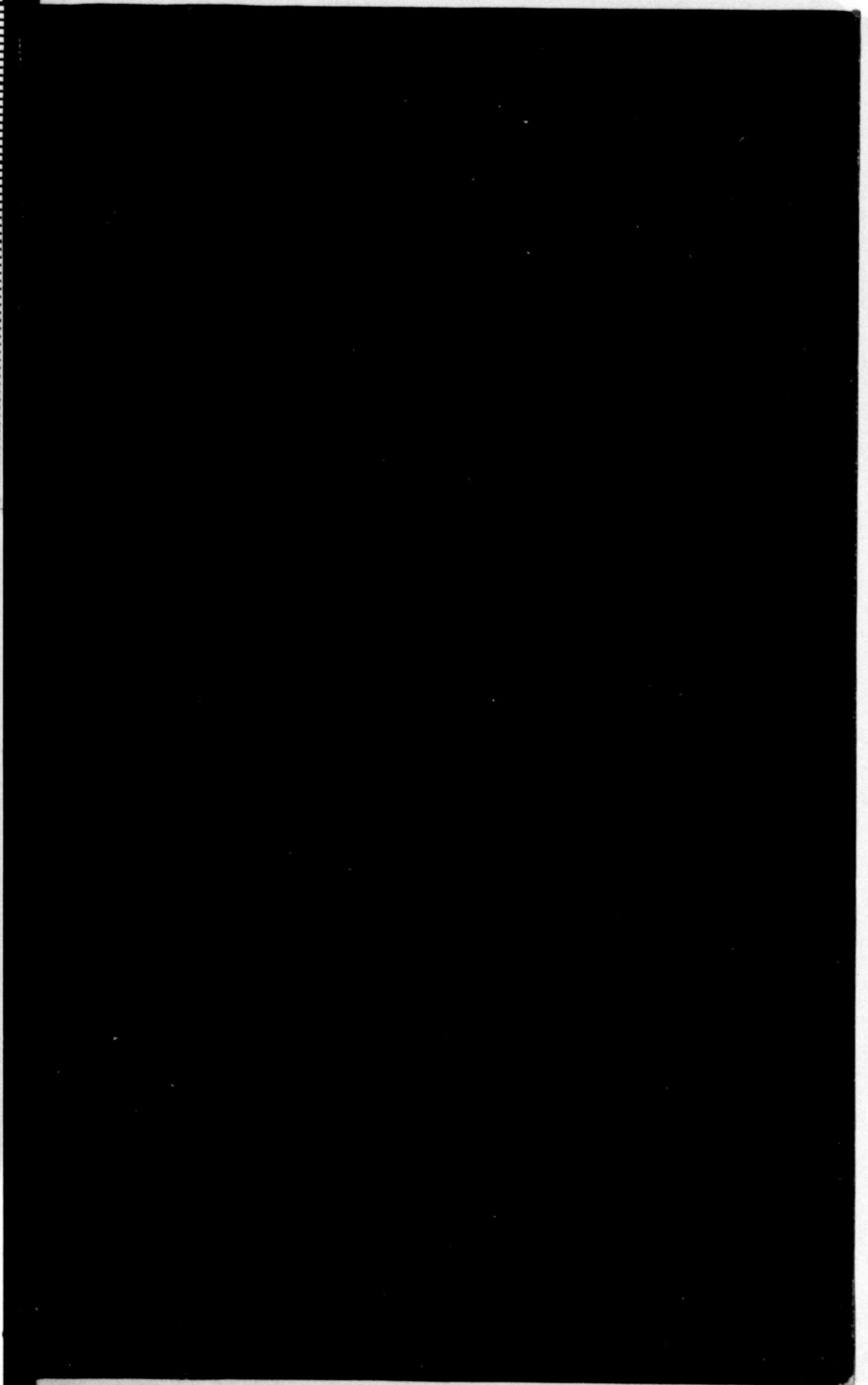


始



546

Y84

546

Y84



岩波全書

電氣鐵道

米澤政治郎



岩波書店





序

我國に於ける電鐵の誕生以來既に四十年に垂んとし、其の間の發展の跡を顧みれば誠に華やかなる歴史である。唯だ其の時々の經濟界の變動に伴つて斯界にも多少の盛衰のあつたのを免れぬ。又一方新しき交通機關の出現に依つて幾分の脅威を感じるのも亦止むを得ぬ次第である。而して單に一朝一夕の變化に眩惑して今にも電鐵が無くなるが如き錯覺に陥るものもないではないが、左様の杞憂は無用なることである。勿論時勢の變遷に連れ各交通機關應用の分野の整理が行はれるは當然である。假りに電鐵が一方に於て他のものの爲めに多少の侵蝕を受けたにしても、他方に於て計り知れぬ應用の世界が拓けて居るのを忘れないならば、我等電鐵關係者は斯界の爲め更に勇往邁進すると共に、從來の當然守り得べき領域を守る爲め、技術及び經營方法の改良進歩に一段の努力を拂はねばならぬ。

本書述ぶる所は勿論電鐵技術の梗概に過ぎないが、一般の技術者及び研究者が知らざるべからざる須要の事項に就ては其の要を盡した心算である。蓋し我國に於ける電鐵の技術も當初單に外國の模倣のみに没頭して居つた時代に比すれば誠に隔世の感がある。

此の意味に於て私は本書を書くに、専ら我國の電鐵を如實に紹介し説明するのを主眼とした次第である。

猶ほ本書編纂に方り次の如き方針に依つたことを附加へたい。

1. 既に一般の常識となれる事項、餘りに専門的の事項、他の部門に屬する事項等は成るべく簡単に説明し、新規の事項、特殊の事項等に就ては比較的詳細に説明したこと。
2. 單位は大體メートル式に依つたこと。
3. 用語は電氣工學術語集に載つて居るもの、權威ある學會其の他で制定せられたもの、官省等で使用して居るもの等は原則として之に據つたこと。
4. 用字は必ずしも一般使用の例に依らないで、例へば自働、働作、働輪等と自動車、電動車、電動機、電動子等とは用字を區別し、廻轉は回轉としないこと。

昭和九年十一月

著 者

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 第一章 總 說 | 1 |
| 1. 電氣鐵道の發達 | 1 |
| 2. 電氣鐵道の方式 | 4 |
| 第二章 電 車 | 8 |
| 1. 電車の設計 | 8 |
| 2. 電車各部の構造 | 10 |
| 3. 特殊の電車 | 13 |
| 第三章 電氣車用電動機 | 16 |
| 1. 電動機の選定 | 16 |
| 2. 各種電動機の特性の比較 | 17 |
| 3. 電氣車用電動機特性曲線の表示方法 | 18 |
| 4. 電氣車用電動機の設計及び構造 | 19 |
| 5. 電動機の取付 | 21 |
| 6. 電氣車用電動機の定格 | 23 |
| 第四章 制御装置 | 25 |
| 1. 直並列制御法 | 25 |
| 2. 界磁制御法 | 27 |
| 3. 直接制御 | 28 |
| 4. 總括制御 | 30 |
| 5. 起動に於ける加速度の限度 | 33 |

| | |
|--------------------|----|
| 第五章 制動装置 | 35 |
| 1. 制動装置の種類 | 35 |
| 2. 手用制動機 | 36 |
| 3. 空気制動機 | 36 |
| 4. 空気壓搾機及び調整器 | 39 |
| 5. 制動聯桿装置 | 40 |
| 6. 電気制動 | 42 |
| 7. 電磁制動機 | 44 |
| 8. 制動力の限度 | 45 |
| 9. 電力回生制動 | 45 |
| 10. 複捲電動機に依る電力回生制動 | 49 |
| 第六章 集電装置 | 52 |
| 1. 集電装置の種類 | 52 |
| 2. トロリー棒 | 52 |
| 3. パンタグラフ | 54 |
| 4. 集電靴 | 55 |
| 5. 集電子の壓力と壽命 | 56 |
| 第七章 電気車内の附屬雜装置 | 58 |
| 1. 避雷装置 | 58 |
| 2. 點燈装置 | 59 |
| 3. 暖房及び冷房装置 | 60 |
| 4. 自働扉開閉装置 | 61 |
| 5. 電動發電機 | 62 |

| | |
|--------------------|----|
| 第八章 電気機關車 | 64 |
| 1. 電気機關車の種類 | 64 |
| 2. 電気機關車の構造 | 65 |
| 3. 電気機關車の分類を示す方法 | 66 |
| 4. 電動機の動力傳達の方法 | 67 |
| 第九章 軌道 | 70 |
| 1. 軌條 | 70 |
| 2. 軌條の接續 | 72 |
| 3. 軌條の熔接 | 73 |
| 4. 軌間 | 74 |
| 5. 勾配 | 75 |
| 6. 曲線 | 76 |
| 7. 曲線軌道に於ける諸施設 | 77 |
| 8. 各種の軌道 | 79 |
| 9. 轉轍器及び轍叉 | 80 |
| 10. 軌道の建設 | 81 |
| 11. 鐵道橋及び隧道 | 82 |
| 12. 高架鐵道 | 83 |
| 13. 地下鐵道 | 83 |
| 14. 停車場 | 85 |
| 第十章 電車線路及び導軌條路 | 87 |
| 1. 電車線路及び導軌條路の施設方式 | 87 |
| 2. 架空式に於ける電車線吊架法 | 89 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 3. 電車線 | 90 |
| 4. 電柱 | 91 |
| 5. 直接吊架法に於ける張線式及び腕金式支持法 | 92 |
| 6. 直接吊架式に於ける架線材料 | 94 |
| 7. 直接吊架法に於ける電車線架設 | 101 |
| 8. 電車線の張力及び弛度 | 103 |
| 9. 鏈線吊架法 | 105 |
| 10. 各種の鏈線吊架法 | 106 |
| 11. 鏈線吊架法に於ける電車線支持法 | 108 |
| 12. 鏈線吊架法に於ける架線材料其の他 | 110 |
| 13. 鏈線吊架法に於ける電車線架設 | 115 |
| 14. 鏈線吊架法に於ける諸計算 | 116 |
| 15. 第三軌條式 | 118 |
| 16. 導軌條 | 119 |
| 17. 導軌條の支持法 | 119 |
| 18. 第三軌條式の特殊諸施設 | 121 |
| ● 第十一章 歸 線 | 123 |
| 1. 軌條の電氣的接續 | 124 |
| 2. 各種の軌條ボンド | 125 |
| 3. 横ボンド | 126 |
| 4. 補助歸線 | 127 |
| 5. 諸種の電蝕防止方法 | 127 |
| 第十二章 配 電 | 130 |

| | |
|----------------------|-----|
| 1. 正極及び負極配電 | 130 |
| 2. 自働區分開閉器 | 132 |
| 3. 饋電線 | 133 |
| 4. 加減壓機 | 135 |
| 5. 電壓降下の計算 | 137 |
| 6. 正極饋電線の太さの計算 | 138 |
| 7. 歸線に於ける漏洩電流 | 140 |
| 8. 負極饋電線に關する計算 | 143 |
| 第十三章 變電所 | 145 |
| 1. 直流式電氣鐵道の變電所 | 145 |
| 2. 電動發電機 | 146 |
| 3. 廻轉變流機 | 146 |
| 4. 水銀整流器 | 147 |
| 5. 變電所に於ける特殊の裝置 | 148 |
| 6. 蓄電池の應用 | 150 |
| 7. 自働變電所 | 151 |
| 8. 變電所の遠方監視制御 | 153 |
| 9. 變電所設計に關する注意 | 154 |
| 第十四章 電氣車の運轉 | 156 |
| 1. 各種の電氣車運轉方法 | 156 |
| 2. 發車間隔 | 157 |
| 3. 停車場間距離、停車時間及び運轉速度 | 158 |
| 4. 時刻表及び運轉圖表 | 159 |

| | |
|---|-----|
| 5. 加速度, 減速度及び制動度 | 161 |
| 6. 自働信號 | 161 |
| 7. 車 庫 | 167 |
| 第十五章 牽引力及び制動力 | 170 |
| 1. 列車抵抗に打勝つ爲めの牽引力 | 170 |
| 2. 勾配に於て要する牽引力 | 173 |
| 3. 曲線に於て要する牽引力 | 174 |
| 4. 加速に要する牽引力 | 174 |
| 5. 全牽引力 | 176 |
| 6. 附着係數と牽引力, 制動力其の他との關係 | 177 |
| 第十六章 運轉曲線 | 181 |
| 1. 速度時曲線 | 181 |
| 2. 速度時曲線を畫く方法 | 183 |
| 3. 距離時曲線及び之を畫く方法 | 187 |
| 4. 電流時曲線及び之を畫く方法 | 188 |
| 5. 電壓時曲線及び之を畫く方法 | 190 |
| 6. 運轉所要電力量 | 191 |
| 7. 電動機の溫度上昇 | 192 |
| 8. 車輛の設計及び其の設備並に線路の狀況の 電力消費量に及ぼす影響 | 193 |
| 9. 運轉方法の電力消費量に及ぼす影響 | 194 |
| 第十七章 特殊の鐵道及び特殊の電氣車 | 198 |
| 1. 齒軌條鐵道 | 198 |

| | |
|-----------------|-----|
| 2. 鋼索鐵道 | 199 |
| 3. 架空索道 | 201 |
| 4. 自動式電氣車 | 202 |
| 5. 無軌道電車 | 203 |

索 引



第一章 總 說

電氣動力に依り車輛を軌道上に運轉するものを一般に電氣鐵道と稱する。之を市内路面鐵道、地下鐵道と高架鐵道とを包含する市内高速度鐵道、郊外鐵道、市間鐵道、幹線及び枝線鐵道、登山鐵道等に區別することが出来るが、鋼索鐵道の如きも亦上記の定義に適合するものである。無軌道電車は勿論嚴格なる意味に於て電氣鐵道と稱することは出来ないが、軌道を使用せざる外其の他の設備に於て、有軌道電車の場合と全く同様であるから、電氣鐵道に準ずるものと云つて差支がない。架空索道も同様、鐵道とは稱し難いが、軌道を有せざる點を除き、其の運轉方法及び保安法に於て、鋼索鐵道と殆んど異るところが無い。

1. 電氣鐵道の發達

電氣鐵道は最初市内路面鐵道に其の端を發したと云ひ得る。我國に於ても明治二十八年既に京都市に施設され、其の後各都市相競つて之を採用した。今日に於ては相當の都市悉く之を有し、都市の自治と不可分の關係ある點から、市營とするものも極めて多いのである。然るに一方交通機關として自動車の出現を見るに至り、市内路面電車の領域は著しく之が爲めに蠶食せられた。電車と自動車とは結局乘

車賃, 運轉速度, 發車間隔, 乗心地等で競争しなければならぬが, 多量輸送 (Mass transportation) の機能に於ては, 同一條件の下に, 電車の方が比較的低廉の乗車賃を以て經濟的に經營し得る理であるが, 然しながら實際上の好成績を収むるには, 其の施設, 運轉の方法, 經營の方法等に関して, 尙ほ充分の研究と努力とを爲さなければならないと認められる。速度に関しては, 一般社會の要求と自動車との競争とから, 幾分次第に高められたのであるが, 殊に最近規程の改正に依り, 比較的自由に驥足を展ばし得る状態となつた。將來車内動力設備の増加其の他の一層の改善に依り益々快速なる交通機關たるの實を發揮することであらう。

市内路面鐵道に次いで發達したものは郊外及び市間鐵道で, 其の線路も次第に距離の大なるものに及ぼされたのである。郊外鐵道は大都市郊外を開拓して, 郊外居住者を増加せしめ, 都市内外人口の分布状態を變化せしめたる所大である。尤も最初は單に市内路面鐵道の延長たるが如き觀あり, 其の車輛の大きさも運轉速度も小で, 殊に路面上を運轉するものも多かつたのであるが, 今日に於ては其の面目は全く一新せられた。又大都市間は電鐵出現前と雖, 蒸汽鐵道に依つて連絡せられた場合が多かつたのであるが, 電氣市間鐵道に依つて都市間の關係を一層密にし, 且つ郊外鐵道と同様, 大都市郊外の發展に資した點大である。最初路

面上に運轉せられたものもあつたが, 斯の如きものは今日其の影を没し, 速度其の他のサービスに於て, 著しき變化を受けたこと勿論である。

郊外及び市間鐵道の發達と相前後して, 蒸汽鐵道の電化が漸次實施せらるゝの氣運に向つた。蒸汽鐵道は煤烟を發生すること, 運轉上小なる列車單位を以て, 發車回數を増加するに適當せざること, 小なる停車場間距離に於て大なる速度を保持するに不便なること等の先天的不利を有するから, 電氣鐵道一般の發展に伴ひ, 電化の考慮せられたるは當然なことである。特に運輸量著しく大なる場合には, 電氣運轉の方が遙に經濟的に經營し得る場合が多く, 又限られたる線路數を有する終端驛附近に於ける列車の操縦を自在ならしめる爲めにも, 電氣運轉に依るのを最も便とする。猶ほ電化の際に考慮すべきは, 電化に依り乗客を吸収し收入を増加し得る點である。如上の理由から我國でも幹線又は枝線の蒸汽鐵道の電化せられたる距離は著しき數量に達するが, 唯だ國有鐵道の電化は, 東京附近及び阪神地方の一部を除き, 未だ充分廣く實施されて居ない憾がある。小系統の枝線は寧ろ容易に電氣運轉と爲し得る關係から, 私設鐵道にして從來の蒸汽運轉の電氣に変更せられたるもの及び新規線の電氣運轉を以て開始せられたるものは極めて多數である。

市内高速度鐵道は、大都市に於て敏速なる交通機關を必要とする一般の要求から次第に行はるゝに至りつゝある。高速度鐵道の中、高架鐵道と地下鐵道とを比較すれば、後者は貴重なる土地を支障せざること及び附近の民衆に對し騒音の影響を與へざることの主要なる利益を有するから、其の建設費の大なるに拘らず一般に歡迎せられる。倫敦及び紐育に於ては既に數十年前に地下鐵道の出現を見、今日では市内の樞軸を形成する主要線として、一般交通網の根幹を成して居り、其の他巴里、伯林等に於ても大規模に實施擴張せられつゝあるの實狀に對し、我國に於ては東京、大阪等に於て省線の市内線等が此の部類に屬するを除き其他一部小距離のものを見るに過ぎない。元來市内の民衆的交通機關としては、路面電氣鐵道、市内高速度電氣鐵道及び乗合自動車と共に缺くべからざる要素を形づくるのであるが、就中高速度鐵道は特に大量の輸送を行ふに最も適當なるものであるから、將來益發達せしめなければならない。

以上の外登山鐵道、鋼索鐵道等は各、特殊の事情に應じ應用し得る場合極めて多く、漸次擴張せられつゝある現状であるが、其の發達は多く局部的であつて茲に詳述するの必要を認めない。

2. 電氣鐵道の方式

電氣鐵道方式は、其の運轉の動力たる電氣の種類に従つ

て區別することが出来る。鋼索鐵道等の場合を除き、普通に使用せらるゝ電氣鐵道方式は、次の如く大別することが出来る。

- (a) 直 流 式 (b) 單相交流式
(c) 三相交流式 (d) 自 動 式

直流式は配電に直流を用ひ、電氣車内に直流電動機を設備して運轉を行ふもので、電動機としては一般に直捲型が使用される。電壓の如何に依り大體低壓式及び高壓式に分つことが出来るが、低壓式では600ヴォルトを標準とし、高壓式では750, 1200, 1500, 2400, 3000ヴォルト等が何れも使用せられて居る。

配電の能率は電壓の高きほど良好であるのは勿論であるが、一方に於て餘り高き電壓に對しては電動機の製作困難である。路面鐵道に於ては保安上低壓式に限られ、市内高速度鐵道に於ても、保安の點から竝に電線路施設方式として第三軌條式が多く採用せらるゝ點から、低壓式が普通である。郊外及び市間鐵道竝に幹線及び枝線鐵道に於ては、多く高壓式を使用せんとする傾向であるが、線路の長さ大となるに伴ひ、益、其の必要を感ずるのである。而して高壓式に於ては、電動機を直列に接続することに依り、高き電車線電壓の使用を可能ならしむるのみならず、電動機設計上の進歩からも次第に之を高め得る理である。

單相式は配電の電線路に單相交流式を使用するものの總稱である。電車線電壓は11000, 15000ヴォルト等著しく大なるものを使用するから、配電能率も最も良好である。従つて線路長距離に互れる場合に最も適當するのであるが、電動機の點に於て、竝に之に關聯して車輛の點に於て、直流式に劣つて居る。是が爲め電氣機關車に對しては、配電に單相式を用ひ、車輛内に變換装置を置いて直流式に直し、牽引用電動機として直流直捲電動機を使用するもの、車輛内に於ける變相器に依り三相式に變換し、牽引用としての三相誘導電動機に電流を供給するもの等特殊の方式がある。

三相式は配電に三相交流を使用する方式で、電動機から云へば相當大なる電車線電壓を適用し得る理であるが、電車線を少くとも2條併架する必要其の他から、電車線電壓を著しく高めることは不利益で、普通3000ヴォルト位である。而して元來が電動機の特性に於て一般電鐵用としては不向であるから、特殊の場合の外用ひられて居ない。尤も所謂電力回生の簡單に出来る點に於て、勾配多き線路の電氣機關車に應用して都合良き場合がある。

自動式は車輛内に原動力を有し、他より電力の供給を受けずして自動し得る電氣車を使用するもので、電線路の施設を必要とせざるものである。電動車としても、電氣機關車としても應用し得るが、電動車の場合には、原動機として

一般内燃機關を備へたものを、運轉發車間隔大なる線路に運轉し、電氣機關車の場合には、多くディーゼル機關を備へたものを、軌道配線複雑なる入換停車場等に使用する。

現今電氣鐵道方式に關して世界の大勢を通觀するに、直流式は有らゆる國の有らゆる方面に應用せられて優勢を示して居る。而して其の應用の方面の如何に應じて、電壓が適宜に定められて居るのである。單相式は長距離線に應用せらるゝ場合が多いので、其の總延長に於ては主要幹線中直流式に殆んど匹敵するのであるが、應用の方面は割合に狭いのである。米國の一部及び歐洲中央部に最も廣く行はれて居る。三相式は上述の如く特殊の場合に限り適當するもので、現今伊太利山岳地方に行はれて居るのみである。

我國に於ては交流式はいづれも行はれて居ない。直流式としては、低壓式に於て600ヴォルト、高壓式に於て1500ヴォルトが標準となつて居る。其の他に高壓式採用の初期に於て、1200ヴォルトを採用せるものが數鐵道(秩父、京成、武藏野、伊那、三信各鐵道)殘存せると、大阪市營高速度線が特殊の750ヴォルトを使用せるものとがある。高壓直流式に於て我國でも技術の進歩に伴ひ、必要に應じて電車線電壓の次第に高められんことを望むのであるが、從來の關係もあるから、其の實現には相當の困難があるものと認められる。

第二章 電車

普通電車と稱するのは、電気機関車を除き、電動車及び附隨車を總稱する名稱である。而して電動車は電動機の設備を有する電気車で、自ら運轉し得る能力あるもの、附隨車は電動機を有せざるもので、電動車に連結して牽引せられるものである。電気機関車に牽引せらるゝ車輛も附隨車と稱して差支がないが、普通は單に客車、貨車等と云ふ場合が多い。

1. 電車の設計

電車の設計上最も注意を要する點の第一は、其の構成材料の選定である。以前は専ら木製車を使用した。最近全鋼車及び半鋼車を使用する場合が著しく増加した。半鋼車とは車體の主要部を鋼鐵で造り、其の仕上げを木材を用ひて爲したもの、全鋼車は車體全體を鋼鐵で造つたものである。全鋼車及び半鋼車は其の重量木製車と大差なきに拘らず、一般に頑丈且つ耐久的で、特に衝突等の場合に受ける損傷の程度が極めて小である。

電車の設計上注意を要する點の第二は、車輛の兩端部の形狀を適當にして、風壓抵抗を出來得る限り少くすることの考慮である。我國に普通用ひられて居るものは扁平なる

もの、多少の圓みの付いたもの等であるが、扁平なるものの抵抗が最大であるのは云ふまでもない。抵抗を特に少くするには、拋物線形又はウェッジ形を使用すべきであるが、近時諸外國に於て、特急速度の車輛に應用せられつゝある所謂流線型と稱するものも之に類する。

電車設計上注意を要する點の第三は、電車の出入口の場所及び其の數の設計竝に座席の形狀及び配置を適當にすべきことである。出入口の設計は電車の大さ及び使用の目的に依つて著しく異なるが、兎に角乗客の乗降を最も敏活に爲し得るのを眼目としなければならない。又座席の配置は出入口との關係を考慮して室内の場所を最も有効に利用する様設計しなければならないが、此の場合横形 (Cross seat) にするか、縦形 (Longitudinal seat) にするか、若くは兩者を併用するかを決定するのが必要である。從來の市街電車の如き、速度小にして乗客數の比較的多きものに於ては、縦形の方を利とするが、長距離區間運轉の高速度電車の場合には、横形の方が乗客に對して適當して居る。

以上の外電車設計上注意を要する點は多いが、電車の重量を出來得る限り少くすることは、電車の運轉用電力量を少くする上から云つても、設備機械器具の容量を減じ得る上から云つても、將又運轉速度を大にし得る間接の効果から云つても極めて大切なことである。而して之を實行する

爲めには、上述の車體構成の使用材料の適當なる選定と其の使用方法、附屬装置の設計如何等を考慮しなければならない。

電車に設備せらるゝ電動機の總容量は、小は市街電車の場合より、大は市間、市内高速度、幹線各種鐵道の場合に至るまで、車輛の重量と其の運轉速度との關係に依り千差萬別であるが、一般にスピード・アップ (Speed-up) の趨向から、近年に於ける電動機容量の増加は實に著しきものがある。

次に我國に於ける各種鐵道の電車(電動車)の重量と其の設備容量との大體を示せば第1表の通りである。

第 1 表

| 鐵道の種類 | 車 種 | 自重(噸) | 電動機個數及び各馬力數 | 備 考 |
|--------------------|-------|-------|-------------|---------------------|
| 市内路面電車 | 四 輪 車 | 6~10 | 2×15~2×25 | 電動機 2 箇 |
| | ボギー車 | 13~19 | 2×25~2×50 | |
| 郊外電車及び枝線電車 | 四 輪 車 | 7~13 | 2×20~2×50 | 電動機 2 箇 |
| | ボギー車 | 17~40 | 2×50~4×150 | 電動機 4 箇 又は 2 箇 |
| 市間電車、幹線電車及び市内高速度電車 | ボギー車 | 25~50 | 4×50~4×250 | 電動機 4 箇 又は稀に 2 箇 |

2. 電車各部の構造

電車は車體、臺枠及び車臺(臺車)の各部から構成せられ

る。車體は客室等を形づくる車輛の上半部で、前に木製とか、鋼製とか、半鋼製とか云つたのは、此の部分の構造に關してである。臺枠は車體に對する堅固なる基礎として、車體と殆んど一體を成す部分で、多く鋼鐵材を縦横に組合せて造るのである。車體及び臺枠に就ては設計上肝要なる諸種の事項があるが、今爰には多く述べぬことにする。

車臺は車輪、車軸、車臺枠等の各部から成り、車體及び臺枠を支持する部分である。車臺の種類は電車の用途其の他に對し、適當に選定するのが肝要である。最も普通に使用せらるゝものは固定軸單車臺 (Rigid single truck) 及びボギー車臺 (Bogie truck) である。前者は並行に固定せられた前後 2 軸の車臺 1 箇の上に、車體部全體を載せる種類で、4 箇の車輪を有するから四輪車臺と稱することが出来る。後者は並行に固定せられた前後 2 軸の車臺 2 箇の上に、共通に車體部を載せる種類で、各車臺は 4 輪を有するのが普通である。單車臺を用ふべきかボギー車臺を用ふべきかは、車輛の全長及び軌道の曲線の程度に依り制限せらる

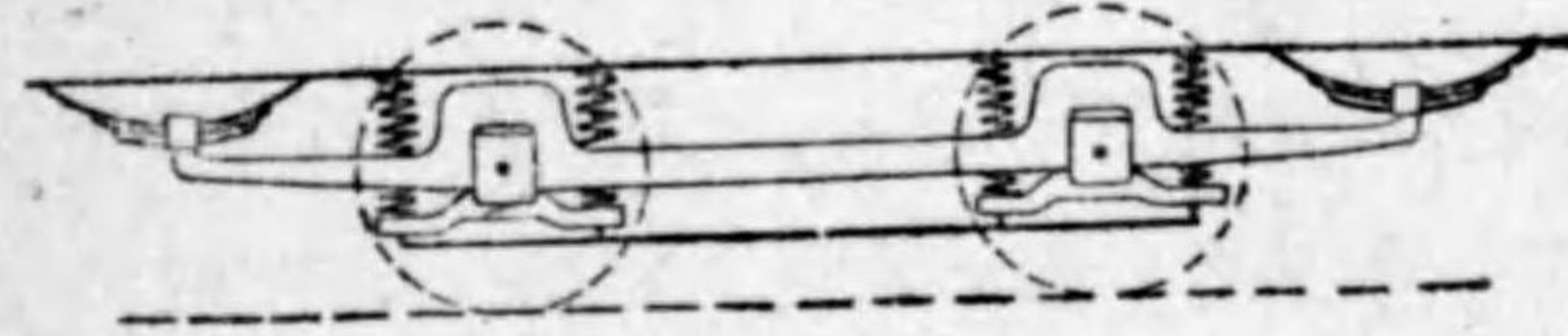


第 1 圖 四 輪 車



第 2 圖 ボギー車

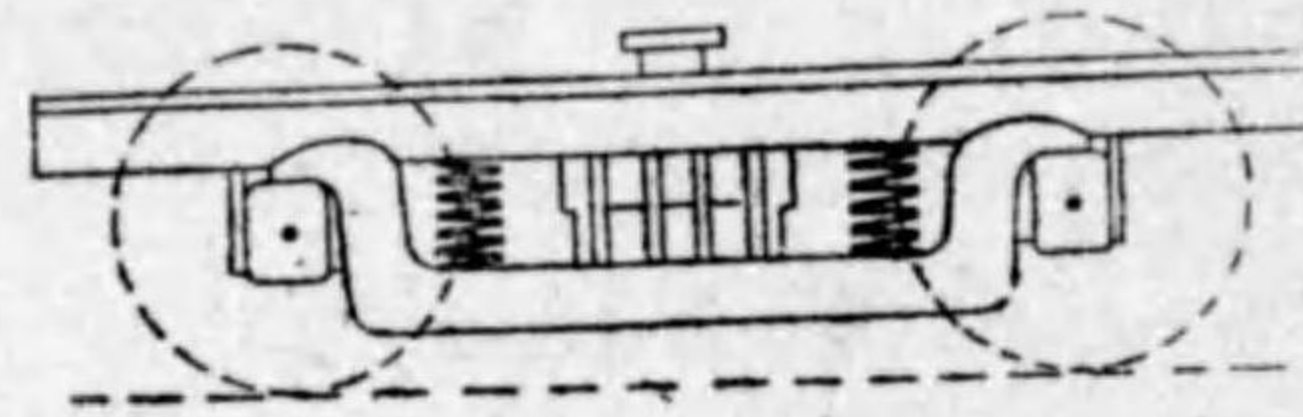
る固定軸間の距離即ち固定軸距 (Rigid wheel-base, 第1圖及び第2圖に於て R.W.B.) の最大値に依つて決定せられ



第3圖 固定軸單車臺の例

る。例へば市内路面鐵道に於けるが如く、甚

しきは半徑11米位の急曲線をも有する場合に對しては、固定軸距は1830 耗 (6 呎) 以下位に制限せられるから、之に伴ふ電車の全長にも一定の限度がある如きである。



第4圖 ボギー車臺の例

固定軸單車臺の例

は第3圖に、ボギー車臺の例は第4圖に示される。

上述の車臺の外、稀に使用せらるゝ車臺に、ラヂヤル軸車臺 (Radial axle truck) 及びマキシマム・トラクション車臺



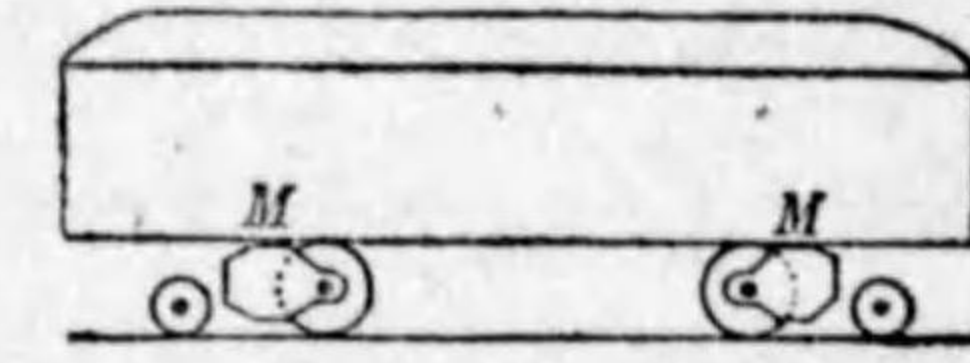
第5圖 ラヂヤル軸車臺の關係

(Maximum traction truck) と稱するのがある。ラヂヤル軸車臺は單車臺の一種であるが、前後各軸が固定されないで、或る程度に於て融通の利く様構成せられて居るものであるから、直線軌道の箇所では、軸相互は勿論並行の位置にあるが、曲線の箇所に來れ

ば、軸は曲線半徑の方向に移動するのである (第5圖)。従つて固定型の場合に比し軸距を幾分大にすることが出来る。

マキシマム・トラクション車臺はボギー車臺の一種で、路面電車等電動機の取付箇數少き場合に、働輪上加はる重量を増加して、牽引力を大にする爲めに使用せらるゝものである。即ち路面鐵道用ボギー電車では、電動機は普通2箇であるから、通常のボギー車臺ならば働輪上の重量即ち附着重量は車輛全重量の50% である。マキシマム・トラク

ション車臺ならば、各車臺の前後兩軸の車輪の直徑を異にせしめ、且つ重量を兩軸に平等に分配せず、大なる車輪



第6圖 マキシマム・トラクション車臺

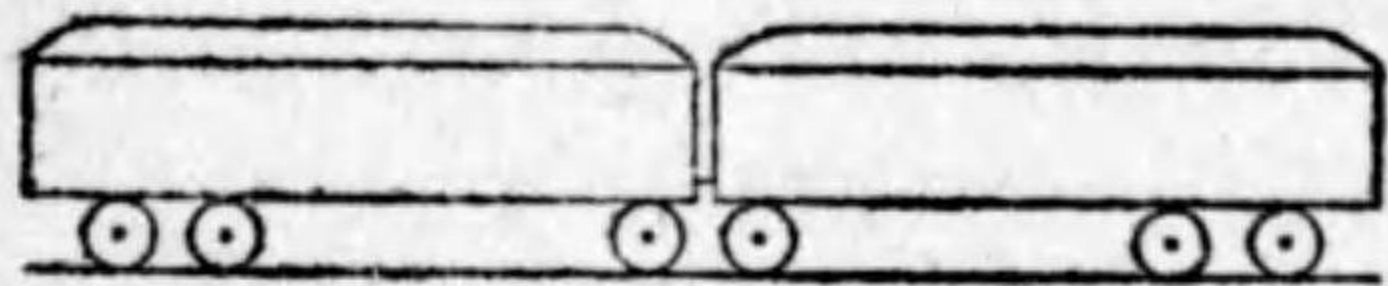
の軸上に大なる重量を負擔せしむるものである。例へば大車輪軸上に75%、小車輪の軸上に25%の重量を加ふるとせば、滑りを起さざる程度に出し得る最大牽引力を50%増加し得る理である (第6圖)。

3. 特殊の電車

電車には使用の目的に對し、普通の客車の外、貨車、郵便車、展望車、兩様の室を併有するコンポジット・カー (Composite car) 等がある。又構造上から種々異なる特殊の電車が、其の例を挙げると次の如きである。尙も是等は我國では未だ用ひられてゐないものが多いが、適宜應用し

て効果ある場合があらう。

(a) アーチキュレテッド・カー (Articulated car). 此の電車の車臺は、構造上ボギー車臺と同様であるが、連結せら



第 7 圖 アーチキュレテッド・カー

れたる 2 輛又はそれ以上の車輛の連結端は、前後車體を共通車臺上に載せたもので、此の設計に依り全體に使用する車臺數を減ずることが出来る。斯の種のものには京阪電鐵に使用されて居る例がある。

(b) ダブル・デッキ・カー (Double-deck car). 二階の附いた電車である。英國に廣く用ひられて居る外、他の諸國にも稀に見ることがある。

(c) ペー・アズ・ユー・エンター・カー (Pay-as-you-enter car). 此の車には類似の各種がある。其の名稱の由て來るところは、乗車賃を拂ふ方法にあるが、車の乗降口も多くは普通の車輛と異り、出入口を明確に區別する。停車時間を短縮し、之に伴ふ諸種の利益を得るに有效なるものである。

(d) ステップレス・カー (Stepless car). 乗降の階段を廢し、乗降を樂にしたもので、普通出入口を別にして居る。停車時間を短縮するに役立つ構造のものである。

(e) シングル・エンデッド・カー (Single ended car). 運轉臺を一端にのみ有する電車で、乗務員は運轉手のみであ

る。其の意味から之をワン・マン・カー (One-man car) と稱することが出来る。尤もワン・マン・カーはシングル・エンデッド・カーには限らないので、普通の構造の電車でも、運轉手と反對側の乗降口を適宜に取扱ふことに依つて、同様に使用することが出来る。而して一般にワン・マン・カーでは、非常の場合に對する保安の裝置を特に設けなければならない。

第三章 電氣車用電動機

1. 電動機の選定

電氣車用としての電動機の必要条件は色々あるが、就中最も肝要なることは、起動廻轉力及び起動牽引力大にして、起動の際比較的小容量の電動機を以て所定の任務に應ずることの出来ること、急勾配を登るが如き一般に大なる牽引力を要する場合に、小なる廻轉數即ち電車の低速度を以て運轉し、同様に小なる電動機を以て充分ならしめること、前記に伴ひ發變電所及び電線内に於ける負荷の變動を少からしめること等である。又電動機の廻轉數又は電車の速度は、一定でなく適當の範圍内に於て變動する種類のものか都合が宜い。

今 T を電動機の廻轉力又は車輪周に於ける牽引力、 V を電動機の廻轉數又は之に相當する電車速度、 P を電動機の出力、 I_a を電動機の電動子電流、 Φ を界磁の磁束、 E を電動子端子電壓、 R_a を電動子の抵抗、 k_1 、 k_2 及び k_3 を定數とすれば

$$T = k_1 \Phi I_a \dots\dots\dots(1)$$

$$V = k_2 \frac{E - I_a R_a}{\Phi} \dots\dots\dots(2)$$

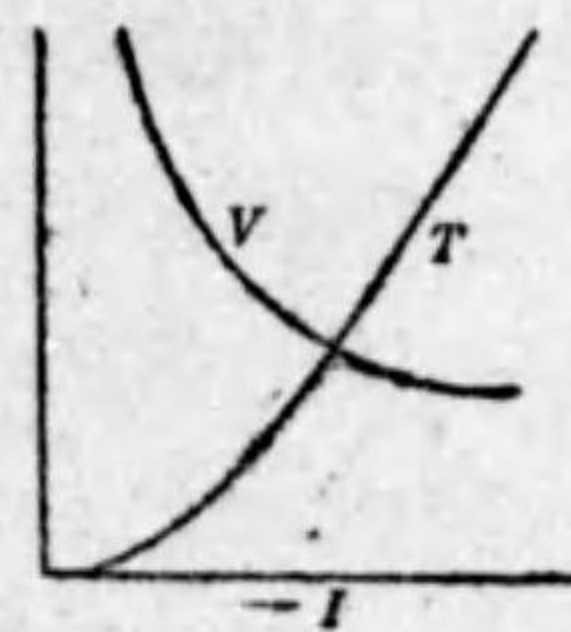
$$P = k_3 T V \dots\dots\dots(3)$$

であるから、 Φ が一定でない特性を有する電動機が、上記諸条件を満足することを知らるのである。

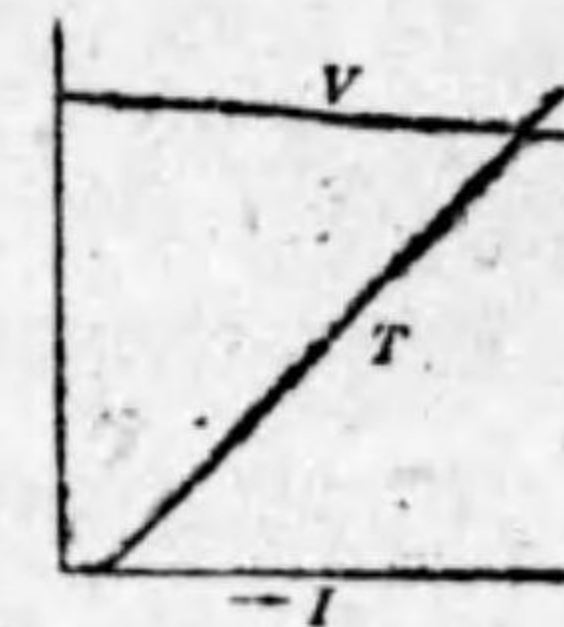
2. 各種電動機の特性の比較

前節の諸式に依り直流直捲電動機の特性を檢すると、牽引力 T の値の變動は、磁氣飽和の状態に關係し、電流の小なる間は I_a の自乗に比例し、磁氣の飽和するに従ひ其の増加の割合減少し、全飽和に達して I_a に比例する。速度 V は大體 Φ の値の變動に伴ひ、初めは I_a に反比例し、磁氣飽和の爲め最後に殆んど一定する。次に出力 P は電流の變動に對し T 増加するとき V 減少する傾向を有するのであるから、其の變動が少きことを知る。之に對し分捲電動機に於ては、速度殆んど一定し、 T は殆んど I_a に比例して變化する。従つて P も T に比例して増加する。

直捲電動機及び分捲電動機の特性曲線は、各第8圖及び

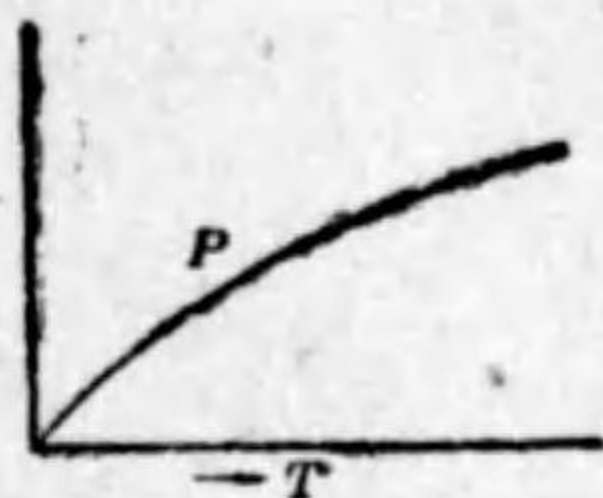


第8圖
直流直捲電動機特性



第9圖
直流分捲電動機特性

第9圖に示すところに依つて知ることが出来る。又 T に對する P の變動は各第10圖及び第11圖の通りである。



第 10 圖
牽引力に對する出力の關係
(直流直捲電動機)



第 11 圖
牽引力に對する出力の關係
(直流分捲電動機)

單相交流整流子電動機の特性は大體直流直捲電動機の夫に類似し、三相交流誘導電動機の特性は直流分捲電動機の夫に類似して居る。唯だ交流機の場合には一般に電動機内の電壓降下が比較的大なること、單相整流子電動機の場合には界磁飽和の程度が極めて少いこと等の關係から、特性曲線に多少の相違を來すことになるのである。

3. 電氣車用電動機特性曲線の表示方法

普通動力用としての電動機に於て、其の特性を表はすには、力は廻轉力を以てし、速度は廻轉數を以てするのであるが、電氣車用電動機に限り前者は車輪周に於ける牽引力を以て、後者は電氣車の運轉速度を以てするのが常である。而して普通の例に見る如き單減速齒車装置を用ふる場合の廻轉力と牽引力との間の關係は、次の如くして見出すことが出来る。今、

$\tau =$ 廻轉力 (珎米) $T =$ 牽引力 (珎)
 $n_g : n_p =$ 齒車齒數比 $D =$ 車輪直徑 (耗)

$\epsilon =$ 齒車能率

とすれば、

$$2\pi\epsilon\tau = \frac{n_p}{n_g} \pi \left(\frac{D}{1000} \right) T,$$

$$T = \frac{n_g}{n_p} \cdot \frac{2000}{D} \cdot \epsilon \cdot \tau \dots\dots\dots (4)$$

同様に單減速齒車装置を用ふる場合の電動機廻轉數と電氣車速度との關係は、次の如く見出すことが出来る。

$n =$ 電動機 1 分間廻轉數 $V =$ 電氣車速度 (耗/時)

とすれば

$$V = 60 \cdot \frac{n_p}{n_g} \cdot n \cdot \frac{\pi D}{1000} \cdot \frac{1}{1000}$$

或は

$$V = 0.0001885 \cdot \frac{n_p}{n_g} \cdot D \cdot n \dots\dots\dots (5)$$

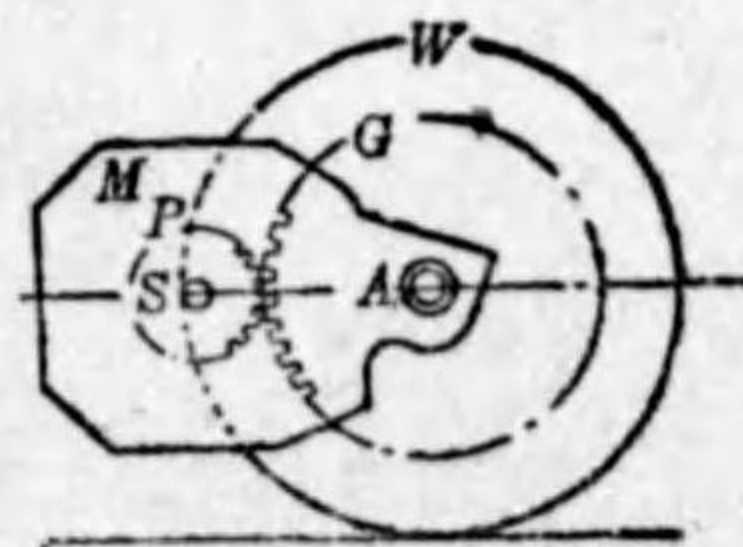
4. 電氣車用電動機的设计及び構造

電氣車用電動機的设计及び構造上注意すべき事項は色々であるが、今直流直捲電動機を主にして説明すると、第一普通に密閉型とする必要あること、第二整流の關係を特に良好に保ち、且つ廻轉方向が反對になつても整流に差支のない構造にすること等が最も主要なるものである。

界磁に關しては四極のものが最も多く使用されるが、整流の點から主磁極の外に補極を有する場合が多い。而して

四極電動機に於ても、4組の刷子を用ひないで2組とし、整流子の上部に配置するのが普通である。此の場合には電動子線輪の捲き方も之に適當なる直列捲とするのが必要である。斯の如き設計とする意味は、若し整流子の下方にも刷子を取付けることにすれば、整流状態の検査及び刷子の取換に不便な爲めである。界磁枠は小形電動機では上下二部に分割の出来る分割形を使用し、内部の點檢修理等に便することもあるが、最も普通には箱形枠を用ひ、點檢及び修理の際は、電動機を車臺から取外した上、箱の横の蓋を取つて電動子其の他を引出すのである。

電動機の廻轉數は、經濟的には相當大にした方が宜しいのであるが、電氣車の一般運轉速度に適應せしめる爲めには、電動機を車軸に直接に取付けるが如き方法を用ひず、齒車装置を経て運動を傳へるのが最も普通である。齒車としては單減速平齒車 (Single reduction spur gearing) が一般に使用せられる。此の種の齒車に於て電動機軸端に取付けた小齒車をピニオン (Pinion), 車輪軸に取付けた大齒車をギア (Gear) と稱する。而してギアの齒數とピニオンの齒數との比即ち齒數比を加減すれば、減速の割合を、如何様にもすることが出来る (第12圖)。

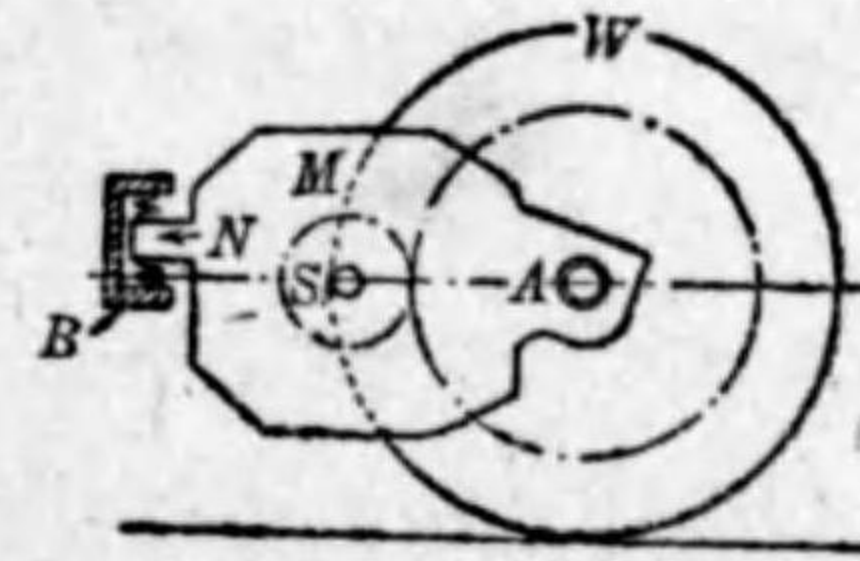


第12圖 單減速齒車裝置

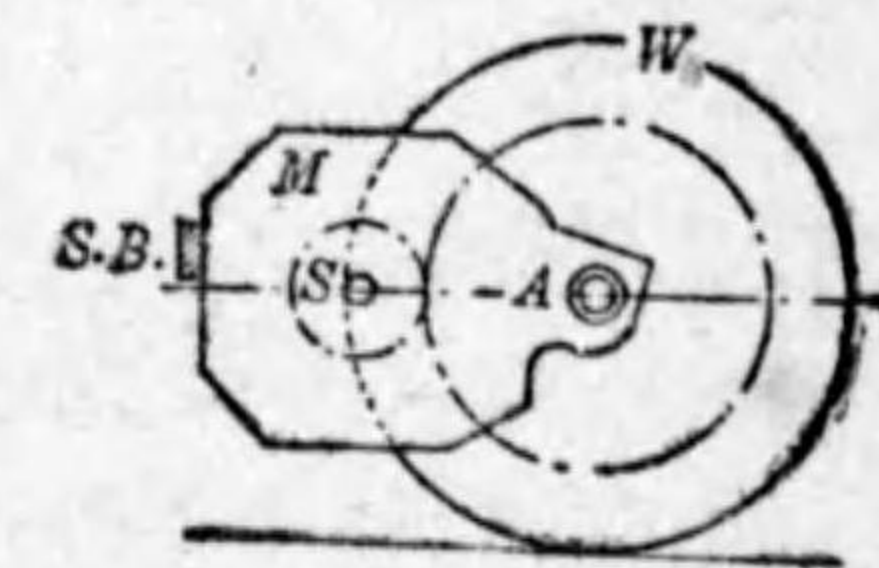
をギア (Gear) と稱する。而してギアの齒數とピニオンの齒數との比即ち齒數比を加減すれば、減速の割合を、如何様にもすることが出来る (第12圖)。

5. 電動機を取付

電氣機關車に電動機を取付ける方法に關しては種々異つた各種の方法があるが、齒車装置を用ひて電車に之を取付ける方法は、大體大形電車の場合に於ける突起支持 (Nose suspension) 又は小形路面電車の場合に於けるバー・サスペンション (Bar suspension) の二種に依るのである。前者は電動機の一側を車軸承に依つて直接に働輪軸上に載せ、



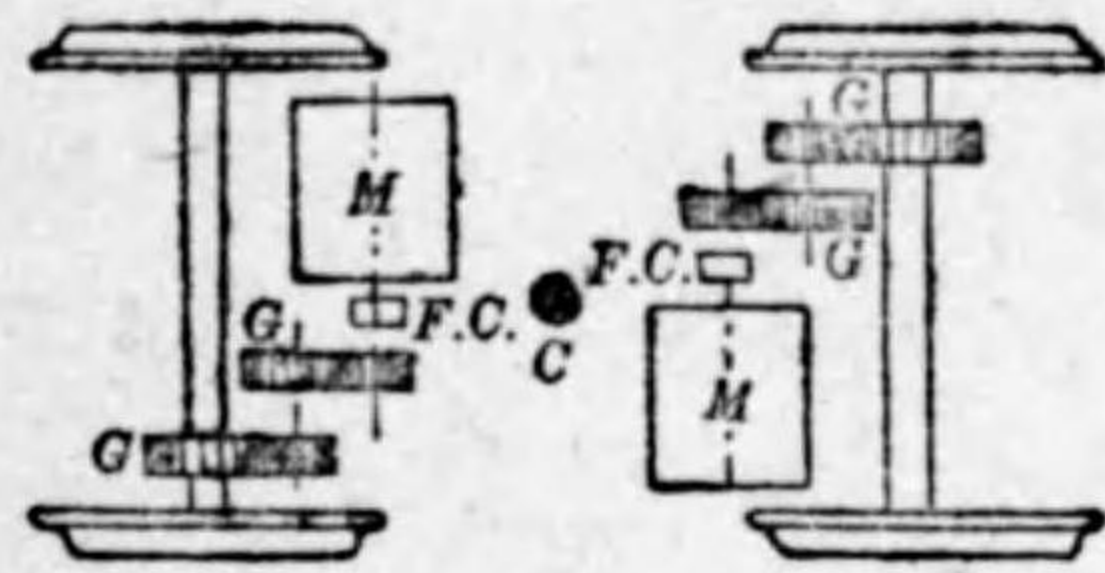
第13圖 突起支持



第14圖 バー・サスペンション

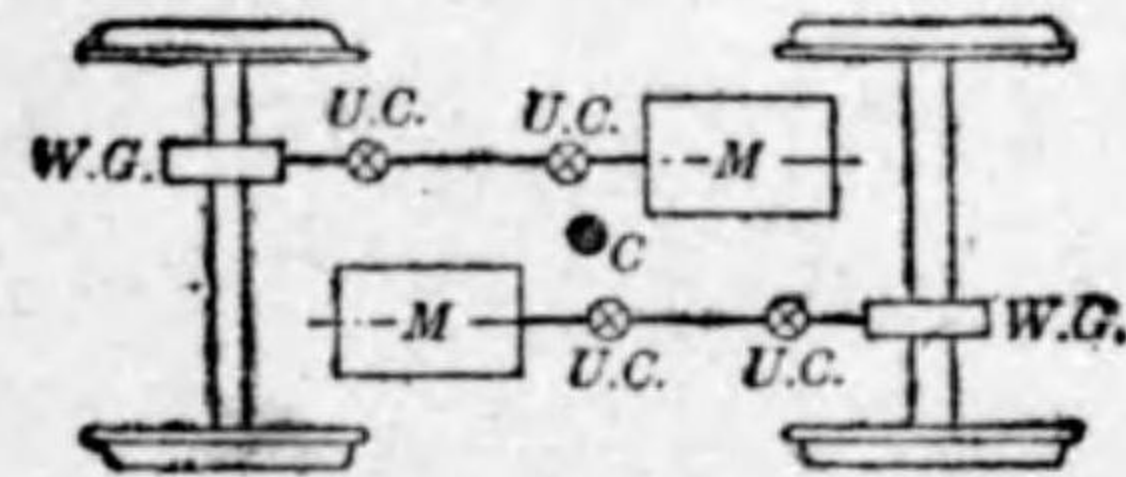
他側を鼻狀突起に依つて、車臺の一部に取付けたトランソムと稱する金物等に、バネを介して支持する方法である (第13圖)。又後者は電動機の一側を働輪軸上に載せるには上記と同様にし、他側を車臺側面枠にバネを入れて載せた支持桿に依つて支へる方法である (第14圖)。

路面電車の場合には近來外國に於て上記と異つた種々の電動機取付及び傳動の方法が試みられて居るが、是等は多く瓦斯倫自動車よりヒントを得たもので、其の應用の目的は、電動機の重量を軽くし、従つて車輛の重量をも軽くすること、振動を少くし乗心地を良くすること等を主眼とする。



M 電動機 F.C. 可撓連結
G 齒車裝置 C 車臺中心

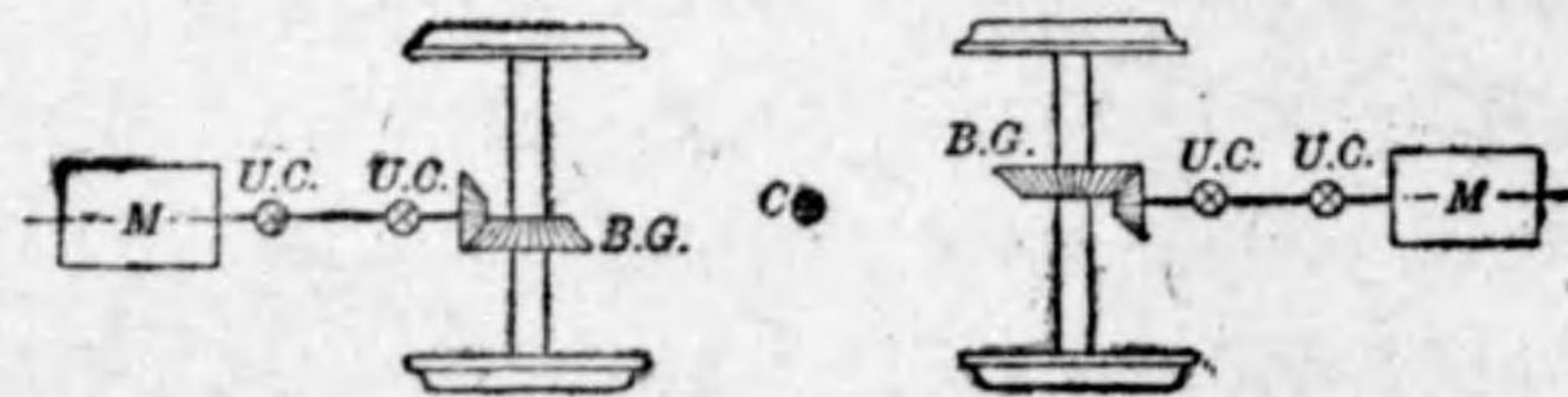
第 15 圖 W-Nドライブ



M 電動機 U.C. 自在接手
W.G. 芋蟲齒車 C 車臺中心

第 16 圖 自動車式傳動の例

其の一二の例を挙げると、可撓連結及び二重減速平齒車を用ひて、電動機から車軸に運動を傳へる W-N ドライブ (W-N drive) と稱するもの (第 15 圖)、芋蟲齒車 (Worm gearing) 又は傘形齒車 (Bevel gearing) と自在接手とを用ひて、電車の長手に軸を向けた電動機から車軸に運動を傳へるもの (第 16 圖、第 17 圖) 等



M 電動機 U.C. 自在接手 B.G. 傘齒車 C 車臺中心

第 17 圖 自動車式傳動の例

である。而して是等の場合には、何れも大なる齒數比を用ひ、電動機の廻轉數を著しく大にすることが出来るから、電動機が軽くなり、且つ其の傳動の方法が可撓的である爲め、

振動を少なくすることになるのである。

6. 電氣車用電動機の定格

電車用電動機は間歇的に働作する場合が多く、之に加はる最大負荷の割合に、平均負荷は少いのである。斯の如き使用状態に對しては、連続的に出力を出す點に於て劣るとも、瞬間的に大なる出力を出し得る種類の電動機が望ましい。従つて電動機の出力を定める方法たる所謂定格も、普通の電動機に對する連続定格に依らないで、一時間定格 (公稱定格) に依るのが適當である。一時間定格とは、定格電壓に於て一定電流を以て一時間運轉するとき、寒暖計法に依る溫度上昇、整流子で 90°C、又捲線其の他外部より容易に接觸し得る部分で 75°C を超過せず、又抵抗法に依る溫度上昇 100°C を超過しないで、電氣車の車軸に發生する機械的出力である。普通に電車用電動機の何馬力と稱するのは、此の一時間定格に依るものである。

電車又は電氣機關車に取付けられる電動機で、之に對する負荷が變動を免れないにしても、其の程度少く、且つ比較的長時間繼續して働作するが如き場合には、一時間定格よりも連続定格に依る方が一層實狀に適する様な事もある。電氣車用電動機の連続定格とは、定格電壓の 50%、75% 及び 100% の各場合に於て連続的に運轉するとき、捲線の溫度上昇が第 2 表の限度を超過しないで、電氣車の車軸に於

第 2 表

| 絶縁材料 の 種 類 | 捲線の温度上昇の限度 | |
|---------------|------------|----------|
| | 寒暖計法に依る場合 | 抵抗法に依る場合 |
| A | 65°C | 85°C |
| B | 80°C | 105°C |

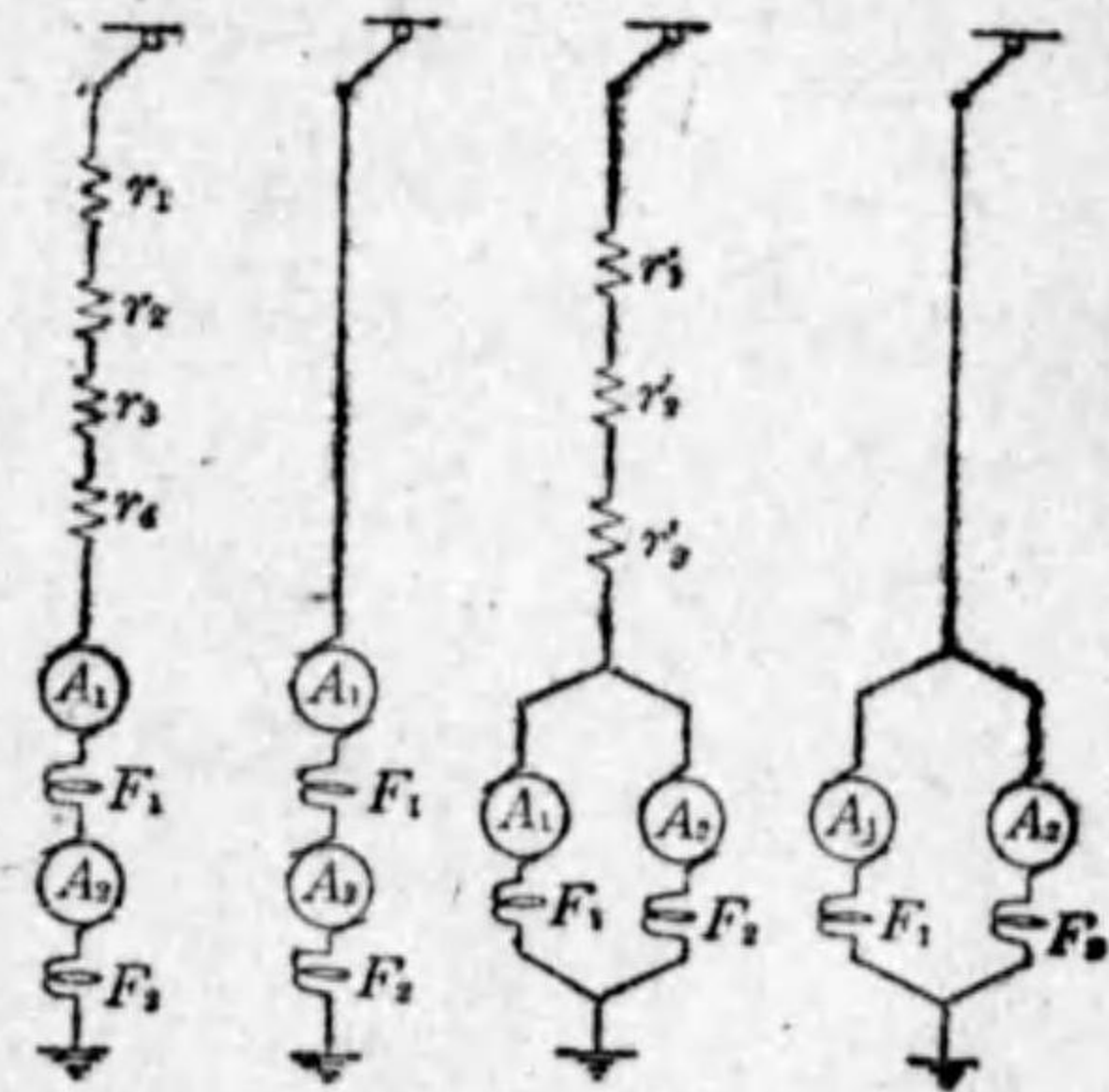
て発生し得る機械的出力である。尤も定格電圧に於て連続的に運轉し、其の温度上昇が所定の限度を超過しないで発生し得る機械的出力としても差支ない。而して斯の如き使用目的に對しては、電動機の設計も普通の電車用に比し幾分異なるのである。

