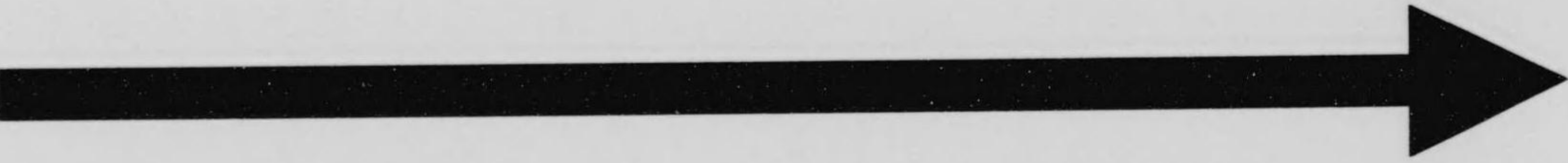


始



381
142

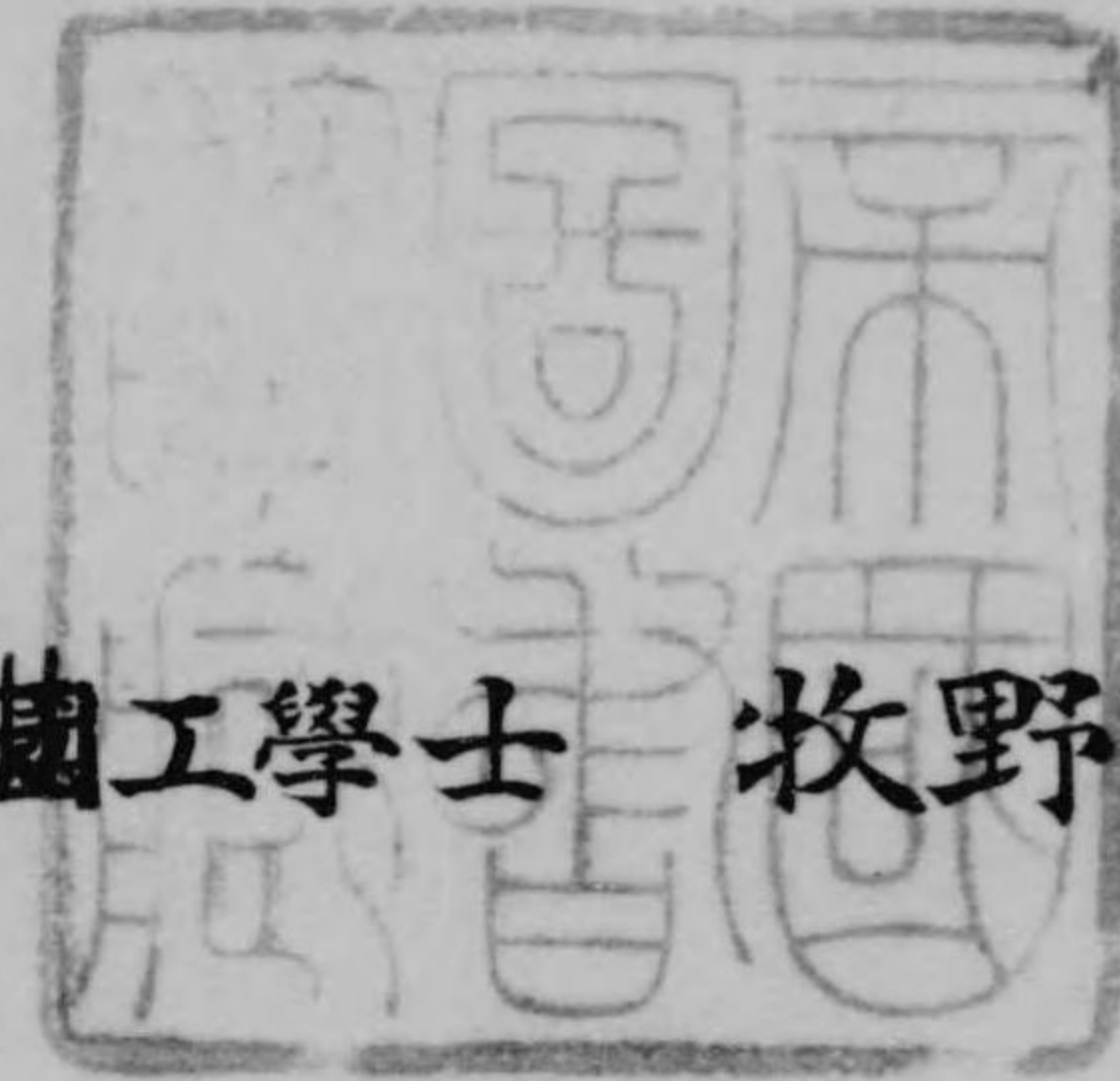
5

工學士 牧野賢吾著

初等電氣工學

全

381-142



著者 吾賢野牧 工學士

初等電氣工學

n. h.

東京

大日本工業學會



初等電氣工學目次

第一章	電氣に関する概念	1
第二章	工學上の基礎的單位	6
第三章	電氣の單位	14
	磁場、磁力線	15
	電磁的誘導作用	16
	起電力の單位、電壓の絶對値の決定法	17
	電流の諸作用	18
	電流の單位	19
	抵抗、オーム法則	20
	自己誘導	21
	自己誘導係數及び自己誘導係數の單位	22
	相互誘導	24
	相互誘導係數、相互誘導係數の單位	25
	レンツの法則、蓄電器靜電容量	26
	電量の單位及び容量の單位	27
	電氣の仕事、電氣的工作の單位	29
	電力、電力の單位	30
第四章	電氣回路	31
	電氣回路、荷重	31
	直列及び並列	32

並列電路に於ける電流	39
キルヒホッフの法則、第一法則	41
第二法則	42
ホイートストン橋	43
スライド、ワイヤー橋	44
電圧計及び電流計による抵抗の測定法	46
導體の抵抗及び一般物理的性質	47
抵抗率に對する温度の影響、温度係數	49
導線	52
第五章 磁氣回路	54
磁氣回路	54
磁力線に對する物體の傳導性	55
磁位	56
磁氣的物質、不磁氣的物質、反磁氣的物質	56
起磁力、起磁力を生ずる方法	57
磁化力	57
ソレノイド、ソレノイド内の磁界の強さ	58
磁氣抵抗	59
磁氣傳導率	60
鐵の傳導率	62
電磁石の牽引力	66
磁氣ヒステリシス	69

第六章 交流	71
交流電氣の發生	71
交番起電力及び交流の最大値及び瞬間値	74
實効値	76
交流の磁氣作用	77
交流の誘導作用	78
起電力の波と電流の波との位相關係	80
リアクタンス	83
イムピーダンス	84
交流の電力	88
交流の充電作用	90
交流變壓器	92
内鐵變壓器及び外鐵變壓器	93
變壓器の一次及二次に於ける電壓及電流の關係	94
變壓器の能率	97
單捲變壓器	98
變流器	100
第七章 電動機	102
電動機と發電機との關係	102
電動機の種類	105
第一節 直流用電動機	105
分捲電動機	105

分捲電動機の構造	106
整流子 (コンミュテーター)	107
電動子 (アーマチュア)	108
極片及界磁線輪	109
刷子承及ロッカー	110
シヤントモートルの特性	112
1. 反起電力、2. アーマチュア電流	112
3. 回轉力と回轉數	113
4. 整流作用	114
直捲電動機	117
直捲電動機の特性	118
誘導電動機	121
二相交流	122
廻轉磁界	123
三相交流	126
三相交流の Y形及△形接續	128
誘導電動機の原理	130
誘導電動機の構造	132
誘導電機の特性	134
電動發電機	137
回轉變流機	139
第八章 電力の傳送及分配法	141

電力の分配	141
電氣方式	144
電壓と電線の太さとの關係	145
直流直列式及並列二線式	146
直流三線式	148
單相交流二線式及三線式	149
二相交流三線式及四線式	149
三相三線式及四線式	151
電線路の區別	152
送電線路	153
配電線路	153
饋電線路	153
配電幹線	153
屋内線	153
長距離送電線路	154
配電線路	155
引込線及屋内線	156
電線	158
第九章 電氣の熱	162
電熱の應用	162
電熱器の種類	163
電熱器應用の效果	163

電熱器の構造	165
電熱器の理論	166
グラムカロリー	167
電圧、電流及電力の關係	168
電力料の計算	169

初等電氣工學

牧野賢吾

第一章 電氣に關する概念

電氣は如何なるものなりやと問はれ諸君は直ちに電車を動かす處の原動力、電燈を點するところの作用を爲すもの、電話機を動かすものは等は皆電氣の作用によるものなりと答ふるなるべし。然れども電氣は抑々何なりや、又如何にして電氣が電車を動かし電燈を點し電話を通せしむるかと問はれ諸君の或者は確然と是に答ふる事能はざるべく、而かも是等を知る事に就ては諸君の多數は大なる趣味を感じるならん。本書編纂目的は實に世間一般の人をして其の日常見聞せる電氣の偉大なる効用及び働きにつきの確なる知識を得しめ、仍て以て單に電氣が如何にして是等の効果を顯はすかのみならず、進んで電氣の各方面に於ける應用法を知らしめんとするものなり。

電氣の實質 實體が何なるかは必ずしも知るを要せざること、恰かも水が水素と酸素との化合物なりといふ事を知らずして水の作用を十分研究し得らるゝが如し。然れども水は目にて之を見る事を得、秤によりて其の重量を衡ることを得、又樹によりて其の體積を量ることを得るも、電氣は通常之れを目に見る事能はず、秤にて衡るにこと能はず、又樹にて量ること能はざるが故に、其

の存在は電氣の起こす諸現象によりてのみ、之を知り得るに過ぎざる事恰かも地球の引力即ち重力が之を目にて見、手にて觸るゝこと能はずして、たゞ地球上のあらゆる重量體が地球の中心に向つて進行する現象即ち落下の事實によりて其の存在を證し得らるゝのと同様なり。従つて電氣に就て其の性質、作用、應用等を知るには水に就て其の作用、効用等を知るよりも多少の不便を感ずることを覺悟せざべからず。

硝子桿を毛皮にて摩擦し又は封蠟の棒をフランネルにて摩擦したるとき、硝子又は封蠟の棒が輕體を吸引するの性質を帯ぶることは人の知るところにして、斯く硝子又は封蠟の棒が輕體を吸引するは、之れに電氣が起りたる事を證するといふことも亦克く知られたるなり。他方に於て銅板と亞鉛板とを互に相接觸すること無くして稀硫酸の容器に入れ、兩板より各々導線を出して之を電鈴に接續するときは、電鈴は震鳴すべく又兩線を豆電燈に接續するときは其の燈線は赤熱若しくは白熱して光輝を發すべし。斯く電鈴が鳴り、電燈が點火するは、之れ亦電氣の作用にしてこの電氣は稀硫酸に浸したる銅と亞鉛の板より發生したるものなることも人の知る處なり、而して等しく電氣と呼び電氣の作用といふと雖、稍や注意深く考究するときは、硝子又は封蠟の棒を摩擦したるときの場合と稀硫酸に銅板と亞鉛板とを入れたる場合とに甚だ隔絶したる差異あることを氣付くなるべし。即ち硝子若しくは封蠟の棒を摩擦したるときに起りし電氣は硝子又は封蠟の棒に集積

し居りて、一旦之を他物に觸接するや、其の電氣は直ちに逸散して跡を留めざるに反し、稀硫酸に銅板と亞鉛板とを入れたるものより發生したる電氣は、接續線を通じ、恰かも水が水道管を通ずるが如く永續的に流過す。斯くて硝子より起りたる電氣に靜電氣なる名稱を與へ、稀硫酸槽より得るところの電氣を流電氣と呼稱す。然らば電氣には二種の異りたる作用を爲すものありや、即ち靜電氣と稱する或る種のものゝ流電氣と稱する他の種のものゝやといふに決して然らず、靜電氣といひ流電氣と稱するはたゞ電氣が其の状態を異にせるより來りたる名目に過ぎずして電氣の實質に至りては素より同一なり。

電氣のことは之れを水に譬へて説明するを至便とす。今深き池の中央に水の滲透せざる材料を以て高き堰堤を作り、之れを甲乙に兩斷せりと假定せよ。若し甲乙兩水面が同一ならば堰堤は兩面より同じ水壓を受け、従つて何れ^{甲乙}の方向にも倒れんとする傾向はこれ無きもポンプを以て乙の水を甲の方に注ぎ込み、甲と乙とに水面の差を作るときは堰堤の甲に面する側は乙に面する側よりも大なる水壓を受け、従つて堰堤は乙の方向に倒れんとするの傾向を有すべく、若し此際堰堤の一部を切り開きて大なる水の通路を作るときは忽にして甲の水は乙に移り遂に甲乙兩水面は同一となるに至りて水の移動も止み。又堰堤にかゝるところの水壓の差も無くなるべし。然れども若しポンプを以て絶えず水を乙より甲に送り、以て甲乙兩水面の差が常に不變なる様保持せしむるときは

縦令甲と乙とを水管にて連結するも甲の水が乙の方に放流し盡くすことなく此の水管を通じて永続的の水を流過せしむる事を得るは明かなり。

抑々吾人が稱して電氣を起すといふことは、恰かも池の水に水面の差を生せしむると同様に物體に電氣的の位即ち電位の差を作ることなり。電位といひ電位の差といふものが如何なるものなるかは今明確にこれを了解し能はずとも本講義を読むにつれて漸次判明すべく、こゝにては單に電位の差とは水面の差の如きものなりとのみ記憶し置くだけにて十分なるが、單なる硝子の棒と單なる毛皮とは周圍の他の普通の物體と全く同一の電位を有し、従つてこの硝子棒は輕體を吸引せず、又他の如何なる電氣現象をも表はさざれども、之れを毛皮を以て摩擦するときは、硝子は最早電氣的に普通の硝子にあらずして恰かも高上されたる水面の如く、一般物體よりも高き電位を有し、これが爲輕體を吸引するといふ一種の電氣現象をも表はすこととなるが、若しこれを金屬線を以て机、椅子、床其他如何なる物體と接續するとも、硝子棒に在りたる電氣は金屬線を通じて流出し、其の電位が他物體の電位と均しくなるに至りて全然電氣といふ現象は皆無となること、恰かも池の水を甲乙兩部に分けたる堰堤の一部の水の通路を作りたるとき今迄高き水面を爲せし水がこれを通じて低き方に流れ、兩水面一となるに至りて水流止み水壓差止みたると同様なり。硝子を毛皮を以て摩擦し、以て起したる電氣の状態は池の水を乙より甲に汲

み込みて一時的の水面差を作りたると同様に、一回の放流によりて斯く電氣現象は全く消失するも、稀硫酸に銅板と亞鉛板とを挿入して起すところの電氣、即ち斯くの如くして作りたる電位の差は恰かもポンプを以て水面差を常に一定に保持する様に爲したる水の場合と同じく、其の電位差の存在は永続的にして従つて電位の高き方より低き方に向つて永続的に電流を通ずることを得、これによりて永続的に或る有用なる仕事を爲さしめ能ふこと、恰かも池の甲乙兩部の間を連續する水路を通じて永続的の水流を作りこれによりて永続的に有用なる仕事を爲さしめ能ふと其理に於て異なることなし。

斯くて吾人は次の事を知り得たり。直夜ル

1 電氣には靜電氣といふのと流電氣といふのと二つの區別あり。然れども電氣其物に二種の異りたるものはあらず。たゞ電氣の状態によりて區別されたる名稱にして靜電氣といふは靜止の状態を以て充電體に蓄積し、一旦通路を得るや低き電位の物體に向つて流れ去り遂に其の跡を留めざるものにして、従つて之を以て永続的の有用なる仕事を爲さしむる事能はず。流電氣といふは電氣の通路を通じて永続的に電流を生せしめ得る如く永続的に電位差が作らるゝものにして、これは有用なる仕事を爲すに用ひ得らるべし。

2 電氣を起すといふ事は畢竟電位差を作るといふことにして電位はこれを水の水面に譬ふべく、電位差は水面の差と同様なる

ものと思ふれば可なり。而して永續的に有用なる仕事を爲さしめんには、永續的に電氣の通路を過ぎて電氣を流さしむる必要あるが爲永續的の電位差を作ることを要す。

3 水の通路を水路といへば電氣の通路は電路といひ得べく、水の流れを水流と稱すれば電氣の流通はこれを電流といふことを得。

斯くて吾人は電氣をして有用なる永續的の働きを爲さしむる爲めには必ず永續的の電位差即ち永續的の電壓と永續的の電流との兩者を要す。即ち電氣の働きに關しては吾人は常に電壓及電流の兩者を併せ考へざるべからざることを知れり。而して電流同一なれば働きの大小は電壓の大小に關し電壓同一ならば電流に比例して働きは増減す。

第二章 工學上の基礎的單位

凡そ物を量り物を比較する等の場合に於て之等に關し確立したる觀念を得んとせば單に大なりといひ小なりといひ、又は高しといひ低くしといふのみにては不十分にして必ず數字と其の單位とによりて陳述せざるべからず。例令ば新橋より神戸迄の鐵道線路は長しといふだけにては甚だ不十分なるもこれを三百七十六哩といふ如く「三百七十六」なる數字と「哩」といふ單位により陳述せば其長さ即ち距離に關し吾人の腦髓に確定したる觀念を興ふ科學的の諸現象を研究するに基本となるべき三つの重要なる單位あり。

e.g.s.

即ち長さの單位質量の單位及び時間の單位にして學問上には長さの單位はセンチメートル質量の單位はグラム時間の單位は秒を使用し、之等の單位をCGS單位と稱す。而して實際に用ひて好都合なる單位を實用單位と稱す。C.G.S.

電氣に關しても電流、電壓其他のものを測るに矢張り單位あり、而して其の單位には cgs 式のものもあれば又實用單位もあるは勿論なるが之等電氣の單位に入るに先ち吾人は科學に關する諸現象の研究に要する諸々の術語、其等の意義及び其等の單位に就て少しく説明するの要ありと思考す。蓋し之等は工學の基礎的骨子にして之等に關する明確なる理解無きときは如何に勞力を費やし時を費やすも恰かも砂上に大厦を建造せんとすると同じく徒らに勞して何等の效果をも得ざるものなり。

最初に先づ知り置くべきものは力(Force)といふことなり。科學上にいふ力の意義は常陸山の力が強いとかいふ類の力といふのと大に異り、力とは何等外物の防碍を受けざる物體に働らきて其の速度に變化を與へしむる或るものをいふなり。空中に支持されたる物體が其の支持より離れて外物の防碍を受けざるに至らば其の物體は地面に向つて運動を起し最初零といふ速度より漸次速度を増加し時の経過と共に益々増加す、即ち速度に變化を起さしむる或るものが之に働らく、これは重力或は地球の引力として一般に知られたるものにして重力即ち地球の引力は一種の力なり。大砲に装填されたる火薬はこれに點火せらるゝや砲腔内の彈丸に運動

を起さしめ其の速度を變化するが故にこれは力を有す。力の cgs 式の單位はダインと呼ばれ、一瓦の質量ある物體に働いて毎秒一秒につき一珊米の割合を以て速度を變化せしむる如き力なり、地球の重力は約九八一ダインの力を有す故に物體が地上に向て落下するときは毎秒、一秒につき約九八一珊米の割合を以て其の速度を増加する譯なり、力には又重量と同じ單位を用ひるとを得。實用單位は常に是れなり瓦は質量の單位にも用ひられ又重量の單位にも用ひらるゝが力も亦この單位にていひ表はさる、而して一瓦の力といふは九八一ダインに相當する力なり、力が瓦にて其單位を示さるゝと同様吉瓦にても表はされ、封度にても表はさる。従つて又々や貫なる單位にても表はれ得るなり。

次に要用なるは仕事 (Work) といふ事なり。物體が力を受くるや其状態によりて運動する事も、又せざる事もあり。若し運動して或る距離經過する時は其物體は仕事を爲たりといふ。仕事の大小は經過したる距離と力とによりて測る、而て其 cgs 式の單位はエルグと稱され一ダインの力が働きて一珊米の距離を經過したるときに爲されたる仕事に相當す、但し一エルグの仕事とは必しも力が一ダインにて距離が一珊米なる事を要せず力が十分一ダインにて距離が十珊米にても、又二十ダインの力及二十分一珊米の距離にても差支無く、要するにダインにて表はしたる力と珊米にて表はしたる距離との相乗積が一ならば其仕事は一エルグとなるなり、力の單位が重量の單位にて表はされ得るを以て仕事の單位も亦重

$c \times g = 1$
 其仕事は $= 1 \text{ erg}$

量の單位と距離即ち長さの單位とを結合したる者にて表はし得、仕事の實用單位は多くは是れにして、長さの單位に「呎」を用ひ、力の單位に「封度」を用ひたる呎、封度なる單位が英語を國語とする諸國に於て用ひられ力の單位を「吉瓦」長さの單位を「米突」にて表はしたる吉瓦米突なる實用單位はメートル制の度量衡を使用せるところの歐洲大陸諸國に於て用ひらる。仕事の實用單位には以上の外に前に述べたる cgs 單位より直接に導き出されたるものあり。電氣工學に於ける仕事の實用單位として一般に之れが使用さる。之をジュールといひ、一エルグの 10^7 倍即ち一千万倍に相當する仕事なり。こゝに初學者の注意すべき事柄は仕事といふものには時間が關係せざることなり。故に或る汽車が新橋、横濱間を三十分間にて走りたる時も亦一時間にて走りたる時も其の仕事に於ては兩者の間に何等の差異無きなり。

前に力の意義を説明したるとき速度といふ文字を用ひたりしが抑々速度とは如何なるものなりや、速度とは即ち速さにて運動せる物體が其の位置を變化する割合をいふものなり。故に速度といふ場合には時間の觀念入り來る而して速度は單位時間に經過する距離にて測り得るものにして、其 cgs 式に於ける單位は一秒間に一珊米の割合を以て位置を變ゆるところの速度を以てす。速度の實用單位は運動するものによりて夫々都合よき適當なるものを選びを通常とす。例令ば汽車や汽船や航空機の如く人を載せて地球上を走るところのものゝ速度は一時間につき幾哩又は一時間に

つき幾吉米といふ如く時の單位を時間、距離の單位を哩又は吉米と兩者共稍や大なる單位を用ゆるが、銃口を出づる瞬間に於ける彈丸の速度の如きは一秒につき幾百米とか又は幾千呎といふ如く時の單位に秒距離の單位に米呎の如きものを用ゆ。

回轉するもの、速度は角速度といふものを以て測り又は單位時間に於ける回轉數を以て測る。角速度とは一回轉を 2π 即ち $2 \times 3.1416 = 6.2832$ 單位に取りたる速度にして其の單位の名稱をラヂアンといふ。故に一秒につき二十回轉するもの、角速度は。

$$6.2832 \times 20 = 125.664 \quad \text{ラヂアン (Radians)}$$

となるなり而して同じ速度を吾人は一秒につき二十回轉の速度、又は一分につき千二百回轉の速度ともいふ。蒸氣エンジン、水車等の如き原働機及び發電機、電動機等の如き回轉するところの機械の速度は一分につき幾百回轉とか又は一秒につき幾十回轉といふ如くいひ表はす。(通常實用には一分間に於ける回轉數を以て表はす)。

前に力とは外物により防碍されざる物體に働きて其の速度に變化を起さしむるものなりといふことを述べしが、此速度の變化する割合のことを加速度及減速度といふ。速度の變化が時と共に漸次増加する如き場合にはその速度増加の割合は加速度にして之れと反對に速度が漸次減少するものなるときはその速度減少の割合のことを減速度といふなり。併し減速度は全然加速度の反對の意味なるを以て減速度の事を $-$ の加速度ともいふ。地球は毎日毎夜

年を送り年を迎へて間斷なく自轉し又間斷なく太陽の周圍を運行し之等の速度は終生變ることなし。即ち永遠に不變速度にして従つて加速度も無ければ減速度も無けれども地球上に於て人爲によるところの物體の運動は大概速度を變化す。例令ば市街を走る電車は夜間車庫に休止して早朝運轉を開始するや先づ零といふ速度より一時間につき幾哩とかいふ或る速度まで加速して車庫を出でその速度より次第に減速して停留場に於て零速度となりて止まり客を乗せて發車し逐次速度を高めて(車の進行に關して何等の危険無ければ)或る定速度を以て若干距離を走り、次の停留所場に近づくや又速度を逐次緩めて再び停止す即ち電車は殆んど間斷なく其の速度を變化しつゝあるなり。而して其の速度變化の割合即ち加速度なるものも決して一定ならず、之れ亦變化す。斯くて吾人は吾人が日常遭遇するところの速度なるものは常に可變的のものにして加速度亦可變的のものなる事を知る。加速度は單位時間に於ける速度變化の割合を以て測られ其の cgs 式の單位は毎秒一秒につき一センチメートルの割合を以て速度が變化する場合の加速度を以てす。故に前に述べたる力の定義は「外物の防碍を受けざる物體に働きて之れに加速度を與ふるところのものなり」といふ事を得るなり電氣工學に於て加速度の事を考ふるは主として電車の場合なるが電車の加速度は實用上毎秒一時間につき幾哩といふ様にいひ表はすを通常とす。

吾人は今力といふ事や仕事といふこと等に就て研究したるがこ

れ等の外工學上極めて緊要なるものは仕事を爲すところの割合、
 即ち動力といふものと仕事を爲す能力即ち勢力といふものなり。
 動力は往々にして單に力と書かれ又力と呼ぶ。従つて初學者は
 前に説明したる力と、これと混同すべきも其の意義に於ての兩者
 の間に根本的の大なる差異あることを、十分理解し置かざるべから
 ず。即ち動力とは仕事を爲す割合にして、單位時間に爲したる
 仕事を以つて表はさる。其の *ergs* 式に於ける單位は、一秒につ
 き一エルグの仕事爲すものを取り、實用單位としては馬力、ワ
 ット、キロワット等あり。一馬力といふは一分間に三萬三千呎封度
 の仕事、即ち一秒につき五百五十呎封度の仕事をなす如き動力に
 してワットといふは一秒につき一ジュールの仕事爲す如き動力、
 一キロワットといふは一ワットの千倍の動力をいふなり。馬力とい
 ふ單位は多く原動機の能量、出力及び動力をいひ表はす場合に用
 ひワット、及びキロワットは電氣的の動力等を計り又は電氣機械の
 能量及び出力の單位として使用する。

勢力 勢力とは仕事を爲さしめ得べき能力にして、大體に於て
 ポテンシアル、エネルギー(位置の勢力と考へて可なり)とカイネ
 チク、エネルギー(運動の勢力と考へて可なり)との二つの形に分
 たる。カイネチック、エネルギーといふは運動中の物體に蓄へられ
 たる勢力にして發射されたる彈丸、墜下の途中にある鐵鎚の有せ
 る勢力なり。ポテンシアル、エネルギーといふは、裝填されたる彈
 丸振りかざられたる鐵鎚の如く、若し其の現狀に保持され居らば、

全く死物も同然なれど一旦裝藥に點火され、又は振り卸ろされたる
 ときは直ちにカイネチック、エネルギーに其の形を變へて或る仕
 事を爲し得べきものをいふなり。勢力は、仕事と同一の單位を以
 て測らる。即ち吾人は、一ジュールの仕事といふと同時に又一ヂ
 ールの勢力といふことを得る。

勢力に關して、初學者の十分留意し置くべきことは勢力の不滅
 といふ事なり。即ち勢力は其形を變じ得れども、決して無より有
 を生せず、有より無に變らず、又減損も増加も無くして其の量に
 於ては一定不變なりといふことなり。例令ばこゝに一定量の石炭
 ありとせん。蒸氣汽罐の火中に投じて之れを燃焼すれば、石炭は
 灰と焔と煙とになりて現形全く消失するも、之れが蓄へ居たりし
 熱としてのポテンシアルエネルギーは燃焼して眞の熱を發し其の
 熱は一部は空中に飛散し殘部は罐内の水を温めて蒸氣を作り、熱
 としてのカイネチックエネルギーは、茲に機械的にポテンシアル
 エネルギーに變じ、エンジンに導かるゝや又變じて機械的のカイ
 ネチック、エネルギーとなり、發電機に移りて電氣のエネルギーと
 なり、更らに電燈に行きて原の熱エネルギー及び光のエネルギー
 に變る。即ち轉輾として、其の形を變じ状態を代ふるもエネルヂ
 ーとしては決して盡くる事無きものなり。

第三章 電氣の單位

第一章に於て吾人は、電位差、電壓及び電流に關する概念に就き講述したるが抑々この電位差又は電壓は、如何様にして得らるゝものなりやといふに、其方法種々あり。

1. 摩擦
2. 靜電的誘導作用
3. 熱作用
4. 化學作用
5. 電磁的誘導作用

是れなり。諸君が物理學を修むる時、電氣の實驗に用ゆるところの起電機といふものは、摩擦により若くは靜電的誘導作用によりて電氣を起こす——即ち電位差を作るところの機械にして、工業上には殆んど其用なきが電磁的誘導作用によりて電壓を作るの方法は、最も有要なるものにして、大なる電力を要する場合にはこの方法によるの外なく、電燈、電氣鐵道、電氣冶金、電氣分解、及各種の原動力として、電氣は悉く皆此の方法によりて起こさるゝものなり。化學作用によりて電氣を起こす方法は、世人の熟知せらるゝ電池にして熱作用による處の電氣は之れを直接に工業的用途に供すること不可能なる程微弱なれば、たゞ此の現象を間接に利用して普通の寒暖計を使用し能はざる爐内温度の如き、高温度の測定等に用ひらるゝに過ぎず。

上述の如く電氣は、種々の方法によりて發生し得らるゝと雖、工業上最も有用なるは、電磁的誘導作用によるものなるを以て、電磁的誘導作用のことは、其原理を克く克く咀嚼し置かざるべか

らず。故に本章に於ては序を追ふて之れを説明し、電流の諸現象に及びて次に電氣に於ける基礎の單位の説明に及ばんとす。

磁場 磁石は、之れを自由に運動し得る如く支持するときは、南北の方向を指すの性質を有するのみならず、又鐵を吸引するの性質を有し。磁石の近傍に鐵片を持ち來るときは、鐵片は磁石に向つて引きつけらる。而して之れは磁石の有する磁氣の力によるものにして、この磁力の働く範圍内を磁場(Magnetic field)といふ一つの磁場に於ける磁力は各所必ずしも、同一ならず、強き磁力の働く部分もあれば、又磁力の弱き部分もあり。磁場の或る點に働らく磁力の強弱を區別し、其程度を示す爲磁場の強さ(Intensity)なる言葉を使用す。磁場の或る點に於ける強さは其點に單位の強さの磁石を置きなるとき、之れに働らくところの力を以て計らるゝものにしてこの力が一ダインなるときは、磁場の強さも亦一單位力が十ダインなるときは磁場の強さは十單位なり。

磁力線 磁場の事を考ふるに、之れを通じて或る數の線が存在せりと想像するときは、大に其の理解を容易ならしむ。此の想像の線を磁力線といふ。一の磁石は其北極即ち北を指すところの極より或る數の磁力線を發出し、此の磁力線は空間を経て遂には磁石の南極即ち南を指すところの極に入り込むものにして此の磁力線の數は、磁石の強弱に相應じ、強き磁石の北極よりは多數の磁力線發出し弱き磁石の南極には僅かの磁力線入り込む。磁力線の多少にても存在する空間は、即ち磁力の働く部分にして之れを磁

場といひ磁場の或る一點に於ける強さは、其點を通過する磁力線の密度即ち單位面積を通過する磁力線の數にて計る、而して一平方厘米につき一本の割合を以て磁力線が通ずるときは、其の點は單位の強さを有するといふ。故に斯様な位置に單位の強さの磁石を持ち來るときは、之れには一ダインの力が働くなり。磁力線の方向は、即ち磁力の働く方向を示すものにして、二つの磁石よりの磁力線が互に向ひ合ふときは、其の方向に反撥する力が働き之れに反して同方向なるときは其方向に於て物體の吸引する力が働らくなり。

電磁的誘導作用 一つの磁場に於て、磁場の方向即ち磁力線の方向に平行ならざる様に、一つの導線を動かすときは、此の導線は磁線を切るべし。此の際導線には起電力を誘起す。此の現象を電磁的誘導といふ。電磁誘導によりて起る起電力は導線を切る割合、即ち單位時間に切るところの磁力線の數に比例するものにして、若し導線が一秒時間に一本の割合を以て磁力線を切るならば此の際導線に誘起するところの起電力は一 cgs 單位なり。導線に誘起するところの起電力の方向は磁力線の方向と導線運動の方向との相互關係によるものにして、右手の拇指を十分に開き、次に中指を掌に對して直角に屈折するときは、拇指と前指と中指とは相互に直角を爲すべし。然るとき前指を磁力線の方向に向はしめ拇指を導線運動の方向に向はしむれば、中指は誘起したる起電力の方向を指すべし。

起電力の單位 起電力及び電壓の c.g.s. 單位は前述の如く導線が一秒間に一本の割合を以て、磁力線を切るとき誘起する起電力を以てするが、斯くの如き起電力は甚だ小なるものなるを以て、實用には其の一億萬倍即ち $10^8 = 100,000,000$ 倍を用ふ換言すれば一秒間に一億萬本の割合を以て、磁力線を切りたる時誘起する起電力を以て起電力の實用上の單位となす。此の單位をヴォルト (Volt) といふ。白熱電燈に要する電壓は通常百ヴォルトにして電車には多くは五百乃至六百ヴォルトが用ひられ、長距離の電力輸送には二十萬ヴォルト以上にも達する非常に高きものが使用せらる。

電壓の絶對値の決定法 扱て起電力は、上述の如く磁場に於て動くところの導線が磁力線數を切るところの割合にて決定され得ると雖、抑々磁力線なるものは假想のものなるを以て、吾人は導線が幾本の磁力線を切りたるかを目にて見ることは能はざるは勿論器具を用ひて之を測定すること不可能なるを以て、此の方法によりて電壓の絶對値を決定すること能はず。然るに一定の仕様によりて作りたる電池の起電力は、一定溫度に於て一定なるを以て、電壓の絶對値は標準電池なるものに比較して、決定す。標準電池には、クラーク (Clark) の電池とウエストン、カドミウム (Weston Cadmium) 電池との二種あり。クラーク電池の起電力は、攝氏十五度の溫度に於て 1.433 ヴォルトにしてウエストン電池の起電力は攝氏二十度に於て 1.019 ヴォルトなり。其以外の溫度に於て

はクラーク電池の起電力Eは次の式

$$E = 1.433\{1 - 0.00077(t - 15)\}$$

にて計算し得べく、ウェストン電池の其れは

$$E = 1.019 - [3.810^{-5}(t - 20)]$$

にて計算し得べし。

電流の諸作用 電池の兩極を導線にてつなぐときは、之れを通じて電流流る。之れその導線の兩端に電位差が與へられたる故なり。電流は必ずしも金屬導線に限らず、液體をも通ず。即ち電氣を良導し得る性質のものは何物をも通ず。今電流を液體化合物に通ずるときは、其の液體は分解して元素を遊離す。例令ば水に電流を通ずるときは、水は酸素と水素とに分解され、又硫酸銅の溶液即ち丹礬水に電流を通ずるときは、銅と硫酸とに分解さる。電氣鍍金法、電氣精銅法電型術等は此の作用を應用したるものなり。斯くの如く電流は化學作用を有せるが、電流の作用は單に化學に止まらず甚だ重要な磁氣作用なるものあり。磁針の眞上に之れに平行に導線を張り、之れに電流を通ずるときは磁針は稍東西の方向に偏倚す。又導線を螺旋狀に捲きて、之れを水平に且つ自在に回轉し得る如く保持し、之れに電流を通ずるときは、磁性を帯びて、恰かも磁針の如く南方の方向に向ふ。又鐵桿の周圍を被覆導線にて捲き、之れに電流を通ずるときは鐵桿は磁化され、若しこの鐵桿が鋼鐵ならば耐久磁石となる。是等電流に磁氣的の作用あることは要するに電流の通せる導線の周圍に磁場が作らるゝこ

とを證明するものにして、此の作用に就ては後に特別の章に於て稍々詳細に説明するところあらん。電流の他の要用なる作用は、之れを導線其他のものに通ずるときは其物を熱することなり。若し細き金屬線に稍強き電流を通ずるときは、線は著しく熱して遂には光を發す、若電流強きに過ぐれば遂に之れを熔解するに至る電燈、電氣爐、電熱諸器具は此の理を應用したるものにして、白熱電燈は真空とせる硝子の火屋の中に、細き炭素織又はタングステン等の織條を設備し、之れに電流を通ずる如く爲したるものなり。

電流の單位 電流、の C.G.S. 單位は一 ^{センチメートル} 珊 米の長さの導線を、一 ^{センチメートル} 珊 米の半徑を有する圓弧に曲げ、其の圓の中心に單位の強さの磁極を置き、其の導線に電流を通じたる時、其の磁極に及ぼす力が一ダインなる如き電流をいふ。電流の實用的單位は C.G.S 單位の十分の一にして、之れをアムペア (Ampere) といふ。電流の單位は、斯く定義し得と雖も此の方法によりて測定するは不可能なるを以て、電流はその化學分解作用を應用して測定し、其の絶對値を決定す。一定の溶液に電流を通じたる時之れが分解さるゝ分量は時間と電流とに比例するものにして、一定の溶液は一定時間に一定の電流を以て一定の元素を遊離す。故に此の方法によらば、電流の絶對値を決定し得べきなり。而して此の方面より一アムペアの電流は、硝酸銀一割五分水八割五分の硝酸銀溶液に通じて、一秒間に銀の 0.001118 グラムを分解し得る不變電流を

いふと定義さる。

抵抗 導体に電位差を與ふるときは、之れを通じて電流流るゝこと前述の如くなるが、この電流の強さは、縦令電位差が同一なるときに於ても、その導體の物質形狀等によりて異なる例令ば太く短かき銅線は、細く長き銅線よりも強き電流を通じ又同じ太さ同じ長さにては鐵線は、銅線よりも之れを通ずる電流弱し、之れ導體には電流の通過を防碍するが如き或る性質あることを證するものにして、此の性質を導體の抵抗 (Resistance) といふ、抵抗は其長さに比例し、切斷面積に反比例し、物質に關係するものにして此の物質に關係するところのものを抵抗率 (Resistivity 又は Specific-resistance) といふ故に平等なる太さを有する導體の抵抗は次の式にて計算さる。

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

但し R は抵抗にして、ρ は抵抗率 l は長さ s は横斷面積なり。

オーム法則 導體を通じて流るゝところの電流は、其の導體の兩端間に於ける電位差に比例し、導體の抵抗に反比例するものなり。この事實は、オーム博士によりて發見せられたるものにして之れをオーム法則といふ、電氣學上極めて緊要なる法則なり。

オーム法則を式にて示せば次の如し。

$$I = \frac{E}{R} \quad R = \frac{E}{I} \quad [R = IR]$$

但し、E は電位差、I は電流、R は抵抗なり。

抵抗の單位 抵抗の一 C.G.S. 單位は、一 C.G.S. 單位の電壓を導

體の兩端に與へ、これに一 C.G.S. 單位の電流が通ずる如き抵抗をいふものにして、その實用單位は C.G.S. 單位の十億倍即ち $10^9 = 1,000,000,000$ 倍を取り之れをオーム (Ohm) といふ。而して一オームは、氷の融解溫度に於て質量 14.4521 グラム長さ 106.300 ^{センチメートル} 珊米にして、均一なる切斷面積を有する水銀柱の不變電流に對する電氣抵抗なり。

自己誘導 導線を通じて電流が流るゝときは、其の導線の周圍に磁場が作らるゝことは前に電流の作用の項にて述べたところなり。磁場が作らるゝといふは取りも直ほさず、磁力線が成形せらるゝことを意味するものにして、此磁力線は電流の通せる導線の周圍を圍繞し、其數は電流の強さに比例し、其の方向は電流の方向に關係す。而して電流と之れによりて生ずる磁力線の方向との關係は、右螺子の行進方向と回轉方向との關係に等し。即ち電流が前方に向つて進めば、磁力線の方向は右廻りにして電流が後退すれば、これによりて生ずる磁力線は左廻りとなるなり。扱て斯の如く電流を通せる導線の周圍には線力線發生し、而して此の磁力線は無限の距離より走り來りて、導線を取り圍みたるものと考へ得らるゝを以て導線は此際當然磁力線を切るべく、從つて導線には起電力を誘起すべし。此の起電力は全く導線自身が之れに電流が通じたることによりて誘起したるものなるを以て、之れを自己誘導の起電力といひ、此の現象を自己誘導といふ。自己誘導の起電力は單に導線に電流を通じたる際に於て起るのみならず

導線を通せる電流が止みたるときにも起こるものなり、何となれば此の際導線の周囲を圍繞せるところの磁力線は、無限の距離に去り、従がつて導線は又た磁力線を切ればなり、要するに自己誘導の起電力は導線に電流が通するとき及び止むとき、否、一般にいへば導線に通する電流に變化が起こる場合に起こるものにして此の起電力の大いさは電流の變化に伴ふて、導線が磁力線を切る度合に比例するは勿論なり。然るに導線が磁力線を切る度合は、電流の變化の度合、及び電流の單位の變化に伴ふて導線が切る磁力線數の變化、換言すれば單位の電流が通じたる時、若しくは單位の電流が止みたる時に導線を切るところの磁力線の數に比例するものにして此の電流の單位の變化に伴ふて導線が切る磁力線數の變化は全然導線の形成せる電路の有様に關係するところのものなり。

○ 自己誘導係數及び自己誘導係數の單位 上述の如くなるを以て自己誘導の起電力は導線を通する電流の變化の度合が一定ならば、全然電路の状態に關係するものにして一定状態の電路に於て自己誘導の起電力は電流の變化の度合に關係す。而して此の電路の状態に關する常數を其の電路の自己誘導係數 (Coefficient of self-induction 又は Self-inductance) といふ。自己誘導係數の一 C.G.S. 單位は或る電路を通する電流が單位時間、即ち一秒時間に一 C.G.S. 單位の割合を以て變化するとき、此の電路に起る自己誘導の起電力が一 C.G.S. 單位なる如き電路の自己誘導係數をいふ。

而して其の實用的單位はヘンリー (Henry) と稱され、一ヘンリーは、或る電路を通する電流が一秒時間に一アムペアの割合を以て變化するとき、此の電路に起る自己誘導の電壓が一ヴォルトなる如き電路の自己誘導係數をいふ。

一ヴォルトの電壓は、 $10^8 = 100,000,000$ C.G.S. 單位の電壓に相當するを以て、一ヘンリーの自己誘導係數を有せる電路に通する電流が、一秒時間に一アムペアの割合を以て變化するときは、此の電路には 10^8 C.G.S. 單位の電壓を誘起すべく、又一アムペアの電流は十分一 C.G.S. 單位の電流に等しきを以て、若し一ヘンリーの自己誘導係數を有する電路に通する電流が一秒間に一 C.G.S. 單位を以て變化するならば、此の電路に誘起する自己誘導の電壓は 10^8 C.G.S. 單位なり。故に一ヘンリーは $10^9 = 1,000,000,000$ C.G.S. 單位に相當す。

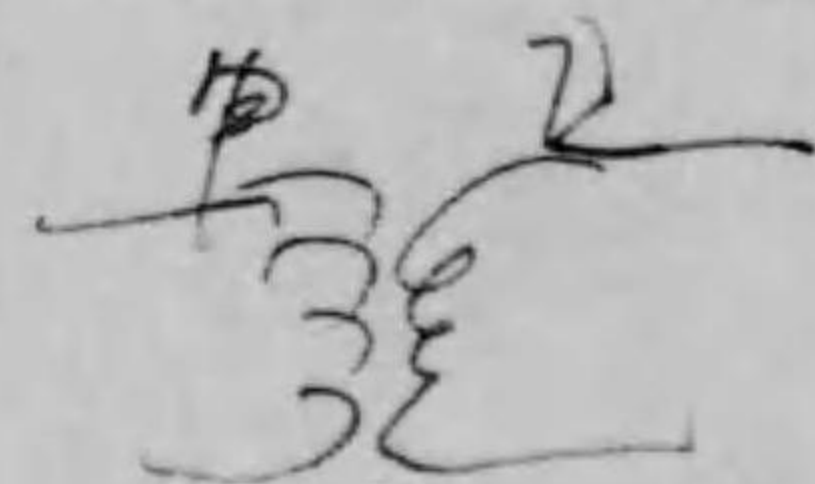
自己誘導係數の單位は、又次の如くいひ表はすことを得、即ち一 C.G.S. 單位の電流が或る電路に通じたる時、其の電路によりて切られたる磁力線の總數が一本なる時は、此の電路は一 C.G.S. 單位の自己誘導係數を有す同様に一アムペアの電流が或る電路に通じたる時其の電路によりて切られたる磁力線の總數が 10^9 即ち一億本あらば、この電路は一ヘンリーの自己誘導係數を有す。

○ 然れども電路が鐵を有し居るときは、或る電流を通じ若しくは停止したるときに發生する磁力線の數、従つて導線に切らるゝ磁

力線の總數と或る電流が既に通せる同一の電路に同じ電流が増加し、若くは減少したるときに於ける磁力線の變化、從つて導線に切らるゝ磁力線の總數とは同一なりといふ能はざるを以て、前述の一單位の電流が通じたる時、其の電路によりて切らるゝ磁力線の總數が、一單位なる時云々といふ陳述法は、鐵を有する電路の自己誘導係數を與ふる定義として用ふる能はざることとなり又鐵を有する電路の自己誘導係數なるものは電流値によりて異なることを知る。

往復線 往復兩線が平行に走れる場合の自己誘導係數は、線長に比例し線間距離及び線の太さに関係す。螺旋狀に捲かれたる導線の場合に於ては環狀の面積に比例し、螺旋狀となりたる部分の長さに反比例し、殆んど捲數の自乗に比例す。又鐵を有するときは、其パーミアビリティに比例するを以て、鐵が無き場合に比して著しく、大きく又前述の如く電流の大きさによりて異なる。

相互誘導 二つの捲線甲及び乙ありて、兩者を相近づけ、一方の捲線甲に電流を通ずるときは、此の電流によりて生じたる磁力線の一部分は、他の捲線乙をも通過し之によりて切らるべし。故に乙には電壓を誘起し、若し其の線端を鋭敏なる電流計に接續するときは、之れに電流通じ其の指針が偏倚すべし、又若し甲の電流を斷つときは、今迄乙の捲線内を通過し居たる磁力線は、急に皆無となるを以て此場合にも亦乙には電壓誘起され電流計の指針の動くことを實驗すべし。而して甲に電流を通じたる時と、電



流を斷ちたる時とに起る電壓の方向の相反せることは、電流計の指針の傾斜方向の相反せることによりて實驗せらるべく、其の理由は前に説明したる電磁誘導の理論より容易に了解し得べく斯くの如く各別の電路ありて、一方の電路に於ける電流の變化が他方の電路に電磁的誘導を起こす作用を甲乙兩電路間の相互誘導 (Mutual induction) といひ電源に接續せる電路即ち今の例に於ける甲を一次電路 (Primary circuit) といひ、乙を二次電路 (Secondary circuit) といふ。

相互誘導係數、相互誘導係數の單位 上述の如くなるを以て、二次電路に誘起する電壓は一次電路を通ずる電流が變化するとき、二次電路の導線によりて切らるる磁力線の數に比例するものにして、之れは電路の構成法に關係し、與へられたる電路に於ては電流の一定變化に對し一定なり。而して此電路に關する常數を相互誘導係數と稱す。相互誘導係數の一 C.G.S. 單位は、一次電路を通ずる電流が一秒時間に一 C.G.S. 單位の割合にて變化したる時、二次電路に誘起する電壓が一 C.G.S. なる如き電路の相互誘導係數をいひ、其實用單位は自己誘導の場合と同じく、ヘンリー (Henry) と稱され、若し一次電路に通ずる電流が一秒時間に一アムペアの割合を以て變化するとき、二次電路に一ヴォルトの電壓が誘起するならば、此の電路は一ヘンリーの相互誘導係數を有すと稱せらる。而して若し電路が鐵を有せざるならば、一次電路に一 C.G.S. 單位の電流が通じたる時、二次電路の導線により

て切らるゝ磁力線が一本なる如き電路を一 C.G.S. 單位の相互誘導係数を有する電路といひ。又一次電路に一アムペアの電流が通じたる時、二次電路の導線によりて切らるゝ磁力線が 10^9 本なる如き電路を一ヘンリーの相互誘導係数を有する電路といふことは、自己誘導係数の場合と同様なり。

レンツの法則 自己誘導及び相互誘導に於て、電流が通じたる時に起る電圧は無限の距離より走り來りたる磁力線が切らるゝ爲めに生ずるものにして、電流が止みたる時に起る電圧は、無限の距離に走り去る磁力線が切らるゝものに起因するを以て、電圧の方向は反對なり。自己誘導の場合に於て電流が通ずるとき又は電流が増加する時に起る電圧は電流の方向に反對にして電流が止むとき又は電流が減少する時に起る電圧は、電流の方向に同じ、即ち自己誘導の電圧は其の原因に反對して、電流の通過、終止、變化を阻碍せんとするものなり、之をレンツの法則といふ。

蓄電器静電容量 絶縁物を以て境界されたる二つの導體の間に電位差を與ふるときは是等の導體には電氣の或る量を蓄積するものなり。而して電氣を蓄積せしむるの目的を以て作られたる導體と絶縁體との斯様なる組合せを蓄電器といふ或る蓄電器に蓄へらるゝ電氣の量は、之れに與へらるゝ電位差に正比例するものにして、一單位の電位差を與へたる時之れに蓄へられたる電氣量を其の蓄電器の静電容量 (Electrostatic Capacity) 或は單に容量 (Capacity) といふ。蓄電器の容量は電氣が蓄積さるべき導體の全面積に

比例し導體間の距離に反比例し、導體間を分界せる絶縁體の性質に關するものにして、蓄電器に用ひられたる絶縁體は、特に誘電體 (Dielectric) と稱され、之れが空氣以外の物體なる時の容量と空氣が誘電體なる時の同じ構造の蓄電器の容量との比を其の誘電體の比誘導容量 (Specific Inductive Capacity) 又は誘電係數 (Dielectric Constant) といふ。

電量の單位及び容量の單位 電量には静電氣の現象を基礎として定めたるものと流電氣に於ける電流の現象を基礎として定めたるものとの二つの別あり。前者は一センチメートルの距離を隔てて二つの等量の電氣が保持せられたるとき相互の間に働く力が一ダインなる時の電氣量を單位としたるものにして、之れを電量の静電單位といひ、後者に於ては一單位の電流が單位時間流れたる間に運ばれたる電氣量をいふものにして之れを電量の電磁單位と稱す。C.G.S. 式に於ける一電磁單位の電量といふは一 C.G.S. 單位の電流が一秒間流れたる間に運ばれたる電氣量をいひ、實用上の一電磁單位は、一アムペアの電流が一秒間流れたる間に運ばれたる電氣量をいふなり。斯くて一 C.G.S. 單位の電量は一實用單位の電量の十倍にして、此の實用單位はクーロン (Coulomb) と稱せらる。次に C.G.S. 式に於ける電量の一電磁單位と一静電單位とを比較するに、前者は後者の $3 \times 10^{10} = 30,000,000,000$ 倍に等しきが故に一クーロンの電量は静電單位の 3×10^9 倍に相當するなり。

電位差にも亦静電氣の現象を基礎として定めたる單位と、電磁

作用より定めたるものとの二種類あり。前者にありては一静電單位の電氣を一つの充電體より他の充電體まで持ち運ぶ間に爲されたる仕事が、一エルグなるときの其の兩充電體間の電位差を一單位なりとして定めたるものにして、後者は一單位の起電力を有する導體の兩端間の電位差なり。前者を電位差の静電單位といひ、後者を其の電磁單位といふ起電力に従つて電位差に C.G.S. 單位と實用單位との二種あるは、前に説くところの如くにして、其の實用單位たるヴォルトは C.G.S. 單位の 10^9 倍なり。而して C.G.S. 式に於ける電位差の電磁單位と静電單位とを比較するに、前者は後者の $\frac{1}{3 \times 10^{10}}$ 即ち 30,000,000,000 分の一なり。従つて一ヴォルトの電位差は静電單位の、 $1 + (3 \times 10^{10} \div 10^9) = 1/300$ なり。静電容量の静電單位は、一静電單位の電位差を以つて一静電單位の充電を與ふる如き蓄電器の容量にして、其の C.G.S. 式に於ける電磁單位は、電磁式の一 C.G.S. 單位の電位差を以つて一 C.G.S. 單位の充電を與ふる如き容量なり、又其の實用單位は一ヴォルトの電位差を以て、一クーロンの電量を與ふる如き蓄電器の容量にして、之れをファラッド (Farad) といふ。故に是等の容量の單位の間には次の如き關係あり。

$$\text{容量の一實用單位即一ファラッド} = \frac{10^{-1}}{10^9} = 10^{-10} \text{ C.G.S.}$$

$$\begin{aligned} \text{電磁單位容量の一C.G.S. 電磁單位} &= \frac{3 \times 10^{10}}{1} = (3 \times 10^{10})^2 \\ &= 9 \times 10^{20} \text{ 静電單位} \end{aligned}$$

故に一ファラッド $= 10^{-9} \times 9 \times 10^{20} = 9 \times 10^{11}$ 静電單位

電量の實用單位としては、上述の如くクーロンを用ふれども又アムペア時^{アム}といふ單位を用ふることあり。即ちアムペアにて計りたる電流と時^{アム}にて計りたる時間との相乗積によるものにして、一アムペア時は^{アム}一クーロンの三千六百倍に相當す、蓄電池が蓄へ得べき電量即ち其の容量蓄電池に充電されたる電鼠蓄電池より放電されたる電量等は常に此のアムペア時^{アム}なる單位を以て計らる。

電氣の仕事、電氣的仕事の單位 静電氣學に於て二つの充電體の間の電位差 (Difference of Potentials) は、甲の充電體より乙の充電體まで單位の電氣を持ち運ぶ間に爲されたる仕事を以て計ると定義さる、故に二點の間の電位差が E なるとき、其の二點間を經過して Q なる電量を持ち運ぶときに爲されたる仕事は、E と Q との相乗積 $E \times Q$ にて表はされざるべからず。此事は流電氣の場合にも等しく應用され得るものにして、假令ばこゝに一つの發電機あり、其の端子間の電壓 E ヴォルトにして之れが外部へ供給する平均電流を I アムペアとす。然るとき t 秒間に此發電機が爲したる仕事は幾何かといふに、此の t 秒間に運ばれたる電量は It クーロンにして電位差は E ヴォルトなるが故に其の相乗積 EIt にて表はされジュールなる單位を用ふ。之れを電氣的工作の實用單位となす。電氣的工作の静電單位は勿論エルグにして一エルグは一ジュールの 10^{-7} 倍なることは既に第二章に於て述べたる如し。然れども實用にはジュールなる單位は小に過ぐる場合多きが故に、其

の $60^2=3600$ 倍なるワット時^{ワット} (Watt-hour) 又はワット時^{ワット}の一千倍なるキロワット時^{ワット} (Kilowatt-hour) を一般に使用する。

