} = 1.16$$

即ち温度上昇 40°C にて抵抗値は、約 16% 増加する事が判る、凡ての電磁線輪の起磁力は、巻回数と電流値の積で表されるものであるから、抵抗値が増せば印加電圧は之れに比例して増加しなければならぬ、そこで例へば 20°C の時 30 ボルトに調整してあれば温度が 40°C 上昇して 60

$^\circ\text{C}$ になれば線輪抵抗は 16% 増加し、従つて作用電圧も同じ割合で増加して 34.8 ボルトになる。

假に固有抵抗の温度係数が完全に零である抵抗線があつたとして全抵抗の内線輪抵抗と、直列抵抗の割合が $1:n$ であれば、温度上昇 40°C に於ける抵抗の 20°C に於ける抵抗に対する増加割合は

$$\frac{1.16 + n}{1 + n} \dots\dots\dots (30)$$

となる、今 $n=2$ とすれば此の割合は

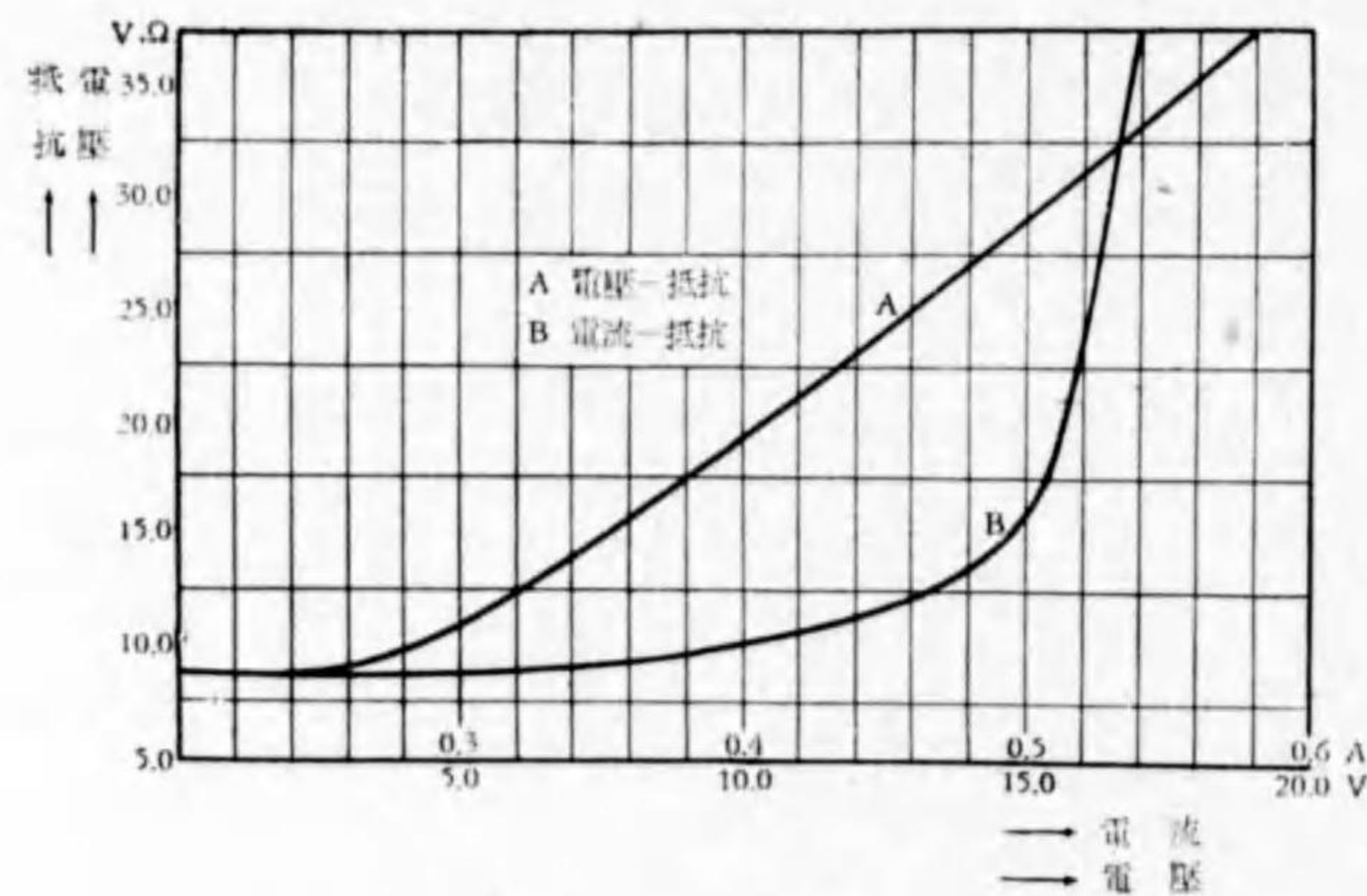
$$\frac{1.16 + 2}{1 + 2} = 1.05$$

となり全抵抗の増加割合は僅に 5% に減少する。 n を大きくする程即ち電圧線輪中の電圧降下を減じ附加抵抗の電圧降下を大きくする程温度變化に対する作動電圧の變化は少くなる。普通 $n=2\sim 3$ とする。

第十六章 自動電壓調整器のみ使用する方式

第一節 總 說

電燈調整器を使用しない列車電燈方式では、充電中電燈電壓の異常なる上昇を阻止するために、(1) 安定抵抗を各電球毎に挿入する。(2) 複電池式とし、電燈側と發電機側に各一群の蓄電池を配置する。(3) 點燈中は發電機電壓を下げるか或は充電々流を減じて蓄電池電壓の上昇を抑制する又若干の定抵抗を蓄電池と電燈の中間に挿入する、等の方策を講ずる事は已に述べた所である。



第98圖

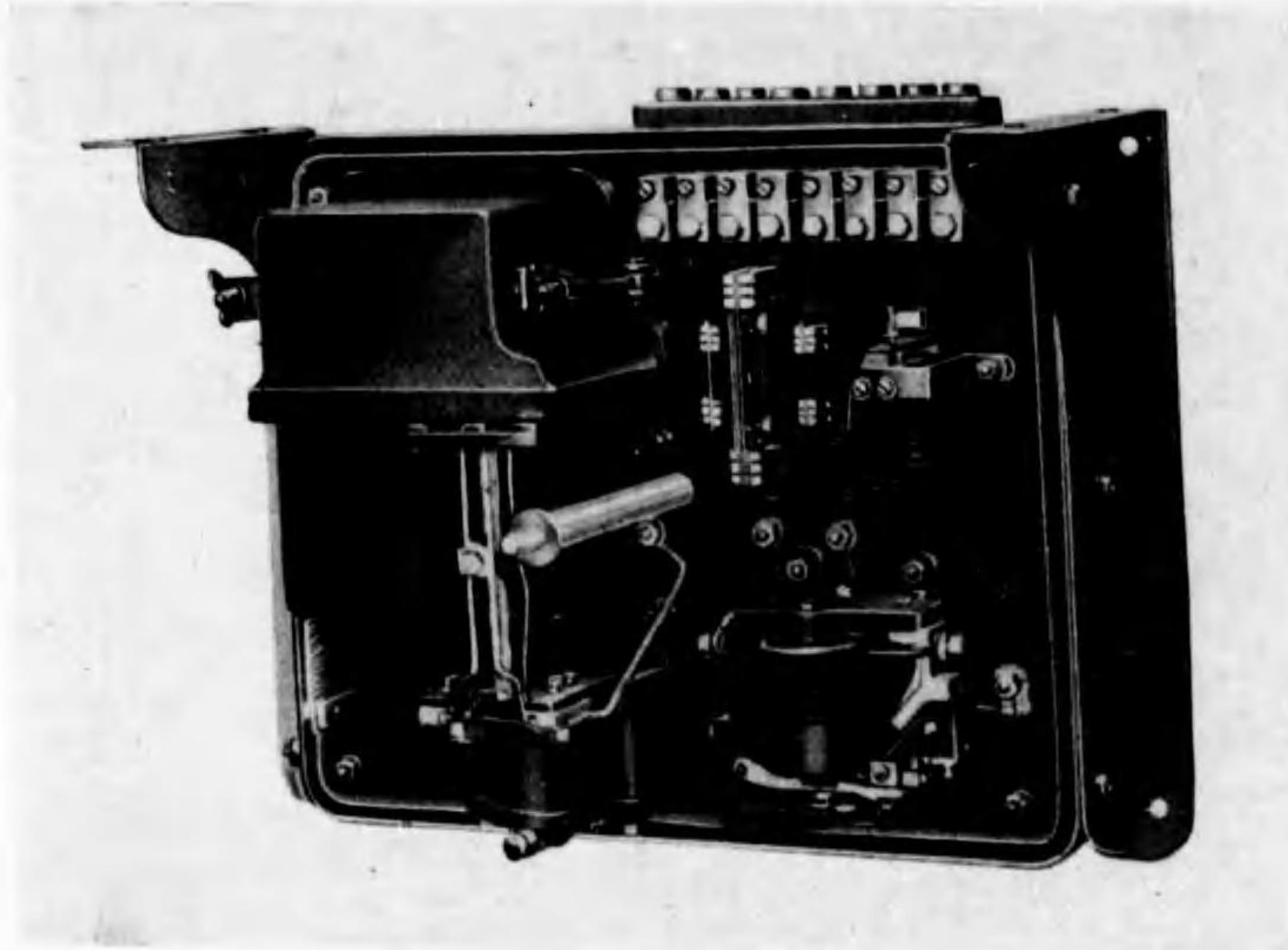
安定抵抗は水素瓦斯封入の電球に鐵ファイラメントを使用したもので、第98圖に示す如くその抵抗値が端子電壓の増加と共に増加し、或る電壓範囲内では不變電流特性を有するものである。これを電球と直列に接続すれば充電々壓の變化はこの安定抵抗に吸収されて、電燈電流は常に一定不變に保たれ、電燈の明るさは變化しないのである。然るに此の安定抵抗はその端子電壓が降下しても、抵抗値が零となる事はなく、若干の抵抗を存するので蓄電池から給電中にも相當の電壓降下を來し、蓄電池の全電壓が利用出來ない。第98圖に示すものでは、最少抵抗約9オーム安定電流値約0.5アンペアであるから最低電壓降下約4.5ボルトとなる。若し之れを24ボルトの回路に使用したとすれば實に18%の電壓降下となる。且此の安定抵抗は各電球毎に電球の電流に應じた安定電流値のものを挿入する必要があるので、車内配線は著しく複雑し、取扱も面倒であるから實用的でない。

複電池式は蓄電池重量の増加のために、全體重量が重くなり、且單電池式に比べて高價となるために漸次その影を沒し去り、現在に於ては第三の方法即ち點燈中發電機電壓を降下し、場合によつては蓄電池と電燈の間に若干の定抵抗を挿入する方法が一般的に採用されて居る。本章に於ては第三の方法による諸方式に就いて述べる。

第二節 ヴイカース (Vickers) 式

ヴィカース式には電燈調整器をも併用する方式があるが、それは同社の舊形で茲では電燈調整器は使用しない新形に就て述べる。

發電機は刷子移動式轉極器附の4極分巻發電機で、客車車臺又はボギ



第99圖

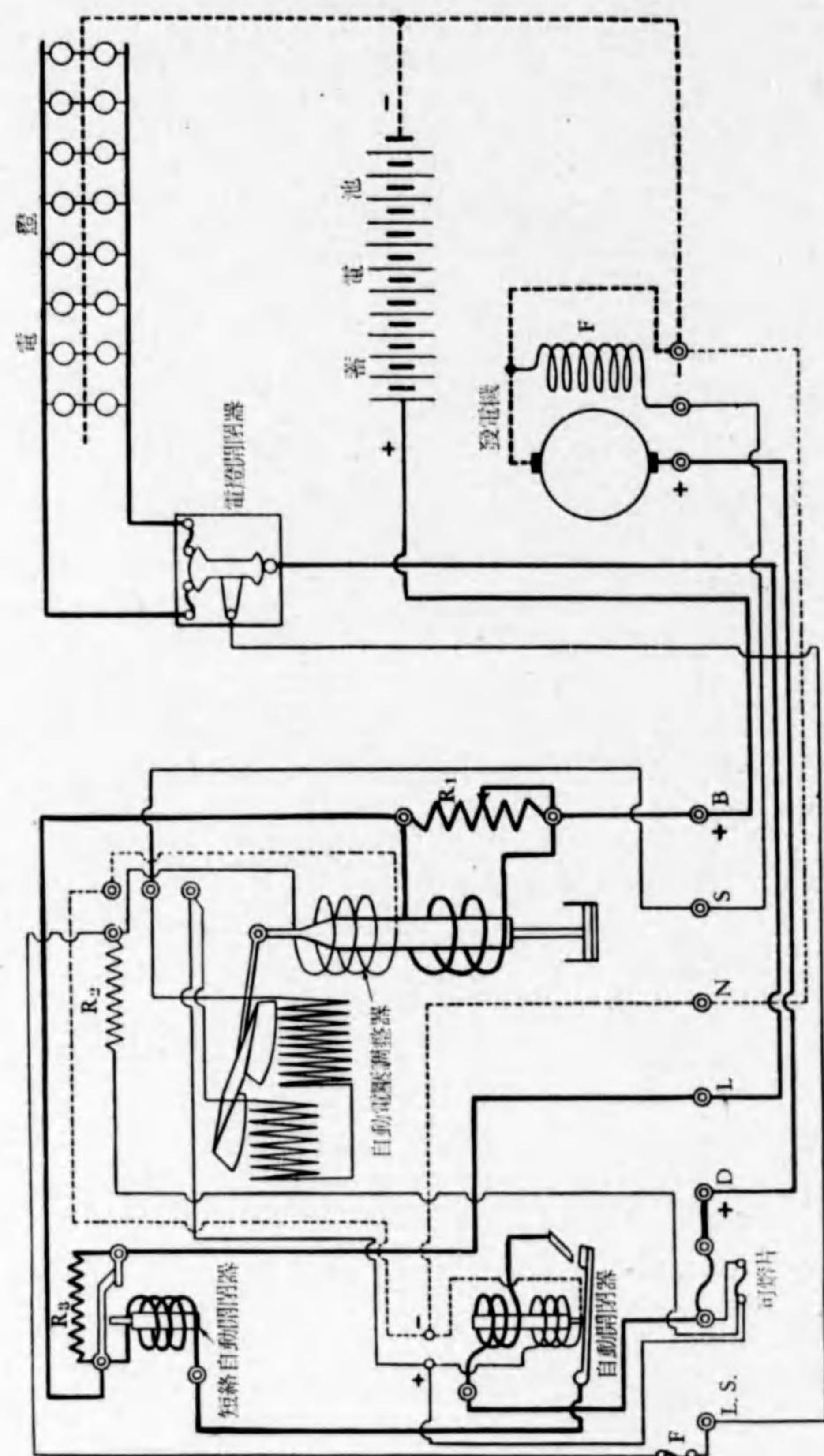


第100圖

一臺枠に吊架し、ベルト張力は発電機の重量とコイルバネの張力の組合によつて與へられて居る。附屬装置は自動電壓調整器、自動開閉器、短絡開閉器、電燈抵抗、可熔片等より成り、鐵板製の函に收められて居り、客車臺枠下にも又車内にも取付けられる。自動電壓調整器の主要部分は鐵板製の覆がしてあるから、車内取付の場合には函全體の蓋は取外してもよい。第99圖及第100圖は附屬器具納入函を示したもので、第101圖は配線圖である。自動開閉器（第99圖右下）はブランジャー形で接觸は楕形である。電磁線輪は電壓線輪と電流線輪とより成り、閉路時の列車速度はベルト車比によつて相違し、13~25 km/hである。電流線輪は發電機電流によつて勵磁され、發電機より電流を供給してゐる時、電壓線輪と和動して接點を確保し、蓄電池より逆流すれば、電壓線輪の作用を打消して速に接觸を開く事は他の方式の自動開閉器と全く同様である。

自動電壓調整器（第99圖左）は抵抗形で、接觸は回轉接觸形である。界磁抵抗は2組となつて居る。電磁石はブランジャー形で電磁線輪は電壓線輪と電流線輪とより成る。電燈點燈中には電壓線輪は電燈電壓を受けて作用し、電燈電壓を一定に保ち、消燈中は發電機電壓を受けて發電機に變速度不變電壓特性を與へる。電流線輪には充電々流が流れ、蓄電池過放電等の場合、充電々流が増加すれば、電壓線輪に和動してブランジャーを餘分に引き上げ、界磁抵抗を増し、發電機電壓を降下して、充電々流の増加を抑制するから、定電流に近い充電特性となる。消燈中、電壓線輪には直列抵抗が挿入され、作用電壓は30ボルトに上昇するから消燈中の充電は完全に行はれる。

列車速度が低く發電機電壓が規定値に達する迄は、電壓線輪の作用は



第 101 圖

弱く、ブランジャーは最下位にあつて、界磁抵抗は全部短絡され、發電機界磁巻線には發電機の全電圧が印加されてゐるが、列車加速と共に發電機電圧が上昇すれば、電圧線輪の作用は強まりブランジャーを引き上げて、回轉接觸子は回轉して界磁抵抗を増加し電圧増加を抑制する。蓄電池過放電等にて充電々流が増加すれば電流線輪が電圧線輪に和動してブランジャーを更に引き上げ界磁抵抗を増加して發電機電圧を降下し、充電々流の増加を阻止して發電機の過負荷を保護する。電燈開閉器を閉路して點燈すれば抵抗 R_2 は短絡されて自動電壓調整器の電圧線輪には電燈電圧が印加され電燈電圧を一定値に保つ如く作用する。本方式の最も大きな特徴は短絡開閉器 (第99圖右上) である。此れは電流線輪によつて勵磁される自動開閉器にして電流線輪は發電機電流を以て勵磁されて居り、發電機電流が所定の値に達し、蓄電池の充電を開始すれば本器は作用して、蓄電池と電燈の間に電燈抵抗 R_3 を挿入する。電燈抵抗 R_3 は鐵線抵抗にして電流通過による溫度上昇と共に抵抗値は増大する。短絡開閉器が作用して電燈抵抗が入ると、その電壓降下のために電燈電圧は降下する。電燈電圧が降下すれば、發電機電圧調整器の電圧線輪は弱まりブランジャーは降下して界磁抵抗を減じ、發電機電圧は上昇する。發電機電圧の上昇に伴つて電燈電圧も上昇する。電燈電圧が規定値に達すればブランジャーは再び引き上げられ、それ以上の發電機電圧の上昇を阻止する。

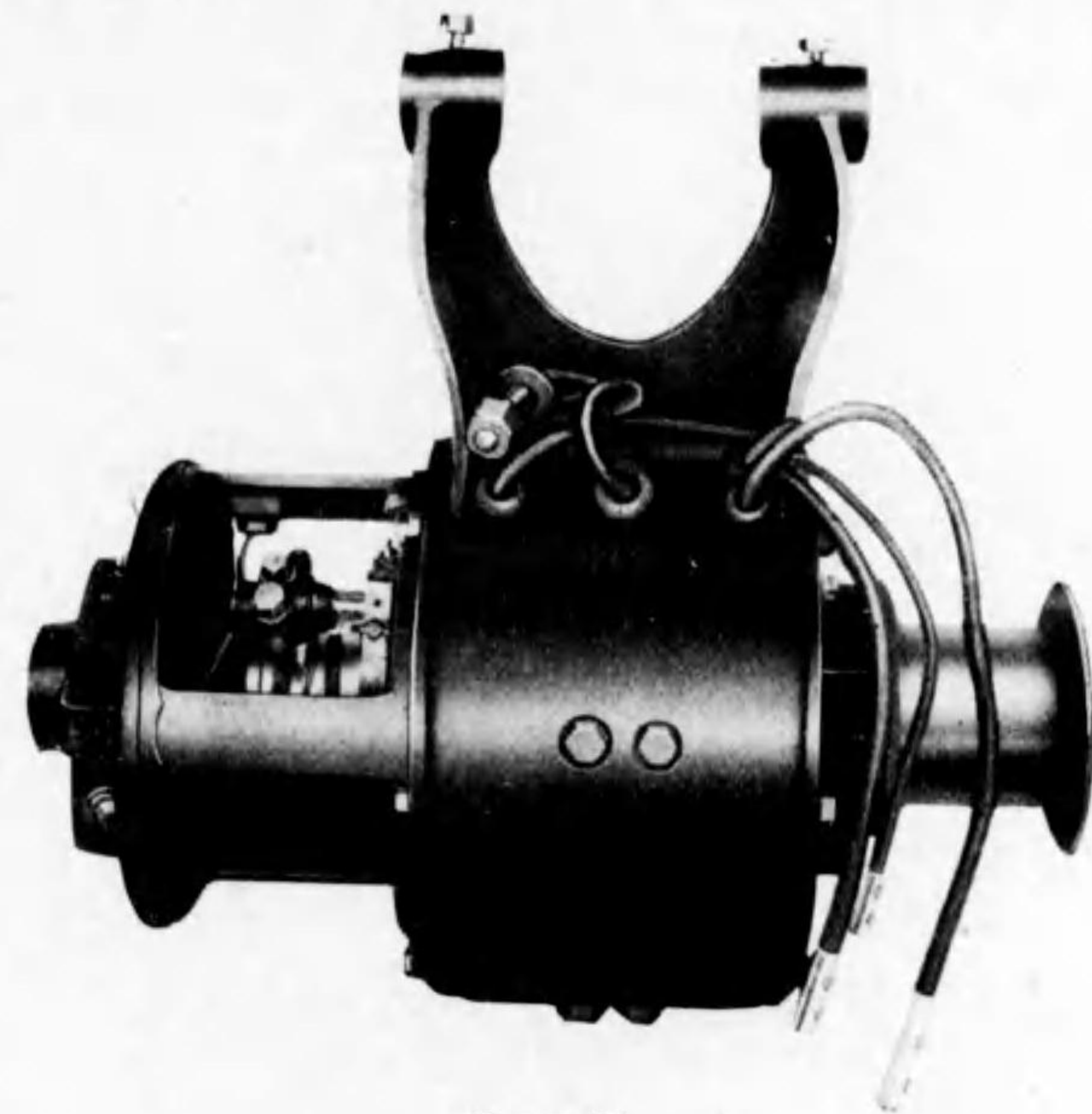
電燈抵抗の電壓降下を4ボルトとすれば、電燈電圧25ボルトの時は蓄電池電圧は29ボルトになる。若し電燈抵抗 R_3 がないものとすれば、假りに電燈電圧の最高値を27ボルト迄許容するとしても、蓄電池は最良の

条件にても70%以上の充電量を保有する事は困難である。極板、隔離板、電解液の温度、濃度等の状態が悪ければ40~50%の充電しか得られない。電燈抵抗 R_2 を挿入して電池電圧を29ボルト迄上げれば、普通状態の蓄電池で80%の充電は得られる。本方式では短絡開閉器作動の瞬時に、電燈電圧が4ボルト近く急変するから、甚しい電燈のアホリを生ずる、電燈抵抗 R_2 は鐵線を使用し、電流通過による温度上昇によつてその抵抗値を著しく増加し最後の安定状態に於る抵抗降下が4ボルトとなる如くしてゐる。停車時間が長い時は、停車中の冷却によつて抵抗値が減じて居るため、次に發車して電燈抵抗が挿入される時のアホリは減じ得るが、列車運轉中抵抗値は増加して、定常状態に到達し停車直前には最大電壓降下の點にあるから電燈抵抗短絡によるアホリは、鐵線抵抗によつて少しも軽減されない。而もアホリを感じるのは電圧が急昇する場合の方が甚しいのであるから鐵線抵抗を使用する等のアホリに対するの効果は疑はしい。アホリを軽減するには電燈抵抗を2~3段に分割して挿入、撤去する必要あり。之がためには別に自動開閉器を要する事となり電燈調整器を使用しない事の特徴が失はれてくる。又電燈電流が規定値より小さければ、電燈抵抗降下は少く、従つて蓄電池電圧が高まらないから充電は不充分になる。第101圖の接續では電燈點火中に、停車中には抵抗 R_2 を經て蓄電池より發電機に漏洩電流があるから注意しなければならぬ。

