

ポンプ式しゅんせつ船用電気品

Electric Equipment for Sand-Pump Dredger

横 田 馨* 今 井 利 秀*
Hajime Yokota Toshihide Imai

内 容 梗 概

ポンプ式しゅんせつ船は今まで、わが国でも相当数建造されてきたが、このたび建造された第一港湾開発株式会社納のポンプ式しゅんせつ船は第一港湾開発株式会社の技術によるしゅんせつ機械と、三井造船株式会社、株式会社日立製作所が製作した電気品とを三井造船株式会社玉野造船所で取りまとめて建造された大容量のしゅんせつ船で現在好調裏に稼動している。以下その電気設備の概要について紹介する。

1. 緒 言

わが国はここ数年来かつてなかったほどの急速な経済発展を遂げつつある。その急ピッチな経済発展は重化学工業を中心とした産業の開発、貿易の伸長などにささえられて、国の示した発展目標を上回ってきた。一方、狭あいな国土開発事業の一環として港湾整備および埋立事業が重視され、しゅんせつ船の建造もかつてみられなかったほど盛んになってきた。

日立製作所はこのような経済的発展の背景から今まで、各種しゅんせつ船用電気品を数多く製作してきたが⁽¹⁾⁽²⁾、このたび三井造船株式会社玉野造船所にポンプ式しゅんせつ船用電気設備を製作納入した。本船のしゅんせつ能率は従来、わが国で使用されているものの2倍と称される高能率しゅんせつ船である。以下に本船のしゅんせつ機械駆動用電気設備について述べる。

2. 電気設備の概要

第1図はしゅんせつ船の外観を示したものである。船首に設置されたラダー上にはカッター駆動用 450 kW 特殊かご形誘導電動機が設けられ、ラダーの先端には土盤掘削用のカッターが設置されている。主ポンプ駆動用の 2,200 kW 巻線形誘導電動機は機関室に設置され、その冷却用空気は機関室内より取り入れ船外に吐き出される。主ポンプにより吸引される泥水は主ポンプ吸入口（カッター下部設置）→吸入管（ラダー設置）→主ポンプ→船尾吐出管→吐出口と排送される。運転室下部室にはしゅんせつ深度を調整するためのラダーウインチ、船体を左右にふらせて広範囲なしゅんせつを行なうためのスイング装置、しゅんせつ作業中船体を前進させるためのスパット装置などが設けられている。スイング装置とスパット装置とはクラッチにより切り換えられ、これらには三界磁発電機によるレオナード方式が採用され、190 kW 直流電動機により駆動される。これらはすべて船首上部に設けられた運転室のしゅんせつ操作盤にて遠隔操作される。

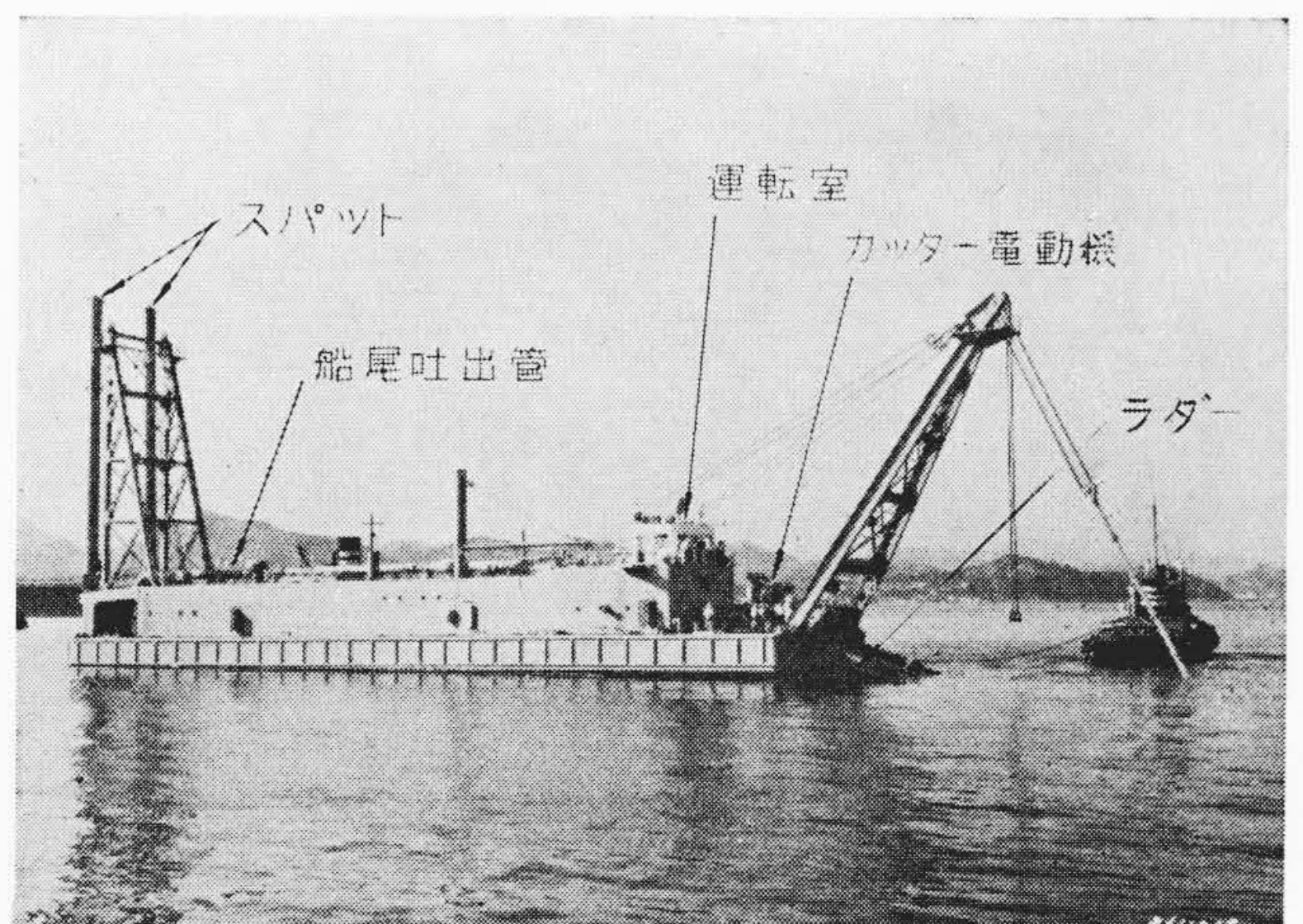
なお、各種制御盤は、カッター軸から伝わったり、主ポンプの異物吸入時に発生する大きな振動衝撃などから内蔵器具を保護するための防震ゴムを備えている。

本船は作業地域により 50, 60 サイクルいずれの電源でも運転できるよう考慮されており、制御回路の電源周波数切り換えはラダー電動機盤裏面に設置されている刃形開閉器によりいっせいに行なわれる。

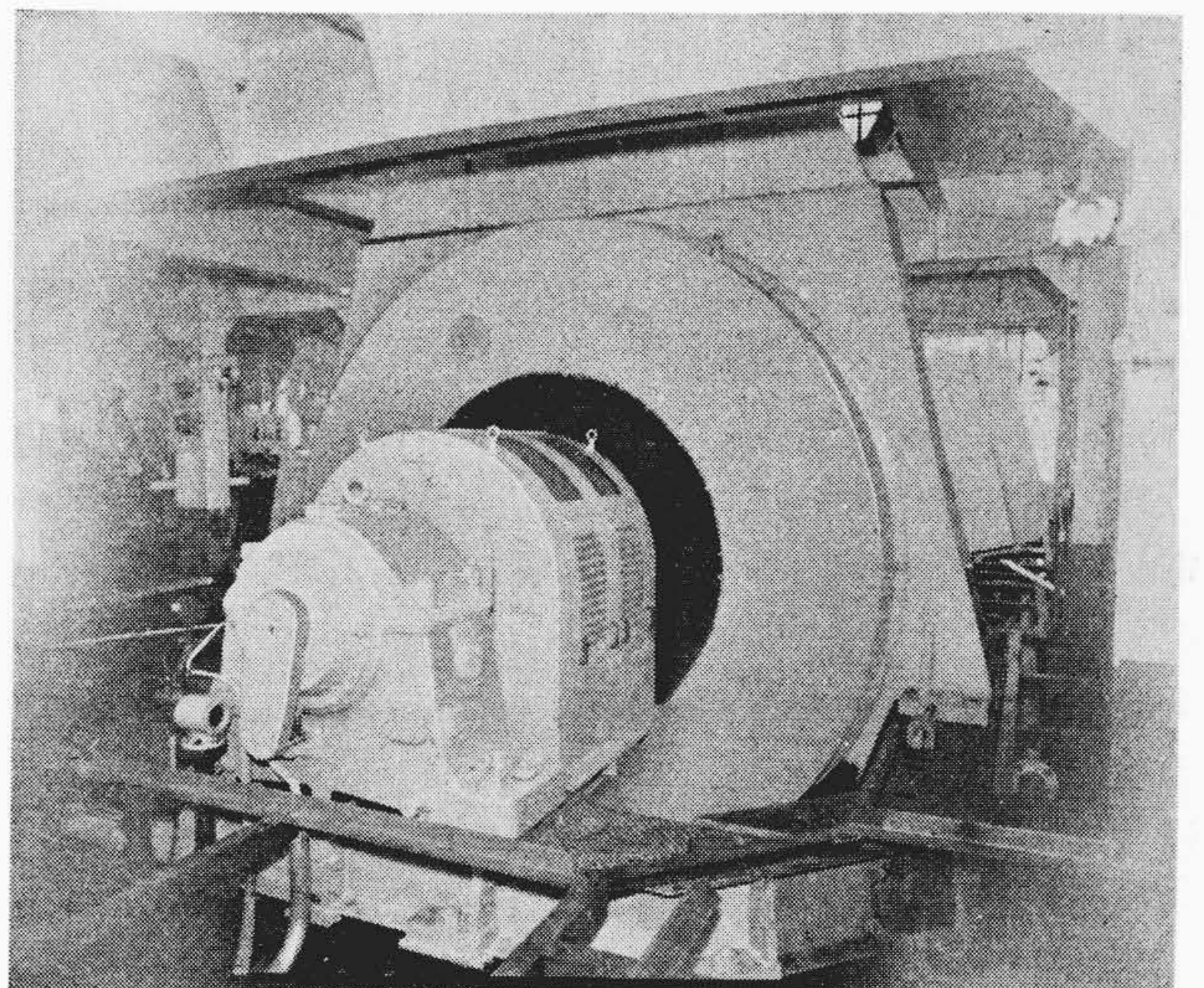
従来、わが国で主として採用された方式と本船の方式とを比較して異なっている点をあげると下記ようになる。

(1) しゅんせつ土質によりカッター回転数を3段階に変えている。

* 日立製作所日立工場



第1図 ポンプ式しゅんせつ船第十一三栄丸の外観



第2図 主ポンプ用2,200 kW 三相誘導電動機

(2) 今までのしゅんせつ船では含泥率が10%程度であったが、カッターの刃形を吟味するとともに、主ポンプ回転数、カッター回転数を調整することにより20%の含泥率のしゅんせつ作業が可能である。

