



三菱電機

第 18 卷

昭和 17 年 2 月

第 2 號

内 容 目 次

米國の戰時體制.....	73
タービン發電機の空氣冷却に就て.....	79
低 アンペア 回数變流器に就て.....	85
硝子纖維を用ひたるB種電動機.....	89

三菱電機株式會社

三菱電機

第十八卷

昭和十七年二月

第二號

米國の戰時體制

神戸製作所 前田 幸夫

1 緒言

昭和 15 年 5 月 4 日龍田丸に乗船し、横濱を出帆して以來、去る 11 月 14 日奇くも再び龍田丸に依つて故國の土を踏む迄、其間約 1 ケ年半のアメリカ生活は、自分の生涯に一つの大きい記録として残るものであらう。

去る 12 月 8 日畏くも英米に對する宣戰の大詔を拜し、はからずも日米を結ぶ最後の船にて歸朝したと云ふ結果と成つた。

往航の際、布哇にて リーグジュ 要塞陥落の報を聞き、同船の歐洲人の悲愴な顔付を對岸の火災視しつつも、やがては我々も其の火の子を蒙る時が来るのを豫感したのである。

滯米中に二つの大事件が起つた。一つは昨年 9 月 27 日の日獨伊三國同盟であり、他は本年 7 月 25 日の資金凍結令である。

滯米當時とても日米關係は、滿洲事變以來の確執から漸次惡化の傾向にあつたが、未だ交渉の餘地は残されて居た感があつた。

而るに三國同盟は、米國論が一致して敵國として居る獨乙に、日本がはつきりと味方するものと、米國民に印象付けた結果、米國の日本に對する政治的經濟的壓迫は眞綿で首を締める如く、次々と強化の度を進め、遂に日軍佛印進駐と共に、資金凍結令の發令をみるに至つた。かくして日本人の米國に於けるあらゆる活動は、完全に休止の止む無きに至つた。

其後近衛 メッセーヂ に依る野村會談は、一縷の望を抱かせたのであるが、之も ウヤムヤ と成り、更に栗栖大使の滯米となつた。此の報は龍田丸船上にて聞いたが、船客一同の觀測では、之亦決裂を免れぬものとして居た。

果せる哉、頑迷なる米國政府の態度は、我方の勘忍袋

を爆發せしめ、陸に海に將空に皇軍正々堂々の陣を進むるに至つた次第である。

米國は獨乙の兵力を相當に評價し、云はば恐れをなして居たが、事日本ともなれば、完全に甜めて居た感がある。4 ケ年半の支那事變に依り疲弊して居る貧乏國日本なら戰爭しても勝てる。戰爭せずとも、經濟的に壓迫し、政治的に威嚇すれば、引下るものと、高を括くつて居たのが、一撃を以て太平洋の米國勢力を再び立つ能はざらしめたのであるから、其の驚愕は想像に餘りある。

從來割合開放的で呑氣であつた米國の技術界も、國際情勢の惡化と共に警戒嚴重となり、資料の入手其他も困難を感じたが、滯米中見聞した米國の戰時體制と之に伴ふ工業界の動向を述べたいと思ふ。

2 米國工業の戰時體制

歐洲に於ける獨乙の戰果は、米國の歐洲市場の喪失と成り、米國政府を焦慮せしめ、唯一の残された市場南米の確保に努力する一方、巧妙なる英國の外交と米國を支配する猶太財閥の勢力は、本年 3 月對英援助法案の通過を成功せしめ、斯て Roosevelt の所謂民主主義國家の兵器廠として、一路軍備擴張に邁進し始めた。

平時には殆ど戰備を行はぬ國柄とて、殆ど一から始めねばならない。昨年末強制徴兵法を布き、一年乃至二年間訓練を行ひ、兵隊の養成を始めると共に、膨大な軍事豫算に依り、兵器製作に大重となつて努力し始めた。

その一つの現れが、生産管理局(Office of Production Management 略して O P M)である。之は本年一月開設されたもので、General Motors の重役であつた Knudsen を御大として、縦横に國防産業の管理に腕を揮わしめて居る。

急激に軍備の擴張を行はんとした結果、各處に摩擦を生じ、之を解決するため設立された政府の一機關と云ふべきものであらう。

OPM は次の如き権限を持つて居る。即ち民間會社に工場を擴張新設せしめたり、或は政府で工場を建設し、其の經營を民間會社に委託する事が出来る。又徴用法に依り國防註文を欲する儘に發することが出来、工場が之を拒絶すると、政府は之を収用する事が出来る。生産順位の強制例へば自動車工場に航空機製造を命ずることも出来る。

OPM の委員には、民間大會社からも Experts を出して居り、官民協力の立前となつて居る。

併し民間會社も夫々言分があり、民意を尊重せねばならぬ國柄とて、仲々政府の思ふ様には動いて呉れず、惱の種となつて居る。

3 工場の擴張

自國の軍備と對英援助は、各種軍需工場の大擴張を促した。例へば飛行機工場は約十倍の生産力となつたと稱せられる。

併し第一次歐洲大戰後の不景氣の苦い經驗を忘れ兼ねて居る資本家は、政府の望む様な無制限な擴張を喜ばない、政府の建設した工場の經營民間委託はその一対策である。

工作機械と云ふものは割合壽命の永いもので、その需要も大體一定したものである。其故現在の様な急激な需要に應じてその工場を擴張しても、將來の見込甚だ薄い處から、尻込みして仲々政府の云ふ事を聞かない。

政府は止むを得ず、割合餘力もあり、協力的な大會社に命じて工作機械製造の下請をさせて居る。Westinghouse が Milwaukee の Milling を製作する等其の一例である。

工場の新設擴張につれて次の如き問題が起つて来る。

1. 職工 米國では労働組合が強力で、職工の募集等は組合を通じてされる事が多く、又工場を各地に分散的に建設するので、一般には不足と云ふ事は無さ相であつたが、熟練工は矢張り足り無い。OPM 及び之に協力する大會社は養成學校を設けて、職工養成に大重である。

2. 技師 非常に不足して來た模様で、學校卒業生の

爭奪戰が始まつた。米國では從來私立大學の方が重要視され、州立大學の卒業生等見向きもしなかつたのが、現在は技師と名が付けば何でも結構と云ふ譯、

米國に限らず歐洲でも理科系統の方が、文科系統よりも學生の數が多い様であるが、それでも足りぬ、日本で足らぬは當り前か。

3. 住宅難 急激に工場が膨脹した結果、住宅下宿難が各地に發生した。西海岸にある或飛行機工場では Trailer (自動車で曳いてゆく大型の車で、台所から寢室迄あり、家族連れて旅行するのに使はれる) を多量生産で大急ぎで作り、これを野原に並べて職工の宿舍とした例もある。

4. 新工場様式 自分の見學した範圍内では、煉瓦建が非常に多い様であつた。併し新設のものには、鐵骨硝子張りも多くなつた様に見受けた。

最近の米國電氣界の寵兒は Air conditioning と Fluorescent lamp である。後者は光源の形が大きく又多數並行して排列されるため、床面に陰影を生ぜず而も柔い光を出すので、間接照明と同様の効果を擧げることが出来、その上電力消費が少い特徴がある。

或工場では之を利用して全然窓無工場とし、Air conditioning と Fluorescent lamp に依る照明を施して一定温度、一定照度に依り作業能率を著しく高め得ると稱して居る。又空襲の際には、完全なる燈火管制下に平常通り作業が出来る。

その効果の程は解らないが、新しい物好きのヤンキーには、宣傳効果 100 % である。併し一方多額の費用を要するにも拘らず、宜いと思つたら之を實施斷行する米國人の勇氣には、敬意を表すべきであらう。

4 ストライキと生産

New Deal 以來の Roosevelt のインフレ政策は、軍擴張に依つて拍車をかけ、労働者は好景氣の波に乗りつゝも、物價騰貴を口實として賃銀値上を叫び、ストライキをやる。労働者層を多年地盤とし、労働組合を甘かして來た Roosevelt は、之を壓へるのに四苦八苦せねばならなくなつた。

物價と賃銀は、互に原因、結果と成り、その上昇振りは止る處を知らず、大きい社會問題に成りつゝある。

政府は勞資双方より委員を出さしめ、調停委員會を結

成したが、大した効果も無く遂に軍隊出動して、流血の惨事迄発生した。

争議解決せざるため、之を國家管理に移してしまつた軍需工場もあつたが、軍人官吏が之等軍需工場に Manager として、乗込むので、經營が巧くゆかず、味噌を付けた實例がある。

米國の工業は概して分業的で、例へば飛行機の機體・發動機・無線機・電氣用品其他を非常に細かく分けて、別個の會社で専門的に製造して居る。

又資本の運轉、工場の能率が非常に重大視される結果工場に於ける材料の貯藏量は案外に少い。多量生産では一日に多量の材料を處理するので、之を何ヶ月分も貯藏する事は事實上困難である。前夜に材料が入り、之を翌日製品に仕上げる工場すらある。従てストライキのため、その一ヶ所に破綻を生じたならば、之が全體に波及する速度は甚だ大で、屢々重大なる結果に當面する。

炭鏝でストライキが起ると、忽ち コークス が出来なくなり、製鐵所は多數の熔鑪の火を消さねばならなくなつた實例を見た。

米國には CIO と AFL との二大労働組合がある。此の二つは事毎にいがみ合つてゐる。

Baltimore の近郊にある有名な Martin 飛行機工場にプロペラの無い軍用機が多數並んで居るのを、紐育より華盛頓に行く者は、汽車の窓から望見することが出来た。之は一寸原因は違ふが、要するに生産力擴充が計畫通りに進捗せず、プロペラが不足した結果である。

Pittsburgh 近郊に建設されんとしたプロペラ工場は、建設を CIO と契約した處、電氣設備として購入した變壓器の据付は AFL との契約と成つて居た。

そこで CIO と AFL とが互に抗議して譲らず、結局工事が未だに進捗しないと云つた二大労働組合の軋轢も、此のプロペラ無し飛行機の一原因だ相である。

以上述べた様にストライキは米國工業の一大痛ではあるが、之を餘りに重要視してはならぬ。

賃銀さへ上げれば、ストライキもおさまるので、騒ぎ乍らも相當の生産は續けられて居るのである。

今回の敗戦の結果、米國民に一致協力の氣分が出て來たならば、其生産力は相當警戒すべきであらう。非常事態が解消する迄ストライキは絶對やらぬと申合した愛國的労働組合も既にあつた事故、決して油斷はならない。

5 物資の不足

さしも物資の豊富を誇つた米國も、戦時ともなればそうはゆかない。急激な軍需品の増産は當然平和産業方面への物資供給を不圓滑ならしめ、遂に一般生活にも影響し始めた。

一般民衆に影響した四大不足物資と稱せられるものは次の通りである。

1. アルミニウム
2. 北東部諸州に於ける ガソリン
3. 南東部諸州に於ける電力
4. 絹

現在米國で最も不足を叫ばれて居るのは アルミニウム である。現在の生産力は年に 6 億封度（平時の約 2 倍）であるが、1942 年末には年産 16 億封度に増加の計畫である。飛行機の機體重量の 60 % 以上が アルミ 合金であり、1942 年春迄に米國が完成せんとする目標年産 3 萬 6 千台を造るのに、アルミニウム 及其合金約 2 億 3 千萬封度を要する。