第三節 ブラウンボペリ (B. B. C.) 式

ブラウンボペリ式は歐洲大陸の内佛國及露西亞にて廣く使用されてゐる方式にして、吾國にも輸入された事がある。發電機は自勵分巻式、轉

極器は刷子移動式である。發電機の懸吊方法は前節で述べたヴィカース式と同様車體裏側に懸吊し、ベルト張力は發電機重量及コイルパネの張力の組合せによつて與へてゐる事もヴィカース式と同様である。第102圖は發電機の外形を示したものである。

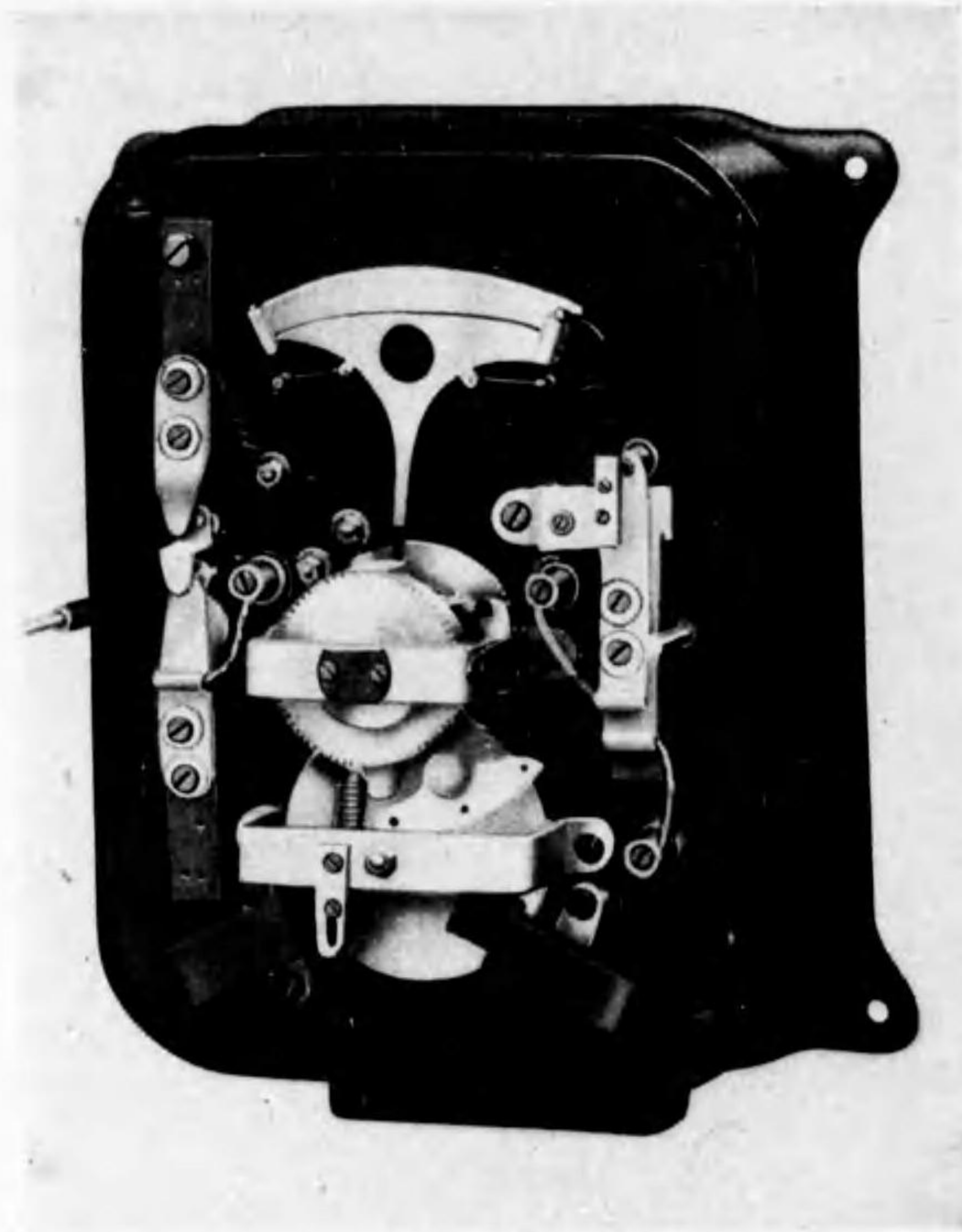


第102圖

附屬装置は自動電壓調整器、自動開閉器、並列開閉器、充電電壓制限器、可熔片等より成り、第103圖に見る如く可動部分は盤の表面に出る様に取付けて點檢に便にし、界磁抵抗、電燈抵抗等は盤の裏面に取付けてある。第104圖は結線圖である。

自動電壓調整器(第103圖中央)は同社の陸上發電所用のものと殆んど

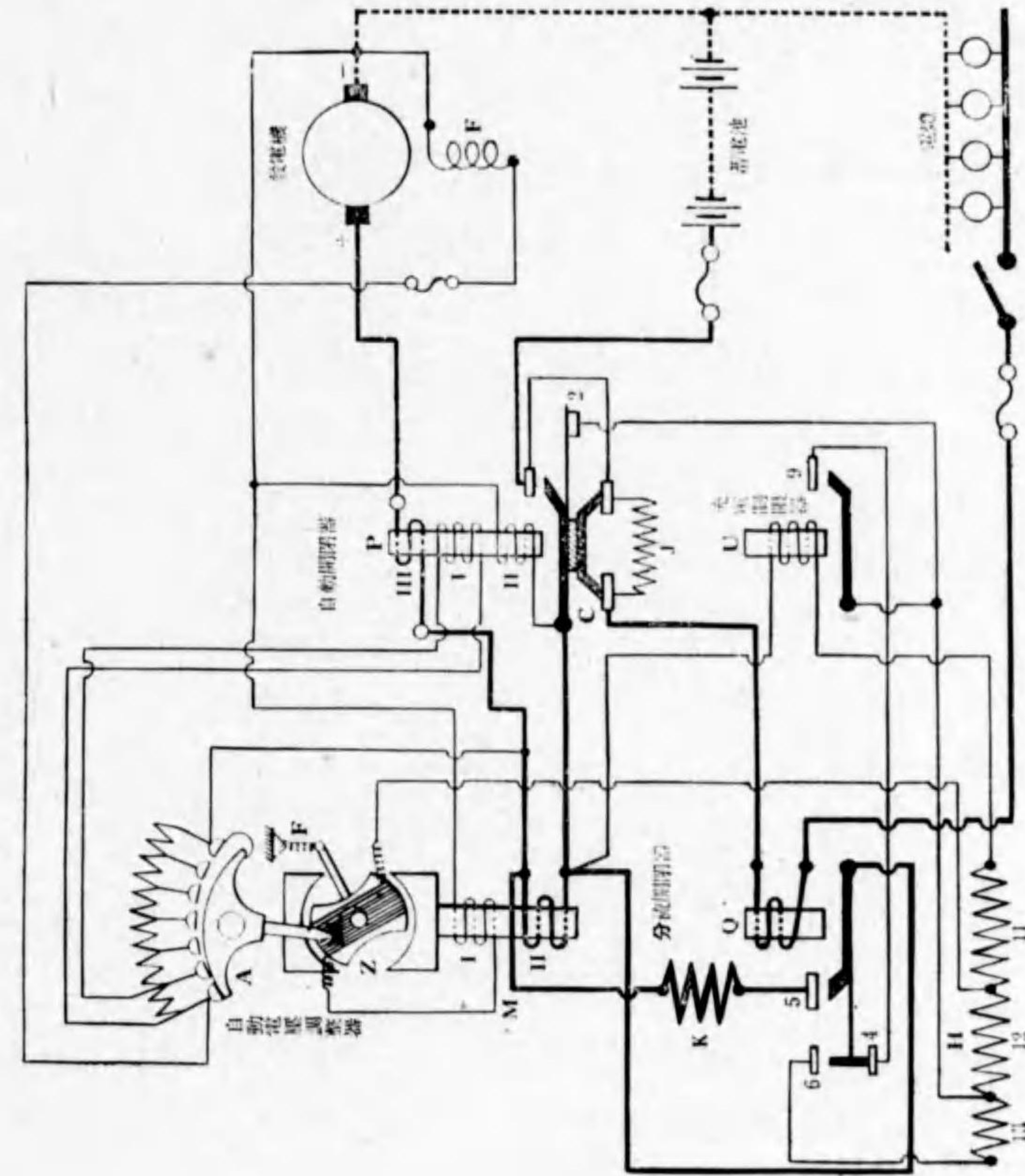
同一構造で電磁石はトルクマグネット式となつて居り、固定子電磁線輪の作る磁界内で回転子Zが回転する。回転子は扇形接觸子を移動して界磁抵抗を増減する。回転子には電圧線輪が巻いてあり固定子電圧線輪と直列に接続され直列抵抗Hを経て発電機端子間に接続されて居る。固定子界磁巻線は電圧線輪の他に電流線輪を有し発電機電流によつて勵磁さ



第 103 圖

れて居る。発電機電圧が発生すれば回転子にはレンツの法則に従つて回

轉力が生ずる。この回轉力の方向は右回轉となる如く各巻線の電流方向が決めてある。回転子の生ずる回轉力は發條Fと平衡する。發電機電壓が低い間は發條Fの力は、回転子の回轉力に打勝つて、界磁抵抗を短絡し界磁電流は最大の位置にある。發電機電壓が上昇すれば回転子の回轉力は増加し、遂に發條Fに打勝つて右に回轉し、界磁抵抗を發電機界磁



第 104 圖

F に挿入し、その界磁電流を減じて発電機電圧を規定値に保つ。発電機電流が増加すれば電流線輪の作用は電圧線輪を助けて磁力を増して、回轉力を増大するから、回轉子は更に回轉して、界磁抵抗を増し、発電機電圧を降下して、発電機電流の増加を抑制する。ブラウンボベリ式の自動電圧調整器では、制動壺を使用せず、渦流制動板を使用して居る。之れは永久磁石とアルミニウム圓板とより成り回轉子の運動は齒車にて擴大しアルミニウム板に傳達さる。アルミニウム板は永久磁石の空隙間で前後に搖動し、よつて生じたる渦流によつて制動作用を受ける。

作動の説明

點灯せずに走行する場合

列車の運行につれて、発電機電圧が上昇して所定の値に達すれば、自動電圧調整器の回轉子は、發條 F に打勝つて少し右に回轉し、接點 A を開き自動開閉器電圧線輪 (I) の短絡を開いて、之を勵磁し同電圧線輪 (II) に助勢して、自動開閉器を閉路し、発電機を蓄電池に接続する。自動開閉器が閉路すれば接點 (2) は開路し自動電圧調整器電圧線輪の直列抵抗 H の 11、12 の並列回路の中、12 の回路は開路し、自動電圧調整器の電圧線輪の作用を弱める結果回轉子は發條 F に打負されて、元の位置に歸り、発電機界磁抵抗を短絡し、発電機の勵磁を最大ならしむ。列車の加速につれて発電機電圧が上昇すれば、回轉力は増して右に回轉し、所要の界磁抵抗を界磁回路に挿入して発電機電圧を規定値に保つ。

自動電圧調整器の電流線輪 (II) は電圧線輪と和動して、発電機に下降特性を與へ、全充電状態にては、充電電流は定常値の約 50% 迄減少する。充電制限器 U は、発電機電圧を受けて動作し蓄電池全充電状態にて、

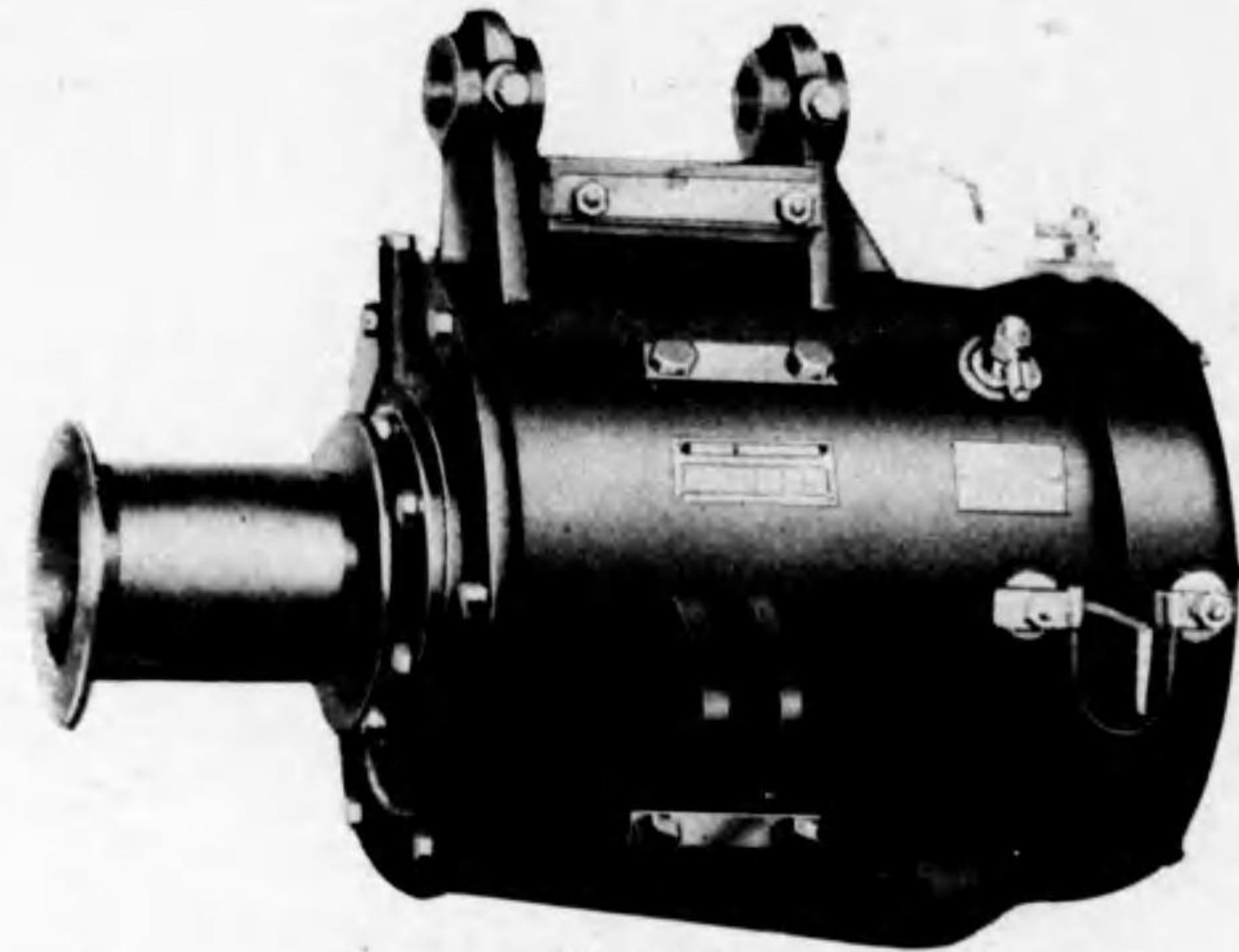
蓄電池電圧が 1 基當り 2.55 ボルト 12 基直列にて 30.6 ボルトに達すれば、接點 9 を閉路し分流開閉器の接點 (4) を通して、直列抵抗 11 に 12 を並列に接続して、自動電圧調整器の電圧線輪を強め、発電機電圧を降下せしめる。此の時の発電機電圧は、蓄電池の開路電圧に等しく約 25 ボルトなる如く抵抗 12 を撰んであるから、充電制限器 U が作用すれば充電は中止される。

電燈點灯中

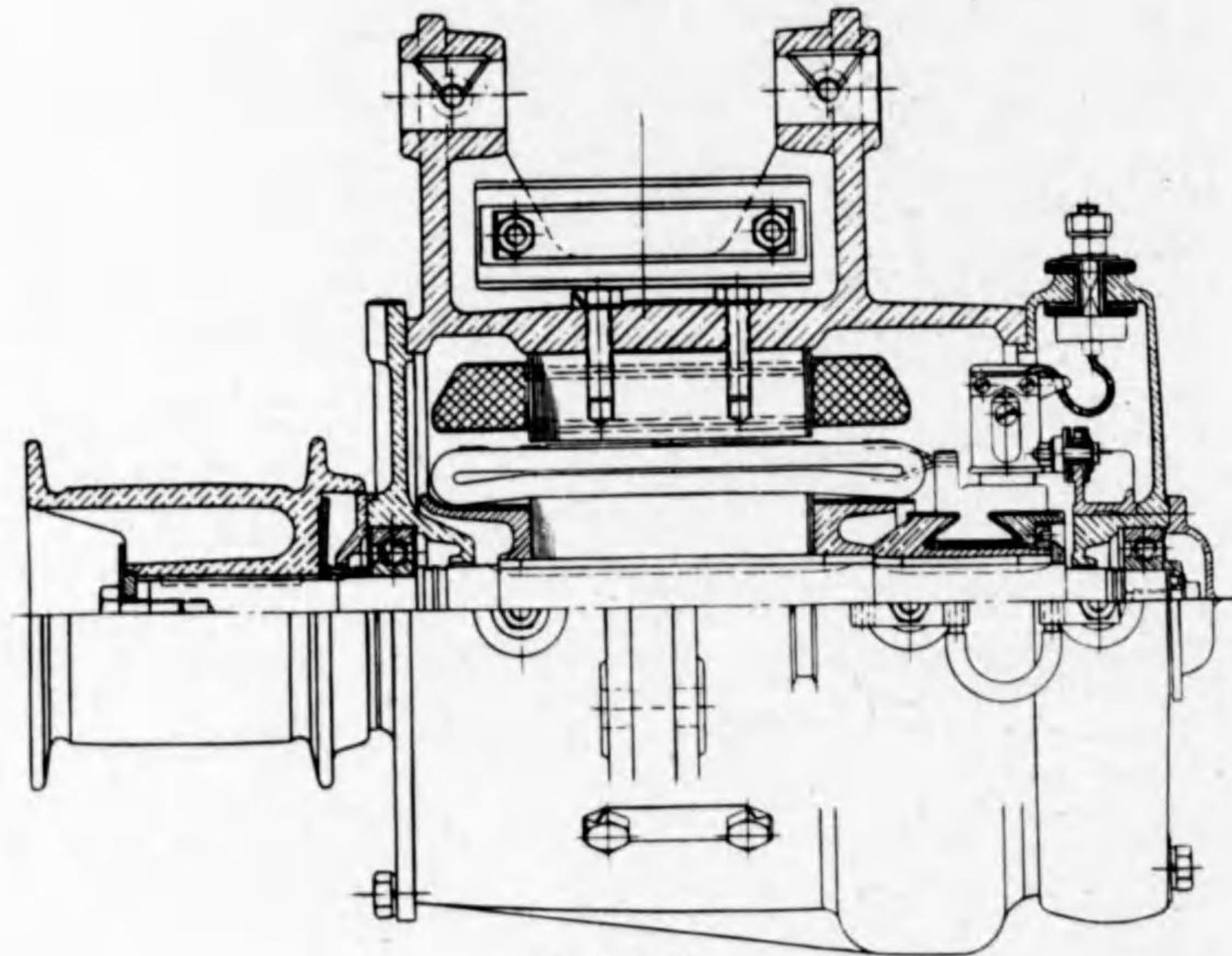
電燈點灯中には、電燈電流によつて作用する並列開閉器 Q が動作して抵抗 13 と 12 が直列となつて抵抗 11 と並列になり、発電機電圧は蓄電池 1 基當り 2.25 ボルト、12 基直列にて 27 ボルトに調整される。自動開閉器閉路時には、電燈抵抗 J が蓄電池と電燈の間に挿入される、電燈抵抗の電圧降下 2 ボルトとし、発電機電圧 27 ボルトでは、電燈電圧は 25 ボルトに保たれる。並列開閉器閉路にて自動電圧調整器電流線輪 (II) には、分流抵抗 K が並列に接続され、電流線輪の作用を弱め、発電機の降下特性を減じて、電燈電流が増しても発電機電圧が餘り降下しない様にして居る。

第四節 チツク (Dick) 式

チツク式は獨乙ゲッツ (G. E. Z.) 社の方式で第 105 圖、第 106 圖は発電機第 107 圖第 108 圖は附屬装置第 109 圖はその接続圖である。発電機は 4 極分巻式で、刷子移動式轉極器を有し、附屬装置はチツク式自動電圧調整器、自動開閉器、直列抵抗、可熔片等より成り、鐵板製函に收めて車内に取付ける様になつて居る。自動電圧調整器 (第 107、108 圖右) は接點の開閉に水銀を用ひて居る。電磁石はブランジャー



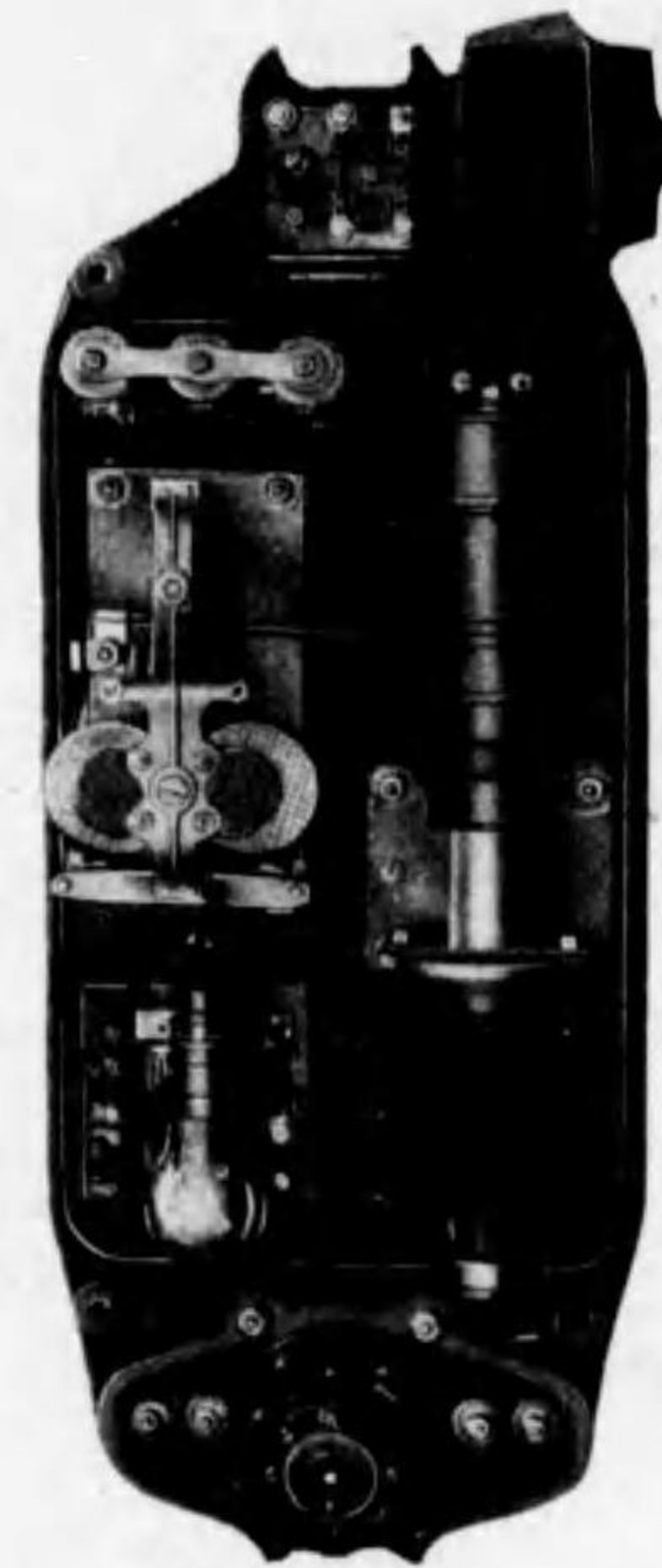
第 105 圖



第 106 圖

形で電磁巻線は、電圧線輪と電流線輪とより成る。プランジヤーの下部には、木製の浮子があり、水銀溜の中に浮いて、プランジヤーに浮力を

與へて居る。水銀溜は中心に孔を穿つた銅板と絶縁板を交互に積重ねて形成され銅板には耳を出してその先端に界磁抵抗のリードを結んである。発電機電圧が低い間は、プランジヤーに働く牽引力も少くて、浮子は深く水銀中に沈み、水銀面は上つて、界磁抵抗は全部短絡されてゐる。発電機電圧の上昇につれプランジヤーに作用する牽引力は増加しプランジヤーは引き上げられて水銀面は降下し、界磁抵抗を挿入する。発電機電流が増せば電流線輪は強まりプランジヤーは更に引き上げられて界磁抵抗を増し電圧を降下せしむ。

