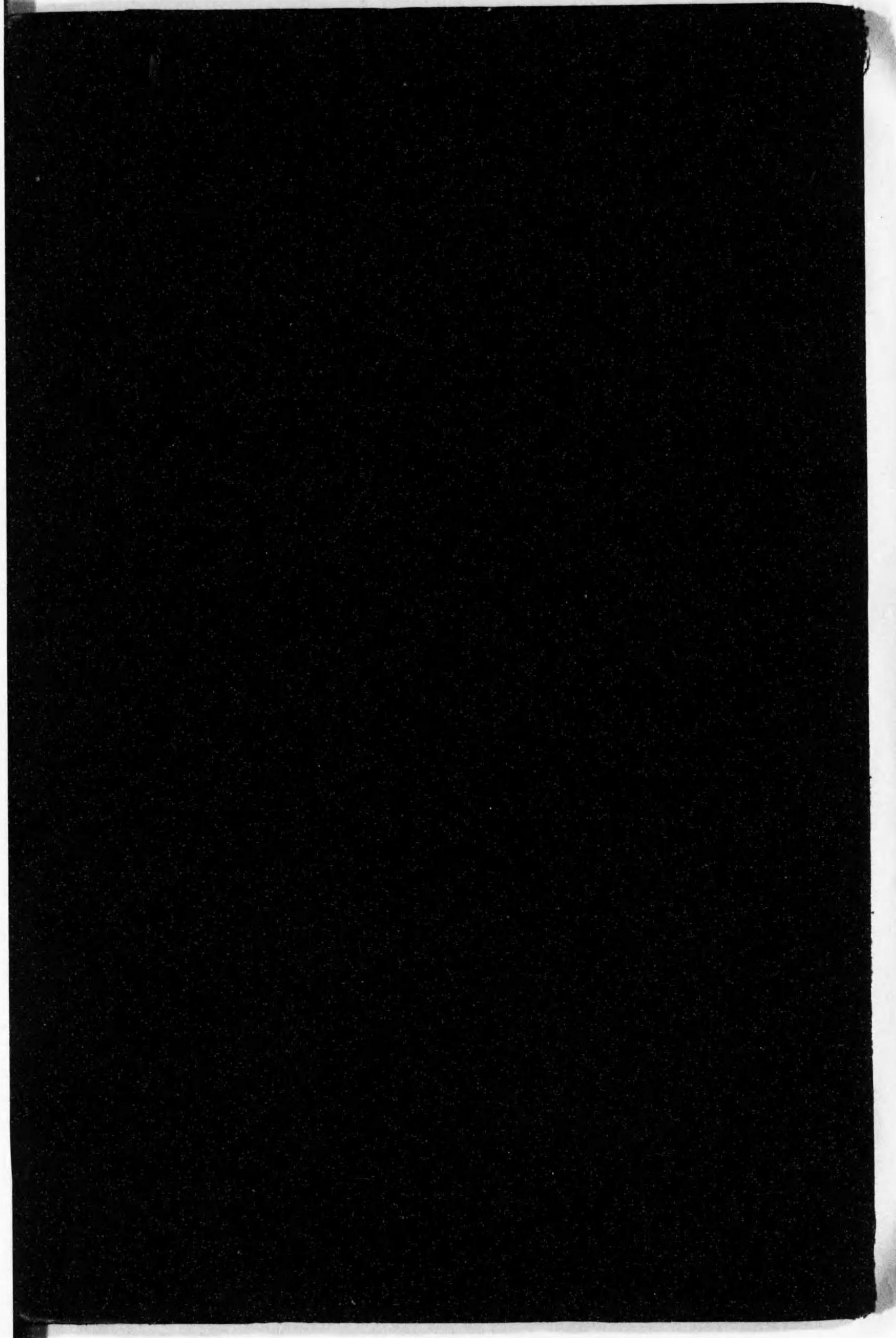


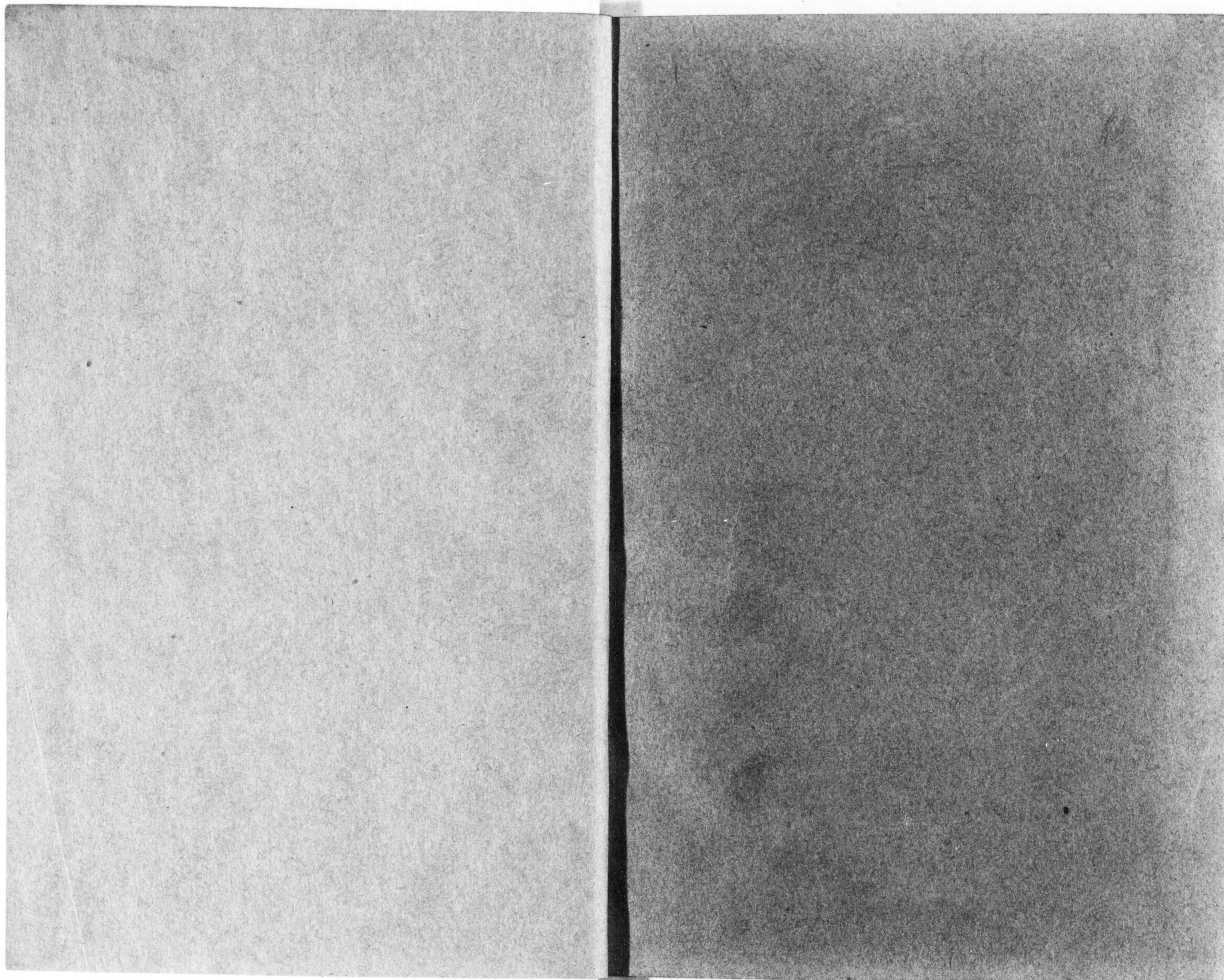


始



552

94



552  
94

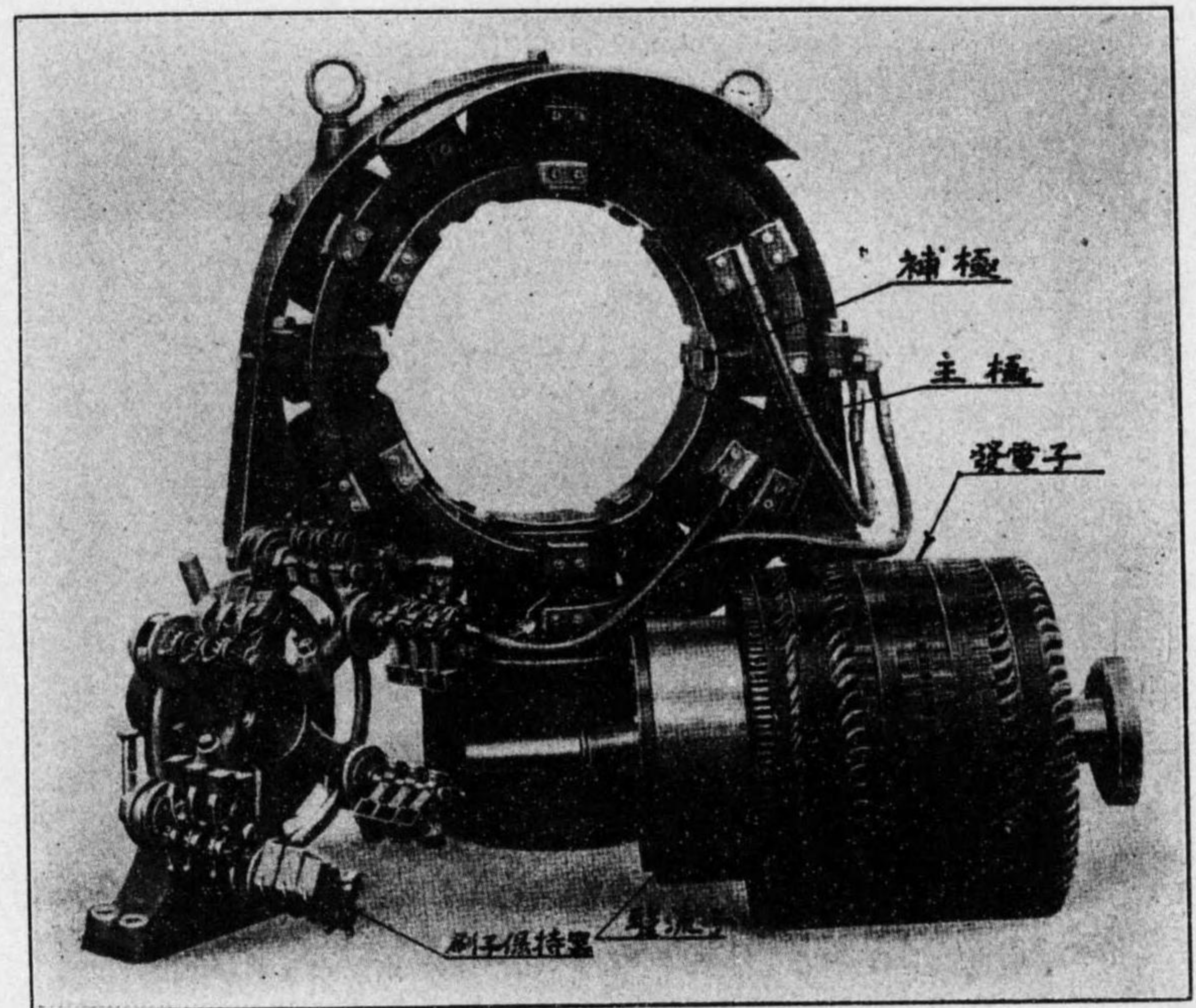
神戸高等商船學校 助教授 金山堅吉著



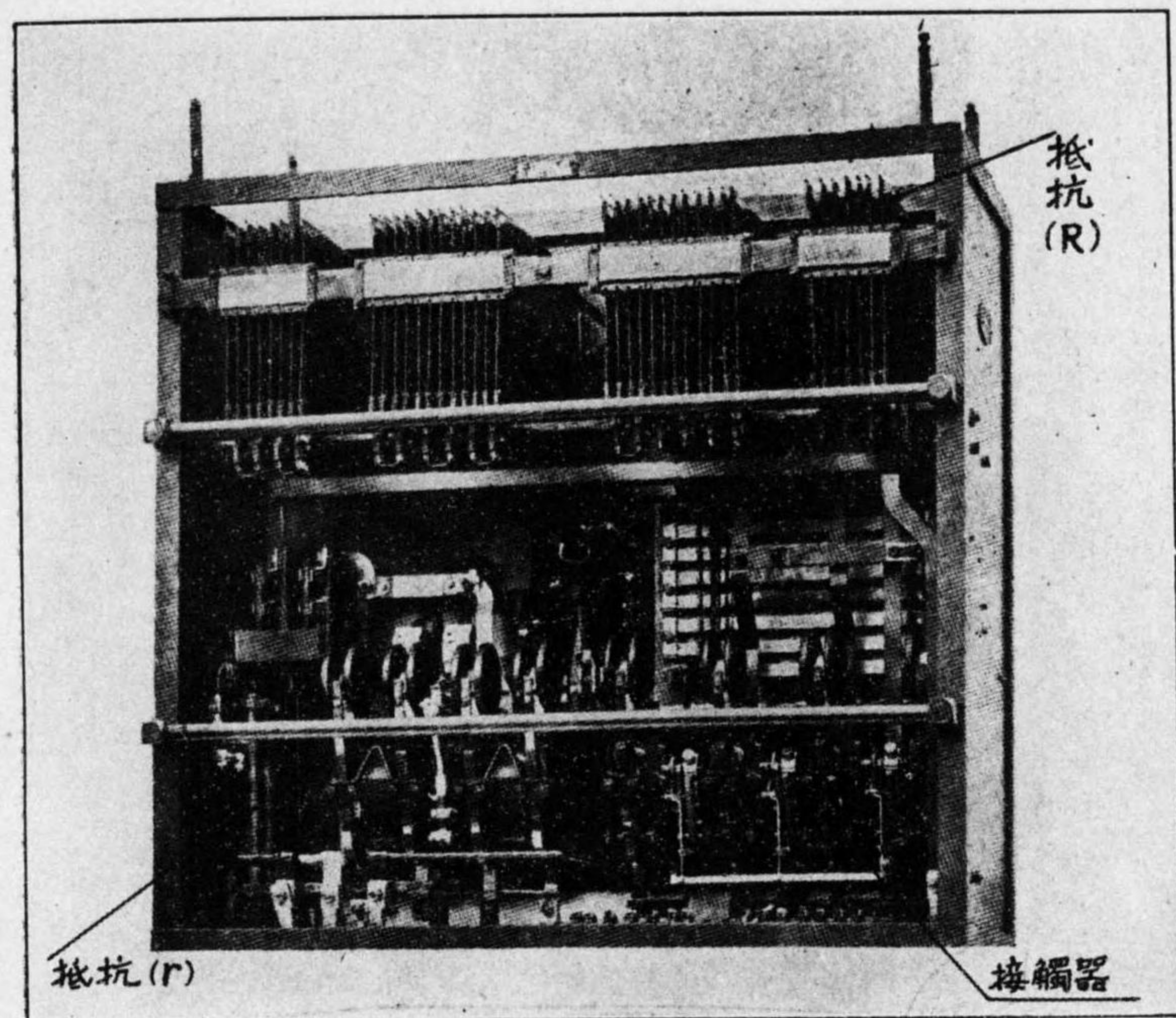
船舶用電氣工學

神戸海文堂書店

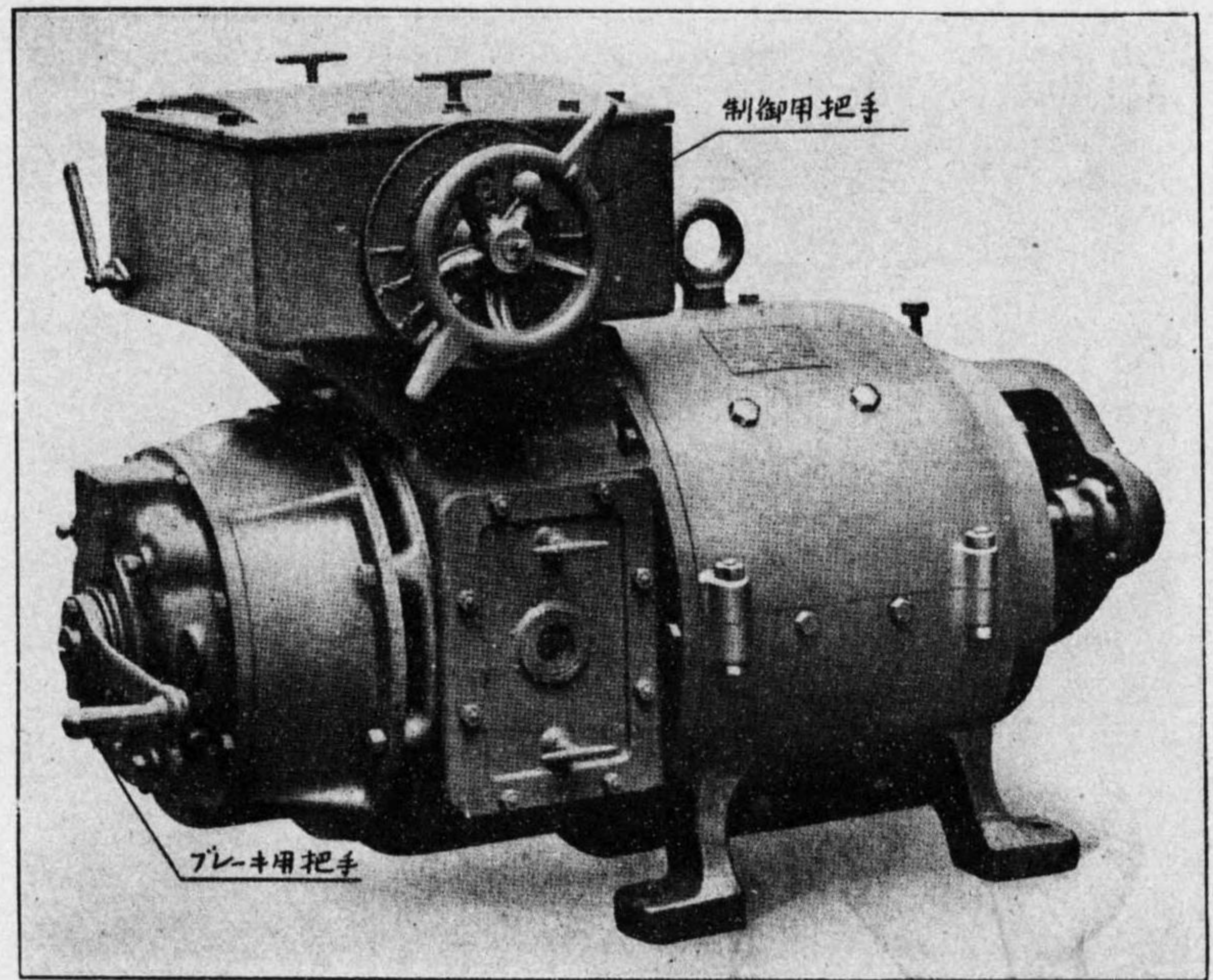
大正  
15. 6. 7  
内交



六極直流發電機



スコット式揚荷機用制御器



ハコット式揚荷機用電動機



## 序

晩近船用機關の進歩の著しきこと眞に刮目に値す、蒸氣機關あり、内燃機關あり、電氣機關あり而して皆夫々専門的知識と經驗とを必要とするものなり。

英國は既に數年來船用蒸氣機關士と船用内燃機關士とを別種の免狀となし今や新に船用電氣機關士をも新設する必要に迫られつゝありと云ふ。是れ實に英國海運の發達と其海員の進歩とを示し海國たる實力を物語るものにあらずや。

現今船用機關士を一免狀制度下に置ける我國にも當然機關の進歩に促されて英國に倣ふの日あるや必せり、見よ朝野は一致して我海運の發達には客船又は貨物船に優良船を使用するを以て急務とし内燃船或ひは電氣船の建造に務めつゝあるにあらずや。斯る機運に際し我海員が之に順應する準備を缺かば朝野幾多の努力も蓋し徒勞に過ぎざるべし。

汽船は全動力の約百分の一乃至二を電化して照

明に内燃船は約百分の十五乃至三十を電化して照明及補助機等に、電気船は全動力を電化し数千ボルトの高圧電気なし推進用に利用するものなり、されば優良船と稱するものは電氣的知識及經驗に富む機關士を要するものなりと知るを得べし。

船用電気工學には適當の著書を見ず余之を遺憾とす、思ふに一免狀制度の本邦船用機關士は急激の進歩をなしつゝある蒸氣機關或は内燃機關等の専門的研究に追はれ電氣を専門的に研究する餘暇に乏し、されば此點を察して務めて實用的なる船用電気工學の著書をなすものあらば誠に時機を得たるものにして我海運の發達に資する所も蓋し尠からざるべし。

著書は東京高等商船學校を卒業し神戸高等商船學校にて教育に従事せらるゝ事既に數年特に船用電気工學の研究に興味を有し其造詣も深し。其研究を集めて即ち此著をなせり、余其の稿を見るに難解の原理を平易簡明に説明し發電機、電動機、電鈴、電池、電路其他船舶に使用する器具に對し其構造取扱使用法に至るまで懇切なる説明を加へ

交流電氣迄も其一般を簡單に説明する等船用機關士の良友たらんを期するところあり近來の好著と云ふべし、即ち本著出でて後進の士之を讀まば必らず裨益する所多かるべきを信じ敢て江湖に推奨す。

神戸高等商船學校教授 吉利 巖

## 緒言

近來船舶上で電氣を使用する事が多くなり殊に  
 デイゼル船では補助機に主として電動機を使用す  
 るに至り船舶上に於いて電氣は従前に較べて其重  
 要さを急に増加して参りました、それにも係はら  
 ず船用電氣に關する邦文の参考書は殆んど刊行せ  
 られてゐません、これが淺才無學をも顧みず本書  
 を著はさうと思つた原因であります。

本書を著はすにあつて注意したのは次の諸點  
 であります。

- (1) あまり理論めいた事は略する事とし従つて  
 數學の如きも交流理論中少しく三角法を用ひ  
 た外他は總て代數學の初歩位の程度に留める  
 事と致しました。
- (2) 現在船舶上で實際使用せられてゐないやう  
 なものは説明を簡單にし又各部の構造なごも  
 使用者に取つてあまり必要でもあるまいと思  
 つたものは説明を簡單に致しました。
- (3) オームの法則は直流の諸性質を知るのに最  
 も大切でありますから其應用に努めました。

尙直流計算にはキルホッフの法則の必要な場  
 合がありますが其第一則は使用しなくても説  
 明し得られ又第二則は船内では應用する場合  
 が極めて少ないと思ひましたので略する事と  
 致しました。

- (4) 理解を確實にする爲めには計算問題が最も  
 よいと思へましたので各節々の終りには計算  
 問題を出すやうに努め又本文中述べたりない  
 と思つたここも計算問題中述べたものもあり  
 ます。

増補として書きましたクーロンの法則及び整流  
 作用は始め直接必要でもないから本文中略しま  
 したが印刷中書いた方がよいと思つたので増補に  
 入れました、順序が悪くなりました事を御断はり  
 申します。

述べ足りない點も多からうと存じます。ごうか  
 御氣付きの點は御注意下さるやう御願ひ致します  
 本書の編著にあつて参考に供した内外書籍雜  
 誌は頗る多數であります但其内でも下記の書籍か  
 らは挿圖なごも無遠慮に其儘寫さして頂いたもの

もあります。茲に是等の書籍の著者に謹んで陳謝致します。

Franklin and Mac Natt : — Electricity and Magnetism.

Bullard : — Naval Electrician's Text Book.

Morecroft and Here : — Continuous Current Circuit and Machinery.

John Case : — Direct Current Dynamos and Motors.

Maycock : — Continuous Current Motors and Control Apparatus.

Karapetoff : — Experimental Electrical Engineering.

Hawkins : — The Dynamo.

小宅千次郎氏 : — 簡易電氣工學

清水莊一郎氏 : — 電氣機械

商船學校 : — 船用電機

電機學校 : — 交流理論

清水與七郎氏 : — 電氣磁氣測定法並測定器具

藤井隣次氏 : — 電燈及照明

大正十五年四月

著者誌す

# 船用電氣工學目次

附圖 電氣學上使用せられる諸符號……………卷頭

## 第一章 電磁氣學大意

第一節 電氣學大意…………… 1

【1】 C. G. S. 單位…………… 1

【2】 自由電子…………… 1

【3】 電位、電壓及起電力…………… 2

【4】 電 流…………… 3

【5】 靜電氣學と動電氣學…………… 3

【6】 抵 抗…………… 4

【7】 導 電 體…………… 4

【8】 絶 縁 體…………… 5

【9】 電 氣 回 路…………… 6

【10】 オームの法則…………… 6

【11】 直列と並列…………… 7

【12】 オームの法則の應用…………… 9

【13】 電流の熱作用…………… 12

問題及其解答

第二節 磁氣學大意…………… 14

【14】 磁 石…………… 14

【15】 磁場及磁力線.....	16
【16】 電 磁 石.....	17
【17】 磁氣ミオームの法則.....	18
【18】 導 磁 率.....	19
【19】 電磁石の利用.....	21
問題及其解答	
第三節 電氣磁氣の誘導.....	23
【20】 磁 氣 誘 導.....	23
【21】 ファラデーの法則(誘導電流).....	23
【22】 自 己 誘 導.....	24
【23】 相 互 誘 導.....	25
【24】 誘 導 線 輪.....	26
【25】 電 磁 單 位.....	27
問題及其解答	
第二章 直流發電機	
第一節 原理及構造.....	30
【26】 フレミング右手の法則.....	30
【27】 發電機の原理.....	31
【28】 整流子の原理.....	33
【29】 發電子の構造.....	36
【30】 界磁の構造.....	38
【31】 發電子捲線法.....	39

【32】 誘導起電力.....	42
問題及其解答	
第二節 直流發電機の種類及特性.....	44
【33】 直流發電機の種類.....	44
【34】 特 性 曲 線.....	46
【35】 直捲發電機の特性.....	47
【36】 分捲發電機の特性.....	48
【37】 複捲發電機の特性.....	49
【38】 電 壓 調 整 法.....	50
【39】 過複捲發電機.....	51
第三節 反作用及損失.....	52
【40】 發電子反作用.....	52
【41】 發電子反作用を減ずる方法.....	55
【42】 ヒステレシス.....	57
【43】 渦 流.....	59
【44】 發電機の損失.....	60
【45】 發電機の能率.....	61
問題及其解答	
第四節 配電盤上の諸器具.....	62
【46】 配 電 盤.....	62
【47】 開閉器又はスイッチ.....	63
【48】 特殊開閉器.....	64
【49】 (可熔片)フューズ.....	65

船舶電氣工學目次

【50】 自動電路遮断器.....66  
【51】 檢 漏 器.....67  
【52】 標 示 燈..... 68

第三章 直流電動機

第一節 原理及構造.....69  
【53】 直流電動機の原理.....69  
【54】 レンズの法則.....70  
【55】 電動子の廻轉方向.....71  
【56】 電動機に関する基本諸關係式.....72  
【57】 電動子の反作用.....73  
【58】 電動機の種類.....74  
【59】 各種電動機の特性及用途.....75

問題及其解答

第二節 起動法及制御法.....80  
【60】 起 動 法.....80  
【61】 制 御 法.....81  
【62】 無電壓及過負荷解放器を有する起動機.....84  
【63】 起動器兼制御器(直列抵抗法を使用するもの).....86  
【64】 起動器兼制御器(直列及並列抵抗加減器付).....87  
【65】 自動起動器.....88  
【66】 遅緩接觸装置.....89  
【67】 圓胴型制御器.....92

船舶電氣工學目次

【68】 マスター制御器.....94

問題及其解答

第三節 船用電動補助機.....96  
【69】 揚荷機及揚錨機.....96  
【70】 ブレーキ.....97  
【71】 電氣カブレーキ.....97  
【72】 電磁石ブレーキ.....98  
【73】 ウイルソン式揚荷機..... 100  
【74】 スコット式揚荷機..... 102  
【75】 全電動操舵装置..... 105  
【76】 昇 降 器..... 107  
【77】 其他の補助電動機..... 109  
【78】 デイゼル電氣推進..... 110

問題及其解答

第四章 電 池

第一節 一次電池..... 115  
【79】 電解及電解液..... 115  
【80】 遊離イオン説..... 115  
【81】 電 池..... 117  
【82】 電池の起電力..... 117  
【83】 電池の諸性質..... 118  
【84】 ダニエル電池..... 119

船舶電氣學工目次

【85】ルクランシェ電池..... 120  
【86】乾電池..... 121  
第二節 二次電池(蓄電池)..... 122  
【87】蓄電池の一般作用..... 122  
【88】鉛製蓄電池の化學作用..... 123  
【89】鉛製蓄電池極板の製法..... 124  
【90】鉛製蓄電池の構造..... 125  
【91】蓄電池の容量..... 125  
【92】蓄電池の充電法..... 126  
【93】蓄電池の放電法..... 127  
【94】最小電流電路遮断器..... 128  
【95】蓄電池取扱に關する注意..... 129

問題及其解答

第五章 交流電氣

第一節 簡單なる交流理論..... 131  
【96】交流電氣..... 131  
【97】正弦波..... 132  
【98】交流の電壓及電流..... 133  
【99】瞬時値、最大値、平均値及實効値..... 133  
【100】位相..... 134  
【101】抵抗のみを有する交流回路..... 135  
【102】交流に對する誘導の影響..... 135

船舶電氣工學目次

【103】抵抗及誘導を有する交流回路..... 136  
【104】交流ミゼクトル計算..... 137  
【105】蓄電器及容量..... 138  
【106】抵抗と容量とを有する交流回路..... 140  
【107】抵抗、誘導及容量を有する交流回路..... 141  
【108】インピーダンス及リアクタンス..... 142  
【109】誘導及容量の單位..... 143  
【110】交流の電力..... 143  
【111】交流の種類..... 144  
【112】三相交流の連結法..... 145  
【113】高壓及低壓..... 146  
【114】脈流..... 146

問題及其解答

第二節 交流機械..... 148  
【115】交流發電機..... 148  
【116】電氣的角度周波數又はサイクル..... 150  
【117】同期電動機..... 150  
【118】誘導電動機..... 153  
【119】交流整流子電動機..... 158  
【120】變壓器..... 158  
【121】タービン電氣推進..... 160

問題及其解答

第三節 變流機..... 163

【122】 變流機の種類..... 163  
 【123】 電動發電機..... 163  
 【124】 發電電動機..... 163  
 【125】 廻轉變流機..... 163

第六章 電氣測定器及測定法

【126】 電壓計及電流計..... 166  
 【127】 可動線輪型測定器..... 167  
 【128】 電流力計型測定器..... 168  
 【129】 可動鐵片型測定器..... 169  
 【130】 分流器及倍率器..... 170  
 【131】 直流電力の測定..... 171  
 【132】 自記測定器..... 172  
 【133】 積算電氣計器..... 173  
 【134】 ガルバノメター..... 175  
 【135】 抵抗の測定..... 175  
 【136】 ウェストン、ブリッジ..... 176  
 【137】 メガ..... 178  
 【138】 マグネット、バル..... 179

問題及其解答

第七章 直流機を取扱法

第一節 故障及其修理法..... 183

【139】 過大電流..... 183  
 【140】 整流子の火花..... 184  
 【141】 各部の發熱..... 185  
 【142】 電動機の速度過高及過低..... 186  
 【143】 發電機の不發電..... 187  
 【144】 發電機の不發動..... 189  
 【145】 電氣極性の識別法..... 189  
 【146】 電機内短絡及切斷箇所の探知法..... 189  
 【147】 電機内接地箇所の探知法..... 191

第二節 直流機の運轉法..... 191

【148】 直流電動機の連結運轉..... 191  
 【149】 直捲發電機の竝列運轉..... 192  
 【150】 複捲發電機の竝列運轉..... 193  
 【151】 複捲發電機の運轉法..... 194  
 【152】 直流機取扱ひに對する注意..... 196

第三節 直流機の試験法..... 198

【153】 絶縁試験..... 198  
 【154】 溫度上昇試験..... 199  
 【155】 調速器及電路遮斷器試験..... 201  
 【156】 能率試験..... 202  
 【157】 複捲發電機の特長試験..... 206

問題及其解答



第八章 電線路及電燈

第一節 電線及電線路..... 211

【158】電線..... 211

【159】電線の太さ..... 212

【160】電線の接合..... 213

【161】電線路..... 214

【162】船内の電線路..... 215

【163】電路試験法..... 217

【164】英國ロイド社の船内電燈使用規則..... 220

問題及其解答

電線に関する諸表..... 220

第一表 S.W.G. 及 B.S. 線號表..... 225

第二表 安全電流表(適信省電氣工作物規定)..... 227

第三表 安全電流表(ロイドの規定)..... 229

第四表 鎧装ケーブル線表(ロイドの規定)..... 230

第二節 電燈及照明..... 231

【165】燭光..... 231

【166】孤光燈..... 231

【167】炭素孤光の動作機構..... 233

【168】白熱燈..... 235

【169】白熱織條..... 236

【170】白熱燈の壽命及能率..... 237

【171】炭素織條電球..... 237

【172】タングステン織條電球..... 238

【173】瓦斯封入タングステン織條電球..... 239

【174】燈具..... 240

【175】航海燈..... 242

【176】反射笠及外球..... 243

【177】照明法..... 244

問題及其解答

第九章 船内電氣使用諸器具

【178】電話器..... 248

變化抵抗式送話器..... 249

受話器..... 251

誘導線輪..... 252

呼出装置..... 253

局部電池式電話器..... 254

共電池式電話器..... 255

屋内電話器..... 256

船内使用電話器..... 258

【179】電鈴及ブザー..... 258

【180】表示器..... 260

【181】電氣熱度計..... 261

【182】電熱器..... 265

船用電氣工學目次

問題及其解答

【183】 電氣廻轉計..... 268  
 【184】 テレグラフ..... 269  
 【185】 内燃機關の電氣點火装置..... 270  
 【186】 軸馬力測定器..... 272

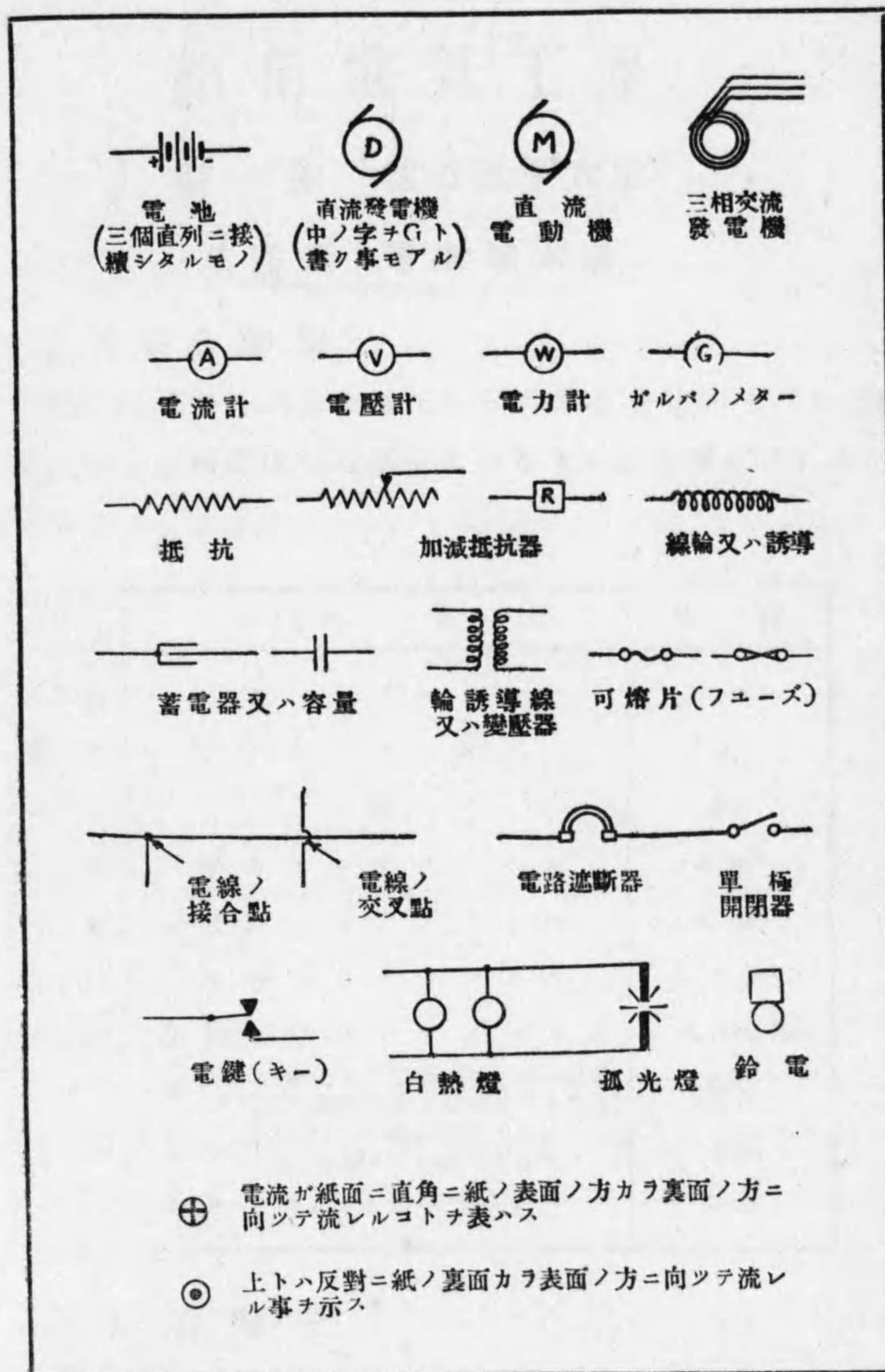
増 補

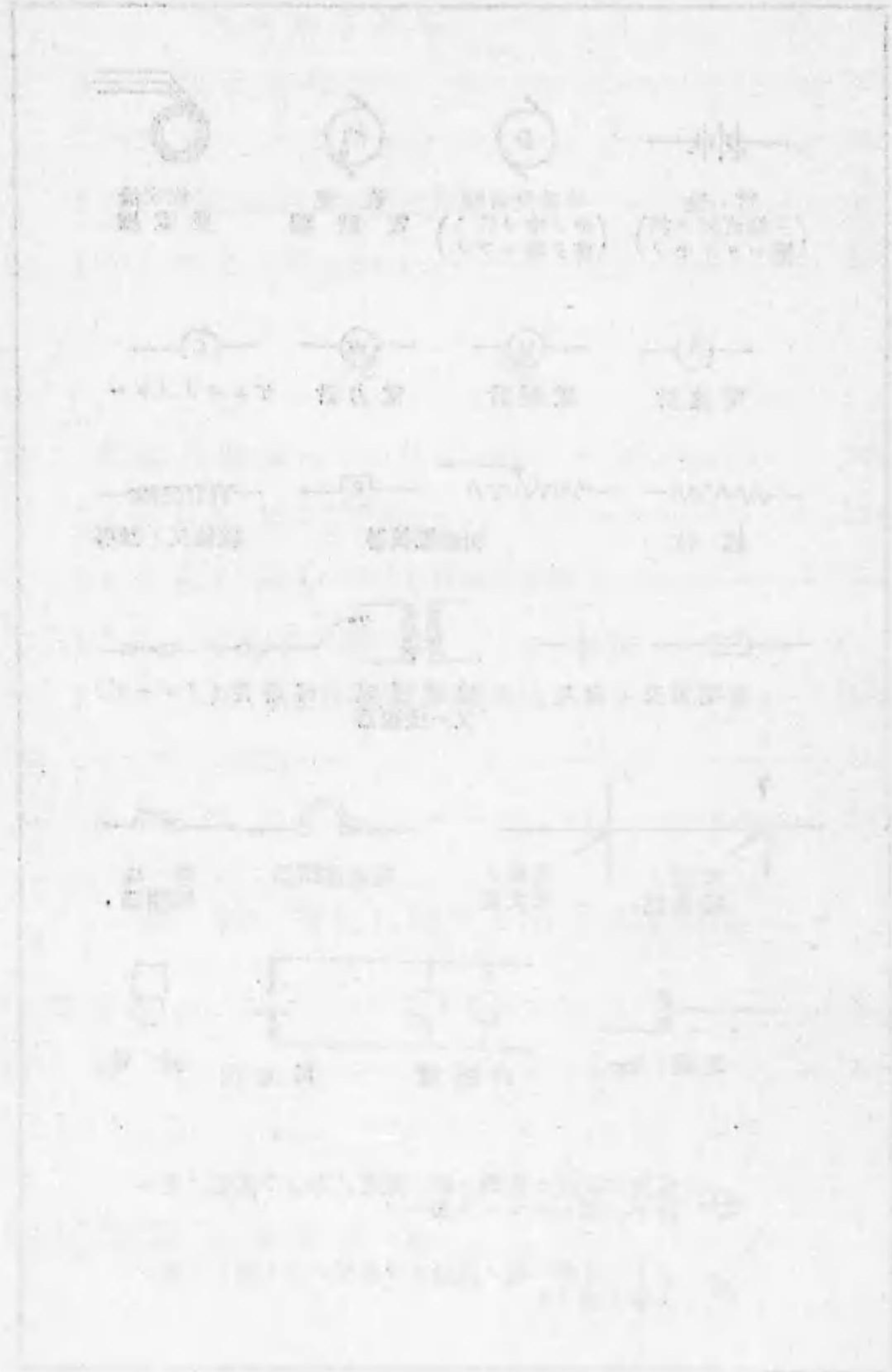
I 直流三線式..... 276  
 【1】 直流三線式の利點法..... 276  
 【2】 直流三線式に於ける電壓の分割..... 277  
 【3】 三線式發電機..... 279  
 【4】 三線式複捲發電機の竝列運轉..... 280  
 II クーロンの法則..... 282  
 III 整流作用..... 283

附 録 電氣に関する海員試験問題

一等機關士..... 287  
 機關長..... 289

船用電氣工學目次(終)





# 船舶電氣工學

## 第一章 電磁氣學大意

### 第壹節 電氣學大意

#### 【1】C.G.S單位

電氣工學上では殆んぎ總てC.G.S.單位を使用してゐる、之等に就ては特に述べる必要もあるまいから單に次に表示することとする。

量	C. G. S. 單位	略號
長さ	センチメートル	c. m.
質量	グラム	g.
時間	秒	sec.
面積	平方センチメートル	c. m <sup>2</sup>
容積	立方センチメートル	c. m <sup>3</sup>
速度	毎秒センチメートル	c. m./sec.
加速度	毎秒毎秒センチメートル	c. m./sec./sec.
力	ダイン {1グラムの質量に對して一單位の加速度を生ぜしめるやうな力}	dyne.
仕事	エルグ {1ダインの力に對し一センチメートル動かすに必要な仕事}	erg.
	ジュール {エルグの10 <sup>7</sup> 倍}	joule.

#### 【2】自由電子

封蠟の棒を乾いた絹布やフランネルのやうなもので強

く摩擦すれば電氣が起り、軽い物體を吸引する事は今日に於ては一般に知れ亘つてゐる事であるが、最近の學説たる**電子論**(electron theory)によれば總ての物質の中には**自由電子**(free electron)と名付けられる微粒子が存在して居り、常には電氣的には中性の状態にあるものである。然るに何等かの方法によつて幾らかの自由電子を與へれば其物體は全體として負に帶電せられ、又反對に物體より自由電子を取り去れば其物體は正に帶電せられるものである。封蠟をフランネルで摩擦した時には、摩擦によりフランネルの中の自由電子が封蠟に移動した爲め、フランネルは正に封蠟は負に帶電せられたものと考へられる。

### 【3】 電位、電壓及起電力

例へばAなる物體とBなる物體を接觸せしめた時、Aなる物體よりBなる物體に自由電子が移動したものとすれば、移動の方向とは反對にBなる物體はAなる物體よりも**電位**が高いと云ひAとBとの電位の差を**電位差**(potential difference)又は**電壓**(electric pressure)と云ふ。

茲に注意しなければならないのは、電位の絶對的の値は知る事が出来ない事であつて、靜電氣學上では地球の電位を零と見做し、他のものは之を標準として電位を定めてゐるが、動電氣學上では電位の絶對値は考へず或點と或點との間の電位差を考へる。電位差即ち電壓の單位

としては一般に**ボルト**(Volt)を使用してゐる。

或電位差を生ぜしめる爲め即ち自由電子が移動し得る状態に置く爲めには始めに自由電子を移動せしめて置かなければならない、此方法にも種々あるが、例へば前に述べたやうに摩擦により或は電池中の化學作用により或は又發電機の廻轉による等皆之れである。此様な作用を**起電力**(electro-motive force 略してE. M. F.)と云ふ。或電位差を生ぜしめる爲めには夫れに相當した起電力を必要とする、例へば一ボルトの電位差を生ぜしめる爲めには一ボルトの起電力を必要とする。

### 【4】 電 流

二箇の物體の間に電位差があれば電位の高い方から低い方に電氣が流れ電位を等しくしやうとする傾向がある、恰度高い處の水は低い處へ流れやうとするのと同様であるかやうな電氣の流れを電流と云ふ、電流の單位としては一般にアンペア(ampere)を使用してゐる。

自由電子は負に帶電せられてゐるから電流とは反對の方向に流れる。

### 【5】 靜電氣學と動電氣學

二箇の物體の電位が異なつてゐるとき之を金屬線で結んだならば封蠟を摩擦して起つたやうな場合には電流は瞬時に通つて直ちに二箇の物體は同電位になつてしまひ連続的には電流が通じ得ない、かやうな連続的電流を

通じ得ない際の電氣の諸性質を研究するのが靜電氣學 (Electro-static) であつて電氣學を正則に學ぶには之を研究する必要があるのであるが本書のやうな程度ではあまり必要がないと思ふので略する事とした。

動電氣學 (Electro-kinetic) とは連續的電流が流れる際の諸性質を研究するもので之が爲めには電池とか發電機とかのやうに連續して電氣を發生し得るものを必要とする。

【6】 抵 抗

水が流れる際には或ひは摩擦により或ひは空氣により必らず自由に流れることを妨げられるもの即ち抵抗を伴ふものであるが電氣の時にも同様に電流が自由に流れることを妨げるやうな作用を伴ふものである、之を **電氣抵抗** (Electric resistance) 或は單に **抵抗** と稱する。

【7】 導 電 體

或物體の抵抗は長さに正比例し截斷面積に逆比例するものである、即ち

$$R \propto \frac{l}{a} \text{ 又は } R = C \times \frac{l}{a} \dots\dots\dots(1)$$

茲に R は抵抗、l は物體の長さ、a は截斷面積である。又 C は **特有抵抗** (Specific Resistance) と云ひ單位の長さを有し、單位の截斷面積を有する或物體の抵抗をオームで表したものである。特有抵抗は物體により異なるものであるが、其内特に少ないものを **導電體** と云ふ。

導電體の主なるものは金屬であつて、次に特有抵抗の

少ないものから順次主なものを書いて見る。

純銀(軟)、純銅軟、純金、純アルミニウム、亞鉛、軟白金、鐵、ニッケル、錫、鉛、アンチモニー、水銀、蒼鉛、炭素。

以上の内電氣學上特に多く使用せらるるものは銅、亞鉛、白金、眞鍮又はブロンズ、鉛又は其合金、炭素、マンガ、洋銀 (german silver) 等であるが、是等の用途等に付いては後に述べる事がある。

又炭素を除き以上のものは温度が昇ると共に抵抗も増加するものである、即ち

$$R = (1 + \alpha t) \dots\dots\dots(2)$$

茲に R は抵抗、t は温度であつて  $\alpha$  は温度係数と稱へるものであるが  $\alpha$  は一つの金屬でも終始一定ではない。

【8】 絶 縁 體

抵抗が非常に多く殆んど電氣を通じないやうなものを **絶縁體** (de-electric) と云ふ。然し乍ら全く電氣を通じない物體はなく、唯或程度まで通さぬのに過ぎない。主な絶縁體を挙げれば次の通りである。(順序不同)

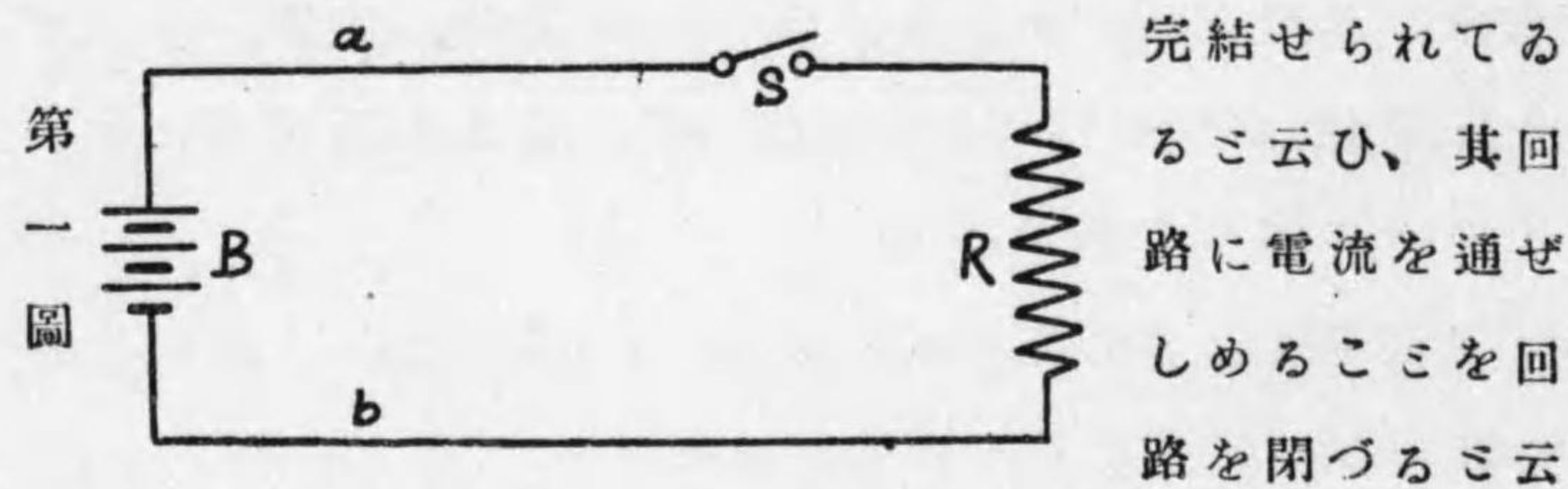
乾燥した清潔な空氣、パラフィン、エボナイト、シエラック、雲母、ガタベルシヤ、ゴム、陶器、硝子よく乾燥した木材及竹、油、純水等。

絶縁體の抵抗は温度が昇ると共に減少するのが常である、又純粹な液體は大抵絶縁體であるが、不純なものは

導電體である、例へば純粹な水は絶縁體であるが鹽分を含むものは導電體である。

【9】電氣回路

電流の通ずる通路を電氣回路(Electric circuit)或は單に回路と稱へ、或回路に電流が通じてゐるときには其回路は



完結せられてゐることを云ひ、其回路に電流を通ぜしめることを回路を閉づると云ふ。例へば第一圖に於て B を電池、R を抵抗、a、b を電線、S を開閉器 (Switch) とすれば、S を接続すれば回路は完結せられ、S を断てば回路は開かれる、S を接続する事を閉づると云ひ、断つことを開くと云ふ。

【10】オームの法則 (Ohm's law)

或完結せられた回路に電流が通じてゐるとき電流 I は電位差 E に正比例し抵抗 R に反比例するものである。之

を式で表はせば  $I = \frac{E}{R}$  .....(3 a)

或ひは  $R = \frac{E}{I}$  .....(3 b)

$E = I \cdot R$  .....(3 c)

上の法則をオームの法則と稱へる、此法則は電氣學上屢々用ひられるもので直流電氣の際には如何なる複雑な

問題でも此法則を應用して殆んど總て解くことが出来る。

オームの法則は同じ種類の單位ならば其儘使用することが出来るが、普通に使用せられる單位は、

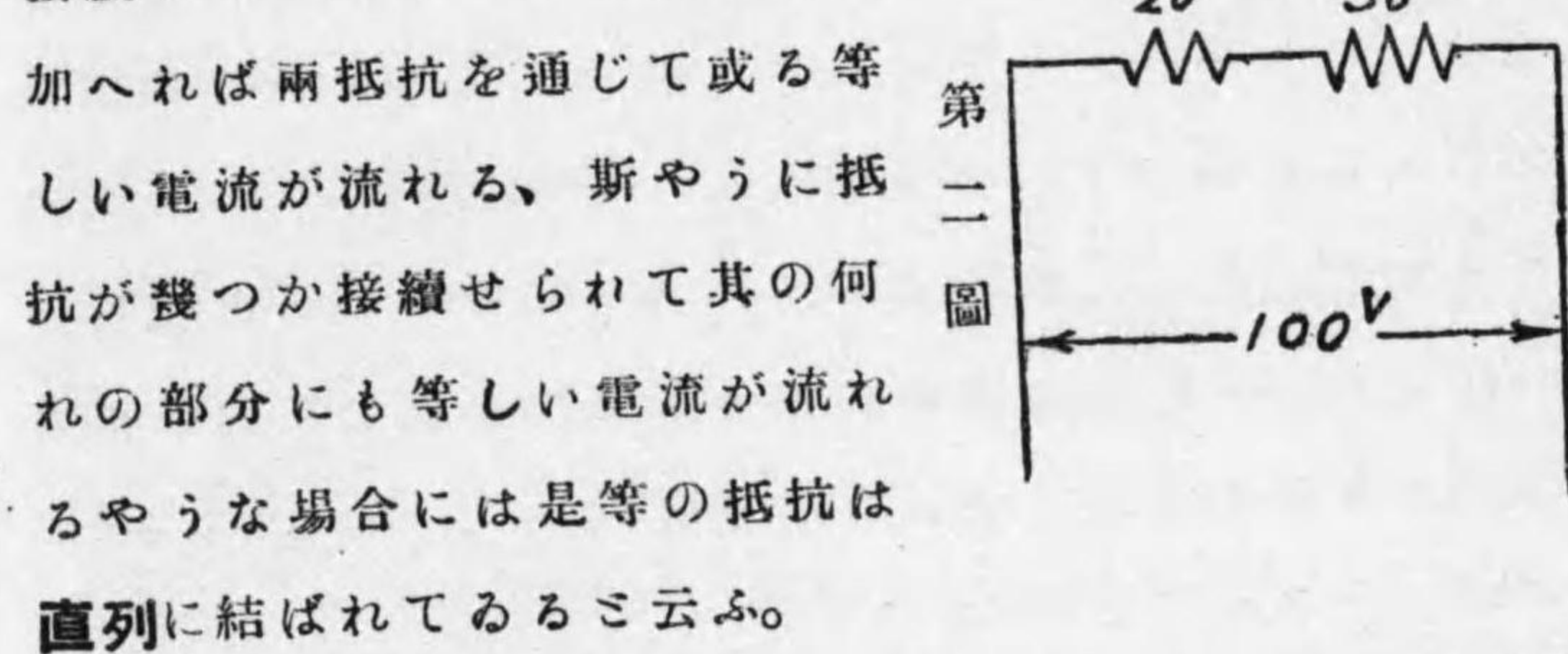
I = アンペア、E = ボールト、R = オーム である。

【11】直列と並列

直列 (Series) と並列 (Parallel) とに關する問題は屢々現はれて來る問題であるから之に付いてよく知つて置く必要がある。

a. 直列抵抗の計算

第二圖のやうに 20 オームの抵抗と 30 オームの抵抗を接続して 100 ボールトの電壓を加へれば兩抵抗を通じて或る等しい電流が流れる、斯やうに抵抗が幾つか接続せられて其の何れの部分にも等しい電流が流れるやうな場合には是等の抵抗は



直列に結ばれてゐると云ふ。

斯やうに抵抗が直列に結ばれてゐるときには其全體の抵抗即ち合成抵抗は各抵抗の和となるものであつて第二圖では合成抵抗は  $20 + 30 = 50$  オームであつて、電流はオームの法則により  $I = \frac{E}{R}$  故に  $I = \frac{100}{50} = 2$  アンペアである。

一般に  $R_1, R_2, R_3$  等の抵抗が直列に結ばれて居り電壓

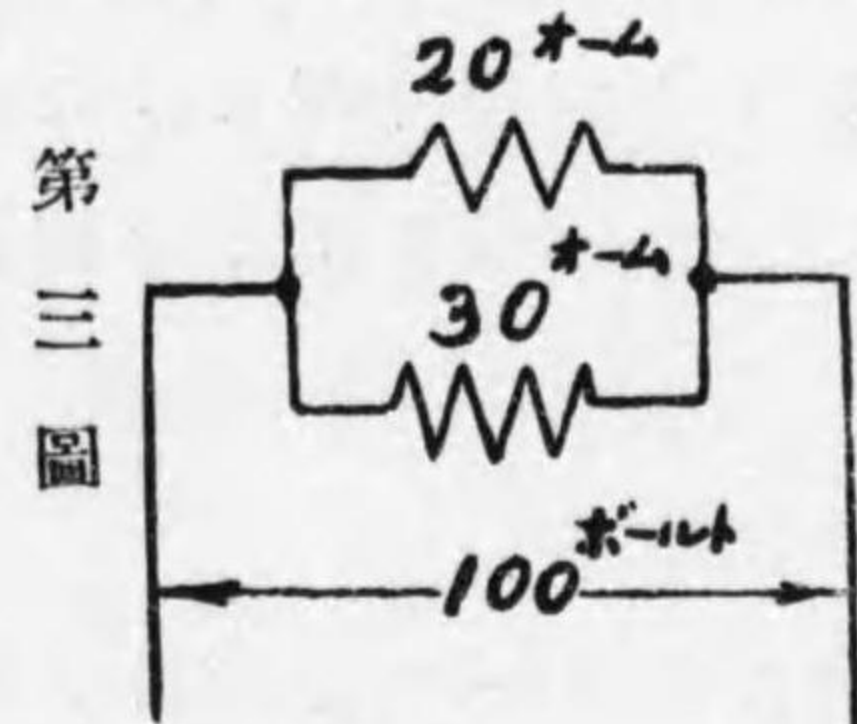
がEなれば

$$\text{合成抵抗} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{電流} = \frac{E}{\text{合成抵抗}}$$

b. 竝列抵抗の計算

第三圖は20オームと30オームとの抵抗とが竝列に接続



せられた場合を示すものである。

此の時何程の電流が流れるかを計算する爲め先づ20オームの抵抗ばかりあつて30オーム

の抵抗がないものとするればオームの法則によつて電流  $I_1$  は  $I_1 = \frac{100}{20} = 5$  アムペアとなり、又30オームの抵抗のみあるものとするれば電流  $I_2$  は  $I_2 = \frac{100}{30} = 3.33$  アムペアとなる。然るに實際は20オームと30オームとの抵抗が一緒にあつて電流は同時に両方の抵抗を通じて流れ得るのであるから本線に流れる電流は  $I_1 + I_2$  即ち  $5 + 3.33 = 8.33$  アムペアとなる。

次に此場合の合成抵抗を計算するに、電圧は100ボルト、電流は8.33アムペアであるからオームの法則により

$$\text{抵抗} = \frac{100}{8.33} = 12 \text{ オームとなる。}$$

然るに前に計算したやうに  $8.33 = 5 + 3.33 = \frac{100}{20} + \frac{100}{30}$  であるから

$$\begin{aligned} \text{合成抵抗} &= 100 \div \left( \frac{100}{20} + \frac{100}{30} \right) = 100 \div 100 \left( \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \right) \\ &= 1 \div \left( \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \right) \end{aligned}$$

上の式から一般に  $R_1, R_2, R_3, \dots$  等の抵抗を並列に接続すれば、其合成抵抗は

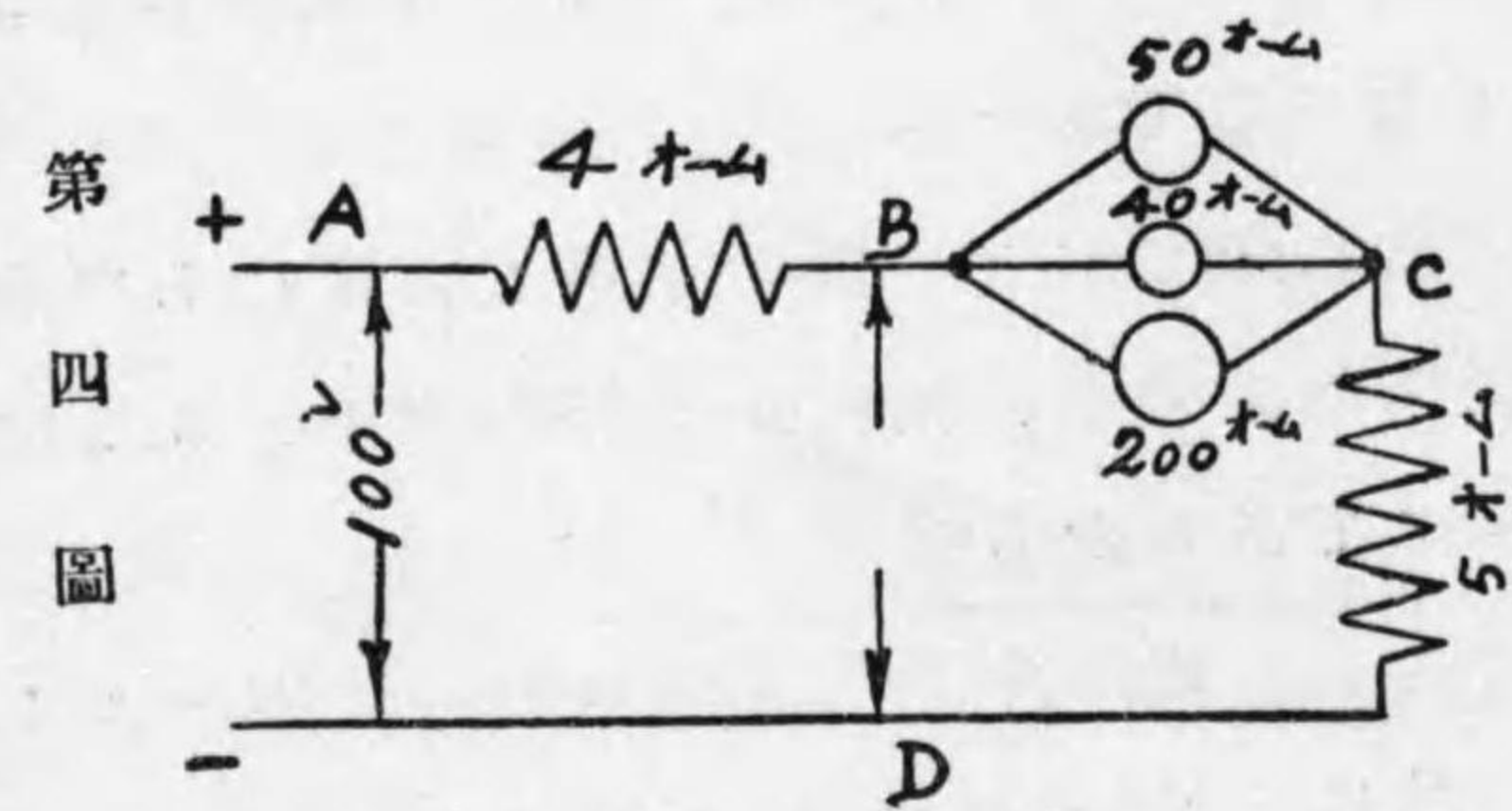
$$\text{合成抵抗} = 1 \div \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \right) \dots \dots (5)$$

【12】 オームの法則の應用

抵抗計算に対する觀念を明確にする爲め今迄より少しく複雑な第四圖のやうな回路について研究して見やう。

發電機の兩

刷子の間の電圧が100ボルトであつて+線には4オームの抵抗、-線には5オーム



ムの抵抗があつて其間に50オーム、40オーム、200オームの抵抗を有する電球が三個竝列に接続してあるものとする。此時+-線に流れる電流を計算して見やう。

先づ竝列に接続せられた三個の電球の合成抵抗を求めれば公式5によつて

$$\begin{aligned} \text{合成抵抗} &= 1 \div \left( \frac{1}{40} + \frac{1}{50} + \frac{1}{200} \right) = 1 \div \left( \frac{5}{200} + \frac{4}{200} + \frac{1}{200} \right) \\ &= 1 \div \frac{10}{200} = 20 \text{ オーム となる。} \end{aligned}$$

そして此20オームの合成抵抗と4オーム、5オーム

の抵抗は直列に結ばれてゐるから公式 4 によつて

$$\text{全抵抗} = 4 + 20 + 5 = 29 \text{ オーム}$$

故に電流は  $100 \div 29 = 3.45$  アムペア となる。

次に圖に於て A と D との間の電圧は 100 ボルトであつたが、B と D との電圧は何程かを考へて見るに 4 オームの抵抗があつて 3.45 アムペアの電流が流れてゐるから電圧は公式 3 c によつて  $3.45 \times 4 = 13.8$  ボルトだけ A と B との間に低落する筈である。

即ち  $100 - 13.8 = 86.2$  ボルトが B と D との間の電圧となるのである。

次に B と C との間の電圧も同様にして求め得られる、即ち電圧降下は抵抗が  $4 + 5 = 9$  オームで電流が 3.45 アムペアであるから

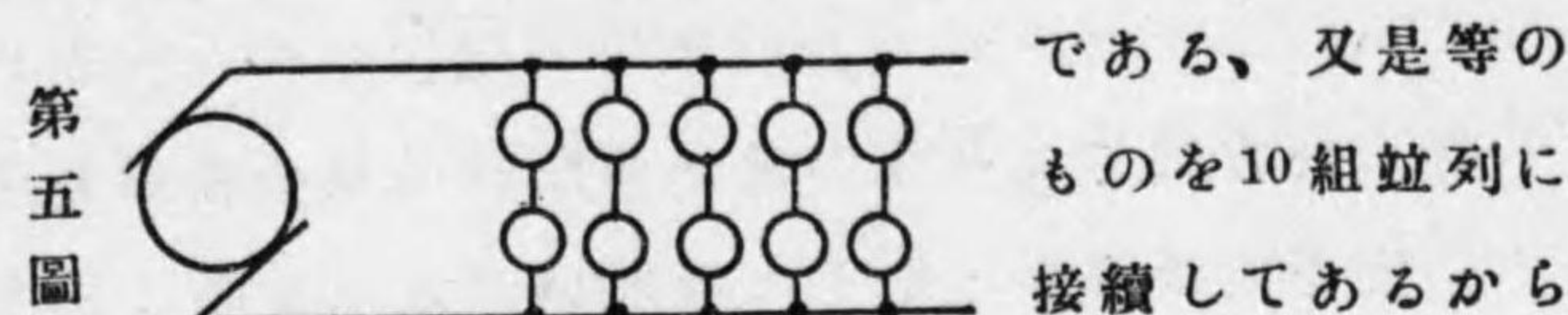
$$\text{電圧降下} = 3.45 \times 9 = 31 \text{ ボルトである。}$$

故に  $100 - 31 = 69$  ボルトが B と C との間の電圧である。

**例題** 200 ボルトの發電機を使用して 100 ボルト用の電燈(一箇の抵抗を 50 オームとする)を 20 箇點するにはどうしたらよからうか、但し電線の抵抗はないものと見做す。

**解 1.** 第五圖のやうに電球を 2 箇づ、直列に接続し是等を 10 組發電機よりの兩線の間に並列に接続すればよい、此時の電流を計算すれば電球二箇が直列に接

續してあるから其一組の抵抗は  $50 + 50 = 100$  オーム



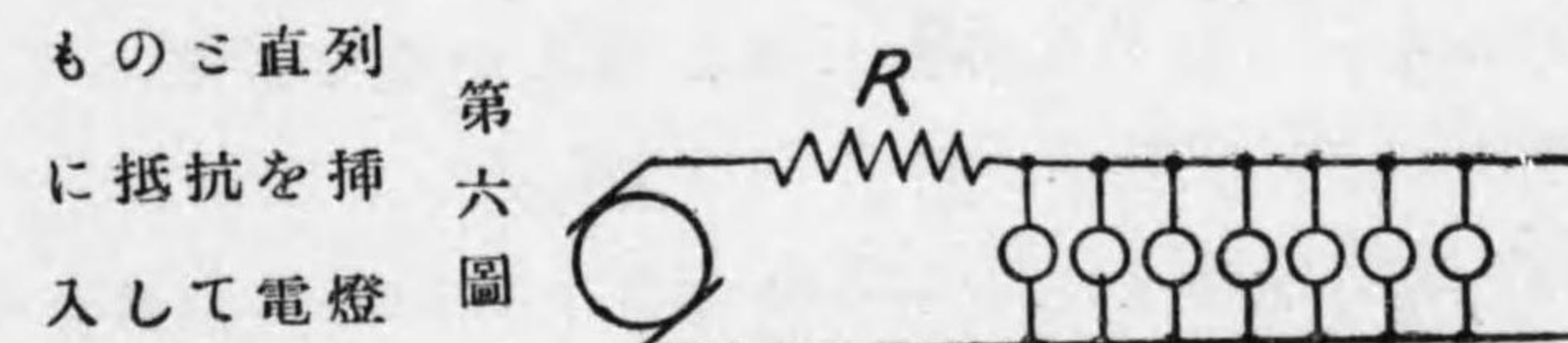
其合成抵抗は第(5)式より

$$1 \div \frac{1}{100} \times 10 = 1 \div \frac{10}{100} = 1 \div \frac{1}{10} = 10 \text{ オーム}$$

故に電流は  $200 \div 10 = 20$  アムペアとなる。

上のやうな接続方では一組の内何れか一箇の電球が斷線しても二箇共消えてしまふことに注意を要する。

**解 2.** 第六圖のやうに電燈は全部並列に接続し是等の



の電圧を 100 ボルトとなるやうにしてもよい。

電球 20 箇を並列に結べば其合成抵抗は

$$1 \div \frac{1}{50} \times 20 = 1 \div \frac{2}{5} = 2.5 \text{ オーム。}$$

であつて電球は 100 ボルトの電圧で使用するのであるから電流は

$$I = \frac{100}{2.5} = 40 \text{ アムペアとなる。}$$

然るに發電機は 200 ボルトで電球は 100 ボルトであるから  $200 - 100 = 100$  ボルトだけ直列抵抗により電圧を降下せしめる必要がある。然るに電流は 40 アムペアであるから其抵抗 R は  $R = \frac{E}{I} = \frac{100}{40} = 2.5$



オーム。即ち 2.5 オームの直列抵抗を挿入すればよい。

此方法では一箇の電球の斷線の爲め他のものに影響を及ぼすやうなことはないが電流が多くいり不經濟である。

【13】電流の熱作用

導電體の抵抗に逆らつて電流を通ずる時は其導電體は電流の爲め熱せられる事は我々が日常觀察する事實であるが之れは導電體内の自由電子が物質の原子と衝突して運動のエネルギーを消耗し、此運動のエネルギーが熱のエネルギーとなつて外部に現はれるからである。

問 題

(1) 端子電壓が44ボルトで8アンペアの電流を要する孤光燈を100ボルトの電源から點ずるには直列に何オームの抵抗を挿入したならばよからうか。

(2) 電壓が一定した電源から電線によつて電流を導き電熱器を使用するに電流を4アンペア使用するときは電熱器の兩端に於ける電壓は98ボルトであるが電流を6.5アンペア使用する時には電熱器の兩端に於ける電壓は93ボルトに下ると云ふ、電線の抵抗は何オームであらうか。

(3) 炭素纖維白熱電球の心線の抵抗は點火しない時は220オームであるが點火して温度が高くなると85パーセ

ントだけ抵抗が減るものとするれば電壓が110ボルトの時點燈の始め及數時間後の電流は各何オームであらうか。

(4) 發電機から各0.37オームの抵抗を有する二本の電線によつて電燈數十箇を點火する時、電流が14.6アンペアであつたとするれば電燈の處で100ボルトある爲めには發電機は何ボルト出さねばならないか。

(5) 100オーム、75オーム、125オームの抵抗を有する三箇の電燈を並列に接続しこれを直列に2オーム及3オームの抵抗を有するものを接続したならば110ボルトの電源より電流を送れば電流は何アンペアとなるか。

解 答

(1) 直列抵抗をRとするれば此Rによつて  $100 - 44 = 56$  ボルトの電壓を降下せしめねばならない、然るに電流は8アンペアであるから

$$8 \times R = 56 \quad \therefore R = \frac{56}{8} = 7 \text{ オーム}$$

(2) 電熱器に於ける電壓の差は  $98 - 93 = 5$  ボルトであつて、電流の差は  $6.5 - 4 = 2.5$  アンペアである、電線の抵抗をRとするれば

$$2.5R = 5 \quad \therefore R = \frac{5}{2.5} = 2 \text{ オーム}$$

(3) 點火の始めの抵抗を  $I_1$  とすればオームの法則から

$$I_1 = \frac{110}{220} = \frac{1}{2} \text{ アンペア}$$

點火後の抵抗は  $220 \times \left(1 - \frac{35}{100}\right) = 220 \times \frac{65}{100} = 143$  オームである。故に此時の電流を  $I_2$  とすれば

$$I_2 = \frac{110}{143} = 0.769 \text{ アンペア}$$

(4) 二本の電線は直列に接続せられるから全體の抵抗は  $0.37 \times 2 = 0.74$  オームである、之に 14.6 アンペアの電流が通る爲めの電壓降下は

$$0.74 \times 14.6 = 10.8 \text{ ボールト}$$

故に發電機の電壓は  $100 + 10.8 = 110.8$  ボールトでなければならぬ。

(5) 三箇の竝列に接続せられた電燈の合成抵抗は

$$1 \div \left( \frac{1}{125} + \frac{1}{100} + \frac{1}{75} \right) = 1 \div \left( \frac{12}{1500} + \frac{15}{1500} + \frac{20}{1500} \right)$$

$$= 1 \div \left( \frac{47}{1500} \right) = \frac{1500}{47} = 31.9 \text{ オーム}$$

全體の合成抵抗は  $31.9 + 2 + 3 = 36.9$  オーム

故に電流は

$$\text{電流} = \frac{110}{36.9} = 3 \text{ オーム}$$

## 第二節 磁氣學大意

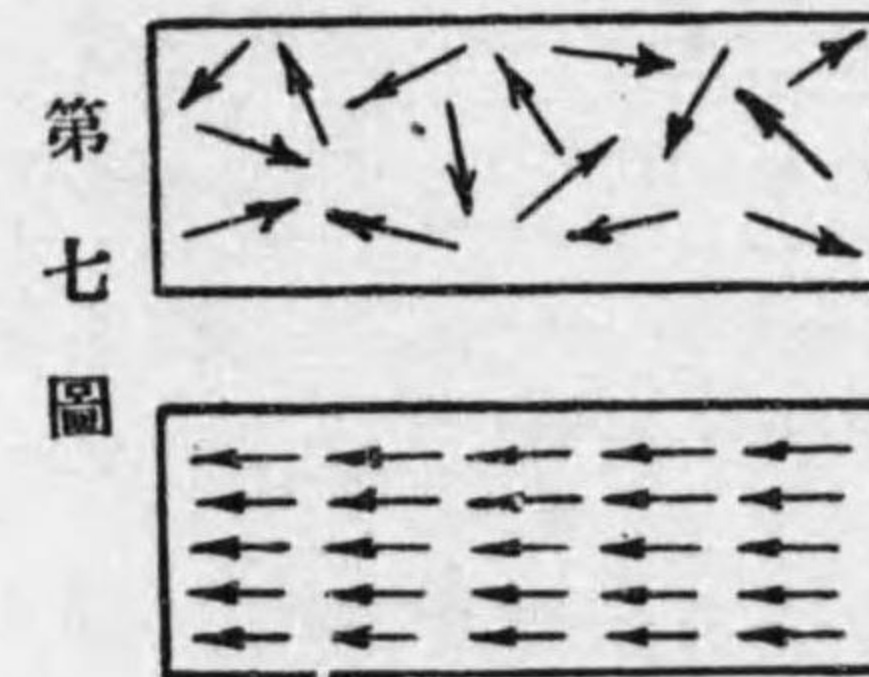
### 【14】 磁 石

電氣と磁氣とは非常に密接な關係があるもので正式に電氣工學を學ぶには磁氣の理論と電流と磁氣との關係を學ぶ必要があるのであるが、茲ではあまりに深入りせず通俗的な直接關係のあることについてのみ述べることにする。

