

最近の船用発電機および電動機

Recent Marine Generators and Motors

山本正雄* 平岩良夫* 立石貞夫* 橋本勲一**

内容梗概

船用補機の電気方式としては直流方式と交流方式とあり、甲板補機を多数有する貨物船は直流方式、そのほかの油槽船などは交流方式が採用されてきたが、最近では交流発電機の自動電圧調整や、甲板補機の交流化などに対する研究が急速に行われてきた。

また絶縁材料の進歩にともない、B種絶縁またはF種絶縁の採用により小型軽量の研究が進んでいる。交流発電機の単機容量もますます増大し、小型とするため回転数が高くなりつつある。自動電圧調整器は磁気増幅器を使用した無接点式のものが採用され、電圧変動の少ない速応性の高い制御を行うことができる。

交流電動機では二重籠形誘導電動機の進歩と、極数変換の応用により、効率のよい信頼度の高い速度調整を行うことができるようになった。

直流発電機では電圧変動率が小さく、並列運転のとき、不平衡電流の少ないものができるようになり、直流電動機でも種々特殊構造の電動機が新しく開発されている。

なお防衛庁艦艇用発電機、電動機の製作が開始され、耐衝撃、耐振動のため、特殊の鋳鉄、特殊の軽合金が使用されている。

〔I〕 緒 言

最近の造船界は未曾有の活況を呈しているが、船価の低減性能の向上のため発電機、電動機とも種々改良された点が多いので、最近における船用発電機および電動機の諸問題を述べ御参考に供したい。

〔II〕 概 況

船用補機の電気方式としては、直流方式と交流方式とがある。一般に甲板補機を多数有する貨物船は直流方式、甲板補機を有しない油槽船は交流方式を採用しているが、最近では甲板補機、交流化に対する研究が進み、貨物船にも交流方式が採用されるようになってきた。またディーゼル機関の発達にともない超大型油槽船をのぞいてはディーゼル船に移りつつあり、電動機の種類台数も増してきた。

最近の輸出超大型油槽船では電源用発電機容量も大きく800 kVA 1,800 rpm程度のものが製作されている。

交流発電機は負荷の誘導電動機を起動する場合、力率の悪い、大きな電流が流れて電圧が変動するが速応性の高い磁気増幅器による自動電圧調整方式を採用することによりきわめて短時間で電圧を回復させることができるようになった。

交流電動機はもつとも構造堅牢で安価な、籠形誘導電動機が主に用いられボイラ強圧通風機、循環水ポンプ、燃料油ポンプ、主機回転など速度を調整する必要がある場合は極数変換をなす2段速度または3段速度電動機が用いられる。大型籠形電動機には、単巻変圧器により起

動時電圧を低減させるコンドルファー方式がおもに用いられる。

揚貨機、揚錨機など甲板機械に対する誘導電動機の応用が進み、2段3段、または4段の極数変換巻線型電動機がもつとも適するものと考えられる。

直流発電機は最近はすべて閉鎖型で、整流子の点検に便利なよう有機ガラスをもつ点検用カバーが設けられている。

直流発電機を2台以上並列運転する場合、定電圧特性がよいほど、不平衡となる傾向があるが、発電機の工作精度を上げることと、特殊接続により定電圧でしかも不平衡の少ない並列運転を行うことが可能となってきた。

直流115 V、230 Vの2種の電圧を発生する方式が最近AB規格船に多く採用されるようになり3線式発電機が用いられている。

補機の交流化が進んできたので、その仕様統一の見地より直流電動機の回転数を交流電動機の60～回転数に合わせるようになってきた。これにともない標準枠番を制定し、外形寸法の標準化をはかっている。

送風機用として75 HP、3,500 rpmの高速度電動機がボールベアリング軸受で、小型軽量に製作され、整流各部温度上昇などきわめて優秀な特性を有するものが製作されている。

電動機、発電機の温度上昇限度は第1表のごとく、各種規格により規定されているが、最近では二重ガラス巻線、ガラステープ、などの発達により完全なB種絶縁を行つて小型軽量化をはかるとともに、耐熱、耐湿特性をいちぢるしく向上させている。一方、A種絶縁もビニールホルマール線を用い一層耐熱、耐湿特性がよくなっている。

防衛庁艦艇用発電機、電動機は、すべて防衛庁規格に

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所亀戸工場

より設計製作され、普通鋳鉄は耐衝撃のため一切用いず、ダクタイル鋳鉄など球状黒鉛鋳鉄を使用している。外被型式は下半部水密構造であることが特長である。

〔III〕 交流発電機

(1) 構造と通風方式

タービン駆動のものは200ないし800 kVAで1,200または1,800 rpm、ディーゼル駆動のものは100ないし400 kVAで450ないし720 rpmですべて凸極型回転子である。凸極型回転子自体の有する大きな通風効果を利用して第1図のごとく両側より吸気し、界磁巻線、電機子鉄心、電機子巻線を冷却して固定子外周へ排気するのがもつとも有効な通風方式で、第2図にタービン交流発電機の外観を示す。

固定子枠は鋼板溶接製で軽量にして堅牢で、上部に防水型端子箱を設けている。

回転子は鍛鋼製の継鉄に強大な鳩尾で磁極を取付け、楔により固定してあり、4極1,800 rpmのものは継鉄と軸とは1体構造にしてある。軸受は大部分ペDESTAL型で、高速度のものは強制給油方式、低速度のものはオイルリング給油方式で、油止め装置として、ラビリンスパッキング、空気室などを設け、特に発電機内側の油止め装置は嚴重にしてある。

集電環は塩分により錆びやすいので青銅または不銹鋼が使用される。刷子の材質は滑動面荒損現象の重要な要素となるもので、GH-125のごときピッチコークス系の黒鉛刷子がすぐれている。金属黒鉛刷子では電解作用による滑動面の荒損現象が起る場合がある。

励磁機の直結方式は一般に回転子は発電機軸にオーバーハングし、固定子は共通台床に取付けられる。

特に寸法制限のあるものは第3図のごとく発電機の上に乗せ、ベルトにて駆動することがある。

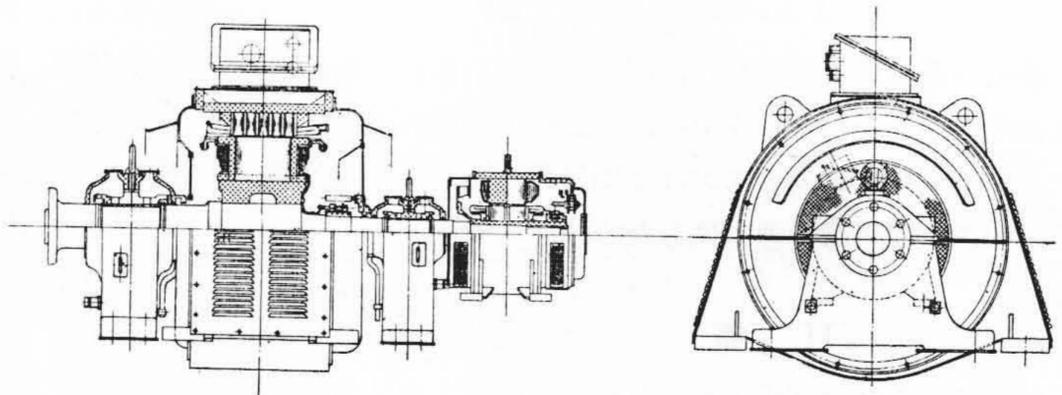
(2) タービン発電機の回転数

回転数の高い程、タービン、発電機とも小型軽量になる。ただし2極3,600 rpmとなると円筒形回転子とするため、全長寸法が大となり、必ずしも有利ではなく、保守上からも不利の点が多いので一般には、4極1,800 rpmと6極1,200 rpmのものが用いられている。

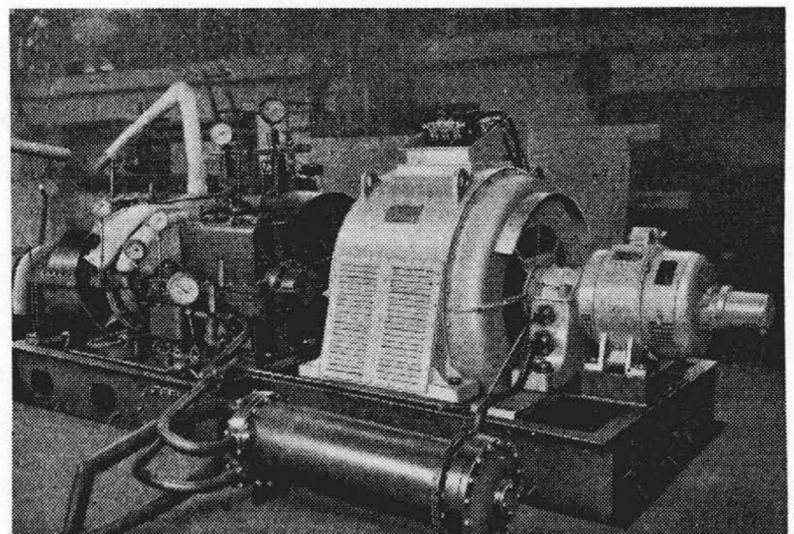
第1表 船用回転電気機械の温度上昇限度
Table 1. Temperature Rise Limit of D.C., A.C. Machine Service

規格 定格 絶縁種別 機械の部分	AB, NK				LR	
	連 続		過 負 荷※		連 続	
	A	B	A	B	A	B
鉄 心						
電 機 子 巻 線	40	60	55	75	35	45
界 磁 巻 線						
単層露出界磁巻線	50	70	65	85	45	60
整流子および集電環	55	75	65	85	45	60
軸 受※	30 35	35 40				
周 囲 温 度	50				45	

注 (1) 上表は直流・交流の発電機および電動機に適用する(全閉型については省略してある)
(2) 上表の温度は温度計法による値を示す
(3) ※ 過負荷は発電機のみ適用する
(4) ※ 軸受温度は NK 30/35 AB 35/40



第1図 船用交流発電機構造図
Fig. 1. Construction of Marine A.C. Generator



第2図 650 kVA タービン直結交流発電機
Fig. 2. 650 kVA Turbo A.C. Generator

800 kVA に例をとり、4極1,800 rpmにしたときと6極1,200 rpmにした場合の比較をして見ると第2表のごとくなる。いずれの要素に重点をおくかにより、適当な rpm を選択すべきである。

(3) 電圧変動率と自動電圧調整方式

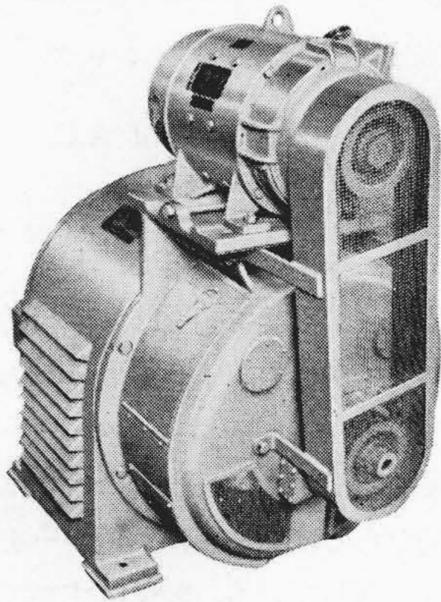
交流発電機の電圧は急速に負荷を遮断した場合や、籠

第2表 タービン発電機比較表
Table 2. Comparison of Marine Turbo Generator

	1,200 rpm	1,800 rpm
発電機全長	2,022 mm	2,182 mm
発電機全幅	1,550 mm	1,450 mm
発電機重量	4,300 kg	4,150 kg
発電機効率	94.6%	95.0%
励磁機出力	6 kW	6 kW
回転子構造	普通	複雑
回転子軸材質	鍛鋼	特殊鋼
騒音	90 フオン	100 フオン
運転保守	比較的易	比較的難