(3) スイング装置、スパット装置はクラッチの切り換えにより同一電動機により駆動される。

3. 回転機の構造

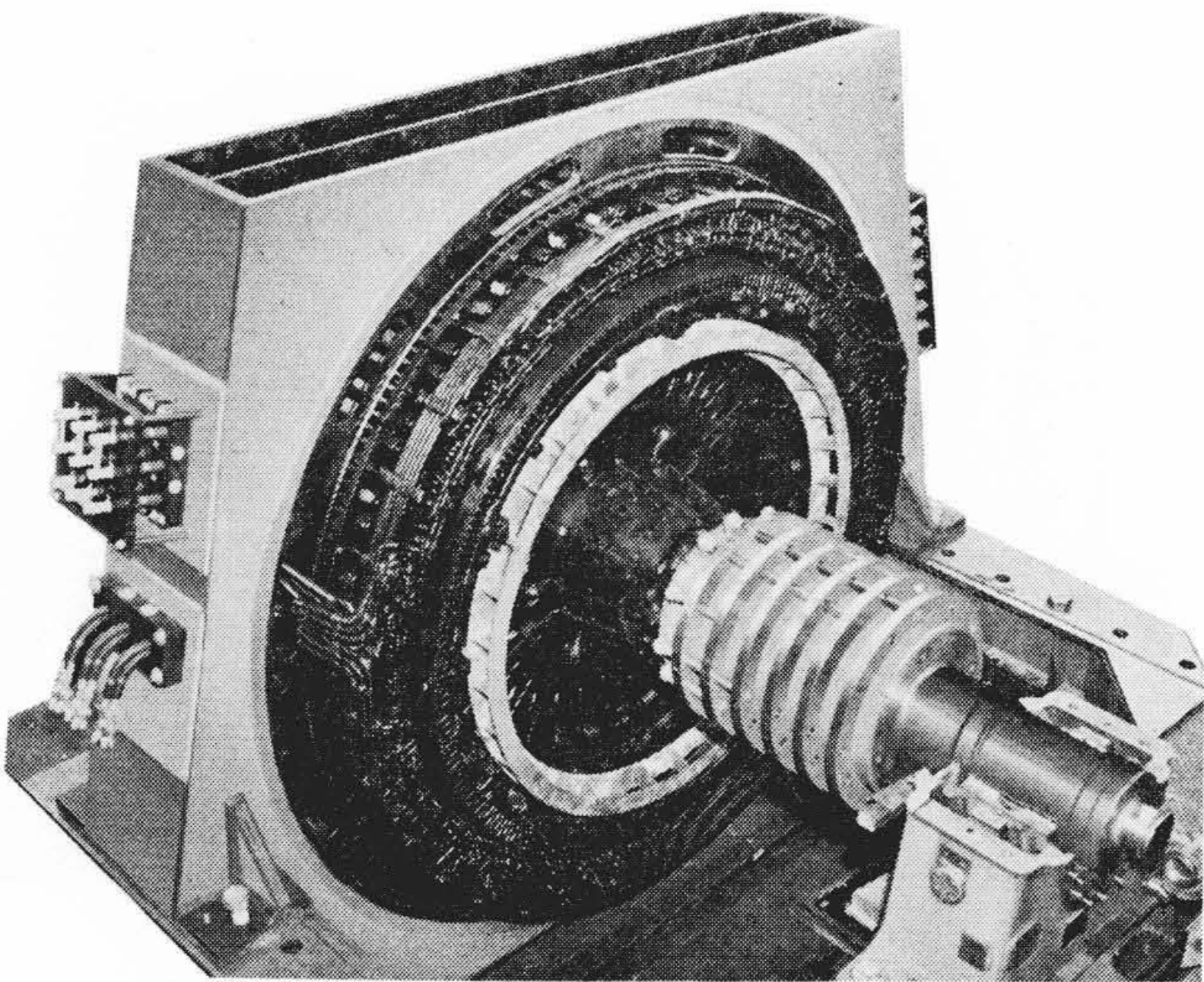
本船積載の主要回転機仕様は第1表に示すとおりで、

(1) 大きな振動、衝撃

(2) ローリング、ピッチングなどの動揺および傾斜

第1表 主要回転機仕様一覧表

用 途	台 数	形 式	出 力 (kW)	電 圧 (V)	周波数 (Hz)	回転数 (rpm)	定 格	備 考
主ポンプ用電動機	1	開放防滴形巻線形回転子式	2,200	3,000	50 60	375 360	連 続	固定子 1巻線 回転子 2巻線
カッター用電動機	1	開放屋外形二重かご形回転子式	450	3,000	50 60	600 720	連 続	固定子 3巻線
			375		50 60	500 600		
			325		50 60	429 514		
					50 60	1,000 1,200		
ラダー用電動機	1	開放防滴形巻線形回転子式	150	3,000	50 60	1,000 1,200	30 分	
スイング、スパット用電動機	1	開放防滴形直流電動機	190	DC 220			連 続	三井造船株式会社製作品
スイング、スパット用電動発電機	1	開放防滴形直流発電機	220	DC 220		600 720	連 続	
	1	開放防滴形かご形回転子式	250	3,000	50 60	600 720	連 続	
交 流 発 電 機	1	閉鎖形回転界磁式	250 kVA	3,000	60	514	連 続	



第3図 2,200 kW 電動機固定子および回転子

- (3) 高湿度, 塩害
- (4) 50, 60 サイクル共用
- といったしゅんせつ船の特殊条件を完全に満足するよう設計製作されている。

3.1 主ポンプ用電動機

第2図に主ポンプ用 2,200 kW 三相誘導電動機の外観を示す。本電動機は、50, 60 サイクルいずれの場合にもポンプ効率最高の条件を得るために、いずれの周波数でもほぼ同一回転数が得られるよう2段速度方式が採用されている。しかし主ポンプデリベリ側パイプラインの長短による過負荷を防ぐため、電動機の回転数を二次抵抗により制御可能としてある。

しゅんせつ船の作業地域変更は、年間を通じて数えるほどしかなく、周波数の違いによる極数切り換えのひん度はあまり高くないので、切り換えが多少めんどうでも1巻線タップ切り換え2段速度電動機として重量の軽減をはかってある。

3.1.1 回 転 子

負荷がサンドポンプであるため、岩石などの破片を吸い込むと電動機にピークロードがかかる危険性がある。したがって、動力伝達部分に使う材料の材質には注意を払うとともに大きな衝撃力に耐えられるよう十分なはめあいと強固な固定法を用いている。

回転子線輪の絶縁は、マイカおよびガラスを主体とした耐熱信頼度の高い完全B種で、耐油性サーモセツトワニスと耐湿性のすぐれた仕上ワニスを併用し表面に強じんな絶縁皮膜を作っている。耐湿、耐塩害にきわめて信頼度の高いものとなっている。線輪端部は、線輪端支え環で支持し、その外周を強じんな鋼線で強固に緊縛してある。また、集電環への接続部は、端板、幅鉄、

軸に確実に固定してあるので、大きな遠心力に耐え、船の振動や大電流による電磁力によっても絶対に動くことがない構造としてある。

3.1.2 固 定 子

固定子わくは鋼板溶接構造とし、軽量かつ堅ろうに設計製作されている。

固定子線輪の絶縁は、回転子と同じ良質の絶縁物を用い、耐湿、耐塩害などにたいしてすばらしい性能をもつ無溶剤ワニス処理を施している。固定子線輪は1巻線2段速度電動機なので、極数切り換えのため多数のわたり線が必要であり、このわたり線部分が相当長くなるが、いずれの極数においても3相の抵抗が完全にバランスするよう、線の長さ、極数切換端子の位置を決定してある。

これらのわたり線や固定子線輪端部は、機械および船からくる振動や大電流による電磁力によっても移動することのないよう、線輪ささえ環に強固に保持されている。

固定子線輪中には、温度測定用サーチコイルが埋め込んであり、固定子線輪の温度上昇を常に監視できるようにしてある。

3.1.3 軸 受

ペデスタル形軸受を使用し、分解組立に便利のため上下2つ割とした。構造は、平常運転においてはもちろん、船体の動揺、傾斜に対しても油漏れせず、船体から伝えられる振動によっても軸受が過熱しないよう考慮してある。

給油方式としては、オイルリング併用の強制給油方式を採用し、強制給油回路がなんらかの事情で停止してもオイルリングによる自己給油で数十分間は運転が続行できるよう設計されている。これはポンプを急に停止すると、デリベリ側のパイプライン中に土砂が沈積してポンプの再起動ができなくなる場合があるため、パイプライン中の土砂を排出し終わるまで、電動機を運転可能とするためである。

軸受には埋込温度計がそう入してあり、異常加熱を起こすと警報を発するようになっている。

3.1.4 通 風 方 式

2,200 kW という大電動機を狭い船内で運転すると、船内の温度が上昇するので、電動機上部に排風機を取り付け、電動機を冷却した温風を船外に排出する他冷却方式を採用したが、前項記載と同じ理由から、電動機自身にもファンをもたせ排風機事故の場合、事故後数十分間は全負荷運転できるよう考慮が払われている。

3.1.5 スペースヒータ

電動機各部には厳重な耐湿処理が行なわれているが、電動機停止中、内部に露が付着することは好ましくない。固定子わく下部にスペースヒータを取り付けてある。スペースヒータ素子は、アルミニウム鋳ぐるみとし、表面温度を下げるようにして電

動機内ができるだけ均一な温度になるよう考慮されている。

3.1.6 集電装置

集電装置は自冷構造で、カーボン粉が電動機本体にはいらぬ構造としてある。

刷子は、油気や水蒸気の多い所で使用しても滑動環の荒損現象および刷子の異常摩耗を生じない黒鉛刷子を使用し、さらにクリーナ刷子を各集電環に1個ずつ取り付けて荒損現象を完全に防止している。

集電環カバーには透明板付窓を設けてあるので、外部より常時点検することができる。

3.1.7 固定子移動装置

船内で点検修理できるよう、固定子には移動装置が取り付けられてあり、ポンプとの直結を外すことなく固定子のみ移動して、簡単に電動機内部を点検できるようになっている。

3.2 カッター用電動機

カッターは海底の土質の硬軟に応じて回転数を変更し、負荷トルクが常に一定になるよう調整されねばならない。この場合、巻線形誘導電動機を使用すれば円滑に速度制御ができるのであるが、カッター用電動機には負荷からの強い振動が駆動装置を伝わってくるため、集電装置のある巻線形は事故のチャンスが増大するので好ましくない。したがってかご形電動機がその用途に供されるが、3段以上の多段速度電動機の製作には技術的経済的に問題があるため、2段速度電動機が従来採用されてきた。しかし、しゅんせつ船は近年ますます大形化し、カッター電動機出力も増加してきたので、従来の2段速度電動機ではもはやその用途に供することが困難となり、より多い多段速度機の要求が切実になってきた。

本船用カッター電動機は450 kW という大容量であるので、わが国初の試みとして3巻線方式3段速度かご形電動機が採用された。実際使用の結果はきわめて好調である。

第4図はカッター用450 kW 三相誘導電動機の外観である。

3.2.1 構造

カッター用電動機は、カッター軸より伝わってくる強大な衝撃振動に対し十分耐えるよう、材質を検討するとともに、強固なはめあいおよび固定法を採用してあり、強度的に安全度の高いものにしてある。