普通磁石を云へば小さい針形をしたもの、中央が支

へられ自由に動き得るやうにした所謂磁針と稱せられるもの、之よりも大型で棒型又は馬蹄型をしたものとの二種があるが、之は唯實用上から形を變じたもので前者は南北を指して止まる性質を利用したもの、後者は鐵片なごを吸付ける性質を利用したものであるが何れにしても是等の磁石は共に南北を指し又鐵を吸付ける性質を持つてゐる事に變りはない、そして北を指して止まる方を**北極**(north pole)又は**N極**と云ひ其の反對側を**南極**(South pole)又は**S極**と云ふ。二つの磁石を近づけると同じ極例へば N極と N極とは相排斥し異極即ち N極と S極とは相吸引するものである。磁石が南北を指して止まるのも地球自身が大きな磁石となつて居るからである。

一體普通の鐵の小さい棒は始め磁石の性質を持つてゐなくても之を他の強い磁石で摩擦すれば磁石の性質を持つやうになる、故に鐵片は始めから極く小さい磁石の分子を持つてゐるのであるが其磁石分子は第七圖 A のやう



に互に勝手氣儘な方向を取つてゐるので分子磁石の引力は互に消し合ひ外部には磁力を表はさないのであるが、之を他の磁石の摩擦によるか又は強力な磁石の近

くに置いたならば亂雜であつた分子磁石が第七圖 B のや

うに一定の方向に配列せられて磁石になるものであるこの學說即ち**分子磁石説**が一般に信ぜられてゐる。

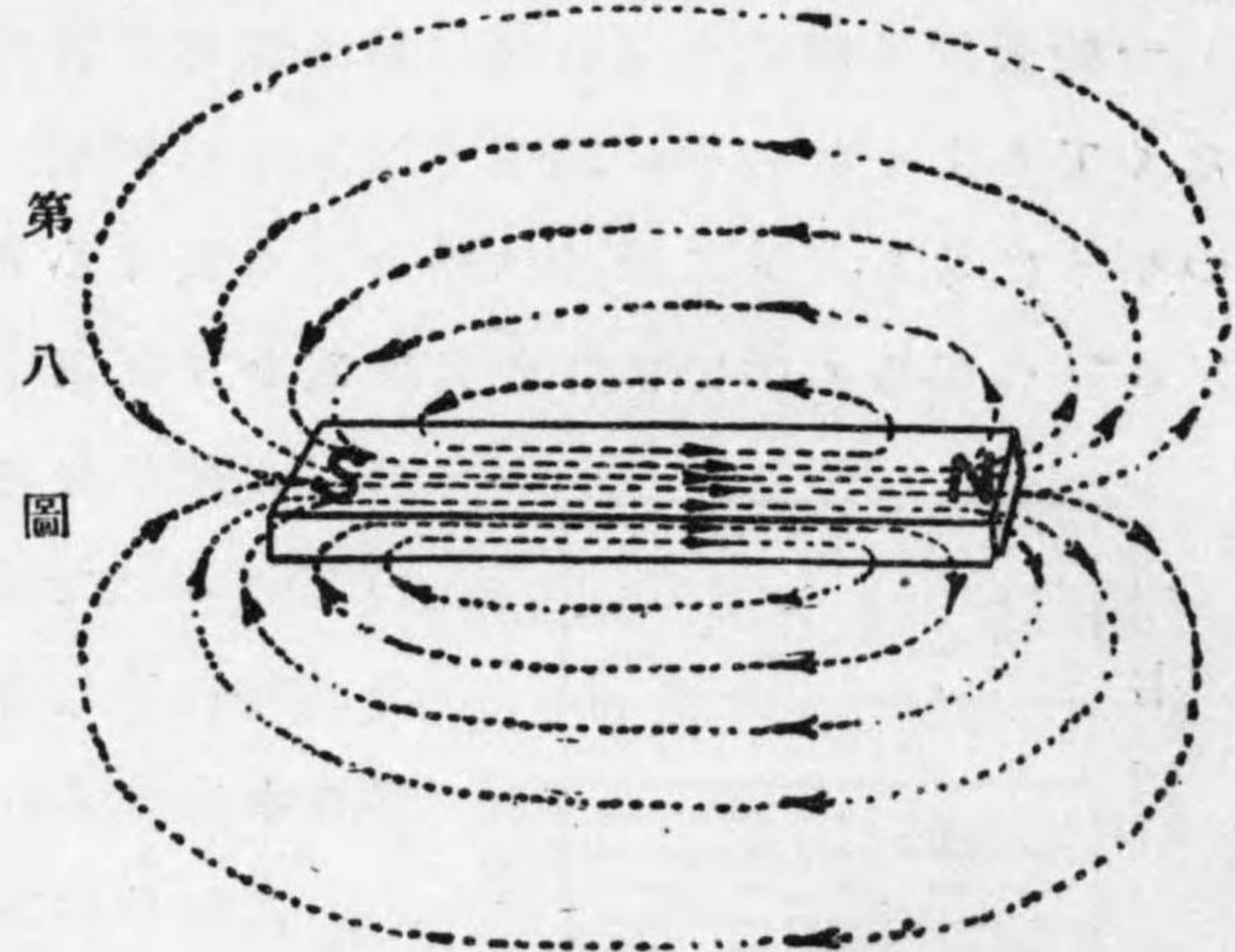
軟鋼、軟鐵は容易に磁石となり得るが、又一度受けた磁性を失ふ事も早い、又硬鋼、硬鐵は磁化するこゝも遅いが磁力を失ふこゝも遅いものである。

【15】磁場及磁力線

磁石は近傍の鐵片なきを吸付けるから眼にこそ見えな  
いが其磁石の周圍には何等かの力が働らいてゐるもので  
かやうな力の働らく場所を**磁場**(Magnetic field)と云ひ、  
此力の働らく線を**磁力線**(Magnetic line)又は**磁束**(Magn-  
etic flux)と云ふ。

磁力線分布の有様は磁石の上に紙又は硝子のやうなも

のを置き其  
上に鐵粉を  
ふり撒けば  
大體を知る  
事が出来る  
が、磁力が  
強い處程磁  
力線は密に  
なつてゐる



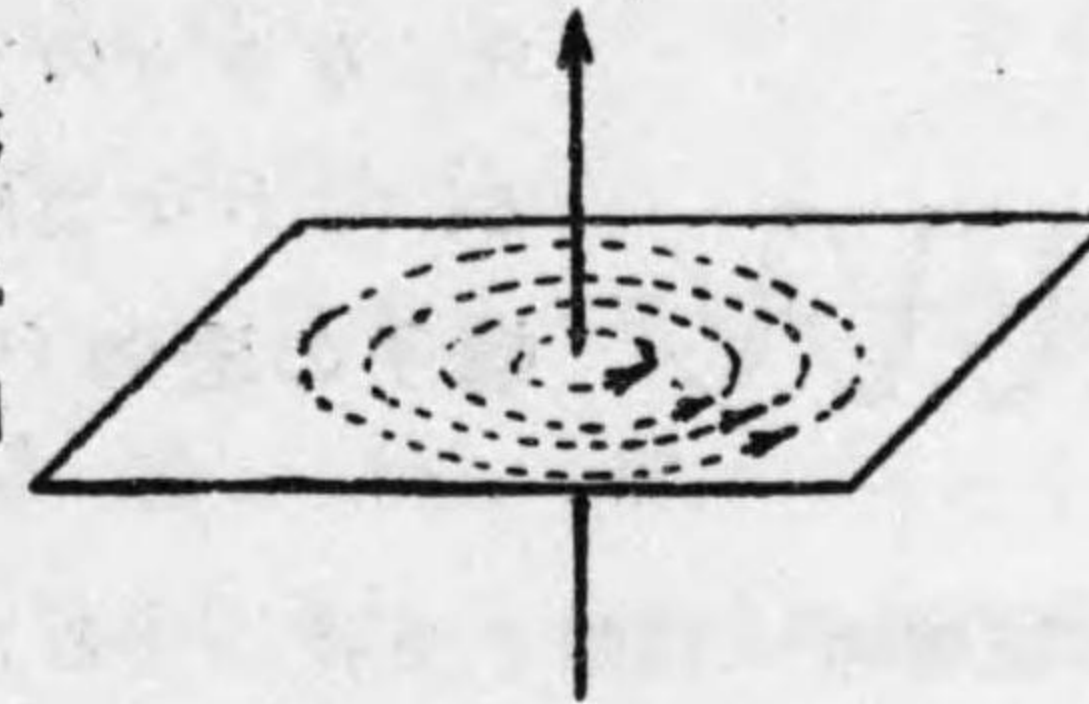
もので、又磁力線は第八圖の如く磁石の一方より出て他  
方に歸り、又磁石自身の中をも通り連續的なものでこれ

を**磁氣回路**(Magnetic circuit)と稱へる。磁氣回路は常に  
閉回路をなしてゐる事に注意せられたい。

【16】電磁石

電流が導電體を通過する時には其附近に磁場が出来る

第九圖

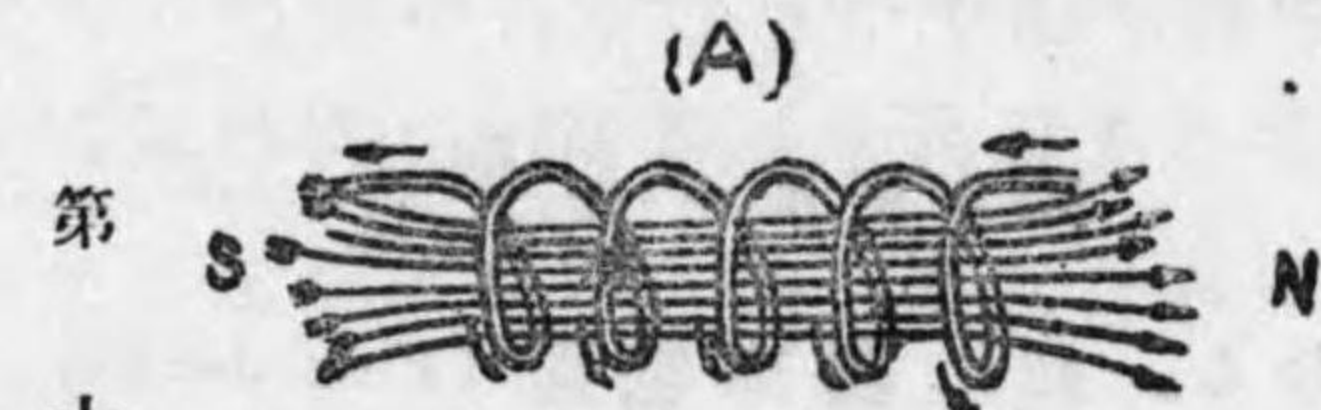


ものであつて、第九  
圖の如く紙を貫いて  
導線に電流を通じ鐵  
粉を紙上に散布すれ  
ば鐵粉は同心圓狀に

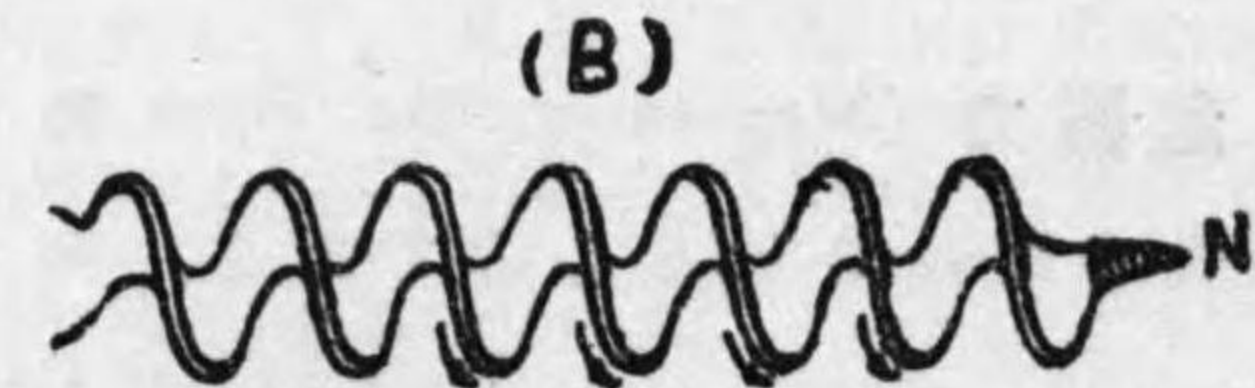
並ぶものであつて其磁力線  
の方向は電流々過の方向に對  
して右廻りとなるものである。

次に第十圖及第十一圖のAの如く導線を蔓狀に巻いて  
線輪(コイル)を作り

これに電流を通づ  
れば線輪は其長さ  
の方向に磁化せら  
れ一方がN極とな  
り、他方がS極と  
なるものである、  
かやうに電流が通

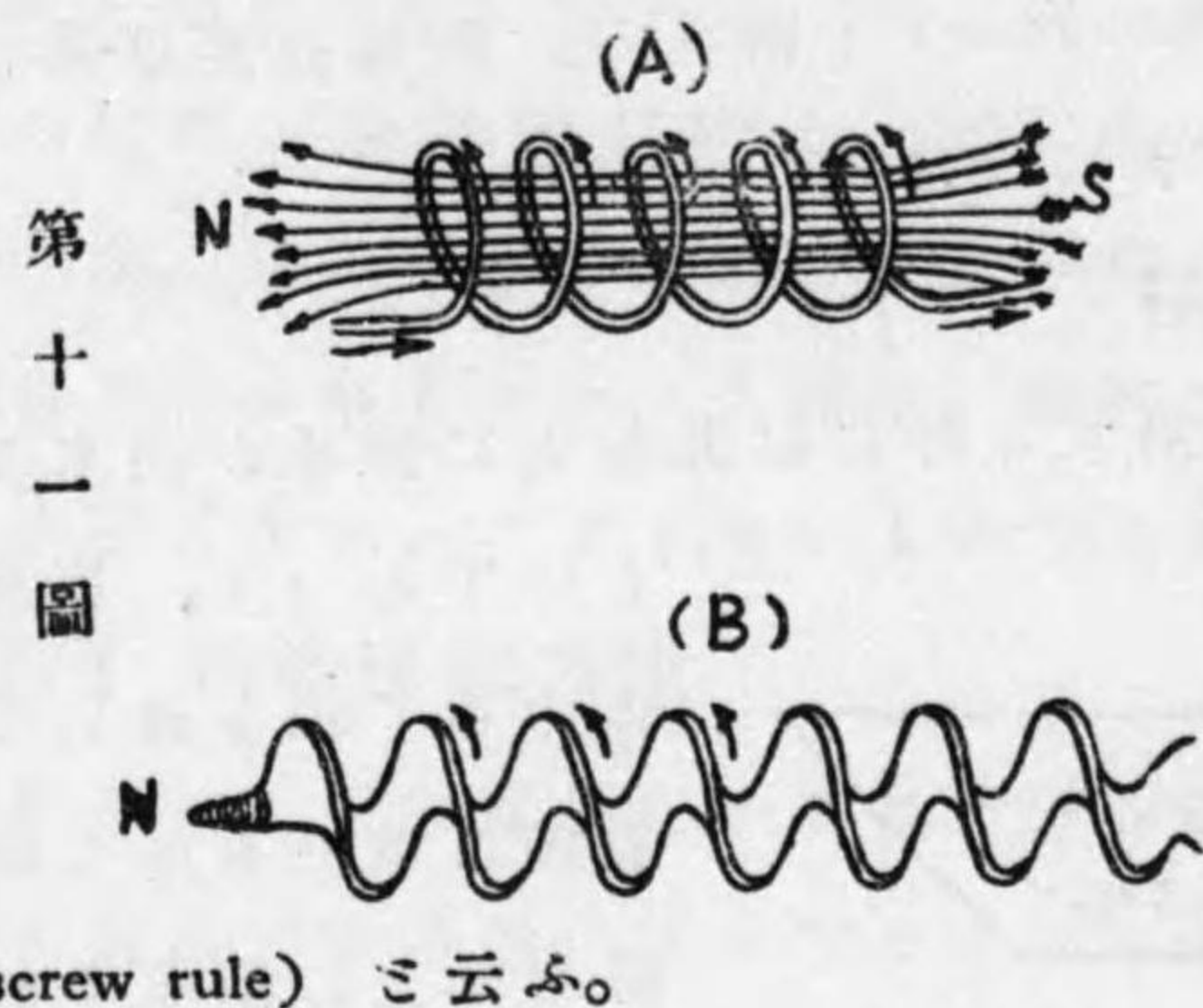


第十圖



じた爲めに生ずる磁石を**電磁石**(electro-magnet)と云ふ。

電磁石の磁力線の方向を知るのには第十圖及第十一圖  
Bの如くコルク抜き又は木捻のネヂ山に沿ふて電流が流



第十一圖

れるものゝすれば  
N極はネジの先端  
即ちコルク抜き又  
は木捻の先端の方  
向となるものであ  
る、これをコルク  
螺子の法則 (Cork

screw rule) と云ふ。

實際の電磁石では大抵線輪の中に鐵心を持つてゐる。

【17】 磁氣とオームの法則

起電力、電流、電氣抵抗との間にオームの法則が成立つやうに起磁力、磁束密度、磁氣抵抗との間にもオームの法則は成立つものであつて

$$\text{磁束密度} = \frac{\text{起磁力}}{\text{磁氣抵抗}} \dots\dots\dots(6)$$

となる。茲に **磁束密度** (Flux density) と云ふのは單位面積に對する磁束即ち磁力線數の事であつて單位面積としては普通平方糎を使用する。

**起磁力** (Magneto-motive Force 略して M. M. F.) とは下の式で表はされるものである、即ち

$$\text{M. M. F} = \frac{4. \pi I. N}{10 l} = \frac{1.257 I. N}{l} \dots\dots\dots(7)$$

I は電流をアムペアで表はしたもの N は線輪の捲回数であつて此二つを掛け合はしたものを **アムペアターン**

(Ampere turn) と稱へてゐる、又 l は糎で表はした線輪の長さである。

**磁氣抵抗** (Reluctance) は磁氣の通過を妨げやうとする抵抗であるが通常此反數即ち  $\frac{1}{\text{磁氣抵抗}}$  を **導磁率** (Permeability) と稱へて廣く使用してゐる、之を使用すれば第6式は次のやうになる。

$$\text{磁束密度} = \text{導磁率} \times \text{起磁力} \dots\dots\dots(8)$$

【18】 導磁率

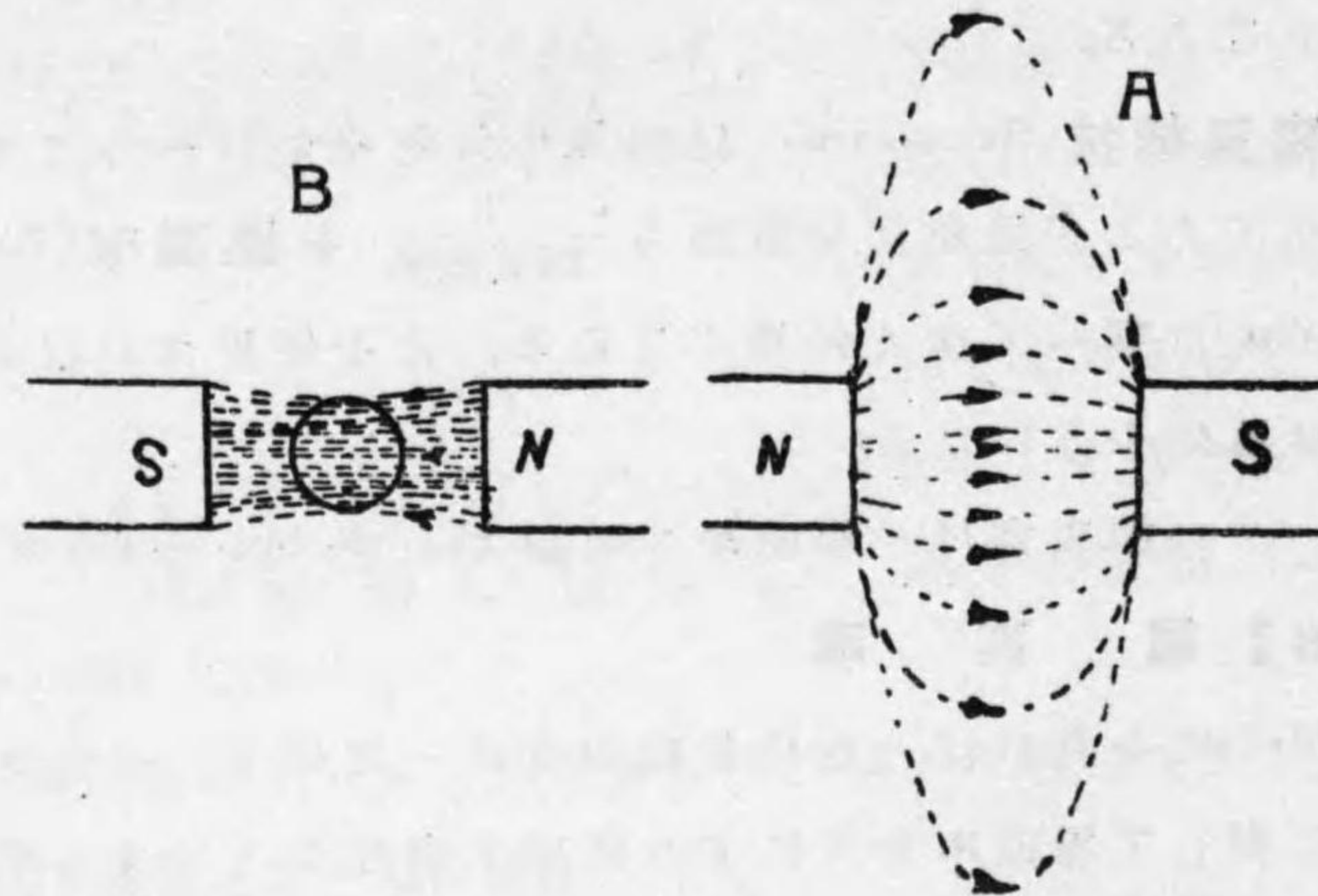
第8式を見れば一定の起磁力或は一定のアンペアターンに對して導磁率を大にすれば磁束密度を大にする事が出来る事がわかる。

導磁率は空氣を單位として之を一としてゐるが鐵では一定ではないが空氣より遙かに大であるから發電機でも電動機でも又其他の電氣機械でも電磁石を使用する時には殆んど總て線輪の中に鐵心を設けて磁束密度を大にするやうにしてゐる。

第十二圖 A は空氣中に於いて磁力線が廣く分布せられてゐる有様を示すものであつて、又第十二圖 B は導磁率の大なる鐵を置いた爲め磁力線の大部分は鐵心の中を通り磁束密度が大となるを示すものである。

線輪中に磁性を有してゐない鐵片を置き線輪に電流を通すれば磁束密度が小なる間は起磁力に殆んど正比例して鐵片中の磁束密度は大となる、即ち導磁率は殆んど一

第十二圖



定であるが磁束密度が大きくなるに従つて起磁力を大ししても其割合に磁束密度は大きならない、即ち導磁率は漸次減少して行き遂には如何に起磁力を大にしても磁束密度は大きならないやうになる、此時鐵は磁氣に飽和したと云ふ。

以上のやうな現象は第七圖によつて説明した分子磁石説より説明し得る事であつて磁束密度の小なる間は分子磁石が一部分づゝ漸次配列せられて行くから導磁率は殆んど一定であるが、磁束密度が大きくなるに従ひ配列し難いやうな分子が後に残るから導磁率は漸次減少し全部が配列せられたならば配列すべき分子はもうないので磁束密度を大にするこゝが出来ないやうになる、即ち飽和せられるのである。

【19】電磁石の利用

電磁石の利用を三様に分ける事が出来る、第一は軟鐵又は軟鋼の鐵心を有するもので電氣を通じてゐる間は磁石となるが電流を絶てば殆んど直ぐ磁力を失ふもので電氣起重機として強力な電磁石を作りレール其他の鐵製の器具器械を運搬するに使用したり或は電鈴等總ての電氣器具に廣く使用せられるものである。

第二は鑄鐵、鑄鋼等の鐵心を使用するもので一度電流を通じて置けば暫時は磁性を失はないもので、發電機の界磁線綫(Field coil)等に使用せられる。

第三は硬鋼硬鐵を鐵心とし電流を通じて磁化すれば殆んど永久に磁性を失はないもので所謂永久磁石(Permanent magnet)を作る爲めに利用せられる。

問 題

(1) 或電磁石の捲線數は 400 であつて捲線の抵抗は 32 オームであるとするれば 200 ボルトの電壓を加へた時のアンペアターンは何程なるか。

(2) 前問に於て線輪の長さが 25 種であるとするれば起磁力は何程であるか。又鐵心として鑄鐵を使用し其導磁率が 217 であるとするれば磁束密度は何程か。

(3) 次の表に各々の場合に於ける起磁力及導磁率を書き入れよ。

1. 鐵心に鑄鋼を使用した時。

磁束密度	11,000	13,400	15,500	16,500	17,200
長さ一厘毎のアンペアターン	10	20	40	60	80
起磁力					
導磁率					

2. 鐵心に鑄鐵を使用する時。

磁束密度	3,600	5,200	6,000	7,800	8,600
長さ一厘毎のアンペアターン	10	20	40	60	80
起磁力					
導磁率					

解 答

(1) 電流は  $\frac{200}{32} = 6.25$  アンペアである、故にアンペアターンは  $6.25 \times 400 = 2500$  アンペアターン

(2) 第7式によつて

$$\text{起磁力} = \frac{4\pi IN}{10l} = \frac{4 \times 3.14 \times 2500}{10 \times 25} = \frac{12.56 \times 2500}{250} = 125.6$$

又第8式によつて

$$\text{磁束密度} = 125.6 \times 217 = 27255.2$$

(3) 一例として鑄鋼を使用し磁束密度 11,000 のものを計算すれば

$$\text{起磁力} = \frac{4\pi IN}{10} = \frac{4 \times 3.14 \times 10}{10} = 12.56$$

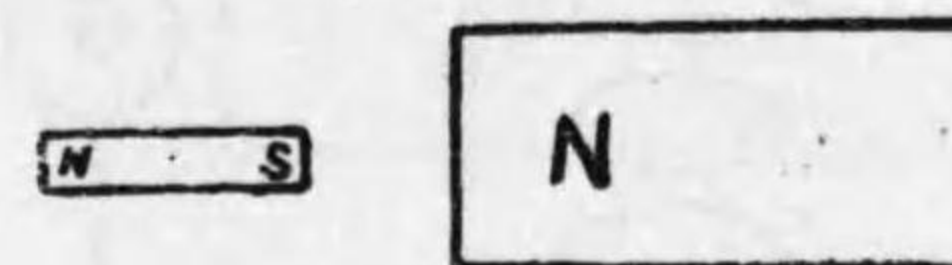
$$\text{導磁率} = \frac{\text{磁束密度}}{\text{起磁力}} = \frac{11000}{12.56} = 875.8$$

第三節 電氣磁氣の誘導

【20】磁氣誘導

釘其他の鐵片を磁石の極に近づけると其等の鐵片は磁極の爲め吸引せられる事は既に述べた通りである、之は鐵片を磁場の中に置いた爲め其鐵片が第十三圖の如く新

第十三圖



たに磁石となり磁極に近い方は反對の磁性を有し、遠い方は同じ磁性を有するやうになつた爲めである。

斯様に一般に鐵は磁場の中に置けば其鐵の中の分子磁石が一部分配列せられて磁氣を有するやうになるものである。斯様な現象を磁氣誘導 (Magnetic induction) と云ふ。

【21】ファラデーの法則(誘導電流)

ファラデー (Faraday) 氏は 1831年(天保二年)一本の針金で線輪を作り其近傍に磁石を動かすときは針金に電氣が起り其起電力は單位時間に切る磁力線の數に比例する事を発見した、これをファラデーの法則と云ふ。

ファラデーの法則を實驗するには第十四圖のやうに一つの線輪の兩端を鋭敏なガルバノメーター (galvano-meter) G に接続して一つの回路を作つて置き、此の線輪に S N と記した磁石を急に挿入するにガルバノメーター G は一時的に動いて線輪中に電氣が発生したことを示し、又挿入

した磁石を急に引出してもやはり電流は発生するが此時にはGの針の動く方向が前よりは反対であるから発生した電流の方向も反対であることが知られる。

以上の実験によつて磁石を線輪の中に入出さず度に電流が起るが磁石を動さないときは電流は発生しないことがわかる。

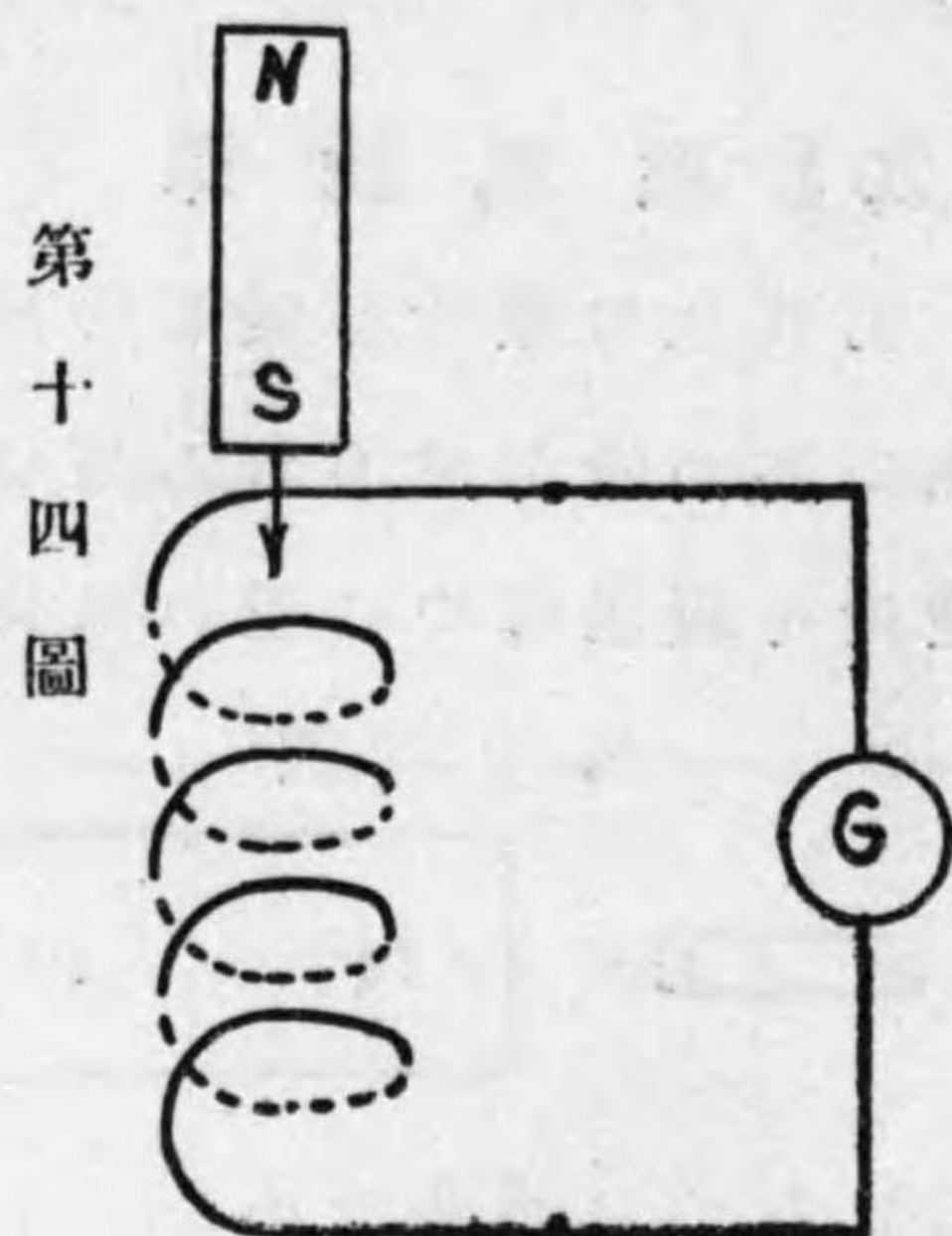
逆に磁石を固定して線輪を動かしても前と同様に電流が発生するもので、要するに線輪の針金が磁力線を切るやうに動かささえすればよいのである。

発生する起電力の大きさは線輪の捲回数も多くするか磁石の力の大きなものと交替するか又は動かす速さを大にすれば大なることも実験し得られる。

以上の実験に於て棒型磁石の代りに電磁石を使用しても同様な結果を得られるのは勿論である。

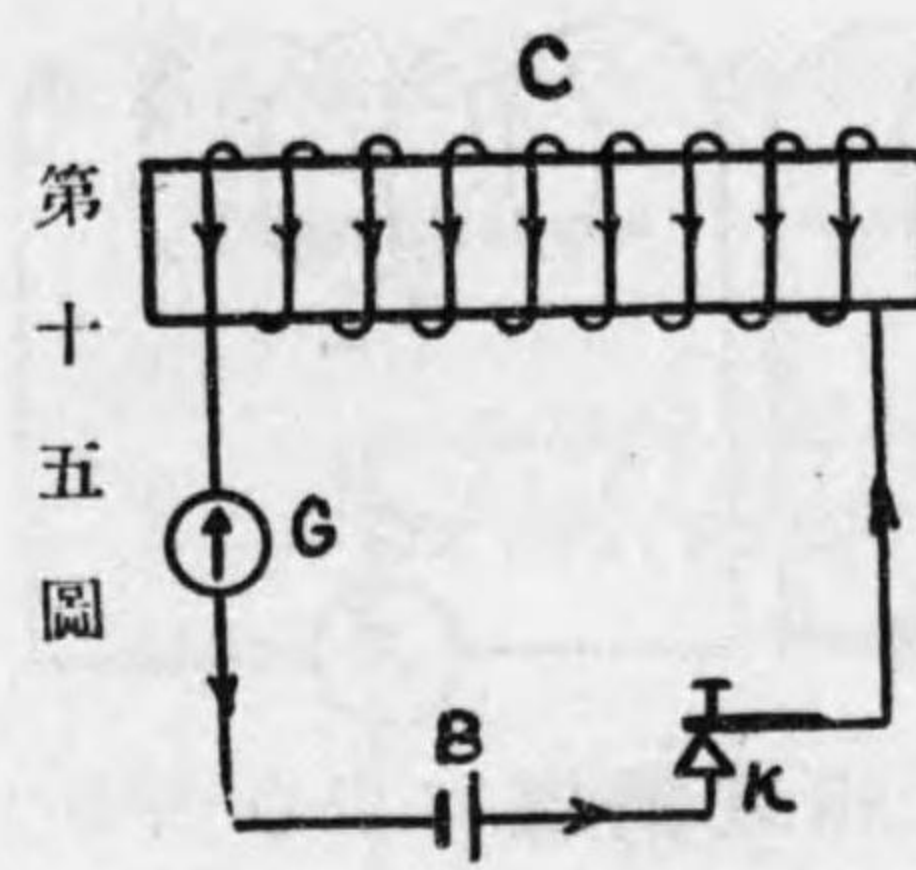
**【22】 自己誘導 (Self induction)**

第十五圖に於てCは鐵心を有する線輪、Bは電池、Gはガルバノメーター、Kは電鍵 (Key) と稱へ電流を断接し得るものとし、始めKを閉じたならば電流は矢のやうに通るのであるが、Gの針は始めは少し傾斜するが漸次多



第十四圖

くなり遂には殆ど變らないやうになる、即ち始めは電流が少ししか通らなかつたのが追々多くなり遂には一定の



第十五圖

値になつたことが知れる。オームの法則によれば  $I = \frac{E}{R}$  の内線輪の抵抗Rは一定、電池の出す電圧も殆んど一定であるからIも一定でなければならぬのであるのに始めは小さく漸次大きくなつたのであ

るから  $I = \frac{E - e}{R}$  と云ふやうにEは反対方向にeを云ふ起電力が此回路の中に誘發せられたことがわかる。

次にKを放して回路を急に開くときはGは今迄と同じ方向に大きく傾斜しKの處で火花 (Spark) を発生することがある、これは今迄の電圧と同方向の起電力が発生したことを示すものである。

以上の二作用を**自己誘導**と稱へる。自己誘導は線輪の捲回数が多いもの程大きく、又鐵心を有するものでは有しないものより大きいものである。

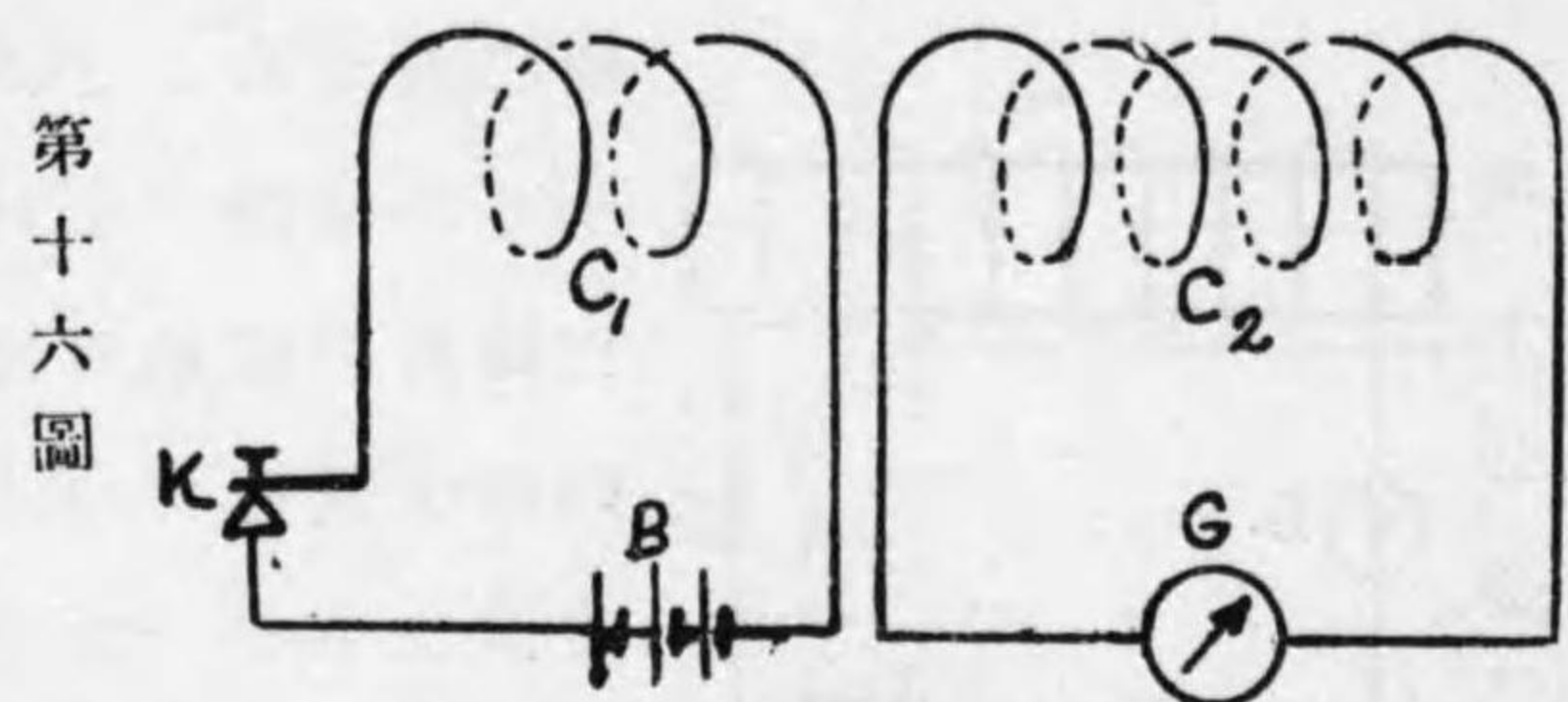
線輪の捲回数が多い鐵心を有するものでは回路を切斷する際に誘導せられる電圧は非常に高くなり線輪が焼けたり電流の開閉器が焼損したりすることがある。

**【23】 相互誘導 (Mutual Induction)**

第十六圖の如くC<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>との二つの線輪を近くに置きC<sub>1</sub>

の方は電池 B、電鍵 K で回路を作り、 $C_2$ の方は線輪の  
 両端をガルバノメーター G に接続する。

K を断接  
 する時  $C_2$  に  
 電流が発生  
 するここは  
 G によつて



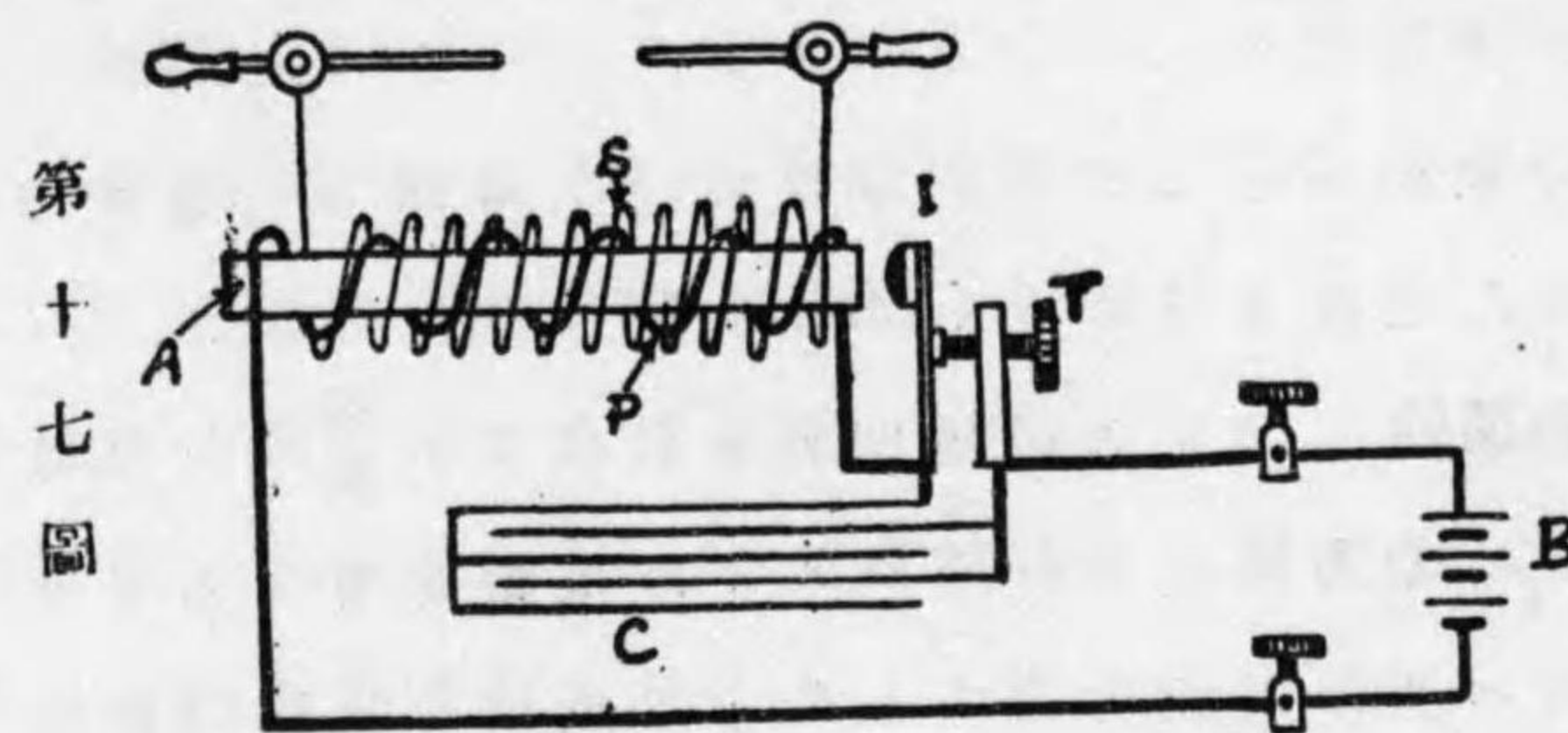
知るここが出来る、此の作用を**相互誘導**と云ひ  $C_1$ の方  
 を**一次線輪** (Primary coil)  $C_2$ の方を**二次線輪** (Secondary  
 coil) と云ふ。

誘導の爲め電流が発生するここはファラデーの法則か  
 らわかるここで、K を閉じたときは  $C_1$  に電流が通つて  
 電磁石となり、K を開いたときは電流が止まるから磁  
 性もなくなり恰度磁石を近づけたり遠ざけたりするの  
 同様であるから  $C_2$  に電流が発生するのである。

【24】誘導線輪 (Induction coil)

誘導線輪は高電壓を得る爲めに無線電信、レントゲン  
 内燃機關の發火装置等に使用せられるもので其構造は第  
 十七圖の如く鐵心 A の上に P なる一次線輪、S なる二次  
 線輪を捲き付けてあるが、二次線輪の捲回数是一次線輪  
 に比しはるかに多くしてある。B は電池 I は振動片であ  
 つて上部には軟鐵片を付け全體は發條となつてゐるもの、  
 T は調整螺子である、今一次線輪に電流が流れたならば

鐵心 A は磁石となるから振動片 I を吸引する、I が吸引  
 せられ、ば T の接觸が離れ一次線回路は開かれるから  
 鐵心も磁性を失ひ振動片は元の位置に歸り再び一次線回  
 路を閉



づるこ  
 ことな  
 る。斯  
 やうに  
 して I  
 は断へず早く振動し一次線回路を断接するから A の磁束  
 は耐えず變化し S に高電壓を誘導する。C は蓄電器と稱  
 せられるもので、其構造作用等は第五章の交流電氣の處  
 で説明するが此處では I によつて電流を断接する際火花  
 の發生する事を防ぐ爲め設けたのである。

【25】電磁單位 (Electro-magnetic unit)

- a. **磁力線の單位** 一磁力線と云ふのは空氣中で一極を  
 離れて相吸引し又は相排斥する力が一ダインである  
 ものを云ふ。
- b. **電流の單位** 一單位の力の磁場に直角に一本の電線  
 を置き之に電流を通ずる際其線の長さ一極毎に一ダ  
 インの力を有するやうな電流を電流の一絕對單位と  
 云ふ。  
 絕對單位の十分の一を電流の實用單位として一般に



使用し之をアンペア (ampere) と名付ける。

c. **電圧の単位** 電圧の一絶対単位は一秒間に磁束を一本の割合で切るに誘導せられる電圧を云ふのである。

電圧の實用単位は絶対単位の  $10^8$  倍即ち一億倍のもので、之をボルト (volt) と稱へる。

d. **抵抗の単位** オームの法則によれば  $I = \frac{E}{R}$  又は  $R = \frac{E}{I}$  であるから一ボルトの電圧を有するにき一アンペアの電流を通するやうな抵抗を抵抗の實用単位としオーム (ohm) と稱へる。

抵抗の絶対単位は一絶対単位の電圧を有するにき一絶対単位の電流を通するやうな抵抗を云ふ。

e. **電力の単位** 電流が導體中に流れるにきには抵抗に逆つて流れるのであるから仕事をなす筈である。一ボルトの電圧を加へたにき一アンペアの電流が流れ其爲め一秒間にする仕事を電力の實用単位とし、之をワット (watt) と稱へる。即ち

$$\text{ワット} = \text{ボルト} \times \text{アンペア}$$

或ひは  $W = E \times I$ .....(9)

オームの法則によれば  $E = R \cdot I$

故に  $W = R \cdot I \times I = R I^2$ .....(10)

尙一馬力は 746 ワットに相當する。又ワットの千倍をキロワット (kilo watt 略して K. W.) と稱へ、發電機

の出力等に廣く使用せられてゐる。

問 題

(1) 或る炭素織條白熱電燈は 55 ワットの電力を必要とし、電流は 0.5 アンペアであるに云ふ、抵抗は何オームであらうか。

(2) 或電動機が 220 ボルトの電圧にて 10 アンペアの電流を使用するにき使用電力は何ワットであるか、又使用電力の内 80 パーセントが有效仕事に變ぜられるならば出力は何馬力であるか。

解 答

(1) 電圧 =  $\frac{\text{電力}}{\text{電流}}$  であるから電圧は  $\frac{55}{0.5} = 110$  ボルト  
故に抵抗はオームの法則より  $\frac{110}{0.5} = 220$  オーム

若くは 電力 = 電流<sup>2</sup> × 抵抗であるから

$$\text{抵抗} = \frac{55}{0.5^2} = \frac{55}{0.25} = 220 \text{ オーム}$$

(2) 電力は  $220 \times 10 = 2200$  ワット

有效仕事なる電力は  $2200 \times \frac{80}{100} = 1760$  ワット

一馬力は 746 ワットに等しいから

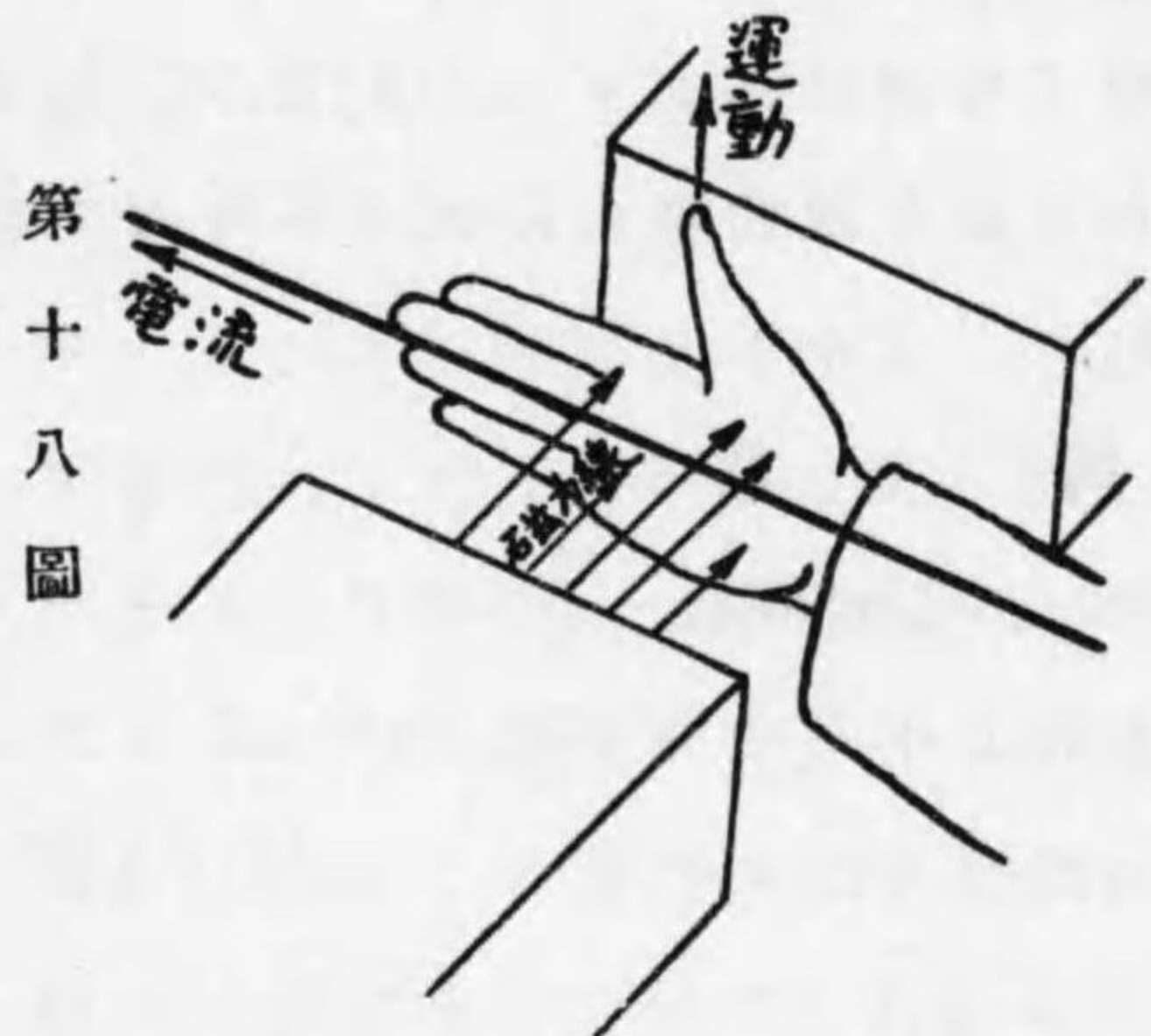
$$\text{出力} = \frac{1760}{746} = 2.36 \text{ 馬力}$$

## 第二章 直流發電機

### 第一節 原理及構造

#### 【26】 フレミング右手の法則 (Fleming's Right-hand law)

ファラデーの法則によれば導體で磁力線を切れば電流

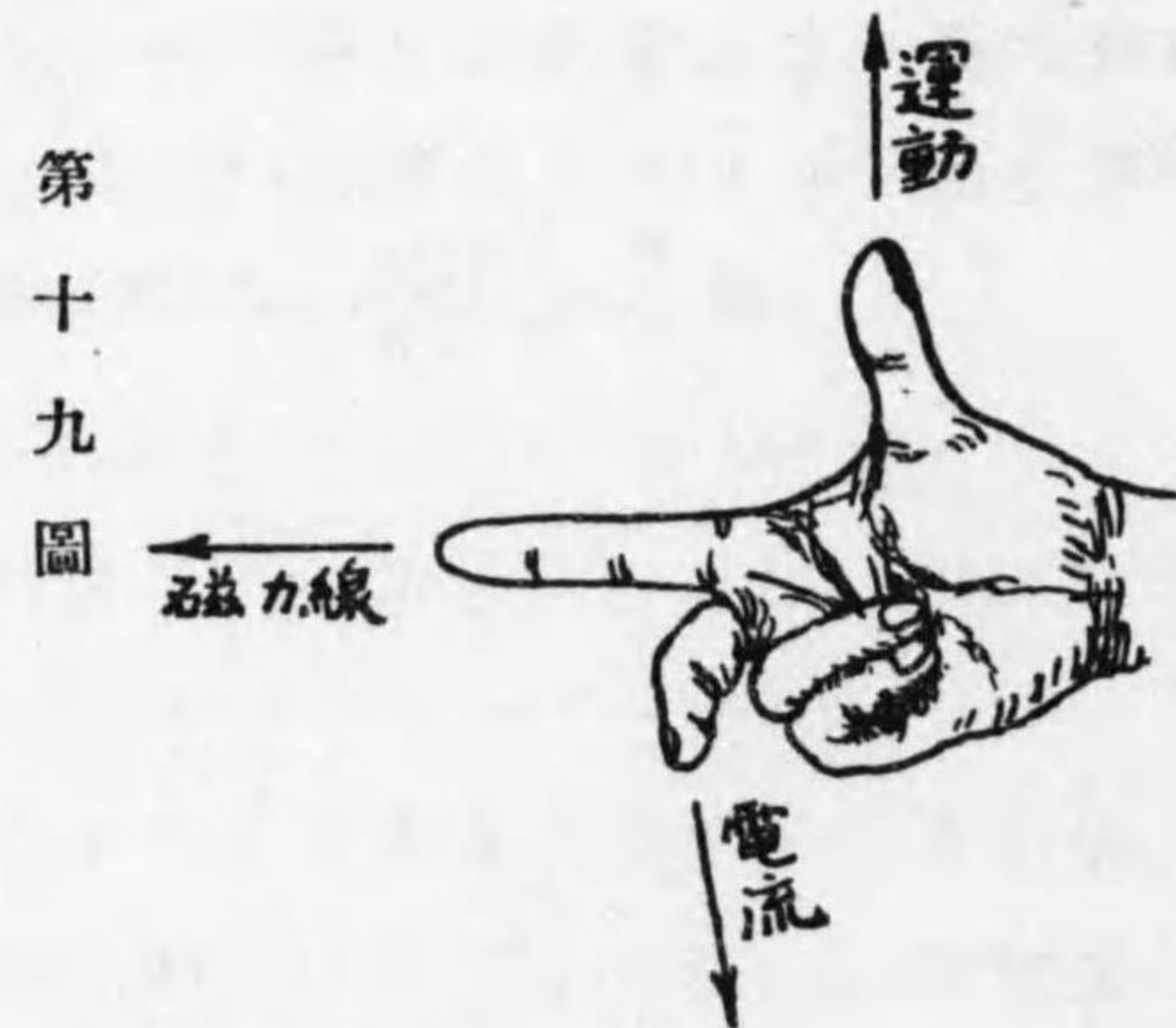


を誘導せられるのであるが、是等の間の關係を簡單に示すものはフレミングの右手の法則である。

第十八圖のやうに右手の掌をN極に向け拇指を他の指に直角に曲げ導體を動かす方向を示さしめれば他の指の先端に向ひ誘導電流が流れる。

尙第十九圖の如く拇指、人差指、中指を互に直角に曲げ拇指は運動の方向、人差指は磁

界の方向、中指は誘導電流の方向を示さしめる方法もある。



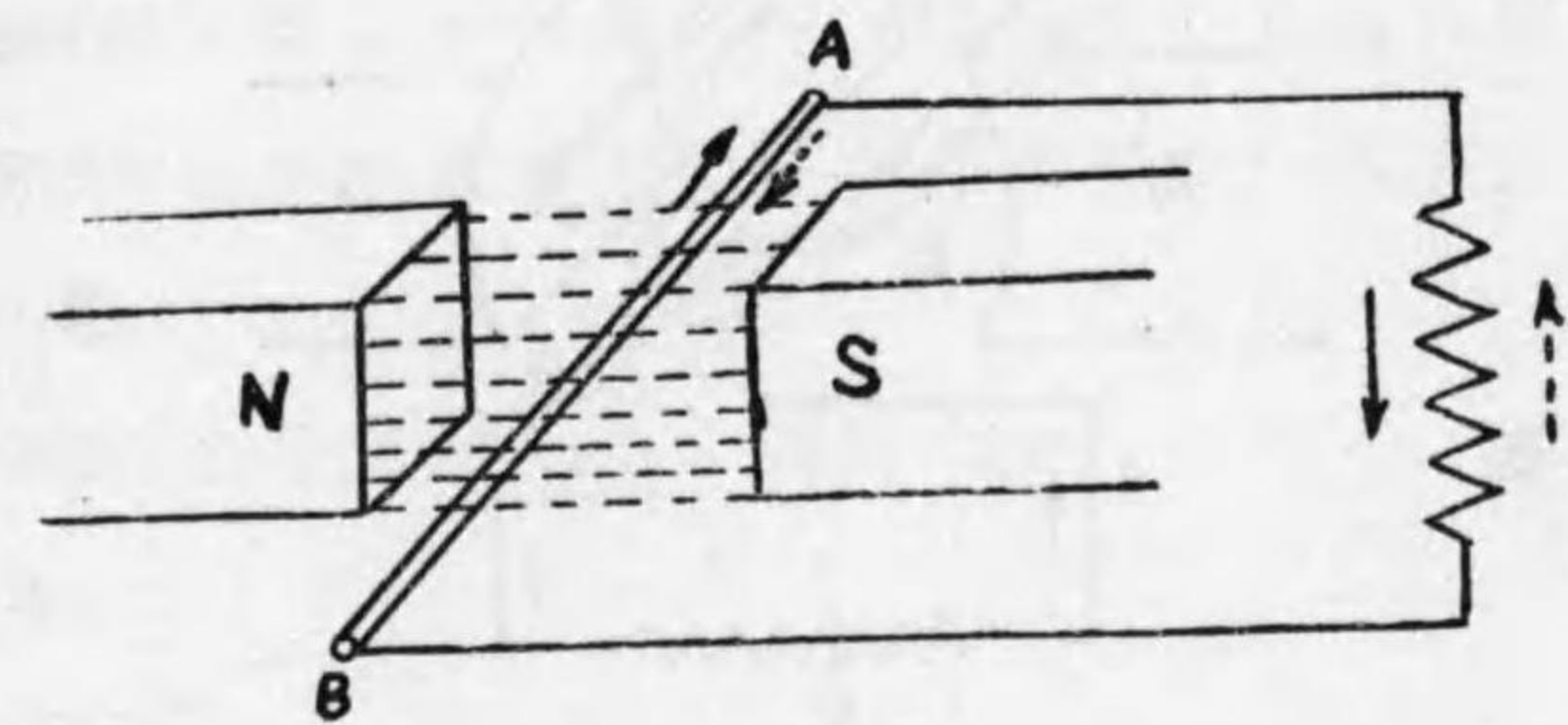
力線の方向、中指は誘導電流の方向を示さしめる方法もある。

#### 【27】 發電機の原理

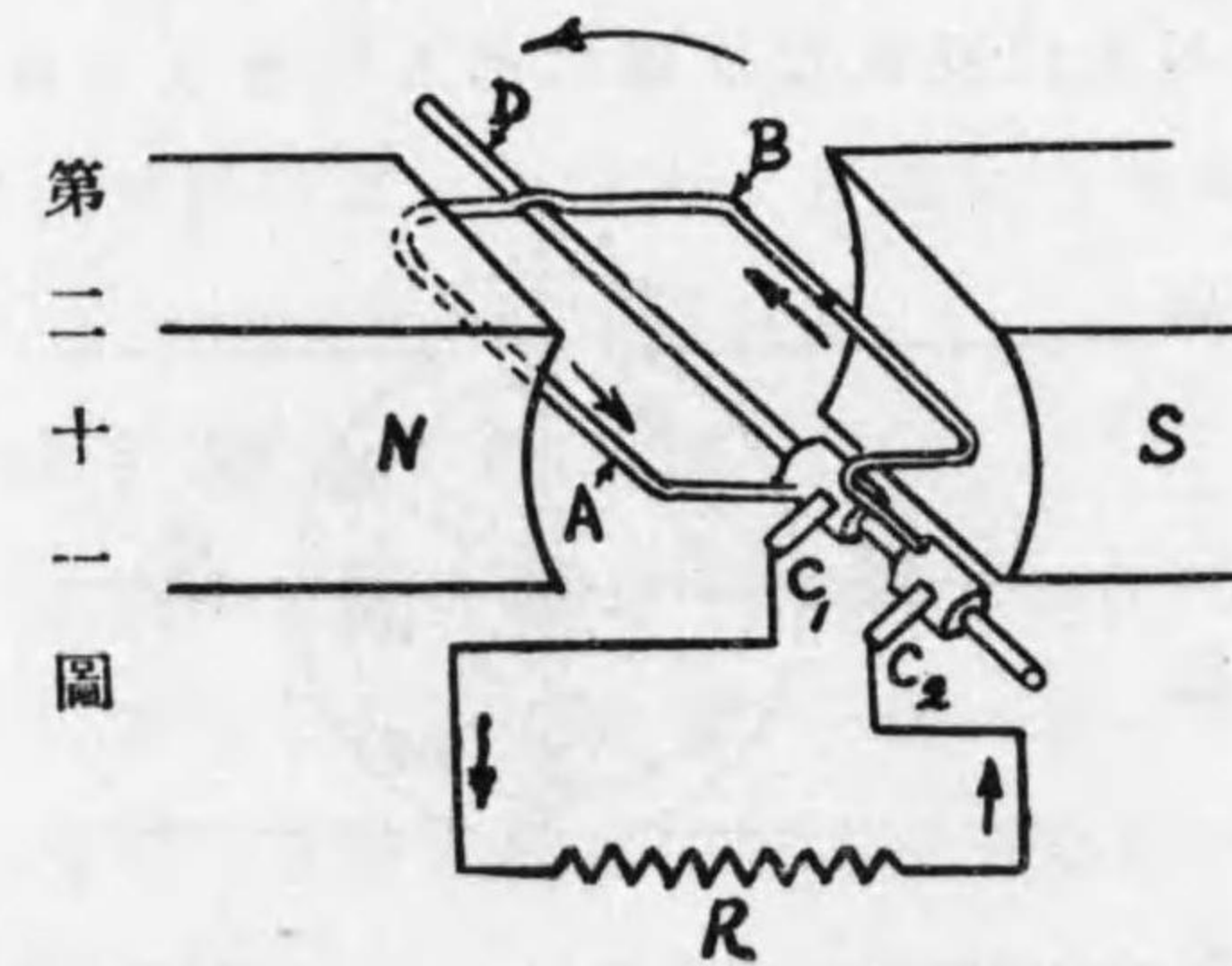
發電機が電氣を發生するのはファラデーの法則に基づくものであつて、其最も簡單なものは第二十圖のやうにN S磁極の間にA Bなる一本の導體を置き其

両端を抵抗に結んだものである。

第二十圖



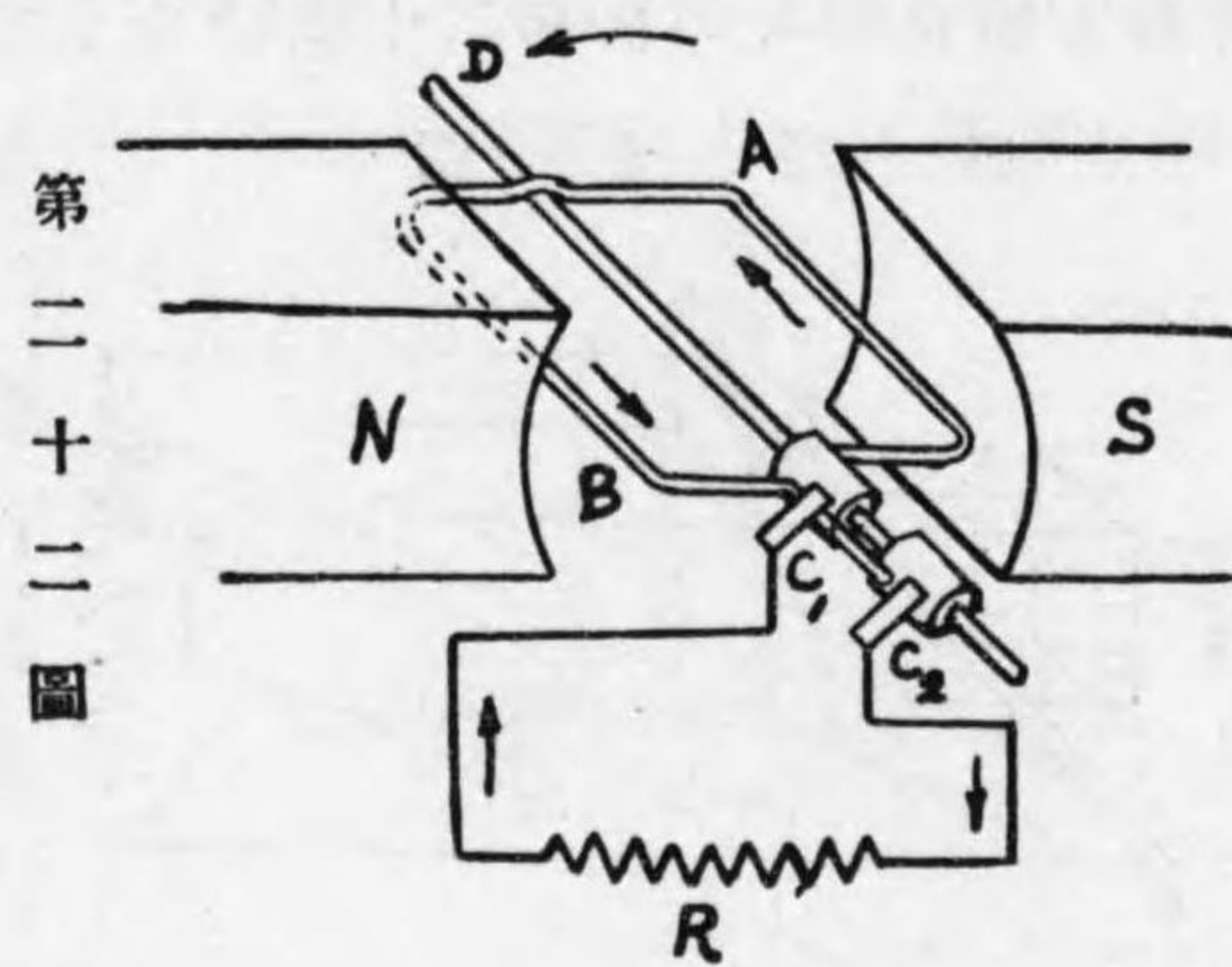
若しA Bを下から上に動かせば磁力線を切斷し右手の法則によれば實線の矢符のやうに電流が流れる。又上から下に動かせば前とは反對に點線の矢のやうに電流が流れる。



かやうに電流を誘導する導體を誘導子(Inductor)と稱へる。

次に第二十一圖のやうに二本の誘導子A Bを

直結して一捲きの線輪を作りこれを磁場中に置き磁力線に直角な一つの軸CDの廻りに廻轉し得るやうにする。  
 $C_1$ ,  $C_2$  は軸に絶縁して取付けられた金屬環で 聚電環 (Collector ring) と名付けられるもので線輪の兩端をこれに



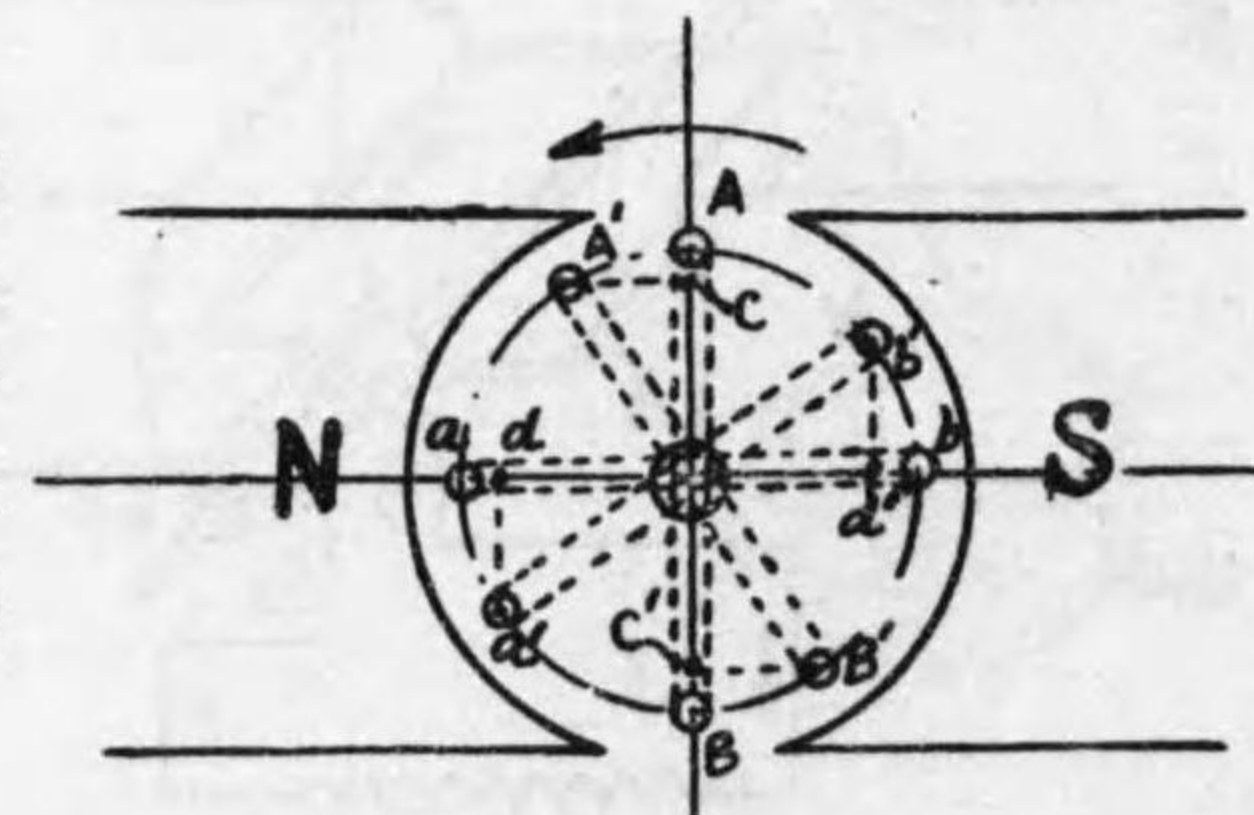
第二十二圖

接続し、又刷子 (brush) を設け常に聚電環に接触し電流を外部に導くこゝが出来るやうにする。  
 AB を廻轉させれば磁力線を

切斷するから起電力が誘發せられる事はファラデーの法則によつて明らかであるが、線輪の位置によつて磁力線を切る數が異なるから起電力にも差異がある、即ち第二十三圖の如く AB が NS に垂直な位置にあるときより或

