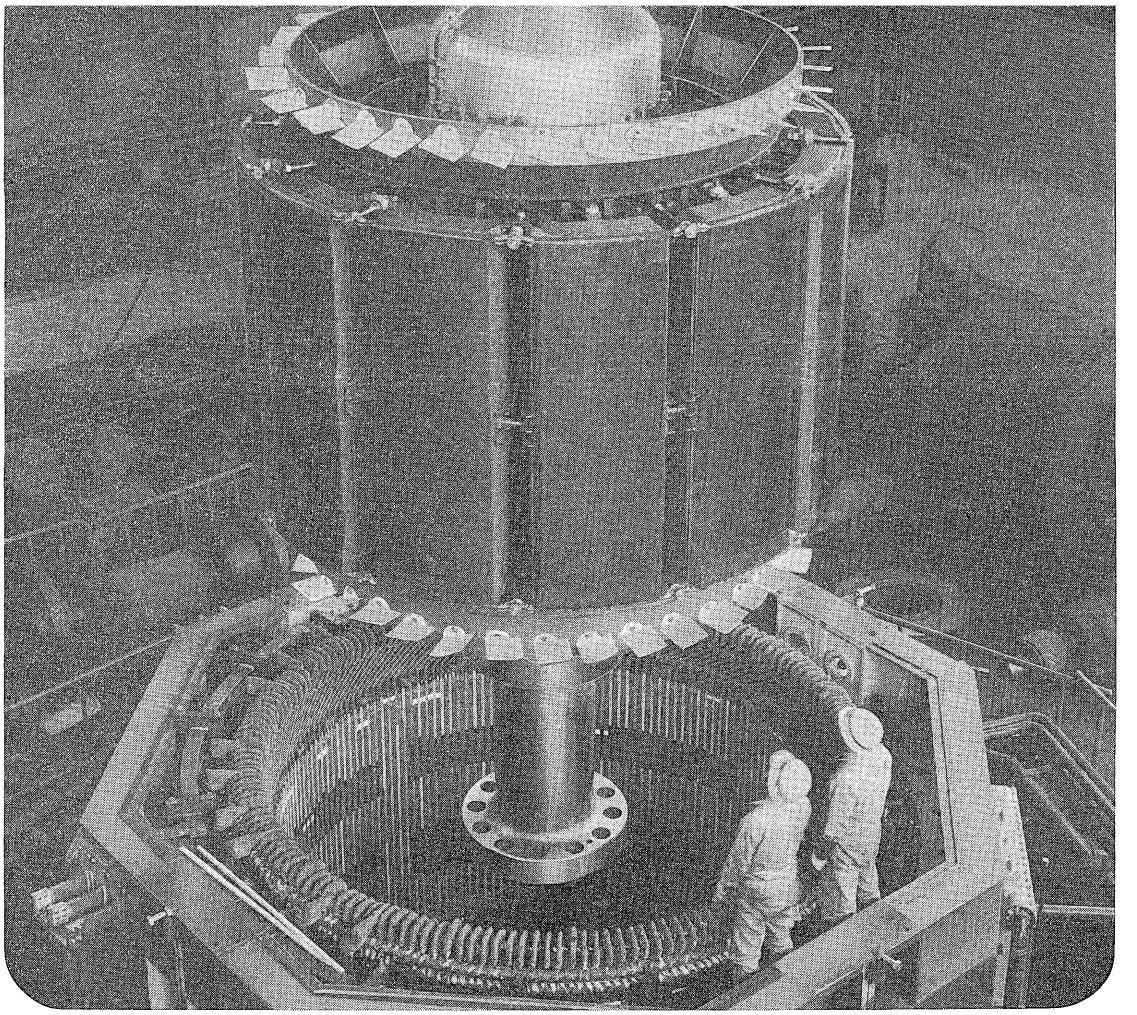


# VIII. 交流発電機

## Alternating Current Generators

電力需要の大幅な増加に応じて事業用火力発電機の単機容量も急速に増加しつつある現在，東北電力•八戸4号機として 290MVA を東京電力•川崎6号 224MVA に引続いて受注したことは意義深い．励磁方式としては当社のタービン発電機としてはほぼ標準化され，すでに多数の実績を誇るブラシなし方式を採用しており，2極機としてはわが国でも記録的なものである。