かゝる膨大な増産計畫につれて必然的に電力の不足問題が起つて來た。米國の アルミニウム 工業は Aluminum Company of America（略して ALCOA と稱す）一社の殆ど專賣であるが、アルミニウム 不足に伴ひ、政府より増産を強ひられた。併し前に述べた様な資本家の氣持と、も一つ工場を擴張しても電力がないと云ふ事から、政府引いては議會の問題に迄成つた。

ALCOA は Tennessee 水系の電力を利用して居るが、この水系の開発は政府の經營 TVA (Tennessee Valley Authority) の手にあり。工場を擴張するから電力を呉れと云はれると、政府が困つた所以が此處にある。不急産業方面への電力節減も當然問題となり、既に實施された向もある。

原料の Bauxite は國內からも相當出る。残りは南米北岸から來るが、船腹不足の折柄當然問題になる。貧鐵利用も考慮されつゝある。

スクラップ回収のため全國的に Alminum Campaign を起し家庭の古い鍋釜迄動員して居るが、之れは非常事態を國民に認識させる宣傳の意味の方が大きい。

電氣冷蔵庫其他に使用される アルミ を Plastics で代用することも既に實施された。

第二のガソリン、米國で石油が足らぬなんて可笑しい様であるが、原因は船腹不足である。從來東部諸州への石油は テキサス 當りから來て居り、パイプラインは一本しか無かつたので、南部の港より油槽船で紐育 ポストン 方面に運んで居た。而るに援英のため油槽船をその方面に廻したから、不足を生じたのである。

政府はその対策として大急ぎでパイプラインの増設を行ふと共に、差當り午後七時から翌朝七時迄一般自動車への販賣を停止した。併し結果は却つてガソリンの買溜を招き、ガソリンスタンドは賣上増加で喜んだ相である。

第三の電力問題についてはアルミニウム の處でも述べたが、不急産業方面への供給は制限の止む無きに至る模様で、發電所増設も勿論行はれ様が、急場の間に合わせぬことは確かである。TVA 關係・Columbia 河の開発も政府の仕事である上に、その速度は遅々たる事免れない。

最後の絹は資金凍結令以後 パツタリ と輸入停止したので、女の慌て方もさるもの乍ら、落下傘・火薬用等軍需にも必要なものだけに、米國政府は南米にある日本絹の買占め迄した相である。

絹織工場も閉鎖の憂目を見、失業問題を惹起した。日本では絹は贅澤品であるが、米國の女にとつて必需品であるからその恐慌振りは、自分等に或痛快感を味はせて呉れた。

ゴム、錫等相當貯藏もある模様であるが、日本のマレー進撃は之に相當の打撃を與へずには置かない。其他鐵、銅も不足は不足であるが、其の程度は日本と比較にならぬ程低い。

唯平和産業方面に於ては、發電機・電動機の納期も長くなり、入手困難に陥りつゝあり、Westinghouse では、ターボ 發電機の軸材入手に悩んで居る由である。

6 代用品

種々の物資の不足につれて、必然的に代用品が登場して來る。National Defense Program の膨大さに反比例して、不急産業は縮少を餘儀なくされ、その Production Program の變更或は中止を行はざるを得なくなつた。

材料の節約或は代用材料の使用は、特に自動車工業に於て著しい。

General Motors を例に挙げると第1表の如くで、設計變更により、Cr, Cu, Pb 及び Sn の量を増加して

Al, Ni, Mg, Zn 及び W の量を減少せしめて居る。

第1表 General Motors の乗用車の材料比較

材 料	普通級車 1 台に要する重量 (封度)		設計變更に依る節約量 %	節約總量(封度) 製造台數減少を含む
	1941年型	1942年型		
Al	7.6	1.8	76	14,148,000
Ni	3.6	1.7	53	5,899,000
Mg	0.047	0.005	89	92,300
Zn	52.8	18.9	64	92,027,000
Cr	4.5	4.6	-2	4,957,000
Cu	51.9	55.1	-6	55,603,000
Pb	32.5	34.4	-6	34,916,000
Sn	2.7	2.8	-4	2,955,000
W	0.0075	0.0074	1	9,000

註 1941製造台數 2,082,422 台

1942製造割當 950,956 台

製造台數は政府の命に依り半減されたのであつて、餘力は航空機用製品に向けられた。

Bell Telephone System では、代用品使用に依り、百七十萬封度のアルミニウム、約卅萬封度のニッケル、三百萬封度の亜鉛、八千三百封度のマグネシウムを國防に振向ける計畫であると云ふ。Dial phone の Finger wheel のアルミニウムを鐵で代用する事に依り年65噸のアルミニウムを節約出來 Plastics の使用は Die casting の金屬の節約に資すること大であると。

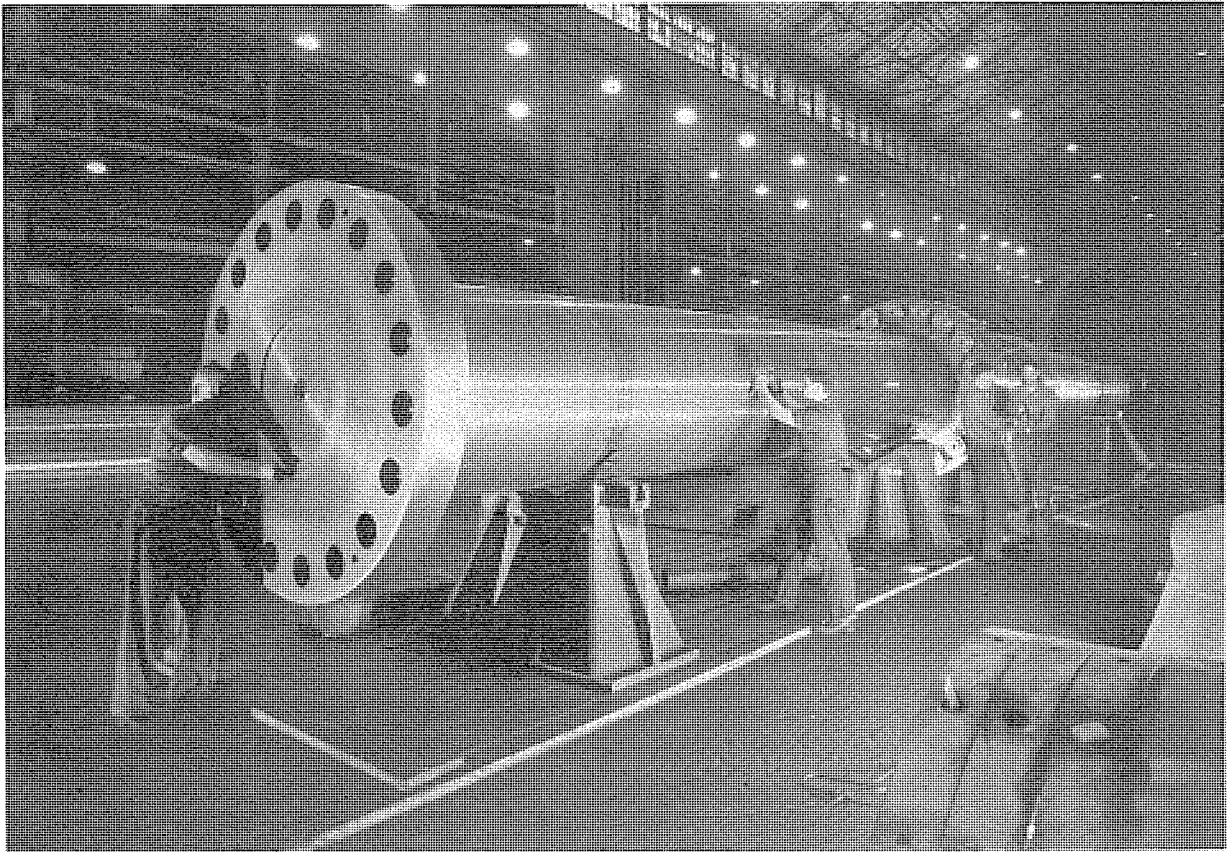
電氣應用品方面で生産の切詰の必要に直面して居るが、今や更に製品の大さ、型を整理し、その標準化を爲しつゝある。American Standard Association (ASA) は電氣冷蔵庫・家庭用電氣・洗濯機・電氣アイロンの標準化に着手した相である。

Plastics の利用は代用品の域を脱しつゝあり、Ford では自動車の車體を試作、又 マホガニー を主材とするマイカルタの機體を有する小型飛行機も出現して居る。

7 米國電機製造界瞥見

労働賃銀が比較的高い爲、出来る丈機械に仕事をさせる傾向がある。米國人の手先の不器用さは此の傾向を一層強め、治具、工具、工作機械類の發達の重要因子をなす様に思はれる。多量生産方式は各職工の仕事を出来る丈簡單化する必要を生じ、旋盤に依る機械加工等は極力少くして居る。

従つて Punch 及び Press に依る作業が非常に多く、



米國 Grand Coulee Dam 用 108,000kW 120r.p.m. 水車發電機の軸

之に加ふるに電氣熔接殊に イグナイトロン 制御の Spot welding 及び Seam welding の發達は、板金細工を容易ならしめて居る。

多量生産は工作機械の發達を促し、所謂One purpose machine が盛んに使用せられて居る。工作機械製造家とその使用工場との連絡が甚だ密接で、使用者側の要求に基き、所要の工作機が設計されるのは美しい限りである。

多量生産には大きい需要と豊富な材料を必要とするものであるが、我が國も大東亞共榮圈確立の暁は當然この方向に進まねばなるまい。

米國人の世界一狂は相も變らぬが Columbia 河に建設された Grand Coulee Dam 用108,000kW、120 RPMの水車發電機3台は1941年頭に最初の1台を Westinghouse の工場より現場へと送り出し、續いて残る2台を夏迄に完成、1942年春には試運轉の豫定である。全重量約千噸、直徑45呎、世界最大と稱して居る。此3台は第一期計畫で、完成すれば21台となる筈である。

其他 Hypersil なる特殊電氣鐵板を使用した變壓器、

油を使用せぬ空冷式變壓器、氣中遮斷器等も市場に進出し始めて居る。

Fluorescent lamp は此處二三年の中に急激に發達普及し、大工場、事務所から小商店に至る迄、盛んに之を使用し、その需要に應ずるため、Westinghouse では新工場を建設した程である。

8 結 言

以上述べた處に依つて、米國とても戰時となれば、我々が數年來踏んで來たと同じ道を辿りつゝある事が御解りになると思ふ。唯今迄贅澤三昧で來た米國民が何處迄之に耐へ得るか、不平不滿の云ひ放題の國柄として今後の興味ある問題であらう。

日英米開戰後經濟的技術的に彼我の交渉は全く斷絶し、今や我々の責務重且大なるものがある。皇軍將士の奮闘にこたえて、職域奉公の誠を致すべき秋は今だ。

最後に間一髪歸朝出來た自分として、猶も彼地に踏留り奮闘された在留邦人の方の健康を祈つて止まない。

多重電圧直流發電機

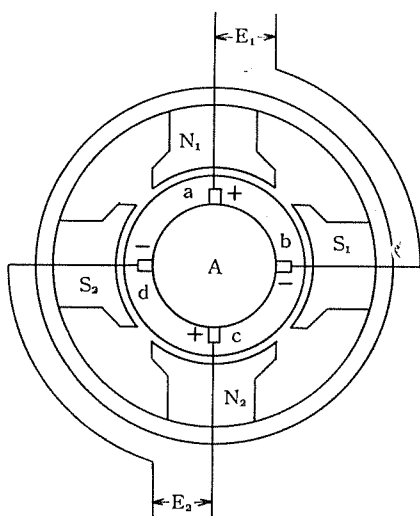
本發明は單一電機子及單一整流子を有する多極直流機に、複數組の磁極及各磁極の中正點に夫々對應する刷子を配置し、相隣れる異性極と、之に對應する正負刷子を各々組とし、各組に別異の電壓が得らるゝ様にしたもので、負荷時と雖も全く獨立した多重電壓が得らるゝ特徴を有するものである。