時間内に  $A'A'$  又は  $B'B'$  だけ動いた時磁力線を切るのは AC 及び  $B'C'$  の間だけであるが AB が NS に平行な位

第二十三圖

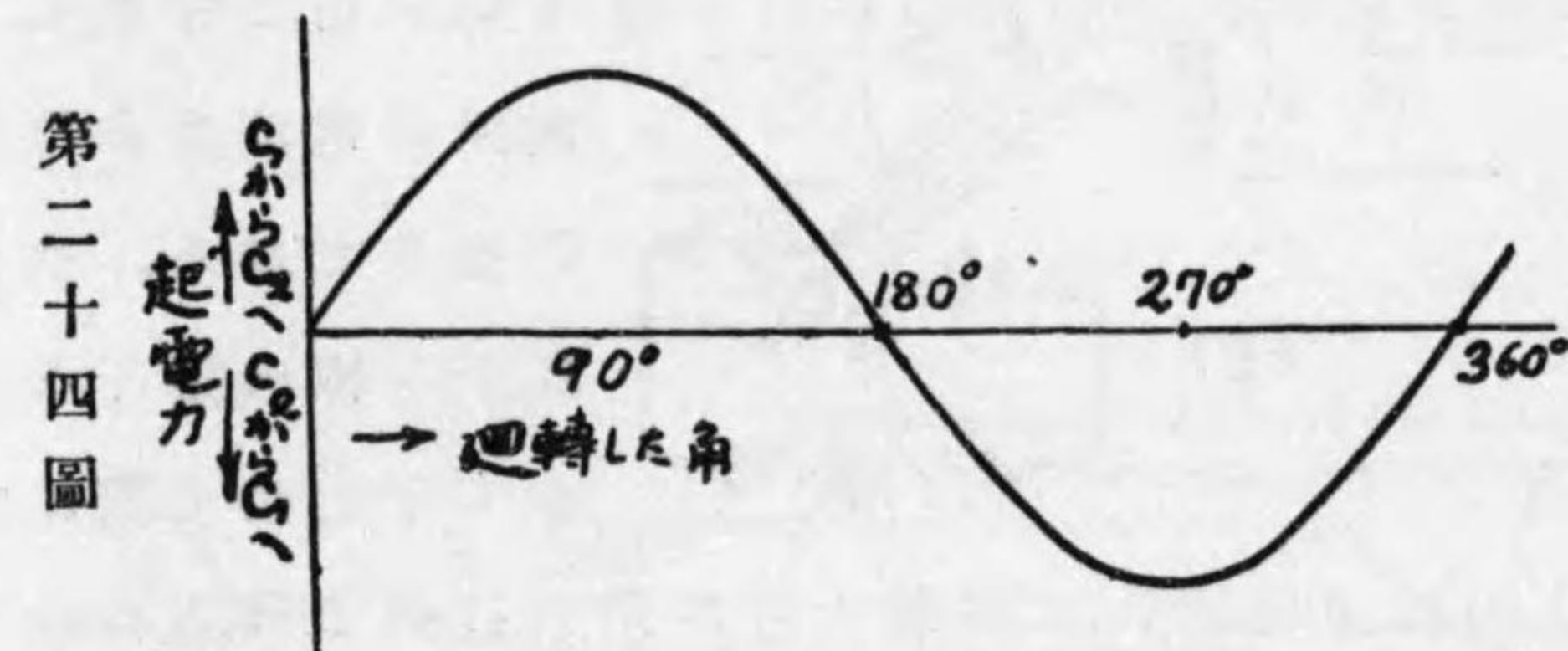


置にあるときより前と同じ時間には  $a'd$ ,  $b'd'$  の間の磁

力線を切る譯である。もう少し詳しく云へば A が上部にある時には磁力線を一本も切らないから起電力は零であるが傾斜するに従つて漸次多くなり中心線と一致した時即ち  $90^\circ$  廻轉した時には最大となり、次には漸次小さくなり  $180^\circ$  廻轉して A が下部に來たとき再び零となる。

更に廻轉して  $270^\circ$  廻轉すれば起電力は再び最大となるのであるが此時には第二十二圖のやうに  $C_2$  から外部に流れ  $C_1$  に歸るのであるから起電力の方向は第二十一圖とは反對となる。

上の有様を圖に表はせば第二十四圖のやうになる、斯



第二十四圖

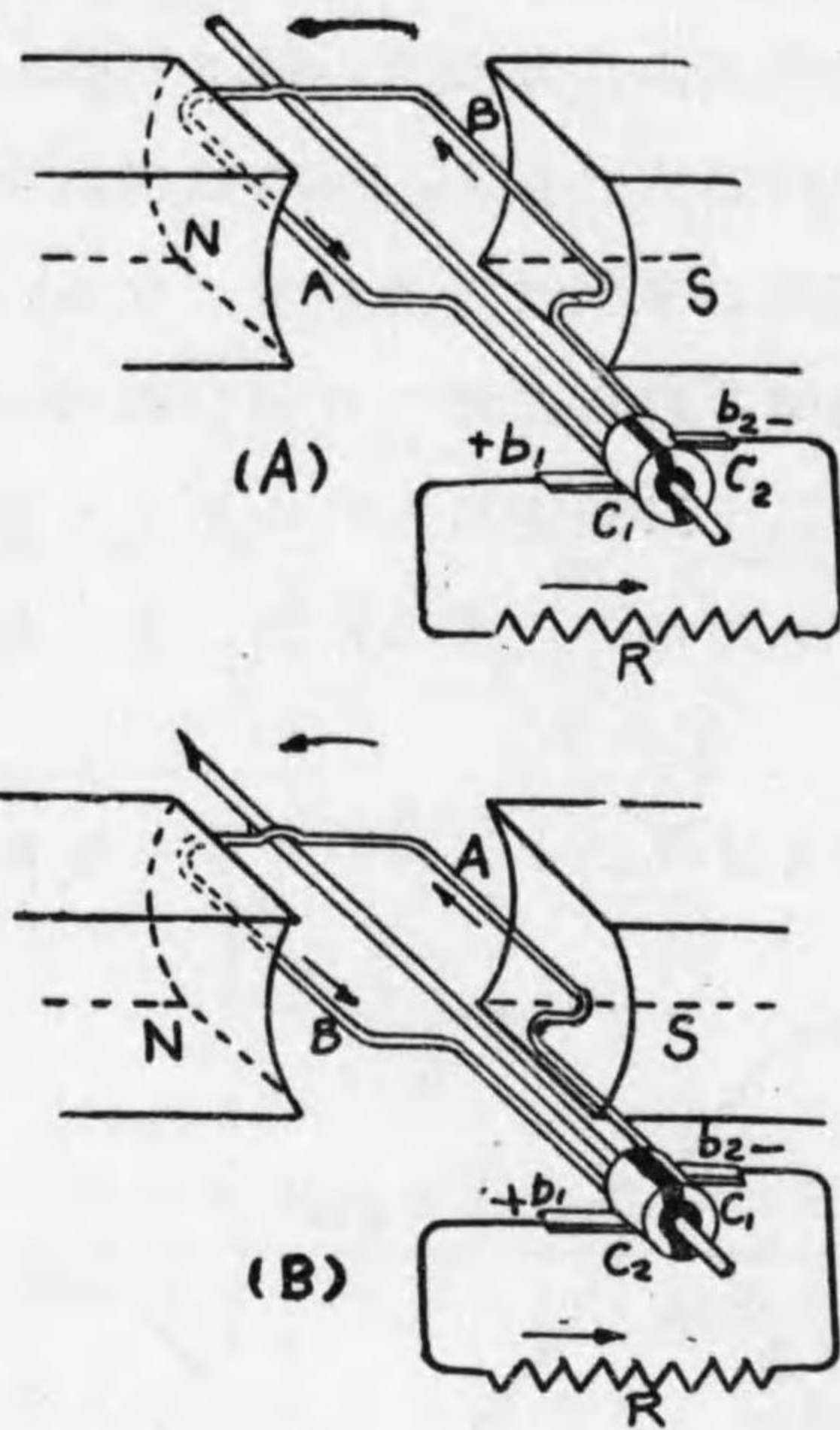
様に電流の流れる方向が反對になるやうな電流を 交流 (Alternating current) と稱へる。

【28】整流子の原理

第二十一圖及第二十二圖の  $C_1$ ,  $C_2$  の二個の聚電環の代りに第二十五圖のやうに一個の環を半分にし各々を相互に又軸と絶縁し線輪の兩端を A は  $C_1$  に B は  $C_2$  に接続し、又刷子  $b_1$ ,  $b_2$  を上下で環に接觸するやうに取付ける、即ち

誘發起電力が零のとき環の一方から他方に接觸するやう

第二十五圖



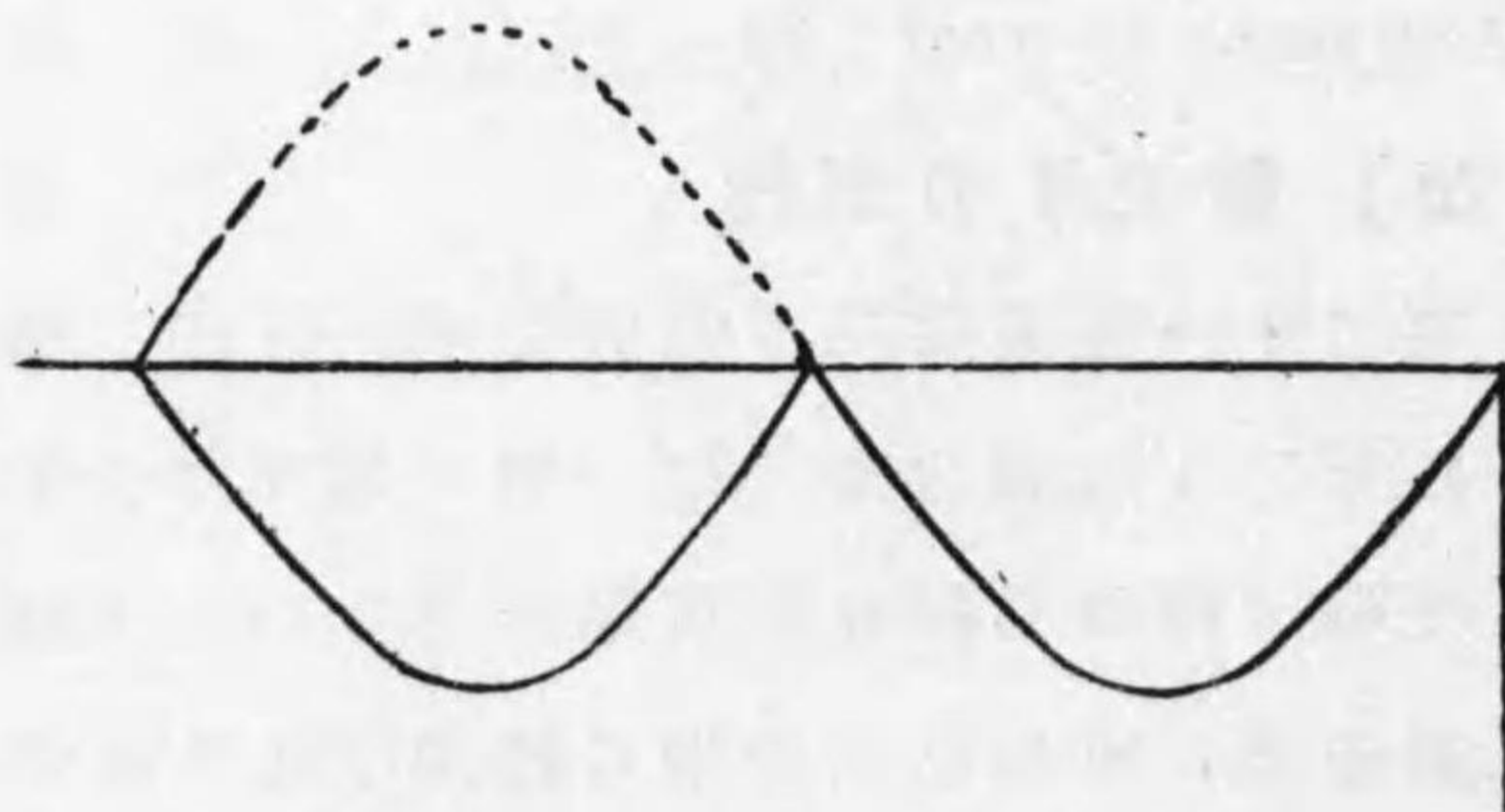
な位置に刷子を取付ける。かやうにすれば外部に流れる電流は常に同一方向に流れるやうになる。

此作用を説明すればAがN極の近くを上から下に動く際には第二十五圖Aの如くC1はb1と接觸し外電路の電流方向は圖の通りとなる、次にBがN極の近くを上から下に動く際には

同圖Bの如くC2がb1と接觸し外電路には前と同方向に電流が流れる。

斯様に  
外電路に  
常に同方  
向に電流  
が流れる  
やうにす

第二十六圖



る爲の環を整流子 (Commutator) と云ふ。

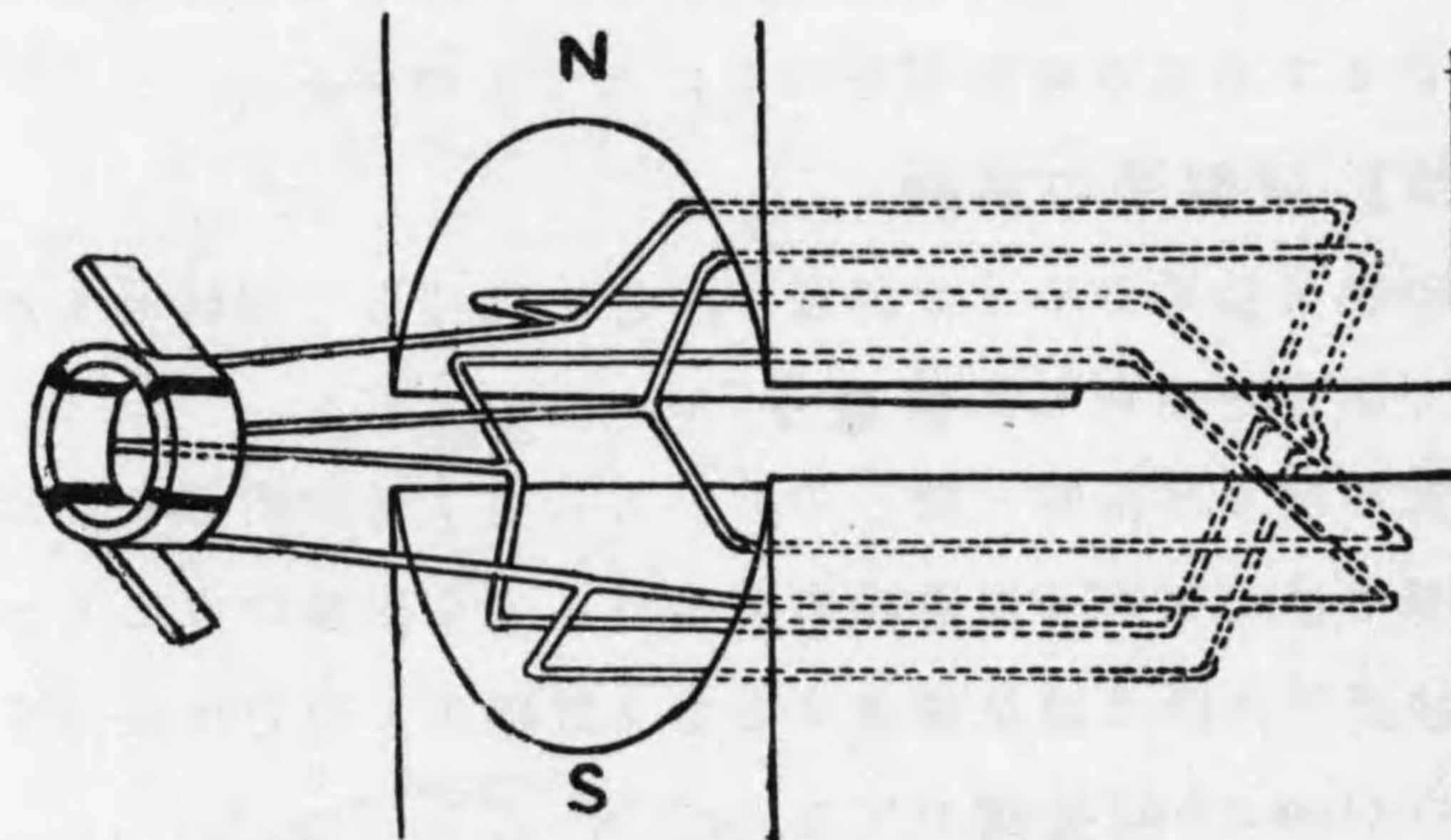
外電路に流れる起電力は第二十六圖に於て點線で示したものが實線で示したやうに下方に同じ形で移されるのである。

上のやうに電流が常に同方向に流れるのを直流 (Direct current or continuous current) と稱へ電流の出て行く方を陽極又は+、入つて行く方を陰極又は-と云ふ。

直流の内第二十六圖のやうに起電力が大きくなつたり小さくなつたり絶えず變動するものを特に脉流 (Pulsating current) と稱へる。

次に第二十七圖の様に八本の誘導子と四箇の整流子片

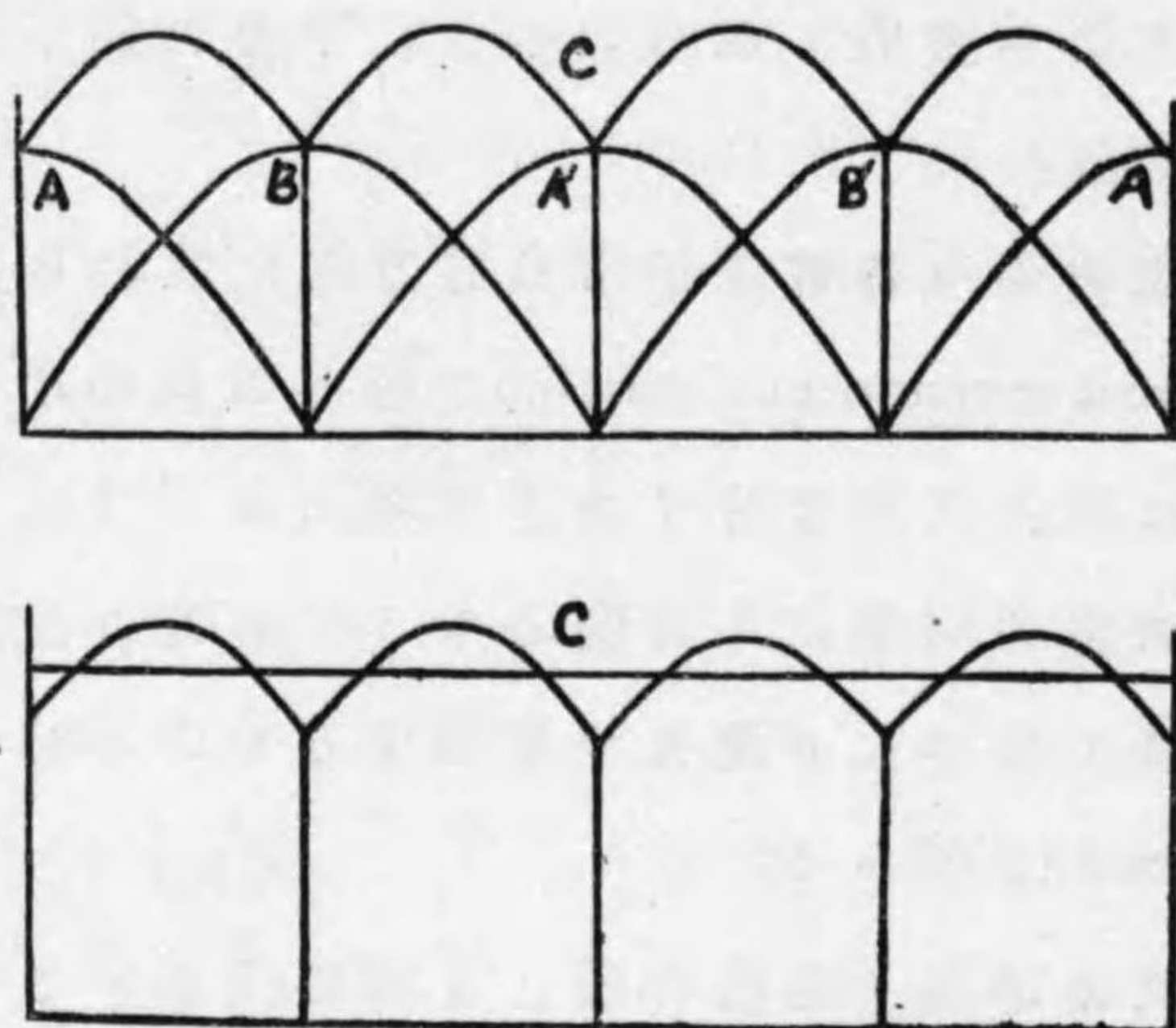
第二十七圖



を持つてゐるものでは起電力の曲線は第二十八圖A B A' B' Aのやうになり、刷子に於ける起電力は是等の曲線の和に等しくなるから上部のCのやうになる。同圖の下の

方は此C曲線のみを示したもので之を第二十六圖と比較すれば起電力變化の割合がはるかに小さくなつたことが

わかる。線  
輪の数を多  
くし整流子  
片の数を多  
くするに従  
つて益々起  
電力の變化  
は小さくな  
り遂には殆



ん一定にするこゝが出来ゝ。實際の直流發電機ではかやうにして殆ん起電力を一定にしたものである。

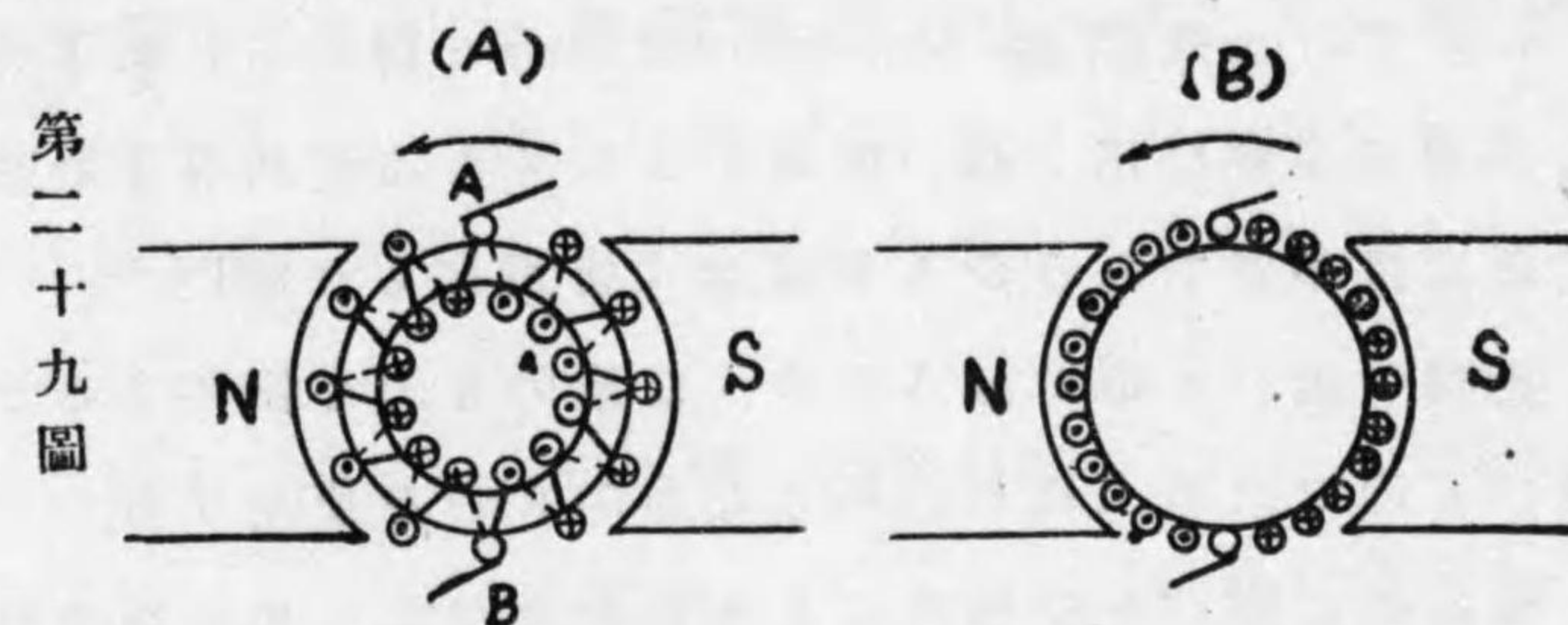
【29】發電子の構造

前項に述べたやうな誘導子、之を支持して廻轉せしめるもの等を總稱して發電子(Armature)と云ふ。

又前項では線輪に鐵心のないものとして説明したが第18項で述べたやうに導磁率の多いものを磁場の中に入れてれば多くの磁力線が通過するから實際のものでは必らず鐵心(Iron core)を持つてゐる。

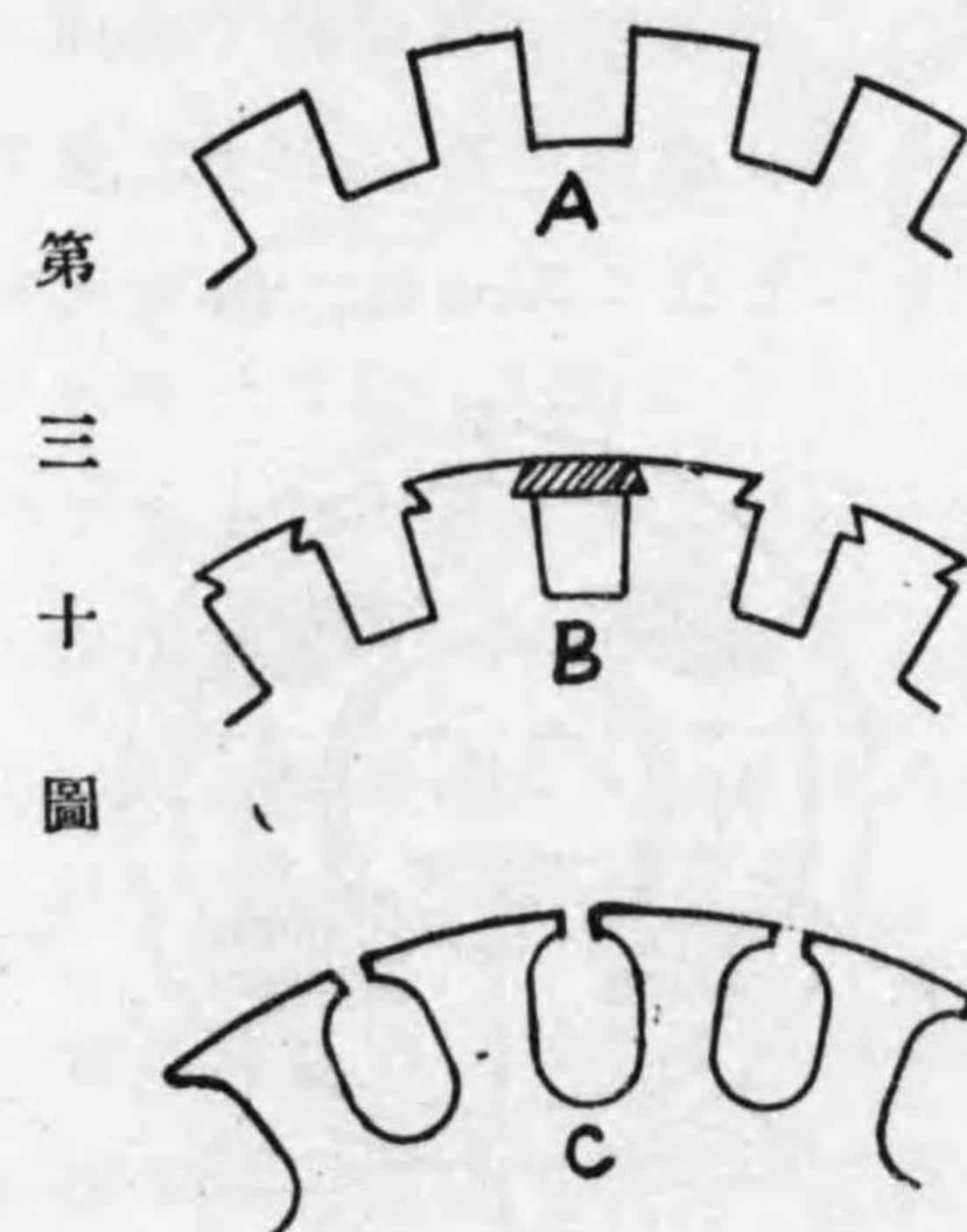
第二十九圖Aのやうに鐵心が環狀になつてゐて其周りに誘導子を捲いたものを環狀發電子(Ring armature)と云ひ同圖Bのやうに鐵心は圓筒形で誘導子を其軸に平行に

捲いたものを鼓狀發電子(Drum armature)と稱へるが環狀發電子では環の内側にある誘導子は外側にある誘導子と



反對方向の起電力を誘發し打ち消される部分があつて不經濟であるから現在では殆ん使用せられてゐない。

鐵心は其の表面に誘導子を保持する爲め周邊に溝を有するものが多い。現在直流發電機の鐵心として最も多く



使用せられてゐるのは第三十圖に示す三種である。三種とも有溝鐵心(Toothed core)と稱へられるもので皆溝の中に誘導子を入れるのであるが、其内A、Bは開放溝(Open slot)と稱せられるもので溝の中の誘導子が飛び出さ

ないやうにする爲めBのものでは斜線を施こしたやうな

形の木片を入れ尚ほ其上に銅線を巻きつけ、Aのものでは銅線を巻くのみとする。

Cのものは半閉溝 (Semi-enclosed slot) と稱せられるもので誘導子が飛び出し難い構造のものであるが誘導子を捲くのには不便であるからB程広く使用せられない。

廻轉の遅いものにはAのやうな形のものを使用するが速いものではB又はCのやうな形のものを使用する。

尚ほ後に述べるが過流による損失を少なくする爲め鐵心は薄い鐵片を數多重ね合はした成層鐵心 (Laminated core) と稱せられるものを一般に使用する。

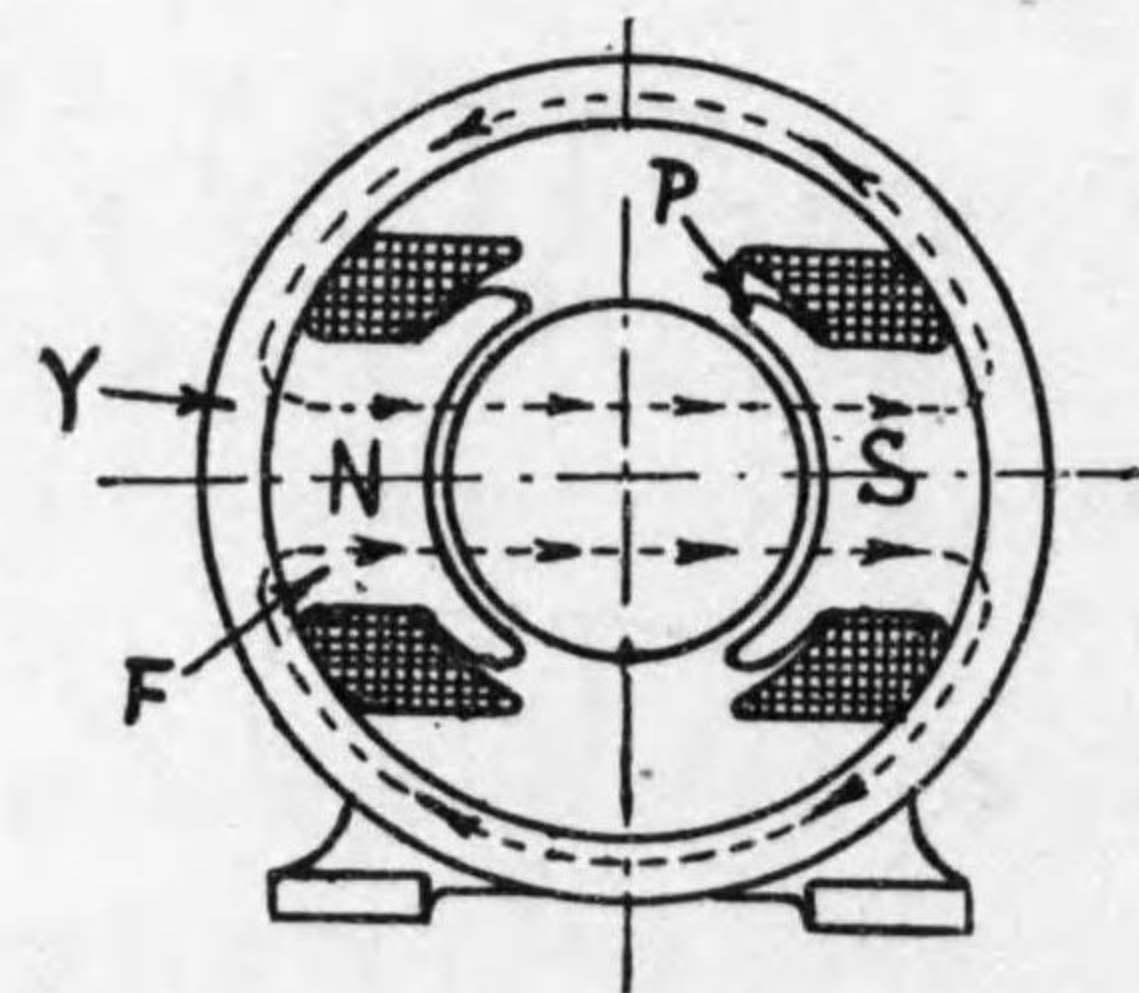
### 【30】界磁の構造

今迄は説明の便宜上界磁 (Field magnet) としては永久磁石を使用するものとして述べたが實際の發電機では總て電磁石を使用してゐる。又今迄は磁極の數はNS二個のものゝみを記したが實際のものでは2の倍數、即ち4, 6, 8, 10, 12等の磁

極數のものを使用し4極以上を有するものを多極發電機と云ふ。磁極數は大體に於て廻轉の速い出力の小さ

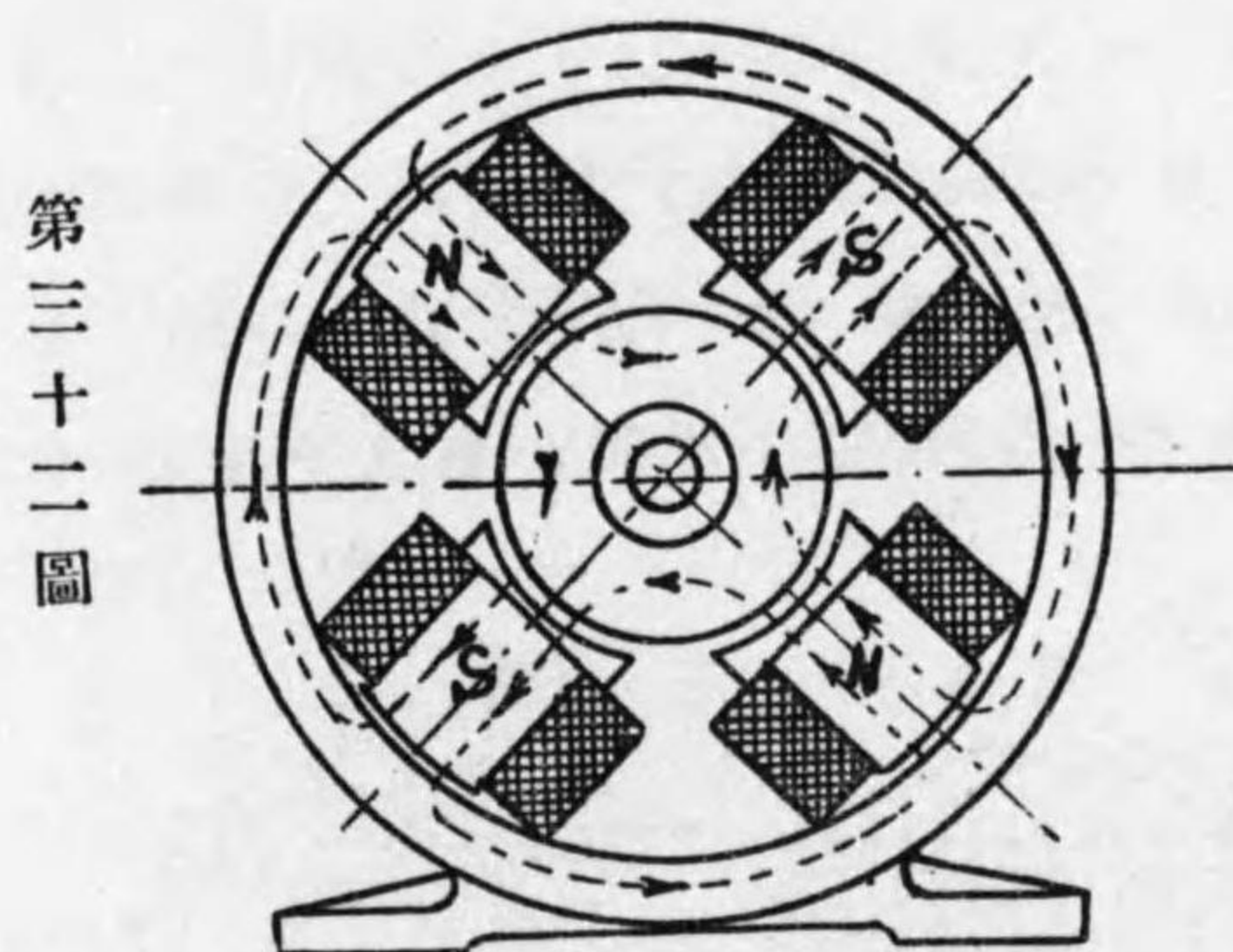
いもの程少なく廻轉の遅い出力の大なるもの程多い。

第三十一圖



第三十一圖は二極を有する發電機の磁氣回路を示すものである、先づ始め各部の名稱を述べればFは界磁鐵心 (Field core), Pは界磁極片 (Pole shoe), Yは繼鐵 (Yoke) である。N極より磁力線は發電子鐵心の中を通つてS極に至り繼鐵の中を上下に分流してN極に歸るのである。

第三十二圖は四極發電機の磁氣回路を示すもので磁極



第三十二圖

は隣り合ふものは必ず異極でなければならぬ、即ち多極ではNSが交互に配列してなければならぬ。

磁力線は一つのN極から出たものは發電子の中を二つに分流して隣の二つのS極を通り更に繼鐵を通るのである。

鐵心としては普通鑄鐵又は鑄鋼を使用するが、良好のものでは成層鐵心を使用する。

### 【31】發電子捲線法

直流發電機の發電子捲線は其一點から導體を傳つて行けば全體の誘導子を通つた後ち始めのものに戻るやうに捲いてある、即ち捲線夫れ自身が完全な閉回路を形作つ

てゐる。

互に反對の磁極の下にある誘導子を接続する方法に二方法がある。

a. 竝列捲き方 (Multiple winding)

又は

累接捲き方 (Lap winding)

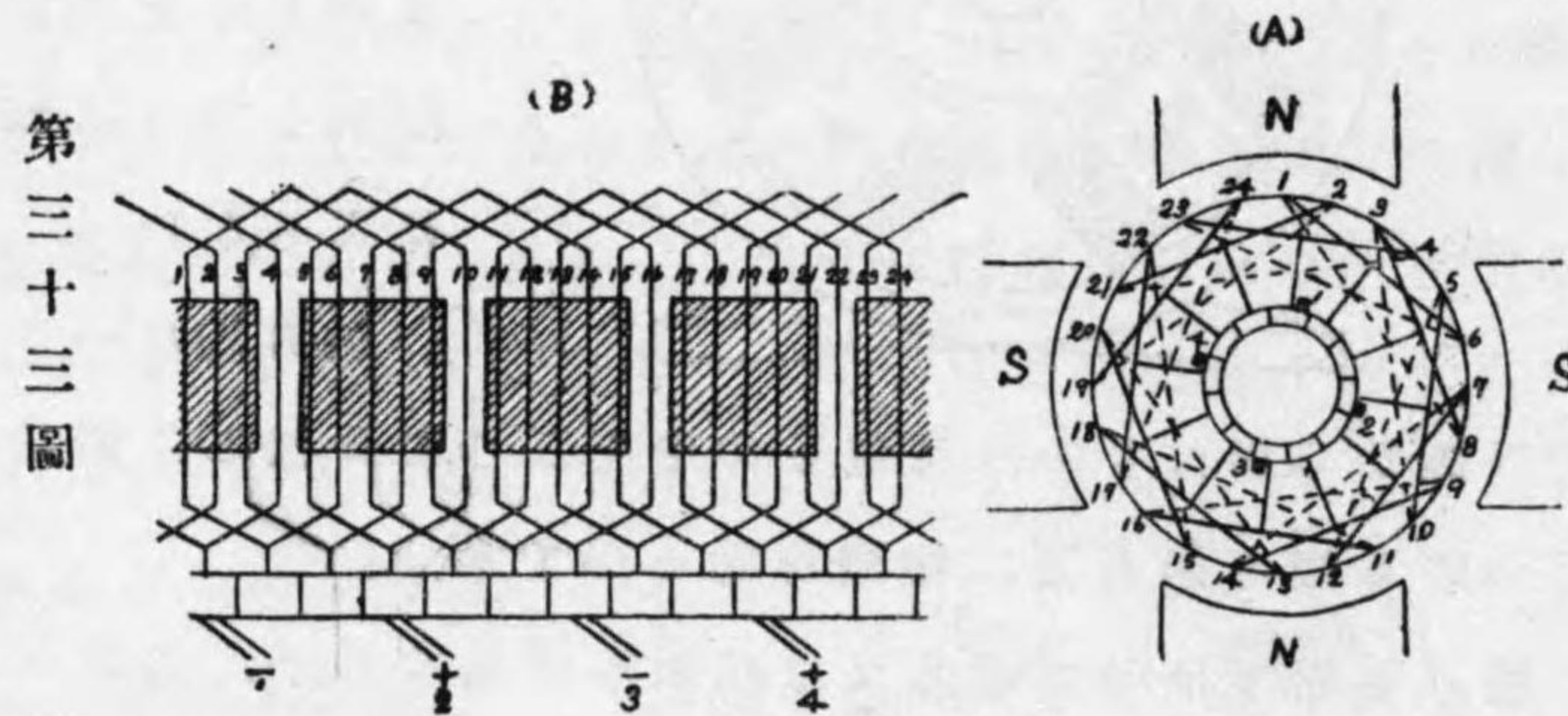
b. 直列捲き方 (Series winding)

又は

波形捲き方 (Wave winding)

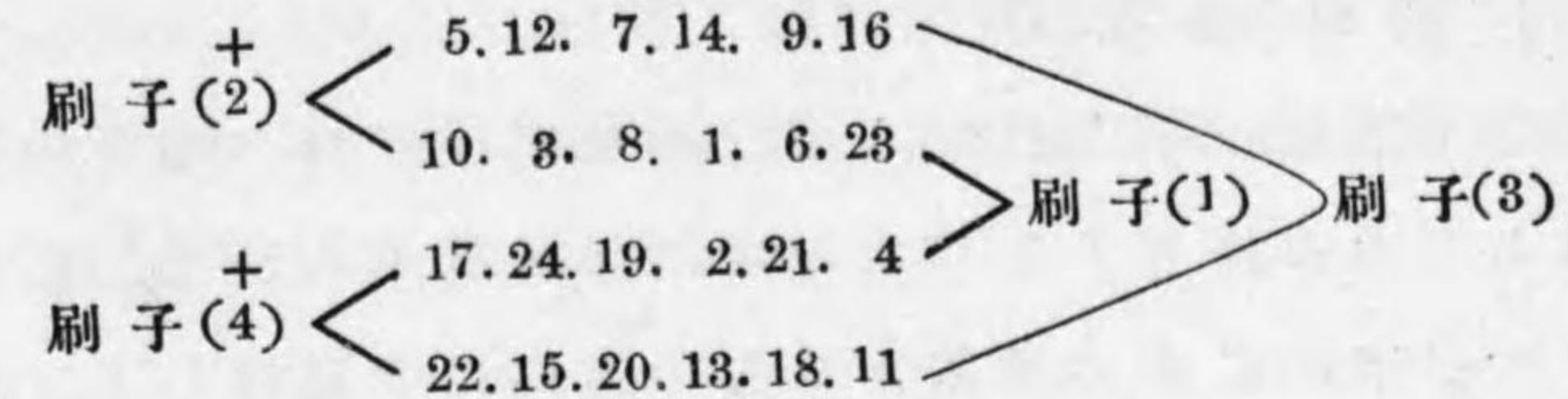
a. 竝列捲き方

第三十三圖に示すやうに發電子導體が整流子片の一つ



から出て捲線の一部を通り始め出發した整流子片の隣に行くやうに捲いたもの、或は誘導子は 1-8-3 云ふやうに元の方向に歸るやうに接続せられたものである。

此捲き方では陽刷子から陰刷子迄の發電子内の電路の数は磁極數に等しい、即ち第三十三圖では次の様になる。

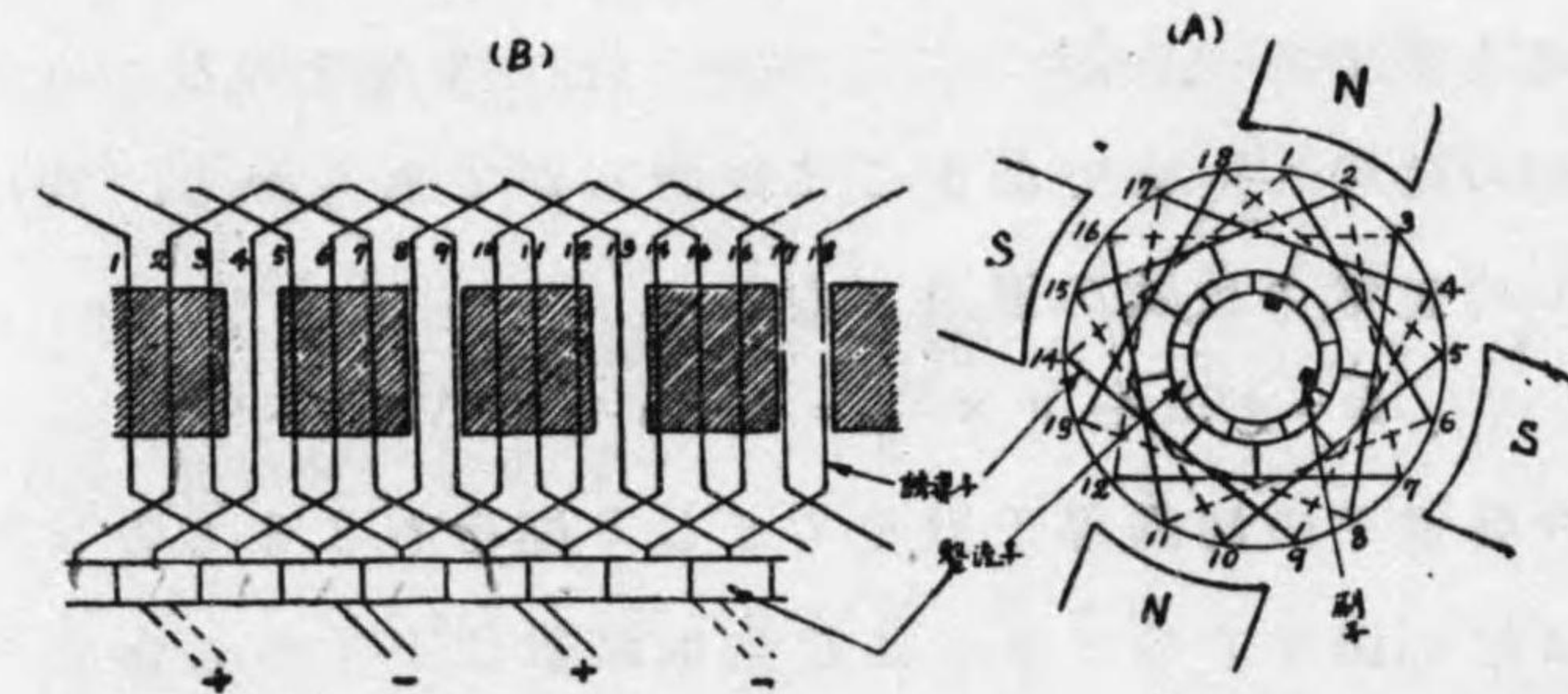


第三十三圖は四極發電機の竝列捲線法を示したもので左の圖は見易くする爲め展開したものである。

b. 直列捲き方

第三十四圖のやうに一つの整流子片から出た發電子導體は捲線の一部を通つた後始め出發した整流子片よりはるか離れた整流子片に行くやうに捲かれたもの或は誘導子は 1-6-11 のやうに漸次遠くに接続せられたものである。

第三十四圖



此捲き方では陽刷子から陰刷子迄の發電子内の電路數は磁極數に關係なく常に二個である、故に刷子も二個でよいが點線で示したやうな位置にも設ける事もある然しかやうにしても竝列電路の數には變りはない。

## 【32】誘導起電力

第二十五圖に示したやうな二極發電機が唯一捲きの捲線即ち二本の誘導子を有する時には誘導子Aが上部にあつてBが下部にある位置から矢の方向に半廻轉してAが下部にBが上部になる迄に切る磁力線の数を考へて見るに、N極よりS極に至る磁力線数をNとすれば誘導子AはN極の近くで磁力線をN本切り、BはS極の近くで同じくN本切るから合計で2N本切る事となる。

半廻轉すれば前述の通り2N本切るから一廻轉には4N本、一秒間の廻轉数をnとすれば一秒間には4Nn本の磁力線を切る事となる、故に平均誘導起電力eは

$$e = 4Nn \div 10^8 \text{ Volt} \quad \text{となる。}$$

以上は唯二本の誘導子を持つて居り二本が直列に結んである時であつたが、若しA本直列に結んであるならば二本の時の $\frac{A}{2}$ 倍であることは明らかであるから、其時の平均起電力は次の通りとなる。

$$E = 4Nn \div 10^8 \times \frac{A}{2} = 2ANn \div 10^8 \text{ Volt} \dots\dots(11)$$

今發電子の總誘導子数をZとしP極を有するものとすれば並列捲き方のときには並列電路数はPであるから直列に結ばれた誘導子数は $\frac{Z}{P}$ である。故に並列捲き發電子の誘導起電力は

$$E = 2 \frac{Z}{P} Nn \div 10^8 \text{ Volt} \dots\dots(12)$$

となる。

直列捲き方の時には唯二個の並列電路を有するのみであるから直列に結ばれた誘導子数は磁極数には関係なく常に $\frac{Z}{2}$ である故に誘導起電力は

$$\begin{aligned} E &= 2 \times \frac{Z}{2} Nn \div 10^8 \text{ Volt} \\ &= ZNn \div 10^8 \text{ Volt} \dots\dots(13) \end{aligned}$$

となる。

## 問 題

(1) 或る六極發電機の發電子は並列捲き方で496本の誘導子を持つて居り廻轉数は毎分100であること云ふ。各極の磁力線数が七十五萬本であるならば此發電機の誘導起電力は何ボルトであらうか。

(2) 或る四極發電機の發電子は直列捲き方で396本の誘導子を持つて居り廻轉数が毎分1100の時250ボルトの起電力が誘導せられること云ふ、各極の磁力線数は何程であらうか。

## 解 答

(1) 第12式によれば

$$E = 2 \times \frac{Z}{P} Nn \div 10^8 \text{ ボルト}$$

$$\text{然るに} \quad Z = 496, \quad P = 6, \quad N = 750,000 \quad n = 100$$

$$\therefore E = 2 \times \frac{496}{6} \times 750,000 \times 100 \div 100,000,000$$

$$= \frac{496 \times 25 \times 1,000,000}{100,000,000} = \frac{496 \times 25}{100} = 124 \text{ ボルト}$$



(2) 第13式によれば

$$E = Z N n \div 10^8 \text{ ボールト}$$

$$\therefore N = \frac{E \times 10^8}{Z n}$$

然るに  $E = 250$  ボールト,  $Z = 396$   $n = 1100$

$$\therefore N = \frac{250 \times 100,000,000}{396 \times 1100} = \frac{250,000,000}{4356} = 57,392$$

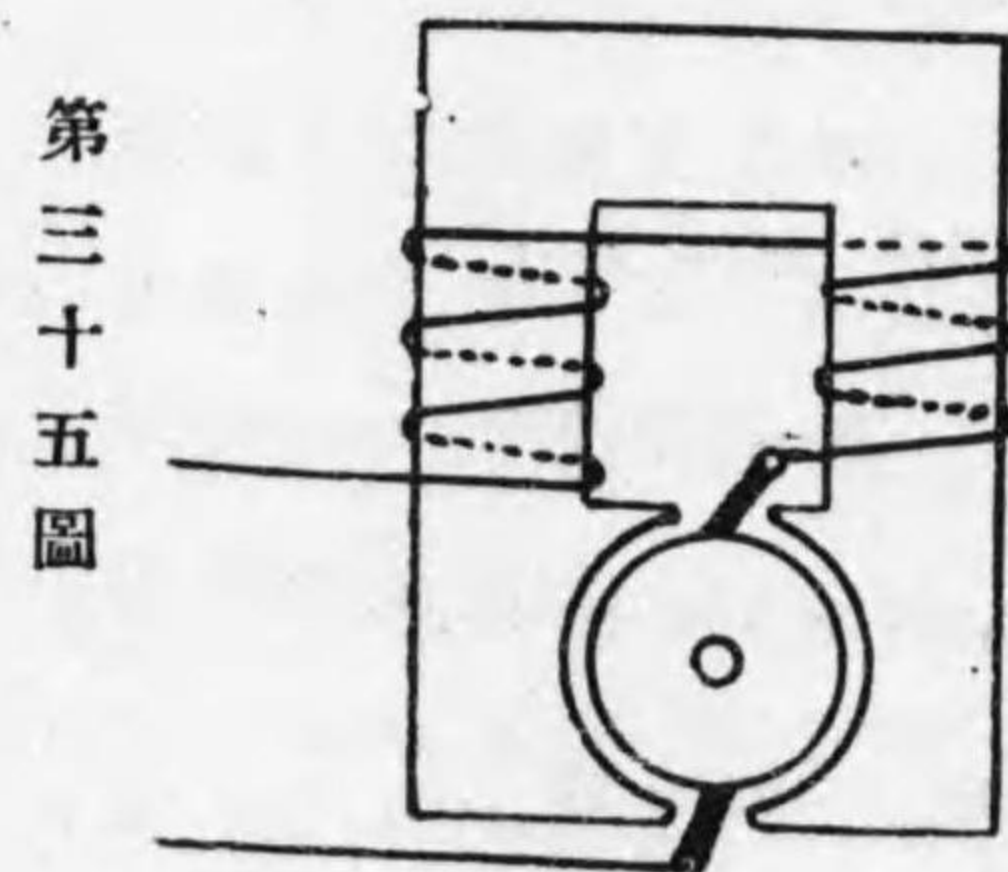
第二節 直流發電機の種類及特性

【33】 直流發電機の種類

直流發電機を其界磁の勵發法から區別すれば次の四種となる。

- a. 直捲發電機 (Series Dynamo)
- b. 分捲發電機 (Shunt Dynamo)
- c. 複捲發電機 (Compound Dynamo)
- d. 他勵發電機 (Separately excited Dynamo)

a. 直捲發電機



第三十五圖



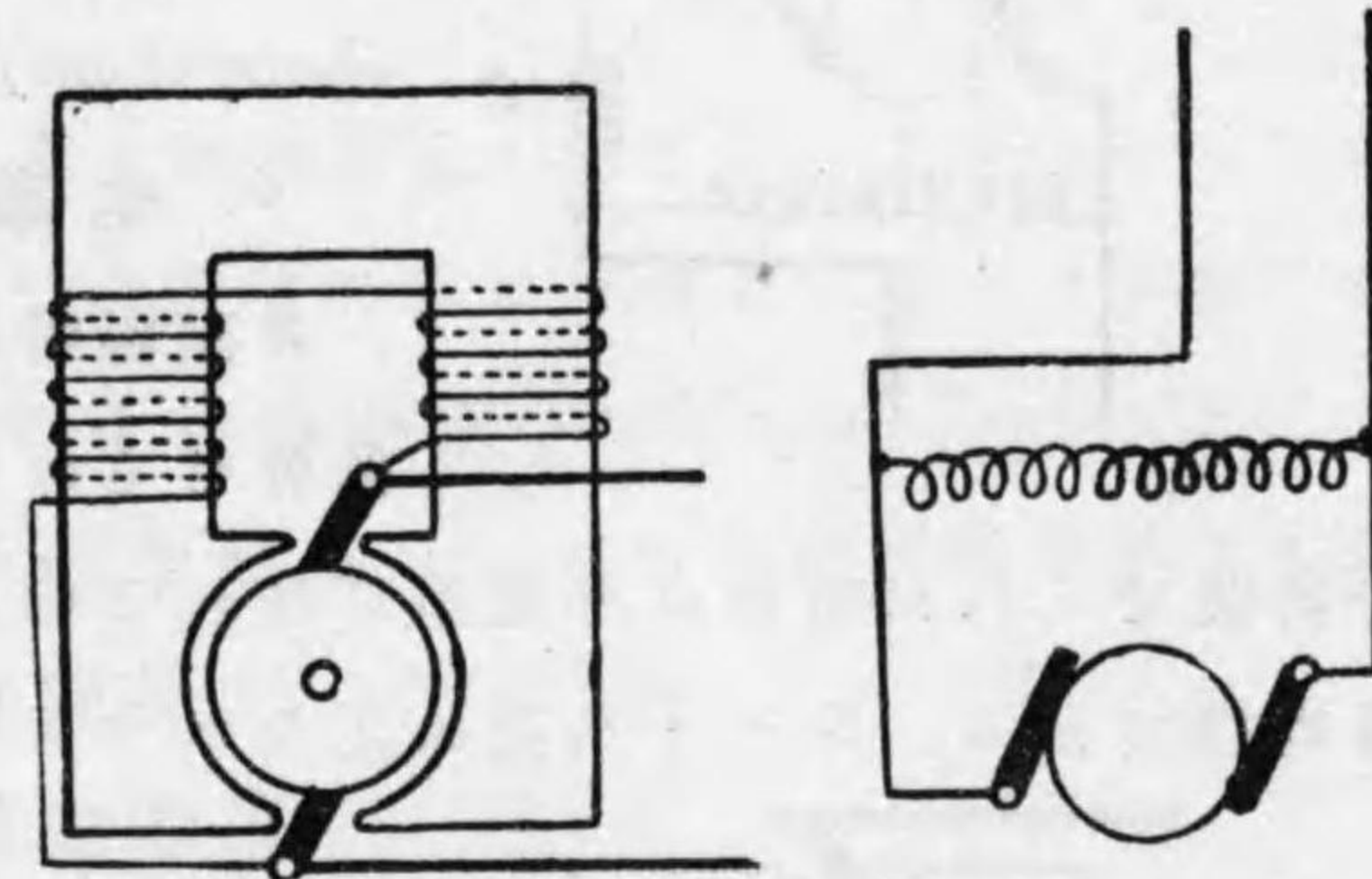
第三十五圖の如く發電子線輪、界磁線輪、外

電路が皆直列に連結せられたものである。即ち發電子内に誘發せられた全電流が界磁線輪にも外電路にも流れるものである。

b. 分捲發電機

第三十六圖の如く界磁線輪は外電路と並列に連結せられてゐるから、發電子内に誘發せられた電流の一部分が界磁線輪

第三十六圖



に流れるものである。同じアムペアターンを得る爲め

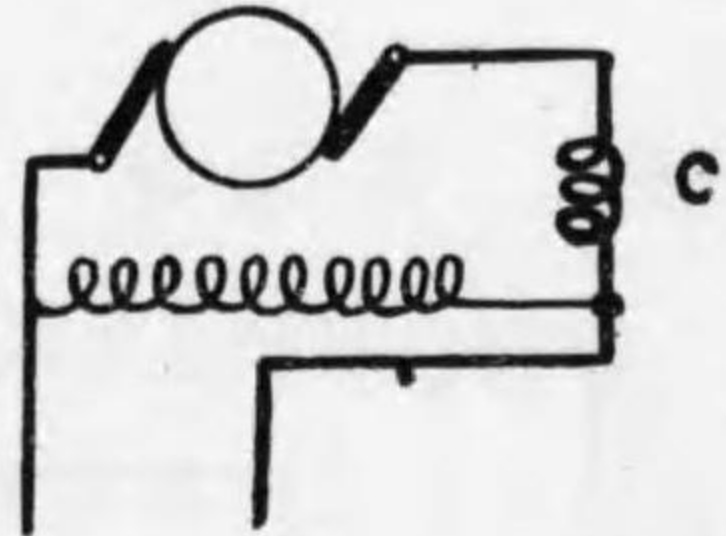
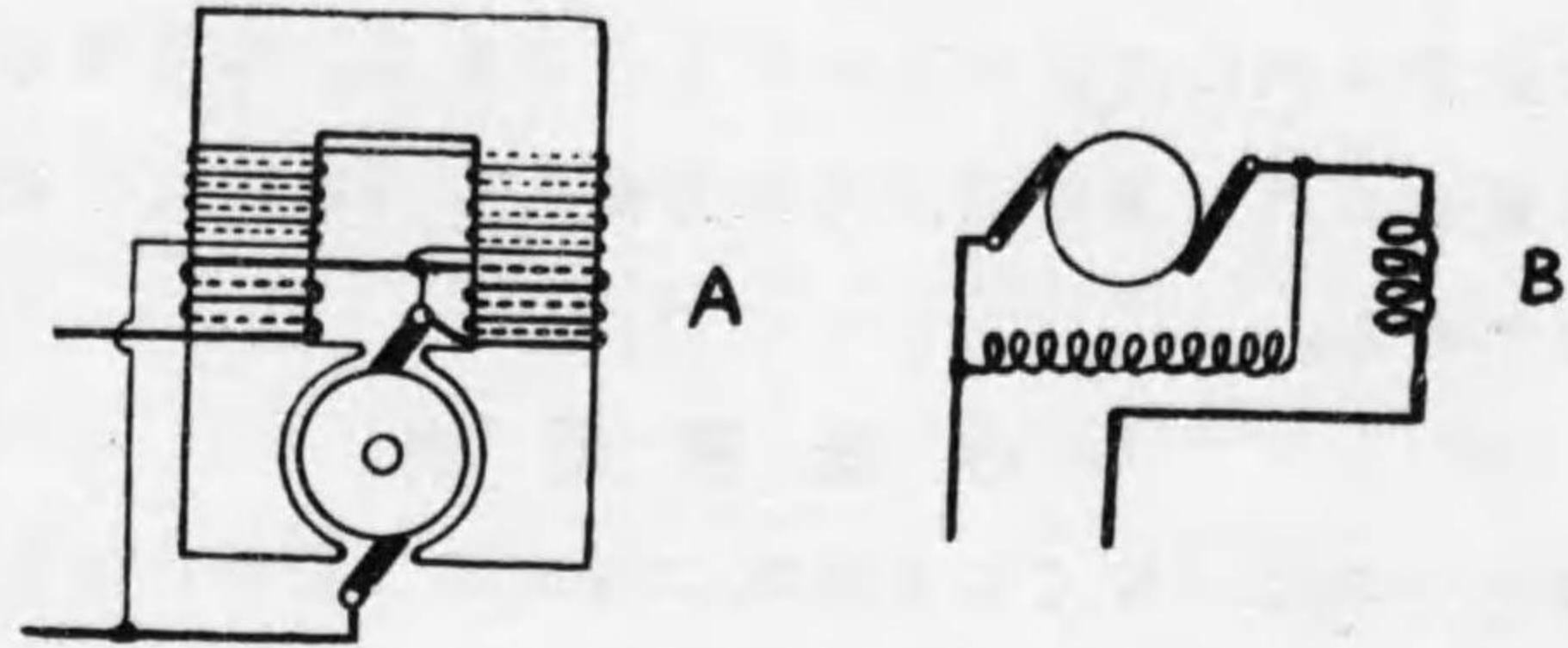
には直捲發電機に比し界磁線輪の捲回数をはるかに多くしなければならない。

c. 複捲發電機

第三十七圖の如く界磁線輪は直捲線輪と分捲線輪との二種の捲線を持つてゐるものである。

分捲線捲の兩端を結ぶ位置によつて二種に區別する事が出来る。第三十七圖 B は分捲線輪の兩端が兩刷子の間に連結せられたもの、同圖 C は分捲線輪の一方の端は一方の刷子に連結せられ他方の端は直捲線輪を通つた後端に連結せられたものである。前者を短分捲式 (Short

第三十七圖



shunt) 後者を長分捲式

(Long shunt) と稱へる。

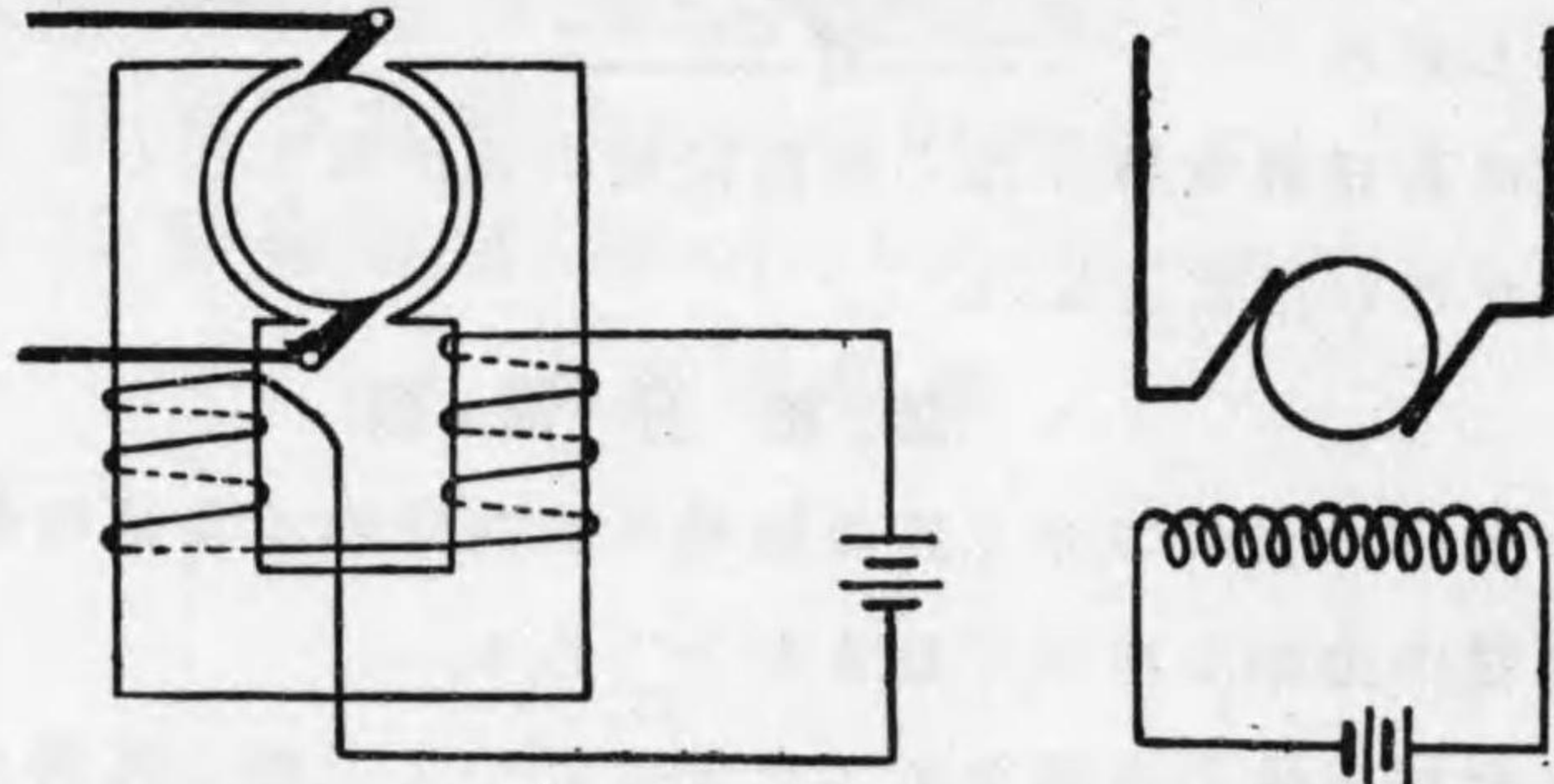
d. 他勵發電機

界磁線輪は他の電源より

勵發せられ自己の發電子内

で誘發せられた電流は外電路に流れるのみのものを他勵發電機と云ふ、第三十八圖は之を示すものである。

第三十八圖



【34】特性曲線

諸種の發電機の性質を研究するには次の諸量を知る必要がある。

(a) 發電子を通る電流 .....  $I_a$

- (b) 分捲線輪を通る電流 .....  $I_s$
- (c) 直捲線輪 // // .....  $I_f$
- (d) 外部に流れる電流 .....  $I$
- (e) 誘發起電力 .....  $E$
- (f) 端子に於ける電壓 .....  $V$

以上の内複捲電動機の外は(b)か(c)の内一つだけは不要である。

以上の諸量を測り廻轉数を一定せしめて次のやうな曲線を描けば諸種の發電機の特性を知るに非常に便利である、かやうな曲線を特性曲線 (Characteristic curve) と云ふ。

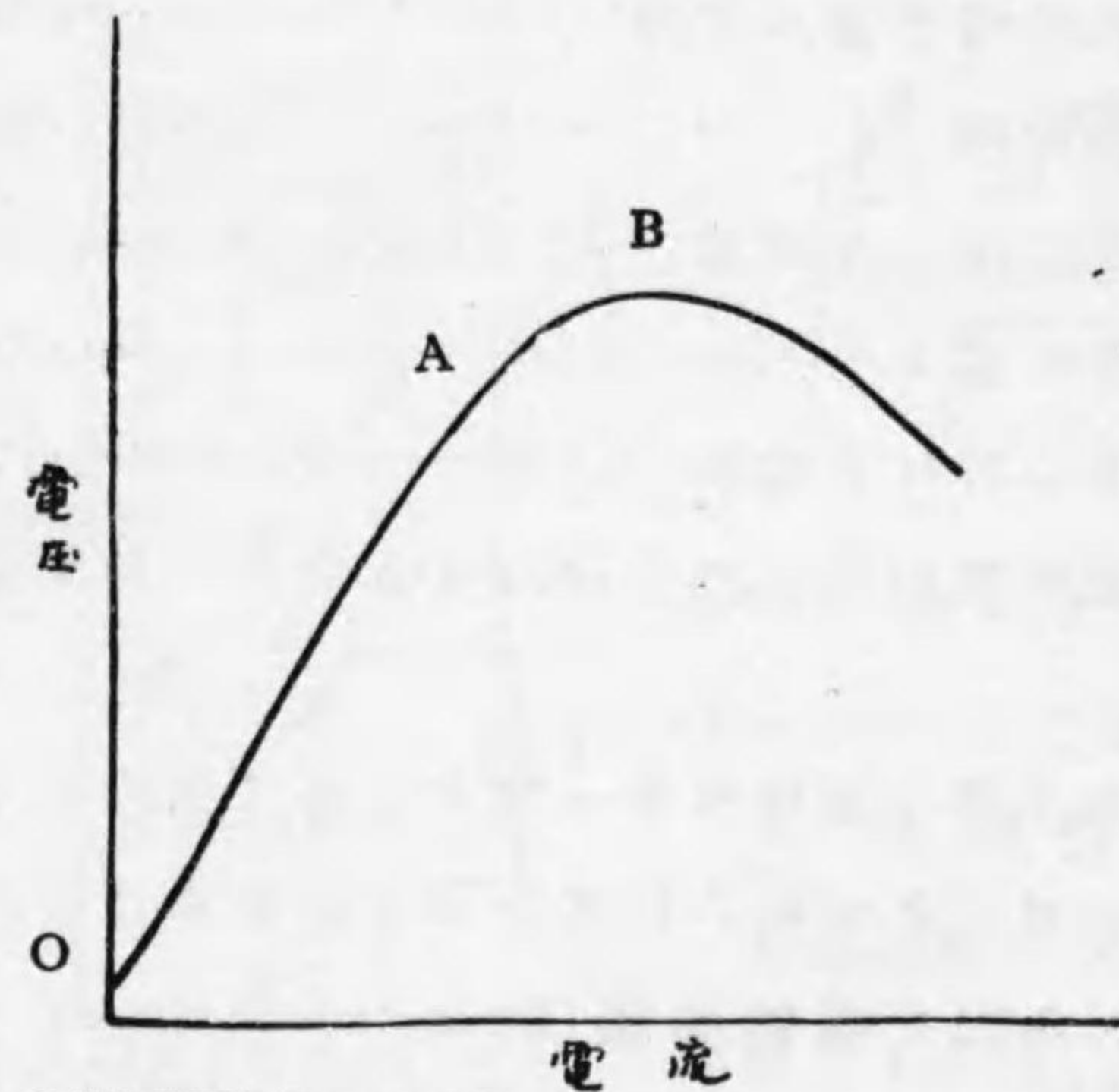
- (a) 無負荷特性曲線 .....  $E \text{ 及 } I_a$  この關係を示すもの。
- (b) 全特性曲線 .....  $E \text{ 及 } I_a$  //
- (c) 外部特性曲線 .....  $I \text{ 及 } V$  //

【36】直捲發電機の特性

第三十九圖は直捲發電機の外部特性曲線を示すものである、これによつて見れば直捲發電機では負荷電流が同時に勵磁電流であるから負荷電流が零から漸次増して行くときは電壓はOAなる部分で表はされるやうに急に増加するが、更に負荷電流を増せばABの如く彎曲しそれより後には電流が増加すれば却つて電壓が降下するやうになる、これは主として後に述べる發電機の反作用に起因するのである。