電力、電力の単位 前に第二章に於て述べたる如く、仕事を爲すところの割合を動力といふ。此の事は電気に関しても同様にして、電氣的の仕事が爲さるゝ割合、換言すれば或る短少時間内に爲されたる電氣的仕事を、其時間にて除したるものを電氣的の動力即ち電力 (Electric Power) といふ。仕事が爲さるゝ割合が總ての時に於て一定不變ならば單位時間に爲されたる電氣的の仕事は即ち電力を表せども時により變化するものあらば或る瞬間に於ける電力は、其の瞬間に於ける微小時間に爲されたる仕事を其の微小時間にて除したるものを以つて計られざるべからず。前項に於て説述したる如く電氣的の仕事は電圧と電流と時間との相乗積にて表はさるゝを以つて電力は電圧と電流との相乗積にて表はさるべきことは容易に了解し得べきことなり。而して電力の實用單位は電圧をヴォルト、電流をアムペアにて表はしたるものゝ相乗積を以つて計られ、之れをワット (Watt) といふ。ワットは電力の實用單位なれども、其の千倍を用ふる方好都合なる場合多し。之れをキロワット (Kilowatt) といふ。ワット、キロワットの如き電力單位は單に働きつゝある電力を計るところの單位として用ふるのみならず又電氣機が出し得べき電力即ち電氣機械の容量をも計るに用ふ。

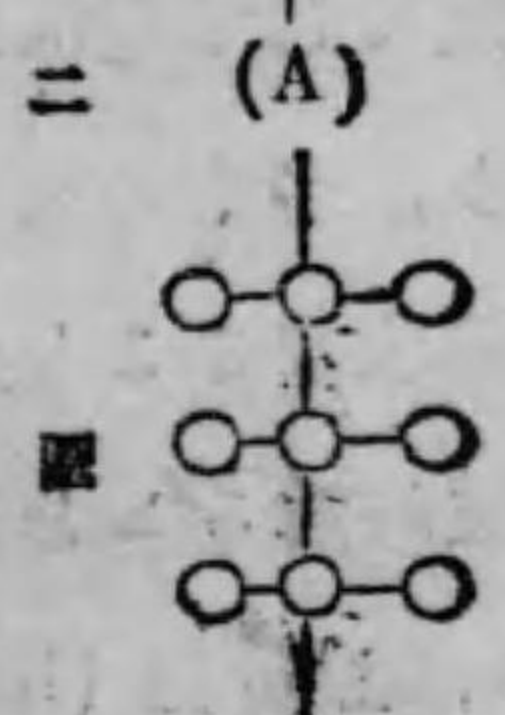
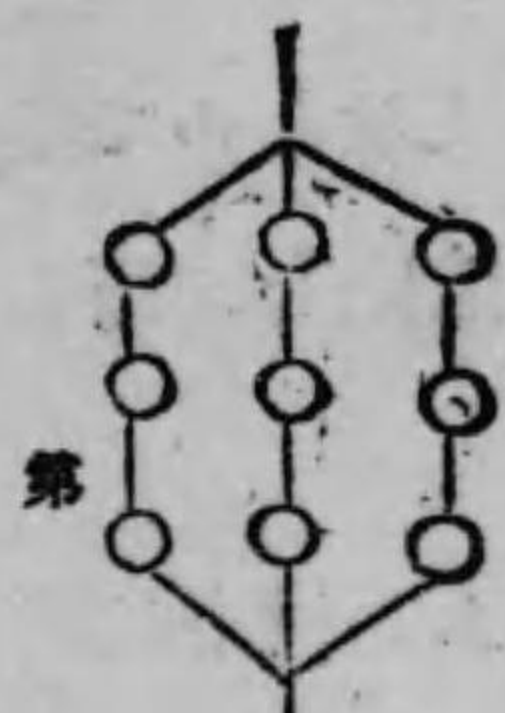
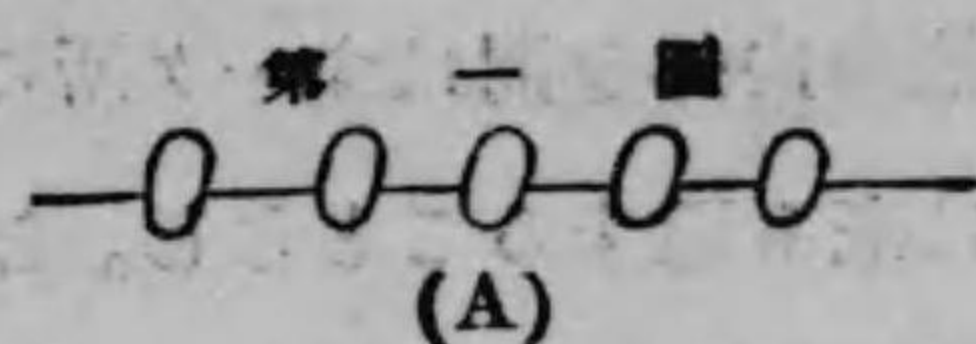
千キロワットの發電機又は百キロワットの電動機といふが如し。

第四章 電気回路

電気回路 一本の導線を取り、其の兩端を電池の兩端に接続するときは、電流は電池の陽極より出で導線内を經過して電池の陰極に至り、更らに電池の内部を陰極より陽極に流れ、こゝに無端の通路を経て循環す。然れども若し電池の内外を問はず一ヶ所にも通路に斷絶部あるときは最早電流は毫も通することなし。即ち電流は其の電源を連結する無端の通路が作られたるときのみ通じ得るものなり 此の無端の電氣の通路を電気回路 (Electric Circuit) といひ、其の一部を切り放ちて電流が通せざる如くするを回路を開くと稱し、之れに對して回路を完全に作ることを回路を閉づるといふ。即ち回路を閉づるといふは回路を完成せしめて電流が通ずる如く爲すを意味し、回路を開くといふは通路を切斷して電流が通せざる如くするを意味するなり。

荷重 電流を供給する目的物を荷重 (Load) といふ。例へば電流が電動機に供給せらるゝときは、電動機は即ち荷重にして電流が若し電燈に供給せらるゝときは電燈は即ち荷重なり。多くの電力を吸収するところの荷重を重き荷重といひ電力を吸収すること少なき荷重を輕き荷重といふ。電氣回路を通じて電流が流るゝときは、回路は負荷されたりといひ、電流通せざるときは無負荷 (No-load) といふ。

直列及び並列 二つ以上の荷重ある場合に、是等が唯だ一條の電氣通路上にある様に接続せらるゝときは、是等の荷重は直列 (Series) に接続されたりといひ、若し各荷重が別々の通路上に相並んで接続せらるゝときは是等の荷重は並列 (Parallel又はMultiple) に接続されたりといふ第一圖に於て(A)は直列に接続されたる場合を示しBは並列に接続されたる場合を示す。



第一圖

(A)

(B)

第二圖

(A)

(B)

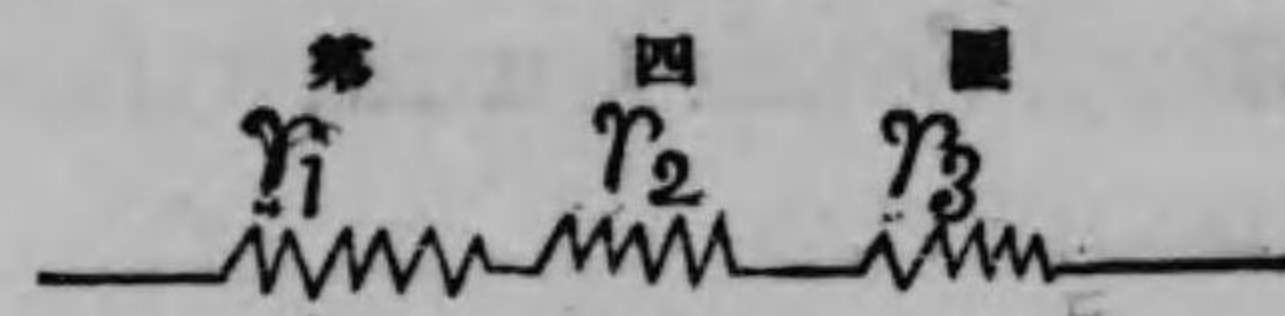
若し、第二圖 (A) の如く直列に接続されたる幾組かの荷重が、並列に接続されたるときは、之れを直並列接続 (Series-parallel Connection 又は Series-Multiple Connection) といひ、第二圖 (B) に示す如く、並列に接続

されたる幾組かの荷重が直列に接続されたるときは、之れを並直列接続 (Parallel-series Connection 又は Multiple-series Connection) といふ。

諸種の接続に於ける合成抵抗 一般に荷重は抵抗、誘導係數、及び静電容量の一つ若くは、二つ又は全部より成る。抵抗のみを有する荷重は通常 (A) に示す如き記號を以て表はされ、誘導係數のみを有する荷重は通常第三圖 (B) に示すが如き記號を以て表はされ、静電容量のみを有する荷重は、第三圖 (C) 又は (C') に示すと

ころの記號によりて表はさる。

二つ以上の抵抗ありて是等が直列に接続せられたるときは其の合成抵抗は各個の抵抗の和に等し。例



令ば第四圖に示す如く、 r_1, r_2 及 r_3 なる三つの抵抗が直列に接続せらるゝときは、其の合成抵抗 R は

$$R = r_1 + r_2 + r_3$$

に等し。何となれば、若し r_1 の兩端間に於ける電壓を e_1 、 r_2 の兩端間の電壓を e_2 、 r_3 兩端間の夫れを e_3 とすれば r_1 の始端と r_3 の終端との間の電壓 E は

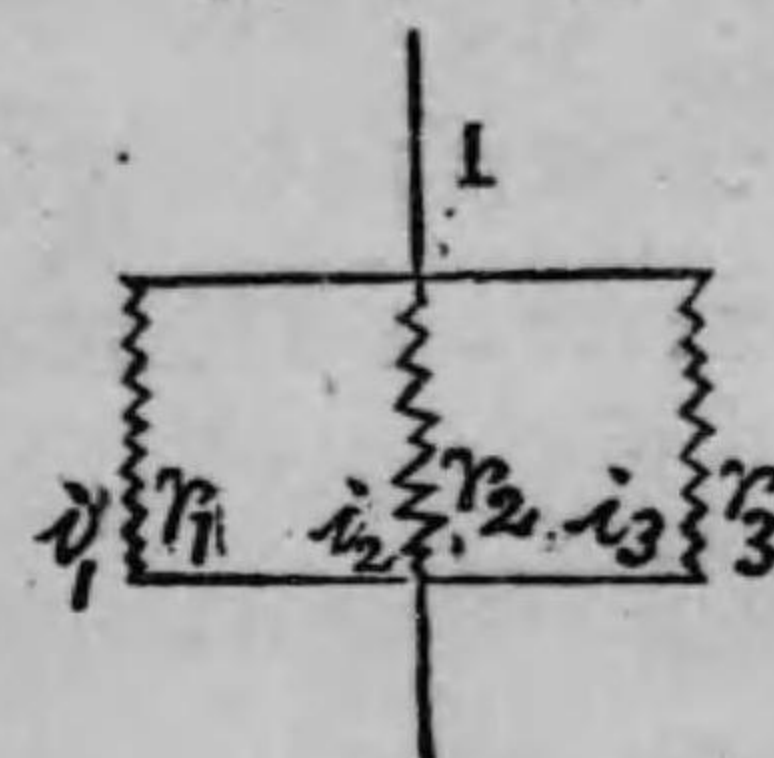
$$E = e_1 + e_2 + e_3$$

に等しく、 r_1, r_2, r_3 を通ずる電流は等しく I にして、前に述べたるオーム法則により當然次の關係

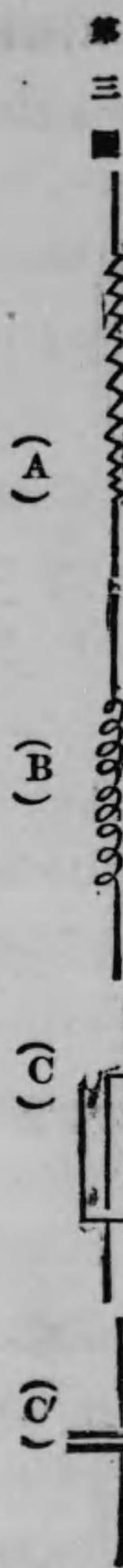
$$I = \frac{e_1}{r_1} = \frac{e_2}{r_2} = \frac{e_3}{r_3} = \frac{E}{R_1} = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{R}$$

が成り立たざるべからざるが故なり。

第五圖



次に二つ以上の抵抗が並列に接続せられたるとき合成抵抗が如何様になるかといふに今第五圖に於て r_1, r_2 及 r_3 を並列に接続されたる各個の抵抗とし、 i_1, i_2 及 i_3



を夫々の抵抗を通ずる電流とし各抵抗の両端間に於ける電位差をEとすれば

$$i_1 = \frac{E}{r_1}; i_2 = \frac{E}{r_2}; i_3 = \frac{E}{r_3}$$

にして幹線を通ずる電流 I は當然

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

ならざるべからず。故に

$$I = \frac{E}{r_1} + \frac{E}{r_2} + \frac{E}{r_3} = E \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)$$

然るに今Rを合成抵抗とすれば

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

ならざるべからざるを以て

$$\frac{E}{R} = E \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)$$

$$\text{或は } \frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

$$\text{或は } R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$$

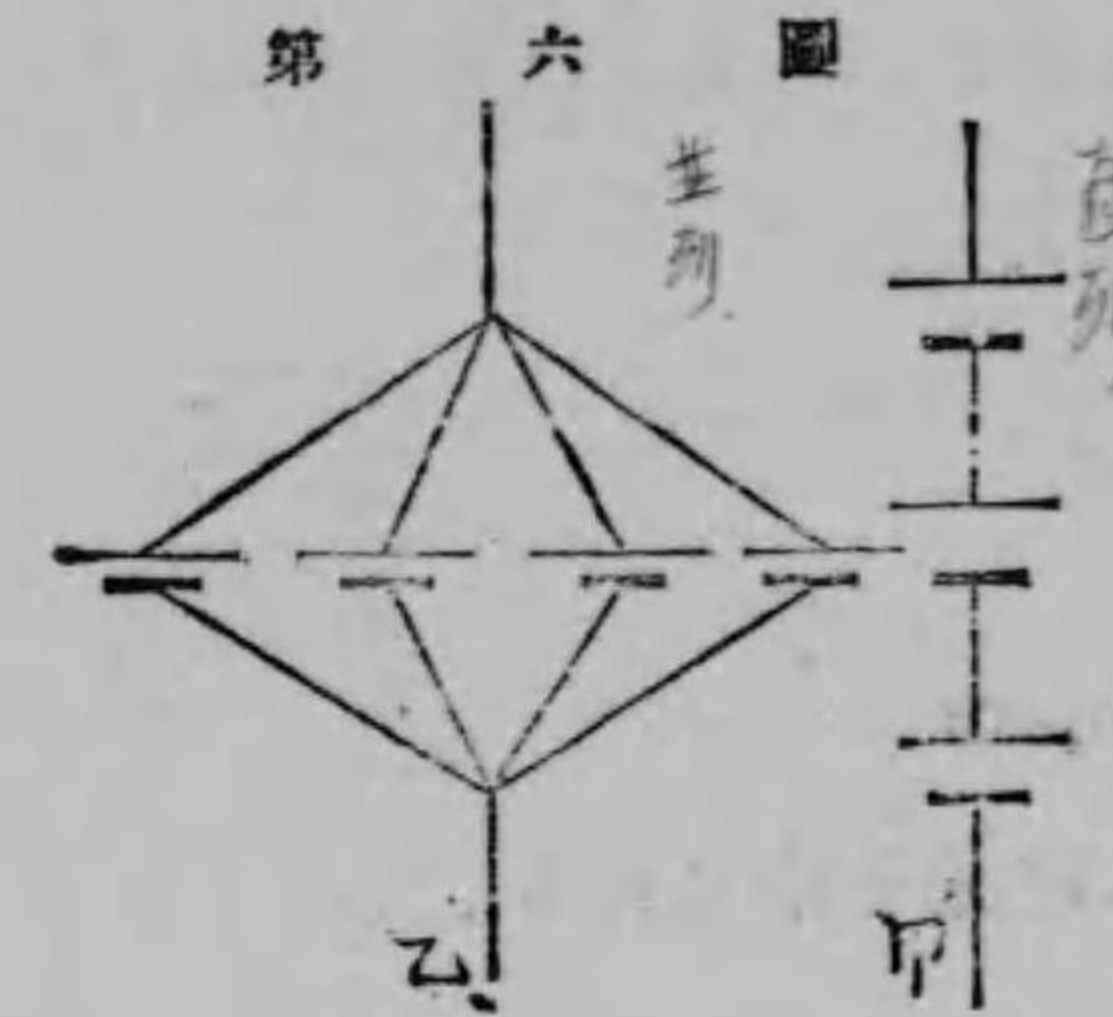
即ち接続されたる抵抗の合成は各個の抵抗の逆数の和の逆数に等しきことを知る。

若し n 個の等しき抵抗ありて、是等が全部直列に接続せられたるときは、其の合成抵抗は一つの抵抗の n 倍に等しく即ち $R = nr$ にして是等が全部並列に接続されたる時は其の合抵抗は次の如く。

$$R = \frac{1}{\frac{n}{r}} = \frac{r}{n}$$

各個の抵抗の n 分に等し。

電池の接続法 二個以上の電池ある場合に、第一の電池の陰極を第二の電池の陽極に第二の電池の陰極を第三の電池の陽極に、逐次斯様に接続すること第六圖甲に示す如くする方法を直列接続



法といひ、總ての電池の陽極及び陰極を夫々一ヶ所に集むること第六圖乙に示す如くなしたる接続法を並列接続法といふ。二つ以上の電池が直列に接続せられたる場合に於ける全起電力は各々の電池の起電力の和に等しく並列に接続せ

られたる場合に於ては若し各電池の起電力が同等ならば並列接続後の起電力も亦之れに等しきも大小各異の起電力を有する電池が接続せられたる場合に於ては、並列されたるものゝ起電力は最も低き起電力を有する電池の起電力に等し。之れ高き起電力を有する電池の超過起電力は、電池と電池との間に於て作られたる局部電路に電流を通ずる爲め其の抵抗によりて消費さるゝが故なり。

電池其物の有する抵抗を電池の内部抵抗 (Internal Resistance) といふ二つ以上の電池が直列に接続せらるゝときは、其の内部抵抗も亦直列に接続せらるゝを以て全内部抵抗は各々電池の内部抵抗の和に等しく、並列に接続せらるゝときは全體の内部抵抗は各々電池の内部抵抗の逆数の和の逆数に等し。

例令ば、こゝに各々1.5ヴォルトの起電力と0.5オームの内部抵抗を有する等しき電池十個ありて、此等を全部直列に接続し十オームの抵抗を有する荷重に電流を送らんとす。然るときは電池全体の起電力は、

$$1.5 \times 10 = 15 \text{ volts}$$

にして電路に於ける全抵抗は、

$$0.5 \times 10 + 10 = 15 \text{ ohms}$$

なるを以て電路を通ずる電流値は、

$$15 \text{ volts} \div 15 \text{ ohms} = 1 \text{ ampere}$$

なり。而して電池全体の内部抵抗に電流を乗じたる、

$$0.5 \times 10 \times 1 = 5 \text{ volts}$$

は全然電池内に於て消費されたる電圧なるを以て、電池の両端に於て吾人が質測し得るところの電圧は全起電力よりこの落下電圧を差し引きたるもの即ち $15 - 5 = 10$ volts なり。

若し荷重の抵抗が五オームなるときは此の場合に於ける

電流は $15 \div 10 = 1.5 \text{ amperes}$

電池内に於ける ^{落下電圧} 電圧は $5 \times 1.5 = 7.5 \text{ volts}$

電池の両端に於ける電圧は $15 - 7.5 = 7.5 \text{ volts}$

電池内に於て消費する電力は $1.5 \times 7.5 = 11.25 \text{ watts}$

荷重に供給し得る電力は $1.5 \times 7.5 = 11.25 \text{ watts}$

なり。

以上十の電池が全部並列に接続せられたるとき、十オームの

抵抗を有する荷重が接続せらるゝときは、

電池全体の内部抵抗は $0.5 \div 10 = 0.05 \text{ ohms}$

全抵抗は $0.05 + 10 = 10.05 \text{ ohms}$

電流は $1.5 \div 10.05 = 0.14925 \text{ amp}$

電池の内部にて消費する電力は $0.14925^2 \times 0.05$

$$= 0.00112 \text{ watts}$$

荷重に供給する電力は $0.14925^2 \times 10 = 0.2249 \text{ wa-}$

$$\text{tts}$$

然れども若し十オームの如き大なる抵抗の代りに小なる〇.〇五オーム抵抗を有する荷重に接続せらるゝならば此の場合に於ける。

電流は $1.5 \div (0.05 + 0.05) = 15 \text{ amp-}$
erces.

電池内に於て消費する電力は $15^2 \times 0.05 = 11.25 \text{ watts.}$

荷重が吸引する電力は $15^2 \times 0.05 = 11.25 \text{ watts.}$

となる。

以上の例は、抵抗高き荷重に向つては電池を直列にし、抵抗低き荷重に向つては並列に電池を接続したる方大なる電力を出すことを示せり。數學の證明する處によれば、組合せたる電池全体の内部抵抗と外部に於ける荷重の抵抗とが相等しきときに電池が出す電力は最大にして、此場合に於ては電池の内部に於て消費せらるゝところの電力と荷重に向つて供給せらるゝところの電力とは相等

しく、従つて能率は二分の一なり。

證明 電池の組み合わせの全起電力を E とし、全内部抵抗を R とし、外部の抵抗を x とす、然るときは電流は $E/(R+x)$ なるを以て電池の内部に於て失ける電圧は $ER/(R+x)$ にして利用し得べき電圧は $E - \frac{ER}{R+x}$ なり、故に荷重に供給せらるる電力は、 $(E - \frac{ER}{R+x}) \frac{E}{R+x}$ にして之れをして最大ならしむべき x の値は x に關する微係数を零ならしむるが如き値なり、即ち

$$\frac{d}{dx} \left(E - \frac{ER}{R+x} \right) \frac{E}{R+x} = \frac{-1}{(R+x)^2} + \frac{2R}{(R+x)^3} = 0$$

或は $\frac{(R+x)^3}{(R+x)^2} = 2R \quad R+x=2R$

故に $R=x$

即ち外部抵抗が内部抵抗に等しきとき電力は最大なり。

與へられたる抵抗を通じて最大の電流を供給せしむる如き電池の接続法 茲に各 E ヴォルトの起電力と R オームの内部抵抗を有する n 個の電池あり、之れを組み合わせる r なる抵抗を有する荷重に最大の電流を供給せんとす。如何様に電池を組み合わせべきかといふに、前に説明したるところによりて、電池の組み合わせの全體の内部抵抗と外部抵抗とが等しき電力最大なるの事實は此の場合にも亦應用し得べきものにして、電流を最大ならしむる爲めには、電池の組合せの全體の内部抵抗をして、外部抵抗に等しくなる如く之れを組み合わせたり。即ち若し s を直列に接続せる電池数とするときは並列にせる電池の数は $\frac{n}{s}$ なるを以て組み合わせる全内部抵抗は、

$$\frac{sR}{\frac{n}{s}} = \frac{s^2R}{n}$$

にして之れが外部抵抗 r に等しき場合なり。

以上の事は之れを直接にも證明し得。電池の組み合わせの全起電力は SE にして全抵抗は $r + \frac{S^2R}{n}$ なるを以て電流 I は

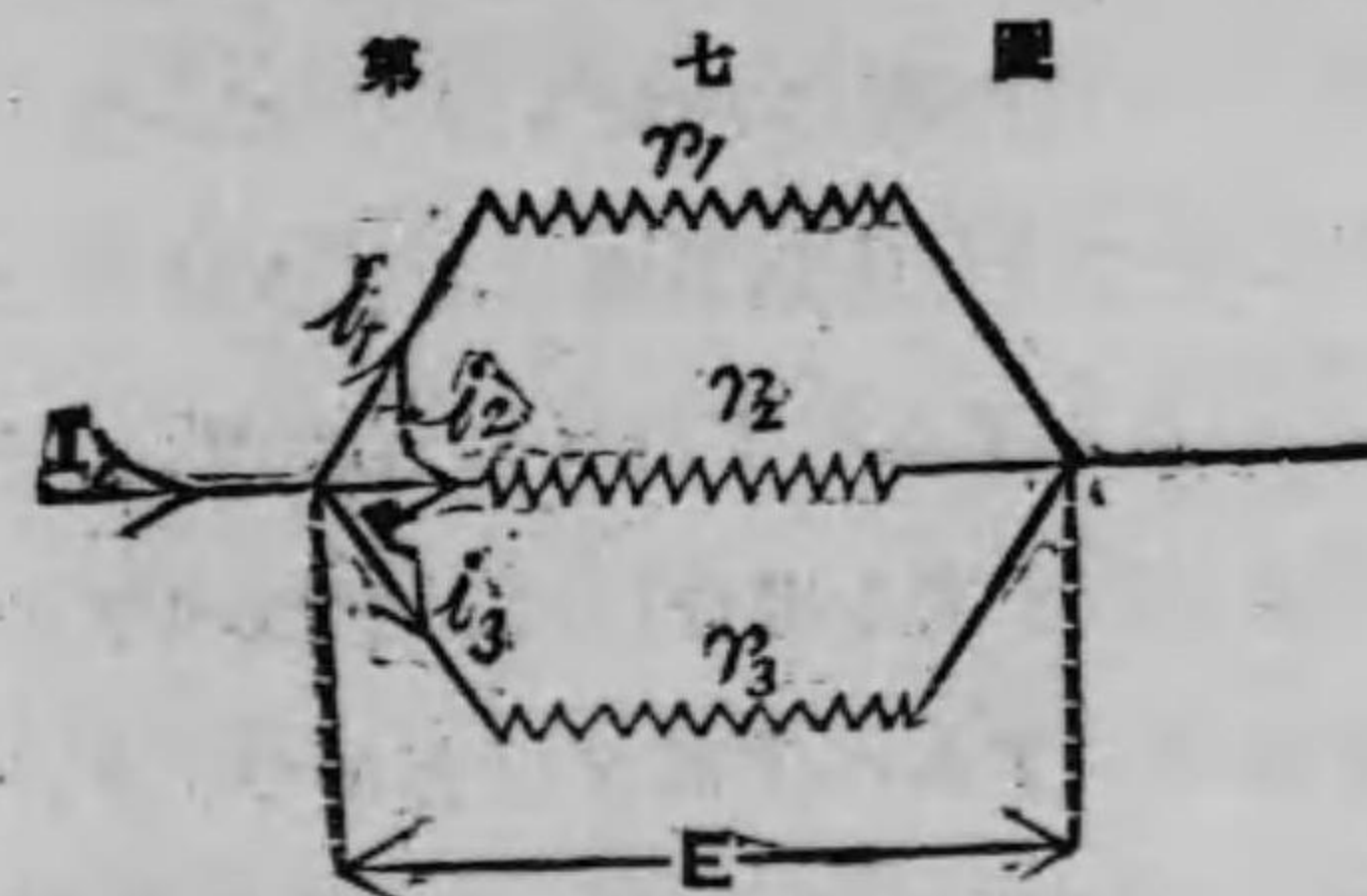
$$I = \frac{SE}{r + \frac{S^2R}{n}} = \frac{nSE}{nr + S^2R}$$

なり。今これをして最大ならしむる爲めには、nr + S²R が最小なるを要す。然るに nr + S²R は $(\sqrt{nr} - \sqrt{S^2R})^2 + 2\sqrt{nS^2rR}$ にして之れは $\sqrt{nr} - \sqrt{S^2R} = 0$ なるとき最小なり。即ち

$$nr = S^2R \quad r = \frac{S^2R}{n}$$

r は外部抵抗にして、S²R/n は内部抵抗なり。即ち内部抵抗と外部抵抗に相等しきとき電流は最大なり。この證明法は、前の最大電力の證明にも等しく應用し得らる。

並列電路に於ける電流 二つ以上の荷重が並列に接続せられたるとき其の各々の抵抗及び全電流が知らるるときは、各荷重を通ずる電流は計算によりて容易に見出し得らるなり。



第七圖に於て夫々 r₁, r₂ 及び r₃ なる抵抗を有する三つの荷重が並列に接続せられ、是等を通ずる電流を夫々 i₁, i₂ 及び i₃ とす。又全電流を I とし電圧を

E とするときは、オーム法則により

$$i_1 = \frac{E}{r_1}; \quad i_2 = \frac{E}{r_2}; \quad i_3 = \frac{E}{r_3}$$

又合成抵抗は $R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$

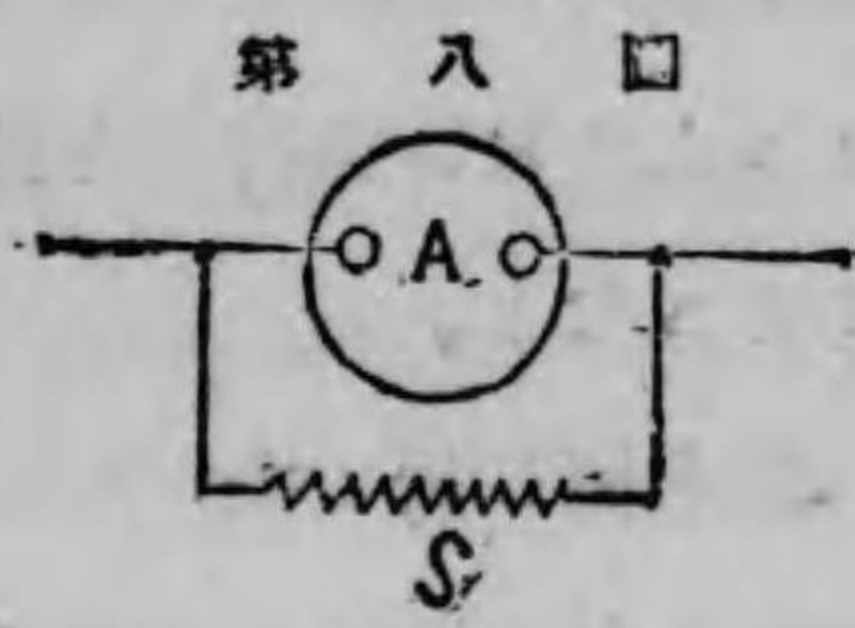
なるを以て $I = \frac{E}{R} = E \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)$

故に $\frac{i_1}{I} = \frac{\frac{1}{r_1}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{1}{r_1 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)}$

或は $i_1 = \frac{I}{r_1 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)}$

同様に $i_2 = \frac{I}{r_2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)}$

$i_3 = \frac{I}{r_3 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)}$



第八圖 シャント 主要電路に對し、岐路を爲す如く接続せられたる抵抗を、シャント (Shunt) といひ、又此の場合に抵抗はシャントに接続されたりといふ。第八圖に於てAが主路電路なるときはSは

シャントなり。電流負擔能力の小なるアムペア計又はガルヴァノ計を用ひて比較的大なる電流を計らんとする場合には、アムペア計又はガルヴァノ計にシャントを用ふ。アムペア計又はガルヴァノ計の抵抗とシャント抵抗との間に一定の比あるときは、是等の計器を通ずる電流は全電流に對して常に一定の割合を有するは容易に了解し得るところなり。今計器の抵抗をaとしシャントの抵抗をs

とするときは、計器に通ずる電流iと全電流Iとの間には常に次の關係あるは、前に證明したるところなり。

$$\frac{i}{I} = \frac{1}{a \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{s} \right)} = \frac{s}{a+s}$$

今若し、 $\frac{i}{I}$ を $\frac{1}{n}$ にせんとせば

$$\frac{s}{a+s} = \frac{1}{n} \text{ 或は } ns = a+s$$

故に $s = \frac{1}{n-1}a$

故に若し $n=10$ ならば $s = \frac{a}{9}$

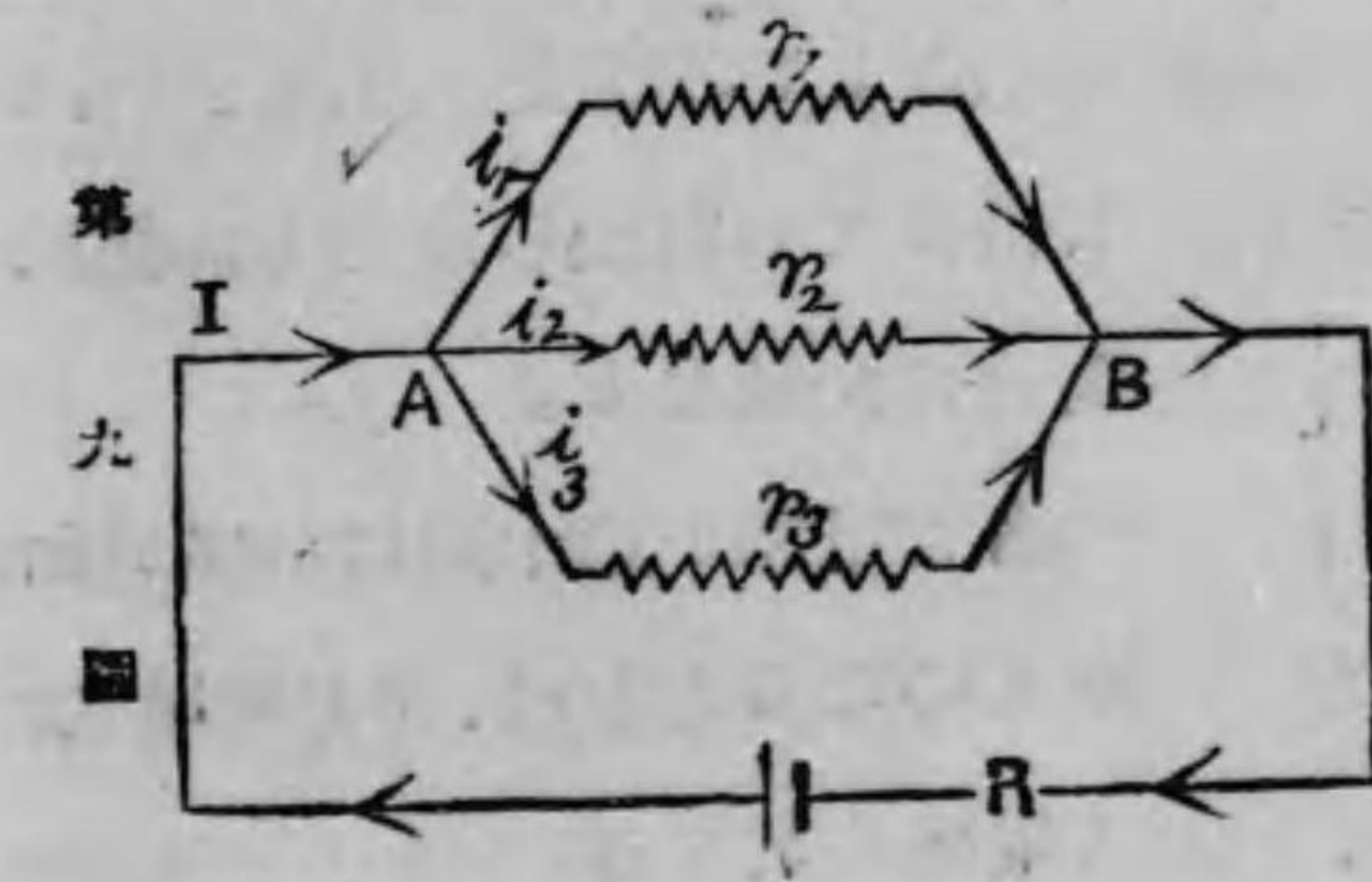
又若し $n=100$ ならば $s = a/99$

又若し $n=1000$ ならば $s = a/999$

とすれば可なる事を知る。

キルヒホッフの法則 オーム法則と並び用ひられて電路の計算上極めて必要なる法則をキルヒホッフの法則 (Kirchhoff's Laws) といふ。

第一法則 電路のある一點に向つて入来る電流の和は其點より



出て行く電流の和に等し。例令ば第九圖に於てA點に向つて入り來るところの電流はIにしてA點より出て行くところの電流は*i*及

びなり、故に

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

此の事はB點に於て全然同一なり。

第二法則 閉鎖されたる電路に於て各部の抵抗と電流との相乗積の代数和は、此の電路に働く起電力の代数和に等し。例をば第九圖に於て先づARBr₁Aなる閉鎖電路に就て考ふるに、今ARB間の抵抗をRとしBr₁A間の抵抗をr₁とし全起力をEとするとときは

$$E = IR + i_1 r_1$$

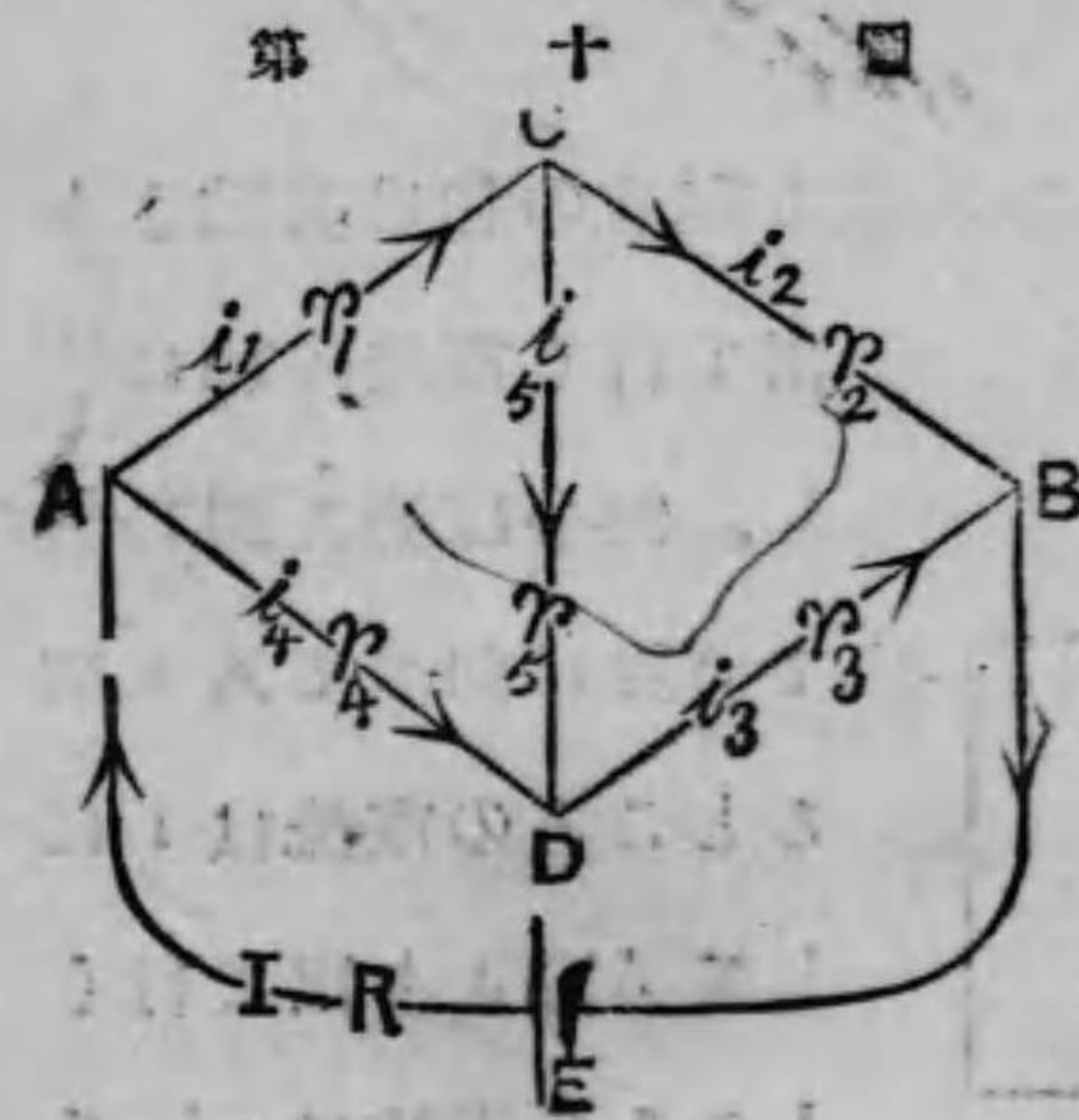
となるべくARBr₂Aなる閉鎖電路に就て考ふるときは、

$$E = IR + i_2 r_2$$

なり。然れどもAr₂Br₃Aなる電路に就て考ふるときは、此の電路中に働く起電力は零なるを以て

$$0 = i_2 r_2 - i_3 r_3$$

なり。此の場合i₂r₂に正の符號を附し、i₃r₃に負の符號を附するは



第十圖 Ar₂Br₃A といふ順路に浴ふて電流の方向を考ふるときは、Ar₂Bに浴ふての電流の方向とBr₃Aに浴ふての電流の方向とは相反對せるが故なり。

若し電路が第十圖に示すが如きものなるときは、ADBEAなる電路に於ては

$$E = IR + i_1 r_1 + i_3 r_3$$

ACBEAなる電路に於ては

$$E = IR + i_2 r_2 + i_1 r_1$$

ACBDAなる電路に於ては $0 = i_1 r_1 + i_2 r_2 - i_3 r_3 - i_4 r_4$

ACDAなる電路に於ては $0 = i_1 r_1 + i_3 r_3 - i_4 r_4$

CBDCなる電路に於ては $0 = i_2 r_2 - i_3 r_3 - i_5 r_5$

A點に於ては $I = i_1 + i_3$

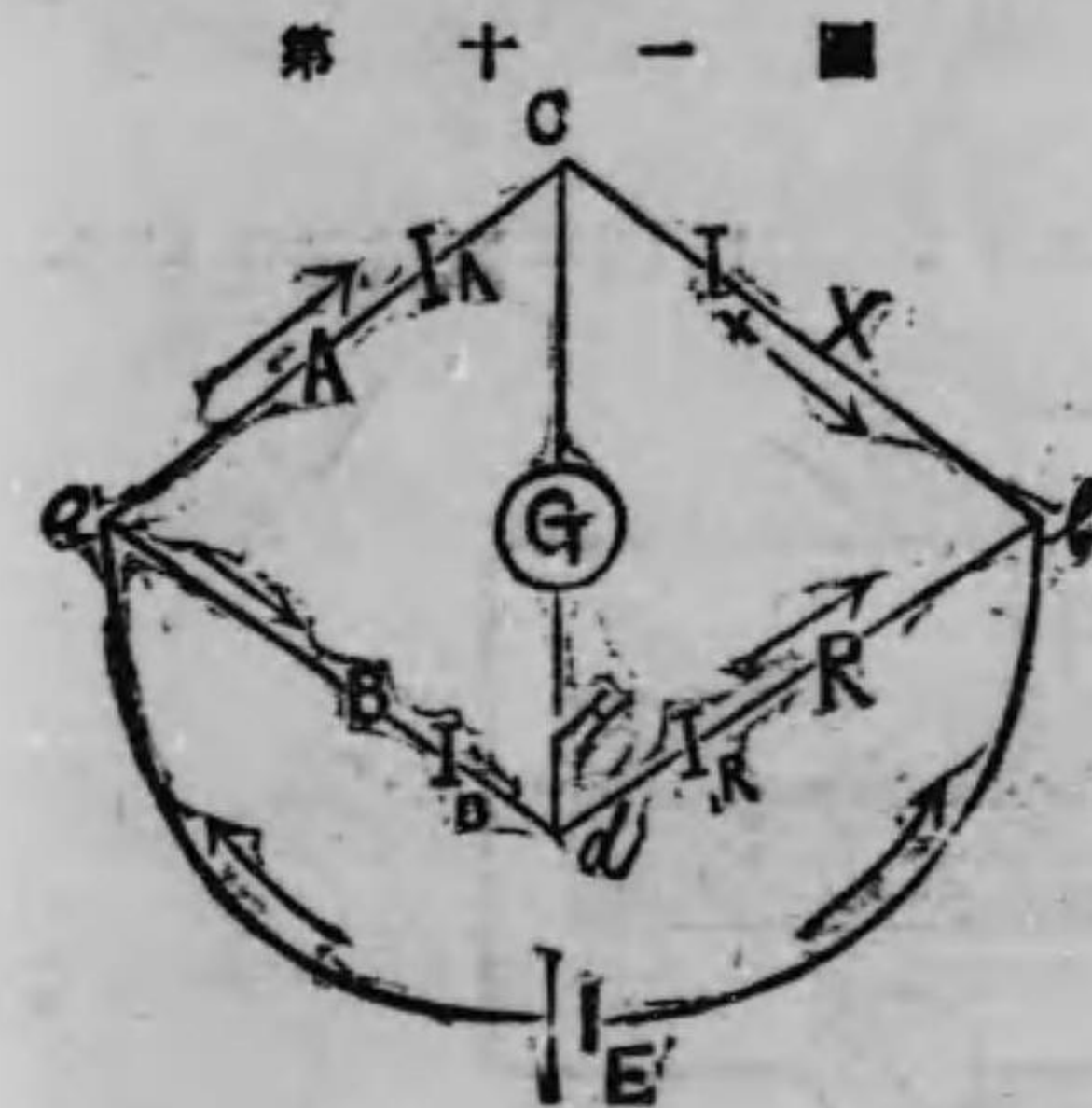
B點に於ては $i_2 + i_3 = I$

C點に於ては $i_1 = i_2 + i_5$

D點に於ては $i_1 + i_3 = i_5$

なり。

ホイートストーン橋 抵抗の測定其他電氣に關する諸種の測定に、ホイートストーン橋 (Wheatstone Bridge) と稱する緊要なる電路の接続法あり之は第十一圖の如く導線を接続したるものにして



第十一圖 斯様なる接続に於て若しcdの間に毫も電流が通せざる様に、諸部の抵抗を加減するときは、ABRXなる四部分の抵抗の間には次の關係成り立つものなり。此の證明は前に説明したるキルヒホッフの法則の助けを借りて爲し得らる。

今ABR及びXを夫々ABR及びX部の抵抗とし、cd間には毫も電流通せずと假定す。又 I_A 、 I_B 、 I_R 及び I_X を夫々ABR及びX部を通ずる電流とす。然るときは

acdaなる電路に於て $AI_A - BI_B = 0$

cbdcなる電路に於ては $XI_X - RI_R = 0$

又cdには電流通ぜざるが故に $I_A = I_X$ $I_B = I_R$

故に $AI_A = BI_B$ $XI_X = RI_R$

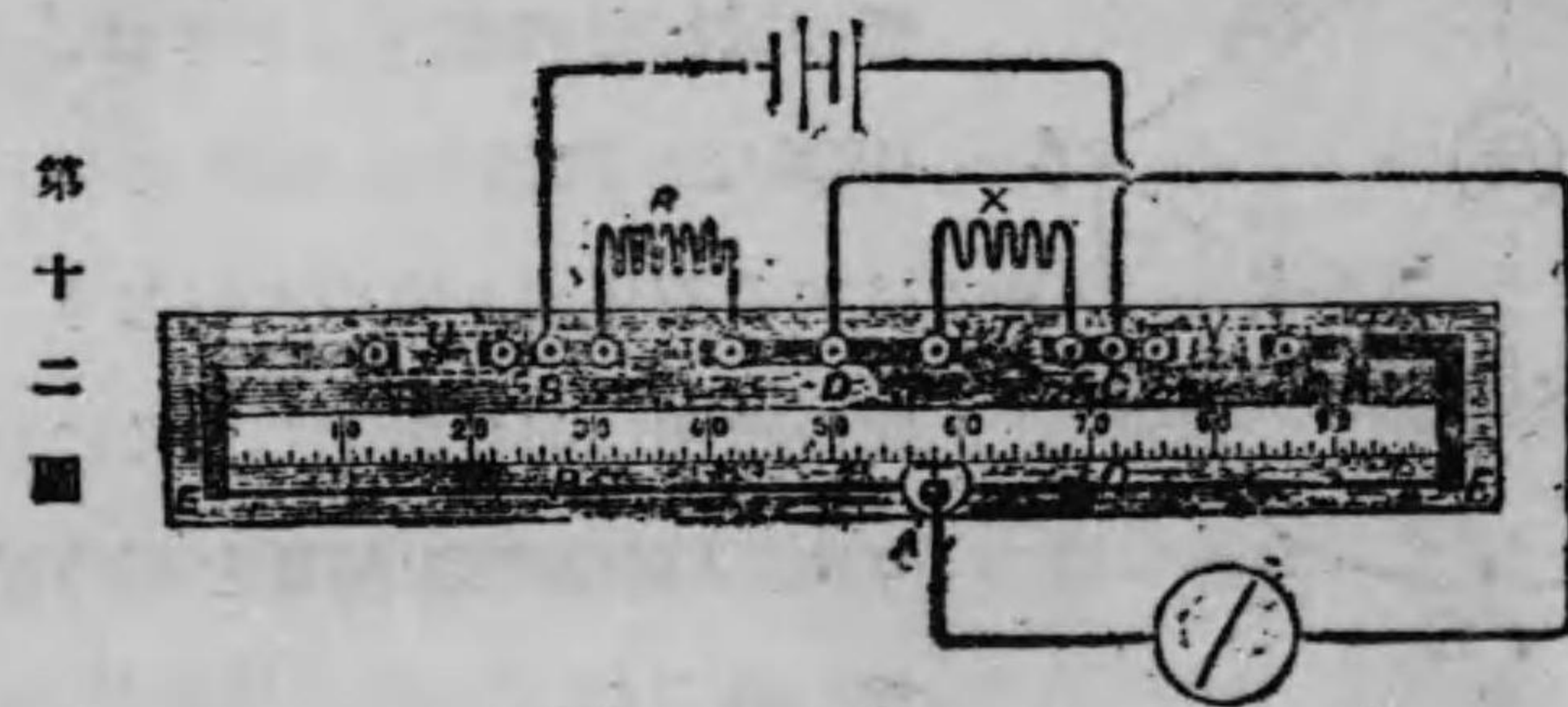
従つて $\frac{AI_A}{XI_X} = \frac{BI_B}{RI_R}$

或ひは $\frac{A}{X} = \frac{B}{R}$ $\frac{A}{B} = \frac{X}{R}$

即ち $X = \frac{A}{B}R$

となる。故を以て、若しAとBとの比を一定になし置き、Rなる已知抵抗を加減してGなる電流計に毫も電流が通ぜざるに至らしむるときは、前式によりてXなる未知抵抗の値を知ることが得るなり。

スライド、ワイヤー橋 ホキートストーン橋は、標準抵抗箱を結合



第十二圖

し作りたるものもあり。又スライドワイヤー橋(Slide wire bridge)一名メートル橋(Metre bridge)と稱し、第十二圖に示したる如きものもあり、之れは木製の板の上に、一米突の張り間を以て一本の洋白線を張り、之れに沿ふて尺度を添付し、洋白線の両端は夫夫E及びFなる二つの金属片に接續し、外に尺度に沿ふて洋白線上を摺動し得るところの接觸片Aより成り立つ。Aガルヴァノメータルを経て、Dなる他の金属片に接續し、已知抵抗R及び計らんとする抵抗Xを夫々圖の如く接續す。又電池の兩極をCBに接續しU及びVなる間隔部は金属片を以て閉鎖し置く。然るときは洋白線のAより左の部分と右の部分とは夫々第十一圖のB及びAなる抵抗に相當す。故に先づRなる抵抗を適當に撰び次にAを左右に動かし、之れを押下して洋白線との接觸を爲さしめたる時ガルヴァノメータルの指針が動かざる様なりたる時のAの位置を尺度にて讀む、今假りに此の尺度が五十九瓏米にてRなる抵抗が百オームなりとすればXなる抵抗は次の如し

$$X = 100 \times \frac{100 - 59}{59} = \frac{100 \times 41}{59} = 69.5 \text{ ohms}$$

なることを知る。即ち一般の已知抵抗をRオームとしAの位置がL瓏米ならば未知抵抗Xは

$$X = R \frac{100 - L}{L}$$

なる式によりて計算するを得るなり。

然し殆んど總ての場合に於て、測定は單一の觀察だけにては信用し能はざるを以て、數回測定を繰り返し其の結果を平均すべき

なり。

電圧計及び電流計による抵抗の測定法 前に説明したるオーム法則によりて、或る電路の二點間に於ける電圧は、之れを通ずる電流と其の部分の抵抗との相乗積に等しきを以て、或る導體の抵抗は其の導體に電流を通じて其の値を電流計にて計り、又電圧計によりて其の導體間の電圧を計るときは、其の兩者よりして抵抗を知ることを得。即ちEを電圧としIを電流とせば、抵抗Rは

$$R = \frac{E}{I} \text{ にて計算し得らるゝなり。}$$



第十三圖に於てAは、電流計にしてVは電圧計なり。ab間の抵抗を測らんとせば、電圧計をa點とb點とに接続すべく、又a

とcとの間の抵抗を知らんとせばa及びc點に電圧計を接続し其の指示を見れば可なり。

此の方法は、電燈電力其の他強電流を使用する諸般の機械器具及び装置等の抵抗を測定するに、最も適當なるものにして、諸種の抵抗測定法中最も廣く使用せらる。之れを抵抗測定の電壓落下法 (Fall of Potential method) といふ。

此の方法により、抵抗を測定するに當り、特に注意すべきとは電流計及び電圧計の適當なる度盛りのもを撰擇すること、加減し得べき抵抗を準備することなり。例令ば茲に約一〇〇ヴォルトの電源ありて、一〇オーム附近の抵抗を測定せんとするに五〇

ヴォルト迄を読み得る電圧計と二〇アムペア迄を読み得る電流計とありとせん、果して克く抵抗測定の目的を達し得るや否や、又如何なる注意が測定上必要なりやといふに、先づ一〇〇ヴォルトの電路に對して、電圧計が五〇ヴォルトなるを以て少くも五〇ヴォルトの電圧は之を測定すべき抵抗に導く以前に、他の抵抗を以て落下せしめざるべからず。故に通過したる電圧によりて少くも五〇ヴォルトの電圧を落下せしむるに足るべき抵抗を準備するを要す。次に約一〇オームの抵抗に約五〇ヴォルトの電圧を與ふれば、五アムペア附近の電流通ず、故に二〇アムペア迄を読み得る電流計は危険無しに使用し得らる。然れども若し抵抗が一〇オームに非らずして、一オーム附近のものなるときは、五〇ヴォルトの電圧を與ふれば約五〇アムペアの電流通じ、爲めに電流計は過負荷の爲めに損せらるるが故に、電流をして二〇アムペアを超過せざる位に保たしむる様抵抗を増して電圧を二〇ヴォルト以下に下降せしめざるべからず。

抵抗の測定法は、以上の外にも有れども、弱電流によるものにては、ホキートストーン橋、強電流を用ひるものにては、電壓落下法を以て夫々の代表とし得べく、之等以外の方法は多くの場合に殆んど用ひるの機會少きにつき説明を略す。

導體の抵抗及び一般物理的性質 導體の電氣抵抗は、其の物質に關し長さに比例し横斷面積に反比例することは、既に前に述べたる所なるが、この物質に關する常數即ち抵抗率は、抑々如

何なる値を有するものなるかといふに之れは物質によりて大に異なるものなるが、固體にては大體に於て元素たる金屬は、一般に抵抗率低く合金は其の素金屬よりも抵抗大なり。之れに亞ぐものを炭素とし、他の非金屬體は一般に不良導體なり液體にては純粹なる水は其の抵抗率極めて大にして、殆んど電氣を通せざるも鹽水は大に抵抗率を減じ、酸は一般に一層電氣を通過し易し。

