

にて現場据付後相当期間使用後にて各部の調整を施すこと油入遮断器よりも重要な事柄である。調整後の本器は頗る好成績で運轉されてある。

配線工事 計器及制御回路は總て隠蔽工事とし、配線の整頓、改修を容易ならしめた。變流機制御回路はインターロック多く臺數多數の爲め配線材料大約下の數量を算して居る。

コンジットチューブ	33,000 呎
鉛被電纜	20,000 呎 (#12乃至#10B.S)
綿編組電纜	25,000 呎 (#12乃至#10B.S)
第四種電線	35,000 呎 (#14乃至#4/0B.S)
地線	3,500 呎 (#8乃至#4/0B.S)
特高用裸硬銅線	7,000 呎 (#4/0乃至500,000.CM)
電線類總延長	90,500 呎

工事概要 變流所工事は土木建築關係及鐵構組立は全部請負に附し、機械關係は直營で施行した。

工事中使用延人員は増設工事を見込み請負者關係 13,000人、會社直營延人員 5,500人、供給入夫 4,800人、工事中最高出面記録は會社關係の人員職員三人、職工傭人32人供給入夫51人である。

〔VIII〕 運 轉 保 守

變流所の運轉操作は前述の如く受電變電配電及變流に關はるものにて、然も配電盤室の一運轉員は之れが制御に當るのである。

電力需給の打合せは主に受電地點の東電鶴見第一發電所と行ふので稀に川崎配給所とも打合せを

爲すことになつて居る。配電は場内各工場電氣詰所と電話設備があつて、配電操作に萬遺漏なきを期して居る。唯操作上深重の注意を要するは、バックパワー大なる配電區域廣汎なる東電の送電系統の一次配電線路と直接に接続さる廻轉變流機である。甲信系は約 200,000 kW 田代群馬系は約 78,000 kW の大電力を有する。

6,000kW廻轉變流機の起動及同期運轉 變流機盤は垂直型にして上中下の三面より成る。上面には計器及繼電器、中面は制御器、下面は試験端子及積算電力計を備ふ。變流機起動方式は直流自己起動レオナルド式にして10臺の變流機に對し2臺の起動用電動發電機を備ふ、但し一臺は豫備にして同時に1臺のみ運轉可能である。各起動用發電機に起動盤あつて變流機起動に用ひて居る。其他機械室との信號速度及電壓従つて負荷調整、同期化等の制御は變流機盤に於て之を行ふ。格定電流 10,000 A に對し起動電流は油の質、軸承中オイルフィルム形成狀態等にて異なるも大體 1,200A である。シャフトリフティングデバイス (Shaft lifting device) を附せず始動頗る容易である。變流機始運轉の當初同期化の際フェイズアングル (phase angle) の合致せざる爲め屢々整流子面に火花を飛し、これが原因に就て考究爲したことであるが畢竟次の事實に依ることが判明した。

(1) 同期用油入遮断器のクロージングタイムの不同。

(2) 變流機側のサイクルの變化よりも寧ろ電源側のサイクルの變化相當に大なること。

(3) 運轉員の未熟練。

油入遮斷器のクロージングタイムは短き程同期化に好都合であるが、1秒以内相當時間を要し、これを一定値に調節することは臺數多き機械の運轉に對し、最も大切なることである。電源のサイクルの變化大なる時は同期化操作時間を多く要するので、これが變化少なきことは最も望ましきことである。多くの交流發電機同期運轉の如く多少のフェイズアングルの差あるも差支へなきものと異なり、電氣角度4,5度の所迄導入するを要する鋭敏なる感度を有するコンミュテータングマシンには運轉員の熟練は最も期待さるゝこと多き所以である。現在起動より並列に入る迄の時間は通常3分間最少1.5分までは短縮し得る。

安定度 運轉中最も好ましからぬものは電源の電壓降下である。送配電線路中落雷、碍子電纜破壊等の事故に依る電壓降下の爲め、大口需要家の一朝にして數万キロの負荷を遮斷することは供給側としては配給統制上遺憾のことであり、需要の方面より見れば危険至極のことである。これが保安装置として低電壓繼電器を各5臺の變流機に1箇宛備へ66,000Vに對し80%の調整を施してある。全負荷に於ける低電壓に對する機の特性を見るに10%程度にては微少のショックを受るのみ、15%乃至20%にては多少の鳴りを生ずるも整流子表面は火花を認め得ず、20%以上にては直に油入遮斷器動作し、次で氣中遮斷器は直流10,000Aを容易に遮斷す様になつて居る。

過負荷 製作者の過負荷保證は125%1分間、150%瞬時であるが事實現場にての試験成績は夏時室溫攝氏36度の時全負荷連續運轉後110%過負荷1時間以上なるも格定溫度上昇を越えず。然も過負荷時に於ても絶對無火花整流をなすに至つては眞に警異的の性能を有すると言はざるを得ぬ。但しイン

バーター (inverter) として全負荷を加ふる時は微少の火花發生を見るは寧ろ當然のことである。

壽命 本機は電氣化學工業用として全負荷連續運轉すべき特種のものなる故、機の壽命は大いに考究すべき問題にて、機の壽命を決定するものは絶縁物の退化、機械的部分の消耗であるが、消耗部分は整流子、滑動環及刷子である。刷子消耗率は本機使用後六ヶ月の経過より見れば、大約直流側十二ヶ月交流側二十ヶ月である。但し刷子消耗率は其種類、製作者に依り大いに差異あり、主に外國製品の勝る事實は吾人の最も遺憾とする所我國刷子製作者の一層努力研究を要する所である。

能率 變流機一組のオーバーオールエフィシエンスを製作者の試験成績より算出せるもの及現場据付後の成績とを表示せば次の如くである。

負荷百分率	100	75	50	
能率百分率	94.9	94.4	93.0	製作所
	95.1	94.8	93.0	現場

〔IX〕 結 言

以上で變流所の設備概要及据付工事並に運轉成績に就て其概略を述べたが、畢竟電氣工業として未曾有の大容量電氣機器を備ふる設備の斯くも短日月に完成せられ、斯くも完全なる運轉を爲し然もその建設費の低廉なるを思ふ時、本所電氣機器の全部を製作せる日立製作所の如何に速急の需要に應ぜられ、如何に優秀なる製品を低廉なる價格にて供給し得るかを知らるのである。

今や既に京濱川崎市內工業地帯の一角に於て大電力を99% Power factor, 90% Load factor 94% に high efficiency にて消化しつつある國產電氣機器を見る事は獨り當事者のみの誇ではないであらう。

(完)

銲接の歴史

文獻に現はれた銲接の歴史が西曆千八百八十年頃エリュ・トムソンなる人が最初に低壓抵抗器を發見したことから始まつてゐるとすればその歴史は約五十年に近いものがある、十年一昔として五昔を経た昨今それが漸く實用時代を迎へて今後の工業界支配するものが原動機の場合に於ては重油であると共に技術的には銲接であるかの如く極言されるやうになつた、銲接は歴史が古いに比してその發達が遅れてゐると言へやう、この發達をガスターブした理由のうちに熟練職工不足であつたと云ふことや銲接の技術が餘りに簡單であると誤算したと云ふより寧ろその錯覺から地金等の研究を怠つてゐたことにも一半の理由がひそむと云はれてゐる。



今一つ産業の合理化が工業界のみならず全經濟界のスローガンとして喧傳されてゐる今日他方に進歩せる技術の效用から考へても解せない話だが、英國に起つたトレード・ユニオン邊りがこの發達に反對したことも銲接の發達を阻害したと云ふ理由の一つとして文獻に現はれてゐるのは當時最も進歩的な思想を抱いてゐた團體だけに見方に依つては却つてその考へ方が餘りに進み過ぎてゐるため團體が危險視されてゐたこれ等の團體としては似ても似つかないことではある、だがそれにしても近年銲接法の改良進歩とその利用範圍の擴大は一方ウエルデングの研究機關の完備と相俟つて日進月歩の技術的に行き詰まれる世界の工業界を打開する方法としては唯リベツチング・ウオークに代はるにウエルデング、ウオークがあるのみとしてその事實を裏書きして歐米のみならず本邦に於いても既に無鉸銲製の所謂銲接船を始め銲接建築物銲接橋梁の實現すら困難ではなくなつた。



斯うなつて來ると世は正にウエルデング、エージである、銲接時代それはタイムに於てエネ

ギーに於て多大の節減を齎した、銲鐵時代のそれより製品のコストを引下げ重量の輕減強度の増大に成功した、此の時代の寵兒狭い意味で云へば工業界のスター……このウエルデングウオークを本邦に最初に紹介したのは技術者ならず學者ならず一介の商人だつたとは……勿論カーボン、エレクトロード・アーク・ウエルデングの發達が本邦に行はれたのは既に古い昔だが今日電氣銲接法と云へば大概金屬電極式電氣銲接法を意味するものであるからこのメタル・エレクトロード・アーク・ウエルデングとそして取扱ふ品物の範圍である……大正七年頃名古屋の伊藤忠なる商人（それも全く方向違ひの呉服屋さんだが）商賣人と云ふものは全く抜目がない良く云へば外國に於ける電氣銲接の發達を本邦の將來にも見たとも云ふが或はこれを利用してまんまと一儲けしやうとしたものならば何處か抜けてゐると云ふ證據にその商人が米國から持つて歸つたオルターク社の銲接機二臺のヴォルテージが當時の本邦工場で間に合ふものが殆どなかつたのでそれを持って餘して神戸三菱造船所に譲つたと云ふから三菱も随分叩いたものだらうと想像出来る、それではこの商人も浮ぶ瀬がなかつたゞらうがそれはともあれこれが本邦でメタル・エレクトロード・アーク・ウエルデングの匂ひを嗅いだ最初である。



それが今日の銲接技術が商人に依つて行はれず眞面目なる研究家に學者サイエンチストに依つて行はれるやうになつては本邦の銲接技術も占めたものである、唯幾分法令の伴はぬ技術の飛躍的進歩はあるが造船技術の進歩した本邦に銲接技術の連歩する可能はまだまだ残されてゐる、そして之が世界の銲接技術の素晴らしい進歩國のアメリカ續いては獨逸英國等に伍して本邦が銲接工業國となるのもそう遠い未來ではあるまい。

(工業新聞より)

大 水 素 工 業 用 電 力 施 設

工 學 博 士 馬 場 彙 夫

On the Electrical Equipment for Great Hydrogen Industries.

By Kumewo BABA, *Kogakuhakushi*,
Hitachi Works, Hitachi Seisakusho.

Abstract.

In the late summer of the year 1929, Mr. T. Takahashi, Director of the Showa Hiryo K.K., asked the writer's advice concerning the electrical plant for the Hydrogen industry. Mr. Takahashi contemplated the establishment of an ammonium sulphate fertilizer industry, and as the raw materials of ammonia product, he intended to use nitrogen from air and hydrogen from water decomposition by electrolysis.

The principle of electrolytic decomposition of water is one of the commonly known facts, but the economical consideration of it is of great importance to large scale industries.

Efficiency of the electrolytic cells is the great factor for the hydrogen industry; all the cells installed hitherto in Japan were foreign-made, and this is the first installation of home-made cells for this industry. The writer and his assistants devoted themselves to the design and investigation of the electrolytic cells, and the design and construction of the large power rotary converters as the source of electrolysis.

The writer describes the general planning for electrical equipment, and discusses the future of the hydrogen industry, proposing method of storing electrical energy as the synthetic fuel.

〔 I 〕 一 般 概 説

昭和四年晩夏(1929年)昭和肥料株式會社高橋保取締役より掲題の問題に關し相談を受けた。硫安と不定時餘剩電力との關係より懇切なる説明をせられ電力の大なる消費計畫たるを示されたが、何分にも既往に經驗を有するは電機だけで、始めは只管説明をのみ承つてをつた。硫安



は周知の如く本邦の大輸入肥料で之が内地製産は喫緊の問題たるは勿論である。硫安は硫酸と安母尼亞との化合による、酸と鹽基とであるから、親和力強かる可く一面硫酸の本邦製産は易々たるものである。安母尼亞は窒素と水素との化合物で約1920年代にはいつて此が合成は勃然として世界に隆起した新化學方

式だそうである。

窒素は空氣中に無盡藏にある。又其分離工業も永き歴史を有してをる。つまり硫安製産工程は學術上並に經濟上、水素の製産と合成安母尼亞との二段を主體とし硫酸製造、窒素分離及中和合成を副系と考ふる事を得る。

昭和肥料の場合に於ては水素を水の電氣分解により、硫酸は手製とするとの話であるが、全體として原料は空氣、水及硫化礦といふ事になり貧弱なる我邦天然資源も更に不便を感じず加ふるに極めて豊富なる電力すら餘つてをるから、誠に面白い仕事であると云はねばならぬ。硫安の經濟決點は水素を安く得らるゝや否やの點に大半懸つて來る事になるから、此種事業として水の電氣分解は今日小學課程にて教はる程の卑近なる學理も極めて慎重に考察を要する。

大工業用の水電氣分解槽は内地に於て造つた事はないのであるが、是をもやつては如何がかといふ事であつた。そこで1929年後半は詳しく是を研究して見た。大體やれると腹を極め諸様式の腹案を定めて、其歳の末日十二月三十一日に電力全施設及電解槽全群を取り極められた。其電力施設の詳細論は別に各論客の記述するが如きものであつて、是が機械は製作歴史も有し亦名手を控へて居り殆んど大過どころか中小過も尠く現在運轉中である。

只電解槽は始めての事とて貳百數十日間程も所謂發明と發見の間誤付きの長道程を踏んだ。それは近來の大研究で苦心の多かつた丈、それ丈製作品は始めてとしては皆誰でもが驚く立派な成績を