上述の如く直捲發電機は負荷によつて電壓の不同が甚

第三十九圖

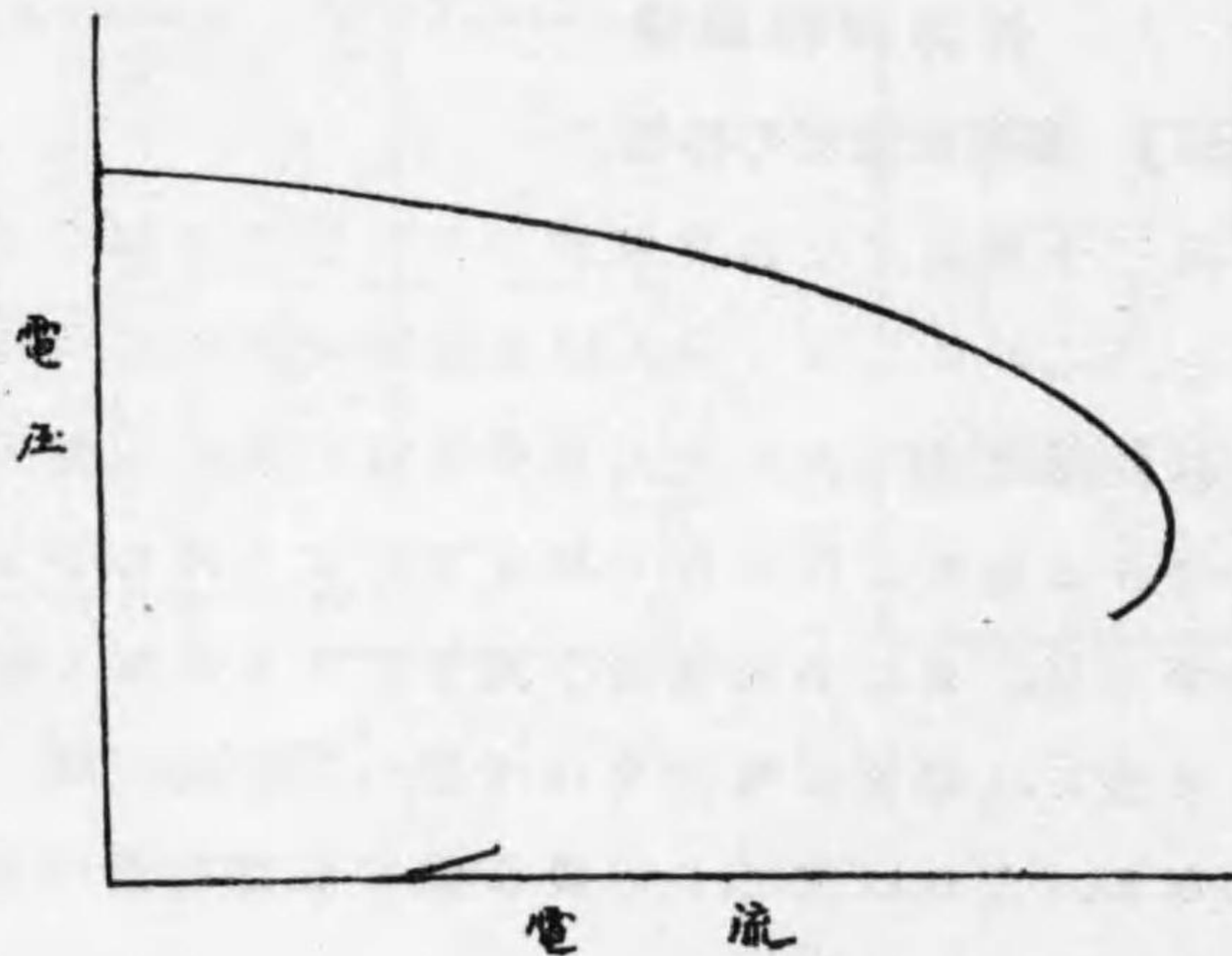


しいの  
で現在  
は殆ん  
き使用  
されて  
るない。

【35】 分捲發電機の特性

第四十圖は分捲發電機の外部特性曲線を示すものである。

圖を見れば第四十圖  
解る通り無負荷の時  
電圧は最大であるが  
負荷が



増加するに従つて電圧は降下する、其原因は、(1)發電子

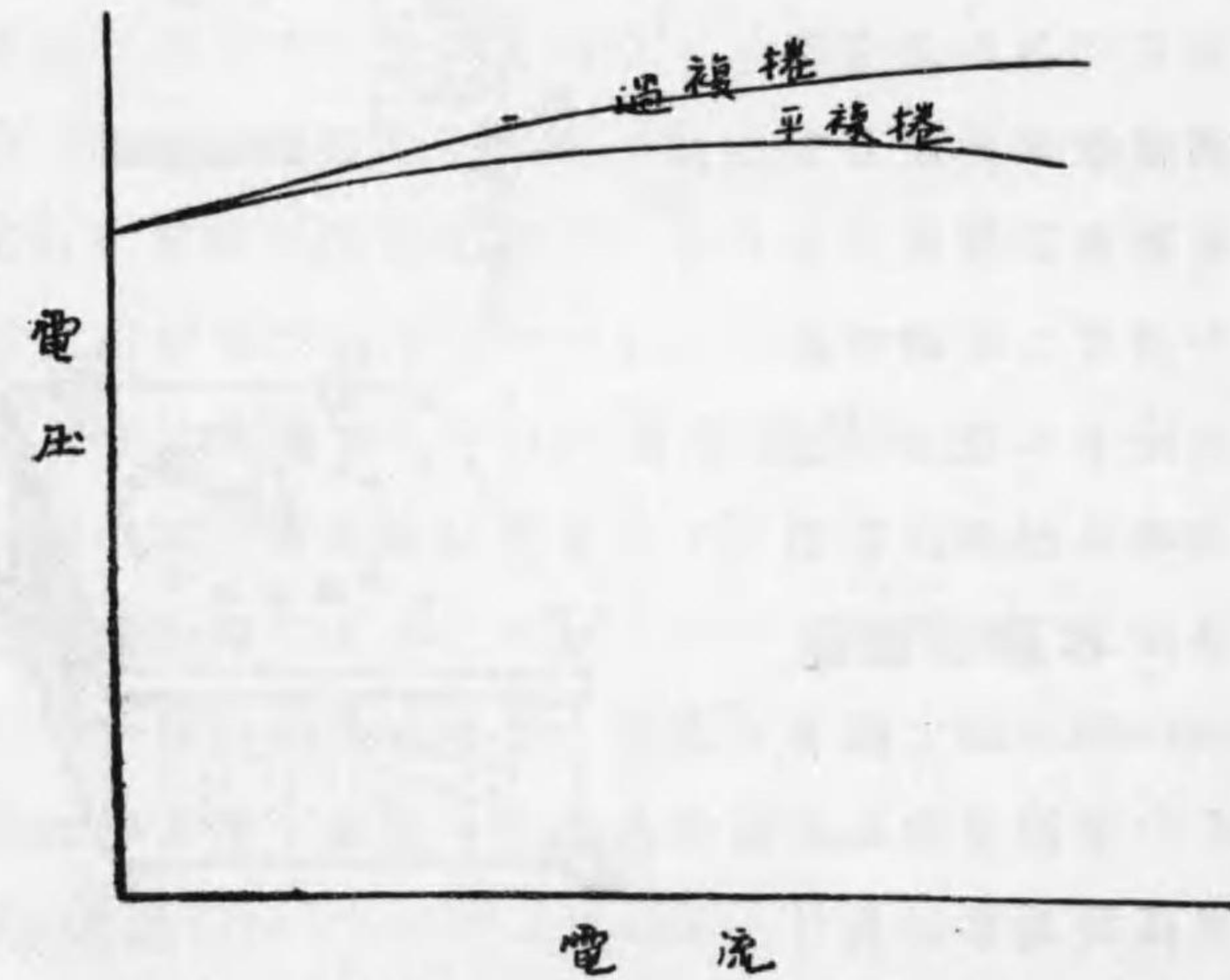
線輪の抵抗による電壓降下 ( $I_a R_a$  降下)、(2)發電子反作用による誘導起電力の減少、(3) 2 の原因により端子電圧が減少すれば分捲線輪の抵抗は一定だからオームの法則により  $I_a = \frac{V}{r_s}$  の内  $V$  は減少し  $r_s$  は一定だから  $I_a$  即ち勵磁電流が減少する、勵磁電流が減少するから更に誘導起電力は減少する。

此種の發電機は蓄電池の充電用として使用せられるが他の目的にはあまり使用せられてるない。

【37】 複捲發電機の特性

以上述べた如く或範圍内迄は直捲發電機は負荷が増加するに従つて電圧は増加し分捲發電機では電圧が降下する。

第四十一圖



故に複捲發電機に於て直捲線輪と分捲線輪との捲回数

を適當に選んで置けば兩方の作用は相殺して端子電壓は負荷に係はらず殆んご一定にするこゝが出来ゝる。第四十一圖はかくした複捲發電機の特性曲線を示すものである。

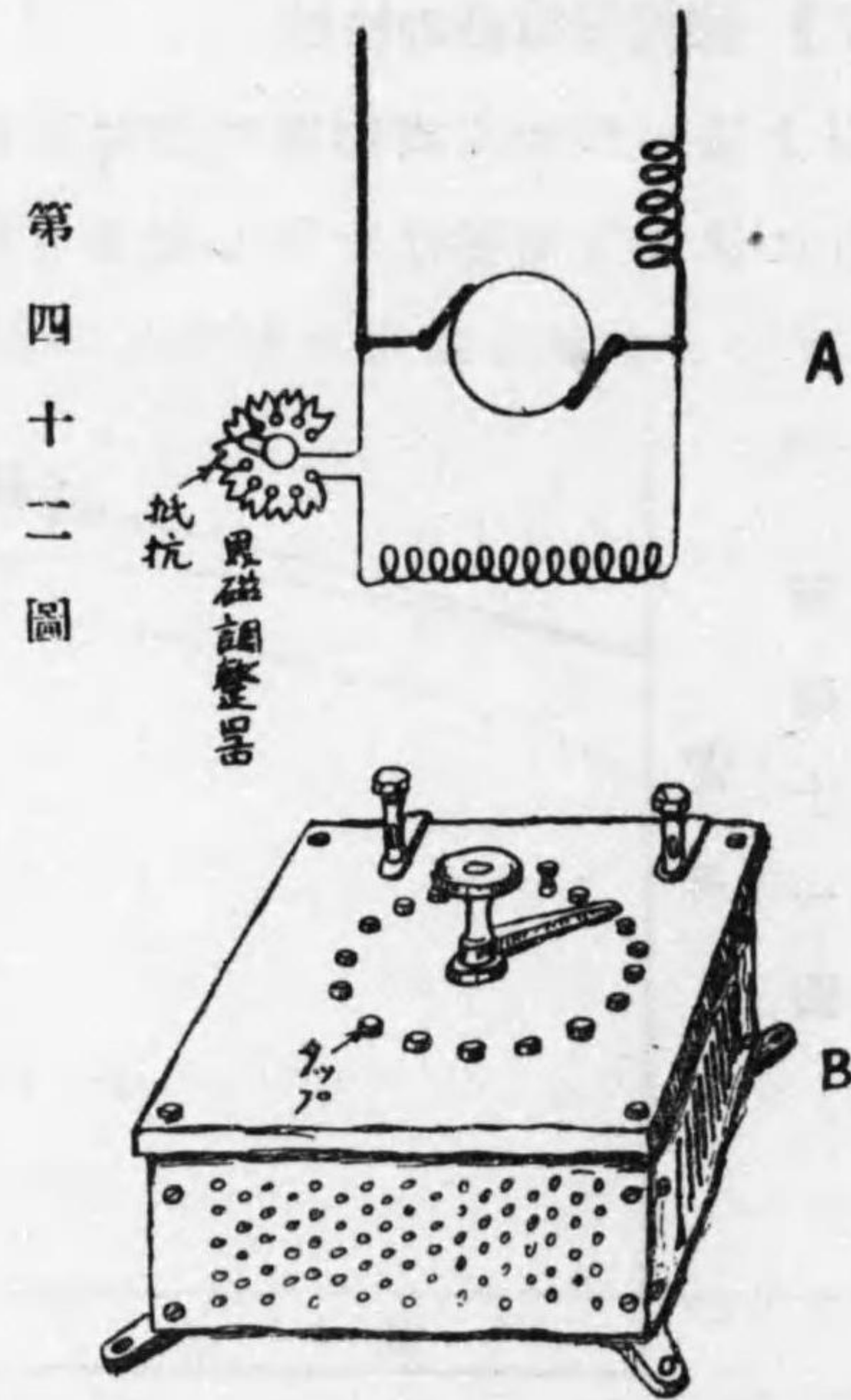
現今の直流發電機は大抵此種のものを使用してゐる。

【38】電壓調整法

以前に述べた如く直捲發電機は先天的に定電壓の電力分配には適當しないが分捲發電機では負荷による電壓の變化はあまり甚だしくないので略定電壓に保つ事が出来る。

前節に述べたやうに誘導起電力は磁力線數と廻轉數に比例するのであるから勿論廻轉數を加減しても電壓を調整するこゝが出来ゝるが廻轉數を加減するこゝは不便な場合が多いので普通は界磁調整器(Field rheostat)と稱するものを使用する。

界磁調整器は其外觀は第四十二圖Bの如きもので内部に抵抗を納め處々か



らタップ(Tap)を取つて抵抗を加減し得るやうになつてゐる、これを使用するには第四十二圖Aの如く分捲線輪と直列に接続し抵抗を減すれば分捲線輪を通る電流が大きくなり従つて磁力線が増し電壓が増加するものである。

複捲發電機に於ても其分捲線輪に大抵界磁調整器を使用し電壓を調整する尙複捲發電機では直捲線輪に並列に界磁調整器を取付けるものがある、此種のものでは並列抵抗を小さくすれば直捲線輪を通る電流が小くなるのである。

【39】過複捲發電機(Over Compound Dynamo)

若しも電力を使用する場所が發電機よりも遙か離れた處にある時には其電路の抵抗も可なり大なるから途中の電壓降下即ちIR降下も可なり多くなる。然かも電流が増加すれば之れに正比例して電壓降下も増加するから發電機は定電壓を出して居ても電力を使用する場所では電壓の變動が起つて來る。

斯様な時使用せられるのが過複捲發電機であつて第四十一圖の如く負荷電流が増加すれば端子電壓も増加するやう、直捲線輪によるアムペアターンを普通より強くしたもので、他の構造は普通の複捲發電機と變りはない。

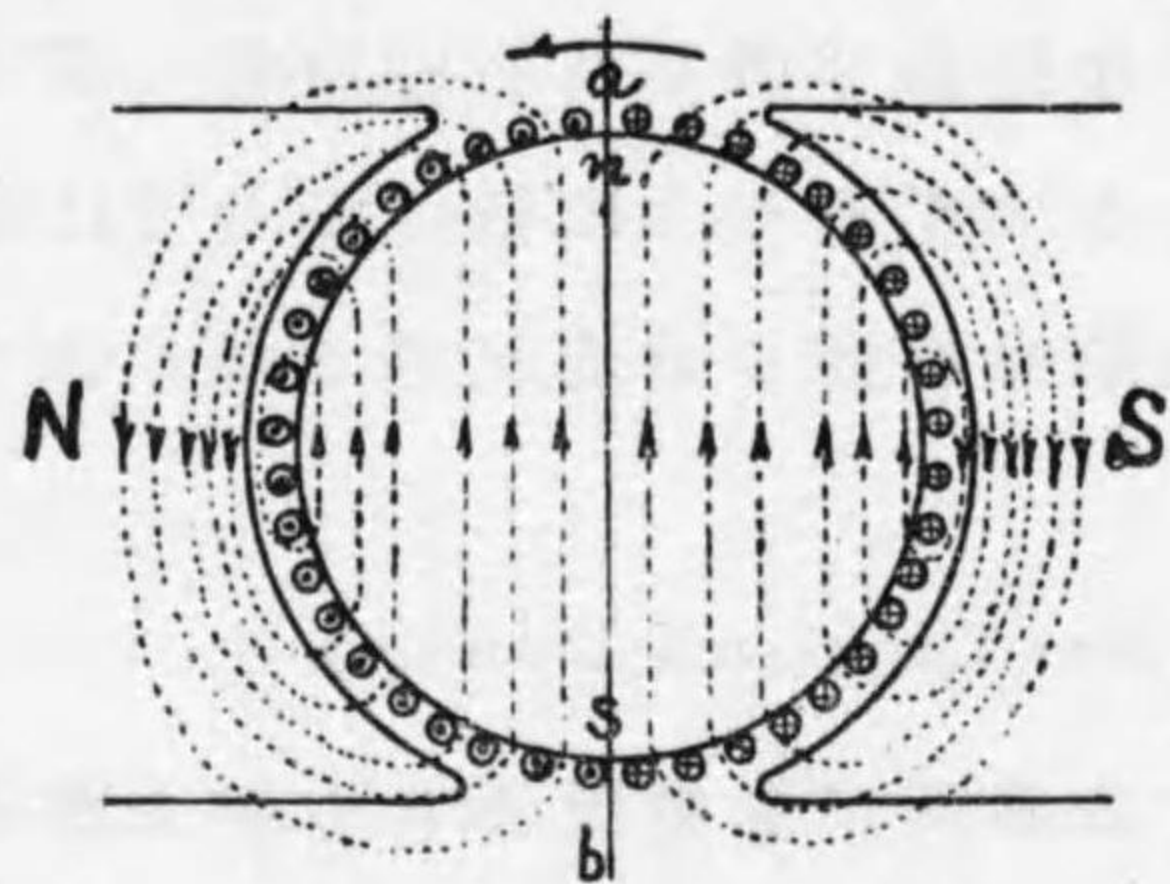
過複捲發電機と區別する爲め普通の複捲發電機を平複捲發電機(Flat Compound Dynamo)と稱へる事がある。

第三節 反作用及損失

【40】 發電子反作用

第四十三圖は二極發電機で發電子はN S磁極の間を圖のやうに時計の針に反對方向に回轉するものゝすれば磁

第四十三圖



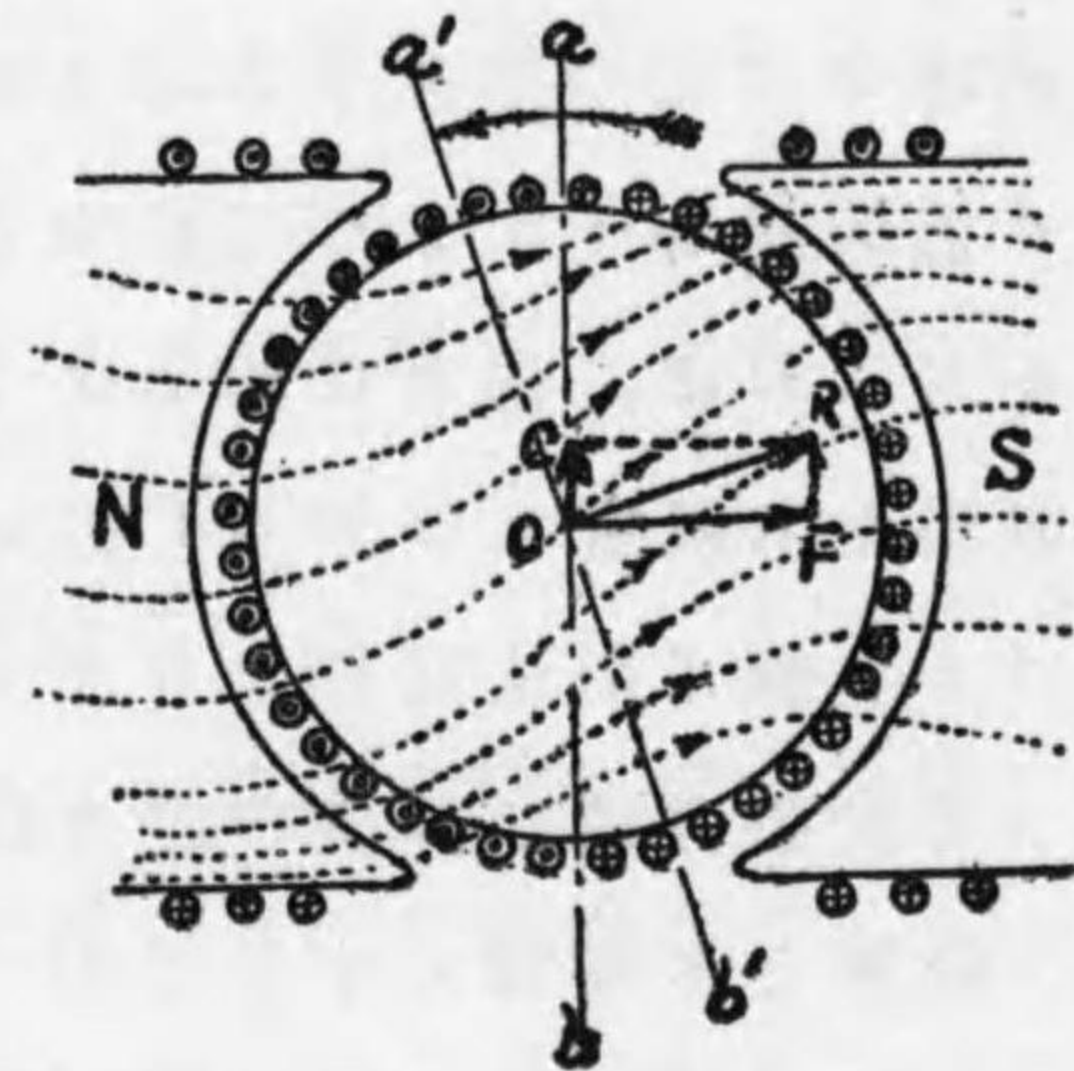
力線の方向に直角をなす直線 a b の左側にある誘導子にはフレミングの法則によつて電流は紙の裏面から表面

の方に向つて流れ(⊙印で此電流方向を示す)。又右側にある誘導子には其反對に紙の表から裏の方に向つて流れる(⊗印で此電流方向を示す)。故に刷子は此 a b 線上に置けばよいのであつて此 a b 線を**中性線**(Neutral line)と云ふ。又此様な電流が發電子に流れ、ば發電子は一箇の電磁石となり第四十三圖の如く上方はn極となり下方はS極となる。

今此發電子電流によつて生ずる磁力線を第四十四圖に於てO Cを以て表はし磁極による磁力線をO Fを以て表はせば此二つの合成磁力はORの方向となり、随つて中性線も a b より a' b' の位置に移動する、依つて刷子も亦 a' b' 線上に移さねばならない。

此様に發電子に電流が流れる時は中性線は發電子の廻轉方向に多少の角度だけ移動する、即ち第四十四圖に於ては角 a o a' だけ移動する、此角を**進角度**(Angle of lead)と稱へる。

第四十四圖



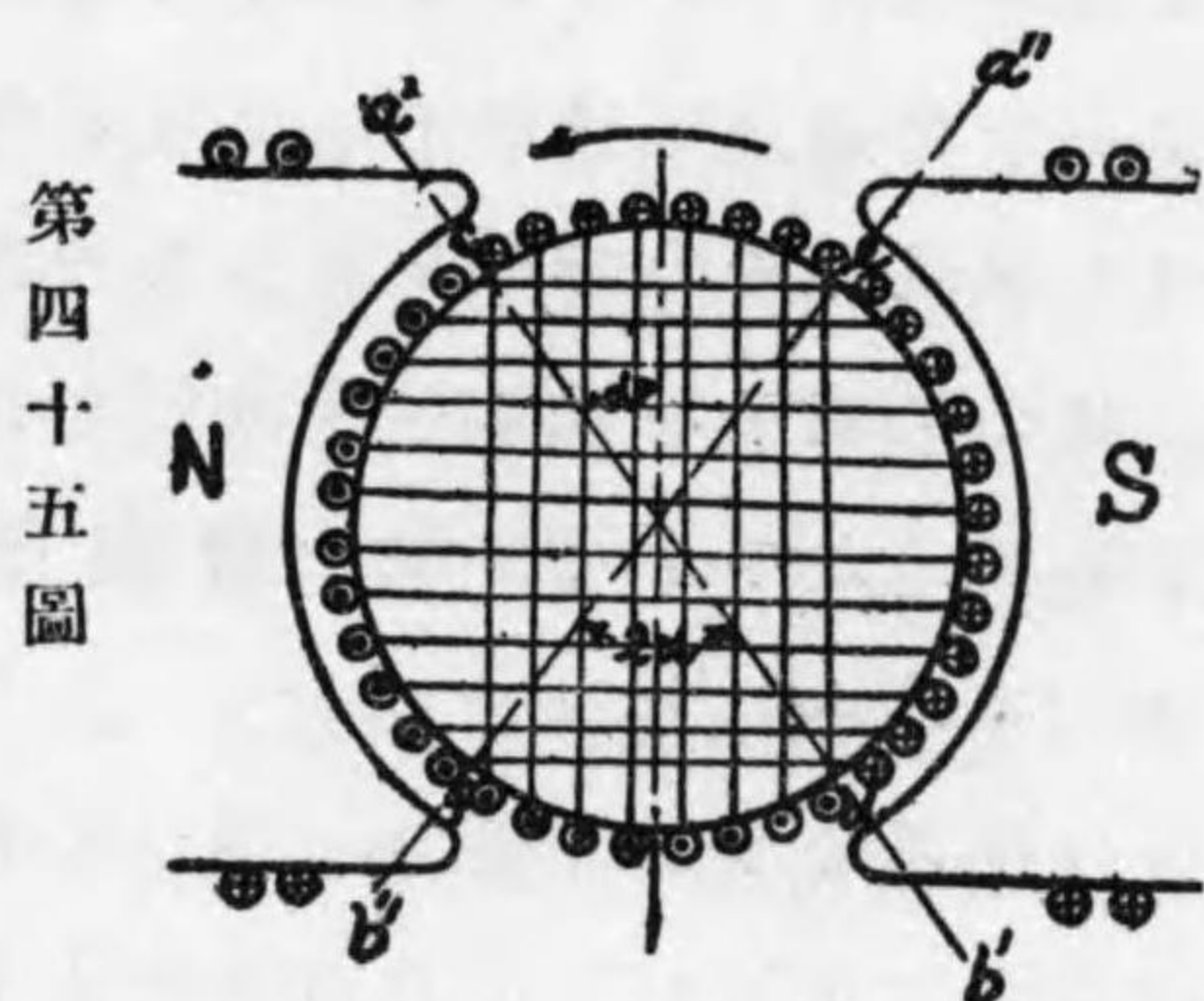
上のやうに中性線が廻轉方向に移動するのは發電子に流れる電流によつてO C

のやうな起磁力を生ずる爲めであるから此起磁力の増減によつて進角度も増減するが起磁力は發電子に流れる電流、即ち負荷電流によつて増減するのであるから進角度は負荷によつて異なり、随つて刷子を置くべき場所も負荷によつて異なるものである。かやうな作用を**發電子の反作用**(Armature reaction)と云ふ。

發電子の反作用は二つの作用をするもので、第一は界磁によつて生ずる磁力線の方向を變じて其分布を變化するこゝであつて、其二は主磁力線に反對する或磁力線を生じ全體の磁力を多少弱くするこゝである。

第四十五圖に於て a' b' が前進したる中性線の位置であるゝすれば刷子は此位置にあつて電流々過の方向は此線によつて反對にせられる。 a b 線と進角度に等しく反對

側に  $a''b''$  線を引き  $a'b'$  線及び  $a''b''$  線が発電子の外周を交はる點を  $c, d, e, f$  とし、 $c$  から  $e$  迄及び  $d$  から  $f$  迄の誘導子によつて生ずる磁力線と、 $c$  から  $f$  迄及び  $e$  から  $d$  迄の誘導子によつて生ずる磁力線の二通りの磁力線を考へれば、前者に於ては上部即ち  $c$  から  $e$  迄は電流が表面から紙脊に  $d$  から  $f$  迄は紙脊から表面に流れるからコルク螺子の法則により左方は  $n$  極右方は  $s$  極となる、依つて此磁力線は界磁の磁力線と反対方向となるから全體の磁界を多少弱くすることとなる。後者に於ては  $c$  から  $f$  までは電流は紙脊から表面に、 $e$  から  $d$  までは表面から紙脊に流れるから上方は  $n$  極、下方は  $s$  極となり界磁の磁力線との合成磁力線は前にも述べたやうに方向が變ぜられる事となり、第四十四圖のやうに  $ab$  線の右方では上部が密で下部が粗になり、左方では其反対となる。



第四十五圖

$c$  から  $e$  及  $d$  から  $f$  までの誘導子を**減磁アムペアターン**(Demagnetising ampere turn) と稱へ、 $c$  から  $f$  及  $e$  から  $d$  までの誘導子を**交叉アムペアターン**(Cross ampere

turn) と稱へる。

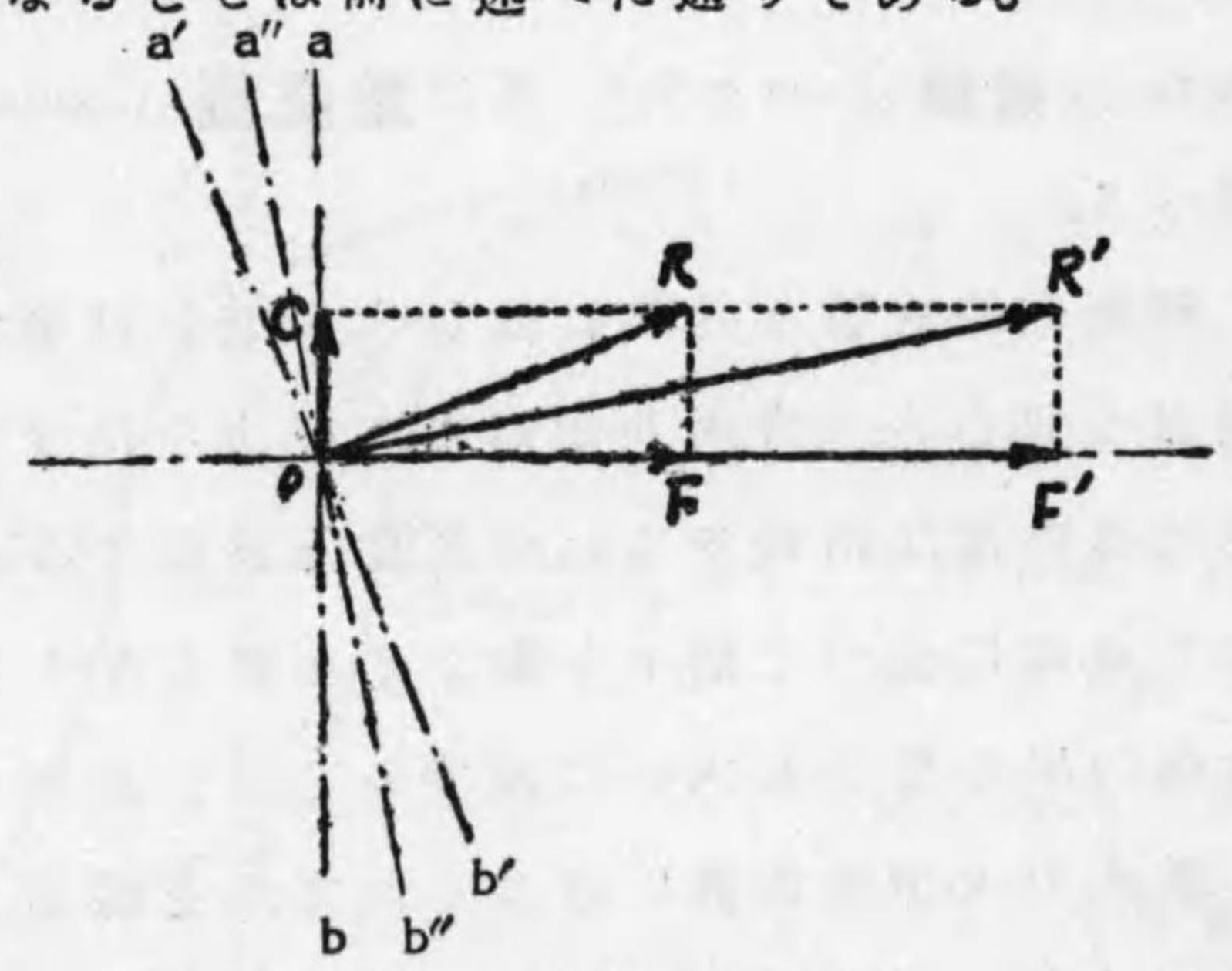
【41】 發電子反作用を減ずる方法

發電機反作用を減ずるには種々な方法があるが主なものは次の三種である。

- a. 界磁のアムペアターンを充分大にすること。
- b. 補極を用ふる事。
- c. 磁極に補償捲線を施すこと。

a. 第四十六圖に於て  $OF$  を界磁の磁力線とし  $OC$  を發電子による磁力線とすれば  $OR$  が合成磁力となり中性線は  $a'b'$  線となることは前に述べた通りである。

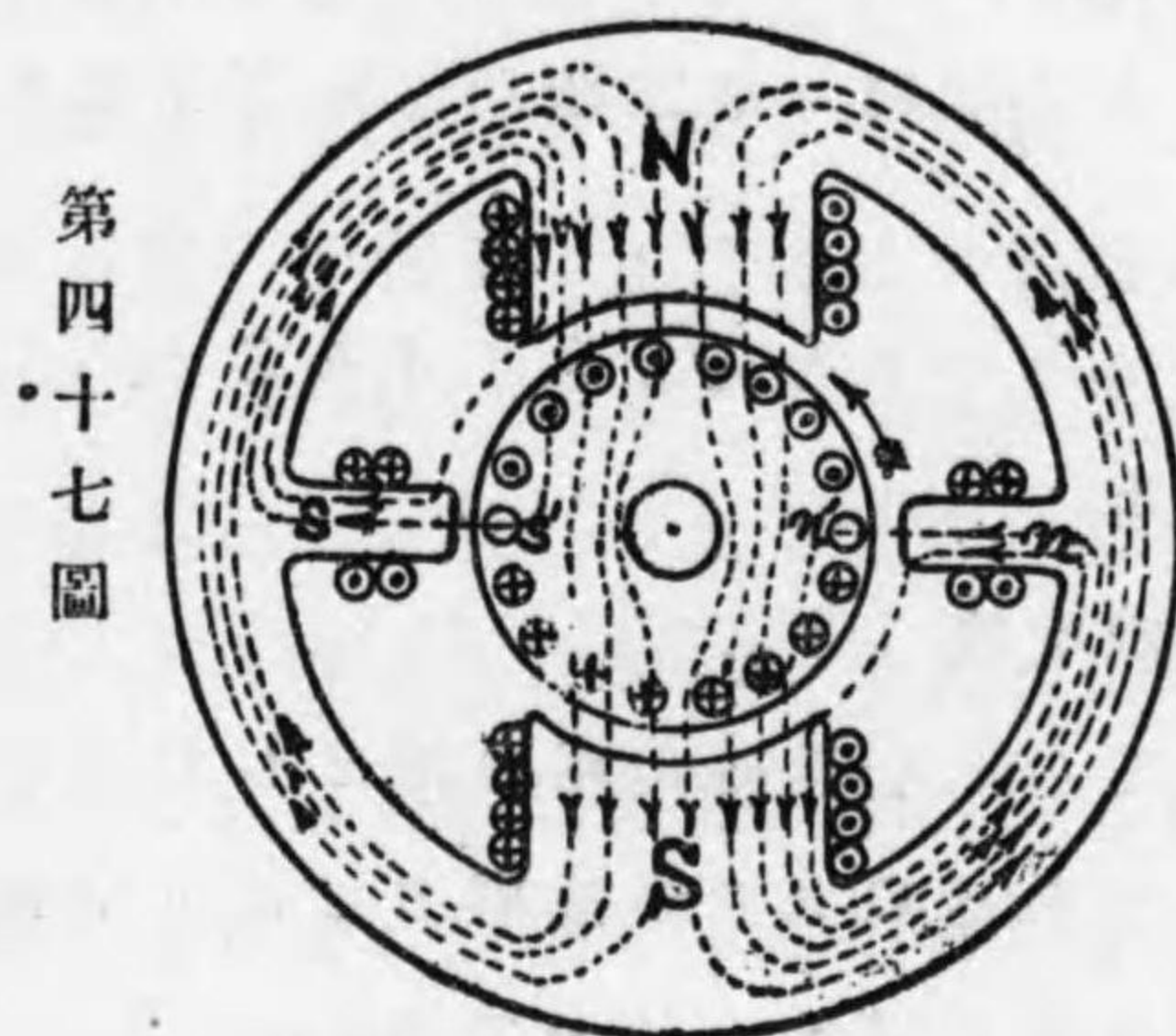
次に界磁のアムペアターンを増して界磁の磁力線を  $OF'$  に増加したと



すれば合成磁力は  $OR'$  となり中性線は  $a'b''$  となり主磁力線に垂直な直線  $ab$  に近づく、又  $OF'$  が充分大になれば發電子電流が變化しても  $OR'$  の大き及び方向にあまり影響を與へないやうになる。

かやうに界磁のアムペアターンを充分大にすれば反作

用を軽減する事が出来るから今日廣く使用せられてゐるが未だ完全な方法とは云ふことが出来ない。



第四十七圖

b. 第四十七圖のやうに主磁極の間に他の小さい磁極  $n$   $s$  を附け、此磁極に複捲發電機の直捲線輪を同様に發電子と直列に接続せられた捲線を施す、かやうな

磁極を **補極** (Inter pole) 又は **整流極** (Commutating pole) と稱へる。

補極の捲線数を適當に設計して置けば發電子による起磁力と同じ力で方向が反對な起磁力を出すことが出来るから其作用は相殺せられ中性點を移動する必要がなく随つて負荷に依つて刷子を動かす必要もなく又整流子より火花の出る憂ひも大いに減ずることが出来る。

新式の大型發電機には多く此方法を採用してゐる。

c. 第四十八圖の如く界磁極片に設けられた溝の中に線を捲き發電子と直列に接続すれば前の補極と同様に發電子による起磁力と相殺することが出来る、かやうな線輪を **補償線輪** (Compensating coil) と云ふ。

此方法を用ふれば前の補極を用ふる際よりも構造が複

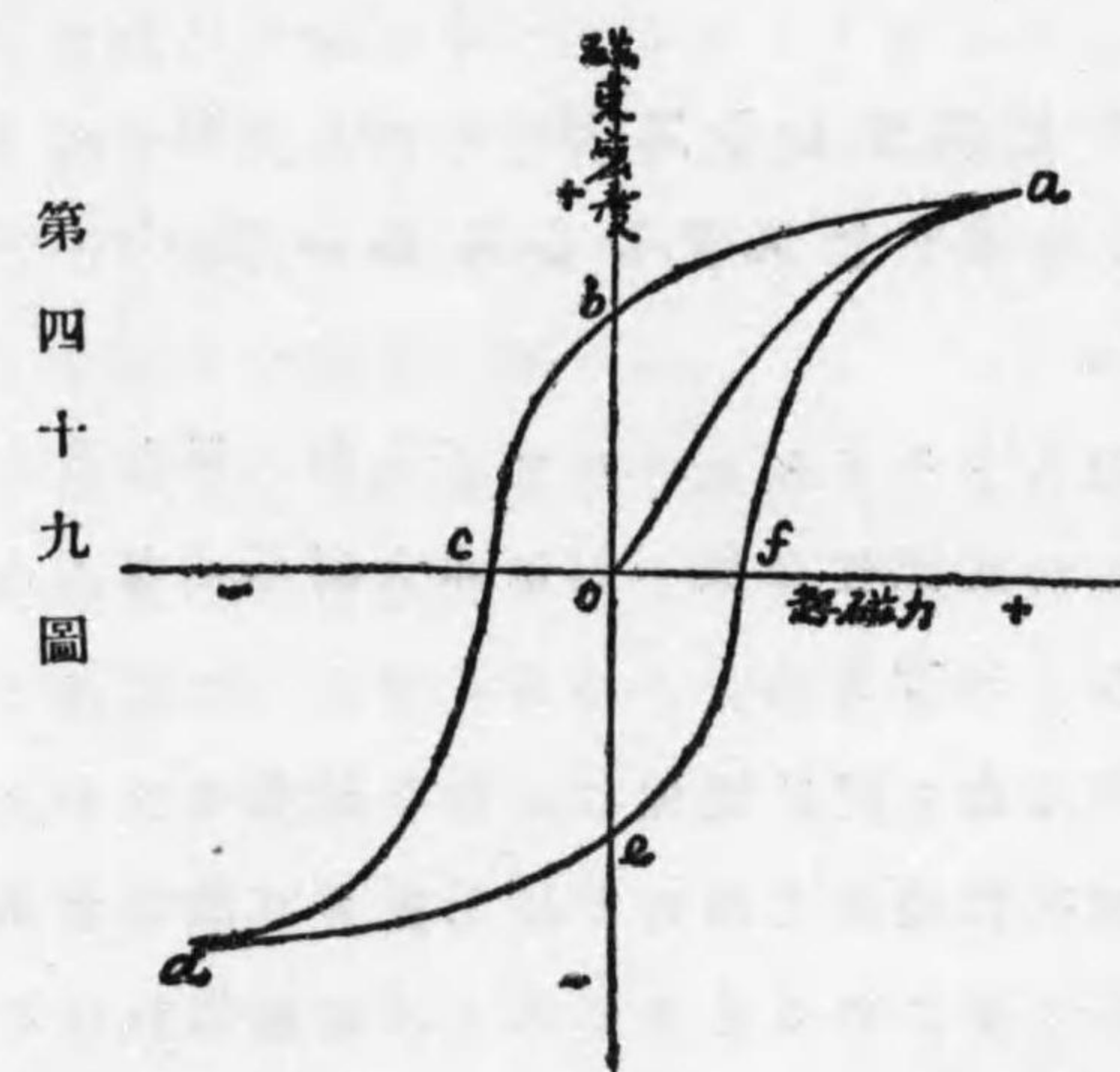
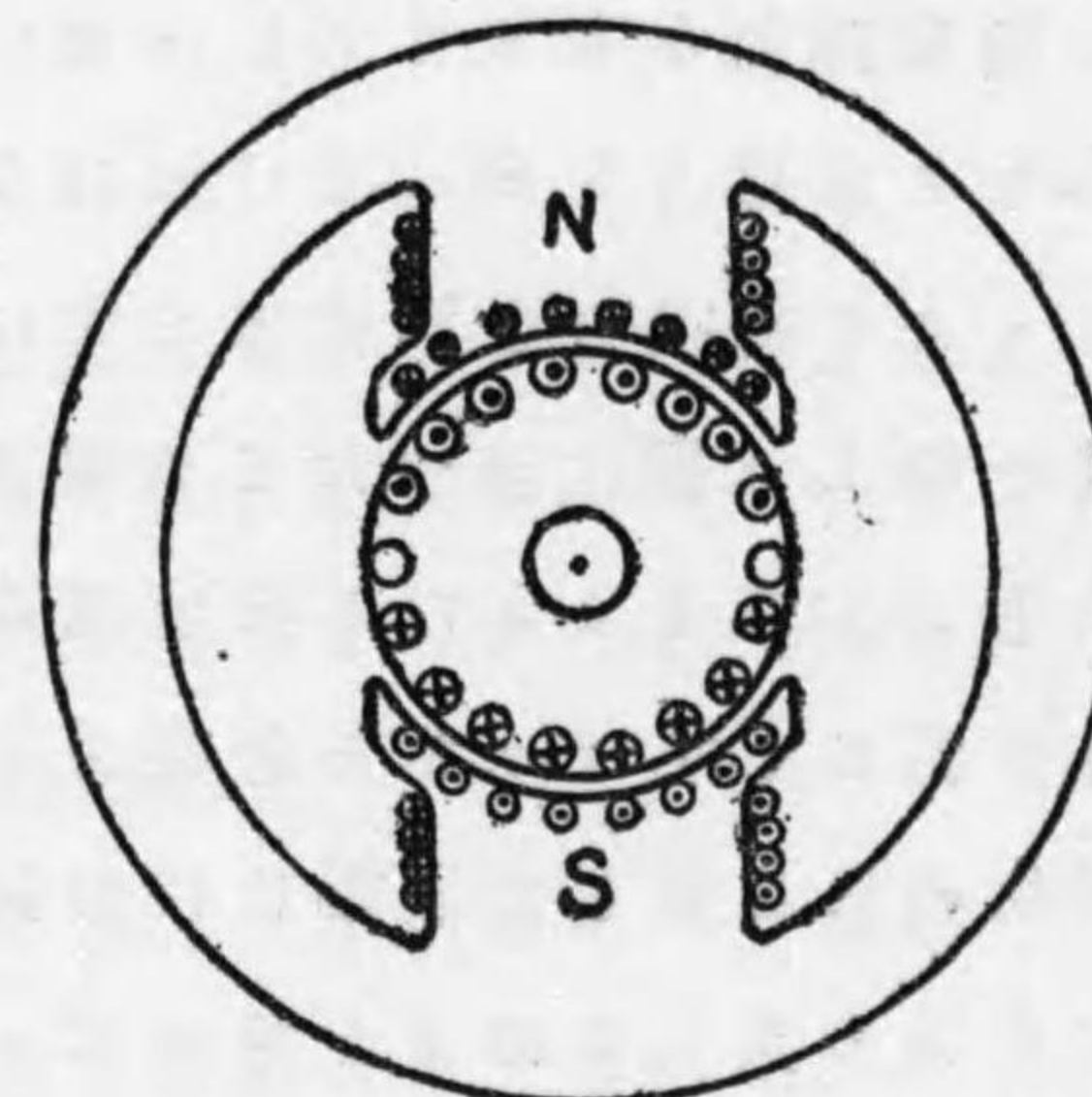
雑なる爲め補極程多く使用せられてゐない。

【42】 ヒステレシス

磁性を有してゐない鐵片に線輪を巻き電流を通づる時電流を漸次大にして行けば磁束密度も漸次大になる。

第四十九圖に於て  $o$   $a$  はか

第四十八圖



第四十九圖

やうな状態を示す曲線である、かくして  $a$  迄来たとき漸次電流を減すれば磁束密度も漸次減するが電流を零にしても尚ほ鐵片は磁性を失はない、即

ち此時の状態は曲線  $a$   $b$  で表はされ起磁力即ち電流が零のときにも  $b$   $o$  丈の磁束密度を持つてゐる。

此  $b$   $o$  なる磁束を **残留磁氣** (Residual magnetism) と云ふ。

残留磁氣をなくするには更に電流方向を反對にして c o なる起磁力を與へなければならぬ。

c より起磁力を漸次大にすれば鐵片は今迄に反對の磁性を持ち d 點に至つたとき電流を漸次小にして遂に電流を零にしても e o なる残留磁氣を持つて居り電流の方向を反對にして f o なる起磁力を與へて始めて磁性を失ふが始めに出發した o 點には復歸しない。

f より更に起磁力を増せば a 點に至り a より起磁力を減すれば今迄に同じやうに a b c d e f なる曲線を繰返して變化する。

かやうな作用を **ヒステレシス** (Hysteresis) と稱へ、 a b c d e f a なる曲線を **ヒステレシス、ループ** (Hysteresis loop) と稱へる。

鐵の性質によつてヒステレシス、ループの形は異なるもので、硬鐵の如く一度磁性を與へれば永久磁石となるものはこれの大きなものである。

發電子が廻轉してゐる間は電流によつて磁化せられることは第 89 項で述べた通りであるが、二極發電機の發電子周邊上の一點が上部にあるときに例へば s 極なれば下部に來たとき n 極となるのであるから(第四十三圖参照)發電子鐵心は絶えず反對の磁性を有することとなる。故にヒステレシス、ループの面積だけのエネルギーは一廻轉毎に損失するもので此損失は熱となるものである。故に

發電子鐵心にはなるべくヒステレシス、ループの小さいものを選ぶ必要がある。

界磁鐵心は磁性が反對となる事がなく又廻轉を休止して其次ぎに廻轉する際磁性を保有してゐる事が必要であるからヒステレシス、ループの大きなものを使用する。

#### 【43】 渦 流 (Eddy current)

發電子鐵心を若し一箇の鐵塊で作つたならば鐵心も又電氣の良導體であるから磁力線を切るに起電力を誘導する、勿論此起電力は小であるが鐵心は斷面積が大きくて抵抗が非常に小であるから大なる電流が流れ、此電流は發電子の廻轉を妨害するやうな働らきを起し、又熱となつて損失せられるエネルギーも可なり大となる、かやうな電流を **過流** と稱へる。

依つて今日の發電子では極めて薄い鐵片 ( $\frac{15''}{1000}$  乃至  $\frac{5''}{1000}$  位のもの) の各表面を酸化せしめたり或ひはラックを塗つて絶縁し、是等を數多く重ね合したものを使用する、これを成層鐵心と云ふ。かやうにすれば全電流が鐵心を流れる事なく第五十圖 A の如く弱い電流が一局部を流れる事となり過流による損失を少なくする事が出来る。

過流を減ずる他の方法は電氣抵抗のなるべく多い鐵を使用するここで其爲めシリコン (Silicon) を少量加へたシリコン鋼を使用する。

磁極の極片に於ても過流による損失が起る。





ないならば全負荷に於ける能率を指すのである。

## 問 題

出力10キロワット 200 ボルトの二極發電機の發電子は 200 本の誘導子を持つて居り全負荷の時  $18^\circ$  の進角度を有してゐるを云ふ、減磁アンペアターンを計算せよ。

## 解 答

第四十五圖を見るに減磁捲回数は  $\alpha$  を進角度  $N$  を發電子の捲回数とすれば次のやうになる。

$$\text{減磁捲回数} = \frac{2\alpha}{180} \times N = \frac{2 \times 18}{180} \times \frac{200}{2} = 20$$

$$\text{電流は全負荷の時} \quad \frac{10000}{200} = 50 \text{ アンペア}$$

然るに二極發電機では發電子は二つの竝列電路を持つてゐるから一方には  $50 \div 2 = 25$  アンペアの電流が通る。

故に減磁アンペアターンは

$$= 20 \times 25 = 500 \quad \text{となる。}$$

## 第四節 配電盤上の諸器具

## 【46】配電盤

發電機には其電流を分配するに必要な諸器具及び諸計器を装へた配電盤 (Switch board or distributing panel) と稱するものを發電機の近傍に備へてゐる。

配電盤は不燃性のもので造られ、大理石の板を最も多く使用してゐるが鐵片にて組立てられたものも可なりあ

る。

配電盤上に裝備すべき器具の種類及數は發電機の種類及容量等によつて一定ではないが下のやうなものは何れの配電盤にも裝備するものである。

- A. 電壓計 (Volt meter)
- B. 電流計 (Ampere meter or Arm-meter)
- C. 開閉器 (Switch)
- D. 安全可熔片又はフューズ (Safety fuse)
- E. 自動電路遮斷器 (Automatic Circuit Breaker)
- F. 界磁調整器 (Field rheostat)
- G. 檢漏器 (Ground detector)
- H. 標示燈 (Pilot lamp)

尙陸上で屋外配電線を有するものでは避雷器 (Lightning arrester) をも取付けるが船舶では取付けない。

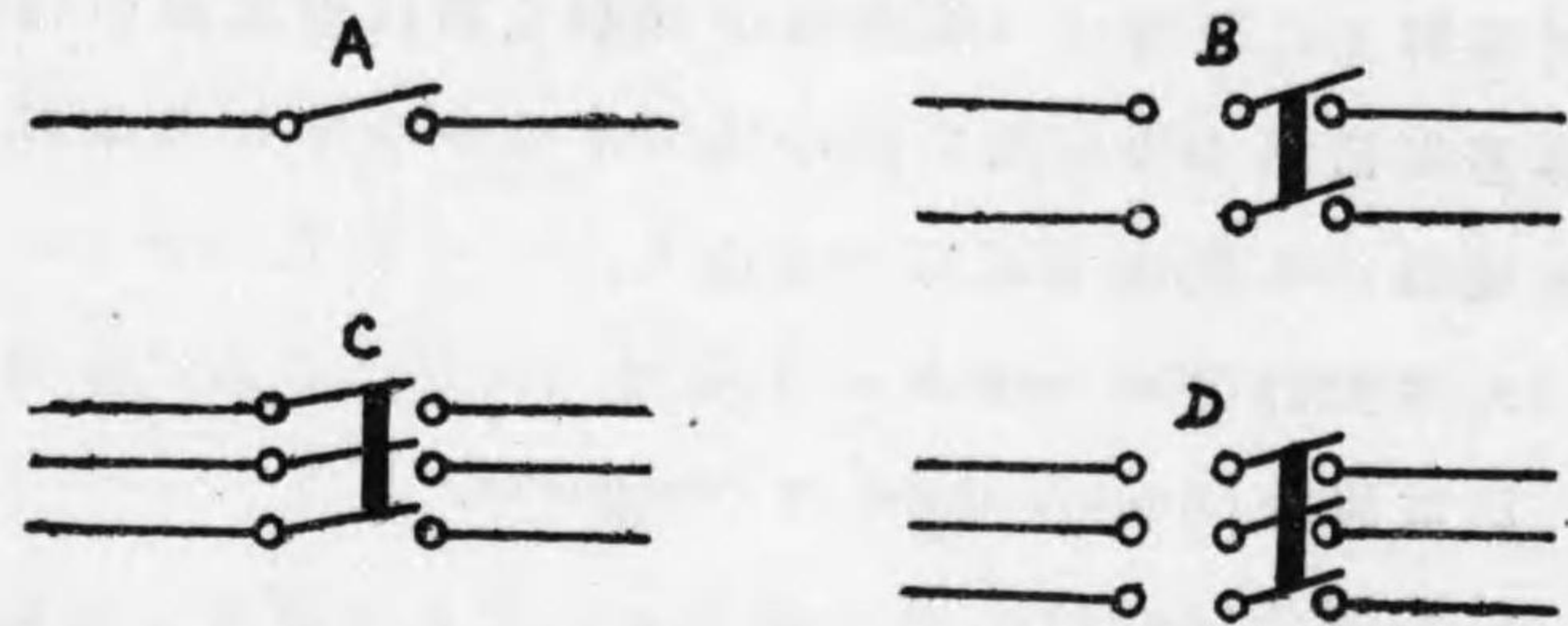
## 【47】開閉器又はスイッチ

開閉器とは電流を斷接する爲めに使用するものであるが其構造は讀者も既に御承知の事と思ふ。開閉すべき電路の數によつて單極 (Single pole)、双極 (Double pole)、三極 (Triple pole) 等と呼び、又一方にのみ倒して開閉するか又は兩方に倒すものかによつて單投 (Single throw)、双投 (Double throw) 又は轉換開閉器の別がある。

第五十一圖 A は單極單投開閉器、B は双極双投開閉器 C は三極單投開閉器、D は三極双投又は轉換開閉器であ

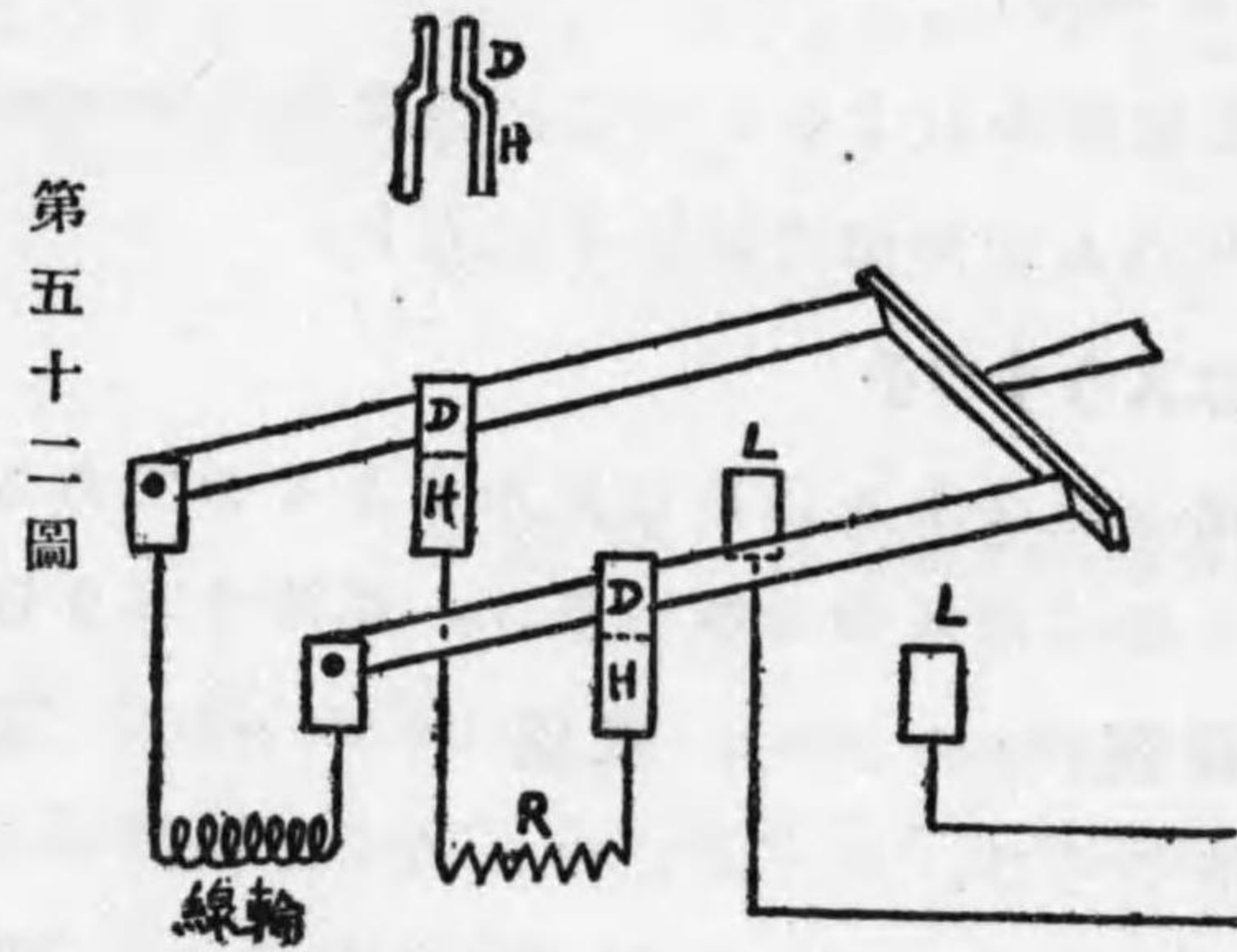
第五十一圖

る。



【48】特殊開閉器

A. 線輪用開閉器 線輪を普通の開閉器で電路を切斷するに線輪は自己誘導係数が多いので自己誘導の爲めに誘發せられる起電力は送電中の電壓の數倍にも

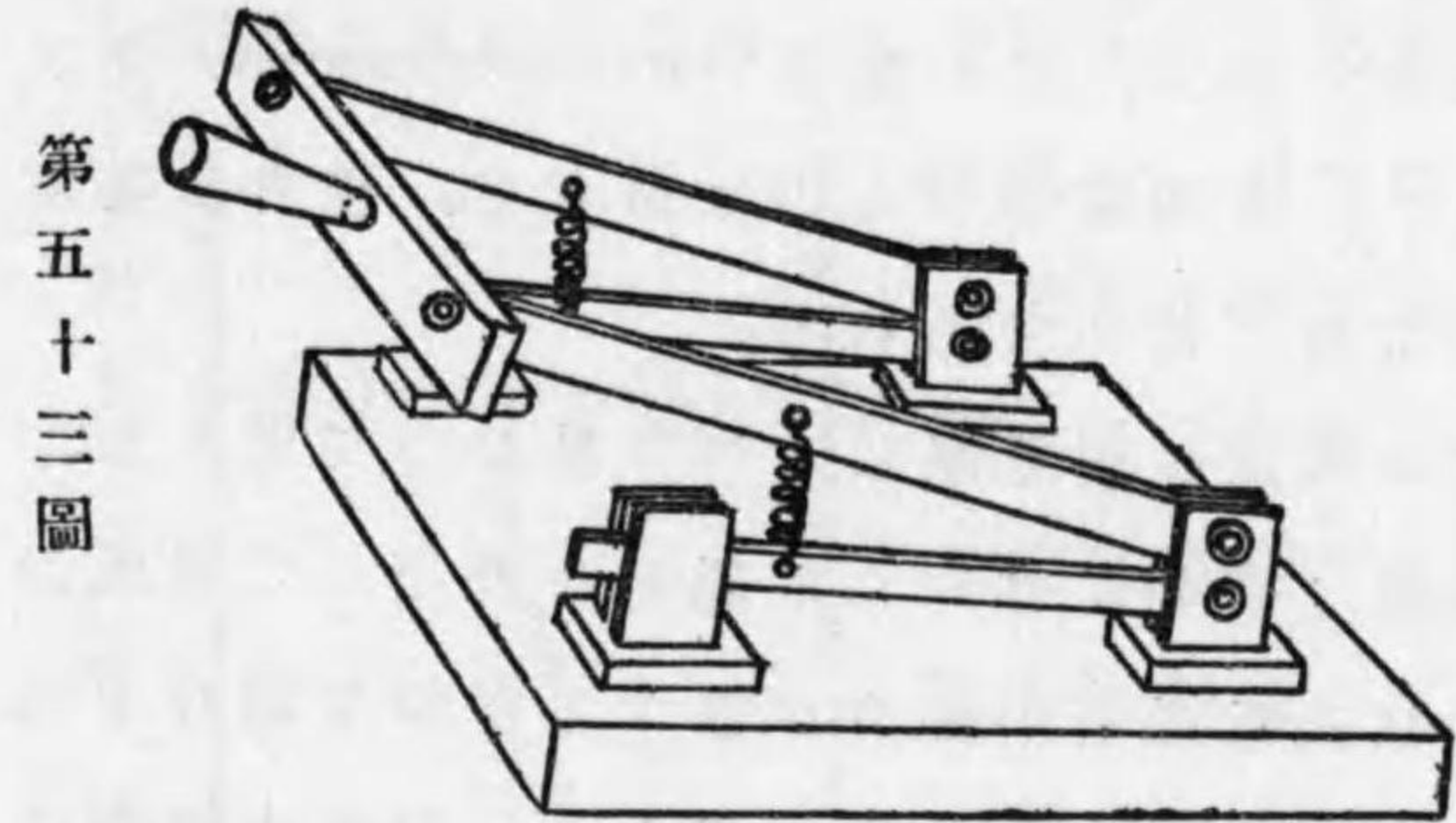


第五十二圖

達し大きな火花を起して開閉器を燒損し又線輪中に大電流が流れて時には線輪の絶縁を損する事がある。第五十二圖はこれを防ぐ爲め考案せられたもので、LLに支點の間に上部に別に書いたやうな銅片があつて其間に抵抗Rが結んである。開閉器を開くときは刃がLを

離れる少し前に銅片の上部Dの部分に接觸するから刃がLを離れるとき誘發せられる起電力はRなる抵抗を通るやうになり線輪に危険な程の大電流は流れないになる。

B. 早切開閉器 第五十三圖の如く普通の開閉器の刃



第五十三圖

を二つに割り下側の方は發條で上側に取付けられたものである。

開閉器を切斷するときは上側は把手と共に抜かれるが下側は少し遅れて發條の力で急に切斷せられるから其切斷する時間が普通の開閉器よりも早く自己誘導による起電力によつて開閉器を燒損せられる時間も少ないので其虞れが少なくなるのである。

【49】可熔片(フューズ)

可熔片は低溫度で熔解する金屬で造り、電路の電流が一定限度を超へたならば其熱のために熔解し電路には危険を及ぼさない爲めに設けるものである。

可熔片として使用せられる金屬は鉛、錫、アルミニウム等であるが、最も廣く使用せられてゐるのは鉛と錫

この合金である。

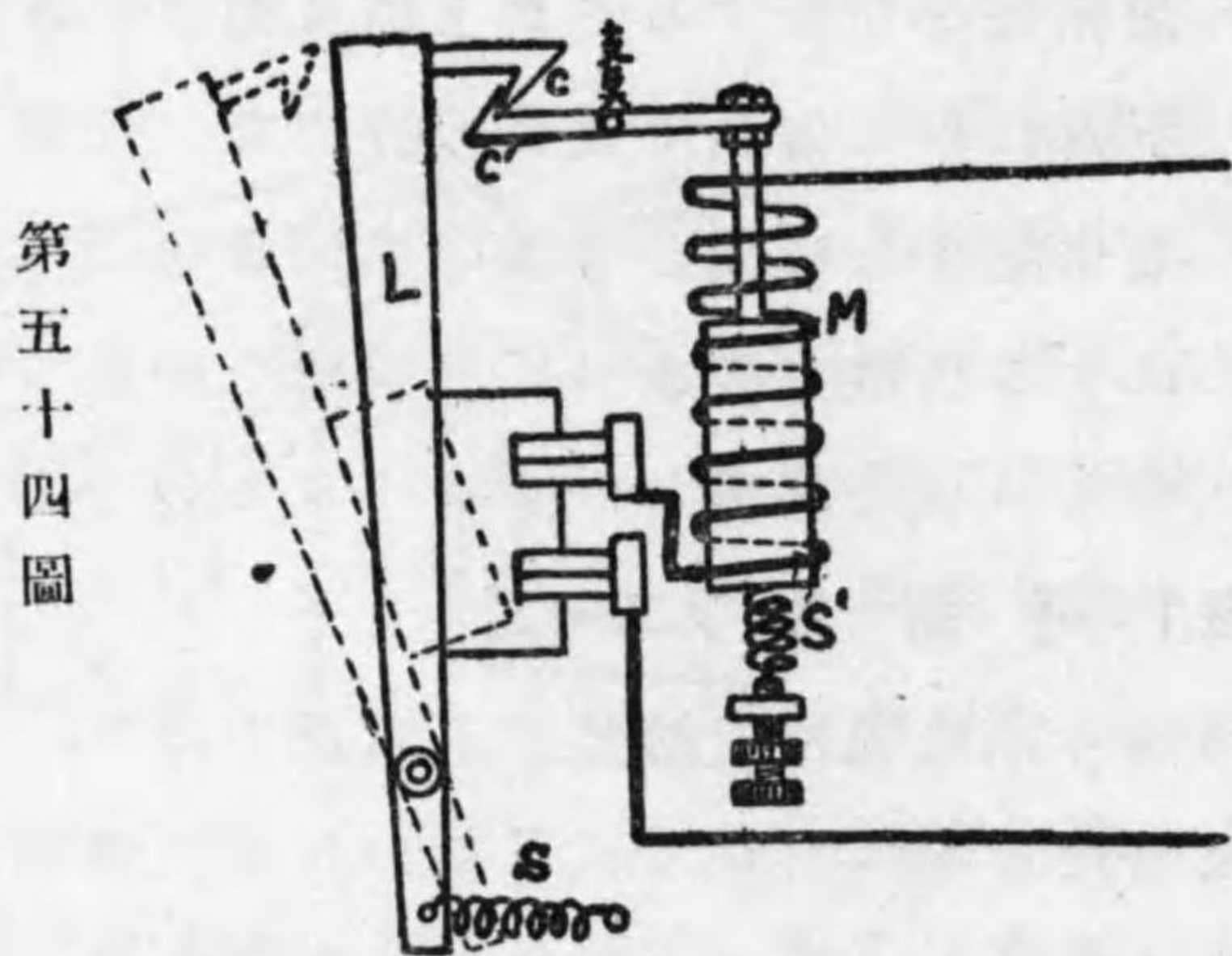
【50】 自動電路遮断器

可熔片は其働らきが正確でなく時には規定の倍位の電流が通つても熔解しない事がある爲め大切な箇所には正確な自動電路遮断器を使用する。遮断器には最大電流 (maximum current) 用と、最小電流 (minimum current) 用の二通りあるが、普通使用のものは前者で、後者は蓄電池充電用の配電盤に使用せられる。

自動遮断器の構造は製造家によつて異なつて居るが、要するに主電路と直列に捲いた電磁石を使用して電流が或程度を超せば此電磁石の磁力が強大となつて鐵片を吸付けて電路を遮断するやうになつてゐる。第五十四圖は簡単な構造

を有するもの、略圖であつてMは電磁石、S'は發條で下方に鐵心を引下げる用をしてゐる

もの、Lは普通の刃形開閉器の様な構造のものでC'は爪であつて互に嚙合つてゐる。負荷電流が大くなれば電

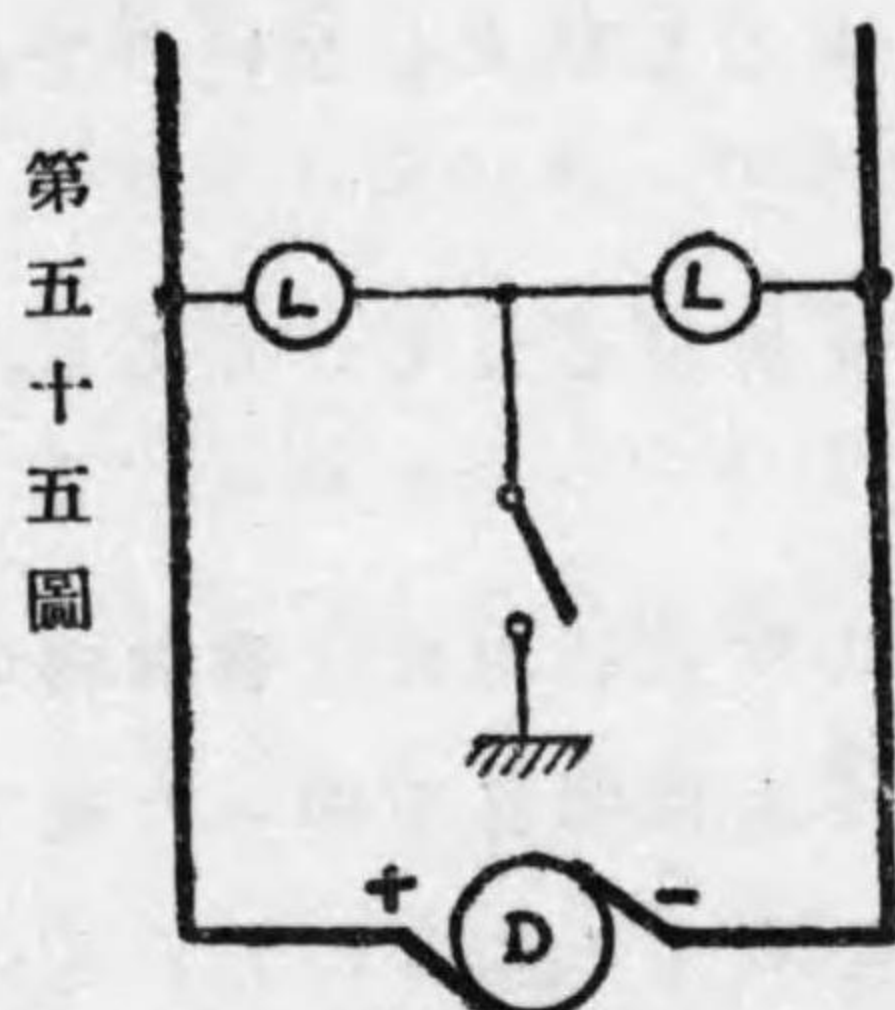


第五十四圖

磁石は鐵心を引き上げるからC'が下り爪が外れ、Lは發條Sの力によつて點線のやうに開かれ電路を遮断するのである。遮断すべき電流の大きさは發條S'の下のナットで調整するこゝが出来る。

【51】 檢漏器

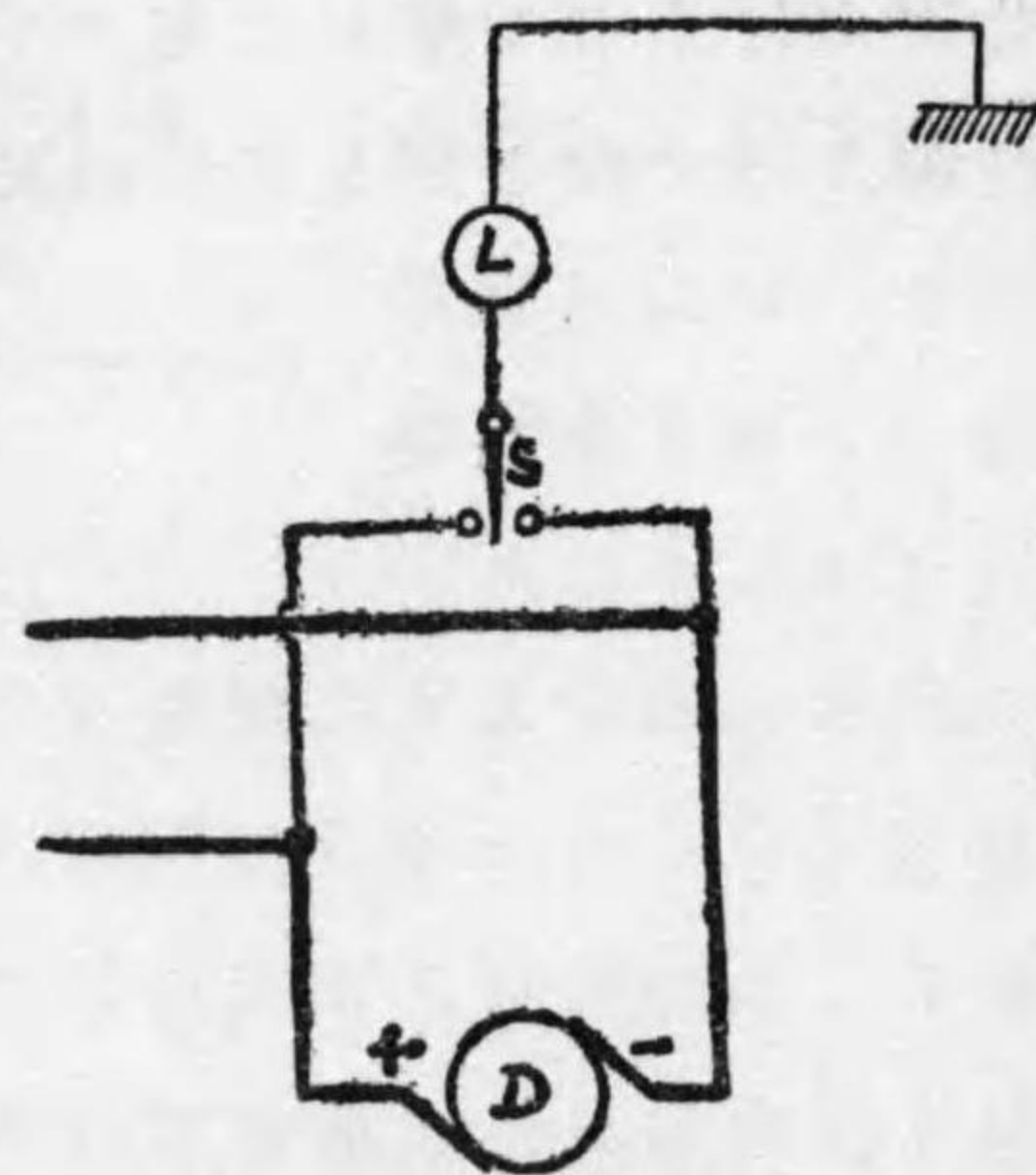
檢漏器は電路の絶縁が完全であるか否かを檢するもの



第五十五圖

で第五十五圖のものでは電路の間に二箇の電燈を直列に接続し其の中間から線を取つて船體に接続するものである。若しも絶縁が完全ならば二箇の電燈は直列に接続してあるから二箇共淡紅色をしてゐる

が若し例へば+線の何處かに漏電してゐる所があれば電流は+線から此漏所を通り接地線を経て-線に歸る爲め右の電燈の光力が左の電燈に比し明るくなる。故に左右の電燈の何れかが明るくなつた時は+線又は-線に漏所があるこゝを



第五十六圖

知る事が出来る。

又第五十六圖のものでは電燈は一箇の切換開閉器を使用してゐる。此式では若しも開閉器Sを左に動かしたとき電燈が點火したものとすれば一線の何處かに悪い處があつて其處から接地線を経て電燈を點火し+線に歸つた事がわかるのである。此式では漏所がないときには開閉器をきちんと閉ぢても電燈は少しも點火しないのである。

尙此式の電燈の代りに電壓計を使用したものもある。

【25】標示燈 (Pilot lamp)

標示燈は配電盤上又は發電機の附近に取付け發電機の端子間に直接接續せられたもので主開閉器を開いた儘でも發電機に起電力があれば常に點火するやうにしたもので此光力によつて離れた處からでも又電壓計を見なくても起電力の大體を知る事が出来る。