次に主要なる物質の抵抗率等を表示す

	攝氏零度に於ける抵抗率			銅を一〇として		抵抗に對する溫度係數
	一センチ立方センチ	一時分	一ミル	抵抗率	傳導率	
燒鈍せる銀(純)	1.470	0.5790	8.840	92.500	108.200	0.00100
同 銅(純)	1.550	0.6100	9.300	97.500	102.600	0.00428
同銅 (マツーシ セン標準)	1.594	0.6276	9.560	100.000	100.000	0.00428
黄金(99.9%純度)	2.200	0.8650	13.200	138	72.500	0.00377
アルミナム(99% 純度)	2.560	1.0100	15.400	161	62.100	0.00423
亞 鉛	5.750	2.2600	34.500	352	27.600	0.00406
白 金	8.980	3.5300	54.100	555	17.700	0.00247
鐵	9.070	3.5700	54.500	570	17.600	0.00625
ニツケル	12.200	4.8500	73.700	778	12.900	0.00620
錫	13.100	5.1600	78.700	823	12.100	0.00440
鉛	20.400	8.0400	122.500	1,280	7.820	0.00411
アンチモニー	35.200	13.9000	212.000	2,210	4.530	0.00339
水 銀	94.3.0	37.1000	535.000	5,920	1.690	0.00072
ビスマス	130.000	51.2000	781.000	8,220	1.220	0.00354
炭 素(石墨)	2.0乃至 42.000	1.0乃至 16.7000	—	—	—	—
炭 素(弧光燈川)	約4.0	約1.500	—	—	—	—
セレンニアム	6×10^{10}	2.38×10^{10}	—	—	—	—

アルミナム(アルミナム)	12.600	4.9600	75.500	791	12.650	0.00105
ブロンズ (銅1割)	18.400	0.7250	11.100	115.500	86.500	—
銅と銀との合金 (銅5割 銀5割)	2.100	0.8300	12.700	132	75.600	—
銑銅 (銅9.6割 銑素0.4割)	2.940	1.1600	17.700	185	54.000	—
同 (銅8.8割 銑素1.2割)	1.830	0.7200	11.000	115	87.000	0.00373
真鍮 (銅9.09割 亜鉛0.91割)	3.640	1.4300	21.800	224	44.600	0.00201
同 (銅6.58割 亜鉛3.42割)	6.300	2.4800	37.500	395	25.300	0.00158
洋白 (銅6.5割 亜鉛3.5割 ニツケル1.5)	30.000	11.8000	180	1,880	5.320	0.00036
マンガン (マンガン1.05割 ニツケル0.03)	49.000	19.3000	290	3,030	3.240	—
純 水	2.650	1.0500	—	—	—	—
海 水	30	11.8000	—	—	—	—
炭 酸 0.5割	4.800	1.9300	—	—	—	—
同 3.0割	1.370	0.5440	—	—	—	—
同 8.0割	9.180	3.6400	—	—	—	—
硝 酸 3.0割	1.2.0	0.5120	—	—	—	—
硫酸亜鉛 2.4割	2.140	8.5400	—	—	—	—

抵抗率に對する溫度の影響、溫度係數 導體の抵抗は、溫度によりて多少異なるものにして、この溫度の變化に對する抵抗の變化の割合を溫度係數(Temperature Coefficient)といふ。一般に金屬導體は溫度と共に抵抗を増加し、炭素及び液體は溫度の増加に伴ふて抵抗を減少す。即ち金屬は一般に正號の溫度係數を有し、炭素及び液體は負號の溫度係數を有す。溫度係數は合金と單體金屬とによりて異り、合金の溫度係數は常に大に低し。

今Rtを以て、攝氏t度に於ける導體の抵抗としR0を以て攝氏零度に於ける同じ導體の抵抗とせば兩者の間に次の關係あり。

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

此の式中の α 及び β は、即ち温度係数にして、此の係数の正號を有すれば t が高きだけ R_t は大となり、負號なれば t が高きだけ R_t は小となるなり。 β の値は甚だ小なるを以つて、普通に起る温度變化の範圍内に於ては β を含む項を省略してこれを。

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

と計算し得。

前表に於て温度係数として與へたる數字は、即ち此の α にして α の値は單體金屬に於ては白金、ニッケル、水銀等を除くの外は表に示すが如く〇・四パーセント内外なり。

温度 t に於ける抵抗 R_t を知つて他の温度 t' に於ける同じ導體の抵抗 $R_{t'}$ を計算せんとせば、 $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ 或は $R_0 = \frac{R_t}{1 + \alpha t}$

及び $R_{t'} = R_0(1 + \alpha t')$

より $R_{t'} = R_t \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t}$

を得るを以て之れにより計算すべきなり。

例。直径 0.46 吋長さ 1,000 呎の銅線 (マッシーセン標準の九八パーセントの傳導率を有するもの) あり、攝氏二〇度に於ける抵抗を求む。

解。前の表よりマッシーセン標準の、100 パーセントの傳導率を有する銅の攝氏零度に於ける抵抗率は、一ミル呎につき (一ミル呎とは直径一ミル即ち千分一吋の圓形線一呎長のことなり) 9.56 オームにして、温度係数は攝氏一度につき 0.00428 なり。故

に九八パーセントの傳導率を有するもの、抵抗率は一ミル呎につき、

$$9.56 \times \frac{100}{98}$$

にして攝氏零度に於ける問題の銅線の抵抗は、

$$R = \rho \frac{l}{a} \quad \text{より} \quad R_{00} = 9.56 \times \frac{100}{98} \times \frac{1000}{(.46 \times 1000)^2}$$

次に攝氏二〇度に於ける抵抗は

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

$$R_{20} = 9.56 \times \frac{100}{98} \times \frac{1000}{(.46 \times 1000)^2} \times (1 + 0.00428 \times 20)$$

$$= 9.755 \times 0.004726 \times 1.0856$$

$$= 0.05005 \quad \text{オーム}$$

例二。直径一時なる平等の横断面を有する圓形の桿状アルミニウムあり。其の抵抗を測定せしに、攝氏五〇度に於て一五マイクロオーム (マイクロオームはオームの百萬分一) ありといふ。若しこれを直径〇・二五吋なる線に伸展するときは、攝氏二五度に於ける其の抵抗幾何なるや。

解。アルミニウム⁷の最初の長さ、直径、及び抵抗を夫々 l, d 及び R とし伸展したる後の同温度に於ける長さ、直径及び抵抗を夫々 l', d' 及び R' とするときは

$$R = \rho \frac{l}{d^2} \quad \text{なるを以て} \quad l = R \frac{d^2}{\rho}$$

又 $l d^2 = l' d'^2$ なるを以て $l' = l \frac{d^2}{d'^2} = R \frac{d^2}{\rho} \left(\frac{d}{d'}\right)^2$

故に $R' = \rho \frac{l'}{d'^2} = \rho R \frac{d^2}{\rho} \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \div d'^2 = R \left(\frac{d}{d'}\right)^4$

實數を以て置き換ふれば $R' = 15 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{0.25}\right)^4 = 0.036 \quad \text{オーム}$

然るに之は五〇度に於ける抵抗なるが故に二五度に於ける抵抗 R'_{25}

$$R_t' = R_t \left(\frac{1+at'}{1+at} \right) \text{よ} \text{り} R'_{25} = 0.00381 \times \left(\frac{1+0.00423 \times 25}{1+0.00423 \times 50} \right) = 0.00384 \times 0.9127 = 0.003505 \text{ オーム. となる。}$$

導線 電氣傳達の用に供するところの導線は、製造及び使用上の便利より一般に圓形の横断面を有す。導線の太さは通常番號によりて指示せらる。我國に於て用ひらるゝ線號に凡そ三種の標準あり。Standard wire gauge, Birmingham wire gauge 及び Brown and Sharp wire gauge 之れなり。夫々 S.W.G., B.W.G., 及び B.&S. の略字を以て代表せらる。前二者は英國の標準にして最後のものは米國の標準なり。我國に於て從來は以上の三者皆使用せられたりしが、最後の米國の標準たるブラウン、エンド、シャープ線號は番號と線の太さの關係最も正しく、我國に於ては大正九年之を標準とせり。

此のB.&S.線號は直徑〇・四六吋を有する〇〇〇〇番より、直徑〇・〇三一四吋なる四〇番迄四四に分たれ、斷面積は三番號異なる毎に約その倍數となる例令ば〇番線は〇〇〇〇番線の約二分一、三番線は〇番線の約二分一の斷面積を有す。

電力の輸送及び分配用に供せらるゝ導線の材料は主として銅として之れに亞ぐをアルミナムとし、鐵線鋼線も時として使用せらる。

銅線は、其の製造法によりて、硬引銅線 (Hard drawn copper

wire) 及び軟銅線 (Soft copper wire) の二種に分たる。硬引銅線は堅硬にして扯斷力 (Breaking tensile strength) 大なるも電氣の傳導率は稍や低くし。故に裸線を用ゆる架空の送電線には硬引銅線を使用し、被覆線を用ゆる配電用導線としては軟銅線を用ふ。

其の材料の銅なるとアルミナムなるとを問はず、導線は又棒線と燃合線との二種に分たる。燃合線は細線を多數撚り合せて必要な横斷面積を作りたるものにして、其の特長は屈撓自在なるが爲め、取扱ひに便利なるにあり。燃線に都合よき素線の數は中心の線を加へ、七本、一九本、三七本等なるが、中心の線は時として金屬線の代りに同じ太さの麻紐を用ゆることあり。これ中心線のみは眞直なるを以て之に餘分の張力を負擔せしむることゝなるを以てなり。

前表と重複するところあれども下に導線としての主なる材料の物理的性質を表示して比較對照の便に供せん。

	銅		(アルミナム 純度九九%)	亞鉛鍍亞鉛鍍 線用鋼線	亞鉛鍍亞鉛鍍 線用鋼線
	硬	軟			
抵抗率 一立方 マイクロオーム	1.627	1.591	2.571	9.5	13.1
同 一立方 マイクロオーム	.641	.6276	1.012	3.74	5.17
抵抗率 一ミル オーム	9.78	9.56	15.47	57.2	78.9
傳導率	98	100	62	16.8	12.2
比 重	8.94	8.9	2.63	7.8	7.85
一立方呎の重量 (封度)	558	555	167	487	490

一立方吋の重量(封度)	.323	.321	.0967	.282	.284
横断面積一平方吋長さ一呎の重量(封度)	3.88	3.85	1.38	3.38	3.91
扯断力 毎平方吋につき封度	55.000	23.000	26.00	55.000	63.000
弾性係數 毎平方吋につき封度	16×10^6		9×10^6	26×10^6	30×10^6
膨脹率 攝氏一度に	17.1×10^{-6}	17.1×10^{-6}	23.1×10^{-6}	12×10^{-6}	12×10^{-6}
同 華氏一度に	9.5×10^{-6}	9.5×10^{-6}	12.8×10^{-6}	6.7×10^{-6}	6.7×10^{-6}
溶解温度 攝氏にて	1050	1050	.625	1600	1475
同 華氏にて	1920	1920	1157	2910	2685
比熱 一封度を攝氏一度増温するに要する仕事 ジュール	176	176	402	209	209
温度係數 攝氏一につき	.00428	.00428	.00423	005	.005
抵抗を同一にしたる場合の重量の比較	102	100	162	595	820
同上	100	98	158	583	804
抵抗を同一にしたる場合の重量の比較	120.5	100	48.9	522	724
同上	100	976	47.7	510	706

第五章 磁氣回路

磁氣回路 第三章に於て陳べたる如く、磁石の北極よりは或る數の磁力線發出し、此の磁力線は又遂に同じ磁石の南極に入る。之れ恰かも或る電源の陽極より流れ出でたる電流が遂に全部同じ電源の陰極に流れ入ると同様なり。即ち電流が一貫の回路を経て

通すると同様に、磁力線の通路も亦回路を爲す。而して電流が通ずる回路を電氣回路 (Electric circuit) といふに對して磁力線の経路を磁氣回路 (Magnetic circuit) と稱す。

空氣は電氣の不導體として一般に取扱はる。故に電源が存在したるだけにて、若し何等電氣を通じ得るものによりて電源の兩極が續けらるゝにあらざれば、電氣回路は形づくらるゝことなく、従つて電流は電源より流れ出で、又流れ込むことなきも磁力線に對して空氣は不導體ならず、又空氣以外にも何等磁力線に對する不導體なるものなし。従つて磁石若しくは其他の磁源は空中に放置せられあるときと雖も、又如何なる物質を以て磁源の兩極を境ひするとも、或る磁氣回路を生じ、兩極の間に磁力線を通ず。之れ電氣の回路と磁氣の回路と多少其の趣きを異にするところにして、初學者が電氣回路は容易に了解するも電氣回路の了解に多少苦しむ所以なり。

磁力線に對する物體の傳導性 電氣回路に於て導體の傳導性 (即ち抵抗の反對) が物質によりて異なり、高き傳導性を有するものや、低き傳導性を有するものあると同様に磁氣回路に於ても、其の回路の部分爲すところの材料に磁力線を通じ易きものと通じ易からざるものとあり。

鐵は一般に甚だよく磁力線を通し得るもの、即ち磁力線に對する傳導性の高きものにして、其の關係恰かも電流に對する金屬の如し。例せば軟鐵を以て磁石の兩極を續くるときは、否らざる場

合、即ち空気を以て兩極が接続せられありし場合に比して、同じ横断面積の磁気回路に於いて数千倍にも達する磁力線を通じ得るなり。

磁氣的物質、不磁氣的物質、反磁氣的物質 電気回路の場合に於ては純粹なる軟銅の傳導性を基準として、他の導體材料の傳導性を之に比較する方法が行はれあること前章に於て説くところの如くなるが、其方法に於て多少異なるところはあれども、磁気回路の場合に於ても亦同様に（但し此の場合は空気の傳導性を基礎として該材料の磁氣的性質、即ち磁力線に對する傳導性を比較せり）空気と同じ傳導性を有するものを不磁氣的物質 (Non magnetic substances) として之を磁氣的性質比較の標準に取り、空気よりも善良なる傳導性を有するものを磁氣的物質 (Magnetic substances 又は Paramagnetic substances) といひ、空気よりも悪しき傳導性を有するものを反磁氣的物質 (Diamagnetic substances 又は Antimagnetic substances) といふ。

磁氣的物質は鐵を特に顯著なるものとするのみにて、外にニッケル、コバルト、マンガニース、白金あれど、唯だ定義上磁氣的物質に屬するものといふだけにて、鐵に比較して遙かに磁氣的傳導性の低きものなり。反磁氣的物質は、ビスマス、アンチモニー、亞鉛、銀及び銅にして以上掲げたる以外の物は總て不磁氣的物質即ち空気と同程度の磁氣的性質を有するものなり。

磁位 電気に関する諸現象を解釋するに電位 (Electric potential)

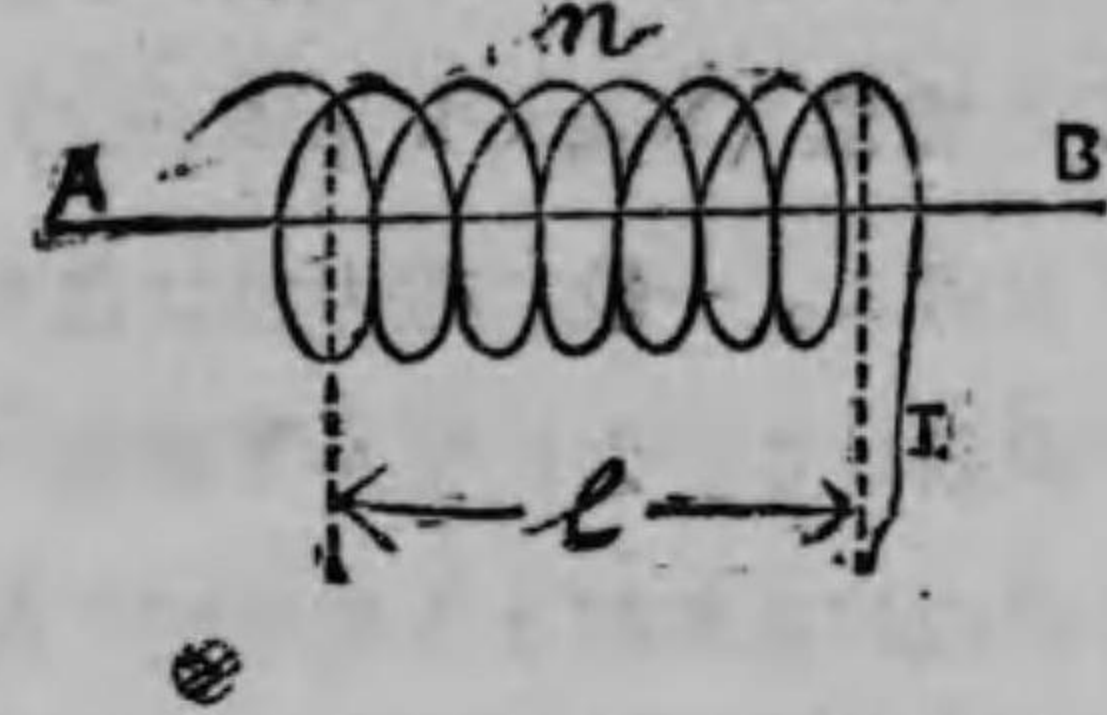
及び起電力 (Electromotive force) といふものを考ふると同様に、磁氣に関する諸般の現象を秩序立つるに磁位 (Magnetic potential) 及び起磁力 (Magnetomotive force) を考ふ。一般に磁力線は高き磁位より低き磁位に向ふものとして取扱はる。之れ恰かも電流が高き電位より低き電位の方に流れ、水流が高水面より低水面に向ふと同様なり。一つの磁石に於て磁力線は常に其の北極より出で、南極に入る、即ち北極は高き磁位を有し、南極は低き磁位を有するなり。

起磁力、起磁力を生ずる方法 電気學に於て電位差を生せしむる原因を起電力といひ (略して E.M.F. 又は e.m.f. と記す) たるが磁氣學に於て磁位差を生せしむる原因を起磁力 (略して M.M.F. 又は m.m.f. と記す) といふ。

起電力を起こす最も普通の方法は磁界に於て導線を動かし、以て導線をして磁力線を切らしむるにあること第三章に於て説きたる如くなるが、起磁力を起こす方法は被覆したる導線を環狀又は螺旋狀に捲き、之れに電流を通ずるにありて、起磁力の大きさは導線の捲き數と之れに通ずる電流との相乗積に比例す。起磁力の實用單位はアムペアターン (Ampere-turns) にして、一アンペアターンの起磁力といふはアムペアにて測りたる電流と捲數との相乗積が一なるときをいふ。

磁化力 每單位の長さに於ける起磁力を磁化力 (Magnetizing force) といふ。

第十三圖



第十三圖に於て導線は l なる長さの間に於て平等に n 回に捲かれ、これに I アムペアの電流通じたりとす。然るときは起磁力は、

$$m. m. f. = n I \text{ アムペアターン}$$

にして磁化力は、

$$\text{Magnetizing force } \frac{nI}{l}$$

なり。 l がセンチにて測らるゝときは磁化力は nI/l amp. turns per Centimetre と稱し、 l が吋にて測らるゝときは nI/l amp. turns per inch と稱せらる。

ソレノイド、ソレノイド内の磁界の強さ 第十三圖に示すが如く導線を螺旋状に捲き、之れに電流を通じたるものをソレノイド (Solenoid) といふ。長きソレノイドの内部には其の軸 AB の方向に平行に磁力線通す。即ち AB の方向に平行なる磁界を作る。若しソレノイドが空気其他の不磁氣的物質内に置かるゝときは、其の内部に於ける平均の磁界の強さ、即ち毎平方センチを通ずる磁力線の數 H は、

$$H = \frac{4\pi}{10} \times (\text{毎センチに就てのアムペアターン})$$

$$= \frac{4\pi}{10} \frac{nI}{l} = 1.257 \frac{nI}{l}$$

然るに $\frac{nI}{l}$ は磁化力なるを以て磁界の強さは磁化力の 1.257 倍と記憶すれば可なり。

磁氣回路に於けるオーム法則 第三章に於て陳べたるオーム法則は電氣回路に於ける電流と起電力と電氣抵抗との間の關係なるが、同様なる關係は磁氣回路に於ける磁力線數と起磁力と磁氣回路の磁氣抵抗との間にも在り、即ち今、 ϕ を以て回路を通ずる磁力線の總數即ち磁束 (Magnetic flux) とし、 M を起磁力とし、 R_m を回路全體の磁氣抵抗 (Magnetic reluctance) とするときは、

$$\phi = \frac{M}{R_m} \text{ 或は } R_m = \frac{M}{\phi} \text{ 或は } M = \phi R_m$$

にして、之れ電氣回路に於ける電流 I と起電力 E と電氣抵抗 R との間の關係が

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

なると全然同様なり。

磁氣抵抗 電氣導體の電氣抵抗 R は、其の物質に關し、長さに比例し横斷面積に反比例するものにして、 ρ を抵抗率 (Resistivity) l を長さ、 a を横斷面積とするときは

$$R = \rho \frac{l}{a}$$

なる關係を有すること第三章及び第四章に於て陳べたる如くなるが、磁氣抵抗も亦之れと同様に、

$$R_m = K \frac{l}{a}$$

にて表はさる。但し l は長さ a は横斷面積、 K は物質に關する係數にして、之れを磁氣抵抗率 (Reluctivity) といふ。

而して磁氣回路が異種の物質の直列より成り、夫れ々々の物質の磁氣抵抗率を K_1, K_2, K_3, \dots とし長さを l_1, l_2, \dots とし、横斷面積を

$a_1 a_2 a_3 \dots$ とするとき回路の全抵抗は、

$$R_m = K_1 \frac{l_1}{a_1} + K_2 \frac{l_2}{a_2} + K_3 \frac{l_3}{a_3} + \dots (1)$$

となること之れ亦電気回路に於けると異なることなし。

磁気伝導率 磁気抵抗率Kの反數に比例したる數を磁気傳導率 (Magnetic permeability) 又は單に Permeability) といふ。之れ亦電気回路に於ける理に於て同様なり。併し習慣上電気回路に於ては導體の抵抗を計算するに抵抗率を重に用ひ、磁気回路に於ては傳導率 (Permeability) を普通使用す。磁気傳導率は一般に μ なる文字を以て表はされ、從つて磁路の磁気抵抗は(1)式の形よりも多くの場合に於て、

$$R_m = \frac{4\pi}{10} \left(\frac{l_1}{\mu_1 a_1} + \frac{l_2}{\mu_2 a_2} + \frac{l_3}{\mu_3 a_3} + \dots \right) \\ = 1.257 \left(\frac{l_1}{\mu_1 a_1} + \frac{l_2}{\mu_2 a_2} + \frac{l_3}{\mu_3 a_3} + \dots \right) \dots (2)$$

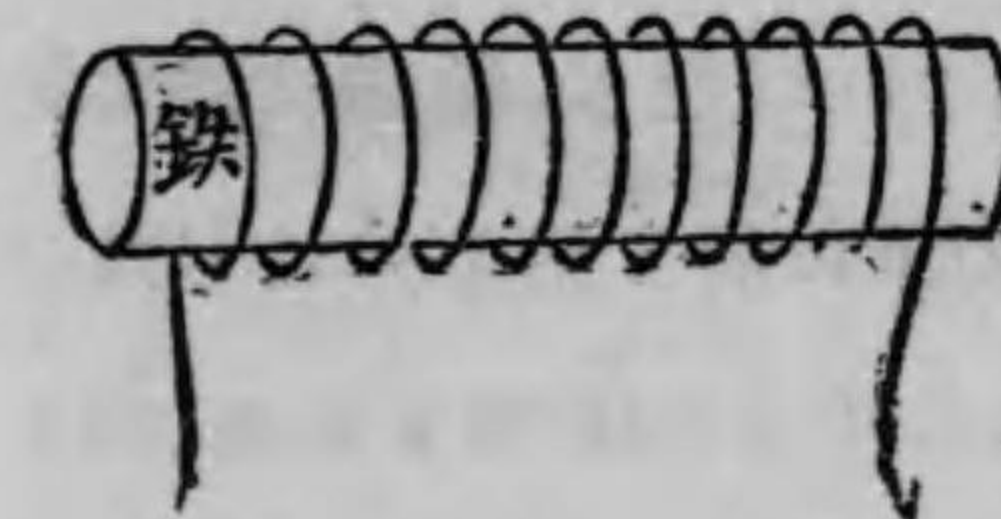
(2)式に示せる形にて表はさる。

電気傳導率は前にも記したるが如く純粹軟銅を標準として、これを100とし、之れに比較して他の物質の傳導率を表はし、抵抗率は單位の横斷面積と單位の長さとを有する材料の固有抵抗を以て表はしたり。磁気傳導率は空氣を標準としてこれを1にとり他の材料は之れに比較して其の數を決定せり、故に空氣に比して100倍容易に磁力線を通じ得るものゝ傳導率は100となる而して磁気抵抗は傳導率の反數に $\frac{4\pi}{10}$ 即ち1.257を乗じたるものにして從つて空氣の抵抗率は1.257となり、100なる傳導率を有す

るものゝ抵抗率は0.01257となるなり。

鐵の磁氣傳導率及び抵抗率は定數にあらず 大氣に於ける導體の抵抗率從つて其の傳導率は一定溫度に於ては不變數にして、電流の密度には無關係なり。空氣其他一般の物質の磁氣傳導率、從つて磁気抵抗率も亦不變數にして、磁束の密度によりて感及せらるゝこと無し。然れども最も緊要なる、而して實用上唯一なる磁氣的物質即ち鐵の磁氣傳導率は磁束密度によりて大に其の大きさを異にするものにして、從つて軟鐵の傳導率は何程、鋼鐵の傳導率は幾何といふ様に簡単に表はし得ず、必ず幾何の磁束密度に於て鑄鐵の傳導率が何程といふ様に陳述せざるべからず、之れ磁気回路に於ける計算の電気回路の計算に比して僅かの複雑を加ふる所なり。即ち(1)式及び(2)式に於て示すものは單に理屈上の式にて事實 μ やKは磁束密度が分明となりて初めて知らるゝところのものなれば、磁束が知れざる限り回路の磁気抵抗は知ること能はざるものなり。

第 十 四 圖



磁界の強さと磁束密度と磁氣傳導率との關係 第十四圖に示すところのソレノイドの長さが1厘米捲數がnにしてこれに通ずる電流がIアンペアなるときは、其のソレノイドの

内部に於ける平均の磁界の強さはH即ち每平方厘米を通じての磁力線の數は

$$H = \frac{4\pi}{10} \frac{In}{l}$$

なることは前に述べたる如くにして、之れはソレノイドが空氣中又は其他の不磁氣物質中に置かれたるときに於て然るなり。若しこのソレノイドの中に第十四圖に示すが如く鐵を挿入すれば如何。今この鐵の此の場合に通ずる磁束に於ての傳導率を μ とするときは、ソレノイドの内部が空氣なりし場合の μ 倍に傳導性が増したるものなるを以て、每平方厘米を通ずる磁力線の數 B は最初の H の μ 倍即ち

$$B = \mu H$$

とならざるべからず。故に或る磁氣的物質の或る磁束密度に於ける磁氣傳導率は、 B と H との比即ち其の物質が置かれたる場合に此の磁束密度を作り得る磁界の強さを以て、磁氣物質が置かれたるときに磁束密度を除したるものといふことを得。

鐵の傳導率 鐵の傳導率は磁束密度 B 従つて磁界の強さ及び磁化力によりて異なること前に陳べたる處の如し。然らば如何様に異なるやといふに。第一に承知し置くべきことは燒鈍したる純粹の軟鐵は大體に於て最も傳導率高く、鋼鐵これに亞ぎ、鑄鐵は最も傳導率低きことにして、此の一般的法則の下に於て傳導率は H 及び B が甚だ小なる間は低く、 H を増加するに伴ふて増加するも、或る點に於て μ は最大に達し、之より H を増加すれば μ は漸次減少して B の増加の速度は H の増加の速度に伴はず、最後には H を如何に増加するも B は毫も増加せざるに至る。斯様に H を増すも B が増

加せざる様になることを磁氣的飽和 (Magnetic saturation) といふ。

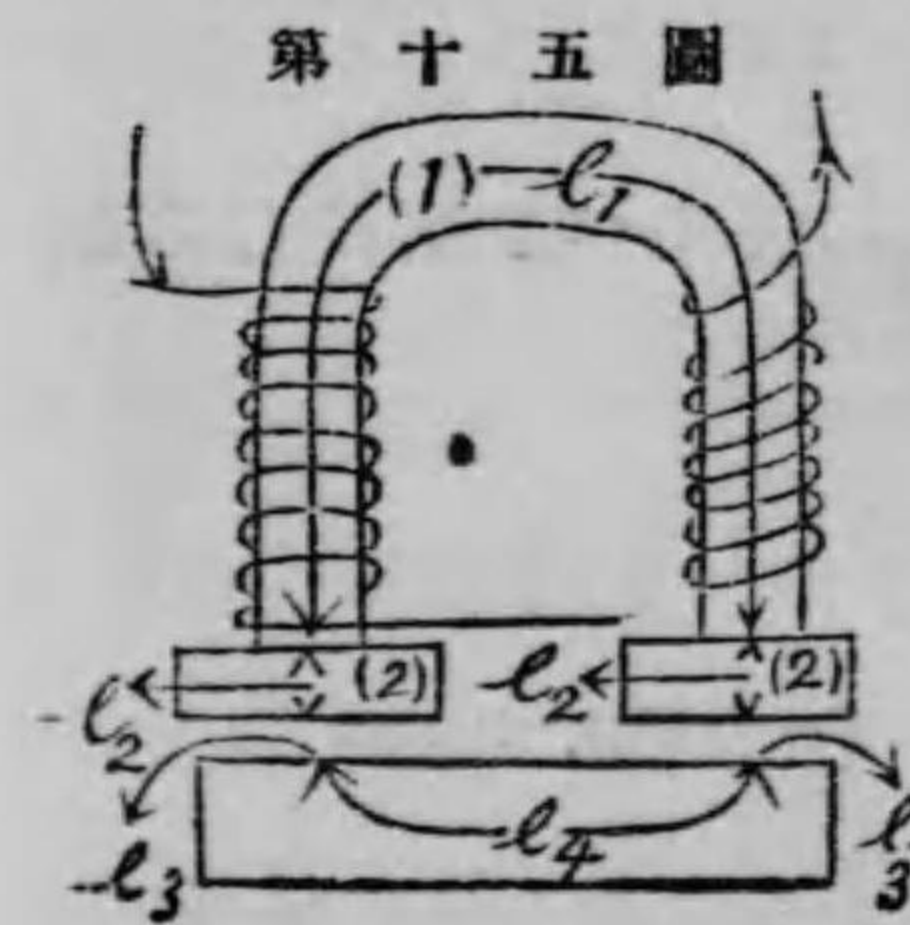
次の表は燒鈍したる軟鐵の H と B と μ との關係につき試験したる

H	B	μ
.18	71	300
.69	600	869
1.27	2,460	1,936
1.41	2,920	2,078
2.04	4,960	2,433
2.22	5,480	2,470
2.72	6,650	2,448
3.16	7,470	2,367
4.05	8,940	2,208
5.31	10,080	2,899
8.48	12,270	1,448
10.23	12,970	1,269
11.99	13,630	1,137
17.69	14,540	824
34.17	15,770	462

結果を示すものにして、若し讀者が H を横軸にとり B 及び μ を縦軸にとりてこれを圖示せば一層明かに是等の間の關係を腦裏に畫くことを得べし。

磁氣回路の計算法 上述の如くなるを以て磁氣回路に於ては直ちに其の磁氣回路を算出すること能はずして通常所要の磁束を作るに幾何の起磁力即ち幾アムペア、ターンが入用なりやといふ問題に答へ得べき計算を爲すなり。

例令は第十五圖に示すが如き軟鐵製の電磁石 (Electromagnet)



と、之れに引き付けらるべき軟鐵片ありて、電磁石の兩極と軟鐵片とが l_3 厘米なる距離に置かる、電磁石の鐵心 (Core) は(1)なる部分と(2)なる部分とより成り、(1)なる部分に於ての磁氣回路に沿ふての長さは、 l_1 厘米(2)なる部分に於ての夫れは各 l_2 厘米なり。又(1)及び(2)なる部分の横斷面積は夫々 a_1 及び a_2 平方厘米にして、 l_3 厘米の長さを有する空隙及

と、之れに引き付けらるべき軟鐵片ありて、電磁石の兩極と軟鐵片とが l_3 厘米なる距離に置かる、電磁石の鐵心 (Core) は(1)なる部分と(2)なる部分とより成り、(1)なる部分に於ての磁氣回路に沿ふての長さは、 l_1 厘米(2)なる部分に於ての夫れは各 l_2 厘米なり。又(1)及び(2)なる部分の横斷面積は夫々 a_1 及び a_2 平方厘米にして、 l_3 厘米の長さを有する空隙及

び l_1 なる長さを有する軟鐵片の横断面積は、夫々 a_2 及び a_4 平方厘米とす、今空隙部に於て ϕ なる磁束を通せしむるには起磁力を幾何にすべきかといふに若し磁束に毫も漏洩無きものと假定すれば。

$$(1) \text{の部分に於ける磁束密度 } B_1 \text{ は } B_1 = \frac{\phi}{a_1}$$

にして、此の磁束密度に於ての軟鐵の磁氣傳導率 μ_1 はBとHと μ との曲線より出し得られて、こゝに其の數を知ることを得。即ち此の場合に於ては μ_1 は不知數ならずして知られたる數なり。

同様に(2)の部分及び鐵片に於ける磁束密度 B_2 及 B_4 も

$$B_2 = \frac{\phi}{a_2}; \quad B_4 = \frac{\phi}{a_4}$$

より計算せられ、従つて此の磁束密度に於ける傳導率 μ_2/μ_4 も見出さる。次に空隙に於ける傳導率は常に一にして磁束密度に無關係なり。

こゝに於てか全回路の磁氣抵抗

$$R_m = \left(\frac{l_1}{a_1 \mu_1} + \frac{2l_2}{a_2 \mu_2} + \frac{2l_3}{a_3} + \frac{l_4}{a_4 \mu_4} \right) \times 1.257$$

は完全に計算し得るなり。従つて此の問題に答ふべき必要なる起磁力Mは

$$M = \phi R_m$$

$$= 1.257 \phi \left(\frac{l_1}{a_1 \mu_1} + \frac{2l_2}{a_2 \mu_2} + \frac{2l_3}{a_3} + \frac{l_4}{a_4 \mu_4} \right) \text{ amp.-turns}$$

となる。

例題 第十五圖の如き電磁石に於て

$$l_1 = 60 \quad l_2 = 4 \quad l_3 = 0.5 \quad l_4 = 30$$

$$a_1 = 12.3 \quad a_2 = 16 \quad a_3 = 16 \quad a_4 = 16$$

なり、空隙部に於て每平方厘米につき 10,000 の磁束密度を得んとす、幾何のアムペア、ターンの起磁力を要するや。

解 全磁束は

$$\phi = a_2 B_2 = 16 \times 10,000 = 160,000$$

なるを以て各部分に於ける磁束密度は

$$B_1 = 10,000 \times \frac{16}{12.3} = 13,000$$

$$B_2 = B_4 = B_3 = 10,000$$

而して各々に對する傳導率は前に掲げたる表若しくは其表より圖示したる曲線よりして

$$\mu_1 = 1,269; \quad \mu_2 = \mu_4 = 1,900$$

なることを知る。

故に必要な起磁力は

$$\begin{aligned} M &= 1.257 \times 160,000 \times \left(\frac{60}{12.3 \times 1,269} + \frac{2 \times 4}{16 \times 1,900} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0.5 \times 2}{16} + \frac{30}{16 \times 1,900} \right) \\ &= 201,000 \times \left(\frac{3.85}{1,000} + \frac{.263}{1,000} + \frac{62.5}{1,000} + \frac{.99}{1,000} \right) \\ &= 201 \times 67.603 = 13,588 \text{ amp.-turns} \end{aligned}$$

注意 電氣磁氣學に關せる多くの教科書には起磁力を直接アムペア、ターンにて表はさずしてアムペアターンの 1.256 倍を以て起磁力とせり又磁化力を單位長についての起磁力とすることに於ては、本著に於て脱くところと同一なれども起磁力がアムペア、ターンの一、二五七倍なるを以て本著に於て述ぶるところの磁化力とは數に於て異り、等しく

一、二五七倍となる。即ち磁化力と磁界の強さとは全く同じ数にて表はさるゝなり。従つて磁氣抵抗は

$$R_m = \left(\frac{l_1}{\mu_1} + \frac{l_2}{\mu_2} + \frac{l_3}{\mu_3} + \dots \right)$$

となりて本著にて説きしものゝ一、二五七分一となせり。

併し孰れにしても磁氣や、磁氣密度や磁界の強さや、傳導や、起磁力やなどの間の關係に至りては異なるところあらず。

電磁石の牽引力 磁石が鐵を吸引するの性なることは克く知るところなるが、其の吸引力は引かるゝところの鐵に通ずる磁石に關係するものにして、毎平方珊米に對する吸引力は

$$W = \frac{B^2}{8\pi}$$

なる式にて示さる。但しWはダインを以て表はされBは毎平方珊米に對する磁束密度なり。

故に前例の如く電磁石に近く置かれたる鐵片に $B=10,000$ の密度を以て磁束が通ずるときの毎平方珊米に對する吸引力は

$$\frac{10,000^2}{8\pi} = \frac{10^8}{8\pi} = 3.97 \times 10^6 \text{ dynes.}$$

或は $\frac{3.97}{981} \times 10^6 = 4.05 \times 10^3 \text{ grams.}$

或は $= 4.05 \text{ kilograms,}$

或は $4.05 \times 2.2046 = 8.95 \text{ pounds.}$

或は $4.05 \times 0.2667 = 1.083 \text{ 貫}$

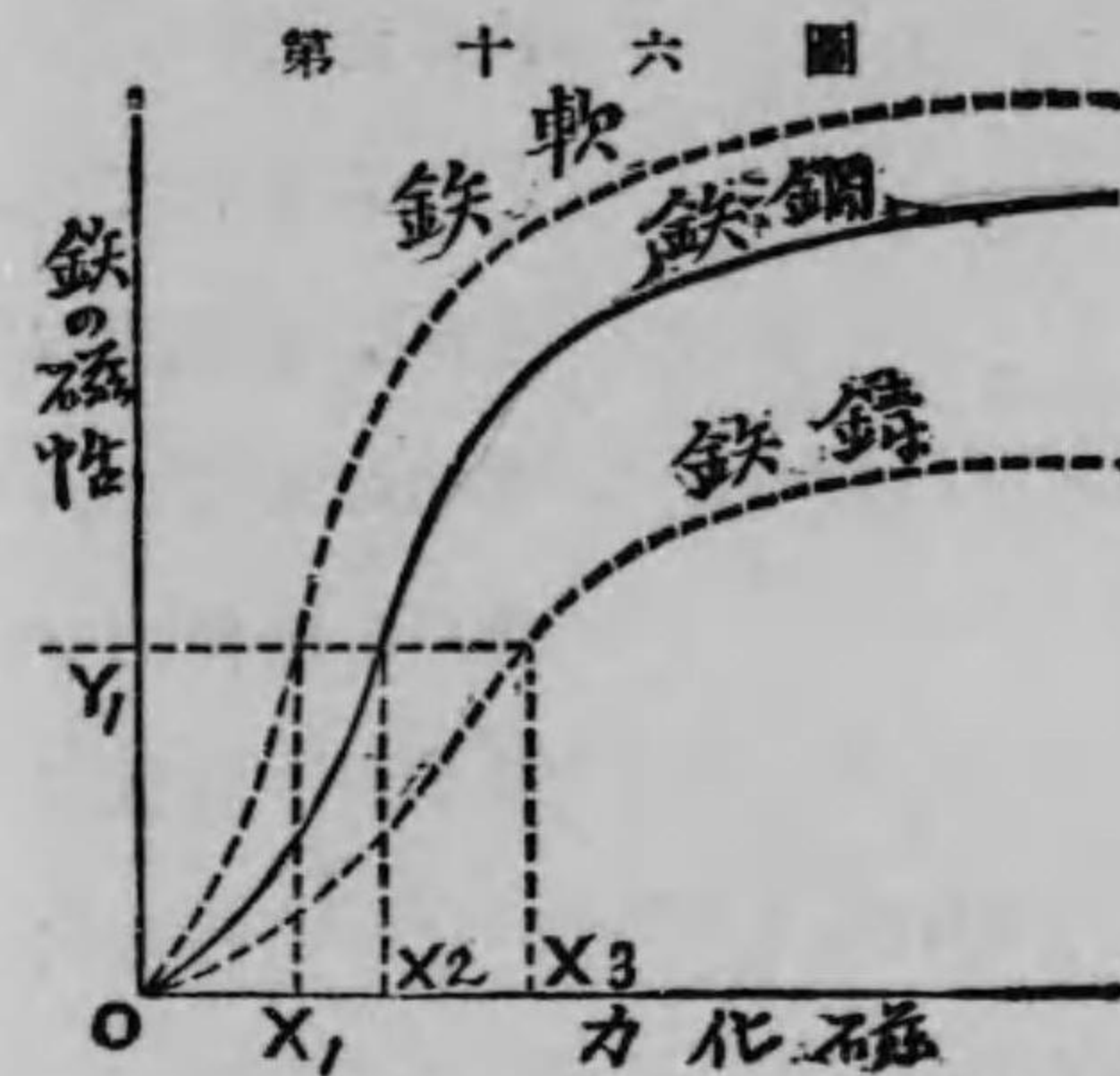
故に全體に於ては

$$4.05 \times 16 \times 2 = 129.6 \text{ kilograms.}$$

或は $8.95 \times 16 \times 2 = 286.2 \text{ pounds.}$

或は $1.083 \times 16 \times 2 = 34.7 \text{ 貫}$

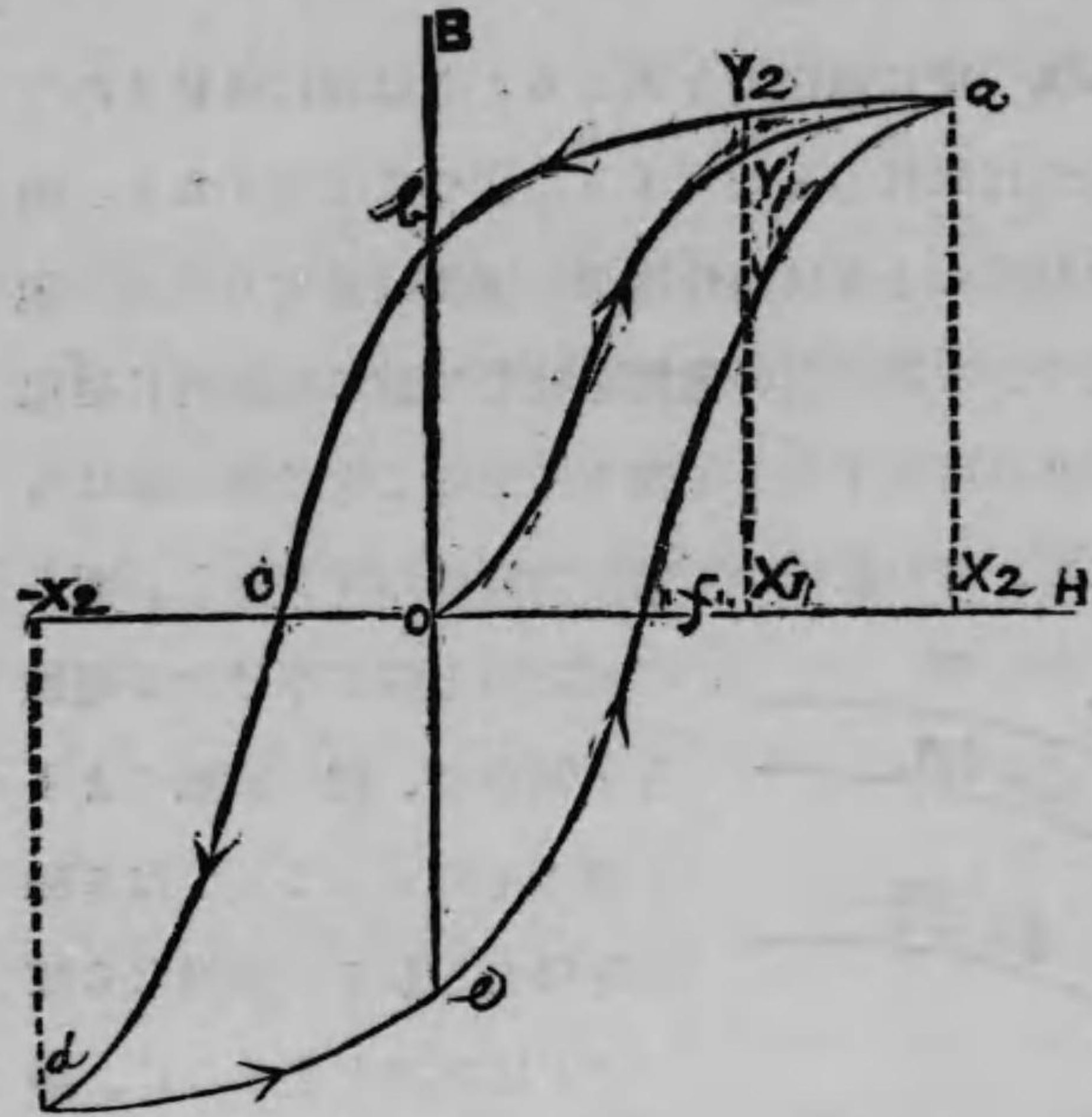
磁氣ヒステリシス 鐵に磁化力を與ふるときは鐵は磁化されて磁性を帯び此の磁性は磁化力を増加するに従つて増加するも、磁化力が或る程度を超ゆるときは磁性増加の速度は磁化力増加の速度に平行する能はず、次第に其の速度を減じて遂には如何に磁化力を増すも鐵の磁性は増加すること無きに至ることは既に前にも述べたるところにして、其の狀恰かも第十六圖に示すが如し。而し



て磁化力と鐵が享けたる磁性との割合は、鐵の種類によりて異なるものにして oy_1 なる磁性を保たしむるに軟鐵ならば ox_1 なる磁化力を要するに、鋼鐵ならば ox_2 なる磁化力を要し鑄鐵の磁化力は ox_3 なるが如し。扱て鐵の種類の如何を

問はず、これをある點迄磁化して次に磁化力を減少するときは、鐵の磁性も亦減少すれども其減少の経路は前に磁化力を増加し來りたるときの経路と同じからざるなり。例令ば第十七圖に於て oy_1a を以て、新らしき鐵即ち磁性を有せざりし鐵に漸次増加する磁化力を與へたるときの磁性との關係を表はす曲線とす。この曲線が a に達したるとき磁化力を又減少し行く、然るときは此場合の磁化力と磁性との關係曲線は ay_1o に沿はずして ay_1b の如き経路

第 十 七 圖



を取る即ち ox_1 なる磁化力に於て最初は x_1y_1 なる磁性を有せしものが、磁化力を下す場合には同じ磁化力に於ける磁性が x_1y_1 とならずして、それよりも大なる x_1y_2 となり。斯くて磁化力を零するも磁性は

零とならずして ob なる値を維持し、磁性をして零とならしむるには、前と反対方向に oe なる磁化力を與へざるべからざるなり。

更らに磁化力——前と反対方向の磁化力を増加するときは、鐵の磁性は前と反対となりて次第に増加し、 ox_2 に等しき磁化力に於て x_2d なる磁性に達す。この x_2d は大に於て ax_2 に等し、斯くて再び磁化力を減少するときは磁性も減少し磁化力が零となりて磁性は oe となり、 of なる磁化力に於て磁性零となり遂に a 點に復歸す。而して或る方向に於ける磁化力 ox_2 と反対方向に於ける磁化力 ox_1 とが相等しきときは

$$ob = oe, eo = of$$

$$-x_2d = x_1a$$

なる關係は常に成り立つなり。

斯様にして絶對値相等しき正負の間 磁化力を交互に變ずるときは第十七圖に示す $acdefa$ の無端曲線に沿ふて磁化力と磁性との關係は變化す。

此の事實は鐵の磁性が磁化力よりも遅るゝことを意味するものにして斯く磁性が磁化力よりも遅るゝことを磁氣ヒステリシス (Magnetic hysteresis) といひ第十七圖の示す如き曲線をヒステリシス無端曲線 (Hysteresis Loop) といふ。ヒステリシス無端曲線は通常磁界の強さ H と磁束密度 B との間の關係にて表はさる。故にこれを BH 曲線 ($B-H$ Curve 又は $B-H$ Loop) といふ。

OX_1, OX_2 等の長さは磁化力の度を示し、 $ob, oe, X_2a, -X_2d$ 等は磁性の度を示すものなるが故に、種々の物質につきヒステリシス無端曲線を求めたる場合に a 點 (從つて d 點) が水平軸より隔たること遠きもの程強き磁性を帶びしめ得るものなり。 a 又は d より垂線の足なる $X_2, -X_2$ が基點 O より隔たる距離の少なきものは少量の磁化力にて高度の磁性に達する物質なり。故に少量の磁化力にて強磁性を與へしめ得る物質は、磁化能率高きものにして、無端曲線内に含まるゝ面積も小なり。

上述の磁化作用を反覆する時は、其物質は温度の上昇を來し、相當のエネルギー (ヒステリシス損失) を消費せしめらるゝを知

るべし。而して温度上昇の割合は上記無端曲線内面積に比例す。此温度上昇は物質が其磁性の量及方向を變化せしめらるゝ度毎に分子が轉々摩擦するより來るものなり。

物質によりて無端曲線内面積の異なるは、分子摩擦の度合一樣ならざるが爲なり。鐵類にあつてもその組成分異なり又は處理法の異なるにつれて此摩擦度合の差著しきものなり。電氣機械器具の磁氣回路に用ひらる鐵は磁化能率の高きもの程貴きなり。

保磁力 (Coersive force) 天然磁石又は永久磁石は永久に磁性を失ふ事なきも、その磁力は時間の経過するに従つて多少減少するものなり。永久磁石は其製法の巧拙によりて甚しく減退速度の速なるものあり。

鋼鐵は容易に磁化されずと雖も一旦磁石となれば永久に磁性を失はず、然もその磁力は可なり強度に永く保たるゝなり。鋼鐵より成る永久磁石が電氣計器、電信機電話機等に利用さるゝは之が爲なり。斯の如く永く磁性を保存する力を保磁力と稱す。

故に大なる保磁力を有する物質はその残留磁氣多量にして、保磁力小なるものゝ残留磁氣は極めて貧弱なり。前者は上述の鋼鐵の如きものにして、後者は容易に磁化されて然も勵磁作用の止むと共に磁性の殆ど全部を失ふ軟鐵の如きものなり。

優秀なる永久磁石を作らんと欲せば磁化の強さ少くして然も保磁力の大なる物質を求めざるべからず。

第六章 交 流

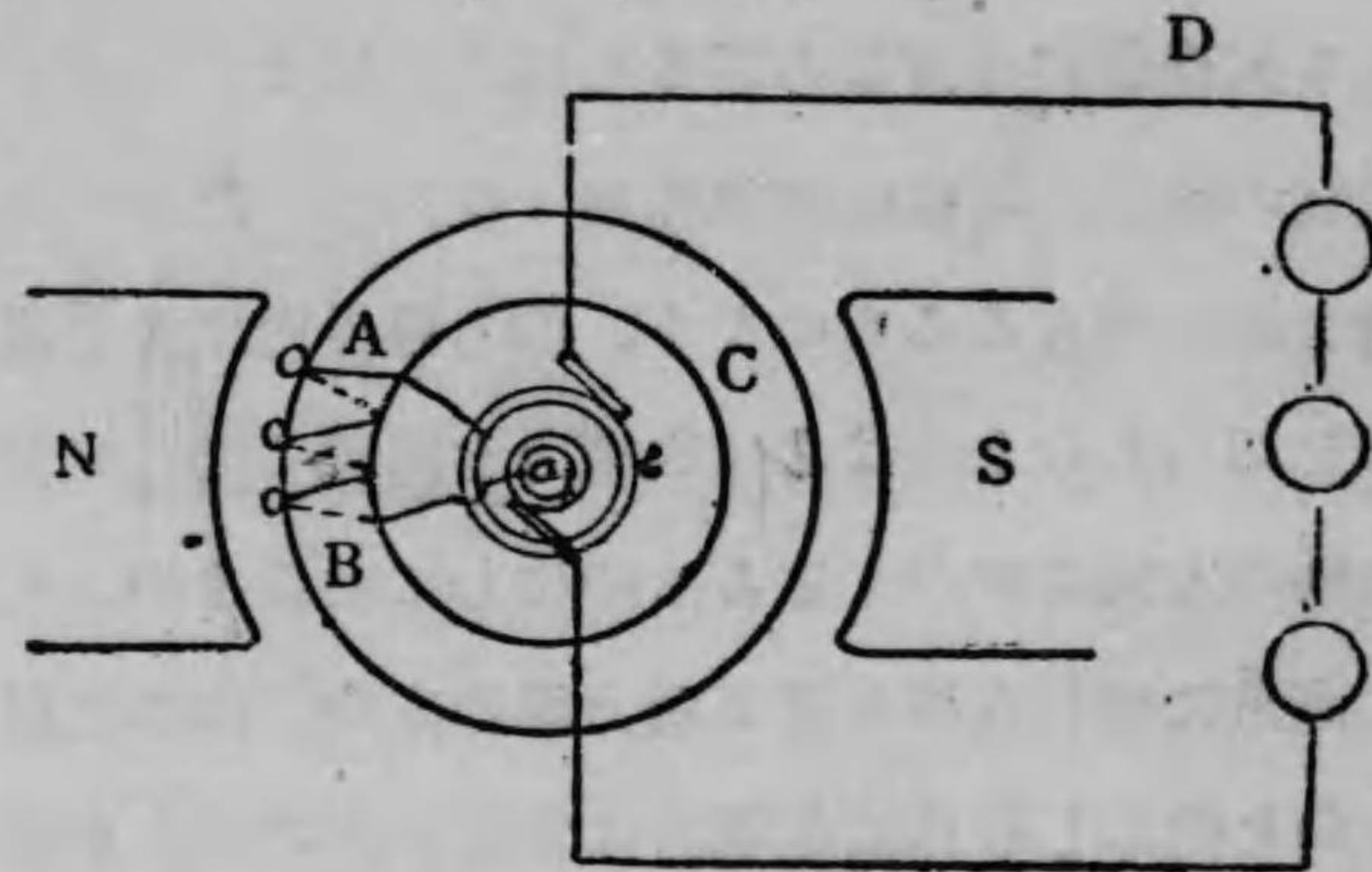
交流電氣の發生 讀者は既に電氣及磁氣に關する相互關係及其計算法に就ての概要を會得せるが故に之より進んで交流電氣に關する事項の説明に移らむとす、抑々交流は現今に於ける電氣工學上の主權者にして其發生の簡易なる輸送分配に容易なる到底直流電氣の企て及ばざる處にして電燈に電力に殆ど皆之が利用せらるゝを見ても其機能の尋常ならざるを伺ふに足る。

交流電氣の發生は電磁的誘導作用(第三章)に依つて最も容易に其目的を達し得らるるものなり、即ち磁界内に於て導線を動かして磁力線を切らしむる時は之に起電力を誘發す而して其方向は磁力線及運動の方向に依つて定るものにして右手の拇、人、中の三指を互に直角に伸し人指を以て磁力線の方向、拇指を以て導線を動かす方向を指さしむれば起電力は常に中指の方向を採るものなり。されば導線をして絶えず一定の方向に磁力線を切らしむるが如く運動せしむれば發生する起電力の方向も常に一定なれど若し導線に往復運動を與へて或時間毎に磁力線を切る方向を變へしむれば其都度起電力の方向は一變す、例へば磁力線が讀者の左より右に向つて走れるもの(左に北極、右に南極がある場合)として導線を水平に保持し乍ら之を上より下に向つて動かしたりとすれば起電力は先方より讀者へ向ふ方向を採る可く之を下より上へ動