今現に示してをるのである。

今都合により電解論は深く發表するの自由を有しないが電力施設の一般を略説する。此仕事の全體から論ずると高橋取締役等の電力利用様式の着眼は、本邦に於ける最尖端的慧眼で誠に見揚けた眞に賞嘆する處である。1927-8年に於て既に企畫を有せられ世の凡骨が、後から見て直ぐに考へ付き得る點ではなかつたのである。何しろ兩三年の前には電力需給状態は今日とは根本的に趣を異にしてをつて年中過剰といふ形でない時機に於ける計畫で、今日の如く年中を通じて電力が餘るといふ事になつてからそちら、こちらで論議するのは撰を異にする慧眼たるを斷言し得る。従つて其當初計畫は年負荷率70%前後の利用範圍の給電を捕へ渴水期には休止するの計であつた。それが即恐る可き慧眼と云へる。最初の計畫から今日に到るまで既に兩三年も経てをるから其間世態の激變に應じ色々模様は更へられた。第一段は年産100,000噸計畫で負荷率約70%であつたらしい。其内電力供給は漸次過剰に傾き負荷率の増進が考へられ、定施設の休止期間が縮少せられ負荷率100%近くに進んだと考へ得る形になつて來て、其まゝでも年産150,000噸近くになる様になつた。之が第二段であつた。硫安界も色々な變轉しては來たが、決定案は年産約200,000噸電力年負荷率100%見當と考へられたらしい。

第三段現設備は是である。つまり拾萬、拾五萬、貳拾萬と製産年噸數は三階梯を経た様に見へる。高橋常務取締役の語でいふと日本の發電所には over flow と言つて水を白い瀑にして只放流する

事が多いが予はそんな馬鹿な事をしては、日本の爲ではない皆喰つて働かせて見せ様と思ふ。といふ意氣込みから立脚してをる。昭和聖代に於ける昭和肥料の合成計畫は國家の大きい問題である。

それ等大きい論議は大きい人のやるに従つて此の大水素工業は偉大なる電力施設を要することゝなり、其關係問題は廣汎になるが先づ定む可きは其單位である。全電力は第一段案四、五萬キロ、第二段案六、七萬キロで、第三段案は八、九萬キロワットとなる。

但し第一段案の四、五萬キロと云ふのは六、七萬キロワットの負荷率70%といふ事で施設は従つて實質的に六、七萬キロワットとなつてをった。現状の第三段計畫貳拾萬噸級では約八萬數千キロになつてをるが、水素部は拾單位に類たれてをる。此單位は我々製作者側に於て定めたものであるが茲許に非常に注意すべきは、電解槽製作者と電機製作者とが同一人であつた爲に至便であつた。

電機施設は電解操作の理論實際に精通するに非ずんば、所謂痒い處に手の届く形式にするには非常に困る。單位設定の如きは正に其適例で今假に電機施設家と電解槽群供給者とが、兩者別々になる場合に於ては、各々自家の見地のみに固着するの餘弊を生じ需要家は其中間に立つて自ら困しむの形に陥るは極めて自明の問題である。

是等を見越して同一手に委かされたるも亦一つの需要家としての慧眼であらねばならぬ。日本にある先例は電解施設は舶來である。日本人は舶來施設に盲従するから、一見無事に見ゆるも是萬全の調和でなくて例の事大觀念の形で好しくもある

まい。蓋し水素工業系統としては受電端區分閉閉器から、水素瓦斯タンク排出弁迄を通貫する一縦隊形として考察するを可と信ずる。

〔II〕 單位略論

ファラデーの確立せる理論に従へば電流 1,000 A にて分解せらるゝ水素量は氣壓 760 mm 濕度 100% 溫度 20°C に於て 0.44 立方メートルである。やつて見ると正にそうなつた。

分解電壓は非常に諸狀況に支配せられ今精論は出來ないが發生瓦斯壓力、電解液、過電壓、溫度、電流密度等々の函數である。常氣壓下に於ては最低 1.7V 位から經濟的の最高電位差は 2.5V 位の範圍にある。之等の諸現象の複雑なる關係を精細な研究をして一先電流は 10,000 A と定めてしまつた。10,000 A だけ定むれば一組の陰陽極間には毎時 4.44 立方メートルの水素が發生するの理屈になる。此は 1,000 A の電極を十組直列にしても出來る。そこで直列電極式並列電極式の兩論を生ずるが今の場合は並列式を採用した。蓋し電力全量が少き場合は直列電極式必ずしも捨てられぬが、大電力では先決然として並列電極式を有利とする。並列とすると 2,000 A を五組でも 2,500 A を四組でも 1,250 A 八組でもそれは色々に出來得る。兎に角 10,000 A と定めた。

此直流電流は工業用として類例のない大なる電流であるが、主として電機側に困難を與へそうになる。電解槽側は電流は益大なるを可とし電機側は然らずとの判斷點を 10,000 A とした。歐洲に於ける先例の示す處は設定最大電位差は 2.5V であるらしい。筆者は是を 2.4V と格定した。今其原

理は略説するの紙面と筆とを有しないが、かくて電解槽は其單位を24kWとした。是を群單位に集めると電機施設側の一單位を得る。即ち

電解槽數 167-188-208-229-250-300
電機單位(kW) 4000-4500-5000-5500-6000-7200

水素を受けとる側では大量の時は小單位の數多きは不便である、又諸施設單位小くて數多きは殆んど全般に不利と信ぜられる。然らば單位は大なれば大なる程良いかといふと簡単に左様も參らない。電解槽の絶縁と發電機整流子とが其増進を極限したい二點らしく考へる。されど此兩面を睨め思ひ切り大きい單位として電力一單位 6,000kWとした。蓋し此單位は現在世界に存する水素發生工業單位の最大と信ずるのである。従つて途中其單位は大に失するであろうといふ、注意は頗る諸方面から受けた。頑として退かなかつたが結果は諸方面の憂慮の如くではなかつた。是は事を共にせる同僚諸賢の大なる援助があつた事は勿論である。電力の根源は50サイクル交流でこれを直流になほさねばならぬ。近頃の流行で行けば水銀整流器が考へられる。されど水銀整流器は高調残留電波を残すものである。此残留高調波は電解槽から考察すると大變な禁物で所謂 ripple が残る様な電流では 10,000A の幾割かを失ひ駄目なりと斷定した。それで廻轉電機による事にした。交流を直流にする廻轉電機には色々ある。近頃の進歩は殆んど廻轉變流機になつてをる。されど廻轉變流機は容量に制限がある。その容量限度は周波數で同一ではないが25サイクルの場合は限度が高い、

50サイクルでは餘程卑くなつて來る誰でも信ずるのであらう 6,000kW は大き過ぎると、例へば電鐵用變流機は25サイクルを一基 2,000kW としてをるが50サイクルは 1,000kW 二臺にしてある。電鐵用電壓は高いから直列にせねばならぬので 1,000kW 2臺にした様にも見えるが、2,000kW 2臺直列とし一單位 4,000kW とする事は變流機に於て聊か嫌はれたのでもある。外に電鐵單位は別の理由が主であつたかも知れないが兎に角50サイクル以上の周波數で高壓變流機は容易なものではない。6,000kW と云ふ世界の記録的突進を試みたるは聊か深く信ずる處があつたが爲であるが幸にして過信ではなかつた。電解槽に於ても電壓の高いのは容易ではないが、化學工業家といふよりも電氣を主とする側に於てやつたから、世界最高電壓のバッテリーをやれたと信ずる。要するに單位の猪突的増進は只さへ機嫌宜敷からざる變流機の御機嫌は益々悪くなるのであるが、巧妙に之を損ぜざる工夫を加へてある。同じ苦心を電解槽にも加へてあるが變流機と歩調を一つとする、否寧同一手許に於てやつたといふ事は決して見逃せない點であつて、異なる製造者では恐らく斷じて出來ない事であつた。化學工業方面に立つて電機界を睨むで見るとバッテリー單位の増大の制限は變流機にあると考へる様である。それが即ち舶來又は現歐洲實例單位が余輩の設定に及ばぬ原因と考へられる。要するに此等の電機諸設備は餘程電解に精通しないと齟齬を來す事を斷言し得る。

次ぎに受電は 66,000V の高壓で此を 100,000A、600V の直流に改むる時、直流單位が拾だとして、

交流は如何にすべきか、深く考究せられた。直流 600V は變流機の交流機側に於て 415V 位に相當する。最も單純化するとせば 63,000kVA程の三相變壓器一臺で、一段落し一單位でも出来る筈ではある。これは 415V 側のブスを考へれば空想的で非實際的と言へる。然らば二段落しとして中間電壓例へば 11,000V を用ゐ、特高側丈の單位を單純化して第二段の變壓器丈を一軒の本店に十軒の支店といふ風に、附屬せしむるといふ事が考へられる。此を二段落しの案と言つて見る。今一つの落し方は六萬から四百に一段落しとし特高側の開閉器迄をも一夫一婦式を徹底せしむるの一段落しの案が考へられる。此二案は一利一害があるそうであるが、現品は後者の一段落し一夫一婦主義式とし共產的二段落し案を採らなかつた。此兩者間の差異論は精細論に渉るから他に譲ることとする。

次に電壓の調整方式に嶄新なる試みを加へた、此等は電氣を料理する様なものであるが新方面であるから此方面に於ける一つの進歩たるは明かである。

此仕事では電氣分解以外に可成の電力を消費する、其優たるものは瓦斯壓縮機である。此に對しては餘談ながら壓縮機不要の電解も考へられる。即ち電解槽其ものから高氣壓の水素を採る様式である。高壓水素電解であると、其消費電力が減少する。壓縮は瓦斯壓により其消費馬力は異なるが、一寸面白い事は今或氣壓に壓縮する爲に電解電力の一割を要するとすると、其同じ壓力を有する水素とし直接電解すると約同じ一割丈は電力消費の節約が出来る。其等からいふとその高壓への壓縮

機を有する施設は 110% の電力で、直接の高壓電解は 90% 電力となる理論である。同じ金なら誰でも 90% 電力で済む方式を採る筈である。

數百氣壓といふ高壓瓦斯の共儘に水素を電解する事は、學者の研究としては面白いが今直に實際大工業には用ゐられない。先づざつと吾々の子孫又は青年學徒への宿題となるであらうと思ふ。此高壓電解の研究が有利なる實際工業用に達する迄の期間は發明と發見の前途を卜する様なもので、今茲許に豫言は困難と思ふのである。此壓縮機電動機、變流機起動方式等々の話もある事であろう。猶電氣は動力源として水廻し、瓦斯廻し、品物運搬等諸種の方面に巧妙に應用せられてをるが、信號、操作様式、自動化等に對しても多くの苦心が拂はれ實用せられたる新機軸を出してをる風がある。勿論水素瓦斯は下手をすると爆發する。そこで開閉器等で此耐爆を必要とする處が甚多いがこれに對して根本的に水素瓦斯の爆發特性を深く研究した。實に筆者は試運轉の際に一小部分の爆發には遭遇して見たが氣持宜敷からざるものであり同時に身に染む教訓を體驗したのであつた、が幸にして其、體驗は深く將來を教ふる處があつて尊いものと思つてをる。

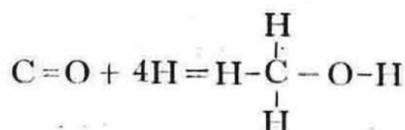
電解以外の總電力は全様式により一定すまいが之は電解電力の幾割かの小部分である。只電力が少いからとて輕視も出来ない諸面を有すると思ふ。就中最も大切なるは信號、操作等の方面であろうと考へられる。此を全體系として考察すると可成廣汎であるから軍艦の操作の如くなるのである。然もそれが化學では公開し衆知を集むる現状

に居らぬ爲今猶舶來思想があるであろうと思ふ。外國人信ず可し本邦隣人は信ず可からずとの考へは段々に去らねばならぬと考へる。

〔III〕 水素工業の將來

水素工業の將來は非常に重要な我邦の問題であると確信する。何が故かといふと我邦には電氣が餘つてをり石炭は可成出るが油はない。今日自動車でプープー飛ばしてをるのは殆んど油代を外國に仕拂つてをると云へる、されど電氣を蓄へると此は外國へ仕拂はぬでも出来る筈であると長年夢想してをつた。現代は電氣を油にかへて蓄へる事は最早可能である。

其最容易なる例は一酸化炭素への水素添加である。即ちメタノール工業そのものである。



故に石炭から瓦斯を採れるコークスを一酸化炭素とし近代流行の高壓高温の瓦斯工業様式を採ればメタノールは先第一に出来る筈であり現にやつてをるそうである。メタノールは炭水素系アルコールの極めて低級なるものであるが炭素に對する水素添加の基本形式と見られ得る。是即ち水素なる媒劑を或は分解或は合成し電氣を油とし蓄へる形であり此に似たるの工業は我邦に於て決して忽かせに出来ぬ重き問題と思ふ。幾阡の飛行機は油なくては死んでしまう。一面電氣は餘つてをる。有事の際を考へると平時に是を備へねば物の役に立つまいと信ぜられる。茲許に化學、電氣、機械等相當廣汎なる協力を要するは明かであるが水素なるものが大切である事は此以上の冗言は要すま

い。水素は燃料そのものが燃焼する際に水蒸氣を分解しても、出来るから電氣に限つた事は勿論ない。水性瓦斯は是であるが米國の如き燃料を持って餘す國は良いかも知れぬが日本では瓦斯體系及液體體系の燃料が殆んど無く電氣は過剰なりとせば水を分解し水素とし之を固體若しくは液體の燃料へ添加したいものである。此方面に於ける水素利用は必ず近く實現せねばならず必ず起るであらう。恐らくは高壓高温化學工業に屬するであらうが此に對する電氣の關係を述べて見たい。水素の利用は石鹼工業、魚油工業等既存のものもあるが存外電氣と歩調がそろはぬ惧がある。水力電氣は年中定流の水でないから一年の内には全水流を發電すると電力量は月により過不足を生ずる。普通の水力は流量の減少期を標準に發電設備してあるが平均流量にでもすると、今少し發電容量は増加し只一年の内幾月かは休む形になる。故に水流が一定でない間は發電量は變化しそこに期月により必ず過剰量を生ずる。

