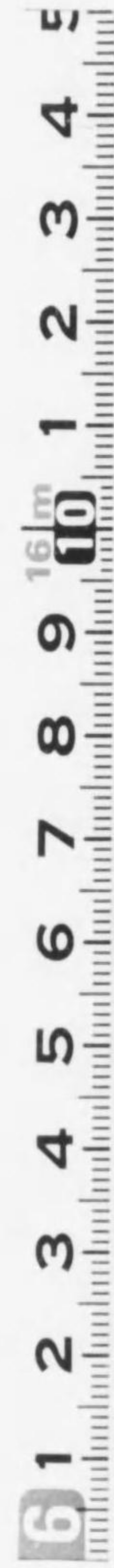


始



機械の常識
第5篇

發電機

日本大學機械談話會編

東京

株式會社 可口ナ社

2600



情 255
497



機 電 發

編 會 談 機 械 大 學 日 本

(著 筆 者 本 多 淺 次 郎)

東 京

株 式 公 司 十 九 社



序

電氣工業に関しては既に斯界の名士に依り幾多の著述があつて吾人の秃筆を要するものではない、然乍ら今回日本大學機械談話會に於いて「機械の常識」の名の下に凡ゆる工業部門に亘り常識程度の編纂が企てられ、筆者も會の一員としてこの企てに應ずることとなり、電氣の大要、發電機、電動機の三編を記述することとなつた。

惟ふに近時各種産業の發達に伴ひ、機械、電氣の發展は實に目覺しきものあるのみならず、其の利用は益々微に入り細に亘り、その進歩の餘りに速かなるに驚異せられる。此處に於て吾人の日常生活は人と機械と電氣の三位一體となつて文化の中堅をなしてゐる現状に鑑み、進んで記述の責を負ひ、筆者が過去二十年間の經驗から特に工鑛業に携る初級の人々の爲に最も分り易く記述したものである。

本書では直流發電機及び交流發電機の原理、構造、特性、取扱法等實地に必要な事柄に就て述べ、發電機に關する知識の涵養促進に務めた。讀者諸君が本書を読んで幾分でも益する處あらんか筆者の喜び之れに過ぐるものなし。一言述べて序とす。

著 者 識

目 次

1. 発電機の原理	1
2. 直流発電機の構造	3
3. 直流発電機の種類	6
4. 発電機巻線法	8
5. 発電機の誘導電圧	10
6. 直流発電機の端子電圧	12
7. 発電機反作用	13
8. 発電機電圧調整法	15
9. 直流発電機の特 性	16
10. 発電機の能率及び内部損失	17
11. 直流発電機の運轉及び取扱法	18
12. 交流発電機の原理	20
13. 交流発電機の種類及び構造	22
14. 交流の周波数と回轉數との關係	26
15. 交流発電機の発電機巻線法	29
16. 交流発電機の誘導電圧及び電圧調整法	30
17. 交流発電機の出力及び力率	31
18. 交流発電機の並行運轉	33
19. 発電機用配電盤	35

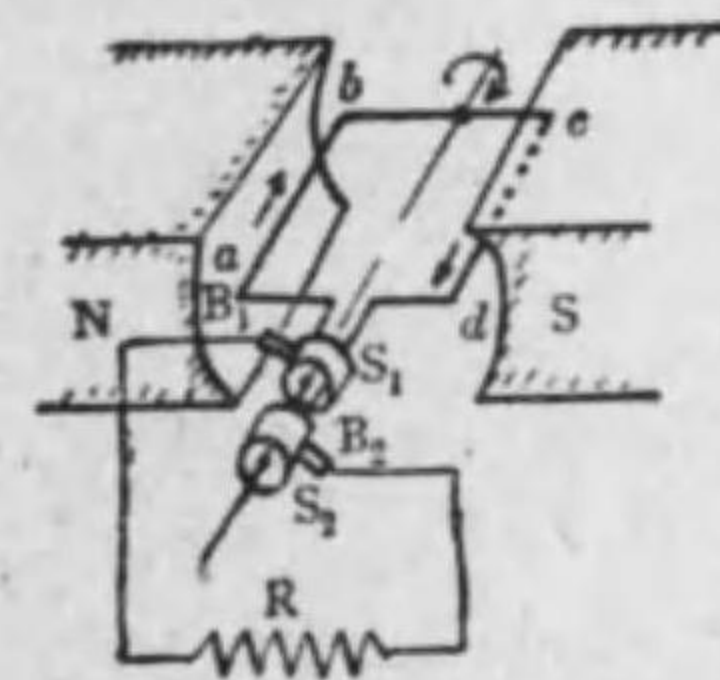
發電機

1. 發電機の原理

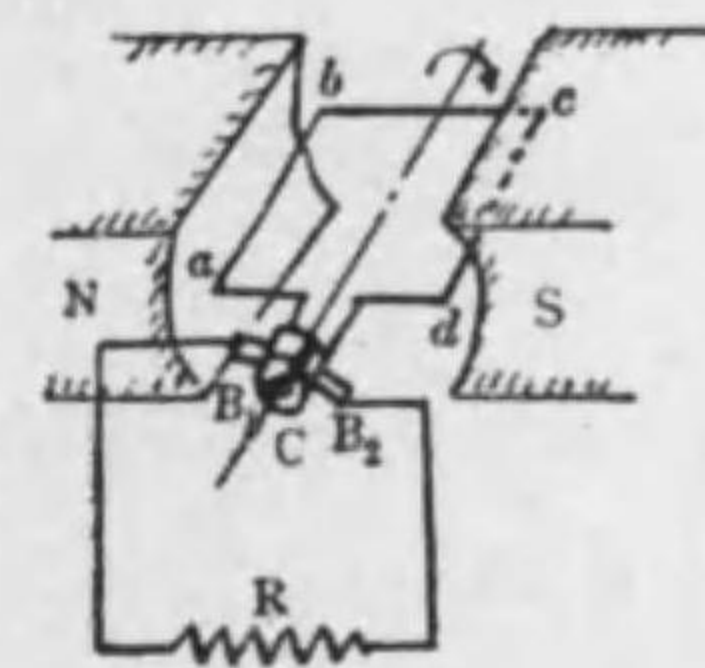
發電機は西曆 1866 年、今から 70 餘年前に始めて獨逸人シーメンスに依て造られたもので、其の後非常に發達し現今では發電機一臺の出力が 4 萬キロワットにも達する大型のものまで造られる。電氣を發生させる發電所には發電機を運轉するための原動機として水車を用ひる水力發電所と、石炭及び重油等を燃料として蒸氣罐を備へ蒸氣タービンを用ふる火力發電所とがある。水力發電所は水を利用する關係上山嶽地帯に多く建設され、此處にて發電したる電力は一部は近接農村等にて使用されるが、大部分は長い送電線路に依り都會地及び工場地へ送られる。

發電機は大別して直流發電機と交流發電機とに區別されるが、大出力のものは現今では交流發電機が多く用ひられ、直流發電機は電車を運轉するための發電所を除く外電力需要地に於て交流を直流に變へて使用する場合に用ひられることがある。直流發電機も交流發電機も電氣發生の方法は同じであつて次に其の原理を説明しよう。

原理 磁界中で導體を動かすと其の導體には起電力を誘導する。即



第 1 圖



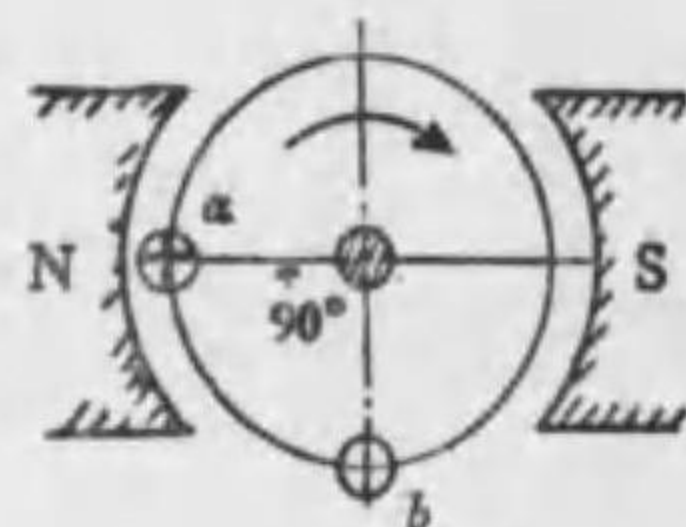
第 2 圖

ち發電機は電磁誘導作用の原理を應用したものである。第 1 圖に示す如く磁

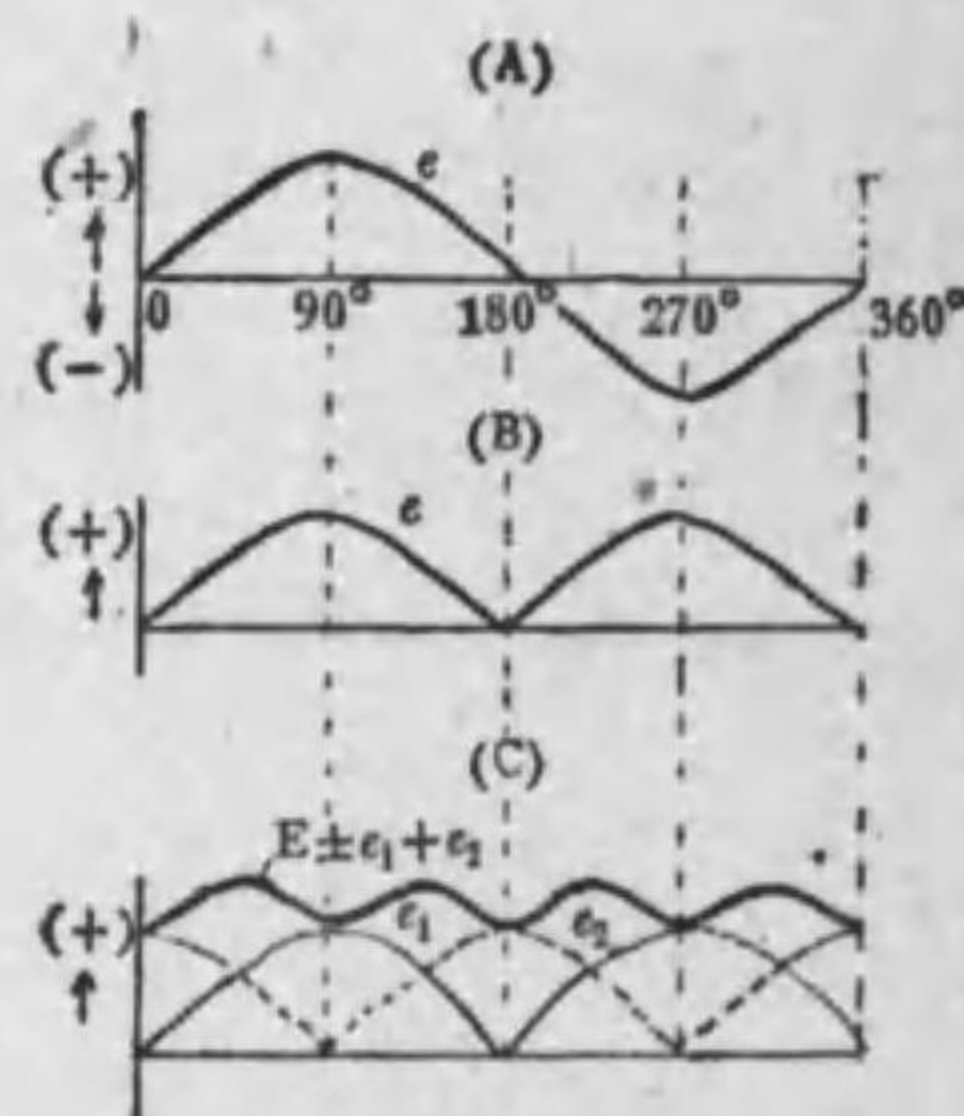
極 N と S の間に曲軸にて支へられた $abcd$ なる導体を回轉せしむるときは各々矢に示す方向に起電力が誘導され、 $S_1 S_2$ なる二個の滑動環の間に電位差が現れる。此の場合誘導された起電力の方向は導体が N 極の下を通るときと S 極の下を通るときは反対であつて交番に其の方向を變化する。故に滑動環 $S_1 S_2$ に刷子 $B_1 B_2$ を接觸して抵抗 R を有する外部の電路に接げば、交番電流即ち交流が流れる。之が交流發電機の原理を表すものである。

又第2圖の如く滑動環の代りに整流子 C を取付くれば、 R なる抵抗を有する外部電路に對して一定方向の電流を取出すことが出来る。これが直流發電機の原理である。

第3圖に於て a なる導体1本を有する場合の起電力は、導体 a が磁界を直角に切る場合最大で、磁界の方向と平



第3圖



第4圖 直流の原理を説明する圖

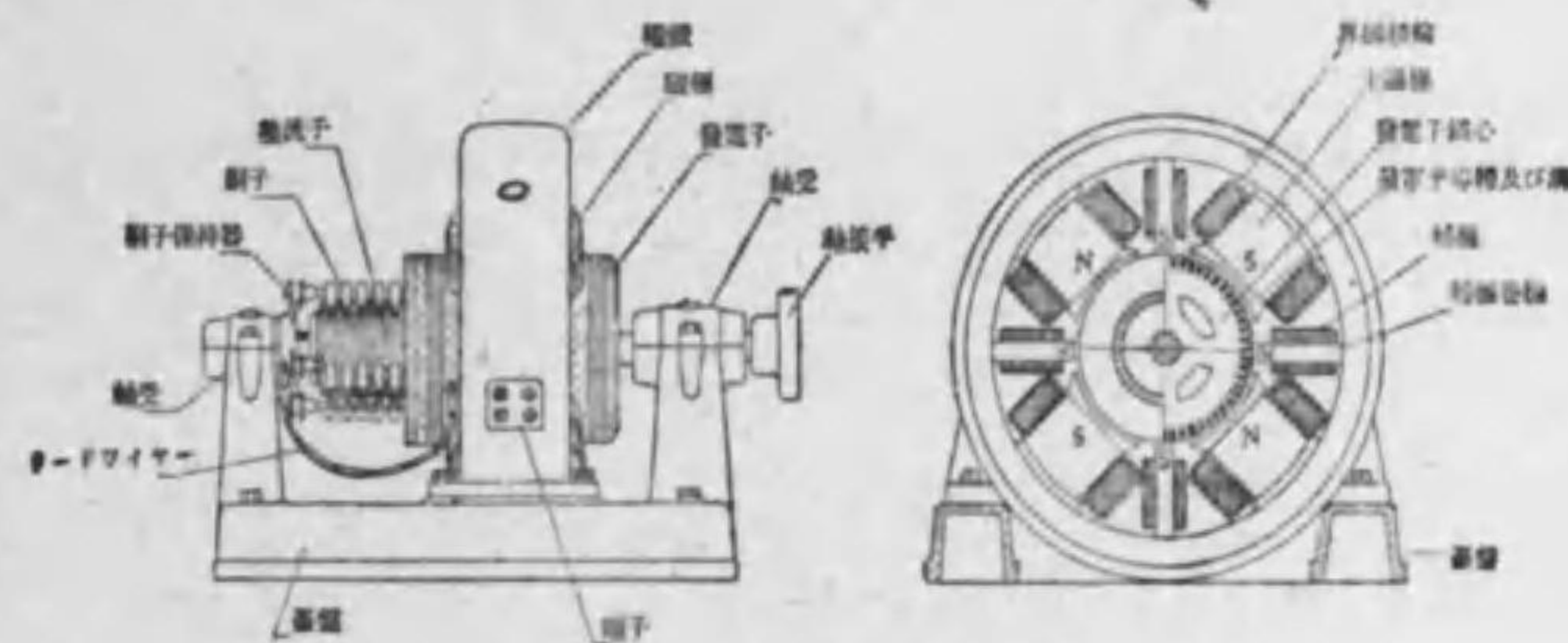
行するときは零となり、導体の回轉に伴ひ時々刻々變化する。第4圖(A)は1本の導体に依り發生する交番起電力を示す。之を整流子を経て外部に取出すときは第4圖(B)の如く起電力の値は時々刻々異なるが方向は一定となる。斯の如く一本の導體にて發生する起電力は其の値が時々刻々變化してゐるが、多くの導體を適當に配置すれば其等の起電力の和は殆んど一定となる。第4圖(C)は第3圖に示す如く互に 90° の角度に置かれた ab 2本の導體にて發生する直流電壓を示す。圖中 e_1 は a 導體に發生する電壓、 e_2 は b 導體に發生する電壓、 E は e_1 と e_2 の和を表す。

2. 直流發電機の構造

直流發電機は次の三つの主要部分から成立つてゐる。

- (イ) 磁力線を作る部分 この部分は發電機の本體をなす鐵轆と磁極及び磁極に巻かれた界磁線より成る。
- (ロ) 導體を保持し回轉して起電力を誘導する部分 この部分は發電子と稱へ軸を有する圓筒形鐵心上に溝を設けてこの溝に導體を入れて巻いたものである。
- (ハ) 外部に對して一定方向の電流を得る様に作用する部分 此の部分は發電子の一端に整流子と云ふものを設け、他方固定された軸受側に刷子を取付ける。

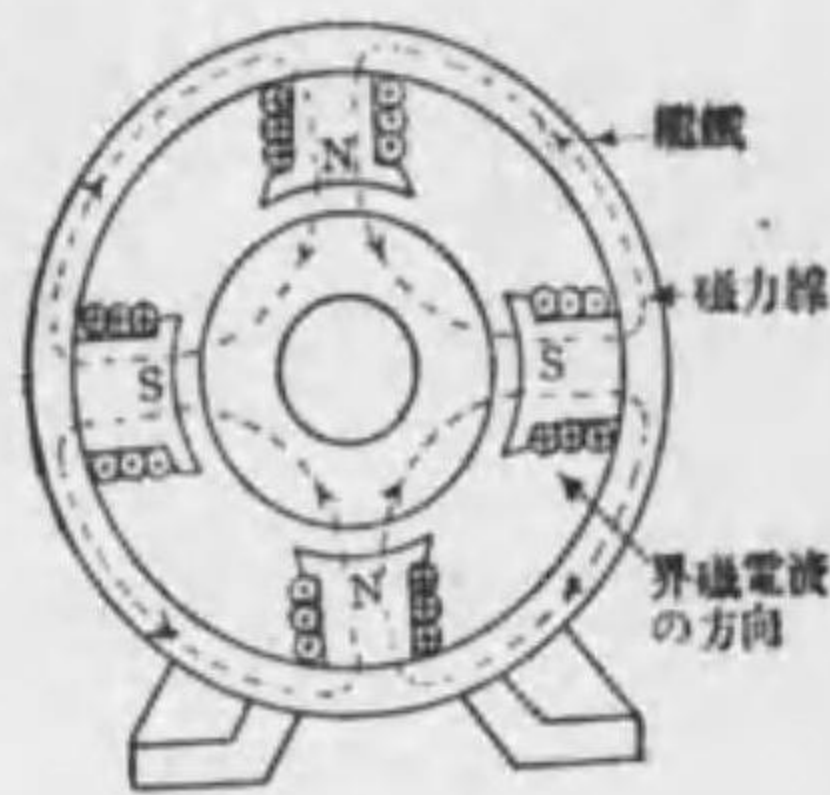
第5圖は直流發電機の構造及び主要部の名稱を示す。尙各部分の構造詳細及び其の作用に付いて述べよう。



第5圖 直流發電機の構造

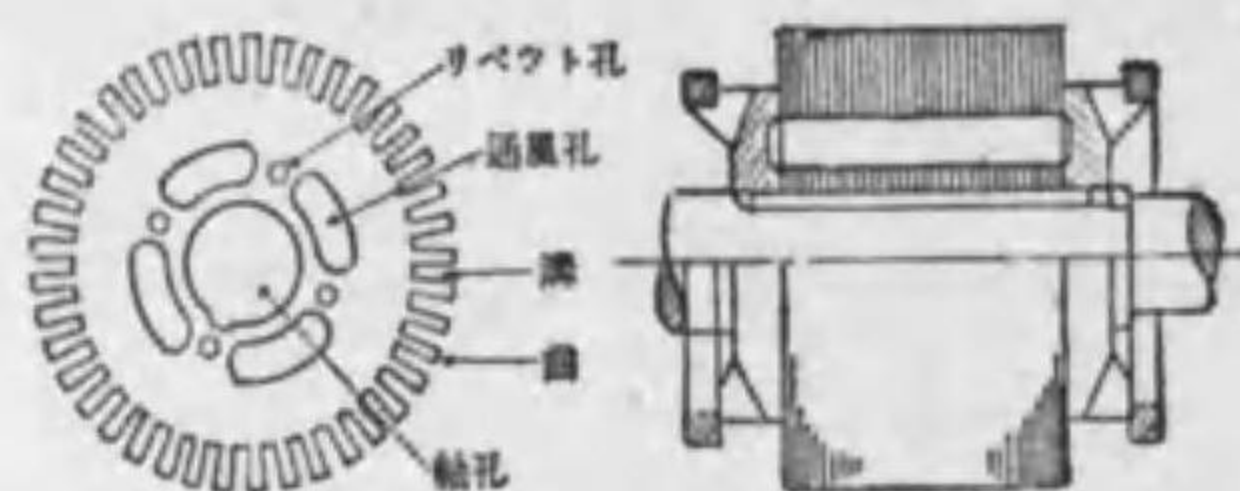
- (1) 鐵轆、磁極及び界磁線輪 鐵轆、磁極及び界磁線輪は磁力線を作る役目をなす部分であつて、鐵轆は磁力線の通路を作ると同時に發電機の本體を形作つてゐる。鐵轆は多く鑄鐵又は鑄鋼で造られる。磁極は薄い軟鐵板を積み重ねたもの(これを成層鐵心と云ふ)で造りボルトにて外側の鐵轆に挿付けられる。磁極の周囲には電磁石を作るための線輪を施す、之を界磁線輪と云ふ。

界磁線輪に電流を通すと磁極は磁化せられ N 及び S 極を發生する。磁極數は偶數を用ひ順次に N 極と S 極とが配置される。一般に回轉速度大なるものは磁極數は少く、低速度のものは磁極數も多い。第 6 圖は磁極の配置と磁力線の通路及び界磁電流の方向との關係を示す (⊕印は電流の方向が向ふへ流れ行くもの、⊙印はこちらへ流れ来るものを示す)。



第 6 圖

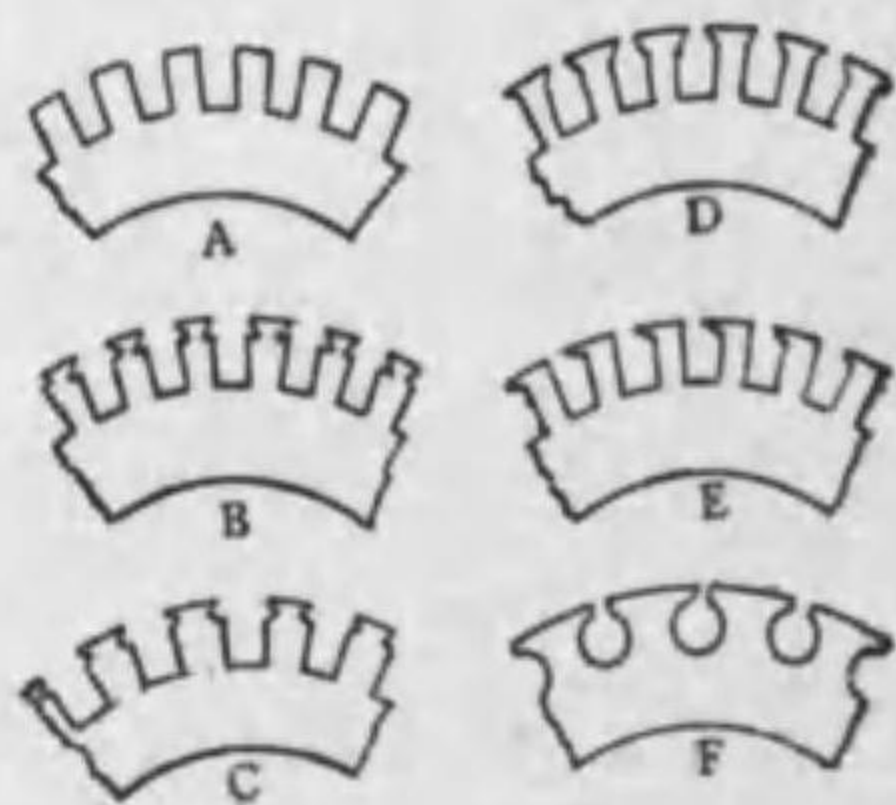
(2) 發電子 發電子は起電力を誘導すべき導體と之を支へ且つ磁力線を通すための鐵心から成立つてゐる。發電子の鐵心には厚さ 0.3~0.5 mm の薄い鐵板を積み重ねたものを用ひる。