第四章 制 御 装 置

電氣車に取付けた電動機的作用を支配し、電氣車の起動、速度制御等を行ふものが制御器 (Controller, 廣く制御装置と稱することが出来る) である。制御器の種類は電氣鐵道方式の種類、電壓の高低、運轉方法の如何に依つても異なるのであるが、茲には直流式の場合に就て述べよう。

1. 直並列制御法

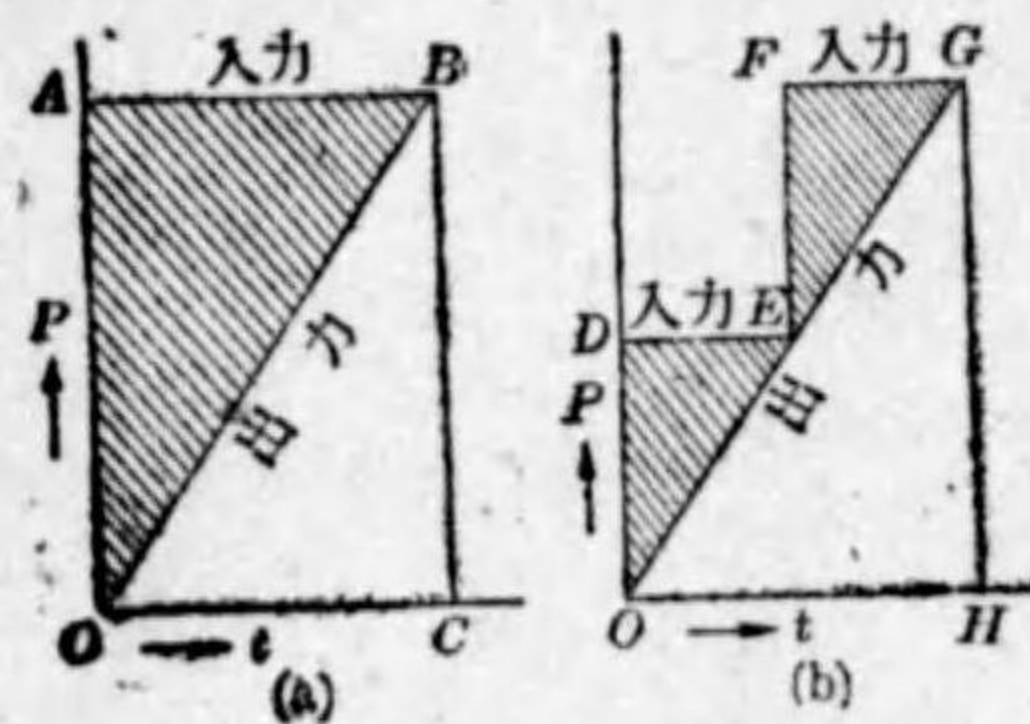
直流直捲電動機の起動又は速度制御を行ふには、一般に電動機の回路に直列に挿入した抵抗を使用するのであるが、單に此の方法のみを應用する純抵抗制御法は經濟的でないから、電氣車用としては専ら直並列制御法と稱するものが用ひられて居る。起動の際に於ける經濟上の關係は、電氣車の停車回数が少い運轉では左程重要でないが、此の場合にも矢張り直並列制御法が行はれるのである。



第 18 圖 直並列制御法

直並列制御法を、2箇の電動機の場合に就て説明すると、先づ2箇の電動機を直列に接続したる回路に直列に抵抗を充分挿入し置きて電流を通じ、抵抗を段々に除いて無抵抗となつたところで、電動機の接続を並列に変更し、且つ再び之に抵抗を充分挿入し、次に又段々に抵抗を除いて遂に無抵抗とするのである(第18圖)。

電動機4箇を設備する電車では、電動機の接続を全直列、直列並列、全並列の三段に変更することも出来るが、普通永久的に並列に接続した2箇の電動機を以て1組とし、全體の2組の接続を直列と並列との兩様に變更して制御すること、2箇の電動機の場合と同様にするのである。尤も直流高壓式の場合には、電動機2箇を永久的直列に接続して1組とし、1箇の電動機に電車線電壓の1/2以上が加はらぬやうにするのが普通であるから、斯の如き各組の接続を直列と並列とに変更して制御するのである。電動機を4箇よ



第19圖 純抵抗及び直並列制御の入力及び出力の関係

りも多く使用することは、電氣機關車の場合とは別として、電動車にはないことである。

上記の直並列制御法を應用すれば、經濟的なる電氣車の起動を爲さしめ得るこ

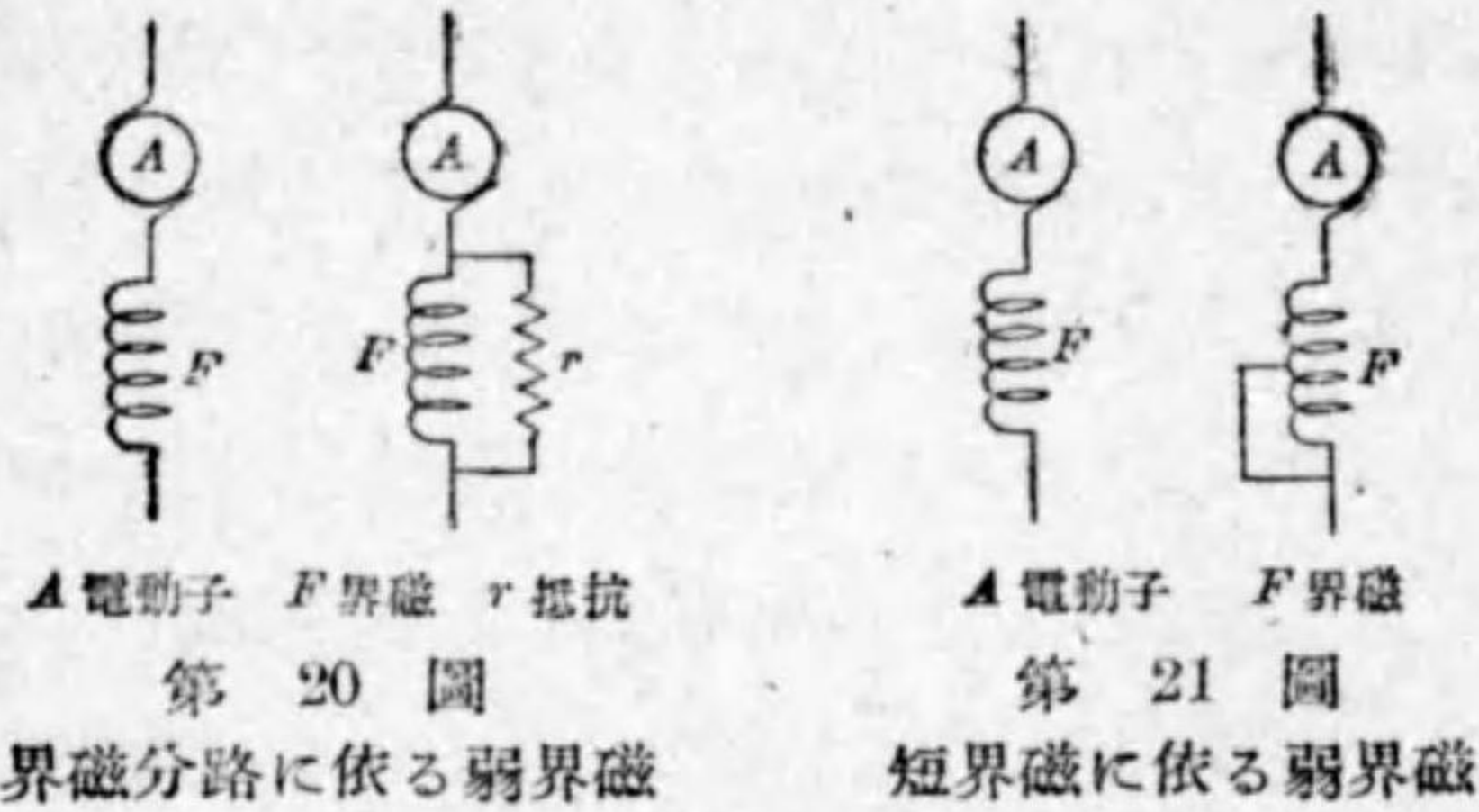
とは、第19圖に依つて説明することが出来る。今起動の場合、抵抗を適當に除去することに依り、各電動機に通ずる電流が一定に保たれるものと假定し、且つ其の間電車線電壓が一定なるものと假定すれば、純抵抗制御法と直並列制御法とに於ける電氣的入力合計は $I \times E$ (I は電流、 E は電壓)であるから、各(a)圖に於ける AB 及び(b)圖に於ける $DEFG$ を以て表はすことが出来る。また機械的出力合計は $T \times V$ (T は牽引力、 V は速度)であるから、電動機内の電力損失を無視し、何れも(a)圖に於ける OB 、(b)圖に於ける OG を以て表はすことが出来る。したがつて、 $OABCO$ 及び $ODEFGHO$ なる全體の面積は入力量を、 $OBCO$ 及び $OGHO$ なる面積は出力量を、影を施した面積は何れも抵抗内の損失電力量を表はすものであるから、出力量と入力量との比なる制御の能率は、(a)圖に於ては50%、(b)圖に於ては大體66.7%であることを知るのである。

4箇の電動機を三段に接続を變更して制御すれば、一層良好なる制御能率が得らるゝ理であるが、複雑なる割合に効果が少いから、普通には用ひられぬことは前述の通りである。

2. 界磁制御法

直捲電動機に於ては、普通界磁捲線に電動子と同様の電流が通するのであるが、界磁分路又は短界磁に依り弱界磁

を得、界磁の強さを減じ、速度を高めるが如き制御法を應用することがある。各第 20 圖及び第 21 圖に示す通りで、



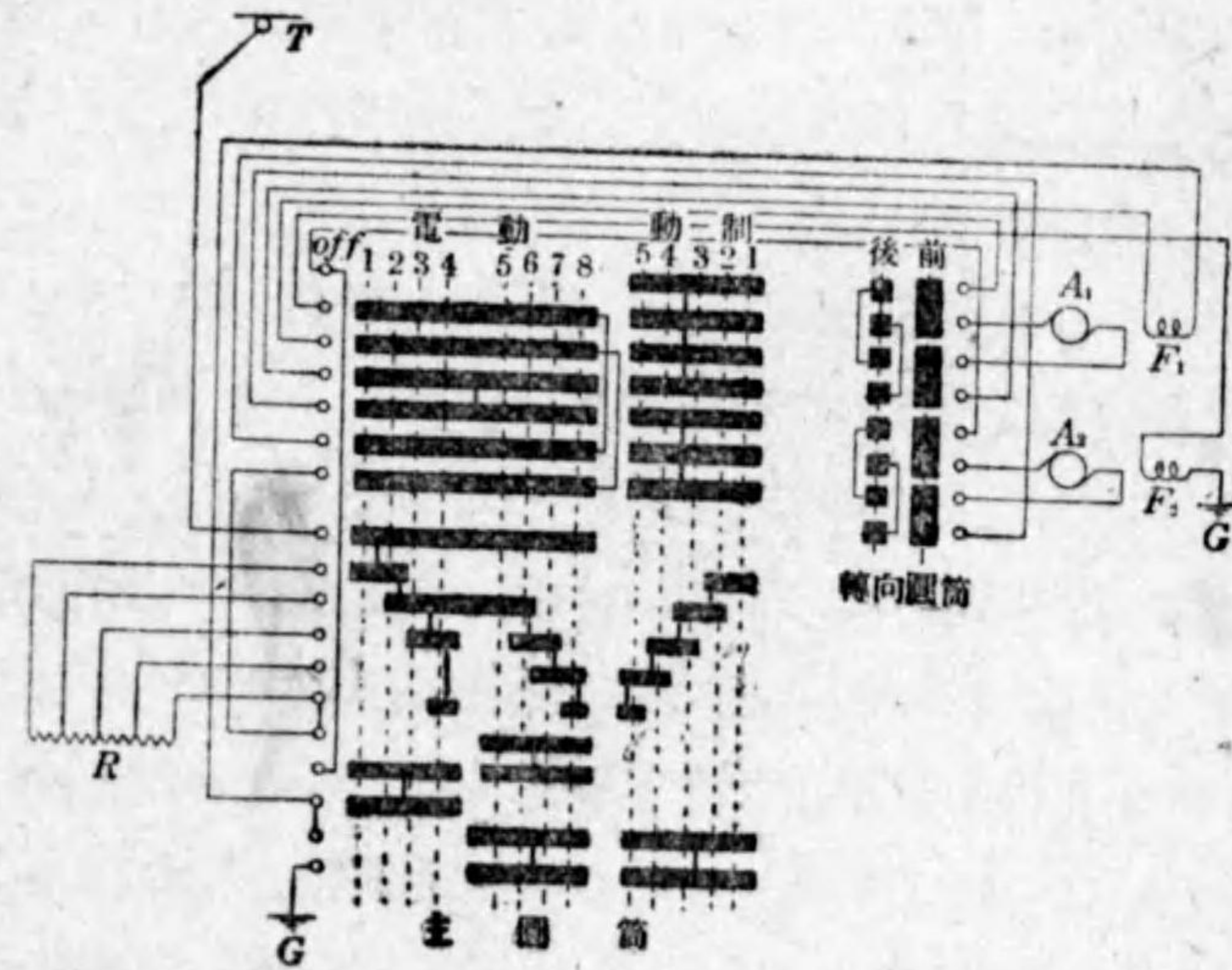
何れの方法に依るも任意の程度に界磁を弱めることが出来る。

弱界磁制御法は速度調整の範囲を廣くし、場合に依つては制御能率を高め得るので、従來電氣機關車に屢々應用せられたのであるが、電動車の場合に於ても次第に用ひられんとする傾向である。

3. 直接制御

電動機を制御する爲め回路の抵抗を除去し、又は電動機の接続を変更するに、多數の回路開閉部を要するのであるが、開閉部の開閉を行ふに、直接に之を働かせしめる方法及び間接に働かせしめる方法がある。直接制御(Direct control)は小なる電車に使用せらるゝもので、運轉臺に圓筒形制御器(Drum controller)を設けて、其の中のセグメント(Segment)とフィンガー(Finger)との接觸に依つて回路を

開閉する。セグメントは箱中央の主圓筒上に、多數上下に配置せられ可動的である。又之に相對するフィンガーは、箱の内側に固定せられ、之に電動機各部及び抵抗器各部を適宜接続するのである。今主圓筒軸を外箱の上部外方からハンドルに依つて廻轉すれば、セグメント及びフィンガーの接觸が順次適當に行はれ、制御に必要な電動機及び抵抗の接続が出来るのである。猶ほ主圓筒には後に述べる電氣制動を行ふに必要なセグメント及びフィンガーを備へて居るものもある(第 22 圖)。



第 22 圖 電氣制動附直並列制御法接続例(直接制御)

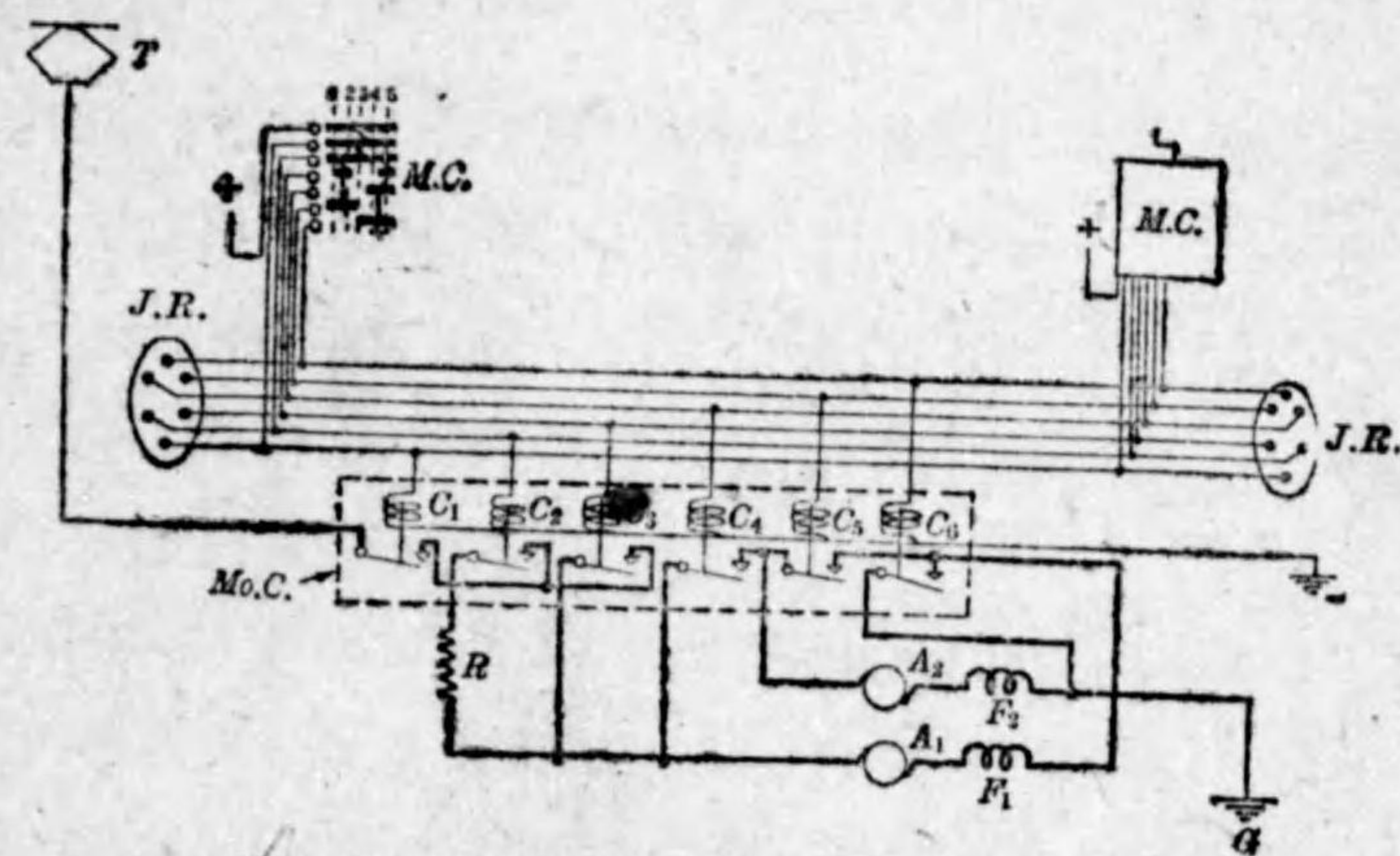
圓筒制御器内には、其の外種々の部分及び附屬装置を具

備して居る。其の一は電動機の廻轉方向を變へて、電氣車を前進又は逆行せしめ得る爲めの轉向圓筒である。轉向圓筒は矢張りセグメントを備へ、轉向用ハンドルで小圓筒を動かすとき、フィンガーとの接觸の關係で、電動機の接續を變更するものである(第22圖参照)。其の他必要なる附屬装置として、フィンガー及びセグメントの接觸の離れるとき生ずる弧光を速に消滅せしむる爲めの電磁吹消線輪、並にフィンガー及びセグメントの上下各組の間を隔離する隔離板を備へる。又電動機に故障の發生した場合に、之を完全なる電動機と離す爲めの電動機遮斷開閉器、又は之に相當する装置を要する。

4. 總括制御

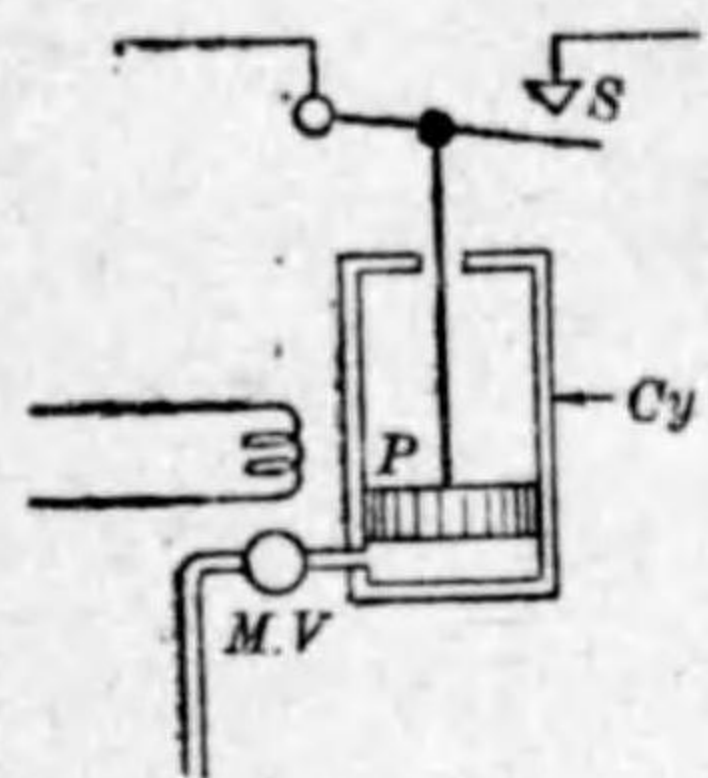
電動機的作用を制御するに、開閉部を直接に操作しないで、間接に之を行ふのが總括制御(Multiple-unit control)である。此の方法では直接制御法の開閉部に相當する主制御器は、電氣車の床下等適當の場所に設置し、其の働作を遠方より支配する爲め、運轉臺の操作制御器(Master controller, 主幹制御器, 原制御器等とも稱する)を操縦し、補助電流を用ひて之を行ふのである。主制御器は接觸器(Contactor)と稱する完全な開閉器の一群より成る。又操作制御器は圓筒型制御器に類似した構造を有するが、補助電流を取扱ふのみであるから、形も比較的小さいものである。

主制御器の開閉部を働作せしむる動力は、電磁でも、電動機でも、壓搾空氣でも出来るのである。操作の方式を大別して、開閉器を各單獨に働作せしめるものと、1箇のカム軸(Cam shaft)に取付けたカム(Cam)に依つて働作せしめるものとの二とすることが出来る。前者の例は第23圖に示す如く、電磁筒線輪に依つて開閉部を作用させるものであるが、筒線輪への電流は操作制御器を経て送る。此の方法の今一つの例は筒線輪を用ひる代りに、壓搾空氣に依つて働作する圓筒のピストンで開閉部を動かし、圓筒への壓搾空氣の出入を支配する瓣を作用せしめるに、小なる電磁を使用し、而して電磁への電流を操作制御器で支配するもの。



M.C. 操作制御器 Mo.C. 主制御器 C 接觸器 R 抵抗器
J.R. チャンバー控承

第23圖 總括制御接續例(電磁式)

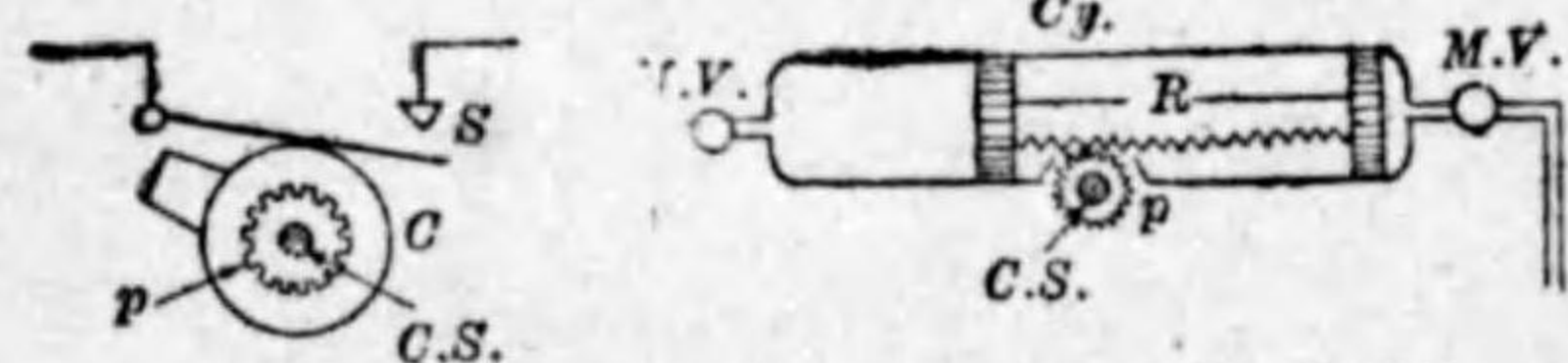


Cy 空気圓筒 P ピストン
M.V. 電磁瓣 S 開閉部

第 24 圖
電空式開閉装置

である(第 24 圖).

カム軸式の例は電磁瓣を備ふる複働壓搾空気圓筒のピストンにラックを装置して、ピストンの運動に伴ふラックの移動に依つてカム軸の一端に取付けたピニオンに運動を傳へカム軸を廻轉せしめるものである。カム軸には種々の形状



Cy 圓筒 R ラック p ピニオン M.V. 電磁瓣
C.S. カム軸 C カム S 開閉部

第 25 圖 電空カム軸式總括制御

のカムが取付けてあるからカムの突起部で任意の開閉器を閉路せ



M 電動機 G 齒車 C.S. カム軸
C カム S 開閉部

第 26 圖
電動機カム軸式總括制御

しめることが出来る(第 25 圖). カム軸式の今一つの例は、軸を廻轉せしめるに小電動機を使用するものである(第 26 圖).

總括制御法は、取扱はれる電流の大なる場合及び電車線電壓の高き場合に、現今一般に使用せられて居るが、本式使用の最初の目的は、連結せられた電動車に於ける電動機の制御を、一運轉臺で總括して行ひ得せしめるのにあつた。

即ち此の制御法に依ると、制御用の補助電流回路の電線を各車に導いて置けば、相當せる各接觸器を總て同時に働かせしめることが出来るから、電動車を何輛連結する場合でも、又は電動車に附隨車を混じて運轉する場合でも、先頭に於ける電車の操作制御器で全體を制御することが出来るのである。

一般に各種制御法に於ては、制御點の進め方を適當にし、起動電流並に起動牽引力を一定に保つのが理想的であるが、制御器の操作を全く運轉手に任せただけでは、斯の如き状態を得ること困難である。然るに總括制御法の場合には、限流繼電器の如きを使用して、電動機電流に依つて補助制御回路の開閉を支配し、起動電流が一定値に降る毎に、制御回路を閉じて次々の開閉部を働かせ、起動電流を約一定に保持せしめるが如き方法を容易に採用する事が出来る。かくの如き方法を應用する制御法を自動制御 (Automatic control, 又は自動加速) と稱する。

5. 起動に於ける加速度の限度

電氣車起動の際に於ける速度の増加の割合即ち加速度は、起動電流に依つて定まるものである。其の最大限度は乗客に與ふる影響、電氣車各部に及ぼす應力の關係、電車内電動機の容量、變電所及び電線路に於ける負荷變動の關係等から定められるのであるが、最も著しき點は、一定限度以

上の加速度を與へれば、車輪に滑りを生じ空轉を爲すことである。而して其の限度は働輪上に於ける直壓力即ち附着重量 W_a 及び車輪軌條間の附着係數 C_a に依るもので、次の式で表はされる(第一五章 6 参照)。

$$F = 1000 C_a W_a$$

第五章 制動装置

電氣車の運動は、電動機への電流の供給を断てば停止するのであるが、一般の電氣車運轉では、夫よりも一層大なる減速度を以て停車せしめるのが利益であり、其の他勾配線で電氣車の運轉を止め、又は運動を制限する場合、非常の際急速に停車せしめる場合等に對し、是非とも制動装置(制動機)を備へて置かなければならない。夫のみならず、電氣運轉の安全は之に依つて保證されると稱しても良い位重要なものであるから、常用の制動装置の外に、豫備のものを少くとも一種は備へて置く様、普通規程上から要求されて居る。

1. 制動装置の種類

普通に使用せらるゝ制動装置は、(a) 手用(手働)制動機 (Hand brake), (b) 空氣制動機 (Air or pneumatic brake), (c) 電氣制動装置 (Electric brake), (d) 電磁制動機 (Magnetic brake) 等である。就中、最も一般に用ひらるゝものは、常用としての空氣制動機、豫備としての手用制動機である。手用制動機は制動力が弱いから、大なる電氣車に於ける常用としては適當しないが、最も簡單なるものであるから、各種車輛の豫備制動機として適當して居る。電氣制動装置及び電磁制動機は、特殊の場合に使用せらるゝもので、

前記の空気及び手用制動機を備ふる上に、更に餘分に設けらるゝ場合が多い。其の他電動機内に適宜装置した渦電流應用のエッチー・カレント制動機(Eddy current brake)の如きが、外國に於ては使用せられて居る。猶ほ最も特殊な制動装置として電力回生制動装置がある。勾配運轉に於ける電気機關車に最も有効に使用せらるゝのであるが、平坦線に於ても電車に應用せらるゝ例が次第に増加しつゝある。

2. 手用制動機

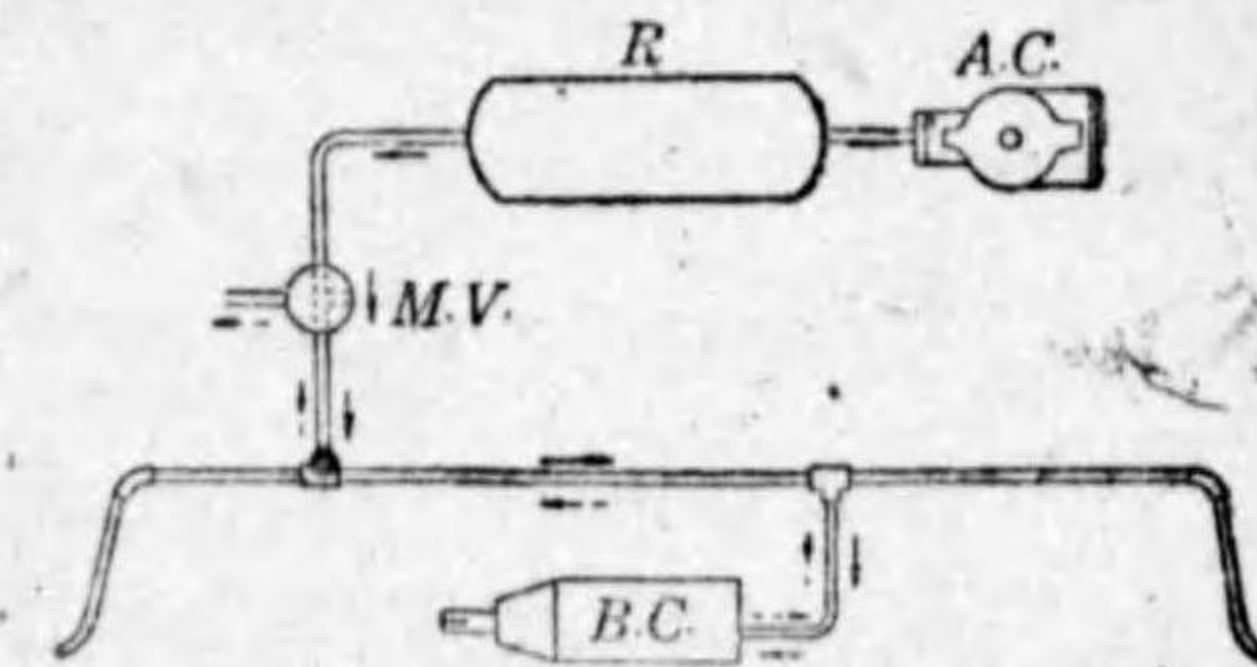
手用制動機は手力に依つて働作するもので、運轉臺にハンドル又は手輪を以て動かし得る垂直軸があつて、之を廻轉すると、床下部にある齒車を経て制動鏈鎖軸が廻轉せられ、鏈鎖を軸に捲込んで、其の運動を所謂聯桿装置(Brake rigging)と稱する積桿及びロッドの連続に傳へ、制輪子(制動靴)を車輪周に押付ける作用になるのである。而して制動機を締めて居る間は、垂直軸の逆の廻轉は妨げられて居るが、制動機を緩めんとするときは、バネの作用で垂直軸は反對に廻轉せられ、同時に制輪子は車輪周から離れるのである。

3. 空気制動機

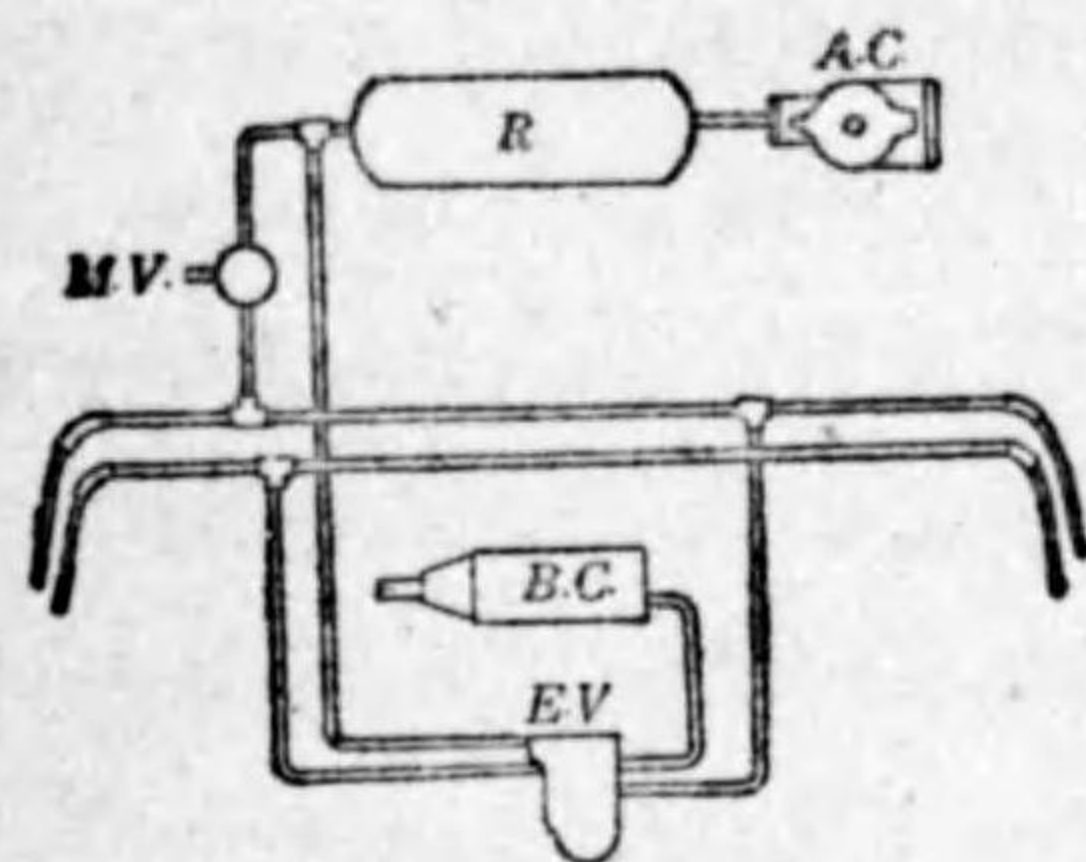
空気制動機は動力として手力を用ふる代りに壓搾空気を以てするもので、車輛の大小、連結車數の多少、電車と電気

機關車との別等に依つて、異つた方式のものを採用する。方式の主なるものは、(a) 直通空気制動装置 (Straight air arake), (b) 非常直通空気制動装置 (Emergency straight air brake), (c) 自働空気制動装置 (Automatic air brake), (d) 電磁空気制動装置 (Electro-magnetic air brake), (e) 直通兼自働空気制動装置 (Combined straight and automatic air brake) 等で、方式 (a) は主として單車運轉に、(b) は單車又は少數車連結の列車に、(c) 及び (d) は多數車連結の列車に、(e) は電気機關車に使用せられる。

直通空気制動装置の例は第 27 圖に示す通りで、平常空気壓搾機 (air compressor, 又壓縮機) で作られた壓搾空気は空気溜 (Air reservoir) 内に貯へられて居る。今運轉手辦 (Motorman's valve) で空気溜と列車管 (Train pipe) との連絡を作れば、空気溜内の壓搾空気は制動圓筒 (Brake cylinder) 内に侵入し、其のピストンを動かして、制動の原動力となるのである。又制動を緩めるには運轉手辦で列車管と外氣との連絡を作れば、制動圓筒内の空気は外氣中に逃れ、ピストンがバネの作用で元の位置に戻る。



A.C. 空氣壓搾機 R 空氣溜
M.V. 運轉手辦 B.C. 制動圓筒
第 27 圖 直通空氣制動裝置例



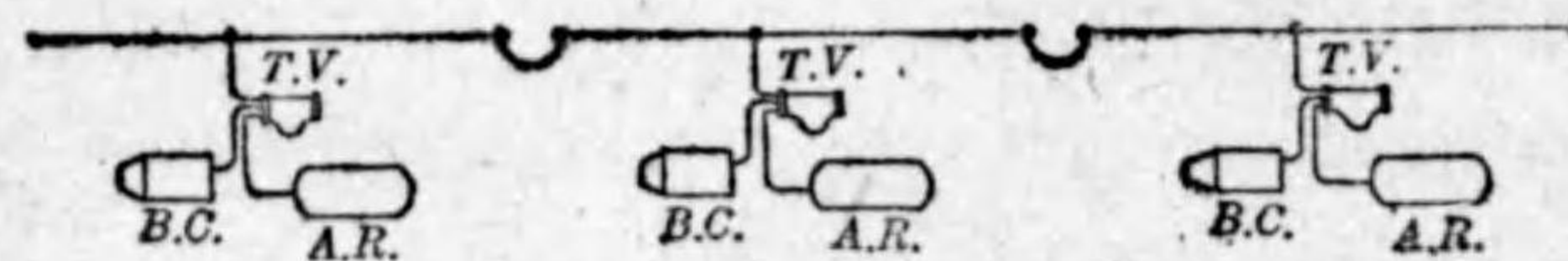
A.C. 空氣壓搾機 R 空氣溜
 N.V. 運轉手輪 B.C. 制動圓筒
 E.V. 非常瓣

第 28 圖
 非常直通空氣制動装置例

のである。

非常直通空氣制動装置は平常の作用に於て直通空氣制動装置と同様であるが、連結運轉の連結が切れた場合自動的に、又非常の場合人爲的に動作する非常瓣 (Emergency valve) を附加して置いて、かくの如き場合に、空氣溜から直接に制動圓筒に多量の壓搾空氣を送入するものである (第 28 圖)。

自動空氣制動装置は非常直通空氣制動装置に使用する非常瓣に類似した三重瓣 (Tripple valve, 又三段瓣) を使用し、全列車を通じて設けた制動管の氣壓を運轉手輪で下げると三重瓣が動作し、各車に備へた補助空氣溜 (Auxiliary reservoir) と制動圓筒との連絡を作り、制動圓筒に空氣を送



A.R. 補助空氣溜 B.C. 制動圓筒 T.V. 三重瓣

第 29 圖 自動空氣制動装置

るのである。第 29 圖は制動を締める場合の大體の作用を示すものであるが、制動を緩めるには制動管の壓力を元に

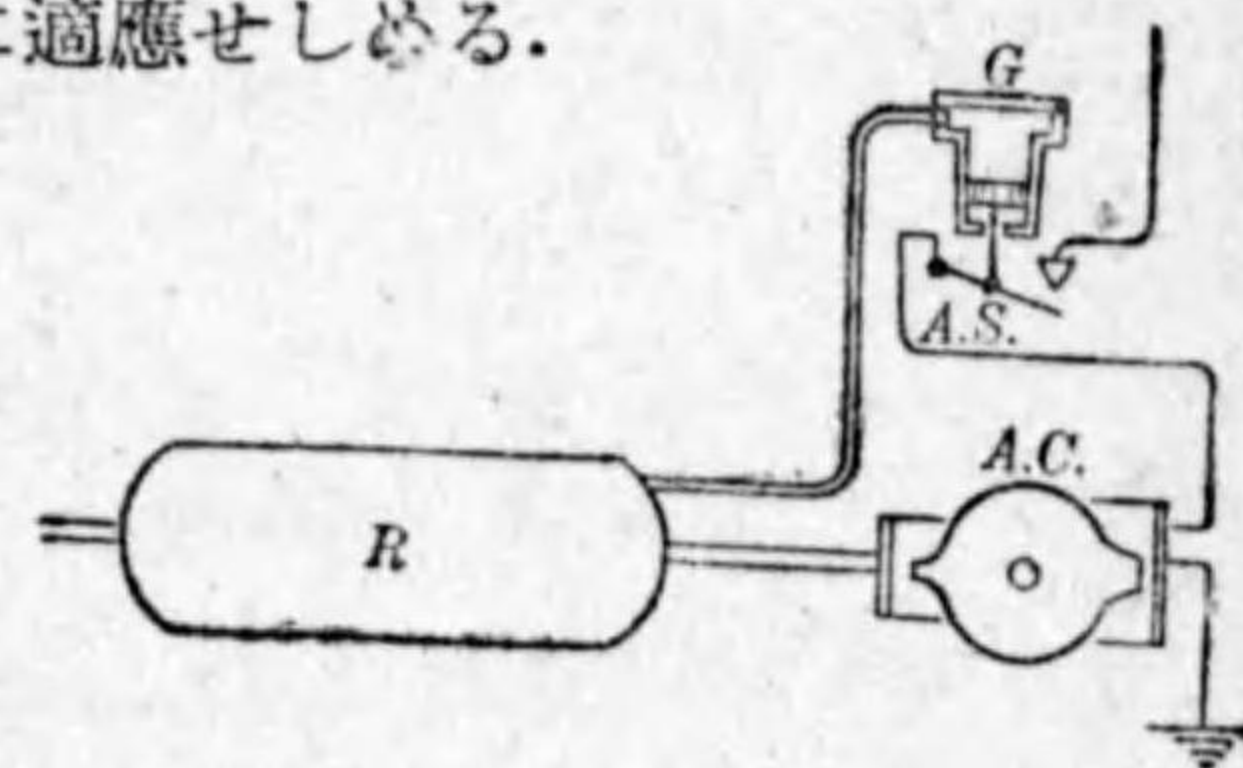
復し、三重瓣を働かせしめて、制動圓筒の空氣を外氣に放出せしめるのである。又圖には示されて居ないが、補助空氣溜には、常に主空氣溜 (Main reservoir) から壓搾空氣を補充する作用が行はれなければならない。此の種の制動装置に依れば、連結車數が多くとも、強力にして均一なる制動力を各車に同期的に作用せしめることが出来る。

電磁空氣制動機は自動空氣制動機と作用が殆んど同様であるが、唯だ補助空氣溜と制動圓筒との連絡竝に制動圓筒と大氣との連絡を作るに、三重瓣に依らずに電磁を利用したる特殊の瓣を用ひ、運轉手が電氣的に之を制御するものである。

4. 空氣壓搾機及び調整器

壓搾空氣を作るには電動機に直結された唧筒即ち空氣壓搾機を以てする。電動機は直流式に於ては直捲型を用ひ、其の電壓を電車線電壓に適應せしめる。

空氣壓搾機を自動的に作用せしめるに、自動開閉器の附屬して居る調整器を用ふる。調整器の圓筒は空氣溜と氣管を以て接続せられ、其



A.C. 空氣壓搾機 R 空氣溜
 G 調整器 A.S. 自動開閉器

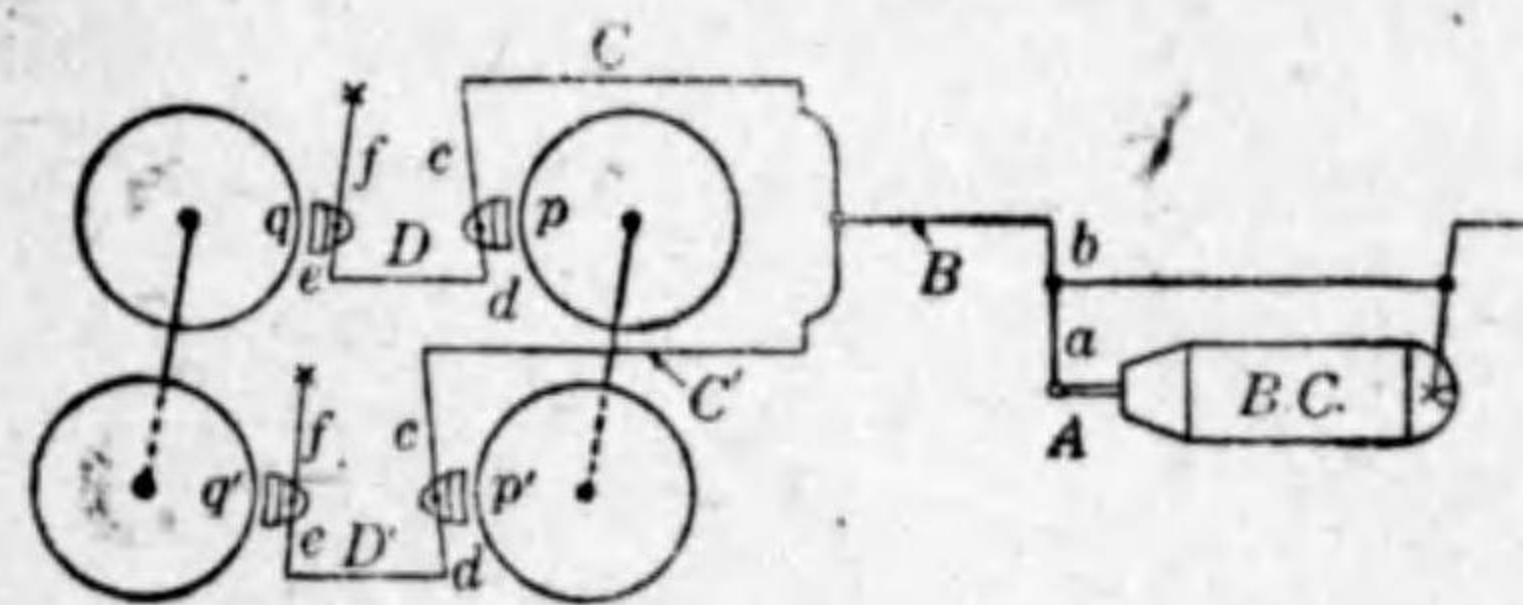
第 30 圖 調整器及び自動開閉器

のピストンをバネの作用に反對して壓して居る。今空氣溜

内に充分の壓搾空氣が充滿し、氣壓の高いときは、ピストンに依つて動作する開閉器は開いて居るが、壓搾空氣缺乏するときは、ピストンの爲め開閉器が自動的に閉ぢられ、電動機の回路を作つて壓搾機を動作せしめ、壓搾空氣を空氣溜に送り込むのである(第30圖)。

5. 制動聯桿装置

手用制動機及び空氣制動機等一般に所謂車輪制動機(Wheel brake)に於て、人力又は壓搾空氣の力を制輪子に傳ふる制動聯桿装置の設計は種々雑多であるが、ボギー電車に應用せられる最も簡単な例を挙げると第31圖の通りである。尤も此の場合には、制輪子は一車輪の片側だけに作用するのであるが、實際には制輪子が車輪の兩側から押



第31圖
制動聯桿装置例

付けられるが如き装置、即ち抱合せ式にするのが最も完全である。圖に於て制動圓筒のピストンに加はる力と、各部横杆の長さの關係とが分れば、制輪子に加はる壓力を見出すことが出来る。例へば横杆の長さを第31圖の如しと假定し、制動圓筒のピストン・ロッドAに加はる力をEとすれば、ブレーキ・ロッド

付けられるが如き装置、即ち抱合せ式にするのが最も完全である。

圖に於て制

Bに加はる力Fは

$$F = \frac{a}{b} E,$$

次にプル・ロッドC及びC'に加はる力Gは

$$G = \frac{F}{2} = \frac{a}{2b} E,$$

次に制輪子p及びp'に加はる力Hは

$$H = \frac{c+d}{d} G = \frac{a(c+d)}{2bd} E,$$

次にストラット・ロッドD及びD'に加はる力Iは

$$I = \frac{c}{d} G = \frac{ac}{2bd} E,$$

次に制輪子q及びq'に加はる力Jは

$$J = \frac{e+f}{f} I = \frac{ac(e+f)}{2bdf} E$$

である。此の特殊の場合として

$$f = c, \quad e = d$$

なりとすれば、

$$J = \frac{ac(c+d)}{2bdc} E = \frac{a(c+d)}{2bd} E = H$$

である。即ち制輪子p及びp'に加はる力は、同q及びq'に加はる力に等しいのである。

上記の式に於て、

$$\frac{H}{E} = \frac{a(c+d)}{2bd}, \quad \frac{J}{E} = \frac{ac(e+f)}{2bdf}$$

であるから、 a, b, c, d, e, f の長さの関係を變ずることに依り、制輪子に加はる力と、制動圓筒に於ける力との割合を如何様にもすることが出来る。今 $H=J$ の場合とし、制動圓筒から同一の聯桿装置を有する他側のボギー車臺に至る制輪子壓力をも考へるときは、制輪子の壓力の合計は $8H$ である。而して此の場合に於ける

$$\frac{8H}{E} = \frac{4a(c+d)}{bd}$$

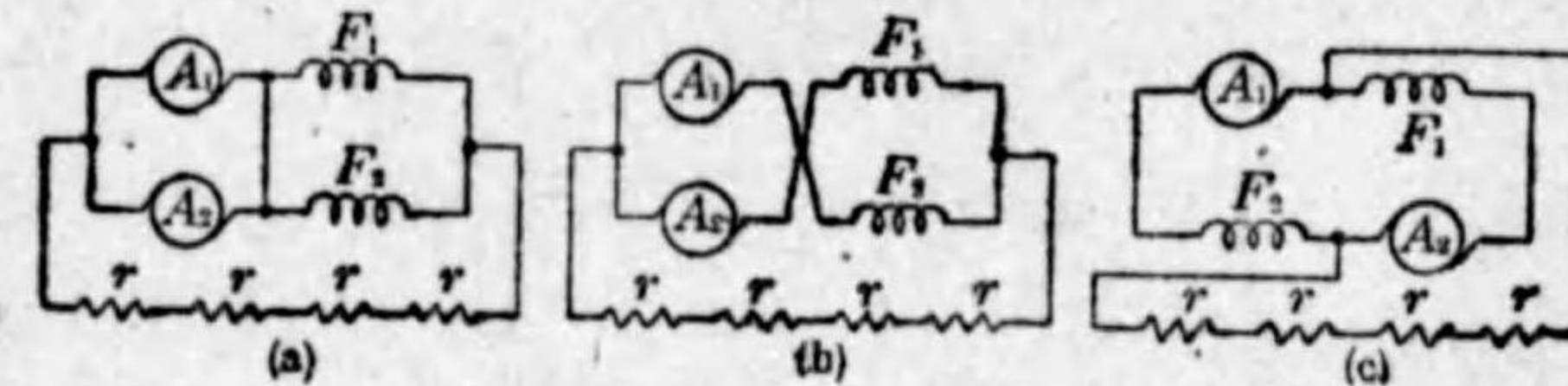
なる数は全聯桿の槓杆比で、此の比を有する單一の槓杆の場合と其の關係が同一である。従つて制動の際に於ける與へられた制輪子の移動に對し、制動圓筒に於けるピストンの衝程は、其の $8H/E$ 倍でなければならない。

6. 電氣制動

如何なる種類の電動機を使用する場合でも、電氣的に制動作用を與へて、電氣車を停車せしめることが出来る。即ち電動機を發電機として作用させ、其の逆廻轉力で車輪の廻轉を止めるのである。所謂電氣制動である。直流直捲電動機の場合に就て説明すれば、此の目的の爲めに電車線よりの電流を遮斷した後、電動子の接續を反對にして、電動機を適當なる抵抗を以て短絡するときは、電動機は電氣車の惰力で廻轉する發電機となり、前述の作用を行ふのである。而して電氣車の速度が次第に減ずるとき、之に伴つて抵抗

を減じ、又は降り勾配の緩急に應じて抵抗を定め、電流の値を一定に保ちつゝ、制動力を保持するのである。

電動機の箇数が2箇又は4箇等であれば、電氣制動の際の接續に於て、成るべく直列の接續を避けて、相當高速度の場合にも過大の電壓が全體として發生し、絶縁を破るが如きことのない様注意することが肝要である。2箇の電動機の設備を有する場合の電氣制動の接續は、第32圖(a)、(b)及び(c)に示す例に依つて知ることが出来る。(a)は電動機2箇を並列にして、兩電動機の電機子及び界磁の接續點を



第32圖 電氣制動接續

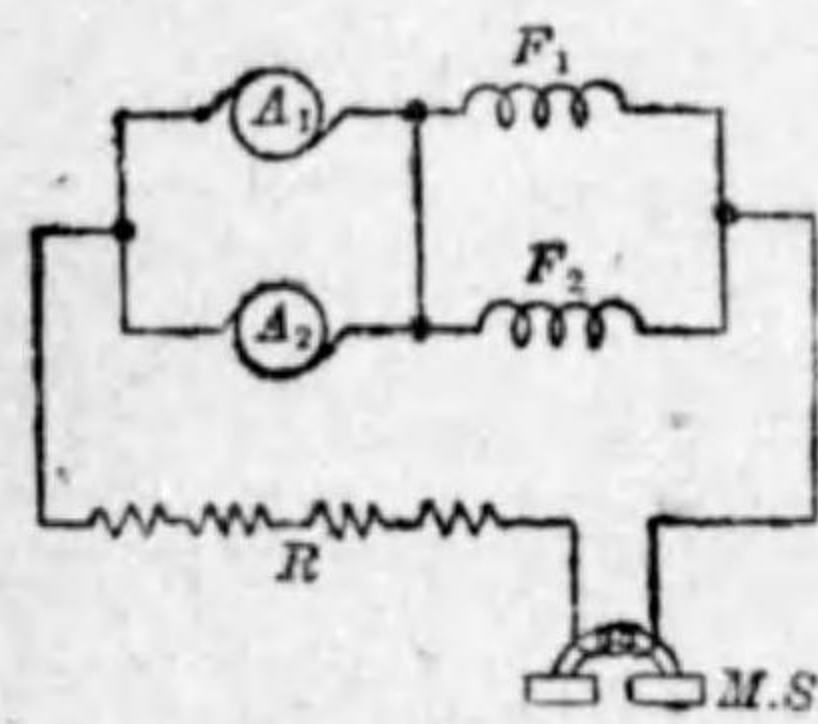
均壓線を以て相互に接續するもの、(b)及び(c)は兩電動機の電機子及び界磁を相互に取換へて、平衡を保たしめるものである。

電氣制動の應用の一つは、路面電車等に於ける非常用としてである。此の場合には其の使用が稀であるし、其の働作も瞬間的であるから、電動機及び抵抗器に別にさしたる餘分の負擔を與へない。電氣制動の應用の今一つは、勾配區間に於ける電氣機關車又は電車の降り勾配運轉の場合の常用制動装置としてである。此の場合には、制輪子及び車

輪タイヤ(外輪)の摩耗無くなること,制輪子車輪間の熱の発生無くなること(制輪子赤熱すれば制動作用を減殺する),熱の発生に原因するタイヤ弛緩等の事故を生ぜしめぬこと,制動作用が圓滑且安全であること等の利益を有するが,電動機及び抵抗器は餘分の働きをするのであるから,夫だけ是等のものの容量を大きく設計することが必要である。

7. 電磁制動機

電磁制動機は電磁に電流を通じて,其の吸引作用に依つて制動力を得るものであるが,吸引作用は軌條に働かしめるのが普通である。電源は電車線から取ることもあるが,



M.S. 電磁軌
第 33 圖
電磁制動機接続例

第 33 圖に示す如く,電氣制動の際電動機が發電機として発生した電流を使用するのが都合が宜い。此の制動機に於ては電磁の運動を機械的に車輪周の制輪子に傳へることが出来る。故に若し電氣制動の電流を利用する

とせば,此の場合三重の制動作用が行はれる理である。

電磁制動機は路面電車等にも應用出来るが,我國に於ては登山電車に使用せられた例を見るのみで,一般には餘り多く行はれて居ない。

8. 制動力の限度

制動の際に於ける制動力並に制動度の限度は,加速の際に於ける牽引力並に加速度の限度と同様にして定めることが出来る。今 B_m を最大制動力, W_a を附着重量, C_A を附着係数とすれば,

$$B_m = 1000 C_A W_a.$$

車輪制動機に於て,一般に行はれる如く,全車輪に制輪子を押付ける場合には, W_a は車輛の全重量であるが,電氣制動に於ては全車輪軸數に對する電動機箇數の關係に依り,附着重量として全重量を利用することの出来ない場合がある。猶ほ車輪制動機及び電氣制動装置と電磁制動機とを併用するが如き場合には,夫等は別箇に考へ得るから,従つて全制動力を著しく大にすることが出来る。

9. 電力回生制動

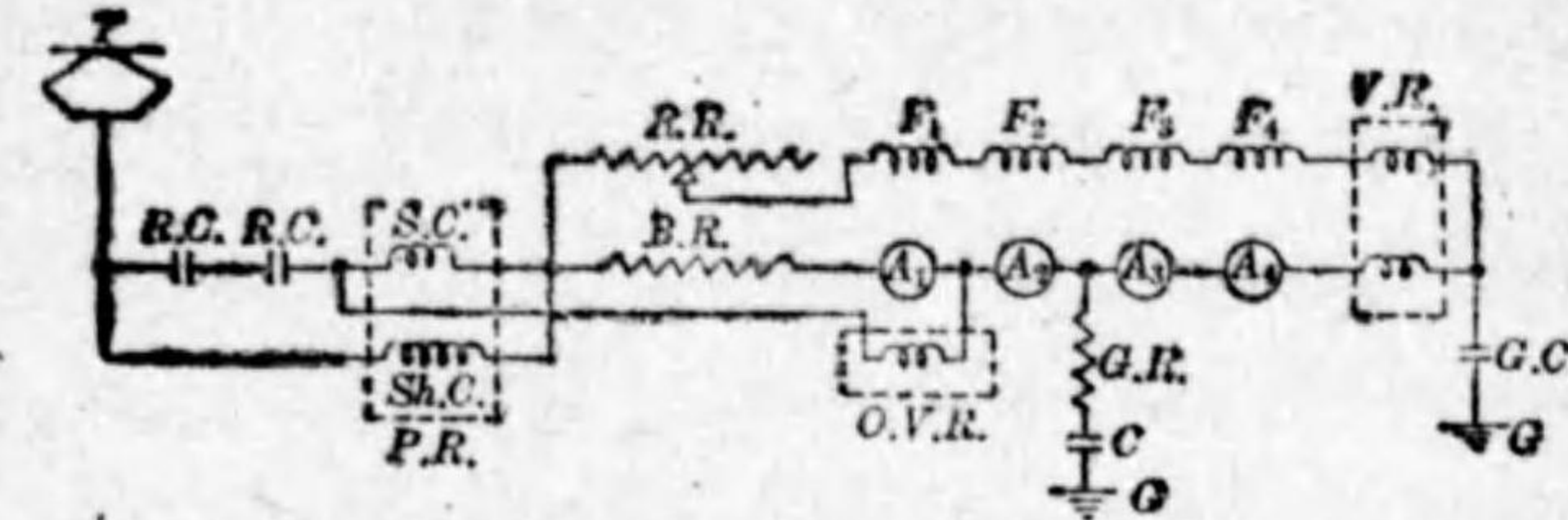
電氣制動に於ける如く,電動機を發電機として作用せしむる際,発生したる電流を抵抗器内に於て消費せず,之を電車線に向つて返送し,他の電氣車運轉に利用し得ることは,発生したる電流の電壓と電車線電壓との關係を適當にさへすれば,何れの種類の電動機を用ふる場合と雖可能である。此の場合に於ては,一方に於て制動を行ふと共に,他方に於て所謂電力回生(Regeneration)を行ひ得るので,斯の如き制動法を電力回生制動(Regenerative braking)と稱するこ

とが出来る。此の方法は降り勾配の電気車運転に於て最も其の效能を發揮し、著しき電力量の節約になると共に、前に述べた電気制動一般の利益をも與へるものであるが、電気制動に於けると同様に、制動の間も電動機を働かせて居るのであるから、温度上昇の関係から容量の少し大なるものを使用しなければならない。

三相誘導電動機を電気車に設備する三相式電気鐵道に於ては、特別の装置を設けなくとも、降り勾配運転に於て簡単に電力回生をやる事が出来る。即ち誘導電動機を同期速度以上に廻轉させれば、發電機として作用することは周知のことであるから、今電動機の極数を變更し、又は電動機を縦續ぎに接続して同期速度を變へ、降り勾配の緩急に應ずる適宜の速度で、電力回生を行ひながら下降することが出来る。

单相整流子電動機を使用する单相式電気鐵道では、外部よりの電流と發生電流との力率を一致せしめる手段を講ずれば、是又電力回生を行ふことが出来る。

一般の直流式電気鐵道に於ける如く、電気車に直流直捲電動機を備へる場合には、適當なる補助の装置を用ふるか、又は電動機の特性を變へなければ、發電機としての發生電壓を、電車線電壓に對し適當なる關係に保たしめることが困難である。今我國に於て電気機關車に行はれて居る一例



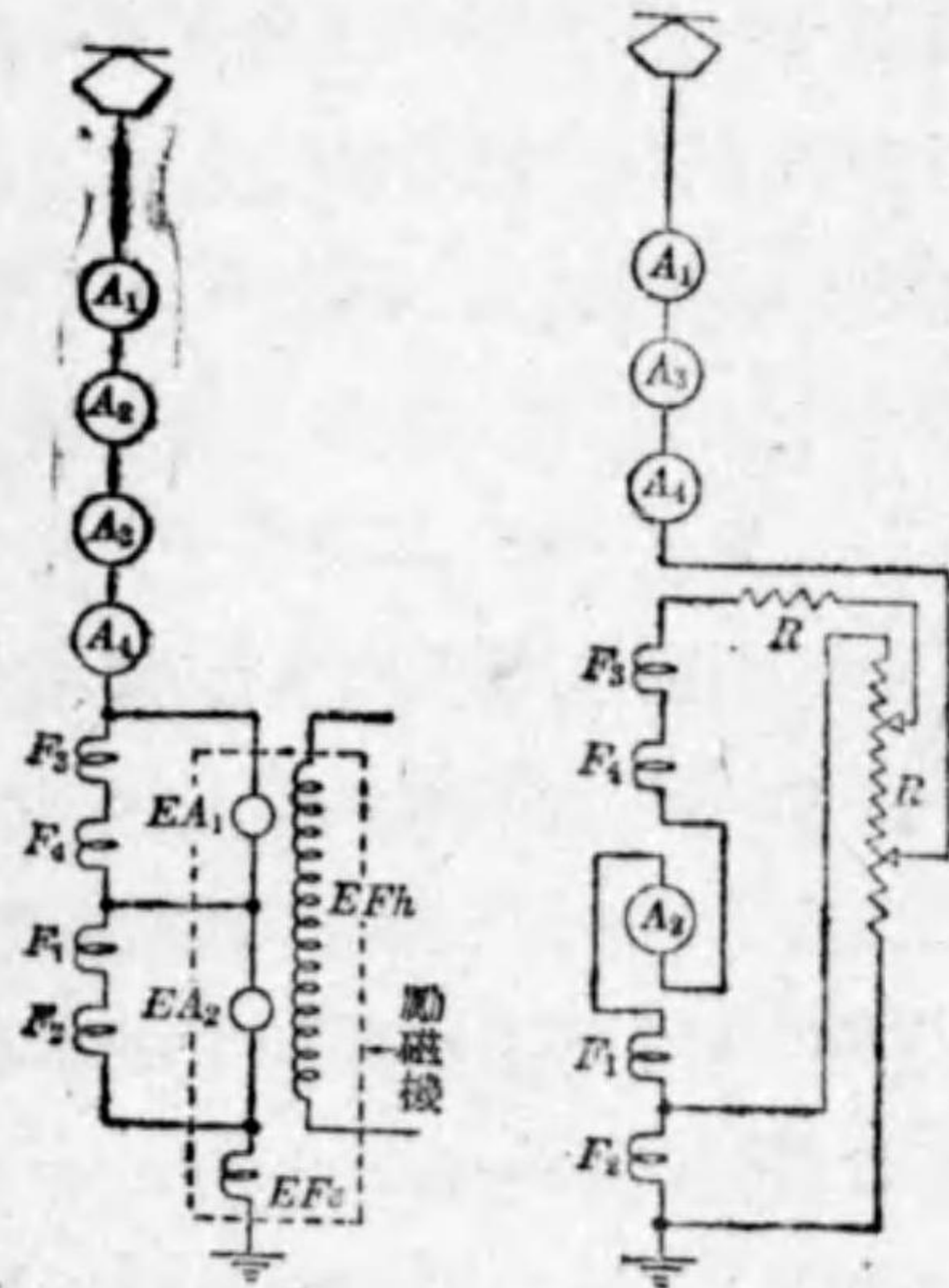
R.C. 回生制動用遮斷器 P.R. 極性繼電器 S.C. 直列線輪 Sh.C. 分流線輪 B.R. 緩衝抵抗 O.V.R. 過電壓遮斷器 G.R. 接地抵抗 R.R. 加減抵抗 V.R. 不平衡繼電器 G.C. 接地用遮斷器

