化学工業用 4,640 kW 回転変流機について

田

The 4,640 kW Rotary Converter for Chemical Industries

By Shinkichi Kida Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

High efficiency and reliability and ease in voltage adjustment of the rotary converter are assured when the current of comparatively low voltage and large amperage is applied. This is the reason why the converter is most advantageously used for electro-chemical purposes.

The rotary converter for electrolytic process recently supplied to the Nissan Chemical Industry Co., Ltd. has the following specifications: Output 4,640 kW, D.C. 580~475 V, 8,000 A, 60∞, 6-phases, 300 r.p.m., and continuous rating. Features of the cenverter designed to develop the highest efficiency when used for chemical purpose include more than 96% full load efficiency, A.C. self-starting, and less than 80% starting kVA. Moreover, the lap-wave winding system is employed for the armature windings, and no equalizer is provided. In spite of all that the commutating effect is excellent. The machine is furnished with a bearing oil pressure boosting apparatus for starting purpose and a thermometer for measuring armature temperature while running. In this paper, the writer gives the features of the unit in detail with some outlines of its function and construction.

[I] 緒

電気化学工業の進歩に伴い電解槽に要する直流電流は 益々増大する傾向にあり、比較的低電圧、大電流の変流 機が要望される状勢にある。電気化学用変流機は殆ど年 中連続して全負荷で使用される場合が多いのであるから 全負荷能率高く、信頼性もまた高いことがその具備すべ き条件の第一である。電力消費量は製品の生産原価に対 し相当大きな割合を占め、変流機の能率は生産費に鋭敏 に影響する。更に電解槽では電解液の状態に応じ、或い は操業上の必要から槽数を変更する等のために直流電圧 を相当広範囲に調整し得ることも必要である。

電気化学用変流機としての回転変流機は以上の諸点に 関し十分満足する性能を備えており、最近の水銀整流器 の目覚しい発達にも拘らず、回転変流機を採用される向 きが多いのもこの理由によるものであろう。

今回、日産化学工業株式会社富山工場へ納入した水電

直流電圧.....580~475 V 直流電流...... 8,000 A 波 数......60~ 数......24 極 回 転 数...... 300 r.p.m. 数......6 相

