

最近の船用配電盤および制御装置

The Recent Switchboards and Controlling Equipment for Marine Service

中山道男* 大和利丸**

内容梗概

船舶は限られた場所に多くの機器を装備せねばならぬので、各機器はできるだけ小型軽量に製作されるべきで、このことは船価低減の一要因ともなる。さらに制御装置は神経系統のごときもので微妙な機構を有する器具を内蔵するので、点検保守をよういにし、かつ互換性も考慮する必要がある。

配電盤は最近ではデットフロント型を採用されることが多く、自動電圧調整器としては無接点式のもので船舶には最適と考えられ、日立製作所においては速応性の大きい磁気増幅器型自動電圧調整器をすでに数多く納入し好評を博している。

甲板補機用制御装置をのぞけば、制御装置としては補機類の起動器が主で、従来からこの標準化が強く叫ばれていたが、今回、AB, LR, NK 各協会の意見を参酌して日本電機工業会を中心に関係者が審議の結果、起動器取付器具の標準が制定されたことは意義あることである。

防衛庁艦艇用のものは特に小型軽量とし、苛酷な衝撃振動検査を行ってこれに耐えるものでなくてはならぬ。日立製作所は米国 MIL 規格による衝撃試験設備を有し、すでに多くの艦艇用制御装置を製作納入している。

〔I〕 緒言

船用配電盤および制御装置は、船内動力を管制する重要な機器であり、国際船級協会規程あるいは国内船舶関係法規に適合したものでなければならない。また船用として小型軽量にして耐熱、耐湿などを考慮する必要がある。その上振動、衝撃、傾斜、動揺に十分耐えるものでなければならない。以下最近の船用配電盤および制御装置につき概説する。

〔II〕 船用電気機器の特殊性

(1) 小型軽量と互換性

船内には数多くの補機が装備されるので、設備条件からも制御装置は小型軽量に設計製作されねばならないが、箇々の補機に対しそれぞれ設計のことなるものを使用すると保守に不便があるので器具の互換性について考慮を払う必要がある。

(2) 耐熱、耐湿性

船内は高温多湿の状態にあり、また短時日の間に気候条件のいちぢるしくことなる海域を航行することがありうるので、各器具は腐蝕に対する考慮を払い、特に絶縁材料の選定に留意して、耐熱性、耐湿性の高い絶縁ワニスで入念に処理を行うほかカビの発生に対する処理も考慮せねばならない。

(3) 振動、衝撃、傾斜、動揺に対する考慮

船舶は航行中たえず動揺、傾斜し、機関や種々の機械からの振動と、外界からの衝撃が加えられる。特に艦艇の場合には自艦の発する砲、銃、魚雷により、または至

近弾の爆発などにより想像以上の衝撃と振動が加えられるので、特別の衝撃試験機による検査が行われる。

したがって、使用する各器具はこれらの動揺や振動に対して誤動作せず円滑確実な動作ができるもので、締付部の回り止め、すべり止め、あるいは油洩れなどに対しては特別の注意を払わねばならない。

(4) 保護型式

電気機器は用途および設置場所に応じてそれぞれ防滴、防沫、防水、水密、防爆などの型式とする。一般に甲板設置のものは完全な防水型とし、それ以外のものは特殊品を除き防滴構造とすることが多い。防滴形とは外被に垂直より 15° 以内の角度で水滴または微粒物が降下しても直接または間接にあるいは表面づたいに機械の内部に浸入する恐れのないものをいふ、内部発熱体の熱を放散するため鏝窓を側面に設けてある。

〔III〕 直流船と交流船

交流船は電源電圧を上げることにより電線重量が軽減され、変圧器で電圧が自由に変えられるとともに安価な誘導電動機を使用することにより附属装置も簡略化するので船価低減の意味からもしだいに増加する傾向にある。貨物船では荷役用機械の特性上直流の採用される場合が多いが、交流電動揚貨機の研究が内外ともに盛となり、理想的揚貨特性をもつものも出現しつつあるので今後は全交流電化船が急速に建造されてくるものと考えられる。

使用回路電圧としては、直流の場合、動力に 220V を使用するが、交流の場合は変圧器によつて容易に所望の電圧がえられるので、主回路は 440V とすることが多く起動器類の形状を小さくする一因ともなっている。

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所亀戸工場

〔IV〕 配電盤および自動電圧調整器

(1) 配電盤

構造上より分類すれば、開放型、閉鎖型、半閉鎖型がある。直流 250V、交流 150V を超えるものは閉鎖型が推奨される（NK では交流 250V を超えるものは必ず閉鎖型とすることが規定されている）が、据付場所、安全性、保守の難易、価格などの条件からいずれの型式を選ぶかが決定される。

各船級により配電盤に装備すべき器具の種類や、発電機回路、給電回路の保護装置に関してもこまかく標準が決められており、特に自動遮断器およびヒューズはそれぞれの船級協会の認定合格品を使用する必要があるほか、裏面配線用耐焰性電線についても規格があるから注意を要する。

第1図は防衛庁納、軽合金板製開放型直流配電盤で、取付器具はすべて防衛庁規格による苛酷な衝撃振動検査に合格したものを使用している。

気中遮断器は一般に自由引外し機構を有する直接手動操作または遠方リンク操作とし、必要に応じて電磁操作または空気作動方式が採用される。主接触子は塊状のものを使用し、二次接触子には銅タングステンを使用して電弧による損耗を少なくしている。また過負荷引外、低電圧引外、逆流引外などの保護装置を具備している。

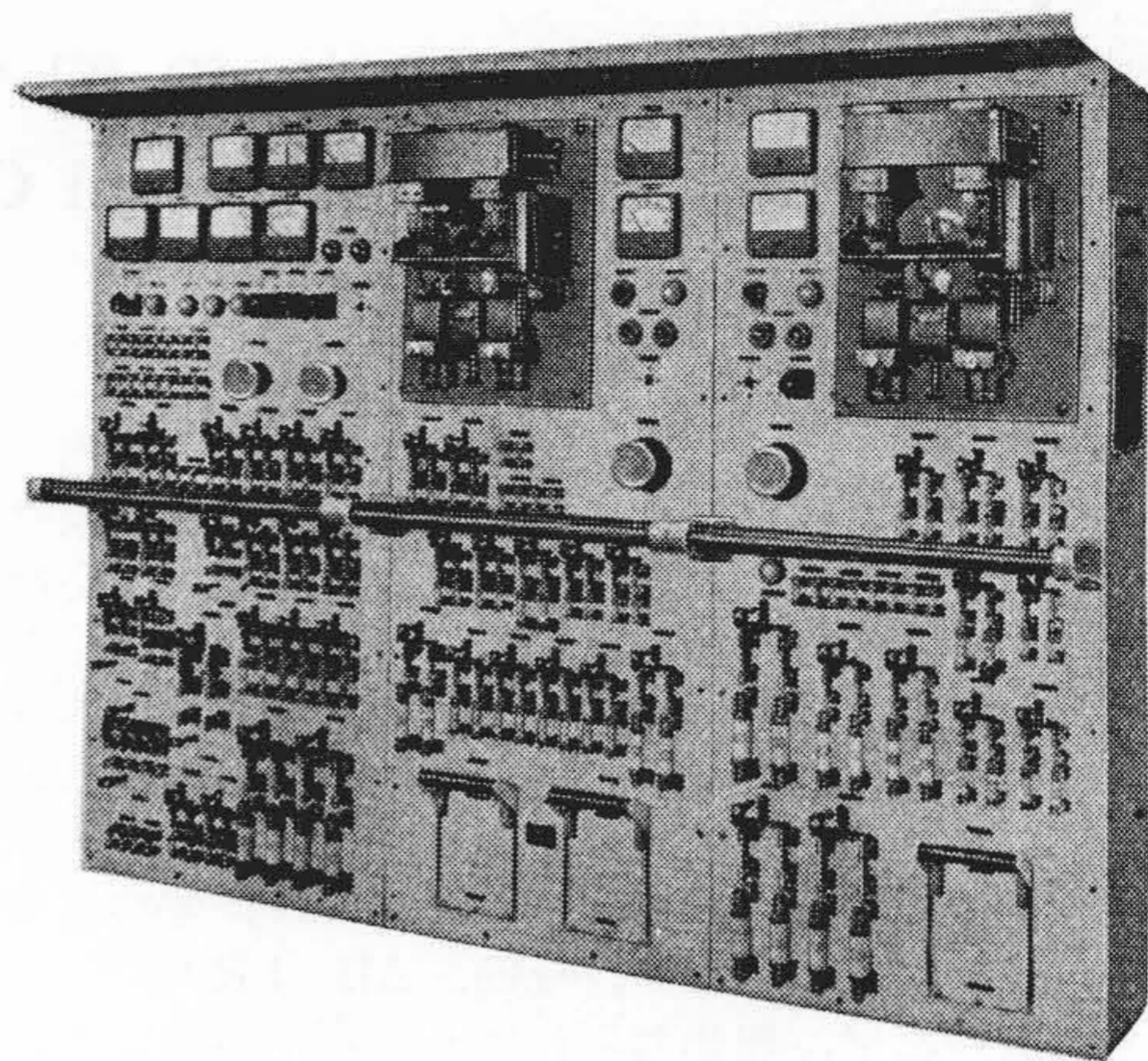
(2) 自動電圧調整器 (AVR)