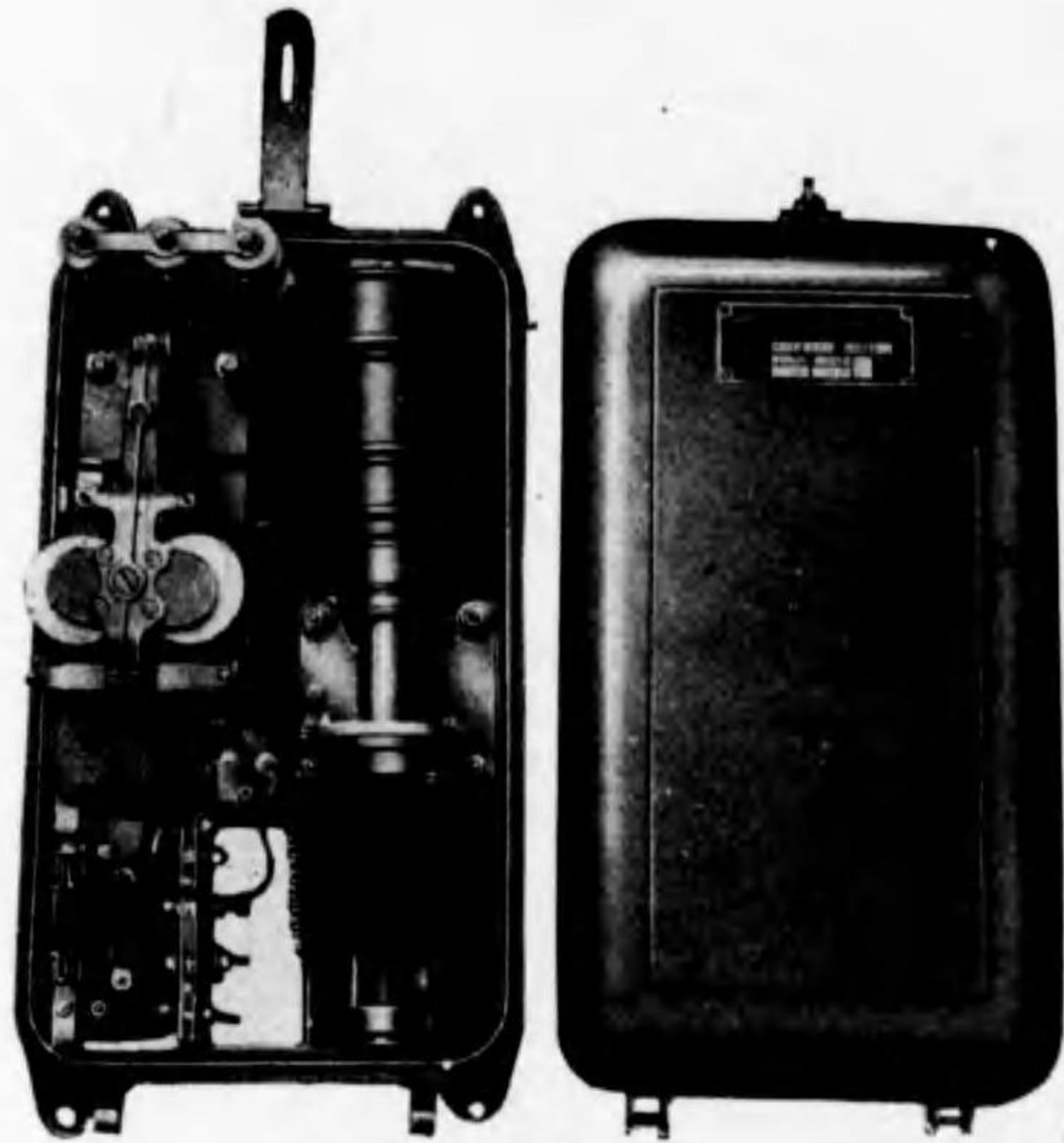


第 107 圖

界磁線輪の形状、プランジヤーの形状、

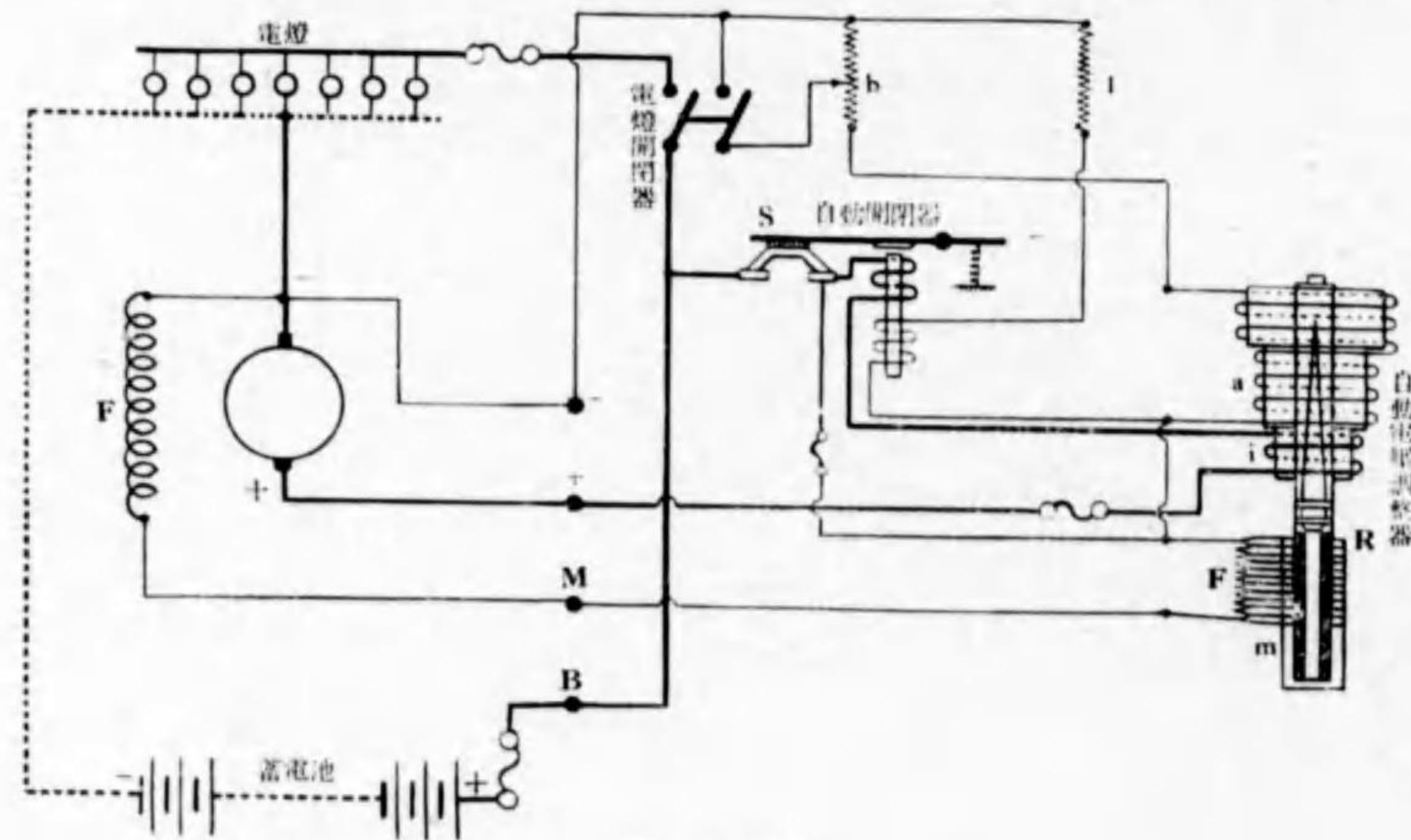
浮子の大きさに設計上の注意を拂ひ、電圧變化の最も少いものとしてゐる。制動壺は空気式で、プランジヤーの上端に装置してあり、空気逃げ孔の調整によつて、制動作用の調整が出来る。水銀接觸は接點の磨耗もなく損傷もない。

発電機電圧は自動電圧調整器の電圧線輪直列抵抗 b を調整して、蓄電池電圧 1 基當り 2.3~2.5 ボルト、12 基直列にて 27.6~30 ボルトに調整する



第108圖

電燈點燈中は、電燈開閉器の補助開閉器を以て直列抵抗 b の一部を短絡して、自動電圧調整器の動作電圧を、蓄電池1基當り2.25ボルト、12基直列にて27ボルトに整定して、電燈電圧の異常上昇を阻止する。本方式では電燈抵抗は使用せず、蓄電池は直接電燈に



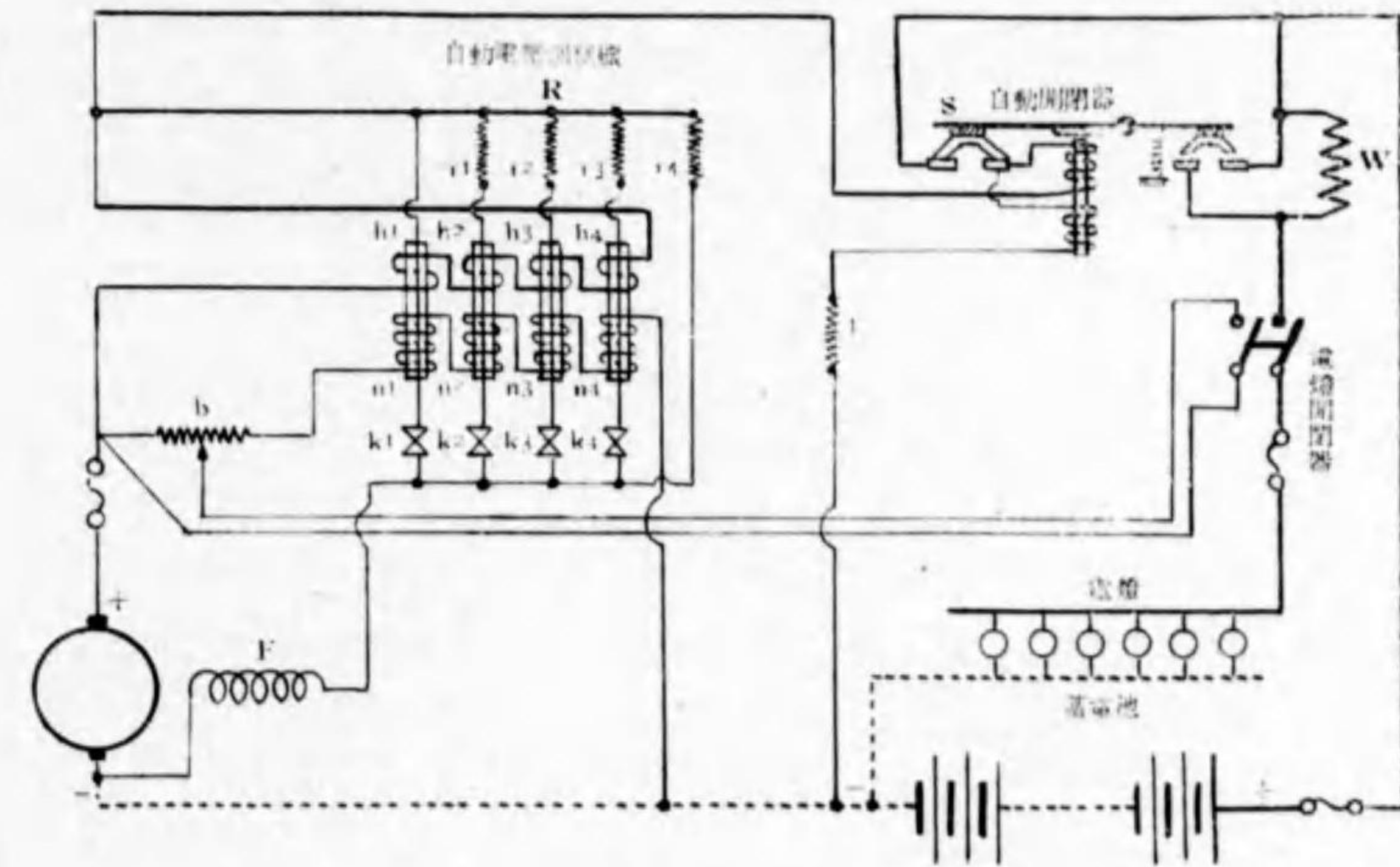
第109圖

接続されてゐるから、停車中蓄電池の全電圧が利用出来、他方式にみる如く電燈抵抗の挿入、撤去に伴ふ電燈のチラツキも全くないが、発電機運轉中電燈電圧は27ボルトに達し、而も尙蓄電池の充電は完全を期し難い憾みがある。

第五節 チツク式エス形 (G. E. Z S. system S. Type)

第110圖はチツク式エス形の接続圖面で、発電機は前節チツク式のものと同じであるが、附屬装置にはチツク式自動電圧調整器の代りに振動形自動電圧調整器を使用してゐる。

自動電圧調整器の1個1個は、最も簡単な振動形の調整器で、何も目新しい所はないが、4個の調整器を併用した所に特徴がある。各調整器は電圧及電流線輪を有し、各線輪は直列に結ばれて、夫々発電機電流及



第110圖

電圧によつて勵磁されて居る。調整電圧は、 k_1 より順次 k_2, k_3, k_4 に至るに従つて高くしてある。發電機電圧が低い間は接點 k_1, k_2, k_3, k_4 は全部閉路して居り、界磁巻線には發電機の全電圧が加つて居る。回轉數の増加に伴つて電圧が高まると先づ k_1 が作用して接點 k_1 は開き r_1, r_2, r_3, r_4 が夫々接點 k_1, k_2, k_3, k_4 を經て並列になつて界磁回路に挿入される。回轉數の低い間は k_1 が振動的に開閉してゐるが更に速度が高まると r_1, r_2, r_3, r_4 が並列に入つてゐては界磁電流が過大になる。かかる回轉數に達すれば k_1 は開路の儘となり k_2 が振動的に開閉する。更に速度が上昇すれば k_3, k_4 と順次作用を開始する k_1 が開閉する時は k_1, k_2, k_3 は開路の儘に保たれ r_4 が回路に入つたり短絡されたりする。此の如く接點 k_1, k_2, k_3, k_4 は夫々の分擔する速度範圍を有し、自己の分擔する速度以下では閉路の儘であり、速度が自己の分擔範圍を越へれば開路の儘となる。

斯くの如く各調整器は作用期間は短く接點開閉に伴ふ界磁抵抗の變化範圍も少いから接點の損傷も少い。各調整器には電流線輪を有してゐるから降下特性となる。

自動電圧調整器の作動電圧は電燈消燈中は電池 1 基當り 2.4 ボルト點燈中は 2.25 ボルトに整定してゐる。自動開閉器が閉路すれば同時にその補助接點は開いて電燈抵抗 W が蓄電池と電燈の中に挿入される。此の電圧降下 2 ボルトとして發電機電圧 27 ボルトでは電燈電圧は 25 ボルトに保たれる。

第十七章 電燈調整器のみ使用する方式

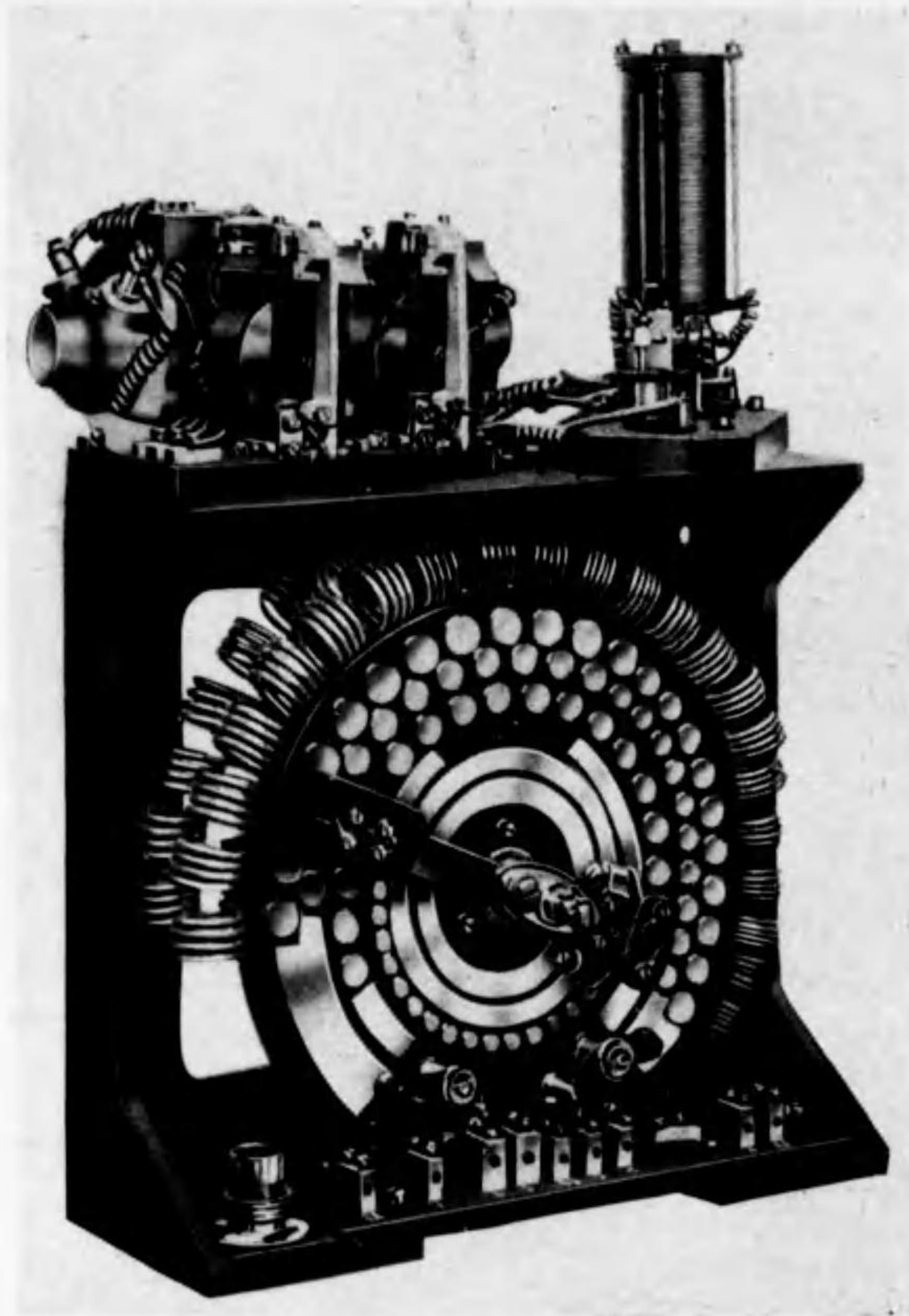
第一節 ロータックス ライトナー

(Rotax Leitner) 式

ロータックス ライトナー式は自動電圧調整器を使用せず、電燈調整器を使用する方式として分類したが、電燈調整器は同時に發電機界磁回路の調整をも行つてゐるから、嚴密な意味では電燈調整器のみを使用する方式とは云ひ難いが、調整器の主要目的が電燈回路の調整で、發電機界磁回路は電燈回路の調整に附隨して行はれるのであるから、此の分類に收めても大きな誤りではない。現在行はれてゐる數多の列車電燈方式の中で、此の分類に收められるものは本方式のみで、此の意味に於て本方式は特異なる方式と云ふ事が出来る。

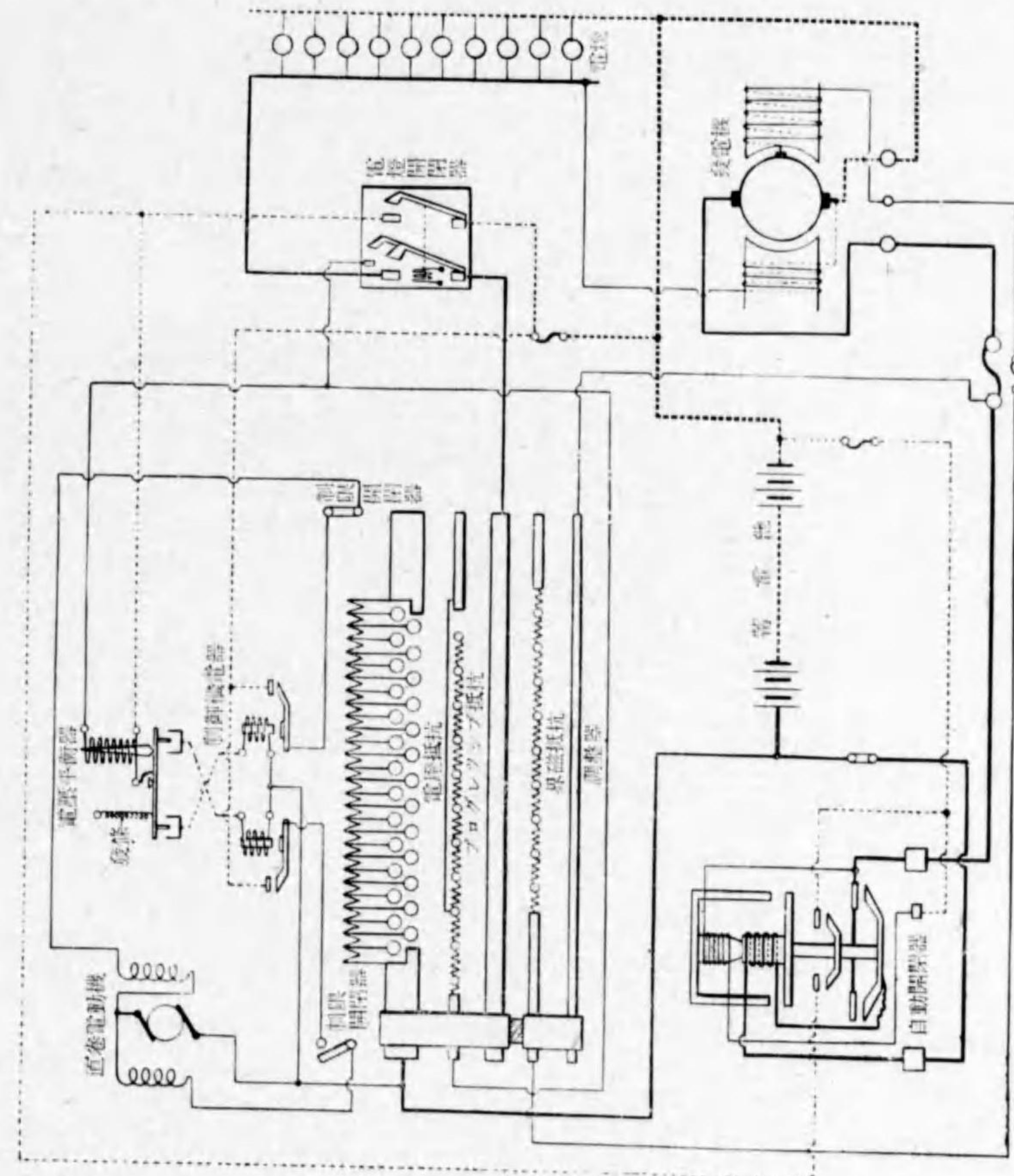
發電機は三刷子發電機で變速度、不變電流特性を有するものであるから、發電機の界磁回路の調整は強いて必要ではない。第 11 章で述べた通り三刷子發電機は第三刷子の位置が少しの機械的不平均で電氣的の磁極中心から偏位しても、左右回轉に於て出力に著しい相違を來すものであるから、第三刷子は單獨の刷子進退器に取付けて、その位置を調整して左右回轉で發電機出力が相違しない様にしてある。點燈中は電燈開閉器と聯動して第三刷子による勵磁の他に發電機端子電圧による第二の勵磁巻線を加へて勵磁を強め發電機電流を増加して電燈電流供給中でも充電々流を略一定に保ち定電流充電に近い特性を與へてゐる。第 111 圖は本装置の電燈調整器を示したものであるが、圖に見える如く一見非常に複