第 7 圖 發電子鐵心の構造

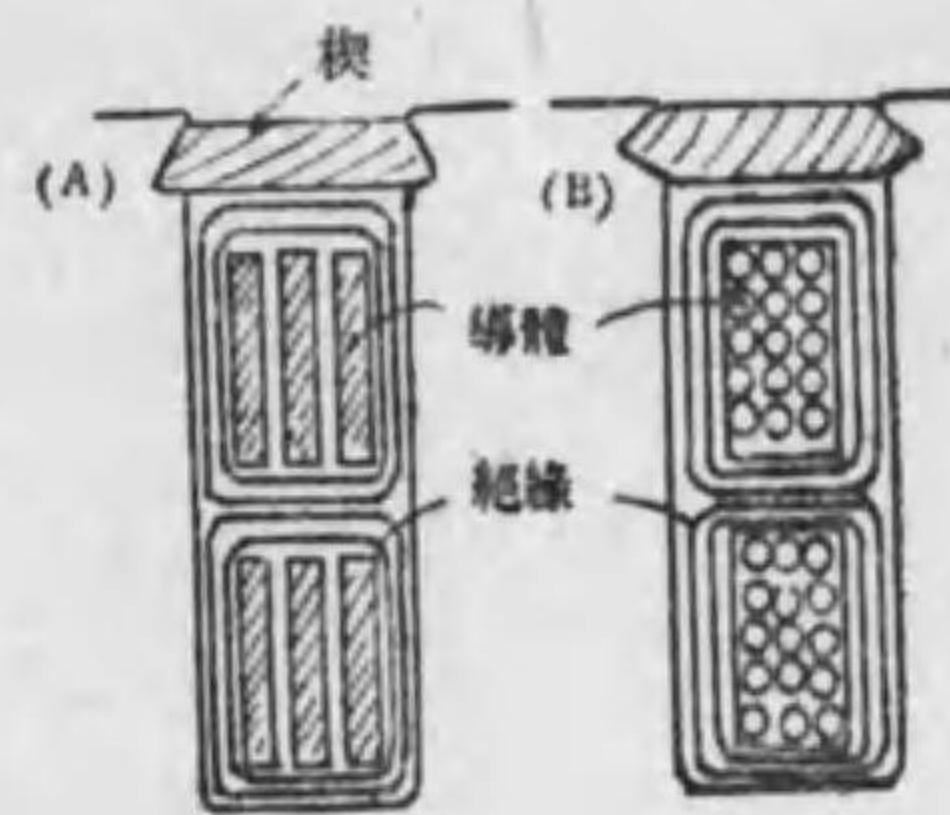
第 7 圖は發電子鐵心を組立てたものゝ示す。發電子鐵心の周邊には溝を設け其の中に絶縁した發電子導體を收める。

溝の形狀には第 8 圖に示す如く種々のものが用ひられる。圖中 A, B, C は開溝、D, E, F は半開溝と云ふ。開溝は大型の發電機に多く用ひられ、半開溝は小型のものに用ひられる。



第 8 圖 發電子溝の形狀

第 9 圖は開溝内に發電子導體を取付けたものの切斷面を示すもので、圖中 (A) は銅帶を用ひ (B) は銅線を用ひたものである。發電子が高速度で回轉する場合は遠心力に依り導體が飛び出さうとするのを防ぐために、發電子巻線を施したる後溝の出口に楔を打込み其の上を丈夫なバインド線にて掃付ける。



第 9 圖 發電子溝の斷面

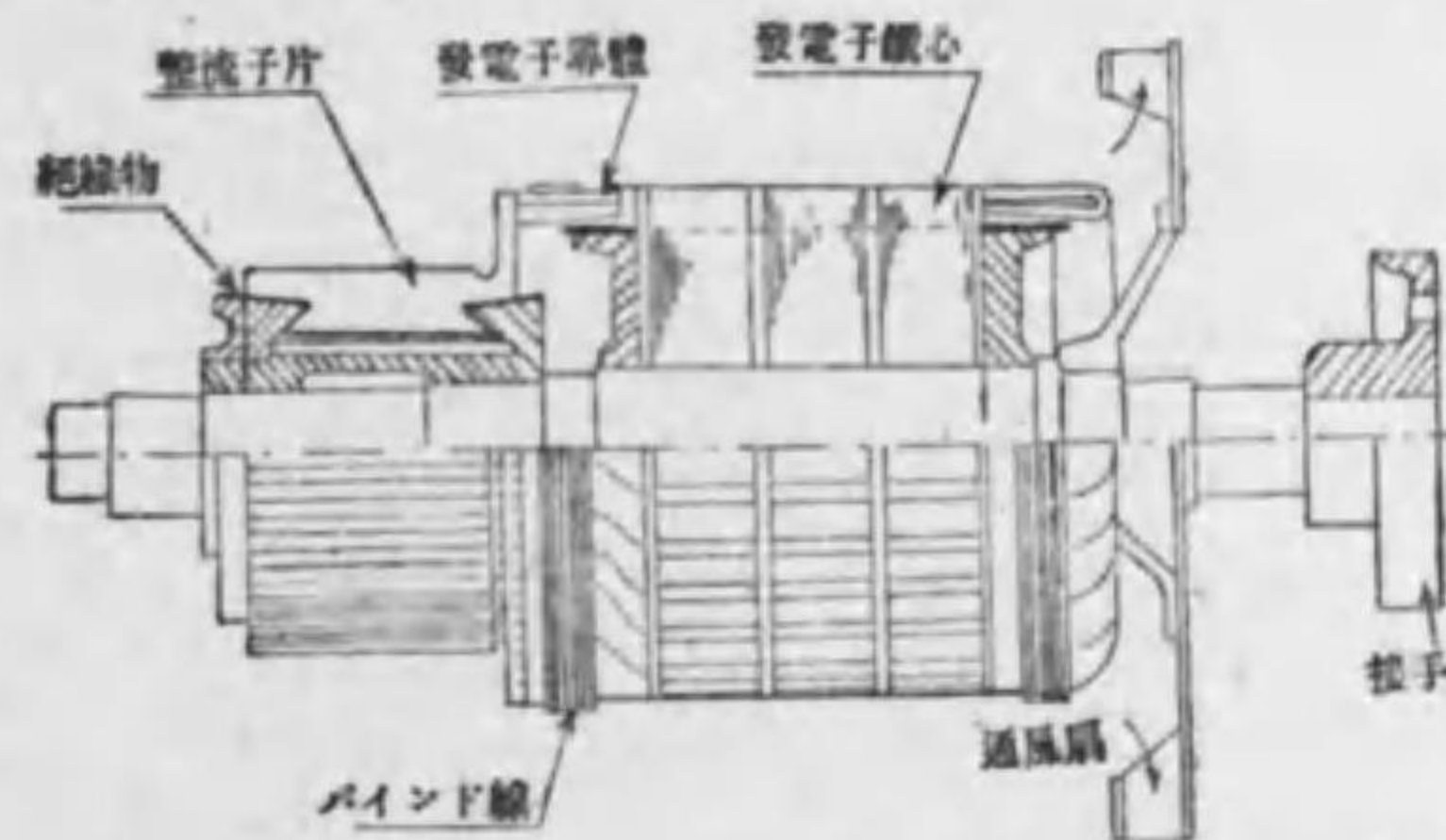
(3) 發電子鐵心に成層鐵心を用ふる理由 發電子鐵心も一つの導體であるから磁界の中で回轉すれば其の中に起電力を生じ従つて鐵心の中に方向の定まらぬ電流所謂渦流を生ずる。この爲に發電子鐵心を熱して無益な勢力の損失を伴ふもので



第 10 圖 渦流の發生を説明する圖

ある。故に渦流の發生を少くするために互に絶縁した薄い鐵板を積重ねたものを用ひる。第 10 圖は渦流の發生する有様を示したものである。

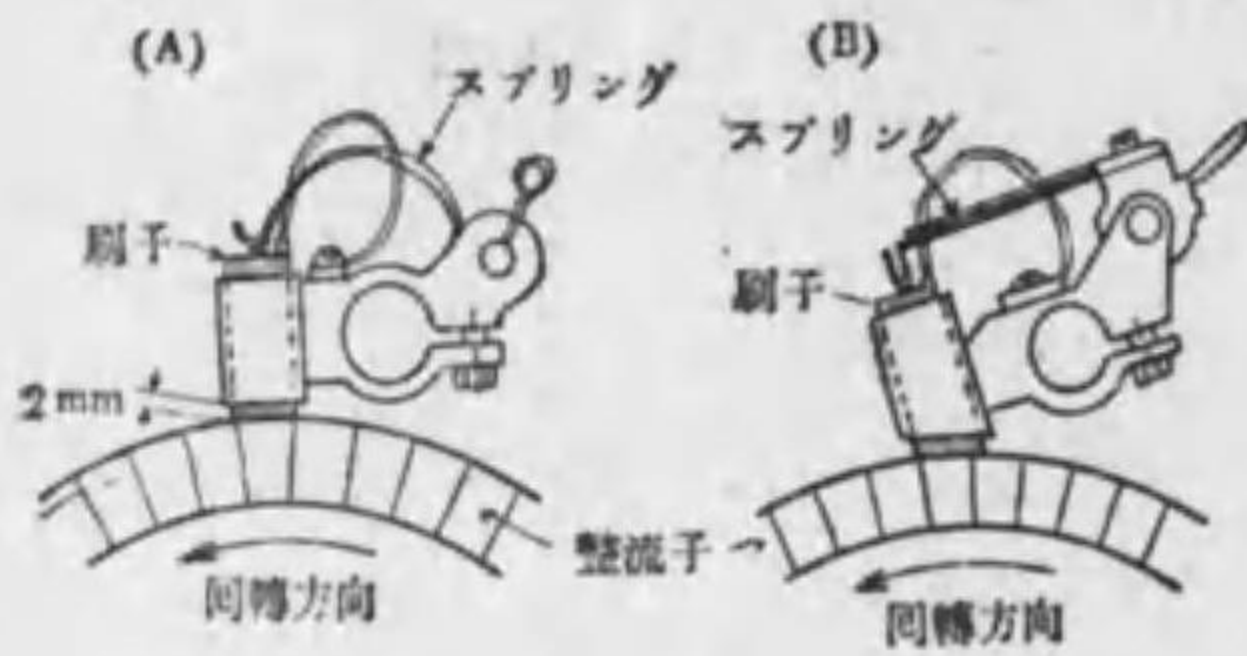
(4) 整流子 整流子は發電子導體に誘導された交番起電力を直流に變へる部分で第 11 圖に示す如く發電子の一端に取付けられる。整流子は硬引繩



第 11 圖 整流子と發電子導體との關係を説明する圖

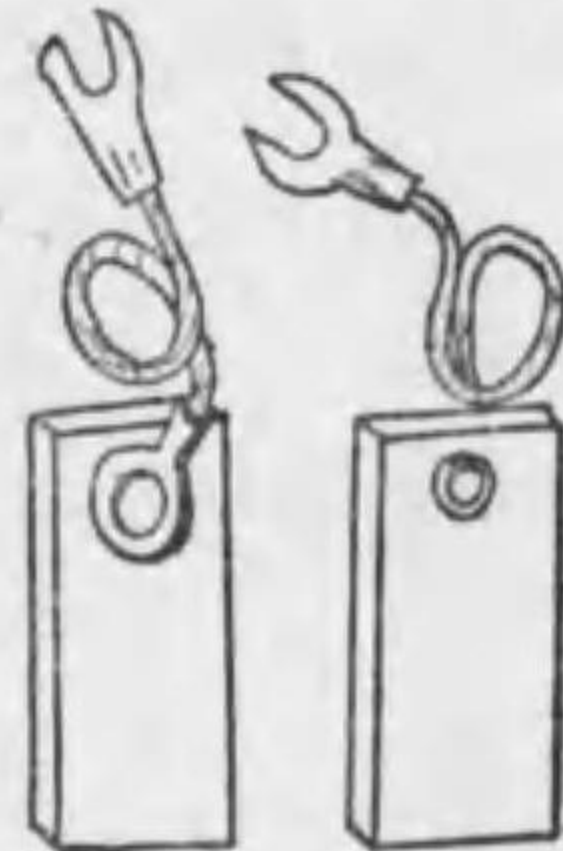
銅で造られた多くの整流子片から組立てられ圓筒形をなす。又各々の整流子片間は雲母(マイカ)にて絶縁され、其の一端は發電子導體に接続される。

(5) 刷子 整流子の表面に接觸して發電子より電流を導き出す装置である。之は刷子支持器とスプリングに依り 0.1 乃至 0.15 kg/cm² 位の壓力にて整流子面を押へてゐる。

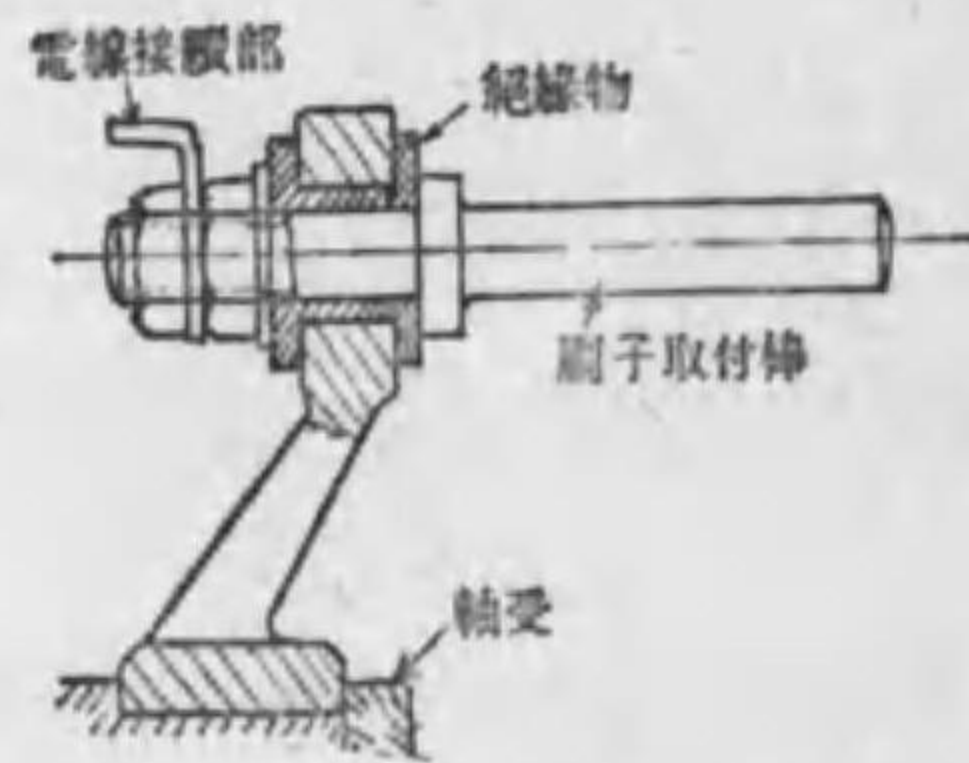


第 12 圖 刷子の圖

多く使用されてゐるものは炭素刷子である。刷子の組数は一般に發電機の磁極數と等しく、刷子片の個數は電流の大きさに依り 1 個或は數個を用ひることもあ



第 13 圖 炭素刷子片



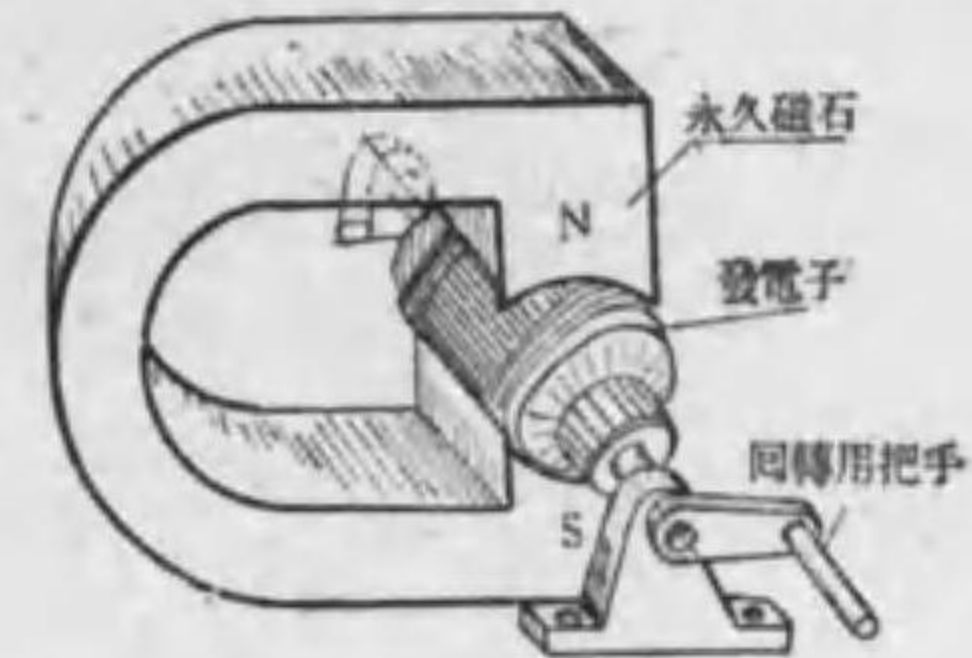
第 14 圖 刷子支持金物

る。第 13 圖は炭素刷子片、第 14 圖は刷子支持金物を示す、支持金物は完全に絶縁され整流子の周りを動かし得る様になつてゐる。

3. 直流發電機の種類

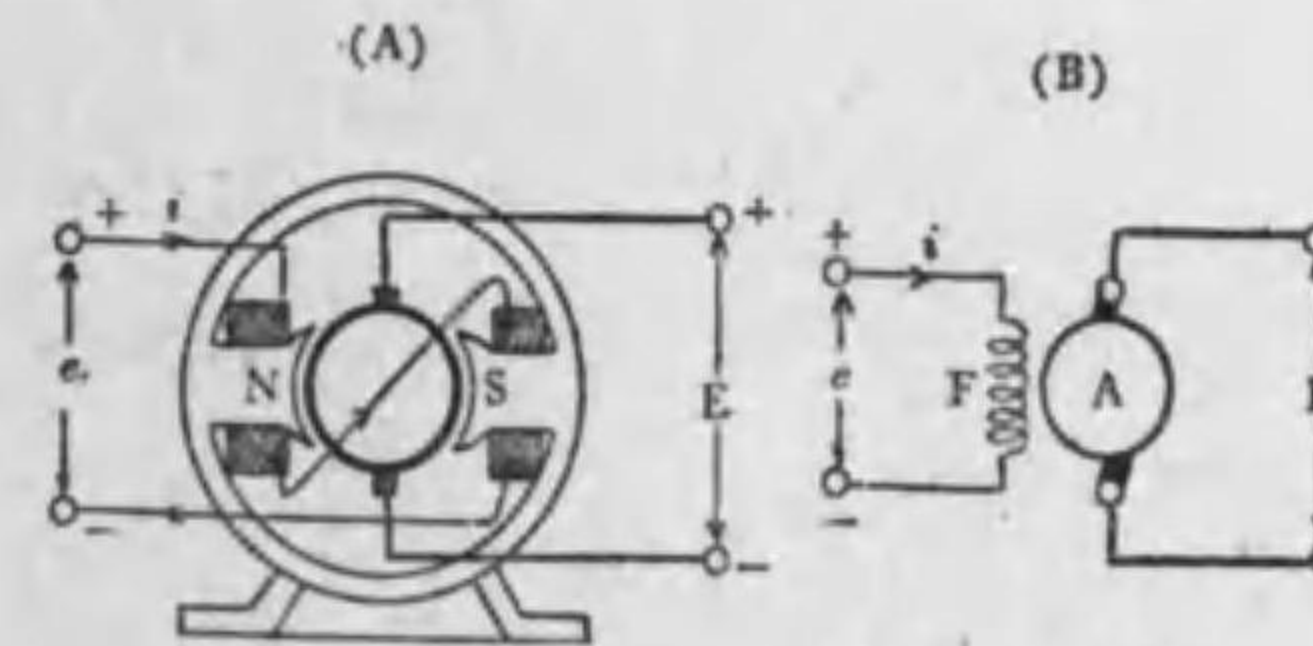
直流發電機は磁界を作る方法に依り發電機の特性が異なるものであつて、先づ勵磁方式(磁界を作る方法)に依り分類すれば、磁石發電機、他勵發電機、自動發電機の三種である。

(1) 磁石發電機 磁石發電機は第 15 圖に示す如く磁極としては永久磁石を用ひたものである。之は電氣測定器や通信、信號用の電源として手動にて回轉せしむる構造のものが多く使用される。従つて發電機の出力は極めて小なるもののみである。



第 16 圖 磁石發電機

(2) 他勵發電機 他勵發電機と云ふ



第 16 圖 他勵發電機

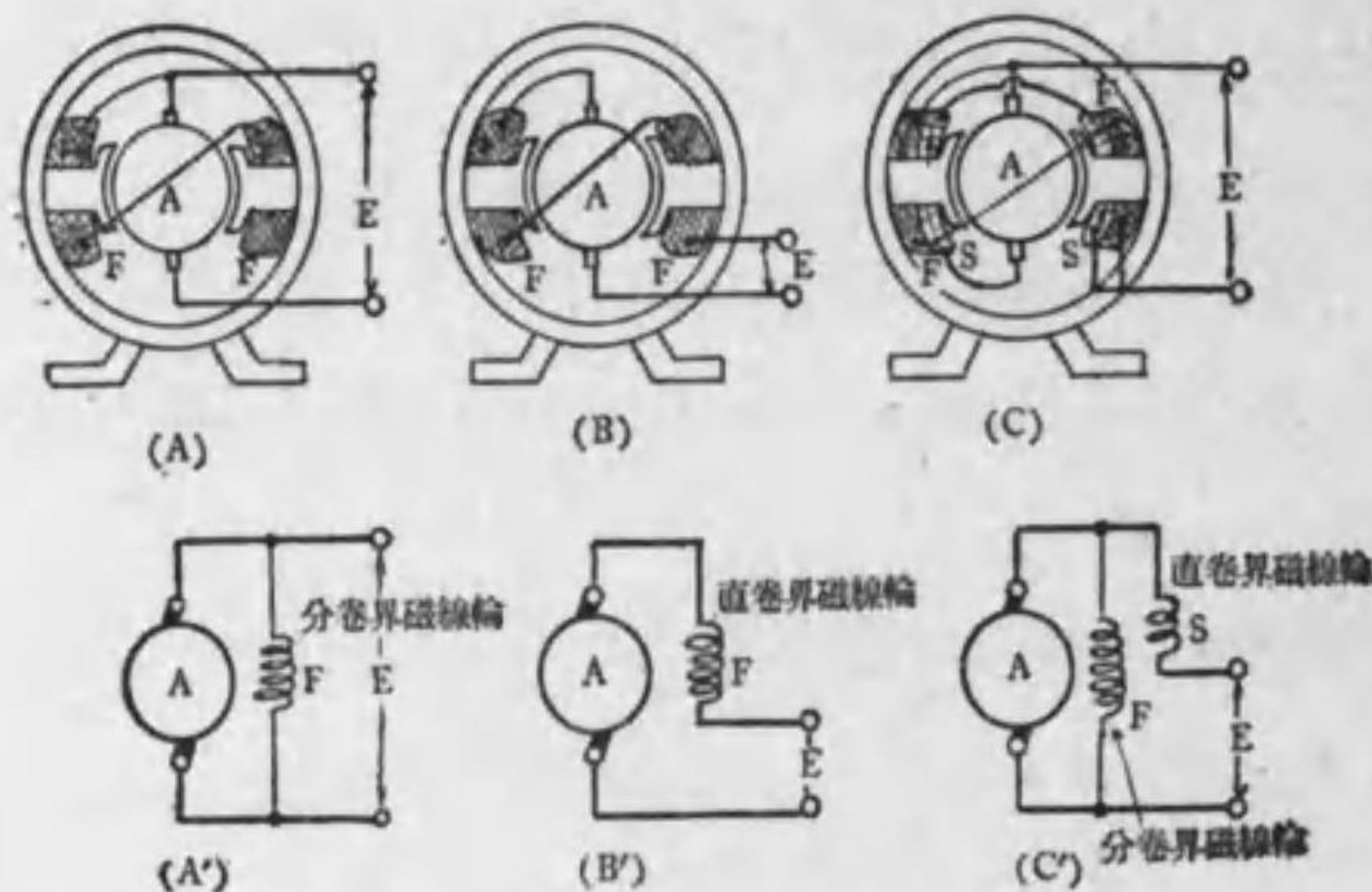
のは磁力線を作るため界磁線輪に流す電流を他の電源から與へる様にしたものである。

第 16 圖は他勵發電機の略圖を示すもので NS 極の界磁線輪には他の電源から電壓 e が與へられ電流 i が流れる。此の發電機は他の電源が必要で不便であるから特殊な装置を除く外使用されてゐない。

第 16 圖(B)は他勵發電機の最も簡単な書き表し方を示すもので圖中 A は發電子、F は界磁線輪、E は發電機の電壓である。

(3) 自動發電機 自動發電機とは界磁線輪に自己の發電したる電流を通ずるもので、現今發電機として用ひられてゐるものは多くこの型である。自動發電機は更に分巻發電機、直巻發電機、複巻發電機の三種に區別される、

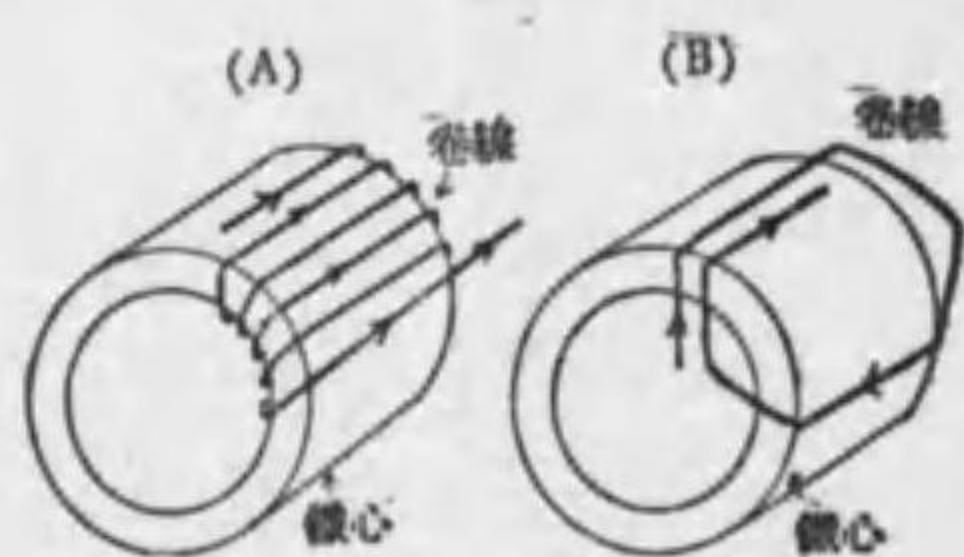
分巻發電機は第 17 圖(A)及び(A')に示す如く發電子と界磁線輪とが並列に接続されたものである。直巻發電機は同圖(B)及び(B')の如く發電子と界磁線輪とが直列に接続されたものである。又複巻發電機は同圖(C)及び(C')に示す如く分巻界磁線輪と直巻界磁線輪と二個の界磁線輪を有するものである。



