

# 450 キロワット高速度直流電動機\*

富士電機 製作部 斎藤三男次

## 内容梗概

先年來川崎造船所にターボ送風機運轉用直流電動機 300キロワット 2,800回轉毎分 4臺、次いで 350キロワット 2,800 回轉毎分を 6 納入し、又先般同所より 450キロワット 3,000 回轉毎分を 10臺受註し、その中今回 4臺を納入せし機會にして 450キロワット電動機に就き、その設計及製作上の特長を主として機械的見地より述べて見る。

## I 緒言

流線形時代の産物たるスピードの要求は、ハイスピードよりスーパーハイスピードへと移つて來た。

直流電動機に於ても近來高速度のものが、特殊用途として非常に要求を増して來た。其の一例を上ぐれば送風機用、岬筒用、プロペラ試験用、電氣動力計等の如きものである。吾が國海運界の隆盛に伴ひ、其の主機關として 2 サイクルディーゼルエンジンの發達目覺しく今や斯界に君臨するに至る。然して其のスカベンディング用としてのターボ送風機は、其の取扱簡便にして信頼度高く、且つスカベンディングエヤーとして具備すべき條件に適する點に於て斷然他を壓し、全く舶用ディーゼルの補機として缺くべからざるものとなつた。

今回當所にて製作せるターボ送風機用電動機は、其の大容量高速度なる點に於て本邦の記録的のものにして次の如き定格を有するものである。

### 容量

450 kW (600 HP)

電 壓 220 V

電 流 2,300 A

### 回 轉 數 (毎分)

2500~3,450 (標準 3,000)

勵磁方式 複捲自勵磁

型 式 全閉自己通風型

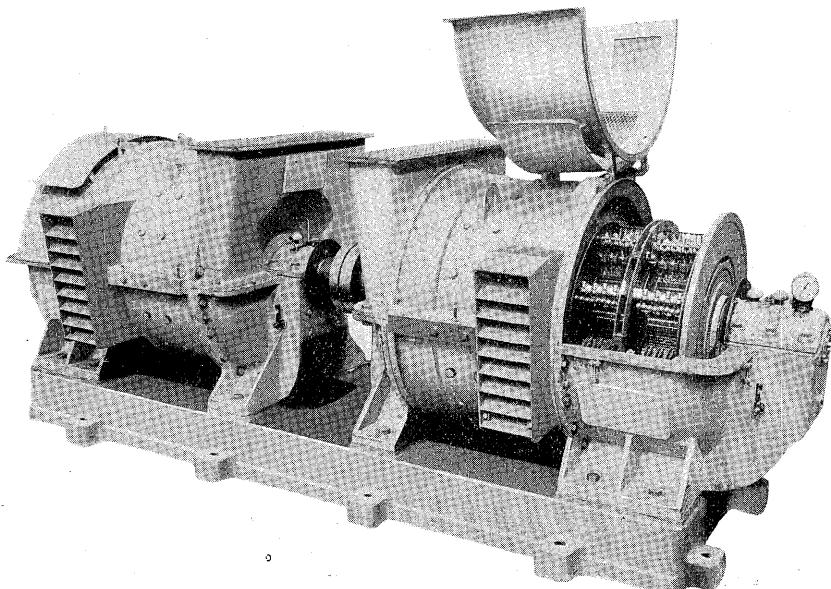
許容溫度上昇

電機子及界磁 40 °C

整 流 子 45 °C

第一圖は其の外形寫眞である。當工場出荷に先立ち川崎造船所及海事協會立會の元に、嚴密なる試験を行ひ、此處に好結果の成績にて納入されたものである。ターボ送風機の大體の構造を述べると、プロワーを真中に置き兩側に 2 至 3 台の電動機を置いたもので、内 1 至 2 台は豫備電動機である。之を見ても該電動機が如何に船全體の重要役割を務むるか判ること、思ふ。電動機とプロワーとは可撓接手を以て連結され、任意に結合又は切斷し得る構造となつて居る。