雜ではあるが、これは實地使用の結果幾多の改良を加へて出來たもので、電燈電流の非常に廣い範圍で電燈電壓を一定に保つ事が出來、蓄電池の充電状態によつて發電機出力を調節して蓄電池の過充電を阻止し、蓄電池の壽命も長く保たれる等幾多の特徴を具へてゐる。附屬裝置は電燈調



第 111 圖

整器の他に自動開閉器、電燈開閉器可熔片等よりなる。電燈開閉器は電磁操作となつてゐるが、これは手動でも差支へはない。第 112 圖は全裝置の簡略結線圖である。



第 112 圖

電燈調整器は電燈抵抗の他に發電機界磁抵抗及電壓平衡器の電壓線輪の直列抵抗（プログレッシブ抵抗と呼んでゐるもの）を一個の操作腕で同時に制御するもので操作腕は直巻電動機で2段の減速装置を経て操作される。直巻電動機は互に逆方向に巻いた2個の直巻々線を有し、一端は夫々の制御繼電器の接點を経て電源に、他端は共通に結ばれて電機子端子に接続し、電機子を経て電源の他端に接続して居る。2個の繼電器は電壓平衡器の2個の接點によつて制御される。電壓平衡器は第112圖に示す如く中心で支へられ、腕の片側には電磁石他の側には發條があり電壓線輪の電壓が所定の値の時に發條と電磁石は互に釣合つて、腕は水平に保たれ、接點は兩方共開路してゐる。點灯中には、電壓平衡器の電壓線輪には、電燈開閉器の補助接點を経て電燈電壓が印加され、電燈電壓が規定値にあれば電磁石は發條と釣合つて腕は水平位置にある。發電機電壓が増加し電燈電壓が所定の値を越へると、電磁石は發條に打勝つて腕を左に傾け、左側の接點を作り制御繼電器を勵磁し、その接點を閉ぢ、電動機回路を作り電動機を回轉せしめて、電燈抵抗を蓄電池と電燈の間に挿入して、電燈電壓の上昇を抑制する。同時に第三刷子の勵磁回路に抵抗を挿入して、その勵磁を弱め發電機電流を減ずる。充電の進行に伴つて電燈電壓が上昇すれば、更に電動機は運轉して電燈抵抗を増加すると同時に、界磁抵抗をも増加して發電機出力を減ずる。電燈電流の増加發電機回轉數の低下等よつて電燈電壓が規定値より降下すれば發條は電磁石に打勝つて腕を右に傾けて右側の接點を閉ぢ、反對側の制御開閉器を作動せしめ、電動機を今迄と反對方向に回轉して電燈抵抗を減じ、發電機界磁抵抗をも減じてその出力を増加する。電壓平衡器は絶へず右

又は左に傾き、電動機を適當方向に運轉し、電燈抵抗を増減して電燈電壓を規定値に保ち、發電機出力をも適當なる値に調整する作用をする。消燈中は電壓平衡器の電壓線輪はプログレッシブ抵抗を経て發電機電壓を受けて居る。充電の進行に伴つて發電機電壓が上昇すれば、電壓平衡器の電壓線輪は強まり、電磁石は發條に打勝つて接點を作り電燈抵抗、界磁抵抗、及プログレッシブ抵抗を増加する方向に電動機を運轉する。プログレッシブ抵抗の増加によつて電壓平衡器の電壓線輪は弱められ、その作用する電壓は高まり従つて發電機電壓は上昇する。充電の進行につれて發電機電壓が高まると、電動機は更に運轉して發電機電壓を順次に上昇せしめるのであるが、最後の段階に於てはプログレッシブ抵抗の3ノッチ以後の抵抗は短絡され、電壓平衡器の電壓線輪は急に強まり電動機は更に運轉を續けて發電機界磁抵抗は最大に従つてその出力は最少の位置に到達し、發電機電流を極少にして過充電を阻止する。操作腕の運動を制限するために制限開閉器を備へ、操作腕が此の開閉器を開く位置に到達すれば、電動機回路は開放されて停止する。

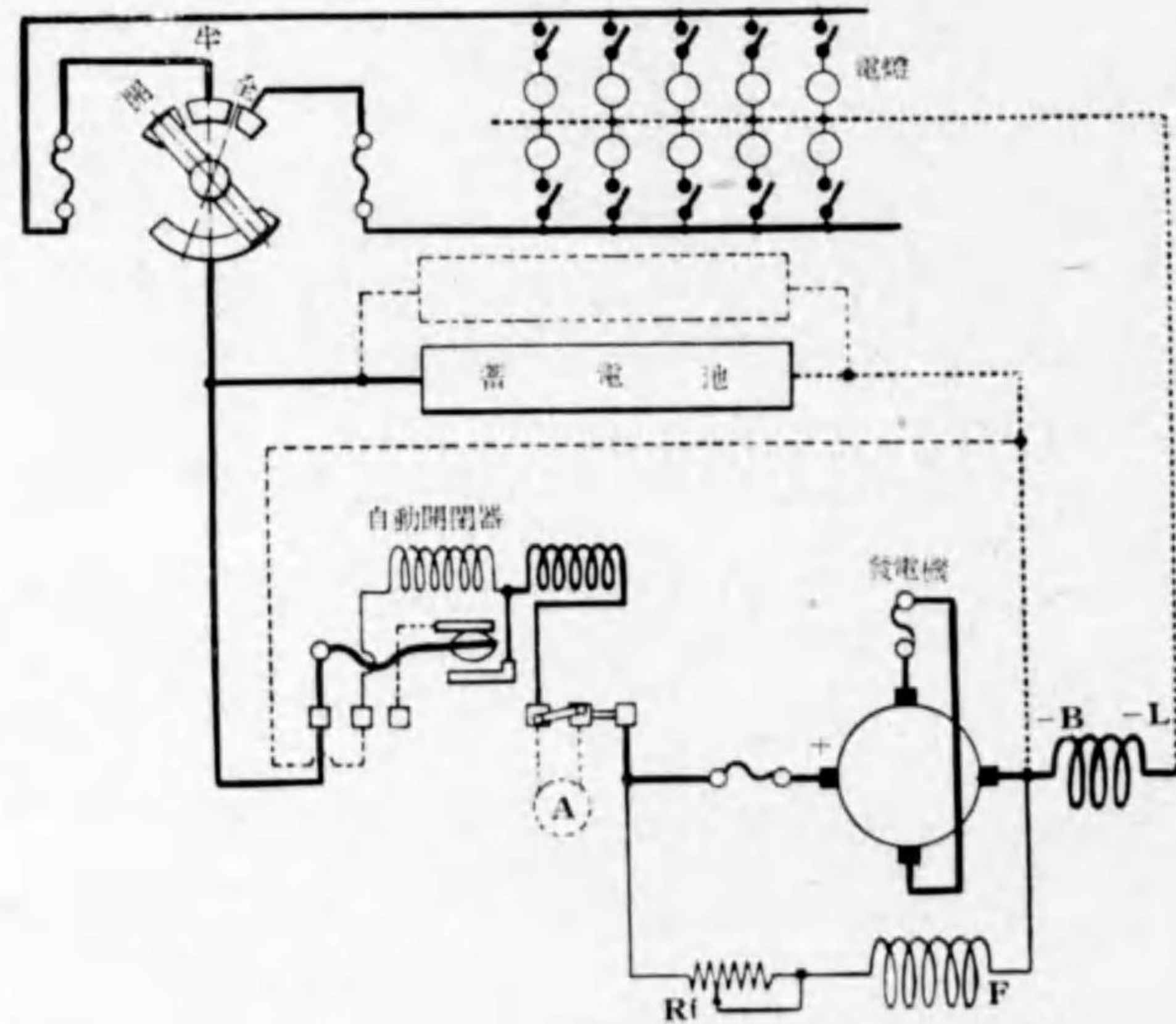
本方式は蓄電池と共用して始めて電燈電壓の安定を期し得られるのであるから、若し萬一蓄電池回路に故障斷線があれば電壓は異常に上昇して電燈を斷芯する故に、單獨使用は避け並行運轉をするのが望ましい。

電燈調整器の作用は緩漫であるから蓄電池回路が急に斷線した様な場合にはそれに速應する事は不可能である。本方式に限らず單電池式では蓄電池回路に故障があれば停車中は消燈するから單獨使用は避けるがよい。

第十八章 自動電圧調整器、電燈調整器共に使用しない方式

第一節 マサープラット (Mather Platt) 式

英國マサープラット社には複電池式と単電池式の二方式がある。第113圖は單電池式の結線圖を示したもので、發電機はローゼンベルヒ發電機であるが、分巻々線の他に直巻々線を有し、電燈電流は直巻線輪を



第113圖

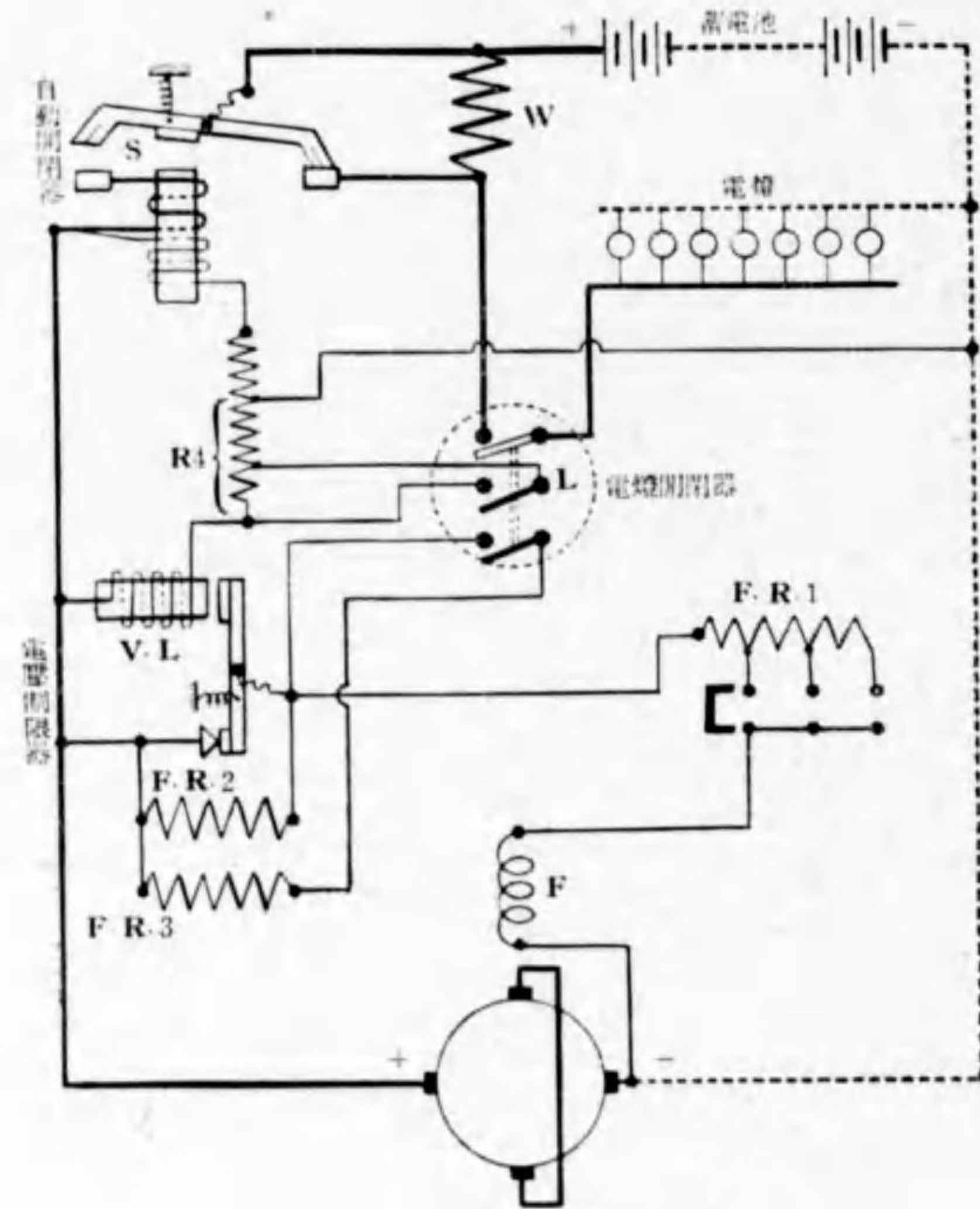
通つて導き出され、電燈電流に対しては電機子反作用が直巻々線を以て打消される。充電々流は發電機端子より直接導き出されて居り、充電々流に対してのみ不變電流特性を有し定電流充電をなす。分巻界磁直列抵抗は發電機外枠に取付け現場で調整して充電々流を所要の値に整定出来る構造になつて居る。附屬装置は自動開閉器のみで至つて簡單であるが電燈電壓の異常上昇を阻止する何等の装置を有して居らないから、充電々流を小さくして蓄電池電壓の上昇を少くしなければならず、勢ひ蓄電池の充電は不完全となり消燈中でも充電々流は點燈中と同じく少いから、充電の不安を伴ふ。又蓄電池開放時には異常電壓を誘起し電燈を斷芯するから並行運轉を行はねば安心出来ない。

第二節 ゲッツ (G. E. Z.) 式

ゲッツ社の方式には自動電圧調整器を使用し、電燈調整器は使用しないヂック式及エス形の他に、自動電圧調整器も電燈調整器も共に使用しない方式がある。第114圖はその結線圖を示したものである。

發電機はローゼンベルヒ發電機で、直巻卷線は有せず分巻々線のみで不變電流特性である。附屬装置は自動開閉器の他に電壓制限器、電燈抵抗、電燈開閉器、可熔片等より成る。列車の運行につれて發電機電圧が増加すれば自動開閉器は閉路して發電機を蓄電池に接続する。列車の加速に伴つて發電機回轉數が増加すれば、發電機電流は増加して一定値に漸近し蓄電池に定電流充電を行ふ。電壓制限器 VL は、發電機電圧によりて勵磁され發電機電圧が蓄電池 1 基當り 2.5 ボルト12基直列にて30ボルトに達すれば、接點を開き界磁直列抵抗 F.R₂ を挿入し界磁電流を減じ

て、發電機電流を2~3アンペアに極限し、蓄電池の充電を中止する。電燈點火中に於ては電燈開閉器との聯動にて直列抵抗 R_1 の一部を短絡し V_L の作動電壓を蓄電池一基當り 2.3ボルト12基直列にて27.6ボルトに整定する。電燈開閉器と聯動して界磁直列抵抗 $F.R_1$ が $F.R_2$ と並列に入り電壓制限器作動後の發電機電流が電燈電流以下に減じない様にしてある $F.R_3$ は電燈電流に應じて豫め適當に調整しておくのであるが $F.R_3$ の調

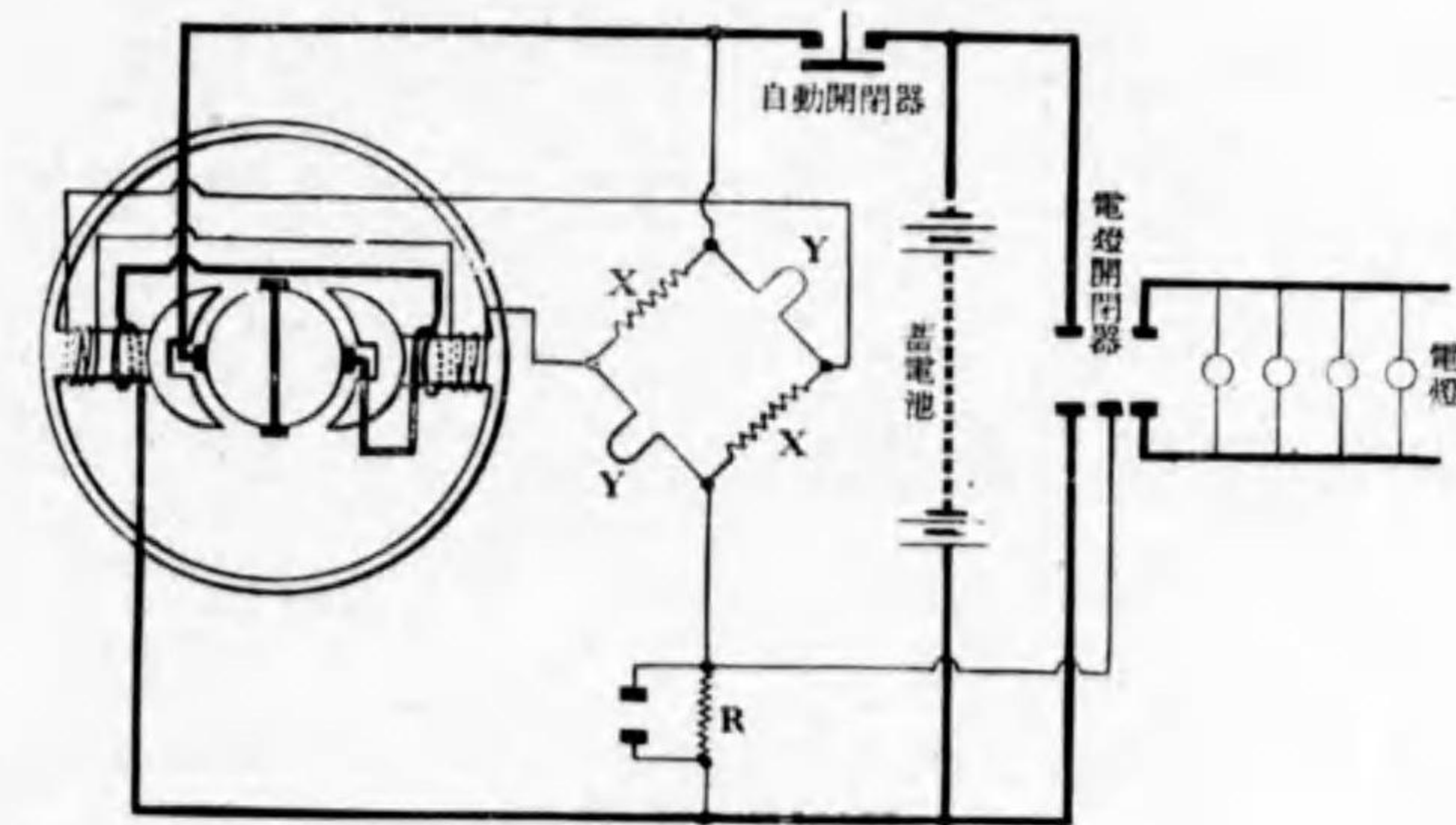


第 114 圖

整の適否は電壓制限器の死命を制するものである。 $F.R_3$ の値が過大ならば電壓制限器作動後の發電機電流が過少となつて蓄電池を放電し、反對に過少ならば、發電機電流の減少が少くて充電を續行し、電燈電壓は引續き上昇する。 $F.R_1$ は三段に調整出来る界磁調整抵抗で豫め手動で調整する。自動開閉器閉路と同時にその補助接點は開いて蓄電池と電燈との間に定抵抗 W を挿入する。

第三節 イー、エス、ビー (E.S.B.) 式

イー、エス、ビー式列車電燈裝置に使用する發電機は、ローゼンベルト發電機であるが、分巻々線の他に直巻々線を有し、電機子反作用は完全に補償されてゐるから、不變電流特性は消失してゐる。第 115 圖は同方式の簡略結線圖を示したものである。分巻々線はホキトストーンブリ



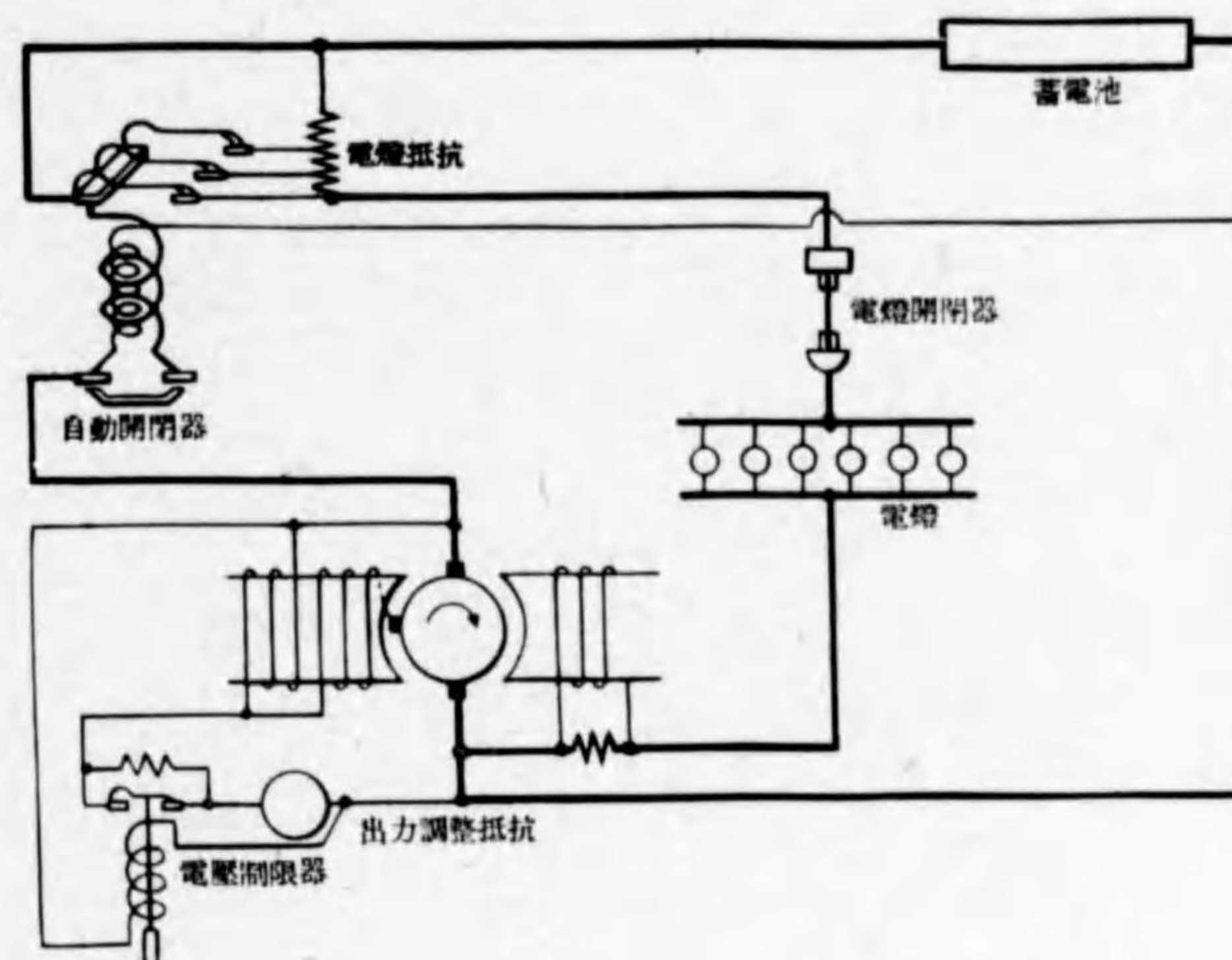
第 115 圖

子の対角點に結ばれて居り、ブリツヂの他の對角點は發電機端子間に接続してゐるから分巻巻線には、Y回路の電流とX回路の電流の差が流れる。ブリツヂの對邊 X,Xは定抵抗で他の對邊 Y,Yは鐵線を水素瓦斯充填の電球内に封入した抵抗で安定抵抗 (Ballast Resistor) として知られてゐるもので第98圖に示す如き特性を有し電壓の或る範圍では抵抗値が印加電壓に比例して増減し略不變電流となるものである。發電機電壓の低い間はブリツヂに印加される電壓も低くて、安定抵抗Y,Yの抵抗値は定抵抗X,Xよりも小さく、Y,Yの電流値はX,Xの電流値よりも遙に大きくて發電機界磁電流は大きい。發電機電壓の上昇に伴つて X,X回路の電流は増加するがY,Y回路の電流には變化がないから分巻々線の電流は減少する。發電機電壓がある限度に達すればX,Xの電流はY,Yの電流と相等しくなり、分巻々線の電流は零となる。此の如くにして定抵抗X,Xと安定抵抗Y,Yの組合せのブリツヂは自動電壓調整器として作用する。本方式では界磁電流に比べブリツヂ全體の電流値が大きい程電壓變動率は少いのである。ローゼンベルヒ發電機はその一次磁束の値は極めて少く、従つてそれを生ずるに要する分巻起磁力も少くてよゐから電壓變動率を少くするためにブリツヂ全體の電流を分巻電流に比べて大きくしても全體の電流は左程大きくはならぬ。直列抵抗Rは電壓調整用でRを短絡すれば電壓は降下する。Rは電燈開閉器と聯動して短絡する。