第17圖 自勵發電機

4. 發電子卷線法

直流發電機の發電子卷線を形作る各導體には磁極との關係位置に依り各々異なる大さの起電力が誘導されてゐる。之を有效に相加はる様にして取出すためには各導體間の接続方法(所謂卷線法)に特別の注意を要する。卷線法には



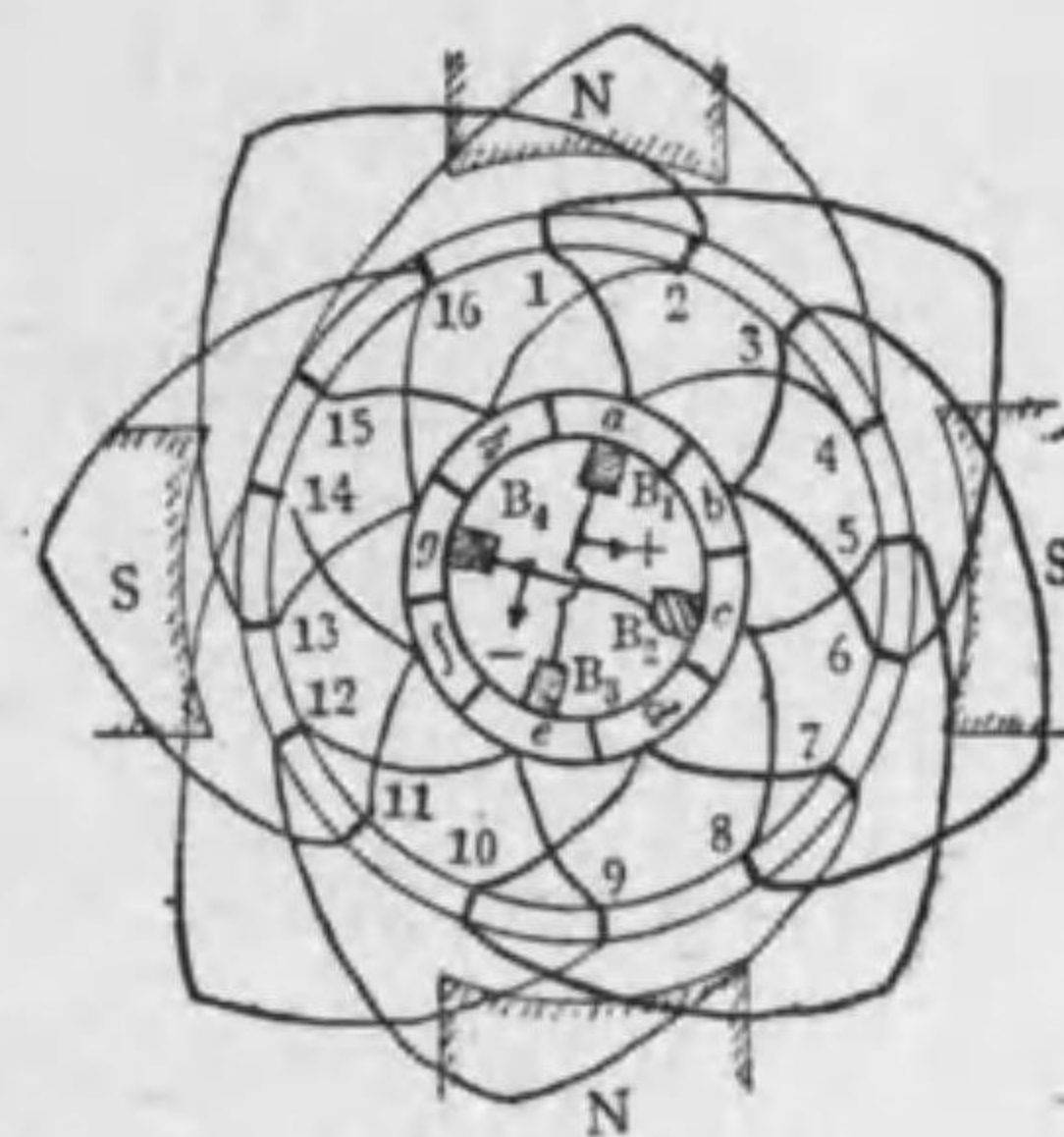
第18圖 卷線法の原理

第18圖(A)に示す如く鐵心に環狀に捲くことも出来るし、又同圖(B)に示す如く圓筒形鐵心の表面のみに鼓狀に捲くことも出来る。前者を環狀卷、後者を鼓狀卷と云ふ。

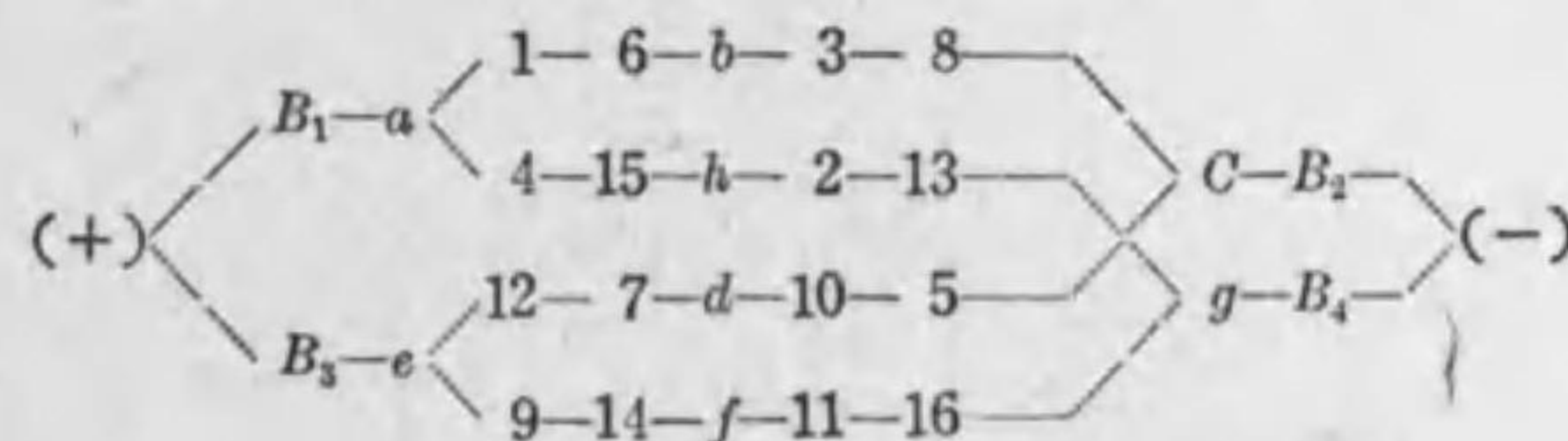
現今用ひられてゐる卷線法は略一極間隔を隔て、反對の極の下にある導體に順次絡いで行く方法即ち環卷狀卷が用ひられる。尙環狀卷線法には重卷(又は並列卷)と波卷(又は直列卷)とがある。

(1) 重卷又は並列卷 第19圖は四極用發電子に重卷に依る卷線法を示すもので圖中abc等は整流子片を表し、外側の1234...等は發電子溝の位置を

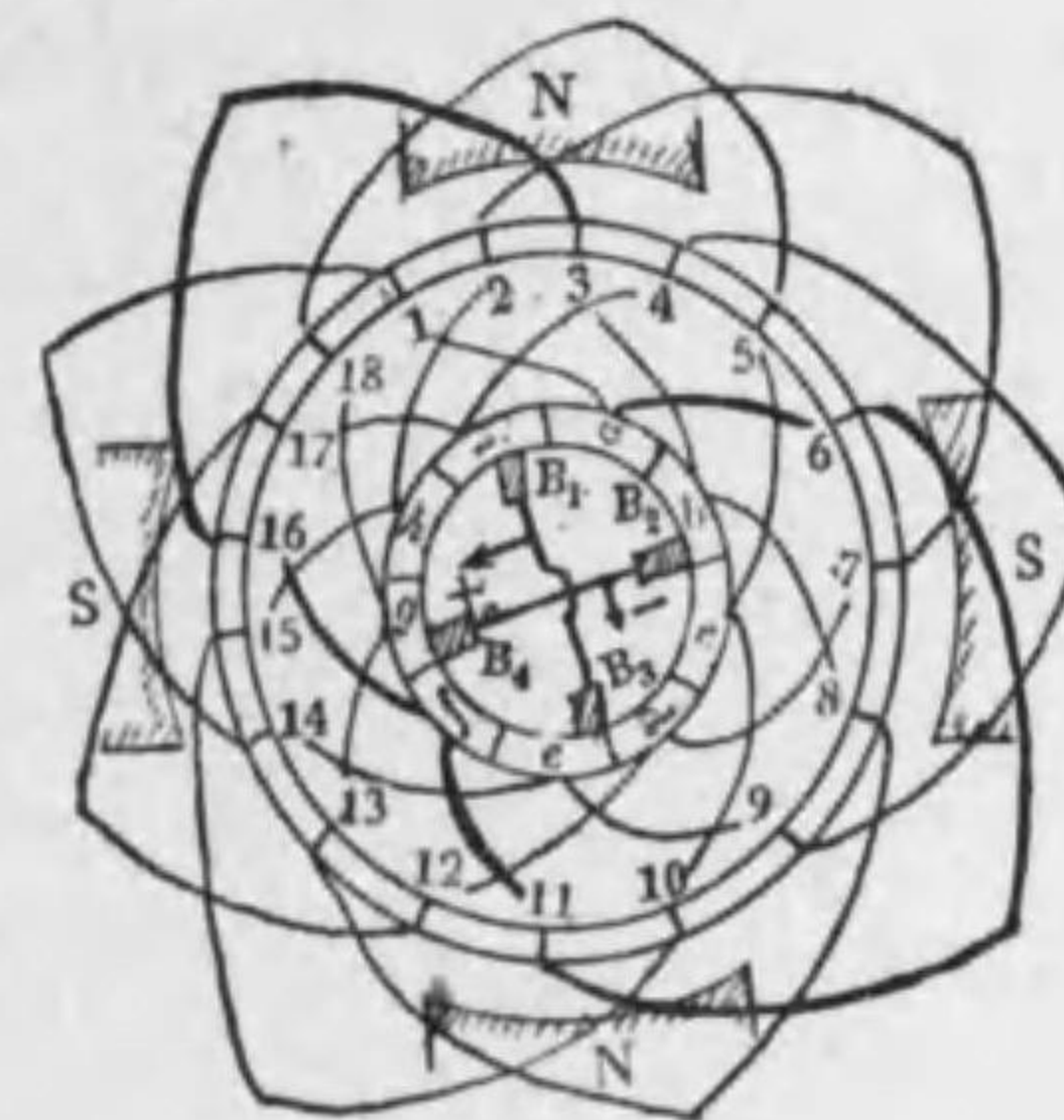
示す。先づ卷線の順序は整流子片 a から出て溝1の中を通り裏側に至りそれから溝6を経て整流子片 b に接続される。斯の如くして順次に次から次へと巻いて行くのである。第19圖に於て卷線の順序を調べて見ると次の様に四つの回路が出来てゐる。之を發電子回路の數と云ひ重卷の場合は磁極數と同數である。



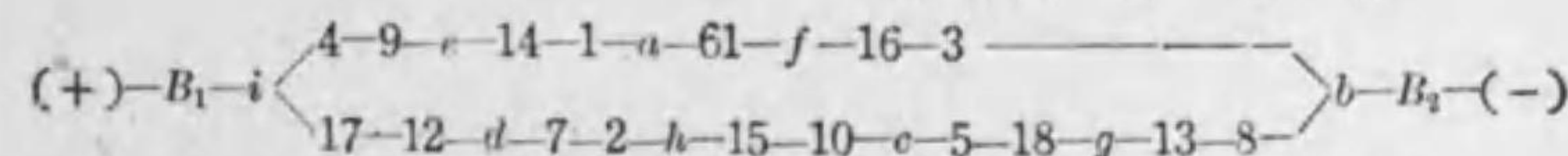
第19圖 重卷法



(2) 波卷又は直列卷 此の卷方は導體が一つの整流子片から發電子の中溝を通り遙か遠方の整流子片に達する様に捲くものである。第20圖は此の卷方を示す。同圖に於て導體の順序を調べて見ると次の様に二つの回路が出来ると



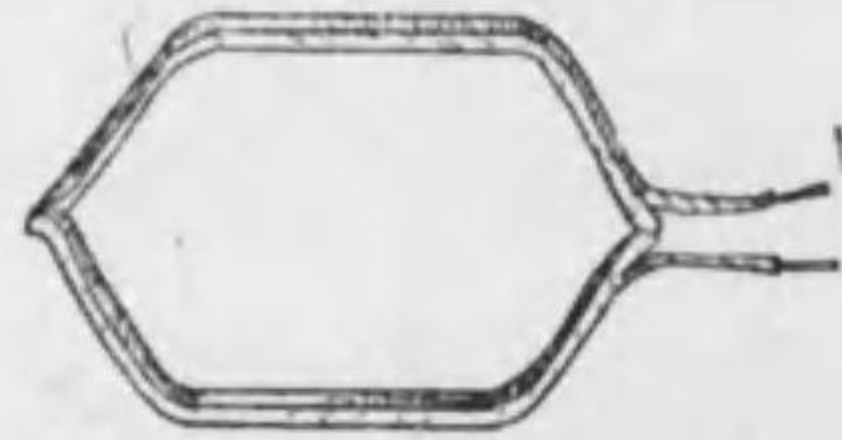
第20圖 波卷法



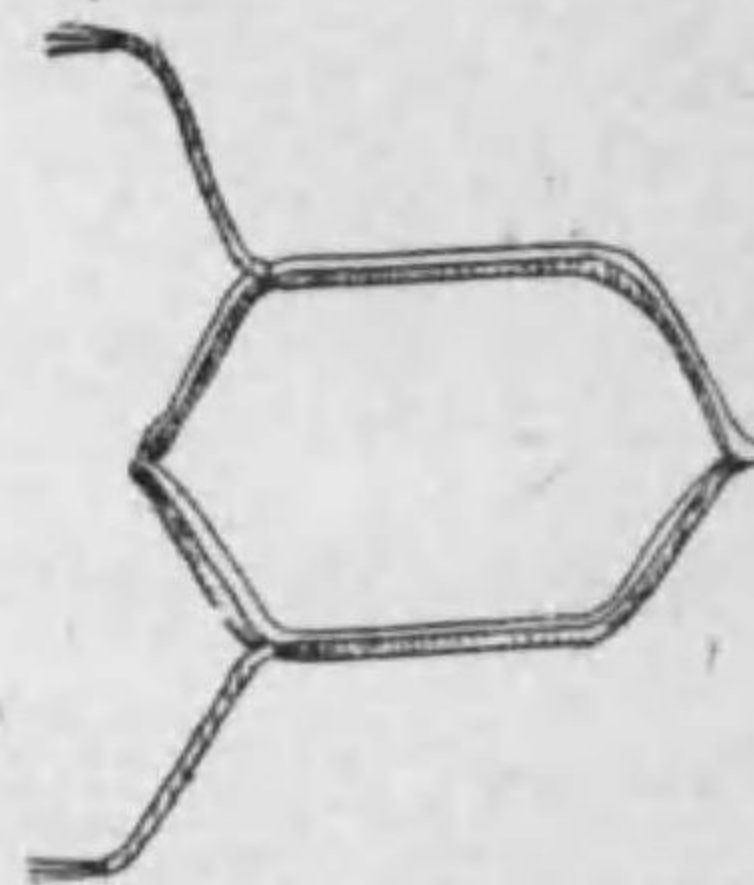
斯の如く波卷の場合は發電子回路の數は磁極數に關係なく常に2である、

發電子の製造に當つて卷線を施すには一本の導體を次から次へと巻いて行く

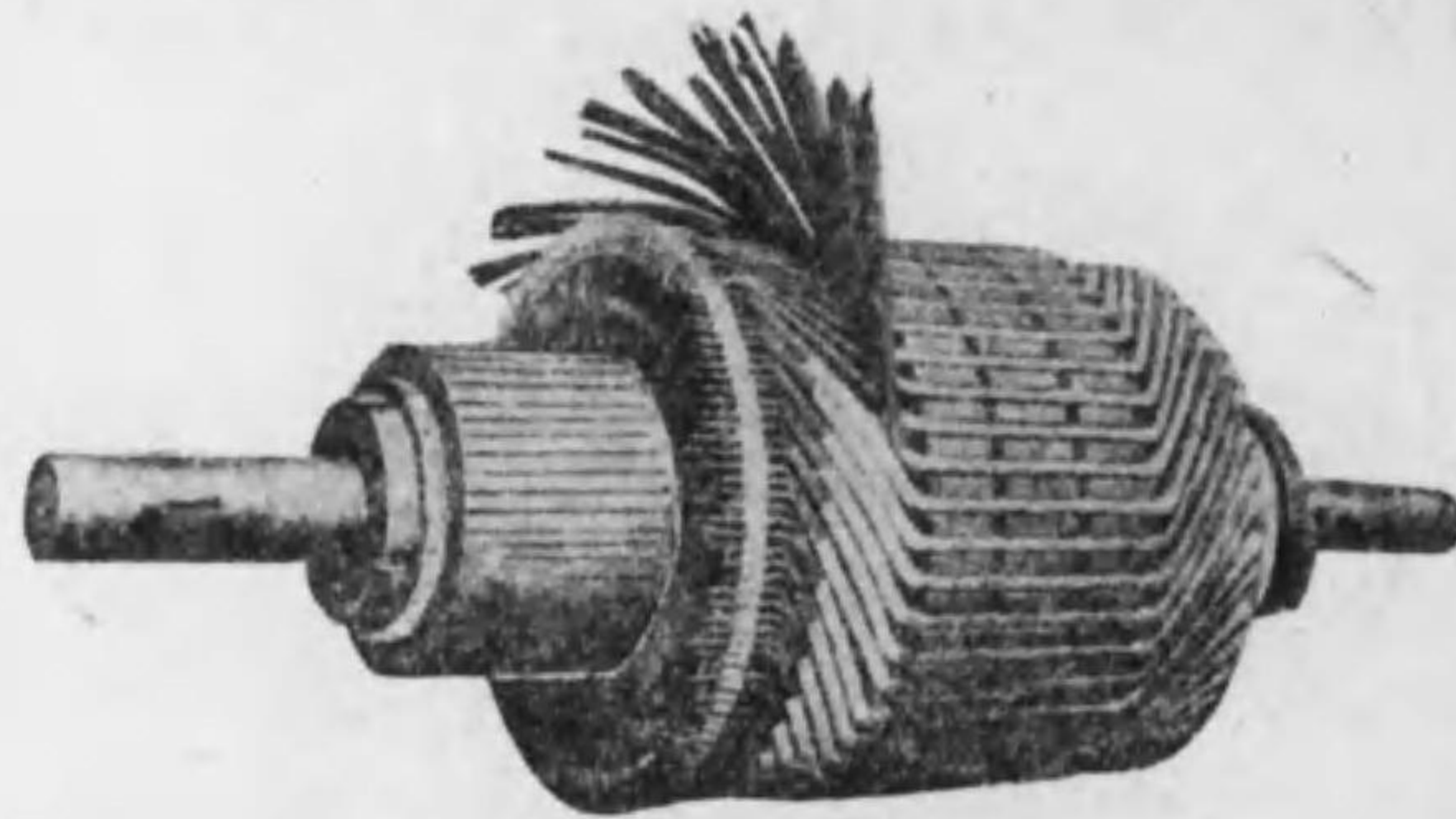
様なことをせず，木型に依り第 21 圖及び第 22 圖に示す如く型巻線輪を作つておき之を發電子の溝に入れて整流



第 21 圖 並列巻用型巻線輪



第 22 圖 直列巻用型巻線輪



第 23 圖 巻線中の發電子

子片に接続するのである。第 21 圖は並列巻用の線輪，第 22 圖は直列巻用の線輪を示す。又第 23 圖は發電子巻線が將に完成せんとする發電子を示すものである。

5. 發電機の誘導電壓

磁束密度が B なる磁界の中で長さ l cm の導體が毎秒 v cm の速度で動くとき其の導體に誘導さるゝ起電力 e は

$$e = Blv \times 10^{-8} \text{ ボルト} \dots\dots\dots(1)$$

である。發電機の場合には導體が動く速度は發電子が回轉する時の圓周速度である。 D を發電子の直徑， n を毎分の回轉數とすれば發電子の圓周速度 v は

$$v = \pi D \frac{n}{60} \text{ cm (毎秒)}$$

故に發電子導體一本に誘導さるゝ起電力は

$$e = Bl \cdot \pi D \frac{n}{60} \times 10^{-8} \text{ ボルト}$$

となる。然るに式中の $\pi D l$ は發電子の周面積であるから之を磁束密度に乗すれば總磁束數となる。従つて磁極の數を P とし每極の磁束數を Φ とすれば，

一本の導體に誘導さるゝ起電力は

$$e = P\Phi \frac{n}{60} \times 10^{-8} \text{ ボルト} \dots\dots\dots(2)$$

又發電子の導體數を Z ，發電子回路の數を a とすれば， Z/a は直列に接続された發電子の導體數である。

故に發電機の誘導電壓は

$$E = P\Phi \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{Z}{a} \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} : \dots\dots\dots(3)$$

式中 a の値は並列巻では $a=P$ ，直列巻では $a=2$ である。

(3) 式は發電機では最も重要な式であるから之を直流發電機の基本式と稱へてゐる。

直流發電機の電壓は其の出力の大小或は用途により一定ではないが，一般に用ひられてゐる標準は 110, 220, 440, 600, 1500 ボルト等である。

- 例題 (1) 次の直流發電機の誘導電壓を求めよ。
 磁極數=4, 磁束數=1×10⁶ 本 (每極)
 發電子導體數=960 本, 回轉數=1500 (毎分)
 發電子巻線法=並列巻

解

(3) 式より

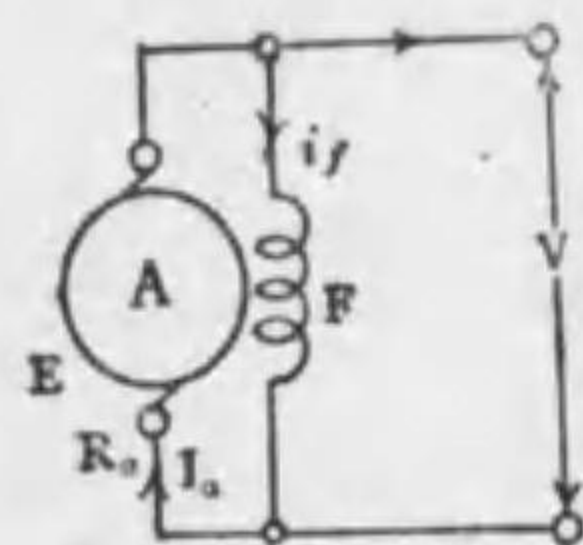
$$E = P\Phi \frac{n}{60} \cdot \frac{Z}{a} \times 10^{-8} \text{ (ボルト)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 10^6 \times \frac{1500}{60} \times \frac{960}{4} \times 10^{-8} \\
 &= 4 \times 10^6 \times 25 \times 24 \times 10^{-8} \\
 &= 240
 \end{aligned}$$

答 240 ボルト

6. 直流発電機の端子電圧

発電機の端子電圧とは発電機から取り出した正負両線間の電圧を云ふのであつて発電機の誘導起電力と區別して考へる。端子電圧の値は発電機が負荷を負ふてゐない場合、言ひ換れば発電機が電流を送り出してゐない場合は略誘導起電力に等しく、負荷を負つてゐるとき、即ち発電機が電流を送り出してゐる



第 24 圖

ときは誘導起電力より僅か低くなる。従つて一つの発電機で無負荷で運轉中の端子電圧と負荷が一杯加つてゐる時の端子電圧とは多少異なる値となる。

今第 24 圖に示す如き分巻発電機の一例につき端子電圧を求めて見ると

$$\text{端子電圧 } V = E - I_a R_a \text{ ボルト} \cdots (4)$$

式中 E = 誘導起電力 (ボルト), I_a = 發電子を通れる電流 (アンペア)

R_a = 發電子の抵抗 (オーム), i_f = 界磁電流

であつて $I_a R_a$ は發電子内の電圧降下を示す。故に端子電圧とは常に發電子誘導起電力から發電子電圧降下を差引いた値である。又電線取付部に於て電圧計を以て測定した値である。

例題 (2) 無負荷に於て端子電圧 220 ボルトを出す分巻発電機あり、之れに負荷して發電子電流 80 アンペアを流すとき端子電圧は幾ボルトとなるか。但し發電子の内部抵抗は 0.15 オームとし、勵磁電流及び回轉數を一定に保ち發電子反作用は無きものとして計算せよ。

