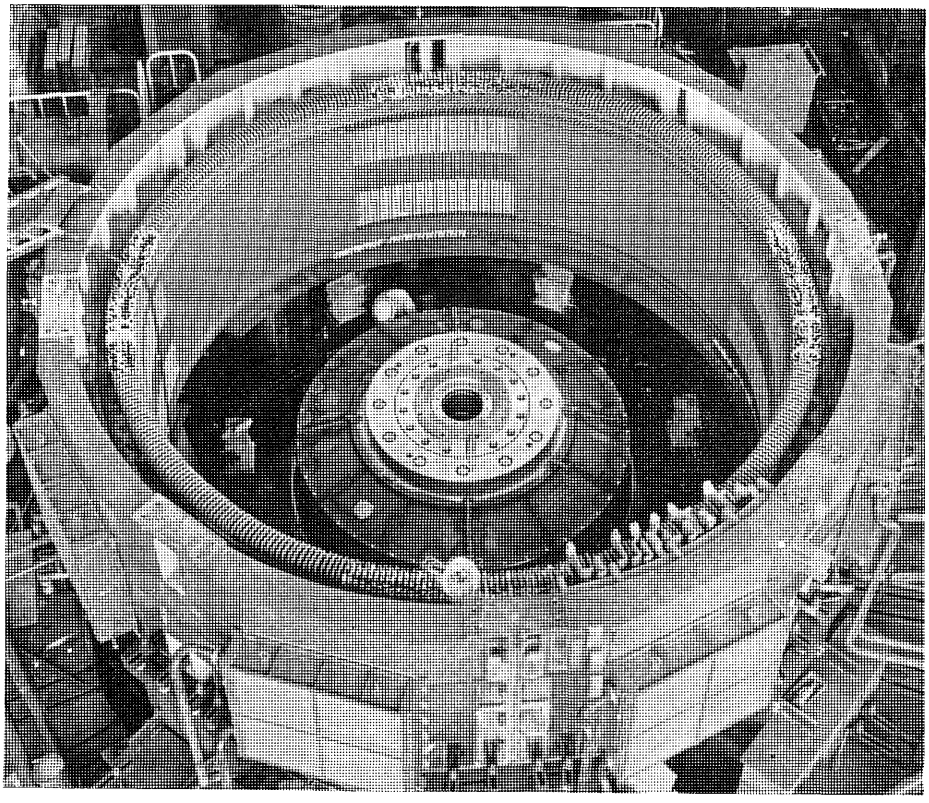


III. 交　流　発　電　機

Alternating Current Generators

各種工業における自家発火力の設置の動向はこのところ顕著で，最近の傾向としては設備容量が大容量化する傾向にある．そのためタービン発電機は多数の受注を得75,000kVA機などの水素冷却機も製作されている．自家用タービン発電機ではその設置する産業の性格により種々の特殊条件が課せられることがあり，たとえば，高調波を多く発生する整流器に近接して使用される場合もあるが，それに対して機械に大きな高調波吸収能力を持つ制動巻線を採用するなどの方策を採り，個々の例に応じて合理的な計画を行なっている．ブラシなし励磁方式は依然として数多く採用され，この技術がタービン発電機の分野に完全に定着したことを示している．この他タービン発電機の小容量（8～10MVA）の分野では4極機の採用が目立っている．この範囲では減速機を含めても4極機が有利であるので，今後4極機が多く登場してくるものと考えられる。

水車発電機では今後大容量の揚水用発電電動機を主体として動いて行くものと予想されるが，このたび東京電力・水殿発電所においても同期始動試験を満足すべき成績で終了し，一つの問題点である発電電動機の始動に関し大きな前進をしたのは意義あることと考える．とくにポンプ水車の水面押下を行なわずに実施した水中始動が完全に成功したのは今後の揚水発電所の計画のための貴重な経験であった。

水車発電機の励磁方式では先に開発された複巻サイリスタ方式が大容量機にも採用されるようになってきた。

この方式は空隙付変流器を備えているので三相短絡時にも励磁電源が確保できるゆえ系統の重電機器には好適なものである．現在製作中の東京電力・中津川第一発電所向け91MVA機にはこの方式が採用されている。