斯様な剩餘電力は實は非常に安くて良い電力である。但し年負荷率が100%でないから如何に公稱電力代が安くても負荷率で割ると少々値増を見込まねばならぬ。猶水素化學工業の他施設が年中幾月かを休むとせば、其方面に於ける損勘定も忘れられない。此等の年負荷率での全各方面の割増しを勘定すると電力は高まつては來るが、それでも猶其割増されたる電力代が年中100%の給電を受けた値段より低い位の安い値で剩餘電力を安く買へる事は極めてあり易い。化學工業家が負荷率100%でないとは絶対にものにならぬ様に思ふのは

少くとも餘りに速断で負荷率及給電曲線と電力料金とは之を秤考するを得策とする場合が多いと思ふ。猶又電力なるものは一日二十四時間に對しても必ず量が變化する。

例へば電鐵等は深夜より夜明け近くは激減、若しくは不要になる性質の形であつて、電力工業數拾年の歴史は今猶一日負荷曲線の大きな山形を變へては居ない。一日の變化は事によると貯水池で加減も出来るがそれでも人の使はぬ間の電力代は非常に安くてよい筈である。電力會社で此深夜の不要電力を安く手放さぬ等は餘り利巧でない方策で、此は只に近い安い代にして負荷曲線の谷底電力は値へよりも量を喰はせる努力を必要とする。そんな風の事を考へると人が不要とする電力は一日の内の或時間には必ずあるもので、夫を水素等に變形するは面白い方策と信ずる。人の不要とする時間は大抵人の眠れる時間で自分も亦眠り度が今日自働電氣設備は極めて容易に出来る。故に僅かの投資で以て人も吾も眠つてをつて、其眠れる間の電力を水素に變へたとせば、それを或は瓦斯と共に人間の覺めてをる時間の利用に供する事が出来る。一年中の或る時を休み又は一日中の或る時間だけ給電するといふ風の不連続ではあるが、形の定まれるそして殆んど只の如き電力は是を水素工業に應用するは極めて興味ある問題ではあるまいかと思ふ。之には經濟上の各種の利害を給電の連続性による函數とする研究を加ふるを以て足れりとするが、今日の如く電力供給側と其消費側

とが徒らに押しつ押されつでは旨くはない。共に力を合はして研究開發す可き問題と考へる。電力の自働統制等は現代極めて容易であるから人間夜間に眠つてをる間にタンクに水素を貯へしむる位の事はわけはない。只不幸にして化學工程は熱度の高い状態にて行はるゝものが多いから、一日中の勤休サイクルは熱損に於て忍ぶ能はざる形になりやすいではあらう。今若し水素を市中瓦斯に混入するとすると其火熱力急進し必ずしも無謀とも思へぬが、今の處水素工業其物が未だ若年で施設に多少の經費を要するから、人が注意し難いのであろうが電力代を非常に低下すれば必ず勃興し得るものと思ふ。今水素用電力給電が100%不休に與へられる一時間2,000立方米位の全施設投資は、一立方米毎時に對し五乃至八圓位と思ふ。負荷率30%とすると此一立方米當りの投資が拾六、七圓乃至貳拾七圓にも騰る勘定であるけれど電力代に比して是等の數字は大きいといへない。何故なら水素1立方米の發生に對して5kWH位を要するからその電力代は毎時例へば5錢として年435圓ともなる。

それが只になるとせば施設費は大きい役割ではなくて下廻はりにしか當らぬ勘定と思ふ。

之を要するに水素工業は我國電力現状よりして緊密に考察すべき問題であると思ふ。そして又必ず勃興すると信ずるが是が電氣的方面の施設は世界の何れに比するともより優秀なる全施設は容易に出来るの域になつてをる。(完)

化 學 と 電 子

此處に言ふ所の電子はあらゆる型の原子から生じ得られ母體の何たるに關せず唯一種の電子があるのである。電子の質量は水素原子の $1/1700$ であり其の荷電量は溶液の電氣分解に於て水素の一原子と結合する正荷電と同數値の負荷電を帶ぶものである。

斯の如くして一定不變な電子はあらゆる原子の一要素たるべきことが證明された。異種の化學元素の原子中に於ける電子數を測定する手段も工夫された。此の數は有限であり且原子の種類によつて變化し一元素の原子に含まるる電子數は其の元素の原子番號に等しい事が發見された。元素の原子番號とは元素を原子量の順に排列せる表中の位置の順番である。原子番號は略々原子量に比例するものであるから一原子の全質量と其の中に含まるる電子の總質量との比は水素を除く他のすべての原子について同一で有ることになる。而して其の電子の質量は原子全質量の約 $1/3400$ にすぎないから大抵の場合省略して差支ない分數である。

質量の大部分は原子の正に帶電されたる部分に屬し負に帶電された電子の部に屬しない。而して普通の原子は電氣的には中性であるから原子内にある正電氣の量は丁度電子の負荷電を打消す量に等しかるべきである。

此の正荷電は陽極線の實驗が示す如く原子の質量に等しき質量に附隨して居る。従つて正荷電を附帶して居るものは負荷電を附帶するものと異なり個々の元素によりて異なる。正荷電の質量は常に單位の整數倍で有るから此の質量は單位量が互に結合して作られたものと考へられる。即ち其の單位の數は原子鐵に等しく電子の數は概略其の半に等しい。従つて若し各個の單位質量が正電氣の原子的荷電を附帶するとするならば是等幾つかの正の單位は其の半數の電子と結合して居なくては正電氣の量が大き過ぎることになる。斯の如くして電子によつて與へられる構造の外に正に帶電されたる部分自身が既にある構造を特つて居ることが解る。是即ち化學的性質を支配する電子組織と放射能變換に關係する電氣の中核組織とである。

今日迄の發見された如何なる事實と雖も此の電

子と正荷電粒子とに分拆して説明のつかないものはなかつた。従つて原子は是等二つの成分より成ると言ふ假定の下に原子構造説を組み立てるは極めて妥當であらう。併し此處で記憶しておかなければならないことは荷電體を検出する手段は中性體を検出する手段よりも遙に優つて居ると言ふことである。従つて若し原子内に帶電されざる成分が有つたとしても夫れは常に檢出されることなしに逸れて居るかもしれない。同時に吾々は次の事が言へる。即ち左様な成分が實際存在すると想像しても其の質量は正荷電の部に比して省略すべき程のものであると。何んとなれば其等の部分は電子の全質量の1%以内に有るからである。

原子中に於ける電子の排列

以上の概説によつて吾々は存在が既に確證せられよる物質に就いてのみ考へ原子は正電氣を帶ぶる質量大なるものを中核として之を幾つかの電子が圍んで居るものとする。電子の數は先づ水素原子の場合に一箇而して漸次に重き元素になるに従つて一つ宛増加し遂に百或は其以上に増加する。中心の正荷電と之を圍む電子の負荷電が電力の場を作り其の力は電子の位置さへ分明すれば決定すべきものでない。斯の如く原子の有する力及び其の化學的性質は電子の組立に關するものであつて此の組立の状態を決定するといふことが化學に於ける電子説の最も重大なる問題で有る。

此の問題は電子相互の反撥力と正荷電が電子に作用する力との下に電子自身が如何に排列されるかと言ふ模様を決定する事である。

先づ第一に吾々の觀察する事は若し力が嚴密に距離の自乘に反比例して變る者ならばEnrschawの理論によつて知れる如く電子説靜止又は釣合の位置の周圍に振動して居るが如き安定なる状態は不可能になる。電子は軌道を描かなければならない。且又異なる幾多の軌道を描くべきで有る。何んとなれば多くの單位説同一軌道を走る所の彼の木星環の如き組織は此の際不可能であるからである、即ち木星環に於ては單位相互に相引いて居るのであるん此の電子の場合は互に反撥して居るからである。(北岡馨・菅沼忠六譯 化學と電子より)

電氣化學工業用廻轉變流機と誘導電動機

森 島 貞 一

Rotary Converters and Induction Motors for Electro-Chemical Industries

By Teiichi MORISHIMA

Hitachi Works, Hitachi Seisakusho

Abstract

In this paper, the author describes in detail the special features and construction of the 10 sets of 6000 kW. 600 V 10,000 A rotary converters and various types of induction motors, manufactured by the Hitachi Seisakusho and delivered to the Kawasaki Factory of Showa Hiryo K.K.

Prominent among these machines, the 6000 kW rotary converters not only are world record-making products in capacity, but also are proved to be superior in characteristics compared with any foreign made machines.

These rotary converters are now in service with satisfactory results as the direct current source of Hitachi electrolytic cells which produce the hydrogen gas of the raw material for synthetic fertilizer.

〔I〕 緒 言

昭和肥料株式會社川崎工場に於ける直流電源設備は 60,000kW にして蓋し本邦に冠たる大施設である。而して其主要機たる 6,000 kW 600V 10,000A 廻轉變流機 10臺は日本に於ける最高記録たるは勿論、世界記録にして斯界に一紀元を畫するものである。又其硫安製造工程の各所に於ては、動力用として 1,250HP 瓦斯壓縮機運轉用電動機を始めとし、各種多數の誘導電動機が用ひられて居る。

これ等は何れも日立製作所に於て製作されたものにして電氣化學工業用として特別の考案と工夫

が施されて居る。以下この 6,000kW 廻轉變流機と誘導電動機の各々に就て二三述べて見たいと思ふ

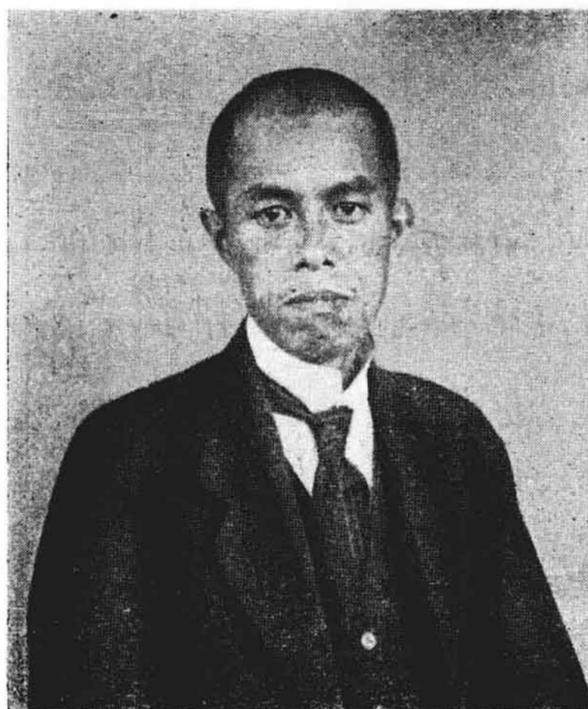
〔II〕 6,000kW 廻轉變流機

(1) 廻轉變流機の採用 交流電力を直流電力に變換する變流装置としては電動發電機、廻轉變流機及水銀整流器の三つがある。此の各々に對して夫々の特長があり利點があるが、今回昭和肥料株式會社に 6,000kW 廻轉變流機を採用になつた理由を少しく述べて見たいと思ふ。

元來此の變流装置が具備すべ

き必要な條件を擧げて見れば次の如くである。

(1) 連續運轉(晝夜兼行)に對して充分長年月



の使用に耐ゆるものたること。

- (2) 能率優良なること。
- (3) 直流電壓を可なり廣範圍に加減し得る事
- (4) 建設費の低廉なること。
- (5) 保守容易なること。

等が主要な點である。

變流装置に使用される電動發電機、廻轉變流機、及水銀整流器に就て、此等の比較をして見るに現在の技術の進歩は、第一條件の長年月の使用に耐ゆるものと云ふことに對しては、此等三者の中何れも甲乙はない。何れも立派に使用される者が製作されるのである。次に能率の點に就いて考へるに、ほとんど凡ての容量に於て廻轉變流機が優つてゐる。小容量の設備では4~5%、大容量の變流設備に於ては約1%の高能率を出し得るのである。第三の電壓加減は最近に至るまで電動發電機が最も優れたる性質のものとされ、一般に認められてゐるのである。而し現在では誘導電壓調整器の進歩と其巧みな利用方法により廻轉變流機、水銀整流器に於ても、電動發電機と變らぬほど容易に電壓加減を爲し得る様になつて來たのである。廻轉變流機では此の他に同期加減壓機又は直流側加減壓機を有するものもあり甚だ容易に電壓を調整し得るのである。

建設費の點では色々の條件の爲め一概に謂ふことは或は妥當でないかも知れない、其土地の状況、製作者との關係、其他色々の状態を考へて始めて定まるべきものであるが、今色々の條件が各機に最も有利である場合のみをとつて比較した所、廻轉變流機の設備を100%と假定して見れば、電

動發電機の設備は130%位となる。又水銀整流器設備（現在のものに就てである將來は非常に進歩すべきものなれば、或は廻轉變流機より安價に設備し得る様になるかも知れぬ）140%の如き比をなすのである。それ故に現在では廻轉變流機を設備するのが三割、四割の有利さを示すこととなるのである。

保守に關しては水銀整流器の歴史が新しい爲に、正確な比較は出來難いが廻轉變流機が電動發電機より保守容易なるとはすでに一般に認められてゐる。水銀整流器と廻轉變流機とでは今の所甲乙は比較し難いのである。然し古い歴史を有する廻轉變流機は保守する人々に熟知されてゐると云ふ利點を持つてゐる。

以上の比較にて明らかなる如く此の場合には廻轉變流機が尤も優秀である。今回の6,000kWによつて、具體的に例示して見るに次の如くなる。

6,000 kW廻轉變流機の仕様は次の如くである。

6,000kW		1,000A
600~525V	可變	50 Cycle.