かしたる場合には其反對に讀者より先方へ向つて起電力を誘發す可し、故に此上下運動を繰り返し行はば導線には運動の方向の變る毎に方向を變ずる起電力を誘導す、之交流電氣發生の原理にして起電力の方向變れば之より求むる處の電流の方向も亦從つて變化せざる可からざる事明なり。

第十八圖は最も簡單なる交流電氣の發生装置を示す、C は圓筒狀の鐵心にして、之に絶縁せる針金の捲線 AB が施され磁極 NS

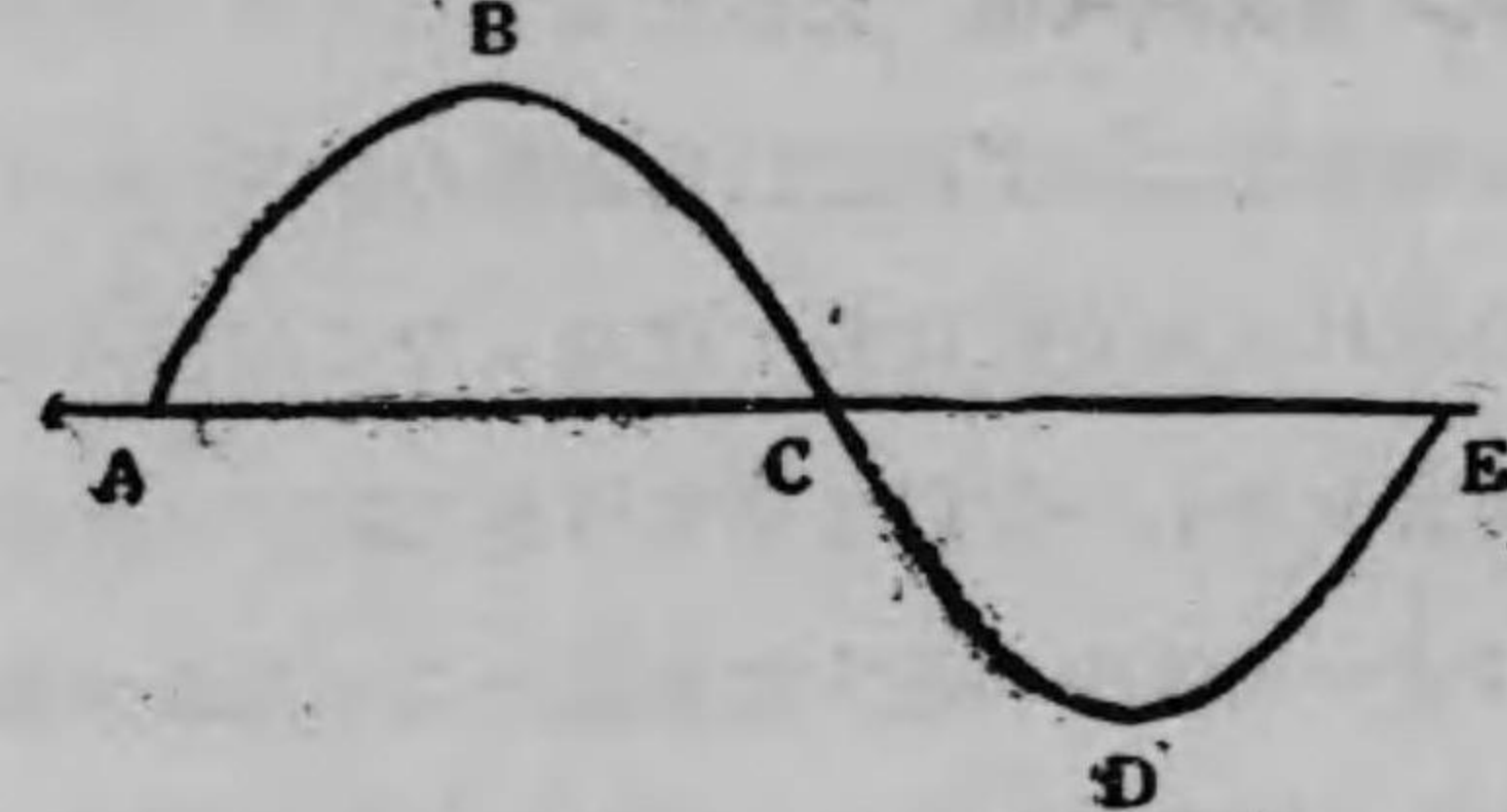
第 十 八 圖



の間に於て回轉せしむるの構造を有す、捲線 AB の兩端は鐵心と共に回轉する眞鍮製の圓環 ab に結ばれ ab には刷子接觸して發生せる電氣を外部の電路に導き得るが如くなせり、磁力線は常に鐵心の内部を二路に分れて走れるが故に今外力を加へて之をある方向に回轉せしめたりとすれば捲線 AB の中鐵心の外側に羅列せる分のみが磁力線を切るが故に之が北極の面前を上る時と南極の面前を下る時とに於て誘導する起電力の方向變らざる可から

ず、而して起電力の價は單位時間内に切る磁力線の數に比例するが故に AB が兩極の面前を走る時は其價最大なれどもそれを離るるに從つて減少し兩極の中間に來りたる時は零となる、第十九圖は一廻轉の間に起る起電力の變化の工合を曲線にて表したるものにして、圖の中軸は其零なる位置を示しそれより上及下に方向に依つて價を採りたるものなり、即ち導線が最下位より北極の面

第 十 九 圖



前を上りて最上の位置に來る半廻轉の間に起電力は ABC の變化を爲しそれより南極の面前を下りて最初の位置へ戻る間

に CDE の變化を爲す、依つて廻轉を等速に連續せしむれば起電力は絶えず此變化を繼續す可く又之を一定なる抵抗を有する電路に供給すれば電流は起電力に正比例して消長するが故に其變化の工合も亦第十九圖に示したると同様なり、此の如く一定の周期を以て其價及方向を變更するが如き起電力及電流を名けて**交番起電力**及**交流**と言ひ、其 A より E に到る變化を名けて**周波 (1 cycle)**と稱し一秒間に起る周波の數を以て其**周波數 (frequency)**と言ふ、周波數を f サイクルとすれば其一周波に要する時間 T は

$$T = \frac{1}{f} \text{ 秒}$$

即ち $f = \frac{1}{T}$

なり。是に T を其周期と言ふ、現時實用に供されつゝある交流の周波数は多く五十サイクルにして長距離電力輸送の如き場合には特に二十五サイクルを擇ぶ事あり、五十サイクルの場合には其周期 $\frac{1}{50}$ 即ち 0.02 秒にして二十五サイクルなれば 0.04 秒なり。

交番起電力及交流の最大値及瞬間値 交番起電力及交流の變化の工合即ち其波形は之を理想的に論ずれば三角函數の正弦 (Sine) の曲線にて表し得るものなれども實際に於ては種々なる原因のために攪き亂されて千態萬容を呈し一を以て律す可きに非ず、然れども其波形の如何を問はず一周波中の最大なる價を以て其最大値と呼び各瞬間に於ける價を其瞬間値と言ふ。磁極が二個より成る發電機に於ては導線が一廻轉即ち三百六十度回轉して一周波を生ずるが故に今波形が純正なる正弦曲線にて表はさるるものとして其最大値を E とすれば其零の位置より角 θ 廻轉したる際に有する瞬間値 e は次の式にて表すを得

$$e = E \sin \theta.$$

又若し導線が角 θ 廻轉するに要する時間を t 秒とすれば廻轉する角度は時間に比例するが故に次の關係あり

$$t : T = \theta : 360^\circ$$

即ち一周期 T 秒間には一廻轉を爲すが故に t 秒間に爲したる

廻轉角度 θ と T 秒間に爲す角度とは t と T の比ならざる可からず。

上式より θ の價を求むる時は

$$\theta = \frac{360 \times t}{T}$$

360° を 2π を以て表せば

$$\theta = \frac{2\pi \times t}{T}$$

然るに $\frac{1}{T} = f$ なるが故に

$$\theta = 2\pi ft.$$

故に零の位置より測つて t 秒後に於ける瞬間値は

$$e = E \sin 2\pi ft$$

を以て表すを得、然るに $2\pi f$ は一秒間の廻轉角度即ち角速度なり。今之を ω にて表せば

$$e = E \sin \omega t$$

となる。以上の諸關係は電流に於ても起電力に於ても全く同様とす、磁極が NS 交互に四個を有する場合には一廻轉に二周波を生じ六個を有する場合には三周波を起す、故に一周波は必ずしも三百六十度の廻轉を必要とせざれども便宜上總て之を二極の場合と同様に取り扱ひ一周波を生ずる角度を以て 2π 即ち三百六十度と見做し之を幾何的の角度に對して特に電氣角度と稱す即ち南北兩磁極の中心間は之を電氣角度を以て測れば常に百八十度即ち π なれども幾何學的の角度を以てせば六極の場合には $\frac{\pi}{3}$ 八極の場合には $\frac{\pi}{4}$ に過ぎざるなり。

実効値 (Effective Value) 上述の如く交流は絶えず其方向及價を變化しつゝあるが故に之を直流と同様に比較測定するには如何にす可きか、交流の一アムペアとは如何なるものを稱するやとは何人の頭にも直ちに浮び來る疑問なり、最大値百アムペアに達したりとするも以て直流の百アムペアと同等の効果を有すと爲すとの誤れるは言を俟たず、交流を直流と同一の單位を以て測定せむとするには電流に依つて生ずる勢力を以て比較せざる可からず。

勢力の比較には熱を利用するを以て最も便なりとす、電流に依つて生ずる熱は電流の方向に關係なきが故に抵抗ある導線に交流を通ずれば發熱する事直流を通じたる際と異なる處なし、今ある導線にある量の交流を送りて發生したる熱量が其同じ導線に直流の A アムペアを通じたる際に發生する熱量と等しかりしとせば先きに通ぜる交流は其 A アムペアなりと稱して妨げざる可し。斯くして定めたる交流の値は其最大値より小にして波形が純正の正弦曲線にて表し得る場合には其 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ に相當し之を**実効値**と言ふ、即ち最大値 I なる交流の**実効値**は $\frac{I}{\sqrt{2}}$ アムペアなり。

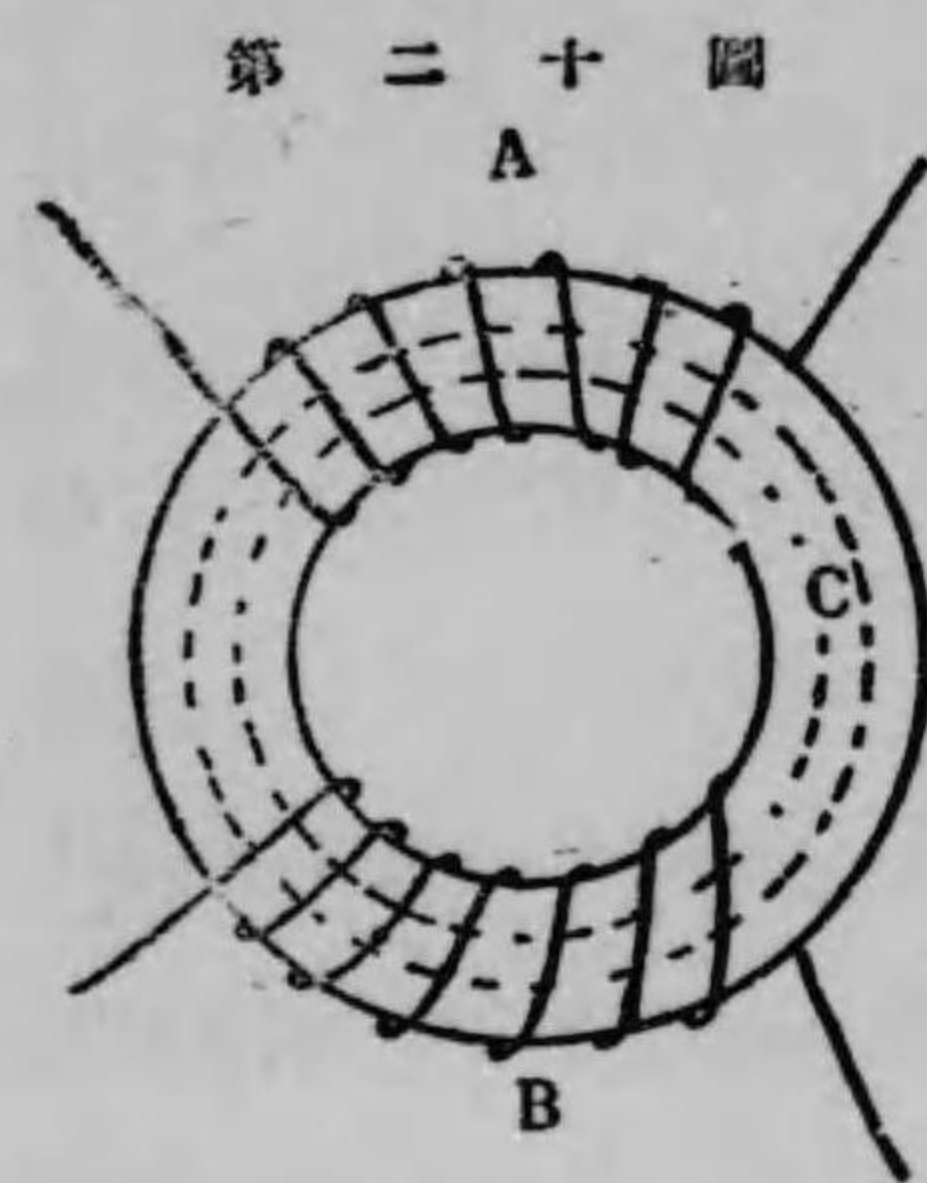
熱作用を利用して交流の**実効値**を指示せしむるが如く作られたる電流計に熱線式電流計と言ふあり、其原理は電流の熱に依つて導線を膨張せしめ以て指針を動かすが如くなしたるものにして針は直接**実効値**を示すが如く刻まれたる目盛の上を動く、之に直流を通ずるも亦同一目盛を指す可き事勿論なり。

電流の**実効値**定まれば之より間接に交番起電方の**実効値**を求むるを得、即ち今ある交番起電力を抵抗一オームを有する電路に作用せしめ其處に現れたる電流が一**実効**アムペアなりとすれば其際の起電力を一**実効**ヴォルトと定むるを得べし、之亦其波形が正弦曲線にて表さるる場合には其最大値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ に相當す、即ち瞬間値が $e = E \sin \omega t$ にて表さるるが如き交番起電力の**実効値**は $\frac{E}{\sqrt{2}}$ なり、一般に交流に就て何ヴォルト、幾アムペアと稱するは特別の斷りある場合の外總て其**実効値**を言へるものにして又多くの交流用電壓計及電流計は何れも其目盛りが**実効値**を示す如く刻まれたるものなり。(之等諸計器の構造に就ては電気測定器の講義を参照せられよ、) 以後何アムペア、何ヴォルトと稱するもの何れも皆其**実効値**を言ふものと知る可し。

交流の磁氣作用 電磁石に於て勵磁電流の方向を變更する時は磁石の兩極は交代し以前に北極なりしものが南極となり南極が北極に變る、然れども磁氣の強さは之に通ずる電流の價が同一なる以上は何等の變化を來さざるなり、故に電磁石に交流を供給するも鐵片を吸引するの性質に至つては何等異なる處なく唯異なるは其際磁力線の數及方向が電流に伴はれて變化するが故に其内部に挿入する鐵心は磁氣の變動に依つて其分子に震動を生じ唸り聲を發す可く又其誘導作用に依つて鐵心内に起電力を誘發するが故に其内部に自由の通路を求めて渦電流を生じ爲めに鐵心が甚しく發熱す

るに至る等なり、されば交流にて磁氣作用を利用せんとするが如き場合には其鐵心には一畝の鐵片を用ひずして薄鐵板を重ね合し又は鐵線束を束ねて其間に絶縁塗料を施したるものを使用す、其理由は渦電流は常に磁力線と直角の方向に流るるものなるが故に其通路に斯くして絶縁層を設くれば以て其勢力を著しく弱め發熱を防ぎ得るを以てなり、分子の振動に依つて生ずる唸り聲は鐵心を充分堅く締め合す事に依つて稍々輕減するを得べし。

○ 交流の誘導作用 今第二十圖に示せるが如く鐵の圓環 C に二



第二十圖 組のコイル AB を捲き其一方例へば A に交流を送りたりとすれば其爲に生ずる交番磁力線は大部分鐵心 C の中を通るが故にコイル B は恰も其中に耐久磁石を敏速に出入せしめたと等しく其誘導作用に依つて起電力を發生す、此作用を名けて交流の相互誘導作用と言ふ、二本の長き針金を平行に架

設して其一方に交流を通じたる場合にも他の針金に起電力を誘導する事あり、之亦交流の相互誘導作用に基くものにして電話線と電力線とを同一電柱に架設せる場合には往々其爲に通話の困難を招く事あり。

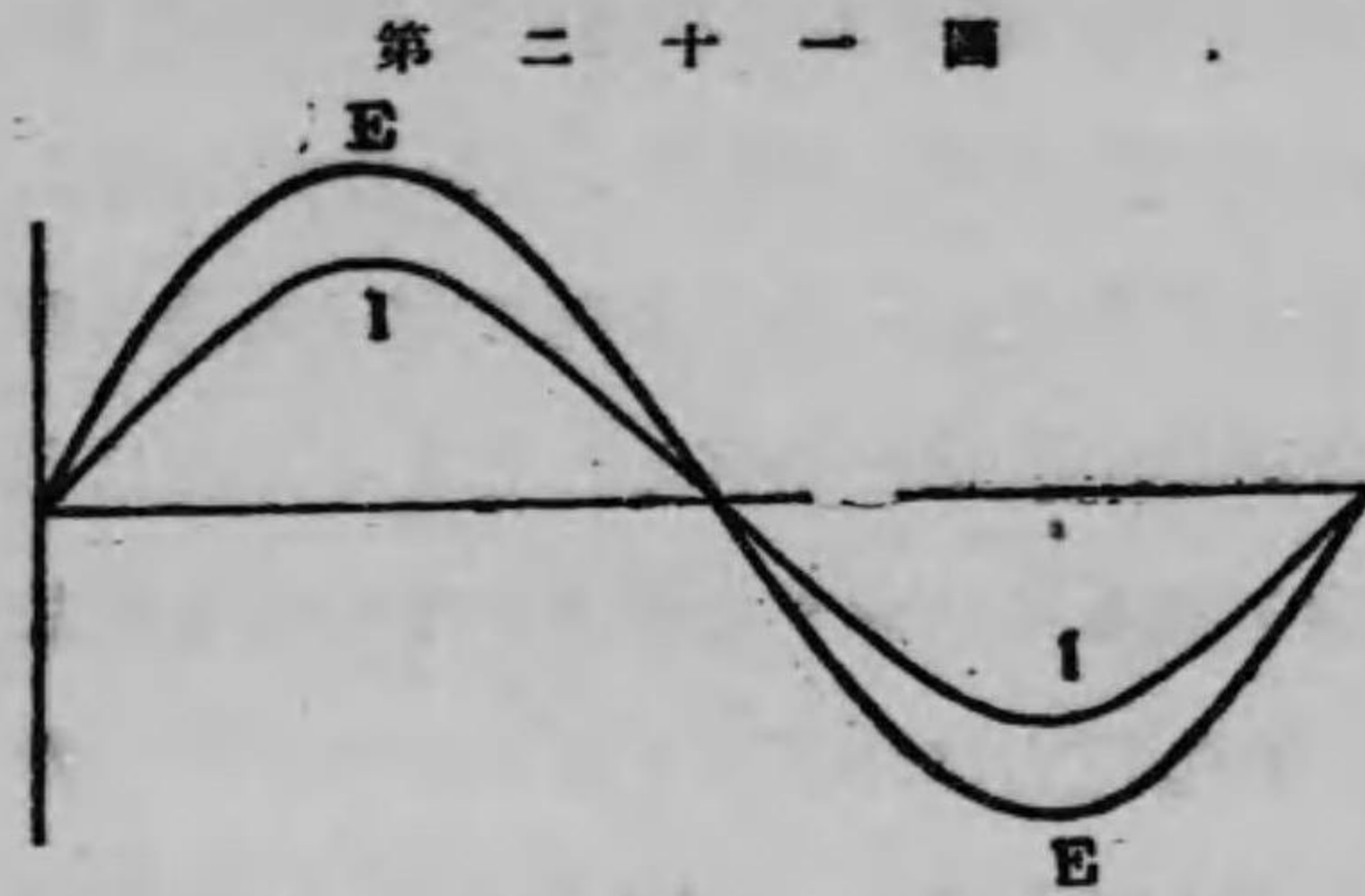
扱て茲に更に注意す可きは總て交流を通ぜる導線はそれ自身又變動せる磁界の中に存するの一事なり、即ち導線に交流を通ずれば

ば其周圍に磁界を生じ其磁界が電流に伴はれて方向及強さを變ずればなり、此の如く變動する磁界の中に導線を置けば恰もそれにて磁力線を切りたると同様の作用を爲すが故に之に起電力を發生する事其磁界を自ら作れるものなる他が作れるものなるを問はざるなり、尙之を第二十圖の例に就て言へばコイル B はコイル A の生ずる交番磁力線のために起電力を發生せしがそれと同様の理窟にてコイル A 自身にも亦誘導作用の働く可き事明なり、故に茲にも亦 B と同様に起電力が發生せざる可からず、而してそれは如何なる状態の許に表るるかと言ふに總て電磁的誘導作用に依つて生ずる起電力は磁界の變化を妨害せんとする方向に電流を通ぜしむるが如き方向を採る(レンツの法則)ものなるが故にコイル A 自身に誘導せる起電力は外部より之に向つて加へたる起電力と全々逆の方向を採る可きなり、故にコイル A に交流を通ずるためには單に其抵抗に打勝つのみならず斯かる原因に依つて生ずる反抗的起電力を抑壓するに足る値をも有せざる可からず、コイル A 自身が自身の生ずる交番磁力線のために供給起電力を妨害する方向に起電力を誘導する作用を名けて交流の自己誘導作用と言ひ、其爲に生じたる反抗的起電力を名けて反起電力と云ふ。

相互誘導作用を有する場合には自己誘導作用は必ず其中に含るものなれども自己誘導作用のみありて相互誘導作用を含まざるが如き場合も珍しからず、一般に電路に誘導作用が含まる場

合には之を誘導電路と言ひ其作用なき場合には之を無誘導電路と名づく、變壓器、誘導電動機等を有する電路は誘導電路にして電燈、電熱器等のみより成る電路は無誘導電路なり、但し後の場合と雖線路の距離が甚だ長き場合には若干の誘導作用を含むものと知るべし。

起電力の波と電流の波との位相關係 今ある無誘導電路に第二



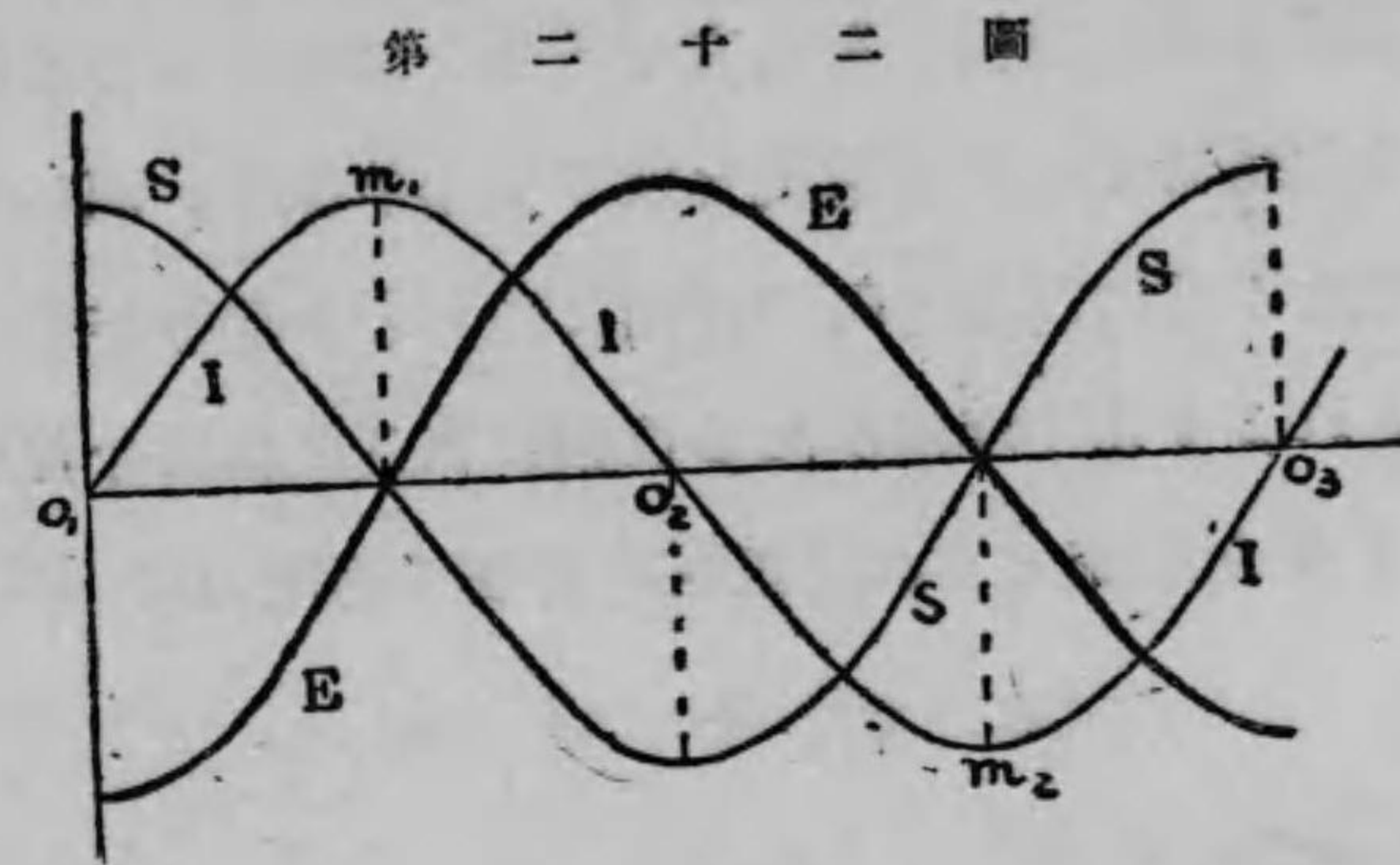
第 二 十 一 圖

十一圖 E にて示せるが如き交番起電力を作用せしめたりとすれば其爲に電路に流るる電流はオームの法則に依つて明なる如く起電力の各瞬間

値を電路の抵抗にて除したるものに等しかる可し、故に起電力が零の時は電流も亦零にして電流の方向は常に起電力の方向と同一なるが故に若し之を曲線にて示さば同圖 I の如きものとなる、此の如く起電力と電流とが常に同じ様に變化を爲す場合を稱して兩者が同一位相に在りと言ふ、即ち無誘導電路に於ては起電力の波と電流の波とは常に同一位相に存するものなり。

次に電路が自己誘導作用のみを有して抵抗を含まざるものとする時は之に電流を通ずるに要する起電力は先きに述べたるが如く其自己誘導作用に基づきて生ずる反起電力を抑壓するに足る價を有

せざる可からず、然るに誘導作用は磁力線の變化の割合に従ふものにして磁力線の變化は電流の變化に伴ふが故に電流の變化の割合最大なる時が誘導作用も強大にして従つてそれに依つて生ずる反起電力亦最大なる値を有し、電流の變化の割合の最小なる時は反起電力又最小なり、されば今電流が第二十二圖 I にて示し得るものとすれば其變化の最大なるは O_1O_2 等の如く其價が零となり將に方向を變へんとするの瞬間にして電流が最大なる値



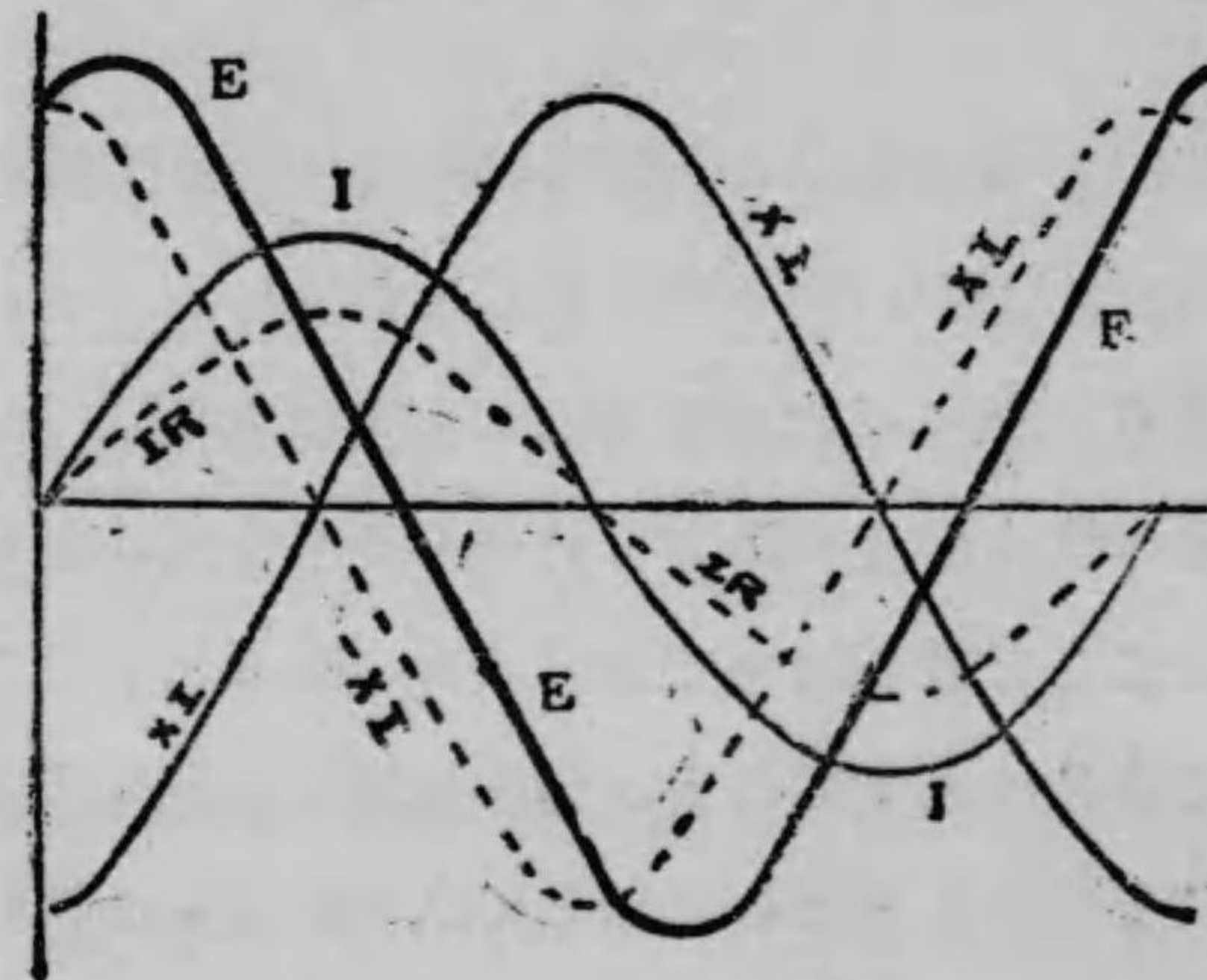
第 二 十 二 圖

に達したる時即ち m_1m_2 等の瞬間に於ては其變化零なるが故に反起電力は $O_1O_2O_3$ 等に於て最大にして m_1m_2 の處にて最小となる、依つて之を曲線にて表せば同圖の SS の如し、即ち反起電力の波は電流の波より其一山の半分だけ遅るる事を知る、波の一山は之を電氣的角度を以て言へば百八十度に相當するが故に一山の半分は九十度なり、即ち反起電力の波は電流の波より九十度遅れて生ずるを知る、而して之を抑壓す可き起電力は同圖 EE にて示したるが如く SS と全く反對なる變化を爲すもの

ならざる可からざるが故に外部より EE にて示したるが如き起電力を供給して始めて II なる電流が生ずるなり、S と E との喰ひ違ひの角度は波の一山即ち百八十度なるが故に I と E との違ひは九十度にして E が I よりそれだけ先んづる譯なり、波の喰ひ違ひを位相差と言ひ普通何度と電氣角度にて示す、即ち誘導作用のみを有する電路に於ては電流は起電力の波より遅れて九十度の位相差を生ずるなり。

電路が導誘作用と抵抗とを共有せる場合には其双方に打勝つに足る起電力を供給せざれば電流を通ずる事能はず、而して抵抗に打勝つ起電力は常に電流と同一位相に在れども誘導作用に打勝つ起電力はそれより九十度進みたる位相に在るが故に今若し第二十三圖に於て I を電流とすれば抵抗に打勝つ起電力は IR にて示

第 二 十 三 圖



せるが如き位相に在りて誘導作用に打勝つ起電力は IX にて示せるが如き位相に在らざる可からず、依つて今此兩者の各同一時刻に於ける瞬間値を代數的に加へ之を曲線にて表せば同圖 EE を得、即ち之亦電流より若干進みたる位相に在りて正弦曲線を爲すを知る、此際の位相差角は誘導作用と抵抗の割合に依つて變るものにして抵抗零の時九十度、誘導作用無き場合に於て零度となる。

リアクタンス 上述の如く誘導作用も亦抵抗と等しく電流の通過を妨害するの性質を有す、而して抵抗は直流及交流に依つて其性質を變へざれども誘導作用は磁力線の變化に従つて生ずるものなるが故に直流の場合には電流の價に急激なる變化を生じたる際の外殆ど其影響を與へず、然れども交流に在りては其價常に變化しつゝあるが故に著しき妨害を醸すものにして周波數が大なれば其影響益々顯著となる、抵抗も周波數の大なる場合には若干其價を増すものなれども實用上に於ては殆ど之を不變と見て大差なし。

誘導作用に依つて電流の妨害を爲す性質を名けてリアクタンスと言ひ其單位を抵抗と等しくオームと稱し普通之を X なる記號にて表す、起電力と電流及リアクタンスの間にも亦オームの法則と同様の關係が成立するものにして唯此場合には電流が起電力より九十度遅れたる位相に生ずるを異れりと爲す、例へば百ヴォルトの交番起電力を 10 オームのリアクタンスを有する電路に供給

したりとすれば其處を流るる電流は

$$I = \frac{E}{X} = \frac{100}{10} = 10 \text{ アムペア}$$

にして其位相は起電力より九十度遅るるなり。

リアクタンスは誘導係數 (インダクタンス) 及周波數に比例し其關係式次の如し

$$X = 2\pi fL = \omega L.$$

但し L はインダクタンスにして其單位はヘンリーなり (第二章參照)。

イムピーダンス 電路に抵抗とリアクタンスが共に存在する場合には其兩者に打勝つ價を有する起電力を供給せざれば電流を通ずる事能はず、抵抗に打勝つ起電力は電流と抵抗との積 IR に等しくリアクタンスに打勝つ起電力とは電流とリアクタンスの積 IX を以て表はさる、而して此兩者は互に九十度の位相差を有するが故に (第二十三圖參照) 抵抗及リアクタンスの双方に打勝つ起電力として此兩者の算術的の和を採る事能はざるは言を俟たず、理論の示す處に據れば所要の起電力は次の式より求むるを得。

$$E = \sqrt{IR^2 + IX^2} = I\sqrt{R^2 + X^2}$$

茲に $\sqrt{R^2 + X^2}$ を名けて電路の**イムピーダンス**と呼び普通 Z なる記號を以て表し其單位を等しくオームと言ふ、起電力、電流及イムピーダンスの間にも亦オームの法則が成立するものにして

此場合の電流と起電力との位相差角はリアクタンスと抵抗の價に依つて定る。今其角を θ とすれば次の關係あり。

$$\tan\theta = \frac{X}{R}$$

即ち

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

例題 次に二三の例解を掲げて以上各項の應用を示さんとす。

例一 抵抗八オーム、リアクタンス四オームなる電路あり其イムピーダンス何幾なりや。

$$\text{解 } Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 4^2} = \sqrt{80} = 9$$

答 約九オーム。

例二 インダクタンス六ヘンリーなる誘導線輪ある抵抗0.3オームを有す、之を周波數50サイクルの交流電路に用ふるものとせば其イムピーダンス何幾なりや。

$$\text{解 } \text{リアクタンス } X = 2\pi fL$$

$$\text{而して } L = 6 \text{ ヘンリー } \quad f = 50$$

$$\begin{aligned} \text{故に } X &= 2 \times 3.14 \times 50 \times 6 \\ &= 1884 \text{ オーム} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{依つて } Z &= \sqrt{R^2 + X^2} \\ &= \sqrt{0.09 + 1884^2} \\ &= 1884 \text{ オーム} \end{aligned}$$

即ち此の如き場合には抵抗は殆ど無きものと考へて差し支なし。

例三 上記の誘導線輪を百ヴォルト 25 サイクルの交流電路に接続せば幾アマペアの電流を生ずるか、又其位相差角如何。

解 25 サイクルの交流に用ふればリアクタンスは

$$\begin{aligned} X &= 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 25 \times 6 \\ &= 942 \text{ オーム} \end{aligned}$$

となる。依つてイムピーダンスは

$$Z = \sqrt{0.09 + 942^2} \doteq 942 \text{ オーム}$$

依つて電流は

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{942} = 0.106 \text{ アムペア}$$

而して位相差角は

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{942}{0.3} = \tan^{-1} 3140 \\ &\doteq 90^\circ \end{aligned}$$

即ち殆ど九十度なり。

例四 上記の誘導線輪を百ヴォルトの直流電路に接続せば幾何の電流を生ずるや。

解 直流は周波数零なるが故に如何に大なるインダクタンスを有する線輪なりとも其リアクタンスは零なり、されば此場合に電流の妨害を爲すものは唯 0.3 オームの抵抗のみなるが故に生ずる電流は

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{0.3} = 333 \text{ アムペア}$$

即ち交流にては僅かに七分の一アムペアを通じ得るに過ぎざり

しものが直流にては三百何十アムペアと言ふ大なる電流を招くに到る、此の如くなるが故に交流専用に設計せられたる装置に直流を供給するは最も慎しむ可き事にして往々其ために豫期に數百倍する強電流を生じ被覆絶縁物を焼損し、甚しきに到つては導線^をを全部鎔融し去る事珍しからず、注意す可き事なり。

例五 五オームの抵抗ある導體あり、之を百ヴォルト五十サイクルの交流電路に繼ぎて起電力より四十五度遅れたる位相に在る電流を求めんとす、如何にせば可なりや。

解 位相差を生ぜしむるには抵抗に直列にリアクタンスを挿入すれば可なり、而して位相差角は

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

なるが故に此 θ 及 R に與へられたる價を代入すれば

$$45^\circ = \tan^{-1} \frac{X}{5}$$

$$\text{即ち} \quad \tan 45^\circ = \frac{X}{5} = 1$$

$$\text{故に} \quad X = 5 \text{ オーム}$$

即ち五オームのリアクタンスを挿入すれば可なり、尙之をインダクタンスに依つて表せば周波数五十なるが故に

$$5 = 50 \times 2\pi \times L$$

$$L = \frac{5}{50 \times 2\pi} = 0.016 \text{ ヘンリー}$$

例六 百ヴォルト五十サイクルの交流電路より六十度遅れたる

位相に在る二十アムペアの電流を求めんとす、如何なるイムピーダンスを必要とするか。

解 電流は起電力をイムピーダンスにて割りたるものに等しき故にイムピーダンスは起電力を電流にて割りたるものなり。

即ち $Z = \frac{E}{I} = \frac{100}{20} = 5$ オーム

扱て此イムピーダンスは位相差角六十度を生ずるが如きものならざる可からず、依つて其中の抵抗とリアクタンスの関係は

$\tan 60^\circ = \frac{X}{R} = \sqrt{3} \dots \dots \dots (一)$

及び $Z = \sqrt{X^2 + R^2} = 5 \dots \dots \dots (二)$

の兩式を満足せざる可からず、之より X 及 R を求むれば次の如し

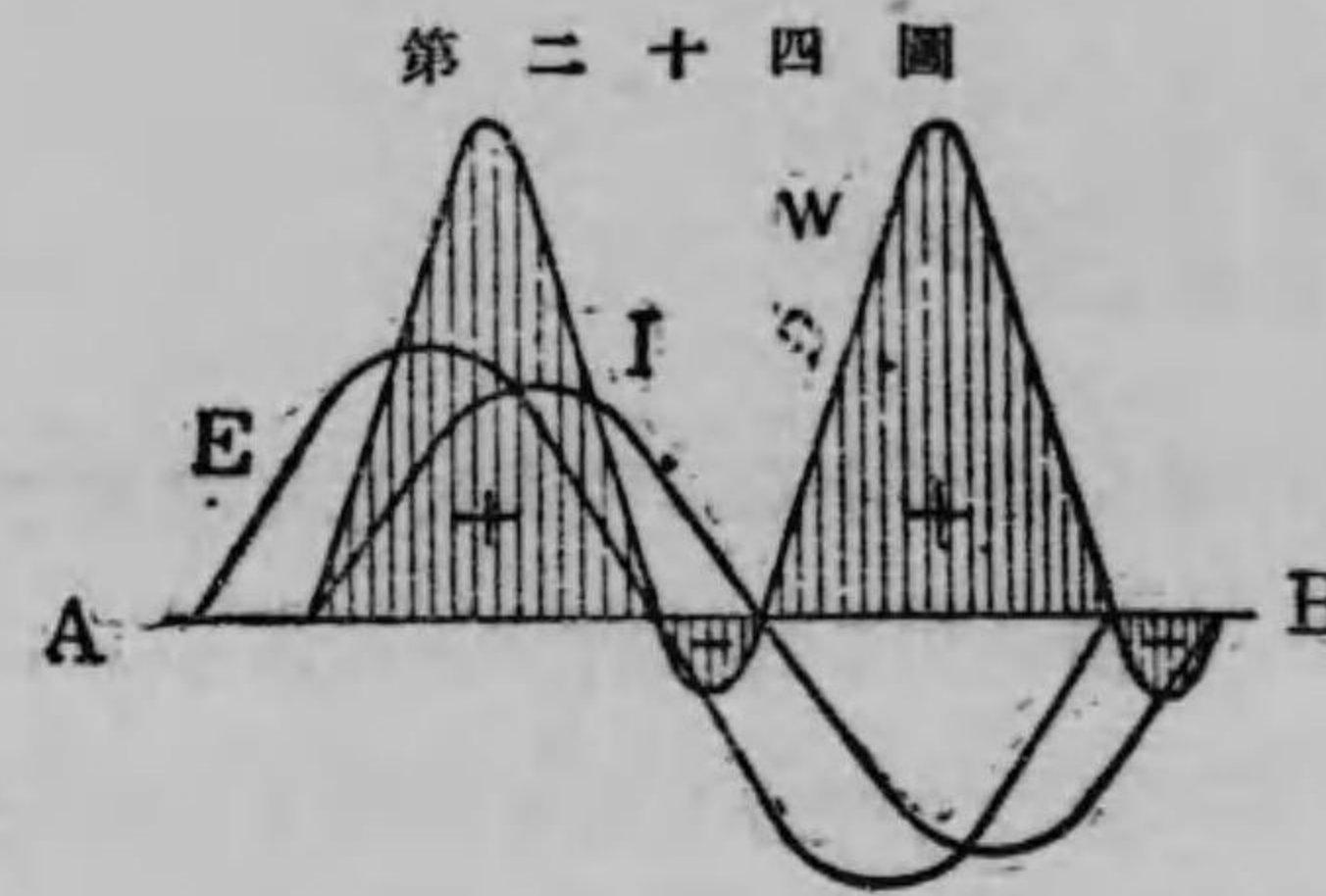
$R = 2.5$ オーム

$X = 2.5 \times \sqrt{3} = 4.33$ オーム

即ち抵抗 2.5 オーム、リアクタンス 4.33 オームより成る電路にて連絡すれば起電力より六十度遅れたる位相にある二十アムペアの電流を求め得るなり。

交流の電力 直流の場合には電路を流るる電流の價は常に供給したる起電力を其抵抗にて割りたるものに等しかりしが交流の場合には必しも然らず。即ち電路が無誘導の場合に於ては直流の如く起電力の實効値を抵抗にて割りたる商が電流の實効値なれども誘導電路に於ては起電力と電流の波に位相の差を生ずるが故に此

法則は適用する事能はず即ち抵抗を R リアクタンスを X としたる場合には $\sqrt{R^2 + X^2}$ にて起電力を割りたるものが電流の實効値にして兩者の間の位相差角は $\tan^{-1} \frac{X}{R}$ なり。此の如くなるが故に交流の場合に於ては電力も亦直流の際に於けるが如く起電力と電流との積のみを以て表し得可きに非ず。即ち此場合に於ける電力は起電力と電流の各同時の瞬間値の積の和の平均を以て唱へざる可からず。例へば今第二十四圖に於て E 及 I を夫々起電力及電流の



波とすれば兩者の同一瞬間に於ける價を掛け合せたるものは同圖 W の曲線にて示すが如き變化を爲す。W の變化は圖に於て明なる如く起電力或は電流に對して二倍の周波數を有する變化を

示す可し (注意。起電力と電流とは共に方向を有する價なるが故に其積は代數學に於けるが如く同符號のもの積が正となり異符號のもの積は負となる。依つて W なる曲線は圖に示せるが如く時に負の價を占むるなり)。即ち交流の電力は之を各瞬間に就て考ふれば此の如き激しき變化を爲せるものなるが故に之を實用的に比較測定せむと欲せば之等の平均の價を以てせざる可からず。斯くして求めたる電力の平均値を實効電力と言ひ其價は電流と起電力との位相差が大なる程小にして小なる程大となる。詳言すれ

ば位相差零の時は其價最大にして直流の場合と同様に電流の實効値と起電力の實効値との積に等しく位相差が大となるに従つて其價は減少し九十度に及べば終に零となる。即ち電流が起電力の波より九十度遅れたる場合には電力の平均値は零なり。實効電力に對して位相差の如何を問はずに單に起電力と電流とを掛け合せたる價を表皮電力と稱す。而して實効電力と表皮電力との比を其電路の力率 (Power factor) と唱へ普通百分率を以て之を表す。即ち

$$\text{力率} = \frac{\text{實効電力}}{\text{表皮電力}} \times 100$$

故に力率は起電力と電流との位相差が小なる程大にして其零なる時即ち電流と起電力とが同一位相に在る時は百「パーセント」なり。而して位相差が大となるに従つて減少し九十度に及べば零となる。理論の示す處に據れば實効電力は起電力と電流の實効値の積に其兩者の間の位相差角の餘弦を乗じたるものに等し。即ち位相差角を θ とすれば實効電力は $EI \cos \theta$ を以て表さるるなり。故に力率は

$$\text{力率} = \frac{EI \cos \theta}{EI} = \cos \theta$$

即ち力率は常に位相差角の餘弦を以て表さるるなり。

交流の充電作用 茲に甲乙二條の導線あり共に完全に絶縁して架设せるものとす。今甲の一端を電池若しくは直流發電機の陽極

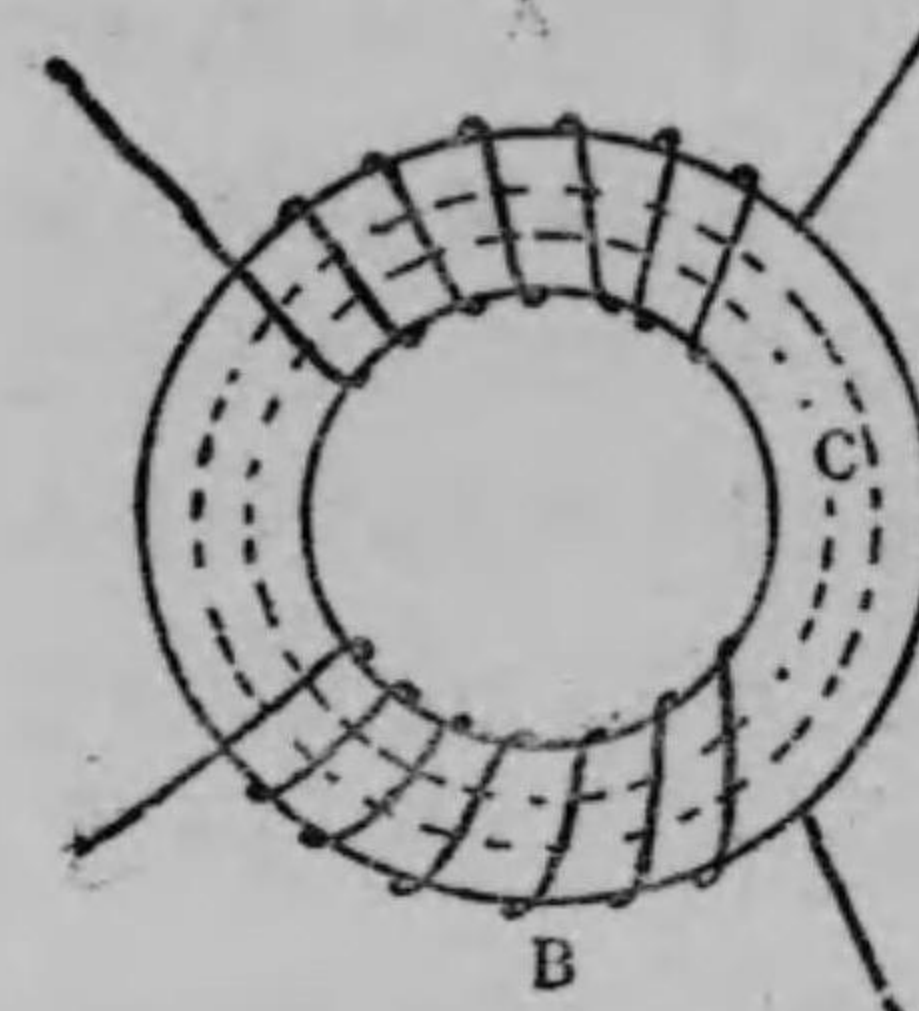
へ繼ぎ他の一端を同じものの陰極へ接續せりとせよ。然る時は甲乙兩者の間は忽ち發電機若しくは電池の兩極に於けると同一の電位差が現れ其何れの間よりも電流を求め得るの状態に達す可し。而して後其接續を斷つも電位差は依然として保たれ甲には陽電氣乙には陰電氣充滿す。これ電源に導體を接續すれば電氣は直ちに其全面に押し寄せ來りて互に中和するための通路を尙がはんとするが故に外ならず。即ち其ために導線の電位が電源の電位と等しき價に高まりて其間に電位差を生ずるなり。是に依つて之を觀れば電源の兩極に導體を接續すれば假令それが閉ぢたる電路を形成せずとするも一瞬間電氣に移動の起る可き事明なり。此の如き現象を名づけて**充電々流**と言ひ導體は其爲に**充電**されたりと稱す。電源が直流を發生するが如きものなる時は充電電流は導體を接續せる瞬間しか流れざれども電源が交流發電機なる場合には絶へず其極が變化しつゝあるを以て一度陽電氣に依つて充電されたるものが其次ぎには陰電氣を以て充たされ導體の電位は電流の一周波毎に高低するが故に充電々流は單に電線を接續せる瞬間に於て生ずるのみならず電流の交番に伴ひ引續き流るるものなり。即ち交流電路に於ては電路が開れたる場合に於ても電流は常に多小充電々流として流るるに到る。充電電流の價は兩導體の表面積。兩者の間の距離及び其間に介在せる絶縁物の種類に依つて異なる。蓄電器と稱するは特に大なる充電電流を取り得る如く構造せられたるものにして薄い金屬板と雲母硝子又は「パラフィン」を浸した紙

の類にて絶縁して重ね合せ之を一つ置きに交互に連結せるものなり主として電信電話装置に用ひらる。電力伝送の場合に於て送電距離が數十哩の遠きに及び何萬ボルトと稱する高壓を使用せる場合には此線路全體が恰も一個の蓄電器となるが故にたとへ其先端に於て電路は開かれたりとするも發電機は少からざる充電電流の供給を負はざる可からざるなり。充電電流は常に起電力より九十度進みたる位相に在るものにして誘導作用に基く現象と全く反對なり。故に誘導作用と充電作用とが同時に行はるる場合には互に打消し合ひて電路の力率を著しく向上せしめ得れども誘導作用之に伴はざれば其影響は誘導作用に於けると同様にして唯角の遅れが進みとなるを異なれりと爲すに過ぎざるなり。(注意蓄電器に就ては第三章を參照あれ)

交流變壓器 街路の兩側に並木の如く立ち並べる電柱を注意して見る時は其中の處々に黒き鐵箱の如きが取り付けられ居るを認め得べし。其黒き鐵の箱こそ所謂變壓器と稱せらるるものにして交流電路の電壓を昇降するために使用せらるる装置なり。之交流ならては使用の叶はぬものなれども電氣諸機械の中にて構造の簡單なる取扱に便利なる而して能率の高き事變壓器の右に出にづるものなし。此發明ありてより交流が俄に活用せられて直流を驅逐するに到りしなり。其應用の範圍は主として電力の輸送及分配に關する方面なれども其外に尙電壓の調整、電流の測定等にも使用せらる。其原理は要するに交流の誘導作用を應用せるに外なら

すして第二十五圖に示せるが如く同一の鐵心に二組のコイルを捲

第 二 十 五 圖



き其一方に交流を供給すれば其爲に鐵心に生ずる磁力線は電流に伴はれて其價及方向を變ずるが故に他のコイルにはレンツの法則に従つて磁力線の變動を妨害せんとする方向に起電力を誘導す可し。依つて其コイルの兩端を導體に結べば其處に電流の生ずる事明なり。此際外部より電流を供給せる方の

コイルを一次線輪。(Primary Coil) 其ために起電力を誘發せる方のコイルを二次線輪 (Secondary Coil) と云ふ。

内鐵變壓器及外鐵變壓器 鐵心に一次及二次線輪を捲く方法に凡そ二種類あり。即ち鐵心を線輪にて包むか或は線輪を鐵心にて圍む如くなすかの二法なり。前の方法に據れる變壓器を名けて**内**



鐵變壓器 (Core type transformer) と言ひ後の方法に據れるを**外鐵變壓器** (Shell type transformer) と言ふ。内鐵變壓器の構造の概要は第二十六圖に示せるが如く鐵心が四邊形を爲し其相對する二邊に夫々一次及二次線輪を捲けるものにして此場合には常に一次線輪を二次線輪の外側に置くを法則とす。

外鐵變壓器は第二十七圖に示せるが如く鐵心

に二つの窓を設け之を通して兩線輪を施せるものなり。即ちコイルは一處に纏つて存在し鐵心が其中及周圍に跨れる構造となる。さればコイルの心になる部分の鐵心は他の部分の凡二倍の斷面積を有せざる可からず。之等に用ふる鐵心は何れも交流に基く變

第二十七圖 動磁氣の感應を蒙りて其内部に渦電流を生じ徒らに發熱するに至るが故に常に薄鐵板を重ね合せ其間に絶縁塗料を施したるものを用ひ渦電流の横行を防禦するものとす。



變壓器の一次及二次に於ける電壓及電流の關係 變壓器に於て最も主要なる性質は其一次及二次線輪を流るる電流の割合が其電壓に反比例する點に在り。之次の二つの方法を以て説明するを得べし。