第 34 圖 電力回生制動接続例

を挙げると、第 34 圖の通りである。此の方法に於ては、電力回生の際電動機の接続を變更して分捲發電機とし、界磁を電車線電壓に依つて勵磁するものである。今降り勾配運転で、接地用遮斷器を閉ぢ回生制動用遮斷器を開きたる状態に於て、界磁捲線の回路中の加減抵抗を調整すれば、發電機は自己勵磁に依り發電し、前に説明した如き抵抗器に依る電気制動の作用を爲すのである。而して電機子回路の端子電壓が電車線電壓より少しく高くなつたとき、極性繼電器の分流線輪に電動の場合と反對な電流が通じて、回生制動用遮斷器を自動的に閉ぢる。茲に於て回生電流を電車線に向つて返送し、同時に制動作用も與へられるのである。而して此の際極性繼電器の分流線輪は短絡せられるが、回生電流が其の直列線輪に通ずるから、遮斷器を閉路の状態に保持し得るのである。回生電壓が下降して電車線電壓に等しくなれば、極性繼電器の直列線輪に於ける電流が止み、

回生制動用遮斷器を遮斷して、電力回生を停止し、自働的に抵抗器に依る電氣制動の作用に移るのである。即ち此の方式では、制動位置で常に電氣抵抗制動を行ひ、回生電壓が電車線電壓より高くなれば、自働的に回生制動に移り、又回生電壓が低くなれば、再び自働的に電氣抵抗制動に移るのである。

此の方式には其の外過電壓及び過電流の防止裝置が附屬して居る。前者に於ては回生電壓が一定極限值を超過すれば、過電壓繼電器働作して回生制動用遮斷器を遮斷して、電氣抵抗制動に移らしめ、同時に電機子群の中央から抵抗を経て接地回路を作り安全を保つのである。



第 35 圖 電力回生制動接續例

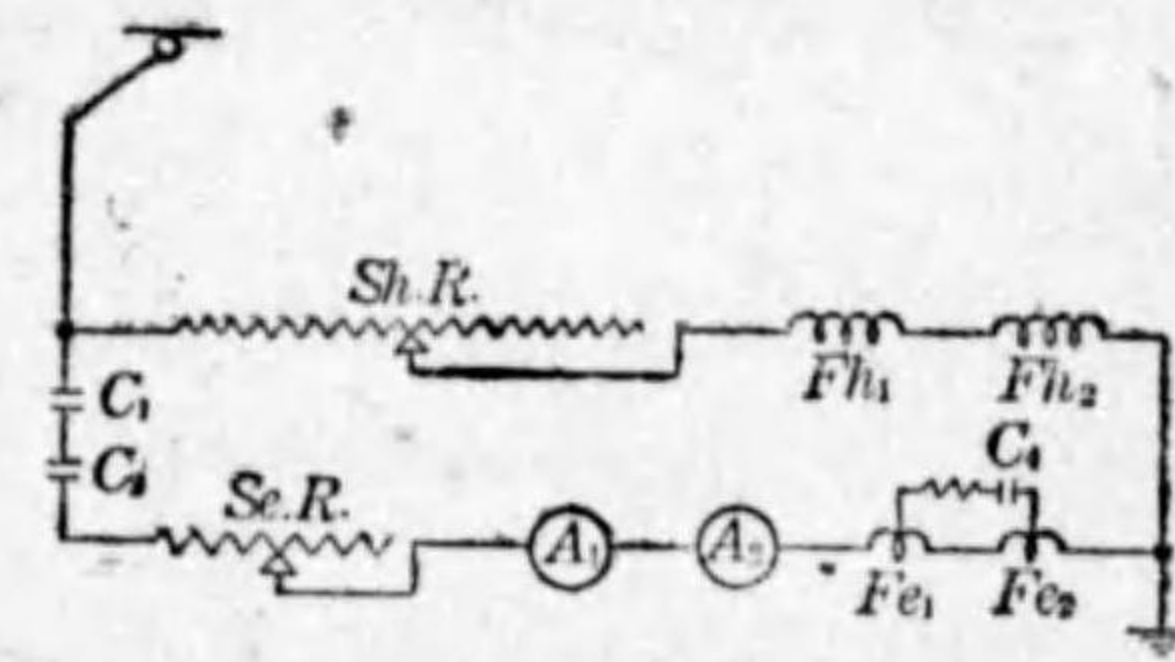
又後者は回生制動中、電機子の電流が勵磁電流に比して著しく大となり、爲めに整流状態が不良となり、又は速度を過度に増加せしめる虞あるときは、電機子電流と勵磁電流との比の一定極限值で

働作する不平衡繼電器に依つて、界磁回路の加減抵抗を自動的に除くものである。

電氣機關車に於ける電力回生制動の方式として、以上の外種々のものが用ひられて居る。電力回生の際界磁を適當に勵磁するに、特に勵磁機を設けるものもあり、又多數の牽引用電動機の中、幾つかを勵磁機として利用するものもある。今其の各々の例の接續を第 35 圖及び第 36 圖に略圖で示す。

10. 複捲電動機に依る電力回生制動

電力回生の際前節に述べた如き、電動機を分捲型として作用せしめる方法に稍類似して居り、特殊の場合に應用せられるものの例として、我國に行はれて居る複捲電動機に依る電力回生制動に就て説明しよう(第 37 圖)。

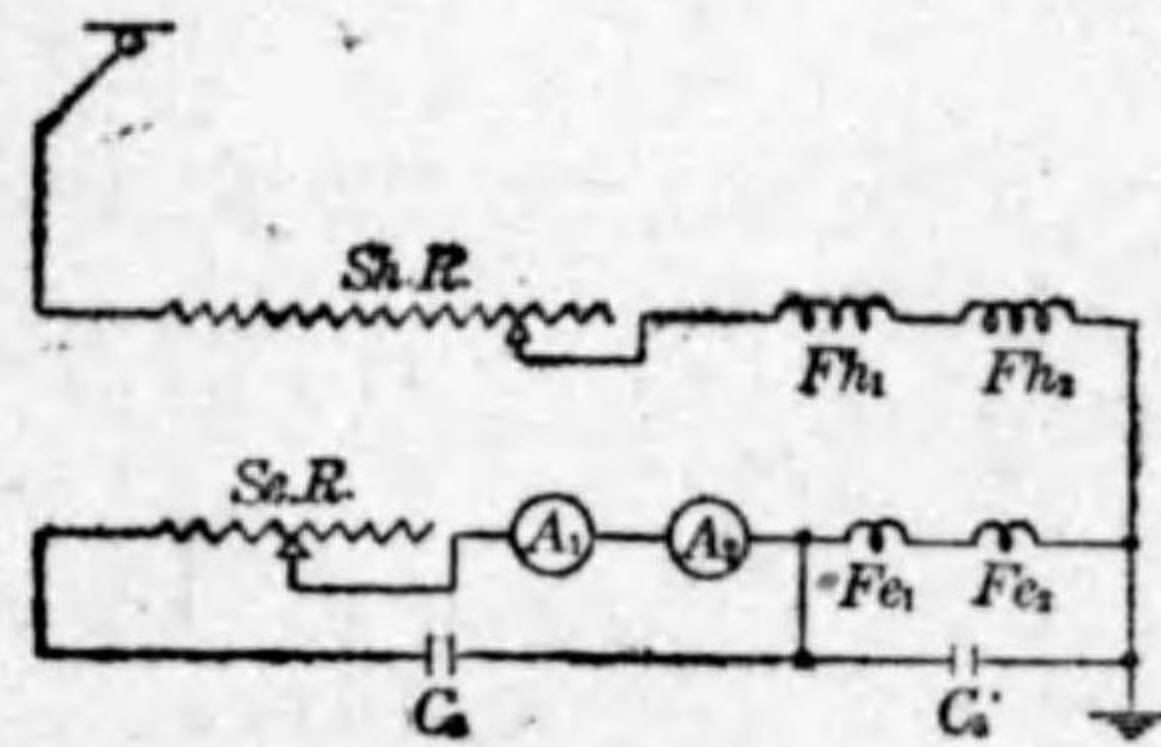


Se.R. 直列抵抗 Sh.R. 分流抵抗 C 開閉裝置
第 37 圖 複捲電動機に依る電力回生制動接續例

此の制動方式は普通電車に設備して、最も簡単に電力回生を行ひ、降り勾配で連続的に使用するのみでなく、平坦線に於ける各停車にも之を應用するものである。

此の方式に於ては、電動機(發電機)は電動の場合も、回生制動の場合も共に複捲型として作用するのであるが、唯だ

電動の際は和働,電力回生の際は差働となる。今電動の場合起動を行ふには,分捲界磁捲線に最大の電流を通じて牽引力を大ならしめ,又電機子回路には起動用直列抵抗を挿入し置き,此の抵抗を次第に減じて加速せしめる。而して此の抵抗を全部除いた後は,更にノッチを進めて分捲界磁回路に於ける抵抗を順次増加し,分捲界磁を弱めることに依つて速度を一層増加することが出来る。斯て例へば平坦線に於て,與へられた速度で運轉せる際,ノッチを逆に戻して,分捲界磁回路の抵抗を減ずれば,分捲界磁は強められ,逆起電力を増加するから,此の電圧が遂に電車線電圧に打勝ち,電流を電車線に向つて返送し,電力回生を行ふに至る



第 38 圖

同前 (電氣抵抗制動の場合)

のである。而して所定の速度以下に減速した際は,接続を第 38 圖の如く變更して分捲型發電機とし,電氣抵抗制動に依つて停車せしめるのである。以上は平坦線に於ける場合を述べたのであるが,電動中の電車が降り勾配に入つた際には,勾配の爲め速度が自然に増加し,之が爲めに逆起電力が増して,遂に電車線電圧に打勝ち,電流を電車線に返送して回生制動が行はれるのである。

此の方式の最も不利益なるは,過電壓を生じ易い點であるから,之が爲めに適當なる防止方法を講ずることが必要である。過電壓の一つの場合は自己誘導係數可なり大なる分捲界磁の開路に際して生ずるものである。而して之を防ぐには,磁極に短絡環を設けること,特性を改良する爲め直捲界磁の一部を短絡すること,低速度に於ける電氣抵抗制動の際直捲界磁を短絡すること,分捲界磁線輪と並列に放電抵抗を挿入すること,分捲界磁回路の遮斷を急激にせず,抵抗を順次に挿入して電流を減じながら行ふこと等の方法が有効である。過電壓の他の場合は,回生制動中發電機が差働複捲型として作用して居る際,他に電氣を要する電車存在せざるか,停電事故を生ずるか,若くはトロリー棒の外れた場合等に,直捲界磁捲線の電流消失の爲め,界磁の強さ増し,起電力も高まる結果,更に分捲界磁回路の電流をも増加せしめ,従つて端子電壓を高め過電壓を生ずるものである。之を防止するには,過電壓繼電器を設けて,電圧が一定極限值に達したとき,之に依つて必要の回路を切るのである。

第六章 聚電装置

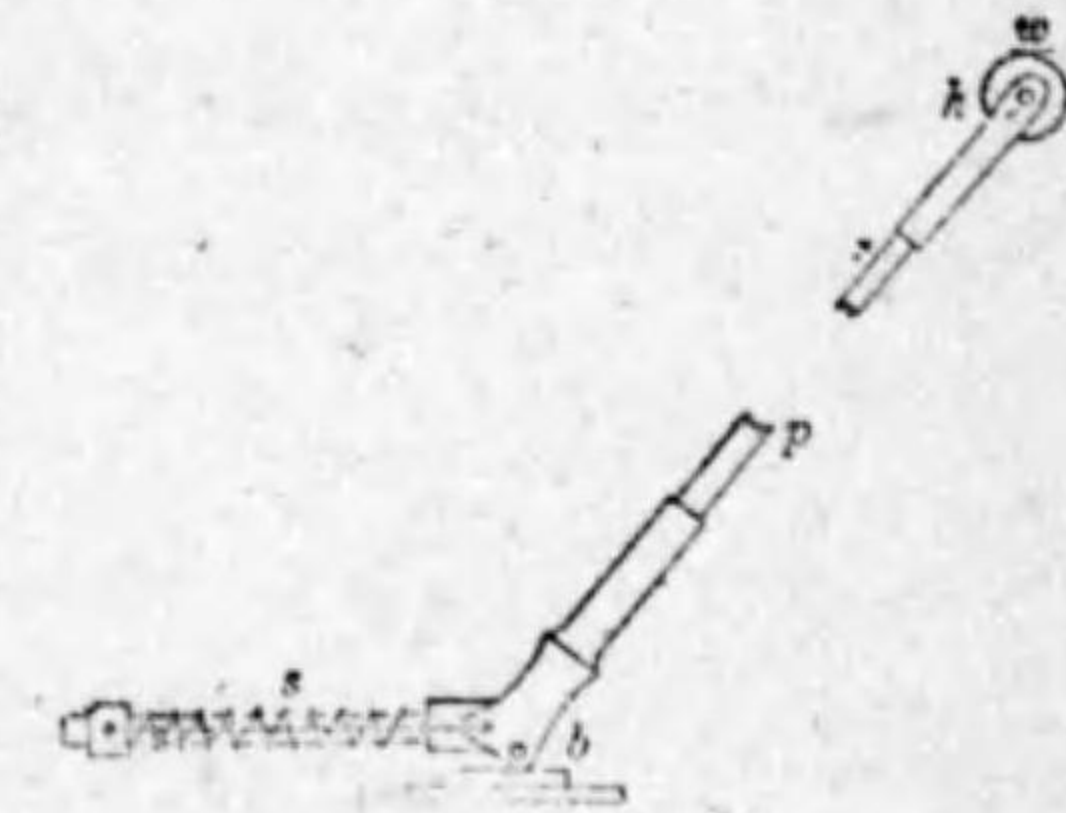
1. 聚電装置の種類

電車線又は之に相當する導體より、電氣車に電流を採る爲めの聚電装置 (Current collector, 又聚電子) は、勿論電氣鐵道方式の種類、電壓の高低、採取する電流の大小、電氣車の速度等に依つて異なるのであるが、我國に於ては架空式に對して、高壓式又は高速度運轉の場合一般にパンタグラフ (Pantagraph, 又パントグラフ) を、其の他の場合にトロリー棒 (Trolley pole) を使用して居り、又第三軌條式に對して聚電靴 (Collector shoe) を使用して居る。歐洲の一部に於て低壓式又は低速度運轉の場合に弓狀聚電子 (Bow collector) と稱する種類を使用して居る處もあるが、我國に於ては現今行はれて居ない (鋼索鐵道を除く)。暗渠式又は表面接觸式の如き特殊の電氣鐵道に對しては、各、之に適當せる聚電装置を必要とするが、是等の方式は我國にないものであるから、夫に使用の聚電装置に就ては別に説明しない。

2. トロリー棒

トロリー棒は鐵管より成る棒の先端トロリー・ハープ (Trolley harp) と稱する部分に、砲金等の小車輪が取付けてあり、軸の周りに廻轉しながら電流を採取するもので、所

謂轉動式である。小車輪に傳はつた電流は、小車輪の轂部を兩側から壓するバネ板、トロリー・ハープの主體、棒を経て車内に導かれる。小車輪を電車線に對し押付け、適宜の壓力を與へしめるには、電氣



第 39 圖 トロリー棒

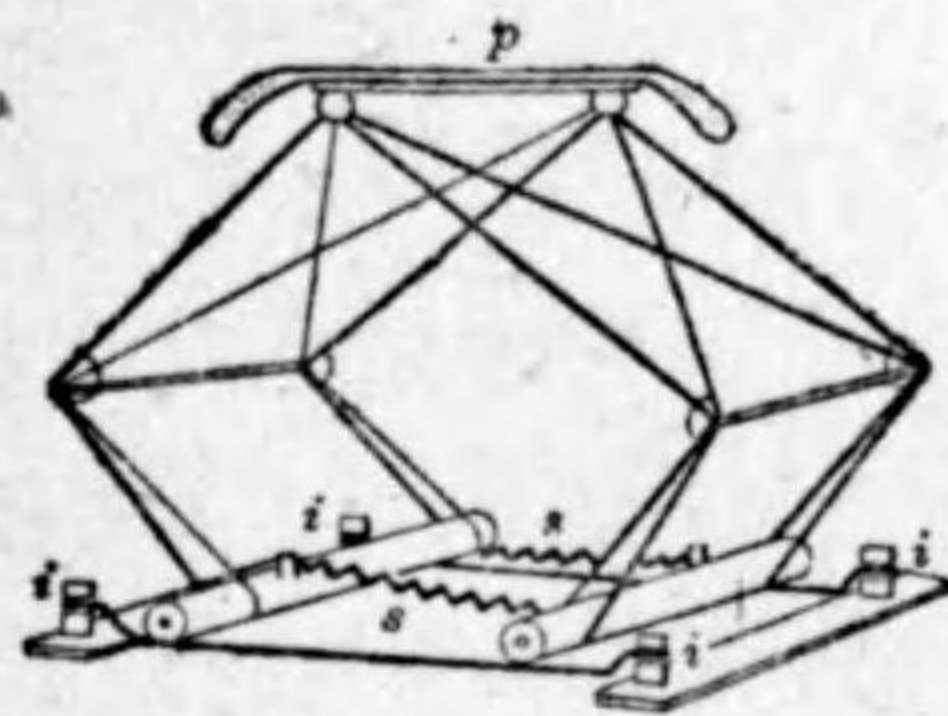
車屋根上に棒の下端を取付けるトロリー・ベース (Trolley base) と稱する部分のバネの作用に依るのである (第 39 圖)。

トロリー棒は最も簡單なる聚電子であるが、高壓には適當と云へない。また電車線から外れ易いのが最大缺點である。即ち前述のバネの作用で小車輪が常に電車線を押付けて居るのであるから、トロリー棒の設計が良好でも、電車線の状態に無理な變動があると、直に電車線から離脱する虞がある。離脱の機會の甚しいのは、例へば線路曲線部に於ける電車線屈曲の角度が餘り甚しいこと、電車線の分岐交叉等の箇所、電車線支持點其の他一般のハード・スポット (Hard spot)、電車線の高低の變化急激なる箇所、電車線の垂み特に大なる等の爲め、電車線の横振れ甚しき時等である。トロリー棒離脱の場合の事故を成るべく輕減する爲めに、遠心力の作用で、ロープを経て棒の急激なる運動を阻止する装置なるトロリー・レトリバー (Trolley retriever)

又はトロリー・キャッチャー (Trolley catcher) を應用する。

3. パンタグラフ

パンタグラフは鐵管で出来た菱形枠の上部に於て、横に



第40圖 パンタグラフ

長き接觸片を取付けたものである(第40圖)。其の特徴としては接觸片が長い爲め、電車線から外れる處がないから、高速度運轉に適當せること、根元に於ける絶縁方法が

容易であるから、高電車線電壓に適當せること、接觸部1箇でも相當の聚電量があるのに、接觸部を二重にすれば容量を更に増すことが出来るから、一般に大電流を採取する場合に適當せること等である。

接觸部の設計には色々の種類があるが、摺觸式が我國で一般に用ひられて居る。而して此の聚電子では、聚電容量を増加する爲めに、前にも述べた如く接觸部を二重にすることも出来る。接觸部の中央部には、パン(Pan)と稱する別の接觸片を取付け、摩損は主として此の部分に起る様にし、摩耗限度に達したとき、夫だけを取換へる様にするのが普通である。此の方法に依つて經濟上の利益が得られる。

接觸部を常に上に押上げて電車線との接觸を確保する爲め及び接觸部を必要に應じて引下げて疊む爲めには、枠の

下部に適當なる装置が設けてあるが、其の働作方法に就ては色々の種類がある。第一の方法は接觸部を押上げるのに、バネの作用を利用し、下げて疊むのに、圓筒へ壓搾空氣を送つて必要なる運動を起さしめ、全く下がつた位置に自動的にラッチで保持するものである。此の方法の利益とするところは、壓搾空氣の漏洩の爲め壓力の漸減が起つても、接觸片をして電車線と接觸を保たしむるには、別に影響がないことであるが、聚電子を下降の位置に保持するラッチが緩くなつて外れた場合には、聚電子が急に上昇する處のある缺點がある。

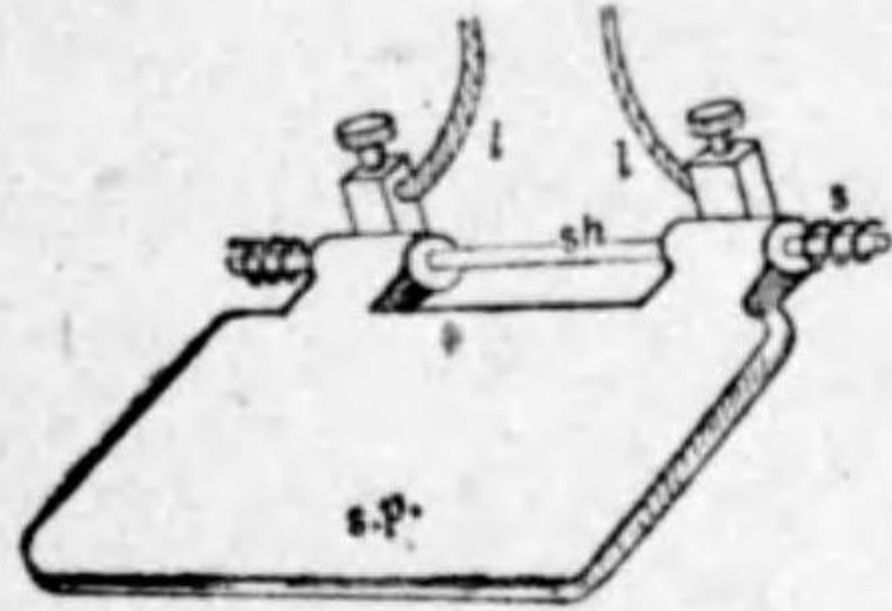
第二の種類は壓搾空氣で押上げ、重力で引下げるもの、第三の種類は壓搾空氣で押上げ、バネの作用で引下げるものである。是等の二種は壓搾空氣で押上げることは共通で、何れも空氣を供給すれば速に上昇するものであるが、一方空氣がなければ上昇は出来ないこと、聚電子が電車線と接觸中、連続的に空氣を供給して居る爲めに、比較的大なる空氣漏洩が起ること等の不利がある。

パンタグラフの機構全體は、電氣車屋根から絶縁せられるのであるが、鐵管に傳はつた電流は套管で絶縁したリード線に依つて車内に導かれる。

4. 聚電靴

第三軌條式(又は第四軌條式)の場合に使用せられる聚電

子は、最初多く行はれたものの形状から、聚電靴と稱せられ



第41圖 聚電靴

居るが、現今一般に用ひられ居る聚電靴は鑄鐵接觸板を有するもので、此の板で第三軌條即ち導軌條の接觸部を上から押へて壓力を加へ、又は軌條の接觸部を下から押して壓力を加へ聚電する(第41圖)。圖に於ける板の取付軸に捲いた螺旋バネで、必要に應じて板に下方又は上方に壓力を與へるのである。板に傳はつた電流は、リード線で車内に導かれる。

聚電靴は軸筐其の他車臺の適當なる部分に取付けるのであるが、軌道の曲線部分を通過する際にも、第三軌條と完全なる接觸を保ち得る様な位置を選定しなければならない。

5. 聚電子の壓力と壽命

聚電子の電車線又は導軌條に及ぼす壓力の大小は、其の作用及び壽命に大なる關係を有するものである。先づトロリー棒に就て云へば、壓力が弱過ぎると電車線から外れる傾向大なること、接觸不完全の爲めに弧光を甚しく發すること等の結果を生じ、又強過ぎると機械的摩損の大なること、電車線の接續點、分岐點、交叉點等に與ふる衝擊が甚しくなること等の不都合を生ずる。最も適當なる壓力は小車輪の大きさ、聚電量、電氣車の速度等に関係するが、大體 5～

20 疋位の範圍である。

パンタグラフ及び聚電靴の場合は、其の取付位置と電車線又は導軌條の軌道に對する位置とが適當でありさへすれば外れることはないのであるが、聚電子の壽命の關係から壓力を適當に定め、常時餘り變動のない様に保持するのが必要である。其の値は矢張り各聚電量、電氣車の速度等に関係するのであるが、パンタグラフの場合で 5～20 疋位、聚電靴の場合で 10～50 疋位である。

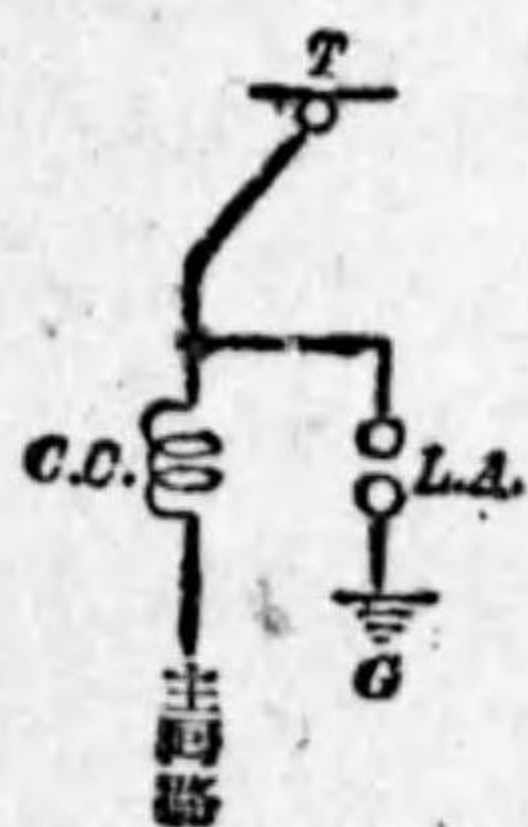
聚電子の壽命は一般に其の材質に依る外、電車線又は導軌條の材質又は成分及び其の施設方法、電車線又は導軌條に對する壓力の大小、聚電量、電氣車の速度等に依つて異なるのであるが、其の平均の場合に就て例を挙げると、トロリー棒は 3000～15000 疋位、パンタグラフの銅製パンは 4000～10000 疋位、鑄鐵製板狀聚電靴は 10000～40000 疋位である。

第七章 電気車内の附属装置

電気車に設備すべき装置は、電車の場合と電気機関車の場合とでは多少趣を異にし、又電車でも電動車と附随車とでは勿論異なるのであるが、其中最も主要なるものに就ては既に前各章に述べた。その他電車には避雷、點燈、暖房、扉開閉、通風、合圖の各装置、連結器等の外、直流高圧式の場合には、高壓を低壓に直す爲めの装置を要する。又電気機関車には避雷装置、或る程度の點燈及び暖房の装置、連結器、高圧式の場合の電壓変更の装置等の外、必要に應じ電動機冷却用の送風機を備ふることがある。

1. 避雷装置

發變電所の電路の出口及び入口に避雷装置を設けると同様に、電気車の電路の入口には避雷装置を必要とする。



第 42 圖

器及び塞流線輪

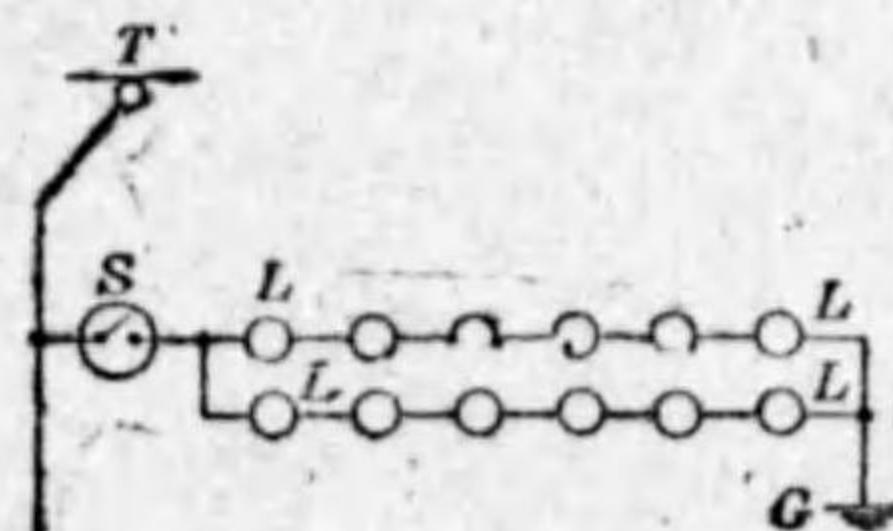
而して電車線路等には一般に其の使用を省略することが出来る。直流低圧式の場合には、空隙式避雷器を使用するが多い。此の種のものに於ては、雷の電気が放電する際、空隙間の弧光を経て、電気車運轉用電流が之に従ふのを防ぐ爲め、電磁吹消装置及び種類

に依りては其の外に空隙増大装置を備へてある。その他避雷器として、低壓高壓の如何を問はずアルミニウム・セル避雷器を使用することも出来るのである。また避雷装置の一部として主電動機回路に挿入せらるゝ塞流線輪を併用するのが一般である (第 42 圖)。

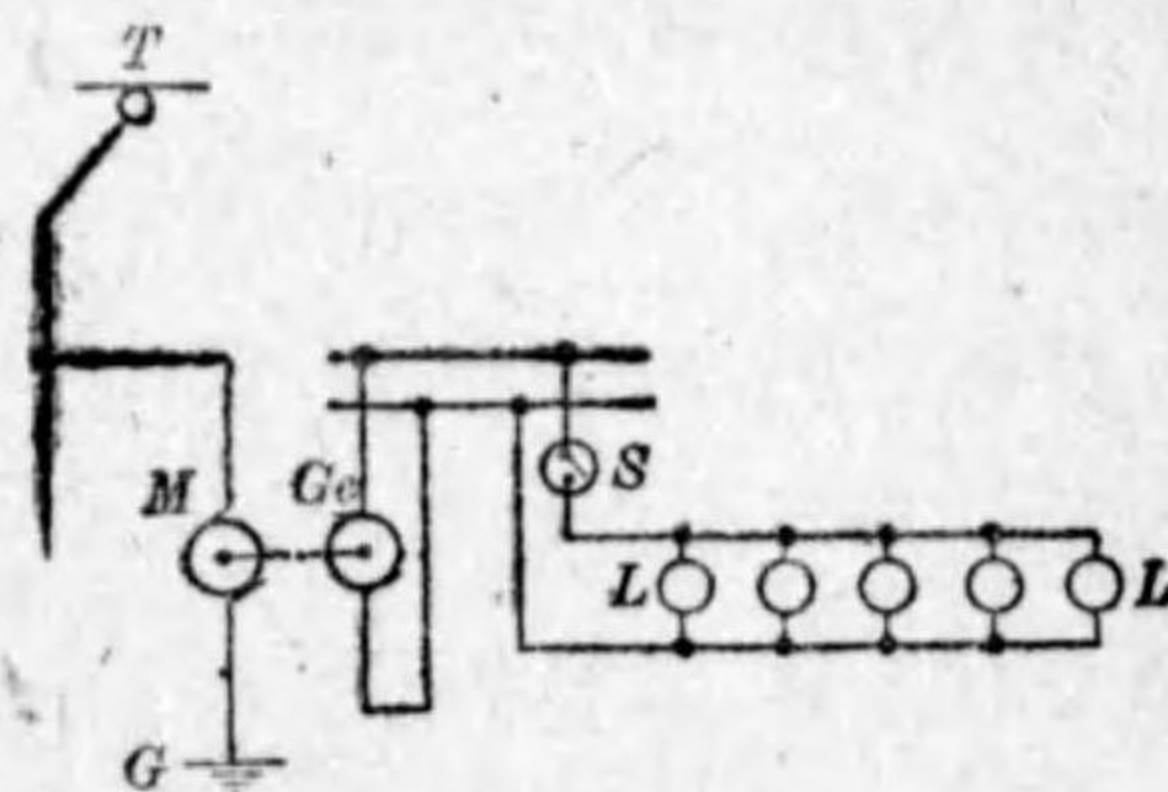
2. 點燈装置

電車内の電燈としては、室内燈、運轉臺燈、前照燈、尾側燈等があるが、低壓直流式の場合には、電燈を 5~6 箇直列に接続して、電車線から直接に取つた電流で點燈する (第 43 圖)。高圧式の場合には別に低壓の電流を用意してこれを使用するのであるが、一般に此の電源は、100 ヴォルト内外のものが多いから、電燈も並列に接続するのが普通である (第 44 圖)。

停電の場合其他必要の場合に對し、常用燈の豫備の電燈を別に備へて置くことが常であるが、常用燈が消えるや否や、豫備燈を點火せしめるには、繼電器を用ひ、其の電磁の捲線を常用電燈回路に

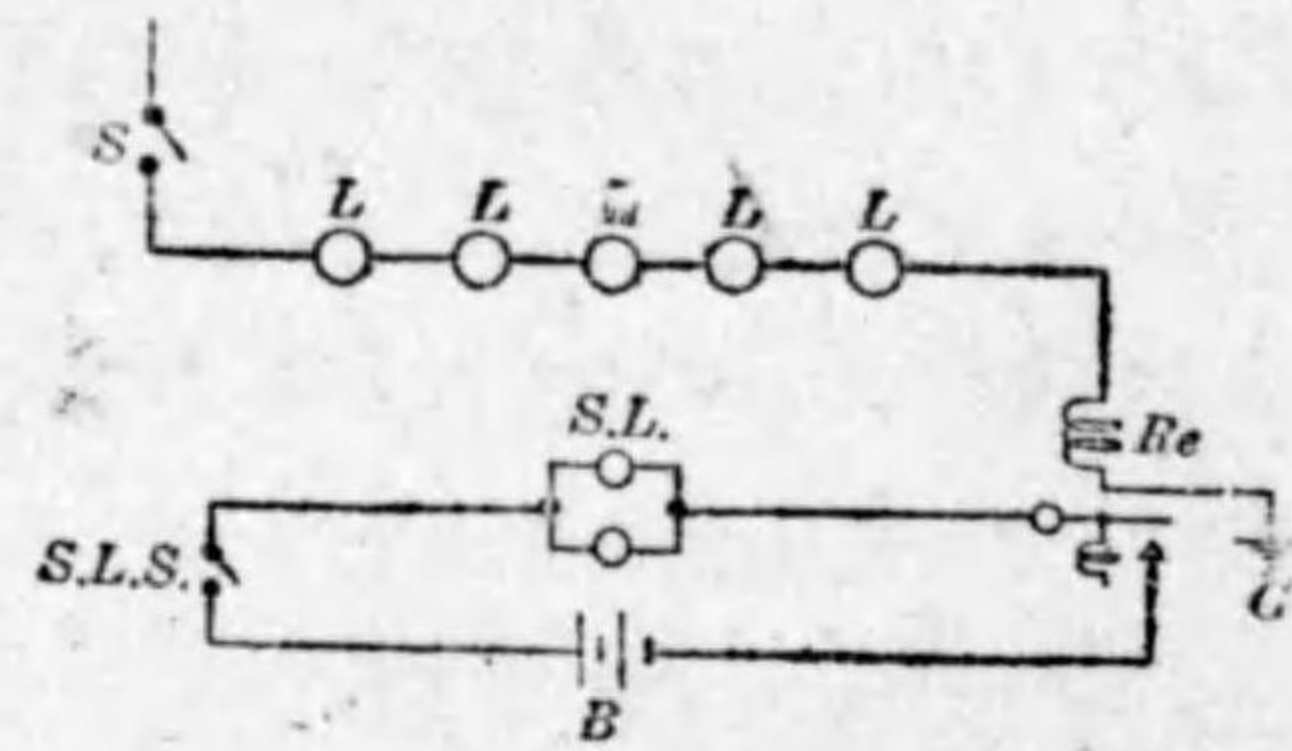


第 43 圖 電燈接続 (直列)



第 44 圖 電燈接続 (並列)

直列に接続し置き、其の接觸片の接觸に依り豫備燈回路を閉ち、蓄電池の如き別の電源から電流の供給を受ける如く施設すれば宜い(第45圖)。

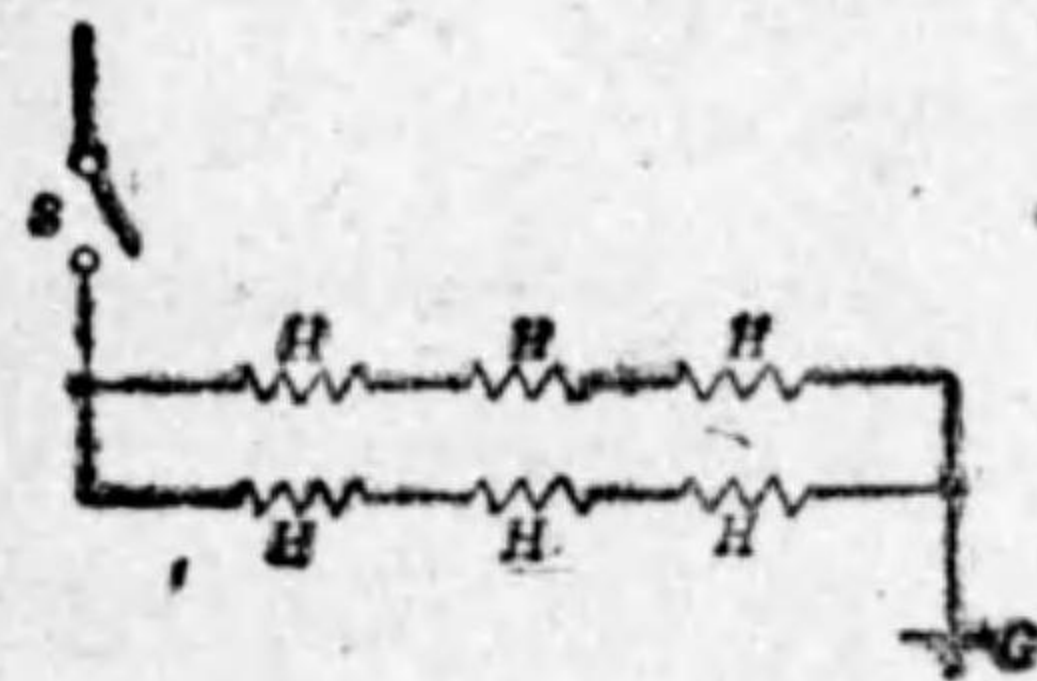


L 常用燈 S 電燈開閉器 Re 继电器
S.L. 豫備燈 S.L.S. 豫備燈開閉器 B 蓄電池

第45圖 豫備燈接続

3. 暖房及び冷房装置

電車内の暖房には、一般屋内に使用する如き電熱器を使用するのが普通である。唯だ其の構造は、電車室内腰掛下等に設備するのに都合の宜い設計としなければならない。



第46圖 電熱器接続

電熱器の端子電圧は 100 ~ 300 ヴォルト位で、供給電圧の高低に應じて適宜數を直列に接続するのであるが、直流高壓式の場合でも、これに使用する電流は電車

線から直接に取るのが普通である(第46圖)。

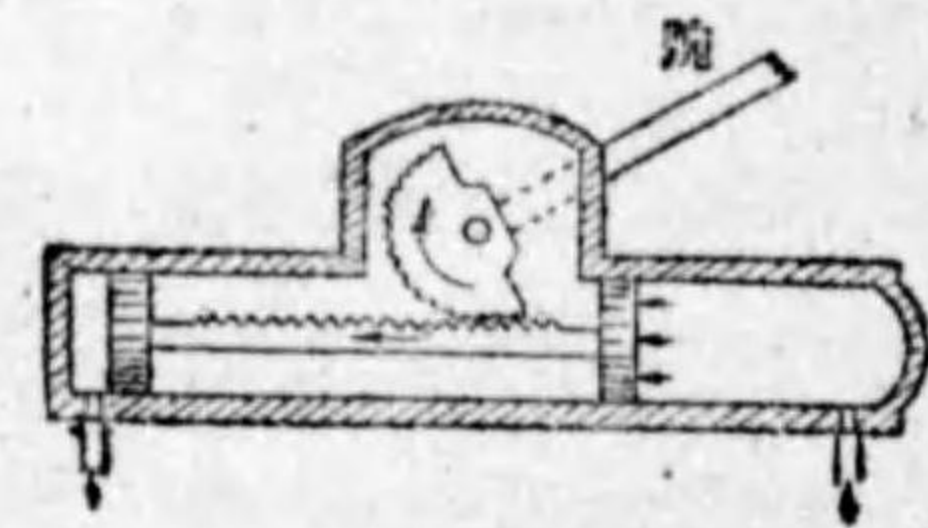
冷房装置は我國の電気車には、應用されて居る例は未だ稀であるが、社會の要求から追々廣く設備されることになるであらう。其の装置は矢張り屋内用のものと大體同一原理に依ることが出来るが、最も簡單で場所を取らず且つ輕

重量のものでなければならない。

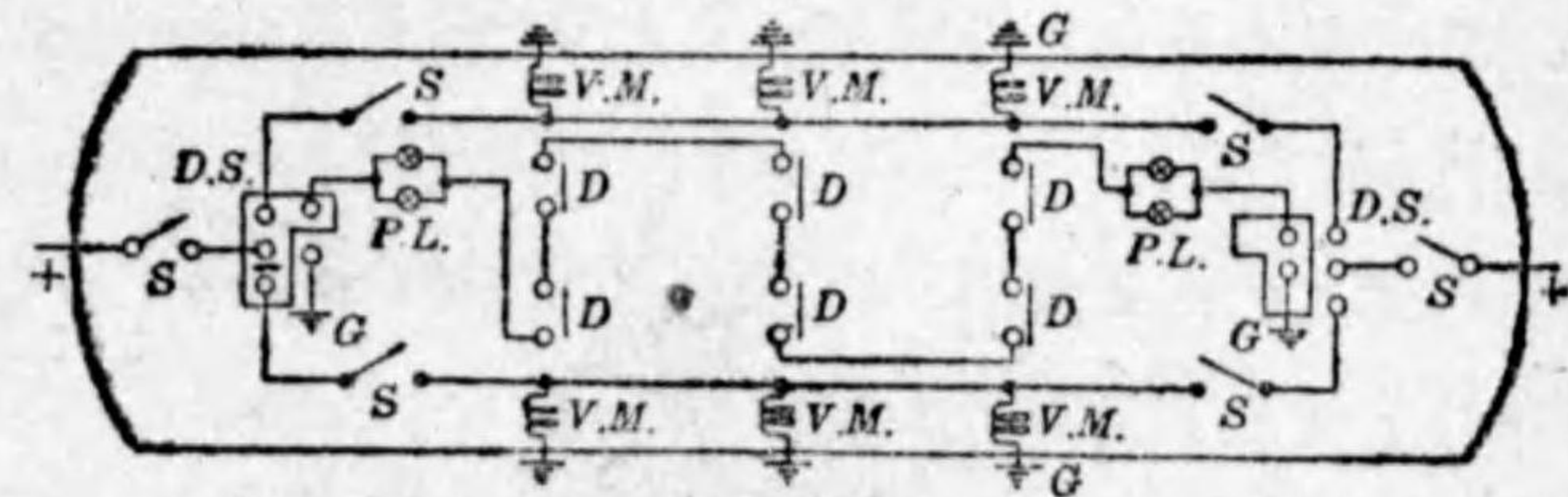
4. 自働扉開閉装置

電車の出入口の扉を自働的に開閉するには、餘分の装置を要し、且つ装置に故障のある場合に、反つて不便を生ずることはあるが、車掌又は驛員の手數を省くことが出来るから、特に多數車連結の列車に於ては、停車時間の短縮にも役立つのである。

自働扉開閉装置に於ては複働壓搾空氣圓筒の一方に空氣を入れて、ピストンの運動に依り之に装置したるラックを動かし、ピオン即ち小齒車を廻轉し、開閉腕に依り扉を閉ち、又圓筒の他方に空氣を入れてピストンの反對方向の運動に依り、同様に扉を閉づるものである(第47圖)。而し

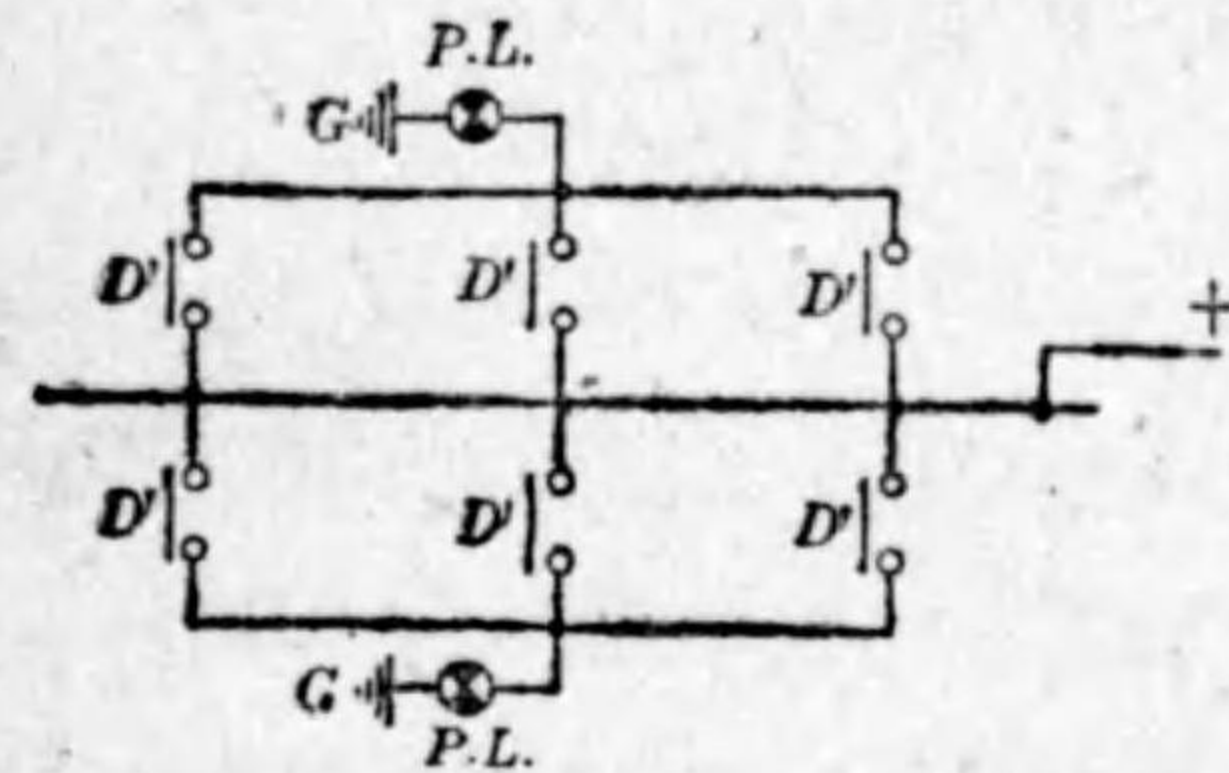


第47圖 自働扉開閉機構 (ドア・エンジン)



S, D.S. 開閉器 V.M. 綫電磁 D 扉開閉器 P.L. 運轉手知らせ燈

第48圖 自働扉開閉装置—電磁瓣及び扉開閉器



D' 扉開閉器 P.L. 車側知らせ燈
第 49 圖 自働扉開閉装置

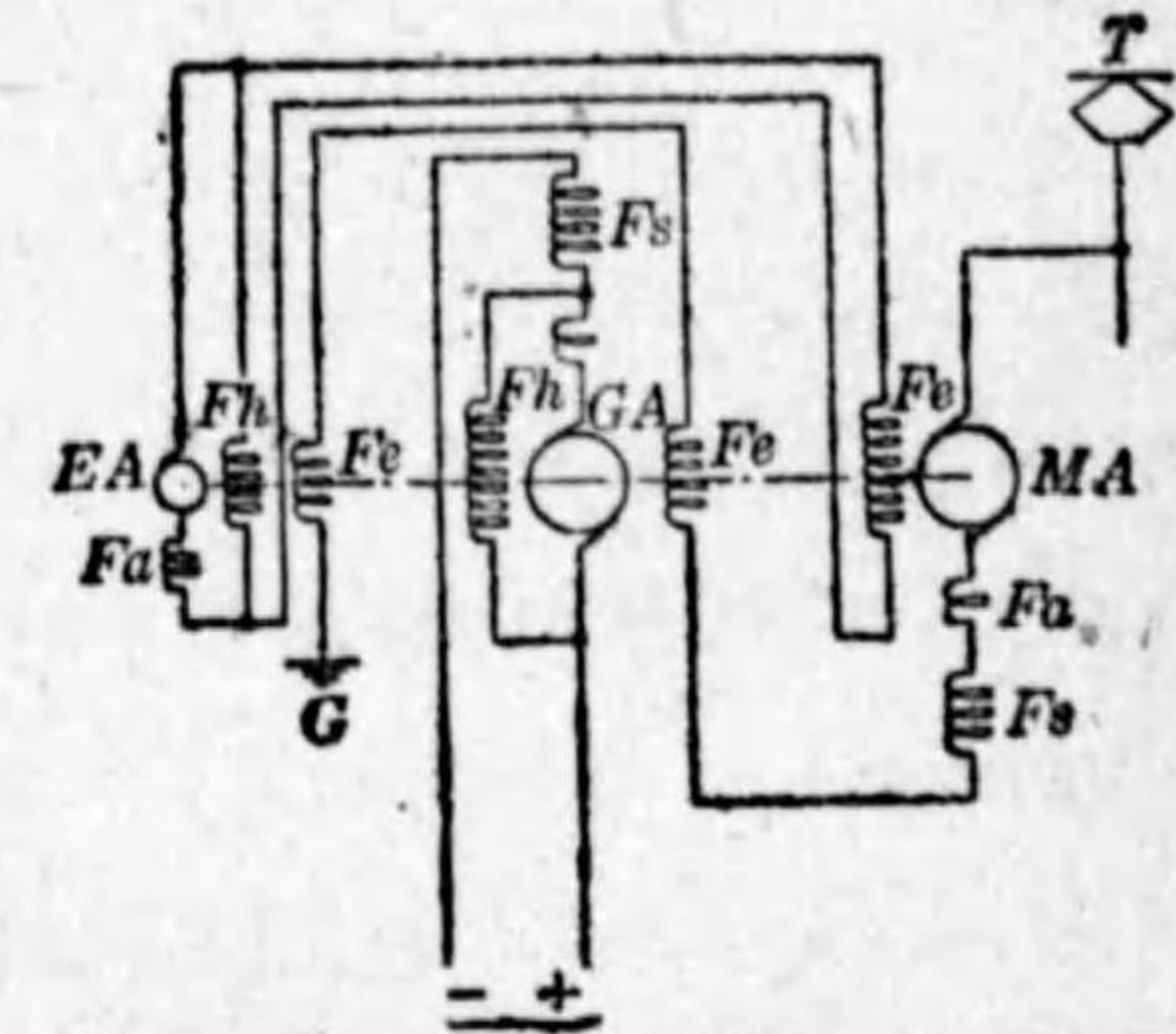
て之を遠方から制御するには、開閉器に依り電磁瓣を働かせるので、即ち車掌が開閉器を閉じて電磁に電流を通すれば、前記の開扉の作用を爲し、電流を切れば閉扉の作用を爲すのである(第48圖)。之と同時に扉を全部閉ぢたるときは、直列に接続せられたる扉開閉器の閉路に依り、運轉手知らせ燈(綠色燈)が點火し、反對に並列に接続せられたる扉開閉器の開路に依り、車側知らせ燈(赤色燈)が消える様に装置するのが普通である(第48圖、第49圖)。

5. 電動發電機

直流高壓式に於て、總括制御装置の制御用、電燈用、自働扉開閉装置あるときは其の操作及び信號用等の各電源としては、低壓が望ましいのである。高壓直流から低壓直流を得るには抵抗器を使用する方法、發電動機を使用する方法、蓄電池を使用する方法等もあるが、最も一般的にして且つ最も都合宜き方法は電動發電機を使用するものである。即ち電動機に電車線よりの高壓直流を受けて働かせ、之に依つて低壓直流發電機を廻轉せしめるのであるが、發電機

の電壓は上記諸種の需用に最も都合宜き 100 ヴォルト位にするのが普通である。

電動發電機の發電機側の電壓は、電車線電壓の變動及び負荷の變動に際しても、成るべく其の變動の少いのが望ましいので、之が爲



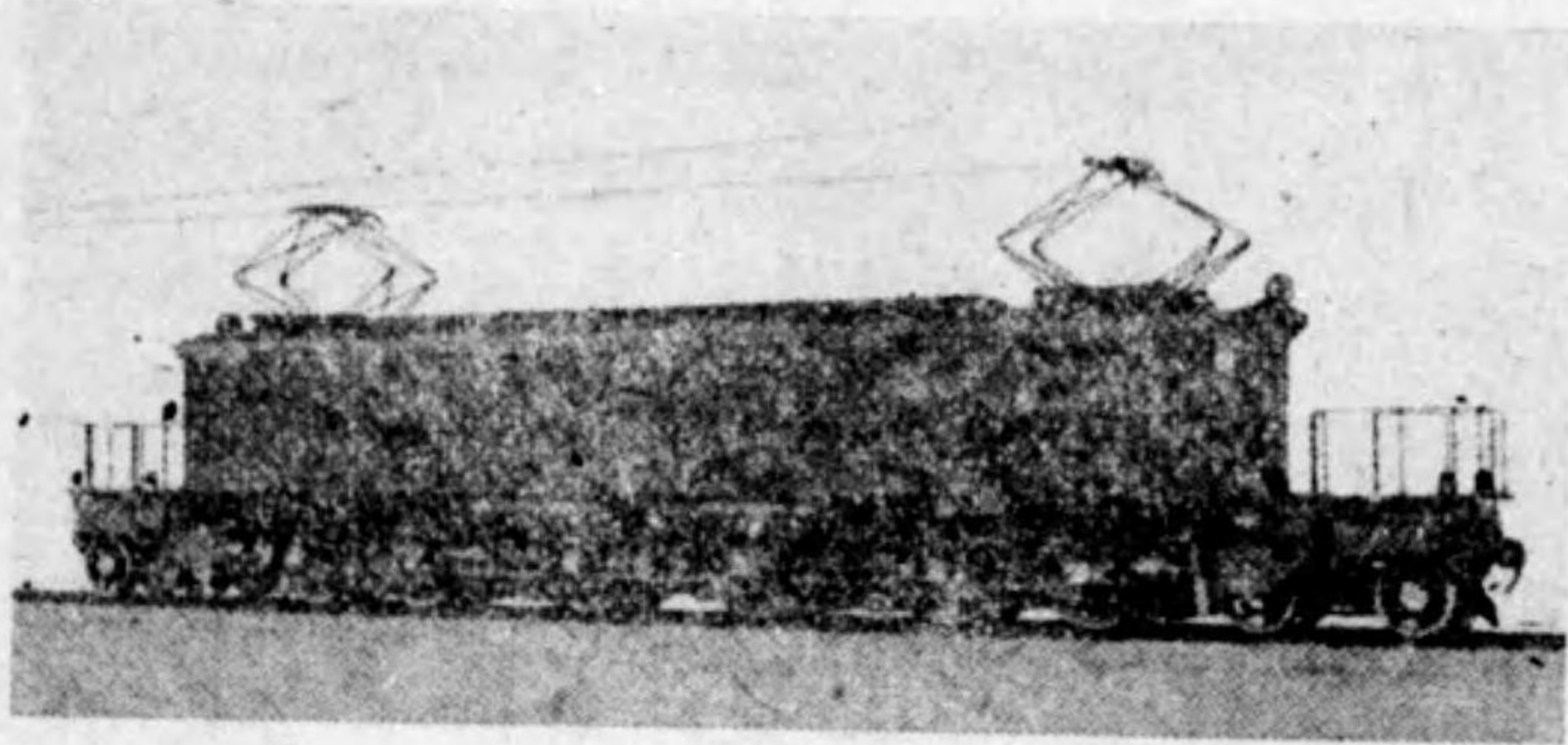
MA 電動機電機子 GA 發電機電機子 EA 勵磁機電機子 Fc 他勵磁主界磁 Fg 直列主界磁 Fh 分捲主界磁 Fa 補助界磁

第 50 圖
電動發電機接続例(勵磁機付)

めに電動機及び發電機を適當なる複捲とすることが必要である。今勵磁機を併用する一つの例の電線接続關係を示せば第50圖の通りである。

第八章 電氣機關車

電氣機關車は電動車と同様の設備を有し、客車又は貨車を多數連結して牽引する役目を有するものである。而して其の機械器具は、電動車の場合と異り、室全體に互り任意配置することが出来る。車體は多く體裁等には全く構はずに堅固一方に作り、車臺も餘り乘心地に關係なく比較的簡易なる構造とするのである。



第 51 圖 電氣機關車

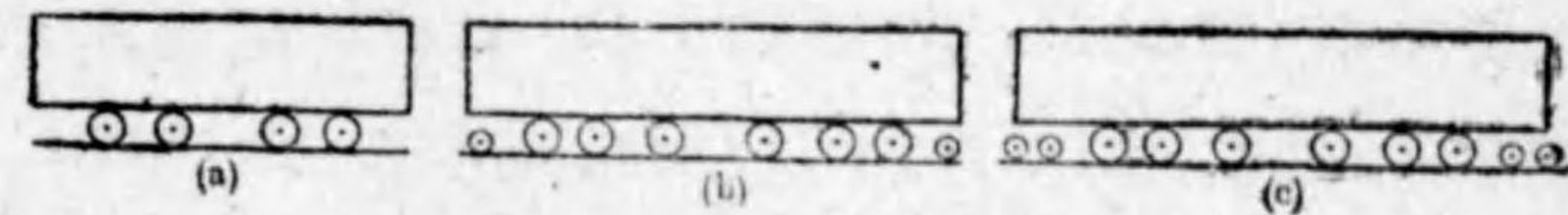
1. 電氣機關車の種類

電氣機關車は種々の點から其の種類を別けることが出来る。電氣鐵道の方式から云へば、直流式(低壓及高壓)、單相交流式、三相交流式及び自動式があり、又特殊の場合としては車内で電氣方式を變へる單相三相交流式及び單相交流直

流式、電車線、ディーゼル機關、蓄電池の何れからでも電流を供給し得る三動力式等がある(我國では直流式のみ)。次に其の用途より云へば旅客列車用、貨物列車用及び入換用の各種がある。而して是等の種類に依つて機關車自體の設計及び構造竝に其の設備に於て各相違がある次第である。

2. 電氣機關車の構造

電氣機關車の全體の形狀は、其の大小に應じ機械器具の配置を考へて定めるので、大體箱形及び傾斜端形に別つことが出来る。また其の車臺の種類も普通電車の固定軸單車臺及びボギー車臺に相當する固定軸距型及びボギー型の外に、車軸の數の多き場合には色々の特殊のものがある。我



第 52 圖 電氣機關車各種車臺例

國に於て最も廣く行はれて居るものは四輪ボギー車臺(第 52 圖 a)、特殊六輪ボギー車臺の前後に従輪又は従車臺を有するもの(同圖 b 及び c)である。従輪及び従車臺は比較的速度の大なる電氣機關車に使用して、圓滑なる運轉を爲し得るのに效能がある。

ボギー車臺の中で、二つの異なる種類即ちノンアーチキュレテッド(Non-articulated)及びアーチキュレテッド(Articulated)の區別が認められる。其の相違は前後各車

臺をして全く關係なしに、車臺センター・プレートを中心として車體部に對し移動し得るものと、前後兩車臺を關節で連結して、相互運動を束縛するものとである。而して前者に於ては、客車又は貨車を連結する爲めの連結器は臺框の端部に取付けられ、従つて電動機の牽引力はセンター・プレートを経て牽引車に傳へられるに反し、後者に於ては連結器は車臺の端部に取付けられ、牽引力は直接に牽引車に傳へられるのである。此の關係から後者の方が、大なる牽引力を與ふる場合に適當せる構造なるを知るのである。

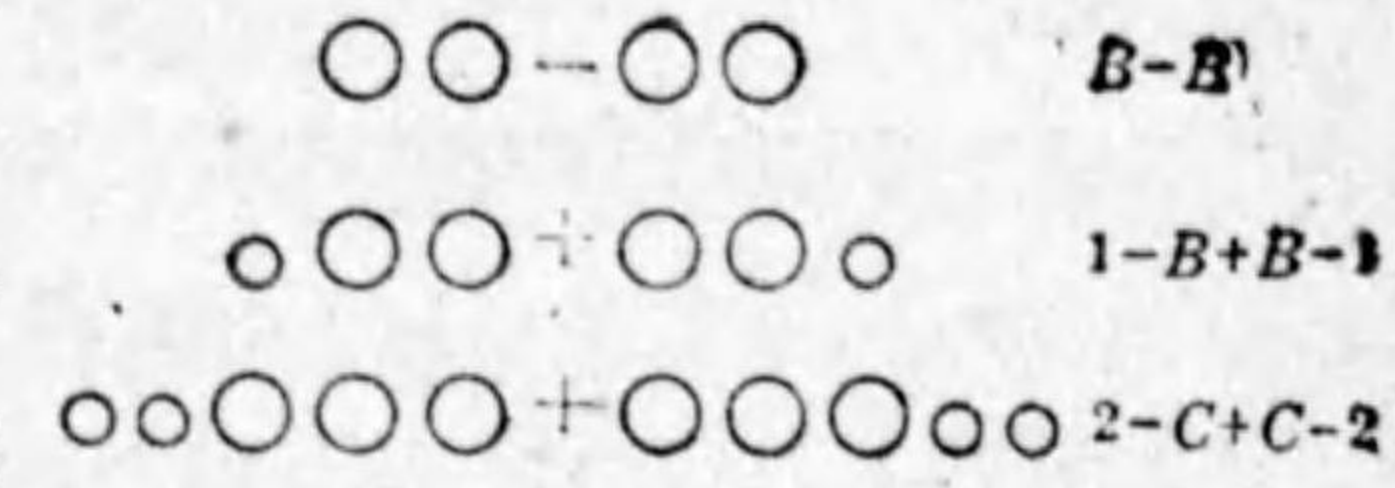
3. 電氣機關車の分類を示す方法

電氣機關車を分類するに最も必要なる點は、車輪又は車軸の配置であるが、其の區別を表はすに、働輪及び從輪の車輪數を總て數字を以てするものと、働輪車軸數をA, B, C等の記號を以てし、從輪軸數を數字を以てするものとあるが、最近は後の方法が一般に用ひられる傾向である。即ちAを以て働輪軸1箇を、Bを以て同2箇を、Cを以て同3箇を示し、1を以て從輪1軸を、2を以て同2軸を示すが如きである。又車臺間の(+)はアーチキュレーションを、(-)はノンアーチキュレーションを示す(第53圖)。