である。此の電流容量は現在の水銀整流器にとつては少しく扱ひにくい大きさである。三十六陽極數を有する水銀整流器として製作し得るも能率の點及價格の點に於て一步も二歩も廻轉變流機に劣るのである。次に電動發電機と比較して見るに、此の容量では同期電動發電機となる、そして此の電動發電機に於ては電壓調整と云ふ點では廻轉變流機に優る。然し他の點に於ては凡て廻轉變流機が優る、例へば能率に就て考察する、直流發電機廻轉子内の電壓降下に依る損失が、比較的大なる

こと及電氣鐵板の重量大にて鐵損失大となることに依り、廻轉變流機の能率は2%近く良好となる。次に廻轉變流機用變壓器の能率と同期電動機の能率とを比較するに、變壓器側に電壓調整用の誘導電壓調整器を考へ入れて見るも、遙かに同期電動機に優る。床面積及重量は廻轉變流機が小なることは衆知の事實である従つて價格も廻轉變流機設備が安くなる。

以上の様に凡ての點に於て廻轉變流機が優つて居る爲に、此の6,000 kWに於ては廻轉變流機が選擇されたのである。

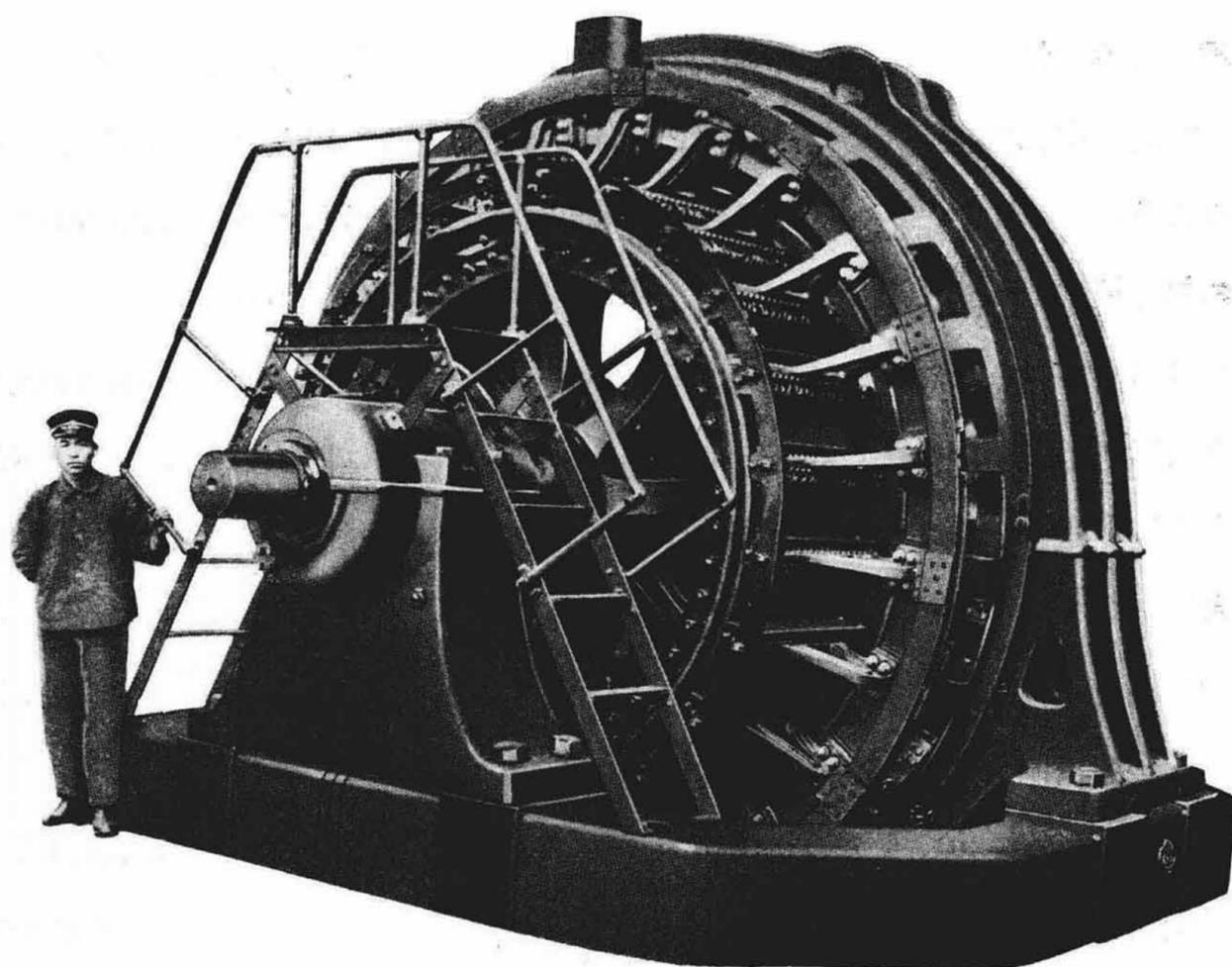
(2) 廻轉變流機の容量 電氣分解に於ては電氣分解槽の容量、即一個當りの電流及電壓が定まり、其使用個數が決定されれば全直流電力は定まるのであるが、一單位の直流電源即ち此度の場合には一基の廻轉變流機の容量を如何に決定するかは重要な問題である。

此れは電氣分解槽と直流電源機との關係に依つて定まるものであつて、其一方より定むべきものではない。今電流容量大なる電氣分解槽を數少なく直列にするとすれば、直流電源は電壓の低い電流の大きな者となり、直流機側の使用銅材が比較的多量となつて機械は高價となり、能率は低

下する。此れと反對に電流容量の小さな電氣分解槽を數多く直列に接續する場合は電壓の高い電流の小さな直流電源となり、機械それ自身としては安價に、能率は良くなるのであるが各電氣分解槽の大地との絶縁が問題となり危険率が増加するのである。それ故に此等價格、能率、電氣分解槽の絶縁材料及危険率等を、適當に案配して始めて使用直流電源機の容量は定まるのである。一方直流電源機が製作し得る範圍内で充分信頼度のあるものである必要がある。又製作所より直流變電所までの輸送及運轉時の取扱ひの便利と云ふ點も考へなければならぬ。

6,000 kWなる容量は以上の各諸點より決定された容量である、輸送の最大限度の大きさを有し一單位としての取扱ひの便利の點を考慮し、電氣分解槽との關係を適當に工夫して定まつた容量であ

第一圖 6,000 kW 10,000A 600~525V 廻轉變流機



One of the ten Rotary Converters, rated at 6,000 kW 10,000A 600-525V

る。電流常時 10,000A 過負荷一時間 12,000A 電圧 600~525V の範圍に調整可能と云ふものである。而して此の容量は本邦最大であり世界的に一二を争ひ得る大容量の廻轉變流機である。

(3) 電氣化學用廻轉變流機の特性 電氣化學用廻轉變流機と電氣鐵道用廻轉變流機との相違を一口に云へば電氣化學用では電流は一定、電圧は一般に可變である。一方電氣鐵道用では電圧は一定であるが電流は激變する、此れが特性の別れる根本である。電氣機械の連続定格の中でも日中の間は連續に運轉するとか、深夜數時間の他は運轉すると云ふが如き連続定格のものと一度運轉し始めたならば一週間或は一ヶ月と眞の連續的のものとある電氣化學用の連続定格はこの後者に屬するものである。

以上の電流一定、電圧可變、眞性の連続定格と云ふ三大特性から電氣化學用としての電氣機械の設計製作方針が定まるのである。

電流一定此れは第三の眞の連續と云ふことと同時に考ふべき問題であつて、長い連續運轉に於て各部の溫度上昇が安全な範圍にある様にされなければならぬ。一日運轉にて掃除をされる機械と一週間なり二週間なりの、運轉の後掃除をされるのとではたとへそれが同じ冷却面積を持つてゐる場合でも、溫度上昇に於ては大變な相違を來たすものである。溫度上昇に關しては發電子捲線に鐵心に、整流子刷子界磁線輪等凡てに對して深甚の注意が拂われなければならぬのである。

次に電圧可變に對しては廻轉變流機の特性ととして、交直流兩電圧は常に一定の比を有してゐる爲

めに、普通の直流發電機の如く勵磁電流の加減のみで簡単に調整することは出来ない。其電圧變化の度合が少なければ勵磁電流の加減と廻轉變流機用變壓器のリアクタンスの作用とに依つて出来るのであるが、電氣化學用の如く10%以上の變化を要するものでは特別の工夫を要するのである。

此の可變電圧の方法に關しては別項論文に記載されてゐるから此處には略し、廻轉變流機自身に如何なる特性を持たすべきかを述べる。大電流である電氣化學用廻轉變流機にとつて最も重要なことは整流作用である。此の整流作用に關しては電氣鐵道用のものゝ整流作用と其のおもむきを異にして居る。

一方變化多き電流に對して常に良整流を得ることと、可なり廣い範圍に電圧が變り電流は一定である負荷に對して常に良整流であることとに就ては、委しく其整流作用の根本から工夫し考究し設計する必要がある。

以上の主要點及他の色々な點を各特性に合ふ様にし始めて電氣化學用としての廻轉變流機となるのである。

(4) 6,000kW廻轉變流機の設計及製作 本機の仕様は前述の如く 6,000kW 10,000A 連續 12,000A 一時間、600-525V 可變、50Cycle である。前節の各項に従ひ設計製作されたことは申すまでもないことであるが、特に能率の良きこと運轉費の小なること整流作用良好なること及連續使用にて溫度上昇低きことの四項目に主きをおいてある。

一方我が國の汽車輸送上重量及大きさに就ての制限がある。従つて本機の分割し得る最大部分が安

全に汽車輸送される大きさにあらねばならぬ。それと同時に他の重要項目をも満足し得るものでなければならぬ、此の點が設計にとって苦しい點であると同時に又面白い所である。

本機の設計に直面して第一に研究すべきは極數を如何に定めるべきかである。周波數 50 Cycle 電流 10,000A 電壓600V,併して汽車輸送の爲めに分割し得ざるは廻轉子廻轉變流機に於て極數を定むれば廻轉數が定まり、一刷子腕に流れる電流が決まる。此れが普通の直流發電機と異なる點である。極數を少なくすれば回轉數は多く廻轉子の直徑は小さくすることが出来るが、一刷子腕に流れる電流は大となり整流子の構造及整流作用が困難となる。此れと反對に極數を多くすれば整流子關係は都合よくなるも回轉子の直徑は大となり輸送の方面から制限される。

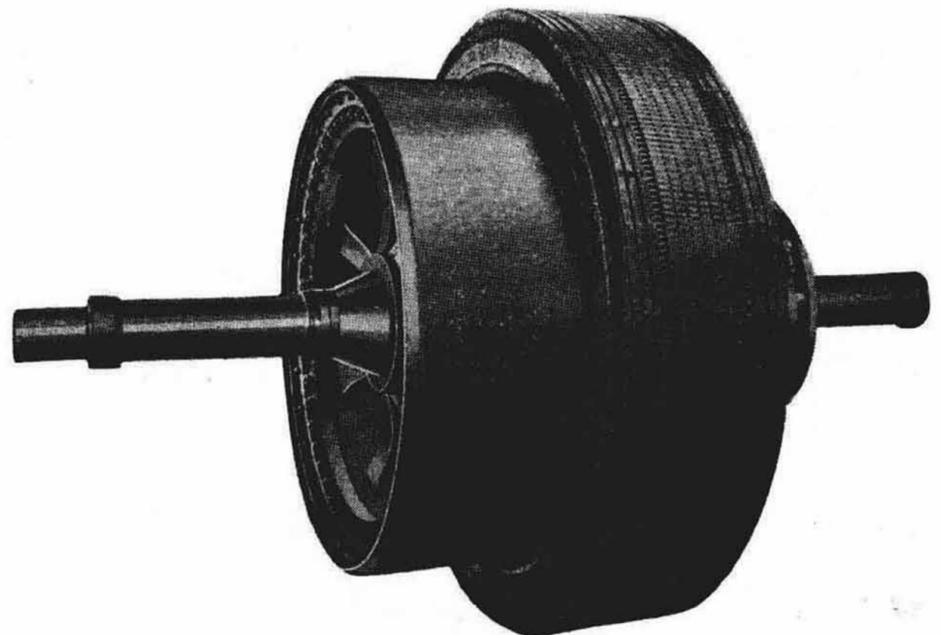
以上の諸點を凡て無理の無い様に決定したのが 24 極 250r.p.m. である。

良好なる整流作用を得るためには日立獨得のイクナライズトライザーと稱するライザーの働作とイクナライザーの働作とを兼用したるものを用ひ、整流子面に於て一部の刷子が接觸不良となるも、其累を廻轉子内部にまで及ぼすことなく完全整流を爲さしめる方式を採用し、又六相廻轉變流機に生ずる第六高調波を捻り溝と特種捲線の方式とに依つて消去して完全な直流波形とし、刷子角度を適當ならしめて全くの無火花整流作用となさしめたのである。溫度上昇に關しては損失の分配及分布を委

しく研究し、各部の通風路の工夫、風車作用等を考究し經濟的で而も低溫度上昇に保たしめたのである。設計に關しては尙此の他に磁氣回路の撰定或は補極磁氣回路等種々重要な點もあるが、凡て甘く設計せられてゐる。