解用 4,640 kW 回転変流機は電気化学用変流機としての

機能を最高度に発揮するよう計画され、種々の新設計を

採入れた劃期的製品である。兹にその主な特長と性能及

[II] 仕様、性能概要

力...... 4,640 kW

式......B-S

び構造の大要を紹介して大方の参考に供したい。

温度上昇限度全負荷連続運転後、水銀温度計にて測 定せる温度上昇は次の値以下とする。

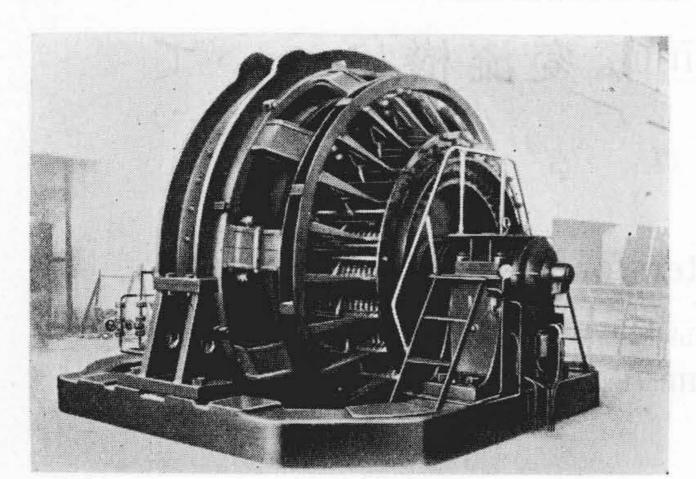
格.....連続

電機子巻線及び界磁巻線...... 40°C

出

定

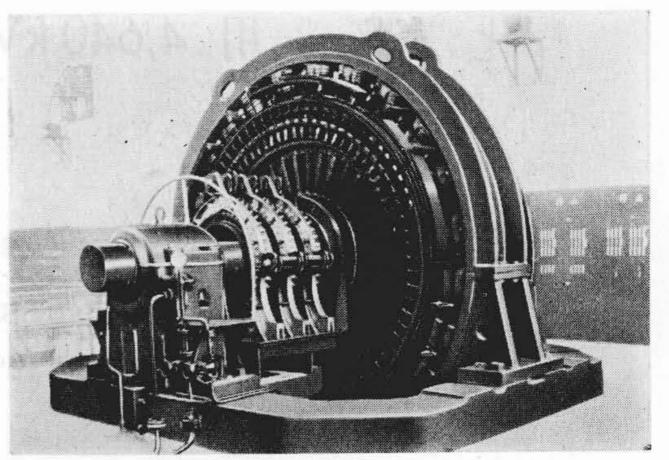
^{*} 日立製作所日立工場



第1図 4,640 kW 回 転 変 流 機 (直 流 側) Fig. 1. 4,640 kW Rotary Converter (D.C. Side)

整流子》	及び集電環		55°C
車由	受		30°C
能	率		
負	荷 (%)100.0	75.0	50.0
能	率 (%) 96.0	95.0	94.0
カ	率100% とする。	但し力率	98%
norm way to the	にて 30 分間連絡	院運転 し	ても支
	障を生じないこ	と。	