便宜上、四極機を圖示して説明せん、第1圖に示す如く、相隣れる磁極 (N_1) (S_1) と之等磁極の中正點に位置する對應刷子 (a) (b) とを一組とし、他の組の磁極 (N_2) (S_2) を勵磁せずして、磁極 (N_1) (S_1) のみを勵磁せば、巻線の接続順に示せる第2圖より明かなる如く、磁極 (N_1) (S_1) 下に在るべき巻線 (1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8) には起電力が誘發せられる。今刷子 (a) (b) に就いて考ふるに、起電力と誘起すべき導線は、刷子 (a) (b) 間に於て (1)(6)(3)(8) の四個なるに對し、(b) (a) 間に於ては、(5)(7)(2)(4) の同數であるから (b) - (a) 回路の電壓 (E_1) と (b) - (c) - (d) - (a) 回路の電壓とは相等しく、(a) (b) 間に並列關係にある。又 (d)(c) 刷子に就き考ふれば、(c) - (d) 回路に於ける導線には起電力無き爲電壓は零となり、(c) - (b) - (a) - (d)

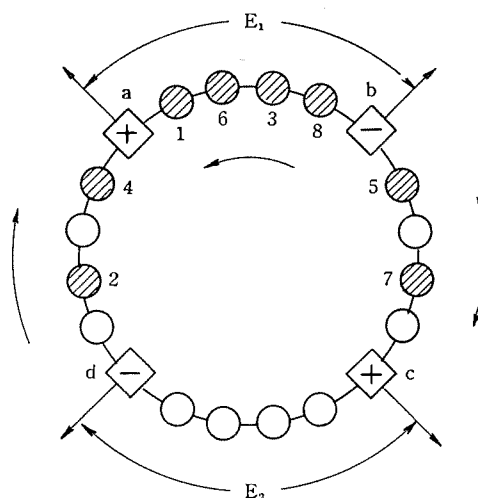
回路に於ては、導線 (1)(6)(3)(8) と (5)(7)(2)(4) の起電力が互に相殺する爲電壓は零となり、(d)(c) 刷子間には電壓が出ないのである。

次に磁極 (N_2) (S_2) は勵磁しない状態で (a) (b) 間に負荷電流を流すとせば、磁束は (N_2) (S_2) の下に在る部分は相殺し、(N_1) (S_1) の下にある導線に於いては、普通の直流發電機に於けると同様、電機子電流による起磁力を生ずる。然し磁極 (N_1) (S_1) の磁束分布を亂すのみで (d) (c) 間に電流を生ずる事はない。即ち磁極 (N_1) (S_1) 及刷子 (a) (b) を組として之れを發電せしめても又負荷を掛けても、刷子 (c) (d) 間には何等の影響も無く又之れと同様に磁極 (N_2) (S_2) 及刷子 (c) (d) の組に發電又は負荷せしめても刷子 (a) (b) 間には何等の影響をも與へない。従つて二組の刷子は全く獨立した發電機として働かせ得るのである。尙一組を定電壓、他組を可變電壓に使ひ分くる事も出来るから、一台の發電機で二種の發電機として使用せられ六極機で三組の刷子を配置すれば三種の發電機と同様に使用する事が出来る。

(特許第 138283 號) (中野)



第 1 圖



第 2 圖

タービン 発電機の空気冷却に就て

長崎製作所 石 黒 九 一

1. 緒 言

タービン 発電機の運転に對しては四つの重要な因子がある。それは電氣を流すところの銅、磁束を通すところの鐵、電氣を他に逃がさないための絶縁と、もう一つは発電機が働き疲れて汗となるべき熱を持去つて常に爽快な運転をつづけさせるための冷却空氣である。電氣機械に對して銅と鐵とが重要な役割を持つ事は誰でも考へるが、冷却するための空氣が之等に劣らず重要である事はともすれば忘れ勝ちである。以下この重要な空氣冷却に關して章を追つて説明する事とする。

2. 冷却媒體の種類

タービン 発電機の冷却媒體として、次の様なものが考へられる。

- | | | |
|-------|-------|---------|
| 1. 空氣 | 2. 酸素 | 3. 炭酸瓦斯 |
| 4. 水素 | 5. 油 | 6. 水 |

歐洲に於て曾つて 37,500 KVA 発電機を酸素で冷却して、その能率が良かった旨の記事はあるが、之は取扱ひが面倒な割に空氣に比して利點が判然しないため、一般には使用されなかつた。次に炭酸瓦斯はその傳導度の大きな所以を以て一應は考慮されたが、密度が大なるため高速度機械の冷却媒體としては風損が増す事となり實用にはならなかつた。併しその耐爆性の所以を以て耐爆型電動機に利用點を見出してゐる。水素は種々の利點があるので、目下高速度大容量のタービン 発電機の冷却媒體として脚光を浴びるに到つたが、尙ほ附屬裝置や爆発性のため特殊構造となり、總べてのタービン 発電機の冷却媒體として使用される域には達してゐない。次に油は直接回轉子軸體内に導入して、その冷却に利用された例はあるが一般には直接媒體としては使用されない。又水は回轉子を直接冷却するもの及び固定子通風溝に取付けられた水管により直接冷却を行ふ場合もあるが、最も重要

な媒體は空氣である。人生に取つて如何に空氣が重要であるかと言ふ事は、特にその重要性を感じない程それ程密接不離となつてゐるのである。他の場合と同様にタービン 発電機を空氣で冷却する事は、特に高遠な理論をこぢつけて採用したものでも何でもなく、我々が氣付かずにゐる間に、冷却媒體として自然が與へて呉れた大きな恵みであると言ふ他はない。併し、ここでは冷却媒體としての空氣を工業的に今少し考へ直して見る事とする。

3. 所要空氣量

空氣の重量は 40°C で 1.125 kg/m^3 で、容積は $0.883 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、その比熱は $0.241 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ である。而して 1 kw は 1.433 kcal/min であるから、冷却空氣の持去るべき熱損失を $P \text{ kw}$ 、空氣の溫度上昇を $\theta^{\circ}\text{C}$ とすれば、所要空氣量 $Q \text{ m}^3/\text{min}$ は

$$Q = 52.8 P / \theta$$

となる。

タービン 発電機では流入する空氣の最高溫度は 40°C とされてゐるのであるが、今この空氣が発電機内で 20°C 上昇するものとすれば、上式より 1 kw の損失に對しては 40°C の空氣が $2.64 \text{ m}^3/\text{min}$ 必要となる。但し之は物理的に計算した數値であつて、且つ定壓比熱より計算したものであるが、實際の場合にはこの必要量は構造によつて大いに不同がある。従つて從來發表されたタービン 発電機の冷却用所要空氣量にも、この數値の半分位のものから 2 倍に及ぶものがある。而かもそのいづれも數萬 kW の発電機の運転実績に依るものである。何故斯かる大きな差異が出来るかと言ふに、一つには空氣量測定の困難な事と、一つには冷却能率に依るものである。抑々送風機の風量風壓を測定することは、一定の規定にあてはめて測る場合でも相當に困難なものであるが、數萬 kW の発電機に於て變化極まりない通路を通る場合には

其の空氣量を精確に測る事は甚だ困難である。送風機は規約の風道に依つて測れば規約の特性を知る事が出来ても風道の異なる発電機に使用した場合は、其のまま特性を使用することは出来ない。

発電機に就てその冷却空氣の量を測るには風速計、ピトー管、熱量的方法等がある。タービン発電機は一般に閉路通風であるため、現物に就て風量特性を知るためには開路通風となし外部に風道を取付けてこの風道で測るのであるが、風量が多いのでこの風道も大きなものとなり、現場では取付場所に困難がある。又之が一樣の流れになる様にするには相當に長い風道を作らねばならぬ。この風道が取付けられぬ場合には、基礎内の風道に入つて測定せねばならぬが、この風道も発電機基礎の高さを極小にするため充分の直線部分を取る事が出来ない。従つてその風道内の空氣流は甚だ不整不均なものである。故に外部に直線の風道を作つた場合にはピトー管に依る測定も或る程度は信用出来るが、自己の風道内で測定する場合にはピトー管は殆んど信用するに足らないものとなる。又風道の斷面積を數十區分に仕切つて各區分の風速を測り、それに各區分の面積を掛けて風量を出す方法もあるが、之にも多少の誤差が入つて來るので異なる斷面で測つた場合その結果が仲々一致しにくい。風速が大となれば風測計そのものの動作が甚だ頼りないものとなる。又風量を熱的に測る場合には或る斷面に加熱線を入れ、他の斷面で空氣の溫度上昇を測るのであるが之とても容易な事ではない。

一般にタービン発電機で30分乃至1時間に使用する空氣の量は、その発電機の全重量に等しい。例へば75,000 kw、1800 RPM 機では40分間に、30,000 kw、3600 RPM 機では34分間に通る空氣の量が各発電機の全重量に等しくなる。従つてかくも多量の空氣が狭い機械内を曲りくねつて通るから、通風問題にも種々の困難が生じて來るのである。一般にタービン発電機では1 kwの損失に對して $1.5 \sim 2.5 \text{ M}^3/\text{min}$ の空氣が使はれてゐる。併し冷却空氣の量は要するに発電機が使用上差支へない溫度で運轉すればよいのである。それには機械内に發生した熱が如何にして持去られるかを考へる必要がある。線輪の溫度上昇は(1)絶縁物内の溫度差、(2)絶縁表面の溫度差、(3)空氣の溫度差、及び(4)空氣が被冷却體迄來る間に豫熱される溫度等の和できまる。この中で一

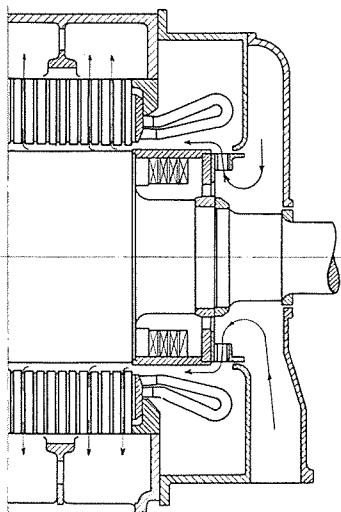
番大きいのは絶縁物中の溫度差である。之は絶縁物の性質及びその工作法に依つて多大の差異を生ずるものである。次に絶縁物表面に於ける空氣の薄層に依る溫度差は通風の方法に依つて大いに改良される。故にこの兩者を最も有効にすれば、空氣のみの溫度上昇はずつと大きく取つてよいことになる。さうすれば、風量が減じその所要風壓が風量の自乗に比例して減じ、送風損が風量の三乗に比例して著しく減少する。従つて之による空氣の豫熱も減少して來る。送風量は同じにしておいても機内の通風路の一部を少し改良したため線輪の溫度上昇はずつと下つた事がある。故に單なる理論上の風量のみならず實際の機械の出來榮えが所要風量に大きな差を生じて來る。又冷却空氣の作用は定壓變化と考へて定壓比熱によつて判斷されるが、實際は基礎風道内では割に風速も小さいが送風機の吸口では大いに絞られ、送風機を出れば又廣い室に出て膨脹する。又それが機内を通る間は實に種々雑多な斷面を有する通路を通るため、單なる定壓變化のみならず斷熱變化や定積變化等を行つて行く。そのため單に定壓比熱のみから考へた風量と實際の場合とは種々の差異を生ずる。従つて風量の問題に就ては冷却能率と言ふ事が大きな問題となる。

