

第 期一般幹部候補生課程

電 機 ス タ デ イ ガ イ ド

海上自衛隊幹部候補生学校

班	番号	氏 名

第1節 艦艇電気装置の概要

電気装置の重要性

最初、電気が艦船に使用されたのは主として照明用としてであつたが、最近の艦船では戦闘航海に必要な多種多様な方面に使用されている。もし電気装置の故障にあえば、これらの機器の使用は不可能となり、戦闘力は激減し極端な場合は戦闘力は皆無となる。

2 艦艇電気装置の特質（計画の基本）

- (1) 最大の信頼性
- (2) 戦闘による被害の僅少（給電の継続）

ア 電 源

イ 給電回路

ウ 機器の配置

エ 電線末端処理

オ 火 災

- (3) 高温多湿な環境における良好な作動
- (4) 動揺、傾斜時の良好な作動
- (5) 耐しん性及び耐衝撃性
- (6) 重量容積の減少
- (7) 整備の容易
- (8) 耐蝕性
- (9) 互換性

3 船用電気機械のすう勢

昔は船用電気といえばほとんど直流であつたが、現在は軍用艦船はもちろん、商船等も交流化されいろいろの面で便利になつた。

しかし、軍用艦船でも甲板機械を多く設備した輸送船及び掃海艦艇には直流の特徴を生かして現在もほとんど直流を使つている。

- (1) 起動回転力が大きい。
- (2) 直巻電動機では負荷が大きくなるほどトルクが大きくなる。
- (3) スピードコントロールが容易

等の点で交流機に優れている。

また掃海艦艇では磁気機雷の掃海電源及び消磁装置の電源として直流が必要である。

これに対して交流機は

- (1) 直流機に比べて一般に価格が安い。
- (2) 整流子がないから日常の整備が容易で故障率が少ない。
- (3) 変圧器で任意の電圧を得ることができるから電子兵器を数多く搭載する艦艇では交流が便利である。

等の利点があるため、戦闘用艦は現在ほとんど交流化されている。

さらに最近は各種機械の自動化、速隔管制装置等の発達にともない弱電強電を合わせたようなものが出現している。

4 艦艇における電気の利用

- (1) 照明装置
- (2) 信号灯装置
- (3) 探照灯装置 (直流電源)
- (4) 動力装置
- (5) 電熱装置
- (6) 艦内通信装置
- (7) 電波装置
- (8) 射撃、投射、発射指揮装置
- (9) 消磁装置、掃海装置 (直流電源)



第 2 図

(3) 起電力

1本の導体が毎秒 $1 Wb$ の割合で磁束を切つたとき誘起する電圧の大きさが、 $1 V$ とされている。

いま発電機において

1つの極から出ている有効磁束を ϕ (Wb)

その発電機の磁極数を P (極)

毎分回転数を n ($r.p.m$)

とすれば、1本の電機子コイルの平均起電力は

$$\frac{1 \text{ 極の } \phi}{1 \text{ 極通過所要時間 (秒)}} \text{ である。}$$

1極通過に要する時間 (秒) は $\frac{60}{n} = \frac{60}{nP}$ で表わされるから

上式は $\frac{\phi}{\frac{60}{nP}} = \frac{n\phi P}{60}$ となる。

普通発電機には Z 本の導体が配列されていて、これが a 個の並列電路に分割されているから各導体の起電力が加わり合うと $\frac{Z}{a}$ となり合成起電力は次式で表わされる。

$$E_a = \frac{n\phi P}{60} \times \frac{Z}{a} \quad (m.k.s \text{ 単位})$$

上式において P, Z, a は完成された発電機については定数である。

よつて上式は

$$E_a = K\phi n (V) \text{ で表わされる。}$$

第 2 節 直 流 機

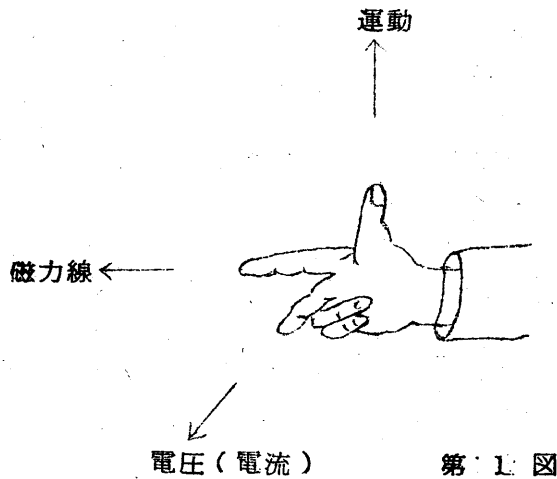
1. 直流発電機

(1) 発電機の定義

直流、交流を問わず発電機とは、機械的エネルギーを電気的エネルギーに変換する機械である。

したがって、発電機には当然原動機を必要とし現在は水車、蒸気タービン、ディーゼル機関等が広く使用されている。

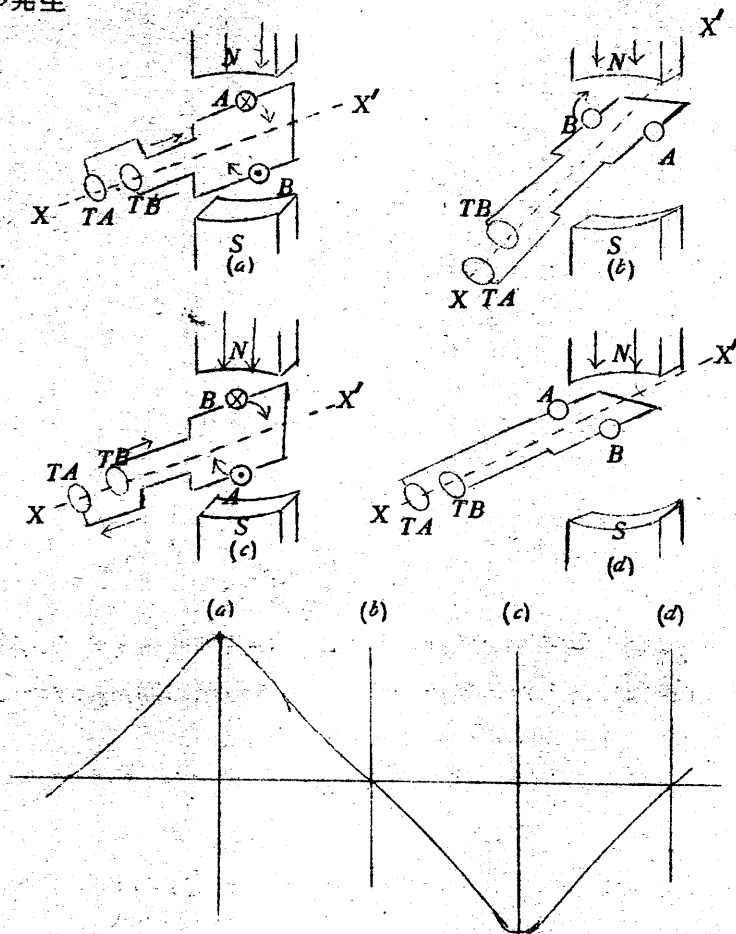
(2) 発電の原理



フレミング右手の法則

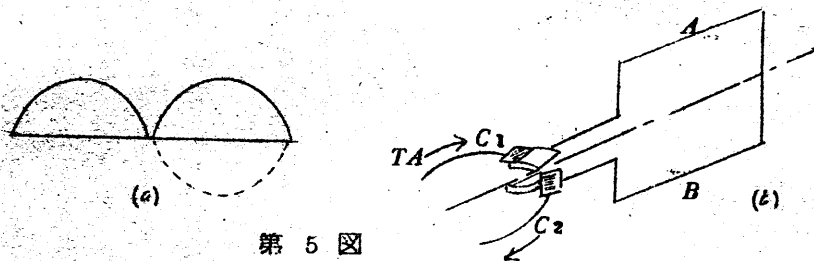
(4) 整流による直流の発生

ア 交流の発生



第 4 図

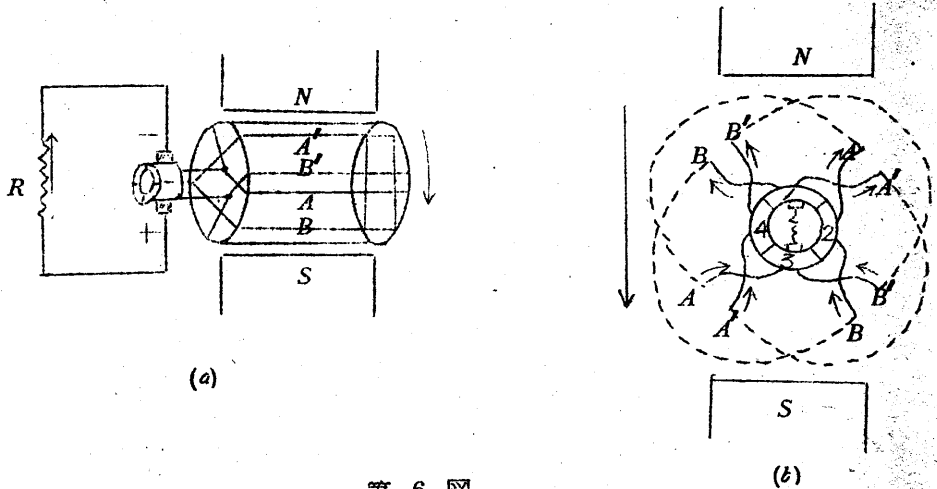
イ 整 流



第 5 図

ワ 平らな直流の発生

第6図に示すように4個のコイルと4個の整流子片を用いれば電機子 (Armature) 内の回路は



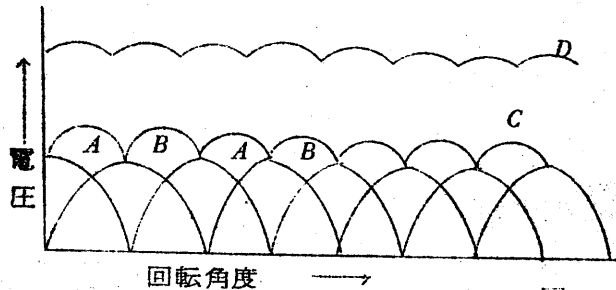
第 6 図

2個のコイルを直列とした2個の並列回路となる。第6図(b)は(a)図の展開図であるが、整流子片1から3に至る回路は次の二つである。

$$1 - BB - 2 - AA - 3$$

$$1 - A'A' - 4 - B'B' - 3$$

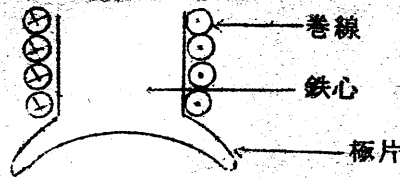
いずれも2個のコイルの誘導電圧を加えたものであるから、電機子端子間に得られる電圧の波形は第7図D曲線のようになる。



第 7 図

エ 界 磁 (磁極)

磁束を作るもので巻線、鉄心、極片からできている。鉄心および巻線は導磁率の高いけい素鋼あるいは純鍛鉄で作られ、巻線は銅線を木綿、ワニス等で絶縁されている。



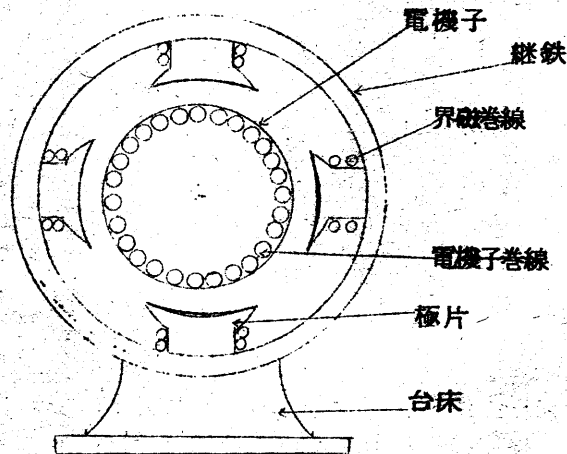
第 10 図

オ 継 鉄 (Yoke)

各磁極を連結し、磁路の一部を形成するとともに機械的に支持し、一般に鑄鉄、鑄鋼等で作る。

カ 台 床

継鉄を支持し取付台となる。



第 11 図

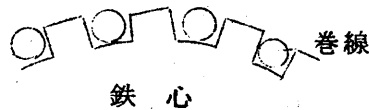
(6) 構造

ア 電機子鉄心

磁界のなかで運動し、磁束をきつて起電力を誘導する導体を保持するものである。

うすい鉄板を組み合わせて(成層)作ったもので、その周囲には巻線を入れるへこみをもっている。

第 8 図

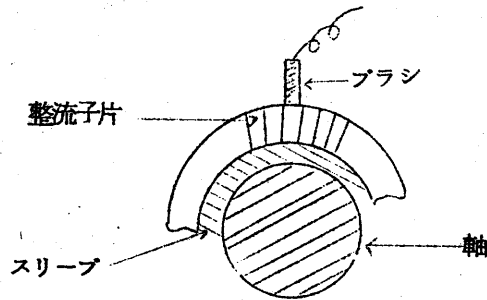


イ 電機子巻線

鉄心に巻かれてこれが回転すれば磁束をきり電圧を発生する。この巻線は一般に銅線をもつて作られ、また綿布及びワニス等で絶縁され、両端は整流子に接続されている。

ウ 整流子及びブラシ

電機子巻線内に発生した交流を一定方向にとりだすものである。整流子は多くの整流子片よりなり、一方は各巻線に接続されおたがいに絶縁されている。



第 9 図

整流子の上面にブラシが密着し、整流子は回転して巻線より整流子、ブラシを経て外部に電流を送っている。

(6) 一般特性

ア 端子電圧

誘起起電力は電機子巻線に生ずる電圧であつて、外部端子にでてきて
実際負荷（電動機、電灯）に加わる電圧は若干低いものになる。

イ **電機子反作用**

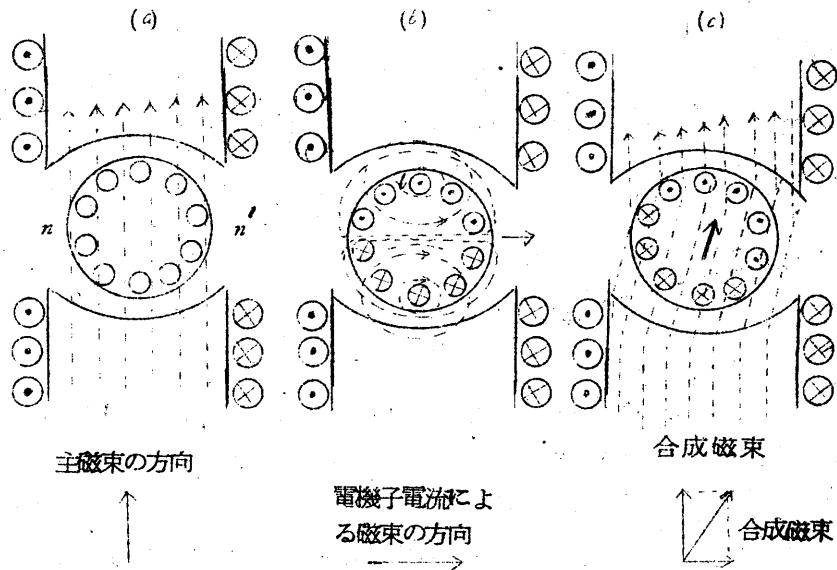
電機子電流による起磁力が界磁極におよぼす作用をいう。

(7) **交叉磁化作用**

発電機が定格電圧を出すよう励磁され無負荷で運転しつつあるとき
その内部における磁束の分布は第12図(a)のとおりで、その磁気的中性
点と幾何学的中性点は一致し $N-N'$ 線上にある。ブラシはこの線上にお
かれるべきである。つぎに主磁極の励磁をやめ電機子のみ外部の電
源から電流を流した場合の磁束分布は第12図(b)のようになり(a)の場合
に比して磁界中心の方向が 90° 異なる。

これが電機子起磁力による磁束である。

発電機が実際に負荷をもつて運転されているときは以上2種の磁束
が共存する結果、合成の磁束は第12図(a)のようになり、回転方向に向
かつて前方の極片端は磁束密度を増し、後方の極片端は密度を減少す
る。

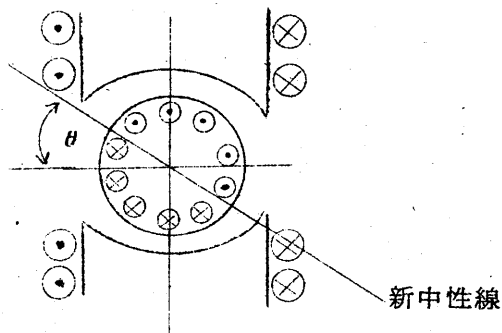


第 12 図

(c)図のように磁束の分布になると磁気的な中性線（電機子電流の方向が変わるところ）は幾何学的中性線とずれることになる。

このように主磁束をひずませ、中性線をずらせる根本となるものは電機子電流によるもので、これを電機子反作用という。

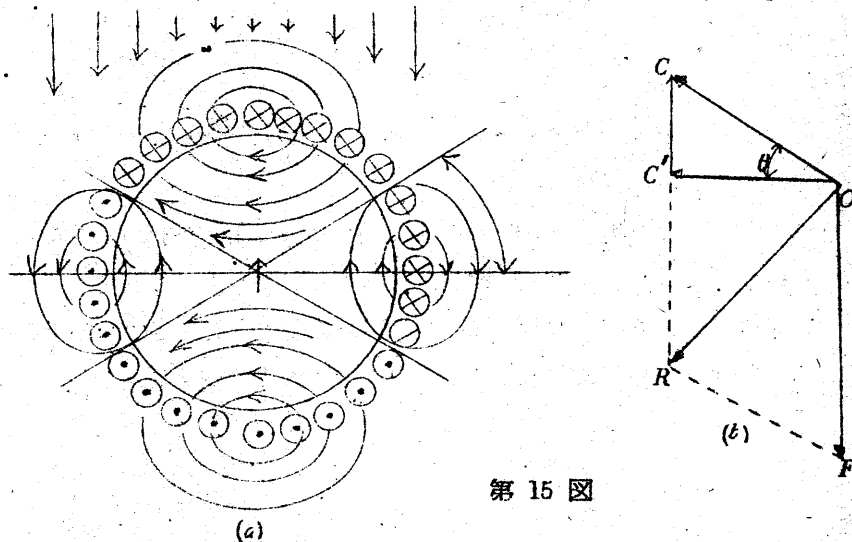
磁気的な中性線が移動するのでブラジもこの線に移さなければならない。したがって電機子電流も下図のとおりとなる。



第 13 図

(4) 減磁作用

ブラシと整流子の間に火花がでると両者を過熱し、消耗をはなはだしくなる。これを防止するにはブラシは常に磁気的中性点に置かねばならない。無負荷の際、幾何学的中性点に設置したブラシは、電機子の交叉磁化のために磁気的中性点が θ 角だけ移動した後においては、磁束を切つて誘起する電圧のために激しい火花を発するようになる。これを避けるためにブラシを新しい中性点まで θ だけ移動させれば電流がブラシを境に方向を変えるために電機子起磁力の中心軸もまた θ だけ移動する。その結果 $180^\circ - 2\theta$ 内に存在する導体は交叉磁化作用をなし、 2θ 角の導体は主磁界に反対してこれを減磁する。(第15図(a))



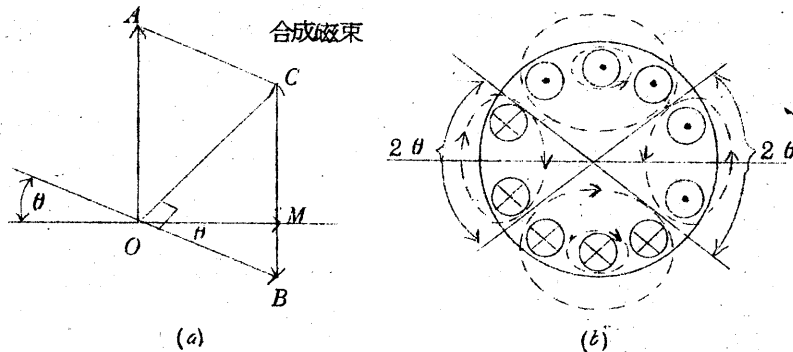
第 15 図

第15図(b)をみればこの関係を明瞭に知ることができる。すなわち主磁界 OF に対して $\theta + 90^\circ$ の方向に電機子起磁力 OC が発生する。これと OF との合成 OR が実際存在する磁界の方向および大きさを示す。いま電機子起磁力 OC を主磁界 OF の方向およびこれに直角の方向に分解すれば、 OC' は交叉磁化をなし、 $C'C$ は減磁作用をなす。減磁作用はもちろん交叉磁化作用も磁束を一部に集注させる結果、鉄心飽和のため結局発電機の誘導電圧を減少させる。

この目的に対して種々の方法が考えられるが最も多く採用されている方法は補極および補償巻線である。

HP『海軍砲術学校』公開資料

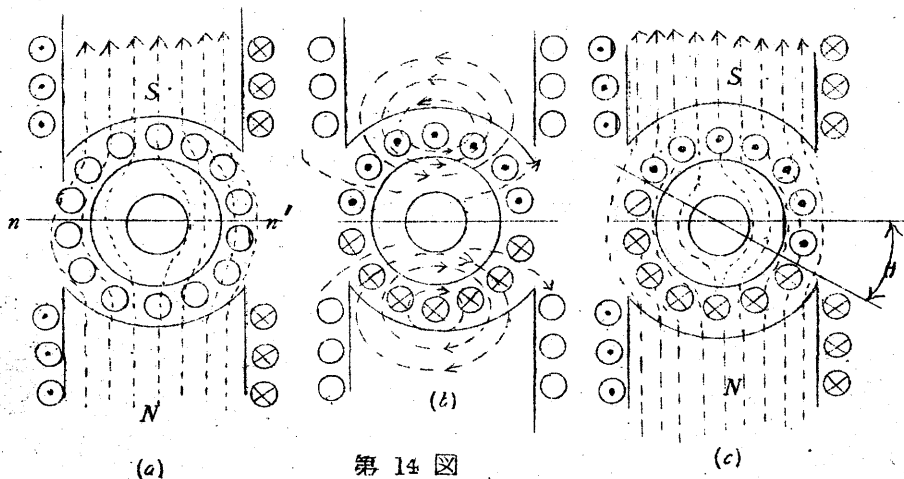
いま θ だけずれたものとし、これをベクトルで示すとつぎのとおりとなる。



OA は主磁束の方向、 OB は電機子電流による磁束の方向、 OC は合成磁束の方向である。

また OB を OM と MB に分けると OM は主磁束に対し直角に交わり、主磁束をまげる。これを交叉磁化作用という。

MB は主磁束に対し反対方向であり減磁作用をする。上図において 2θ 内の巻線は減磁作用をし、その他の巻線は交叉磁化作用をする。



第 14 図

ウ 電圧変動率

発電機の回転を規定に保ち、界磁調整器を加減せず、発電機が定格負荷でかつ定格電圧で運転中、無負荷にすることによつて変化する電圧の割合をその発電機の電圧変動率といい、次式によつて表わされる。

$$\text{電圧変動率} = \frac{E_0 - E}{E} \times 100 \%$$

E …… 定格負荷における定格電圧

E_0 …… 無負荷電圧

海上自衛隊の艦船造修規定では次のように定められている。

複巻発電機の電圧変動率

瞬 時 12% 以内

整 定 6 "