通風方式を自己通風とし、入気口、排気口には屈曲をもたせ、その先端にフィルタを設置して通気中に含まれる水滴が電動機内部には侵入できないような構造にするとともに、湿気、塩分に対

しては線輪、鉄板などに嚴重な耐湿、耐塩害処理を施している。

上記フィルタのさらに先端には入排気口を完全に遮へいできる端ぶたを設けてあり、電動機停止中はこれを締め切る構造としてあるので、多少の波をかぶっても電動機内部に海水のはいる恐れはまったくない。もちろんこの状態で電動機が運転されないよう、ふたにはインターロック接点を取り付け、入排気口が開いていないかぎり運転できないようにしてある。さらに停止中はスペースヒータにより内部に露が付着することを防止しているため、停止中の耐湿構造は完全無欠といえる。

固定子線輪はマイカ、ガラスを基調とするB種絶縁とし、無溶剤ワニスにより表面に強じんな絶縁皮膜を作っているため、熱的および耐塩害耐湿に対して信頼度の高いものとなっている。

かご形回転子線輪は、回転子コアとのすき間はできるだけ小さくしてカッターの衝撃振動によっても移動することがないように考慮されている。

ラダーは0~45度の間に傾斜して海底を掘削する。したがってラダー上に設置された電動機も最大45度傾斜するので、この状態で運転できるよう、軸受はスラスト軸受とし、大きな振動によっても長年月の使用に耐えるように考慮されている。第5図は工場試験中の45度傾斜カッター用電動機である。

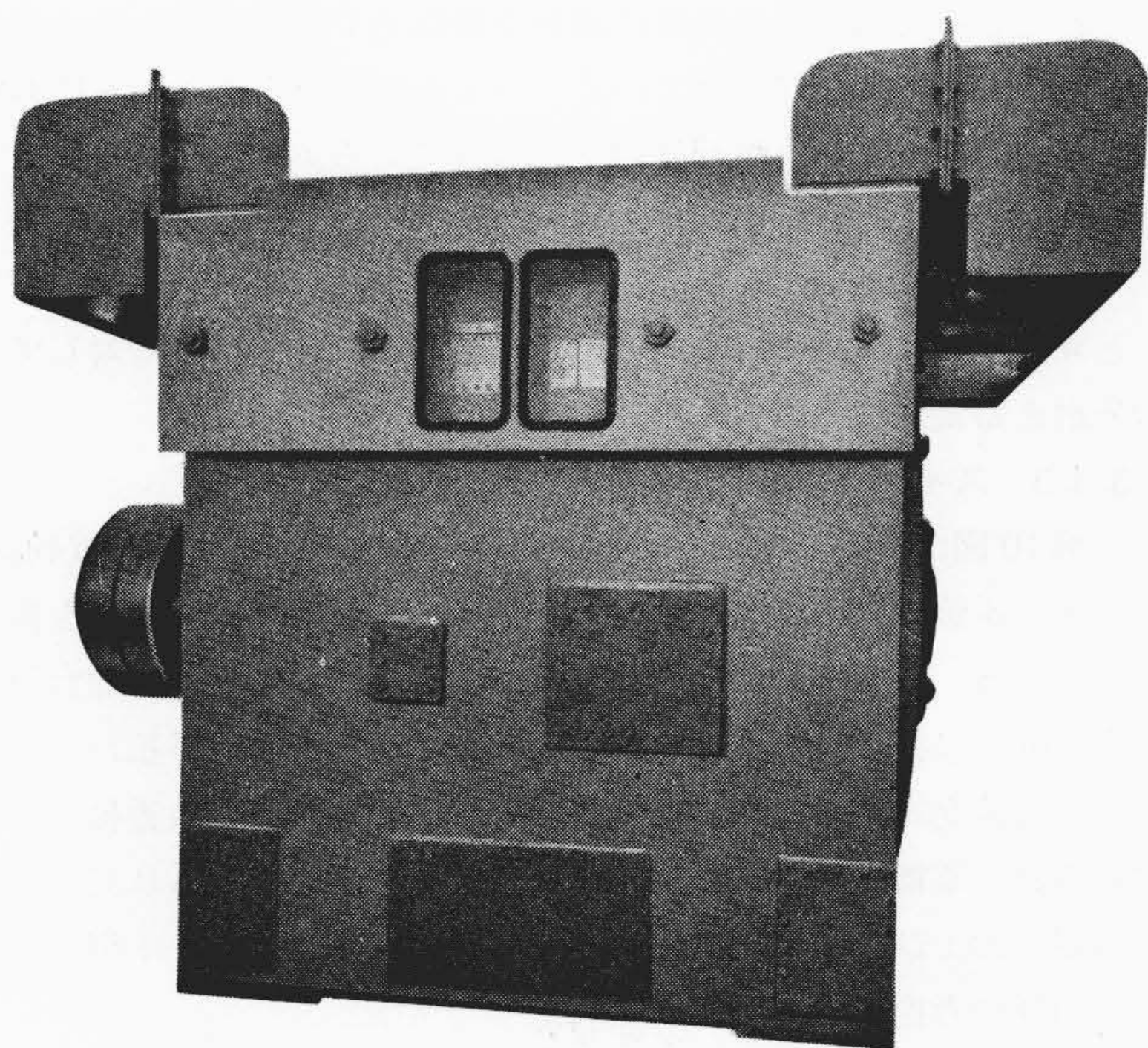
電動機の軸貫通部は防水には特に考慮が払われており、オイルシールとフリング構造を採用して完全に水の侵入を防いでいる。

屋外使用のため電動機に直射日光が当たり、外部より電動機が加熱されるのを防止するため日除カバーを取り付けてある。

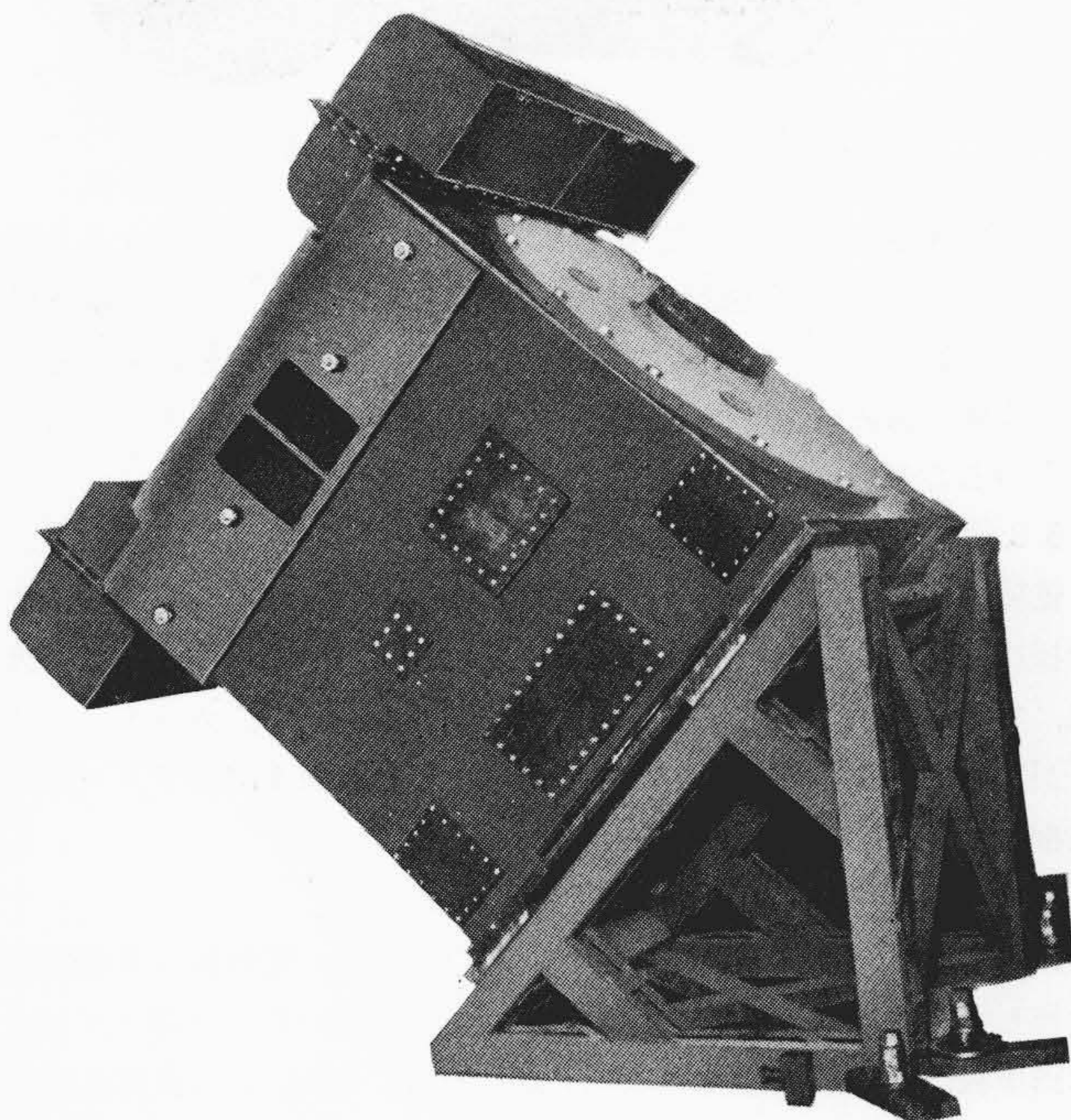
3.2.2 特性

かご形誘導電動機は、単一速度機においても、固定子線輪数と回転子線輪数の組み合わせが適当でなければ、クローリング現象や異常騒音を発生する。この適当な組み合わせは極数により異なり、本機のように三つの極数をもつものに対し、異常現象を発生しないような線輪数の組み合わせを選定することは大変困難な事からなのである。