附屬装置はブリツヂ機構の他に自動開閉器、可熔片及直列抵抗のみで極めて簡單である。

第四節 ストーン (Stone) 式

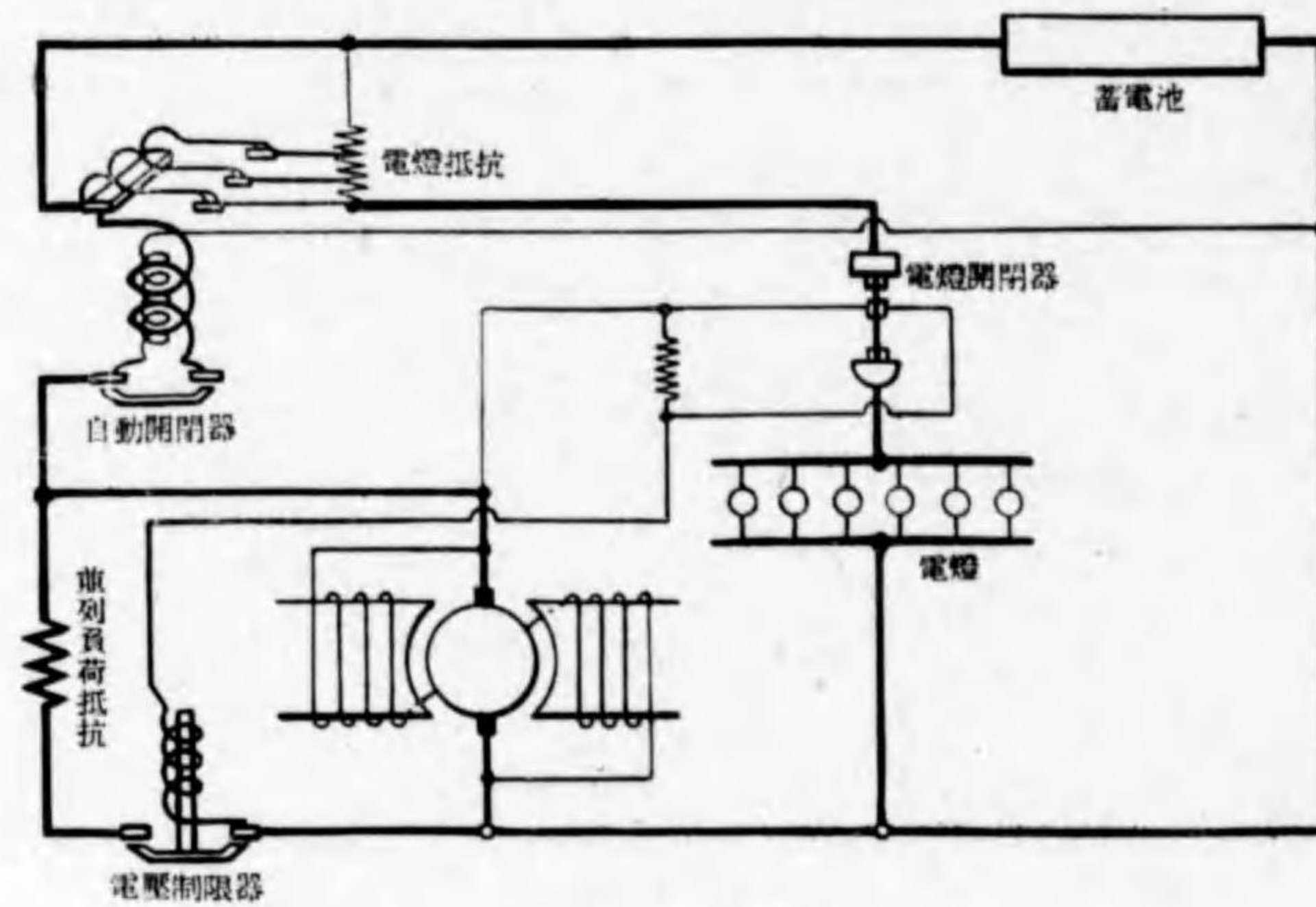
ストーン社の單電池式には二つの方式があつて、一つは三刷子發電機を使用し、他の一つは分巻發電機を使用してベルトの滑りを利用して、速度制御運轉によつて出力調整を行つてゐる。第116圖及第117圖はその



第 116 圖

結線圖面である。第116圖の方式に使用する三刷子發電機は、第三刷子による勵磁巻線の他に端子電壓による勵磁及直巻々線による勵磁を加へて、特性の改善を企圖して居る。分巻々線には出力調整用の直列抵抗が接続されて居り、尙電壓制限器によつて別の直列抵抗が餘分に押入される事になつて居る。附屬装置は自動開閉器、電壓制限器、電燈抵抗、出力調整抵抗等より成る。電燈抵抗は自動開閉器によつて操作され、3段

に入る様になつてチラツキを防止してゐる。電圧制限器の電圧線輪は發電機電圧を受けて作用し、發電機電圧が蓄電池全充電々壓に達すれば作用して、分巻々線に抵抗を挿入し、發電機出力を減じて、充電を中止する。出力調整抵抗は4段に調整出来る様になつて居り、豫め發電機の最大出力を調整するに使用する。



第 117 圖

第 117 圖に示す方式の發電機は分巻發電機でベルトの滑りを利用して速度制御によつて出力調整を行つてゐる。附屬装置は第 116 圖に示す方式と殆んど同様で自動開閉器、電圧制限器、電燈抵抗及並列負荷抵抗等より成る。自動開閉器及電燈抵抗の作用は、第 116 圖に示す方式のものと全く同様である。蓄電池充電の進行に伴つて發電機電圧が上昇し、蓄電池全充電に相當する電圧に達すれば、電圧制限器は動作して並列負荷抵抗の回路を作り發電機負荷電流を分流して充電を中止する。本方式で

は並列負荷抵抗の撰定には最も注意を要し之が過大なれば分流が不十分なためにその作用が不完全となり之が過少なる時は却つて蓄電池より放電する。本方式の運轉方式では電燈電流の有無大小には關係なく發電機電流は略一定不變に調整されるが、電燈電流の有無大小によりその都度並列抵抗の値を變化調整する事は出来ないから、電圧制限器動作後の電圧調整は頗る困難で、あらゆる場合に電燈電圧を一定に保つ事は出来ない。又並列抵抗中の電流は全くの電力損失になるので能率は著しく低下する。

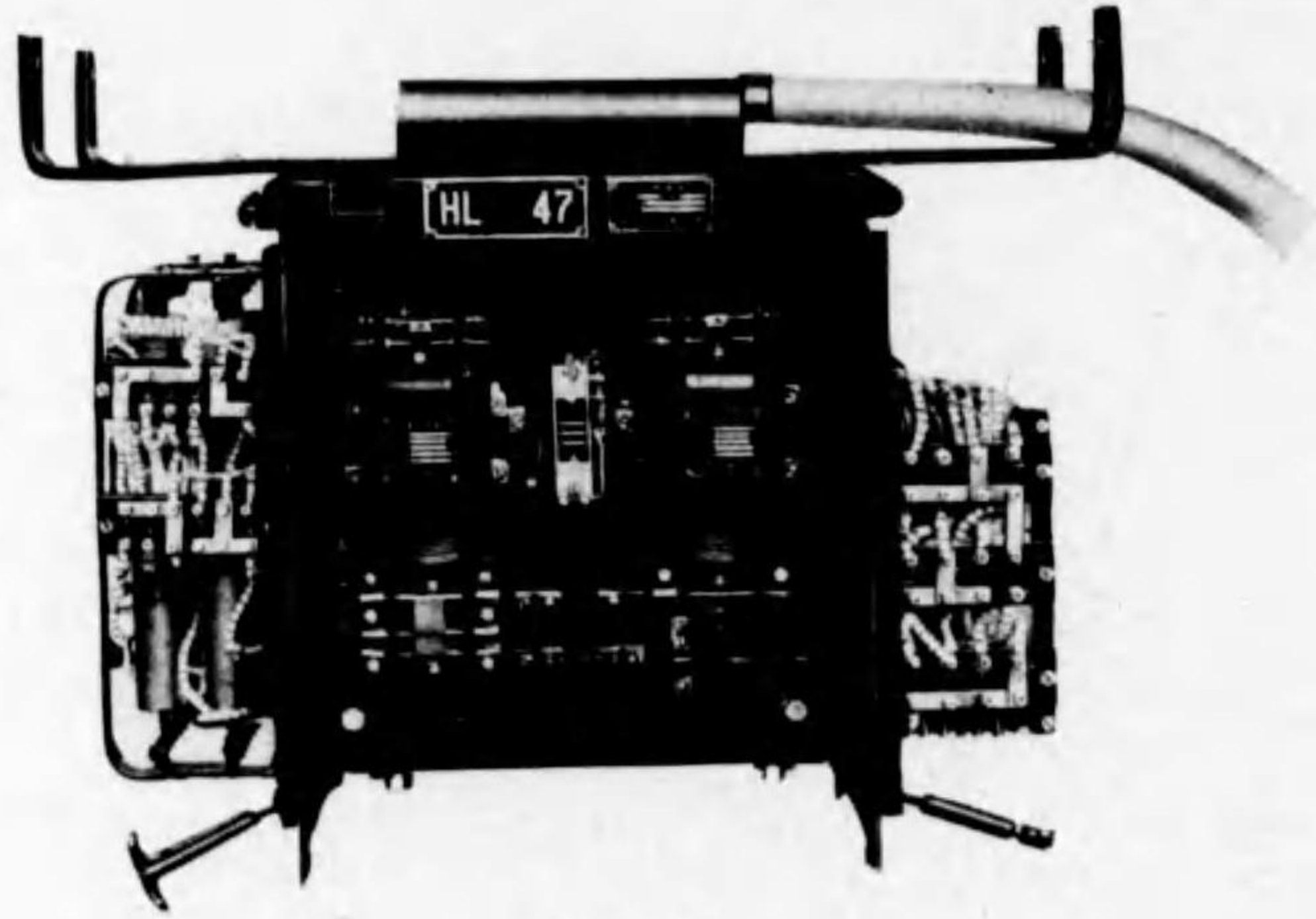
第五節 日立 HL 式

日立 HL 式列車電燈装置に使用する發電機は同社 HL 形發電機で、特殊形勵磁機を使用し變速度にて不變電圧特性を有して居る。勵磁機は發電機と共通軸で發電機外觀は第 118 圖に示す如く單一發電機の如く見へる。發電機は車體枠に懸吊し、ベルト張力は發電機重量とコイルバネの組合せによつて與へて居る。

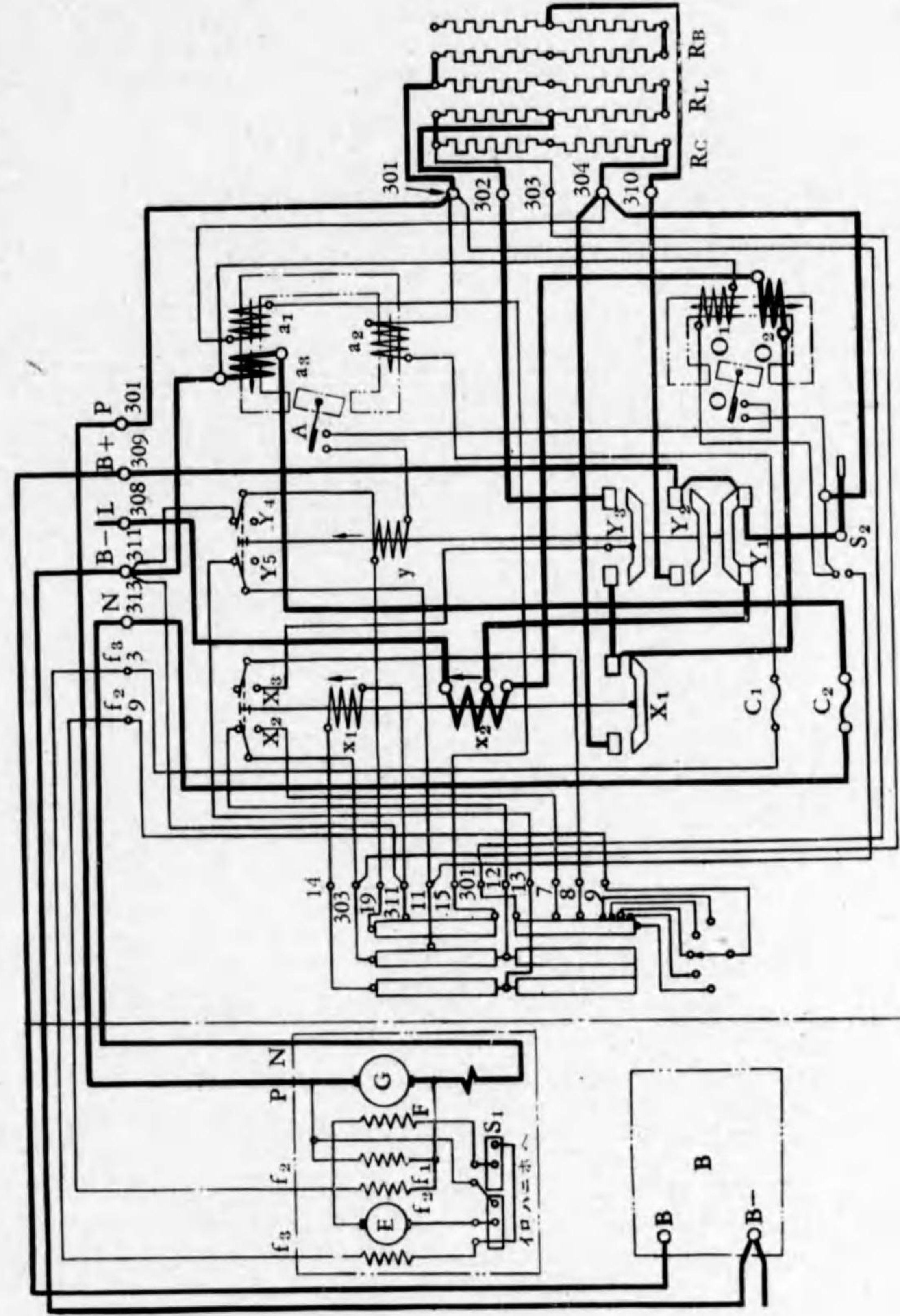
舊形の附屬装置は主接觸器 X、蓄電池接觸器 Y、蓄電池繼電器 A、過負荷繼電器 O 及電燈抵抗 R_L 、補償抵抗 R_c 、充電抵抗 R_B 、各種線輪直列抵抗等の各種抵抗器より成り鐵板製の函に收めて客車床下に吊下げ取付ける様になつて居る。第 119 圖は配電函で第 120 圖及 121 圖は接續圖である。主接觸器 X (第 119 圖左端) には X_1 なる主接觸と X_2 、 X_3 なる補助接點があり、 X_1 なる電圧線輪と X_2 なる電流線輪を有し、夫々發電機電圧、及電燈電流によつて勵磁されて居る。蓄電池接觸器 Y (第 119 圖中央) には Y_1 、 Y_2 、 Y_3 なる主接觸と Y_4 、 Y_5 なる補助接點があり y なる



第 118 圖

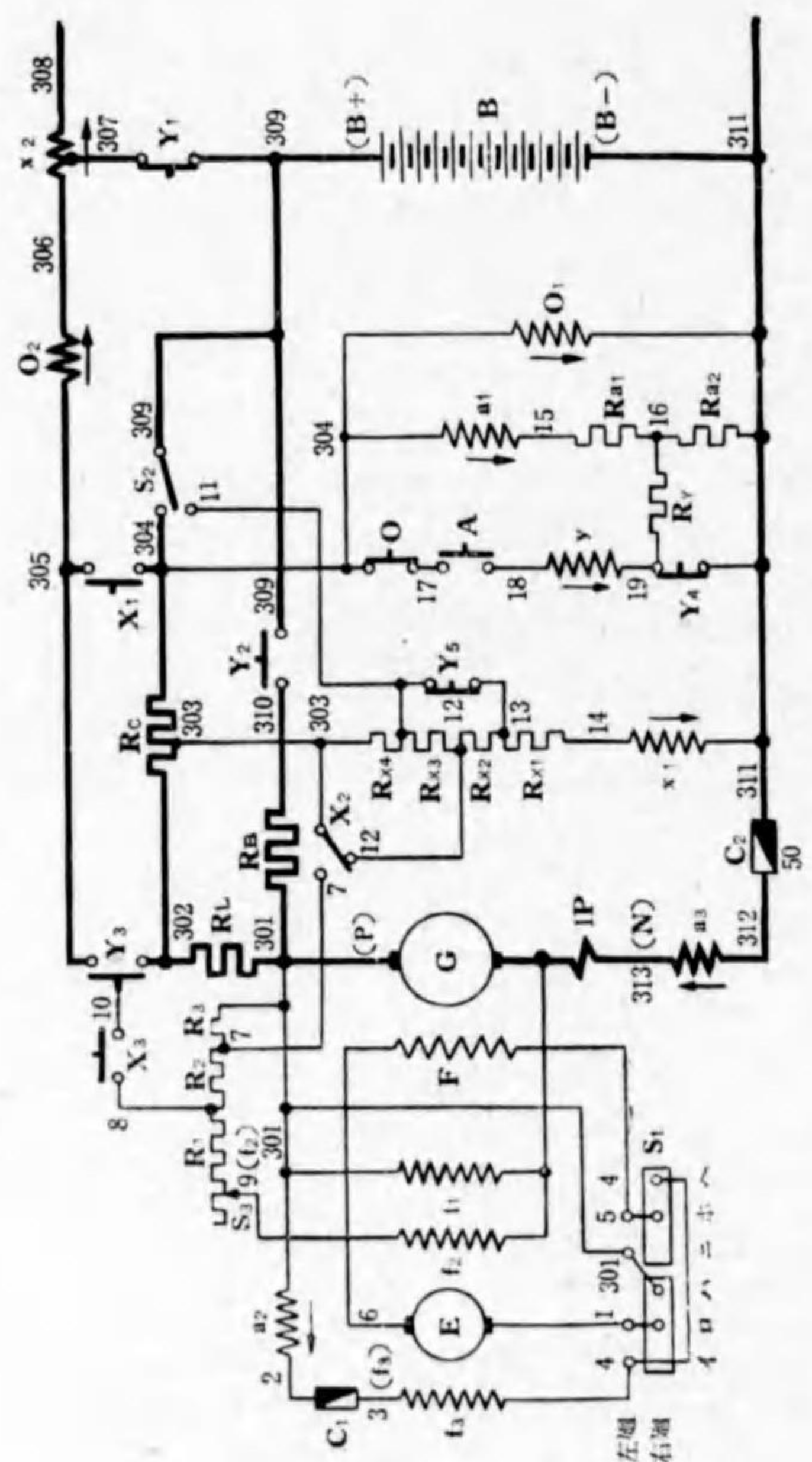


第 119 圖



第 120 圖

る電壓線輪を有し發電機電壓を以て勵磁されてゐる。蓄電池繼電器 A (第119圖右上) にはAなる接點があり、電壓線輪 a₁ 電流線輪 a₂ 及電流線輪 a₃ を有し電壓線輪 a₁ 及電流線輪 a₃ は夫々發電機電壓及電流を以て勵磁され、電流線輪 a₂ は勵磁機自動直巻々線 f₃ と直列に結ばれて居り、



第121圖

勵磁機電流に比例した勵磁を受けて居る。過負荷繼電器 O (第119圖右下) にはOなる接點があり、電壓線輪 O₁ と電流線輪 O₂ を有し夫々、發電機電壓、及負荷電流によつて勵磁されて居り、その起磁力の方向は電流線輪は接點を開く方向に、電壓線輪は接點を閉ぢる方向に作用する。第121圖は停車中の状態を示したもので Y₁ 以外の主接觸は凡て閉路されて居り、發電機及制御回路は蓄電池より切り離され、電燈は蓄電池より點火されて居る。次に列車が加速して發電機電壓が上昇して來ると過負荷繼電器電壓線輪 O₁ は勵磁されて作動し接點 O を閉ぢ、發電機電壓が略電燈電壓に等しくなつた所で主接觸器 X は作動して、主接觸 X₁ を閉路し發電機を蓄電池及電燈回路に接続する。發電機の加速電壓上昇に伴つて電燈電流は漸次蓄電池より發電機に移り、電燈抵抗 R_L 及補償抵抗 R_C を經て電燈に供給される。發電機電流がある限度を越へると電壓線輪 a₁ 及電流線輪 a₃ は和動して蓄電池繼電器 A の接點 A を閉路し、蓄電池接觸 Y を作動せしめて主接觸 Y₁ を開き、Y₂ を閉路し充電抵抗 R_B を通して充電を開始する。同時に Y₃ を閉ぢ補償抵抗 R_C を短絡する。電磁線輪 a₂ は電磁線輪 a₁, a₃ と差動して働く、發電機回轉數低き間 a₂ による起磁力は大きいから、a₂ は蓄電池繼電器の作動する發電機回轉數を規定する。電燈電流が大きい場合で a₃ の作用が大きくても、發電機回轉數が低い場合は a₂ の作用が大きいから蓄電池繼電器は作用せず、従つて蓄電池接觸器も作用しないから、充電は開始されぬ。勵磁機差動分巻々線 f₂ は、電燈抵抗の電燈側に接続してゐるから、電燈電壓を一定に保つ如く作用する (ヴィカース式の自動電壓調整器電壓線輪と同じ様に作用する) 故に電燈電流が變つても電燈電壓は變らぬ。電燈電流が變れば電燈抵抗 R_L

の電圧降下は變る。電燈電流が減すれば R_1 の降下電圧も減じ充電電圧を減ずるから電燈電流の小さい場合は充電は出来ない。充電抵抗 R_B は、蓄電池過放電の場合の突入電流を抑制するためのもので、発電機に定電圧と定電流の中間の充電特性を與へる。発電機回轉數が減じて a_2 の電流が増し、発電機電圧が降下して電流が減ずると a_3 の作用は減じ、A 繼電器は作用を失つて接點 A を開き、蓄電池接觸器 Y を開放して、主接點 Y_2 、 Y_3 を開き、 Y_1 を閉ぢて、蓄電池を電燈に直接々續し、発電機からの電燈電流を蓄電池側へ切り換へる。速度が更に降下すると電燈負荷は全部蓄電池にかゝる。更に発電機電圧が降下して、蓄電池より発電機に逆流するに至れば、電流線輪 X_2 は電圧線輪 X_1 の作用を打消すから主接觸器 X は閉路して発電機を蓄電池より切り離す。

電燈負荷がない場合には列車が運轉すると先づ主接觸 X が閉路し、次に蓄電池接觸器 Y が作動して、蓄電池を充電側に切り換へる。補助接點 Y_3 が閉路して主接觸器電圧線輪 X_1 の回路に抵抗を挿入してその起磁力を減ず。電流線輪 X_2 の電流が 5A 以上あればその助けによつて接點は保持出来るが、若し此の負荷がなければ主接觸 X は保持出来ずに X_1 、 X_2 、 X_3 は開放される。 X_3 の開放によつて f_2 回路は附加抵抗 R_2 、 R_3 を經て発電機端子に接續され発電機電圧を 30 ボルト一定に保つ如くに作用する。一般に單電池式列車電燈装置では、主接觸器が作動した瞬間に電燈電圧に急激なる變化を生じて、電燈のチラツキを起すものであるが HL 式ではこのチラツキを軽減するために、特別の考案が施されて居る。主接觸器が作動する時の電燈電圧と発電機電圧が等しければチラツキは生じないものであるが、電燈電圧は蓄電池内部抵抗の影響で電燈電流の大小に