第3表 船用交流発電機定数表
Table 3. Constant of Marine A.C. Generator

機械の種類	X'_d	T'_{d0}	R
2極タービン発電機	10~20%	1~4秒	2~3
4極タービン発電機	15~25%	1~4秒	2~3
ディーゼル発電機	20~30%	1~4秒	1~2

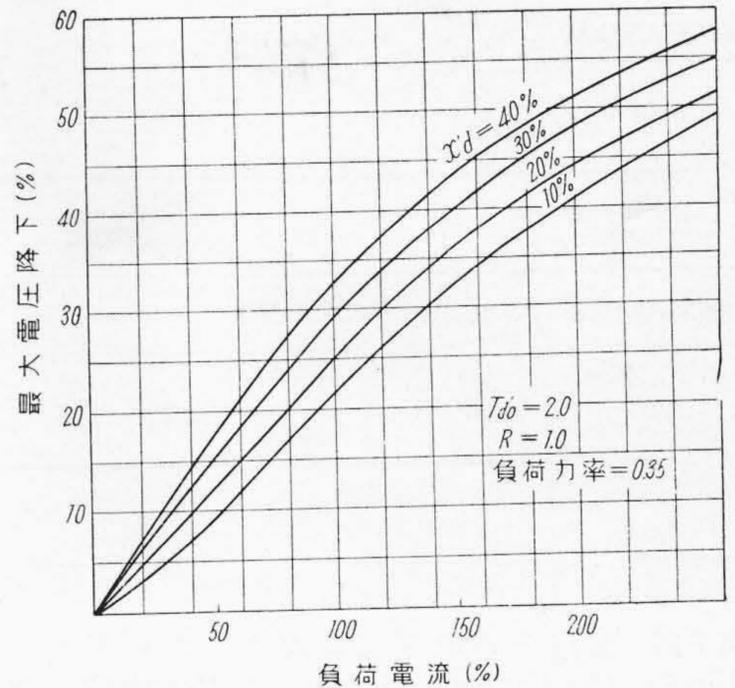


第3図 100 kVA
ディーゼル交流
発電機
Fig. 3. 100 kVA
Diesel Engine
A.C. Generator

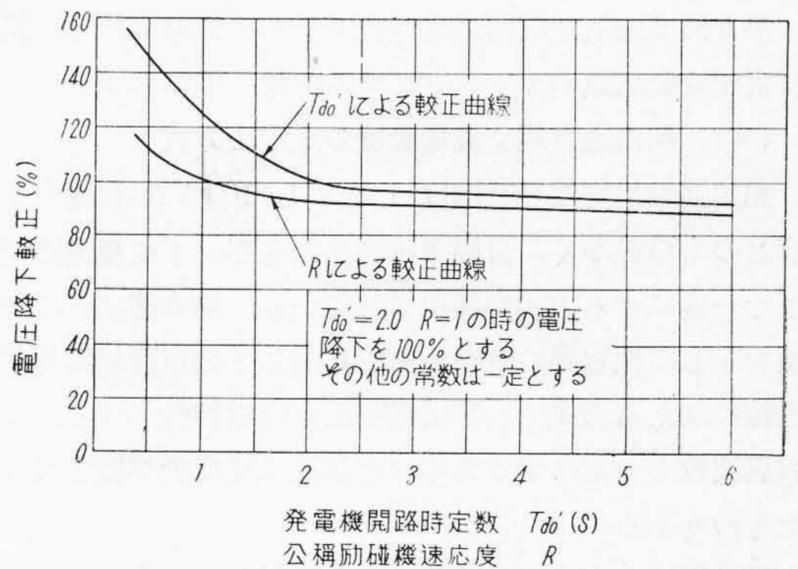
形電動機などを起動する場合には、瞬間的に変動する。この瞬時電圧変動率は発電機の直軸過渡リアクタンス X'_d 、界磁時定着 T'_{d0} 、励磁機公称速度 R ならびに負荷の電流および力率によつて定まるもので急速に負荷をかけた場合の負荷の大きさと最大電圧降下の関係を示したものが第4図で $T'_{d0}=2$ 秒、 $R=1.0$ 、負荷力率=0.35とし発電機直軸過渡リアクタンス X'_d を10, 20, 30, 40%とした場合の負荷電流%と最大電圧降下%との関係を示すものである。

一般に船用発電機の定数は第3表に示すときのもので $X'_d=25\%$ 、 $T'_{d0}=2$ 秒、 $R=1.0$ の機械にて、急速に負荷をかけた場合、最大電圧降下を20%に抑えるための負荷は約75%までであるということである。

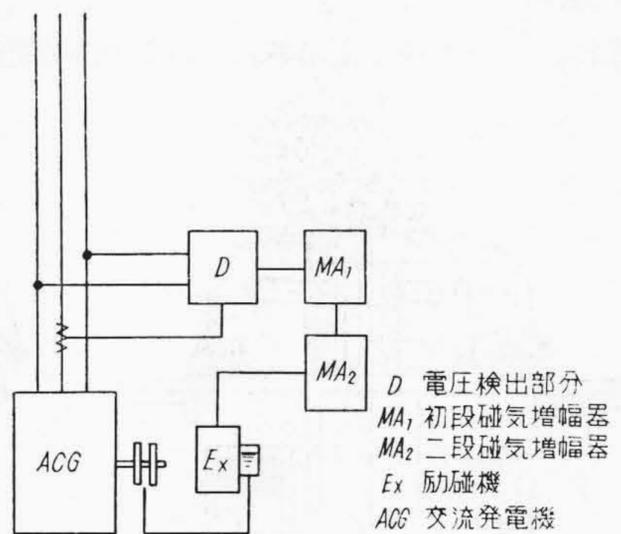
第5図は T'_{d0} 、 R が変つた場合の校正曲線である。励磁機速度 R は、自動電圧調整器と組合せた励磁機電圧



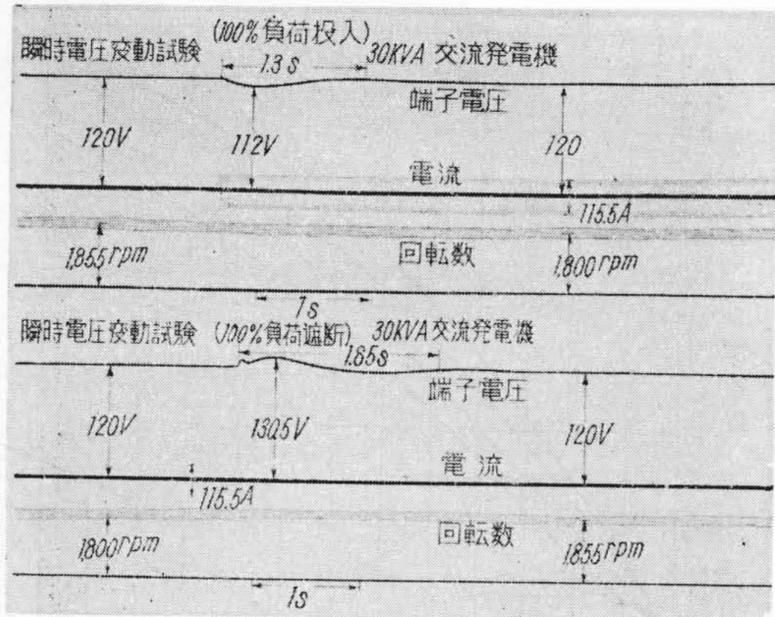
第4図 交流発電機最大電圧降下曲線
Fig. 4. Maximum Voltage Drop of A.C. Generator



第5図 電圧降下校正曲線
Fig. 5. Connection Curve of Voltage Drop



第6図 磁気増幅器型自動電圧調整器概略
結線図
Fig. 6. Skeleton Diagram of Magnetic
Amlifier Type AVR



第7図 交流発電機電圧変動オシログラム
 Fig. 7. Oscillogram of Voltage Regulation of A.C. Generator

の上昇度を示すものであるから励磁機自身の時定数を短くすると同時に速応度の高い自動電圧調整器を用いる必要がある。

第6図は磁気増幅器自動電圧調整器の概略の結線で瞬時電圧変動試験のオシログラムを第7図に示す。

(4) 船内通信用交流電動機の定電圧方式

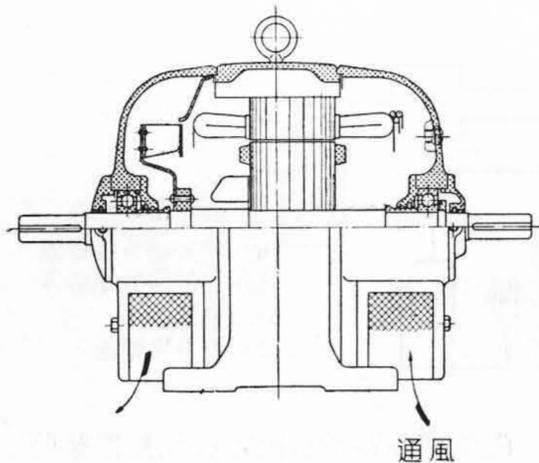
船用通信用交流発電機は1ないし10kVA程度の小容量のものが多く、自動電圧調整器を用いずに発電機電圧を一定にする方式が採用されている。第8図はその一例を示し、発電機の負荷電流を整流して発電機補助界磁巻線に加える方式で、発電機電圧を複巻特性にする。なお周波数を一定にするため、電動機に速度調整器を設けたものもある。

第9図は本方式にて負荷を急に遮断したときのオシログラムで電圧変動は瞬時15%整定1%に収まっている。

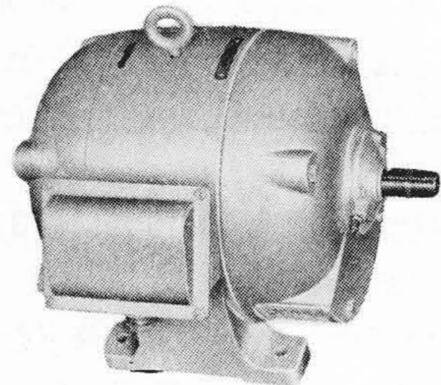
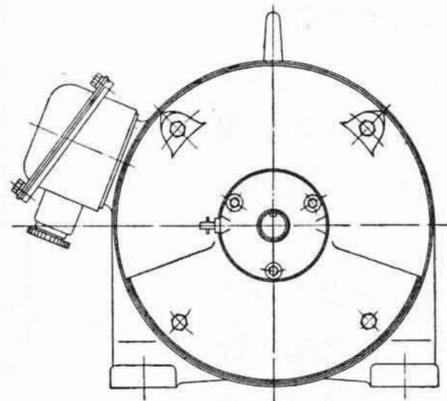
[IV] 交流電動機