4. 通風方式

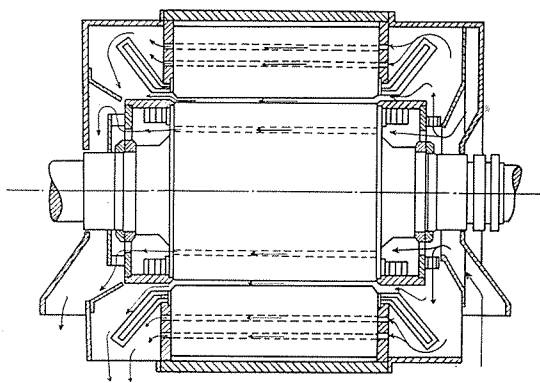
空氣を用ひてタービン発電機の冷却を行ふ場合、その通風方式を大別すれば開路通風及び閉路通風の2種となる。

開路通風に於ては冷却空氣として外部の新鮮なる空氣を吸込み、之が機械内を通過する間に発電機の熱を取り熱風となつて機外に排出される。この方式は小容量の機械に用ひられる方法であつて常に冷却空氣は新陳代謝する。前記の通り多量の空氣が機体内を通過するので、この中に僅かづつでも塵埃を含んでゐれば、その量は長年月の運轉中には莫大な量となり、之が機内に堆積すれば冷却効果を減ずるのみならず絶縁を低下せしむる原因となるから、この空氣は常に清淨なものでなければならぬこのためには空氣取入口に空氣洗滌器や濾過装置を取付けて淨化する。

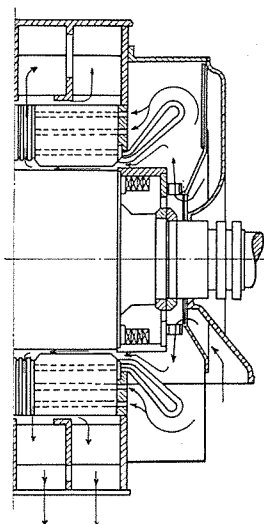
閉路通風はこの塵埃の缺點を除くために採用される方式である。閉路通風の利點とする所は(1)塵埃が集積しない事、従つて絶縁の劣化が少く発電機の壽命が長くな



第1圖 放射通風



第2圖 軸向通風



第3圖 放射軸向通風

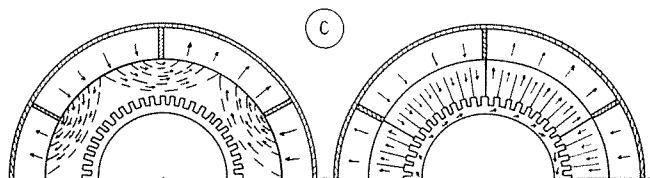
る(2)通風系統が全く外氣と遮斷されてゐるので騒音が外部にもれないこと、(3)同一空氣が循環し酸素量が一定であつて、發火の際も酸素が補給されないので消火が容易であること(4)炭酸瓦斯等に依る消火裝置の取付が容易であること等である。この方式では發電機を冷却して加熱された空氣は基礎内に設けられた通風路内に入り空氣冷却器に依つて冷却され再び機内に吸ひ込まれる。かくして、常に同一空氣が循環するので長年月の運轉にも塵埃の堆積することがない。

5. 發電機内部の冷却

機械内部ではその大きさに應じて冷却空氣の通路にも種々の様式がある。先づ固定子の通風には(1)放射通風(2)軸向通風、(3)放射軸向通風、(4)周向通風、(5)複式放射通風等がある。

放射通風に於ては第1圖の様に冷却空氣は空隙の兩端から入り、鐵心間に設けられた放射狀の通風溝から外向きに出る。之は小型の機械に採用される方法で、容量が大となれば冷却空氣の量が増すので、之を通すに必要な空隙面積が不足し、空隙の兩端入口に於ける抵抗が増加して通風が困難となる。

軸向通風も小型の機械に用ひられる方法であつて、第2圖の様に冷却空氣は固定子溝の背後に設けられた軸向き通風孔及び空隙を軸向きに流れる。放射通風溝が無いので、軸長を減することは出来るが、鐵心中に通風孔があるため鐵心の外徑を大ならしめ、鐵心の材料を増す缺



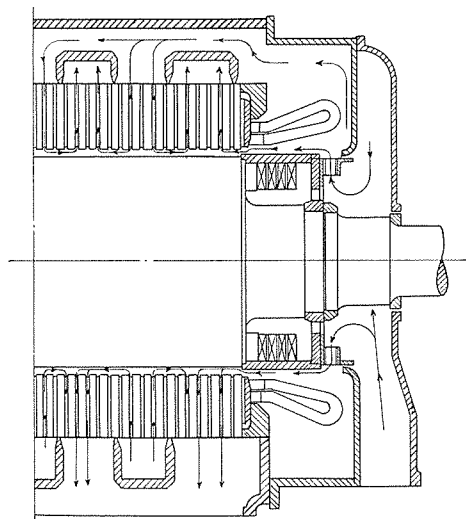
第4圖 周向通風に於ける通風溝の断面

點があり、之も冷却空氣量が増せば抵抗が増して通風が困難となる。

之等の方式では鐵心の長さが増せば中央部が他の部分より高温となり、而も機械の性能はこの高温部の温度で限定されるから、この缺點を除くために採用されるのが放射軸向通風であつて、中容量のものまで用ひられる。之は第3圖の様に軸長の中心部に1個又は數個の放射通風溝があり、その兩側には軸向きの通風孔がある。

周向通風では鐵心の積み方は放射通風と同様であるが固定子枠内の仕切壁及び放射通風溝内の間隔片の配置が異なるものがあつて、第4圖の様に鐵心背部から放射狀通風溝に入つた空氣がこの通風溝を圓周方向に動く場合と一度空隙に出て次に同じ溝面内で隣接の區域に入り外に出る場合とがある。従つて鐵心背部に於て枠内の風道が周方向に交互に出入口となる様に仕切つてある。

複式放射通風は最近の中型大型の殆んど總べてに用ひられる方式である。その特長とする所は多量の冷却空氣を處理し得る事及び、鐵心中央部で温度が高くなり易い所にも新鮮な空氣を送り込むため、鐵心の全長に亘つて



第5圖 複式放射通風



第6圖 單列翼熔接送風機



第7圖 複列翼鉚止送風機

溫度上昇が均一になる事である。このためには第5圖の様に固定子鐵心は多數の放射通風溝を有し、之等の溝は數個づつ集つて冷却空氣の入る群と出る群とに分れてゐる。従つて固定子枠にも長さ方向に多數の仕切壁があつて、長さ方向に交互に空氣の出入口となつてゐる。發電機の兩端から入つた空氣は、空隙と固定子枠と回轉子との三部に分れて進む。空隙に入つた空氣は回轉子及び固定子の端部を冷却した後固定子兩端部の排氣室に出る。固定子枠に入つた空氣は、機械の中央部に進み、ここから鐵心内の溝を心向きに進み空隙に出で、長さ方向で隣接の鐵心群を冷却して機外に出る。又風量が多い場合には外部送風機に依つて直接鐵心の中央部に新鮮な空氣を送り込むので、鐵心の長さが數米あつても冷却状態は鐵心長1米のものと同様の結果となり、溫度分布が全長に亘つて均一となる。従つて本方式は數千 kW より十數萬 kW の最大容量の發電機まで採用される。又風量の多い割に並列通路が多くなるので風壓が低くてすむ。

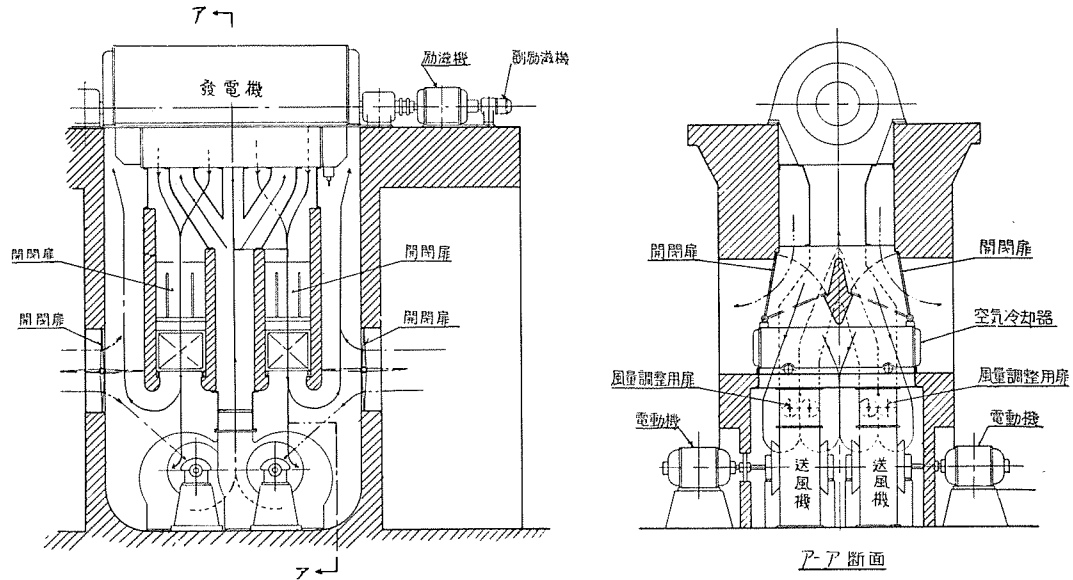
回轉子の冷却空氣は端部の送風翼に依つて兩端から送り込まれる他、齒の中に設けられた放射狀孔の通風作用に依つても移動する。冷却空氣は回轉子鐵心端部に取付けられた線輪保持環の内側に入り一部は線輪端部を冷却して保持環に設けられた通風孔から空隙に出る。他の一部は鐵心部の導体溝の底部又は側部に設けられた通風溝に進み、ここで線輪や齒を直接冷却して空隙に出る。空隙に出た空氣は他の空氣と共に固定子を冷却しながら機

外に排出される。回轉子の表面も亦回轉子の冷却の大きな部分を負擔するものであつて、この表面には風の動きをよくするためと冷却面積を増すために小溝を切る。併し他方この溝は摩擦損の原因ともなるものであるから、機械の大きさや周速度に依つては溝を切るべきか、全然滑かな面となすべきか慎重に考慮さるべきである。

6. 送風装置

タービン發電機の送風装置としては内部送風機と外部送風機とがある。一般に内部送風機を有するが、空氣量が非常に多くなると外部送風機を附加する。

内部送風機には遠心送風機と軸流送風機とがある。一般に用ひられるのは遠心送風機であつて、之は線輪保持環の端部に取付けられる。之はその特性に應じて單列翼と複列翼とがあり、翼も鉚止めのもつと熔接のもつとがある。後者は鉚頭による風損がない事及び形が自由に出来るので、能率のよい送風機が得られる。次に最近に於ては軸流送風機が用ひらるる場合も多くなつて來た。之は線輪保持環より離れて取付けられる。一見軸長が短くなる様に見えるが翼と保持環との間に空間を置かねばならぬので長さは短縮出来ない。一般に軸流送風機は風壓の低い場合に用ひられてゐるので、タービン發電機は風量の割に風壓が高いので用ひられなかつた。併し近來風壓も高く風量も大きいのが出来る様になつたので屢々内部送風機として用ひられる様になつた。タービン發電機の様