電氣機關車の分類を示すに、車輪の配置以外の事項をも記載するのが便利である。例へば

B-B — 120/120 — 4 GE 251 — 600

について、B-Bは
車輪の配置、次の
120/120は各働輪
軸上の重量の噸數
及び全重量の噸



第53圖 車輪配置表示法

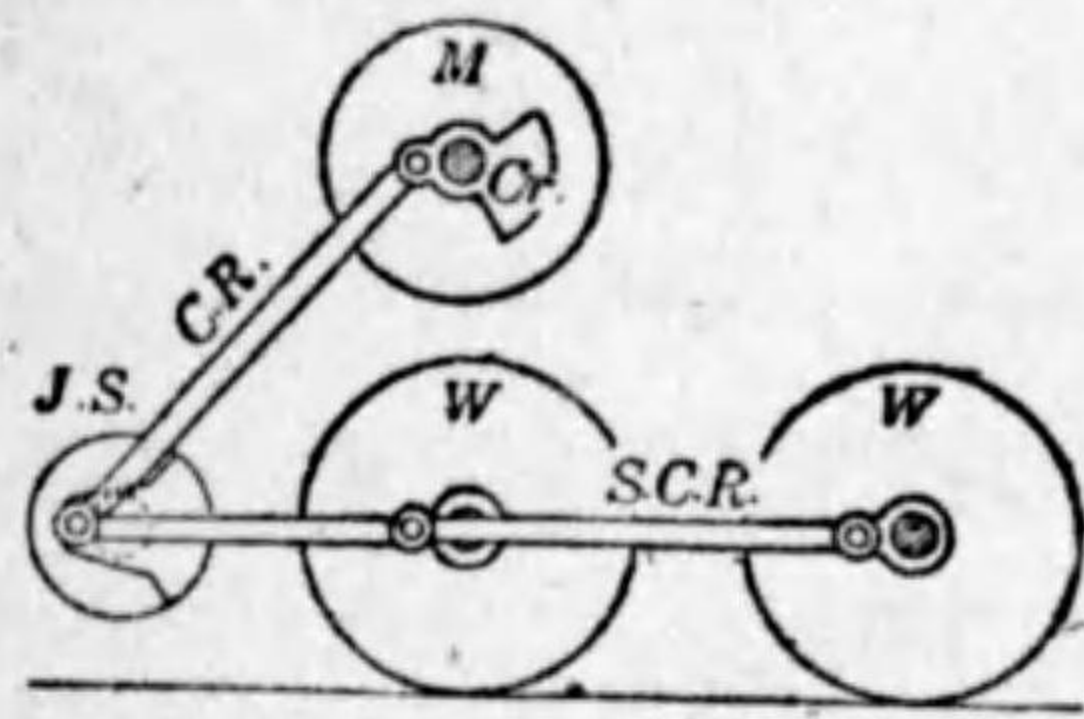
數、次の4GE 251はGE 251型電動機4箇を設備せること、次の600は電壓を示すが如きである。

4. 電動機の動力傳達の方法

電氣機關車に於ける電動機は、車輛の床下の外其の室内にも取付け得られる等、電動車の場合に比し設計比較的自由であるから、電動機の動力を車軸に傳へる方法も多種多様である。之を大別すれば箇別式及び集合式の2種とすることが出来る。箇別式と稱するのは電動機各箇(又は稀に2箇1組)の動力を、箇別的に各1箇の車軸に傳へるものであるから、此の場合には電氣機關車の附着重量は電動機の箇數に相當するものである。箇別式傳動方法を更に細別すれば齒車式及び無齒車式の二種となる。前者は普通の電動車の突起支持法に依る場合と大體同様で、我國の電氣機關車に於て最も廣く應用せられる方法である。後者は電動機の電動子を直接車軸に裝置するか、又は車軸を圍む内空軸を電動機軸として、運動をバネを経て車輪に傳へるものである。無齒車式は勿論運轉速度の著しく大なる場合に限り

應用せられる。

集合式傳動裝置は側桿式傳動裝置 (Side rod drive) と

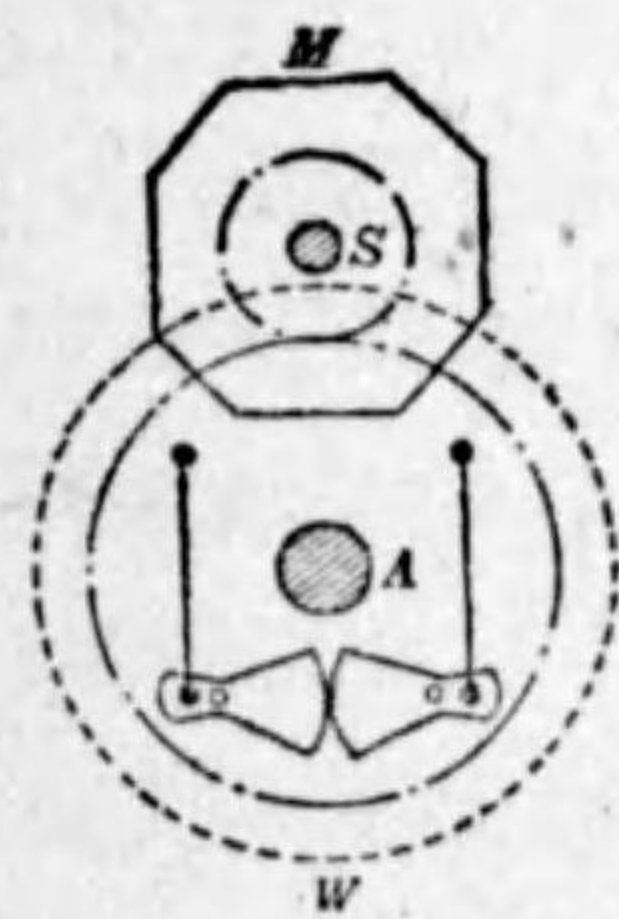


M 電動機 Cr. クランク J.S. ジャック軸 W 機輪 C.R. 連結桿 S.C.R. 側桿

第 54 圖

側桿式傳動裝置 (ジャック軸使用)

と稱する中間軸を経て行はれる場合が多い(第 54 圖). 此の種の傳動法で運轉速度の比較的小なる場合には齒車裝置を併用し、之で減速してから連結桿に運動を傳へることも出来る。我國に於て側桿式傳動裝置を用ひて居る例は省確氷線の電氣機關車に見る



第 55 圖 ブッフリー式傳動裝置

ことが出来るが、同機關車は急勾配線用で、運轉速度の特に小なるものであるから、勿論齒車が裝置されて居る。

上記傳動方法には詳細の點に於て猶ほ色々異つた各種がある。例へば箇別式の特種なブッフリー式傳動裝置、側桿式の特種なスコッチ・ヨーク式傳動裝置等である。此の中ブッフリー式傳

動裝置は我國の電氣機關車にも用ひられて居る例があり、齒車裝置のギアから、小連結桿及び齒狀セグメント付槓杆を以て、可撓的に運動を車輪に傳へるものである(第 55 圖)。

第九章 軌道

電氣鐵道に於ては他の一般鐵道と同様に、車輛の通過する爲めの軌道を作ることが必要である。其の建設方法は専用道路上に施設する場合と、市街等の路面上に施設する場合とで稍異なる點があるが、何れも砂利、割栗石又は混凝土等で丈夫なる基礎を作り、其の上に枕木を適當の間隔に配置して、これに軌條を載せて取付けるのである。而して1對の軌條のみを有する軌道を單線、2對を有する軌道を複線、4對を有する軌道を複々線等と稱する。

1. 軌條

軌道を形成する各部分の中で、最も必要なるものは軌條である。軌條の材質は鋼鐵であるが、其の中に包含せらるる鋼以外の含有物の分量の多少に依り、其の硬軟を異にするのである。摩耗の程度の特に大なる箇所には、マンガニースを比較的多分に含有するマンガニース鋼又はニッケル



第56圖 各種軌條

を特に入れたニッケル鋼等の特殊鋼を使用することがある。軌條の斷面の形狀は、現今一般に T 形と稱するものが使用されてゐる(第56圖 a)。其の太さの割

合に最も堅固なるものである。路面鐵道に於ては従來鋪裝を容易ならしめる點から、溝形及び段形(第56圖 b, c)が用ひられて居つたが、軌道構造法の改良に依つて、此の場合にも専ら T 形が使用せらるゝに至る傾向である。

軌條の太さはメートル式に依れば、1米の長さの重量の疋數(吋封度式では1碼の長さのものの封度數)に依つて表はすのである。例へば30疋(60封度)の軌條と云ふが如きである。而して我國に於て最も普通に用ひられて居る軌條は22~50疋のもので、主として鐵道の種類、電氣車の重量及び其の運轉速度に依つて適當なる太さが選定されるのである。而して路面鐵道では比較的太いものが一般に使用される。第3表は我國各種鐵道に於ける、軌條使用の範圍の一般を示すものである。

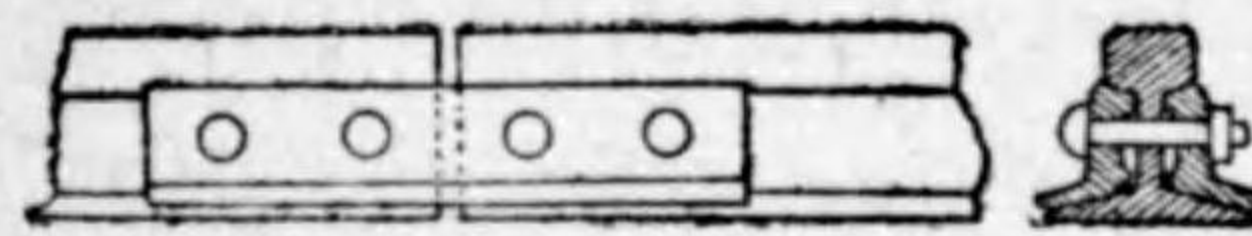
第 3 表

| 鐵道の種類 | 軌條の太さ (疋/米) |
|----------------|-------------|
| 市街鐵道 | 30~67.5 |
| 郊外鐵道 | 22~37 |
| 市内高速度、市間、幹線各鐵道 | 30~50 |

軌條一條の長さは10米又は9米を標準とするものが普通であつたが、近來は之よりも長い20~25米の所謂長尺ものを使用することが屢である。

2. 軌條の接續

軌條を敷設するには、之を次々に接續して連続的とすることが必要である。軌條の接續箇所即ち継目には、普通継目板を用ひる。継目板は短冊形の鋼板又は山形鋼で、之を



第 57 圖 軌 條 継 目

前後兩軌條に跨りて軌條の腹部即ち軌條身の兩側に當て、軌

條身及び継目板を貫いて明けた孔にボルトを挿込み、ナットで締付けるのである(第 57 圖)。継目板の長さ及びボルトの数は、軌條の太さに依つて適宜選定するのであるが、ボルトの數に就て云へば、普通の太さの軌條に 4 箇、特に大なるものに 6 箇を用ひる。

軌條は氣温の高低に従ひ伸縮するのであるが、之に對し軌條の継目に無理の生じないやうにするには、軌條敷設の際の温度の如何に應じ、相當の間隙を存して置くことが必要である。例へば軌條の長さの膨脹係數を攝氏 1 度に付 0.0000124 とすれば、10 米の軌條に就て温度 60 度の變動の爲め生ずる長さの變動は

$$10 \times 1000 \times 0.0000124 \times 60 = 7.4 \text{ 米}$$

であるから、最低温度に於て軌條を敷設する場合には、間隙を約是位にし、夫より敷設の際の温度の増加するに伴ひ間隙を小にし、最高温度に於ては軌條と軌條とを全く密接せ

しめるのである。

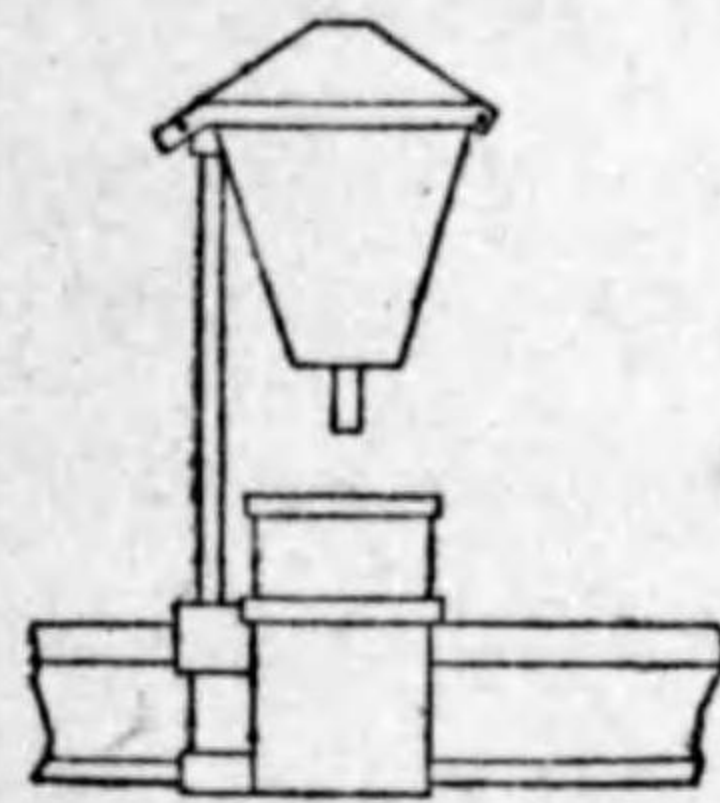
3. 軌條の熔接

前節に述べた様に軌條の継目には、適當の間隙を存するのが原則であるが、路面に敷設せられた軌條で、大部分が鋪装中に埋もれて居る場合、又は隧道等で温度の變動が少い場合には、軌條を熔接し間隙を無くして、一本の連続的のものにするも大した差支を生じない。而して一方軌條を熔接する爲めに得らるゝ利益は、軌條の継目に於ける凹みが無くなる爲め、電氣車運轉の動搖を少くすること、軌條を歸線として利用する場合には、ボンドを用ひるよりも抵抗少く、且接續が確實であること等である。

軌條の熔接には鑄接法(Cast welding)、テルミット熔接法(Thermit welding)、電氣熔接法(Electric welding)、瓦斯熔接法(Gas welding)等の種類がある。此の中鑄接法とテルミット熔接法とは何れも軌條継目に鑄型を嵌め、之に熔融鐵を流し込んで接續を行ふものであるが、前者は多量に豫め熔かしてある鐵を用ひ、後者は其の接續箇所毎に別別に熔融鐵を作つて行ふ點が相違する。次に電氣熔接法は電熱を利用して接續を行ふもの、瓦斯熔接法は高熱を發する酸素アセチリン瓦斯を用ひて接續を行ふものである。

上記諸種熔接法の中、我國に於て最も多く行はれて居る方法は、テルミット熔接法である。今此の方法に就て少し

く詳細に説明して見よう。テルミットと云ふのは酸化鐵とアルミニウムとの混合粉末であるが、今之を特殊の容器に入れ、テルミット上に載せた發火劑に點火すると、テルミットに化學作用を生ぜしめ、爲めに酸化鐵中の酸素とアルミニウムとが化合して酸化アルミニウムを作り、純鐵を分離せしめる。而して鐵は高熱の爲めに熔融の状態になつて下に沈み、酸化アルミニウムは上に浮んで居るから、容器の下方の口を開ければ、鐵は軌條繼目の鑄型内に流れ込み、冷却に依つて熔接が完全に行はれるのである(第58圖)。



第 58 圖
テルミット熔接装置

ニウムとが化合して酸化アルミニウムを作り、純鐵を分離せしめる。而して鐵は高熱の爲めに熔融の状態になつて下に沈み、酸化アルミニウムは上に浮んで居るから、容器の下方の口を開ければ、鐵は軌條繼目の鑄型内に流れ込み、冷却に依つて熔接

が完全に行はれるのである(第58圖)。

4. 軌 間

軌道に於ける一組の左右兩軌條の間隔を軌間(Gauge)と稱する。軌間には大體世界的に數種の一定標準があるが、就中最も廣く使用されて居る1.435米のものを特に標準軌間(Standard gauge)と稱する。我國に於ける電氣鐵道の軌間は1.435米(廣軌と稱する)又は1.067米(狹軌と稱する)を普通とするが、省線一般に後の軌間を使用して居る關係から、私設電氣鐵道に於ても自然最も有勢である。1.435米の軌間を使用して居るものは東京附近に於ては京濱、湘南、東京地下各鐵道に過ぎないが、京阪神地方に於ては京都

市電、京都電燈(叡山線及び嵐山線)、鞍馬、京阪、奈良、大阪市電、阪堺、大阪電軌、阪神、阪神急行、神戸市電、山陽、播電の各鐵道皆是である。其の他北陸、中國、四國、九州各地方に此の軌間を使用する少數の鐵道がある。以上の軌間の外0.762米の軌間が全國に於けるきはめて少數の簡易鐵道に使用され、また1.372米の特殊の軌間が東京市電及び附近に於ける京成、京王、玉川、横濱市電等の各鐵道に行はれて居る。

軌間の大なるものは、大なる電氣車を大なる速度で運轉し得る理由から、輸送力を大にし得るのであるが、一方建設費を多く要する。此の點を考慮して、鐵道の種類、輸送量等から、廣軌を用ふるか將又狹軌にするかを定むべきである。

5. 勾 配

線路が水平でなく斜面になつて居る部分、即ち軌道の勾配の緩急を表はすには何分の一、何パーセント(%), 千分の幾何(‰)等種々の方法があるが、何れも斜面の水平距離に對する垂直距離の割合である。メートル式では千分比を以てするのが普通で、例へば水平距離1000米で25米登つて居る如き勾配は1000分の25と稱するのである。之を分數で表はせば $1/40$ 、パーセントで表はせば2.5%である。

線路の勾配部分では、之を登る場合に平坦線よりも餘分の電力を要するから、一般に勾配線では單位噸斤の運轉に

對する所要電力量も増加するのであるが、又一面勾配を少くするには、建設費を多く要するのであるから、全體の經濟上から其の程度を定めなければならない。尤も電車運轉の鐵道線路に於ては、蒸汽鐵道と異り、勾配のあることを左程苦痛としないから、其の建設も比較的廉價で施行することが出来る。

勾配の最急限度は、電氣車運轉に際し牽引力、制動力等の關係より、危險を生ぜざる範圍内にすることが必要であるが、簡易なる電車運轉等では、此の限度も自然大にすることが出来る。主要幹線に於ては、出來得るならば 1000 分の 25 位に限定するのが望ましいが、我國の規程上よりは地方鐵道法に於て 1000 分の 33、軌道法に於ては 1000 分の 40 である。尤も工事上止むを得ざる場合には、許可を得て更に急なる勾配を使用することが出来る。例へば東京市電でも 1000 分の 66.7 位の箇所が隨所にある。又省線でも碓氷線に矢張り 1000 分の 66.7 の急勾配があるが、大なる連結列車に對して斯の如き勾配は運轉上多少の不安がある爲め、此の區間に於てはアプト式と稱する特殊の装置を用ひ、普通の附着軌條の外に齒軌條を敷設して安全を期して居る。猶ほ我國に於ける最急勾配の線路は箱根登山鐵道の 1000 分の 80 のものである。

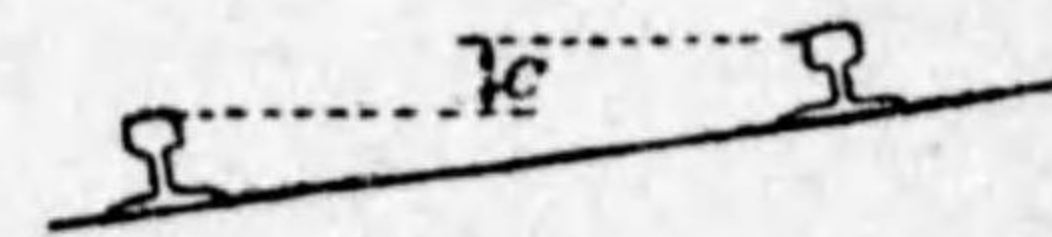
6. 曲 線

軌道の直線でない曲線部の緩急を表はすには、普通兩側一組軌條間の中心線の爲す曲線の半徑を以てする。例へば半徑 300 米の曲線と稱するが如きである。曲線を何度として表はす方法もあるが、我國には行はれて居ない。

曲線は電氣車運轉に對し、車輪及び軌條の摩耗を甚しからしめること、運轉抵抗を大ならしめること、脱線の事故を生じ易きこと、乗客に不愉快を與ふること等の結果を生ずるから、曲線を設くるの止むを得ない場合でも、出來得る限り之を緩にすると同時に、曲線箇所運轉の速度を小にしなければならぬ。我國に於ける曲線の最急限度は、主要幹線では 300 米以上に定められて居る場合もあるが、私設鐵道に對する規程上よりは、地方鐵道に於て 160 米、軌道法に於て 11 米(但し路面の場合)である。

7. 曲線軌道に於ける諸施設

軌道曲線部に於て、電氣車が脱線する傾向を防止する爲め、曲線外側の軌條を内側のものよりも高くするのが普通で、即ち高度(Cant)を附するのである(第 59 圖)。

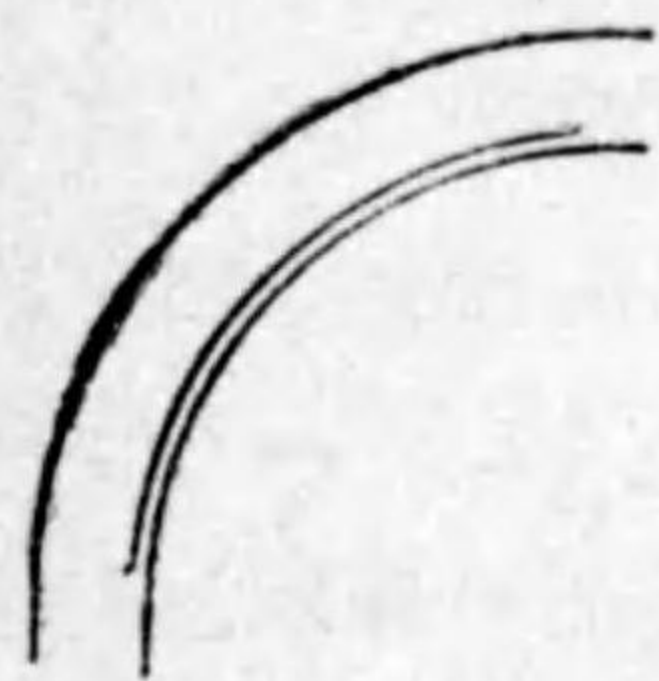


第 59 圖 軌條高度

高度の適當なる程度は軌

間、曲線半徑及び電氣車運轉速度に依つて定むべきである。

半徑の特に小なる急曲線では、曲線内側の軌條に沿うて別に一本の軌條を敷設する方法を用ふれば、車輪の脱出を



第60圖 護輪軌條

防止するに極めて有効である(第60圖)。別に敷設せられる此の軌條を護輪軌條(Guard rail)と稱する。尤も護輪軌條は脱線を防ぐ爲めのみでなく、曲線外側の軌條の過度の摩耗を防止する爲めにも使用せられるが、前記の目的とは別であるから、普通軌條と護輪軌條との間隔は特に小にしなければならない。

曲線軌道と直線軌道とは、直接に之を接続しないで、徐々に變化する中間的曲線を挿入するのが理窟上最も可である。何となれば曲線に於て軌道に高度を附するのに、直線から圓曲線に入る場合急に此の高度を附する譯には行かないで、徐々に高さの相違が與へられるのであるから、曲線も此の高度に應じて徐々に半徑を小にすべきである。斯の如き中間過渡的曲線を緩和曲線(Transition curve)と稱する。尤も其の施設は稍複雑であるから、簡易なる鐵道に於ては多く使用が省略せられるのである。

曲線軌道に於ては、電氣車の車軸は軌條に對して直角でなくなるのである。其の程度は車臺の固定軸距の大小、軌間、曲線半徑等に関係するのであるが、車臺の一定の種類其の他一定の施設に對しては、曲線の緩急に應じ、兩側軌條間の距離を直線部に於けるよりも擴げなければ、車輪が其の

間に納まり得ないことになる。即ち擴度(Slack)を設けることが必要なる所以である。

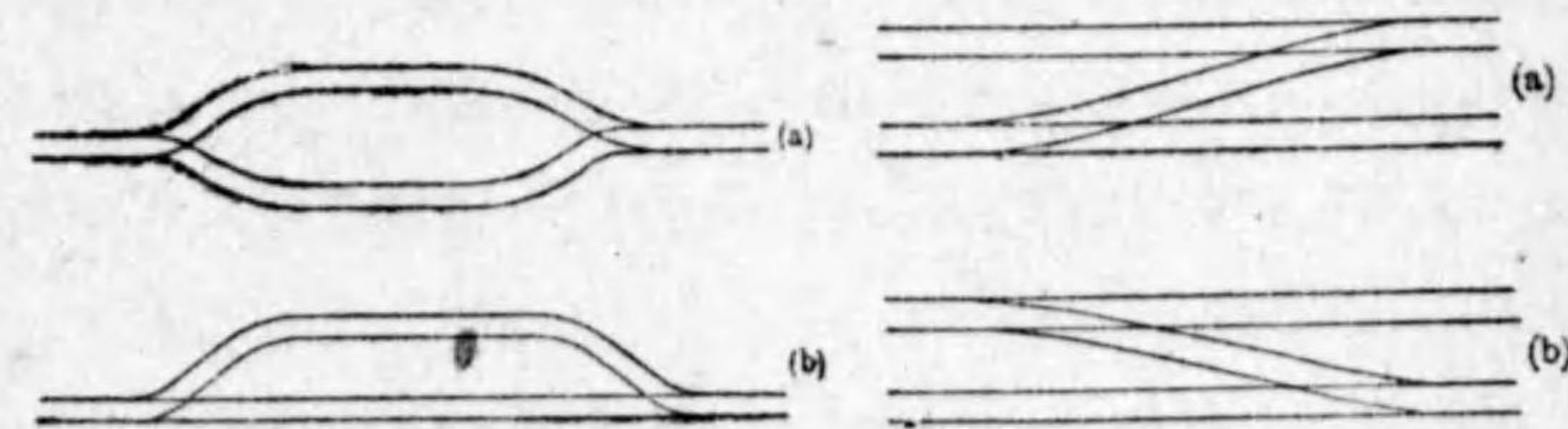
複線其の外軌道の相並行する場合に、曲線部に於ては車體の一部は軌道中心より餘計外方に出るのであるから、斯の如き箇所軌道中心間隔は、直線箇所よりも大にしなければ、行違ふ電氣車が互に觸れ合ふ心配がある。

8. 各種の軌道

軌道は大別して、營業車の通過に使用する本線及び之に直接關係なき列車等の入換竝に連結開放等を行ふ爲めの側線の二つとすることが出来るが、本線でも側線でも、特殊の線路配線の方法が極めて多く、夫々之に名稱が附いて居るのである。特殊軌道の主なるものは次の如きである。

(a) 待避線(Turn-out) 單線軌道に於て、停車場又は途中で、運轉方向反對なる電氣車が行違を爲し得る爲め、一部分を複線軌道としたものである(第61圖)。

(b) 互り線(Cross-over road) 複線軌道等の兩軌道に跨



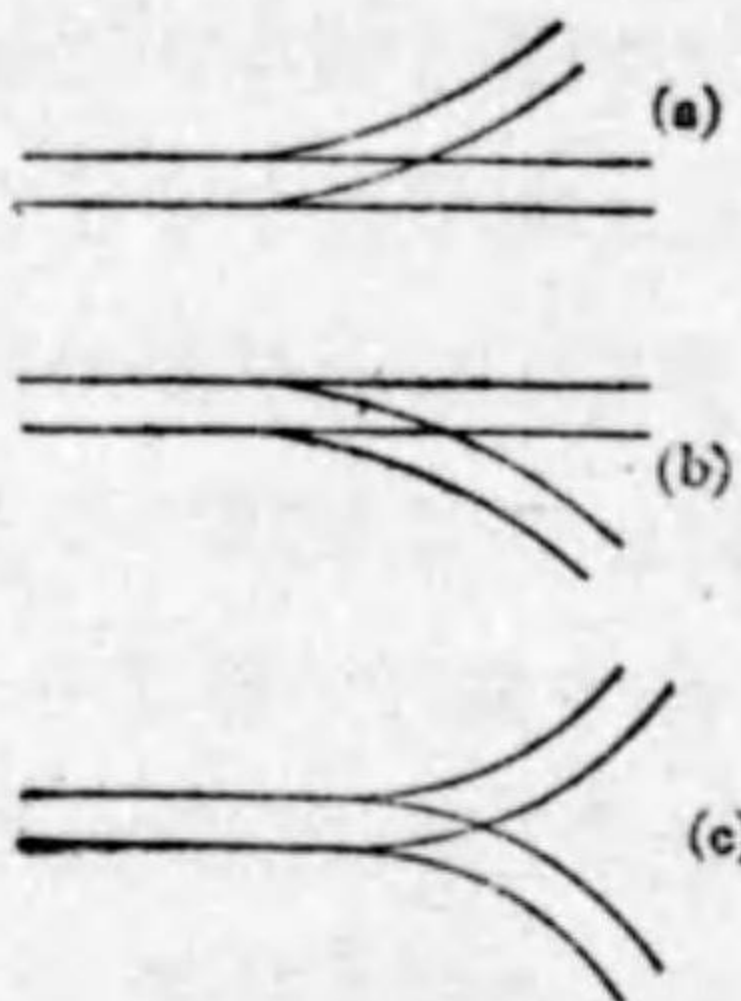
第61圖 待避線

第62圖 互り線



第 63 圖
シザー・クロッシング

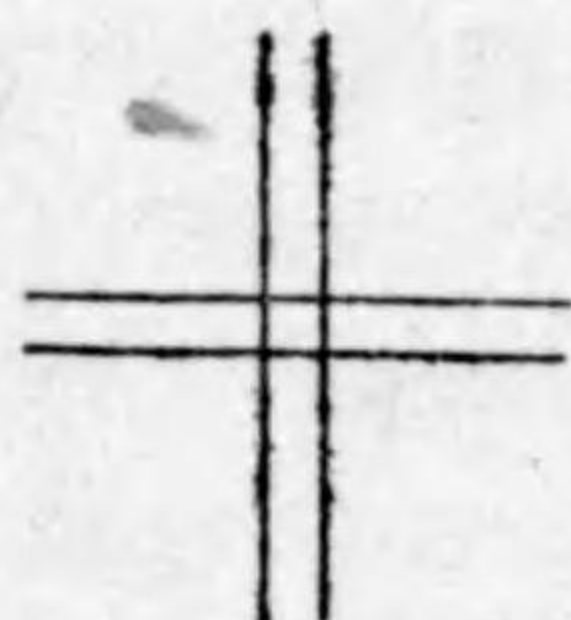
りて兩軌道を連絡する爲めの線である(第62圖). 其の特殊の例としてシザー・クロッシング (Scissor crossing) がある(第63圖).



第 64 圖 分岐線

(c) 分岐線 一軌道が分岐して二軌道となる點を云ふのである(第64圖).

(d) 交叉線 (Crossing) 軌道と軌道とが交叉するものである(第65圖).



第 65 圖 交叉線

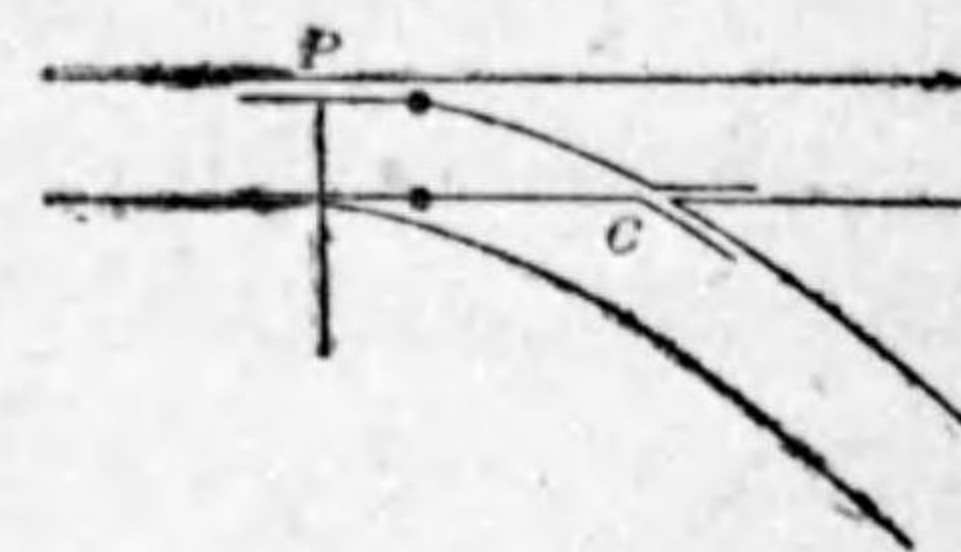
其の外種々の特殊軌道を必要に應じ使用する.

9. 轉轍器及び轍叉

特殊の各軌道に於ては、軌道と軌道とが分岐又は交叉する場合に、軌條と軌條と相合する點及び軌條と軌條と相交叉する點に、基本軌條と別な軌條装置を挿入することが必要である。前者を轉轍器 (Switch point), 後者を轍叉 (Crossing) と稱する。

轉轍器は車輛の進行を適當に支配する役目を有するものであるから、これを轉換し得るやうにしなければならない

(第66圖). 而して車輛の進行方向が常に定まつて居る場合には、バネの作用に依り自動的に動作せしめることも出来るが、一般には何方へでも車輛を導き得る様にする爲めに手働とし、機械的に動作せしめるのである。尤も電磁又は小電動機を用ひて遠方から電氣的に操作し、又は列車運轉に依り自動的に作用せしめることも出来る。



第 66 圖 轉轍器及び轍叉

轍叉の箇所では、一部分空隙を設けなければならないから、輪縁の異方向に進むのを防ぐ爲め、護輪軌條を附加しなければならない。而して線路の状態に應じ、交叉せる軌條相互間の角度即ち轍叉角を適宜選定することが必要である(第66圖).

10. 軌道の建設

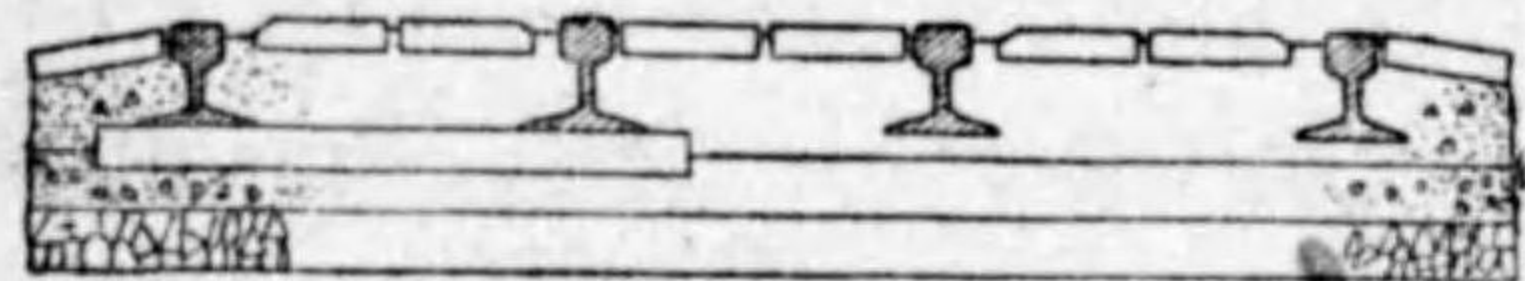
鐵道専用の道路上に軌道を敷設する場合には、先づ其の地勢に依り、或は土地の高き部分を切取り、或は低き部分に盛土を施し、全體を成るべく平坦にした上、軌道の基礎とな



第 67 圖 専用道路上の軌道

るべき土砂の路盤を作るのである。次に路盤の上に主として砂利を用ふるバラストを撒布して道床を作り、其の上に枕木を配列し、更に其の上に軌條を載せて軌條を犬釘で枕木に固定する。而して枕木の下側にも砂利を填めて、能く之を搗固めるのである(第67圖)。

路面上に軌道を敷設する場合は、上記と稍趣を異にし、路面を掘返して



第68圖 路面上に於ける軌道

路面を掘返して割栗石等で路盤を作り、其の上を砂利、混凝土、アスファルト等で適當に施工し、枕木を並べ軌條を載せて取付け、兩軌條間竝に軌條の外方に花崗石、木塊、混凝土、アスファルト等の鋪装を施して路面を平らにするのである(第68圖)。

11. 鐵道橋及び隧道

軌道が河川溝渠又は道路上を横斷する箇所には鐵道橋を架する。大體其の長さに依つて橋梁、溝橋、下水橋等に區別することが出来る(道路上に架するものは道路橋)。而して鐵道橋は一般に重き車輛を大なる速度で運轉する場合が多いから最も丈夫なるを要するが、橋臺及び橋脚に混凝土を、桁又は構桁に鋼材を使用するのが最も普通の工法で、桁橋及び構桁橋と稱する。

山腹を貫き又は河底を横斷して軌道を敷設する場合には、隧道を作るのが必要である。我國の一般隧道では、特殊の拱形が用ひられ、車輛の大きさ、單線用か複線用かに依つて其の大きさが定められる。

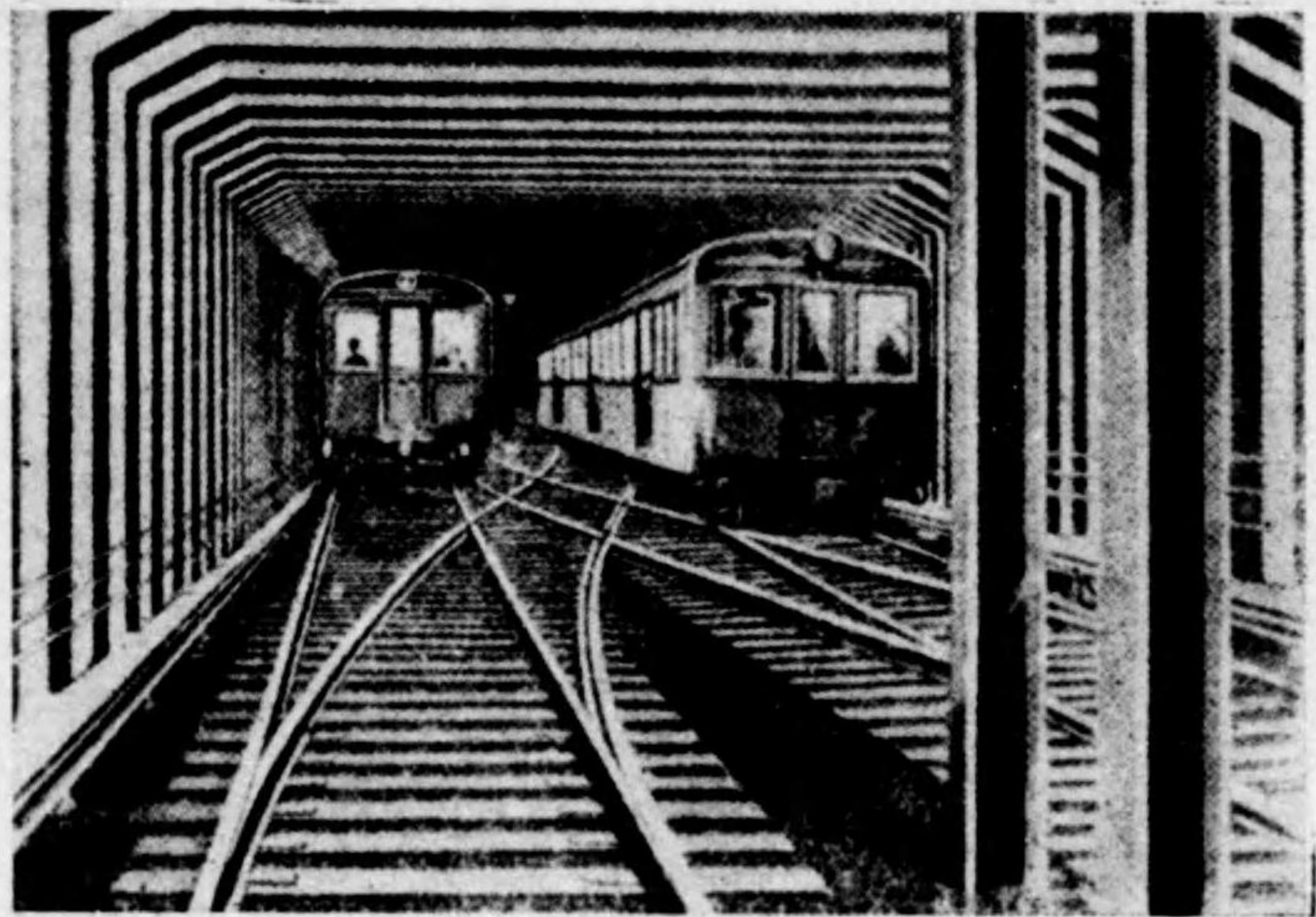
12. 高架鐵道

市内高速度鐵道の一種たる高架鐵道の線路は、一般に地面上高く鐵道橋を架したものであるが、其の構造は前記河川又は道路上の鐵道橋とは稍趣を異にして居る。之を鐵橋式、拱橋式及びスラブ橋式に別つことが出来るが、鐵橋式は主として鐵塔より成る橋脚の上に鐵桁を載せて構成するもの、拱橋式は煉瓦、混凝土等のアーチより成るもの、スラブ橋式は混凝土の板を混凝土橋脚上に支持せしめるものである。是等各種の建築方式は其の地面を支障する程度と、電氣車運轉の及ぼす音響の程度に於て相違がある。東京市内に於ける省線の一部は一面幹線、郊外鐵道、市間鐵道等の特性を備へつゝ、他面市内高速度鐵道と稱し得るものであるが、其の施工方法は最も古き部分は拱橋式、新しき部分はスラブ橋式を主として居り、又一部鐵橋式の所もある。

13. 地下鐵道

市内高速度鐵道の一種たる地下鐵道は、地下に軌道を施設するものであるから、高架鐵道に比すれば一般に要する建設費大であるに拘らず、高架鐵道の如く土地を支障する

こともなく、又電氣車運轉の音響を沿道の市民に感ぜしめることもないから、將來最も廣く用ひらるべき種類のものである。歐米諸國の大都市には何れも多少の地下鐵道線路を有して居るが、就中米國紐育市、英國倫敦市、佛國巴里市、獨國伯林市等は其の發達最も著しいものである。我國に於



第 69 圖 地 下 鐵 道

ても現に東京市及び大阪市に、小距離ながら其の施設を見て居る。

地下鐵道線路は隧道の連続と見て差支ないが、其の施工方法は普通鐵道の隧道と異なる點が多く、之を覆道式と隧道式とに別つことが出来る。覆道式は地表面を掘つて線路を造り、後で蓋をして埋戻しをするが如き方法で、之を路下式

鐵道即ちサブウェイ (Subway) と稱することも出来る。紐育市及び伯林市並に我國東京市及び大阪市に於けるものは、其の工事の詳細の點に於て多少の相違はあるが、大體此の種類に屬するものである。また隧道式は普通の隧道の如き特殊拱形にして、上側壁を煉瓦巻きにするか、然らざれば鑄鐵又は鋼鐵の圓弧を繼合せて作つた圓管を以て線路を作るもので、前者は巴里市、後者は倫敦市に於て其の例を見ることが出来る。倫敦市の主なる地下鐵道をチューブ (Tube) と稱して居るのは、其の施工方法から來て居るものである。而して隧道式では、地表下の諸鐵管電纜等に全く關係なしに線路を造ることの出来る利點を有するが、工事中に於ける諸材料の運搬並に土壤の除去に困難を感じ、又營業に際して乗客の上下の運搬にエレベーター、エスカレーター等の特殊の設備を必要とする不利がある。

14. 停車場

路面鐵道に於ける停留所には、別段の施設を必要としないのを普通とするが、専用軌道に依る鐵道等に於ては、多く停車場と稱する(最も簡單なるものは停留所と稱することもある)建物其の他の施設をして、所謂驛員を之に配屬し、切符の出改札其の他萬般の事務を取扱ふ處を作らなければならない。勿論其の施設の程度は場合に依つて著しく異なるので、幹線に於て多數の乗客及び貨物を取扱ふ場合には、建

家に待合室,貨物室,驛員室,便所等を設けなくてはならないのみならず,線路關係に於ても車輛の入換,連結,開放等を行ひ得る爲めに多數の軌道を必要とし,従つて停車場内の車輛の運轉を制御する爲めに特殊の聯動装置と稱する保安の装置を必要とするが如き場合も生ずるのである。

第十章 電車線路及び導軌條路

電氣車の運轉を行ふには,軌道に沿うて導體を施設し,之から電流を供給し得る様にしなければならない。即ち電車線又は導軌條を必要とするのである。此の電車線及び之を支持する工作物全體を電車線路,導軌條及び之を支持する工作物全體を同様に導軌條路と稱する。軌道を電氣回路の一部に利用する場合の歸線は,電車線路又は導軌條路の中には含まれない。

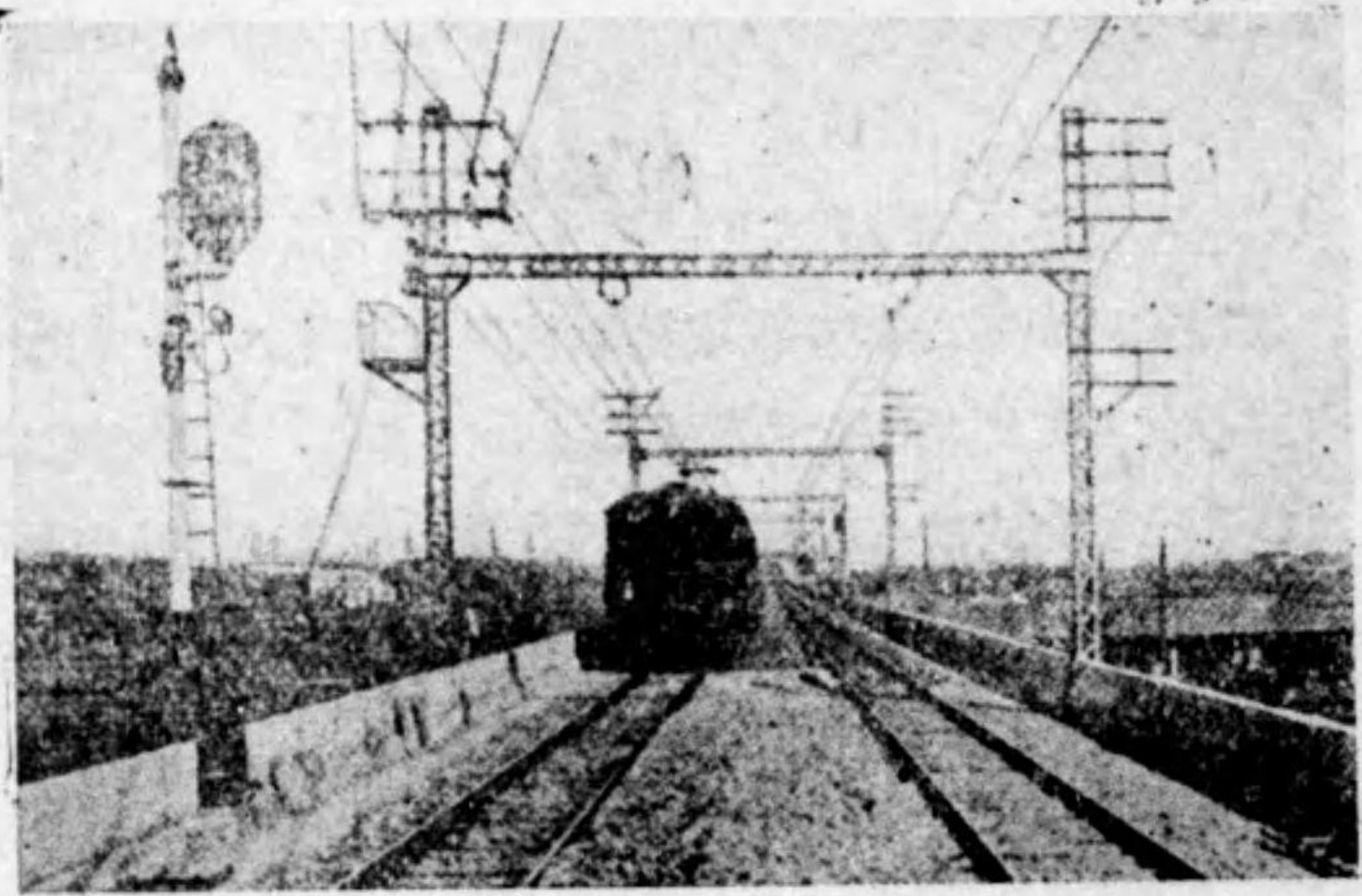
1. 電車線路及び導軌條路の施設方式

電車線路及び導軌條路は,使用せらるゝ導體の種類及び其の施設方法に依り,各種の方式に區別することが出来る。直流式の場合に於て最も普通に使用せらるゝものは次の如きである。

| | | | |
|---------|--------------|----------|------------------|
| (a) 架空式 | { 單線式 複線式 | (b) 導軌條式 | { 第三軌條式 第四軌條式 |
|---------|--------------|----------|------------------|

架空式は導體として電車線を使用するもの,軌條式は電車線の代りに導軌條を使用するものである。又架空單線式及び第三軌條式は,二條を要すべき電車線又は導軌條の中,一條の代りに軌道を利用するもの,架空複線式及び第四軌條式は軌道を全然利用しないものである。

以上諸方式の中第四軌條式は應用の範圍の極めて少いもので、勿論我國には行はれて居ない。架空複線式は從來繁華なる市街地に於ける路面鐵道等に一般に應用されて居つたが、夫等は次第に架空單線式に代用されんとする傾向である。蓋し架空單線式は軌道を歸線に利用する爲め、電蝕の障害を生ずる虞があり、之を防止するに餘分の施設を要するの不利があるが、電車線を一本宛に爲し得る爲め、施設が簡單であるのみならず、トロリー棒の外れる機會を著しく減ずることが出来るから、電車運轉上の諸利益が極めて大である。我國に於て横濱市電に於て一般に用ひられて居つた複線式は、全部單線式に変更せられた。東京市電の同様の變更は未だ全部に及ぼさるゝに至らないが漸次完成に



第 70 圖

近づきつゝある。

架空單線式は市外電氣鐵道に於ては勿論、路面鐵道に於ても最も廣く用ひられて居る方式である。第三軌條式は低壓又は之に近き電壓を用ふるを可とし、且つ比較的大なる電力を要するが如き高速度鐵道(特に地下鐵道)、其の他一般鐵道の隧道區間等に應用せられる。例せば東京地下鐵道、大阪市電高速度線、省線碓氷隧道區間等の如きである。

前述の諸方式の外、導體を軌道中央の暗渠内に施設する暗渠式、導體を地中に敷設し之を所々地面に表はす表面接觸式等があるが、何れも我國には行はれて居ない。暗渠式は世界に於ける大都市例へば紐育、倫敦、巴里等に用ひられて居る。建設費を多く要すること及び保守困難なることの不利を有するが、導體及び工作物を全く地表面上より除くことが出来る。

2. 架空式に於ける電車線吊架法

架空式に依り電車線を支持するのに、電柱から横に出した腕金に依つて吊した張線、又は左右電柱間に架した張線に直接之を取付ける方法は直接吊架法(Direct suspension system)である。單線式でも複線式でも此の方法を應用することが出来る。直接吊架法に對し、吊架線と稱する餘分の電線を使用して間接に電車線を支持する鏈線吊架法(Catenary suspension system)がある。此の方式は單線式の

みに應用することが出来る。鏈線吊架法に於ては、複線式とすることは構造上困難であり、又元來直接吊架法は比較的低速の運轉に、鏈線吊架法は高速度の運轉に適應するものであるが、複線式を要求するが如き場合には、運轉速度は一般に小なるを常とするから、鏈線吊架法とする必要はないと云ひ得るのである。

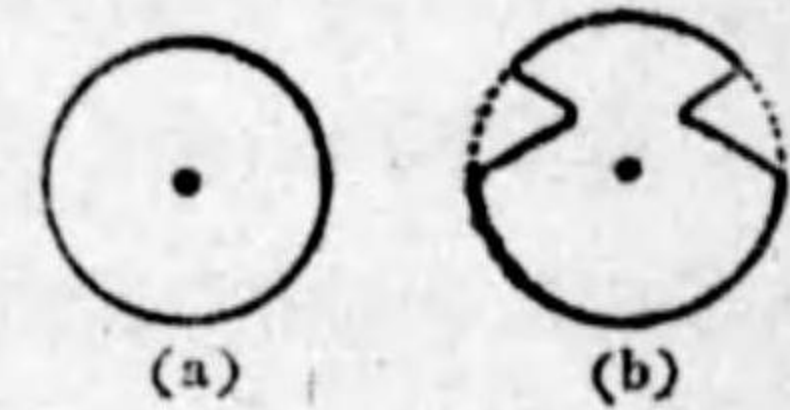
3. 電車線

架空式に於て一般に使用する電車線は導電率の大なることが必要で、主として硬銅線が使用せられる。其の外摩耗を少なくする爲め、導電の點を幾分犠牲にしてカドミウム線、硅銅線等を代用することもある。又鏈線吊架法に於て吊架用の電線が導電力の大なるものであるときは、電車線に鋼鐵線を使用することも差支ない。又電車線は勿論裸線で、切斷の際危険を生ずるのであるから、切斷の機會を成るべく少なくする爲め、電車線の電壓に應じて相當の強さ以上のものを使用しなければならない。規程では低壓式の場合直徑8耗、高壓式の場合10耗の硬銅線又は之と同等以上の強さ及び太さを有するものであることが要求されて居る。尤も實際に使用すべき電車線の太さは、之に通ずる電流の強さ等に關聯して適宜定めなければならない。而して此の決定に際しては、電車線の摩耗に依り太さが使用中著しく減ずるものであることを考慮して、電車線の壽命中に於ける

平均の太さを基準としなければならない。大體の例を云へば路面鐵道、枝線鐵道等で、低速度の小電車を大なる發車間隔で運轉する場合には8~10耗、大都市に於ける路面鐵道では多く10耗、市外の高速度の大電車運轉に對しては多く12耗又は夫以上の硬銅線を使用するが如きである。

電車線の斷面形狀は普通圓形及び溝付の二種である(第71圖)。

製作及び取扱の點からは圓形の方が優つて居るが、聚電子の與ふる支障の少いやう之を支持する爲めには溝付の方が都合が宜い。從來の慣習では路面鐵道に圓



第 71 圖
圓形及び溝付電車線斷面

形、市外鐵道に溝付を使用する場合が多かつたが、路面鐵道でも溝付を次第に多く使用する傾向である。

4. 電 柱

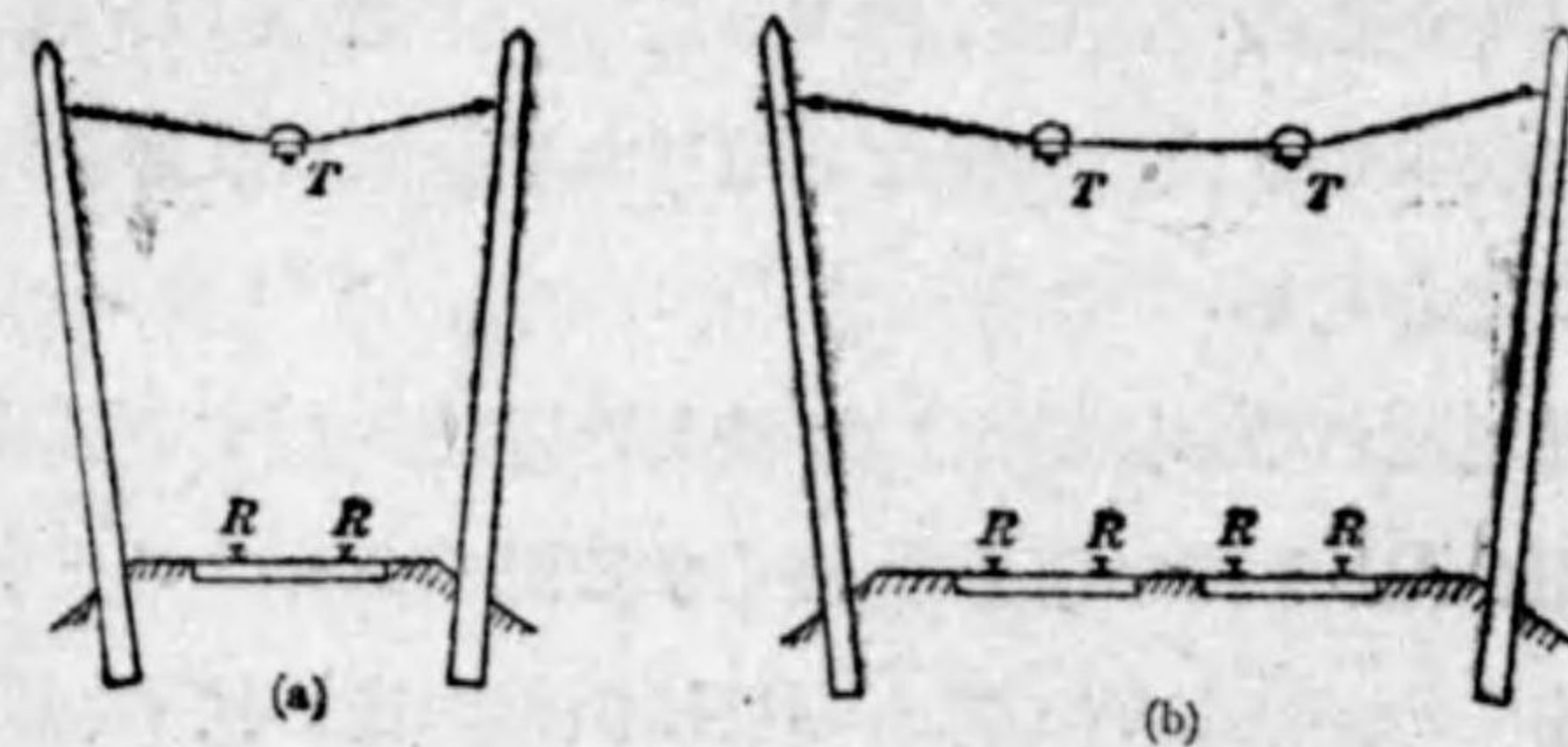
電車線架設用の支持物たる電柱には、木柱、鐵柱、鐵塔、混凝土柱等がある。其の支持する電線の太さ、條數、架設方法等の如何に依り夫に適當なる電柱の種類及び設計を定めなければならない。

各種電柱の中、木柱には杉、檜其の他之に類する眞直の木材を用ひ、且つ其の壽命を長くする爲めクレオソート注入等を施すのが宜しい。尤も木柱は價格の安い代りに其の壽命短く、強さも充分でないから、主要の線には鐵柱を使用す

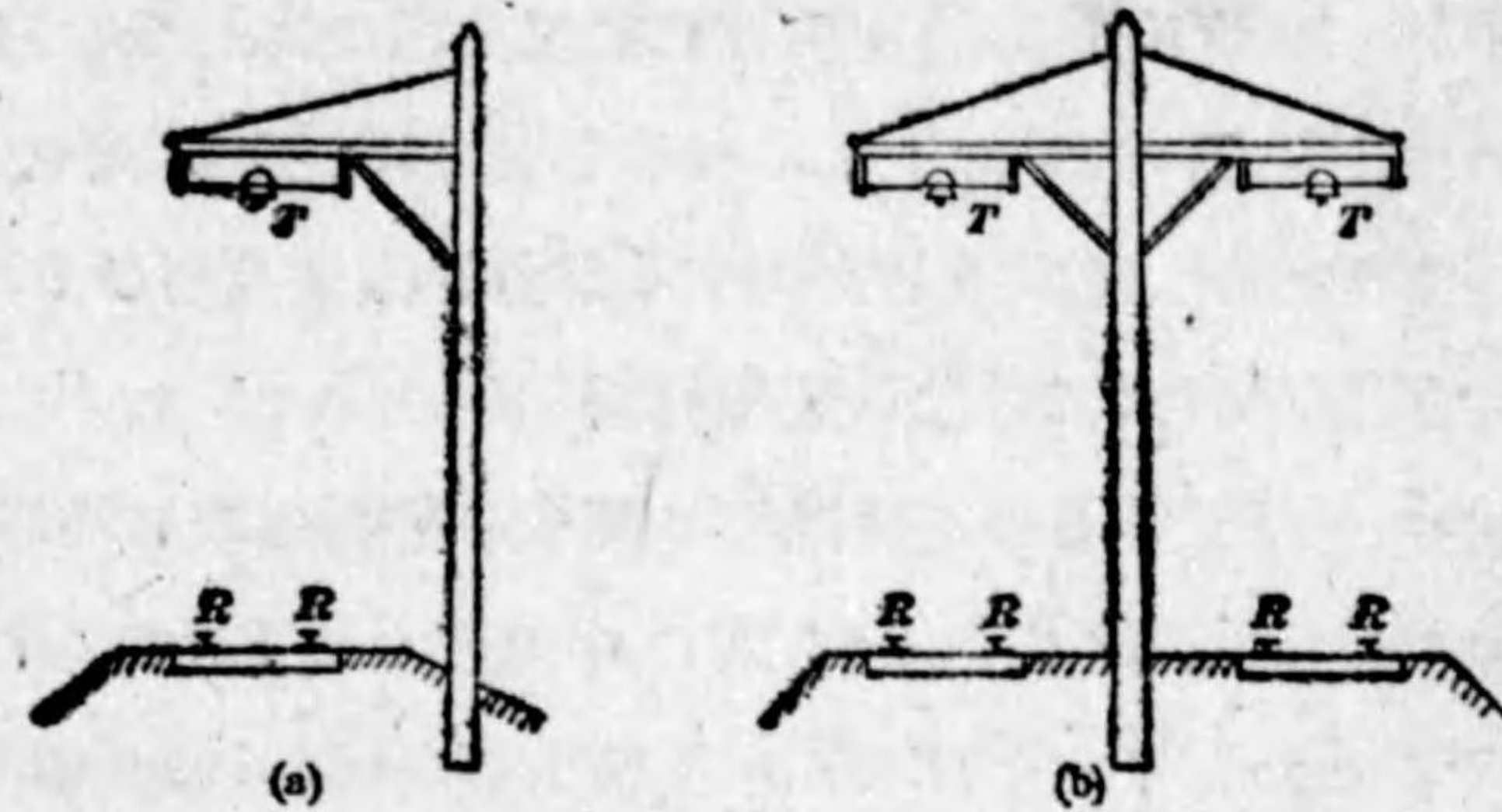
るのが常である。又主要の市内街路上では體裁上鐵柱を使用するやう強制せられることが多い。街路上に於ける鐵柱としては、主として一本の引拔鋼管即ちマンネスマン柱又は燒嵌して接続した燒繼鋼管等の圓形柱を用ひる。市外鐵道線路に於ける鐵柱には、圓形は使用せず、特殊I形柱なるベーツ柱 (Bates pole), 2箇の溝形鋼を向合せにして、之を別のブレーシング (Braeing) と稱する補強材で接続するか、又は溝形鋼の肉をくりぬいたブレーシング片を兩方から出して相互接続する種類のもの、角鐵を四隅にして之を相互にブレーシングで接続する四角組立柱等が、我國に於て最も廣く使用されて居る。鐵筋混凝土柱は稀に使用されて居る例がある。

5. 直接吊架法に於ける張線式及び腕金式支持法

直接吊架法に於ける電車線支持法に、張線式及び腕金式の二種がある。張線式は線路の兩側に電柱を立て、兩電柱



第72圖 張線式支持法 (直接吊架法)



第73圖 腕金式支持法 (直接吊架法)

の間を横切つて張線と稱する鋼鐵撚線を張り、其の途中に特殊の碍子等を用ひて電車線を吊す方法 (第72圖)、腕金式は線路の一侧又は中央に電柱を立て、電柱の一方又は兩方に鐵管、T形鐵又は角形鐵の腕金を出し、之をテンション・ロッド (Tension rod) 又はストラット (Strut) 若くは其の兩方で補強し、短い張線を用ひて電車線を前の支持法と同様に吊す方法である (第73圖)。

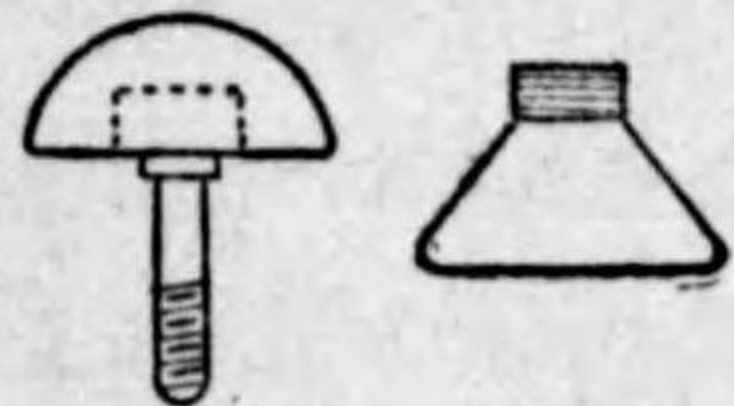
上記兩方法の中、張線式に於ては張線の途中何れの部分に電車線を吊すことも可能であるから、線路の曲線部分に於ても架線が容易であるが、腕金式に於ては曲線部分に於て、柱間距離を著しく短縮する等の必要がある。故に線路の直線部分に於ては張線式及び腕金式の何れを用ふるも差支ないが、曲線部分に於ては殆んど張線式を應用するに定まつて居る。

隧道内,橋梁下,車庫建家内等に於て上記の支持法を應用し難い場合には,夫等の上部に板等を張り,特殊の碍子を直接に之に取付け,電車線を支持するが如き方法を用ひる.