ディーゼル発電機では富士ディーゼル社のピールスティックエンジンと結合した大容量機が目立って多く製作されるようになってきている．これは燃料にC重油を使用することにより安価な電力が得られることが着目されているものである．当社は以前よりこの分野で先鞭をつけていたものである．その他陸用および船用に数多くの発電機が作られたが，中でも川崎重工業向けの，3,100kVA高速コンテナ船用主軸直結発電機は世界最大容量のものである。

最近の鉄鋼用直流機の電源はほとんどサイリスタ化されているが，それに伴う無効電力の変動の系統に及ぼす影響を軽減するために，大容量の同期調相機が採用される傾向がめだってきた．この目的のため現在84MVA，50MVA の大形水素冷却同期調相機が製作されつつある．今後この種の需要は増加して行くものと思われる。

III. 1　タービン発電機
(Turbine generators)

第Ⅲ・1表は昭和 44 年製作完了ならびに製作中のタービン発電機である．琉球電力公社・北谷発電所向け41,000kVA機は水素圧力 2kg/cm² の普通形水素冷却機で励磁はブラシなし励磁方式を採用している．構造は当社の標準形水素冷却機に沿っているが，ブラシなし励磁方式に適するよう一部に改良を行なっている。

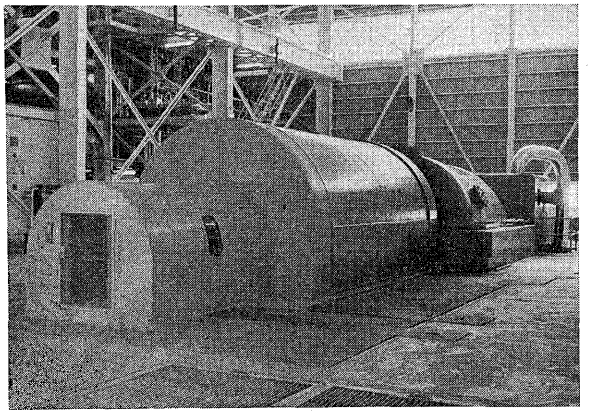
現在製作中であるが伊藤忠商事経由呉羽化学工業・錦工場向け 75,000kVA 機は水素圧力 2kg/cm² の水素冷却機である．固定子は間接冷却方式であるが，回転子は導体直接冷却方式であって，水素ガスは両軸端から回転子スロット底部に設けたガス導入孔を経て軸方向中央部まで導入され，導体に半径方向に設けている通風孔をとおって導体を直接に冷却した後エアギャップに排出される。

この構造は 60～125MVA の出力機に適する冷却方式である．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設けている．励磁方式はブラシなし励磁方式である。

近年ブラシなし励磁方式の要求が増大している．これはこの励磁方式の採用によって保守点検がほとんど不要になったことの利点が需要家に認められたことによる。

千葉塩素化学・千葉工場向け 51,770kVA，呉羽化学工業・錦工場向け 50,000kVA，旭化成工業・水島工場向け36,450kVA，旭化成工業・延岡ベンベルク工場向け35,300kVAなど大容量機はほとんどブラシなし励磁方式を採用している。

44 年納入および製作中のタービン発電機のうち台数



第Ⅲ・1図　琉球電力公社・北谷発電所 41,000kVA 3,600rpm 水素冷却タービン発電機

Fig. III・1.　41,000 kVA 3,600 rpm H_2 cooled turbine generator for Chatan Power Station, Ryukyu Electric Power Corporation