自家用タービン発電機では，設置する機器のなかで大容量電解，サイリスタ負荷など高調波発生源となるものが増加しているので，それらを充分吸収できるように制動巻線を設けた発電機としなければならない．呉羽化学工業向け 75MVA 機もその一つである。

水力発電機では最近の傾向として，より経済性を追求する設計が要求されている．たとえば速度変動率を 40～60%に上げて発電機の固有 $GD^2$ に近づけ，巻線の温度上昇を規格近くまで上げるなどを採用し効率，経済性のよい機械とするわけである．短絡比も速応性の速いサイリスタ励磁方式を採用することにより 0.7 程度まで小さくすることが可能になった．東京電力•中津川第一発電所向け 91MVA 機は高速大容量機としては記録品であり上記のような事項をもり込んだ設計となっている。

ディーゼル発電機ではここ数年多数の実績を有する富士ディーゼル社のピールスティックエンジンと直結した大容量機を多数受注した．C重油で燃焼可能なため経済性が良く設備的にも単価が安いことから賞用されている．船用発電機の分野も船体の大形化に伴いタービン駆動の高速大形機が増加しつつある．励磁方式としては静止励磁方式の搭載形とブラシなし方式が採用されているが今後は後者の方向に行くものと考えられる．また円筒形機も開発しいくつかの製作実績をうるに至っている。

系統の電圧変動を補償するために同期調相機を採用する傾向が製鉄所のサイリスタ制御による直流機セットの無効電力変動対策の一方法として多くなっている。

新日本製鉄•君津製鉄所向け 84MVA 水素冷却機は国内最大容量機であり極数を6に選定し，回転速度を最大にとるなど経済設計を行なっている．同期調相機の用途としてさらにアーク炉のフリッカ対策として脚光を浴びてきており 8,000kVA 機を製作した。

## VIII. 1　タービン発電機
## (Turbine generators)

第 VIII•1 表は昭和 45 年度製作完了ならびに製作中のタービン発電機である。

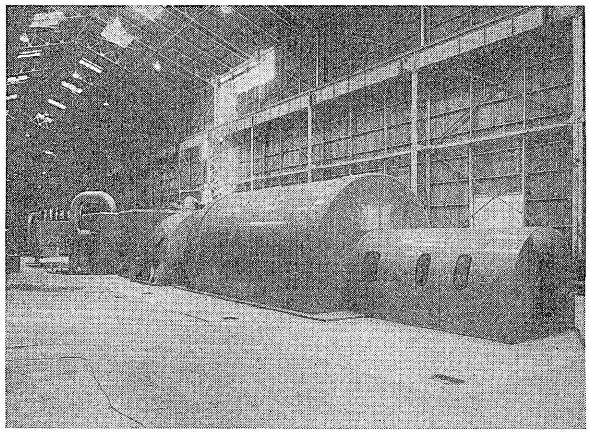
現在製作中の東北電力•八戸 4 号向け 290MVA 機は当社の記録品であって，本機の冷却方式は東京電力•川崎火力 6 号 224MVA 機と同様に固定子巻線は水素間接冷却，回転子巻線は水素直接冷却である．水素圧力は 3 kg/cm²•g である．励磁方式はブラシなし励磁方式でしかも交流励磁機の励磁電源は直結の永久磁石発電機によって給電されるので，系統じよう乱時にも系統に無関係な安定な励磁を行なうことができる。

回転整流装置は 1 アーム 10 並列のブリッジ結線で突上げ励磁，系統事故および脱調時のシリコン素子に対する負担を検討し充分余裕をもたせて設計している。

近年ブラシなし励磁方式の要求が増大しているが，当社ではブラシなしタービン発電機としては昭和 41 年に旭化成工業向け 22.5MVA 機を納入して以来現在運転中のものが 20 台，シリコン素子の全運転時間は 260 万時間・個に達しており，充分な信頼性を有するものである。

伊藤忠商事経由呉羽化学工業•錦工場向け 75MVA 機は水素冷却機である．本機は食塩の電気分解用電源で負荷がサイリスタであり逆相電流が大きいため特殊構造の制動巻線を採用している。

旭化成工業•水島第二火力発電所向け 44.5MVA，旭化成工業•水島工場向け 36.45MVA，日本ソーダ•二本木第二火力発電所向け 34.09MVA など 2 極機はすべてブラシなし励磁方式を採用している。



第 VIII•1 図　呉羽化学工業•錦工場 75,000kVA 3,000rpm 水素冷却タービン発電機

Fig. VIII • 1.　75,000 kVA 3,000 rpm $H_2$ cooled turbine generators for Kureha Chemical Industry Co., Ltd.