(1) 構造

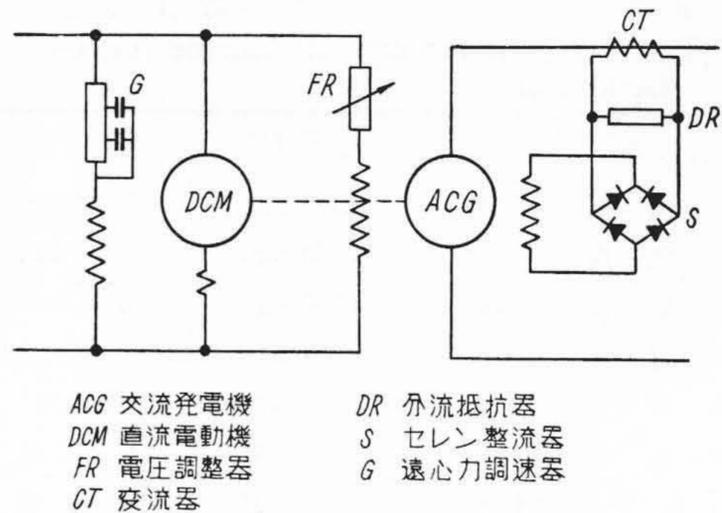
第10図はもつとも多く使用されている防滴型電動機の



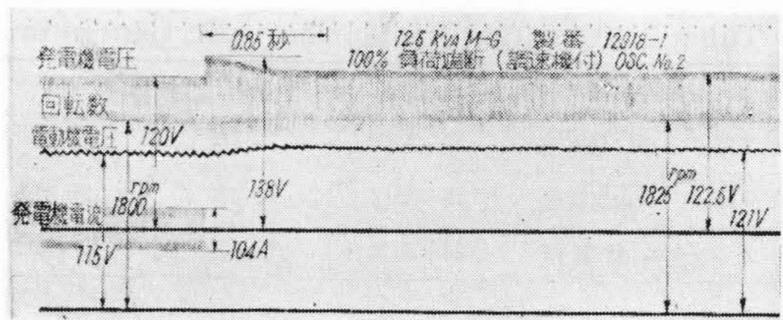
第10図 船用誘導電動機構造図
 Fig. 10. Construction of Marine Induction Motor



第11図 船用誘導電動機
 Fig. 11. Marine Induction Motor



第8図 通信用交流発電機概略結線図
 Fig. 8. Skeleton Diagram of A.C. Generator for Communication



第9図 通信用交流発電機電圧変動オシログラム

Fig. 9. Voltage Variation Curve of A.C. Generator for Communication

構造断面図であり、第11図にその外観を示す。

固定子枠は鋳鉄または鋼板熔接製で完全な防滴構造とし、艙装上便利な位置に水密構造の端子箱が取り付けられる。

回転子は、すべて2重籠形回転子で、小型のものはアルミダイキャストを大型のものは銅または黄銅パーを使用し、いずれも耐蝕塗装を施している。軸受はすべて転り軸受を採用し、小型ではボールベアリングを、大型では負荷側にローラベアリングを使用し、堅型にはアンギュラーコンタクトボールベアリングを使用する場合は

最近の船用発電機および電動機

第4表 VEFO-KK三相誘導電動機枠番適用表
Table 4. Ratings of VEFO-KK 3-Phase Induction Motors

AB, NK規格 220V 440V 60~ 周囲温度50°C

定格回 轉数 HP	3,600	1,800	1,200	900	720
1/2	2027	2027	2530	2536	3037
1	2530	2530	2536	3037	3040
2	2536	2536	3037	3040	3544
3	3037	3037	3040	3544	3547
5	3040	3040	3544	3547	4053
7.5	3544	3544	3547	4053	5059
10	3547	3547	4053	5059	5066
15	4053	4053	5059	5066	5569
20		5059	5066	5569	5576
25		5066	5569	5576	6671
30		5066	5569	6671	6682
40		5569	5576	6678	6682
50		5576	6678	6682	8085
60		6671	6682	6682	90105
75		6678	6682	8085	90105

第5表 EFUO-KK三相誘導電動機枠番適用表
Table 5. Ratings of EFUO-KK 3-Phase Induction Motors

AB, NK規格 220V 440V 60~ 周囲温度50°C

定格回 轉数 HP	3,600	1,800	1,200	900	720
1/2	1113	1113	1214	1318	1516
1	1214	1214	1318	1516	1520
2	1318	1318	1516	1520	1720
3	1516	1516	1520	1720	1724
5	1520	1520	1720	1724	2024
7.5	1720	1720	1724	2032	2437
10	1724	1724	2024	2437	2437
15	2024	2024	2437	2437	2749
20	2032	2032	2437	2749	2754
25	2437	2437	2749	2754	3154
30	2437	2437	2749	3154	3460
40	2749	2749	2754	3164	3465
50	2754	2754	3154	3460	3860
60	3154	3154	3164	3465	4165
75	3164	3164	3460	3860	4165

第6表 VEFO型K(KK)式日立船用籠形三相誘導電動機(直結またはギヤー掛)寸法表
Table 6. Dimensions of Type VEFO Form K, KK Hitachi Marine Induction Motors (Direct Coupling or Gear Drive) For 220/440 V, 60~ (NK, AB Rule Amb. Temp. 50°C)

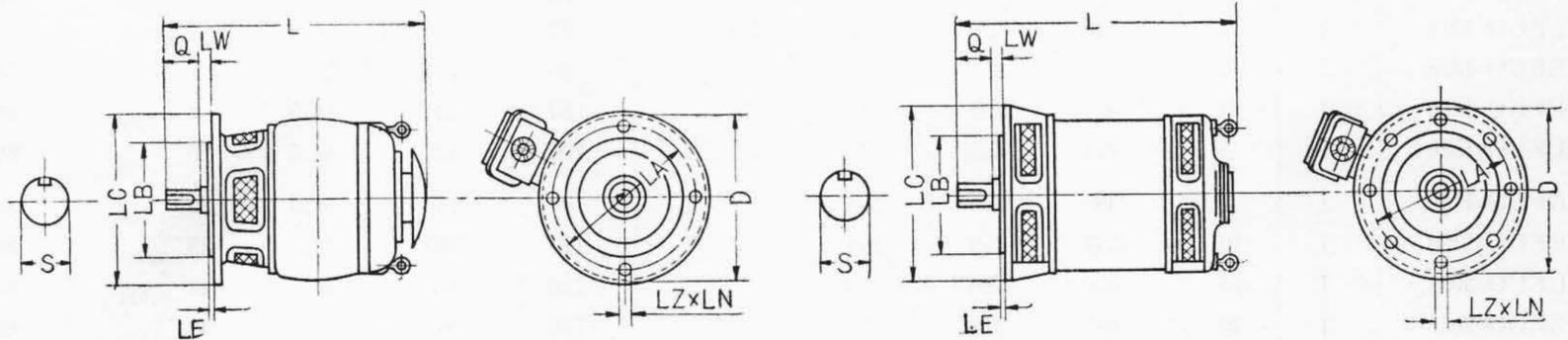


図1

図2

220/440V, 60~用 (NK規格およびAB規格, 周囲温度50°C)

枠番	図番	寸法 (mm)										
		LA	LB	LC	LE	LW	LZ	LN	D	L	S	Q
MVEFO-2027	1	165	130	200	3.5	8	11.5	4	210	323	18 ⁰ _{-0.015}	40
MVEFO-2530	1	215	180	250	4	8	14.5	4	232	353	18 ⁰ _{-0.015}	40
MVEFO-2536	1	215	180	250	4	8	14.5	4	260	418	22 ⁰ _{-0.018}	50
MVEFO-3037	1	265	230	300	4	8	14.5	4	292	438	28 ⁰ _{-0.018}	60
MVEFO-3040	1	265	230	300	4	8	14.5	4	292	468	28 ⁰ _{-0.018}	60
MVEFO-3544	1	300	250	350	5	8	18	4	338	533	35 ⁰ _{-0.021}	80
MVEFO-3547	1	300	250	350	5	8	18	4	338	563	35 ⁰ _{-0.021}	80
MVEFO-4053	1	350	300	400	5	8	18	4	380	628	42 ⁰ _{-0.021}	90
MVEFO-5059	2	450	400	500	5	8	18	8	460	710	42 ⁰ _{-0.021}	90
MVEFO-5066	2	450	400	500	5	8	18	8	460	795	48 ⁰ _{-0.021}	105
MVEFO-5569	2	500	450	550	5	8	18	8	530	810	55 ⁰ _{-0.025}	90
MVEFO-5576	2	500	450	550	5	8	18	8	530	880	55 ⁰ _{-0.025}	90
MVEFO-6671	2	600	550	660	6	10	21	8	590	845	55 ⁰ _{-0.025}	90
MVEFO-6678	2	600	550	660	6	10	21	8	590	930	65 ⁰ _{-0.025}	105
MVEFO-6682	2	740	680	800	6	10	21	8	650	971	65 ⁰ _{-0.025}	105
MVEFO-8085	2	740	680	800	6	10	21	8	720	1,025	75 ⁰ _{-0.025}	120
MVEFO-90105	2	840	780	900	6	10	24.5	8	800	1,230	75 ⁰ _{-0.025}	120

ある。

軸受部分は分解手入れに便利な構造とし、グリースの補給はグリースガンを使用できるようにプレッシャーニップルを取付けてある。

巻線は特に耐湿性大で空間的効率のよいポリビニール

ホルマール線を使用し、耐湿性、耐熱性のよいワニスで絶縁処理しさらに耐湿防カビの特殊ワニスで吹付仕上げを行つている。

標準枠番および寸法は第4表および第5表に、寸法は第6表および第7表に示している。

第7表 EFUO型K(KK)式日立船用籠形三相誘導電動機(直結)寸法表
 Table 7. Dimensions of Type EFUO Form K, KK Hitachi Marine Induction Motors (Direct Coupling) For 220/440 V, 60~ (NK, AB Rule Amb. Temp. 50°C)

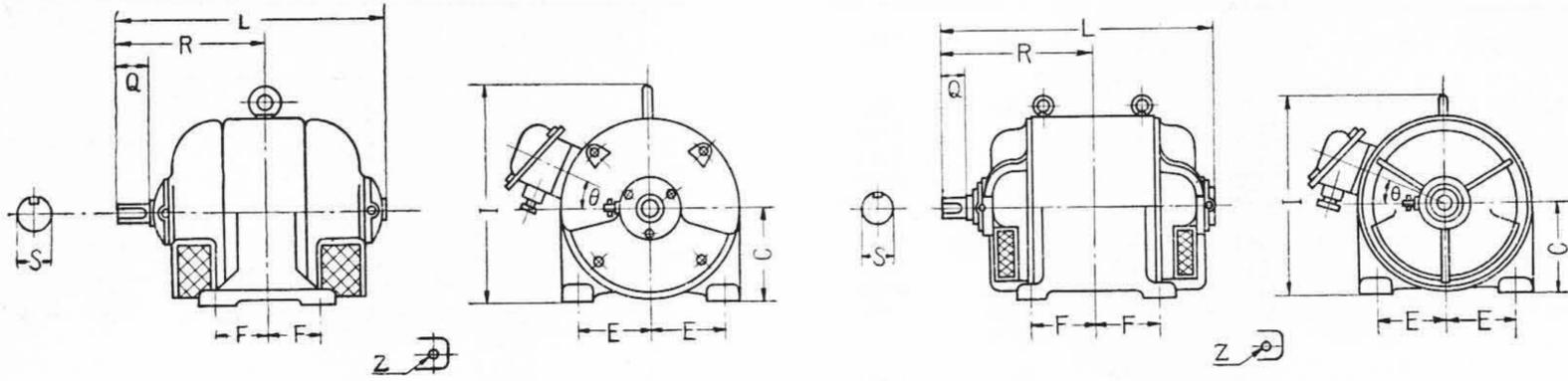


図1

図2

220/440 V, 60~用 (NK 規格および AB 規格, 周囲温度 50°C)