電源用発電機は補機用電動機の電源として、また電灯、通信そのほか制御回路の電源としてたえず運転を継続せねばならぬ。一方負荷の急変による電圧の変動はほかの負荷や附属装置に悪影響をおよぼすので極力小さくすべきで、このため自動電圧調整器をつけ発電機電圧を常に一定に保つようになっている。

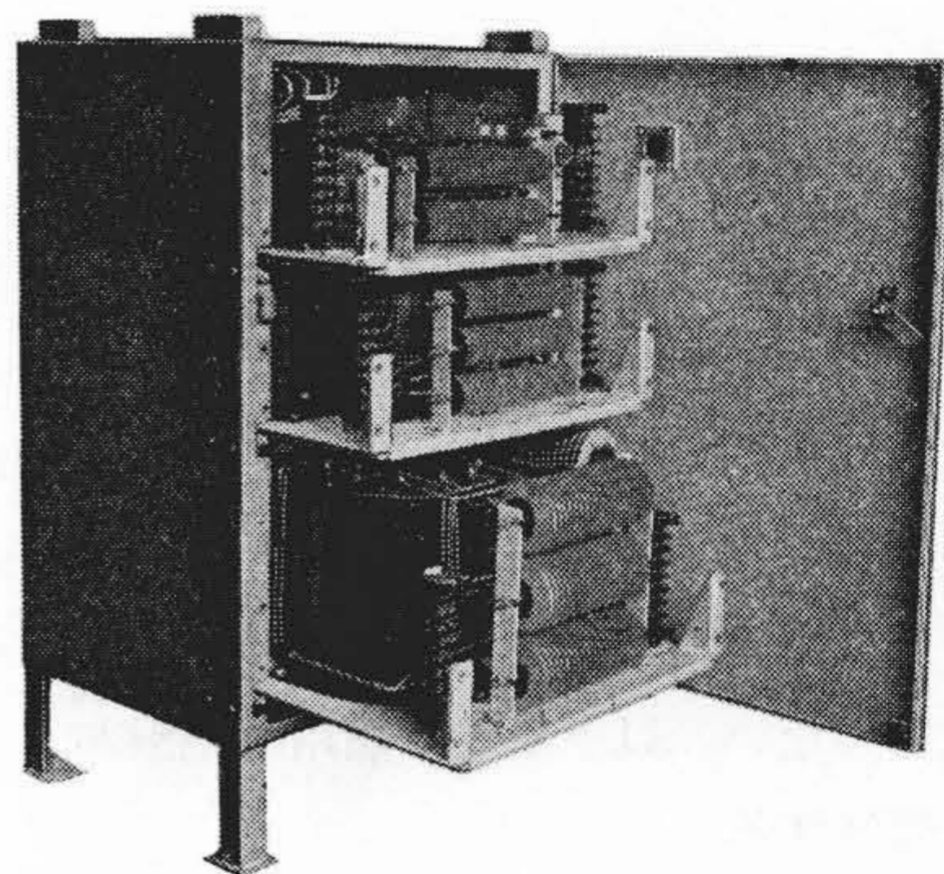
従来は主としてカム振動型、抵抗型などのものがもちいられていたが、振動衝撃による誤動作、接点の磨耗、焼損など保守に難点があつた。日立製作所においてはこの点に着目し、磁気増幅器を使用した速度度の高い AVR を多数製作し好評を博している。

特に船用のものは小型化に意を用い、第2図に示すごとく検出部、初段増幅部、出力増幅部とそれぞれ単独に組んだものを1箇のキュービクルに立体的に収納し点検保守にも便なるよう意を用いてある。

普通電圧偏差検出部としては電流電圧特性の非直線的なものや直線的なものとを組合せその交点を設定電圧とし、偏差があらわれればその電圧差を磁気増幅器で増幅して発電機の励磁電流を加減して偏差がなくなるように制御を行う。非直線要素としては磁気飽和またはランプ抵抗のごときものが利用される。



第1図 軽合金板製直流配電盤
Fig. 1. D.C. Switchboard Employing Aluminum Plate



第2図 自動電圧調整キュービクル
Fig. 2. A. V. R. Cubicle

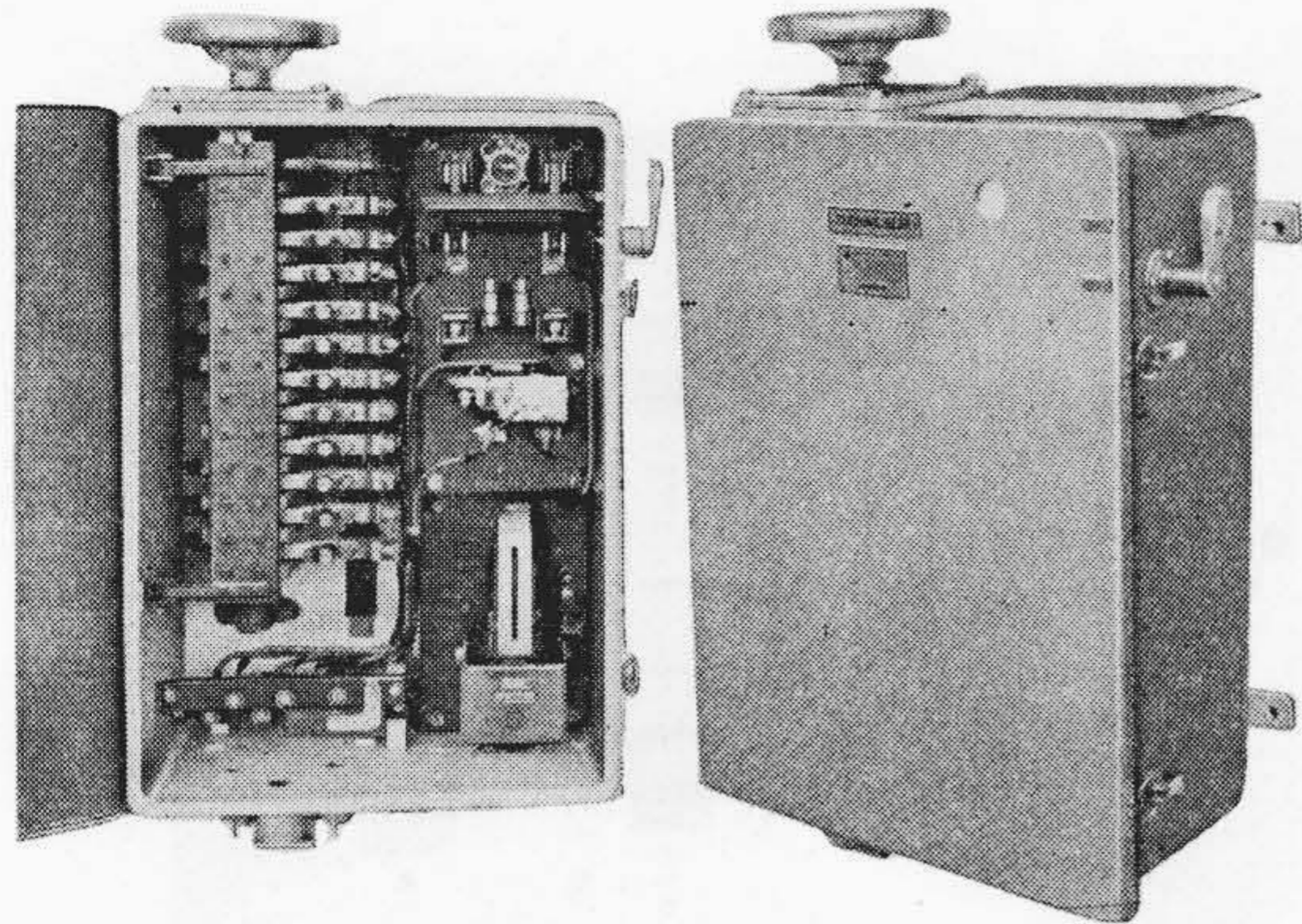
磁気増幅器は矩形飽和特性の鉄心材料の使用により、増幅特性および時定数の点ではきわめて優秀なものがえられるようになり、一方セレン整流器についても種々研究を重ねた結果独得の製造法によりきわめて寿命の長いものがえられるようになったので、セレン劣化に対する危惧は一掃された。