電圧調整法......誘導電圧調整器による 起 動 法....変圧器1次側の 人一ム 切換に 60 sec 以下とする。 り而も整流が良好で信頼性が高い。

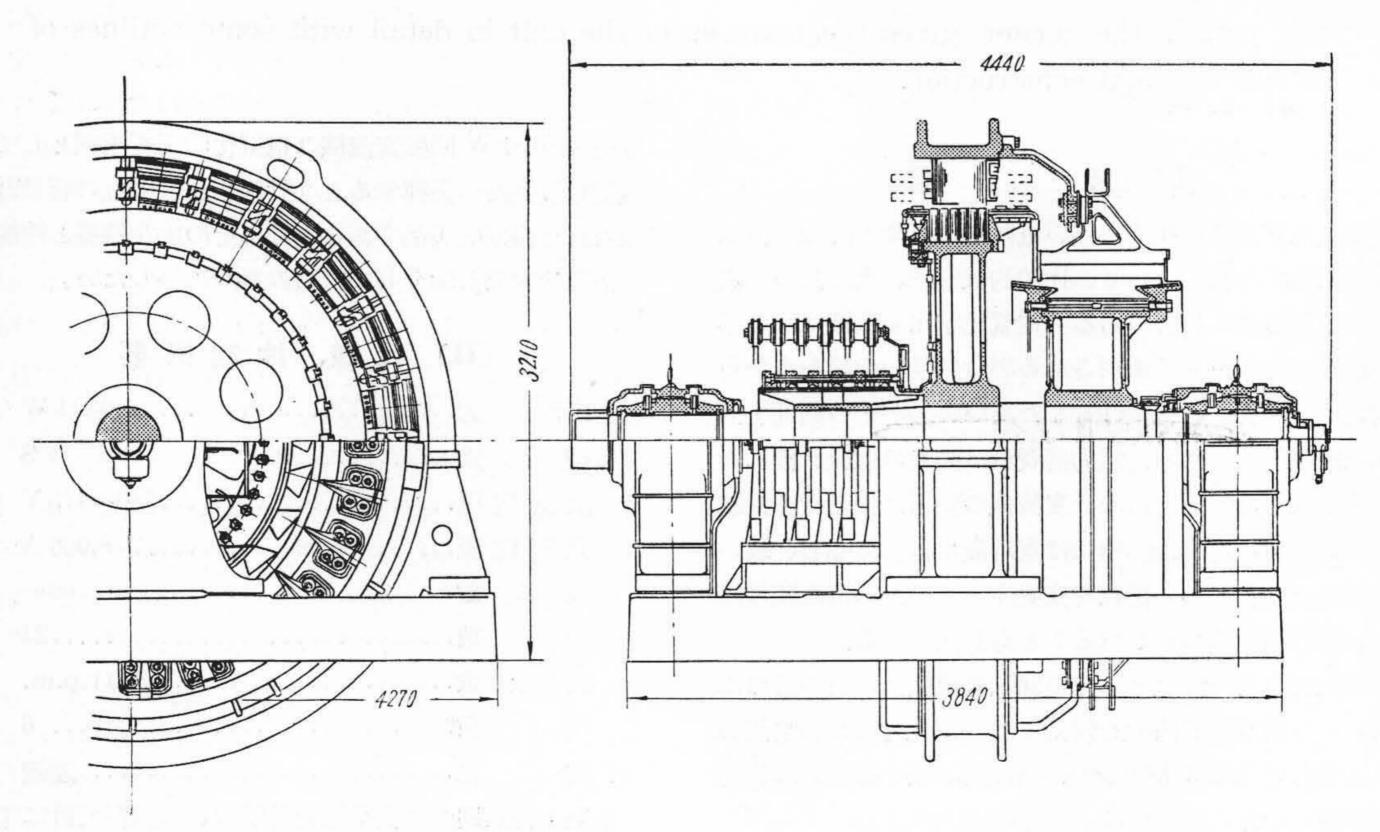


第2図 4,640 kW 回 転 変 流 機 (交 流 側) Fig. 2. 4,640 kW Rotary Converter (A.C. Side) 附属品として、手動刷子揚降装置、軸受油圧押上装置 閃絡接地継電器、軸受温度計等を備える。

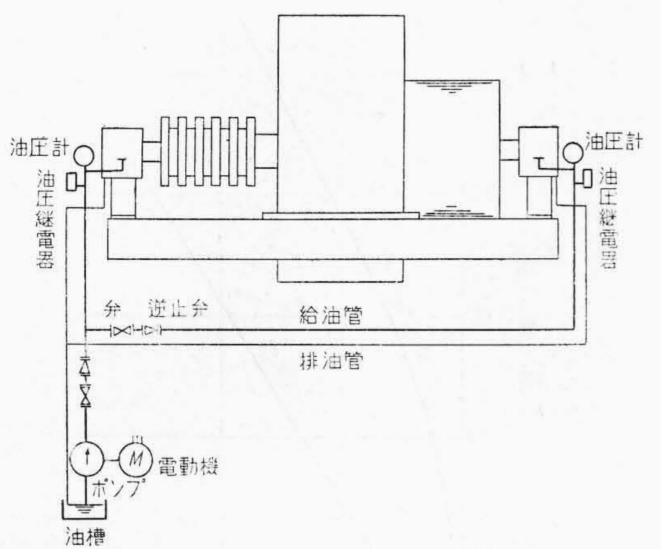
(III) 特

本機の主な特長を列挙すれば次の通りである。

- (1) 大容量機に拘らず交流自己起動法を採用したの で起動は極めて簡単確実である。
- (2) 軸受油圧押上装置と、強力な制動巻線の効果に より、起動 kVA が小さく、起動特性が優秀であ
- よる交流自己起動とし、起動 (3) 電機子巻線は重波巻方式が採用してあるから、 kVA は 80% 以下、起動時間は 均圧環が無く、均圧環の存在に基く故障は無くな



第3図 4,640 kW 回 転 変 流 機 構 造 図 Fig. 3. Construction of 4,640 kW Rotary Converter



第4図 軸受油圧押上装置配管系統

Fig. 4. Schematic Diagram for Oil Lift of Rotary Converter

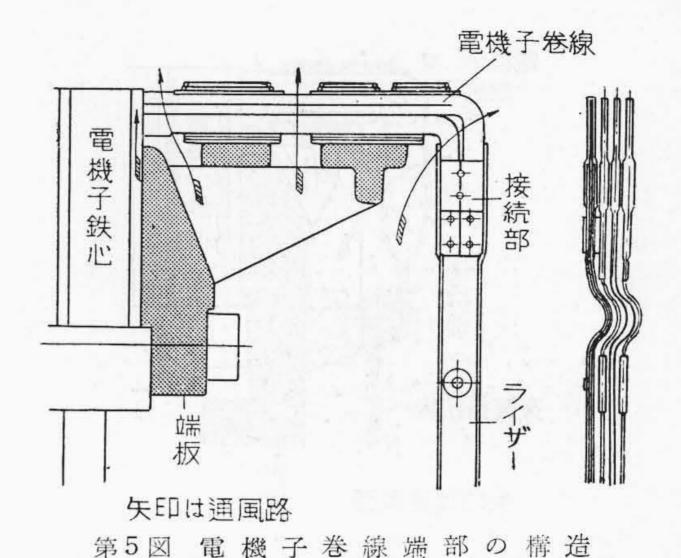
- (4) 温度上昇が低いので、寿命が長く信頼性高く且 つ能率も高い。
- (5) 力率が低下した場合にも局部過熱を起さない。
- (6) 電機温度測定装置が設けてあるから、運転中に 温度を監視し得る。
- (7) 改良型刷子保持器を用いてあり、整流及び集電 作用が良好である。
- (8) 継鉄等を鋼板熔接構造としたので、軽量にして機械的強度が大きい。