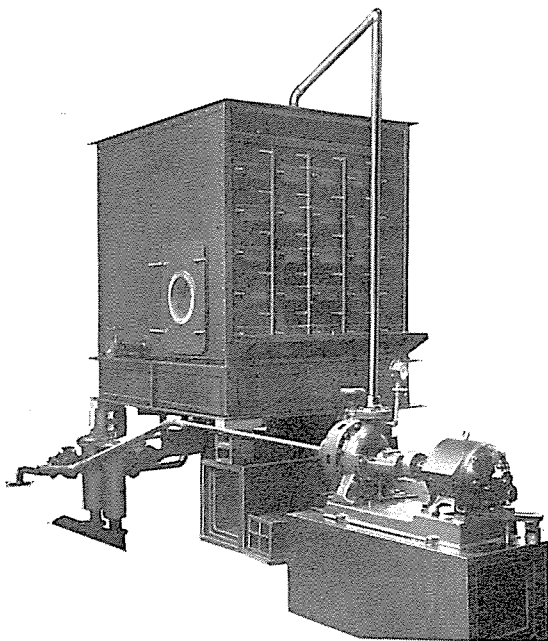


第8圖 外部送風機を備へた通風系統圖

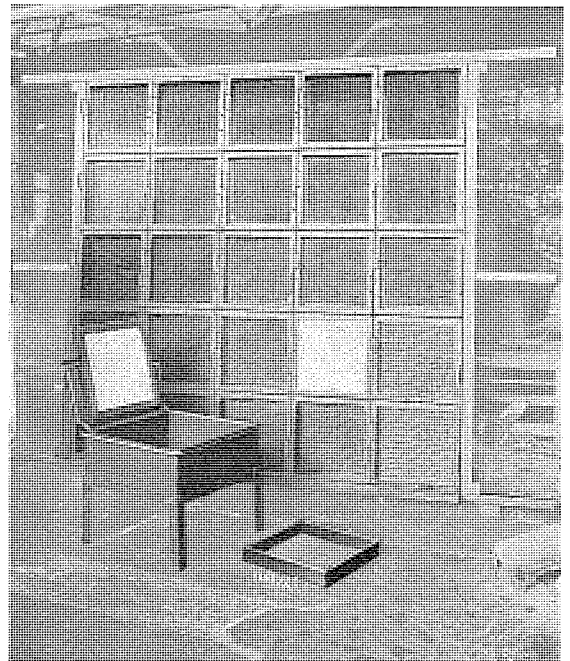
に高速度のものに取付ける場合は遠心型のものは遠心力に依る応力が大きくなるので之をさけるため軸流型が使用される。

一般に内部送風機は速度が発電機からきまつて来るので、送風機として其の風量風圧に應ずる最も能率のよい速度を選ぶことが出来ない事と、軸の径が大きく内径に制限がある事及び固定子に挿入する場合の便宜や遠心力の點より外径にも制限がある事等のため、設計の

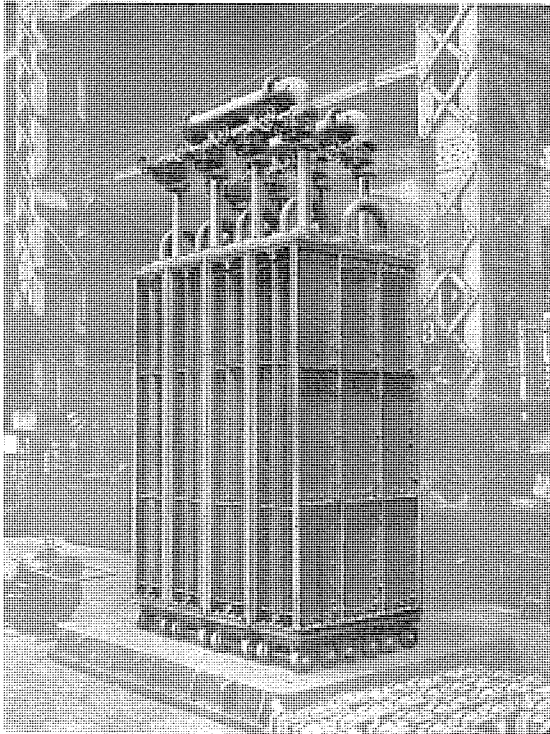
自由度が少いから能率を犠牲にしなければならぬ事がある。寸法に制限があるため容量にも制限が出来る。従つて発電機の容量が増し冷却空氣の量が増せば別に外部送風機を置く必要が出来る。併し外部送風機の場合はこの送風機や管制装置類の小さな故障でも、大きな発電機の運轉を停止しなければならないので、この點充分に注意を要する。故に運轉の安全を期するため、低負荷の場合は内部送風機のみを用ひ、負荷が増すにつれて



第9圖 湿式空氣濾過器



第10圖 乾式空氣濾過器



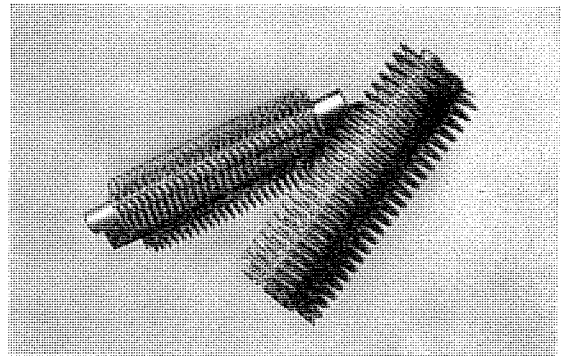
第11圖 新式冷却管

自動的に外部送風機を1台又は数台順次運転する様にしてゐる。内部送風機の場合には負荷の如何にかゝらず送風機の損失は一定であり、而もタービン発電機に於ては、その損失の割合が大きいため低負荷に於ける能率が悪くなるが、内外送風機を併用し而も外部送風機も必要に応じては台数や風量を調節する様にしておけば、低負荷に於ても能率を著しく改善することが出来る。外部送風機にも遠心型と軸流型とがある。外部送風機を併用する場合の配置の一例を示せば第8圖の様になる。

7. 空気冷却装置及び濾過装置

空気濾過器には濕式と乾式とがある。濕式に於ては第9圖の様に一群の水管から噴出する霧状水滴の中を空気が通つて塵埃を濾過する。この方法では水蒸氣の一部が機内に侵入し絶縁低下を來す恐れがあるので、適當の装置で水滴を集めて取去る。併し適當に濕つた空気は蒸氣潜熱に依つて冷却効果を増す事も考へられるが、一般には充分乾燥する必要がある。又海岸近くの発電所では空気中に鹽分を含む場合が多いので乾燥が一層必要となる。

乾式に於ては小箱に金屬管片、磁器管片又は硝子綿等を詰めたもの、又は單に空氣路に多くの屈折をつけたも



第12圖 空氣冷却器

の等があつて、いづれも之等の内容物の表面に油を浸し空氣がこの中を屈折しながら通る時塵埃はこの油に吸着されて濾過される様になつてゐる。

空氣冷却器は水管式熱交換器であつて、水管の外側に鰭をつけて熱交換率を増してゐる。鰭には單なる圓板のもの、或は1枚の矩形の板に2本の管を通したもの等がある。最近當社で採用してゐる鰭は第11圖に示す様な銅線の環群である。之は粗面の熱傳導の理論より研究されたもので薄板の鰭より遙かに傳熱率が大である。之等の冷却器を設置するに當つては發電機の基礎内に冷却器管部を入れ兩端の水室は風道外に出し、發電機の運転を止める事なしに管の掃除が出来る様になつてゐる。又は水管を豎型や斜型に配置したものもある。又冷却器故障の場合には發電機を開路通風でも運転出来る様切替扉を備へてゐる。

8. 結 言

以上を要するに發電機の空氣冷却に就ては特殊ガスに依る冷却と異なり自然のうちに採用されて來たものであつて、又その作用の大小が目立つて發電機の性能を左右する程鋭敏でないため、一般に等閑に附され勝ちであるが、本文にも記した様に所要空氣量に就ても理論的實驗的に随分異つた結果となつてゐる。之を特殊ガスを使ふ場合程詳細に研究するならば、從來の種々の差異も最後の優秀なる一點に歸着するのであらう。通風路各部の詳細な研究、送風機の改良、冷却器の進歩等に依つては、種々複雑な装置を要し又は或る種の危険を包藏すると言ふ特殊ガスを使はなくても、空氣冷却で充分之に對抗し得る程のものが出來上るものと信じ今後の研究に邁進するものである。(完)

低アンペア回數變流器に就て

大 阪 工 場 西 川 俊 雄

1. 緒 言

一般に變流器に於ては所要の精度を保つ必要上一次アンペア回數は1500乃至800に設計するのが普通である。しかるに場合によつては此の一次アンペア回數に制限を受け以上の範圍より遙に少なるアンペア回數にて變流器を設計する必要が起る事がある。例へば變壓器又は油入遮斷器に付す套管變流器等構造上一次線輪の捲數を1より大となし得ない場合又は通過故障電流に對する強度を保證するため一次線輪の捲數に制限を受ける場合等である。斯る場合低アンペア回數にて所要の精度を保つ手段は古くより種々のものが提案されて居る。此等の内に於て特殊な材料を使用せず最も實現性の多いものに鐵心に交流附加勵磁を加へる方法がある。鐵心に交流附加勵磁を加へることにより見掛の導磁率が相當増加する事は可成古くより知られて居る事實であるが、此の交流附加勵磁の主磁束に對する位相及其の大きさが導磁率の増加の程度に重大な關係があり、此れが不適當な時は返つて減少を來す事もある。又實際の構造上此の交流附加勵磁の電源が難點であり、別な電源より取れば使用上不便にて又信頼性が少い、二次電流を直接使用すれば二次の負擔を必要以上に増加せしめ又此れを適當な値に調整する事が困難である。此等の難問を巧妙な構造及結線により解決したものに Von J. Goldstein 氏が發表して居る調整自己附加勵磁變流器 (Stromwandler mit gesteuerter Eigenvormagnetsierung) がある。此れについて二三の實驗を試み豫期の成績を得た。順序として大體の構造及結線につき説明する。

2. 構 造 及 結 線

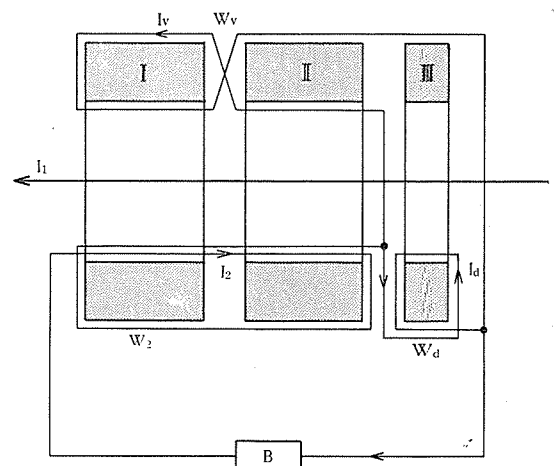
第1圖は調整自己附加勵磁變流器の構造及結線の大略を示す。鐵心は I. II. III. の三部分より成り I. II. は二分された主鐵心、III. は補助鐵心を示す。主鐵心 I. II. に

W_2 が捲かれ、此れと直列に I. II. 鐵心上に別々に反對方向に捲かれた補助線輪 W_v が直列に接続され此の W_v と並列に補助鐵心上に捲かれたインピーダンス線輪 W_d が接続されて居る。圖中 I_1 は一次電流、 I_2 は二次電流、 I_v は補助線輪 W_v を流れる電流、 I_d はインピーダンス線輪 W_d を流れる電流、B は負擔を示す。