川崎重工業経由川崎製鉄•水島製鉄所向け 8,750kVA 機は 4 極突極機としては当社の記録品である。

宇部アンモニア向け 5,560kVA，4 極機は内圧防爆構造を採用している。

## VIII. 2　水車発電機
## (Water turbine generators)

第 VIII•2 表は 45 年に製作完了ならびに製作中の水車

第 VIII • 1 表　タービン発電機納入表（昭和 45 年度）

Table VIII • 1.　Supply list of turbine generators

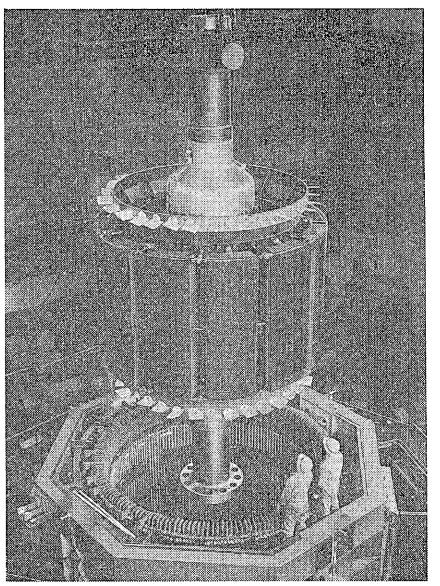
| 納入先 | 設置場所 | 出力 (kVA) | 電圧 (V) | 周波数 (Hz) | 回転速度 (rpm) | タービン | 台数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 東北電力 | 八戸火力発電所 4 号 | 290,000 | 15,500 | 50 | 3,000 | スチームタービン | *1 | 水素冷却，ブラシなし励磁 |
| 伊藤忠商事経由呉羽化学工業 | 錦工場 | 75,000 | 11,000 | 50 | 3,000 | スチームタービン | 1 | 水素冷却，ブラシなし励磁 |
| 日本ゼオン経由旭化成工業 | 水島第二火力発電所 | 44,500 | 11,000 | 60 | 3,600 | スチームタービン | *1 | ブラシなし励磁 |
| 旭化成工業 | 水島工場 | 36,450 | 11,000 | 60 | 3,600 | スチームタービン | 1 | ブラシなし励磁 |
| 日本ソーダ | 二本木第二火力発電所 | 34,090 | 10,500 | 50 | 3,000 | スチームタービン | *1 | ブラシなし励磁 |
| 小野田セメント | 藤原工場 | 25,900 | 6,600 | 60 | 3,600 | スチームタービン | 1 | ブラシなし励磁 |
| 丸紅飯田経由韓国肥料 | Petrochemical Service center | 21,875 | 11,000 | 60 | 3,600 | スチームタービン | 2 | ブラシなし励磁 |
| 伊藤忠商事経由三興製紙 | 祖父江工場 | 12,000 | 3,300 | 60 | 3,600 | スチームタービン | 1 | ブラシなし励磁 |
| チッソ | 五井工場 | 11,500 | 6,600 | 50 | 3,000 | スチームタービン | 1 | ブラシなし励磁 |
| 川崎重工業経由川崎製鉄 | 水島製鉄所 | 8,750 | 3,300 | 60 | 1,800 | スチームタービン | 1 | サイリスタ直接励磁 |
| 三井物産経由タイ | Summit | 7,500 | 3,300 | 50 | 3,000 | スチームタービン | 2 | ブラシなし励磁 |
| 宇部アンモニア | — | 5,560 | 3,300 | 60 | 1,800 | スチームタービン | *1 | ブラシなし励磁 |
| 汽車製造経由日本興油 | 水島工場 | 4,710 | 6,600 | 60 | 1,800 | スチームタービン | *1 | サイリスタ直接励磁 |
| 三井物産経由横浜製糖 | 岡山工場 | 1,950 | 3,300 | 60 | 1,800 | スチームタービン | 1 | サイリスタ直接励磁 |