6. 直接吊架式に於ける架線材料

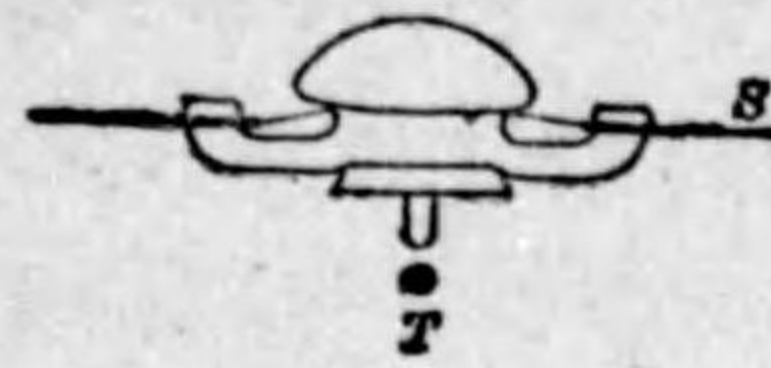
電車線を吊架するに直接間接に要する所謂架線材料 (Line materials) が澤山あるが,其の中主要なるものは,ハンガー (Hanger), イーヤ (Ear), 耐張碍子 (Strain insulator), 電車線接続管 (Trolley wire splicer), フロッグ (Frog), 交叉子 (Crossing), 區分碍子 (Section insulator), 區分開閉器 (Section switch) 等である.

(a) ハンガー (吊子) 電車線を吊架し且つ絶縁を行ふ特殊の碍子である. 其の使用の箇所に依つて,直線ハンガー (Straight line hanger), 兩腕及び片腕曲線ハンガー (Curve hanger) 等に別つことが出来る. 第74圖はハンガーの一種の絶縁部を示して居る. 帽子形のコンパウンドにボルトを植込んだもの (Cap) と,圓錐形のコンパウンドの部分 (Cone) とを兩コンパウンドに切つてあるネヂで結合したものである.



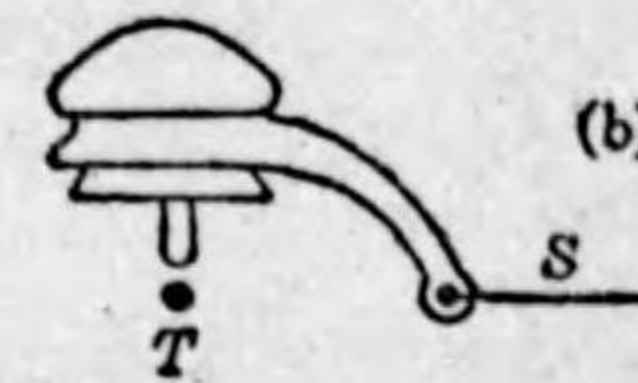
第74圖 キャップ及びコーン (ハンガー)

而して之を張線に取付ける爲めには,絶縁の組合せ部に金物の環を嵌めるのであるが,直線ハンガーに於ては環の兩方に鈎部を成す部分があり (第75圖), 曲線ハン



第75圖 直線ハンガー

ガーに於ては兩側又は片側に腕が突出して,腕の先に電線取付用の孔即ちアイが付いて居る (第76圖).



第76圖 曲線ハンガー

ハンガーは張線の途中に取付けて電車線支持の役目をするものであるが,直線ハンガーの場合には,兩側鈎部から,キャップ及びコーンの接続の首の部分を経て之を張線に引懸け (第72圖参照), 又曲線ハンガーの場合には,張線の端を腕部のアイに通して,兩側又は片側に引張つて之を支へる (第76圖参照)



第77圖

シリング・ハンガー 特殊の場所に於て,上部板等に直接に電車線を支持する場合のハンガー即ちシリング・ハンガー (Ceiling hanger) 等は,第77圖に示す如く特殊の金物部を有するものを使用する.

(b) イーヤ 通常電車線を直接支持し,之をハンガーに取付ける爲めに使用するものである. 砲金,可鍛鐵等で作られ,電車線を把持する主要部の中央上部に,雌ネヂの切つて

ある突出部があつて、雌ネジにハンガーのボルトをネチ込み、ハンガーに取付けるのである。電車線を把持するには種々の方法が用ひられ、それに依つて鑢着イーヤ (Solder ear), カシメイーヤ (Clinch ear), メカニカルイーヤ (Mechanical ear, 又クランプ) 等の種類がある。鑢着イーヤはイーヤ主要部の下方に長さの方向に沿うて半圓形の溝を設け之に電車線を鑢着するもの、カシメイーヤは鑢着イーヤと大體同様の溝に電車線を當て溝の縁を叩き曲げて支持す



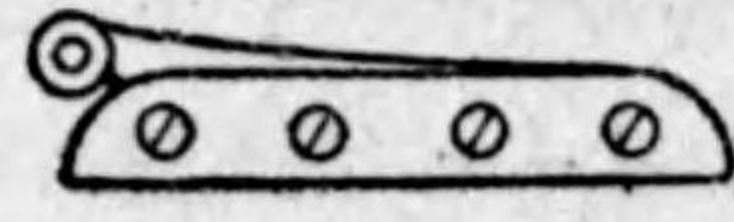
第 78 圖 直線イーヤ

るもの、メカニカルイーヤは左右兩片より成る主要部の下端に電車線を挿み、兩片をネチで締め合せて支持するものである (第 78 圖)。而して前二者は圓形電車線の場合に、第三のものは溝付電車線の場合に應用される。

イーヤは又其の使用目的から區別することも出来る。例へば直線イーヤ (Straight line ear) は線路の直線部分の電車線に用ふる最も普通のもの (第 78 圖)、曲線イーヤ (Curve ear) は曲線部に適應するやう直線イーヤに多少變更を加へたもの、ダブルストレンイーヤ (Double strain ear)



第 79 圖
ダブルストレンイーヤ



第 80 圖
シングルストレンイーヤ

及びシングルストレンイーヤ (Single strain ear, 又アンカーイーヤ) は電車線を線路の方向に沿ひ兩方又は一方に引張る必要のある箇所に用ひるもの (シングルストレンイーヤにはハンガーに取付ける爲めの雌ネジの付いた突出部がない) (第 79 圖, 第 80 圖), 饋電イーヤ (Feeder ear) は



第 81 圖 饋電イーヤ

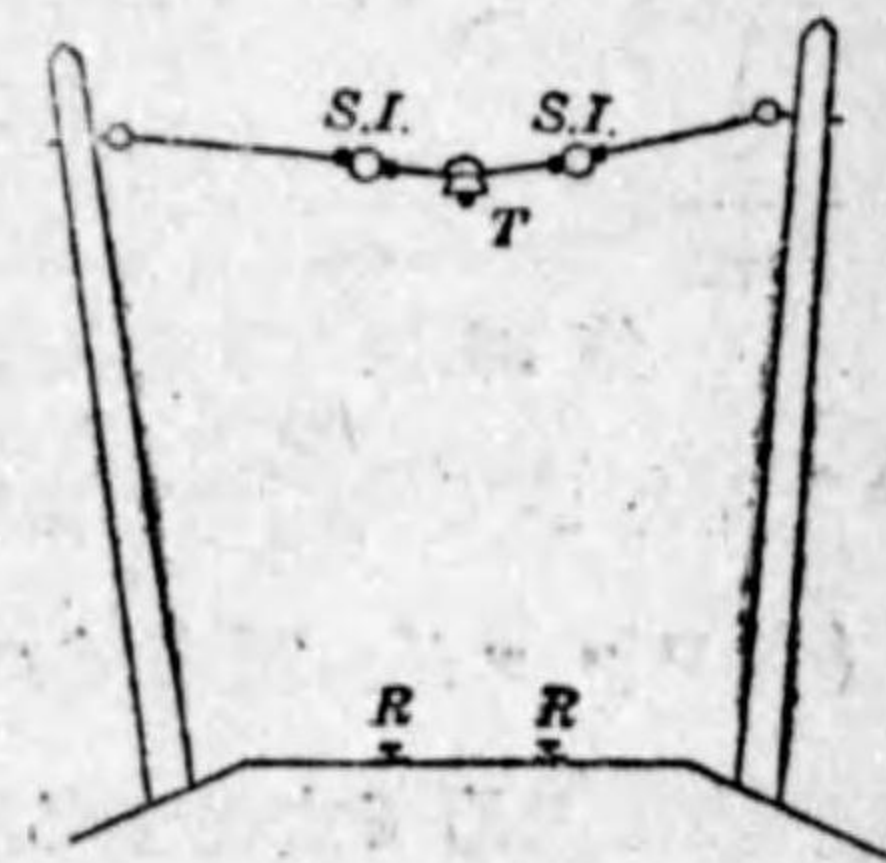


第 82 圖 接続イーヤ

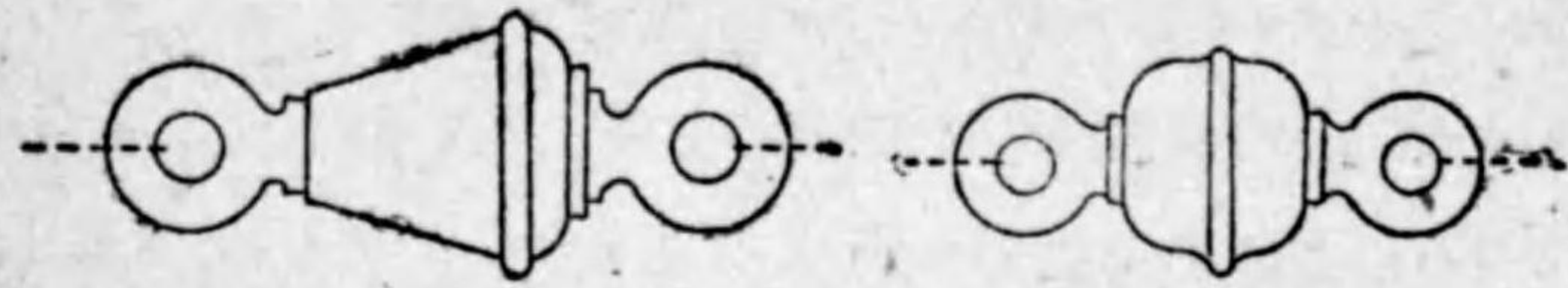
饋電線からの饋電枝線を接続すべき端子を有するもの (第 81 圖), 接続イーヤ (Splicing ear) は電車線接続の装置の付いたもの (第 82 圖) である。

(c) 耐張碍子 直接吊架式で電車線はハンガーに依つて絶縁せられるが、ハンガー破損等の場合もあるから、一層安全を期し二重の絶縁を施す爲め張線中に別の碍子を取付けるのが普通である (第 83 圖)。此

の種の碍子は張力を受けるから耐張型のものでなければならない。其の形狀に依り圓錐形耐張碍子 (Conical strain insulator, 第 84 圖), 球形耐張碍子 (Globe strain insulator, 第 85 圖), ループ形耐張碍子 (Loop strain insulator, 第 86 圖) 等の種類が



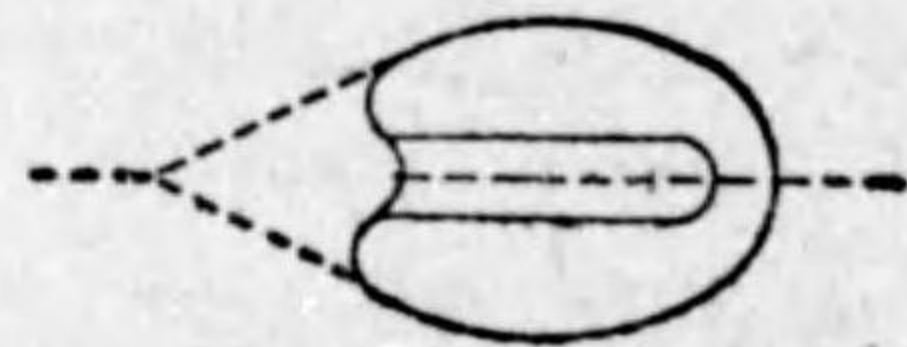
第 83 圖 耐張碍子の應用



第 84 圖 圓錐形耐張磚子 第 85 圖 球形耐張磚子

あるが、前二者はコンパウンド製、最後のものは磁器製である。而して何れの場合にも、

絶縁物破損の際両側の張線に接続せられた金物が絡み合ふ

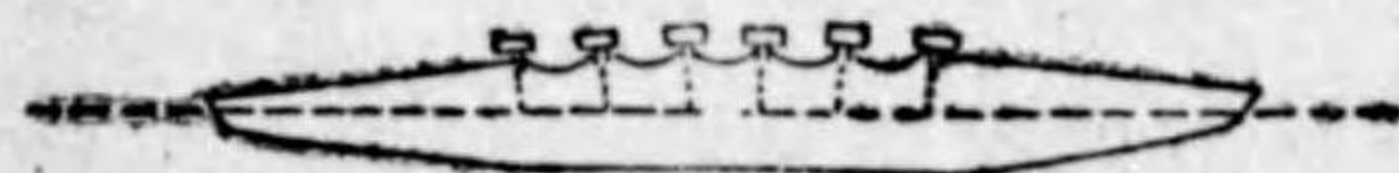


か又は張線相互が絡み合つて、張線落下の危険の無い様にしてある。

(d) 電車線接続管 電車線を張間の途中で接続する砲金製等の金物で、圓管の形をなし、電車線の端を之に通して抜



第 87 圖 電車線接続管 I



第 88 圖 電車線接続管 II

ネヂを用ひて接続を行ふ特殊の形のものもある(第 88 圖)。

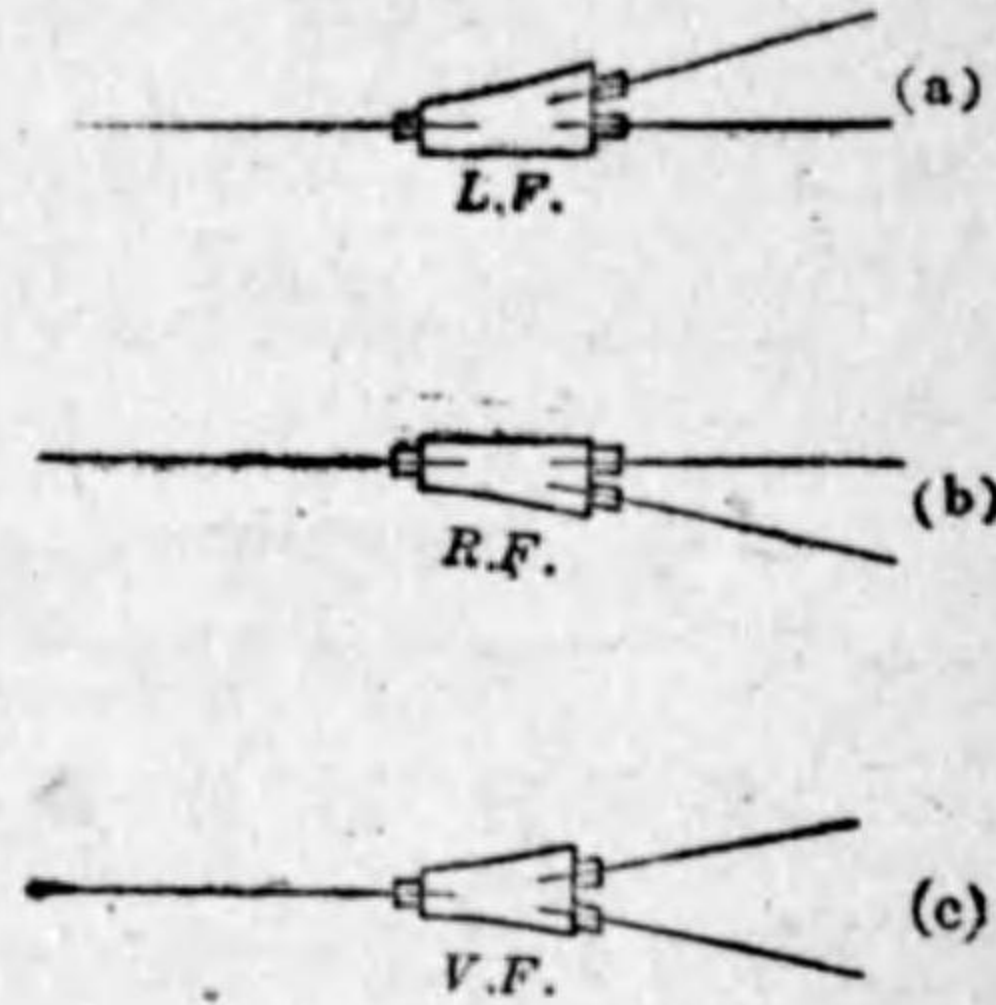
(e) フロッグ 電車線の分岐する點に於て、三方に分れる電車線を纏めて支持する金物

で、砲金等で作られる。上側に電車線の各端を取付ける装



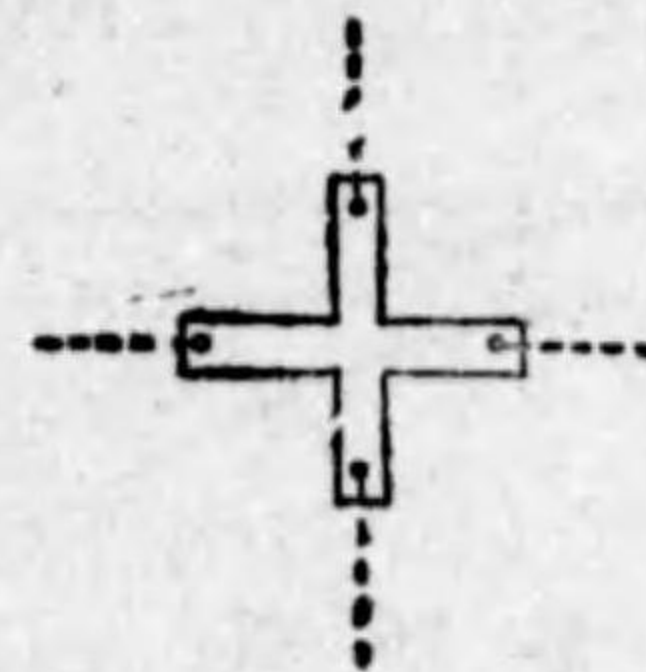
第 89 圖 フロッグ下面

置、下側にトロリー棒の小車輪の通過を誘導する凸部がある(第 89 圖)。使用箇所に依り左曲フロッグ、右曲フロッグ及び V 形フロッグがある(第 90 圖)。又同一種類でも線路分岐の角度の大小に伴ひ、異つた角度のフロッグを用ひる。

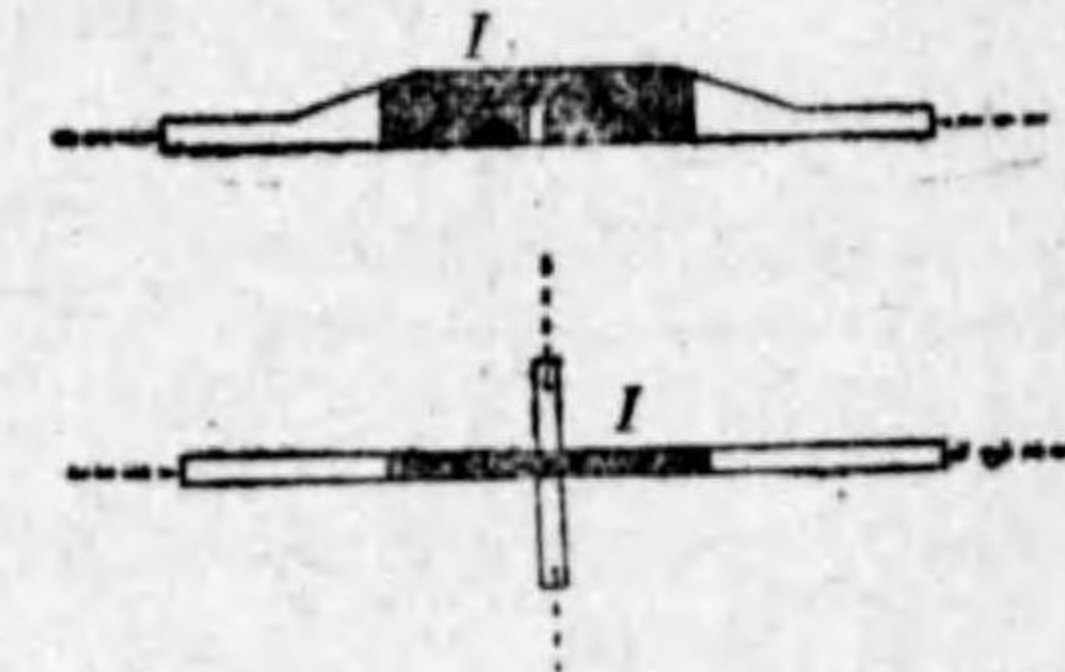


第 90 圖 フロッグ各種

(f) 交叉子 電車線交叉の點に於て四方の電車線を纏めて支持するもので(第 91 圖)、大體砲金等で作られるが、正負兩極線の交叉する場合には、相互の絶縁を施す爲め絶縁物を挿入しなければならない(第 92 圖)。電車線の端を取付ける爲めの装置が 4 箇所に設けられるのが普通であるが、不絶縁交叉子に於ては、電車線を切らないで其の儘通す様になつて居るものもある。線路の状態で交叉の角度が色々異なるのに對しては、交叉子の角度を調整して、何れの場合に



第 91 圖 交叉子



第 92 圖 絶縁交叉子

12914

も使用し得る様になつて居るのが普通である。

(g) 區分碍子 電車線は區分絶縁し、各區間に分つて置いて、任意區間の饋電を止めることの出来る様施設するの

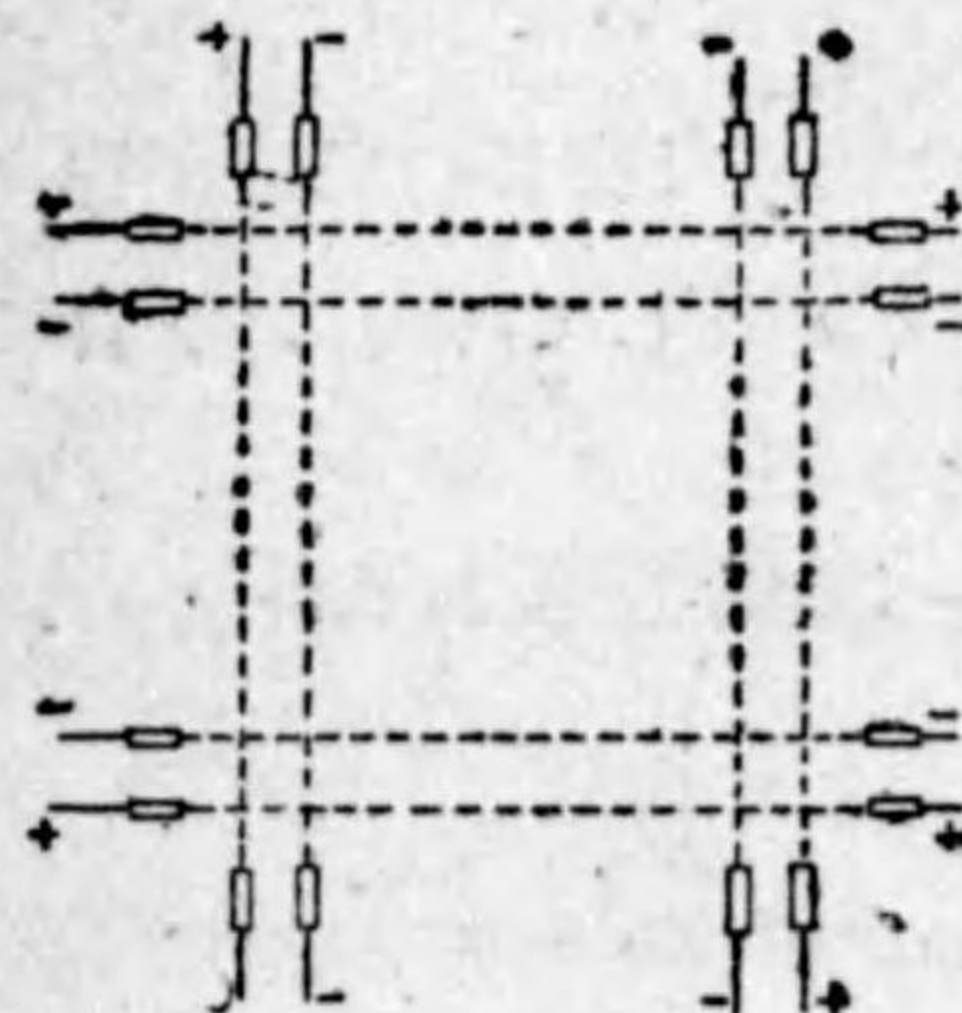


が便利である。特に市内路面上に架

第 93 圖 區 分 碍 子

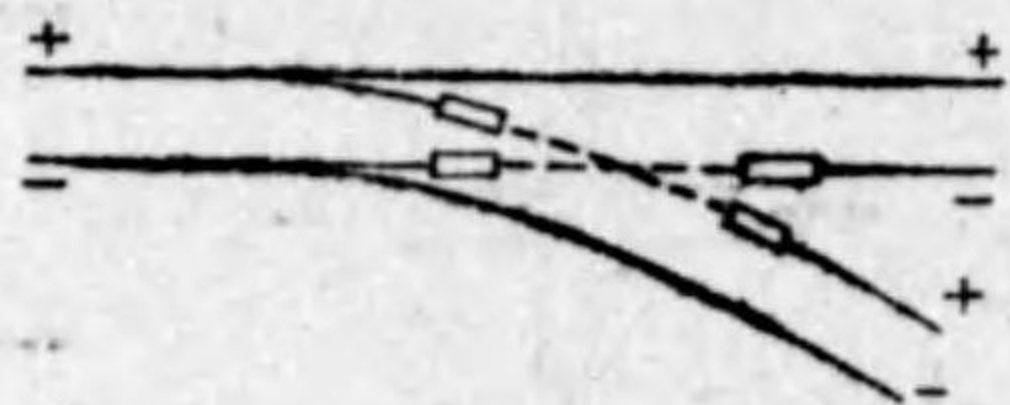
設する電車線は、規程上より1軒以内の部分に分つ様定められて居る。此の絶縁に使用するものが區分碍子である。第93圖は其の一例であるが、兩端金屬部の中央上下部に絶縁物を挿入し、金屬部に電車線の終端取付の装置が付いて居る。

上記と稍異つた目的に對し、線路の交叉點又は分岐點に於て、トロリー棒の外れた際正負兩極線を短絡するの障害を防ぐ爲め、其の點の前後に於て電車線を全部又は一部絶



第 94 圖
トロリー・ブリーカー應用 I

縁するに使用する碍子を特にトロリー・ブリーカー (Trolley breaker) と稱する。其の構造は大體區分碍子と同様で



第 95 圖
トロリー・ブリーカー應用 II

ある(第94圖及び第95圖)。

(b) 區分開閉器 前節の區分碍子に依つて區分せられた電車線の任意區間の饋電を止めるには、饋電線から其の區間に接続せられた饋電枝線の途中に開閉器を挿入して、平素は回路を閉ち置き、必要に應じて之を切り得る様にしなければならない。此の目的に使用するものが區分開閉器である。普通柱上等に取付ける。構造等は一般の双形開閉器と異るところがない。唯だ雨雪其の他の障害を防ぐ爲め、多く耐水箱内に納められる。

7. 直接吊架法に於ける電車線架設

電車線路を建設するには、先づ電柱を適當なる柱間距離を以て建植し、之に張線を張り、又は腕金を取付けた上短い張線を張り、張線に豫めハシガー、イーヤ、耐張碍子を取付けて置き、電車線の捲棒から電車線を段々に引出して吊架するのである。

直接吊架法に於ける電柱間の距離即ち張間は、軌道の直線部分で大體30米位が標準である。場合に依つては之より大にしても差支ないのであるが、公道上では規程(電氣工作物規程)上40米以下とする様定められて居る。又軌道の曲線半径の大小に應じ、10.5~30米の間に於て適宜定めるのである。

電車線の高さは我國に於ては約5~5.5米位に選定せら

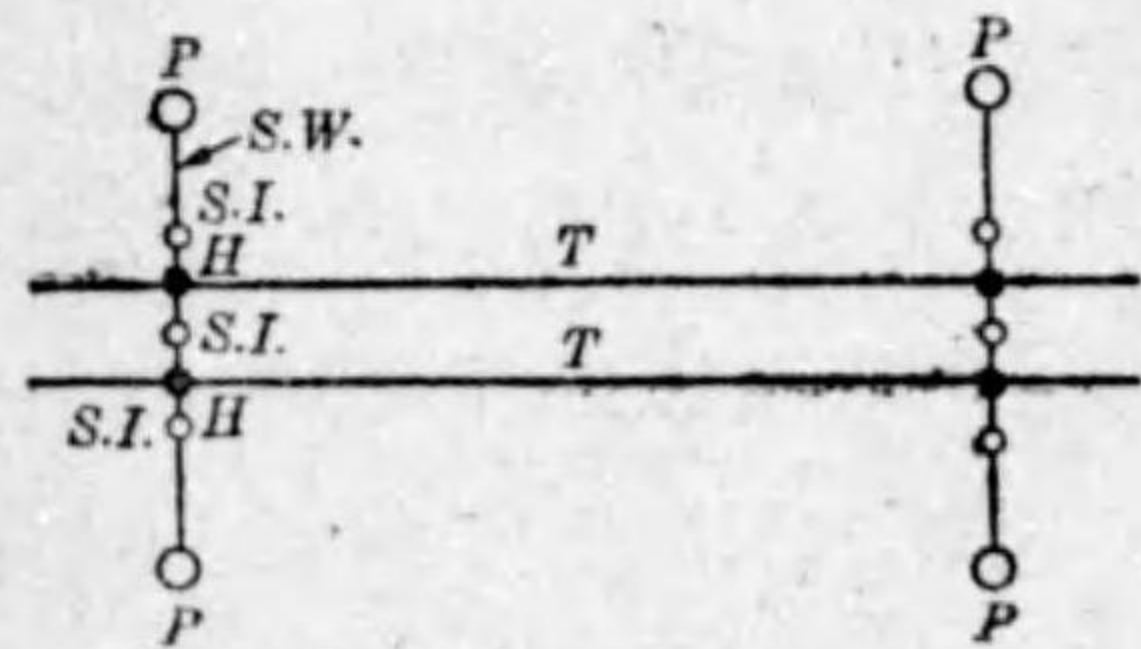
れる。電気工作物規程では普通5米以上,隧道内,橋梁下等で止むを得ざる場合 3.5米以上と定められて居るが,標準としては上記の範囲内に於て適宜定め,又特殊の場合でも 4.2米位より低くしないことにするのが宜しい。

曲線軌道に於ける電車線は,軌道中心線の真上(又は真上の左右)に吊架しないで,軌道曲線の内側の方に片寄せて張られる。是れ曲線部に於ては一般に軌道に高度が付けてあるから,電気車が一方に傾斜し聚電子もこれに伴つて傾斜するからである(第96圖)。而して軌道中心線真上からの電車線の偏倚は,曲線の緩急に依つて異にすべきは勿論である。



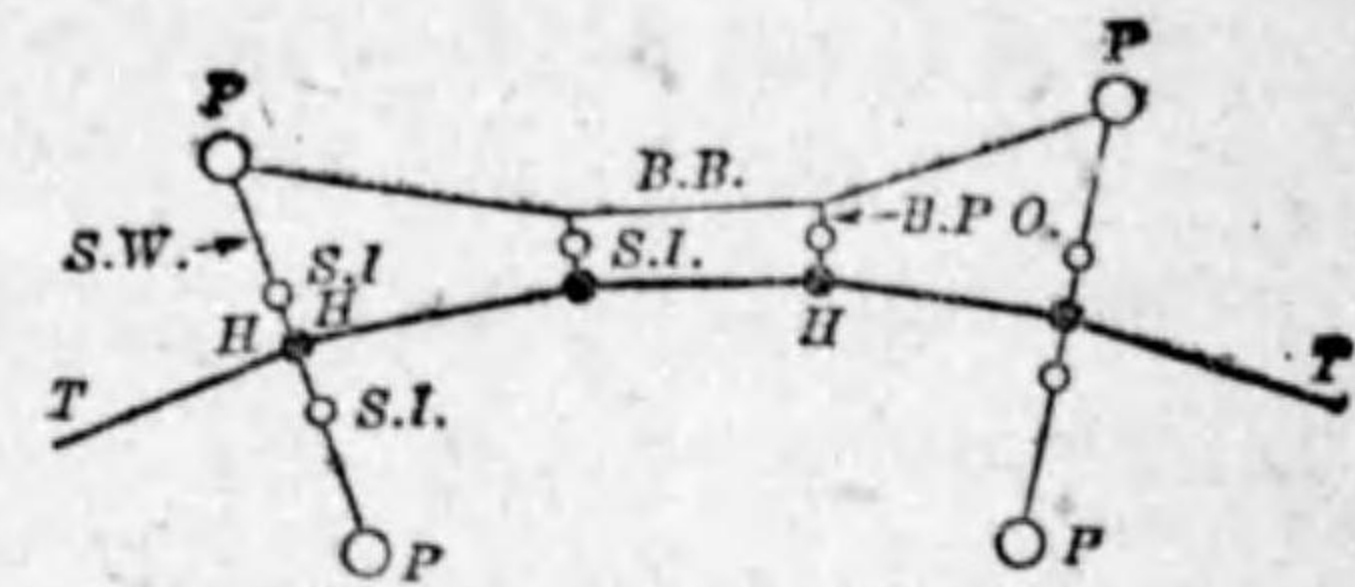
第93圖 曲線軌道に於ける電車線位置

曲線部分に於ける電車線の吊架に關して今一つ注意すべき點は,電柱間の距離を短縮するとともに,電車線支持點を更に多くして,短き直線部分より成る多角形をして,成るべく軌道の形に近いものたらしめる



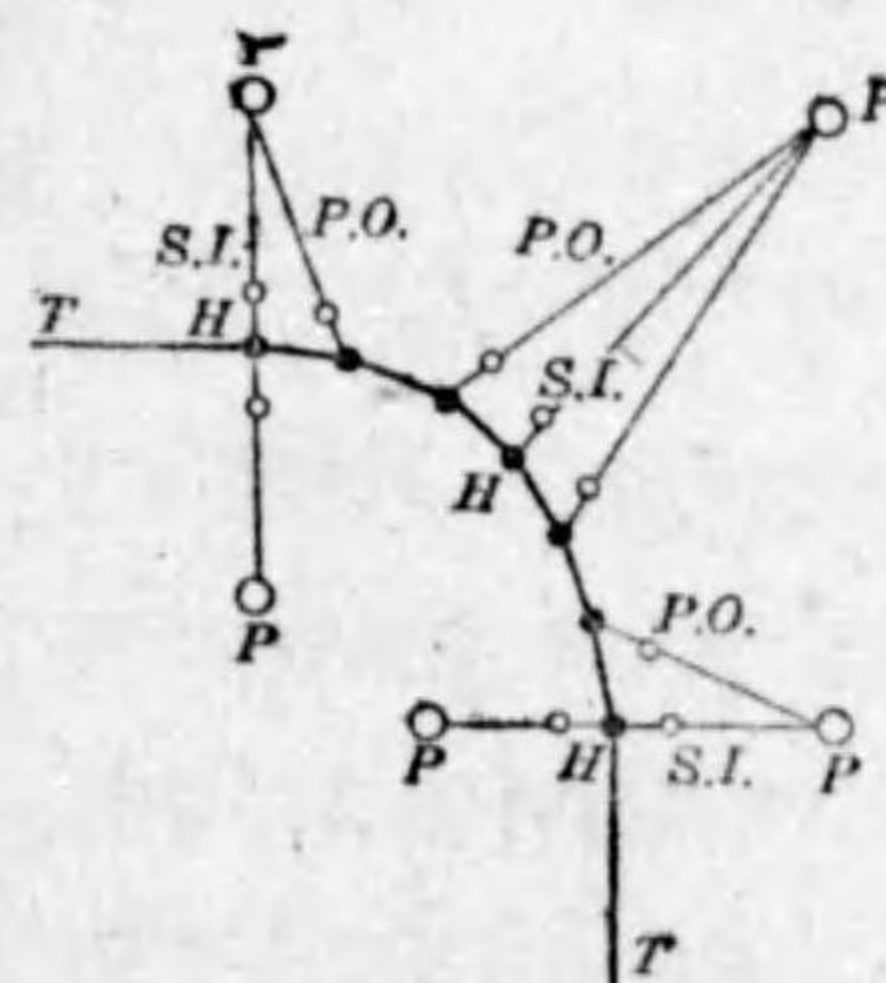
第97圖 直線に於ける電車線架設例
P 電柱 T 電車線 S.W. 張線
H ハンガー S.I. 耐張碍子

ことである。而して此の各直線部分の長さ,即ち電車線支持點間の距離は,曲線の緩急に依つて適宜に選定しなければならない。



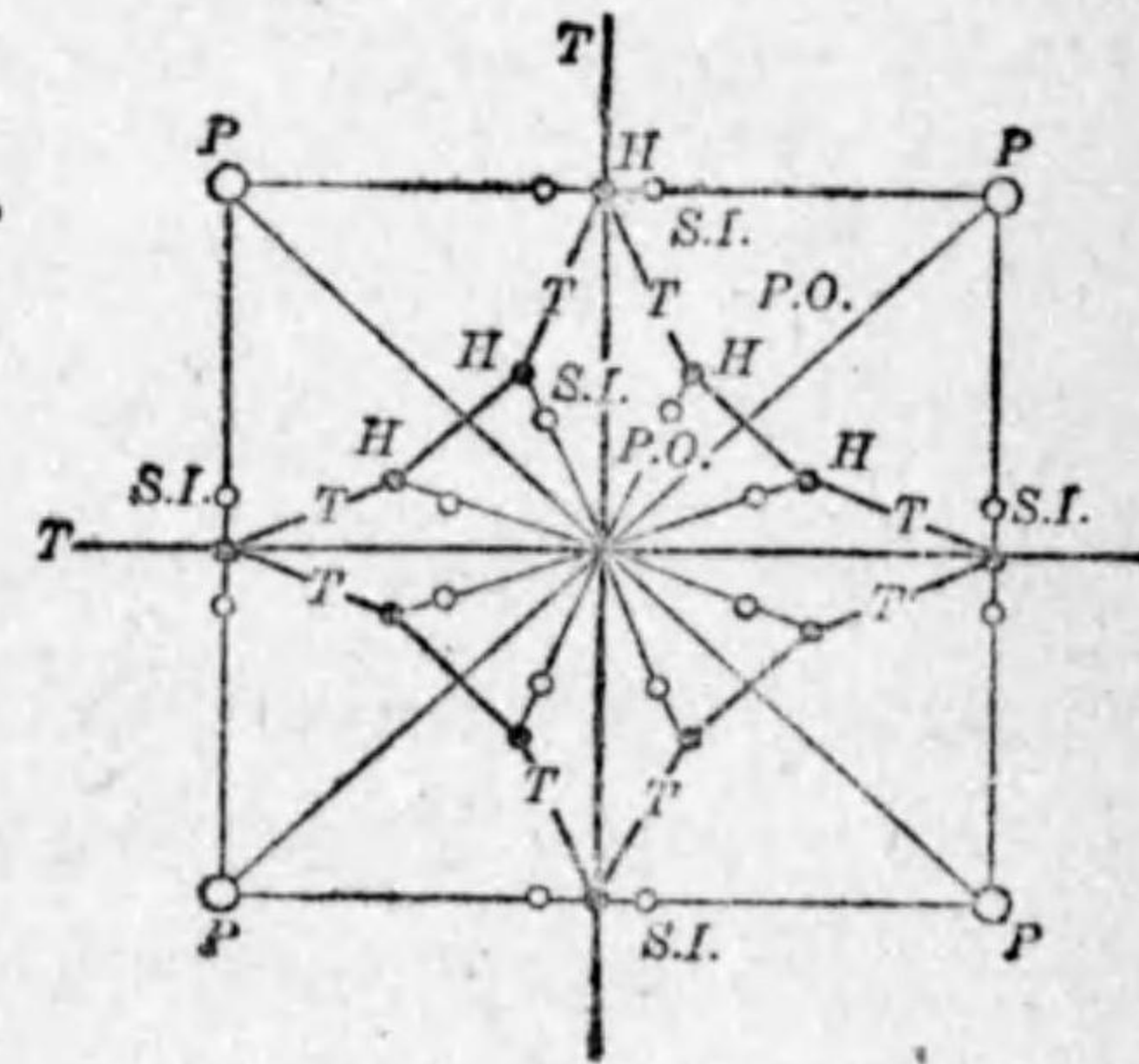
B.B. バック・ボーン線
B.P.O. ブライドル・プル・オフ線
第98圖 曲線に於ける電車線架設例

直線部及び曲線部,竝に交叉點及び分岐點に於ける電車線架設の數例を示すならば,即ち第97圖乃至第100圖の通りである。



P.O. プル・オフ線
第99圖

曲線に於ける電車線架設例



第100圖 交叉點に於ける電車線架設例

8. 電車線の張力及び弛度

直接吊架式に於ける電車線の張力と弛度との關係は,電車線が拋物線狀を爲すものとして次の式から見出し得るこ

とは、他の電線架設の場合と同様である。

$$T = \frac{L^2 w}{8d}, \dots\dots\dots(6)$$

又は

$$d = \frac{L^2 w}{8T}. \dots\dots\dots(7)$$

式中 T は電車線内に於ける張力(阡), d は電車線の弛度(米), L は電車線支持点間の距離(米), w は電車線の單位の長さに加はる荷重(阡/米)である。

兩支持点間に於ける電車線の長さは、電車線が一直線でないから、支持点間の距離 L よりは少し長いのであるが、今其の長さを L' 米とすれば

$$L' = L + \frac{8d^2}{3L} \dots\dots\dots(8)$$

である。温度の變動あるときは、電車線の長さは電線の膨脹係數に依り伸縮するから、任意温度に於ける電車線の長さから、之に相當する弛度 d の値を、次に其の場合の電車線内の張力を見出すことが出来る理であるが、架設した電線の長さの變動は、膨脹係數のみに依るものでなく、例へば温度下降して電車線が收縮すれば、其の張力の増加の爲め、電車線は幾分伸びて温度下降の割合に收縮しない。之と同様、温度上昇する場合にも、電車線の伸張は其の割合には大でないのである。

9. 鏈線吊架法

高速度の電氣車運轉の場合には、今迄述べた直接吊架法でなく、鏈線吊架法と稱する特殊の架空單線式に依り電車線を吊架するのが普通である。何となれば斯の如き場合に直接吊架法を用ふれば、電車線の弛度が大で、軌條面上の電車線の高さが張間の各點に於て相當甚しく相違するから、聚電子と電車線との接觸が充分でないのみならず、トロリー棒等では容易に電車線から外れるが如き缺點を有するからである。

鏈線吊架法といふのは、電車線を吊架するに先づ吊架線(Catenary or messenger wire)と稱する別の線を架設して、夫から垂吊子(Dropper or hanger)と稱する多數の吊金物等を吊下げ、其の下にイーヤの如きものを用ひて電車線を支持する方法である。即ち電車線支持点を澤山設けたのと同結果になるから、電車線の弛度を著しく小にし、電車線の高さの相違を少からしめることが出来るのである。而して鏈線吊架式と稱するのは、此の場合に吊架線が特に著しく鏈線狀を成すからである。

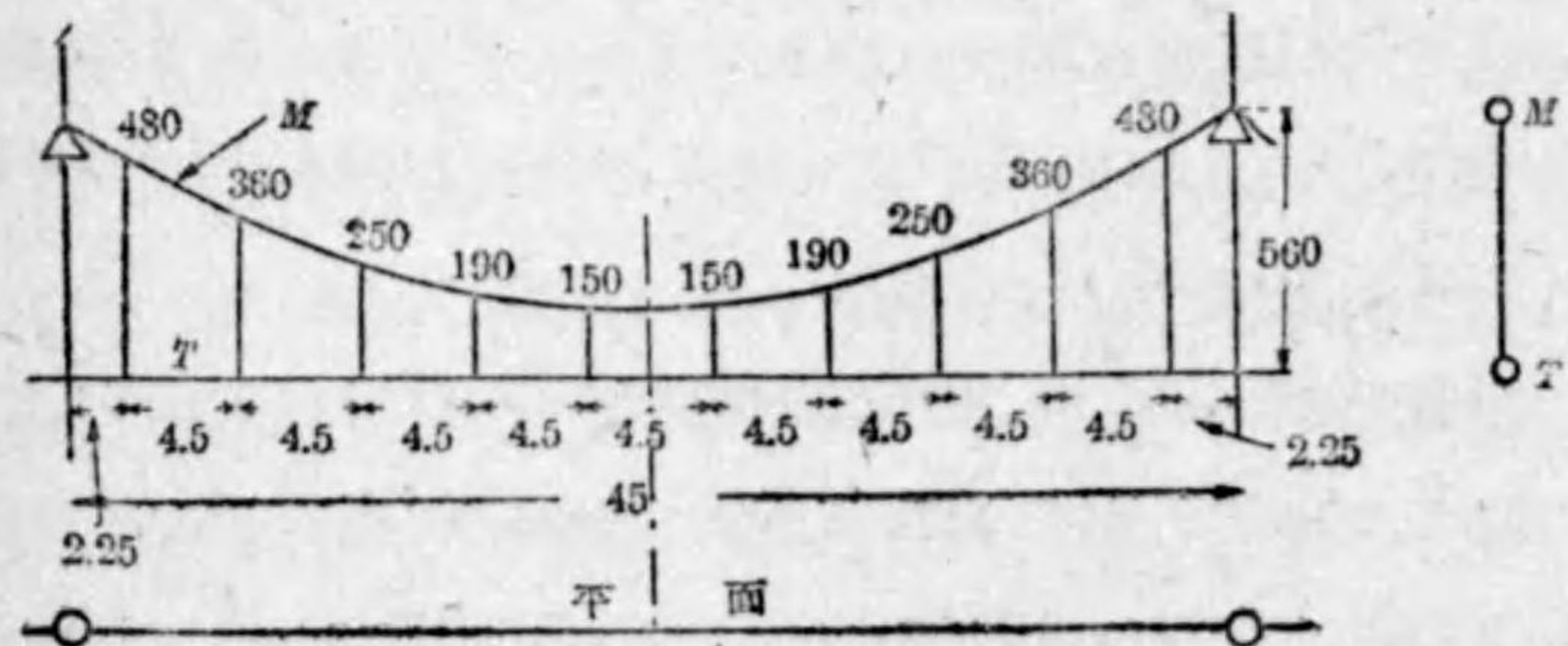
鏈線吊架法に於て電車線を絶縁するには、吊架線を電柱の處で支持する點で行はれるのであるが、此の場合には完全なる碍子を用ひて絶縁を充分良好にすることが出来るのみならず、一般に柱間距離を直接吊架法の場合より大にし、

絶縁の箇所を少くすることが出来るのであるから、鏈線吊架法が電車線電圧の高い場合に適當することが分る。我國に於て直流高壓式の場合には規程(電氣工作物規程)上から此の吊架法を使用すべき様定められて居る。

10. 各種の鏈線吊架法

鏈線吊架式は其の施設の方法に依り、單鏈線吊架法 (Single or simple catenary suspension system), 雙鏈線吊架法 (Double catenary system), 複鏈線吊架法 (Compound catenary system) の三種に大別することが出来るが、我國に於ては單鏈線吊架法が最も普通に使用せられ、複鏈線吊架法は其の應用の範圍が比較的少い。又雙鏈線吊架法は特殊の場合の外は使用されて居ない。

(a) 單鏈線吊架法 鏈線吊架法中最も簡單なるもので、普通鋼鐵撚線の吊架線一本で硬銅線の電車線一本を吊架する。軌道直線部分に於ける柱間距離の標準は 45 米である。

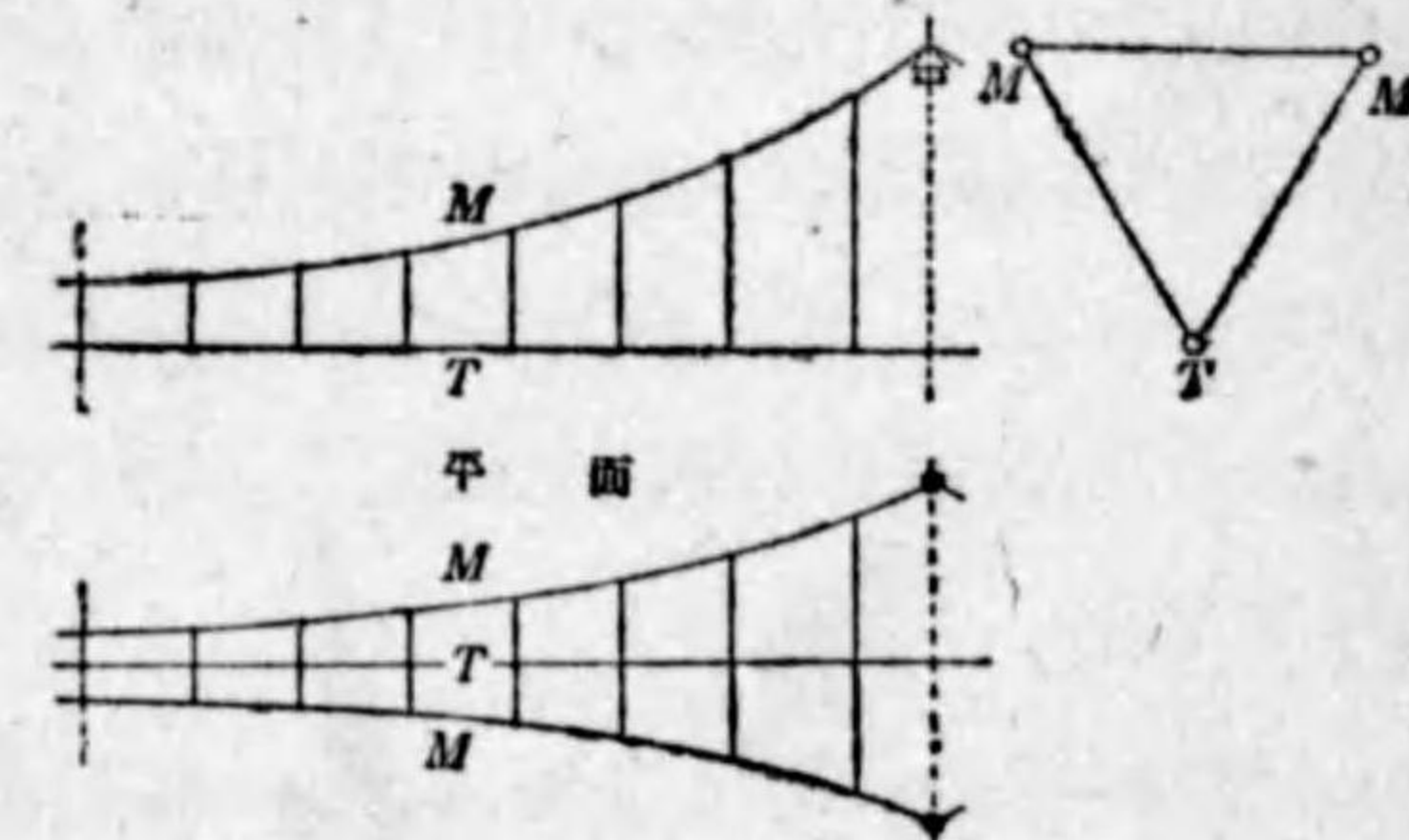


第 101 圖 單鏈線吊架法例

吊架線に 7/3.5 耗鋼鐵撚線を用ひ、電車線に 110 平方耗硬銅線を用ひた場合の各部寸法の一例は、第 101 圖の通りである。圖中各垂吊子の上部に表はせる寸法は垂吊子の長さである。

(b) 雙鏈線吊架法 通常 3 條の電線を用ふるもので、2 本の吊架線(普通鋼鐵線)を左右に併架し、夫から 2 本の垂吊子を吊して電車線(硬銅線)を兩垂吊子に共通に取付けるもので、垂吊子と

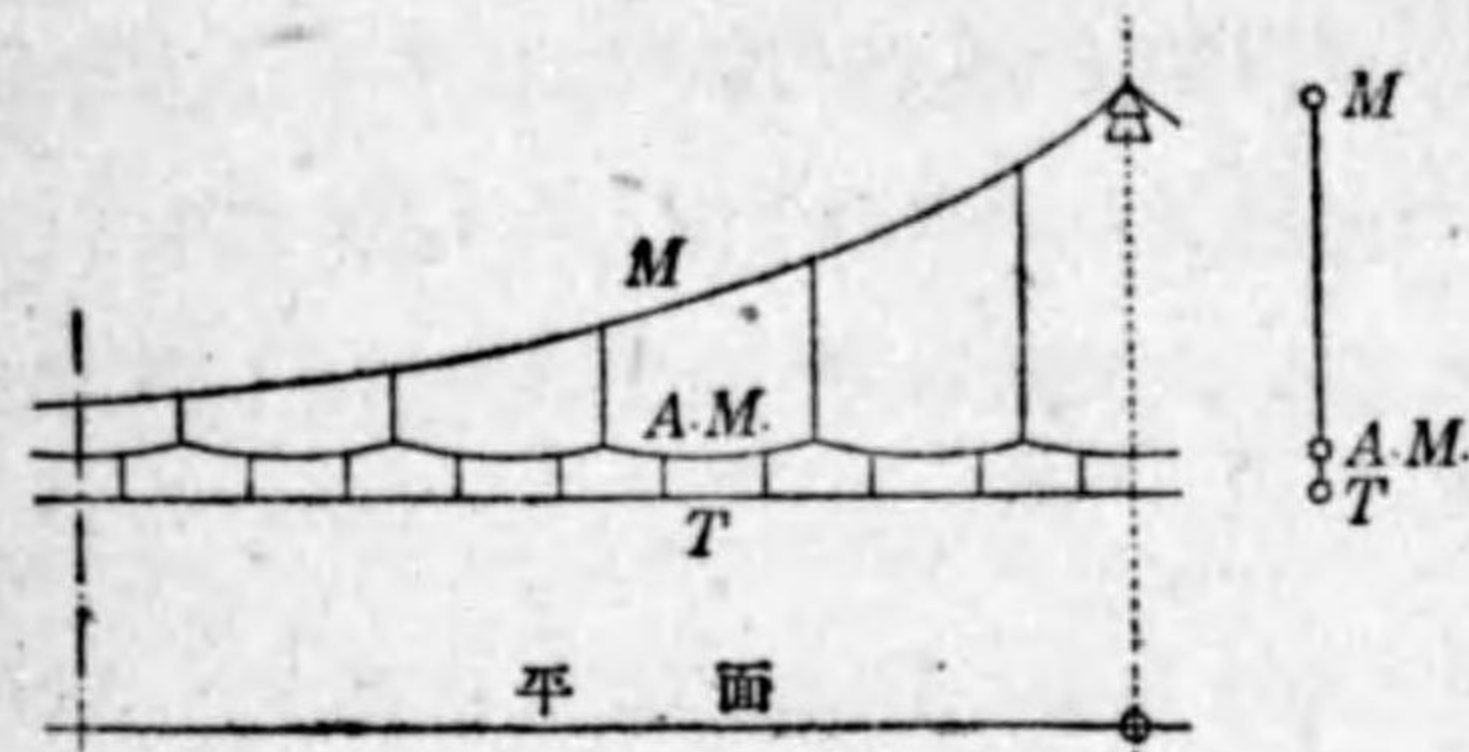
垂吊子上端を相互に接続する線とが成す三角形は、電柱の位置から張間の中央に至るに従ひ次



第 102 圖 雙鏈線吊架法

第に小となる(第 102 圖)。最も強固なる構造で、直線軌道の場合の柱間距離も單鏈線吊架法の場合の 2 倍、即ち 90 米以上にすることが出来るが、一方に於て可撓性に乏しき缺點を有する。

(c) 複鏈線吊架法 此の方法も普通 3 本の電線を使用するものであるが、其の使用方法は雙鏈線吊架法の場合と異つて居る。即ち吊架線から垂吊子で補助吊架線 (Auxiliary wire) を吊し、夫から短い垂吊子又は特殊の把持片で電車線



第 103 圖 複鏈線吊架法

を吊すのである (第103圖)。一般に吊架線には鋼鐵撚線を、補助吊架線には硬銅又は鋼鐵の撚線を、電車線には硬銅線を用ふるのであるが、場合に依つては各異つた材料の電線を使用するも差支がない。直線軌道に於ける柱間距離は 50~90 米又は夫以上にすることが出来るが、可撓性に於て最も優つた構造である。又全體の導電力は補助吊架線に銅線を使用する等の方法に依り著しく増加される。

以上諸種鏈線吊架法の外、特殊の複鏈線吊架法等種々の方式がある。例へば複鏈線吊架法に於て、補助吊架線から 2 本の電車線を 1 本置きの短い垂吊子で交互に支持するが如きである (第104圖)。此の方法は可撓性に富める點に於



第 104 圖 特殊複鏈線吊架法

て普通の複鏈線吊架式よりも更に優つて居り、且つ導電力も大であること勿論である。尤も我國に行はれて居る例は未だ無い。

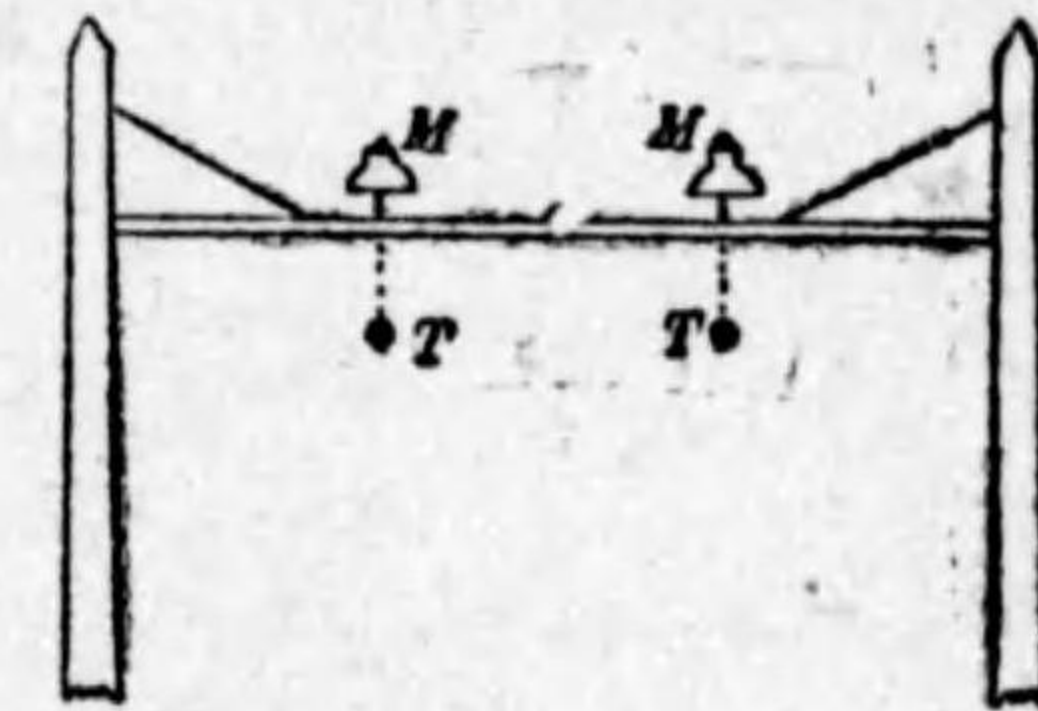
11. 鏈線吊架法に於ける電車線支持法

鏈線吊架法に於ける電車線の支持方法は、直接吊架法に於けると大體同様であるが、電車線路の構造が複雑である爲め、幾分異つた點がある。最も廣く使用せられて居る各種の方式は腕金式、クロス・ビーム (Cross beam) 式、ブリッジ (Bridge) 式及びクロス・スパン (Cross span) 式である。

鏈線吊架法に於ける腕金式支持法は、直接吊架法に於ける腕金式支持法と同一の方法である。腕金としては主として角鐵を 2 本又は 1 本若くは T 形鐵を用ひ、之に吊架線用碍子を取付け、吊架線を支持するのである (第105圖)。單線軌道にも複線軌道にも用ひられる。



第 105 圖 腕金式支持法 (鏈線吊架法)

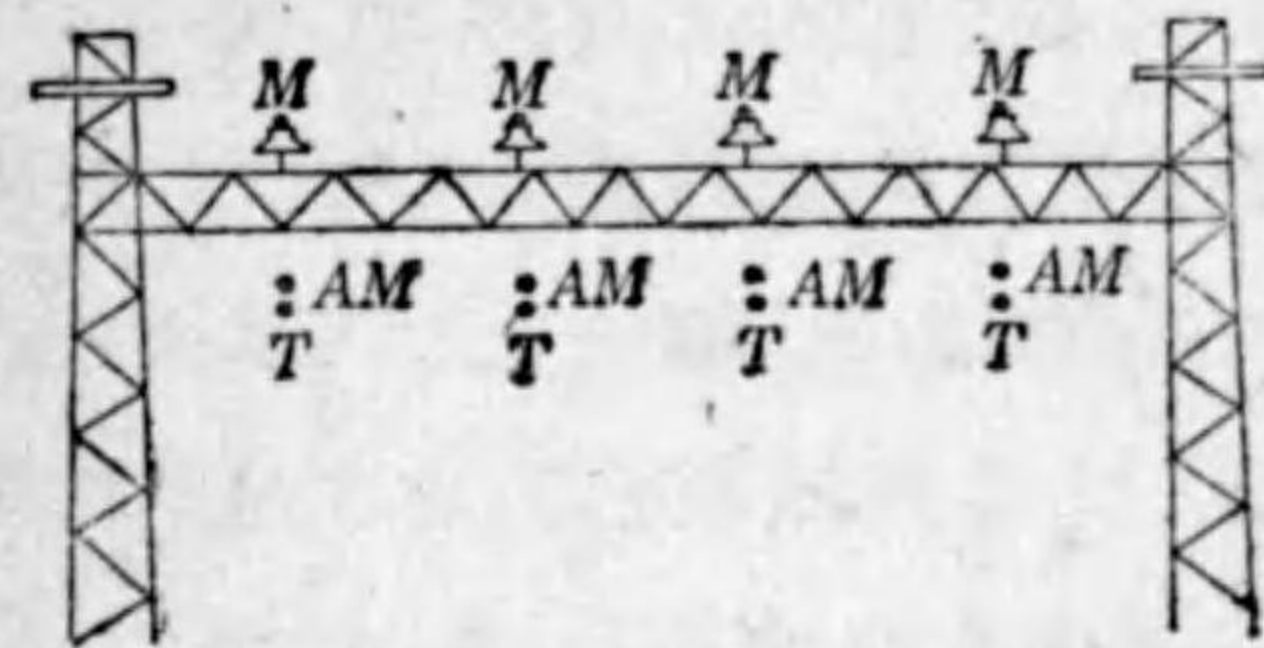


第 106 圖 クロス・ビーム式支持法 (鏈線吊架法)