製作上最も重要な點は整流子である而して此の 10,000A の電流を整流する整流子は其直徑及長さの於て、前例を見ないほど大きい。膨張係數の違つた銅と雲母と鋼鐵とから積み重ね締め付けられて出來上つたものは、單に積み重ねて締め付けたのみでは眞の整流子としての作用は出來ない。運轉時熱状態に於て整流子面は全き平滑であつて、此れに接着する刷子が微動だにもしないと云ふ状態になつて、始めて整流子と稱し得るのである。此の状態になる整流子を得る爲めには積み重ね締めつけたものに完全な熱處理とダイナミックトリートメントとを併用して、眞の意味のシーゾニングを爲して始めて完全なるものとなるのである。整流子に次いで交流側滑導環と其刷子機構電機子鐵心及線輪、其他凡ての點に深甚の考慮が拂はれ

第二圖 6,000 kW 廻轉變流機廻轉子

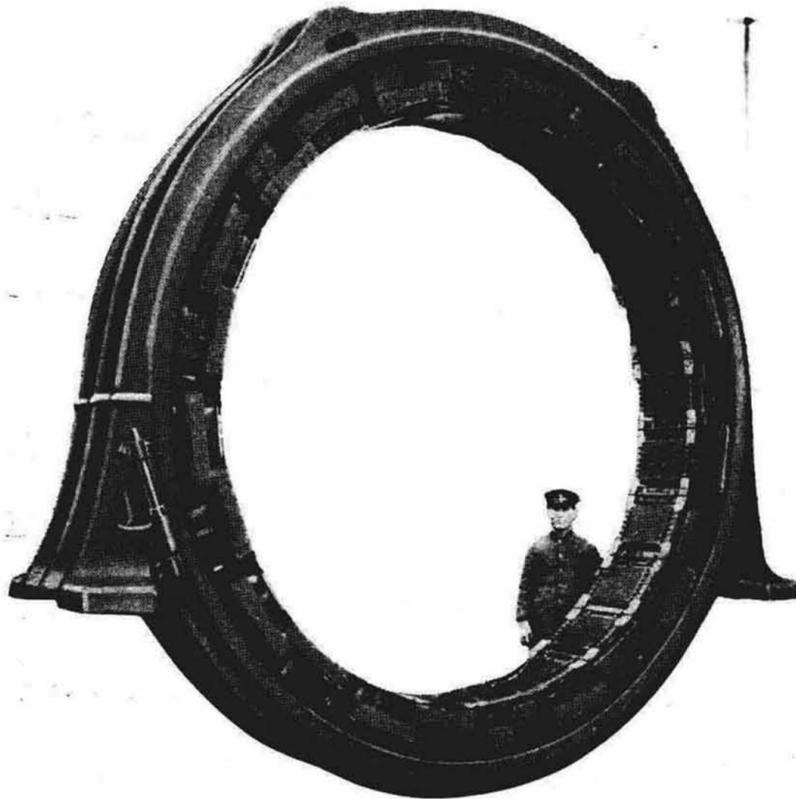


Rotor of 6,000 kW Rotary Converter

て居る。詳細に涉ては本誌第十三卷第十二號を参照され度い。

(5) 本機の実績 世界で一二を争ひ日本に於ける

第三圖 6,000 kW 廻轉變流機固定子



Stator of 6,000 kW Rotary Converter

最大容量の廻轉變流機たる本機の試験は、特に入念になされてある。温度上昇、整流作用、過速度試験、絶縁試験、長時間運転試験、特種試験と工場にて出来る範囲の凡ての試験が約二ヶ月の時日と數千金の費用とによつてなされたのである。

此等の試験にて特に注意した事は温度上昇試験の時、永年使用後各部に堆積する塵埃等を考慮に入れ實際に据へ付けられる場合よりも冷却方法を悪く、冷却風量を少なく悪るい條件の下に行ひ、温度上昇が此の場合でも尙低く各部の變形等の絶對に起らないことを確めたのである。かかる試験に依つて、保證づけられた爲め現在の實際運転に入つては試験時代より更に優良な好成績に眞の連続運転をなしてゐるのである。

整流作用は無負荷より全負荷の間は勿論、12,0

00Aと云ふ20%過負荷の状態でも少しも火花を見ることなく完全に無火花整流であつた。尙現在實用運転十ヶ月になるも整流作用すこぶる良好にて整流子面の状態は益々良好になりつゝある。

10,000A及12,000Aの逆用廻轉變流機として使用した場合も、全くの無火花整流で豫想以上の好成绩であつた。此の逆用廻轉變流機として無火花整流作用と云ふことは、電氣分解槽の残電壓の高い場合に、廻轉變流機を急に接続しても頗る安定に運転し得ることを示すので、あつて之れ又必要かくべからざる條件である。

前にも述べた如く能率で1%2%の差は長年月の連続運転では、莫大な損失か利益かの別れ目となる。本機の能率は大容量大電流にかゝりならず97%と云ふ高能率を示し現在の所、電動發電機は勿論、水銀整流器も決して達し得ざる高能率機となつてゐるのである。

〔III〕誘導電動機

水より水素瓦斯をとり空中より窒素瓦斯をとらえ、雪の様に白い硫酸アンモニヤを作る諸工程に於ては、多量の電動力を必要とするが其總てに誘導電動機が利用せられてゐる。主なるものをかかけると

SBD型DRX_c式 1250HP 50~3000V 44極
136r.p.m.(進相機付き)

SBD型DRX_c式 550HP 50~3000V 48極
125r.p.m.(進相機付き)

H型CY₃₀式 600HP 50~3000V 6極 1000 r.p.m.

EFUO型K式 125HP 50~3000V 2極 3000 r.p.m.

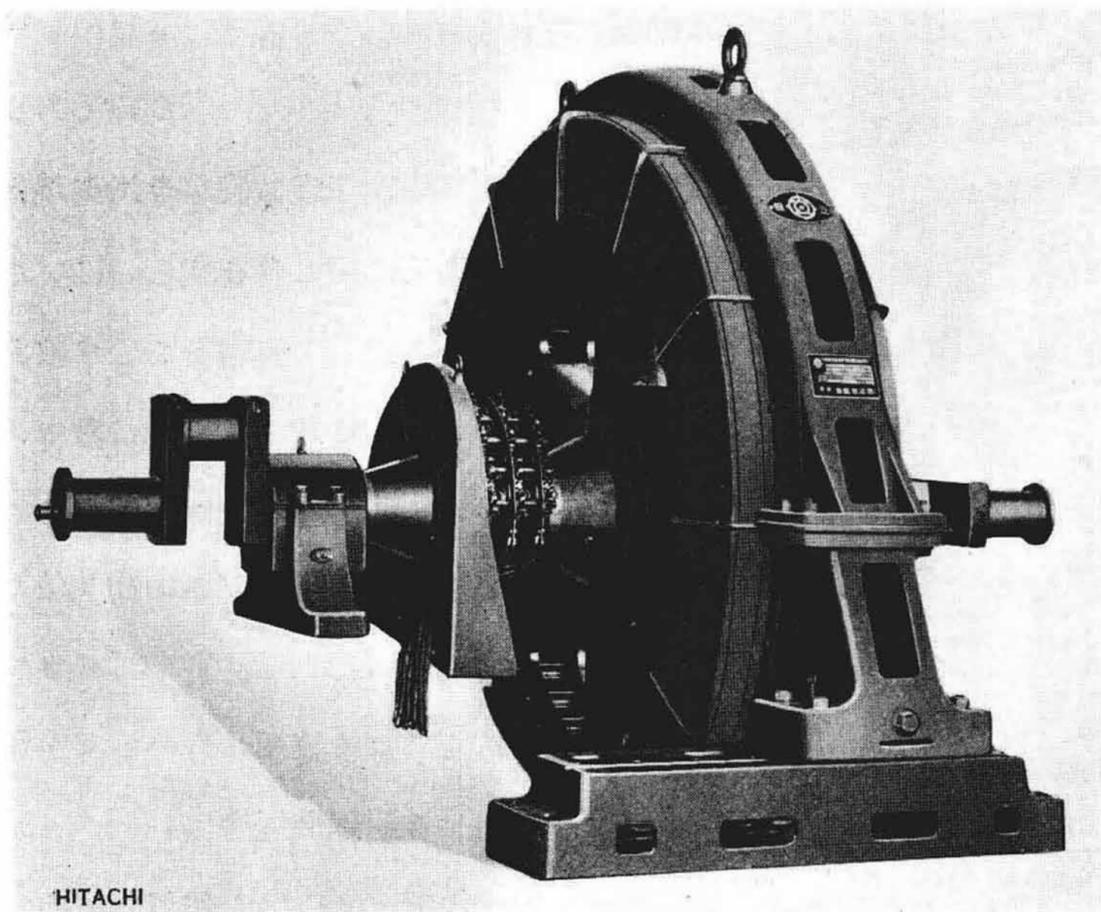
EFU型 K式 100HP 50~3000V 2極 3000 r.p.m.

H型 CY式 85HP 50~3000V 8極 750 r.p.m.

TFO型K式 75HP 50~3,000V.8極 750 r.p.m. 等であつて。各々數臺づゝ納めた。据付られて居る今各電動機の主なる特長を掲げて見ると次の如くである。

(1) SBD型DRXc式 1,250HP 136 r.p.m. 主電動機である所の1,250HPは窒素及水素の混合瓦斯を300氣壓に壓縮する瓦斯壓縮機用であつて、電動機自身の兩端がクランクシャフトになり、壓縮機の各ステータが適當に分配せられてゐる。(第四圖参照) 大體此の種大馬力低速度壓縮機用電動機としては、進相機付誘導電動機が尤も卓越してゐる。

第四圖 1,250 HP 136 r.p.m.瓦斯壓縮機運轉用誘導電動機



1,250 HP 136 r.p.m. Induction Motor for driving Gas Compressor

起動電流小なるにもかゝらず、起動廻轉力は頗る強大である。同期化等の心配は全然いらぬ壓縮機所要の廻轉力は、一廻轉毎に同期的に變化するが亂調の心配は全然ない。普通の低速度誘導電動機の最大缺點とする力率の悪化は、直捲式進相

機に依り完全に救はれる。本電動機の如きも、 $3/4$ 負荷より $1/3$ 負荷までの間は力率は98% (進み)乃至98% (遅れ)の範圍内に介在し頗る優秀な成績を示してゐる。力率の低い普通電動機にかはるものとして、力率の優秀な同期電動機も一應は考慮にのほるものであるが、起動特性が甚だ悪い。大電流を要するにもかかはらず起動廻轉力が頗る小である。壓縮機の構造と取扱瓦斯の性質に依つては無負荷起動が全然不可能であるから此の缺點は頗る重大なものである。起動特性を幾分良好にする爲め、ダンパーの抵抗を増加すれば、誘導電動機

としての全負荷速度に於ける滑りが増加する、此の滑りの増加は畜勢輪効果の大なることと共に、同期電動機の難關である同期化の最大障害となるのであるが、壓縮機の性質上負荷を平均せしむるため大なる畜勢輪効果も亦是非とも必要である。本電動機の如きも $90\text{ton}\cdot\text{m}^2$ の畜勢輪効果を必要とする爲め特殊構造による大なる畜勢輪をそなへてゐる。かく二つの大きな障害が存在してゐるので同期電動機としては設計製作に甚だ困難を

感ずるが進相機付誘導電動機としては何等懸念を要しないのである。

本電動機の主なる特長を簡単に述べて見ると

(1) 固定子は移動し得る型故點檢修理等に頗る便利である。

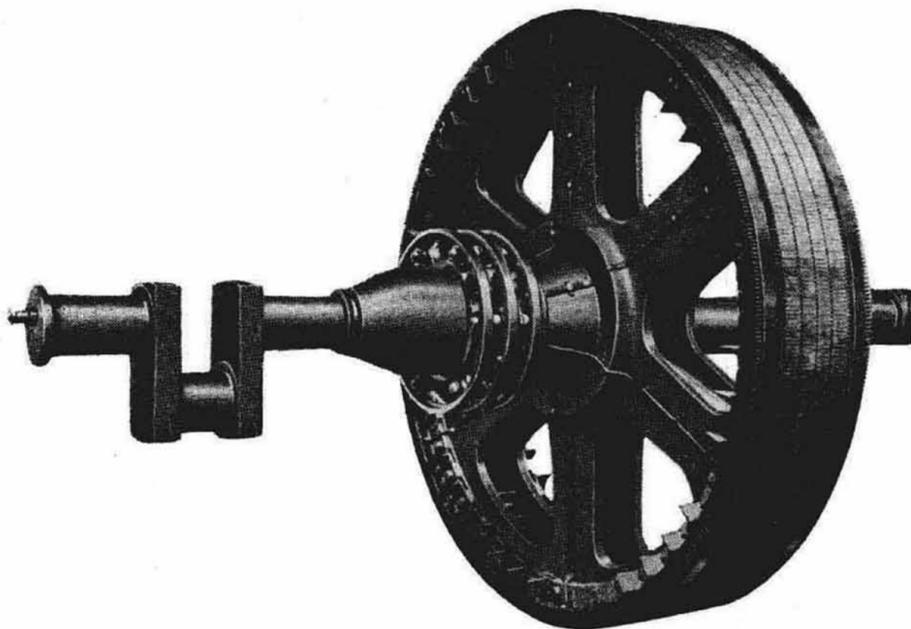
(2) 固定子溝は勿論開溝故絶縁の完全なる龜甲型線輪が使用されてゐる。

(3) 廻轉子は扇形鐵板を堅牢なる鑄鐵製スパイダーの周圍に積み形成せられたものであるが扇形鐵板の形を適當に撰ぶこと、スパイダーと鐵板の適合を適當に撰ぶことにより、頗る堅牢なる廻轉子を形成してゐるので、大なる廻轉力及其の變化、溫度の變化に對しても頗る安全である。