〔V〕 船舶補機の種類

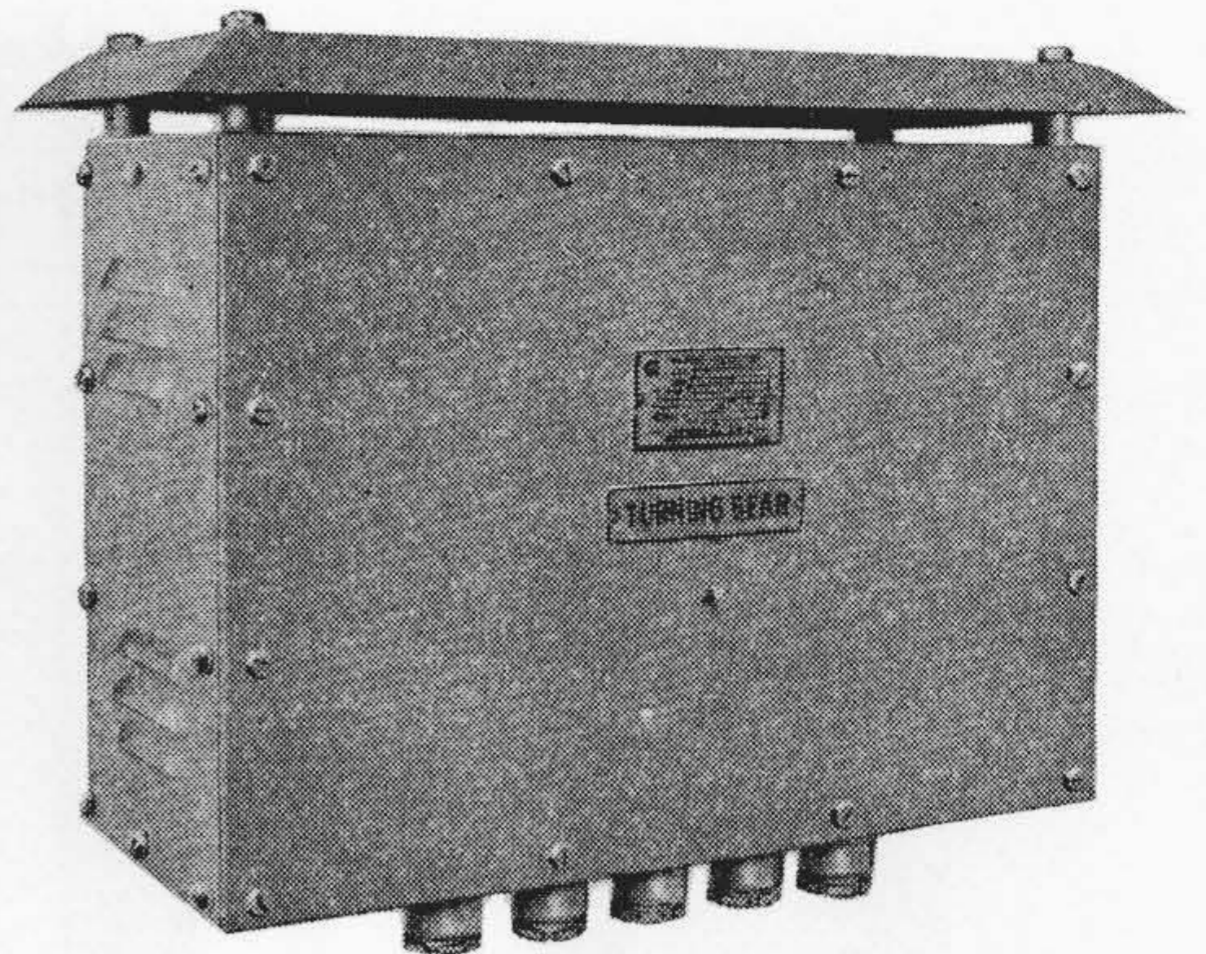
(1) ポンプ

給水、復水、循環、燃料移送、冷却水ポンプの汽罐汽機用補機および消火ポンプ、ビルヂポンプ、油清浄機などは航行上重要な機器とされており、そのほかにも多くのポンプが使用されている。それらの大部分は定速運転のものであるが、中には循環水ポンプ潤滑油ポンプのごとく主機の負荷により 20~30% ぐらいまで速度を調整し経済運転を行うものもある。

電動機は直流の場合分巻または複巻とし、交流の場合は速度制御の要否、発電機容量に対して許容される起動



第3図 主機回転機用可逆制御器
Fig. 3. Reversible Controller for Turning Gear



第4図 抵抗箱
Fig. 4 Resister Box

kVA の大きさに関連して巻線型か籠形かがきまる。

(2) 通風機

船内には多数の通風機があり、高風圧を要する場合は通常多翼型、風量の大きい場合はプロペラ型通風機が使用される。これら通風機はポンプ同様定速連続定格のものが多いが、汽缸押込通風機のごとく汽缸の負荷に応じて風量調節を行って経済運転を行うものでは、直流電動機の界磁制御によるか交流電動機の極数変換とダンパーの開度調整とによる。

(3) 主機回転機

タービンあるいはディーゼル機関のウォーミングおよび点検修理などの場合に主機関を回転させるためのもので、歯車により機関軸に連結される。回転方向は可逆で直流の場合は起動回転力の大きな複巻電動機が用いられ、交流の場合は極数変換籠形誘導電動機が用いられる。第3図および第4図は直流主機回転機用の可逆制御器と抵抗箱を示す。

(4) 操舵機

電動油圧式が多くそのポンプは重要な機器なので、一般に2組の電動機をそなえている。運転中停電しても停電回復すれば自動的に再起動するようにするため、特殊の継電器を具備するほか、過負荷時にも警報を発するだけで電動機をとめないようにするなど一般に警報回路は複雑である。第5図は操舵機用継電器箱の一例を示す。

(5) そのほかの補機

以上のほか冷凍設備、衛生設備、工作機械などの小容量電動機があり、冷凍機用電動機はサーモスタットによつて自動運転されるのが普通である。

〔VI〕 船用起動器の統一化

我国においてはNK規格が国際船級として認定されていないため、輸出船および外航船は世界公認のいずれかの船級協会により認定を獲得する必要がある、二重規格

適用による混乱を避けられなかつた。最近、日本電機工業会を中心に起動器に関する統一規格の制定につき審議され、NK, AB, LRなどの規格を取入れて JEM 1098 および 1099 にて直流ならびに交流電動機用起動器の取付器具標準の制定に到つたことは使用者および製作者の便宜となる処大である。この審議の過程で問題となつた諸点はつぎのごとき点であつた。

(1) 電源表示灯の接続方式

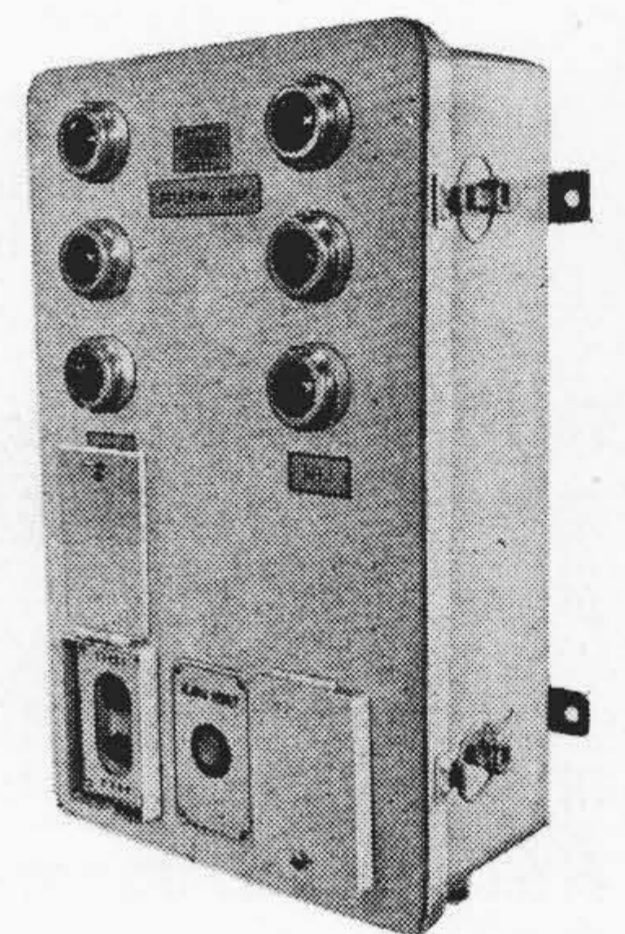
各船級協会規則においてもこの点明瞭に示されていないが、起動器内に断路器に該当する開閉器を有する場合にはその負荷側に電源表示灯を接続することにした。

(2) 操作回路のヒューズ

器内配線のみならば操作回路のヒューズは不要とし外部配線のあるときは線間に電位差が存在する場合には線間短絡保護として両極に挿入、動作状態において線間に電位差が存在しない場合は電源の片側のみにヒューズを挿入する。