クロス・ビーム式支持法は線路の兩側に電柱を立て、腕金式に使用する腕金と同様の角鐵等を之に渡して、吊架線用碍子を取付け、吊架線を支持すること腕金式の場合と全く異なる (第106圖)。單線軌道でも、複線軌道でも若くは更に多線の場所にでも應用出来るが、餘り軌道數の多い場

合にはブリッジ式支持法又はクロス・スパン式支持法を用ひる。

ブリッジ式支持法はクロス・ビーム式に於ける如き簡単な角鐵の横斷金物を用ひる代りに、多數の角鐵其の他をブ

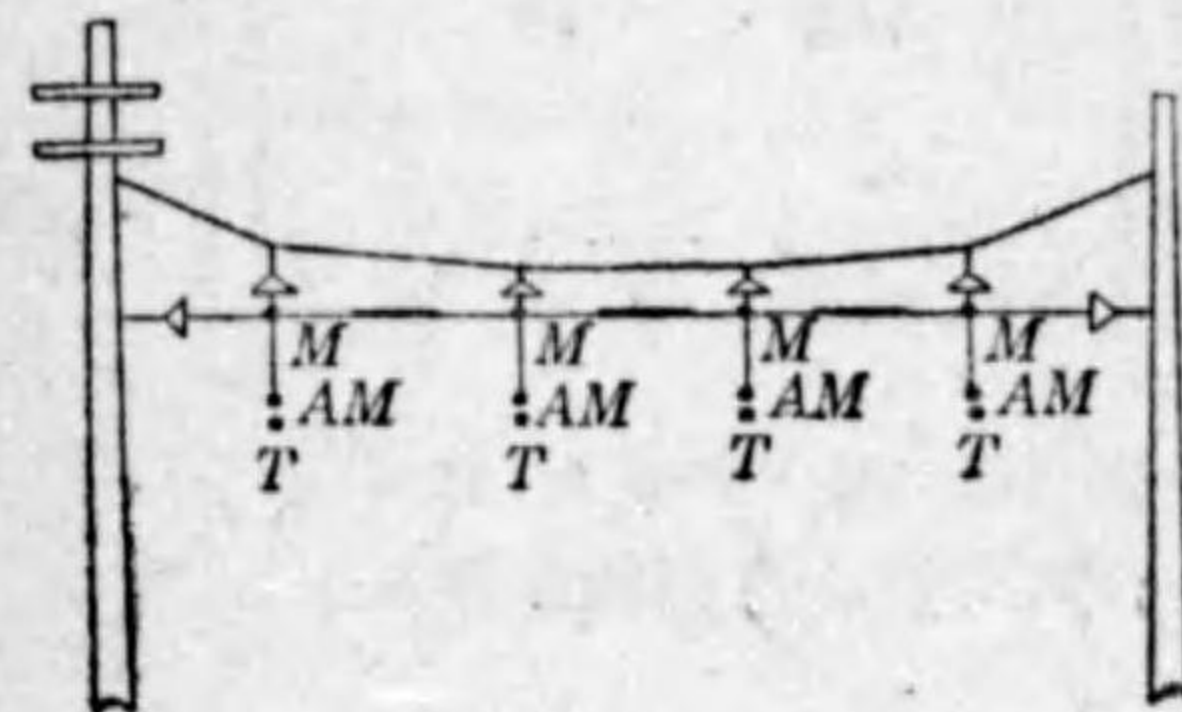


第 107 圖
ブリッジ式支持法 (鏈線吊架法)

レッシング等を用ひて組立て、電柱も多

くは組立柱を用ひるが如き構造で、クロス・ビーム式に比して一層堅固であるから、線路数の多き場合に最も廣く使用される(第107圖)。

クロス・スパン式支持法は直接吊架法に於ける張線式に



第 108 圖 クロス・スパン式
支持法 (鏈線吊架法)

相當するものであるが、我國では餘り多く使用されて居ない。兩側電柱間に張線を張り、又は吊架線を張つて之に張線を吊し、碍子を経て夫から垂吊子で電車線を吊すのである。勿論複鏈線吊架法では補助吊架線を餘分に使用する(第108圖)。

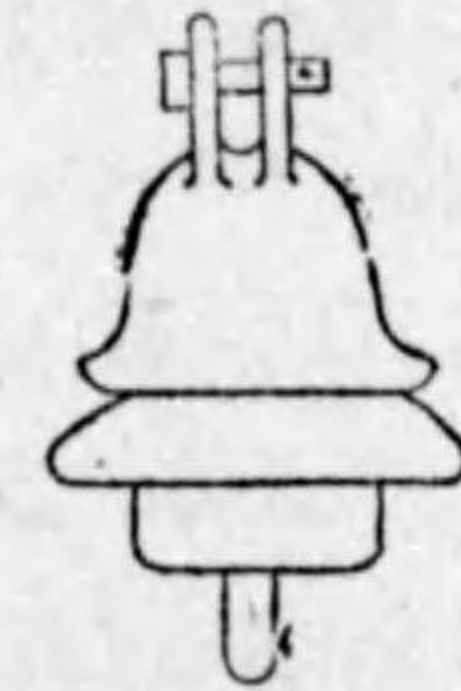
12. 鏈線吊架法に於ける架線材料其の他

鏈線吊架法の場合に使用する架線材料又は装置は、直接吊架法に於けるものと著しく異つて居る。又鏈線吊架法の種類に依つても各多少の相違がある。其の主なるものは吊架線用碍子、垂吊子、ステッチャー・ブレース (Steady brace)、カーブ・プル・オフ (Curve pull-off)、デフレクター (Deflector)、電車線區分装置等である。

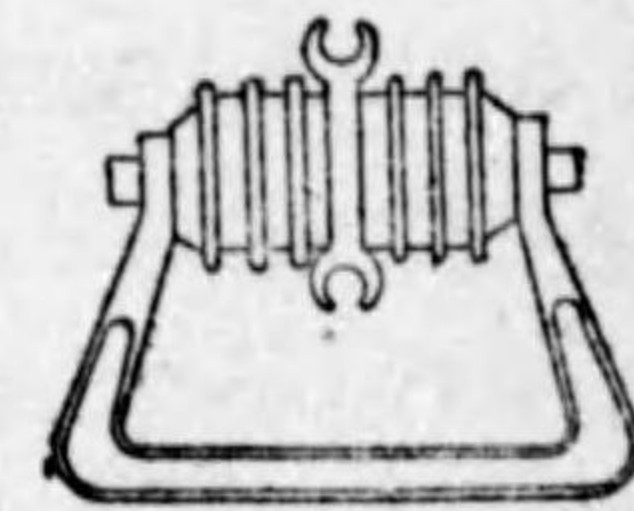
(a) 吊架線用碍子 吊架線用碍子は使用電壓の高低に依つて、適當なるものを用ひなければならない。送電線用の



第 109 圖
ピン形吊架線用
碍子



第 110 圖
懸垂形吊架線用
碍子



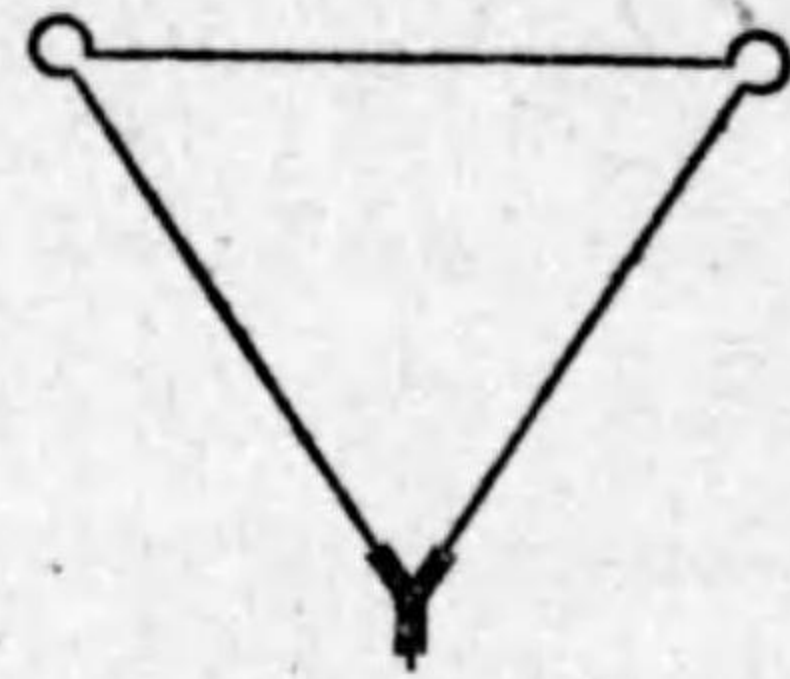
第 111 圖
特殊形吊架線用
碍子

碍子と同様に、ピン形(第109圖)又は懸垂形(第110圖)の何れでも差支がない。又波形其の他特殊のもの(第111圖)を用ふることがある。

(b) 垂吊子 單鏈線、雙鏈線、複鏈線各種吊架法に使用する垂吊子は各、異つて居る。單鏈線吊架法の場合に使用する最も普通のもは、ループ形(可撓形)垂吊子と稱するもので、線状又は板状のループで吊架線に引懸けるのである



第 112 圖
單鏈線吊架用可
撓垂吊子



第 113 圖
雙鏈線吊架用垂
吊子



第 114 圖
複鏈線吊架用垂
吊子

(第 112 圖). 雙鏈線吊架法の場合に使用するものは, 三角状の左右角點の處で吊架線に引懸け, 下部中央の角點の處で電車線を吊すのである (第 113 圖). 複鏈線吊架法の場合に使用するものは, 線の上下兩端に吊架線取付用及び補助吊架線取付用の金具が付いて居る (第 114 圖).

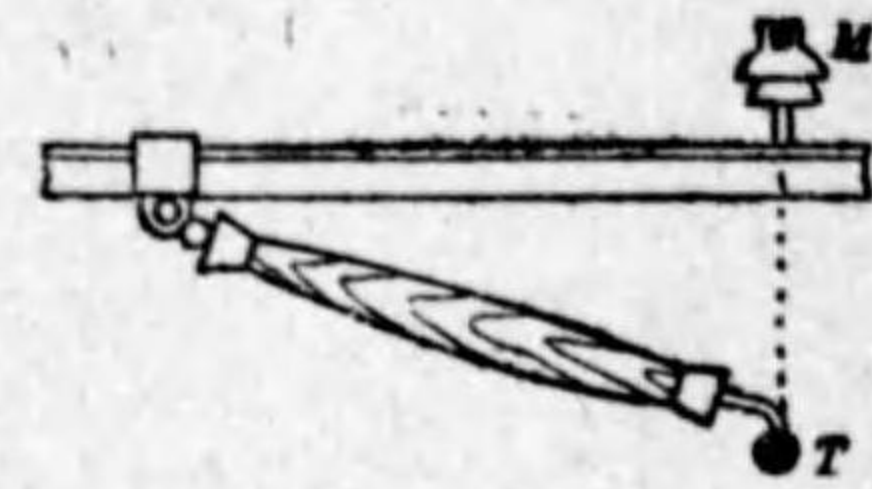
(c) ステッチャー・ブレース 鏈線吊架法に於て, 電車線は垂吊子に依り吊架線の下に自由に懸吊されて居るのであるから, 強風の場合又は聚電子に依り横に力の加はつた場合等張間の途中では, 電車線の位置が軌道中心線眞上より著しく偏倚することがある. 此の偏倚を制限する爲めステッチャー・ブレース (振止め) を用ひる. 即ち腕金, クロス・ビーム等から, 若くは夫等に取り付けた鐵材から, 電車線を固定する爲め金屬, 木材等の棒に適當の絶縁を施したものをを用ひるのである (第 115 圖). 然しながらステッチャー・ブレースを

餘り多く使用すれば, 電車線の可撓性を減ずる處があり, 又電車線の絶縁も不良となるのであるから, 單鏈線吊架法に於ては普通電柱何本目置きかに使用するのである. 尤も橋梁上其の他風の劇しい箇所では比較的多く施設する.

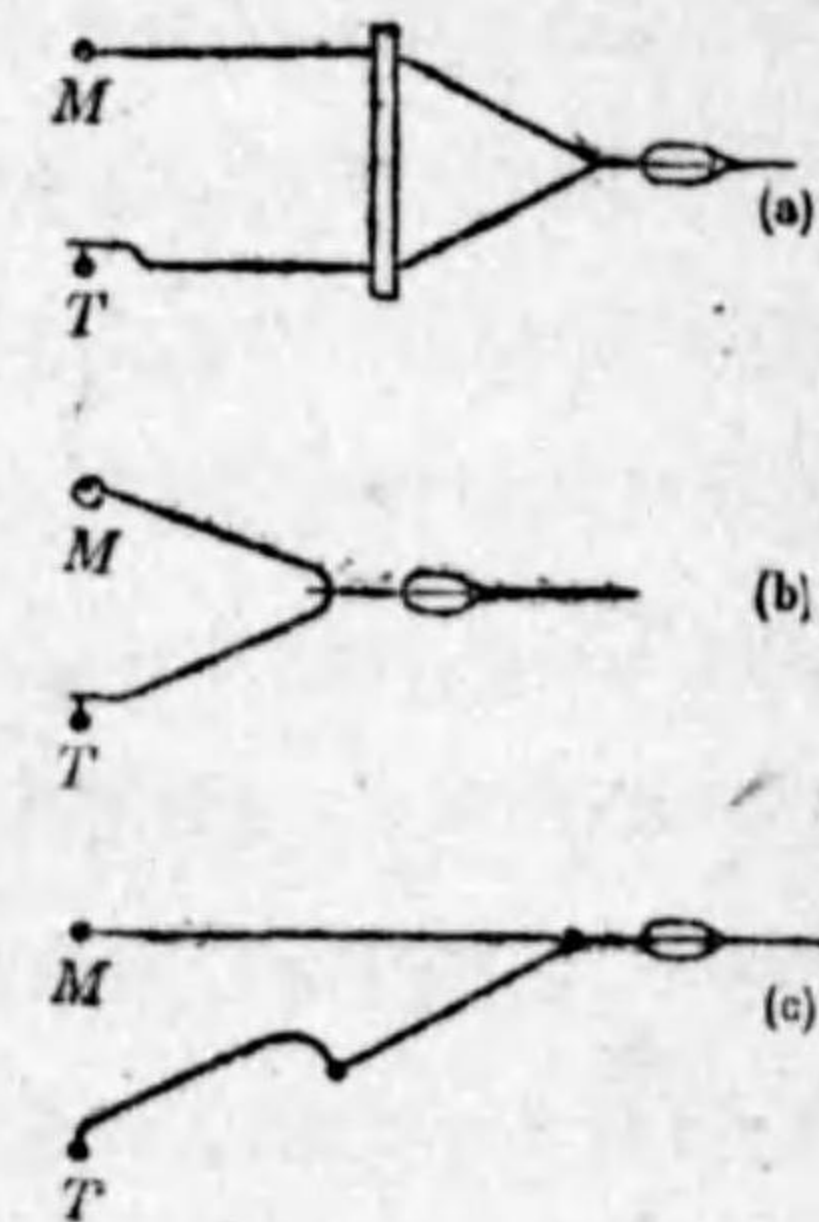
ステッチャー・ブレースを用ふる代りに兩側電柱間に絶縁を施した電線を渡し, 之に電車線を把握する装置を設けて, 電車線の偏倚を制限することも出来る.

(d) カーブ・プル・オフ 軌道曲線部に於て電車線を一方に引寄せするには普通吊架線も共に引張るのが必要であるが, 夫等の場合には第 116 圖に示す如きカーブ・プル・オフ (カーブ引) を用ひる. 而してプル・オフ線を取付けるには直接吊架法に於けると同様バック・ボーン線 (Backbone) 等を利用するのである.

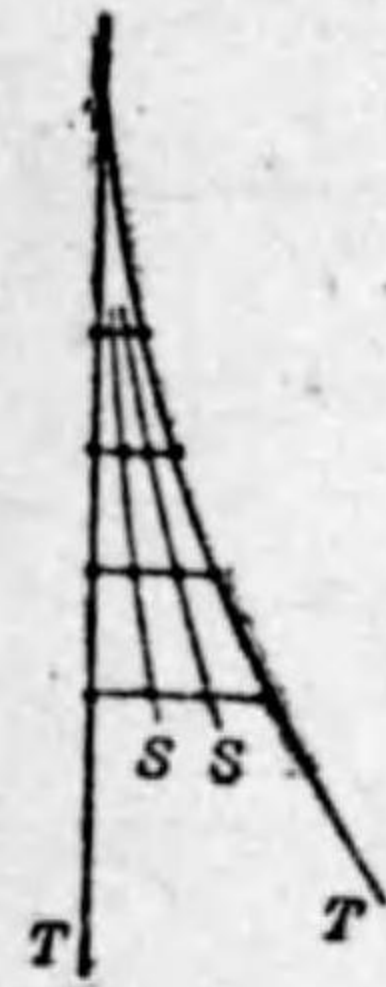
(e) デフレクター 鏈線吊架法でも, 聚電子としてトロリー棒を使用する場合には, 電車線の分岐點にフロッグを, 交



第 115 圖
ステッチャー・ブレース



第 116 圖
カーブ・プル・オフ

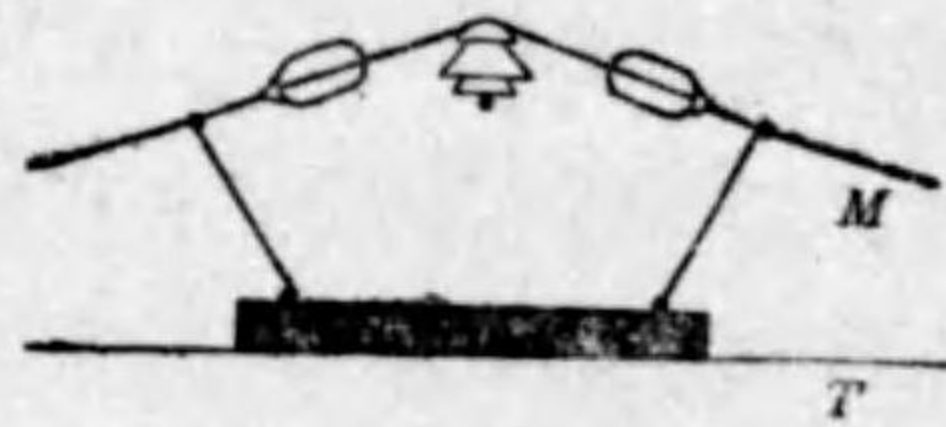


第 117 圖

デフレクター ライダー (Slider) なる導體を配列し、數箇所で横に電車線とスライダーとを纏めて、横斷の金物を以て接続するのである (第 117 圖)。

(f) 電車線區分裝置 直接吊架法の場合と同様の目的に

對し電車線を區分するには、電車線と同時に吊架線等を區分しなければならぬ。其の一



第 118 圖 電車線區分裝置

例は第 118 圖の通りである。

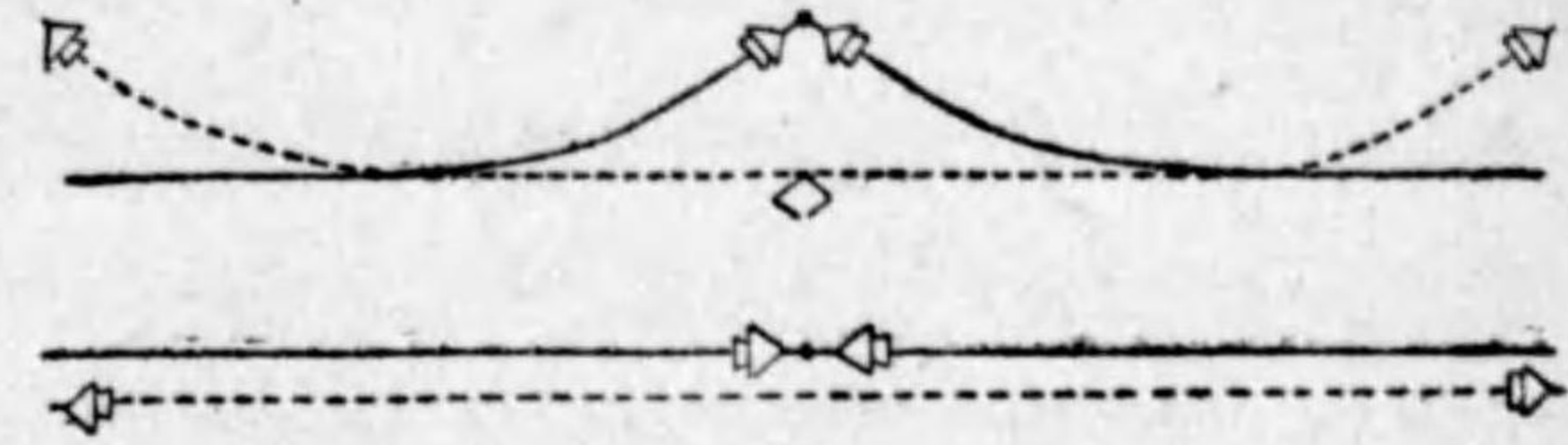
パンタグラフを使用する電氣車の運轉に對しては電車線は必ずしも連続せる一本のものでなくとも宜しいのであるから、區分すべき前後の電車線を、空氣で絶縁する空氣區分



第 119 圖 空氣區分裝置 I

裝置を應用することが出来る。第 119 圖及び第 120 圖

は其の例であるが、此の裝置ではパンタグラフ



第 120 圖 空氣區分裝置 II

が線路に沿うて進行するとき、一方の電車線を離れて、それと絶縁された他方の電車線に自然に接觸するのである。

13. 鏈線吊架法に於ける電車線架設

鏈線吊架法に於ける電車線路建設方法は、大體直接吊架法に於けると同様であるが、唯だ鏈線吊架法では、一般に電線の數が多く、柱間距離も大であるから、稍複雑するのを免れない。又電柱の高さも夫等の關係から、直接吊架法の場合に比し著しく高いものが必要である。

曲線軌道に於ける鏈線吊架法の電車線架設も、直接吊架法の場合に準じて行ふことが出来る。外國に於ては電車線のみを一方に引寄せ、ドロツパーを傾斜せしめるが如き施設方法もあるが、我國に於ては總て垂吊子が常に垂直になる如き方法を採用して居る。而してブライドル・プル・オフ線 (Bridle pull-off wire) をバック・ボーン線に取付けて、電車線及び吊架線をして曲線軌道の形狀に倣はしめるのが普通であるが、軌道には高度が付けてある爲め、電車線を曲線の内方に幾分偏倚せしめること等は、全く直接吊架法の

場合と同様である。

隧道内、諸橋梁下等に於ける電車線の架設は、普通の箇所
に於けると幾分施設方法を異にせしめなければならない場
合が多い。斯の如き場所に於ては、或は特殊の鏈線吊架法
に依り、或は其の部分だけ直接吊架法に依ることがある。

14. 鏈線吊架法に於ける諸計算

鏈線吊架法に於ては、電車線は大體水平の位置を取るの
であるが、此の場合に吊架線の成す形状は鏈線状である。
尤も吊架線に垂吊子を取付けた各點に於て角が生ずるので
あるから、吊架線の成す曲線は完全なる鏈線状ではないが、
其の全體を鏈線状と看做して實際上差支がない。

鏈線吊架法の諸種の計算を行ふには、吊架線の成す曲線
を鏈線状としないで、拋物線状と考へること一般架空線の
場合と同様にすると簡單である。而して吊架線に於ける張
力と弛度との關係其の他は、吊架線(補助吊架線ある場合に
は之を含む)、電車線、垂吊子(複鏈線吊架法の場合に於ける
第二垂吊子又は把持片を含む)を總べて一體と考へ、合計の
重量が張間全體に一様に分布されたものとする。今、

T = 吊架線内の張力(珔)

d = 吊架線の弛度(米)

L = 吊架線支持點間の距離(米)

w = 合成 1 米當りの重量(珔)

w_1 = 電車線 1 米當りの重量(珔)

w_2 = 吊架線 1 米當りの重量(珔)

w_3 = 線路の長さ 1 米當りの垂吊子の重量(珔)

$$= \frac{\text{垂吊子 1 箇の平均重量(珔)}}{\text{垂吊子間距離(米)}}$$

とすれば、

$$w = w_1 + w_2 + w_3.$$

然るときは直接吊架式の場合と同様に、

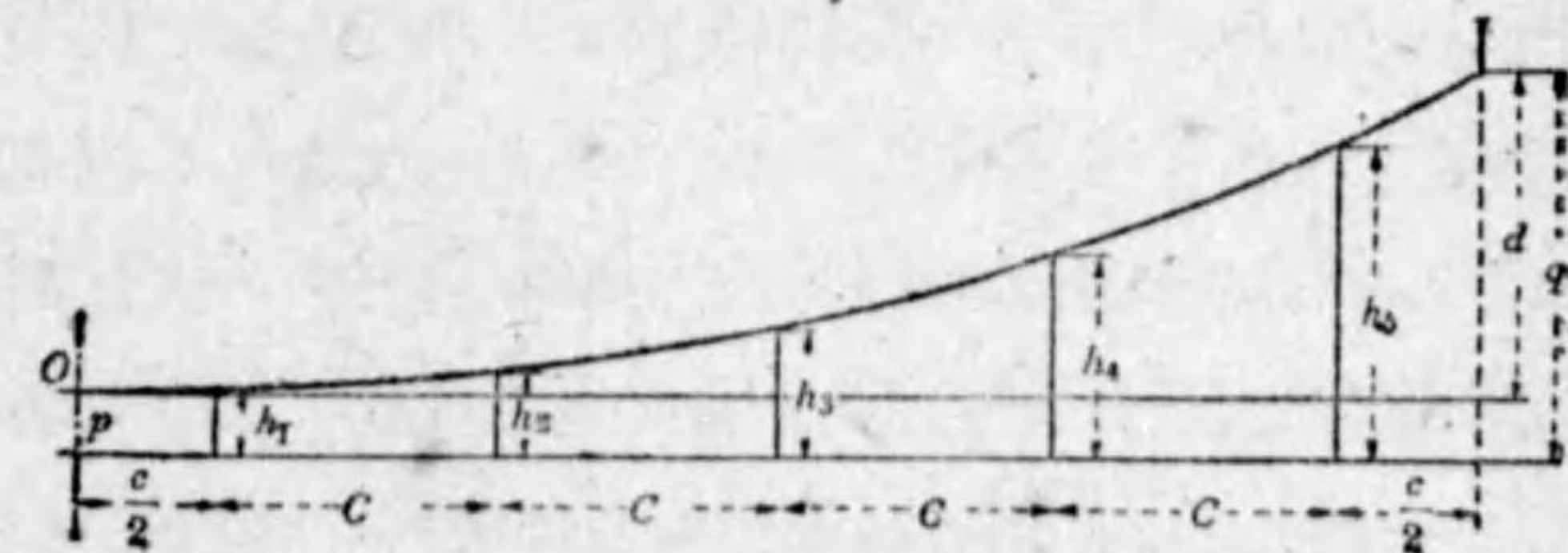
$$T = \frac{L^2 w}{8d}, \quad \text{又は} \quad d = \frac{L^2 w}{8T}.$$

茲に單鏈線吊架法の場合に於ける垂吊子の長さを求める
方法を述べよう。前記の如く吊架線の成す曲線を拋物線と
すれば、曲線を表はす式は第 121 圖に於ける O 點を原點と
し、次の通りである。

$$y = ax^2.$$

但し a は定數で

$$a = \frac{4d}{L^2}, \quad \text{又は} \quad \frac{w}{2T}.$$



第 121 圖 垂吊子の計算

此の式に依り原點からの各垂吊子までの距離が分つたならば、各點に於けるオーチネットが見出だされるから、之に吊架線電車線間の最小距離 p を加へれば、各垂吊子の長さを知ることが出来る。又吊架線の支持點、即ち電柱の箇所、に於ける、吊架線と電車線との間の距離は、同様に吊架線の弛度 d に、前記の p を加へたものである。以上は張間の半分に就て述べたのであるが、他の半分に就ても同様である。

温度の變動に依り吊架線の弛度に相違を生ずるとき、垂吊子の長さには變化なきものと見れば、電車線は最早水平でなくなる。例へば平均温度に於て電車線が丁度水平になるやう施設せられるものとすれば、温度が平均値以上に昇れば電車線は垂み、又平均値以下に降れば電車線は反對に中央が吊り上げられて、所謂負弛度 (Negative or inverted dip) を生ずるものである。

15. 第三軌條式

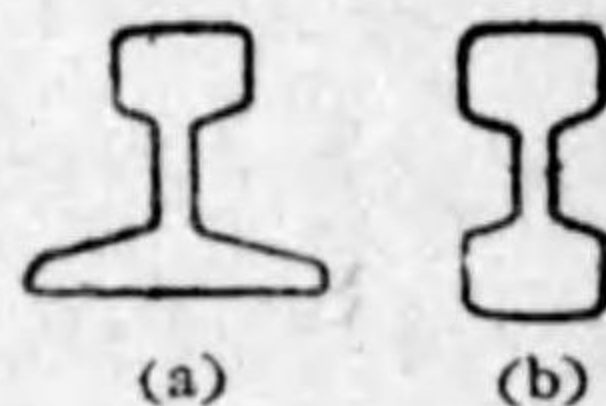
第三軌條式に於て、架空式の電車線の代りに用ふる導軌條即ち第三軌條は、普通の運轉軌條の一方の外側に砵子を以て敷設せられるが常であるから、公道上に於ける鐵道には應用することが出来ない。市内高速度鐵道、一般鐵道の隧道區間等に主として用ひられることは前述の通りであるが、斯の如き場合には第三軌條式とすれば、其の保守が容易であり、且架空線に對する餘地を必要としないから、新規の

隧道を建設する場合には、其の斷面を小にして經濟的效果を收めしめ、又鐵道電化の場合には、小なる隧道でも電氣施設を可能ならしめる。

16. 導軌條

第三軌條として使用する導軌條には、矢張り鋼鐵を使用するのであるが、運轉軌條に對するのと要求が異なるから、其の成分も幾分違つたものを用ひる。即ち鋼鐵以外の含有物の分量を成るべく少くして、其の強さよりも寧ろ導電率を大ならしめるのであるが、又他方聚電靴の接觸の爲め、過分に摩耗するのを防がなければならぬから、夫等の點も考へて適當の限度にするのが必要である。導電力の程度で云へば、普通の運轉軌條が銅の10倍位の抵抗を有するのに對し、導軌條は6.5~8倍位の抵抗を有する。

導軌條の斷面形狀に關しては、種々のものが使用されて居る例があるが、T形又は兩頭形が最も普通である(第122圖)。又我國に使用されて居る軌條の太さは、1米に付50~75斤である。導軌條の長さは、大體運轉軌條の場合と同様で、之を繼目板で機械的に接續し、又後に述べる軌條ボンドと同様の導體で電氣的に接續するのを常とする。



第122圖
導軌條斷面

17. 導軌條の支持法

導軌條を支持するに普通聚電靴との接觸面が上方にある上面接觸式及び下方にある下面接觸式の二種があるが、第一種が最も廣く用ひられる。我國に於ては東京地下鐵道及び大阪市營高速度線に第一種、省線碓氷電化區間に第二種が用ひられて居る。上面接觸式の一例は、枕木上に碇子を取付け、碇子上部の可鍛鐵の金物に導軌條を載せる。而して碇子と金物との間には、衝擊を緩和する爲め、革等のクッ



第 123 圖
導軌條支持法
(上面接觸式)



第 124 圖
導軌條支持法
(下面接觸式)

ションを入れるの
が必要である(第
123 圖)。又下面接
觸式では導軌條を
碇子で兩側から挟
み、枕木に取付け
たブラケットの
先の、足の曲つたボルトで、碇子を締付けて支へるのである。此の場合にも碇子と軌條との間等にクッションを入れる(第 124 圖)。後の支持法の方が不用意の接觸より導軌條を完全に防護し得ること、接觸面を綺麗に保持し得ること等の利益があるが、構造が稍複雑で、建設費も大である。従つて隧道のみの區間等では、第一種の方を用ふるのが得策である。

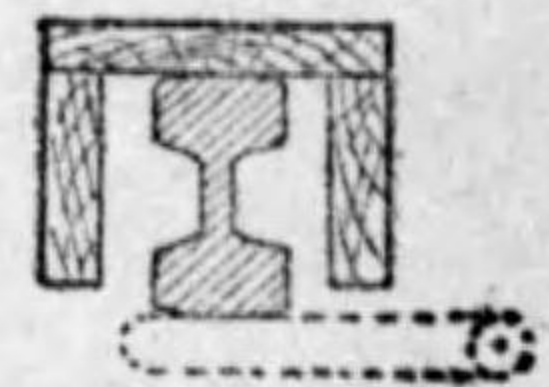
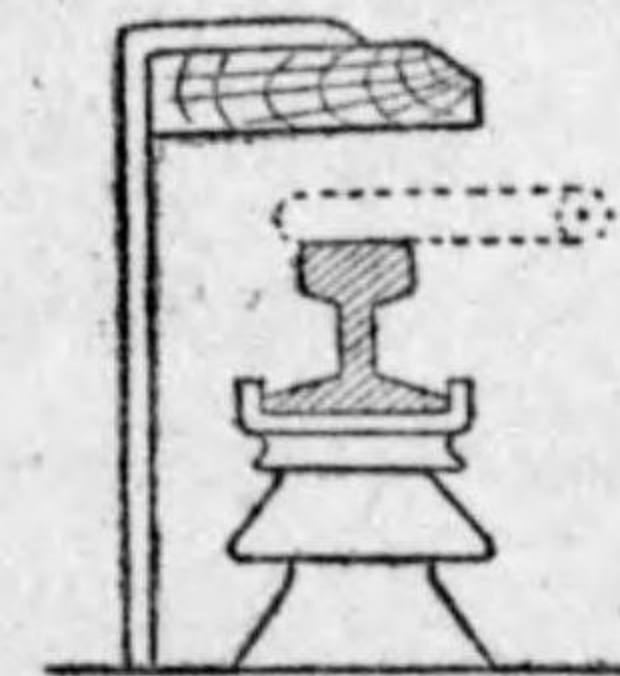
導軌條を支持する枕木は、運轉軌條と共通に使用するの

が普通で、之に對する枕木は幾分長さの大なるものにするのである。支持點間の距離は 2.3~3.5 米である。

18. 第三軌條式の特殊諸施設

導軌條には一般公衆及び鐵道従業員が觸れる虞があるから、出來得る限り之を防止する爲め、適當の方法で導軌條を防護することが必要である。夫には聚電靴と導軌條との接觸を妨げない様に施設

しなければならないから、上面接觸式、下面接觸式等の別及び聚電靴の形狀に依つて異なる方法を用ひなければならぬが、其の例は第



第 125 圖 第 126 圖
導軌條の防護

125 圖及び第 126 圖に示す通りで、前者は上面接觸式の場合、後者は下面接觸式の場合である。

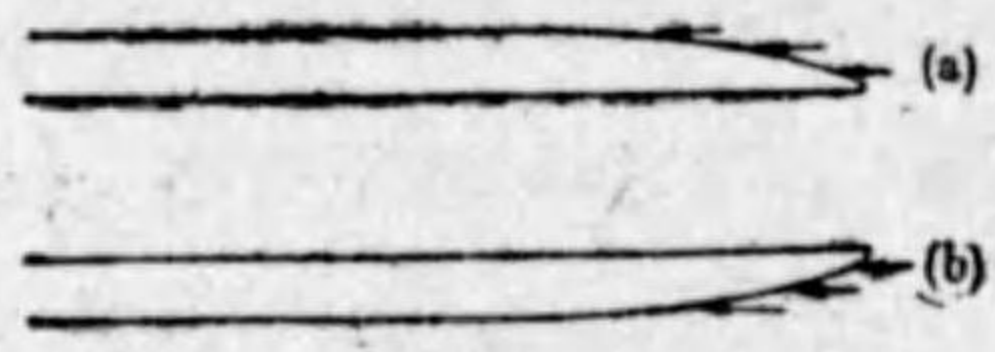
軌道の交叉點及び分岐點若くは踏切道に於て、第三軌條を連續的ならしめ得ず、空隙を設ける場合には、地中に埋設した電纜即ちジャンパー・ケーブル (Jumper cable) で前後の軌條を接續する。而して電氣車の前後兩端に聚電靴を備へて置けば、多くの場合電流は遮斷されることはないのであるが、空隙の著しく大なる場合には、車は惰力で其の部分を通過しなければならない。

上記の交叉點又は踏切に於て、集電靴が一旦導軌條から離れ、空隙を通過したる後、再び完全に導軌條と接觸を保持し得るには、軌條の終端を第 127 圖の如く特殊の形としなければならない。圖に於て (a) は上面接觸式の場合、(b) は下面接觸式の場合である。

斯の如き部分をアププロ

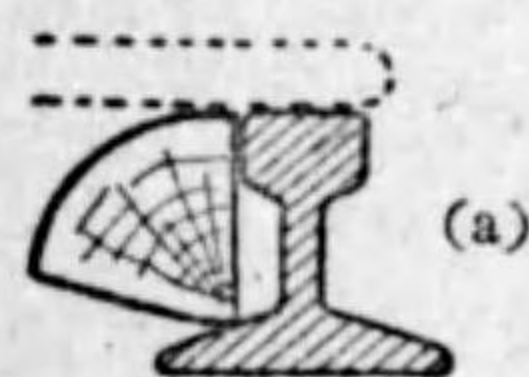
チ (Approach) 又はランプ

(Ramp) と稱する。而して



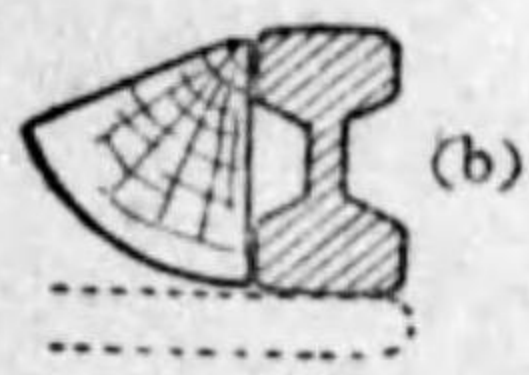
第 127 圖 アププローチ

アププローチは普通の導軌條を曲げて作るか、又は軌條と



(a)

同一形状の木製又は鐵製のものの一端を特殊の形にしたものを接續して作るのである。



(b)

軌道の分岐點に於て、導軌條と離れた集電靴が再び導軌條に接觸し得るが爲めに、導軌條の一侧に第 128 圖の

如く木片等を取付け、集電靴を誘導する装置を設ける。これをサイド・イン

第 128 圖

サイド・インクライン

クライン (Side incline) と稱する。圖に於て (a) は上面接

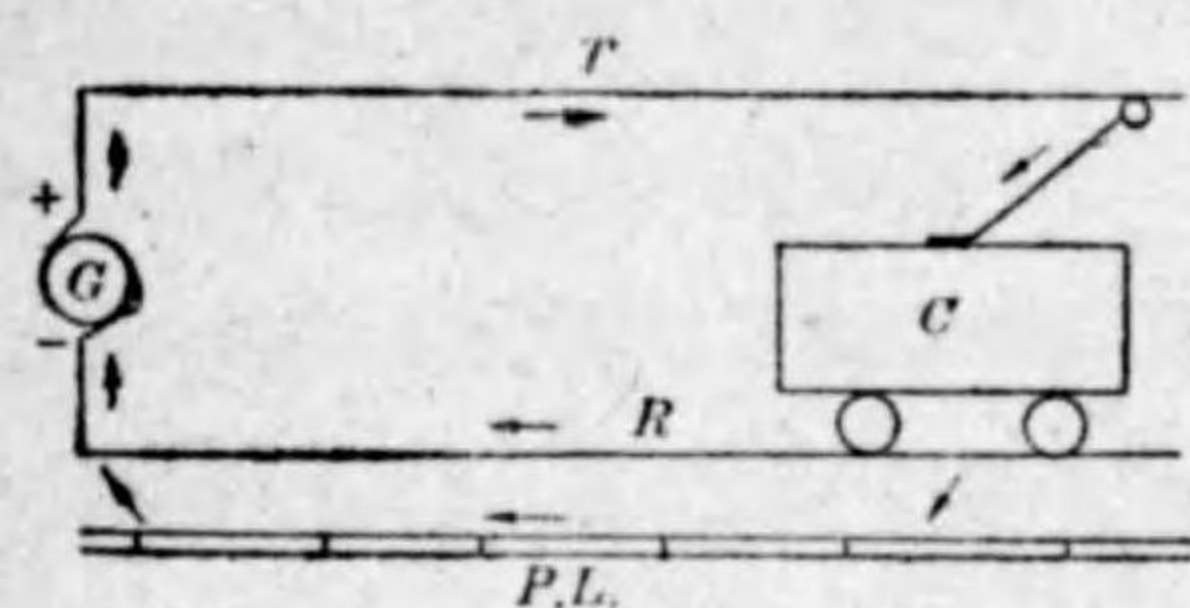
觸式の場合、(b) は下面接觸式の場合である。

第十一章 歸 線

直流式電氣鐵道の場合に就て云へば、變電所(又は發電所)から電氣車に電流を送るに、正負兩組の導體を必要とする。而して複線式の場合には、電車線 2 條又は之に相當する導體を必要とするが、單線式に於ては運轉軌條を導體の一として利用する爲め、電車線 1 條又は之に相當する導體を要するのみである。即ち複線式に於ては、軌道は電氣回路には全く關係がないのに、單線式では回路の一部となるのであるから、導體として軌條を連續的のものにするのが肝要である。此の導體として利用される軌條及び之に直接接續せられて居る部分で、大地から別段絶縁されて居ない導體を、一括して歸線又は歸回路 (Return circuit) と稱する。是れ軌條が電流の負極として使用せられるのが原則であるのから起つた名稱である。

前述の如く歸線は別に大地と絶縁されて居ないのであるから、歸線に通ずる電流の一部は必然的に大地に漏洩し、殊に其の附近に鐵管の施設、即ち地中管路があれば、漏洩電流が増大され且つ著しく之に集中するの結果を生ずる。而して漏洩電流が地中管を出入する點に於て、電氣分解作用を生ずるのであるが、殊に地中管を去る點に於ては管の腐蝕

を生ずるから、此の作用が相当期間繼續すれば地中管に被害を與ふること勿論である。所謂電蝕である(第129圖)。而して單線式に於ては此の電蝕を全然防止することは不可能であるにしても、之を出來得る限り最小限度に止めるこ



第129圖
歸線と地中管との關係

とが肝要で、之が爲めには歸線よりの漏洩電流を少なくするか、地中管路に漏洩電流の進入するのを防ぐ特殊の方法を講ずるか、又は適宜の施設を行ひつゝ、地中管路を導體として利用すること等の方法が用ひられる。

1. 軌條の電氣的接續

前節に於ける電蝕防止の第一の方法たる、歸線よりの漏洩電流を少なくする手段として、最も必要なることは、歸線内の電壓降下を小にし、依つて歸線大地間の電位差を小にすることであるが、之には歸線の抵抗を成るべく小さくすることが必要である。

軌條の抵抗は、元來左程大なるものではない。大體軌條1本1軒の抵抗 R (オーム) は W を軌條1米の長さの重量(斤)とし、

$$R = \frac{1.37}{W}$$

とが肝要で、之が爲めには歸線よりの漏洩電流を少なくするか、地中管路に漏洩電流の進入するのを防ぐ特殊の方法を講ずるか、又は適

で表はすことが出来る。而して單線軌道では此の1/2、複線軌道では1/4となる。然しながら軌道に於ける軌條の抵抗には、單に此の式より見出したものを直に適用し難いのは、軌條接續の箇所の状態に依つて、全抵抗は上記の値と著しき相違を生ずるに依るのであるから、歸線の抵抗を小さくする爲めの先決問題は、軌條の繼目を電氣的に完全に接續することである。前に述べた軌條の熔接を行へば最も良好なる結果が得られ、軌條を電氣的に殆んど連続せるものと看做すことが出来るが、一般に行はれる方法は、軌條ボンドで前後兩軌條端を接續するものである。

2. 各種の軌條ボンド

軌條ボンドには一般に銅線を用ひる。單一線、撚線、リボン形線等何れでも差支ないが、機械的障害を受けることの少い様、成るべく可撓性に富んだものを使用するのが宜しい。又1本で不充分なる場合には、2本の導體部より成るボンド又は各獨立せる2組のボンドを用ふる場合もある。

軌條ボンドは其の終端を軌條に取付ける方法に依り各種に區別することが出来るが、現今我國に行はれて居るもの



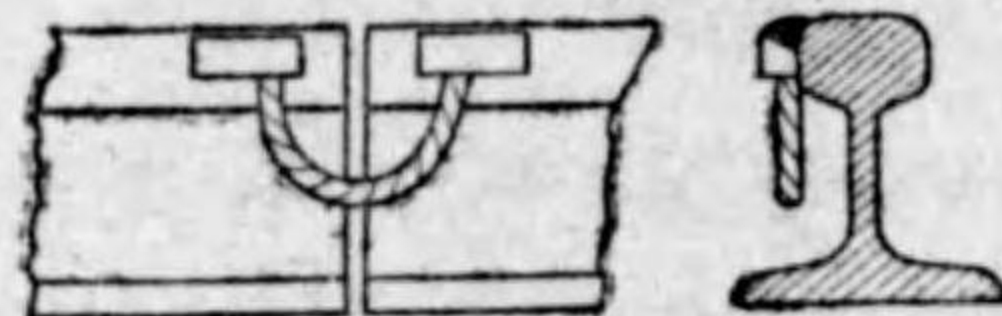
第130圖 擴端軌條ボンド(シカゴ・ボンド)

は、(a) 擴端軌條ボンド (Expanded terminal rail bond), (b) 壓端軌條ボンド (Compressed terminal rail bond),

及び (c) 熔接端軌條ボンド (Welded terminal rail bond) の三種であり、特に (b) 及び (c) が最も多く用ひられて居る。擴端軌條ボンドはボンド本體の端に圓筒形の端子を設けて、之を軌條身其の他に明けた孔に差込み、圓筒内に鋼鐵製ピンを強く押込んで端子を押擴げ、端子と軌條身孔との間の接觸を完全に保たしめるもので、シカゴ・ボンド (Chicago bond, 第130圖) 及びクラウン・ボンド (Crown bond) と稱する種類のもは之に屬する。壓端軌條ボンドは、擴端軌條ボンドの圓筒端子の代りに圓柱端子を用ひ、ピンを以てしないで、ボンド壓搾器 (Rail bond compressor) に依り端子に強力を加へて軌條に明けた孔に押込むものである (第131圖)。熔接端軌條ボンドは端子を軌條に熔接するに



第 131 圖
壓端軌條ボンド



第 132 圖
熔接端軌條ボンド (U形)

便宜なる形狀にし、之を軌條頭其の他適當の箇所に熔接するものである (第132圖)。熔接には電氣熔接を用ふるものと、瓦斯熔接を用ふるものとの二種がある。

3. 横ボンド

軌條ボンドを以て軌條の繼目を接続すると共に、左右1組の軌條又は軌道相互間を、横に電氣的に横ボンド (Cross

bond) を以て、軌條の各接続毎、2本目毎、數本乃至數十本目毎等に接続することが必要である。横ボンドは繼目の軌條ボンドが完全なる場合にはさしたる效能はないが、不良になつた場合に、左右の連絡を付ける意味に於て最も必要なるものである。ボンド端子は壓端又は熔接端の何れを用ひても差支がない。又稀に鑢着端のものを使用することがある。

4. 補助歸線

歸線の抵抗を少くし、依つて其の電壓降下を少からしめるに、單に軌條のみに依頼せず、之と並行に導線を敷設して、頻繁に軌條と導線とを連絡するが如き施設を爲すことがある。軌條の導電力の補助となるのであるから補助歸線 (Auxiliary return wire) と稱する。多く裸の銅線で、之を地中に直接に埋設するのである。専用道路上の鐵道には使用しない。

5. 諸種の電蝕防止方法

單線式電氣鐵道に於ける電蝕の防止方法としては先づ以て歸線の電壓降下を少くする爲め、軌條ボンドを使用すること及び補助歸線を使用することは前述の通りであるが、大なる軌條を用ひること、變電所からの饋電區域を短縮すること等は、之に對し根本的に有效であることは云ふまでもない。其の他電壓降下を少くする方法としては、絶縁負

極饋電線(Insulated negative feeder)を施設すること,特殊の三線式配電法を用ふること等がある。

電蝕防止の方法として,歸線を大地と絶縁又は離隔することがある。例へば路面鐵道等に於て,附近に地中管路の多き場合でも,軌道の構造を適當にして,軌條と大地との間に瀝青混凝土の如きもので作つた隔壁を設け,又専用道路上に於ける軌道に於て,軌條と大地との間を砂利枕木等で充分離隔すれば,軌條大地間の電位差が高くとも漏洩電流は極めて少いのである。

歸線の極を週期的に轉換することも,電蝕防止上或る程度に有效である。例へば發電機の正極及び負極を隔日に歸線に接続するのである。尤も普通には正極を常に歸線に接続する。

電蝕防止の其の他の方法として,地中管の周圍を絶縁物を以て包むか(地中管に絶縁塗料を塗る等),又は地中管の接続箇所を處々絶縁すれば,地中管に漏洩電流の進入することを防ぎ得る理である。又之と全く反對に,地中管を導體として利用し,其の代り地中管を適宜の箇所に於て軌條又は變電所負極母線に接続して,漏洩電流が地中管から大地を経て歸ることの出來ぬ様にする場合がある。即ち管排水式(Pipe drainage system)である。此の方式に於ては,地中管を電氣的に連續的ならしめることが必要であるが,

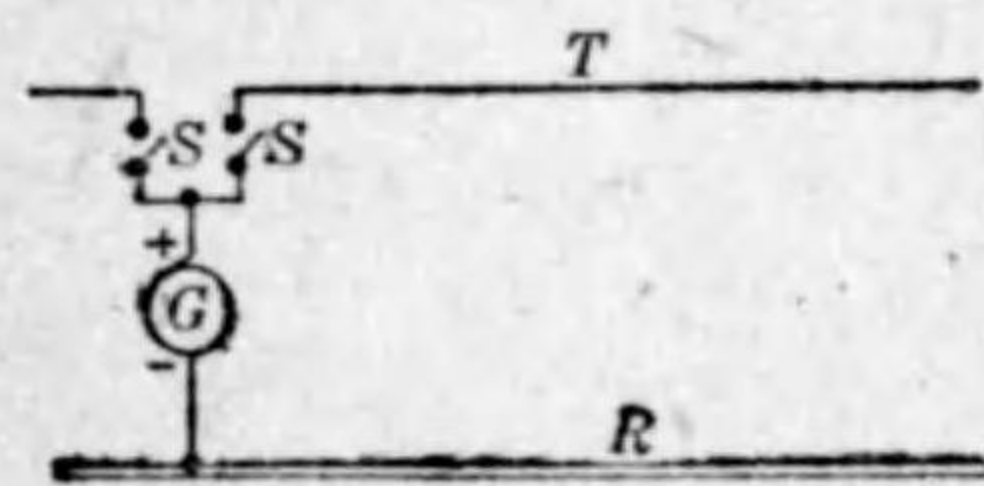
施設方法に注意しないと局部的に障害を生ずることがある。

第十二章 配 電

變電所の配電盤から直流式電気車に向ひ電流を送るに、單線式の場合と複線式の場合とで異なること勿論であるが、其の相違は單に軌道を回路の一部として利用するや否やの點のみであるから、以下單線式の場合に就て説明することとする。

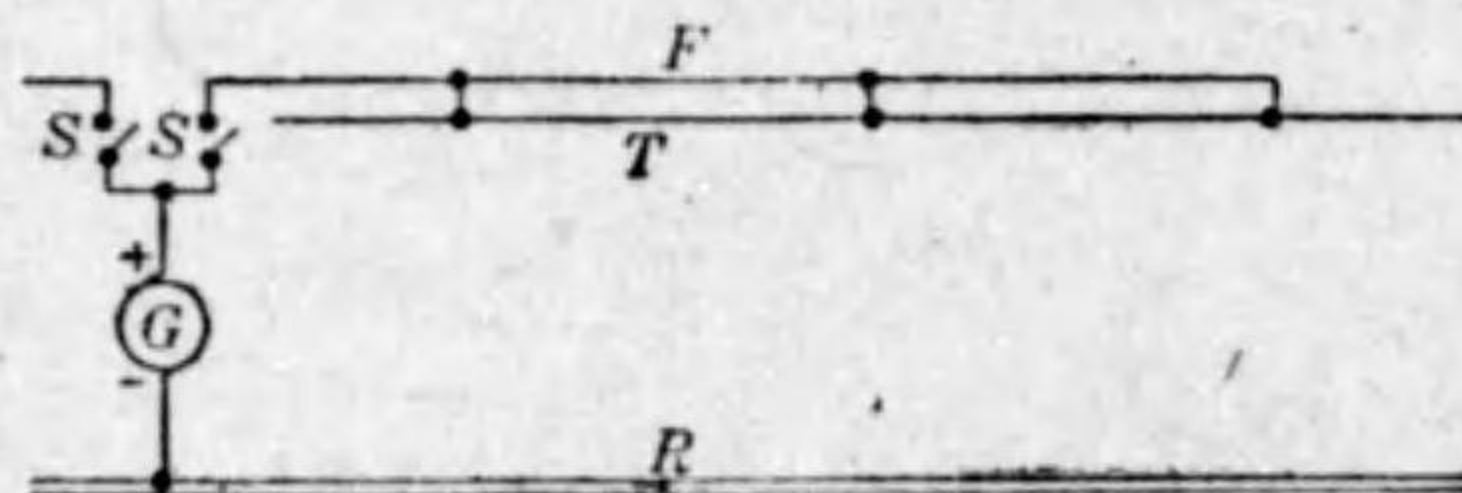
1. 正極及び負極配電

單線式の場合の最も簡單なる配電方法は、變電所に於ける發電機又はこれに相當する直流電源からの正極を電車線に直接接續し、負極を歸線たる軌條に接續するものである(第133圖)。

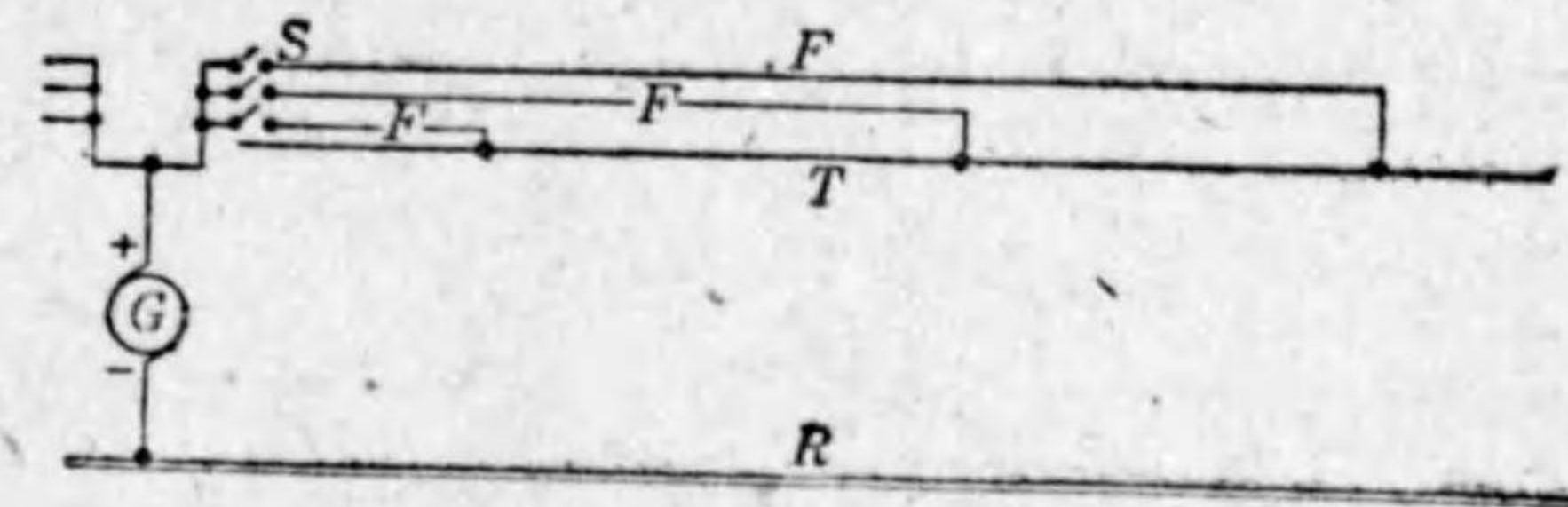


第 133 圖
單線式配電例 I

然し乍ら一般には電車線の導電力を補助し、且つ電車線を適宜の距離に區分することを可能ならしめる爲め、正極饋電線を使用するのが普通であるが、饋電線の施設には第134圖及び第135圖等の方法がある。

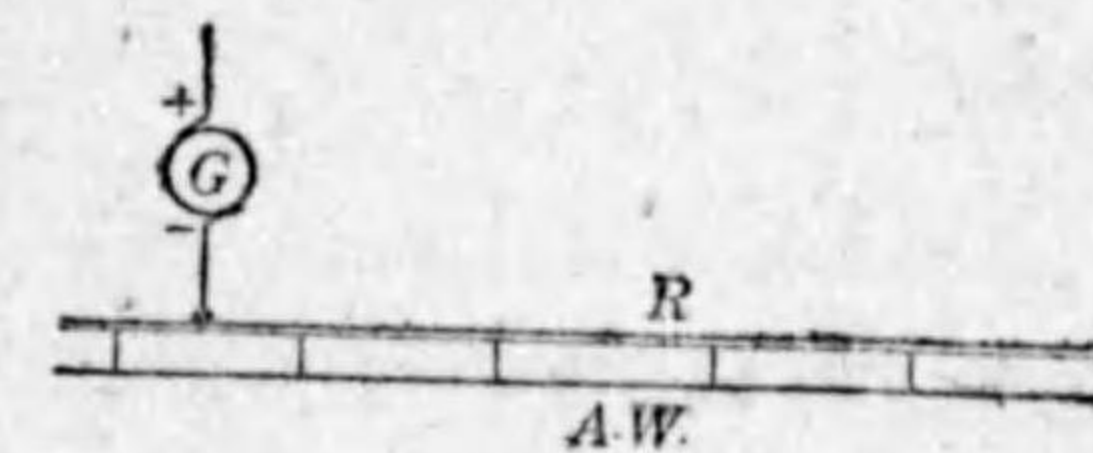


第 134 圖 單線式配電例 II

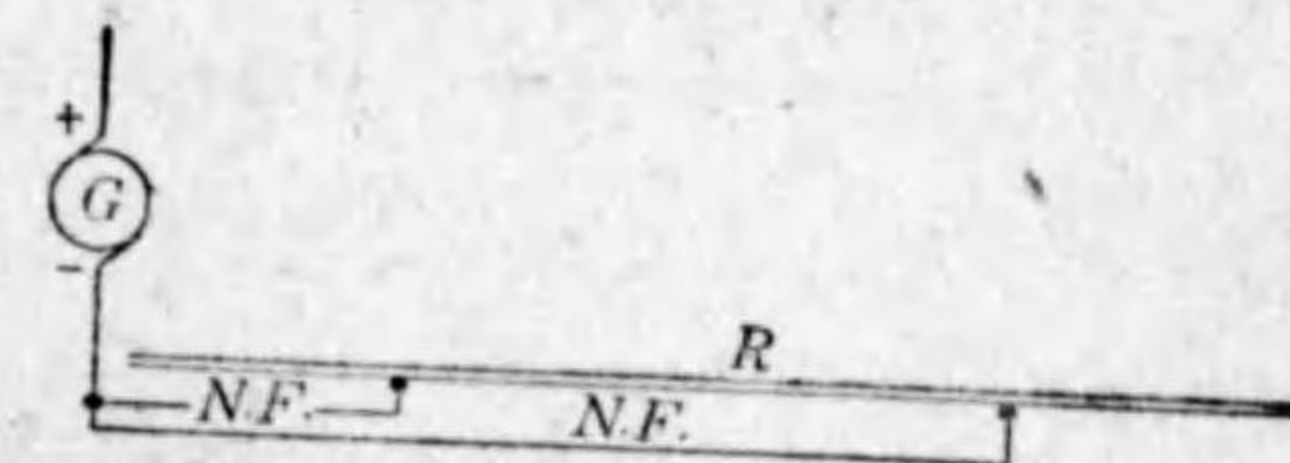


第 135 圖 單線式配電例 III

以上述べた所は單線式の電車線又は第三軌條側のみに就てであるが、發電機等の負極側も軌條のみを使用する場合、補助歸線を軌道と並行に使用する場合(第136圖)、絶縁負極饋電線を使用する場合(第137圖)等種々の施設方法がある。