(4) 空隙が大きい之は力率の點に於て懸念を要しない進相機付き誘導電動機に於て始めてなし得る事である。

(5) 畜勢輪は我國鐵道に於て輸送し得る最大極限の直徑を有する、スポークは圖に見るが如き

第五圖 1,250HP 136r.p.m. 誘導電動機廻轉子



Rotor of 1,250HP 136 r.p.m. Induction Motor

鐵板製であつて、之に鑄鐵製のリムが焼ばめせられてゐる所の嶄新なる構造になるものであつて、鑄鐵製畜勢輪の如く鑄造の際にイニシャルストレス (initial stress) を受ける心配もなく、材料の割合に大なる畜勢輪効果が得られるのが一大特長である。

(6) 滑動環部分進相機付である關係上刷子短

絡及引揚装置は無い。本壓縮機の如く水素及窒素の混合瓦斯を300氣壓にも壓縮する場合には如何

第六圖 1,250HP 136r.p.m. 誘導電動機畜勢輪



Fly-Wheel of 1,250HP 136 r.p.m. Induction Motor

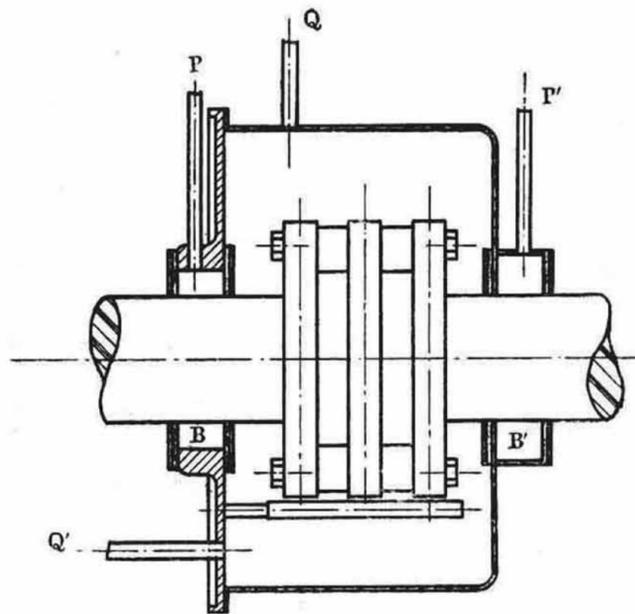
に注意するも水素の漏洩を絶無にすることは不可能である。知らない間に、漏洩して居ることもあると云ふことは想像し得るのである

かゝる場合に何等の保護装置なき滑動環部分に微少なる火花にても存在する時は、水素瓦斯の爆發を誘起し大災害をおこす故充分の注意を要する。空氣中に僅かに數%の水素が存在する時にも爆發をおこし得るので、其最大壓力はメタンガスの約2倍その傳播速度は約10倍である。従つてメタン瓦斯の爆發防止によく使用せられる安全燈の原理を利用せる耐爆装置等は、メタン瓦斯には有効であるが水素ガスには全然無効である廣い世の中には、かゝる種類の水素ガス耐爆装置を施した電動機も存在する様であるが、其危きことは爆彈を抱いて火炎上に亂舞するが如きものではなからうか。

本電動機には日立の特許である所の完全なる水素ガス耐爆装置が施されてあるから爆發の心配は

全然ない。其要領は第七圖に示すが如く滑動環おほひを軸が貫く部分に二重のおほひを設け室B及B'を形成し、之に管P及P'により、壓搾空氣を導くのである。簡単に云へば外界の水素瓦斯の浸入を防ぐため壓搾空氣によるガスパッキングを施した形である。なほ滑動環室は管Q及Q'により外界

第七圖 1,250HP 誘導電動機滑動環耐爆装置 構造圖



Construction of Slip Ring Explosion Proof Device of 1,250HP Induction Motor

の清淨なる空氣と連絡せられてゐる。之は万一壓搾空氣不具合のためガスパッキングが無効になつて、水素ガスが滑動環室に浸入することがあつても、水素の擴散速度が異狀に速くなるため管Q及Q'を通じて戶外に擴散し、滑動環室内には爆發し得る程多量の水素を殘存させないためである。かくの如き構造のもの故非常に大きな安全度をもつてゐることは申すまでもない。

同一室内にある、550HP及85HPにも同様の耐爆装置が施してある。

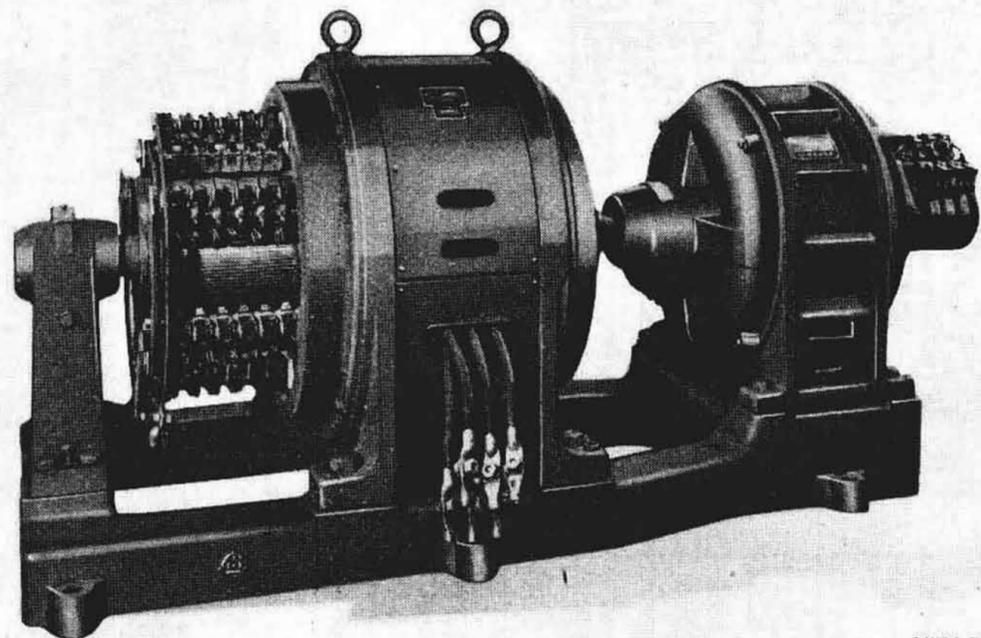
(2) SBD型DRXc式 550HP125r.p.m. 本電動機の構造は1,250HPとはほ同一であつて空氣壓縮機用に使用せられてゐるものである。

(3) 1,250 HP及550 HP用進相機 1,250HP 550 HPには夫々 27kVA及18 kVAの進相機が附屬して居るが、此の形式として特に直捲勵磁式を撰んだのは次の如き理由による。

- (a) 取扱ひ容易にして整流作用完全なること
- (b) 負荷の變動に伴ふ主電動機の力率の變化が僅少なること
- (c) 主電動機を同一力率に改善する場合セルビセス式によりも容量小となる

直捲勵磁式進相機は其構造上固定子に補償捲線及直捲勵磁捲線を有することが、セルビセス式進相機と異なる、此の補償捲線のある爲に整流作用が一段と良好になり又勵磁捲線がある爲めに容量が小となり、力率の變動が僅かとなるのであるが

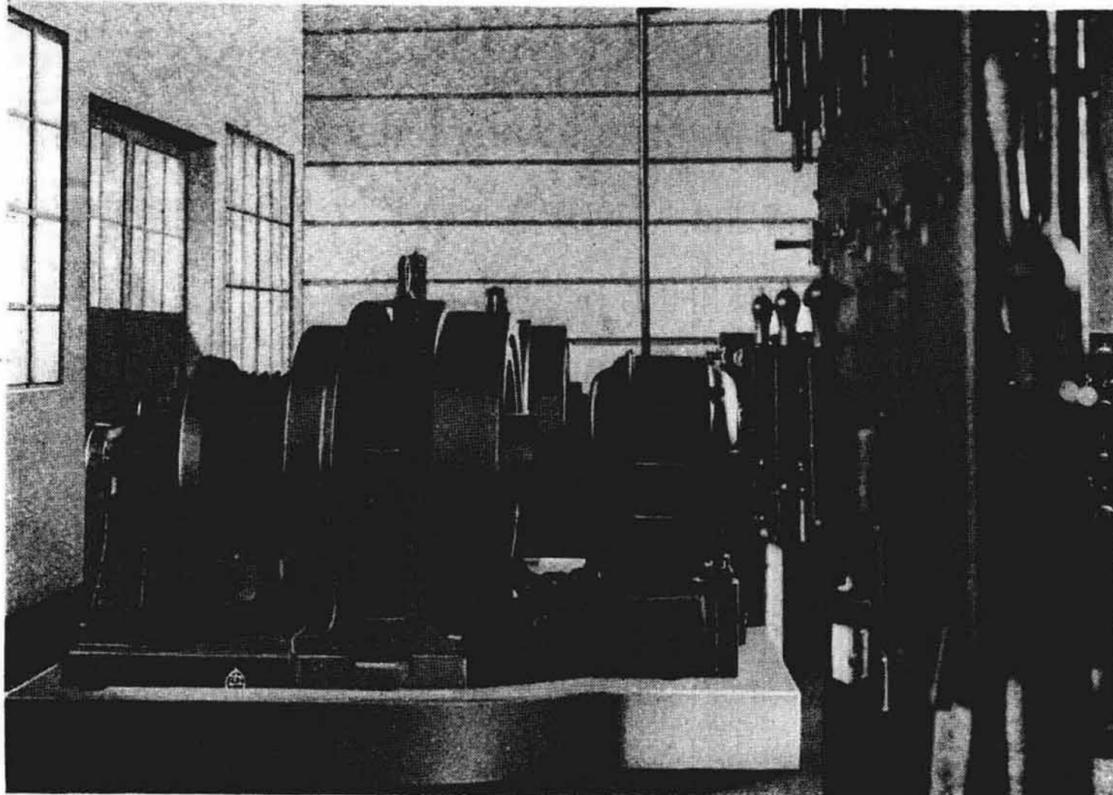
第八圖 18kVA進相機 (550 HP 誘導電動機力率調整用)



HITACHI

18 kVA Phase Advancer for 550 HP Induction Motor

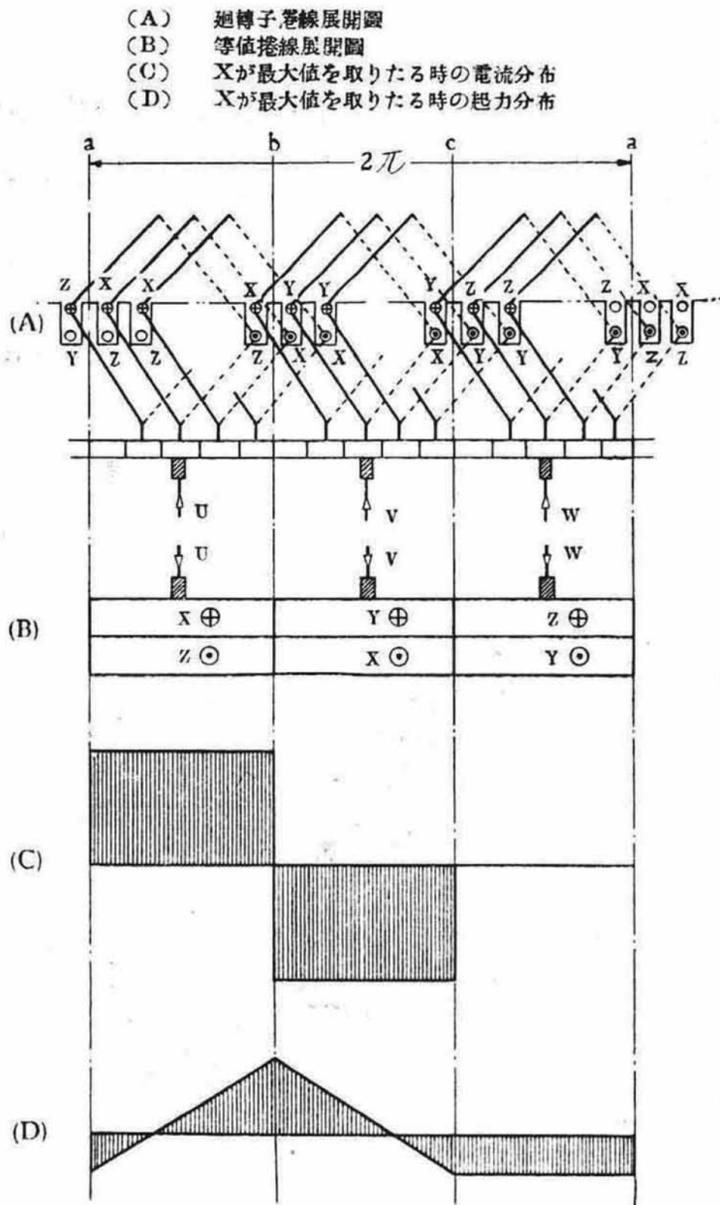
第九圖 1,250HP誘導電動機用 27kVA 進相機



27kVA Phase Advancer for 1250 HP Induction Motor

此等捲線の形式に就ては、特に注意する必要がある。即ち廻轉子捲線が整流帯の數を半減する目的で相全節捲線（磁氣的に三分の二捲線）となつてゐる爲め廻轉子反作用には甚だしい高調波を含む。(第十圖参照) 計算の一例に依れば第二高調波は基本波の58%にも達する、従つて普通一般の捲線法を以つてしては基本波のみしか打ち消せない不完全