(3) 補助変圧器二次回路ヒューズ

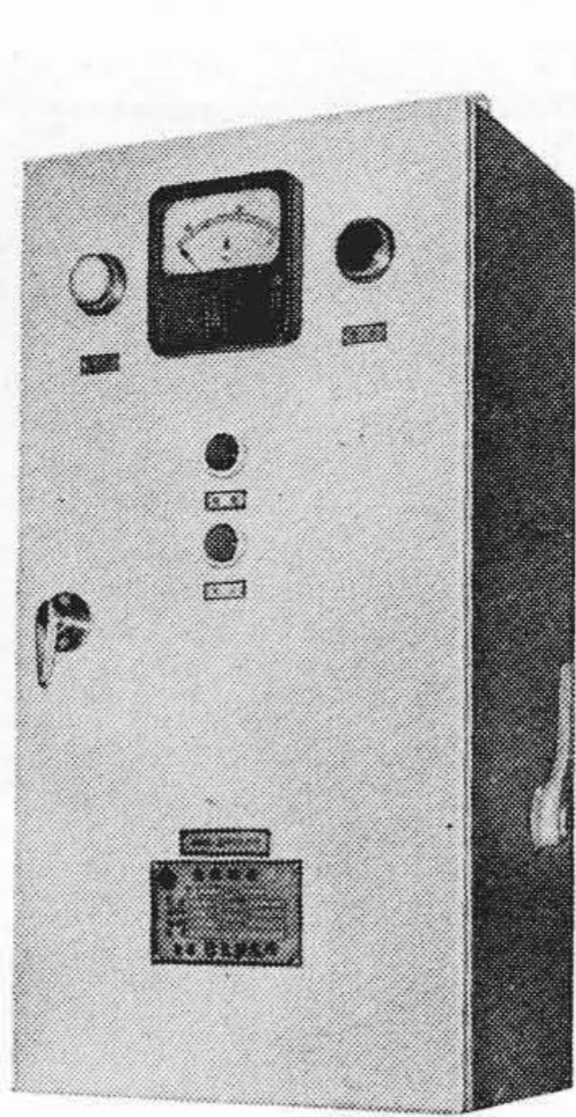
表示灯、信号灯などの110V回路を補助変圧器を経てる場合には二次回路のヒューズは省略してよい。これは小容量変圧器の二次短絡による二次電流はヒューズによる保護ができない程度に小さいからである。



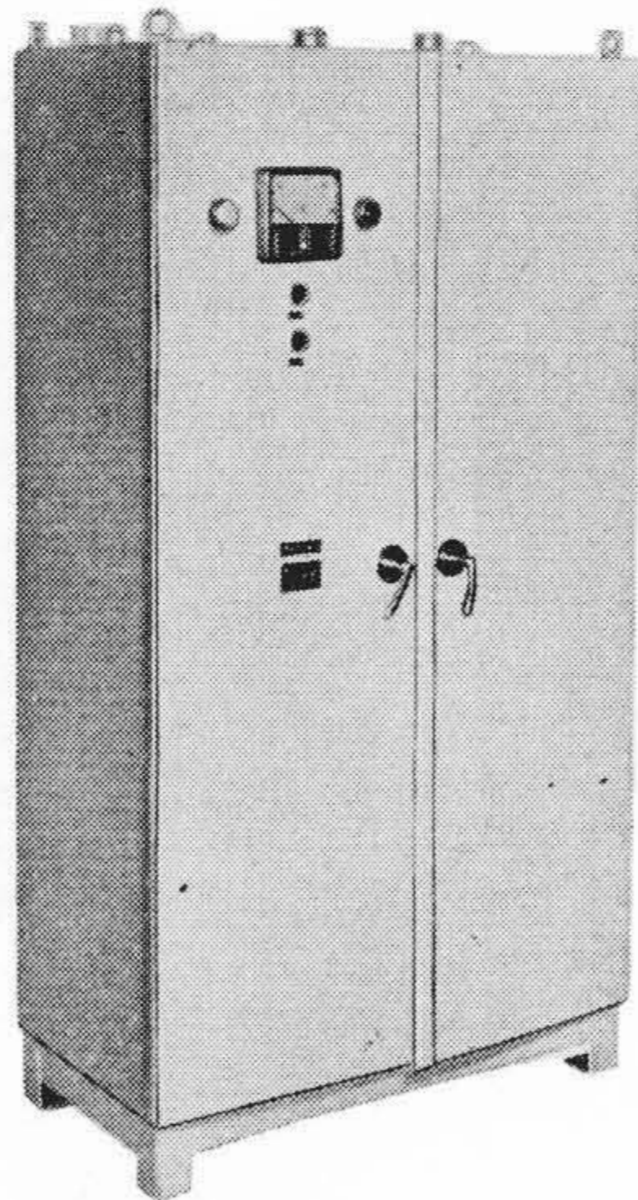
第5図 操舵機用継電器箱
Fig. 5. Relay Box for Steering Gear

〔VII〕 交流電動機制御装置

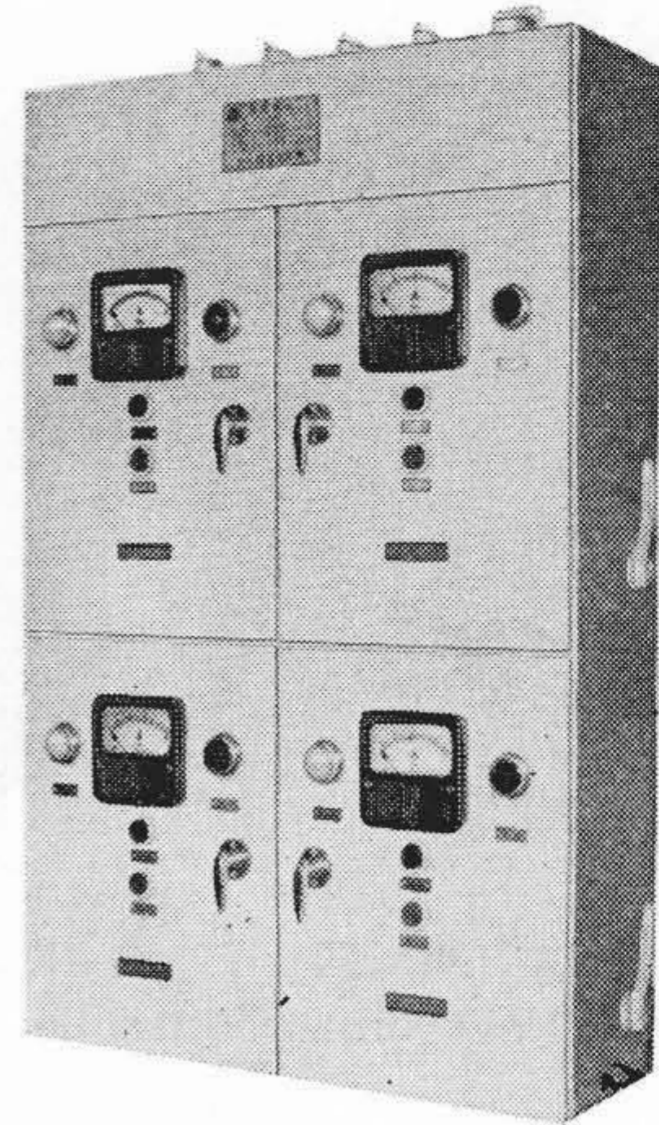
起動方式は籠形電動機的全電圧起動、減圧起動（人-△起動器、リアクトル起動器、補償起動器）と、巻線型電



第6図 壁掛型電磁起動器
Fig. 6. Wall Hanging Type Magnetic Starting Box



第7図 自立型電磁起動器
Fig. 7. Self-Standing Type Magnetic Starting Box



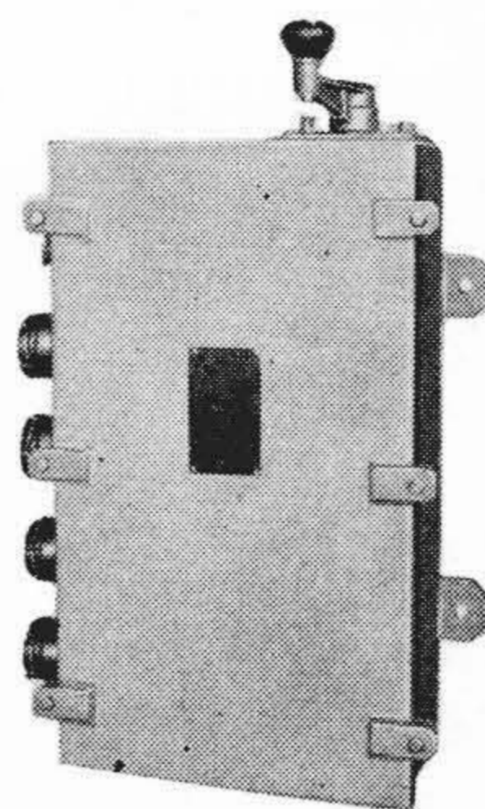
第8図 電磁起動器集合盤
Fig. 8. Cabinet Type Magnetic Starting Panel