以下にこれ等の特長についてその構造に関聯して述べる。

起動洪

回転変流機の起動法としては、(イ)交流自己起動法(ロ) 直流自己起動法 (ツ) ワードレオナード起動法 (二) 起動 用電動機を用いる方法等がある。交流自己起動法は変圧 器に起動用タップを設けるか或いは 人一△ 切換により 変流機に低電圧を加え、制動巻線を利用して誘導電動機 として起動する方法であつて、操作が簡単で起動が確実、 而も床面積も少くてすむので従来最も広く採用されてい るが、大容量機になると大きな起動回転力を要し従つて 大きな遅電流を取り電源に悪影響を及ぼす傾向がある。 起動時の衝撃及び電源に及ぼす擾乱を制限したい場合に は他の起動法が採用される。殊に、多数の大容量機を設 置する変電所に於ては、別に1台の直流電動発電機を置 き、ワードレオナード法により変流機を直流側より順次 に1台宛起動する方法を採つた例がある。これは起動電 流少く、変流機に対する衝撃も殆どないので最良の方法 であるが、起動操作の簡単確実な点に於ては交流自己起 動法には及ばない。

今回の 4,640 kW 回転変流機は交流自己起動法を採用 したものとしては新記録品である。起動電圧は変圧器 1



(直流側)
Fig. 5. Construction of Armature Coil

End (D.C. Side)

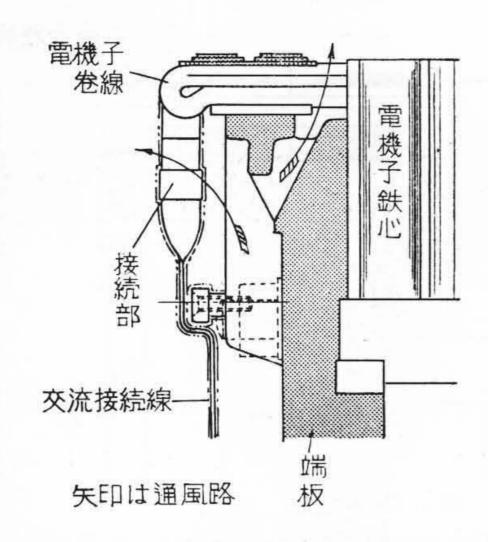
次を 人 とし、更に誘導電圧調整器により2次電圧を最低値とする。即ち起動電圧は全電圧の約47%に相当する。起動電流を極力減少させるため軸受油圧押上装置を設け、又特に強力な制動巻線を用い起動 kVA を80%以下に制限し電源に対する擾乱を極力抑制するよう計画した。

軸受油圧押上装置

第4図は押上装置の配管系統を示す。三相誘導電動機により駆動されるプランジヤーポンプより出た圧油は給油管を経て直流側及び交流側の軸受に送られ電機子軸を押上げて油膜を形成する。給油管には圧力計及び油圧継電器が取付けてあり、圧力計の指示は起動盤より監視出来る。油圧が所要値に達する迄は油圧継電器が動作せず主回路の油入遮断器は投入出来ない。起動完了後、直流刷子を降下すれば油圧ポンプは自動的に停止する。刷子場降装置と油入遮断器及び気中遮断器とは勿論インターロックしてある。回転変流機の運転中は強制給油は行わず油環により潤滑される。給油管中の逆止弁は、交直両側の軸受圧力の差により運転中に潤滑油が一方の軸受に移行するのを防止するために必要であつた。

電機子巻線

均圧環は、整流上は直流側で導体に接続する方が良いが、この部分は塵埃が溜り易く而も掃除が困難なため絶縁が脅かされて往々故障の原因になるので、保守点検の見地よりは交流側に設けるのが望ましい。何れにしても均圧環は直流機構造にとつては甚だ厄介な存在である。既に紹介したように、(1) 重波巻方式は電機子巻線の導体自身が均圧環の作用をも兼ねるから全ての巻線は完全な均圧効果が得られるので整流が良好となり、その構造上通風冷却効果が大となりまた保守点検も容易になるので今迄大容量機には多数利用して来たのである。回転変流