(* 印製作中)

第 Ⅷ・2表　45 年度水車発電機年度納入表
Table VIII・2. Supply list of water turbine generators

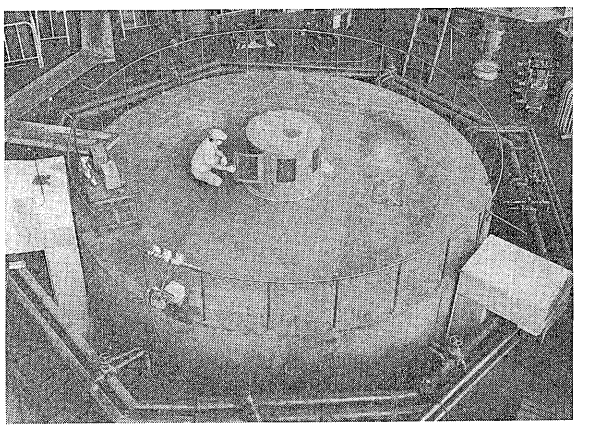
| 納　入　先 | 発　電　所　名 | 出　力 (kVA) | 電　圧 (V) | 極　数 | 周 波 数 (Hz) | 回転速度 (rpm) | 形 | 直結水車 | 台数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 東　京　電　力 | 中津川第一 | 91,000 | 13,200 | 12 | 50 | 500 | 普 通 形 | フランシス | 1 |
| 北 海 道 電 力 | 豊　平　峡 | 55,000 | 11,000 | 14 | 50 | 428.5 | 普 通 形 | フランシス | 1* |
| 九　州　電　力 | 女　子　畑 | 22,500 | 6,600 | 22 | 60 | 327.5 | 準かさ形 | フランシス | 1 |
| 北 海 道 電 力 | 砥　　山 | 11,000 | 6,600 | 14 | 50 | 428.5 | 普 通 形 | カ プ ラ ン | 1* |
| イ ン ド ネ シ ア | リアムカナン | 11,000 | 11,000 | 22 | 50 | 273 | か さ 形 | フランシス | 2* |

(* 印製作中)



第 Ⅷ・2 図　東京電力・中津川第一発電所 91,000kVA フランシス水車発電機

Fig. VIII・2. 91,000 kVA AC generator for Nakatsugawa 1st Power Station, Tokyo Electric Power Co. Inc.



第 Ⅷ・3 図　九州電力・女子畑発電所 22,500kVA フランシス水車発電機

Fig. VIII・3. 22,500 kVA AC generator for Onagobata Power Station, Kyushu Electric Power Co. Inc.

発電機である．現在製作中のものは北海道電力・豊平峡発電所および砥山発電所，インドネシア・リアムカナン発電所向けである。

東京電力・中津川第一発電所向け 91MVA 500rpm 発電機は高速大容量機としては世界でも屈指のものであり設計上種々の考慮が払われている．固定子巻線の絶縁に採用しているFレジン方式はすでに 14 年の実績を持つに至っており，この間まったく無事故というコイルとしては理想的なものであることが実証されている．この間コイルの $V$-$t$ 特性をはじめ種々研究した結果Fクラス相当の温度上昇にも充分耐えることがわかり，本機でもBクラス一杯の 70～～75 deg の温度上昇で設計している．これは固有 $GD^2$ の採用ともに機械の経済性に大きく影響をおよぼす要因となっている。

九州電力・女子畑発電所向け 22.5MVA 327.5rpm 機には中津川第一の機械同様当社で開発した複巻サイリスタ励磁方式を採用している．サイリスタ励磁方式はすでに試用段階を経て，信頼性のある方式であることが実証されており，今後の水車発電機励磁方式の主流となると考えられる．さらに空隙付変流器による複巻特性をそれにもり込ませれば三相突発短絡時の界磁喪失，それに基づく脱調現象を避けることができるので好ましい。