該電動機は船舶用として小型軽量、所要風壓の送風機の設計上、其の他の理由から價格其の他の條件を度



第一圖 川崎造船所納入 450 kW 直流電動機

\* On the 450 k.W. High Speed D.C. Motor

外観して是非高速度のものが要求され、又送風機の出力變化に應する爲相當廣範圍の回轉數となつて居る。電動機設計製作に當り電氣的には整流、安定の問題、機械的には構造材料の強度、限界速度、釣合、音響、溫度上昇を過大にせぬ通風其の他の問題があるが、其の機械的の二三の問題に就き簡単に考察して見よう。

## II. 本機の構造及設計上の特長

### 1) 整流子

高速度に於ては必然的に整流子周邊速度が大きい爲リアクタンス電壓が増大し、整流困難となることは既に御承知のことと思ふ。此の外に高速度なる爲に起る各種の機械的振動が合致して刷子と整流子面との接觸の安定を缺き、集電作用困難となる故靜止、運轉、溫度上昇等の如何なる状態に於ても、其の形狀が可及的に變化せざることが最も必要な條件である。然るに速度及容量の増大にひ整流子長さが大となることは必然的である。實際は此の上更にシユリンクリングの巾が加はるから益々大となる。此の結果は直ちに軸系の臨界速度に影響する故、又損失を少なくする爲にも特殊な冷却方法を採用して、出來得る限り長さを短縮する必要がある。第二圖は本機の通風方式を示す。即ち整流子シユリンクリング上に設けられし通風機により冷却空氣は機の兩側より吸込まれ中央部より排氣される構造になつてゐる。此の結果整流子及電様子捲線鐵心並に界磁捲線は別々に外氣により冷却される事になりその冷却効果も充分である。僅少なる整流子面の變形をも嫌ふ高速度様に於ては、遠心力に依る振れ、彎曲應力及熱に因る膨脹を考へに入れる必要あり、之等

の悪影響なき様にスプリングリングを裝置する當社獨特の方式を採用して居る。整流子周邊速度は標準55米/秒にして、使用材料の選定が非常に重大な問題である。本機は整流子片としては最良質の硬引銅を使用し、3個のシユリンクリングにて締付けて居り、其の1個には通風機を裝備して居り、機械内部の冷却を司るのである。

シユリンクリングはニッケルクローム鋼を使用して居り、其の締付は非常に困難な仕事である。即ち各リング一様に内力を起す如くすることは不可能にして、或る特定のものに過大内力を生ずる虞れあり、又中央部が過熱する傾向ともなり、刷子保持装置の設計困難となる事等である。之に對しシユリンクリングは充分餘裕を付して設計して居り又刷子保持器も特別な構造となし、萬遺漏なきを期して居る。

斯の如く整流子の設計は高速大容量機の最大の難點であり其の優劣は直接機械の生命を制するものであると言つても過言でない。

### 2) 刷子及刷子保持器

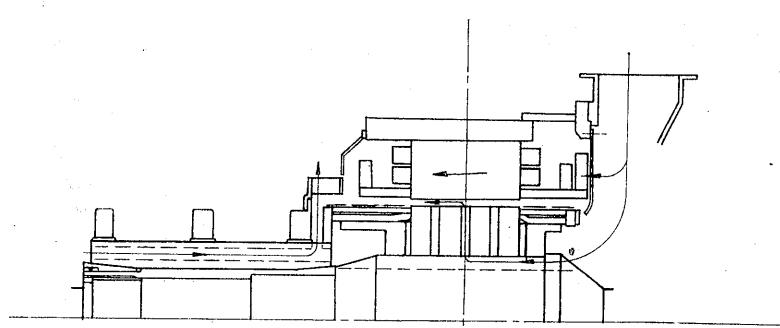
整流作用に對して他の一つの問題は刷子及刷子保持器である、高速度機に於ては工作が如何に良好であつても、又如何に最善のバランスを取り直しても、必ず振動を生じ整流を困難ならしむるものである。

當社に於ては獨自の見地より特殊な構造を考案し、即ち刷子壓力は整流子面にラヂアルに働き、スプリングは各々固有の振動を有するも二個を裝備し、以て刷子の躍動を防いで居り、又刷子は硬質炭素刷子を使用し電流密度を高く取り、此れが裝備に當り一つ置きに