整定に要する時間 7 秒以内

ここで注意を要することは、普通変動率試験は原動機直結で行なわれるので、無負荷にしたことによる原動機の回転の上昇による発電機端子電圧の上昇が加味されてくる。従つて回転数一定の条件が満足されない限り電圧変動率には原動機速度変動による影響が大きく加わつてくることである。このため多くの場合、上記変動率は原動機のカバナーの特性によつて左右される。

エ 損失及び効率

発電機が原動機から与えられる機械的エネルギー、すなわち入力を経電的エネルギー（負荷電流×端子電圧）すなわち出力に転換するものである以上エネルギー転換の過程において損失をとまらう。

(ア) 銅損

電機子巻線、界磁巻線等に流れる電流によつて熱を発生し、これが損失となる。別名抵抗損ともいい、損失は W で表わされる。

(イ) 鉄 損

ヒステレンス損及びびうず電流損の両者をいい、両者はともに電線管内に熱となつてあらわれ、温度上昇の原因となる。

(ウ) 機械損

a Bearing等のまさつ損

b 電機子等が空気をきつて回転するので、そのとき生ずる抵抗損（風損という）

これらの損失は、発電機が電氣的エネルギーを外部に供給する以前に消費されるエネルギーであるから、原動機は発電機に対して出力+損失の入力を供給しなくてはならない。

発電機の端子から得られる電氣的出力と発電機軸に加えられた機械入出力の比をその機械の効率（能率）という。

(ニ) 効 率

$$\text{効率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} \times 100\% = \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{諸損失}} \times 100\%$$

効率の計算には入力の算出が困難のため、上式のように損失を計算して出力+損失=入力として計算される。これを規約効率という。

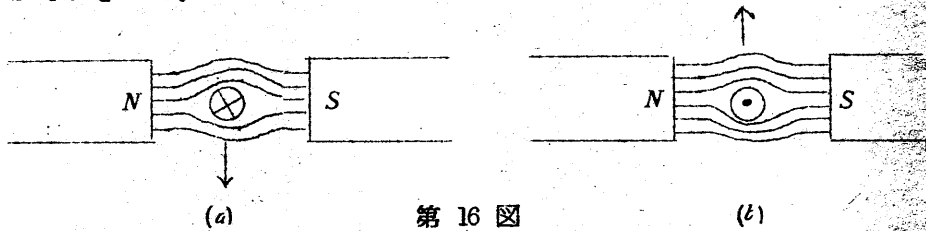
効率は設計上容量の大きいものほど良くなるが、出力10KW～200KW級のもので大体85%～90%である。

2 直流電動機

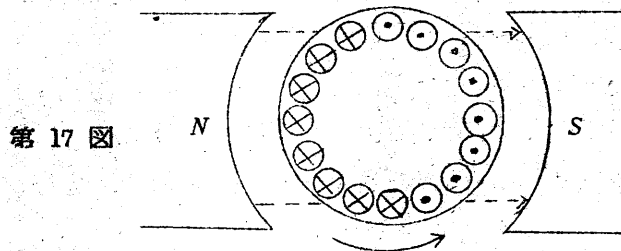
(1) 電気による機械力の発生

界磁中に電流を通しつつある導体があるとその導体は必ず一定方向の力を受ける。

電動機は直流たると交流たるとを問わず、みなこの磁束と電流の間に発生する力を利用したものである。力の方向はフレミングの左手の法則によつて示される。



拇指は運動の方向、食指は磁場の方向、中指は電流の方向をあらわす。



いま上図のと通りの磁束の方向及び電機子に電流を流すと反時計方向に回転する。

また回転方向を変えるためには磁束の方向、あるいは電流の方向のうちいずれか一つを変えれば可能である。双方とも変えれば回転方向は変わらない。

(7) 運転法

ア 単独運転法

- (ア) 主スイッチ(ブレーカー)を切つておく。
- (イ) 界磁抵抗器を Max にしておく。
- (ウ) 原動機を起動し定格の回転数とする。
- (エ) 界磁調整器を操作して定格電圧となす。
- (オ) 主スイッチを接として所要の負荷に送電する。

イ 並列運転法

(ア) 目的

負荷の増減にしたがい必要数の発電機を運転し、効率をよくし停電のおそれを少なくする。

(イ) 運転条件

- a 各発電機の端子電圧が等しいこと。
- b 容量の百分率を横軸として画いた各発電機の外部特性曲線が一致すること。

ウ 運転法

- (ア) G_1 、 G_2 の主スイッチを開いておく。
- (イ) G_1 、 G_2 の界磁調整器を Max におく。
- (ウ) G_1 を起動し定格回転とする。
- (エ) G_1 界磁調整器を調整し定格電圧とする。
- (オ) G_1 の主開閉器(スイッチ)を接として所要の負荷におくる。

以上は G_1 の単独運転

- (カ) G_2 を起動し定格回転とする。
- (キ) 界磁調整器にて G_2 の電圧を G_1 の電圧と等しくする。
- (ク) G_2 の主スイッチを投入(接とする)
- (ケ) G_2 の界磁調整器を操作して電圧(入力)をあげ、 G_1 の界磁調整器を操作して電圧(入力)をさげると負荷は G_1 から G_2 に移動する。

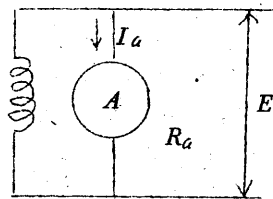
並列から単独運転とする場合は負荷を一方の G に全部移動してから主スイッチをきる。

(2) 一般特性

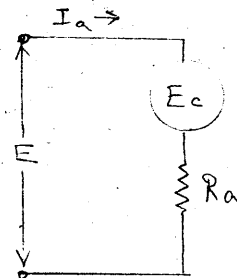
ア 逆起電力及び速度

電動機に電圧を加えれば電機子巻線に電流が流れ回転を始める。またこれと同時に電機子巻線は回転によつて磁束をきる。したがつて電機子巻線内にはフレミングの右手の法則によつて電圧を発生する。これは加えた電圧の方向と反対方向であり逆起電力という。

$E_c = K\phi n (V)$ であらわされる。



第 18 図



上図において E_c は E と反対であるので、電動機に実際に加わる電圧は $E - E_c$ である、この電圧によつて I_a が流れるので次の式が成立する。

$$E - E_c = I_a R_a$$

しかるに $E_c = K\phi n$ であるのでこれを上式に代入すれば

$$n = \frac{E - I_a R_a}{K\phi} = \frac{E_c}{K\phi}$$

上式から速度は逆起電力に比例し、磁束に逆比例する。また電動機に加わる負荷が一定ならば I_a は一定であり、供給電圧に比例することになる。

イ トルク及び機械的動力

前述のとおり電機子に加えた電圧は

$$E = E_c + I_a R_a$$

両辺に I_a を乗ずれば

$$E I_a = E_c I_a + I_a^2 R_a$$

すなわち電機子へ供給した電力 $E I_a$ のうち $I_a^2 R_a$ は電機子抵抗によつて熱となり、残り $E_c I_a$ が機械的動力に変化する。

これから電動機の摩擦損失及び鉄損失を減じた残りが軸に利用される

HP『海軍砲術学校』公開資料

機械動力である。

回転機械の動力(P)、トルク(T)、回転数(n)の関係は次のとおり
(機械工学で既習)

$$P = K T n$$

ここで電動機の実出力(P)は

$$P = E_c I_a$$

ゆえに $E_c I_a = K T n$

$$\therefore T = \frac{E_c I_a}{K n} = \frac{K' \phi n I_a}{K n} = K'' \phi I_a$$

すなわちトルクは毎極の磁束 ϕ と電機子電流 I_a の積に比例する。

たとえば、負荷が増加して必要なトルクが減ると速度が減少し、

$K \phi n$ で表わされる逆起電力 E_c が減じ $(E - E_c)/R_a$ で与えられる電

機子電流 I_a が増加して必要なトルクを発生する。負荷が減少した場合

にはこれと反対のことが行なわれる。ただし以上は電機子に発生したト

ルクであつて、これから摩擦及び鉄損に必要なトルクを じたものが軸

に利用し得るものである。

(3) 種類と特性

直流電動機はその励磁方式によつて区別する。

ア 種類

(ア) 分巻電動機 (*Shunt motor*)

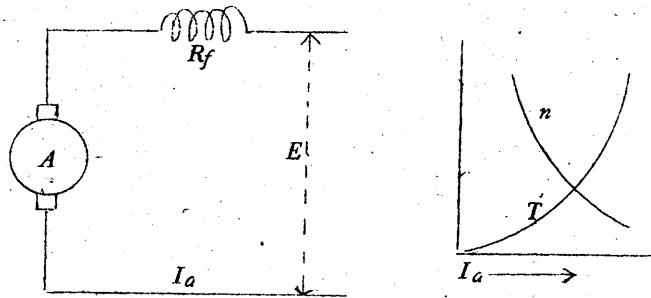
(イ) 直巻電動機 (*Series motor*)

(ウ) 複巻電動機 (*Compound motor*)

a 差動複巻電動機 (*Differential compound motor*)

b 和動複巻電動機 (*Cumulative compound motor*)

(1) 直巻電動機



第 20 図

直巻電動機は負荷の変化に対して速度の変化が大きく変速度電動機の代表的なものである。上図に示すように界磁電流が電機子電流と同一であるから、磁気回路の飽和を無視すれば、磁束は負荷電流に比例する。

すなわち $\phi = K' I_a$ である。

$$n = \frac{E - I_a R_a}{K\phi} \quad \text{において}$$

R_a はきわめて小さいので $I_a R_a$ も小となり、無視すれば、

$$n = \frac{\phi}{K\phi} = \frac{E}{K \cdot K' I_a} = K'' \frac{I}{I_a} \quad \left(K'' = \frac{K}{K K'} \right)$$

$$\therefore n I_a = K''$$

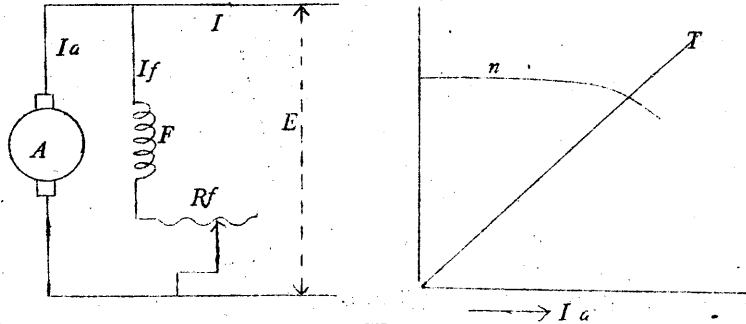
$$\text{また } T = K\phi I_a = K \times K' I_a \times I_a = K'' I_a^2$$

直巻電動機の起動回転力は負荷電流の自乗に比例するから非常に大きい。したがって、起動や停止の機会が多く、かつ重い負荷をもつて起動する電車、クレーン、捲上機等に使用される。

直巻電動機の運転で注意を要する点は、決して無負荷で運転してはならないことである。上図から明らかのように無負荷では速度は無限度となつてしまうので、必ず負荷に直結しておかななくてはならない。

イ 特 性

(ア) 分巻電動機



第 19 図

分巻電動機は上図に示すように負荷の変化（電機子電流の変化）に対しておよそ一定の速度をもっているが、完全な定速でなく負荷の増加によつて幾分減少するが、急激な変化はしないので定速度電動機といわれる。

逆起電力の式から回転数を求めれば

$$n = \frac{E_c}{K\phi} = \frac{E - I_a R_a}{K\phi}$$

電機子抵抗 R_a は一定であり、 E が一定ならば $K\phi$ も一定である。

ゆえに負荷が増加して I_a が増せば $I_a R_a$ が増し、そのために n が減少する。

分巻電動機の運転中最も注意を要することは界磁回路を切つてはならぬことである。

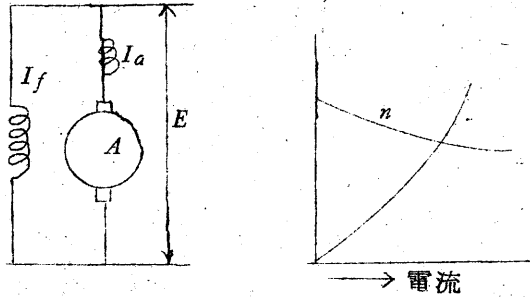
もし端子間に電圧のあるときに励磁回路を開けば磁束 ϕ はほとんど零となり残留磁気のみとなる。ゆえに回転数は

$$n = \frac{E_c}{K\phi} = \frac{E - I_a R_a}{K\phi} = \infty$$

となるゝとして電機子速度は猛烈な勢でもつて加速し、電動機を破壊する。

(ウ) 複巻電動機

4. 和動複巻電動機

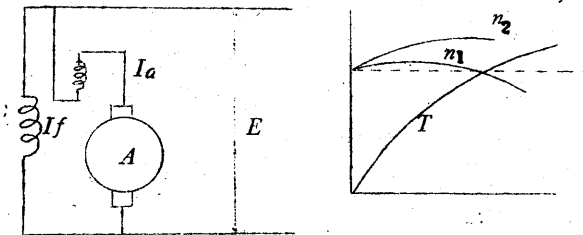


第 21 図

差動複巻発電機に電力を供給して電動機とすれば、この電動機が得られる。

この電動機では直巻コイルの磁束が分巻コイルの磁束を助けるようになっている。そのため速度、トルクとも分巻電動機と直巻電動機の間にある。

5. 差動複巻電動機



第 22 図

直巻コイルが分巻コイルと反対に捲いてある。一定励磁をもつ分巻電動機が速度が負荷の増加によつて減少するのを自動的に回復させるために直巻コイルを反対とし、負荷に比例して主磁極を弱める。直巻コイルの捲数を適当に選べば無負荷と全負荷の速度を等しくすることもでき全負荷速度を大とすることもできる。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

ウ 起動装置

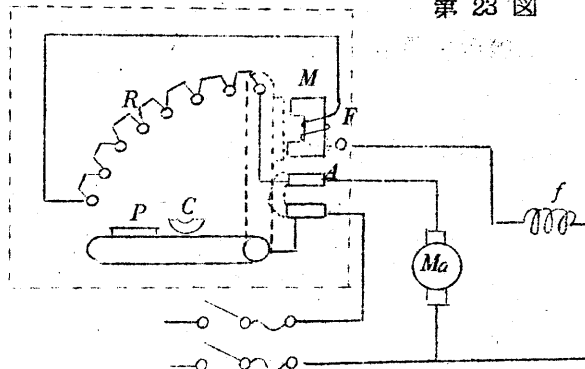
静止している電動機に電圧を加えて回転させることを起動という。

起動の際に主開閉器を閉じた瞬間には電機子は静止しているので逆起電力は零である。もしそのまま全電圧を静止している電機子に加えれば流れる電流は次式となる。

$$I_a = \frac{E - E_c}{R_a} = \frac{E}{R_a}$$

R_a は非常に小さいから I_a はきわめて大きくなり、定格負荷電流の10倍以上に達し、電機子巻線を焼損し電源（発電機）にも悪影響をおよぼすので、安全に起動するために最初電圧を低下して起動し、回転の上昇にともなつて順次電圧を上昇させ、規定回転に近いころに定格電圧を加えるようにする必要がある。この目的に使用するものを起動器という。

第 23 図



(4) 速度制御

直流電動機 の速度は次式によつて表わされる。

$$n = \frac{E - I_a R_a}{K \phi} \text{ R.P.M}$$

したがつて n を変化せしめるには

- 端子電圧 E を変化させる（電圧制御）
- 磁束 ϕ を変化させる（界磁制御）
- 電機子抵抗 R_a に直列に抵抗 R を加え、 $I_a R_a$ を $I_a (R_a + R)$ として行なり（抵抗制御）

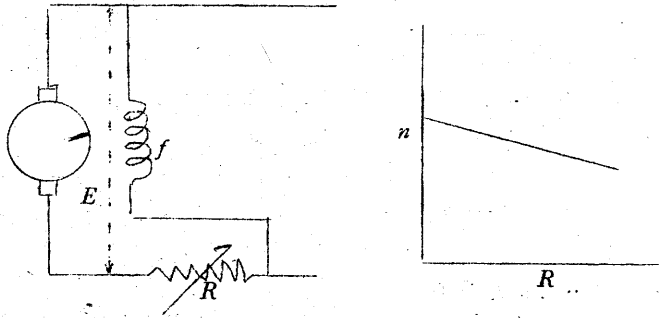
の方法がある。

HP 『海軍砲術学校』公開資料

このため速度変化の範囲がせまい。電機子反作用を打消すために補極または補償巻線をもつ電動機では3～4倍の速度まで変化可能である。

ウ 抵抗制御法

電機子回路に電流容量の大きな抵抗を接続し、これを変化すれば速度が変わる。



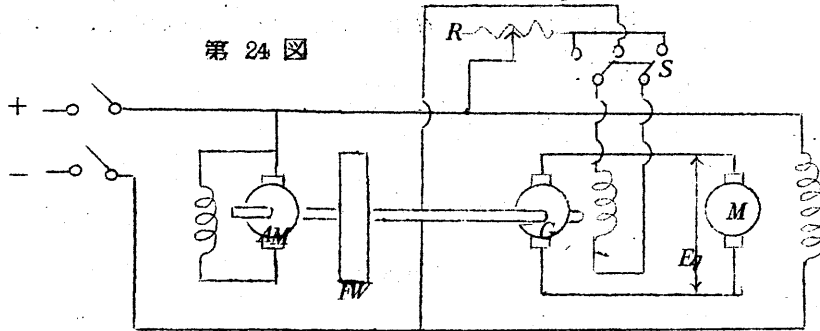
第 26 図

すなわち、 R が増加すれば IR は大となり、このため電機子にかかる電圧 E が下降するから速度 n は小さくなる。しかしこの方法は電機子回路に抵抗が入り、銅損 $I^2 R$ が大きくなり能率が悪いのであまり採用されない。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

ア. 電圧制御法 (Ward Leonard System)

艦艇における電圧制御法の最も代表的なものであつて、その接続は次図のとおりである。



M …… 負荷電動機

G …… M に給電する専用発電機

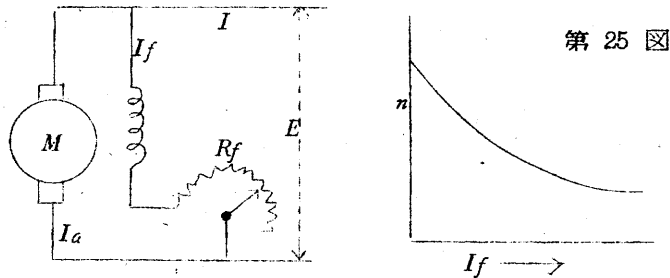
AM …… G を運転する補助電動機

FM …… フライホイール

R …… G の界磁調整器

S …… G の界磁電流の切換器

イ 界磁制御法



界磁コイルに直列に界磁抵抗 R_f を入れ、これを加減することにより、界磁電流を調整して速度を変化せしめる。この方法は電流の小さな界磁回路に入れた抵抗によつて、容易に速度を変化し得るのが特長で、抵抗による電力損失の少ないのが良い点である。

しかし、速度を大きくするためある程度以上に主磁極を弱めると電機子反作用の影響が大きくなり、ブラシに火花を生ぜしめる。

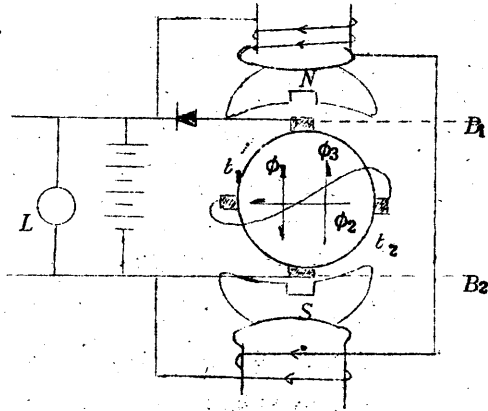
省3 アンブリダイン発電機理論

アンブリダインは電力増幅に広く用いられる増幅発電機で、もともと米国の G.E 社の商品名であつたが、現在は技術用語として使用されている。

その原理、構造は交速度定電圧発電機として有名なローゼンベルヒ発電機と似ている。

図はローゼンベルヒ発電機である。

主磁束 ϕ_1 を切つて誘導される電圧は水平方向の刷子 b_1, b_2 に出てくるが、この刷子は短絡されているから全部電流となり電機子に負荷電流に匹敵するくらいの電流が流れる。この電流



第 27 図

による電機子反作用のため ϕ_1 と直角方向に磁束 ϕ_2 を生じるが、この ϕ_2 を切つて誘起される電圧は B_1, B_2 から取り出され

る。使用の目的にはこの電圧を利用する。 B_1, B_2 を通過する負荷電流による電機子反作用は ϕ_3 の方向であつて、主磁束 ϕ_1 と反対である。

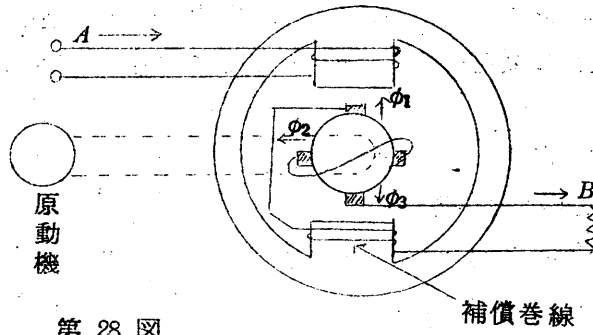
もし、回転数が増加すると b_1, b_2 間の電圧は大きくなり、短絡電流が増加するので ϕ_2 が多くなり B_1, B_2 には大きな電圧を発生し、したがつて大きな電流が流れる。この電流によつて ϕ_3 ができ主磁束 (ϕ_1) は弱められ、したがつて B_1, B_2 の電圧は低くなりほぼ一定の電圧を保つ。

上述の原理によれば ϕ_3 の磁束を打消すことができれば端子電圧は非常に上昇する。すなわち端子電圧をある一定値に抑えれば主磁束 ϕ_1 を発生させる励磁電流はきわめて小さくてすむ。よつてきわめて小さい入力を大きな出力にして発生させることができる。

アンブリダイン発電機はこの原理に利用し ϕ_3 の磁束を打消す方法として負荷回路に直列に補償巻線を入れ、これに負荷電流を通ずるようにしている。

HP『海軍砲術学校』公開資料

下図はアンブリダイン発電機である。



電氣的入力はAから入り増幅された出力はBから出る。入力は励磁電流となり、またアンブリダインは電機子を回転させる原動機を直結している。

いまAから入力があると磁束 ϕ_1 ができ、前述のローゼンベルヒ発電機と同様に ϕ_2 が発生する。 ϕ_3 を打消すために図のように ϕ_3 に等しく、方向反対の起磁力を与えるよう補償巻線を設ける。

入力は横軸に現われるときに1段増幅され、横軸出力が縦軸で2段目の増幅をされ2段増幅をされる。実際のもは10KW程度のもまで作製され、増幅率は2000～10000倍位である。

第3節 交流機

1 交流発電機

(1) 概 説

交流電圧を発生する電気機械にはいろいろの種類があるが、われわれが一般に交流発電機と称しているのは、直流励磁による同期発電機の回転界磁型である。同期発電機には回転界磁型のほか回転電機子型、誘導子型の種類があるが、現在工業的に使用されている交流発電機はほとんど回転界磁型で小は数KWから大は数十万KW以上におよんでいる。艦内電源としての交流発電機も周波数60サイクル、電圧450Vの3相交流を発生する回転界磁型発電機である。