解 發電機の端子電圧は (4) 式に依り

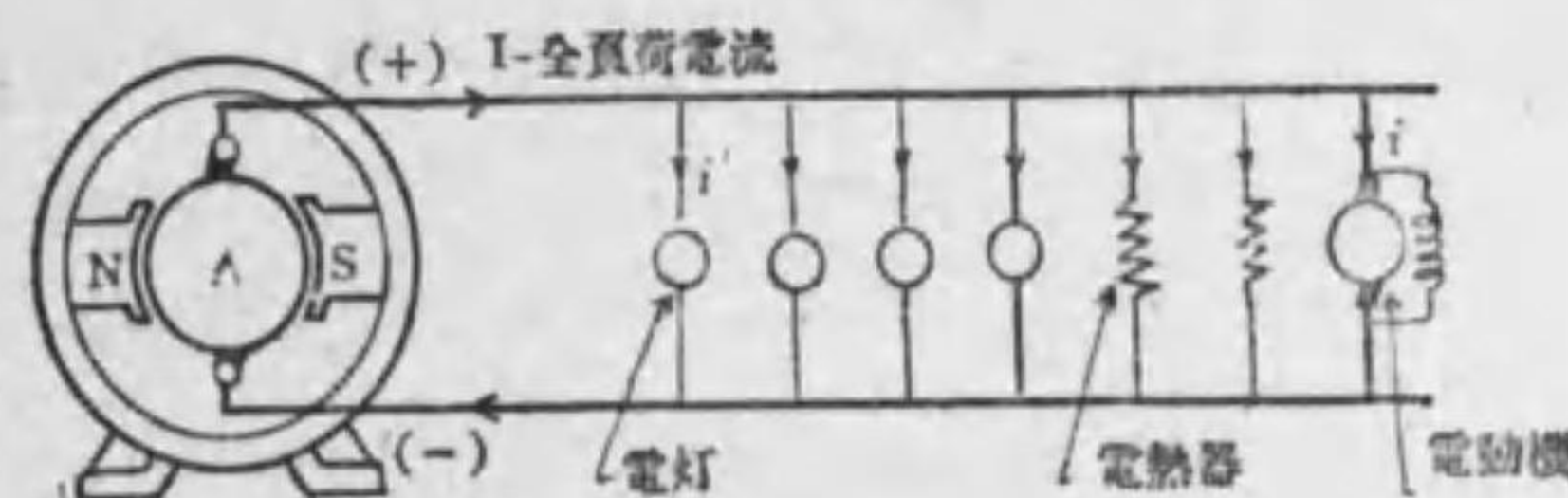
$$\begin{aligned}
 V &= E - I_a R_a \text{ (ボルト)} \\
 &= 220 - 80 \times 0.15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 220 - 12 \\
 &= 208
 \end{aligned}$$

答 208 ボルト

7. 發電子反作用

発電機はどうして荷を負ふ事が出来るか、又発電機の負荷とは何であるかを先に説明しよう。第 25 圖に示す如く一臺の発電機があつて (+) と (-)

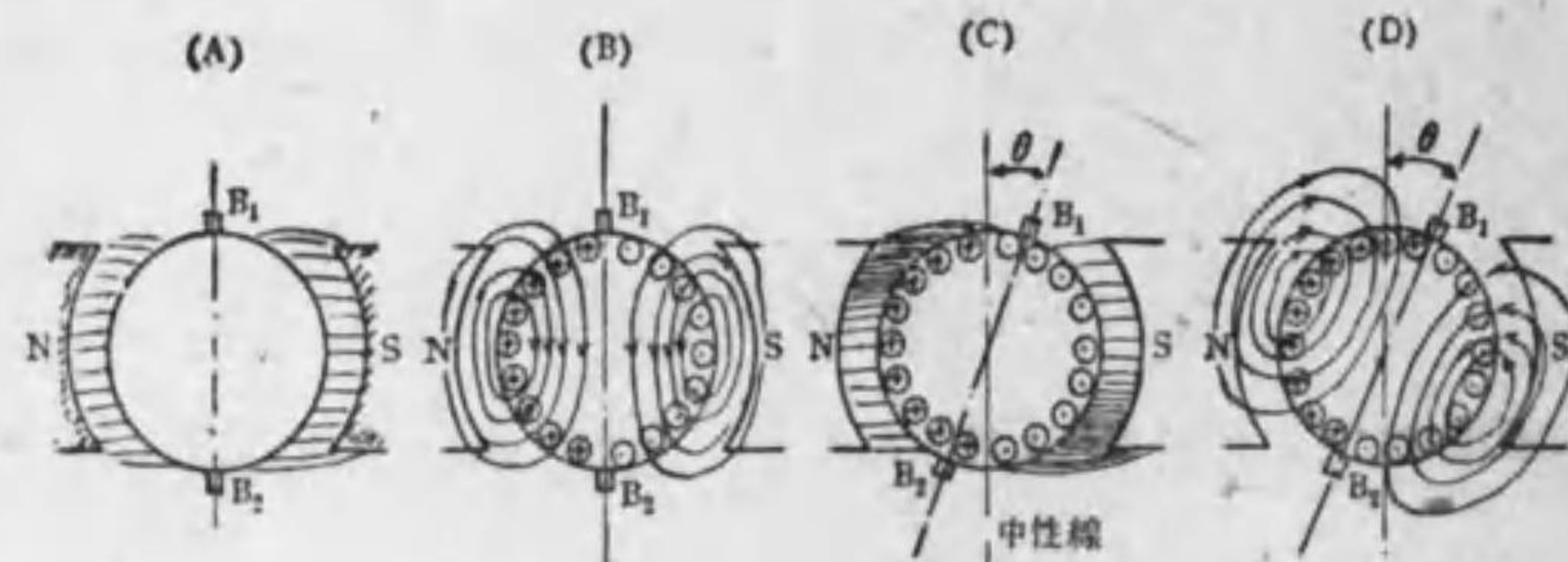


第 25 圖 發電子反作用を説明する圖

の二本の電線が接続され、この二本の線の間には電燈、電熱器、電動機其の他電流を流して或る仕事を爲さしむるものを接続したとすれば之等を發電機の負荷と云ひ、發電機から流れ出る電流を負荷電流と云ふ。

発電機が負荷を負ふて發電子に電流が流れると、この電流と磁界との間にはフレミング氏左手の法則に依る力が作用して原動機の回轉に反対しようとする。此の作用があるために、原動機から發電機に機械的の力が入り發電機からは電氣的の勢力が出て行くのである。

(1) 發電子反作用 又發電子に電流が流れると、發電子導體の周りには右ねぢの法則に依る磁力線を生じ、主磁極から出る磁力線の分布状態と強さに變化を及ぼすものである、斯の如き現象を發電子反作用と云ふ。次に此の作用を説明しよう。第 26 圖 (A) は發電子導體に電流が流れてゐない場合主磁極のみに依る磁束の分布、(B) は發電子導體の電流のみに依り發生した磁束の分布、(C) は (A) と (B) との合成磁束で (A) のみの場合と比べて著しく磁束の分布状態が異なつて来るものである。又磁力線の方向と直角に發電子

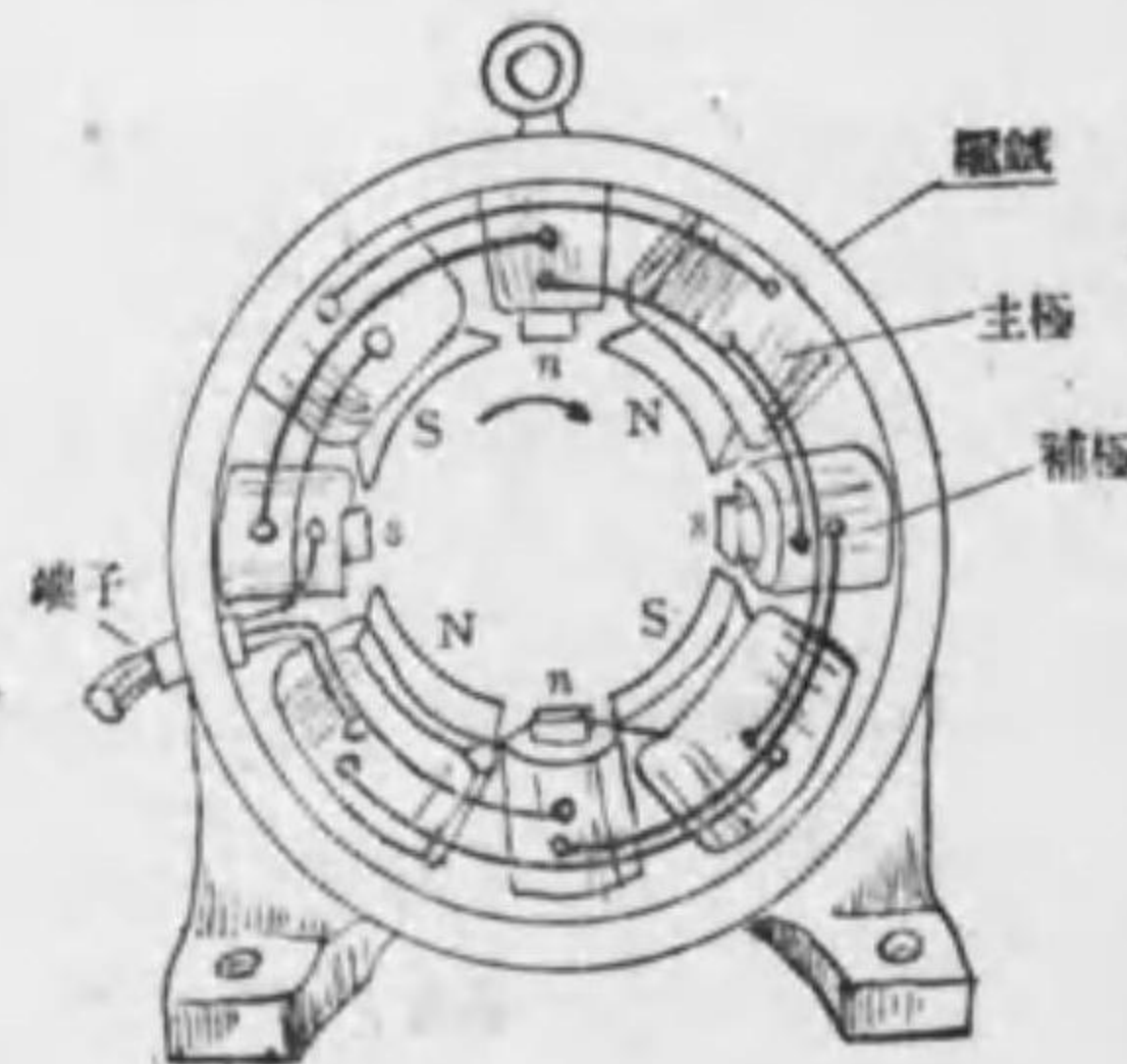


第 26 圖 補極の配置を説明する圖

の中心を貫く線を中性線と云ひ、中性線上の導體は起電力を誘導しない。起電力を取出すための刷子 (圖中 B_1B_2) は常に中性線の上に置かれてある。

今發電機が負荷を負ふて運轉しつゝあるときは發電子電流に依て磁束の分布状態が (C) 圖の如くなり、中性線が回轉方向に或る角度 θ だけ移動する。故に以上の様な發電子反作用を防ぐ適當な方法を講じなければ刷子は新しい中性線上まで移動しなければならぬ。刷子を移動すれば同圖 (D) に示す如く發電子電流に依る磁束の一部は主磁束と反對に作用して之を弱め起電力を低下せしめるものである。

(2) 發電子反作用を防ぐ方法 發電子反作用を防ぐ方法としては、補極を用ひる方法と補償巻線に依る方法とがあるが、大型の發電機では兩方法が用ひ



第 27 圖 補 極

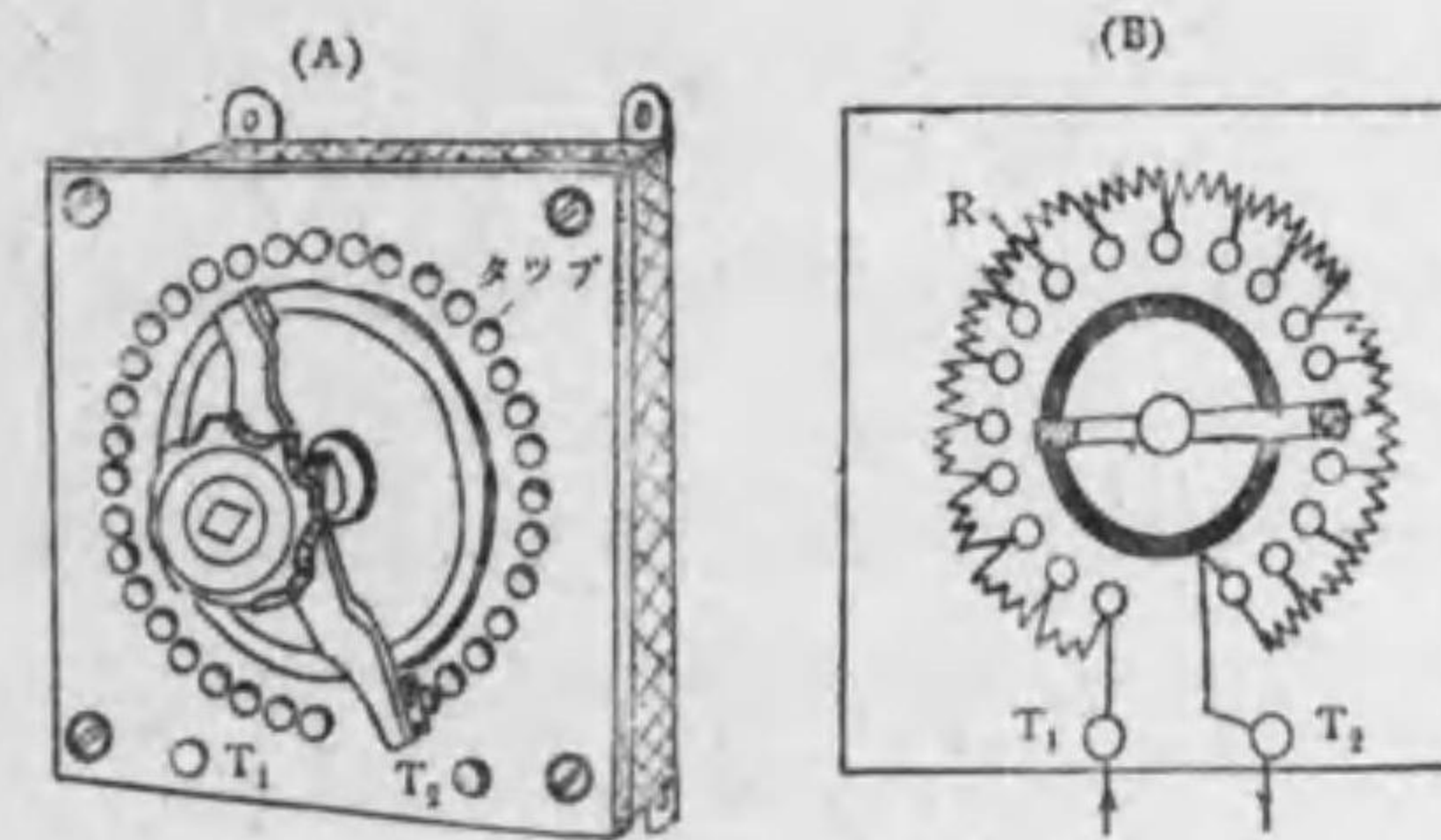


第 28 圖 補償巻線

に接続される。第 28 圖は補償巻線を示すもので主磁極の表面は NS 兩極に亘つて巻線をして發電子導體と直列に接続されたものである。

8. 發電機の電壓調整法

發電機の起電力は主磁極から出る磁束數、原動機の回轉數及び發電子導體數に關係するが、一般の發電機では發電子導體數及び回轉數は一定に保ち磁束數のみの加減に依て發電機の電壓を調整する。磁束數を加減する爲には界磁巻



第 29 圖 發電機の電壓調整器

線の回路に直列に抵抗器を接続し界磁電流を加減する。第 29 圖は此の抵抗器を示すもので (A) は外觀、(B) は其の接続である。

又此の抵抗器を界磁調整器或は發電機の電壓調整器と云ふ。之は抵抗の値とタップの數とを適當に定むれば發電機の電壓を零から最大まで自由に變化することが出来る。

次に發電機が定められた回轉數で規定電壓、全負荷電流を出して運轉中、急に負荷を取去るときは端子電壓が上昇するものである。此の電壓上昇の割合を示したものを電壓變動率と云ひ、普通 % にて表す。電壓變動率は發電機の種類及び大きさにより異なるものである。

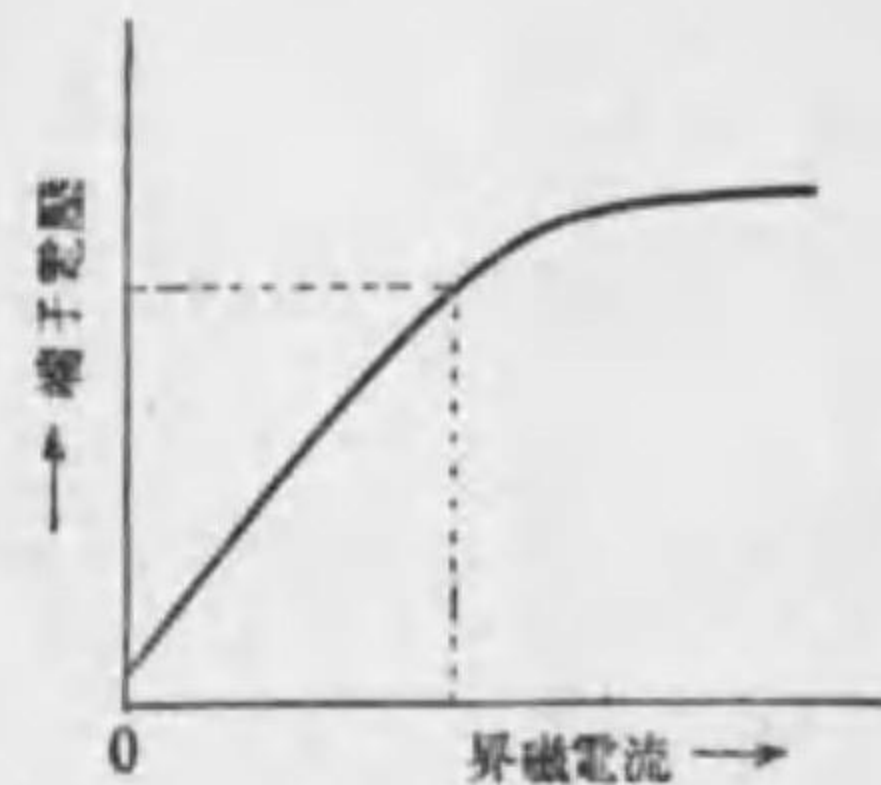
一般に電力を使用する方から考へると、發電機は出来るだけ負荷の如何にか

かはらず一定の電圧が望ましい場合が多い。故に斯の如き用途に使用するものは負荷の變化に依る電壓の變動を防ぐため自動的に電壓を調整する自動電壓調整器を用ひねばならぬ。

9. 直流發電機の特性

直流發電機は種類に依り其の特性も異なるから發電機の使用に當りては用途に応じて適當な特性を有するものを選ばねばならぬ。總ての發電機に於て誘導電壓、端子電壓、負荷電流、勵磁電流、回轉數等の關係を曲線にて表し之を特性曲線と云ひ、特性曲線には無負荷特性曲線と負荷特性曲線とがある。

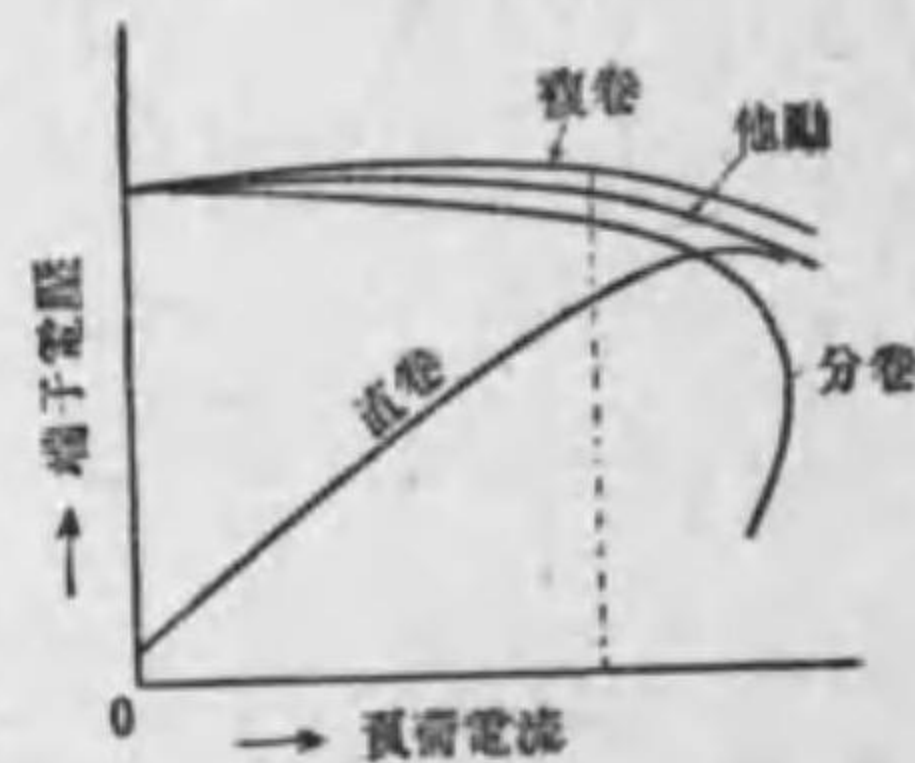
(1) 無負荷特性曲線 之は發電機の回轉數を一定とし、負荷電流を送り出さない場合勵磁電流と端子電壓との關係を表すものである。又此の端子電壓の曲線は磁極の磁氣飽和の状態を表すから此の曲線を磁化曲線又は飽和曲線とも云ふ。故に無負荷特性曲線は何れの發電機に於ても大體同様の状態を有してゐる。第30圖は無負荷特性曲線を示すものである。



第30圖 無負荷特性曲線

(2) 負荷特性曲線 此の曲線は發電機の界磁電流及び回轉數を一定とし負荷電流の増減に依て端子電壓が如何に變化するかを表したものである。第31圖は種々の發電機の特性曲線を示すもので之に依り最も適當な用途を挙げれば次の如し。

イ. 他勵發電機は電壓を種々に變へて用ひる場合、例へば精密な實驗設備等の發電機として用ひる。



第31圖 負荷特性曲線の比較

- ロ. 分巻發電機は二次電池充電用に多く用ひられ、其の他實驗設備等に用ひる。
- ハ. 直巻發電機は第31圖で明かな様に負荷電流の變化と共に電壓の變動極めて大なるを以て一般に使用されない。
- ニ. 複巻發電機は點燈用、電氣鐵道用、工場動力用等に最も多く用ひる。

10. 發電機の能率及び内部損失

如何なる機械でも一つの勢力を他の勢力に變へる場合には必ず其の間に勢力の損失を伴ふものである。發電機は原動機から機械的の力を受けて電氣的の勢力に變へるのであるから幾何かの勢力損失を生ずる。發電機に入つて來る勢力と發電機から出て行く勢力との比を發電機の能率又は效率と云ふ。今發電機の端子電壓が E ボルトで電流 I を出してゐるときの出力は

$$P = EI \text{ ワット}$$

である。又發電機の内部損失を P_e ワットとすれば

$$\text{發電機の能率 } \eta = \frac{P}{P + P_e} = \frac{EI}{EI + P_e} \times 100 (\%) \dots\dots (5)$$

にて表される。又發電機の内部損失は次のものから成立つてゐる。

- (1) 發電子内の損失
 - 發電子抵抗に依る I^2R 損失
 - 鐵心中の渦流損失
 - 鐵心中のヒステリシス損失
- (2) 整流子に於ける損失
 - 刷子の接觸抵抗に依る I^2R 損失
 - 刷子との摩擦に依る損失
- (3) 界磁線輪中の I^2R 損失
- (4) 機械的損失
 - 軸受摩擦
 - 空氣抵抗

又發電子及び界磁線輪中の I^2R 損失を銅損、渦流及びヒステリシス損失を鐵損

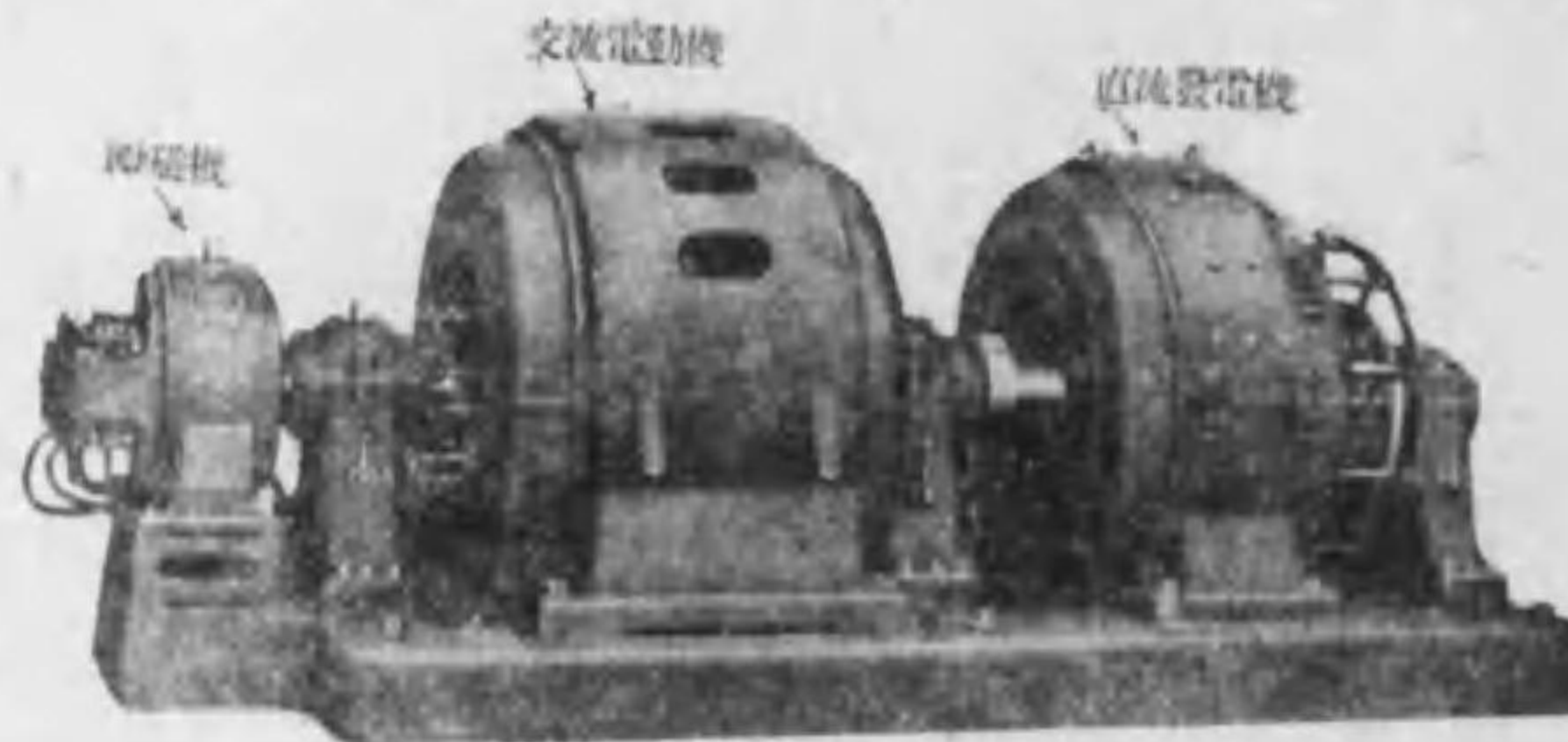
と云ふこともある。

發電機の効率はお出力の大小に依り多少相違するが大體次表の程度である。

發電機出力 (kW)	1	2	5	10	20	50	100	500	1000
効 率 (%)	65	70	80	82	84	86	90	92	94

11. 直流發電機の運轉及び取扱法

(1) 原動機 直流發電機を運轉するための原動機としては水車、蒸氣タービン、ディーゼル機及び交流電動機等が多く用ひられる。電動機と發電機とを連結したものを電動發電機と稱へ、交流を直流に變へるため或は直流を交流に變へるために用ひられる。第 32 圖は電動發電機を示すものである。