第6図 電機子巻線端部の構造(交流側)

Fig. 6. Construction of Armature Coil End (A.C. Side)

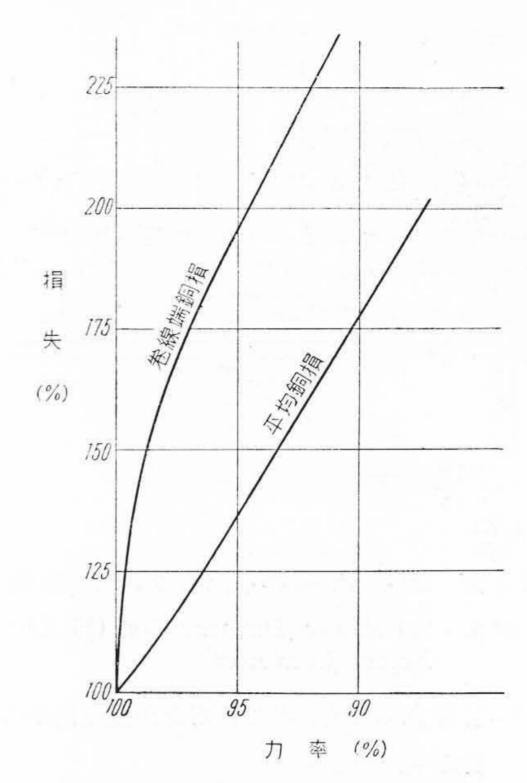
機に重波巻を採用したものでは本機が最大容量である。 第5図は、本機の電機子巻線の直流側の構造を示すもので均圧環が無いため、通風が良好で塵埃の溜らない構造になつていることが分る。電機子導体と整流子ライザーとの接続は導体をエッヂワイズに曲げて直線部に於て行い通風と絶縁を良好にした。交流側巻線端部の交流口出し線との接続も第6図のように電機子導体を曲げて直線部分に於て行つた。斯くすることにより電機子導体と接続線との接触面積を十分に大きくとることが出来る。

温度上昇限度

化学用回転変流機は殆ど無休で全負荷連続運転を行われるものであるから、温度上昇を低下し絶縁物の寿命を延長することは回転変流機自体の寿命を延長し得ることになる。本機の絶縁はB種とし而も温度上昇限度はJEC規格A種の許容限度よりも更に 10°C 低くとり、前記の値以下になるように設計した。

力率に対する考慮

回転変流機は力率 100% で使用するのが最も経済的であるが、電源の変動等により必ずしも常に厳密に 100% には保たれない場合がある。6 相回転変流機の電機子銅損は第7図のように力率の変化により極めて鋭敏に増大する。例えば力率 98% では、電機子巻線の交流接続部に於ける銅損は力率 100% の場合に比し約 160%、力率 95% では 195% にもなる。従つて力率が低下した場合には特に交流接続部附近が局部的に過熱し易い。本機の電機子巻線の絶縁は前記の通りマイカを主として、機械的補強としてはガラス繊維を用いたB種絶縁を施してある。電機子巻線と交流接続線との接続部分は特に過熱による事故を生じ易い部分であるので第6図に示したように接触面積を十分大きくとり力率低下の場合にも十分安全な設計とし信頼性を著しく高めた。



第7図 6 相回転変流機の電機子銅損と力率との関係

Fig. 7. Relation between Armature Copper Loss and Power Factor of 6-Phase Rotary Converter

電機子温度測定装置

運転中に電機子の温度を監視することは過熱に基く事故を未然に防止し或いはその他の原因による事故の拡大を抑制する上に有効であろう。温度測定には抵抗型温度計を用い、サーチコイルは2箇所に取付け、1箇は直流側端板を貫通して電機子鉄心に密接させ、1箇は交流側の巻線支え金具に取付け電機子巻線の交流接続部附近の温度が最も上り易い部分を測定し得るようにした。電機子巻線の最高温度を測定するには巻線の層間にサーチコイルを挿入するのが良いが、この測定装置は電機子温度が異状に上昇した場合を検知することを目的としたものであるから、電機子巻線の層間に直接サーチコイルを挿入することは、反つて事故の原因になるのをおそれて避けたのである。導線は整流子側に特に設けた3箇の集電環に接続し刷子を経て外部に取出す。