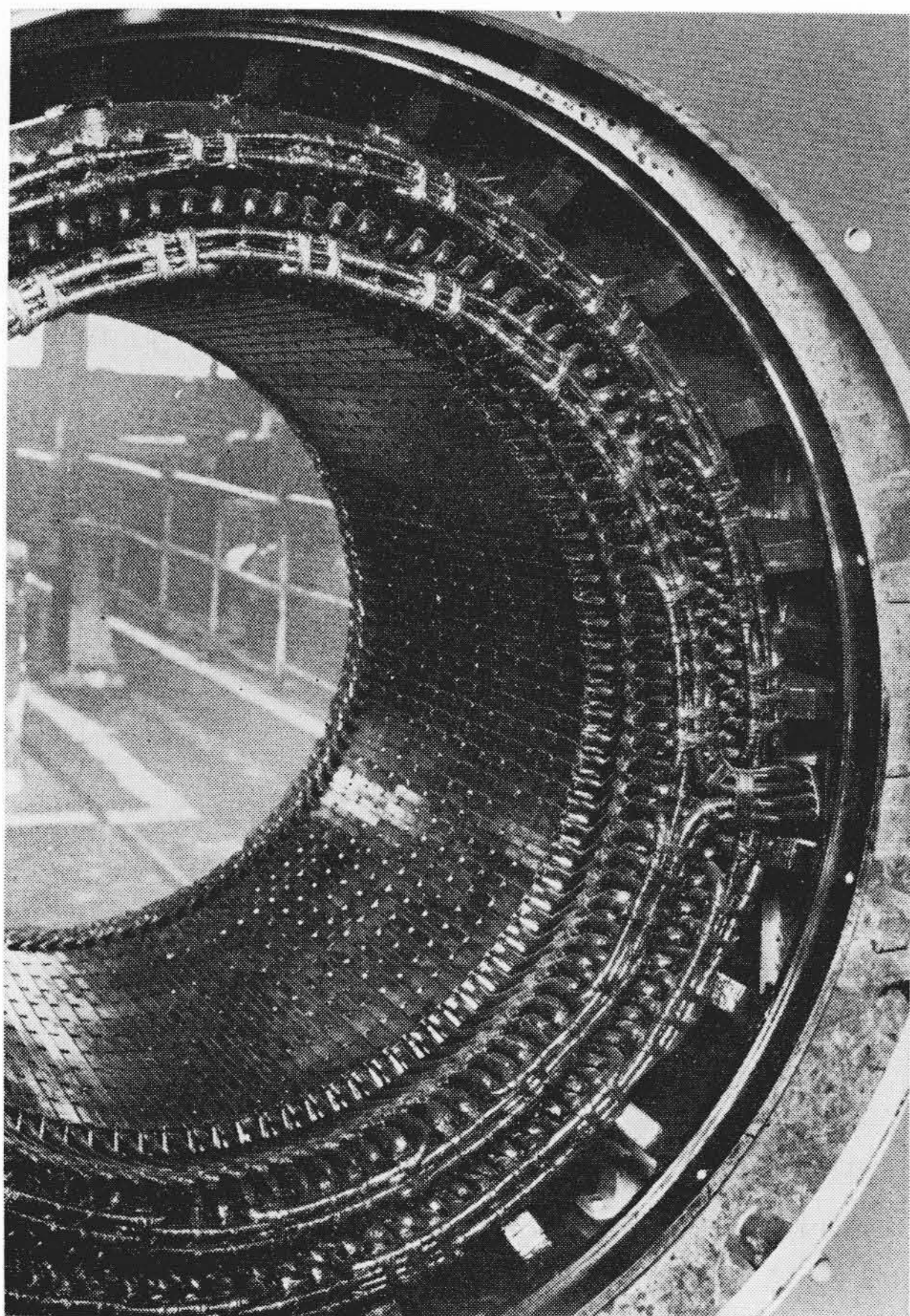
幸い、二段速度電動機の実績を多数もっているため、この実績を調査分析して、最も良い三段速度機の組み合わせを決定することができた。なお安全のため、回転子線輪を斜めスロット構造とした。



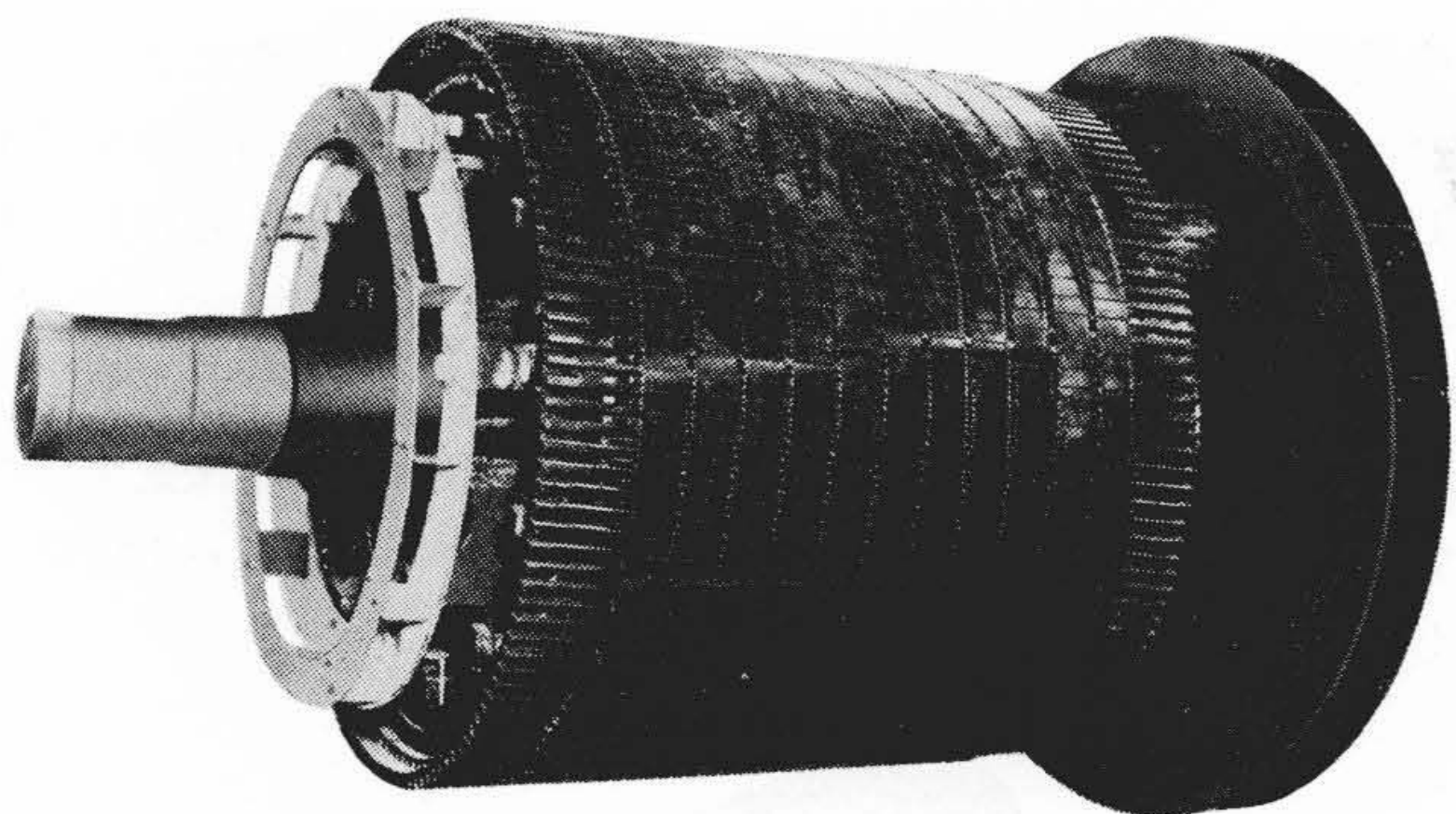
第4図 カッター用450 kW 三相誘導電動機外観



第5図 45度傾斜で工場試験中のカッター用450 kW 電動機



第 6 図 カッター用 450 kW 電動機固定子



第 7 図 カッター用 450 kW 電動機回転子

多段速度電動機のいま一つの問題点は、循環電流に対する考慮である。本機は 10 極が Y, 12, 14 極が Δ 結線であるが、配線構造を特殊として、循環電流のまったく流れない構造としてある。