北海道電力・豊平峡発電所および砥山発電所の発電機も短絡比を 0.75 とするなど，おのおの経済性を指向した設計となっている．回転子には円板状スパイダを用いて風損を軽減し，スラスト軸受の冷却は別置式冷却器の採用により効率よく確実な冷却ができる．すでにこれら両者の方式は当社の標準構造となっている．一昨年東京電力・水殿発電所で実施した揚水発電電動機の同期始動試験は世界的にも初めての例であったが，昨年は全機完成を待って2台同時始動の試験も実施し予期どおりの成果を上げることができ，今後のこの種の計画に対して貴重なデータを得ることができた。

## VIII. 3　中小形発電機
## (Horizontal type medium and small synchronous generators)

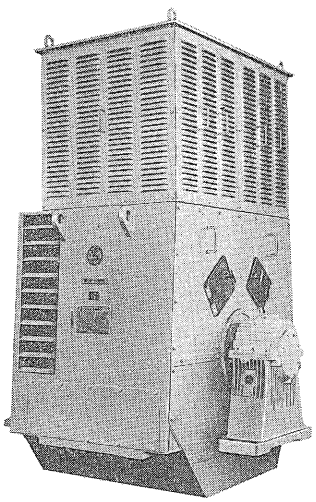
第 Ⅷ・3表，第 Ⅷ・4表に昨年納入した陸上用ディーゼ

第 Ⅷ・3表　陸上用発電機（500 kVA 以上）納入表
Table VIII・3. Supply list of medium generators for land use (more than 500 kVA)

| 納入先 | 出力 (kVA) | 電圧 (V) | 力率 | 極数 | 周波数 (Hz) | 回転速度 (rpm) | 台数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中国 | 7,500 | 6,600 | 0.8 | 14 | 60 | 514 | 3 |
| 屋久島電工 | 7,500 | 3,300 | 0.84 | 14 | 60 | 514 | 1 |
| 中国 | 3,750 | 3,450 | 0.8 | 16 | 60 | 450 | 2 |
| 社内用 | 2,300 | 6,600/3,300 | 0.8 | 6 | 50/60 | 1,000/1,200 | 2 |
| 日本軽金属 | 2,000 | 6,400 | 0.8 | 8 | 50 | 750 | 1 |
| 新東京国際空港公団 | 1,875 | 6,600 | 0.8 | 8 | 50 | 750 | 2 |
| ラバウル | 1,500 | 11,000 | 0.8 | 10 | 50 | 600 | 1 |
| 富士ディーゼル | 1,500 | 6,600 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 国鉄 | 1,500 | 6,600 | 0.8 | 4 | 50 | 1,500 | 1 |
| 長岡市水道局 | 1,250 | 6,300 | 0.8 | 8 | 50 | 750 | 1 |
| 四日市電機 | 1,200 | 445 | 0.8 | 12 | 60 | 600 | 1 |
| 函館ドック | 1,000 | 3,300 | 0.8 | 12 | 60 | 600 | 1 |
| インドネシア | 750 | 380/220 | 0.8 | 6 | 50 | 1,000 | 1 |
| 東光電気 | 750 | 6,600 | 0.8 | 6 | 50 | 1,000 | 1 |
| 三鷹市役所 | 650 | 6,600 | 0.8 | 4 | 50 | 1,500 | 1 |
| 古河電工 | 625 | 6,600 | 0.8 | 8 | 60 | 900 | 1 |
| 鹿島建設 | 625 | 415 | 0.8 | 6 | 50 | 1,000 | 3 |
| 同和興産 | 625 | 3,300 | 0.8 | 8 | 50 | 750 | 1 |
| 久保田鉄工 | 500 | 3,300 | 0.8 | 10 | 50 | 600 | 1 |
| 新日本電設 | 500 | 6,600 | 0.8 | 8 | 50 | 600 | 1 |

ル発電機および船用交流発電機を示す．延べ製作台数は，陸上用は 250 kVA 以上 31 台（74,655 kVA），200 kVA 以下 420 台，船用は 500kVA 以上で 61 台（50,055 kVA）250～500kVA で 71 台（25,400kVA）であった。