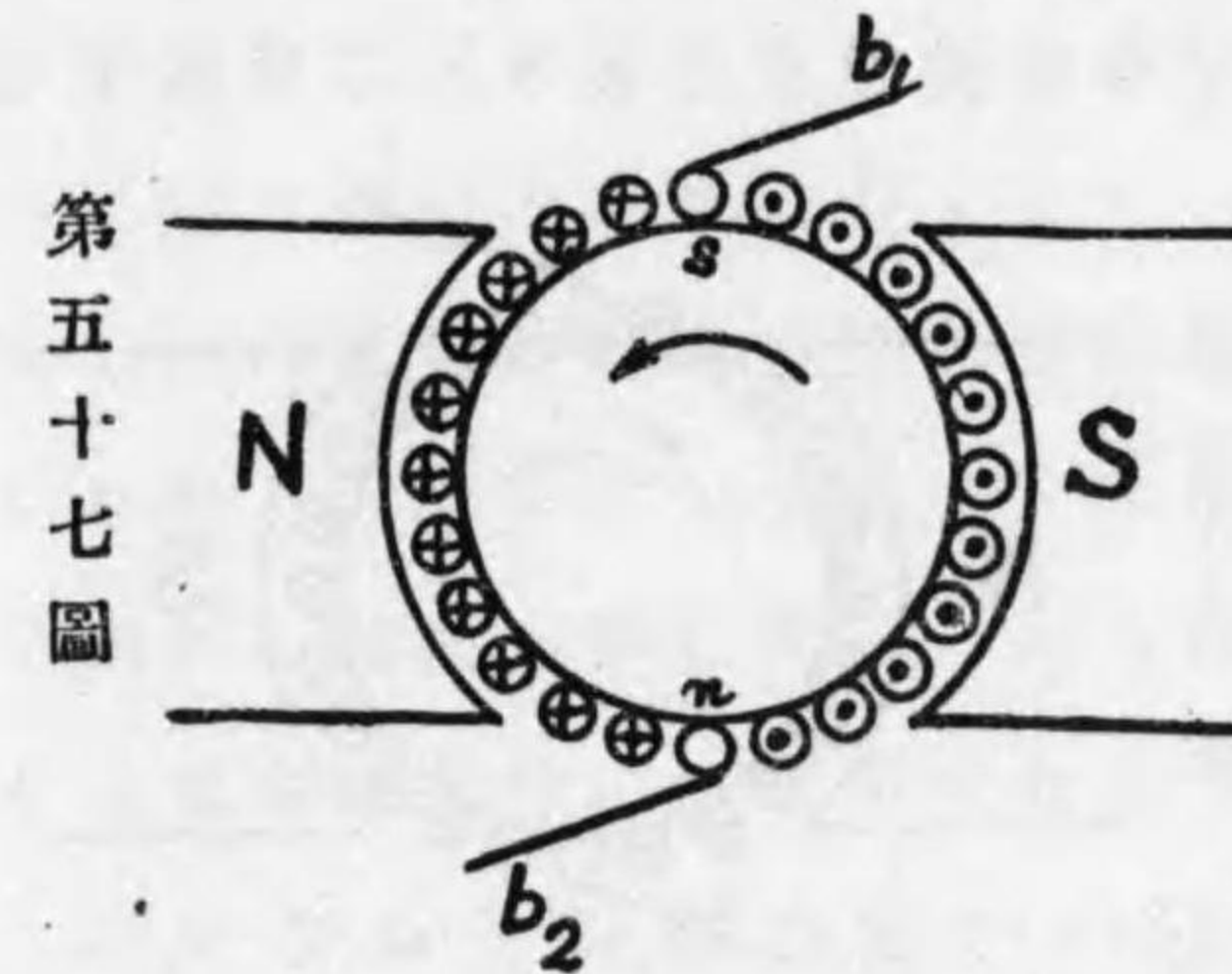
第三章 直流電動機

第一節 原理及構造

【53】直流電動機の原理

電動機は發電機とは反對に電氣的勢力を機械的勢力に変ずる装置のものである。

第五十七圖の如くNS磁場の間に發電機の發電子に相當した電動機では特に電動子と稱へ英語では共にアーマチャーと稱へるものを置るて其外周の導線中に圖の如く刷子 $b_1$   $b_2$ の右の方は紙の裏から表面の方へ、左の方は表面から裏面に向つて



第五十七圖

面から裏面に向つて流れるやうに電流を通じたとすれば、電動子はユルク螺子の法則によつてnsに勵磁せられる。依つてnとS及sとNとは吸引せられるから電動子に廻轉力が生じ矢の方向に廻轉する。電動子が半廻轉した際にも刷子の右の方は紙の裏から表面に向つて左の方は表面から裏面に向つて電流が流れるやうに整流子を用ひて電流を送れば今迄と同方向に廻轉を續け外部からの電流の供給が終る迄は廻轉を

は吸引せられるから電動子に廻轉力が生じ矢の方向に廻轉する。電動子が半廻轉した際にも刷子の右の方は紙の裏から表面に向つて左の方は表面から裏面に向つて電流が流れるやうに整流子を用ひて電流を送れば今迄と同方向に廻轉を續け外部からの電流の供給が終る迄は廻轉を

連続する。

上に述べたやうに電動機も界磁、アーマチャー、整流子を必要とするこゝ發電機と同様であつて兩者の構造は殆んど全く等しい。故に發電機を電動機として又は電動機を發電機として使用するこゝが出来、然し乍ら發電機として能率のよいものも電動機としては良好であるこゝは云ひ得ない。

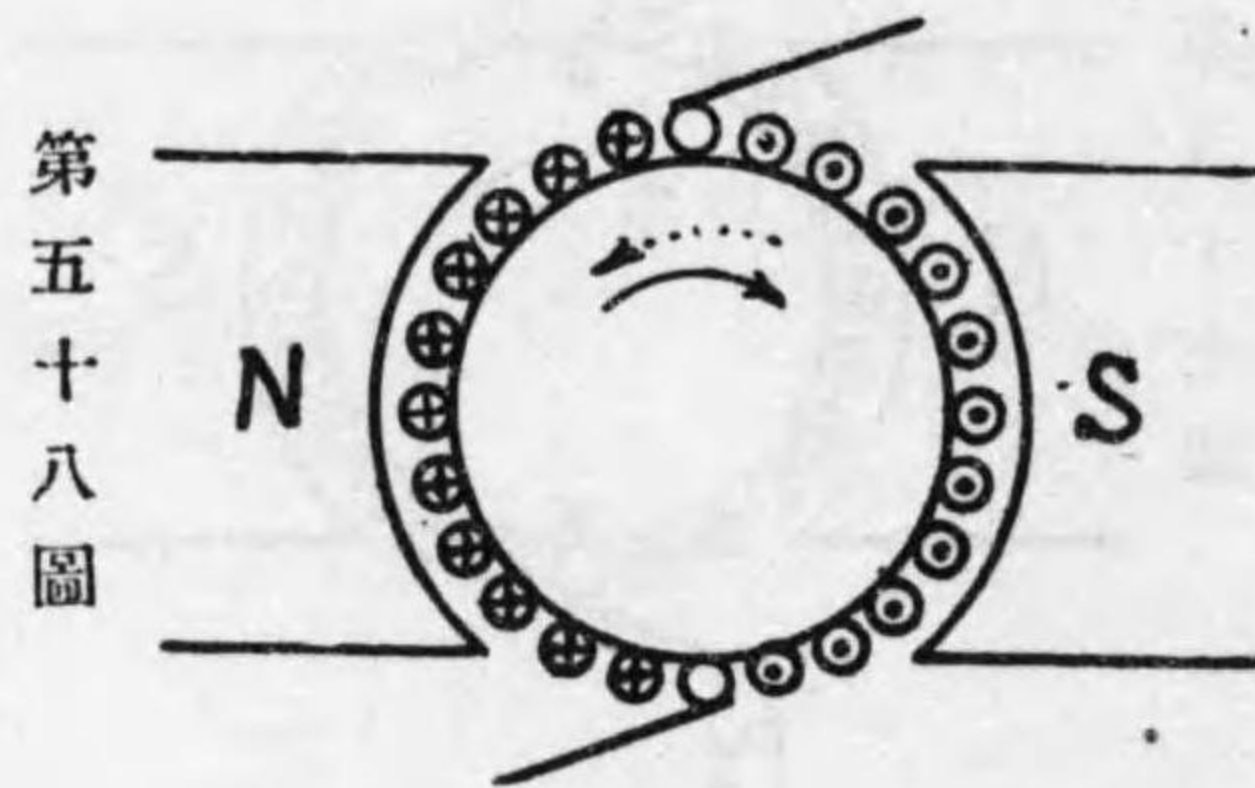
【54】 レンズの法則 (Lenz's Law)

電磁的誘導の總ての場合に於て誘發せられた電流は其電流を誘發するに要した運動を停止せしめんとするやうな方向に起るものである。之を**レンズの法則**と云ふ。

例へば今第五十八圖が發電機であるこゝすれば發電子を

矢の方向に廻轉せし

むれば起電力が誘發せられ誘導子には圖の様な方向に電流が流れるこゝは既に前章で述べた通りであ



る。然るに圖のやうに發電子に電流が流れるこゝ發電機の廻轉方向とは反對な點線の矢符のやうな廻轉力が生ずるこゝは第五十七圖によつて前項で述べた通りである。之もレンズの法則の一つの證佐である。

次に電動機の場合には電動子には既に導體に電流が通

つてゐて廻轉してゐるのであるが電動子が廻轉すれば導體は界磁の磁力線を切るから起電力が誘發せられる筈である。此誘發せられた起電力はレンズの法則によれば誘發するに要した運動を停止しやうとする方向に發生するのであるが、誘發するに要する運動は始め導體内に通つてゐた電流によつて生じたものであるから結局電動子内に誘發せられた起電力は始め電動子に送られた電壓とは反對の極性を持つたものである筈である。此電動子の廻轉によつて誘發せられる起電力を**逆起電力**(back electromotive force)と云ふ。

【55】 電動子の廻轉方向

第五十七圖及第五十八圖を参照し、又前項の説明を見れば磁力線の方向が等しく又アーマチャーの電流方向が等しければ發電機と電動機とは廻轉方向が反對である事がわかる。故に發電機のこゝき使用したフレミングの右手の法則を其儘左手に變へたならば廻轉方向が反對となるから電動機の時には左手を使用すればよい事がわかる。

これを**フレミングの左手の法則**と云ふ。

尚ほ電動機の磁力線又は電動子の電流方向の内何れか一方を反對にすれば廻轉方向を反對にし得る事はフレミングの法則によつて知られる事である。此時兩方とも反對にしたのでは廻轉方向は同じであつて廻轉方向を反對にする爲めには必ず何れか一方のみを反對にせねばな

らない事によく注意せねばならない。

【56】 電動機に関する基本諸関係式

V = 供給電圧

E = 逆起電力

R<sub>a</sub> = 電動子の抵抗

とすれば第54項に述べたやうに電動子には送り込まれる電圧は反対の逆起電力が起るから電動子に於ける電圧は結局 V - E となる、故に電動子内を通る電流を I とすれば

$$I = \frac{V - E}{R_a} \dots\dots\dots(14)$$

或ひは E = V - I · R<sub>a</sub>

兩邊に I を掛け合はせれば

$$E I = V I - I^2 \cdot R_a \dots\dots\dots(14a)$$

上式に於て V I は電動機に送り込まれる電力であつて、I<sup>2</sup>R は電動子の抵抗に逆つて電流を送るに要する電力であるから左邊 E I の内一部分はヒステレシスや過流によつて損失せられるが大部分は有効仕事に變ぜられる電力であつて若し上のやうな損失がないものと看做せば E I は有効仕事に變ぜられる電力となる。

又總て廻轉機械の仕事は廻轉力 (Torque) と角速度とを掛け合はしたものに等しいから今廻轉力を T とし角速度を ω とすれば 仕事 = T ω となる。然るに前に述べたやうに

$$E I = \text{仕事であるから}$$

$$E I = T \omega$$

又角速度 ω は廻轉数を n とすれば 2 π n に等しいから

$$E I = T \cdot 2 \pi n \dots\dots\dots(15)$$

單位を仕事は馬力で、E はボルトで、I はアムペアで、T は呎封度で、n は一分間の廻轉数を定めれば E · I はワットで表はされ、又 33000 呎封度が一馬力で一馬力は又 746 ワットに等しいから(15)式は次のやうになる。

$$\frac{E \cdot I}{746} = \frac{T \cdot 2 \pi n}{33000} \dots\dots\dots \text{馬力で}$$

之を簡単にすれば

$$T \cdot n = 7.02 E I \dots\dots\dots(16)$$

又逆起電力 E はファラデーの法則により磁力線 φ と廻轉数 n との積に比例する、故に

$$E \propto \phi n \dots\dots\dots(17)$$

或ひは E = C φ n ……(17a)

(16) 式の E の代りに(17)式の E の値を代入すれば

$$T \cdot n \propto \phi \cdot n \cdot I$$

$$\therefore T \propto \phi \cdot I \dots\dots\dots(18)$$

以上の諸式は電動機の諸性質を考究するに必要な式である。

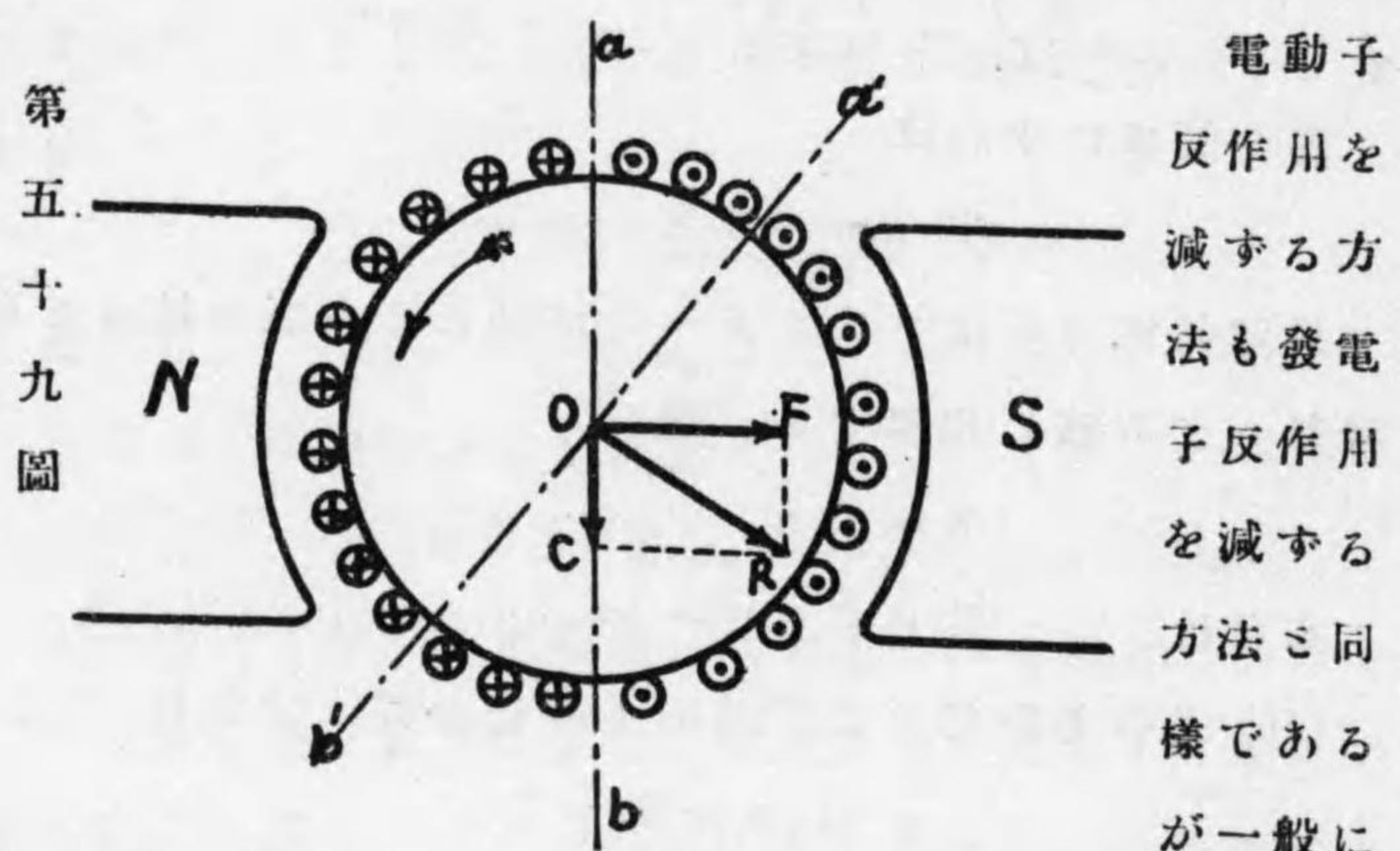
【57】 電動子の反作用

電動子に於ても發電子と同様に反作用を生じ運轉中刷子を中性線上に置かなければ火花を發生する。

電動子に於ける中性線の位置は第五十九圖に於て O F

を界磁による起磁力とし  $OC$  を電動子内の電流による起磁力とすれば合成起磁力は  $OR$  の方向となり中性線は  $O$   $R$  に垂直な  $a'b'$  線となる。此中性線の位置を見るに  $a$   $b$  線より廻轉方向に對して遅れてゐる、此角度  $a$   $o$   $a'$  を遅角 (Angle of lag) 又は逆進角 (Angle of negative lead) と云ふ。

電動子の反作用は唯此中性線の位置が廻轉方向に遅れてゐるこゝが發電機と異なるのみで他の事は同様である。



電動子反作用を減ずる方法も發電子反作用を減ずる方法と同様であるが一般に

電動機は直接手を付けるに不便な位置に取付けられる事が多く、又密閉してある爲め刷子に手を觸れる事が不便な事が多い等の爲め反作用を減ずるやう充分注意してゐる。即ち補極又は補償線輪を設け是等のないものは界磁の強さを充分強くしてある。

【58】 電動機の種類

電動機も界磁の勵發方法により次の數種に分たれる。

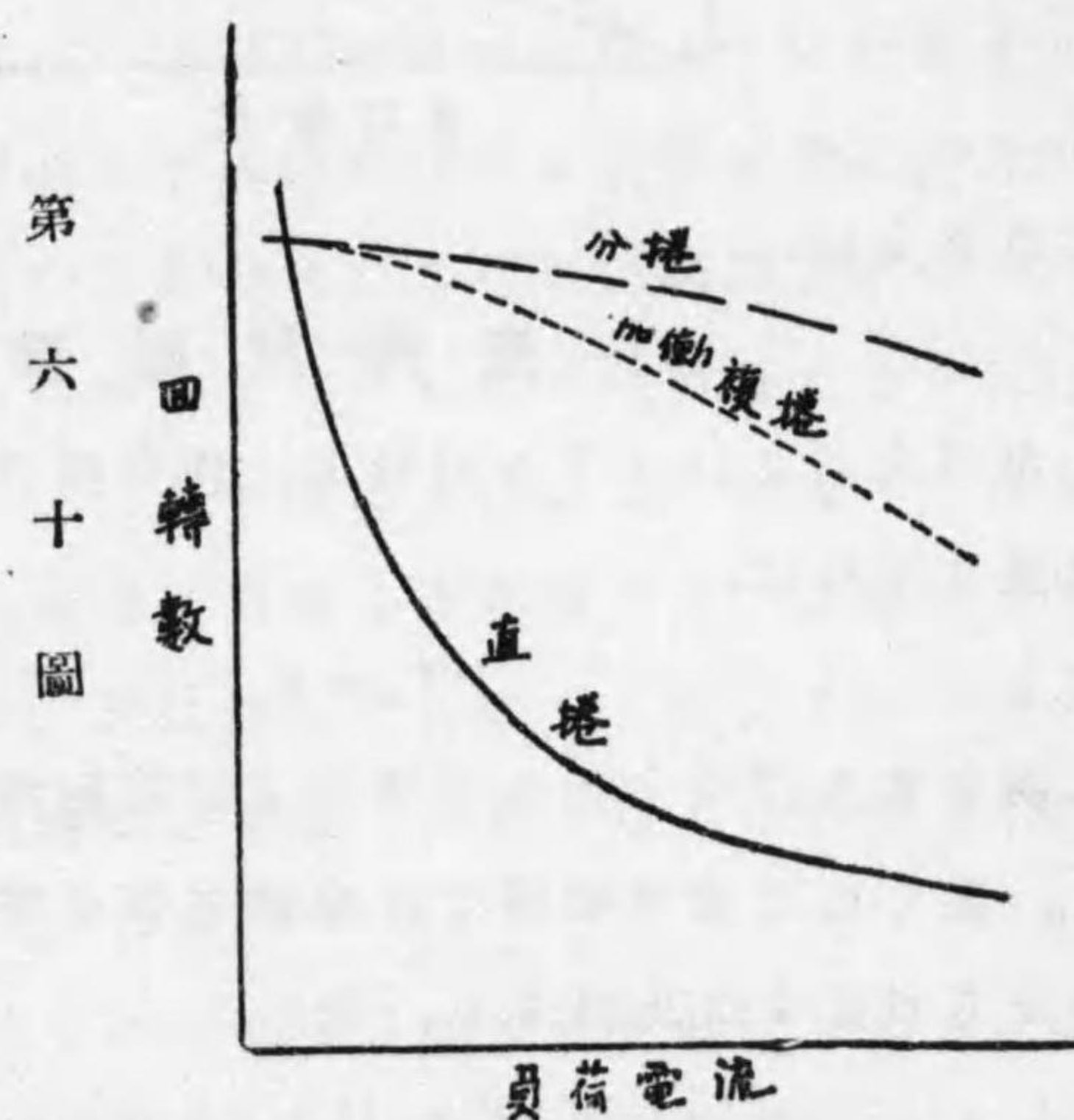
- a. 直捲電動機 (Series motor)
- b. 分捲電動機 (Shunt motor)
- c. 加働複捲電動機 (Cumulative compound motor)
- d. 差働複捲電動機 (Differential compound motor)

是等の區別の仕方は發電機の場合と同様であるが複捲電動機の内加働複捲電動機とは直捲線輪による磁力と分捲線輪による磁力とが複捲發電機の場合の如く相加はるやうにしたもので差働複捲電動機では兩線輪の磁力が相反するやうに連結せられたものである。

【59】 各種電動機の特性及用途

第六十圖は輕負荷のとき廻轉數の等しい各種電動機の廻轉數と電動

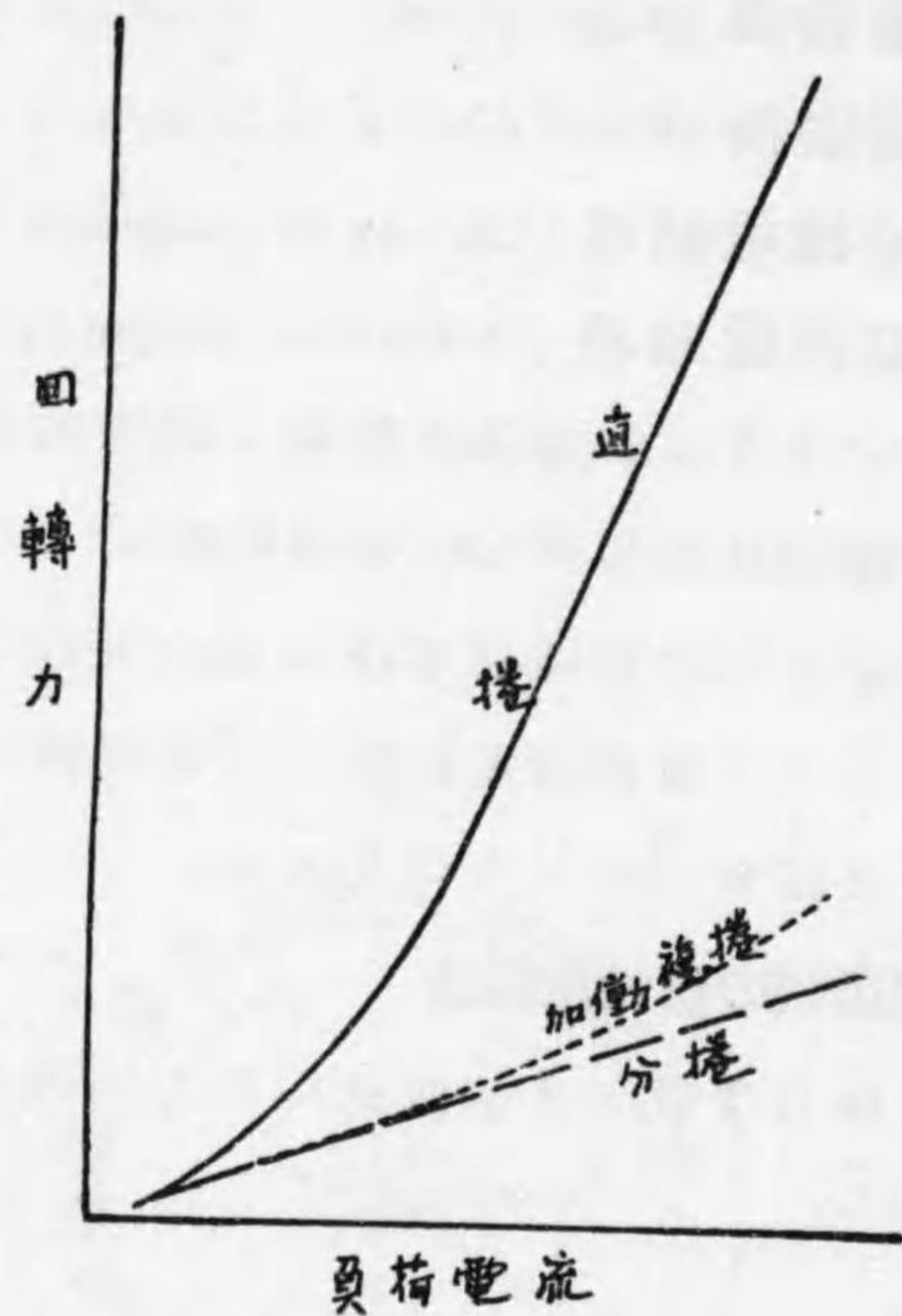
子電流即ち負荷との間の關係を示す特性曲線であつて第六十一圖は廻轉力と電動子電流との間の關係を示す特性曲線である。勿論是等



の曲線の形狀は箇々の電動機によつて異なるものであつ



第六十一圖



て圖では單に電動機の種類によつて是等の曲線の形狀が如何に異なるかを大體示したの

に過ぎない。

a. 直捲電動機

第18式によれば  $T$  を廻轉力、 $\phi$  を磁力線、 $I$  を電動子電流とすれば、

$$T \propto \phi I$$

磁束密度が小であるときは  $\phi$  は勵磁電流に略々比例する。然るに直捲電動機では勵磁電流は電動子電流に等しいから  $\phi$  は  $I$  に比例する、故に

$$T \propto I^2 \dots\dots\dots(19)$$

然るに鐵が磁力に飽和すれば勵磁電流がそれ以上増加

しても  $\phi$  には變化はない、故に此時には

$$T \propto I \dots\dots\dots(20)$$

實際の直捲電動機では全負荷電流が通つても鐵は磁力に飽和しないやうに造つてある、故に廻轉力は略々第19式のやうに負荷電流の二乗に比例する。處が後に述べるやうに分捲電動機では廻轉力は負荷電流に正比例するから直捲電動機は分捲電動機に比し大なる廻轉力を出す事が出来る。

次に第17式によれば  $n$  を廻轉數  $E$  を逆起電力  $\phi$  を磁力線とすれば

$$n \propto \frac{E}{\phi}$$

直捲電動機では前に述べた通り  $\phi$  は略々  $I$  に比例するから  $E$  を一定と看做せば廻轉數は略々負荷電流に逆比例する事となる。故に負荷の大なる時には廻轉數が減じ、負荷の小なる時には廻轉數が増し殊に無負荷のときは廻轉數が甚だしく大となり遠心力によつて破壊するに至る事がある、故に直捲電動機は全然無負荷で廻轉せしめないやうにするか、又は遠心力によつて働らくブレーキなごを使用して廻轉數が甚だしく大にならないやうに注意せねばならない。

直捲電動機は以上述べたやうな特性を持つてゐるから廻轉數は變動しても差支へないが起動の際又は廻轉中大なる廻轉力を必要とするやうな箇所に使用するに適して

る。船舶上では主機の廻轉装置 (turning gear) の原動機として或ひは揚荷機揚錨機等を使用せられてゐる。

b. 分捲電動機

分捲電動機では供給電圧が一定ならば磁力線  $\phi$  も殆んご一定である、故に廻轉力は第18式によつて略々電動子電流に正比例する。

次に第17式によれば  $E \propto \phi n$

又第14式によれば  $E \propto V - IR_a$

$IR_a$  は  $V$  に比して非常に小さいから  $E$  は  $V$  に比例するを考へても大差はない。

故に  $V \propto \phi n$

然るに供給電圧  $V$  は殆んご一定であり、又分捲電動機では前に述べた如く  $\phi$  も殆んご一定であるから廻轉數も殆んご一定である。

故に分捲電動機は直捲電動機のやうに大なる廻轉力を出す事は出来ないが廻轉數は殆んご一定であるから船内では扇風器、送風器、唧筒類等の原動機として使用せられてゐる。

c. 加働複捲電動機

加働複捲電動機は直捲電動機と分捲電動機との性質を複合したものであるから廻轉力も可なり大であり、又直捲電動機の如く無負荷の時廻轉數が甚だしく増大するやうな事もない、然し直捲電動機及分捲電動機の性質の何

れにより多く似るかは兩捲線の捲廻數によつてさうにでもする事が出来るのである。船舶上では直捲線輪の捲廻數を割合多くして揚荷機揚錨機等を使用せられてゐる。

d. 差働複捲電動機

差働複捲電動機は廻轉數の變動は分捲電動機よりも更に少なく殆んご一定であるやうに造つてあるから精密に速度の一定不變を望む紡績機等を使用せられるこの事であるが船舶上では使用してゐない。

問 題

(1) 或出力 2 馬力の電動機の廻轉數は毎分 1800 であるを云ふ、廻轉力は何呎封度であるか。

又能率が 75% であるをすれば入力は何ワットであるか。

(2) 或る四極竝列捲きの電動機は各磁極の磁力線數は  $1.2 \times 10^6$  本であつて電動子は 330 本の誘導子を持つてゐるを云ふ、廻轉數毎分 1000 の時逆起電力は何程か、又此時 40 アンペアの電流を要するをすれば廻轉力及馬力は何程か。

解 答

(1) 第16式の前式によれば

$$\frac{T \cdot 2\pi n}{33000} = 2$$

$$T = \frac{33000 \times 2}{2\pi n} = \frac{33000}{3.14 \times 1800} = 5.83 \text{ 呎封度}$$

2 馬力は  $746 \times 2 = 1492$  ワットであつて能率は 75%

であるから 入力 =  $\frac{1492}{0.75} = 1989$  ワット

(2) 逆起電力は第12式により

$$E = 2 \cdot \frac{Z}{P} N n \div 10^8 \text{ ボールト}$$

$$Z = 330, \quad P = 4, \quad N = 1.2 \times 10^5, \quad n = 1000 = 10^3$$

$$\therefore E = 2 \times \frac{330}{4} \times 1.2 \times 10^5 \times 10^3 \div 10^8 = 165 \times 1.2$$

$$= 198 \text{ ボールト}$$

廻轉力は第16式により

$$T = \frac{7.02 EI}{n} = \frac{7.02 \times 198 \times 40}{1000}$$

$$= 55.6 \text{ 呎封度}$$

$$\text{馬力} = \frac{55.6 \times 1000 \times 2\pi}{33000} = \frac{55.6 \times 6.24}{33}$$

$$= 10.5$$

## 第二節 起動法及制御法

### 【60】起 動 法

第14式によれば電動子電流を  $I$ 、供給電圧を  $V$ 、逆起電力を  $E$ 、電動子抵抗を  $R_a$  とすれば

$$I = \frac{V - E}{R_a}$$

起動の際には廻轉数が少ないので逆起電力は非常に小さく又  $V$  や  $R_a$  は廻轉中と殆んど變りはないから電動子電流  $I$  は非常に大なる値となり電動子捲線を焼損する虞れがある、尙發電機には負荷の激増を起さしめ他の廻轉中の電動機にも廻轉数の變動を起さしめる虞れがある。故

に直流電動機では總て起動の際電動子捲線と直列に或抵抗を挿入して電動子電流を減ぜしめ廻轉数が大きなり  $E$  が大きなるに従つて抵抗を小さし普通速度で廻轉の際には直列抵抗を零とするやうな装置を必要とする。

### 【61】制 御 法

第17式によれば

$$E \propto \phi n$$

$$\therefore n \propto \frac{E}{\phi}$$

上式を見れば廻轉数を變化せしめるには  $E$  又は  $\phi$  を變化すればよいことになる。是等を變化するに次のやうな方法がある。

#### a. 直列抵抗法

電動子捲線と直列に抵抗を挿入するもので前項に述べた起動抵抗器を速度制御用にも使用するのである。

直列抵抗を加へれば逆起電力が下り従つて廻轉数を減じ得るのであるが此方法では直列抵抗を零にしたときよりも廻轉数を増加することは出来ない。

此方法は分捲電動機では逆起電力  $E$  のみが影響を受けるが直捲電動機では  $E$  が降ると同時に直捲線輪による  $\phi$  も減少するから一見  $n$  はあまり減少しないやうであるが電動機の出す廻轉力が小さなるから一定負荷に對しては結局  $n$  を減少する事が出来る。

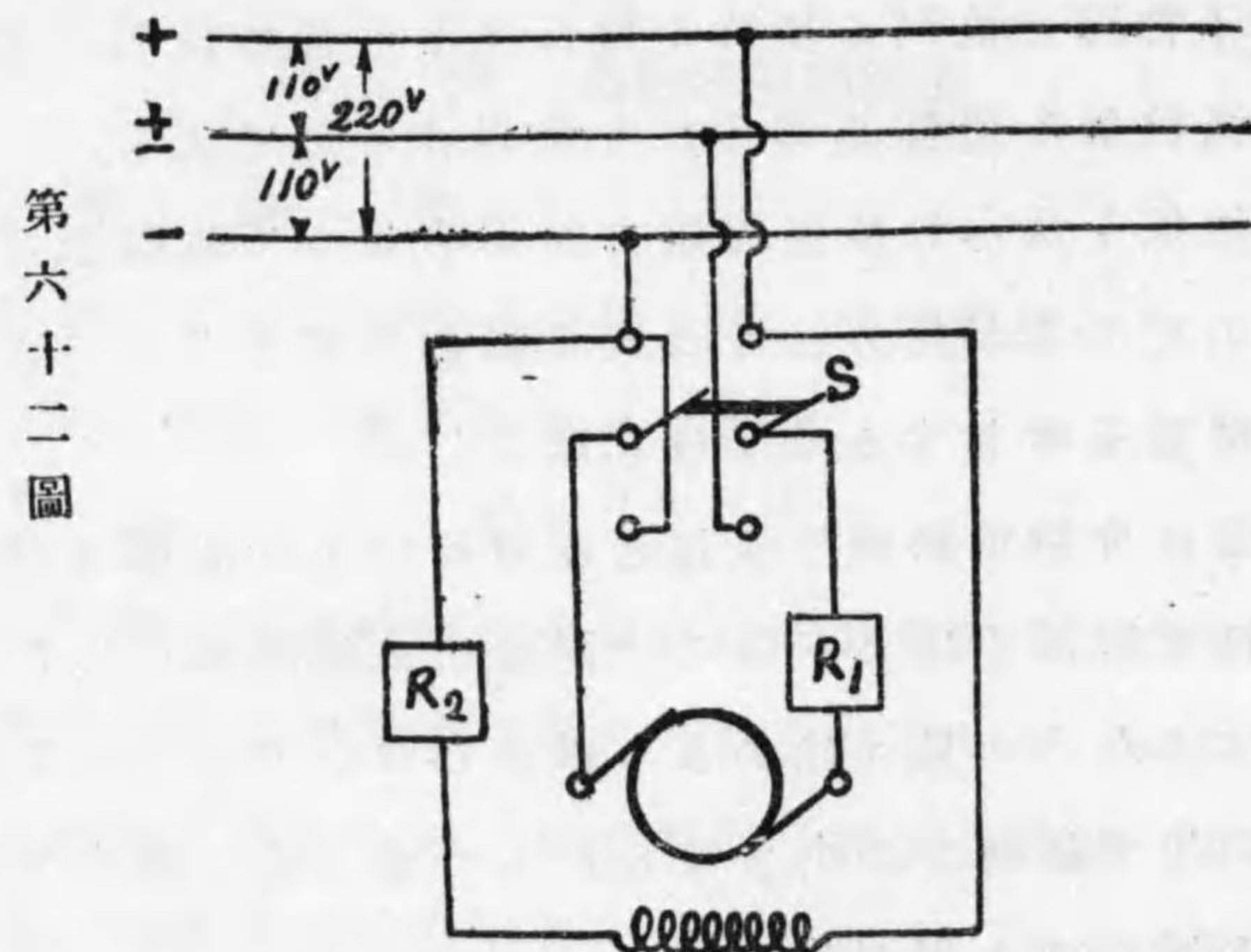
b. 界磁電流加減法

上式を見るに界磁電流を減じ従つて磁力線 $\phi$ を減ずれば廻轉數を増加し得る事がわかる（此時廻轉力は減少する）故に分捲電動機では界磁線輪に直列に抵抗加減器を接続し、又直捲電動機又は復捲電動機では直捲線輪と並列に抵抗を挿入し之を加減し得るやうにする。並列抵抗を大にすれば直捲線輪を通る電流が大となり、並列抵抗を小にすれば線輪を通る電流も小なる。

かやうな直捲線輪と並列に設けた抵抗を **シリーズデバーター** (Series Diverter) と稱へる。

c. 多電圧法

三線式配線を有する場合には第六十二圖の如く装置す

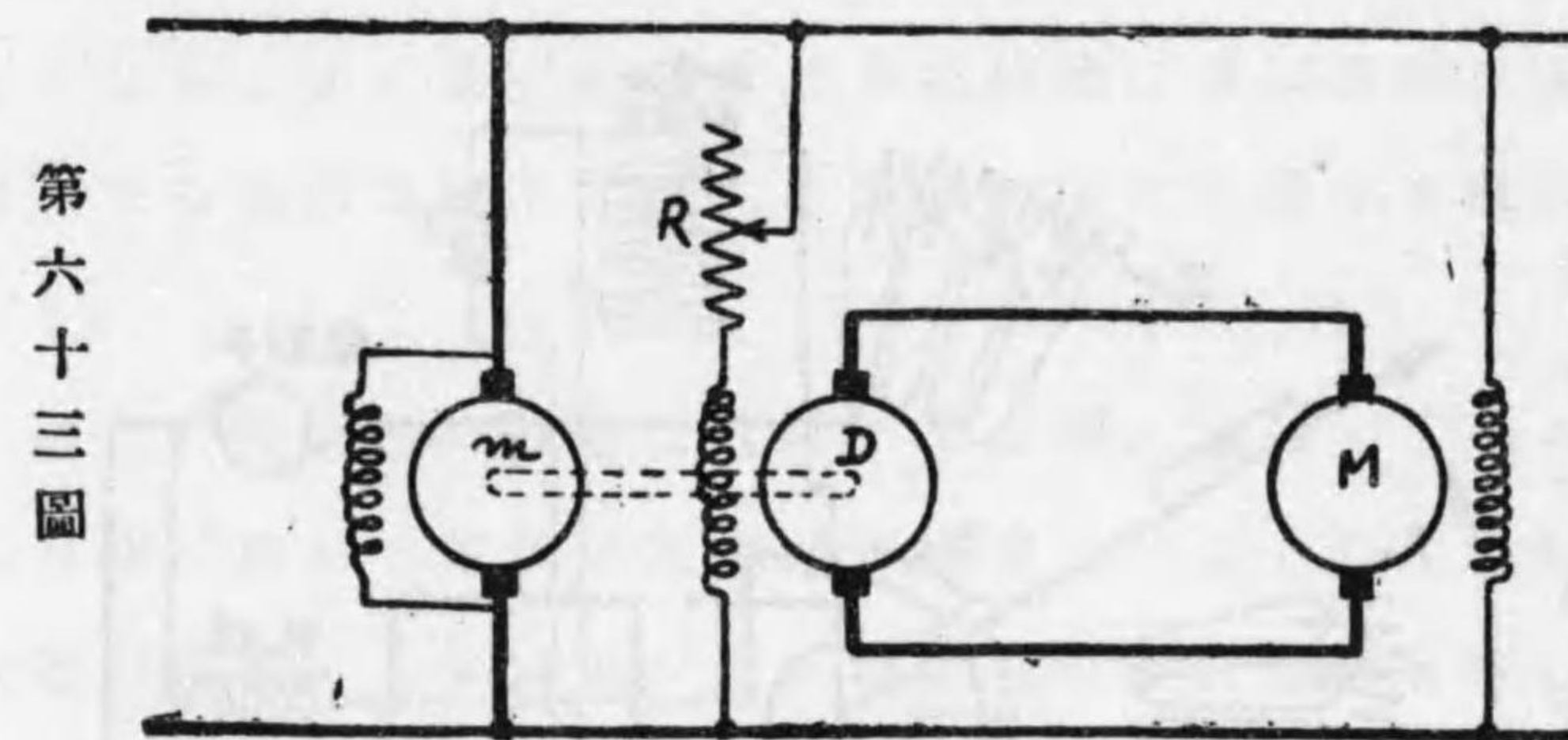


れば非常に廣い範圍の速度加減を行ふことが出来る。 S

は轉換開閉器であつて、上方に閉ぢれば電動子には 220 ボルトが通じ下方に閉ぢれば 110 ボルトが通ずるのである、又圖のものでは分捲線輪には常に 220 ボルトが通ずるやうにしてある。R<sub>1</sub>は(a)の方法により電動子電流を加減する抵抗器、R<sub>2</sub>は(b)の方法により界磁電流を加減する抵抗器である。尙圖では分捲電動機の配線圖を示したが直捲電動機にも同様な装置を使用する事が出来る。

d. ワードレオナード法

ワードレオナード法 (Ward Leonard system) も多電圧法の一つであつて第六十三圖の如く主電動機に電動發電機



を附屬せしめ、此發電機の起す電壓を界磁抵抗器により種々に加減し此發電機よりの電流を主電動機の電動子に通ずるものである、圖中mは補助電動機であつて發電機Dを廻轉する爲めの電動機である、かやうな装置を **電動發電機** (Motor generator) と稱する。

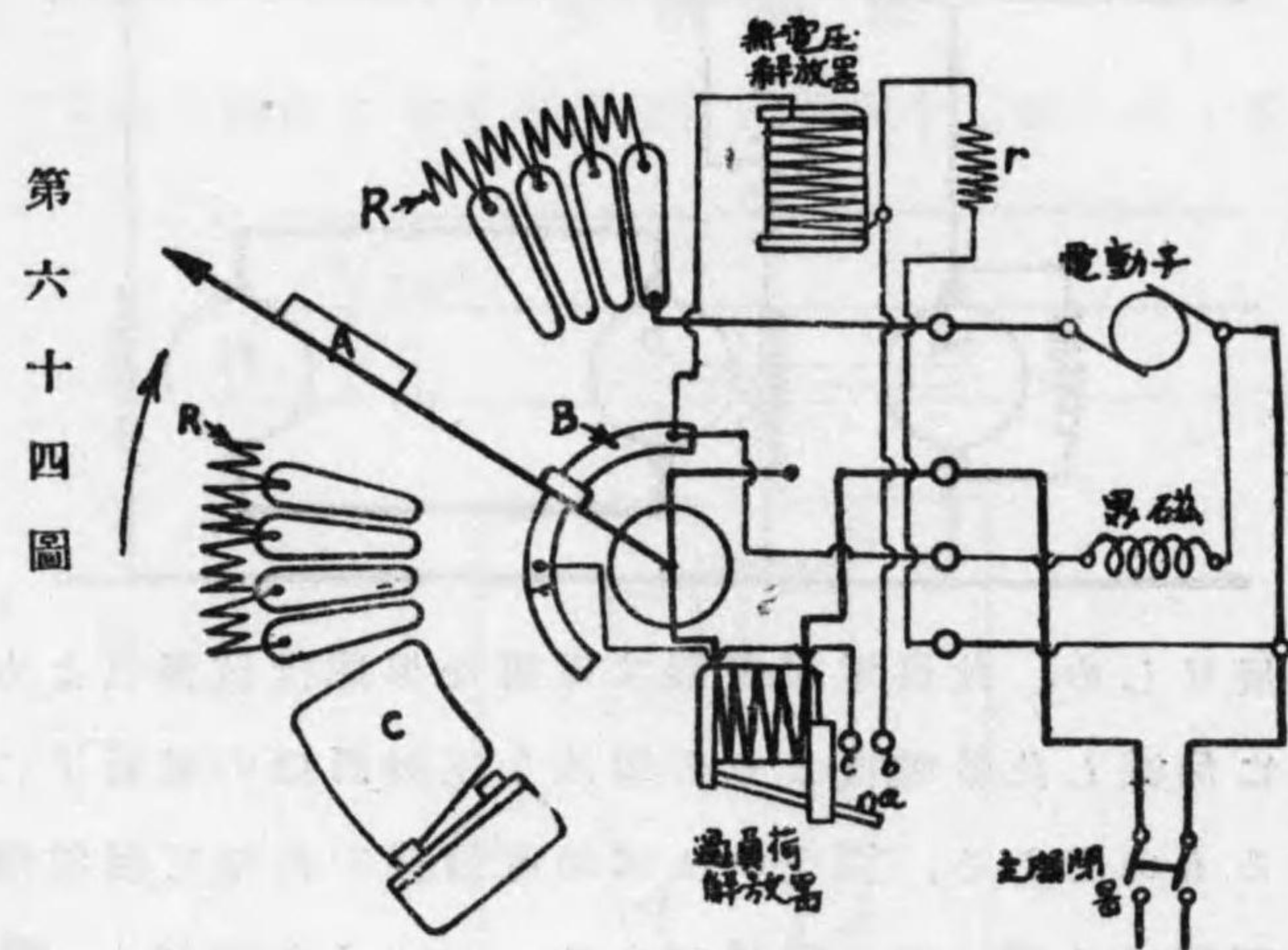
又Mは主電動機で發電機と共に他勵式のものであるこ

こは圖により明らかである。

此方法では界磁調整器 R にて發電機の誘導起電力を調整し零から全速度迄細密に任意の速度調整をなし得るものであるが装置が複雑であるから特殊のものにしか使用せられてゐない様である、後に述べる電動操舵機に之を使用してゐる。

【62】 無電壓及過負荷解放器を有する起動器

起動器には電動機を安全に保護する爲め無電壓及過負荷解放器 (No volt and over load release) を有するものが多い。



殊に過負荷解放器を有しないものでも無電壓解放器は殆んき有してゐる。第六十四圖は無電壓及過負荷解放器

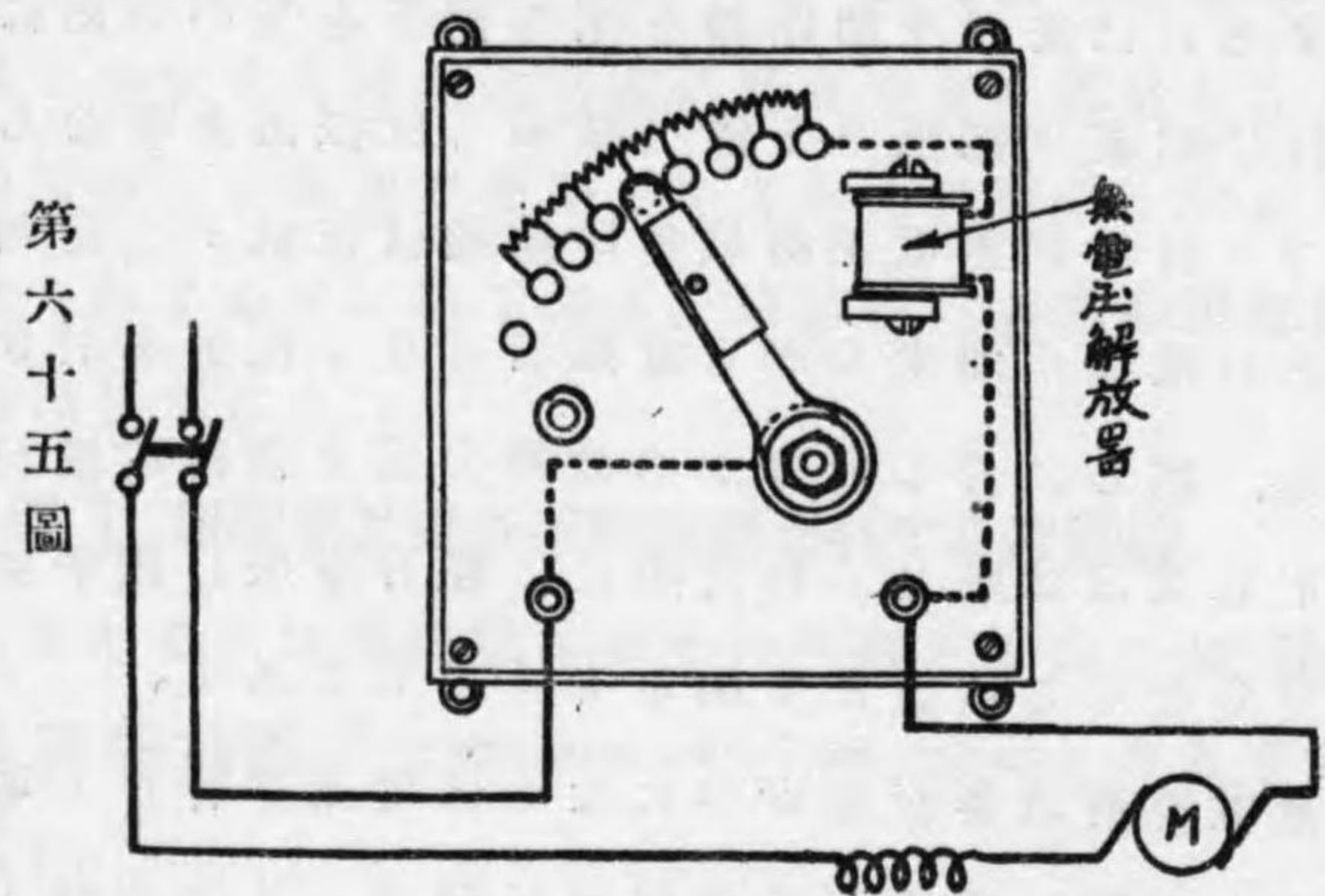
を有する分捲電動機用起動器の配線圖を示すもので電動機を起動するには先づ主開閉器を閉ち把手を矢の方向に動かして行けば直列抵抗 R を漸次減少し此抵抗を零なる位置に持つて行けば無電壓解放器の線輪は抵抗 r に直列に接続せられ電流が通ずるから電磁石となり把手を引き付けてゐる、然るに若し何等かの故障の爲め供給電壓が著しく降下し又は切斷せられた際には磁力を失ひ把手は發條の力で C なる位置まで歸るやうにしてある。

若しも無電壓解放器がなかつたならば電流が停止し電動機が停止した際に把手を元の位置に歸すことを忘れてゐたならば次に電流が来たとき電動機は直列抵抗が零で起動する爲め電動子に過大の電流が流れ焼損する虞れがある。

過負荷解放器の線輪は電動子と直列に接続してあるから負荷が増加し電動子電流が或程度を超過したならば解放器の線輪にも大電流が流れ電磁石の吸引力が増加し a なる接極子を b, c に附着せしめる、かくすれば無電壓解放器の線輪と並列に線輪よりは遙かに抵抗の小なる電路が完結せられこゝなり無電壓解放器の線輪を通る電流は甚だ小となり磁力を失ひ把手は發條の力で元の位置に歸される、かくして過大な電流が電動子に流れるのを防止するのである。

又第六十五圖は無電壓解放器をのみ有する直捲電動機

の起動器の大體の構造及配線を示したもので普通の起動



第六十五圖

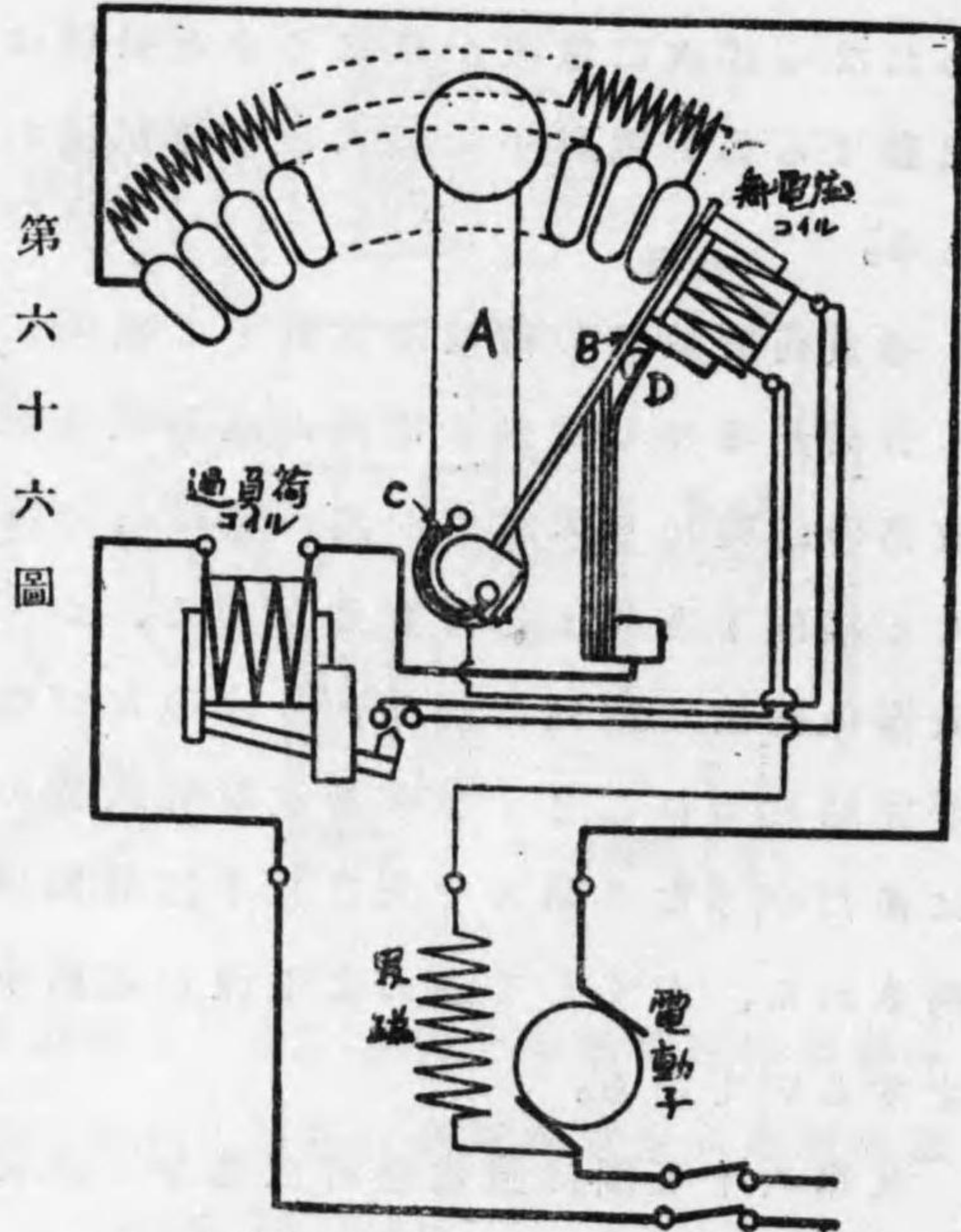
器は大低かやうな外型をしてゐる。解放器の線輪は電路に直列

に結ばれてゐる  
 其他の動作は上述のものと同様だから略することにする。

【63】 起動兼制御器

(直列抵抗法を使用するもの)

第六十六圖は無電圧及過負荷解放器を有する分捲電動機用起



第六十六圖

動器であつて、又把手を動かして直列抵抗を加減し電動機

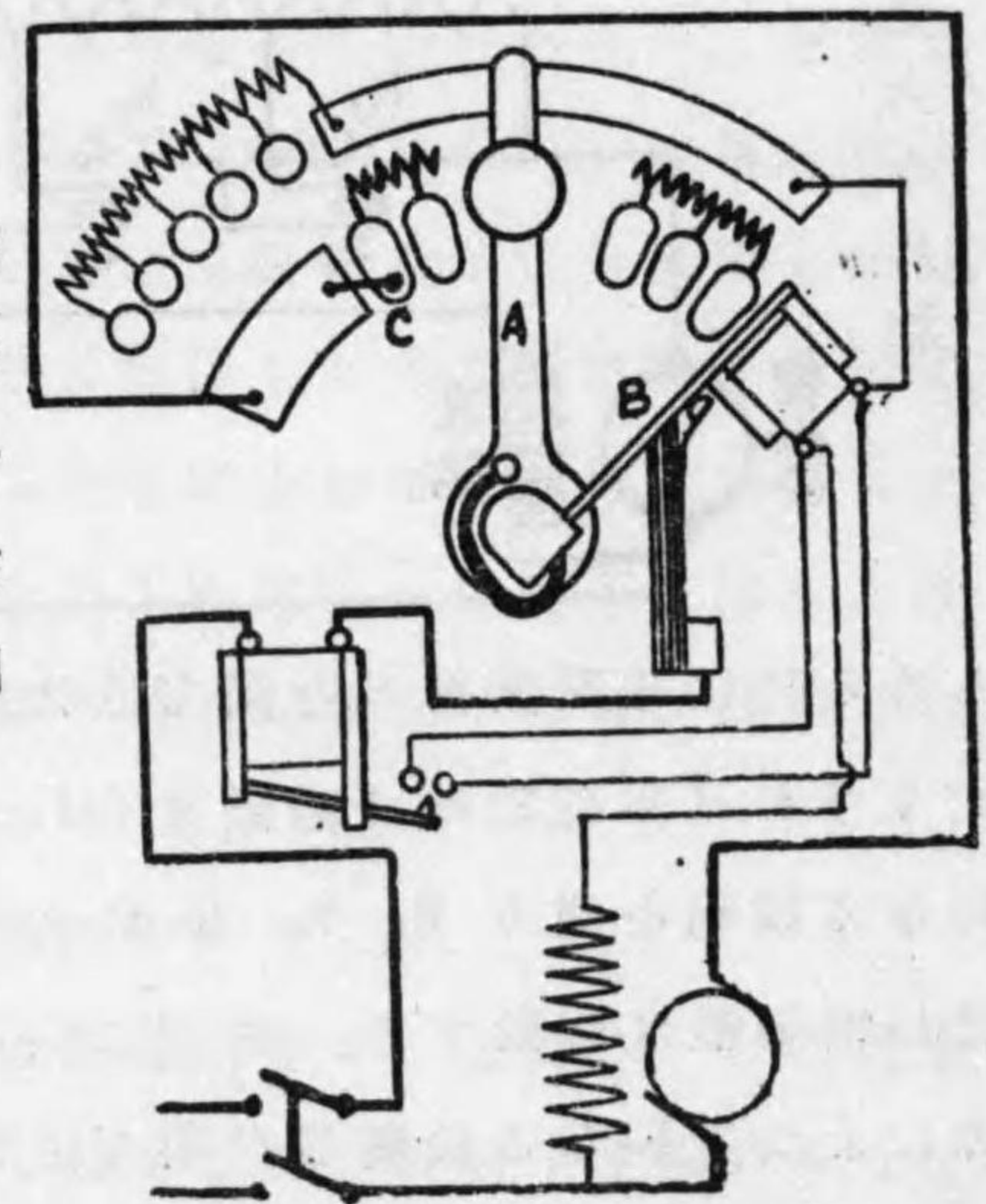
の速度をも制御し得るものである。  
 圖の如くA及Bと云ふ二箇の把手があつて此二箇の把手は可撓線Cによつて電氣的には接続せられてゐるが機械的には獨立に動かし得るものである。

電動機を起動せしめるには主開閉器を閉じた後ち把手Bを無電圧解放器に接觸せしめ、把手Aによつて直列抵抗を漸次減少せしめるものであつて速度を制御するには把手Aを動かし直列抵抗を加減するのである。

無電圧解放器は供給電壓が零になつた時、又は電動機電流が過大になつて過負荷解放器によつて短絡せしめられたとき磁力を失ひ把手Bと接觸子との間の線を絶つのである。

【64】 起動器兼制御器 (直列及並列抵抗加減器付)

第六十七圖は構造は前項に述べたものと殆んど同様であるが、把手Aを右より左に動かし直列抵抗を減じ抵



第六十七圖

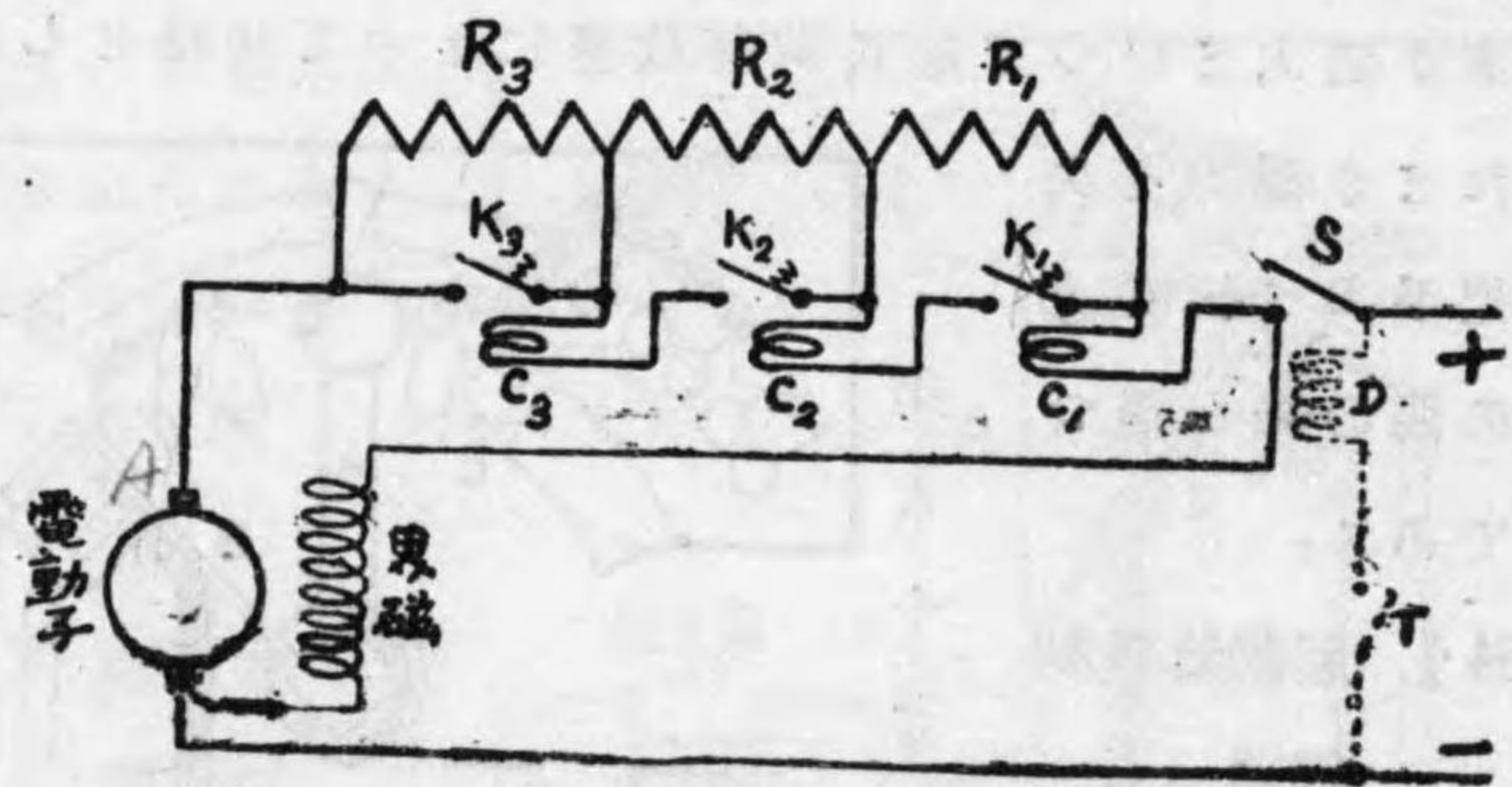
抗が零となる接觸片Cを過ぎて後尙左に動かせば直列抵抗は零を保ち分捲線輪を直列にある抵抗は今迄零であつたのが漸次大となり、電動機を速度を増大ならしめるものである。

【65】自動起動器 (Automatic starter)

電氣に関する知識のないものが取扱つても電動機が安全に廻轉するやうに又は遠方より電動機を起動せしめる必要のある場合なごに自動起動器を使用する。

自動起動器にも色々種類があるが第六十八圖は其一例として分捲電動機用のものを示すものであつて、起動せ

第六十八圖



しめるには唯開閉器Sを閉ぢさえすればよいのである。かくすれば界磁線輪は勵磁せられ又一方電流は十線からC<sub>1</sub>なる線輪を通りR<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>の直列抵抗を経て電動子に流れ電動機は起動する。次ぎにC<sub>1</sub>に電流が通るから其磁力によつてK<sub>1</sub>なる接觸器が閉ぢられ電流はC<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>を経て電動子に流れR<sub>1</sub>は短絡せられて直列抵抗は減ぜ

せられる、又次ぎにはK<sub>2</sub>が閉ぢられて更に直列抵抗を減じ、最後にK<sub>3</sub>が閉ぢられて直列抵抗は總て短絡せられてしまひ、此儘でSなる開閉器を開く迄は電動機は廻轉を續けるのである。

C, Kのやうに直捲線輪によつて開閉せられるやうな接觸器を直捲接觸器 (Series contactor) と稱へる、尙はSなる開閉器を閉ぢる代りに電動機を並列に圖には點線で示したやうに線輪D及び小型の開閉器Tを設けTを開閉し磁力によつてSを開閉せしめるやうにしたものもあるかやうな接觸器を分捲接觸器 (Shunt contactor) と稱へる。

【66】遅延接觸装置 (Slow switch in device)

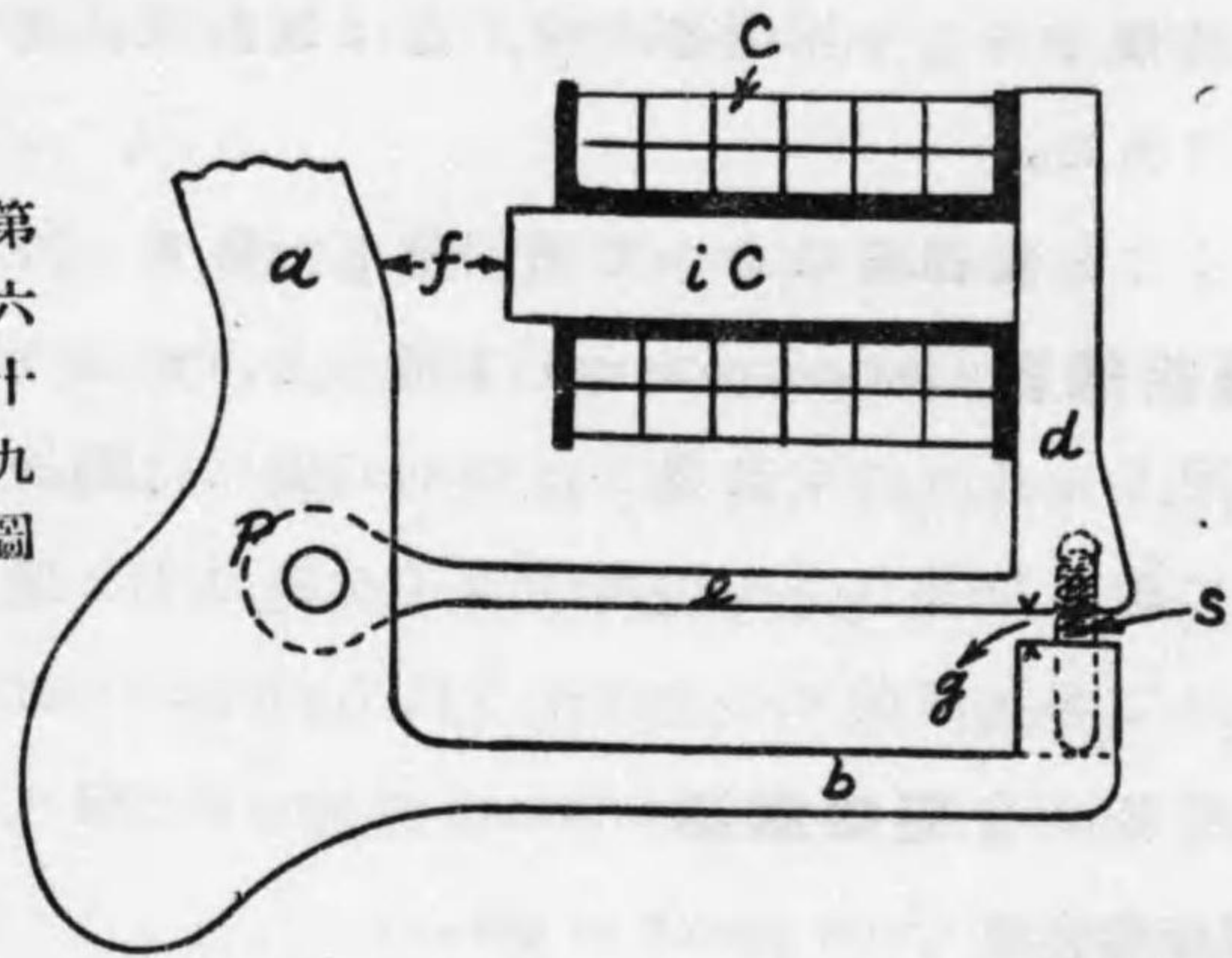
前項の説明では簡單の爲め略したのであるが、注意すべきは各直捲接觸器K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>は各C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>線輪に電流が通つた後少しく時間を置いて動作しなければならないことである。あまりに早く動作したのでは電動子の廻轉数が充分でなく、従つて逆起電力が低いとき直列抵抗が短絡せられることとなり過大な電流が電動子に流れる虞れがある。これを防ぐ爲め種々な装置があるが其主なものに次ぎに述べることとする。

a. 直捲接觸器専用のもの。

第六十九圖に於てcは直捲線輪、iは鐵心、dは繼鐵、a及びbは磁力によつて動かされる接觸片で圖のやうな形狀に作られ其支點はpであつてpはdの延長で小さい

断面積を有する鐵片 e の先端になつてゐる、s は眞鍮製止螺子で b と d の間隔が圖の g と云ふ長さより狭く

第六十九圖



らないやうに設けられたものである。直捲線輪に電流が通じてゐる間磁氣回路の

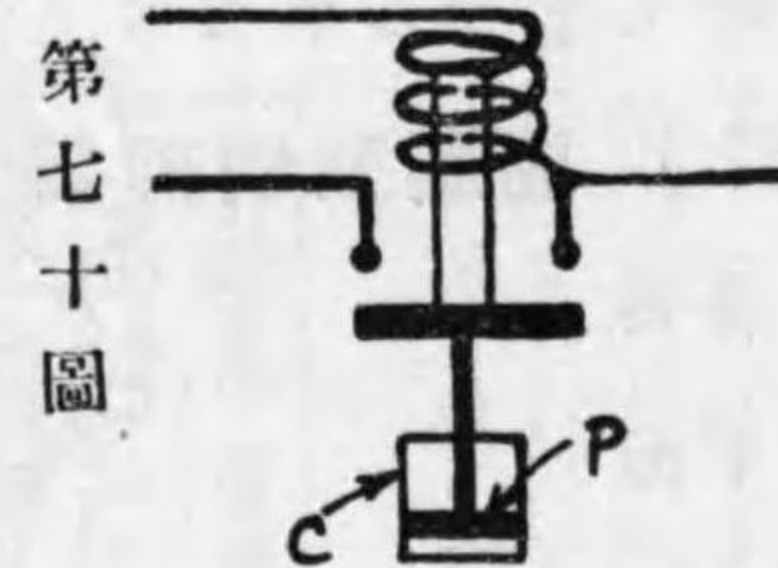
内 b と e とは並列になつてゐる。起動の際始めは大電流が通つて、例へば i c は 5 丈けの磁氣線を出すものとし i c と a との間隔を f とすれば、f には 5 の磁氣線が通り e は截斷面積が小であるため 1 の磁氣線で飽和するものとしれば、g には  $5 - 1 = 4$  の磁氣線が通る、故に f と g との磁氣線の比は 5:4 であるが f の間隔は g に比し大であるから d と b との間の吸引力が a と i c との間の吸引力よりも却つて大となり、b を d に引き付けたままでのる。處が廻轉數が大となり電流が減少し従つて磁氣線が減少し f に 3 の磁氣線が通るやうになつたときすれば e はやはり飽和してゐるので 1 の磁氣線が通り g には  $3 - 1 = 2$  の磁氣線が流れるやうになる、故に f と g

この間の磁氣線の比は 3:2 となり a と i c の吸引力が b と d との吸引力よりも大となり a は i c に引き付けられ接觸器を閉ぢるやうになる。

b. 制動盤 (Dash pot)

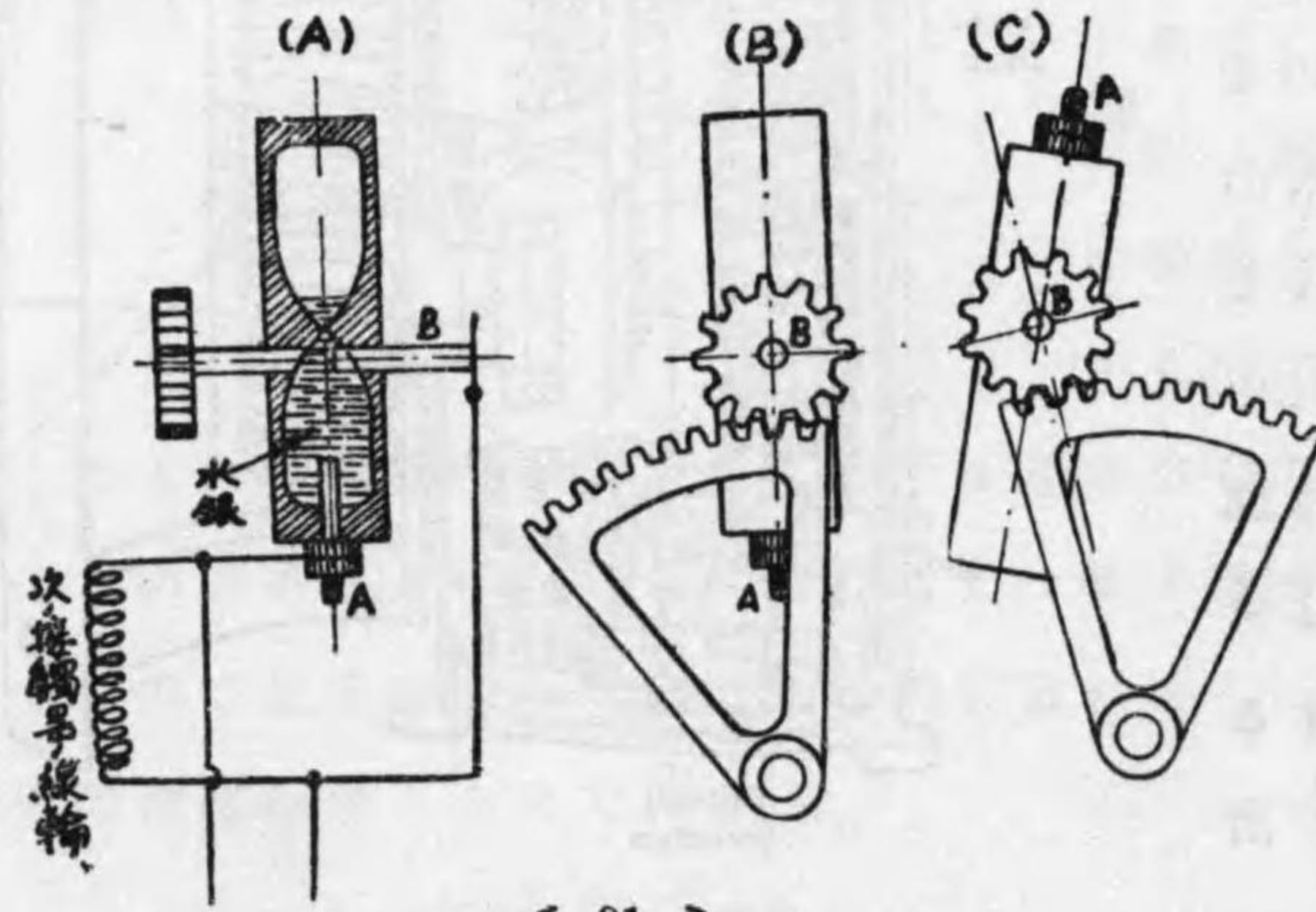
直捲接觸器にも又後に述べるやうなマスターコントローラーに使用せられる分捲接觸器にも使用し得るものが制動盤と稱せられるもので廣く使用せられてゐる。第七十圖は其一例を示すもので鐵心及び接觸器に接續せられた