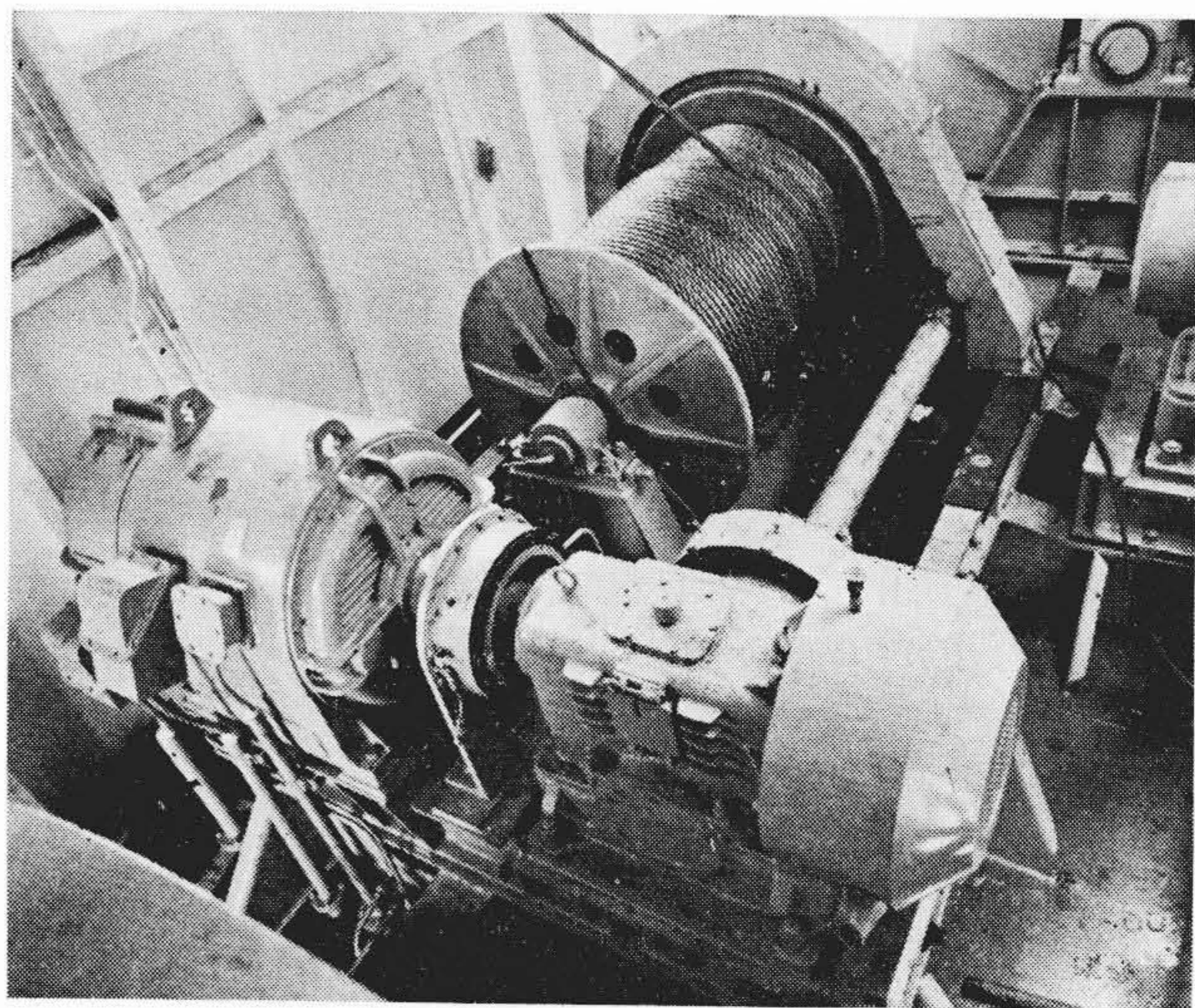
本機の試験結果には全然異常現象を認めず、良好なトルク特性を得ることができた。

3.3 ラダー用電動機

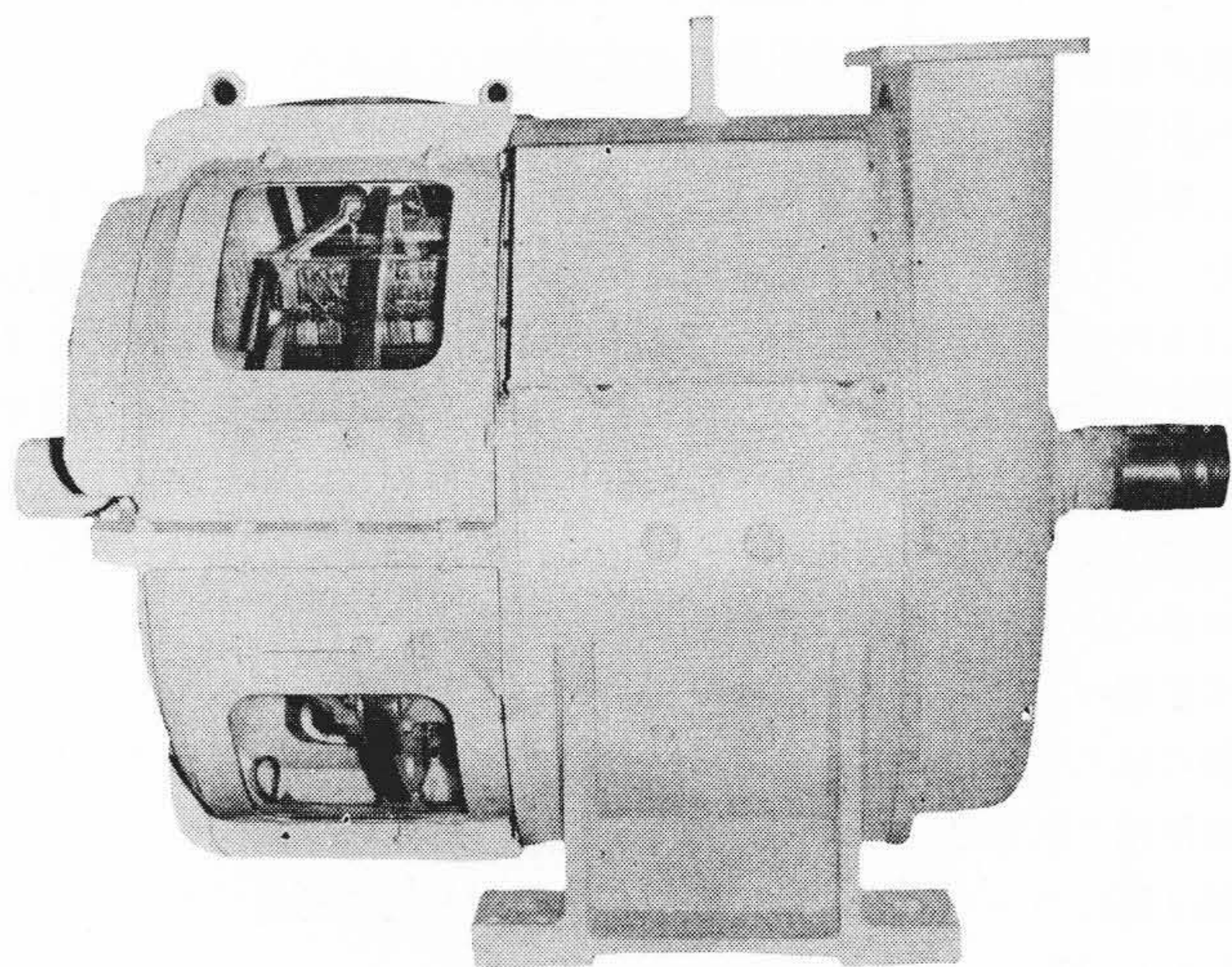
絶縁は耐熱性にすぐれた B 種絶縁とし、開放防滴形巻線回転子式を採用した。通風方式は自冷とし、直結側エンドブラケットより吸気、集電環側エンドブラケット下部より排気させて、カーボンドストが電動機内部に侵入しない構造としている。第 8 図にラダー用電動機を示す。

3.4 スイング、スパット用電動機

第 9 図は本電動機の外観を示したものである。電動機は B 種絶縁を施した防滴構造で、他力通風方式を採用している。冷却ファンは暴露甲板に別設置され、冷却風は整流子側より吸い込み負荷直結側より通風ダクトを通して吐出し内部を均一に冷却するようにしてある。なお、電動機停止中、内部に露が付着するのを防止するために



第 8 図 ラダー用 150 kW 三相誘導電動機外観



第 9 図 スイング、スパット用 190 kW 直流電動機

整流子側のエンドカバー下部にスペースヒータを設け、また整流子部分の点検、保守のためにカバーの上下に十分な大きさの点検窓が備えられている。

3.4.1 回転子および固定子

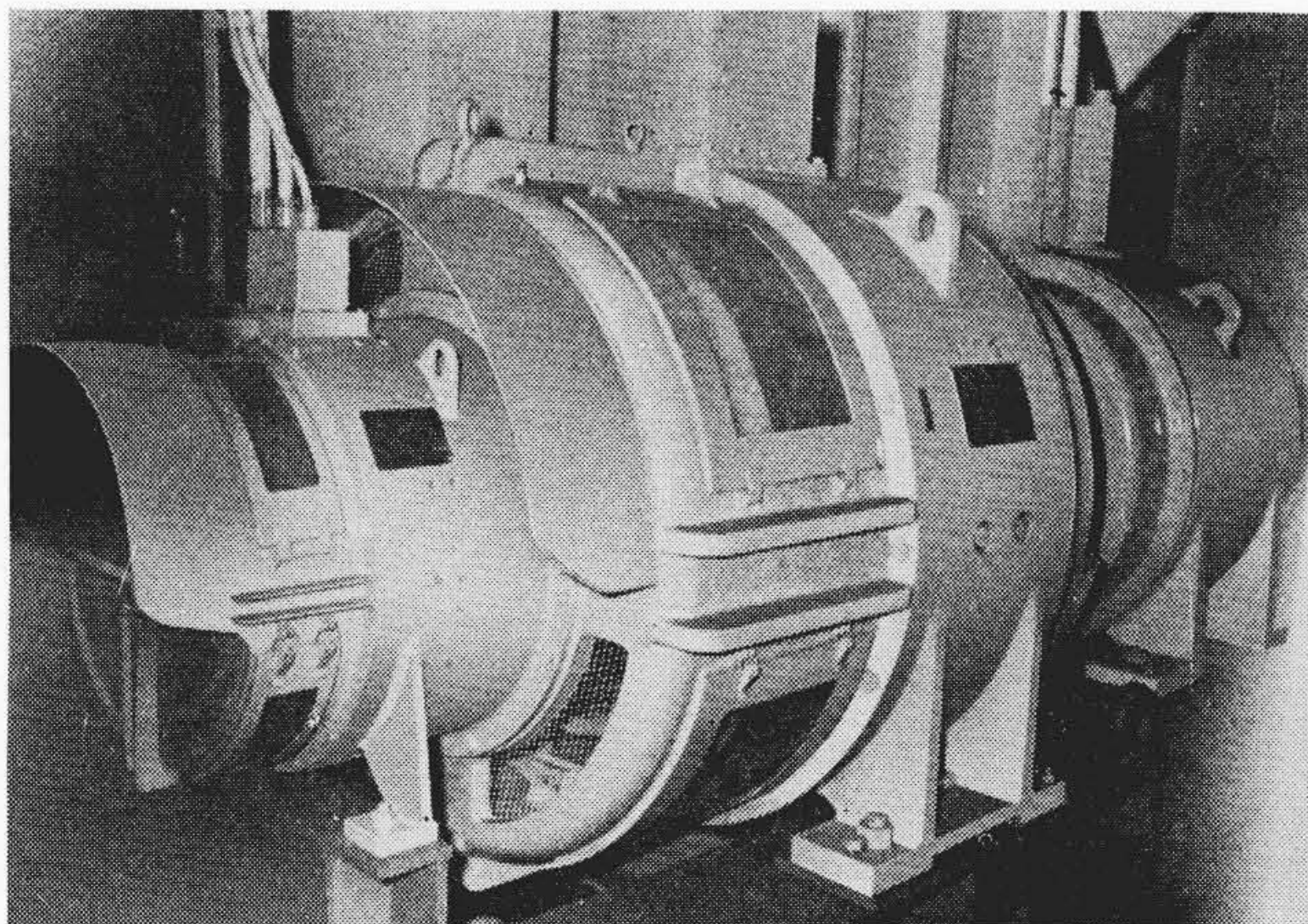
回転子の電機子鉄心および整流子は鍛造主軸に強固に取り付けであり、電機子コイルおよび整流子の冷却を十分にするよう考慮されている。固定子の継鉄は鋼板溶接構造で振動に対して十分な強度をもつよう製作されている。コイルおよび整流子などは B 種絶縁のほかに耐油、耐湿処理が施されている。

3.4.2 軸 受

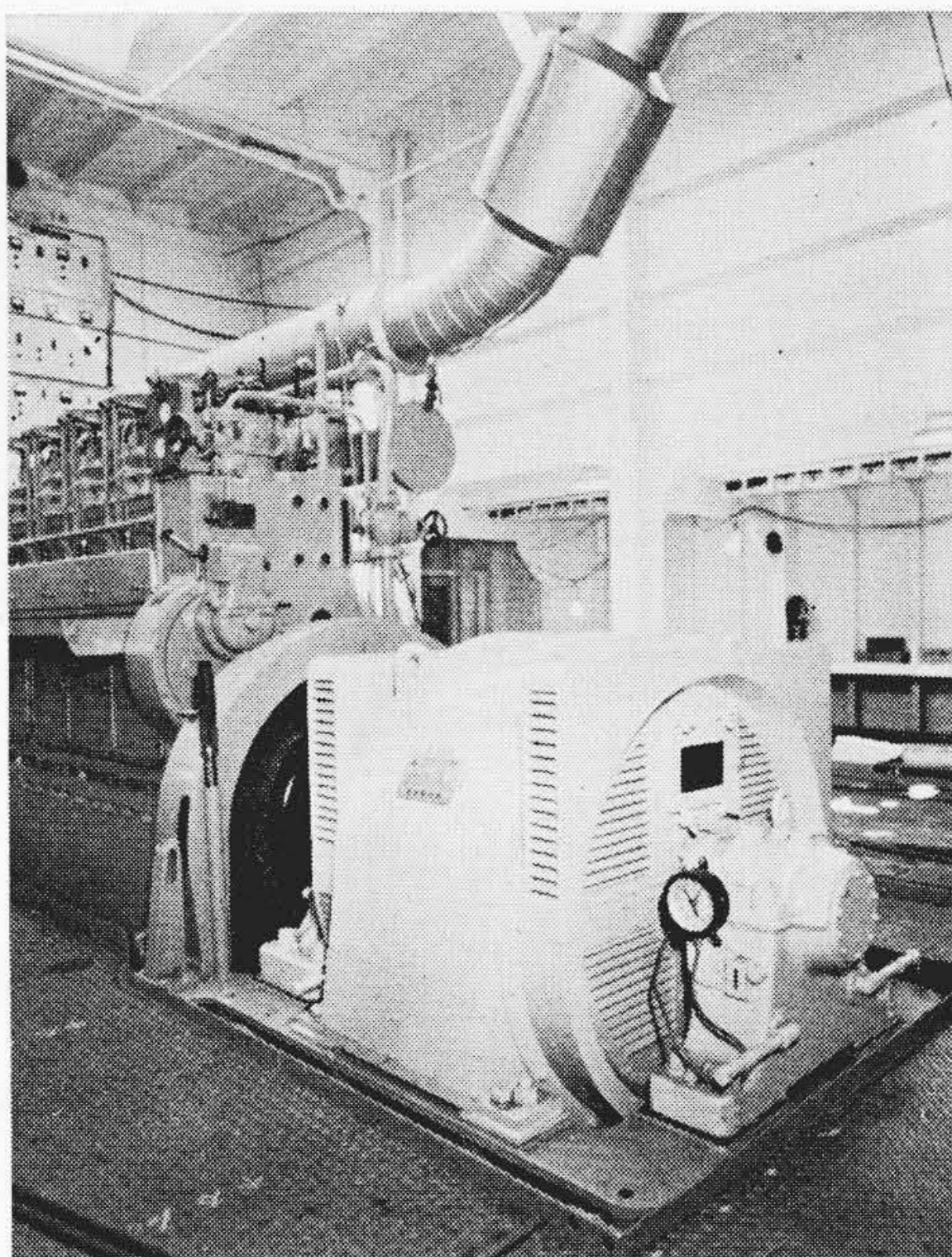
負荷側にはボールベアリング、反負荷側にはボールベアリングとローラベアリングの両方を使用し船体の動揺、傾斜に対して十分耐えるように考慮されている。