動機の二次抵抗起動があつて、船に装備される交流発電機の容量と、電動機の用途とにより適当な方式が選定される。

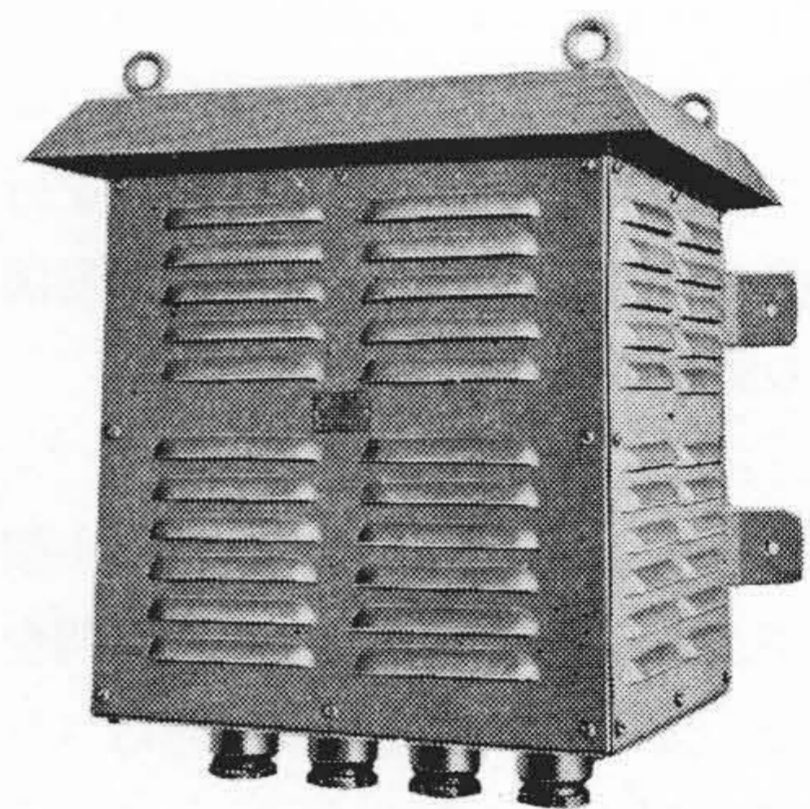
従来は4 HP程度のもまでは双形開閉器箱を使用し、保護装置としてはヒューズを使用していたが、現在は小型の電動機まで電磁起動器が用いられる。一般に電流計、電磁接触器、過電流継電器、押釦スイッチ、表示灯、および箱外から操作できる断路器を収納しており、設置場所の関係で壁掛型と自立型の両種が製作されているほかいくつもの起動器を集めた集合盤も作られている。第6図は壁掛型、第7図は自立型の電磁起動器を示し、第8図は集合盤としたものの一例を示す。過電流継電器は熱動型で動作したあとの復帰方式は目的により自動、手動いずれのものも製作している。

減圧起動器中 Δ 起動器は440V 15 HP以下の電動機に適用され、手動のもの（無電圧開放装置付）と自動のものとのがあり、いずれも過負荷保護装置を備えている。この方式では起動kVA、起動トルクとも全電圧起動の場合の $\frac{1}{3}$ になる。リアクトル起動器および補償起動器は440V 40 HP以上の電動機またはそれ以下のHPでも発電機容量が電動機容量に比して小さい場合に使用され、前者は電源容量、負荷起動トルクの大きさに応じリアクタンスの値を変えて起動電流、起動トルクを適当な値にすることができ、後者では単巻変圧器タップ比の自乗に比例して起動kVAが減少し、タップ比は50%、65%、80%を標準とする。

さらに起動電流を制限しかつ大きな起動トルクを必要とする場合、ならびに広範囲に速度制御を要求される場



第9図 起動用制御器
Fig. 9. Starting Controller for Wound Rotor Type Induction Motor



第10図 二次抵抗器
Fig. 10. Starting Resistor Box for Wound Rotor Type Induction Motor

合には巻線型誘導電動機を採用し、二次抵抗起動を行えば起動時の力率もよく電源にあたえる影響は少ない。二次抵抗短絡装置には手動操作、電動操作、電磁操作があるが、第9図と第10図に起動用制御器と二次抵抗器の一例を示す。この場合一次側の開閉には前述の電磁起動器を使用する。

〔VIII〕 直流電動機用起動器

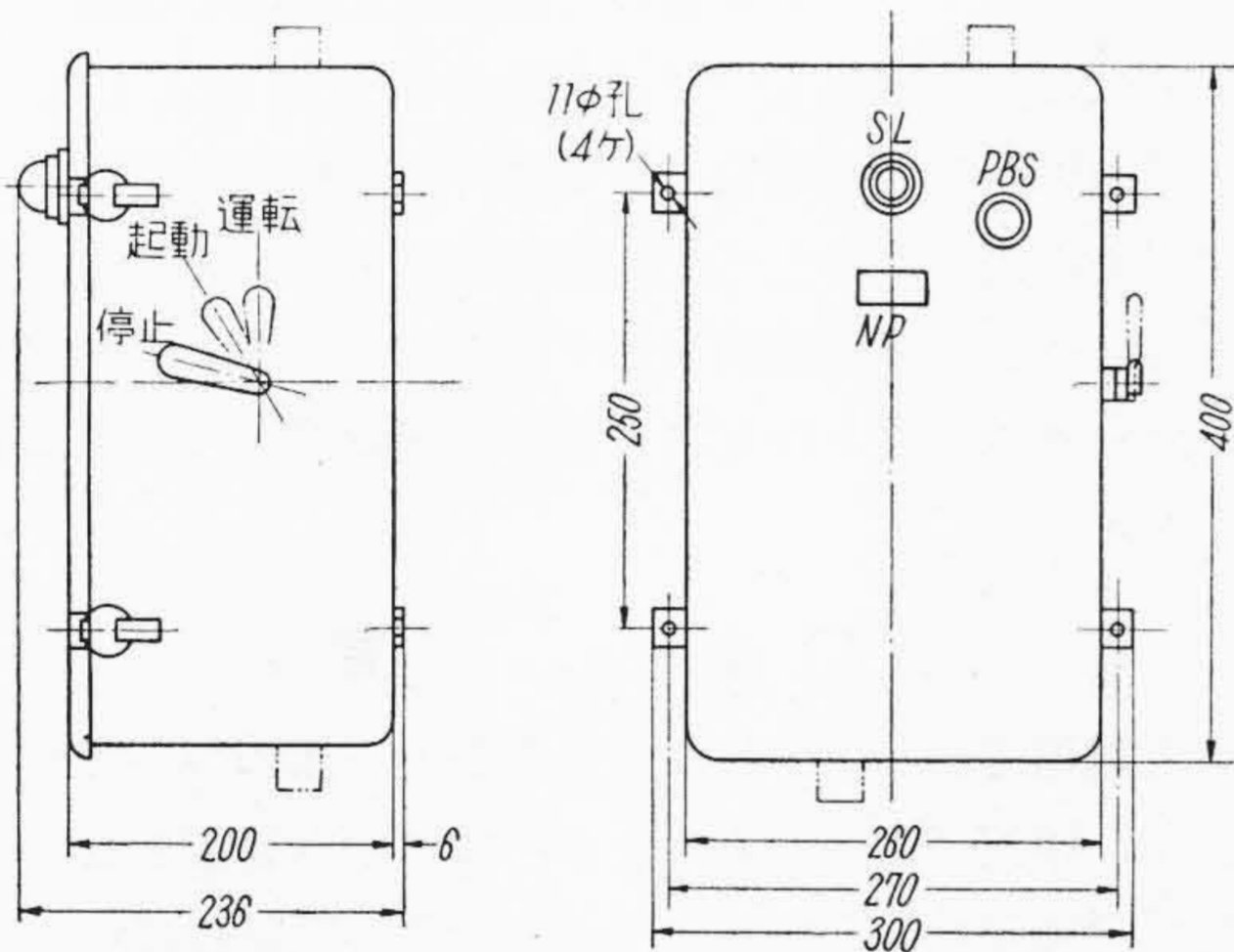
直流電動機の起動段数と起動電流とは負荷の特性により決るものであるが、起動器の大きさに影響するところが大きい。