よつて相違する。故に電燈電流が大きい程主接觸器 X の作用電圧を低下せしめる必要がある。電流線輪 X_2 の一部が電燈電流によつて和動的に作用してゐるのはこの爲で、電燈電流が大きい程 X_2 の作用は大きいから、 X_1 の作用が少くても、つまり発電機電圧が低くても閉路し、X 動作直前の発電機電圧と電燈電圧を同値に保つのである。

蓄電池接觸器の作動は各線輪を適當に調整して、蓄電池電流が殆んど零の時に合してあるから Y_1 の閉路によつてはチラツキは生じないが、 Y_2 の閉路によつて突入充電電流のために発電機電圧が一時的に降下しチラツキを生ずる。補償抵抗 R_c は之を補償するため Y_2 閉路と同時に Y_3 を閉路し R_c を短絡して発電機電圧の急降下による電燈のチラツキを軽減するのである。

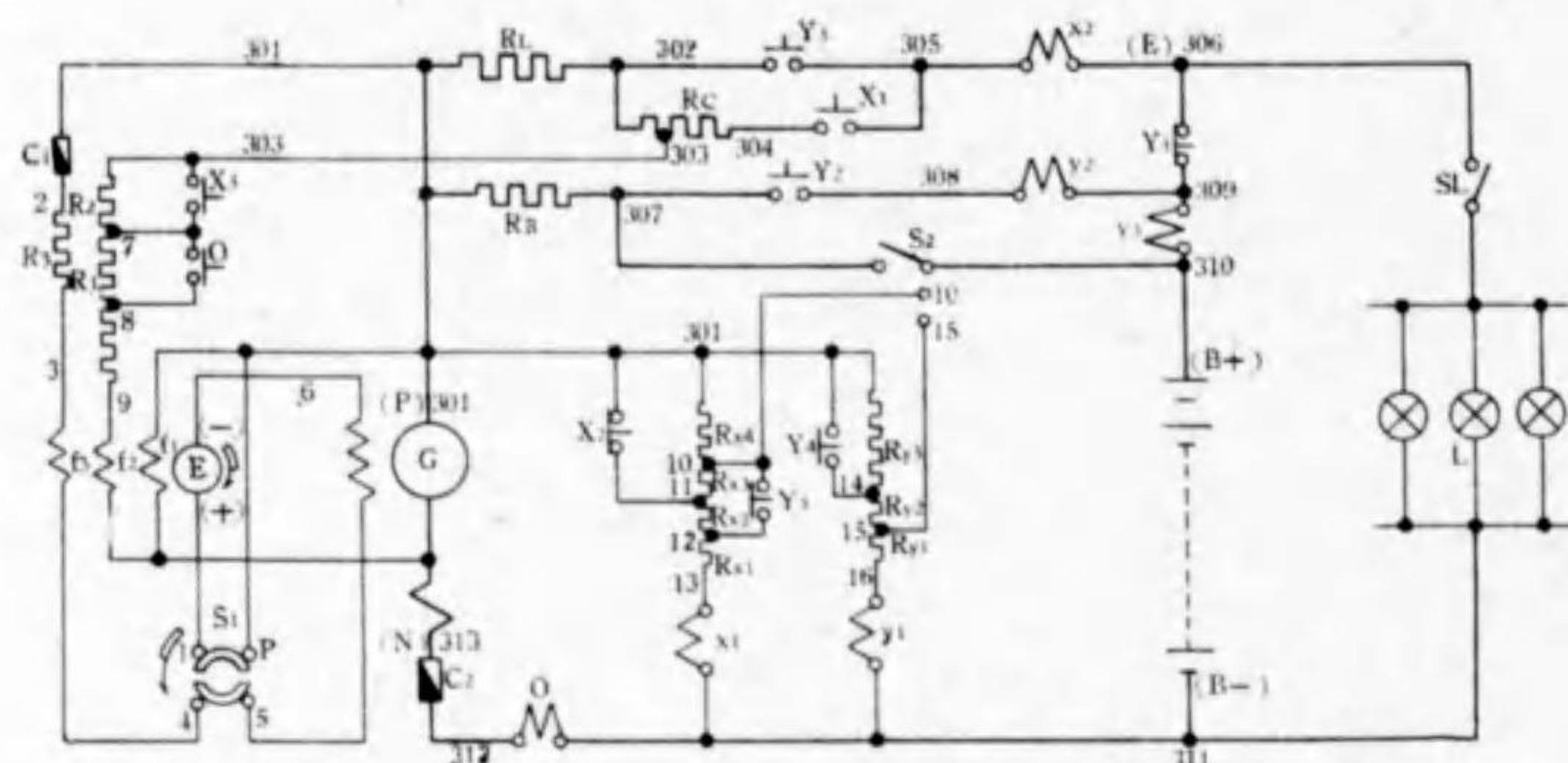
過負荷繼電機 O は電燈回路電流増加の場合は電流線輪 O_2 は電圧線輪 O_1 に打勝つて接點 O を開き、蓄電池接觸器 Y の作用を失はしめて接觸 Y_1 を閉路して蓄電池を負荷側に接續し負荷の一部を蓄電池に負擔せしめて発電機を過負荷より保護する。

第 122 圖は同社最近の配線圖で、附屬器具は從來のものと同大差なく、主接觸器 X 蓄電池接觸器 Y 過負荷繼電器 O 充電抵抗 R_B 電燈抵抗 R 補償抵抗 R_c 各種電圧線輪直列抵抗及発電機試験用開閉器 S_2 等より成る。

列車の運行によつて、発電機電圧が上昇し規定の値に達すれば主接觸器 X はその電圧線輪 X_1 の作用によつて、主接觸 X_1 を閉路して電燈抵抗補償抵抗及電流線輪 X_2 を經て、発電機を電燈及蓄電池に接續する。同時に補助接點 X_2 を開いて電圧線輪 X_1 に直列抵抗 R_{x_4} を挿入し、 X_1 の起磁力を減じて、次に発電機電圧が、降下して主接觸が開放する場合の

逆流電流を軽減する。斯く X_1 の起磁力は弱められるが電流線輪 X_2 は X_1 と和動して接点を確保する。

補助接点 X_3 は、主回路と同時に閉路し勵磁機界磁直列抵抗の一部 R_2



第 122 圖

を短絡する。 X_3 閉路後發電機電圧は、電燈抵抗 R_L の電燈側端子に於ける電圧が 25V の一定値に保たれる如く調整する。

列車速度が更に増加して、發電機電圧、電流が増加すれば、遂には電燈電流は全部發電機より供給され、蓄電池は浮游状態となる。蓄電池接觸器 Y の電圧線輪 y_1 は發電機電圧を受けて作用し、蓄電池放電々流にて y_2 と差動して働く、電流線輪 y_3 の作用が弱まれば、接觸 Y_1 を開き Y_2 を閉じて蓄電池を放電位置より、充電位置に轉換する。同時に Y_3 を閉路して補償抵抗 R_c を短絡し、發電機負荷電流の急變及電燈負荷の發電機への轉移に伴つて起る電燈電圧の急降下を補償して、電燈のチラツキを

防止する。 Y の作動と同時にその補助接点 Y_1 、 Y_2 は開き電圧線輪 y_1 及 X_1 の回路に夫々直列抵抗 R_{y_2} 及 $(R_{x_2} + R_{x_3})$ を挿入してその起磁力を弱める。 R_{y_2} の挿入によつて y_1 の起磁力は弱められるが、電流線輪 y_2 は充電々流によつて y_1 と和動して接点を確保する。

蓄電池接觸器が作用して Y_1 が、開路する時期を y_2 の電流が零即ち全電燈電流が發電機に移り、蓄電池が浮游状態になつた時に選べば、 Y_1 の開路による電燈のチラツキは極めて少い。發電機電圧が降下して蓄電池接觸器が Y_1 を閉路する時期の調整は極めて困難で、此れが完全を期し難いため Y_1 の閉路時に電燈のチラツキを生ずる。補助接点 Y_1 を開き、 y_1 の作用を弱めるのは Y_1 の、閉路する時期を早めて、チラツキを軽減するためである。然れ共電流線輪 y_2 の作用は、蓄電池全充電状態に於ては極めて微弱となる故に、電燈のチラツキにのみ注目し、 R_{y_2} を過大にすれば全充電時に Y のバタツキを生ずる故に y_1 の作用を餘り弱める事はいけない。

電燈抵抗 R_L は電燈電流の大小に應じて、調整出来る様になつて居る。 R_L の値が大なれば充電は完全に行はれるが、 Y_1 の開閉時のチラツキが大きく、過少なれば電燈のチラツキは少いが、點灯中の充電が完全に行はれない故に、 R_L の調整にも細心の注意が肝要である。

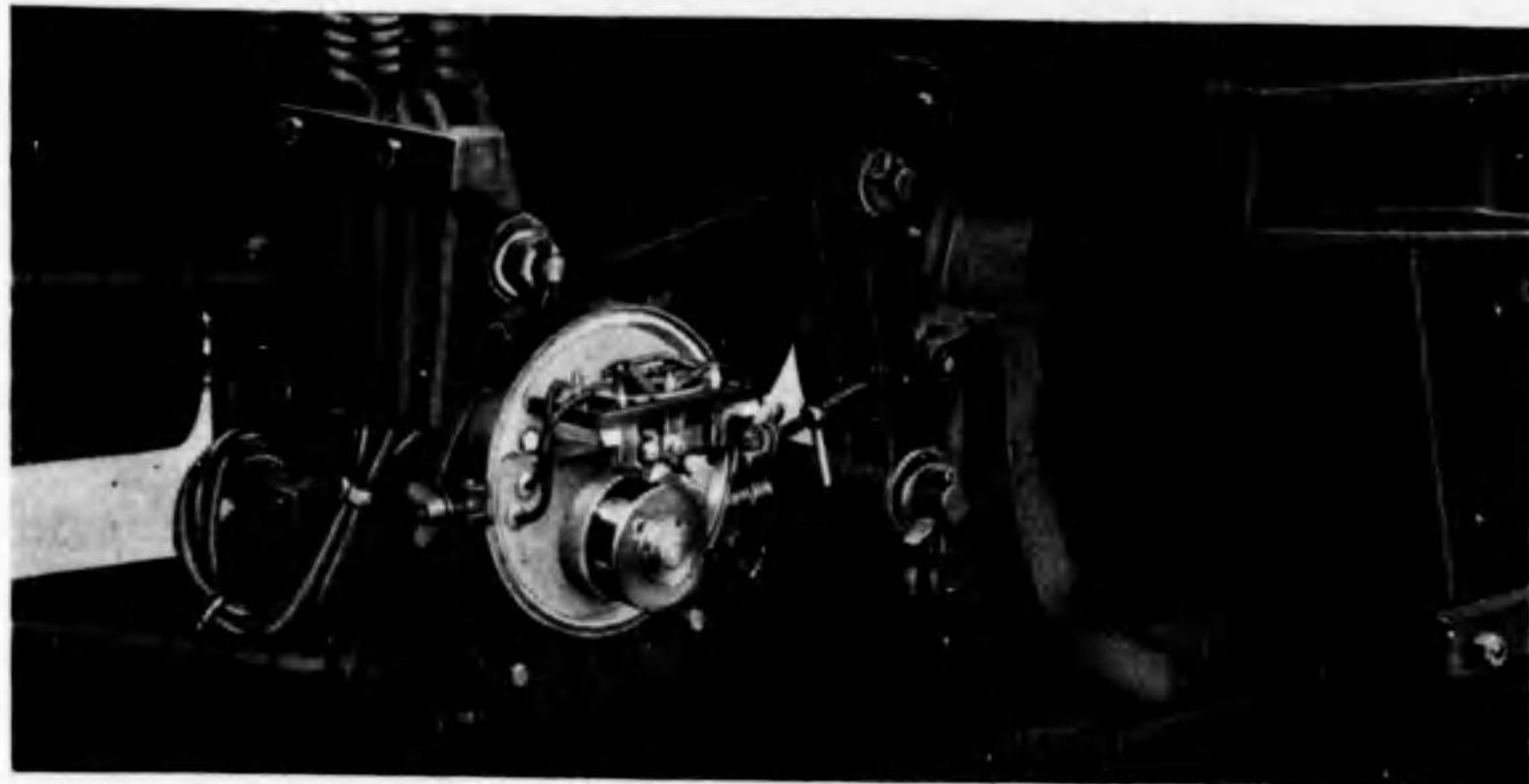
補助接点 Y_2 の開路にて X_1 の起磁力は、著しく弱められる結果電燈電流が小さくて X_2 の作用が弱ければ、主接觸器 X は作用を失つて開路し、補助接点 X_3 を開放し發電機電圧を 30V に高め、蓄電池の充電を完全にす。充電抵抗 R_B は充電々流に對して、降下特性を與へ蓄電池過放電の際に於ける突入電流を緩和する。

發電機界磁直列抵抗 R_{21} は、綜合速度特性を調節するために使用し一度適當の値が判ればその位置に固定する。

過負荷繼電器 O は、發電機負荷電流によつて作用する電流線輪 O によつて作用し、發電機電流 $80A$ にて接點 O_1 を閉ぢて發電機電壓を降下し、負荷電流 $50A$ にて接點を開いて復歸する。

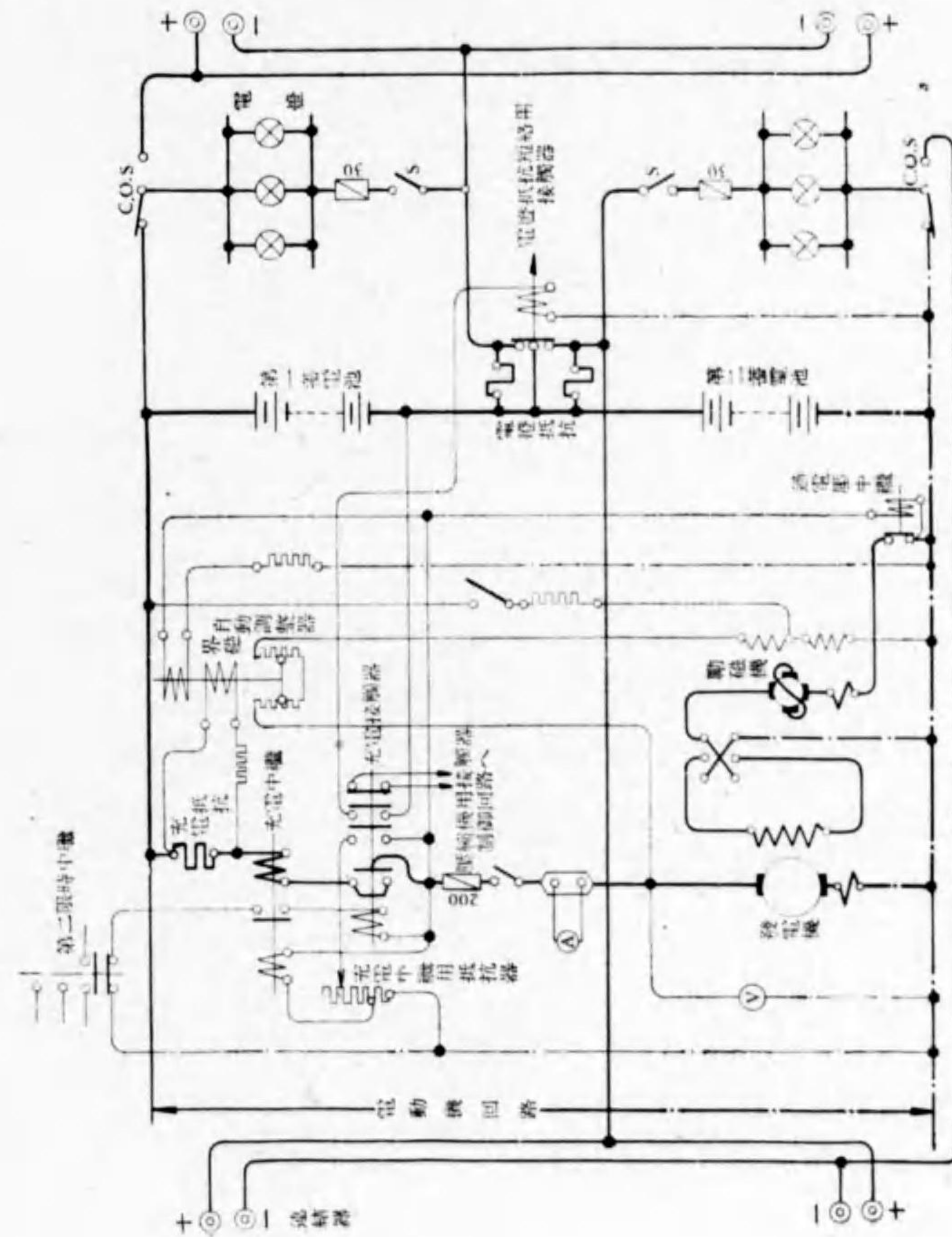
第六節 KR形勵磁機付發電機(鐵道省形)

鐵道省「つばめ」の電源發電機は分巻發電機で之れに變速度不變電壓特性を與へるために KR 形發電機で勵磁してゐる。勵磁機は第 123 圖に示す如く別の車軸からベルト運轉して居る。發電機は最初は齒車運轉を採用したが、運轉の安全性を増すために後で V ベルト齒車の組合せの運轉方式に改められた。KR 形發電機は自身で變速度不變電壓特性を有するものであるが、之を勵磁機として用ひ發電機電壓を以て界磁卷線を勵



第 123 圖

磁すれば、發電機に變速度不變電壓特性を與へる。KR 形發電機の不變電壓特性はその飽和磁極の磁束 ϕ_1 と、不飽和磁極の磁束 ϕ_2 の關係によつて與へられるもので、發電機と勵磁機との相對速度には殆んど關係し



第 125 圖

ない。発電機回轉数が低くてその電圧が規定の値に達する迄は勵磁機飽和磁極の磁束 ϕ_1 は不飽和磁極の磁束 ϕ_2 に比べて大きく、その差即ち勵磁機一次磁束 ϕ_0 も大きいから、回轉数は低くても勵磁機電圧は高く発電機勵磁電流も大きい。回轉数の増加により発電機電圧が規定の値に近づくに従つて、 ϕ_1 と ϕ_2 値は次第に近接し ϕ_0 を減じ、勵磁機電圧は減少して発電機界磁電流を減じ、電圧の上昇を抑制する。勵磁機一次磁束 ϕ_0 が小さい程電圧變動率は少いから、勵磁機は出来る丈高速で運轉した方が得策で、勵磁機は発電機に比べて著しく高速である。分巻勵磁機附発電機では轉極器無しで一定方向に發電するものであるが、KR形発電機は回轉方向が變つても一定方向に發電する故に、勵磁機主回路に轉極器を挿入し、回轉方向の反轉と同時に発電機勵磁方向を反轉してゐる。第123圖は勵磁機を示したもので、手前に見へるのが轉極器である。第124圖は本装置の附屬器具、第125圖は簡略結線圖である。

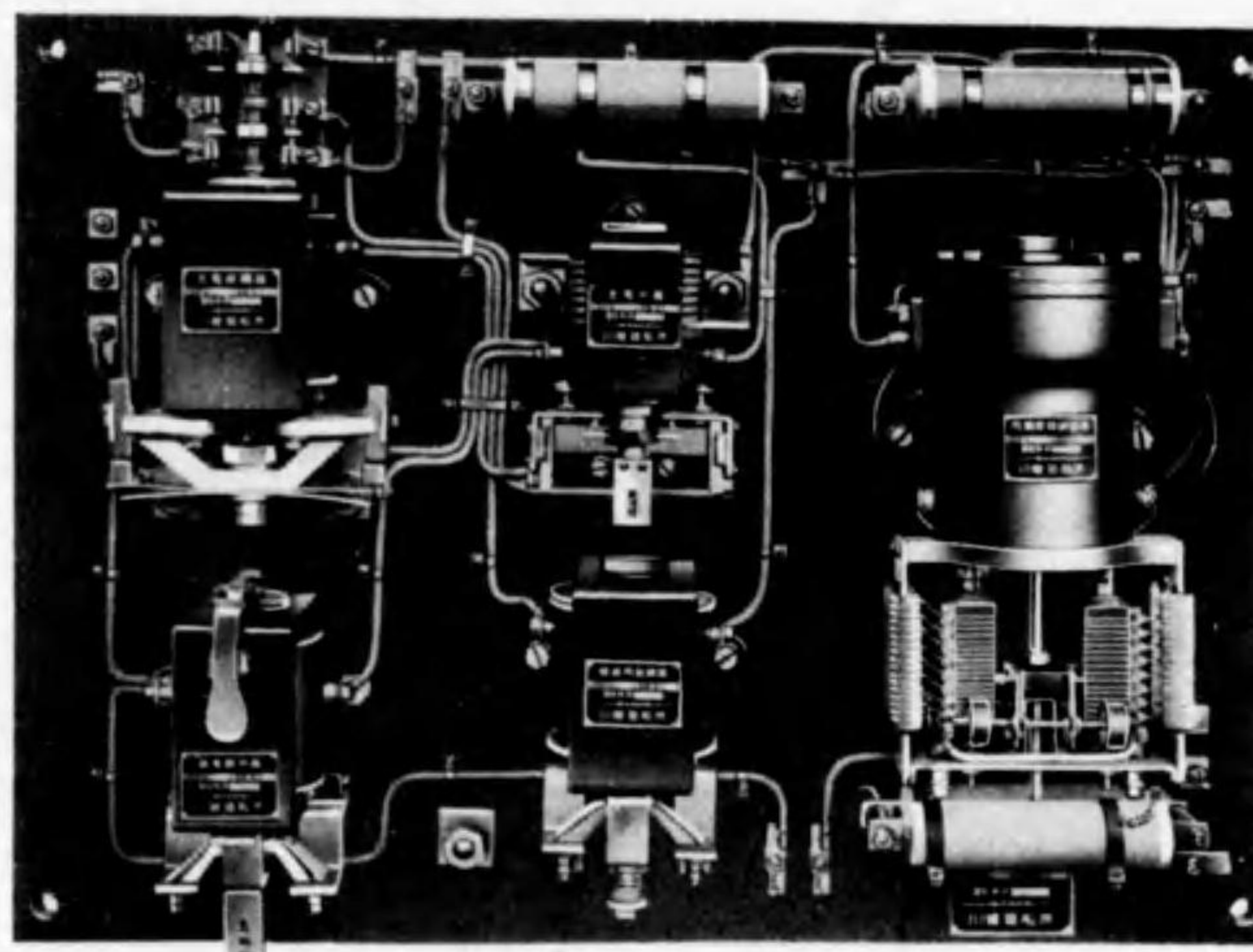
附屬装置は充電中繼（自動開閉器リレー）充電接觸器（自動開閉器）界磁自動調整器、電燈抵抗短絡用接觸器、過電圧中繼（過電圧防止器）及各種抵抗器より成る。

充電接觸器（自動開閉器）（124圖左上）は中充中繼の制御を受けて動作し発電機電圧52~54ボルトにて発電機を蓄電池に接続し、蓄電池より発電機に逆流すれば速に発電機を蓄電池より切り離す作用を営む。

充電接觸器は二組の補助接點を有し、一組は壓縮機回路の制御に、他の一組は電燈抵抗短絡接觸器の電壓線輪を開閉する。

充電中繼（自動開閉器リレー）（第124圖中央上）は電壓線輪の作用によつて、発電機52~54ボルトにて作動し、充電接觸器の電壓線輪の回

路を作る。充電接觸器が閉路すればその補助接點を通して電壓線輪に分流抵抗を挿入してその起磁力を辛じて接點を保持する程度に減殺する。電流線輪は発電機より電流が供給される場合電壓線輪に和動して、接點



第124圖

を確保する。発電機電圧が降下して、蓄電池より逆流すれば電流線輪は電壓線輪の作用を打消して、接點を開き續いて充電接觸器を開いて発電機を蓄電池より開放する。

電燈抵抗器は充電中の蓄電池と電燈との間に在つて、蓄電池電圧と電燈電圧の差に相當する電壓降下をなすもので、蓄電池より給電中は電燈抵抗短絡接觸器で短絡する。電燈抵抗短絡接觸器の電壓線輪は充電接