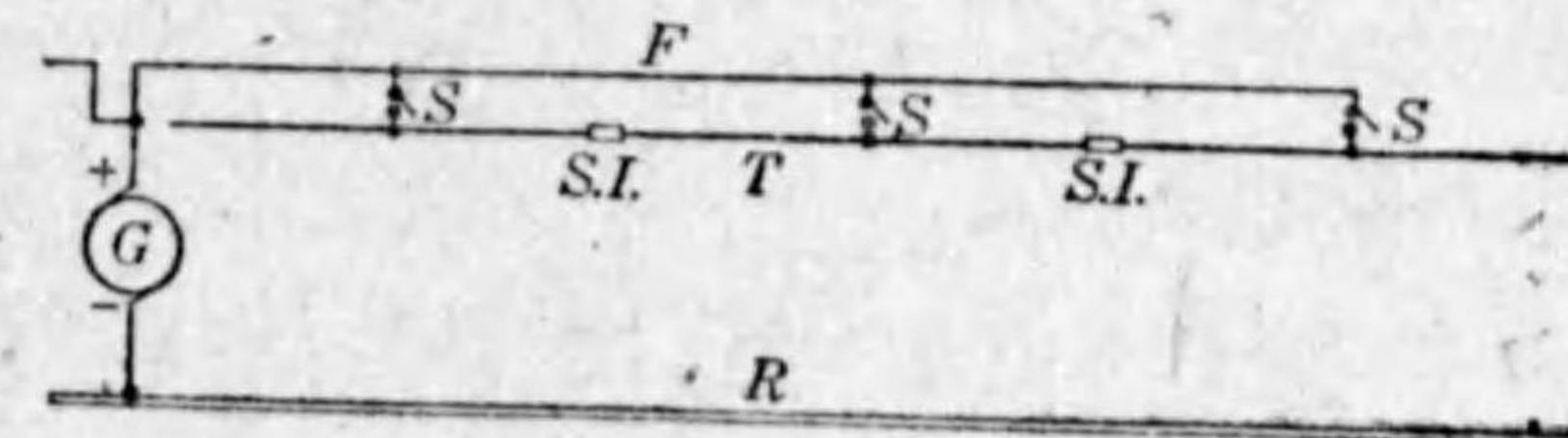


第 136 圖 補助歸線

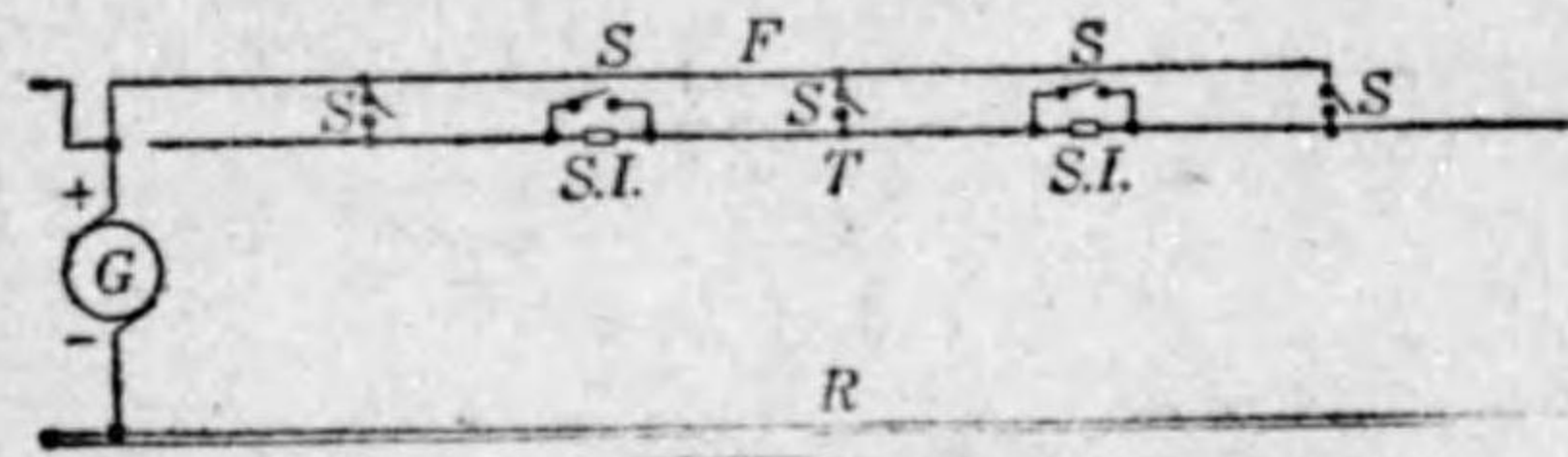


N.F. 負極饋電線
第 137 圖 負極饋電線

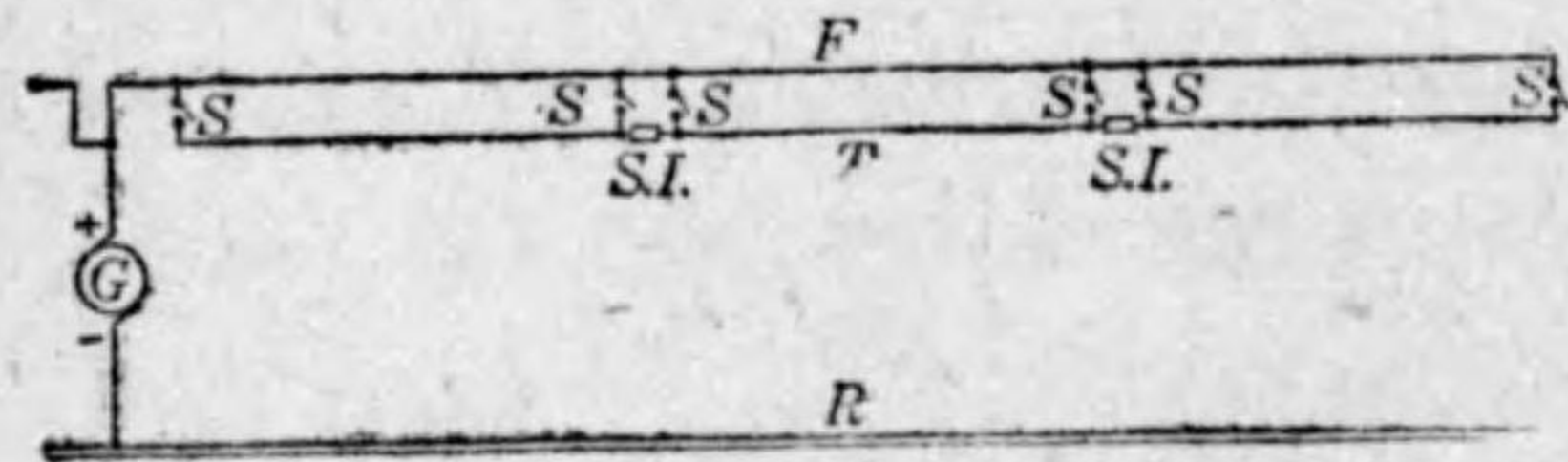
電車線を區分し、各部分に對する饋電を別々に支配し得る様にするには、饋電線の施設方法に應じて、第138圖乃至



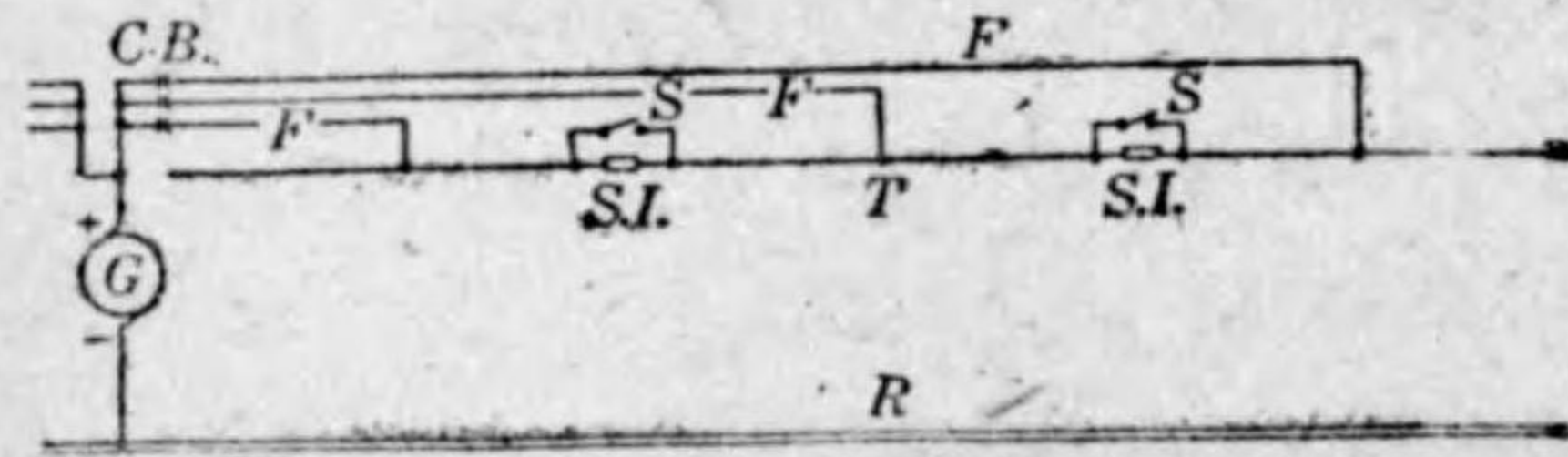
S.I. 區分碍子 S 開閉器
第 138 圖 電車線各區劃部分への饋電例 I



第 139 圖 電車線各區劃部分への饋電例 II



第 140 圖 電車線各區劃部分への饋電例 III

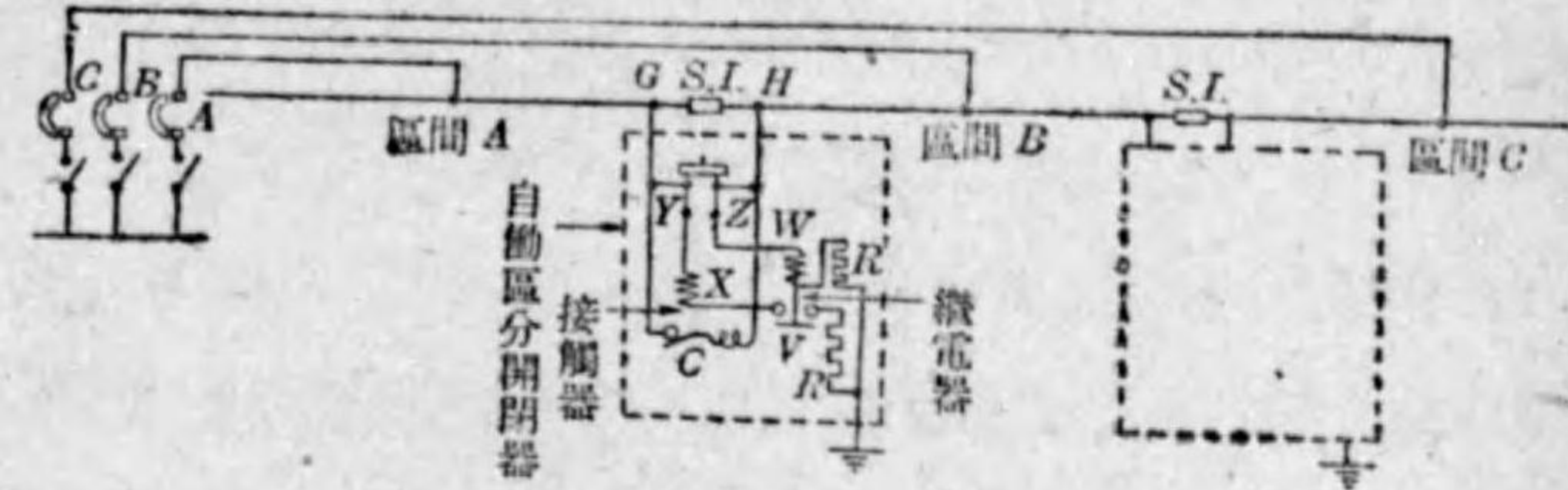


第 141 圖 電車線各區劃部分への饋電例 IV

第 141 圖に示す如き各種の方法を使用することが出来る。是等の場合に注意すべきことは、電車線は平素各區間の境界を通じて連続的ならしめ、之に依つて其の導電力を充分に利用する點である。

2. 自動區分開閉器

第 141 圖に示すが如き場合に於て、各區劃部分間を接続する區分開閉器として自動開閉器を使用すれば、變電所等で之を制御し得ることになり最も便利である。今第 142 圖



第 142 圖 自動區分開閉器

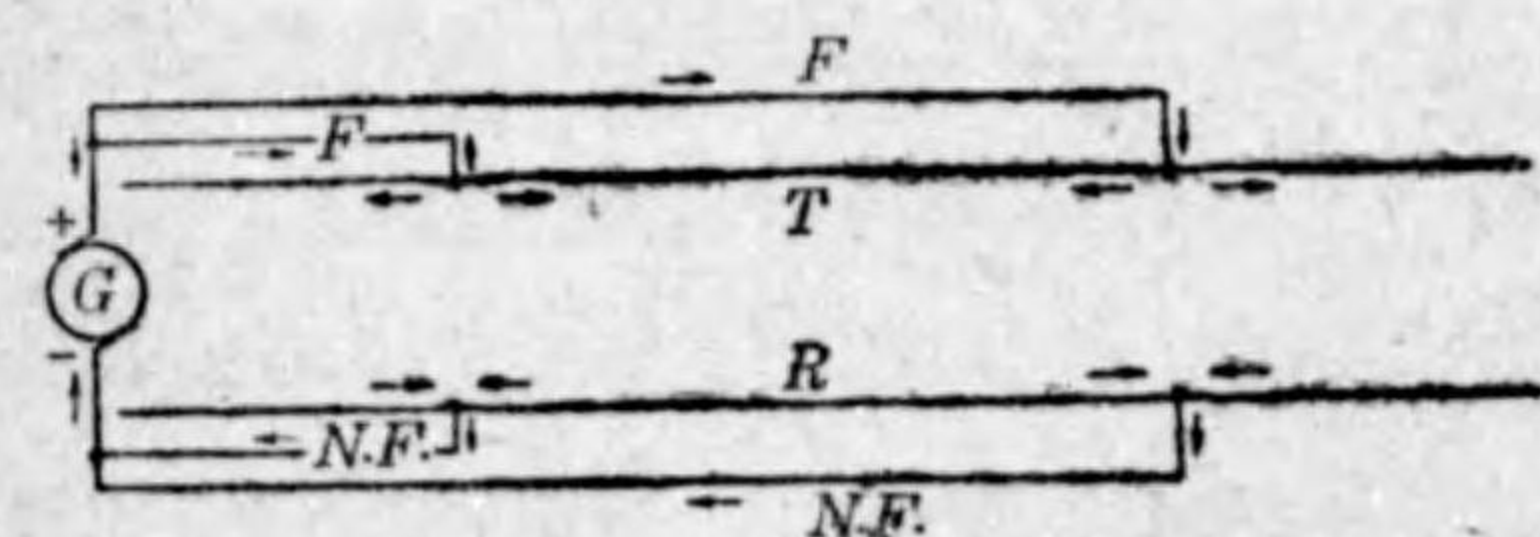
に於て、變電所に於ける自動遮斷器 A を閉ぢ區間 A に電圧を加ふるも、自動遮斷器 B 未だ閉ぢられないときは、電線 G よりの回路は完結して居ないが、遮斷器 B が閉ぢられ區間 B に電圧が加はれば、繼電器の捲線 W に電流通ずる爲め、其の接點 V を閉ぢ、G よりの電流は開閉器ブレード Y より接觸器の捲線 X に通することになるから、接點 C を閉ぢ、區間 A と區間 B とは茲に接続せられるのである。而して夫等の接続は、一方の區間の饋電を止めれば自動的に切断される。此の關係は區間 B 及び區間 C の間を連絡する自動開閉器に就ても同様である。

自動區分開閉器は其の外並行せる饋電線相互間に挿入して、夫等の中に於ける電流を平均せしめることが出来る。例へば第 135 圖に於ける如く、多數の饋電線を施設する場合に、各饋電線を別々にせず、饋電線相互間を適宜自動開閉器で接続すれば、變電所等に近づくに從ひ全體の導電力を大ならしめ、饋電線を經濟的に使用するに有效である。

3. 饋電線

直流式の場合に於ける饋電線の施設は、正極のものも負極のものも大體同様で、銅、アルミニウム等の撚線を用ひる。正極饋電線の被覆の種類に就ては、低壓では第二種絶縁線、高壓では第三種絶縁線を用ふるのが原則であるが、市街地以外で、充分の太さのものを使用する場合には、程度の劣つた絶縁線又は裸線を使用することが出来る。而して之を電車線又は軌條に接続するには、電車線の場合には腕金、電線等を利用して電車線の處に導き、饋電イヤ等で電車線に接続し、又歸線の軌條に接続するには、電柱に沿うて引下して行ふのである。特殊の場合には饋電線に電纜を用ふることがある。

正極饋電線の使用目的は、前にも述べた如く、一は電車線の導電力を補助する爲めと、一は電車線の各區劃部分の饋電を別々に支配する爲めとである。負極饋電線の使用の目的は之とは稍異つて居る。即ち電氣車運轉に必要な電流が全般的に大なるとき、歸線内に於ける電壓降下を出來得る限り少くする爲めである。饋電線を使用せざる場合、又は

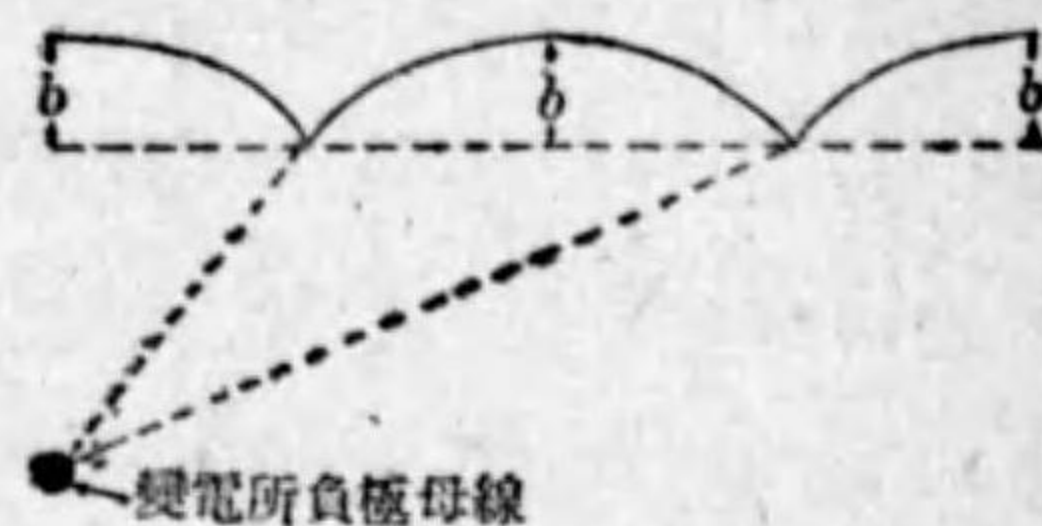


第 143 圖 負極饋電線の作用

は補助歸線を用ふる場合には、電氣車に流れた電流は、變電所等より最も隔つ



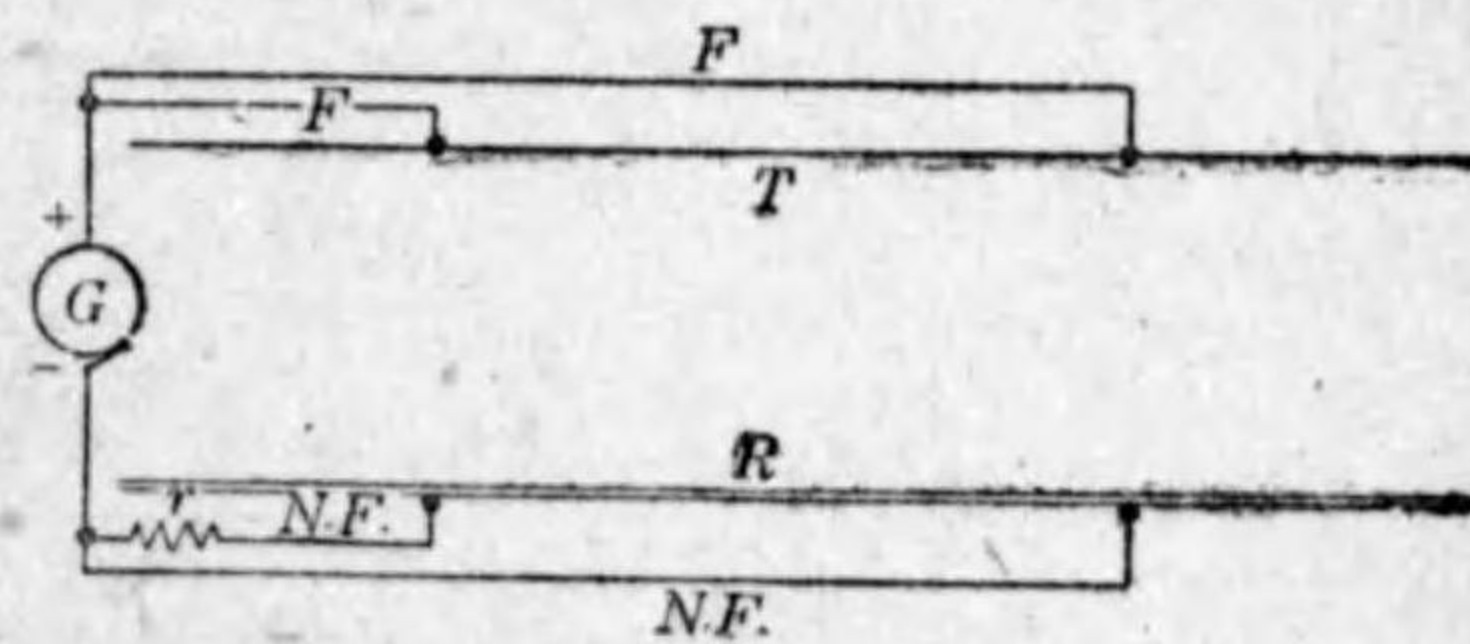
第 144 圖 A 電位曲線圖 (負極饋電線を用ひない場合)



第 144 圖 B 電位曲線圖 (負極饋電線を用ふる場合)

た地點から變電所に近づくに従ひ次第に累加され、著しき強さに達する。従つて歸線内に於ける電壓降下は、一般に甚しきを免れない。然るに負極饋電線を施設すれば、電流は第 143 圖の如き状態に流れ、歸線内を僅か通過すれば直に饋電線に移ることになるから、歸線内に於ける電壓降下は極めて少いのである。饋電線を用ふる場合と用ひない場合との電壓降下の關係を曲線で示せば、第 144 圖の通りである。

上述の關係に於ては、負極饋電線を軌條に接続する各點の電位が總て同一であることを必要とする。而して之が爲めには長き饋電線を充分太くして、其の電壓降下を短き饋電線内に於けるものと同様に保たな

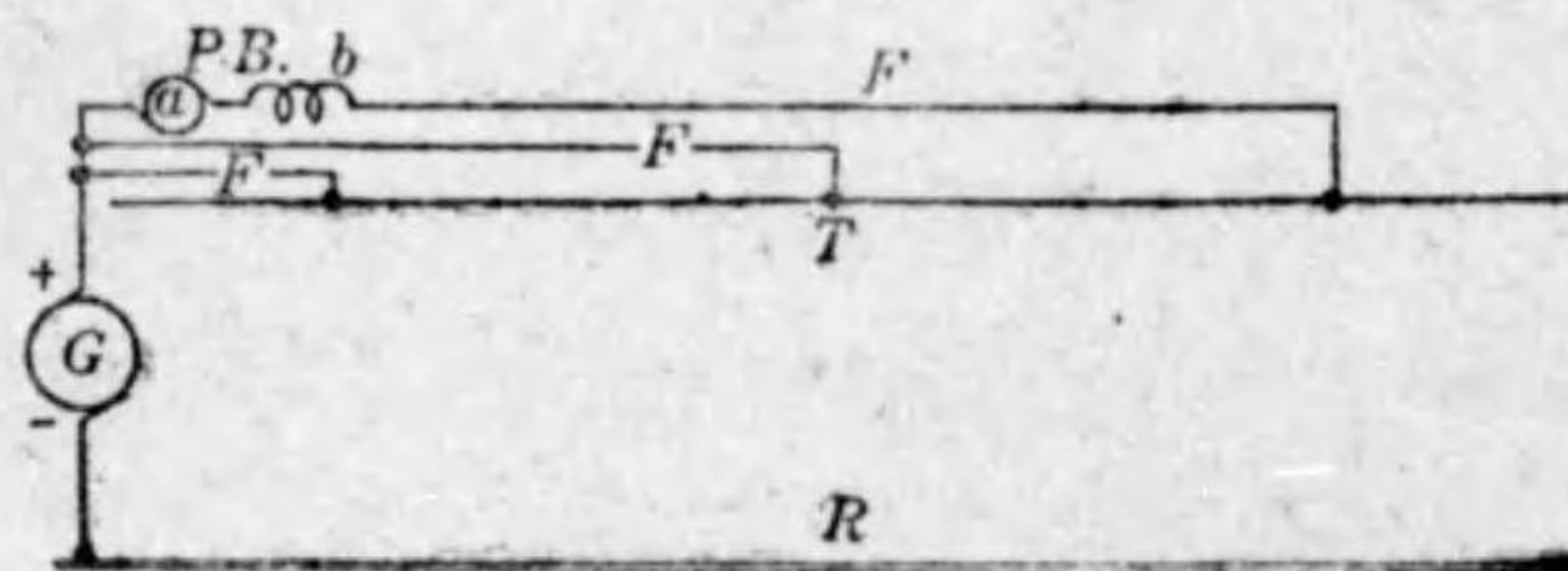


第 145 圖 負極饋電線に抵抗使用

ければならないが、斯の如き電線の使用方法は不経済であるから、短い饋電線内に抵抗を挿入して、電壓降下の均一を計るのが宜しい(第145圖)。尤も上記接續點の電位差は必ずしも正確に皆一様であることは必要がなく、寧ろ變電所等に近づくに従ひ、各點の電位を次第に少し宛低くした方が歸線の導電力を餘分に利用し、更に良好である。

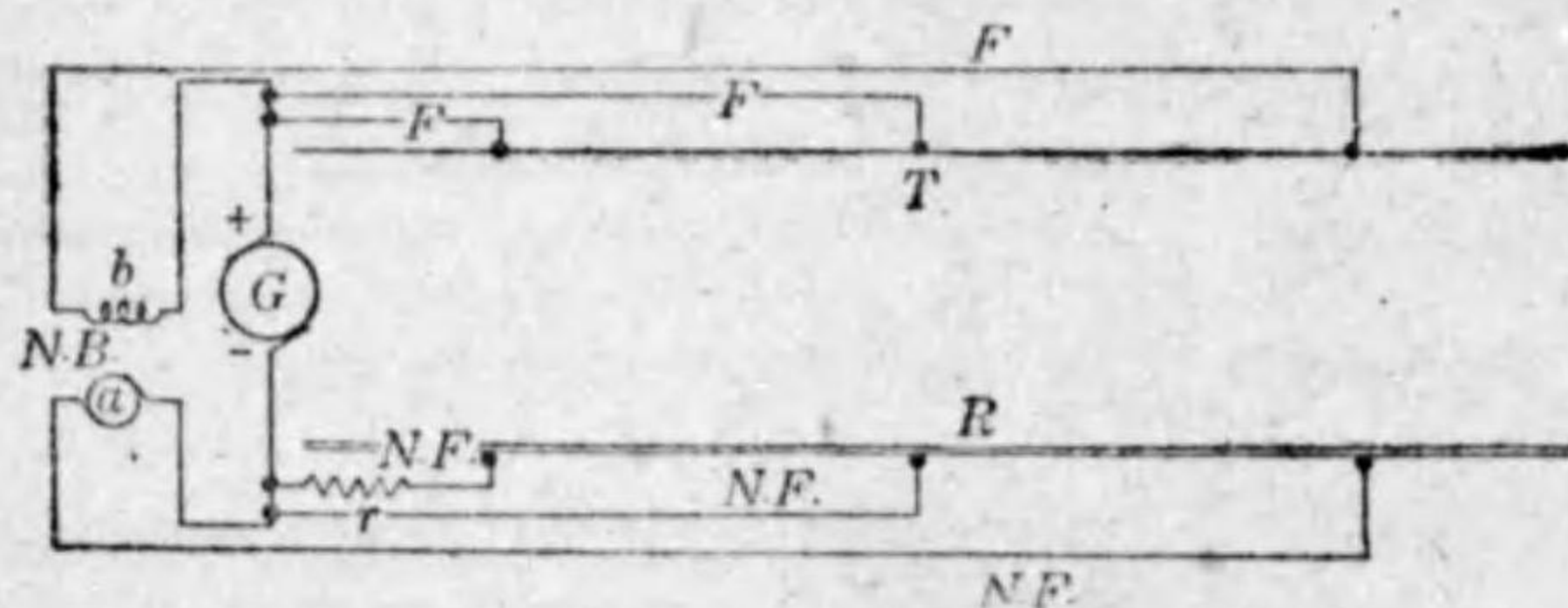
4. 加減壓機

正極及び負極の饋電線内の電壓降下を補償し、饋電線に比較的細き電線の使用を可能ならしめる爲めに、加減壓機(Booster)を使用することがある。加減壓機は電動機を以



P.B. 正極加減壓機 a 發電子 b 界磁

第146圖 正極加減壓機



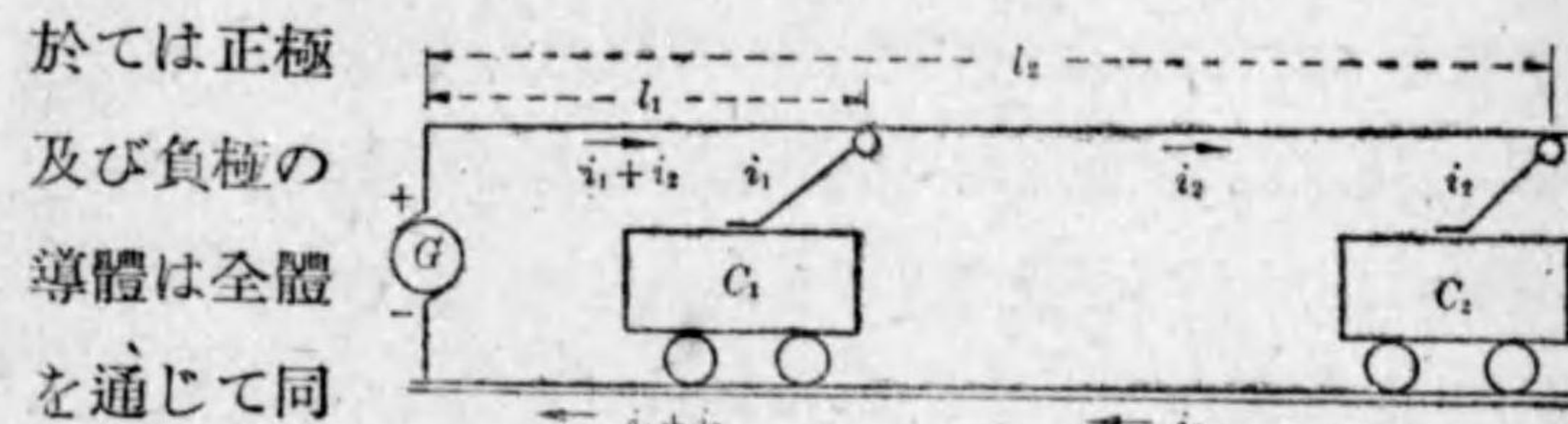
N.B. 負極加減壓機 a 發電子 b 界磁

第147圖 負極加減壓機

て一定速度で運轉せられる發電機で、其の界磁は直列捲又は他勵磁とする。負荷の大小に應じて、適當なる補償電壓を發生することが出来る。正極饋電線及び負極饋電線に加減壓機を應用した例は、夫々第146圖及び第147圖に示す通りである。

5. 電壓降下の計算

電氣鐵道の回路に於ける電壓降下の計算の例として、饋電線を使用せざる第148圖の場合の計算を擧げよう。圖に



於ては正極及び負極の導體は全體を通じて同様とする。

第148圖 正極導體内の電壓降下計算

今圖の如く線路上に2箇の電車ありとし、變電所より各電車までの距離及び各電車への電流を圖に示せる通りとし且つ正極及び負極の導體の1杵の長さの抵抗の合計を r (オーム) とすれば、變電所より第二の電車までの電壓降下 e (ヴォルト) は

$$e = (i_1 + i_2)l_1 r + i_2(l_2 - l_1)r = (i_1 l_1 + i_2 l_2)r.$$

上述の計算は電車が何輛でも同様で、

$$e = r \sum_{1}^n i_m l_m.$$

今,

$$l_0 = \frac{\sum_1^n i_m l_m}{\sum_1^n i_m} = \frac{\sum_1^n i_m l_m}{I}$$

とするときは(但し I は電流の合計), l_0 は此の一點に全電流が通するとき, 其の電壓降下をして e ならしめるが如き距離, 即ち合成排流負荷 (Combined drainage load) の重心である.

各電車に流れる電流が總て同一で, 且つ電車相互の間隔が等しければ, 其の極限の場合として電流が全線に一樣に分布せられたものと看做すことが出来る. 之に對する計算は, 上記の特殊の場合としても, 又別に獨立しても行ふことが出来る. 即ち i_0 を 1 米の長さに於ける排流 (アムペア), L を電源から終端までの全體の距離 (米) として,

$$e = \frac{I r L}{2} \quad \text{或は} \quad \frac{i_0 r L^2}{2},$$

$$l_0 = \frac{L}{2}.$$

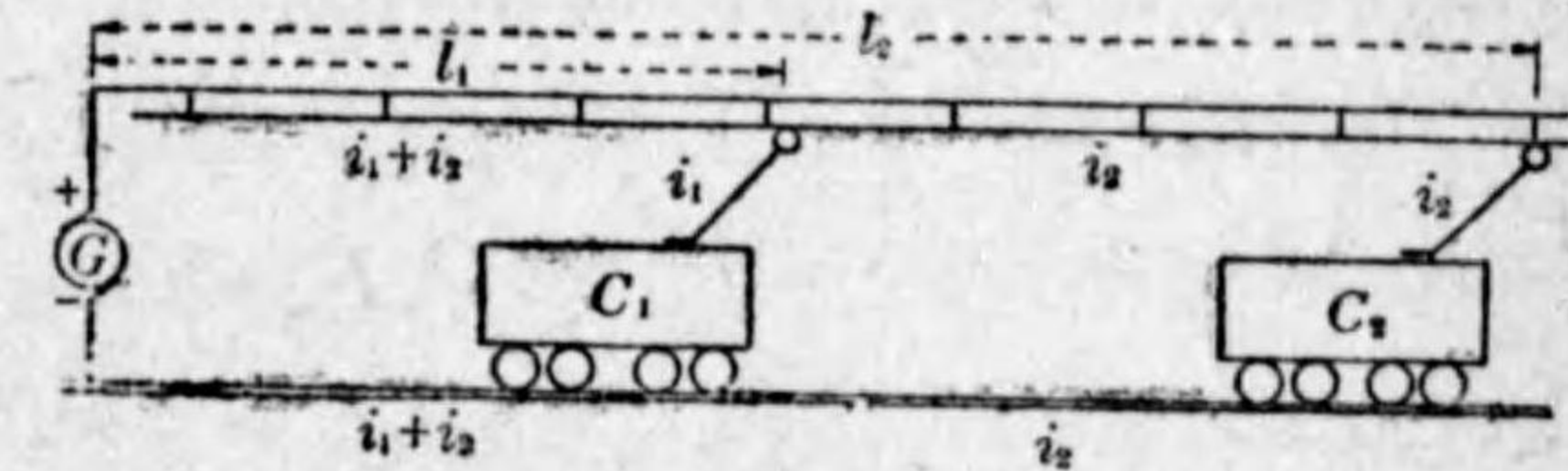
6. 正極饋電線の太さの計算

電氣鐵道に於ける正極饋電線の所要の太さは, 主として電壓降下から計算されるものである. 即ち電壓降下が餘り甚しければ, 電氣車の速度の低下に依り, 所定の表定速度を保持し得ざること, 運轉の所要電力量を増すこと, 附屬装置

の作用に支障を來すこと等の結果を生ずるのである. 電壓降下の最大限度は鐵道の種類等に依つても異なるが, 直流式の場合に, 大體市内路面鐵道及び高速度鐵道に於て電車線規定電壓の 10~20%, 市外鐵道に於て同 20~40% 位である. 而して電車線の太さは機械的の強さ及び安全電流の點から大體別に定められ, 軌條も機械的の強さの點から定められるのであるから, 饋電線の太さは是等の電車線及び軌條と併用して, 全體の電壓降下をして上記の限度を超過せしめぬ様に計算すれば宜いことになるのである.

計算の一例として, 第 149 圖の如く饋電線を線路に沿うて全體同一

の太さのものを用ひ, 且つ饋電線と電車線と



第 149 圖 正極饋電線の計算

の接續を多くして, 此の兩電線を並列に利用し得るものとし, 變電所より 2 輛の電車 C_1 及び C_2 に至る距離及び各電車への電流を, 圖に記入の通りとし, 又 r_1 オームを電車線と饋電線との 1 杆當りの合成抵抗, r_2 オームを歸線 1 杆當りの抵抗とすれば, 第二の電車に至る迄の全電壓降下は

$$e = (i_1 l_1 + i_2 l_2)(r_1 + r_2),$$

従つて

$$r_1 = \frac{e - (i_1 l_1 + i_2 l_2) r_2}{i_1 l_1 + i_2 l_2}$$

であるから、 e が與へらるれば r_1 の値を見出すことが出来る。今電車線及び饋電線を共に銅線とすれば、銅線の断面積 1 平方耗、長さ 1 米の固有抵抗を ρ オームとし、電車線及び饋電線の断面積の合計 A (平方耗) は

$$A = \frac{1000 \rho}{r_1}$$

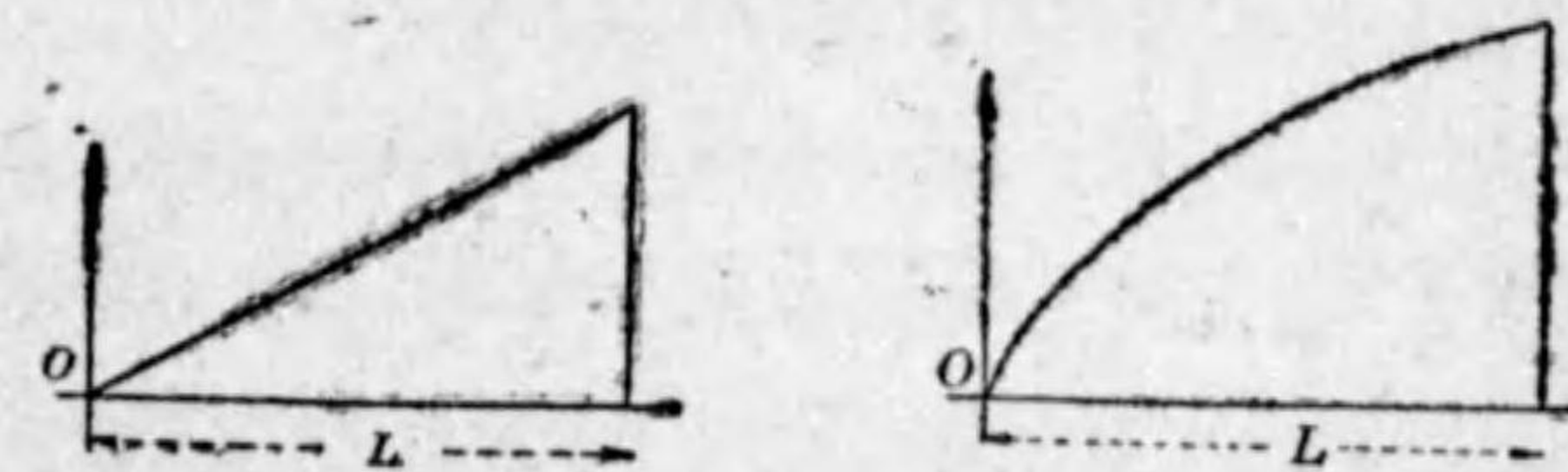
此の A から電車線の既知の断面積を差引けば、饋電線に対する所要面積を知ることが出来る。

上記は單に計算の一例を示したに過ぎないが、電壓降下の點を主として其の場合も同様に計算することが出来る。尤も饋電線の太さの決定は、單に電壓降下から爲し得るとは限らないので、場合に依つては饋電線の安全電流の點を考慮しなければならないこともあるから、電壓降下の關係を基にした計算の結果が、安全電流に對し差支なきや否やを一應檢算することが必要である。又銅の所要重量と電線内の電力損失量との關係から、最も適當なる電線の太さを用ふるのが經濟上肝要なることである。例へば電壓降下及び安全電流の點から比較的小なる電線で差支ないとしても、經濟上から更に太い電線を使用するを利とすることがあるのである。

7. 歸線に於ける漏洩電流

電氣鐵道線路の附近に地中管路があつて、歸線よりの漏洩電流が地中管路を出入するとき、之に依つて生ずる電氣分解の作用は、通ずる電流の強さと、其の時間とに比例するものであるから、電蝕作用を減ずる爲めには、漏洩電流を成るべく少からしめることが最も肝要である。而して漏洩電流の強さは、軌條大地間の電位差と、軌條大地間に於て大地の與ふる抵抗とに關係するものであるから、變電所等を起點として線路の各點に於ける電位を示す電位曲線を知れば漏洩電流及び電蝕の一般の趨勢を知ることが出来る。

第 150 圖は變電所より L なる距離に電氣車 1 輛が運轉せられる場合の電位曲線(漏洩電流を無視す。以下同様)。



第 150 圖 電位曲線圖 I

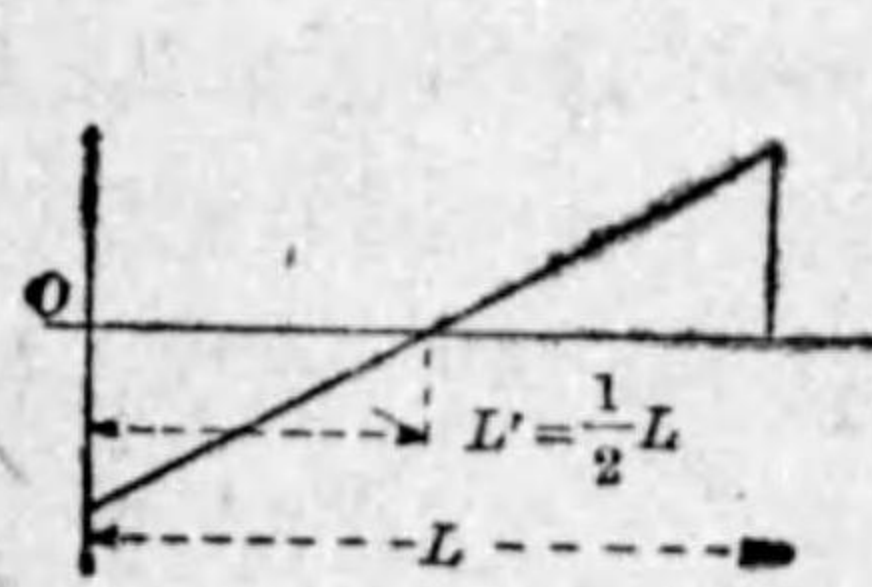
第 151 圖は變電所と、夫より L なる距離の點との間に電氣車への電流が一様に分布せられる場合の電位曲線である。

今軌道大地間の抵抗を軌道 1 米當り r_0 オームとし、全抵抗が軌道の長さに反比例して變化するものとすれば、任意の地點に於ける軌道大地間の電位差 e ヴォルトに對し、距離の小部分 Δl 米間の漏洩電流は、

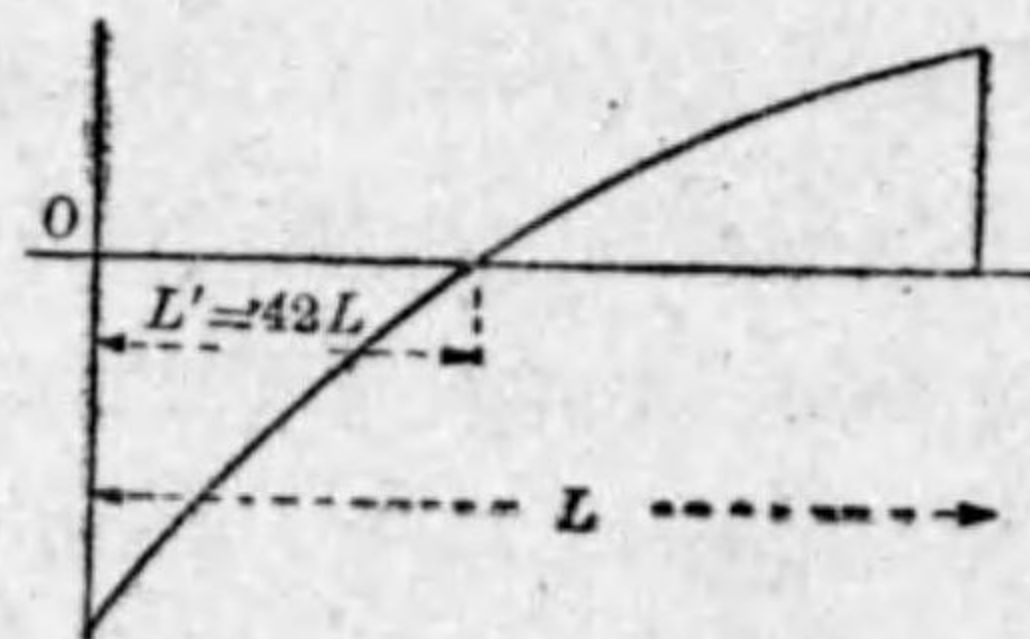
$$\frac{e \times \Delta l}{r_t}$$

に比例する。而して $e \times \Delta l$ は圖に於て Δl の間の曲線が横軸と爲す面積に等しいから、 r_t を一定と假定すれば、歸線より大地への全漏洩電流は、曲線が横軸と爲す全面積に比例するを知ることが出来る。

變電所で負極母線及び軌條を地中板等で完全に大地と接続するときは、上記に依つて直に漏洩電流の關係を考へることが出来るが、一般の場合に於ける如く、負極母線を軌條に接続するのみで、大地と直接の接続の無いときは、歸線に於ける漏洩電流は、電源より遠い地點では歸線から大地又は地中管へ、又電源に近い地點では大地又は地中管から歸線に歸るのであるから、其の中間に於て漏洩電流が全く大地又は地中管に出入せぬ地點、即ち歸線と大地とが同電位にある中性點が存する理である。而して大地の電位を基準として、歸線の電位曲線を表はせば、第 152 圖及び第 153 圖の様になる。圖に於て電位が正である部分では、歸線の電



第 152 圖 電位曲線圖 I



第 153 圖 電位曲線圖 II

位は大地の電位以上であるから、漏洩電流は歸線より大地に向つて生じ、又電位が負である部分では、大地の電位は歸線の電位以上であるから、漏洩電流は大地より歸線に復歸することが明かである。中性點の位置は電位曲線の如何に依つて異なることは勿論であるが、歸線より大地への全漏洩電流に比例する水平線より上の部分の面積と、大地より歸線への全復歸電流に比例する水平線より下の部分の面積は同様でなければならない(前記 r_t が一定と假定する)。

8. 負極饋電線に関する計算

負極饋電線の太さ及び其の施設方法を定めるには、正極饋電線と稍異つた根據に依るのである。即ち先づ歸線内に於ける電壓降下を所定の値に保持し得る様、負極饋電線と歸線との接続點の數、又は接続點間の距離を見出し、次に變電所より最も遠き點に至る饋電線の太さを安全電流の關係から定め、夫よりも近き點に至る饋電線の太さは之と同様にして、各饋電線内に於ける電壓降下を約一定に保つ爲め、夫等の饋電線内に夫々適宜の抵抗を挿入するが如き方法を用ふるのである。尤も饋電線の太さは單に安全電流の關係からのみでなく、經濟上の點をも考へなければならぬのであつて、場合に依つては一層太き電線を使用するを利とすることがある。

負極饋電線と歸線との接続點相互間の最大距離を定める

一例として、負荷が全線に互つて一様に分布されて居る場合を考へよう(第154圖)。今線路の長さ1米に對する排流



第154圖
負極饋電線接續點間距離計算

を i アムペア、軌道1米の抵抗を r オームとし且つ歸線内に於ける電壓降下の最大限度を e ヴォルトとする。圖に於て各饋電線と歸線との接續點 A, B, C 等の電位を總て同一なる場合と假定すれば、歸線内に於ける電流は、 AB, BC 等の距離 l 米の中央の點を分界として、各兩方に分流するものと考へ得るから、歸線内に於ける電壓降下は、 $il/2$ アムペアの電流が $l/4$ 米の距離に集中せるものとして(本章5参照),

$$e = \frac{il}{2} \times \frac{lr}{4} = \frac{irl^2}{8}$$

即ち

$$l = \sqrt{\frac{8e}{ir}}$$

から最大限度の電壓降下に相當する l の値を見出すことが出来る。

第十三章 變 電 所

電氣車運轉に要する電流は、發電所で發生した電氣を一度變電所で受けて、電車線其の他に適當した型式で送るのが最も普通である。特に直流式電氣鐵道の場合に於て、一般電源から交流電氣を受ける場合には、交流を直流に變換する装置を備ふる變電所を常に必要とするのである。

1. 直流式電氣鐵道の變電所

前記の交流を直流に變換する装置としては、電動發電機、廻轉變流機及び水銀整流器が最も普通に用ひられる。何れの變換装置を採用するかに關しては、直流側の電壓、負荷の特性等を考へ、能率及び價格等の上から建設費、運轉費等に就て全體として最も經濟的なるものを選ぶことが必要である。勿論其の他運轉の難易、起り得る故障の程度等をも考へなければならぬ。猶ほ電動變流機を變電装置として用ふることも出来るが、他の機器が著しく發達せる今日に於ては、殆んど其の應用を見ないのである。猶ほ變電所に於ける受電電壓は、特に高い場合が多いから、上記の變換装置に對し變壓器を併用するのが常である。又受電電力の大きさ、受電電壓の高さ其の他の状態に應じて、大袈裟な受電設備を必要とすることがある。

定置の變電所の外に車輛内に變電装置を据付け、必要に應じ線路の任意の點に持行きて、電力を供給し得るものがある。之を可搬變電所 (Portable substation) と稱する。

2. 電動發電機

電動發電機は電動機として同期又は誘導電動機(同期を使用するのが普通である)、發電機として直流複捲又は分捲電動機を使用し、夫等を直結して運轉するものである。電動發電機の利點は、直流交流間に直接の關係なく、電氣的に最も簡單なるものであること、直流高壓に對し設計容易なること、整流の状態が廻轉變流機よりも良好なること、直流側より交流側への逆運轉が簡單であるから、電力回生に對し都合良きこと等であるが、一方に於て、能率、價格、据付所要面積等の點に於て廻轉變流機又は水銀整流器に劣るから特殊の場合を除き現今餘り使用されない。

3. 廻轉變流機

廻轉變流機には六相式又は三相式で、複捲型又は分捲型のものが使用される。但し三相式變流機は小容量のものに限られて居る。廻轉變流機の不利益なる點は、直流側と交流側と相關聯するから電氣的に複雑し、整流も稍不良なること、高き直流電壓に對し製作困難なること、完全に可逆的でないこと等であるが、能率良好なること、据付の場所を要すること少きこと、價格廉なること等の重要な利點を有

するから、廻轉機としては現今最も廣く使用されて居るのである。

廻轉變流機は上述の如く整流状態比較的不良で、直流側 1500 ヴォルト位までのものが、電壓に於て從來製作せられた最大限度のものである。普通には斯の如き直流電壓に對しても、廻轉變流機 2 箇を電氣的直列に接続して使用する。例へば 1500 ヴォルトに對しても直流側 750 ヴォルトのものを 2 箇直列に接続するが如きである。

4. 水銀整流器

水銀整流器としては一般に多相式鐵槽型が使用される。補助装置として槽内の眞空を保持する爲めの装置、水で槽内を冷却する爲めの装置等を必要とする。此の器の不利益の點は、使用開始前又は運轉休止後再使用を始めんとするとき、フォーメーション (Formation) の手数を要すること、逆弧 (Back fire) の現象を生ずること、通常可逆的でないこと、直流側電壓に脈動がある爲め、附近の通信線に障害を及ぼす虞あること等であるが、一方其の利益とする點は、一般に良好なる能率を有するのみならず、特に低負荷に於ける能率が、廻轉變流機等に比しても著しく優れること、瞬間的過負荷容量大なること、直流側電壓の最高値に實際上的制限がないから、高壓の場合に廻轉變流機の様直列に接続する必要がないのみならず、更に高い直流電壓の使用を

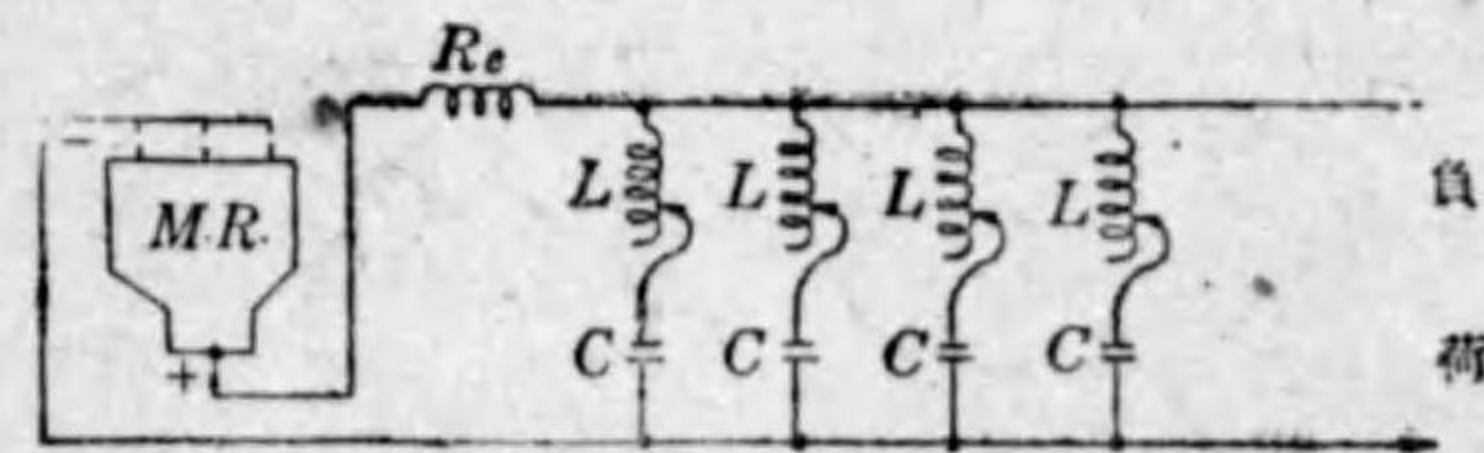
可能ならしめること、起動等が簡単であるから、變電所を自働とするに最も適當せること、噪音を發することが少いから、市街地、住宅地等の變電所に設置するに適當せること、場所を要することが比較的少いこと、價格低廉なること等である。斯の如く多くの重要な利益を有する關係から、近年特に著しく使用せらるゝに至り、將來に於ても益、廣く行はれんとする傾向である。

水銀整流器は上述の如く直列に接続して使用されることはないが、製作上から並列に接続せられたものを一組とするを便利とする場合がある。

5. 變電所に於ける特殊の装置

受電設備及び變電所内の配電盤設備に就ては、茲に詳しく述べないことにするが、之に關聯して必要な各種の特殊設備の主要なるものを説明しよう。

水銀整流器の直流側の電壓には、常に多少の脈動が伴ふものであるが、電源電壓の歪の關係と、負荷の影響とでは、



M.R. 水銀整流器 Re リアクトル
L リアクタンス C コンデンサー

第 155 圖
誘導障害防止装置例

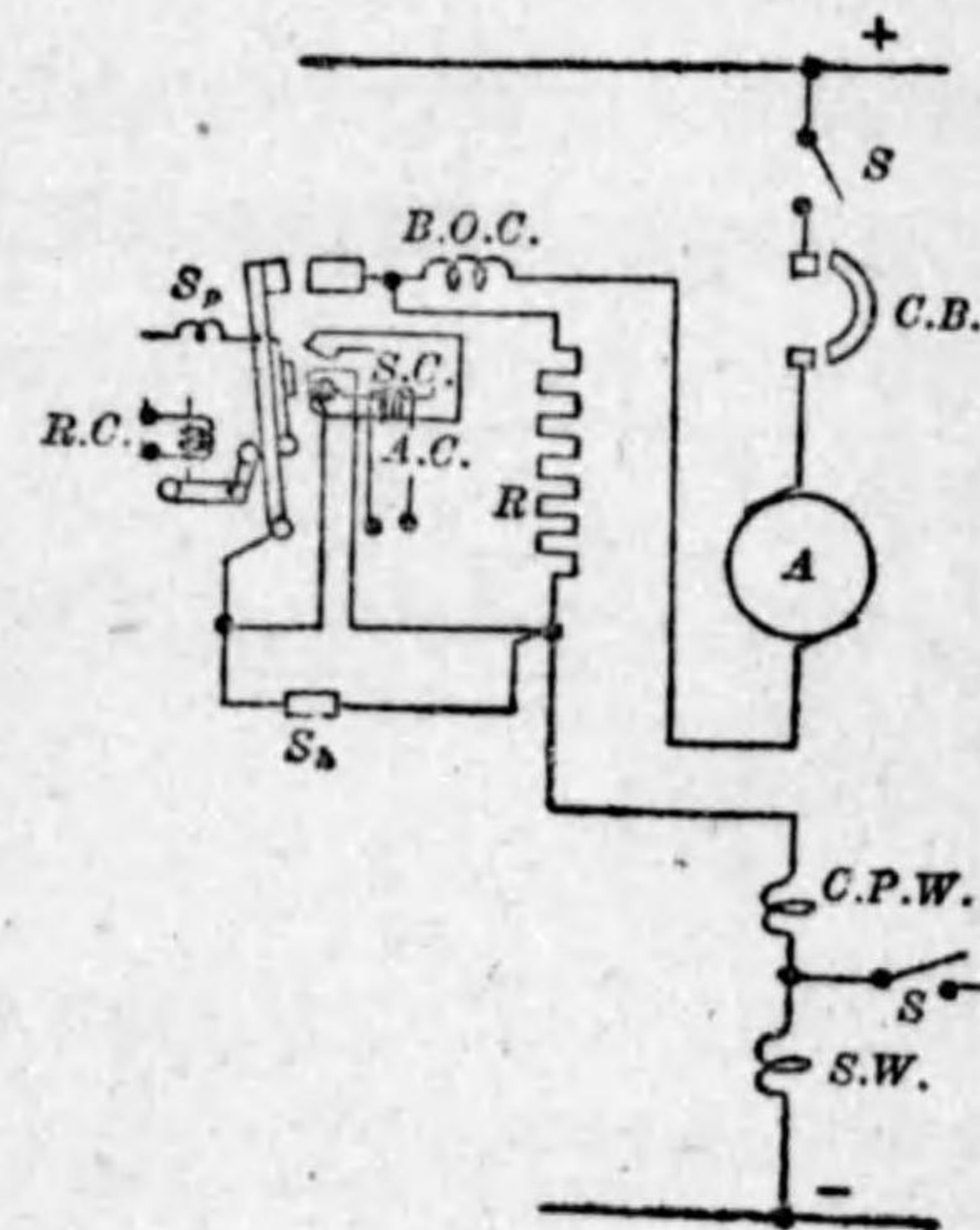
脈動電壓は相當著しくなり、従つて夫等の高周波電壓及び之に依る電流が、誘導に依り通信線

に大なる障害を及ぼすことになるのである。之を防止するに最も適當なる方法は、第 155 圖に示す様に、負荷と直列にリアクトルを入れ、負荷と並列にリアクタンス及びコンデンサーより成るレゾナンス回路の濾波装置 (Filter) を使用することである。

變電所外の電線路に短絡障害があるか、又は電氣車に故障ある爲め、過大の電流が通ずるときは、變流装置に有害なる影響を與へることは勿論である。特に整流子を有する直流機械に於ては、閃絡を生じ大なる損傷を來さしめる處がある。斯の如き場合には、最も速に回路を遮斷することが肝要である。而して之

に對し普通の遮斷器では其の働作が充分敏活でないから、高速度自働遮斷器を用ひて障害を防止することが、廻轉變流機等一般の廻轉變機を使用する場合は勿論、水銀整流器を使用する場合にも廣く行はれて居る。

高速度自働遮斷器は



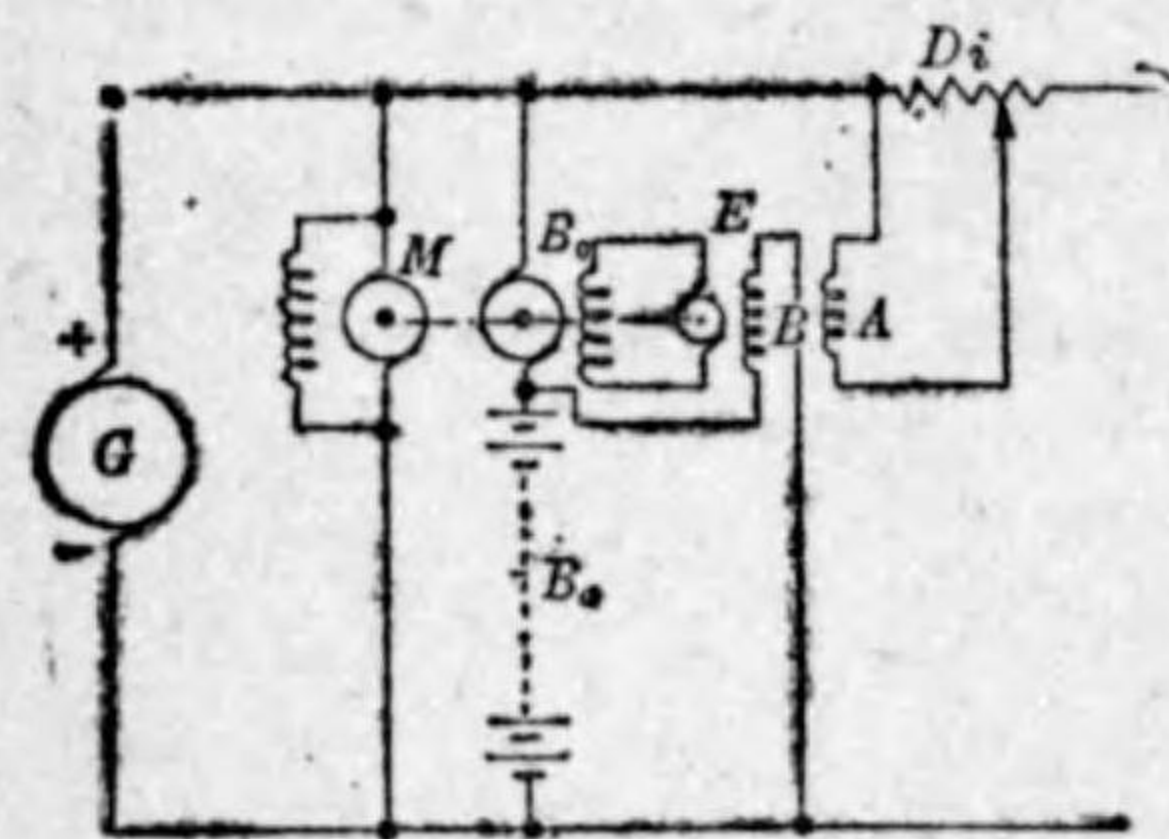
第 156 圖
高速度自働遮斷器

變流機器の直流回路、若くは饋電回路の何れにでも挿入することが出来るが、廻轉變流機の直流回路に應用した例を第156圖に示す。

6. 蓄電池の應用

蓄電池を直流式變電所に設置して、變流機等と並列に接続して置き、負荷の小なる場合には變流機の餘力を以て蓄電池を充電し、負荷の大なる場合には蓄電池を放電して變流機を補助せしめるが如き方法は、理論上きはめて經濟的で且つ電車線電壓の變動を少からしめるものである。斯の如き目的に使用せられる蓄電池を緩衝蓄電池 (Buffer battery) と稱する。

緩衝蓄電池の作用を完全ならしめるには之と直列に變流機の並列回路に自動可逆加減壓機 (Automatic reversible



G 發電機 M 電動機 E 勵磁機
Ba 蓄電池 B0 加減壓機 Di ダイバーター

第 157 圖

ピラー式自動可逆加減壓機

booster) を挿入することが必要である。其の一例は第157圖の通りである。圖に於て勵磁機の界磁は、蓄電池の兩端に接続せられた分捲界磁 B と、ダイバーター (Diverter) に接続せられ、負荷電流に比例する電流の通

ずる直捲界磁 A とから成つて居るが、兩者は差動的に捲いてあるから、勵磁機には常に其の差に相當する起電力が発生され、従つて加減壓機にも矢張り夫に相當する電壓が生ずる。而して負荷が大なるときは、勵磁機の直捲界磁 A が分捲界磁 B に打勝つて、加減壓機に於ける電壓は、蓄電池の放電を助ける方向に生じ、又負荷小なるときは、分捲界磁 B が直捲界磁 A に打勝つて、加減壓機に於ける電壓は、蓄電池の充電を助ける方向に生ずるのである。

蓄電池を變電所に設備するときは、其の外發電所、送電線等に故障の起つた場合に蓄電池を放電させ、一時饋電を繼續し得るの利益もあり、極めて有効と見えるが、設備の費用を多く要すること、大なる場所を要すること、保守困難で従つて保守費を多く要すること等の不利があるから、現今に於ては寧ろ安價なる廻轉變流機及び水銀整流器の容量を大きくした方が、經濟であるとせられて居る。尤も電力料の高價なる場合には、負荷の關係に依り、其の使用を考慮し得ることもあらう。

7. 自動變電所

變電所に於ける設備の運轉の制御を、全部自動的に行ふものが自動變電所である。即ち變電機器の運轉開始及び停止は勿論、機器内部の過度の溫度上昇、機械軸承の過熱、整流子に於ける閃絡故障、整流器の真空度の低下及び逆弧の

故障、電線路の短絡故障等に對する防護をも、總て自動的に行ふものである。

自動變電所に於ては全く従業員を廢することが出來、唯だ定期に検査員をして巡回せしめるを以て足るのであるが、其の他此の種の變電所の利益とする所は、事故の場合に於ける處理が正確に行はれること、經濟的に小容量の變電所を多數設け得るから、饋電線に關し大なる節約が得られること等である。