(2 極 専用)

枠番	図番	馬力 (HP)	寸法 (mm)								
			L	R	I	C	F	E	Z	S	Q
MEFUE-1113	1	1/2	310	175	262	110 ⁻⁰ _{-0.5}	65	90	11.5	18 ⁻⁰ _{-0.015}	40
MEFUE-1214	1	1	340	190	282	120 ⁻⁰ _{-0.5}	70	95	11.5	18 ⁻⁰ _{-0.015}	40
MEFUE-1318	1	2	390	220	302	130 ⁻⁰ _{-0.5}	90	105	11.5	22 ⁻⁰ _{-0.018}	50
MEFUE-1516	1	3	411	235	342	150 ⁻⁰ _{-0.5}	80	120	14.5	28 ⁻⁰ _{-0.018}	60
MEFUE-1520	1	5	451	255	342	150 ⁻⁰ _{-0.5}	100	120	14.5	28 ⁻⁰ _{-0.018}	60
MEFUE-1720	1	7.5	498	290	394	170 ⁻⁰ _{-0.5}	100	140	14.5	35 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-1724	1	10	533	310	394	170 ⁻⁰ _{-0.5}	120	140	14.5	35 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2024	1	15	575	330	459	200 ⁻⁰ _{-0.5}	120	160	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2032	1	20	655	370	459	200 ⁻⁰ _{-0.5}	160	160	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2437B	1	25, 30	720	405	539	240 ⁻⁰ _{-0.5}	185	185	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2749B	2	40	830	460	604	270 ⁻⁰ _{-1.0}	245	215	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2754B	2	50	930	510	604	270 ⁻⁰ _{-1.0}	270	215	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-3154B	2	60	960	525	679	310 ⁻⁰ _{-1.0}	270	245	18	48 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-3164B	2	75	1,060	575	681	310 ⁻⁰ _{-1.0}	320	245	18	48 ⁻⁰ _{-0.021}	80

220/440 V, 60~用 (NK 規格または AB 規格, 周囲温度 50°C)

(4 極 以上)

枠番	図番	馬力 (HP)	寸法 (mm)								
			L	R	I	C	F	E	Z	S	Q
MEFUE-1113	1	1/2	310	175	262	110 ⁻⁰ _{-0.5}	65	90	11.5	18 ⁻⁰ _{-0.015}	40
MEFUE-1214	1	1	340	190	282	120 ⁻⁰ _{-0.5}	70	95	11.5	18 ⁻⁰ _{-0.015}	40
MEFUE-1318	1	2	390	220	302	130 ⁻⁰ _{-0.5}	90	105	11.5	22 ⁻⁰ _{-0.018}	50
MEFUE-1516	1	3	411	235	342	150 ⁻⁰ _{-0.5}	80	120	14.5	28 ⁻⁰ _{-0.018}	60
MEFUE-1520	1	5	451	255	342	150 ⁻⁰ _{-0.5}	100	120	14.5	28 ⁻⁰ _{-0.018}	60
MEFUE-1720	1	7.5	498	290	394	170 ⁻⁰ _{-0.5}	100	140	14.5	35 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-1724	1	10	533	310	394	170 ⁻⁰ _{-0.5}	120	140	14.5	35 ⁻⁰ _{-0.021}	80
MEFUE-2024	1	15	585	340	459	200 ⁻⁰ _{-0.5}	120	160	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	90
MEFUE-2032	1	20	665	380	459	200 ⁻⁰ _{-0.5}	160	160	18	42 ⁻⁰ _{-0.021}	90
MEFUE-2437	1	25, 30	745	430	539	240 ⁻⁰ _{-0.5}	185	185	18	48 ⁻⁰ _{-0.021}	105
MEFUE-2749	2	40	840	470	604	270 ⁻⁰ _{-1.0}	245	215	18	55 ⁻⁰ _{-0.025}	90
MEFUE-2754	2	50	940	520	604	270 ⁻⁰ _{-1.0}	270	215	18	55 ⁻⁰ _{-0.025}	90
MEFUE-3154	2	60	970	535	679	310 ⁻⁰ _{-1.0}	270	245	18	55 ⁻⁰ _{-0.025}	90
MEFUE-3164	2	75	1,085	600	681	310 ⁻⁰ _{-1.0}	320	245	18	65 ⁻⁰ _{-0.025}	105
MEFUE-3460	2	100	1,035	580	741	340 ⁻⁰ _{-1.0}	300	275	21	65 ⁻⁰ _{-0.025}	105
MEFUE-3465	2	125	1,135	630	741	340 ⁻⁰ _{-1.0}	325	275	21	65 ⁻⁰ _{-0.025}	105
MEFUE-3860	2	150	1,100	615	835	380 ⁻⁰ _{-1.0}	300	300	21	75 ⁻⁰ _{-0.025}	120
MEFUE-3865	2	175	1,200	665	835	380 ⁻⁰ _{-1.0}	325	300	21	75 ⁻⁰ _{-0.025}	120
MEFUE-4165	2	200	1,200	670	895	410 ⁻⁰ _{-1.0}	325	330	21	75 ⁻⁰ _{-0.025}	120

(2) 籠形電動機の起動

送風機用のごとく高速度でかつ、慣性の大きい負荷を起動する場合、回転子バーの構造に注意を払わないと、バーが断線する場合がある。起動中回転子バーに発生する損失は、負荷の摩擦損失のほか損失がないものとする。起動トルクの大小は起動時間に関係するのみで、回転子発生損失量には関係しない。

特殊籠形の場合には、これだけの損失がバーの上部に集中して生じるので、上下が一体である構造では内部に熱応力を発生する。さらに短絡リングは熱膨脹と遠心力とにより外側に伸びるためバーに曲げ応力を生じ、この応力が起動のたびに繰り返される。日立特殊籠形回転子のバーは第12図に示すように、上部バーと下部バーに各々独立した短絡リングを設け、起動時に膨脹する上部バーは自由に伸びうる構造になっている。また上部バーの温度上昇を低くするために、比抵抗の高い断面積の大きく、熱容量の大きいものを用いている。

(3) 極数変換とその応用

極数変換により速度制御する場合、同一鉄心に極数の異なる独立した巻線を設けるものと、1個の巻線を接続換えにより行うものとある。前者は極数比すなわち速度比を任意にできるが後者は速度比が1:2の場合に用いられ第13図に示すごとく負荷の性質により種々の接続換えが行われる。

2組の巻線で各々を接続換えにより極数変換を行えば、4段の速度がえられる。

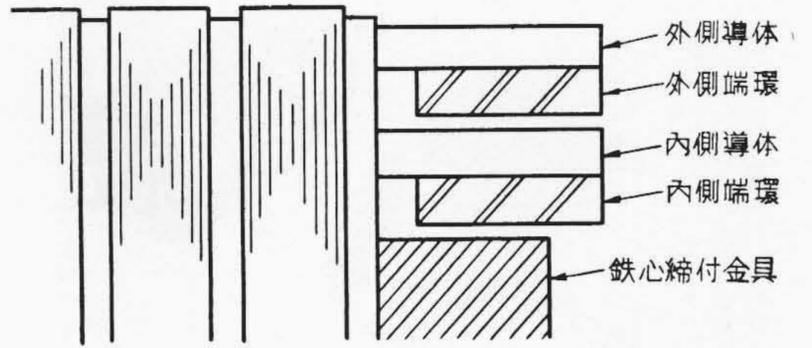
籠形電動機の極数変換は、固定子巻線のみを接続変更を行えばよいのできわめて簡単であるが、巻線型電動機の場合には、回転子巻線も接続変更を行う必要があり、集電環は2段で6個、3段で9個、4段で12個要する。

極数変換の応用例として下記のものがある。

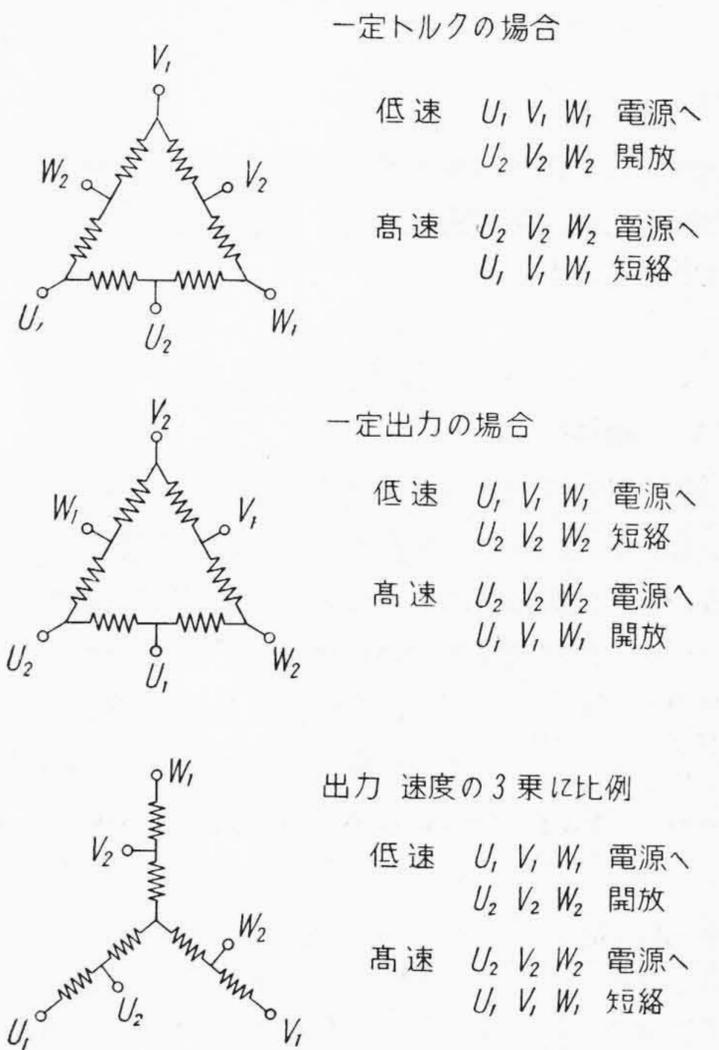
- 主機回転 $10/5$ HP, $4/8$ 極, 一定トルク, 籠形単一卷線
 - 主循環水 $130/100$ HP, $12/16$ 極, 一定出力, 籠形二重巻線
 - ボイラー押ポンプ通風機 $150/40$ HP, $4/8$ 極, 出力, 速度の3乗に比例, 籠形二重巻線
 - 揚貨機 $50/50/25/12.5$ HP, $6/12/24/48$ 極, 巻線型二重巻線
- 揚貨機のごとき一定トルク特性のもので速度比の広いものは低速の馬力は小さくなり、巻線型にする必要もないので低速 $24/48$ 極の回転子巻線は集電環を設けず巻線末端にて短絡しておくことができる。

(4) 特殊電動機

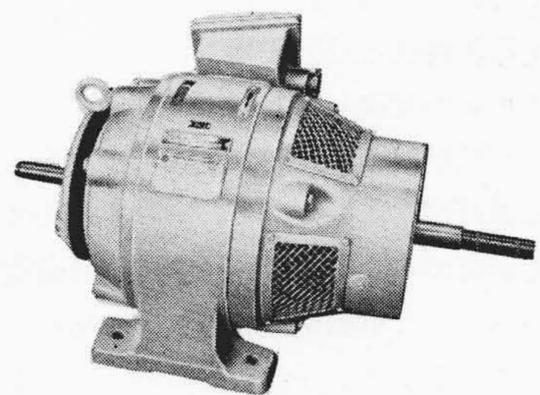
燃料油清浄機、潤滑油清浄機用などの電動機は2極3,600 rpm でベルト掛駆動で、特に円滑な起動を行うように速度トルク特性を考慮してある。第14図はこの外観である。