3.4.3 スイング、スパット用電動発電機

第 10 図は電動発電機の外観を示したものである。誘導電動機、直流発電機、励磁機はともに B 種絶縁で冷却には自冷方式を採用している。誘導電動機、直流発電機、および励磁機は共通台板の上に強固に据え付けられ、振動に対して十分な考慮が払われている。直流発電機および励磁機の回転子は一体鍛造の共通軸上に配置され、電機子鉄心および整流子は強固に取り付けられている。固定子および整流子部分についてはスイング、スパット用電動機と同様の考慮が払われている。



第10図 スイングスパット用電動発電機



第11図 250 kW 交流発電機設備

3.6 非常用自励式交流発電機

約30 kWの船内非常用負荷、ラダー用150 kW電動機、スイング、スパット回路レオナード用250 kW電動機の非常用電源として設備されるもので、300 HPディーゼルエンジンにより駆動される。第11図は非常用自励式交流発電機設備の外観である。

3.6.1 回転子

磁極鉄心は積層薄鋼板製で、輻鉄にダブテールで取り付けられ、コッターで強固に固定されている。界磁巻線は遠心力よりさらに大きな圧力で加圧焼き付けされたものを使用しているため、長期運転で変形する心配はまったくない。界磁には制動巻線を設け、短絡時の高調波異常電圧の発生を防止するように考慮されている。

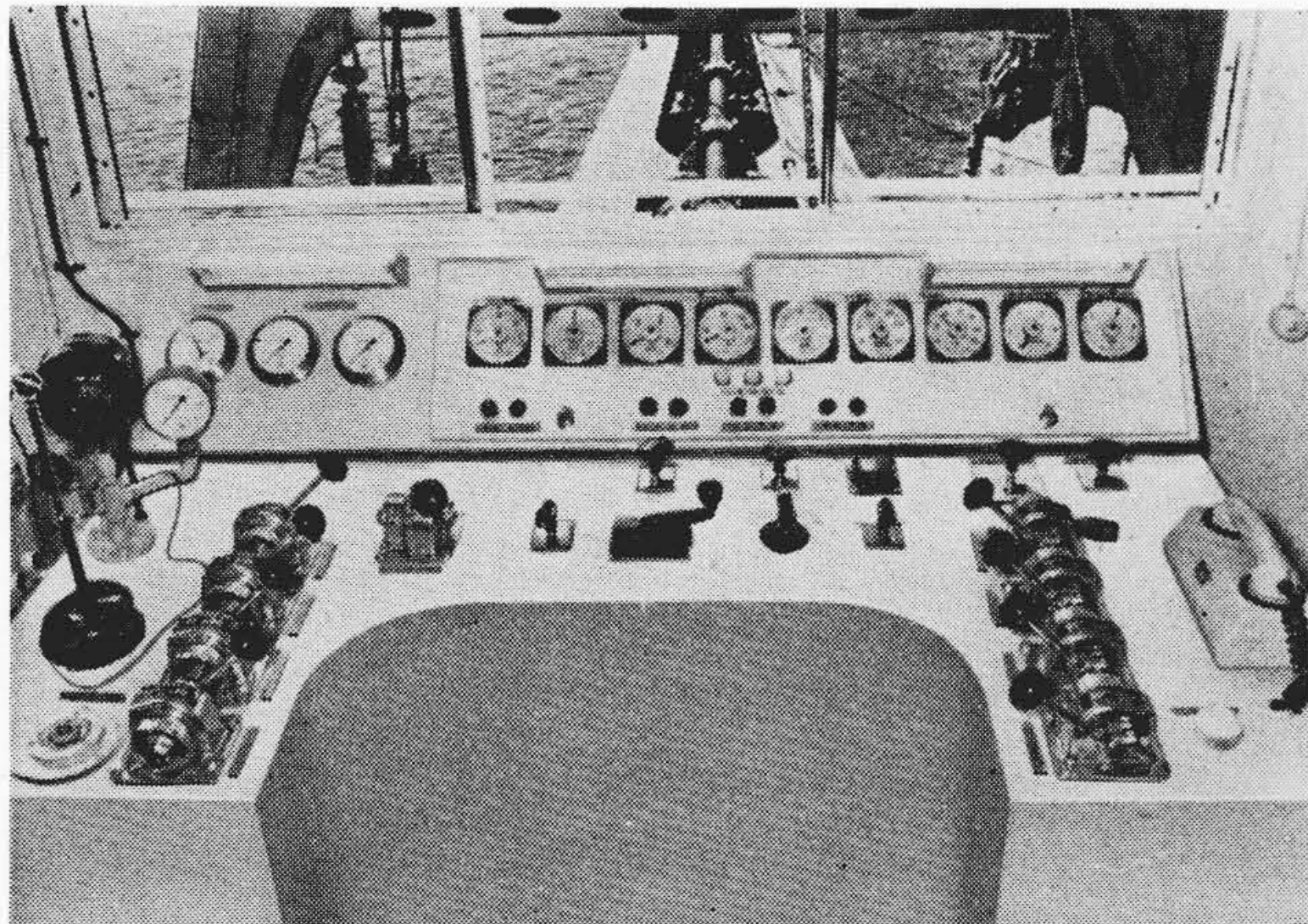
3.6.2 固定子およびその他

固定子、軸受、集電装置は主ポンプ用2,200 kW電動機と同構造としている。耐湿に対しても停止中はスペースヒータを使用するなど、万全を期している。

4. 制御装置

4.1 主ポンプ運転

ポンプ式しゅんせつは流体中に含まれている土砂の排送が目的であることから、土砂の排送量を最大にするよう運転する必要がある。すなわち排送流体の流体中に含まれる土砂の量、排送距離の間には一定の関係がありこれを満足させるために主ポンプ速度を変えている。主ポンプは普通10~20%の速度制御を簡単、確実にこなす



第12図 しゅんせつ操作盤

必要から駆動原動機としては巻線形誘導電動機とし、速度制御の方法としては液体抵抗器による電動機二次抵抗制御方式を採用している。

主ポンプは負荷の性質上、特に下記の点が考慮されている。

- (1) 岩石などの異物を吸入しても電動機が停動することのないよう最大トルクを大きく設計製作している。
- (2) 主ポンプの再起動は負荷の性質上できるだけ少ない方がよいので熱容量の許しうる範囲内で過負荷運転を続けるよう考慮されている。
- (3) 運転中電動機停止した場合、ポンプケーシング内に岩石、泥土が沈積しても大きな起動トルクで再起動ができる。
- (4) 電源周波数が変わった場合でもしゅんせつ能力が変わらないように電動機速度をほぼ同じにするため電源周波数50サイクルの場合は16極、60サイクルの場合は20極と極数変換をしている。

主ポンプ駆動用巻線形誘導電動機は液体抵抗器電極が起動位置にあり、抵抗器内に電解液が充填され、電解液冷却用循環ポンプおよび電動機冷却ファンが運転していることを確認してから機関室設置の高圧盤にて電動機主回路用油入遮断器を手動投入することにより電動機は低速にて起動する。同時に液体抵抗器電極操作電動機が駆動し液体抵抗器電極は調整され電動機速度がある一定速度まで上昇する。その間泥水は長い土砂排送管内をゆっくり進行し排送管の異常振動がないよう運転される。しゅんせつ能率の向上のために電動機速度を調整する場合は第12図に示すような運転室設置のしゅんせつ操作盤上のハンドルを操作することにより液体抵抗器電極を遠隔制御し電動機の二次抵抗を調整して行なわれる。電動機が定格速度になると電磁接触器により電動機二次側は短絡され運転が続けられる。なお液体抵抗器は船が傾斜しても電解液が流出しないよう特別の考慮が払われている。

4.2 カッター運転

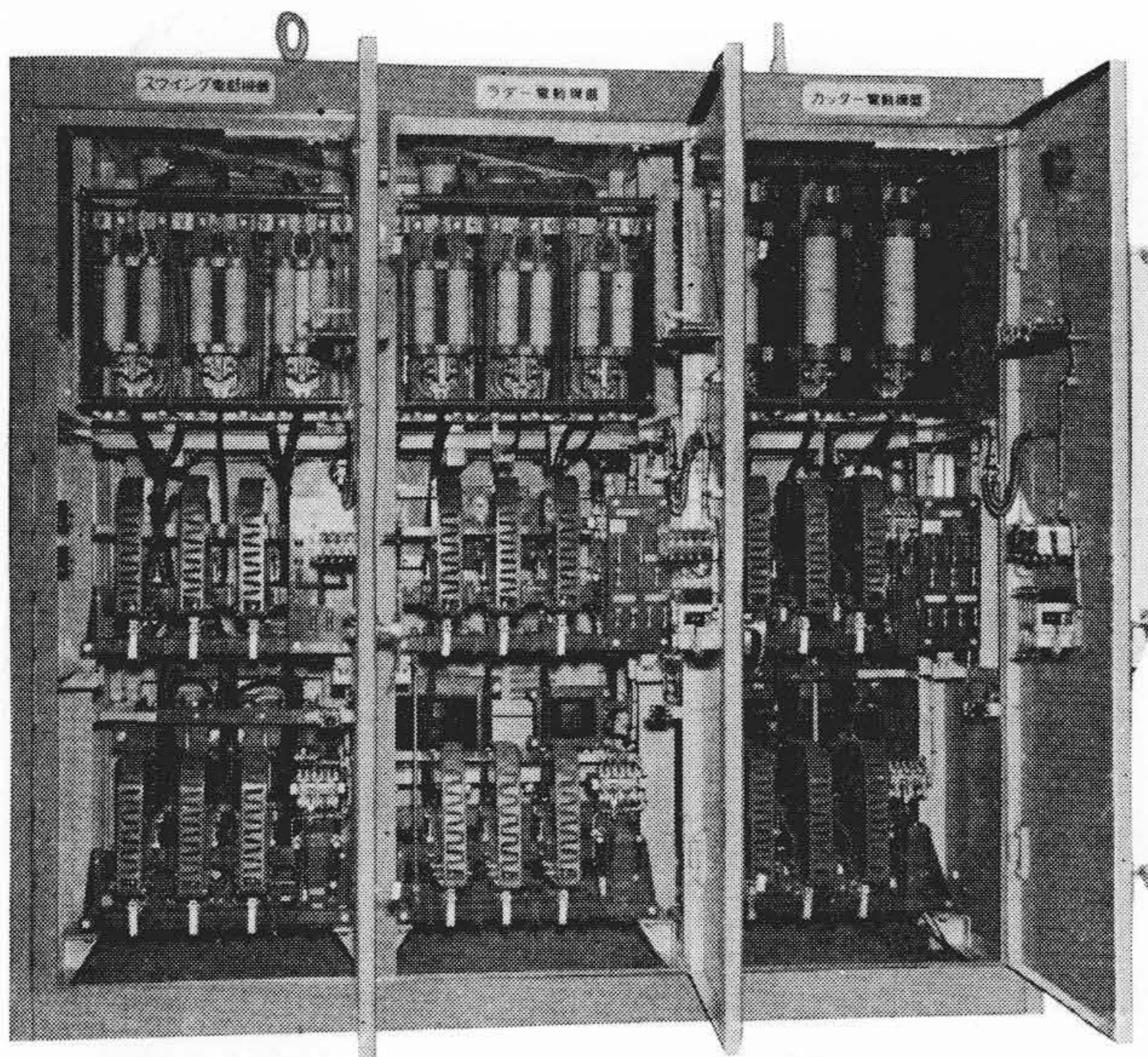
しゅんせつ中はラダーの深度を調整したり、船体スイングの速度を調整したりしてしゅんせつ能率の向上をはかっているが、さらにしゅんせつ土質の硬軟によりカッター速度を変えしゅんせつ能率の向上をはかっている。カッター電動機は速度制御方法としては特殊かご形誘導電動機による3段の極数変換方式を採用している。