第Ⅲ・1表　タービン発電機納入表（昭和44年）

Table III・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
伊藤忠商事経由 呉羽化学	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
千葉塩素化学	千葉工場	51,770	11,000	50	3,000	スチームタービン	1	ブラシなし励磁
呉羽化学工業	錦工場	50,000	11,000	50	3,000	スチームタービン	1	ブラシなし励磁
琉球電力公社	北谷発電所	41,000	13,800	60	3,600	スチームタービン	1	水素冷却，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
旭化成工業	延岡ベンベルク工場	35,300	12,000	50	3,000	スチームタービン	1	ブラシなし励磁
出光興産	千葉製油所	32,235	6,800	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 砺波製紙	二塚工場	25,900	11,000	60	3,600	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
出光興産	姫路製油所	11,000	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	水島第1火力発電所	22,250	11,000	60	3,600	スチームタービン	1	ブラシなし励磁
日本ゼオン	徳山工場	14,375	3,300	60	3,600	スチームタービン	1	自励式
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
十條製紙	都島工場	8,750	3,450/ 6,900	60	3,600	スチームタービン	1	サイリスタ直接励磁
川崎重工業経由 川崎製紙	水島工場	8,750	3,300	60	1,000	スチームタービン	*1	サイリスタ直接励磁
東洋綿花経由 韓国電力	済州島発電所	6,250	3,300	60	3,600	スチームタービン	2	サイリスタ直接励磁
伊藤忠商事経由 不二製油	阪南工場	6,375	3,300	60	3,600	スチームタービン	1	サイリスタ直接励磁

(* 印製作中)

比で約7割，出力比で約9割がブラシなし励磁方式である。

川崎重工業経由川崎製鉄・水島工場向け 8,750kVA 機は4極タービン発電機である．8～10MVA 以下では減速機を含めて2極機より4極機の方が経済的であるので，10MVA以下の自家発用電源として今後4極機の需要が増大していくものと考えられる。

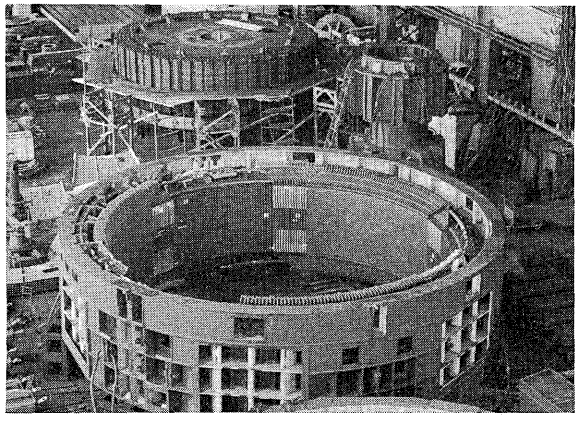
III. 2 水車発電機
(Water turbine generators)

第Ⅲ・2表は 44 年に製作完了ならびに製作中の水車発電機である．現在製作中のものは東京電力・中津川第一発電所，北海道電力・豊平峡発電所および九州電力・女子畑発電所がある。

オーストラリア・セサナ発電所向け 100MVA 200 rpm発電機は工場試験がなく現地試験により特性など確認するものであり，効率はカロリー法により算定される．国内においても最近はある程度考慮されはじめ，たとえば東京電力・水殿発電所向け 65MVA の2号機は工場試験を省略している。

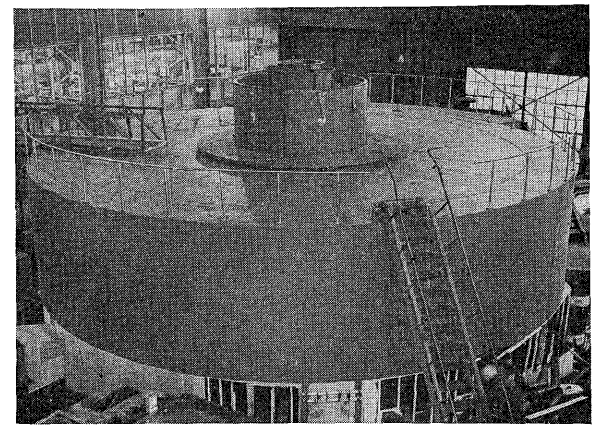
今後の揚水発電所の発電電動機の始動方式として注目を集めている同期始動方式をわが国で初めて採用した水殿発電所の現地試験を実施したが，ⅰ）低速度における同期化可能領域の検討，ⅱ）加速時における脱調限界の確認，ⅲ）系統並列時の問題などすべて予想どおりの好結果が得られている．またポンプの漏水トルクが非常に大きい場合でも両機の励磁により電気制動が働き，ポンプ側電動機が逆方向に回らないためブレーキの解除時期についての懸念は一掃されることが確かめられた．さらには水中始動を行ない系統並列までまったく問題なく実施できた．今後の揚水発電所の計画では水面押下げ装置を不要とする水中始動方式は非常に経済的であるので貴重な試験であった。