ピストン p は油の充満したシリンダー c の中であつて線輪に電流が通じて油がピストンとシリンダーとの間隙を通つて下に落ちた後始めて接觸器は閉ぢられるものである、中にはピストンに小孔を設けて油が通るやうにしたものもある。



第七十圖

第七十一圖

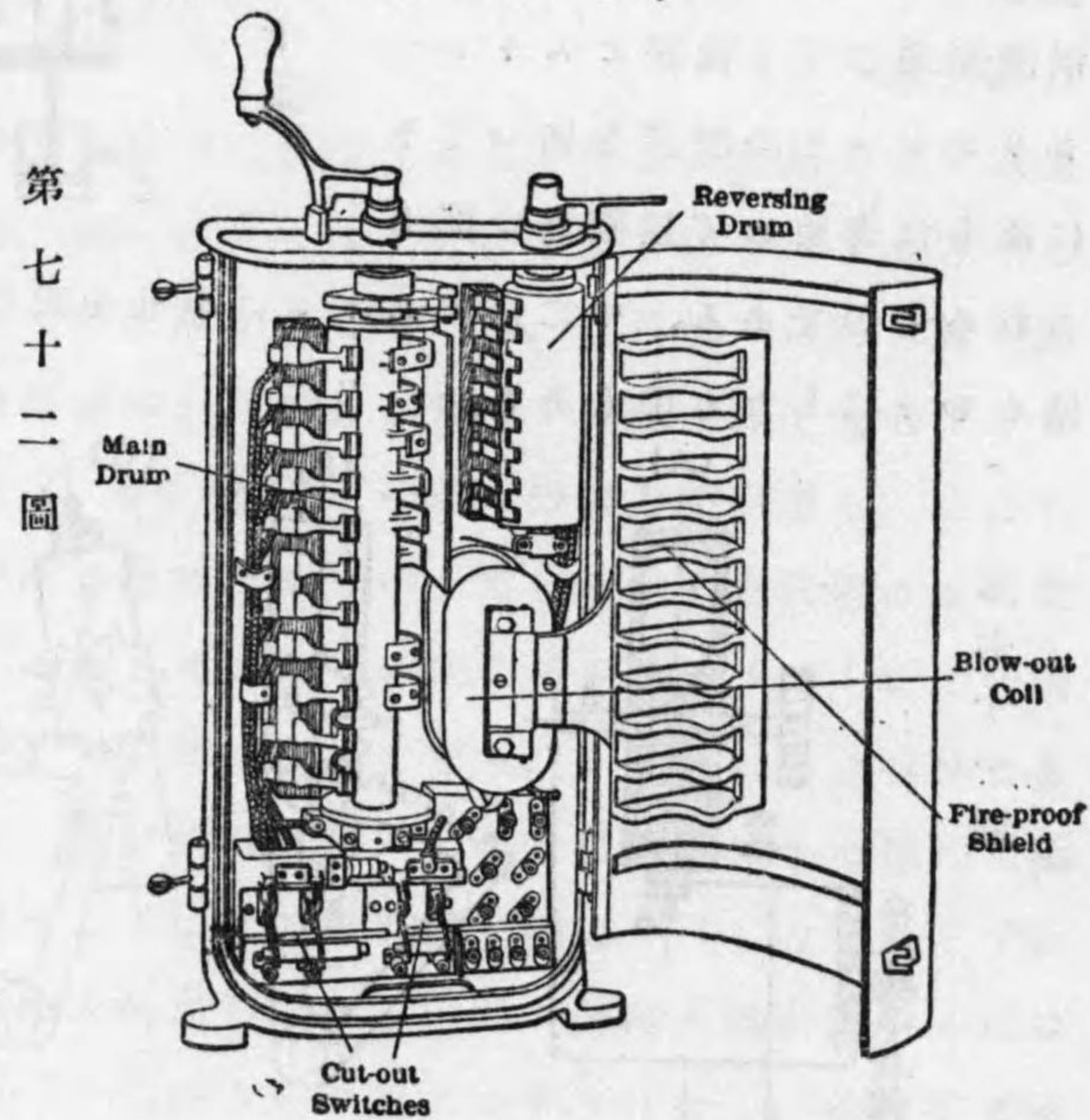




尚ほ第七十一圖のやうに内部が砂時計 (hour glass) のやうな形をした容器に水銀を入れ接觸器が開いてゐる時は同圖 A 及び B の如く A が下になつてゐて、次の接觸器の線輪は A B 間で水銀によつて短絡せられてゐるが、接觸器が閉ぢられると齒車装置によつて同圖 C のやうに傾斜し A が上部となり水銀は眞中の小孔を通つて下に落ち A と B との間の短絡が一秒位の後ち絶たれるものである。此型のもはスコット式揚荷機に使用せられてゐるから其時又述べる事とする。

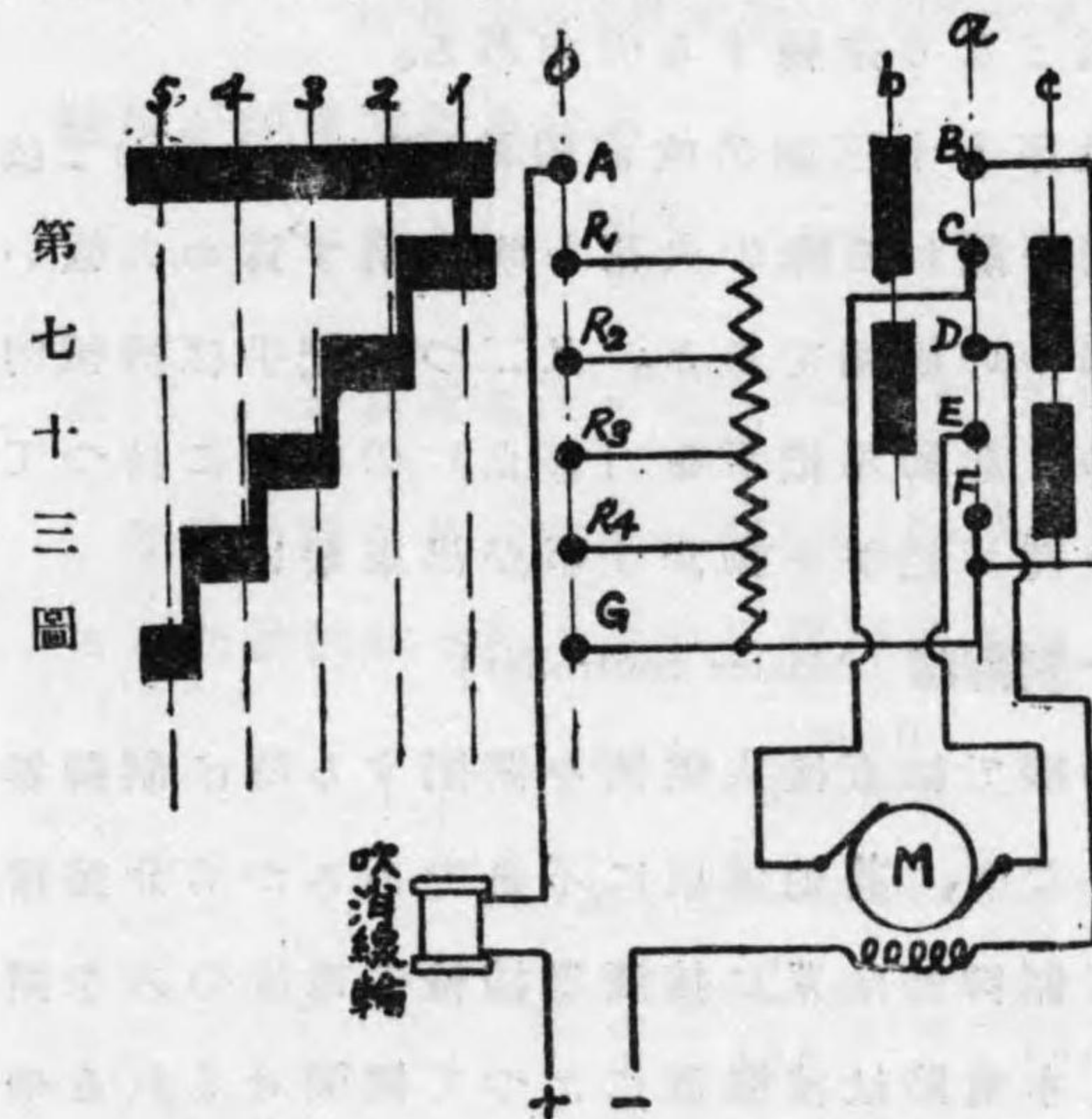
【67】 圓胴型制御器 (Drum controller)

普通の平面接觸型制御器は甲板上の如く水のかる處のある處には使用することが出



第七十二圖

來ない、又その處れはなくても屢々發停を行ふ電動機用として塵芥が蓄積したりなごして不便であるから圓胴型制御器を使用する。圓胴型制御器の内部の構造は第七十二圖の如く起動兼制御用の主把手又は逆轉用の把手を廻せば種々の大きさの扇形の銅片を絶縁して取付けられた軸が廻轉し其廻轉位置によつて其内の數個が固定接觸指 (finger) に接觸するのである。かやうな制御器の動作を考究するには第七十三圖のやうな圖を使用する。圖は



第七十三圖

直接電動機用の配線を示すもので黒い四角形のは扇形の銅片を展開した形であつて又圓點は固定接觸指を示すもので其

内 O 線上のものは起動兼制御用のもので a 線上のものは逆轉用のものである。1, 2, 3, 4, 5, 及び b, c は軸の廻轉位置を示すもので是等の線を O 線又は a 線に重ねるものとして各部の連絡を考へるのである。

例へば b 線を a 線に重ねて置き 1 線を 0 線に重ねたならば電流は + 線から A 及び R、直列抵抗を全部経て B, C, 電動子 M, E, D の順序に通る直捲線輪を経て一線に至る、故に電動機は起動し、2, 3, 4, 線を順次 0 線に重ねるに従つて直列抵抗を減じ 5 線を 0 線に重ねれば直列抵抗は全部短絡せられてしまふ、又 c 線を a 線に重ねれば電流は + 線から A, R, F, E, M, C, D の順序に通る直捲線輪を経て一線に至る、故に電動子の電流方向は b 線を a 線に重ねた時は反対となり逆轉するのである。

第七十二圖及第七十三圖の吹消線輪 (Blow out coil) は接觸指との接觸が離れる際の火花を吹き消す爲めの強い磁場を供する爲めの線輪である。又二つの把手は機械的装置がしてあつて起動用把手を「停止」の位置に持つて行かなければ逆轉用把手を動かす事が出来ない。

【68】 マスター制御器 (Master controller)

大馬力の電動機では直接大電流を開閉する時は制御器の形状が大きくなり、其他使用に不便であるから分捲接觸器を使用して制御器は單に接觸器線輪の電流のみを開閉するやうにし本電路は接觸器によつて開閉せられるやうな装置を採用する。之を **マスター制御器** と稱へる、其配線圖は揚荷機を説明の際述べる事とする。

問 題

或直捲電動機の直捲線輪と發電子との抵抗の和は 0.005

オームであつて出力は 10 馬力、能率は 80%、電壓は 220 ボルトであるを云ふ、起動の際の最大電流を全負荷の一倍半とすれば起動抵抗は何オームでよいか、又起動後 1 秒して逆起電力は 50 ボルトとなり 2 秒して 120 ボルトとなるものとすれば各場合の抵抗は何オームあつたらよいか、但し此時も最大電流は全負荷の一倍半とする。

解 答

$$10 \text{ 馬力} = 746 \times 10 = 7460 \text{ ワット}$$

能率が 80% であるから

$$\text{入力} = \frac{7460}{0.8} = 9325 \text{ ワット}$$

$$\text{故に 全負荷電流} = \frac{9325}{220} = 42.4 \text{ アンペア}$$

$$\text{起動の際の最大電流} = 42.4 \times 1.5 = 63.6 \text{ アンペア}$$

故に起動抵抗を  $R_1$  とすれば第 14 式より

$$63.6 = \frac{220 - 0}{R_1 + 0.005}$$

$$\therefore 63.6 R_1 = 220 - 63.6 \times 0.005 = 220 - 0.32$$

$$\therefore R_1 = \frac{220 - 0.32}{63.6} = \frac{219.68}{63.6} = 3.45 \text{ オーム}$$

一秒後の抵抗を  $R_2$  とすれば

$$63.6 = \frac{220 - 50}{R_2 + 0.005} = \frac{170}{R_2 + 0.005}$$

$$\therefore 63.6 R_2 = 170 - 0.32 = 169.68$$

$$\therefore R_2 = \frac{169.68}{63.6} = 2.67 \text{ オーム}$$

二秒後の抵抗を  $R_3$  とすれば

$$63.6 = \frac{220 - 120}{R_3 + .005} = \frac{100}{R_3 + .005}$$

$$\therefore 63.6 R_3 = 100 - 0.32 = 99.68$$

$$\therefore R_3 = \frac{99.68}{63.6} = 1.57 \text{ オーム}$$

### 第三節 船用電動補助機

#### 【69】揚荷機及揚錨機 (Winch and Windlass)

揚荷機及揚錨機は起動廻轉力が大なる事を必要とし、又重負荷の時には廻轉数が少なく軽負荷の時には廻轉数が多い方が都合がよいから直捲電動機又は復捲電動機を使用する。

揚荷機又は揚錨機が荷物を負ふてゐる時何等かの原因によつて電源よりの電流が絶たれた時には電動機は廻轉力を失ふから荷は其重さの爲め急に下降し危険を伴ふ虞れがある。故に電流が絶たれた時には自動的に廻轉を止めるやうな保安装置を必要とする。此の目的の爲めには**ブレーキ**を使用する。

揚荷機又は揚錨機用制御器は小馬力のものでは圓胴型制御器を使用するものもあるが大抵はマスター制御器を使用し、接觸器、抵抗等は臺鐵の中に納めるか又は大馬

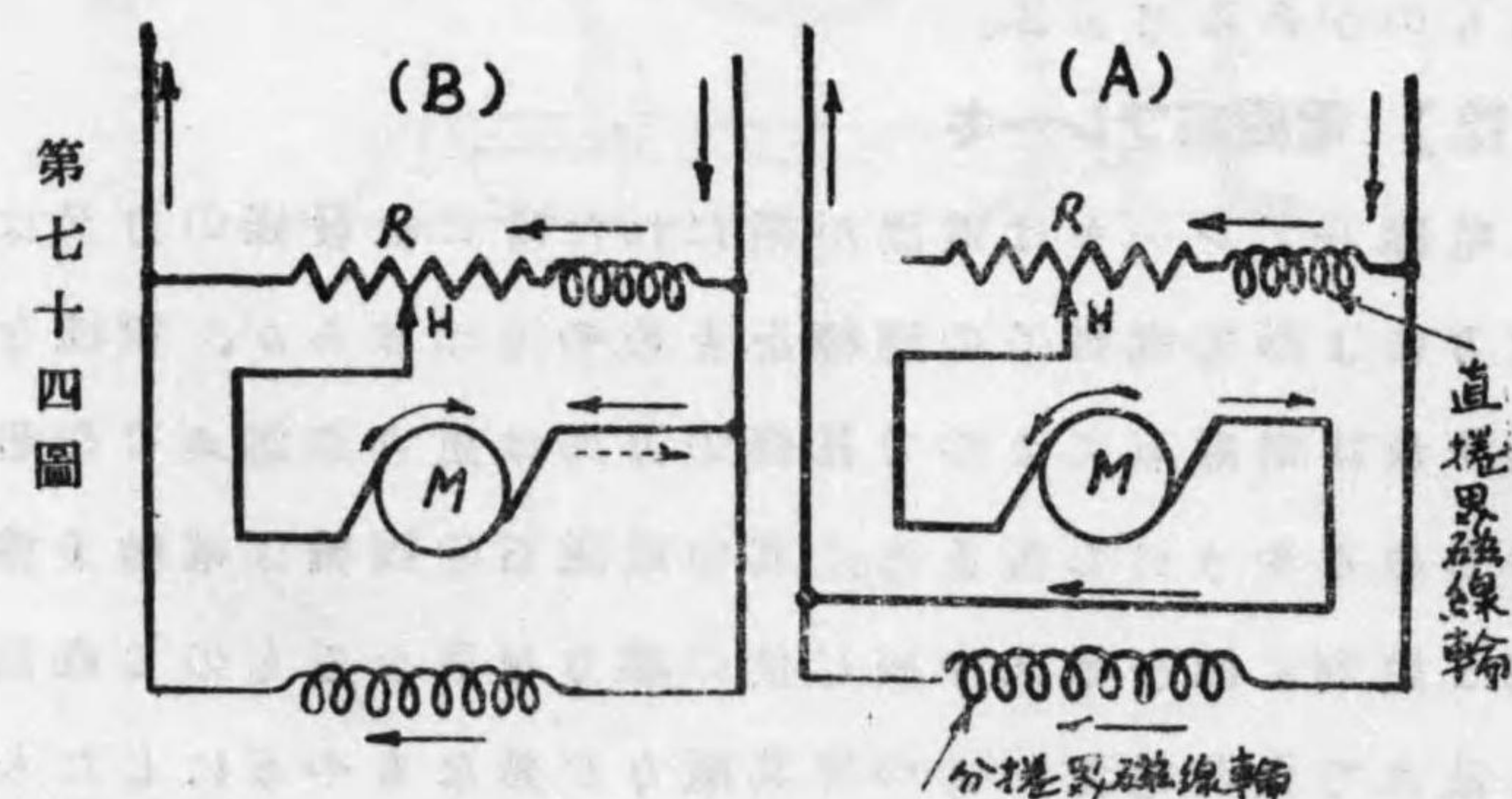
力用のものでは別な室に納め點檢に便利にしてゐる。

#### 【70】ブレーキ

電氣を使用するブレーキにも大別して二種ある、其一是**電氣カブレーキ** (Dynamic braking) であつて他は**電磁石ブレーキ** (Solenoid brake) である。尚ほ電動子の廻轉数があまりに増加するのを防ぐ爲め(直捲電動機を使用するには是非必要である)、遠心力により廻轉を止めやうとする**遠心カブレーキ** (centrifugal brake) を使用するものもある。

#### 【71】電氣カブレーキ

電氣カブレーキは重い荷を降ろす時なきに荷の重さによりアマーチャーの廻轉数が多くなつた時は發電機として働かし廻轉数を減するものであつて、例へば第七十四圖に於て荷を揚げるさきには同圖 A のやうに直列抵抗 R



を加減して普通のものと同様に起動及速度制御を行ふの

であるが荷を降ろす時には同圖 B の如く配線を變え抵抗 R を + - 兩線間に連結するのであつて電流は矢の方向に流れ通常はやはり電動機として前と反對方向に廻轉してゐるが若しも荷物の重さによる廻轉數が電動機としての廻轉數よりも増加したならばアーマチャーには點線の矢の方向に電流が流れ發電機として機械的勢力を電氣的勢力に變えるやうになるから廻轉數を減ずる、即ちブレーキの働らきをなすのである。此配線の時 H を右に動かせば抵抗 R を減じて電動機として廻轉してゐる時にも又發電機として廻轉する時にも共に廻轉力が大となり、廻轉數は減じ、H を左に動かせば其反對となる。

電氣カブレーキは他のものに比し利點を有してゐるが配線法が複雑なるので揚荷機又は揚錨機にはあまり使用してゐないが揚艇機 (boat crane) 等には此方法を使用するものがある云ふ。

【72】電磁石ブレーキ

電磁石ブレーキは電流が絶たれた時には發條の力又は重力によつて電動子の廻轉を止めやうとするが、電流を通ずれば電磁石によつて發條の力又は重力に逆ふ力を起さしめるやうにしてある。其の電磁石の線輪は電動子捲線と並列に結び絶えず同じ位の磁力を與へるものと直列に結んで負荷電流によつて其磁力が異なるやうにしたものとの二種がある。尙ほ電磁石のみでなく外部から手又

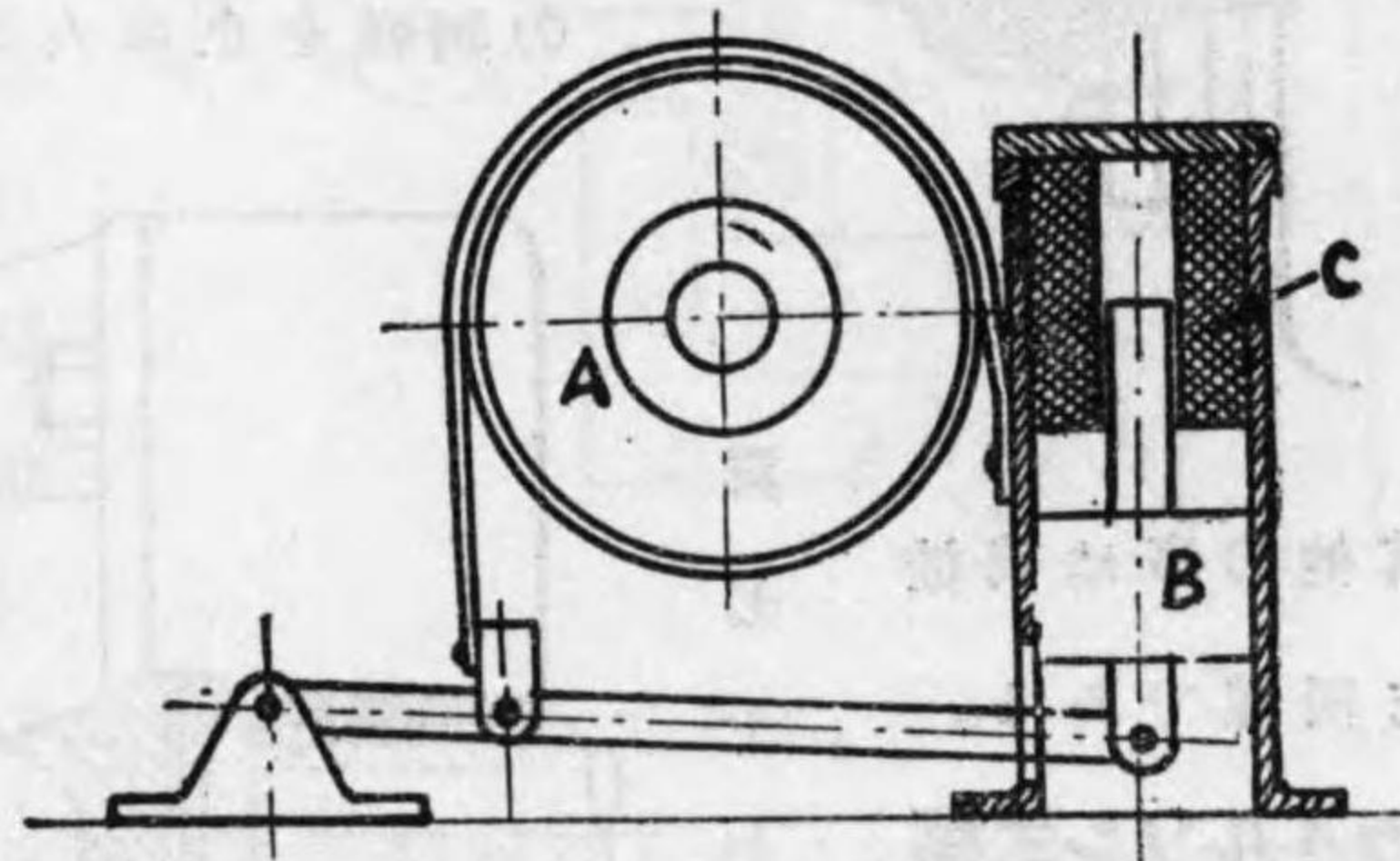
は足によつて重力又は發條の力に逆はしめ重い荷物を降ろす時なきには電流を絶つて重さによつて降下せしめるのに便利にしたものもある。電磁石ブレーキの主なものは次の三種である。

- A. バンドブレーキ (Band brake)
- B. コーンブレーキ (Cone brake)
- C. ディスクブレーキ (Disc brake)

A. バンドブレーキ (Band brake)

第七十五圖に於て A は電動子軸に取付けられたブレーキ (pulley) であつて其周圍に鐵板を取付け、鐵心 B の重さに

第七十五圖

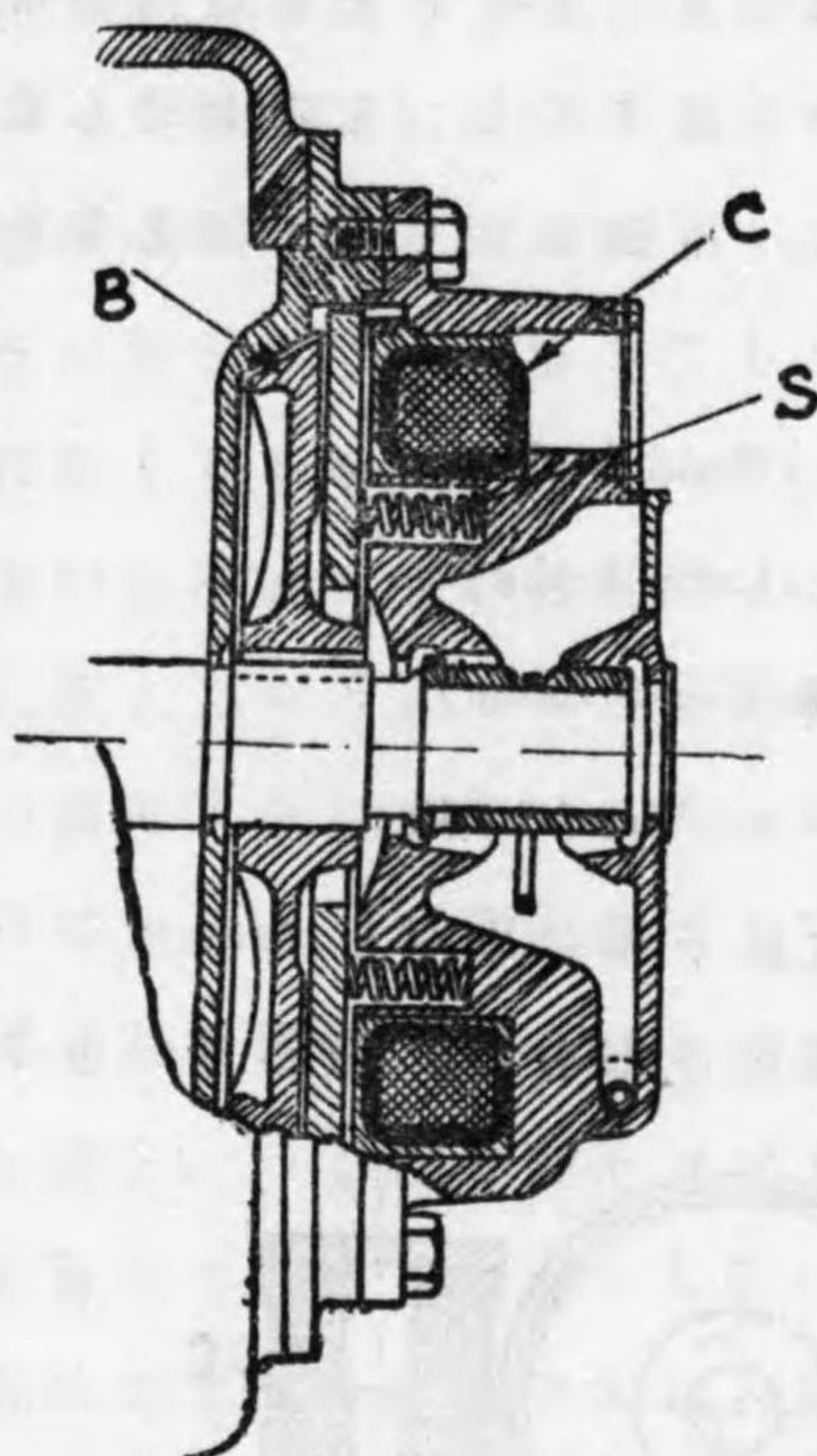


よつてブレーキの用をなさしめてゐるが、線輪 C に電流を通ずれば鐵心 B を引き上げ其作用を失ふものである。此式のものあまり大きな力を出し得ないから大馬力のものには使用せられない。

B. コーンブレーキ (Cone brake)

第七十六圖の如く電動子の整流子端に圓錐形 (cone) の

第七十六圖



板 B を取付け發條 S の力によつて機體に押付けられてゐるが線輪 C に電流が通すれば發條の力に逆つて前の板を引き付けるものである。

C. ディスクブレーキ  
(Disk brake)

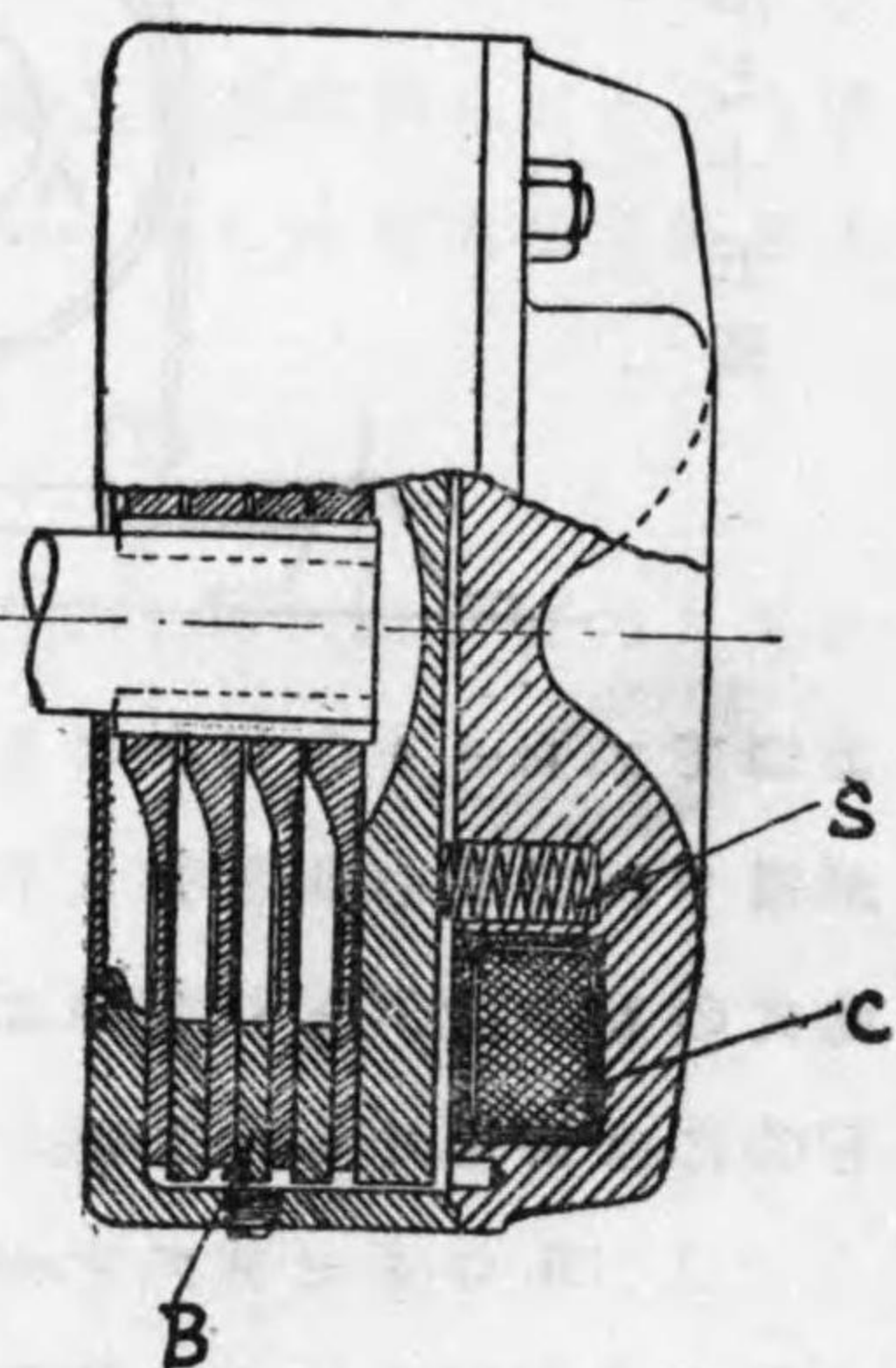
第七十七圖の如く圓盤 (disk) B によつて電動子の廻轉を止めんとするも

ので、其他の事は前述のものと同様である。

【73】 ウィルソン式揚荷機 (Wilson Winch)

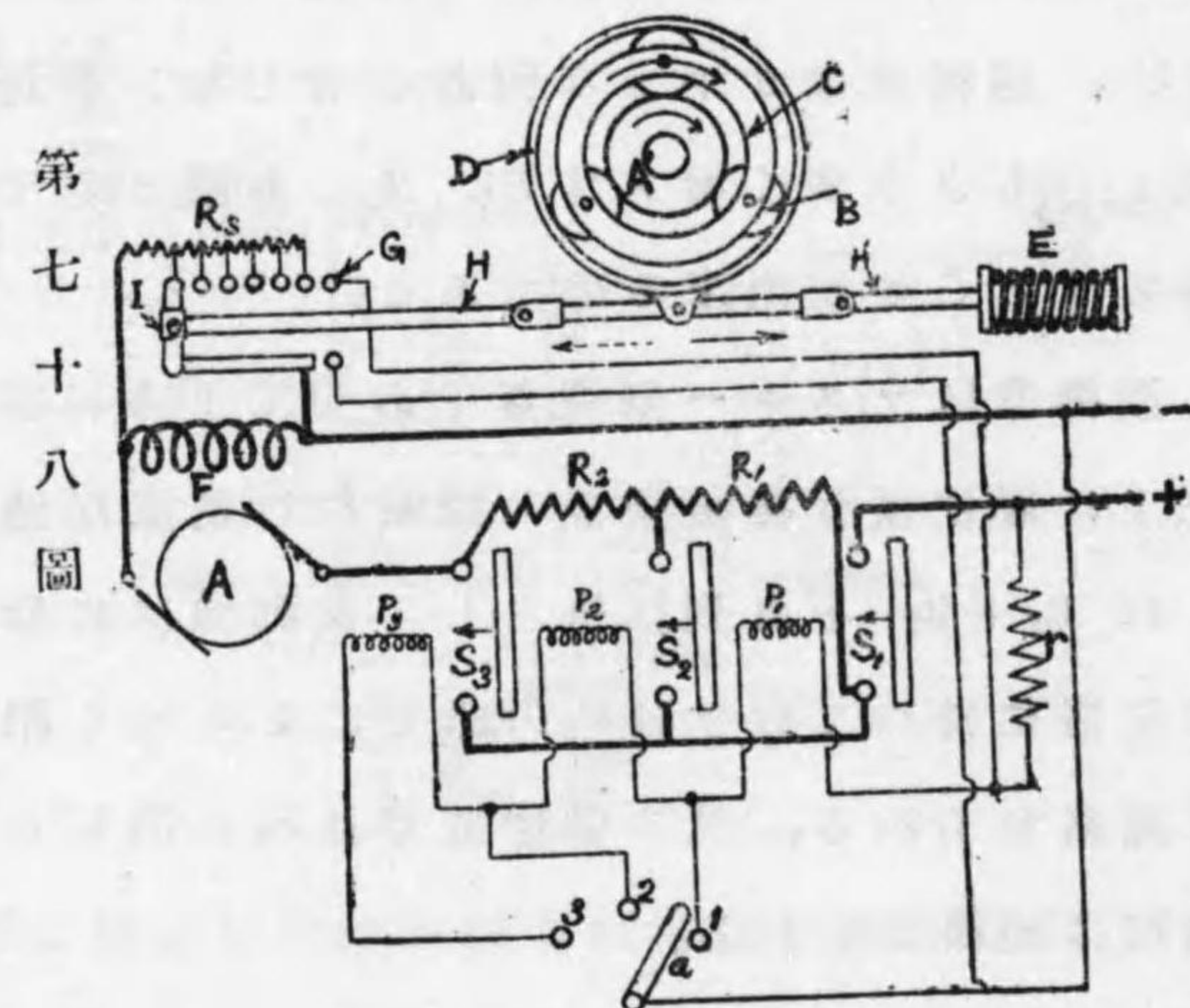
直捲電動機を使用する揚荷機又は揚錨機の一例としてウィルソン式揚荷機の説明する事とする。

第七十七圖



第七十八圖に於て A は發電子、A' は圖では別な位置に便宜上書いたが A に直結せられた齒車であつてこれに三箇の兒齒車 B が噛み合ひ、C は三箇の B 齒車を連結した中空圓胴で揚荷機圓胴 (winch drum) はこれに直結せられてゐる。

D は内側に齒が切つてあつて其下端に一本の棒 H が取付けられ H の右端には發條 E、左端には接觸子 I が取付けられてゐる。



A' が圖のやうに廻轉すれば C も同方向に廻轉し揚荷機に負荷が懸つてゐないときは D の中を B が廻轉するのみで D には何等の力が働かず I は發條の張力によつて點線の矢の方向に押され圖のやうに直捲線輪と竝列にある抵抗 (diverting resistance)  $R_s$  を最小の位置に置き電動子は最大廻轉數にて廻轉する。

揚荷機に負荷が懸れば圓胴 C の廻轉を妨げやうとする

反働がDに働らきHは實線の矢の方向に押される、即ち發條は壓縮せられ抵抗 $R_3$ は大となりFに多くの電流が流れるやうになるから電動機の出す廻轉力を増加する。かやうにして自動的に負荷が大になれば電動機の廻轉力が増大し、負荷が小になれば電動機の出す廻轉力は減少するが、廻轉數はかやうな装置を有しない普通の直捲電動機よりもより多く増大する。故に全體として揚荷速度を大にすることが出来るのである。

制御器はマスター制御器であつて下方に書いた把手aを1に置けば分捲接觸器の線輪P<sub>1</sub>に電流が通りS<sub>1</sub>が閉ぢられ $R_1 + R_2$ を直列抵抗として電動機は起動し、aを2の位置に持つて行けばP<sub>2</sub>の磁力によりS<sub>2</sub>も閉ぢられ、R<sub>1</sub>は短絡せられる、又3の位置ではS<sub>3</sub>も閉ぢられて全部の抵抗は短絡せられる。

又負荷が増大し接觸子Iが最右端Gに迄動いたならば分捲接觸器は全部短絡せられて磁力を失ひS<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>は開かれる、即ち過負荷解放器の役目をする。

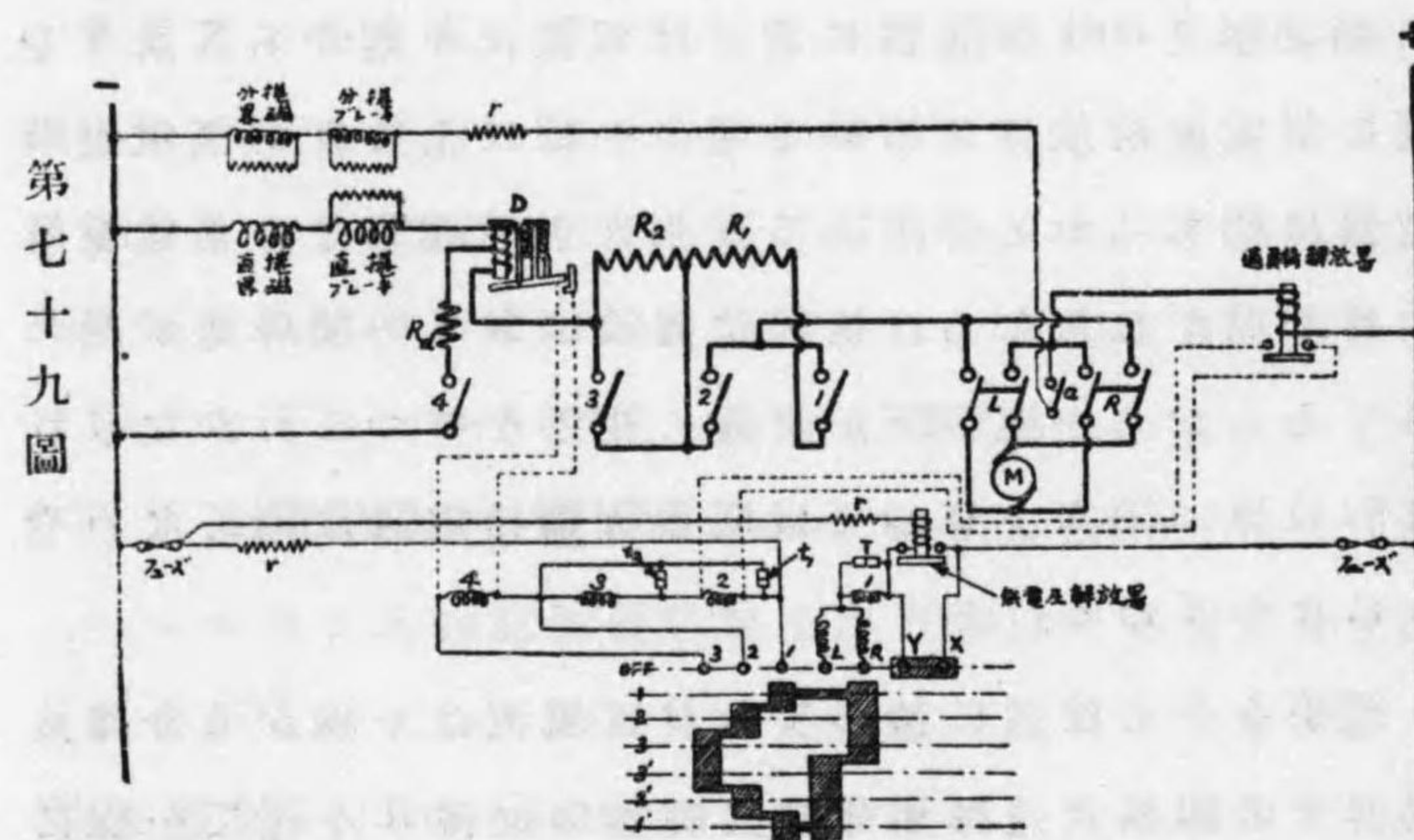
尙rは特設抵抗で分捲接觸器線輪に至る電流を小さくする爲め設けられたものである。

【74】スコット式揚荷機 (Scott Winch)

我國現在の大型ディーゼル船は殆んどスコット式揚荷機を使用してゐる、同式は複捲電動機を使用するものであるから複捲電動機を使用する揚荷機の一例として述べる

事とする。

スコット式揚荷機も種々な型式によつて其配線は少しづつ異なるのであるが大體は同一で第七十九圖は其配線略圖を示すものである。



圖の下方に書いたのは圓胴型制御器の展開圖で、OFFは停止位置、1, 2, 3は前進、1', 2', 3'は後進位置を示すものであるが3から直ちに3'に把手を動かす事が出来ないやうに機械的装置が施してあつて、前進から後進に移るには必ずOFFの位置に一度持つて來なければならないやうになつてゐる。又圖中Tは逆轉せしめる際電動子が一方に早く廻轉してゐる時反對方向に廻るやう制御器を動かせば大電流が流れ危険であるから之を防ぐ爲に設けられた第七十一圖のやうな構造の接觸遅緩装置であつて接觸器1が開かれた後一秒間位は線輪1を短絡してゐる

やうにしてある。又  $t_1$  は接觸器 1 が、 $t_2$  は接觸器 2 が各々閉ぢられた後  $\frac{1}{2}$  秒乃至  $\frac{3}{4}$  秒後に短絡を絶たれるやうにした接觸遅緩装置で是等のものゝ構造は大體第七十一圖のものと同様である。

制御器を OFF の位置に置けば電流は + 線から X 及 Y を經て無電壓解放器の線輪を通り一線に至るから無電壓解放器は閉ぢられるのであるが何かの原因により無電壓解放器が開かれたならば他の位置では X Y の間の線が絶たれてゐるから一度 OFF の位置に把手を持つて行かなければ解放器は閉ぢず従つて接觸器線輪に電流は通らないやうになつてゐる。

把手を 1 の位置に持つて行けば電流は + 線から分捲接觸器 1 の線輪及逆轉用分捲接觸器の線輪 R を經て一線に至るから接觸器 R 及 1 は閉ぢられ電動機は  $R_1 + R_2$  を直列抵抗として起動する。2 の位置に持つて行けば電流は線輪 1 及 R、 $t_2$  及線輪 2 の順序に經て一線に至るから更に接觸器 2 も閉ぢられ直列抵抗  $R_1$  を短絡し暫らく後  $t_2$  の短絡が絶たれるから線輪 3 にも電流が通り接觸器 3 も閉ぢられ直列抵抗を總て短絡してしまふ。3 の位置に持つて行けば線輪 4 にも電流が通るから接觸器 4 も閉ぢられ直捲線輪と並列に抵抗  $R_d$  (diverting resistance) を有する回路が完結せられ直捲線輪を通る電流を減じ廻轉數を増加する。尙 D は負荷辨別器 (Load discriminator) と稱せられる

もので負荷が大きなり、従つて電流が大きなれば磁力も増大するから下方の鐵片を引上げ接觸器線輪 4 は短絡せられ接觸器 4 は開かれてしまふ、故に直捲線輪を通る電流が大きなり廻轉力が増大する。

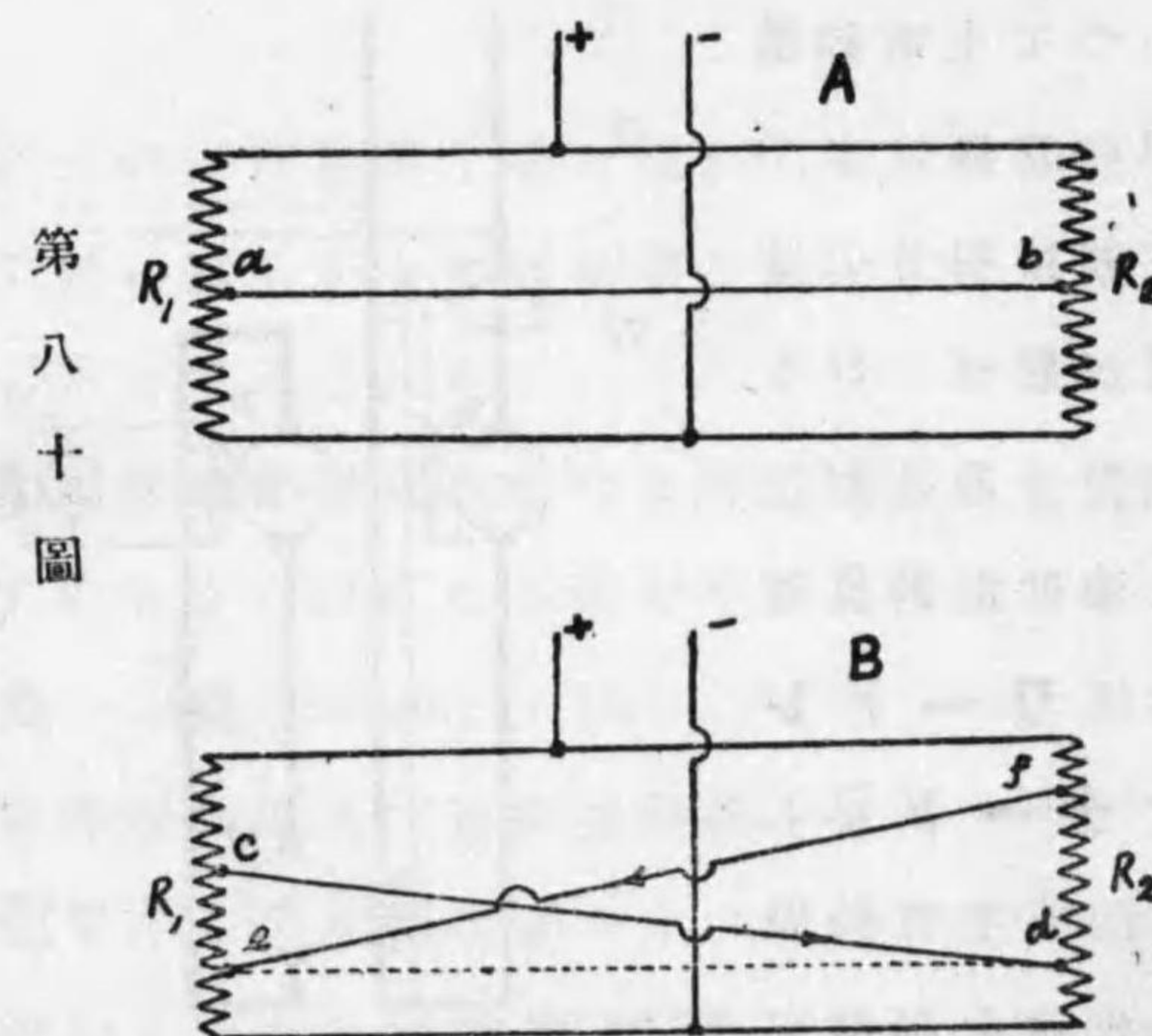
R と L との中央に書いた a なる開閉器は R 又は L が閉ぢられた時自動的に閉ぢられるやうにせられたもので、又圖中 r は特設抵抗を示し界磁線輪やアレーキ線輪と並列にある抵抗は切斷の際自己誘導による起電力があまりに大きならないやう設けられたものである。

【75】全電動操舵装置 (All electric steering gear)

ヘルショウ式操舵装置の如く水力等は一切使用せず、電氣力のみによつて動かされる装置の説明をする前に電位差計 (Potention meter) の動作を説明する事とする。

第八十圖 A に

於て + - 兩線に並列に同じ抵抗  $R_1$  及  $R_2$  を結び、此兩抵抗の各々中央 a, b を結べば二點は同じ電位にあるから電流は流れな



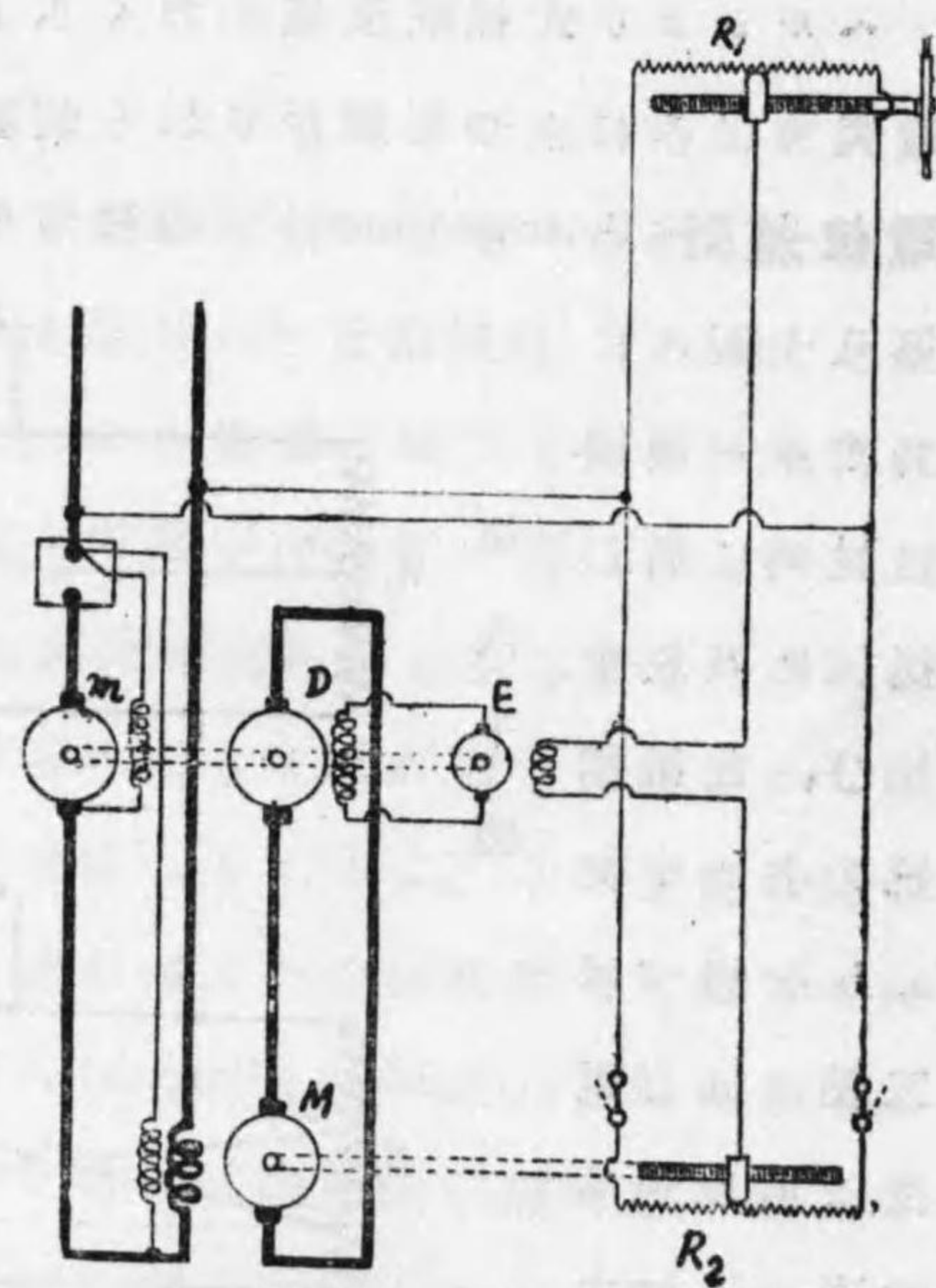
第八十圖

い、然るに同圖 B の如く c と d とを結べば c の電位は d より高いから c より d に電流が流れ、又 e と f とを結べば前と反對に f より e に流れる、又 e と d は  $R_1$  及  $R_2$  に関し一線より同距離にあるものとするれば e と d とを結んでも同じ電位にあるから電流は流れない、かやうな装置を電位差計と云ふ。上述の如く兩抵抗に接續する位置によつて電流の流過を或ひは止め或ひは方向を反對にする事が出来るものである。

第八十一圖は此方法を利用した電動操舵装置で  $R_1$  及  $R_2$  は電位差計用抵抗で  $R_1$  は船橋上にあつて把手を廻轉して接觸片の位置を變化せしめるもの、 $R_2$  は舵機室にあつて主電動機 M の廻轉によつて其接觸片の位置が變ぜられるものである。

補助電動發電機は **ワードレオナード** 法によつて主電動機の廻轉を制御す

第八十一圖



る爲めのもの、發電機 D 及勵磁機 (Exiter) E は補助電動機と同じ軸にあり m によつて廻轉せられるもので、又勵磁機は發電機の勵磁電流を供する爲めの小型發電機の事である。

船橋で把手を廻せば前に述べたやうにして勵磁機 E の界磁線輪に或電流が流れ其發電子には夫れに相當する起電力が誘發せられ、此誘發せられた電流は更に發電機 D の界磁線輪を流れるから D の發電子にも起電力が誘發せられ、此電流は主電動機 M の電動子に流れるから電動機は廻轉し舵を動かす、電動子が廻轉すれば電位差計  $R_2$  の接觸片が動いて  $R_1$  の接觸片と同様な位置になつた時兩接觸片を結ぶ電線即ち勵磁機の界磁線輪に電流が流れないやうになり、従つて誘發起電力は零となり電動機の廻轉は止まる。

勵磁機を設けたのは兩接觸片間を流れる電流は極めて小であるから二段に働かして電動機を動かすに必要な起電力を起さしめる爲めである。

此發電機及勵磁機に使用せらるべき界磁鐵心は **ヒステレシスループ** の小さい良好なものでなければならぬ。

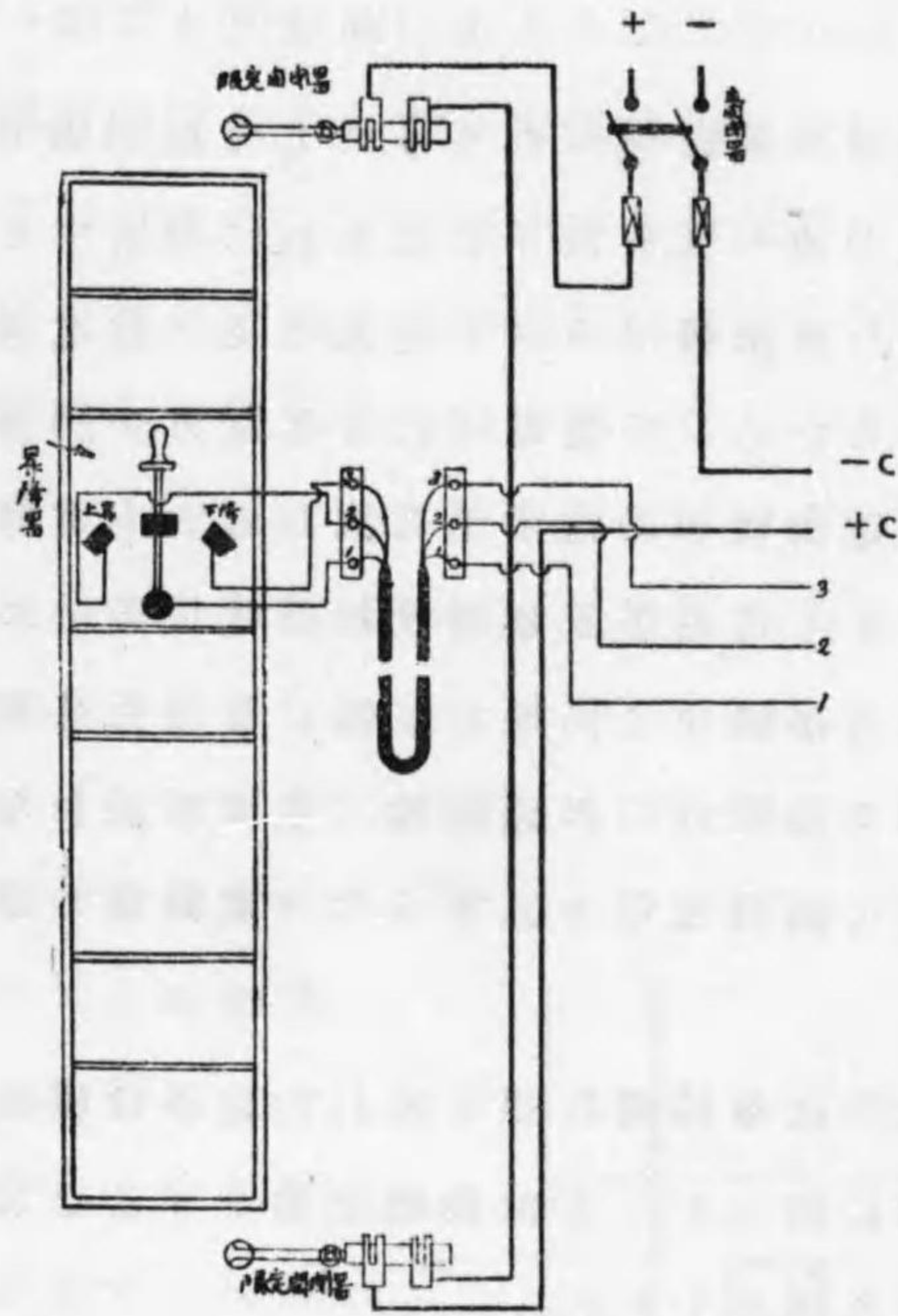
【76】昇 降 機 (Elevator or lift)

昇降器には直捲電動機又は複捲電動機を使用する。第八十二圖は其簡單なもの、配線圖を示すもので主開閉器を閉ぢれば + 線から上下の **限定開閉器** (Limit switch) を



通り+c線より電動機に至り-c線より-線に歸るもので圖には示さなかつたが其間に接觸器を置き電動機の廻轉を制御する。

第八十二圖



1, 2, 3 は分捲接觸器線輪に結ばれた線で圖の如く可撓線によつて昇降器内昇降開閉器に導かれてゐる。上昇の方に開閉器を閉ぢれば1, 2線を経て又下降の方に閉ぢれば1, 3線を経て電流は分捲接觸器に流れ電動子電流を

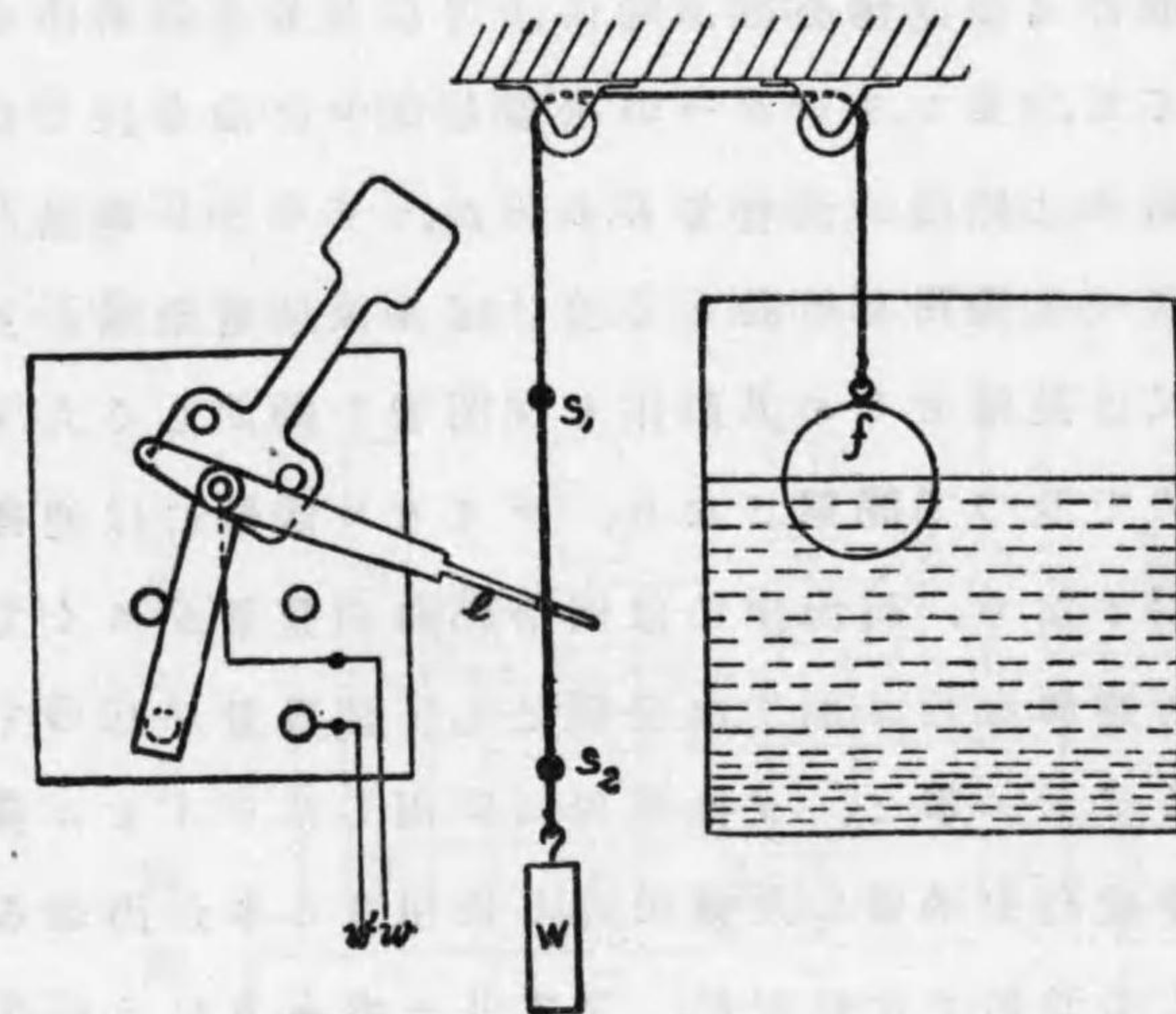
反對にするから夫れに應じて電動機は上昇又は下降方向に廻轉するのである。

限定開閉器は昇降器が昇り過ぎたり或ひは降り過ぎた時昇降器の上部又は下部によつて主電路が切斷せられ電動機の廻轉を止めるものである。

【77】 其他の補助電動機

廻轉機械 (turning engine) 用ゐしては直接電動機を使用するが他のものには大低分捲電動機を使用する、是等のものは普通使用のものと同じく特に述べる必要もないが唯タンクに第八十三圖に示したやうな浮きによつて動かさ

第八十三圖



れる開閉器を使用するものがあるから之を簡単に説明する事とする。圖は停止位置を示すものであつて若しも水面が下り浮きfが下れば浮きを取付られた綱の結び目S<sub>2</sub>によつてlが上に上り開閉器はwwを経て電流が流れるやうに動き電動機は自動起動装置を介して廻轉を始め浮きが上れば重錘Wが下り綱の結び目S<sub>1</sub>によつてlが下り電流が絶たれるから電動機の廻轉も止まる。

【78】 デイゼル電氣推進

デイゼル機関で發電機を廻し電動機によつて推進器を廻す所謂デイゼル電氣推進を他の國にもあるが殊に米國では可なり使用してゐる。これを使用するに至つた主な原因はデイゼル機関は發動の際壓搾空氣を使用するが幾度も發停又は逆轉を行ふ時には可なり多量の壓搾空氣を必要とし、又シリンダーの冷却した中に油を注ぐ爲め運轉の始めは燃油の消費量も多いが、デイゼル電氣を使用すれば一度機関を始動して置けば其後は電動機によつて發停又は逆轉せしめ其動作も開閉器を動かさずすればよいので至つて簡單となり、デイゼル機関には逆轉装置が不要となり、航海中には例令燃油消費量が多くても屢々發停逆轉を行ふ船では全體として消費量が却つて少なくなるに云ふ事、又推進用に使用したデイゼル發電機を其儘碇泊中補機の運轉用にも使用する事が出来る點であつて浚渫船とか給炭船、フェリーボートなどに此装置を多く使用してゐる。

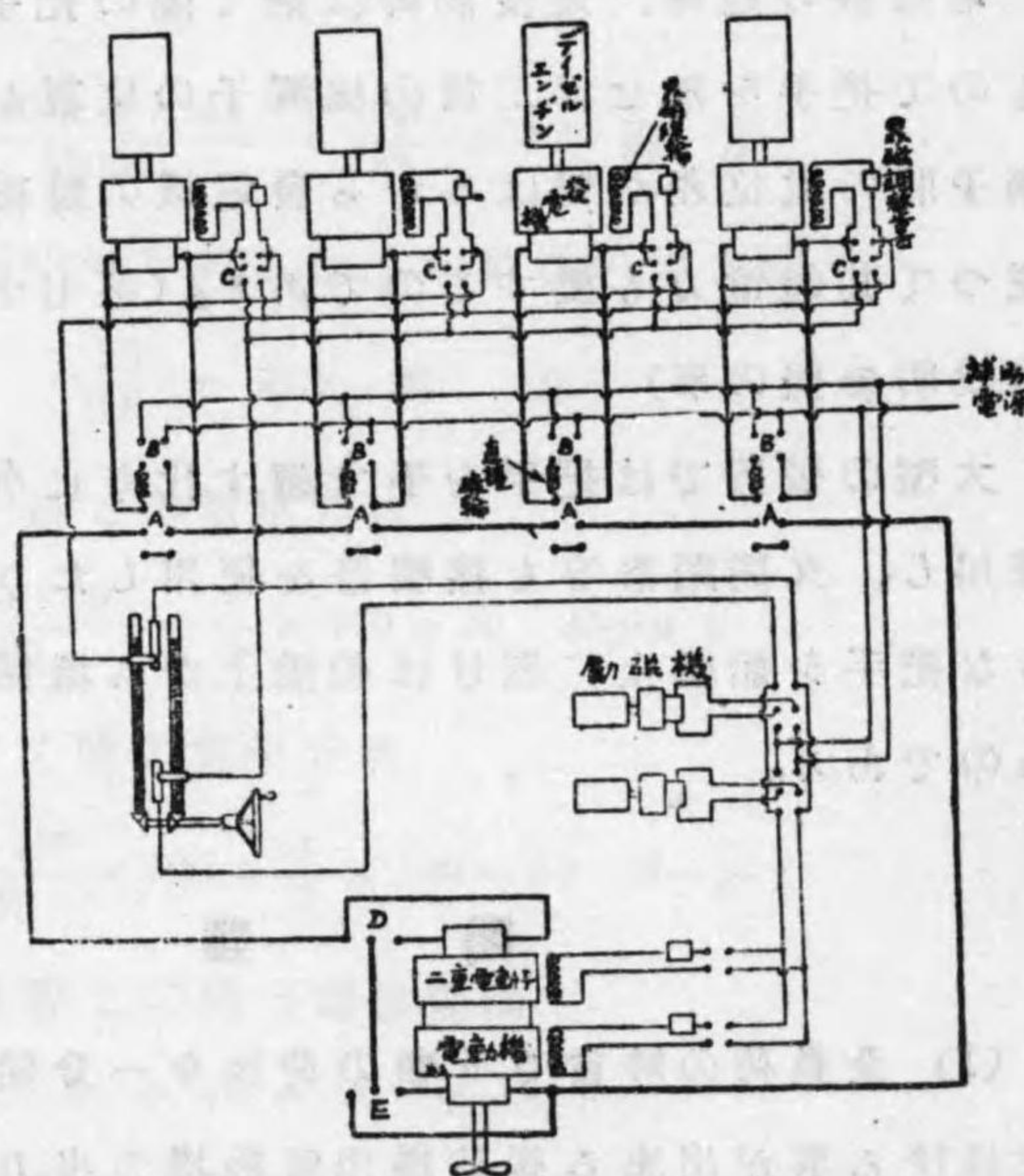
デイゼル電氣推進ではデイゼル發電機數臺を以て一臺の電動機を廻轉せしめるから發電機を並列か又は直列に結んで運轉する必要がある。然るに交流發電機では直列運轉は出来ないし、又並列運轉を行ふのでも甚だしく困難であつて、殊に船舶上では殆んど不可能であるが直流發電機では並列運轉をしても交流程に困難でなく又直列

運轉をすれば尙簡單になる、故に他の點では交流の方に利點はあるが直流を使用してゐる。

其配線法は細かい點には相違はあつても發電機を直列に結び**ワードレオナード法**によつて速度を制御する事は殆んど一様である。

第八十四圖は四臺のデイゼル發電機を使用し一箇の推進器を動かすもの、配線圖を示すもので、發電機を直列に結ぶには開閉器Aを上方に閉ざればよく、此時勵磁電流は勵磁機より送られる。主發電機の内一臺を使用しない時には

開閉器Aを下方に閉ざり、主發電機の内一臺を補助機用の電流を供する爲に使用するには推進用として他の發電機が運轉中には開閉器Aを下方に閉ぢた後さうでない



第八十四圖

時には開閉器 A は上下兩方に開いた位置にし開閉器 B を閉ぢ、又開閉器 C を上方に閉ぢればよい、さうすれば此時には複捲發電機として働く。

電動機は大抵圖のやうに電動子二箇を直結したやうな**二重電動子型**を使用し通常は開閉器 D 及 E を右方に閉ぢ二箇の電動子を直列に接続して使用するが發電機の数減じた時等には一箇だけでも使用出来るやうにしてある、例へば上方の電動子のみを使用しやうと思へば開閉器 D は右方に E は左方に閉ぢればよい。

電動機の逆轉、速度制御は總て圖の把手を廻して行ふもので把手を廻せば二箇の接觸子の位置が種々に變じ接觸子間の電位差が變はるから發電機の勵磁電流が異なり、従つて其起電力も變ずるのである。(第七十五項電位差計の説明参照の事)

大型の装置では把手を手で廻す代りに小さい電動機を使用し、又開閉器等も接觸器を使用したりする、上のやうな把手を船橋上に置けば船橋上から機關の操縦もし得るのである。

同 題

(1) 全負荷の時重さ 5 噸の荷物を一分間に 65 呎の割合で揚げる事が出来る揚荷機用電動機の出力は何馬力によからうか、但し揚荷機に使用する齒車其他の能率を 80 %

とす。

(2) 第八十圖の電位差計の抵抗を各 500 オームとし供給電壓を 100 ボールトとすれば  $R_1$  の + 線から 100 オームの點 c と  $R_2$  の + 線より 200 オームの點 d とを結べば c と d との電位差は何ボルトとなるか、又 c と d とが同じ電位にある時に此廻路には何アンペアの電流が流れるか。

解 答

(1) 5 噸の重さを毎分 65 呎の割合で揚げるに要する仕事は

$$\frac{2240 \times 5 \times 65}{33000} = \frac{728}{33} = 22 \text{ 馬力}$$

齒車の能率が 80 % であるから電動機の出力は

$$\frac{22}{0.8} = 27.5 \text{ 馬力}$$

(2) c 點と一線との電位差は

$$\frac{500 - 100}{500} = \frac{4}{5} \times 100 = 80 \text{ ボールト}$$

d 點と一線との間の電位差は

$$\frac{500 - 200}{500} \times 100 = \frac{3}{5} \times 100 = 60 \text{ ボールト}$$

故に c 點と d 點との間の電位差は

$$80 - 60 = 20 \text{ ボールト}$$

次に c 點と d 點とが同電位にある時には c d 間には電流は流れない、然し + 線と一線との間には 500 オームの

抵抗が二個竝列に接続せられてゐるから其合成抵抗は  
250 オームである、故に

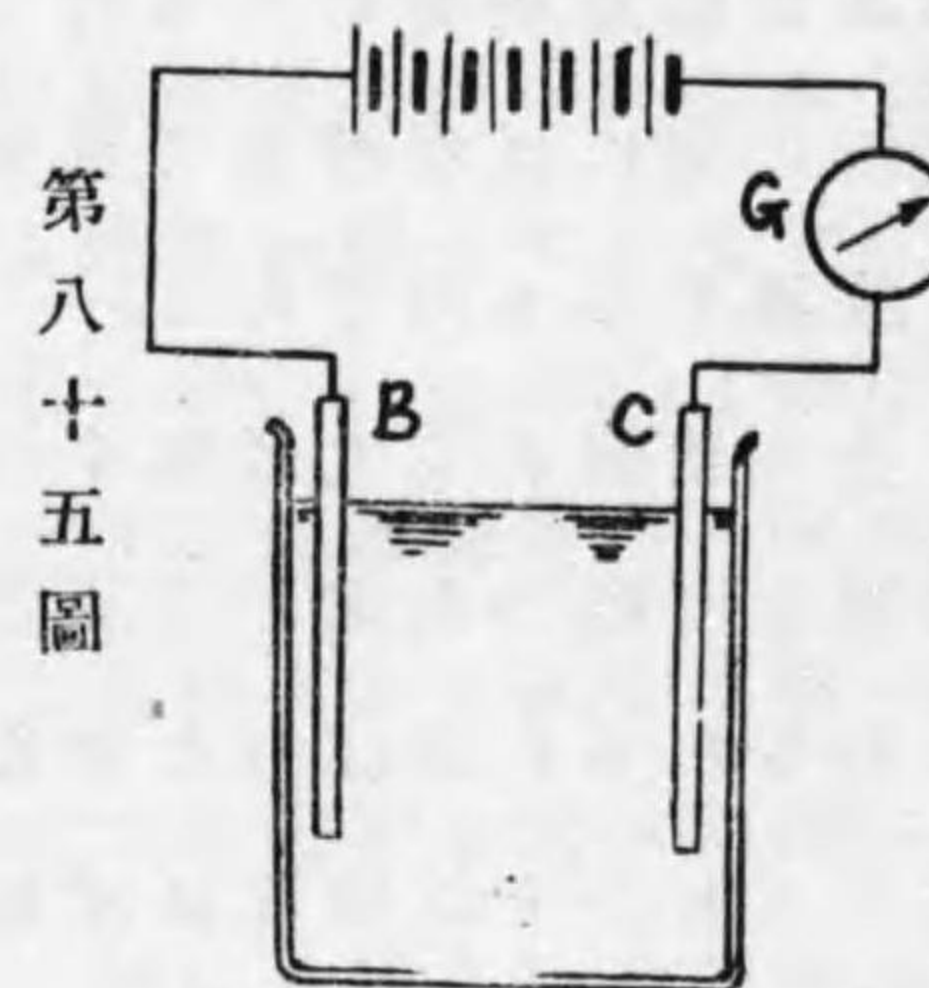
$$\text{電流} = \frac{100}{250} = 0.4 \text{ アンペア}$$