この場合問題になるのは集電環と刷子との接触電圧降下である。普通の金属黒鉛刷子を使用したではその接触電圧降下は比較的大きく極めて不規則に変化するから測定誤差を生ずるので今回は、特殊の銀黒鉛刷子を使用した。この銀黒鉛刷子と砲金集電環との接触電圧降下は外部条件によつて殆ど影響を受けず安定しており、測定に使用する電流では約0.0005 程度で極めて小さい。サーチュイルの抵抗値は0°C で100 2 であるから接触電圧降下に基く測定誤差は実用上無視することが出来る。

刷子保持器

整流を良好にするには先づ運転中に於ける整流子と刷 子との摺動接触状態を良好に保たねばならない。回転変 流機に於ては起動時の直流刷子の揚降操作が円滑に行わ れないと刷子の欠損を生じ、また接触状態や加圧点が変 化し易いので特に注意を必要とする。今回の直流刷子保 持器と刷子吊上金具の改良により、揚降操作は非常に円 滑に行われ、加圧点の移動するおそれはなくなつた。交 流刷子保持器も、日立独特の複発条保持器(特許第 193066号)とし重量の大きな金属黒鉛刷子と集電環との 接触状態を良好にした。

鋼板熔接構造

本機の継鉄は第1図及び第2図に見られる如く厚鋼板 製全熔接構造である。継鉄はその外周に熔接した2本の リブで補強してあり、自重及び主極、補極等の重量による 変形を完全に防止してある。この構造の継鉄の特長は、 軽量にして機械的強度が大で、磁気的に均質なることで ある。輻鉄、整流子胴及び集電環胴等は従来は鋳鋼が多 く用いられたが、本機はこれ等の部分も全て鋼板熔接構 造とし、機械的強度の増加と、電機子重量の軽減を計つ た。鋳鋼製の場合は鋳巣による強度上の欠陥と、駄肉の ために電機子の不釣合を伴い易いのであるが熔接構造と することによりこれ等の欠点は著しく改善され、また電 機子重量を軽減したことは起動 kVA の低下に有効であ る。集電環胴には、隣接する環の間に円周方向の多数の 通気孔を設け且つ環と環の間隔を十分大きくとつて集電 装置の冷却を計つた。

その他

回転変流機の整流は、負荷または電源電圧の急変によ つて鋭敏に影響されるので電鉄用変流機では補極磁気回 路のリラクタンスを高くして、整流の悪化に備えている が、化学用では負荷が急変することは殆どないのでこの リラクタンスは、電鉄用程高くとらないのが一般の傾向 である。本機では補極線輪と電機子巻線との巻数比を従 来の化学用変流機より大きくとりリラクタンスを大にし て交流電源の擾乱に対して整流を安定ならしめた。

電機子溝は捻り溝、巻線は短節巻とし電圧の高周波を 無くすると同時に整流も良好にしてある。

回転変流機と母線との接続には、薄銅板を重ねた可撓 導線を用いて刷子装置の中性点の調整を容易にした。ま た整流子と集電環の削正作業を行うために主軸の交流側 には調車を取付け得るようにしてあり、ベルト掛で別箇 の電動機で駆動出来るようにした。

(IV)性能実績

回転変流機を直流電動機として起動し、起動に要する (1) 田附外: 日立評論 33,1009 (昭 26-12)

第 1 表 最低起動回転力の測定結果

Table 1. Test Results of Minimum Torque for Start

油圧	起動前の放置 時 間	界磁電流 (A)	電機子電流 (A)	起動回転力 (kg-m)
なし	約 24 hr	20	400	688
なし	30 min	20	200	344
あり	時間に無関係	20	140	240

回転力の最低値を求めた結果は第1表の通りであつた。

即ち軸受押上装置を使用しない場合は起動前の状態に より起動回転力に大差があるが、圧油をかけた場合は殆 ど設置時間に無関係で起動回転力は使用しない場合に比 し 35% に低下し油圧押上装置の有効なことが確認され た。軸が押上げられる時の油圧は約 35 kg/cm² であつ た。