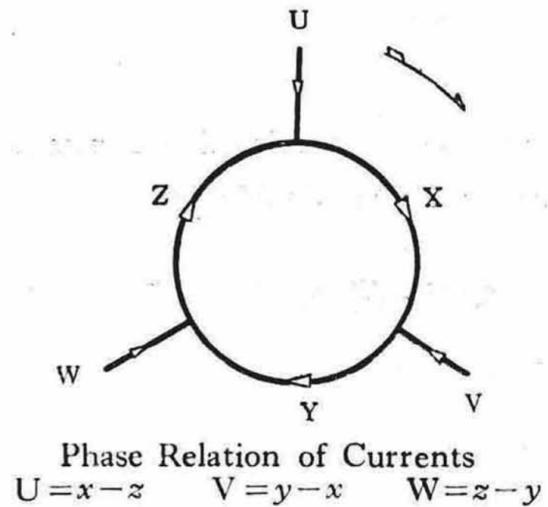
第十圖 三相整流子機の廻轉子捲線展開圖及廻轉子反作用



Development of Armature Winding and Armature Reaction of Three Phase Commutator Machine

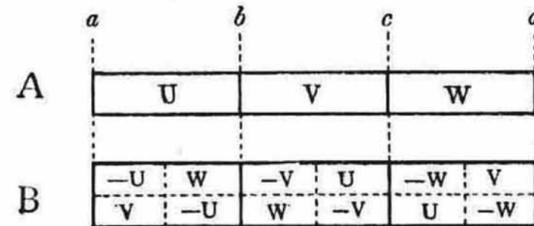
な補償捲線しか得られない。此の爲めに一般には

第十一圖 各電流の位相關係圖



第十二圖 普通の補償捲線の配置

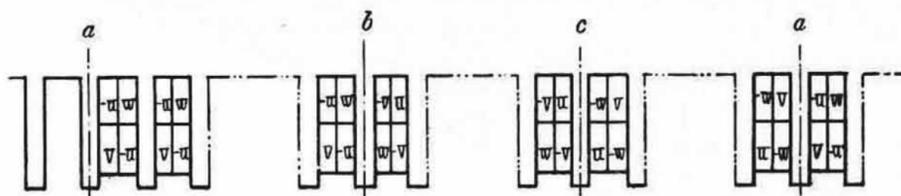
(A) 第二圖に示されたる關係を入れて考へた等價廻轉子反作用
 (B) $U + V + W = 0$ なる關係を利用して各區分毎に廻轉子反作用を完全に打ち消す様にした補償捲線



Arrangement of Ordinary Compensating Winding
 第十一圖に示さる各電流の關係及三相電流の總和は常に零となる性質を利用して第十二圖の如き形式が採用されてゐる。併し乍ら此の方式では、成程各區分ab間又はbc間全體として考へるときは高

調波も完全に打ち消されて居るのではあるが、各點各點に就て考へる時は未だ完全なものとは云ひ難い。部分的にはどうしても磁束が残り鐵心が發熱したり音響を發したり、整流作用に悪影響を及ぼしたりする。今回の進相機にては特に此の點に注意して第十三圖の如く第十二圖の各區分を極端に小さくした形即ち各スロットが丁度第十二圖の各區分に相當する様な形式にした。斯の如くした爲極全體として廻轉子反作用を完全に打ち消しては居ること勿論、各點各點に就て考へても完全に補償されて居る故、前記の如き缺點を生ずることなく完全なる整流作用が得られた。猶本機の廻轉子は三段コイル式に捲かれイコーライズトライザーを有し、固定子鐵心の整流帯に相當する部分は大きくえぐられて、夫れに銅板が挿入されてゐる爲に整流作用は一層完全なものとなつてゐる。27kVA 18kVA 用共に此等の装置に依り整流作用には十分自信が持てたので補極は設けなかつた。

第十三圖 完全なる補償捲線
1,250 HP及550 HP用進相機に施されたるもの

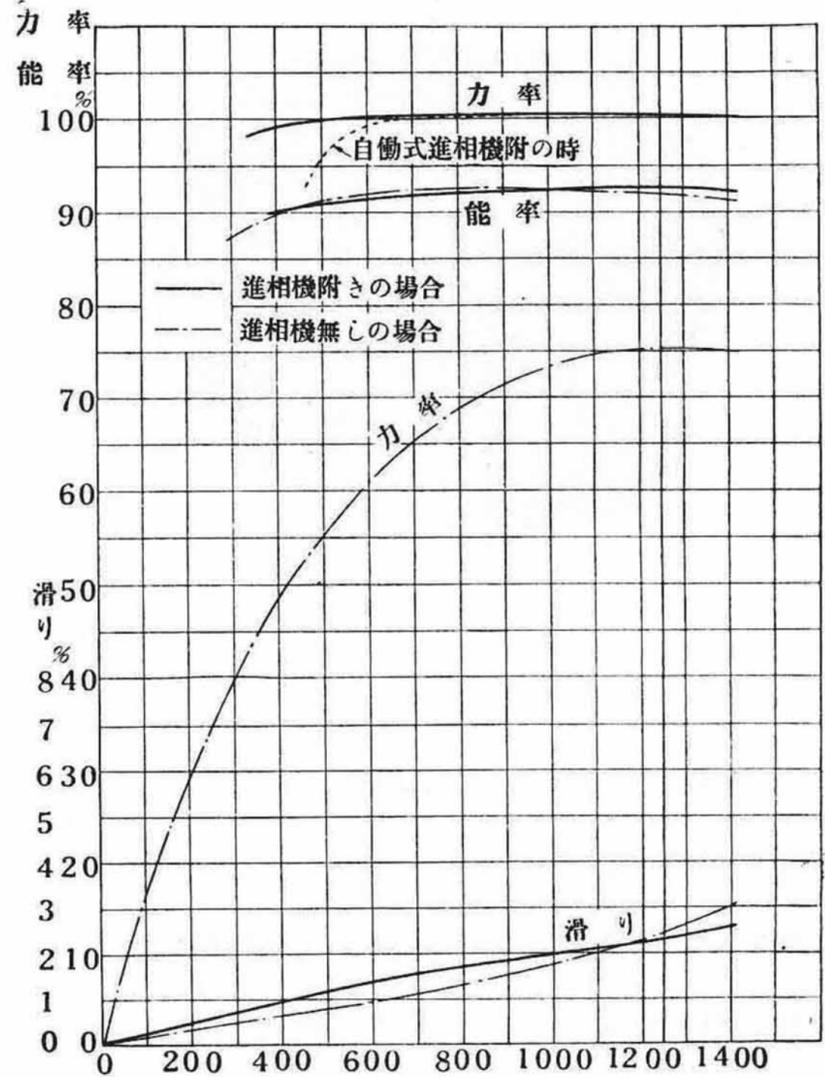


Arrangement of Improved Compensating Winding

整流作用の良否は進相機及進相機付誘導電動機の生死を握るものであつて、進相機は誘導電動機の折角の優秀なる特性も進相機の整流作用にして不良ならば一時に歿却さるゝものである。一般に進相機は交流整流子機であると云ふので頭から整流作用困難なるべしときめられてしまふのであるが、事實はさうでなく周波數の低いために變壓器

電壓も低く且つ前記の如く完全に廻轉子反作用が打ち消されてゐる爲めに整流作用は直流機に劣らず頗る完全である。

第十四圖 1,250HP 誘導電動機特性曲線圖

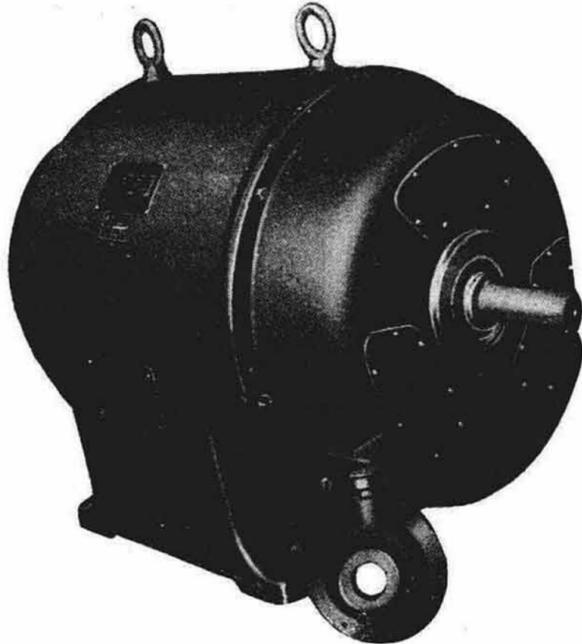


Characteristic Curves of 1,250 HP Induction Motor

第十四圖は 1,250HP誘導電動機特性曲線圖であつて、同圖からわかる様に力率は甚だ廣範に亘りて殆ど一定値である。若しも自勵磁式を採用したりとせば此の如き廣範圍に士 98.2% 以上の力率を得る事難く點線で示す如く二分の一負荷に於て既に98%以下となる。次に進相機を附したときの能率が低負荷に於て進相機無しの場合に比して劣るは低負荷の力率を特に良好とせる爲めである。滑りは進相機をつけてもつけなくても大差ない、一般には進相機を附すると滑りが増加するものであるが、今回の進相機の誘發電壓には勢力分力がある爲めさほど増大しな

い。軽負荷に於いて負荷の割合に二次電流が大なる爲め多少増加する傾向を有する。

第十五圖 125HP 3,000 r.p.m.
密閉強通風型誘導電動機 ローラーベヤリング附



125HP 3,000r.p.m. Enclosed Forced Ventilated
Type Induction Motor with Roller Bearings

(4) EFUO型K式 125HP 3,000r.p.m. 瓦斯送風機

運轉用にして、ローラーベヤリング付きである。

ベヤリングの磨擦損失の僅少なるとは勿論のこと、

温度上昇も極めて低い。又高速度電

動機に於て特に困難を感じるベヤリ

ングの油洩れ等の問題は全然存在し

ないのであるから、甚だ好都合であ

る。將來は此の種の高速度電動機に

も旺んにローラベヤリングが使用せ

られることと信ずる。

(5) TFO型 KK式 75HP 750r.p.m.

本電動機は日立特許の全密閉型冷却方式を採用した全電壓起動籠型誘導電動機である。短日月に多数の電動機を完成する必要に迫られたので總ての部分に鑄物を使用して居る。大體の構造は第十六圖の如き形である。電動機の容量が相當大であり損失も亦相當ある關係上、冷却方式には充分の

注意が拂はれてゐる。全密閉型電動機の冷却方式としては、本型の如き日立特許の方式が尤も有効であり且つ經濟的である事は、世界各國の製造家が本方式を最近採用し、旺んに實用に供しつゝある事によつても知られる。諸外國の特許をとつておかなかつた事を残念に思ふ次第である。本電動機の容量は全密閉型として格別大きい方ではないが臺數が、纏つてゐる點に於ては注目に値する。

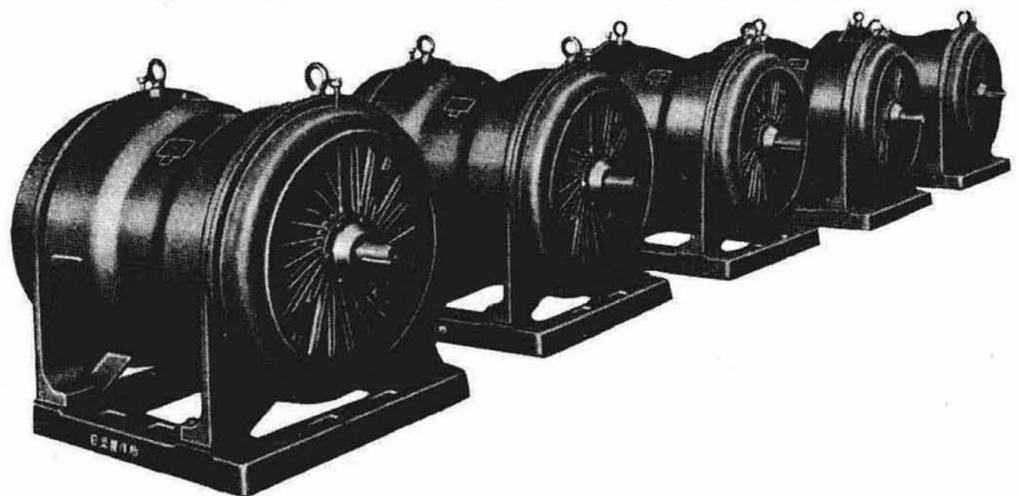
大容量の電動機に於ては本特許を母體とした幾多の特許實用新案に依り更に優秀なる冷却方式を有する故、殆ど總ての電動機を經濟的に全密閉型となし得るのは日立製作所の誇りとする所である

尙廻轉子は日立獨得の共通短絡環付き二重籠

型であつて電氣的特性も機械的特性も頗る優秀である。

シロツコフアンの如く慣勢能率の大なるものゝ

第十六圖 75HP 750r.p.m. 全密閉型誘導電動機



75HP 750r.p.m. Totally Enclosed Induction Motors

起動には比較的長時間を要する。其際外方の導體に主として電流が通る爲、外方の導體の方が内方の導體よりも多少あつくなる。従つて内外導體ののびが異なるため接合部に無理を生ずる恐れがある故、外方導體を圖示の如くまけ其影響を完全に防いでゐる。(完)

廻轉變流機用變壓器

楠本宗次郎

On Transformers for Rotary Converters.

By Sojiro KUSUMOTO

Hitachi Works, Hitachi Seisakusho

Abstract

This paper deals with the source transformers, rated 6250 kVA 66,000/415V, 50 cycle, for the 6,000 kW. rotary converters which are presented under another heading in this issue. The author describes particular and distinguishing features in their construction, such as the insulation of the high-voltage winding, connection and arrangement of the heavy current coils, insulation of the core clumping bolt, multi-whirl coolers, etc. He also gives a short explanation on the 420 kVA. series transformers and the 420 kVA induction regulators which are used in the same equipment as voltage regulating apparatus.