補助線輪 W_v は互に反對方向に捲かれて居るため此れによる附加勵磁の二次線輪 W_2 に對する影響は互に打消され又同様に二次線輪よりの影響も互に打消される。二次電流 I_2 は其の電流範圍に於て附加勵磁に必要な電流値以上になるため別に分流路インピーダンス線輪 W_d を置き必要以上の附加勵磁により特性が反つて惡化する事を防ぐ。インピーダンス線輪の鐵心は二次電流の大なる値に對しては飽和して低インピーダンスの分路を作り、小なる値に於ては十分大なるインピーダンスを與へる如くなる。

3. 試 作 變 流 器

試作變流器は一次アンペア回數400に於て負擔を15VA 力率0.8 遅電流とし誤差の限度を J.E.C.—45 (1935) の規定以内、即ち次表に示す値以内にする事を目標として設計した。



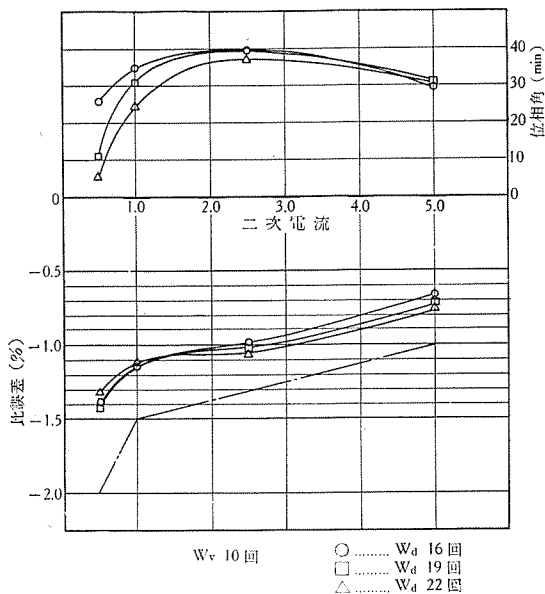
第 1 圖 調整自己附加勵磁變流器結線圖

試験電流 (定格電流の百分率)	変流比誤差 (%)	位相角 (分)
10	± 2.0	± 120
20	± 1.5	± 80
100	± 1.0	± 60

主鉄心は輪形にて内径 89 耗外径 133 耗の T 級電気鉄板 0.35 耗厚さのものを 27 耗に重ねたもの 2 個を使用し二次線輪 W_2 の捲数は 79 回、補助鉄心も亦主鉄心と同一内径、外径の鉄心を使用した。補助線輪 W_v は回数を 10 回より 7 回にインピーダンス線輪 W_d は 22 回より 10 回に変化せしめる如くタップを設け、使用電線は全部 2.0 耗二綿銅線を使用した。主鉄心の断面の決定に當つては後に述べる理由により定格電流に於ける主鉄心の磁束密度が約 1500 ガウスとなる如く選んだ。

4. 試験結果

試作変流器の誤差測定は逓信省電気試験所型の測定器を使用し、60 サイクルに於ける誤差を求めた。其の結果の一例を示せば第 2 圖より第 5 圖に示す如くなる。圖中鎖線で示すものは J.E.C-45 に於ける誤差の限度である。圖に示す如く補助線輪 W_v の或る捲数に對して、インピーダンス線輪 W_d の捲数を變化すれば其の誤差曲線は互に交る傾向がある。即ちインピーダンス線輪 W_d の捲数を増し分流する二次電流を減すれば電流の少い部分に於

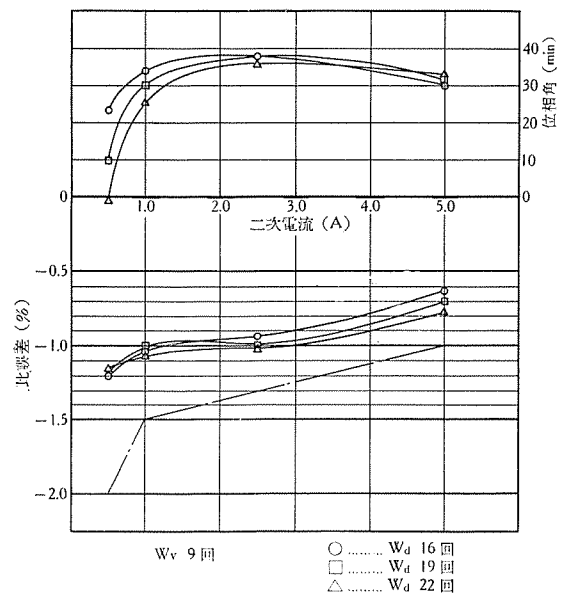


第 2 圖 インピーダンス線輪捲数を變化した場合の誤差曲線

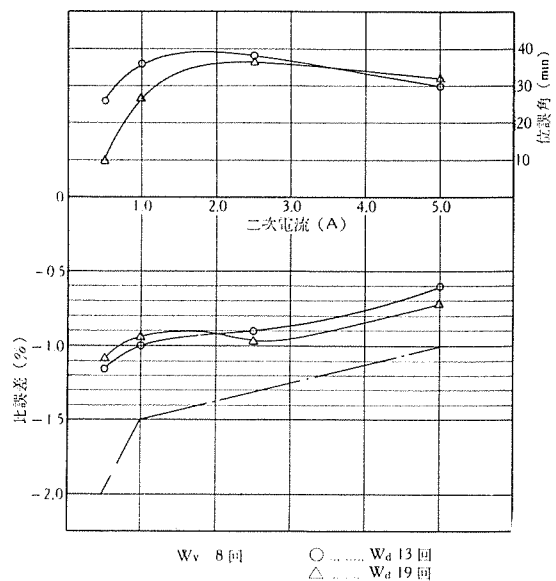
ては誤差が減少するが定格電流附近に於ては反つて増加する。

従つて補助線輪 W_v の或る捲数に對して誤差曲線の形を使用條件に適合せしめるインピーダンス線輪 W_d の捲数が存在する。又全體として定格電流附近の誤差を餘り増大せしめず少い電流に於ける誤差を充分改善する値を見出す事が出来る。

補助線輪 W_v の捲数を 10 回、9 回、8 回、7 回、と變化させた時、其の各々の場合に於て最適のインピーダンス線



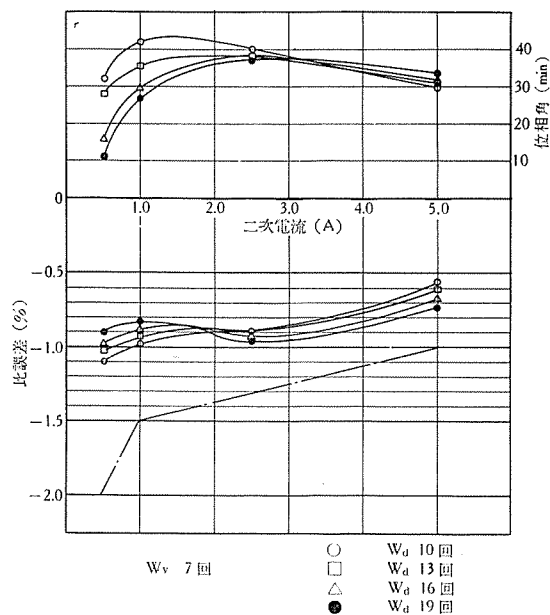
第 3 圖 インピーダンス線輪捲数を變化した場合の誤差曲線



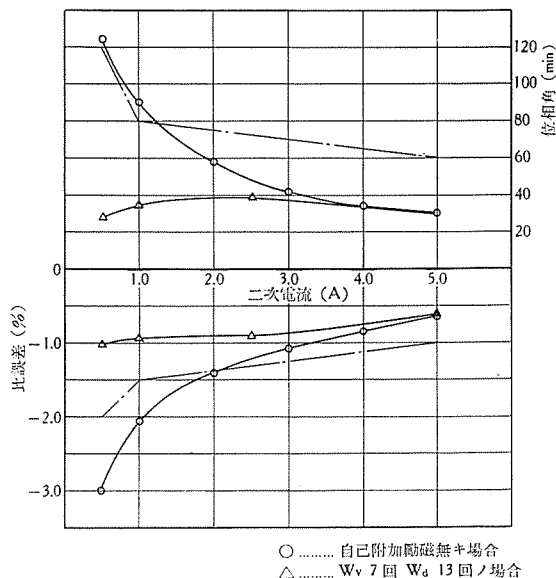
第 4 圖 インピーダンス線輪捲数を變化した場合の誤差曲線

輪 W_a の捲数が見出される。又各々の場合に於て最もよいと思はれる比誤差曲線を比較して見れば W_v の捲数が少なくなるに従つて多少改善されて居るが8回と7回では殆ど差異が認められない。以上の結果に於ては W_v 8回、 W_a 13回又は W_v 7回、 W_a 13回が最もよい結果を與へて居る。位相角は規定の誤差の限度に比較して問題にならない程少く考慮に入れる必要はない。

第6圖は以上の測定結果に於て最もよい結果を與へた補助線輪 W_v 7回、インピーダンス 線輪 W_a 13回に於ける



第5圖 インピーダンス 線輪捲数を變化した場合の誤差曲線

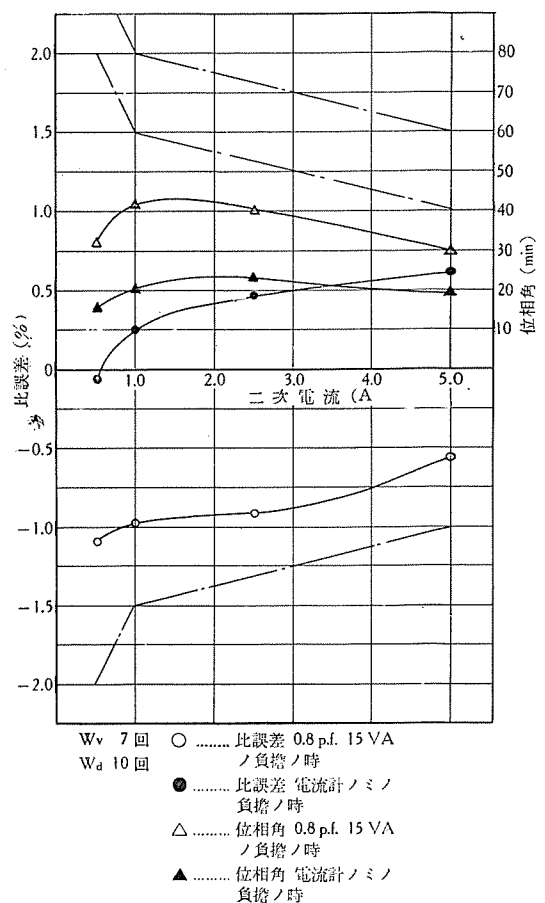


第6圖 調整自己附加勵磁による誤差曲線の改善

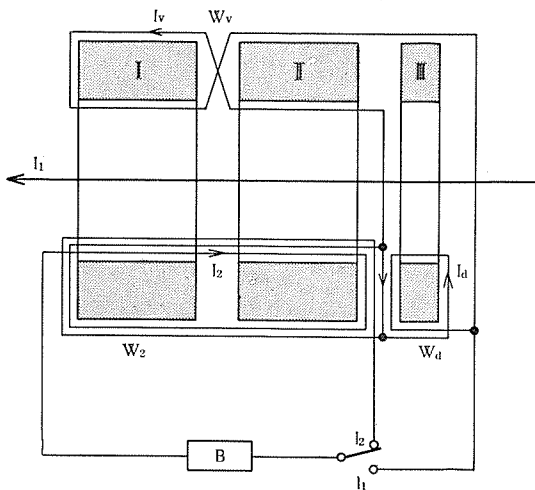
誤差曲線と主鐵心と 79 回の二次捲線のみにて普通の變流器として測定した場合の誤差曲線との比較である。電流が少い部分に於ては非常に改善されて居るが定格電流の所に於ては改善されて居ない。此れは鐵心の導磁率と交流附加勵磁の關係より當然豫想せられる所である。此の種の變流器の設計に於ては主鐵心の斷面の決定に際して定格電流に於ける普通の變流器としての比誤差が規定の限度以内に充分収まる如くなす事を要する。次に補助線輪及 インピーダンス 線輪を適當に選び少い電流の部分に於ける比誤差を定格電流附近に於ける比誤差を著しく惡化させざる範圍に於て改善する事が其の要點と考へる。第7圖は補助線輪 W_v の捲数7回、インピーダンス 線輪 W_a の捲数 10 回に於て負擔を 15 VA、力率 0.8 とした場合と極て僅な負擔となして測定した誤差の比較を示す。