第12図 二重籠形回転子バー構造図
Fig. 12. Construction of Squirrel Cage Rotor Bar

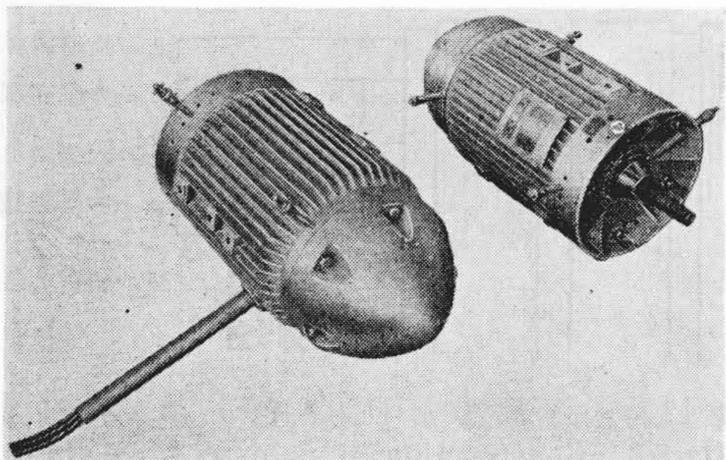


第13図 極数変換接続換え図
Fig. 13. Connection Change Diagram for Pole Change



第14図 潤滑油清浄機用誘導電動機
Fig. 14. Marine Induction Motor for Lub. Oil Purifier

機関室またはボイラ室の排気通風に電動通風機を使用している。風量の調整はダンパーによらず、電動機の回



第15図 通風機用誘導電動機
Fig. 15. Marine Induction Motor for Ventilating Fan

転速度を考えた方が経済的であるため、二段速度の籠形電動機を用い、第15図に示すごとく通風機の内部に装入される構造のものである。

〔V〕 直流発電機

(1) 構造

船舶一般電源用直流発電機は最近ではディーゼル機関駆動のものが大部分で、平復巻に近い定電圧特性のものである。構造は第16図に示すごとく閉鎖通風防滴形で整流子の点検部は有機ガラスの点検窓カバーになっている。

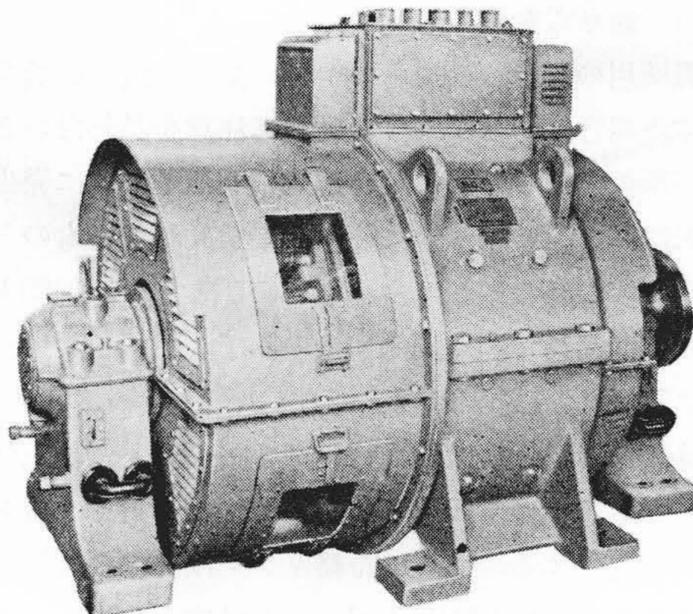
固定子、エンドカバー、軸受台などは分解に便ならしめるようすべて上下2つ割構造になっている。第17図は下半部水密構造で防沫形と称する構造のものである。

船内の配電は230Vまたは115Vの低圧であるから発電機の電流容量は大きくなるので、整流子の温度上昇が問題となる。特にロイド規格では整流子の温度上昇は電機子巻線の絶縁がA種またはB種にかかわらず40°C(周囲温度45°C)以下であるので、整流子の冷却は特に考慮し整流子表面に冷たい空気を軸方向に有効に通すようにしてある。またグリースの通る路は第18図のごとくベアリングの全周をかならず通るような構造にしてある。

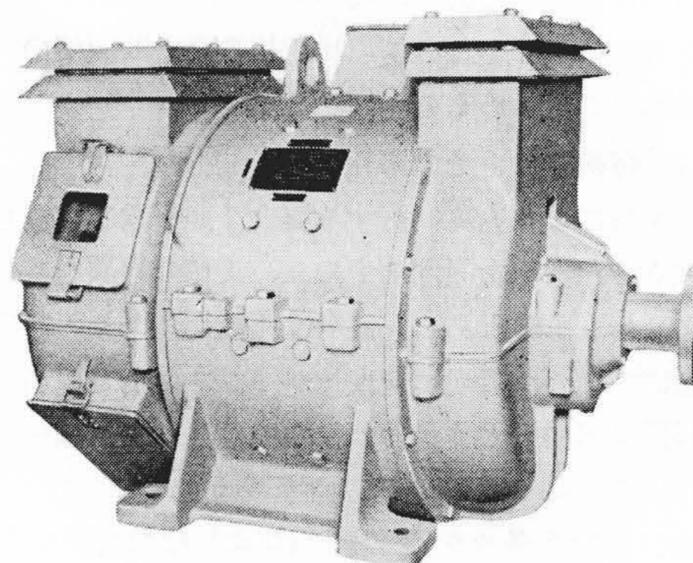
(2) 定電圧特性と並列運転

発電機の負荷が変動しても電圧を一定にすることが望ましく、また並列運転で負荷が変動した場合、両発電機が分担する負荷が常に平衡していることが必要である。この条件を満足するためには、発電機の負荷電圧特性が一致していることと原動機の各調速機の感度が同一に調整されて負荷速度特性が一致していることである。発電機の負荷電圧特性を一致させることは発電機の工作精度を上げるとともに直巻巻線の起磁力の調整と刷子の位置の調整を行つてなすことができる。

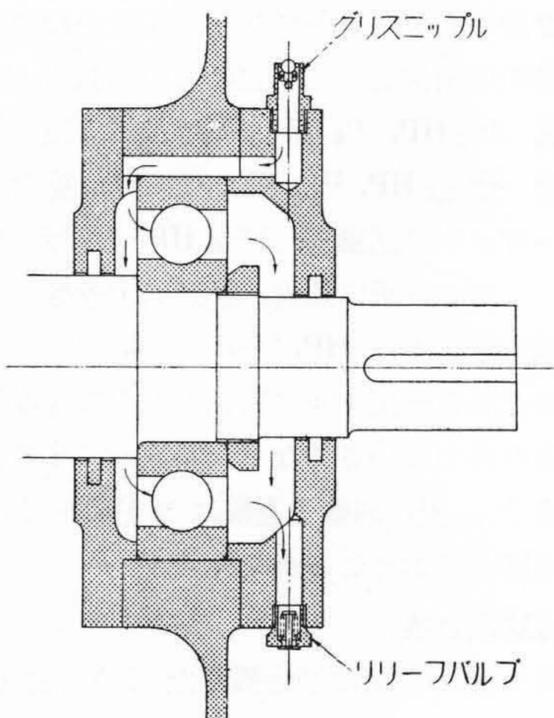
発電機の定電圧特性がよいほど、わずかの原動機の速度の変化、界磁巻線の温度の変化により並列運転が不安



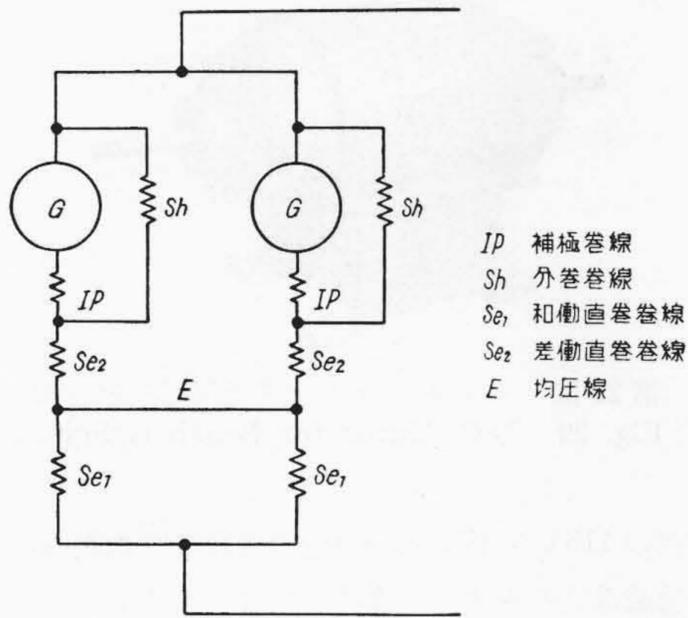
第16図 160 kW ディーゼル駆動直流発電機
Fig. 16. 160 kW Diesel Engine D.C. Generator



第17図 125 kW 直流発電機
Fig. 17. 125 kW D.C. Generator

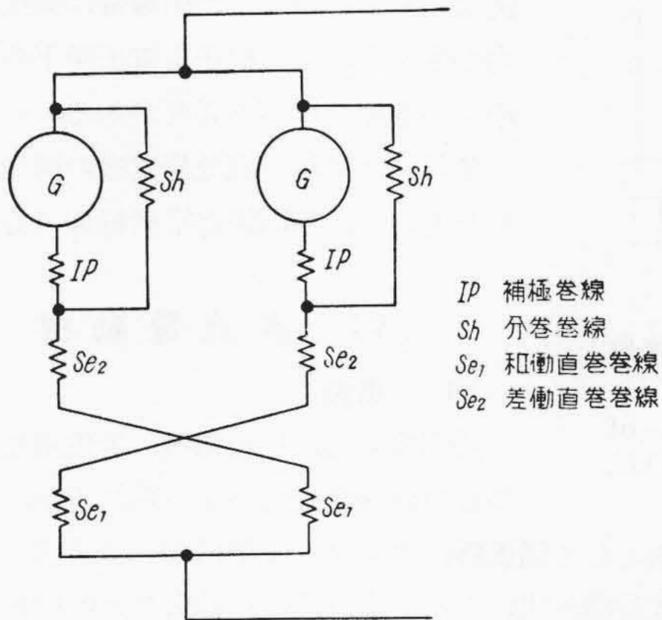


第18図 船用電動機軸受構造
Fig. 18. Construction of Bearing of Marine Motors



IP 補極巻線
 Sh 外巻巻線
 Se₁ 和働直巻巻線
 Se₂ 差働直巻巻線
 E 均圧線

第19図 直流発電機並列運転接続図
 Fig. 19. Connection Diagram of D.C. Generator Parallel Running