なお、回転電機子型は10KW以下の小発電機として、誘導子型は商用周波数以上の高周波発電機として用いられている。

(2) 同期機

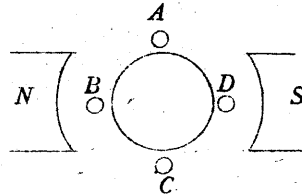
同期発電機、同期電動機、同期進相機、同期変流機等を同期機と称し、交流機のなかで重要な部分を占めている。

同期機は周波数(f)、極数(P)及び毎分回転数(n)との間に次の関係式をもつ。

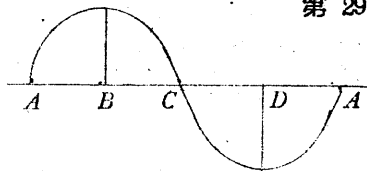
$$n = \frac{120f}{P}$$

この関係は同期機特有のものであつて電圧の高低、容量の大小によつて変わることがない。すなわち周波数と速度とは常に同期にある。

この n を同期速度といい、この関係式は次の事実から導き出すことができる。下図に示すように2極の界磁の中で導体が1回転すると1サイクル($A \sim A$)を作る。もし極数が4極となれば2サイクル、6極になれば3サイクルを作る。すなわち、ある極数 P の中で



第29図



HP 『海軍砲術学校』公開資料

導体が1回転するごとに $\frac{P}{2}$ サイクルを作るということになるが、もし導体が毎秒 N 回転するものとすれば、このときの周波数 f は、

$$f = \frac{P}{2} \times N \quad \text{となる。}$$

毎分回転数を n とすれば

$$N = \frac{n}{60} \quad \text{であるから} \quad f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} = \frac{Pn}{120}$$

$$\text{よつて} \quad n = \frac{120f}{P}$$

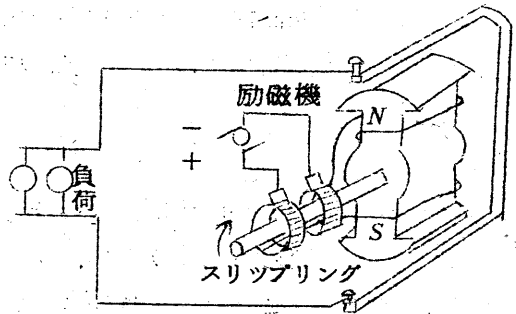
(3) 同期発電機 (回転界磁型)

ア 構造

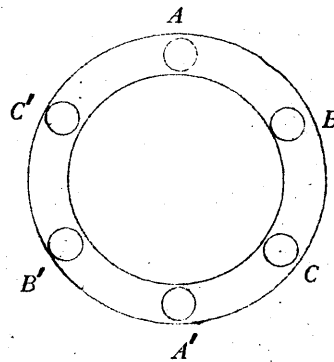
原動機によつて駆動される回転子は直流発電機と異なり磁極である。

磁極は右図のような凸極型であつて極数は原動機にタービンを使用するものでは2極4極、ディーゼルでは6極、10極、12極等をもち下記のものより成り立っている。

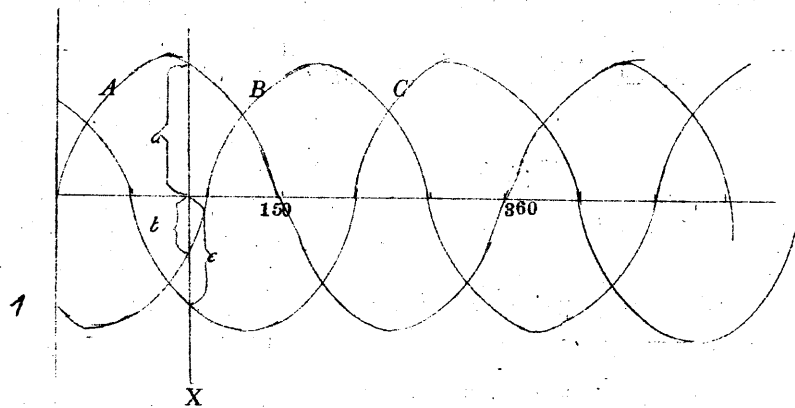
- (ア) 固定子枠及び鉄心
- (イ) 固定子巻線 (電機子巻線)
- (ウ) 回転子
- (エ) 界磁巻線
- (オ) 励磁機
- (カ) スリップリング



第 30 図



第 31 図



いま電圧の方向 $A \rightarrow A'$, $B \rightarrow B'$, $C \rightarrow C'$ の方向を (+) とすれば, ある瞬間においては次のようになる。

X 時においては

A 巻線においては電圧 (流) の方向は + の方向,

大きさは a である。

B 巻線においては電圧 (流) の方向は - の方向,

大きさは b である。

C 巻線においては電圧 (流) の方向は - の方向,

大きさは c である。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

イ 起電力

1極から出る有効磁束を ϕ (Wt)、極数を $2P$ 、極毎分回転数を n とすれば平均誘起電圧は

$$E_a = \frac{n\phi \times 2P}{60} = \frac{n\phi P}{30}$$

いまコイルの数を W 本とすれば

$$E_a = \frac{n\phi PW}{30} \text{ (V) となる.}$$

また $f = \frac{nP}{120}$ の関係を代入すれば

$$E_a = 4 \times \frac{nP}{120} \phi W = 4f\phi W \text{ (V)}$$

実効値
平均値 = Kf とすれば

$$\text{実効値} = Kf \times \text{平均値} = Kf \times 4f\phi W$$

$$\text{電圧の波形が正弦波のときは } Kf = \frac{2}{2\sqrt{2}} = 1.11$$

$$\begin{aligned} \text{ゆえに } E &= 4 \times 1.11 \times f\phi W \\ &= 4.44 f\phi W \text{ (V)} \end{aligned}$$

ウ 3相交流

艦内あるいは陸上において使用されるものはほとんど全部3相である。これは固定子巻線が3組あり、これが電氣的に 120° ($\frac{360^\circ}{3} = 120^\circ$)の間かくをもつて巻かれたものである。

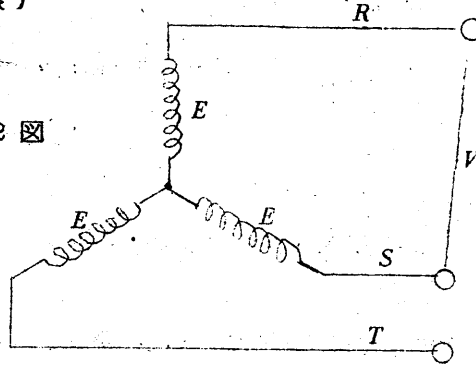
したがって、各巻線の発生電圧は下図のとおりとする。

エ 誘起電圧と端子電圧（相電圧と線電圧）

発電機が運転されると3組の巻線には、おのおのの電圧を発生する。これを誘起電圧（誘起起電力）といい、3相としてとり出す場合この巻線の結線方法には下記の2種類がある。

(ア) 星形結線（Y結線）

第 32 図



V_{RS} 、 V_{ST} 、 V_{RT} を線間電圧といい、負荷に加わる電圧となる。

$$V_{RS} = V_{ST} = V_{RT} = \sqrt{3} E$$

また負荷をつなげば電流が流れ、次の式が成立する。

$$I \text{ (相電流)} = i \text{ (線電流)}$$

また電力 = $3 \times$ 相電圧 \times 相電流 \times 力率

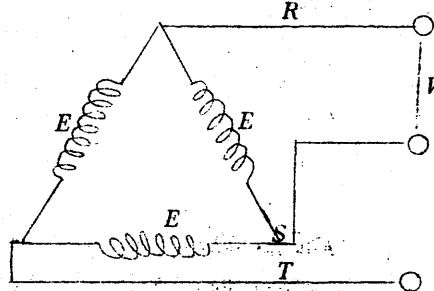
$$= 3 \times E \times I \times \cos \theta$$

$$= 3 \times \frac{V}{\sqrt{3}} \times i \times \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V \times i \times \cos \theta$$

(イ) 三角結線（ Δ 結線）

第 33 図



HP『海軍砲術学校』公開資料

$$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = E$$

負荷をつなげば i が流れる。

$$i = \frac{\sqrt{3} I}{\sqrt{3}} \quad (i \text{ は線電流, } I \text{ は相電流})$$

$$\text{電力} = 3 \times \text{相電圧} \times \text{相電流} \times \text{力率}$$

$$= 3 \times E \times I \times \cos \theta$$

$$= 3 \times V \times \frac{i}{\sqrt{3}} \times \cos \theta = \sqrt{3} V i \cos \theta$$

オ 電機子反作用

電機子反作用とは、電機子電流による起磁力が、主磁極におよぼす作用である。

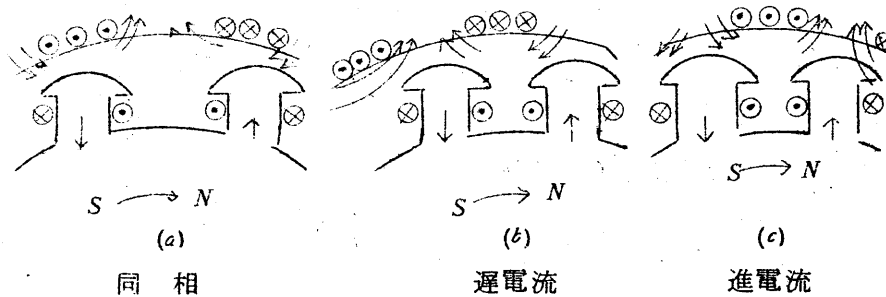
直流機の電機子反作用が常に減磁及び偏磁作用であるのに対し、交流機の電機子反作用は起電圧と負荷電流との相差、すなわち力率によつて影響が異なる増磁作用を現わすことがある。

(ア) 同相電流は主磁極を交叉磁化する。

(イ) 遅れ電流は主磁極を減磁する。

(ウ) 進み電流は主磁極を磁化する。

第 34 図



上図(a)は誘導電圧、電流同相の場合を示す。回転磁極のために誘導される電圧は常に極の正面において最大であるから電流もまたこの部分において最大である。

HP『海軍砲術学校』公開資料

普通は力率100%又は80%のときの変動率をいうが、指定のない場合は100%力率に対する変動率である。

電圧の変動を発電機のみで制限しようとするれば、変動率の小さい発電機を製作しなければならないが、自動電圧調整器が発達した現在では発電機自身の変動率は大きくとも一定電圧を保ち得るようになった。

海上自衛隊の規格としては、次の値以内であることを要する。

全負荷から無負荷にした場合

瞬 時 20%以内

整 定 4%以内

整定に要する秒時 5秒以内

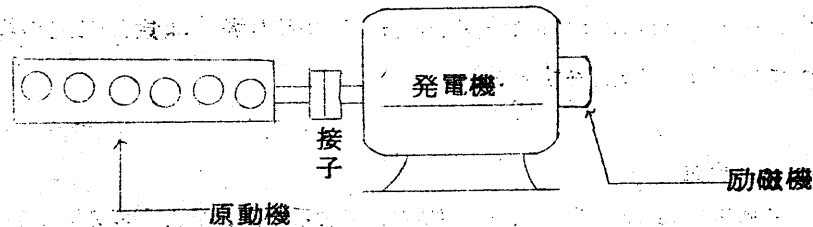
上記の値は自動電圧調整器を使用し、力率80%、原動機結合の状態においてである。

ク 運 転 法

（ア）電圧調整法

$$E_a = K \phi n$$

発生電圧は ϕ と n に比例する。ここで n を変化させると f がvariり不つごうとなる。したがって n は変えられない。ゆえに ϕ を変化させて発生電圧を調整する。



第 36 図

HP 『海軍砲術学校』公開資料

(b)は電流が 90° 遅れ、電圧の最大が極正面にあるとき、電流の最大は極間に発生した場合である。したがって、電機子起磁力は主磁極と正反対となりこれを減磁し、誘導電圧を減少する。

(c)は 90° の進み電流であつて、電機子起磁力は主磁極と同方向となりこれを励磁し誘導電圧を増加する。

実際の場合 90° の進電流、 90° の遅電流は存在せず、その間ある角度である進遅何れとしても、これを電圧と同相、直角の2分力に分解すれば結局上記の3つの場合に帰する。

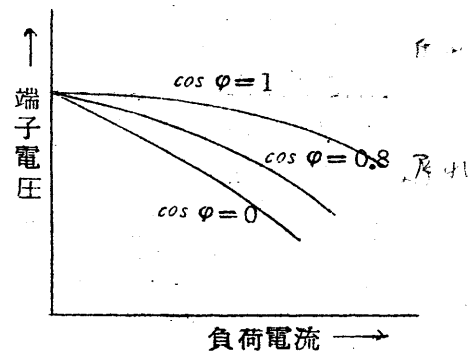
カ 特性曲線

特性曲線には、無負荷特性曲線、励磁特性曲線、出力曲線等があるがここでは負荷特性曲線について述べる。

速度及び界磁電流を一定に保ちつつ負荷電流を変化した場合の端子電圧の変化を負荷特性という。交流発電機の負荷特性が直流発電機と異なるところは負荷電流が一定でも力率の変化に応じて端子電圧が変化することで、その

状況は図に示されるとおりである。

図は遅れ力率の場合であるが、進み力率の場合は負荷電流の増大につれて端子電圧は上昇する。

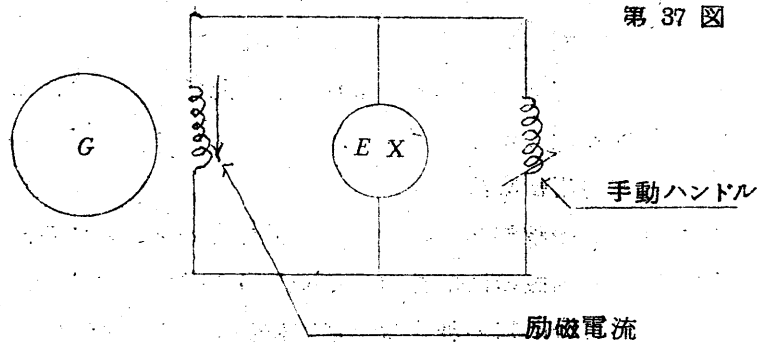


第 35 図

キ 電圧変動率

変動率の定義は直流機と同様であるが、前述のように端子電圧の変動は負荷の力率が大きく影響するので、力率何%のときの変動率何%としなければ無意味である。

ϕ を変化させるためには励磁電流を変化させればよい。一般に下図のように励磁機の励磁電流を手動ハンドルで調整すれば発電機の励磁電流を変化しうる。



(イ) 単独運転法

- a 回転数を加減して周波数を定格に調整する。
- b 手動電圧調整器により電圧を定格に調整する。
- c 主スイッチを入れる。
- d 負荷スイッチを入れる。

(ウ) 並列運転法

艦内装備の発電機は負荷の状況によつて並列運転可能のように設計されているが、一般には発電機切換時に現に送電中の負荷を停止することなく切換える場合に行なうことを原則とし、長時間にわたつて並列運転を行なわない。2台以上の交流発電機が満足な並列運転を行なうための条件は直流機に比較して複雑である。すなわち直流機では単に両機の端子電圧が等しいだけでよいが、交流では電圧の瞬間値が絶えず変化するので、各瞬間に両機の端子電圧が等しくないと、その電位差によつて両機間に循環電流を生じ安定した並列運転ができない。

a 並列運転の必要条件

- (a) 両機の端子電圧が等しいこと。
- (b) 両機の周波数が等しいこと。
- (c) 両機の電圧の位相が一致していること。
- (d) 両機の電圧の波形が等しいこと。

ただし、(d)の条件は設計上の問題であつて、運転上特に取り上げる性質のものでない。

b 並列運転操作

- (a) 界磁調整器を調整して電圧を定格電圧とする。
- (b) 原動機の回転を加減して定格周波数とする。

この回転の調節は配電盤装備のガバナーモータースイッチのあるものはそれによつて行なう。

- (c) 入力を加減して(ガバナーの調整)現に負荷運転中の発電機と位相を合わせる。

位相が一致しているかいないかは同期検定灯又は同期検定器で識別する。これによつて位相が一致したときに並列に入れようとする発電機の主スイッチ(ブレーカー)を接とする。

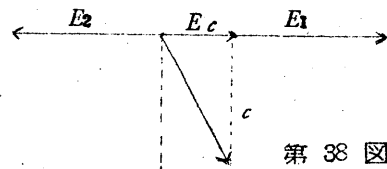
c 横流

並列運転の必要条件を満足しないときは両発電機間に循環電流が流れる。これを横流という。条件の不満足が軽い場合には発生する横流それ自体が条件を満足するように作用するが、条件相違の程度が大きくなると各発電機はその歩調を乱して、ついに並列運転を失敗に終らせる。

(a) 無効横流

両機間の端子電圧に相違があれば下図に示すようにその差

$E_c = E_1 - E_2$ を同期インピーダンスの和で除しただけの横流 I_c が負荷回路には無関係に両電機子間に流れる。電機子巻線はその抵



第 38 図

$E_1 I_c \cos \alpha$. しかるに図からもわかるように相差角 δ がある範囲を超えない限り常に $\alpha < 90^\circ$, $\beta > 90^\circ$ であるので 2 号機の分担電力は正の電力であり, 1 号機の分担電力は負の電力となる。

このため 2 号機は発電機となつて負荷を分担し, 1 号機は電動機となつて電力を受けることとなり, この場合 I_c は両機間に電力の授受を行なうので有効横流という。

この横流による電力によつて 2 号機の負荷は増加して回転を低下し, 1 号機は軽負荷となつて回転を増加し, 同一回転数となり, 同期状態となつて安定な並列運転を行なう。この作用を同期化力といい, I_c を同期化電流ともいう。

d. 負荷の分配

並列に接続された発電機は前述のように回転数が変化すると有効横流を発生し, 負荷の分担授受を行なう。この現象は人為的に回転数を変化し, 同期状態をくずすことによつて負荷分担を変え得ることを意味する。

直流機では電圧調整器の加減による誘起電圧の変化によつて負荷分担を行なつたが, 交流機では電圧調整器による励磁度の変化によつては無効横流を発生するのみである。

したがつて負荷の分配は次のようにして行なう。

- (a) 負荷を増加せしめる発電機の回転数を増加し, 同時に励磁度を高める。
- (b) 負荷を減少せしめる発電機の回転数を減少し, 同時に励磁度を弱める。

上記の方法により発電機は実際には回転数を変化しないで出力に変化を生ずる。

以上は人為的な負荷の調整であるが, 並列発電機間の自動的な負荷の調整は原動機の種類, 特性によつて決定される。

いま容量相等しく速度特性の異なる原動機を持つ A, B 2 台の発電機が下図のごとく, それぞれ P KW の負荷を等分に負うように調整して放置すれば, 負荷の増した場合には $P_A > P_B$ となり A, B の

HP『海軍砲術学校』公開資料

抗 r に対してリアクタンス X がはるかに大きいため、横流 I_c の位相は E_c より 90° (約) 近く遅れる。したがって、 E_1 に対してはおくれ電流となり1号機の電機子反作用は減磁作用となつて E_1 は低下する。

また I_c は E_2 から見ると進み電流となるから2号機の電機子反作用は増磁作用となり E_2 は上昇する。

このようにして I_c なる横流(循環電流)は常に両機の電圧を等しく保とうとする働きをする。しかし両機の電圧に対してはそれぞれ約 90° の相差をもつた電流で両機間に電力の授受はほとんど行なわれないので無効横流という。これを防止するためには励磁電流の加減によつて行なう。すなわち、おくれ力率(電圧の高い方)の発電機の励磁を弱めて起電力を下げ、進み力率(電圧の低い方)の発電機の励磁を強めて起電力をあげ、両機の起電力の均一をはかる。

また、この安定作用は電機子反作用の働きであるので、並列運転を安定して行なうためには、発電機はある程度の反作用を必要とする。交流発電機の電圧変動率が直流発電機に比較して大きいのはこの理由による。

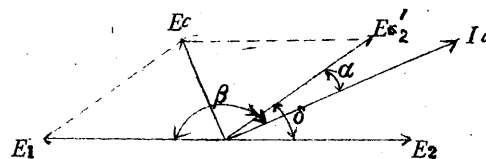
(c) 有効横流 ----- b, c 条件が異なる場合

両機間の周波数が異るときは位相にも相違が発生する。

1号、2号両発電機

第 39 図

を並列運転中2号機の回転速度が増すと E_2 は δ 角進み E'_2 となる。このため両機間には



E_1 と E'_2 との合成電圧 E_c が発生し、前述のようにリアクタンス回路であるので E_c と約 90° 近く遅れる横流 I_c が流れる。この I_c は E'_2 と同方向であるから、2号機の分担電力は $E'_2 I_c \cos \alpha$ また I_c は E_1 と反対方向であるから、1号機の分担電力は

地位は逆転する。したがって、外部負荷の変動に対しても両機が自動的に電力の分担を平均にするためには原動機速度特性曲線 A 、

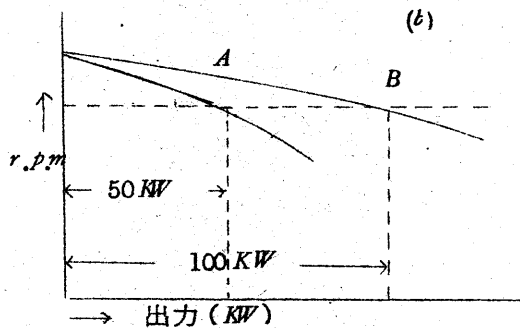
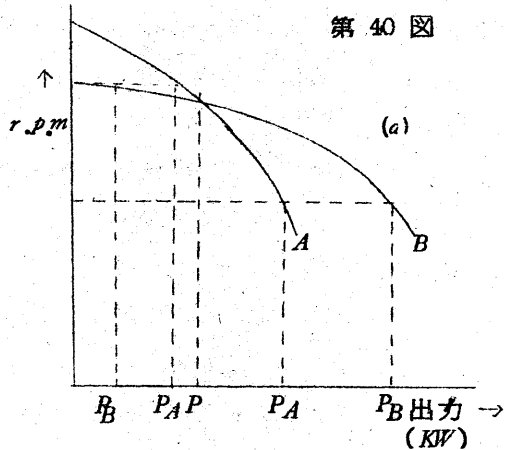
B が全く一致しなければ

ならない。もし、両機の容量が異なる場合には、

右下図に示すように大きな発電機も小さな発電機もその全負荷速度は互に

相等しく、 $\frac{1}{2}$ 負荷においても $\frac{1}{4}$ 負荷においても同様の条件が満足されることが必要である。すなわ

ち $\frac{1}{2}$ 出力を横軸とした速度特性が全く一致していれば、どのような場合にも両機はその容量に比例した負荷を分担する。



区分運転

艦内において 1 台の発電機のみで電力をまかないきれない場合、2 台以上の発電機によりそれを分担して給電するようにするが、並列運転によらないで各発電機単独に分担して給電するのを区分給電といい、その時の発電機運転法を区分運転法という。

区分運転は被害局限上きわめて有効な方法で戦闘艦艇では戦闘状態においては発電機のみならず諸管系も区分して使用するのを原則としている。

発電機の区分運転は前述の並列運転、負荷分配の順に行なわれ、さらに両発電機間の関係をしや断することにより完成される。

2 交流電動機

(1) 種類

交流電動機とは誘導電動機、同期電動機、整流子電動機を含み、一般に使用されているものは誘導電動機で、他のものは特殊なものとして使用され、一般に使用されない。

(2) 誘導電動機

小は家庭用の数十分の一馬力から工業用の数百数万馬力の電動機に至るまで、あらゆる方面に最も広く使用されている電動機は誘導電動機である。本機は構造はなほだ簡単で、従つてその価格も低廉で、取扱も簡便であるがゆえにかくのごとく発達し、応用せられているのである。