(一) 變壓器の内部に於ける損失は極めて僅少なるものなるが故に實用上に於ては一次線輪に供給せる電力が悉く二次線輪より求め得るものと思ふるを得べし。然るに電力は起電力と電流との積に略等しきを以て(位相差相等しきものと假定す)今 E_1 を一次線輪に供給せる電壓。 I_1 が其處を流れる電流。 E_2 を二次線輪に誘發せる起電力。 I_2 を其處より求めたる電流とすれば次の關係あり。

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

故に

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1}$$

即ち電流は電壓に反比例す。茲に E_1, I_1 を一次電壓。及一次

電流と稱し E_2, I_2 を二次電壓及電流と言ふ。

(二) 二次線輪の電路が開かれて居る場合即ち無負荷の場合に於ては一次線輪に流れこむ電流は唯其鐵心に磁力線を造るだけの作用を爲すに過ぎざるを以て極めて僅少なるものにして磁力線を生ずれば自己誘導作用のために反起電力が現れ過大なる電流の進入は許されざるなり。然るに二次線輪の電路を閉ぢて之より電流を求むれば元來此電流はレンツの法則の語るが如く磁力線の變動を妨害する方向即ち磁力線が増さんとする時は之を減ず可く。減少せむとする時は之を増さむとする作用を爲すが故に結局鐵心の中に含まるる磁力線の數は著しく減少す可し。然るに磁力線の減少は一次線輪に於ける反起電力の衰亡を招くが故に従つて外部より供給せらるる電流が増加し従つて磁力線の數を恢復せしむるの順序となる。されば二次電流が増せば従つて一次電流も増大して常に鐵心内には同數の磁力線が保たるるを知る。言ひ換へれば一次線輪の有する起磁力は二次線輪の生ずる起磁力(方向反對なり)に打勝つて更に無負荷の際と同數の磁力線を鐵心の中に保たしむるが如き値を有せざる可からず。無負荷の際に一次線輪に流れ入る電流の價は僅少なるが故に今之を省略して考ふれば一次線輪の有する起磁力と二次線輪が生ずる起磁力とは其方向が反對なるのみにして其價は常に相等しと考ふるを得。而して起磁力は電流とコイルの捲き數との積なるが故に今一次線輪の捲數を N_1 、二次線輪の捲き數を N_2 とすれば

$$I_1 N_1 = I_2 N_2$$

故に

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

即ち電流は巻き數に反比例すと見做すを得。然るに電壓の大小は磁力線の變化の割合が一定なるを以てコイルの巻き數に比例せざる可からず。即ち二次線輪に誘發する起電力の價は其巻き數に比例して變更せしめ得べく一次線輪に生ずる反起電力も亦其巻き數に比例するが故に之に打勝つ爲に要する一次電壓も亦之に比例する事明なり。されば結局一次電壓と二次電壓とは共にそれぞれの巻き數に比例するを知る。即ち

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

之を先の式に比較すれば

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1}$$

となるが故に之よりも亦電流が電壓に反比例するものなるを知り得べし。

一次電壓と二次電壓との比を變壓器の變壓比と稱しそれが一より小なるを**昇壓變壓器**と言ひ一より大なるを**降壓變壓器**と呼ぶ。例へば一次電壓が六千六百ヴォルトにして二次電壓が六萬六千ヴォルトなるが如き變壓器は**昇壓變壓器**にして其變壓比は十分の一なり。又一次電壓が二千二百ヴォルトにして二次電壓が百十ヴォルトなるが如き變壓器は**降壓變壓器**にして其變壓比は二十なり。

變壓器の能率 變壓器は電氣諸機械の中に於て最も能率の高きを以て知らる。如何に小容量のものなりとも九十パーセントを下る事なく少しく大なるものに在りては九十七パーセント内外の價を有す。これ變壓器には回轉する部分無きを以て摩擦に依つて生ずる勢力の損失を全々除き得るが故に外ならず。變壓器の内部に生ずる主なる損失は一次及二次兩コイルの抵抗に基くもの及鐵心中に起る渦電流並びに磁氣變換の爲に生ずるもの(變壓器に限らず總て交流に依つて勵磁せらるる電磁石の鐵心は電流の方向が交番するに伴ひ其磁極も亦一變せざる可からざるが故に鐵心内に分子の震動を惹起するに到る。此爲に絶えず多少の勢力損失を醸すものにして之を名けて**ヒステリシス損失**と云ふ)等なり。後者を總稱して鐵損(iron loss)と言ひ、之に對して先の導線の抵抗に依つて生ずる損失を銅損(copper loss)と言ふ。

斯く變壓器の内部に起りたる損失は何れも皆熱に變更するものにして發電機、電動機等に於ては回轉部あるが爲に自然に其熱を放散せしむるの助け多けれども變壓器の如く靜止せるものに在りては特殊の裝置を施して其冷却を計らざれば著くし温度の上昇を來して燒損するの憂あり。

冷却を計る裝置として現今採用せられ居る主なるものは

1. 容器に絶縁油を充し其循環に依つて熱の放散を助けしめ兼て絶縁力を大ならしめたるもの。
2. 容器の外側を**ナマコ型**にして外氣に接觸する面積を大なら

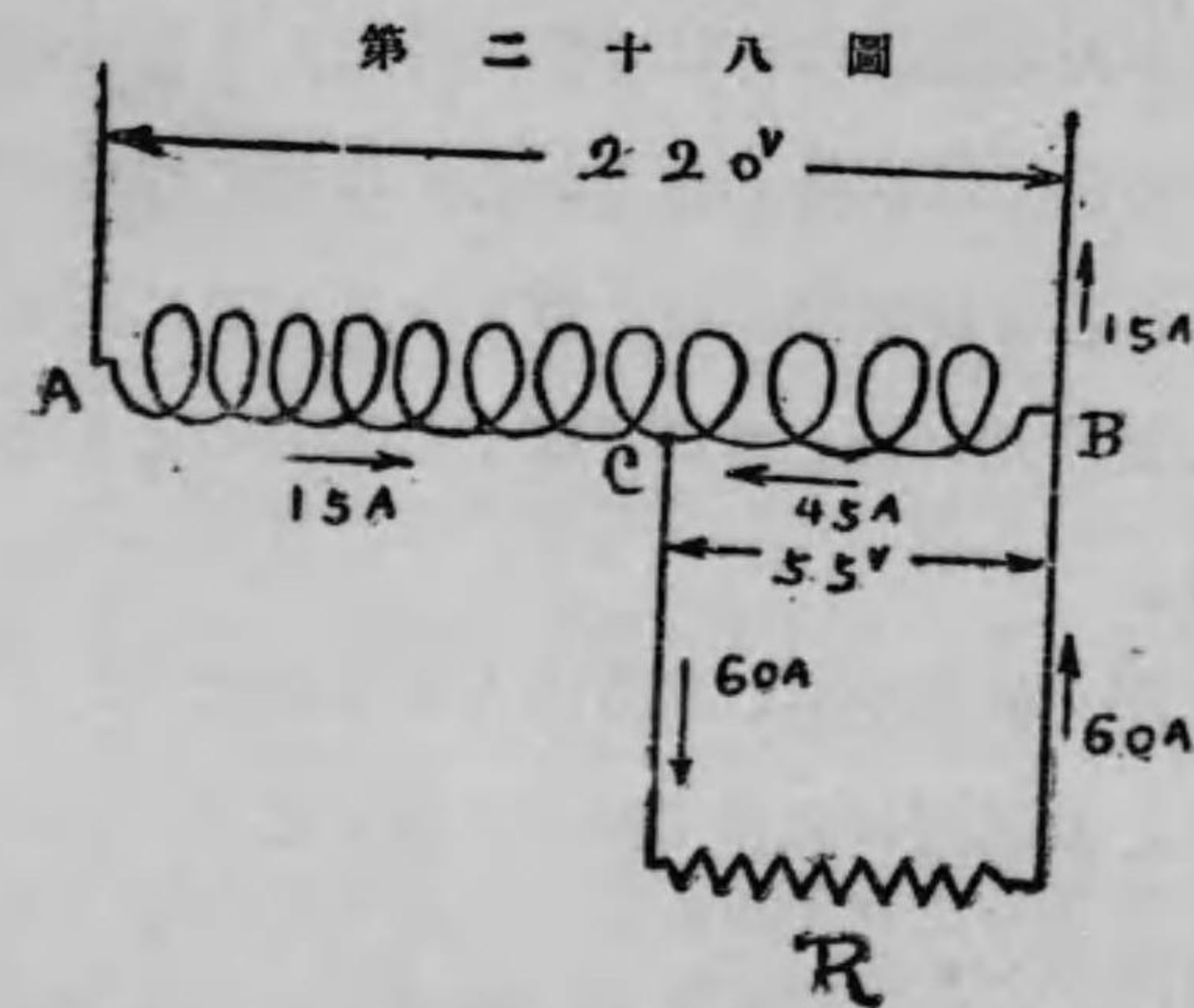
しめたるもの。

3. 容器内に蛇管を設け之に冷水を循環せしめ。以て冷却せしむるもの。

4. 送風機に依つて冷風を送らしむるもの。

等なり。配電用として電柱其他に取付けて使用するものは多く第一の方法に據れども発電所、變電所及配電所等に備ふる大容量の變電壓器には以上各種の方法を併用せるもの多し。例へば外函をナマコ型にして其中に油を入れ或は油の中に更に蛇管を設け之に冷水を循環せしむるが如き之なり。

單捲變壓器 (Auto transformer) ^{オート トランスフォーマー} 交流の誘導作用を應用して電壓を昇降せしむるには必ずしも分隔せる二組のコイルを必要とせず。即ち第二十八圖に示せるが如く一個のコイルの中間より岐を出して其一部を二次線輪に共通に使用しても其結果に於ては異



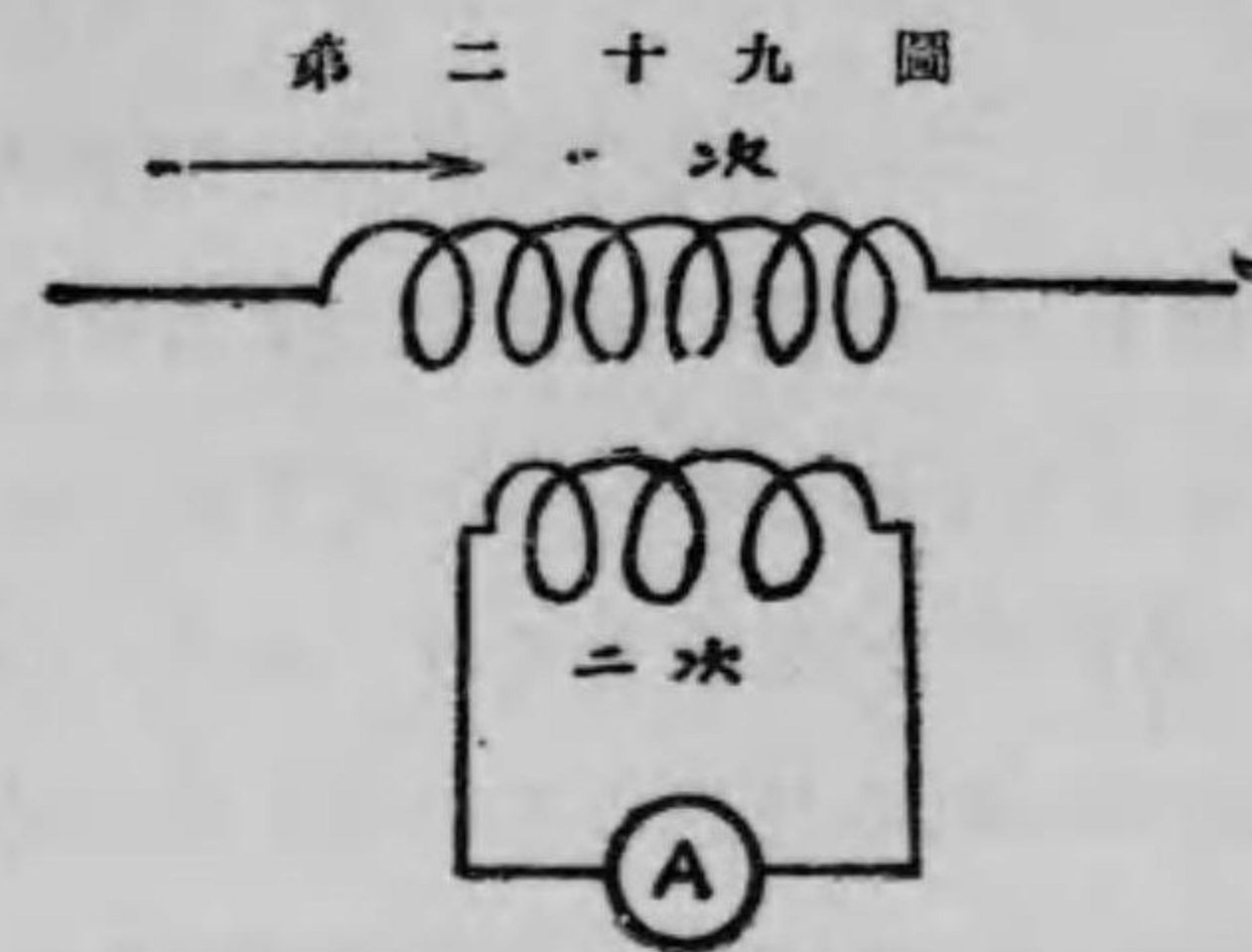
事なし。圖に於て AB 間の電壓を二百二十ヴォルト其捲き數を四百とし其中間 C より岐を出し BC 間の捲き數を百なりとすれば其間の電壓は五十五ヴォルトにして AB 間の電壓は百六十五ヴォルトとなる。而して此際

BC 若しくは AC の間の電路を閉ぢたりとすれば其處に電流の生ずる事論を俟たず。今假りに BC の間をある導體 R を以て接続し電流を求めたりとすれば其電流は BC.R なる電路を流れ常に磁界の變化を妨害せんとする作用を爲すが故に BC の間を流るる電流の方向は AB の間を流るる電流の方向と常に相反す。而して AC を流るる電流と BC を流るる電流とが相合して R に出ざるが如き状態となる、即ち今 BC の間を五十五ヴォルト AB の間を二百二十ヴォルトにして R に六十アムペアの電流を流さしめたりとすれば AC の間を流るる電流即ち一次電流は十五アムペアにして BC の間を流るる電流は二次電流の六十アムペアと一次電流の十五アムペアとの差し引き即ち四十五アムペアなり。此様に一個のコイルを以て一次二次兩線輪の役目を務めしめたる變壓器を名づけて單捲變壓器 (Auto transformer) ^{オート トランスフォーマー} と言ふ之を普通の變壓器に較ぶれば構造遙かに簡單にして針金を節約し得て優良なるが如しと雖も一次線輪と二次線輪の間が完全に絶縁隔離せられ居らざるを以て高壓側より低壓側に漏洩を生ずるの危険を免れざるが故に變壓比が一に近きものの外にはあまり用ひられず。單捲變壓器のコイルより多數の分岐線を設けハンドルの移動に依りて二次回線の接続を其分岐線の任意のものに自由に變更し得る様にすれば之に依つて自由に二次回線への供給電壓を上げ下げするを得べし。此の如きを電壓調整器 ^{ポテンシャル レギュレーター} (potential regulator) と言ふ。

之と同様の構造にて誘導電動機を起動せしむる際に用ふる變壓器あり之をオートスターター (Auto starter) と言ふ。其説明は後章に譲る。

變流器 (current transformer) ^{カーレント トランスフォーマー} 高壓交流電路に於て其電壓。電流、電力等を測定するに際し測定器を直接電路に接続せば取扱人に對し甚だ危険なるのみならず測定器の構造も又尋常にては足らず。されば此場合には電壓は變壓器を用ひて其二次線輪に測定器を入れ指度に豫め求め置きたる變壓比を乗じて一次電壓を知るが如くなす。多くは電壓計の目盛を直接一次電壓を示すが如くに刻めり。

之と同様の装置に依つて電流の測定を爲すものあり。其構造は第二十九圖に示せるが如く一次線輪も二次線輪も共に捲き數の極めて些き變壓器にして其一次線輪を測定す可き電路に直列に入れ



二次線輪を電流計 (A) のみに繼ぐ、斯くすれば一次線輪を流るる電流のために二次線輪に起電力が起り電流計を通じて電流を生ずる事普通の變壓器に於けると異なる事なし。

而して此際電流の割合は兩者の捲き數の比に依つて定り常に一定なるが故に電流計の指度を知りてそれを何倍かすれば次に一次電流となる事明なり。此の如

く一次線を輪電路に直列に入れて電流の變成を爲さしむるが如き一種の變壓器を名づて變流器 (current transformer) ^{カーレント トランスフォーマー} と言ひ之には常に一定の電流計が附隨し其目盛は一次電流の價を直接示指するが如く施さるるものとす。

第七章 電動機

電動機と發電機との關係 電動機とは電氣的の勢力より機械的の勢力を發生せしむる装置を言ふ。即ち電氣を承けて車を回轉せしめ以て米を搗き或は水を汲み揚ぐるが如き仕事を爲さしむるものを電動機と言ふ。米を搗き水を汲み揚ぐるが如き仕事を名づけて機械的の仕事と言ふ。故に電動機とは電氣的の仕事を機械的の仕事に變更せしむる装置なりと言ふも妨げず。

而して發電機とは如何なるものぞと問へばそは既に述べたる如く機械的勢力即ち蒸氣機關、水車、瓦斯エンジン等の出す勢力を電氣の勢力に變更せしむる装置にして之等の發電機を運轉する處の機械的の仕事が電燈を點じ電動機を回轉せしむる所の電氣の仕事に變ずるなり。されば發電機と電動機とは其働きが全々相反せる事を知る。尙其原理を以て比較すれば發電機は導線を以て磁力線を切らしめ之に電氣を誘導せしめたるものなるが、電動機はそれと全く反對にして導線を磁力線と交らしむるが如く装置して之に電流を送り以て回轉力を發生せしむる如く造られたるものなり。即ち前者は磁力線と回轉力とに依つて電流を發生せしむる装置後者は磁力線と電流とに依つて回轉力を發生せしむる仕掛なり。磁界、導線及之を動かす設備の三者は双方の必ず具備せざる可からざるものにして此三者を備へたるものは之に外力を加へて發

電機として使用し得ると共に電流を送りて以て電動機として使用し得らるるなり。故に總ての發電機は之を其儘電動機に使用し得ると共に總ての電動機は之を運轉して發電機と爲し得るを知らざる可からず。

更に一步を進めて些しく詳細に基本原則より兩者を比較せむに導體にて磁力線を切らしめて誘導さるる起電力の方向は右手の拇中人の三指を互に直角に伸し人指を以て磁力線、拇指を以て導體を動かす方向を指さしめたる場合に中指の方向を採るものなり。電動機の場合に於て導線の回轉する方向は左手の拇人中の三指を用ひ以前の如く人指にて磁力線、中指を以て電流の方向を指さしめたる場合に拇指の方向を採る。故に若し兩者(發電機と電動機)に於て磁力線(人指)と電流(中指)との方向と同一のものと假定すれば力即ち回轉力(拇指)は常に互に反對に現る。即ち發電機として回轉せしむる方向と電動機として回轉する方向とは互に相反せざる可からず。發電機の負荷が増すに従つて之を運轉するに多大の動力を必要とするは發電機は常にそれより出づる電流が磁界に作用して電動機となりて、之を逆の方向に回轉せしめんとする力を生じつゝあるが故にして其力は電流が増すに従つて増大し其回轉を持続して發電機としての作用を完からしめんには益々多大の力を之に加へざる可からざるなり。

之と同時に考慮す可きは電動機を運轉せる間に其負荷を増す時は電流が従つて増大するの一事なり。之勢力不滅の法則よりす

れば直ちに明なる事にして電動機をして多大の仕事をして爲さしむるには之を運轉するに要する電力も亦増加せざる可からざる事勿論なり。然れども尙之を詳細に解剖して考察する時は恰も發電機の負荷を増せば之を運轉するに多大の動力を必要とせると同様の理屈を茲に發見するを得可し。即ち電動機に於ても導線が磁界内に於て回轉しつゝあるの事情は發電機に於ると全く同様なるが故に其導線も必ず磁力線を切りて起電力を誘發しつゝある事明なり。

而して其方向はと言へば右手の三指の法則が語る如く磁界及回轉の方向は既に一定なるが故に之に電流を供給する起電力の方向と全く相反せざる可からず。即ち電動機は其回轉中に絶えず發電機的作用を爲し供給せらるる電流を妨害せんとする方向に起電力を誘導しつゝあるなり。之を電動機の**反起電力** (counter e.m.f.) と稱し總ての電動機に共通に存在する特性なり。故に電動機を回轉するには其反起電力に逆ふて電流を供給するに足る起電力を必要とし其起電力が若し一定不變に保たるものとせば荷重が増して回轉速度が減ずれば従つて其誘發する反起電力が減少したために電流の増大を招き出力の増大せるに對抗し得るだけ入力が増し次で其回轉を持続するなり。此の如くなるが故に發電機と電動機とは單に其形態に於て同様なるのみならず運轉中の性狀も全く同様にして唯前者は機械的勢力より電力を發生し後者は電力を以て機械的勢力を發生せしむる爲に用ふるものなりと言ふを異れり

と爲すに過ぎざるなり。

電動機の種類 現今使用せられつゝある電動機は之を凡次の如く分類する事を得。

[甲] 直 流 用

1. 分捲電動機 (Shunt motor) シヤント モーター
2. 直捲電動機 (Series motor) シリーズ
3. 複捲電動機 (Compound motor) コムパウンド

[乙] 交 流 用

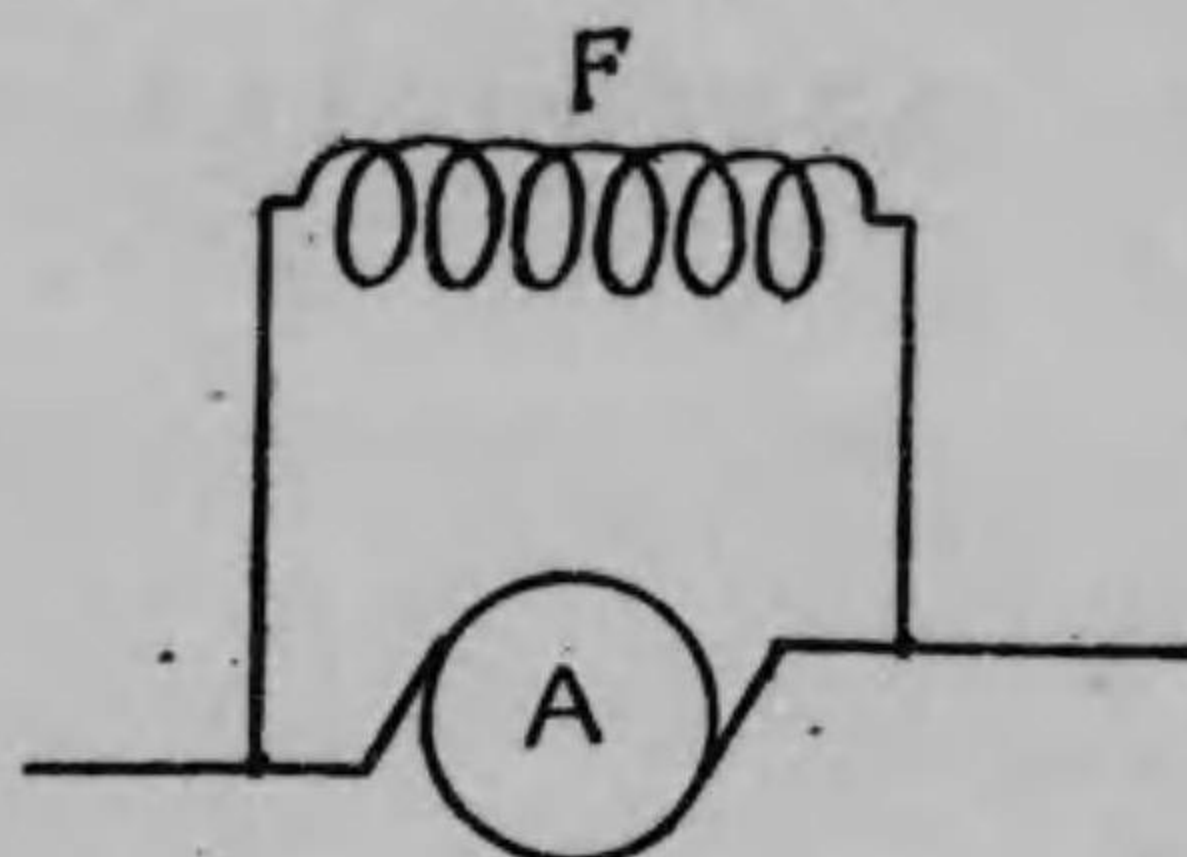
4. 同期電動機 (Synchronous motor) シンクロナス
5. 誘導電動機 (Induction motor) インダクション
6. 整流子電動機 (Commutator motor) コムミュテーター

此中直流用複捲電動機は加動複捲 (over compound) 及差動複捲 (differential compound) の二種に分たれ交流用整流子電動機には交流用直捲電動機 (A.C. Series motor) 反撥電動機 (repulsion motor) 三相整流子電動機 (three phase commutator motor) の別あり。

第 一 節 直 流 用 電 動 機

分捲電動機 (shunt motor) シヤント モーター 此電動機は直流分捲發電機を其儘電動機として使用したるものにして磁界を造る爲の電磁石の coils が回轉部の鐵心に捲かれたる導線と並列に結ばれて供給電路に繋がれたり。

第 三 十 圖



第三十圖は分捲電動機の接續を示す略圖にして A が回轉部を表し F は電磁石のコイル（之を界磁線輪 field coil と言ふ）を示す。

今之に向つて外部より或起電力を作用せしめたりとすれば電流は一方 F を流れて磁極を勵磁すると共に他の一方は回轉部に捲かれ居る導線に流れ入り茲に左手の三指の法則の示すが如き方向に回轉力を生じ回轉を始むるなり。而して其回轉力は常に一定の方向を採らざる可からざるが故に回轉部の鐵心に捲かれたる導線はそれが北極の面前に來りたる時と南極の面前に來りたる場合とに於て電流の方向を一變せしむるが如き装置を必要とす。此装置は刷子及整流子より成り回轉中常に同一方向に回轉力が生ずる如く電流の方向を變更せしむるの役目を爲す。整流作用と稱するは即ち之なり。以下少しく之等各部の構造に就て説明せむ。

分捲電動機の構造 直流電動機の構造は一般に次の各項に分つて説明するを便とす。

〔甲〕 回轉部

1. 整流子 (commutator; コンミュテーター)
2. 電動子 (armature; アーマチュア)

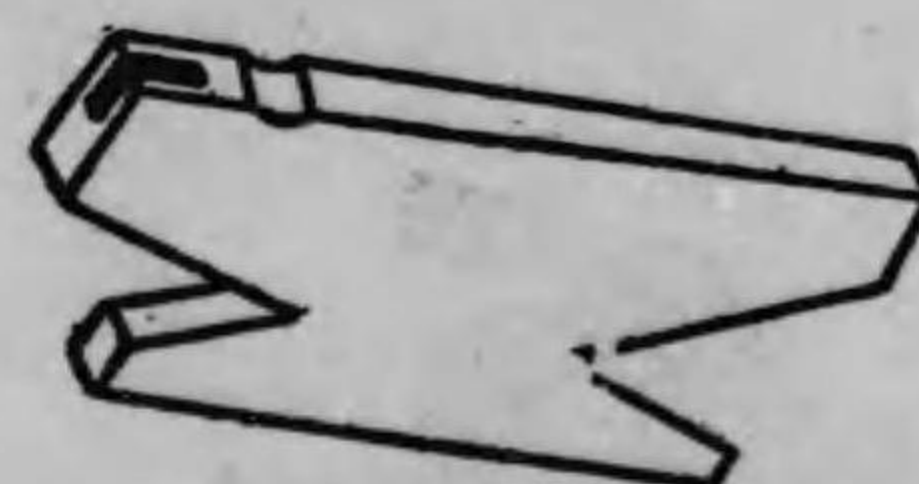
〔乙〕 靜止部

3. 極片及界磁線輪 (ポールピース pole piece 及 フィールドコイル field coil)
4. 轡鐵 (ヨーク yoke)
5. 軸承 (bearing; ベアリング)
6. 刷子承及ロッカー (ブラッシュホルダー brush holder 及 ロッカー rocker)

整流子(コンミュテーター) 整流子とは回轉部鐵心に捲かれたる導線が磁界の中に於て常に一定の方向に力を受けて回轉を續け得る様に電流の方向を變更せしむるための装置にして其構造は機械の大小に依つて等しからざれども大略次の如く極めて簡單なるものなり。

即ち硬銅にて第三十一圖の如き形状の整流子片なるものを作り

第 三 十 一 圖



之を絶縁物にて互に仕切り圓筒形に集め第三十二圖に示すが如く軸に取付けられたる筒形の鑄物を以て締め合せたるものにして其各片及之を保持せる鐵部との間は完全

に絶縁せられたり。絶縁物には主として雲母を用ふ。其理由は此部

第 三 十 二 圖

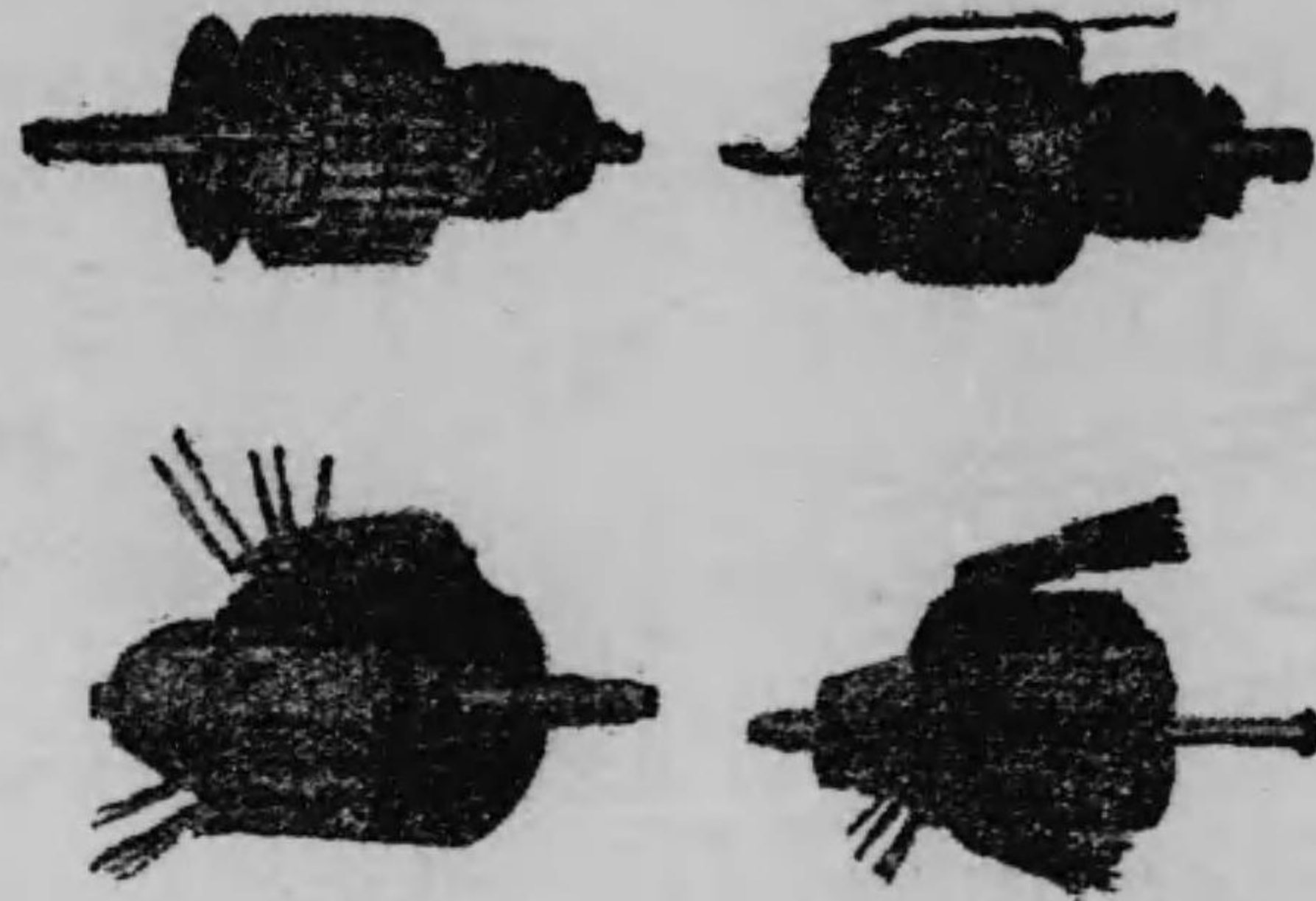


分は電流のために著しく熱せられ且つ火花の發生し易き場所なるを以て其爲に燒焦して絶縁を損するの憂なく且つ最も熱に耐ふる物體ならざる可からざるが故なり。

大なる機械にては熱の放散を助けんために種々なる装置を之に追加せり。其内部に通風を計るための溝或は空隙を設くるが如きは其一例なり。

電動子 (アーマチュア) 電動子とは整流子より電流を享け磁界との働きに依つて回轉力を生ずる部分にして鐵心 (core) と捲線とより成る。鐵心は薄鐵板を重ね合せて作り其周圍に捲線を收むるための溝あり (第三十三圖) 捲線は豫め木の型に捲き付け

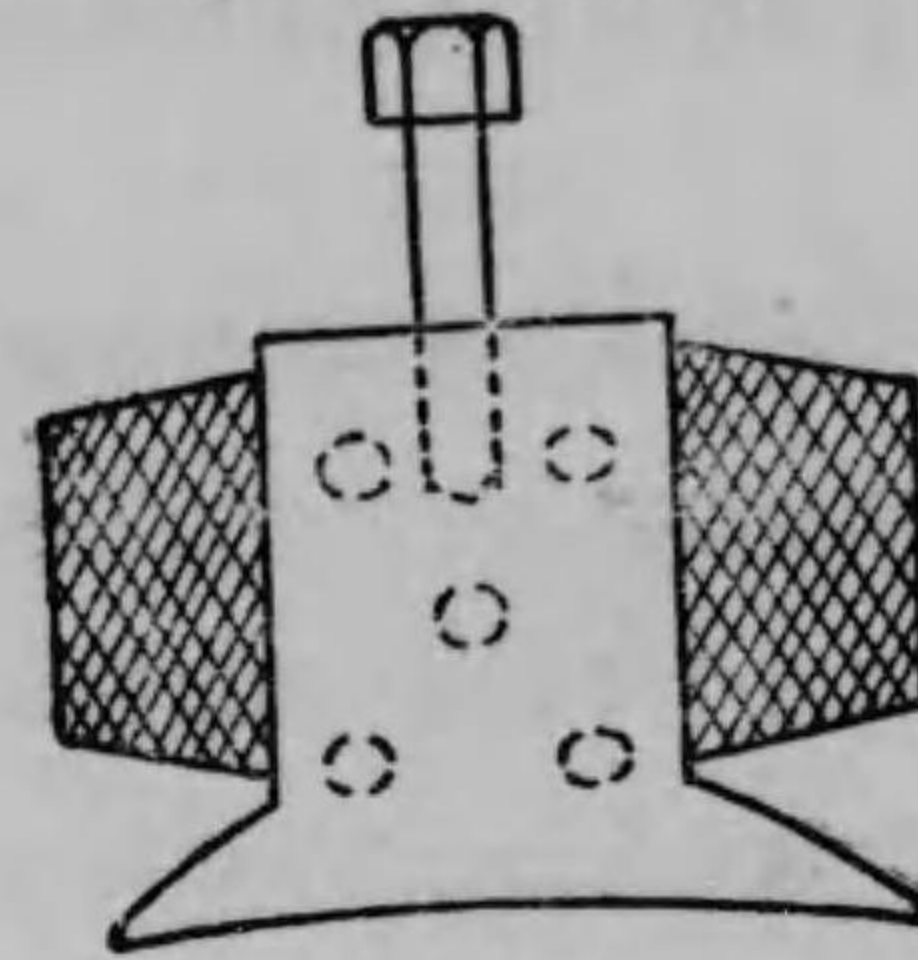
第 三 十 三 圖



て適當の形態になし、後之に收むるものにして其兩端は何れも整流子の定れる者に連結せらる。薄鐵板を重ねて鐵心と爲す理由は變壓器に於けると同様に磁氣の變動のために其内部に渦電流を生じ發熱するを防ぐに在り。

極片及界磁線輪 (ポールピース及フィールドコイル)

第 三 十 四 圖



極片とは磁界を作るための電磁石の極を爲す部分を言ひ第三十四圖に示せるが如き形狀の薄鐵板を重ね合せかして一體と爲したるものにして之に捲線を施しポートに依つて繼鐵に取付くるなり此捲線を界磁線輪と言ふ。

繼鐵 (ヨーク) 機械の外圍を爲す部分にして鑄鐵製なり。

普通環狀をなし其内周にポールピースが取付けられ自身は床板 (bed plate) の上に乗る (第三十五圖)

第 三 十 五 圖



軸承 (ベヤリング) 凡そ如何なる機械にても回轉部のある以上は必ず其軸を支ふる装置を缺く事能はず、此装置を名づけて軸承と言ふ。軸承の備ふ可き要件とも稱す可きは

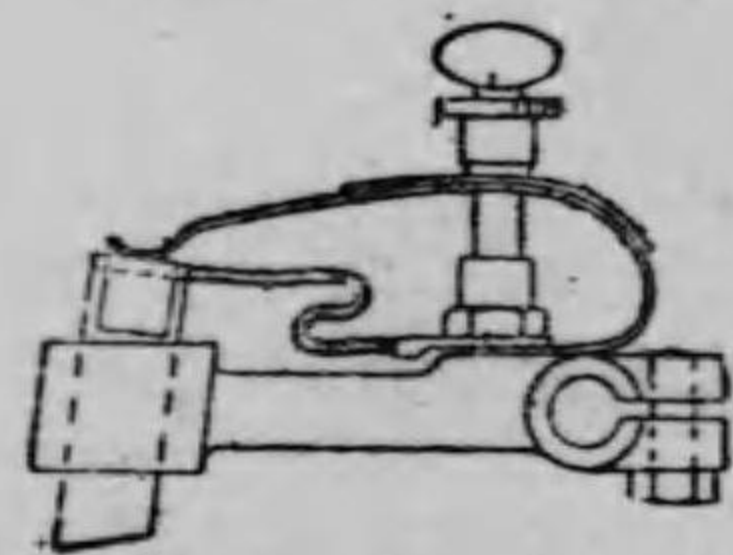
- 1. 摩擦些くして
- 2. 摩滅せず
- 3. 摩滅したる場合にも其修理容易なる事

等なり。摩擦は金屬の種類、仕上げの巧拙等に依つて大に異なる。軸承の軸に接する部分の金物には多く眞鍮、砲金、バビットメタ

ル等が用ひらる。尙摩擦を些からしむる手段としては油の供給を豊かならしむるを緊要とす。油を供給するに一々人手を煩す様にては満足なる結果を得可からざるが故に多くの機械は何れも自動的に注油するの装置を有す。電動機、發電機等は一般に回轉速度大なるを以て軸承の内部に於て軸に環を掛け其下部が油に浸り居る如く爲し置く時は環が軸との摩擦に依つて回轉し油はそれに附着して昇り軸の上部に於て四方に傳り軸承金物と軸との間に浸入し能く其特徴を發揮せしむるを得。環は普通眞鍮を以て造り其内徑は軸の徑の約二倍なり。之をオイルリングと呼ぶ。オイルリングは回轉速度の遅きものならでは効を爲さず。

刷子承及ロツカー 整流子に接觸して回轉中の導線に電流を供給する役目を爲すものを**刷子**と言ひ之を支持する装置を**刷子承**(ブラッシュホルダー)と言ひ多數の刷子承を絶縁物を介して支持し且つ之を動かして刷子の整流子に接觸する位置を變更し得るが如く爲したる装置を名づけて**ロツカー**と言ふ。刷子は多く炭素を以て作られ刷子承は砲金を以て作り彈條の作用に依つて常に

第三十六圖

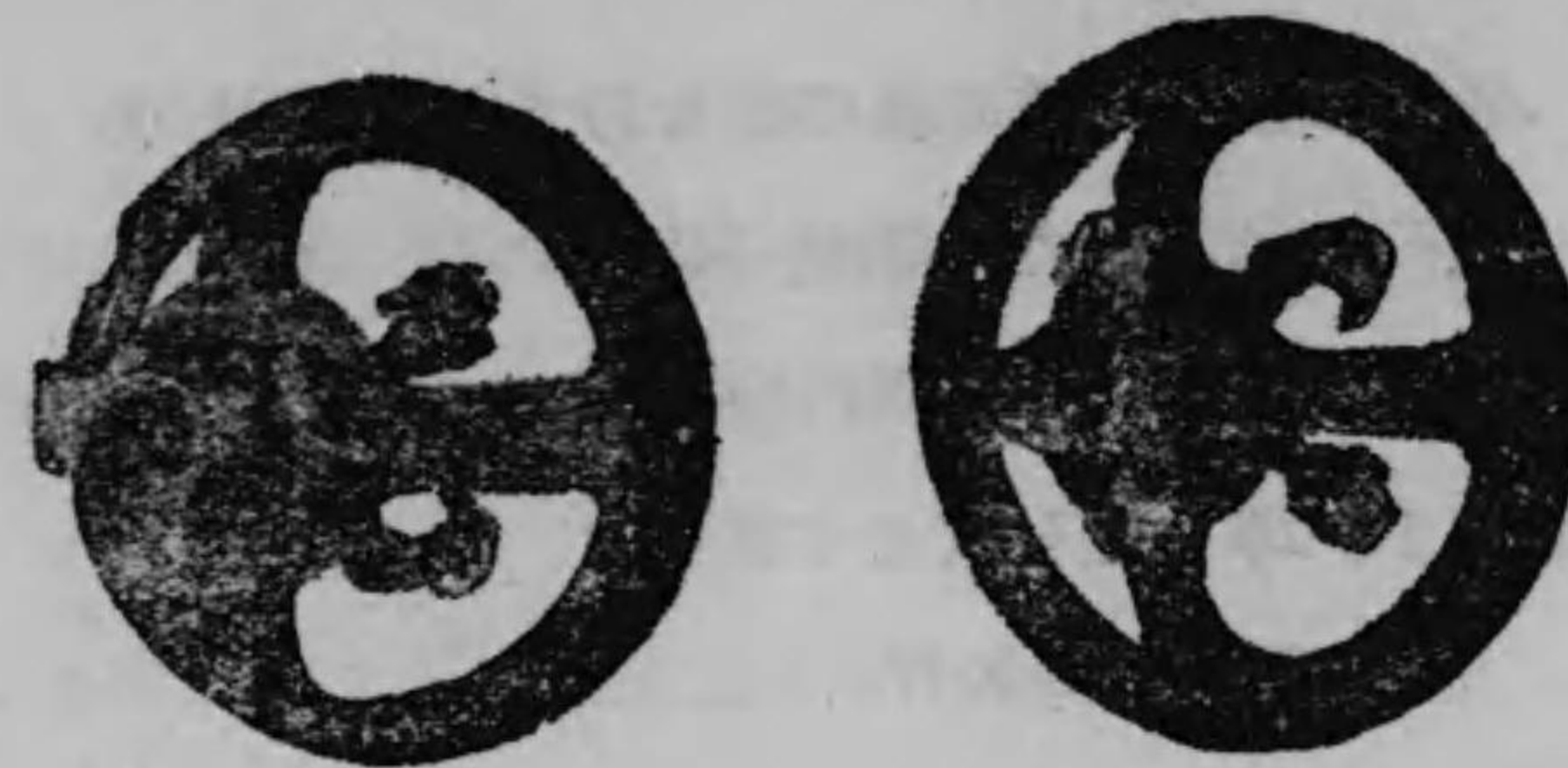


刷子が整流子片に對して適當の壓力を保ち得る如くなせり、第三十六圖は其一例を示し第三十七圖は之を軸承の外圍に取付けたるものにして之が繼鐵の側方にポートにて締め付けらるるなり。小型の機械は多く此

の如き構造より成れども大容量のものにては軸承と繼鐵との間に

嚴重なる装置を以て取付けハンドルを廻して刷子の接觸の位置を變更し得る如くなせり。

第三十七圖



第三十八圖は小型の分捲電動機を分解して其各部を表したるものなり。

第三十八圖



シヤントモートルの特性

1. 反起電力 反起電力即ち電動機が回轉中に誘發する起電力の價は發電機の場合と同様に

- イ 磁界の強さ (磁力線の數を以て表す符號 ϕ)
- ロ 直列に結ばれたる電動子導線の數 (號符 Z)
- ハ 回轉の速度 (一分間の回轉數にて表す符號 N)

の三者に比例す。即ち之を式にて表せば

$$E_c = K \cdot \phi \cdot Z \cdot N \dots \dots \dots (一)$$

茲に E_c はヴォルトにて示さるる反起電力の價にして K は比例の常數なり。

2. アーマチュア電流 電動機を運轉せる間に電動子に流れ入る電流をアーマチュア電流と言ふ。

今アーマチュア捲線の抵抗が 0.03 オームにして引込線の電壓か百ヴォルトなりとすればオームの法則に依つて電動子に流れ入る可き電流は $\frac{100}{0.03} = 3,333$ アムペアの恐しき價を探る可きなれども電動子が回轉すれば其ために反起電力を生じ外部より加ふる起電力に反抗し電流の通過を妨害するが故に電流は左程大なる價には達せざるなり。例へば假りに此場合に反起電力が九十九ヴォルトの價を占めたりとすれば電動子に流れ入る電流は

$$\frac{100 - 99}{0.03} = 33 \text{ amp.}$$

ち僅かに三十三アムペアに止る。

一般に供給電壓が E ヴォルト反起電力が E_c ヴォルト、電動子捲線の抵抗が R_a オームなりとすればアーマチュア電流 I_a は次の式より求むるを得

$$I_a = \frac{E - E_c}{R_a} \dots \dots \dots (二)$$

此 E_c なる價は (一) 式にて明なる如く回轉速度に比例するものなるが故に若し電動機の負荷が増して回轉が遅くなりたりとすれば E_c は減少し式 (二) に於て分子が大となるを以て I_a 即ちアーマチュア電流は従つて増大す。即ちアーマチュア電流は電動機の負荷が増せば自動的に増大するものなり。

3. 回轉力と回轉數 電動機の回轉せんとする力即ち回轉力 (torque) は既に述べたる如く

- イ 磁界の強さ (磁力線の數 ϕ を以て示す)
- ロ アーマチュア電流 (I_a)
- ハ アーマチュア導線の總數 (Z')

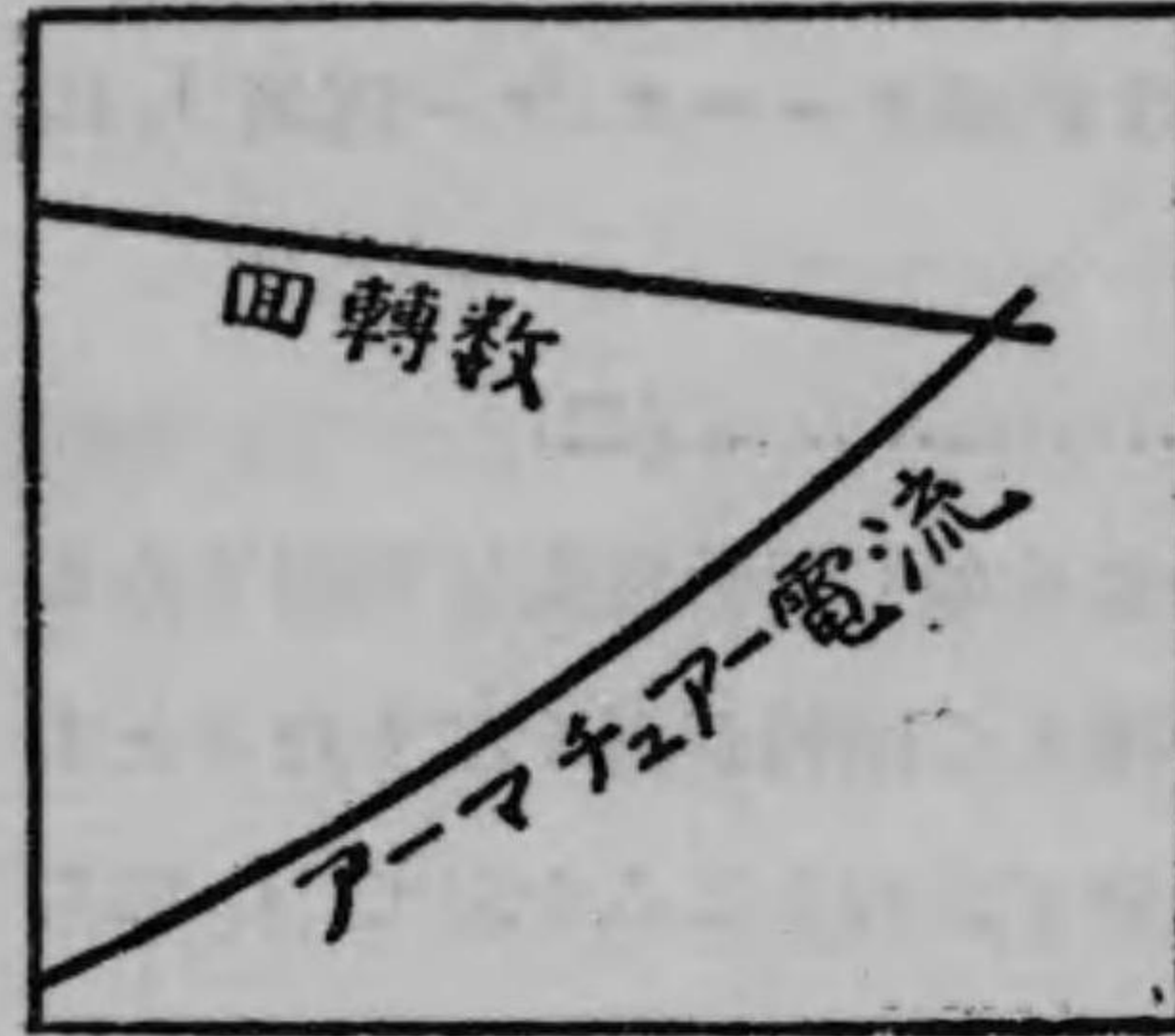
の三者に比例す。即ち之を式で表せば

$$T = K \cdot \phi \cdot I_a \cdot Z' \dots \dots \dots (三)$$

但し T は呎封にて表したる回轉力。 K は比例の常數にして機械の構造に依つて定る價なり。分捲電動機に於ては磁界の強さは常に一定なるが故に負荷が増して回轉が後れアーマチュア電流 I_a が増加したりとすればこれやがて回轉力の増大を來すが故に回轉速度は負荷が増すとも甚しき變化を生ぜざるなり。

今此電動機を電壓一定なる電路に繋ぎて運轉したるものとし其

第 三 十 九 圖

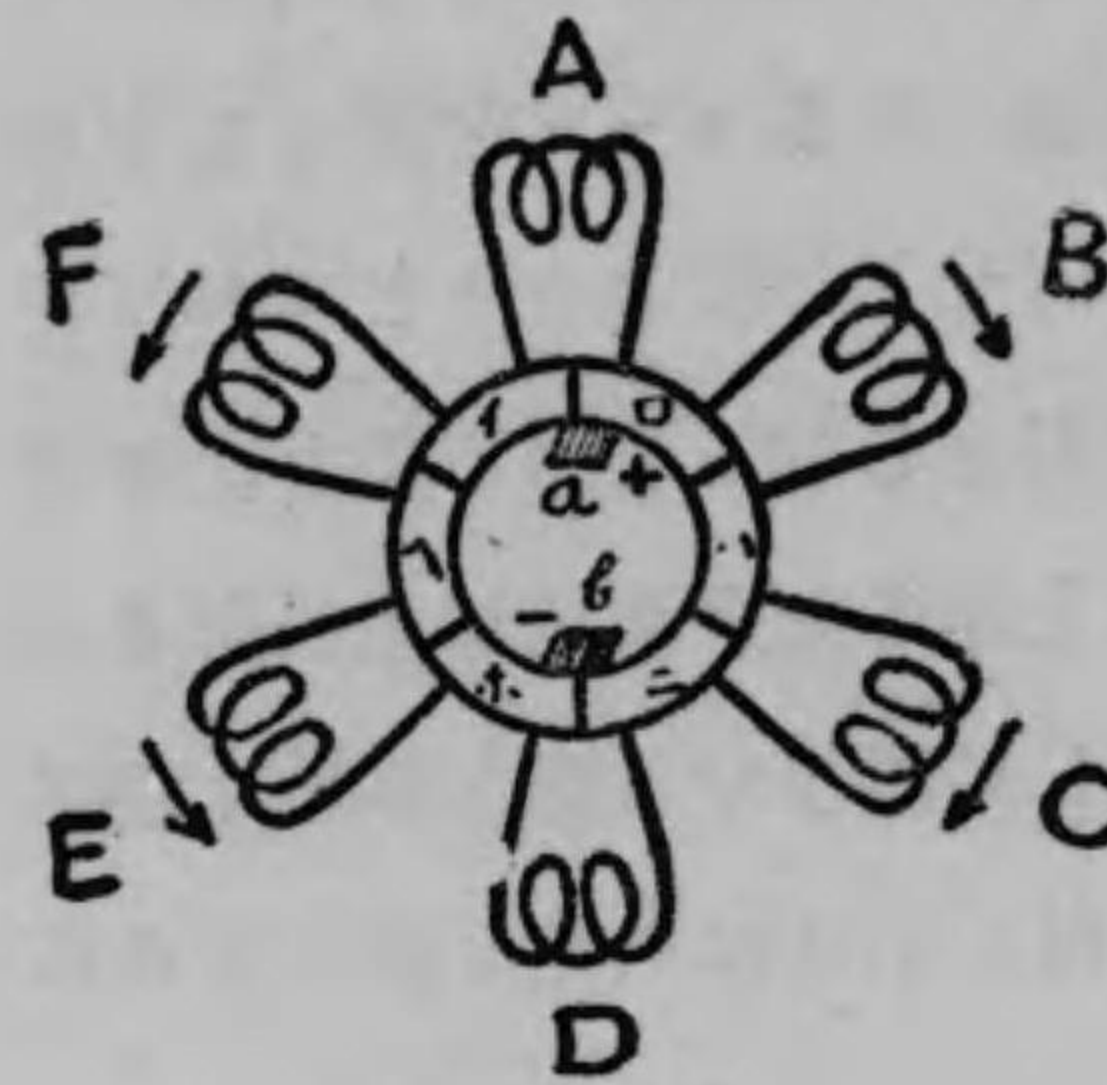


出力に對してアーマチュア電流及回轉數の變化を曲線にて表はせば第三十七圖の如し之を分捲電動機の特性曲線と言ふ。
 此の如く負荷の變化に對して回轉數の變化が割合に些き電動機を一般に等速電動機と言ふ。

4. 整流作用 電動子に捲かれたる導線が常に一定の方向に力を受けて回轉を續くるためにはそれが北極の面前に在る時と南極の面前に來りたる時とに於て電流の方向を變へざる可からず。其要求に應ず可き装置を名づけて整流子と稱するは既に述べたる所なり。整流子の作用は一見簡明なるか如くなれども其内容は甚だ複雑にして電氣諸機械の中に就て設計に製作に而して又取扱に最も困難なるものとして知られたり。