ステップせしめ、所要のオーバラップに對して刷子の寸法及び質量を少ならしめ、數量を増加して之を補ひ、以て整流作用の完璧を期して居り、試験に於ては苛酷な過負荷にて無火花の好成績を得たことは特筆に價するものである。

### 3) 軸

回轉機は高速になるに従つて、



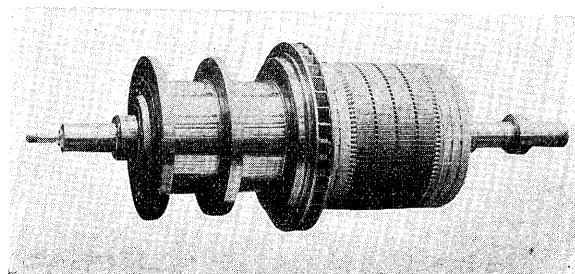
第二圖 450 kW 直流電動機通風方式

機械的の振動が極めて重要性を帯びて来る、即ち軸の危険速度の決定が問題となり、此の決定もゆるがせに出来ないものである。高速に因つて生ずる高周期振動に依る共振に依り又スパンの増大と回轉子重量の増大とに伴ふ、材料の疲労を生ずるを防ぐため、軸径を出来得る限り大となし、其の振れを少なくしなければならない、然るに軸径を大にとるには限度あり、従つて危険速度に限界を生じ運轉速度に對する容量が制限されるのである。高速大容量なる點に於て本機の如きは、我が國現在の技術にて製作可能の限界に近きものである。

即ち軸は强度の優れた鍛鋼を使用し危険速度は最高使用回轉數の30%上に置いて設計し、第二次危険速度は、使用回轉數 2,550 ~ 3,450 の下に取り高速機の定石をふんで居るのである。最高回轉に於ても無火花の好成績を得たことは軸の設計も與つて力あるものである。

#### 4) 電機子

本機に於ける電機子周邊速度は最高回轉に於て 108 米/秒 を越し、積層電氣鐵板を使用する鐵心の周邊速度として採り得る最大限に近きものである。斯の如き高周邊速度に於ては鐵心及溝の選定押板、捲線止め楔溝外捲線締付線等の決定も重要な問題である。第三圖は電機子の外觀を示す、即ち本機に於ては押板及楔には强度の優れた材料を使用し、締付線には强度と摩擦に依る過熱の點から非磁性鋼線を使用し上記の如き問題を解決して居る。又電機子の温度上昇に對しては、鐵心内外にラヂアルダクトを設け（第二圖参照）整流子・シユリンクリングに裝備せる通風機に依り、熱風を短時間に排出許容温度上昇限度より遙かに低い價を



第三圖

得た。

通風機の材料も側板にはニッケルローム鋼を、羽根板にはニッケル鋼板を使用して、風損を可及的少からしむる様許容温度上昇の範圍内にて設計し、製作に當つては非常に慎重なバランスを取つて居る