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国内最大であり，無拘束速度が +70% に対し，Δn を 46% とかなり大きくして



第Ⅲ・2図　オーストラリア・セサナ発電所 100,000kVA フランシス水車発電機の固定子

Fig. III・2. Stator of 100,000 kVA AC generator for Cethana Power Station, Australia



第Ⅲ・3図　東京電力・水殿発電所 65,000kVA フランシス水車発電機

Fig. III・3. 65,000 kVA AC generator for Midono Power Station, Tokyo Electric Power Co.

第Ⅲ・2表　44年度水車発電機年度納入表

Table III・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
オーストラリア	セサナ	100,000	13,800	30	50	200	かさ形	フランシス	1
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*
東京電力	水殿	65,000	11,000	36	50	167	かさ形	フランシス	1
九州電力	松原	59,000	11,600	34	60	212	かさ形	斜流	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	下新冠	21,000	11,000	22	50	273	かさ形	カプラン	1
インド	トリスリー	3,750	6,600	12	50	500	横形	横軸フランシス	4
九州電力	大井早	3,600	6,600	14	60	214	普通形	カプラン	1

(* 印製作中)

最適 GD^2 を選定し，機械を経済的に設計しているが，強度，振動については種々考慮を払っている．台形の磁極形状を採用して強度上はもちろん冷却効果も良好にしている．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を行なうことができる．本方式は前記100MVA機を始め最近の発電機にはすべて採用しており工場試験および現地試験でも好結果をおさめている。

軸には鍛鋼品と鋼板の組合わせにより一本軸を形成し，より剛性を高めた構造を採用している．励磁方式は関西電力・高山発電所向け6.5MVA機に採用したと同一の複巻サイリスタ方式を適用した。

本方式はサイリスタ直接励磁方式が三相突発短絡時に界磁喪失となるのを防ぐため，空隙付変流器を励磁変圧器と直列に接続した電圧重畳の複巻励磁特性を有するもので，高山発電所の現地試験でもその効果を充分確認することができた。

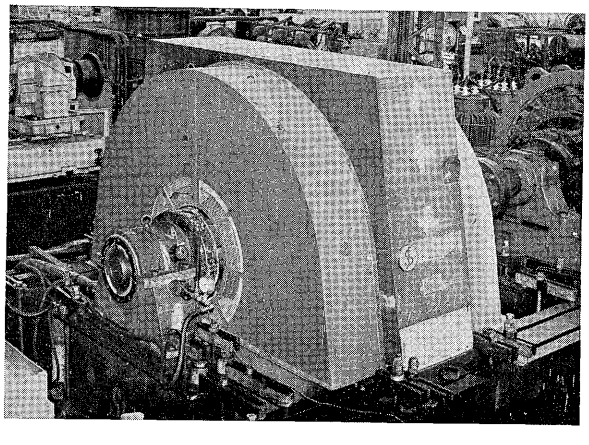
III. 3　中小形発電機

(Horizontal type medium and small synchronous generators)

第III・3表，第III・4表に昨年納入した陸上用ディーゼ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250kVA以上28台（67,567.5kVA），船用は500kVA以上で92台（89,810kVA），250～500kVAで64台（22,535kVA）であった。

陸上用では富士ディーゼル社のピールスティックエンジン駆動の大容量機を多数製作した．6,710kVA機はわが国最大容量であり，また東北電力向け6,000kVA機は力率0.167にて全負荷連続運転する特殊仕様機である．小容量機では自動車用高速エンジンと直結した可搬式発電機セットが好調で，15～200kVAの標準セットを約150台，2kVAのセットを約180台納入した。

船用では，エアフィルタ付の励磁調整装置搭載形を標準形式としたコンパクトな新しい系列を出力20～2,250kVAの範囲に対して標準化を完了した．最近の傾向として大容量化高信頼度製品化が著しいが，ブラシなし発電機は佐世保重工業向け1,375kVA機など9台，全閉内冷形は川崎重工業向け1,650kVA機など3台を製作した．川崎重工業向け3,100kVA機は高速コンテナ船に搭載される主軸直結発電機で世界最大容量である．また円筒界磁形は日本鋼管向け1,600kVA機など4台を製作している。



第III・4図　屋久島電工向け6,710kVAディーゼル発電機
Fig. III・4.　6,710 kVA diesel generator for Yakushima Denko K.K.