觸器の補助接點を経て發電機電壓を受け發條に抗して電燈抵抗の短絡回路を開く。電燈回路は二群の24ボルト回路の直列回路より出來て居るから、電燈抵抗は二つある。

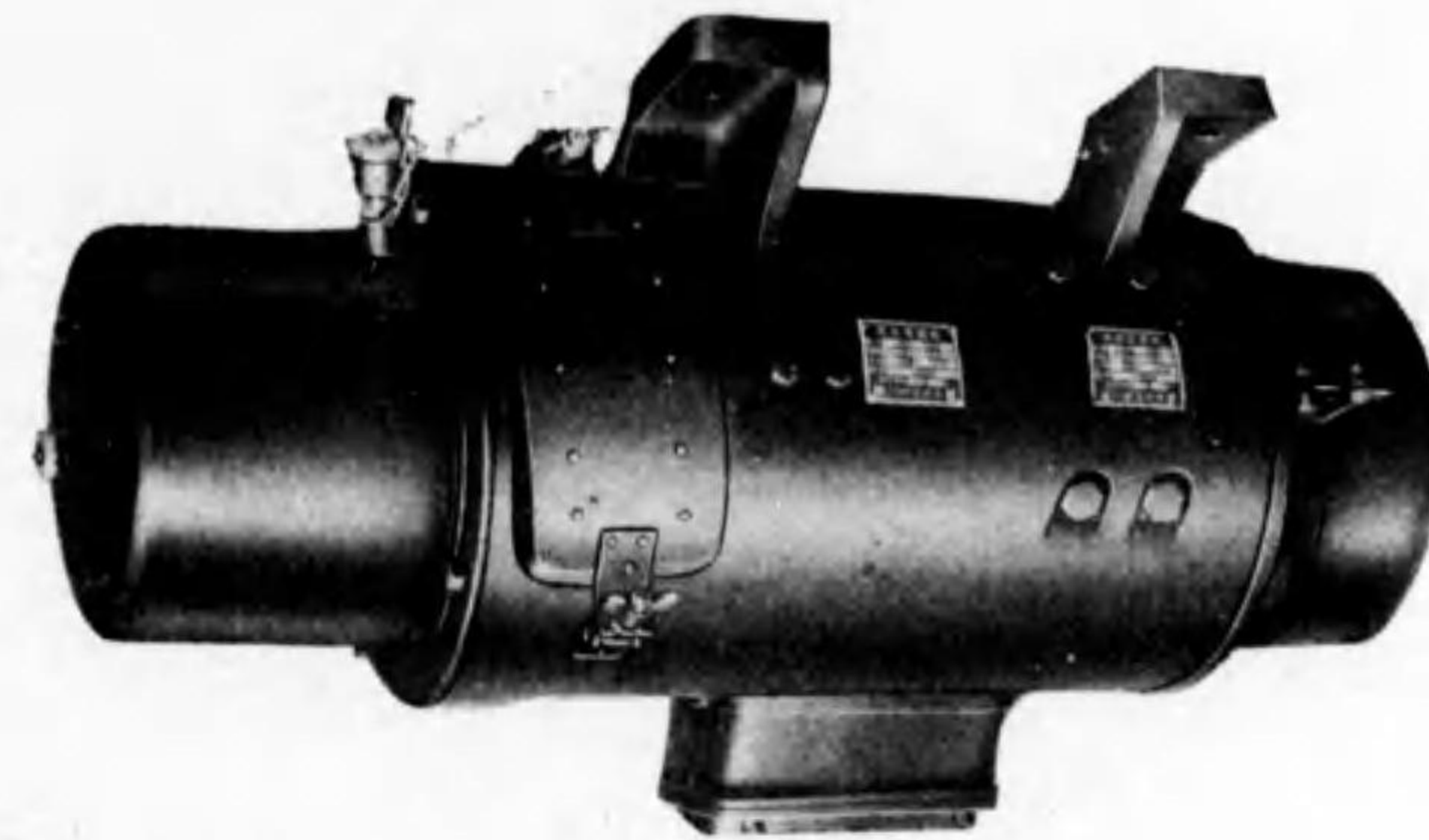
本發電方式では回轉數に對して不變電壓特性を有するのみならず、負荷電流に對しても不變電壓特性を有するから、蓄電池過放電の場合とか負荷電流過大なる時發電機を過負荷する危険がある。界磁自動調整器は之が保護用で發電機負荷電流が規定の値に達すれば作用して勵磁機界磁直列抵抗を減じて、發電機電壓を低め、充電を中止しそれでも尙過負荷すれば更に電壓を降下して、蓄電池より放電せしめる。界磁自動調整器はアルシーネ式自動電壓調整器と同様の構造で、固定線輪は發電機電壓にて、可動線輪は負荷電流にて勵磁されてゐる。可動線輪は分流抵抗の兩端に接続し分流抵抗の調整及可動線輪直列抵抗の調整によつて作動電流を調整してゐる。

勵磁機回路に故障を起せば、發電機は不變電壓特性を失つて、異常電壓を發生する事がある。過電壓中繼は之の危険の保護設備で發電機電壓約75ボルトで作動し、勵磁機回路を開放して發電機をしてその發電能力を失はしめる。本器は一度作用すれば手動にて再復歸する迄は接觸は開放の儘である。

KR形發電機は原因不明の儘にてその極性を轉換する事がある。之の極性が轉換すると發電機は反對方向に發生し非常に危険であるから、かゝる事のない様に漏洩回路を設け勵磁機界磁には蓄電池よりの漏洩電流を流して殘留磁氣を適正方向に確保してゐる。漏洩回路には手動スイッチを置いて長期間に亘つて運轉しない時之を開き漏洩を防止してゐる。

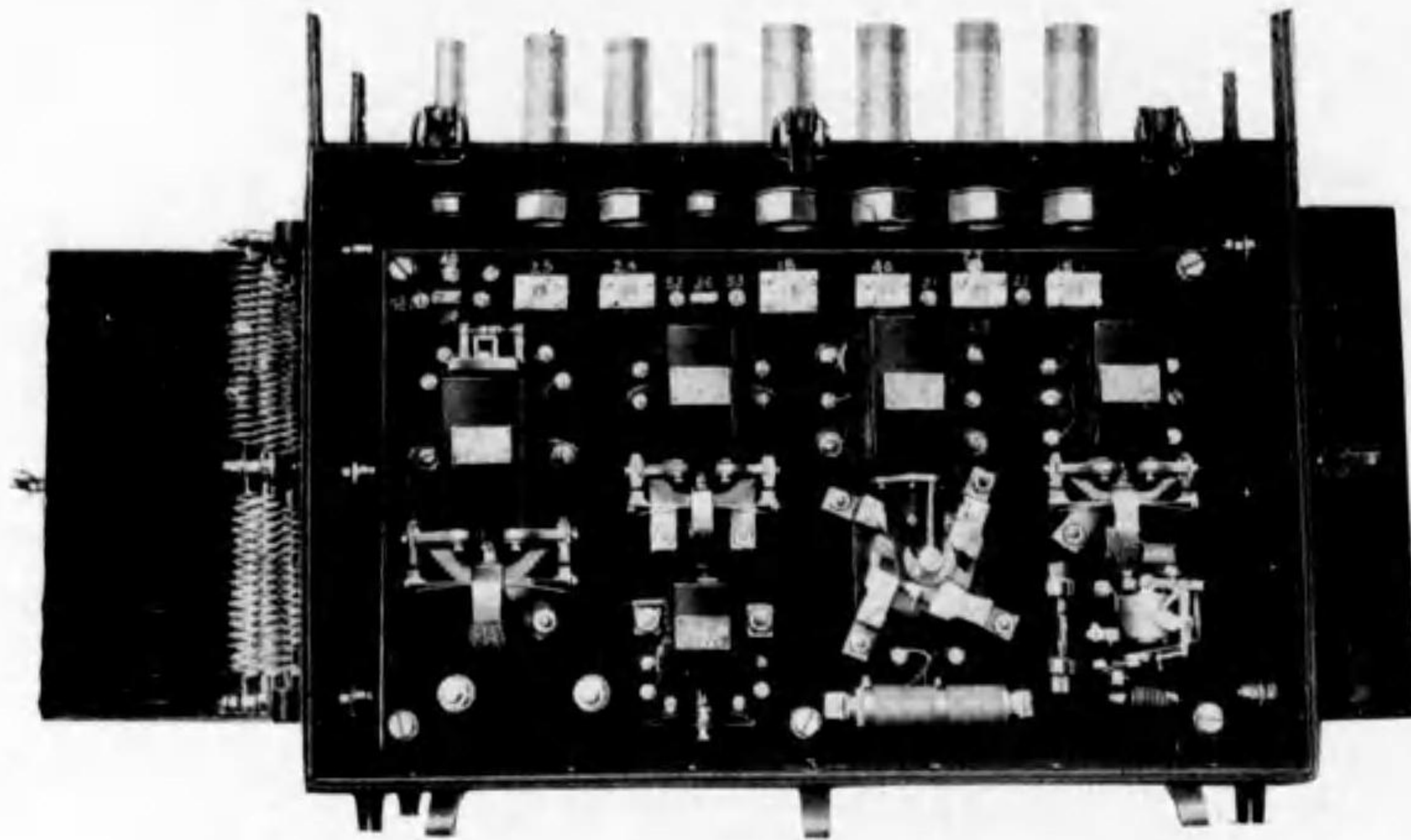
第七節 KR形勵磁機付發電機（滿鐵形）

滿鐵アジア用發電装置の發電機は分巻發電機で、不變電壓特性を與へるためにKR形發電機で勵磁して居る。發電機は齒車運轉であつたが漸次Vベルトギヤの組合運轉方式に改められつゝある。勵磁機は電動運轉としてゐる。第126圖は勵磁機及運轉電動機を示したものである。

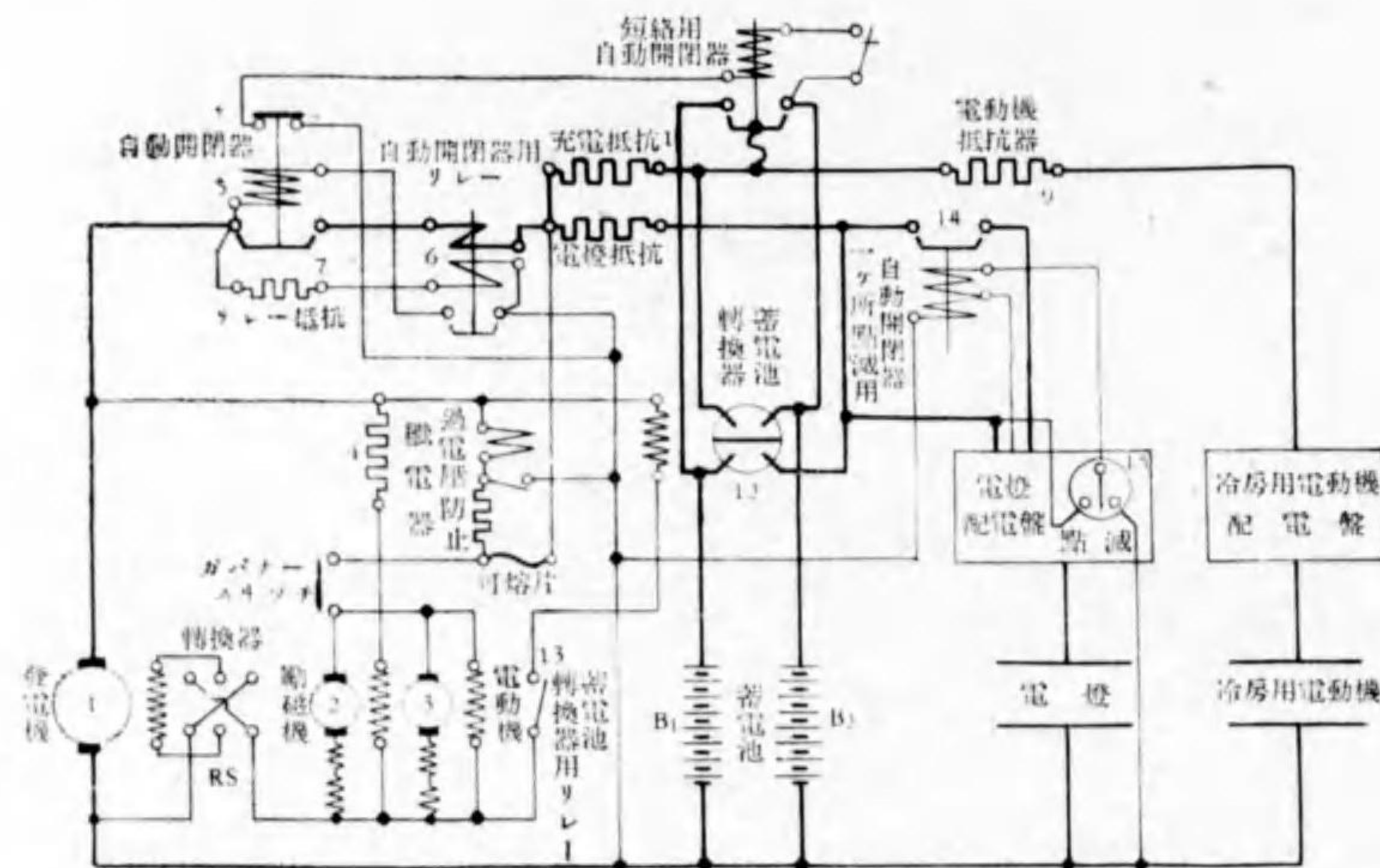


第126圖

附屬装置は自動開閉器、自動開閉器用リレー（繼電器）、蓄電池轉換器、電燈抵抗短絡開閉器、過電壓防止繼電器等より成り第127圖に示す如く鐵板製の函に收納して客車床下に吊下げ取付けてゐる。



第 127 圖



第 128 圖



第 129 圖

第128圖は簡略結線圖を、第129圖は轉極器及ガバナースイッチを示す。轉極器はガバナースイッチと共に別の車軸よりベルト運轉され、發電機界磁卷線の方向を反轉し、ガバナースイッチは發電機回轉數が發電に充分なる値になるに先立つて閉路し、勵磁機運轉用電動機を蓄電池より運轉する。

發電機回轉數が低く、その電壓が規定の値に達する迄は勵磁機飽和磁極鐵心の磁束 ϕ_1 は不飽和磁極鐵心の磁束 ϕ_2 より大きく、勵磁機一次磁束 ϕ_0 は、勵磁機電壓が發電機電壓に追加して、發電機界磁電流を増す方向であるが、發電機電壓が規定の値を越へると、 $\phi_1 < \phi_2$ となり ϕ_0 の方向は反轉して勵磁機電壓方向は發電機電壓に反抗して發電機界磁電流を減じ、電壓上昇を抑制する。

勵磁機運轉用電動機の軸端には、蓄電池轉換器用リレー（繼電器）が取付けてあつて約30分毎に蓄電池轉換器の電壓線輪回路を閉路して、充電側と放電側の蓄電池の轉換を行ふ。蓄電池轉換器の構造作用は後で述べるストーン式のものと同じである。自動開閉器、同用リレー、電燈抵抗短絡開閉器、は前節の充電接觸器（自動開閉器）充電中繼（自動開閉器用リレー）電燈抵抗短絡接觸器（電燈抵抗短絡開閉器）の作用と全く同じである。過電壓防止繼電器は、勵磁機故障にて發電機が異常電壓を発生した場合に作動し勵磁機運轉用電動機主回路及發電機界磁回路共通線に挿入した可熔遮斷器に發電機電壓を印加して之を瞬間的に熔斷せしめ、電動機を停止し、發電機の勵磁を切つて發電能力を失はしむ。充電抵抗は發電機に降下特性を與へて運轉の安全性を増すためのもので、電燈抵抗は充電側と放電側の蓄電池の間にあつて充電中の蓄電池と電壓電燈電壓の差に相當する電壓降下を起すものである。停車中此の抵抗は完全に短絡されるから停車中兩電池は併列になつて作用する。1ヶ所點滅開閉器は電燈配電盤に取付けた1ヶ所點滅操作開閉器の制御を受けて全列車の點燈、消燈を一齊に行ふ装置で、2組の電磁線輪を有し、操作開閉器を點の位置に來せば作動線輪は勵磁されて作動して點燈し、同時に保持線輪が勵磁されて接點を確保し、作動線輪は短絡される。操作開閉器は手を放せば發條の力により元に歸る。次に操作開閉器を滅の位置に來せば、操作線輪は保持線輪と反對方向の勵磁を受け開閉器は作用を失つて開路し、兩電磁線輪の電流は同時に切れる。操作開閉器は手を放せば再び元の位置に復歸する。

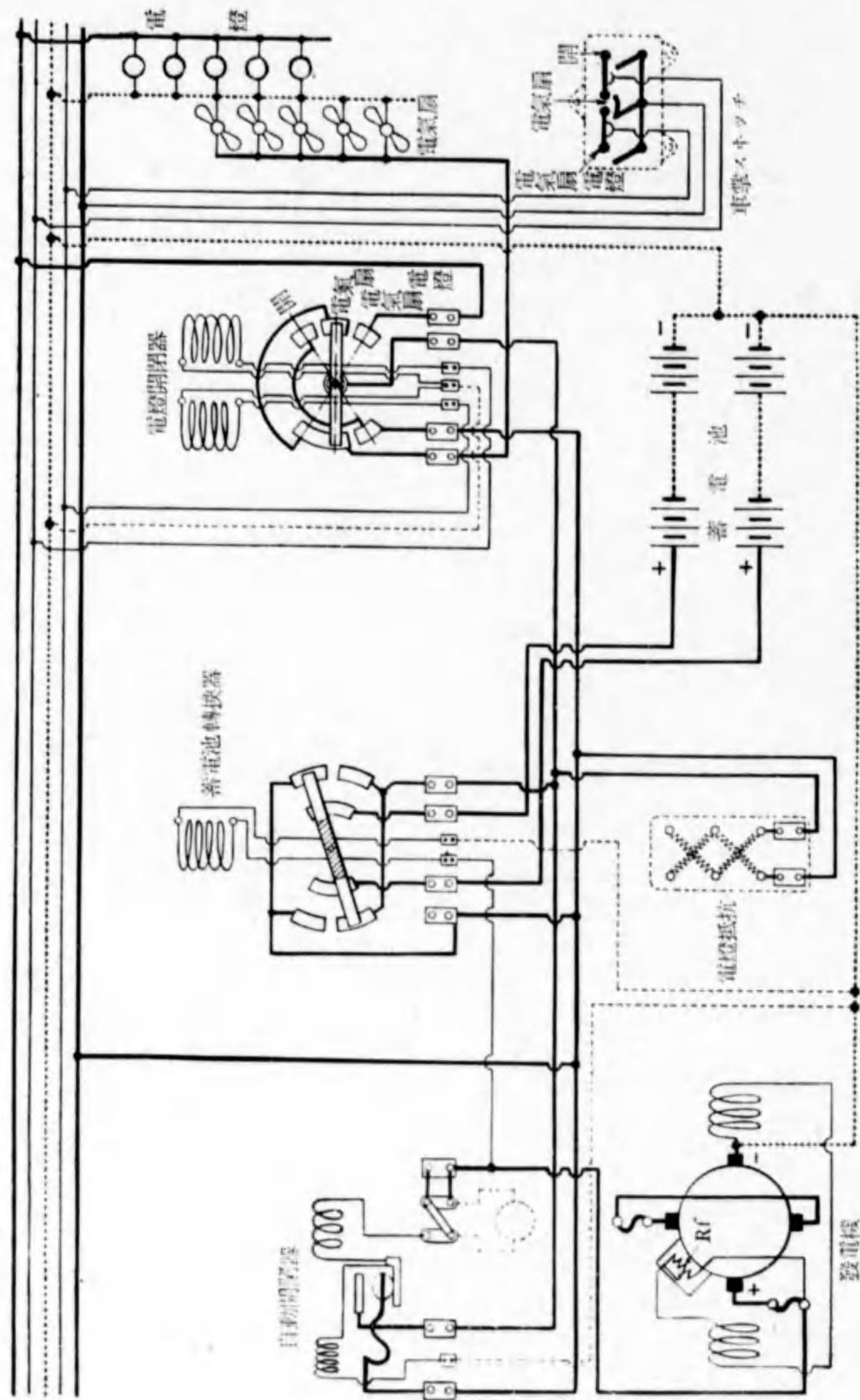
第十九章 複電池式

第一節 總 說

複電池式装置では電燈側に調整用の蓄電池が配置されて居り電燈點燈中は浮游状態にあつて、電燈電壓を一定に保つ調整器として作用して居るから電燈電壓は常に一定に保たれ、自動開閉器作用の瞬間にも電燈のチラツキは全くなく、快適なる照明が得られるが、装置全體の重量の増加と壽命が短くて、取扱保守の困難な蓄電池の個数が倍加するために漸次その影を没し去りつゝある。

第二節 マサープラット (Mather Platt) 式

マサープラット式の複電池方式では發電機にはローゼンベルヒ發電機を使用してゐる。第130圖はその結線圖で、附屬装置は自動開閉器、蓄電池轉換器、電燈開閉器、車掌スキツチ等より成る。蓄電池轉換器は各發車毎に充電側及放電側の蓄電池を切り換へて兩電池の充放電状態を均一に保つ作用をなし、電燈抵抗は充電側と放電側の電池の間に介在して充電側と放電側蓄電池の電壓差を吸収してゐる。發電機出力電流は電燈電流に應じて豫め界磁直列抵抗の調整によつて適當な値に整定する。電燈開閉器は電磁操作でも手動操作でも出来る。車掌スキツチは電燈開閉器の電磁操作を司る元制御器で一ヶ所で全列車の點滅が出来る。



第 130 圖

第三節 ストーン(Stone)式(複電池式)

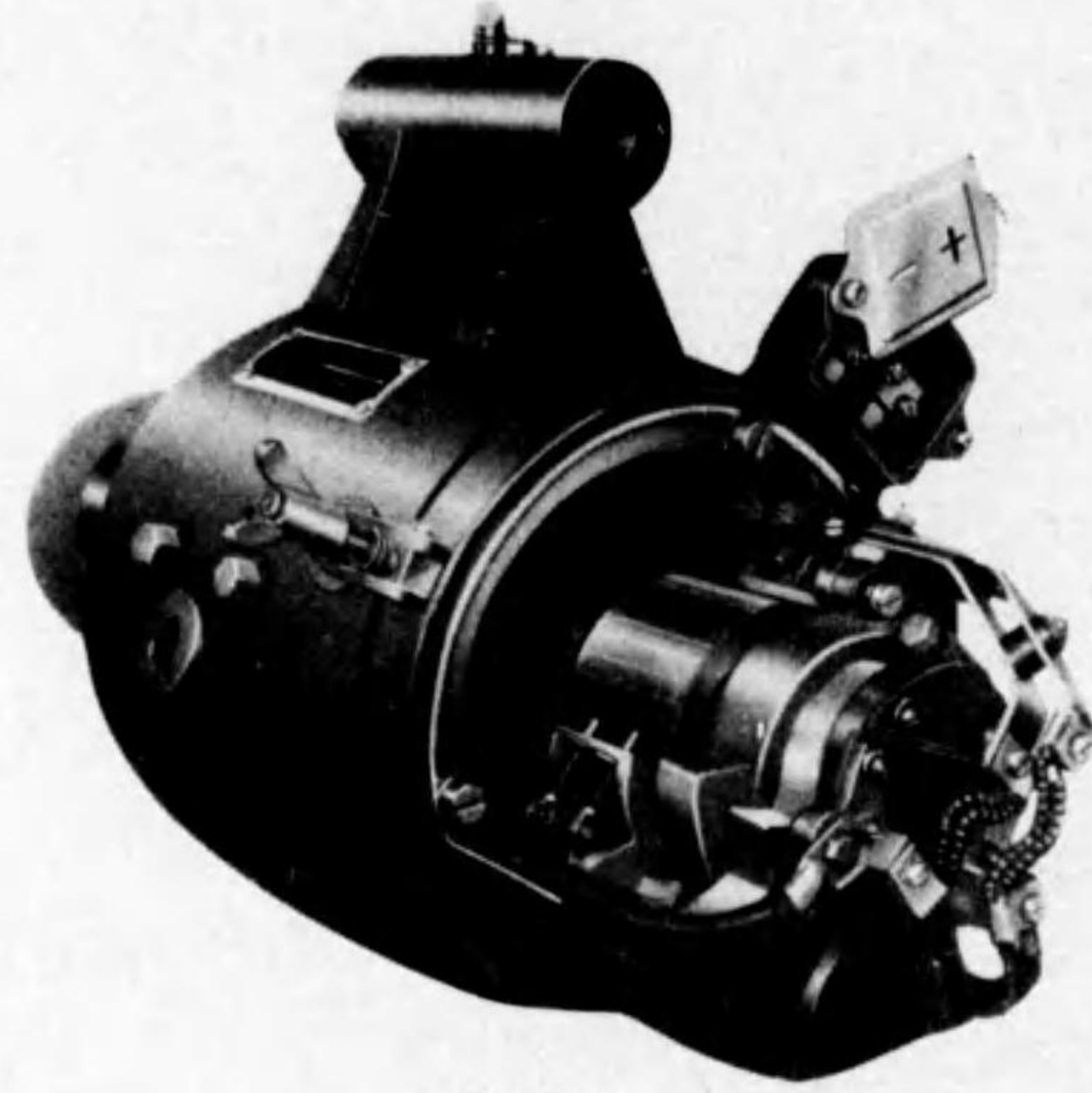
ストーン社の複電池式には分巻発電機を使用しベルトの滑りを利用して速度制御を行つて定出力運転をする方式と三刷子電機を使用する方式の二つの方式がある。