誘導機は交流電動機として同期電動機のごとく直流によつて界磁極を励磁する必要もなく、供給せられたる交流電力によつて回転磁界を作り、誘導作用によつて1次側に供給せられたる交流電力を2次側に伝達し、2次電流と回転磁界とによつて回転力を発生し、これにより回転子は回転磁界に追従して回転し、機械的動力として回転子の軸より外部にこれを伝達することができるものである。

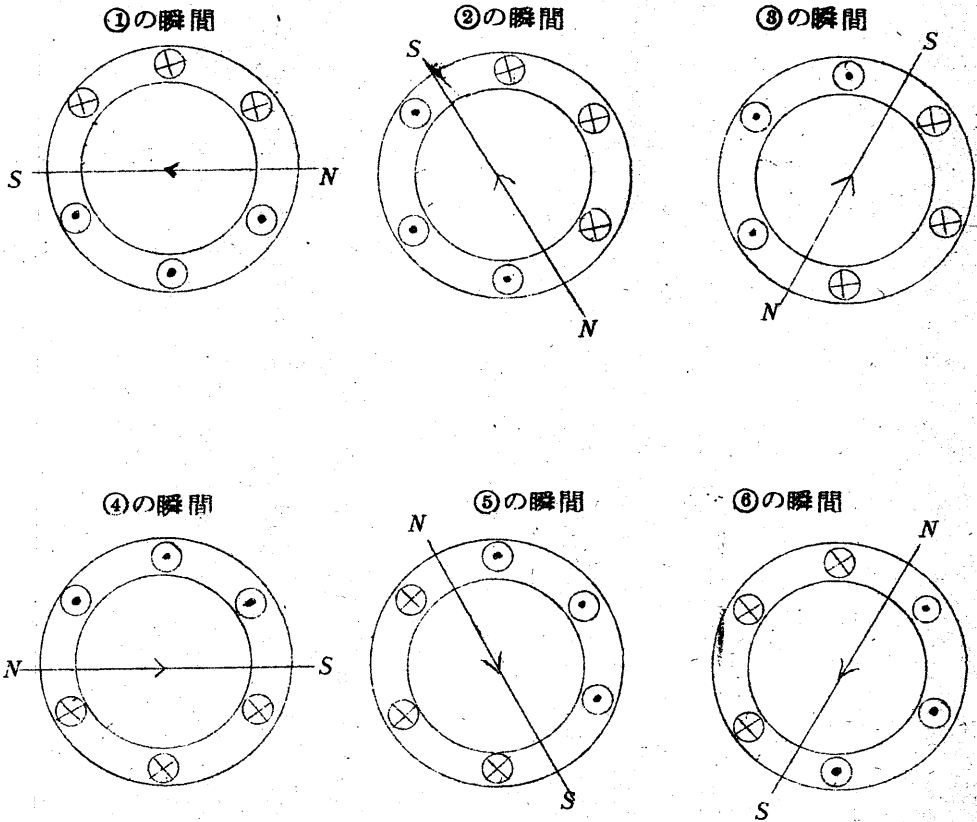
すなわち、誘導電動機は普通、固定子と回転子よりできていて固定子に交流電力を供給すると、回転子は固定子の回転磁界より少し遅い速度で回転しつつ1次供給電力を機械的動力に変更し、回転軸によりて外部に動力を伝達する。

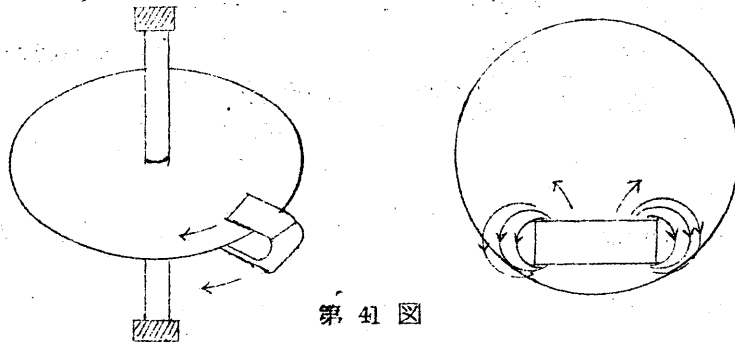
ア 原理

下図のごとき銅又はアルミニウム円板を適当な軸で支え、その周りに馬蹄形磁石を置き、これを矢印の方向に急速に動かすと円板は磁石より少しおくれて同一方向に回る。これは磁石の磁束を円板が切る事により同右図に示す方向に電流が流れ磁石の磁束とこの電流との間に円板を磁石と同方向にまわすような回転力が発生するからである。これが有名なアラゴク円板である。

第42図(a)に示すように固定子に3相巻線をほどこし、これに第42図(b)の3相交流を通じると第43図に示すように磁界が回転する。これはあたかも棒磁石が回転するのになっている。

第 43 図





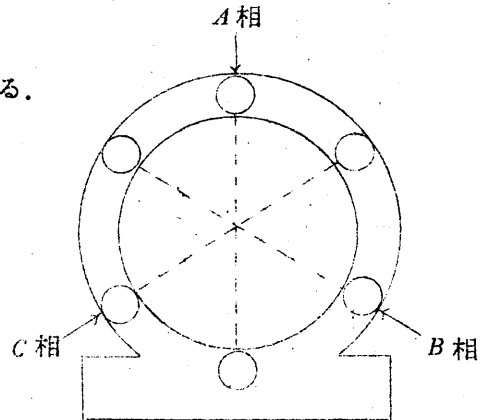
第 41 図

磁石をまわすかわりに、多相交流電力によつて回転磁界を作り出せばよいと言ふ事になる。

2 相交流、4 相交流についても同様であるが、代表的な 3 相交流について考察して見る。

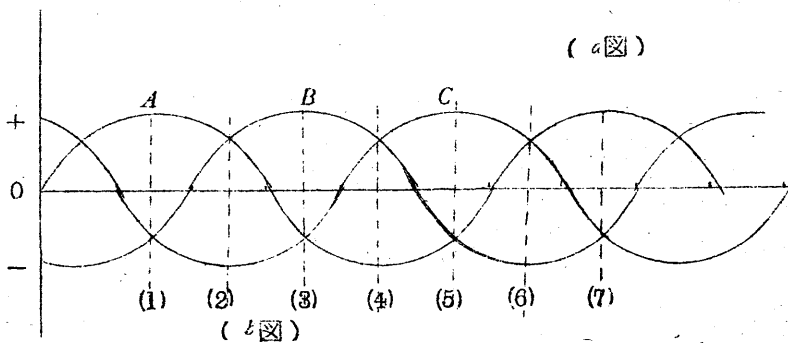
図において

- A 相 1 ……
 - B 相 3 ……
 - C 相 5 ……
- を正(+)方向とする。



第 42 図

(a 図)



(b 図)

HP 『海軍砲術学校』公開資料

第43図から明らかなように電源周波数の1周期の間に回転界磁は1回転する。もしいま電源周波数が60サイクルであれば回転界磁の回転数は毎分 $60 \times 60 = 3600$ となる。これは第42図のように固定子巻線が2極巻の場合でもし4極巻であれば周波数の1周期に回転界磁は $\frac{1}{2}$ 回転する。すなわち、すべての回転界磁は $\frac{P}{2}$ サイクルで1回転することになる。

$$\text{したがって1秒間の回転数}(r.p.s) = \frac{f}{2} = \frac{2f}{P}$$

$$\text{よって } N(r.p.m) = \frac{120f}{P}$$

これは回転界磁は同期速度で回転することを示すものである。

1 構造

(ア) 固定子(Stator)

回転界磁を造るため設けられた3相巻線は電動機の固定部分にあたるためにこれを固定子という。

電源から電力を受けて電磁誘導作用によりこれを回転部分に伝達する作用をする。

(イ) 回転子(Rotor)

回転部分を回転子といい、次の2種類がある。

α かご型回転子(15P_s位まで)

β 巻線型回転子

かご型は比較的小容量のものに用いられ、巻線型は中容量以上に多く採用される。

かご型回転子は1個の溝に1本の太い導体を納め、導体が溝を出たところに太い端環(End ring)を設け、すべての導体を両端においてこの端環に接続する。

巻線型は固定子巻線のように巻線をほどこし、ふつうY結線をして3個の端子はSlip ringに接続され、刷子を経て起動用又は速度制御用抵抗に導かれる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

ウ 回転速度及びすべり

(ア) すべり

誘導電動機は回転界磁が回転子巻線を切ることによつて回転子に回転力を発生するのであるが、もし回転子が回転を増加して同期速度に達したならば両者の相対速度は零となつて回転界磁はもはや回転子巻線を切らない。したがつて回転子の回転力はなくなつて回転子の速度は落ちる。

ゆえに電動機が回転力を発生して自ら回転するためには回転子速度は必ず同期速度以下でなければならない。

いま回転界磁の同期速度を n_0 。

回転力を発生して回転を持続する電動機回転数を n とするとき

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

この S を誘導電動機のすべりといい、無負荷状態ではきわめて小さいが全負荷においては数%に達する。

また小容量電動機では大きく、大容量電動機では小さい。

$$\left. \begin{array}{l} S = 0 \text{ は同期速度 } \quad n_0 = n \\ S = 1 \text{ は停止状態 } \quad n = 0 \end{array} \right\} \text{を示す。}$$

(イ) 出力と回転数

$$\text{回転子回転力 } T = K \phi I_2$$

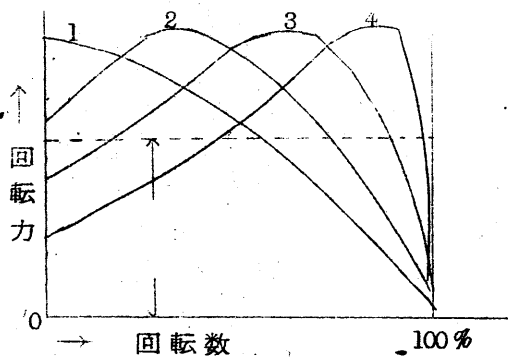
K ……定数

ϕ ……每極の磁束数

I_2 ……2次電流（回転子電流）

負荷の回転力が增加すれば当然2次電流が増さねばならぬ。2次電流を増すためには回転子速度が低下して同期速度との差を大ならしめることによつて2次の誘導電圧を増加することが必要である。

ゆえに誘導電動機は速度は負荷の増加によつて減少することは第43図に示すとおりで、これは直流分巻電動機は速度特性にきわめて類似している。



第 46 図

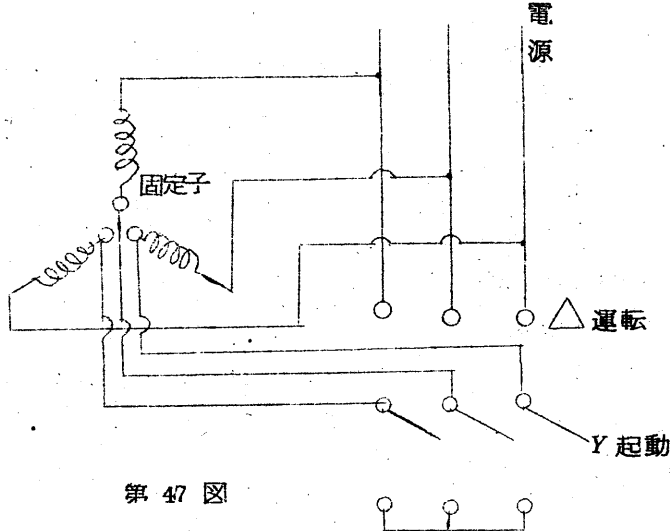
(イ) かご型電動機

α 全電圧起動法 7.5 以下

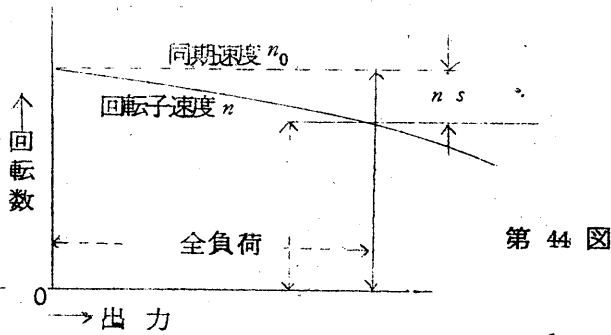
直接電源電圧を投入する方法で小出力電動機のみ採用される。

β Y-Δ (Star - Delta) 起動法 7.5 ~ 25 以下

1次巻線を46図のように接続し、開閉器を起動に倒せばY接続となり、相巻線の受ける電圧は定格電圧の $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58$ 倍となり起動電流を減少させ、相当加速した後△側に倒せば定格電圧を受け運転状態となる。この方法は5~15馬力程度の電動機に多く適用される。



第 47 図



エ 起動法

(ア) 巻線型電動機

誘導電動機が停止しているところに定格電圧を加えると非常に大きな起動電流が流れる。この電流は(おくれ電流)はなはだしく力率が悪い。ため電源電圧を降下させ同一回路にある他の負荷に迷惑をおよぼす。これを防止するため 7.5 馬力以上の電動機には 2 次回路に第 44 図のような抵抗を接続し電動機の加速とともに徐々に抵抗を減じ、ついにこれを零とすれば電動機は全速度に達する。

抵抗を零とするにはスリップリングを短絡し運動中の刷子とスリップリングとの摩

減を減少するようになっている。

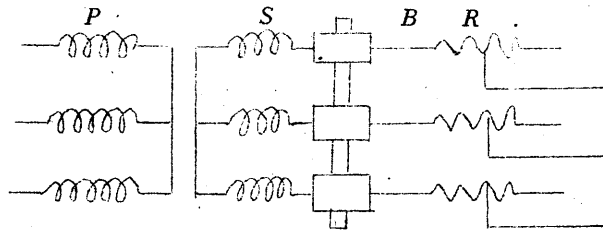
第 44 図において

P ... 固定子

S ... 回転子

B ... スプリング及び刷子

R ... 起動抵抗器



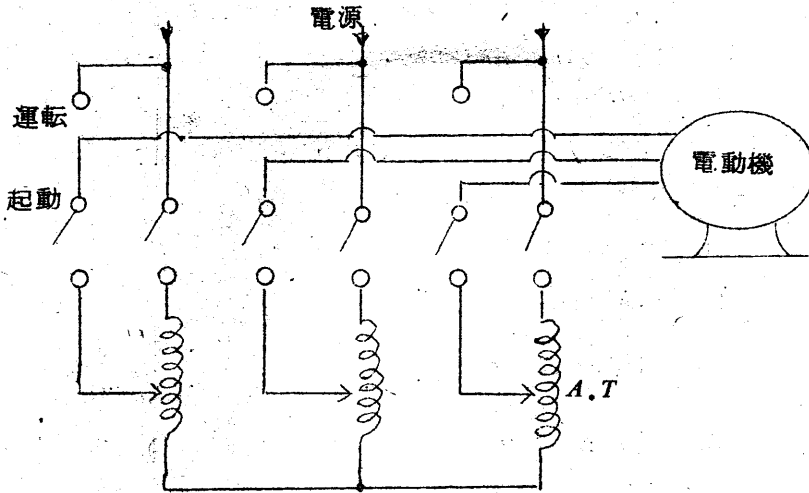
第 45 図

第 45 図はこの起動抵抗を変化した場合の回転数と回転力との関係である。

c 起動補償法 20TS以上

第47図に示すA.Tは3相単巻変圧器であつて開閉器を起動に倒せば定格電圧の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{3}{4}$ の電圧が電動器に加わり、加速の後開閉器を運転の方へ倒せば変圧器には無関係に電源電圧が直接電動機に加わる。起動時の負荷の大小により起動電圧を加減しうるよう数個のタップを出しておく。

この方法は大体15馬力以上の電動機に使用される。



第48図

オ 起動器 (Starter)

スイッチ又は継電器 (Relay) を作動させて、電動機への電源回路を完成し、起動するもので管制器 (Controller) ともいう。

(7) 分類

a 自動 (Automatic)

圧力スイッチ、サーモスタット等により自動的に発停を行なうものである。

b 半自動 (Manual)

人為的に発停を行なうものであるが、押しボタンを押すことにより自動的に起動の手続を行ない運転状態となり、また停止の場合も押しボタンで停止する。

HP『海軍砲術学校』公開資料

c 手動 (Hand)

ナイフスイッチを直接投入するものと、起動用ハンドルを操作して行くことにより起動手続を行ない、運転状態となるものを総称する。

(i) 構成、機器

a 電磁接触器

電磁石により電路の断接を行なう。

b 過負荷継電器

負荷電流が大となれば作動して電磁接触器を断とする。

c 無電圧継電器

電源電圧が0となれば作動して電磁接触器を断とする。

カ 速度制御

(ア) 周波数を変化する方法

$$\text{同期速度 } n_0 = \frac{120f}{P} \quad P: \text{極数}$$

f : 周波数

$$\text{回転速度 } n = n_0(1 - S) \quad S: \text{すべり}$$

f を変化すれば n も変化する。

ただし、周波数変換機が必要である。

(イ) 極数を変化する方法

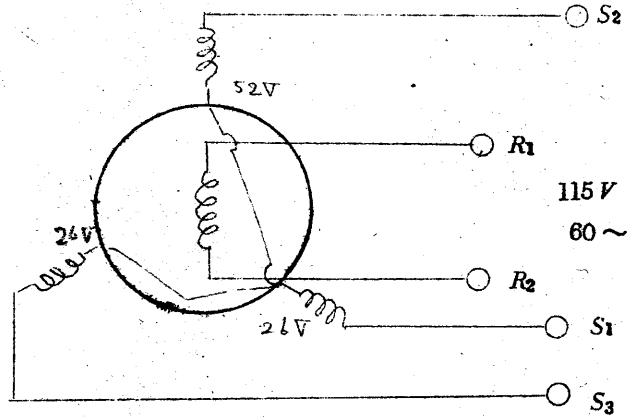
極数 P を変化すれば n も変化する。

(ウ) 2次抵抗を変化する方法

2次抵抗を変化してすべりを増減せしめる。

抵抗による損失 (I^2R) あり、又その抵抗はその負荷にたえるものでなければならない。

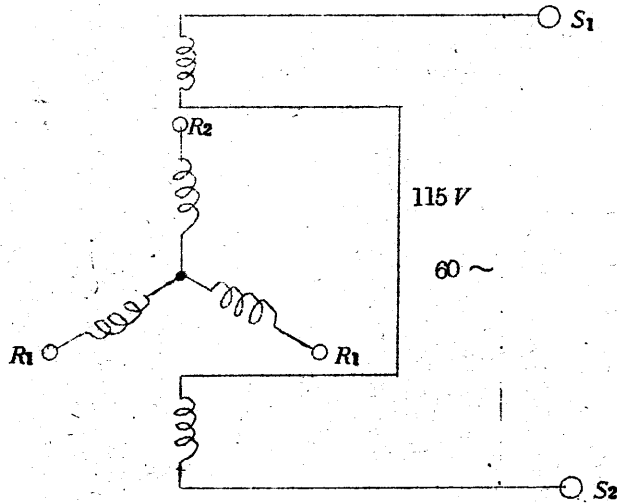
回転子巻線に供給する。



第 49 図

(1) 回転電機子型

固定子に単相巻線をほどこし、回転子に 3 相分布巻線をほどこしたもので(ア)の逆になっている。したがって、スリップリングは 3 個必要である。



第 50 図

3 シンクロ装置

(1) 概 説

シンクロとは自己同期装置 (*Self - synchronons*) に対する米海軍用語で主たる内容は ~~セルシン~~電動機である。

~~セルシン~~電動機は艦内の互に隔離された場所の間に機械的運動を電氣的に伝達するために次のような装置に用いられている。

- ア 射撃指揮装置の指示装置
- イ ビト-メーターログからの速力指示装置
- ウ 機関指揮用テレグラフ、舵角指示器等艦内通信装置
- エ ジヤイロにおけるレピーターの追従
- オ 回転通信器 (赤黒指示器)

(2) ~~セルシン~~電動機

~~セルシン~~電動機は発信器と受信器とに分けられるが、回転機械としての構造はまったく同じである。ただし発信器と受信器とは次の点で相違がある。

ア 大きさ

1個の発信器に数個の受信器を連絡するのが普通であるから発信器の方が少し大きい。

イ 入 力

発信器の入力は機械的

受信器の入力は電氣的

ウ 制動装置

受信器の回転子は電氣的入力によつて回転させられるので停止までに振動、惰性回転をとまることがある。これを防止するため受信器には制動板がつけられる。

セルシン電機の形式には次の2種類があるが、電氣的には差異はない。

ケ) 回転界磁型

固定子に3相の分布巻線をしてY結線とし、回転子には単相の集中巻線をしてスリツプリングを通じて外部回路から単相115V 60 ~ を

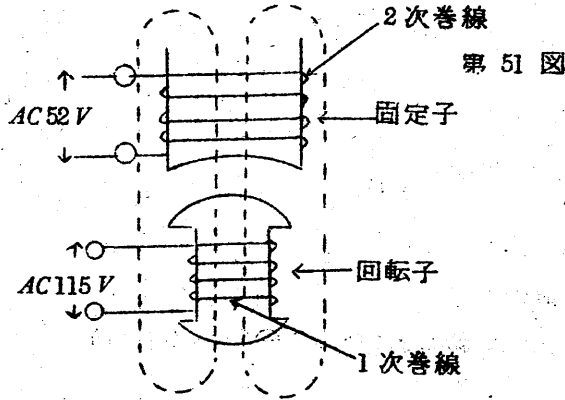
(3) 作動原理

ア 誘導作用

~~モーター~~の原理は変圧器と同様に誘導作用に立脚している
シンクロ

(ア) 固定子、回転子の偏位角 0° の時

1次コイルに交流電力を供給すると交流のため磁力線は常に変化する。この変化のため、2次コイルに電圧を発生する。この場合 **52V** を発生するように現用のものは作られている。

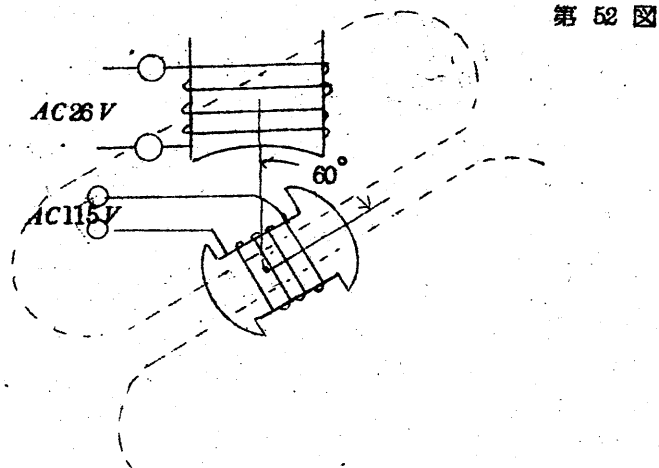


2次電圧は回転子の偏位角 θ の \cos に比例する。

(イ) 偏位角 60° の時

2次コイルと磁力線の交鎖は 60° になるので $\frac{1}{2}$ の発生電圧となる。

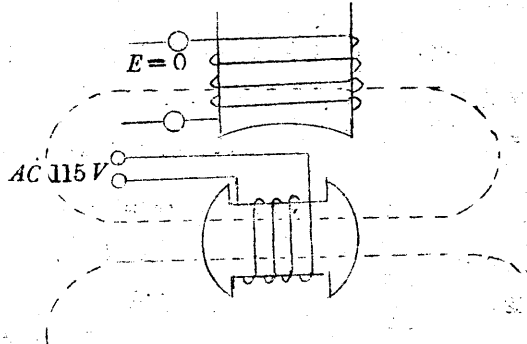
$$52V \times \frac{1}{2} = 26V$$



HP 『海軍砲術学校』 公開資料

(ウ) 偏位角 90° の時

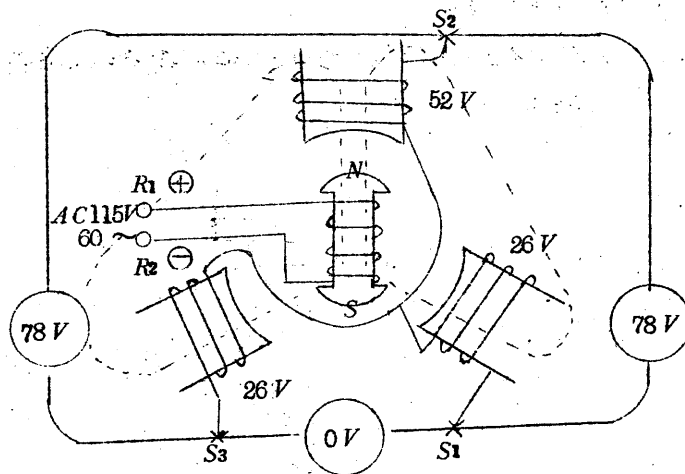
磁力線と2次コイルは交鎖しないので発生電圧は0である。



第 53 図

イ 2次巻線合成電圧

(ア) 偏位角 0° の時 (瞬時における $\ominus\oplus$ を考える)