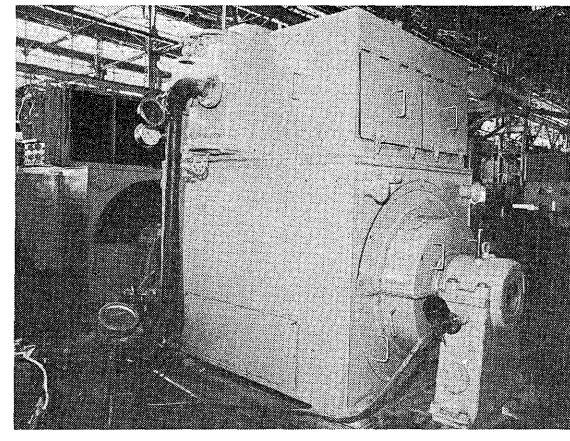
第III・3表　陸上用発電機（500kVA以上）納入表
Table III・3.　Supply list of medium generators for land use(more than 500 kVA)

納入先	出力(kVA)	電圧(V)	力率	極数	周波数(Hz)	回転速度(rpm)	台数
三井物産	6,900	13,800	0.85	14	60	514	4
屋久島電工	6,710	3,300	0.85	14	60	514	1
富士ディーゼル	6,710	3,300	0.85	14	60	514	1
東北電力	6,000	6,600	0.85	14	60	514	1
東京都下水道局	3,210	3,150	0.9	10	50	600	1
富国港湾	2,400	3,000	0.8	12	50	500	1
川崎重工業	2,000	3,450	0.8	8	60	900	2
三井物産	1,950	3,300	0.8	4	60	1,800	1
日本軽金属	1,900	3,300	0.79	10	60	720	1
富士ディーゼル	1,500	6,600	0.8	10	60	720	1
同和興産	1,250	3,300	0.8	8	50	750	1
富士電気興業	1,250	3,300	0.8	12	60	600	1
久保田鉄工	750	3,300	0.8	6	60	1,200	1
日本鋼管	625	3,150	0.8	6	60	1,200	1
野村不動産	500	415/240	0.8	6	50	1,000	1
早川電機	500	6,600	0.8	6	60	1,200	1

III. 4　特殊同期機

(Extraordinary synchronous machine)

30,000HP遊星歯車試験設備として，プルペック式可変速度駆動装置（1,800kW 3,600rpm）を川崎重工業

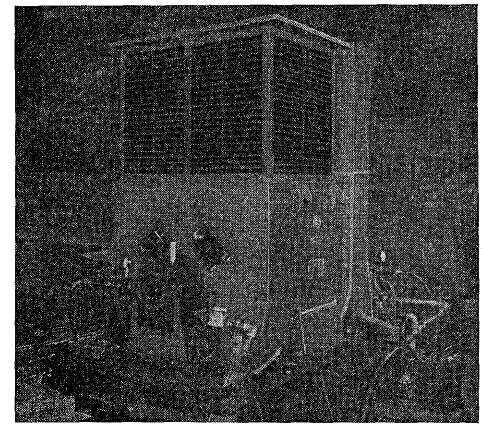


第III・5図　川崎重工業向け1,650kVA全閉内冷式船用交流発電機
Fig. III・5.　1,650 kVA totally enclosed water cooled type AC generator for Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd.