実際の状態の起動試験は電源の都合により現地にて行 つた。変圧器1次側を人とし誘導電圧調整器にて2次電 圧を最低にした場合、起動時間は油圧をかけた時 43 sec 油圧なしの時 46 sec で起動 kVA は約 42% であつた。 但しこの kVA は計器の指示を目測したもので正確な値 ではなく最大値は50~60%になるものと思われるが、 保証値 80% に対して十分余裕ある値で起動特性は極め て優秀であった。

温度上昇、整流及び能率等は何れも良好な結果を得た。 温度上昇は予想以上に低く電機子の通風冷却効果の良好 なことが確認された。全負荷電流 8,000 A にて連続運転 を行い、停止直後抵抗法で測定した巻線温度上昇は36°C であった。

本機は本年4月納入以来極めて好調に運転継続中で大 きく生産に寄与している。

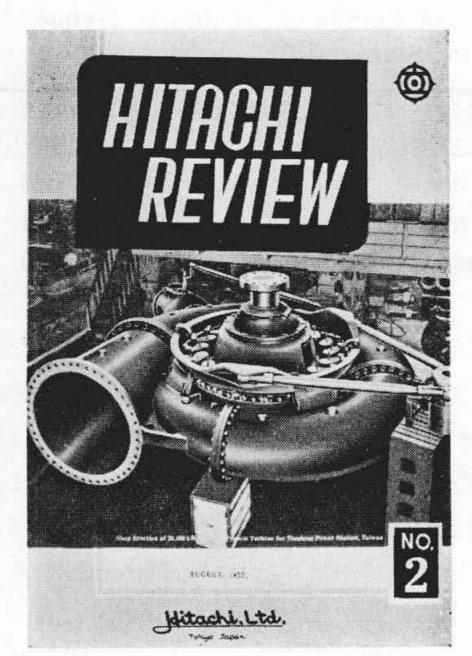
[V] 結

電気化学用回転変流機の特質を挙げ、その機能を最高 度に発揮せしめるために、種々の新設計を採り入れた 4,640 kW 回転変流機の特長を主として性能と構造の概 要を述べたが、その結果の優秀なことは実績によつて証 明されつ」あることは喜びに堪えない。

今後電気化学用回転変流機は益々大電流のものが要求 される傾向がある。我々はなお一層の研究を重ねて斯界 の要望に応えたい。

終りに本機製作に当り種々御援助を賜つた日産化学工 業株式会社斎藤顧問、山崎部長初め関係の諸氏、終始御 指導を戴いた日立工場藤久保副工場長、後藤部長、山本 課長その他の諸氏に厚く御礼申上げる。

考 文 献



SUBSCRIBE TO

THE HITACHI REVIEW

---ENGLISH EDITION----

One of the most reasonable ways to solve the serious and numerous problem that confront engineers everyday is to exchange their data and views with the researchers of the world. The Hitachi Review is planned and published to this end. The first number of the same was issued last January, and the second one is expected to be brought out of the end of July.

The following are the contents of the latter.

26,500 kW Francis Turbines and 28,500 kVA Generators for Tien Leng Power Station of the Formosa Electric Power Company
S. Fukasu, S. Takahashi, F. Saruwatari and S. Hiroyoshi
Charge Current Rupturing Characteristics of Contrarc Circuit Breakers
Characteristic Element of Recent Dry Valve Lightning Arresters
Permanent Magnet——Its Safety Factor and Durability
Characteristics, Testing Methods and Quality Control of Hitachi Incandescent Tungsten Lamps K . $Miyagi\ and\ E$. $Taniguchi$
The Improvement of Strowger Two Motion Switch
Air Test of Gas Blowers
Study of the Asymmetry of Gear Tooth Profiles Caused by Hob Eccentricity
Improvements on Polyvinyle Formal Insulated Wires and Thèir Applications
AFew Observation on the Basic Properties of Insulating Varnishes
The Properties of High Grade Special Steel Derived from Magnetic Iron Sand
Price: ¥200 a copy Postage: ¥40 Publisher: Hitachi Hyoron Sha, Hitachi, Ltd. Marunouchi, Tokyo, Japan
 ———————————————————————————————————————