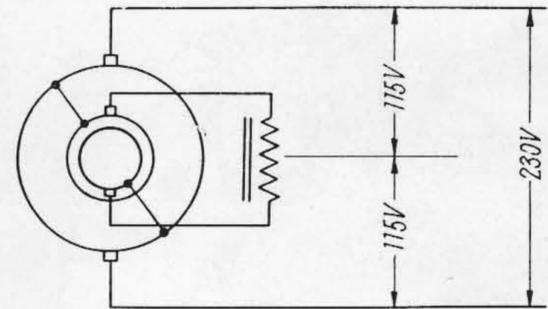


IP 補極巻線
 Sh 外巻巻線
 Se₁ 和働直巻巻線
 Se₂ 差働直巻巻線

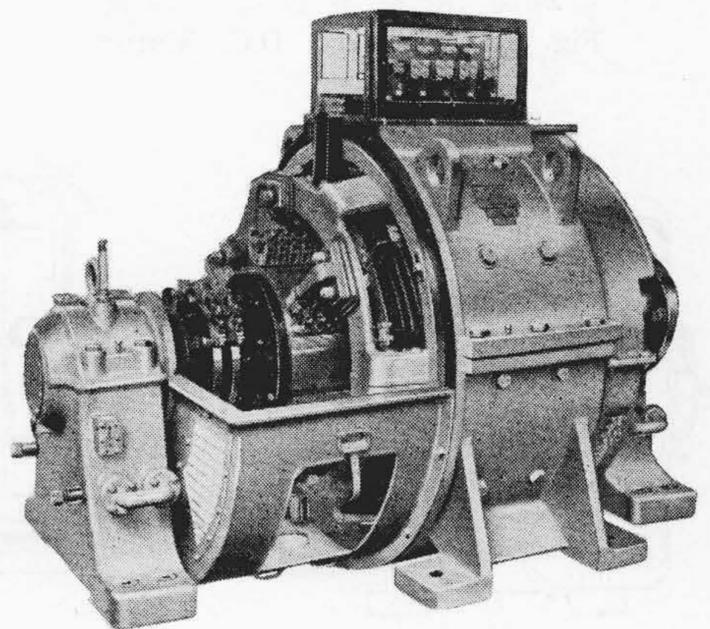
第20図 直流発電機並列運転接続図
 Fig. 20. Connection Diagram of D.C. Generator Parallel Running

定となるので、第19図に示すとき均圧線を設ける。この方法では、電機子電流と直巻電流と別のものとなり、直巻巻線電流は両発電機電流の和にて決定されるものであり、電機子電流は各発電機の電機子と補極の回路の垂下特性により決定される。したがって定電圧特性は、直巻巻線により十分調整しておいても、電機子電流はあまり不安定にならない。なお有効ならしめるため電機子補極回路に差動巻線を設ける場合もある。

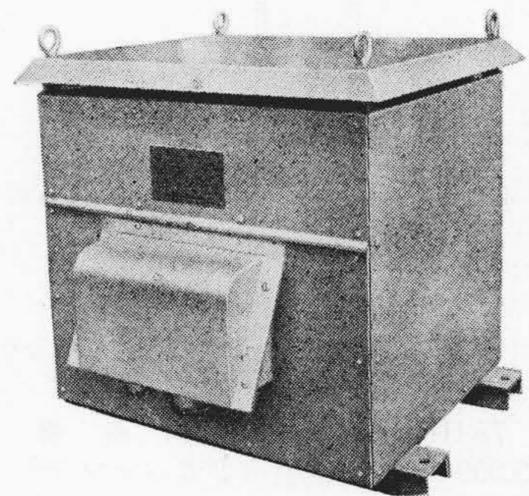
第20図は並列運転をより一層効果あらしめる方法で、直巻巻線を和動と差動と2種設け、差動巻線には自機の電機子電流を和動巻線には他機の電機子電流を流す方式で自機の電流が増すと自機の誘起電圧を下げ、他機の誘起電圧を上げ、電流を自動的に平衡ならしめるものである。



第21図 3線式直流発電機概略結線図
 Fig. 21. Skeleton Diagram of 3 Wire System D.C. Generator



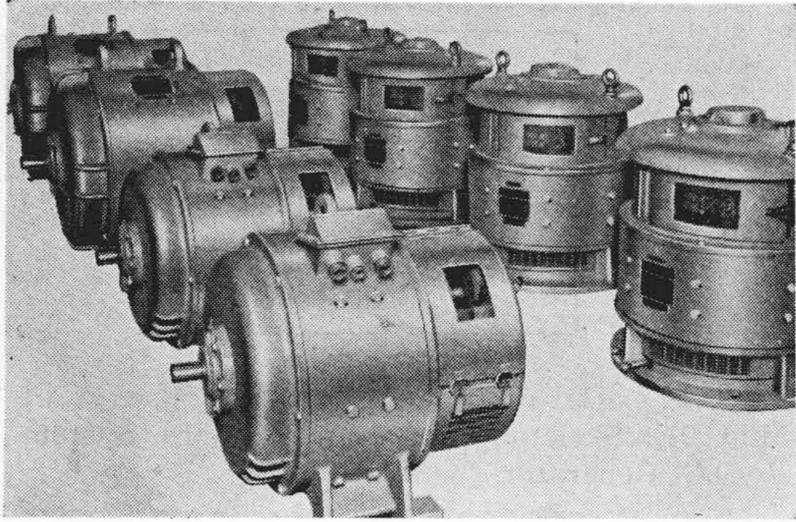
第23図 160 kW 3線式直流発電機
 (整流子側のカバーを外したところ)
 Fig. 23. 160 kW 3-Wire D.C. Generator
 (Interior View)



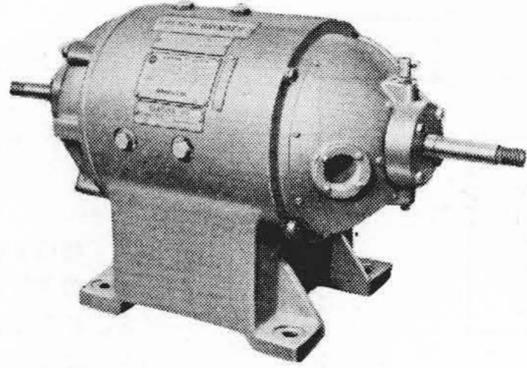
第23図 3線式直流発電機用平衡線輪
 Fig. 23. Reactor for 3-Wire D.C. Generator

(3) 3線式発電機

AB規格船では動力負荷用に230V、電灯および電熱用に115Vを給電する3線式配電方式を採用するものが多い。この方式の発電機は第21図に示すごとく普通の発電機で電機子巻線の電氣的角度180°の間隔の点を集電環に接続し、これを平衡線輪に接続して中性点を作つてある。



第24図 標準型直流電動機
Fig. 24. Standard D.C. Motor

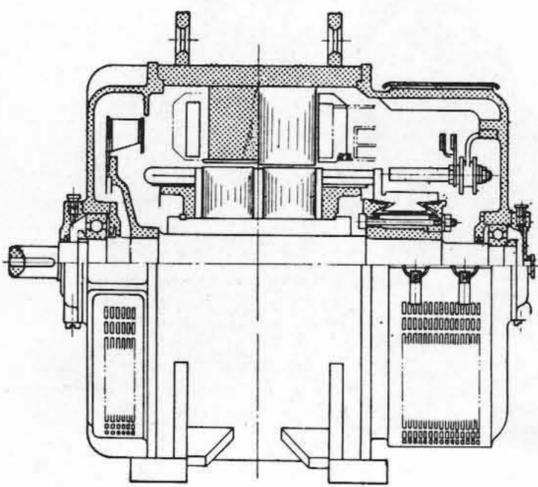


第29図 ベンチグラインダ用直流電動機
Fig. 29. D.C. Motor for Bench Grinder

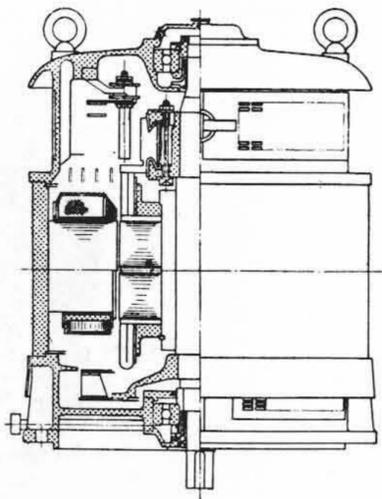
両側の115V回路が同一負荷の場合は平衡線輪には交流の励磁電流のみ流れ直流は流れない。

両側の115V回路の負荷が不平衡の場合には、平衡線輪に直流が流れ、この電流による平衡線輪の電圧降下および集電環の刷子電圧降下は両回路の電圧を不平衡ならしめるので、平衡線輪は抵抗を極力小さくし、また刷子も電圧降下の特に小さいものを用いる必要がある。

第22図は3線式直流発電機の構造を示したもので、第23図は平衡線輪である。



第25図 標準横型直流電動機構造図
Fig. 25. Construction of Standard Horizontal D.C. Motor



第26図 標準縦型直流電動機構造図
Fig. 26. Construction of Standard Vertical D.C. Motor

〔VI〕 直流電動機

(1) 構造

機関室補機、甲板補機、居住用などに多数の直流電動機が用いられるが、機関室補機として通風機、ポンプ、圧縮機などは防滴形の定速度電動機が用いられ、揚貨機、揚錨機などの甲板補機には防水形の変速度電動機が用いられる。第24図は機関室補機用標準電動機の外観で、第25図および第26図はそれぞれ横型および縦型標準電動機の内部構造断面図である。

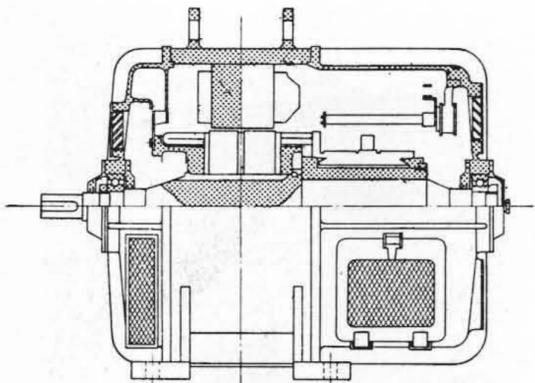
電機子巻線、界磁巻線の絶縁は特に耐熱耐湿を考慮し、軸受はすべてボールベアリングを使用し、縦型においては特に軸受油止を厳重な構造にしてある。整流子点検用カバーには横型、縦型共有機ガラスの視窓を設け点検に便ならしめてある。

(2) 高速度電動機

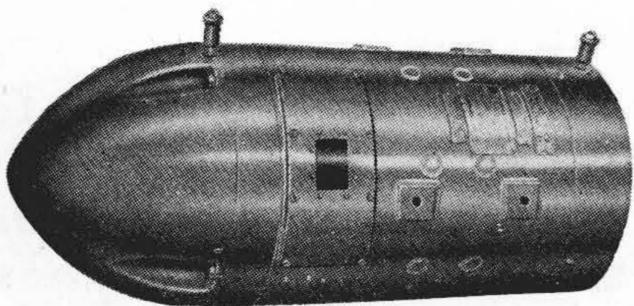
第27図は送風機用75HP 3,500rpmの高速度電動機で、軸受はボールベアリングを使用している。

最近高速ボールベアリングの発達と潤滑用グリースの進歩により、この程度の高速度電動機は、普通の構造により、ボールベアリングを採用することができる。

高速直流機でもつとも問題となるのは整流であるが、適切なる設計、整流子の厳密なる工作、刷子の材質の進歩および高速刷子保持器の研究の結果、きわめて良好な



第27図 75HP 直流電動機構造図
220V 3,500rpm 防滴型(非常ブロー用)
Fig. 27. Construction of 75HP DC. Motor for Emergency Blower
220V 3500rpm Drip-Proof Type