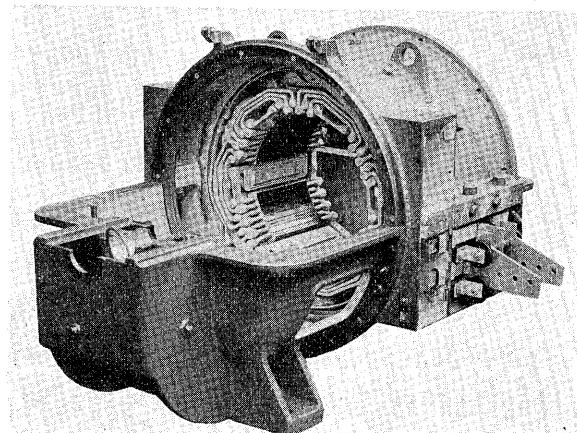
#### 5) 繼鐵及界磁

繼鐵は軟鋼製の鎔接に依り（第四圖参照）鑄物にて作りし場合の馱肉を避け、重量輕減に役立たせて居り又分解用として二つ割りとしてある。

排氣口は左右二個所に設け、カバーを取外せば消音器を裝備することも出来る。又足は繼鐵には無い。

主極及補極共積層電氣鐵板を使用し、補償線輪を設けて磁束を均一にし、強力なる補極線輪と共に正しき整流磁束を作り以て困難な整流作用を補つて居る。

主極線輪には一個のダクトを設け、又補極線輪はエデワイズとなし、過熱を防止して居る。又各線輪共其の結線は繼鐵の二つ割線にて二つ割とし分解及組立に便ならしめて居る。



第四圖

#### 6) 軸承

高速になるに従つて軸承に於ける軸首の周速も大となり、又容量の増大に伴ひ回轉子重量増加する故壓力も増す爲、其の潤滑油を壓油注入式とする様な特殊な方法を構する必要がある。本機に於ては壓油注入式を採用し、壓油は主機壓油を減壓して供給される様になつて居る。

軸承裏金は電機子のトルク及び曲げモーメントに耐

へる軸に相當する型の比較的小型のもので絶対に過熱せぬものである。速度指示計はスクリューギヤーに依り主軸に連結せしめ 1:1 の比にて主軸回轉數を示す様になつて居る。尙脚は前部及後部のプラツケットに設け、即ち軸承の下部で全體の重量を支へる様になつて居り、高速度に於ける必然の振動を減殺して居る。

整流子側軸承は第一圖に示す如く下部は鑄鐵製プラツケット型で上部は鐵板製の蓋でヒンヂに依り上方に開き、整流子點檢及手入に便ならしめ又側部に小窓を設け運轉中の整流狀況點檢に便ならしめて居る。

#### 7) 音響

高速度に音響は必ず附隨するものである。刷子と整流子面との摩擦に依るもの、機械各部の振動に依るもの又は風の渦流に依る等各種の原因がある。機械各部の振動に對しては充分バランスを良く取り、回轉部分及風の通路に於ける各部分共總て圓味を附し、尖起部又は薄板等の振動體を置かず各部にエヤーガイドを設けて風の渦流を防止してある。

#### 8) 其他の問題

高速大容量機の整流に對し、振動は最惡の影響を與へるものである。之を防止するには軸の設計が肝要なことは勿論であるが、回轉子のバランスを取ることが第一要件である。

バランスの取り方の大略を述べれば、押板、整流子胴、整流子締付環等の部分品を各個に靜的バランスを取り次に鐵心及整流子等の組立部分品に付いて取り、最後に電機子組立後靜的並びに動的バランスを取るのである。尙動的バランスを取る場合は、回轉數を出来るだけ運轉速度に近い回轉に於て取ることが肝要である。

本機も以上の諸點に留意して入念に製作せる結果、

運轉速度は勿論過速度に於ても平衡状況極めて良好にして殆んど振動を生じなかつた。

又通風機を電機子と整流子ライザ間に裝備し風の通路を短縮して熱風を可及的速かに機外に排出せる結果、試験に於ける溫度上昇は次の如し。

	(正常運轉)	(25%過負荷)
整流子	42.5 °C	48 °C
電機子	32 °C	37 °C
繼 鐵	17.5 °C	20 °C
界 磁	40 °C	41.2 °C

上記の如く規定溫度上昇に對して相當な餘裕を示して居るのである。尙本機の重量は舶用電動機として、各方面より充分の注意を拂ひたる結果 1 kW 當り僅かに 8.6 磅にして、舶用大容量機としての眞價を遺憾なく發揮して居る。

#### IV 結 言

現在引續き第2回目の1セット(2臺)完成し、他に同型3セット(6臺)製作中にて、今日迄に多數の此の種電動機を製作完成し現在冰山浮ぶ南極洋に於て世界注視の中に先進國ノルウェー及英國に挑戦して捕鯨戰の覇を爭つて居る世界最大の捕鯨母船第一、第二日新丸(二萬二千噸)や又太平洋航路の第一級船として、横斷レコードを争つて居る川崎ラインの新造船の補機として重要役割を演じて居る。

斯の如き輝かしき記録を有する製品を産んだ我が國工業界の進歩は先進歐米諸國に勝るとも劣らぬものであると自負する所以にして、皇國未曾有の非常時局に於て尙一層の努力を至し、歐米先進國をリードし、以て工業報國の實を致さんことを期する次第である。

(終り)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。