第四十圖に於て A.B.....F は電動子の捲線を示しイロハ.....は整流子片を表す。今刷子 a を陽極 b を陰極としそれが圖の如き位置に在りたる場合を考ふれば電流は a より二途に分れ一方は BC を經て b に出で他は FE を經て b に出づ。而して A と D とは共に刷子に依つて跨がれ短絡せられ居るを以て電流は流れず。然るに若し回轉が進んで刷子 a はロを離れ b はホを離れた

第 四 十 圖



りとすれば今迄電流を知らざりしコイル A と D とに俄かに BE 等の流れ居りたると等しき價の電流が進入せざる可からず。然るにコイルが其電流の通過を許す迄には若干の時間を要するものにしてロが a を離るるや否や直ちに他を流れ居る電流が悉く A を通る事は不可能なり。之長きホースを以て水を送らんとする場合と同様にして栓を開いて水壓を加へたりとするも筒先に水が通ずる迄には相當の時間を要するなり。電氣は運動敏活なりと雖自己誘導作用を有するコイルに流入する際には特に多くの時間を要するなり。整流子片ロが a を離れてコイル A が直ちに全電流の通過を許さざりしが如き場合には多少抵抗は多くとも空間の近路を求めて刷子より火花となりてロに飛び移り電流を持続するに到る。同様にして刷子 b と整流子片ホとの間にも火花を生ず。整流子に起る火花は譬へ微弱なりとも長時間に亘る時は著しき障害を醸すものなるが故に之を防壓するは直流電動機及發電機の何れに於ても極めて緊要なる事項なり。

此火花の發生を防ぐには刷子に依つて短絡され居るコイルが刷子を離れると同時に直ちに其全電流の通過を許し得る如く用意を爲し置けば可なり。其ためにはコイルが短絡され居る間にそれが

刷子を離れてより受くる電流と等しき價の電流が同じ方向に流れ居るが如く爲す事が必要なり。先に述べたるホースを以て水を送る場合なりとも若し豫め之に水を充滿せしめ置きたりとすれば栓を開くや否や直ちに筒先より水を噴出せしむるを得るなり。コイルが刷子に依つて短絡され居る間に上述の如き電流が生じ居るものとすれば恰もホースに水を充滿せしめ置きたる際と等しく刷子を離れても直ちに其全電流を收容し得るが故に火花を發生するの憂を免る可し。

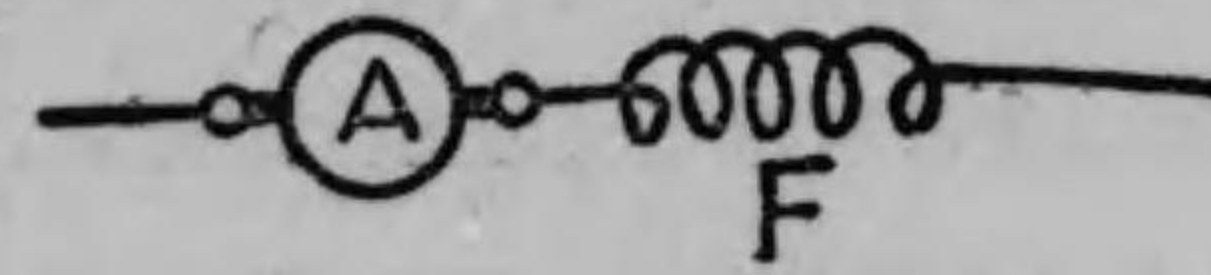
然らば如何にせば斯の如き注文通りの電流を短絡せるコイルの中に生ぜしめ得るやと言ふにそは刷子の接觸する位置を變更する事に依つて約、其目的を達するを得可し。即ち刷子に依つて短絡されたるコイルが全く磁界の外に出でずして尙若干の磁力線を切り得るが如き位置に在りたりとすれば其ために生じたる起電力はコイル内に短絡電流を生ず可し。而して其方向及價は總て其コイルが刷子を離れて後蒙る電流の方向及價と等しからしめざる可からず。刷子は普通それにて短絡されたるコイルが全く磁界の外に在るか若しくは磁力線と平行に運動し起電力を發生せざる如き位置に置かるるものにして此の如き位置を中性帯 (neutral zone) と言ふ。無負荷の場合に於ては此位置に刷子を置いて何等の差し支へ無けれども負荷が加るに従つて此位置にては整流作用困難となり火花を發生するに到るなり。而して其際に刷子を動かす方向は電

之を回轉の方向にづらし電動機の場合には其反對の方向に摺動せしむるを要す。これ刷子を離れて後蒙る可き電流の方向が兩者に於て異ればなり。而して其ずらす可き角度は負荷即ちアーマチュア-を流るる電流の大小に依つて異りそれが増すに従つて其角度を大ならしめざる可からず。故に直流の電動機及發電機は其運轉中に負荷の變化ある時は絶へず刷子の位置に注意して火花の發生を防がざる可からず。ロッカーの構造が把手に依つて容易刷子の接觸する位置を變へ得る様に作られたるは此爲に外ならず。

近來は此手数を除くために整流用磁極と稱する小さき磁極を普通の磁極の中間に掛け之に數回の捲線を施しアーマチュア-と直列に結び其電流を以て勵磁せしめ刷子に依つて短絡されつゝあるコイルには其磁極の作る磁力線を切りて短絡電流を生ぜしむるが如くなせり。然る時は負荷が増せば磁極が強まり従つて短絡電流も増へて刷子の位置を變へずとも整流に困難なきを得るに到る。此の如き装置を有する機械を名づけて **中間磁極型** (Inter pole type) と稱し整流作用に對する一大改良として知られ現今製作せられつゝある直流機には殆ど此設備なきものを見ざるに到れり。

直捲電動機 (シリーズ、モートル) 直捲電動機は主として電車に用ひらるるが故に一名**電车用電動機**の稱あり。磁界を作るための捲線が回轉部の捲線と直列に連結せられ居るを以て直捲と稱せらる。第四十一圖は此電動機を表す略圖にして A が電動子。I が界磁線輪なり。

第四十圖



構造は大體先に述べたる
分捲電動機と同様なれども
此モートルは主として電車

の車臺の如き狭き場所に取り付けられ震動も激しく雨水塵埃等の侵入の恐ある場所に用ひらるるが故に外形自ら他と異なる。其詳細に就ては電気鐵道、電気機械等の範圍に屬するが故に茲には之を省略す。

直捲電動機の特性 直捲電動機と分捲電動機との構造の相違は單に其界磁線輪が回轉部の捲線と直列に接続せられたると並列に結ばれたるとに過ぎざるが其運轉の性状に至つては霄壤も唯ならぬ相違あり。

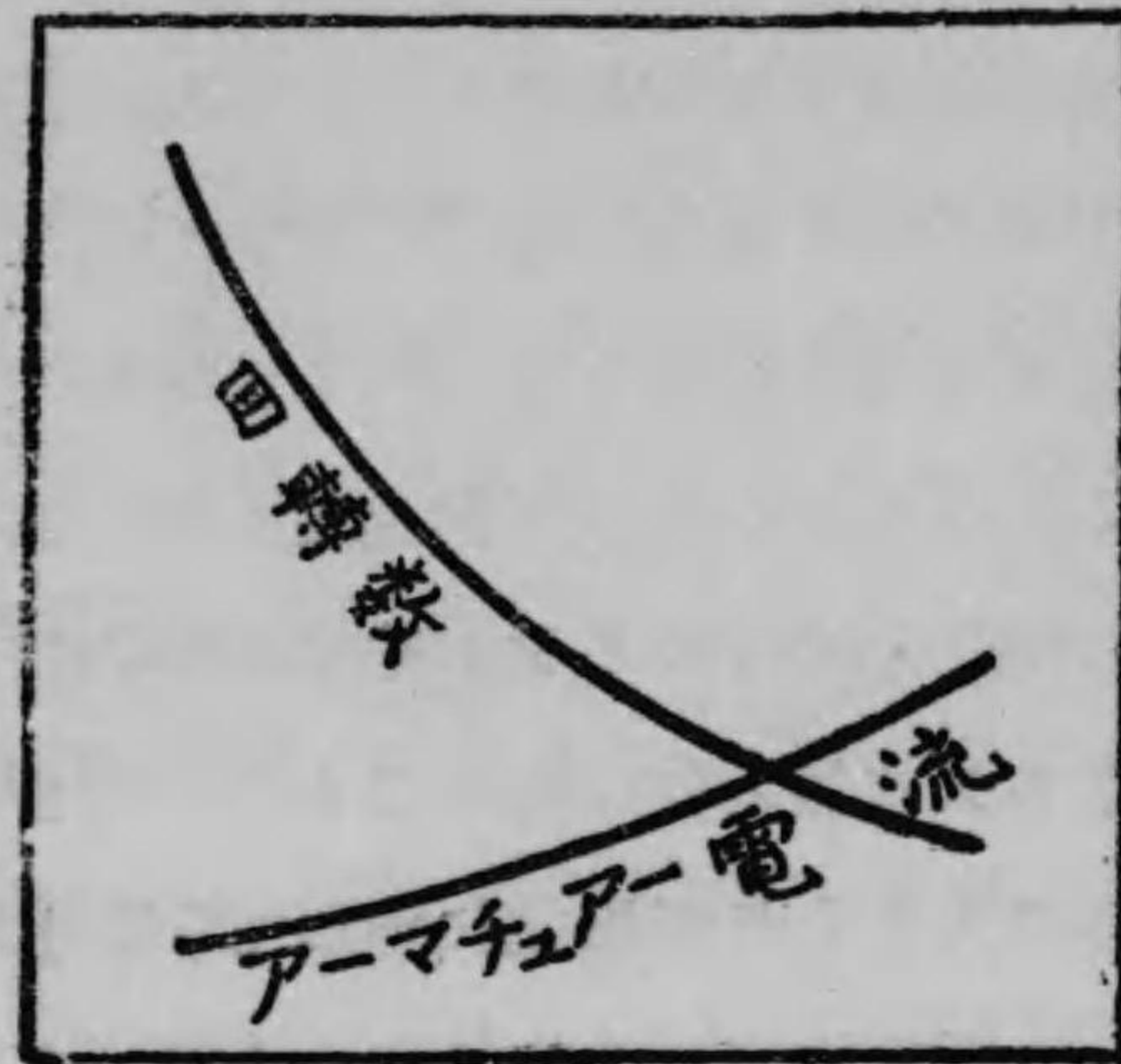
先づ反起電力の方面より考察せむに分捲電動機に於ては磁界の強さは常に一定なりしを以て反起電力の價は回轉數にのみ比例するものと考ふる事を得たりしが直捲電動機に在りては「アーマチュア」に流れ入る電流が勵磁作用を營むが故に負荷の變化のために「アーマチュア」電流に變化を生ずれば従つて磁力線の數にも變化を來し反起電力は單に回轉數にのみ比例するものと考ふるを得ず。依つて先づ「アーマチュア」電流が如何なる状態に變化を爲すやを考究せむとす。

電動機が回轉中に電動子に流れ入る電流は荷重に依つて變化す可きは當然にして電動機の爲す仕事は即ち電氣の仕事にして電氣の仕事は電壓と電流との積を以て表し得るが故に一定電壓の電路

に於て運轉せる電動機の負荷が變れば電流も亦従つて變化せざる可からざるなり。分捲電動機に於ては「アーマチュア」電流は殆ど負荷に比例して變化すれども直捲電動機に於ては然らず。即ち直捲電動機が運轉中に荷が増したりとすれば其爲に回轉が遅れ反起電力が減じて電流の侵入を増す事は前者と同様なれども後者に於ては界磁線輪が電動子と直列に結ばれ居るを以て電流が増せば従つて磁力線が増加し其結果反起電力を恢復せしむるが故に回轉は遅くなりたるまゝにても反起電力を恢復し電流の増大を防ぎ得るなり。而して又之を電動機の爲す仕事と言ふ例より考察するも負荷が増して大なる回轉力を要求せる際に回轉速度が遅くなるの一事は其爲す仕事に左程の變化を來さざるを意味するものにして電流に大なる變化を生ぜざる又當然と言ひ得るなり。尙少しく詳細に説明せむに總て仕事は力とそれが抵抗に逆つて移動したる距離との積を以て表さる。電動機の場合に於て力と稱するは言ふ迄も無く其回轉力即ち「トルク」の事にしてそれが負荷即ち廻さじとする抗抵に逆つて回轉するが故に仕事が爲さるるにして移動する距離は即ち回轉數を以て表すを得べし。故に電動機の爲す仕事は回轉力と回轉數との積に比例す。されば負荷が増して大なる回轉力を要求せる際に回轉數が減じ負荷が軽くなりて回轉力が小にて足る場合に回轉數が増加するものとすれば結局電動機の爲す仕事は負荷の大小に關せず大差なきに到る。故に之を一定電壓の電路にて運轉せるものとすれば電流は負荷の大小に依

つて甚しき變化を生ぜざる可し。尤もこは眞に其大要を述べたるに止るものにして回轉數が正確に負荷に逆比例するものとすれば電動機の出力は常に一定なる可きなれども事實は必しも正確に逆比例するに非ざるを以て同じ状態の許に運轉して次第に出力を變更せしむるを得べし。第四十二圖は横軸に出力を採り縦軸に

第 四 十 二 圖



回轉數及電流を求めたるものにして回轉數の變化は出力に對し直角双曲線を以て表さる。之を名けて直捲電動機の特種曲線と言ふ。

直捲電動機が電車の如く負荷の變化の激しき處に愛用せらるる理由は主

として上述の如く負荷に應じて速度が自動的に變化するの特徴あるが故にして其爲に發電所に於ける發電機の負荷を著しく均一ならしむる事を得るなり。

若し電車に分捲電動機を用ひたりとせんか。そは負荷の輕重如何を問はず常に一定速度に回轉を持続せむとするが故に發電機よりは常に電車に加る負荷に比例して變化する電流を供給せざる可からざるなり。即ち電車の乗客が一人減じても其影響が發電所に迄波及するに到る。之技術上並びに經濟上に於て忍ぶ可から

ざる大問題なり。直捲電動機を用ふれば負荷の變動は其速度の自動的調整に依つて甚だ寛和せらるるを以て發電機をして比較的均一の負荷の許に運轉し得るなり。

尙一つ見逸す可からざる直捲電動機の特徴は起動に際して比較的僅少の電力を以て多大の回轉力を現し得る事之なり。分捲電動機に在りては磁界の強さは常に一定なるを以て回轉力は單に「アーマチュア」電流にのみ比例すれども直捲電動機に在りては磁界が又「アーマチュア」電流に殆ど比例して變化するか故に回轉力は「アーマチュア」電流の二乗に比例して變ると考ふるを得べし。されば分捲電動機を用ふれば十倍の回轉力を出さしむるには十倍の電流を必要とすれども直捲電動機を以てすれば三倍乃至四倍の電流にて十倍の回轉力を出し得るなり。此特性が電車の如く負荷の變動定りなく停車發車の頻繁なる装置に用ひて如何に有效なるかは多く説明を要せざる可し。

誘導電動機 (インダクションモートル) 誘導電動機(第四十三圖)は各種工場の動力用として最も弘く使用せられつゝあり。其構造の簡單にして従つて價格の低廉なる及び取扱の容易なる事他に其比を見ざるなり。其原理とするは交番電流に依つて廻轉する磁界を生ぜしめ之が廻轉部に捲かれたる導線に作用して電流を生じ以て廻轉力を出さしむるに在り。運轉中の性狀は直流の分捲電動機に似たる點多し負荷の變化に對し速度のあまり變らざる所謂定速電動機に屬す。交番電流に依つて廻轉する磁界を生ぜし

第 四 十 三 圖

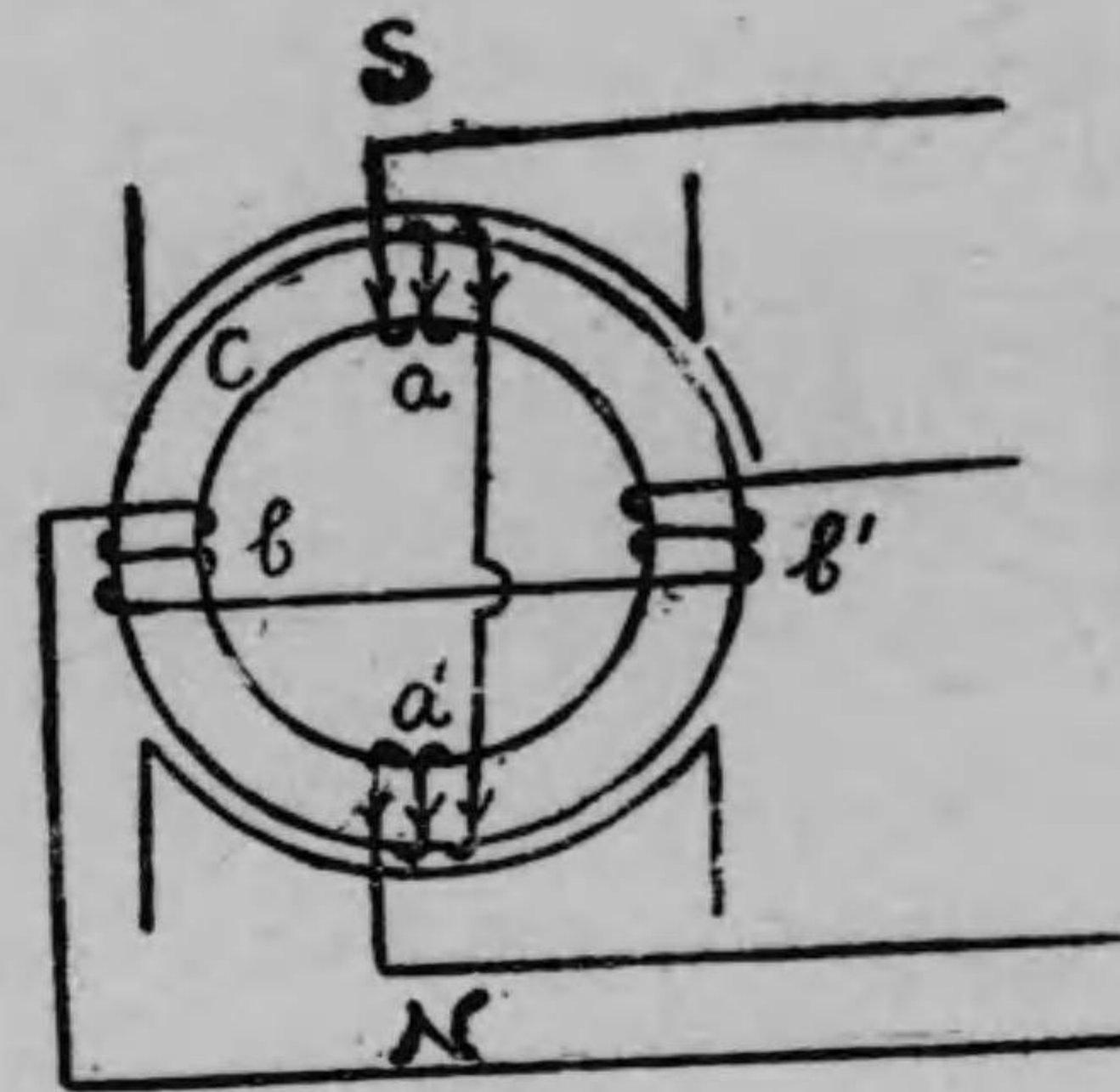


むるは千八百八十八年佛
 國に於ては「フエラリ
 ス」先生米國に於ては
 「ニコラテスラ」先生が殆
 ど同時に全く個々に發見
 せりと言ふを以て名あ
 り。次で千八百九十年獨
 逸の「ドブロウオルスキ
 ー」氏が三相交流及三相
 誘導電動機を創作し茲

に多相交流及交流電動機の漸く世に知らるるに到りしなり。之れ
 實に電力の應用及分配上に一大革新を齎したるものと言はざる可
 からず。

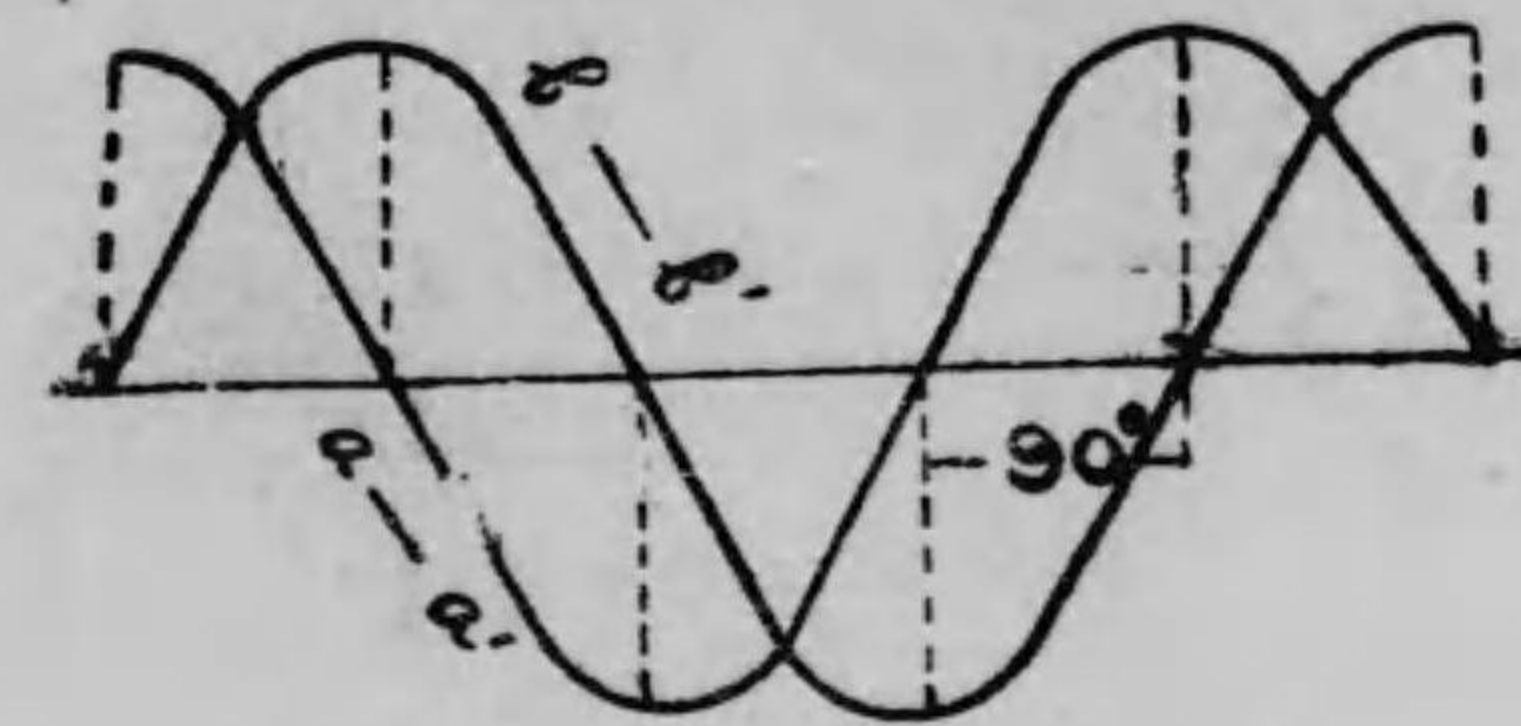
二相交流 (ツーフエーズ、カーレント) 誘導電動機の説明は先
 づ廻轉磁界の解説より始めざる可からず而して廻轉磁界の説明に
 は多相交流の知識を必要とす。多相交流の中に就て最も入り易
 きを二相交流と爲す。今第四十四圖に示せるが如く環狀の鐵心
 c に二組の「コイル」aa'bb' を互に直角に捲き之を磁極 NS の間
 に於て廻轉せしめたりとすれば兩「コイル」には共に交番起電力
 を發生す。然し aa' に最大の起電力が起るが如き際には (圖の
 如き位置) bb' は磁力線を切らざるが如き位置に在るが故に電壓
 は起らず。同様にして bb' の起電力が最大に達したる際に於て

第 四 十 四 圖



は aa' の起電力は零なり。故に兩者の誘發する起電力を曲線に
 て表せば第四十五圖の如し。此の如く周波數相等しくして互

第 四 十 五 圖

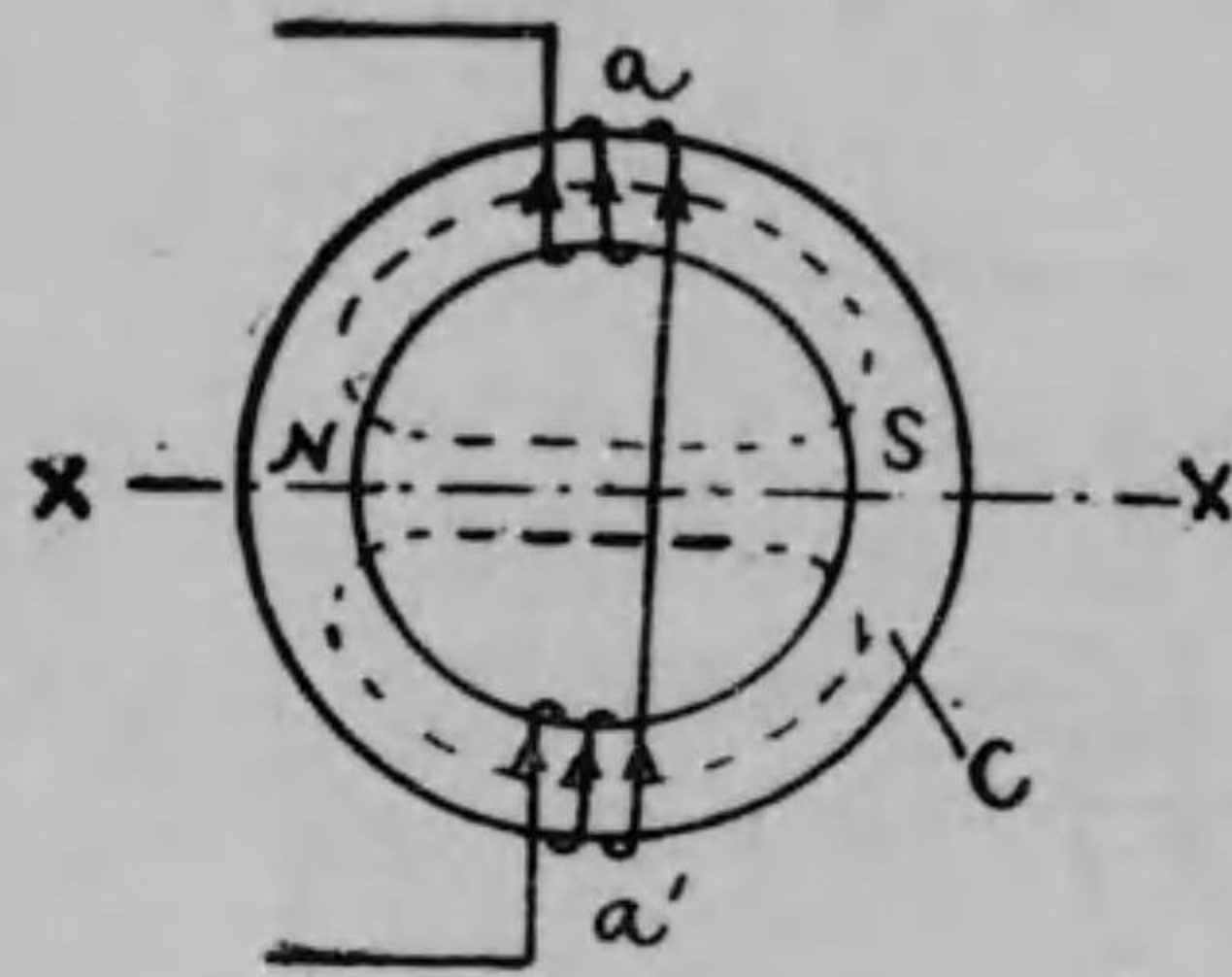


に九十度の位相差を
 有する二組の交流を
 名づけて二相交流
 ツーフエーズカーレント
 (two phase current)
 と言ふ。即ち二相交
 流は普通四本の針金

を以て輸送せらるゝものにして其中の二本に aa'。他の二本に
 bb' なる電流が流るるなり。稀には之と三本若しくは五本の針金
 にて導く事あれども茲にはそれ等を論せず。

廻轉磁界 (レヴオルヴァイングフキールド) 今第四十六圖に示

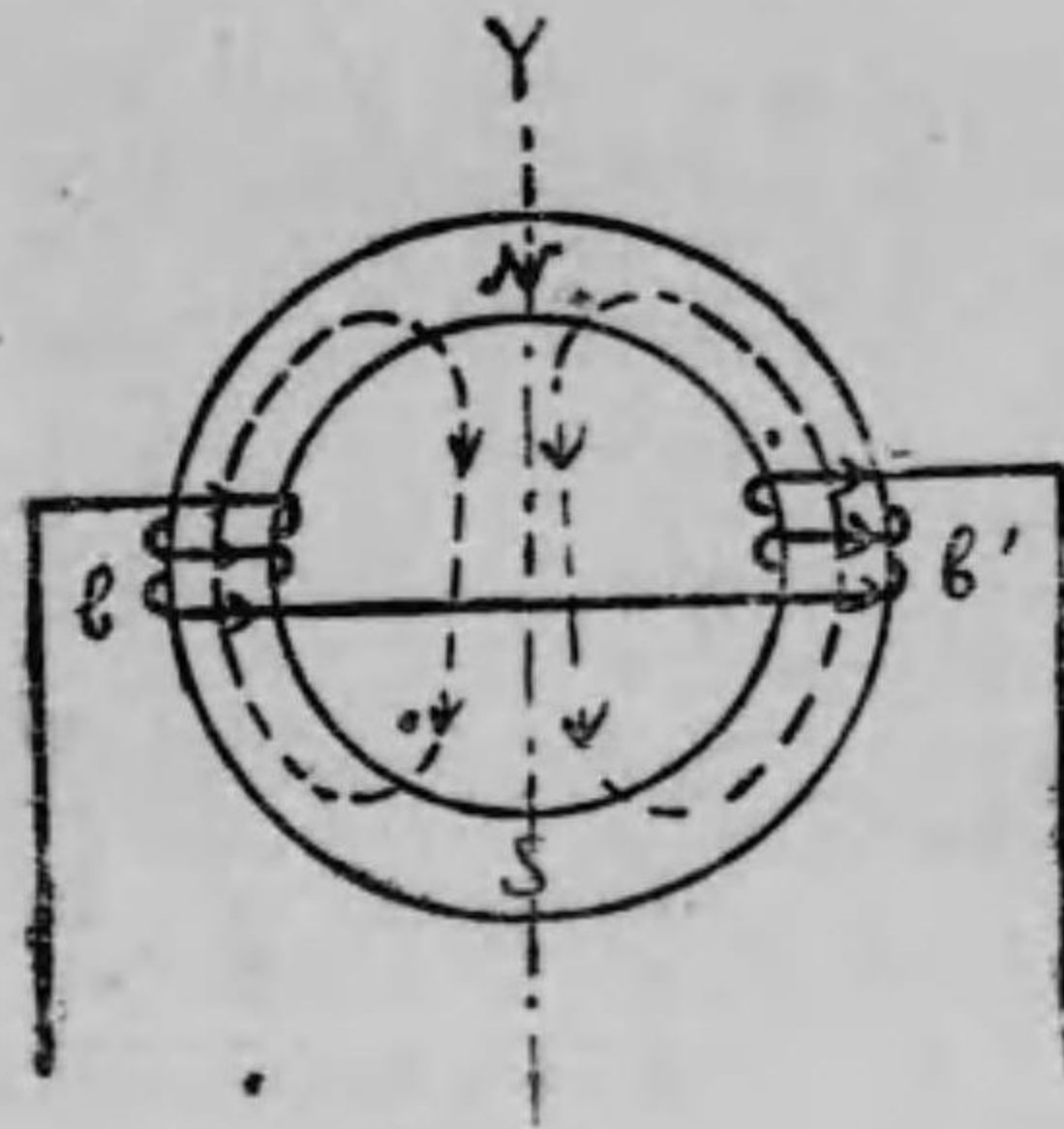
第 四 十 六 圖



せるが如く鐵環 C に aa' なる捲線を施し之に交流を送りたりとすれば其爲に生ずる磁力線は圖の點線にて示せるが如き位置を占む。依つて電流の變化に伴ふ磁界の方向及強さの變化は之を XX' 軸上に表すを得べし。

同様に第四十七圖に於て bb' なる「コイル」に交流を送れば

第 四 十 七 圖

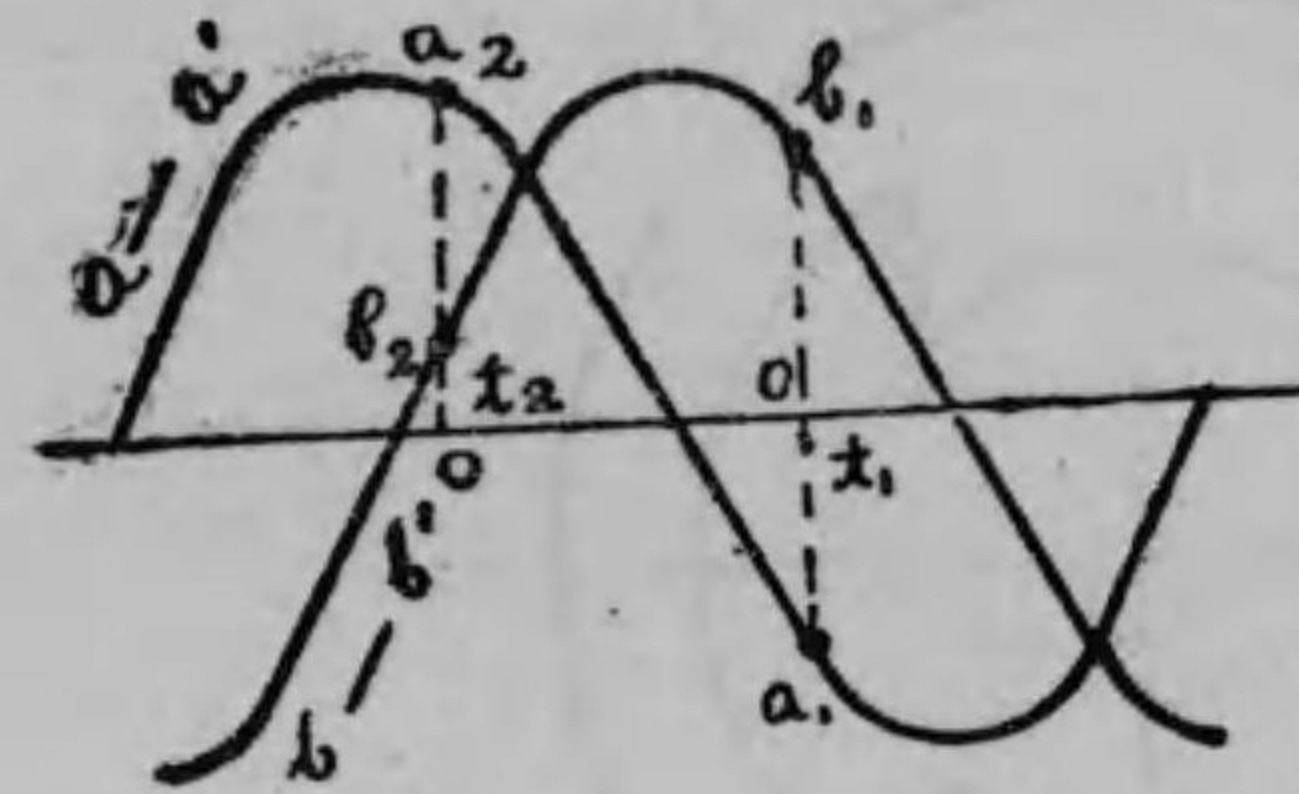


其爲に生ずる磁界は YY' 軸上に於て盛衰す。

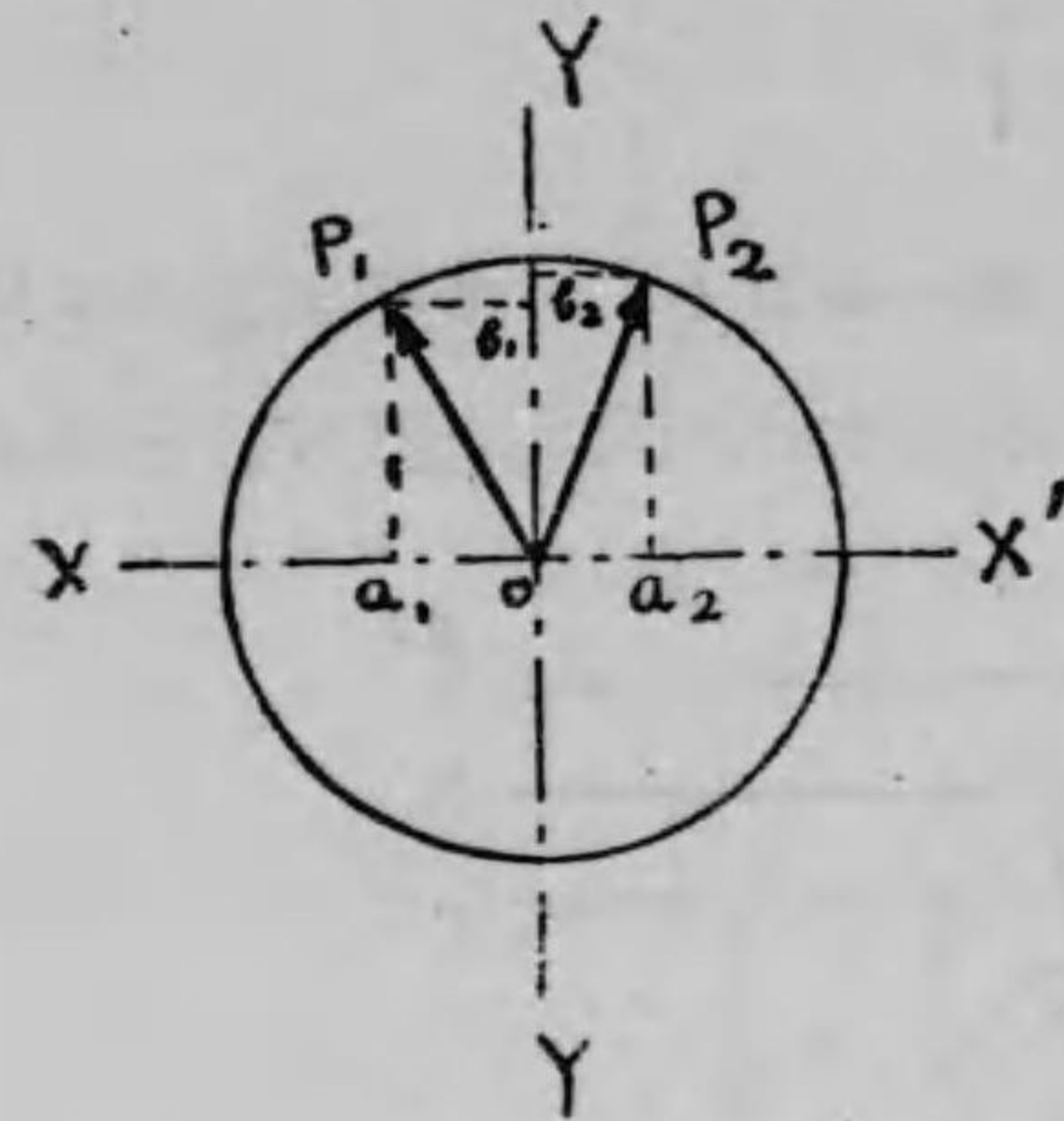
依つて今兩「コイル」を同一鐵心に施し之に二相交流の各一相を供給したるものとすれば内部に生ずる磁界の強さ及方向は常に兩者の合成に従はざる可からず。今任意の時刻 t_1 (第四十八圖) に於て「コイル」 aa'

には oa_1 「コイル」 bb' には ob_1 なる電流が流れたりとすれば其爲に生ずる磁界は第四十九圖に示せるが如く XX' 軸上に oa_1 YY' 軸上に ob_1 なる價を有するが故に其合成は OP_1 にて示さるる方向及價を有せざる可からず。次に他の任意の時刻 t_2 に

第 四 十 八 圖



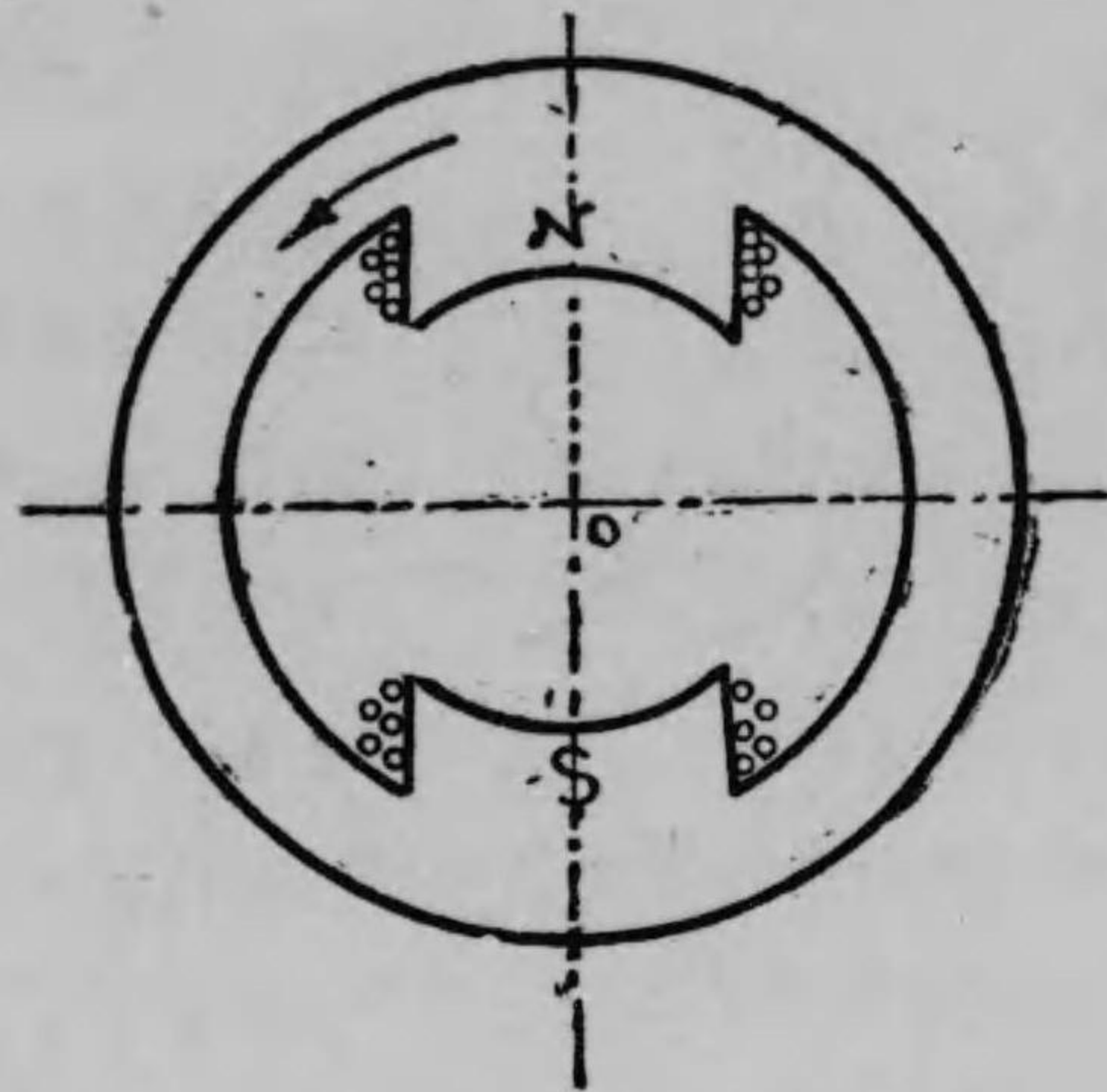
第 四 十 九 圖



於て考ふれば aa' には oa_2 bb' には ob_2 なる電流が流るるを以て其爲に生ずる磁界は XX' 軸上に oa_2 YY' 軸上に ob_2 にして其合成は OP_2 なり。即ち其價は OP_1 に等しく唯方向が變せるのみなるを知る。此様にして總ての時刻に就て合成磁界の方向及價を求むる時は其價は常に一定にして方向のみが電流と同一周期を以て同一方向に一定の速度を以て廻轉しつゝあるを知り得べし。

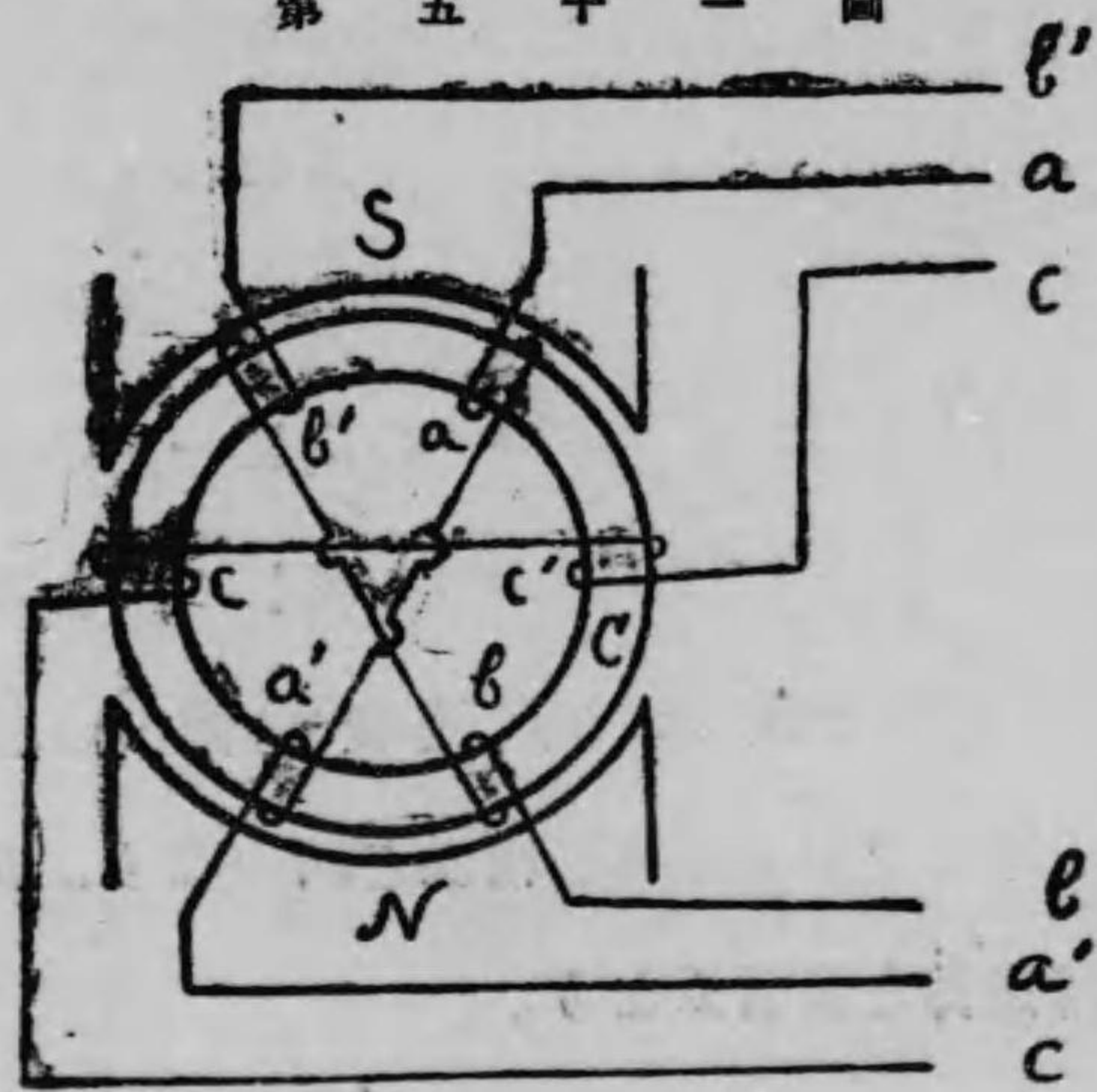
其狀は恰も第五十圖の如き直流發電機の磁極を外力を以て廻轉せしむる際に生ずる磁界の様と同一なり。此の如き磁界を名づけて廻轉磁界とは言ふなり。

第五十圖



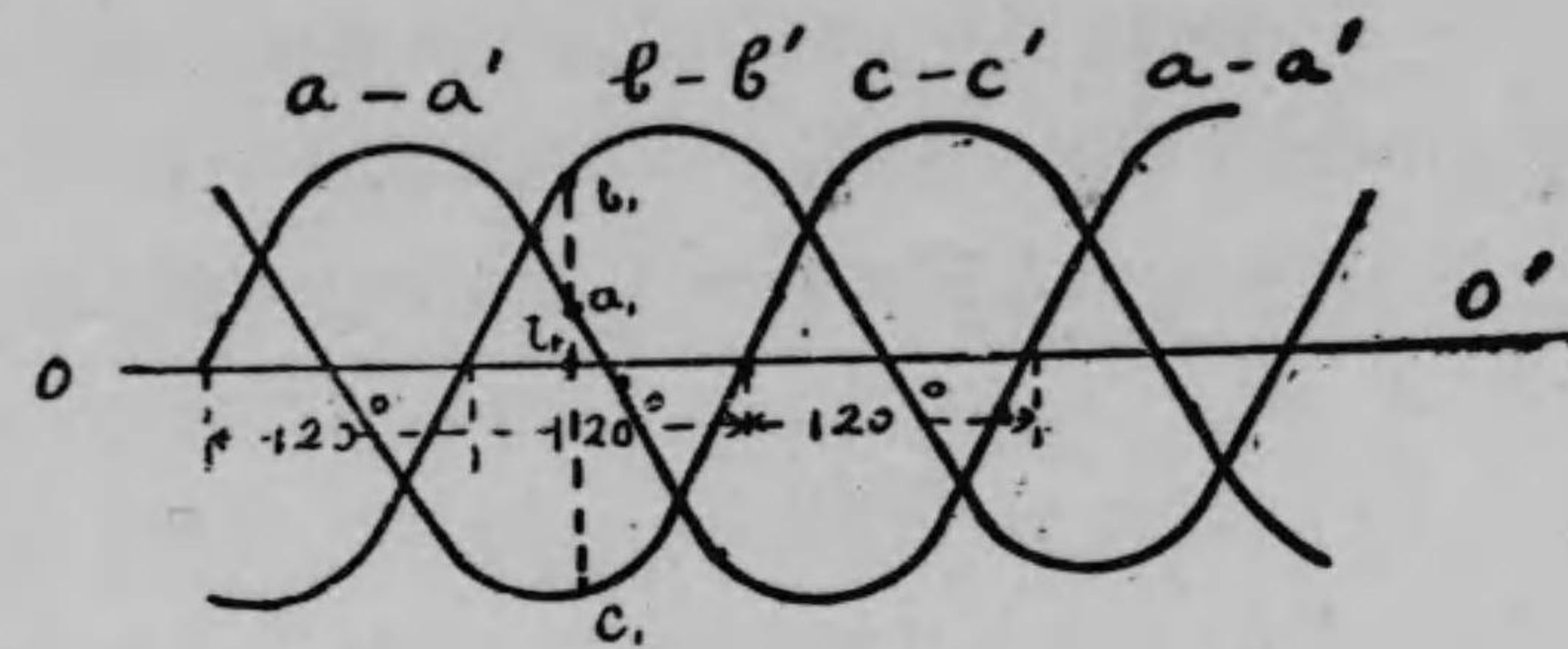
三相交流（スリーフェーズ、カーレント） 多相交流の中に就て現今最も廣く採用せられつゝあるを三相交流となす。三相交流

第五十一圖



とは第五十一圖に示すが如く鐵心に互に百二十度宛の傾角を爲す三組の「コイル」を捲き之を廻轉せしめたる際に生ずる三組の交流を言ひ其状態は第五十二圖に示せるが如く周波數相等しく位相