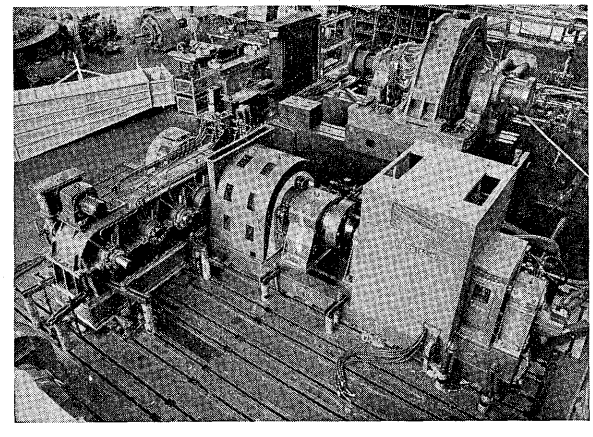
第 III・4 表　船用自励交流発電機 (500kVA 以上) 納入表
Table III・4. Supply list of marine service generators (more than 500 kVA)

納入先	出力 (kVA)	電圧 (V)	力率	極数	周波数 (Hz)	回転速度 (rpm)	台数
川崎重工業	3,100	450	0.8	6	60	1,200	4
川崎重工業	1,750	450	0.8	4	60	1,800	2
川崎重工業	1,650	450	0.8	4	60	1,800	2
日立造船	1,600	450	0.8	4	60	1,800	2
日本鋼管	1,600	450	0.8	6	60	1,200	4
石川島播磨重工業	1,437.5	450	0.8	10	60	720	1
佐世保重工業	1,400	450	0.8	6	60	1,200	4
佐世保重工業	1,375	450	0.8	12	60	600	3
インターオーシャンカンパニー	1,375	450	0.8	6	60	1,200	2
日立造船	1,000	450	0.8	4	60	1,800	1
日立造船	1,000	450	0.8	12	60	600	1
日立造船	975	450	0.8	4	60	1,800	1
石川島播磨重工業	937.5	450	0.8	12	60	600	3
三菱重工業	900	445	0.83	6	60	1,200	1
日立造船	900	445	0.83	6	60	1,200	1
日立造船	900	450	0.8	4	60	1,800	1
川崎重工業	875	450	0.8	4	60	1,800	1
日立造船	837.5	450	0.8	12	60	600	1
日立造船	825	450	0.8	12	60	600	2
川崎重工業	820	450	0.8	10	60	720	1
日立造船	800	450	0.8	4	60	1,800	1
笠戸船渠	800	445	0.8	12	60	600	2
日立造船	775	450	0.8	12	60	600	1
川崎重工業	770	450	0.8	10	60	720	6
日本水産	760	450	0.8	12	60	600	2
川崎重工業	750	450	0.8	10	60	720	1
日本鋼管	737.5	450	0.8	10	60	720	2
川崎重工業	712.5	450	0.8	12	60	600	9
日本鋼管	675	450	0.8	10	60	720	2
三井造船	625	450	0.8	10	60	720	2
日本鋼管	600	450	0.8	4	60	1,800	1
林兼造船	575	450	0.8	10	60	720	3
川崎重工業	550	450	0.8	10	60	720	9
石川島播磨重工業	550	450	0.8	10	60	720	2
佐世保重工業	500	450	0.8	10	60	720	2
三菱重工業	500	445	0.8	10	60	720	3
石川島播磨重工業	500	450	0.8	10	60	720	1
日立造船	500	445	0.8	12	60	600	3
川崎重工業	500	450	0.85	8	50	750	2

に納入した．本装置は今後の船舶駆動設備の大出力化に対して，発展が予想される船舶主機のマルチ化において有力な装置であり，本装置のもっとも特長とする機器であるプルペック継手は，同期機タイプの電磁継手で次のような特長を有する。



第 III・6 図　新系列船用発電機(川崎重工業向け1,750kVA 4P)
Fig. III・6. A new series of AC compound generator for marine use (1,750 kVA 4 P for Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd.)



第 III・7 図　川崎重工業向けプルペック式可変速度駆動装置
Fig. III・7. Variable speed driving set "pullpec" for Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd.

すなわち軸系中に電気的駆動力が追加されるので機関室のスペースを効率よく使え急制動などの操船が容易になる．またこの継手を発電機として使用することにより荷役用給電が可能になる．仕様は 600 kW 2,200V 60Hz 600rpm である。

製鉄所向けに，大容量の同期調相機を 2 台製作している。

八幡製鉄・君津製鉄所向け 84MVA 機と神戸製鋼・加古川工場向け 50MVA 機である．製鉄所の近代化により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とお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．いずれも水素冷却式の 6 極機であり特に 84MVA 機はわが国最大容量である。

e-Front runners

＊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。