## 第四章 電池

### 第一節 一次電池

#### 【79】電解及電解液

第八十五圖に於てAは容器でBとCとは金属片であるとする、今Aの中に純水を入れて圖の如く他の電源から電流を送つてもガルバノメーターは動かない、即ち電流は液を通過しないが水に酸、アルカリ又は鹽類を入れたならばガルバノメーターの指針は動き電流の流過する事を示す。然し乍ら砂糖、アルコール、グリセリンのやうなものを溶解しても斯様な現象を示さない。又電流が流過する際には必ず之に伴つて化學的變化が生ずる。



第八十五圖

ファラデー (Faraday) 氏は此現象を**電解**と云ひ、電解を受ける液體即ち酸、アルカリ、鹽類のやうなものを**電解質** (Electrolite) と名付けた。

#### 【80】遊離イオン説

前に述べたやうに電源より電流を送るときは其液の化學變化を受けるものばかり電流が流過し、化學變化を起

さない液体には電流は流過しない。故にファラデー氏は化学變化を起す事は電流流過に必要缺ぐべからざるものであるとした。

故に電解液中に長時間電流を送つたならば電極(金属片)の周囲の電解質は化学的變化を起し漸次其量を減じて遂には電極の周囲には變化すべき電解質がなくなつてしまい其結果電流が流過しないやうになる筈である。然るに實際には如何に長時間電流を送つても苟くも器内の何處かに電解質がある時にはかやうな現象は起らないで電極の面には電解質の成分である物質は析出せられ電流も流過するものである。

上の状態から電解質中の電極より析出せられる物質は電極より距つた處から其近く迄運搬せられた事がわかる。であるから此運ばれた物質こそ電流流過に必要缺ぐべからざるもので此物質は或起電力を持つて電極に近づいて來たものであると見なければならぬ。ファラデー氏は此電荷を負うた物質をイオン(Ion)と稱へ陽電氣、陰電氣の何れを有するかによつて陽イオン(Kation)及陰イオン(Anion)と稱へた。

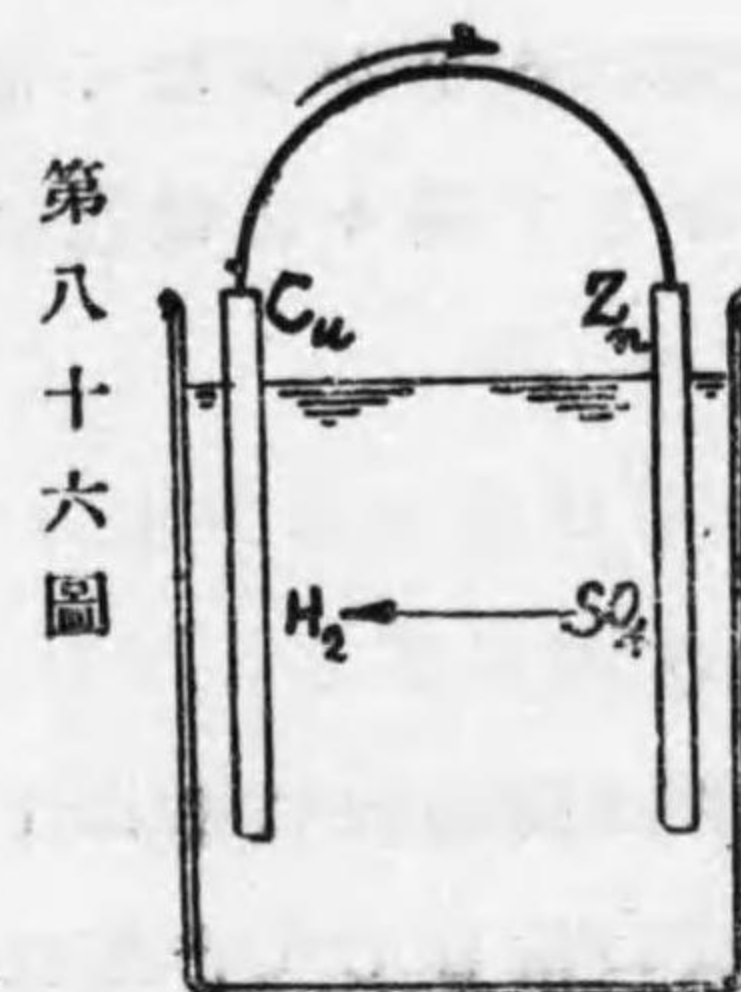
尙此イオン説は他の方面からも説かれたもので電解質を水に解かすときは多少の解離をして元素又は根を生ずるのであるが、此解離は普通の解離とは違つて陰陽何れかの電荷を負ふものであるから此解離を特に電離と稱

へる。又金属及其化合物も電離中に於てはイオン化し得るものであつて金属がイオン化したときには常に他の種のイオンを伴ふものである。

金属及水酸根のイオンは陽イオンであつて他の根のイオンは陰イオンである。

【81】電 池

第八十六圖の如く銅(化學式Cu)と亜鉛(Zn)とを稀硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)の中に入れ外部で銅と亜鉛を線で結んだとする。



第八十六圖

硫酸は電解質であるから多少電離してH<sub>2</sub>なる陽イオンとSO<sub>4</sub>なる陰イオンとに分れH<sub>2</sub>は銅片の處に行きて陽電荷を與へ瓦斯となつて逃れるがSO<sub>4</sub>は亜鉛の處に行きて陰電荷を與へZnSO<sub>4</sub>を造る。故に外部を線で連結すれば

電流は外部に流れた後ち更に電解液中を流過するのであるがZnSO<sub>4</sub>を作る際の勢力はH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を分解する際に要する勢力よりも大であるから其餘分の勢力が電流として更に外部に流れるのである。

電池に使用せられる電解液を特に動電液(Exiting flude)と云ふ。

【82】電池の起電力

電池の起電力は勵電液の兩極板に對する化學作用の差に比例するものであつて、若し同じ金屬の極板を二枚使用したのでは其作用が同一で反對方向であるから何等起電力を發生しない、即ち前項の電池の兩極板も亞鉛を使用すれば  $\text{SO}_4$  は兩極板の  $\text{Zn}$  と化合して  $\text{ZnSO}_4$  となり兩極板に陰イオンを與へるから電流は起らない。

各種の勵電液に對する化學作用は液により多少の差はあるが其大體の順序を列記すれば次のやうである。

亞鉛、鉛、錫、鐵、銅、銀、金、白金、炭素。

炭素は金屬ではないが化學作用を受ける事が少なく電氣の良導體で價も廉いから亞鉛と組合して種々の電池に使用せられる。

### 【83】電池の諸性質

#### A. 成極作用(Polarisation)

電池を完結すれば遊離せられた水素は陽極板に沿ふて全部逃れ去ればよいが其一部は陽極板に附着して内部抵抗を増すばかりでなく電壓の降下を來すものである、此作用を**成極作用**と云ふ。

成極作用を防ぐのには次の様な方法を用ゐるが實用には大抵三及四の方法を使用する。

- 一、液を動搖さす。
- 二、液中に空氣を吹き込む。
- 三、板面の粗雜な陽極板を使用する。

四、水素と化合し易い藥劑を以つて陽極板を包む、此方法による藥劑を**減極物**(Depolarizer)と云ふ。

#### B. 内部抵抗

電流の通ずる所は何處でも抵抗の伴はない事はないが電池内の抵抗を外部の抵抗と區別する爲め特に内部抵抗と云ふ。

内部抵抗は電極の種類、勵電液の種類によつて異なるが一定の勵電液及電極を使用するときは電極の大小及其種類、勵電液の溫度及濃度等によつて異なるものである、内部抵抗は出来る限り小さい方がよいことは云ふまでもない。

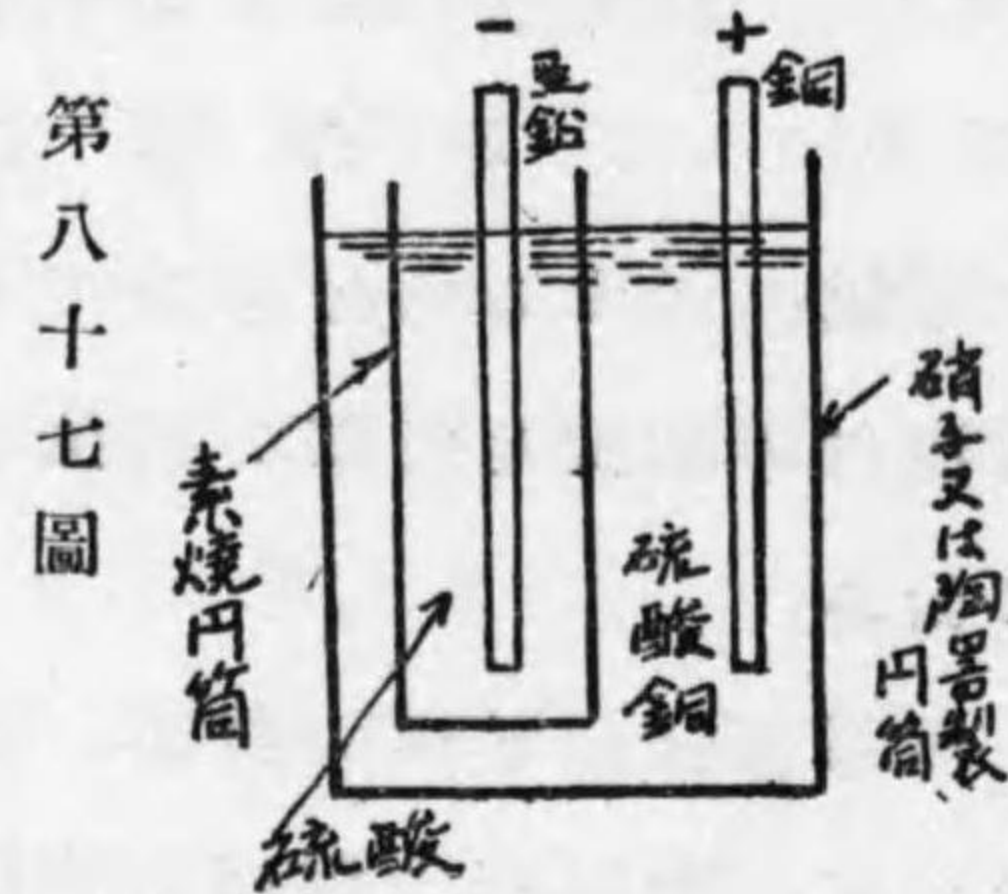
#### C. 局部作用(Local action)

普通電池に使用する亞鉛は鐵、鉛、砒素等の不純物を含むから是等の分子と亞鉛とは恰度電池の兩極として働らき亞鉛から溶液を経て不純分子に至る回路が出来亞鉛は其爲め無益に消耗する、かやうな作用を局部作用と云ふ。

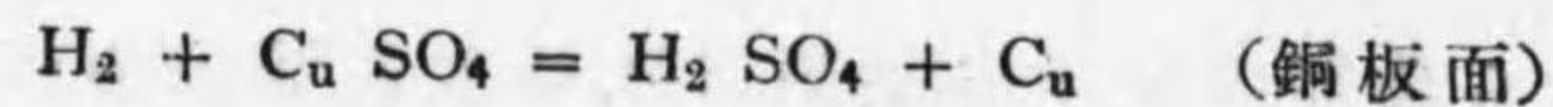
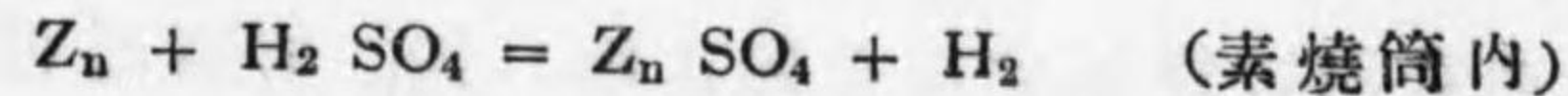
之を防ぐ爲め**汞和法**(Amalgamation)と云ひ亞鉛を酸で拭き清水で洗つた後水銀中に入れて布片で良く摩擦して表面に亞鉛と水銀との合金を作らしたものを使用する、かやうにすれば不純分は水銀が陰蔽し亞鉛のみが液に接觸するやうになる。

### 【84】ダニエル電池(Daniell's cell)

其構造は第八十七圖の如く硝子瓶の中に硫酸銅の飽和溶液を入れて圓筒形の陽極板の銅を浸し、其中に素焼製の筒の中に陽極板の亜鉛と稀硫酸を入れたものである。



此電池の作用は稀硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)はH<sub>2</sub>とSO<sub>4</sub>となりS O<sub>4</sub>は亜鉛と化合してZn SO<sub>4</sub>(硫酸亜鉛)となり、H<sub>2</sub>は素焼の筒を出て硫酸銅(Cu SO<sub>4</sub>)溶液中に入り之と化合してH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を作りCuを分離しCuは銅片に附着するものである之を化学方程式で表せば、



硫酸銅は水素H<sub>2</sub>が銅板面に至る前に化合するから減極物として作用してゐる事は了解出来やうと思ふ。

此電池の起電力は 1.059 ~ 1.155 ボルトである。

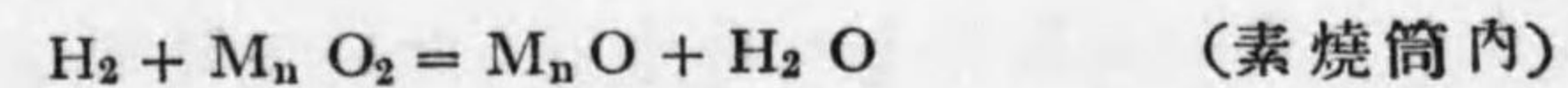
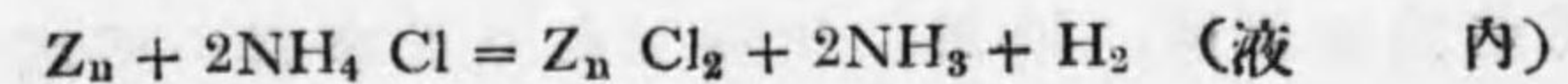
【85】ルクランシェ電池 (Leclanche's cell)

此電池では陽極板に炭素、陰極板に亜鉛、勵電液は鹽化アンモニア(NH<sub>4</sub> Cl)、減極物としては固形の過酸化マンガン(Mn O<sub>2</sub>)を使用する。

近時製造の此式電池では硝子瓶に鹽化アンモニア溶液を入れ亜鉛棒を浸し、又素焼筒に炭素棒の周圍に過酸化

マンガンと粉末炭素又は粉末黒鉛を糊状にして詰めたものを入れてある。

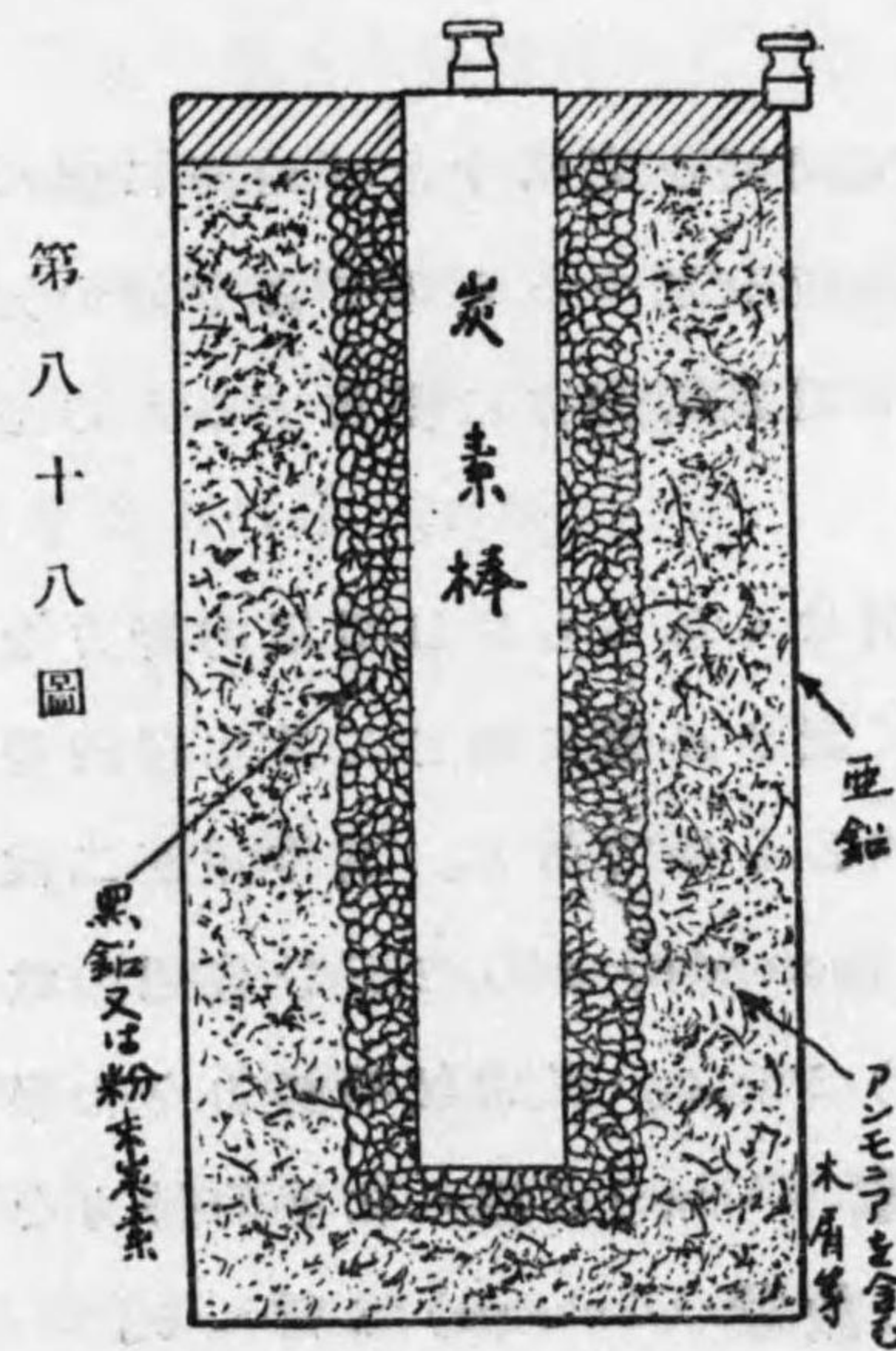
NH<sub>4</sub> Cl は NH<sub>3</sub>, H, Cl の三つに分離しClは亜鉛と化合してZn Cl<sub>2</sub>を形成し、NH<sub>3</sub>(アンモニア瓦斯)は空氣中に發散し、HはMn O<sub>2</sub>と化合してH<sub>2</sub>O(水)と酸化マンガン(Mn O)となる、其化学方程式は



此電池の起電力は約1.5ボルトである。

【86】乾電池 (Dry cell)

液體電池は運搬上不便でもあり、又船舶上では動搖の



爲め液の溢れる虞れもあるから絶對的乾燥状態ではなくても出来る限り勵電液の乾燥したものを使用したものが乾電池であつて製造家により構造は一定ではないが皆ルクランシェ電池を改良したものである。

其構造は大體第八十八圖の如く外函として

は亜鉛板を使用し、之を同時に陰極板として使用し、勵電劑 (Exiting mixture) は吸取紙、大屑、砂等に鹽化アンモニアを潤ぼしたものを使用し、減極劑としては過酸化マンガンの粉末を、黒鉛又は粉末炭素を其他一二を加へたものを鹽化アンモニア液を以つて糊状にしたものを使用する。

乾電池は運搬、取扱に便利であり又容器の破壊する心配も少ない等の利點があるが使用しないで貯藏して置いても漸次起電力が降下し内部抵抗が増加する缺點がある。

## 第二節 二次電池 (蓄電池)

### 【87】蓄電池の一般作用

普通の化學電池は銅線で回路を完結すれば前節に述べたやうに化學變化を起し電流を通ずるもので之を他の方面から云へば化學的勢力を電氣的勢力に變化するものである。

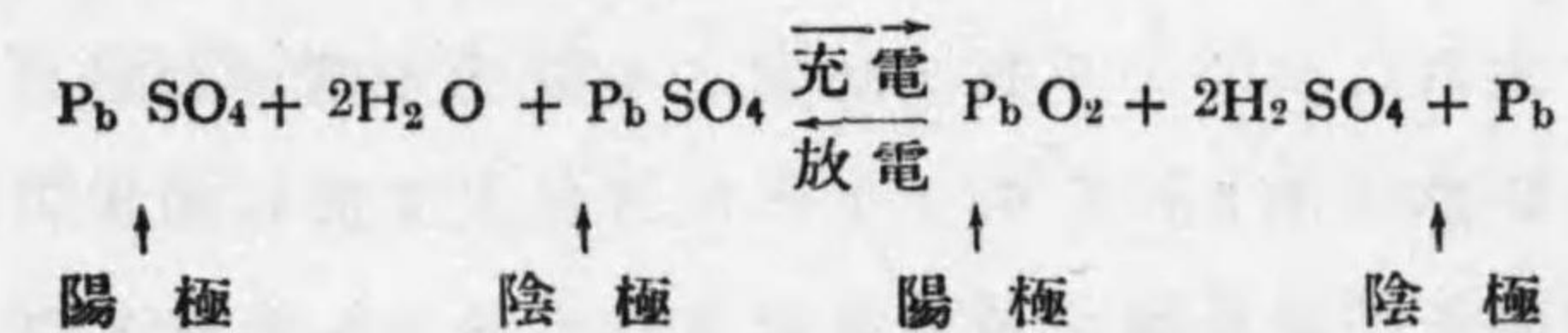
蓄電池 (Storage cell) を稱せられるものは電氣的勢力を化學的勢力として貯藏して置き必要に應じて其化學的勢力を再び電氣的勢力に變ずるものである。其作用が二段であるから之を**二次電池** (Secondary cell) を云ひ普通の電池を**一次電池** (Primary cell) を云ふ。又電氣的勢力を化學的勢力に變ずる動作を**充電** (Charge) を稱へ化學的勢力を電氣的勢力に變ずる作用を**放電** (Discharge) を稱へる。

蓄電池は使用上甚だ便益が多く殊に我國のやうな水力の豊富な處では之を簡單に使用し得れば非常に利益であるが現在の蓄電池は鉛製のものが大部分であるが重量も甚だ重く容積も大であり價格もあまり廉くないものであり、又ニッケルアルカリ電池を稱せられるものもあるが鉛製のものよりも更に高價である爲め其需要が制限せられてゐる。

以下述べる事は總て鉛製蓄電池の事でニッケルアルカリ蓄電池はあまり廣く實用せられてゐないから略する事とする。

### 【88】鉛製蓄電池の化學作用

二枚の鉛板を稀硫酸中に浸漬する時は其作用を受けて表面は硫酸鉛 ( $Pb SO_4$ ) を以て覆はれるやうになる、之に充電及放電する時に於ける化學變化はイオン説から充分説明し得るのであるが複雑になるから化學方程式のみを示せば次の通りである。



上の式に於て矢符は可逆反應を表はすものであつて充電の際には兩極板とも  $Pb SO_4$  であつたものが陽極板は  $Pb O_2$  (過酸化鉛) となり陰極は  $Pb$  (鉛) となり、放電の際には此反對に兩極板とも  $Pb SO_4$  となる。又充電の際には



$H_2SO_4$  (硫酸) が出来るから硫酸の比重は重くなり放電の際には  $H_2O$  となるから比重は軽くなるのである。

### 【89】 鉛製蓄電池極板の製法

蓄電池を充電する時陽極板が硫酸鉛になり、陰極板が鉛に變ずるのは唯其表面だけであるから平滑な極板では電池の容量を大にする爲めには大きな板を必要とする、然し若しも表面が粗雑で海綿状になつて居れば平滑なものと同じ大きさの板でも表面積が非常に廣くなり、従つて容量を大きくする事が出来る。

故に現今の蓄電池極板は何等かの方法で表面を粗雑にする方法が用ひられてゐる、此方法を大別すれば次の二つに分ける事が出来る。

a. **プランテ式** (Plante)

b. **フォーレ式** (Faure) 又は **ペースト式** (Paste)

a. のプランテ式は始めから根本的に化學作用によつて鉛板を作るもので其性質としては強固であるが其製法には非常に多くの手数と時間を要する爲め価格が高いのを缺點とする。b. のフォーレ式は人工的に鉛板の枠に有效成分たる過酸化鉛及還元された鉛を生成し易い化合物を糊状 (ペースト状) にして塗り着けたものであるからペースト式とも云はれるのであるが、其性質があまり強固でないのを缺點とするが価格は前者よりも廉く形も一般に小である。

尙ほ日本蓄電池株式會社の特許 G. S. 鉛粉製電池は極めて密着性に富んだ鉛粉製のものでフォーレ式の如く弱くなく價格も廉いこの事である。

### 【90】 鉛製蓄電池の構造

極板の表面積の大小は容量に關係があるもので同一製法の極板では容量は其表面積に比例するがあまり大きな極板を使用するのは不便であるから數枚を並列に連結するのであるが其組合せ法は陰極板の數を陽極板よりも一枚だけ多くし外側は陰極であるやうにしてある。

又蓄電池の起電力は一定ではないが2ボルトの上下を少しく上下するものであるから一個は2ボルトを出すものとして必要電壓に對して直列に連結すべき箇數を計算するのである。

蓄電池の容器はガラス製、エボナイト製又は内部に漆又はアスファルトを完全に塗つた木製のものがあるがガラス製を最も多く使用する。

### 【91】 蓄電池の容量

蓄電池の容量を呼ぶには何ボルト何アムペア時 (ampere hour) と呼ぶ、アムペア時は例へば1時間2アムペアを使用したならば2アムペア時であつて、3時間5アムペアを使用したならば15アムペア時であるやうに時間と使用アムペア數とを掛け合はしたものを云ふ。

然し乍ら蓄電池の容量は一定なものではなく例へば10

時間5アムペアを出し得るものでも10アムペアを使用すれば5時間使用することが出来ず大抵4時間位しか使用することが出来ない、即ち使用電流が大なる時には使用時間が割合以下に減少するものである。

故に普通蓄電池の容量を呼ぶ際のアムペア時は10時間使用するものとして呼ぶのである、例へば25アムペア時の容量を有する蓄電池は2.5アムペアで10時間使用し得るものを差すのである。

### 【92】蓄電池の充電法

蓄電池を充電するには其陽極板に發電機の陽極を陰極板に陰極を結び又蓄電池の電圧と發電機の電圧とを見て必要があれば直列抵抗を入れ電圧を下げて充電しなければならぬ。

蓄電池を始めて充電する際には電源の準備が整つた後規定比重の稀硫酸を注入し充電を開始するのであるが此際の充電電流は大抵蓄電池に普通充電電流幾何アムペア最大充電電流幾何と書いてあるから此普通充電電流を以つて充電し急を要する時のみ最大充電電流を使用するがよい、若しも充電電流が不明ならば次の式によつて求められるものよりも小さな電流を以つて充電する。

$$I = \frac{(n-1) \times A}{20}$$

I = 最大充電電流 (アムペアにて)

n = 陰陽極板の總數

A = 一つの極板の平面積 (平方吋にて)

充電中蓄電池内に起る變化は大體次の通である。

- a. 電圧が漸次高くなり充電の終り頃には約 2.5 ボールトになる (蓄電池の種類により多少異なる°)
- b. 硫酸の比重が漸次高くなる。
- c. 充電が進むに従つて極板より瓦斯を發生し充電の終り頃には泡の爲め液が白濁するやうになる。
- d. 充電が充分なる時には陽極板は暗褐色になり陰極板は灰青色になる。
- e. 充電が進むに従ひ硫酸の温度が高くなる。

硫酸の比重は充電の終り頃には蓄電池の種類によつて多少異なるが大凡攝氏15度に換算して1.24位になる、若しも之と違つてゐるならば充電中濃硫酸又は蒸溜水を加へて調節する。

最初充電の際には普通充電の約7倍位の時間が必要であつて又此時注意して充電しなければ一生の壽命に關係するものである。

### 【93】蓄電池の放電法

蓄電池を放電する時には充電の時と大體反對の變化が起る、即ち

- a. 電圧が漸次降下する。
- b. 硫酸の比重が下がる。
- c. 陽極板は赤褐色になり陰極板は暗灰色になる。

蓄電池放電に際しては電圧は 2.1 ボールト位より直ぐ 2 ボールト位に下りそれより後 1.8 ボールト位迄は徐々に減少して行くが 1.8 ボールト位よりは急激に降下する。此急激に降下する迄も放電を續けたならば陽極板は酸化鉛 ( $PbSO_4$ ) を生じた後更に進んで過酸化鉛 [ $Pb(SO_4)_2$ ] となるもので此過酸化鉛は直ちに普通の充電以上に長く充電すればあまり程度が高くない時には酸化鉛となるが少しく充電がおくれば白色となり、次ぎの充電の際にも變化する事が出来ず容量を減するもので又極板が曲つたりなごの害を與へるものである。

#### 【94】 最小電流電路遮斷器

蓄電池充電中蓄電池の電圧が漸次上昇し發電機の電圧よりも反つて高くなつた時、又は發電機が故障の爲め發電しなくなつた時なごには蓄電池より反對に發電機に電流が流れるから或ひは蓄電池の制限以上の電流が流れ蓄電池を破壊し又は發電機の界磁の極性を反對にする事がある。之を防ぐ爲め大抵最小電流電路遮斷器を使用する。最小電流電路遮斷器は普通充電電流で充電中は其線輪の磁力によつて電路が接續せられてゐるが蓄電池の電圧が上昇し又は發電機の起電力が下降し充電電流が小となり或る程度以下となれば線輪の磁力が小なるから發條の力又は重力により自働的に電路が遮斷せられるものである。

#### 【95】 蓄電池取扱ひに関する諸注意

充放電法を説明した際既に述べたところもあるが最も注意すべきは次の諸點である。

- a. 充電電流を最大充電電流を超過せしめない事。
- b. 放電電流を最大放電電流を超過せしめない事。
- c. 電圧が 1.8 ボールト以下になる迄も放電せしめない事。
- a. 充電中硫酸の溫度が攝氏 40 度又は華氏 115 度位になつたならば充電を一時止め溫度が下つた後再び充電する事。
- e. 硫酸の比重に注意し充電中調整する事。
- f. 硫酸は純良のものを使用し水も蒸溜水を使用する事。
- g. 蓄電池の使用を休止しやうとする時には其前に普通充電以上 1, 2 時間!の過充電を行ひ休止中も一箇月に一回位は充電する事。
- h. 普通使用の時も一箇月に一度位過充電を行ふ事。
- i. 極板が曲つて互に接觸する事があるからよく注意して取調べかやうなものがあつたならば硝子棒其他酸におかされない絶縁物にて隔離さす事。

#### 問 題

- (1) 100 ボールトの電源より普通充電電流 2 アンペアの蓄電池 3 箇を充電したいと思ふ、さうすればよいか。

(2) 前問に於て蓄電池の電圧が 2.4 ボールトに上昇した時には充電電流は何程なるか。

解 答

(1) 直列に抵抗 R を挿入すればよい、蓄電池は充電し始めるに直ちに 2.1 ボールト位になるから 3 箇を直列に接続すれば 6.3 ボールトとなる。故に R による電圧降下は  $100 - 6.3 = 93.7$  ボールトとすればよい、故に

$$2 \times R = 93.7$$

$$\therefore R = \frac{93.7}{2} = 46.85 \text{ オーム}$$

(2) 一箇が 2.4 ボールトとすれば三箇では  $2.4 \times 3 = 7.2$  ボールトとなる、故に直列抵抗による電圧降下は

$$100 - 7.2 = 92.8 \text{ ボールト となる。}$$

直列抵抗は 46.85 オームであるから電流を I とすれば

$$I = \frac{92.8}{46.85} = 1.98 \text{ アンペア}$$

第五章 交流電氣

第一節 簡單なる交流理論

【96】交流電氣

交流電氣は絶えず電流方向が變化するものである事は既に説明した通りである。陸上の大電力用のものでは殆んど交流を使用しているが船舶上では元來無線電信が交流の内 **振動電流** と稱へられるものの一種であつて又高壓を得る爲めに交流を使用しているが、其他ではタービン電氣推進に交流機械を使用している位であまり縁の深くないものであり、又其理論は難解であるから以下では唯交流と云ふものの概念を得る位の程度に止めることにする。

大電力用として交流を使用するのは (1) 交流機の方が少しく能率がよい、(2) 變壓器を使用すれば容易に高電壓とすることが出来る、従つて長い送電線の抵抗による電力の損失を少なくすることが出来る、(3) 一般に交流機の方が價格が廉い等の理由からである。小電力用として直流を使用するのは (1) 交流發電機では勵磁用として別に直流發電機を設けるか又は交流を直流に直す装置を設けねばならない、(2) 送電線が短いから高電壓の必要がない、(3) 理論が簡單であり取扱ひも容易である爲め等である。

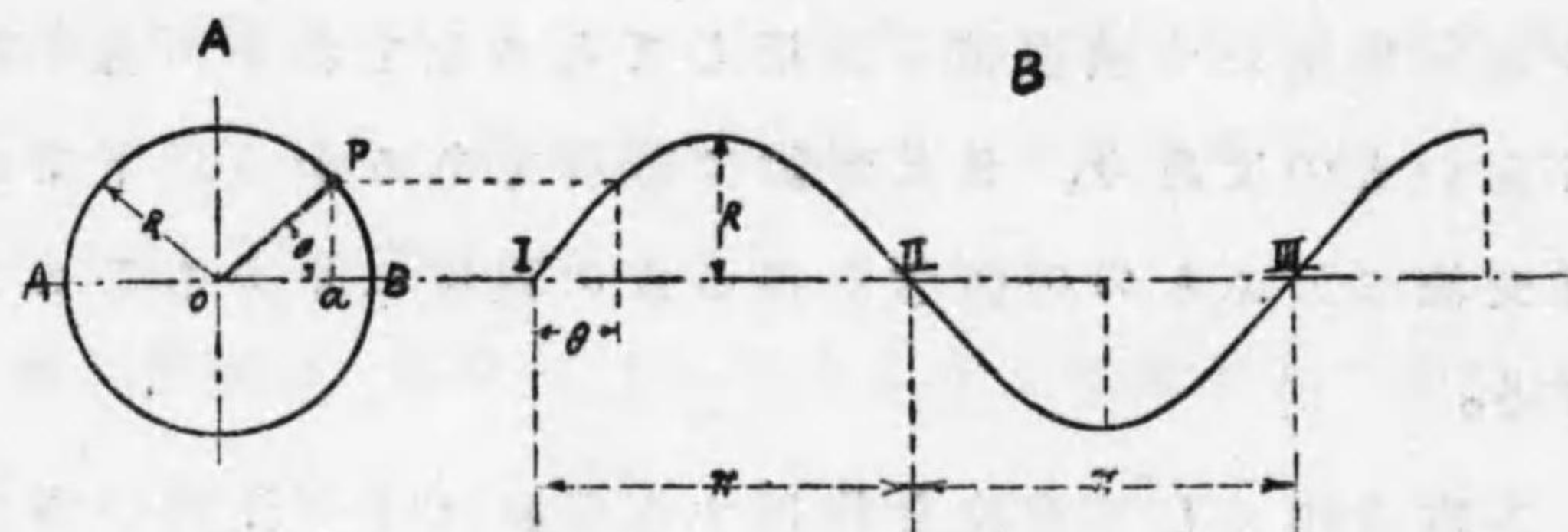
【97】 正 弦 波 (Sine curve)

第八十九圖 A の如く半徑 R を有する圓周上の任意の一點 P より直徑 AB に垂線 Pa を立て  $\angle POB$  を  $\theta$  で表はし Pa を單に P で表はせば

$$P = R \sin \theta$$

P 點を圓周上何處に取つても其點よりの垂線の高さは常に上の式に依つて表はされる。今同圖 B の如く横軸上に角度を取り縦軸上に垂線の高さをとれば圖のやうな曲線を得られる。これを **正弦波** と名付ける。

第 八 十 九 圖



次に A 圖に於て O 圓周上を一定速度を以て廻轉してゐるものとし其角度を  $\omega$  とすれば t 秒間廻轉したときの角度は  $\theta = \omega t$  ラジアンとなる、故に

$$P = R \sin \omega t \dots\dots\dots(21)$$

又一秒間の廻轉數を特に周波數 (frequency) と稱へる、今之を f を以て表はせば角速度  $\omega$  は  $2\pi f$  となるから

$$P = R \sin 2\pi ft \dots\dots\dots(22)$$

とも記すことが出来る。

【98】 交流の電壓及電流

交流電氣の電壓及電流は絶えず其値を變じてゐる事は直流發電機を説明する際に説明したのであるが其變化の具合は正弦波と見て差支へなく (發電機の構造により他の形狀となる事もあるが現在の交流發電機では出來得る限り正弦波となるやうにしてある) 特に精密を要するものの外は正弦波として計算もし理論も考へてゐる。

交流の電壓と電流とを特に **交 壓** 及 **交 流** と呼ぶ事がある。

交流の電壓と電流とは直流の場合の如くオームの法則によつて簡単に其關係を表はし得ない事が多い。

【99】 瞬時値、最大値、平均値及實効値

交流の電壓及電流は正弦波をなして變化してゐるが其最大なる値を **最大値** と云ひ瞬時の値を **瞬時値** と云ふ。又瞬時値の平均即ち正弦波の高さの平均を **平均値** と云ひ最大値の  $\frac{2}{\pi}$  となる。尚瞬時値の自乗の平均を開平したものを **實効値** (Effective value) と稱へる。

上に述べた如く交流の電壓及電流の値を呼ぶには色々な云ひ方があるが 普通單に交流の電壓又は電流と云ふのは實効値を差すものである。

實効値は最大値を  $\sqrt{2}$  で割つたものに等しいのであつて、今電壓及電流の最大値を  $E_m$  及  $I_m$  を以つて表はし實効値を E 及 I を以つて表はせば

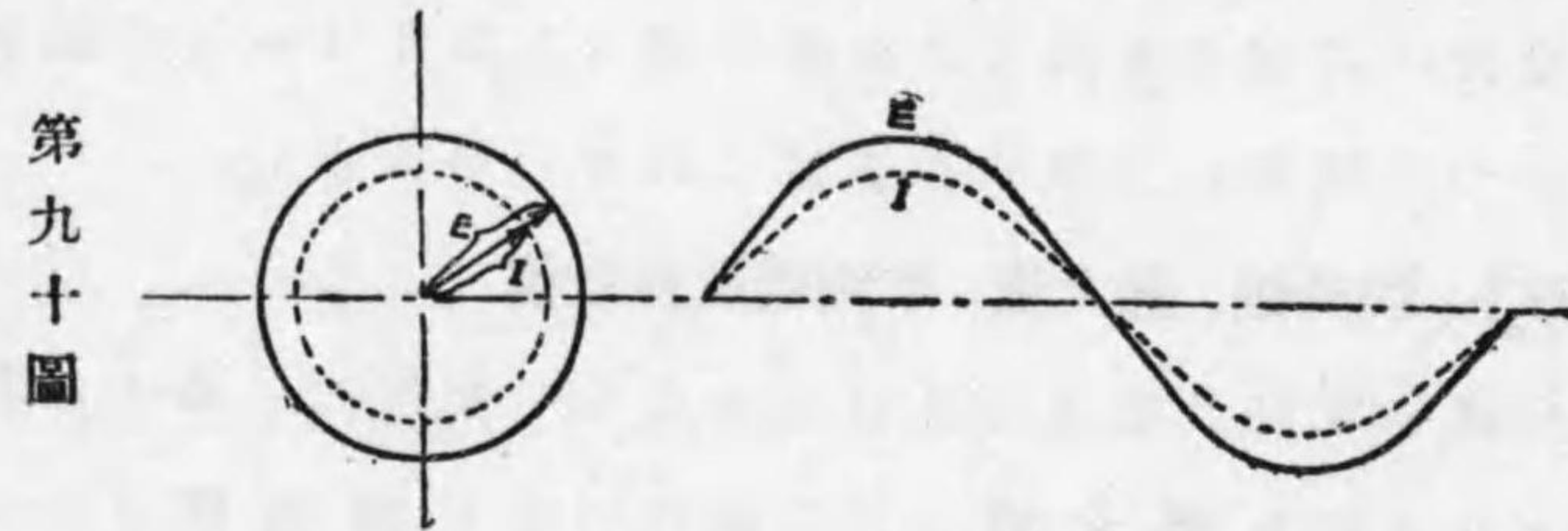
$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m \dots\dots\dots(23 a)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \dots\dots\dots(23 b)$$

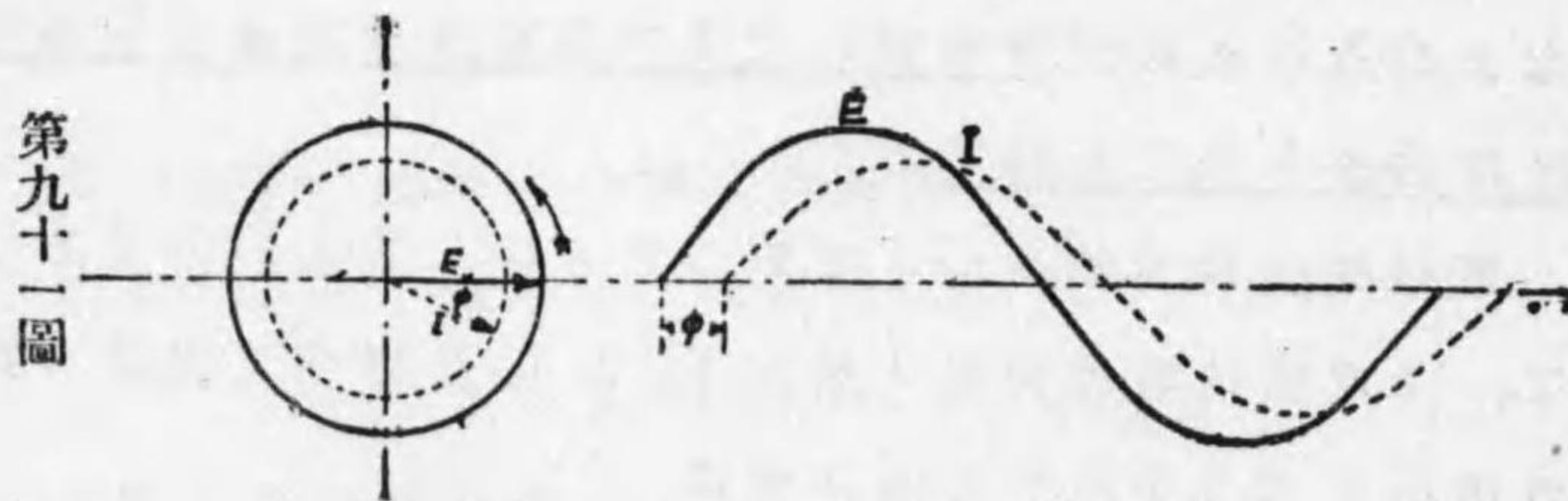
【100】 位 相 (Phase)

二つの相等しい角速度を有する正弦波の零點が一致してゐないとき其零點間の距離を角度で測り之を**位相の差** (Phase difference)と云ふ。

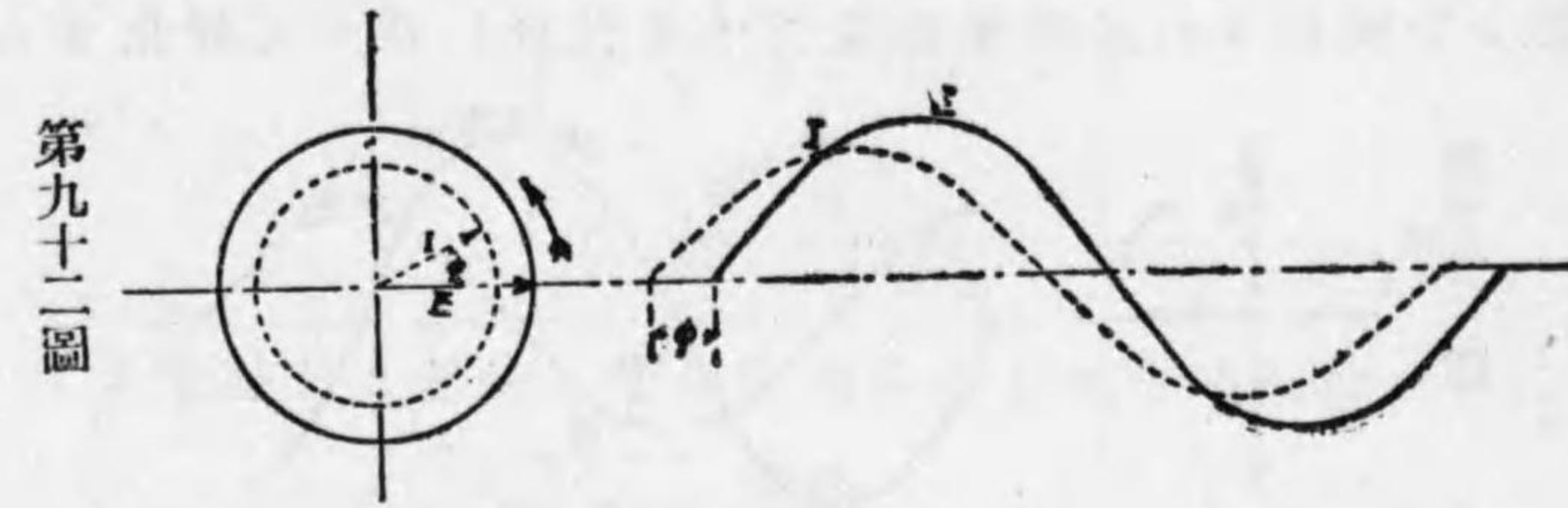
第九十圖の如く電壓 E と電流 I との零點が一致してゐるときには**同相** (In phase)に在り云ひ、第九十一圖及



第九十二圖の如く E と I との零點が一致してゐないとき其零點間の角度  $\phi$  が位相の差であつて廻轉方向に進んでゐるか否かによつて例へば第九十一圖は電壓が電流よりも**進み** (Lead)し或ひは電流が電壓よりも**遅れる** (Lag)す



る)と云ひ、第九十二圖は電流が電壓よりも進み或ひは電壓が電流よりも遅れると云ふ。



【101】 抵抗のみを有する交流回路

回路に抵抗のみを有する際にはオームの法則に従ふもので E 及 I を電壓及電流の實効値とし R を抵抗とすれば

$$I = \frac{E}{R}$$

又此時 E と I とは同相にある。

次に e 及 i を電壓及電流の瞬時値とし  $E_m$  を電壓の最大値とすれば  $e = E_m \sin 2\pi ft$  であるから

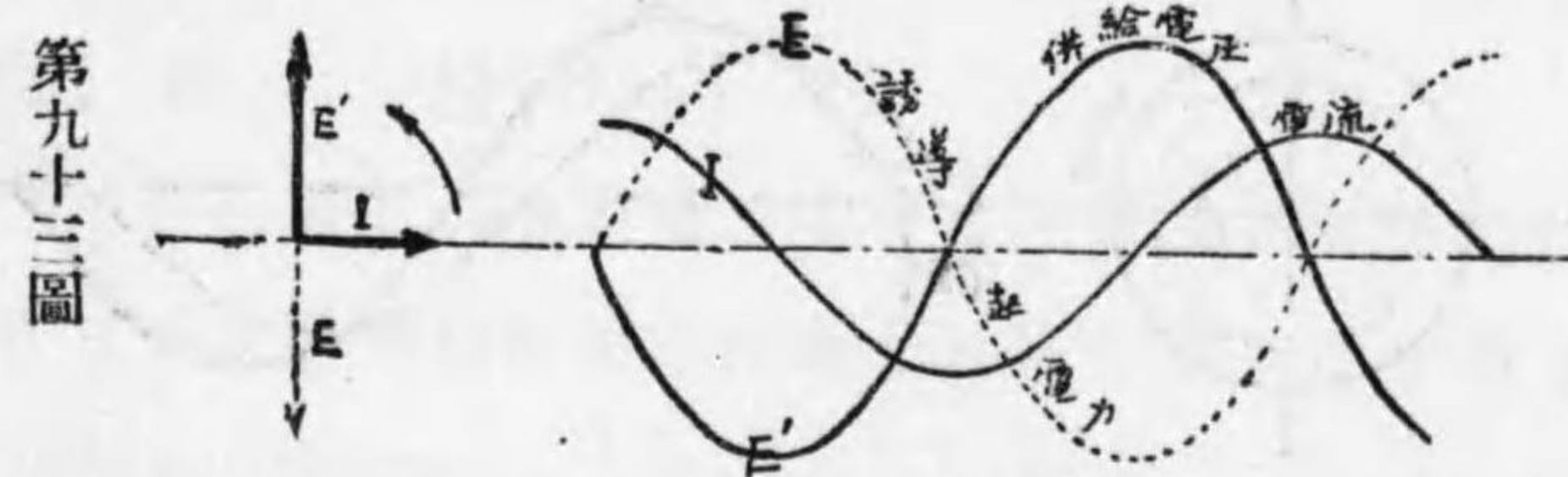
$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m \sin 2\pi ft}{R} \dots\dots\dots(24)$$

【102】 交流に対する誘導の影響

直流の時には誘導の影響は電流を送つた時及び切斷した時誘導起電力が誘發せられるが普通状態で送電中ではそのやうな事はなく誘導は何等の影響もないが交流は常に其値が變化してゐるから若しも回路に誘導を有して居れば常に誘導起電力が誘發せられる、其値は誘導を L、電流を I とすれば誘導起電力 E は

$$E = 2\pi f L I \dots\dots\dots(25)$$

誘導起電力は第九十三圖の如く電流より常に90度又は $\frac{\pi}{2}$ ラジアンだけ進んだ位相にあるもので電流が正弦波に従つて變化すれば誘導起電力も正弦波に従つて變化する。

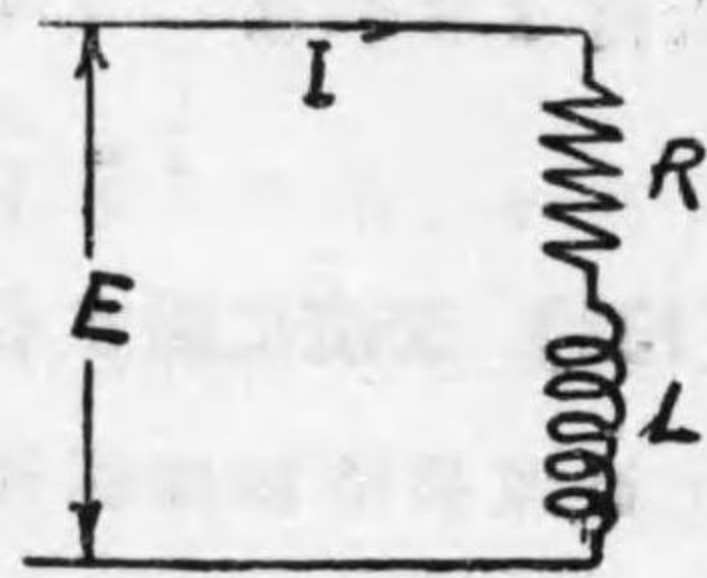


供給電圧は誘導起電力と相等しく恰度反対であるから誘導を有する回路に交流を送れば供給電圧は電流よりも90度進む、換言すれば電流は電圧よりも90度遅れるものである。

【103】 抵抗及誘導を有する交流回路

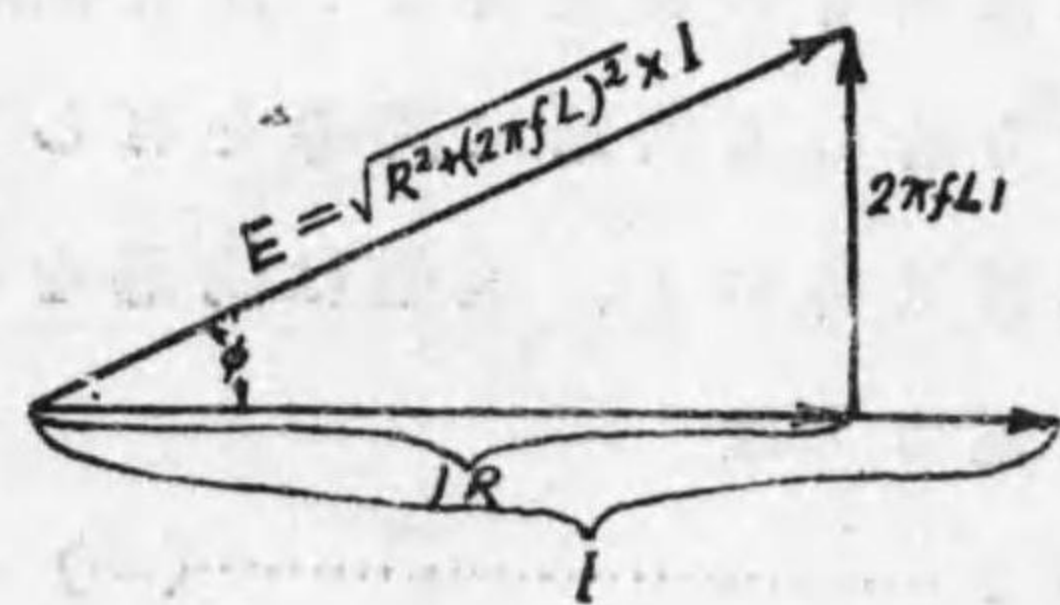
電圧及電流の實効値をE及I、抵抗をR、誘導をLとしRとLとは第九十四圖の如く直列に接続せられてゐるものとする。

第九十四圖



先づ位相を考へるに抵抗に逆つて電流を通ずるに要する電圧

第九十五圖



IRは電流と同相にあるが誘導に逆つて電流を送るに要する電圧  
2πfLIは前項に述べたやうに電流よりも90

度進んでゐるから全電圧Eは第九十五圖の様に是等のベクトルの和となる、即ち

$$E = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} \times I$$

$$\therefore I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}} \dots \dots \dots (26)$$

又電圧Eと電流Iとの位相の差をφとすれば

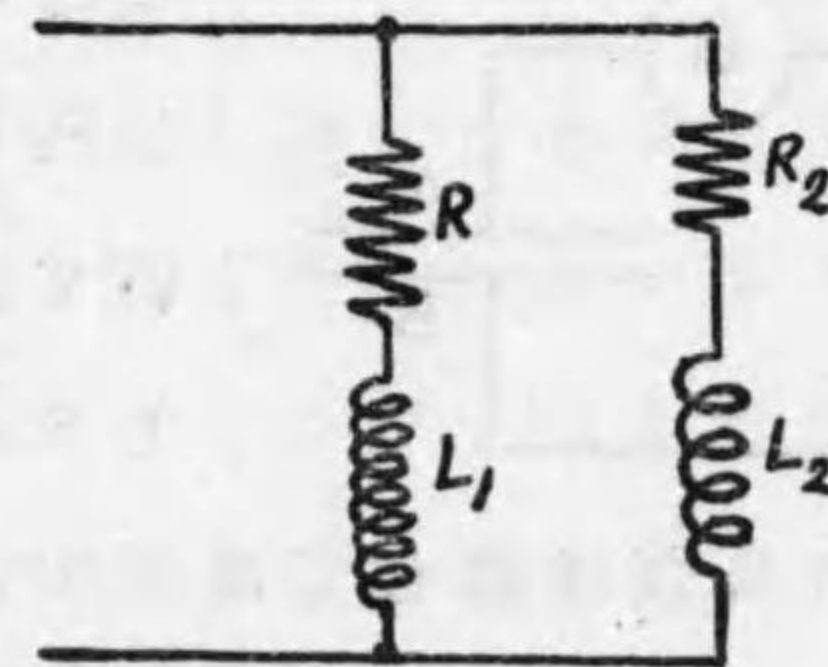
$$\tan \phi = \frac{2\pi fL}{R} \dots \dots \dots (27)$$

$$\therefore \phi = \tan^{-1} \frac{2\pi fL}{R}$$

【104】 交流とベクトル計算

交流を計算する時には必ずベクトル計算をしなければならぬので代数的計算はいけぬものである。例へば前項に於て IR と 2πfLI との和を求めるのに二つは直列にあるからして RI + 2πfLI = (R + 2πfL)I を全電圧と計算したならば間違ひで前項に述べたやうに必ずベクトル和を求めねばならぬのである。

第九十六圖



第九十六圖の如く抵抗R<sub>1</sub>、誘導L<sub>1</sub>とを有するものと抵抗R<sub>2</sub>、誘導L<sub>2</sub>とを有するものとこの二つが並列に接続せられて居りEが兩端の電圧である時に全電流を求める

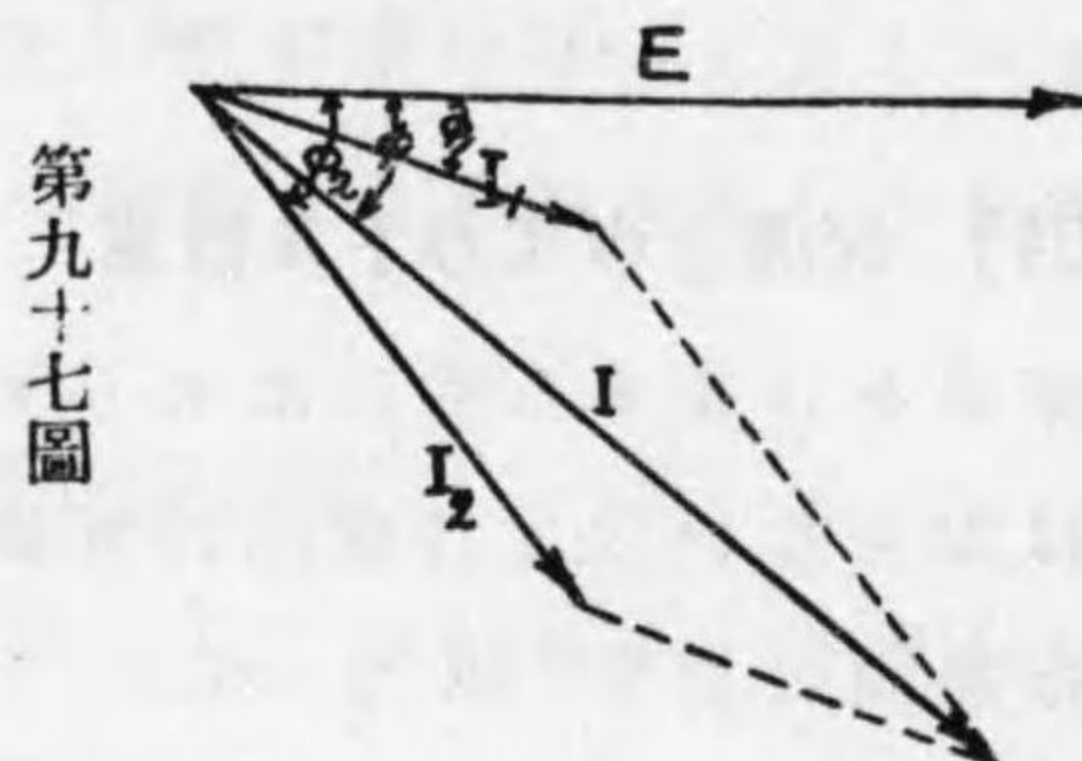
際 R<sub>1</sub> L<sub>1</sub> の方の電流を I<sub>1</sub> とすれば

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + (2\pi f L_1)^2}}$$

$R_2 L_2$  の方の電流を  $I_2$  とすれば

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_2^2 + (2\pi f L_2)^2}}$$

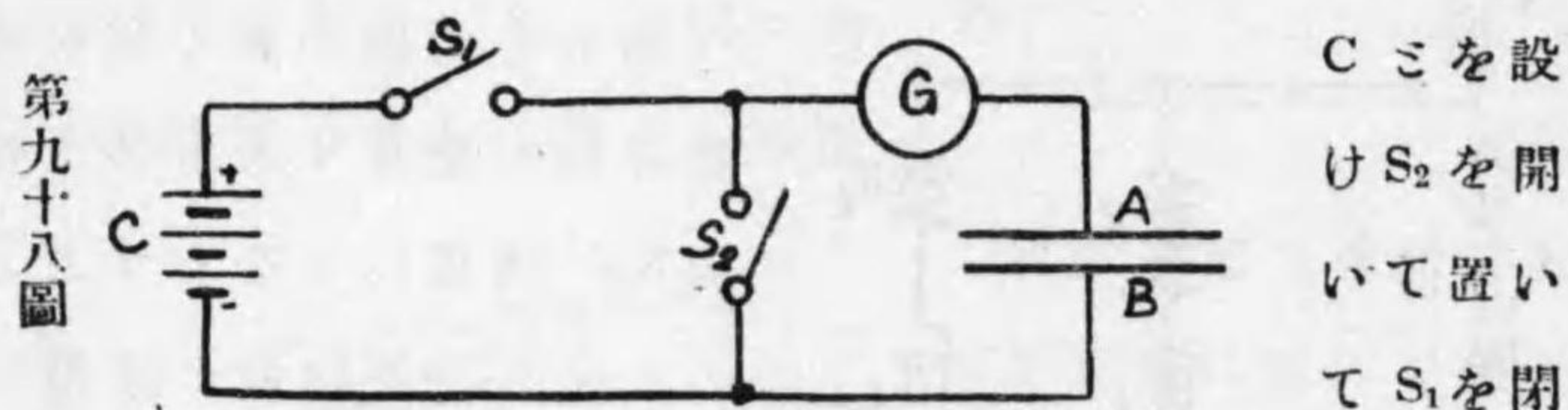
故に全電流は  $I_1 + I_2$  とすれば誤りであつて、 $I_1$  は  $E$  よりも  $\phi_1 = \tan^{-1} \frac{2\pi f L_1}{R_1}$  だけ遅れ  $I_2$  は  $E$  より  $\phi_2 = \tan^{-1} \frac{2\pi f L_2}{R_2}$  だけ遅れてゐるから第九十七圖の如く  $E$  と  $I_1$  及  $I_2$  のベクトルを描き  $I_1$  と  $I_2$  の和  $I$  を求めたならば  $I$  が全電流となり  $I$  と  $E$  の角が相違なるのである。



第九十七圖

【105】蓄電器及容量

二枚の金属板 A と B とを其間を例へば雲母で絶縁し第九十八圖の如くガルバノメーター G、開閉器  $S_1$  及  $S_2$ 、電池 C を設

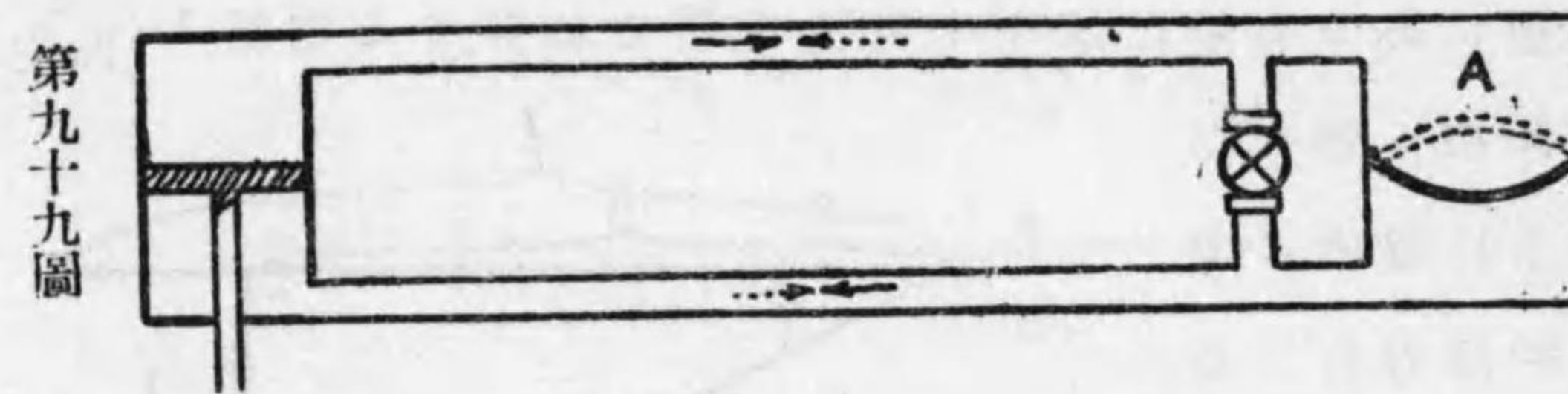


けたならばガルバノメーターは始めは傾斜して電流の流過する事を示すが暫時にして指度は零となり電流が流過しない事を示すものである。次ぎに  $S_1$  を開き  $S_2$  を閉ぢれば

ガルバノメーターは始め前と反對方向に傾斜するが暫時にして零度を示す。以上の事實から  $S_2$  を開いて  $S_1$  を閉ぢたときには A は + となり B は - となつて A と B との間に電流が貯藏せられ  $S_1$  を開いて  $S_2$  を閉ぢた時には其貯藏せられた電氣が A から B に流れ A と B とが同じ電位になつたとき電流が流れない様になつた事がわかる。かやうな A と B のやうな金属片を蓄電器 (Condenser) と稱へ蓄電し得る大きさを容量 (Capacity) と稱へる。

直流の際には始め A が供給電壓と同じ電位となれば最早や電流は流れないから普通状態で送電中は容量の影響はないのであるが交流では起電力が常に變化してゐるから容量を通じて電流が流過するやうに働らくものである。

例へば第九十九圖の如く往復動ポンプを使用し A なる

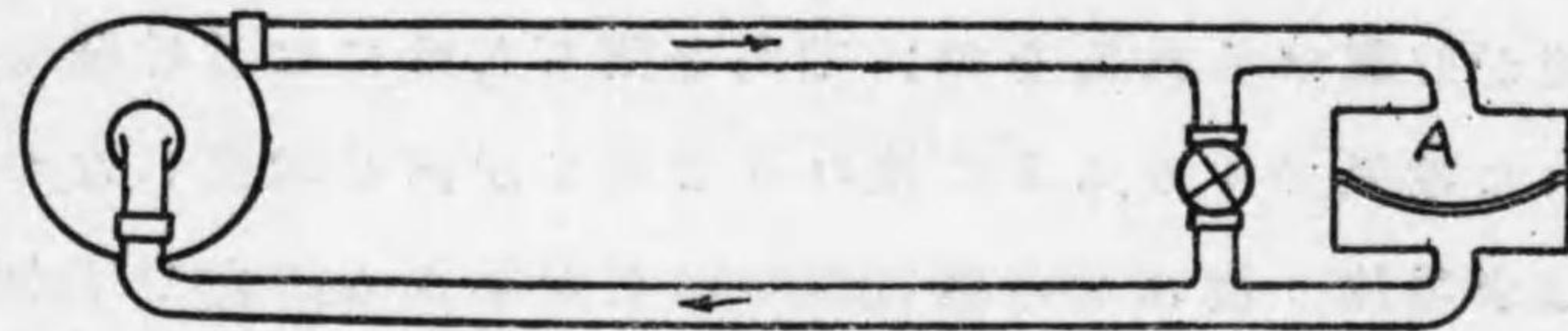


容器に水を送るとき A は其中央にゴムのやうな弾性あるもので隔ててあればピストンが下に下るときゴムは上に曲りピストンが上に上るときにはゴムは下に曲つて兩方を連結する管内の水はピストンの上下毎に流動するが第一百圖の如く往復動ポンプの代りに渦巻ポンプを用ひたならばゴムが一方に曲る迄は水は管内を流動するが其後は



流動しないやうになる。前者は交流の時容量を通じて電流が流過するのと同様で後者は直流の時の容量の影響と同一である。

第百圖



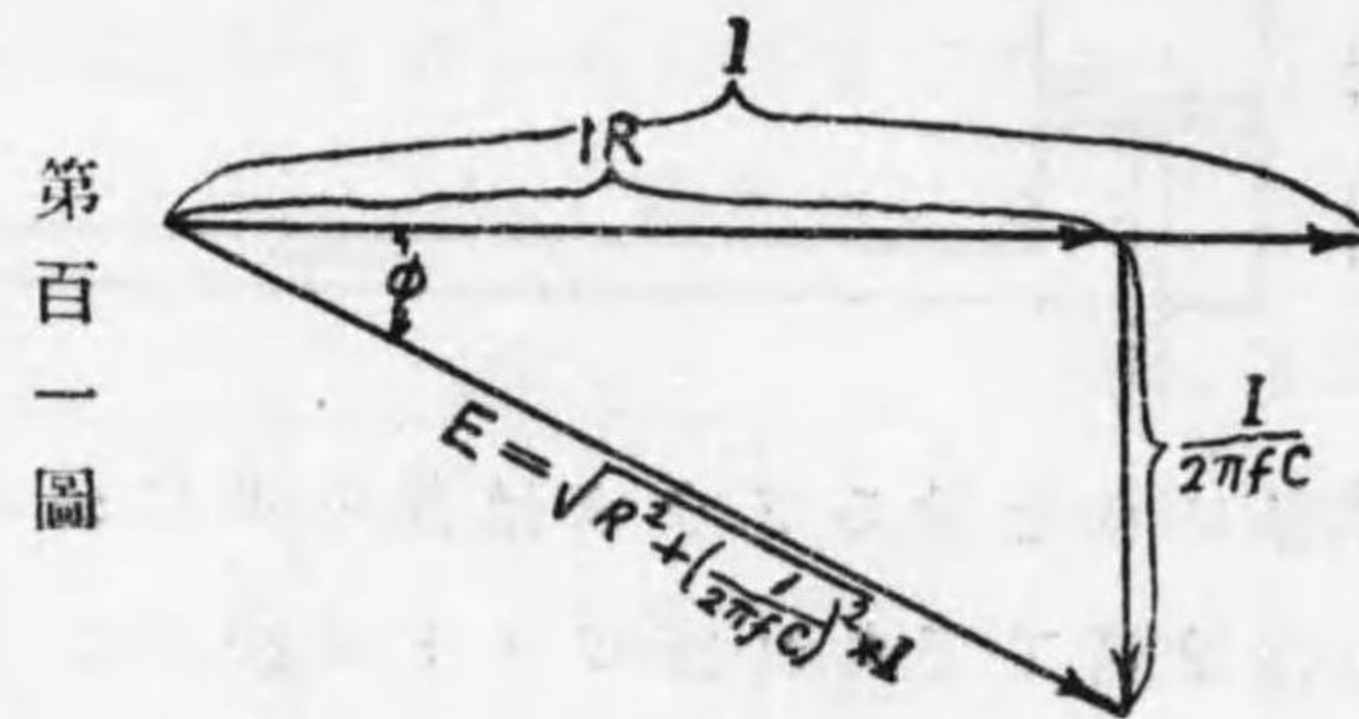
容量 C に對抗して I なる實効値の電流を通ずれば  $I \times \frac{1}{2\pi fC}$  實効値の電圧が費やされ此時供給電圧よりも電流は 90 度又は  $\frac{\pi}{2}$  ラジアン進むものである。

【106】 抵抗と容量とを有する交流回路

抵抗 R と容量 C とが直列に接続せられて居り電圧及電流の實効値は E 及 I であるとする。

抵抗に逆つて電流を送るに要する電圧 RI は電流と同じ相にあり容量に逆つて電流を送るに要する電圧  $I \times \frac{1}{2\pi fC}$  は前項に述べた

やうに電流よりも 90 度遅れてゐるから第百一圖の様に全電圧 E



は是等二つのベクトルの和となる、即ち

$$E = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \times I$$

$$\therefore I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2}} \dots\dots(28)$$

又 E と I との位相の差を φ とすれば

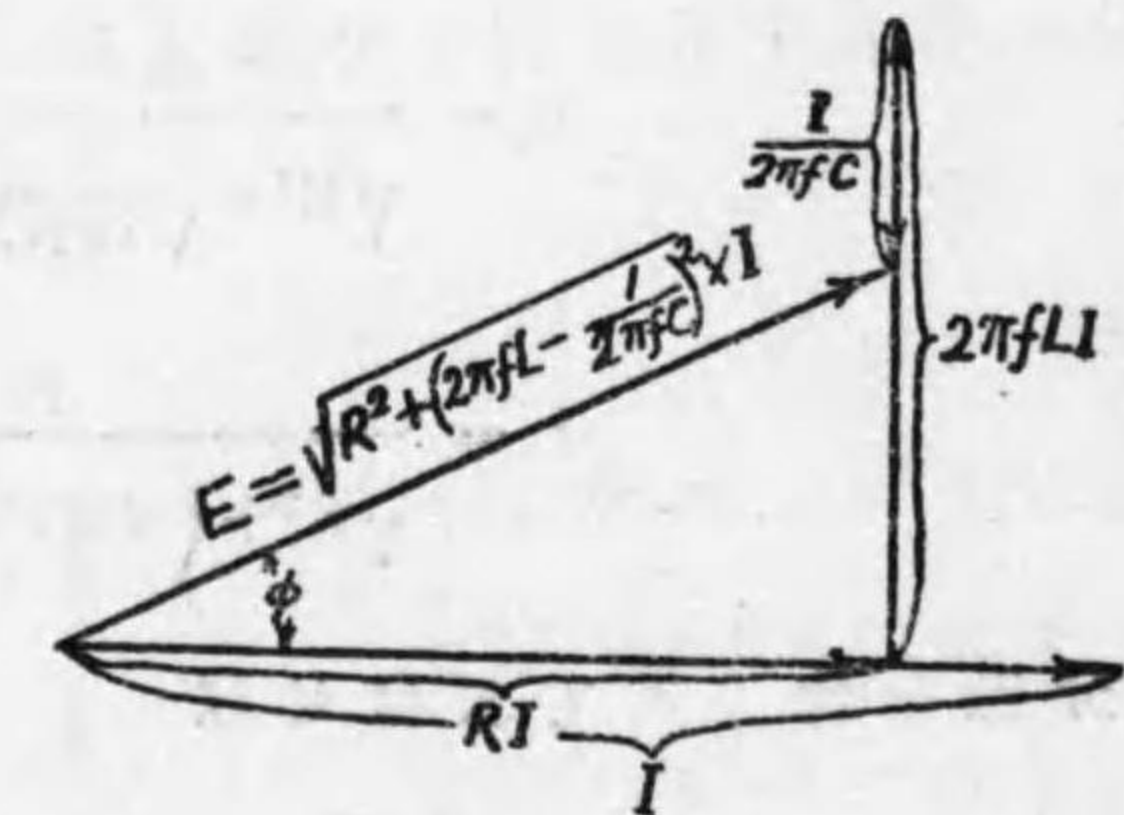
$$\tan \phi = \frac{1}{2\pi fC} \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{2\pi fC \cdot R} \dots\dots(29)$$