(1) 手動直流起動器

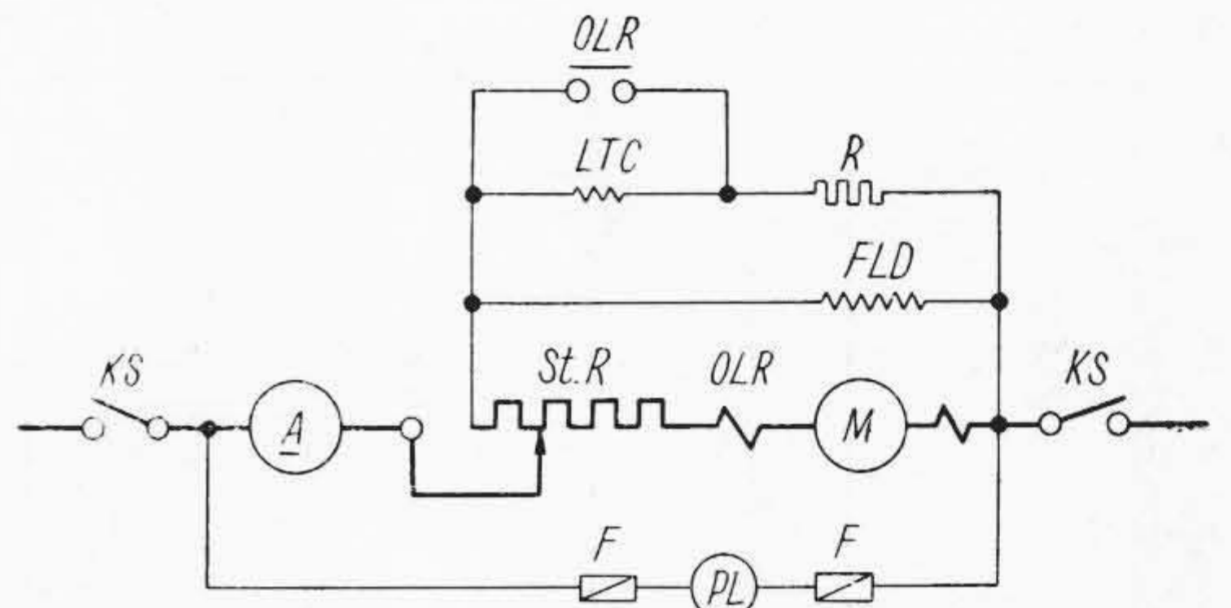
日立製作所にて現在標準として製作されている船用直流起動器の標準を第1表に示す。手動起動器には開閉起動器、ダイヤル起動器、ドラム起動器があり、電動機の

第1表 船用直流起動器標準表
Table 1. Table for D.C. Standard Starter

種類	形式	取付方法	適用電動機容量 (220V に於ける HP)	内 蔵 器 具							
				二極刃形開閉器 ×1	単極主接触器 ×1	補助接触器	過負荷継電器	電源表示灯 (ヒューズ付)	電流計	起動抵抗	
開閉起動器	AK ₀ -CS	壁掛形	1以下	250V 30A	—	—	—	—	1	—	1式
ダイヤル起動器	AK ₁ -CS	壁掛形	1超過 10以下	250V 60A	—	—	—	1	1	1	1式
	AK ₂ -CS	壁掛形	1超過 10以下	250V 60A	250V 50A	—	—	1	1	1	1式
ドラム起動器	AK ₃ -CS	壁掛形	10超過 20以下	250V 100A	250V 100A	—	—	1	1	1	1式
	AF ₃ -CS	自立形	10超過 20以下	250V 100A	250V 100A	—	—	1	1	1	1式
	AK ₄ -CS	壁掛形	20超過 40以下	250V 200A	250V 200A	—	—	1	1	1	1式
	AF ₄ -CS	自立形	20超過 40以下	250V 200A	250V 200A	—	—	1	1	1	1式
	AF ₅ -CS	自立形	40超過 80以下	250V 400A	250V 400A	1	—	1	1	1	1式
	AF ₆ -CS	自立形	80超過 125以下	250V 600A	250V 600A	1	—	1	1	1	1式

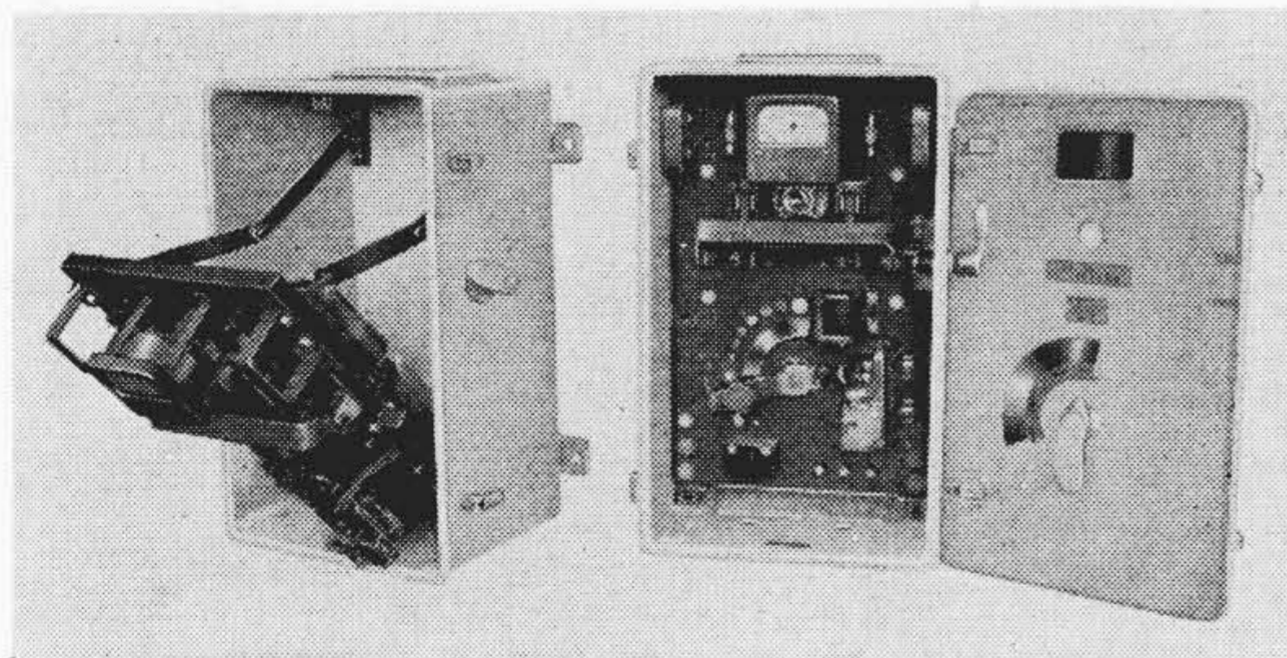


第11図 直流開閉起動器
Fig. 11. Knife Switch Type D.C. Starter



- (A) 電流計 (M) 電動機回転子
F 可熔器 (OLR) 過負荷継電器
FLD 界磁線輪 (PL) 電源表示灯
KS 刃形開閉器 (R) 抵抗器
LTC 低電圧引外線輪 (St.R) 起動抵抗器