第28図 通風機用直流電動機
Fig. 28. D.C. Motor for Ventilating Fan

最近の船用発電機および電動機

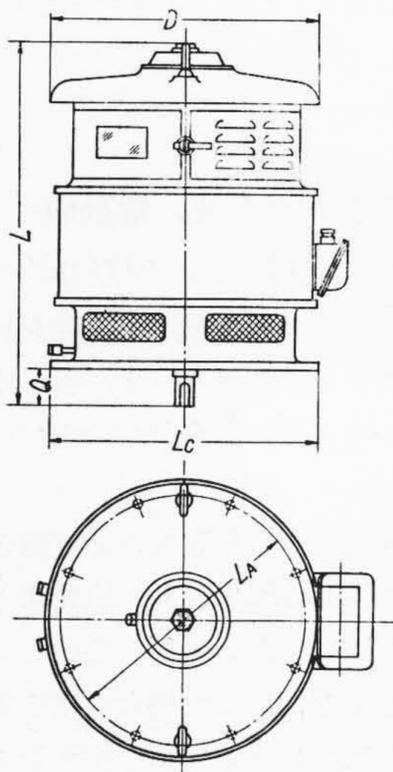
第8表 HD および HDV 枠番号適用表
 Table 8. Ratings of Type HD, HDV Standard D.C. Motor for Continuous Rating, Constant Speed, Drip-Proof Type

規格： AB, NK — 周囲温度 50°C 保護形式： 防滴型 特性： 定速度
 LR — 周囲温度 45°C 定格： 連続 電圧： 220V

定格馬力 規格	3500		1750		1150		850		700		600		500	
	ABNK	LR												
0.25	1	1	2	2	2	2	3	3						
0.5	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4				
1	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5				
2	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7				
3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8				
5	5	5	5	5	7	7	8	8	9	9				
7.5	5	5	7	7	7	7	9	9	9	9	10	10		
10	7	7	7	7	8	8	10	10	10	10	11	11		
12.5	7	7	8	8	9	9	11	11	11	11	13	13		
15	8	8	8	8	10	10	13	13	13	13	14	14		
20			9	10	11	11	13	13	14	14	14	15	16	16
25			10	10	13	13	14	14	15	15	15	16	16	17
30			10	11	13	14	14	15	16	16	16	17	17	18
35			11	11	14	14	15	16	16	17	17	18	18	19
40			11	11	14	15	16	17	17	18	18	18	19	19
45			13	13	15	15	17	17	18	19	19	19	19	20
50			13	14	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21
60			14	15	16	17	18	18	19	20	20	21	21	22
70			15	16	17	18	19	19	20	21	21	22	22	23
80			16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24
90					19	20	20	21	22	23	23	24	24	25
100					20	21	21	22	23	24	24	25	25	26

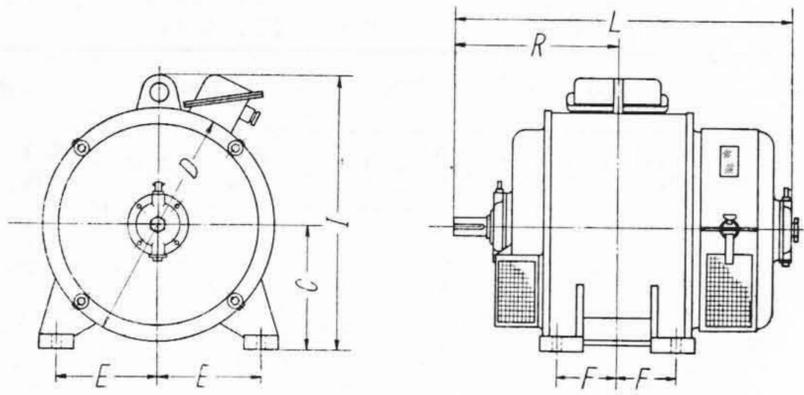
注： 本表に適合しない中間仕様の場合は回転数については低速の枠番を、又馬力については大出力の枠番を適用する。

第9表 日立 HDV型船用標準直流電動機寸法表
 Table 9. Dimensions of Hitachi HDV Type Standard Marine D.C. Motor



寸法 枠#	L	Q	D	LA	LC	寸法 枠#	L	Q	D	LA	LC
	HDV-1	383	40	165	215		250	HDV-14	965	80	565
2	443	40	195	215	250	15	880	80	625	600	660
3	473	40	240	265	300	16	1000	95	625	600	660
4	513	40	240	300	350	17	1020	95	700	740	800
5	554	50	275	400	450	18	1070	95	700	740	800
6	653	50	335	400	450	19	1120	105	700	740	800
7	653	60	335	400	450	20	1120	105	770	740	800
8	643	60	405	500	550	21	1215	110	770	740	800
9	692	60	465	500	550	22	1175	110	830	940	1000
10	733	60	465	500	550	23	1170	125	860	940	1000
11	823	70	530	500	550	24	1220	125	860	940	1000
12	883	70	530	500	550	25	1260	135	960	940	1000
13	806	70	565	600	660	26	1270	135	1050	1080	1150

第10表 日立HD型船用標準直流電動機寸法表
Table 10. Dimensions of Hitachi HD Type Standard Marine D.C. Motor



寸法 枠#	C	D	E	F	I	L	R
HD-1	95	165	75	55	217	319	162
2	105	195	95	75	242	385	193
3	130	240	105	75	295	406	202
4	150	275	125	75	330	447	199
5	180	335	150	90	390	503	238
6	180	335	150	110	390	558	268
7	220	405	170	110	485	576	255
8	240	465	195	110	535	600	269
9	240	465	195	125	555	661	290
10	280	530	225	115	625	721	311
11	280	530	225	140	625	749	341
12	280	530	225	140	625	806	341
13	300	565	240	140	645	780	353
14	300	565	240	160	680	866	378
15	340	625	270	160	730	904	395
16	340	625	270	170	730	904	420
17	370	700	300	170	835	916	422
18	370	700	300	185	835	962	440
19	370	700	300	200	835	1010	469
20	400	770	330	200	930	1015	479
21	400	770	330	215	930	1107	502
22	440	830	355	215	995	1067	512
23	450	860	365	195	1000	1070	524
24	450	860	365	210	1000	1115	539
25	500	960	410	210	1020	1160	549
26	550	1050	450	210	1130	1170	554

整流特性のものが補償巻線なしでえられた。なお本機は負荷側軸受の冷却を考慮し、特殊な通風方式を採用した。

(3) 標準仕様と標準枠番

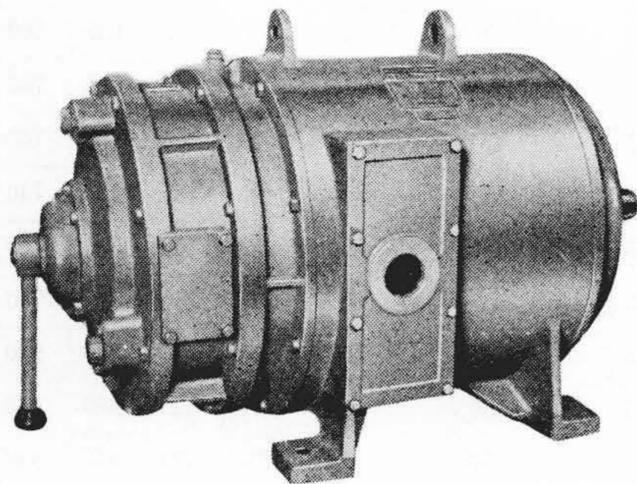
直流電動機は従来回転数は任意に選ばれていたが、最近、交流化の発達にとともに、回転数を交流電動機に合わせるようになった。

直流電動機の標準化をはかるため、標準枠番を定め、仕様により枠番を適用することが行われている。最近、防衛庁艦船用直流電動機規格が制定され外形寸法も標準化されたので、この外形寸法を一般船舶用にも採用するようになった。第9表、第10表は標準枠番表で、第8表は枠番適用表である。

(4) 特殊電動機

特殊電動機として第28図に軸流通風機用内装型電動機を示し、送風抵抗を小さくするため流線形の外形でまた完全水密構造のものである第29図にベンチグライダ用の電動機を示し全閉型で軸の両側にグランドを取付けるもので、両側のブラケットの形状を特に考慮し、工作者の使用の便をはかつてある。

甲板機械の1つとして揚錨機用電動機を第30図に示す。完全な水密構造で強力な電磁制動機と一体構造になっている。第31図は揚錨機用電動機の特長曲線を示し、無負荷で200%速度とし175%以上の負荷がかかると、自動的にストールし130%程度の電流に保つようになっている。

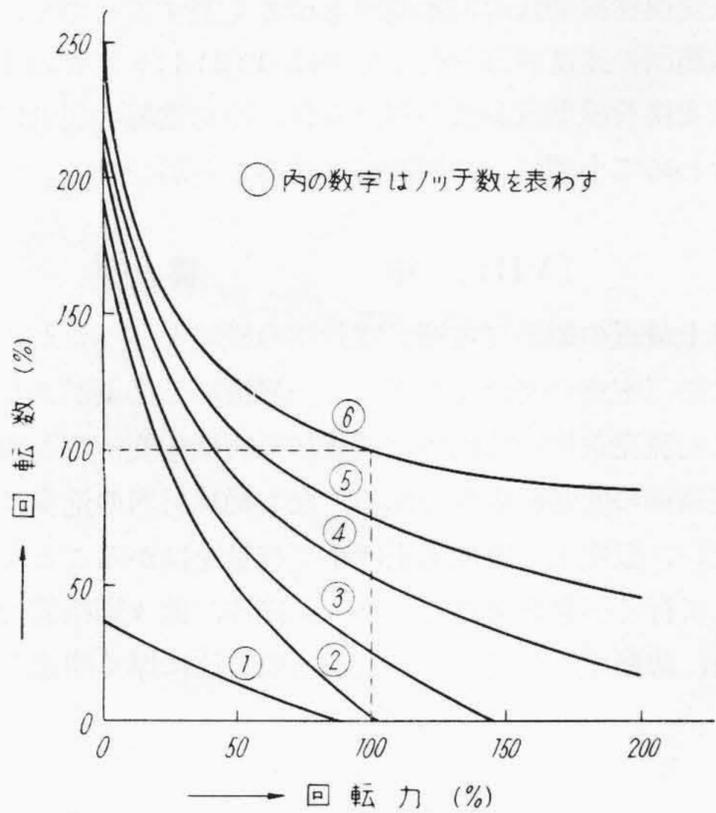


第30図 揚錨機駆動用直流電動機
Fig. 30. D.C. Motor for Windlass

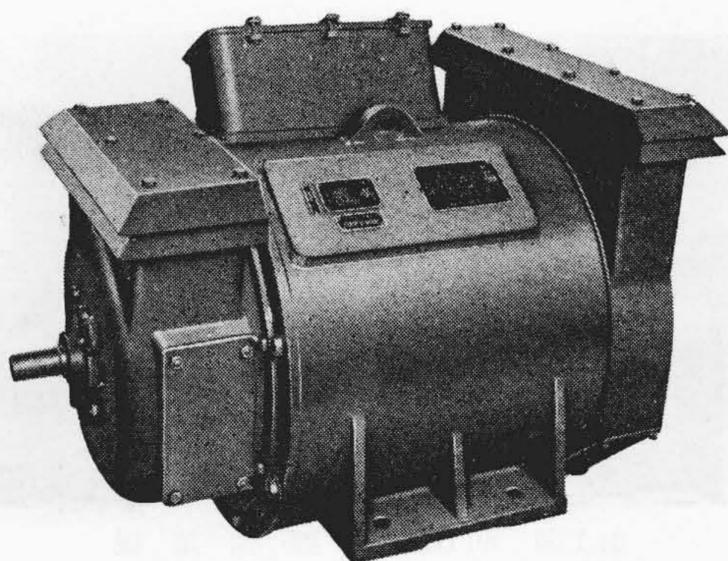
[VII] 艦艇用発電機、電動機

防衛庁艦艇用発電機、電動機はすべて防衛庁規格により設計製作され、小型軽量、耐衝撃、耐振動を旨として特別の考慮が払われている。ブラケット、端子箱、防滴カバーなどは船用アルミニウム合金(ヒドロナリウム)を使用している。