第 54 図

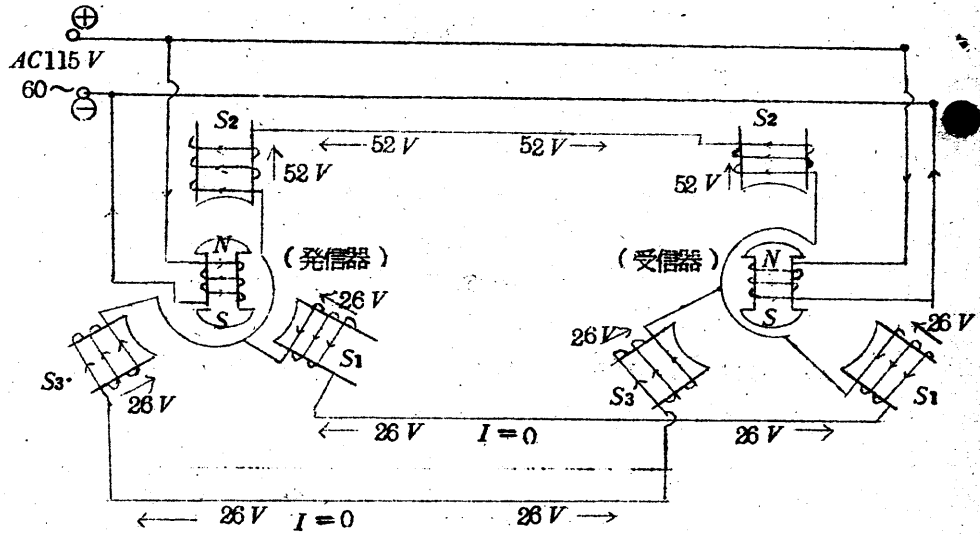
HP 『海軍砲術学校』 公開資料

エ 発信器及び受信器の作動要領

2次誘起電圧の発生要領は前述のとおりである。

(ア) 受信器と発信器の偏位角 0° の時

相対するコイルの誘起電圧が同一で方向が反対のため、その間には電流が流れない。従つて受信器には回転力は生じない。



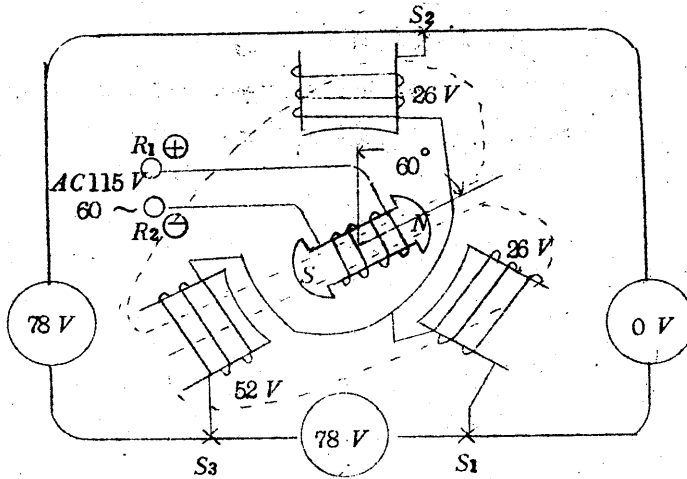
第 57 図

(イ) 受信器と発信器に偏位角が生じた時

下図は 60° の偏位角を生じた場合であるが、各相の電圧に不均衡が生じ両者の固定子コイル間に電流（信号電流）が流れる。

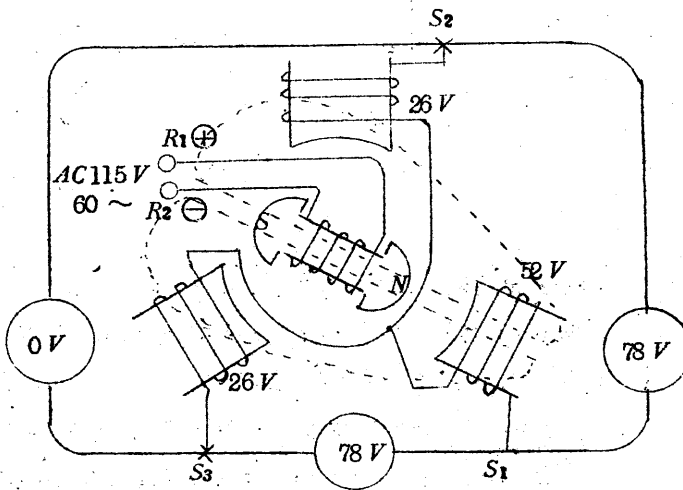
受信器側の磁極（ある瞬時）を考えて見ると下図のごとき極性となり吸引、反発の力を固定子と回転子との間に生じ、回転子に回転トルクを生じて回転し、信号電流の 0 になる位置、すなわち 60° 偏位した所で回転子は停止する。

(イ) 偏位角 60° の時



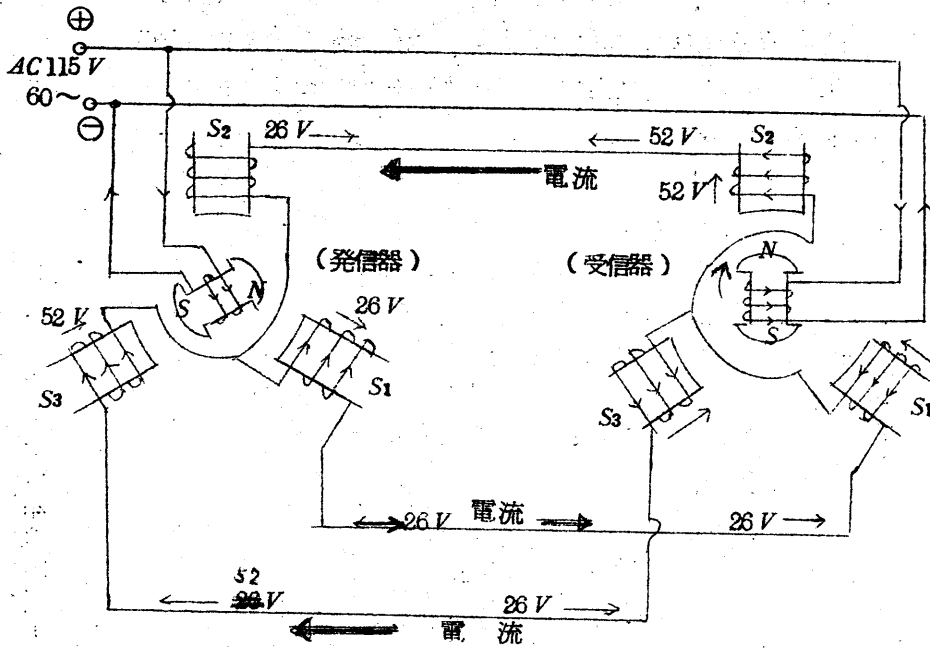
第 55 図

(ウ) 偏位角 120° の時



第 6 図

第 58 図



シンクロ受信器は重い負荷を駆動することができないので、その必要あるときは補助装置 (Servo System) が必要となる。

(4) 差動シンクロア構造

受信器に対し2つの入力^電の和又は差を伝達するためのもので、固定子には発信器からの電気的入力を受け、回転子には機械的入力を受けてこの両者の和又は差を電気信号として受信器に送る。

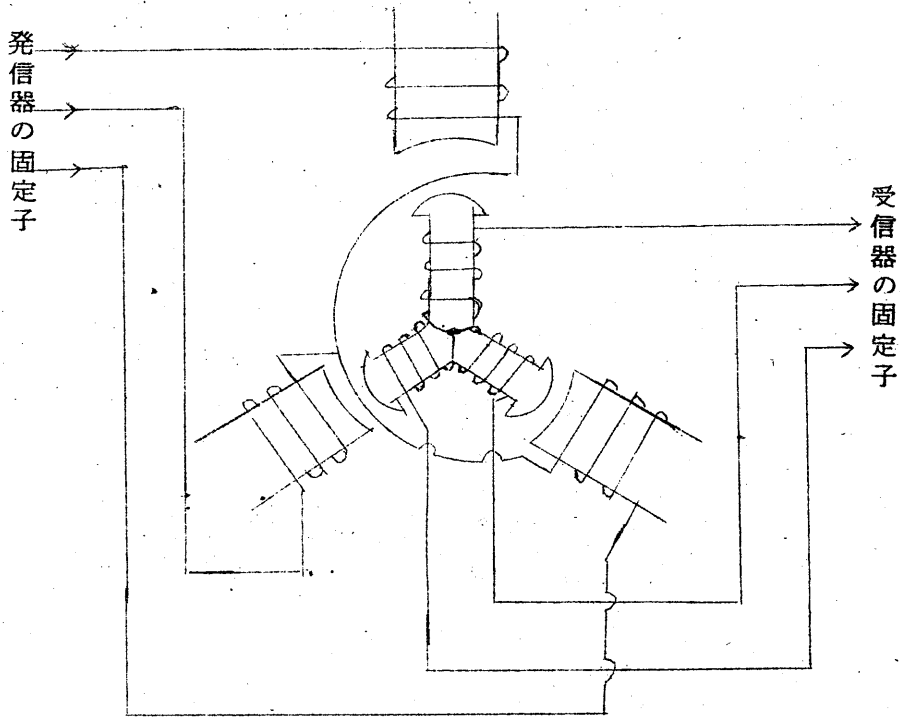
例えば、射撃装置における方位盤位置とその時の風向、風速、的針、的速等砲角度の修整値との和又は差の出力を得て砲の位置を決定する場合等である。

HP『海軍砲術学校』公開資料

下図のごとき構造のもので、前述のシンクロ装置の発信器と受信器との間にこの差動セルシンを設ける。

発信器よりの電気的入力を固定子に受け、また機械的入力を回転子に受け、その差を電気的信号として受信器に送るものである。

固定子コイルには発信器電圧と同一の電圧を発生せしめるようにコイルを巻いている。



第 59 図

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

ア 相異点

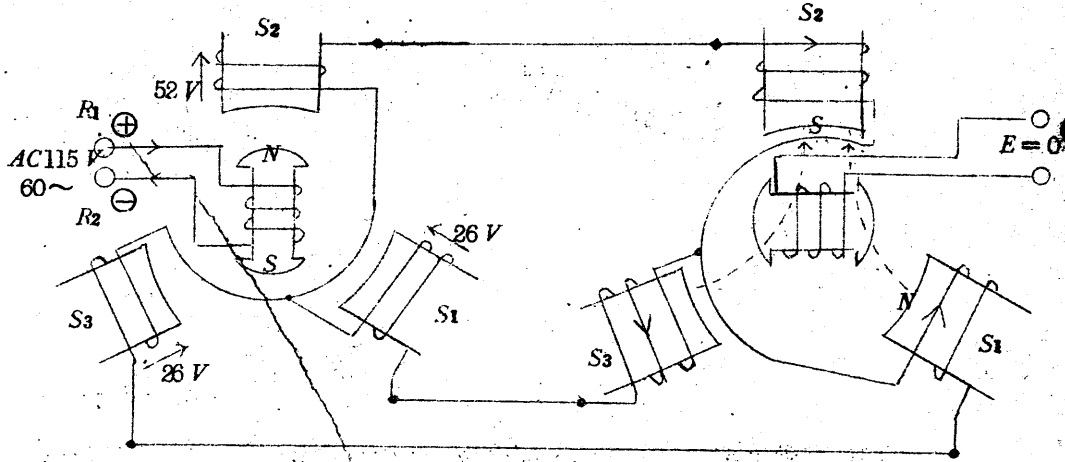
零位置において CT の回転子 (2 次) は発信器の回転子と 9° の相差がある、

CT の回転子は電源に結線されていない、

イ 作動要領

(ア) 零位置

第 61 図

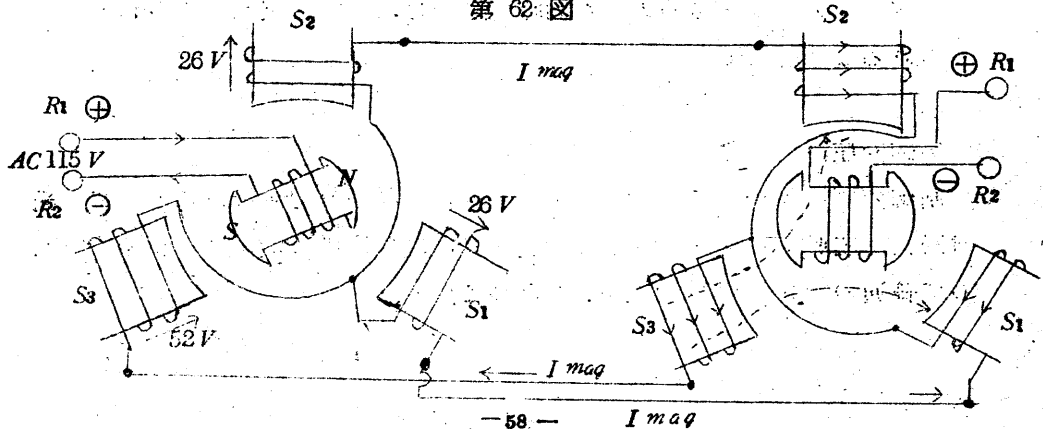


上図は発信器 CT とも零位置にあることを示す。この場合 CT の出力電圧は零となる。

その理由は CT の回転子巻線をきる 2 つの磁束により誘起される電圧は、大きさ等しく方向が反対であるからである。

(イ) 発信器に時計方向 (60) の機械的入力を加えた時

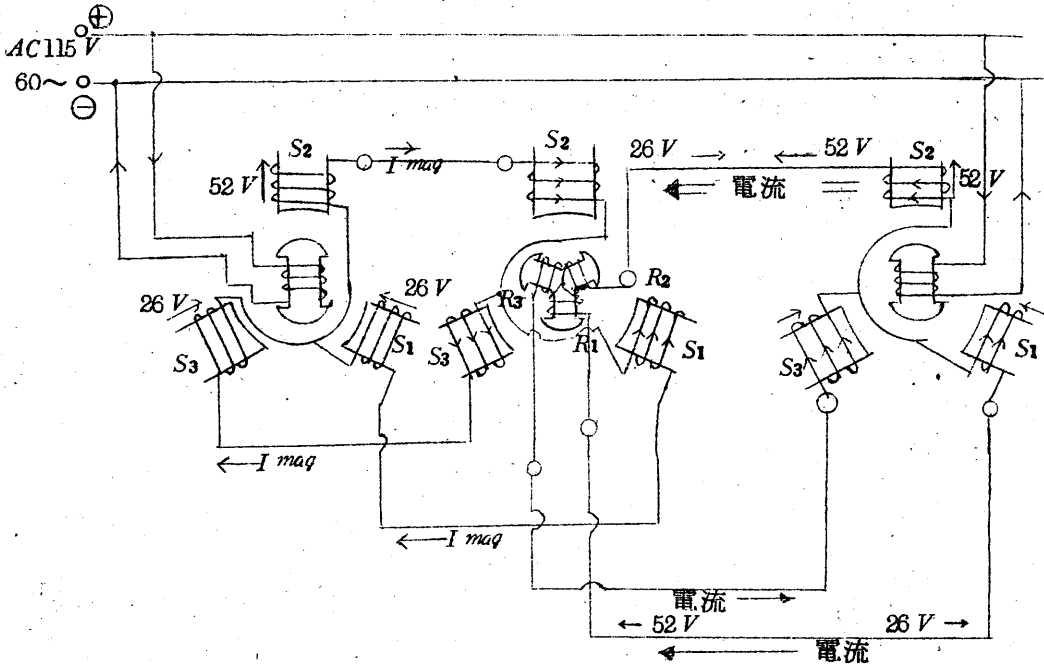
第 62 図



HP『海軍砲術学校』公開資料

イ 作動要領

第 60 図



上図は差動~~シンクロ~~シンクロの回転子に機械的入力を加え 60° 偏位せしめたものである。受信器の固定子コイルの誘起電圧と差動~~シンクロ~~シンクロ回転子の誘起電圧との均衡が破れて矢印の方向に電流が流れ、上述と同様に受信器の回転子が回転する。

差動~~シンクロ~~シンクロの回転子が偏位なく、発信器からの電気的入力の場合、普通の~~シンクロ~~シンクロと同じ作用をする。

電気的入力、機械的入力が同時の場合は、その差又は和が受信器へ送られることとなる。

(5) 制御変圧器

制御変圧器は一般に CT (Control transformer) と呼ばれるもので、発信器又は差動~~シンクロ~~シンクロから信号電流を受け、次段に 2 次電圧を供給するもので普通のシンクロと次の点で異なっている。

CTの固定子の極性に変化が生じ、図のごとくなり回転子に電圧を生ず。

上記(7)(1)の場合、CTの回転子は固定するものと考えた。

しかし、CT発生電圧で負荷電動機を運転し所要のものを回転せしめ、また追従装置により、CT回転子を回転せしめ、CT発生電圧を0となるようにすれば、次項サーボ機構が成立する。

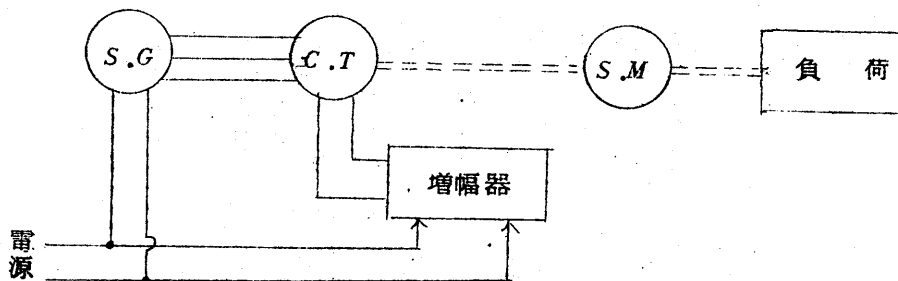
(6) サーボ機構

発信器、CT、増幅器、サーボモーターを用いた自動制御装置をサーボ機構 (Servo system) といい、シンクロ装置によつて重負荷を遠隔管制するものに使用される。

下図はその概要を記したものである。

下図においてCTの2次巻線に生じた誤差信号は増幅器で増幅されてサーボモーターを回転させる結果CTの回転子は発信器の回転子に追従するように駆動される。

同時にサーボモーターは負荷を運転する。



第 63 図

S.G シンクロ発信器

C.T 制御変圧器

S.M サーボモーター

(1) 概要

交流コイルに発生する磁場は電流の流れる方向により磁場の方向も変化する

一方コイルに磁界の変化を与えれば電圧が発生する

これらの2つのことが互に総称して相互誘導作用という

磁場の変化を与えなければ電圧は発生しないので、1次側の電流としては直流では不可能である。

交流のみにより可能にするため、1次、2次のコイルの巻数のため、2次コイルに生じる電圧は種々の電圧にするこが可能となる

この変圧可能というところが交流の最大利点となり、現在各方面で交流が利用されている理由である

変圧器は相互誘導作用を利用して交流電圧及び電流の大きさを変化する装置で、その主要部分は1つの磁気回路とこれに鎖交する2組の電気回路がある

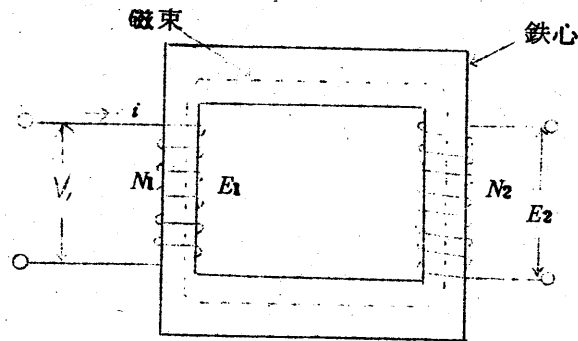
(2) 原理

図のように2次回路を開いたまま1次回路に f ^{ヘルツ}の交流電圧を加えると同一周波数の電流が流れ、これによつて磁束が発生する。

$$i = I_m \sin \omega t = I_m \sin 2\pi f t$$

$$\phi = \phi_m \sin \omega t = \phi_m \sin 2\pi f t$$

i と ϕ は同相であり供給電圧より 90° おくれる。



第 66 図

i は電圧より 90° おくれているので1次巻線に入つた電力は有効電力とならないで単に鉄心を励磁するだけであるので、これを励磁電流という。

励磁電流によつてこれと同相の磁束 ϕ が生じ、1次巻線を切るのので1次巻線には i より 90° おくれた誘起電力 E_1 を生ずる。

$$\begin{aligned} E_1 &= n_1 \frac{d\phi}{dt} \\ &= n_1 \phi_m \cos \omega t \\ &= -n_1 \phi_m \sin \omega t \\ &= n_1 \phi_m \omega \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned}$$

E_1 および E_2 (N_1 、 N_2 は巻数) の関係から考えると

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} = a$$

これを変圧比(または巻線比)と称する。

電圧は巻数に比例して交換される。

HP『海軍砲術学校』公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

HP『海軍砲術学校』公開資料

1次コイルに誘導される電圧 E_1 は1次コイルのインピーダンスによる電圧降下を供給電圧 V_1 から差引いたものであるが、通常はインピーダンス降下を無視して

$$a = \frac{n_1}{n_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

また変圧器内の内部損失を無視すれば出力は入力に等しい。

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{a}$$

変流比は巻数に逆比例する。

以上は理想的の変圧器であつて、実際は電流、電圧が正確には上記のようにはならない。これは変圧器中には種々の損失があるからである。

鉄心の中には鉄損（ヒステリシス損）、渦流損があり銅線の抵抗による銅損がある。

これ等の損失を供給するため2次側の出力に相当するよりも多くの1次電流を流さなければならない。さらに鉄心内に磁束を作るためには、磁化電流を要し、これも出力に無関係の電流である。またこれによつて生ずる磁束も全部が2次コイルに達しない。このために2次コイルに誘導される電圧は減少する。前述の図の ϕ_1 、 ϕ_2 はそれぞれ2次コイル、1次コイルに達しない磁束でこれを漏洩磁束という。