カッター電動機運転に際しては次のような点が考慮されている。

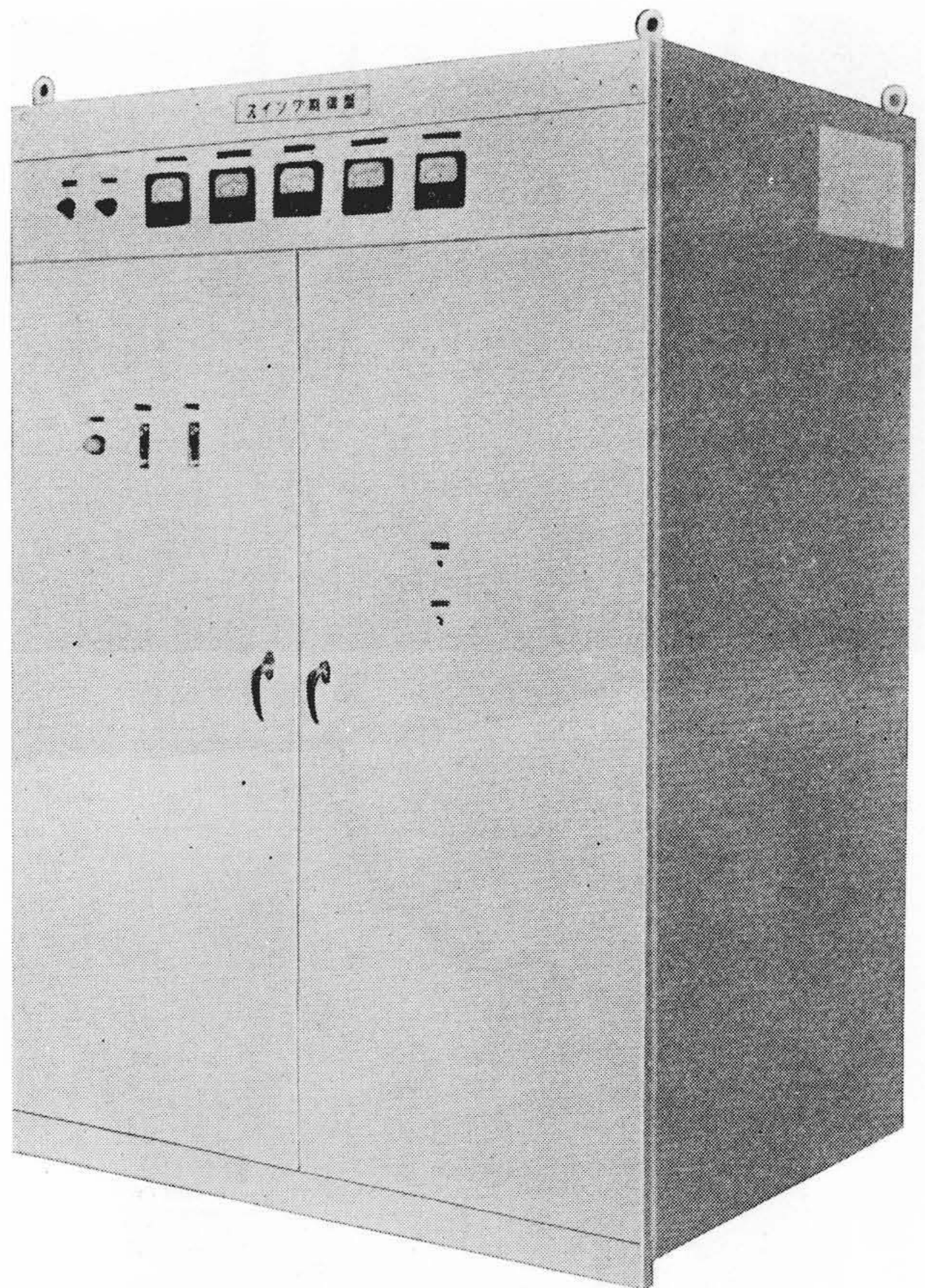
- (1) 負荷の性質上、停動することがあるので停動トルクを十分大きくとってある。
- (2) 起動トルクは小さくてよいので電源の変動を少なくするためリアクタ起動を行なっている。

第13図はカッター電動機、ラダー電動機、スイング、スパット電動機用電動機の高圧接触器盤の内部を示したものである。

カッター電動機は運転室設置の操作盤上の切換開閉器により高圧



第 13 図 カッター、ラダー、スイング電動機
高圧接触器盤内観



第 14 図 スイング制御盤外観

電磁接触器を作動させ所望の極数に切り換え、電動機冷却空気吸入、吐出ドアを開き、スペースヒータ電源を切り、操作盤上の押ボタンを押すことによりリアクタにより起動電流を制限しながら起動する。

4.3 ラダー運転

ラダーウインチは負荷の性質上、一般に巻線形誘導電動機により駆動される。ラダーウインチにより主ポンプ吸入口の水圧を加減することによりしゅんせつ能率の向上がはかれるのでひん繁に運転される。そのため電動機の容量、二次抵抗容量の選定には特に考慮が払われている。

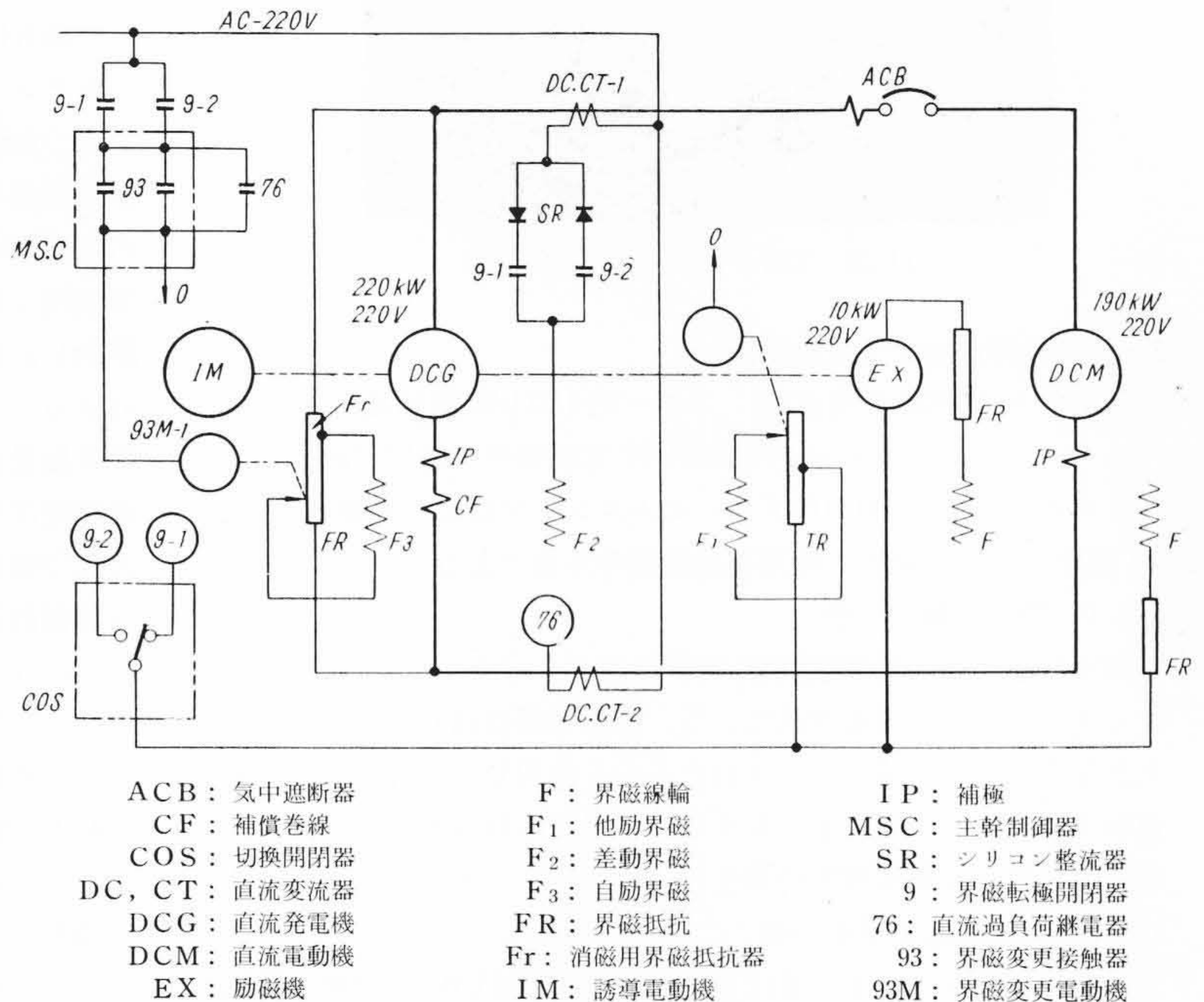
ラダーウインチ用電動機はスペースヒータが切れていることを確認して運転室設置の操作盤上の切換開閉器を巻上または巻下運転に切り換え、電流制限継電器により起動電流を調整しながら電動機速度を上昇させる。

4.5 スイング、スパット運転

スイング装置はしゅんせつ作業中、船体を左右にふらせて広範囲にしゅんせつさせるものであるが、しゅんせつ土質によりスイング速度を広範囲に変える必要がある。また電動機は負荷の性質上、急激な過負荷がかかって電動機が停止する場合でも、その停動トルクをある値に制限する必要がある。そのため直流発電機は他励分巻、自励分巻および差動直巻の三界磁を有するいわゆる三界磁発電機によるレオナード方式を採用した。