5. 二重比變流器に於ける應用

二重比變流器に於て二次線輪に タップ を設けて變流比

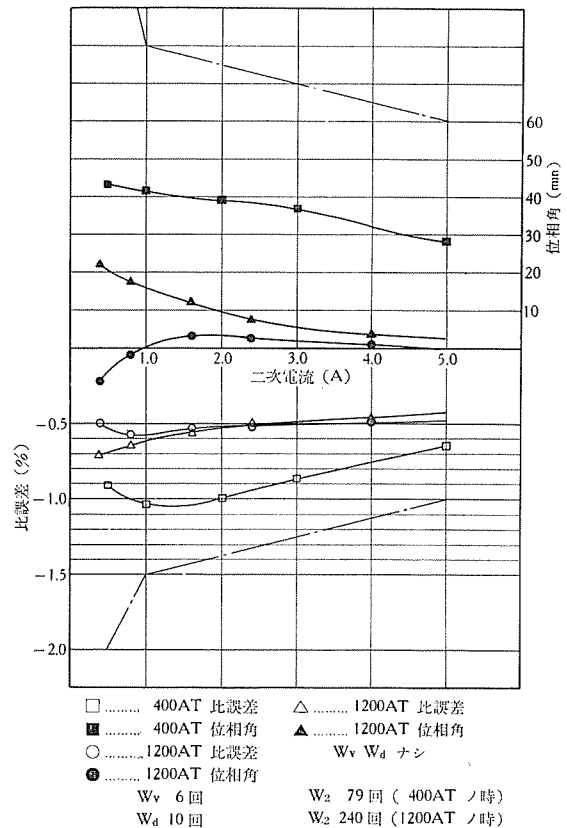


第7圖 調整自己附加勵磁變流器に於ける負擔の影響



第 8 図 調整自己附加勵磁變流器を應用せる二重比變流器の結線圖

を變更するものは低變流比にて使用する時必然的に一次アンペア回数が低下し誤差が大となる。調整自己附加勵磁變流器の構造を此の場合に應用し、低變流比の時の誤差の増加を防止する事が出来る。第 8 圖に示すものは其の構造及結線の一例を示す。 l_2 に接続した時高變流比、 l_1 に接続した時低變流比となる。圖中の符號は第 1 圖と同様のものを示す。前回の試験に使用した鐵心を使用し、定格一次電流 1200 A 及 400 A の二重比變流器を試作し、其の誤差を測定した結果を第 9 圖に示す。此の測定に於ては負擔は全部 15 VA、力率 0.8 遅電流にて 60 サイクルに於ける値を求めた。1200 A の場合には補償を施して無いが 1 回の補償を施し二次線輪の捲数を 239 回とすれば比誤差は尙改善される 1200 A の場合に於ては附加勵磁は不要であるが切換を簡單にするため附加勵磁が残る様な結線になつて居る。但し此の場合に於ける附加勵磁の誤差に對する影響は第 9 圖に示す如く誤差を改善する傾向にあるため支差へない。



第 9 圖 二重比變流器誤差曲線

以上非常に杜撰な實驗ではあるが二三の結果を發表して大方の御批判を仰ぐ次第である。

参 考 文 献

Von J. Goldstein :—

Stromwandler mit gesteuerter Eignvormagnetsierung

[Bulletin Schweiz, Electrotechn. Verein,
1937, No. 16, XXVIII, Jahrgang, S. 366-369]

B. Hague :—

Instrument Transformers.

[Sir Isacc Pitman & Sons, Ltd. London]

硝子繊維を用ひたる B 種電動機

名古屋製作所 風 間 一 郎

1. 緒 言

ガラス 繊維は事變に依り石綿の輸入が制限される に 及び、石綿の代用品として、且つ又、現下非常時に資源愛護の叫ばれる折から材料節約の見地から絶縁の耐熱性を向上せしめ、電気機器の許容温度を上げ機器の形状竝に重量を軽減する爲めの耐熱絶縁材料として吾々の問題となつて來たのである。

従來其の製造上の難易から普通の窓 ガラス に用ひられる アルカリ 組成の繊維しか市場に提供されなかつた が最近無 アルカリガラス 繊維が國産品として得られる様になつたのでガラス繊維絶縁電線、ガラステープ、ガラスブレード等となし、B 種絶縁として試用し得たので簡単に御報告する次第である。

2. 硝子繊維絶縁電線

従來の市販の ガラス 繊維を見ると 3—15% のアルカリ 含有量があつて、吸濕性のために絶縁耐力の劣化が甚だしく、且つ單繊維の太さが未だ大であつた關係上摩耗に弱く導線に被覆しても仕上り外径が大であつた。ガラス 繊維絶縁電線を電動機に應用するに當りては電氣的性質が良く、且つ巻線作業に差支へない程度の機械的強度を有し、特に仕上り外径が増加しないものでなければならぬ無 アルカリガラス 繊維絶縁電線は吸濕性が少く、絶縁耐力もアルカリガラス 繊維のものに比し良好であるが機械的強度

は矢張り耐熱塗料で補ふ必要がある。低壓電動機用絶縁電線の絶縁被覆の厚さは二重 ガラス 糸巻きで心線の径 1.0 耗乃至 2.0 耗に於て 0.1 耗以下を 望むのであるが現在では二重綿巻き以上の被覆の厚さがある。これは單繊維の細いものが經濟的に生産され、被覆の技術が向上すれば改善されると考へる。試用した無 アルカリガラス 繊維絶縁電線は ガラス 糸を交互に二重横巻して銅線を被覆し、耐熱絶縁 ワニス を表面に塗布して毛羽を防いだもので心線の径 1.1 耗で各種電線と比較したものは第 1 表乃至第 6 表の通りである。

第 1 表

絶縁の種類	B 種 絶 縁				A 種 絶 縁	
電線の種類	二重硝子處理 (試用品)	二重硝子無處理	一重硝子エナメル	石 綿	一 重 紙 エナメル	一 綿 エナメル
導線心線の仕上り径のさ	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	1.455	1.443	1.430	1.310	1.250	1.315
	.1775	.1715	.1650	.1050	.0750	.1075

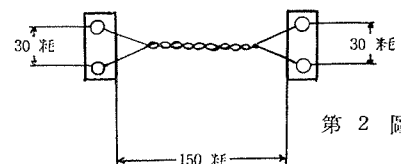
可 撓 試 験

(イ) 卷付法 試料を其の儘心金に 5 回巻きて龜裂の有無を調べる。

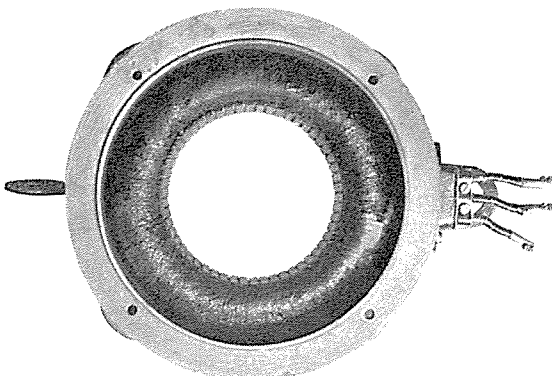
第 2 表

電線の種類 心金の径	二重硝子處理	二重硝子無處理	一重硝子エナメル	石 綿	一 重 紙 エナメル	一 綿 エナメル
4.2 耗	龜裂生ず	龜裂あり	龜裂あり	龜裂生ず	龜裂なし	龜裂なし
6.6 耗	"	"	"	龜裂なし	"	"
8.8 耗	"	"	龜裂なし	"	"	"
11.0 耗	"	龜裂なし	"	"	"	"

(ロ) 撚合法 第 2 圖の如く試料を互に撚り合せ龜裂の生ずるまでに至る回数を求む。180 度を 1 回撚りと數へ右撚りと左撚りを求める。



第 2 圖



第 1 圖 ローラー電動機用硝子繊維 コイル

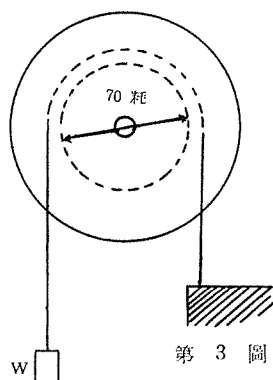
第 3 表

電線の種類 燃り方	二重硝子 無処理	二重硝子 無処理	一重硝子 エナメル	石綿	一重紙 エナメル	一重綿 エナメル
右燃	6	5	5	13	20	60
左燃	3	3	4	10	35	24
平均	4.5	4.0	4.5	11.5	27.5	42

被覆材料としては硝子糸が最も弱く石綿、紙、綿糸の順序に丈夫なことを證して居る。

耐 摩 耗 試 験

第 3 圖の如く 70 耗径の調車にピアノ線を張り毎分 40 回轉せしめ、心線と調車間に直流 4.5 ボルトを加へ被覆が切れて豆電球が點火するまでの回轉數を求める。

# 16
ピアノ線

第 4 表

電線の種類	二重硝子 無処理	二重硝子 無処理	一重硝子 エナメル	石綿	一重紙 エナメル	一重綿 エナメル
5 回の 平均値	93	8	146	11	4	175

この試験では絶縁被覆が破れて心線が著はれるまでの強度を示すので其の結果は被覆を構成して居る材質の全部に關係して簡単に比較されない。硝子線に就いて見ると絶縁ワニスで處理したものが無處理のものよりワニスの

粘着性によつて耐摩耗性がよく、エナメル焼付を附加したものではエナメルの爲め一層耐摩耗性が良い。

耐 電 圧 試 験

(イ) 水銀槽試験 試料 80 耗を水銀槽に浸して交流 60 サイクルを加電し破壊電圧を求める。

第 5 表

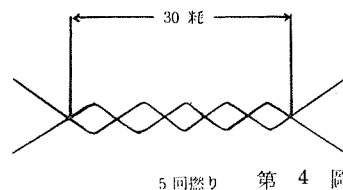
電線の種類	二重硝子 無処理	二重硝子 無処理	一重硝子 エナメル	石綿	一重紙 エナメル	一重綿 エナメル
破壊電圧 V	1,495	2,190	4,220	1,965	4,390	3,290