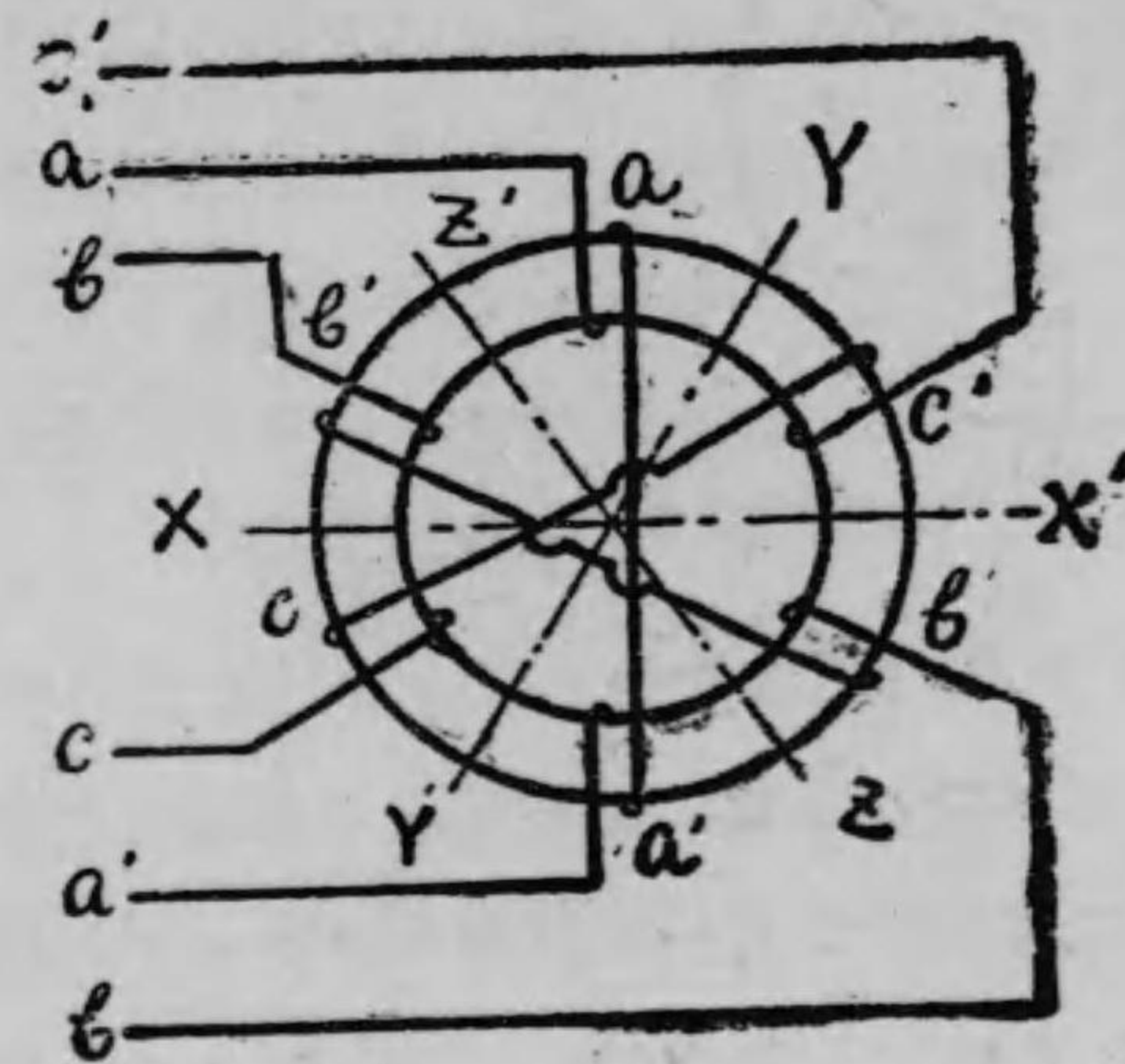
第五十二圖



差互に百二十度を有す。

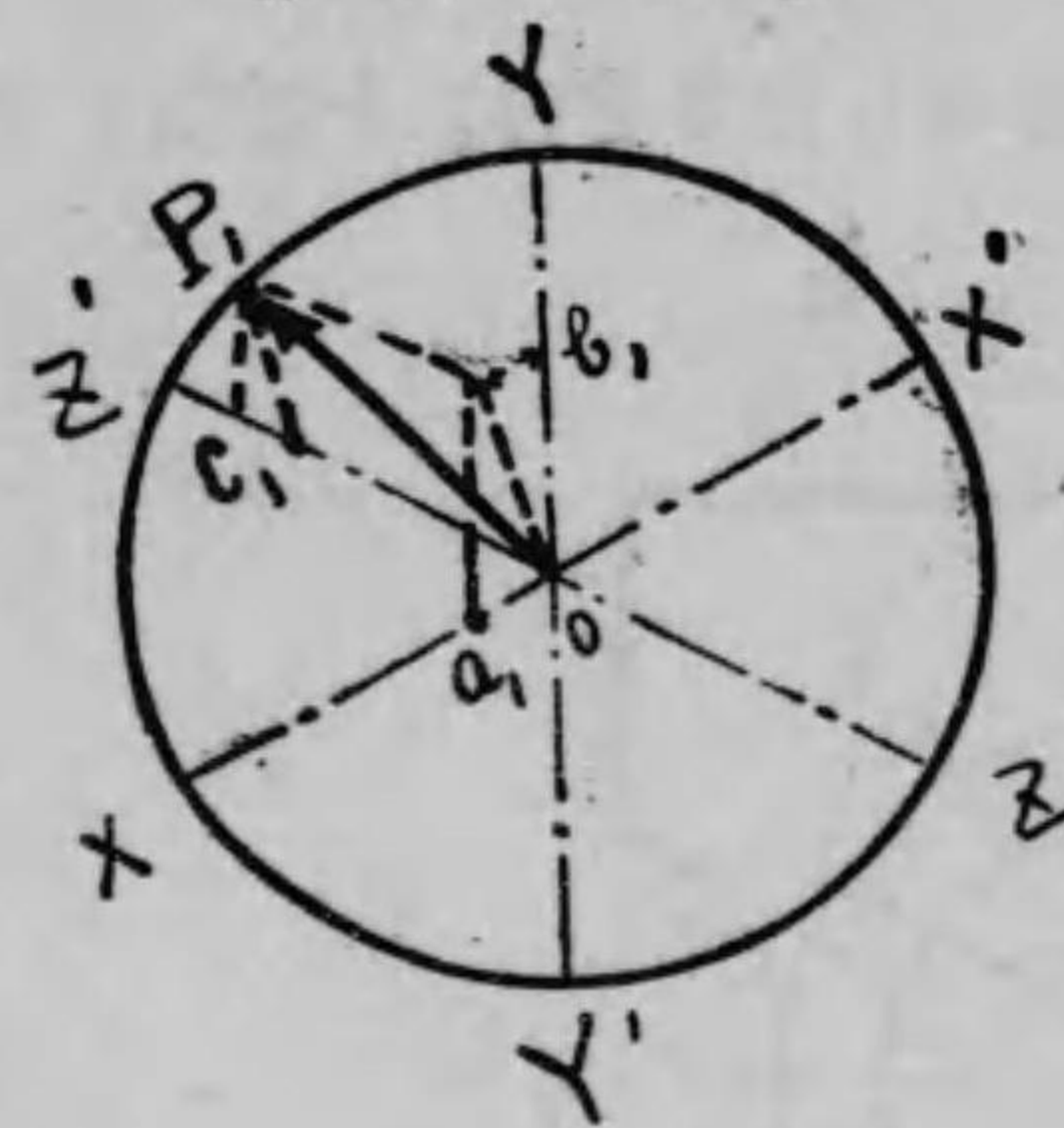
三相交流に依つても亦廻轉磁界を作らしむるを得。今第五十三

第五十三圖



圖に示せるが如く鐵環に aa' , bb' , cc' なる三組の「コイル」を互に百二十度宛の傾角を爲す様に捲きて各々に三相交流の各一組を供給したりとすれば aa' の爲に生ずる磁界は XX' 軸上に、 bb' の生ずる磁界は YY' 軸上に、 cc' 「コイル」に依つて生ずる磁力線は XX' 軸の方向に夫々盛衰を爲すが故に此等の合成は第四十九圖と同一の方法に依つて求むるを得べし。例へば第四十九圖に於て t_1 なる時刻の際を考ふれば aa' には oa_1 , bb' には ob_1 , cc' には oc_1 なる電流を有するが故に XX' 軸上に oa_1 , YY' 軸上に ob_1 , ZZ' 軸上に oc_1 なる磁力が表れ其合成は第五十四圖に示せるが如く OP_1 となる。

第五十四圖



同様にして他の任意の時刻に就て考ふるも常に其合成の強さは OP_1 に等しくして唯其方向が變ずるのみなるを知り得べし。而して其一廻轉は電流の一周波の間に爲さるるが故に若しそれを五十「サイクル」とすれば磁界は一分間に三千廻轉を爲すべし。

三相交流の Y 形 (或は星形) 及 Δ 形 (或はデルター) 接続。

三相交流を述べたる序でに尙其電路の接続法に就て一言せんとす。接続法に二種ありて其一を星形「スター」と稱し他を三角形「デルター」と言ふ。三相交流の各線を流るる電流の價は圖を見

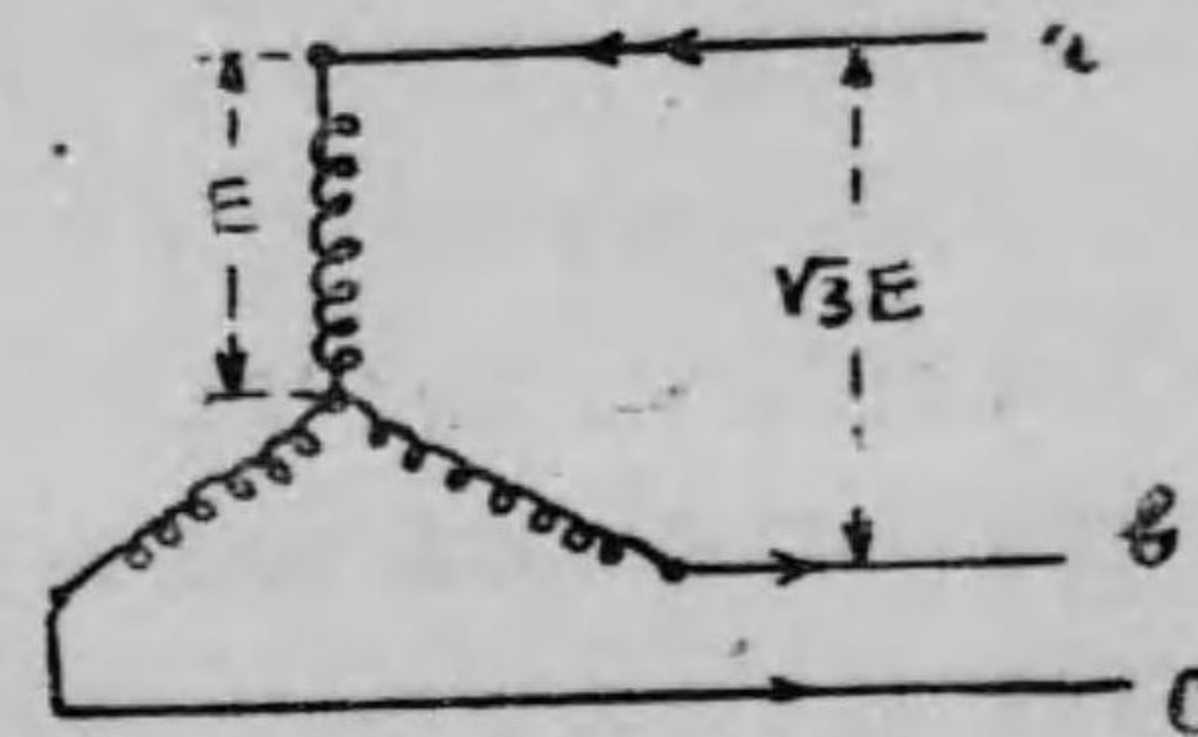
ても明なるが如く各相の負荷が平均せる場合には各線を流るる電流の同一瞬間に於ける價の代數和は常に零なり。即ち第五十二圖に於て軸 oo' より下の方を負、上の部分を正として其代數和は求むれば常に零なり。例へば t_1 なる時刻に於ては

$$oa_1 + ob_1 - oc_1 = 0$$

故に六本の針金の中 $a'b'c'$ の三線は之を互に連結すれば其中には三組の交流が重り合つて流るる形となり其重る場合には常に其價零となるが故に結局其線には電流が流れざる事となり之を省略し得るに到る。即ち斯くすれば電流は一本の線より他の二線へ分流するの形となり三相交流の形式には何等の變態をも醸ざるなり。

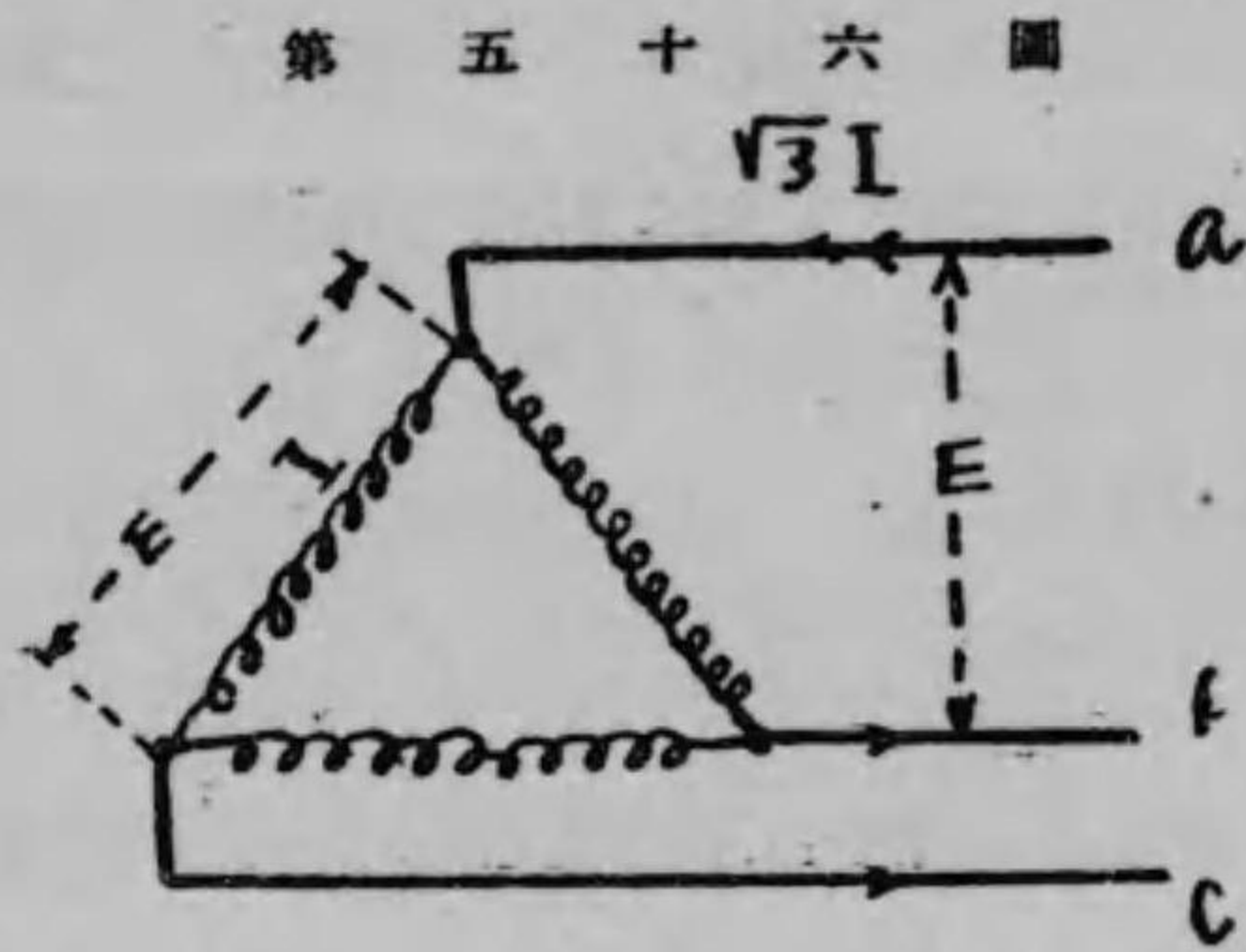
故に三相交流は三本の針金に依つて完全に之を傳送するを得るものにして此の如き結線法を名づけて三相交流の Y 形或は星形接続と言ふ。此際は各線間の電壓は各「コイル」の間の電壓 (之を各相の電壓と言ふ) の $\sqrt{3}$ 倍となる (第五十五圖) 參照。

第五十五圖



又三組の「コイル」が誘發する起電力の瞬間値の和も亦常に零

なるを以て此等の各「コイル」を第五十六圖に示せるが如く互に



直列に環状に接続するも
 其間には電流をを生せ
 ず。斯くして其三個の
 接続点へ三線を結びて三
 相交流を導く方法あり之
 を三相交流の△形結線
デルタ コネクション
 (delta connection) と言ひ

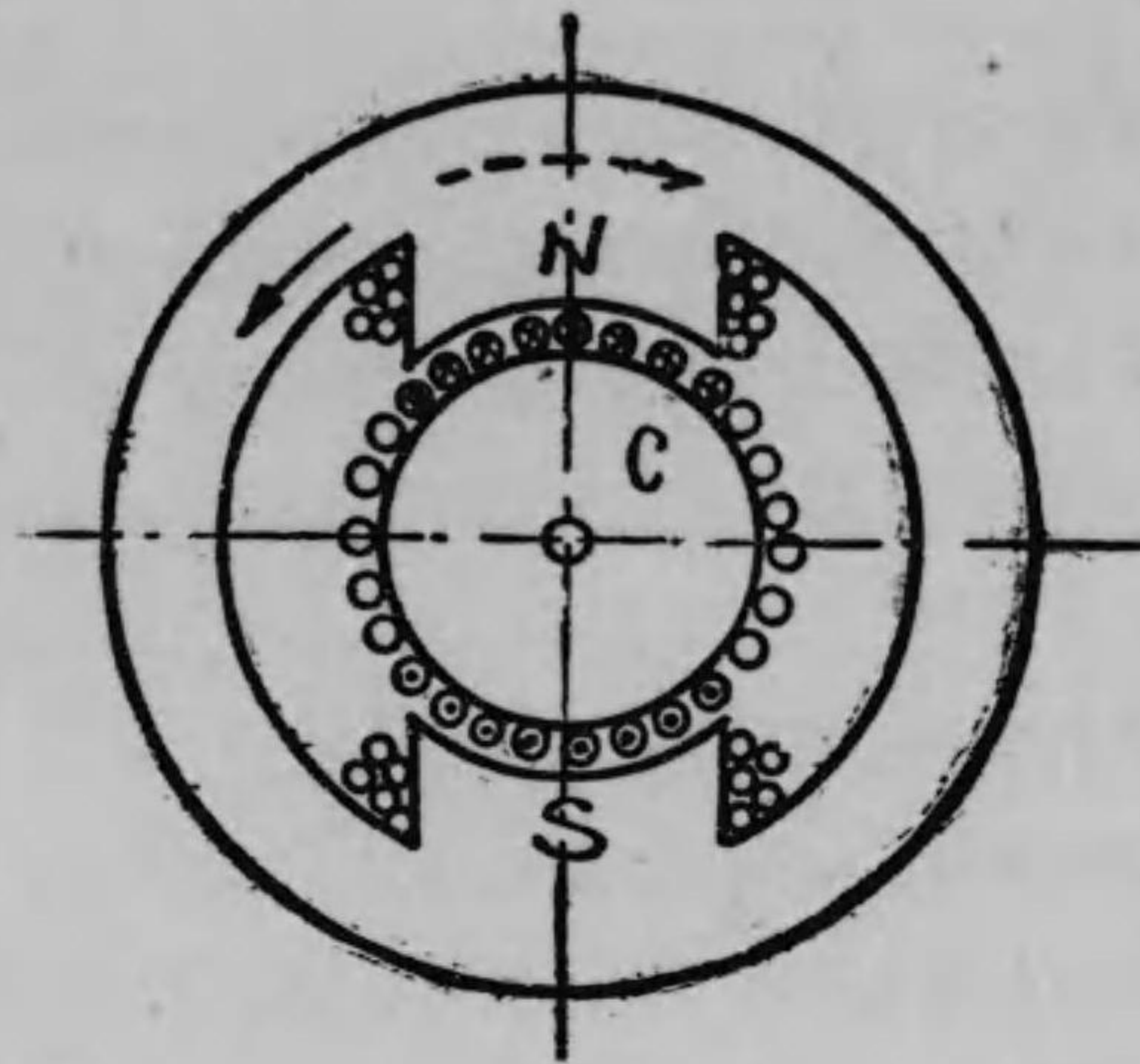
此場合には各線間の電圧は各相の電圧と等しけれども各線と流るる電流は各「コイル」を流るる電流より大にして其 $\sqrt{3}$ 倍に當る。

誘導電動機の原理。以上にて誘導機を説明するに必要なる事項の概要を盡したるを以て之より本論に移らんと欲す。抑々電動機の原理なるものは既に屢々述べたるが如く磁力線と電流との相互作用に基けるものにして如何なる種類の電動機なりとも現在に於ては此原理より離るる事能はざるなり。

今第五十七圖に示せるが如く廻轉磁極 NS の間に鐵心 C を廻轉し得る軸に取付け其周圍に數多の絶縁したる導線を装置し之を悉く其兩端に於て連結せりとす。斯くして其外圍の磁極を廻轉せしめたりとすれば C の導線は其爲に磁力線を切るが故に之に起電力を生じ其兩端は悉く連絡せられ居るを以て茲に電流を生ず。然る時は此電流は廻轉せる磁界に作用して何事かを爲さざる

を得ず。何事とは言ふ迄もなく廻轉力を生ずるにあり。即ち「レ

第五十七圖



「レ」の法則の語る所に據れば磁力線を切りて生ずる起電力及電流の方向は常に其磁力線の運動を妨害せむとする方向を探るを知る。即ち第五十七圖に於て磁極を若し實線にて示したる矢の方向に廻轉せりとすれば北極の下に位せる導線には⊕ (讀者より紙面に向ふ方向に電流の流るるを示す) の電流生じ南極の許に在る導線を流るる電流は⊙ (紙面より讀者の方へ向つて電流の流るるを示す) の方向を探る。依つて之等が磁極に對して爲す働きは左手三指の法則よりも明なる如く磁極を點線の矢の方向に廻轉せしめんとする力を生ずるに在り。即ち磁極の運動を妨害せんとする方向に力を現すに到る。然れども磁極はもと外力を以て廻轉せし

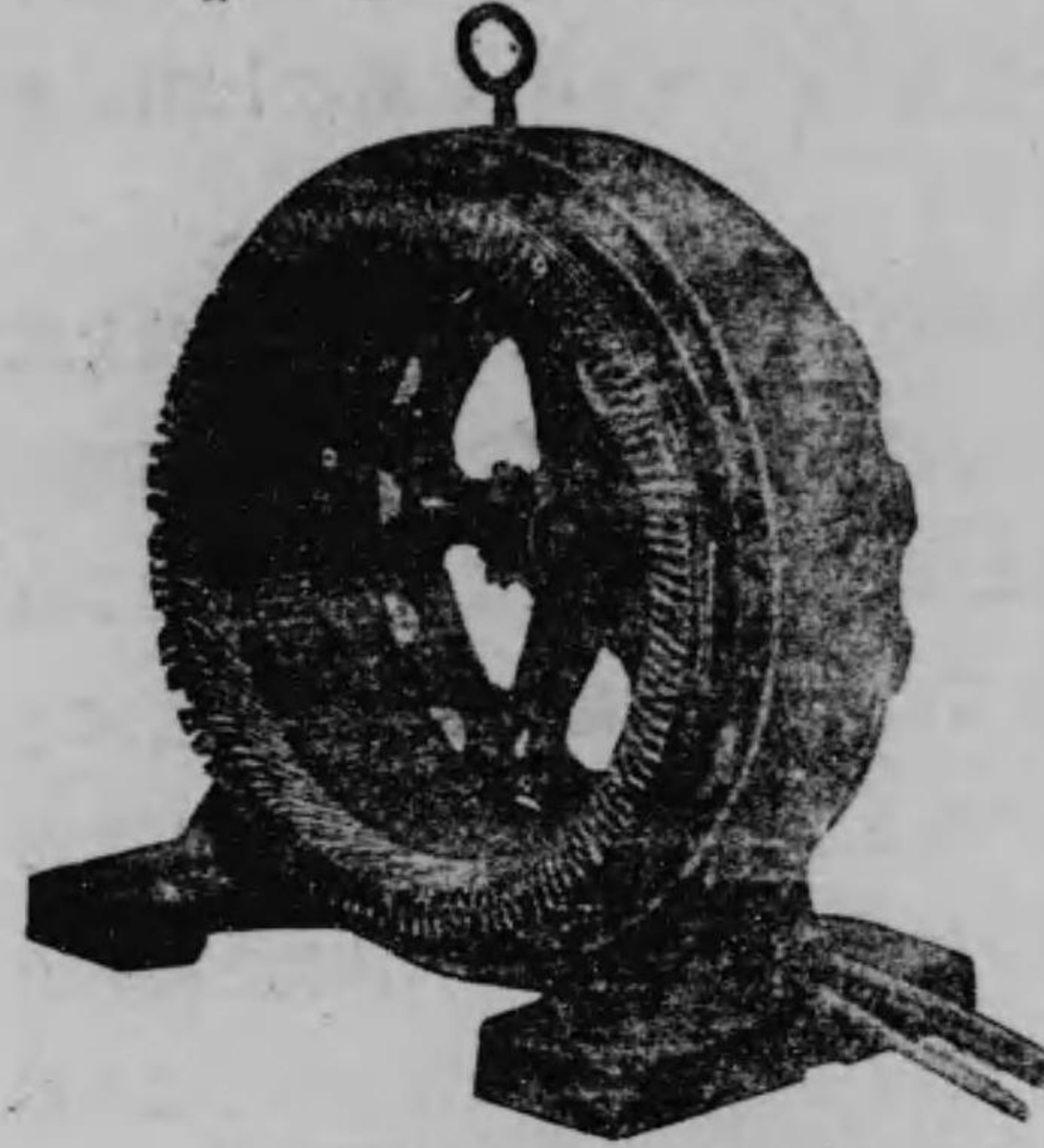
められつゝあるものにして鐵心 C は廻轉し得る軸上を取設けられ居るを以て導線に生じたる電流が磁極の運動を妨害せんと勉むればそれはそれ自身の磁極に伴はれて廻轉するの外策なきを知る。此れ恰も舟を浮べて走る汽船を止めんとするに等しく如何に勉むるとも自身が水上に浮遊せる以上は之に伴はれて走らざるを得ざると同様なり。即ち第五十七圖の如き装置に於て外部の磁極を廻轉せしむれば鐵心 C はそれに伴はれて廻轉するに到る。誘導電導機の回轉する原理は全く之と同様にして唯其廻轉磁界を交流に依つて生ぜしめたるに過ぎざるなり。

誘導電動機の構造。 誘導電動機の構造は甚だ簡單なり。之を大別して廻轉部と靜止部の二つに爲すを得。前者を「ステーター」(Stator) 後者を「ローター」(Rotor) と言ふ。

靜止部は廻轉界磁型交流發電機のそれと等しく薄鐵板を重ねて環狀の鐵心を造り其内周に溝^{スロット}を設け之に廻轉磁界を生ずるが如き捲線を施せる部分が最も主要なるものにして其外圍を更に鑄鐵を以て造り之を鐵枠^{Iron frame} と言ふ。第五十八圖は其概要を示したるものなり。

廻轉部は直流發電機の發電子と同様の構造を有し其處に捲かれたる線輪は起動の際のみ滑動輪(スリップリング)を経て起動用抵抗器に接續せられ其全速力に達すると共に之を短絡し除き得るが如き設備を有す。小型の電動機にありては往々起動用抵抗器を用ひざるものあり此等の廻轉部捲線は何れも永久的に短絡せら

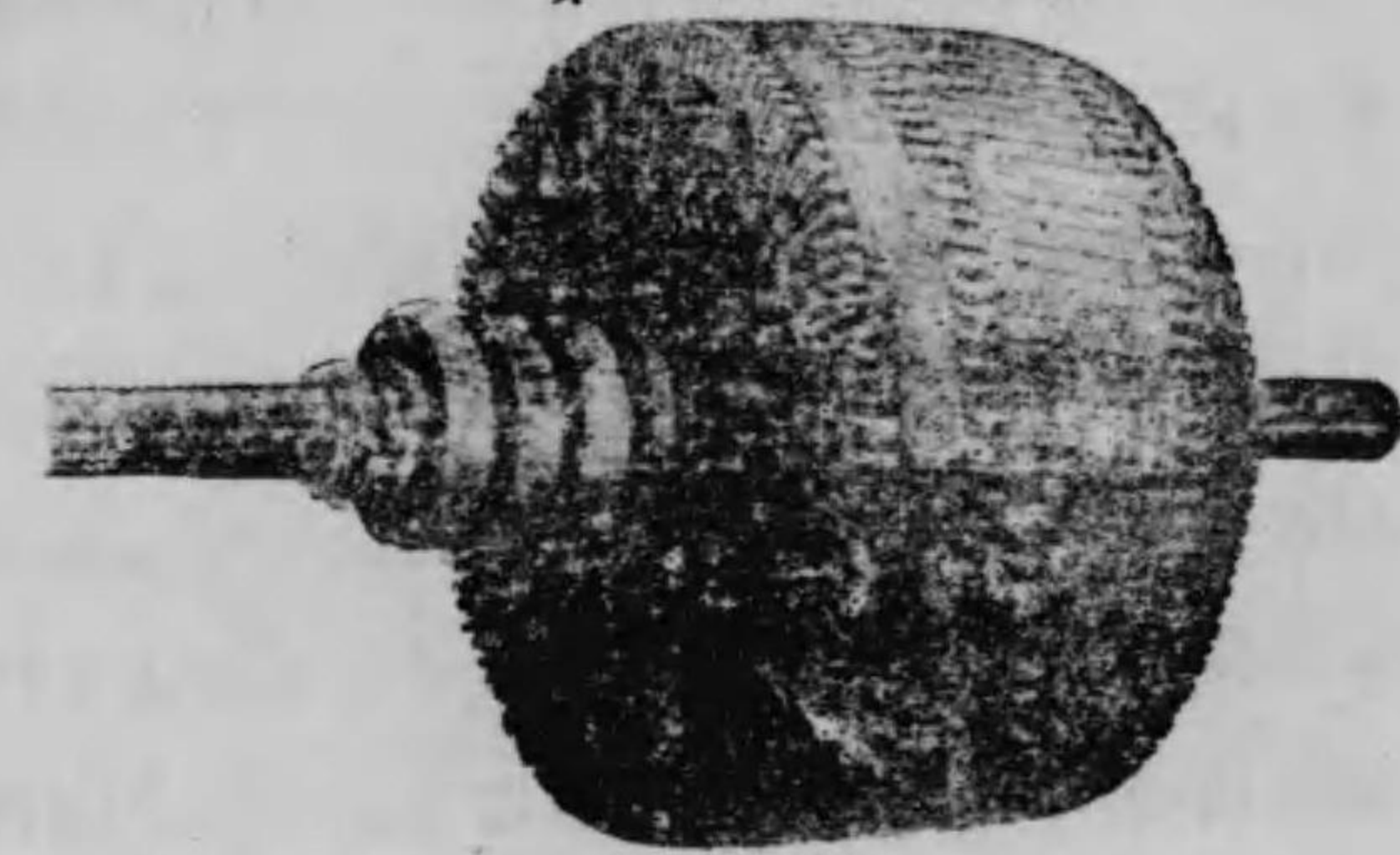
第五十八圖



第五十九圖



第六十圖



れ居るものにして特に小容量のもの(五馬力以下)に於ては捲線の代りに鐵心の周圍に一定の間隔を以て絶縁したる銅棒を貫き之を其兩端に於て悉く連絡せるものあり。此の如きを籠型廻轉子(スタキレル ケージロートル)と言ひ之に對して

捲線を施せる廻轉子を線輪型廻轉子(ウフウンドロートル)と呼ぶ。第五十九圖は「スクキレルケージロートル」。第六十圖は「ウフウンドロートル」の一例を示す。

誘導電機の特性。静止部の鐵心に捲かれたる線輪に電流を送れば鐵心に包圍されたる空間に廻轉磁界を現出す。而して廻轉子に捲かれたる導線は其磁力線を切りて電流を生じ廻轉力を起し磁界に伴はれて廻轉を始む。然るに廻轉力は磁界の強さと電流との積に比例し電流は導線が磁力線を切る割合に従ふものにして此場合に於て導線の磁力線を切る割合とは磁界の廻轉速度と廻轉子の廻轉速度との差に依つて表し得るものなるが故に磁界の強さが若し一定なりとすれば廻轉力は其差に比例するを知る。故に若し負荷が大にして廻轉が遅れたりとすれば其爲に廻轉子線輪の電流が増し大なる廻轉力を出し其負荷に應ずるが故に荷の變化如何に關せず回轉速度には大なる變化を生ぜざるなり。之れ即ち此電動機が等速電動機の中に數へらるる所以なり。

以上の説明に於ては若し磁界の強さが一定なりとすればとの假定を設けたりしが實際に於て磁界は常に負荷の變化如何を問はず殆ど一定の價を保ちて廻轉を持続せるものなり。そは何故かと言へば廻轉磁界を作る所の磁力線は單に廻轉子の捲線に交截するのみならず静止部捲線にも亦交截しつゝあるが故に静止部の捲線は其爲め自己誘導作用を起し外の電路より供給され居る起電力に逆ふ所謂反起電力を生ずるなり。然るに廻轉子線輪に流るる電流

は常に磁界の運動を妨害せんとする作用を有するが故は其價が大となるに従つて廻轉磁界の強さは著しく弱めらる。而して之が弱めらるる時は静止部捲線の生ずる反起電力の價も従つて衰ふるが故に外部より流入する電流は従つて増す。電流が増せば従つて磁力線も増加して廻轉磁界の強さは常に殆ど一定に保たるるなり。即ち負荷が増して廻轉子線輪を流るる電流が増せば増すに従つて静止部に流入する電流も増加し磁界の強さは常に自ら一定に保たるるなり。此關係は變壓器の場合に於て二次の電流が増せば一次電流も亦従つて増加して鐵心内の磁力線の數が常に一定に保たるる關係と同様なり。

此の如く誘導電動機に於て負荷を次第に増加せしむれば廻轉速度は次第に減じて電流の増加を見るに到る。磁界の廻轉數と廻轉子の實際の廻轉數との差を百分率にて表し之を誘導電機機の滑り(スリップ)と云ふ。若し廻轉部が完全に無負荷即ち軸承其他に於ける摩擦すら無きものとすれば廻轉力は全く不用なるが故に廻轉子線輪に電流を必要とせず。即ちそれが磁力線線を切る必要無きを以て其廻轉速度は磁界の廻轉速度に全く等しからざる可からず。即ち此際には「スリップ」は零なり。此の如き速度を呼んで同期速度(シンクロナススピード)と云ふ。負荷が増すに従つて「スリップ」は次第に増加すれども全負荷の際に於ても普通四或は五「パーセント」に過ぎざるものすと。即ち同期廻轉數一分間千五百に對し實際の廻轉數千四百五十内外なり。一般に

「スリップ」は次の式にて求むるを得。

$$\text{滑り} = \frac{\text{同期廻轉數} - \text{實際の廻轉數}}{\text{同期廻轉數}} \times 100$$

同期速度は電流の周波數と磁極の數とに依つて定る。周波數を五十。磁極を二とすれば一分間に三千なれども磁極を四とすれば、其半分千五百、六とすれば其三分の一即ち一千廻轉なり。一般に周波數を f 。磁極の數を p とすれば同期速度 n (一分間の廻轉數)は次式より求むるを得。

$$n = \frac{2 \times f \times 60}{p}$$

以上の外尙此電動機に就て研究を要する點は電路の力率 (パワーファクター) に關する點なり。即ち供給したる起電力と之に流入する電流との位相が如何なる關係を爲すやとの事なり。直流の際には此の如き問題を考究するの必要は更に無けれども交流を利用する場合には常に此關係を明確ならしむるの必要あり。

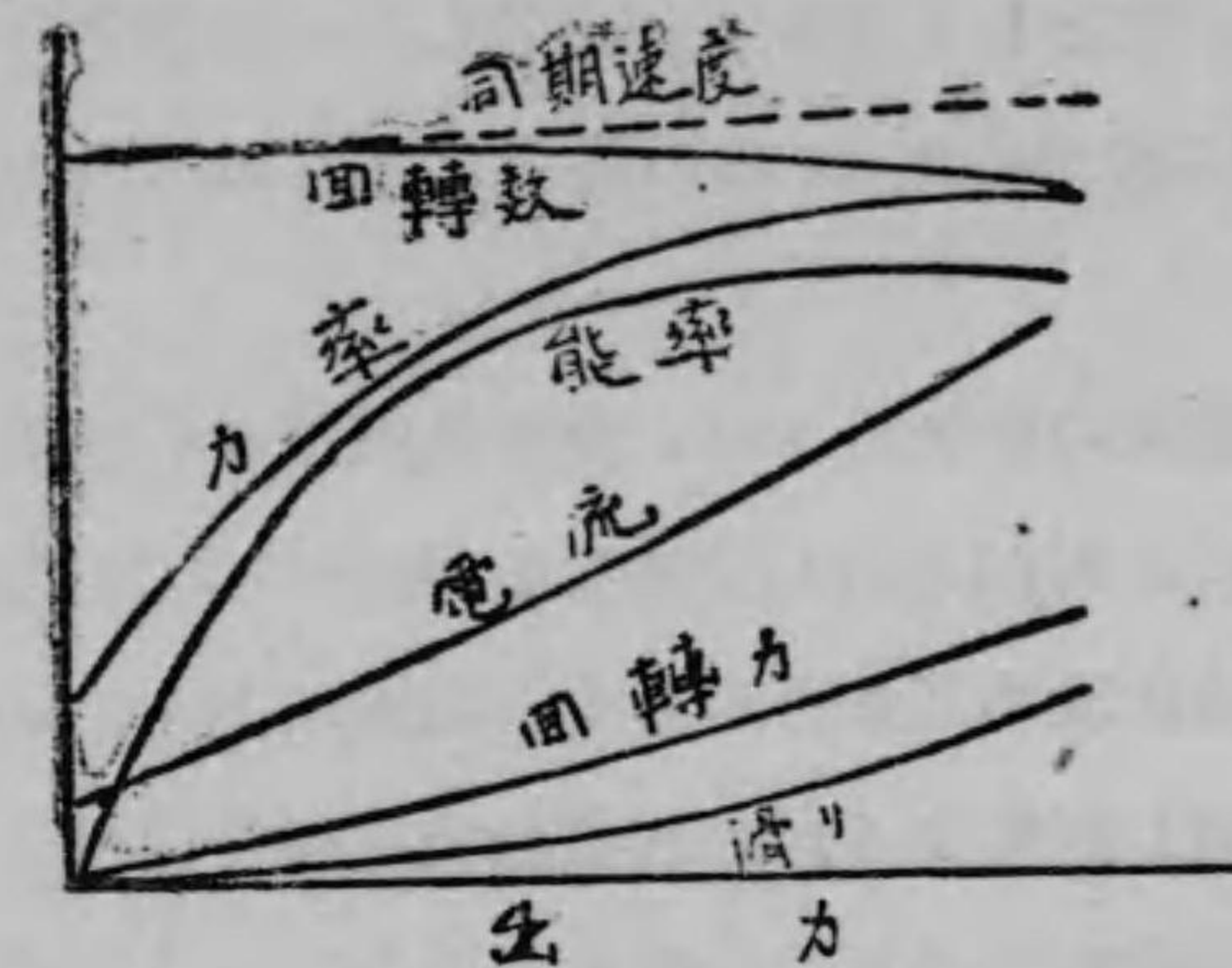
誘導電動機の力率は負荷に依つて著しく變ず。即ち負荷の輕き時分に在りては甚だ不良にして其増加するに従つて向上すと雖全負荷の際に於ても尙多くは八十五「パーセント」内外に止る。故に電流の割合に對して實際の仕事を爲す分量の少きは此電動機の大なる缺點と云はざる可からず。

能率 (エフィシエンシー) も亦負荷の増大するに従つて好良となり全負荷の際には多く八十五「パーセント」以上の價を有す。

今試みに横軸に電動機の出力を採りて縦軸にそれに對する電流

(一本の線を通る)、間轉數 (一分間) 滑り、力率、能率等の變化を曲線にて表せば第六十一圖の如し之を誘導電動機の特性曲線と云ふ。

第 六 十 一 圖



電動發電機 (モータージェネレーター) 電動發電機とは、電動機と發電機とを直結したる裝置を稱するものにして、電動機にて發電機を運轉し電氣方式を變更するために用ふ。即ち

1. 交流を直流に改むる場合。
2. 直流を交流に改むる場合。
3. 直流の電壓を變更する場合。

等に用ひらる。

交流を直流に改むる必要は、電氣鐵道等に於て多く見る所にして、電力を輸送分配するには交流が適當なれども、電氣鐵道には直流直捲電動機が必要なるを以て、發電所が遠方に存在せる場

合には、発電所に於ては交流発電機を運轉して交流を發生せしめ、之を需要地の附近に輸送し來り、茲に變電所を設けて之を直流に改め、以て電車に供給す。此の如き場合には、變電所に於て交流を直流に改むるための電動発電機を備ふるを要す。此際の電動機としては、主として同期電動機若しくは誘導電動機が使用せられ、発電機は電車の電動機の電壓に適するものたる事勿論なり。

又電気化學工業の中に於ては、是非共直流ならざる可からざるものあるが故に、電源が若し交流なる場合には、電動発電機を備へて之を直流に改めざる可からず。此際は多く、誘導電動機を以て直流発電機を運轉するが如き電動発電機を採用せり。

直流を交流に改むる必要は、特殊の場合例へば實驗用、若しくは無線電信等の如き場合の外は起らず。此際は、直流電動機を以て交流発電機を運轉するものとす。

直流の電壓變更は、交流の際に於けるが如く變壓器なる簡便の装置なきを以て、是非共電動発電機の設備に俟だざる可からず。電気鍍金、電気分解等を行ふ場合に於ては、電流には莫大なる價を必要とすれども、電壓は僅々十數ヴォルトにて足るを常とす。此の如き場合には、譬へ電源に直流ありとするも、其電壓百或は二百ヴォルトなりとせば、之を十數ヴォルトに低下せしめて使用せざる可からず。電壓を降下せしむるために抵抗を挿入するは、電流の些き際は左程に非ずとするも、其價何百若しくは何千

アムペアとなるに及んでは、抵抗の爲に失ふ損失は由々しき量となる。故に此際は、別に供給電壓に適せる電壓の発電機を供へ、之を引込電路の電壓にて運轉し得る電動機に直結して廻轉せしめ、以て電壓の變更を行はしむるを得策とす。又蓄電池を充電するに當りては、充電の進むと共に、電池の電壓高まりて供給電壓に逆ふが故に、供給電壓を一定に保てば、充電電流は、充電の進むと共に次第に弱り、終に零となりて充分に充電を行ふ事能はざるに到る。充電電流の價を始終一定に保ちて完全に充電を營まんには、充電の進むと共に供給電壓を次第に高め得る装置を必要とす。即ち此際は、電路に昇壓機(ブースター)と稱して、直流電動機を以て運轉せらるる直流発電機を直列に入れ、其起す起電力を供給電壓に加らしめ、以て電池の電壓に逆いて一定の充電電流を通ぜしむるが如き装置を施す。昇壓機も即ち直流の電壓を變更する爲に用ひらるる一種の電動機発電機なり。

回轉變流機(ロータリーコンヴァーター) 回轉變流機とは、直流分捲電動機と交流発電機とを合せて一體と爲したるが如き一種の電動発電機なり。磁極、發電子並に整流子の構造は、全く直流分捲電動機と同様にして、唯發電子捲線の一部より岐を出して、之を交流発電機に於けるが如く滑動輪スリップリングに接續せられたるを異れりとなす。依つて、之を外力を以て回轉せしむればスリップリングの側よりは交流を求め得べく、整流子の側よりは直流を出し得るなり。又其整流子側より直流を供給して、之を電

4-555
27330

動機として廻轉せしむれば、スリップリング側よりは交流を發生せしめ得べく、之と反對にスリップリングの方より交流を供給して、之を同期電動機として回轉せしむれば、整流子側より直流を求め得るなり。

即ち廻轉變流機は、交流を直流に變じ得ると共に、直流を交流に變更せしめ得べく、外力を加へて之を回轉せしむれば、交直兩流を同時に發生せしむるを得るなり。此の如くして用ひたる際には、特に之を複流發電機と稱す。然れども最も弘く使用せらるるは、交流を直流に變ずるに在りて、電氣鐵道の配電所等に於て多く備へらるるものとす。本機の缺點は、直流側の電壓と、交流側の電壓とが、常に一定の割合を保てる事にして、交流側が單相式なるか二相或は三相式なるかに依つて夫々一定せり。故に直流側の電壓を定められたる價に保たしむる爲には交流側に變壓器を附屬せしめて、供給電壓を之に適當なる價に變更せしむるを普通とす。電動發電機の場合に於ては、交流側と直流側の電壓の間に、何等の關係なく自由に撰擇するを得るが故に、敢て變壓器を備ふるの必要なし。故に回轉變流機は機體は簡單にして、電動發電機の如き二臺分の場所を要せざれども、之に變壓器を附隨せしむれば、其爲に場所を塞げ、且つ價格も甚しき差異なきに到る。されば實際に當つて、回轉變流機を用ふ可きか、電動發電機を採用す可きかの問題は、技術者の頭腦を要する點なり。

第 八 章 電 力 の 傳 送 及 分 配 法

電力の分配。發電所に於て發生せしめたる電力を各需要の場所へ適當に分配して、各々其目的を完全に遂げしめんとするは、電氣供給事業者にとつて、最も重要なる問題の一なり。こは要するに、電力を導くに必要なく可からざる導線に、些からぬ抵抗の存する事と、且つ其絶縁を完全に維持せざる可からざるが故に外ならず。抵抗ある導線に電流を通ずれば、「オーム」の法測の示すが如く、電流と抵抗の積に比例する電壓の降下を生ず。即ち其抵抗に打勝ちて電流を通過せしむるに必要なだけの起電力が、空しく其處に消費せらるるなり。電壓の降下する割合は、抵抗が一定なる場合に於ては、電流に比例するが故に、負荷が増大して電流が増せば、電壓の降下はそれに比例して益々増大す。例へば茲に往復二條の電線ありて、夫々一「オーム」宛の抵抗を有するものとす。今其一端を發電機或は電池に繼ぎ、他端を電燈或は電動機に結び之に電流を供給せりとせよ。説明を簡便ならしむる爲に、電源即ち發電機或は電池の電壓は、常に百「ヴォルト」に保たるるものにして、之より十「アムペア」の電流を求めたる際に、受電點即ち電燈なり電動機なりに作用する起電力の價を調べんに、先づ往路の電線に一「オーム」の抵抗あるが故に、之に打勝つためには $1 \times 10 = 10$ 「ヴォルト」の起電力を必要とす。而して復路に於ても亦之と等しき抵抗ある線路を流れざる可からざるが故に、

其爲にも亦等しく十「ヴォルト」の起電力を費さざる可からず。故に結局受電點の兩端に於て作用する起電力は、途中の損失を電源の全電壓即ち百「ヴォルト」より引きたる殘餘の八十「ヴォルト」に過ぎざるを知る可し。即ち此の如き電線路を経て、十「アンペア」の電流を求むれば、受電點に於ては僅かに八十「ヴォルト」の起電力を求め得るに過ぎず。恰も小僧に百圓渡して使に出したりとするも、往復の旅費に二十圓を要するものとすれば、先方の手取りは八十圓に過ぎざると同様なり。更に電燈の數を増すなり、電動機の負荷を増すなりして、電流を増加せしめたりとすれば、電壓の降下は益々大となる、例へば電流が三十「アンペア」に達したる際を考ふれば、往復に費す起電力の價は $2 \times 30 = 60$ 「ヴォルト」なるが故に、受電點に於ける電位差は僅々四十「ヴォルト」に過ぎざるに到る。

此の如く、電流が増すに従つて電壓の降下が大となるに於ては、電燈を點火せる際には、其數の増すに従つて光力は益々減じ、電動機を運轉せる際には、其負荷の増すに従つて著しく廻轉が遅れ、終には運轉不能となるに到る。此の如きは、電力需要家の到底忍ぶ能はざる所にして、又電力供給者の爲す能はざる所なり。されば電力供給者は、出來得る限り需要者側に於ける電壓を一定に保つ可く準備せざる可からず。其爲に發電所に於ては、負荷の増大すると共に發電機の電壓を、適當に昇高せしめ、途中の線路に於て失はるる起電力の補ひを爲すの設備を施すを常とすれ

ど、尙一方線路の抵抗を許し得る限り些からしむるの策を講ぜざる可からず。先の例に於て、假に抵抗が片道 0.01 「オーム」なる電線を以て電路を架設せるものとすれば、10 「アンペア」の負荷の際に於て受電點の電位差は、

$$100 - 2 \times 0.01 \times 10 = 99.8 \text{ 「ヴォルト」}$$

にして30 「アンペア」の際に於ても猶且つ、

$$100 - 2 \times 0.01 \times 30 = 99.4 \text{ 「ヴォルト」}$$

の價を有す。故に發電所に於ては僅かに 1 「ヴォルト」の電壓を昇高し得る装置を爲せば、以て受電點即ち需要家側に於ける電壓を、常に殆ど一定に保たしむるを得べし。

されば電力を配分するに用ふる電線は、抵抗の些きを以て優れたりと爲さざる可からず。而して針金の抵抗は、總て長さに比例し斷面積に反比例するものなるが故に、電線路には成る可く太き針金を用ひ、且つ其距離を能ふ限り短かからしむるを必要とす。之發電所又は變電所の位置の選定を爲すに當り、考慮すべき點の一つなり。電線の太きを使用するは、理論上よりは結構なるに相違なけれども、經濟上より之を見れば、有利なりとは言ふ可からず。電線の太さを二倍ならしむれば、抵抗は半分すと雖、其爲に電線の價格が殆ど二倍するものと思はざる可からず、従つて其爲に資本の固定を大ならしむるを免れず。凡そ電氣事業に於て、最も多額の資本を要するは、發電所設備なる事言ふ迄も無けれども之に次ぐものは電力分配に要する電線路の設備なりとす。されば

電線路は許し得る限り経済的に、而して供給に差し支へ舞き様に設計せざる可からざるなり。

以上は單に、導線の抵抗と言ふ方面のみより論じたるものなれども、電線路の建設には、尙重要な事項を存するを知らざる可からず。そは導線の絶縁を完全に保ち、危険の恐なからしむるの一事なり。電線を高く柱上に架設し、或は深く地中に埋設するの必要は、皆之が爲に外ならず。之等に對しても、亦尠からぬ費用を要するが故に、電力の供給必しも容易なりと早斷するは當らず。

電氣方式。 上述の如く電力を傳送分配するに當りては、電線路に著しき費用を要するものなるが故に、如何にせば安く而も電壓の調整に不満足を來さざるが如く爲し得べきやとの研究は、爾來盛に學者並に實地家に依つて試みられるものにして、其結果或は變壓器を用ひて電壓を昇降せしめ、或は二本の電線にて足る可きを三本或は四本と爲して、多相式若しくは多線式なる方法を發明し、電力の分配に革命的の改良が生ずるに到りしなり。

此等の電力を傳送分配する爲の種々なる方法と呼んで一般に**電氣方式**と稱す。電氣方式は大體に於て、交流式と直流式とに分つを得べく、直流式には直列式と並列式の二法ありて、並列式は更に二線式、三線式等に區分せらる。交流式にも亦種々の別あり。其中多く用ひられつゝあるを單相二線式及三線式。二相三線式及四線式三相三線式及び四線式等なりとす。之等の各方式を説明するに當りては、先づ辨へざる可からざる共通の事項あり。之を

電路の電壓と電線の太さ即ち斷面積との關係なりとす。各種の電氣方式は、何れも此關係より生れ來りたるに過ぎざるなり。

電壓と電線の太さとの關係。 單に斯く言ひたるにては、事柄甚だ曖昧にして、捕捉するに苦しむと雖、茲に説明せむと欲するは、與へられたる電力を許されたる損失の許に定まれる距離に輸送傳達せむとする場合に、其電路に用ふ可き電線の太さと其電壓との間には如何なる關係ありやと言ふ點なり。電力は電壓と電流との積なるが故に、電力が一定せる場合には、電壓を高くすれば電流はそれに逆比例して減少す。電流が減少すれば、細き電線を用ひても差し支なきは、何人にも推察し得る所なれど、尙今少し詳しく之を研究せむに、抑々導線の抵抗は、屢々述べたるが如く長さ l に正比例して切斷面積 A に逆比例するものなり。故に長さ l が一定なる場合には、單に切斷面積 A に逆比例するものと考ふるを得べし。然るに電力の損失は、電流の自乗と、抵抗との積を以て表はさるるが故に、傳送す可き電力の價が一定なる場各には、電流は電壓に反比例するが故に、電壓を二倍にすれば電流は二分の一となる。電流が半減すれば、電路の抵抗は之を四分の一ならしむるも、損失の割合は前と同一なり。即ち電壓を二倍ならしむれば、電線の太さは之を四分の一ならしむるを得るなり。同様にして、電壓を三倍にすれば、九分の一の切斷面積を有する電線を用ひて事足るを知り得べし。即ち之を一般的に言ひ表せば、**電線の太さは電壓の自乗に逆比例す**となる。近來、絶縁材料其他の進歩と共に

に、使用電壓は急激なる勢を以て昇高し、數年前までは五六萬「ヴォルト」を以て、其最高なるものと思爲せられたりしが、現今に於ては、二十萬「ヴォルト」以上の電壓を、平然として使用するに到れり。今大略の例を以て、電壓を高からしむる事が、如何に電線路に要する導線の費用を、節約し得るかを説明せむに、假りに二十萬「ヴォルト」の電壓を以て、十萬「キロ」の電力を傳送するために、切斷面積一平方「センチメートル」の銅線が必要なる場合ありとして、今之を二百「ヴォルト」の低壓にて輸送せむと欲せば、幾何の太さの電線が必要なりやを調べんに、驚く可し實に百平方「メートル」即ち斷面積約三十坪を有する銅堤を築かざる可からざるを知る。以て如何に電壓を高からしむる事が、電線の節約に多大の効あるやを窺ひ得るなり。

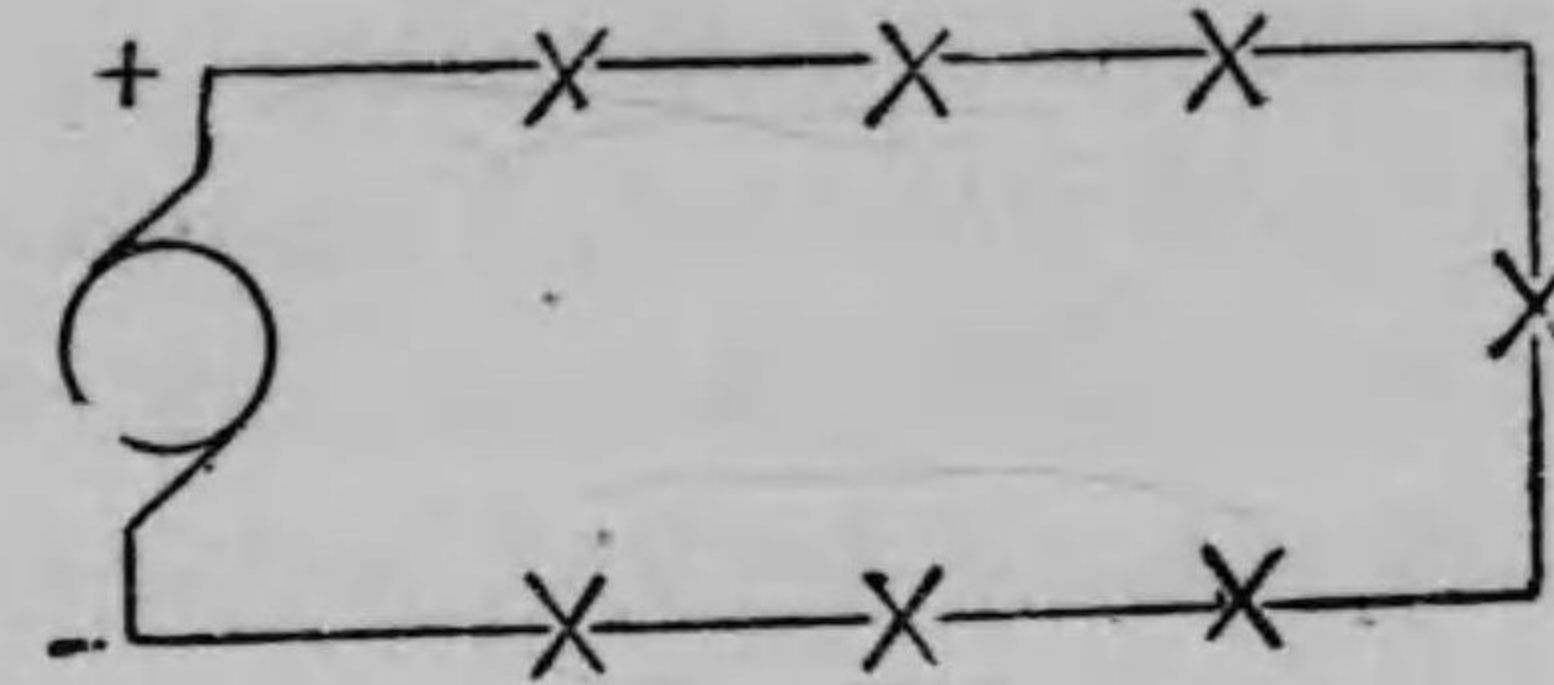
直流直列式及並列二線式。 上述の如く電線の太さは、電壓を高からしむれば、著しく細く爲すを得れども、電壓を高からしむる事は、電力使用の状態及保安裝置其他種々なる方面より制肘を蒙らざる可からず。

即ち一個の電燈を點ずるに、何萬「ヴォルト」の電壓を以て引き込む事は、實際に於て到底爲し得べき業に非ず。されば需要者の側より立脚して、なる可く經濟的に電線を使用する方法を考案したるの結果、各種の電氣方式は生れたるなり。