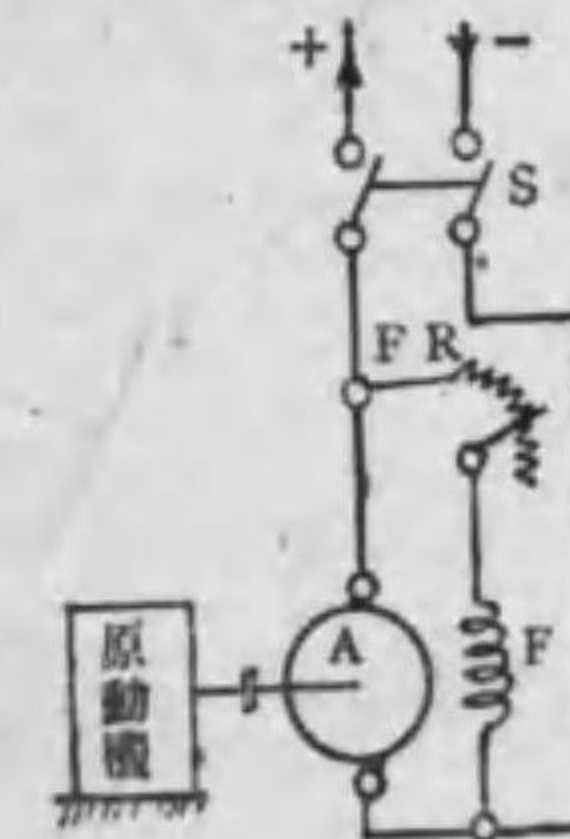
第 32 圖 電電發動機

發電機と原動機との連結法にはベルトによる方法、齒車に依る方法等もあるが第 32 圖に示す如く軸と軸とを互に直結する場合が多い。

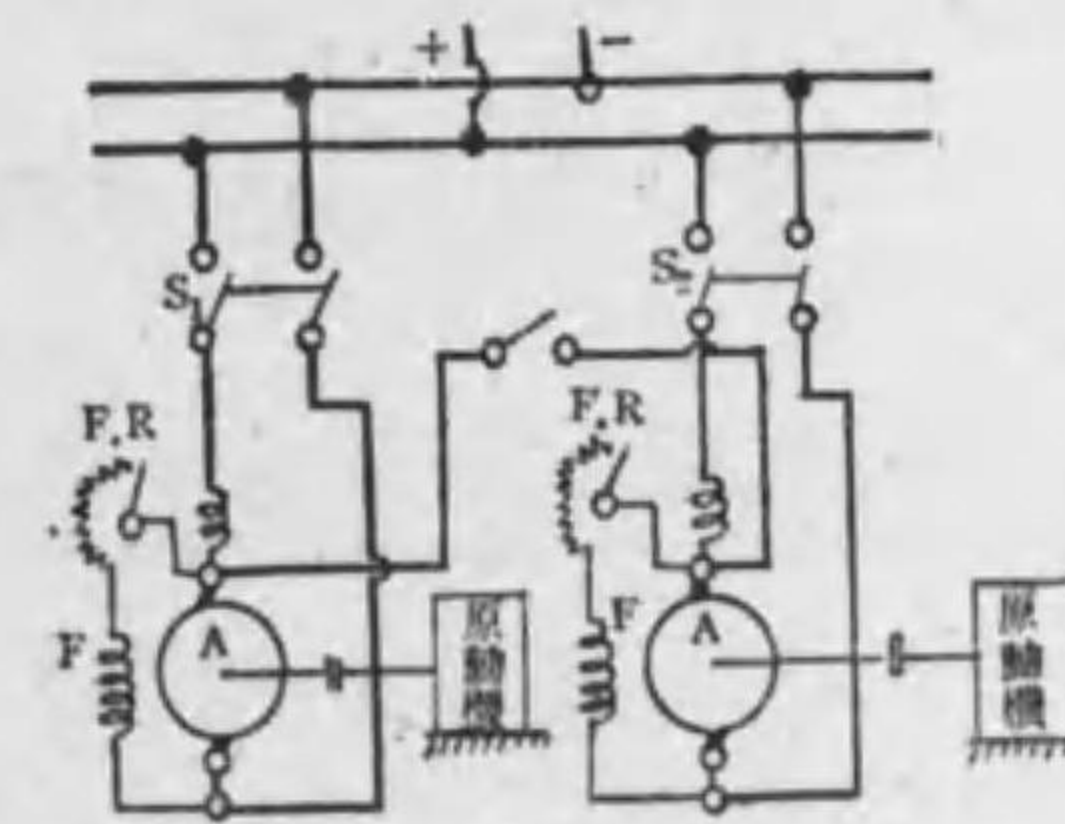
(2) 起動及び停止 發電機の運轉を始むることを起動すると云ふ。發電機を起動せんとするときは電路の障害の有無、軸受の油の有無等を検し、然る後原動機を規定速度まで回轉させる。回轉が一定となつたところで發電機の電壓調整器を加減して規定の電壓を起さしめ主要開閉器を閉ちて電力を送る。又運轉を停止せんとするときは送電用の開閉器を開きて負荷を取去り起電力を零となし然る後原動機を停止する。

(3) 運轉中の注意事項 發電機の運轉中特に氣を付けねばならぬことは軸受の溫度上昇の程度、整流子と刷子接觸面に火花發生の程度、及び發電機的回轉により發する噪音に變調なきや否や等である。

(4) 單獨運轉と並行運轉 一つの電線路に一臺の發電機を接続して用ふる



第 33 圖 單獨運轉の圖



第 34 圖 並行運轉の圖

ことを單獨運轉と云ひ、二臺以上の發電機を接続することを並行運轉と云ふ。並行運轉を行ふ場合は各發電機の電壓を等しくして各機にかかる負荷を同じくせねばならぬ。第 33 圖は分巻發電機の單獨運轉、第 34 圖は複巻發電機二臺を並行運轉する場合の接続を示す。

(5) 火花の發生する原因 直流發電機運轉の良否は多く整流子と刷子との間に發生する火花に依つて左右せられる。整流子面に火花が發生すれば其の部分に損傷し加熱して運轉を續くることが出来なくなるものである。火花は多く次の原因に依り發生するから若し著しく火花發生するときは運轉を止めて各部の點檢を行はねばならぬ。

- イ. 刷子位置の不適當
- ロ. 刷子の接觸不良
- ハ. 刷子の壓力不足
- ニ. 發電子導體の斷線及び短絡

(6) 溫度上昇 發電子の導體及び界磁線軸中を電流が流れると I^2R 損失

を生じ發電機鐵心及び磁極の鐵心には渦流損失やヒステリシス損失を生ずる。又刷子の摩擦等の總ての損失は熱となつて其の部分の温度を高める。此の温度上昇が過大となれば絶縁物を焼損するから温度上昇は或る程度に制限しなければならぬ。従つて發電機の出力は温度上昇に依りて制限され、許し得べき最高温度は下表の通りである。

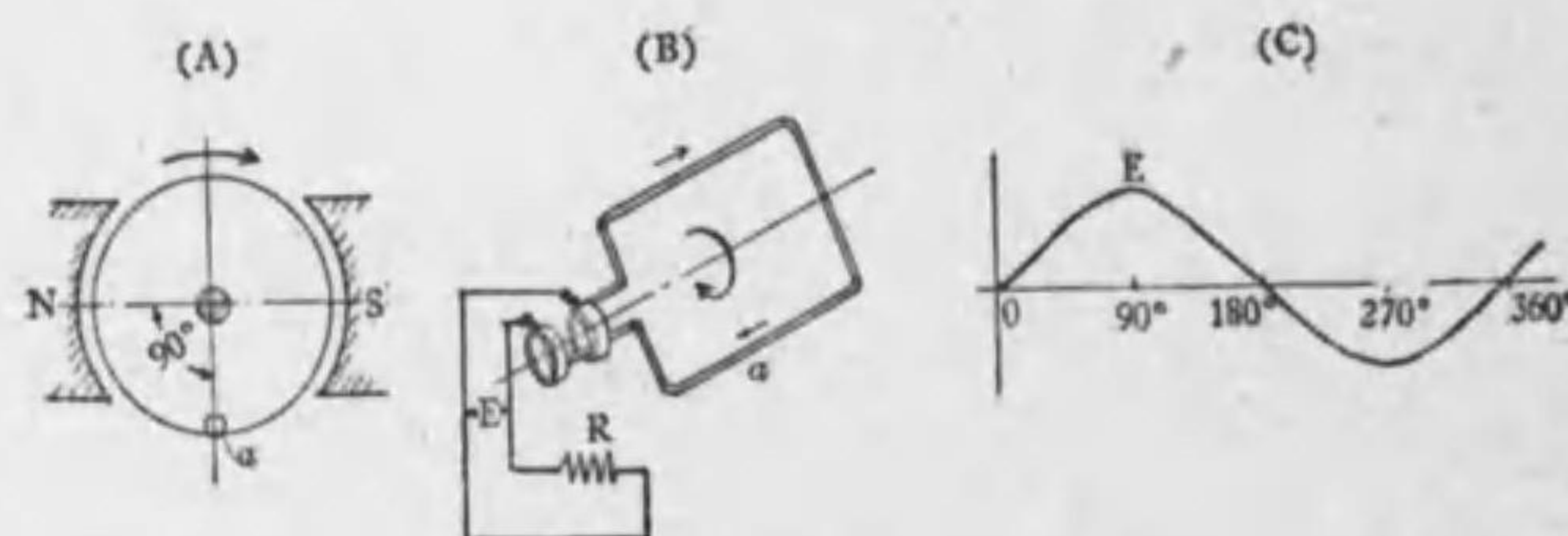
主要部の名稱	發電子	整流子	界磁線輪	軸受	鐵轆
最高温度(°C)	95	95	95	75	75
温度上昇(°C)	55	55	55	35	35

但し温度上昇と云ふのは測定した温度から周圍の温度を差引いたものを云ふ。上表は周圍の温度を 40°C として温度上昇の値を示す。

12. 交流發電機の原理

交流には單相交流、二相交流、三相交流等の區別があるが、電氣發生の原理は皆同様であつて發電子導體の配置に依り單相となり、二相となり、或は三相交流の起電力が誘導される。以下之等交流の發生する原理に付き述べよう。

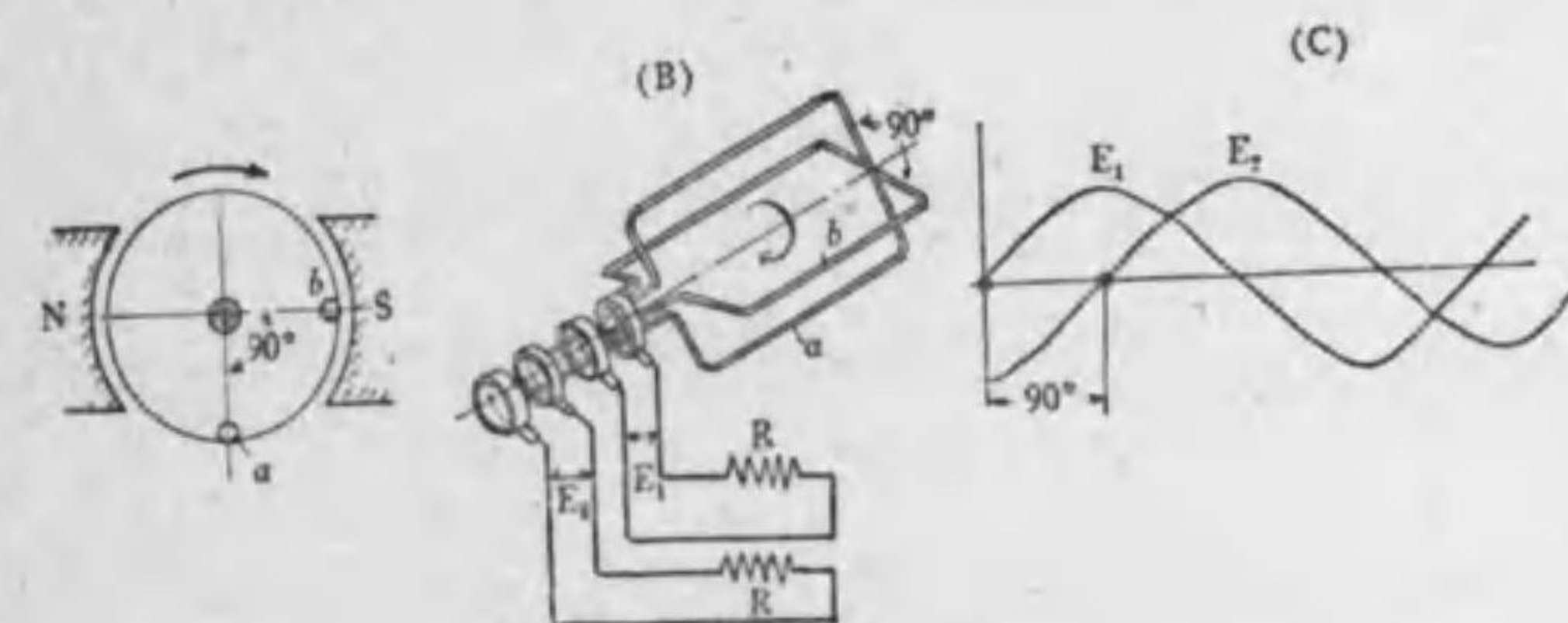
(1) 單相交流の原理 これに就いては直流發電機の原理で述べたが今少し述べて見よう。第 35 圖に於て磁極 NS 間に同圖 (B) に示す如く中心軸にて支へられたる導體を矢の方向に回轉させると、導體の回轉に伴ひ同圖 (C)



第 35 圖 單相交流の原理を説明する圖

に示す如く時々刻々變化する電壓を誘導する。之を單相交流の起電力と稱へ波形は正弦波形(サインカーブ)をなす。故に導體の兩端に取付けられた銅又は黃銅製の滑動環及び刷子を経て抵抗 R を有する外部の電路に接続すれば交流が流れる。之を單相交流と云ふ。

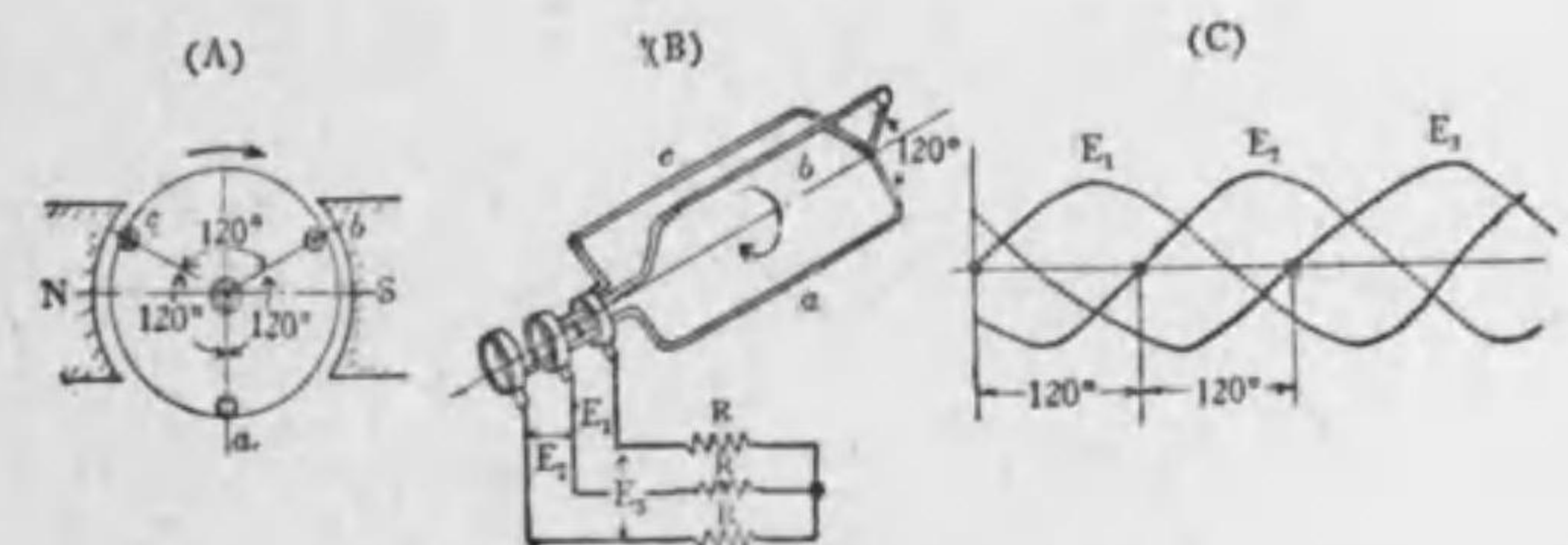
(2) 二相交流の原理 第 36 圖 (A) 及び (B) に示す如く互に獨立した ab 二本の導體を 90° の角度を以て置き磁極 NS の間で回轉せしむると ab 二



第 36 圖 二相交流の原理を説明する圖

本の導體には大き及び波形が全く同じき二つの起電力 E_1 と E_2 とが誘導される。此の場合に回轉方向を矢に示す如くすれば E_1 より E_2 は常に回轉角 90° の差を有してゐる。之を E_1 と E_2 との相差が 90° であると云ふ。
ab 二本の導體の各終端には滑動環を取付け外部に對して四本の線が取出され互に獨立した二つの回路が出来る。之を二相交流と云ふ。

(3) 三相交流の原理 第 37 圖 (A) 及び (B) に示す如く三本の導體 ab



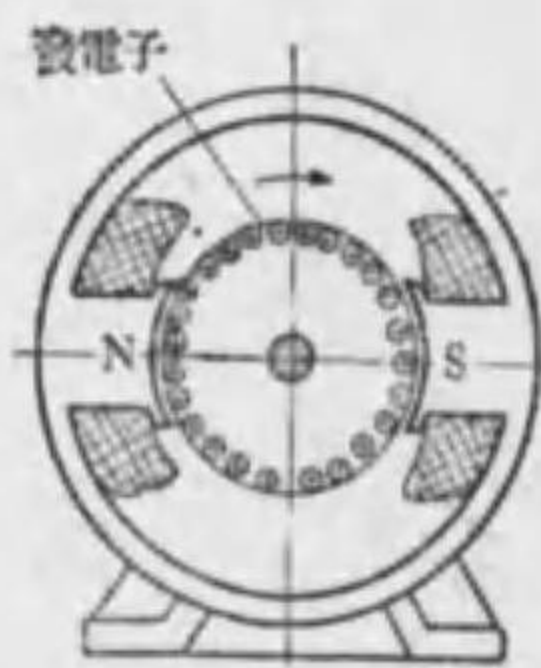
第 37 圖 三相交流の原理を説明する圖

を各々 120° の角度に置き之を磁極 NS 間で回轉させると abc なる導體には各々 $E_1 E_2 E_3$ なる起電力が誘導される。又之等の起電力の間には各々 120° の相差を有する。三本の導體の一端を滑動環に接続し、他端は互に結んで置く。而して外部に對しては三個の滑動環より三本の線が取出され、三本の線の間には $E_1 E_2 E_3$ の電壓が現れる。之が即ち三相交流發生の原理を示すものである。又三相交流の三本の線の中何れか二本の線間電壓をとれば三相の電壓が得られる。

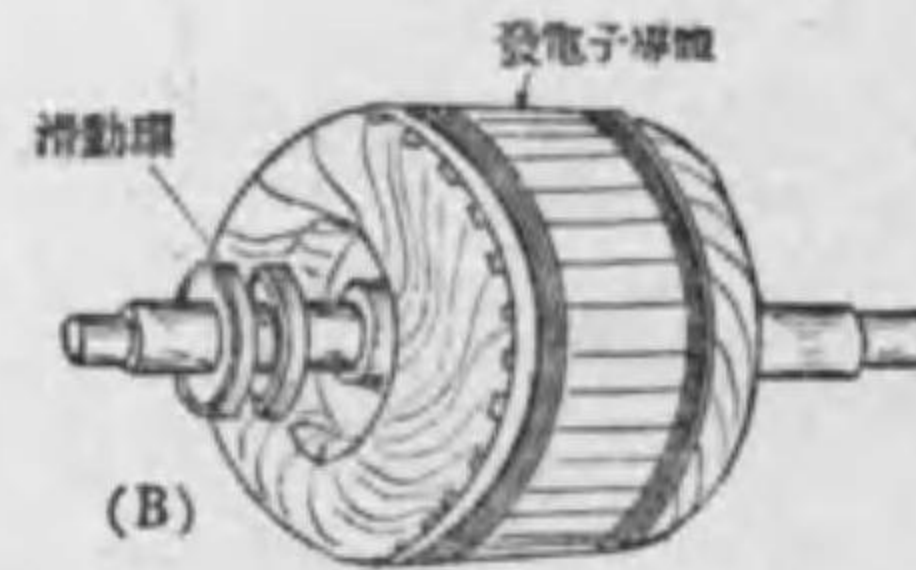
13. 交流發電機の種類及び構造

交流發電機は前に述べた直流發電機と同様に磁力線を作る部分即ち機軸磁極及び界磁巻線と、起電力を起す部分即ち發電子鐵心及び導體を有する發電子から成立ち、直流發電機の整流子の代りに交流發電機では滑動環を有するに過ぎぬ。交流發電機の種類を發電子と磁極との關係から區別すると、回轉發電子型交流發電機と回轉界磁型交流發電機とに區別され、又外觀上の型式から區別すると豎型と横型の二種となる。

(1) 回轉發電子型交流發電機 回轉發電子型は直流發電機と同様發電子が



第 38 圖 回轉發電子型交流發電機の圖



第 39 圖 回轉發電子型の回轉子

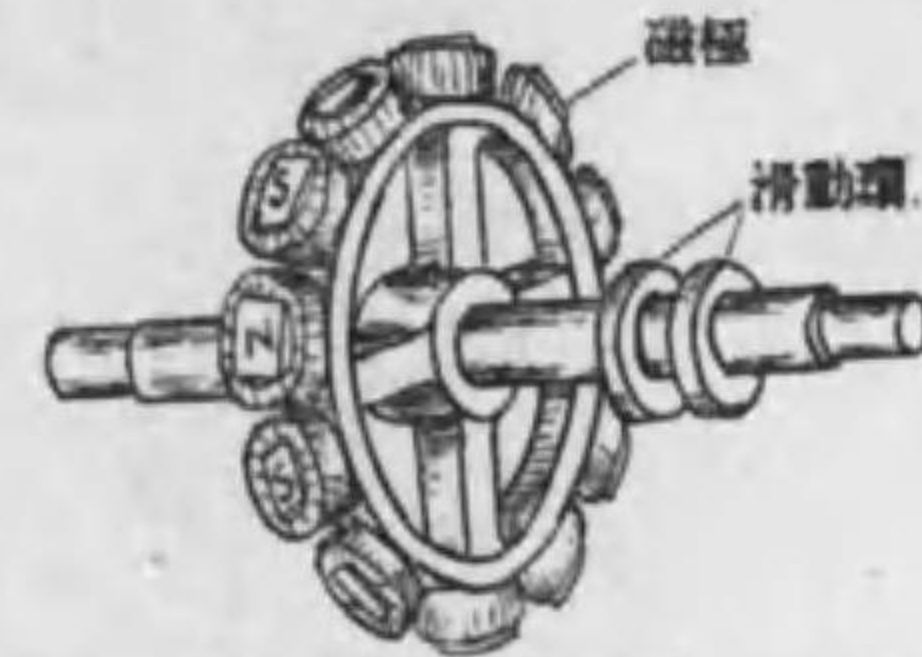
回轉するもので第 38 圖は断面を示し、第 39 圖は發電子の構造を示すものである。之は單相交流發電機の發電子であつて發電子導體の終端は軸内を通つ