【107】 抵抗、誘導及容量を有する交流回路

抵抗 R、誘導 L 及容量 C とが直列に接続せられ電圧及電流の實効値が E 及 I ならば RI は電流と同相となり  $2\pi fLI$  は電流より 90 度進み  $\frac{1}{2\pi fC} \times I$  は電流より 90 度遅れる。故に是等を

第百二圖の様にベクトルに書けば電圧は是等のベクトルの和となる、即ち

第百二圖



$$E = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \times I$$

$$\therefore I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}} \dots\dots(30)$$

又 E と I との位相の差を φ とすれば

$$\tan \phi = \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R} \dots\dots(31)$$

$$\therefore \phi = \tan^{-1} \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R}$$

電流が電圧よりも進むか遅れるかは L と C との値によ

るもので(31)式が+になれば電流が電圧よりも遅れる事を表はし-になれば進む事を表はす。

【108】 インピーダンス及リアクタンス

交流回路に於ける E と I との関係を再び書けば

$$I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}} \dots\dots(26)$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2}} \dots\dots(28)$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}} \dots\dots(30)$$

分母を總て Z で表はせば

$$I = \frac{E}{Z} \dots\dots(32)$$

となり甚だ簡単なる、此 Z をインピーダンス (Impedance) と總稱する。又  $2\pi fL$ ,  $\frac{1}{2\pi fC}$ ,  $2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}$  を總てリアクタンス (Reactance) と云ひ、其内  $2\pi fL$  を誘導リアクタンス (Inductive reactance)、 $\frac{1}{2\pi fC}$  を容量リアクタンス (Condensive reactance) と云ひ抵抗と同じくオームを單位とする。

故に インピーダンス =  $\sqrt{(\text{抵抗})^2 + (\text{リアクタンス})^2} \dots\dots(33)$

尚ほインピーダンスの反数をコンダクタンス (Conductance) と云ふ。

【109】 誘導及容量の單位

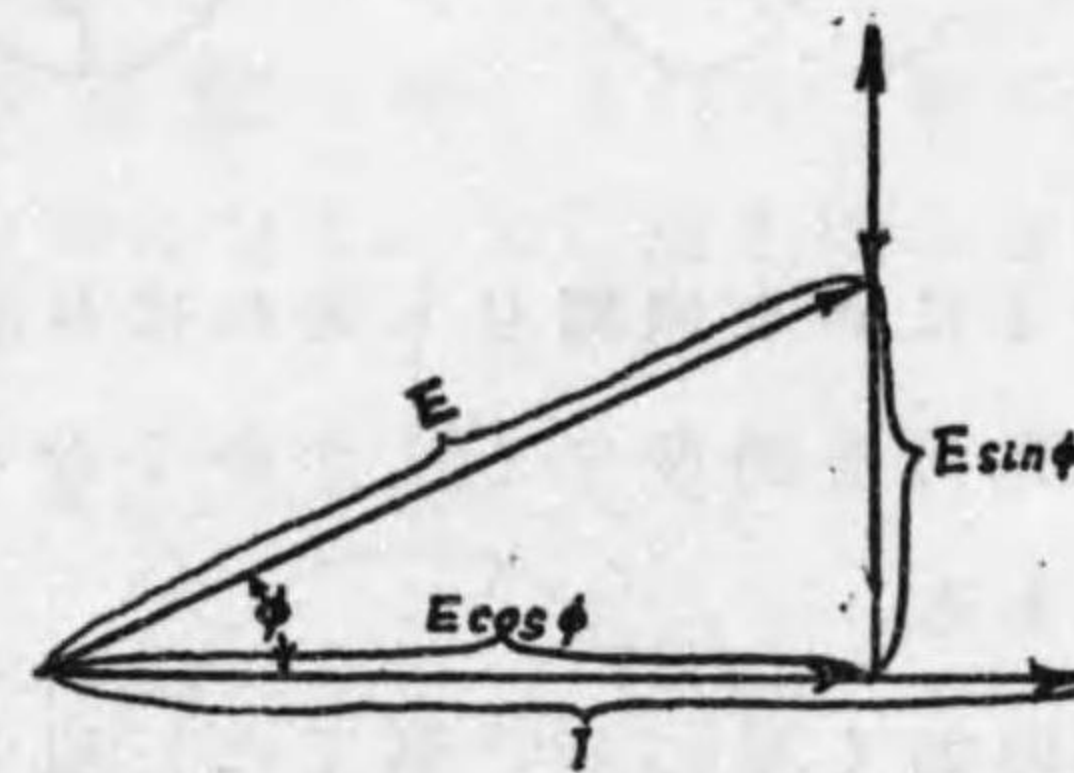
一秒間に一アンペアの割合で流れる電流によつて一ボルトの電壓に蓄電せられるやうな蓄電器の容量を容量の單位としファラッド (Farad) と稱へる、然し實際上には其百萬分の一のマイクロファラッドを多く使用する。又一秒間に一アンペアの割合で變化する電流により一ボルトの起電力を誘發するやうな誘導を誘導の單位としヘンリー (Henry) と稱へる、然し實際上には其千分の一のミリヘンリーを多く使用する。

【110】 交流の電力

直流の際には電力は E をボルト I をアンペアで表せば  $W = E \times I$  ワット

となつたのであるが交流では一般に第百三圖の如く E と I との位相の差を  $\phi$  とすれば電壓を二つの部

第百三圖



分に分ければ電流と同相にあるのは  $E \cos \phi$  となり  $E \sin \phi$  は電流とは  $90^\circ$  の相差がある、故に

$$W_1 = I E \cos \phi \text{ ワット} \dots\dots(34)$$

$$W_2 = I E \sin \phi \text{ ワット} \dots\dots(35)$$

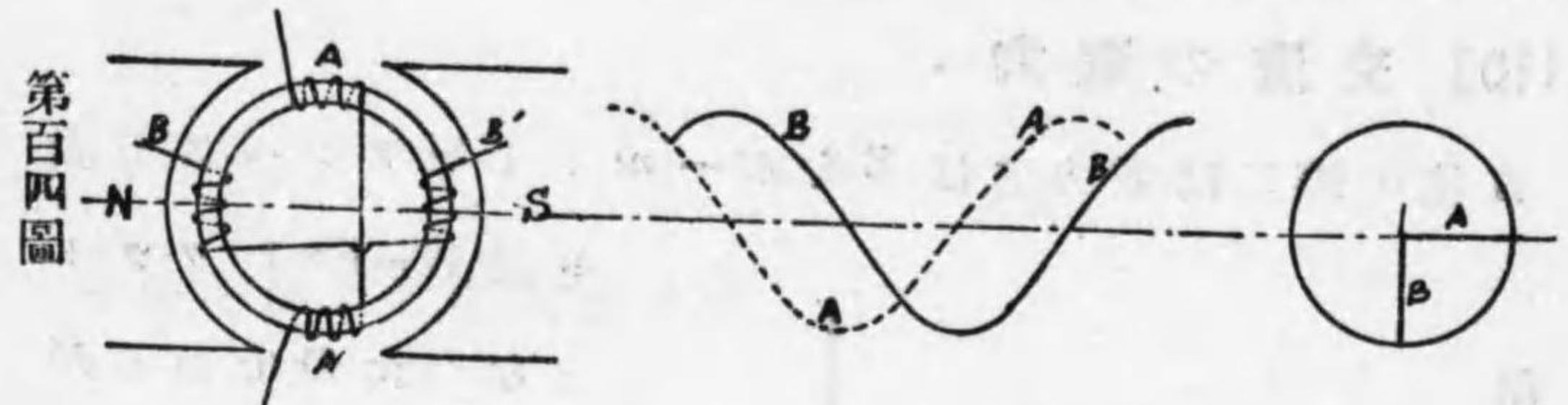
$W_1$  を有効電力 (Effective power) と稱へ、 $W_2$  を無効電力又はリアクティブ電力 (Watt-less power or reactive po-

wer) と稱へる。然し普通單に交流の電力を云へば有効電力を指すものである、又有効電力を電壓×電流との比即ち  $\cos \phi$  を **力率** (Power factor) と稱へる。

【111】 交流の種類

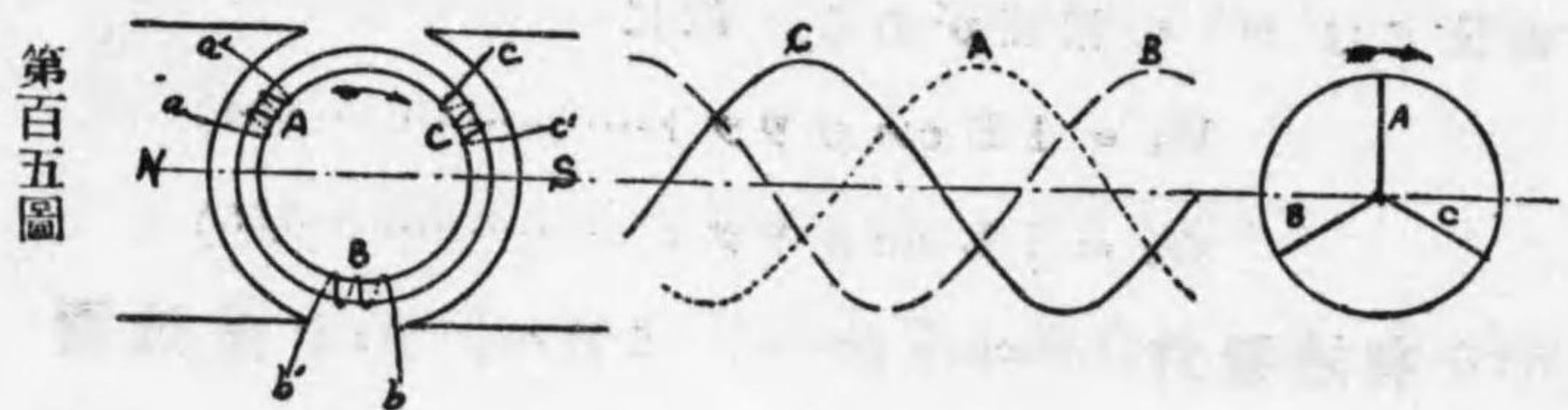
交流を分けて (1) 単相交流 (Single phase A. C.) (2) 二相交流 (Two phase A. C.) (3) 三相交流 (Three phase A. C.) 等にする事が出来る、今迄に述べたのは皆單相交流に付いてである。

第百四圖の如く NS なる磁極の間に二組の線輪 AA'、



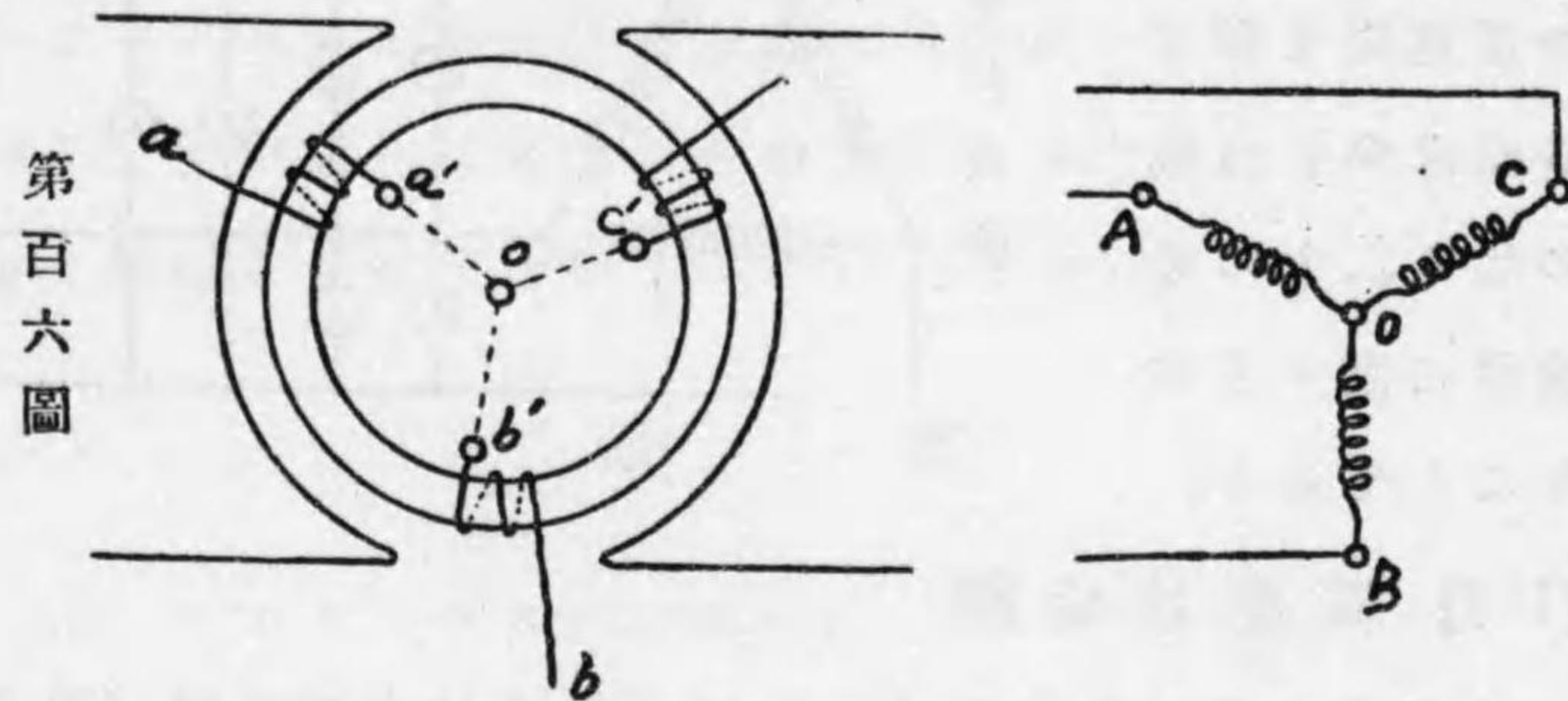
BB' を一直角隔て、鐵心上に巻き廻轉せしめれば B は A より  $90^\circ$  位相の遅れた起電力を誘發する。かやうなものを二相式交流と云ふのである。

三相交流とは第百五圖の如く互に  $120^\circ$  隔てた三組の線輪を有する發電子により誘發せられるものである。

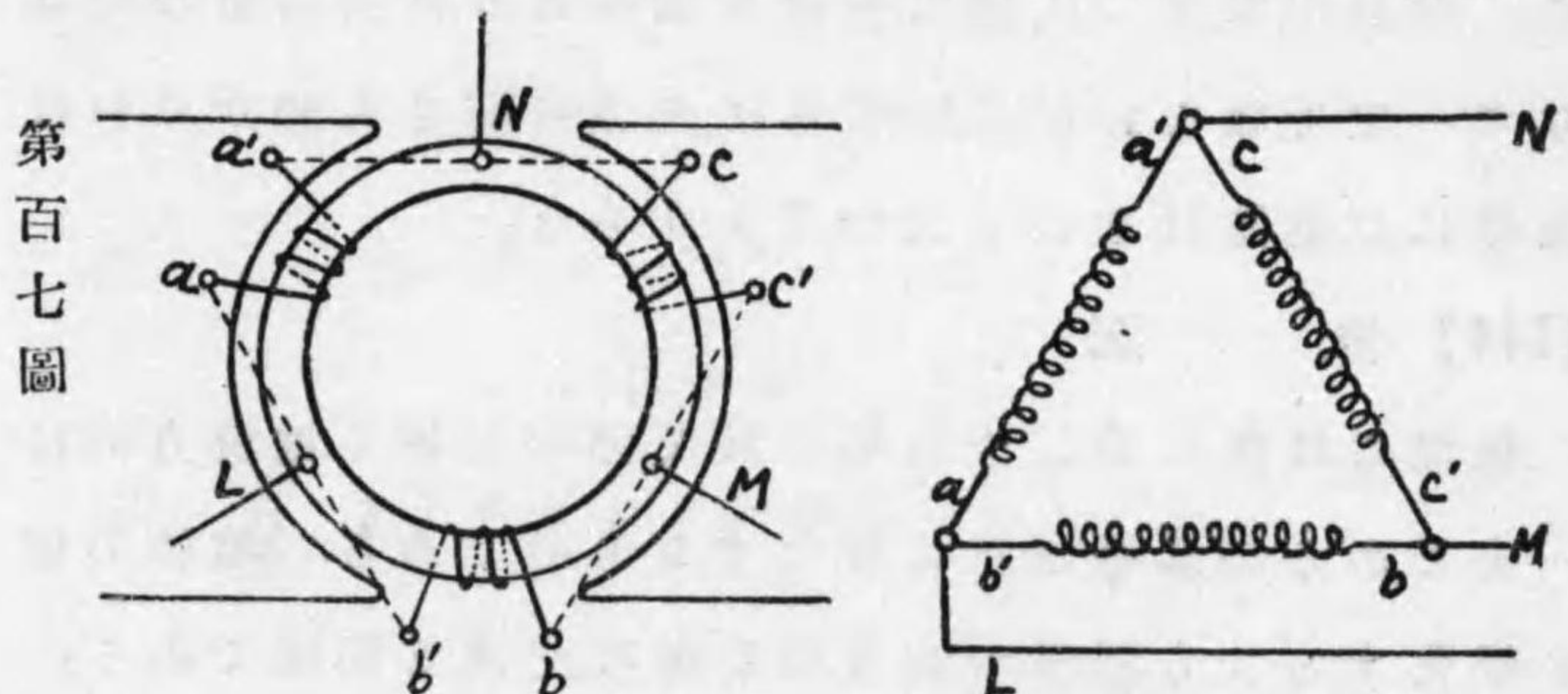


【112】 三相交流の連結法

現在陸上に使用せられる交流は殆んそ總て三相交流である。三相交流を連結するのに二方法がある。第百六圖

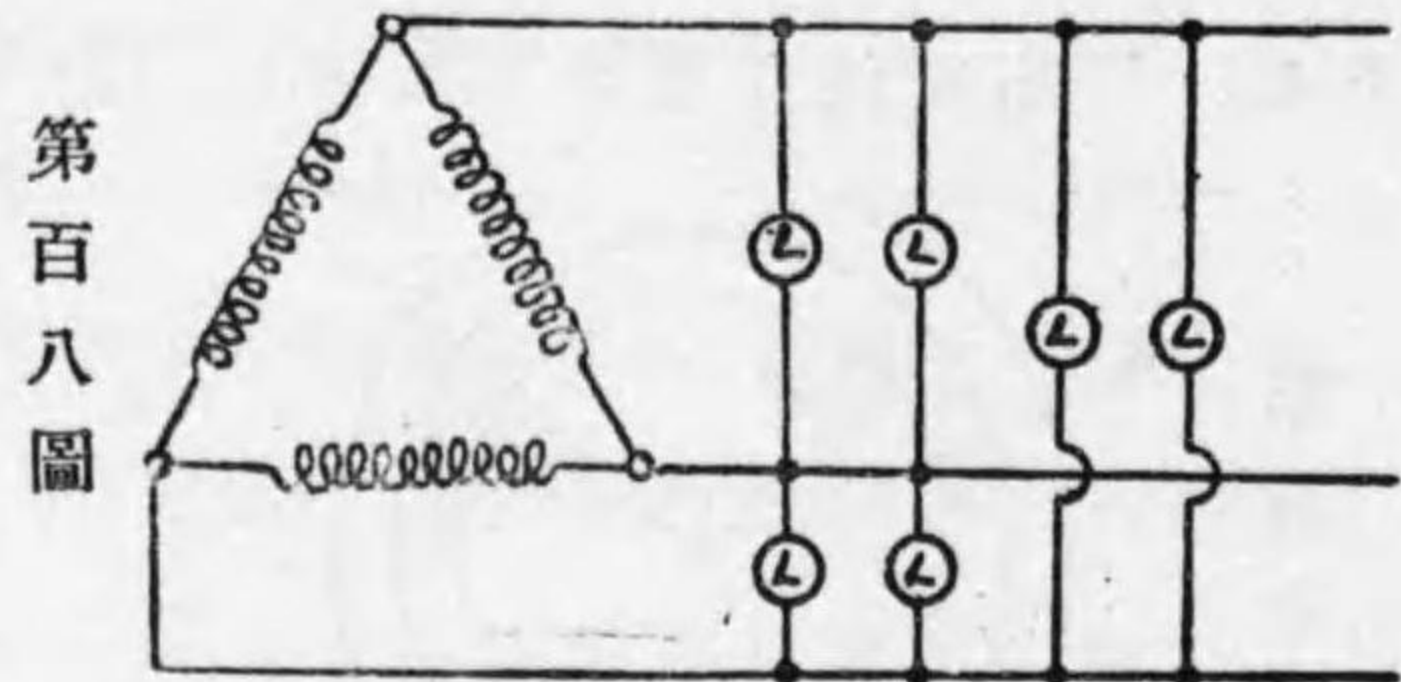


は **星形結合** (Star connection) と總稱せられ三相交流のときは特に **Y 形結合** と稱せられるもので三組の線輪の一端を皆 **中性點** と稱せられる一點に接続し他端を外部に出すものであつて、又第百七圖は線輪を皆直列に結び其中



央から外部に引出すものでこれを **網形結合** (Mesh connection) と總稱するが三相交流では特に **△形結合** と稱する。

尙注意すべきは三相交流三線式送電線中の二本づつを取れば△形に結合したこまなり二本の間には単相交流が流れるのであつて電燈を點するには第百八圖の如く二本の電線間に點するやうにしてゐる。



第百八圖

【113】 高壓及低壓

逓信省電氣工事規定によれば低壓は直流では 600 ボルト交流では 300 ボルトを超過しない電壓を云ひ、高壓は低壓の限度を超過し 3500 ボルトを超過しないものを云ひ 3500 ボルトを超過したものを特別高壓と云ふ、何程の電壓で人體に危険を與へるかは人によつて異なり一定ではないが低壓ならば先づ時間さえ短かければ生命には危険はないと云つてよからう。

【114】 脈 流

脈流は既に第二十八項に於て述べた如く電流方向は一定であるが其値は常に變化するものである、電流の値が變化するから誘導や容量の影響は交流と同様である。

問 題

(1) 10 オームの抵抗と 46 ミリヘンリーの誘導を直列に

接続し 100 ボルトで周波数が 60 の交流を送れば電流は何アンペアなるか、又電流は電圧よりも何度遅れるか。

(2) 10 オームの抵抗と 17 ミリヘンリーの誘導と 46 ファラッドの容量とを直列に接続し 100 ボルトで周波数が 60 の交流を送れば電流は電圧よりも 30° 遅れると云ふ容量は何程か又電流は何アンペアなるか。

解 答

$$(1) \text{リアクタンス} = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 60 \times \frac{46}{1000} = 376.8 \times 0.046 = 17.32 \text{ オーム}$$

故に第 26 式によつて

$$I = \frac{100}{\sqrt{10^2 + 17.32^2}} = \frac{100}{\sqrt{100 + 300}} = \frac{100}{20} = 5 \text{ アンペア}$$

次に第 27 式によれば

$$\tan \phi = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{17.32}{10} = 1.732$$

然るに  $\tan 60^\circ = \sqrt{3} = 1.732$

$$\therefore \phi = 60^\circ$$

$$(2) \text{リアクタンス} = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} = 2 \times 3.14 \times 60 \times \frac{17}{1000} - \frac{1}{2 \times 3.14 \times 60 \times C} = 376.8 \times 0.017 - \frac{1}{376.8C}$$

故に第 31 式によつて

$$\tan 30^\circ = \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R} = \frac{6.4056 - \frac{1}{376.8C}}{10}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{1.732} = 0.577 \quad \text{に等しいから}$$

$$0.577 = 6.4056 - \frac{1}{376.8C}$$

$$\therefore \frac{1}{376.8C} = 6.4056 - 0.577 = 0.6356$$

$$\begin{aligned} \therefore C &= \frac{1}{376.8 \times 0.6356} \\ &= 0.00417 \quad \text{ファラッド} \\ &= 4.17 \quad \text{ミリファラッド} \end{aligned}$$

次に第30式によれば

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

$$E = 100, \quad 2\pi fL = 376.8 \times 0.017 = 6.4 \quad R = 10$$

$$\frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{376.8 \times 0.00417} = 0.6356$$

$$\begin{aligned} \therefore I &= \frac{100}{\sqrt{10^2 + (6.4 - 0.6356)^2}} = \frac{100}{\sqrt{100 + 33.3}} \\ &= \frac{100}{11.54} = 8.66 \quad \text{アンペア} \end{aligned}$$

## 第二節 交流機械

### 【115】交流發電機

直流發電機の原理を説明した際發電子線輪に發生するのは實際は交流であるのを整流子によつて直流にする事

を説明した、故に交流發電機の原理は特に説明する必要もないと思ふ。

一體發電機に起電力を誘發させるには導體に磁力線を切らせばよいのであるから磁極を固定しておいて發電子を廻轉させても又其反對に發電子を固定しておいて磁極を廻轉させてもよい筈である。直流發電機では整流する必要上發電子を廻轉せしめる所謂**廻轉發電子型**(Revolving armature type)のみ使用せられるが交流發電機では廻轉發電子型でも又磁極を廻轉させる**廻轉磁極型**(revolving field type)でもどちらでも使用する事が出来る。

廻轉發電子型ならば誘發電流を外に導く爲めには聚電環又は滑環を使用せねばならないが、廻轉磁極型では誘發電流を導き出すには發電子が固定してゐるから環なき使用する必要はない。然し廻轉磁極型でも磁極は實際上電磁石を使用するから勵磁電流の出入の爲め滑環を使用せねばならない。然し乍ら勵磁電流は誘發電流に較べてはるかに小である事及電壓も普通低い事から滑環の爲めの損失は廻轉磁極型の方が少ない、故に今日は大抵廻轉磁極型發電機を使用する。

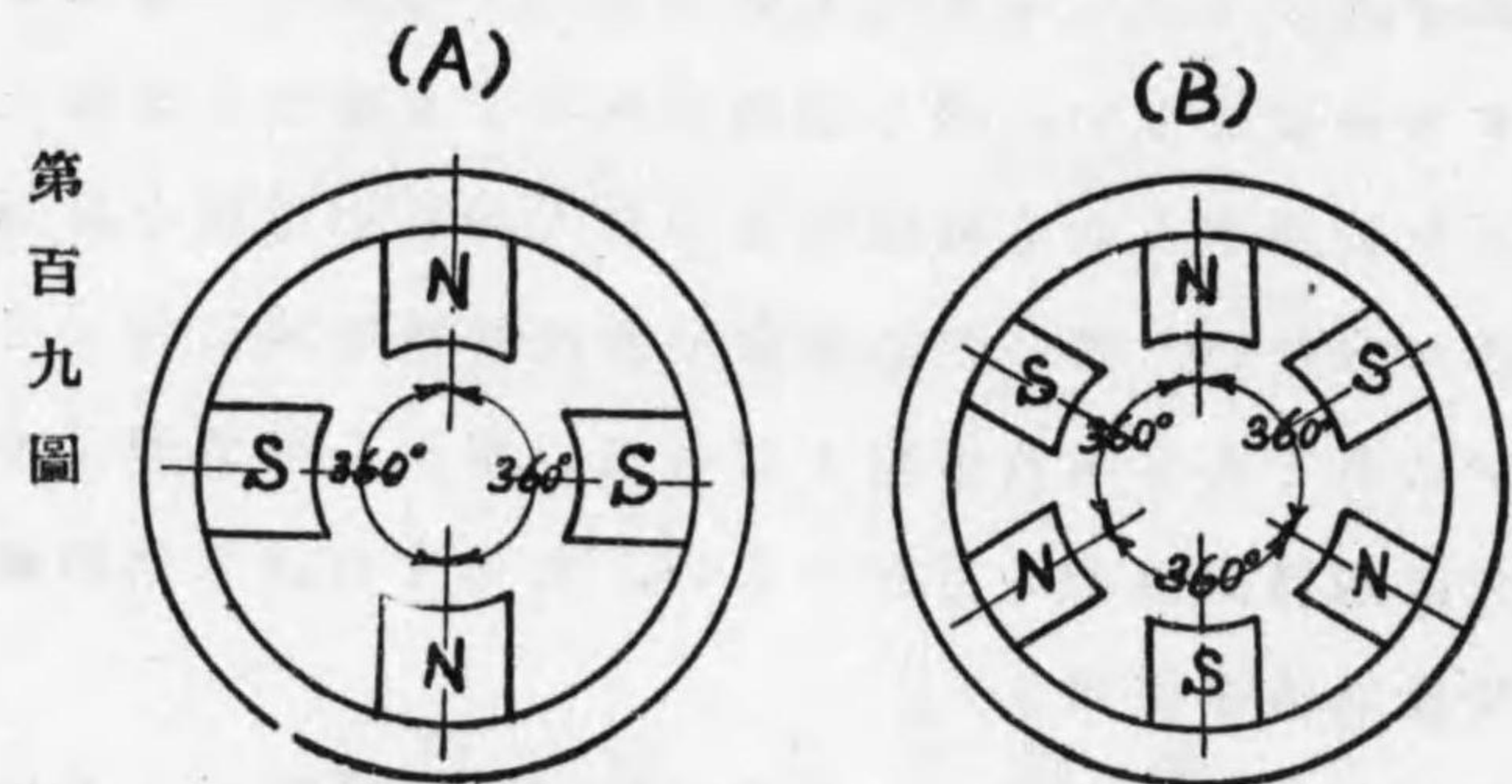
界磁線輪に交流を送つたならば磁極は或瞬間にはN極であつても次の瞬間にはS極になつてしまつて一定の極性を有せしめる事が出来ない、故に勵磁には必ず直流を使用せねばならない。其爲めには發電機に誘發された

交流を整流して使用する事も出来ない事もないが普通は直流發電機を交流發電機の軸に直結するか又は別な原動機で直流機を廻轉せしめるかする、かやうな直流發電機を勵磁機と云ふ。

尙誘導發電機と云つて發電子線輪も界磁線輪も共に固定せしめて鐵片をのみ廻轉せしめて交流を起すものもあるが現在高周波の無線電信電話の發電機として使用する事はあるが其他には殆んど實用してゐないから説明を略する事とする。

【116】 電氣的角度周波數又はサイクル

總て多極の場合に或る磁極と次ぎの等しい磁性を有する磁極との間の角度を電氣的に 360°あると云ふ、例へば



第百九圖 A の四極を有するものでは一つの N 極と次の N 極との間の角度は實際には 180°であるが電氣的には 360°あると云ひ、同圖 B の六極を有するものでは實際には

120°であるが電氣的には 360°あると云ふのである。これは一本の導體が一つの N 極の下から次の N 極の下まで廻轉した時には波は一變化を完了し恰度二極の時の 360°廻轉したのと結果に於て等しいから便宜上云ふのである。

又總て或ものが連続的に同一變化をするとき其一變化の事を一サイクル (Cycle) と稱へる、正弦波も連続的に變化するものであるから其一變化即ち第八十九圖に於て I から III までを一サイクルと稱へる。又一秒間に行ふサイクルの數を周波數 (frequency) と稱へる。例へば一秒間に 60 のサイクルを行ふならば周波數は 60 であると云ふ。

二極發電機では起電力は磁極が一廻轉すれば一サイクルを行ふ。故に周波數は一秒間の廻轉數に等しくなる。次に四極發電機では機械的に一廻轉すれば電氣的には二廻轉したことになるから周波數は一秒間の廻轉數を 2 倍したものと等しくなり、又六極發電機では機械的に一廻轉すれば電氣的には三廻轉したことになるから周波數は一秒間の廻轉數を 3 倍したものと等しくなる。故に一般的に磁極數を P、一秒間の廻轉數を n とし周波數を f とすれば次のやうな關係が成立する。

$$f = \frac{Pn}{2} \dots\dots\dots(36)$$

又は  $n = \frac{2f}{P}$

【117】同期電動機 (Synchronous motor)

第百十圖Aの如くAC, BDなる二本の導線をNS磁極の中に置きACDBなる方向に電流を送ればフレミングの法則に

より時計の

針を反対の

方向に廻轉

する。次に

恰度半廻轉

したとき同

圖Bの如く

前とは反対

にBDCA

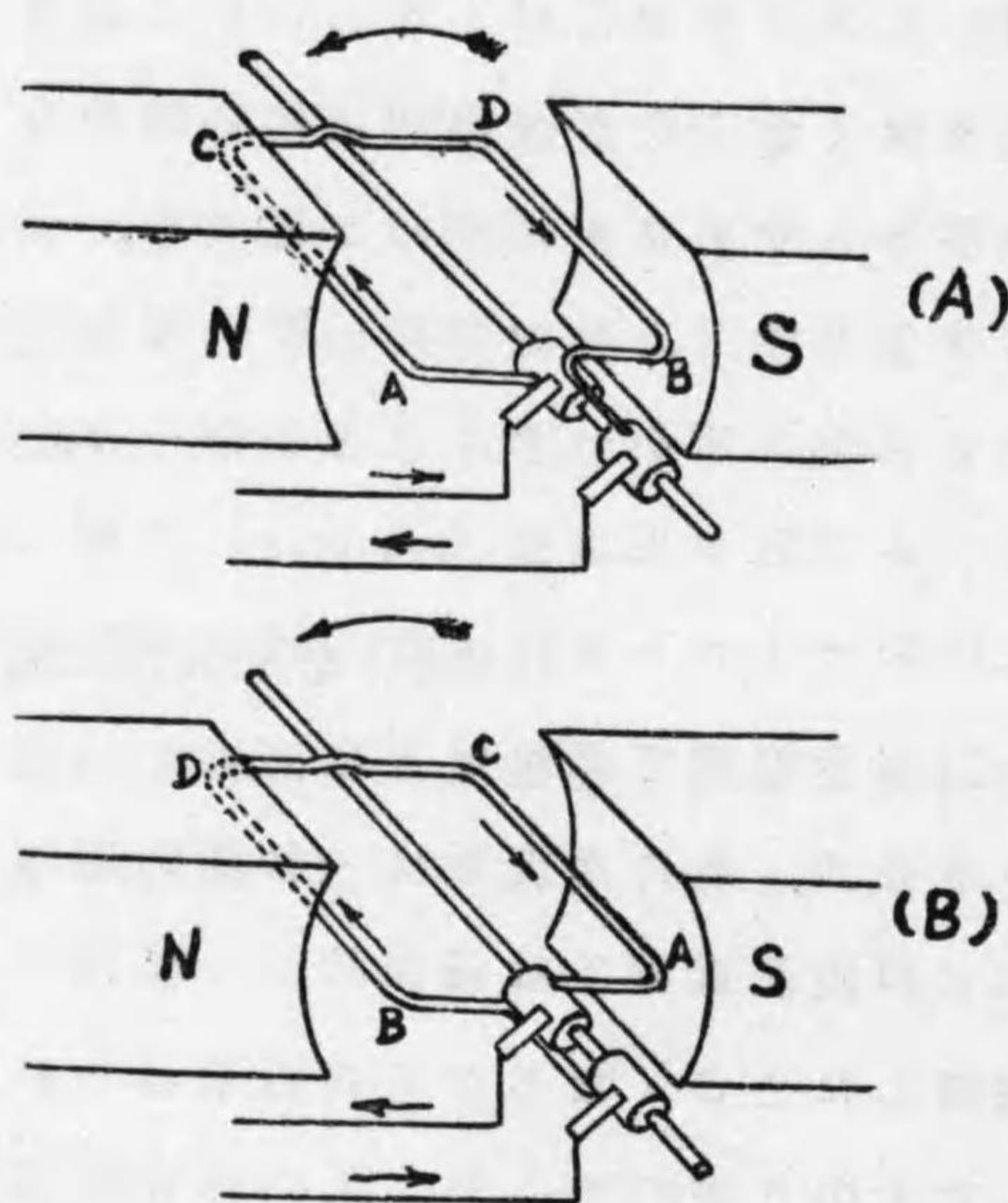
なる方向に

電流が通れ

ば前と同じ方向に廻轉力を得る。これが同期電動機の原理であつて注意すべきは半廻轉した時に電流方向も反対にならなければならない事、換言すれば電動機の電氣的廻轉數を供給交流の周波數が等しくなければならぬ事である。かやうな廻轉速度を**同期速度**(Synchronous speed)と云ふ。

同期電動機は同期速度で廻轉するものであるから起動の際には何かの方法で同期速度になる迄廻轉させなければ

第百十圖



ばならない、其爲め同期電動機は普通廻轉磁極型に作り之に誘導する線輪を附けて起動の際には後に述べる誘導電動機として廻轉せしめ同期速度と殆んど一致した時同期電動機として廻轉せしめるのである。

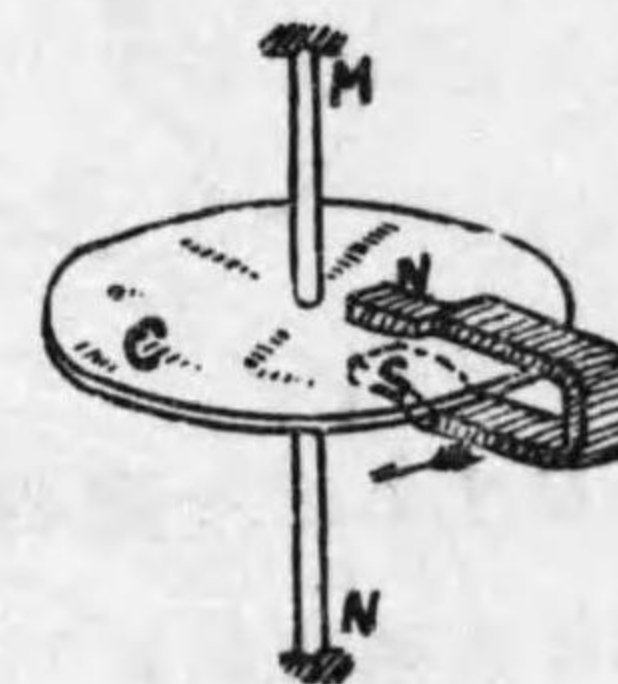
同期電動機は交流發電機と其構造は殆んど等しく勵磁機をも必要とする。

同期電動機は力率を1とする事が出来従つて能率もよいのであるが後に述べる誘導電動機に比し速度加減が出来ない事、價格が高い事、起動が困難である事、勵磁機を要する事等の爲め未だあまり廣く使用せられてゐない。

【118】誘導電動機 (Induction motor)

第百十一圖に於てCは薄い銅板でMNと云ふ軸によつて廻轉し得るものであり、又NSは馬蹄型永久磁石である。今NSを矢の方向に廻轉すれば銅板は磁力線を切る事となり起電力がCの周縁から中心の方に向つて誘發せられる、電流が通れば必らず磁力を伴ふ事は既に述べた通りであるから永久磁石を誘導電流による磁力によつて銅板はNS磁石の廻轉方向と同方向に廻轉する、此事は今より約百年前伊太利人アラゴ氏(Arago)によつて發見せられた事である。

第百十一圖

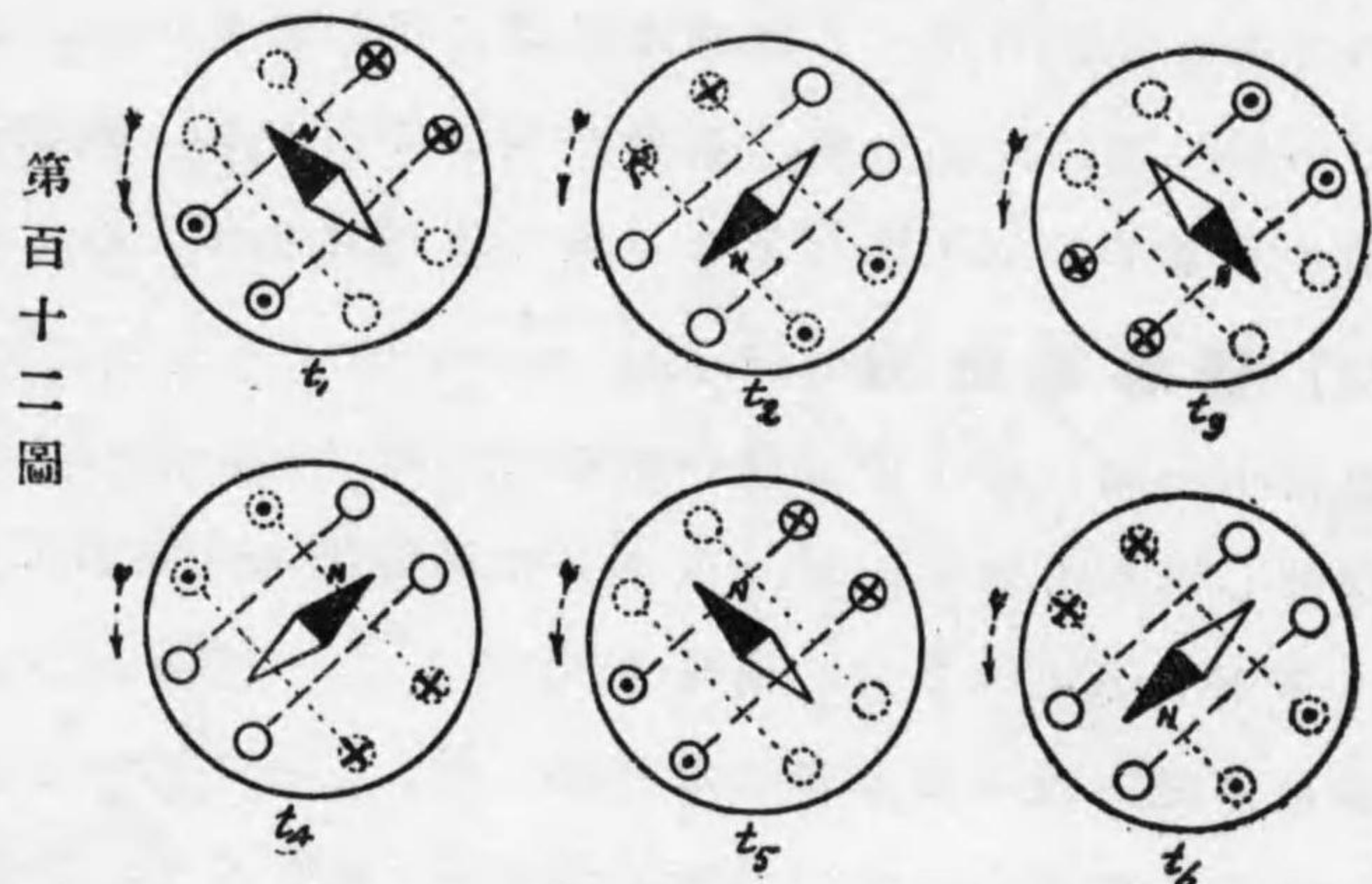


誘導電動機の原理も之に等しいもので次の二要素を必

要する。

- (1) NS に相當する廻轉する磁界、通常之を **一次** 又は静止してゐるから **固定子 (Stator)** と稱へる。
- (2) C に相當する電線、通常之を **二次** 又は廻轉するから **廻轉子 (Rotor)** と稱へる。

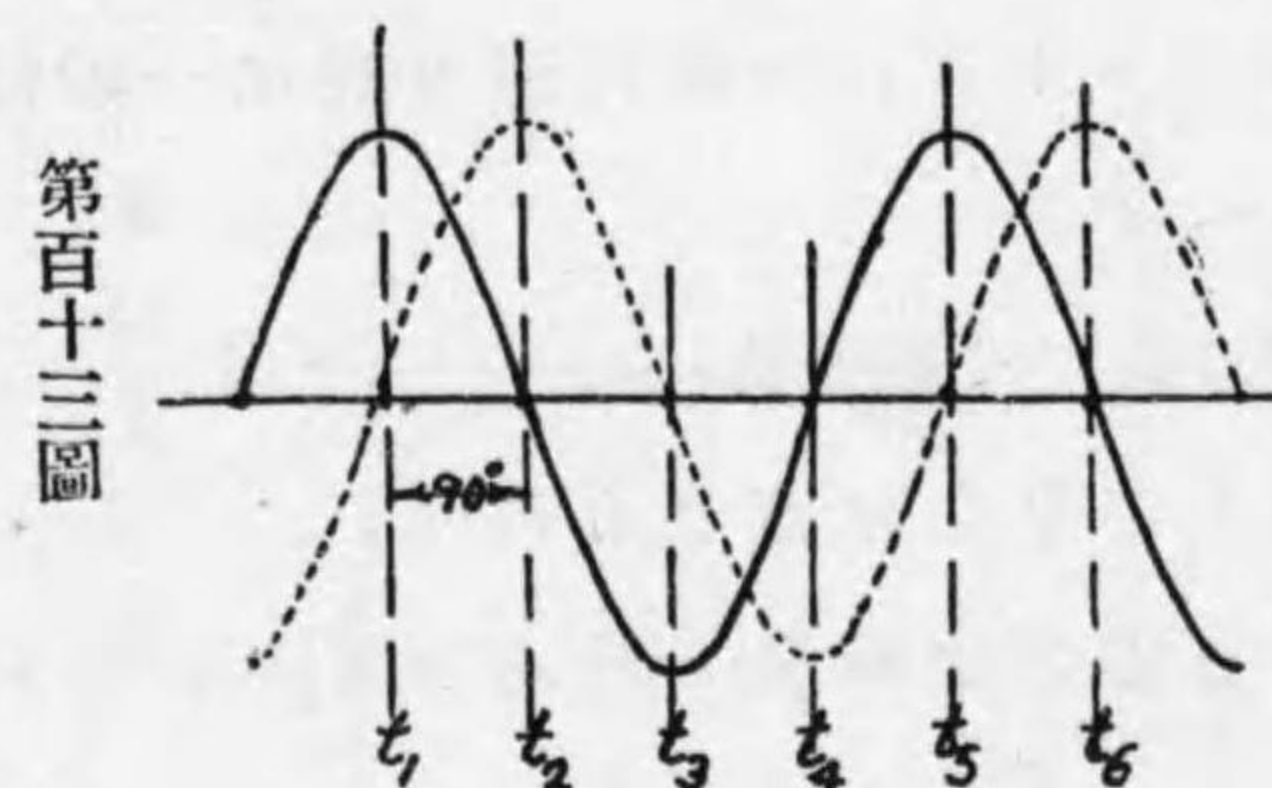
交流を適當に捲かれた固定子線輪に送るゝ恰度磁石が廻轉子の外周に沿ふて一定方向に廻轉するのゝ同じ作用



第百十二圖

を呈する之を **廻轉磁界 (Revolving field)** と云ふ。第百十二圖は此廻轉磁界の生ずる理由を圖解したもので便宜上二相交流を使用したものとする、圖中實線の圓と點線の圓とは第百十三圖の實線及點線の二つの相の電流が各々通るやうに捲かれた固定子線輪を示すものである、第百十三圖を見るに二相交流では一つの相が最大のときは他の相は零になつてゐる、故に第百十二圖に於て實線の

相に圖のやうに電流が通る瞬間には點線の相は零であるから此電流による磁力線の方向は圖のやうになり、次の



第百十三圖

瞬間には  $t_2$  の如く實線の相は零になつて點線の方に最大電流が流れ圖のやうな磁力線が出来る。かやうに第百十二圖と第

百十三圖を見れば  $t_3, t_4, t_5, t_6$  の各瞬間に於ける磁力線の方向の變化する事がわかる。又  $t_1$  より  $t_5$  の間に電流は一サイクルをなし其間に磁力線も一廻轉したことがわかる。

第百十二圖の如く一つの相の捲線が一組あるものを **二極** と稱へ、第百十四圖の如く一つの相の捲線が二組あるものを **四極** と

稱へる。(但し三相交流用のものを示す) 若し三組あれば六極、四組あれば八極と稱へる。又二極のときは

第百十四圖





一サイクルの間に磁力線は一廻轉したが四極の時には捲線が二組あるから一サイクルの間に磁力線は半廻轉しかしない、言葉を換れば二サイクルの間に磁力線は一廻轉する、故に一般的に云へば

$$\text{磁力線の廻轉數} = \text{周波數} \times 2 \div \text{磁極數} \dots\dots (17)$$

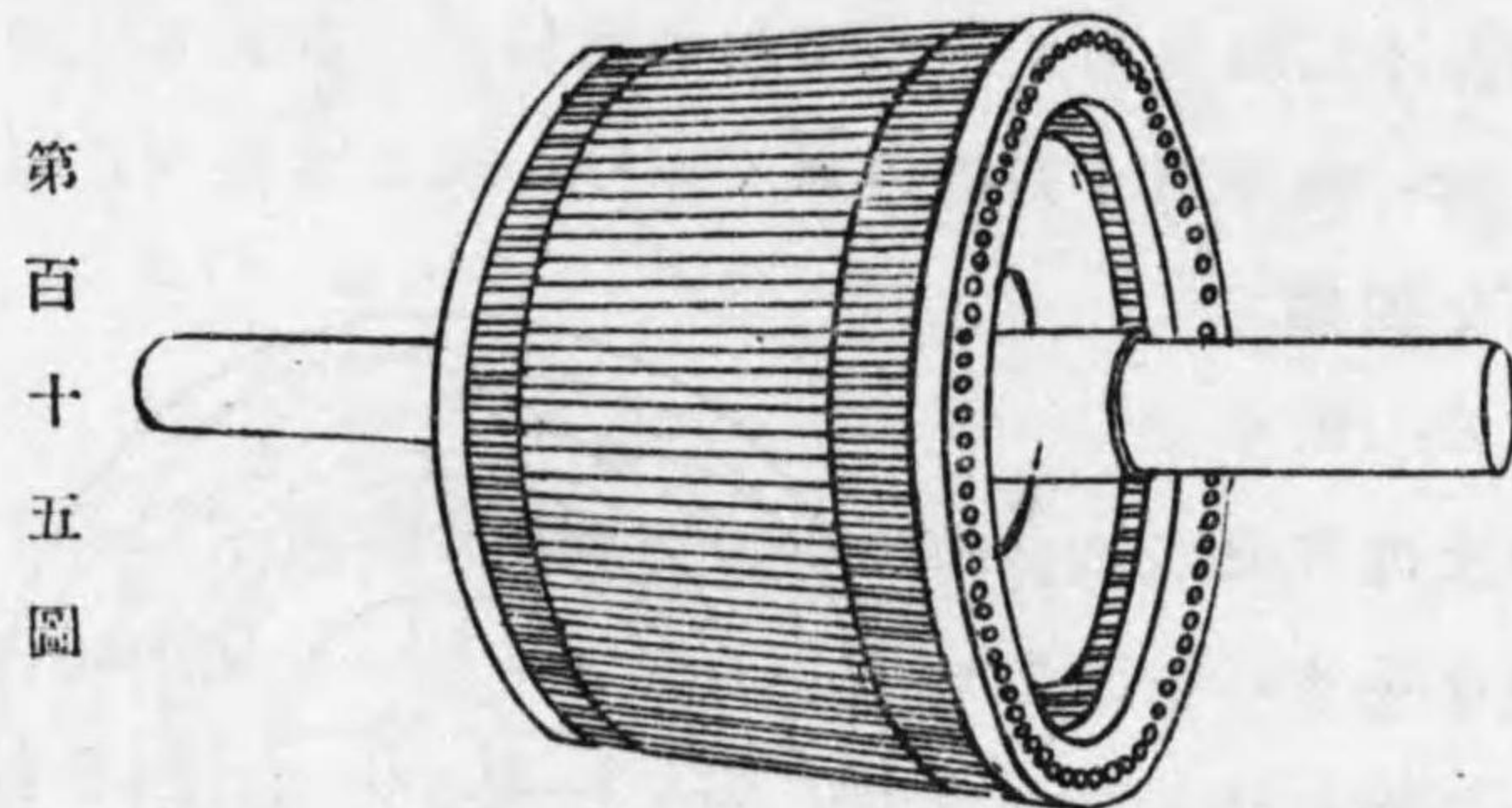
上の式は第36式に等しい事に注意せられたい。

廻轉子の廻轉數も磁力線の廻轉數と殆んど等しいが負荷が増すに従つて少しく減る、そして

$$\frac{\text{磁力線の廻轉數} - \text{廻轉子の廻轉數}}{\text{磁力線の廻轉數}} = \text{滑り(slip)} \dots\dots (38)$$

と稱へる。

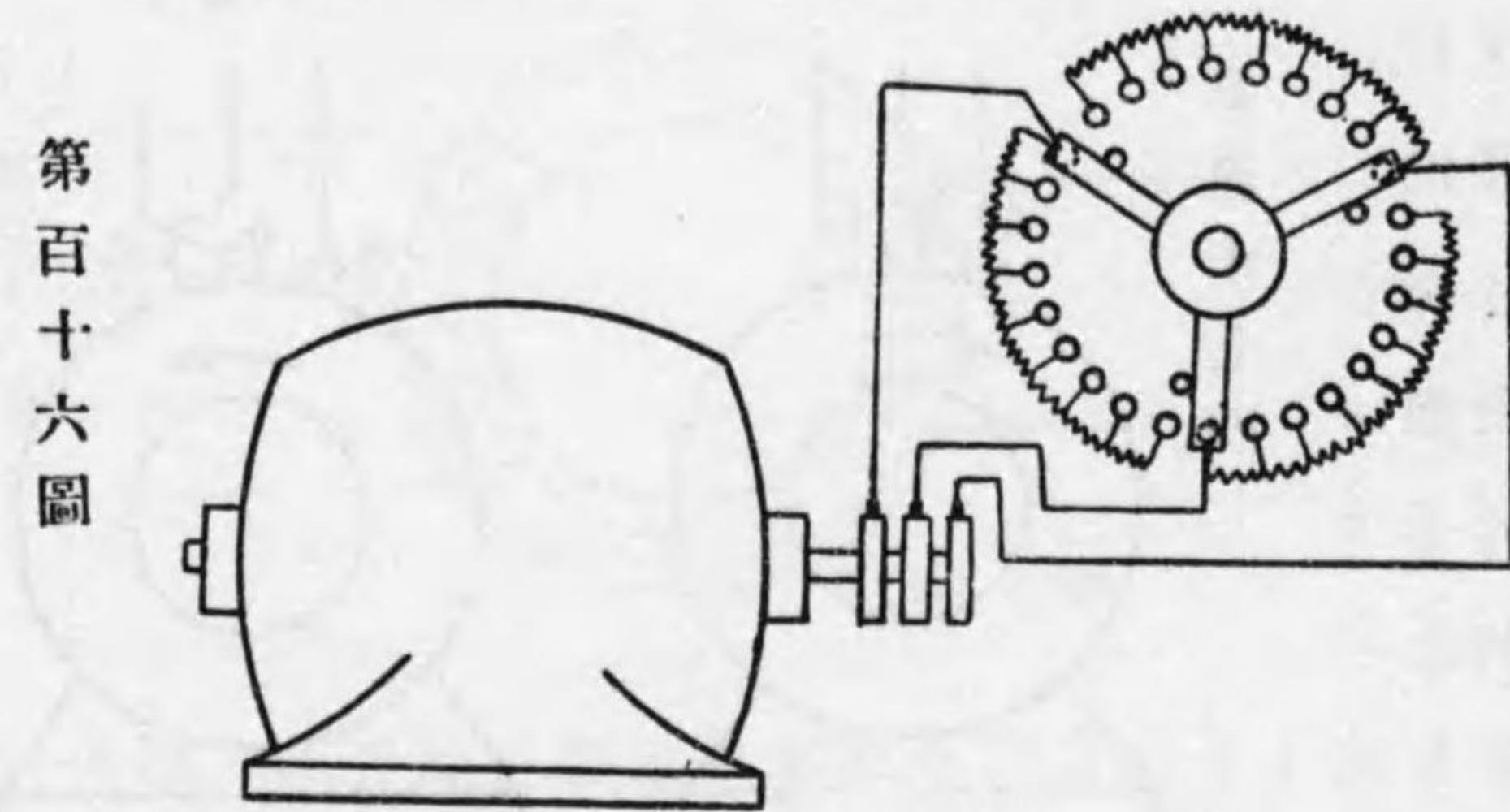
廻轉子の構造には二種類あつて第百十五圖に示すものは籠型廻轉子(Squirrel cage rotor)と稱せられるもので成



第百十五圖

啓鐵心の周圍に幾本かの銅線を挿込み、其の兩端を銅で連結したもので構造が簡單であるから、従つて價格も廉く能率もよいから廣く稱用せられるものであるが、起動廻轉力を多く要するものには不適當である。他の一種は

發電子の如く鐵心上に導線を巻いたもので其端を第百十六圖の如く滑環により外部に導き抵抗を挿入し得るやう



第百十六圖

にしたもので起動廻轉力が大であり、又速度の加減も或範圍内迄はなし得るが能率は前者に比し少しく劣るを常とする、之を捲線二次型(Wound secondary)と云ふ。

誘導電動機は直流分捲電動機の如く起動の際は普通運轉状態に比し甚だ多くの電流を要し、又起動廻轉力も小さいものである。捲線二次型のものでは二次線に抵抗を挿入するに電流も小となり廻轉力も大になるから起動の際には抵抗を挿入し速度が大になるに従つて抵抗を小にする、又此抵抗を運轉中挿入すれば滑りが大となり従つて速度を小にする事が出来る。籠型二次の方では供給電壓を變壓器を使用したり或ひは他の方法によつて起動の際小にし従つて電流も小なるやうにするが起動廻轉力は大にする事が出来ない。

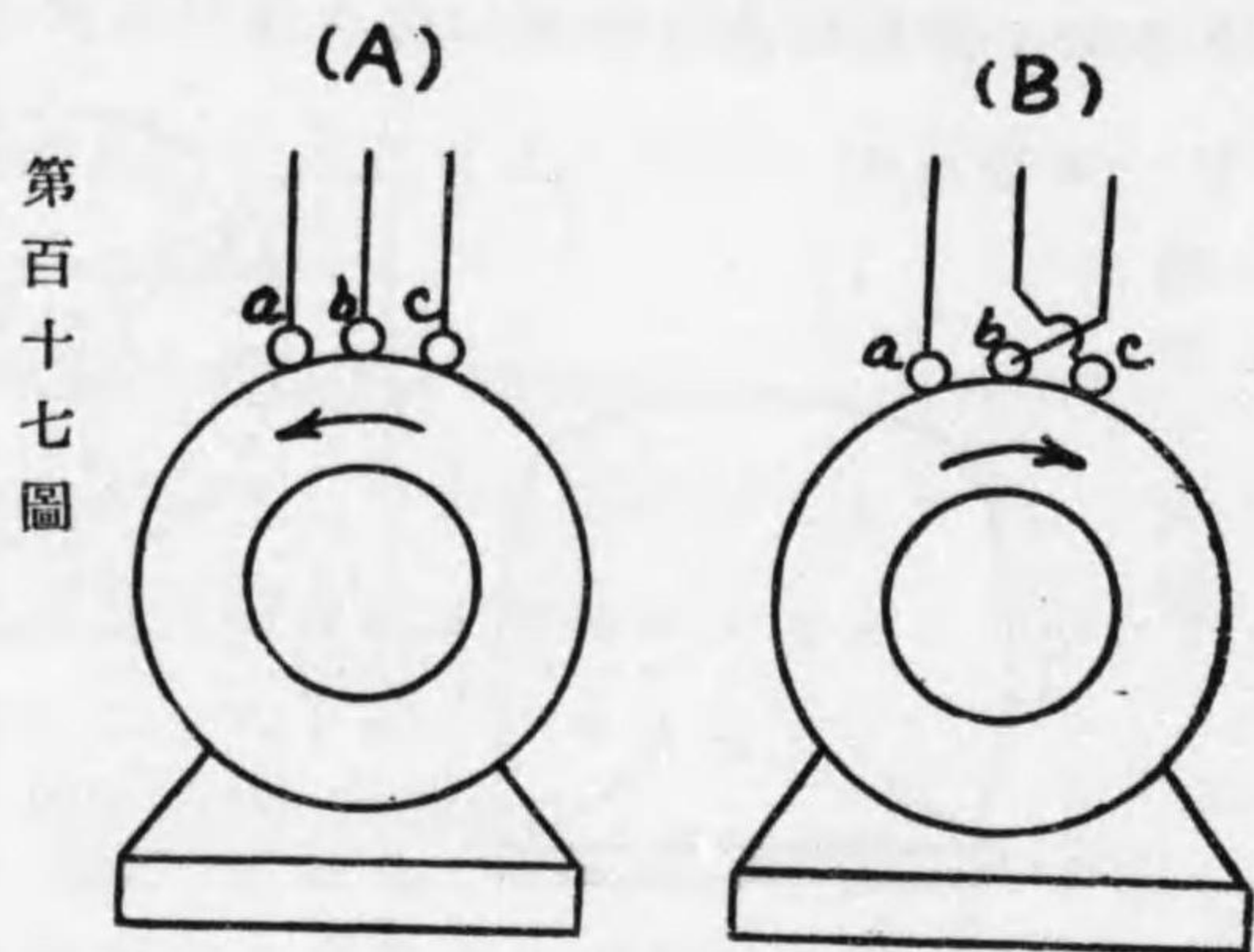
三相交流用同期電動機及誘導電動機の廻轉方向を反對

にするには第百十七圖の如く三本の線の内何れか二本を反対にす

ればよい。

誘導電動機は交流電動機の殆んき八九割は之を使用する位廣

く使用せられてゐる。



【119】 交流整流子電動機

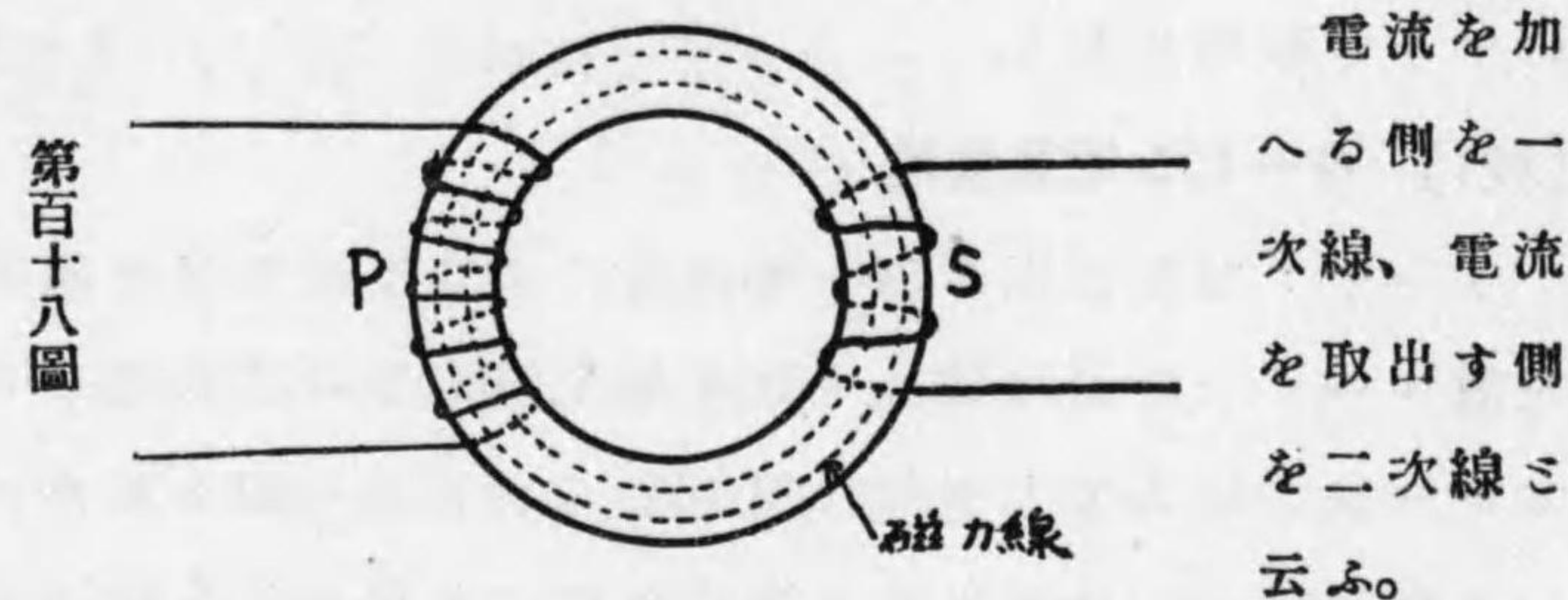
直流電動機の如く交流電動機にも整流子を使用するものがあり其單相用のものでは交流にも直流にも電動機として廻轉するものがある。

交流整流子電動機の原理は複雑でもあり又未だ現在ではあまり廣く使用せられてゐないから略する事とする。

【120】 變 壓 器 (Transformer)

第百十八圖の如く輪狀の鐵心の上に P 及 S なる線輪を巻き P に交流を送つたならば鐵心は電磁石となるのであるが P には交流が通つてゐるから電磁石の磁力は絶えず其値を變ずる事となり、線輪 S の導線は磁力線を切り起電力が誘發せられる事となる。然るに誘發起電力は磁力

線を切る導線の數に比較するから S の捲線數を加減すれば S の起電力も加減する事が出来る。

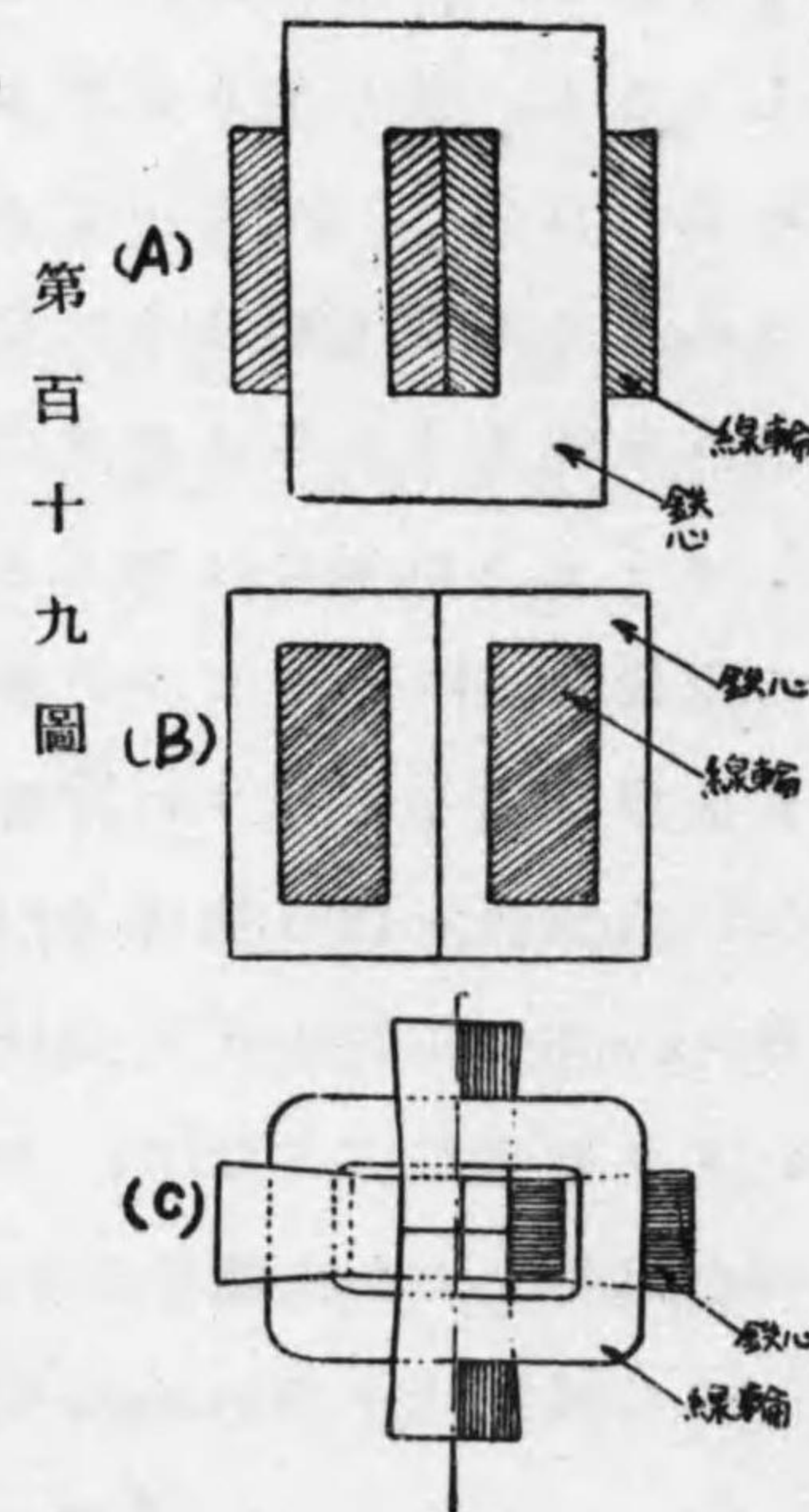


一次線及二次線の捲廻數を夫々  $N_1$  及  $N_2$  とし其電壓を  $E_1$  及  $E_2$ 、電流を  $I_1$  及  $I_2$  とすれば極めて僅かの差はあるが殆んき次のやうな關係が出来る。

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots(39)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \dots\dots(40)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots(41)$$



即ち電壓・捲線比に比例し電流は逆比例する。

一次線の電壓よりも二次線の電壓が高くなるやうな變壓器を昇變壓器 (Step up transformer) と稱へ、一次線の電壓が二次線の電壓よりも高いも

のを遞降變壓器(Step down transformer)と云ふ。

變壓器の鐵心と線輪との組合せには第百十九圖 ABC のやうな種類がある。

**【121】タービン電氣推進**

タービンで發電機を廻し電動機によつて推進器を廻す所謂タービン電氣推進は十數年前米國海軍の運炭船ジュービター號に始めて大型船に採用せられ其後米國を始めノールウェー、スウェーデン等の各國にも採用せられ、我國でも海軍の特務艦神威、東洋汽船の美洋丸に之を使用してゐる。尙ほ米國海軍では戰艦飛行機母艦等にも使用してゐる。然し乍ら近來ディーゼル機關の優秀な事が認められたのこ、ギヤードタービンに比して商船用としてはあまり利益も認められない事から商船にタービン電氣推進を使用する事は非常に少なくなつて來た。

タービン電氣には殆んど交流を使用してゐる、其主なる原因は(1)タービンの速度は非常に高速度であるから直流發電機を使用すれば整流子による損失が大なる、(2)直流發電機は整流子がある爲め高電壓を出す事が出來ず、従つて同じ出力では電流が大なるから電機の大いさ及重量が大なり、又廻轉中の損失も多くなる、(3)同じ出力では直流機の方が價格が高い等である。

次に減速比を考へるに第36式及第37式によれば

$$f = \frac{P \cdot n}{2}$$

發電機と之によつて動かされる電動機とは勿論同じ周波数の電流が流れてゐるから發電機及電動機の磁極數を夫々  $P_1, P_2$  とし、廻轉數を夫々  $n_1, n_2$  とすれば

$$P_1 n_1 = P_2 n_2$$

$$\therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

即ち廻轉數は磁極數に逆比例する事となる、一例としてタービンの廻轉數を毎分 3000 推進器の廻轉數を 100 とし發電機は二極(タービン發電機では大抵二極である)を有するものとするれば電動機の磁極數は次のやうにならなければならない。

$$n_1 = \frac{3000}{60}, \quad n_2 = \frac{100}{60}, \quad P_1 = 2$$

$$\therefore P_2 = \frac{3000}{100} \times 2 = 60$$

タービン電氣推進に使用せられる電動機は誘導電動機又は同期電動機であつて美洋丸は捲線二次型誘導電動機を使用し、特務艦神威は同期電動機を使用してゐる。

**問 題**

(1) 60 サイクル四極誘導電動機の一時間の同期速度は何程であるか、又滑りを 8% とすれば電動機の廻轉數は何程であるか。

(2) 或變壓器の一次線の捲回数 は 3150、電壓は 3300、電流は 1 アンペアであること云ふ、二次線の捲回数が 105 ならば其電壓及電流は何程か。

(3) 交流變壓器の一次線に誤つて同電壓の直流を送つた處が線輪は焼けたと云ふ、何故か。

解 答

(1) 第36式によれば同期速度  $n$  は

$$n = \frac{2f}{P} = \frac{60 \times 2}{4} = 30$$

故に一分間には  $30 \times 60 = 1800$

滑りが8%であるから電動機の廻轉數は

$$1800 \times \frac{100-8}{100} = 1800 \times 0.92 = 1656$$

(2) 第39式によつて

$$E_2 = \frac{E_1 N_2}{N_1} = \frac{3300 \times 105}{3150} = 110 \text{ ボールト}$$

又第40式によつて

$$I_2 = \frac{I_1 N_1}{N_2} = \frac{1 \times 3150}{105} = 30 \text{ アンペア}$$

(3) 交流の時の電流  $I_1$  は

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}}$$

直流の時の電流  $I_2$  は

$$I_2 = \frac{E}{R}$$

變壓器の線輪は誘導が多いから  $I_2$  は  $I_1$  の數倍となり温度が高くなつて線輪が焼けたのである。

第三節 變流機

【122】 變流機(Converter)の種類

變流機とは交流を直流に或ひは直流を交流に変ずるものであつて、次の三種がある。

- 一、電動發電機 (Motor generator)
- 二、發電電動機 (Dynamotor)
- 三、廻轉變流機 (Rotary converter)

【123】 電動發電機

電動發電機とは例へば交流を直流にするには交流電動機を直流發電機を同じ軸に直結にし直流を交流にするには交流發電機を直流電動機で廻轉せしめるもので電動機及發電機の構造は今迄述べたものと相違はない。

尚ほ交流を直流にする際には**電動變流機** (Motor converter) と稱せられて捲線二次型誘導電動機で後に述べる廻轉變流機を廻轉せしめ誘導電動機の廻轉子線輪を發電子線輪を處々連結したものを使用するものがある。

【104】 發電電動機

發電電動機とは交流と直流とのアーマチャーを各同じ鐵心上に捲き、又同じ磁場内で廻轉せしめるものであるが現在は殆んど使用してゐない。

【125】 廻轉變流機

廻轉變流機はアーマチャーの鐵心及其捲線、界磁を交