陸上用では富士ディーゼルのピールスティックエンジン駆動の大容量機を台湾向けに多数受注し現在製作中である．また国鉄向け 1,500kVA 4 極機は，同社のＰＡエンジンにて駆動されるもので大容量であるにもかかわらず高速で，設置面積が非常に狭くてよい点に特長がある。



第 Ⅷ・4 図
笠戸ドック向け 640kVA 10 極防滴保護形船用発電機（励磁調整装置搭載形）
Fig. VIII・4. 640 kVA marine use AC generator for Kasado dock yard

第 Ⅷ・4表　船用交流発電機（500 kVA 以上）納入表
Table VIII・4. Supply list of marine service generators (more than 500 kVA)

| 納入先 | 出力 (kVA) | 電圧 (V) | 力率 | 極数 | 周波数 (Hz) | 回転速度 (rpm) | 台数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日立造船 | 1,650 | 450 | 0.8 | 64 | 60 | 1,800 | 2 |
| 日立造船 | 1,600 | 450 | 0.8 | 4 | 60 | 1,800 | 1 |
| 日立造船 | 1,600 | 450 | 0.8 | 4 | 60 | 1,800 | 1 |
| 富士ディーゼル | 1,500 | 3,300 | 0.8 | 10 | 50 | 600 | 1 |
| 佐世保重工 | 1,400 | 450 | 0.8 | 6 | 60 | 1,200 | 2 |
| 石油開発公団 | 1,375 | 500 | 0.7 | 10 | 60 | 720 | 4 |
| 石川島播磨重工 | 1,200 | 450 | 0.8 | 6 | 60 | 1,200 | 1 |
| 石川島播磨重工 | 1,025 | 450 | 0.8 | 12 | 60 | 600 | 1 |
| 川崎重工業 | 1,000 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 石川島播磨重工 | 1,000 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 大洋漁業 | 1,000 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 川崎重工業 | 960 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 極洋捕鯨 | 925 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 4 |
| 来島ドック | 900 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 摩耶商事 | 900 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 三井造船 | 875 | 450 | 0.8 | 4 | 60 | 1,800 | 1 |
| 大洋漁業 | 812.5 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 三井造船 | 700 | 450 | 0.8 | 12 | 60 | 600 | 2 |
| ヤンマー船舶機器 | 700 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 笠戸ドック | 640 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 川崎重工業 | 625 | 440 | 0.8 | 4 | 60 | 1,800 | 1 |
| 林兼造船 | 625 | 445 | 0.8 | 8 | 60 | 900 | 2 |
| 摩耶商事 | 625 | 445 | 0.8 | 8 | 60 | 900 | 2 |
| 函館ドック | 625 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 川崎重工業 | 612.5 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 4 |
| 摩耶商事 | 600 | 445 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |
| 大洋漁業 | 600 | 450 | 0.8 | 8 | 60 | 900 | 1 |
| 日立造船 | 600 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 日本鋼管 | 575 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 日本鋼管 | 575 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 3 |
| 石川島播磨重工 | 562.5 | 450 | 0.8 | 10 | 60 | 720 | 2 |

船用では石油開発公団向け 1,375kVA 機 4 台は海底油田の堀穿設備の電源発電機であり，負荷はすべて直流電動機でサイリスタにより直流電圧制御を行なっている．このため発電機の制動巻線の逆相吸収力を増加させるよう考慮がなされている．また，極洋捕鯨向け 925kVA 機 4 台も，その負荷の約⅓が整流器を用いた直流電動機である．半導体整流器の信頼性向上により，交流発電機と整流器とを組合わせて直流発電機に替え，保守の軽減・制御性の向上をはかる方法が船舶に対しても実用されるに至ったことを示している。

ブラシなし励磁方式，全閉内冷却形など保守の軽減に有利な形式の発電機の実績の増大もこの傾向を端的に物語っているといえよう．なお円筒形発電機は高速機を中心に 4 台の実績があり，この種の発電機の増加に備え，系列化を進めている。