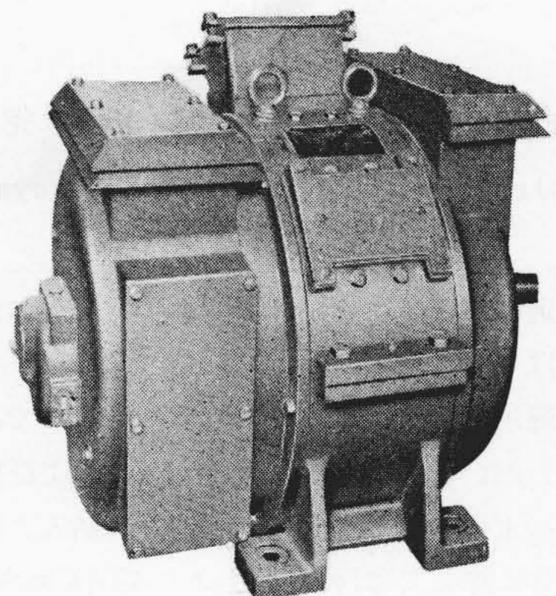
第32図は艦艇用交流発電機の外観で、発電機と励磁機は共通軸、共通枠の構造になっており、原動機との直結は特殊鋼板を使用した可撓接手を使用している。第34図は本機の自動電圧調整器を使用した場合の電圧変動オシログラムで、力率30%の50%負荷を投入した場合、瞬時電圧変動率13%、整定0%、整定に要する時間1.36



第31図 揚錨機用直流電動機特性曲線
Fig. 31. Characteristic Curve of Compound D.C. Motor for Windlass



第32図 艦艇用交流発電機
Fig. 32. A.C. Generator for Navy



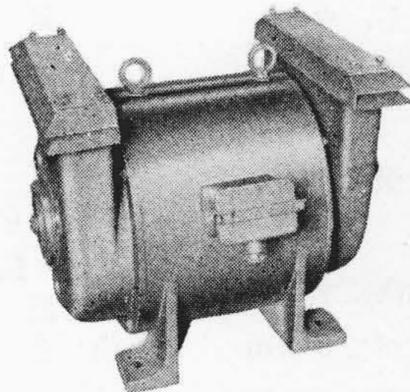
第34図 艦艇用直流発電機
Fig. 34. D.C. Generator for Navy

秒という優秀な特性を有している。

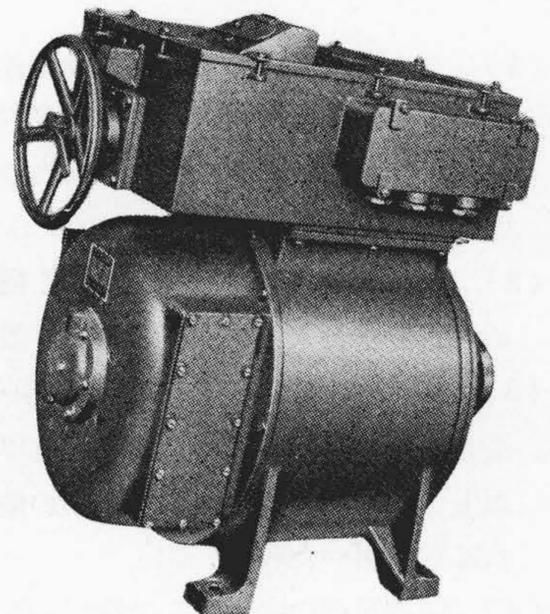
第34図は艦艇用直流発電機で、磁路を形成する部分以外は全部非磁性金属を使用している。本機は均圧線により2台並列運転を行うもので、電圧変動率5%という定電圧特性を有するにかかわらず、並列運転時の不平衡電流6%程度のものである。

第35図は艦艇用交流電動機で防衛庁規格のDI型標準寸法のものである。

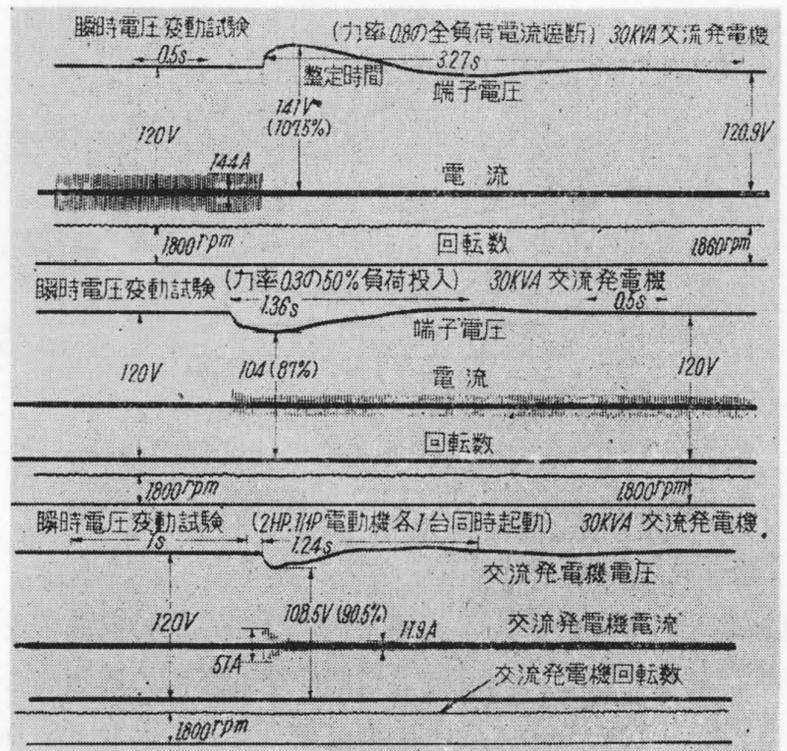
第36図は艦艇用揚貨機用交流電動機で、4段極数変換巻線型誘導電動機で、制御器は電動機の枠上に設けられ、揚5ノッチ、卸5ノッチを有し5段に速



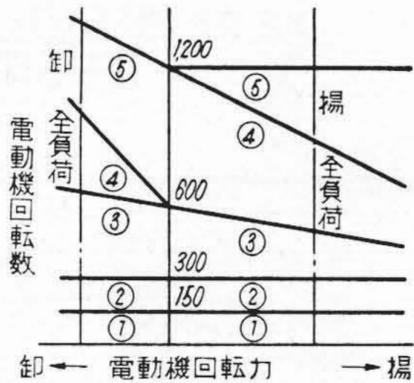
第35図 艦艇用誘導電動機
Fig. 35. Induction Motor for Navy



第36図 揚貨機用誘導電動機
Fig. 36. Induction Motor for Cargo Winch



第33図 交流発電機電圧変動オシログラム
Fig. 33. Oscillogram of Voltage Regulation of A.C. Generator



第37図 揚貨機用誘導電動機速度特性曲線
Fig. 37. Speed-Torque Curve of Induction Motor for Winches

速度制御を行うものである。第37図はその速度特性曲線を示す。艦艇用揚貨機用交流電動機は速度制御の確実なこと、突入電流の少いこと、小型軽量であることなどより

極数変換巻線型誘導電動機がもつとも適するもので、特に広範囲の速度制御を行うものは1:2:4:8などの4段極数変換巻線型電動機が用いられ、特殊巻線の設計によりきわめて小型軽量に設計製作することができる。

〔VIII〕 結 言

以上最近の船用発電機、電動機の概略を述べたが、今後は船用電機の交流化の研究を一層進める必要があり、特に交流発電機の自動電圧調整、揚貨機用交流電動機は速度制御の問題が重要である。なお絶縁材料の進歩にとともに、温度上昇限度も上げ小型軽量をはかることも推進して行くべきと考える。終りに臨み、種々御指導を賜った、防衛庁、各船主、各造船所の各位に厚く謝意を表す。

製 品 紹 介

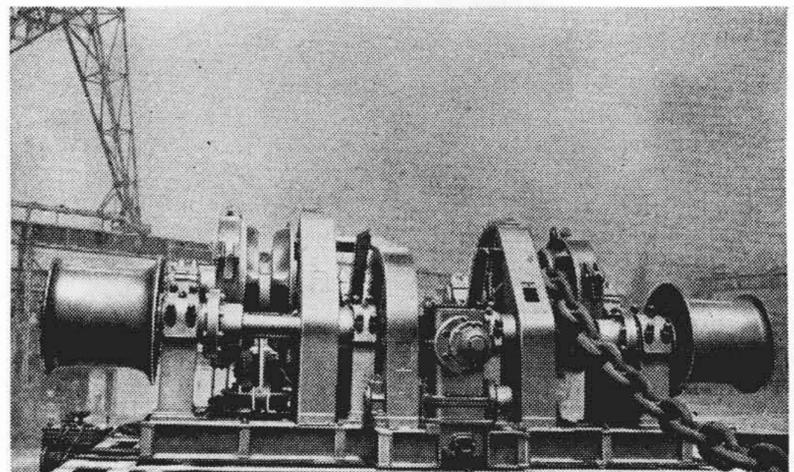
名古屋造船納 80 HP ウインドラス完成

80 HP Electric Windlass for Nagoya Ship Building Co.

名古屋造船から受注の 80HP ウインドラスが完成した。本機はリベリヤ・リバノス社納、総屯数 10,500 t の遠洋航海用貨物船 6 隻に設置せられるもので、ロイド規格にしたがい製作し、規定された試験および検査に合格し、船体本体完成に合わせてそれぞれ納入された。

本機製作に際しては、特に船主より英国 Clarke Chapman 社製品と同等あるいはそれ以上のものであることを要望され、本機製作上特に注意を払った点は下記である。

- (1) ウォーム減速装置は、組立調整が外部から容易にできるよう特殊なスラスト軸受構造とし、ウォームおよびウォームホイールの歯当りを正面および側面から点検できる窓枠を設けた。
- (2) 過負荷および衝撃に対して機械を保護するため、電動機軸末端にすべり接手を設けた。
- (3) ウォーム減速装置・すべり接手・電動機は水密構造とした。このため構造部品の肉厚はすべて 8 mm 以上とし、バネ座金・割ピン類の使用を避けて防耐水に意を用いた。
- (4) 保護管理の面から、各潤滑油を用途別に下記の



第1図 80 HP 電動揚錨機
Fig. 1. 80 HP Electric Windlass

通り選定し運転に万全を期した。

密閉ウォーム歯車 シェル マコマオイル68
開放歯車 ギャルブリカント D
ブレン軸受 リチウムグリース 2

仕 様

鎖線径 57.15 mm (2 1/4")
ピッチ 228.6 mm (9")
長さ 両舷にて 250 m (10連)
鎖張力 19,500 kg
鎖速度 11 m/min (36 ft/min)
ワーピングヘッド張力 7,000 kg
速度 30.5 m/min (100 ft/min)
電動機 80 HP 回転数 900 rpm
電 源 直流 220 V