〔I〕 緒 言

本編は昨年末昭和肥料株式會社川崎工場へ据付られたる、化學工業用 6,000 kW 10,000 A 廻轉變流機の電源變壓器に関する記述で、受電々壓 66,000V、之を直流 600 V に變電する設備に於ける變壓器構造上の特徴を説明するのが目的である。

交流 66,000V より 直流 600V 廻轉變流機に至る電壓階梯に、最初大略二様の計畫が考へられた。即ち 66,000V と廻轉變流機の交流電源 425V との間に中

間階梯を設くる案と 66,000V より直接 425V に變壓する案とであつた。前者は中間電壓として任意の電壓を選べるため、機器の設計は至極容易となり、殊に直流電槽電壓を制御するため誘導調整器

を入れる場合、現在のプラクチスでは調整器の電壓制限點が 11,000V なる爲め、全電力を一先づ 11,000V 以下に落し、これに誘導調整器を結び、更

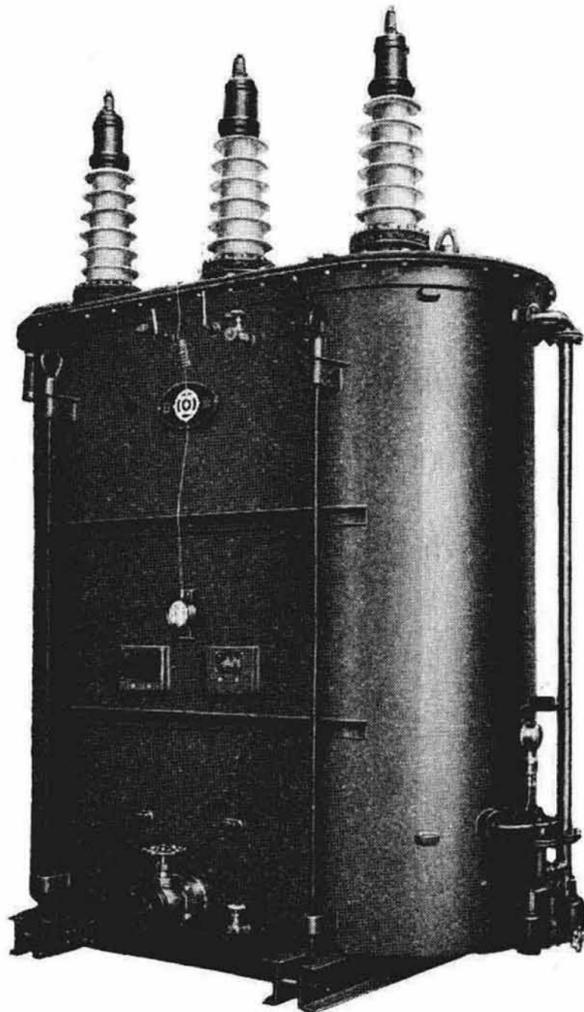
に變壓器を経て廻轉變流機に入れるのが順序かと思はれる。之迄行れた方式は多く之に依つたのである。但し此方式は器械設備の數が増加する爲め施設費が嵩むこと、應急の際至極融通性に乏しき缺點を有する。日立製作所に於て充分これに自信を以て推奨したるものは第二の方式であつて、66,000V より直接變

流機電壓に遞降するものである。此の爲に變壓器は高壓高電流のものとなり、又誘導調整器は其勵磁を變流機電壓 425V より取り、二次を 3,300V とし、別に 3,300V/28V 5,000A の直列變壓器を通し



て、變流機の交流側電壓を調整することにした。勿論是等の器械は融通性の點より、前後單一組織になつてをる。此の廻轉變流機用主變壓器は變壓器としては、容量も大して大きい方ではなく、電流も一般の電氣爐用變壓器に比すれば大きい方ではないが、設計上面白いと思はれる構造をもつてをるので、以下その概略を述べることにする。

第一圖 三相水冷式 6,250 kVA 變壓器
50~ 66,000/415 V



Three Phase Water-Cooled Transformer
6,250 kVA 50~ 66,000/415 V

〔II〕 主變壓器

主變壓器の仕様は大體下記の如くである。

容量 6,250 kVA

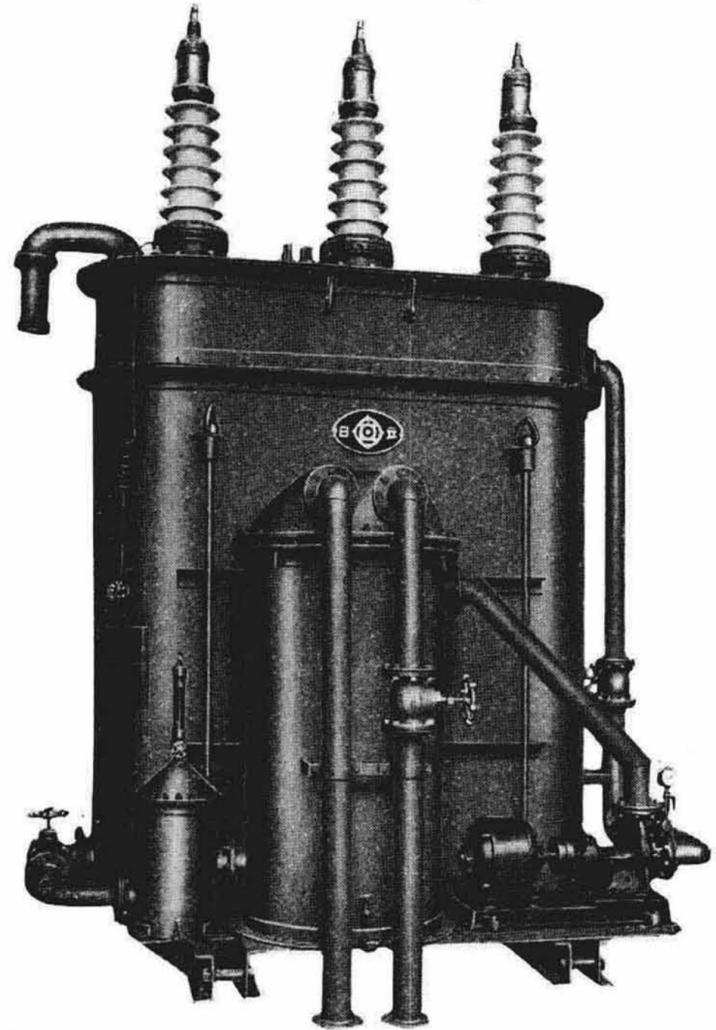
電壓一次 66,000 - 63,000 - 60,000 - 57,000V

二次 415V

周波數 50サイクル

相數及接続一次三相星型 二次六相ダイヤメトリカル

第二圖 三相油循環水冷式變壓器
6,250 kVA 50~ 66,000/415V



Three Phase Forced Oil Circulation
Water-Cooled Transformer
6,250kVA 50~ 66,000/415 V

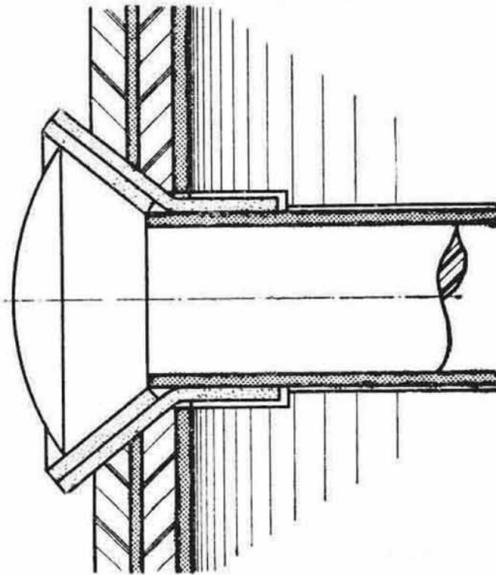
型式 2臺 WI 3 CY 8臺 WIF 3 CY

即ち冷却方式は最初水冷式に依る考へであつたが冷却水源の都合上海水を用ゆるの止むなきに至つた。10臺の内2臺は普通水冷式で、残り8臺は油循環水冷方式を採用した。一次電壓の切り換へには調比装置を附してある。

(1) 鐵心 鐵心は三相三脚内鐵型にしてラップジョイント(Lap joint)である。鐵心材料は0.35 mmの鐵板を用る耐油耐熱の絶縁塗料を焼付け、渦流損失による鐵損失の増加を防止してある。鐵板積層を締付ける貫通ボルトの絶縁には特に慎重なる用意が必要である。此部分の作業不良は、其組立運搬等に際し機械的の損傷を與へ易く、一旦絶縁損傷を蒙らんか、鐵心の磁路は部分的に短

絡されて二次回路を形成するに至る。この回路の誘起電圧は多くの場合、數ヴォルトに過ぎず且つ絶縁破損個所の不完全接觸點を通じて電流が流れるのであるから、最初の間は微弱なる電流に依つて、鐵損増加を來すのみであるが、損失の發生點が絶縁破損個所に集中されてをる爲め、長時日の間には徐々に此部分を蝕み、遂には完全接觸を起して完全短絡回路を造り燒損する事になる。本器に採用の絶縁方式は第三圖に示す如く漏斗狀の絶縁環と絶縁筒を組合せ用ゐ、ボルト自身には耐熱性の絶縁紙を燒付してありボルト頭部に鐵心孔

第三圖 鐵心貫通ボルトの絶縁法



Mode of Insulation for Core Clamping Bolt

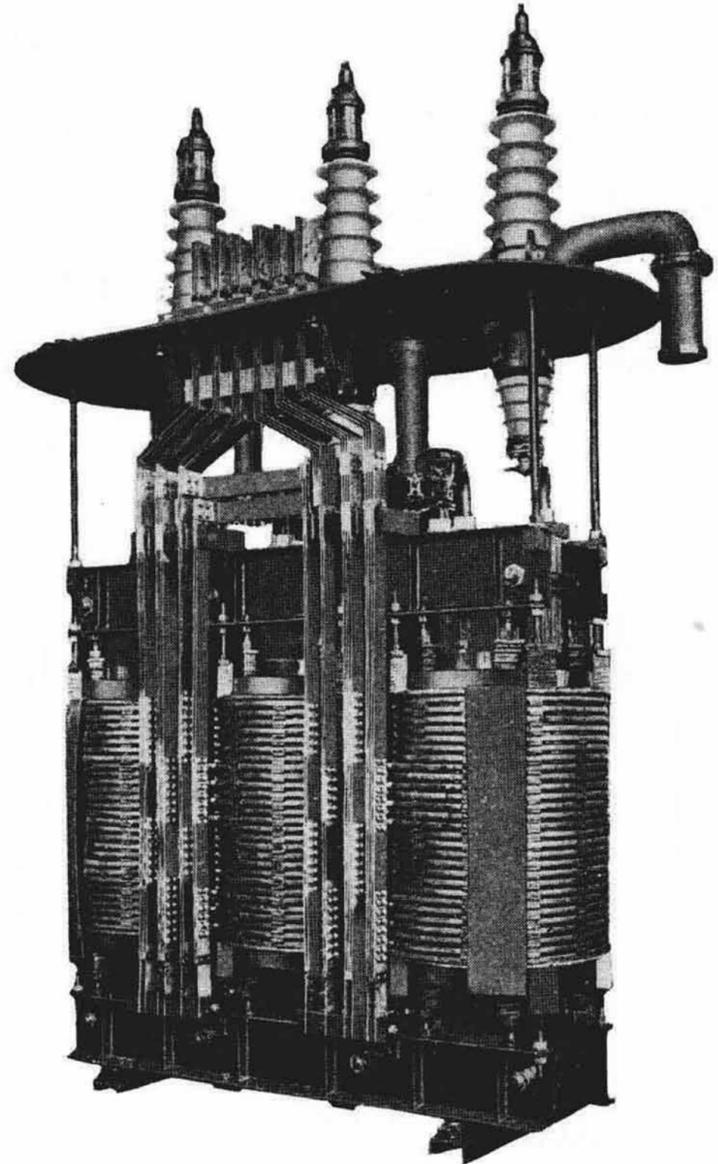
の直徑を特に大にして充分な餘裕を與へてある。

鐵心積層の中部には油導間隙が設けられて、鐵損による熱は鐵心の周面及此間隙より放散され、油の對流により運び去られる構造であるから、各部の溫度はよく均等を保つことになる。

(2) 線 輪 二次電流は5,020A に及んで居り電流大なる變壓器に於て設計上尤も困難を來すは、線輪の接續引出リードの仕末と導體内電流の不平均分布及並列回路に生ずる、不平衡電流に原因する銅損失の増加及局部過熱である。本器では第四圖

に見らるゝ通り、リード線の關係上一次高壓側を内部に、二次低壓側を外部に配置し普通の場合とは逆になつてをる。低壓捲線は14個の並列回路より成り、各回路には二個の線輪が直列連結されて

第四圖 6250 kVA 變壓器中身(低壓側)



6,250kVA Transformer Body
Viewed from Low Tension Side

をり、其連結方法には特殊の考案が施されてをる。銅損失増加の原因となる漏洩磁束は、計算上一二次線輪間を軸方向に平行に流れるものと假定するのであるが事實はしかく簡單に行かないので、捲線の兩端部及タップ電壓使用の際生ずる遊び捲線の部分では放射方向に流れる分力が存在するのである。

これらの漏洩磁束は導體の位置如何に依つて、縦横兩方向に異なる鎖貫量を與へ電流の不平均分