第13図 ダイヤル型起動器基本回路
Fig. 13. Standard Connection Diagram of Dial Type D.C. Starter



第12図 ダイヤル型起動器内部構造
Fig. 12. Internal View of Dial Type D.C. Starter

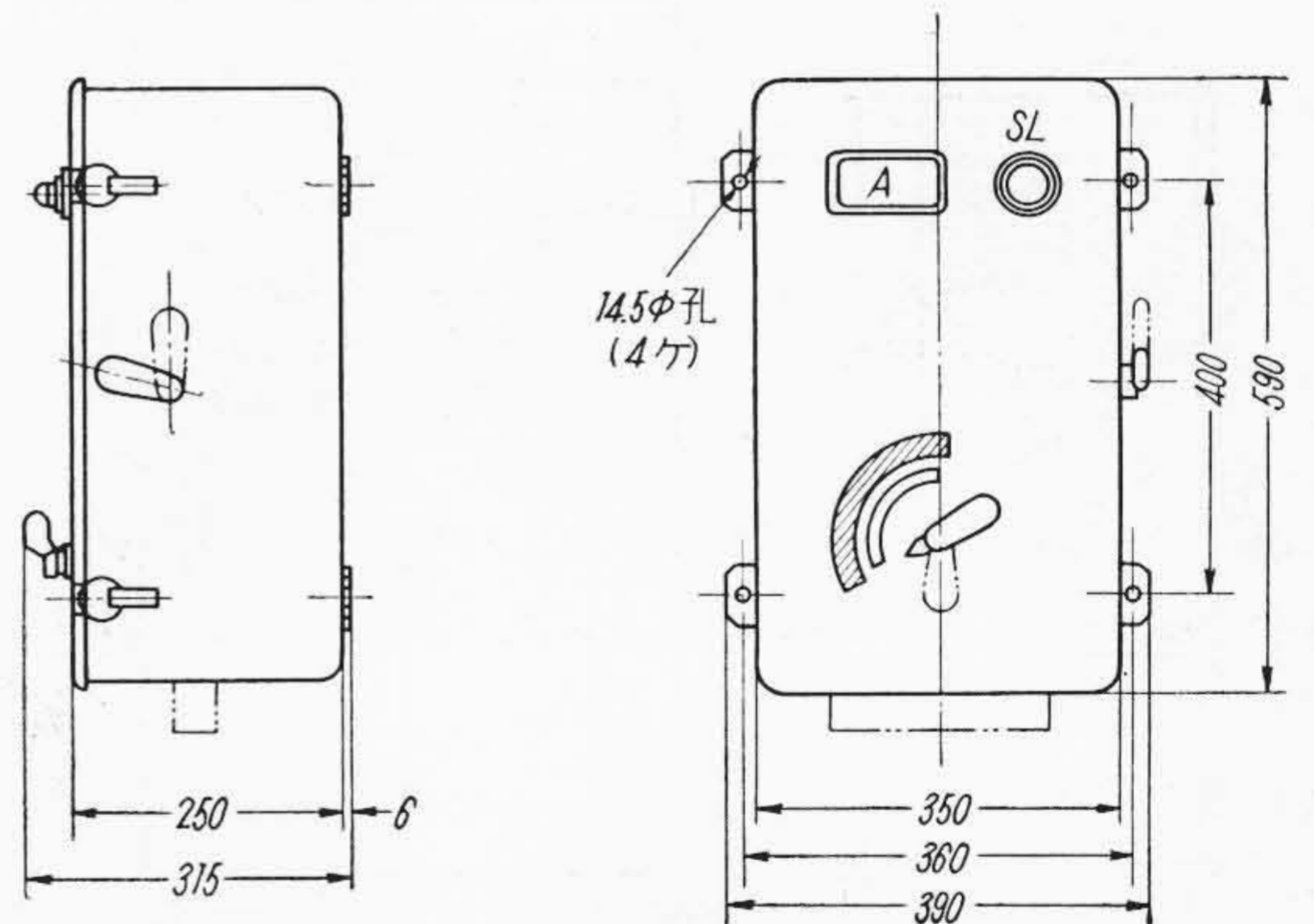
用途および容量により適当なものが選択される。

(A) 開閉起動器

1 HP 以下の小容量電動機にのみ適用され、主回路開閉器の操作第1段で主回路を閉じ、第2段で起動抵抗を短絡するもので、無電圧引外コイルにより停電回復による再起動を防止する。第11図にその標準寸法を示す。

(B) ダイヤル起動器

ダイヤル起動器は第12図のごとき起動機構により直接主回路の開閉も行うものと主回路の開閉用として電磁接

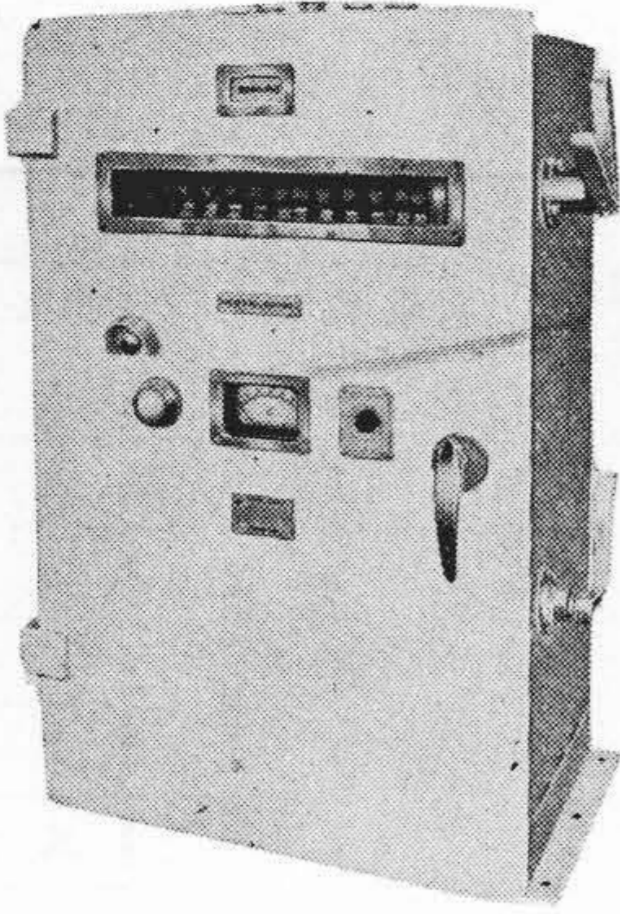


第14図 ダイヤル型起動器寸法図
Fig. 14. Outline Dimensions of Dial Type D.C. Starter

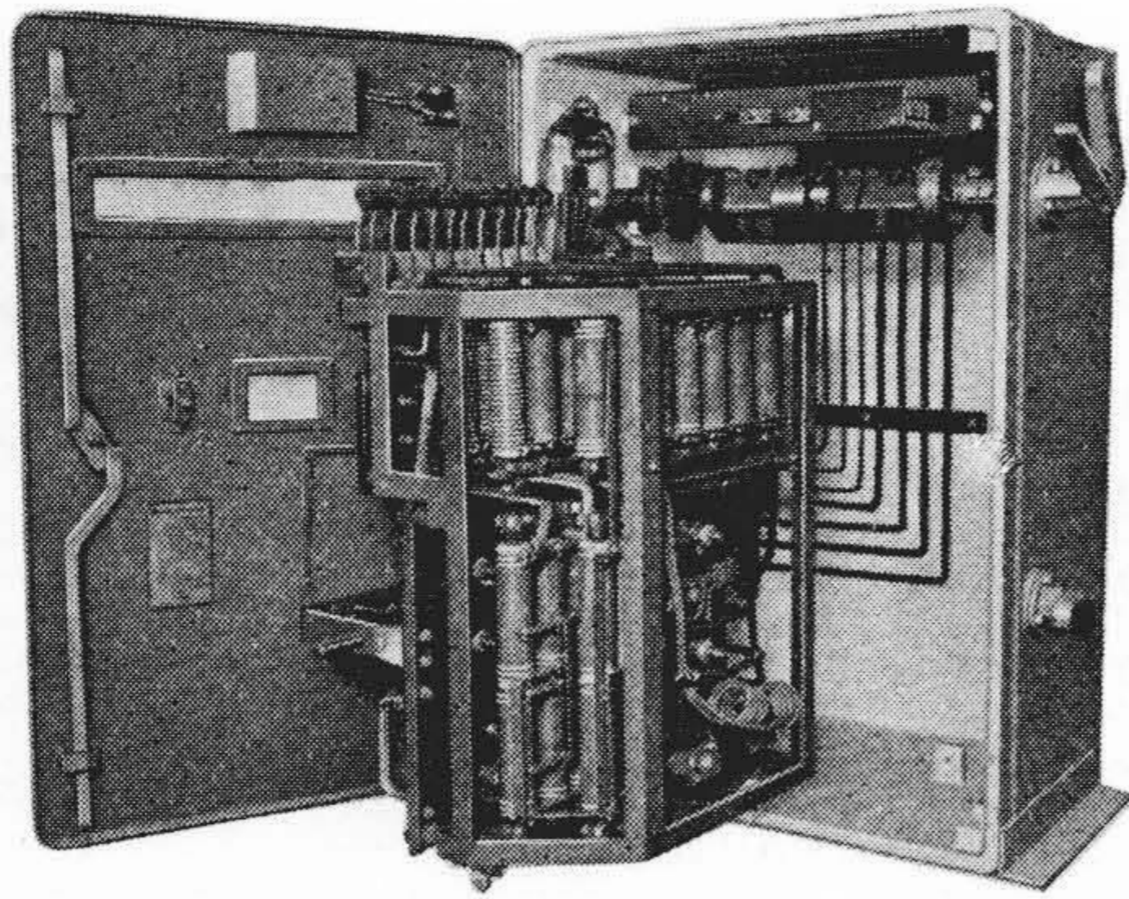
触器を装備するものがあるがいずれも過電流継電器および無電圧引外コイルを有する。第13図は前者の基本回路を示し第14図にその標準寸法を示す。

(C) ドラム形起動器

第15図と第16図はドラム型起動器の外観と内部構造を



第15図 ドラム型起動器の外観
Fig. 15. Front View of Drum Type D.C. Starter



第16図 ドラム型起動器内部構造
Fig. 16. Internal View of Drum Type D.C. Starter

示す。起動操作にあたり1ノッチずつ確実に操作することが必要で、途中ノッチで手を離したり、ハンドルを緩めたりすると主回路を開放するときインターロック接点を有している。なお15HP~40HP間のものは設置場所の都合で壁掛型のもも自立型のもも製作されている。第17図はドラム型起動器の標準寸法であり、第18図にその基本接続を示す。