室温 27 度

關係湿度 56 %

エナメル線が概して破壊電圧が高く硝子線及び石綿線が略ぼ同程度の成績になつて居る。

(ロ) 捻り合せ試験 試料を第 4 圖の如く捻り合せ心線間に交流 60 サイクルを加電して破壊電圧を求める。



第 6 表

電線の種類	二重硝子 無処理	二重硝子 無処理	一重硝子 エナメル	石綿	一重紙 エナメル	一重綿 エナメル
破壊電圧 V	2.825	5.580	7.520	1.590	8.025	6.640

室温 26.5 度

關係湿度 62 %

3. 硝子 テープ

硝子テープは石綿、綿テープに比して抗張力は優れて居て特に石綿に比しては比較にならぬ程強く、其の上綿

第 7 表

テ　　ー　　プ　　の　　種　　類			無アルカリ硝子テープ (試用品)	アルカリ硝子テープ	石綿テープ	綿　　テ　　ー　　プ　　JEM-7	
幅 厚 重	耗 量 瓦米	糸耗(平均値)	27 0.190 6.1	26 0.140 4.0	27 0.335 7.3	25±1.5 0.18±0.025 —	25±1.5 0.25±0.025 —
			48 43	34 34	30 18	72 以 上 40 以 上	70 以 上 36 以 上
打　　込　　数							
経糸緯糸 25耗につき							
アルカリ度 NaOH として %			0.048	1.019	—	—	—
抗　張　力 (耐　力)							
(平均値)							
最　初　の　状　態			38.5	20.0	10.2	23 以 上	22 以 上
ワニス　處　理　後			45.7	20.4	27.0	—	—
破壊電圧 (ボルト)							
最　初　の　状　態			862	590	490	—	—
ワニス　處　理　後			6,150	2,085	1,045	—	—

テープが 200°C 付近で使用出来ぬ程に劣化するに反し、ガラステープはこの程度の高温では弱くならぬ。絶縁抵抗も石綿、綿に較べて良い。然し乍ら従来は厚さを限定するとガラス糸が太いので縦、横の持糸数が少く目の荒いものとなつて絶縁の點から言つても不適當であるのみならず、巻線作業中ガラス糸が片寄りして斑を生ずる缺點があつた。ガラス繊維が揉んだり摩擦する時の抵抗力が少く、ガラステープも折り曲げると龜裂を生じ、切れ易かつたが、無アルカリガラス繊維に依つてガラス糸の細いもので平織したガラステープはこれ等の點も改善され、石綿テープを用ひた場合よりも線輪を平滑に仕上げる事が出来た。試用したガラステープと石綿テープと綿テープ(JEM-7 規格)と比較したものは第7表の通りである。

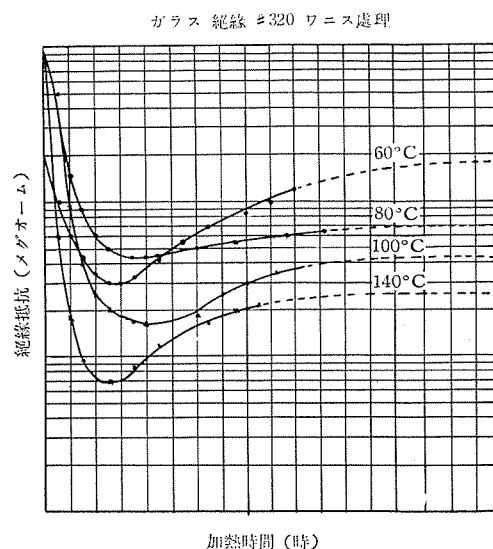
ガラステープと石綿テープの幅及び厚さは實測を示して居るが公稱 25 号のものである。無アルカリ硝子テープは機械的強度が綿テープに比較し充分にして實用し得られることが判る。綿テープでは経糸と緯糸とは太さが異つて居るが、試用した無アルカリ硝子テープは経糸と緯糸とは同じ太さのもので、経糸の打込数が綿テープに比して少なくなつて居る。

4. 試作電動機

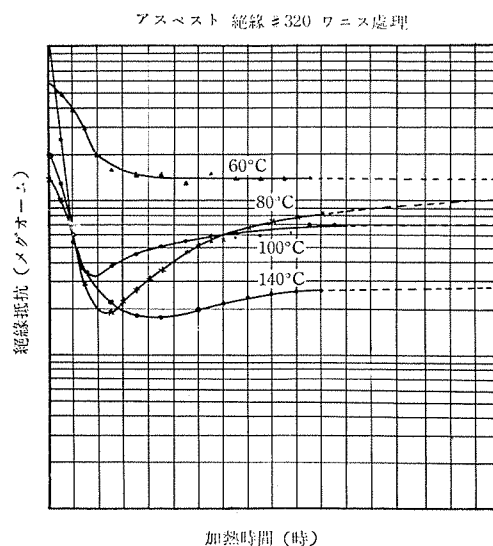
試作せる電動機の仕様は下記の如くである。

出力 1 馬力
電 壓 220 ボルト
周波数 60 サイクル
回転数 毎分 510 回転
型 式 全閉型 籠形

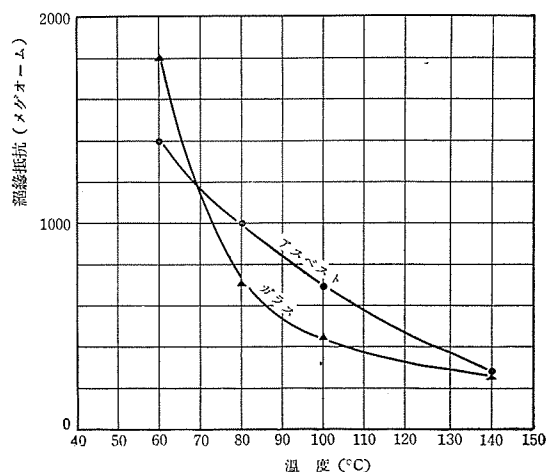
起動並に逆相停止の頻繁にして且つ周囲より副射熱を受ける特殊使用状態に置かるれ製鐵用ローラ、モートルである。特殊の仕様のものであるので許容温度を上げた場合の定格を検討するには不向のものであるが過負荷の状態温度上昇試験を行つて見た。線輪は前記のガラス繊維絶縁電線を巻型で作り、溝絶縁はマイカラッパーを溝に合せて曲げ、楔はマイカルタ板を用ひた。線輪端はガラステープで絶縁し、線輪の結び目はガラスブレードで保護し、ベークライト系ワニスで處理した。ガラス繊維を用ひたる線輪と石綿絶縁電線及び石綿テープにて絶縁したる線輪を同一ワニスで處理した固定子巻線の絶縁抵抗を測定したものは第5圖第6圖及第7圖の結果を得た。ガラス纖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

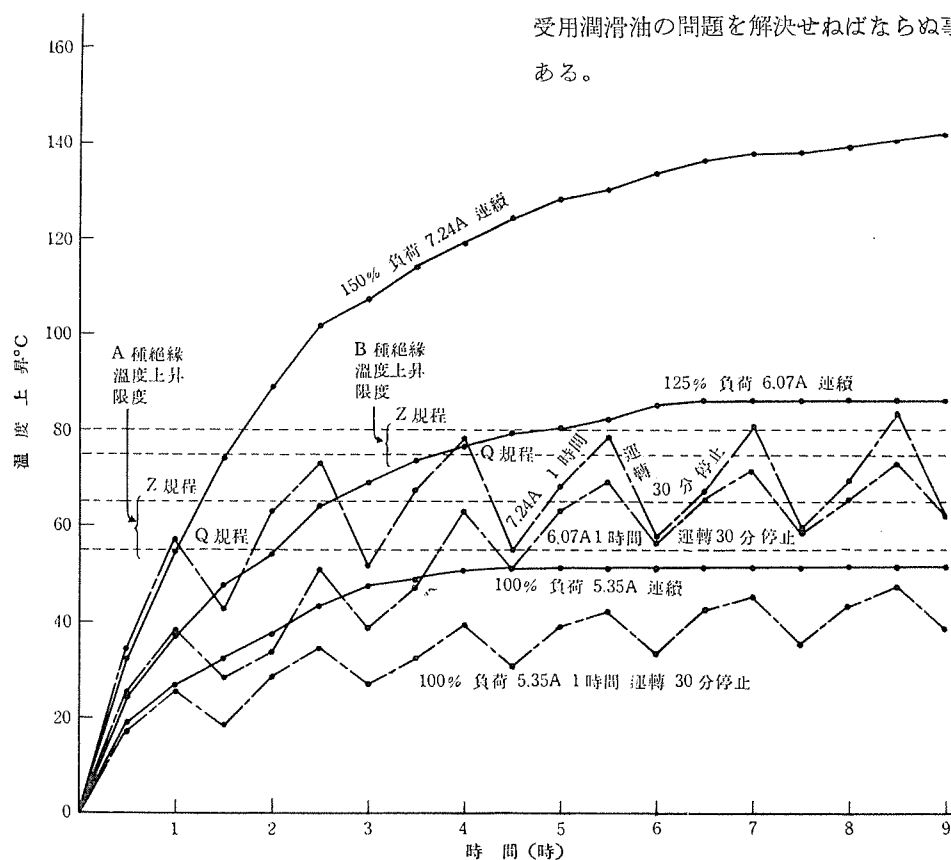
維を用いたものの絶縁抵抗が少々悪い結果を得たのはワニスの滲透力が石綿の方が良い結果からと見られる。

試作電動機の全負荷並に銅損のみを増加して過負荷した場合の温度上昇試験の結果は第8表並に第8圖の通りである。過負荷 150 % 連続運転の場合の固定子巻線の温度上昇は 141°C に達し室温 26°C であるから巻線の温度は 167°C に達したのであるが巻線の絶縁には異常なく試験終了後巻線の絶縁抵抗は 40 MΩ であった。軸受は筒メタルで潤滑油には普通のダイナモ油を用いたが油は 100°C 以上に於て少々混濁し揮発分の蒸発が激しく永續の使用には不安があった。

B 種絶縁の温度上昇の限度は JEC-37 Z (暫定標準規

第 8 表

出力 (%)		100	125	150
温度上昇	固定子巻線	51	86	141
	固定子鉄心	43.5	72.5	112
	軸受 (油)	34.5	56	87
室温	室温	22.9	25.9	26.9



第 8 圖

程) に於ては温度計法によつて全閉型に對しては 80°C で室温 35°C 最終温度 130°C である。こゝでは極度の温度上昇を得るため過負荷連続運転を行つてこの温度上昇の限度を遙かに越えて運転して見た次第である。

5. 結 言

アルカリ ガラス 繊維を用いた絶縁電線及び テーパ でこの試作品と同様の絶縁処理を施した電動機の線輪は製作後時日が経過するに従つて著しく絶縁抵抗が低下したが無アルカリ ガラス 繊維を用いた場合には絶縁抵抗の變化は極めて少かつた。

吸濕性の少ない無アルカリガラス繊維を用ひ適當なワニスにて処理すればB種絶縁とし ガラス 繊維絶縁電線、ガラス テーパ は充分實用化し得ると認められる。ガラス 繊維はマイカに比し絶縁耐力が非常に小であるからガラス 繊維のみを以て溝絶縁をする事は絶縁の厚さが増加して不利である。溝絶縁に用ひる場合にはマイカの補強材として厚さ 0.1 耗以下の極めて薄手の ガラス 布が必要である。高温に於ける絶縁の耐久力は耐熱塗料の良否に掛つて居り、ガラス 繊維の利用に當つて特に耐熱絶縁塗料並に耐熱軸受用潤滑油の問題を解決せねばならぬ事を痛感するのである。