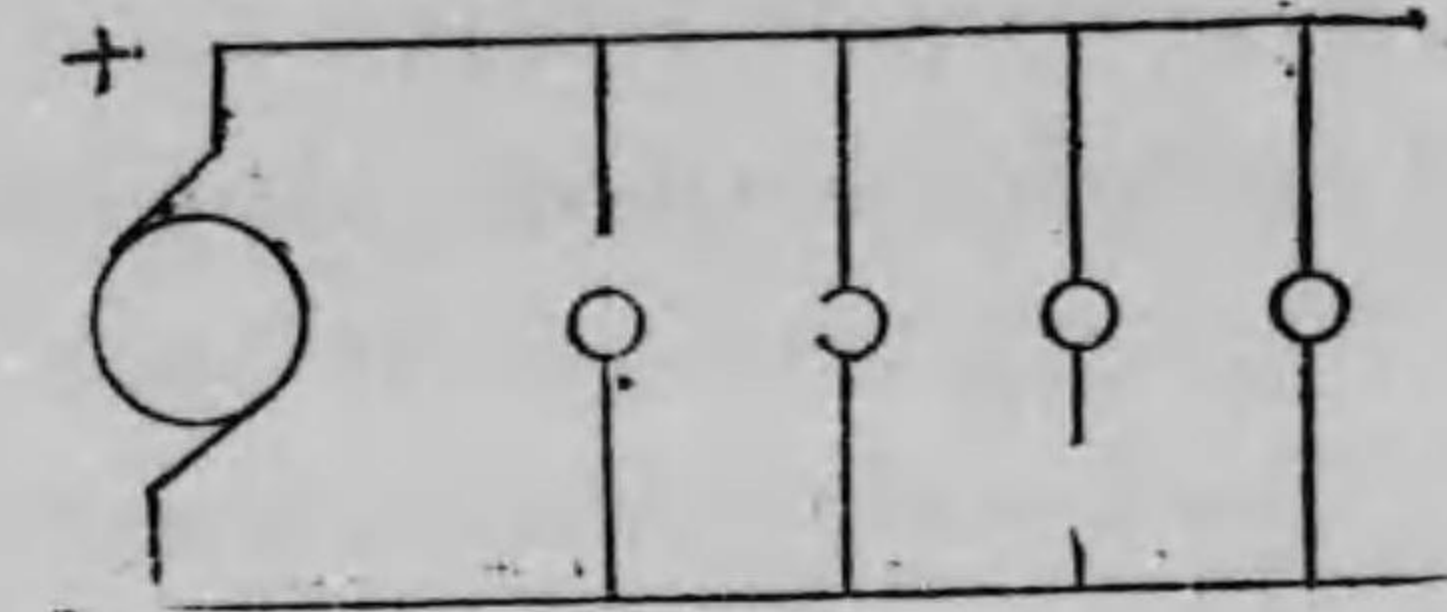
而して其中の直流直列式と稱するは、第六十二圖に示せるが如く、總ての目的物を悉く發電機に直列に連結して、電力を供給す

るの方式にして、主として弧光電燈の點燈に採用せられ、近來は又之に依つて、直流の長距離電力傳送を試みらるに到れり。

第六十二圖



第六十三圖



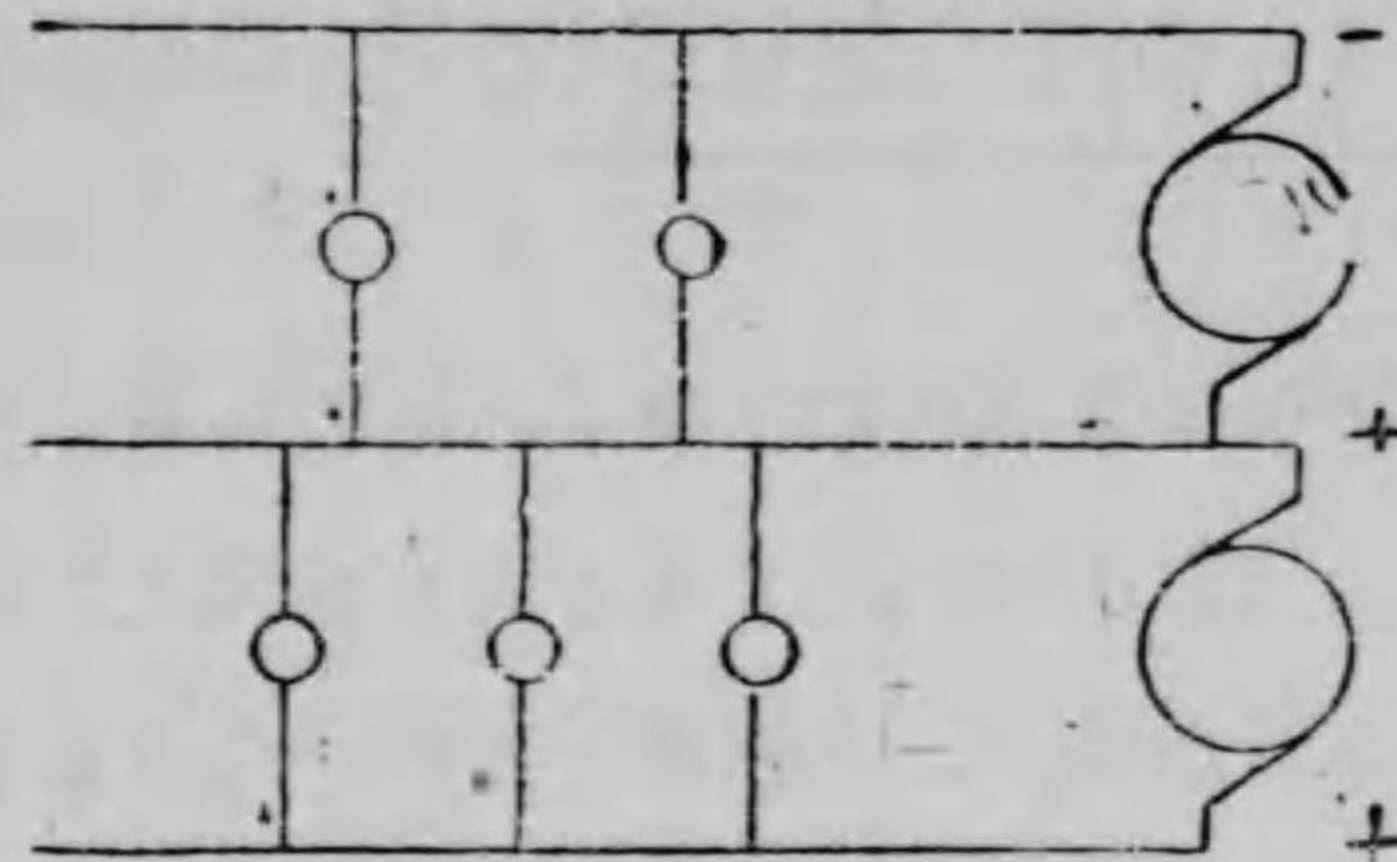
之に反して、第六十三圖に示せるが如く、總ての目的物を、悉く發電機に並列に連結して、電力を供給する方式を並列式と言ひ、幹線に二本の電線を用ふるが故に、二線式とは稱せらるるなり。

直列式の場合に於ては、電路の中一ヶ所なりとも切斷する時は、電路は爲に開かれて、總ての電燈が悉く消滅するに到るべきも、並列式を用ふれば、各需要者は夫々單獨に、自己専有の分岐路に於て、電路の開閉を掌り得るが故に、累を他に及ぼさざる利

益あり。又直列式に在りては、電路を流るる電流は到る處一定すれども、電位は場所に依つて著しき相違あり。並列式に於ては電壓は到る所均一に保たると雖、幹線の電流は、遠ざかるに従つて減少す。普通の發電機は、多く電流の變化如何に關らず、電壓は殆ど一定に保たると如く作られたり。之並列式電路に使用せらるるが故にして、直列式電路に電力を供給するための發電機は、之と異りて、電流は常に一定の價を保ち、負荷が増せば従つて電壓が高まるが如き特性を有す。之を定流發電機と稱し、之に對して前者を定壓發電機と言ふ。

直流三線式。第六十四圖に示せるが如く、二臺の同様な發電機を直列に繼ぎ、其接續點より一條の線（之を中性線と言ふ）を出し、都合三本の電線にて、並列式に電力の供給を營む方式を名づけて直流並列三線式と言ふ。之

第 六 十 四 圖



直流の電力分配に、最も弘く採用せられたる方式にして、電燈は兩外線と

中性線との間に結び、兩側の燈數に相違ある際のみ、中性線に電流が流れて其不平均を補ふものとす。

されば、中性線は、外線より遙かに細き電線を使用し得べし。今電燈の電壓を百「ヴォルト」なりとすれば、兩外線の間の電壓

は、二百「ヴォルト」となるが故に、之を二線式にて、同等の燈數を點火する際に要する線の太さに比較すれば、其四分の一にて足る可く、中性線には普通外線の二分の一の太さのものを使用せるが故に、全體としても尙且つ電線の量は二線式の際の八分の三にて足る可きを知る。

單相交流二線式及三線式。之等の配電法は直流の際に述べたるものと全く同様にして、異なるは唯交流に於ては變壓器を使用して電壓を適宜に昇降せしめ得るが故に、比較的高き電壓を以て配電し、需要の場所の近くに於て適當の價に降下せしめて供給し得るに在り。故に電線の量を節約し得る事、直流式の及ぶ可きにあらず。然りと雖其爲めには變壓器なる餘分の装置を必要とするを免れず。變壓器を用ひて三線式を求むるには、其二次線輪の中央より一條の線を出し、之を中性線となせば可なり。兩外線の間の電壓が二百「ヴォルト」なりとせば、中性線と外線間の電壓は何れも百「ヴォルト」にして、電燈は雙方に成る可く平均に點火せしむ可き事直流三線式に於けると同様なり。

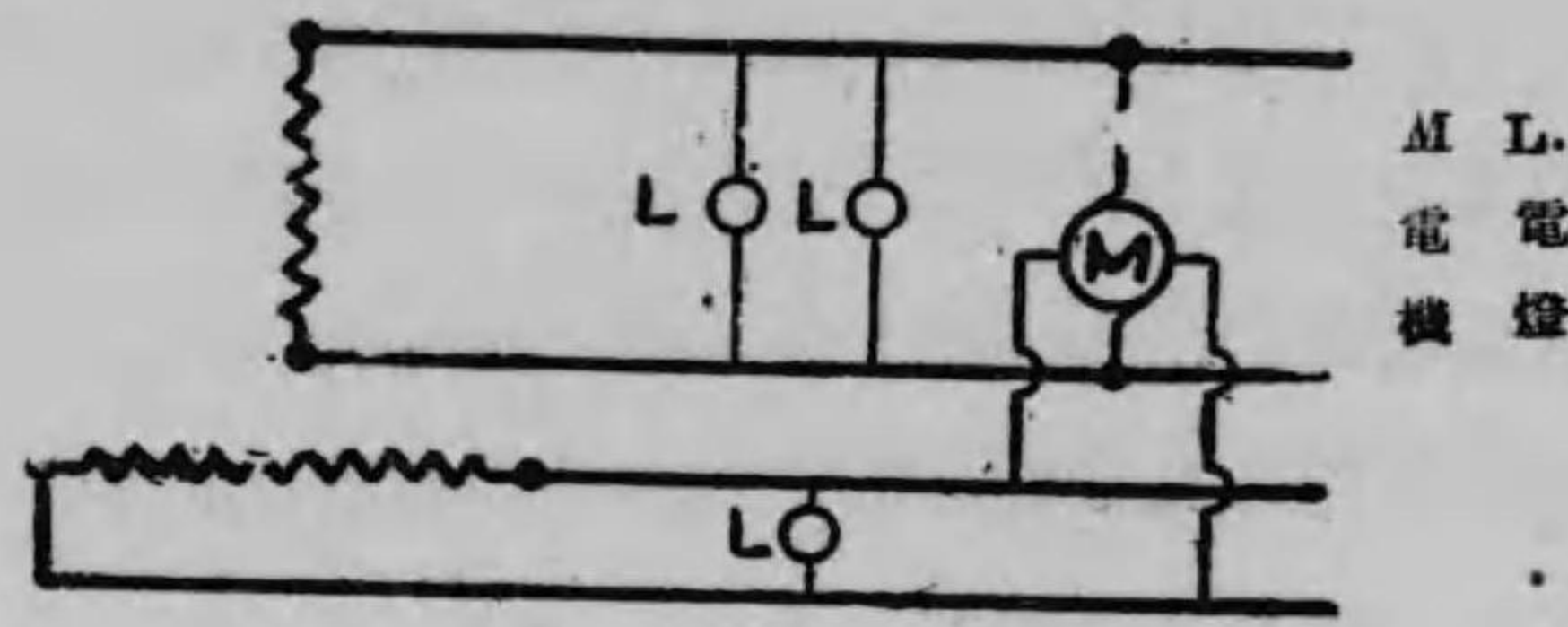
二相交流三線式及四線式。單相交流は、電燈を點火せしむるには差し支へなしと雖、之に依つて電動機を運轉せんとするが如き際に於ては不都合多し。即ち單相交流用電動機は、製作比較的困難なるが故に價高ければなり。

故に燈火と動力とを併せ供給せんとする場合に於ては多相交流を用ひ、電燈は之を各相へ平均に分擔せしめ、動力用には多相式

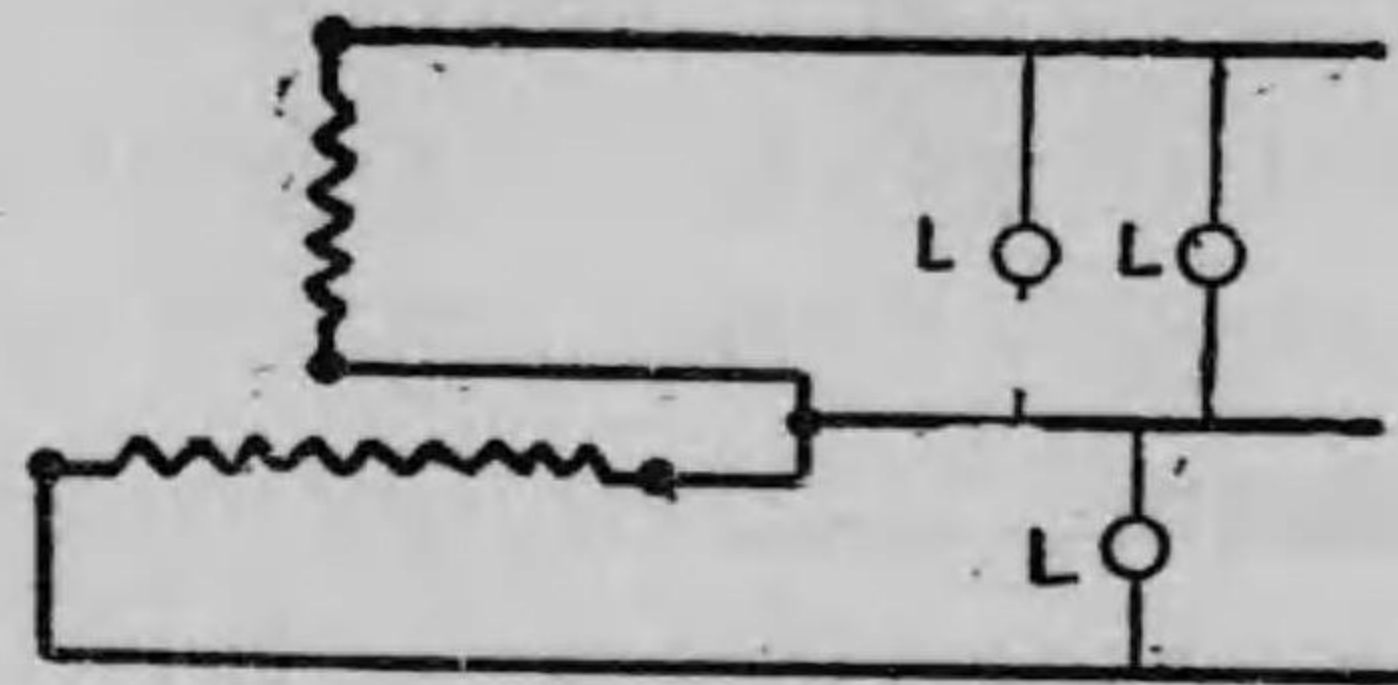
を以て引き込み、之に依つて電動機中の最も實用的にして且つ廉價なる誘導電動機を運轉せしむるを普通とす。

二相交流は二組の単相交流の集りなるを以て、通常四本の電線を以て導き、電燈は各相に平均に取付け、電動機を運轉する際のみ四線を以て引込むなり。此の如きを二相四線式と言ひ其接続は第六十五圖に示すが如し。

第六十五圖



第六十六圖

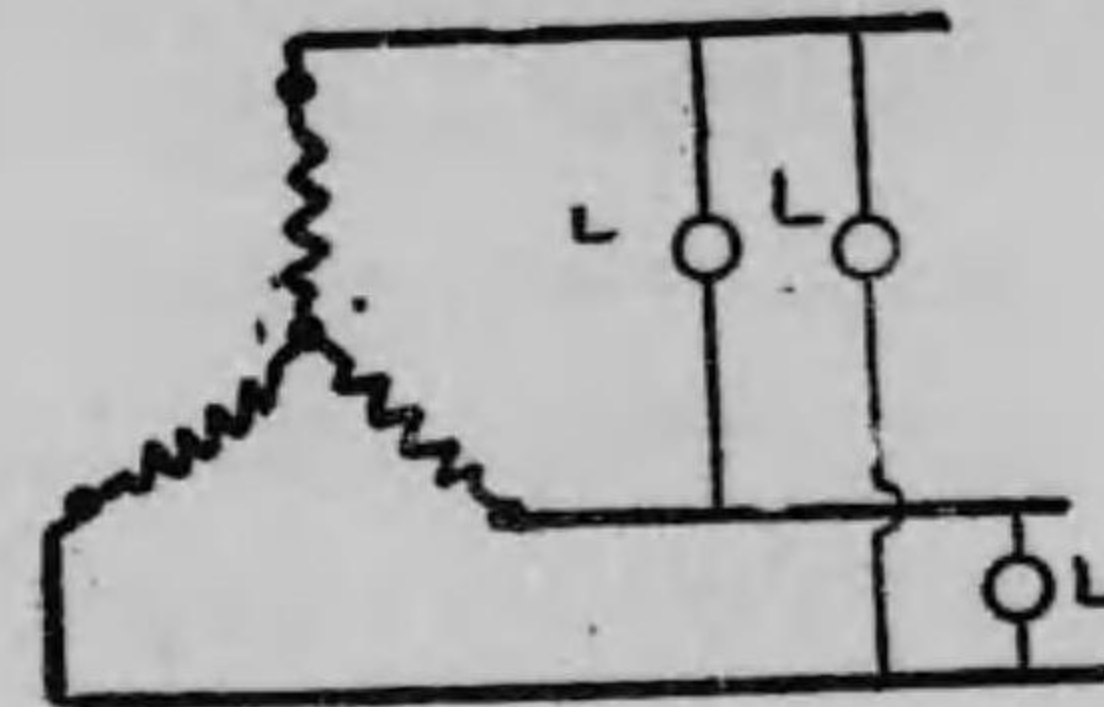


然るに電線を節約するの目的を以て、其中の二線を集めて一本の共同線となし、第六十六圖の如く三本を以て配電せしむるを二相三線式と言ふ。但し此際の共同線は、先きの三線式の場合の如く中性線、即ち兩側の負荷が均等なる際には之に電流の流れざる

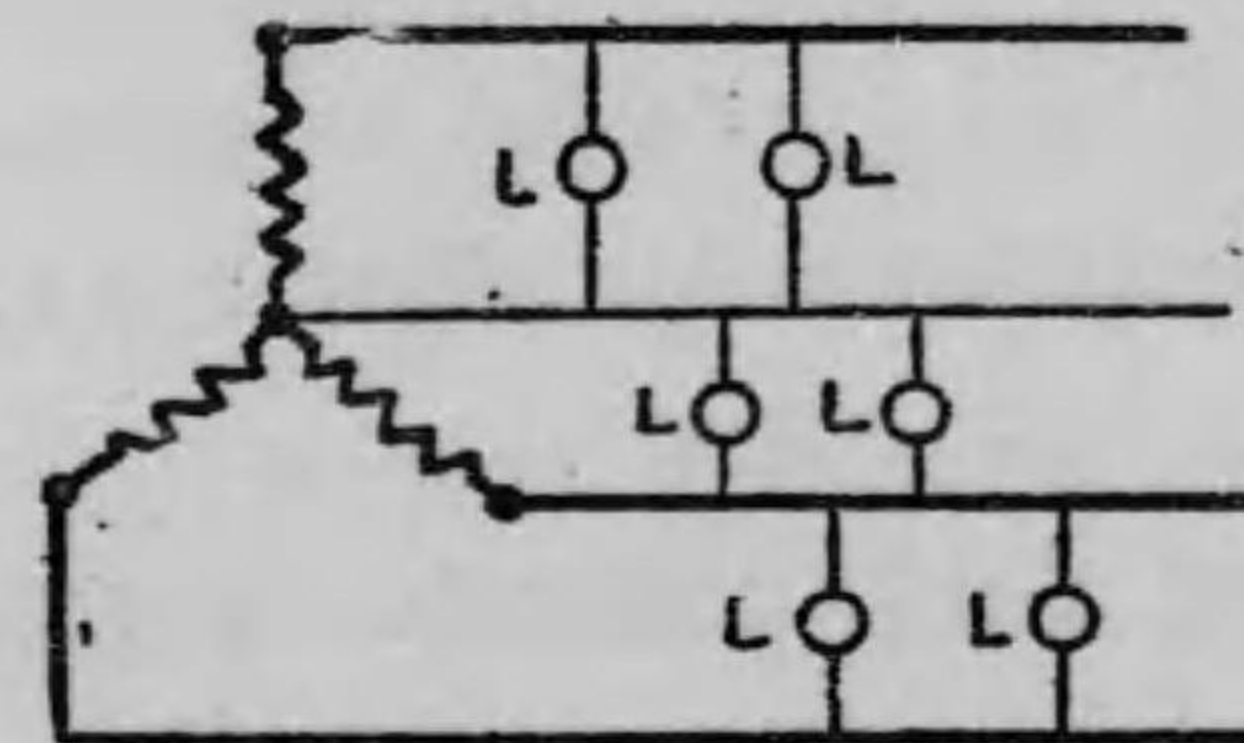
が如き特性を有するに非ずして、常に兩外線を通る電流の合成が其中を流るるが故に、共同線は兩外線よりも寧ろ太きものを使用せざる可からざるなり。而して共同線と兩外線間の電位差が例へば百「ヴォルト」なりとするも、兩外線間の電位差は二百「ヴォルト」には達せず、百「ヴォルト」の $\sqrt{2}$ 倍、即ち百四十一「ヴォルト」に過ぎざるなり。故に兩外線の太さも三線式の場合の如く細からしむる事能はざる等は注意す可き事柄なり。

三相三線式及四線式。第六十七圖の如く、三相交流を三本の針金を以て導く方法を三相三線式と言ひ、それを星形接続にして、其中性點より更に一本の線を出し、都合四本の電線を以て配電する

第六十七圖



第六十八圖



方式を名づけて三相四線式と言ふ(第六十八圖)。

三相三線式は、長距離の電力傳送及び動力用の配電に甚だ適當なる方式なれども、之に依つて電燈を點火せしむる場合には、各相の間に等しき燈數を與へざれば、電壓に不平均起り光力を一定に保つ事能はざるに至る。

故に電燈に供給せむとする場合には、中性線を用ひて三相四線式とし、電燈は各外線と中性線との間に結び、以て各相間の電圧の變動を防がしむるなり。

三相四線式の中性線は、単相三線式の中性線に於けると等しく、總ての外線の二分の一の太さを有するものを使用せば足る。

現今最も広く採用せられつゝある電力分配の方式は、電燈に対しては三相四線式にして、動力用には三相三線式なり。

今試みに同一電力を同一距離に同一の電力損失を以て傳送するものとし、以上各方式に要する電線の量を比較すれば次の如し。

但し単相二線式を標準とし、最低電圧を一定とす。

電気方式	電線の數	電線の量(百分率)
單相二線式	二	100%
單相三線式	三	38%
二相三線式	三	73%
二相四線式	四	100%
三相三線式	三	75%
三相四線式	四	29%

電線路の區別。電力を傳送分配する上に必要なる電線と、之を支持若しくは保持する一切の工作物を總稱して電線路と言ふ。

電線路の電線の數並に其太さ等は、電気方式に依つて異れども、其何れの方式を用ふるにしても決して發電所より直接需要家の軒先まで、一戸一戸獨立の電線路を設けて電力を供給するは非

ず。需要家が密集せる附近には豫め、幹線と稱するを設け、之を發電所に連絡せしめ、各需要家には其幹線より分岐せしめて引込むものとす。又發電所が水力を利用する場合の如く、遠隔の地に設けられたる場合には、需要地の附近に變電所を設け、茲を中心として諸方へ配電せしむるが如く爲さざる可からず。されば電線路即ち電流の通り路にも、國道、縣道、里道の如き區別の自ら生ずるものにして、今其主要なる區分を示せば次の如し。

送電線路。發電所、變電所又は蓄電所相互間を連絡する電線路にして、電路中の最大なるものなり。

配電線路。發電所、變電所又は蓄電所より他の發電所、變電所又は蓄電所を經過せずして需要の場所に到る電線の全般を稱するものにして、饋電線路及配電幹線の二者に分つを得。

饋電線路。發電所、變電所又は蓄電所より單獨に配電幹線に連絡せる電線路を言ふ。

配電幹線。各需要家の引込みに便する爲め其近傍全般に亘りて設けたる電線路なり。

引込線。配電幹線より分岐して需要家の構内に到る間の電線路を言ふ。

屋内線。屋内に施設せる電線路なり。

電線路は又其築造法に依つて架空線、地中線の區別あり、又使用電壓に依つては低壓線、高壓線、特別高壓線等に區分せらる。低壓とは直流に在りては六百「ヴォルト」以下、交流に於ては三

百「ヴォルト」以下の電圧を言ひ、高壓とはそれ以上交直流共に三千五百「ヴォルト」迄の事にして、之以上の電圧を特別高壓と言ふなり。送電線路には主として特別高壓が用ひられ、配電線路には高壓、引込線及屋内線には低壓が使用せらる。

以上は電燈電力の如き所謂強電流を取扱ふ電線路に対するの區分を述べたるものなるが、之に對して電信電話其他一般の電氣信號装置に於けるが如く、微弱なる電流を扱ふ電路を時に弱電流電線路と言ふ。

而して電氣方式は、電線路の各階段に依つて適當に撰擇す可きものにして、徹頭徹尾同一の方式を用ひざる可からざるには非ず。例へば送電線路には特別高壓三相三線式を用ひ、配電線路には普通の高壓三相四線式を採用し、電燈用の配電幹線にはそれより求めたる單相二線式を用ひ、之を電柱上の變壓器に依つて低壓單相三線式の幹線を作り、之より燈數の多き需要家に對しては三線式のまゝにて引込み、些き家に對しては其中の一方を二線式として供給し、動力用には中柱線を用ひずして、低壓三相三線式を以て引込むが如く爲す。直流の配電を必要とするが如き場合には、變電所に於て電動發電機を運轉し、以て交流を直流に改めて供給せざる可からず。要するに電氣方式は、電路の各部に應じ之に最も適當にして最も經濟的なるを撰擇す可きなり。

長距離送電線路。水力を以て發電せしむるが如き場合には、多くは發電所を需要地點より遙か隔たれる地方に建設せざる可から

ざるが故に、長距離電力傳道は、水力電氣事業に離す可からざる關係ありと言ふ可し。近來電氣事業の隆盛となるに及び、數百哩を遠しとせず、盛に輸送せらるゝに至れり。此の如く長距離に亘りて電力を輸送せんとするには導線の節約上極めて高き電圧を使用せざる可からざるが故に、線路の建設法、保安裝置等他の電線路とは著しき相違あり。例へば普通導線には、絶縁物を被覆せしめて使用すれども、何萬「ヴォルト」と言ふが如き高壓を用ふる場合には、被覆絶縁物は何等の効用なきのみならず、却て有害の結果を生ずるが故に、此の如き場合には、總て裸線を用ひ之を保持する碍子をして充分の絶縁力を保有せしむるが如くなすなり。

導線には多く銅若しくは「アルミニウム」の燃線が用ひられ、其中心には特に鋼鐵或は麻絲等を入れ耐張力を大ならしめたり。

碍子は、所謂特別高壓碍子と稱せらるゝものにして、其形狀に二種類あり。「ピン」型を爲せると懸垂せしめて使用するものなり。

前者を「ピン」型碍子と言ひ、後者を懸垂碍子と言ふ。六萬「ヴォルト」以上には多く懸垂碍子が使用せらる。

電柱としては木柱を用ふる事あれども、近來は多くは鐵塔を採用せり。それ等の詳細は何れも専門の講義内に詳かなれば茲には略す。

電氣方式は殆ど皆三相三線に據れり。

配電線路。配電線路は、架空線に依る場合と地下線と爲す場合

とあり。架空線の場合には、電柱は多く杉又は檜の未口五六寸のものを用ひ、高さは土地の状況に應じ地上何尺と規定せらる。腕木は櫓の角材にして、之に碍子を取付けて被覆電線を支持せしむ。高圧線を保持せる碍子腕木等は、總て赤く塗り一見識別し易からしめ危険を防止せり。

又配電線路には、處々に開閉器、變壓器等を備ふるの必要ありて、之等は皆柱上に適宜取付くるものなれば市街の電柱を注意して見れば屢々之を發見し得べし。之等を取付けたる電柱には、時々昇降するの必要あるが故に、柱に足場針を設けたり。

高圧線が他の電線路を横斷する場合、其他一般に斷線に依つて危険を醸すの恐ある場合には、其下に鐵線を以て綱を張り、之を大地に接続せしむ。然る時は高圧線が切斷して落下したりとするも、綱に支へられて直ちに大地へ連續せらるゝが故に、其下に在りし人畜其他に及す危険を防止し得べし。此鐵線を保護線と言ふ。之等の外向電柱には、避雷装置、低壓電路の自動接地装置等種々なる必要装置あれども、それ等も亦何れも専門の講義に詳かなれば省略す。

引込線及屋内線。配電幹線より分岐せしめ、需要の家屋に引込む迄の装置を引込線路と言ふ。分岐線は一般に支持物の近傍より求むるを要し、電柱より手の届く範圍内に各線に遮斷子なるものを装置す。遮斷子は一名「ケツチ」と稱せられ、陶器にて造られたる四寸角の長さ二寸餘りなる絶縁片の兩端に、金屬製の筒が取付

けられ、之に各々二個宛の螺子を有し、其一方に電線を繼ぎ、他の一方に可鎔片「フューズ」を取付けて兩電線の連絡を保たしむるが如く成れり。電流が過大となる時は、其可鎔片が熱の爲に溶解し電路を開き、以て危険を未然に防がしむるなり。

電線が建物の壁を貫く場合には、其所に碍管なるものを装置し、絶縁を一層完全ならしむる要あり。屋内線の工事は、之を大別して**露出工事**と**隠蔽工事**の二種類に分つ事を得。露出工事とは電線及其支持物が、人の目に觸れ其状況を點檢し得る様に施設したるものにして、天井、二階下、梁又は壁などに沿ふて架設せるが如き之なり。隠蔽工事とは、人目に觸れざる様に天井裏又は壁の内部、床下或は木櫓の中に電線を布設するを言ふ。之等の工事に必要なる電線保持用絶縁物は、「クリート、ノツブ」碍子、碍管等にして、何れも陶器製なり。碍管は電線が營造物を貫く場合のみならず、電線が瓦斯管、水道管若しくは他の電線に五寸以内の距離に近く時には、其接近せる部分に用ひざる可からず。

引込線より屋内線へ移る處には、必ず開閉器と可鎔遮斷器、若しくは此兩者を兼ねたる可鎔遮斷器付開閉器を設くるを要す。可鎔遮斷器とは、陶器の箱の中に各線に可鎔片を挿入し得るが如くなれるものにして、電柱附近の「ケツチ」と共に、電路の保安を掌る装置なり。屋内線に用ひらるる開閉器は、多く丸型と爲せるものにして、彈條の作用に依つて開閉が敏速に行はれ火花の發生を防ぐが如き構造となれり。之を一名「パーキンスケツチ」と稱

し、單極即ち片線のみを開閉するものと、二極即ち二線を同時に開閉し得る如く爲せるものとあり。引込口及び電力三百「ワット」以上を開閉する際には、必ず二極用のものを使用し、其他には單極を用ふ。可鎔遮斷器付の開閉器とは、鐵箱の蓋に依つて電路を開閉し得るが如く成れるのにして、蓋に取付けられたる開閉器の齒を可鎔片に依つて連絡せしめたるが故に、可鎔遮斷器と開閉器の双方を兼務せしめ得るなり。

電線。電線には其種類甚だ多し。太きもの細きもの、硬きもの軟かきもの、裸線被覆線撚線の如き、或は其材料に依つて、銅線鐵線「アルミニウム」線と言ふが如し。電線の太さは番號に依つて示す。之を線番號と言ふ。線番號にも種々あり、比較的広く使用せられつゝあるを英國の「スタンダード」線番號(略して S. W. G. と書く)、同「バーミンガム」線番號(B. W. G.)、及び米國の「ブラウンシャープ」線番號(B. S.)の三者とす。此中吾國にて標準として使用せられつゝあるは最後の B. S. 線番號なり。

電線の太さ即ち其直徑は、普通千分の一吋を單位として測り之を「ミル」なる單位を以て表す。而して其斷面積を表すには別に「サーキュラーミル」なる單位あり。「サーキュラーミル」とは、直徑を「ミル」にて表し、其價を二乗せるものゝ事にして例へば直徑を d 「ミル」なりとすれば、其切斷面積を d^2 「サーキュラーミル」なりと稱するが如し。故に正確に斷面積を示さんと欲せば、

平方「ミル」若しくは平方「ミリメートル」を以てするを穩當とす。平方「ミル」は 1.273「サーキュラーミル」にして、「サーキュラーミル」は 0.7854 平方「ミル」なり。

電線として使用せらるゝ金屬は、銅、鐵、「アルミニウム」等が其重なるものにして、外に尙洋銀、白金、「マンガニース」、「ニッケル」及び之等の合金等も使用せらる。電力の傳送分配に用ふるには、なる可く抵抗の些くして價廉なるを要す。金屬中にて抵抗の最少なるは銀なれども、價貴きが故に通常銅線が使用せらるゝなり。

鐵線は抗抵大なるが故に、電信其他の弱電流電線路の外は用ひられず、「アルミニウム」は近來其價格低下せるが故に長距離の送電線として銅線と争ふに到りしが固有抵抗大なるが爲めに太きものを使用せざる可からざるは其缺點なり。

洋銀其他は、重に抵抗材料として、起動抵抗器、速度調整器等の捲線に用ひらるゝなり。

銅線には硬引きと稱し、燒きを入れて扯斷力を強からしめたるものと、之を燒鈍して柔軟ならしめ、取扱に便ならしめたるもの二種あり。更に一層柔軟なるを要する場合には、數條の軟銅線を撚り合せて使用す、之を撚線と言ふ。其外圍を成る可く圓形ならしむる爲に普通三本、十二本、十九本、三十七本、六十一本等の撚り合せが採用せらる。

特別高壓及び特殊の弱電流用の外は、電線には多く被覆物を施

したるを用ふ。被覆材料に依つて又種々の別あり。

東京線。電壓二百「ヴォルト」以下の電路に使用するものにして、其被覆物は綿糸を一層或は二層に編み、之に瀝青、松脂等より成る絶縁耐濕塗料を施したるものなり。

護謨線。高等絶縁線と稱せらるゝものにして、心線に護謨層を施し、其上に綿糸を編組して絶縁塗料を施せるものなり。

普通の高壓電路に使用せらる。

被鉛線。「ゴム」線の上層を、更に鉛を以て被包せるものにして、瓦斯又は蒸汽發散の場所又は濕氣の多き所に使用せらる。

電球線。普通「コード」と稱せらるゝもの即ち之なり。主として室内の電燈装置に用ひられ極めて柔軟にして而も絶縁力に富みたる電線なり。其心線としては、B. S. 三十八番線四十二條撚り以上を以て普通とす。被覆は先づ心線を綿糸にて捲き、其上に護謨層を施し、其上を更に二重或は三重に編組を施したるものにして、普通往復二條を撚り合せて使用する。二條撚り合せたる上に更に袋編を施したるものあり、之を袋打一本「コード」と言ふ。

「パラフィン」線。銅線を綿糸にて包み、之に「パラフィン」を施して絶縁せしめたるものにして電鈴其他弱電流線に供せらる。

電纜「ケーブル」。市街の美觀を損し交通の障害を爲す電柱を除かんが爲に、近來は電線路を多く地下に埋設するに到れり。此爲に設けられたる電線を**地下電纜**と言ふ。

地下電纜は單に絶縁が完全さるゝのみにては足らず、外は土壤

の化學的及び物理侵害に耐へ、内は電流に基く發熱其他に堪ふるものならざる可からず。従つて其構造架空電線とは比すべきにあらず。

電纜の心線は一組より成れるものあれども多くは中に二組三組を集合せしむるを常とし何れも撚線を用ふ。之を包圍する絶縁物には紙、護謨、硫化瀝青、麻等が用ひらる。而して尙土壤の濕氣及酸類の浸害を防ぐ爲には全體を鉛の厚き層を以て包み、且つ機械的の損障、即ち地上を走る車輪等の震動を蒙りて、其絶縁に損害を來さざらしむる爲には其上を更に鋼線若しくは鋼帶を以て包圍す、之を**鎧裝**と言ふ。

電纜埋設の深さは、普通地下二尺乃至四尺にして、先づ之を半土管若しくは石を以て築きたる防壁の中に收め、砂にて埋め、其上に堅固なる蓋を施し後土を置くものとす。

電信電話等に用ひらるゝ電纜は、其心線の數遙に多くして、構造も電力用の如く堅固ならず、之等は又往々架空式に爲す事あり、之を**架壓電纜**と言ふ。地中電纜の如く鎧裝の必要なきを特徴とす。

第九章 電気 の 熱

電熱の應用 電気の應用は、科學の進歩と共に、益々其範圍を擴張せられ、燈火に、動力に、醫療に、通信に、化學に、殆ど萬能の勢を以て發展せり。近來、電力の價格が低廉となるに及び、之を利用して熱を發生せしむるの新工夫が、漸く社會に注目を促すに到れり。元來、熱は光と同様に、或はそれ以上に、吾人日常の生活に必要缺く可からざるものなるが故に、従つて便利、經濟、衛生等の各方面より著しく改良進歩の促進せらるゝを知る。

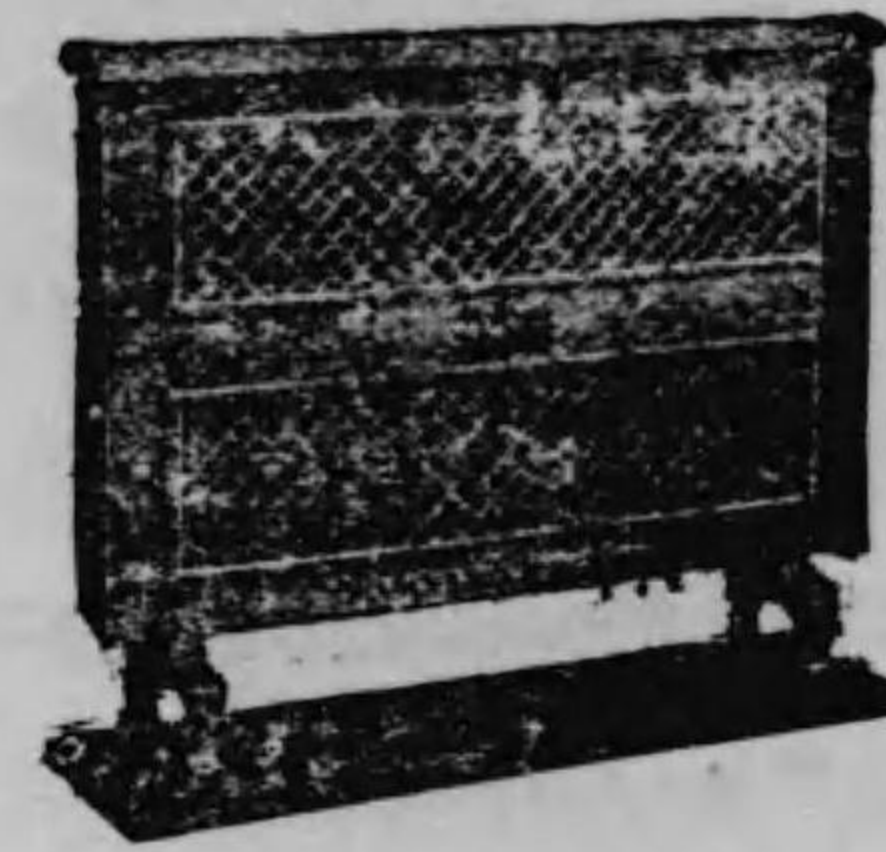
電気を利用して熱を發生せしむるの方法は、之を經濟的見地のみより論ずれば、決して策の得たるものに非ず。薪炭或は瓦斯石油等を燃焼せしむるに比すれば、遙かに多額の經費をも要するなり。即ち之等の場合には、燃料の有する勢力を、直ちに熱に變へて使用し得るものなれども、電気の場合に於ては、一旦之に依つて水を熱し、蒸汽を作り、蒸汽機關を運轉して機械的の勢力に變じ、更に之を發電機に依つて電氣的勢力に變更し、而して後需要の個所に導き、茲に始めて目的の熱を發生せしむるの順序となる。其階段の複雑なるだけ、中途の損失の大なる事言を俟たざる可し。

然れども、此の如く日常の生活に必要缺く可からざるものに在りては、單に經濟的見地のみを以て之を論ずる事能はず。例へば、石炭瓦斯石油の如きは、電気より遙かに安價に製造し得るも

のなるに關らず、電燈が漸次石油燈、瓦斯燈を驅逐しつゝあると同様にして、取扱に便にして且つ衛生的なるの特徴は、遠からずして電氣があらゆる方面の熱の供給者として仰がるゝに到る可き事必せり。況や水力の豊富にして廉低なる電力の供給を營み得る地方に於てをや。

電熱器の種類 電流の熱作用を應用し、熱の供給を目的として作られたる装置を、名づけて**電熱器**と言ふ。

第六十九圖
電気ストーブ



現時広く使用せられつゝある電熱器の種類は、之を其用途の上より分類して、次の如く爲すを得べし。

- (一) 電車或は室内の溫暖装置即ち電気ストーブの類。
- (二) 火鉢、こんろ、七輪、竈類の代用と爲すもの。

(三) はんだ揚げ用の鑊、火熨子、アイロンの類。

(四) 煙草の火付け器。電気火燧の類。

電熱器應用の效果 電熱器を應用するに依つて、直接求め得らるゝ効果の大なるものは、言ふ迄も無く、燃焼に依つて生ずる悪性瓦斯の發生を防止し得るに在りて、燃殻煤烟等の成生は、全々之を忘却し得べく、燐寸の必要もなく、熱を最も安全に有効に而して能率よく使用し得るは、電熱器を置いて他に求む可からざるなり。

之等の効果は、單に需要者側の立場より述べたるに過ぎざれども、尙之を電力供給者の側より論ずれば、又其處に大なる効果の

第七十圖
電氣湯沸



存するを知らざる可からず。

即ち、電力需要者が、盛に電熱器を使用するに到らば、發電所の負荷は、晝夜を分たず活躍し、單に夜間のみ運轉して、晝間は空しく之を放遊せしむるの愚を爲さざるを得べし。抑々、發電所内の諸設備は、之

を運轉活用するの時間のみに依つて、其壽命を測る事能はず。恰も家屋が、住者の有無に關らず、疲弊するの割合が同様なると等しく、發電所を夜間のみ運轉活用して、晝間は全々之を休息せしむるが如くなすも、又晝夜連続に活用して、時々僅少の休息を與ふるが如く爲すも、其壽命に於ては大差なきなり。然らば則ち晝間空しく之を放置するは、其間資本を全く徒費せしむるに當り、事業

第七十一圖
電氣コンロ



經營上の不利は論を俟たざるなり。然れども、僅少なる負荷に對して、過大なる發電機の運轉を爲すは、經費の上に於て、到底收支償ふ可きに非ず。故に晝間の負荷が過小なる場合に於ては、資本の徒費を知りつゝも、晝間の

運轉は之を停止し、夜間のみを其生命として、活動せざる可からざるなり。従つて電力料は晝間徒費の資本に對する利率をも加入

せざる可からざるが故に、比較的高價となるを免れず。故に電力料の低減を欲せば須く晝間電力利用の方法を講究せざる可からざるなり。而して、此目的の爲に、最も適當なるは電熱器の應用を盛ならしむるに外ならず。斯くて晝間動力と共に、之に給供せば、發電所設備は晝間も猶夜間と等しく、之を最も有効に活用し得るが故に、茲に始めて電力料の低減を期待し得べきなり。又電熱器は、電燈と同様に、交流電路に使用するも、其力率百パーセントなるを以て、之を誘導電動機の多き晝間動力と並用すれば、著しく其力率を向上せしめ、更に一層發電所經濟に向つて好良なる効果を齎すを得べし。

電熱器の構造 電熱器の構造は、其如何なる種類たるを問はず、極めて簡單にして、抵抗の大なる導體を、適當なる絶縁物に

第七十二圖
電氣アイロン



て絶縁し、之を適宜加熱體の近傍に裝置せしむるに止る。斯く構造は極めて簡單なれども、熱に伴ふ種々なる副作用併發するが故に、實用的に完全なる裝置を求むるは、容易の業に非ざるなり。熱に伴ふ副作用とは、酸化變質を

以て其第一となし、膨張收縮、絶縁物の變質損障等之に次ぐ。

發熱部の導作として用ふる材料は、成る可く抵抗の大にして、而も高熱に耐ふるものならざる可からず。之電熱器の能率を増さしむる爲に、最も大切なる事柄なり。電熱器の能率は發熱部の單

位面積より発生し得る熱の量に依つて定る。其小なるものは放散に基く損失の爲に、著しく能率の遞減するを免れず。其大なるを欲せば、則ち抵抗のなる可く大なる材料を採用せざる可からざるなり。然れども、抵抗の大なると共に、溶解點高くよく高熱に耐ふるものたる事、亦甚だ大切なり。熱の爲に容易に酸化變質を來すが如きものにては、壽命の點よりして實用に供する事能はざるなり。

電熱器の効果を全うせしめんには、抵抗材料の撰擇と共に、之を包圍する絶縁材料も、亦甚だ研究を要す。即ちよく高熱に耐へて、而も熱の傳導を妨害せず、徒らに場所を占有せざるが如きものならざる可からず。此要求を満足せしむるもの、現在に於ては、雲母の上に出ずるはなしと言ふ。近來、吾國に於て發明せられたる電熱器中に、發熱導作を陶土中に埋め、焼成して一見陶器の如く爲せるものあり、新工夫と言ふ可し。發熱體の壽命は、普通一千時間にして、斷線したる場合には、其部分のみを取換へて、再び使用し得るが如く成れり。

電熱器の理論 電熱器には、其種類甚だ多けれども、何れも單に其形態及應用の相違より設けられたる區別に過ぎずして、其原理に於ては、何れも同一軌範を以て論ずるを得べし。

熱に関する基本定律に、**ジュールの法則**と稱するあり、曰く

電流に依つて生ずる熱量は電路の抵抗及電流の自乗に正比例す *
と、されば一定電壓の許にありては、導體の抵抗さへ適當に定む

れば、任意の熱量を、隨意に發生せしむるを得るなり。電力と熱との關係は、之亦「ジュール」氏の測定に係るものにして、次の如し。

1「キロワット」=240「グラムカロリー」毎秒。

即ち 1「キロワット」の電力が、失はれつゝある場合には、導體には絶へず毎秒二百四十「グラムカロリー」の熱が發生しつゝあるなり。

グラムカロリー とは、熱量の單位にして、一「グラム」の水を、攝氏一度温むるに要する熱量を言ふ。故に、一千「ワット」の電力を供給すれば、二百四十グラムの水を、一秒間に攝氏の一度宛の割合を以て暖むるを得べく、或は二十四瓦の水を、攝氏十度宛暖むると考ふるも同様なり。然れども、此の如きは、眞に理論上にての計算にして、實際に於ては、温度の上昇するに伴ひ、器物の表面より放散する熱量が増大するを以て、終に一秒間に發生する熱量と、其間に放散する熱量とが、相等しき状態に達したる後は、温度はそれ以上永久に上昇する事なし。之恰も水樋に水を供給する際に、供給する水の量と、それより洩出する量とが相等しくなりたる際と同様にして、此の如き場合には、桶の水量は、増減する事なし。即ち、電氣に依つて生ずる熱量と、器の外面より放散若しくは蒸發し去る熱量とが、等しき状態に達すれば、其後は温度には何等の變動を來さざるなり。電熱器に於ては、之等の關係を、容易に而も比較的正確に算出し得るが故に、設計を適當に施せば、一定量の水を、絶えず一定の温度に保ち、或は一室内

の温度を絶えず不変ならしむるが如き特殊の要求にも敢て困難を感ぜざるなり。

電圧、電流及電力の関係 電熱器に要する電力は、其大なるもの、即ち電気「ストーブ」の如きにて一「キロ」乃至二「キロ」、電気湯沸し、料理「ストーブ」の如きは、八百「ワット」乃至四百「ワット」、「アイロン」は六封度のものにて三百「ワット」内外に製作せらるゝを常とす。電圧は概ね百若しくは二百「ヴォルト」なり。二百「ヴォルト」用の電熱器を、百「ヴォルト」の電路にて使用せば、發熱量は其四分の一にすら及ばざる可し。之消

費せらるゝ電力は、抵抗一定なる場合に於ては、電圧の二乗に比例するに關らず、熱の放散する面積は以前と同様なるが故なり。

消費電力が、電圧の自乗に比例するの事實は、次式に依りて證明するを得べし。但し、 W は電力(ワット)、 E は電圧(ヴォルト)、 I は電流(アムペア)、 R は抵抗(オーム)、即ち此場合に R は一定なり。

$$W = EI$$

而して
$$I = \frac{E}{R}$$

故に
$$W = \frac{E^2}{R}$$

即ち
$$W \propto E^2$$

即ち、抵抗一定なる電熱器に對して、電圧を規定の二倍ならし

むれば、其中に於て、規定に四倍する電力を消費し得るが故に、發熱量も亦之に比例して増大すべく、之に反して、規定電圧の二分の一にて使用すれば、發熱量は四分の一となる。

電熱器には、誘導作用を含まざるが故に、交直何れの場合に於ても、電力は一般に次式を以て表すを得、

$$W(\text{ワット}) = E(\text{ヴォルト}) \times I(\text{アムペア})$$

電圧及電力の定まれる電熱器に要する電流は

$$I(\text{アムペア}) = \frac{W(\text{ワット})}{E(\text{ヴォルト})}$$

より求むるを得。

例へば、百「ヴォルト」にて三百「ワット」の「アイロン」ありとすれば、之に要する電流は

$$\frac{300}{100} = 3 \text{ アムペア}$$

なり。

電力料の計算 電力料を一「キロ」時金 n 錢としたる場合に W 「ワット」の電熱器を h 時間使用せる際の電力料金 Q は次式より求むるを得

$$Q = nWh \times \frac{1}{1000} \text{ 錢}$$

(注意 電力 W が與へられたる際には電流及電圧の價を考ふるの必要なし。)

例へば、 n を金五錢として、八百「ワット」の電気湯沸しを、五

時間使用した際の電力料金を求むれば、

$$Q = 5 \times 800 \times 5 \times \frac{1}{1000} = 20 \text{ 銭}$$

なり。

「グラムカロリー」なる単位は、「キロワット」時若しくは呎封度等の単位と等しく、時間には関係なく、單に仕事の總量を表したるものなるが故に、電力即ち仕事の時間に對する割合との關係を述ぶるに定りては、特に一秒間に付幾「グラムカロリー」と言ふが如く、正確に時間に對する標準を示さざる可からず。然れども、「キロワット」時は、時間に關係なく、單に仕事の總量を表す單位なるが故に、之と「グラムカロリー」との關係を言ふ場合には、其必要を認めざるなり。即ち、一「キロ」時の電氣を用ふれば

$$240 \times 60 \times 60 = 864 \text{ 「キログラムカロリー」}$$

の熱を求むるを得るなり。

水一升は、凡千八百「グラム」なるが故に、之を沸騰せしむるには、最初の溫度を攝氏十五度とすれば

$$1.8 \times (100 - 15) = 153 \text{ 「キログラムカロリー」}$$

の熱を必要とす。即ち、之を電氣の單位を以て言へば

$$\frac{153}{864} = 177 \text{ 「ワット」時}$$

となる。依つて之を二十分にて沸騰せしめんと欲せば

$$\frac{177 \times 60}{20} = 531 \text{ 「ワット」}$$

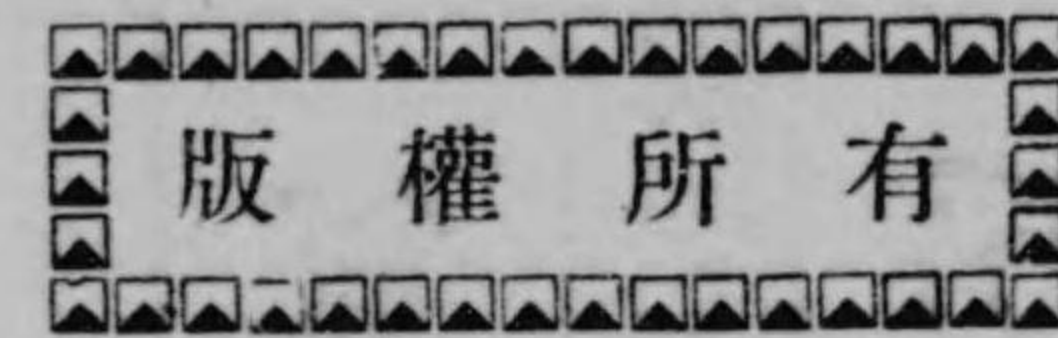
の電力を要し、三十分にて沸騰せしむるには

$$\frac{177 \times 60}{30} = 352 \text{ 「ワット」}$$

の電力を必要とす。然れども、實際に於ては器も熱せざる可からず、外氣へ放散する熱量をも考慮せざる可からざるが故に、それより尙一割方多く見積らざる可からず。即ち、一升の水を、二十分間にて沸騰せしむるには、六百「ワット」の電力を要し、三十分にて沸騰せしむるものとすれば、四百「ワット」にて足る。然れども電力料は、何れの場合に於ても同様にして、一「キロ」時金五錢とすれば、0.177「キロワット」時は金八厘八毛餘にあたる。

大正十年五月十五日印刷

大正十年五月八日發行



初等電氣工學

定價金一圓五十錢

著者 牧野賢吾

東京市小石川區表町一〇九番地

發行者 古藤田喜助

東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二番地

印刷者 高橋郡二郎

東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二番地

印刷所 株式會社 秀英舍第一工場

發行所 東京市小石川表町一〇九 大日本工業學會

振替口座東京六一八〇番
電話小石川 { 一〇四〇
 二六〇一

□電氣用最新著作□

大阪府立今宮工業學校教諭

金子五郎先生著

內燃
機關

電氣着火裝置

菊 判
料價一圓五十錢
拾錢

元遞信省技師

齋藤 確先生著

電氣測定器

菊 判
料價一圓二十錢
六錢

柳町政之助先生著

煖房と換氣

菊 判
料價百十四錢
八錢

元早稻田大學教授

青柳豐三先生著

電氣通話

菊 判
料價百三十八錢
圓頁

發行所 東京市小石川表町 大日本工業學會

10.7.5

381
142

終