て滑動環に接続する。

(2) 回轉界磁型交流發電機 回轉界磁型は發電子導體が機軸側に巻かれ磁極を軸に取付けて之を回轉せしむるものである。第 40 圖は 6 個の磁極を有



第 40 圖 回轉界磁型交流發電機



第 41 圖 回轉界磁型の回轉子

する交流發電機の断面を示す。又第 41 圖は 12 極を有する回轉界磁型の回轉子である。交流發電機では以上述べた如く發電子導體が回轉する側にあつたり、或は機軸側に有つたりするから之を區別するため回轉する部分を回轉子、固定された部分を固定子と名付ける。此の型は回轉發電子型に比較して回轉子の構造簡單なること、發電子導體巻線の容易なること及び發電した大なる電力を取出すのに滑動環や刷子等を必要とせぬこと等多くの特長を有するから、現今用ひられてゐる交流發電機は多く回轉界磁型三相交流發電機である。

(3) 豎型交流發電機 豎型交流發電機は主に比較的水量が多くて水頭の低い水力發電所用として用ひ

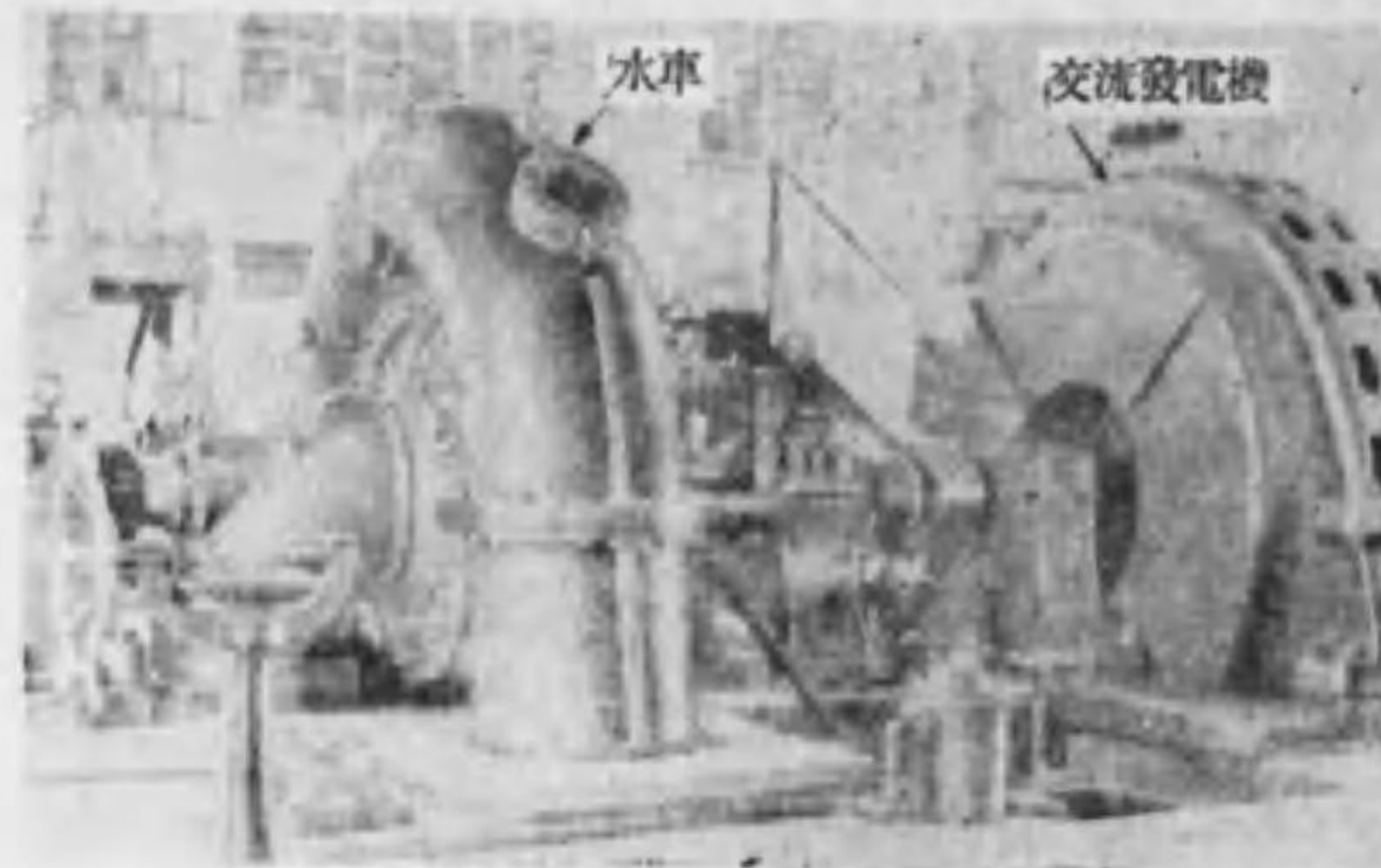
られるもので第 42 圖は發電所内に据付けた三相交流發電機を示す。同圖で發電機を据付けた床の下方地下室にはプロペラ型の水車が据付られ發電機室と原動機即ち水車室とは區別されてゐる。發電機軸と水車



4200 kVA, 11000V, 50~, 600 R.P.M. 10 P.
第 42 圖 水車直結豎型三相交流發電機

軸とは歯車で連結されることもあるが多くは直結して運轉される。堅型の發電機で特に注意すべき事は發電子、水車及び軸の重量を支ふべき推力軸受（軸の方向にかゝる力を受けさせるもの）を設けねばならぬことである。尙發電機の上には勵磁機と名付くる一個の直流發電機を備へる。

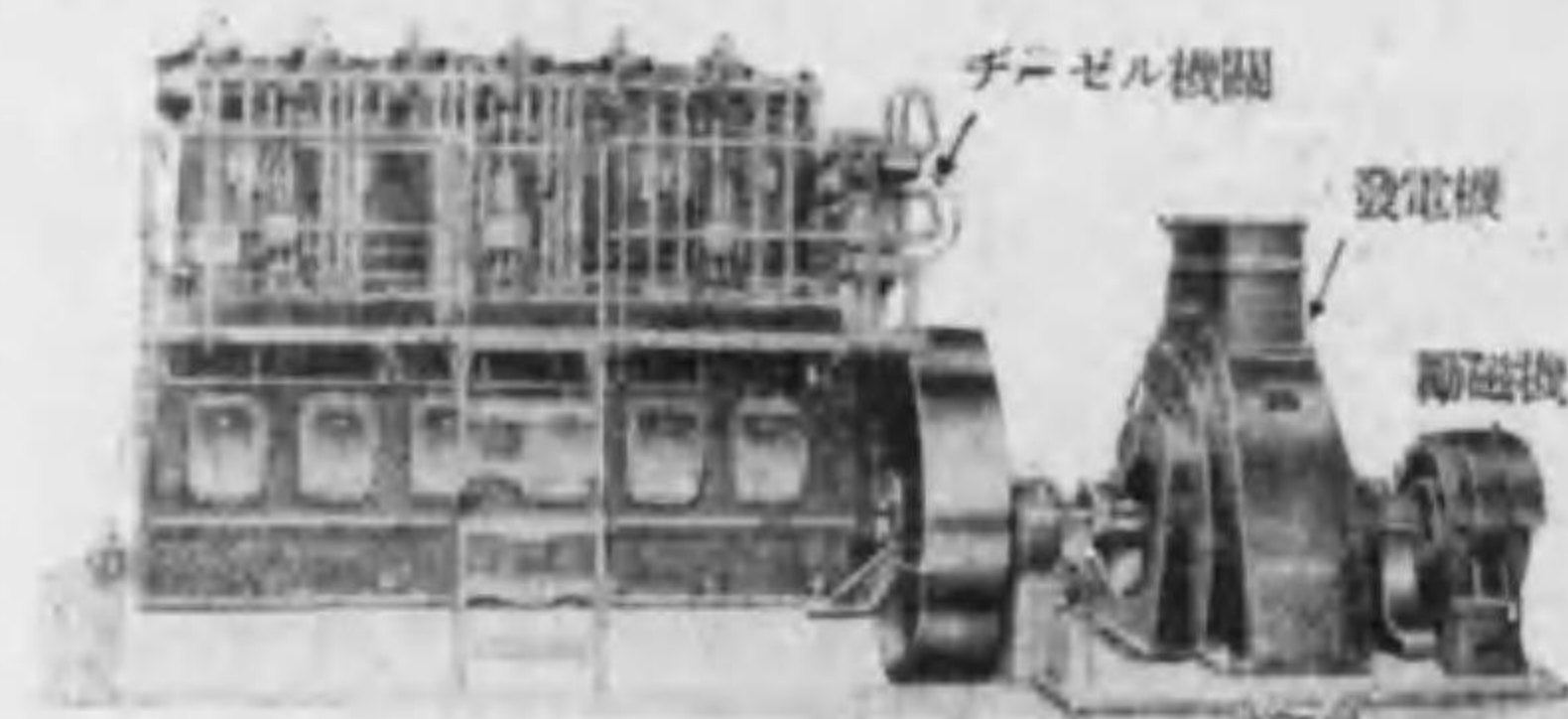
(4) 横型交流發電機 水力発電所や火力発電所に於ては多く横型が用ひら



第 43 圖 水車直結横型三相交流發電機

れてゐる。第 43 圖は水力発電所に於て水車に直結して運轉さるゝ横型三相交流發電機である。

(5) チーゼル交流發電機 第 44 圖に示す如く交流發電機をチーゼル機關にて運轉するものをチーゼル交流發電機と名付ける。之は近時チーゼル機關の發達と共に次第に多く使用されつゝあるもので、船舶内及び工場、ビルヂング等の自家用發電機として最も適當なものである。

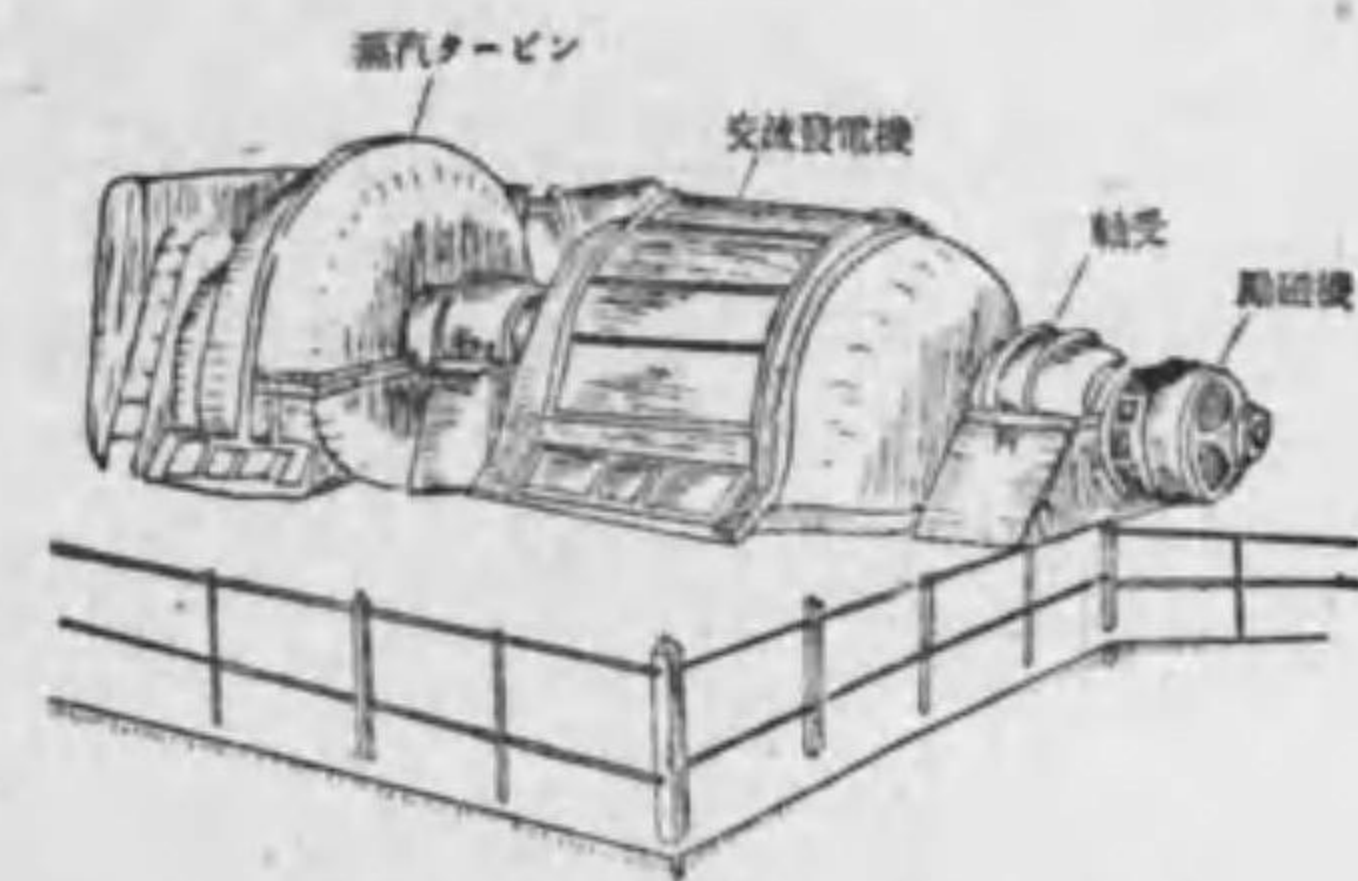


300 kW, 220 V, 50~, 375 R.P.M., 16 P.

第 44 圖 チーゼル交流發電機

(6) タービン交流發電機 蒸氣タービンにて運轉さるゝ交流發電機をタービン交流發電機或はターボ・ジェネレーターと名付ける。第 45 圖は火力発電

所内に据付られたタービン交流發電機を示すものである。蒸氣タービンは比較的大出力のものが多く、一臺にて4萬キロワットにも達するものがある。又他の原動機に比べて回轉數極めて大で毎分 1500, 1800,



7500 kVA, 3300 V, 50~, 1500 R.P.M.

第 45 圖 タービン交流發電機

3000, 3600 回轉のものが普通であつて従つて發電機の構造は直径小さく細長い形となる。

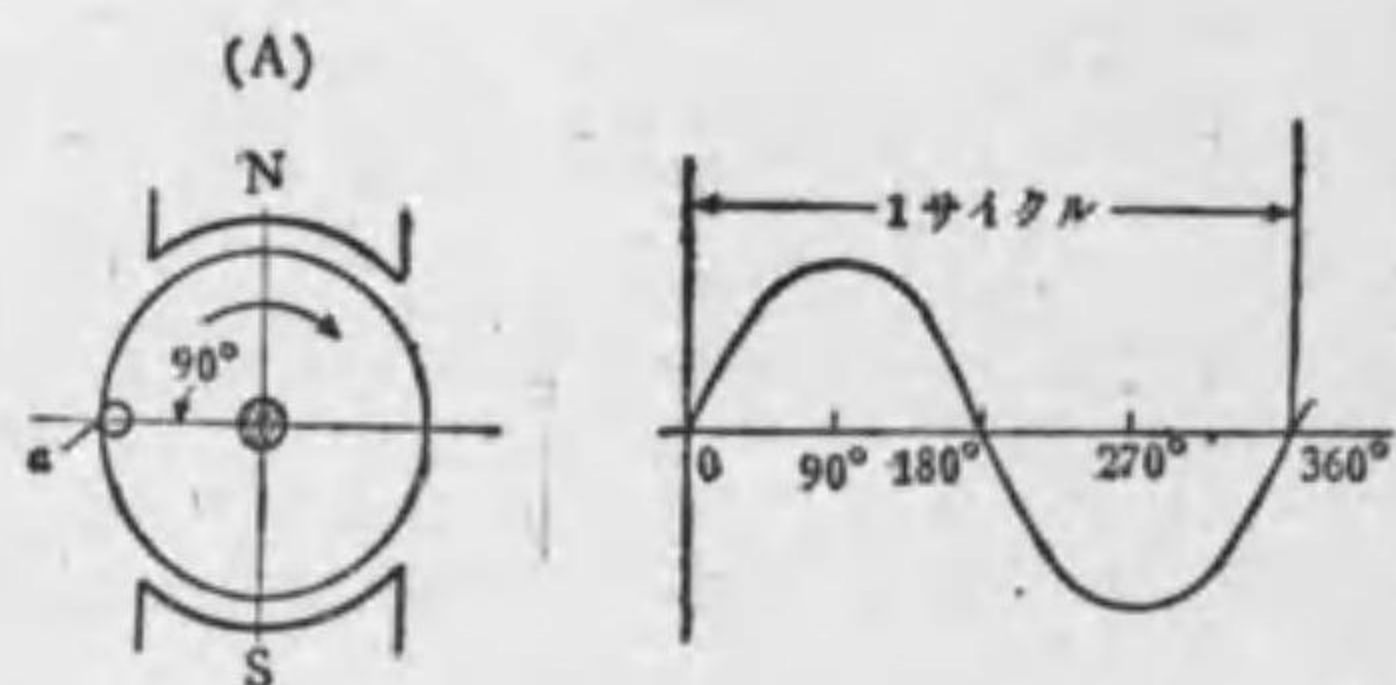
(7) 勵磁機 直流發電機では自己の出す電流を界磁線輪に供給して磁界を作ることが出来るが、交流では一定方向の磁界を作ることが出来ないから他の直流發電機から電流を供給せねばならぬ。斯の如く交流發電機の磁極を勵磁するに用ふる直流發電機を勵磁機と云ふ。勵磁機は通常分巻或は複巻發電機を用ひ、交流發電機一臺に付勵磁機一臺宛を裝置する場合が多い。又交流發電機が幾臺も据付られる様な場合には別に一臺の直流發電機を運轉し之に依り各々の發電機に勵磁電流を供給する様にした方がよい。

勵磁機の電壓は普通 100 ボルト乃至 120 ボルト或は 200 ボルト乃至 250 ボルト等が用ひられる。又勵磁機の出力は交流發電機容量の 1.5% 乃至 5% 程度のものでよい。

交流發電機の容量 (kVA)	100	200	300	500	1000	2000	10000
勵磁機の出力 (kW)	4~5	6~8	9~12	12~14	15~20	20~30	100~150

14. 交流の周波数と回転数との関係

(1) 周波数 交番起電力は同期的に其の値を變化するものであるが或る出發點から再び之と同一状態となる迄の経過を一周波 (1 サイクル) と云ひ、之に要する時間を一周期 (1 ペリオッド) と云ふ。第 46 圖 (A) に於て a なる導體が矢の方向に一回

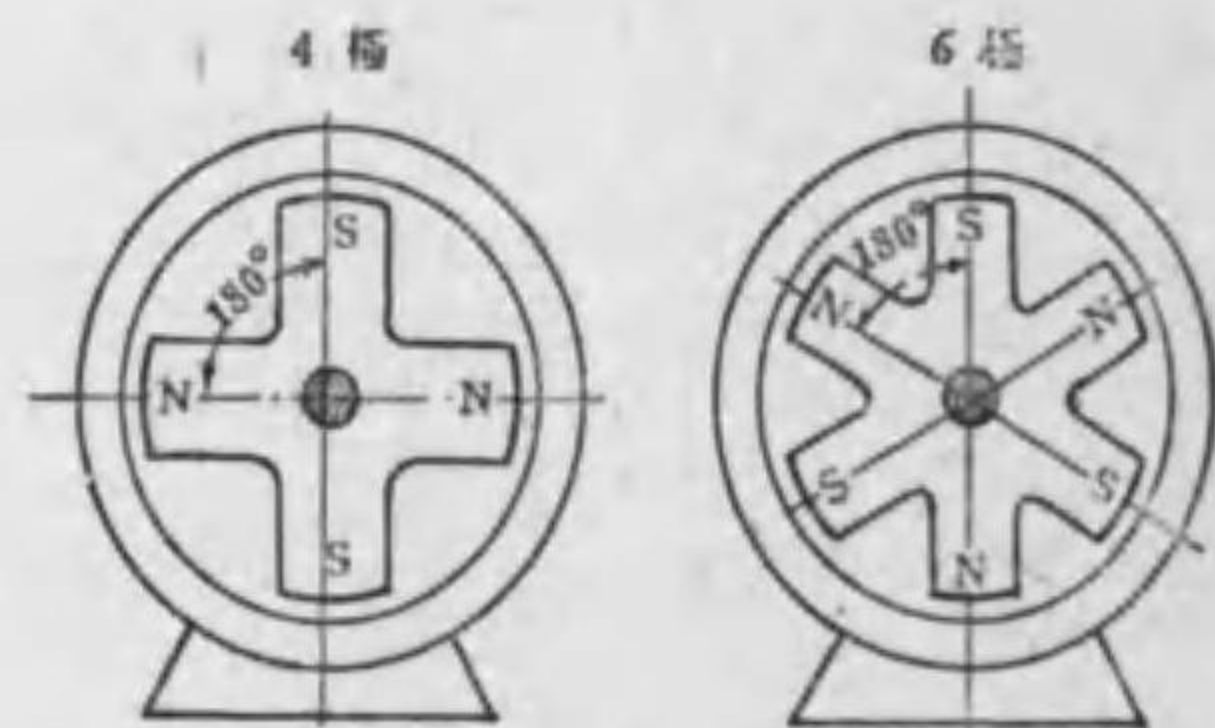


第 46 圖 周波数を説明する圖

轉すれば同圖 (B) に示す如く 1 サイクルの交番起電力を發生する。若し 1 秒間に 50 回轉すれば 50 サイクルの交流を發生する。

普通交流の周波数が幾サイクルと云ふのは 1 秒間の周波数を云ふのである。例へば 60 サイクルの交流と云へば 1 秒間に周波数が 60 と云ふ意味である。

(2) 電氣角度 幾何學では一回轉を通常 360° と定めてあるが發電機や電動機では極數に依り幾何學上の角度と一致しない場合が多い。電氣角では常に隣り合つて居る磁極 NS の中心を結ぶ角度を以て 180° と定める、故に 2 極の場合は一回轉は 360° となるが 4 極となれば 720°、6 極ならば 1080° となる。従つて 6 極の場合導體が一回轉すれば 3 サイクルの交流を發生することとなり、同じ周波数を起すためには磁極數の多い程回轉數は少くなる。例へば 50 サイクルの交流を得るには 2 極では 50 回轉、



第 47 圖 電氣角度を説明する圖

4 極では 25 回轉である。第 47 圖は電氣角度を示すものである。

(3) 周波数の計算 以上述べた磁極數、周波数、回轉數の關係を式で表すと

$$\text{毎秒の周波数 } f = \frac{NP}{2} \text{ (サイクル)} \dots\dots\dots(6)$$

但し N=毎秒の回轉數, P=磁極數

又 n=毎分の回轉數とすれば

$$f = \frac{nP}{120} \text{ (サイクル)} \dots\dots\dots(7)$$

又發電機の毎分回轉數

$$n = \frac{120f}{P} \text{ (R.P.M.)} \dots\dots\dots(8)$$

例へば發電機磁極數が 6 極で周波数 60 サイクルの交流を得るためには發電機は幾回轉すればよいかと云へば、(8) 式に依り求めると

$$n = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{ R.P.M.}$$

となる。

(4) 我國で用ひられてゐる周波数 交流の周波数が 20 サイクル位になると電燈等では明滅を感じる様になるから最も適當な値に定められて歐洲では 50 サイクル、米國では 60 サイクル、我が國では關ヶ原を境として關西では 60 サイクル、關東、九州、朝鮮、滿洲では 50 サイクルが多く用ひられる。

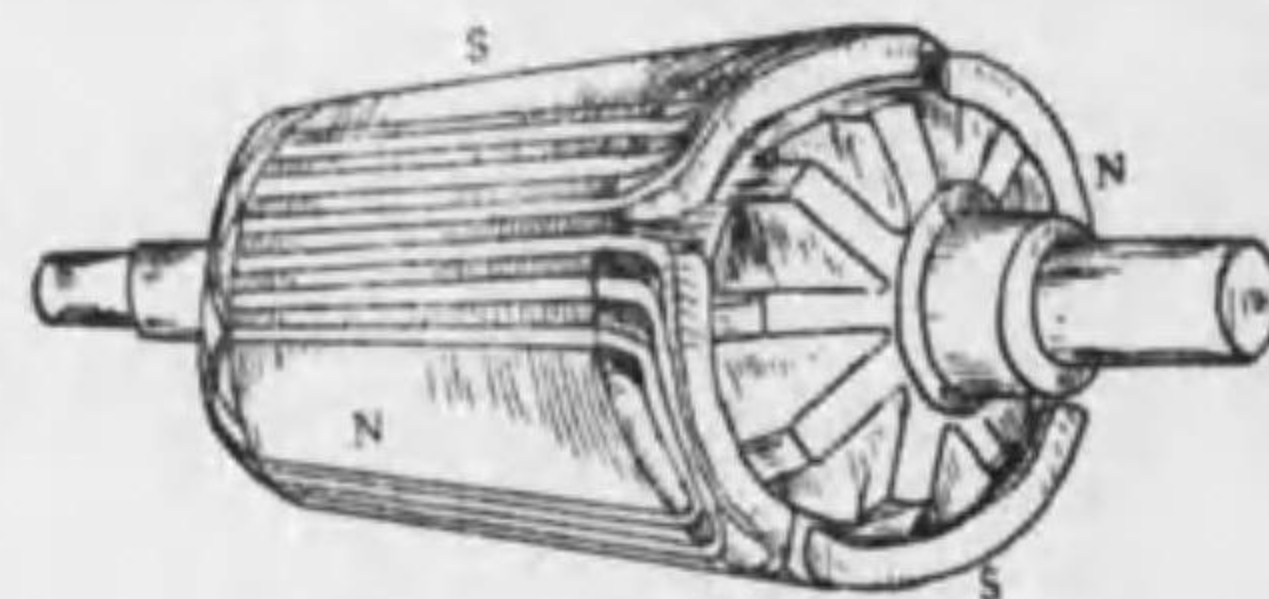
交流發電機の回轉數と周波数は極めて密接な關係を有するから發電機及び原動機の選定に當りては特別の注意を要する。

(5) 回轉數と原動機の種類 交流發電機で規定の周波数を有する交流を發生するためには發電機の磁極數に依り原動機の回轉數は自ら定まる。然し乍ら原動機は其の種類に依り最も適當な回轉數は或る範圍に制限される、言換へれば原動機の回轉數に依り發電機の磁極數を定めねばならぬ。次表は 50 サイクル及び 60 サイクルの場合磁極數と回轉數及び適當なる原動機の種類を示