現在吾國に行はれてゐるストーン式は前の方式のもので大正5年來川崎造船所(現在は川崎重工業株式会社と改稱)がストーン社より製作權を譲り受け爾來吾が國情に合致する如く幾多の改良を加へて出來たもので鐵道省形と滿鐵形の二種類がある。發電機は分巻發電機で轉極器は鐵道省形は刷子移動式滿鐵形はクラツチコイル式である。發電機は客車臺枠に取付けた吊裝置にて懸吊しベルト張力は發電機の吊角度の調整によつて調整して居る。第131圖は鐵道省形、第132圖滿鐵形發電機を示す。

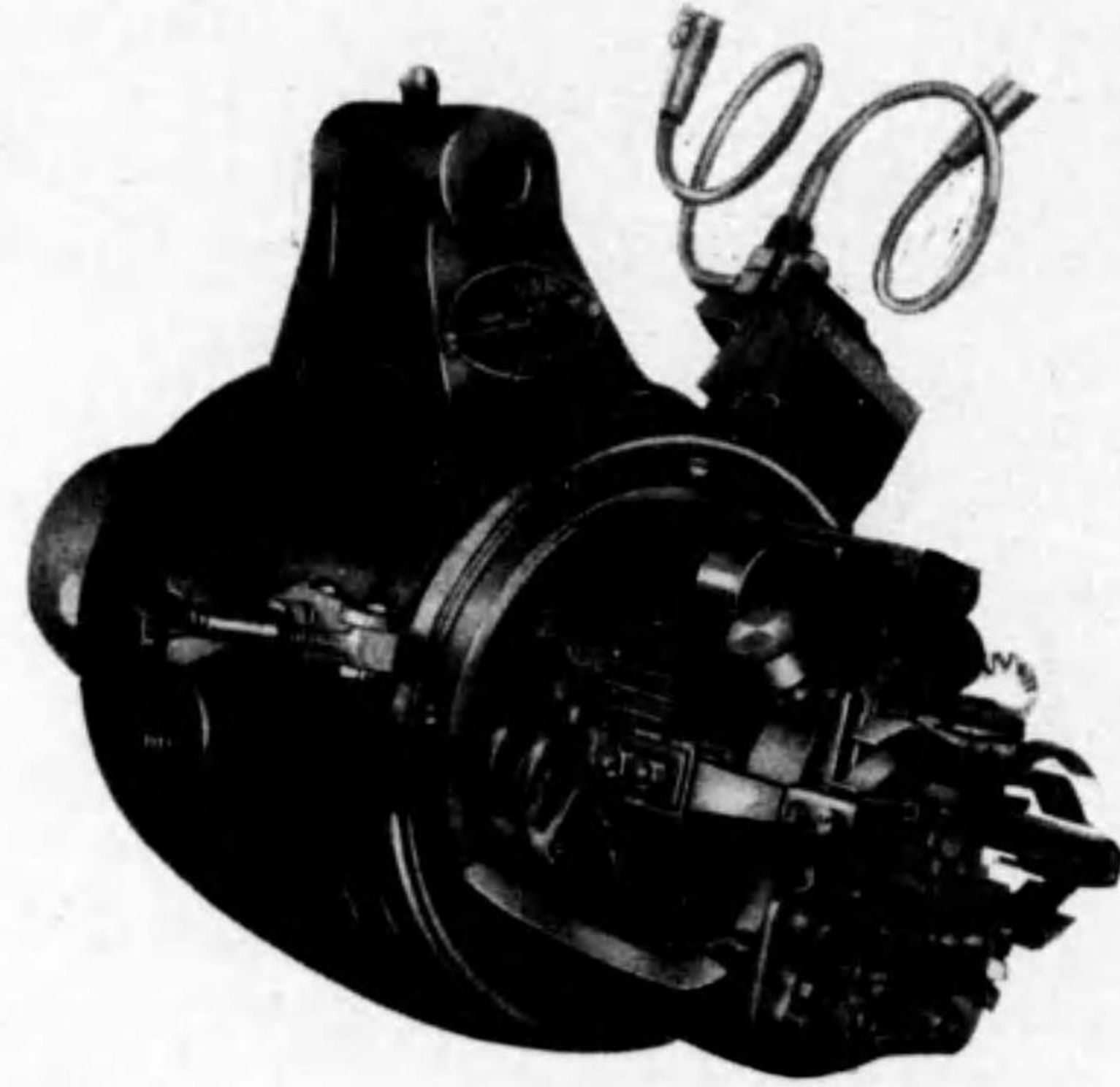
附屬裝置は鐵道省形と滿鐵形で多少相違するが何れも鐵製の函に收めて客車床下に吊下げ點檢に便利な蓋が附してある。鐵道省形と滿鐵形の配電函の内容は次の如くである。

鐵道省形配電函	滿鐵形配電函
自動開閉器	自動開閉器
蓄電池轉換器	蓄電池轉換器
電燈抵抗器	電燈抵抗器
可熔遮斯器	電流計用分流器
自動開閉器電壓線輪用直列抵抗	試驗用端子
	檢査燈

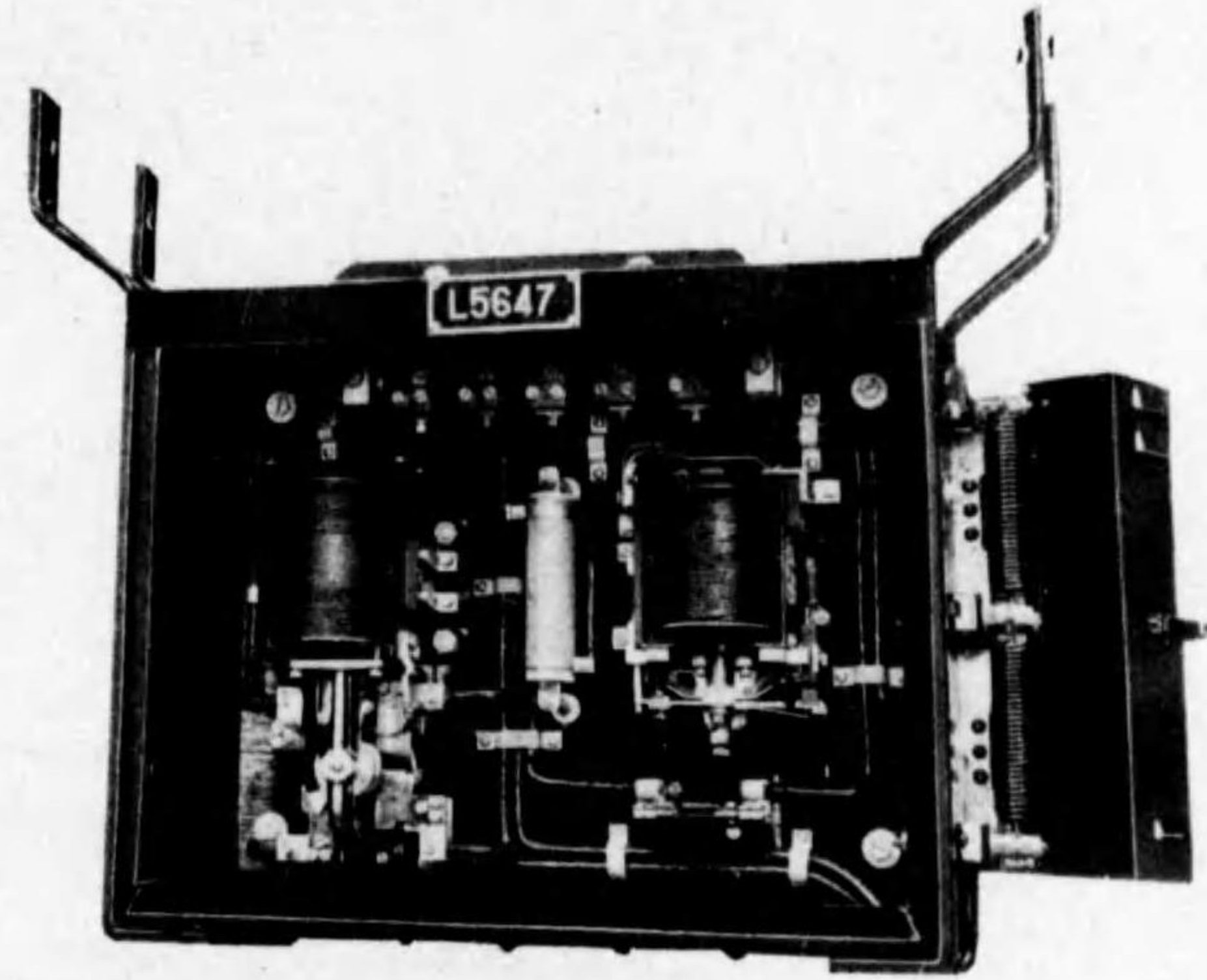
第133圖は鐵道省形、第134圖は滿鐵形配電函で第135及136圖は夫々の配線圖である。



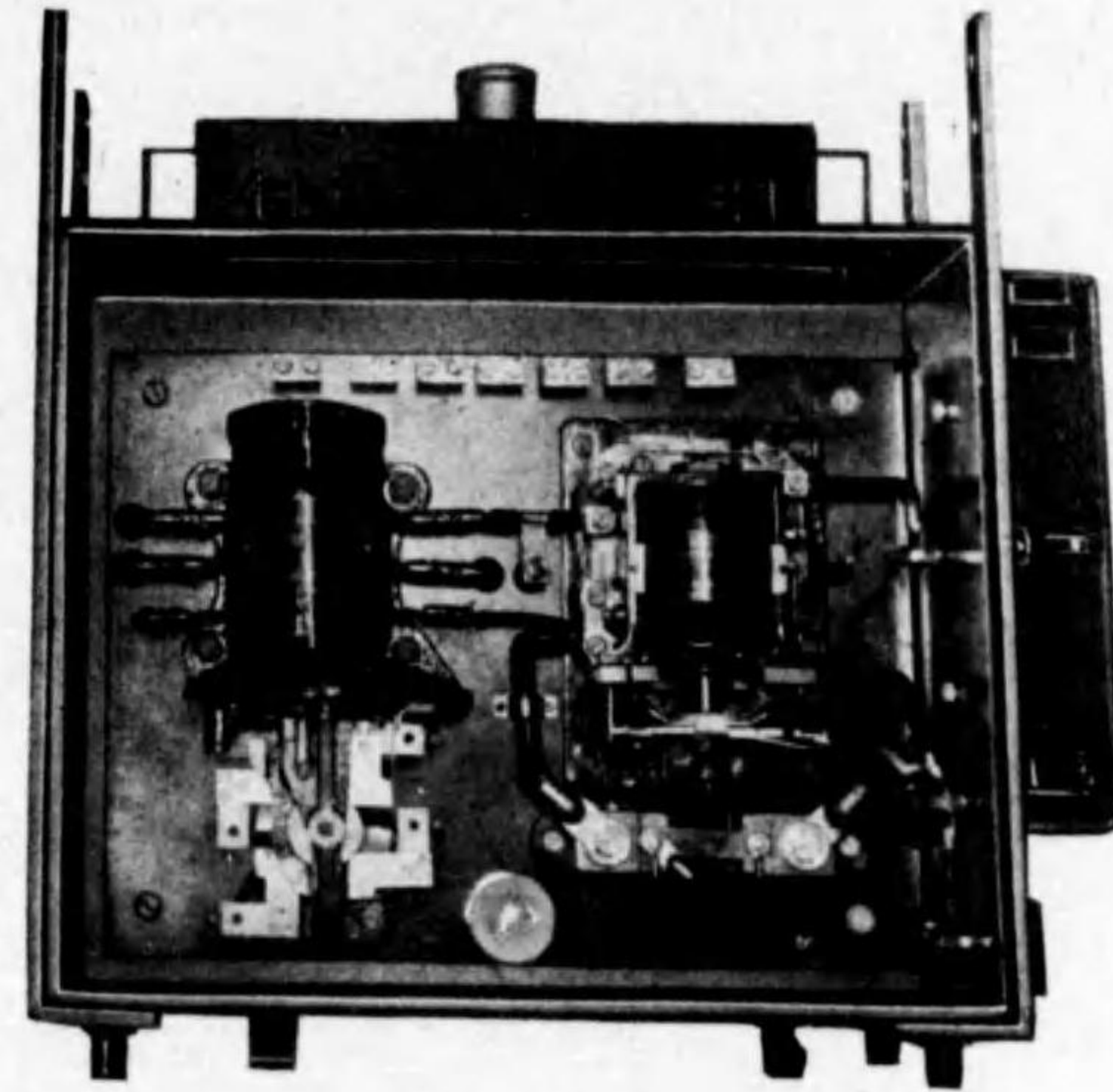
第 131 圖



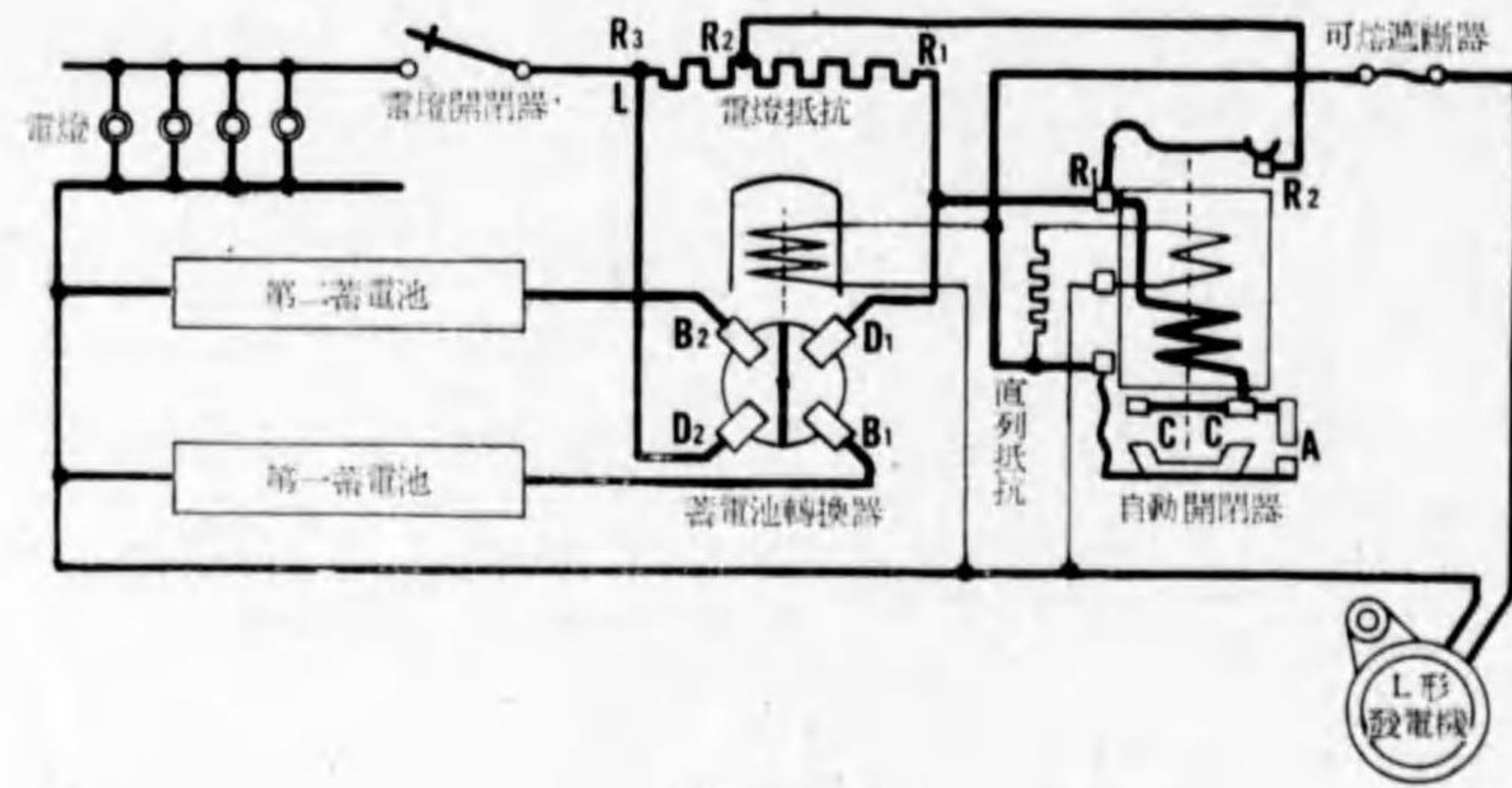
第 132 圖



第 133 圖

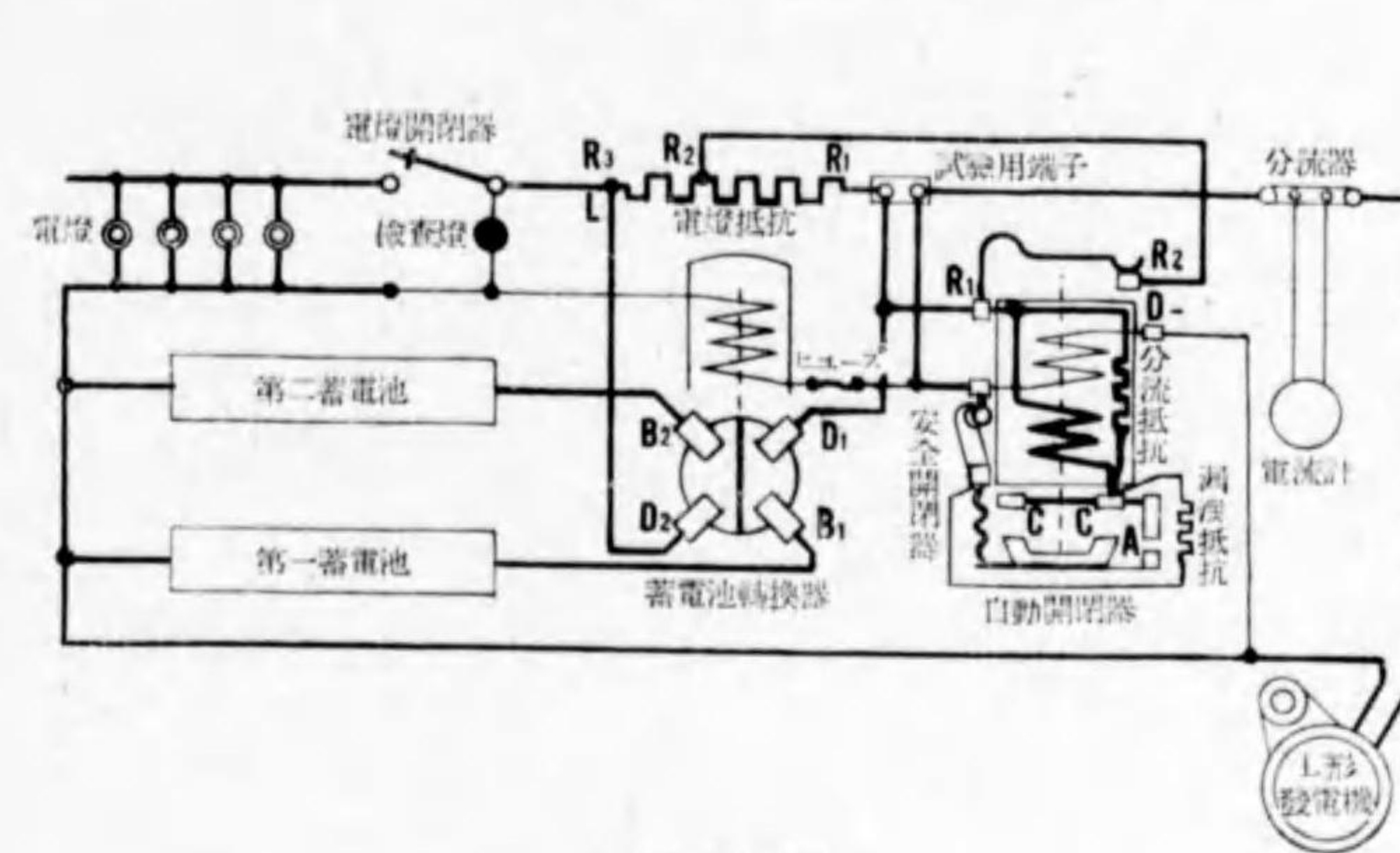


第 134 圖



第 135 圖

鐵道省形と滿鐵形では部分的には多少相違して居る所もあるが作用原理は同一であるから茲では鐵道省形に就いて説明する。第 135 圖の状態にて列車が停車中電燈開閉器を投入すれば第 2 蓄電池が蓄電池轉換器の端子 B_2, D_2 を経て直接電燈に接続される。この時第 1 蓄電池は B_1, D_1 及自動開閉器頭部接點 R_1, R_2 を通り電燈抵抗の一部 R_2, R_3 を経て電燈に接続され、電燈電流は主として第 2 蓄電池より供給される。第 1 第 2 兩蓄電池を直接並列とせず $R_2 - R_3$ なる平衡抵抗を通じて並列としたのは萬一何れか一方の電池群に短絡等が起り兩蓄電池の電壓の平衡が失はれた時兩蓄電池間に流れる短絡電流を抑制するためである。列車が運轉を始め發電機電壓が約 20 ボルトに達すれば蓄電池轉換器は作用しその切換圓板を 90 度回轉する。今迄 B_2, D_2 を経て電燈に接続してゐた第 2 蓄電池は B_2, D_1 を経て發電機側に、又 B_1, D_1 を経て發電機側にあつた第 1 蓄電池は B_1, D_2 を経て電燈側に接続が轉換し電燈電流は主として第 1 蓄電池より供給される。列車速度が更に増加して發電機電壓が約 26 ボルトに達すれ



第 136 圖

ば自動開閉器が作動し發電機を充電側の蓄電池に接続するこの時發電機電流は自動開閉器の電流線輪に流れ、電壓線輪の作用を助けて接點を確保する。同時にその頭部接點は押し開かれ R_1, R_2 の短絡が開き發電機電流の一部は電燈抵抗を通り電燈に給電され残部は第二蓄電池に充電される。漸次列車速度の増加に従ひ電燈電流は次第に發電機より供給され發電機が定格回轉數に達したる後は電燈電流は主に發電機より供給され第 1 蓄電池は浮游状態となり電燈電壓を一定に保つ作用をなす。列車速度がこの程度迄増加すれば充電用の蓄電池は定格定流を以て充電される。電燈抵抗は充電側と電燈側の蓄電池の間に介在し電燈電流による電壓降下が丁度充電側と電燈側の電壓差になる如くその抵抗値を撰定する。次に列車速度が減少して發電機電壓が蓄電池電壓よりも低下し蓄電池より發電機に逆流すれば自動開閉器の電流線輪は電壓線輪の作用を打消して開路し發電機を蓄電池より切り離す。更に列車速度が減じて發電機電壓が降下すれば蓄電池轉換器の電壓線輪も作用を失つてブランジヤーは自