以上種々の理由により2次側に負荷のあるときの電圧又は電流の比は巻線比に正比例又は逆比例せず多少の誤差を生ずる。ただし、無負荷の場合は変圧比に等しい。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(3) 構造

鉄心は鉄損をなるべく少なくするために4%程度のけい素を含んだ0.35mm程度の薄い鋼板を積み重ねた成層鉄心を用い、鉄心とコイルの関係位置により次の3種に区別される。

内鉄型変圧器……………小容量及び高圧大容量に使用

外鉄型変圧器……………低電圧大電流に使用

交叉鉄心型変圧器……………小容量柱上変圧器に使用

各コイルは完全に絶縁され銅損、鉄損による発熱の冷却及び各部の絶縁の目的のため内部に絶縁油を充滿しているが、艦船用としては被害時の災害を考慮して油を入れない乾式変圧器を用いるのが普通である。

(4) 損失及び効率

変圧器は静止機器であるから摩擦損(機械的損失)はなく一般に銅損、鉄損をもつて全損失と考えて差支えなく、回転機器に比して効率がよい。

$$\text{効率 } \eta = \frac{\text{出力} \times 100}{\text{出力} + \text{損失}} = \frac{\text{出力} \times 100}{\text{出力} + \text{鉄損} + \text{銅損}}$$

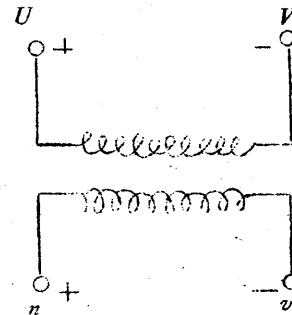
(5) 極性

2ヶ以上の変圧器又は1変圧器中の2ヶ以上のコイルを互に接続しようとするときには、必ずその極性を確めなければならないことは電池と同じである。

変圧器は交流であるから正負が時間とともに変化するので固有の正負があるわけではない。

変圧器の極性とは1次、2次両端子間の起電力相対関係すなわち位相関係で両端子間の起電力が同相であるか、 180° の相差があるかをいう。

単相変圧器の端子の出し方は右図のようにするのが標準である。高圧UV間に適當の電圧を加えU ν を接続し、

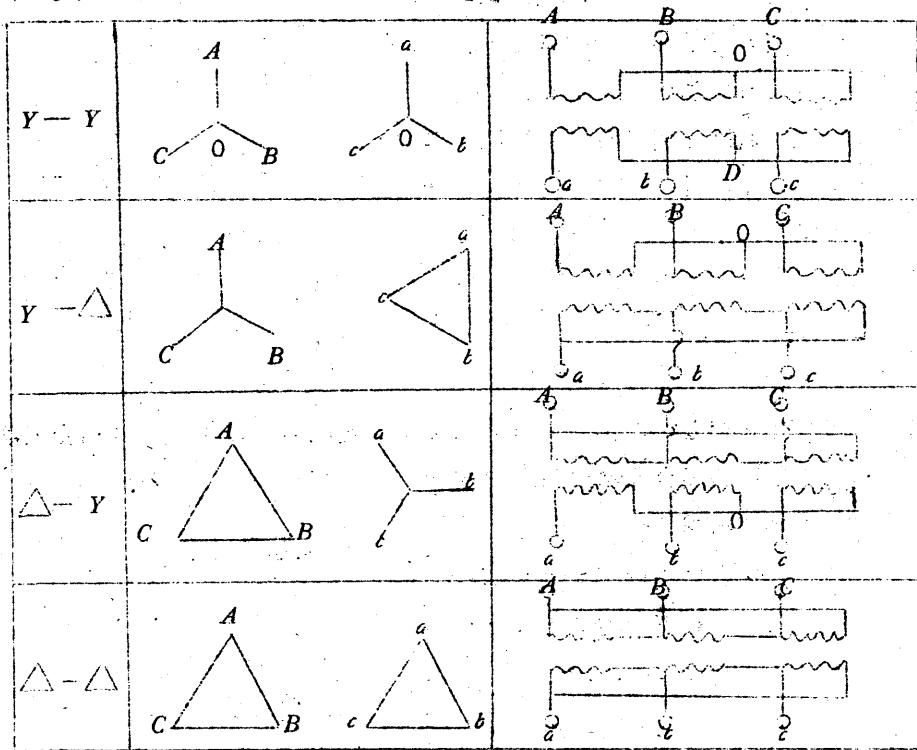


第 67 図

HP『海軍砲術学校』公開資料

イ 単相変圧器の結線

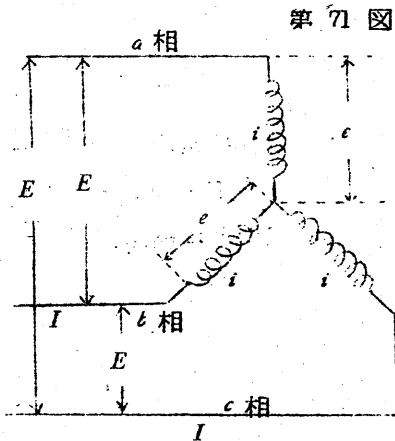
3相電力を単相変圧器3個で変圧する場合の結線方法は種々あり、下図に表示するとおりであるが艦内変圧器の結線は△-△結線である。これは1台の変圧器に故障を生じても、その変圧器を除外してV結線として2台で負荷に給電可能とするためである。



ウ 線電圧(流)と相電圧(流)

(ア) Y結線

右図において供給電圧 E は2個のコイルに直列に加わるようになっていゝるが a 相の e と b 相の e とのベクトル和が E となるのであつて、下図のとおりとなる。



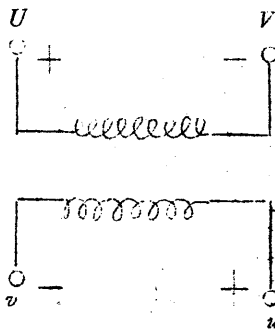
V 間の電圧を讀んだとき1次電圧と2次電圧の差が表われるようにする。 U と v が同一側にあり、同一時刻に同じ極性になるように巻かれているのが減極性といひ、わが国ではこれが標準である。

低圧コイルの巻き方が反対であると V 間に1次、2次電圧の和が表われ下図のようになる。

これを加極性という。

なお高圧側に UV 、低圧側に uv の記号を付すが、 $+$ の記号も用いる。

第 68 図



(6) 接続法

ア 3相電力の変圧

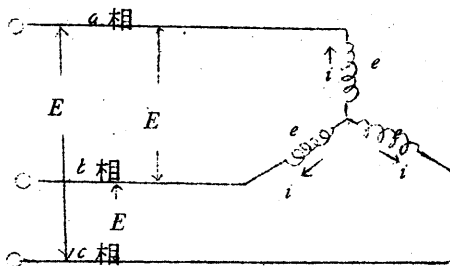
3相電力の変圧には3個の単相変圧器又は1個の3相変圧器を用いる。特別の場合には2個の単相変圧器にても行ない得る。

(ア) 結線の種別

a 星形結線 (Y-結線)

右下図のごとく3相を一点で結ぶ。

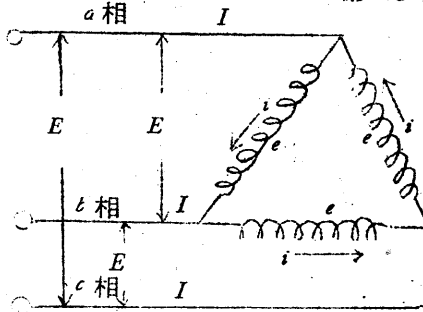
第 69 図



b 環状結線 (Δ-結線)

右下図のごとく3相を三角形に結ぶ。

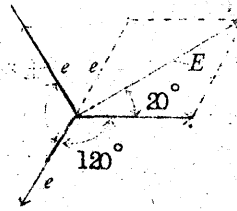
第 70 図



$$e = \frac{E}{\sqrt{3}}$$

E : 線間電圧

e : 相電圧



第 72 図

また同じく外部回路を流れる電流 I はそのまま各相に流入してくるから $I = i$ I : 線電流

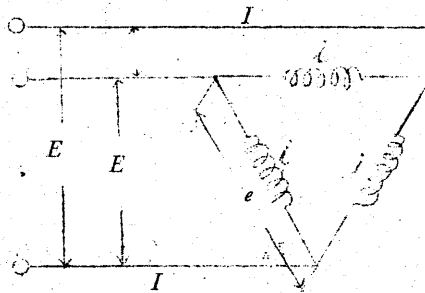
i : 相電流

第 73 図

(イ) Δ 結線
右図から

$$e = E$$

$$i = \frac{I}{\sqrt{3}}$$



エ. 3 相電力

各相電圧、電流を e 、 i とすれば

$$\text{総電力 } W = 3 e i \cos \phi$$

$$\Delta \text{ 結線では } e = E \quad i = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

$$W = 3 e i \cos \phi = 3 E \times \frac{I}{\sqrt{3}} \times \cos \phi$$

$$= \sqrt{3} E I \cos \phi$$

$$Y \text{ 結線では } e = \frac{E}{\sqrt{3}} \quad i = I$$

$$W = 3 e i \cos \phi = 3 \times \frac{E}{\sqrt{3}} \times I \times \cos \phi$$

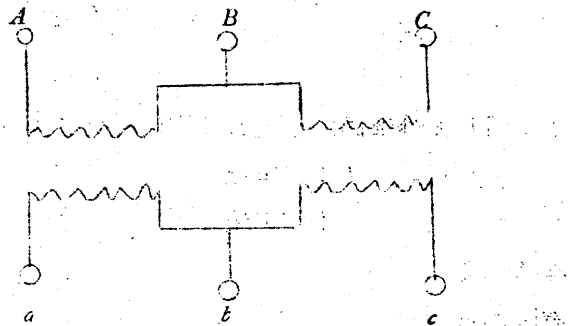
$$= \sqrt{3} E I \cos \phi$$

となる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

オ 特殊結線（V結線）

2個の単相変圧器を使用して3相の変圧を行なう方法で、その結線図は第74図に示すとおりである。



第 74 図

(ア) 利 点

- a 変圧器が2台ですむので臨時の目的又は将来電力増加の見込みのある所にV結線で送電する。
- b 3台の△結線変圧器で送電中1台が故障したときV結線で送電ができる。

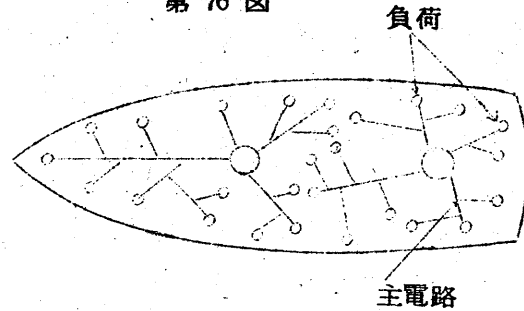
(イ) 欠 点

- a 変圧器を2台使用しても2台分の働きができない。
- b 3相中変圧器のない相の電圧降下が大きく3相電圧に不均衡を生ずる。

- イ 枝式配電法 (*Tree system or main switchboard system*)
主発電機より主電路を枝状に出し、各負荷はその主電路よりとる。
本方式の特徴は下記のとおり。

- (ア)
(イ) 電路が多数となり *wight* がおもくなる。
(ウ)
(エ) 配電方式が簡単である。
(オ)

第 76 図



(3) 給電系統

ア 概要

交流艦艇は動力には 450V 3相3線式 (無接地) を用い、小出力の小型電動機及び照明装置には変圧器により電圧を下げ 117V 3相3線式 又は 単相2線式 で給電している。

直流艦艇は動力照明とも直流 120V 2線式を用いているが、特殊な船は (L.S.T. みは、なさみ等) 直流 $\frac{3}{3}$ 線式を用い、動力には 240V、小型機器、照明には 120V を給電している。

各負荷は主配電盤から単独にあるいは適宜の負荷を一群として給電され、すべて主配電盤の A, Q, B によつて保護されている。

A, Q, B から負荷に至る回路には負荷の種類、性質によつて動力区電箱を設け、ブレーカ、スイッチ、ヒューズ等によつて保護し、回路の一部に短絡事故の生じた場合にはブレーカ又はヒューズが有効に作動して故障回路を自動的に除外し、被害を電源及び他の負荷におよぼさないようにしている。

なお、小型上陸用舟艇又は他の小型舟艇は直流低電圧式 (12V 又は 24V) で発電機は推進機関又は補助機関により駆動される。

HP『海軍砲術学校』公開資料

第4節 艦内配電

1 艦内配電

(1) 概説

発電機の発生した電力は配電盤母線に接続され、母線から艦内各動力、照明系統に給電されるのであるが、特に重要補機、通信装置、戦闘上必要な重要装置、重要個所の照明には艦内の何れかの発電機が運転されている限り電力の供給が可能であるように配線され、さらに既設電路の被害時には応急線の布設により給電の継続が得られるように設計されている。

給電系統には電力の供給停止をつかさどる、諸器具故障時に対応する保護装置、状態を表示する諸計器等が装備される。

(2) 配電法

ア 環式配電法 (Ring Main System)

大型艦船に採用されているもので艦内の周囲に環状の主電路を布設して、これを母線として発電機の発生電圧は最短距離をへて、この主電路に送電され、また負荷への配電も主電路から最短距離の点から分岐配電する方法である。

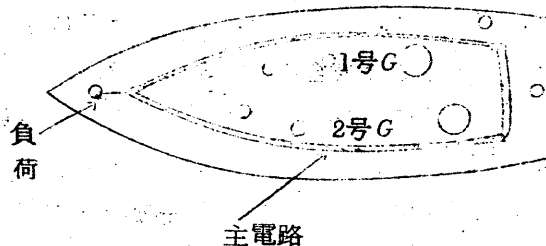
本方式の利点は下記のとおり。

(ア)

(イ)

(ウ) 従つて電圧降下が少なくなる

第75図

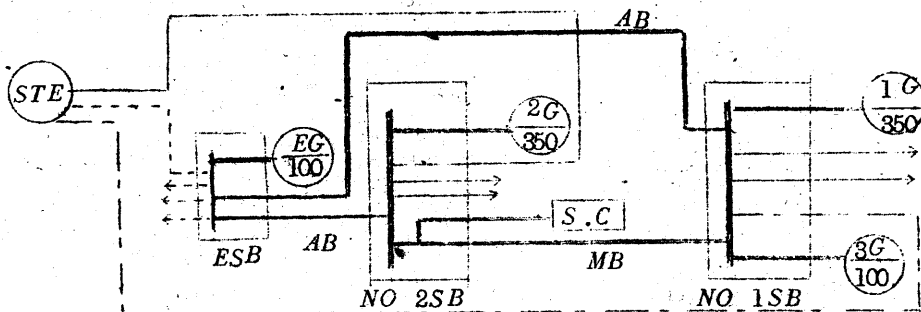


HP 『海軍砲術学校』 公開資料

イ 給電回路

下図は 30 年度甲艦の給電系統である。

第 77 図



- $\frac{1G}{350}$ 1号(主)発電機(350KVA 3相60~450V)
- $\frac{2G}{350}$ 2号(主)発電機(同 上)
- $\frac{3G}{100}$ 3号(補助)発電機(100KVA 3相60~450V)
- $\frac{EG}{100}$ 非常発電機 (同同 上)

$S.C$ 艦外受電

NO 1SB ... 第1(主)配電盤

NO 2SB ... 第2(主)配電盤

ESB 非常配電盤

~~SBT~~

~~MB~~

~~EBT~~

~~BT~~

STE

———

- - - - -

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

主母線連絡線 主連絡母線(主配電盤~主配電盤)

補助母線連絡線 補助連絡母線(主配電盤~補助配電盤)

舵取機械

常用回路

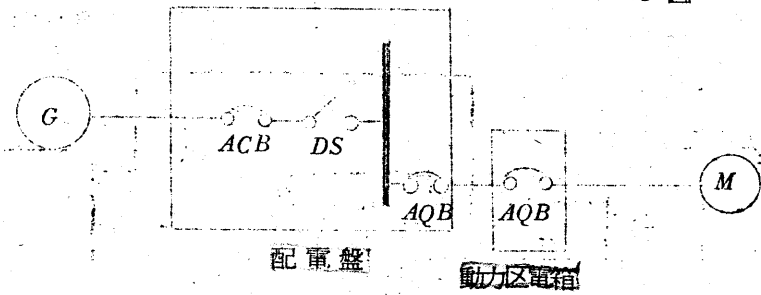
転換回路

非常回路

HP『海軍砲術学校』公開資料

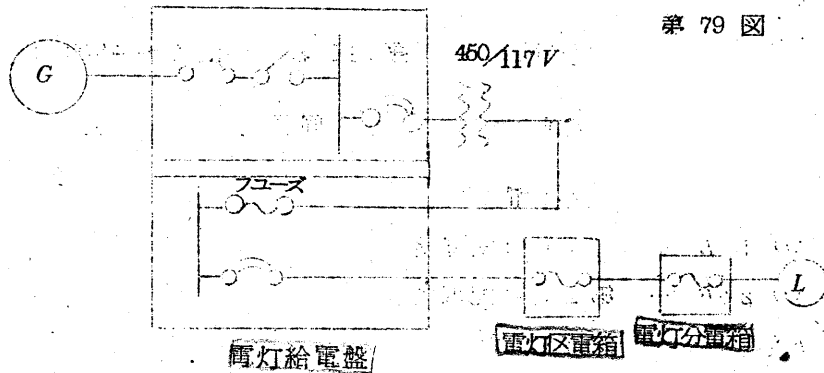
(ア) 動力回路

第 78 図



(イ) 照明回路

第 79 図



操艦上、通信上、戦闘上重要な負荷は一つの配電盤のみでなく、他の配電盤からも給電し得るように配線し、負荷側の転換器によつて適宜電源の選択を行なえるようになっている。

転換のできる負荷を転換負荷、転換できない負荷を単独負荷（固定負荷）という。

次表は 30 年度甲警の転換負荷の状況である。

HP『海軍砲術学校』公開資料

常用回路及び転換回路はそれぞれ反対舷水線下に布設され、一撃によつて同時に被害を受けないようになつており、非常回路は船の中心部水線上に布設される。

なお、以上の固定回路のほか重要負荷はさらに遊動線による応急回路をもっている。

(4) 配電盤

ア 配電盤の意義

艦内の各種各様の負荷に対して発電機から電力を供給するには、次の条件を具備した装置でなければならない。

(ア) Gの運転及び給電の操作が簡単、確実に行ないうること。

(イ)

(ウ) 過負荷、接地、短絡の場合、Gの前で故障をとめて被害を及ぼさないこと。

(エ)

イ 構成要素

(ア) 気中遮断器

ACB、AQB、NQBの3種あり、いずれもノーフュメブレーカーである。また過電流の場合は回路を自動的に開とする。

(詳細は艦艇電気装置参考書にあり)

(イ) 断路器(デスコンスイッチ)

普通A、C、Bと同様と発電機と配電盤との間に直列に入れてある。手動刃型スイッチで配電盤の裏面に装備されている。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

負荷名称	配電盤	1 号 主配電盤	2 号 主配電盤	非 常 配 電 盤
31 番 砲		◎	○	
32 番 砲		◎	○	
33 番 砲		○	◎	
舵 取 機		○	◎	□
1号消火海水ポンプ		◎	○	□
2号消火海水ポンプ		○	◎	□
1号電動潤滑油ポンプ		○	◎	
2号電動潤滑油ポンプ		◎	○	
1号機械室 気通風機		◎	○	
2号機械室排気通風機		○	◎	
冷 却 通 風 機		◎	○	
通信兼砲戦配電盤		◎	○	□
第1電信室 電子機器配電盤		◎		□
第2電信室 電子機器配電盤			◎	□
H/H 投 射 機		◎	○	
消 磁 装 置		○	◎	
前 部 普 通 灯		◎	○	
後 部 普 通 灯		○	◎	
第1機械室 普通灯		◎	○	
第2機械室 普通灯		○	◎	
前 部 非 常 灯		◎	○	□
後 部 非 常 灯		○	◎	□
航 海 灯		◎		□

◎ 常用回路 ○ 転換回路 □ 非常回路

HP『海軍砲術学校』公開資料

2 配電機器

配電盤から艦内各負荷に送電するのに必要な機器と言えば、まず電線ということになる。しかし負荷と配電盤の間は電線のみでなく、各種の配電機器が装備されている。

特に護衛艦は照明、動力以外に戦闘、航海用等一般船舶とは異なつた電機装置を数多く搭載しているので艦内はこれら配電機器で一杯である。

(1) 計 器

ア 電圧計、電流計

(ア) 精 度	配電盤用	1.5 級
	その他	2.5 級
(イ) 目 盛	電圧計	定格電圧の 120 %
	電流計	回路電格電流の 150 %

イ 同期検定装置

同期検定器 (Synchro Scope)

同期検定灯

2 灯の場合 位相一致で消える。

3 灯 " 1 灯消え、2 灯は同じ明るさ。

交流発電機の には不可欠の装置である。

ウ 相順検定器

(2) 電 線

配電における重要なものは各種電路器具、保護装置と共に電線である。艦艇の場合はその任務の特殊性を考慮して選定する必要がある。

- 導電率
- 外装は機械的強度に強いこと。
- 風潮、海水、油、湿気、温度等に強い外装を施す必要がある。

HP『海軍砲術学校』公開資料

ア 艦艇搭載電線

一部に日本工業規格(JIS)の電線を使用しているが、他はすべて防衛庁規格(MDS)である。

艦艇に配線する場合は、心線の数、太さ、絶縁物、外装等による種別記号を定め、整備、応急に便利なようにしてある。

イ 種別記号

(ア) 型式

S	.....
D	.....
T	.....	3心線
F	.....	4心線
I C	.....	艦内通信用
T T	.....	電話用
P	.....
W	.....	配電盤用

(イ) 絶縁

R	.....	ゴム
V	.....	ワニスキャンブリック
A V	.....	ワニスキャンブリックアスベスト
T	.....	サーモプラスチック
G	.....	ガラス

(ウ) 保護

A	.....	鎧装(かいそう)
L	.....	鉛被鎧装
I	.....	インバーピアスシース鎧装

(エ) 太さ

電線の太さは断面積を(mm^2)で表わしたりスケヤーマイル、サーキュラーマイルの標示法があるが、護衛艦では特殊なものを除きサーキュラーマイルを用いている。

HP 『海軍砲術学校』公開資料

エ 区電箱、分電箱の符号

(ア) 区電箱

P	.....	動力区電箱
L	.....	普通灯区電箱
LE	.....	非常灯 "
LR	.....	予備灯 "

(イ) 分電箱

Z	.....	普通灯分電箱
M	.....	機、缶室灯分電箱
E	.....	非常灯分電箱
EM	.....	機、缶室非常灯分電箱
R	.....	予備灯分電箱
K	.....	管制灯 "

この符号は区電箱、分電箱番号の前につける。

例

オ 極性配列色別

(ア) 直 流

赤	+	(P)
黒	中性	(O)
青	-	(N)

(イ) 交 流

赤	R相	(A)
白	S "	(B)
青	T "	(C)