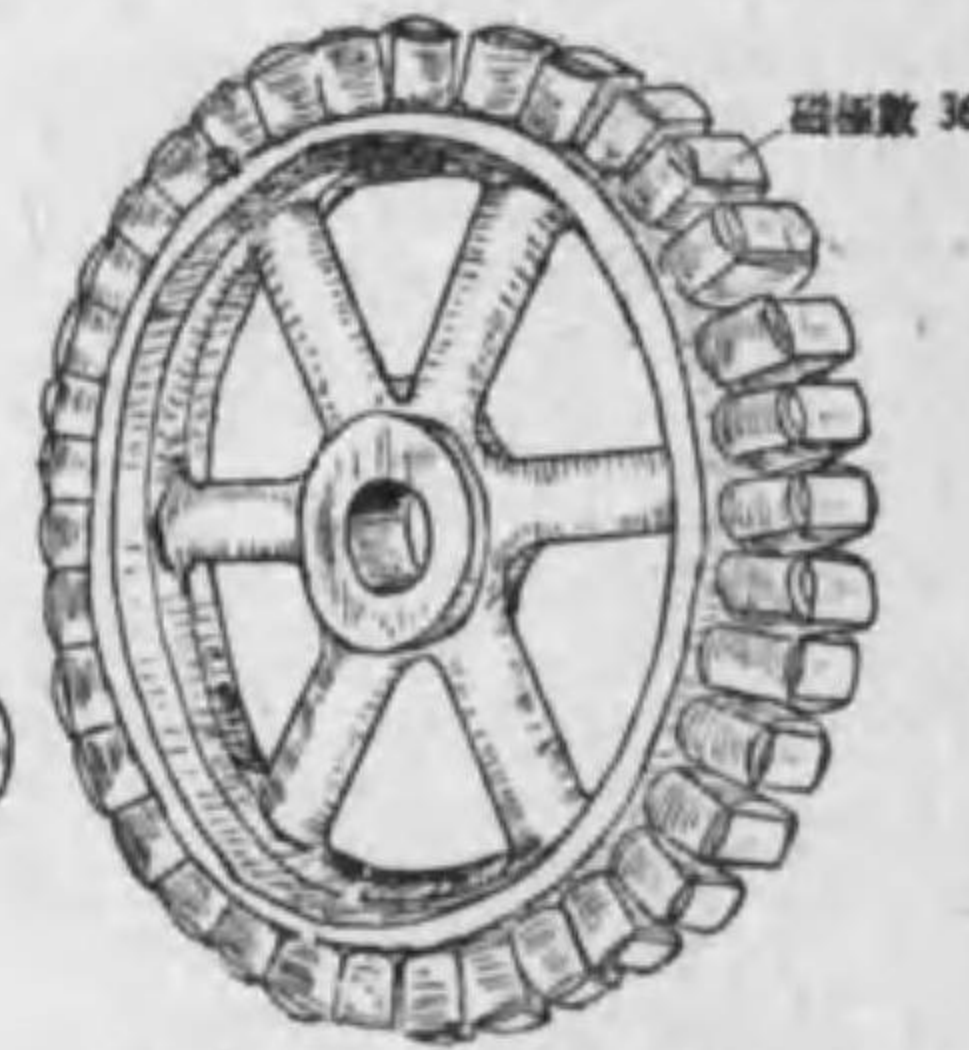
したものである。

磁極數	回轉數 (毎分)		原動機の種類
	50 サイクル	60 サイクル	
2	3000	3600	蒸氣タービン
4	1500	1800	
6	1000	1200	
8	750	900	高速度水車
10	600	720	
12	500	600	
16	375	450	高速度水車 蒸氣機關 ディーゼル機關
20	300	350	
24	250	300	
32	187.5	225	

(6) 回轉速度と回轉子の形状 交流發電機の回轉數は上述の如く磁極數が少い程回轉數が大であるから回轉子の形状は其の回轉速度に依て著しく異なつてゐる。例へば原動機として毎分 1500 回轉のタービンを使用すれば回轉子の磁極數は 4 個にして其の形状は第 48 圖に示す如く極めて細長の圓筒形をなす。又之と反對に低速度の水車に依り運轉さ



第 48 圖 タービン交流發電機用回轉子



第 49 圖 低速度交流發電機用回轉子

れる發電機の回轉子は磁極數多きため其の直徑は極めて大となり、長さは又極めて短くなる。第 49 圖は低速度交流發電機の回轉子を示す。

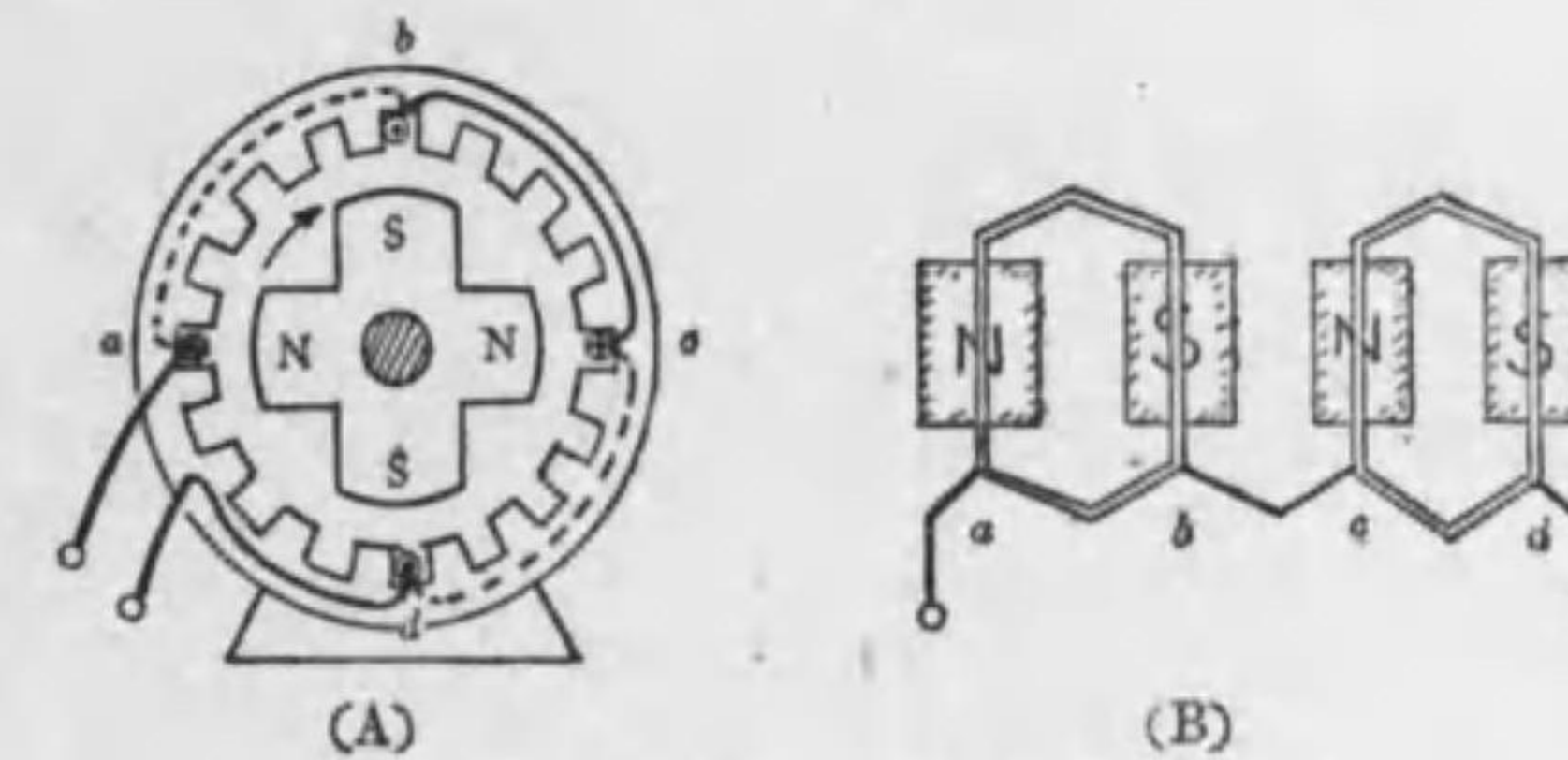
タービン交流發電機の高速度は極めて高速になるから製造上特に速

心力に依る破損及び軸の平衡 (バランス) 等につき充分の注意を要する。

15. 交流發電機の高電子巻線法

發電子の巻き方は直流發電機で述べた如く誘導起電力が互に加はる様にしたければならぬ。直流發電機は整流子を有するから複雑であるが、交流發電機は一列に巻いて各終端を取り出せば良いから巻線は簡單である。巻き方としては回轉界磁型では磁極が回轉して發電子が静止してゐるから發電子鐵心の溝が内側に向つてゐるだけで巻き方には區別がない。交流には單相、二相及び三相發電機があるが二相では二本の巻線を 90° の間隔を有せしめ、三相では三本の巻線を各々 120° の角度に置く様にすればよい。

(1) 單相式巻線法 第 50 圖 (A) は簡單な單相巻線を示すもので導體が

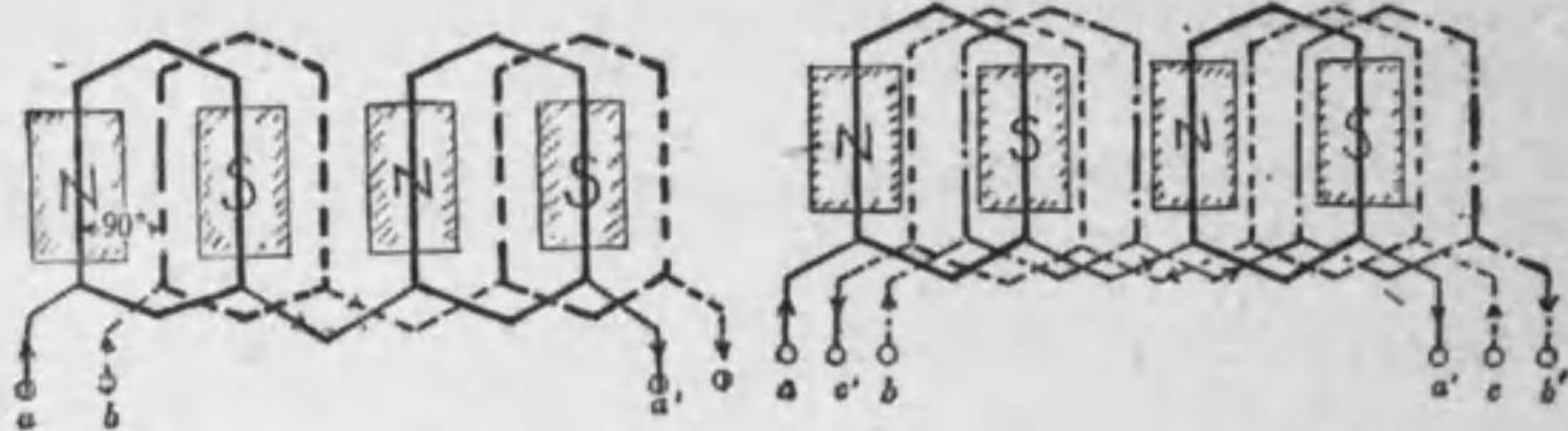


第 50 圖 單相式巻線法

常に磁極 NS の下にくる様に誘く方法である。第 50 圖 (B) は分り易くするために展開圖を示した。實際の製作に當つては一つの溝に幾巻かを巻いた型巻線輪を入れ込むのである。

(2) 二相式巻線法 二相交流は 90° の相差を有する二種の單相交流を發生する様に捲くのであつて、 90° 隔たる様にするには常に第二の巻線 NS が極の中間に置かれねばならぬ。第 51 圖は二相巻線法の展開圖を示す。

發電機の外部に對しては aa' と bb' と二組の線が取出される。

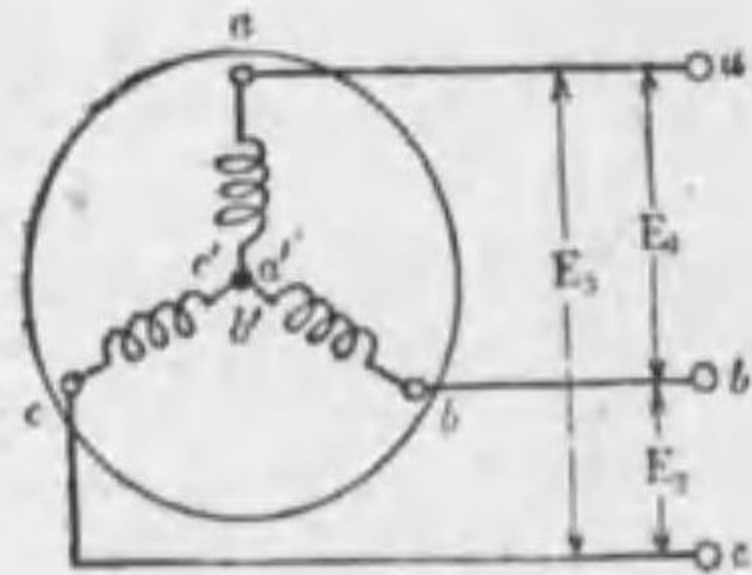


第 51 圖 二相式巻線法

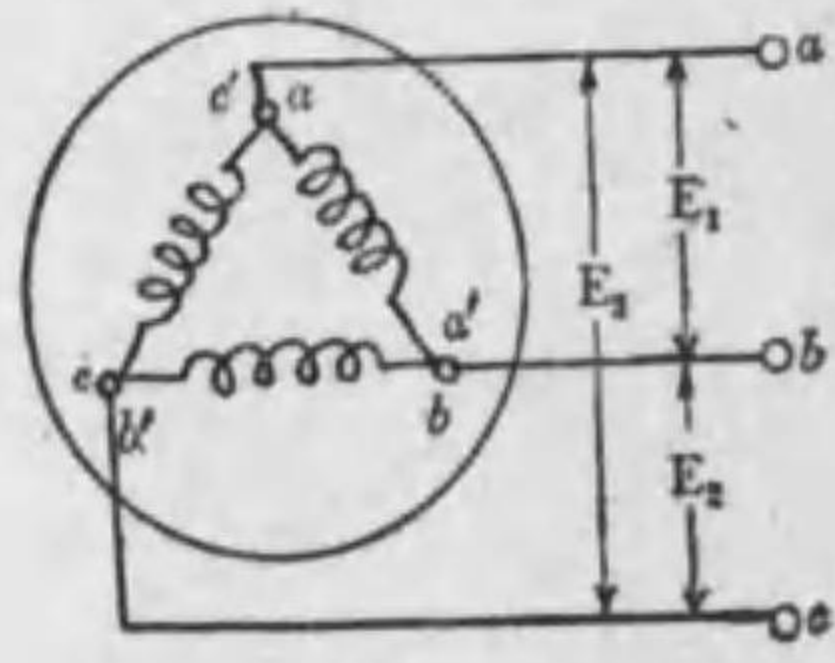
第 52 圖 三相式巻線法

(3) 三相式巻線法 * 第 52 圖は 4 極用の發電子に三相巻線を施したもので、*a b c* 三本の巻線を互に 120° の相差を有する様に配置する。

巻線の終端は *a, b, c* を取出して發電機の端子とし、*a' b' c'* は内部にて互に接続する。又三相式巻線の各々終端の接続法には第 53 圖に示す如き星型接続と、第 54 圖に示す如き三角接続の二通りがあつて何れも多く使用されてゐる。



第 53 圖 星型接続



第 54 圖 三角型接続

16. 交流發電機の誘導電圧及び電壓調整法

(1) 誘導電圧 交流發電機の誘導電圧も前に述べた直流發電機と同様

P = 磁極數

ϕ = 各磁極より發電子に入る磁束數

Z = 同じ相に直列に巻かれた發電子導體數

n = 毎秒の回轉數

とし、 E を交流電圧の實効値 (直流の電圧と同じ能力を有する値) とすれば

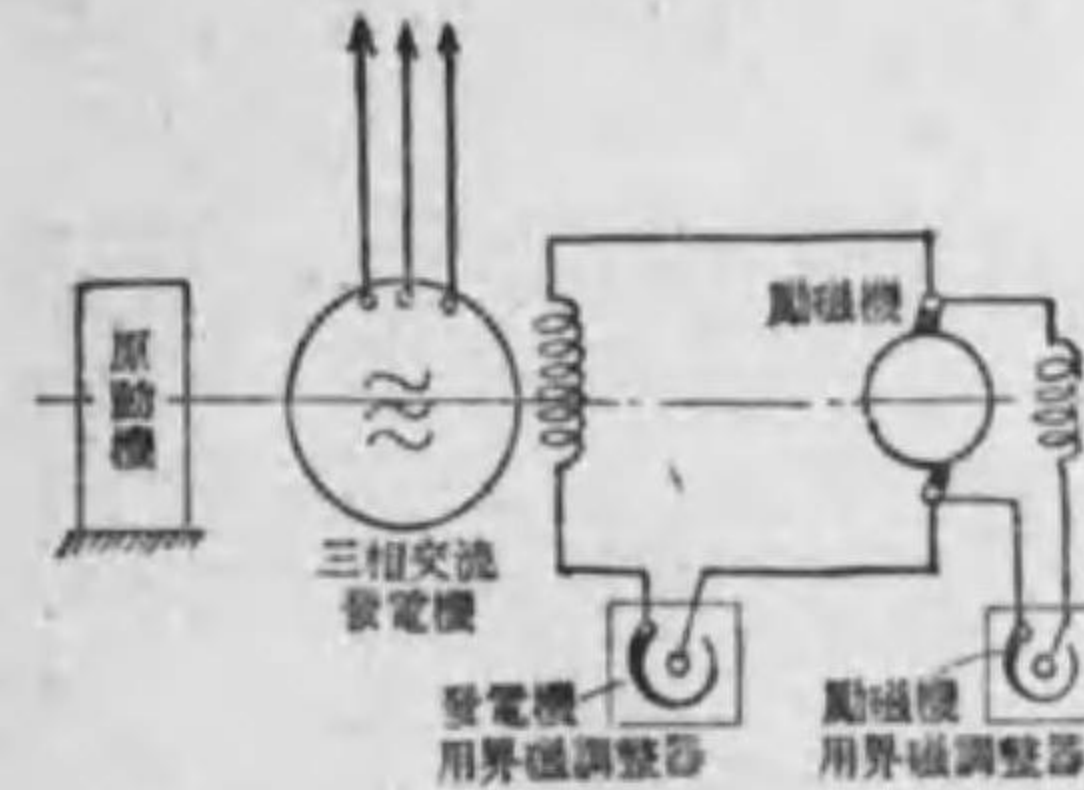
$$E = KP\phi Zn \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots(9)$$

又回轉數の代りに周波數 f を用ふれば $f = \frac{Pn}{2}$ であるから

$$E = 2Kf\phi Z \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots(10)$$

式中の K は起電力の波形や發電子導體の巻方に依て定まる係數で通常 1.1 を用ひる。

(2) 電壓調整法 交流發電機の電圧を調整するには直流發電機と同様界磁線輪に通る電流を加減して磁極から出る磁力線の強さを増減すればよい。界



第 55 圖 交流發電機の電壓調整法

磁線輪を通る電流を加減するには之と直列に抵抗を接続して之れに加減に依る方法と、勵磁機の電圧を加減して其の電流を調整する方法とあるが、實際には之等兩方法を併用してゐる。第 55 圖は此の接続を示す。

之等界磁調整器の加減は通常、人手で行ふのであるが、負荷の變化に對して電壓の變動を防ぐためには自動的に作動する自動電壓調整器が用ひられる。交流發電機で多く用ひられてゐる標準電壓は 110 V, 220 V, 440 V, 3300 V, 6600 V, 11000 V 等である。

17. 交流發電機の出力及び力率

直流發電機の場合は端子電壓を E 、出て行く電流を I とすれば出力は EI ワットで表されるが、交流發電機では自己誘導作用とか静電容量と云ふ作用があつて交流の電圧との間には相差があるから、端子電壓と電流の積 EI は實際の出力を表はさぬものである。

交流發電機では EI で表したものを皮相電力 (見かけの電力) と稱へ、單位はボルトアンペア (VA)、或は キロボルトアンペア (kVA) にて表す。

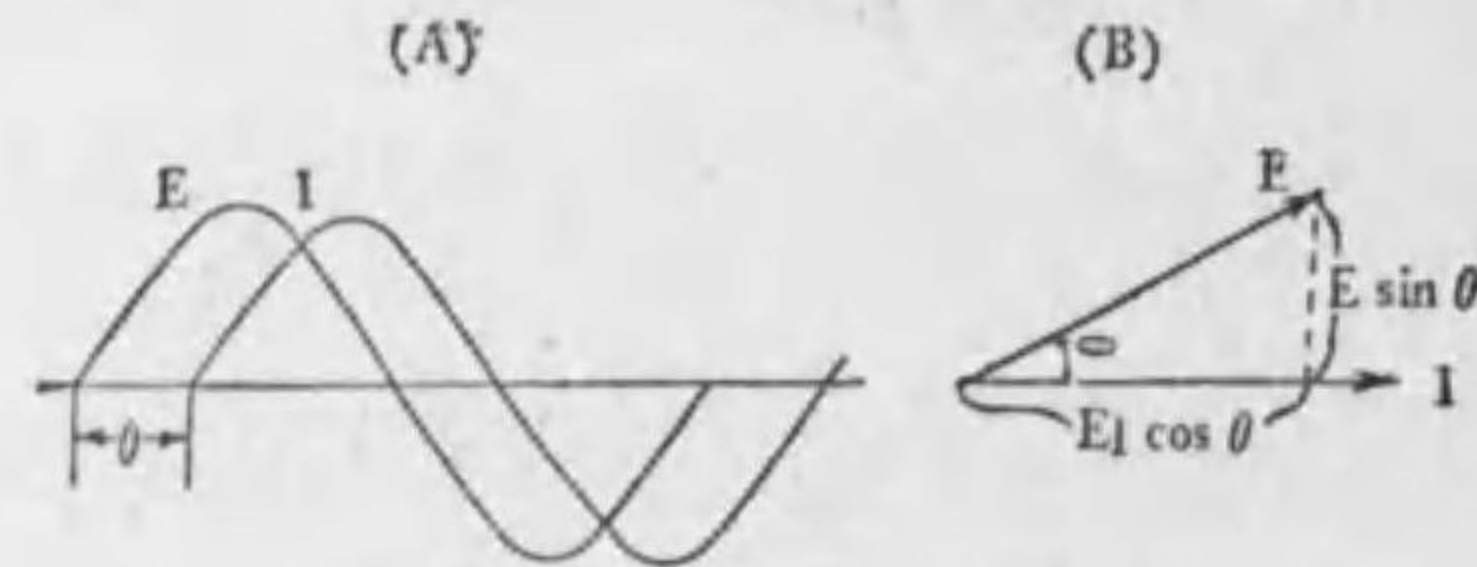
従つて交流発電機の實際の出力は次の式にて表される。

単相交流発電機の出力 $P_1 = EI \cos \theta$ (ワット).....(11)

二相交流発電機の出力 $P_{II} = 2 EI \cos \theta$ (ワット).....(12)

三相交流発電機の出力 $P_{III} = \sqrt{3} EI \cos \theta$ (ワット).....(13)

式中の θ は端子電圧と出て行く電流 I との相差で $\cos \theta$ を其の発電機の力率 (パワーファクター) と云ふ。第 56 圖は此の關係を示すもので、圖中の E



第 56 圖 力率を説明する圖

は発電機の端子電圧、 I は電流であつて、 E 曲線より I 曲線は θ だけ遅れて居る。此の場合電流は電圧より相が θ 角だけ遅れてゐると云ふ。交流で實際に有効な電力は、電流と電圧の相が一致して居る部分だけであつて同圖 (B) ベクトル圖で電圧が電流と同方向の分力 $E \cos \theta$ を電圧の有効分と云ひ、 $E \sin \theta$ を無効分と云ふ。電圧の有効分と電流との積を交流の電力と云ふ。又力率は発電機の負荷の種類に依り異なるものである。

又交流発電機内の勢力損失は直流発電機と全く同様であるから此の節では述べないこととし、負荷の力率が 100% の場合の交流発電機の効率を次表に示す。

交流発電機の効率

発電機の容量 (kVA)	1000	3000	5000	7500	10000	15000	22500	62500
効 率 (%)	90	95.6	96.3	96.5	96.7	97.0	97.3	97.5

例題 三相交流発電機あり、端子電圧 3300 ボルト、負荷電流 585 アンペアを出すとするればその出力は幾キロワットか。但し発電機の力率を 90% とす。

解 三相交流の電力 $P_{III} = \sqrt{3} EI \cos \theta$
 $= \sqrt{3} \times 3300 \times 585 \times 0.9$
 $= 1.732 \times 3300 \times 585 \times 0.9$
 $= 3000,000$ (ワット)
 $= 3000$ (キロワット)

18. 交流発電機の並行運轉

交流発電機の單獨運轉に就ては直流発電機で述べたのと同様であるが、特に異なる點を挙げれば整流子を有しないから直流発電機の如く火花の發生することなく一般に取扱は容易である。但し交流発電機は起電力が相當高いものが多く用ひられるから操縦者は充分の注意を怠つてはならぬ。