自動變電所の運轉開始及び停止には、種々の方法を採用することが出来る。即ち従業員の手に依ること、時計に依り時刻を定めて行ふこと、遠方から支配すること、電力の所要の有無に依ること等である。今爰に廻轉變流機の起動の順序に就き二つの標準的のものを説明しよう。第一の方法は制御を總て繼電器で行ふものである。例へば電氣車運轉の爲めの電車線電壓の低下に依つて、直流不足電壓繼電器が動作し、適宜時間繼續すれば、原繼電器が動作して交流側油入開閉器が閉ち、一方刷子操作電動機を動作させて刷子を引上げ置き、同時に起動接觸器の動作に依り第一變流機を起動せしめる。而して變流器が同期速度に達すれば、有極繼電器に依り變流機の極性を確認した後、運轉接觸器の閉路に依り完全なる運轉状態に入るのである。第二の變流機の起動は、運轉中の第一機械の過負荷、故障又は交流側の

電壓降下に依る。第三以下の變流機の起動も同様である。又運轉の停止は、變流機の低負荷が相當時間繼續することに依り、不足電流繼電器動作して順次行はれるものである。

第二の方法は制御を電動制御器で行ふもので、變流機の起動又は停止は、負荷の増減等に應ずる原起動装置及びタイム・デレー起動繼電器又はタイム・デレー停止繼電器の動作に伴つて、制御器電動機が廻轉して自動的に行はれる。刷子は機械運轉停止中は引上げられて居る。變流機に分捲界磁は初め先づ他勵電動發電機に依り他勵せられ、次で自動接觸器の閉路に依り自動となり、同時に運轉接觸器動作して起動するのである。

以上は全自動變電所に就て説明したのであるが、其の一部分に手働を併用する半自動變電所とすることも出来る。

8. 變電所の遠方監視制御

變電所の容量が大で、且つ其の負荷の状態も簡單でない場合には、其の制御を全自動とすることが稍困難になるから、之を半自動とし、中央監視所に於て各變電所の機械の起動、運轉停止等を支配し、又必要に應じて負荷の適當なる分配を行はしめるのが便利である。斯の如き制御方法を遠方監視制御 (Supervisory control) と稱するのである。

遠方監視制御に於ては、變電所機器の種々雜多の制御を遠方から行ふのであるから、極めて複雑な装置を必要とす

るのである。例へば自動電話交換に使用する如き選擇キー及び選出機に依り、衝擊電流の組合せに依る符號を用ひて、選擇、制御及び表示を行ふが如きであるが、遠方で各種計器を読み得る爲めには、適當なる遠方指示の方法に依ることが必要である。

9. 變電所設計に関する注意

變電所の設計に關しては、變電所の位置又は變電所相互間の距離及び變電所に於ける各變流機等の容量及び其の箇數等を定めることが必要である。勿論各變電所よりの饋電距離の最大を適當にして、電車線等に於ける電壓降下が、一定の限度を超過しない様にしなければならないが、一力饋電線の太さ及び其の條數の選定にも關聯するから、變電所を手働にするか、又は自動にするか等の點をも考へて、全體の施設をして最も經濟的ならしめる様設計しなければならない。

變電所の位置を定めるに、市外鐵道等に於ける如く線路が簡單である場合は、單に其の相互間の距離を決定するのみで宜しいが、市街鐵道に於ける如く線路が複雑なる場合には、各變電所から各方向に向ひ饋電するのであるから、成るべく負荷の重心に近き點を選択しつゝ、其の間隔及び數を定めなければならない。

變電所の位置の選定に關聯して、各變電所に於ける所要

全容量及び各機器の容量を定めなければならない。全容量に對しては變電所の最大負荷及び平均負荷を知ることが肝要で、即ち運轉の機器に依り、主として溫度上昇の關係から平均負荷に充分耐へ得るものであると共に、其の最大負荷が機器の過負荷容量の範圍であることを要する。

變電所の負荷曲線圖は、後に述べる各電氣車運轉の電力時曲線(又は電流時曲線)と、電氣車運轉圖表とがあれば、容易に求め得られる。負荷は鐵道の種類、列車單位の大きさ、發車間隔等に依つて變化し、平均負荷と最大負荷との割合即ち負荷率も場合に依つて著しく異なるのである。又同様の最大負荷でも其の繼續時間の如何を考へなければならない。

變電所の機器の數を定めるには、一日中竝に一年中の負荷の状態を考へ、最も良好なる能率を以て運轉し得ること及び設備費を少からしめることを基礎とすべきである。之が爲めに普通適宜の數箇に分つのであるが、一般に常用の外に同容量のもの1箇を豫備とする。

第十四章 電氣車の運轉

市内其の他の路面に於ける電氣車の如く不規則に運轉せられるものは別とし、普通電氣車の本線上に於ける運轉は、保安法を施行して嚴重に行はなければ、到底安全を期することは出来ない。特に發車間隔小なるとき、運轉速度大なるとき等は此の點に最も注意しなければならない。かくの如き運轉法則に支配せられる電氣車又は其の一群を列車 (Train) と稱する。

1. 各種の電氣車運轉方法

一般に電氣車の運轉には、電動車を單車で運轉する方法、電動車に附隨車を連結して運轉する方法、總括制御法を以て電動車の一群又は電動車及び附隨車の一群を連結運轉する方法、電氣機關車に客車又は貨車を多數連結して運轉する方法等の種類がある。我國に於て單車運轉は、路面鐵道の一般、郊外鐵道及び市間鐵道の大部分等に、附隨車連結運轉は郊外鐵道及び市間鐵道の一部等に、總括制御運轉は郊外鐵道及び市間鐵道の一部、市内高速度鐵道、幹線鐵道等に、電氣機關車運轉は幹線鐵道に使用されて居る。

上記各種の運轉方法には各、得失があるが、客車を多數連結して運轉する必要がある場合には、總括制御運轉は最も

優秀なる方法である。即ち此の方法に依るときは、列車の連結及び開放が簡單であること、線路の終端に於て其の儘引返運轉の出来ること、各電動機に割當てられる重量を連結車數の多少に拘らず常に一定ならしめることの出来ること、動力が全體に分配されて居るから、列車の全重量中の附着重量の割合が大で、従つて大なる牽引力を以て加速度を大にし、表定速度をも大にし得ること等の利益が得られる。

以上の理由に依り、幹線鐵道に於ても總括式列車が次第に多く用ひられる傾向であるが、多種の車を運轉する必要がある場合、蒸汽列車運轉區間と連絡して運轉する場合及び貨物列車運轉には今日に於ても電氣機關車が應用せられて居る。

2. 發車間隔

電氣車運轉の回數は發車間隔 (Headway) を以て表はすことが出来る。其の値は鐵道の種類、土地の狀況、一日中の時刻等に依つて著しく異なるものである。勿論成るべく之を小にした方が乗客に便利であるが、餘り之を小にすれば運轉上の困難を伴つて來る。例へば高速度の電車を自働信號に依り運轉する場合に、運轉の安全を期する爲めには、信號を認めてから確實に停車し得るだけの距離を信號機との間に保たなければならないから、従つて信號機相互の距離に一定の最小限度があり、發車間隔も無暗に小にすることは

出来ないのである。

發車間隔の最小値の例を挙げると、市内路面鐵道に於て30秒、市内高速度鐵道に於て1分内外、郊外及び市間鐵道に於て2分内外である。

3. 停車場間距離、停車時間及び運轉速度

停車場又は停留所間距離は、鐵道の種類、土地の状況等に依つて著しく異なるものである。而して停車箇所の多いことは各地の乗客に便利を與へることになるが、一方電氣車運轉の電力消費量を増し、且つ運轉速度を低下する結果を來すから、之を設けるや否やに就ては、充分利害得失を考へなければならぬ。

停車時間も鐵道の種類等に依り異なるのであるが、之を短縮すれば全體の運轉時間を小にすることになり、又間接に電氣車運轉の電力消費量を少くすることになるから、出来るだけ短縮する様、車輛の構造設備等の設計に充分注意を拂はなければならない。

運轉速度の大小も亦鐵道の種類其の他に依つて異なるものである。而して乗客に對し直接關係のあるのは、所謂表定速度 (Schedule speed) であるから、此の速度を出來得る限り大にすることを考へねばならない。而して表定速度は、運行した全距離を走行時間及び停車時間の合計を以て平均して見出したものであるから、之を大ならしめる爲めには、

單に進行中の平均速度を大にすることが必要であるのみならず、同時に停車時間を小ならしめることが必要である。

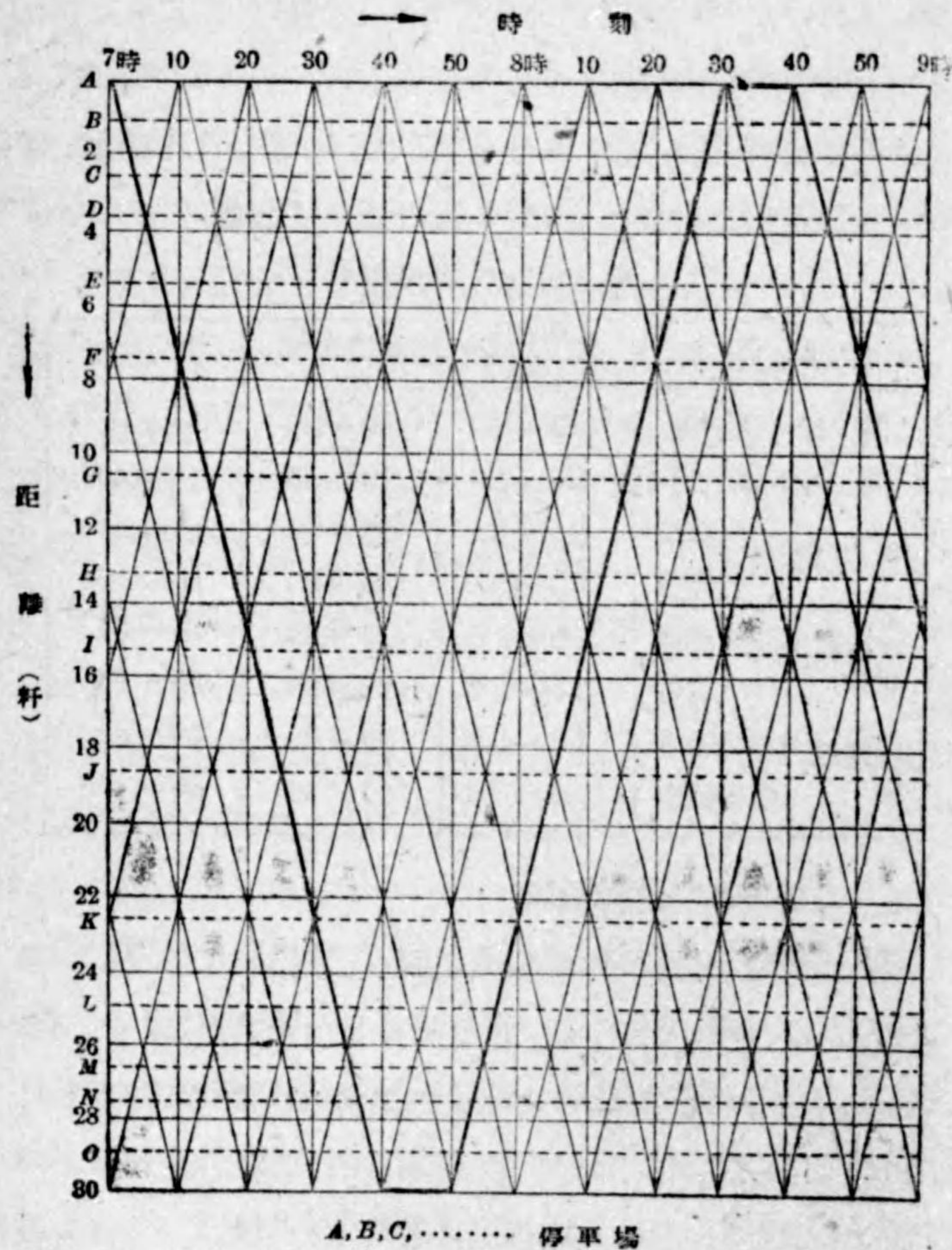
今各種の鐵道に就て停車場間距離、停車時間及び表定速度の一般の例を挙げると第4表の通りである。

第 4 表

| 鐵道の種類 | 停車箇所 間距離 | 停車時間 | 表定速度 |
|-------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 路面鐵道 | 0.15~0.4 ^軒 | 10~30 ^秒 | 10~25 ^{軒/時} |
| 郊外鐵道 | 0.3~1.5 | 10~40 | 15~40 |
| 市間鐵道 | 普通 | 10~50 | 25~50 |
| | 急行 | 30~90 | 50~100 |
| 市内高速度 鐵道 | 普通 | 10~30 | 25~35 |
| | 急行 | 20~60 | 35~60 |
| 幹線鐵 道 | 普通旅客 | 20~60 | 30~50 |
| | 急行旅客 | 60~120 | 55~100 |

4. 時刻表及び運轉圖表

列車運轉時刻表は、停車場間距離、各停車場に於ける列車の發車及び停車の時刻其の他を明示した表である。又列車運轉圖表は各列車の運轉の關係を、停車場間距離、時刻等に關聯して圖表で示したもので、列車の所在箇所、他列車との關係、一定時刻に於ける運轉列車數等を一目瞭然たらしめるから鐵道従業員用として廣く用ひられて居る。第158圖は列車運轉圖表の一部を示す例で、縦軸は始點よりの軒數、横軸は時刻を表はす。各列車の運轉を示す線は、各時刻の



第158圖 列車運轉圖表

速度に依り, 其の横軸と成す傾斜を異にする。又途中で停車する場合には, 一部分水平線を以て示すのである。

5. 加速度, 減速度及び制動度

電氣車の運轉に於て, 速度の増加するとき其の増加の割合を加速度, 速度の減るとき其の減少の割合を減速度と稱する。又制動機に依り速度を急に減少せしめる場合の速度減少の割合を特に制動度と稱する。

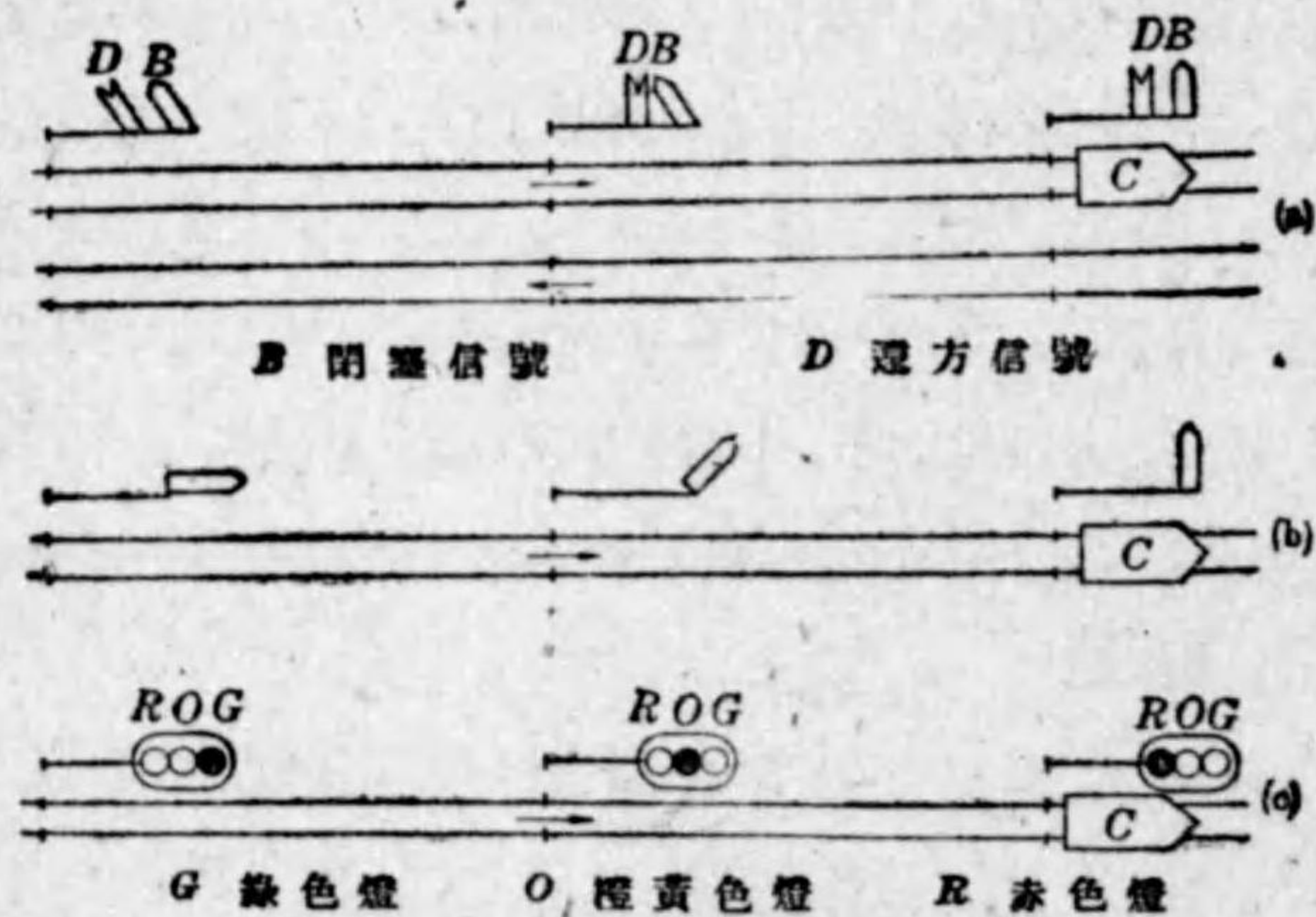
電氣車運轉の起動加速度と制動度とは, 大にした方が運轉の所要電力量を少からしめ, 又表定速度を大ならしめるの利益があるが, 一定の限度以上に之を大にすれば, 乗客に不愉快を與へること, 車輛に甚しき衝撃を與へること, 軌道上で車輪の滑りを生じ起動の際には車輪の空轉, 制動の際には滑走(Skidding)を生ずること等の不利がある。又起動加速の際には, 起動電流の増加の爲め整流に支障を與へ, 電動機等の容量の不足を來し, 又變電所等の負荷に甚しき變動を與へる等の不利をも伴ふものである。一般に用ひられる起動加速度及び制動度は 1.5~3.5 軒/時/秒 (最大は5軒/時/秒又は夫以上) であるが, 電氣機關車の場合には, 附着重量の割合小なる理由から, 一般に其の數字が遙に少く, 殊に貨物用電氣機關車の場合に最も少い。

6. 自働信號

列車運轉の保安法としては, 鐵道の種類, 線路の状態, 列車の組成, 發車間隔, 運轉速度等に應じて, 種々雜多のものが用ひられて居るが, 現今複線軌道に於て頻繁なる電氣車

運轉を行ふ場合に對しては、自働信號が最も廣く用ひられて居る。而して單線軌道に於ても、特殊の場合に線路の容量を増加する爲め、自働信號法を施行することもあるが、其の設備は複線軌道のもの以上に複雑して居るから、未だ一般には行渡つて居ない。以下複線軌道に於ける自働信號に就て述べよう。

現今行はれて居る自働信號設備は、軌道を信號回路の一部として利用する軌道回路式 (Track circuit system) である。自働信號機の現示には、腕又は電燈が用ひられる。其の現示方式には色々の種類があるが、高速度列車の運轉に對しては、各閉塞區間への進入の可否を示す信號機の外に、該信號機の現示を更に手前で反覆して示す遠方信號機を備



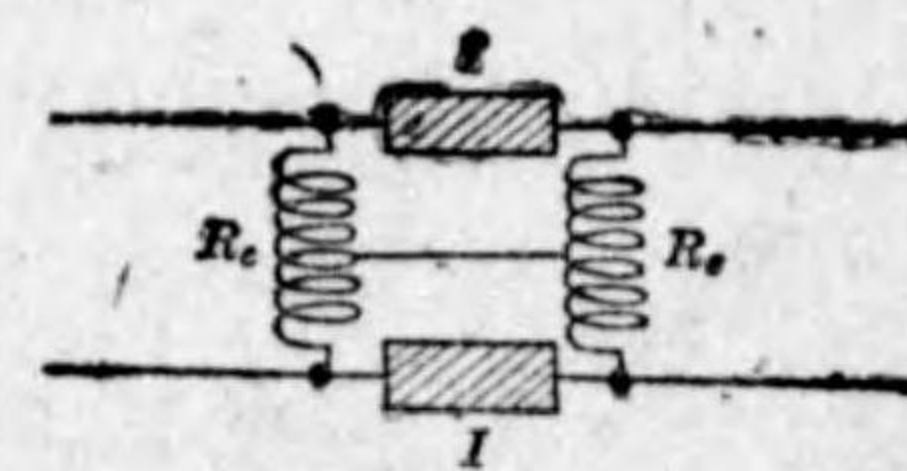
第 159 圖 各種の信號現示方式

へるか、又は夫等に相當する現示を適宜行はしめるのが普通である。一般に行はれる現示方式の種類を示せば第 159 圖の通りで、何れの方式に依つても、安全、注意及び危険の意味が同様に示される。即ち列車の存在する區間の入口に於ける信號機は危険を、其の區間より一つ前方の區間に列車のある區間の入口に於ける信號機は注意を、二つ前方の區間に列車のある區間の入口に於ける信號機は安全を示し、従つて危険の現示に對しては後續列車は停車し、注意の現示に對しては隨時停車し得る速度で進行し、安全の現示に對しては全速度を以て進行するのである。

單線式電氣鐵道に於て、軌道を信號回路として利用する場合には、信號用電流は電氣車運轉用電流と相干渉するから、信號用の電氣には適宜の周波數を有する交流を使用し、而して閉塞區間の境界に於て、電氣車運轉用直流電氣に對しては連続的にし、信號用交流電氣に對しては絶縁の効果を有する接続を施すことが必要である。此の装置は絶縁繼目及びイムピーダンス・ボン

ド (Impedance bond, 又リアクタンス・ボン

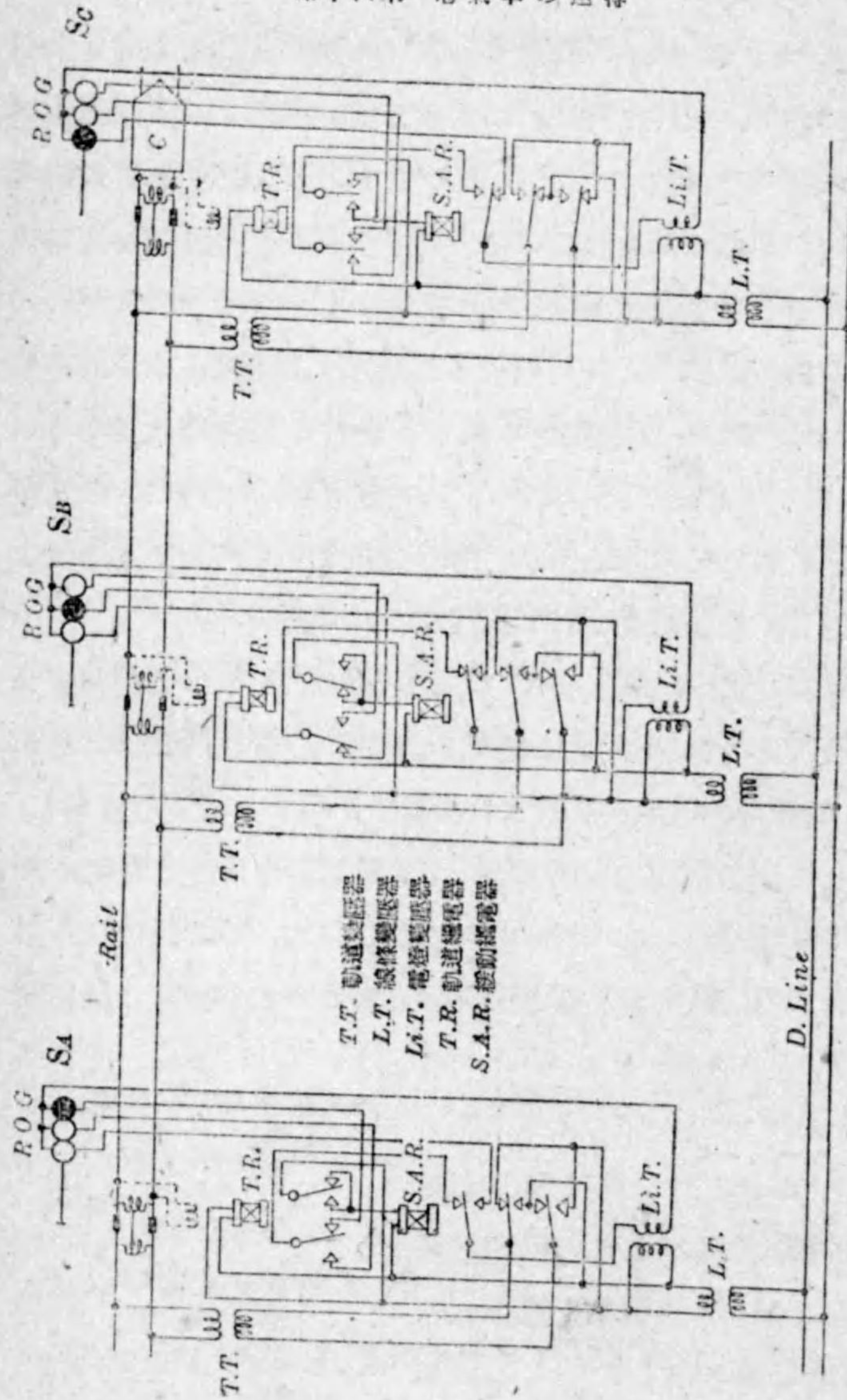
ド) で、施設方法は第 160 圖の通りである。即ち絶縁繼目を以て前後軌條を遮斷し置き、之に圖の如くリアクタンス



I 絶縁繼目 Re リアクタンス

第 160 圖

イムピーダンス・ボン



第161圖 燈色自働信號裝置接續

を挿入して、左右及び前後の軌條相互間を低壓交流に對し充分絶縁した効果を有せしめるのである。

第161圖は、近時最も一般に使用せられる燈色式(Colour light system, 又色燈式) 自働信號裝置の接續關係を示すもので、第159圖に示した現示方式(c)に依るものである。信號現示を直接支配するものは、(a) 軌道からと直接配電線からと電流を受ける2箇の捲線を有し、電流の兩方向と無電流とに對し2箇の接點が三様に働作する軌道繼電器(Track relay) *T.R.*、(b) 電路開閉後少時間後れて働作する緩動繼電器(Slow-acting relay) *S.A.R.* 等であるが、夫等に電流を供給するには、線條變壓器(Line transformer) *L.T.*、軌道變壓器(Track transformer) *T.T.*、電燈變壓器(Lighting transformer) *Li.T.* が使用される。今圖に於て列車が一閉塞區間に進入したときは、車輪及び車軸に依り兩側軌條が短絡されるから、其の入口に於ける信號機(圖に於て *S_C*)の軌道繼電器 *T.R.* の一方の電流が遮斷され、同繼電器の接點は總て離れる。従つて緩動繼電器にも電流が通じない爲め其の接觸片は總て下方の接點に接觸する。然るときは信號機には赤色現示が爲される。緩動繼電器の下方2箇の接觸片は轉極の作用を行ふもので、線條變壓器の二次線よりの電流は夫等の接點を通り、軌道變壓器で更に電壓遞降せられた後、軌道を経て後方の信號機 *S_B* の軌道繼電器に

電流を供給する。然るときは軌道繼電器は働作して接觸片が接觸を作るのであるが、此の場合に於ける電流の極は、圖に於て接觸片をして左方の接點に接觸せしめるが如き方向である。斯くて信號機 S_B に於ては、緩動繼電器の働作に伴ひ橙黄色現示を爲すのである。而して前と同様に線條變壓器から緩動繼電器の接點、軌道變壓器、軌條を経て、後方の信號機 S_A の軌道繼電器に電流を送るのであるが、此の場合信號機 S_B の緩動繼電器には電流が通じて居る爲め、其の接觸片は總て上部の接點に接觸して居るから、電流の極は信號機 S_C より信號機 S_B に向つて送られるものとは反對である。従つて信號機 S_A の軌道繼電器の接觸片は圖の如く右方の接點に接觸する。即ち信號機 S_A は、緩動繼電器の働作に伴つて綠色現示を爲すことが知られる。

自働信號は以上の如く列車の運轉に依り自働的に制御せられるものであるから、装置の故障に依り正常なる現示を爲さない場合が生ずる。尤も装置の故障の場合、線路の破壊の場合等には、信號機は常に危険現示を爲す様にしてあるから、夫等の場合にも列車運轉上には少しも支障の無い理であるが、區間の閉塞されないうで居る場合に後續列車が何時までも空しく停められることになり、發車間隔小なる線路では大なる不都合を來すこと明かである。依つて自働信號の現示は、之を絶對的のものとなせず、危険信號現示の場

合でも、相當時間經過の後又は一旦停車の後、注意して進行し得ることになつて居る。然しながら斯くすると、一方に於て列車の實際に存在せる場合に事故を生ずる虞が多いから、運轉手は細心の注意を拂ふことが必要である。

運轉手が信號を誤認又は無視することあるに對しては、何等かの方法を以て運轉手に注意を促す途を講ずるのが宜しい。之には列車自働停止装置 (Automatic train stop) 又は自働制御装置 (Automatic train control) を用ひる。例へば自働停止装置に於ては、信號現示に伴つて動くトリップ・アーム (Trip arm) 等を線路上に裝置し、若し危険信號を無視して驀進する列車あるとき、アームが直立の位置にあつて、車輛の制動管に連結せられたコックに衝突し、自働的に空氣制動機が作用する如きである。

7. 車庫

電氣車を駐めて置く處を車庫と總稱することが出来るが、電車に對すると電氣機關車に對するとは、多少其の要求を異にするから、兩種の電氣車のある場合では、一般に電車庫と電氣機關車庫とを別にするのである。而して何れの場合でも、適宜の規模の修繕設備を併有するのが常である。

車庫の位置は運轉の狀況を考へ、電氣車操縦の關係から、最も便利な處に定めるのが必要で、例へば全線の兩端又は中央若くは要所要所、屢、折返運轉を行ふ必要ある停車場

(又は停留場)の附近等、其の場合に應じて適宜選定するのであるが、市内路面鐵道に於ては運轉系統が複雑であるから、其の位置の選定は可なり困難である。市の中心地に大なる車庫を設ければ、電車操縦上は便利であるが、高價なる土地を廣く要することであるから、多くは各運轉系統の終點に近い處に設置することになるのである。各種の鐵道に於ては、一般に朝夕の運轉に偏りがあつて、例へば市内路面鐵道で、朝のラッシュ・アワーには終點より市の中心點に向ひ運轉が頻繁であるのに對し、夕のラッシュ・アワーには全く反對の方向に多數の乗客を運搬するが如き場合が多いのである。之に對し一方にのみ多數の電車を運轉する爲には、終點と中心點との兩方に電車を收容し得る場所を設ければ便利であるが、前にも述べた通り市の中心に左様な場所を得ることは困難であるから、乗客數少き電車の運轉を行ふのは或る程度まで止むを得ないことである(市外鐵道では空車の廻送を行ふ場合もある)。

電氣車を駐めて置くのに、其の全部を建家内に入れることは困難であるから、普通修理検査等の目的に對して建物の大きさを設計し、大部分の電氣車は露天に出して置くのであるが、斯の如き場合には車輛は早く腐朽し、塗粧も長く持たないから、全體の經濟を考慮して、出入頻繁なるものを除き、適宜建家内に收容する様設計するのも一方策である。

車庫内の線路の配置は、車庫内に於ける車輛操縦を便にする様設計しなければならないが、夫が爲め一線より他線に電車を移すに、多數の轉轍器を使用する代りに、トラバーサー (Traverser) の如きを設けるのが都合の宜い場合もある。猶ほ建家内線路には、全體の長さに対する適當の割合で、ピット (Pit) と稱する検査坑を設けることが必要である。

第十五章 牽引力及び制動力

電氣車を運轉する爲めに要する力は、動力車の働輪周に現はれる牽引力(Traactive effort)を以てする。牽引力は列車抵抗に打勝つ爲めの牽引力、勾配に於て要する牽引力、曲線に於て特に餘分に要する牽引力、加速度を生ぜしめるに要する牽引力の各部に分つことが出来る。

制動装置を以て電氣車の運轉を止める場合に與へられる制動力(Braking force)は、牽引力と反對に作用するものであるが、車輪制動機及び電氣制動装置に於ては、矢張り制動作用の與へられる車輪周に現はれる力と看做すことが出来る。

1. 列車抵抗に打勝つ爲めの牽引力

直線にして平坦なる線路に於て、任意速度を以て運轉される電氣車に及ぼされる抵抗を、其の速度に對する列車抵抗(Train resistance)又は運轉抵抗(Traactive resistance)と稱する。列車抵抗は軸承摩擦、車輪軌條間の轉がり摩擦及び風壓に依る抵抗に分つことが出来る。此の中、前二者は電氣車の速度に依り餘り影響を受けないが、其の少部分が速度に比例するものと看做される。又風壓抵抗は電氣車の速度の自乗に比例するものと考へることが出来る。従つ

て列車抵抗は次の式で表はされる。

$$r_t = a + bV + cV^2.$$

但し r_t は列車抵抗、 V は電氣車の速度、 a, b 及び c は定數である。

上式に於て r_t を電氣車重量 1 噸當りの列車抵抗を以て表はせるもの、 V を電氣車速度を 1 時/時で表はせるものとし、且つ最も普通の場合に於ける定數の實際の値を當嵌めれば、

$$r_t = \frac{25}{\sqrt{W}} + \frac{1}{80}V + \frac{S}{250W}V^2$$

である。但し W は電氣車の重量を噸で表はせるもの、 S は電氣車の斷面を平方米で表はせるものである。此の式の數字は勿論平均の値を表はすに過ぎないから、各特殊の場合に應じて之を加減することが必要である。殊に風壓抵抗には車の前部の形狀が大なる關係を有するものである。此の式の夫に對する値は、大體前部に多少圓みの付いた電氣車を標準に取つたものであるから、所謂流線型電氣車等の場合には著しく減ぜられるものである。

電氣車を多數連結して運轉するときは、風壓抵抗は一輛の場合に比して幾分増加する。其の増加の程度は各電氣車の長さに關係を有するが、最も簡単に考へる爲め、前頭車を除く連結車 1 輛毎に、前頭車に及ぼす風壓抵抗の 1/10 が加

はるものとし、風壓抵抗は、

$$\left(1 + \frac{n-1}{10}\right)$$

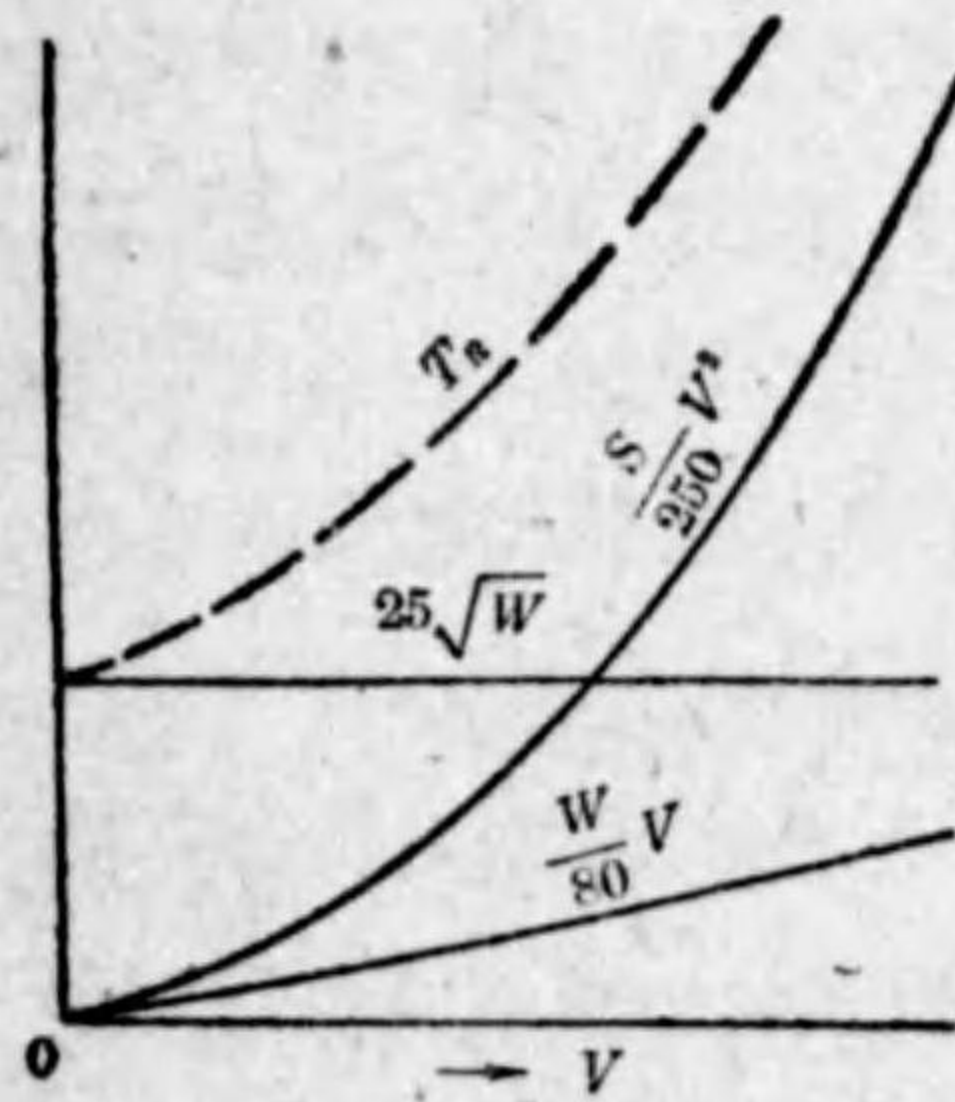
なる係数を乗じて、全抵抗を見出すことが出来る。但し n は連結全車数である。

上記に依つて全重量 W 吨の列車に於て、列車抵抗に打勝つ爲めの牽引力 T_R は、

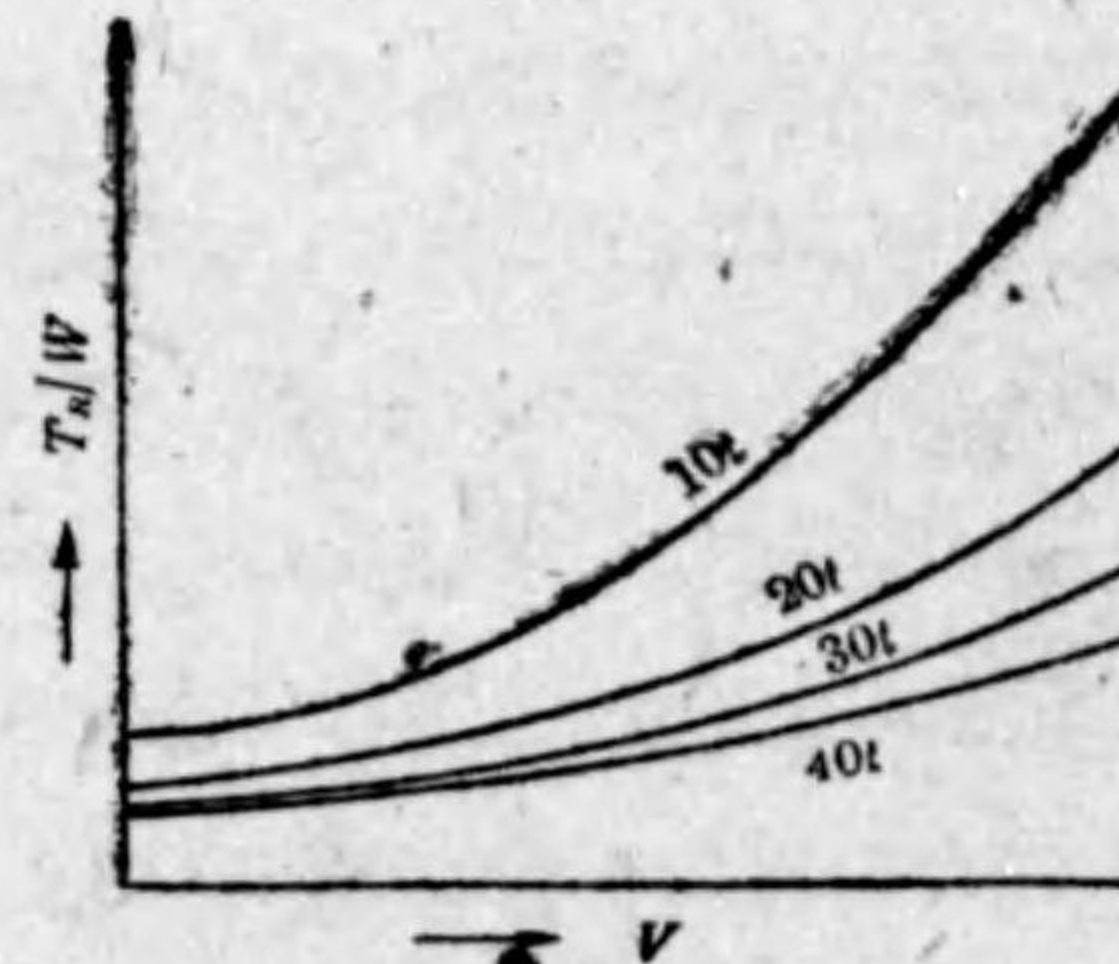
$$T_R = 25\sqrt{W} + \frac{W}{80}V + \frac{S}{250}\left(1 + \frac{n-1}{10}\right)V^2 \dots\dots (9)$$

である。

第 162 圖は與へられたる電氣車に於て、速度の變動に對する列車抵抗各部の値を別々に示す曲線であるが、之に依ると、速度の低い間は (9) 式右側第一項が主なる部分を占

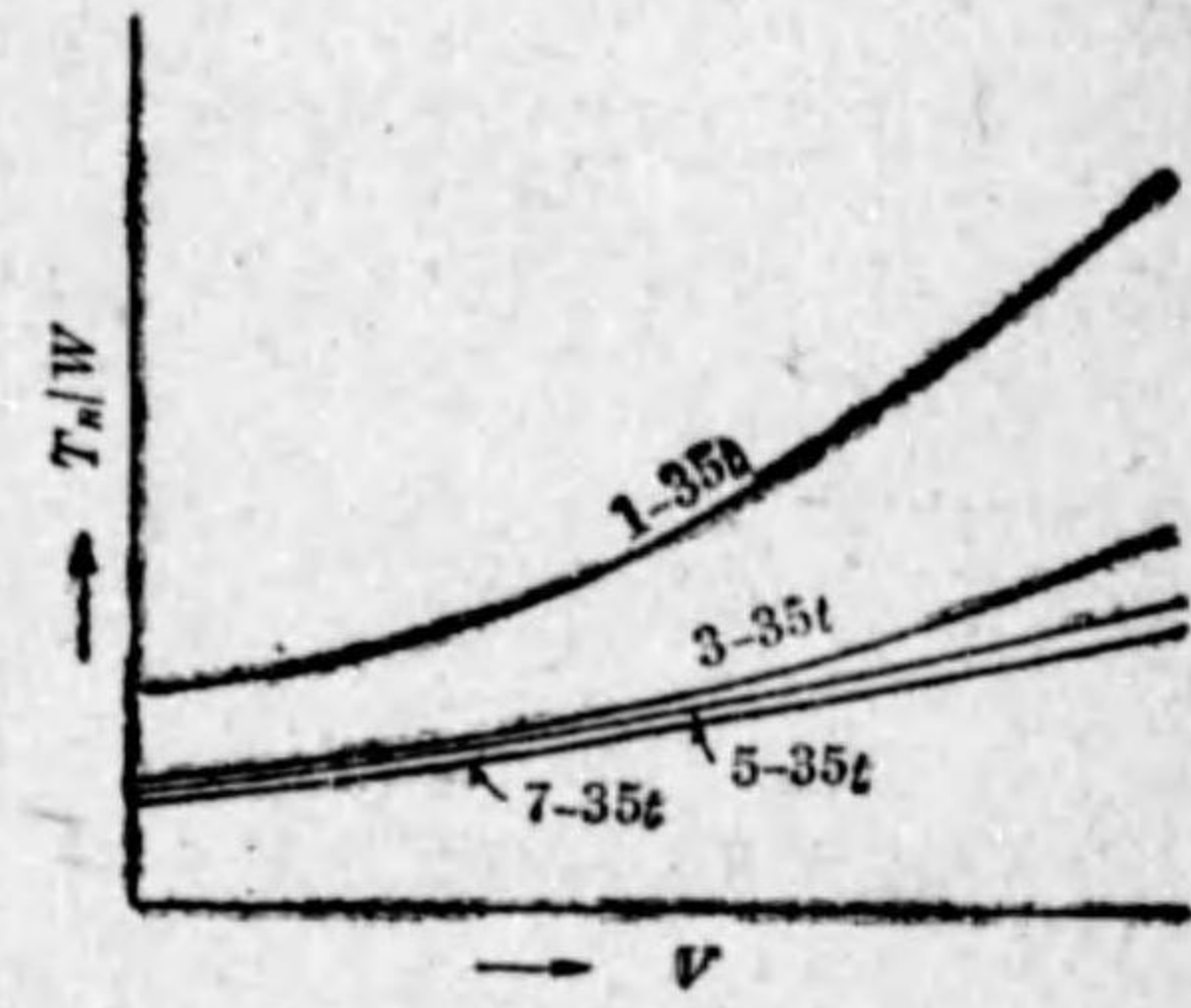


第 162 圖
列車抵抗の各部分



第 163 圖
各種の W に對する列車抵抗

め、且つ列車抵抗も速度に依り餘り大なる變動はないが、速度が高くなれば第三項の風壓抵抗が急激に増加し且つ全抵抗をも著しく大ならしめるものであることを知るのである。



第 164 圖
各種連結車數に對する列車抵抗

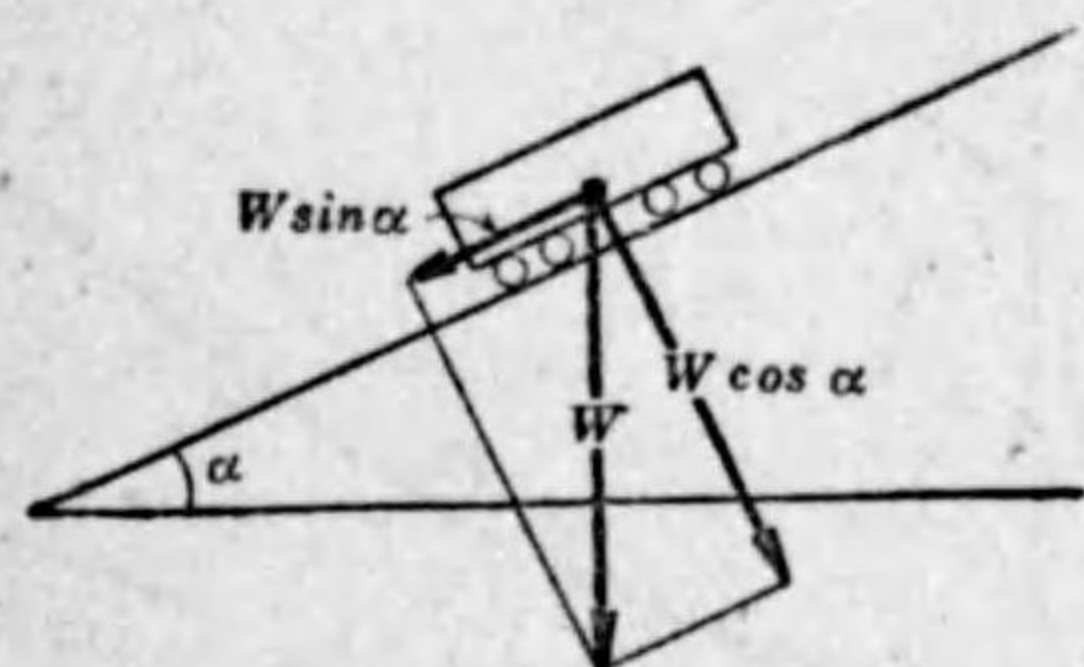
第 163 圖は重量を異にせる各種電氣車に於て、速度の變動に伴ふ重量 1 吨當りの列車抵抗の値を示す曲線で、之に依つて電氣車の重量が増加すれば、1 吨當りの列車抵抗は減少するものであることが分る。又第 164 圖は重量同一なる電氣車の、異なる連結車數に於て、速度の變動に伴ふ重量 1 吨當りの列車抵抗を示す曲線で、之に依つて連結車數の増加に伴ひ、1 吨當りの列車抵抗の減少するものであることが同様に分る。

2. 勾配に於て要する牽引力

重量 W 吨の電氣車を、傾斜角 α の斜面上に於て、上方に牽引するに要する力は、斜面に沿へる W の分力に打勝てば宜いから、

$$1000 \times W \sin \alpha \text{ 吨}$$

である(第 165 圖)。然るに一般に α 角は極めて小である



第 165 圖
勾配に於ける重量分力

から,

$$\sin \alpha = \tan \alpha$$

としても大差ない。而して $\tan \alpha$ は, q を千分率で勾配を表はす数字とし

$$\tan \alpha = \frac{q}{1000}$$

であるから, 勾配に於て要する牽引力 T_G は

$$T_G = qW \text{ 瓩} \dots\dots\dots(10)$$

3. 曲線に於て要する牽引力

軌道の曲線部分に於ては, 輪縁摩擦の増加に依り, 直線の箇所よりも餘計な抵抗及び之に對する牽引力を考へなければならぬ。其の値は諸種の狀況に依り異なるのであるが, 大體,

$$T_c = \frac{440}{r} W \dots\dots\dots(11)$$

で表はすことが出来る。但し T_c は曲線に於て餘分に要する牽引力(瓩), r は曲線の半径(米)である。

曲線に於て餘分に要する上記牽引力は, 比較的小なる値である場合が多いから, 概略の計算に於ては, 全く之を省略するも差支ない。

4. 加速に要する牽引力

以上述べたる牽引力は, 一定速度に對し與へらるべき力である。電氣車の起動に於て之を加速させ, 若くは一般に速度の増加を生ぜしめる爲めには, 夫に對する牽引力を考へなければならぬ。

今 w 瓩の重量を有する物體に a 米/秒/秒の加速度を與へるに要する力 T_F' は

$$T_F' = \frac{wa}{g} = \frac{wa}{9.8} \text{ 瓩}$$

電氣車の重量を W 瓩とし, 其の加速度を A 米/時/秒とすれば,

$$T_F' = \frac{1000 W}{9.8} \times \frac{1000 A}{60 \times 60} = 28.35 AW \text{ 瓩}$$

其の外に電動機の電動子, 齒車, 車輪等の廻轉部分の廻轉に要する力を此の 10% と見積り, 加速に要する全牽引力 T_F は,

$$T_F = 31 AW \dots\dots\dots(12)$$

電氣車運轉に要する力は, 起動の際及び急勾配を登る場合が最も大である。就中普通電車の場合には前者が特に大であるから, 電車に設備すべき電動機の容量を, 加速に要する牽引力から推定することが出来る。而して斯様に得たる數字は, 大體公稱定格に依る馬力數又はキロワット數に相當するものである。

例 全重量 35 吨の電車を 3 籽/時/秒の一定加速度を以て起動する際、30 籽/時の速度に至るまで同加速度を保持するものとす。此の場合に電動機の所要容量凡そ幾何なりや。但し其の間の平均列車抵抗は 16 籽/吨と假定すべし。

$$T_F = 31 \times 3 \times 35 = 3255 \text{ 籽}$$

$$T_R = 16 \times 35 = 560 \text{ 籽}$$

$$\text{全牽引力} = T_F + T_R = 3255 + 560 = 3815 \text{ 籽}$$

$$\text{馬力數} = \frac{3815 \times 30 \times 1000}{75 \times 60 \times 60} = 424 \text{ (318 キロワット)}$$

5. 全牽引力

以上述べた各種の牽引力を綜合すれば、全重量 W 吨の電氣車を運轉するに要する全牽引力 T は、

$$T = \left\{ 25\sqrt{W} + \frac{W}{80}V + \frac{S}{250} \left(1 + \frac{n-1}{10} \right) V^2 + qW + \frac{440}{r}W \right\} + 31AW \text{ 籽, } \dots\dots (13)$$

大括弧内の數を T_t で表はせば

$$T = T_t + 31AW, \dots\dots(14)$$

之から

$$A = \frac{T - T_t}{31W}, \dots\dots(15)$$

(15)式に依り電動機の與へる全牽引力及び一定速度に於ける所要牽引力(直線にして平坦なる線路に於ては列車抵抗に打勝つ爲めの牽引力)が分れば、其の場合の加速度を見出

すことが出来る。

6. 附着係數と牽引力、制動力其の他との關係

電氣車運轉に於て、與へ得る牽引力及び制動力には、前に述べた通り車輪軌條間の附着係數の値に依る一定の限度があり、無闇に之を大にすることが出来ないのである。例へば附着重量を、 W_a 、附着係數を C_A とすれば、車輪に滑りを起さざる程度に於ける最大牽引力は

$$F = 1000 C_A W_a \\ = (31A + r_t)W$$

であるから、之に依つて加速度の最大限度を見出すことが出来る。

$$A = \frac{1000 C_A}{31} \times \frac{W_a}{W} - \frac{r_t}{31} \text{ 籽/時/秒}$$

附着係數の値は軌條の状態に關係するもので、其の大體の値は第 5 表の通りである。

第 5 表

| 軌條の状態 | 附着係數 C_A の値 |
|------------|---------------|
| 乾いた綺麗な軌條 | 0.25 ~ 0.30 |
| 濡れた綺麗な軌條 | 0.18 ~ 0.20 |
| 濕つた油氣ある軌條 | 0.15 ~ 0.18 |
| 雪又は霰の降つた軌條 | 0.10 ~ 0.15 |

但し撒砂装置で軌條に砂を撒けば此の係數を 25 ~ 50% 増

加することが出来る。

例 2個の電動機を有するボギー電車に於て、車輪に滑りを起さざる程度に於て與へ得べき最大加速度幾何なりや。但し附着係数を 0.15, 列車抵抗を 1 吨に付 10 疋とす。

$$A = \frac{1000 \times 0.15}{31} \times \frac{1}{2} - \frac{10}{31} = 4.52.$$

上述と同様に電気車が、與へられたる全牽引重量を以て登り得る最急勾配、與へられる勾配に於て(又は與へられたる起動加速度に對し)牽引し得る最大重量、與へられたる勾配(又は與へられたる起動加速度)及び牽引重量に對する附着重量の最小値を見出すことが出来る。

例 2箇の電動機を有する全重量 15 吨のボギー電車が、同 10 吨の附隨車を滑りを起さず牽引して登り得る最急勾配幾何なりや。但し附着係数を 0.15, 列車抵抗を 1 吨に付 5 疋とす。

$$F = 1000 C_A W_a = (q + r_t) W,$$

$$\begin{aligned} q &= 1000 C_A \times \frac{W_a}{W} - r_t \\ &= 1000 \times 0.15 \times \frac{15}{2 \times 25} - 5 \\ &= 40 \%. \end{aligned}$$

例 全重量 100 吨, 附着重量 80 吨の電気機關車が、車輪に滑りを起さざる範圍に於て幾吨の重量を牽引して 25% の勾配を登り得るや。但し附着係数を 0.15, 列車抵抗を 5 疋/吨とす。

$$F = 1000 C_A W_a = (q + r_t) W,$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1000 C_A W_a}{q + r_t} = \frac{1000 \times 0.15 \times 80}{25 + 5} \\ &= 400 \text{ 吨}. \end{aligned}$$

$$\text{牽引重量} = 400 - 100 = 300 \text{ 吨}.$$

例 全重量 100 吨の電気機關車に 300 吨の牽引重量を連結して、車輪に滑りを起さずして 25% の勾配を登らんとす。電気機關車の附着重量の最小限度幾何なりや。但し附着係数は 0.15, 列車抵抗は 5 疋/吨とす。

$$F = 1000 C_A W_a = (q + r_t) W,$$

$$\begin{aligned} W_a &= \frac{(q + r_t) W}{1000 C_A} = \frac{(25 + 5) \times (300 + 100)}{1000 \times 0.15} \\ &= 80 \text{ 吨}. \end{aligned}$$

附着係数に依る制動力及び制動度の限度も、牽引力及び加速度の場合と同様に考へることが出来る。

例 16.7% の勾配を有する直線軌道を、16 軒/時の速度にて登る電車あり。今附着係数を 0.15 とするとき、車輪制動機を用ひて滑りを起さざる程度に於て、之を停車するに要する最小時間及び距離を算出せよ。但し列車抵抗は 1 吨に付 5 疋とす。

加速に對すると同一の式を用ふれば(Bは制動度)

$$1000 C_A W_a = (31 B - q - r_t) W.$$

此の場合には $W_a = W$ とすることが出来るから

$$\begin{aligned} B &= \frac{1000 C_A + q + r_t}{31} = \frac{1000 \times 0.15 + 16.7 + 5}{31} \\ &= 5.54 \text{ 軒/時/秒}, \end{aligned}$$

$$t \text{ (求むる最小時間)} = \frac{16}{5.54} = 2.9 \text{ 秒},$$

$$D(\text{求むる制動距離}) = \frac{16}{2} \times \frac{1000}{60 \times 60} \times 2.9 = 6.44 \text{ 米}$$

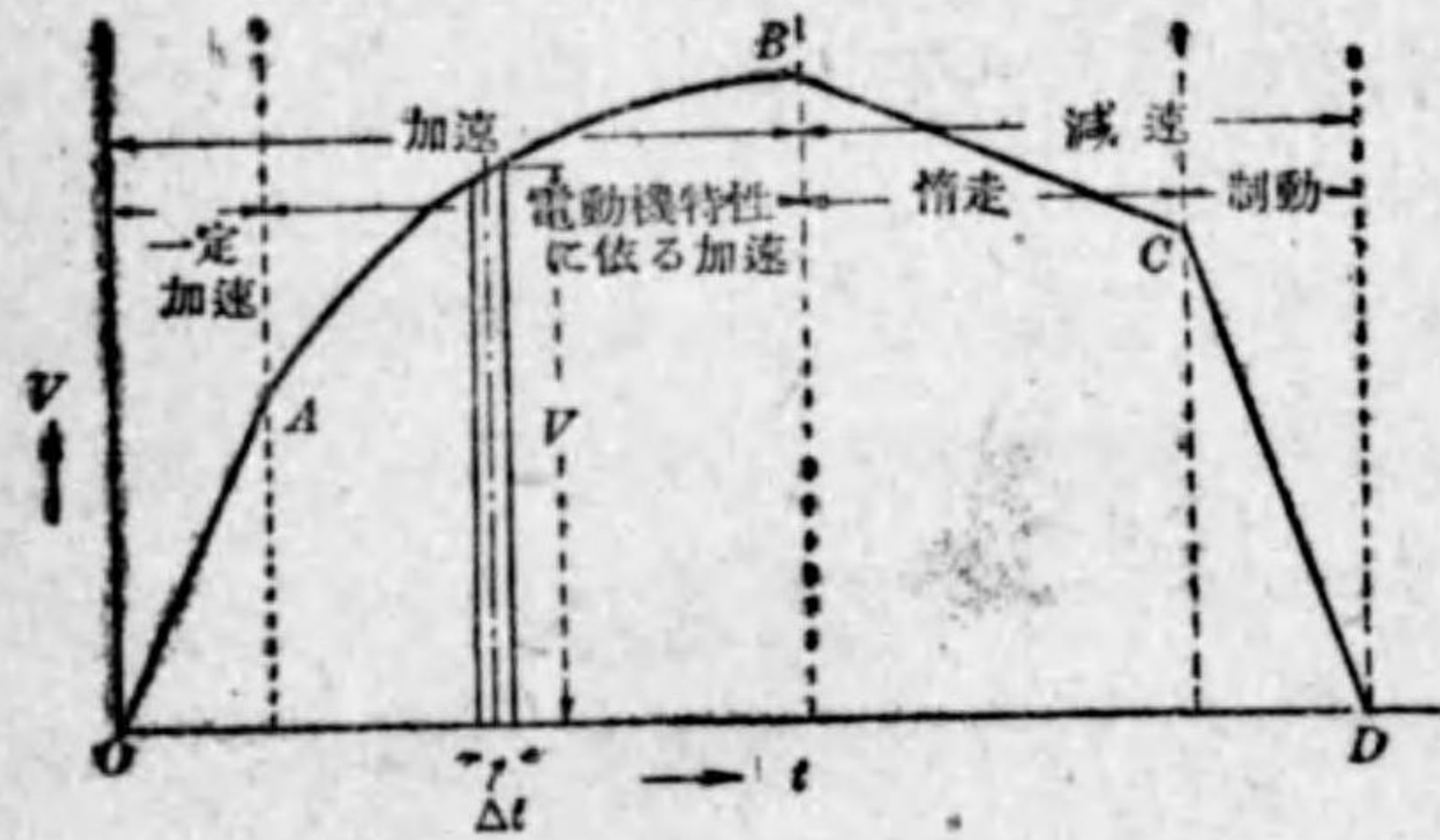
第十六章 運轉曲線

電氣車に設備すべき電動機の容量, 電氣車運轉に要する電力量, 其の他運轉に關する諸種の關係を研究するには, 運轉曲線(Performance curve)を畫いて行ふのが宜い。運轉曲線としては速度時曲線(Speed-time curve), 距離時曲線(Distance-time curve), 電流時曲線(Current-time curve), 電壓時曲線(Voltage-time curve)等が最も普通に使用せられるものであるが, 夫等は電氣車運轉の際の速度, 走行した距離, 電流, 電壓等が各時刻に如何に變化するかを示す曲線である。

1. 速度時曲線

電氣車の運轉中の速度は絶えず變化するもので, 先づ停車中の電氣車が起動するときは, 其の速度は次第に増加し, 遂に最大速度に達した後, 惰走(Coasting)に依り減速し, 最後に制動緊締の爲め一層速に減速し, 停車するに至るものである。

速度時曲線の一般の形狀は, 線路に於ける勾配又は曲線の關係に依り, 又運轉手の操縦の如何に依り, 必ずしも規則正しきものではないが, 直流式電氣車に對する最も簡單で標準的な場合を示すと, 第166圖の通りである。此の場合



第166圖 速度時曲線

に通ずる電流が一定に保たれ、加速度も殆んど一定で、速度が直線的に増加する場合を示すもので、其の間起動抵抗が順次除かれ、電動機に加はる電圧も規定の電圧まで次第に増加する。ABは電動機の特性に従ふ速度の増加に伴ひ電流減少し、加速度も次第に減少して遂に零に達する場合で、其の間規定の電圧が加はる。BCは電流遮断後、電氣車が惰力を以て走行し、従つて速度も次第に減少する場合で、簡単に直線を以て表はすのが常であるが、實際は下方に向ひ多少彎曲した曲線である。CDは電氣車に制動作用を與へて、其の速度が急速に減少する場合で、此の間勿論外部からの電流は通じない。此の部分も普通直線と假定される。

速度時曲線の各部の水平との傾斜角は、其の點に於ける加速度及び減速度に比例することは明かである。即ち θ_n

に全曲線は四つの部分から成立つものと見ることが出来る。OAは起動の際に於て電動機

を其の角度、 A_n を加速度又は制動度とすれば、

$$\theta_n = \tan^{-1} A_n.$$

速度時曲線と横軸とに依つて包含せられる面積は、走行した距離に相當するものである。何となれば各短時間 Δt の間に走つた距離は、其の間の平均速度 V に Δt を乗じて見出すことが出来るが、圖で云へば Δt の間の速度時曲線の面積であるから、これを全體に及ぼして、全體の面積が全體の距離に相當することを知らるのである。但し其の値は速度の單位と時間の單位とから適當に考へなければならぬ。

2. 速度時曲線を描く方法

速度時曲線を描くには、先づ次の事項を知ることが必要である。

- (a) 電動機の特性格線
- (b) 電動機の筒數
- (c) 電氣車の全重量
- (d) 軌道の平面圖及び縦断面圖
- (e) 加速度及び制動度

上記の中軌道の平面圖に依り、停車箇所間の距離、曲線の位置及び其の緩急等を、縦断面圖に依り、勾配の位置及び其の緩急等を知ることが出来る。

今直線にして平坦なる線路に於て、與へられたる停車場