(ウ) 配 列

配電盤、機器の正面に向かつて

右から左 上から下 手前から向うへ

P O N

R S T

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

例 1 *DR I - 26*

2心ゴム絶縁 インバーピアスシース 鎧装電線

太さ 26300 サークュラーミル

100位以下は切捨てである。

例 2 *DR N - 50*

艦外受電用 2心ゴムキャブタイヤ電線

太さ 50 mm^2

ウ 電線符号

整備等に便なるため電線の貫通部等に真鍮板に符号を刻み取りつけてある。

101 ~ 169	.....	1号主配電動力給電線
201 ~ 269	.....	2号 "
171 ~ 199	.....	1号主配電盤電灯給電線
271 ~ 299	.....	2号 "
11	.....	直流配電盤給電線
301	.....	1号非常配電盤給電線
401	.....	2 "
<i>G Y</i>	.....	爆雷関係
<i>H H</i>	.....	<i>H/H</i> 関係
<i>G M</i>	.....	3吋砲関係
<i>G E</i>	.....	5吋砲関係
<i>T P</i>	.....	短魚雷関係
<i>N 2</i>	.....	舵角指示器
<i>L A</i>	.....	舵機無電圧警報

むらさめ型について例を挙げたが、これは基本方針である。

3 艦内通信

(1) 定義

艦内通信とは、艦内における命令、情報の伝達及び指示、これに対する応答に使用する機器及びこれらの付属機関をいう。

伝達する手段としては

音 声 ベル、ブザー、拡声器

角 度 シンクロ

光 電球

(2) 種類と名称

ア 計器装置

主として航海関係

風向、風速、艦速等の計器

イ 指示装置

(ア) 舵角指示器 (N₂ 回路)

~~モーター~~使用

シンクロ

発信器

舵取機室

受信器

艦 橋

C I C

対潜指揮室

機械室、操縦室

(イ) 巡航タービン等速指示器

主タービンと巡航タービンの回転数差

発信器

自動かん脱機構の差動歯車機構

受信器

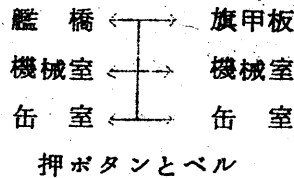
操縦室

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

ウ 信号装置

(ア) 伝声管電鐘 (L₅ 回路)

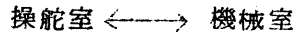
伝声管にベルを使用



(イ) 機械室応答ブザー (K₂ 回路)

標示灯とブザー

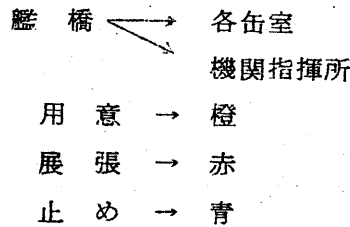
赤黒指示に対する応答



(ウ) 煙幕通信器 (K₄ 回路)

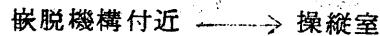
標示灯とベル

煙幕展張の指示



(エ) 巡航タービン、主機械回転嵌脱通報装置 (K₇ / K₈ 回路)

巡航タービン及び主機回転装置の嵌脱の状態を通報する。



嵌 → 赤
脱 → 青

エ 視覚通信装置

艦内テレビ 将来採用が予想される。

フアクシミル じわじわ

手先信号

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

カ 機関指揮装置

(ア) 速力通信器 (K1 回路)

(テレグラフ)

シンクロ使用

(イ) 回転通信器

(赤黒指示器)

シンクロ使用

~~中間速力の指令~~

キ 拡声装置

電子機器使用

(ア) 一般指令装置 (OIT-1)

a 一般指令

c ガス警報

b 一般警報

装備箇所 本体 ジャイロ室

(イ) 戦闘指令装置 (OIT-2)

砲戦号令、信号の伝達

本体、ジャイロ室

(ウ) 対潜指令装置 (OIT-4)

対潜指令の伝達

ソーナー室に装備

(エ) 交話装置 (テレトーク) (OIC-1)

装備箇所相互間の通話

一斉指令

最大10局まで可能

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

オ 警報装置

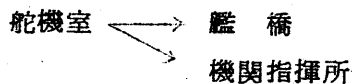
(一般警報ガス警報以外の警報装置)

(ア) 舵機無電圧警報器 (LA 回路)

~~舵機電動機回路の故障~~

~~舵機電動機の故障~~

ベルと表示灯



(イ) 機械室、ボイラ室警報装置

- a 主機、タービン発電機の油圧低下 (圧カスイッチ)
- b 煙路ガスの温度過昇 (サーモスタッド)
- c ボイラ水位の過大、過少 (木面計接点)
- d A.C.Cの空気圧力低下 (圧カスイッチ)
- e 冷却水の温度過昇 (サーモスタッド)

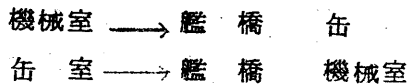
ベルと表示灯

例	電 圧	作 動	復 帰
主 機 油 圧	D.C 115V	1.0kg/cm ²	1.2kg/cm ²
タービン発電機油圧	"	0.5kg/cm ²	0.6kg/cm ²
A C C	A.C 115V	4.5kg/cm ²	4.9kg/cm ²
煙 路 ガ ス	"	450°C	445°C

(ウ) 機械室非常通信器 (K_S 回路)

機械室、缶室に非常事態発生時

ベルと表示灯 (ベルは停止できる)



ク 指揮装置

- (ア) 射撃指揮
- (イ) 短魚雷発射指揮
- (ウ) 爆雷、投射、発射指揮

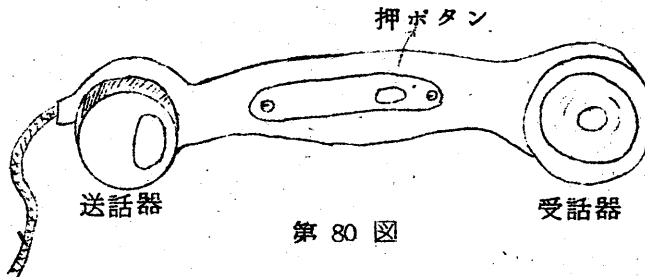
ケ 無電池電話

(ア) 持 質

- a
- b 停電中においても使用可能
- c 通話回路がかんたん
- d 送受話器は各系統毎に並列に接続されているので一斉指令可能
- e 同一系統内では一通話のみで、使用法の巧拙により混乱するおそれがある。

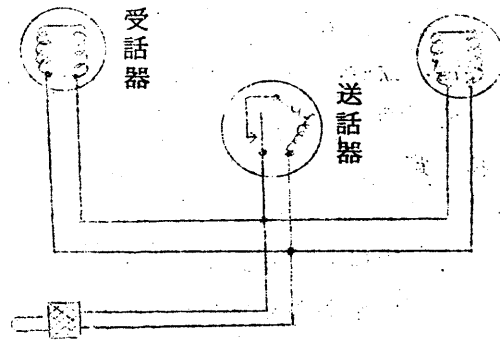
(イ) 種 類 (装置上の分類)

a L 型



- o 送話器、受話器共通セット
- o 送受話共に押ボタン必要
- o 不使用中他の同系統の雑音防止のため
- b M 型
 - o 送話器×1 受話器×2
 - o 押ボタンは送話器にあり、ボタンを押せば送話回路完成
 - o 受信するときは押ボタンをはなすのが正規であるが押したままでも受信可能

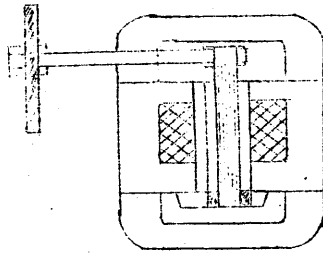
第 81 図



(ウ) 構造、原理

a 片方保持型

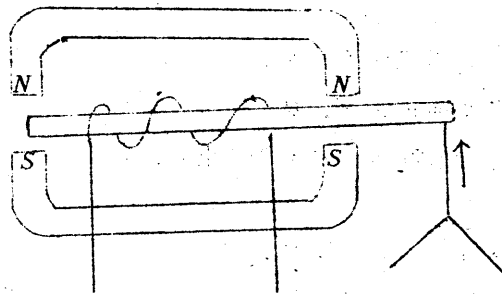
振動子の一方を固定する方式



第 82 図

b 平衡振動子型

第 83 図



振動子が支点 O に支持された型式

c 二極型

別に振動子を持たず振動板は磁気回路の一部を形成する型式

HP『海軍砲術学校』公開資料

艦型により若干異なつた系統もあるが、前記号が標準となつている。

(注) 掃海艇等は2系統

(ウ) 無電池電話取扱上の注意事項

- a 胸掛式は装着したら感度試験を行なう
- b 了解の発信及び確認
- c 他の通話へ割り込まない
- d 通話速度、内容
- e 電話に衝撃を与えない。
- f コンセント締付金具(覆)は不使用中は必ずかけておく。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

(四) 艦内無電池電話系統記号

26系統(むらさめ型)

正式呼称例 1JV系

記号	使用目的	呼
<u>JA</u>	艦長戦闘系	呼
J K1~2	信管調定系	
<u>JP1~2</u>	砲戦指揮系	
J Q1~2	照尺系	
<u>JL</u>	見張系	
<u>JX</u>	電信連絡系	呼
<u>JU</u>	対潜系	1部呼
1JS	CIC室情報系	
21JS	対空レーダー系	
22JS	対水レーダー系	
41JS1~2	砲戦情報系	
61JS	ソーナー情報系	
81JS	逆探、方探系	
<u>1JV</u>	操艦・応急系	呼
<u>2JV</u>	運転指揮系	呼
<u>3JV</u>	ボイラ系	呼
<u>5JV</u>	電機系	
X1J	個艦要務系	
X1JV	副操艦応急系	
X6J	レーダーサービス系	呼
X17J1~3	揚弾薬機系	
X25J	ソーナーサービス系	
<u>X40J</u>	応急通信系	
<u>2J2</u>	機関指揮系	

第 5 節 蓄 電 池

1 種 類

一般に電解液中に浸した陰陽 2 種の電極をそなえ、その保有する化学的エネルギーを電氣的エネルギーとして外部にとりだすことができる装置を電池という。

特にその作用の可逆的なものを蓄電池又は 2 次電池といい、非可逆的なものを 1 次電池という。蓄電池は内燃機関の起動、通信装置、照明用予備電源、小動力電源等に用いられ、一般に使用されるものにはつぎの 2 種類がある。

(1) 鉛蓄電池

鉛蓄電池は陽極に過酸化鉛 (PbO_2)、陰極に海綿状鉛 (Pb) をまた電解液に稀硫酸を使用する。現在産業用、軍用に用いられている蓄電池はこの鉛蓄電池である。

(2) アルカリ蓄電池

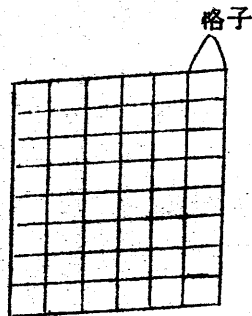
アルカリ蓄電池は陽極に酸化ニッケル、陰極に鉄を、また電解液に水酸化カリウムの稀薄液を使用する。

2 鉛蓄電池の構造

(1) 極 板

ア ベースト型

鉛とアンチモニーとの合金から製作した格子に鉛粉を糊状にしたペーストを塗りつけたものに化成処理を行ない陽極板と陰極板 (海綿状鉛) に変化させる。

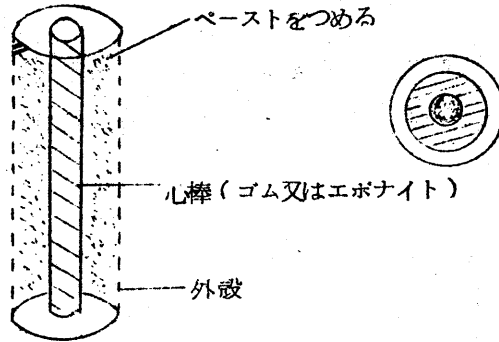


第 84 図

イ アイアンクラッド型 (エポナイトクラッド型)

硬質ゴム又はエポナイトの外殻の中心にコアーを入れ、この周囲にペーストを詰めこんだものを多数並列にならべて陽極板としたもので、陰極はペースト型と同じである。

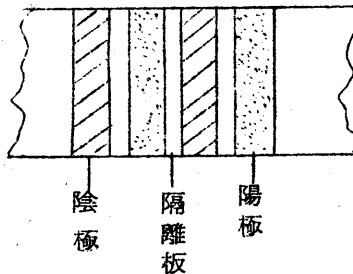
第 85 図



ウ 極板群

電池の極板は陽極板と陰極板が交互に組合わさつた多数の極板からなる。なお陰極板は陽極板より1枚多い。

第 86 図



(2) 隔離板

陽極板群と陰極板群とは1枚ずつ交互に組合わされるために両極板の接触を防止するために隔離板を入れる。隔離板は木製、硝子、綿製、エポナイト製等が使用される。隔離板の性質としては電解液をよく浸透すること、また電気の絶縁体であることが必要である。

4 電解液の性質

(1) 比 重

純粋な濃硫酸の比重は1.835であるが、電解液に使用する稀硫酸の比重は普通1.30以下である。これは電解液の電気抵抗は比重1.150～1.300の範囲において一般に低いからである。電解液の比重が高くなるとある程度起電力を増加する。しかしこの反面局部作用が盛んになつて蓄電池に自己放電を起し、とくに陰極板では活動物質たる海綿状鉛が硫酸と化合して硫酸鉛となつて、かえつて容量を減少する。したがつて比重をあまり高くすることは禁物で普通1.300以上の比重は使用しない。

(2) 比重と温度

電解液の比重は温度に大いに影響される。

温度が上昇すれば電解液は膨脹して比重は低下し、また温度が下降すれば電解液は収縮して比重は大となる。蓄電池の電解液比重は20℃のときの値を標準にしているから比重を計測したときの温度が20℃でないときは20℃のときの値に修正しなければならない。

$$S_{20} = S_t + 0.0007(t - 20)$$

S_{20} …… 20℃のときの電解液比重

t …… 比重計測時の電解液温度

S_t …… t ℃のときの電解液比重

(3) 蒸溜水の補液

電解液の稀硫酸を作るには純粋の工業用精製硫酸に蒸溜水を使うべきで工業用硫酸に水道水、井戸水を使用してはならない。電解液は蓄電池の使用にともないしだいに減少するが、これは硫酸分が減るのではなくて水が蒸発するためである。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(3) 電 槽

- ア 硝子製電槽………極板が見えるが、機械的強度不足(据置用)
- イ セルロイド製電槽----
- ウ 鉛張木製電槽………安価であるが化学的性質が弱い
- エ エポナイト製電槽--- 移動用の主力

(4) 電 解 液

鉛蓄電池の電解液は稀硫酸 H_2SO_4 である。完全に充電された電池の電解液の中には重量で約 38%、容量で約 27% の硫酸分を含む。

3 鉛蓄電池の化学作用

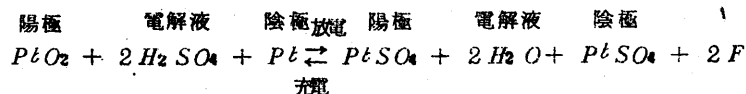
充放電中に起る化学反応に関しては古来多くの学説があるが、完全な定説というものは無い。

現在最も信ずべきは約 60 年前に発表された両極硫酸鉛説である。これによると放電の際 2 F の電気量が流れるたびに陽極では 1 g 分子 (239g) の PbO_2 が $PbSO_4$ になり、陰極では 1 g 分子 (207g) の Pb が $PbSO_4$ に変化する。電解液では 2 g 分子 (196g) の H_2SO_4 が消費されて 2 g 分子 (36g) の H_2O が生成される。

すなわち、作用物質内では $PbSO_4$ が増し、電解液では硫酸分 (H_2SO_4) が減じ水が増す結果、その比重が低下する。

充電の場合はこの逆作用となる。

この関係を化学式で表わせば



注：原子量 O(16), H(1), Pb(207), S(32)

5 容 量

(1) 容量の定義

電池が完全充電状態から端子電圧が規定の放電終期電圧に達するまで放電し、取出し得られる電気量を容量という。

放電電流 $A \times$ 放電時間 $h =$ 電流量の単位 Ah

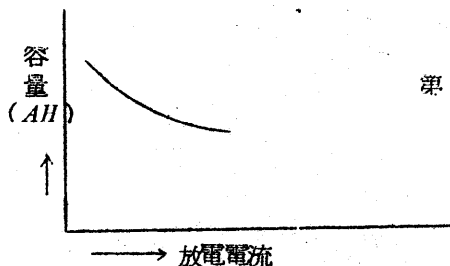
放電電流 $A \times$ 放電電圧 $V \times$ 放電時間 $h =$ 電力量の単位 Wh

一般に Ah を用いる。

(2) 容量と放電電流

蓄電池容量は電池の温度液の濃度、放電電流の大きさ等によつて変化するが、最も大きく影響するのは放電電流の大きさである。たとえば $80Ah$ の蓄電池を $8A$ で放電すると 10 時間使用できるが、 $80A$ で放電すれば 1 時間の使用にたえない。反対に $2A$ で放電すれば 40 時間以上使用可能である。すなわち容量は大電流放電では小さくあらわれ、小電流で放電すれば大きくあらわれる。

したがつて、容量をあらわす場合、一般に放電時間を $10h$ と決められている。たとえば $175Ah$ の容量とは $17.5A$ の電流を $10h$ 流しつづける容量をいう。また $17.5A$ を 10 時間率の電流という。

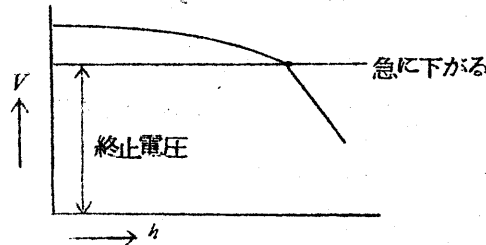


第 87 図

(3) 放電終止電圧

蓄電池を放電し始めると端子電圧は徐々に低下し、ある電圧に達すると電圧の低下は急激になる。蓄電池は端子電圧が零になるまで使用できないから放電の限度は端子電圧が急激に下降する手前で止めなければならない。この時の電圧を放電終止電圧といい、一般にこの電圧以下には使用しない。理由はつぎのとおり。

- ア 極度に放電すると両極ともに多くの $PbSO_4$ ができ、膨脹して格子から脱落しあるいは亀裂を生じ極板をいためる。
- イ これ以下で出しようの電力はわずかである。



第 88 図

放電電流によつて異なり、一般に $1.6V \sim 1.8V$ である。

(4) 残容量の算定

蓄電池残容量を算定するのに端子電圧を計測するのは不適當で、電解液比重をもつてしなければならない。いま 10 時間率で $100Ah$ の容量の電池の完全充電時の比重を 1.210、放電終期の比重を 1.060 とすれば電解液比重は $1.210 - 1.060 = 0.150$ の範囲で充放電を行なうことになる。したがつて $1Ah$ の放電による比重の低下は 0.0015 である。ある任意のとき比重を計測したら 1.150 であつた。

$$\text{この時の残容量は } \frac{1.15 - 1.060}{0.0015} = 60Ah \text{ である。}$$

6 自己放電

蓄電池は放電をしないで放置しておくと次第に $PbSO_4$ に変化して、ついには容量を失つてしまう。この現象を言う。

自己放電の程度は 1 日につき容量の 0.5 % 位である。

電池の温度がたかく、また比重が大きいほど大きいので保存個所としては比較的低温の所がよい。また日光の直射をうけると自己放電がはげしくなる。使用しない状態が長くつづくとき自己放電がすすみ極板が大粒の $PbSO_4$ に変化してしまふ。これを「サルフェーション」という。

HP『海軍砲術学校』公開資料

エ 過充電

充電完了後、さらに20%率位の電流で3~5%位行なう。

過充電を行なう理由

- (ア) 普通の充電では $PbSO_4$ が完全に PbO_2 又は Pb に変わりきれないので充電を長く行なう。
- (イ) なん回も充放電をくり返すと $PbSO_4$ の未活動の部分を生ずる。これをのぞくため。

7 充電法

(1) 充電電源

電池の充電には直流電源が必要である。電源をうる方法としては下記がある。

ア 直流発電機

イ 整流器 → セレン整流器
タンカー整流器 ---
酸化銅整流器
水銀整流器

(2) 充電法

ア 普通充電法

容量が減少した場合、一般的に行なり充電法である。

これには、おおむね次のごとき種類がある。

(ア) 定電流充電法

充電をつづけているとだんだん充電電流は減少しているので、電圧をあげて常に定電流が流れるようにする。

(イ) 定電圧充電法

常に一定の電圧を加えておく。従つて電流は次第にへつて来る。

(ウ) 段別電流充電

2.4V位までは10%率位で充電する。これ以後は20%率位で充電する。すなわち、電流を2段階にわけて充電する。

イ 急速充電

短時間に容量を補う場合に行なり充電で、大きな電流をもつて行なり。普通5~3%率位で行なり。

ウ 補充充電

平常使用しないと自己放電をして容量が減少するので、これを補うために行なり。普通10日~7日位に1回小電流で行なり。

第2章 保存整備

第1節 電気安全守則

1 電気安全守則の必要性

現在あらゆる分野において電気の恩恵を受けないものはないといつても過言ではないが、この電気も取扱いを誤ると重大な事故を起す。

電気回路、機器を取扱う者は電撃や短絡等による事故を引起さないよう常に注意しなければならない。

(1) 電気安全守則の設けられている目的

送電中の回路に金属性の工具、定規、懐中電灯、その他の導体を不用意に置いたり又は落したりすることによつて回路の短絡をおこす。

たとえ回路の電圧が低いときも短絡によつてアークや火花が発生すると電気装置に広範な損傷を引き起したり、人員に対しても重大な傷害を与えることがある。

450V給電系統による電撃の危険は取扱者が良く認識しているので広く使用されているにもかかわらず、この電圧から電撃を受けたという報告は比較的少ない。

艦内において不慮の死をとげたものの大部分は115V回路に接触したものである。

115Vは450Vよりも比較的乗員の身近にあるにもかかわらず、一般にこれを軽視しがちである。低電圧(115V以下)回路もきわめて危険であり、湿気によつて人体抵抗が低下している場合、そして電流が胸部を通過する時には致命的であることをよく認識すべきである。艦内では金属構造物に接触しやすく、発汗とか、湿つた衣服のために人体抵抗が低下するので重大な電撃の災害を引き起す危険性がある。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(3) 充電終期の判定

充電終期になると極板から盛んにガスが発生するとともに電圧、比重が上昇せず一定の値となる。終期電圧は電池の種類によつて異なり、充電は若干たかくはぼ2.3～2.5V位である。また比重も電池の種類によつて異なり、おおむね次のとおりである。

起 動 用	1.280 ～ 1.300
その他のもの	1.210 ～ 1.220

取扱上の注意事項

蓄電池の寿命を左右するものは取扱法である。

取扱者は常に電池の状態に関心をもつて万全を期さなければならない。

取扱上注意を要する事項は次のとおりである。

- (1) 液面、電圧、比重、温度を定期（毎週）測定して記録しておく。
- (2) 電池及び電池室の清潔、整とん
- (3) 使用電液比重は規定のものを使用する。
- (4) 使用しない電池でも常に充電状態に保ち、放電したままの状態では放置してはならない。
- (5) 充電電流は8～10時間率を標準とする。
- (6) 1カ月に1回全放電を行ない、その直後過充電を行なつて極板の内部の物質まで化学変化をさせることが容量の維持、回復に必要なである。
- (7) 充電中は爆発性水素ガスを発生し、特に充電終期においてはなほだしいので通風に注意するとともに火気を近づけないようにすること。
- (8) 濃硫酸から稀硫酸を調整する場合は蒸溜水中に硫酸をよくかく伴しながら入れること。反対に入れるとはげしい発熱をして危険である。
- (9) 電液は比重1.10のとき-7.5℃で氷結し、比重1.20では-27℃で氷結する。寒冷地においては常に充電状態において比重を上昇しておく必要がある。
- (10) 電池室温度は35℃以下であるように努め、電液温度は50℃以上に上昇せしめないこと。
- (11) 補液には純粹の蒸溜水を使用すること。