第 14 図はスイング制御盤の外観を示し、第 15 図はレオナード主回路の概略結線図を示したものである。

スイング、スパットの運転操作はすべて運転室の操作盤に設置された主幹制御器(起動、停止および速度制御)と回転方向切換開閉器によって電流計および速度計を監視しながら遠隔操作により行なわれる。主幹制御器のハンドルを急激に操作した場合でもトルクモータにより他励界磁、自励界磁をゆっくり変え機械に衝撃がかからないよう考慮されている。運転中電動機が過負荷になると自動的に減速して運転を続け極端な場合には電動機は停動しスイング、スパット装置を保護する。過負荷の原因がなくなると電動機は自動的に速度を回復する。電動機は冷却ファンが運転しており、スペースヒータが切れていなければ運転できないような電氣的インターロックが施されている。またスパット装置はクラッチを切り換えることによりスイング装置と同様に運転をすることができる。

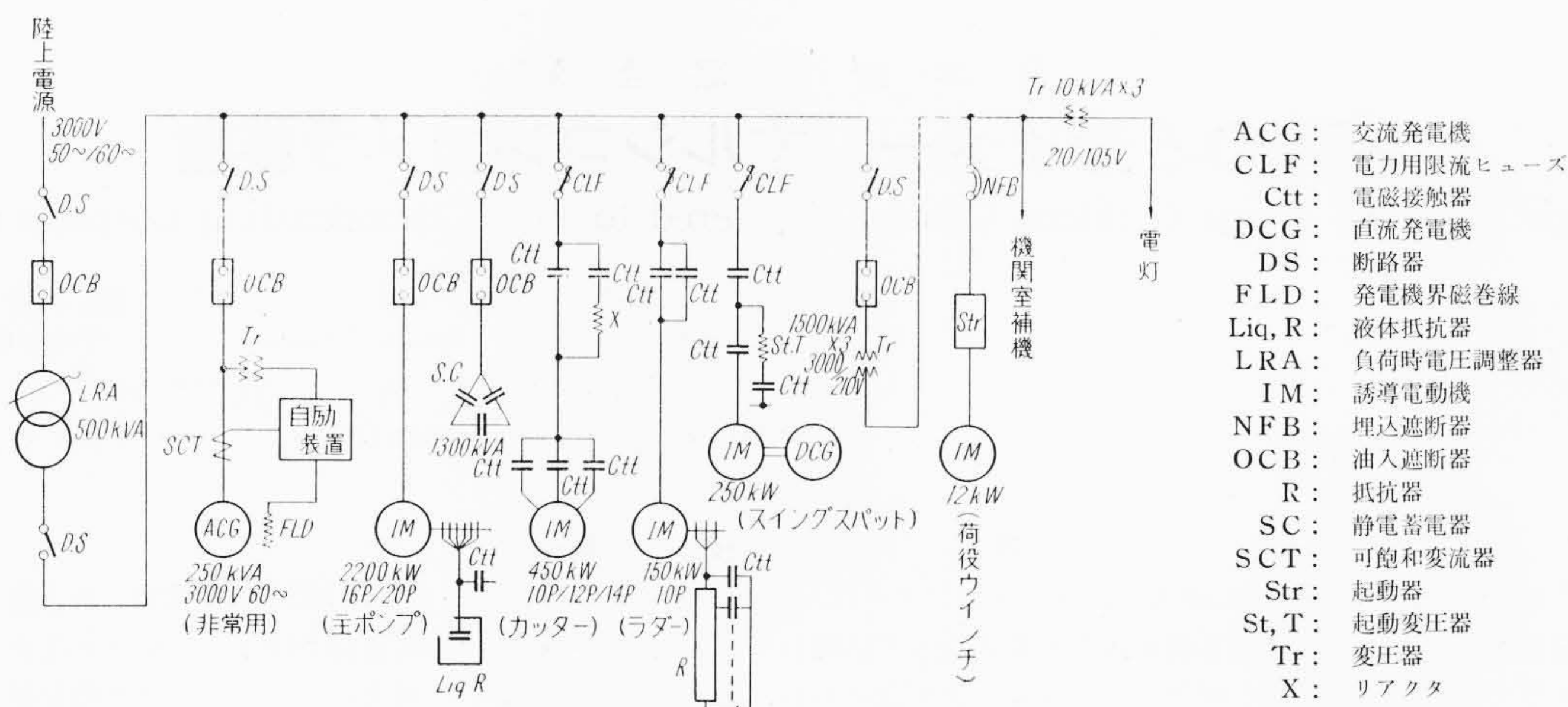


第 15 図 スイング、スパット用レオナード主回路概略結線図

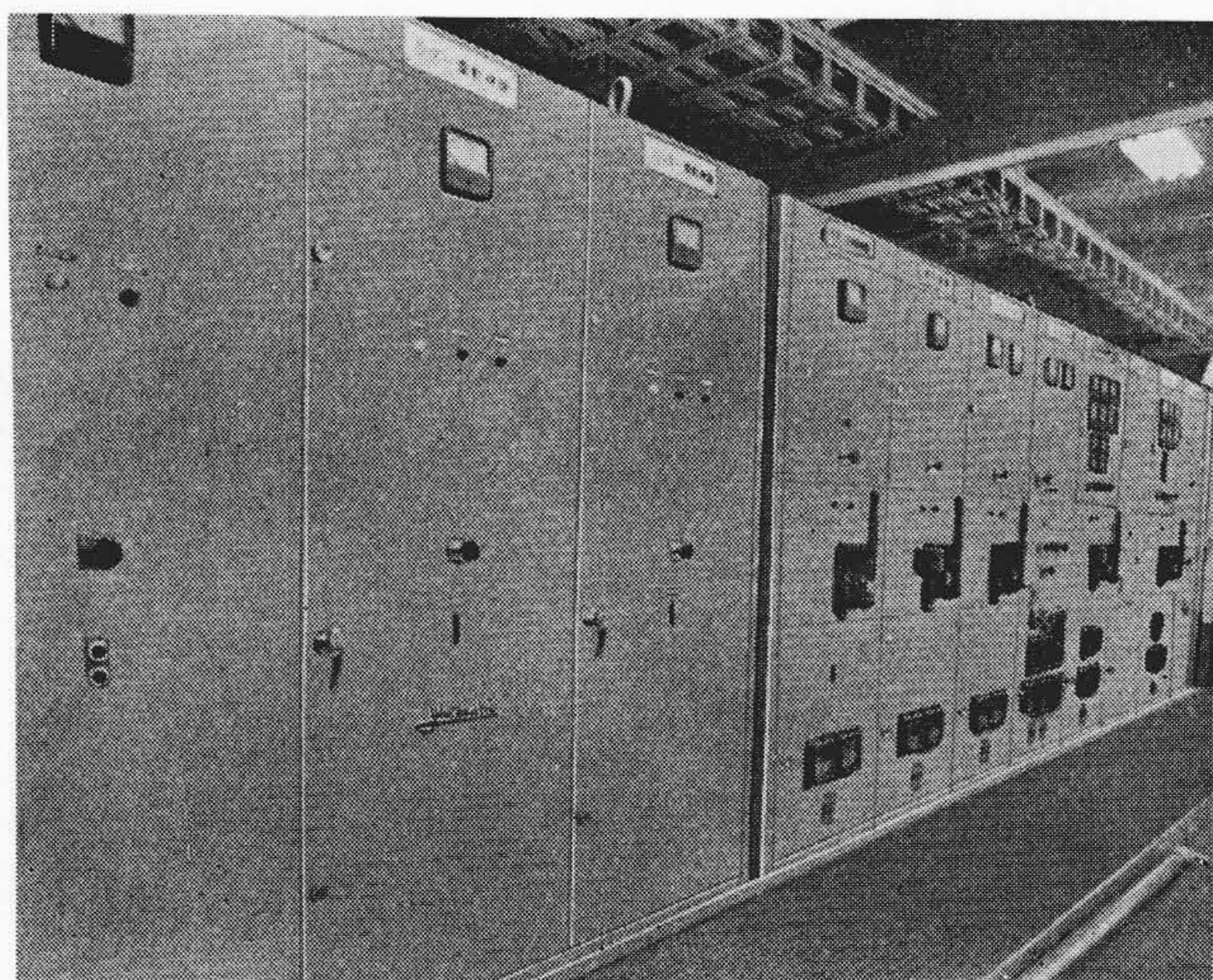
4.6 配電系統

第 16 図は配電系統の概略結線図を示し、第 17 図は高圧配電盤の外観を示したものである。

しゅんせつ制御用電源は 3,000 V 50 サイクルまたは 60 サイクルで陸上より負荷時電圧調整器を通して船内に供給される。なお 1,300 kVA 電力用コンデンサにて受電力率の向上をはかっている。しゅんせつ作業中、陸上電源が停電したような場合には 250 kVA 非常用自励交流発電機により機関室補機、ラダー巻上、スパット巻上、



第16図 配電系統の概略結線図



第17図 高圧配電盤の外観

船内電灯に電力が供給される。なお各種警報はすべて 24 V 蓄電池

電源により行なわれる。

5. 結 言

以上、ポンプ式しゅんせつ船の電気設備の概要について述べたが、今後わが国のしゅんせつ船として主として用いられるであろうポンプ式しゅんせつ船の開発に本論文が役だてば筆者らの幸いとするところである。本船の電気品のうちスイングスバッド用電動機、電動発電機およびその制御装置は三井造船株式会社独自の技術により製作されたものであり、本文の 3.4 項および 4.5 項は三井造船株式会社より記事の提供を受けたものである。

終わりに本船の電気設備の計画にあたっては第一港湾開発株式会社、三井造船株式会社玉野造船所、日立製作所関係各位から多大のご指導をいただいたので深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 平川, 中野: 日立評論, 35, 533 (昭 28-3)
- (2) 横田, 中山, 本間, 二瓶: 日立評論, 43, 521 (昭 36-4)

日立評論別冊論文集

原子力論文集

昭和 37 年 8 月発行

最近のわが国の原子力産業技術の水準を示す技術論文の集大成で、下記の論文を掲載している。(1冊 150 円 送料 90 円)

目 次

- ・原子力開発の現状
- ・JRR-3 (国産一号実験用原子炉) の建設
- ・日立教育訓練用原子炉 (HTR)
- ・東京大学納臨界未満実験装置
- ・王禅寺臨界実験装置 (O.C.F.) の概要
- ・原子炉設計における大形電子計算機の役割
- ・沸騰水形炉の動特性に関連した二相流問題
- ・沸騰伝熱の実験的研究
- ・沸騰水形原子炉における飛沫除去
- ・原子炉自動制御系の解析
- ・原子炉の安全系統

- ・二酸化ウランの焼結過程とその機構
- ・原子炉用高張力鋼の熔接性ならびに機械的性質について
- ・鋼の中性子照射損傷に関する研究 —— 原子炉压力容器用炭素鋼および低合金鋼の放射線損傷 ——
- ・中央フィード形パルスコラムの抽出特性
- ・日立核融合実験装置
- ・6 MeV 線形電子加速装置の試作
- ・5 MeV バン・デ・グラーフ形粒子加速装置
- ・放射線によるポリエチレンのグラフト重合
- ・亜酸化窒素化学線量計
- ・放射性同位元素の工業計測への利用

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地 振替口座 東京 71824 番
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座 東京 20018 番