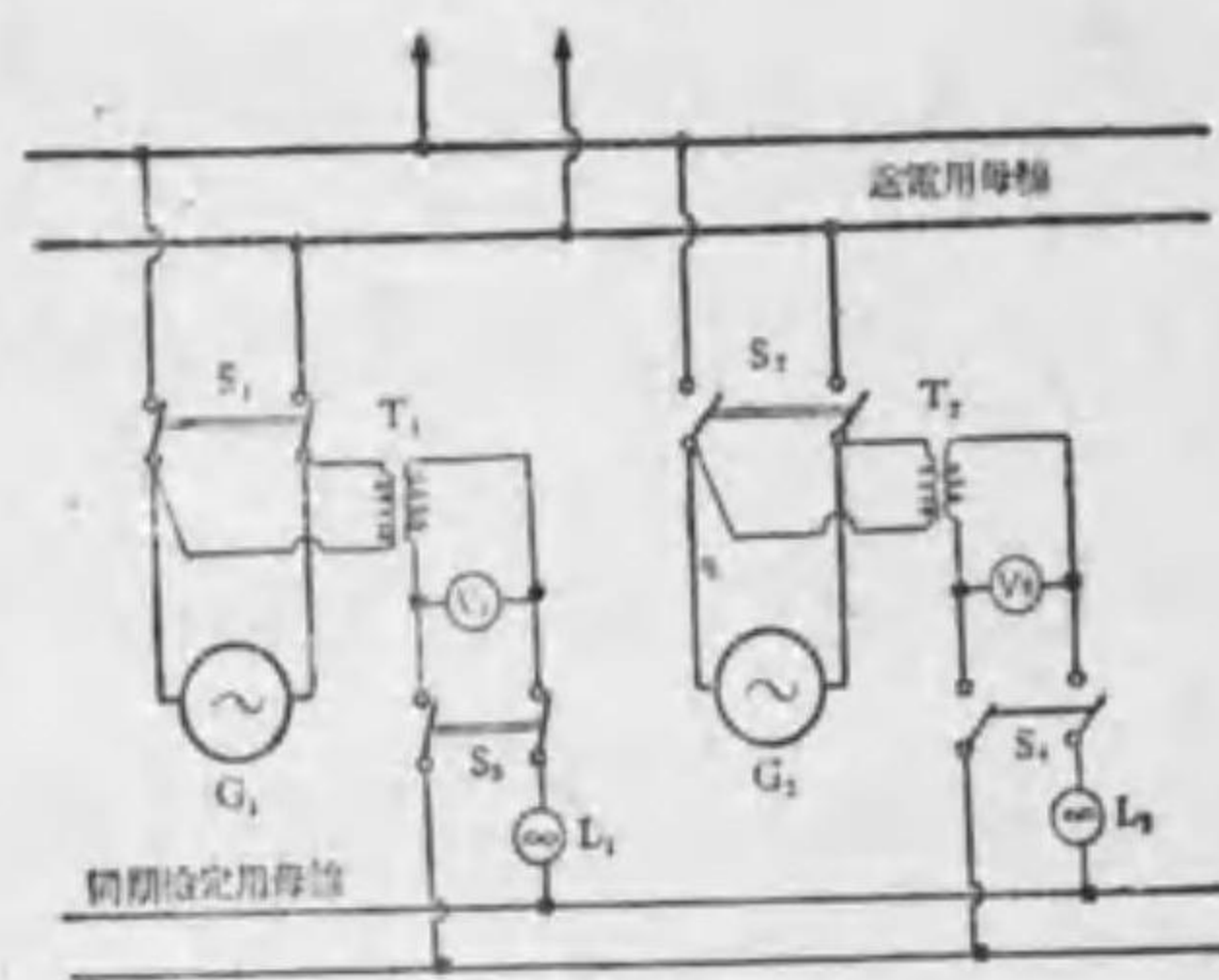
交流発電機は一つの發電所に於ても二臺以上並行運轉すること多く、又他の發電所とも並行運轉を行ふことがある。故に數臺の交流発電機を圓滑に並行運轉させる條件は直流の場合とは餘程異なつて来る。直流発電機の場合は單に電圧だけ同じであれば良かつたが、交流発電機では電壓の瞬間の値が同じくなければならぬ。言換へると次の三條件を具備せねばならぬ。

- (1) 周數波及び相が完全に一致すること
- (2) 起電力の波形が全然同一なること
- (3) 端子電圧が相等しきこと

以上の三條件を完全に具備しなければ並行運轉を行ふことは出来ない。

然し乍ら實際には二臺でも、數臺でも、單相発電機でも、三相發電機でも、或は出力や磁極數が異なるものでも常に並行運轉を行ふことが出来る。言換へれば現今製造されてゐる交流発電機は總て運轉上の取扱法に依て並行運轉の三條件を具備せしめ得るものである。

次に單相交流発電機二臺の並行運轉の順序につき述べよう。第 57 圖は並



第57圖 単相交流發電機の並行運転を説明する圖

此の場合の操作の順序は次の通りである。

- (1) G_2 發電機の原因機を回轉させ勵磁機より界磁電流を徐々に與へて發電機起電力を次第に高める。
- (2) G_2 の回轉速度が略 G_1 の速度に接近したならば G_2 の電壓を加減して電壓計 V_2 を V_1 に正しく一致させる。
- (3) G_1 と G_2 の回轉速度及び電壓の相が全然同じかどうかを検定する(之は同期檢定燈又は同期檢定器に依る)。
- (4) G_2 が G_1 と全く同期となつたとき開閉器 S_2 を入れて母線に接続し發電機の界磁電流を加減して適當な電流を出さしめ始めて並行運転が成立つのである。

次に同期及び同期檢定法に就いて述べよう。

二臺の交流發電機があつて同じ周波數を有し而も同相で電壓が等しい場合之等は同期状態にあると云ふ。同期状態を知るには第57圖で L_1 及び L_2 なる電球を用ひる、之を同期檢定燈と稱へる。同期檢定燈は各々の變壓器(發電機の發電に比例した電壓を誘導し而も電壓計及び電球を接続するに都合の良い低い電壓とするもの) T_1 及び T_2 を經て S_1 S_2 なる開閉器を入るゝことに依り電球 L_1 L_2 を通して母線に接続される。故に G_1 と G_2 とが同期状態にあ

行運転の順序を説明するもので G_1 , G_2 は交流發電機である。今 G_1 は開閉器 S_1 を閉ぢて送電用母線に接続され規定の負荷を負ふて運転中であるが、負荷が増したため他の發電機 G_2 を起動して二臺の並行運転を行はんとす。

るか否かを検するには S_2 と S_1 のスイッチを入れれば良い。此の場合電球 L_1 と L_2 が共に點燈せず暗黒なる状態を續ければ G_1 及び G_2 兩機は理想的の同期状態にあることを示す。 L_1 L_2 が呼吸を合せて明滅すれば兩機は周波數が異なることを示し、明滅の度數が頻繁なものは兩機の周波數の差が大なること、又緩慢なのは兩機の周波數が近づいたことを示す。此の場合1秒間の明滅の度數は兩機の周波數の差を表す。斯くして L_1 L_2 電球の明滅に依り兩機の同期状態を知ることが出来る。

19. 發電機用配電盤

直流發電機及び交流發電機を問はず發電機の起動、運転、停止、送電及び配電等を掌る装置が必要であつて、之等の装置を取付けたものを名付けて配電盤と云ふ。配電盤は發電機の個數、他の發電所との聯絡、送電線路の數等に依り構造は簡單なものがあり或は複雑なものもある。全く多種多様で設計者が最も苦心をするものである。次に主要事項に就き順次説明しよう。

(1) 配電盤の具備すべき條件

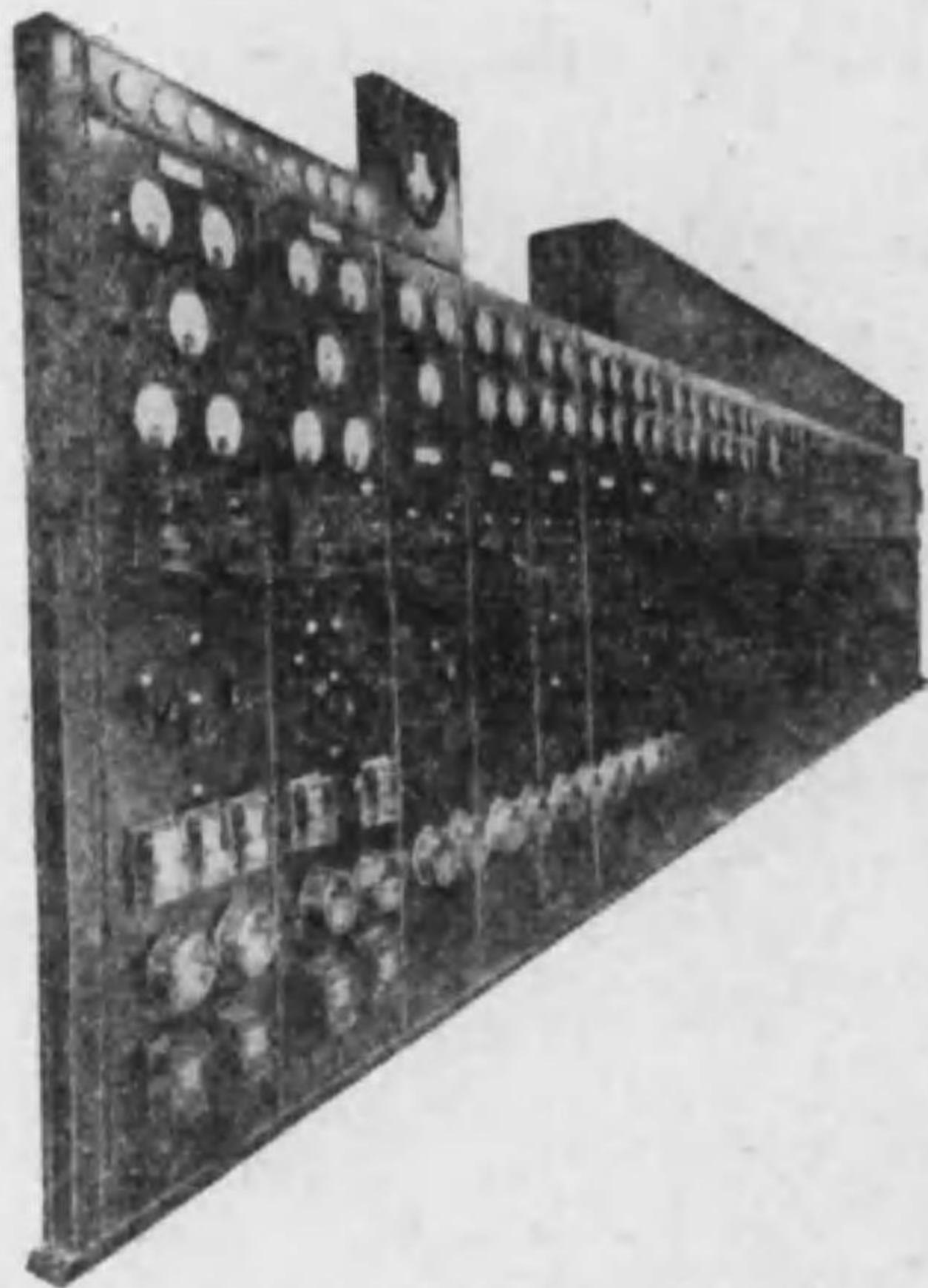
- a. 發電機の起動、運転、停止を自由に操作し得ること
- b. 雷電或は其の他の事故に依る發電機の保護装置を有すること
- c. 常に取扱者に対して充分の安全性を有せしめること
- d. 送電配電に必要な計器及び器具を有し、尙時々刻々の變化を記録する装置を有すること
- e. 器具等の配置は出来る丈簡單にして取扱上錯誤なき様にすること
- f. 一部故障に対して全部の使用停止をせざる様結線を行ひ、配電け秩序整然と配列すること
- g. 各部分は容易に檢視或は作業をなし得る様充分の餘地を持たせること
- h. 電流を通す導體は充分の大きさのものを選び使用材料は總て耐火性のも

のたること

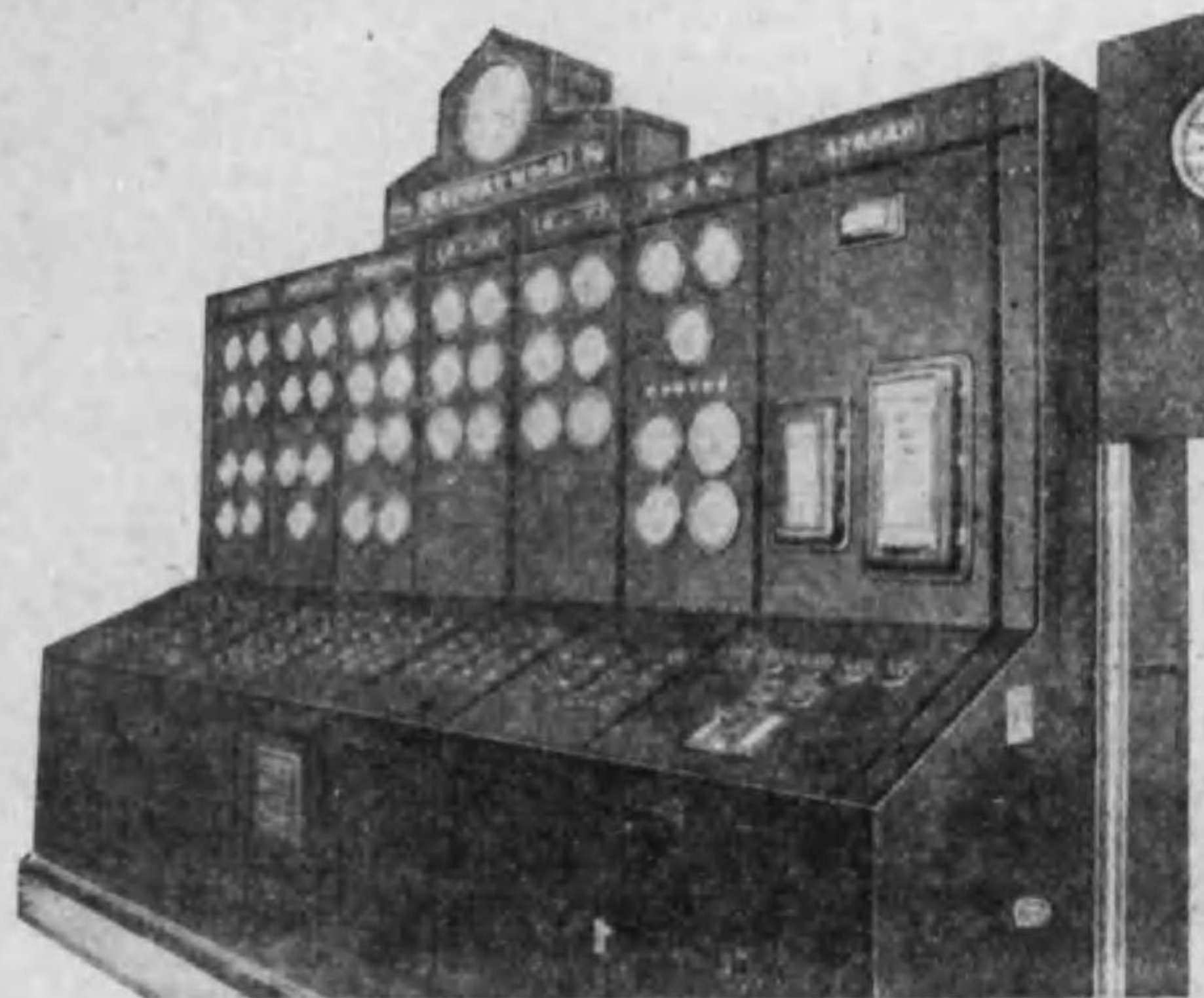
(2) 配電盤の種類及び構造 配電盤の種類は大別して直流用と交流用に分たれるが、更に操作方式から區別すると直接制御配電盤、手動遠隔制御配電盤、電氣遠隔制御配電盤の三種である。

直接制御配電盤は盤上に必要な計器や開閉器類を取付けたもので、電壓が低く、出力も小なるものに用ひられる。手動遠隔制御配電盤は計器や操作用把手等は盤上に取付け、油入遮断器及び主電流の通ずる母線等は配電盤の後方隔たりたる所に設置し連桿に依て盤面から操作し得る様になしたものである。

電氣遠隔制御配電盤は主電流の通る油入遮断器、母線及び開閉器類の設置場所が電壓が高いためとか或は容量が大きい爲とかの理由で配電盤の近くに置けない場合がある。斯の如き場合は配電盤室と遮断器室とは別に設けられた配電盤上の押ボタンに依て操作せられる。故に電壓が高く容量が大なる發電所



第 58 圖 直立式配電盤



第 59 圖 机型配電盤

に於ては多く此の方式が用ひられる。

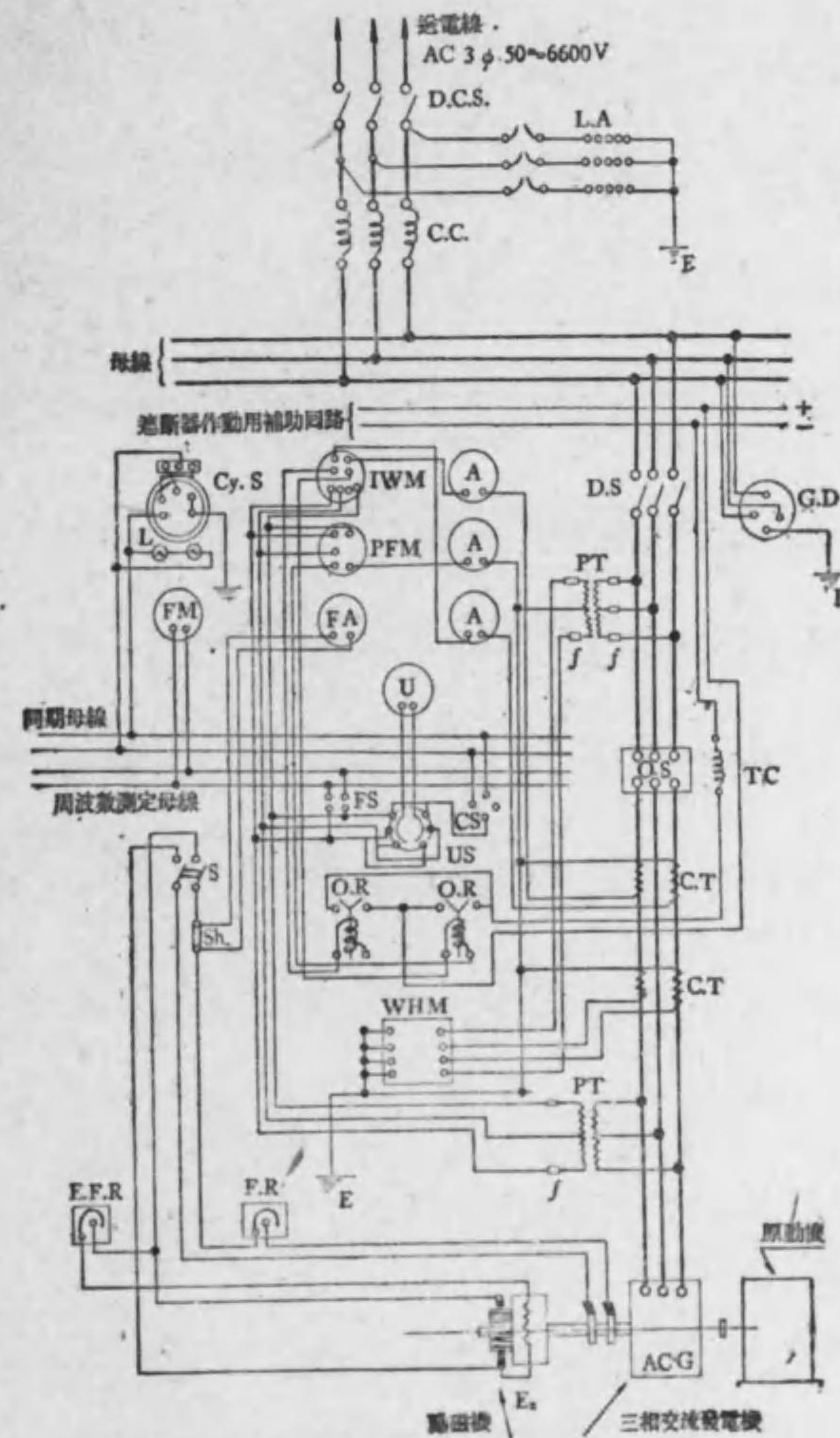
又形状に依り分類すれば直立形配電盤、机型配電盤、箱型配電盤等がある。第 58 圖は直立型配電盤、第 59 圖は机型配電盤を示す。

配電盤々面の材質には大理石或は鐵板製が多く、枠組は鐵管又は山形鋼材で組立てる。

(3) 配電盤用計器、器具並に結線法 配電盤に取付くべき計器及び器具等も發電機の容量、電壓等に依て異なるが、一例として三相交流發電機用配電盤用計器及び器具を次表に列記して見よう。又第 60 圖は交流發電機一臺分の結線圖を示す。

三相交流發電機用配電盤取付計器及器具

結線圖記號	名 稱	數 量	備 考
V	電 壓 計	1 個	
A	電 流 計	3	
I.W.M.	指 示 電 力 計	1	三相交流用
W.H.M.	積 算 電 力 計	1	三相交流用
P.F.M.	力 率 計	1	
F.M.	周 波 計	1	
C.Y.S.	同 期 檢 定 器	1	
F.A.	界 磁 電 流 計	1	直 流 用
G.D.	檢 漏 計	1	三 相 用
S	界 磁 開 閉 器	1	直 流 二 極
E.F.R.	勵 磁 用 界 磁 調 整 器	1	
F.R.	發 電 機 用 界 磁 調 整 器	1	
D.C.S.	デ ス コ ン ス キ ッ チ	6	
C.C.	寒 流 線 輪	3	
L.A.	避 雷 器	3	
O.S.	油 入 遮 斷 器	1	三 極 用
P.T.	計 器 用 變 壓 器	4	
C.T.	變 流 器	4	
O.R.	過 負 荷 繼 電 器	2	
T.C.	引 外 線 輪	1	
V.S.	電 壓 計 用 ス キ ッ チ	1	
C.S.	同 期 檢 定 器 用 ス キ ッ チ	1	
F.S.	周 波 數 檢 定 用 ス キ ッ チ	1	
f	安 全 可 熔 片 (フ ェ ー ズ)	7	
E	接 地 板	1	
Sh	分 流 器	1	直 流 電 流 計 用
E _m	勵 磁 機	1	
AC.G.	交 流 發 電 機	1	



第 60 圖 三相交流發電機用配電盤結線圖

發 電 機 奧 附

定 價 金 參 拾 五 錢

昭和十五年二月一日 印 刷

昭和十五年二月五日 發 行

日本大學機械談話會 代表者

編 著] 者 中 野 格 致

東京市神田區駿河臺一丁目八番地

發 行 兼 者 午 來 文 助

東京市小石川區駕籠町十二番地

印 刷 所 株式 會社 コロナ社印刷所

東京市小石川區駕籠町十二番地



東京市小石川區駕籠町十二番地

發 行 所 株式 會社 コロナ社

振替東京 14844 電話大塚(86) 0378, 6633

大 販 次

オム社	丸善本支店	東海堂
栗田書店	大東館	北隆館
大阪柳原書店	久留米菊竹金文堂	名古屋川瀬書店
滿洲臺灣大阪屋號書店		新京東都書籍出張所

コロナ社發行 發變電所關係書類

◀其他の詳細目録御入用の方は御申越次第送呈す▶

- | | | | |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 野口 誠 著 | 發 電 水 力 | 菊版上製
定價1圓70錢 | 送料15錢 |
| 弘山 尚直 著 | 水 力 發 電 計 畫 | 菊版上製
定價1圓50錢 | 送料15錢 |
| 弘田龜之助 著 | 火 力 發 電 所 設 計 | 菊版上製
定價1圓80錢 | 送料15錢 |
| 前田, 野崎補訂 | 發 電 所 及 原 動 機 | 上卷 定價 2圓
中卷 定價 1圓
下卷 定價 2圓 | 送料21錢
送料15錢
送料21錢 |
| 和佐田金義
朝一 俊 共著 | 汽 罐 設 備 | 菊版上製
定價 3圓 | 送料21錢 |
| 高瀬 謙一 譯 | ミニオン
チンゲル 蒸 汽 原 動 力 | 四六倍大判 上下二卷
定價各3圓50錢 | 送料各21錢 |
| 高橋安人 共譯
柴山東八 | フリニール
ゲ 蒸 汽 タ ー ビ ン | 四六倍大判 上下二卷
上卷 3圓 下卷 3圓50錢 | |
| 曾我部竹一 著 | チー
セル 及 內 燃 機 關 發 電 所 | 菊版上製
定價 1圓80錢 | 送料15錢 |
| 八木 金藏 譯 | 發 電 所 設 計 の 經 濟 的 要 素 | 三三大判全三冊
定價各1圓50錢 | 送料各9錢 |
| 大石 主計 著 | 最近 大 變 電 所 の 設 計 及 据 付 法 | 菊版上製
定價 2圓80錢 | 送料21錢 |
| 丸山 壽 著 | 變 電 所 | 菊版假製
定價 70錢 | 送料 6錢 |
| 勅使河原健樹 著 | 電 氣 鐵 道 用 變 電 所 | 菊版上製
(近刊) | |
| 松瀬 勇雄 共著
片山 數夫 | 電 力 制 御 装 置 と 配 電 盤 | 四六倍大判
定價 5圓 | 送料33錢 |
| 千葉 武夫 著 | 電 力 系 統 の 自 動 制 御 方 式 | 菊版上製
定價 2圓 | 送料21錢 |
| 篠原 幹興 著 | 繼 電 器 及 繼 電 方 式 | 菊版上製
定價 2圓30錢 | 送料21錢 |
| 宮崎喜左衛門 著 | 自 動 電 壓 調 整 器 | 菊版假製
定價 70錢 | 送料 6錢 |
| 篠原 幹興 著 | 油 入 遮 斷 器 | 菊版假製
定價 1圓 | 送料 6錢 |
| 宮本 茂業 共著
三山 民雄 | 消 弧 裝 置 | 菊版上製
定價 80錢 | 送料 6錢 |

特255

497

終