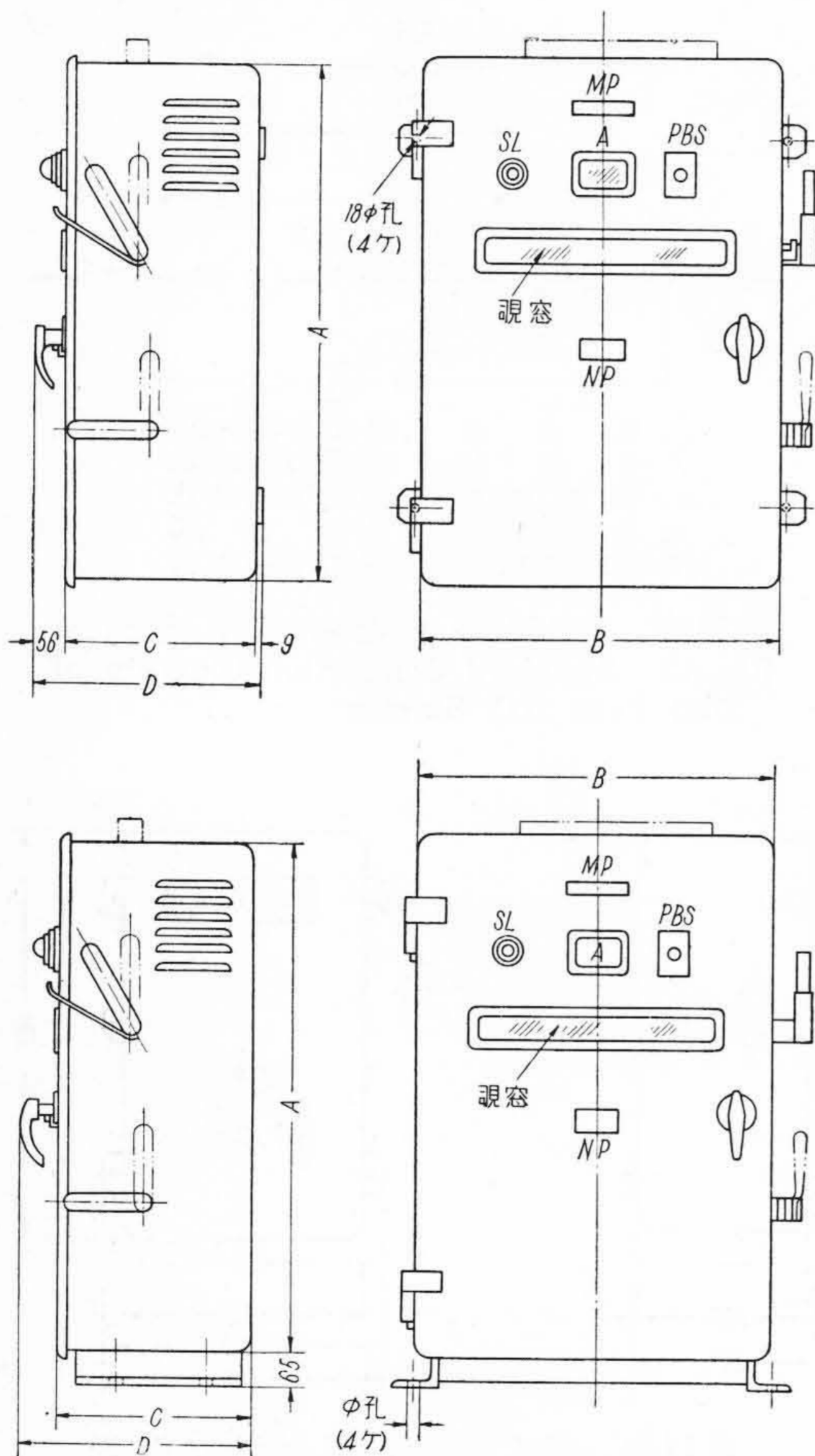
(2) 自動起動器

電磁加速接触器により一定間隔を置いて順次起動抵抗を短絡して自動的に加速させるもので、電磁加速接触器としては220V, 10HP程度のもまでは時延接触器を使用し、それ以上のものに対しては限時継電器と電磁接触器を併用する。一般に遠隔制御を要するものあるいは圧力開閉器、サーモスタットなどによる自動起動停止の場合に使用される。

〔IX〕 結 言

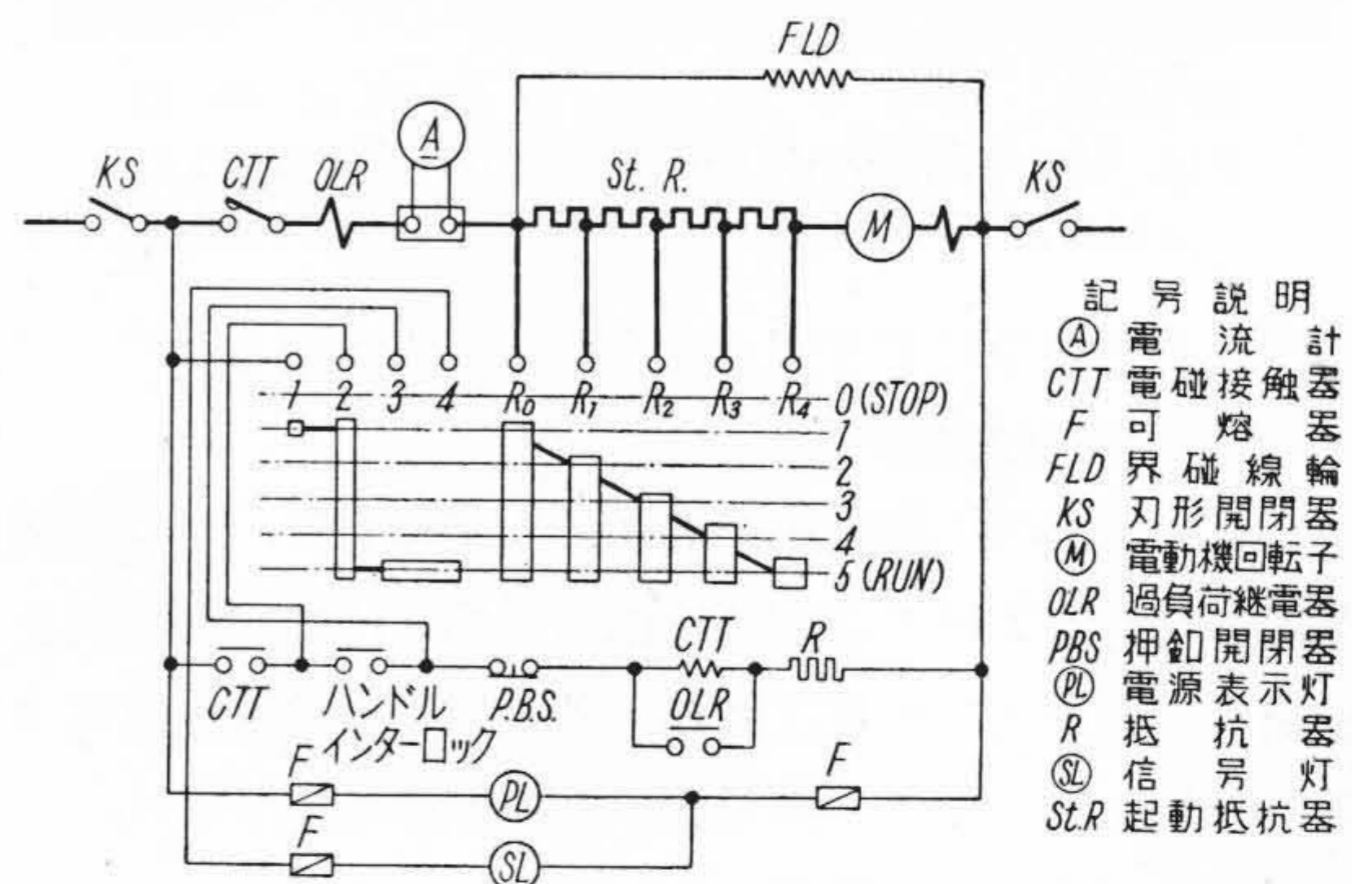
以上船用制御装置の特殊性と製品の一部について紹介したが、甲板補機用のものをのぞけば制御装置としては補機電動機用の起動器が主で、起動器の標準化については各方面から強く要望されていた。この意味において今回、日本電機工業会が中心となり、各船級協会、造船所および電気機器製造者との協議の結果船用直流および交流起動器の取付器具標準が制定されたことは有意義であった。

配電盤、制御装置を小型軽量にするためには、取付けられる器具類自体を小さくすることが先決であり、その方面に対する研究は今後ますますつづけてゆく所存である。



第17図 ドラム型起動器標準寸法図
Fig. 17. Outline Dimensions of D.C. Standard Drum Type Starter

形 式	取付方式	寸 法				重量 (kg)
		A	B	C	D	
AK ₃ -CS ₂	壁	782	565	290	355	120
AK ₄ -CS ₂	掛	872	615	340	405	155
AF ₄ -CS ₂	自	872	615	340	396	14.5
AF ₅ -CS ₂	立	1270	685	470	510	18



第18図 ドラム型起動器基本回路
Fig. 18. Standard Connection Diagram of Drum Type D.C. Starter