3 電撃防止に対する安全守則一般

事故の起きた後でその原因を調べてみると、ほとんど定まつたようにほんのわずかの注意で未然に防止できたであろうという結論になる。しかしすでに起つた事故はもう取返しはできないのである。常に安全守則を守つて事故を未然に防止しなければならない。

いつも次の事項を念頭においておく。

- (1) 電撃は常に無警告で起る。
- (2) 急ぐと警戒心を減じ事故のもとになる。
- (3) 注意深く時間的余裕を持つことは、結局時間の節約となる。
- (4) 運にまかせることは事故のもとである。
- (5) 定期検査を怠つて、不良のままの機器を使用するな。
- (6) 安全守則は常に危険から身を守り故障から機器を守る。
- (7) 通常 35V 以下では電撃は受けないが、油断は禁物である。
- (8) 緊急止むを得ない場合を除き活線業は行なうな。
- (9) スイッチを切り正確な測定器具で確認するまでは、いかなる回路も通電中であると心得よ。
- (10) 故意に電撃を受けるようなことをしてはならない。
 - (11) 絶縁物を過信してはいけない。
絶縁物は外見上安全に見えても電撃を受けることがある。
 - (12) 導電部（露出した導体部）には 30 cm 以内に近よるな。
艦の動揺により身体のバランスを失つて接触するということは常に考えられることである。
 - (13) 配電盤裏側入口ドアは常に施錠しておくこと。
 - (14) 電気装置に物を置いたり、つるしたりするな。
 - (15) 許可なく仮配線するな。
仮配線とは、乗員が勝手に市販の電気器具等を購入して艦内において勝手に仮配線して使用することをいう。

2 電流が人体におよぼす影響

(1) 電撃は電圧の高低よりもむしろ人体内流過電流の大小（および流過時間の長短）にあることを銘記すべきである。

電流が人体におよぼす影響はおよそ次のとおりである。

1 ~ 5	mA	……	唯感ずる程度
7 ~ 8	mA	……	相当痛みを感じる
10 ~ 15	mA	……	
30	mA	……	筋肉の収縮が烈しく被害者は自ら回路からはなれることが不可能
50	mA	……	
100	mA	……	致命的

ただし、上記の値は体質、健康状態等により異なり、また、ごく短い時間であれば相当大きな電流が流れた場合でも助かる場合がある。

(2) 人体の電気抵抗

ア 体内抵抗

内部組織の抵抗はほぼ一定

従つて平均 700 オーム位と考へて差支えない。

イ 接触抵抗

皮ふの乾湿、接触の程度によつて異なる。

手と導体間……

足と大地間……

ただし、汗をかいている場合は上記の……

水にぬれている場合……

4 回路の接地による事故

特に接地された回路を除き、電気回路の接地による事故は防止しなければならない。

5 導線生死の試験法

すべての電気回路は死線であることを確認するまでは、生きているものとして取扱う。

回路を試験するには

(1) 電圧計、テスター、テストランプを用いる。

(2) 最初に活線テスト

(3) 次に調査すべき回路（死線）をテスト

(4) 最後に活線テスト

これは試験計器が良態であることを確認することにもなる。

6 移動電線

電撃事故の多くは移動電線によるものが多い。

移動電線の選択及びその保守については特に注意しなければならない。適当な長さ、必要な電流を通する足る、太さを有するものでなければならない。継ぎ合わせた電線は極めて危険であり、緊急止むを得ない場合の外は使用してはならない。

電線の長さの標準は

の3種ある。作業現場に適した長さのものを選んで使用すること。

HP『海軍砲術学校』公開資料

7 ヒューズの交換

分電箱等のヒューズは安全装置であるので使命を活かして使用することが大切である。

通電中の回路において除去又は交換ができるのは10A以下である。それ以上のヒューズは一旦電源を切つてから行なう。

ヒューズの交換、除去にあつては絶縁体で作つたヒューズ抜きを使用する。ただし、艦内通信装置、砲戦配電盤等に使用されているプラグ型ヒューズ保持器に装備されているヒューズはこの限りでない。

8 スイッチの操作

(1) スイッチの操作は右手で迅速に行なえ。

従来は片手で行なえと指導していたが、たとえ左利きの者でも右手で行なうようにすることになった。(同時に2ヶ以上に触れなければならない場合を除く)

スイッチを操作する前に次の事項を確かめよ。

ア そのスイッチからの電気回路は、通電しても差支えないか。

イ その回路で誰も作業をやつていないか。回転機械の近くには人がいないか。もしいた場合は通電することを知らせたか。

ウ その回路の保護装置(ヒューズ ブレーカー等)の作動は完全か。

(2) スイッチが正しい位置に操作されたかを確認せよ。

(3) 防水になつているスイッチの場合、外箱貫通部の摩擦のため操作が完全に行なわれず接触不良になる場合がある。従つて定期的に検査を実施する必要がある。

9 回路の遮断と下げ札

回路を遮断して、作業中、他の者がスイッチを入れる場合も起り得る。この危険を防止するため前もつて下げ札を用意して、そのスイッチに下げ注意を喚起する。作業終了後は必ず取外しておく。

(2) 消火法

電気火災は、電気火災からその他の火災へ移行していない初期の場合であれば、電源を切れればまず鎮火する。

ア 炭酸ガス消火器は、電気火災に使用する最良の消火剤である。

イ 通電中の火災に直接海水を使用すると電撃を受け、消火員はきわめて危険である。

真水の場合でもその程度がやや低いだけで危険は同じである。

これらの消火剤は通電中の回路付近に使用する場合は電撃に対して充分の注意を要する。

ウ 消火で電気機器に海水を使用すると、真水さらには炭酸ガス消火器を使用した場合よりも復旧が困難になる。

大きな火災になつて、真水さらに海水を使用しなくては消火不能となつた場合は別とずて、なるべく電気機器には炭酸ガスを使用する。

12 その他

(1) カバーの閉鎖

コンセントの覆

無電池電話 ジャックボックス

(2) 電気機械のアース

移動灯のアース線

(3) コンデンサーの放電

(4) 電気機器にアルコールの使用禁止

(5) 揮発性液体使用時の注意

(6) 引火性洗淨液の使用禁止

(7) 爆発性ガスの存在区画の回路の切斷 他の区画で行なう。

HP『海軍砲術学校』公開資料

10 活線作業

止むを得ず回路を断にすることができないまま、電氣的修理又は整備を行なう場合は、最大の安全措置を講じておかなければならない。

- (1) 作業現場は十分な照明を準備する。
 - (2) 作業員は腕時計、くさり等金属品及びだぶだぶの衣服は着用しない。
 - (3) 衣服及び靴はよく乾燥したものを着用する。
 - (4) 作業員はゴムマット、乾燥した木材等の上で船体から絶縁する。
周囲の機器、構造物で作業員が接触のおそれのあるものは、絶縁物で覆っておく。
 - (5) 作業用金属工具は実用に差支えない程度にゴムテープで絶縁する。
 - (6) 実行しうる限り作業部分と生きた部分との間に絶縁物を入れること。
 - (7) できるだけ片手を使う。
 - (8) ゴム手袋は工具を持つていない方へはめるが両手にはめても作業ができる場合は両手にゴム手袋をはめよ。
 - (9) 非常の場合、直ちに電源が切れるようスイッチに配員し、要すれば電話員をつけておく。
- Ⓚ 電撃に対する応急処置のできる者を即応の態勢にしておけ。

活線作業は、必ず 〆 の許可を得、必ず熟練した監督者のもとに危険をよく認識した者が行なわなければならない。

11 電気火災

(1) 発生時の処置

ア 直ちに電源を切れ

ただし、送電を停止したために生ずる混乱、重要機器停止による保安上、戦闘上の艦の危険が火災の害よりはるかに大きいような、きわめて緊急の場合を除く。

イ 通風を停止する。

火災区画付近の通風は停止する。

ウ CO₂ 消火器で消火せよ。

エ CO₂ を多量に使用した場合は、人体の危険に注意する。

(8) 計器用変圧器。変流器 C.T

(9) 移動用ホース（電気掃除器。空気圧縮器）

00 港内電話

(1) 配電盤の清掃

(2) 電気機器付近の整理

13 安全対策の研究

各自が関係している電気装置に適用する安全守則をよく研究し、その装置特有の危険を防止するにはいかなる措置が必要かを常普断から研究しておく必要がある。

また電気安全守則の根本は、まず取扱者はいうまでもなく全乗員の注意と各種保護装置の完備であることを銘記しておかなければならない。

第2節 電気機器整備法

1 一般

(1) 保存整備の目的

電気機器が良好に作動するためには

- ア 回路の接続が正しいこと。
- イ 接触部が荒れておらず、接触は完全で接触抵抗の少ないこと。
- ウ 可動部の作動は良好で設計通りの作動を行なうこと。
- エ 絶縁が良好で、清潔で、乾燥しており、かつ抵抗値は大きいこと。

これらの条件が満たされ、常に機器が使用し得る状態にあることを確かめることである。

艦艇の電気装置は、その装備箇所、温度、湿度、通風、振動、衝撃の度合が陸上と異なり、保守整備上さわめて不利な点を銘記すべきである。

(2) 清掃と点検期間

艦艇電気装置の点検期間、点検箇所は水上艦船保存整備実施標準(電機部の部)(原動機に関しては 機関の部)によつて行なう。

- 日 施 運転中の発電機のスリップリング
- 週 間 休止中の発電機のスリップリング、比重計測
- 月 間 絶縁測定
- 3ヶ月 作動試験、通話試験
- 6ヶ月 ボルト、ナットのゆるみ、防水装置の状況
- 1ケ年 軸受摩耗の程度 予備品員数検査

行動、訓練、その他で変更する場合は次の事項を考慮して決定する。

- ア 新設の機械は機能が満足にいく状態を確かめるまで注意を特に深くしなければならない。
- イ 古い機器は使用期間の短いものよりもひんばんに清掃点検の必要がある。点検、清掃をよく行なうことは、分解修理に要する時間を節約することになる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

イ 作業中の注意

- (ア) 作業に関係のない雑談をするな。
- (イ) 重量物の場合はワイヤの玉掛けに注意
- (ウ) グリースには異物が入らないようにする。
- (エ) ボルト、ナット等はきちんとし、紛失しないようにする。
- (オ) 誤結線

ウ 作業終了後の注意

- (ア) 据付状況の良否の確認
 - (イ) 接地線
 - (ウ) 絶縁抵抗
 - (エ) 保護装置の確認
 - (オ) 試運転実施良態を確認する。
- 給油の状況、軸受、各部の温度上昇、電流の値を測定記録する。

2 水分、湿気に対する保護

- (1) 上甲板等にある電気機器は波浪を被つても内部に水分の浸入しないような構造である。手入等のため開扉した場合は、じ後の蓋の締付け等には特に注意し、防水の状態を保つようにしなければならない。
- (2) 絶縁物が湿気を吸収すると絶縁抵抗が低下し、ついには絶縁破壊の原因となる。平常機器の内部には水滴、油類等溜らないよう点検を行なうべきである。

発電機にはスペースヒーターが設けてあるので絶縁物を乾燥状態に保つためには運転休止中適宜使用する。

スペースヒーターを持たないもの

- ア 一時的に機械の内部に電球を取りつけて代用とする。
- イ この場合、電球は絶縁物に接してはならない。
- ウ 使用する電球のワ数は大体重量1トンにつき100W
- エ 要は周囲温度より2～6℃高くすれば目的を達す。

HP『海軍砲術学校』公開資料

ウ 振動の特に大なる箇所（舵取機室、ディーゼルエンジン付近等）に装備してある電気機器はねじ等のゆるみにつき常に注意して点検を行なうこと。

(3) 記録の報告

ア 整備記録は点検の価値を増大するものである。

イ 劣化の状態、修理作業等の記録は事故の原因をより深く調査して行く上に必要である。

ウ 記録に基づいてなされる報告は、将来の事故の原因を除き信頼性を増すべく設計、応用、操作方法等の変更をなす上の基礎となるものである。

エ 記録に記注する事項の一例

ケ 空隙、出力、入力

ク 回転数、その他の計測、試験結果

コ 作業実施上何か困難を感じたこと。

カ 事故あるいは機器を復旧するのに用いた方法

キ グリース、注油の日時

ク 艦内、造船所等で機器に手をかけた事項

オ 事故が発生したなら直ちに上司に報告せよ。

報告には事故の発生時、発生中、発生後に観察した事項、復旧の手段要する時間等を詳細に述べねばならない。

(4) 作業前後の注意

ア 作業前の注意

ケ 取扱説明書をよく読むこと。

ク 服 装

コ 工具の点検

カ 安全対策

キ 注意札

オ 直流器の場合において、分巻界磁に定格電流の50%程度の電流を通す方法もある。

3 絶縁物の清掃

絶縁物を清潔に保つことは、いくら強調しても強調し過ぎることではない。艦内のはこりや、異物（炭素、銅、雲母、鉄等の細粉）は通風孔を塞いで放熱に対する抵抗を増し、部分的あるいは全般的過熱を引き起す原因になる。

これらが導電性、吸湿性のものであれば短絡、接地の事故の原因となる。場合によつては絶縁破壊することもあるので機器の内外部は、常に清潔に保たなければならない。

清掃の方法としては

(1) きれいなかわいた布でふきとる法
清掃すべき面に接近しやすい場合
ボロ布は使用しないこと。

(2) 圧縮空気で吹き飛ばす方法

手が届かない場合は有効である。

ア 圧縮空気中の水分、油分に注意

イ 吹き出管は必ず絶縁性のものを使用する。

ウ 圧力は 3.5 kg/cm^2 以下のもの

エ 排気用電動機を併用するとなお有効である。

(3) 電気掃じ器による方法

最も有効であり、他の機器に悪影響を与えない。

(4) 溶剤による方法

溶剤の使用は絶縁物に対しては極力避けるべきである。

固着したほこり、グリース、油等是有効である。

溶剤の種類があるが艦内で通常使用されるのは四鉛化炭素であるが、い
くぶん腐蝕性を有するので使用後は完全に乾燥させないと絶縁を害するお

HP『海軍砲術学校』公開資料

それがある。

(5) 水で洗い去る方法

どろ水等にさらされた機器には有効である。

水圧 1.7 kg/cm^2 位で行なう。

温湯に浸す場合は温度 90°C 以下の湯を使用しないと絶縁物を害するおそれがある。

2～3回で大体良態になる。

水を使用した場合は必ず表面の湿気は布で除くべきである。また絶縁物が水分を吸収しない内にすみやかに乾燥すべきである。

乾燥法としては

蒸気熱、強制熱風、赤外線ランプ、電熱器等によるほか、非常の場合は炭火でもできる。この場合は一酸化炭素に注意する。また巻線に弱い電流を通して乾燥する法もあるが、内部の熱が容易に発散しにくい欠点がある。

4 電線の整備

- (1) 電線整備の目的は絶縁抵抗値を高く保つことである。このため電線は常に乾燥状態に保持し、機械的衝撃から保護しなければならない。
- (2) 電線の絶縁測定は、できるだけひんぱんに行なう方がよい。少なくとも3ヶ月に1回は必ず実施する。
- (3) 電線の絶縁抵抗の低下は、通常電線端相互間あるいは端子と鎧装間の絶縁が悪くなつておこる。
- (4) 電線端未処理が適当に行なわれていても、長期間使用すると湿気が電線内部に浸入するが、これは大体線端より数メートル程度であり、通電によつて除くことができる。
- (5) 電線は機械的衝撃を強く与えると絶縁物が損傷し、絶縁低下の原因となる。
- (6) 電線は非常の際、一時的に接続する場合を除き機器の中間で接続してはならない。

- (8) できれば各種計器の校正を行なう。
- (9) ヒューズの容量は正しいものが入っているか、接触は良好か。

7 塗 装

電気機器のペイントは人為的に落すことは極力さげなければならない。

- (1) 電気機器の表面を工具等でひつかくと絶縁を破壊する。
- (2) 導体部分は傷つきやすい。
- (3) ペイントのくずは絶縁を害する成分を含む。

止むを得ずペイントを落す必要があるときは次の事項に注意する。

- ア 電気機器にカバーをする。
- イ 作業終了後は十分清掃する。
- ウ 真空掃じが最も有効である。

電気装置の再塗粧は防銹の目的のみ行ない、必要な箇所のみ限定する。

8 予備保管上の注意事項

- (1) 清潔で乾燥した場所を選ぶ。
- (2) 温度変化の少ないところ
- (3) つや出しをしてあるものは油を塗り発銹を防止する。
- (4) 予備品の記録は大切に保管する。

◎ 9 絶縁抵抗

(1) 絶縁抵抗の測定

定期的に測定実施する。

これは清掃、乾燥、分解修理等の時期決定の目安になる。

絶縁抵抗試験器(メガー)を使用する。

測定はなるべく同一条件のもとで実施する。

抵抗は温度によつて変化する。

銅線の抵抗は10～100℃間においては一般に次のような式で表わすことができる。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

- (7) 事故等で止むを得ず中間で接続をした場合はできるだけ早い時機に完全なものに新替する。または接続箱で設けその内部で接続する。

5 回転機器の整備

整備の要点

- (1) 絶縁物を清潔に乾燥状態に保つ。
- (2) 電氣的縮付部の縮付を十分に行なう。
- (3) 機器の作動を良好に保つ。

機器の寿命を永く保ち、最良の状態を保持するためには、系統的点検、試験、調整、清掃、修理が必要である。装備箇所によつては十分な整備実施不可能な部分もあるが、必要に応じさらに点検、試験を行なわなければならない。

6 配電盤、制御装置の整備

配電盤は艦艇電気装置の中樞できわめて重要な部分であるが、常時通電中であり、長時間電源を止めて点検することはなかなか困難である。

配電盤の各部の電氣的縮付、機械的縮付が不良になると電気機器の作動不良を招くばかりでなく、重大な危険を生ずる原因となる。

縮付けはかんたんに手直しができるが、これを発見するのは完全な点検が必要である。

従つて少なくとも1年に1回は通電を断として綿密に点検、清掃、修理を行なわなければならない。

- (1) 電氣的縮付の良否
- (2) 機械的部分の作動の良否
- (3) 工具等が配電盤の内部に残されていないか。
- (4) 母線支持装置が衝撃等により各極間が接触又は接地のおそれはないか。
- (5) 制御回路の電線の状態を調べ必要あらば取替える。
- (6) 絶縁距離が十分あるように清掃し異物等は取除く。
- (7) 抵抗器、界磁調整器の熱放散の妨げになるものはないか。抵抗器の破損しているものはないか。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

$$R_t = R_{t_0} \{ 1 + \alpha (t - t_0) \}$$

R_t = $t^\circ\text{C}$ における抵抗

R_{t_0} = $t_0^\circ\text{C}$ における抵抗

α = 温度係数。標準軟銅線 (Q 00393) 20°C

(2) 電線の絶縁抵抗

電線の絶縁抵抗を測定する場合、電動機等が接続されたままで測定するとその分を含んで現われるので遮断器、スイッチ等で機器を切りはなして測定する。(しかし全艦内の電路についてはなかなか困難である)

電線の絶縁抵抗は長さ、温度によつて変化する。

$$R = P \frac{l}{S}$$

l = 長さ

S = 断面積

P = 固有抵抗

銅 $1.69 \times 10^{-8} \Omega m$

艦艇においては最低 $1 M\Omega$ 以上としている。

($100 V$ 未満の回路のみ $\frac{1}{2} M\Omega$ 以上)

(3) 回転機の絶縁

回転機の絶縁抵抗は、機器の構造、温度、手入の状況、使用年月、巻線の状態により変る。

大型、低電圧の機器の巻線は一般に絶縁抵抗は小さい。界磁巻線は電機子巻線より大きく同一条件であれば直流機は交流機より小さい。これは整流子の有無が大きな原因である。測定については引出線を外して端子と船体間を測定するが、引出線の取外困難なものについては起動器内で測定しても良い。

絶縁低下は絶縁物の劣化を意味し、また手入の不十分も考えられるので定期的に絶縁測定を行なうことは故障を未然に防止することにもなる。

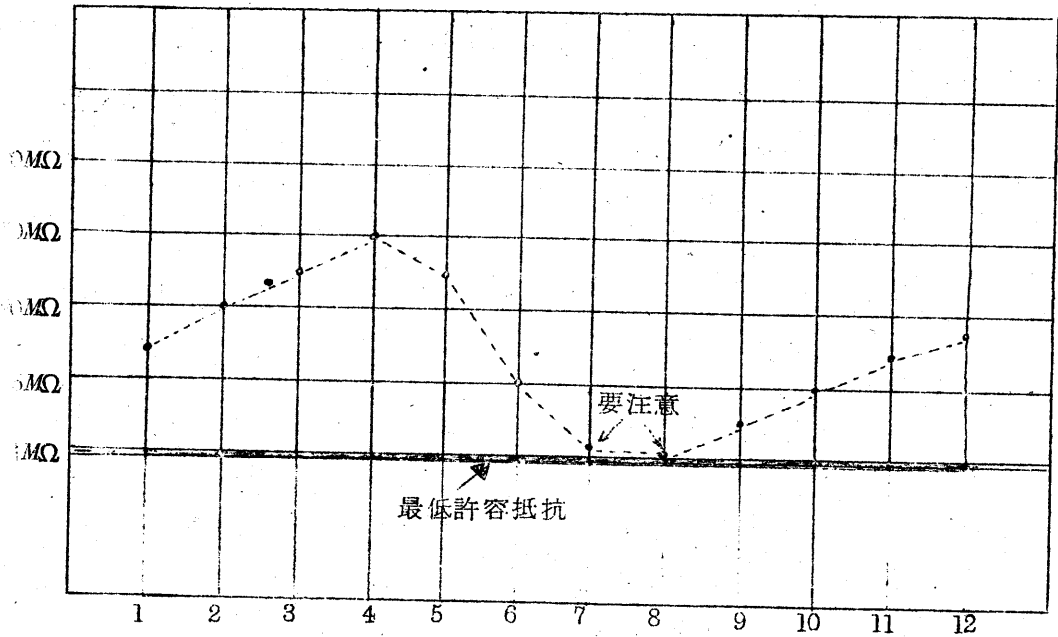
(4) 記録の整理

測定結果は各回路、各機器ごとにグラフにして一目でわかるように整理しておく。

HP『海軍砲術学校』公開資料

グラフ記入一例

機名	第1居住区排気電動機		
装備箇所	第1居住区右舷		
電圧 V	電流 A	球軸受番号	6205 Z 6205 Z



→月

第 89 図

絶縁抵抗値を明確に何 MΩと指示することはなかなか困難である。従つて最低許容以下は必ず故障し、これ以上は絶対安全とは言い切れない。要は普通の整備と取扱にかかっている。一応の参考として次の表を示した。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

交流発電機及び電動機

回路	絶縁抵抗 ($M\Omega$ 25℃に於て)		
	吸湿時	艦内にて乾燥後	陸上工場にて手入れ後
電機子+界磁巻線	0.1	0.5	1
電機子巻線のみ	0.2	1.0	2
電機子を除いた回路*	0.2	1.0	2
分巻界磁のみ	0.5	1.25	2.5

* ブランを引上げ電機子を除いて測定する。従つて分巻界磁を含む。

交流発電機及び電動機

回路	絶縁抵抗 ($M\Omega$ 25℃に於て)		
	吸湿時	艦内にて乾燥後	陸上工場にて手入れ後
固定子巻線	0.2	1	2
巻線型の場合回転子巻線	0.1	0.5	1
発電機の界磁巻線	0.4	2	4

HP『海軍砲術学校』公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>