## VIII. 4 特殊同期機
## (Extraordinary synchronous machine)

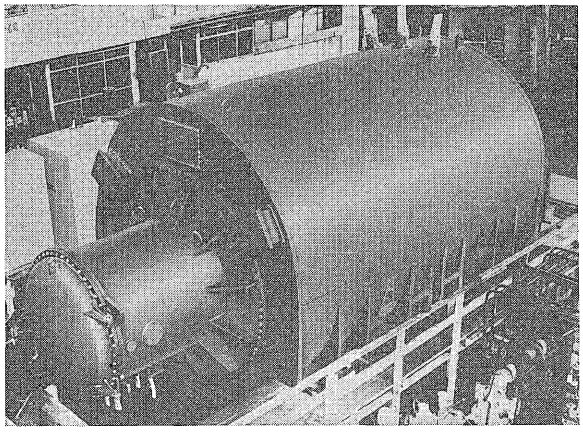
昨年は，製鉄所向けに，同期調相機を3台製作した。第 Ⅷ•5 表に製作実績を示す。

第 Ⅷ•5 表　同期調相機納入表

Table VIII • 5. Supply list of synchronous condensers

| 納入先 | 容量 (kVA) | 電圧 (V) | 極数 | 周波数 (Hz) | 回転速度 (rpm) | 台数 | 始動方式 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新日本製鉄 | 84,000 | 9,000 | 6 | 50 | 1,000 | 1 | 始動電動機 |
| 神戸製鋼 | 50,000 | 11,000 | 6 | 60 | 1,200 | 1 | 始動電動機 |
| 南部製鋼 | 8,000 | 3,420 | 4 | 50 | 1,500 | 1 | 始動電動機 |

新日本製鉄•君津製鉄所向け 84MVA 機と神戸製鋼•加古川製鉄所向け 50MVA 機はいずれも水素冷却機である．特に君津向け 84MVA 機はわが国最大容量機である．ミルモータ駆動電源としてサイリスタを用いた整流装置が用いられているが，ミルの変動負荷が，モータに加わる時に整流装置を通して流れる無効電力により系統の電圧に大きな変動が生じる．本調相機はこの電圧変動の抑制，電源電圧の安定化を目的とするものである。



第 Ⅷ•5 図　新日鉄向け 84MVA 同期調相機

Fig. VIII • 5. 84 MVA synchronous condenser for Kimitsu Works, Nippon Steel Corporation

南部製鋼向け 8,000kVA 機はアーク炉により生ずるフリッカを同期調相機とリアクトルの組合わせにより許容値内に入れるためのもので今後のHPアーク炉の増大に対するフリッカ抑制方法としての試金石であり，わが国においても実際上初めての試みである。

**発明の紹介**

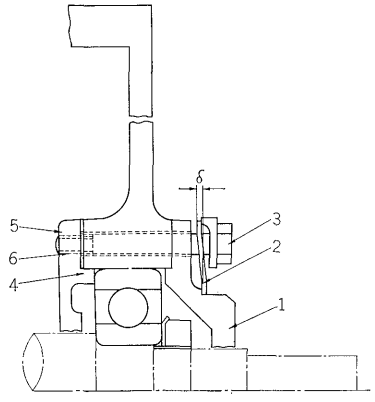
## 軸受予圧装置

（実用新案登録第 910771 号）

電動機，発電機その他回転機械を輸送する場合，回転子を固定して輸送するが，輸送中の振動により軸受が微動摩耗を起し，運転中の軸受の焼損の原因となる．そのため軸受にスラスト荷重を与えて軸受の微動を止める軸受予圧装置が用いられる。

この考案はこの種軸受予圧装置の構造を極めて簡単にし，回転中には予圧力が減小し，予圧力の確認ができるようにしたものである。

構造は図示のごとく，回転機械の軸受箱の外蓋 *1* に支えられるばね *2* 板を貫通するボルト *3* を，軸受の外輪を圧接するための突起部 *4* を備える軸受内蓋 *5* のねじ穴 *6* にねじ込む簡単なものである。




この構造でボルト *3* をねじ込むとばね板 *2* は δ だけたわみ，軸受の外輪を圧して軸受を固定し，微振動による軸受の摩耗を防止する．運転中には回転軸が熱により伸びて軸受そのものも右側（外側）に移動するので予圧力は減少する．これら予圧力はばね板 *2* のたわみ量 δ により簡単に確認できる。

＊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。